

DRAC GRAND-EST - CRMH

Abbaye-Prison de Clairvaux - Aile Sud du Grand Cloître - Restitution du premier état carcéral

Mission G2PRO

AEGIS-GROUPE

Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

DRAC GRAND-EST - CRMH

3 Faubourg Saint Antoine - 51037 Châlons-en-Champagne

Abbaye-Prison de Clairvaux - Aile Sud du Grand Cloître - Restitution du premier état carcéral

Version du document :	Date d'émission :	Commentaires :
Indice 0	14/09/2026	Première émission.

Numéro d'affaire : 2026/08519

Rédacteur : M. BARRY – info@aegis-groupe.com – 06 30 16 51 63.

Maître d'ouvrage : DRAC GRAND-EST - CRMH
3 Faubourg Saint Antoine - 51037 Châlons-en-Champagne.

Localisation du Projet : Abbaye-Prison de Clairvaux – 10310 VILLE SOUS LA FERTE

Nombre de pages du document (hors annexes) : 23

Nombre d'annexes : 6

TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION : 3

I. 1. Cadre général du projet : 3
I. 2. Documents transmis par le maître d'ouvrage : 3
I. 3. Cadre contractuel au regard de la NF P94-500 de novembre 2013 : 4
I. 4. Limites de la mission : 5
I. 5. Documents techniques et normatifs de référence : 5
I. 6. Reconnaissances géotechniques effectuées : 5

II. PRESENTATION DU CONTEXTE : 6

II. 1. Description de l'état existant : 6
II. 2. Données géotechniques générales (enquête documentaire) : 8
II. 2. 1. Contexte géologique général (rappel AVP) : 8
II. 2. 2. Contexte hydrogéologique et hydrologique général (rappel AVP) : 8
II. 3. Risques géologiques et géotechniques connus (rappel AVP) : 9
II. 3. 1. Aléa retrait-gonflement des argiles : 9
II. 3. 2. Plan de prévention des risques naturels : 9
II. 3. 3. Aléa inondation – remontée de nappe : 9
II. 3. 4. Aléa inondation – débordement de rivière : 9

III. SYNTHESE GEOTECHNIQUE : 10

III. 1. Implantation des reconnaissances géotechniques : 10
III. 2. Lithologie : 10
III. 3. Sondages pressiométriques : 11
III. 4. Sondages pénétrométriques : 11
III. 5. Fouilles de reconnaissance des fondations : 12
III. 6. Analyse des résultats issus des sondages carottés : 12
III. 7. Analyse des résultats issus des essais en laboratoire : 12
III. 8. Hydrogéologie : 13
III. 9. Paramètres sismiques : 14
III. 10. Relevés géotechniques de l'Aile Sud et évaluation des causes probables des désordres : 14

IV. CREATION DE DEUX MURS DE REFENDS : 15
IV. 1. Principe constructif : 15
IV. 1. 1. Généralités : 15
IV. 1. 2. Principe d'ancrage, encastrement, et taux de travail cible : 15
IV. 1. 3. Particularités : 15
IV. 2. Hypothèses de calcul : 16
IV. 2. 1. Modèle géotechnique : 16
IV. 2. 2. Sollicitations structurelles : 16
IV. 2. 3. Méthode justificative : 16
IV. 3. Ebauche dimensionnelle : 17
IV. 3. 1. Blindage : 17
IV. 3. 2. Stabilité externe : 17
IV. 4. Méthodologie de remblaiement : 19
V. DEFINITION DES INCERTITUDES ET ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS : 22
VI. EXIGENCES DE SUIVI ET D'INSTRUMENTATION EN PHASE DE TRAVAUX : 23

TABLE DES ILLUSTRATIONS :

Figure 1 : Photographie aérienne du site d'étude. Le site d'étude est repéré par le cercle rouge. 3
Figure 2 : Extrait du plan DCE 05/06. 4
Figure 3 : Orthophotographie du site général de Clairvaux (Source AGP). 6
Figure 4 : Extrait du plan DCE Aile Sud – Coupes AA et BB. 7
Figure 5 : Extrait du plan DCE 05/06. 7
Figure 6 : Extrait des plans DCE 05/06 et 06/06. 7
Figure 7 - Plan d'implantation des reconnaissances géotechniques – Aile Sud. 10
Figures 8 : extrait GTR2000 – classes D21 D31 R21 – matériaux nobles 0/D insensibles à l'eau. 20
Figures 9 : extrait GTR2023 – classes G, VCG, Li – matériaux nobles 0/D insensibles à l'eau. 21

TABLE DES ANNEXES :

ANNEXES : 24
ANNEXE 1 : EXTRAITS DE LA NF P94-500 DE NOVEMBRE 2013 : 25
ANNEXE 2 : PLANS D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES : 28
ANNEXE 3 : RESULTATS DES SONDAGES PENETROMETRIQUES : 29
ANNEXE 4 : RESULTATS DES FOUILLES DE RECONNAISSANCE : 30
ANNEXE 5 : RESULTATS DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES : 31
ANNEXE 6 : RESULTATS DES ESSAIS DE LA CAMPAGNE DE JANVIER 2022 : 32

I. INTRODUCTION :

I. 1. Cadre général du projet :

La présente étude a été menée par le BET AEGIS-GROUPE à la demande du maître d'ouvrage : la Direction Régionale des Affaires Culturelles Grand Est – Service de la Conservation Régionale des Monuments Historiques.

Cette étude de projet porte sur l'aile Sud du Grand Cloître du site de Clairvaux, située sur la commune de VILLE SOUS LA FERTE (10310). Elle s'intègre dans le cadre d'une étude plus générale ayant pour objectif la mise en œuvre des dispositions de la NCPA pour la restitution du premier état carcéral du Grand Cloître de l'Abbaye de Clairvaux.

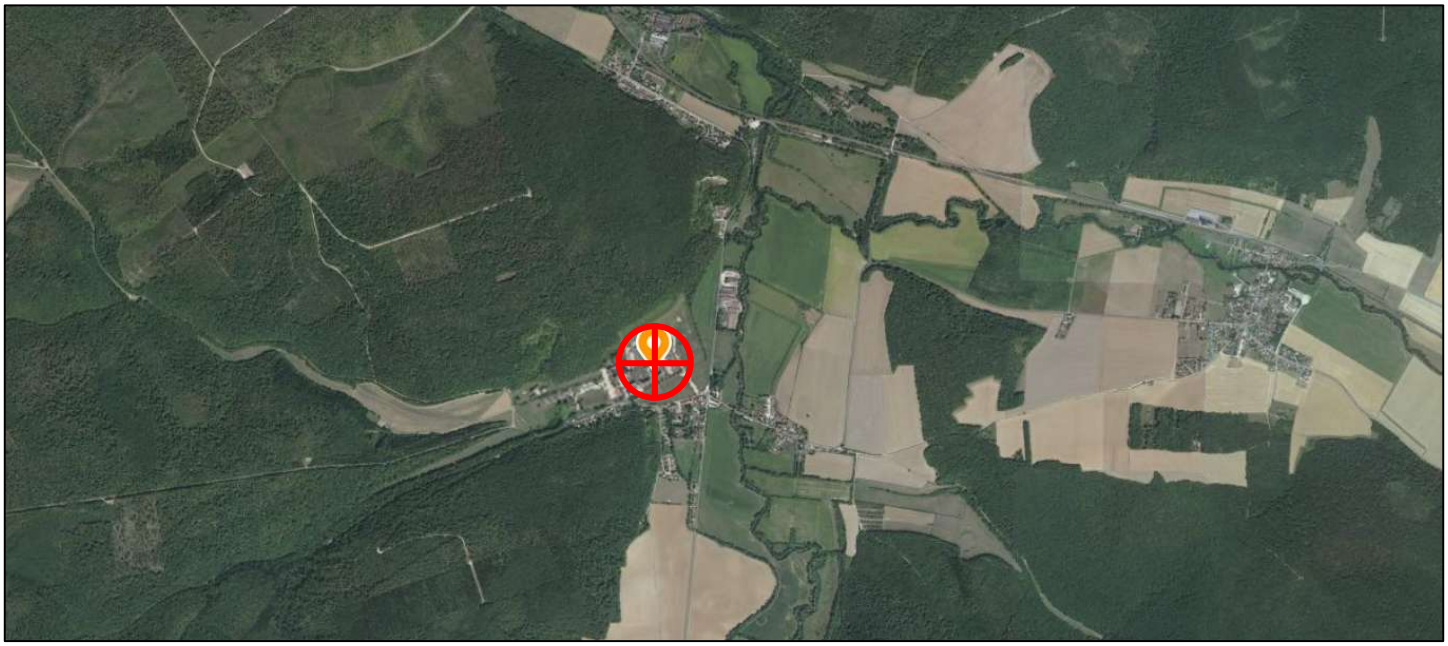


Figure 1 : Photographie aérienne du site d'étude. Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.

I. 2. Documents transmis par le maître d'ouvrage :

Les documents qui ont été transmis par le maître d'ouvrage et qui sont utilisés dans le cadre de cette étude géotechnique sont les suivants :

- Dossier de consultation des entreprises, en date d'Août 2026, par le groupement de Maîtrise d'Œuvre Michel Trubert – ACMH, Cabinet SABOUREAU – Economiste, EQUILIBRE STRUCTURES, Bureau d'Etude Structure, et La Manufacture du Patrimoine. Ce dossier comprend notamment les documents graphiques suivants :
    - PLAN DCE – AILE SUD – COUPES AA et BB – Etat projeté – Principes de restauration, échelle 1/200ème, en date d'août 2026 ;
    - PLAN DCE 03/06 – AILE SUD – Plancher bas et plancher haut du RDC – Etat projeté, dossier n°21-028, échelle 1/100ème, en date d'août 2026 ;
    - PLAN DCE 04/06 – AILE SUD – Plancher haut de l'Entresol et du R+1 – Etat projeté, dossier n°21-028, échelle 1/100ème, en date d'août 2026 ;
    - PLAN DCE 05/06 – AILE SUD – Coupes – Etat projeté, dossier n°21-028, échelle 1/100ème, en date d'août 2026 ;
    - PLAN DCE 06/06 – AILE SUD – Détails – Etat projeté, dossier n°21-028, échelle 1/20ème, en date d'août 2026 ;
- Etude d'Avant-Projet G2 AVP - Projet de restauration de l'Abbaye-Prison de Clairvaux – Aile Sud du Grand Cloître – I0 – numéro d'affaire 2023/04223 - Aegis Groupe – 22/06/2023 ;

- Descente de charges Mur File 13, en date du 31/08/2026, par le BET EQUILIBRE STRUCTURES ;
- Cahier des charges – Sondages géotechniques – Equilibre Structures – 27/02/2023 ;
- Rapport – phase DIAG n°21-028-01 – Equilibre structures – 02/05/2022 ;
- Diagnostic géotechnique G5 – Projet de restauration de l'Abbaye-Prison de Clairvaux/Grand Cloître, numéro d'affaire 2021/1085 – Aegis Groupe – 27/01/2022 ;
- Diagnostic géotechnique G5 – Projet de restauration du Grand et du Petit Clairvaux – I2, numéro d'affaire 2022/03126 – Aegis Groupe – 23/09/2022 ;
- Etude de diagnostic sur les bâtiments protégés au titre des Monuments Historiques – Ancienne Abbaye de Clairvaux – EURL Eric Pallot Architectes, de Mars 2019 ;
- Plans topographiques de l'Abbaye de Clairvaux – AGP – 2004 ;
- Photographies de plans d'archives ;
- Coupes, élévations et plans des bâtiments du site ;
- Plan topographique général du site.

I. 3. Cadre contractuel au regard de la NF P94-500 de novembre 2013 :

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission géotechnique d'avant-projet G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (voir classification des missions géotechniques type en Annexe 1).

La mission porte exclusivement sur la conception des fondations des deux murs de refend en pierre de taille au créés RDC et à l'entresol de la section Sud de l'aile Sud du Grand Cloître.

Les objectifs de la mission sont les suivants :

- Caractériser les sols : nature, épaisseurs, caractéristiques mécaniques ;
- Définir le modèle géotechnique retenu au stade du projet ;
- Fournir les notes de calculs de prédimensionnement niveau projet des ouvrages géotechniques (terrassements, fondations, stabilité des terres, …).

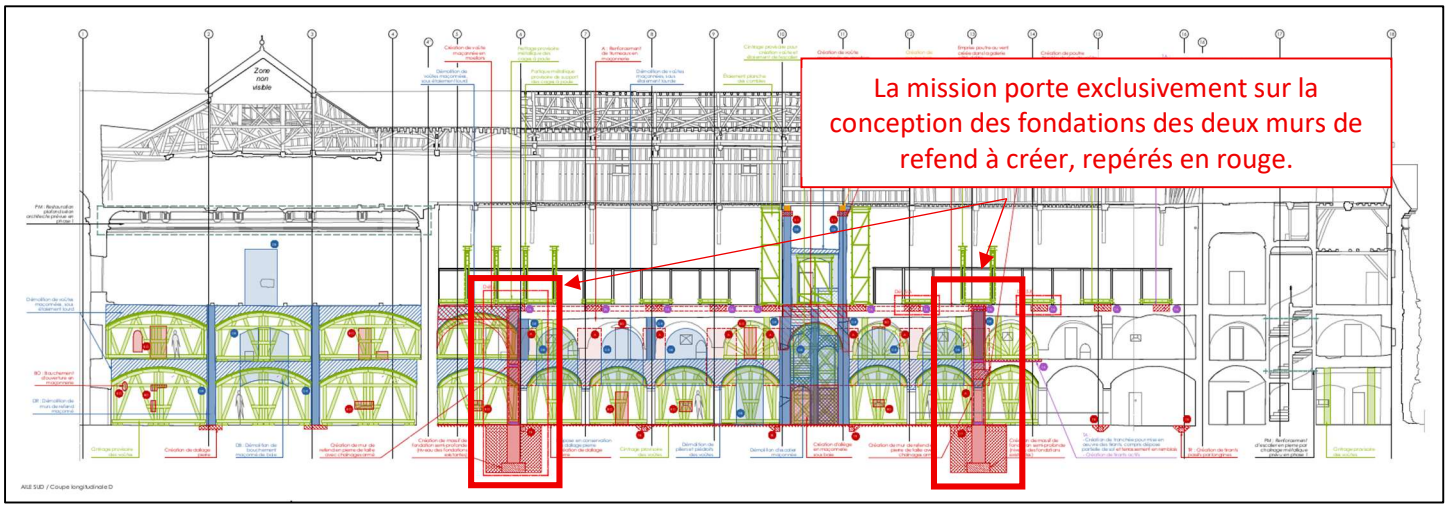


Figure 2 : Extrait du plan DCE 05/06.

I. 4. Limites de la mission :

Conformément à notre offre technico-financière ainsi qu'à la norme NF P94-500 de novembre 2013, ne sont pas compris dans la mission :

- Porter un avis sur la stabilité des ouvrages existants ;
- Mener une analyse hydrologique/hydrogéologique du site ;
- Le diagnostic de pollution des sols ;
- L'étude des ouvrages de gestion des eaux pluviales et d'assainissement ;
- La vérification du projet au regard du respect des règles d'urbanisme de la commune de Ville-sous-la-Ferté ;
- L'étude d'ouvrages paysagers et d'aménagements extérieurs ;
- La mission ne porte que sur les aspects techniques de l'opération.

En particulier, la présente mission ne constitue pas et ne substitue pas à un diagnostic structurel des existants qui est mené par ailleurs.

I. 5. Documents techniques et normatifs de référence :

Documents généraux :

- Carte IGN « GEO PORTAIL » (1/25 000ème) ;
- Feuille géologique « BAR SUR AUBE » (1/50 000ème).

Documents techniques et normatifs :

- EUROCODE 7 : Calcul géotechnique :
  - NF EN 1997-1-1 : Partie 1 : règles générales ;
  - NF P94-261 : Fondations superficielles ;
- Documents Techniques Unifiés ;
- Guide de terrassement et couches de formes (GTR).

I. 6. Reconnaissances géotechniques effectuées :

Seules des observations géologiques, géomorphologiques et géotechniques complémentaires ont été réalisées dans le cadre de cette étude G2 PRO. Les reconnaissances réalisées lors des études antérieures sont (missions G5 et G2 AVP Aegis Groupe) :

Missions G5 en date de 2022 :

- **2 Sondages carottés** verticaux de 10 m équipés de tubes piézométriques notés respectivement SC1+PZ et SC2+PZ, issus de la campagne d'essais de 2021 ;
- **9 Sondages de reconnaissance des fondations** réalisés à la pelle mécanique et manuellement notés F1 à F9 ;
- **2 Sondages destructifs** enregistrés de 10 m avec 9 **essais pressiométriques** notés respectivement SP1 (incliné à 70°) et SP2.

Mission G2 AVP 2023 :

- **8 Sondages au pénétromètre dynamique** (PAGANI et SOCOMAFOR 10) notés Pdy1 à Pdy8 ;
- **6 Sondages de reconnaissance des fondations** réalisés à la pelle mécanique et manuellement notés F1à F6 ;
- **2 Sondages destructifs** enregistrés d'environ 15m avec respectivement 14 et 13 **essais pressiométriques** notés SP1 et SP2
- **2 Sondages destructifs** équipés en **piézomètres** notés PZA et PZB.

Ces reconnaissances sont reprises à toutes fins utiles en annexe du rapport.

II. PRESENTATION DU CONTEXTE :

II. 1. Description de l'état existant :

La mission porte exclusivement sur la conception des fondations des deux murs de refend en pierre de taille au créés RDC et à l'entresol de la section Sud de l'aile Sud du Grand Cloître.

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre plus général de la mise en œuvre des dispositions de la CNPA pour la restitution du premier état carcéral.

Le site étudié de l'Abbaye-Prison de Clairvaux est constitué d'un ensemble bâti regroupant des bâtiments de natures, d'époques et de fonctions différentes.

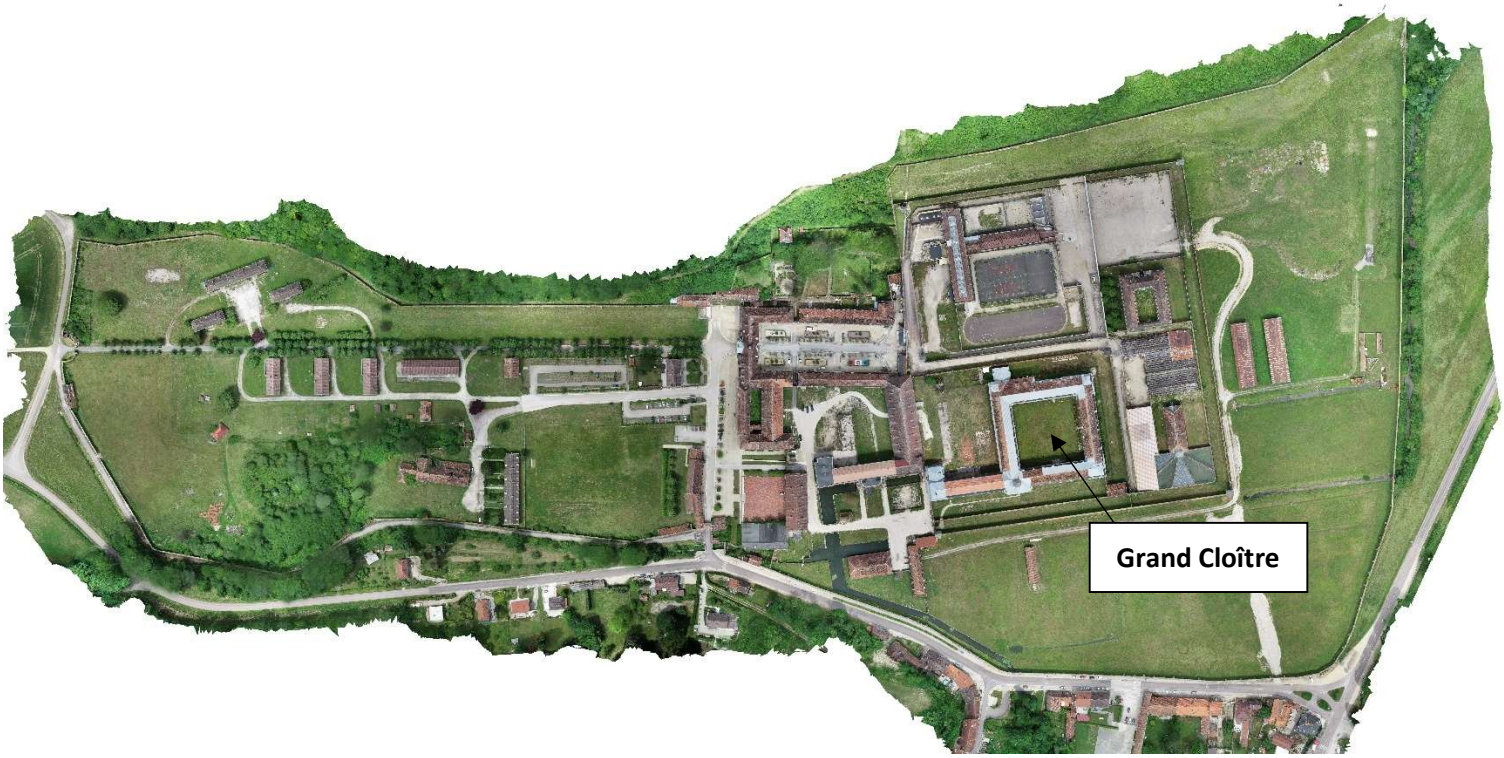


Figure 3 : Orthophotographie du site général de Clairvaux (Source AGP).

