

MAITRISE D'OUVRAGE DELEGUE

OPPIC

Maitrise d'ouvrage Direction Régionale des Affaires Culturelles

Occitanie

VILLE DE MONTAUBAN (82)

CATHEDRALE NOTRE DAME DE L'ASSOMPTION

ETUDE GEOTECHNIQUE

PHASE AVANT-PROJET SOMMAIRE

APS 2EME VERSION

PIERRE YVES CAILLAUT : ACMH

BMI Bureau d'études des structures

COEFFICIENT Economiste

Etude géotechnique d'avant-projet

(Mission géotechnique G_{2AVP})

R A P P O R T

RAPPORT N° G240686					PIECE N° 001
C					
B					
A	20.01.2025	T. MAZET	C. MARCIE	78+215	PREMIERE DIFFUSION DEFINITIVE DE LA 2EME VERSION
INDICE	DATE	ETABLI PAR	VERIFIE PAR	Nb de PAGES	MODIFICATIONS - OBSERVATIONS

Tel 01 69 34 73 04 • Fax 01 69 34 75 46

e-mail contact@geolia-conseil.com

119 - 131, avenue René Morin

91420 Morangis



SOMMAIRE

Page

1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION.....	4
2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL.....	7
3. PRESENTATION DU SITE	9
3.1. Localisation et identification du site.....	9
3.2. Le Bâtiment existant.....	12
3.3. La pathologie et l'instrumentation de l'édifice.....	21
3.4. Contexte géologique et géotechnique.....	28
3.5. Contexte hydrologique et hydrogéologique	29
3.6. Contexte des cavités ou galeries souterraines.....	30
3.7. Aléa de gonflement et retrait des argiles	30
3.8. Autres aléas géotechniques.....	31
3.9. Synthèse des aléas géotechniques.....	31
4. PRESENTATION DU PROJET.....	32
5. RESULTATS OBTENUS LORS DES INVESTIGATIONS DE 2022.....	37
5.1. Nature des sols reconnus	37
5.2. Observations concernant l'eau dans les sols	39
5.2.1. Niveau d'eau lors des forages.....	39
5.2.2. Equipement en piézomètre	39
5.2.3. Suivi permanent des piézomètres	40
5.2.4. Suivi initiale des piézomètres	40
5.2.5. Observations précédentes (FONDASOL GEOTEC et SOLINGEO)	42
5.2.6. Synthèse hydrogéologique.....	43
5.3. Caractéristiques pressiométriques	43
5.4. Enregistrements des paramètres de forages.....	47
5.4.1. Présentation des enregistrements des paramètres de forage.....	47
5.4.2. Analyse des enregistrements de paramètres de forage	48
5.4.3. Analyse par formation	49
5.5. Reconnaissances par fouilles des fondations de l'édifice actuel	49
5.7. Résultats des essais en laboratoire.....	54
5.7.1. Résultats des essais géotechniques	54
5.7.2. Analyse de l'agressivité de l'eau et su sol sur le béton.	56
6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS	59



6.1. Contexte géotechnique	59
6.2. Fondations de l'édifice	60
6.3. Descentes de charges et contraintes sous les fondations	60
6.4. Modélisation géotechnique type et hypothèses de calcul	61
6.5. Analyse de la stabilité des fondations de l'édifice	62
6.6. Principes généraux de confortement	63
6.6.1. Etude des fondations superficielles actuelles posées dans les alluvions anciennes sableuses et graveleuses.	64
6.6.2. Etude des fondations superficielles dans les remblais et niveaux décomprimés	65
6.7. Méthodologie de confortement du massif occidental et des 3 premières travées	67
6.8. Dimensionnement de la reprise en sous-œuvre par micropieux de type III	68
6.8.1. Dimensionnement des micropieux type III diam 200, 250 et 300 mm	71
6.9. Terrassements et soutènements	75
6.10. Sujétions générales et particulières des travaux de reprise en sous-œuvre	76

ANNEXES

- plans de situation et d'implantation des sondages,
- coupe des sondages SPr3, SPr4, SPr5 et SPr6 résultats des essais pressiométriques,
- coupe et photographies des sondages SC01, SC02, SC03 et SC04,
- diagramme des essais de pénétration PD5, PD6, PD7, PD8, PD9, PD10,
- le relevé des fouilles de reconnaissance de fondations RF5, RF6, RF7, RF8, RF9 et RF10 effectuées par l'entreprise Rodrigues -Bizeul,
- les résultats des essais en laboratoire,
- feuilles de calcul des micropieux aux Eurocodes 7,
- classification des missions géotechniques types (NF P 94-500 de novembre 2013) et schéma d'enchaînement des missions géotechniques.



1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION

Pour le compte de la Maitrise d'Ouvrage Déléguée l'OPPIC représentant la maitrise d'Ouvrage la DRAC Direction Régionale des Affaires Culturelles d'Occitanie, dans le cadre du groupement de maîtrise d'œuvre, l'Agence Pierre Yves CAILLAULT, Architecte en Chef des Monuments Historiques, et du bureau d'études structures BMI, et de COEFFICIENT ECONOMISTE nous avons procédé à une étude géotechnique pour le projet de confortement et de restauration de la Cathédrale Notre Dame de l'Assomption.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la phase d'AVANT-PROJET SOMMAIRE APS. Il s'agit de la 2^{ème} version de l'APS modifié suite à l'analyse de la 1^{ère} version du 909.12.2024

La mission de GEOLIA s'inscrit dans le cadre du groupement dont le mandataire est l'Agence Pierre-Yves Caillaud ACMH.

Suivant la norme NF P 94500 de novembre 2013, le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre de missions :

- G2AVP étude d'avant-Projet de confortement et de renforcement des fondations avec quelques pré dimensionnements.

A ce stade, notre mission porte uniquement sur la reconnaissance, l'étude de stabilité et de confortement des fondations existantes avec les sujétions de dimensionnement, d'exécution et de contrôles qui en découlent.

Les objectifs de notre mission sont les suivants :

- établir une synthèse géotechnique et hydrogéologique sommaire du site,
- définir la position de la nappe,
- analyser le risque de gonflement des argiles,
- reconnaître la géométrie et l'état des fondations existantes,
- étudier l'état actuel de stabilité des fondations existantes,
- analyser les types et modes de confortement et renforcement de fondations par micropieux retenus et donner les éléments de prédimensionnement,
- analyser les conditions de terrassements,
- définir les principes de blindages et soutènement et les paramètres de calculs de la poussée des terres,
- donner les principales sujétions de conception et de réalisation des ouvrages géotechniques.



Cette étude s'inscrit dans la continuité des études que nous avons effectuées en 2022 et 2023 dans le cadre de la mission d'expertise pour le Tribunal Administratif de Toulouse et dirigée par M. Yves Baduel Expert, pour le compte de la DRAC d'Occitanie.

Lors de cette phase de la mission confiée par l'OPPIC nous n'avons réalisé aucune investigation géotechnique nouvelle.

Les investigations complémentaires sont prévues pour la phase APD AVANT-PROJET-DEFINITIF.

Lors de l'Expertise de M. Baduel, la campagne d'investigations sur site suivante avait été réalisée, en deux phases, conformément au cahier des charges défini par le bureau d'études structures BMI et notre proposition de juillet 2022.

○ **1ère phase : les forages Intervention du 17 juillet au 12 août 2022**

Forages, essais et investigations in-situ :

- 4 sondages pressiométriques SPr1, SPr2, SPr3 et SPr4 descendus à 30 m de profondeur avec enregistrement des paramètres d'avancement sur EXPLOFOR,
- 116 (4 x 29) essais pressiométriques réalisés tous les mètres dans les sondages précédents,
- l'enregistrement numérique des paramètres de forages,
- 4 forages en carottage vertical SC01, SC02, SC03 et SC04 de 116 mm de diamètre, descendus à 15 m de profondeur :
 - le prélèvement de 3 échantillons intacts par carottage sous gaine paraffinée,
 - l'utilisation d'une couronne diamant pour franchir les niveaux indurés.
- 7 essais au pénétromètre dynamique portable, en fonds de fouilles, PD4, PD5 et PD5bis, PD6, PD7, PD8 et PD9,
- la pose de 4 piézomètres dans les forages carottés. Ces instrumentations seront sélectives : 2 piézomètres captent la nappe des alluvions, les 2 autres captent la nappe des molasses. Le dispositif d'isolement des nappes sera conforme aux Règles de l'Art.

○ **2ème phase les 3 et 4 août 2022**

- le relevé des 7 fouilles de reconnaissance des fondations réalisées par l'entreprise Rodrigues Bizeul :

Il s'agissait de 7 fouilles (RF1 à RF8) de section environ 2.5 x 2.5 m² et de 2 m de profondeur moyenne, blindées,
- les fouilles ont été réalisées et rebouchées par l'entreprise Bizeul et Rodrigues
- l'équipement en sonde à enregistrement automatique « Diver » et l'initialisation et déclenchement des mesures (location pour 1 an) des 4 piézomètres.



○ **Les essais géotechniques en laboratoire**

Les essais en laboratoire sur les échantillons intacts prélevés dans les sondages carottés effectués par le laboratoire géotechnique de GEOLIA à Morangis :

- 12 identifications suivant le GTR (granulométrie, sédimentométrie, limites d'Atterberg, valeur de bleu, équivalent de sable, teneur en eau),
- 6 limites de retrait,
- 6 essais de gonflement à l'œdomètre,
- 1 analyse de l'agressivité des sols sur le béton,
- 1 analyse de l'agressivité de l'eau sur le béton,
- 4 essais de cisaillement consolidés drainés.

○ **Prestations complémentaires :**

- le relevé des enregistreurs DIVER sur les piézomètres, avec établissement d'un compte rendu le 29 octobre 2024.

Dans la suite, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages dont les cotes ont été évaluées grâce au plan projet qui nous a été fourni. Si besoin, ce nivellement sera vérifié par le géomètre-expert du projet.

Le niveau du domaine public (chaussées et trottoirs autour de la Cathédrale, Rue Soubirous Haut, Place Franklin Roosevelt et Rue Notre Dame) se situe aux environs de la cote 102 NGF.

