

22, rue Edmond Reuter  
L-5326 Contern



Tél.: (+352) 26 43 14 44-1  
Fax: (+352) 26 43 14 45  
e-mail: info@eneco.lu

## Investigation géotechnique

Lime House

**Rue Robert Stumper, Luxembourg**

Document: ENECO-231030GIOR2302F-Géotechnique

Date: 30.10.2023

Cient: **Félix GIORGETTI S.à r.l.**  
3, rue Jean Piret  
L-2350 Luxembourg



Interlocuteur: Mme Claire DA SOLLER

Rédacteur ENECO  
Ingénieurs-Conseils S.A: Monsieur Fabian LION, M. Sc.  
Monsieur Mario WERN, Dipl.-Ing.

Nombre de pages: 24 + annexes

## **TABLE DES MATIERES**

<b>1</b>	<b>MISSION ET DOCUMENTS.....</b>	<b>4</b>
1.1	Mission.....	4
1.2	Documents à disposition.....	4
1.2.1	Documents relatifs au projet de construction .....	4
1.2.2	Documents relatifs à la situation des sols et des eaux souterraines ..	4
1.2.3	Prescriptions.....	4
<b>2</b>	<b>DESCRIPTIONN DE LA SITUATION LOCALE ET LA GEOLOGIE .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>EXAMENS RÉALISÉS ET LEURS RÉSULTATS .....</b>	<b>7</b>
3.1	Examens réalisés .....	7
3.2	Structure du sol de fondation .....	7
3.3	Conditions des eaux souterraines .....	9
<b>4</b>	<b>VALUATION DES CONDITIONS GÉOTECHNIQUES .....</b>	<b>10</b>
4.1	Terrain.....	10
4.1.1	Modèle de terrain.....	10
4.1.2	Classification du sol de fondation .....	11
4.1.3	Valeurs caractéristiques de sols .....	12
4.1.4	Autres valeurs de calculs.....	13
4.2	Conditions des eaux souterraines et de couches, niveau d'eau de calcul .....	13
4.3	Pollution du sous-sol.....	14
<b>5</b>	<b>ARECOMMANDATION .....</b>	<b>15</b>
5.1	Catégorie géotechnique .....	15
5.2	Fondation.....	15
5.2.1	Conditions générales.....	15
5.2.2	Recommandations de fondation .....	15
5.2.2.1	Zone du bâtiment avec réalisation d'un sous-sol.....	15
5.2.2.2	Zone du bâtiment sans sous-sol .....	17
5.2.2.3	Fondation de l'ouvrage par pieux forés / pieux énergétiques .....	18
5.3	Sécurisation de la fouille .....	19
5.3.1	Talus .....	19
5.3.2	Blindage verticale .....	20
5.4	Epuisement.....	20
5.4.1	Arrivé d'eau au site.....	20
5.4.2	Epuisement durant la phase de construction .....	21
5.4.3	Imperméabilisation du bâtiment et drainage .....	21
<b>6</b>	<b>TRAVAUX DE TERRASSEMENT.....</b>	<b>21</b>
6.1.1	Travaux d'excavation.....	21
6.1.2	Réutilisation/traitement des matériaux d'excavation.....	21
6.1.3	Echange de sols et remblaiement.....	21
6.1.4	Consolidation du sol .....	22
<b>7</b>	<b>AUTRES INFORMATIONS .....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>INDICATIONS GENERALES POUR L'EVALUATION DU SOL PRESENTTEE .....</b>	<b>23</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b>	Modèle de terrain et propriétés géotechniques .....	10
<b>Tableau 2:</b>	Groupes de sols, classes de sols et classes de sécurité au gel .....	11
<b>Tableau 3:</b>	Valeurs caractéristiques de sols .....	12
<b>Tableau 4:</b>	Autres valeurs de calculs.....	13
<b>Tableau 5:</b>	Valeur de calcul de la résistance des pieux (pieu isolé) pour une exécution à 285,50 m NN en fonction de la longueur des pieux et des tassements attendus .....	17
<b>Tableau 6:</b>	Valeurs de dimensionnement $\sigma_{R,d}$ et tassements pronostiqués pour une fondation de puits à l'intérieur de la couche 4 .....	17
<b>Tableau 7:</b>	Valeur de calcul de la résistance du pieux ( <b>pieu isolé</b> ) lors de la réalisation à 288,50 m NN en fonction de la longueur des pieux et des tassements attendus .....	19

## ANNEXES

Investigation géotechnique (Plan de vue d'ensemble, profiles de forage et diagrammes des sondages par battage) GIOR2301-301

Coupes des profiles de forages 1-1', 2-2' GIOR2301-305

Éssais géotechniques en laboratoire

Documentation des carottes de forage

## 1 MISSION ET DOCUMENTS

### 1.1 Mission

A Luxembourg, dans le quartier de Gasperich, il est prévu de construire un nouveau bâtiment commercial dans la rue Robert Stumper. Ce bâtiment, appelé Limehouse, sera construit sur la parcelle cadastrale 287/3042 et disposera d'une surface brute de 26.535,5 m<sup>2</sup>. La réalisation d'un sous-sol et quatre étages est prévue.

La société ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. a été mandatée par la société Félix Giorgetti s.à r.l. avec la réalisation d'une investigation géotechnique et l'établissement d'une expertise du sol de fondation. La présente expertise décrit les résultats de cette investigation et les évalue du point de vue géotechnique en vue du projet de construction prévu. Des informations sont notamment données sur les fondations, l'assèchement, la conception des fouilles et des talus ainsi que sur l'exécution des travaux de terrassement nécessaires.

### 1.2 Documents à disposition

#### 1.2.1 Documents relatifs au projet de construction

- [U1.1] Félix GIORGETTI s.à r.l., fiche de renseignement projet, 22.02.2023
- [U1.2] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Surfaces fonctions, plan n° FMG\_APS\_93H001, V1
- [U1.3] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Surfaces brutes, plan n° FMG\_APS\_90H001, V1
- [U1.4] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Perspective, plan n° FMG\_APS\_93H002, V1
- [U1.5] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Underground, plan n° FMG\_APD\_105H099, Indice 28, 20.10.2023 Entwurf
- [U1.6] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Rez-de-chaussée, plan n° FMG\_APD\_20H100, Indice 28, 20.10.2023
- [U1.7] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Premier étage, plan n° FMG\_APD\_20H101, Indice 28, 20.10.2023
- [U1.8] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Deuxième étage, plan n° FMG\_APD\_20H102, Indice 28, 20.10.2023
- [U1.9] Fabeck Architectes, Research&Training Center, Troisième étage, plan n° FMG\_APD\_20H103, Indice 28, 20.10.2023

#### 1.2.2 Documents relatifs à la situation des sols et des eaux souterraines

- [U2.1] Service Géologique, Carte géologique du Luxembourg, Feuille Nr. 2, Remich, 1947
- [U2.2] Administration du Cadastre et de la Topographie, Carte topographique historique, 1954
- [U2.3] Dr. LUCIUS, M. (1948), „Geologie Luxemburgs“, Erläuterungen zu der geologischen Spezialkarte Luxemburgs, Band V, Service géologique de Luxembourg
- [U2.4] ENECO Ingénieurs-Conseils S.A., Geotechnische Felduntersuchungen ausgeführt im September/Oktobre 2023

#### 1.2.3 Prescriptions

- [U3.1] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik“, Deutsche Fassung EN 1997
- [U3.2] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“, DIN 1054:2021-04



- [U3.3] Institut luxembourgeois de la normalisation de l'accréditation, de la sécurité et qualité des produits et services, ILNAS, „Eurocode 7: Calcul géotechnique-Partie 1: Règles générales“, Annexe nationale Luxembourgeoise
- [U3.4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2“, DIN 4020
- [U3.5] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung“, Deutsche Fassung EN ISO 22475-1
- [U3.6] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung“, Deutsche Fassung EN ISO 14688-1
- [U3.7] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierungen“, Deutsche Fassung EN ISO 14688-2
- [U3.8] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung“, Deutsche Fassung EN ISO 14689-1
- [U3.9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen“, Deutsche Fassung EN ISO 22476-2
- [U3.10] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen“, DIN 1055-2
- [U3.11] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten“, DIN 18300:2019-09
- [U3.12] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte, Änderung A1“, DIN 4030-1
- [U3.13] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben“, DIN 4030-2
- [U3.14] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ – EA Pfähle
- [U3.15] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB
- [U3.16] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“, Deutsche Fassung EN 1610:2015-12
- [U3.17] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“, DIN 4124:2012-01
- [U3.18] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze“, DIN 18533-1:2017-07

## **2 DESCRIPTIONN DE LA SITUATION LOCALE ET LA GEOLOGIE**

Le terrain du projet se situe à Cessange sur la parcelle cadastrale 287/3042. Le terrain du projet, actuellement aménagé avec un bâtiment commercial et un parking, a une superficie d'environ 1,65 ha.

Le terrain du projet se situe à environ 289,7 m au-dessus du niveau moyen de la mer. La rue Robert Stumper, adjacente à l'ouest, se situe en moyenne à 289 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Le terrain est soutenu à l'est par un mur de soutènement. Derrière le mur de soutènement se trouve un lit de ruisseau renaturé qui se situe à environ 286,50 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Des bâtiments existants se trouvent au nord et au sud du site du projet.

La carte topographique historique de 1954 montre l'ancien cours du Weierbaach. Celui-ci traversait le site du projet sur toute sa longueur jusqu'à l'urbanisation du terrain.

Selon la carte géologique du Luxembourg (feuille 2 - Remich), des strates du Lias moyen, appelées marnes feuilletées (Im2a), ont été cartographiées dans la zone d'étude. Au nord du site du projet, la carte géologique indique que des dépôts alluviaux de vallée (a) sont présents.

Les marnes feuilletées sont des marnes argileuses, grises à gris foncé. Les marnes présentent une schistosité dans les couches inférieures, qui diminue dans les couches supérieures. Au sein des marnes, des concrétions ferrugineuses apparaissent plus fréquemment vers le haut, constituées de grès argileux finement micacé.

Les sédiments formés dans l'incision de la vallée du Drosbech et déposés de manière limnique se composent principalement de matériaux graveleux, sableux, limoneux et argileux, selon les conditions des alluvions. Des sols organiques sont possibles dans la zone alluviale du ruisseau. L'épaisseur des dépôts alluviaux de la vallée peut atteindre plusieurs mètres selon la situation locale.

### **3 EXAMENS RÉALISÉS ET LEURS RÉSULTATS**

#### **3.1 Examens réalisés**

Afin de déterminer les conditions du sol,

- 4x carottages rotatifs (diamètre : 116 mm / 66 mm)
- 4x forages par battage (diamètre : 32 - 60 mm)
- 2x sondages par battage

ont été réalisés dans la zone du projet. Le choix des points d'exploration a été effectué en tenant compte des conditions locales ainsi que de l'emplacement prévu de l'ouvrage. La position et la hauteur des points d'attaque ont été mesurées dans le système de coordonnées national. L'implantation locale de tous les points d'exploration est indiquée sur le plan de vue d'ensemble

Les carottages rotatifs ont été réalisés jusqu'à 15 m en dessous du niveau du terrain. Les forages par battage ont été réalisés jusqu'à 4,10 m ou 5,00 m en dessous du niveau du sol et ont été achevés lorsque la méthode de forage choisie n'a pas permis de progresser davantage ou lorsque la profondeur finale prévue a été atteinte. Conformément à la norme EN ISO 22475-1, des échantillons des classes de qualité 3 à 5 ont été prélevés dans tous les horizons, ainsi que des échantillons des classes de qualité 1 et 2 dans des zones sélectionnées.

Les matériaux obtenus à l'aide des forages de reconnaissance ont été spécifiés sur le terrain par des collaborateurs d'ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. selon la norme DIN EN ISO 14688-1 et ont fait l'objet d'un examen organoleptique pour détecter d'éventuelles impuretés.

A l'aide de la carotte de forage, la structure des couches du sol de fondation est représentée sur le plan GIOR2302-301 selon la norme DIN 4023. Les différentes couches ont été décrites selon la norme DIN 18196 et classées selon la norme DIN 18300. Les coupes déterminantes avec représentation des couches rencontrées sont représentées sur le plan GIOR2301-305.

En tenant compte du projet de construction prévu ainsi que des documents à disposition, des échantillons de sol sélectionnés ont été analysés en laboratoire par le biais d'essais de mécanique des sols afin de classer précisément les types de sols en groupes de sols selon la norme DIN 18196 et en classes de sols selon la norme DIN 18300:2012 (à titre informatif uniquement, la version actuellement en vigueur ne contient plus de classes de sols) et de déterminer les caractéristiques des sols. Les échantillons non analysés sont stockés dans notre laboratoire en tant qu'échantillons de réserve.

Les essais suivants ont été réalisés en détail :

- 13x détermination de la teneur en eau DIN EN ISO 17892-1
- 7x détermination de la limite d'écoulement et de déroulement DIN EN ISO 17892-12.

Les protocoles de mesure et d'essai correspondants se trouvent en annexe de la présente expertise.

#### **3.2 Structure du sol de fondation**

La structure du sous-sol prospectée dans le cadre des investigations peut donc être répartie (de haut en bas) dans les couches principales suivantes, pertinentes pour la réalisation de l'ouvrage.

##### **Couche 1a : Remblais - enrobé, scories**

En raison de l'aménagement local et de la réalisation des forages dans la zone du contournement du bâtiment et des aires de stationnement, des enrobés noirs sont présents

dans tous les forages en tant que couche supérieure. Le soubassement des enrobés est constitué d'un gravier sablonneux et argileux provenant de scories de hauts fourneaux. Les graviers en place sont liés de façon hydraulique ou présents avec une compacité meuble. Des fragments de briques ou de béton ont été prospectés dans certains forages. La couleur est gris-brun foncé. La couche 1 a été rencontrée dans les différents forages jusqu'à des profondeurs variables entre 1,0 m et 2,0 m sous le niveau du terrain.

### **Couche 1b : Remblais**

En dessous de la couche 1a se trouvent des remblais argileux dans les sondages EB1, EB2, EB3 et EB8. Les remblais ont été qualifiés d'argile limoneuse, en partie de sable fin et de gravier fin. En fonction du point d'investigation et de la profondeur, la consistance varie de pâteuse-molle à semi-solide. La couleur des remblais argileux est brun-jaune. Dans le forage EB1, les remblais ont été prospectés jusqu'à 3,60 m, dans le forage EB2 jusqu'à 4,00 m, dans le forage EB3 jusqu'à 3,00 m et dans le forage EB8 jusqu'à 1,50 m en dessous du niveau du terrain.

Dans le forage EB4, des remblais très hétérogènes ont été prospectés jusqu'à 5,10 m en dessous du niveau du terrain. En dessous de la couche 1a, on trouve dans le forage EB4 un sable argileux et graveleux de couleur jaune-brun jusqu'à 2,20 m en dessous du niveau du terrain. Ensuite, une couche de graviers très sableuse et argileuse de 0,70 m d'épaisseur est présente. En dessous des graviers, 0,20 m de scories de hauts-fourneaux ont été prospectées. Après, jusqu'à 4,20 m en dessous du niveau du terrain, suit une argile sablonneuse, graveleuse et pierreuse de consistance semi-solide et de couleur brune. La couche la plus basse des remblais est formée par un noyau de calcaire de 0,90 m d'épaisseur.

### **Couche 2: Argile, rigide**

A l'exception du forage EB4, la couche 2 a été découverte dans tous les sondages. L'argile limoneuse présente avec une plasticité moyenne, a été rencontrée en couleur brun-jaune ou rouge-brun et gris foncé dans les zones plus profondes. La consistance de l'argile limoneuse peut être qualifiée de rigide en moyenne. Dans les zones des forages EB2 et EB3, des zones molles ou semi-solides ont été identifiées. Dans le forage EB8, une couche pâteuse a été détectée entre 3,80 m et 4,80 m en dessous du niveau du terrain.

Dans la zone de la couche 2, les sondages par battage réalisés avec une sonde semi-lourde montrent un nombre de coups variant entre 0 et 5 pour une profondeur de pénétration de 10 cm. Dans la zone des sondages RS1 et RS2, on suppose qu'il y a un ancien cours d'eau, de sorte que le très faible nombre de coups est probablement dû à un sol mou ou pâteux.

La couche 2 a été explorée entre 3,60 m et 4,60 m dans le forage EB1, entre 4,00 m et 5,50 m dans le forage EB2, entre 3,00 m et 8,00 m dans le forage EB3, entre 0,60 m et 4,10 m dans le forage EB5, entre 1,00 m et 3,20 m dans le forage EB6, entre 1,10 m et 3,60 m dans le forage EB7 et entre 1,50 m et 4,80 m dans le forage EB8 en dessous du niveau du terrain.

### **Couche 3: Argile, semi-solide / solide, - marnes rocheuses, peu altérées à non altérées**

La couche 3 est composée d'une argile calcaire qualifiée en tant que semi-solide ou solide. La couleur de l'argile est gris foncé. En particulier dans le forage EB1 et dans certaines zones du forage EB2, la couche 3 a été qualifiée comme marnes rocheuses avec une faible résistance. Dans la carotte du forage, les marnes rocheuses en place sont également de couleur gris foncé.

La couche 3 a été prospectée jusqu'à 13,00 m en dessous du niveau du terrain dans le forage EB1, jusqu'à 12,50 m dans le forage EB2, jusqu'à 12,50 m dans le forage EB3 et jusqu'à 13,00 m dans le forage EB4. Les forages EB5 à EB8 ont été terminés à l'intérieur de la couche 3, étant donné que la méthode de forage choisie n'a pas permis de progresser davantage.

#### **Couche 4: Marnes rocheuses, peu altérées à non altérées**

La couche 4, des marnes rocheuses à l'état altéré à non altéré, a été découverte dans les carottages rotatifs en tant que couche sous-jacente de la couche 3. Les marnes rocheuses solides sont de couleur gris foncé et ont été prospectées jusqu'à la fin du forage à 15 m en dessous du niveau du terrain.

### **3.3 Conditions des eaux souterraines**

Au moment de l'investigation, le terrain de construction était sec. Après achèvement des forages, les niveaux d'eau suivants ont été mesurés à l'intérieur des carottages rotatifs :

- EB1 : 5,60 m en dessous du niveau du terrain = 284,17 m NN
- EB2 : 3,80 m en dessous du niveau du terrain = 285,91 m NN
- EB3 : 7,90 m en dessous du niveau du terrain = 281,91 m NN
- EB4 : 3,80 m en dessous du niveau du terrain = 285,97 m NN

Les niveaux d'eau mesurés résultent de l'afflux d'eau de couches ainsi que de la retenue de l'eau de forage. Un niveau naturel cohérent de la nappe phréatique ne peut pas être déduit de ces résultats et il faut donc s'attendre à ce qu'il se situe nettement en dessous des profondeurs d'exploration.

**Ces déclarations se basent sur les niveaux d'eau mesurés au cours de la réalisation de l'investigation géotechnique. Pour la justification et le dimensionnement des mesures de rétention d'eau, les niveaux d'eau de référence indiqués au chapitre 4.2 de la présente expertise sont à utiliser.**

## 4 VALUATION DES CONDITIONS GÉOTECHNIQUES

### 4.1 Terrain

#### 4.1.1 Modèle de terrain

Sur la base des études géotechniques et de nos expériences locales sur les sols en place, le modèle de sol de fondation présenté dans le tableau 1 a été développé pour le site en question. Les sols ayant des propriétés géotechniques quasiment similaires ont été regroupés.