Les travaux prévus au niveau de l'Aile Sud du Grand Cloître comprennent notamment :

- En façade Sud de l'Aile Sud : démolition avec conservation de martiaux pour réemploi (pierre de taille, moellon, dallage en pierre) compris tri, nettoyage, stockage ;
- En façade Sud de l'Aile Sud : dépose de menuiseries et restitutions de maçonneries ;
- Restauration de dallages en pierre intérieurs ;
- Réouverture de l'entrée à la bibliothèque ;
- Reconstruction de voûtes ;
- Frettage de certaines cages à poule pour restauration de la voûte sous-jacente …

Ces sujets structurels sortent du cadre de la mission AEGIS GROUPE.

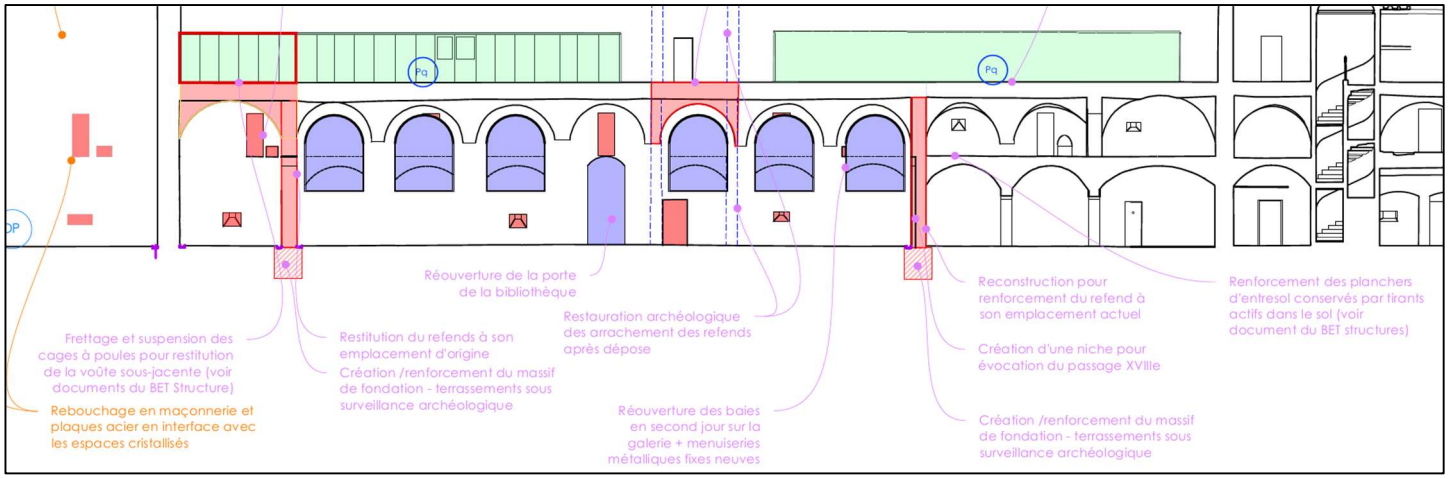


Figure 4 : Extrait du plan DCE Aile Sud – Coupes AA et BB.

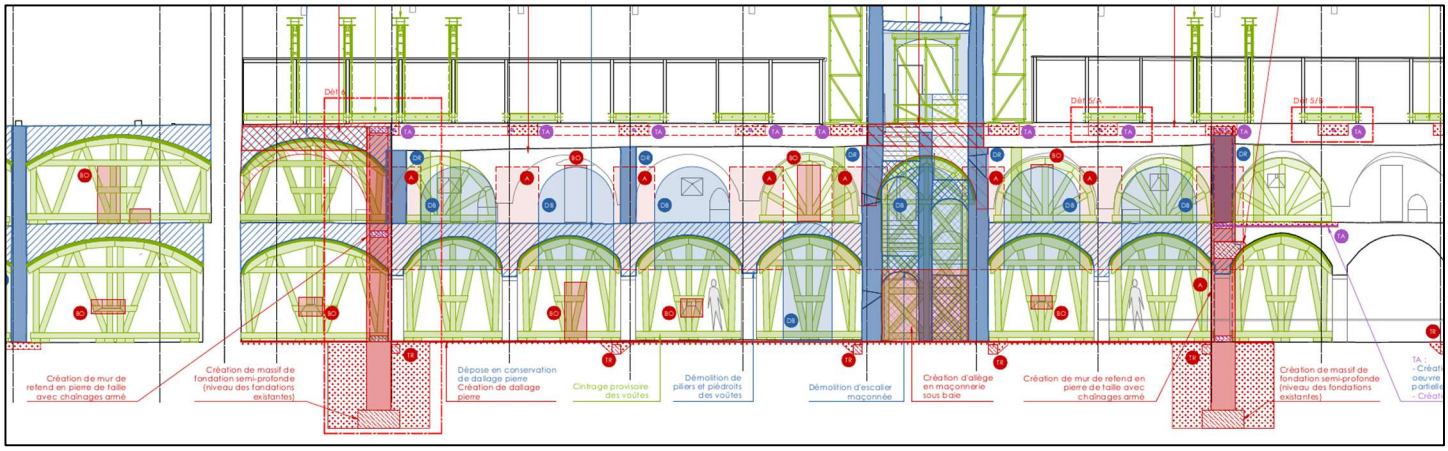


Figure 5 : Extrait du plan DCE 05/06.

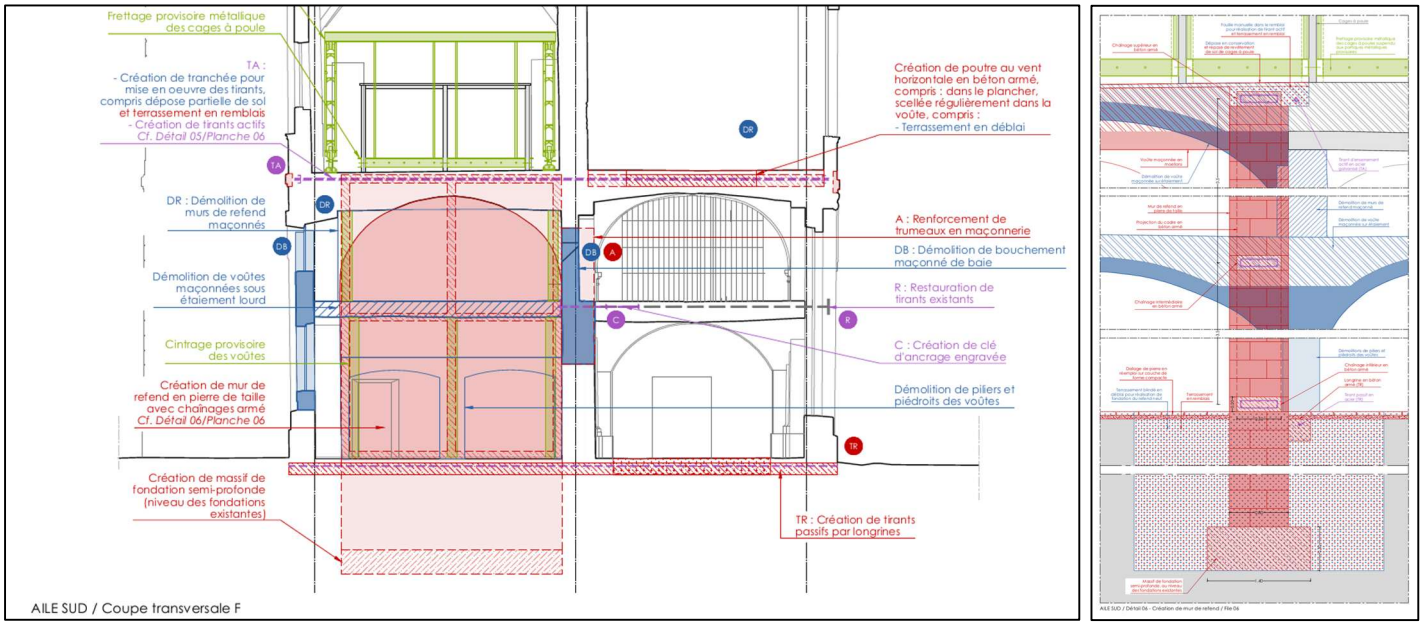


Figure 6 : Extrait des plans DCE 05/06 et 06/06.

II. 2. Données géotechniques générales (enquête documentaire) :

II. 2. 1. Contexte géologique général (rappel AVP) :

D'après la carte géologique « BAR SUR AUBE » du BRGM, le site d'étude s'inscrit dans les formations suivantes :

- **Fy** : Alluvions anciennes (Pleistocène) ;
- **Fz** : Alluvions modernes (Holocène) ;
- **J5** : Calcaires sublithographiques, calcaires marneux, marnes beiges (Argovien) ;
- **J6** : Marnes, marnes calcaires, calcaires marneux (Rauracien) ;
- **J7** : Calcaires sublithographiques, calcaires blancs oolitiques, calcaires marneux.

Une partie de ces matériaux est mise en évidence au niveau des sondages (carottés et pressiométriques) réalisés sur le site.

Nous rappelons que le site a été fortement réaménagé au cours de sa construction et de ses différentes étapes d'exploitation. Des terrains fortement remaniés et des zones de remblais épais sont prévisibles et ont effectivement été mis en évidence dans les reconnaissances.

II. 2. 2. Contexte hydrogéologique et hydrologique général (rappel AVP) :

L'étude hydrogéologique et hydrologique ne fait pas partie de cette mission. Les éléments généraux en notre possession sont les suivants :

- Le système de gestion des eaux pluviales est peu fonctionnel et des infiltrations d'eau importantes sont suspectées à proximité des ouvrages ;
- Le site présente un système de canaux aériens et enterrés reliés à une intense ramification de galeries et conduites souterraines de sections plus réduites ;
- Alors que le système de gestion des eaux pluviales et de ruissèlement aérien est en très mauvais état, le système enterré semble en meilleur état de fonctionnement, pour les zones observées. Ces galeries présentent cependant un ensablement assez général qui ne permet pas d'évaluer leur bonne étanchéité.

Les suivis piézométriques manuels et automatisés réalisés au droit des 10 piézomètres du site (installés successivement au cours des différentes phases d'études des Ailes du Grand Cloitre) rendent à grande échelle compte d'un site entièrement baigné d'un niveau d'eau souterrain dont le toit suit la topographie naturelle du site. Ce niveau d'eau est généralement observé autour de 3 m de profondeur au sein des alluvions.

Il est toutefois réputé fluctuer plus ou moins fortement en fonction des saisons, du climat, de la gestion hydrographique du site et des environs… ce qui a du reste été confirmé dans le cadre du suivi piézométrique côté Aile Nord et Est.

Nous rappelons que ces mesures restent tributaires des conditions météorologiques, des dispositions de gestion des eaux dans l'emprise du site, des dispositifs souterrains de gestion hydrogéologique, etc.

L'existence d'une continuité hydrogéologique entre l'aquifère alluvionnaire et le soubassement marno-calcaire reste à ce stade spéculatoire et essentiellement dépendant de la conjugaison du réseau de discontinuités (bancs/interbancs, fractures, fissures, réseau karstique éventuel, etc.). Elle n'aurait en tout état de cause pas d'impact sur les aménagements étudiés dans le cadre de la présente étude.

On notera que le niveau d'encastrement des fondations de façade de l'Aile Sud du Grand-Cloitre est globalement compris entre -1.86 et -2.0m, soit approximativement un mètre au-dessus du niveau moyen de l'aquifère, mais que les fluctuations saisonnières de ce dernier peuvent au moins localement l'arase inférieure des semelles.

Le site de Clairvaux dans son ensemble est par conséquent au cœur d'un système hydrologique de surface complexe et fortement alimenté (canaux, caniveaux, ruissellements naturels en provenance des reliefs alentours, eaux pluviales…) mais également d'un système hydrologique enterré très développé et composé de canaux et de galeries plus ou moins actifs. L'ensemble de ces systèmes est intégré dans un modèle hydrogéologique complexe abritant des circulations et des niveaux d'eau souterrains permanents.

Tous ces éléments hydrologiques et hydrogéologiques interagissent entre eux et avec les ouvrages. Il s'agit du résultat d'un contexte naturel originel probablement très humide (marécageux) et d'aménagements anthropiques très importants réalisés au cours des siècles et rendant le site unique.

II. 3. Risques géologiques et géotechniques connus (rappel AVP) :

II. 3. 1. Aléa retrait-gonflement des argiles :

D'après les données publiques établies par le BRGM concernant le zonage national vis-à-vis de l'aléa de retrait-gonflement des argiles, le site d'étude serait exposé à un « **aléa faible** ».

II. 3. 2. Plan de prévention des risques naturels :

La commune de Ville-sous-la-Ferté (10) ne dispose pas de Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles de mouvements de terrain.

II. 3. 3. Aléa inondation – remontée de nappe :

D'après les données publiques établies par la direction générale de la prévention des risques (DGPR), le site d'étude serait exposé à un aléa remontée de nappe / inondation de cave ; ce qui est en cohérence avec le suivi piézométrique mené sur site.

II. 3. 4. Aléa inondation – débordement de rivière :

D'après les données publiques établies par la direction générale de la prévention des risques (DGPR), le site d'étude serait implanté dans « l'enveloppe approchée des inondations potentielles de cours d'eau et submersions marines de plus d'un hectare ».

III. SYNTHESE GEOTECHNIQUE :

III. 1. Implantation des reconnaissances géotechniques :

Le plan d'implantation des reconnaissances menées côté Aile Sud est présenté en Annexe 2 et rappelé ci-dessous :

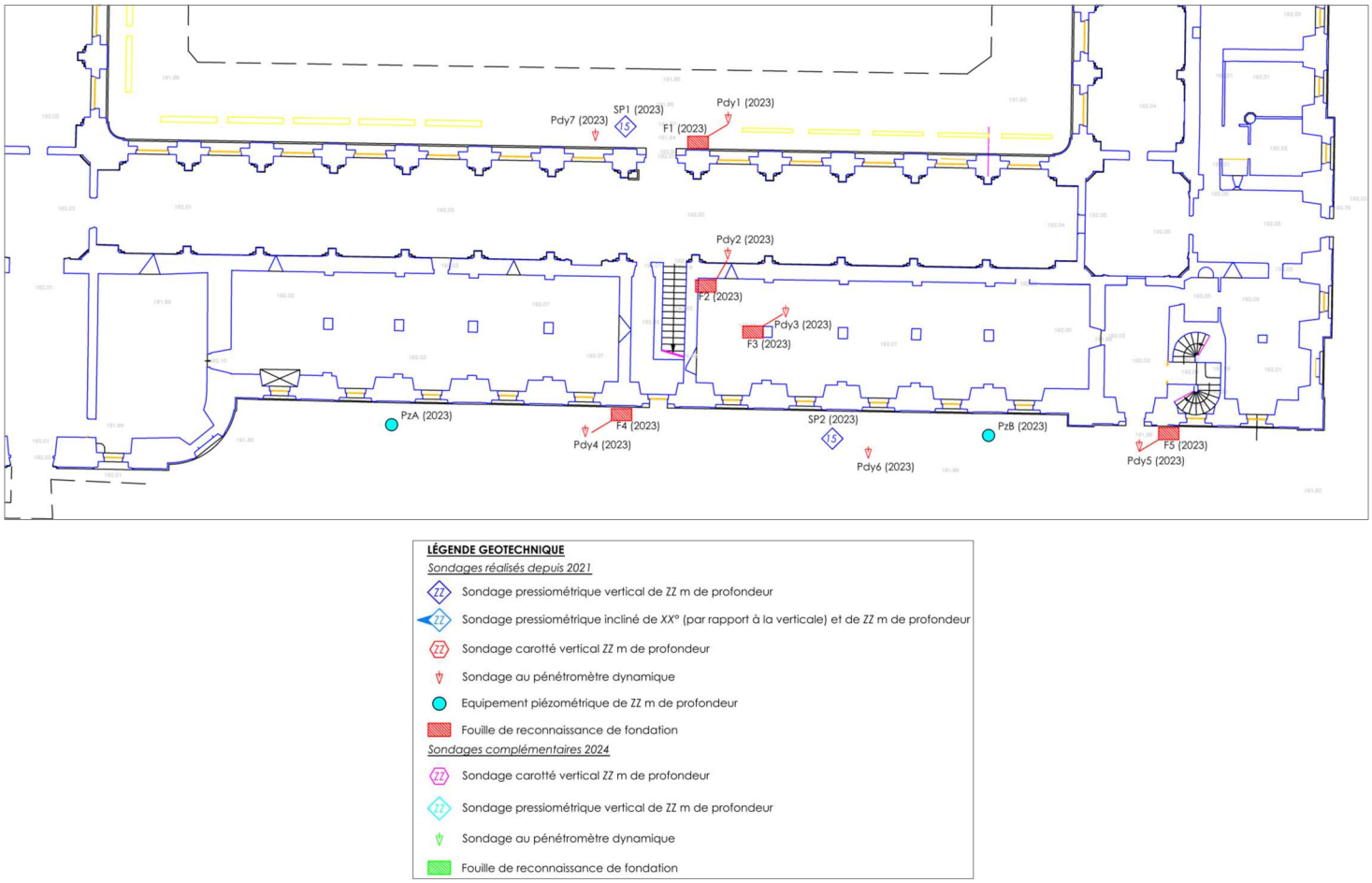


Figure 7 - Plan d'implantation des reconnaissances géotechniques – Aile Sud.

III. 2. Lithologie :

L'interprétation croisée des deux campagnes d'investigations permet de dresser le modèle stratigraphique qui suit :

- Le site est globalement plat modulo une déclivité entre l'Ouest et l'Est d'environ 5 m sur une distance d'environ 1 km ;
- La **succession lithologique** apparait assez régulière à l'échelle du site avec :
  - Des **remblais divers** et gravats sur environ 2 m d'épaisseur ;
  - Des **argiles-limoneuses** plus ou moins graveleuses sur 2 à 3 m d'épaisseur ;
  - Des **marnes** et **marno-calcaires** gris compacts plus en profondeur, rencontrés vers -5.5 à -6.0m au droit de l'Aile Sud.
- Les **propriétés mécaniques** des différents horizons apparaissent :
  - Globalement **irrégulières dans les remblais** au regard de leur granulométrie, tantôt représentée par des matériaux fins argilo-sableux à limoneux peu compacts, tantôt par des matériaux assez grossiers caillouteux et blocailleux ayant conduit à des refus prématurés (type Pdy2, Pdy7) ;
  - **Faibles** à **modérées** au sein des alluvions, avec des franges riches en argiles peu consistantes et des franges argilo-caillouteuses moyennement denses à denses ;
  - **Bonnes** à très bonnes au sein du soubassement marno-calcaire.

III. 3. Sondages pressiométriques :

Les résultats pressiométriques dans chaque horizon rendent compte :

- **Dans les remblais :**
  - De pression limites (pl-p0) comprises entre 0.46 et 0.86MPa à la faveur de niveaux plutôt fins (2 essais), et comprises entre 2.19 et 4.38MPa à la faveur de niveaux grossiers (2 essais) ;
  - De modules pressiométriques (E_M) compris entre 4.2 et 11.0MPa à la faveur de niveaux plutôt fins (2 essais), et comprises entre 16.8 et 114.2MPa à la faveur de niveaux grossiers (2 essais) ;
- **Dans les alluvions :**
  - De pression limites (pl-p0) comprises entre 1.34 et 1.74MPa à la faveur de franges argilo-caillouteuses moyennement compactes (3 essais), et pouvant croitre jusqu'à 2.33 à 4.38MPa à la faveur de niveaux denses s'enrichissant en cailloux et blocs (3 essais) ;
  - De modules pressiométriques (E_M) compris entre 13.2 et 31.4MPa à la faveur de franges argilo-caillouteuses moyennement compactes (2 essais), et pouvant croitre jusqu'à 31.3 à 74.3MPa à la faveur de niveaux denses s'enrichissant en cailloux et blocs (3 essais).
- **Dans le soubassement marno-calcaire**
  - De pression limites (pl-p0) globalement supérieurs à 4.2MPa (17 essais);
  - De modules pressiométriques (E_M) compris entre 43MPa en tête (1 essai) et 150 à >300MPa en profondeur (16 essais).