2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL

Textes réglementaires

Les textes réglementaires sur lesquels repose notre étude sont les suivants :

- NF P 94-500, 30 novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications,
- NF EN 1990, mars 2003 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures,
- NF P 94-261, juin 2013 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles,
- NF P 94-262, juillet 2012 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes,
- NF P 94-282, Mars 2009 - Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Ecrans et son amendement NF P 94-282/A1 de février 2015,
- NF EN 1997 - 1, juin 2005 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales*,
- NF EN 1997 - 2. Septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais,
- NF EN 1997 – 1/NA : septembre 2006 – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005,
- NF P 11-213-1, mars 2005 – DTU 13.3 – Dallage – Conception, calcul et exécution.

* : Norme faisant l'objet d'un projet de révision, non éditée à ce jour

Document à disposition

Les documents qui nous ont été transmis sont les suivants :

- plans de l'état existant avec les sondages demandés,
- le cahier des charges de l'étude établi par BMI, indice C du 1^{er} juin 2022,
- Le rapport Note de Synthèse Pré Rapport de M. L'expert Yves Baduel du 14 mars 2022 avec ses annexes,
- Rapport d'étude géotechnique G2PRO de GEOTEC,
- Rapport des investigations GPR au géoradar par Analyse-GC,
- Relevé des mesures inclinométriques de NGE,
- Le rapport d'instrumentation de la façade LBP du 11 avril 2022,
- Le rapport OSMOS de suivi des fissures (dernier rapport n°19 du 16 aout 2022),
- Le rapport GEOS Stabilisation de la Cathédrale Mission G2 complémentaire du 7 avril 2022,
- Le suivi topographique des cibles par TOPO DAO,
- Le suivi des mesures de fissuration par Osmose.



- Plans et coupes Etat Existant par Agence Pierre-Yves Caillault
- Plans des descentes de charges phase APS de BMI versions du 25 et du 28.11 2024.

3. PRESENTATION DU SITE

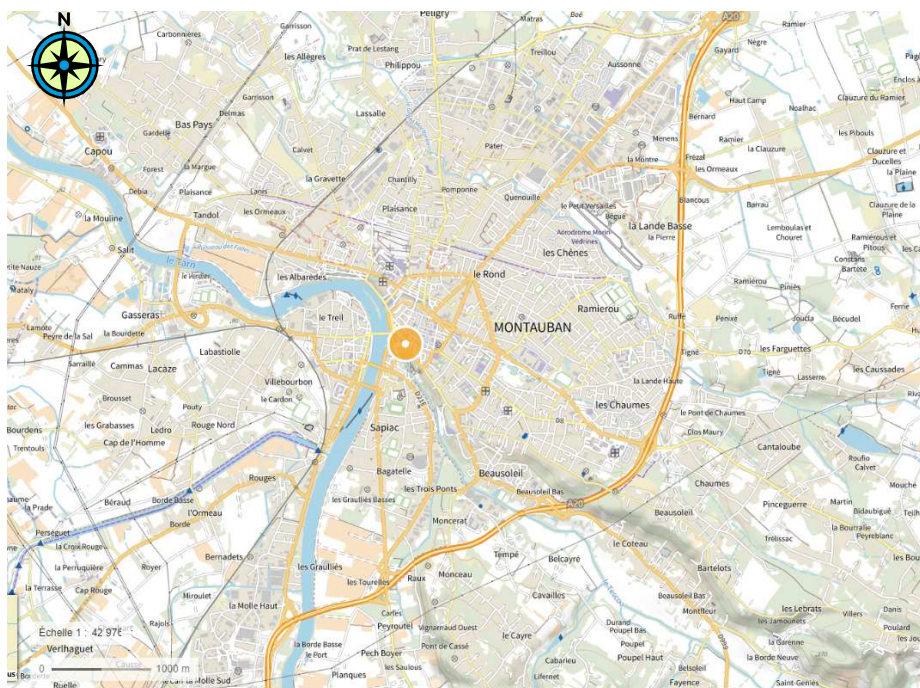
3.1. Localisation et identification du site

La cathédrale Notre Dame de l'Assomption est située dans le centre-ville de Montauban et est bordée par les voies suivantes :

- Au Nord, par la rue Notre Dame,
- A l'Est, par les allées Mortarieu,
- A l'Ouest, par la place Franklin Roosevelt,
- Au Sud, par la rue Soubirous Haut.

Le site est localisé dans la partie la plus haute de la Ville.

L'altitude du terrain actuel est comprise entre les cotes 101.50 et 102.00 NGF.



Localisation de la zone d'étude (source Géoportail)



Photographie aérienne du site d'étude (source Géoportail)





Vues aériennes en 3 D (source Google Maps)

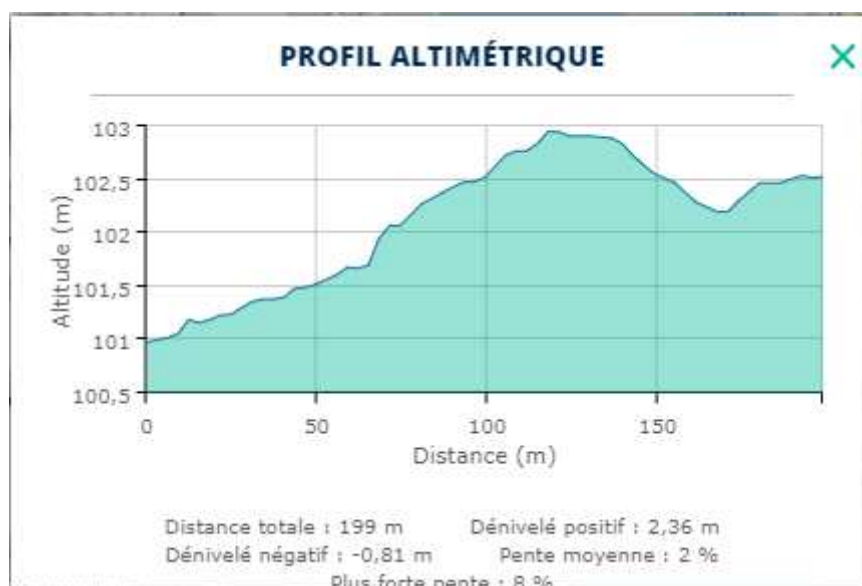


Figure 3 : profil altimétrique Est Ouest entre l'allée des Mortarieu et la Place Franklin Roosevelt (Source Géoportail)

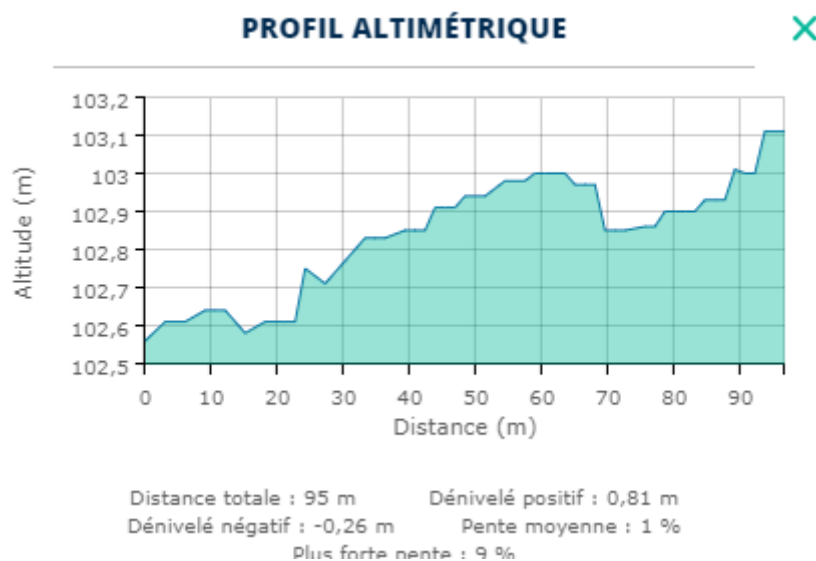


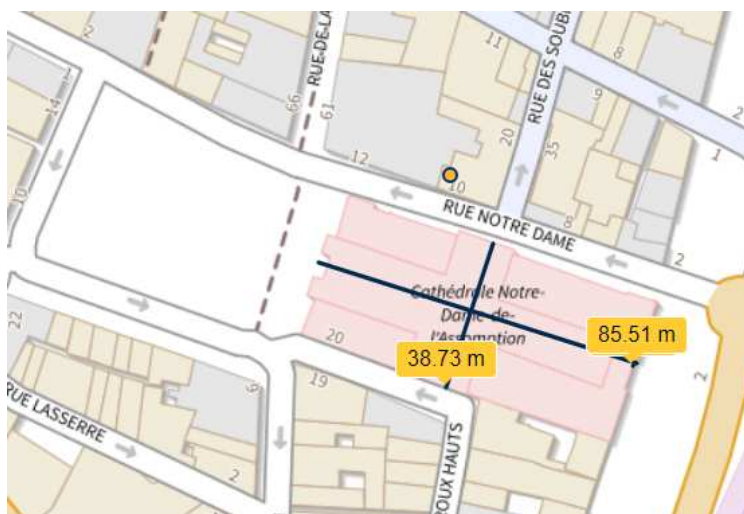
Figure 4 : Profil altimétrique schématisique Nord Sud entre la rue Notre Dame et la rue Soubirous Haut (Source Géoportail)

Ainsi, l'altitude aux abords immédiats de l'édifice varie entre 101.50 et 103.00 NGF.

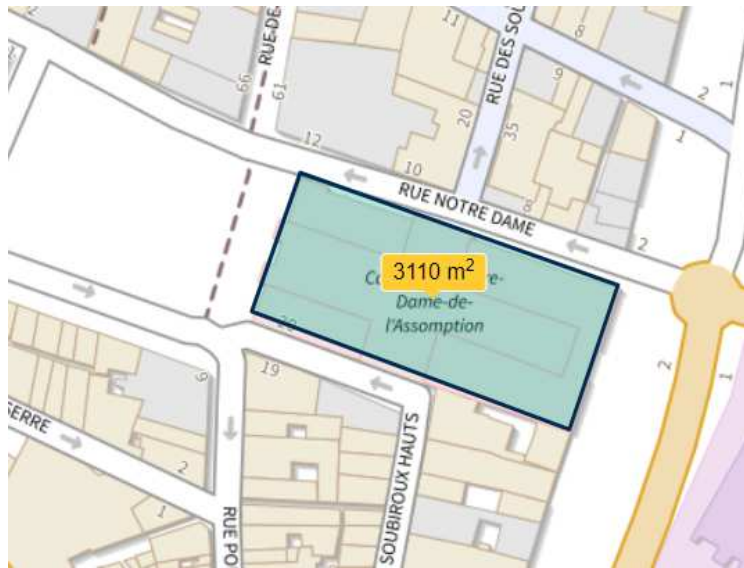
Nous avons estimé le niveau du sol intérieur de l'édifice à la cote 103.20 NGF

3.2. Le Bâtiment existant

Le bâtiment existant est un édifice ancien du XVII^{ème} siècle. Son emprise au sol est de 3100 m² environ.