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b> Lime House, Luxembourg				
<b>Couche</b>	<b>Résistance</b>	<b>Compressibilité</b>	<b>Sensibilité aux intempéries et à l'érosion</b>	<b>Pénétrabilité</b>
<b>Couche 1a : Remblais, graviers</b>	moyen	faible	faible	moyenne
<b>Couche 1b : Remblais, argile</b>	faible	élevé	élevé	facile
<b>Couche 2 : Argile, rigide</b>	moyen	élevé	élevé	moyenne
<b>Couche 3 : Argile, marnes rocheuses</b> Semi-solide à solide, peu à non altérée	moyen - élevé	moyen	élevé	Difficile à impossible
<b>Couche 4 : Marnes rocheuses</b> peu à non altérée	élevé	faible	moyen	impossible
<b>Tableau 1: Modèle de terrain et propriétés géotechniques</b>				

#### 4.1.2 Classification du sol de fondation

Pour l'appel d'offres des travaux de terrassement, les groupes de sols, les classes de sols ainsi que les classes de sécurité au gel peuvent être établies:

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b> Lime House, Luxembourg			
<b>Couche</b>	<b>Groupe de sols selon DIN 18196</b>	<b>Classe de sols selon DIN 18300 (2012) <sup>1)</sup></b>	<b>Classe de sécurité au gel selon ZTVE-StB</b>
<b>Couche 1a : Remblais, graviers</b>	[A], [GW]	-, 3	F1
<b>Couche 1b : Remblais, argile</b>	[TM], [TL], [SW], [GW], [Y], [A]	3, 4, 5	F3
<b>Couche 2 : Argile, rigide</b>	TM, TL	4	F3
<b>Couche 3 : Argile, marnes rocheuses</b> Semi-solide à solide, peu à non altérée	TM, TL, VA, VE <sup>2)</sup>	4, 6	F3, -
<b>Couche 4 : Marnes rocheuses peu à non altérée</b>	VU	7	-
1) Les classes de sol sont uniquement informatives. Les classes de sol n'ont plus été intégrées dans la version actuelle de la norme 2) La répartition des classes de roches s'effectue en fonction du degré d'altération selon la fiche technique sur la description des roches pour la construction routière, édition 1992.			
<b>Tableau 2:</b> Groupes de sols, classes de sols et classes de sécurité au gel			

#### 4.1.3 Valeurs caractéristiques de sols

En s'appuyant sur les données obtenues durant les travaux d'investigation géotechnique, les essais réalisés ainsi que sur le jugement des sols similaires à ceux rencontrés sur site et en s'appuyant sur la norme DIN 1054/EAU/EAB, les valeurs caractéristiques de sols peuvent être déterminées pour le sol de fondation en question.

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b>					
Lime House, Luxembourg					
<b>Couche</b> <b>Couche 1a :</b> <b>Remblais,</b> <b>graviers</b>	<b>Poids</b> <b>volumique</b>	<b>Poids</b> <b>volumique</b> <b>sous poussée</b>	<b>Angle de</b> <b>frottement</b>	<b>Cohésion</b>	<b>Module de</b> <b>rigidité</b>
	$\gamma_k$ [kN/m³]	$\gamma_{k'}$ [kN/m³]	$\phi_{k'}^{1)}$ [°]	$c_{k'}/c_{u,k}$ [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]
<b>Couche 1a :</b> <b>Remblais,</b> <b>graviers</b>	20,0 - 22,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 20,0)	12,0 - 14,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 12,0)	35,0 - 37,5 (v.c. <sup>2)</sup> : 37,5)	- / -	80,0 - 200,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 80,0)
<b>Couche 1b :</b> <b>Remblais, argile</b>	19,0 - 21,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 20,0)	9,0 - 11,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 10,0)	22,5 - 27,5 (v.c. <sup>2)</sup> : 22,5)	0,0 - 10,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 3,0) / 10,0 - 100,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 30,0)	1,0 - 20,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 5,0)
<b>Couche 2 :</b> <b>Argile, rigide</b>	19,5 - 20,5 (v.c. <sup>2)</sup> : 20,5)	9,5 - 10,5 (v.c. <sup>2)</sup> : 10,5)	22,5 - 27,5 (v.c. <sup>2)</sup> : 25,0)	2,0 - 5,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 4,0) / 20,0 - 50,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 40,0)	5,0 - 10,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 8,0)
<b>Couche 3 :</b> <b>Argile, marnes</b> <b>rocheuses</b> Semi-solide à solide, peu à non altérée	20,5 - 22,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 21,0)	10,5 - 12,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 11,0)	22,5 - 27,5 (v.c. <sup>2)</sup> : 27,5)	5,0 - 15,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 8,0) / 40,0 - 120,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 60,0)	4,0 - 50,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 15,0)
<b>Couche 4 :</b> <b>Marnes</b> <b>rocheuses</b> peu à non altérée	22,0 - 25,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 23,0)	12,0 - 25,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 13,0)	27,0 - 32,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 30,0)	10,0 - 25,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 20,0) / 150,0 - 250,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 200,0)	60,0 - 120,0 (v.c. <sup>2)</sup> : 80,0)
1) si aucune analyse plus précise existe, selon la norme DIN, la valeur cal $\phi_u = 0,0^\circ$ est à utiliser					
2) v.c.: Valeur de calcul					
<b>Tableau 3:</b> Valeurs caractéristiques de sols					



#### 4.1.4 Autres valeurs de calculs

Pour le dimensionnement des pieux, des ancrages ou des éléments porteurs, les valeurs de calcul caractéristiques suivantes peuvent être appliquées dans le cadre du pré-dimensionnement.

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b> Lime House, Luxembourg						
Couche	Pieux forés <sup>1)</sup>				Micropieux	Ancres d'injection <sup>2)</sup>
	$q_{b,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]			$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s1,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\tau_M$ [MN/m <sup>2</sup> ]
	$s/D_s = 0,02$	$s/D_s = 0,03$	$s/D_s = 0,10$			
<b>Couche 2 : Argile, rigide</b>	0,20	0,25	0,40	0,02	0,04	0,15
<b>Couche 3 : Argile, marnes rocheuses</b> Semi-solide à solide, peu à non altérée	0,30	0,40	0,70	0,05	0,06	0,30
<b>Couche 4 : Marnes rocheuses</b> peu à non altérée	0,70	0,80	1,30	0,07	0,10	0,30
1) Conformément à la norme DIN 1054, ces valeurs ne peuvent être supposées pour la résistance à la pointe du pieu $q_{b,k}$ et la valeur de rupture du frottement superficiel du pieu $q_{s,k}$ que si la profondeur d'ancrage des pieux dans la couche portante est de 2,5 m au minimum et l'épaisseur minimale de la couche portante en dessous du pied du pieu est de $3 \times D_s$ resp. 1,5 m 2) Les valeurs indiquées du frottement surfacique d'utilisation $\tau_M$ sont valables pour corps d'injection jusqu'à 5,0 m de longueur. Pour des corps d'injection plus longs, une réduction des valeurs est nécessaire						
<b>Tableau 4: Autres valeurs de calculs</b>						

## 4.2 Conditions des eaux souterraines et de couches, niveau d'eau de calcul

Comme décrit au chapitre 3.3, aucun aquifère naturel continu n'a été exploré dans la zone d'étude au cours de la prospection.

La perméabilité des sols en place des couches 2, 3 et 4 peut être décrite comme faible ( $k_f < 10^{-6}$  m/s). En raison de la faible perméabilité, une accumulation est possible dans les couches 2, 3 et 4, en particulier après des précipitations.

**En raison de la situation rencontrée, nous recommandons de fixer le niveau d'eau de calcul au niveau de la surface du terrain pendant la phase d'utilisation, pour les mesures d'étanchéité et pour la vérification contre la poussée d'Archimède.**

**Si un drainage est prévu (voir chapitre 5.3.3), le niveau d'eau de calcul peut être fixé au niveau du drainage.**

Pendant la phase de construction, le niveau d'eau de calcul peut être supposé être au niveau du fond de fouille, à condition qu'un pompage permanent soit assuré et que l'on évite ainsi l'accumulation d'eaux affluentes à l'intérieur de la fouille.

### **4.3 Pollution du sous-sol**

Dans le cadre du rapport d'investigation présenté, la société ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. a été chargée d'établir une expertise géotechnique. Une étude concernant une éventuelle pollution du sous-sol, des eaux souterraines ou des constructions existantes ne faisait pas partie du mandat. Ces analyses ont déjà été effectuées au préalable par la société ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.. Un assainissement correspondant a déjà eu lieu. Les résultats ainsi que d'autres recommandations sur la manière de procéder peuvent être consultés dans le rapport ENECO-201023ETGA1901F-Suivi sécurisation.

Dans le cadre des analyses, les carottes de forage ont été examinées et évaluées du point de vue organoleptique quant à leur teneur potentielle en polluants. Il en est ressorti des indices d'une pollution environnementale des matériaux de sol rencontrés. En raison de l'étude des sites et sol polluées déjà existante, il a été renoncé à un examen analytique supplémentaire des échantillons de sol.

Si des masses contenant des substances nocives devaient être produites dans le cadre des travaux de construction, une analyse de déclaration est nécessaire pour définir la voie d'élimination. En ce qui concerne l'élimination dans les règles de l'art, nous recommandons dans ce cas de convenir d'un rendez-vous sur place avec la société ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. afin de clarifier la procédure ultérieure.

Il y a lieu de noter que le choix des points et des méthodes d'exploration dans le cas présent a été effectué exclusivement sur la base de considérations géotechniques. Il ne peut donc pas être exclu que des polluants soient rencontrés en dehors des points d'investigation. De même, on ne peut pas exclure la présence de polluants dans le sous-sol qui n'ont pas pu être détectés par l'analyse organoleptique ou par les méthodes d'investigation géotechnique choisies.

## 5 ARECOMMANDATION

### 5.1 Catégorie géotechnique

La mission du projet et les conditions du sous-sol prospectées imposent l'attribution du projet général dans la catégorie géotechnique GK - 2 selon les normes DIN EN 1997-1 et DIN 1054:2010-12: „Konventionelle Gründungen ohne ungewöhnliches Risiko oder schwierige Baugrund- und Belastungsverhältnisse. *Die Nachweise für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 sollten in der Regel zahlenmäßig ausgewiesene geotechnische Kenngrößen und Berechnungen enthalten, um die grundsätzlichen Anforderungen zu erfüllen*“ (Ouvrages courants qui ne présentent pas de risques exceptionnels ou des conditions de terrain difficiles. Ces ouvrages nécessitent des reconnaissances de sol quantitatives courantes et des méthodes de calcul éprouvées)..

### 5.2 Fondation

#### 5.2.1 Conditions générales

Quant à l'élaboration des recommandations de fondation pour l'ouvrage planifié, surtout les conditions aux limites suivantes doivent être prises en considération afin de choisir la variante optimale d'un point de vue technique et économique :

- Jusqu'à présent, un niveau de fondation n'a pas été indiqué dans le présent projet. En raison du sous-sol prévu, nous partons d'un niveau de fondation d'environ 4,0 m en dessous du niveau actuel du terrain. Dans la partie sud-ouest du bâtiment, nous partons d'un niveau de fondation à environ 288,5 m au-dessus du niveau moyen de la mer.
- Au niveau des fondations, les sols de la couche 2 ou de la couche 3 sont en place. La couche 2 a une portance moyenne et une sensibilité élevée au tassement. La couche 3 a été évaluée comme un sol ayant une capacité portante moyenne à élevée et une sensibilité moyenne au tassement.
- Aucune nappe phréatique naturelle et continue n'a été explorée.
- Des données concernant les pressions unitaires sur le sol ou les charges à attendre ne sont pas en notre possession lors de l'élaboration de cette expertise. Nous partons du principe que la charge est répartie de manière uniforme sur les fondations. L'influence des charges horizontales provenant de l'aménagement n'est pas prise en considération
- Nous définissons une valeur de 4,0 cm comme tassement maximal et les propositions de fondation suivantes sont adaptées à cette valeur. La compatibilité de ces tassements avec l'ouvrage doit être vérifiée par l'ingénieur en statique

#### 5.2.2 Recommandations de fondation

D'après les investigations effectuées, des sols des couches 2 et 3 sont en place au niveau de fondation supposé à 285,50 m au-dessus du niveau moyen de la mer au droit de la zone du sous-sol. Les sols des couches 2 et 3 sont en principe aptes à supporter des charges surfaciques moyennes, mais celles-ci réagissent avec des tassements plus grands sous la charge. Dans la zone sud-ouest et nord-ouest du bâtiment, nous partons d'un niveau de fondation à 288,50 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Ici des sols en place de la couche 1b qui, en raison de leur composition hétérogène et de leur consistance en partie molle, ne conviennent pas à supporter les charges attendues des bâtiments, sans réalisation des fondation plus profondes ou des mesures d'amélioration du sous-sol.

##### 5.2.2.1 Zone du bâtiment avec réalisation d'un sous-sol

Pour les recommandations de fondation suivantes, nous limitons la pression unitaire sur le sol dans la zone de la cave en moyenne à  $\sigma_{E,k} = 125 \text{ kN/m}^2$ .

Pour la fondation de l'ouvrage prévu, nous recommandons, jusqu'à une pression unitaire sur de  $\sigma_{E,k} = 125 \text{ kN/m}^2$ , la réalisation d'un radier rigide à la flexion sur une couche porteuse d'au moins 0,60 m d'épaisseur. Comme matériau de sol pour la couche portante, nous recommandons un matériau bien compactable et résistant au gel selon le chapitre 6.1.3 de l'expertise.

Dans le cas d'une fondation par radier telle que décrite ci-dessus, un module d'assise de  $k_s = 2,5 \text{ MN/m}^3$  peut être utilisé pour le prédimensionnement statique du radier de fondation, si les charges sont réparties de manière à peu près uniforme.

Le module d'assise a été élaboré à l'aide des calculs approximatifs et en supposant une pression unitaire sur le sol maximale  $\sigma_{E,k} = 125 \text{ kN/m}^2$ .

Der Bettungsmodul wurde anhand überschlägig durchgeführten Berechnungen und unter der Annahme einer maximalen Bodenpressung von  $\sigma_{E,k} = 125 \text{ kN/m}^2$  ermittelt. Les tassements (calculés) qui se produisent sous le radier sont dans ce cas de 4,1 - 5,1 cm. Le calcul est basé sur une couche portante telle que décrite ci-dessus. Pour une approche précise du module d'assise, des calculs de tassement détaillés seront nécessaires une fois que la planification concrète et les charges seront disponibles. Le concepteur en structure doit alors vérifier comment les charges peuvent être transmises au radier et si, le cas échéant, des renforcements du radier de fondation sont utiles dans les zones où la charge est plus élevée.

**Il convient de noter que le module d'assise n'est pas une caractéristique du sol, mais qu'il dépend de la conception des éléments de fondation et des charges de fondation. Le module d'assise doit donc être vérifié et, le cas échéant, adapté après l'établissement d'un plan de construction et de charges.**

Selon la planification à notre disposition, le sous-sol doit être en grande partie être réalisé en tant que niveau de parking. Nous partons ici de charges ponctuelles qui ne peuvent pas être transmises par la pression maximale surfacique du sol. **Pour la transmission des charges ponctuelles élevées, nous recommandons une fondation par réalisation de semelles isolées sur pieux resp. groupes de pieux.**

En ce faisant, les charges de l'ouvrage sont transmises à la couche portante 4, peu sensible au tassement. Lors de l'exécution de groupes de pieux, il convient de respecter les consignes suivantes

- La proximité spatiale des différents pieux provoque une influence réciproque sur le comportement porteur et de tassements.
- Il peut en résulter un effet de groupe des pieux, dont il faut tenir compte lors de la planification.
- La distance à partir de laquelle l'interaction entre pieux voisins est négligeable est estimée à 6 à 8 fois le diamètre des pieux.

Le dimensionnement des pieux peut être effectué à l'aide des valeurs indiquées dans le tableau 4 pour le frottement latéral du pieu et la résistance de la pointe du pieu. Il convient de noter que ces valeurs sont des valeurs empiriques déterminées sur la base de la norme DIN 1054:2021-04.

**Pour un pieu isolé soumis à une charge axiale**, la relation entre la profondeur d'encastrement dans la couche 4 [m], la valeur de calcul de la résistance du pieu  $R_d$  [MN] et le tassement  $s$  [cm] pour un diamètre de pieu de 0,9 m est présentée en tableau 5

Sur la base des informations disponibles sur le sous-sol et l'ouvrage, on peut s'attendre à une réduction de 20 à 30 % de la résistance de chaque pieu lors de l'exécution d'un groupe de pieux. **La réduction exacte de la valeur de calcul de la résistance des pieux  $R_d$  doit être**

déterminée au cas par cas par l'ingénieur de structure après la présentation d'un plan de charge précis, conformément aux "Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle" (Recommandations du groupe de travail sur les pieux) [U3.14].

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b> Lime House, Luxembourg					
Longueur du pieu [m]	8	9	10	11	12
Valeur de calcul de la résistance du pieu $R_d$ [MN] *)	1,125	1,449	1,640	1,781	1,923
Tassement $s$ [cm]	0,68	0,77	0,80	0,83	0,87
*) Réduction nécessaire lors de l'exécution de groupes de pieux selon [U3.14].					
<b>Tableau 5:</b> Valeur de calcul de la résistance des pieux (pieu isolé) pour une exécution à 285,50 m NN en fonction de la longueur des pieux et des tassements attendus					

Dans la mesure où le module d'assise ne sert qu'à l'évaluation de l'état des contraintes et non à l'évaluation de la déformation de la fondation sur pieux, il peut être estimé selon l'équation suivante

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$$

avec

- $E_{s,k}$  valeur caractéristique du module de rigidité (voir tableau 3),
- $D_s$  Diamètre du pieu: pour  $D_s \geq 1,0$  m,  $D_s = 1,0$  m est à appliquer.

L'équation ci-dessus ne doit être appliquée que si le déplacement horizontal maximal caractéristique calculé ne dépasse pas 2,0 cm ou  $0,03 \cdot D_s$ , la plus petite des deux valeurs étant retenue.

#### 5.2.2.2 Zone du bâtiment sans sous-sol

Dans la zone du bâtiment sans sous-sol, il est nécessaire de mener les fondations plus profondes pour supporter les charges attendues de l'ouvrage. Pour ce faire, nous recommandons la réalisation de semelles isolées qui sont réalisées par le biais des puits jusqu'à 284,50 m au-dessus du niveau moyen de la mer et qui sont ainsi encastrées dans la couche 2 ou la couche 3

Pour le dimensionnement des semelles isolées, des calculs approximatifs de tassement et du renard ont été effectués en utilisant les valeurs de calcul du chapitre 4.1.3. Pour le dimensionnement des fondations, on peut appliquer **les valeurs de dimensionnement  $\sigma_{R,d}$  de la résistance du sol** indiquées dans le tableau 6. La limitation de la résistance du sol résulte ici des vérifications selon les normes DIN EN 1997-1 et DIN 1054:2010-12 ou suite à l'atteinte du tassement maximal.

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b> Lime House, Luxembourg					
Paramètre	Transmission de charges par semelles isolées Dimensions des fondations $a/b=1$ , limitation des tassement à 4 cm				
Longueur de côté [m]	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Valeurs de dimensionnement de la résistance du sol $\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	620	580	500	450	400
Tassement [cm]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<b>Tableau 6:</b> Valeurs de dimensionnement $\sigma_{R,d}$ et tassements pronostiqués pour une fondation de puits à l'intérieur de la couche 4					

**Il y a lieu de noter que les valeurs listées en tableau 6 sont des valeur de dimensionnement de la résistance du sol selon la norme DIN 1054:2010-12 et qu'il ne s'agit pas des valeurs selon la norme DIN 1054:2005-01 ou selon la norme DIN 1054:1976-11**

#### 5.2.2.3 Fondation de l'ouvrage par pieux forés / pieux énergétiques

En raison des différents niveaux de fondation, des conditions hétérogènes du sol de fondation et de la faible capacité portante dans les couches 2 et 3, la fondation par pieux forés peut être recommandée comme alternative aux variantes de fondation décrites ci-dessus.

**En raison du chauffage et du refroidissement prévus du bâtiment par des sondes géothermiques, nous recommandons, pour un dimensionnement économique des pieux forés, de vérifier la réalisation de pieux énergétiques lors du pré-dimensionnement statique.**

Dans le cas d'une fondation par pieux forés lors des conditions de sol de fondation explorées, les charges de l'ouvrage des pieux forés sont transmises dans les couches 3 et 4, ayant une capacité portante élevée.

Pour le prédimensionnement des pieux, on peut utiliser les valeurs de calcul du tableau 4 pour le frottement latéral du pieu et la résistance de la pointe du pieu. Il convient de préciser que ces valeurs sont des valeurs empiriques, déterminées sur la base de la norme DIN 1054.

Pour le pieu isolé chargé de façon axiale, la relation entre la longueur du pieu  $L$  [m], la valeur de calcul de la résistance du pieu  $R_d$  [MN] et du tassement  $s$  [cm] pour un diamètre de pieu de 0,9 m est présentée en tableau 7. Les valeurs de calcul définies au chapitre 4.1.4 ont été utilisées pour le calcul.

