

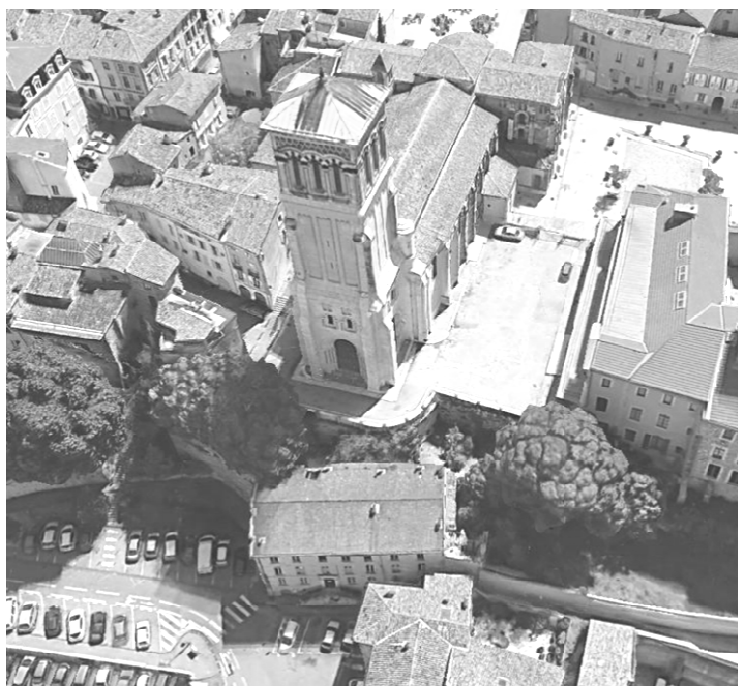
DRÔME (26)

VALENCE

CATHEDRALE SAINT-APOLLINAIRE

**Diagnostic structurel du mur de soutènement du parvis
Et de son impact sur la stabilité du clocher-porche de la cathédrale**

DIAGNOSTIC



Annexe 1

Diagnostic géotechnique – BET AEGIS



Ministère de la culture

Diagnostic géotechnique des fondations du
clocher de la Cathédrale St Apollinaire

AEGIS-GROUPE

Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

Ministère de la culture

Le Grenier d'Abondance - 6 Quai St Vincent - 69283 - LYON

Diagnostic géotechnique des fondations du clocher de la Cathédrale St Apollinaire

Version du document :	Date d'émission :	Commentaires :
Indice 0	02/07/2021	Première émission.

Numéro d'affaire : 2021/0432

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

Maître d'ouvrage : Ministère de la culture
Le Grenier d'Abondance - 6 Quai St Vincent - 69283 - LYON

Localisation du Projet : Cathédrale St Apollinaire – 26000 - VALENCE

Nombre de pages du document (hors annexes) : 38

Nombre d'annexes : 8

TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION :	4
I. 1. Cadre général du projet :	4
I. 2. Documents transmis par le maître d'ouvrage :	5
I. 3. Cadre contractuel au regard de la NF P94-500 de Novembre 2013 :	6
I. 3. 1. Mission G5 :	6
I. 4. Limites de la mission :	6
I. 5. Documents techniques et normatifs de référence :	6
I. 6. Logiciels de calculs et de modélisations :	7
I. 7. Reconnaissances géotechniques effectuées :	7
II. PRESENTATION DU PROJET GEOTECHNIQUE :	8
II. 1. Description de l'état existant :	8
II. 2. Contexte du diagnostic géotechnique :	9
II. 3. Identification de la Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G) conformément à l'EUROCODE 7 :	11
II. 4. Limites d'utilisation des données :	12
III. DONNEES GEOTECHNIQUES GENERALES (ENQUETE DOCUMENTAIRE) :	13
III. 1. Contexte géologique général :	13
III. 2. Contexte hydrogéologique général :	14
III. 3. Etat des lieux des risques géologiques et géotechniques connus :	15
III. 3. 1. Aléa retrait-gonflement des argiles :	15
III. 3. 2. Plan de prévention des risques naturels :	15
III. 4. Etudes géotechniques antérieures :	16
IV. RESULTATS DES RECONNAISSANCES :	18
IV. 1. Plan d'implantation des reconnaissances géotechniques :	18
IV. 2. Analyse des résultats issus des fouilles de reconnaissance de fondation GINGER CEBTP :	18
IV. 2. 1. Résumé des résultats :	18
IV. 1. Etablissement des coupes géotechniques interprétatives :	19
IV. 1. 1. Cadre général :	19
IV. 1. 2. Construction des coupes :	19
IV. 2. Analyse des résultats issus des sondages pressiométriques :	21

IV. 3.	Analyse des résultats issus des sondages carottés :	23
V.	ETABLISSEMENT DU MODELE GEOTECHNIQUE (PHASE DIAGNOSTIC) :	24
V. 1.	Paramètres géomécaniques :	24
V. 2.	Paramètres sismiques :	25
VI.	ANALYSE DE STABILITE GENERALE DU SITE :	26
VI. 1.	Description générale de l'analyse :	26
VI. 2.	Instrumentation existante du mur de soutènement du parvis :	27
VI. 3.	Présentation des profils de calculs retenus pour les dimensionnements :	27
VI. 3. 1.	Hypothèses de calculs :	27
VI. 3. 2.	Position et justification des profils :	28
VI. 4.	Résultats de l'analyse de stabilité :	29
VI. 4. 1.	Coefficients de sécurité retenus conformément à l'EUROCODE 7 :	29
VI. 4. 2.	Justification de la stabilité des ouvrages à l'ELU :	29
VI. 5.	Synthèse et interprétation des résultats :	34
VII.	ANALYSE DE LA PORTANCE :	35
VIII.	RECOMMANDATIONS DE TRAVAUX :	36
IX.	DEFINITION DES INCERTITUDES ET ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS (AU STADE DU DIAGNOSTIC) :	37
X.	CONCLUSION GENERALE :	38

TABLE DES ILLUSTRATIONS :

Figure 1 : Photographie aérienne du site d'étude. Le site d'étude est repéré par le cercle rouge. ...	4
Figure 2 : Extrait cadastral du site (Source Cadastre.gouv). Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.....	8
Figure 3 : Photographie d'ensemble du contexte géotechnique. Les ruines en contrebas correspondent aux reliquats de l'ancienne école Pérochon.....	10
Figure 4 : Photographie détaillée du contexte géotechnique. Les ruines en contrebas correspondent aux reliquats de l'ancienne école Pérochon.....	10
Figure 5 : Vue verticale du contexte géotechnique mettant en évidence l'emprise de l'ancienne école Pérochon, les plateformes intermédiaires, le parvis et le clocher.	11
Figure 6 : Carte géologique au 1/50000 ^{ème} du site d'étude (Source Infoterre - BRGM). Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.....	13
Figure 7 : Photographies du puits observé sur le parvis, devant le clocher.....	14
Figure 8 : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles (Source Infoterre - BRGM). Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.	15
Figure 9 : Coupe schématique de la fouille de fondation réalisée en pied du mur de soutènement du parvis (Extrait du rapport GINGER CEBTP).	18
Figure 10 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.1.....	31
Figure 11 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.2.....	31
Figure 12 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.3.....	32
Figure 13 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.4.....	32
Figure 14 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 2.....	33

TABLE DES ANNEXES :

ANNEXES :	39
ANNEXE 1 : EXTRAITS DE LA NF P94-500 DE NOVEMBRE 2013 :	40
ANNEXE 2 : PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES :	43
ANNEXE 3 : RESULTATS DES SONDAGES CAROTTES :	44
ANNEXE 4 : RESULTATS DES SONDAGES SIC INFRA, EGSOL ET GINGER CEBTP :	49
ANNEXE 5 : ELEMENTS DE BIBLIOGRAPHIE :	50
ANNEXE 6 : RESULTATS DE L'INSTRUMENTATION OSMOS :	55
ANNEXE 7 : RESULTATS DES MODELISATIONS GEOSTAB :	56
ANNEXE 8 : COUPES GEOTECHNIQUES INTERPRETATIVES :	57

I. INTRODUCTION :

I. 1. Cadre général du projet :

La présente étude a été menée par le BET AEGIS-GROUPE à la demande du Ministère de la culture.

Cette étude porte sur un diagnostic géotechnique G5 du système de fondations du clocher de la Cathédrale St Apollinaire de Valence (26).

Cette étude vient en complément d'une précédente étude réalisée par le BET GINGER CEBTP qui s'est concentrée essentiellement sur l'analyse du mur de soutènement du parvis de la cathédrale.

Antérieurement à cette étude de GINGER CEBTP, la démolition du bâtiment de l'école Pérochon, situé Place Mirabel CHAMBAUD, compte tenu de son état de stabilité précaire, a suscité des inquiétudes de la part du maître d'ouvrage et de la ville de Valence. En effet, en l'absence de connaissances précises sur les modes constructifs de la cathédrale St Apollinaire et en particulier de son clocher, le maître d'ouvrage a entrepris d'effectuer une étude géotechnique complémentaire visant à évaluer l'influence de la démolition de l'école Pérochon sur la stabilité du site.



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 :

- Etude géotechnique de diagnostic G5 – Caractérisation du mur de soutènement du parvis – BET GINGER CEBTP.

Anciennes études :

- Rapport de mission G0+G51 du BET EGSOL : Extension et Rénovation du musée – Etude de faisabilité géotechnique, référencé R26/06/6398 BG - indice 0, en date du 26/06/2006 ;
- Note technique du BET EGSOL : Extension et Rénovation du musée – Note technique suite aux sondages de reconnaissance géotechnique complémentaires, référencé R26/06/6398 BG - indice 0, en date du 21/05/2007 ;
- Rapport de mission G12 du BET EGSOL : Extension et Rénovation du musée – Reconnaissance géotechnique sous futures assises de grue de chantier, référencé R26/07/6398 CG - indice 0, en date du 09/11/2007 ;
- Rapport de mission G5 du BET EGSOL : Extension et Rénovation du musée – Etude de la stabilité de l'assise d'une grue, référencé R26/06/6398 DG - indice 0, en date du 16/01/2008 ;
- Rapport de mission G12 du BET EGSOL : Extension et Rénovation du musée – Reconnaissance géotechnique sous futures assises de grue de chantier, référencé R26/07/6398 CG - indice 0, en date du 09/11/2007 ;
- Rapport de diagnostic du BET SIC INFRA : Diagnostic de soutènements, référencé 26.8A.3792.

Archives :

De nombreuses photographies de plans après analyse des archives ont été transmises par l'agence Trubert (source Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine) :

- Plans d'état des lieux de la cathédrale et des abords à différentes époques ;
- Différents projets de reconstruction du clocher de la cathédrale ;
- Coupes du mur de soutènement ;
- Projet « avorté » de création d'un grand escalier menant à la ville basse ;
- Disposition après travaux avec emplacement des différentes structures préexistantes ;
- Superposition en plan du nouveau clocher sur l'ancien.

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

I. 3. 1. Mission G5 :

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission géotechnique de diagnostic G5 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (voir classification des missions géotechniques type en annexe 1). A ce titre, elle ne comprend que les éléments spécifiques faisant l'objet de l'offre technico-financière, à savoir :

- L'analyse et le dépouillement des sondages géotechniques ;
- L'analyse du mode de fondation de l'avant de la cathédrale (clocher) ;
- L'analyse de stabilité globale des murs de soutènements en prenant en compte la charge de la cathédrale ;
- Un avis sur la compatibilité entre les travaux sur les soutènements et les fondations de la cathédrale (en cas de travaux de confortement nécessaires).

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 :

- Mener une étude géotechnique de conception ;
- Mener un diagnostic structurel des ouvrages ;
- Mener une analyse hydrologique/hydrogéologique du site.

I. 5. Documents techniques et normatifs de référence :

Documents généraux :

- Carte IGN « GEO PORTAIL » (1/25 000^{ème}) ;
- Feuille géologique « Valence » (1/50 000^{ème}).

Documents techniques et normatifs :

- EUROCODE 7 : Calcul géotechnique
 - o NF EN 1997-1-1 : Partie 1 : règles générales ;
 - o NF P94-261 : Fondations superficielles ;
 - o NF P 94-270 : Ouvrages de soutènements : remblais renforcés et massifs en sol cloué ;
 - o NF P 94-281 : Ouvrages de soutènements - Murs ;
- EUROCODE 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes
 - o NF EN 1998-1 : Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments ;
 - o NF EN 1998-5 : Partie 5 : Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.
- Documents Techniques Unifiés.

I. 6. Logiciels de calculs et de modélisations :

Les logiciels de calculs et de modélisations utilisés sont les suivants :

- GEOSTAB : Etude de stabilité des pentes et des talus renforcés.

I. 7. Reconnaissances géotechniques effectuées :

Les reconnaissances géotechniques réalisées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Observations géologiques, géomorphologiques et géotechniques de surface ;
- 3 Sondages carottés notés SC1 à SC3 de longueurs respectives 6,0 m, 4.17 m et 7.19 m.

Ces reconnaissances sont détaillées dans le plan d'implantation présenté en annexe 2.

II. PRESENTATION DU PROJET GEOTECHNIQUE :

II. 1. Description de l'état existant :

Le site d'étude occupe les parcelles cadastrales de la section AB n°339 (cathédrale + parvis) et n°355 (ancienne école Pérochon + terrains adjacents).

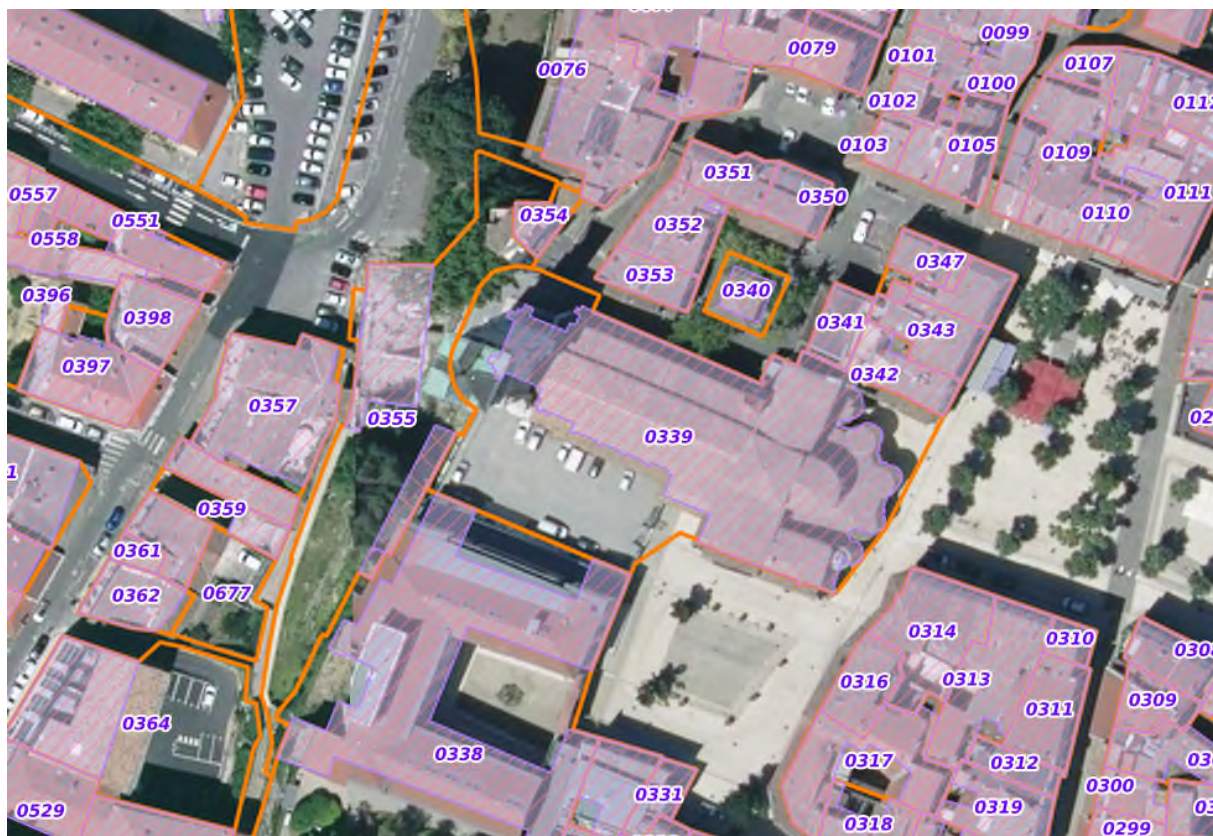


Figure 2 : Extrait cadastral du site (Source Cadastre.gouv). Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.

II. 2. Contexte du diagnostic géotechnique :

Compte tenu d'une vétusté avancée faisant craindre son effondrement, l'ancienne école Pérochon située Place Mirabel CHAMBAUD a été démolie par la mairie de Valence en 2019.

Ce bâtiment se situait directement en contrebas du clocher de la cathédrale St Apollinaire de Valence via une succession de murs de soutènement et de plateformes permettant d'aménager la différence topographique.

En parallèle de ces travaux d'aménagement, un projet de restauration de la cathédrale St Apollinaire est mené par le Maître d'Ouvrage et l'agence TRUBET, ACMH. Dans le cadre de ce projet de restauration, une étude de diagnostic géotechnique a été commandée au BET GINGER CEBTP pour analyser spécifiquement les murs de soutènement du parvis afin de s'assurer de leur stabilité.

Suite à la démolition de l'école Pérochon, les murs de soutènement ont également fait l'objet d'une analyse par le BET SIC INFRA (Novembre 2019) qui a alerté sur l'exposition potentielle du clocher de la cathédrale à être déstabilisé compte tenu de la configuration des murs de soutènement et du dénivelé important entre les ouvrages successifs.

Afin de synthétiser les conclusions de ces différentes études et suite aux conclusions du BET SIC INFRA, une mission de diagnostic complémentaire a été commandée par le Maître d'Ouvrage à AEGIS GROUPE pour analyser l'état de stabilité général du site entre l'emprise de l'ancienne école Pérochon et le clocher de la cathédrale St Apollinaire. Cette nouvelle analyse comprend des sondages complémentaires visant à caractériser le système de fondation du clocher, dont la configuration réelle (notamment l'encastrement) est déterminante pour affiner l'étude de stabilité générale du site.

Ce diagnostic géotechnique complémentaire s'appuie également sur des analyses bibliographiques issues de données d'archives collectées par l'Agence TRUBERT.



Figure 3 : Photographie d'ensemble du contexte géotechnique. Les ruines en contrebas correspondent aux reliquats de l'ancienne école Pérochon.



Figure 4 : Photographie détaillée du contexte géotechnique. Les ruines en contrebas correspondent aux reliquats de l'ancienne école Pérochon.



Figure 5 : Vue verticale du contexte géotechnique mettant en évidence l'emprise de l'ancienne école Pérochon, les plateformes intermédiaires, le parvis et le clocher.

II. 3. Identification de la Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G) conformément à l'EUROCODE 7 :

La zone d'influence géotechnique comprend le site d'étude dans son ensemble, tous les ouvrages construits mitoyens ou avoisinants et les chaussées attenantes.

En particulier, la zone d'influence géotechnique proche comprend :

Enjeux	Désignation	Distance	Niveaux
OUVRAGES	Cathédrale St Apollinaire et notamment le clocher	Mitoyen	> 40 m
	Parvis et place des Ormeaux	Mitoyen	-
	Mur de soutènement du parvis	Mitoyen	Environ 6 m
	Murs de soutènement de l'ancienne école Pérochon	Mitoyen	Environ 6 m
VOIERIES	Parvis et place des Ormeaux	Mitoyen	-
	Place Mirabel CHAMBAUD	Avoisinant	-

II. 4. Limites d'utilisation des données :

Les observations, recommandations, dimensionnements... présentés dans cette étude sont valables au moment de l'étude et pour les objectifs du diagnostic décrits précédemment.

Ces éléments ne tiennent pas compte des modifications du site ou du contexte géotechnique et qui n'auraient pas été signalées à AEGIS GROUPE. Ces éléments ne tiennent pas non plus compte d'aménagements éventuels futurs dans l'environnement du site et qui pourraient avoir des influences sur le présent diagnostic (terrassements, chargements, déchargements, modification des ouvrages ou de leur destination, modifications de l'état hydrique des terrains...).

III. DONNEES GEOTECHNIQUES GENERALES (ENQUETE DOCUMENTAIRE) :

III. 1. Contexte géologique général :

D'après la carte géologique « Valence » du BRGM, le site d'étude s'inscrit dans des formations alluvionnaires appartenant aux Terrasses de l'Armailler (notées Fya). Ces formations présentent une matrice sableuse contenant des galets de natures géologique variable. Localement ces alluvions peuvent présenter des lentilles purement sableuses et des zones indurées (poudingues).

Cette formation alluvionnaire est fortement développée en rive gauche du Rhône et constitue le soubassement de l'essentiel de la vieille ville de Valence. Ces terrasses perchées apportent le caractère surplombant à cette partie de la ville alors que les parties basses (ex : Place Mirabel CHAMBAUD) sont constituées d'alluvions fluviales plus récentes (notées Fz1).

L'épaisseur de ces alluvions est inconnue mais vraisemblablement très importante (supérieure à 30 m d'après les données du BRGM).



Figure 6 : Carte géologique au 1/50000^{ème} du site d'étude (Source Infoterre - BRGM). Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.

III. 2. Contexte hydrogéologique général :

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

- Aucune arrivée d'eau permanente n'a été mise en évidence sur le site ;
- Aucun rejet d'eau n'a été identifié sur le site ;
- Aucun niveau d'eau permanent n'est identifié sur le site ;
- Compte tenu du relief du site et des alentours, des circulations d'eau souterraines peuvent se produire, et existent vraisemblablement, notamment via des circulations souterraines sur le toit des alluvions et au sein de ceux-ci (caractère perméable) ;
- Le substratum alluvionnaire du site est perméable en raison de sa nature mais aussi « perméable en grand », c'est-à-dire via ses réseaux de discontinuités (fractures, joints, lentilles sableuses...). Les circulations au sein du substratum peuvent être importantes transitoirement lors de mises en charge ;
- L'imperméabilisation de l'environnement limite les infiltrations d'eau proches aux planches situées juste à l'amont des murs de soutènement. Des zones d'infiltrations plus éloignées existent vraisemblablement et entraînent alors les circulations d'eau souterraines décrites précédemment ;
- La topographie du site est propice à des écoulements d'amont vers l'aval, soit du parvis vers l'ancienne école Pérochon.

Un puits de collecte des eaux pluviales a été repéré sur le parvis devant le clocher. L'exutoire de ce puits n'est pas connu.



Figure 7 : Photographies du puits observé sur le parvis, devant le clocher.

Note : D'après les sondages réalisés par EGSOL en 2006, pas de présence d'eau hormis quelques venues d'humidité sur SP1.

III. 3. Etat des lieux des risques géologiques et géotechniques connus :

La commune de Valence dispose des documents suivants :

III. 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 est classé en site d'aléa faible.



Figure 8 : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles (Source Infoterre - BRGM). Le site d'étude est repéré par le cercle rouge.

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

La commune de Valence ne dispose pas de Plan de Prévention des Risques Naturels de mouvements de terrain.

III. 4. Etudes géotechniques antérieures :

Plusieurs études antérieures ont procédé à la réalisation de sondages géotechniques. Ces sondages sont implantés sur le plan de synthèse des reconnaissances disponible en annexe.

La liste des sondages étudiés et utilisables dans le cadre du présent diagnostic sont présentés ci-après :

Sondages EGSOL (Octobre 2007) :

- **SP1** : 7 m réalisé sur le parvis au Sud du clocher ;
- **SP2** : 7 m réalisé sur le parvis au Sud du clocher.

Seuls sont répertoriés, les sondages suffisamment proches de la zone d'étude et qui peuvent être analysés dans le cadre du présent diagnostic. Les sondages pressiométriques réalisés par le BET EGSOL dans le cadre de l'extension du Musée ont été analysés à titre informatif mais sont trop éloignés pour être intégrés au présent modèle.

Sondages SIC INFRA (Octobre 2019) :

- **SP1** : 20 m réalisé sur le parvis à l'Ouest du clocher ;
- **SP2** : 15 m réalisé sur le parvis au Nord du clocher ;
- **SP3** : 10 m réalisé sur la plateforme en aval du parvis (côté Sud) ;
- **SP4** : 11 m réalisé sur la plateforme en aval du parvis (côté Nord) ;
- **SP5** : 10 m réalisé dans l'emprise de l'ancienne école Pérochon (côté Sud) ;
- **SP6** : 10 m réalisé dans l'emprise de l'ancienne école Pérochon (côté Nord) ;
- **FP1** : Fouille à la pelle mécanique de fondation : réalisée en pied du mur du parvis (proche du clocher) = fouille avortée ;
- **FP2** : Fouille à la pelle mécanique de fondation : réalisée en pied du mur du parvis (côté Place des Ormeaux) ;
- **FP3** : Fouille à la pelle mécanique de fondation : réalisée en pied du mur arrière de l'ancienne école Pérochon ;
- **FP4** : Fouille à la pelle mécanique de fondation : réalisée en pied du mur arrière de l'ancienne école Pérochon.

Sondages GINGER CEBTP (Juin 2020) :

- **SP1** : 10 m réalisé sur le parvis à l'Ouest du clocher ;
- **SP2** : 10 m réalisé sur le parvis (Place des Ormeaux) ;
- **SC1 + Pz** : 10 m réalisé sur le parvis à l'Ouest du clocher ;
- **SCM1** : Sondage carotté manuel : réalisé dans le mur de soutènement du parvis (proche du clocher) ;
- **SCM2** : Sondage carotté manuel : réalisé dans le mur de soutènement du parvis (côté Place des Ormeaux) ;
- **FM1** : Fouille manuelle de fondation : réalisée en pied du mur du parvis (côté Place des Ormeaux) ;

- **FM2** : Fouille manuelle de fondation : réalisée en pied du mur du parvis (proche du clocher).

Sondages AEGIS GROUPE (Avril 2021) :

- **SC1** : 6 m : horizontal : réalisé dans le mur de soutènement du parvis, à l'aval du clocher ;
- **SC2** : 4.17 m : 60° sous l'horizontal : réalisé dans le mur de soutènement du parvis, à l'aval du clocher ;
- **SC3** : 7.19 m : 35° sous l'horizontal : réalisé dans le mur de soutènement du parvis, à l'aval du clocher.

IV. RESULTATS DES RECONNAISSANCES :

IV. 1. Plan d'implantation des reconnaissances géotechniques :

Le plan d'implantation synthétique des reconnaissances est présenté en annexe 2.

IV. 2. Analyse des résultats issus des fouilles de reconnaissance de fondation GINGER CEBTP :

IV. 2. 1. Résumé des résultats :

Le BET GINGER CEBTP a réalisé deux fouilles manuelles de fondation en pied du mur de soutènement du parvis. Dans le cadre de la présente étude, c'est la fouille réalisée à l'aplomb du clocher qui est spécifiquement étudiée.

Le schéma de la fouille est extrait du rapport de GINGER CEBTP :

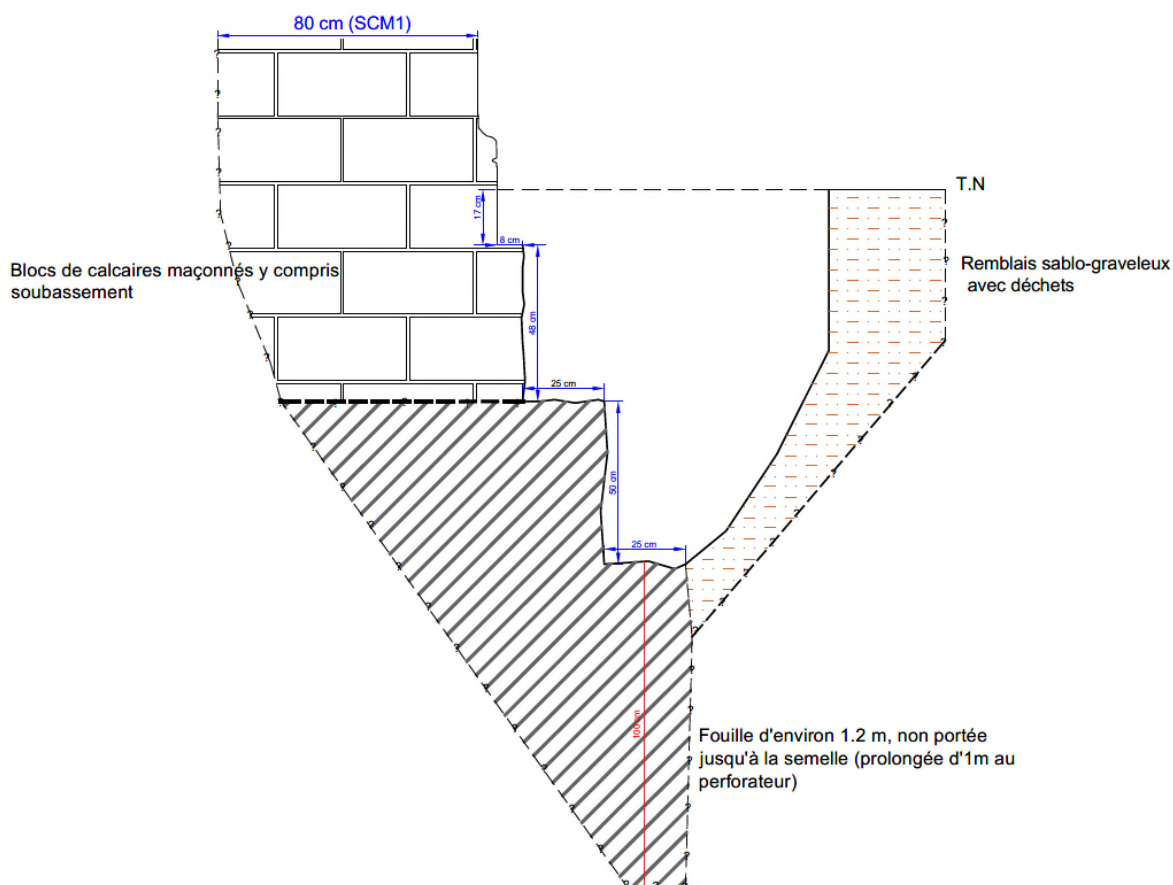


Figure 9 : Coupe schématique de la fouille de fondation réalisée en pied du mur de soutènement du parvis (Extrait du rapport GINGER CEBTP).

Cette fouille permet de mettre en évidence que le soubassement maçonné du mur se poursuit en profondeur avant de s'appuyer sur un massif en béton grossier. Ce massif a été reconnu au perforateur et révèle une épaisseur minimale de 1 m.

IV. 1. Etablissement des coupes géotechniques interprétatives :

IV. 1. 1. Cadre général :

Afin d'analyser la stabilité d'ensemble du site, une coupe géotechnique interprétative a été établie entre le clocher de la cathédrale et le niveau de la Place Mirabel CHAMBAUD.

Au regard de l'analyse des résultats de sondages, une singularité a été mise en évidence au niveau du parvis situé devant le clocher. Cette singularité est la présence d'un contrefort reliant le mur de soutènement du parvis et le clocher de la cathédrale. En raison de cette singularité, mise en évidence par les sondages de GINGER CEBTP, une seconde coupe géotechnique interprétative a été établie.

Il convient de considérer ces coupes comme interprétatives. Ainsi, ces coupes sont établies sur la base de l'interprétation d'un faisceau de données issues des sondages des différentes campagnes mais aussi de l'analyse des données bibliographiques. Ces coupes constituent par conséquent une synthèse de la configuration la plus probable. Elle n'est en aucun cas un état des lieux certain et extrapolable sur l'emprise des ouvrages. En outre, la coupe ne permet pas de prendre en considération l'état sanitaire des éléments.

