



Maître d'Ouvrage
Communauté de Communes du Pays de Falaise

Assistant du Maître d'Ouvrage
Société CUBIK

Maître d'Œuvre
Agence 9BIS ARCHITECTURE

Site
Centre-bourg
MORTEAUX COULIBŒUF (14)

Construction d'une médiathèque et d'un espace de télétravail



RAPPORT D'ETUDE

Selon la Norme NF P 94-500 - Mission type :

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE AVANT-PROJET (G2 AVP)

N° affaire : **TEA170145**

Pièce : **001**

Agence : **CAEN**

Indice Version	Date	Rédigé par	Visa	Contrôlé par	Visa	Approuvé par	Visa	Nbre total pages	Dont nbre annexes	Modifications	
										Rapport	Annexes
A	15/05/17	Jérémy DUCHEMIN		Philippe BAJART		Philippe BAJART		52	9	Version initiale	Version initiale
B											
C											

Sommaire

	Page
1. PRESENTATION GENERALE	4
1.1. Définition de la mission	4
1.2. Objectifs de la mission	4
1.3. Campagne de reconnaissance	4
1.4. Documents de référence	5
2. SITUATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE	6
3. CARACTERISTIQUES DU PROJET	7
4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET RISQUES NATURELS	8
4.1. Contexte géologique prévisible	8
4.2. Hydrologie	8
4.3. Cavités souterraines	8
4.4. Sismicité	8
5. RESULTATS OBTENUS	9
5.1. Nature des sols reconnus	9
5.2. Synthèse hydrologique issue des sondages	9
5.3. Caractéristiques géotechniques du site	10
5.4. Essais de laboratoire	10
6. ANALYSE DES RESULTATS ET INTERPRETATION	12
6.1. Etude des fondations du bâtiment	12
6.2. Etude du dallage du bâtiment	15
7. ETUDES COMPLEMENTAIRES	19

Annexes

	Page
Annexe 01 : Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013	21
Annexe 02 : Plan de situation	25
Annexe 03 : Plan d'implantation des sondages	27
Annexe 04 : Cartographie de la profondeur de la nappe phréatique en période de très hautes eaux établie par la DREAL de Normandie (état de la connaissance : février 2014)	29
Annexe 05 : Coupes des sondages	31
Annexe 06 : Résultats des essais de laboratoire	35
Annexe 07 : Détermination des contraintes de calcul sous fondation superficielle ou semi-profonde	44
Annexe 08 : Calcul du tassement d'une fondation superficielle ou semi profonde	46
Annexe 09 : Feuilles de calcul du tassement d'une fondation superficielle	48

1. PRESENTATION GENERALE

1.1. Définition de la mission

A la demande et pour le compte de la Communauté de Communes du Pays de Falaise, et sur conseil de la société CUBIK, nous avons procédé à une reconnaissance de sols et à une étude géotechnique dans le cadre du projet de construction d'une médiathèque et d'un espace de télétravail, en centre-bourg de MORTEAUX COULIBŒUF (14).

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre d'une mission d'exécution de sondages, d'essais in situ et d'essais en laboratoire, et d'une étude géotechnique de conception phase avant-projet (mission d'ingénierie géotechnique classée G2 AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013, cf. pièces jointes en annexe n° 1).

La mission G2 AVP constitue la première phase de l'étude géotechnique de conception (mission d'ingénierie géotechnique classée G2 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013, cf. pièces jointes en annexe n° 1). L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique devra être respecté dans les développements futurs de cette opération, avec notamment la réalisation d'une mission G2 PRO en phase projet.

1.2. Objectifs de la mission

Les objectifs de la mission sont :

- ✓ l'analyse géologique, hydrologique et géotechnique du site,
- ✓ l'étude de faisabilité des fondations du futur bâtiment en adéquation avec le sol,
- ✓ l'étude de faisabilité d'un dallage sur terre-plein comme plancher bas du bâtiment projeté.

1.3. Campagne de reconnaissance

Dans le cadre de notre mission, afin de préciser la nature des sols et de déterminer leurs caractéristiques mécaniques, et l'agressivité des sols et de l'eau vis-à-vis du béton, nous avons procédé à la réalisation des investigations géotechniques suivantes :

- ✓ 3 sondages de reconnaissance géologique pour essais pressiométriques, notés SP1 à SP3, descendus jusqu'à 6 m de profondeur,

- ✓ 12 essais pressiométriques réalisés dans les forages précédents, à raison de 4 unités par sondage,
- ✓ la fourniture et la mise en œuvre jusqu'à la base du sondage SP2, d'un tube piézométrique en PVC crépiné de diamètre 36/40 mm avec chaussette anticontaminante et protection en tête de type tube métallique cadenassé scellé au mortier,
- ✓ les analyses en laboratoire suivantes, réalisées par la société WESSLING sur des échantillons de sols prélevés dans les sondages SP2 et SP3, et sur un prélèvement d'eau dans le piézomètre SP2 :
 - 3 mesures de l'agressivité des sols vis-à-vis du béton,
 - 1 mesure de l'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton.

Notre intervention sur le site (cf. plan de situation joint en annexe n° 2) s'est déroulée les 12 et 13 avril 2017.

Les sondages ont été implantés conformément au plan schématique joint en annexe n° 3 en fonction de l'occupation du site au moment de notre intervention.

Dans la suite de notre rapport, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages qui correspond au niveau du terrain au moment de notre intervention.

Par ailleurs, nous avons procédé à leur nivellement en prenant comme référence altimétrique le seuil de la porte d'entrée du bâtiment existant situé au Nord du projet et ayant pour cote 46,62 NGF environ (cf. plan d'implantation des sondages joint en annexe n° 3). Le nivellement devra être contrôlé par un Géomètre.

1.4. Documents de référence

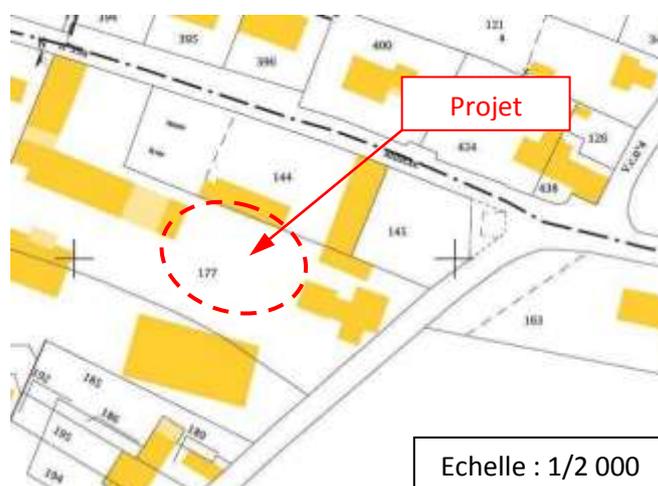
Les pièces afférentes à cette étude sont :

- ✓ la demande de devis de la société CUBIK du 17/03/17,
- ✓ notre devis référencé TED170362-000 du 24/03/17,
- ✓ la commande de la Communauté de Communes du Pays de Falaise du 24/03/17,
- ✓ un plan topographique du site,

- ✓ un plan de masse du projet,
- ✓ un plan du rez-de-chaussée, une coupe et des vues des façades du bâtiment.

2. SITUATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

Le terrain étudié est situé en centre-bourg de la commune de MORTEAUX COULIBŒUF (cf. plan de situation joint en annexe n° 2). Il correspond à une partie de la parcelle figurant au cadastre sous le n° 177 de la section C (cf. extrait du plan cadastral ci-dessous).



Echelle : 1/2 000

Extrait du plan cadastral

Actuellement, il s'agit d'espaces verts, d'une partie de la cour de récréation de l'école et de voirie (cf. photographie aérienne de 2016 et photographie du site prise le 20/03/17 ci-après).



Photographie aérienne de 2016



Photographie du site prise le 20/03/17

D'un point de vue topographique, le terrain est globalement plat et horizontal, avec des cotes altimétriques comprises entre 46,50 NGF et 46,70 NGF environ.

3. CARACTERISTIQUES DU PROJET

Il est prévu la construction d'un bâtiment de plain-pied, d'emprise au sol en forme de « L » s'inscrivant globalement dans un rectangle de l'ordre de 29,50 m x 18 m (cf. plan d'implantation des sondages joint en annexe n° 3).

Au moment de notre étude, le calage altimétrique du bâtiment n'est pas connu.

Les descentes de charges sur les fondations du bâtiment dans les conditions ELS, estimées par la société AUXITEC BATIMENT, sont de 5 t/ml à 10 t/ml pour les appuis linéiques, et de 10 t à 25 t pour les appuis ponctuels. La surcharge d'exploitation sur le dallage est de 500 kg/m².

Les hypothèses devront être précisées par le Maître d'Ouvrage dans le cadre de l'étude géotechnique de conception phase projet (mission d'ingénierie géotechnique classée G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013, cf. pièces jointes en annexe n° 1).