Les valeurs indiquées dans le tableau 6 pour la valeur de calcul de la résistance  $R_d$  d'un pieu individuel doivent être réduites en cas de réalisation d'un groupe de pieux, conformément aux prescriptions des recommandations du groupe de travail "Pieux" [U3.14].

Sur la base des informations disponibles sur le sous-sol et la construction, on peut s'attendre à une réduction de 20 à 30 % de la résistance d'un pieu individuel lors de la réalisation d'un groupe de pieux. La réduction exacte de la valeur de calcul de la résistance des pieux  $R_d$  doit être déterminée au cas par cas par l'ingénieur de structure après la présentation d'un plan de charge précis, conformément aux "Recommandations du groupe de travail Pieux" [U3.14].

**Les valeurs indiquées dans le tableau 6 pour la valeur de calcul de la résistance  $R_d$  d'un pieu isolé doivent être réduites en cas de réalisation d'un groupe de pieux, conformément aux prescriptions des recommandations du groupe de travail "Pieux" [U3.14].**

Sur la base des informations disponibles sur le sous-sol et la construction, on peut s'attendre à une réduction de 20 à 30 % de la résistance d'un pieu isolé lors de la réalisation d'un groupe de pieux. **La réduction exacte de la valeur de calcul de la résistance des pieux  $R_d$  doit être déterminée au cas par cas par l'ingénieur de structure après la présentation d'un plan de charge précis, conformément aux "Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle" (Recommandations du groupe de travail Pieux) [U3.14].**

<b>ENECO Ingénieurs-Conseils S.A.</b>					
Lime House, Luxembourg					
<b>Longueur du pieux L [m]</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Valeur de calcul de la résistance du pieu <math>R_d</math> [MN] *)</b>	1,005	1,106	1,207	1,580	1,722
<b>Tassement s [cm]</b>	0,65	0,67	0,70	0,79	0,82
*) Réduction nécessaire lors de l'exécution de groupes de pieux selon [U3.14].					
<b>Tableau 7:</b> Valeur de calcul de la résistance du pieux ( <b>pieu isolé</b> ) lors de la réalisation à 288,50 m NN en fonction de la longueur des pieux et des tassements attendus					

**Il convient de noter que les sols des couches 1b et 2 sont sensibles au tassement. Pour cette raison, nous recommandons d'appliquer une valeur négative pour le frottement latéral dans les couches 1b et 2 lors du dimensionnement des pieux forés. De plus, en raison de la présence de sols cohérents mous, il faut tenir compte d'une pression latérale sur les pieux lors du dimensionnement.**

Dans la mesure où le module d'assise ne sert qu'à l'évaluation de l'état des contraintes et non à l'évaluation de la déformation de la fondation sur pieux, il peut être estimé selon l'équation suivante

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$$

avec

- $E_{s,k}$  valeur caractéristique du module de rigidité (voir tableau 3),
- $D_s$  Diamètre du pieu: pour  $D_s \geq 1,0$  m,  $D_s = 1,0$  m est à appliquer.

L'équation ci-dessus ne doit être appliquée que si le déplacement horizontal maximal caractéristique calculé ne dépasse pas 2,0 cm ou  $0,03 \cdot D_s$ , la plus petite des deux valeurs étant retenue.

### 5.3 Sécurisation de la fouille

#### 5.3.1 Talus

En principe, dans les conditions de sous-sol rencontrées, il est possible de réaliser des talus de fouille sans blindage dans des zones non soumises aux charges, dans la mesure où les conditions spatiales le permettent. Conformément à la norme DIN 4124, un angle de talus de 60° maximum devrait être réalisé dans les couches 2, 3 et 4.

Les angles de talus plus raides doivent être approuvés par voie de calcul ou par un expert au cas par cas. L'exécution de talus sans justification par le calcul est liée au respect des conditions marginales selon la norme DIN 4124. Il s'agit en particulier des conditions suivantes:

- Les véhicules routiers ainsi que les excavateurs et les engins de levage d'un poids total inférieur ou égal à 12 t doivent respecter une distance minimale de 1,0 m entre le bord extérieur de leur surface d'appui et le bord du talus. Pour les véhicules routiers lourds ainsi que les machines et engins de chantier d'un poids total compris entre 12 et 40 tonnes, cette distance minimale est portée à 2,0 mètre
- Une bande de protection sans charge d'au moins 0,6 m de large doit être prévue à proximité de la bordure du talus. Les remblais de terre adjacents à la bande de protection doivent présenter une pente maximale de 1:2, les charges d'empilage adjacentes ne doivent pas dépasser 10 kN/m².
- Die Böschungshöhe darf 5,0 m nicht überschreiten.
- La hauteur du talus ne doit pas dépasser 5,0 m.
- Une accumulation d'eau de couche ou d'eau souterraine dans la zone du talus est à empêcher.

- Une mise en danger de la stabilité par les eaux de surface, le dessèchement, le gel ou autres doit être empêchée, le cas échéant, par des mesures de sécurité supplémentaires appropriées.

### 5.3.2 Blindage verticale

**Dans les zones où la réalisation d'un talus n'est pas réalisable compte tenu des conditions limites susmentionnées et de l'espace disponible, nous recommandons de sécuriser la fouille au moyen d'une paroi de soutènement (blindage berlinois).**

Le blindage doit être réalisé en parallèle à l'excavation. L'excavation du sol doit précéder le blindage d'une profondeur maximale de 1,5 m. Lors de la réalisation du blindage vertical, il faut veiller à ce que les forces horizontales et verticales se produisant dans la zone d'appui du pied du blindage puissent être absorbées avec la sécurité nécessaire.

Le cas échéant, il convient de prévoir une ceinture avec ancrage arrière du blindage afin de garantir la transmission des forces horizontales dans la couche portante 3 ou 4. Lors de l'ancrage arrière du blindage, il convient de clarifier la profondeur des conduites d'alimentation et de réaliser la première couche d'ancrage en dessous de ce niveau. Les couches d'ancrage doivent en outre être choisies de manière à exclure tout effet négatif sur les ouvrages existants. A cet effet, il convient de respecter une distance minimale de 2,0 m entre les corps d'ancrage et les ouvrages existants.

Pour les ancrages qui se situent en dehors des limites de la parcelle, il faut demander une autorisation au propriétaire de la parcelle voisine concernée.

Les corps d'ancrage des ancrages doivent être disposés de manière à ce que la transmission des charges s'effectue dans la couche 3 ou 4. Pour le pré-dimensionnement des ancrages, il convient d'utiliser les valeurs de calcul indiquées dans le tableau 4. Celles-ci doivent être vérifiées dans le cadre d'essais d'ancrage et modifiées si nécessaire.

Pour le calcul statique du système de blindage, les directives fondamentales de l'EAB s'appliquent. En outre, toutes les actions supplémentaires provenant d'éléments de construction/d'ouvrages existants doivent être prises en compte.

Pour la détermination de la pression de terre, il faut se baser sur les directives de l'EAB. Dans ce cas, il faut déterminer le coin de glissement actuel à partir du pied de la poutre. Si des conduites sensibles à la déformation ou d'autres aménagements souterrains se trouvent à l'intérieur du coin de glissement, nous recommandons de choisir une pression de terre plus élevée pour le dimensionnement de l'ouvrage, comme décrit ci-dessous.:

$$E'_{ah} = 0,5 E_{0h} + 0,5 E_{ah}$$

Le dimensionnement du blindage doit en principe être conçu en fonction des éventuelles mesures de remplacement du sol du côté de l'excavation. Cela concerne surtout les vérifications pour le côté de la résistance du sol. Dans ce cas, un échange partiel du sol, même d'un ordre de grandeur d'environ 1,0 m, doit être réalisable sans mettre en danger la stabilité du blindage.

## 5.4 Epuisement

### 5.4.1 Arrivé d'eau au site

Selon les recommandations d'exécution, les fouilles nécessaires seront probablement situées dans la couche 2 ou 3. Une accumulation des eaux du sol est possible, en particulier après des précipitations.



#### 5.4.2 Epuisement durant la phase de construction

Durant **la phase de construction**, les afflux d'eaux de pluie, de couche, d'infiltration et de pente sont à évacuer. Ces eaux peuvent être captées dans un épuisement ouvert et déversées dans un émissaire.

#### 5.4.3 Imperméabilisation du bâtiment et drainage

Après les reconnaissances, les murs en contact avec le sol et les éléments de fondation se trouvent au-dessus d'un niveau d'eau souterraine continu. Afin d'éviter des afflux proches de la surface vers l'ouvrage et un refoulement des eaux du sol dans la zone de la dalle de fondation, nous recommandons la mise en place d'un drainage circulaire. Un drainage circulaire permet d'évacuer les eaux de retenue et d'infiltration. Dans ces cas, les étanchéités nécessaires peuvent être conçues pour la classe d'influence W1.2-E selon la norme DIN 18533.

Selon la norme DIN 18533, sans l'exécution d'un drainage circulaire pour les ouvrages dont l'encastrement dans le sol de fondation est inférieure à 3 m, on est en présence d'une action modérée W2.1-E due à l'eau d'infiltration accumulée. Dans le cas où les murs en contact avec la terre sont encastrés de plus de 3 m dans le sol de fondation, il y a, selon la norme DIN 18533, une forte influence due à la pression interstitielle des eaux. Dans ce cas, le type d'étanchéité nécessaire doit être conçu pour la classe d'influence W2.2-E selon la norme DIN 18533.

## 6 TRAVAUX DE TERRASSEMENT

#### 6.1.1 Travaux d'excavation

Dans la zone d'étude, des sols meubles des couches 1, 2 et 3 sont présents aux profondeurs d'excavation prévues. Le décapage de ces couches peut être effectué par des méthodes conventionnelles, par exemple à la pelle mécanique ou à la chenille.

#### 6.1.2 Réutilisation/traitement des matériaux d'excavation

Pour autant qu'il n'y ait pas des nuisances environnementales, les sols graveleux de la couche 1a peuvent également être réutilisés dans les zones de transmission de charges du site.

Les sols des couches 1b et 2 ne sont adaptés qu'à une mise en œuvre dans des zones non soumises aux charges du site de construction, comme par exemple pour le modelage du terrain ou pour des couches de remise en culture.

Les sols cohésifs de la couche 3 sont en principe également adaptés au traitement avec des liants hydrauliques s'ils ont une consistance au moins rigide ou semi-solide. Après le traitement, ces sols peuvent être utilisés dans des zones non sensibles au gel. Des tests d'aptitude sont nécessaires avant la consolidation du sol.

Les terres réutilisables devraient d'abord être placées sur des tas après leur extraction. Afin d'éviter tout contact avec l'eau, par exemple en cas de précipitations, les tas doivent être recouverts d'un film plastique.

#### 6.1.3 Echange de sols et remblaiement

Pour **un éventuel échange de sols** nous recommandons d'utiliser:

- mélanges graviers/sables de la groupe de sols GW et GU, ou
- matériaux concassés avec une fraction de grains fins  $\leq 5\%$

Les matériaux d'échange sont à mettre en place de façon régulier, en couches de 0,3 m d'épaisseur maximale et à compacter avec un degré de compactage  $D_{PR} \geq 100\%$ .

En tant que matériaux pour **le remblaiement** nous recommandons l'utilisation de

- sables et graviers de la groupe de sols GW, GI, GU, GT, SW, SI, SU, ST, ou
- matériaux concassés avec une fraction de grains maximale de 15 % en poids  $\leq 0,063$  mm

Des matériaux cohésifs à granulométrie mixte (groupes de sols GU\*, GT\*, SU\*, ST\*) peuvent également être utilisés jusqu'à une profondeur de 0,5 m en dessous de la plateforme. Au cas où des matériaux cohésifs à granulométrie mixte sont utilisés, nous recommandons une mise en place alternante avec des matériaux à gros grains (structure sandwich).

La mise en place des matériaux de remblai est à réaliser de façon régulière en couches de 0,3 m d'épaisseur maximale et à compacter avec un degré de compactage de

- $D_{PR} \geq 100\%$  (plateforme jusqu'à une profondeur de 1,0 m)
- $D_{PR} \geq 97\%$  (1,0 m en dessous de la plateforme jusqu'au fond du remblaiement).

La charge de la pression des terres au repos pour les murs remblayés est à prévoir jusqu'au fond de fouille. Des charges provenant de la pression de l'eau et des charges mobiles sont à considérer supplémentaires. En tant que coefficient de la pression des terres au repos, une valeur  $K_0 = 0,5$ , en tant que poids volumique pour les matériaux de remplissage une valeur  $\gamma_k / \gamma'_k = 20 / 12$  kN/m<sup>2</sup> peut être supposée.

#### 6.1.4 Consolidation du sol

Après évaluation visuelle, certaines parties des matériaux d'excavation peuvent être réutilisées dans le cadre d'une consolidation des sols (voir point 6.1.2). Pour ce faire, ce sont en premier lieu les sols meubles cohésifs de la couche 3 qui semblent appropriés.

Sur la base de notre expérience dans la consolidation de sols comparables, nous attendons les meilleurs résultats en utilisant un liant hydraulique mixte (chaux-ciment) avec des proportions plus élevées de ciment. (par ex. 30 M.-% de chaux / 70 M.-% de ciment).

Dans le cas de ces sols, une consolidation ne permettra probablement pas d'obtenir une meilleure résistance au gel, de sorte qu'il faut renoncer à l'utilisation de l'amélioration de sol dans les zones sensibles au gel ou soumises à des contraintes de gel.

**Avant la réalisation d'une consolidation de sol, il faut effectuer un test d'aptitude pour le mélange sol-liant. Les proportions de liant doivent également être déterminées dans le cadre du certificat d'aptitude.**

## 7 AUTRES INFORMATIONS

Tous les calculs de contrôle de stabilité statique ainsi que l'état limité de service doivent être effectués pour l'ouvrage, le talus et les blindages de fouille éventuellement réalisés. Un rapport de conception géotechnique doit être établi, dans lequel la suffisance et l'adéquation des preuves de sécurité apportées sont analysées et confirmées. Le rapport de conception doit également documenter la procédure d'établissement des preuves de sécurité et du modèle.

Au cours de la planification, le niveau de sécurité 2 attribué sur la base de l'état actuel de la planification doit être vérifié.

## 8 INDICATIONS GENERALES POUR L'EVALUATION DU SOL PRESENTEE

Concernant les calculs et recommandations présentées dans ce rapport, l'utilisation des règles générales reconnues des techniques de construction pour la planification et la réalisation est supposée.

L'évaluation du sol de fondation mais aussi les recommandations énoncées se réfèrent exclusivement au site d'étude, à son implantation locale ainsi qu'aux points d'investigation présentés dans le plan GIOR2302-301.

Au cours de la planification future du bâtiment, les évaluations du sous-sol et les recommandations de fondation sont à adapter de façon appropriée. Ceci peut conduire à un remaniement des données originales du problème et le cas échéant à des changements de l'évaluation du sol de fondation. Chaque changement d'un point de vue planification ou technique de construction au sujet du sol de fondation sont par conséquent à approuver par les signataires. Les différences aux conditions décrites (niveau du bâtiment etc.), sont à communiquer aux signataires

Afin d'assurer une réalisation dans les règles de l'art conformément à la norme DIN / EC 7, nous proposons d'effectuer le contrôle des travaux de fondation par la société ENECO S.A. Ingénieurs-conseils. Il est à considérer que les propositions établies dans une étude géotechnique s'appuient sur les découvertes ponctuelles. Des différences concernant la stratification et la caractérisation des sols sont possibles en dehors des points d'investigation.

Contern, 30.10.2023

Fabian LION  
Responsable de projet  
M. Sc. Angewandte Geowissenschaften

Mario WERN  
Administrateur  
Diplom-Bauingenieur

## **9 ANNEXES**

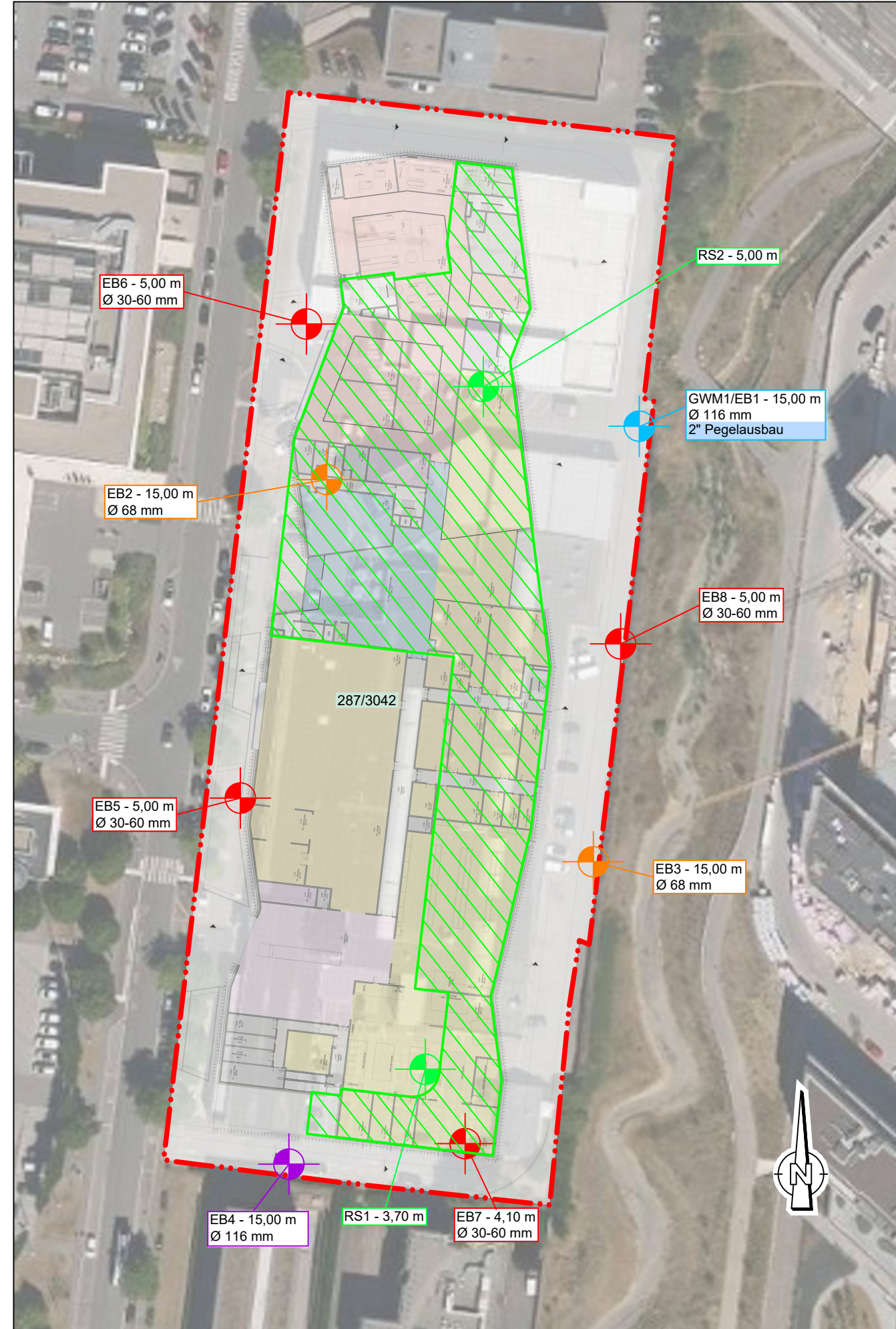
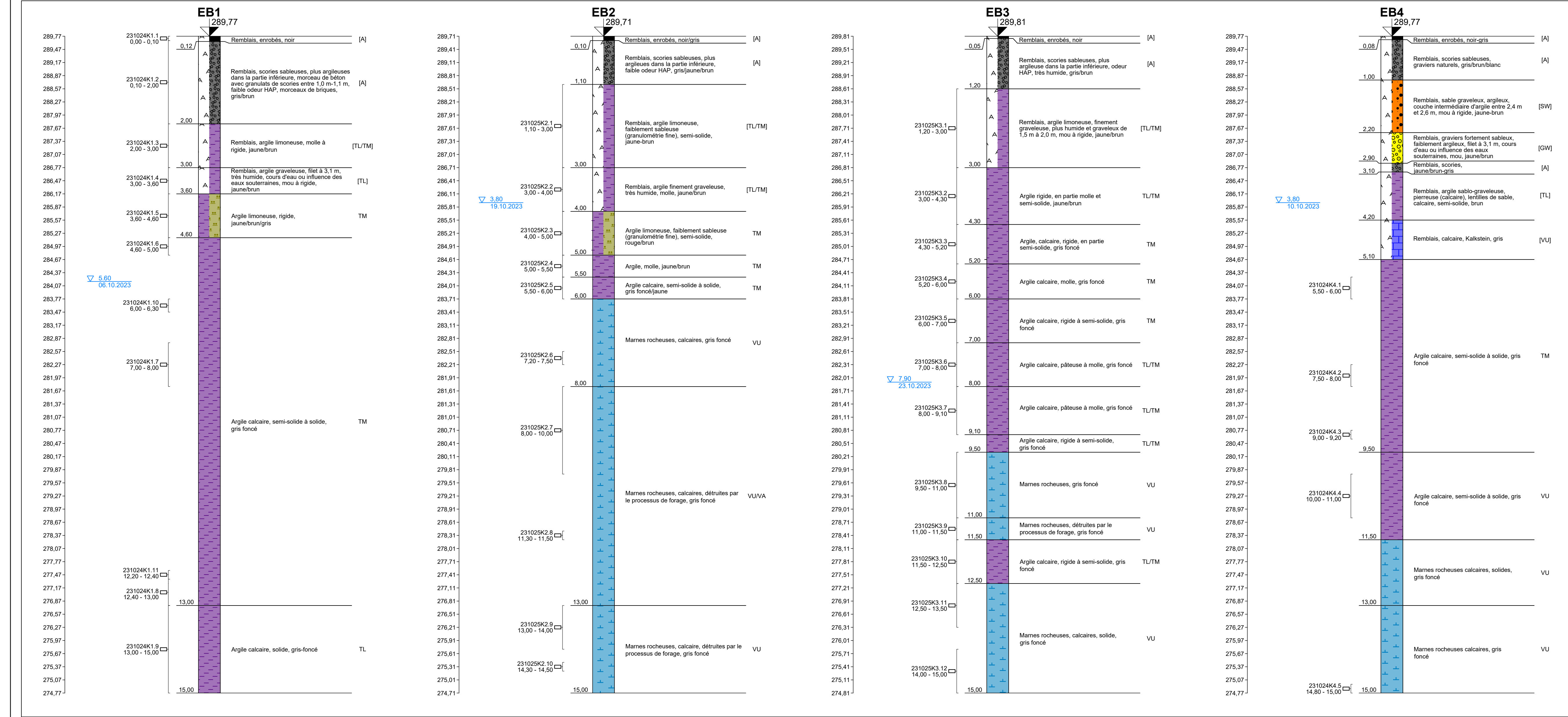
Investigation géotechnique (Plan de vue d'ensemble, profiles de forage et diagrammes des sondages par battage) GIOR2301-301