IV. 1. 2. Construction des coupes :

Ci-après sont indiquées les observations, interprétations et hypothèses principales à l'origine de l'établissement des coupes géotechniques interprétatives :

Coupe section courante :

- Le forage SC1 (AEGIS GROUPE) a mis en évidence l'existence d'un massif de fondations en pierres de calcaire blanc en profondeur. Le niveau d'atteinte permet d'identifier les bords de ce massif qui sont visibles en surfaces (dallages calcaires) ;
- Le sondage SC3 (AEGIS GROUPE) a mis en évidence la présence d'un massif en béton non ferrailé sous le massif en pierres de calcaire blanc. Ce massif béton est diagnostiqué en raison de la présence de galets et graves de natures différentes et de taille relativement calibrée. De plus, des rares défauts de bétonnage et des fragments de briques sont observés attestant de la nature anthropique du matériau ;
- Le sondage SP2 (SIC INFRA) indique précisément la hauteur de remblais entre le massif en pierres calcaires et le mur de soutènement du parvis (hors de l'emprise du contrefort). Le sondage localise le débord du massif en béton à 6.80 m de profondeur ;
- Le sondage SP2 (SIC INFRA) semble confirmer l'épaisseur du massif béton jusqu'à 10 m de profondeur minimum car les valeurs pressiométriques diminuent au-delà de cette profondeur. Cependant, si on se réfère aux cuttings, la présence du massif béton pourrait être jusqu'à 12 m de profondeur où la couleur des remontées change et devient similaire aux remontées observées sur d'autres sondages destructifs hors de l'emprise de la fondation du clocher (beige) ;
- On notera que la coupe est confirmée par le SP2 (SIC INFRA) qui révèle le massif béton dès 6.20 m de profondeur et jusqu'à 15 m. Il est possible que la topographie initiale

du site ait requis des rattrapages en béton supplémentaires pour atteindre un terrain d'assise convenable où pour compenser une particularité topographique locale (ex : compenser la hauteur du mur de rempart bordant la place en contrebas).

Coupe contrefort :

- Les sondages SC1 et SP2 (GINGER CEBTP) ont été réalisés côte à côte et ont intercepté un contrefort en béton à faible profondeur. L'analyse de la bibliographie confirme ce point ;
- Le SP2 (GINGER CEBTP) indique précisément l'arase supérieure du contrefort. La cote de cette arase est confirmée par le SC1 (GINGER CEBTP) qui repère le béton à des profondeurs équivalentes modulo les imprécisions de prélèvements et les mélanges. Cette arase est repérée à 2.60 m de profondeur sous le parvis devant le clocher ;
- Ces deux sondages révèlent la présence de béton jusqu'à 10 m de profondeur minimum (arrêt des sondages) ;
- On peut estimer que le contrefort est à la même profondeur d'encastrement que le reste du massif de la cathédrale, soit au moins 10 m sous le parvis.

Concernant le mur de soutènement en maçonnerie blanche :

- L'épaisseur du parement de pierres blanches de ce mur est estimée à 0.8 m (cf SCM1 GINGER CEBTP et SC1 AEGIS GROUPE) ;
- Derrière ce mur en maçonneries, le sondage SC1 (AEGIS GROUPE) révèle environ 2.20 m de béton grossier de remplissage. Au-delà de ce remplissage en béton grossier, un remplissage en graves grossières (galets utilisés en ballast) est identifié avant d'atteindre le massif de fondation maçonné. Les épaisseurs de remplissage en béton grossier ne sont pas précises mais semblent cohérentes avec les données archivistiques. Une récupération difficile des carottes au niveau du SC1 (AEGIS GROUPE) laisse penser que l'épaisseur de gros béton est légèrement surestimée dans le compte rendu de sondage. Cette donnée est donc corrigée en réduisant cette épaisseur afin de conserver plus de cohérence par rapport à la configuration globale et aux données issues de SC3 ;
- La configuration du mur en coupe présente donc un élargissement en partie basse. En l'absence de données de sondages sur la partie haute, la configuration du mur est dessinée sur la base de la coupe de 1860 (archives) ;
- Cette configuration est cohérente avec le positionnement supposé du massif de fondation du clocher en partie inférieure ;
- Le sondage SC2 (AEGIS GROUPE) permet de connaître la nature de l'assise du mur de soutènement ;
- Sous la fondation du mur (SC2 AEGIS GROUPE), la nature de l'assise est incertaine entre gros béton (broyé par le carottage) et donc continuité avec le massif béton du clocher ou terrain naturel à galets.

Coupe géologique :

- La position du terrain compact attribué par hypothèses aux alluvions des terrasses sont repérées par SP3 (SIC INFRA) à 4.4 m de profondeur en partie Sud-Ouest du clocher. On notera qu'au niveau de SP4, en partie Nord-Ouest du clocher, la cote du toit des alluvions compactes est reconnue plus haut (3 m de profondeur) ;
- Ces alluvions sont identifiées sur tous les sondages du site (SIC INFRA, EGSOL).

Il résulte de tous ces éléments :

- Une fondation du clocher de la cathédrale sur un massif de pierres calcaires d'environ 6.80 m d'épaisseur, lui-même sur un massif en béton d'environ 3.20 m d'épaisseur minimum et potentiellement plus localement ;
- Le massif béton est appuyé directement sur les alluvions du site ;
- La configuration et les épaisseurs évaluées en sondages sont cohérentes avec les données archivistiques et notamment la coupe de 1849 qui indique « béton 3.00 m de profondeur » ;
- L'ensemble de la fondation du clocher est probablement en contact avec la fondation du mur de soutènement. Une liaison existe même au niveau du contrefort mis en évidence. Un second contrefort symétrique dans l'axe longitudinal de la cathédrale existe très certainement.

Note : Sur les coupes figurent les sondages qui n'ont pas nécessairement été réalisés dans l'axe de la coupe. Ils sont présentés pour comprendre les hypothèses de construction de la coupe.

IV. 2. Analyse des résultats issus des sondages pressiométriques :

Les sondages pressiométriques résultent de la superposition de forages destructifs suivis d'essais réalisés à différentes profondeurs au sein du même terrain par introduction d'une sonde pressiométrique dans le trou de forage.

Au cours de l'intervention, l'analyse des « cuttings » (débris de forage) fournit des renseignements sur la nature des terrains traversés.

Pour la réalisation de l'essai, l'opérateur va gonfler progressivement la sonde dans le trou du forage jusqu'à provoquer la rupture du terrain en mesurant à intervalles réguliers la pression de gonflement et le volume d'injection.

L'essai permet de calculer les caractéristiques pressiométriques des terrains :

- Pression de fluage nette (P_f^*),
- Pression limite de rupture nette (P_l^*),
- Module pressiométrique de Ménard (E_m).

Les résultats présentés ci-après sont issus des sondages de SIC INFRA :

SP1			SP2			SP3		
Z	EM	PI*	Z	EM	PI*	Z	EM	PI*
1	0,4	0,1	1	0,2	0,1	1	12,9	1,1
2	0,6	0,15	2	0,1	0,1	2	9,3	1,5
3	0,5	0,1	3	0,5	0,15	3	12,2	1,7
4	0,5	0,15	4	0,8	0,15	4	8,1	1,3
5	3	0,5	5	1,7	0,3	5	17,4	2,5
6	0,9	0,15	6	1,1	0,2	6	40	2,5
7,0	134,0	2,5	7	2,5	0,3	7	50,8	2,5
8,0	121,1	2,5	8,0	86,0	2,5			
9,0	166,4	2,5	9,0	24,8	2,5			
10,0	30,5	2,5	10,0	54,6	2,5			
11	5,1	1,1	11,0	83,8	2,5			
12	17,3	2,5	12,0	83,1	2,5			
13	36,1	2,5	13,0	82,4	2,5			
14	35,5	2,5	14,0	113,9	2,5			
15	62,5	2,5	Distinction béton et alluvions délicate					
16	56,4	2,5						

SP4			SP5			SP6		
Z	EM	PI*	Z	EM	PI*	Z	EM	PI*
1	3,7	0,65	1	0,3	0,1	1	4,5	0,6
2	4,5	0,7	2	0,3	0,1	2	0,1	0,1
3	8	0,9	3	31,3	1,7	3	4,4	0,5
4	12,8	1,2	4	40,4	2,5	4	0,3	0,1
5	13,5	1,5	5	23,5	2,5	5	0,5	0,2
6	77,3	2,5	6	32	2,5	6	7,6	1
7	53,4	2,5	7	18,4	2,5	7	5,3	0,8
8	42,1	2,5	8	41,1	2,5	8	54,2	2,5
9	40	2,5	9	81,4	2,5	9	71,3	2,5
10	63	2,5						

	Remblais de surface
	Massif béton supposé
	Alluvions moyennement compactes

Note : On remarque que les pressions limites pl^* sont souvent bornées à 2.5 MPa ce qui traduit la limite de la sonde. La pression limite intrinsèque du matériau testé est supérieure. Les sondages pressiométriques réalisés par le BET EGSOL donnent des paramètres pressiométriques équivalents pour les alluvions moyennement compactes.

Note : Pour les sondages SP1 et SP2, la transition entre le massif béton et le terrain naturel n'est pas identifiable.

IV. 3. Analyse des résultats issus des sondages carottés :

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

Sondage	Lithologies	Longueur (m)	Cote de tête (NGF)	Cote atteinte (NGF)
SC1	De 0 à 0.75 m : Pierres de parement blanche (calcaire gréseux) ; De 0.75 à 1 m : Pierre de taille marron-vert (grès) ; De 1 à 3 m : Béton grossier avec fragments de pierres de toutes natures (grès, calcaire, briques, granit...) dans un mortier de chaux ; De 3 à 5.30 m : Remblais pulvérulent en fragment de pierres majoritairement calcaires ; De 5.30 à 6 m : Pierres de taille en calcaire blanc.	6		
SC2	De 0 à 3 m : Béton grossier avec fragments de pierres de toutes natures (grès, calcaire, briques, granit...) dans un mortier de chaux ; De 3 m à 4.17 m : Galets de toutes natures lithologiques (matrice lavée).	4.17 (Inclinaison 60°)		
SC3	De 0 à 1.40 m : Pierres de taille calcaire (premiers morceaux fragmentés par la foreuse) ; De 1.40 m à 1.5 m : Passage de mortier de chaux avec fragments de briques ; De 1.5 m à 2.10 m : Pierres maçonnées ; De 2.10 m à 2.6 m : Passage de mortier de chaux avec fragments de briques ; De 2.6 m à 3 m : Pierre maçonnée ; De 3 m à 3.30 m : Galets de toutes natures lithologiques ; De 3.30 m à 7.19 m : Béton fragmenté.	7.19 (Inclinaison 35°)		

Les inclinaisons sont données par rapport à l'horizontale.

V. ETABLISSEMENT DU MODELE GEOTECHNIQUE (PHASE DIAGNOSTIC) :

V. 1. Paramètres géomécaniques :

Les paramètres géomécaniques suivants sont issus des sondages réalisés (différentes campagnes) et de l'expérience dans des terrains similaires :

Lithologie	γ_h (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	E_M (MPa)	PI^* (MPa)	α
Remblais du parvis et terrains de couverture aval	18	0	35	0.5	0.3	(1)
Massif en maçonneries	24	200	100	-	-	-
Massif en béton	20	200	100	-	-	-
Béton grossier de remplissage	20	100	100	64.8	2.5	2/3 (2)
Mur de soutènement en maçonneries	24	100	50	-	-	-
Alluvions compactes	22	10	35	21.3	2.1	1/4 (3)

Notations :

- γ_h : poids volumique humide ;
- c' : cohésion effective (paramètre long terme) ;
- ϕ' : angle de frottement interne effectif (paramètre long terme) ;
- E_M : Module pressiométrique de Ménard ;
- pl^* : pression limite nette ;
- pf^* : pression de fluage nette ;
- α : coefficient rhéologique de Ménard ;
- Q_s : contrainte de frottement latéral unitaire ;

(1) : Les essais pressiométriques sont trop faibles pour pouvoir caractériser réellement le matériau ;

(2) : D'après NF P94-262 : Hypothèse de rocher très altéré.

(3) : D'après NF P94-262 : Hypothèse de graves.

Notes :

- Les PV de sondages sont présentés en annexes.
- Les caractéristiques pressiométriques (E_M , PI^* et Pf^*) correspondent aux moyennes des valeurs obtenues par couche : E_M = Moyenne harmonique / PI^* et Pf^* = Moyenne géométrique.

Les valeurs pressiométriques sont issues des sondages de SIC INFRA. On note que les valeurs obtenues dans les remblais sont extrêmement faibles et leur emploi dans des calculs est hasardeux.

Les distinctions entre couches et notamment entre le massif béton et les alluvions compactes est délicat. Les paramètres pressiométriques figurés pour le massif béton sont uniquement informatifs en raison de l'impossibilité de caractériser de manière fiable le massif de fondation uniquement sur la base de ces essais.

V. 2. 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 ;
- Du décret n°2010-1255 du 22 Octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

D'un point de vue sismique, la ville de Valence est classée en zone 3, dite d'exposition moyenne.

Dans le cadre de ce diagnostic, les éventuelles sollicitations sismiques ne sont pas prises en compte.

Les ouvrages ne présentent pas de garantie de stabilité en cas de séisme.

Les couches de sol de fondation sont classées B voire C. Des sondages profonds seraient nécessaires pour caractériser plus précisément cet aspect.

VI. ANALYSE DE STABILITE GENERALE DU SITE :

VI. 1. Description générale de l'analyse :

L'objectif du présent diagnostic est de comprendre le mode constructif de l'avant de la cathédrale St Apollinaire (clocher) afin de mener une analyse de stabilité au regard de l'enchaînement des murs de soutènements successifs situés en contrebas. On notera que ce clocher date de la fin du XIX^{ème} siècle, l'ouvrage ayant été détruit puis reconstruit à plusieurs reprises au cours de l'Histoire.

L'influence de la démolition de l'ancienne école Pérochon est également évaluée.

L'analyse de stabilité est menée selon la méthode de Bishop et vise à obtenir un coefficient de sécurité générale $F > 1.0$. Pour mener cette analyse, il convient de dresser la coupe géotechnique des ouvrages et des horizons géologiques afin d'évaluer la stabilité de l'ensemble.

Le cadre de cette analyse de stabilité est le suivant :

- Analyse globale du site entre le clocher et le site de l'ancienne école Pérochon. Cette analyse est dite globale car elle évalue la stabilité de l'ensemble au regard des données connues au moment de la rédaction de cette étude. Cette analyse ne porte pas sur la stabilité particulière des ouvrages ou de zones plus réduites. Le but premier est d'analyser s'il y a interaction potentielle entre le bulbe de contraintes de la fondation du clocher et les ouvrages de l'ancienne école Pérochon ;
- Cette analyse porte sur l'évaluation de l'état de stabilité du site dans son état actuel. Elle ne porte pas sur prise en compte des sollicitations sismiques ou d'autres sollicitations extérieures (vent...) ;
- Cette analyse est menée sans coefficients de sécurité partiels en raison du fait qu'il s'agit d'une analyse globale de l'état actuel. On pourra cependant retenir qu'un coefficient de sécurité global de $F \geq 1.5$ est recherché ;
- L'analyse de stabilité globale est exclusivement menée à l'ELU ;
- Il ne s'agit pas d'une analyse de la bonne réalisation du clocher de la cathédrale St Apollinaire.

On notera qu'actuellement, aucun désordre n'est observé sur les ouvrages de soutènement, le parvis ou le clocher.

VI. 2. Instrumentation existante du mur de soutènement du parvis :

Une instrumentation a été mise en place par la ville de Valence sur le mur de soutènement du parvis suite à la démolition de l'école Pérochon.

Cette instrumentation a été mise en place avant la démolition et se poursuit au moment de la rédaction de la présente étude.

Les mesures sont analysées par le BET OSMOS depuis le 25/03/2019. Les résultats jusqu'au 08/10/2020 nous ont été transmis pour lecture.

Ces mesures ne révèlent pas de mouvements significatifs laissant présager une mise en mouvement générale. Toutefois, des événements relativement courts de déformation ont été mesurés sans que leur origine ne soit clairement établie.

Ainsi, l'instrumentation est plutôt rassurante en termes de résultats mais devrait être poursuivie afin d'en savoir davantage sur ces événements de déformations ponctuelles et statuer sur l'absence de mouvements du mur de soutènement du parvis, à l'amont de l'ancienne école Pérochon.

Le compte rendu des mesures est présenté en annexe.

VI. 3. Présentation des profils de calculs retenus pour les dimensionnements :

VI. 3. 1. Hypothèses de calculs :

Les hypothèses géotechniques considérées pour ces analyses de stabilité sont les suivantes :

- Terrains drainés et absence de nappe ;
- Sondages géotechniques issus de plusieurs campagnes de reconnaissances de plusieurs BET différents ;
- Descentes de charges du clocher issues des estimations du BET EQUILIBRE STRUCTURES :

5/ FONDATIONS									
Masse volumique sol comprimé	rho	18.00	kN/m ³						
Masse volumique fondation	rho	24.00	kN/m ³						
Masse volumique fondation	rho	20.00	kN/m ³						
Fondation de +0.70 à -6.80m									
Surface	l	223.20	m ²			Volume de la fondation	Vf	1674.00	m ³
Hauteur	h	7.50	m			Charge totale	Gf1	40176.00	kN
Fondation de -6.80 à -10.00m									
Surface	l	357.78	m ²			Volume de la fondation	Vf	1144.90	m ³
Hauteur	h	3.20	m			Charge totale	Gf2	22897.92	kN
Recharge sur fondation de -6.80 à -10.00m									
Surface	l	134.58	m ²			Volumer	Vf	193.80	m ³
Hauteur	h	2.68	m			Charge totale	Gs2	3488.31	kN
6/ BILAN									
G total en pied de 1 pilier				Gtot	11668.31 kN	1189.43 tonnes			
Surface en pied de pilier				Spi	26.23 m ²				
Contrainte en pied de pilier				opi	0.44 kN/m ² MPa				
G total sans fondation à +0.70m				Gtot	46673.23 kN	4757.72 tonnes			
G total avec fondation à -6.80m				Gtot	86849.23 kN	8853.13 tonnes			
Surface de fondation à -6.80m				Sf1	223.20 m ²				
Contrainte de sol à -6.80m				os1	0.39 kN/m ² MPa				
G total avec fondation à -10m				Gtot	113235.46 kN	11542.86 tonnes			
Surface de fondation à -6.19m				Sf1	357.78 m ²				
Contrainte de sol à -10.00m				os2	0.32 kN/m ² MPa				
(Valeurs non pondérées)									

VI. 3. 2. Position et justification des profils :

Le profil considéré dans l'analyse a été établi par ART GRAPHIQUE et PATRIMOINE. Ce profil est assez représentatif de la partie Ouest du parvis même si la distance des ouvrages de soutènement par rapport au clocher varie latéralement.

Ce profil de calculs est établi sur la base d'interprétations et d'hypothèses issues des sondages. Des incertitudes relatives à des variations latérales de la configuration ou des anomalies locales peuvent exister.

De plus, les sondages ne permettent pas de statuer sur l'état sanitaire de ces ouvrages enterrés, notamment les massifs de fondation.

VI. 4. Résultats de l'analyse de stabilité :

VI. 4. 1. Coefficients de sécurité retenus conformément à l'EUROCODE 7 :

Les calculs de stabilité sont réalisés en utilisant la méthode de calculs globale sans application de coefficients de sécurités partiels.

Cette méthode de calcul vise à obtenir un coefficient de sécurité générale $F > 1.5$.

VI. 4. 2. Justification de la stabilité des ouvrages à l'ELU :

Deux analyses de stabilité sont menées :

- **Analyse 1** : En modélisant le massif de fondation et en appliquant la charge du clocher en surface. Cette analyse permet d'analyser des ruptures passant par le massif de fondation ;
- **Analyse 2** : En ne modélisant pas le massif de fondation et en appliquant directement la charge du clocher + du massif de fondation en profondeur. Cette analyse se focalise sur les ruptures du sol sous la fondation.

Les justifications menées sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Stabilité	Type ELU	Approche de calcul	Méthode de calculs	Commentaires
Analyse 1	(GEO) Statique	Unitaire	GEOSTAB Rupture circulaire Bishop	Rupture passant par les massifs de fondations
Analyse 2	(GEO) Statique	Unitaire	GEOSTAB Rupture circulaire Bishop	Rupture n'intéressant que les couches de sol

Note : Le mur de soutènement du parvis en lui-même est considéré comme monolithique. Sa stabilité propre n'est pas étudiée.

L'analyse 1 est menée avec une analyse paramétrique des coefficients de sécurité globaux en faisant varier les valeurs de la cohésion C' et de l'angle de frottement Φ' (pour des paramètres de sol de fondation fixes). Cette analyse paramétrique permet de peser l'influence de la valeur de ces paramètres (et donc l'influence de la résistance propre du massif de fondation) sur la stabilité globale.

L'analyse porte sur 4 couples de valeurs :

- Massif béton : $c = 0 \text{ kPa}$ – $\Phi = 30^\circ$ / Massif en maçonneries : $c = 200 \text{ kPa}$ – $\Phi = 50^\circ$: qui correspondrait à un bon état du massif en maçonneries mais un béton entièrement dégradé ;
- Massif béton : $c = 65 \text{ kPa}$ – $\Phi = 35^\circ$ / Massif en maçonneries : $c = 65 \text{ kPa}$ – $\Phi = 35^\circ$: qui correspondrait à un état moyen des deux massifs (en maçonneries et en béton) ;

- Massif béton : $c = 110 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$ / Massif en maçonneries : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$: Etat limite du massif béton pour justifier la stabilité ;
- Massif béton : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$ / Massif en maçonneries : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$: qui correspondrait à un bon état des deux massifs.

L'analyse 2 est basée sur l'hypothèse que le massif de fondation du clocher est en bon état et que par conséquent, ne sont étudiées que les surfaces de ruptures pouvant se produire dessous. La modélisation prévoit donc une application des charges en partie inférieure du massif qui n'est pas modélisé lui-même.

VI. 4. 2. 1. Résultats de l'analyse 1 :

Le détail des calculs est disponible en annexe du document. Les résultats synthétiques sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

Synthèse des résultats Analyse 1 :			
Stabilité	Type ELU	Facteur de sécurité obtenu	Commentaires
Analyse 1	Statique 1.1 : Massif béton : $c = 0 \text{ kPa} - \Phi = 30^\circ$; Massif en maçonneries : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$.	0.835	Pas Ok
	Statique 1.2 : Massif béton : $c = 65 \text{ kPa} - \Phi = 35^\circ$; Massif en maçonneries : $c = 65 \text{ kPa} - \Phi = 35^\circ$.	1.220	Pas Ok
	Statique 1.3 : Massif béton : $c = 110 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$; Massif en maçonneries : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$.	1.504	Ok
	Statique 1.4 : Massif béton : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$; Massif en maçonneries : $c = 200 \text{ kPa} - \Phi = 50^\circ$.	1.638	Ok

L'analyse est menée selon la coupe sans contrefort. La présence des contreforts a un impact stabilisateur par liaisonnement de l'ensemble.

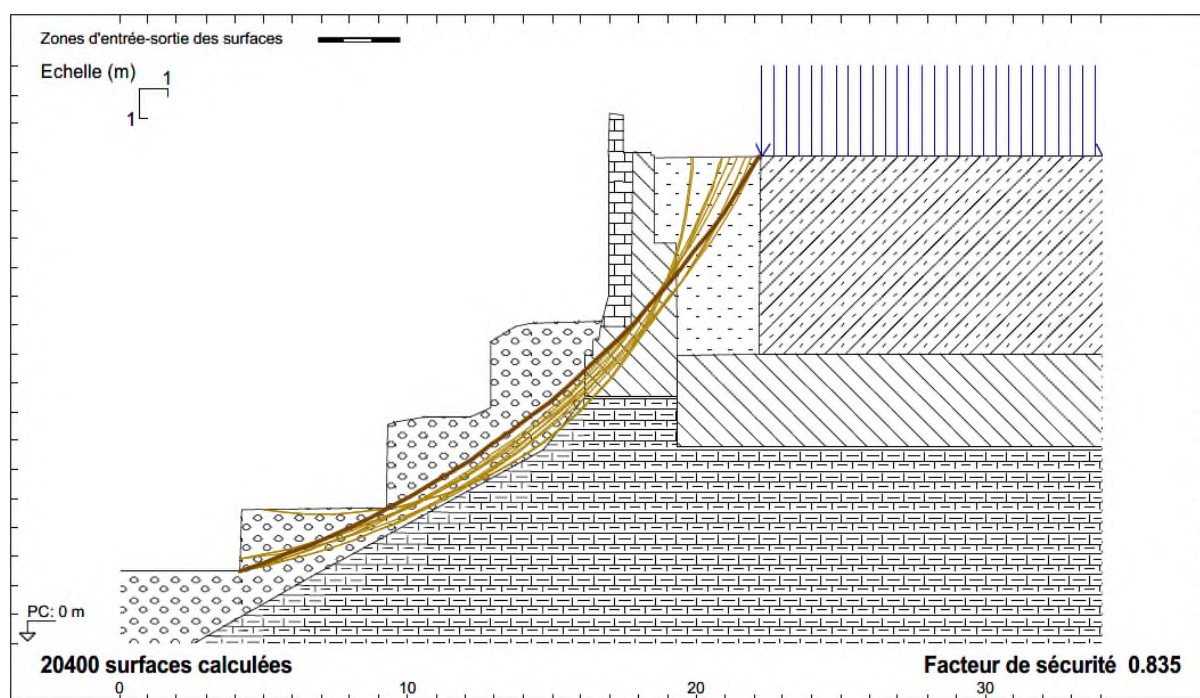


Figure 10 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.1.

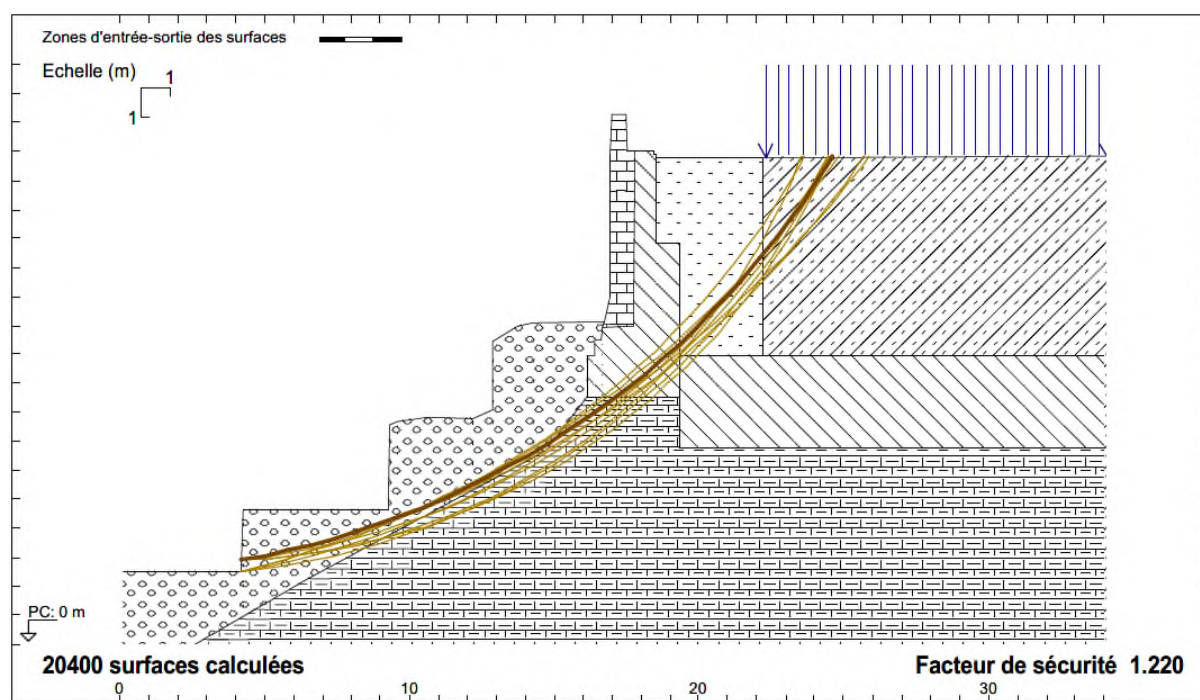


Figure 11 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.2.

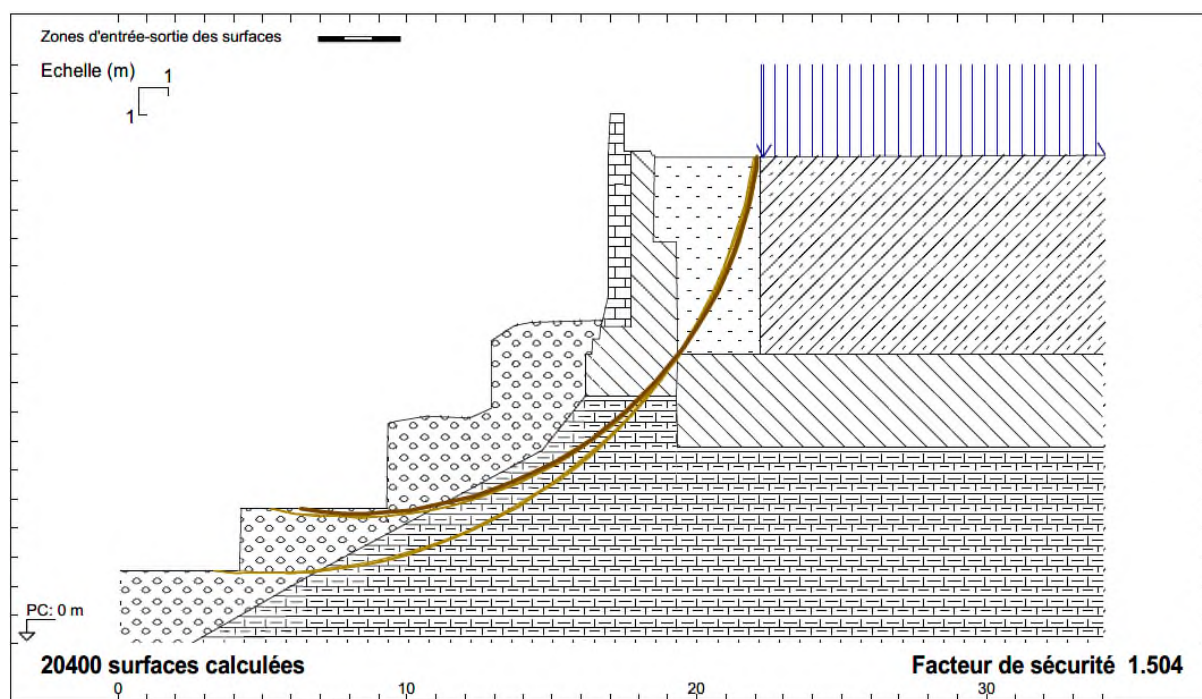


Figure 12 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.3.

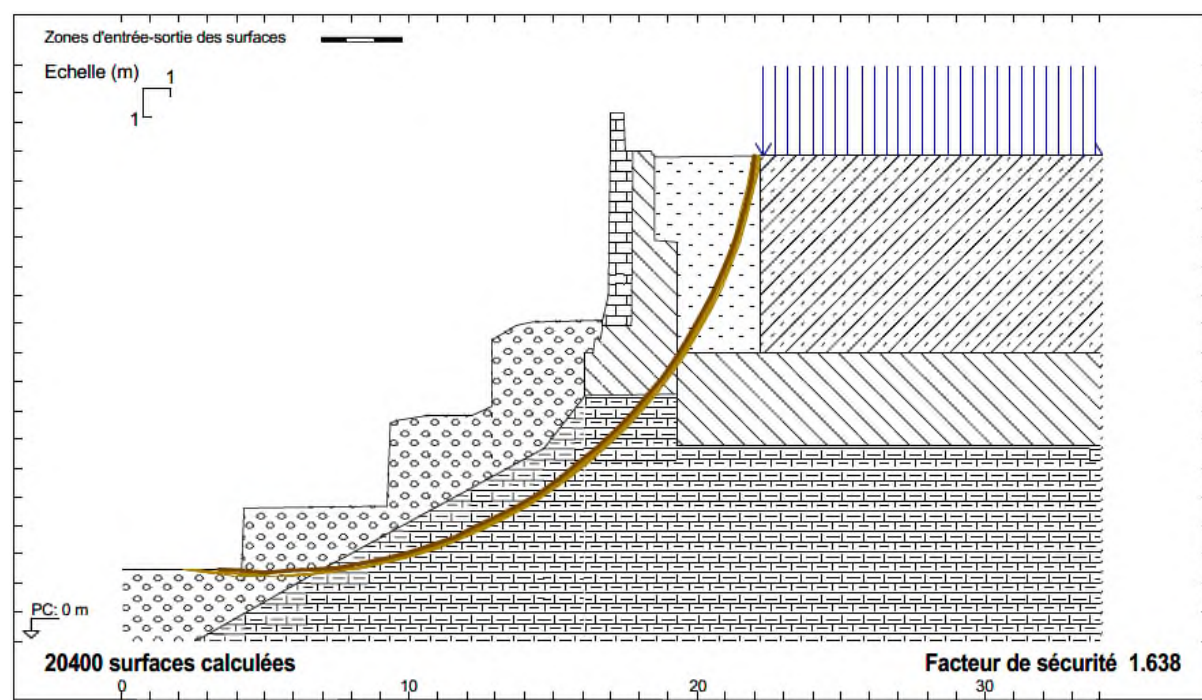


Figure 13 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 1.4.