Dimensions indicatives de l'édifice (source goportail)



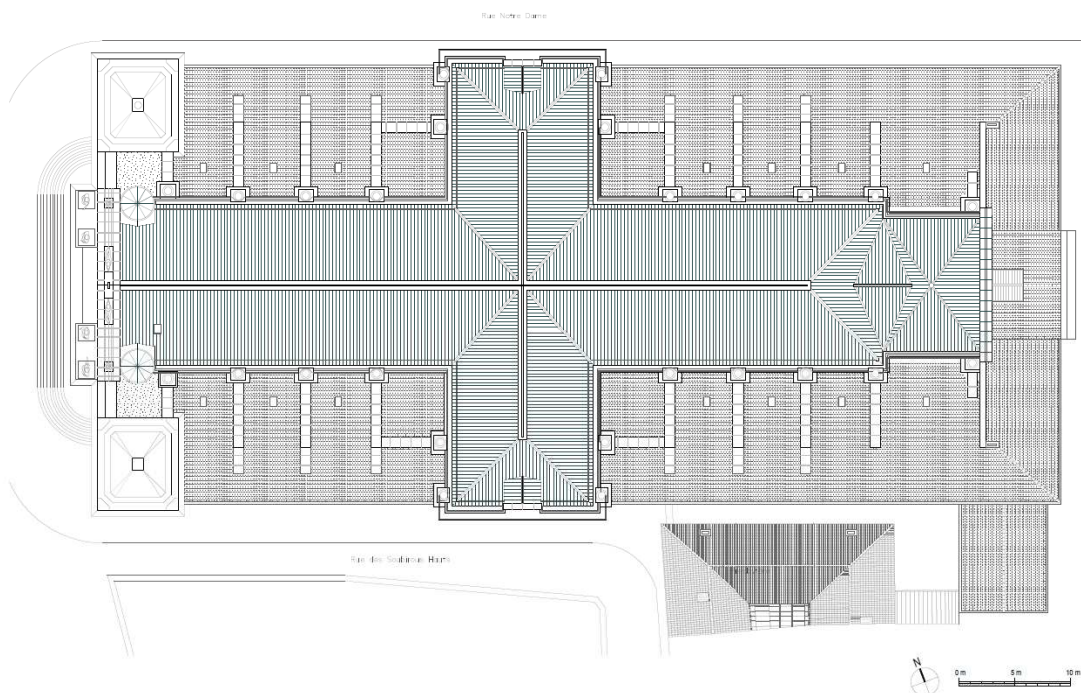
Surface

La cathédrale a été construite entre 1692 et 1739 environ.

Sa façade principale coté Ouest, Place Franklin Roosevelt, est habillée en pierres. Le cœur, les façades latérales, la structure intérieure de la nef, des bas-côtés, du Cœur et du déambulatoire sont en briques.

Nous reprendrons quelques plans de l'état existant du Rapport de Pierre Yves Caillault, ACMH, de juillet 2022 :