Coupes des profiles de forages 1-1', 2-2' GIOR2301-305

Éssais géotechniques en laboratoire

Documentation des carottes de forage



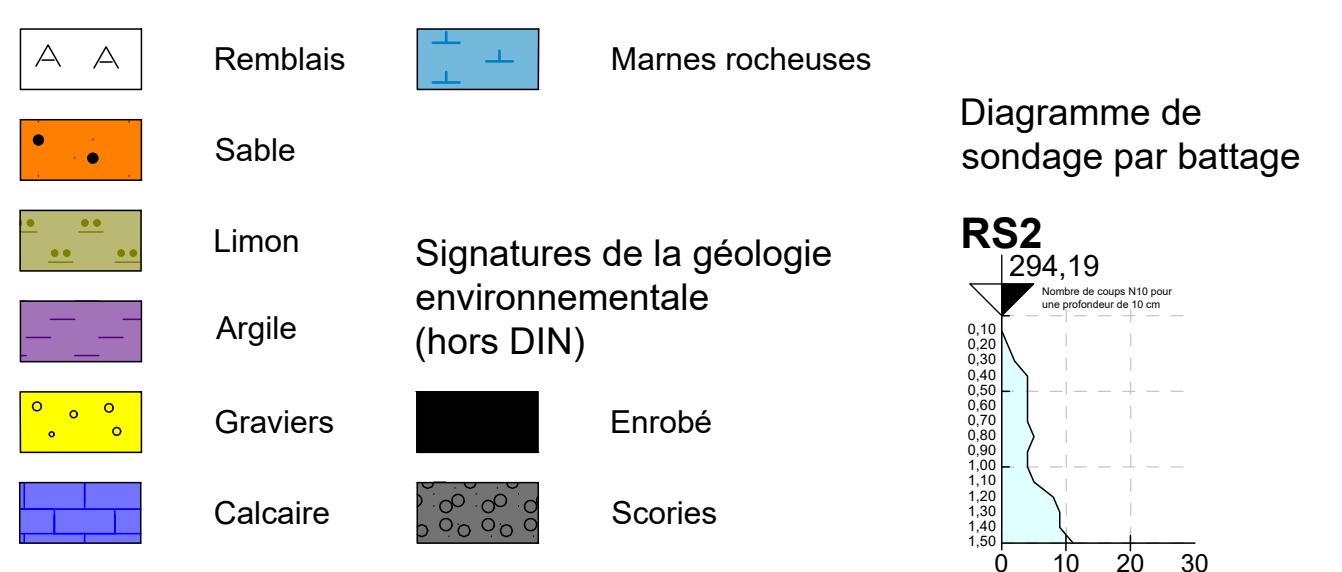


Plan de vue d'ensemble échelle 1 : 1.000

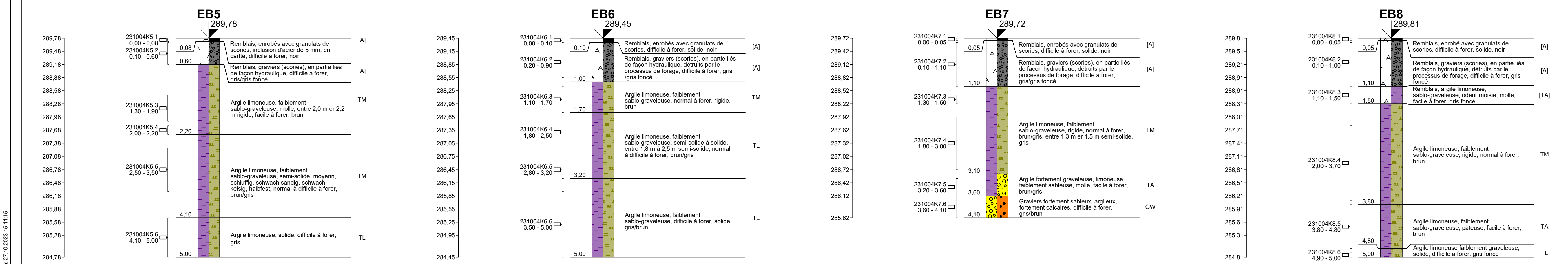
#### LEGENDE:

- Limite de projet
- Limite cadastrale
- Forage par battage avec indication de la profondeur et du diamètre
- Forage rotatif avec indication de la profondeur et du diamètre
- Sondage par battage avec indication de la profondeur
- Forage rotatif avec essai pressiométrique avec indication de la profondeur et du diamètre
- Forage rotatif avec équipement piézométrique avec indication de la profondeur et du diamètre de forage et du piézomètre

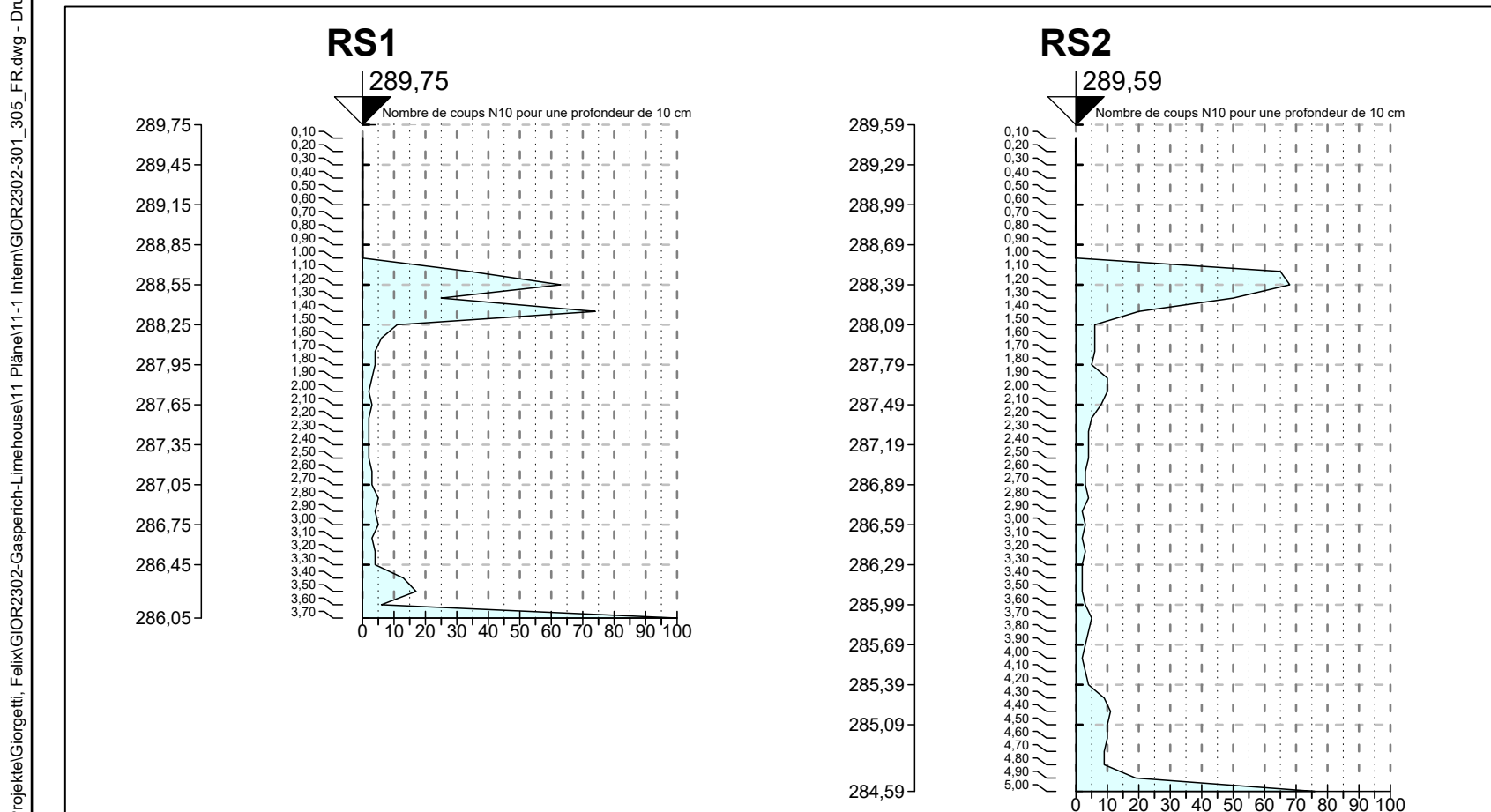
#### Structures de terrain



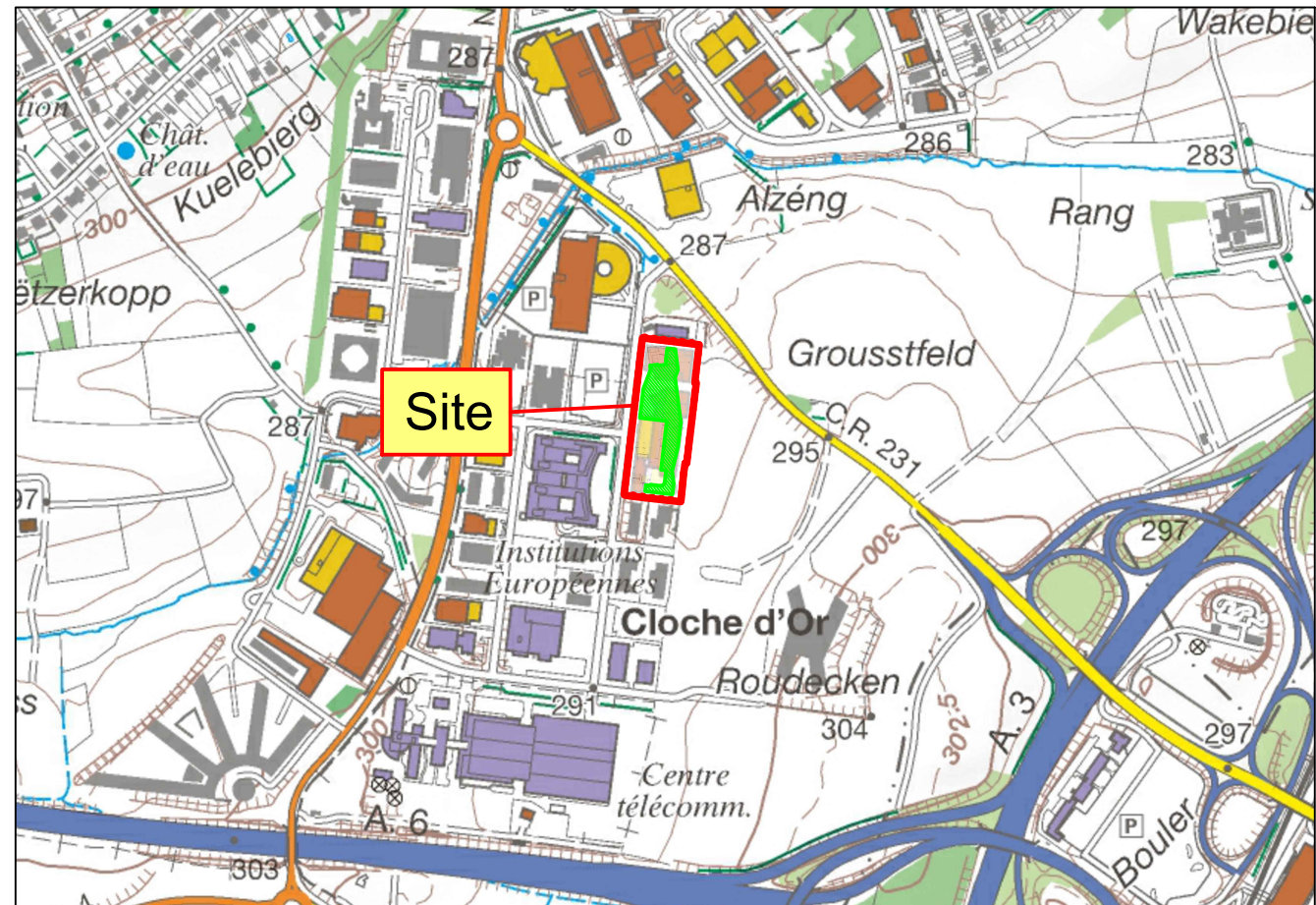
#### Forages d'investigation Ø 116 mm (EB1 + EB2, Ø 68 mm (EB3 + EB4)



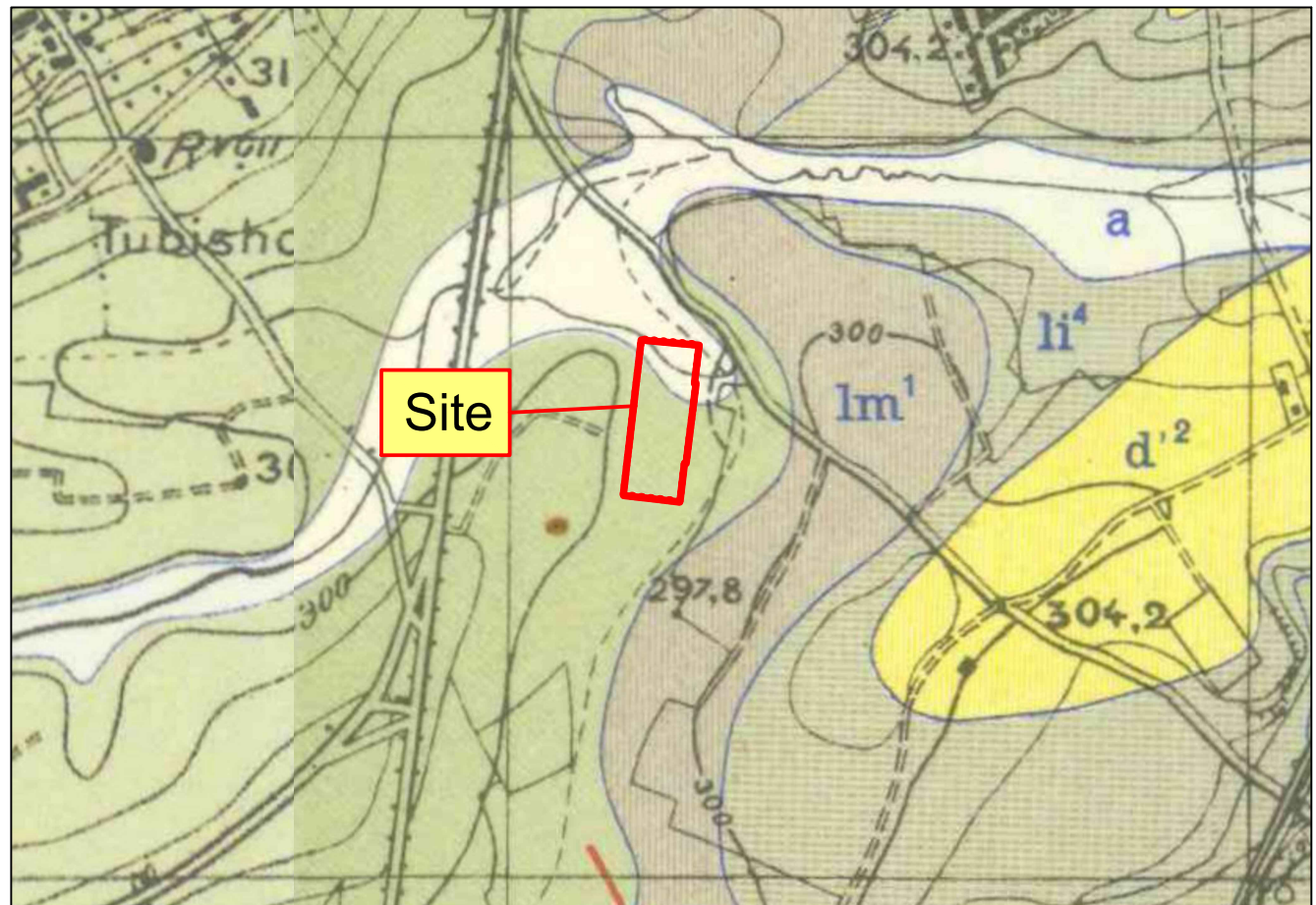
#### Forages d'investigation Ø 30-60 mm



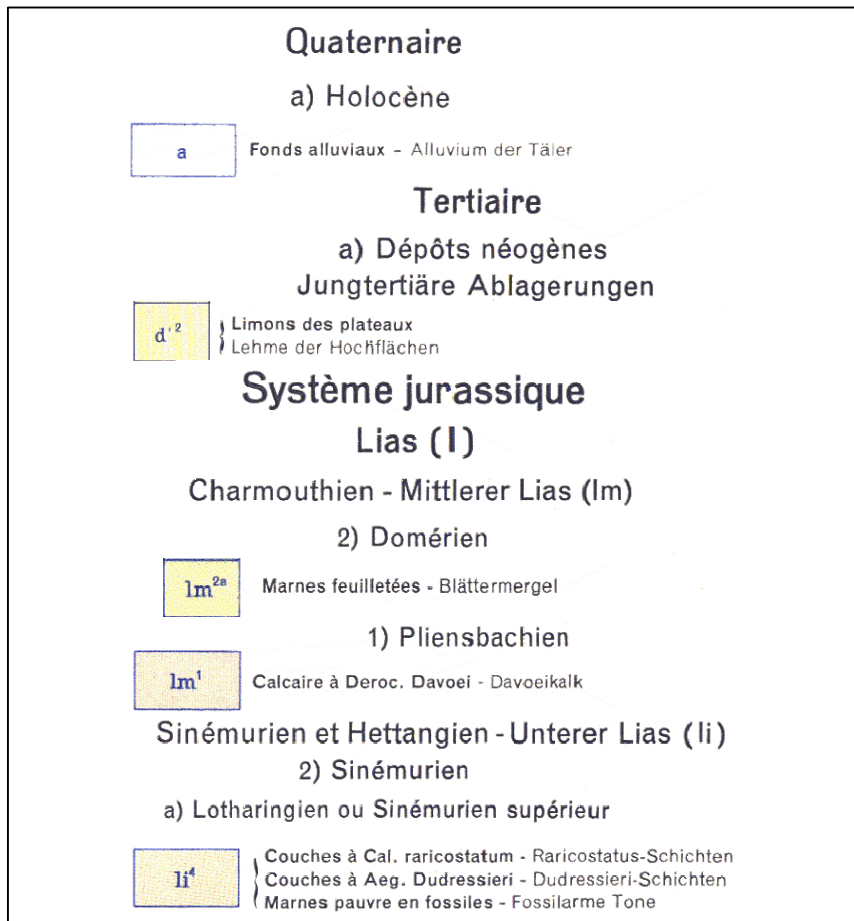
Sondages par battage semi-lourde échelle 1 : 50



Extrait de la carte topographique TC17 - Luxembourg échelle 1 : 10.000



Extrait de la carte géol., feuilles N° 1 - Esch-Alzette, N° 2 - Remich échelle 1 : 10.000



Planbase/Plan d'origine: © Administration du cadastre et de la topographie: Carte topographique TC 17 - Luxembourg (2015); © Ministère des Travaux Publics, Services Géologiques, Carte Géologique du Luxembourg Feuille N° 1 - Esch-Alzette (1947); Feuille N° 2 - Remich (1947); Falabec Architecture: FM Global, Research and Training Center, Pin N° FMG\_APD\_20H100 Rez-de-chaussée, indice E (20.10.2023).