VI. 4. 2. 1. Résultats de l'analyse 2 :

Le détail des calculs est disponible en annexe du document. Les résultats synthétiques sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

Synthèse des résultats Analyse 2 :			
Stabilité	Type ELU	Facteur de sécurité obtenu	Commentaires
Analyse 2	Statique 2 : Pas de massif de fondation du clocher.	1.882	Ok

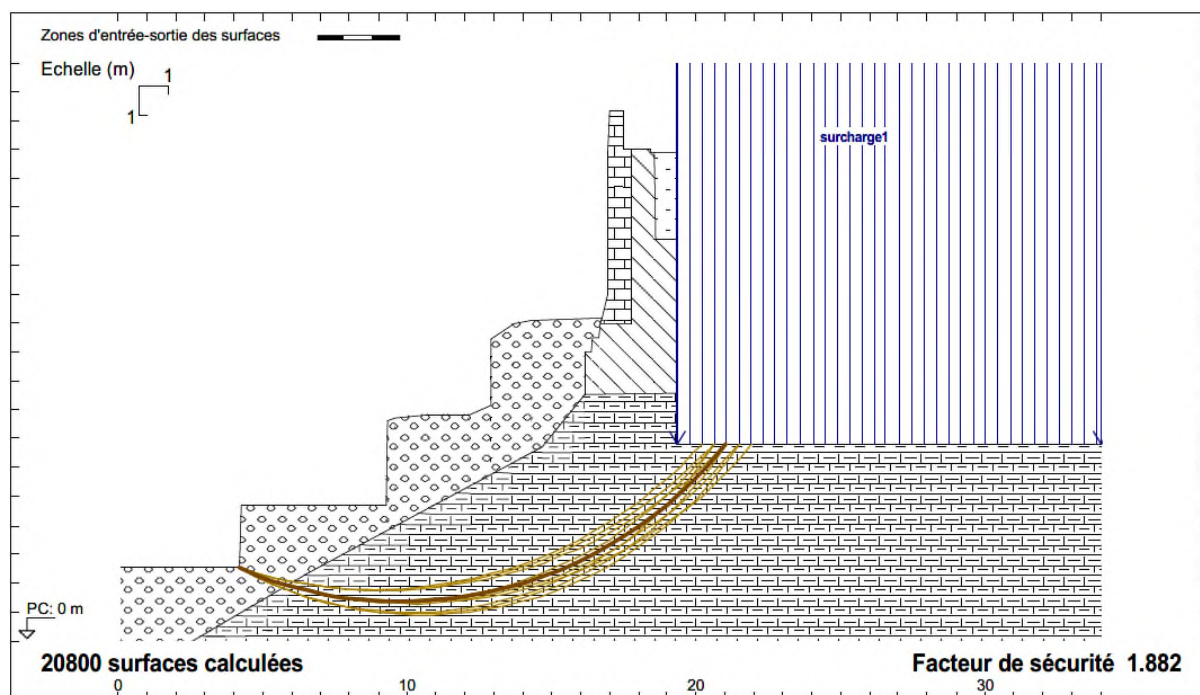


Figure 14 : Illustration de l'analyse de stabilité globale - Analyse 2.

VI. 5. Synthèse et interprétation des résultats :

L'analyse 1 permet de montrer comment pourrait se produire une rupture globale du site en tenant compte de la possibilité de ruptures au sein du massif de fondation en lui-même (pour un même sol de fondation).

Il ressort de ces analyses que :

- Si le massif de fondation, notamment les maçonneries, est en bon état (paramètres de cisaillement satisfaisants), les surfaces de ruptures passent hors de celui-ci et se verticalisent derrière le mur de soutènement (analyses 1.1, 1.3 et 1.4). Dès lors, la résistance du massif béton entre le mur de soutènement et le massif du clocher est déterminante dans la valeur du coefficient de sécurité. Plus les paramètres de cisaillement sont importants plus le coefficient de sécurité global est élevé ;
- Si le massif de fondation est en mauvais état, les surfaces de ruptures pénètrent dans ce dernier (analyse 1.2). La valeur du coefficient de sécurité est alors proportionnelle aux paramètres de cisaillement de la fondation ;
- Si le sol de fondation venait à se rompre, les tassements induits pourraient entraîner la rupture du massif de fondation. Aucun élément ne permet aujourd'hui d'indiquer une potentialité d'occurrence de ce phénomène.

Ces sous analyses permettent d'indiquer qu'au-delà de la stabilité du site, la résistance propre du massif de fondation a une importance majeure dans la stabilité d'ensemble.

A ce jour, aucun désordre extérieur ne permet de suspecter une quelconque défaillance du massif de fondation. A noter que les sondages réalisés ne sont pas en mesure de porter une telle analyse compte tenu de leur caractère ponctuel et peu intrusif au cœur du massif.

La seconde analyse indique que :

- D'un point de vue purement de bulbes de contraintes, l'application des charges s'exerce à environ 4 m à 4.5 m au-dessus du niveau bas de l'ancienne école Pérochon, soit avec un angle de l'ordre de 25°. Au niveau le plus défavorable, cet angle atteint environ 30°. De ce point de vue, l'influence devrait être faible entre les ouvrages ;
- D'un point de vue d'analyse de stabilité globale par la méthode de BISHOP, on remarque que la valeur du coefficient de sécurité dépend très fortement des paramètres mécaniques des terrains de fondations. Ceux-ci sont supposés satisfaisants au regard des sondages réalisés par SIC INFRA et de l'absence de désordres observables.

Note : Il convient de garder à l'esprit les limites des précédentes analyses et notamment sur le fait qu'elles sont basées sur les paramètres de cisaillement des alluvions en profondeur qui ne sont pas connus mais uniquement estimés.

VII. ANALYSE DE LA PORTANCE :

En considérant des terrains sous fondation de type « Graves » pour une semelle carrée, on retiendra $K_p0 = 1$.

Si le massif de fondation du clocher est effectivement appuyé sur les alluvions compactes, il est possible de compter une pression limite PI^* d'environ 2.1 MPa et par conséquent d'un taux de travail ELS d'environ 0.76 MPa.

Au regard des descentes de charges transmises par le BET Equilibre Structures, la contrainte non pondérée verticale en pied de fondation devrait être autour de 320 kPa.

Cette analyse globale ne tient pas compte des pondérations habituelles, ni des efforts variables (vent notamment) mais permet de fournir des ordres de grandeur comparatifs entre la portance et les charges appliquées. Les résultats obtenus indiquent que la portance des terrains est compatible avec les charges appliquées.

NB : De manière simplificatrice, l'encastrement et la décharge du terrain pour la réalisation des fondations ne sont pas pris en considération.

VIII. RECOMMANDATIONS DE TRAVAUX :

En l'absence d'influence significative entre les ouvrages de soutènement et le massif de fondation de la cathédrale, il n'y a pas de travaux de confortement d'urgence à prévoir dans cette zone suite à la démolition de l'ancienne école Pérochon.

Toutefois, l'analyse de la stabilité du site et notamment du clocher repose sur la portance des terrains de fondation et la performance mécanique des massifs d'appuis.

Ainsi, bien que des confortements des ouvrages de soutènement ne soient pas nécessaires à court terme, il convient de préserver l'état mécanique du site et éviter toute dégradation ou perturbation des terrains et des infrastructures.

Ainsi, nous recommandons :

- De surveiller tout apport d'eau non maîtrisé dans la zone d'influence géotechnique du clocher et des soutènements aval. En effet, ces apports d'eau (pluviales, ruissèlement, fuites de réseaux...) peuvent avoir des conséquences graves sur l'état sanitaire des massifs de fondation et sur les paramètres mécaniques des terrains d'assises alluvionnaires. En particulier, nous recommandons de s'assurer de l'absence de rejets chaotiques du puits (supposé puits perdu pour les eaux pluviales) situé devant le clocher ;
- De poursuivre la surveillance du mur de soutènement devant le clocher le temps d'avoir élucidé l'origine des légères déformations observées et de s'assurer de la stabilisation du site ;
- De procéder à la construction d'un ouvrage en lieu et place de l'ancienne école Pérochon de manière à prévenir la dégradation des murs de soutènements laissés à l'air libre et avec peu de contreventement. En effet, une déformation des murs pourrait permettre des infiltrations d'eau plus importantes en profondeur et/ou décompresser des terrains proches des massifs de fondation de la cathédrale ;
- De vérifier l'absence d'excentricité ou d'efforts à composante horizontale de la part des sollicitations issues du clocher. En effet, le massif est analysé uniquement vis-à-vis de charges purement verticales.

IX. DEFINITION DES INCERTITUDES ET ALEAS GEOTECHNIQUES RESIDUELS (AU STADE DU DIAGNOSTIC) :

Les aléas résiduels principaux du diagnostic résident dans :

- La méconnaissance des terrains sur les parties non sondées du site. En effet, les connaissances sont localisées aux seules zones investiguées au moment de l'étude ;
- La méconnaissance de l'état sanitaire des massifs de fondation en eux-mêmes ;
- Les incertitudes sur les variations latérales du système de fondation et des paramètres mécaniques des terrains ;
- Les incertitudes sur l'état des terrains d'assise sous l'ensemble du massif de fondation et sur des profondeurs importantes.

X. CONCLUSION GENERALE :

Les observations et les sondages réalisés sur le site ont permis d'évaluer globalement la nature et l'organisation spatiale des terrains en profondeur.

L'objectif principal de ce diagnostic était d'évaluer la potentielle influence entre le massif de fondation du clocher de la cathédrale St Apollinaire et le site de l'ancienne école Pérochon.

Au regard de l'encastrement du massif de fondation, cette influence est évaluée à faible.

Cependant, cette influence faible n'indique pas que le site peut être laissé sans suivi ni surveillance. Le présent diagnostic recommande le respect de certaines dispositions de surveillance et d'entretien préconisées afin de garantir la performance du massif de fondation.

Nous recommandons de prévoir des échanges entre le BET Structure et le BET géotechnique afin de prendre en considération tous les aspects de ce diagnostic.

Annexes :

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

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

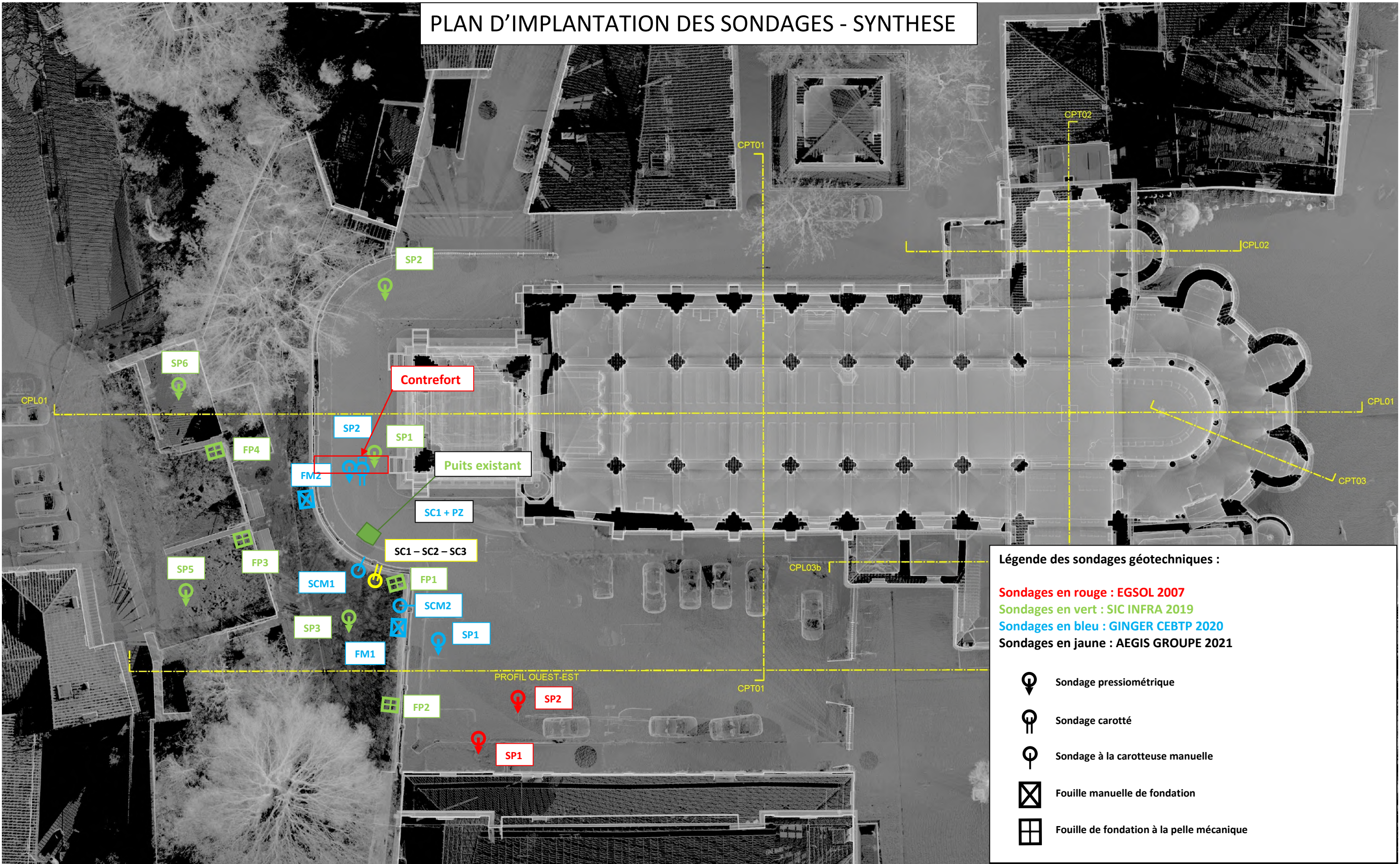
Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	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

<p>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.</p> <p>Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PRELABLES (G1)</p> <p>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.</p> <p>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)</p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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). <p>Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</p>
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</p> <p>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.</p> <p>Phase Projet</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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.
<p>ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</p> <p>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.</p> <p>Phase Étude</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. — 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 travail et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques. <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)</p> <p>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.</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>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.</p>

Annexe 2 : Plan d'implantation des reconnaisances :

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES - SYNTHESE



Légende des sondages géotechniques :

- Sondages en rouge : EGSOL 2007
- Sondages en vert : SIC INFRA 2019
- Sondages en bleu : GINGER CEBTP 2020
- Sondages en jaune : AEGIS GROUPE 2021

- Sondage pressiométrique
- Sondage carotté
- Sondage à la carotteuse manuelle
- Fouille manuelle de fondation
- Fouille de fondation à la pelle mécanique

Le point de sondage est au niveau du centre du cercle, du carré ou du triangle.

Annexe 3 : Résultats des sondages carottés :



SC1 : De 0 à 4.5 m.



SC1 : De 4.5 à 6 m.



SC2 : De 0 à 3 m.



SC2 : De 3 à 4.17 m.



SC3 : De 0 à 3 m.



SC3 : De 3 à 5.80 m.



SC3 : De 5.8 à 7.20 m.



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

Opérateur

Laurent

LARRAYADIEU

Machine

SOCOMAFOR 50

Chantier

VALENCE

Forage

SC1

Paramètres de forage

Cote Date de début

début 27/04/2021

0 m 10:28:53

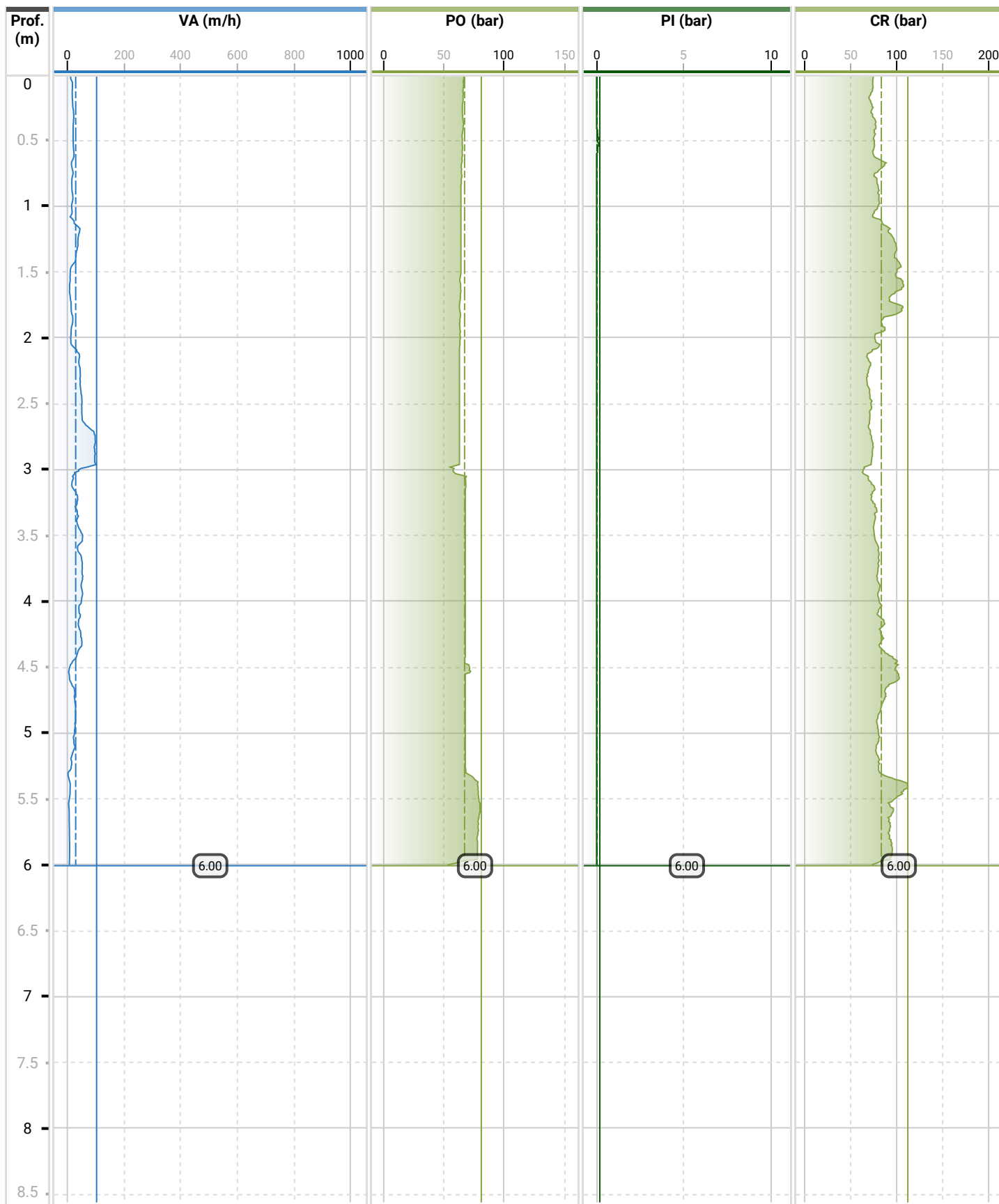
Cote fin Date de fin

6 m 27/04/2021

Longueur 14:00:36

6 m Durée de foration

26 min 10 s





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

Opérateur

Laurent

LARRAYADIEU

Machine

SOCOMAFOR 50

Chantier

VALENCE

Forage

SC2

Paramètres de forage

Cote début

27/04/2021

0 m 14:02:03

Cote fin

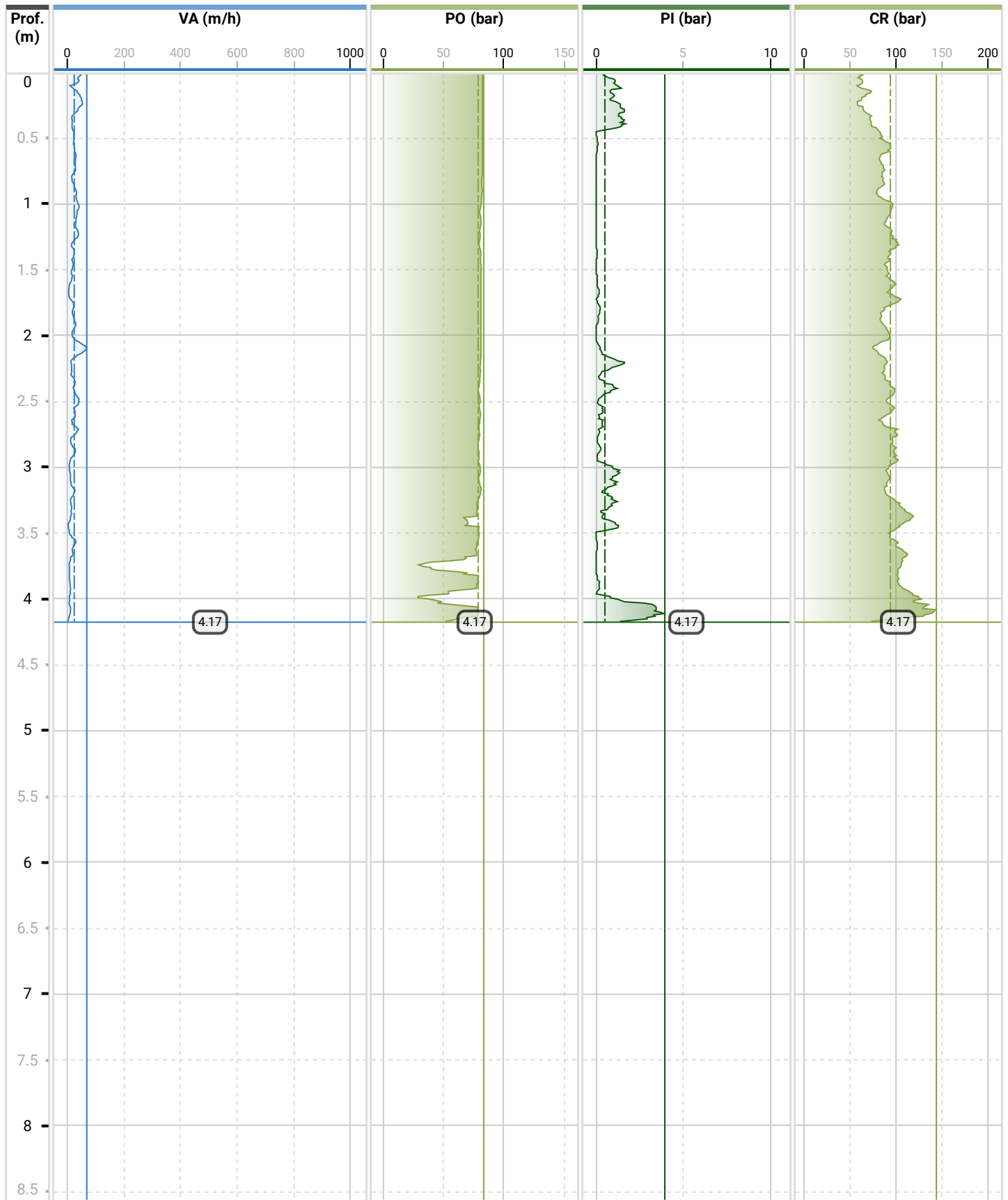
27/04/2021

Longueur 15:10:26

4.17 m

Durée de foration

26 min 20 s





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

Opérateur

Laurent

LARRAYADIEU

Machine

SOCOMAFOR 50

Chantier

VALENCE

Forage

SC3

Paramètres de forage

Cote Date de début

début 28/04/2021

0 m 08:47:36

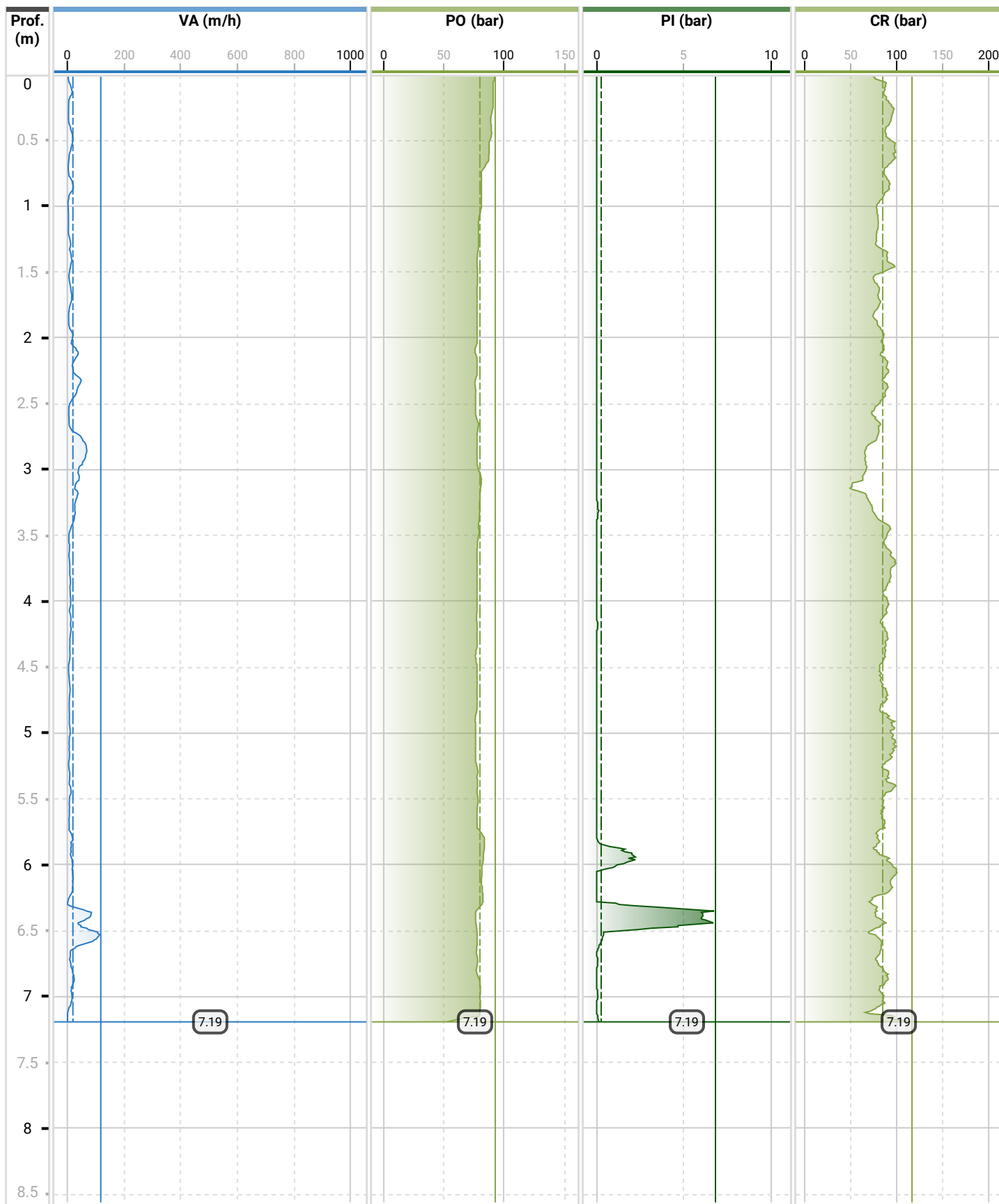
Cote fin Date de fin

7.19 m 28/04/2021

Longueur 11:06:41

7.19 m Durée de foration

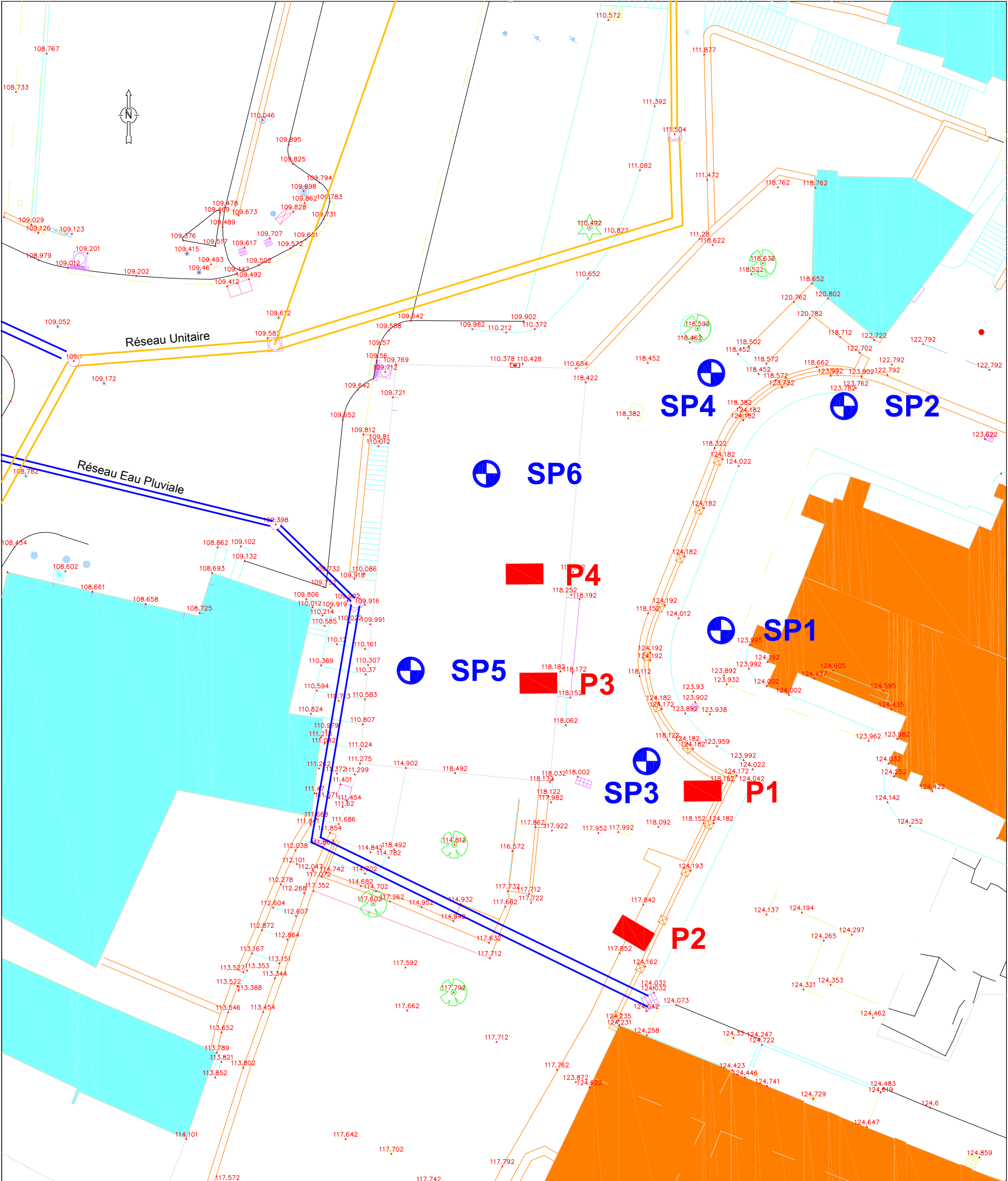
59 min 50 s



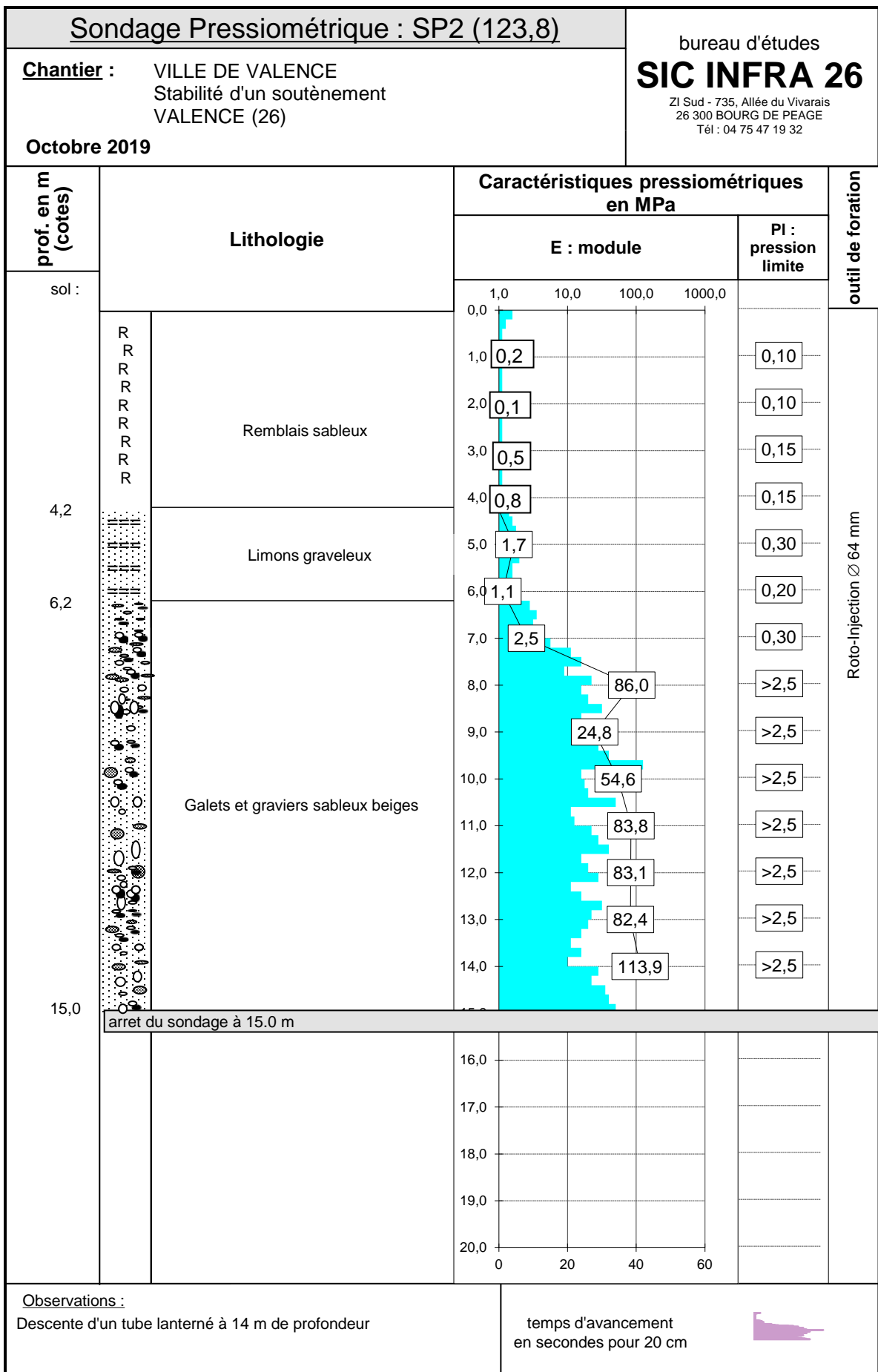
Annexe 4 : Résultats des sondages SIC INFRA, EGSOL et GINGER CEBTP :