4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET RISQUES NATURELS

4.1. Contexte géologique prévisible

Du point de vue géologique, nous étions susceptibles de mettre en évidence dans ce secteur, sous la terre végétale des espaces verts, l'enrobé de la cour de récréation ou les gravillons de la voirie, des sols constitués successivement :

- ✓ de remblais liés à l'aménagement du site,
- ✓ éventuellement, d'un placage d'alluvions anciennes du Pléistocène moyen, correspondant à du sable calcaire plus ou moins graveleux,
- ✓ du substratum rocheux du Bathonien, correspondant à du calcaire pouvant être altéré en tête d'horizon.

4.2. Hydrologie

Selon la cartographie de la profondeur de la nappe phréatique en période de très hautes eaux établie par la DREAL de Normandie (état de la connaissance : février 2014) et consultable sur le site internet <http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr>, le niveau de l'eau est susceptible de remonter entre 0 m et 1 m de profondeur (cf. carte jointe en annexe n° 4).

4.3. Cavités souterraines

Selon l'atlas régional des indices de cavité souterraine établi par la DREAL de Normandie et consultable sur le site internet <http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr>, il n'y a pas d'indice de cavité souterraine dont le périmètre de sécurité impacterait le terrain du projet.

4.4. Sismicité

Selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français, entré en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011, la commune de MORTEAUX COULIBŒUF est située en zone de sismicité **faible** (zone 2).

Par conséquent, les règles de construction parasismique ne concerneront le projet que si le bâtiment s'avère être de catégorie III ou IV (selon l'Eurocode 8). La catégorie du bâtiment devra être précisée par le Maître d'Ouvrage.

5. RESULTATS OBTENUS

5.1. Nature des sols reconnus

On trouvera les coupes des sondages en annexe n° 5.

Les sondages ont permis de mettre en évidence successivement :

- ✓ de l'enrobé sur 10 cm d'épaisseur en SP1 (au niveau de la cour de récréation) et des gravillons sur une épaisseur de 5 cm en SP3 (au droit de la voirie),
- ✓ des remblais de nature sableuse, limoneuse ou calcaire, et de couleur rougeâtre à rosâtre, marron foncé ou beige, avec plus ou moins de cailloux, cailloutis et fragments de brique, jusqu'à des profondeurs allant de 0,80 m à 0,90 m,
- ✓ du calcaire plus ou moins altéré, parfois argileux, beige à beige clair, au-delà et jusqu'à la base des sondages. En tête d'horizon, sur une épaisseur de l'ordre de 1 m, il pourrait s'agir soit de la frange d'altération du substratum du Bathonien, soit d'un placage d'alluvions anciennes du Pléistocène moyen constituées de sable calcaire plus ou moins graveleux difficilement distinguable au forage à la tarière d'un calcaire altéré.

5.2. Synthèse hydrologique issue des sondages

La présence du fleuve « la Dives » et de la rivière « l'Ante » situés à proximité du terrain, respectivement à l'Est et à l'Ouest du projet, conditionne le niveau de la nappe dans les sols.

En fin des sondages réalisés à la tarière (à sec) les 12/04/17 et 13/04/17, nous avons noté des niveaux d'eau entre 2,70 m et 2,90 m de profondeur, ce qui correspond à des cotes altimétriques comprises entre 43,75 NGF et 43,80 NGF environ. Dans le piézomètre mis en œuvre en SP2 le 21/04/17, soit 9 jours après sa pose, nous avons relevé un niveau d'eau à 3 m de profondeur, soit à une cote altimétrique de l'ordre de 43,55 NGF.

Ces niveaux d'eau correspondent au niveau de la nappe alluviale de la vallée de la Dives et de l'Ante.

Dans ce secteur, le niveau de la nappe est sujet à fluctuations en fonction des intempéries et du niveau de l'eau dans la vallée de la Dives et de l'Ante. Celui-ci est susceptible de remonter sensiblement jusqu'à proximité du niveau du terrain actuel lors d'épisodes pluvieux importants, plus particulièrement en période hivernale (cf. § 4.2. *Hydrologie*).

Nous préconisons de procéder à des relevés périodiques du piézomètre pendant toute la phase précédant le démarrage des travaux, notamment en période pluvieuse pour apprécier la réactivité de la nappe en fonction de l'importance des pluies (cf. § 7. *Etudes complémentaires*).

Par ailleurs, il est toujours possible de rencontrer des circulations d'eau superficielles ou des poches d'eau dans les remblais, notamment à la suite ou lors d'intempéries.

5.3. Caractéristiques géotechniques du site

Les caractéristiques mécaniques des sols, mesurées au moyen d'essais pressiométriques dans les forages, s'avèrent moyennes à excellentes dans le calcaire plus ou moins altéré avec des pressions limites allant de 0,88 MPa à 6,59 MPa. Les valeurs les plus faibles ont été mesurées en tête d'horizon vers 1 m de profondeur dans du calcaire altéré correspondant à la frange d'altération du substratum ou dans du sable calcaire correspondant aux alluvions anciennes.

Nota : aucun essai pressiométrique n'a pu être réalisé dans les remblais étant donné leur trop faible épaisseur au droit de nos sondages.

5.4. Essais de laboratoire

On trouvera en annexe n° 6 les résultats des essais de laboratoire sur les rapports d'essais de la société WESSLING référencés ULY17-006017-1 du 27/04/17 et ULY17-006384-1 du 04/05/17.

5.4.1. Agressivité des sols vis-à-vis du béton (sondages SP2 et SP3)

Les dosages en sulfates (SO_4^{2-}) sur matière sèche (MS) et les degrés d'acidité sont de :

- ✓ 780 mg/kg et < 2 ml/kg dans le remblai limoneux en SP2 entre 0,20 m et 0,80 m de profondeur,

- ✓ 900 mg/kg et < 2 ml/kg dans le remblai calcaire à matrice limoneuse en SP3 entre 0,30 m et 0,90 m de profondeur,
- ✓ 780 mg/kg et < 2 ml/kg dans le calcaire plus ou moins altéré (sable calcaire possible en tête d'horizon) en SP2 entre 0,80 m et 3 m de profondeur.

En conséquence, selon la norme NF EN 206-1 d'avril 2004, le remblai limoneux, le remblai calcaire à matrice limoneuse et le calcaire plus ou moins altéré (sable calcaire possible en tête d'horizon) ne présentent pas d'agressivité chimique significative vis-à-vis du béton ($\text{SO}_4^{2-} < 2\,000$ mg/kg et acidité < 200 ml/kg).

5.4.2. Agressivité de l'eau vis-à-vis du béton (piézomètre SP2)

Nous avons effectué un prélèvement d'eau dans le piézomètre SP4 le 21/04/17, après pompage de trois fois le volume d'eau du piézomètre.

L'eau prélevée a été conditionnée dans des flacons spécifiques et dans une glacière réfrigérante pour transport immédiat au laboratoire.

Les analyses ont été effectuées dans la semaine suivant le prélèvement.

Les résultats de l'analyse montrent le pH et les dosages suivants :

- ✓ pH = 7,2
- ✓ $\text{SO}_4^{2-} = 36$ mg/l,
- ✓ CO_2 agressif < 3 mg/l,
- ✓ $\text{NH}_4^+ = 0,5$ mg/l,
- ✓ $\text{Mg}^{2+} = 10$ mg/l.

En conséquence, selon la norme NF EN 206-1 d'avril 2004, l'eau de la nappe ne présente pas d'agressivité chimique significative vis-à-vis du béton (pH > 6,5 ; $\text{SO}_4^{2-} < 200$ mg/l ; CO_2 agressif < 15 mg/l ; $\text{NH}_4^+ < 15$ mg/l ; $\text{Mg}^{2+} < 300$ mg/l).

6. ANALYSE DES RESULTATS ET INTERPRETATION

6.1. Etude des fondations du bâtiment

6.1.1. Choix du mode de fondation et niveaux d'assise

Toute fondation reposant dans les remblais est proscrite.

Nous préconisons de faire reposer le bâtiment sur des fondations superficielles de type semelles filantes ou isolées, encastrées d'au moins 20 cm dans le calcaire altéré ou le sable calcaire, ce qui conduit à des niveaux d'assise situés entre 1 m et 1,10 m de profondeur au droit de nos sondages.

Dans tous les cas, on veillera à respecter la condition de hors gel, à savoir un niveau d'assise des fondations situé au minimum à 0,80 m de profondeur par rapport au terrain fini.

6.1.2. Prise en compte de la sismicité

Pour les éventuels calculs, la catégorie de sol à prendre en compte sera la classe **A** étant donné la présence de rocher sous une couverture de sol moins résistant d'une épaisseur inférieure à 5 m. Le paramètre caractéristique (S) ou coefficient de sol sera de 1.

6.1.3. Contraintes de calcul

Les contraintes de calcul sont estimées à partir de la norme NF P 94-261 (cf. annexe n° 7).