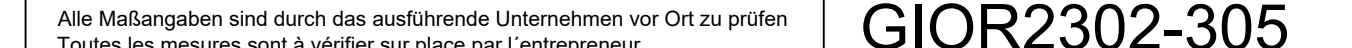
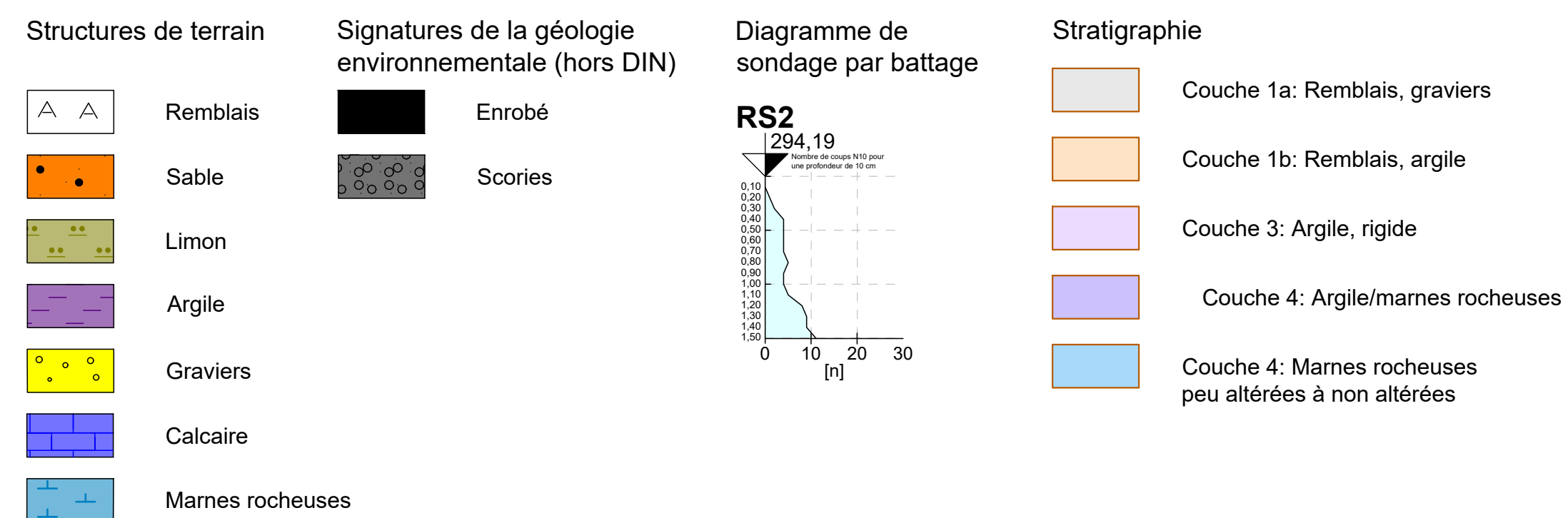
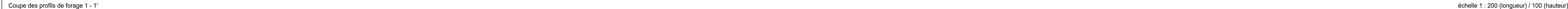
Planbezeichnung/ Denomination du plan:	Investigation géotechnique (Plan de vue d'ensemble, profils de forage et sondages par battage)
Projektname/ Nom du projet:	Construction d'un nouveau centre de recherche et de formation à Luxembourg - Gasperich
Auftraggeber/ Maître d'ouvrage:	Felix Giorgetti s.à r.l. 3 Rue Jean Piret LU-2350 Gasperich

Planungsphase/ Stade de planification:	Géotechnique
Maßstab/Echelle:	1 : 10.000 / 1.000 / 50
Datum/Date:	27/10/2023
Bearb./Des.:	ST
Gepr./Ver.:	FL

Alle Maßangaben sind durch das ausführende Unternehmen vor Ort zu prüfen  
Toutes les mesures sont à vérifier sur place par l'entrepreneur

GIOR2302-301







## Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17892-1

Anlage:

Projektnummer: GIOR2302

Bearbeitungsdatum: 11./25.10.2023

Projektbezeichnung: Limehouse

Bearbeiter: M. Diederich

Ort: Gasperich

Auftraggeber: Felix Giorgetti

Probennummer	Entnahmetiefe	Bodenart	Behälter	Probe feucht + Behälter	Probe trocken + Behälter	Probe trocken	Wassergehalt
(-)	(m)	(-)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
231024 K1.4	3,00 - 3,60		130,83	560,79	458,09	327,26	31,4
231024 K3.10	11,5 - 12,5		131,78	589,54	514,83	383,05	19,5
231024 K3.4	5,20 - 6,00		130,12	484,46	397,67	267,55	32,4
231024 K3.6	7,00 - 8,00		129,18	518,22	436,08	306,90	26,8
231024 K4.1	5,50 - 6,00		131,50	545,58	489,77	358,27	15,6
231024 K4.2	7,50 - 8,00		128,69	572,42	509,33	380,64	16,6
231024 K4.4	10,0 - 11,0		128,44	533,83	483,11	354,67	14,3
231004 K5.3	1,30 - 1,90		104,46	355,96	304,87	200,41	25,5
231004 K5.4	2,00 - 2,20		131,48	308,11	272,06	140,58	25,6
231004 K5.5	2,50 - 3,50		106,45	430,45	369,75	263,30	23,1
231004 K6.3	1,10 - 1,70		117,16	559,32	470,34	353,18	25,2
231004 K7.4	1,80 - 3,00		128,69	435,50	368,89	240,20	27,7
231004 K7.5	3,20 - 3,60		109,60	395,69	322,63	213,03	34,3
231004 K7.6	3,60 - 4,10		130,83	541,66	488,25	357,42	14,9
231004 K8.3	1,10 - 1,50		128,44	534,62	484,25	355,81	14,2
231004 K8.4	2,00 - 3,70		131,78	484,25	402,84	271,06	30,0
231004 K8.5	3,80 - 4,80		98,35	185,87	162,31	63,96	36,8

Bemerkung:

## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

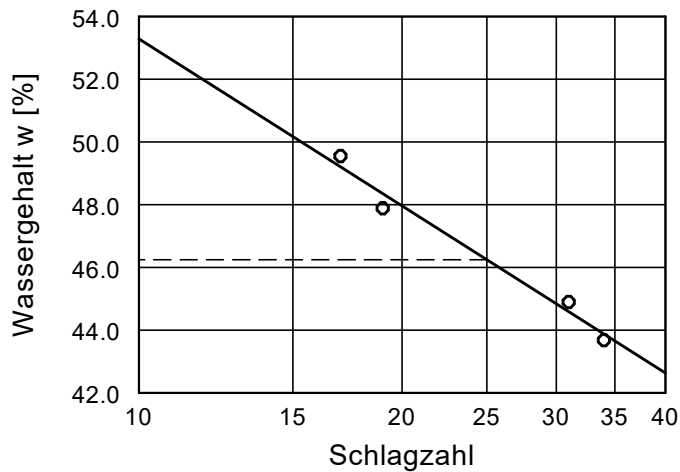
Probennummer: 231024 K 3.4

Entnahmetiefe: 5.2-6.0

Bodenart: TM

Art der Entnahme: gestört

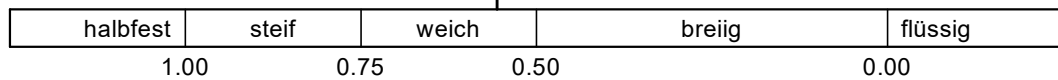
Probe entnommen am: 24.10.2023



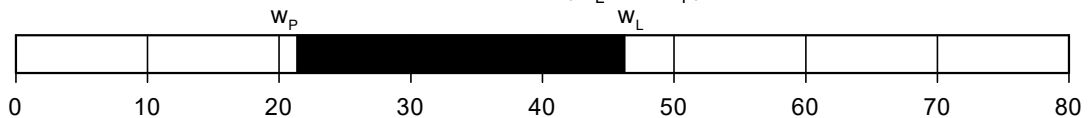
Wassergehalt  $w =$  32.4 %  
Fließgrenze  $w_L =$  46.2 %  
Ausrollgrenze  $w_p =$  21.3 %  
Plastizitätszahl  $I_p =$  24.9 %  
Konsistenzzahl  $I_c =$  0.56

Zustandsform

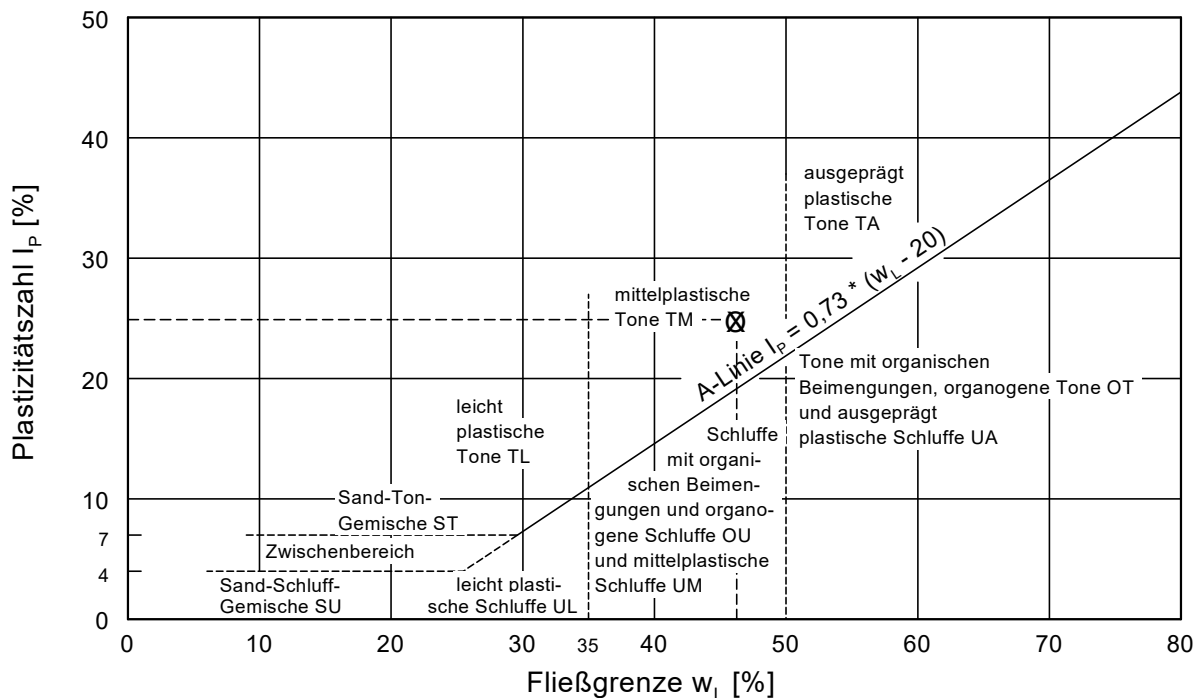
$I_c = 0.56$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm





## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

# Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

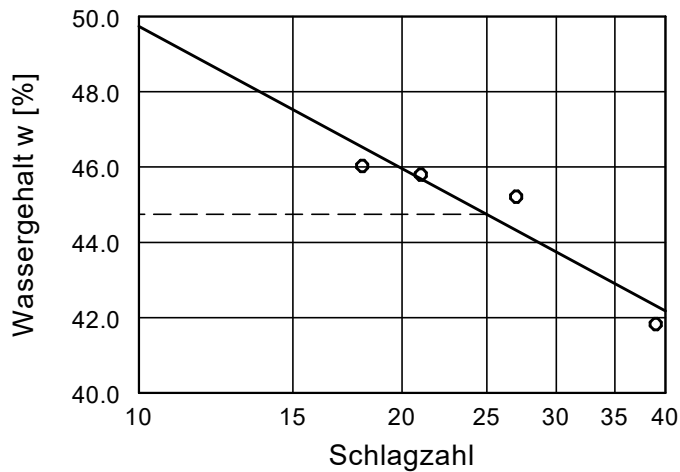
Probennummer: 231024 K 3.6

Entnahmetiefe: 7.0-8.0

Bodenart: TM

Art der Entnahme: gestört

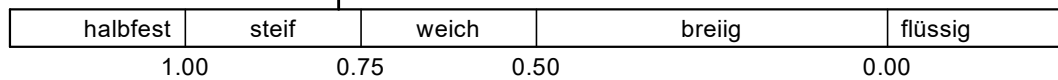
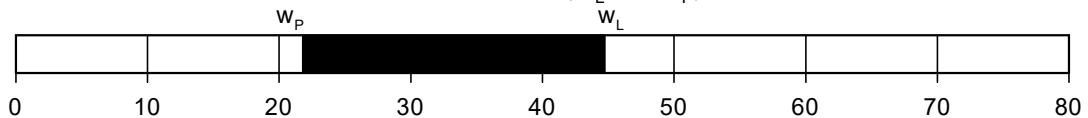
Probe entnommen am: 24.10.2023



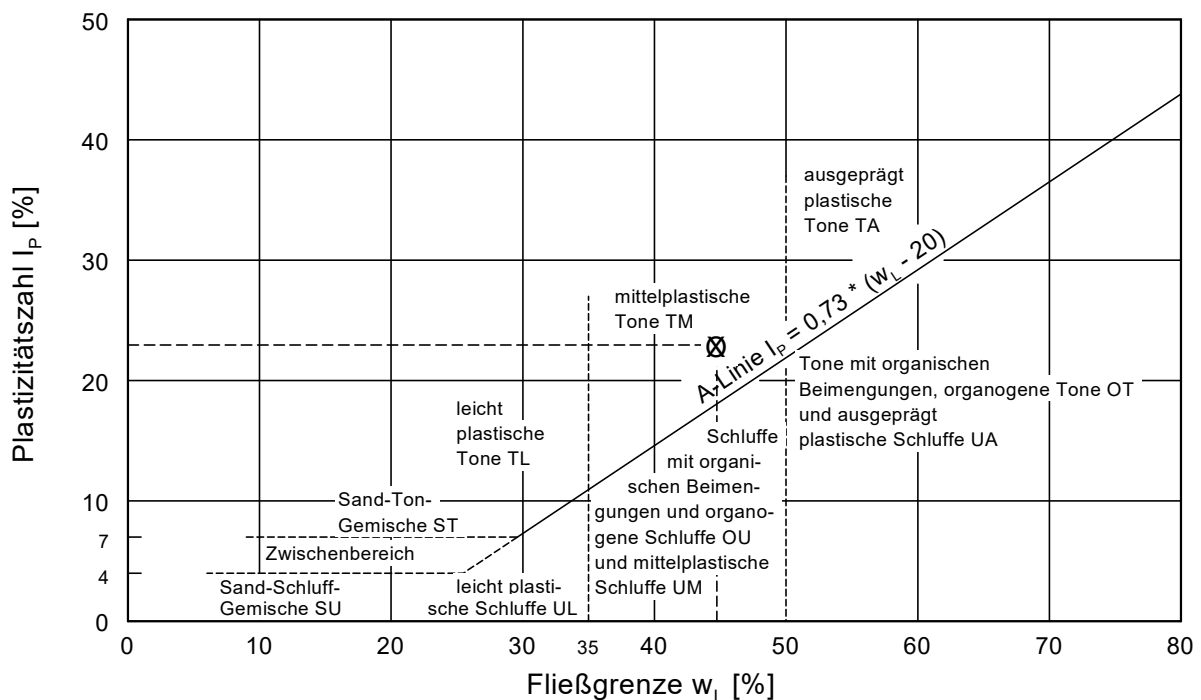
Wassergehalt $w$ =	26.8 %
Fließgrenze $w_L$ =	44.7 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	21.8 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	22.9 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	0.78

$$I_C = 0.78$$

## Zustandsform

Plastizitätsbereich ( $w_l$  bis  $w_p$ ) [%]

## Plastizitätsdiagramm



## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

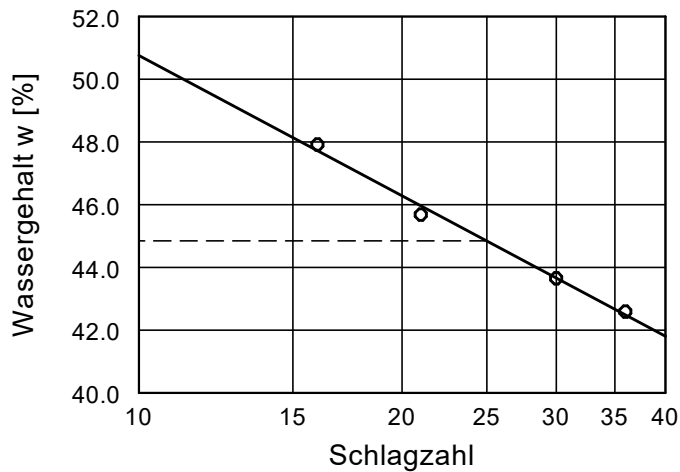
Probennummer: 231024 K 3.10

Entnahmetiefe: 11.5-12.5

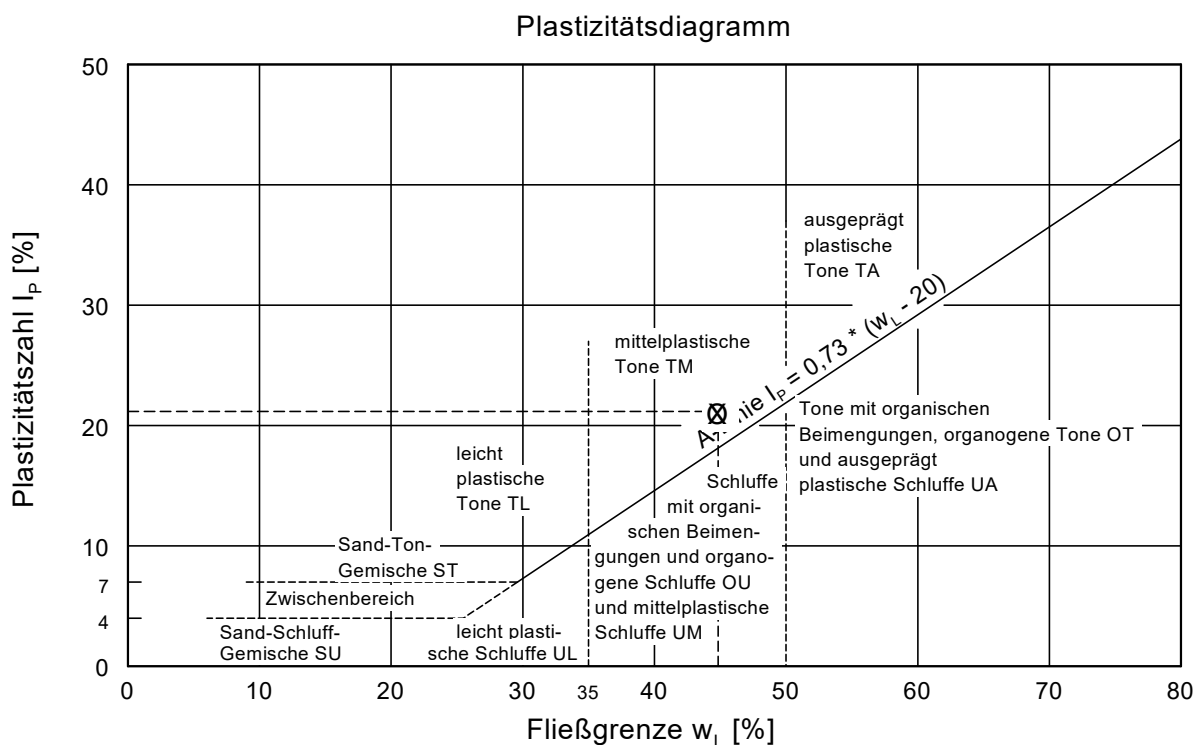
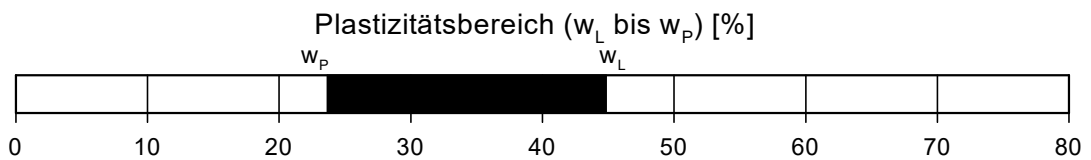
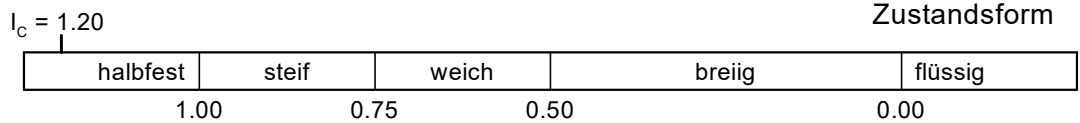
Bodenart: TM