ÉTAT EXISTANT



Plan de masse

ÉTAT EXISTANT



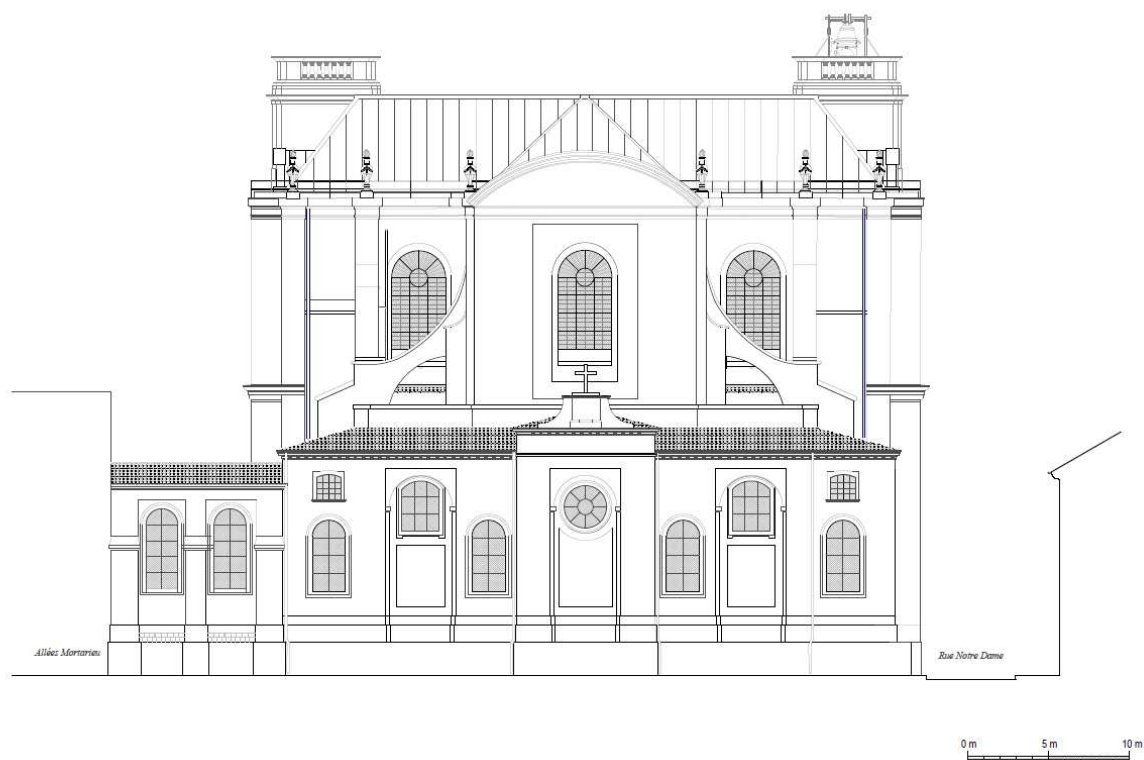
Plan de la façade Sud

ÉTAT EXISTANT

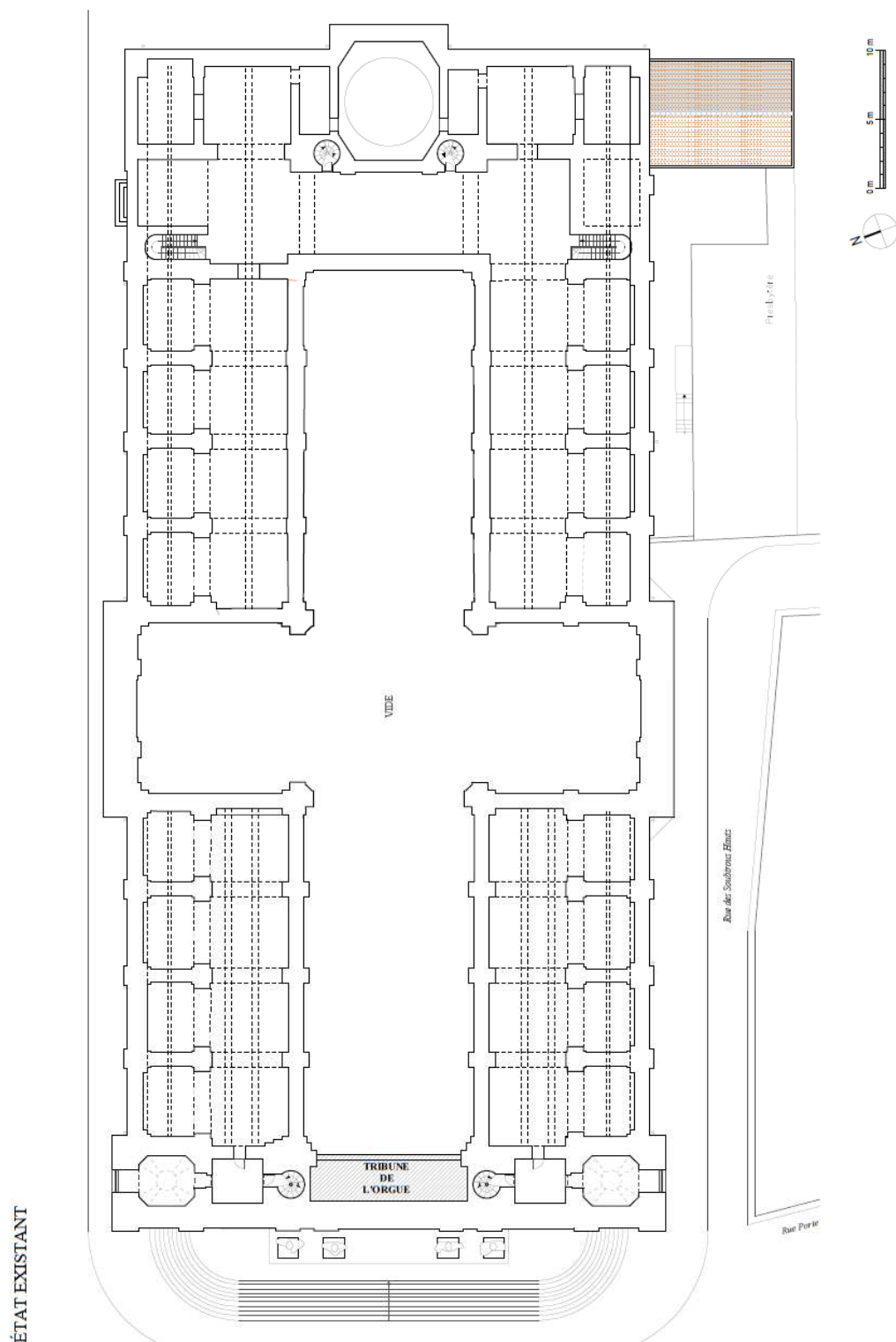


Plan de la Façade Nord

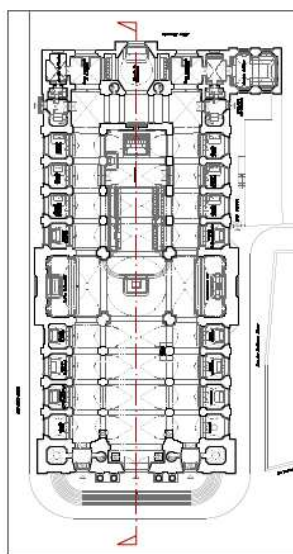
ÉTAT EXISTANT



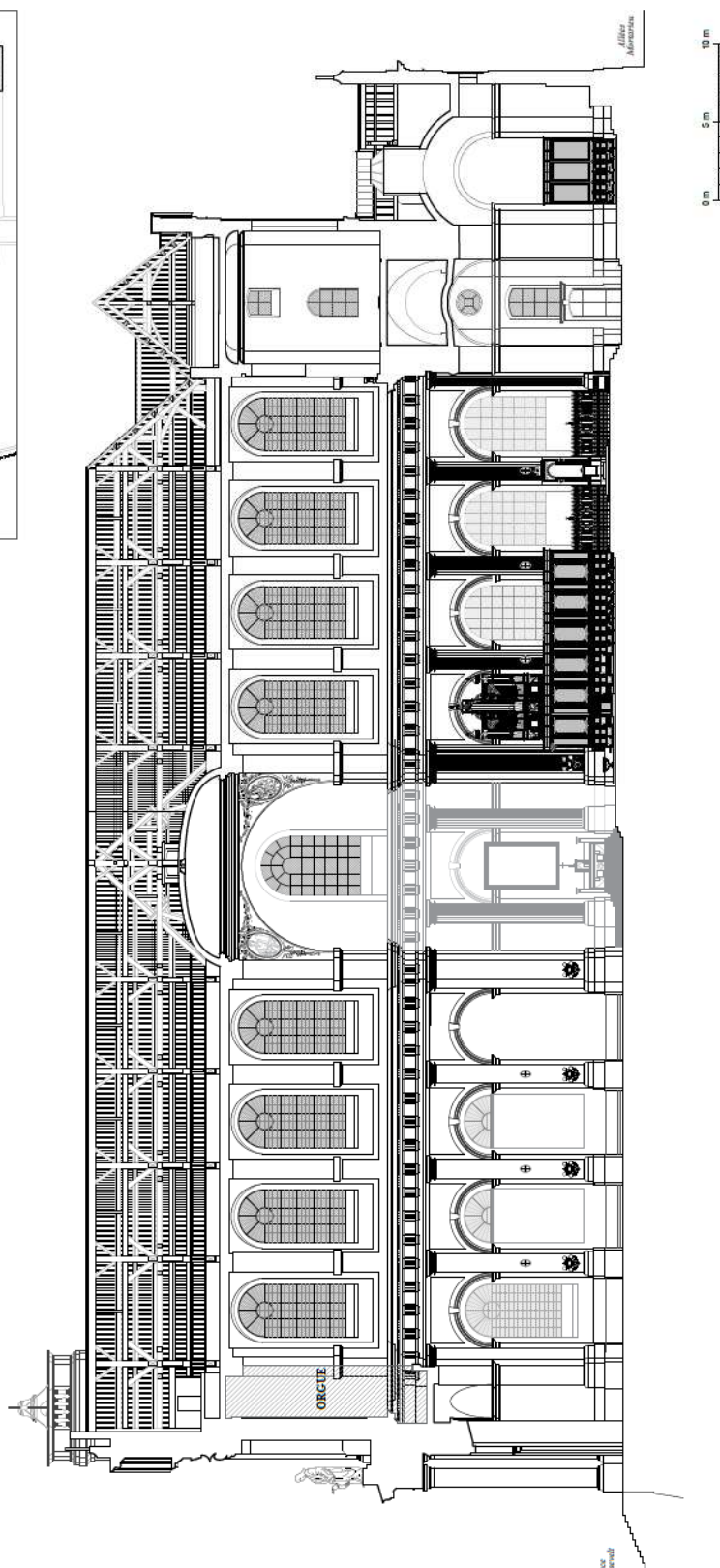
Plan du chevet coté Est



Plan de l'intérieur niveau RDC



ÉTAT EXISTANT



Coupe intérieure Est-Ouest sur l'édifice

Nomenclature établie par l'architecte

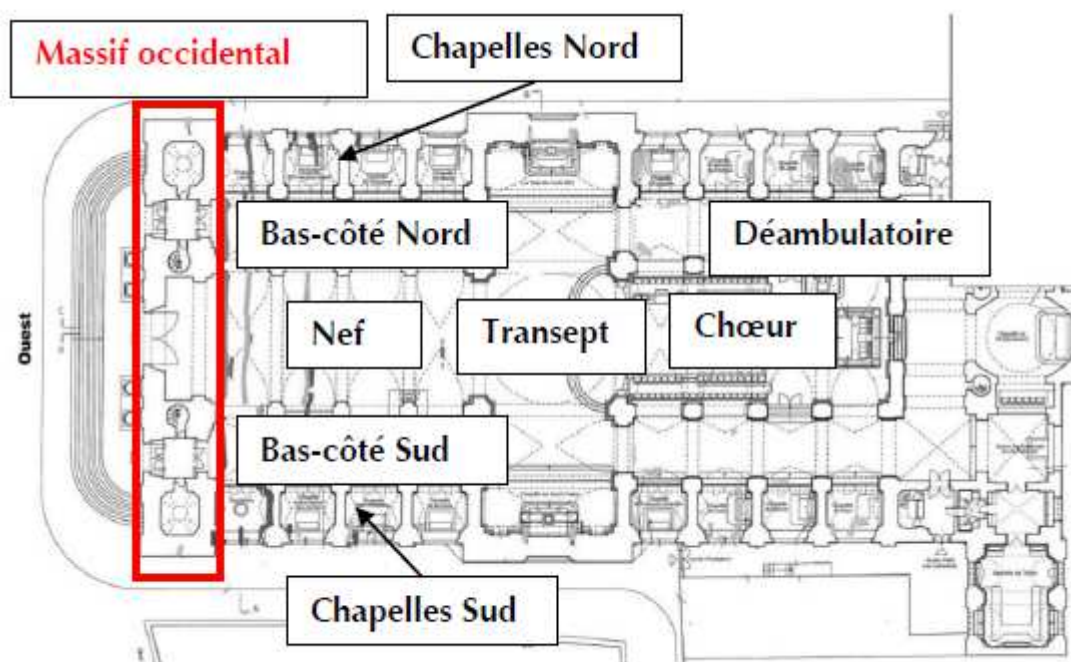


Figure 2 – Nomenclature de l'Edifice

Photographies du site et du bâtiment



Façade Ouest principale : Place Franklin Roosevelt (en travaux le 04.07.22)



Façade latérale Sud : rue Soubirous Haut (le 04.07.22)



Façade latérale Nord : rue Notre Dame (le 04.07.22)



Chevet de la cathedrale Allée Mortarieu : zone en travaux (le 12.05.22)



3.3. La pathologie et l'instrumentation de l'édifice

Lors de la construction du parking souterrain Interparking pour la Communauté d'Agglomération du Grand Montauban, avec 5 niveaux enterrés, des fissures importantes sont apparues sur le massif occidental et la 1^{ère} travée de la nef puis d'autres fissures se sont développées sur les 2^{ème} et 3^{ème} travée. Les travaux de construction du parking souterrain ont débuté le 30 octobre 2020.

La paroi périmétrique de l'ouvrage, avec 5 niveaux de sous-sols, est une paroi moulée butonnée.

Les premiers désordres ont été constatés en octobre 2020 avec des fissures à l'extrémité occidentale de la nef. Une première instrumentation sommaire a été installée.

Puis, les désordres ont continué d'évoluer au niveau des 2 premières travées.

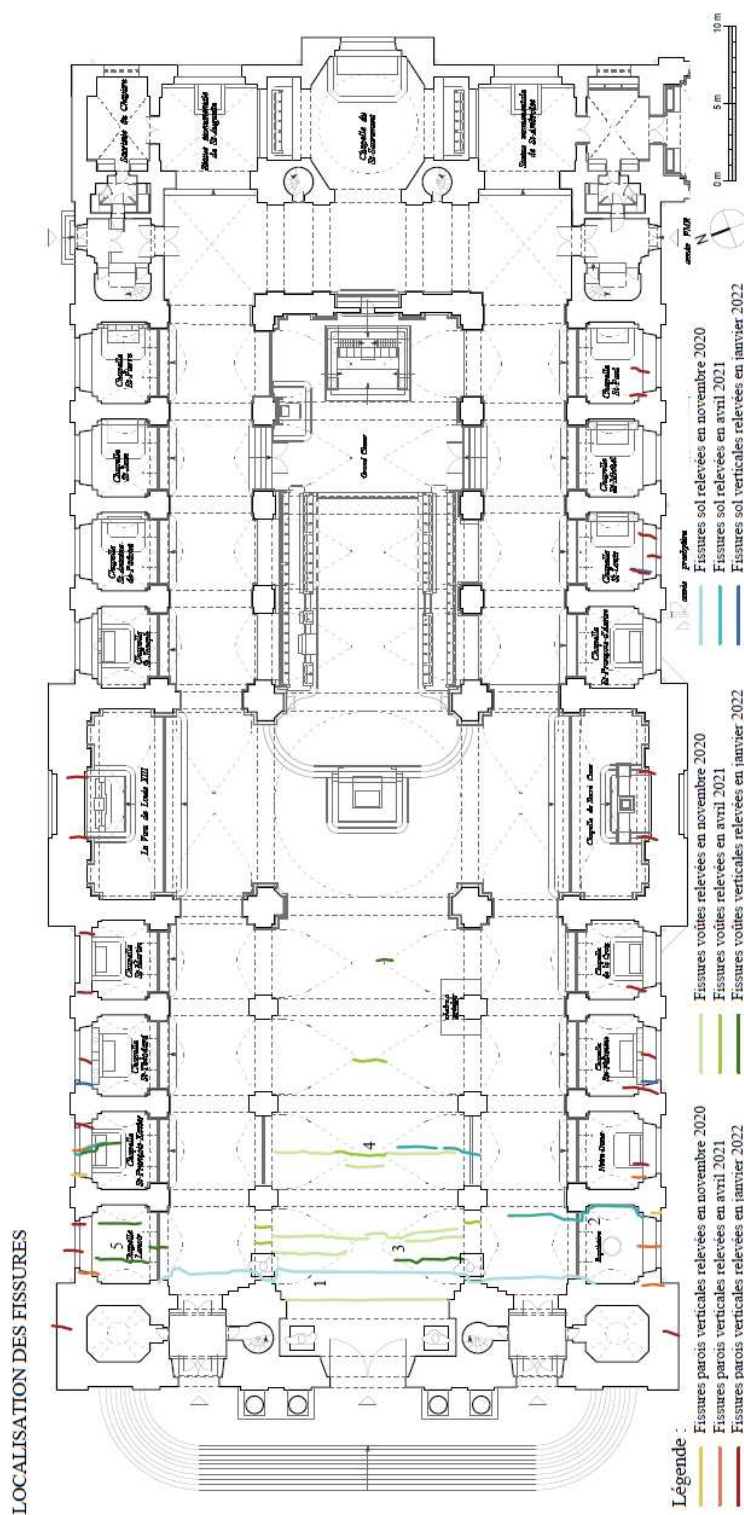
La cathédrale a été fermée au public le 25 novembre 2020. La mission d'expertise liée aux désordres de M.Baduel a débuté en décembre 2020.