Préambule : la norme traite du calcul de la capacité portante d'une fondation dans les conditions ELU et ELS, ce qui nécessite d'en définir des caractéristiques géométriques. Elle autorise cependant, lorsque la réalisation du projet peut en être facilitée, de présenter les résultats en termes de contraintes (cf. note 2 du § 9.1 de la norme NF P 94-261). En conséquence pour les projets au stade AVP, où les descentes de charges sont souvent mal connues, il est loisible de raisonner en contraintes et notamment de déterminer les contraintes de calcul σ_{ELU} et σ_{ELS} . Cependant, une optimisation des capacités portantes de chaque fondation d'un projet est possible et pourra mener à des capacités portantes sensiblement meilleures que celles issues de la simple utilisation des contraintes de calcul à l'ELU et à l'ELS. Cette optimisation, si elle est souhaitée, ne pourra être faite qu'au stade PRO ou EXE, à partir du moment où les descentes de charges sont parfaitement connues.

Nous aurions dans le cas présent avec :

$p_{le}^* = 0,88$ MPa (pression limite minimale mesurée dans le calcaire altéré ou le sable calcaire)

$k_p = 0,8$ (fondations faiblement encastrées)

$i_{\delta} = 1$ (pour une charge verticale centrée, en l'absence d'éléments précis)

$i_{\beta} = 1$ (pas de talus à proximité au moment de notre étude, à adapter le cas échéant en G2 PRO)

$q_0 =$ négligeable devant p_{le}^*

Ce qui conduit dans ces conditions :

à l'ELU avec $\gamma_{R;d,v} = 1,2$ et $\gamma_{R;v} = 1,4$ $\sigma_{ELU} = 0,40$ MPa

à l'ELS avec $\gamma_{R;d,v} = 1,2$ et $\gamma_{R;v} = 2,3$ $\sigma_{ELS} = 0,25$ MPa

Nota : la largeur des semelles filantes devra être d'au moins 40 cm.

Ainsi, pour une semelle filante de largeur 0,40 m, avec une contrainte effective de 0,25 MPa à l'ELS, la capacité portante est de 10 t/ml. Dans les mêmes conditions, pour une semelle isolée de section carrée de 1 m de côté, la capacité portante est de 25 t.

6.1.4. Estimation des tassements

Nous avons estimé les tassements à partir de la méthode pressiométrique de l'annexe H de la norme NF P 94-261 (cf. annexe n° 8) en configuration favorable sur la base des résultats du sondage pressiométrique SP3 et en configuration défavorable sur la base des résultats du sondage pressiométrique SP2.

Nota : nous avons pris comme hypothèses les descentes de charges maximales dans les conditions ELS estimées par la société AUXITEC BATIMENT (cf. § 3. *Caractéristiques du projet*), soit 10 t/ml pour les appuis linéiques et 25 t pour les appuis ponctuels. Ces hypothèses devront être validées par le BET Structure.

Les feuilles de calculs sont jointes en annexe n° 9 et le tableau ci-après synthétise les résultats des calculs de tassements pour une semelle filante de largeur 0,40 m et une semelle isolée de section carrée de 1 m de côté, avec une contrainte effective à l'ELS de 0,25 MPa.

	Semelle filante		Semelle isolée (section carrée)	
Largeur ou côté de la semelle (m)	0,40		1,00	
Descente de charges	10 t/ml		25 t	
Numéro de sondage	SP3	SP2	SP3	SP2
Profondeur d'assise (m)	1,10	1,00	1,10	1,00
Tassement absolu (mm)	2,3	6,2	2,3	5,0

Les tassements absolus estimés sont de l'ordre du millimètre au demi-centimètre. Les tassements différentiels seraient ainsi de l'ordre du demi-centimètre au maximum.

Il revient au BET Structure de s'assurer que ces tassements sont admissibles pour le projet. Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour ré-estimer les tassements en fonction des descentes de charges réelles développées par la structure et des dimensions exactes des fondations (mission G2 PRO).

6.1.5. Préconisations d'exécution des fondations

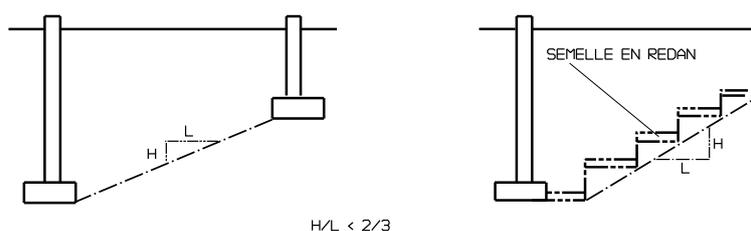
- ✓ Nous préconisons de prévoir les travaux de terrassement des fondations en période estivale, lorsque le niveau de la nappe est au plus bas, en ayant pris soin de le contrôler dans le piézomètre avant le démarrage du chantier.

En cas de remontée de nappe à faible profondeur (cf. § 5.2. *Synthèse hydrologique issue des sondages*), par exemple si les travaux sont réalisés en période de météorologie défavorable ou hivernale, il sera nécessaire de prévoir un rabattement de nappe. Le rabattement de nappe devra être conçu, suivi et contrôlé par un Géotechnicien dûment mandaté à cet effet dans le cadre des missions d'ingénierie géotechnique G2 PRO, G3 et G4 de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1). Il sera notamment nécessaire de vérifier l'incidence du rabattement de nappe sur les avoisinants.

Dans tous les cas, en cas de circulations d'eau superficielles dans les sols, il conviendra de prévoir un pompage en fonds de fouilles lors de l'exécution des fondations, notamment si les travaux sont réalisés en période de météorologie défavorable ou hivernale.

- ✓ Il conviendra de bien vérifier la nature et l'homogénéité des fonds de fouilles, et de s'assurer du bon encastrement de l'intégralité des fondations dans le calcaire altéré ou le sable calcaire. Les fonds de fouilles devront être impérativement contrôlés par un Géotechnicien dans le cadre de la supervision du suivi géotechnique d'exécution (mission G4 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013, cf. pièces jointes en annexe n° 1).
- ✓ Le bétonnage des fondations devra être assuré aussitôt après les terrassements pour éviter l'altération des fonds de fouilles aux intempéries et venues d'eau. On prévoira la mise en œuvre d'un béton de propreté afin de protéger les fonds de fouilles.
- ✓ Compte tenu des variations possibles des niveaux d'assise des fondations, si pour deux fondations proches l'une de l'autre, deux niveaux d'assise différents étaient retenus, il conviendra de respecter la condition de redan, à savoir une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur entre les arêtes des fondations (cf. schéma ci-après).

CONDITION DE REDAN



6.2. Etude du dallage du bâtiment

6.2.1. Fondation du dallage

Une solution de dallage sur terre-plein est envisageable après purge intégrale de l'enrobé, des gravillons et des remblais, reconnus sur des épaisseurs allant de 80 cm à 90 cm au droit de nos sondages. Les épaisseurs de purge peuvent s'avérer plus importantes si le remblai a localement des épaisseurs plus importantes que celles relevées au droit des sondages.

Une fois les purges effectuées, le fond de forme sera constitué de calcaire altéré ou de sable calcaire.

Le dallage devra être posé sur une couche forme en grave de bonne qualité et insensible à l'eau (type D₂₁ selon la norme NF P 11-300) dont l'épaisseur dépend de la nature et de la compacité du sol supportant la couche de forme, et de l'objectif à atteindre sur cette dernière.

Pour ce type de construction (cf. NF P 11-213-2 de mars 2005 : DTU 13.3 – *Dallages, partie 2*), le module de WESTERGAARD sur la couche de forme devra être au minimum de 50 MPa/m.

Nous pouvons estimer l'épaisseur de la couche de forme à mettre en place sur le calcaire altéré ou le sable calcaire à partir de la formule de GRESS (cf. feuille de calcul ci-après).

Dans le cas présent, on pourrait retenir :

- ✓ module de déformation du sol en place = $E_M / \alpha \approx 13 \text{ MPa} = 130 \text{ daN/cm}^2$ (valeur obtenue dans le calcaire altéré ou le sable calcaire à partir du module pressiométrique minimal mesuré dans cet horizon divisé par le coefficient rhéologique du sol de 1/2),
- ✓ module de déformation sur plate-forme = 50 MPa = 500 daN/cm² (pour un module de WESTERGAARD de l'ordre de 5 daN/cm³ = 50 MPa/m),
- ✓ module de déformation intrinsèque du matériau de remblai = 100 MPa = 1000 daN/cm² (pour une grave D₂₁ selon la norme NF P 11-300).

Dans ces conditions, il conviendra de mettre en œuvre au minimum 60 cm de couche de forme au-dessus du calcaire altéré ou du sable calcaire (cf. feuille de calcul ci-après). Nous préconisons de prévoir la mise en œuvre d'un géotextile de séparation entre le fond de fouille et la couche de forme. Ce géotextile sera de type anticontaminant afin d'éviter les remontées de fines, et résistant au poinçonnement (géotextile de renforcement). Dans ce cas, on pourra réduire l'épaisseur de la couche de forme de 15 cm.

Nous retenons donc la réalisation d'une couche de forme de 45 cm d'épaisseur minimum reposant sur un géotextile de renforcement et anticontaminant.