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 24.10.2023



Wassergehalt  $w =$  19.5 %  
Fließgrenze  $w_L =$  44.8 %  
Ausrollgrenze  $w_P =$  23.7 %  
Plastizitätszahl  $I_P =$  21.1 %  
Konsistenzzahl  $I_C =$  1.20



## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

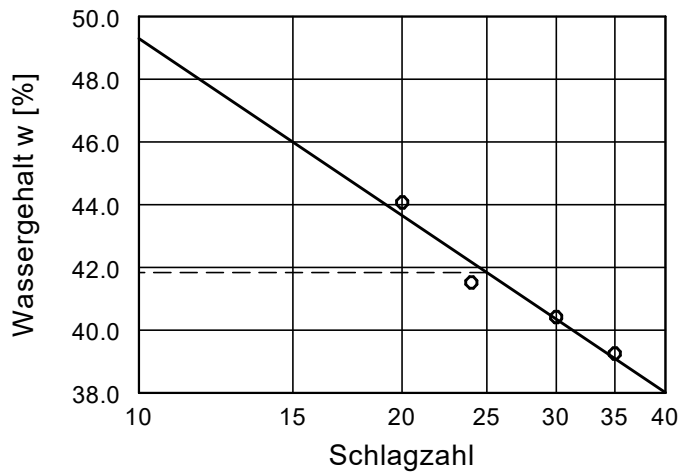
Probennummer: 231024 K 4.4

Entnahmetiefe: 10.0-11.0

Bodenart: TM

Art der Entnahme: gestört

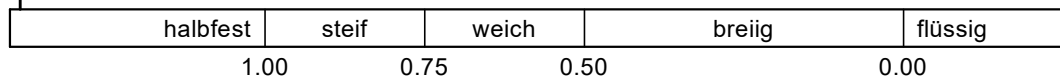
Probe entnommen am: 24.10.2023



Wassergehalt  $w =$  14.3 %  
Fließgrenze  $w_L =$  41.8 %  
Ausrollgrenze  $w_P =$  21.9 %  
Plastizitätszahl  $I_P =$  19.9 %  
Konsistenzzahl  $I_C =$  1.38

$I_C = 1.38$

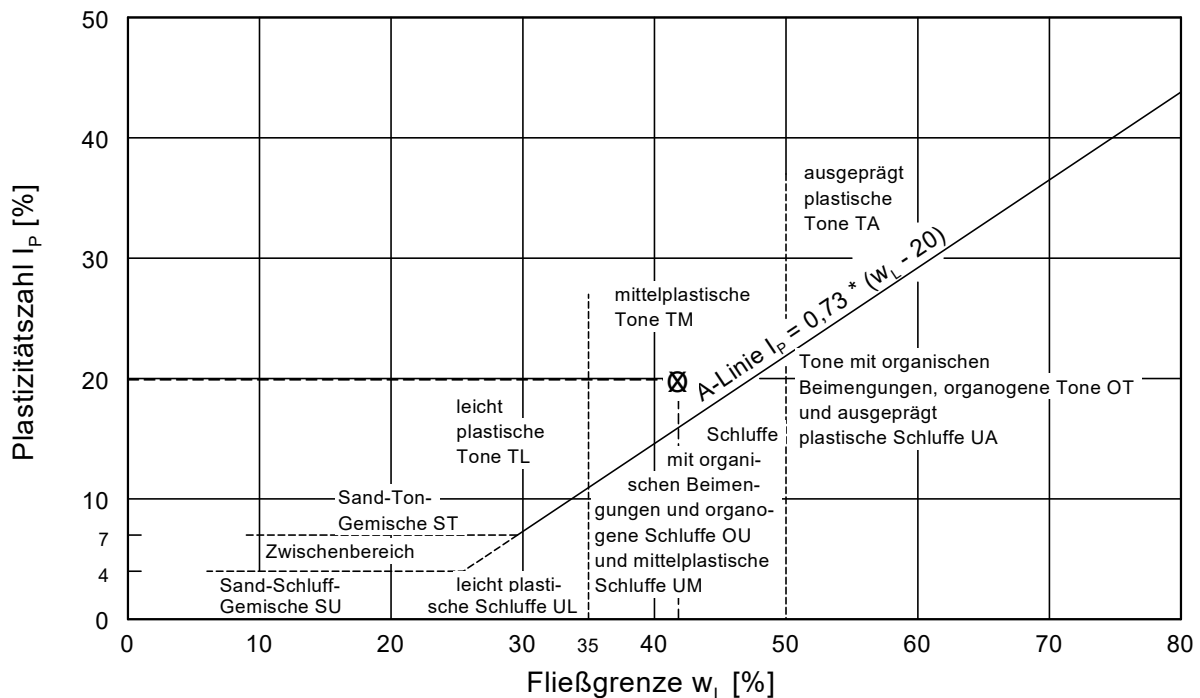
Zustandsform



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

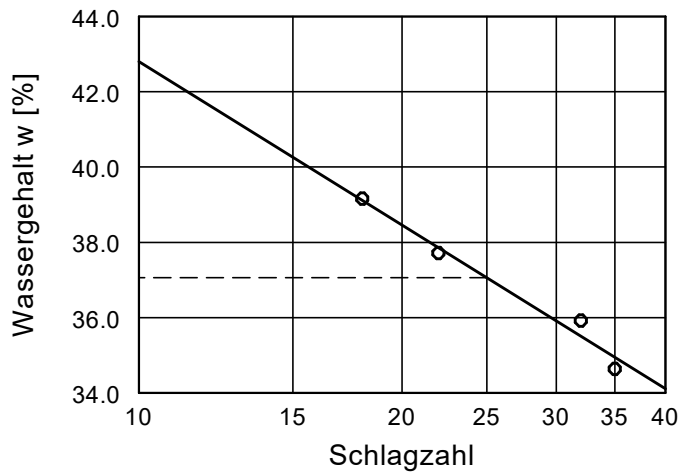
Probennummer: 231004K5.3

Entnahmetiefe: 1,30 - 1,90 m

Bodenart: TM

Art der Entnahme: gestört

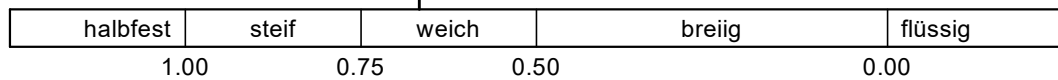
Probe entnommen am: 04.10.2023



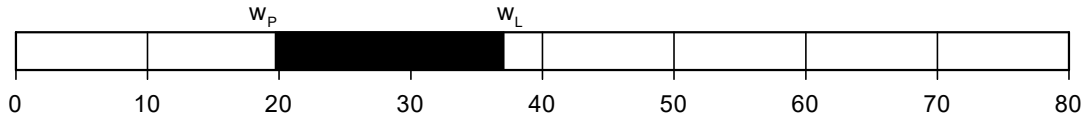
Wassergehalt  $w =$  25.5 %  
Fließgrenze  $w_L =$  37.1 %  
Ausrollgrenze  $w_P =$  19.7 %  
Plastizitätszahl  $I_P =$  17.4 %  
Konsistenzzahl  $I_C =$  0.67

Zustandsform

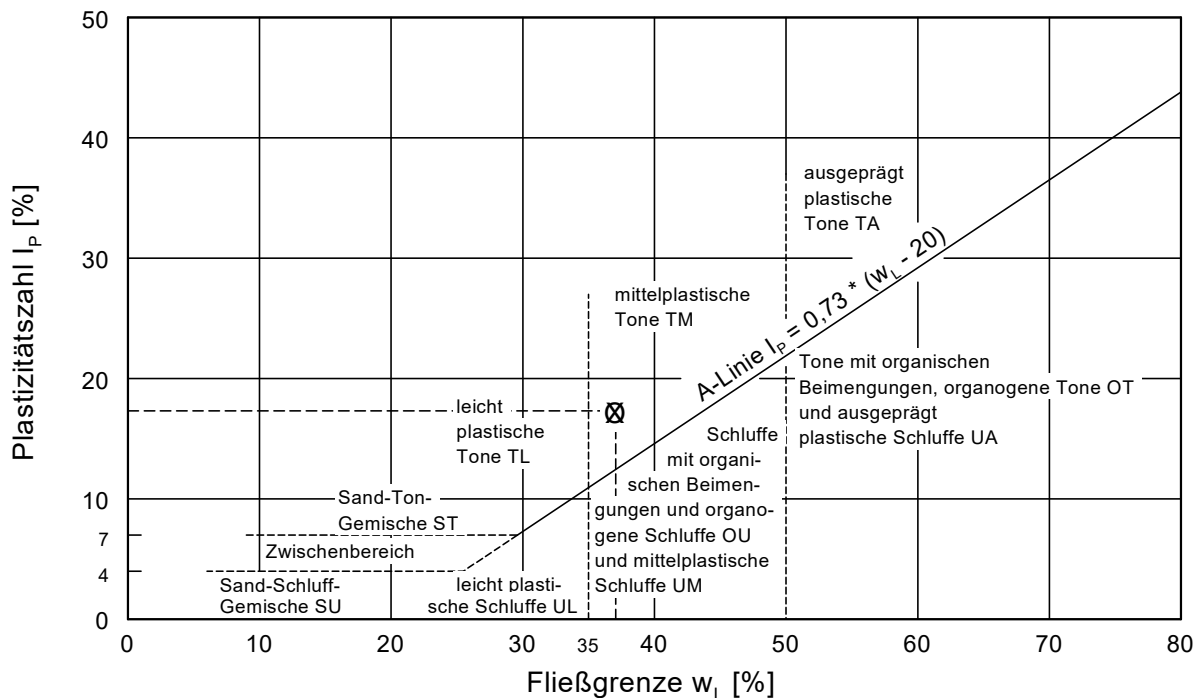
$I_C = 0.67$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

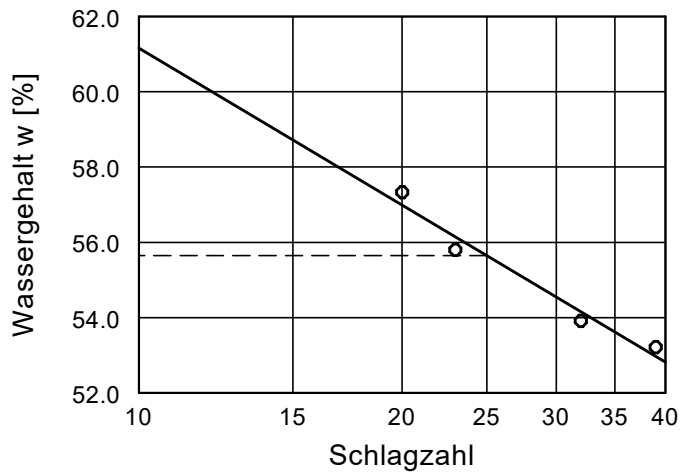
Probennummer: 231004K7.5

Entnahmetiefe: 3.2 -3.6

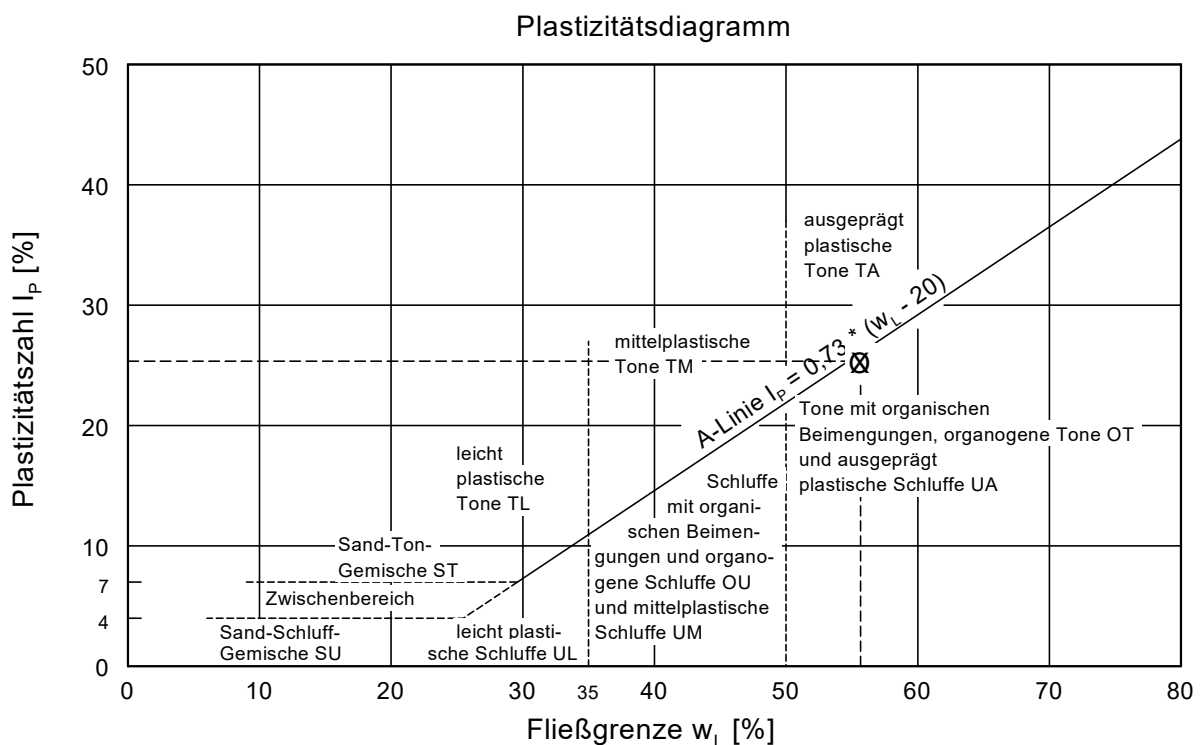
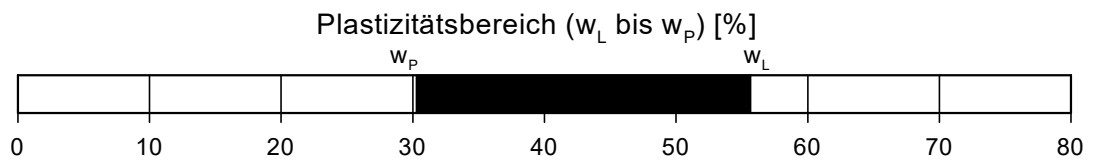
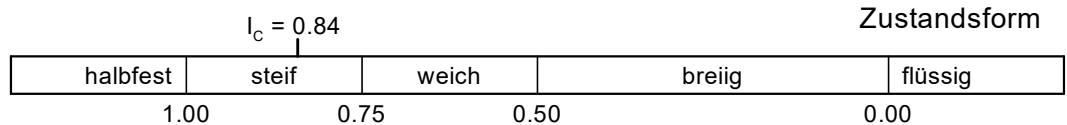
Bodenart: OT/TA

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 04.10.2023



Wassergehalt  $w =$  34.3 %  
Fließgrenze  $w_L =$  55.6 %  
Ausrollgrenze  $w_P =$  30.3 %  
Plastizitätszahl  $I_P =$  25.3 %  
Konsistenzzahl  $I_C =$  0.84



## Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

GIOR2302

Limehouse Gasperich

Bearbeiter: M. Diederich

Datum: 26.10.2023

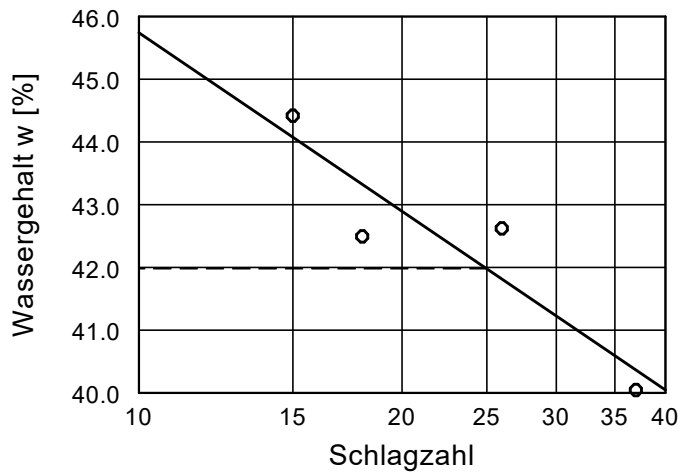
Probennummer: 231004K8.5

Entnahmetiefe: 3,80 - 4,80 m

Bodenart: TM

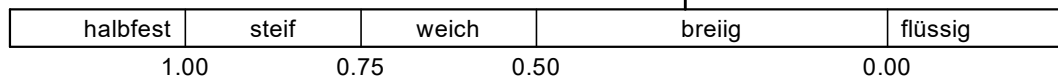
Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 04.10.2023



Wassergehalt  $w = 36.8 \%$   
Fließgrenze  $w_L = 42.0 \%$   
Ausrollgrenze  $w_P = 24.0 \%$   
Plastizitätszahl  $I_P = 18.0 \%$   
Konsistenzzahl  $I_C = 0.29$