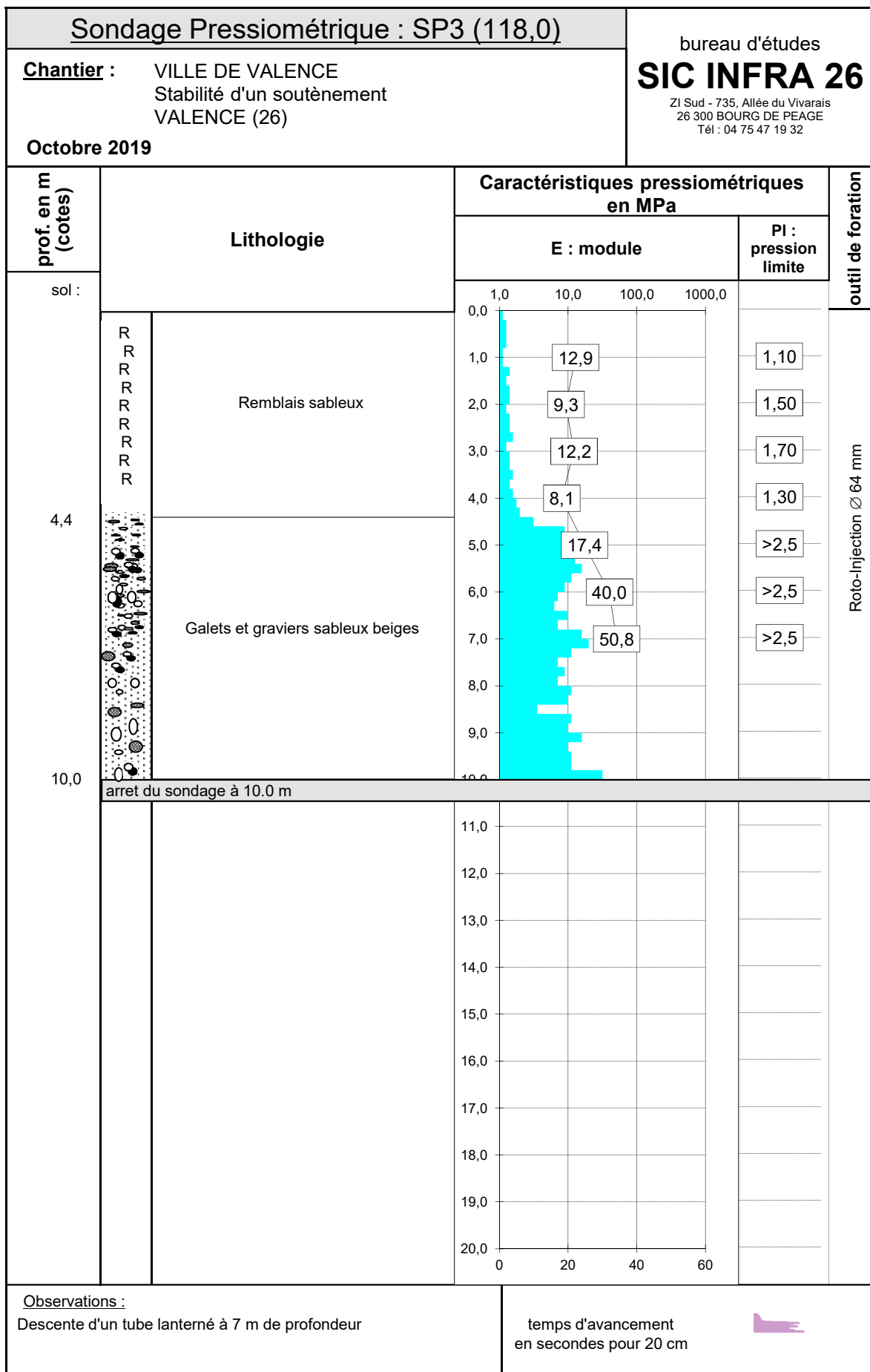
PLAN D'IMPLANTATION SCHÉMATIQUE
DES SONDAGES

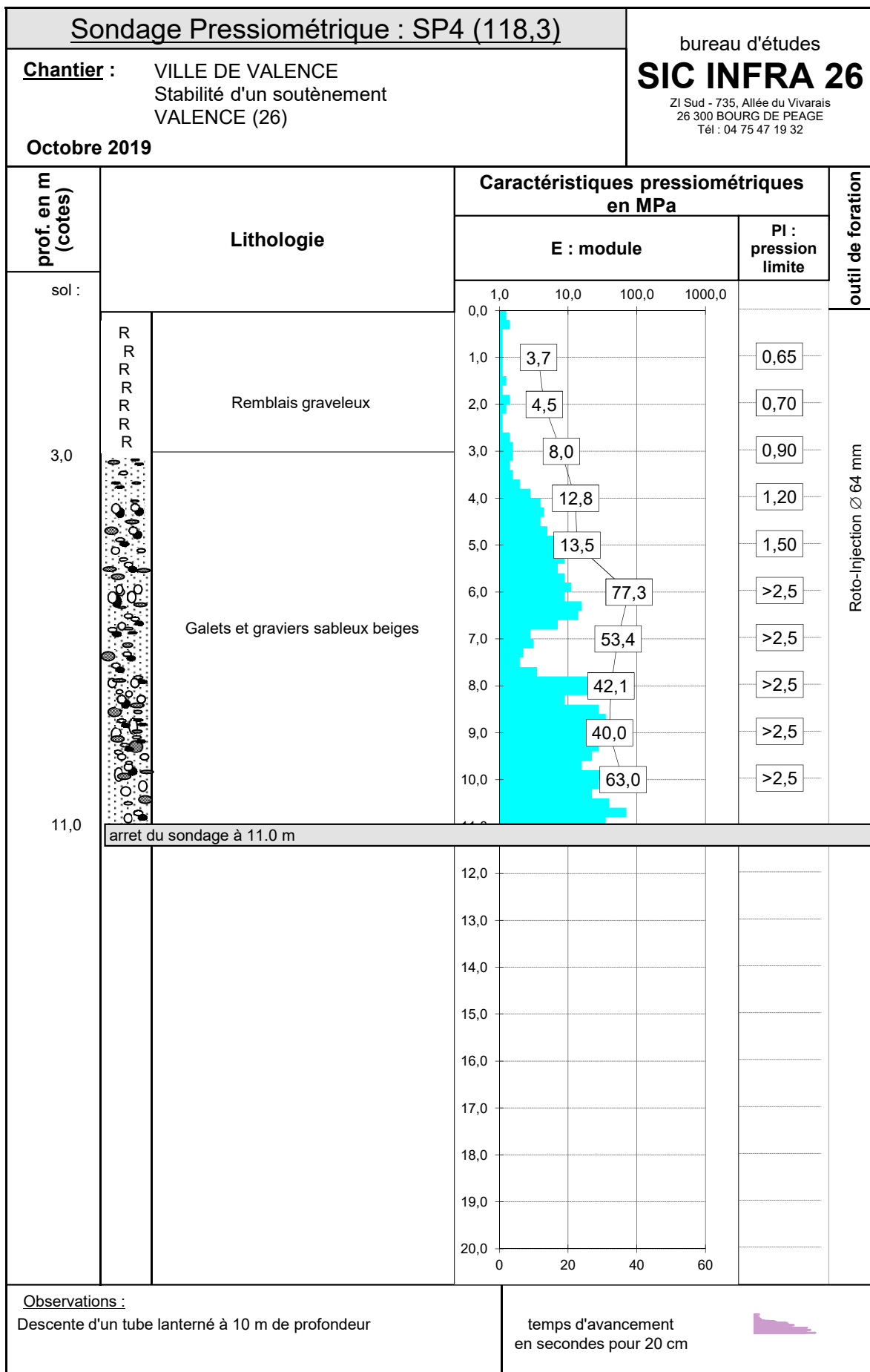
Date	Dessiné	Vérifié	SIC INFRA 26 735 Allée du Vivarais 26300 BOURG DE PEAGE Tél. 04 75 47 19 32
11/2019	BC	SF	
Modifié	Dessiné	Vérifié	
			Ech : 1/250
			0 m 2.5 m 5 m
			N°: 26.8B.3795

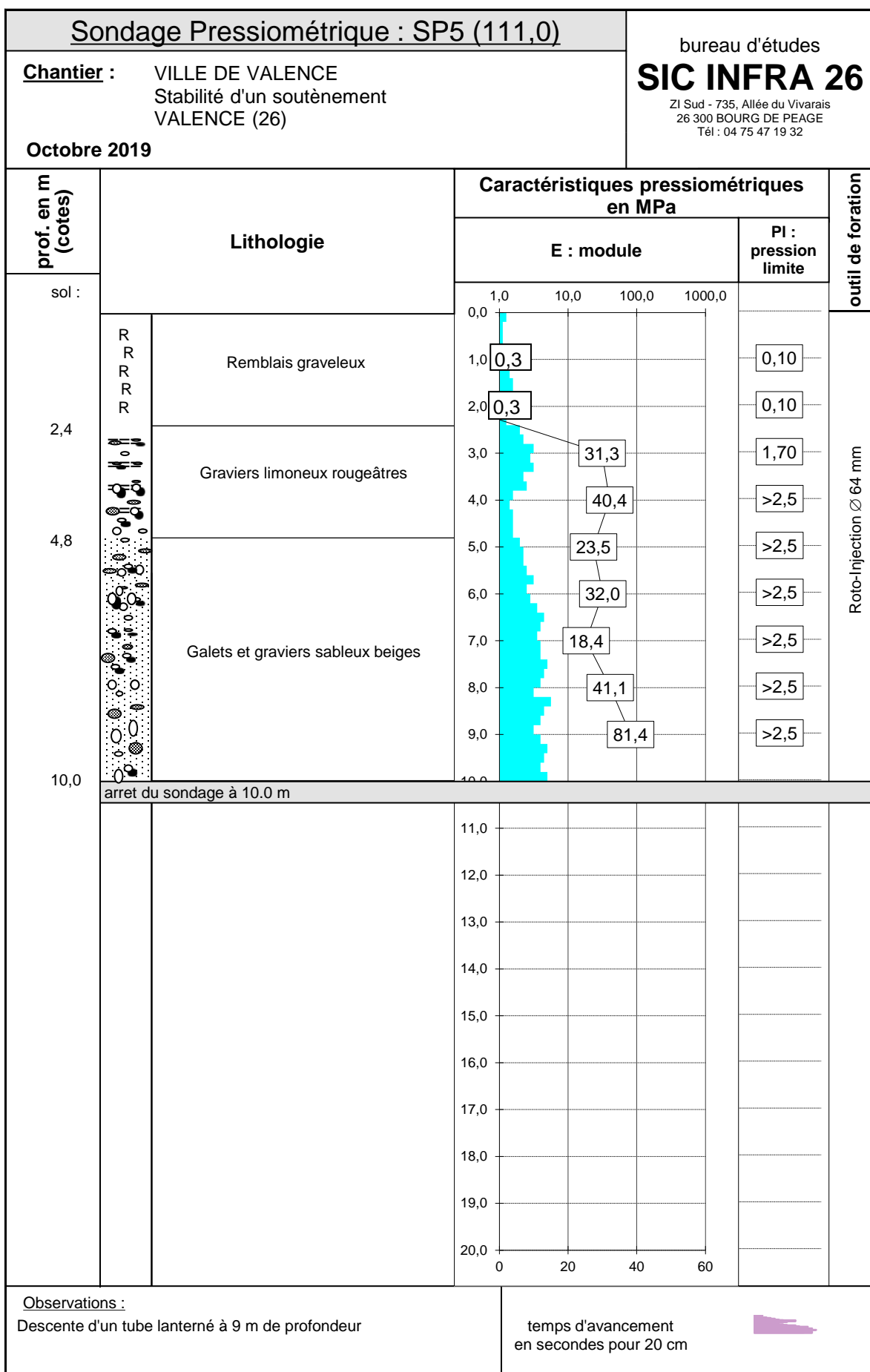


Sondage Pressiométrique : SP1 (124,0)		bureau d'études SIC INFRA 26 ZI Sud - 735, Allée du Vivarais 26 300 BOURG DE PEAGE Tél : 04 75 47 19 32 Fax : 04 75 47 19 64		
Chantier : VILLE DE VALENCE Stabilité d'un soutènement VALENCE (26)				
Octobre 2019				
prof. en m (cotes)	Lithologie	Caractéristiques pressiométriques en MPa		outil de foration
		E : module	PI : pression limite	
sol :				
6,8	Remblais sableux		0,10 0,15 0,10 0,15 0,50	Roto-Injection Ø 64 mm
12,0	Galets et graviers sableux indurés		>2,5 >2,5 >2,5 >2,5	
20,0	Galets et graviers sableux beiges		1,10 >2,5 >2,5 >2,5 >2,5	
arrêt du sondage à 20.0 m				
Observations : Descente d'un tube lanterné à 16 m de profondeur		temps d'avancement en secondes pour 20 cm		

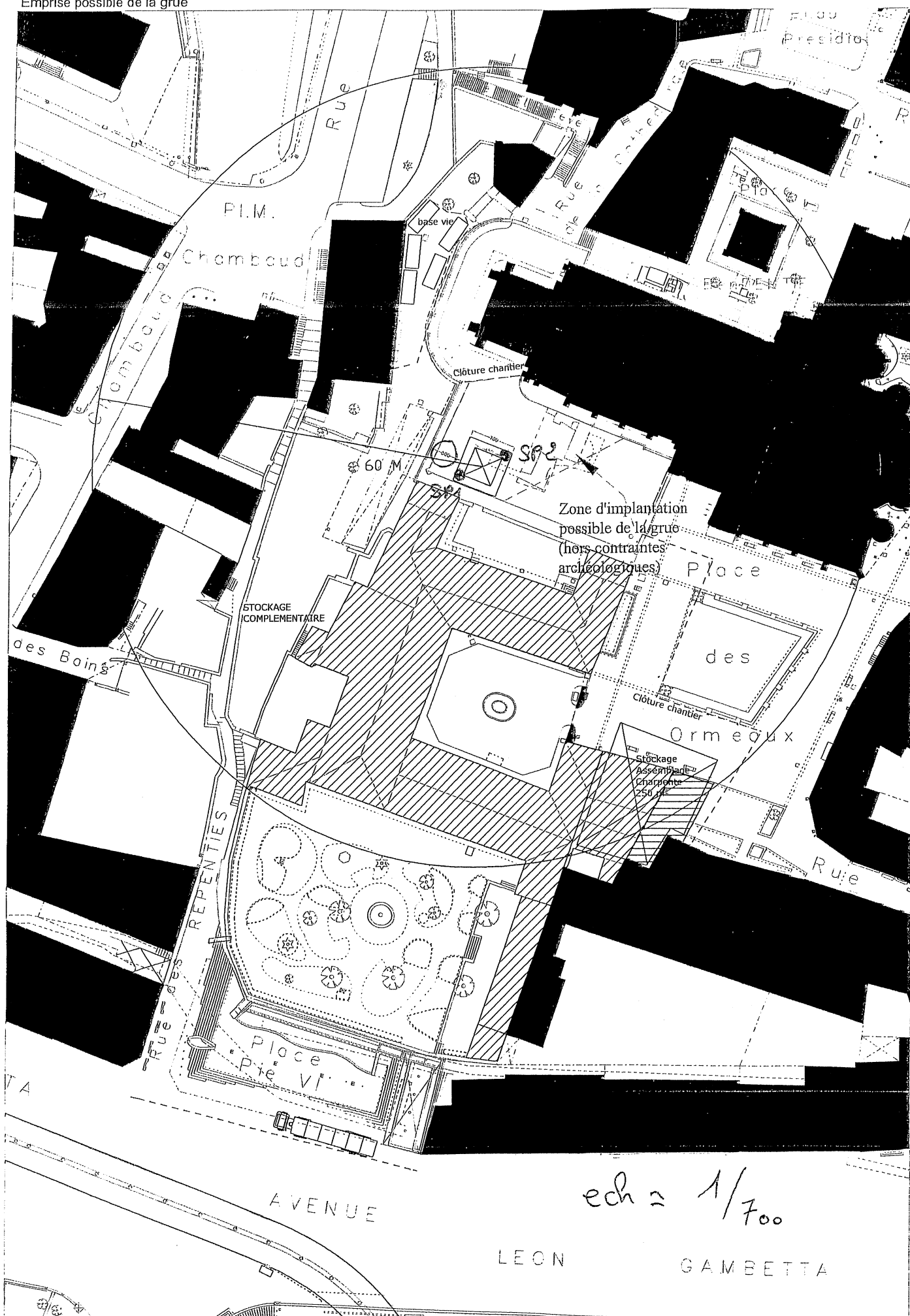








Sondage Pressiométrique : SP6 (111,0)				bureau d'études SIC INFRA 26 ZI Sud - 735, Allée du Vivarais 26 300 BOURG DE PEAGE Tél : 04 75 47 19 32	
Chantier : VILLE DE VALENCE Stabilité d'un soutènement VALENCE (26) Octobre 2019					
prof. en m (cotes)	Lithologie	Caractéristiques pressiométriques en MPa		outil de foration	
		E : module	PI : pression limite		
sol :		1,0 10,0 100,0 1000,0			
	Remblais graveleux	0,0 1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0	0,60 0,10 0,50 0,10 0,20 1,00 0,80 >2,5 >2,5	Roto-Injection Ø 64 mm	
6,0	Graviers limoneux rougeâtres				
7,4	Galets et graviers sableux beiges				
10,0	arrêt du sondage à 10.0 m				
		11,0 12,0 13,0 14,0 15,0 16,0 17,0 18,0 19,0 20,0			
Observations : Descente d'un tube lanterné à 9 m de profondeur		temps d'avancement en secondes pour 20 cm			





Etude : Musée de Valence
VALENCE (26)

Client :

DOSSIER
26/07/6398 G

SONDAGE
Autre

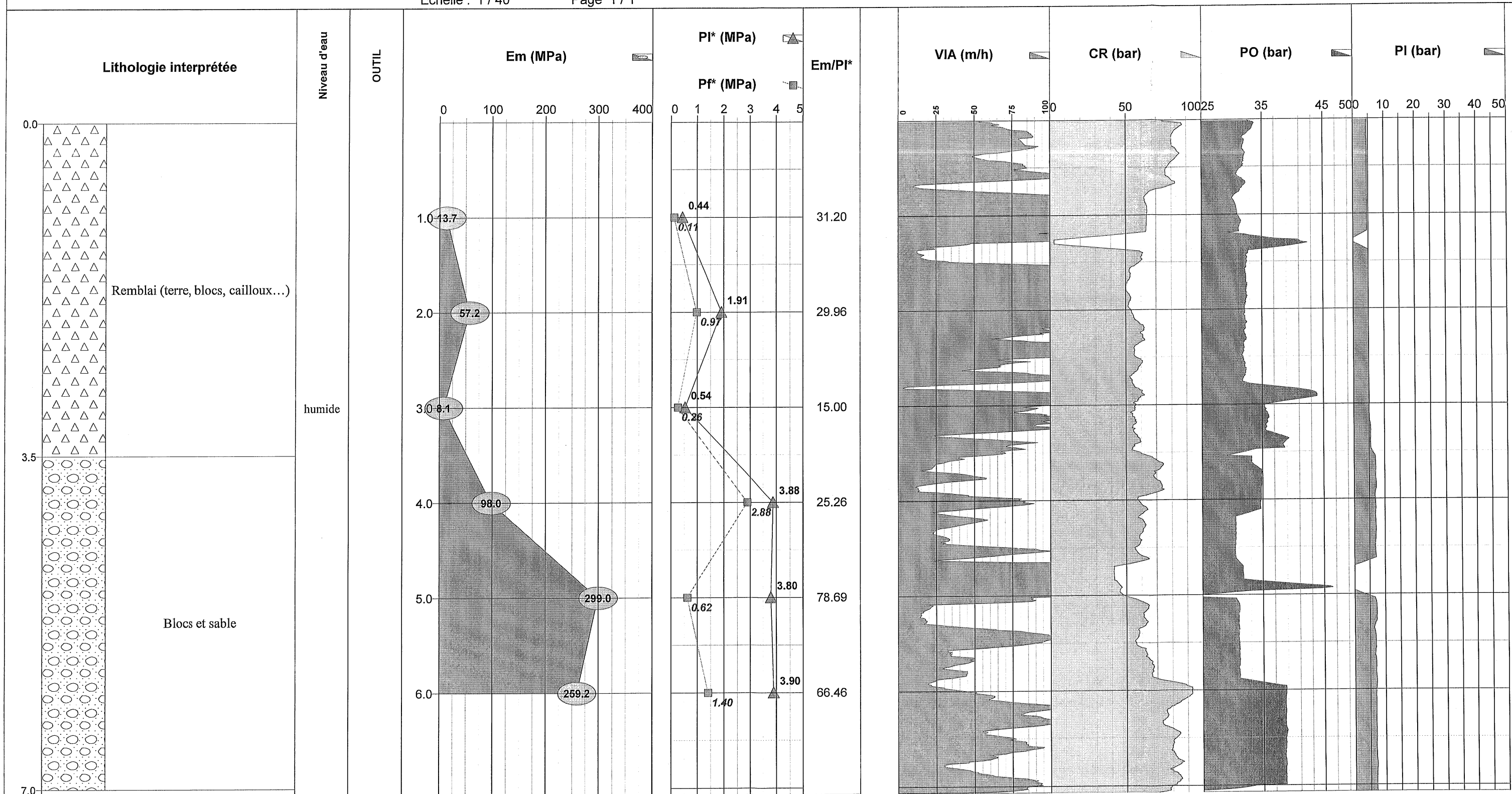
SP1
7.07 m

Date de fin de forage: 29/10/2007

X = Y = Z =

Echelle : 1 / 40

Page 1 / 1





DOSSIER
26/07/6398 G

Etude : Musée de Valence
VALENCE (26)

Client :

SONDAGE

Autre

SP2

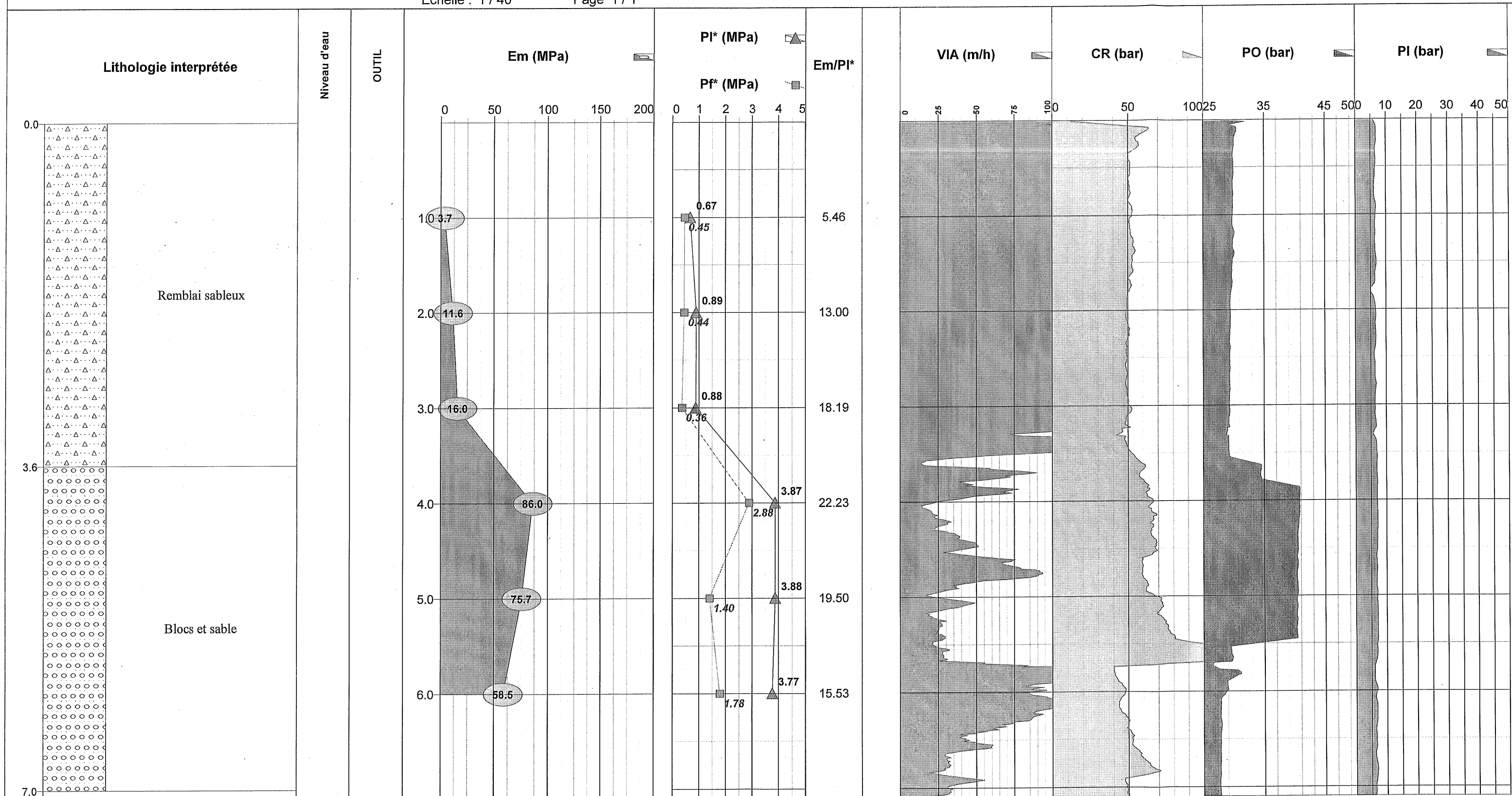
7.10 m

Date de fin de forage: 29/10/2007

X = Y = Z =

Echelle : 1 / 40

Page 1 / 1

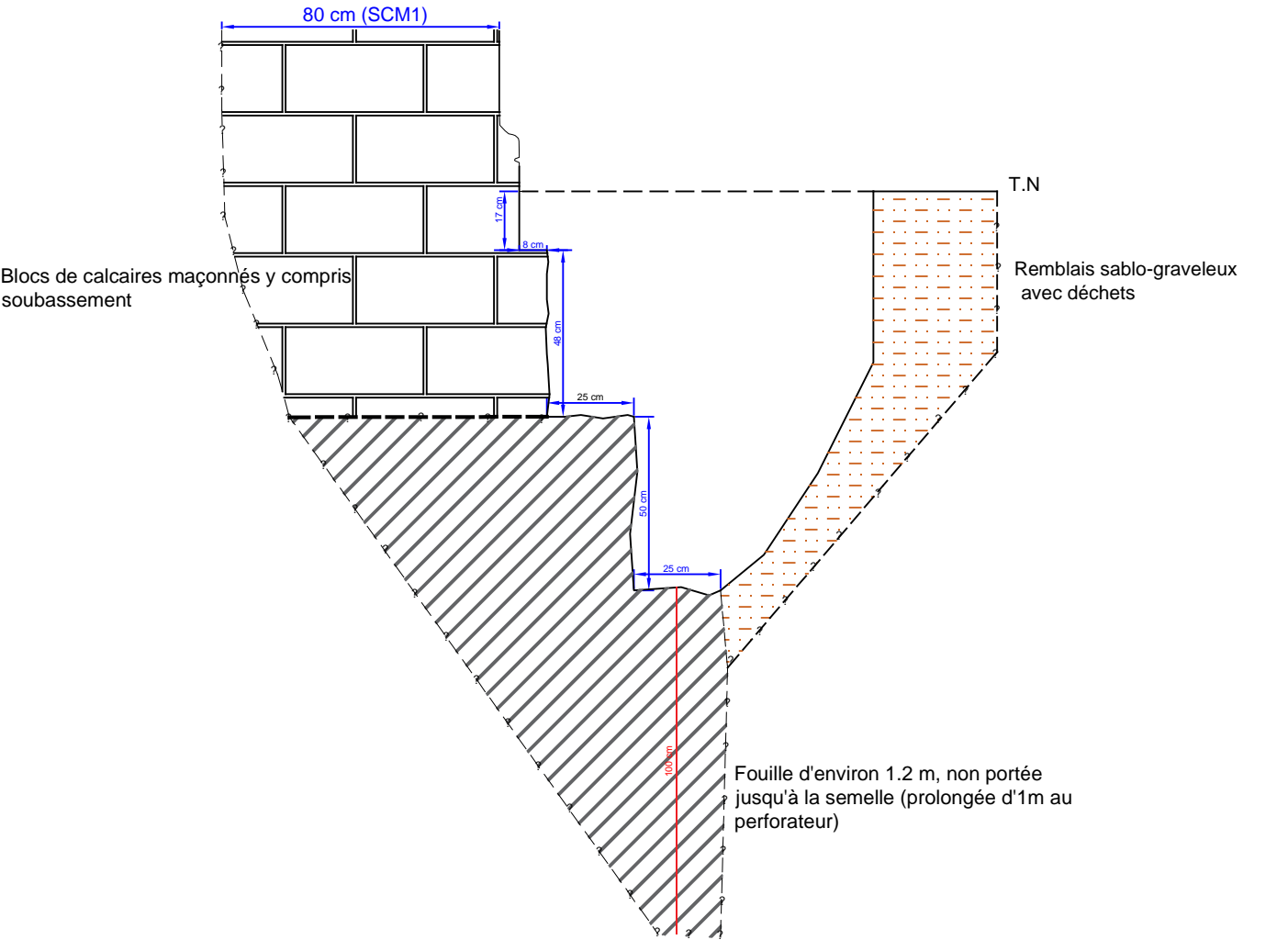




RELEVÉ DES Puits DE RECONNAISSANCE DE FONDATION

F1

(Fouille réalisée le 28/05/2020)