CALCUL D'ÉPAISSEUR DE COUCHE DE FORME SOUS DALLAGE

POUR UN MODULE DE WESTERGAARD DE 5 daN/cm³

Formule de GRESS

$$H = 0,7 \log \left[\frac{\left(\frac{1}{e} - \frac{1}{E} \right)}{\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{E} \right)} \right] + 3 \left(\frac{1}{e} - \frac{1}{x} \right)$$

e = module de déformation du sol =	130 daN/cm ²
x = module de déformation sur la plate-forme =	500 daN/cm ²
E = module de déformation du remblai d'apport =	1000 daN/cm ²

Dans ce cas, nous obtenons : H = 0,59 m

Nota :

- ✓ Il conviendra de vérifier la valeur du module intrinsèque du matériau d'apport (par exemple en effectuant une planche d'essai en début de chantier).
- ✓ Compte tenu des purges à effectuer, l'épaisseur de la couche de forme pourra être sensiblement plus importante. Dans ce cas, une solution de dalle en béton armé portée par les fondations ou de plancher porté sur vide sanitaire peut s'avérer plus économique. Par ailleurs, cette solution permet de s'affranchir des éventuelles difficultés d'exécution liées à une remontée de la nappe à faible profondeur (cf. § 6.2.3. *Préconisations d'exécution de la couche de fondation du dallage*).

6.2.2. Conception du dallage

Pour la conception du dallage, on pourra retenir les modules de YOUNG suivants :

- ✓ dans le calcaire altéré ou le sable calcaire (jusqu'à 2 m de profondeur) : E_s = 13 MPa,
- ✓ dans le calcaire sain (au-delà) : E_s > 100 MPa.

6.2.3. Préconisations d'exécution de la couche de fondation du dallage

- ✓ Nous préconisons de prévoir les travaux de terrassement et de mise en œuvre de la couche de forme en période estivale, lorsque le niveau de la nappe est au plus bas, en ayant pris soin de le contrôler dans le piézomètre avant le démarrage du chantier.

En cas de remontée de nappe à faible profondeur (cf. § 5.2. *Synthèse hydrologique issue des sondages*), par exemple si les travaux sont réalisés en période de météorologie défavorable ou hivernale, il sera nécessaire de prévoir un rabattement de nappe. Le rabattement de nappe devra être conçu, suivi et contrôlé par un Géotechnicien dûment mandaté à cet effet dans le cadre des missions d'ingénierie géotechnique G2 PRO, G3 et G4 de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1). Il sera notamment nécessaire de vérifier l'incidence du rabattement de nappe sur les avoisinants.

Dans tous les cas, en cas d'intempéries, le fond de forme se dégradera rapidement, et le chantier devra être arrêté et repris après amélioration de la qualité du fond de forme. Les sols altérés et/ou remaniés (fond de forme dégradé) devront être intégralement purgés avant reprise du chantier, ce qui conduira à une surépaisseur de couche de forme.

- ✓ Il conviendra de bien vérifier la nature et l'homogénéité du fond de forme, qui devra être constitué de calcaire altéré ou de sable calcaire. Le fond de forme devra être impérativement contrôlé par un Géotechnicien dans le cadre de la supervision du suivi géotechnique d'exécution (mission G4 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013, cf. pièces jointes en annexe n° 1). Des purges locales supplémentaires pourront être demandées en cas de rencontre de poches de remblais par exemple.
- ✓ Le fond de forme devra être compacté avant pose de la couche de forme.
- ✓ La couche de forme devra être mise en œuvre par couches successives de 30 cm à 40 cm d'épaisseur maximum soigneusement compactées. La qualité du compactage de chaque couche devra être contrôlée par essais à la plaque avec comme objectif : $EV_2/EV_1 \leq 2$.
- ✓ La qualité de la plate-forme finale devra être contrôlée par essais à la plaque de type LCPC et WESTERGAARD (minimum 1 essai tous les 100 à 150 m² de plate-forme, soit 3 à 4 unités), avec comme objectifs :
 - $EV_2/EV_1 \leq 2$,
 - $K_w \geq 50$ MPa/m (objectif selon la norme NF P 11-213-2).

7. ETUDES COMPLEMENTAIRES

Selon les résultats de la campagne de reconnaissance de sols réalisée, nous préconisons de procéder :

- ✓ à des relevés périodiques du piézomètre pendant toute la phase précédant le démarrage des travaux, notamment en période pluvieuse pour apprécier la réactivité de la nappe en fonction de l'importance des pluies et le Niveau des Plus Hautes Eaux (NPHE),
- ✓ à des sondages de reconnaissance géologique à la mini-pelle afin de préciser la nature du sol d'assise des fondations et, le cas échéant, du sol support de la couche de forme du dallage du futur bâtiment (calcaire altéré ou sable calcaire) pour définir les moyens à mettre en œuvre pour le rabattement de nappe en cas de remontée de nappe à faible profondeur. Ces investigations géotechniques complémentaires pourront être réalisées dans le cadre de la mission G2 PRO.

Nous rappelons qu'il est impératif de réaliser les missions d'ingénierie géotechnique selon l'avancement du projet, et notamment les missions G2 PRO, G3 (par l'entreprise) et G4 au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1).

TECHNOSOL reste à la disposition du Maître d'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant notre étude et ses conclusions, ainsi que pour les accompagner lors des phases ultérieures du projet, jusqu'à la supervision d'exécution des ouvrages géotechniques.

EXPLOITATION DU RAPPORT D'ETUDE

I - Le présent rapport d'étude a été établi à partir de la connaissance d'un projet au moment de cette étude. Il constitue un document indissociable dans lequel figurent les conclusions propres à ce projet. Toute exploitation partielle du rapport peut conduire à des erreurs d'interprétation et ne pourrait engager notre responsabilité.

II - En cas d'évolution de projet (par exemple changement d'implantation, changement de nature de construction, etc.), il importe de consulter le bureau d'étude géotechnique pour vérifier la bonne adaptation du projet en fonction du sol reconnu. Cette étape peut conduire à la réalisation d'une étude complémentaire si les informations du rapport d'étude s'avèrent insuffisantes.

III - L'étude géotechnique est basée sur la réalisation d'un nombre réduit de sondages donnant des informations ponctuelles. Les variations de caractéristiques géologiques et géotechniques peuvent intervenir entre les sondages (anomalies naturelles ou anthropiques). Ces variations ne peuvent être imputables au bureau d'étude géotechnique mais devront être signalées de manière systématique au bureau d'étude géotechnique afin de vérifier la bonne adaptation des fondations au contexte nouveau.

IV - Les profondeurs des différentes couches de sols rencontrés sont données par rapport à une référence qui peut être locale ou rattachée à une référence officielle (NGF, IGN, CM). Dans tous les cas, il appartient au Maître d'Ouvrage de faire relier notre référence de nivellement à celle qui constituera la base du futur projet.

V - Notre société ne pourra être responsable de toute adaptation de fondations qui aura été apportée sur le chantier sans qu'elle ne lui ait été soumise.

Annexe 01 :
Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique
selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

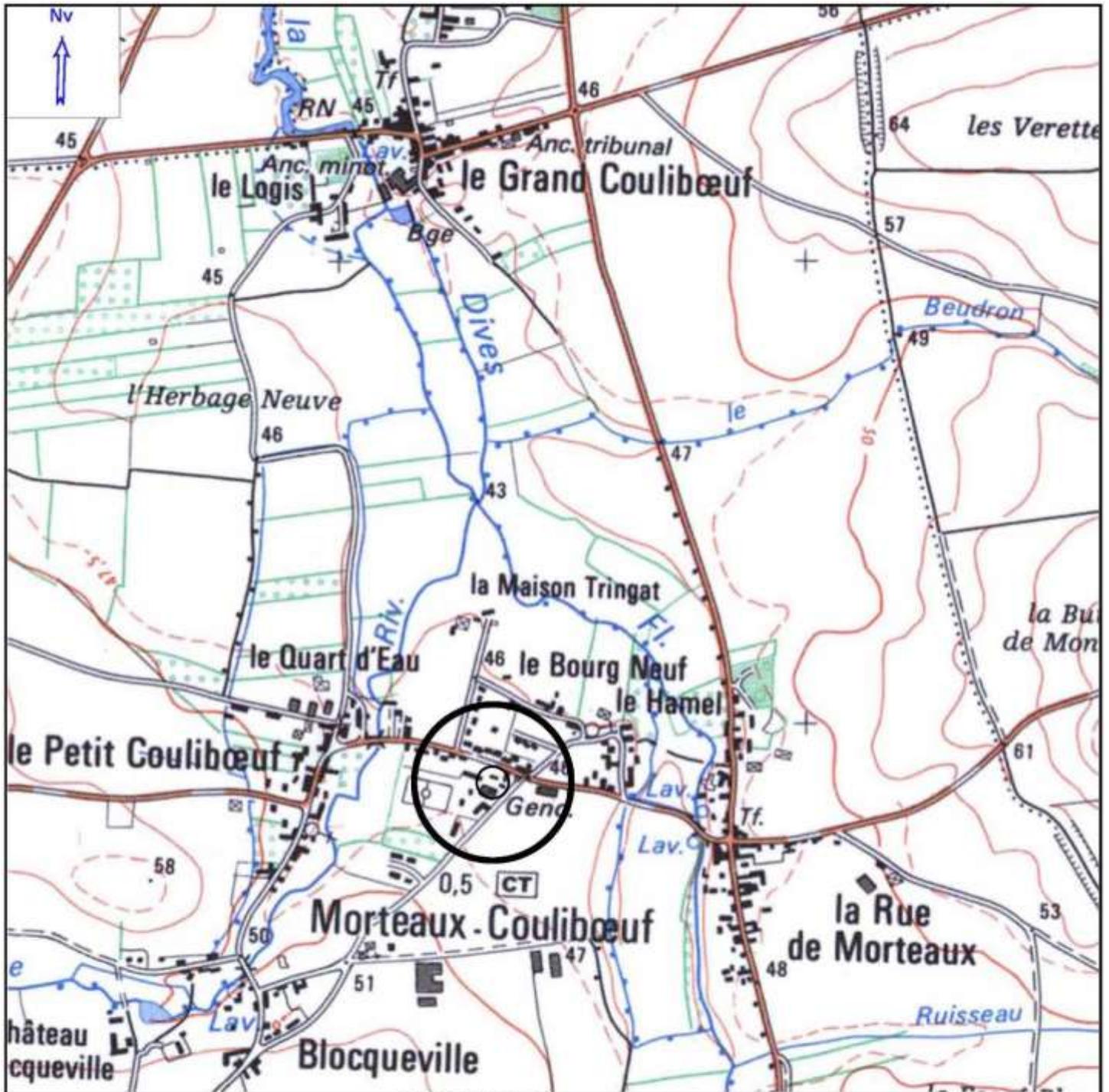
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 02 : Plan de situation