On notera que les résultats pressiométriques obtenus en partie supérieure des alluvions nous semblent sensiblement plus favorables que les résultats pénétrométriques, ce que nous associons à l'espacement vertical des essais et à l'influence certainement favorable du squelette grossier des alluvions sur les essais pressiométriques.

Les propriétés mécaniques de la partie supérieure des alluvions seront donc préférentiellement évaluées à partir des résultats pénétrométriques qu'à partir des résultats pressiométriques.

III. 4. Sondages pénétrométriques :

Les sondages ont été implantés dans des zones adaptées au diagnostic et à des fins de corrélations avec d'autres reconnaissances (forages et fouilles de fondations). Le tableau ci-après synthétise les résultats obtenus par sondage (résultats détaillés en Annexe 3) :

Sondages	Cote tête du sondage	Profondeur atteinte (refus mécanique)	
	(NGF)	(m/TN)	(NGF)
Pdy1	191.94	3.6	188.34
Pdy2	192.02	2.5	189.52
Pdy3	192.02	2.4	189.62
Pdy4	191.9	3.4	188.5
Pdy5	191.99	3.8	188.19
Pdy6	191.89	3.8	188.09
Pdy7	191.94	1.4	190.54
Pdy8	191.89	5.8	186.09

Nota : Les sondages pénétrométriques sont positionnés en fonction du plan topographique transmis et rattachés aux côtes NGF les plus proches.

Les sondages pénétrométriques traduisent l'hétérogénéité très forte des terrains de surface constitués de remblais, de gravats… :

- Sondages pénétrométriques **intérieurs** (Pdy2 et Pdy3) :
  - Ces deux sondages mettent en évidence des terrains très compacts et secs directement sous les assises de fondations sondées. Cette observation est cohérente avec la réalisation des fouilles manuelles.
- Sondages pénétrométriques **extérieurs** (Pdy1 et Pdy4 à Pdy7) :
  - Ces sondages mettent en évidence des terrains très hétérogènes avec des résistances de pointe plutôt faibles à des niveaux proches des assises de fondation, et avec une amélioration généralisée plus en profondeur en cohérence avec les résultats pressiométriques. Le sondage Pdy7 a obtenu un refus prématuré.

III. 5. Fouilles de reconnaissance des fondations :

Au total en 2023, 6 fouilles de fondations ont été réalisées sur le pourtour et l'intérieur de l'aile Sud du Grand Cloître. Les résultats détaillés de ces fouilles sont présentés en Annexe et peuvent être rassemblés en trois catégories :

- Les fouilles F1, F4, F5 et F6, ont été réalisées à la pelle mécanique contre les façades (la fouille F6 a été réalisée au droit de la façade intérieure de l'aile Ouest du Grand Cloître). La fouille F6 a été réalisée en marge de la présente étude à la suite d'une requête des services archéologiques présents sur site au moment des investigations ;
- La fouille F2, a réalisée manuellement à l'intersection du mur de refend central et du mur Est de la cage d'escaliers ;
- La fouille F3 a été réalisée manuellement au droit d'un pilier de voûte du rez-de-chaussée.

Le tableau suivant résume les résultats issus des fouilles :

Numéro de fouille	Côte tête du sondage	Profondeur atteinte	Profondeur de l'arase de la fondation	Côte de l'arase de la fondation	Sol à la profondeur de l'arase de la fondation
	(NGF)	(m/TN)	(m/TN)	(NGF)	
F1	191.94	2.6	2.1	189.84	Argiles brun-marron graveleuses humides
F2	192.02	2	1.86	190.16	Remblais
F3	192.02	1.7	1.6	190.42	Remblais et argiles à blocs
F4	191.9	2	2	189.9	Argiles brun-marron graveleuses humides
F5	191.99	2	2	189.99	Argiles brun-marron graveleuses humides
F6	191.89	2.4	2.1	189.79	Argiles brun-marron graveleuses humides

Une bonne tenue des sols excavés a été observée pour toutes les fouilles. Aucune présence d'eau n'a été relevée.

On relève en particulier que le poteau de la fouille F3 semble appuyé sur une fondation filante perpendiculaire à la façade Sud et rejoignant le refend longitudinal central. Bien que cette hypothèse n'ait pas été confirmée sur l'entièreté du linéaire d'assise supposé, les situations analogues rencontrées côté Aile Nord du Grand Cloitre permettent de le confirmer.

III. 6. Analyse des résultats issus des sondages carottés :

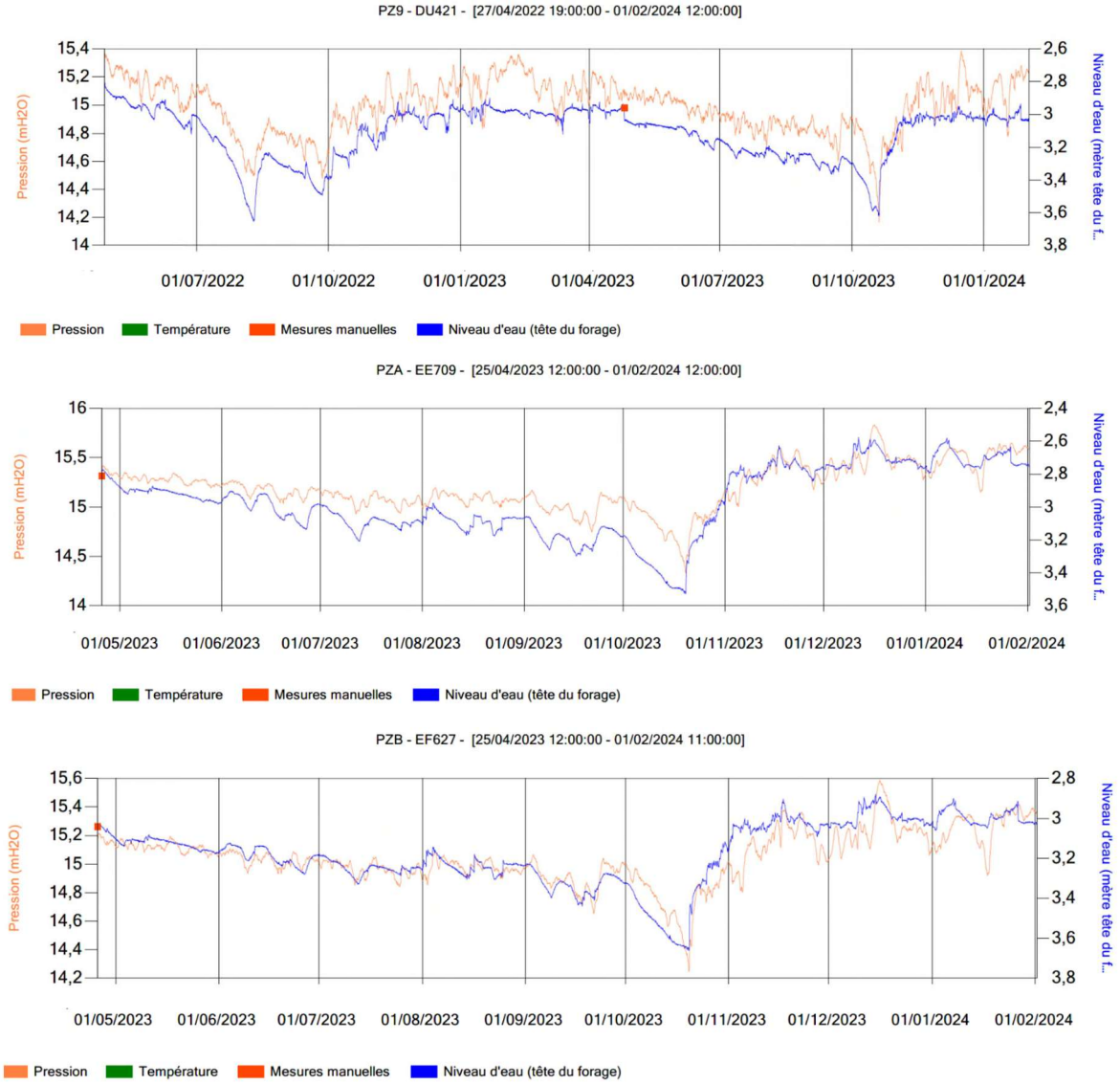
Les résultats des sondages carottés issus de la campagne de janvier 2022 sont présentés en Annexe 6.

III. 7. Analyse des résultats issus des essais en laboratoire :

Les résultats des essais en laboratoire issus de la campagne de janvier 2022 sont présentés en Annexe 6.

III. 8. Hydrogéologie :

Les levés piézométriques automatisés réalisés côté Nord et Sud du Grand Cloitre respectivement en Pz9 (SC2+pz), PzA et PzB ont fait l'objet d'un compte rendu de suivi (réf. AEGIS GROUPE 2022-12193 ind0 du 20/02/2024). Les mesures présentées dans le compte rendu au droit de ces trois piézomètres sont rappelées à toutes fins utiles ci-dessous :



Les tableaux qui suivent fournissent les cotes altimétriques des plus hautes eaux et plus basses eaux mesurées au cours de la période de suivi (9mois) sur ces trois équipements :

	PZ9	**z = +192.1NGF**	
	date	prof. mesurée	alti. z_w
PHE mesurées	avr-22	2,8m/TA	+189,3NGF
PBE mesurées	août-22	3,65m/TA	+188,45NGF
Fluctuation max sur période suivie	**~0.85m**		

	PZ A	**z = +191.89NGF**	
	date	prof. mesurée	alti. z_w
PHE mesurées	janv-24	2,6m/TA	+189,5NGF
PBE mesurées	oct-23	3,55m/TA	+188,55NGF
Fluctuation max sur période suivie	**~0.95m**		

	PZ B	**z = +191.85NGF**	
	Date	prof. mesurée	alti. z_w
PHE mesurées	avr-22	2,9m/TA	+189,2NGF
PBE mesurées	août-22	3,65m/TA	+188,45NGF
Fluctuation max sur période suivie	**~0.75m**		

Nous rappelons que ces mesures sont à considérer avec prudence et seront à analyser si nécessaire par un BET spécialisé (hors mission AEGIS GROUPE). Nous rappelons également que les fluctuations piézométriques de l'aquifère sont réputées aussi impactées par la présence de canaux et galeries enterrées, agissant certainement tels des axes de drainage préférentiels.

Dans ces conditions nous relevons que les investigations géotechniques menées dans le cadre des études G5 et G2AVP successives en 2021, 2022, 2023 et 2024 confirment dans leur ensemble la présence d'un aquifère libre évoluant dans les alluvions du site sous les remblais. Bien que les fluctuations constatées au cours de la période suivie n'atteignent pas l'arase inférieure des fondations de l'Aile Sud, elles s'en rapprochent fortement et pourront tout de même induire des phénomènes capillaires qui dégraderont sensiblement la consistance des sols alluvionnaires argileux sous fondation.

III. 9. Paramètres sismiques :

Les paramètres et critères de classification sismiques du site d'étude sont établis au regard :

- De l'arrêté du 22 Octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de classe dite « à risque normal » ;
- Du décret n°2010-1254 du 22 Octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique.

Zone de sismicité :	ZS 1 : Très faible
Catégorie d'importance de l'ouvrage :	Catégorie d'importance II
Exigence parasismique :	Non
Susceptibilité à la liquéfaction :	Néant

III. 10. Relevés géotechniques de l'Aile Sud et évaluation des causes probables des désordres :

Cf. rapport d'étude G2AVP.

IV. CREATION DE DEUX MURS DE REFENDS :

IV. 1. Principe constructif :

IV. 1. 1. Généralités :

Tel qu'exposé dans le rapport de présentation PRO-DCE ACMH-Michel TRUBERT, la quatrième phase de travaux de la restauration du Grand Cloître portera en outre sur le rétablissement de l'aile sud dans son état du XVIIIe siècle.

Cette intervention comprendra la suppression de l'entresol côté sud sur 7 travées, accompagnée de la mise en œuvre de tirants actifs horizontaux noyés dans les planchers du premier étage, et de la mise en œuvre de longrines de connexion entre fondations au rez-de-chaussée (cf. PRO Equilibre Structures).

L'affaiblissement généré par les démolitions nécessitera quant à lui la construction de deux murs de contreventement transversaux au niveau des files 6 et 13. Les fondations de ces murs sont l'objet de l'étude G2PRO.

IV. 1. 2. Principe d'ancrage, encastrement, et taux de travail cible :

Considérant le contexte géotechnique décrit plus haut et le mode de restauration envisagé, les murs seront fondés de manière traditionnelle, avec harpage sur façade existante Sud et mur de refend longitudinal Nord, et mise en œuvre de tirants actifs dans le niveau de plancher du premier étage. Le **niveau d'ancrage cible** pour les fondations neuves correspondra à minima **au niveau d'assise actuel des murs longitudinaux**, soit approximativement **-2.0m** sous niveau du terrain actuel avant travaux, avec un minimum de 0.30m dans les alluvions argilo-caillouteuses.

On notera cependant que des **affaiblissements locaux de portance** existent manifestement à cette cote d'ancrage tel que le révèlent les sondages Pdy6 et dans une moindre mesure Pdy3. Ces baisses de portance impliqueront la réalisation de **sondages complémentaires au droit des refends** dans le cadre de la **mission G3** (notamment sous refend file 6 non-sondé au stade AVP), ceci afin de confirmer le taux de travail nominal retenu à la cote d'ancrage visée, et de procéder si nécessaire à des approfondissements ponctuels avec rattrapage au gros béton.

Le taux de travail nominal retenu pour prédimensionnement du mur de refend sera de l'ordre de **2.8bars ELS**, et **4.60bars ELU**. Ces hypothèses sont optimistes vis-à-vis de la portance et postulent une collaboration des murs longitudinaux aux extrémités du voile dans la reprise des charges horizontales et excentrements liés au vent. Ces choix mériteront en tout état de cause un suivi d'exécution soigneux et un contrôle de fond de fouille approprié.

Le prédimensionnement de ces fondations est développé ci-après.

IV. 1. 3. Particularités :

A l'image des fouilles de reconnaissances menées au stade AVP, **le creusement des fondations des refends** se fera impérativement sous **blindage temporaire**, ceci afin de pallier les aléas d'instabilité des remblais crus en surface et hors profils de terrassement pouvant être néfaste pour l'ouvrage et mettre en danger les compagnons travaillant à proximité.

Nous rappelons à ce titre que **les refends seront implantés** à proximité immédiate voire en lieu et place des **poteaux et murs transversaux** supportant **l'entresol** actuel, et donc que le phasage de blindage/creusement des nouveaux refends pourra s'avérer localement très **encombré** et **contraint**.

On notera également que l'interception de **venues d'eau** à la cote d'ancrage cible des refends (-2.0m estimé) n'est en tout état de cause pas exclue en fonction de la saison à laquelle seront exécutés les travaux, ce qui pourra impliquer la mise en œuvre de dispositions d'**épuisement** et une méthodologie de coulage appropriée. Nous rappelons à ce titre qu'un horizon alluvionnaire riche en cailloux apparait localement sous fondations du Cloître, ce qu'ont confirmé les travaux d'amélioration de sol côté Aile nord. Cet aléa prévisible devra donc être géré de manière appropriée au stade EXE.

IV. 2. Hypothèses de calcul :

IV. 2. 1. Modèle géotechnique :

Le modèle géotechnique pris en considération est le suivant :

Lithologie	Base	Qd	E_M	Pl*	α
	m/PFT	MPa	MPa	MPa	
Remblais	-2.0	2 à 5	2 à 5	0.30 à 0.50	1/2
Alluvions sup.	-3.0	5 à 7	8 à 12	0.50 à 0.70	2/3
Alluvions. Inf.	-5.5	10 à 15	12 à 30	0.80 à 1.30	1/2
Marno-calcaire	>-15.0	.	>100	>4.0	1/2

IV. 2. 2. Sollicitations structurelles :

Les sollicitations structurelles communiquées par Equilibre structure sont les suivantes :

- File n°6 :
  - charges permanentes : 14t/ml + 4.3t/ml de poids propre fondation
  - charges d'exploitation : 0t/ml (entresol absent)
  - longueur de refend : 5.32ml
  - charges de vent : 40t, exprimé dans l'axe du refend à 7.3m du pied de voile au niveau du plancher R+1 ;
- File n°13 :
  - charges permanentes : 16.5t/ml + 4.3t/ml de poids propre fondation
  - charges d'exploitation : 0.65t/ml (entresol présent)
  - longueur de refend : 5.32ml
  - charges de vent : 40t, exprimé dans l'axe du refend à 7.3m du pied de voile au niveau du plancher R+1.

IV. 2. 3. Méthode justificative :

Référentiel : NF P94-261 ;
Méthode : pressiométrique Menard ;
Comportement transversal sous efforts de vent :

- Sols d'assises considérés comme frottants (argiles caillouteuses) avec $\phi'_{alluvions} = 25°$;
- Mise à contribution des réactions tangentielles aux faces latérales de fondation du refend, avec étreinte latérale limitée à la pression des terres au repos et angle de frottement d'interface limité à $2/3\phi'_{remblais} = 30°*2/3 = 20°$, et une réaction frontale de l'extrémité de voile.

IV. 3. Ebauche dimensionnelle :

IV. 3. 1. Blindage :

Considérant un blindage descendu jusqu'à une profondeur cible de -2.0m, avec éventuels approfondissements jusqu'à -3.0m en cas d'interception de niveaux plus lâches, la pression des terres est évaluée comme suit :

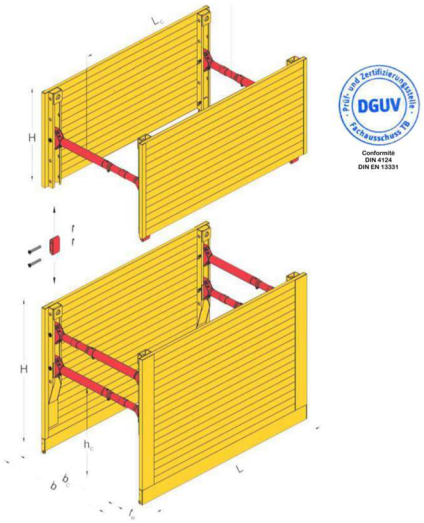
- Sol soutenu sablo-graveleux à blocs, sans cohésion (remblais) ;
- Caractéristiques intrinsèques des sols soutenus C' = 0kPa, ϕ = 30°, δ_a/ ϕ = 0, γ = 20kN/m^3 ;
- Sols en état de poussée active ;
- Surcharge transitoire de chantier au niveau des sols soutenus q = 10kPa ;
- Pression maximale ELU : $P_{max\ ELU} = \tan^2(\pi/4-30/2)*(1.35*0.8*20*3+1.5*10*3) = 36.6$kPa.

Ces pressions pourront être reprises par des caissons métalliques (type KRINGS KS60, ou équivalent), ou équivalent traditionnel avec boisage (à définir au stade EXE) :

CAISSON STANDARD KS 60

KRINGS

Panneau de base LxH	Poids caisson	Hauteur sous vérins H_c	Libre passage entre vérins L_c	Epaisseur de panneau t_{pl}	Charges admissibles ed
[mm]	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]
KS 2000x2400	1120	1355	1600	60	66.2
KS 2500x2400	1240	1355	2100	60	49.8
KS 3000x2400	1365	1355	2600	60	33.0
KS 3500x2400	1720	1355	3030	60	32.9
Panneau rehausse	**Poids caisson**	**Hauteur sous vérins H_c**	**Libre passage entre vérins L_c**	**Epaisseur de panneau t_{pl}**	**Charges admissibles ed**
KSA 2000x1300	610	-	1600	60	66.2
KSA 2500x1300	680	-	2100	60	49.8
KSA 3000x1300	750	-	2600	60	33.0
KSA 3500x1300	960	-	3030	60	32.9



IV. 3. 2. Stabilité externe :

Combinaisons d'action :

Les combinaisons d'actions prises en considération pour justification géotechnique sont les suivantes :

				File 6 [*]		File 13 [*]	
				Fz	Fx	Fz	Fx
		Commentaire	Combinaison	kN	kN	kN	kN
1	ELS $_{QP\ 1}$	$F_{z\ max}$	1.00G + 0.30Q	1028	0	1039	0
2	ELS $_{CRC\ 2}$	$F_{z\ max}$, $F_{x\ min}$	1.00G + 1.00Q	1028	0	1065	0
3	ELS $_{CRC\ 2}$	$F_{x\ max}$, $F_{z\ min}$	1.00G + 0.70W	1028	280	1028	280
4	ELU $_{FOND\ 1}$	$F_{z\ max}$	1.35G + 1.50Q	1388	0	1443	0
5	ELU $_{FOND\ 2}$	$F_{z\ max}$, $F_{x\ min}$	1.35G + 1.50Q + 0.70W	1388	280	1443	280
6	ELU $_{FOND\ 3}$	$F_{z\ max}$, $F_{x\ max}$	1.35G + 1.50W + 0.70Q	1388	600	1414	600
7	ELU $_{FOND\ 4}$	$F_{z\ min}$, $F_{x\ max}$	1.00G + 1.50W	1028	600	1028	600

[*] DDC donnée pour un refend de 5.32m de longueur, incluant poids propre de fondation de 4.3kN/ml.