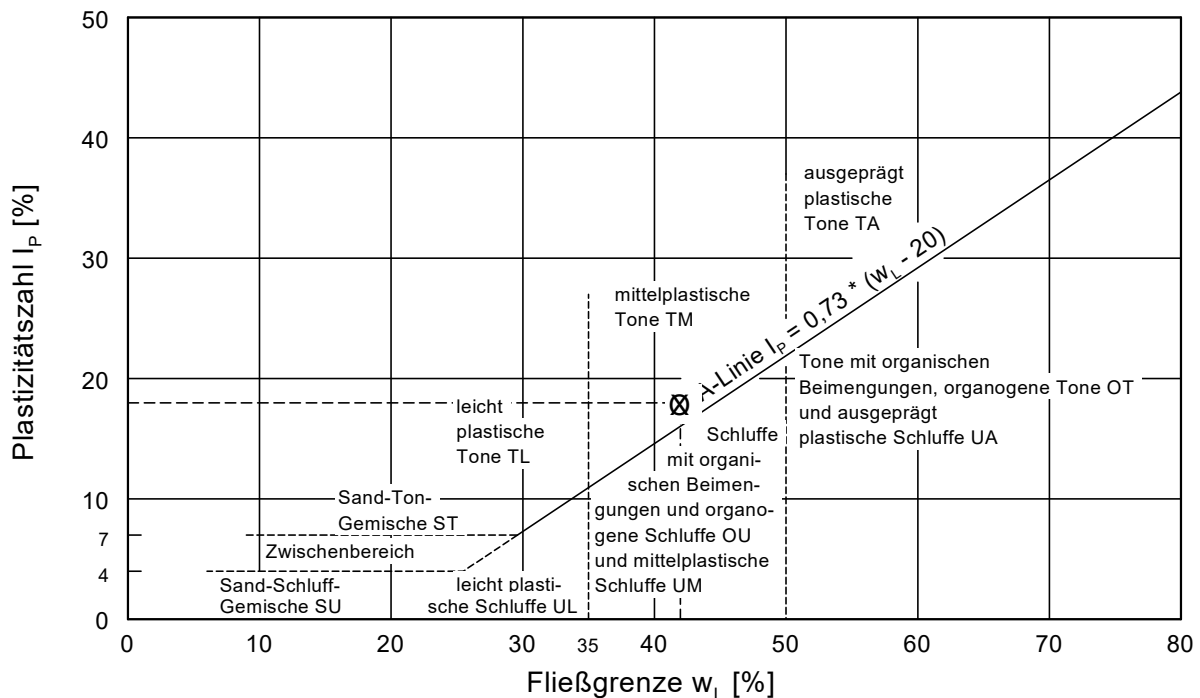
Zustandsform



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm




1/80

Forage : EB2

EXGTE 3.23/GTE

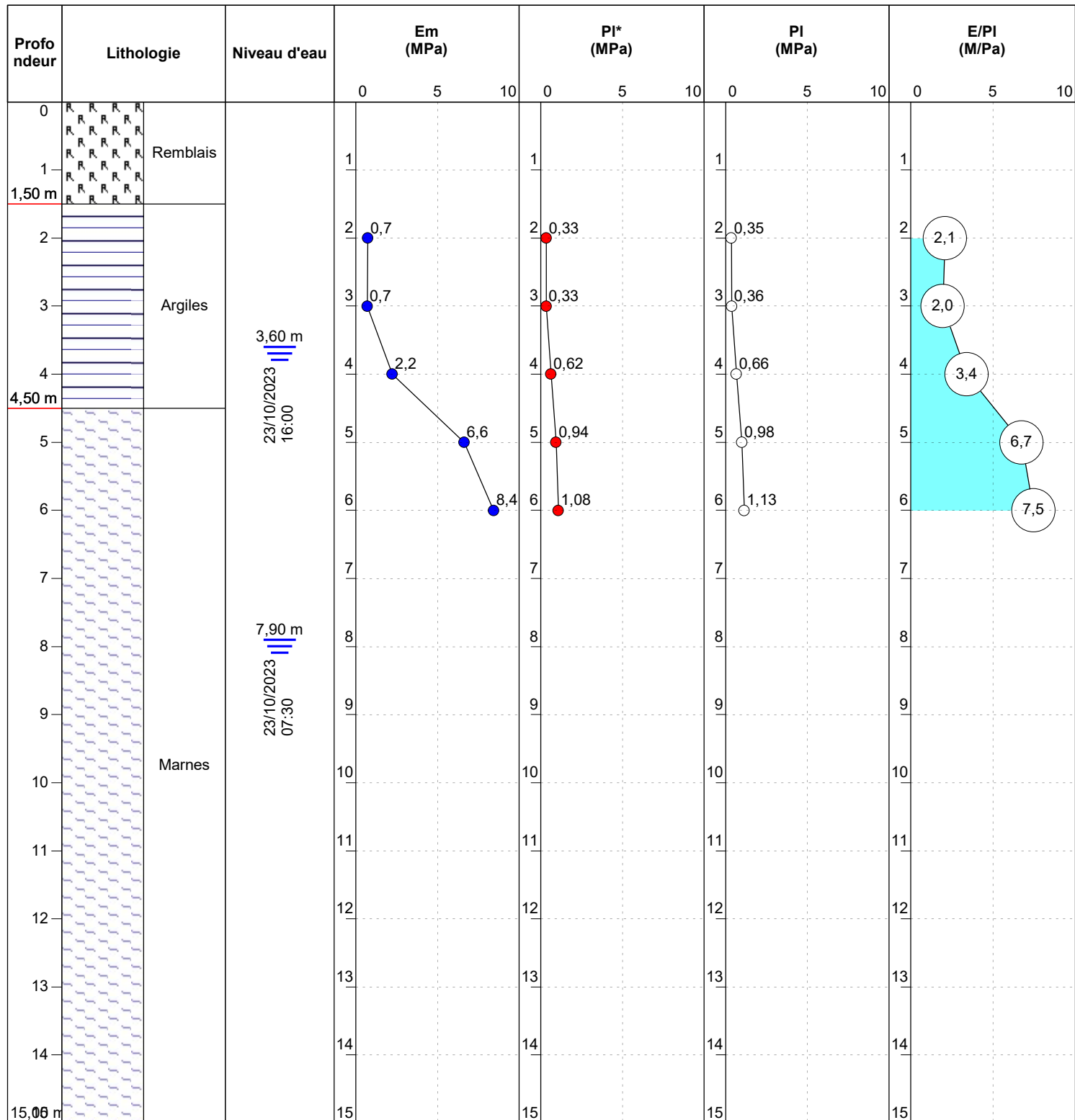
Profo ndeur	Lithologie	Niveau d'eau	Em (MPa)				PI* (MPa)				PI (MPa)				E/PI (MPa)						
			0,1	1	10	100	0,1	1	10	100	0,1	1	10	100	0,1	1	10	100			
0	 Remblais	<div>3,80 m</div> <div>19/10/2023</div>	1					1					1					1			
1,00 m			2	-1,0				2	0,53				2	0,55					2	0,0	
			3	0,0				3	0,82				3	0,85					3	0,0	
			4	-1,0				4	0,82				4	0,86					4	0,0	
4,00 m	5			1,5			5	1,86				5	1,91					5	0,8		
	6				36,2	6	3,82				6	3,89						6	9,3		
	7						7				7							7			
	8						8				8							8			
	9						9				9							9			
	10						10				10							10			
	11						11				11							11			
	12						12				12							12			
	13						13				13							13			
	14						14				14							14			
15,06 m	Marnes			15							15							15			

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr


 <b>EFCO - FORODIA</b> EXPLOITATION S.à.r.l.	Contrat 2023215	
	<b>Luxembourg - Rue Robert Stümper</b>	
	Date : 19/10/2023 Date fin : 23/10/2023	Machine : Comacchio 305 Angle : 90°

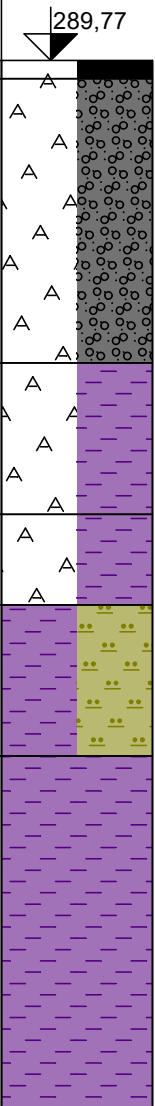







Forage : EB3

EXGTE 3.23/GTE





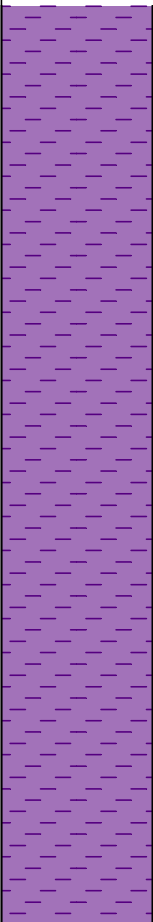
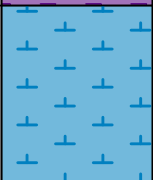
ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB1
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76496,89
				Koordinate Y:	72127,27
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,77 m
Versuchsdatum:	24.10.2023	Bearbeiter:	M. Diederich	Entnahmeggerät:	Rotationskernbohrung Ø 116 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB1	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
289,77	0,00		0,00 - 0,12		 231024K1.1 0,00 - 0,10	Auffüllung, Schwarzdecke, schwarz	[A]
289,52	0,25				 231024K1.2 0,10 - 2,00	Auffüllung, Hochofenschotter, sandig, toniger im unteren Bereich, Betonstück mit Hochofenschlacken-Zuschlag von 1,0 m-1,1 m, schwacher PAK-Geruch, Ziegelstücke, grau-braun	[A]
289,27	0,50				 231024K1.3 2,00 - 3,00	Auffüllung, Ton, schluffig, weich-steif, gelb-braun	{TL/TM}
289,02	0,75				 231024K1.4 3,00 - 3,60	Auffüllung, Ton, kiesig, Netz bei 3,1 m, sehr feucht, Bach oder GW-Einfluss, breiig-weich, gelb-braun	[TL]
288,77	1,00				 231024K1.5 3,60 - 4,60	Ton, schluffig, steif, gelb-braun/grau	TM
288,52	1,25				 231024K1.6 4,60 - 5,00		
288,27	1,50						
288,02	1,75						
287,77	2,00						
287,52	2,25						
287,27	2,50						
287,02	2,75						
286,77	3,00						
286,52	3,25						
286,27	3,50						
286,02	3,75						
285,77	4,00						
285,52	4,25						
285,27	4,50						
285,02	4,75						
284,77	5,00						
284,52	5,25						
284,27	5,50	5,60 m, 10.2023 mNN					
284,02	5,75						
283,77	6,00						
283,52	6,25				 231024K1.10 6,00 - 6,30		
283,27	6,50						
283,02	6,75		4,60 - 13,00				

#### Legende:

 Entnahmekategorie C

ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB1
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76496,89
				Koordinate Y:	72127,27
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,77 m
Versuchsdatum:	24.10.2023	Bearbeiter:	M. Diederich	Entnahmegerät:	Rotationskernbohrung Ø 116 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch  EB1	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
282,77 282,52 282,27 282,02 281,77 281,52 281,27 281,02 280,77 280,52 280,27 280,02 279,77 279,52 279,27 279,02 278,77 278,52 278,27 278,02 277,77 277,52 277,27 277,02 276,77 276,52 276,27 276,02 275,77	7,00 7,25 7,50 7,75 8,00 8,25 8,50 8,75 9,00 9,25 9,50 9,75 10,00 10,25 10,50 10,75 11,00 11,25 11,50 11,75 12,00 12,25 12,50 12,75 13,00 13,25 13,50 13,75 14,00				<div>231024K1.7 7,00 - 8,00</div> <div>231024K1.11 12,20 - 12,40</div> <div>231024K1.8 12,40 - 13,00</div> <div>231024K1.9 13,00 - 15,00</div>	<div>Ton, kalkhaltig, halbfest-fest, dunkelgrau</div> <div>Mergelstein, kalkhaltig, fest, dunkelgrau</div>	<div>TM</div> <div>TL</div>
4,60 - 13,00							
13,00 - 15,00							

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--



Profil EB1, 0 - 4 m



Profil EB1, 4 - 8 m

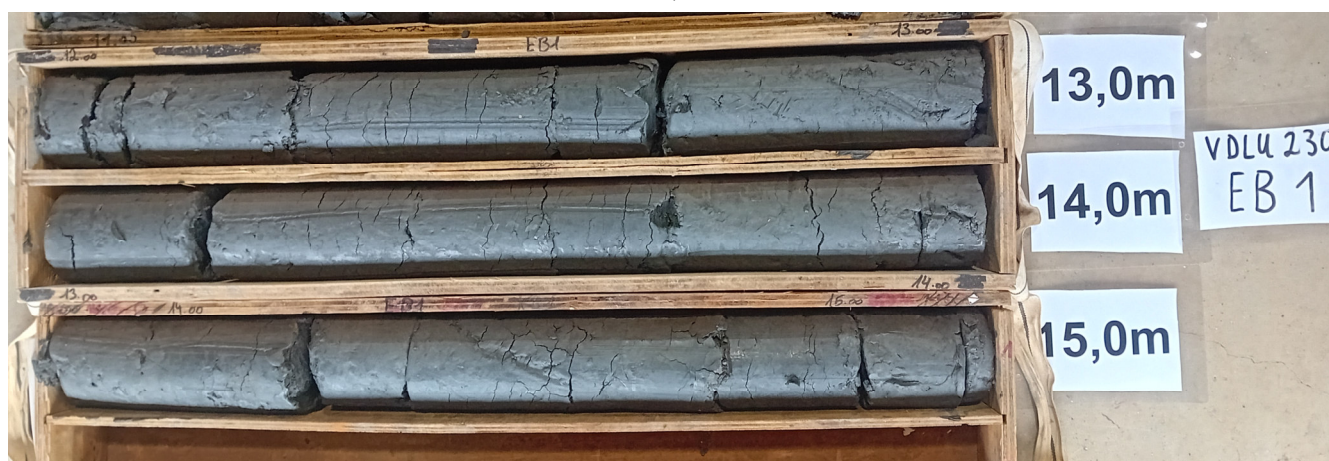




Profil EB1, 8 - 12 m



Profil EB1, 12 - 15 m



## Lokalisierung EB1



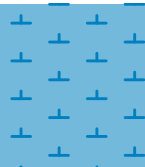






ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB2
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76434,97
				Koordinate Y:	72116,70
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,71 m
Versuchsdatum:	25.10.2023	Bearbeiter:	M. Diederich	Entnahmegerät:	Rotationskernbohrung Ø 68 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB2	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
289,71	0,00			289,71			
289,46	0,25		0,00 - 0,10	A		Auffüllung, Schwarzdecke, schwarz-grau	[A]
289,21	0,50			A		Auffüllung, Hochofenschotter, sandig, toniger im unteren Bereich, schwacher PAK-Geruch, grau-gelbbraun	[A]
288,96	0,75		0,10 - 1,10	A			
288,71	1,00			A			
288,46	1,25			A			
288,21	1,50			A			
287,96	1,75			A			
287,71	2,00			A			
287,46	2,25			A	231025K2.1 1,10 - 3,00	Auffüllung, Ton, schluffig, schwach feinsandig, halbfest, gelb-braun	[TL/TM]
287,21	2,50			A			
286,96	2,75		1,10 - 3,00	A			
286,71	3,00			A			
286,46	3,25			A			
286,21	3,50			A	231025K2.2 3,00 - 4,00	Auffüllung, Ton, feinkiesig, sehr feucht, weich, gelb-braun	[TL/TM]
285,96	3,75	3,80 m, 10.2023 mNN	3,00 - 4,00	A			
285,71	4,00			A			
285,46	4,25				231025K2.3 4,00 - 5,00	Ton, schluffig, schwach feinsandig, halbfest, rotbraun	TM
285,21	4,50						
284,96	4,75		4,00 - 5,00				
284,71	5,00				231025K2.4 5,00 - 5,50	Ton, weich, gelbbraun	TM
284,46	5,25		5,00 - 5,50				
284,21	5,50				231025K2.5 5,50 - 6,00	Ton, kalkhaltig, halbfest-fest, dunkelgrau-gelb	TM
283,96	5,75		5,50 - 6,00				
283,71	6,00						
283,46	6,25						
283,21	6,50						
282,96	6,75		6,00 - 8,00			Mergelstein, kalkhaltig, dunkelgrau	VU

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB2
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76434,97
				Koordinate Y:	72116,70
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,71 m
Versuchsdatum:	25.10.2023	Bearbeiter:	M. Diederich	Entnahmegerät:	Rotationskernbohrung Ø 68 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch  EB2	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
282,71	7,00		6,00 - 8,00		 231025K2.6 7,20 - 7,50	Mergelstein, kalkhaltig, dunkelgrau	VU
282,46	7,25						
282,21	7,50						
281,96	7,75						
281,71	8,00						
281,46	8,25						
281,21	8,50			 231025K2.7 8,00 - 10,00	Mergelstein, kalkhaltig, zerbohrt, dunkelgrau	VU/VA	
280,96	8,75						
280,71	9,00						
280,46	9,25						
280,21	9,50						
279,96	9,75						
279,71	10,00						
279,46	10,25						
279,21	10,50						
278,96	10,75						
278,71	11,00						
278,46	11,25						
278,21	11,50						
277,96	11,75						
277,71	12,00						
277,46	12,25						
277,21	12,50						
276,96	12,75		8,00 - 13,00	 231025K2.8 11,30 - 11,50			
276,71	13,00						
276,46	13,25		13,00 - 15,00		 231025K2.9 13,00 - 14,00	Mergelstein, kalkhaltig, zerbohrt, dunkelgrau	VU
276,21	13,50						
275,96	13,75						
275,71	14,00						

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--





Profil EB2, 0 - 4 m



Profil EB2, 4 - 8 m





**Profil EB2, 8 - 12 m**



**Profil EB2, 12 - 15 m**



## Lokalisierung EB2



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB3
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76487,80
				Koordinate Y:	72041,01
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,81 m
Versuchsdatum:	25.10.2023	Bearbeiter:	M. Diederich	Entnahmeggerät:	Rotationskernbohrung Ø 68 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB3	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
				289,81			
289,81	0,00		0,00 - 0,05	A		Auffüllung, Schwarzdecke, schwarz	[A]
289,56	0,25			A			
289,31	0,50			A		Auffüllung, Hochofenschotter, sandig, toniger im unteren Bereich, PAK-Geruch, sehr feucht, grau-braun	[A]
289,06	0,75		0,05 - 1,20	A			
288,81	1,00			A			
288,56	1,25			A			
288,31	1,50			A			
288,06	1,75			A			
287,81	2,00			A			
287,56	2,25			A	231025K3.1 1,20 - 3,00	Auffüllung, Ton, schluffig, feinkiesig, feuchter und kiesiger von 1,5 m bis 2,0 m, weich-steif, gelb-braun	[TL/TM]
287,31	2,50			A			
287,06	2,75		1,20 - 3,00	A			
286,81	3,00			A			
286,56	3,25				231025K3.2 3,00 - 4,30	Ton, steif, z. T. weich, halbfest, gelb-braun	TL/TM
286,31	3,50						
286,06	3,75						
285,81	4,00		3,00 - 4,30		231025K3.3 4,30 - 5,20	Ton, kalkhaltig, steif, z. T. halbfest, dunkelgrau	TM
285,56	4,25						
285,31	4,50						
285,06	4,75		4,30 - 5,20		231025K2.4 5,20 - 6,00	Ton, kalkhaltig,, weich, dunkelgrau	TM
284,81	5,00						
284,56	5,25						
284,31	5,50		5,20 - 6,00		231025K3.5 6,00 - 7,00	Ton, kalkhaltig, steif-halbfest, dunkelgrau	TM
284,06	5,75						
283,81	6,00						
283,56	6,25						
283,31	6,50		6,00 - 7,00				
283,06	6,75						

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 <b>eneco</b> INGÉNIEURS – CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB3
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76487,80
				Koordinate Y:	72041,01
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,81 m
Versuchsdatum:	25.10.2023	Bearbeiter:	M. Diederich	Entnahmeggerät:	Rotationskernbohrung Ø 68 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch  EB3	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
282,81	7,00	7,90 m, 10.2023 mNN					
282,56	7,25						
282,31	7,50						
282,06	7,75		7,00 - 8,00		231025K.3.6 7,00 - 8,00	Ton, kalkhaltig, steif, dunkelgrau	TL/TM
281,81	8,00						
281,56	8,25						
281,31	8,50				231025K.3.7 8,00 - 9,10	Ton, kalkhaltig, halbfest, dunkelgrau	TL/TM
281,06	8,75		8,00 - 9,10				
280,81	9,00						
280,56	9,25		9,10 - 9,50			Ton, kalkhaltig, steif-halbfest, dunkelgrau	TL/TM
280,31	9,50						
280,06	9,75						
279,81	10,00				231025K.3.8 9,50 - 11,00	Mergelstein, fest, dunkelgrau	VU
279,56	10,25						
279,31	10,50		9,50 - 11,00				
279,06	10,75				231025K.3.9 11,00 - 11,50	Mergelstein, fest, zerbohrt, dunkelgrau	VU
278,81	11,00		11,00 - 11,50				
278,56	11,25				231025K.3.10 11,50 - 12,50	Ton, kalkhaltig, steif-halbfest, dunkelgrau	TL/TM
278,31	11,50						
278,06	11,75						
277,81	12,00		11,50 - 12,50				
277,56	12,25				231025K.3.11 12,50 - 13,50	Mergelstein, kalkhaltig, fest, dunkelgrau	VU
277,31	12,50						
277,06	12,75						
276,81	13,00						
276,56	13,25						
276,31	13,50						
276,06	13,75						
275,81	14,00		12,50 - 15,00				