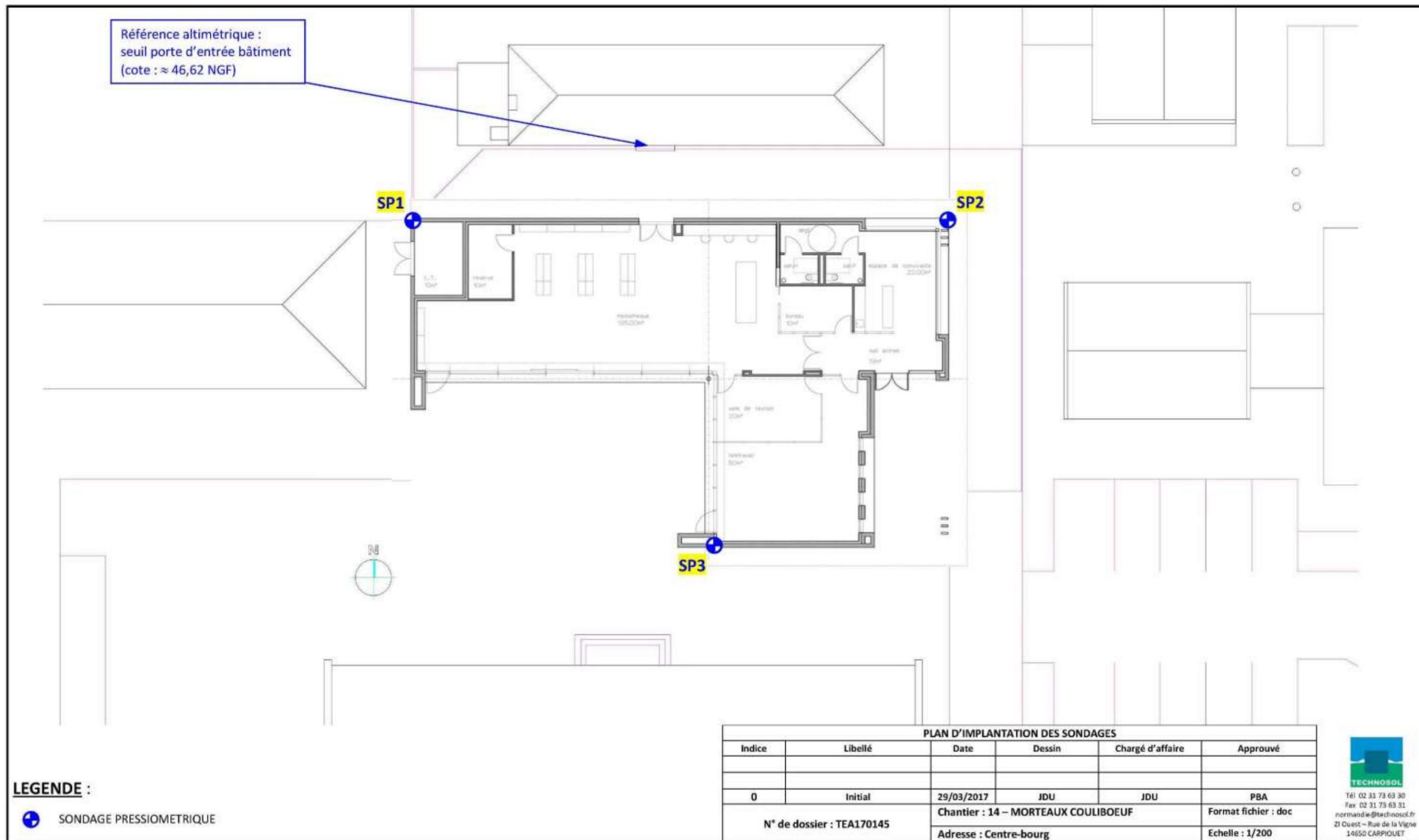
PLAN DE SITUATION

Indice	Libellé	Date	Dessin	Chargé d'affaire	Approuvé
0	Initial	28/03/2017	JDU	JDU	PBA
N° de dossier : TEA170145		Chantier : 14 – MORTEAUX COULIBŒUF			Format fichier : doc
		Adresse : Centre-bourg			Echelle : 1/12 500

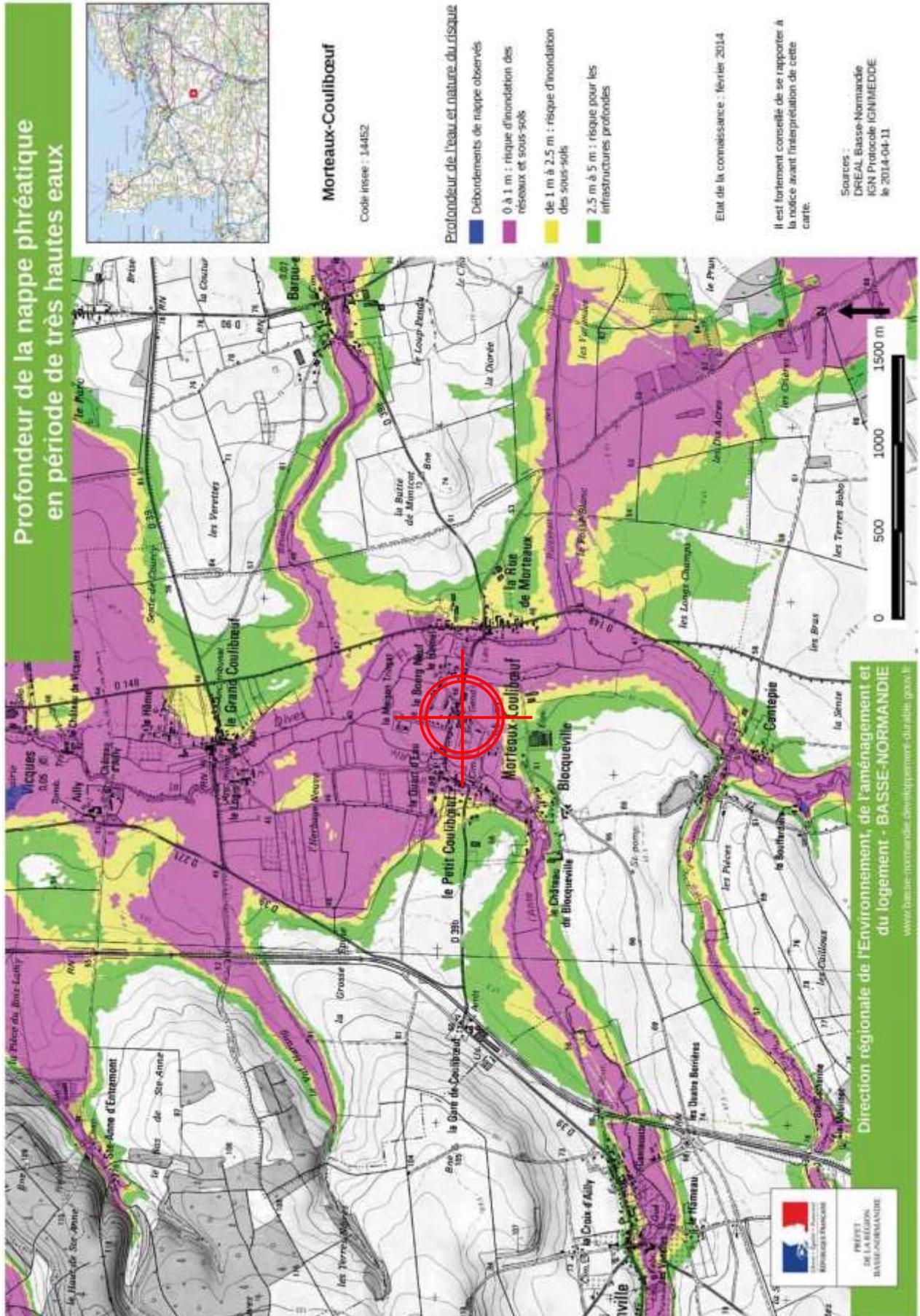


Tél 02 31 73 63 30
Fax 02 31 73 63 31
normandie@technosol.fr
21 Ouest – Rue de la Vigne
14650 CARPIQUET