Capacité portante :

Concernant les justifications de stabilité externe locale, il vient naturellement que le monolithisme de la structure du Cloitre sera mis à contribution dans la reprise du moment de renversement lié à la charge de vent. Il apparait en effet que l'excentrement lié au bras de levier de 7.3m nécessitera par construction la collaboration du refend longitudinal au nord et la façade sud dans la reprise des charges (e_{max} = 1.5*7.3*400/1028 = 4.26m). Une observation analogue peut être faite concernant l'inclinaison de résultante des charges liées au vent (δ_{max} = atan(600/1028) = 30.3°), pour laquelle le facteur de réduction de portance pourrait chuter jusqu'à i_δ = 0.30.

La justification du refend transversal isolé sans mise à contribution de la façade Sud et refend longitudinal Nord sera donc par construction simpliste et limitée à la seule charge en compression Fz.

Pour des charges centrées et verticales, la capacité portante s'écrit dans ces conditions $R_{v;d}$ = kp*ple*i_δ*B*L/2.8 et /1.7 respectivement à l'ELS et ELU, soit :

- $R_{v;d}$ = 0.97*800*1.00*1.4*5.32/2.8 = 2064kN > Fz_{max} ELS,
- $R_{v;d}$ = 1926*2.8/1.7 = 3399kN > Fz_{max} ELU.

La prise en compte d'une résultante de charge inclinée, et éventuellement excentrée mettant en collaboration le refend longitudinal et façade Sud nécessiterait une analyse plus détaillée. Nous pouvons à titre évoquer que la capacité portante du refend resterait couverte pour B = 1.4 jusqu'à une inclinaison de résultante de charge de δ = 9° à ELS et δ = 15° à l'ELU, ce qui nécessiterait la collaboration d'environ 80t de poids propre additionnel à l'ELS (soit ~40t par extrémité) et environ 90 à 120t à l'ELU (soit ~45 à 60t par extrémité), ce qui serait cohérent en ordre de grandeur aux sollicitations d'une travée de 4ml de façade Sud et refend longitudinal Nord.

Reprise des efforts horizontaux

Concernant les efforts horizontaux mobilisés au niveau du plancher R+1 (poutre au vent), la reprise des charges sera reprise par frottement en sous-face de fondation, par frottement tangentiel sur les faces latérales de fondation et par la réaction frontale au niveau du refend longitudinal Nord et Façade Sud.

La reprise des efforts horizontaux s'écrit :

- Pour la résistance en sous-face de fondation :
  - $R_{h;d}$ = Fz*tan25/1.21*1.35 à l'ELS et 1.21 à l'ELU
  - $R_{h;d}$ = 0.285 et 0.385Fz à l'ELS et ELU
- Pour la résistance tangentielle aux faces latérales :
  - $R_{p;d\,1}$ = (1-sin30)*18*2²*0.5*2*5.32*tan(30*2/3)/1.21 * 1.35 à l'ELS et 1.21 à l'ELU
  - $R_{p;d\,1}$ = 42.6 et 57.6kN à l'ELS et ELU
- Pour la résistance frontale :
  - $R_{p;d\,2}^{[*]}$ = tan(45+0.5*30)²/3*18*2²*0.5*2.8/1.4*1.35 et 1.4 à l'ELS et ELU
  - $R_{p;d\,2}^{[*]}$ = 53.3 et 72.0kN à l'ELS et ELU

  [*] donné pour kp borné à un tier de la butée limite et pour un épanouissement considéré sur 2B pour la butée (i.e. diffusion selon un angle de 2 pour 1).
- Soit un total :
  - $R_{h;d}$ + $R_{p;d1}$ + $R_{p;d\,2}$ = 0.285Fz + 95.9kN à l'ELS ;
  - $R_{h;d}$ + $R_{p;d1}$ + $R_{p;d\,2}$ = 0.385Fz + 129.6kN à l'ELU ;

Soit pour chaque cas de charge considéré :

		File 6 [*]			File 13 [*]		
		Fx	Rf	Bilan	Fx	Rf	Bilan
		kN	kN		kN	kN	
1	ELS $_{QP\ 1}$	0	389	OK	0	392	OK
2	ELS $_{CRC\ 2}$	0	389	OK	0	399	OK
3	ELS $_{CRC\ 2}$	280	389	OK	280	389	OK
4	ELU $_{FOND\ 1}$	0	664	OK	0	685	OK
5	ELU $_{FOND\ 2}$	280	664	OK	280	685	OK
6	ELU $_{FOND\ 3}$	600	664	OK	600	674	OK
7	ELU $_{FOND\ 4}$	600	525	KO	600	525	KO

La reprise des sollicitations horizontales apparait globalement satisfaisante, à l'exception de la dernière configuration ELU amenant à un surplus de 75kN sur la hauteur de voile, ce qui ne parait pas rédhibitoire en première approximation tant que les dispositions constructives d'harpage à l'existant sont soigneusement réalisées et que la restitution du monolithisme du cloitre permet une collaboration du refend longitudinal Nord et de la façade Sud à la reprise des charges verticales et horizontales (à l'image de l'excentrement et de l'inclinaison de résultante de charge).

La mise à contribution de la résistance tangentielle supposera du reste une reconstitution soigneuse des sols en périphérie de la fondation de refend (i.e. mise en œuvre de matériaux nobles insensibles à l'eau 0/D de granulométrie continue, densifiés q3 98.5% pd OPN au sens NF P98-331/NF P11-300, équivalent couche de forme).

Tassements

Les tassements estimés sous charges ELS QP sont inférieures au demi-centimètre, pour une hypothèse d'ancrage dans les alluvions argilo-caillouteuses et purge des poches éventuellement moins consistantes sous fondations.

Nous rappelons que ces refends s'insèreront à proximité immédiate de murs transversaux recevant les poteaux supportant l'entresol, et donc que des hors profils de maçonneries paraissent prévisibles. Ces dernières pourront amener à une adaptation de la cote d'ancrage des fondations des nouveaux refends, étant entendu que la cote d'ancrage cible minimale correspond au niveau d'assise de la façade Sud et refend longitudinal nord.

IV. 4. Méthodologie de remblaiement :

Les produits d'extraction étant globalement sensibles à l'eau (type A1/A2, B5/B6 à C1Ax/Bx), et C1x C2x dans au sein des remblais de couverture, le réemploi des matériaux du site ne pourra a priori être envisagé qu'en espaces verts en partie inférieure de remblai au sens du référentiel NF P98-331 (équivalent remblai NF P11-300), pour un niveau de densification q4, 95% ρ d OPN. Le cas échéant, la réalisation de classifications GTR au stade EXE permettra de réévaluer cette hypothèse si nécessaire.

Les matériaux destinés remblaiement des tranchées de refends, ainsi que tout autre couche de réglage ou couche de forme du chantier, feront l'objet d'un apport extérieur. Les granulats employés devront correspondre à des matériaux nobles non traités, de granulométrie continue (0/D), insensibles à l'eau et être soigneusement compactés. Le niveau de densification recherché correspondra à un objectif q3 (98.5% ρ_d OPN), équivalent usage « couche de forme » au sens du GTR 2023. Une réception par pénétrodensitomètre sera nécessaire au stade EXE.

Les matériaux entrant dans ce cadre correspondent aux anciennes nomenclatures GTR2000 D_{21}, D_{31}, R_{21} et à la nouvelle classification GTR2023 G_{21}, VC_1 à VC_2G_{21}, R_3Li (cf. extraits comparatifs ci-dessous).

Classement selon nature					Classement selon le comportement		
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux	Valeurs seuils retenues		Sous-classe
VBS ≤ 0,1 et Tamisat à 80 µm ≤ 12%	**D Sols insensibles à l'eau**	Dmax ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm > 70%	D_1 Sables alluvionnaires propres, sables de dune...	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Leur granulométrie, souvent mal graduée et de petit calibre, les rend très érodables et d'une "traficabilité" difficile.	Leur emploi en couche de forme sans traitement aux LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et/ou micro Deval en présence d'eau, MDE) ou friabilité des sables (FS).	FS ≤ 60	D_{11}
						FS > 60	D_{12}
		Dmax ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm ≤ 70%	D_2 Graves alluvionnaires propres, sables...	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Après compactage ils sont d'autant moins érodables et d'autant plus aptes à supporter le trafic qu'ils sont bien gradués.		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D_{21}
						LA > 45 ou MDE > 45	D_{22}
		Dmax > 50 mm	D_3 Graves alluvionnaires propres...	Matériaux sans cohésion et perméables, inadaptés au malaxage en vue d'un traitement répondant à une qualité "couche de forme". En partie supérieure des terrassements ils peuvent poser des problèmes de réglage, de traficabilité et d'exécution de tranchées diverses.		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D_{31}
						LA > 45 ou MDE > 45	D_{32}

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique et le comportement		
Nature pétrographique de la roche			Caractères principaux	Paramètres et valeurs seuils retenus	Sous-classe	
Roches sédimentaires	Roches carbonatées	R_1 Craie	La craie est un empilement de particules de calcite dont les dimensions sont de l'ordre de 1 à 10µm. Cet empilement constitue une structure d'autant plus fragile que la porosité est grande (ou inversement que la densité sèche est faible). Les mesures et constatations de chantier ont montré qu'au cours des opérations de terrassement, il y a formation d'une quantité de fines en relation directe avec la fragilité de l'empilement. Lorsque la craie se trouve dans un état saturé ou proche de la saturation, l'eau contenue dans les pores se communique aux fines produites, leur conférant le comportement d'une pâte, qui s'étend rapidement à l'ensemble du matériau, empêchant la circulation des engins et générant des pressions interstitielles dans les ouvrages. Inversement, lorsque la teneur en eau est faible, la craie devient un matériau rigide, très portant mais difficile à compacter. Enfin, certaines craies peu denses et très humides, peuvent continuer à se fragmenter, après mise en œuvre, sous l'effet des contraintes mécaniques et du gel, principalement.	$\rho d > 1,7$	craie dense	R_{11}
				$1,5 < \rho d \leq 1,7$ et $w_n \geq 27$	craie de densité moyenne	$R_{12}h$
				$1,5 < \rho d \leq 1,7$ et $22 \leq w_n < 27$		$R_{12}m$
				$1,5 < \rho d \leq 1,7$ et $18 \leq w_n < 22$		$R_{12}s$
				$1,5 < \rho d \leq 1,7$ et $w_n < 18$		$R_{12}ts$
				$\rho d \leq 1,5$ et $w_n \geq 31$	craie peu dense	$R_{13}th$
				$\rho d \leq 1,5$ et $26 \leq w_n < 31$		$R_{13}h$
				$\rho d \leq 1,5$ et $21 \leq w_n < 26$		$R_{13}m$
				$\rho d \leq 1,5$ et $16 \leq w_n < 21$		$R_{13}s$
				$\rho d \leq 1,5$ et $w_n < 16$		$R_{13}ts$
		R_2 Calcaires rocheux divers Ex : - calcaires grossiers - travertins - tufs et encroûtements, etc...	Cette classe regroupe l'ensemble de la gamme des matériaux calcaires rocheux. Leurs caractéristiques prédominantes, vis-à-vis de leur utilisation dans des remblais ou des couches de forme, sont la friabilité et éventuellement, pour les plus fragmentables d'entre eux, la gélivité. D'une manière générale, ces matériaux ne sont pas des matériaux rocheux évolutifs et ne posent pas de problèmes particuliers dans leur emploi en remblai. En couche de forme, leur friabilité peut conduire, par attrition ou désagrégation, à la formation de fines pouvant conférer à l'ensemble du matériau un comportement sensible à l'eau sous circulation des engins.	MDE ≤ 45	calcaire dur	R_{21}
				MDE > 45 et $\rho d > 1,8$	calcaire de densité moyenne	R_{22}
				$\rho d \leq 1,8$	calcaire fragmentable	R_{23}

Figures 8 : extrait GTR2000 – classes D21 D31 R21 – matériaux nobles 0/D insensibles à l'eau.

Classement selon la nature					Classement selon le comportement		Classement selon l'état hydrique
Paramètres de nature 1er niveau de classification	Classe	Paramètres de nature 2e niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux	Valeurs seuils retenues	Sous classes	
$D_{max} \leq 63$ mm et tamisat à 63 µm ≤ 15 % et Fraction 63 µm/2 mm > fraction 2/63 mm	G Sols graveleux	Tamisat à 63 µm ≤ 5 % et Cu ≥ 6	G1 Graves contenant peu de fines, à granulométrie étalée, graves roulées à anguleuses (matériaux rocheux ou alluvionnaires éventuellement élaborés)	Ces graves sont généralement insensibles à l'eau. La V_{BS} peut permettre de confirmer l'insensibilité à l'eau. En l'absence d'essais complémentaires, il faut les considérer comme sensibles à l'eau. Leur emploi en couche de forme non traitée nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, « LA », et micro-Deval en présence d'eau, « MDE »).	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	G11	Pour toutes les classes de sables, les classes d'états hydriques sont définies dans le tableau suivant :
					LA > 45 ou MDE > 45	G12	
		Tamisat à 63 µm ≤ 5 % et Cu < 6	G2 Graves homométriques contenant peu de fines (galets, matériaux rocheux naturels ou élaborés)	Ces sols sont sans cohésion et perméables. Ils sont généralement insensibles à l'eau. Leur granulométrie est homométrique. Ces sols ont une mauvaise traficabilité, surtout s'ils sont roulés. Leur emploi en couche de forme non traitée nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (LA et MDE).	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	G21	
					LA > 45 ou MDE > 45	G22	
		Tamisat à 63 µm compris entre S et 15 % et Cu ≥ 6	G3 Graves silteuses ou argileuses (peu argileuses) d'origine alluvionnaire, rocheuse... Granulométrie étalée	Leur sensibilité à l'eau dépend de la plasticité de leurs fines. Ils sont plus graveleux que les sols S et leur fraction sableuse est plus faible. Pour cette raison, ils sont en général perméables. Ils réagissent assez rapidement aux variations de l'environnement hydrique et climatique (humidification - séchage). Après compactage ils sont d'autant moins érodables et d'autant plus aptes à supporter le trafic qu'ils sont bien gradués. Lorsqu'ils sont extraits dans la nappe, il est assez peu probable, en climat océanique, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir « moyen ». Leur emploi en couche de forme non traitée nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (LA et MDE).	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	G31	
					LA > 45 ou MDE > 45	G32	
		Tamisat à 63 µm compris entre S et 15 % et Cu < 6	S4 Graves silteuses ou argileuses (peu argileuses) mal graduées d'origine alluvionnaire, rocheuse...	Ces sols sont peu courants. Ces sols sont proches des sols G2 mais leur teneur en fines les rend impropres à l'utilisation dans les ouvrages de drainage. Leur emploi en couche de forme non traitée nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (LA et MDE).	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	G41	
					LA > 45 ou MDE > 45	G42	

Paramètres de nature	Paramètres et valeurs de seuils retenues	Sous-classe
tamisat à 63 µm ≤ 5 % et $V_{BS} < 0,2$ ou tamisat à 63 µm compris entre 5 et 10 % et $V_{BS} < 0,1$ ou tamisat à 63 µm compris entre 5 et 10 % et 0,1 ≤ $V_{BS} < 0,2$ et CBRi > 20 ou tamisat à 63 µm entre 10 et 12 % et $V_{BS} < 0,1$ et CBRi > 20	Ces graves sont propres. Elles sont insensibles à l'eau	ins
Autres cas ($V_{BS} > 0,2$ ou tamisat à 63 µm > 10 ...)	**IPI** ≤ 7 ou $w_n \geq 1,25\ w_{OPN}$	th
	7 < **IPI** ≤ 15 ou $1,25\ w_{OPN} > w_n \geq 1,1\ w_{OPN}$	h
	12 < **IPI** ≤ 30 ou $1,1\ w_{OPN} > w_n \geq 0,9\ w_{OPN}$	m
	$0,9\ w_{OPN} > w_n \geq 0,6\ w_{OPN}$	s
	$0,6\ w_{OPN} > w_n$	ts

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique et le comportement		
Nature pétrographique de la roche			Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe	
Roches sédimentaires	Roches carbonatées	CH Craie	La craie est un empilement de particules de calcite dont les dimensions sont de l'ordre de 1 à 10 µm. Cet empilement constitue une structure d'autant plus fragile que la porosité est grande (ou, inversement, que la densité sèche est faible). Les mesures et constatations de chantier ont montré qu'au cours des opérations de terrassement, il y a formation d'une quantité de fines en relation directe avec la fragilité de l'empilement. Lorsque la craie se trouve dans un état saturé ou proche de la saturation, l'eau contenue dans les pores se communique aux fines produites, leur conférant le comportement d'une pâte, qui s'étend rapidement à l'ensemble du matériau, empêchant la circulation des engins et générant des pressions interstitielles dans les ouvrages. À l'inverse, lorsque la teneur en eau est faible, la craie devient un matériau rigide, très portant mais difficile à compacter. Enfin, certaines craies denses à très denses peuvent continuer à se fragmenter après mise en œuvre, sous l'effet des contraintes mécaniques et du gel, principalement.	$\rho_d > 1,95$	Craie très dense	CH1
				$1,7 < \rho_d \leq 1,95$	Craie dense	CH2
				$1,55 < \rho_d \leq 1,7$ et $w_n \geq 27$	Craie de densité moyenne	CH3 h
				$1,55 < \rho_d \leq 1,7$ et $22 \leq w_n < 27$		CH3 m
				$1,55 < \rho_d \leq 1,7$ et $18 \leq w_n < 22$		CH3 s
				$1,55 < \rho_d \leq 1,7$ et $w_n < 18$		CH3 ts
				$\rho_d \leq 1,55$ et $w_n \geq 31$	Craie peu dense	CH4 th
				$\rho_d \leq 1,55$ et $26 \leq w_n < 31$		CH4 h
				$\rho_d \leq 1,55$ et $21 \leq w_n < 26$		CH4 m
				$\rho_d \leq 1,55$ et $16 \leq w_n < 21$		CH4 s
				$\rho_d \leq 1,55$ et $w_n < 16$		CH4 ts
		Li Calcaires rocheux divers Exemples. : - calcaires grossiers - travertins - tufs et encroûtements, etc.	Cette classe regroupe l'ensemble des matériaux calcaires rocheux. Les matériaux R3Li de L_{max} inférieure à 250 mm doivent être classés avec les sols (cf. fascicule 1, § 2.3.3). Leurs caractéristiques prédominantes, vis-à-vis de leur utilisation dans des remblais ou des couches de forme, sont la friabilité et éventuellement, pour les plus fragmentables d'entre eux, la gélivité. D'une manière générale, ces matériaux ne sont pas des matériaux rocheux évolutifs et ne posent pas de problèmes particuliers dans leur emploi en remblai. En couche de forme, leur friabilité peut conduire, par attrition ou désagrégation, à la formation de fines pouvant conférer à l'ensemble du matériau un comportement sensible à l'eau sous circulation des engins.	MDE ≤ 45	Calcaire dur	R3 Li
				MDE > 45 et $\rho_d > 1,8$	Calcaire de dureté moyenne	R4 Li
				$\rho_d \leq 1,8$	Calcaire fragmentable	R5 Li

Figures 9 : extrait GTR2023 – classes G, VCG, Li – matériaux nobles 0/D insensibles à l'eau.

La réception du remblai se fera à l'aide de pénétrodensitomètre avec un objectif de réception minimal q3. La granulométrie des remblais employés pourra être décroissante de la base jusqu'en tête et par exemple consister en matériaux :

- De fuseau 0/80mm ou équivalent sur le tier inférieur du corps de remblai ;
- De fuseau 0/63mm ou équivalent sur le tier médian du corps de remblai ;
- De fuseau 0/31.5 ou équivalent sur le tier supérieur du corps de remblai.

La méthodologie de remblaiement devra être soigneusement synchronisée à l'extraction des blindages coulissants.