Dans ce cadre, OSMOS a posé 12 fissuromètres électroniques associés à des sondes de températures.

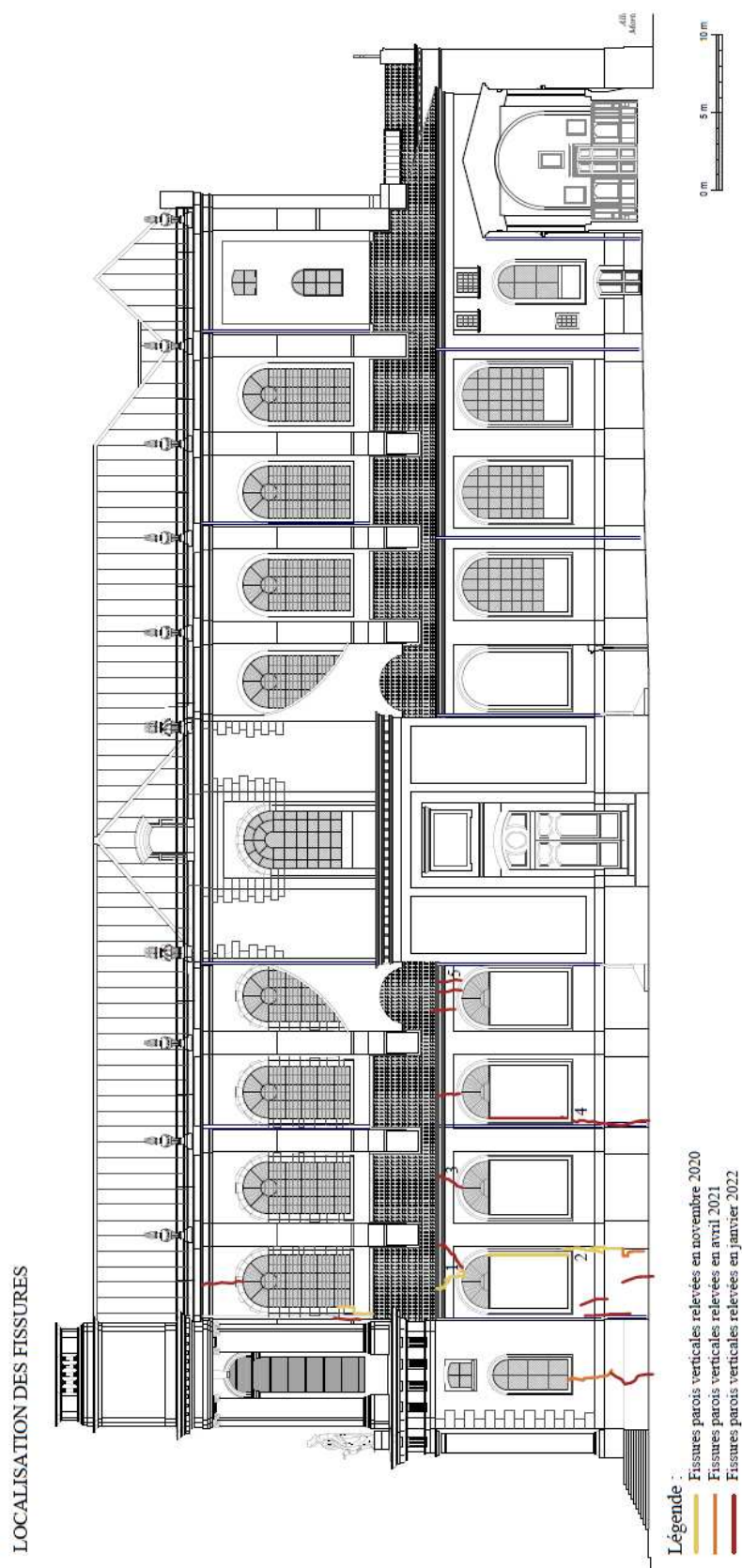
Les désordres ont évolué notablement entre septembre 2021 et janvier 2022.

Des capteurs inclinométriques ont aussi été installés par LBP études et conseils. Ils confirment le basculement du massif occidental vers l'Ouest.

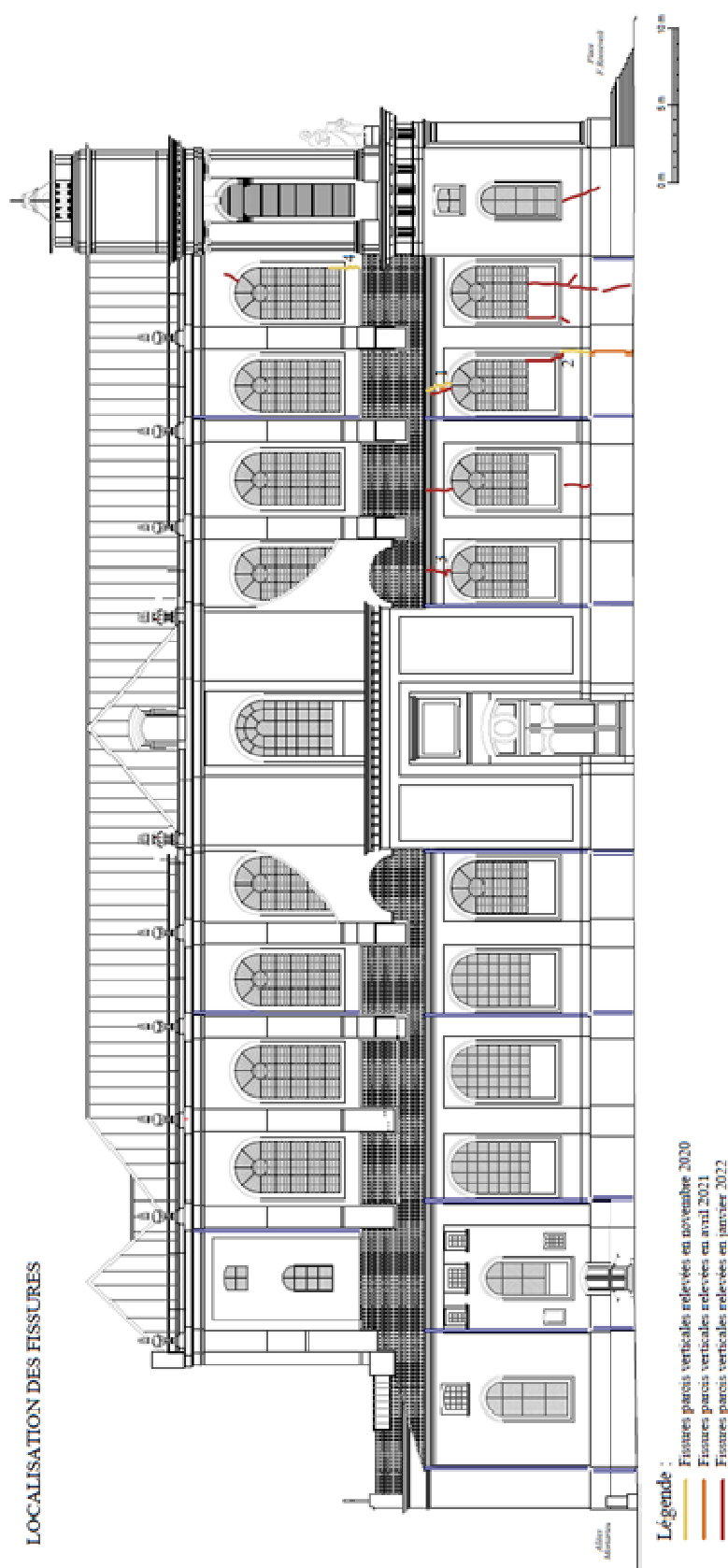
La pathologie et son évolution sont décrites dans les plans du rapport de Pierre Yves Caillault de juillet 2022. Nous reprenons les plus significatifs ci après



Plan du RDC pathologie (source Pierre Yves Caillaud ACMH)



Façade Sud pathologie (source Pierre Yves Caillault ACMH)



Façade Nord pathologie (source Pierre Yves Caillault ACMH)