Annexe 03 : Plan d'implantation des sondages



Annexe 04 :
Cartographie de la profondeur de la nappe phréatique en période de très
hautes eaux établie par la DREAL de Normandie (état de la connaissance :
février 2014)



Annexe 05 : Coupes des sondages



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Maître d'ouvrage : CDC du Pays de Falaise

Exécution du 13/04/17 au 13/04/17

Machine : SOCOMAFOR 35

Sondeur : M. MOENNE-LOCCOZ

X :

Y :

Z : 46,67 m

Inclinaison : 0 °

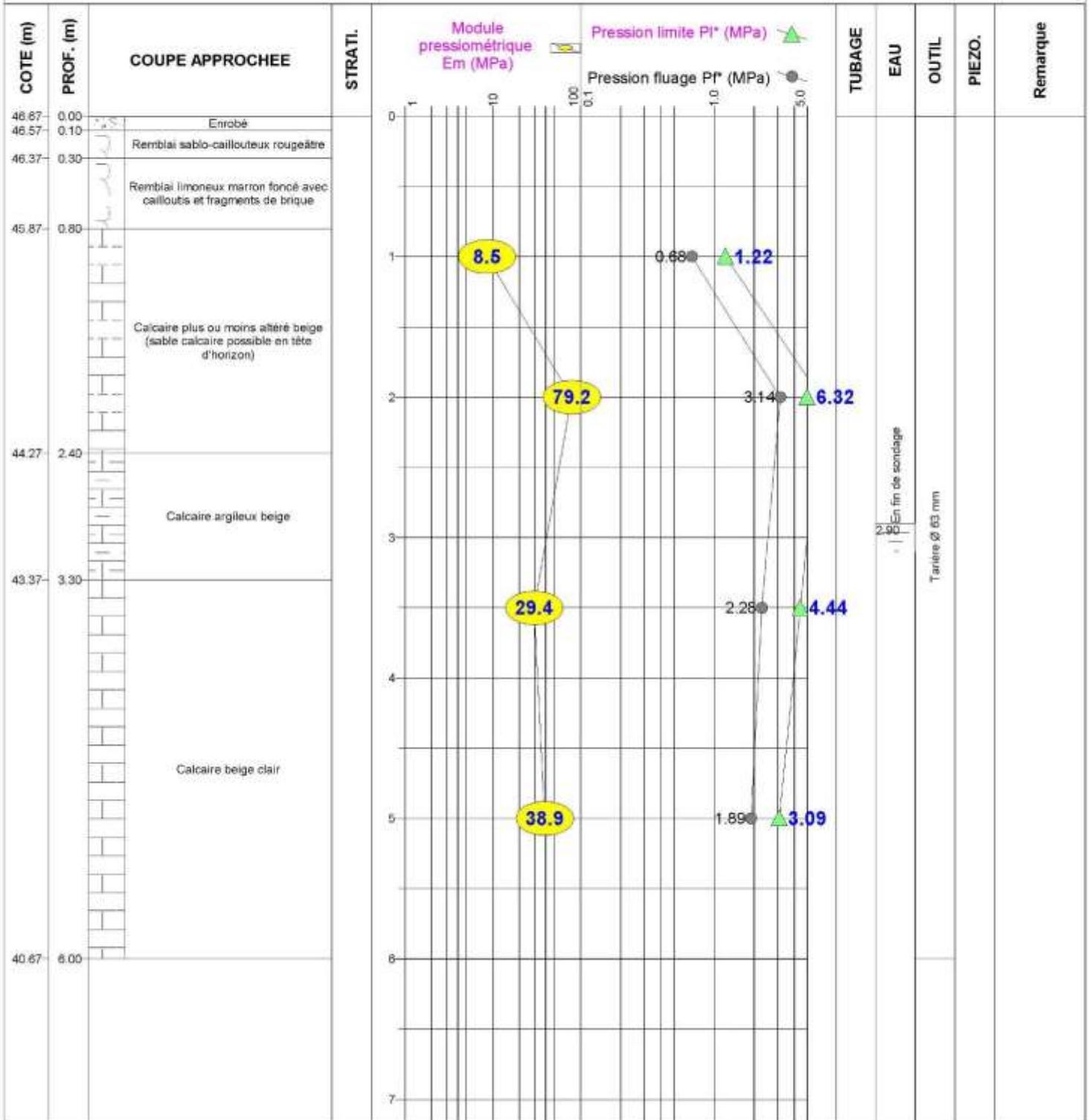
TECHNOSOL DOSSIER n° : TEA170145

VILLE : MORTEAUX COULIBŒUF

ADRESSE : Centre-bourg

Profondeur : 6,00 m

Echelle : 1 / 40



Annexe 06 : Résultats des essais de laboratoire



Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

Laboratoire WESSLING, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

TECHNOSOL Agence Caen
Monsieur Jérémy DUCHEMIN
Rue de la Vigne - ZI Ouest
14650 Carpiquet

Rapport d'essai n° :
Commande n° :
Interlocuteur :
Téléphone :
eMail :
Date :

ULY17-008017-1
ULY-04690-17
C. Rivière
+33 474 999 634
Celine.Riviere@wessling.fr
27.04.2017

Rapport d'essai

TEA170145 - MORTEAUX COULIBŒUF

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparti entre le prélèvement et l'analyse préconisé dans les normes suivies.
Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.
Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.
La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais est disponible sur www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon.
Les essais effectués par le laboratoire de Paris sont accrédités par le COFRAC sous le numéro 1-5578.
Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DAKKS sous le numéro D-PL-14162-01-00 (www.as.dakks.de).
Les essais effectués par le laboratoire hongrois de Budapest sont accrédités par le NAT sous le numéro NAT-1-1398 (www.nat.hu).
Les essais effectués par le laboratoire polonais de Krakow sont accrédités par le PCA sous le numéro AB 918 (www.pca.gov.pl).
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).
Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.
La conclusion ne tient pas compte des incertitudes et n'est pas couverte par l'accréditation.

St Quentin Fallavier, le 27.04.2017

N° d'échantillon		17-062439-01 SP2 (0.20 m à 0.80 m)	17-062439-02 SP2 (0.80 m à 3.00 m)	17-062439-03 SP3 (0.30 m à 0.90 m)
Désignation d'échantillon	Unité			
Extrait à l'acide chlorhydrique	MS-A	24.04.2017	24.04.2017	24.04.2017
Analyse physique				
Matière sèche	% mass MB	91,3	93,6	92,8
Paramètres globaux / Indices				
Degré d'acidité	ml/kg MS-A	<2,0	<2,0	<2,0
Sulfates (SO4) calc.	mg/kg MS-A	780	780	900
Soufre (S)	mg/kg MS-A	260	260	300

St Quentin Fallavier, le 27.04.2017

Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	17-062439-01	17-062439-02	17-062439-03
Date de réception :	20.04.2017	20.04.2017	20.04.2017
Désignation :	SP2 (0.20 m à 0.80 m)	SP2 (0.80 m à 3.00 m)	SP3 (0.30 m à 0.90 m)
Type d'échantillon :	Sol	Sol	Sol
Date de prélèvement :	12.04.2017	12.04.2017	12.04.2017
Récipient :	2X250VB	2X250VB	2X250VB
Température à réception (C°):	11,1°C	11,1°C	11,1°C
Début des analyses :	20.04.2017	20.04.2017	20.04.2017
Fin des analyses :	27.04.2017	27.04.2017	27.04.2017

St Quentin Fallavier, le 27.04.2017

Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre

Sulfates, HCl extr. B (agress. sur béton et acier)
Matières sèches
Degré d'acidité Baumann-Gully
Extraction à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons)

Norme

DIN 4030-2 mod.(A)
DIN ISO 11465(A)
DIN 4030-2(A)
DIN 4030-2(A)

Laboratoire

Wessling Oppin (D)
Wessling Oppin (D)
Wessling Oppin (D)
Wessling Oppin (D)

Commentaires :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Signataire Rédacteur

Céline RIVIERE

Chargée de Clientèle



Signataire Technique

Audrey GOUTAGNIEUX

Directrice





Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

Laboratoire WESSLING, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

TECHNOSOL Agence Caen
Monsieur Jérémy DUCHEMIN
Rue de la Vigne - ZI Ouest
14650 Carpiquet

Rapport d'essai n° : ULY17-006384-1
Commande n° : ULY-04793-17
Interlocuteur : C. Rivière
Téléphone : +33 474 999 634
eMail : Celine.Riviere@wessling.fr
Date : 04.05.2017

Rapport d'essai

TEA170145 MORTEAUX COULIBOEUF

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparti entre le prélèvement et l'analyse préconisé dans les normes suivies.
Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.
Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.
La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais est disponible sur www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon.
Les essais effectués par le laboratoire de Paris sont accrédités par le COFRAC sous le numéro 1-5578.
Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DAKKS sous le numéro D-PL-14162-01-00 (www.as.dakks.de).
Les essais effectués par le laboratoire hongrois de Budapest sont accrédités par le NAT sous le numéro NAT-1-1398 (www.nat.hu).
Les essais effectués par le laboratoire polonais de Krakow sont accrédités par le PCA sous le numéro AB 918 (www.pca.gov.pl).
Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).
Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.
La conclusion ne tient pas compte des incertitudes et n'est pas couverte par l'accréditation.