V. DEFINITION DES INCERTITUDES ET ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS :

Les aléas principaux du projet résident dans :

- La réalisation de modifications structurelles remarquables, destinées en outre à rétablir l'Aile sud dans son état du XVIIe siècle, comprenant la suppression de l'entresol côté sud sur 7 travées, à la mise en œuvre de tirants actifs horizontaux dans le plancher du premier étage et la mise en œuvre de longrines entre fondations au rez-de-chaussée ;
- La réalisation de travaux dans un contexte géologique particulier, composé de remblais anthropiques plus ou moins épais, recouvrant des alluvions argilo-caillouteuses plus ou moins consistantes baignées par un aquifère libre ;
- La méthodologie de fondation des deux refends neufs, nécessitant en premier lieu un blindage des terres au sein des remblais anthropiques et la recherche d'un ancrage au moins à la même cote de fondation que la façade Sud et refend longitudinal nord sous réserve d'une capacité portante en fond de fouille appropriée (certains sondages mettant en évidence des baisses de portance localisées) ;
- Le recours éventuel à des mesures d'épuisement de fond de fouille dans le cas où les battements annuels de l'aquifère viendraient interférer avec les terrassements, et en cas d'approfondissements volontaire du niveau d'assise (à affermir à partir de sondages complémentaires en fond de fouille, notamment au droit de la file n°6) ;
- Des travaux structurels réputés restituer le monolithisme du monument et permettre la collaboration structurelle de la façade sud et refend longitudinal aux extrémités des refends. Ces travaux sont réputés améliorer la stabilité externe locale géotechnique en minorant l'excentrement de charge et l'inclinaison de résultante de charge ;
- Des mesures de remblaiement de tranchée à l'aide de matériaux préférentiellement nobles soigneusement densifiés qui devront permettre d'améliorer la reprise des efforts horizontaux par frottement tangentiel sur les faces latérales des refends.
- La réalisation de terrassements sous blindage à proximité immédiate de murs maçonnés transversaux recevant les poteaux supportant l'entresol qui sera démoli. Ces vestiges pourront amener à des difficultés de creusement, des difficultés de descente de blindage, des hors profils de terrassement, et des modifications de géométrie des fondations (approfondissement notamment).

En phase de travaux, une mission géotechnique d'exécution G3 est à fournir par l'entreprise exécutrice des travaux. Au regard de la contenance des travaux à réaliser, nous recommandons fortement de faire superviser les travaux par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G4 (supervision géotechnique d'exécution) à la charge du Maître d'ouvrage.

VI. EXIGENCES DE SUIVI ET D'INSTRUMENTATION EN PHASE DE TRAVAUX :

L'entreprise devra préciser quels moyens techniques sont mis en œuvre pour suivre le comportement des ouvrages de la zone d'influence géotechnique lors des phases de travaux. En tout état de cause, ces moyens devront inclure (liste non exhaustive) :

- **Constat d'huissier généralisé de la ZIG ;**
- **Suivi des mitoyens et des avoisinants de la ZIG (type topo., extenso., inclino, ou équivalent) ;**
- **Etude et suivi de réalisation G3 ;**
- **Supervision d'étude et de suivi géotechnique G4 :**

Compte tenu des spécificités du site et de la sensibilité des ouvrages existants et à construire, la programmation d'une mission de supervision G4 est recommandée. Au stade de l'avant-projet, il est possible d'informer le maître d'ouvrage sur les objectifs généraux de ce type de mission.

❖ **Extrait de la norme NF P94-500 de Novembre 2013 : Phase Supervision du l'étude d'exécution**

Cette phase de supervision de l'étude géotechnique d'exécution permet de vérifier que les documents établis dans le cadre de l'étude d'exécution respectent les dispositions du projet géotechnique et sont conformes aux objectifs du projet. L'ingénierie géotechnique chargée de cette supervision donne un avis sur :

- La note d'hypothèses géotechniques, les notes de calcul et de dimensionnement, la définition et les plans des ouvrages géotechniques, les méthodes d'exécution et les phasages ;
- Les adaptations ou les optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées ;
- Le programme d'investigations complémentaires et d'auscultations proposées ;
- Les valeurs seuils et la procédure de leur suivi ;
- En cas d'application de la méthode observationnelle, les dispositions constructives complémentaires lorsqu'une des valeurs seuils est atteinte.

❖ **Extrait de la norme NF P94-500 de Novembre 2013 : Phase Supervision du suivi d'exécution**

Cette phase de supervision du suivi géotechnique d'exécution a pour objectif, par une intervention périodique et discontinue sur le chantier, de vérifier que le suivi géotechnique d'exécution, continu et à la charge de l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, permet de confirmer à l'avancement des travaux le modèle géologique et le contexte géotechnique retenus ainsi que la similitude entre comportement prévu et comportement observé de l'ouvrage et des ouvrages avoisinants, et ainsi de contribuer à la maîtrise des risques géotechniques.

Annexes :

Annexe 1 : Extraits de la NF P94-500 de Novembre 2013 :

Tableau 1 — Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés
* NOTE À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.				

Tableau 2 — Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.

Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2).Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques 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 un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

— Définir 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Projet

— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
— Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

Phase Assistance aux Contrats de Travaux

— Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
— Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Étude

— Définir 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 validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi

— Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
— Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

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.

— 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, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

Annexe 2 : Plans d'implantation des reconnaissances :

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Restauration du Grand Cloître de l'abbaye de Clairvaux

Référence interne : 2024-02301

Mission : Maîtrise d'oeuvre géotechnique

Intervenants

Maître d'ouvrage
DRAC Grand Est
Conservation régionale des monuments historiques
3 Rue du Faubourg St Antoine
51037 Châlons-en-Champagne

Architecte
ACMH
Agence Trubert
2 Rue de Fleury
77300 Fontainebleau

Plan d'implantation des sondages

Site de l'abbaye de Clairvaux
Zone Grand cloître

Echelle : 1/200

Plan 1/1

Suivi des modifications

Date	Indices	Commentaires
13/02/24	A	Implantation des sondages existants + sondages prévisionnels 2024
02/04/24	B	Mise à jour de l'implantation des sondages complémentaires
---	---	---

SARL AEGIS GROUPE
39 avenue Teiras
06300 Nice
info@aegis-groupe.com

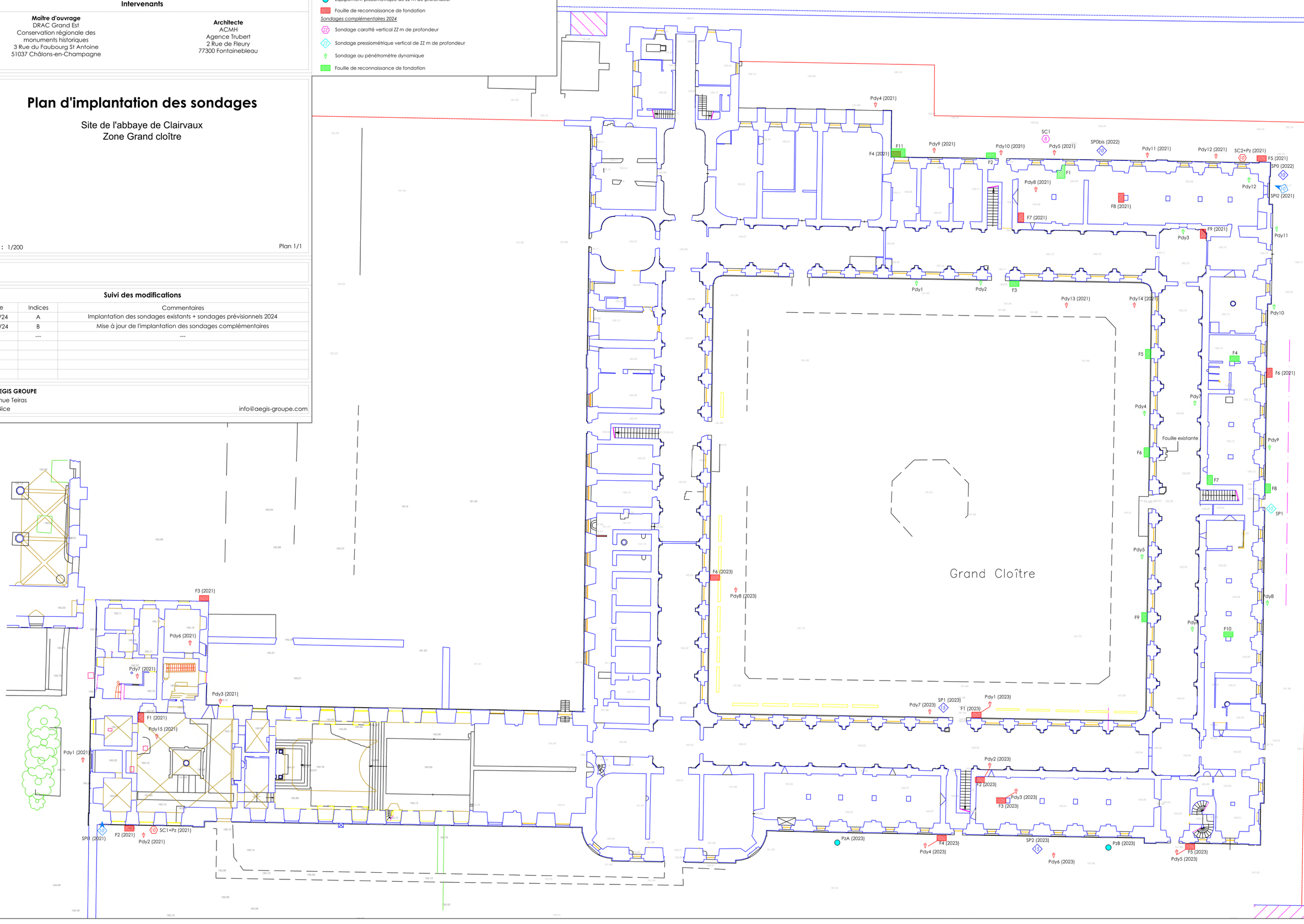
LÉGENDE GEOTECHNIQUE

Sondages réalisés depuis 2021

- Sondage pressiométrique vertical de ZZ m de profondeur
- Sondage pressiométrique incliné de XX° (par rapport à la verticale) et de ZZ m de profondeur
- Sondage carotté vertical ZZ m de profondeur
- Sondage au pénétromètre dynamique
- Equipement piézométrique de ZZ m de profondeur
- Fouille de reconnaissance de fondation

Sondages complémentaires 2024

- Sondage carotté vertical ZZ m de profondeur
- Sondage pressiométrique vertical de ZZ m de profondeur
- Sondage au pénétromètre dynamique
- Fouille de reconnaissance de fondation



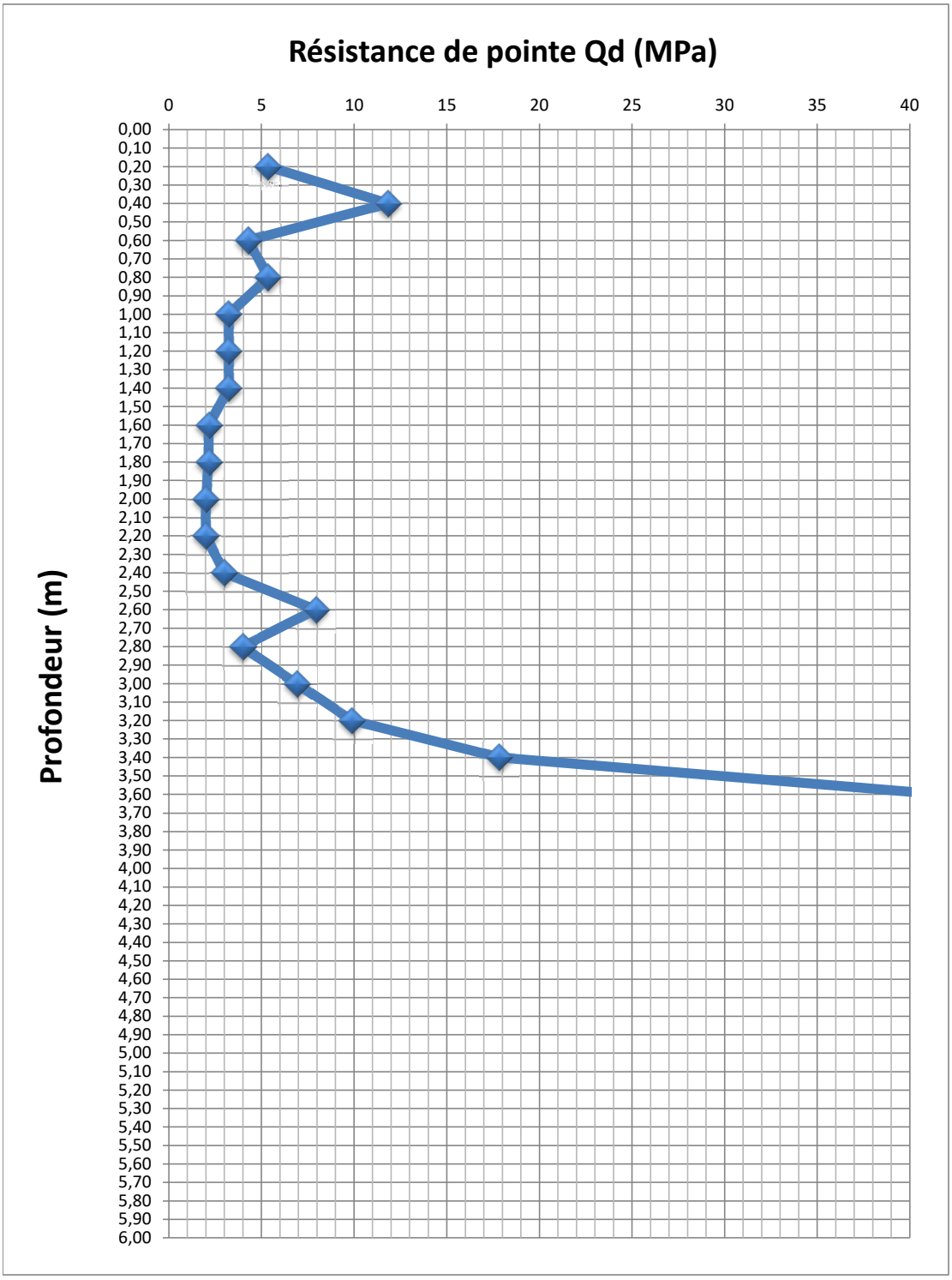
Annexe 3 : Résultats des sondages pénétrométriques :

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE SOCOMAFOR 10

SOCOMAFOR 10

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : GAUFOR	
Date : 25/04/2023	
Chantier : Abbaye de Clairvaux Ville sous la Ferté	
N° Sondage : Pdy 1	**Niveau d'eau /TN : 3 m**



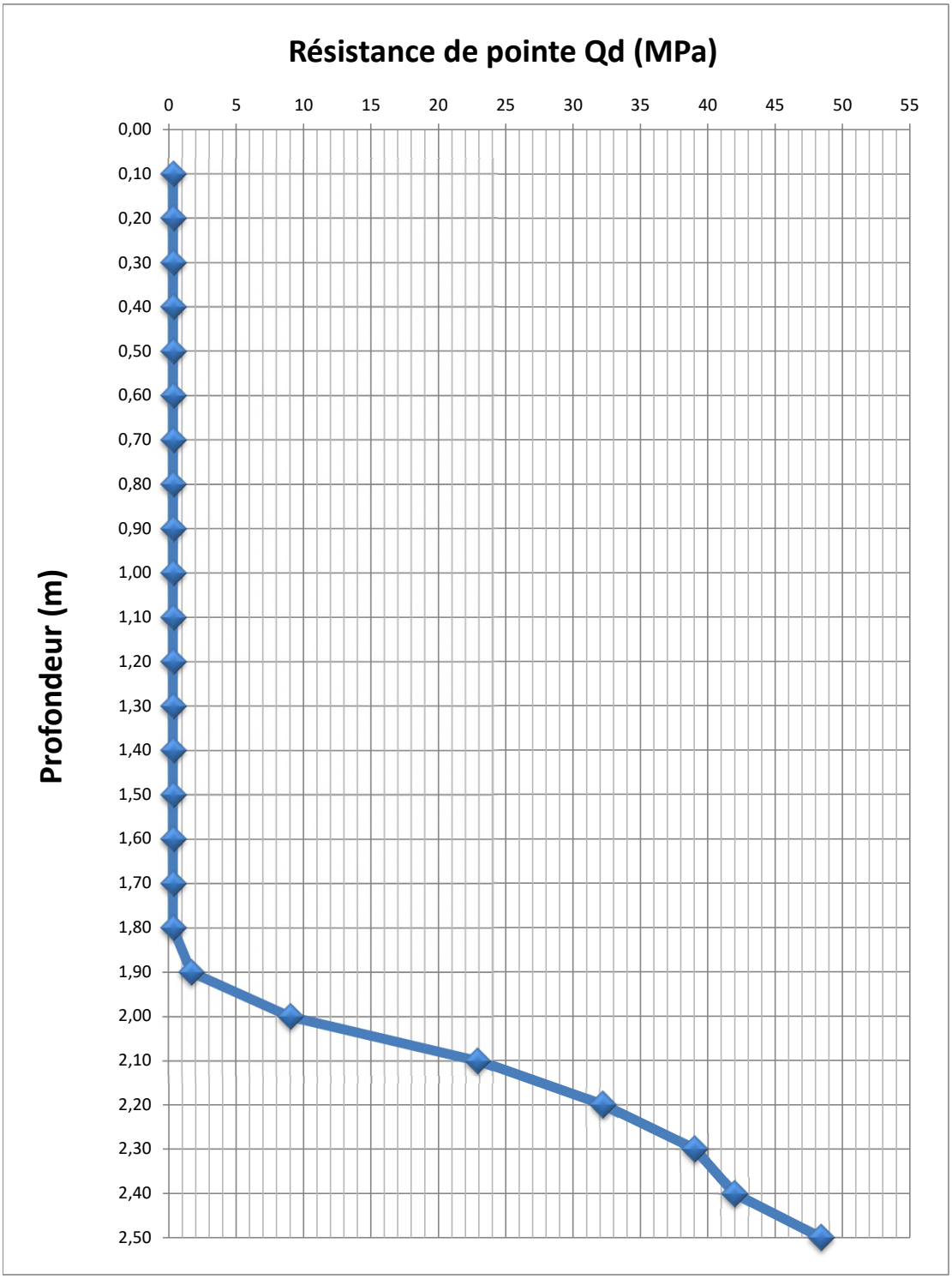
Commentaires :

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE PAGANI DPM 30

Pagani

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : Ianni	
Date : 25/04/2023	
Chantier : ABBAYE DE CLAIRVAUX	
N° Sondage : Pdy 2	**Niveau d'eau /TN : -**



Commentaires :

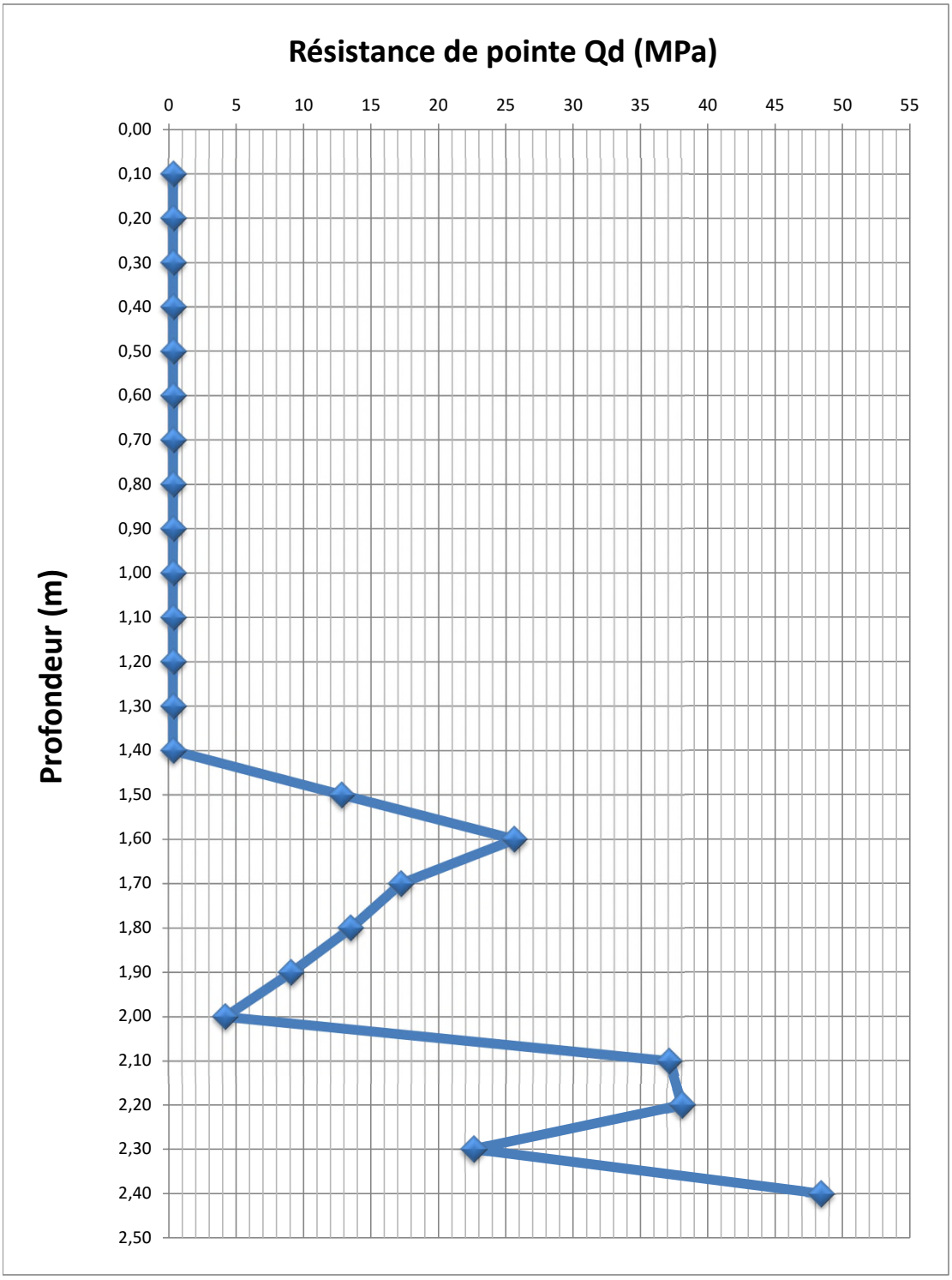
Pas de traces humides sur les tiges, pénétromètre realisé dans la fouille de reconnaissance F02