Quelques photographies de la pathologie du 12.05.2022



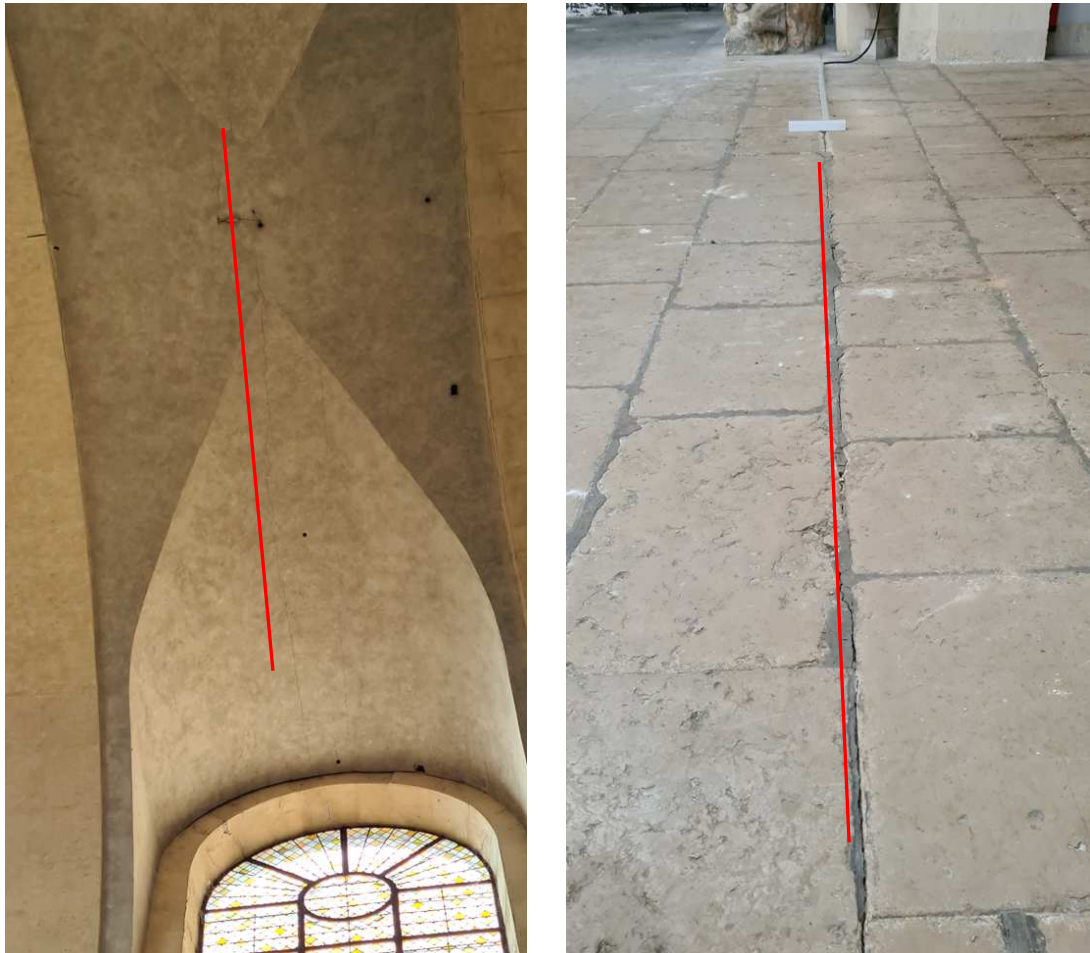
Fissures sur les façades latérales



Fissure sur ouverture coté façade latérale Nord



Fissures à l'intérieur de l'édifice



Fissures à l'intérieur de l'édifice : envoute et au sol.

3.4. Contexte géologique et géotechnique

D'après la Carte Géologique du BRGM au 1/50 000^{ème}, feuille de Montauban, la succession lithologique présumée à cet emplacement est la suivante :

Nous présentons ci-après un extrait de la carte géologique au 1/50000 établie par le BRGM feuille 930 Montauban.



Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Montauban (source Infoterre BRGM)

Légende simplifiée :

- *Fy* : Alluvion anciennes de Basses Terrasses
- *G2 ou g3-2* : formations molassiques Stampien et Aquitanien

3.5. Contexte hydrologique et hydrogéologique

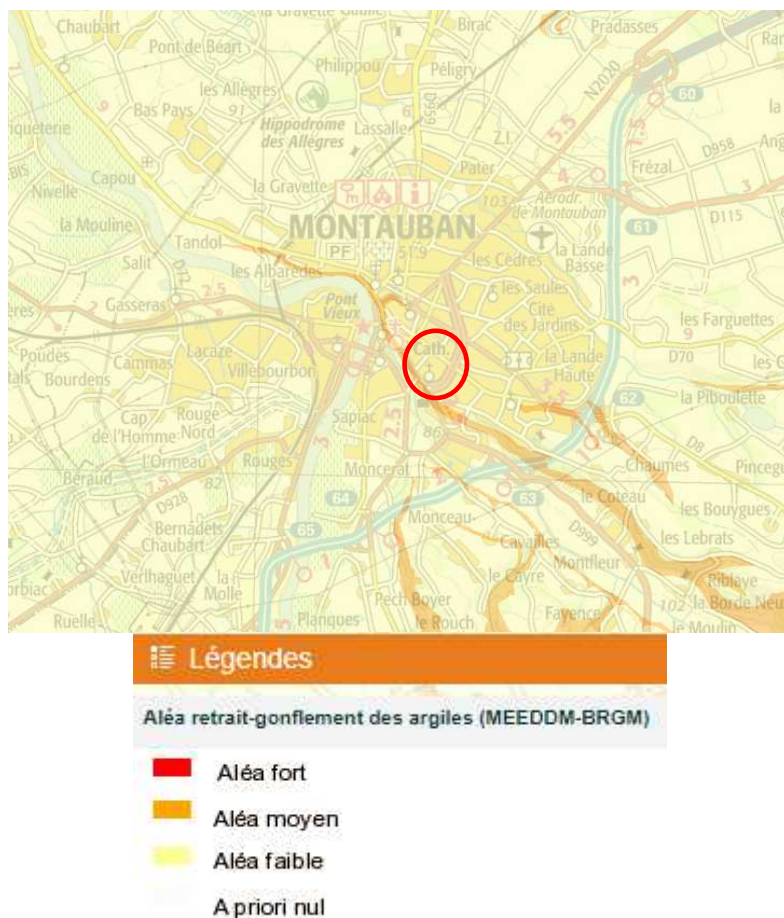
D'après les données du BRGM, le site serait localisé en zone à risque faible vis-à-vis du risque inondation par remontée de nappe.

D'autre part, le site n'est pas exposé au risque d'inondation défini par le PPRI de la Ville de Montauban.

3.6. Contexte des cavités ou galeries souterraines

Aucune cavité souterraine n'est répertoriée dans cette zone qu'elle soit naturelle ou anthropique.

3.7. Aléa de gonflement et retrait des argiles



L'aléa de gonflement et retrait des argiles est faible.

3.8. Autres aléas géotechniques

On note que la zone d'étude :

- se situe en zone 1 (*sismicité très faible*) selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, relatifs à la prévention des risques sismiques, entrés en vigueur le 1er mai 2011 (*art. D. 568-1 du Code de l'Environnement*).

Pas de risque de mouvement de terrain : éboulement, glissement, coulée.

3.9. Synthèse des aléas géotechniques

La synthèse des différents aléas à prendre en compte est présentée dans le tableau suivant :

Type d'aléa	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Risque carrières ou de cavités souterraines				✓
Risque lié au retrait-gonflement des sols argileux			✓	
Risque de mouvement de terrain				✓
Risque inondation par submersion				✓
Risque inondation par remontée de nappe			✓	
Risque sismique				✓

4. PRESENTATION DU PROJET

Le projet de confortement et de restauration de la Cathédrale a été établi par les architectes de l'agence Pierre Yves Caillault ACMH et le bureau des structures BMI assistés par COEFFICIENT Economiste de GEOLIA géotechnicien.

En ce qui concerne les fondations et l'amplitude des désordres affectant la partie occidentale de l'édifice, les résultats du suivi ont conduit à retenir une solution de confortement des fondations par une reprise en sous-œuvre par des micropieux.

Le projet comprend la reprise dégressive des charges :

La reprise est étendue aux trois premières travées de la nef de manière dégressive pour éviter autant que possible l'apparition de « points durs » en assurant une continuité de comportement entre les parties reprises et non reprises. Ratio de reprise des charges existantes :

- 100% sous les appuis de la file 1 (massif façade côté parvis) ;
- 80% sous les appuis de la file 2 (massif façade côté nef) ;
- 50% sous les appuis de la file 3 (nef) ;
- 40% sous les appuis de la file 4 (nef) ;
- 30% sous les appuis de la file (nef) 5.

Le type de vérin ainsi que le phasage et la méthodologie de vérinage seront à préciser en phase ultérieure d'étude. Il a été retenu à ce stade :

- vérins disposés sur chaque tête de micropieux ; puissance et course à adapter en fonction de la descente de charge individuelle sur chaque micropieu (phase ultérieure d'étude) ;
- adaptation des chemises de micropieux pour autoriser les mouvements relatifs avec les longrines lors du vérinage ;
- réservations dans les longrines pour passage des flexibles et accès éventuel aux vérins lors des opérations ;

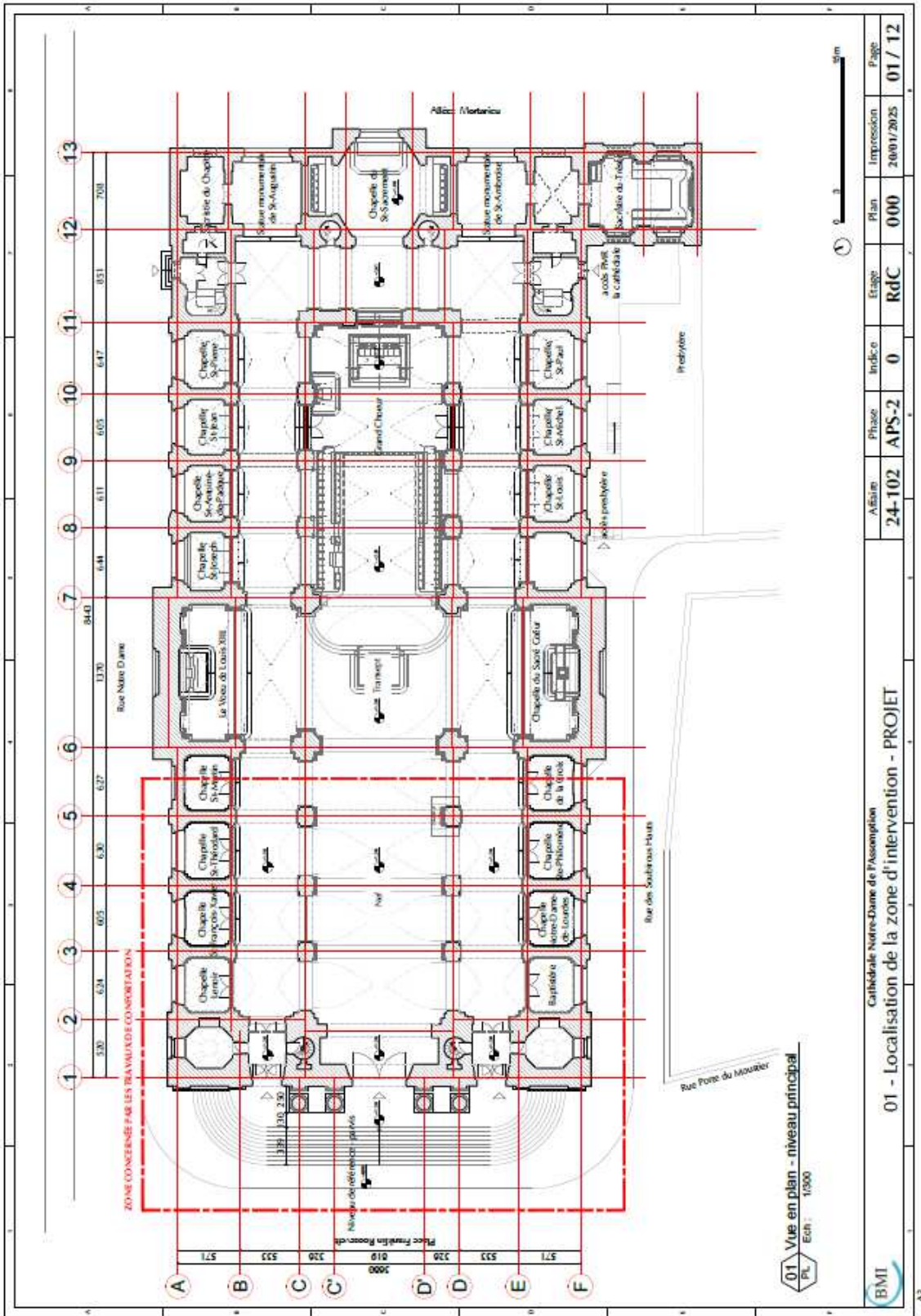
La faisabilité technique d'un vérinage simultané de l'intégralité des micropieux sous la cathédrale n'est pas confirmée à ce stade des études. Il conviendrait que le vérinage intègre, dans sa conception, sa méthodologie et son phasage, la possibilité d'une mise en charge en plusieurs étapes (pour chaque vérin) et d'une réversibilité pour permettre des ajustements en cours d'opération.