Rapport d'essai n°: ULY17-006384-1
Projet: TEA170145 MORTEAUX COULIBŒUF



Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
TÉL. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 04.05.2017

N° d'échantillon **17-064070-01**
Désignation d'échantillon **SP2**

Analyse physique
pH E/L 7,2 à 19,3°C

Cations, anions et éléments non métalliques

Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	<3,0
Sulfates (SO4)	mg/l E/L	36
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	0,5
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	0,39

Divers

Alcalinité pH 4,3	mmol/l E/L	5,0
-------------------	------------	-----

Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'eau régale E/L 28/04/2017

Éléments

Magnésium (Mg)	mg/l E/L	10
----------------	----------	----

Rapport d'essai n°: ULY17-006384-1
Projet: TEA170145 MORTEAUX COULIBŒUF



Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
TÉL. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 04.05.2017

Informations sur les échantillons

N° d'échantillon :	17-064070-01
Date de réception :	24.04.2017
Désignation :	SP2
Type d'échantillon :	Eau propre
Date de prélèvement :	21.04.2017
Heure de prélèvement :	-/-
Réipient :	2*250V + 100PE HNO3 + 60PE H2SO4 + 2*60PE
Température à réception (C°) :	12,7°C
Début des analyses :	24.04.2017
Fin des analyses :	04.05.2017

St Quentin Fallavier, le 04.05.2017

Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre	Norme	Laboratoire
Dioxyde de carbone agressif sur eau / lixiviat	DIN 38404 C10(A)	Wessling Oppin (D)
pH	NFT 90-008(#)	Wessling Lyon (F)
Métaux sur eau / lixiviat (ICP-MS)	NF EN ISO 17294-2(A)	Wessling Lyon (F)
Anions dissous (filtration à 0,2 µ)	Méth. interne ION adaptée de NF EN ISO 10304-1(A)	Wessling Lyon (F)
Minéralisation à l'eau régale pour métaux totaux	NF EN ISO 15587-1(A)	Wessling Lyon (F)
Ammonium (NH4)	NF EN ISO 11732(A)	Wessling Lyon (F)
Capacité acide/base sur eau/lixiviat	DIN 38409 H7(A)	Wessling Oppin (D)

(#)L'absence d'accréditation provient du délai de mise en analyse par rapport au prélèvement supérieur aux exigences normatives.

Commentaires :

Pour parfaire la lecture de vos résultats, les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice. Les métaux réalisés après minéralisation sont les éléments totaux. Sans minéralisation, il s'agit des éléments dissous.

Compte tenu du dépassement de la température de réception des échantillons par rapport à l'exigence de 8°C, l'accréditation des résultats d'essai a été maintenue sous réserve de la filtration et de l'acidification des échantillons sur site lors de leurs prélèvements selon les paramètres concernés.

Signataire Rédacteur

Céline RIVIERE
Chargée de Clientèle



Signataire Technique

Audrey GOUTAGNIEUX
Directrice



Annexe 07 :
Détermination des contraintes de calcul sous fondation superficielle ou
semi-profonde

DETERMINATION DES CONTRAINTES DE CALCUL SOUS FONDATION SUPERFICIELLE OU SEMI-PROFONDE

Les contraintes de calcul pour des fondations superficielles ou semi-profondes soumises à des sollicitations statiques ou pouvant être considérées comme telles selon la norme NF P 94-261 d'application nationale de l'Eurocode 7 sont déterminées à partir des relations suivantes :

$$\begin{aligned} \sigma_{ELU} - q_0 &< \sigma_{R;d} \\ \sigma_{ELS} - q_0 &< \sigma_{R;d} \end{aligned}$$

où :

- ✓ σ_{ELU} et σ_{ELS} sont les contraintes de calcul dans les conditions ELU ou ELS,
- ✓ q_0 est la contrainte totale verticale que l'on obtiendrait à la fin des travaux à la base de la fondation superficielle ou semi-profonde en l'absence de celle-ci,
- ✓ $\sigma_{R;d}$ est la valeur de calcul de la contrainte nette du terrain sous la fondation superficielle ou semi-profonde :

$$\sigma_{R;d} = \frac{q_{net}}{\gamma_{R,v} \gamma_{R;d,v}}$$

où :

- $q_{net} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta$

avec :

- k_p facteur de portance pressiométrique qui dépend de la nature et de sa compacité du sol, et des dimensions de la fondation,
- p_{le}^* pression limite nette équivalente,
- i_δ coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (= 1 si la charge est verticale),
- i_β coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β (= 1 si la semelle est suffisamment éloignée du talus).

Nota : dans le cas où la fondation subit un chargement incliné et où elle est proche d'un talus, ces deux coefficients sont remplacés par un coefficient unique $i_{\delta\beta}$,

- $\gamma_{R,v}$ est la valeur du facteur partiel permettant le calcul des contraintes à l'ELU et à l'ELS :
 - à l'ELU : $\gamma_{R,v} = 1,4$
 - à l'ELS quasi permanent et caractéristique : $\gamma_{R,v} = 2,3$
- $\gamma_{R;d,v}$ est le coefficient de modèle associé à la méthode de calcul utilisée. Pour la méthode de calcul à partir de la méthode pressiométrique : $\gamma_{R;d,v} = 1,2$

Annexe 08 :
Calcul du tassement d'une fondation superficielle ou semi profonde

CALCUL DU TASSEMENT D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE OU SEMI PROFONDE

Les tassements sous une fondation superficielle ou semi-profonde sont calculés à partir de la formule pressiométrique ci-après issue de l'annexe H de la norme NF P 94-261 du 15 juin 2013 :

$$s_f = s_c + s_d = \frac{\alpha \cdot \lambda_c \cdot (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B}{9 \cdot E_c} + \frac{2 \cdot (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B_0}{9 \cdot E_d} \cdot \left(\frac{\lambda_d \cdot B}{B_0} \right)^\alpha$$

où :

- ✓ s_c correspond au tassement dans le domaine sphérique,
- ✓ s_d correspond au tassement dans le domaine déviatorique,

Les autres paramètres sont définis ci-après :

- ✓ E_c : module pressiométrique dans le domaine sphérique,
- ✓ E_d : module pressiométrique dans le domaine déviatorique,
- ✓ q' : contrainte effective apportée par la fondation sur le sol,
- ✓ σ'_{vo} : contrainte effective au niveau de fondation avant travaux,
- ✓ B_0 : dimension de référence = 0,60 m,
- ✓ B : largeur de la fondation,
- ✓ α : coefficient rhéologique du sol (dépend de la nature du sol et de son état de consolidation),
- ✓ λ_c et λ_d : coefficients de forme de la fondation.

Annexe 09 :
Feuilles de calcul du tassement d'une fondation superficielle

CALCUL DE TASSEMENT D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE PAR LA METHODE PRESSIOMETRIQUE (annexe H de la norme NF P 94-261)

N° de dossier : TEA170145
Sondage de référence : SP3

$p = q' - \sigma'_{vo} = 0,25 \text{ MPa}$

Domaine sphérique

$\alpha = 0,5$

Domaine déviatorique

$\alpha = 0,5$

Coefficients de forme

$\lambda_c = 1,5$

$\lambda_d = 2,65$

L/B	Cercle	Carré	2	3	5	20
$\lambda_c =$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\lambda_d =$	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