Date travaux : 04/06/2020

Caisse n° 1
Profondeur : 0.00 à 2.00 m



Caisse n° 2
Profondeur : 2.00 à 4.00m



Observations : Profondeur du sondage = 10m/TA

Annexe :

Date travaux : 04/06/2020

Caisse n° 3
Profondeur : 4.00 à 6.00m



Caisse n° 4
Profondeur : 6.00 à 8.00m



Observations : Profondeur du sondage = 10m/TA

Annexe :

Date travaux : 04/06/2020

Caisse n° 5
Profondeur : 8.00 à 10.00m (FDT)

Caisse n°
Profondeur :



Observations : Profondeur du sondage = 10m/TA

Annexe :

SONDAGE CAROTTE SC1

Dossier : **CNI8.K.162**

Localité : **Valence**

Chantier : **Parvis Cathédrale St Apollinaire**

Client : **DRAC**

X :

Date début de forage : **03/06/2020**

Echelle : **1/60**

Y :

Date fin de forage : **03/06/2020**

Machine : **M417**

Z :

Profondeur de fin : **10.00m**

Cote NGF	Profondeur (m)	Outil	Tubage	Equipement	Lithologie	Niveau d'eau (m)	% Récup			%RQD		
							0	50	100	0	50	100
0	0	LS Ø114mm	PW Ø140 mm	Piézomètre - Crépine de 2.00m à 10.00m	Remblai de nature sablo-graveleux	3.5 m 03/06/2020	100			1		
-1	1						100					
-2	2	2.00 m			2.00 m - NGF : -2.00 m					2		
					Galets							
					2.25 m - NGF : -2.25 m							
					Béton broyé		100				10.00	
					2.75 m - NGF : -2.75 m							
-3	3	T6 Ø116mm	3.00 m		Béton		100				90.00	
-4	4											
-5	5											
-6	6				5.80 m - NGF : -5.80 m							
					Béton à galets							
					6.70 m - NGF : -6.70 m		100				45.00	
					Galets							
-7	7				7.00 m - NGF : -7.00 m							
					Béton à galets							
					7.60 m - NGF : -7.60 m		100				40.00	
					Galets							
-8	8				8.00 m - NGF : -8.00 m							
							90				70.00	
-9	9				Béton galets							
-10	10	10.00 m			10.00 m - NGF : -10.00 m		100				90.00	
-11	11											

Observation :

EXGTE 3.22

Dossier : **CNI8.K.162**

Localité : **Valence**

Chantier : **Parvis Cathédrale St Apollinaire**

Client : **DRAC**

X : **1818763**

Date début de forage : **03/06/2020**

Echelle : **1/60**

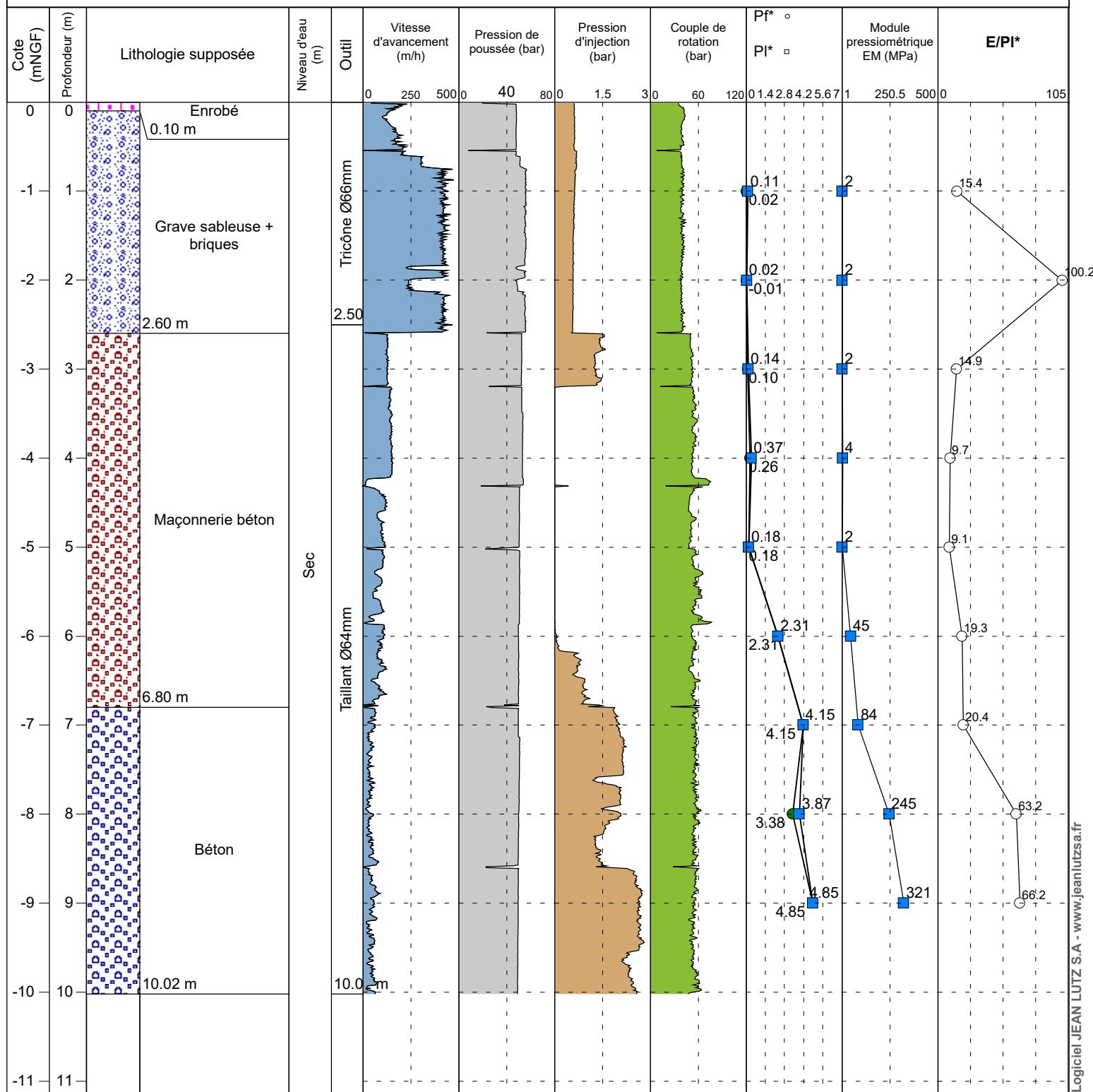
Y : **544107**

Date fin de forage : **03/06/2020**

Machine : **M417**

Z :

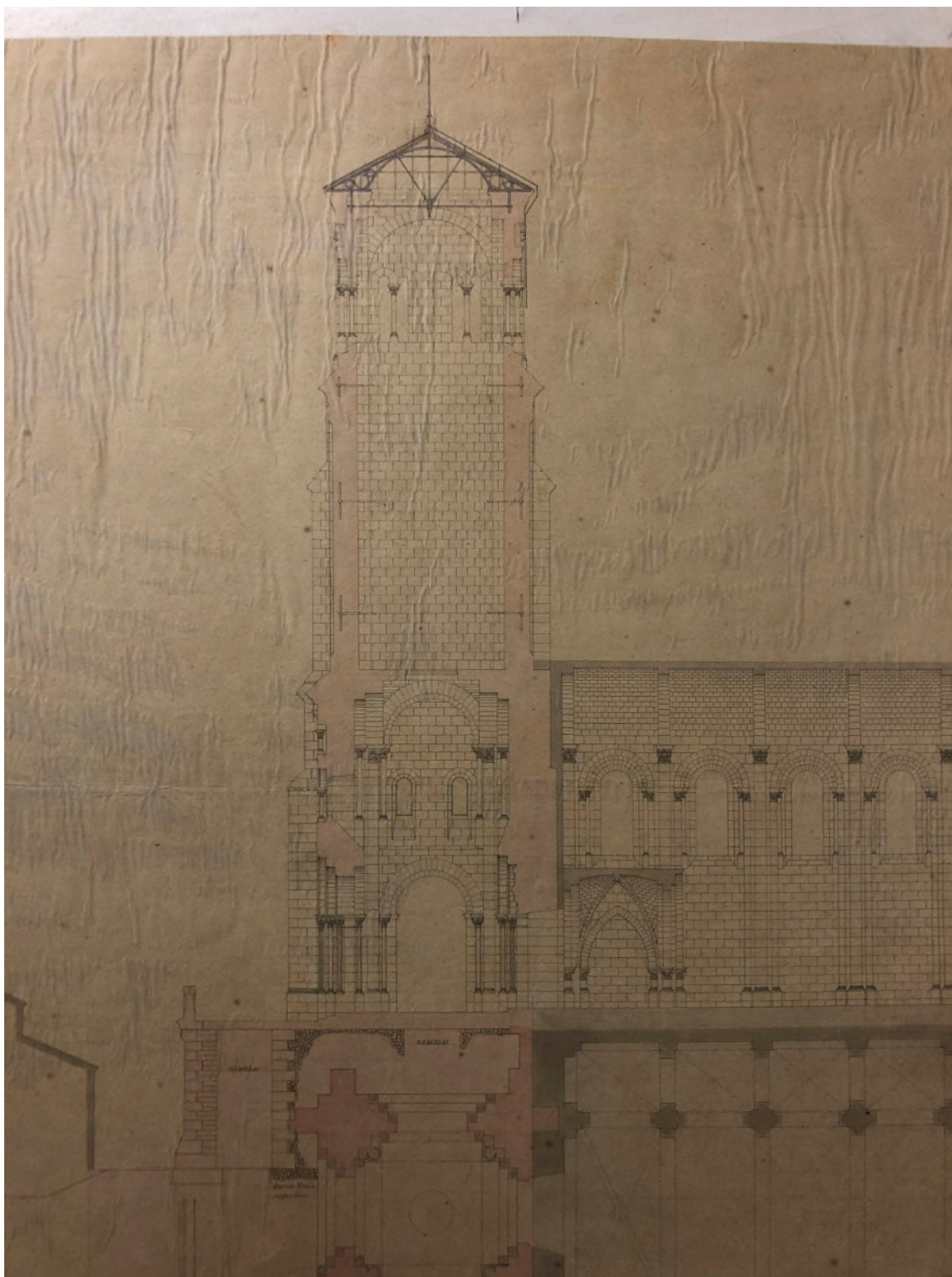
Profondeur de fin : **10.02m**



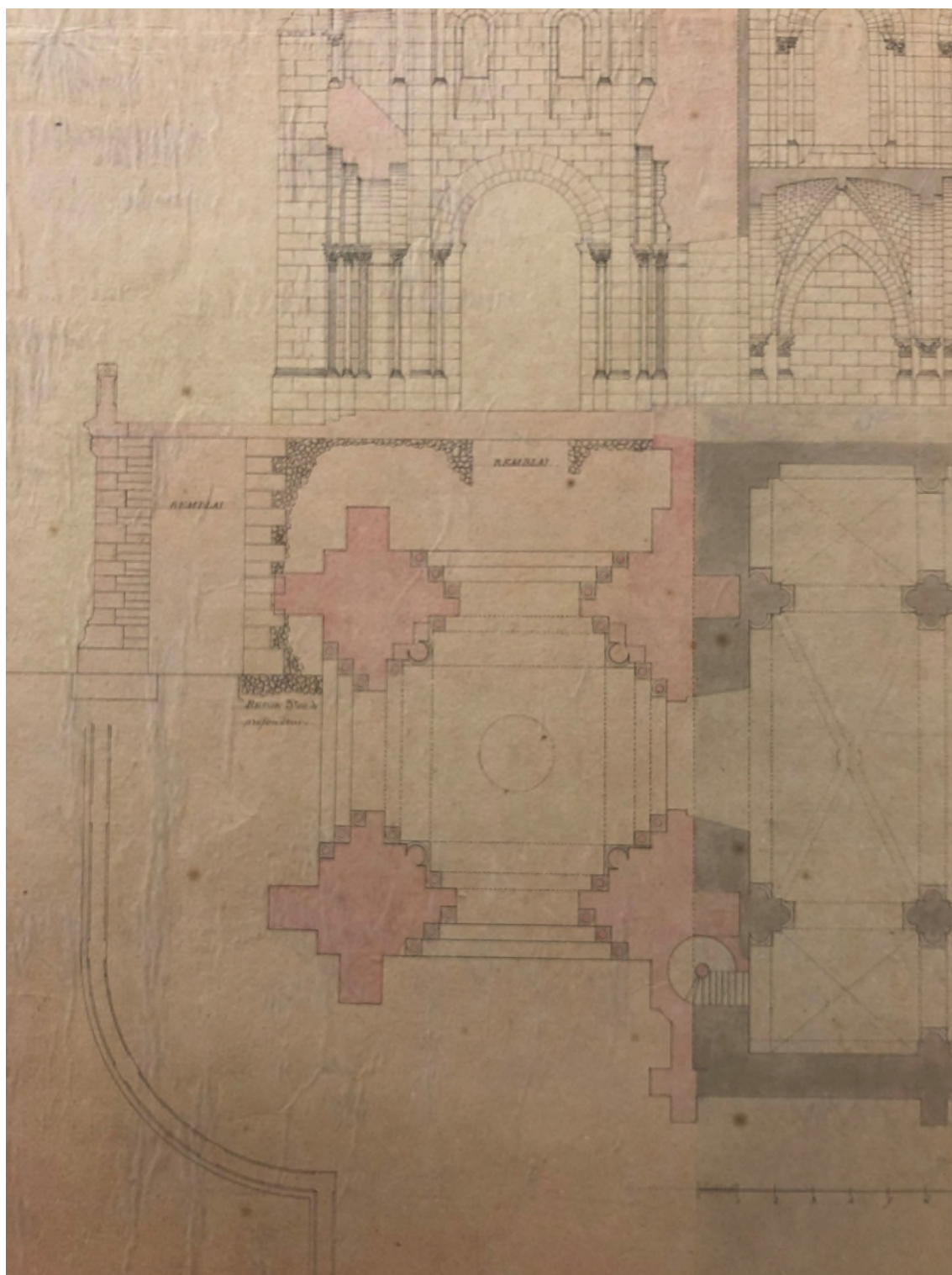
Observation :

EXGTE 3.22/LB2GEO103FR

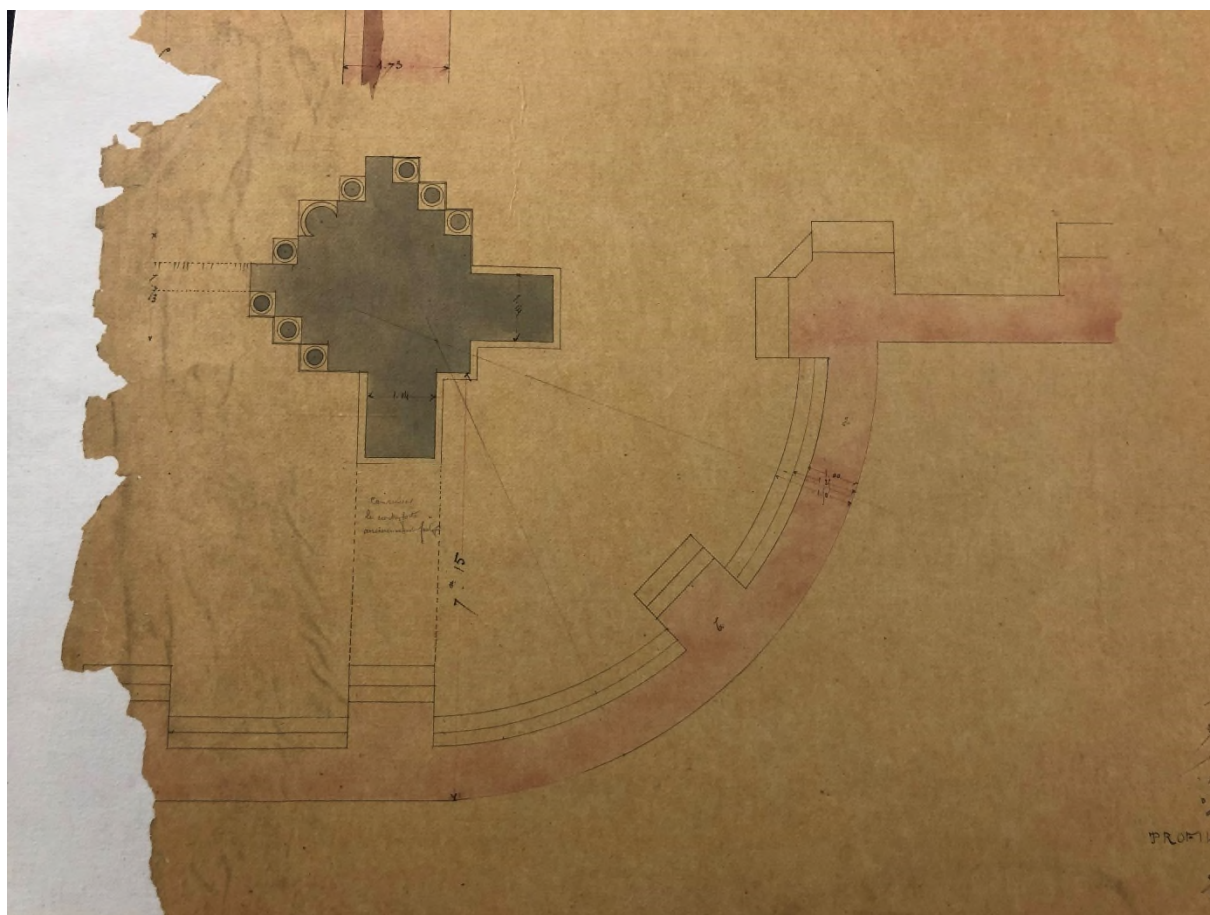
Annexe 5 : Eléments de bibliographie :



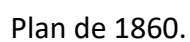
Plan de 1849.



Plan de 1849.



Plan de 1860.



Annexe 6 : Résultats de l'instrumentation OSMOS :

Rapport de suivi structurel

Démolition École Perrochon - Valence

Période de suivi : du 25/03/2019 au 08/10/2020



VERSION

DATE

RÉDACTEUR

VÉRIFICATEUR

1.0

08/10/2020

PLZ

PLF

Sommaire

SOMMAIRE	2
CONTEXTE	3
SCHEMA D'IMPLANTATION DE L'INSTRUMENTATION	4
DONNEES STATIQUES.....	5
DONNEES DYNAMIQUES	6
ANALYSE DES DONNEES	7
CONCLUSION	7
ANNEXES.....	8

Contexte

Au pied de la Cathédrale de Valence se trouve une ancienne école en arrêté de péril.

Cette école se trouve sous un premier niveau de soutènement et dans le prolongement d'un deuxième niveau de soutènement.

Les investigations effectuées ne permettent pas de savoir si cette école participe au second niveau de soutènement, ou à la stabilité du premier niveau situé au-dessus. En particulier, l'accès au bâtiment n'est pas possible, ce qui ne permet pas d'aller constater l'état du mur contre terre.

OSMOS a mis en place une instrumentation afin de suivre le comportement normal des murs de soutènements avant les travaux, puis l'impact des travaux, tant au moment de la démolition qu'à plus long terme.

Ce document présente et analyse les résultats sur la période du 25/03/2019 au 08/10/2020.

LOCALISATION

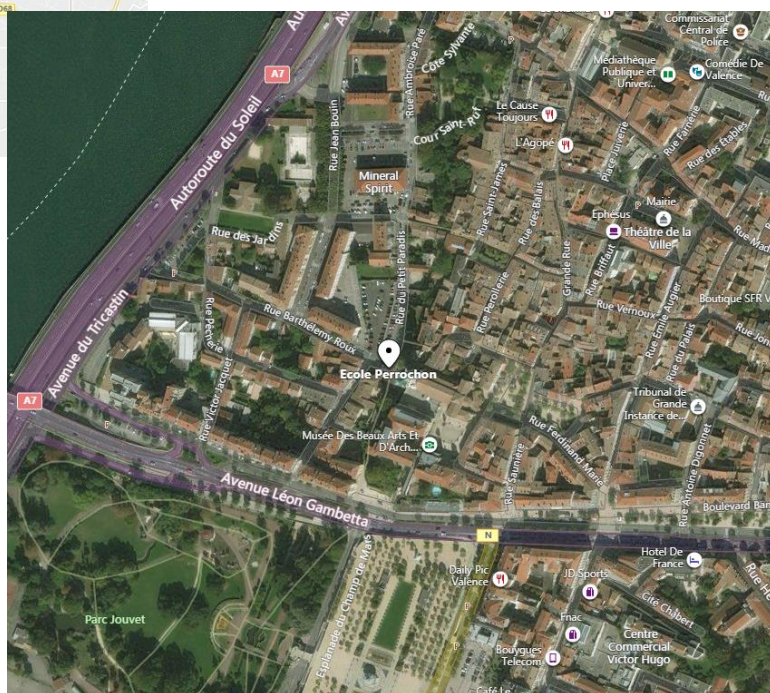
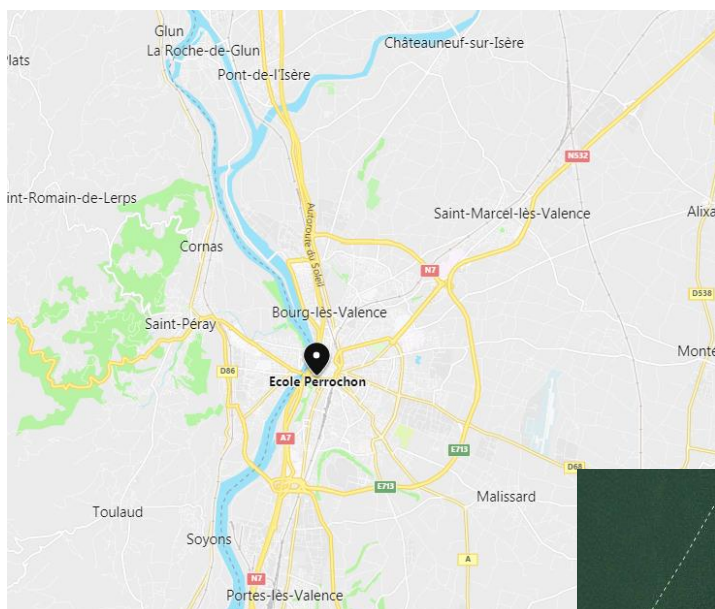
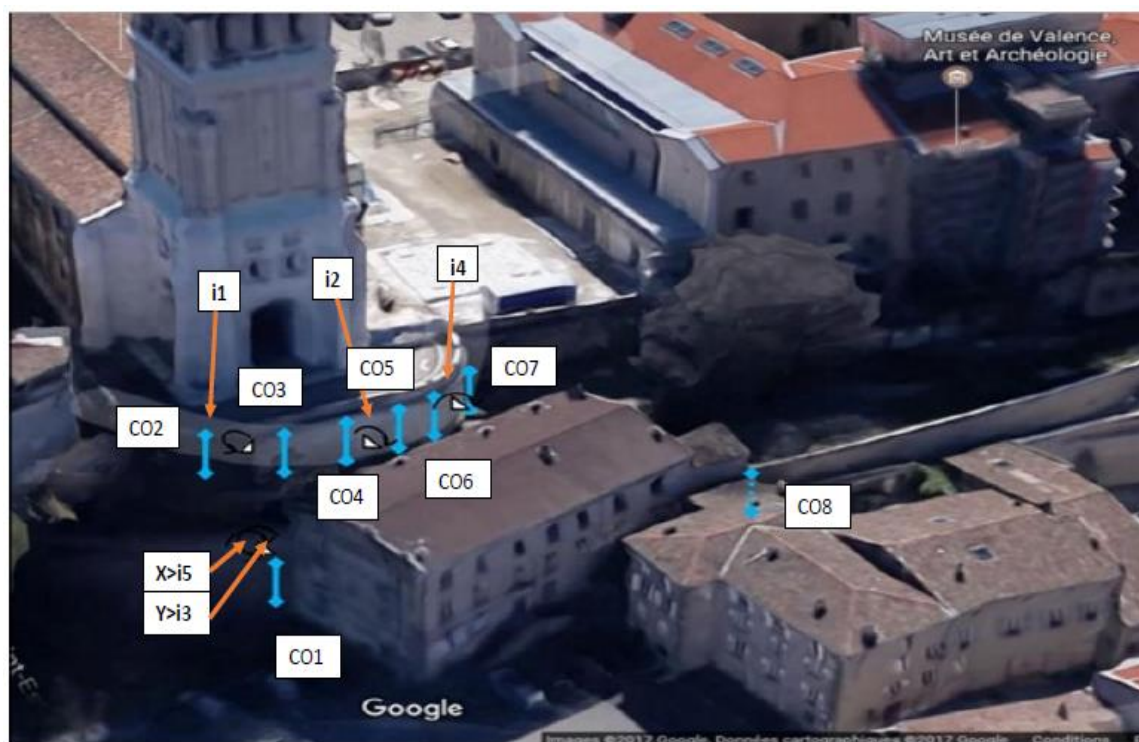


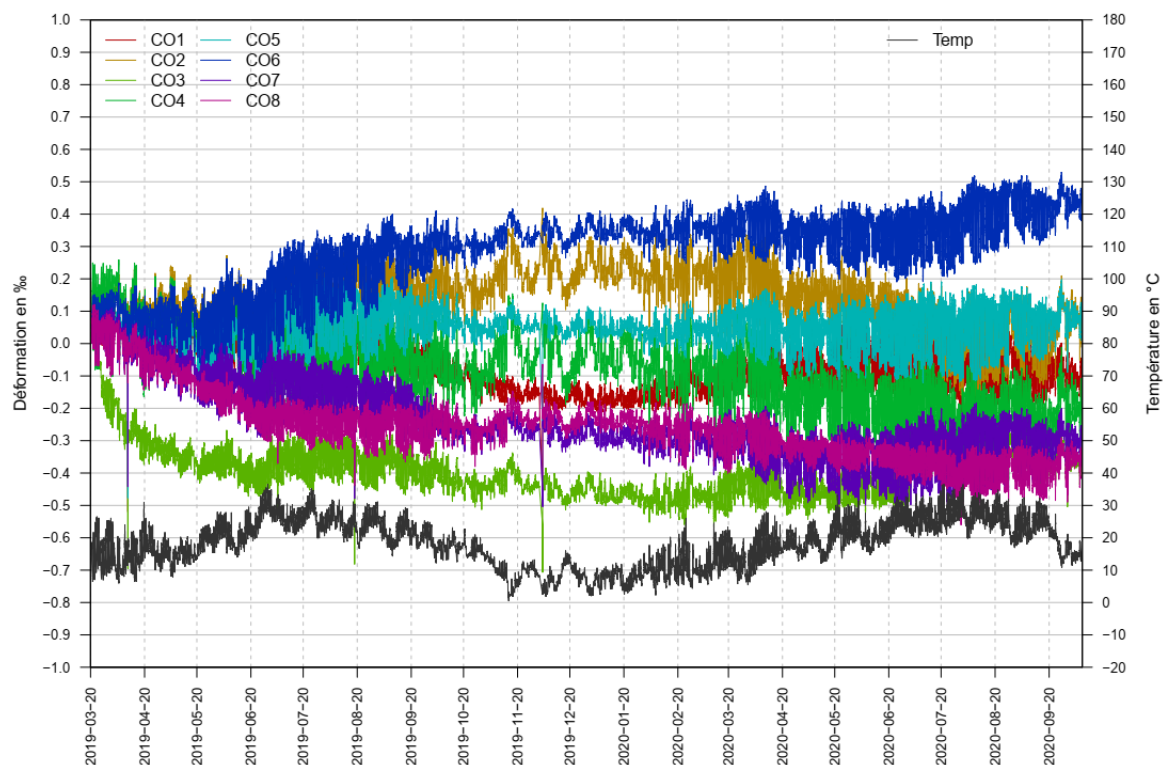
Schéma d'implantation de l'instrumentation



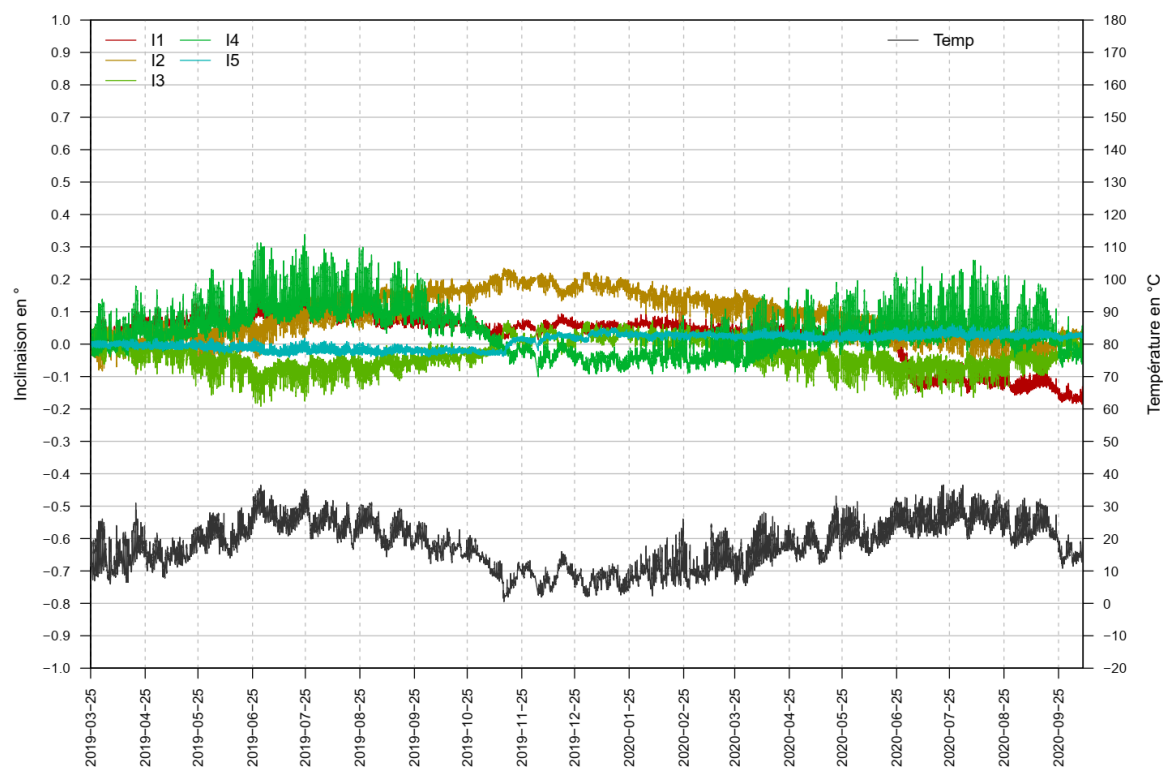
Pour plus de détail sur les capteurs, on se référera au Document de Remise d'Installation (DRI).