Extrait de l'étude APS de BMI du 20.01.25

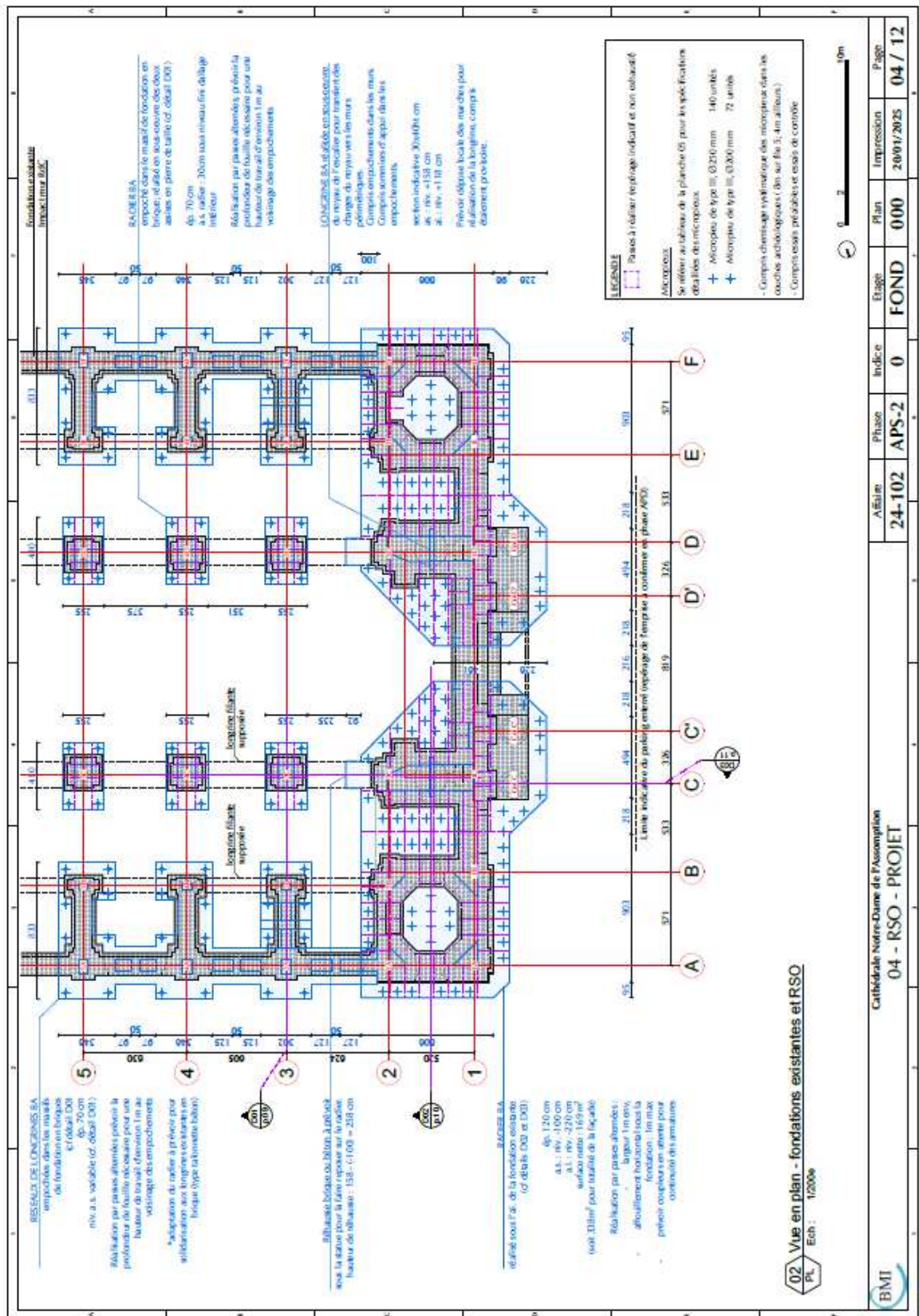
Enfin, pour la 3^{ème} travée proche du centre de l'édifice, une anomalie notable a été observée avec, du côté Sud, une structure enterrée sous les fondations existantes, reconnue sous la forme d'une voute par la fouille RF3 de Fondasol.

La présence de cette anomalie a été confirmée par deux de nos forages SC4 et SPr4 avec des surépaisseurs locales de remblais.

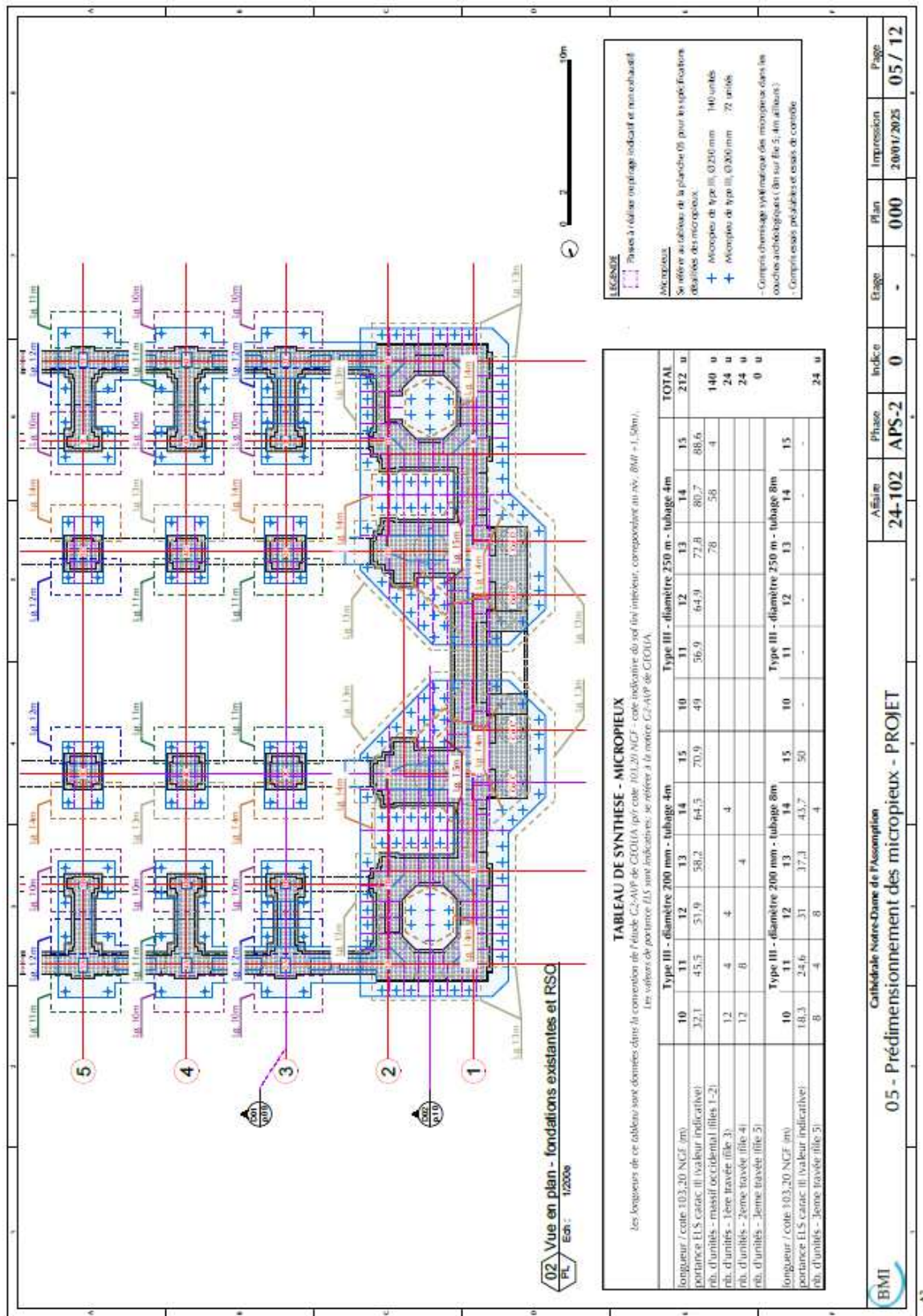
Le projet de PY Caillault et de BMI est présenté dans les plans suivants extraits de l'étude de BMI du 20 janvier 2025.