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--



Profil EB3, 0 - 4 m



Profil EB3, 4 - 8 m





Profil EB3, 9 - 12 m



Profil EB3, 13 - 15 m



2309915-EB3



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB4
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76427,48
				Koordinate Y:	71981,12
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,77 m
Versuchsdatum:	24.10.2023	Bearbeiter:	extern	Entnahmeggerät:	Rotationskernbohrung Ø 116 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB4	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
289,77	0,00			289,77			
289,52	0,25		0,00 - 0,08	A		Auffüllung, Schwarzdecke, schwarz-grau	[A]
289,27	0,50			A		Auffüllung, Hochofenschotter, sandig, Naturschotter, grau-braun-weiß	[A]
289,02	0,75		0,08 - 1,00	A			
288,77	1,00			A			
288,52	1,25			A		Auffüllung, Sand, kiesig, tonig, tonige Lage zwischen 2,4 m und 2,6 m, weich-steif, gelb-braun	[SW]
288,27	1,50			A			
288,02	1,75			A			
287,77	2,00		1,00 - 2,20	A			
287,52	2,25			A		Auffüllung, Kies, stark sandig, schwach tonig, Netz bei 3,1 m, Bach oder GW-Einfluss, feucht, gelb-braun	[GW]
287,27	2,50		2,20 - 2,90	A			
287,02	2,75			A		Auffüllung, Hochofenschlacke, gelb-braun/grau	[A]
286,77	3,00		2,90 - 3,10	A			
286,52	3,25			A		Auffüllung, Ton, sandig, kiesig, steinig (Kalkstein), Sandlinsen, kalkhaltig, halbfest, braun	[TL]
286,27	3,50	3,80m, 10.2023 mNN		A			
286,02	3,75			A			
285,77	4,00		3,10 - 4,20	A			
285,52	4,25			A		Auffüllung, Kalkstein, außergewöhnlich hohe Festigkeit grau	[VU]
285,27	4,50			A			
285,02	4,75		4,20 - 5,10	A			
284,77	5,00						
284,52	5,25						
284,27	5,50						
284,02	5,75				231024K4.1 5,50 - 6,00		
283,77	6,00					Ton, kalkhaltig, halbfest-fest, dunkelgrau	TM
283,52	6,25						
283,27	6,50						
283,02	6,75		5,10 - 9,50				

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--

ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB4
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76427,48
				Koordinate Y:	71981,12
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,77 m
Versuchsdatum:	24.10.2023	Bearbeiter:	extern	Entnahmegerät:	Rotationskernbohrung Ø 116 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	15,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch  EB4	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
282,77 282,52 282,27 282,02 281,77 281,52 281,27 281,02 280,77 280,52 280,27 280,02 279,77 279,52 279,27 279,02 278,77 278,52 278,27 278,02 277,77 277,52 277,27 277,02 276,77 276,52 276,27 276,02 275,77	7,00 7,25 7,50 7,75 8,00 8,25 8,50 8,75 9,00 9,25 9,50 9,75 10,00 10,25 10,50 10,75 11,00 11,25 11,50 11,75 12,00 12,25 12,50 12,75 13,00 13,25 13,50 13,75 14,00		5,10 - 9,50   <				

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--





Profil EB4, 0 - 4 m



Profil EB4, 4 - 8 m

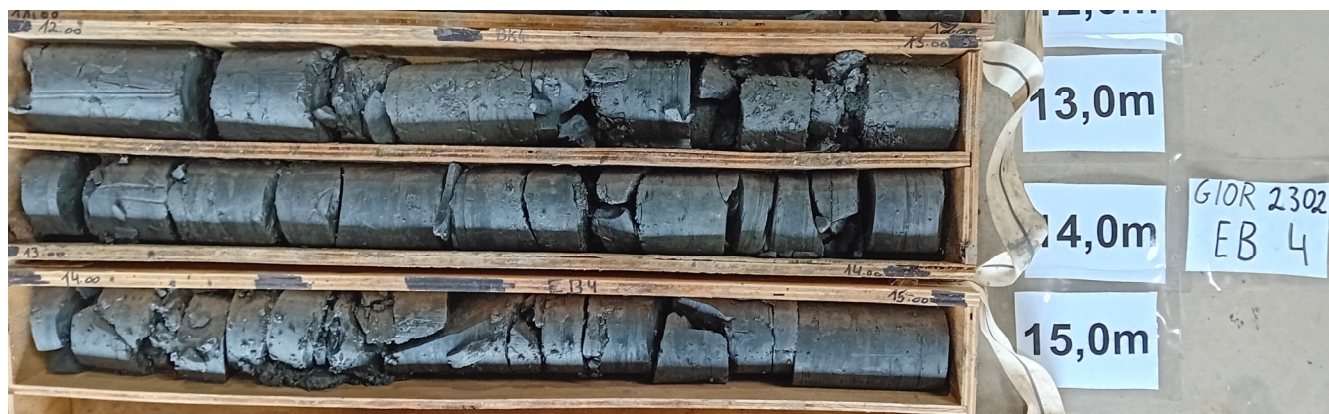




Profil EB4, 8 - 12 m




Profil EB4, 12 - 15 m



2309915-EB4 (1)





ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB5
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76417,86
				Koordinate Y:	72053,62
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,78 m
Versuchsdatum:	04.10.2023	Bearbeiter:	M. Roth	Entnahmeggerät:	Kleinrammbohrung Ø 30-60 mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	5,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch  EB5	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
289,78	0,00			289,78			
289,53	0,25		0,00 - 0,08	A	231004K5.1 0,00 - 0,08	Auffüllung, Schwarzdecke, mit Hochofenschlacken-Zuschlag, Stahleinschlüsse 5mm, Kern, schwer zu bohren, schwarz	[A]
289,28	0,50		0,08 - 0,60	A	231004K5.2 0,10 - 0,60		[A]
289,03	0,75					Auffüllung, Kies (Hochofenschlacken), z. T. hydraulisch gebunden, schwer zu bohren grau/dunkelgrau	TM
288,78	1,00						
288,53	1,25				231004K5.3 1,30 - 1,90		
288,28	1,50				231004K5.4 2,00 - 2,20	Ton, schluffig, schwach sandig, schwach kiesig, weich, von 2,0 m -2,2 m steif, leicht zu bohren, braun	
288,03	1,75		0,60 - 2,20				TM
287,78	2,00						
287,53	2,25						
287,28	2,50						
287,03	2,75						TM
286,78	3,00				231004K5.5 2,50 - 3,50	Ton, schluffig, schwach sandig, schwach keisig, halbfest, normal bis schwer zu bohren, braungrau	
286,53	3,25						
286,28	3,50						
286,03	3,75		2,20 - 4,10				TL
285,78	4,00						
285,53	4,25						
285,28	4,50				231004K5.6 4,10 - 5,00	Ton, schluffig, fest, schwer zu bohren, grau	
285,03	4,75		4,10 - 5,00				
284,78	5,00						


<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--

**Profil EB5**



**Lokalisierung EB5**



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB6
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76430,95
				Koordinate Y:	72147,51
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,45 m
Versuchsdatum:	04.10.2023	Bearbeiter:	M. Roth	Entnahmegesamt:	Kernbohrung Ø 72mm + Kleinrammbohrung Ø 30-60mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	5,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB6	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
289,45	0,00			289,45			
289,20	0,25		0,00 - 0,10	A	231004K6.1 0,00 - 0,10	Auffüllung, Schwarzdecke mit Hochofenschlacken-Zuschlägen, schwer zu bohren, fest, schwarz	[A]
288,95	0,50		0,10 - 1,00	A	231004K6.2 0,20 - 0,90	Auffüllung, Kies (Hochofenschlacken), teils hydraulisch gebunden, zerbohrt, schwer zu bohren, grau/dunkelgrau	[A]
288,70	0,75		1,00 - 1,70		231004K6.3 1,10 - 1,70	Ton, schluffig, schwach sandig, schwach kiesig, normal zu bohren, steif, braun	TM
288,45	1,00				231004K6.4 1,80 - 2,50		
288,20	1,25				231004K6.5 2,80 - 3,20		
287,95	1,50						
287,70	1,75						
287,45	2,00						
287,20	2,25						
286,95	2,50						
286,70	2,75						
286,45	3,00		1,70 - 3,20				
286,20	3,25						
285,95	3,50						
285,70	3,75						
285,45	4,00						
285,20	4,25				231004K6.6 3,50 - 5,00		
284,95	4,50						
284,70	4,75		3,20 - 5,00				
284,45	5,00						

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--




**Profil EB6**



**Lokalisierung EB6**



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB7
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76462,39
				Koordinate Y:	71985,19
				Koordinate Z:	289,72 m
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich				
Versuchsdatum:	04.10.2023	Bearbeiter:	M. Roth	Entnahmeggerät:	Kernbohrung Ø 72mm + Kleinrammbohrung Ø 30-60mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	4,10 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB7	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
289,72	0,00			289,72			
289,47	0,25		0,00 - 0,05	A	231004K7.1 0,00 - 0,05	Auffüllung, Schwarzdecke mit Hochofenschlacken-Zuschlägen, schwer zu bohren, fest, schwarz	[A]
289,22	0,50			A	231004K7.2 0,10 - 1,10	Auffüllung, Kies (Hochofenschlacken), teils hydraulisch gebunden, zerbohrt, schwer zu bohren, grau/dunkelgrau	[A]
288,97	0,75		0,05 - 1,10	A	231004K7.3 1,30 - 1,50		
288,72	1,00						
288,47	1,25						
288,22	1,50						
287,97	1,75						
287,72	2,00						
287,47	2,25				231004K7.4 1,80 - 3,00	Ton, schluffig, schwach sandig, schwach kiesig, steif, normal zu bohren, braun/grau, von 1,3 m - 1,5 m halbfest, grau	TM
287,22	2,50						
286,97	2,75		1,10 - 3,10				
286,72	3,00						
286,47	3,25		3,10 - 3,60		231004K7.5 3,20 - 3,60	Ton, stark kiesig, schluffig, schwach sandig, weich, leicht zu bohren, braun/grau	TA
286,22	3,50						
285,97	3,75		3,60 - 4,10		231004K7.6 3,60 - 4,10	Kies, stark sandig, tonig, stark kalkhaltig, schwer zu bohren, grau/braun	GW
285,62	4,10						

<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--




### Profil EB7



### Lokalisierung EB7





ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	EB8
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76493,20
				Koordinate Y:	72084,17
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,81 m
Versuchsdatum:	04.10.2023	Bearbeiter:	M. Roth	Entnahmegesamt:	Kernbohrung Ø 72mm + Kleinrammbohrung Ø 30-60mm
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	5,00 m

m ü. NN	Gesamttiefe	GWSp. [m u. GOK]	Mächtigkeit	Feldversuch EB8	Proben [Nummer]	Schichtenverzeichnis	Boden- gruppe
				289,81			
289,81	0,00		0,00 - 0,05	A	231004K8.1 0,00 - 0,05	Auffüllung, Schwarzdecke mit Hochofenschlacken-Zuschlägen, schwer zu bohren, fest, schwarz	[A]
289,56	0,25			A	231004K8.2 0,10 - 1,00	Auffüllung, Kies (Hochofenschlacken), teils hydraulisch gebunden, zerbohrt, schwer zu bohren, dunkelgrau	[A]
289,31	0,50		0,05 - 1,10	A	231004K8.3 1,10 - 1,50	Auffüllung, Ton, schluffig, sandig, kiesig, modriger Geruch, weich, leicht zu bohren, dunkelgrau	[TA]
289,06	0,75		1,10 - 1,50	A			
288,81	1,00						
288,56	1,25						
288,31	1,50						
288,06	1,75						
287,81	2,00						
287,56	2,25						
287,31	2,50						
287,06	2,75						
286,81	3,00						
286,56	3,25						
286,31	3,50		1,50 - 3,80				
286,06	3,75						
285,81	4,00						
285,56	4,25						
285,31	4,50		3,80 - 4,80				
285,06	4,75		4,80 - 5,00				
284,81	5,00						


<b>Legende:</b>  Entnahmekategorie C
--

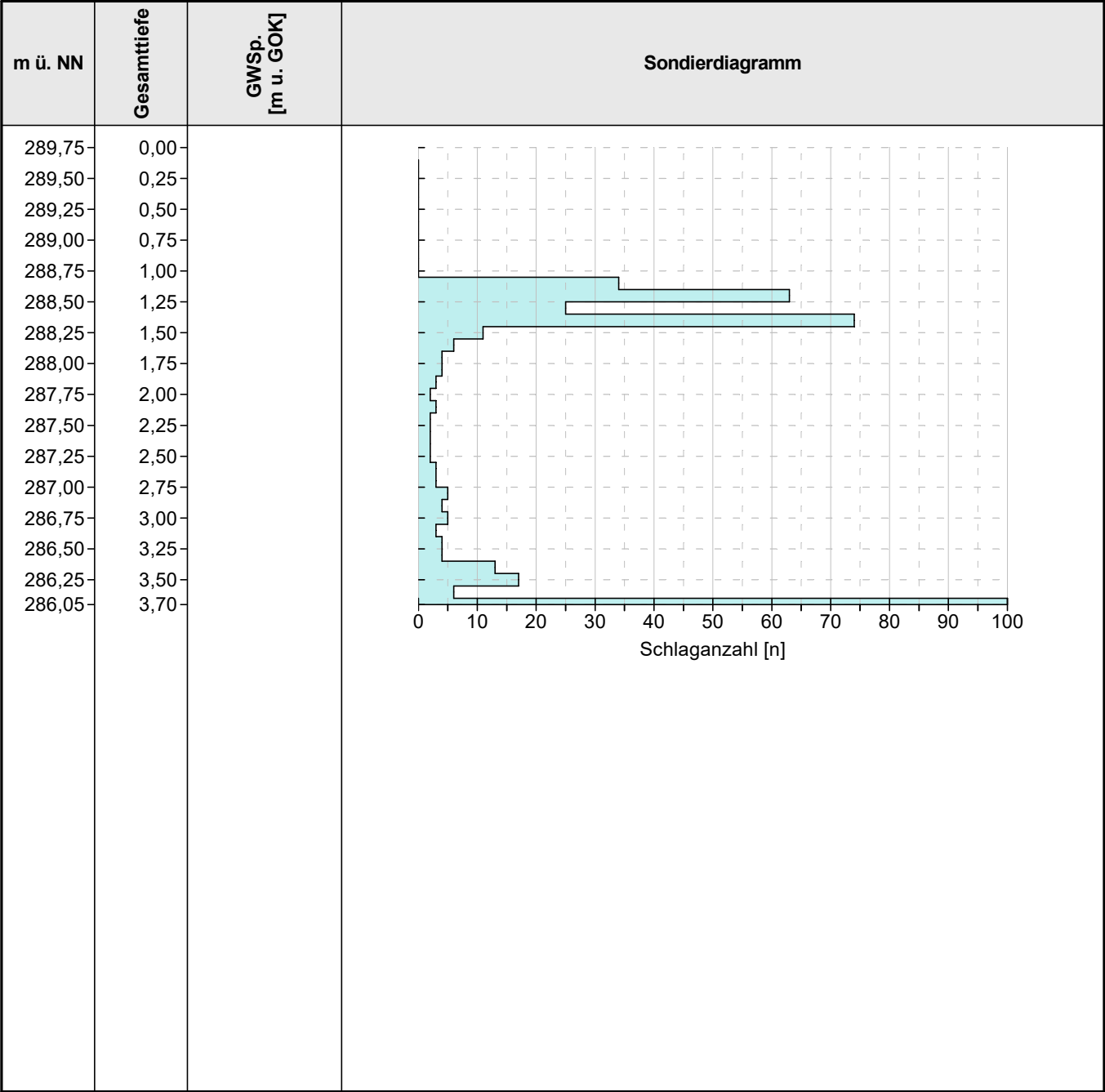
### Profil EB8



### Lokalisierung EB8



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:		
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	RS1	
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center			Position (LUREF):	Koordinate X:	76454,51
					Koordinate Y:	71999,91
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich				Koordinate Z:	289,75 m
Versuchsdatum:	29.09.2023	Bohrmeister:	M. Roth	Sondiergerät:	Mittelschwere Rammsondierung (DPM)	
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	3,70 m	




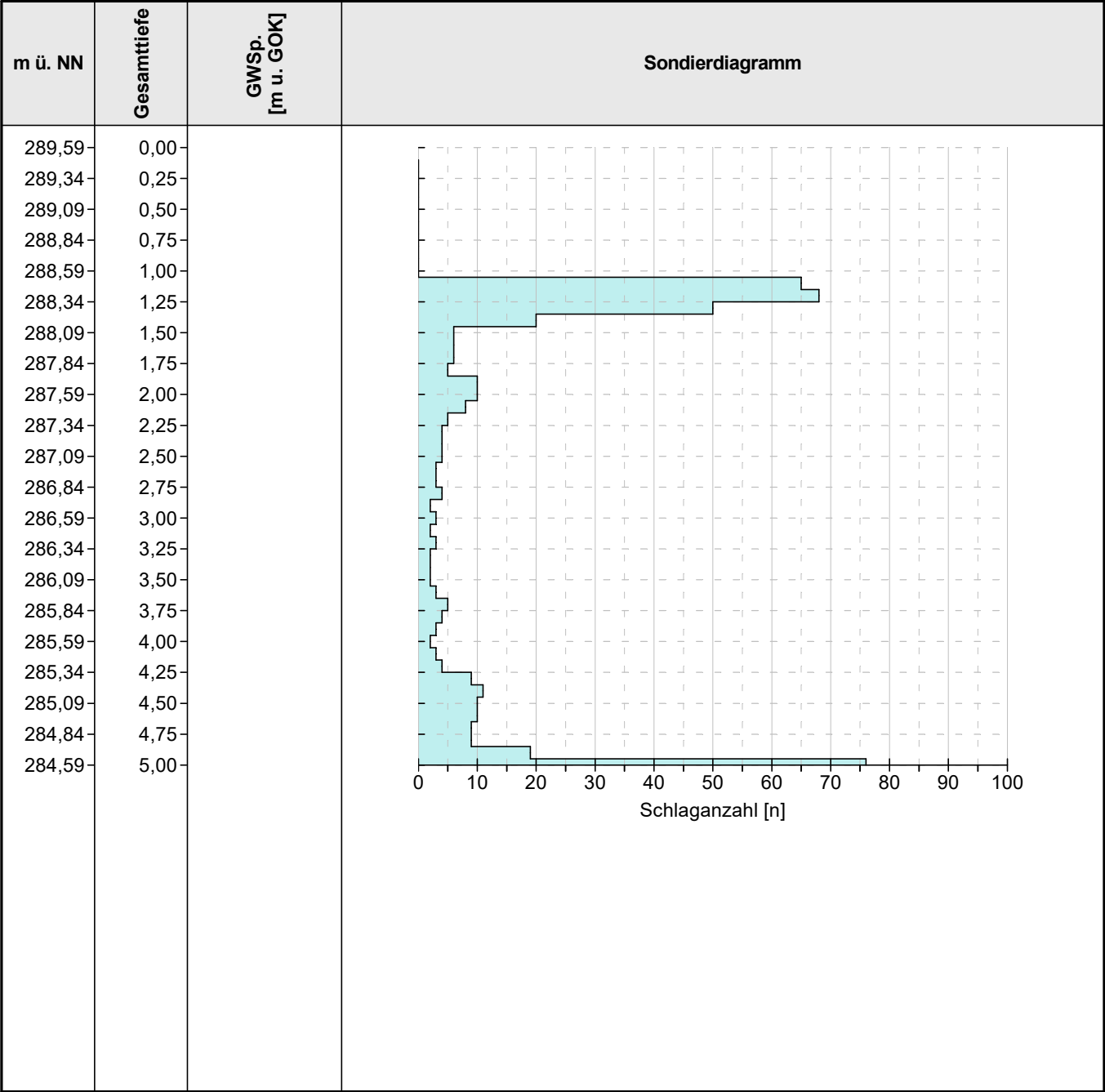
**Legende:**



## Lokalisierung RS1



ENECO Ingénieurs-Conseils S.A. 22, Rue Edmond Reuter L-5326 Contern		 INGÉNIEURS - CONSEILS		Anhang Nr.:	
Geotechnische Bohrdokumentation				Untersuchungspunkt:	RS2
Projekt:	Baugrundgutachten - Research and Trainig Center		Position (LUREF):	Koordinate X:	76466,01
				Koordinate Y:	72135,13
Ort / Straße:	5 Rue Robert Stümper, Luxembourg/Gasperich			Koordinate Z:	289,59 m
Versuchsdatum:	29.09.2023	Bohrmeister:	M. Roth	Sondiergerät:	Mittelschwere Rammsondierung (DPM)
Maßstab:	1:50	Dokumentiert:	S. Troes	Gesamttiefe:	5,00 m



Legende:

## Lokalisierung RS2