Données Statiques

Mesures statiques toutes les Cordes Optiques

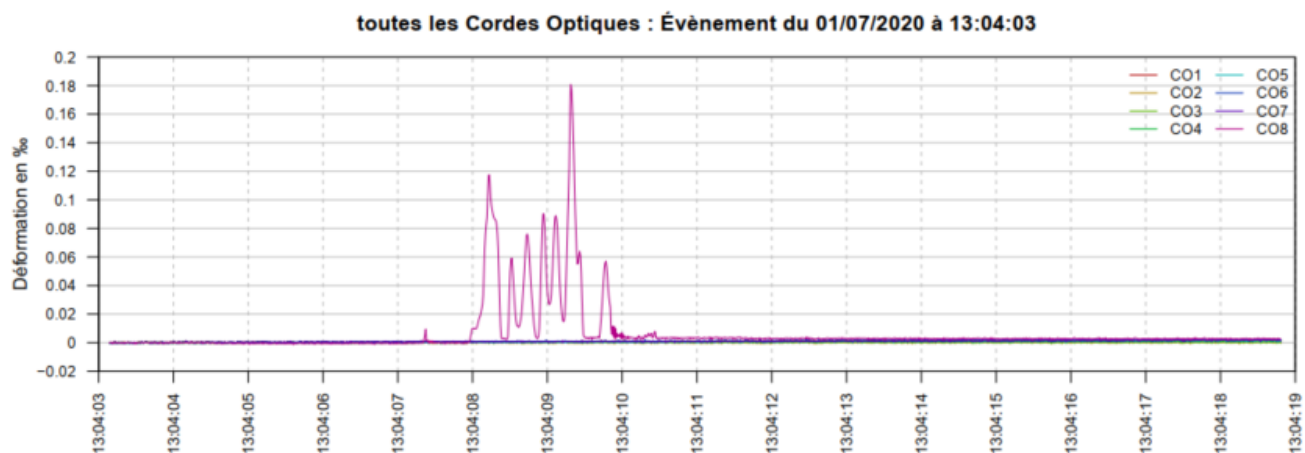
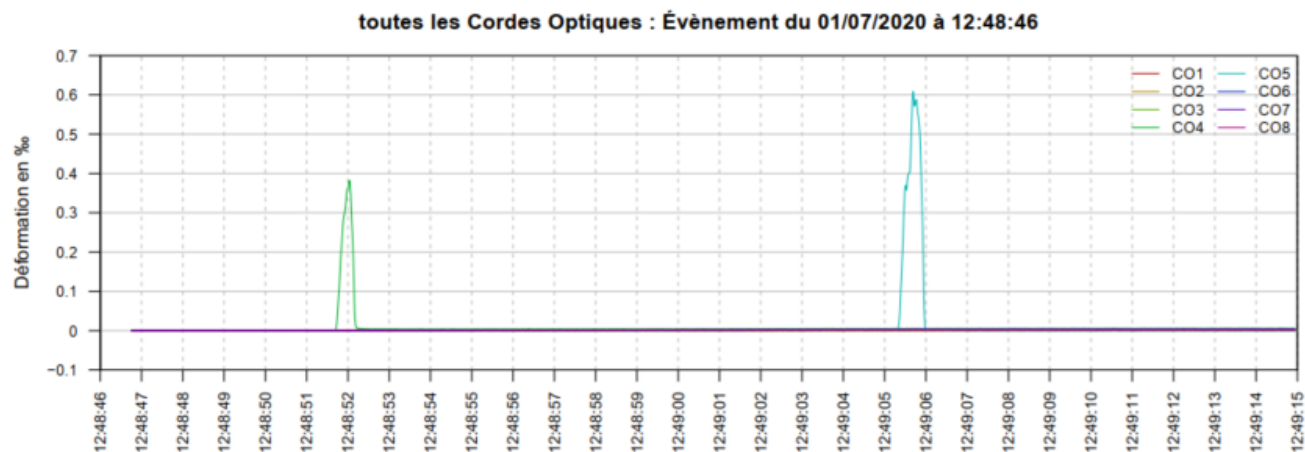


Mesures statiques tous les Inclinomètres



Données dynamiques

Au total, 102 enregistrements dynamiques ont été réalisés sur la période. La majorité de ces événements correspondent à des coups donnés directement. Pour les autres, on constate de réelles déformations de la structure avec mise en vibration et parfois une absence de réversibilité au cours de l'enregistrement (ci-dessous quelques exemples).



Analyse des données

Au bout de 18 mois de suivi, on constate que conformément à ce qui est attendu, la dilatation thermique et les variations de température sont à l'origine de la majorité des déformations journalières et hebdomadaires.

En revanche sur des périodes plus longues de quelques mois, on observe des dérives :

- Sur CO3, un léger changement de comportement thermique a eu lieu début 2020 laissant apparaître une compression résiduelle d'environ 0.2 mm/m. Depuis, ce changement le comportement est à nouveau stable.
- Sur CO4 en particulier on observe une dérive de second ordre en tout début de suivi avant sa stabilisation. Elle ne traduit pas un problème structurel, mais plutôt un réarrangement du matériau autour de la fixation du capteur.
- Sur CO6, on n'observe pas de retour à l'état initial après un an de suivi. Cette irréversibilité en traction s'est produite pendant l'hiver 2019/2020. Pour l'instant, les informations disponibles semblent indiquer qu'il y aura de nouveau cette irréversibilité pendant l'hiver 2020/2021.
- Sur CO7 et CO8, on n'observe une dérive similaire à celle de CO6 mais en compression.
- Sur I1, on observe une inclinaison progressive vers l'extérieur entre le 21 juin et le 7 juillet 2020. Suite à cet évènement, les mesures montrent à nouveau un comportement stable. Il serait néanmoins très intéressant de chercher dans la vie du projet ce qui a pu se passer sur cette période et essayer de le corréliser avec les mesures.
- Sur I5, on observe une inclinaison progressive vers l'extérieur entre le 15 novembre 2019 et le 3 janvier 2020. Suite à cet évènement, les mesures montrent à nouveau un comportement stable. Il serait néanmoins très intéressant de chercher dans la vie du projet ce qui a pu se passer sur cette période et essayer de le corréliser avec les mesures.

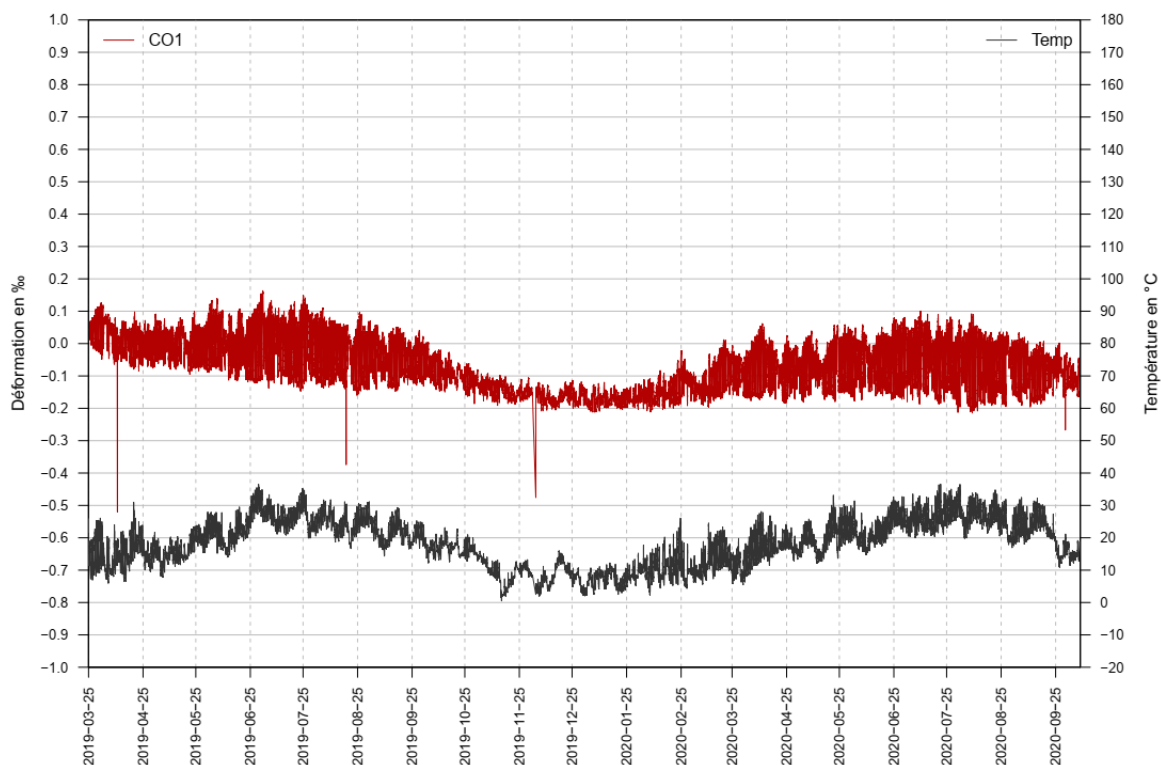
Conclusion

Dans l'ensemble on n'observe pas dérive rapide ou inquiétante, la majorité des variations s'expliquant par les variations de température.

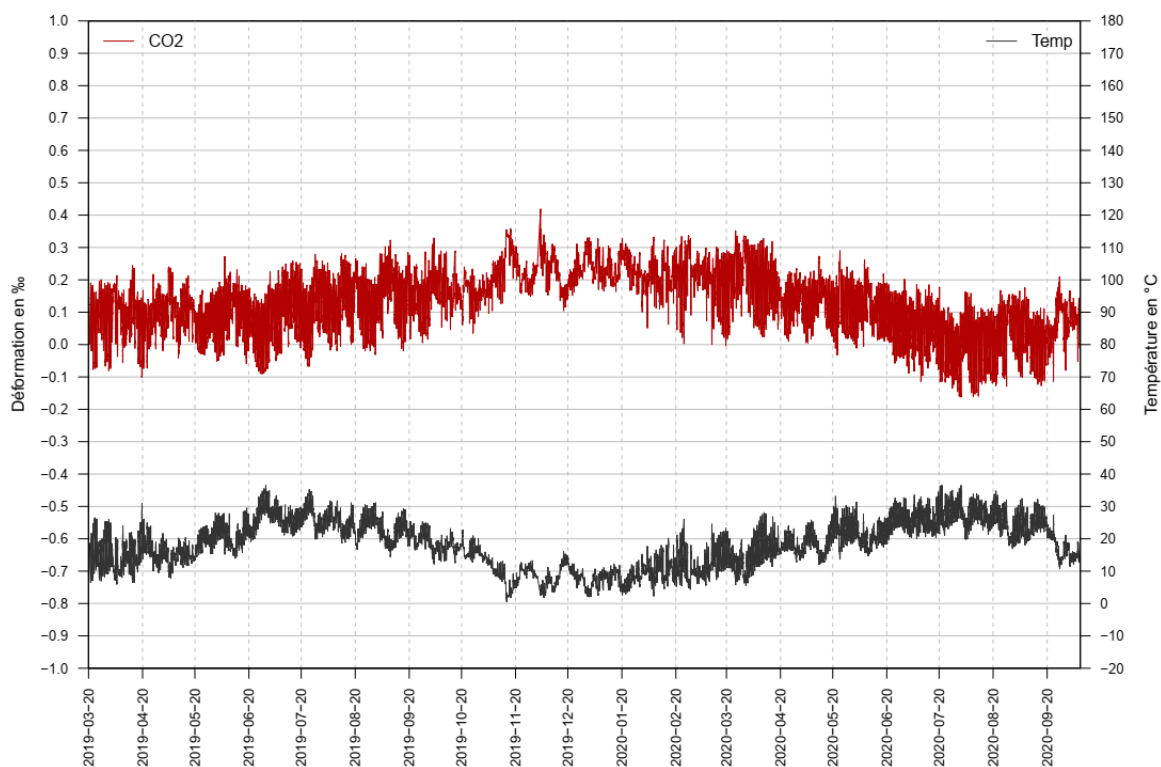
En revanche des évènements ont eu lieu sur des périodes courtes depuis le début du suivi, et il serait intéressant d'essayer de comparer à l'activité sur site à ces dates. On pourra ainsi s'assurer que leur explication ne remet pas en question l'intégrité de la structure instrumentée.