Calculs

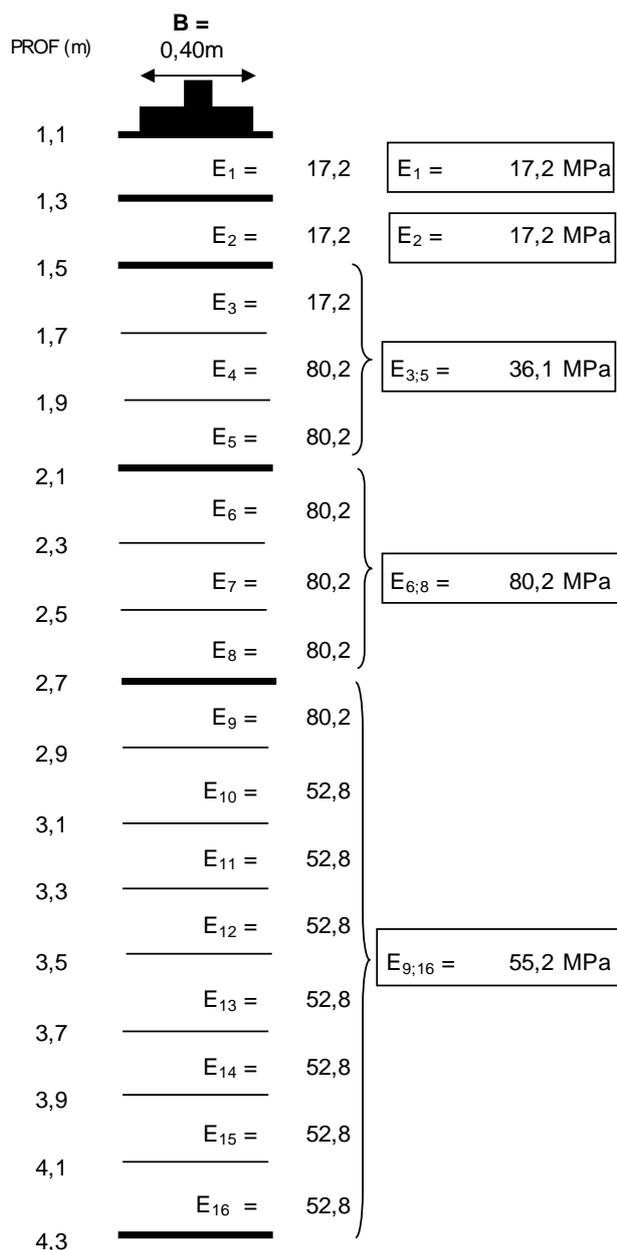
$E_c = 17,2 \text{ MPa}$

$E_d = 23,8 \text{ MPa}$

$s_c = 0,05 \text{ cm}$

$s_d = 0,19 \text{ cm}$

$s_f = 0,23 \text{ cm}$



CALCUL DE TASSEMENT D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE PAR LA METHODE PRESSIOMETRIQUE (annexe H de la norme NF P 94-261)

N° de dossier : TEA170145
Sondage de référence : SP2

$p = q' - \sigma'_{vo} = 0,25 \text{ MPa}$

Domaine sphérique

$\alpha = 0,5$

Domaine déviatorique

$\alpha = 0,5$

Coefficients de forme

$\lambda_c = 1,5$

$\lambda_d = 2,65$

L/B	Cercle	Carré	2	3	5	20
$\lambda_c =$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\lambda_d =$	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

Calculs

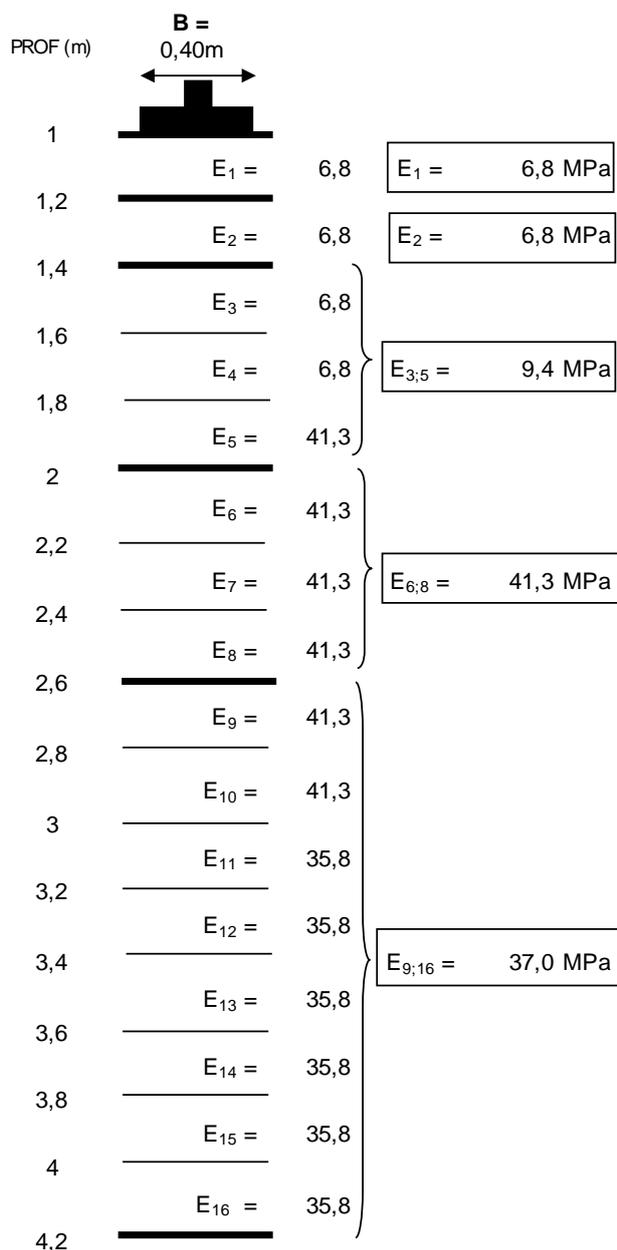
$E_c = 6,8 \text{ MPa}$

$E_d = 8,9 \text{ MPa}$

$s_c = 0,12 \text{ cm}$

$s_d = 0,50 \text{ cm}$

$s_f = 0,62 \text{ cm}$



CALCUL DE TASSEMENT D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE PAR LA METHODE PRESSIOMETRIQUE (annexe H de la norme NF P 94-261)

N° de dossier : TEA170145
Sondage de référence : SP3

$p = q' - \sigma'_{vo} = 0,25 \text{ MPa}$

Domaine sphérique

$\alpha = 0,5$

Domaine déviatorique

$\alpha = 0,5$

Coefficients de forme

$\lambda_c = 1,1$

$\lambda_d = 1,12$

L/B	Cercle	Carré	2	3	5	20
$\lambda_c =$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\lambda_d =$	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

Calculs

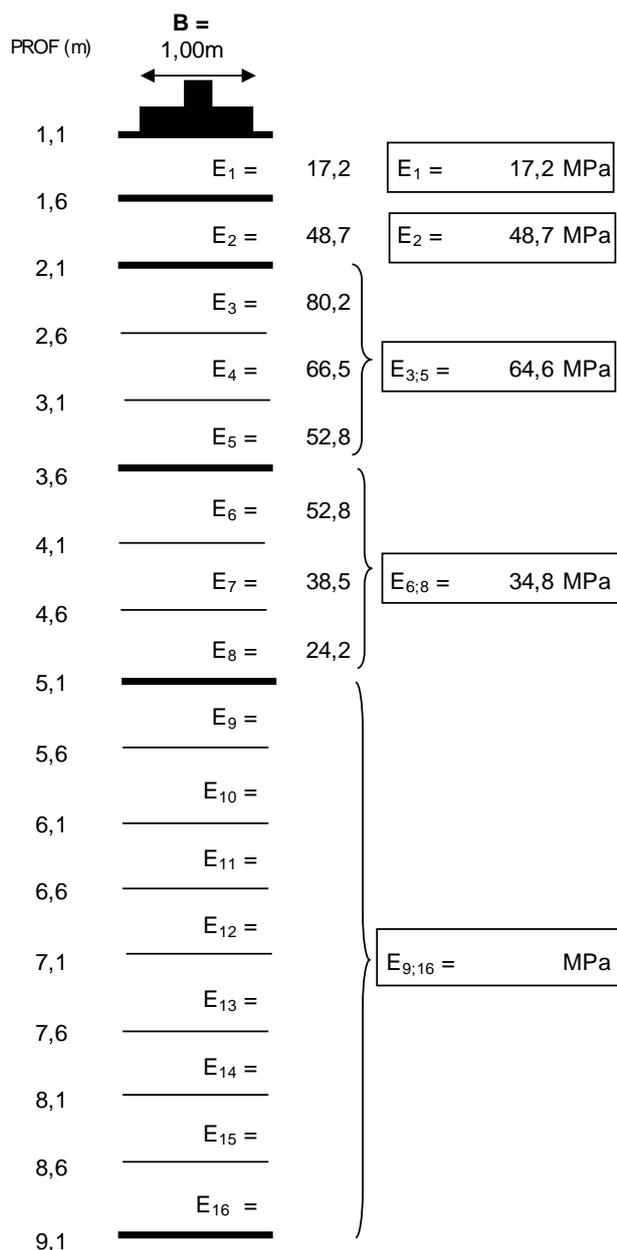
$E_c = 17,2 \text{ MPa}$

$E_d = 33,0 \text{ MPa}$

$s_c = 0,09 \text{ cm}$

$s_d = 0,14 \text{ cm}$

$s_f = 0,23 \text{ cm}$



CALCUL DE TASSEMENT D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE PAR LA METHODE PRESSIOMETRIQUE (annexe H de la norme NF P 94-261)

N° de dossier : TEA170145
Sondage de référence : SP2

$p = q' - \sigma'_{vo} = 0,25 \text{ MPa}$

Domaine sphérique

$\alpha = 0,5$

Domaine déviatorique

$\alpha = 0,5$

Coefficients de forme

$\lambda_c = 1,1$

$\lambda_d = 1,12$

L/B	Cercle	Carré	2	3	5	20
$\lambda_c =$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\lambda_d =$	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

Calculs

$E_c = 6,8 \text{ MPa}$

$E_d = 16,7 \text{ MPa}$

$s_c = 0,22 \text{ cm}$

$s_d = 0,27 \text{ cm}$

$s_f = 0,50 \text{ cm}$