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE PAGANI DPM 30

Pagani

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : Ianni	
Date : 25/04/2023	
Chantier : ABBAYE DE CLAIRVAUX	
N° Sondage : Pdy 3	**Niveau d'eau /TN : -**



Commentaires :

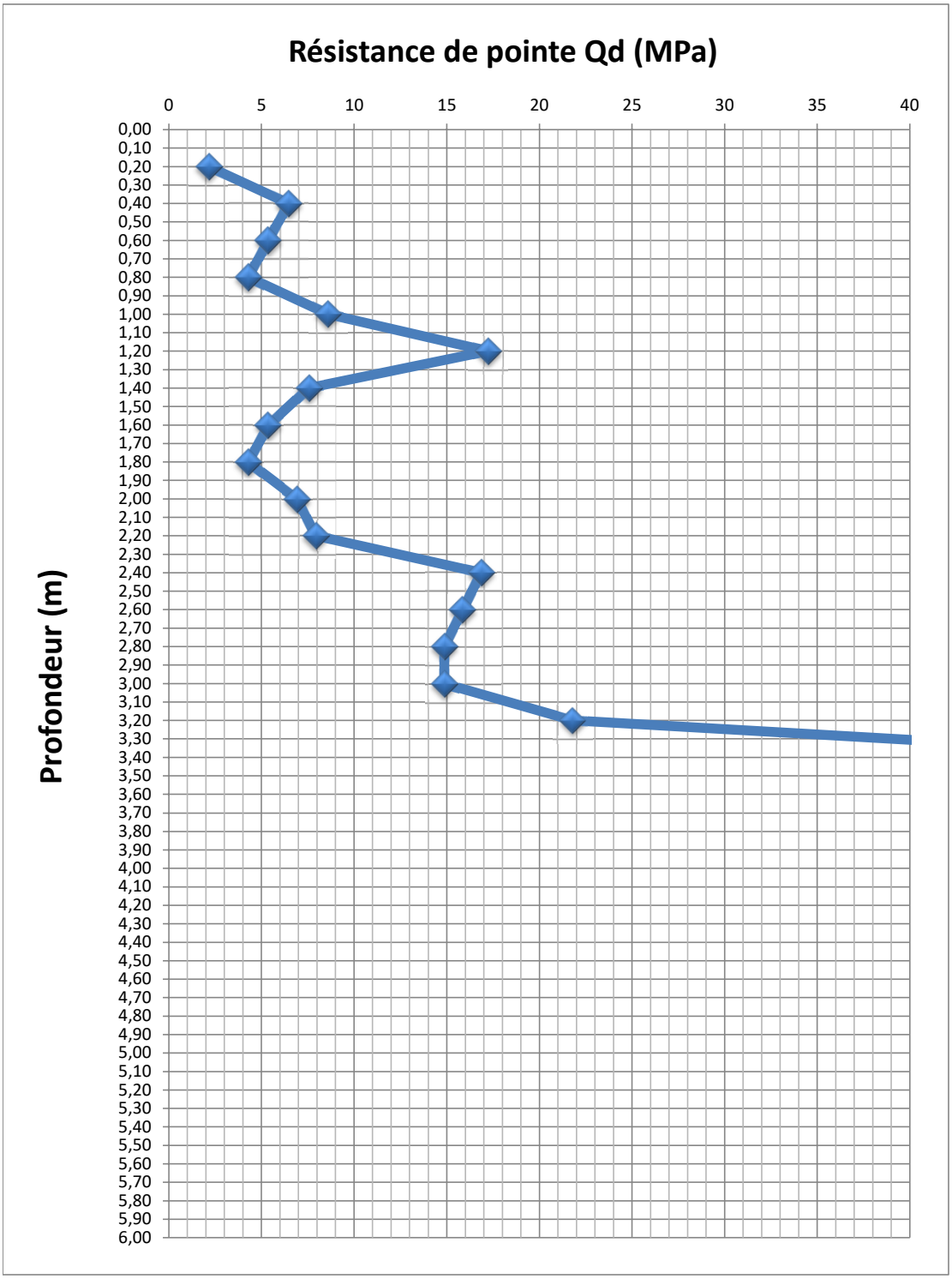
Pas de traces humides sur les tiges, pénétromètre realisé dans la fouille de reconnaissance F03

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE SOCOMAFOR 10

SOCOMAFOR 10

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : GAUFOR	
Date : 25/04/2023	
Chantier : Abbaye de Clairvaux Ville sous la Ferté	
N° Sondage : Pdy 4	**Niveau d'eau /TN : -**



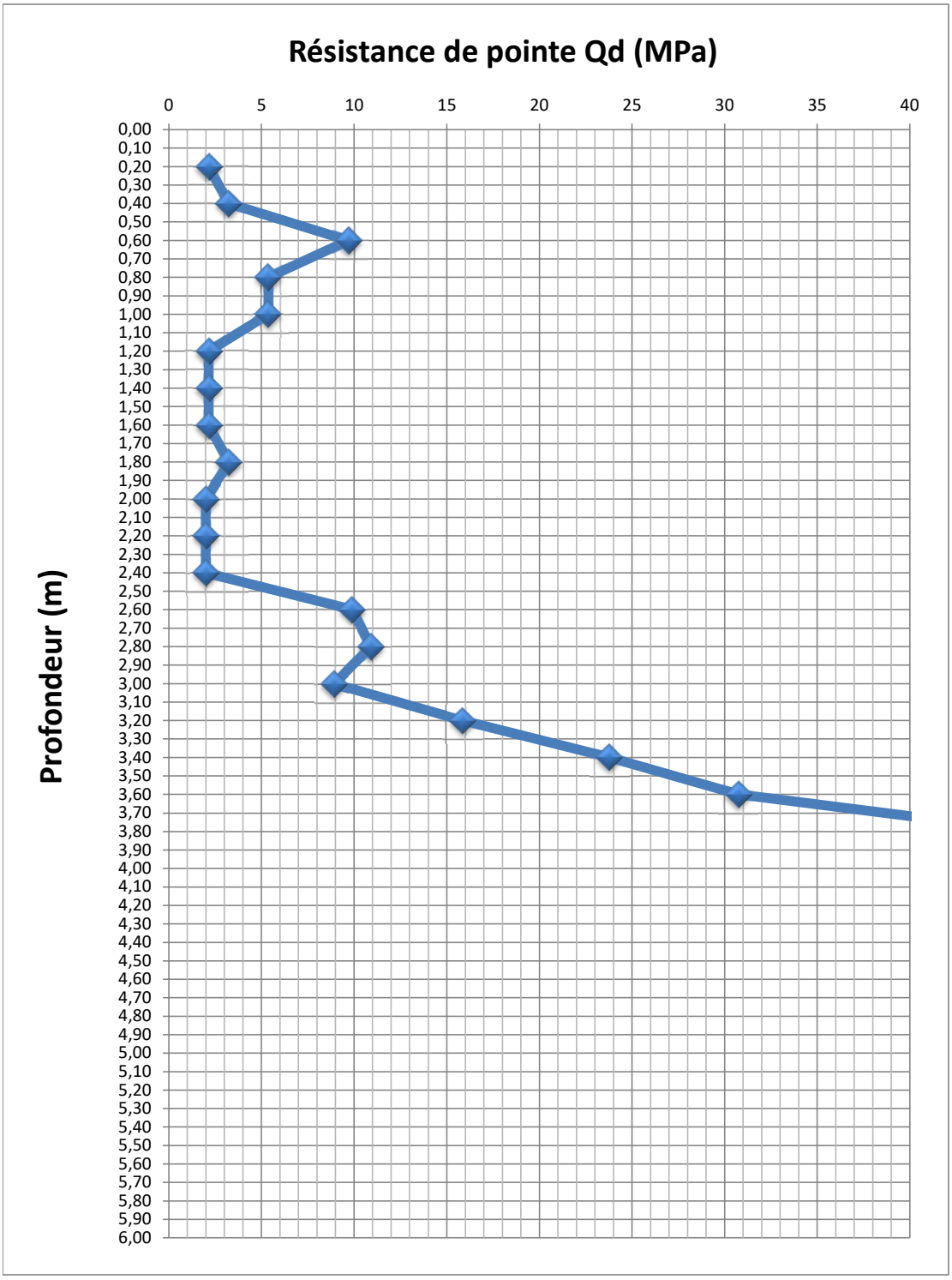
Commentaires :

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE SOCOMAFOR 10

SOCOMAFOR 10

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : GAUFOR	
Date : 25/04/2023	
Chantier : Abbaye de Clairvaux Ville sous la Ferté	
N° Sondage : Pdy 5	**Niveau d'eau /TN : 4,4 m**



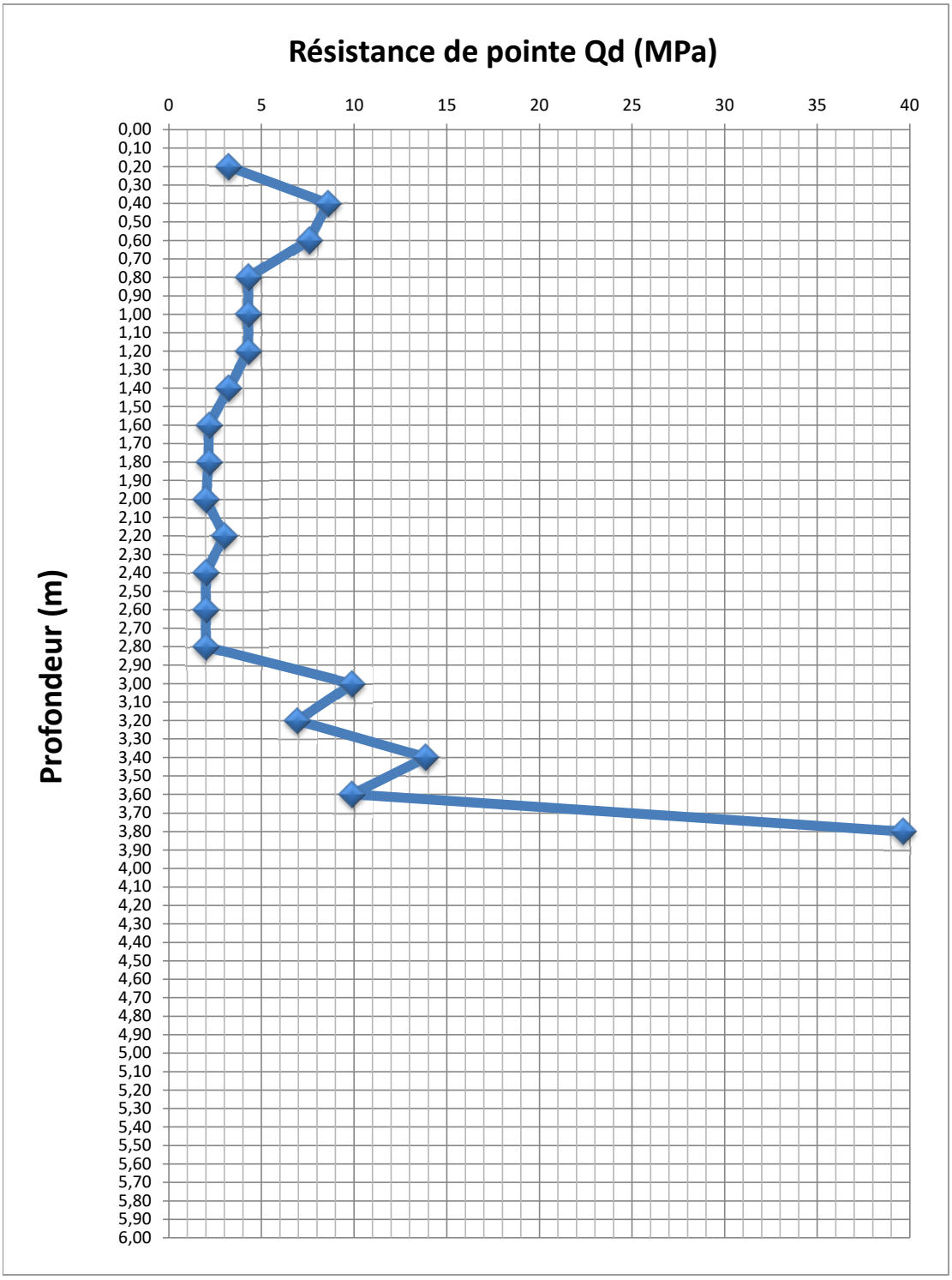
Commentaires :

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE SOCOMAFOR 10

SOCOMAFOR 10

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : GAUFOR	
Date : 25/04/2023	
Chantier : Abbaye de Clairvaux Ville sous la Ferté	
N° Sondage : Pdy 6	**Niveau d'eau /TN : 2 m**



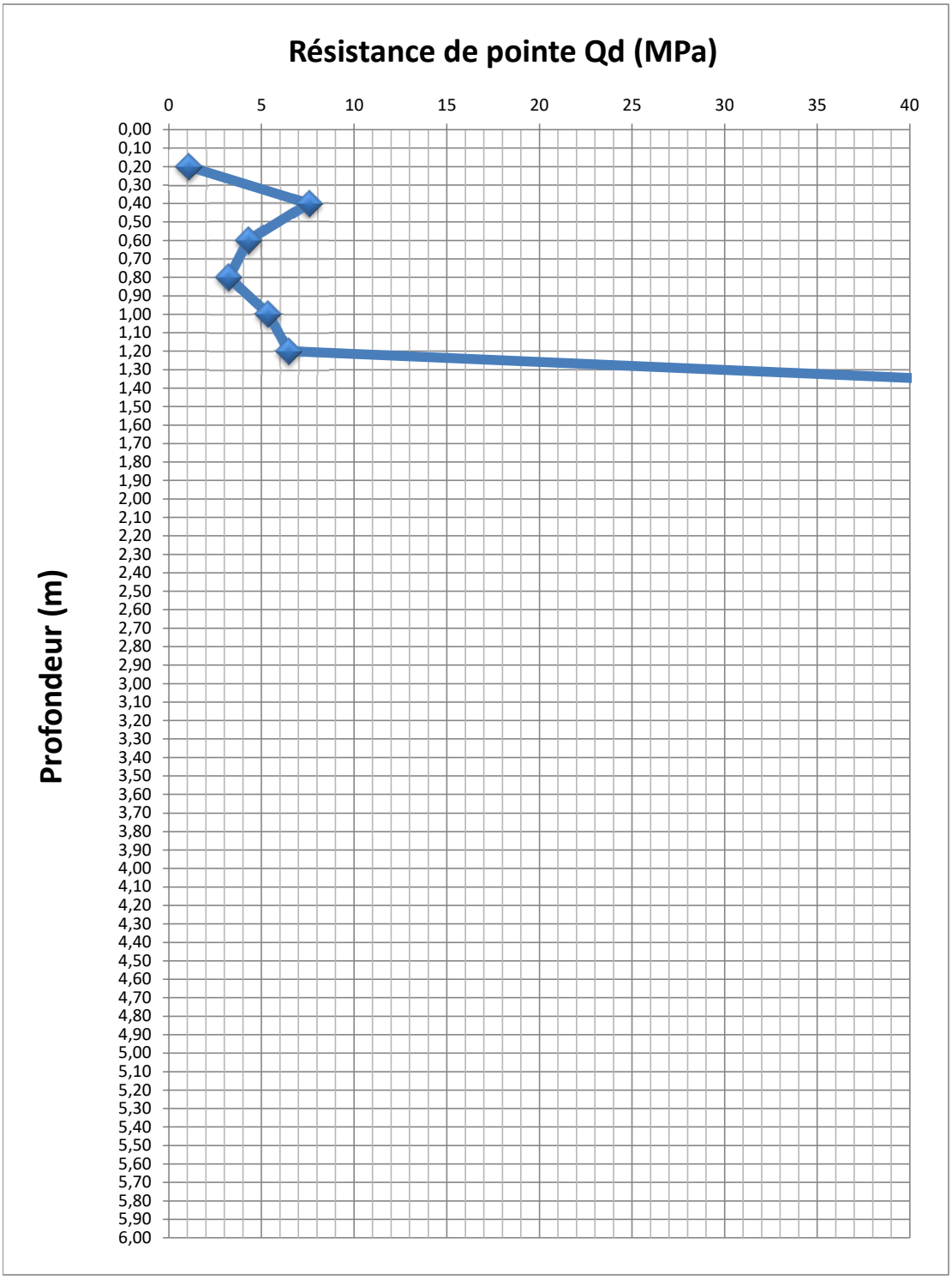
Commentaires :

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE SOCOMAFOR 10

SOCOMAFOR 10

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : GAUFOR	
Date : 25/04/2023	
Chantier : Abbaye de Clairvaux Ville sous la Ferté	
N° Sondage : Pdy 7	**Niveau d'eau /TN : 1 m**



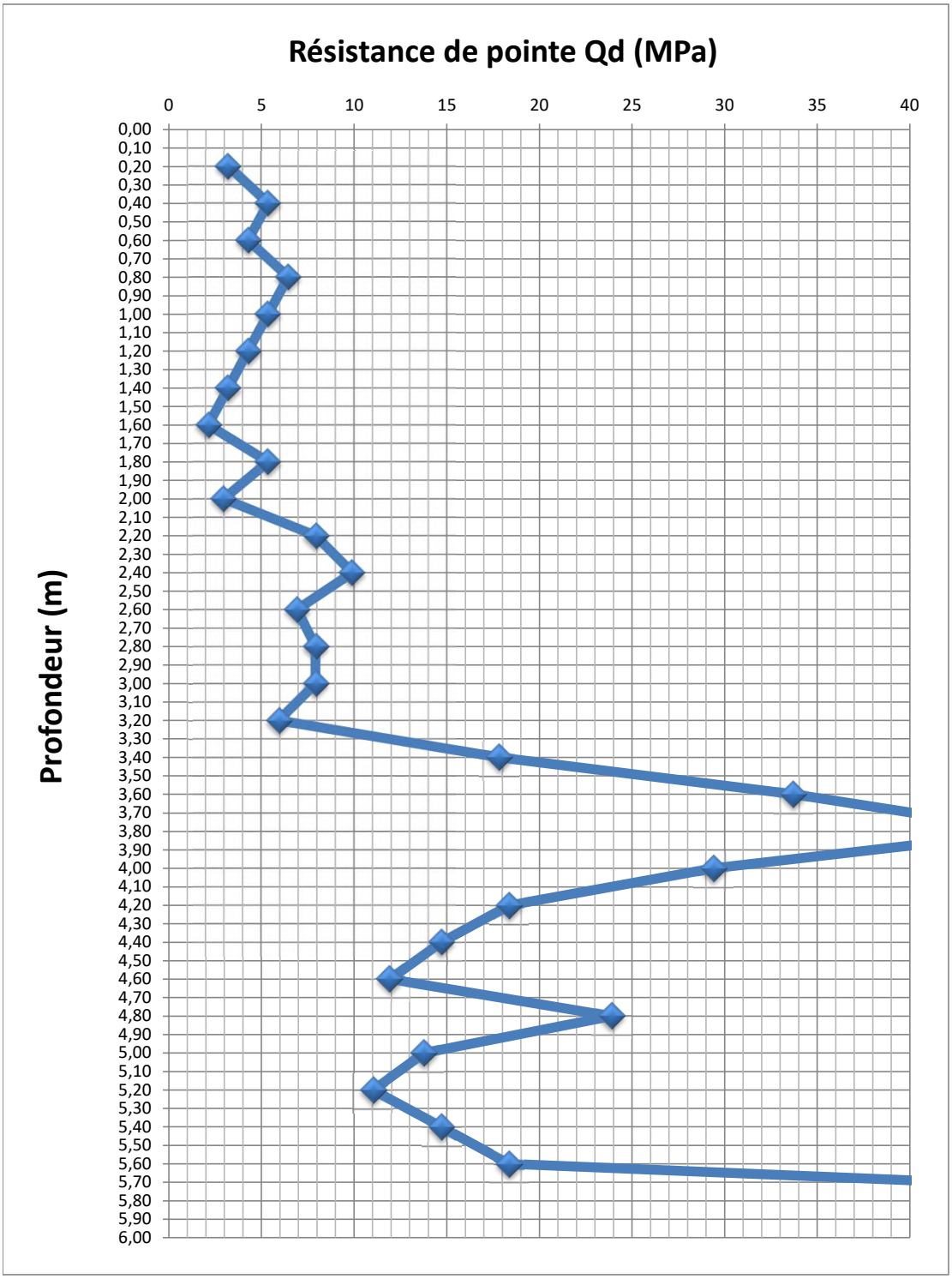
Commentaires :