Annexes

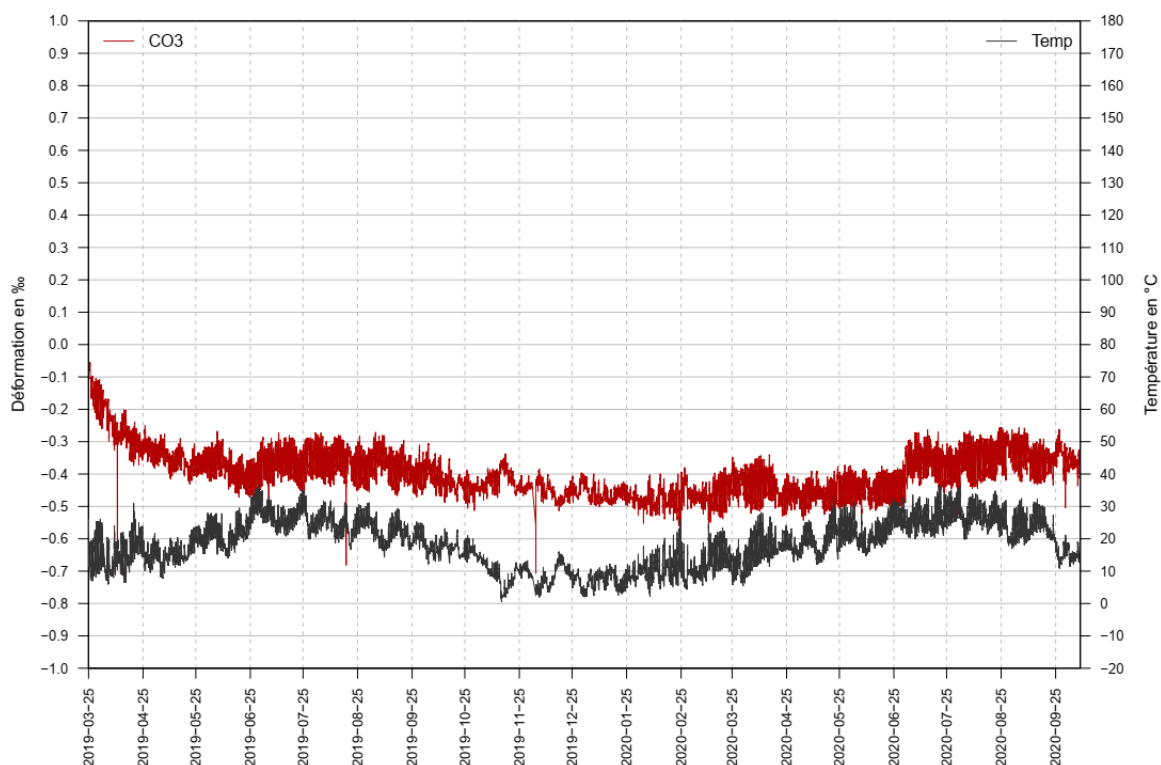
Mesures statiques CO1



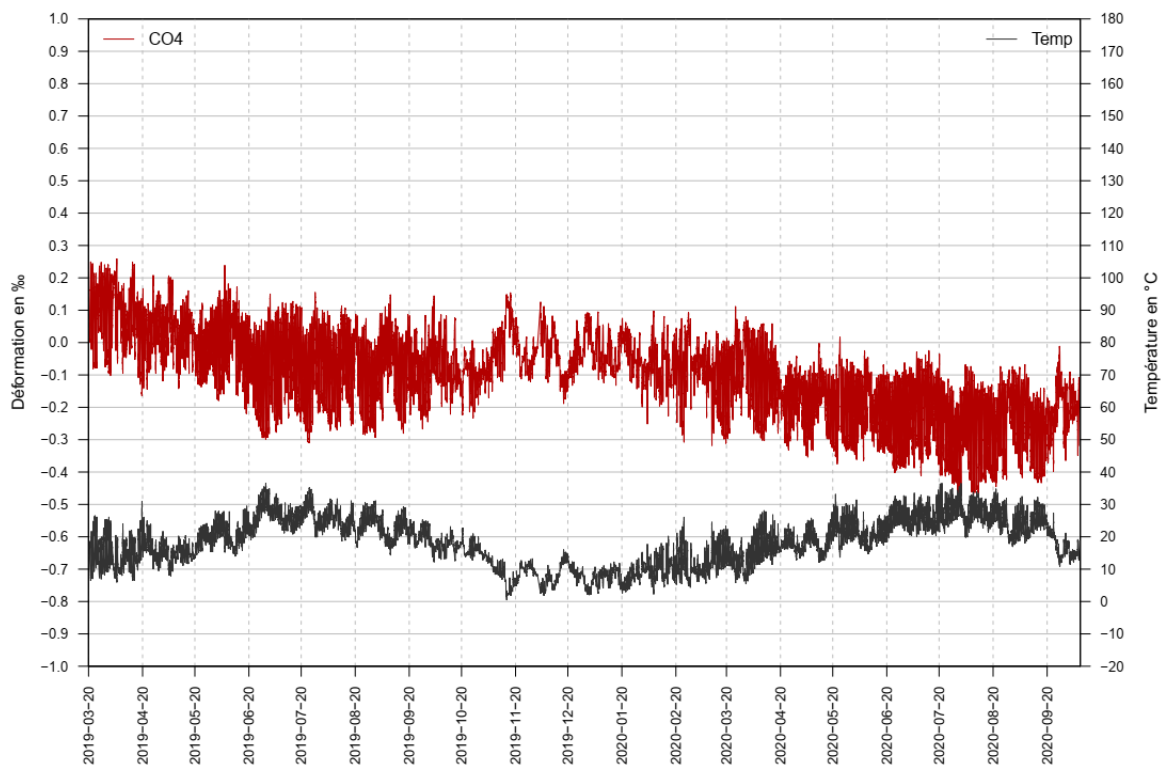
Mesures statiques CO2



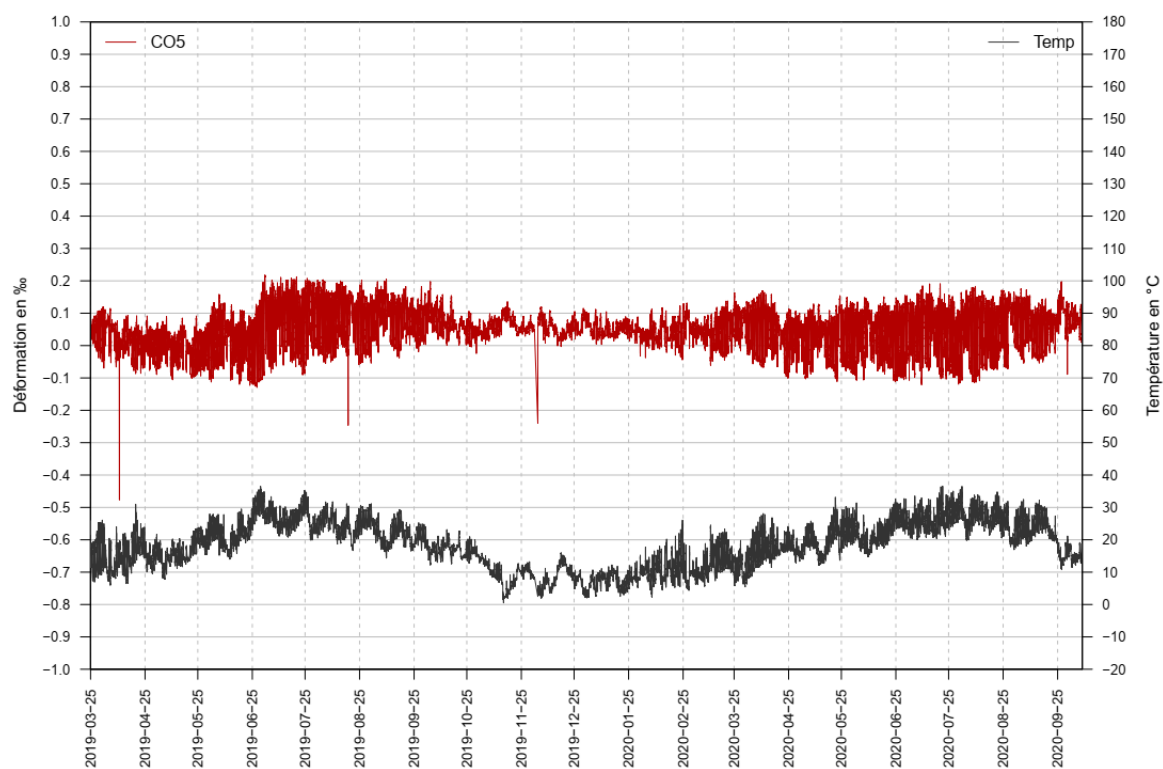
Mesures statiques CO3



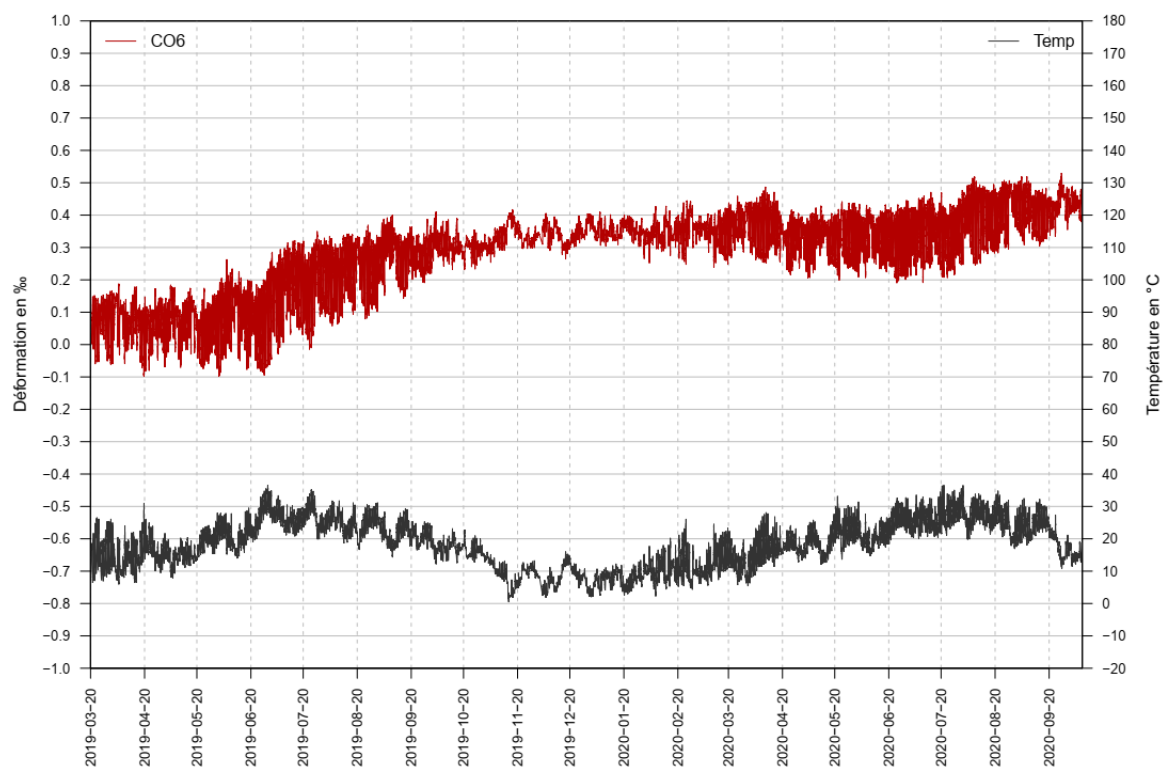
Mesures statiques CO4



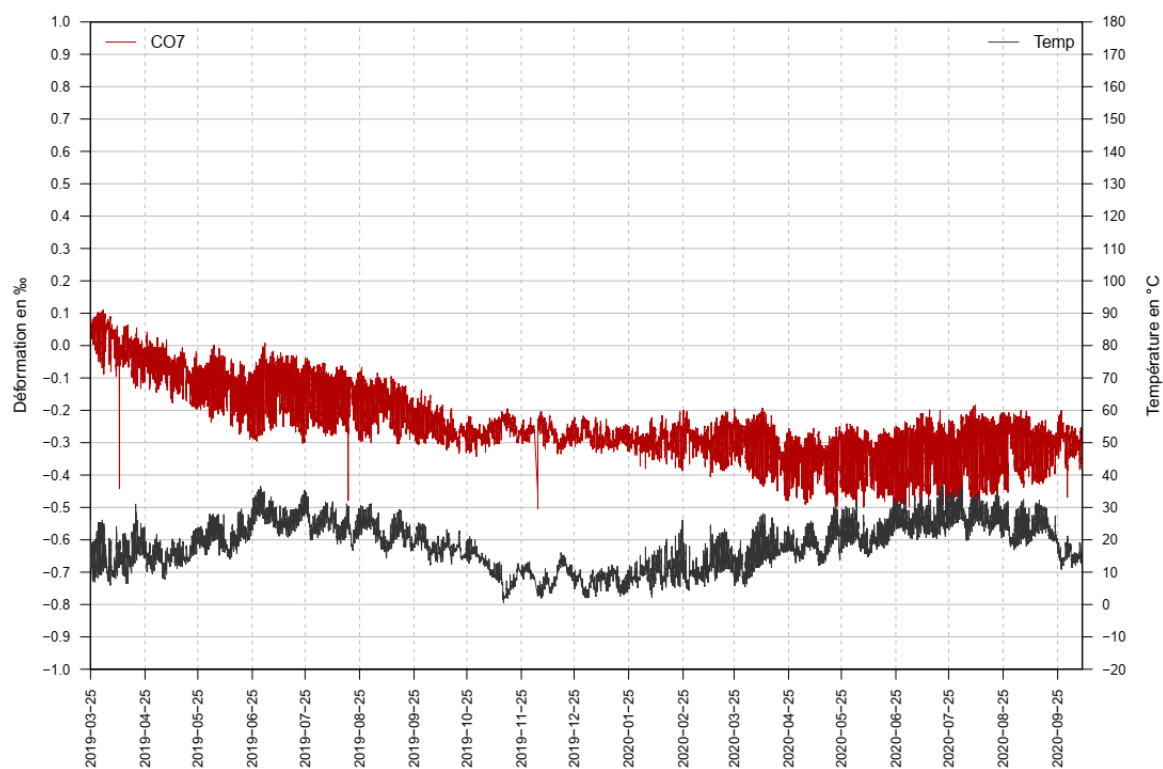
Mesures statiques CO5



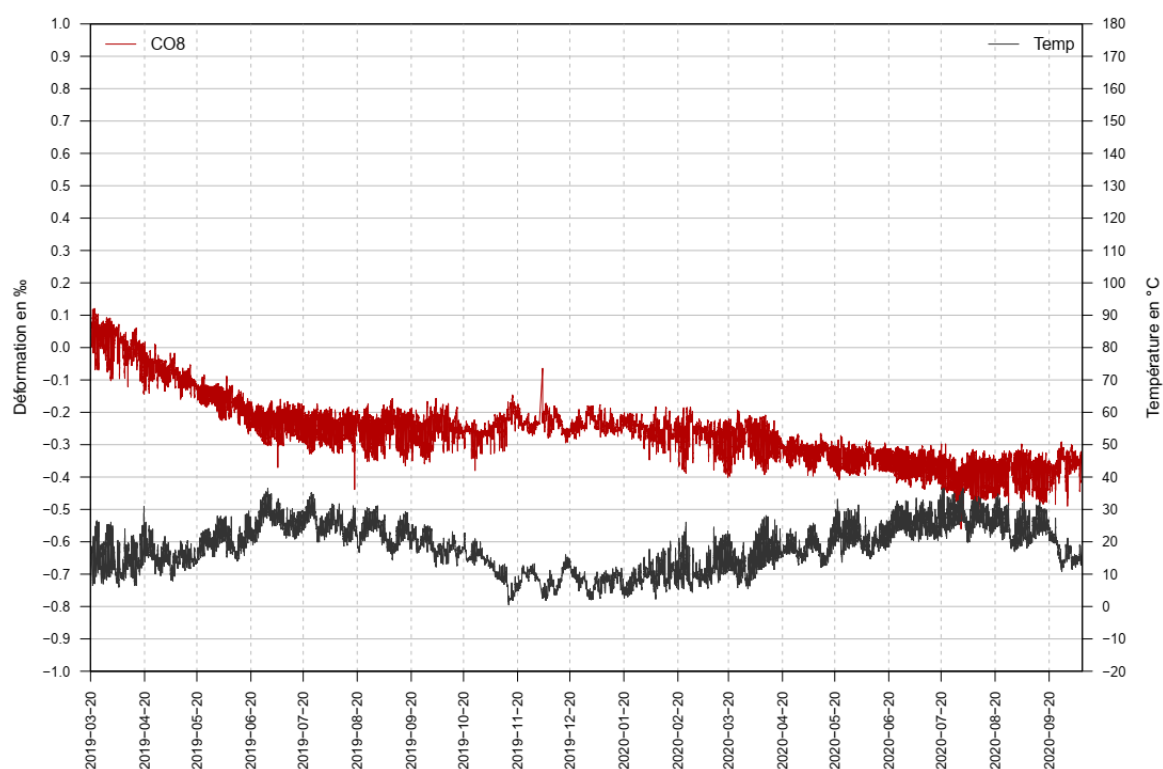
Mesures statiques CO6



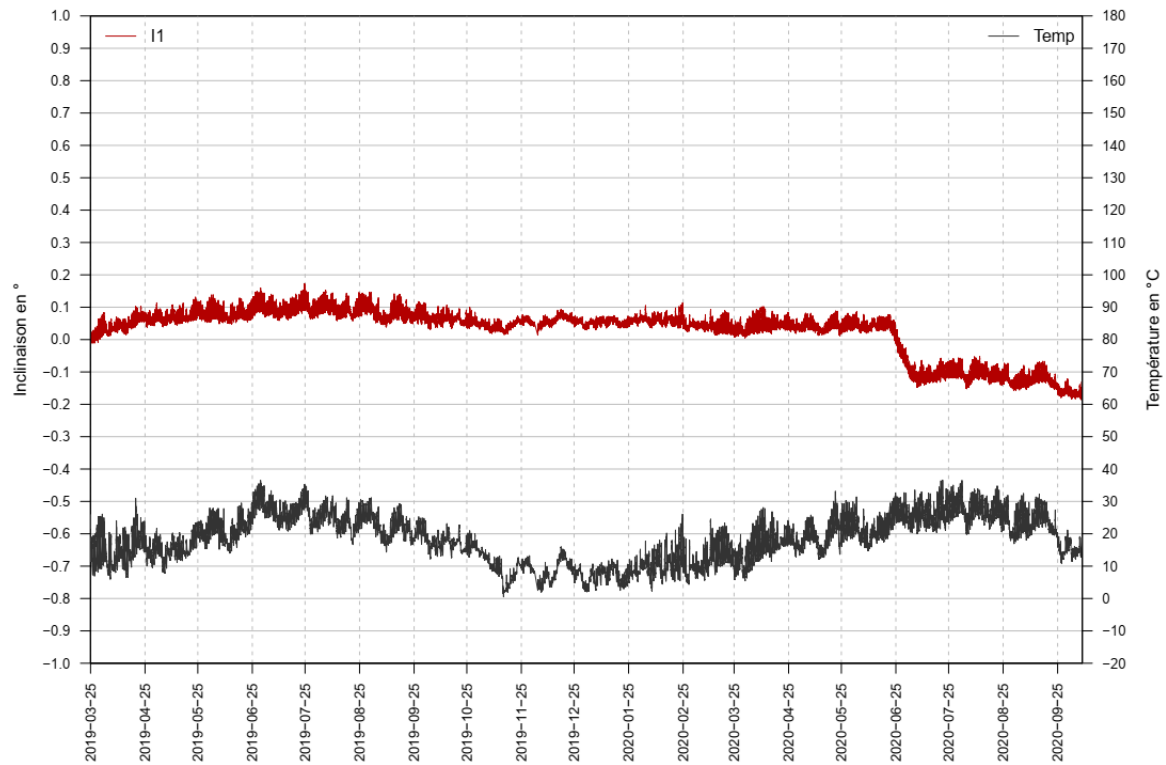
Mesures statiques CO7



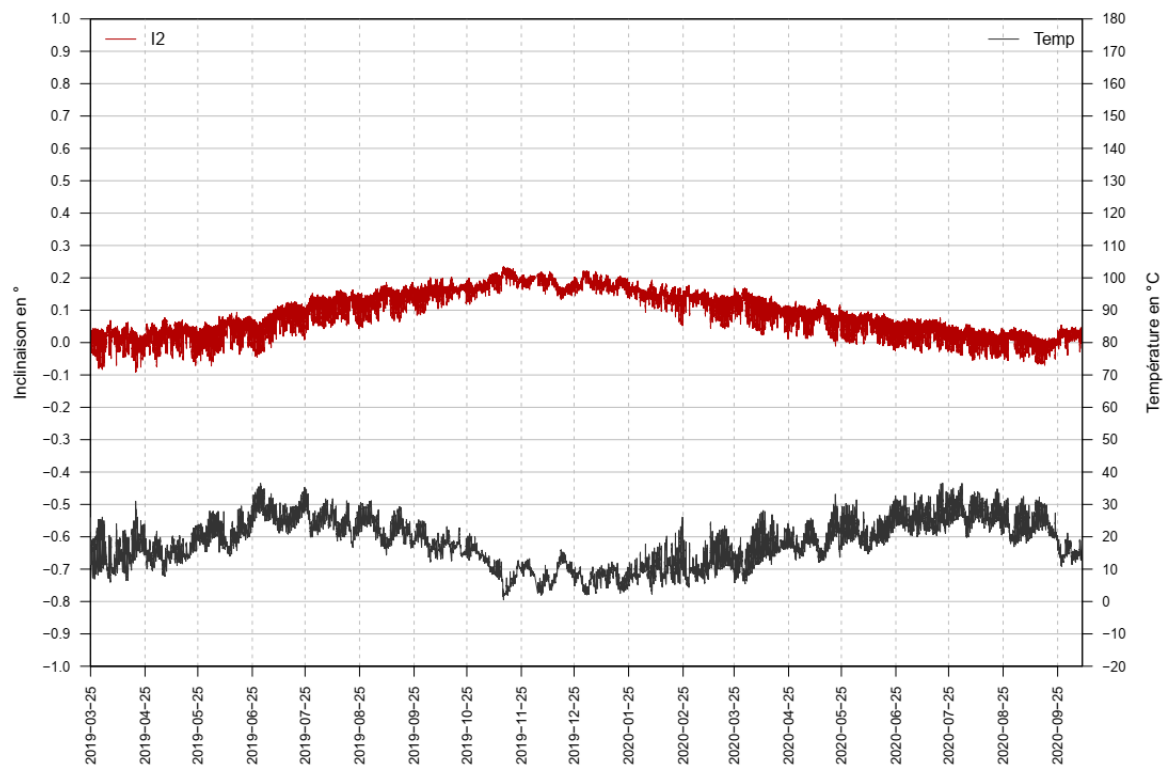
Mesures statiques CO8



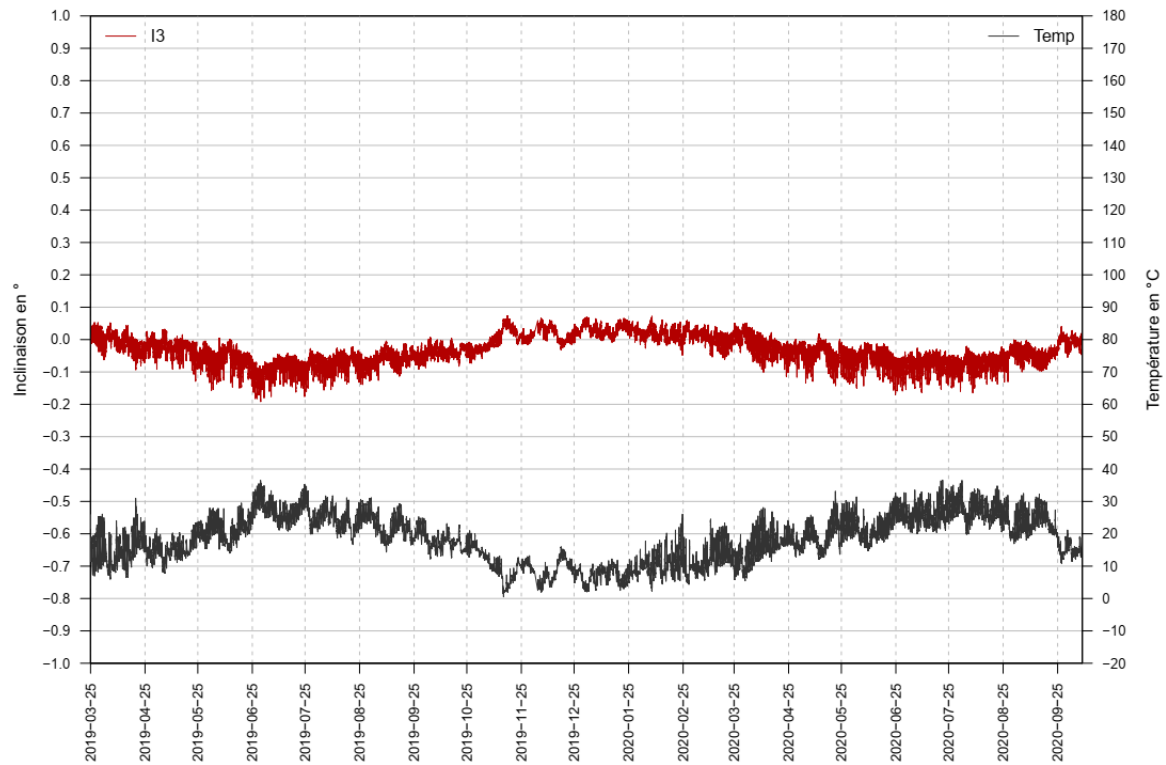
Mesures statiques I1



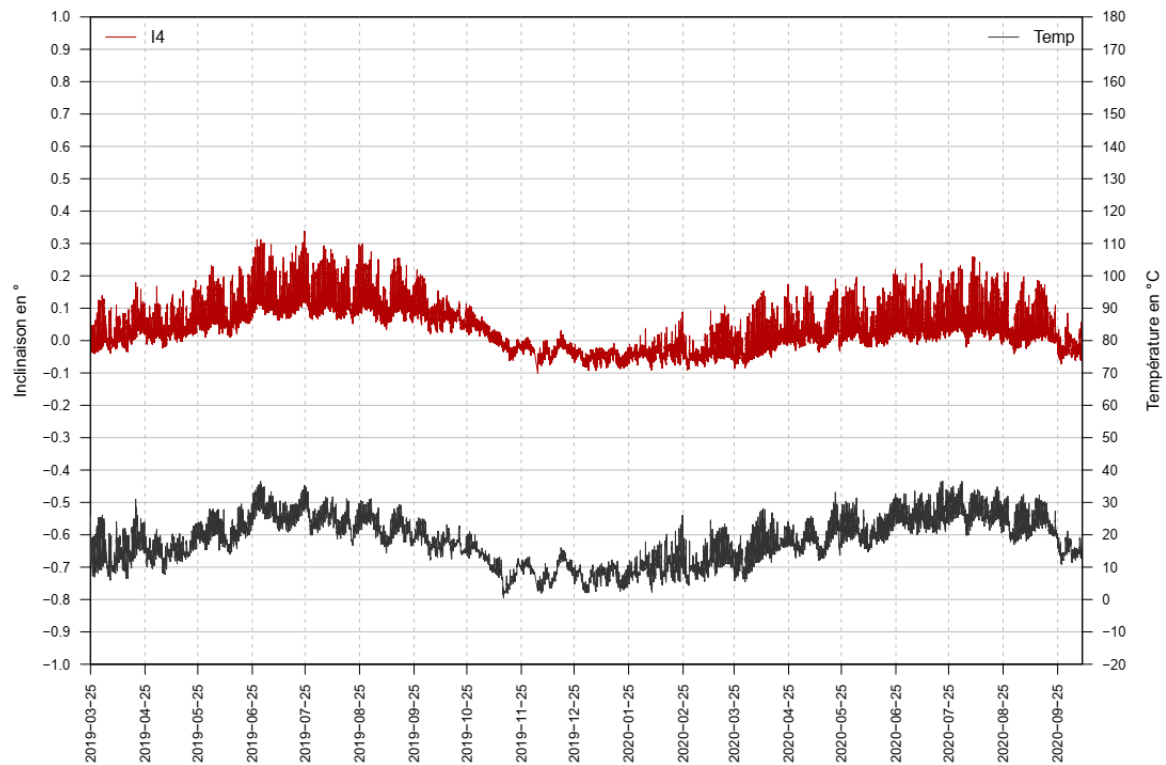
Mesures statiques I2



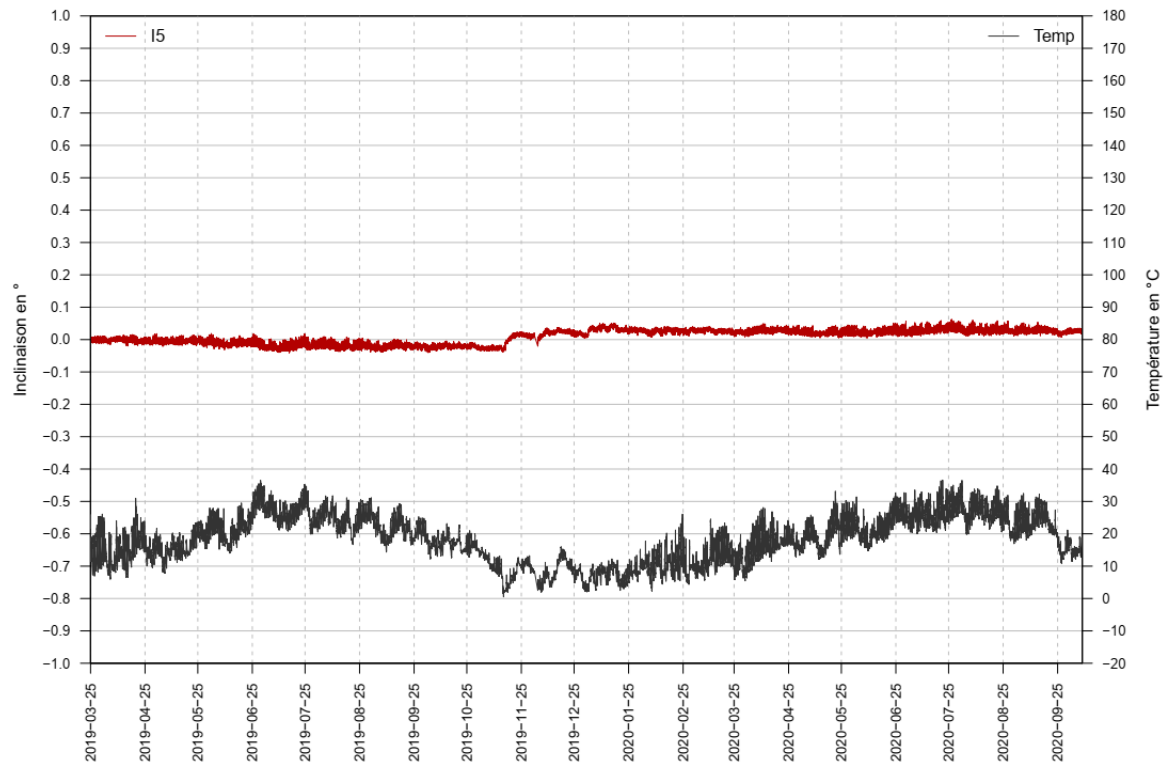
Mesures statiques I3



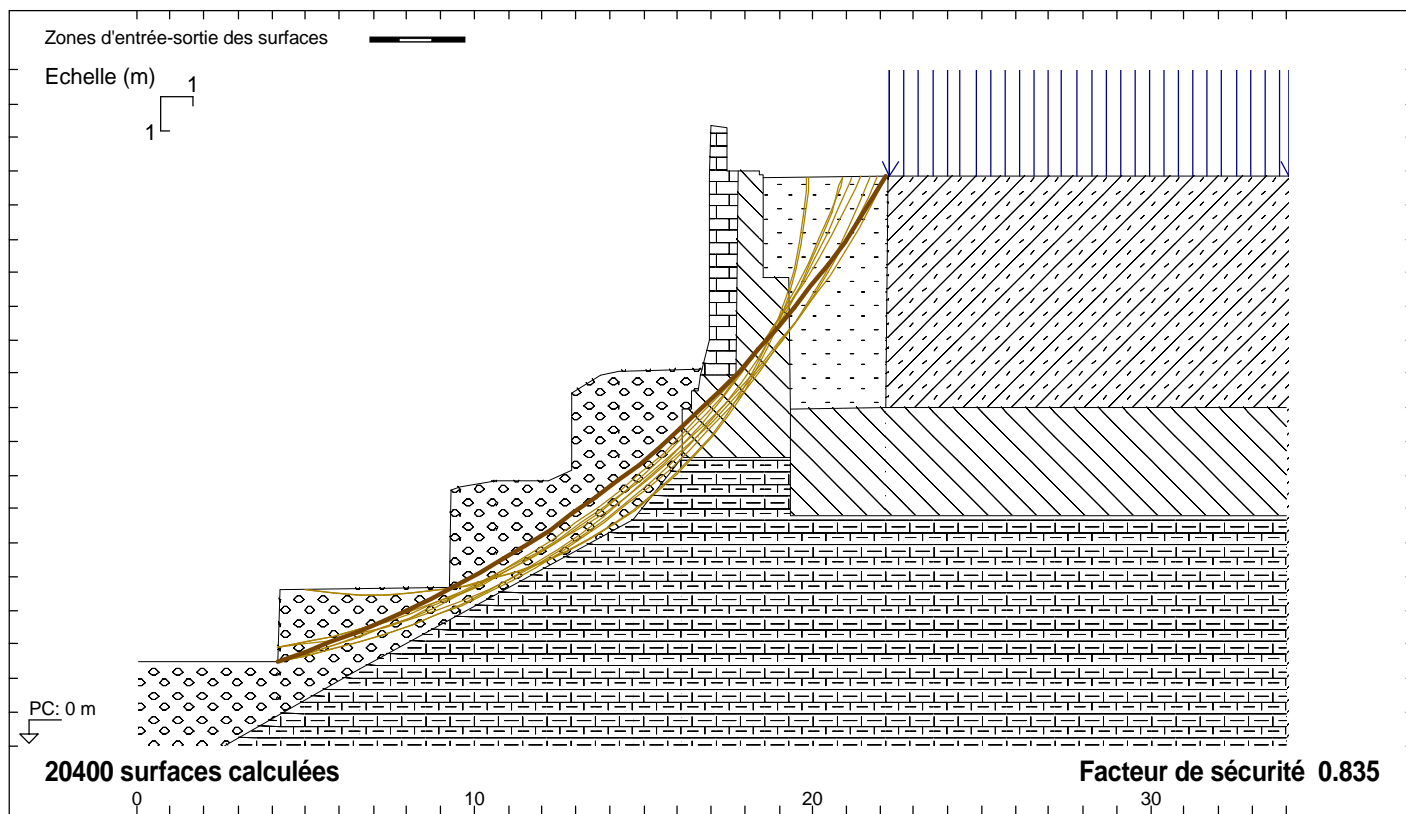
Mesures statiques I4










Mesures statiques I5



Annexe 7 : Résultats des modélisations GEOSTAB :




 GEOSTAB© v4.07 du 22/08/2016 développé par GEOS GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât. Europa 2 Tél : 04 50 95 38 14
 http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS Fax : 04 50 95 99 36

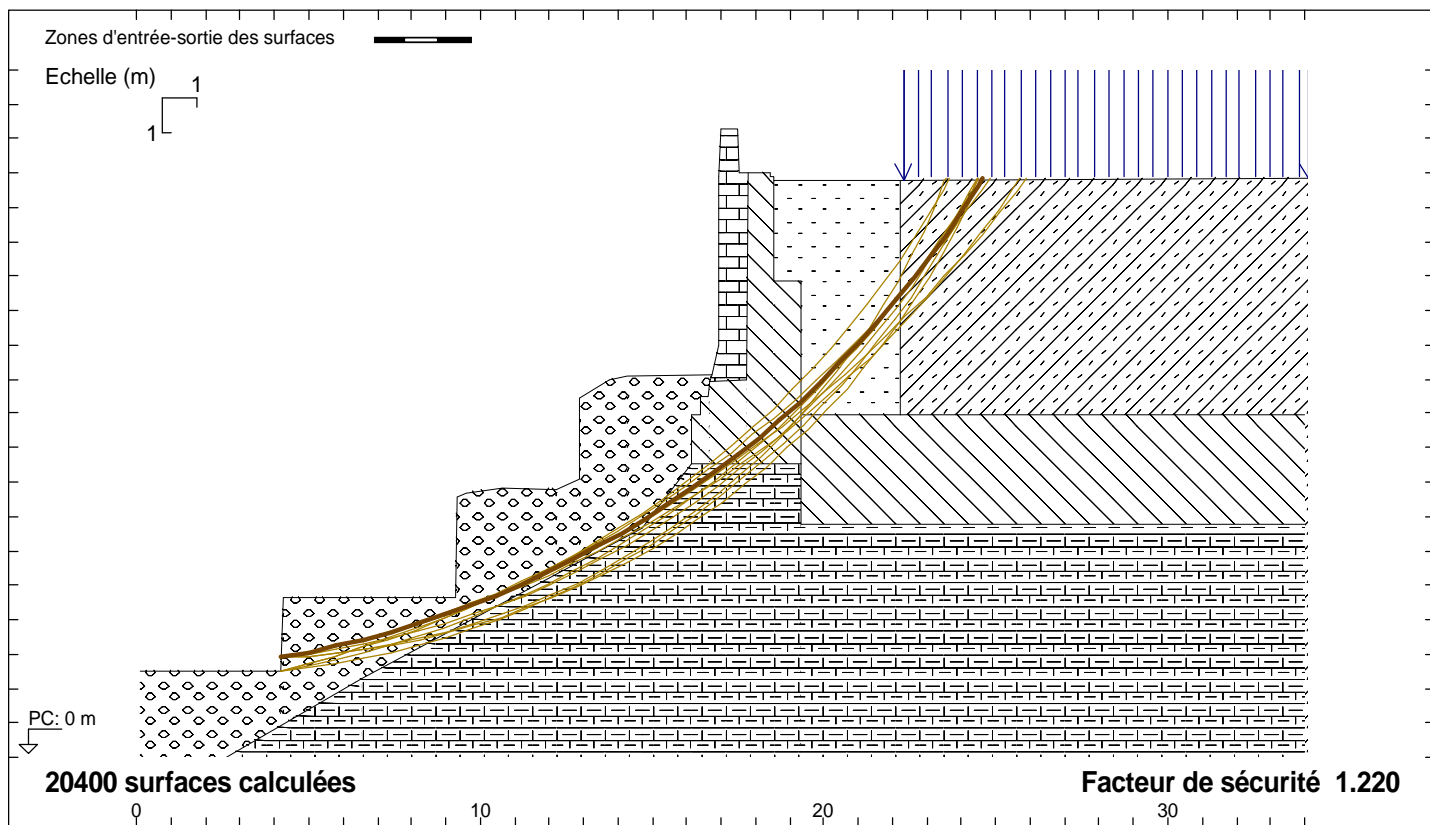
SOLS	(γ ; γ_{sat})	C	ϕ	qs
	1 (18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	2 (24.00; 14.00) * 1.00	200.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	3 (20.00; 10.00) * 1.00	0.000 / 1.00	30.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	4 (24.00; 14.00) * 1.00	100.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	5 (18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	6 (22.00; 12.00) * 1.00	10.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00

Fichier "ANALYSE DE STABILITE"
 Méthode de BISHOP modifiée
 Classique
 Action des terres γ_e : 1
 Résistance des terres $\gamma_{r,e}$: 1
 Coefficient de Méthode 1
 Unités : kN, m

Charges surfaciques et Forces linéaires				
qg	qd	F	Gamm	θ
1 210	210		*1.00	0.00

N°	Xc	Yc	R	Fs
1	-5.8800	33.630	32.710	0.835
2	-1.9500	27.460	25.700	0.840
3	0.5000	24.710	22.110	0.852
4	-2.4400	29.320	27.620	0.857
5	0.2100	26.230	23.660	0.868
6	0.5500	23.690	21.490	0.873
7	0.2600	25.180	23.010	0.884
8	2.2400	22.210	19.400	0.890
9	7.1000	17.190	12.730	0.908
10	7.1600	17.190	12.720	0.914

01/07/21 18:11	CATHEDRALE DE VALENCE -	ETAT EXISTANT - Analyse de stabilité	FIGURE
	Analyse de stabilité des ouvrages		



GEOSTAB© v4.07 du 22/08/2016 développé par GEOS
http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât. Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

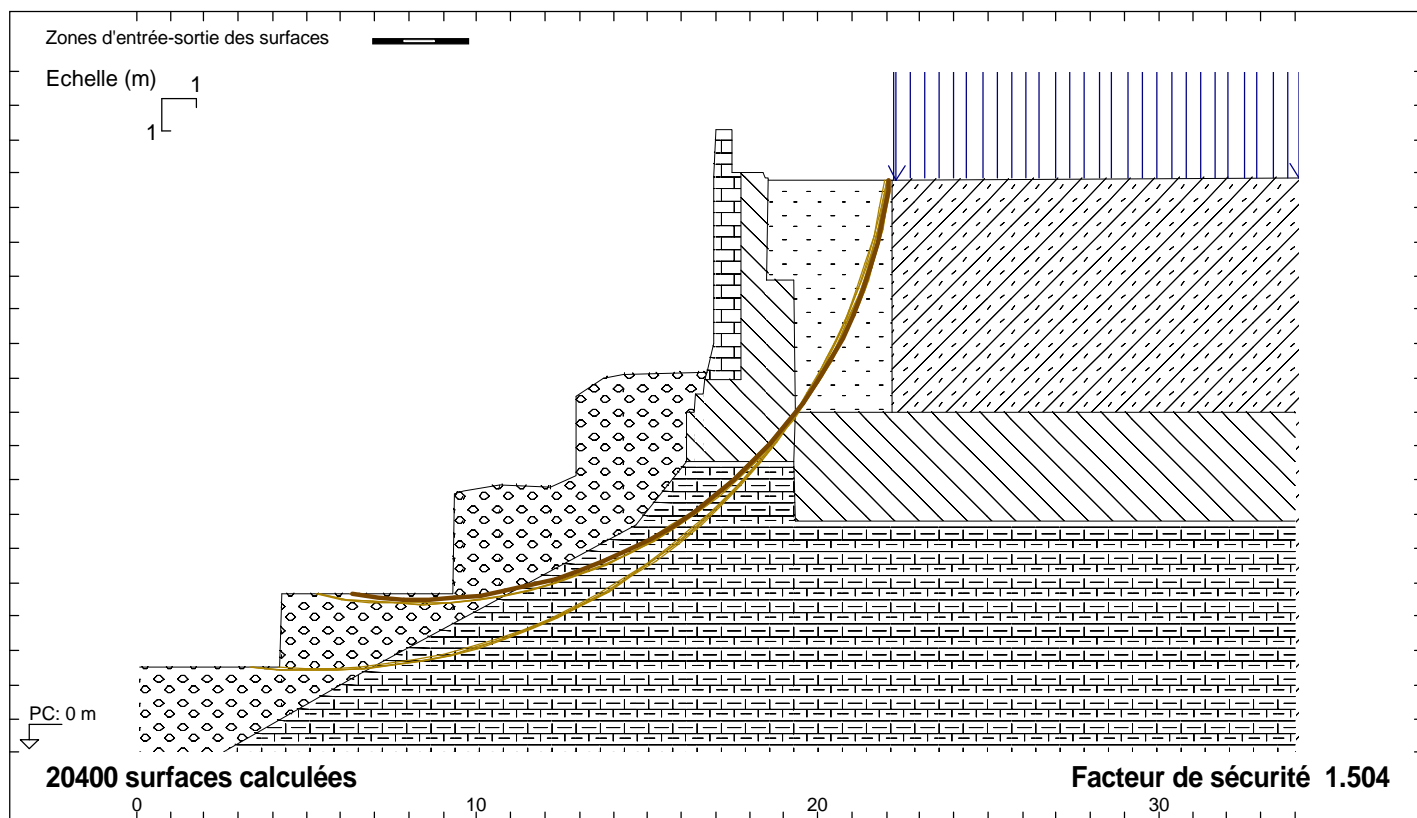
SOLS	(γ ; γ_{sat})	C	ϕ	qs
1	(18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
2	(24.00; 14.00) * 1.00	65.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
3	(20.00; 10.00) * 1.00	65.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
4	(24.00; 14.00) * 1.00	100.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
5	(18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
6	(22.00; 12.00) * 1.00	10.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00

Fichier "ANALYSE DE STABILITE"
Méthode de BISHOP modifiée
Classique
Action des terres γ_e : 1
Résistance des terres $\gamma_{r,e}$: 1
Coefficient de Méthode 1
Unités : kN, m

Charges surfaciques et Forces linéaires				
qg	qd	F	Gamm	θ
1 210	210		*1.00	0.00

N°	Xc	Yc	R	Fs
1	-0.9600	32.420	29.950	1.220
2	1.4500	28.590	25.830	1.226
3	1.5100	27.890	25.520	1.236
4	-0.8900	31.190	29.130	1.236
5	-4.4700	37.010	35.570	1.237
6	-0.5000	30.020	27.510	1.246
7	3.2600	26.120	23.220	1.247
8	3.3500	24.470	21.570	1.248
9	-1.5000	35.280	32.870	1.250
10	-5.4300	40.670	39.350	1.251

01/07/21 18:12	CATHEDRALE DE VALENCE -	ETAT EXISTANT - Analyse de stabilité	FIGURE
	Analyse de stabilité des ouvrages		



GEOSTAB® v4.07 du 22/08/2016 développé par GEOS
<http://www.geos.fr> E-mail: logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât. Europa 2
 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
 Fax : 04 50 95 99 36

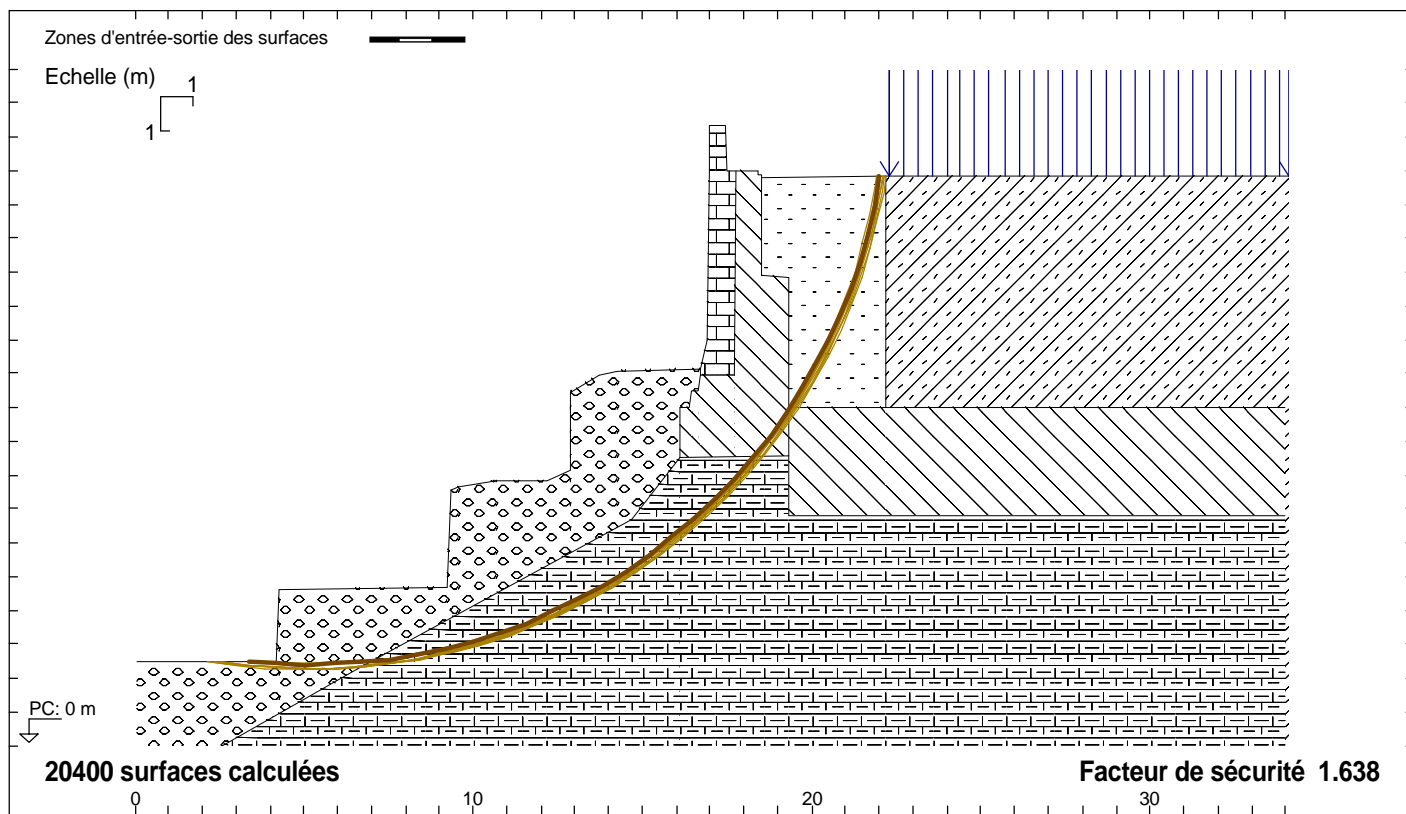
SOLS	(γ ; γ_{sat})	C	ϕ	qs
1	(18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
2	(24.00; 14.00) * 1.00	200.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
3	(20.00; 10.00) * 1.00	110.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
4	(24.00; 14.00) * 1.00	100.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
5	(18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
6	(22.00; 12.00) * 1.00	10.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00


Fichier "ANALYSE DE STABILITE"
 Méthode de BISHOP modifiée
 Classique
 Action des terres γ_e : 1
 Résistance des terres $\gamma_{r,e}$: 1
 Coefficient de Méthode 1
 Unités : kN, m







Charges surfaciques et Forces linéaires				
qg	qd	F	Gamm	θ
1	210	210	*1.00	0.00

N°	Xc	Yc	R	Fs
1	8.3100	18.380	13.870	1.504
2	8.3700	18.370	13.860	1.507
3	5.2400	19.370	16.960	1.508
4	8.1700	18.340	13.980	1.508
5	5.2600	19.440	16.970	1.508
6	8.1100	18.340	13.990	1.508
7	5.1900	19.370	16.970	1.510
8	5.3100	19.360	16.950	1.510
9	8.2600	18.380	13.870	1.510
10	8.2200	18.340	13.980	1.510

01/07/21 18:14	CATHEDRALE DE VALENCE -	ETAT EXISTANT - Analyse de stabilité	FIGURE
	Analyse de stabilité des ouvrages		




 GEOSTAB© v4.07 du 22/08/2016 développé par GEOS GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât. Europa 2 Tél : 04 50 95 38 14
 http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	(γ ; γ_{sat})	C	ϕ	qs
	1 (18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	2 (24.00; 14.00) * 1.00	200.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	3 (20.00; 10.00) * 1.00	200.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	4 (24.00; 14.00) * 1.00	100.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	5 (18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
	6 (22.00; 12.00) * 1.00	10.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00

Fichier "ANALYSE DE STABILITE"

Méthode de BISHOP modifiée

Classique

Action des terres γ_e : 1

Resistance des terres $\gamma_{r,e}$: 1

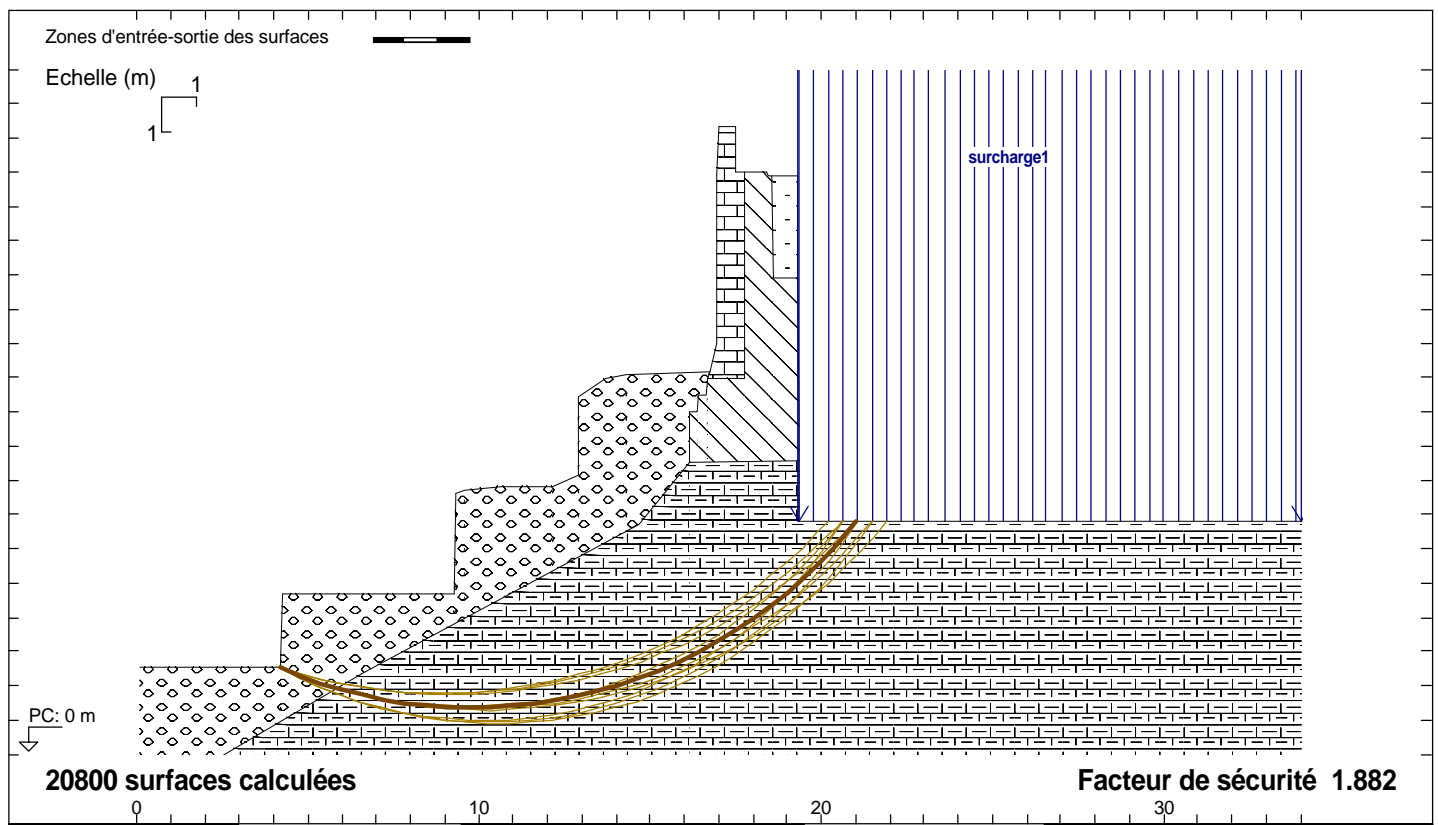
Coefficient de Méthode 1

Unités : kN, m

Charges surfaciques et Forces linéaires				
qg	qd	F	Gamm	θ
1 210	210		*1.00	0.00

N°	Xc	Yc	R	Fs
1	5.2400	19.370	16.960	1.638
2	5.0800	19.270	17.020	1.639
3	5.1400	19.270	17.010	1.639
4	5.1900	19.270	17.000	1.639
5	5.2400	19.260	17.000	1.639
6	5.2900	19.260	16.990	1.639
7	5.3100	19.360	16.950	1.639
8	5.3400	19.250	16.980	1.639
9	5.3700	19.350	16.940	1.640
10	5.3900	19.250	16.980	1.640

01/07/21 18:15	CATHEDRALE DE VALENCE -	ETAT EXISTANT - Analyse de stabilité	FIGURE
	Analyse de stabilité des ouvrages		



GEOSTAB© v4.07 du 22/08/2016 développé par GEOS
http://www.geos.fr E-mail: logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât. Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	(γ ; γ_{sat})	C	ϕ	qs
1	(18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
2	(24.00; 14.00) * 1.00	200.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
3	(20.00; 10.00) * 1.00	65.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
4	(24.00; 14.00) * 1.00	100.0 / 1.00	50.00 / 1.00	0.000 / 1.00
5	(18.00; 8.000) * 1.00	0.000 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00
6	(22.00; 12.00) * 1.00	10.00 / 1.00	35.00 / 1.00	0.000 / 1.00

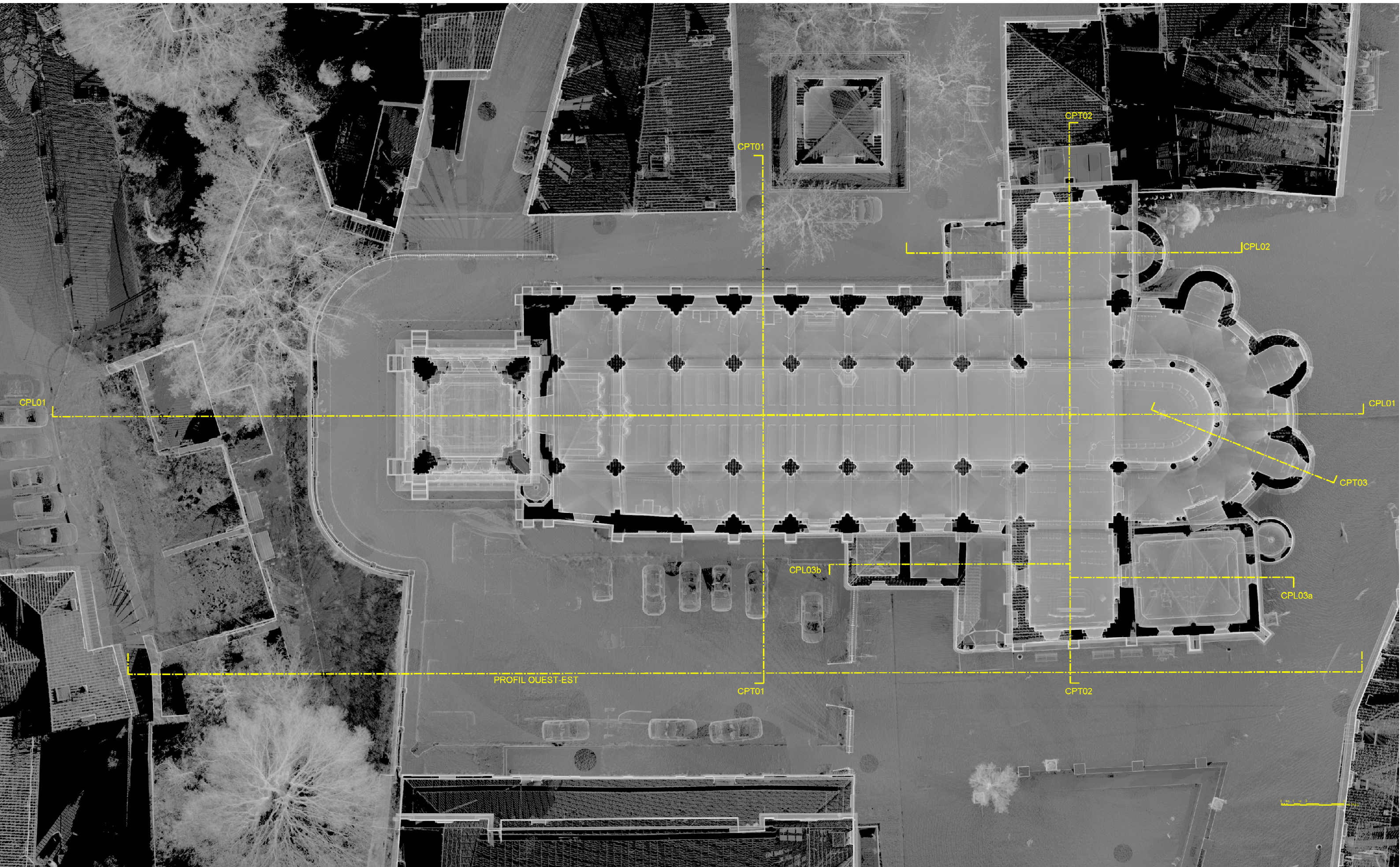
Fichier "ANALYSE DE STABILITE CHARGES BASS
Méthode de BISHOP modifiée
Classique
Action des terres γ_e : 1
Résistance des terres $\gamma_{r,e}$: 1
Coefficient de Méthode 1
Unités : kN, m

Charges surfaciques et Forces linéaires				
qg	qd	F	Gamm	θ
1	320	320	*1.00	0.00

N°	Xc	Yc	R	Fs
1	9.8300	15.570	14.220	1.882
2	9.6600	15.160	13.780	1.886
3	10.010	16.020	14.710	1.888
4	10.330	13.640	12.710	1.894
5	10.520	14.010	13.120	1.896
6	9.0300	17.540	15.790	1.898
7	9.1800	18.070	16.340	1.898
8	10.200	16.500	15.220	1.905
9	8.8800	17.060	15.280	1.909
10	10.150	13.290	12.320	1.910

01/07/21 18:04	CATHEDRALE DE VALENCE -	ETAT EXISTANT - Analyse de stabilité globale	FIGURE
	Analyse de stabilité des ouvrages		

Annexe 8 : Coupes géotechniques interprétatives :



CPL01

CPT01

CPT02

CPL02

CPL01

CPT03

CPL03b

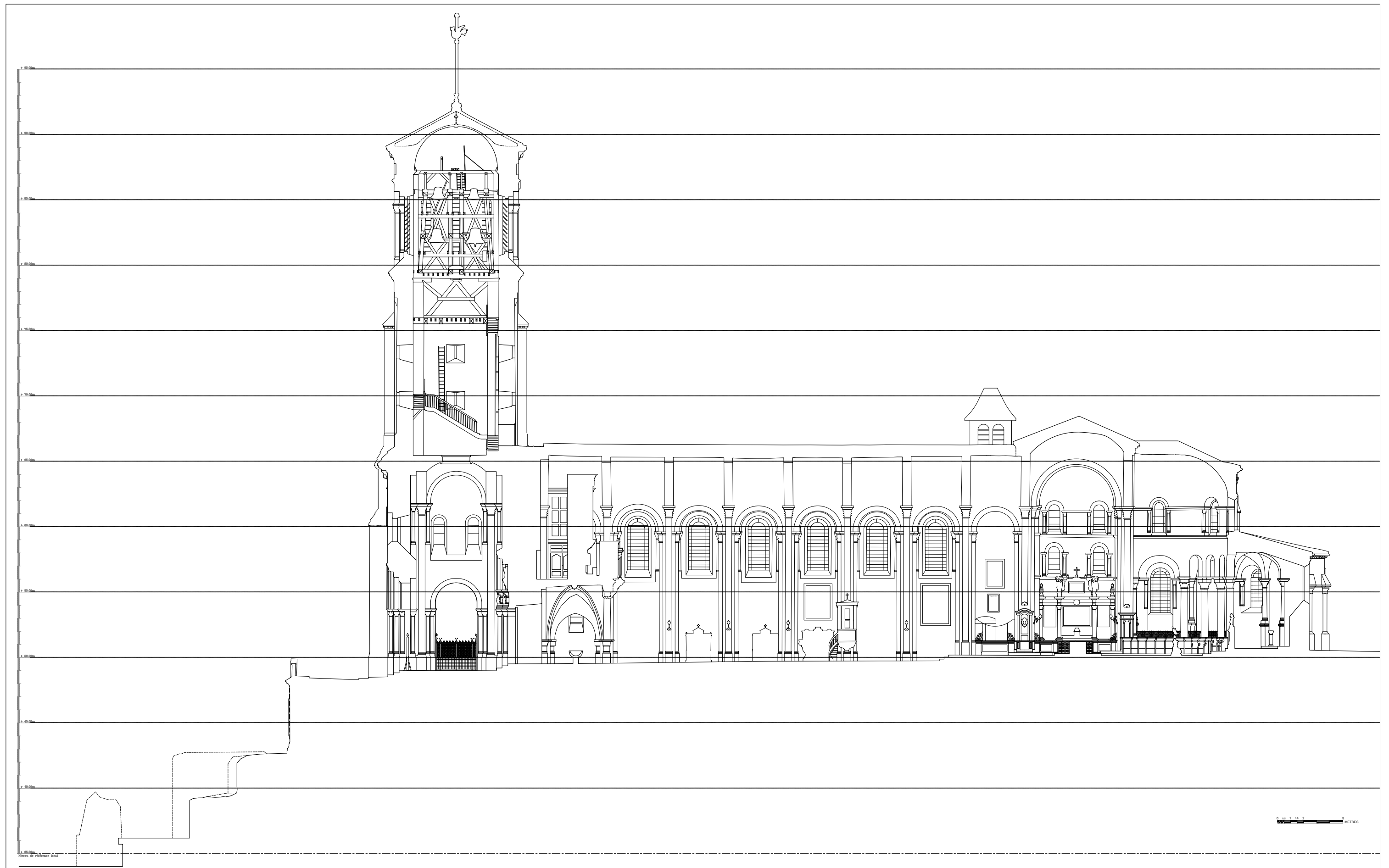
CPL03a

PROFIL OUEST-EST

CPT01

CPT02

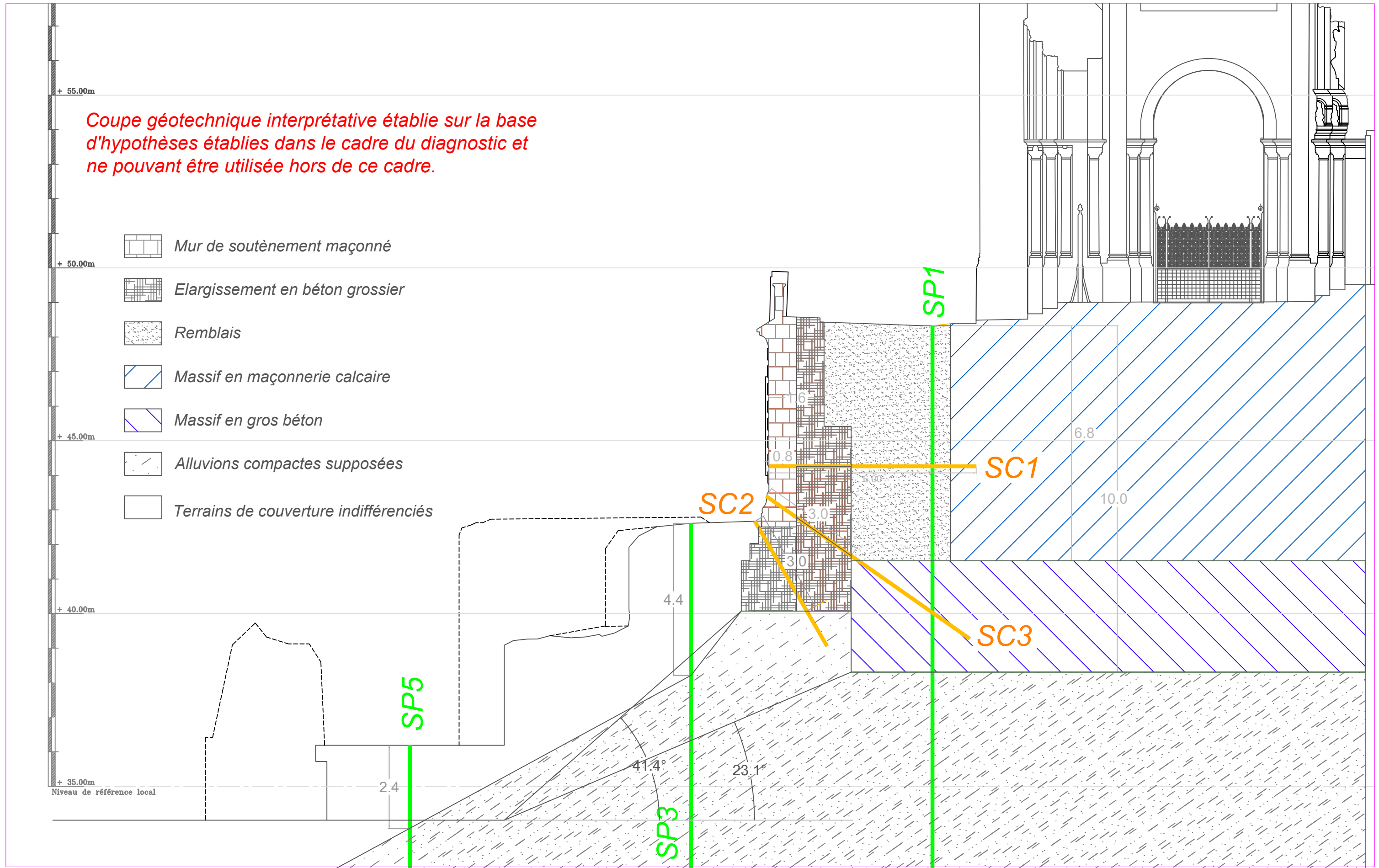
0 4 8 12 2



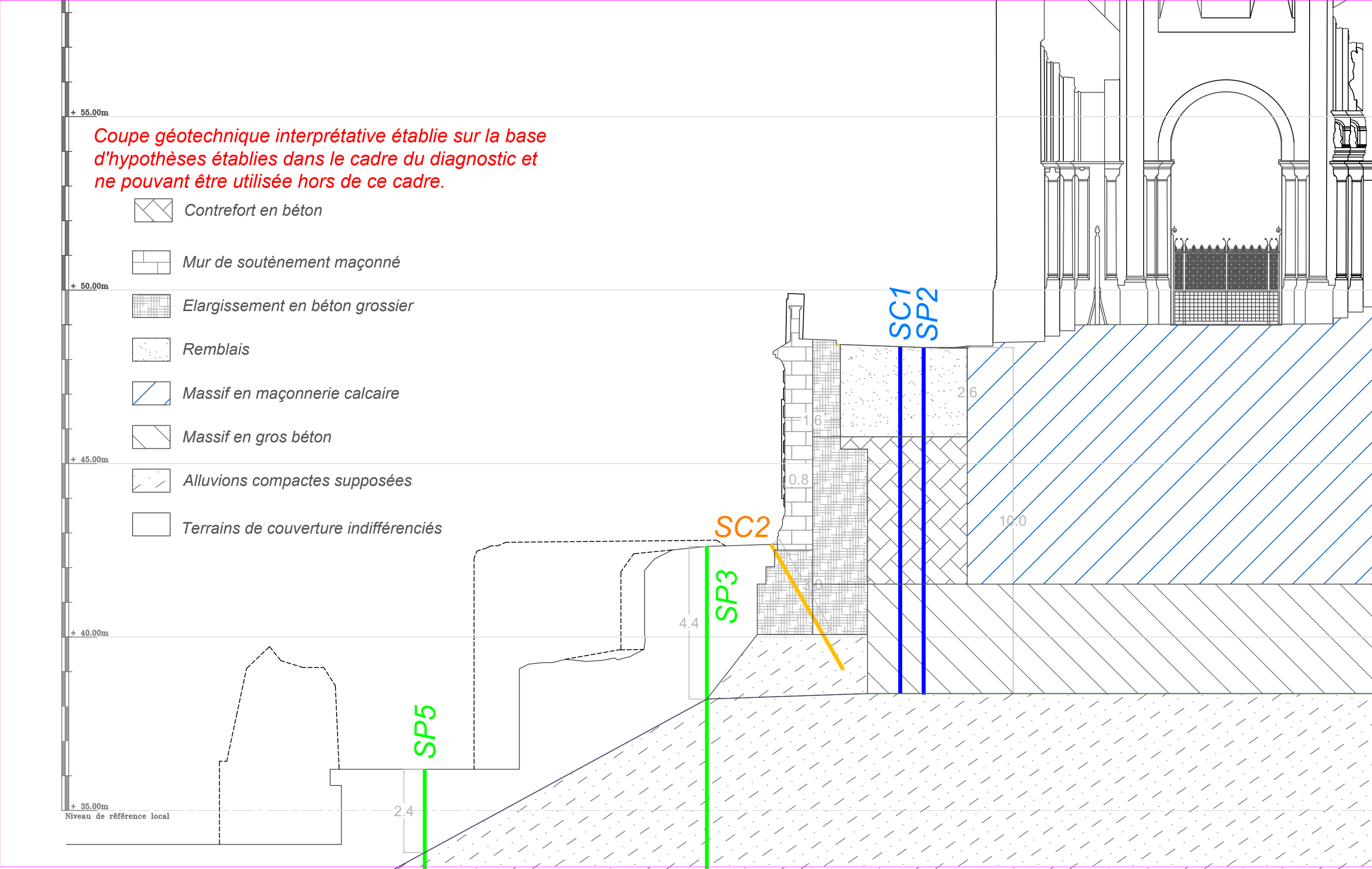
Vue d'ensemble hors échelle
Système altimétrique : local
Système planimétrique : local

VALENCE
Cathédrale Saint Apollinaire - Coupe longitudinale 01 en DAO
Relevé lasergrammétrique

Art Graphique et Patrimoine
Adresse postale : 50 avenue du Président Wilson CS 20010 - 93534 LA PLAINE SAINT DENIS CEDEX
Accès : 112 rue des Céréales - 93210 La Plaine St Denis
Tél : 01.81.81.11.70 - e-mail : artgp@artgp.fr



Vue d'ensemble : 1/100ème
Système altimétrique : local
Système planimétrique : local





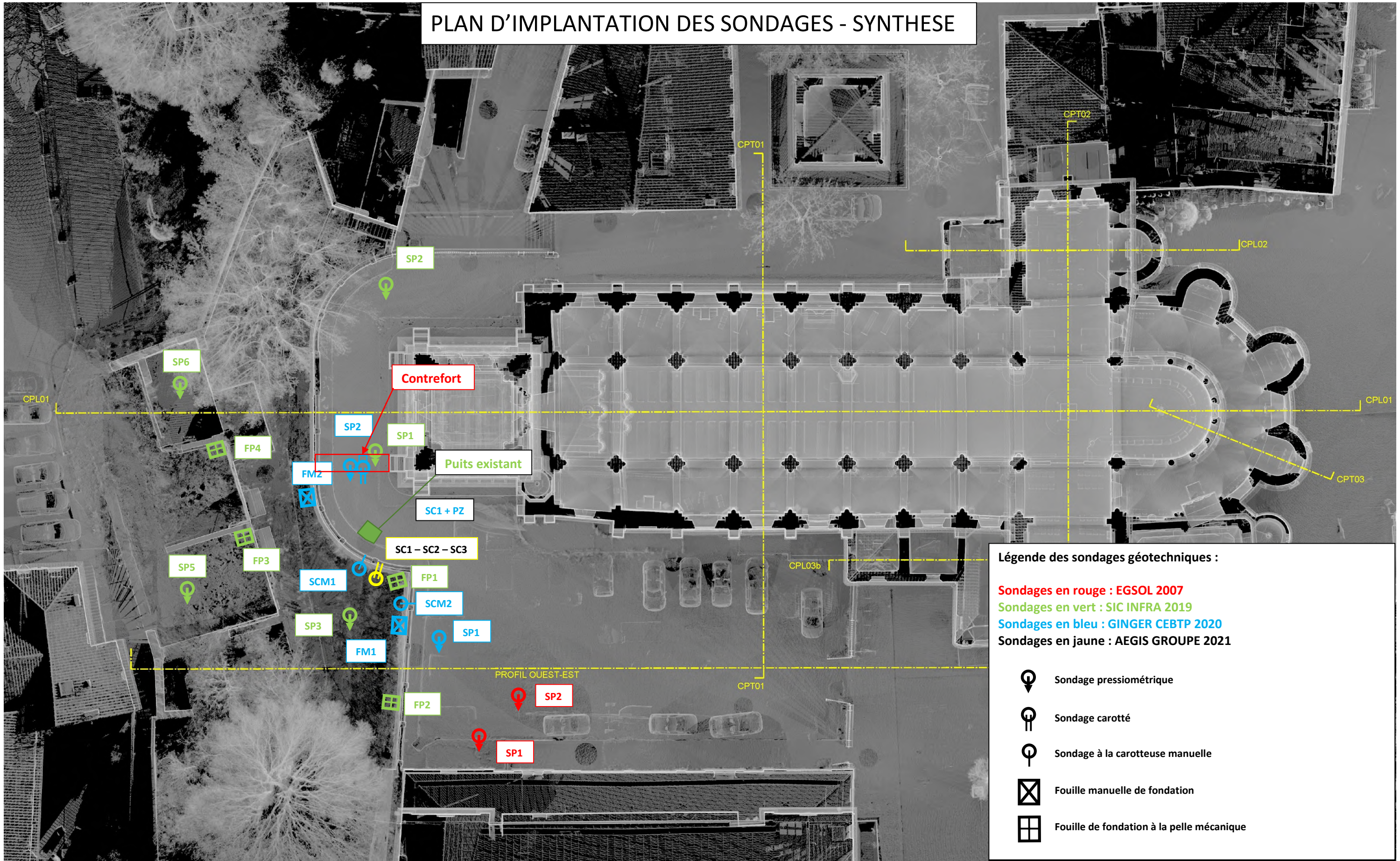
AEGIS-GROUPE

Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

SASU 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
SASU au capital de 5000 euros.

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES - SYNTHESE



Légende des sondages géotechniques :

- Sondages en rouge : EGSOL 2007
- Sondages en vert : SIC INFRA 2019
- Sondages en bleu : GINGER CEBTP 2020
- Sondages en jaune : AEGIS GROUPE 2021

- Sondage pressiométrique
- Sondage carotté
- Sondage à la carotteuse manuelle
- Fouille manuelle de fondation
- Fouille de fondation à la pelle mécanique

Le point de sondage est au niveau du centre du cercle, du carré ou du triangle.



AEGIS-GROUPE

Analyses et Etudes en Géologie, Infrastructure et Sécurisation

DRAC ARA
Le Grenier d'Abondance
6, Quai Vincent
69283 LYON CEDEX

Nice, 24/02/2022

Objet : Compte rendu de sondage carotté complémentaire – Caractérisation du mur de soutènement du Parvis – Cathédrale St Apollinaire de Valence :

1. Cadre de la mission :

La mission porte et se limite à la réalisation d'un carottage complémentaire visant à caractériser l'épaisseur du mur de soutènement aval au clocher de la cathédrale St Apollinaire de Valence.

Ce carottage complémentaire a été effectué afin de permettre au BET Equilibre Structures de mener ses études. Le carottage a été réalisé par un binôme de cordistes le 22/02/2022.

L'implantation de ce sondage a été déterminée par le BET Equilibre Structures et est rappelée ci-dessous :

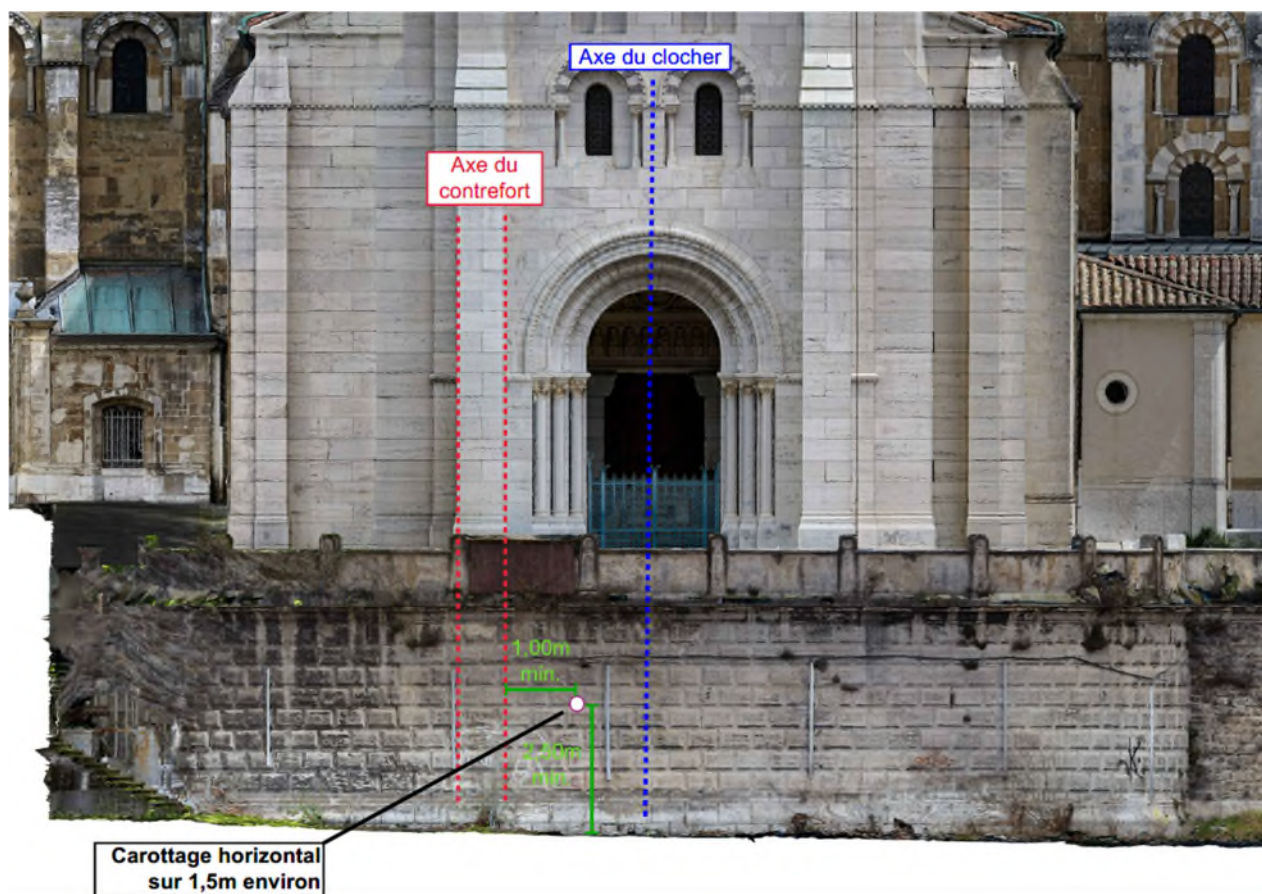


Figure 1 : Repérage du carottage complémentaire requis.

SASU 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
SASU au capital de 5000 euros.

2. Résultats obtenus :

Le carottage a été mené sur environ 2.80 m de profondeur.

Le carottage a traversé le mur de soutènement et a été prolongé dans les remblais de comblement contenus entre le mur et le massif de fondation du clocher. Les remblais sont lâches et pulvérulents, la récupération de ces matériaux n'est que partielle.

Les carottes extraites dans l'épaisseur du mur permettent de bien identifier sa structure interne :

- Première pierre de taille blanche (calcaire gréseux) de parement de 0.65 m d'épaisseur, cassée à 0.45 m ;
- Mur en béton grossier incluant galets de toutes natures lithologiques (quartz, calcaires...) et de calibres variables sur environ 0.55 m ;
- Seconde pierre de taille blanche (calcaire gréseux) identique en nature à celle de parement : épaisseur de 0.25 m ;
- Remblais pulvérulents divers contenant des galets de toutes natures lithologiques, des fragments de briques et une matrice plutôt sableuse sur le reste du carottage, soit environ 1.55 m minimum.



Figure 2 : Photographie générale des carottes extraites.

L'épaisseur totale du mur est par conséquent d'environ 1.45 m.

Benjamin BARRY
Ingénieur géotechnicien / Président

3. Photographies de détail :



SASU 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
SASU au capital de 5000 euros.



SASU 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
SASU au capital de 5000 euros.



SASU 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
SASU au capital de 5000 euros.



SASU 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
SASU au capital de 5000 euros.