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE SOCOMAFOR 10

SOCOMAFOR 10

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Operateur : GAUFOR	
Date : 25/04/2023	
Chantier : Abbaye de Clairvaux Ville sous la Ferté	
N° Sondage : Pdy 8	**Niveau d'eau /TN : 1,8 m**



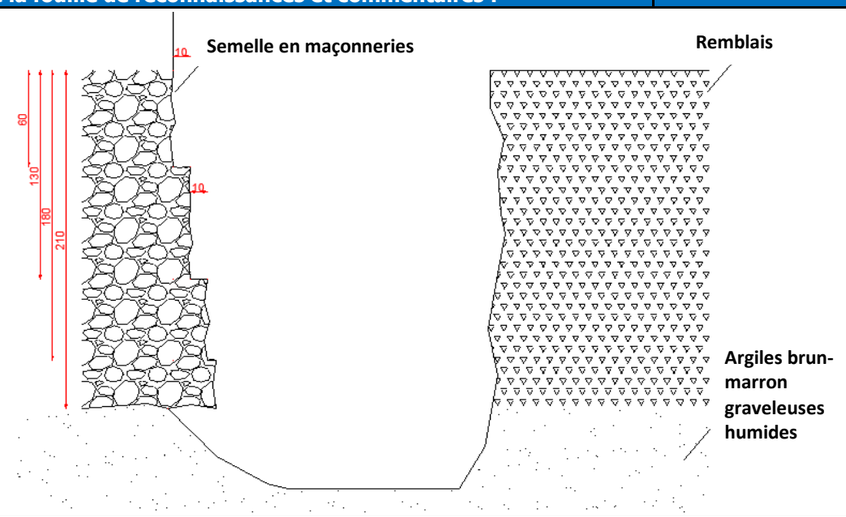
Commentaires :

Annexe 4 : Résultats des fouilles de reconnaissance :

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 01

Détails :	
Date de réalisation :	25/04/2023
Mode de creusement :	Mécanique
Cote de tête :	191,94
Profondeur atteinte (m) :	2,60
Surface en tête (Lxl en m²) :	2
Echantillonnages :	Non
Nombre d'échantillons prélevés :	0
Atteinte de la fondation :	Oui
Observations générales :	
Tenue des parois :	Bonne tenue
Présence d'eau :	Non
Profondeur du niveau d'eau stabilisé :	0
Lithologies :	
Remblais	De 0 à 2,10 m
Argiles brun-marron graveleuses humides	A partir de 2,10 m
Description de la fondation :	
Type de fondation :	Semelle en maçonnerie
Profondeur de l'arase inférieure (m) :	2,1
Cote de l'arase inférieure :	189,84
Etat apparent de l'assise :	Moyen
Descriptif de la fouille de reconnaissances et commentaires :	



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 01







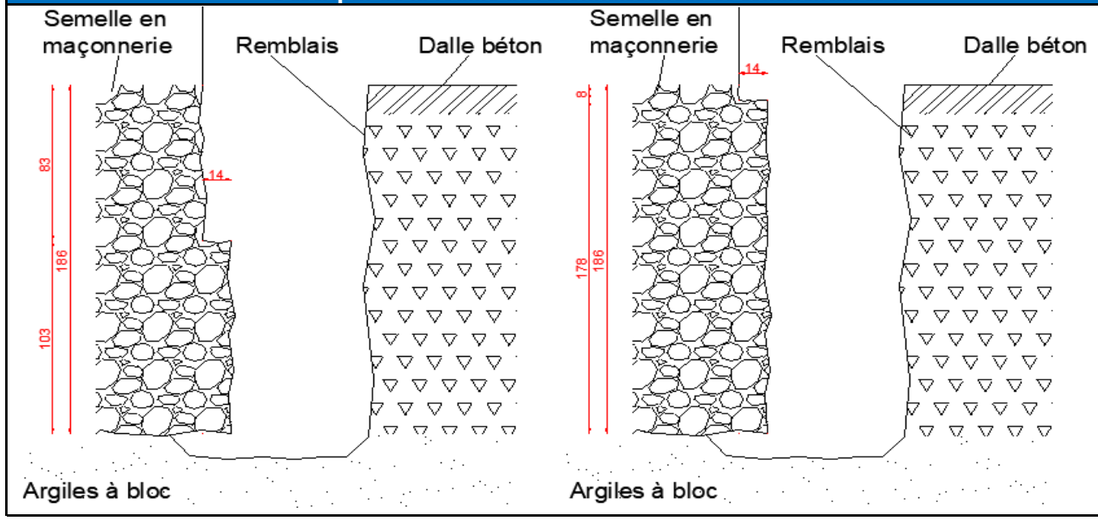


AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 02

Détails :	
Date de réalisation :	25/04/2023
Mode de creusement :	Manuel
Cote de tête :	192,02
Profondeur atteinte (m) :	2,00
Surface en tête (Lxl en m²) :	1,2
Echantillonnages :	Non
Nombre d'échantillons prélevés :	0
Atteinte de la fondation :	Oui
Observations générales :	
Tenue des parois :	Bonne tenue
Présence d'eau :	Non
Profondeur du niveau d'eau stabilisé :	0
Lithologies :	
Dalle béton	De 0 à 0,15 m
Remblais	De 0,15 à 2,00 m
Remblais et Argiles à blocs	A partir de 2,00 m
Description de la fondation :	
Type de fondation :	Semelle en maçonnerie
Profondeur de l'arase inférieure (m) :	1,86
Cote de l'arase inférieure :	190,16
Etat apparent de l'assise :	Moyen

Descriptif de la fouille de reconnaissances et commentaires :



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 02











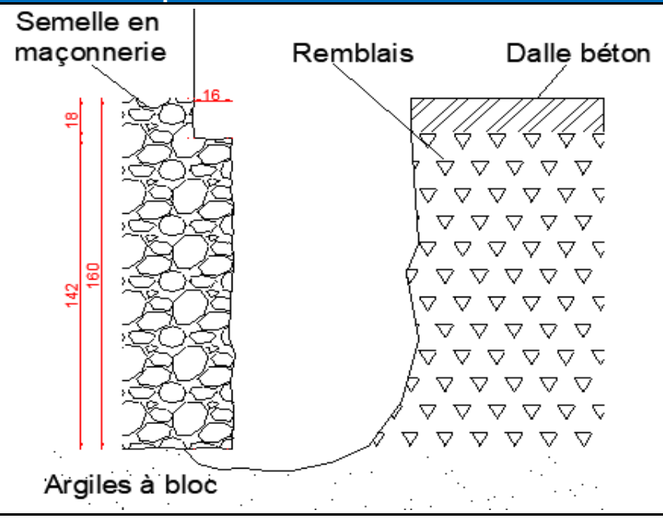


AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 03

Détails :	
Date de réalisation :	25/04/2023
Mode de creusement :	Manuel
Cote de tête :	192,02
Profondeur atteinte (m) :	1,70
Surface en tête (Lxl en m²) :	1,53
Echantillonnages :	Non
Nombre d'échantillons prélevés :	0
Atteinte de la fondation :	Oui
Observations générales :	
Tenue des parois :	Bonne tenue
Présence d'eau :	Non
Profondeur du niveau d'eau stabilisé :	0
Lithologies :	
Dalle béton	De 0 à 0,15 m
Remblais	De 0,15 à 1,60 m
Remblais et Argiles à blocs	A partir de 1,60 m
Description de la fondation :	
Type de fondation :	Semelle en maçonnerie
Profondeur de l'arase inférieure (m) :	1,6
Cote de l'arase inférieure :	190,42
Etat apparent de l'assise :	Moyen

Descriptif de la fouille de reconnaissances et commentaires :



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 03









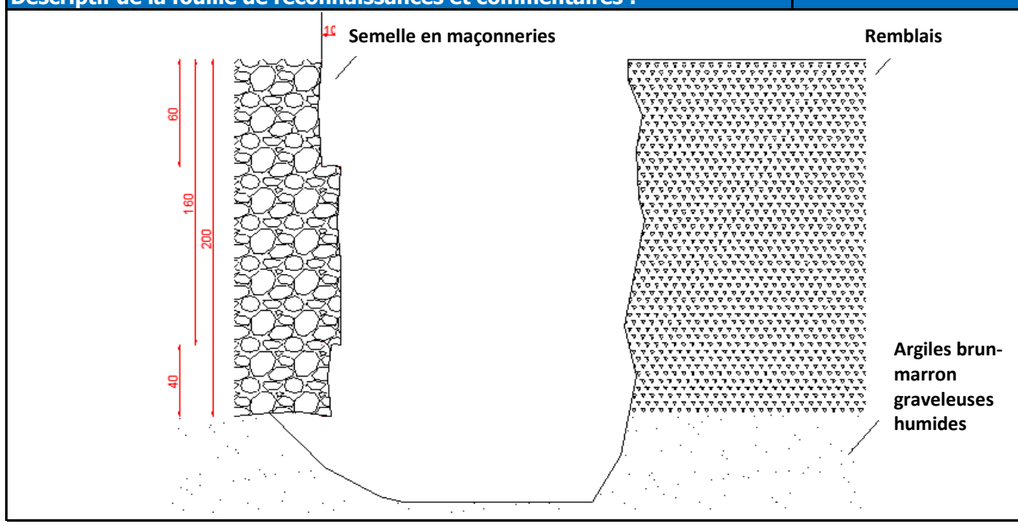




AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 04

Détails :	
Date de réalisation :	25/04/2023
Mode de creusement :	Mécanique
Cote de tête :	191,9
Profondeur atteinte (m) :	2,60
Surface en tête (Lxl en m²) :	2
Echantillonnages :	Non
Nombre d'échantillons prélevés :	0
Atteinte de la fondation :	Oui
Observations générales :	
Tenue des parois :	Bonne tenue
Présence d'eau :	Non
Profondeur du niveau d'eau stabilisé :	0
Lithologies :	
Remblais	De 0 à 2,00 m
Argiles brun-marron graveleuses humides	A partir de 2,00 m
Description de la fondation :	
Type de fondation :	Semelle en maçonnerie
Profondeur de l'arase inférieure (m) :	2
Cote de l'arase inférieure :	189,9
Etat apparent de l'assise :	Moyen
Descriptif de la fouille de reconnaissances et commentaires :	



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 04





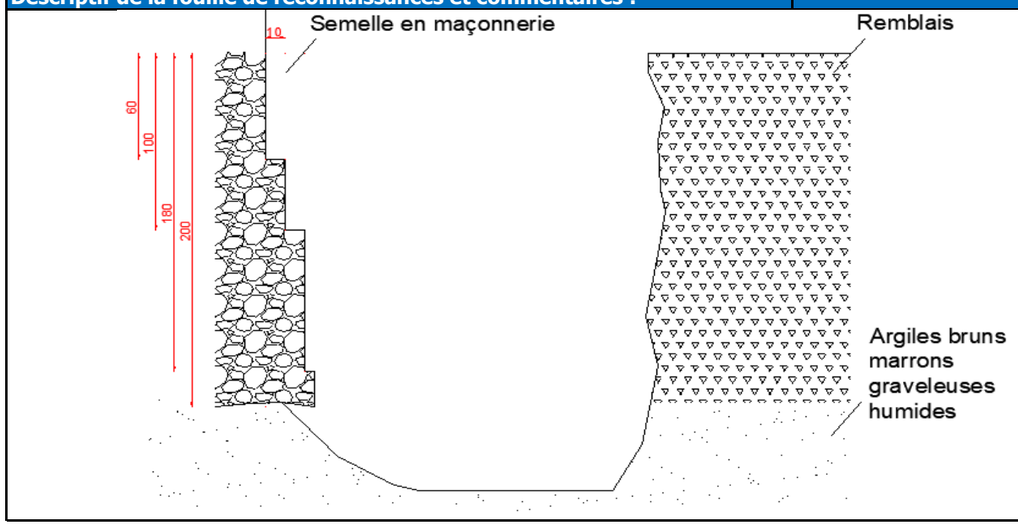




AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 05

Détails :	
Date de réalisation :	24/04/2023
Mode de creusement :	Mécanique
Cote de tête :	191,99
Profondeur atteinte (m) :	2,60
Surface en tête (Lxl en m²) :	2
Echantillonnages :	Non
Nombre d'échantillons prélevés :	0
Atteinte de la fondation :	Oui
Observations générales :	
Tenue des parois :	Bonne tenue
Présence d'eau :	Non
Profondeur du niveau d'eau stabilisé :	0
Lithologies :	
Remblais	De 0 à 2,00 m
Argiles brun-marron graveleuses humides	A partir de 2,00 m
Description de la fondation :	
Type de fondation :	Semelle en maçonnerie
Profondeur de l'arase inférieure (m) :	2
Cote de l'arase inférieure :	189,99
Etat apparent de l'assise :	Moyen
Descriptif de la fouille de reconnaissances et commentaires :	



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 05





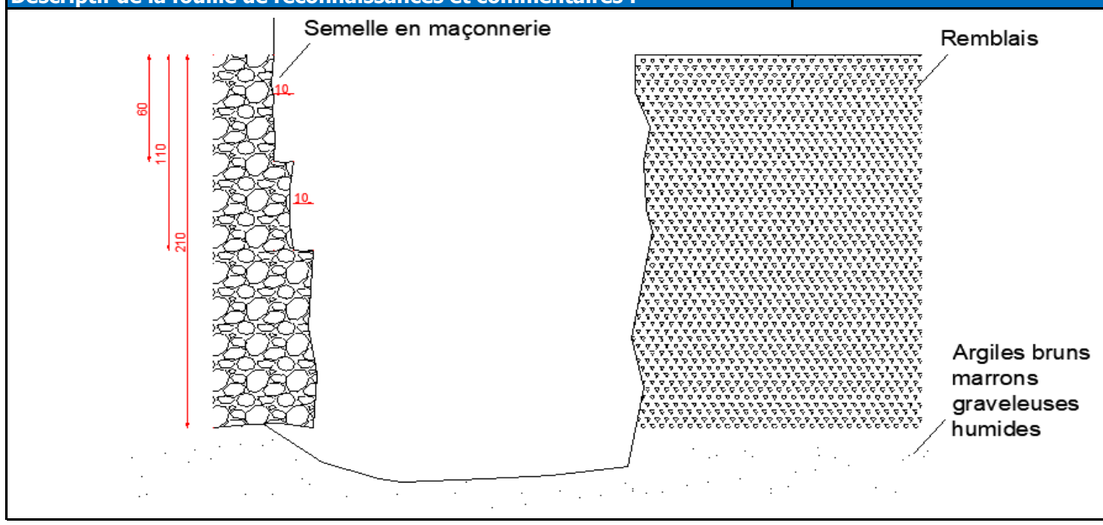




AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 06

Détails :	
Date de réalisation :	24/04/2023
Mode de creusement :	Mécanique
Cote de tête :	191,89
Profondeur atteinte (m) :	2,40
Surface en tête (Lxl en m²) :	2
Echantillonnages :	Non
Nombre d'échantillons prélevés :	0
Atteinte de la fondation :	Oui
Observations générales :	
Tenue des parois :	Bonne tenue
Présence d'eau :	Non
Profondeur du niveau d'eau stabilisé :	0
Lithologies :	
Remblais	De 0 à 2,10 m
Argiles brun-marron graveleuses humides	A partir de 2,10 m
Description de la fondation :	
Type de fondation :	Semelle en maçonnerie
Profondeur de l'arase inférieure (m) :	2,1
Cote de l'arase inférieure :	189,79
Etat apparent de l'assise :	Moyen
Descriptif de la fouille de reconnaissances et commentaires :	



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

COMPTE RENDU DE FOUILLE DE RECONNAISSANCE
Mission géotechnique
Abbaye de Clairvaux - Ville sous la Ferté
Fouille 06









Annexe 5 : Résultats des sondages pressiométriques :

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation
Tél : 06 30 16 51 63 - info@aegis-groupe.com
39 avenue Teiras, 06300 Nice
SAS capital social de 5000€
WWW.AEGIS-GROUPE.COM

Chantier
Mission de diagnostic - Site de l'Abbaye de Clairvaux

Forage
SP1
Client
DRAC Grand Est
Dossier
2022-03126 (2)

Outil de forage
Tricône
Diamètre de l'outil
66 mm
Altitude NGF
191.87 m

Sondage pressiométrique Ménard

EN ISO 22476-4
Inclinaison
0 deg
Durée de foration
1 h 58 min 39 s

Date de début
19/04/2023
Opérateur
YANNICK
Machine
TEREDO 2.8

Alt. (m)	Prof. (m)	Description	Prof. (m)
191	0	Remblais à cailloutis et graviers dans une matrice argileuse	1.1
190	1	Zone à blocs	2.1
189	2	Graves argileuses	3.3
188	3	Zone à blocs	4.1
187	4	Graves argileuses	5.5
186	5		
185	6		
184	7		
183	8		
182	9		
181	10	Alternance de bancs de marnes et calcaires	
180	11		
179	12		
178	13		
177	14		
176	15		15
175	16		
	17		

Outils de forage : Tricône ø66 mm

Prof. (m)	VA (m/h)	VA (m/h)	PO (bar)	PI (bar)	CR (bar)	E_M (MPa)	PF* (MPa)	PL* (MPa)	EM/PL*
1						16.8	0.93	2.19	7.7
2						114.2	> 4.38	> 4.38	<26.1
3						13.2	0.84	1.74	7.6
4						74.3	4.04	> 4.38	<17
5						31.4	0.8	1.44	21.9
6						140.7	> 4.39	> 4.39	<32.1
7						515.7	> 4.4	> 4.4	<117.2
8						439.8	> 3.94	> 3.94	<111.7
9						894.4	> 4.43	> 4.43	<201.7
10						384.9	> 4.32	> 4.32	<89
11						521.4	> 4.42	> 4.42	<118
12						483.6	> 4.45	> 4.45	<108.7
13						462.5	> 4.35	> 4.35	<106.3
14						375.8	> 4.35	> 4.35	<86.5
15	15.01	15.01	15.01	15.01	15.01				

AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation
Tél : 06 30 16 51 63 - info@aegis-groupe.com
39 avenue Teiras, 06300 Nice
SAS capital social de 5000€
WWW.AEGIS-GROUPE.COM

Chantier
Mission de diagnostic - Site de l'Abbaye de Clairvaux

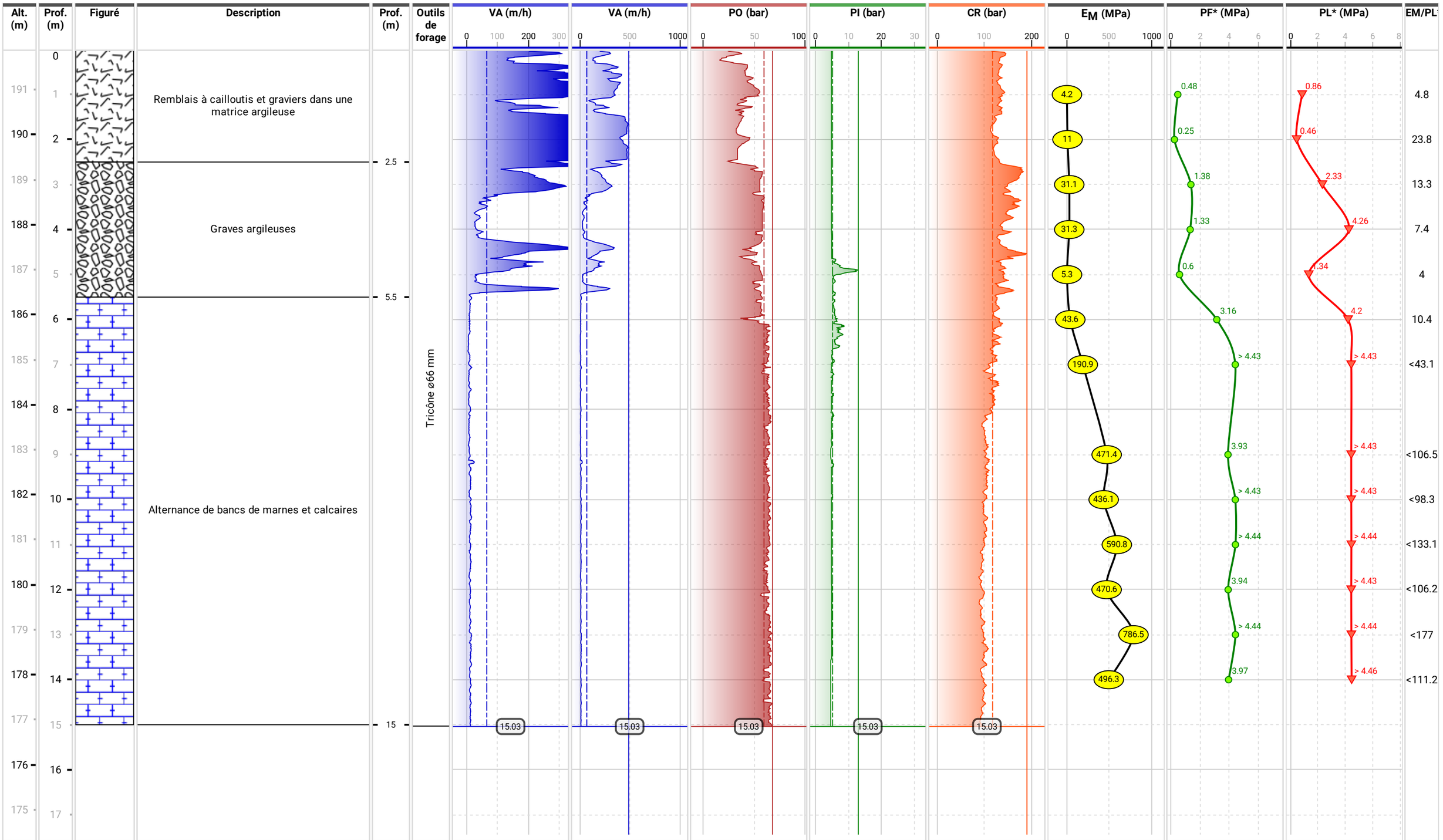
Forage
SP2
Client
DRAC Grand Est
Dossier
2022-03126 (2)

Outil de forage
Tricône
Diamètre de l'outil
66 mm
Altitude NGF
191.89 m

Sondage pressiométrique Ménard

EN ISO 22476-4
Inclinaison
0 deg
Durée de foration
1 h 13 min 19 s

Date de début
18/04/2023
Opérateur
YANNICK
Machine
TEREDO 2.8



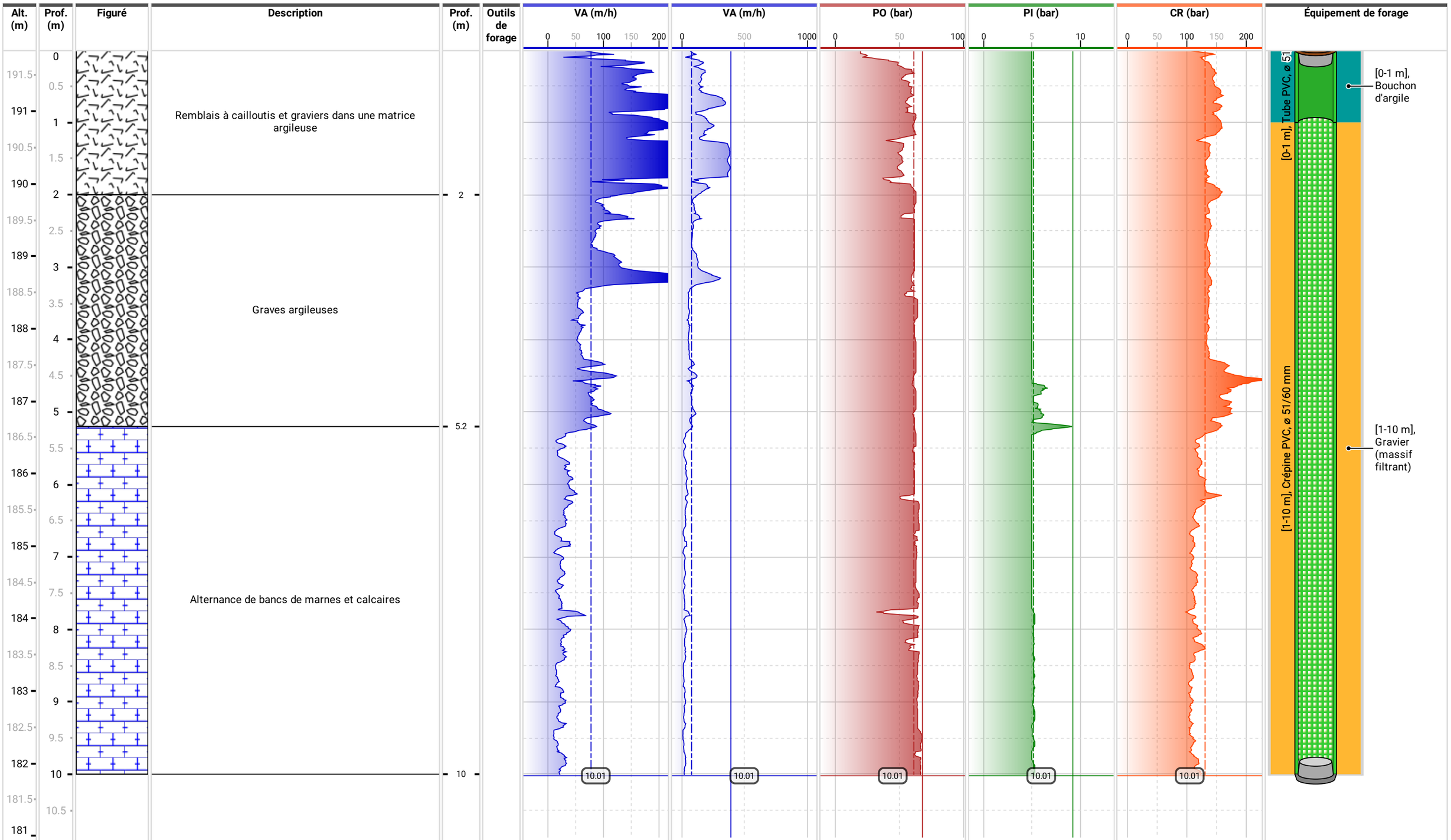
AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation
Tél : 06 30 16 51 63 - info@aegis-groupe.com
39 avenue Teiras, 06300 Nice
SAS capital social de 5000€
WWW.AEGIS-GROUPE.COM

Chantier
Mission de diagnostic - Site de l'Abbaye de Clairvaux

Forage
PzA
Client
DRAC Grand Est
Dossier
2022-03126 (2)

Paramètres de forage

Inclinaison	Machine
0 deg	TEREDO 2.8
Cote fin	Date de début
10.01 m	17/04/2023
Méthode de forage	Opérateur
Forage au rotary	YANNICK



AEGIS-GROUPE
Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation
Tél : 06 30 16 51 63 - info@aegis-groupe.com
39 avenue Teiras, 06300 Nice
SAS capital social de 5000€
WWW.AEGIS-GROUPE.COM

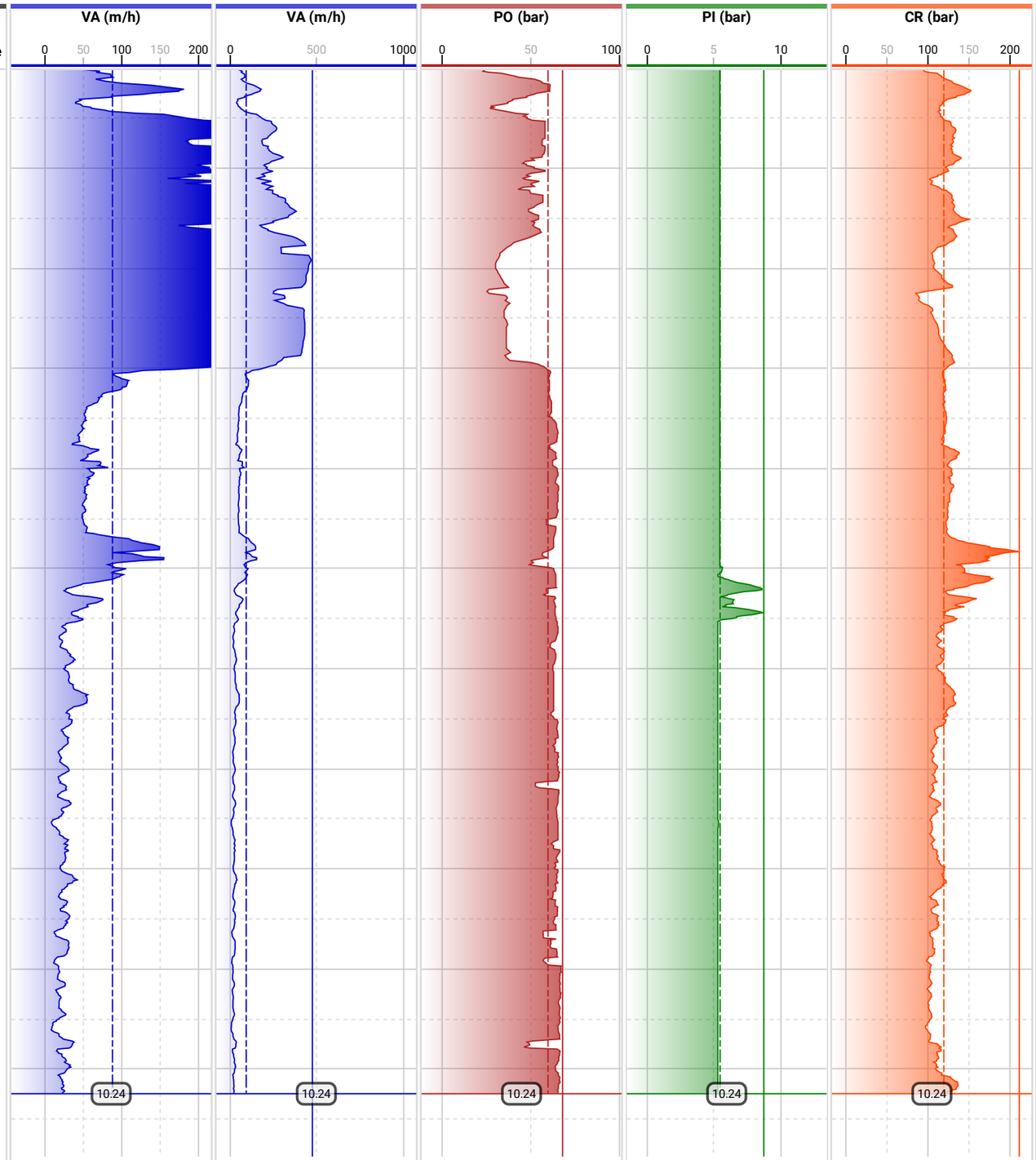
Chantier
Mission de diagnostic - Site de l'Abbaye de Clairvaux

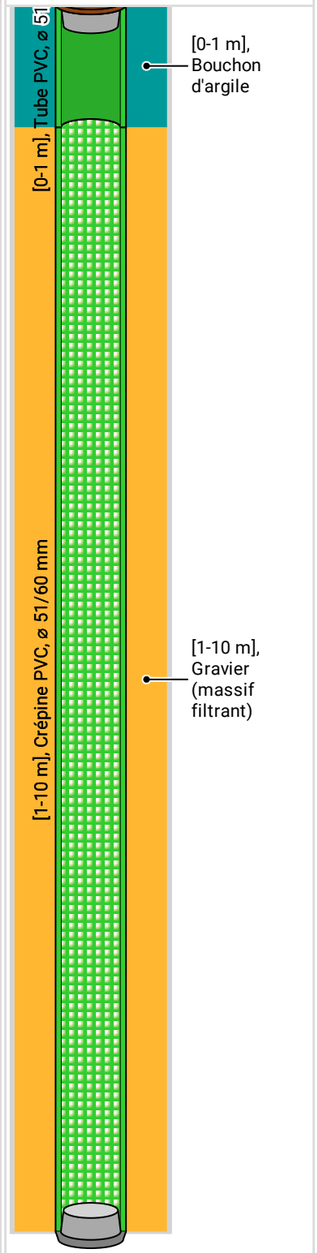
Forage
PzB
Client
DRAC Grand Est
Dossier
2022-03126 (2)

Paramètres de forage

Inclinaison	Machine
0 deg	TEREDO 2.8
Cote fin	Date de début
10.24 m	17/04/2023
Méthode de forage	Opérateur
Forage au rotary	YANNICK

Alt. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Prof. (m)	Outils de forage
191.5	0				
	0.5				
191	1				
190.5	1.5				
190	2				
189.5	2.5				
189	3		Remblais à cailloutis et graviers dans une matrice argileuse	3	
188.5	3.5				
188	4				
	4.5		Graves argileuses		
187.5					
187	5			5.2	
186.5	5.5				
186	6				
185.5	6.5				
185	7				
184.5	7.5		Alternance de bancs de marnes et calcaires		
184	8				
183.5	8.5				
183	9				
182.5	9.5				
182	10			10	
181.5	10.5				





Annexe 6 : Résultats des essais de la campagne de janvier 2022 :

Résultats préliminaires des piézomètres réalisés antérieurement dans le cadre du diagnostic du Grand Cloître (campagne de janvier 2022) :

Sondage	Longueur (m)	Cote de tête (m – NGF)	Equipement piézométrique
SC1	10.6	194.09	PZ1 Diamètre 51/60 mm Crépiné uniquement dans le substratum à partir de 7 m de profondeur Sonde automatique GPRS DIVER : N° de série = DU405 Profondeur de pose : 7.82 m Cote de pose : 186.24 NGF Niveau d'eau au 09/06/22 : 3.16 m
SC2	10.6	193.67	PZ2 Diamètre 80/90 mm Crépiné à partir de 1 m de profondeur Sonde automatique DIVER : N° de série = DU406 Profondeur de pose : 8.58 m Cote de pose : 185.09 NGF Niveau d'eau au 09/06/22 : 3.14 m

Résultats des sondages carottés réalisés antérieurement dans le cadre du diagnostic du Grand Cloître (campagne de janvier 2022) :

Les sondages carottés ont permis d'identifier les lithologies suivantes :

Sondage	Lithologies	Longueur (m)	Cote de tête (m – NGF)	Cote atteinte (m NGF)
SC1	De 0 à 0.1 m : Terre végétale ; De 0.1 à 2 : Remblais divers à blocs ; De 2.0 à 4,5 m : Graves argileuses ; De 4.5 à 5.6 m : Argiles marneuses gris marron clair compactes ; De 5.6 à 6.0 m : Marnes graveleuses peu compactes ; De 6.0 à 7.0 m : Marnes gris clair compactes ; De 7.0 à 10.0 m : Alternance de bancs de marnes grises et de calcaires gris clair.	10	192.37	182.37
SC2	De 0 à 0.7 m : Terre végétale et remblais marron ; De 0.7 à 1.2 : Remblais divers à blocs ; De 1.2 à 2.0 m : Fragments de pierres calcaires (gravats) ; De 2.0 à 2.5 m : Remblais sableux ; De 2.5 à 5.2 : Graves argileuses ; De 5.2 à 6.7 : Marne argileuse gris clair ; De 6.7m à 7.2m : Marnes gris clair compactes ; De 7.2 à 10.0 m : Alternance de bancs de marnes grises et de calcaires gris clair.	10	192.17	182.17

* *Les sondages carottés ont été équipés par des piézomètres en 52/60 mm*

Résultats des sondages pressiométriques issus du diagnostic du Grand Cloître (Campagne de janvier 2022) :

Sondage	Nb d'essais	Longueur (m)	Cote de tête (m NGF)	Cote atteinte (m NGF)
SP1	9	10	192.37	182.37
SP2	9	10	192.17	182.17

SP1 (inclinaison 70°)					
Nature Lithologique	**Profondeur couche (m/TN)**	**Profondeur/TN**	**Em (MPa)**	**pl (MPa)**	**pf (MPa)**
Terrains de couverture et remblais divers	0 à 1,3	1	2,2	0,36	0,07
Soubassement de la façade	1,3 à 4,0	2	302,5	3,89	3,89
		3	294,3	4,84	4,84
		4	188,3	4,8	4,8
Graves argileuses rapportées	4,0 à 4,5				
Argiles marneuses	4,5 à 6,2	5	18,9	2,94	1,70
		6	54,7	3,35	2,46
Marno-calcaires compacts (alternance marnes grises et calcaire gris compacts)	6,2 à 10	7	365,5	4,83	4,83
		8	121,9	4,8	4,61
		9	648,7	4,83	4,73
		10	-	-	-

** Le sondage SP1 a été réalisé avec une inclinaison de 70° sous la façade Sud du Pavillon Ouest.*

SP2					
Nature Lithologique	**Profondeur couche (m/TN)**	**Profondeur/TN**	**Em (MPa)**	**pl (MPa)**	**pf (MPa)**
Terrains de couverture et remblais divers	0 à 2,2	1	5,9	0,15	0,15
		2	5,5	0,63	0,23
Graves argileuses	2,2 à 4,7	3	15,8	1,9	0,76
		4	75,8	4,25	1,46
Marnes argileuses gris clair	4,7 à 6,2	5	76,4	3,98	2,43
		6	22,1	1,95	0,96
Marnes gris clair compactes	6,2 à 10,0	7	485,2	2,88	2,88
		8	309,9	2,86	2,86
		9	337,8	2,87	2,87
		10	-	-	-

I. 1. 1. Description des essais réalisés ; campagne de janvier 2022 :

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés :

Type d'essai	Norme d'essai	Quantité	Lieu de prélèvement	Date de prélèvement
Classification GTR	NF P11-300	3	SC1, SC2 et SC4	SC1 : 19/04/2022 SC2 : 14/04/2022 SC4 : 13/04/2022
Valeur au bleu VBS	NF P94-068	3	SC1, SC2 et SC4	SC1 : 19/04/2022 SC2 : 14/04/2022 SC4 : 13/04/2022
Analyse granulométrique par tamisage	NF EN ISO 17892-4	3	SC1, SC2 et SC4	SC1 : 19/04/2022 SC2 : 14/04/2022 SC4 : 13/04/2022
Détermination des limites d'Atterberg	NF EN ISO 17892	3	SC1, SC2 et SC4	SC1 : 19/04/2022 SC2 : 14/04/2022 SC4 : 13/04/2022

I. 1. 2. Classification GTR et granulométrie des matériaux extraits : campagne de janvier 2022 :

Visuellement, les échantillons sont décrits de la manière suivante :

- E1 = SC1 : de 4.20 à 4.50 m : marne grisâtre compacte à rares graviers ;
- E2 : SC2 : de 3.50 à 4 m : graviers calcaires à matrice de sable limoneux brun ;
- E3 : SC4 : de 5.60 à 6 m : marne grisâtre à rares graviers.

Prélèvement	Profondeur de prélèvement	Date de prélèvement	Teneur en eau (W %)	Limites d'Atterberg		Valeur au bleu (VBS)
				Limite de liquidité Wl	Indice Ip	
E1	De 4.2 à 4.5 m	19/04/2022	13.2	/	/	1.2
E2	De 3.5 à 4 m	14/04/2022	9.2	/	/	0.4
E3	De 5.6 à 6 m	13/04/2022	10.9	/	/	1.8

Lieu de prélèvement	Point de prélèvement (par rapport au sondage)	Date de prélèvement	Analyse granulométrique (< 80 µm)	Classification GTR
E1	De 4.2 à 4.5 m	19/04/2022	73.8 %	A1
E2	De 3.5 à 4 m	14/04/2022	15.6 %	B5
E3	De 5.6 à 6 m	13/04/2022	98.9 %	A1

Note : Les essais de détermination des limites d'Atterberg n'ont pas permis de définir les valeurs de Wl, Wp et de Ip en raison d'un matériau inadapté à ce type d'essai.



AEGIS-GROUPE

Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

SARL AEGIS GROUPE
39 Avenue Teiras, 06300 NICE – info@aegis-groupe.com – www.aegis-groupe.com
RCS NICE 891 542 730 – SIRET 891 542 730 00017 – APE 71.12B – TVA Intracomm. FR 60891542730
SARL au capital de 5000 euros.