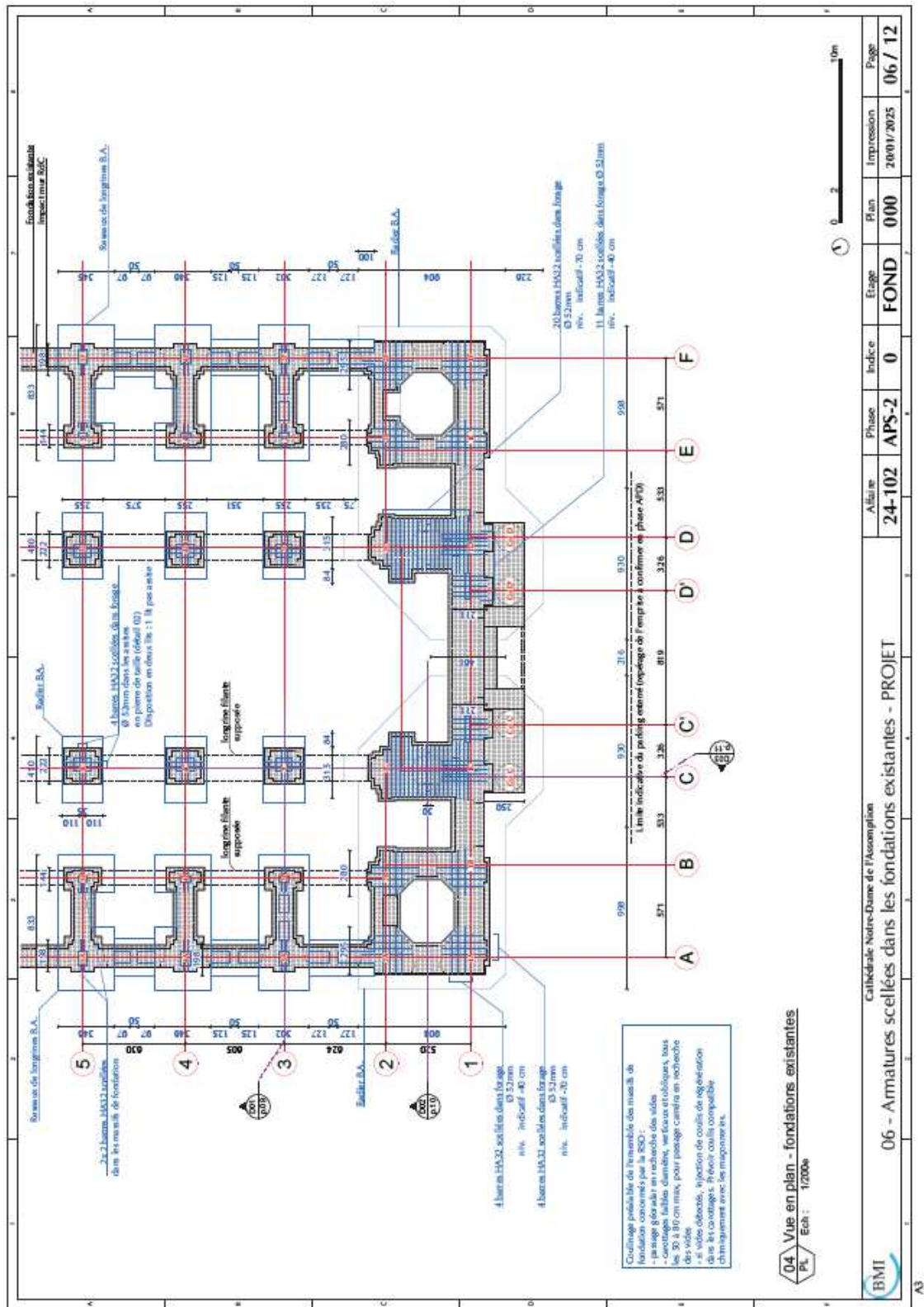
Plan de localisation de la zone d'intervention (BMI 07.12.24)



Plan RSO Projet (BMI le 20.01.25)



PLAN DES RSO ET PREDIMENSIONNEMENT DES MICROPIEUX (BMI LE 20.01.25)



PLAN DES ARMATURES SCHELLES DANS LES FONDATIONS EXISTANTES (BMI du 20.01.25)



5. RESULTATS OBTENUS LORS DES INVESTIGATIONS DE 2022

5.1. Nature des sols reconnus

Les coupes des sondages carottés SC01, SC02, SC03, et SC04 ont permis d'établir de manière assez précise la succession géologique de la zone Ouest de l'édifice.

Ces forages, comme les forages pressiométriques SPr3, SPr4, SPr5 et SPr6 ont été réalisés sur le domaine public les trottoirs et terre-plein bordant l'édifice, rue Notre Dame et rue Soubirous-Haut et sur les allées Mortarieu.

Les coupes des sondages pressiométriques SPr3, SPr4, SPr5 et SPr6 sont établies à l'aide des cuttings extraits au droit des sondages. Cette méthode de foration, réalisée à l'eau, permet d'obtenir des matériaux déstructurés qui ne donnent qu'une indication sur la nature des terrains traversés. De plus, le décalage entre la foration et la remontée des cuttings peut entraîner des imprécisions et donc des variations sur les profondeurs présentées.

Ainsi, l'examen des carottages et des coupes lithologiques corrélées au droit des sondages pressiométriques SPr3, SPr4, SPr5 et SPr6 ont permis de retracer la lithologie suivante depuis le niveau du sol extérieur de l'édifice aux environs 101.5 à 102.0 NGF :

(Nota : le niveau 0.00 des coupes de sondages ont été nivelés par relevés GPS précis.)

Les remblais

Sous le revêtement (dalle en graviers grossier et galets coulés dans un mortier de béton) des trottoirs et une dalle en béton de 10 à 15 cm d'épaisseur, les forages ont traversé des matériaux rapportés divers :

- Argiles et argiles sableuses,
- Sables grossiers, sables et graviers,
- Galets,
- Nombreux éléments de terre cuite rougeâtres,
- Blocs de maçonneries de briques,
- Etc.

La profondeur généralement observée des remblais est de l'ordre de 3.0 m, soit une base vers 99.00 mais nous avons observé, notamment en SC04 et SPr04, une surprofondeur atteignant 6.0 à 6.45 m (soit la cote 96 NGF).

Ces terrains rapportés peuvent renfermer aussi bien des blocs et des niveaux indurés de toutes dimensions que des passages complètement décomprimés.



Les Alluvions récentes

Localement en SC02, entre 3.0 m et 3.70 m de profondeur (cotes 98.30 et 99.10 NGF), nous avons rencontré une vase sableuse ou sable vasard noirâtre donc, avec une composante organique.

Ce niveau pourrait correspondre au lit d'un ancien cours d'eau qui passait sous l'emprise de l'édifice sans qu'il soit possible de préciser son tracé avec les documents disponibles.

Les Alluvions anciennes sablo-argileuses

Cette formation alluvionnaire est constituée de sables et sables graveleux plus ou moins argileux. Leur couleur varie de marron à brun clair.

Ces alluvions sont présentes sous les remblais et localement, en SC02, sous les alluvions récentes et ont été reconnues jusque vers 7.00 à 8.00 m de profondeur sous le niveau des rues, soit jusque vers 94.3 à 95.0 NGF.

Les Molasses : argiles sableuses sables argileux (Stampien et Aquitanien)

A partir des cotes 94.30 à 95.0 NGF, les terrains en présence sont les molasses constituées de sables argileux, d'argiles sableuses et de marnes.

Les argiles peuvent être feuilletées et micacées avec des passages marneux.

Des passages indurés de grès et de marno-calcaires ont été observés dans cette formation, sur des épaisseurs de 2 à 20 cm environ.

La couleur est marron, brune à verdâtre.

La partie supérieure des molasses paraît à dominante argiles et sables jusqu'aux environs de la cote 85 NGF, soit 17 m de profondeur.

Les Molasses marne argilo-sableuses (Stampien et Aquitanien)

Au-dessous de la cote 85.00 NGF, les échantillons provenant des cuttings des forages pressiométriques montreraient une formation plus marneuse, plus ou moins sableuse.

Les forages pressiométriques ont été arrêtés dans cette formation à 30 m de profondeur, soit jusque vers la cote 72 NGF.

5.2. Observations concernant l'eau dans les sols

Lors de nos investigations en juillet et aout 2022, les observations sur la présence d'eau dans les forages sont très variables.

5.2.1. Niveau d'eau lors des forages

Sondages	Cote NGF	Eau en forage profondeur	Equipement en piézomètre profondeur	Sonde Diver Date de pose	Observation A la pose du Diver le 03.08.22 (profondeur)
SC01	101.98	4.60 m	Oui 15.0 ml	26.07.22	4.60 m
SC02	102.05	4.40 m	Oui 15.0 ml	26.07.22	(12.19 m)
SC03	102.24	Pas de mesure	Oui 2.55 ml	26.07.22	sec
SC04	102.42	4.60 m	Oui 15.0 ml	26.07.22	8.30 m
SPr3	102.27	4.00 m	non	-	-
SPr4	102.43	4.93 m	non	-	-
SPr5	102.43	Pas de mesure	non	-	-
SPr6	101.90	Pas de mesure	non	-	-

Les niveaux d'eau dans les forages observés en fin de réalisation sont compris entre 4.0 et 4.90 m de profondeur pour 5 des 8 sondages, au sein des alluvions sablo-graveleuses et argileuses.

Ce niveau correspond à des cotes comprises entre 97.40 et 98.30 NGF.

Il s'agit de la nappe contenue dans les alluvions anciennes sablo-graveuses plus ou moins argileuses.

Les niveaux les plus élevés pourraient être encore influencés par l'eau rapportée lors de la foration.

Nous ne disposons pas de mesures fiables après stabilisation pour les 4 derniers sondages et aucune mesure du tout pour SPr5 et SPr6.

5.2.2. Equipement en piézomètre

Les 4 forages carottés ont été équipés de piézomètres 52/60 mm, en partie pleins, en partie crépinés et avec un bouchon étanche d'isolement des nappes.



Trois d'entre eux captent la nappe des molasses entre 10 et 15 m de profondeur en SC01 PZ, SC02 PZ et SC04 PZ.

Le dernier capte la nappe superficielle dans les remblais en SC03.

Les têtes sont constituées de bouche à clé type voirie.

5.2.3. Suivi permanent des piézomètres

Les piézomètres ont été équipés avec du matériel d'enregistrement automatique des niveaux, des sondes « Diver ».

Elles sont programmées pour une mesure toutes les 12 heures et resteront en place pendant 1 an d'août 2022 à août 2023.

Une sonde de mesure de la pression atmosphérique a aussi été mise en place pour corriger les mesures brutes.

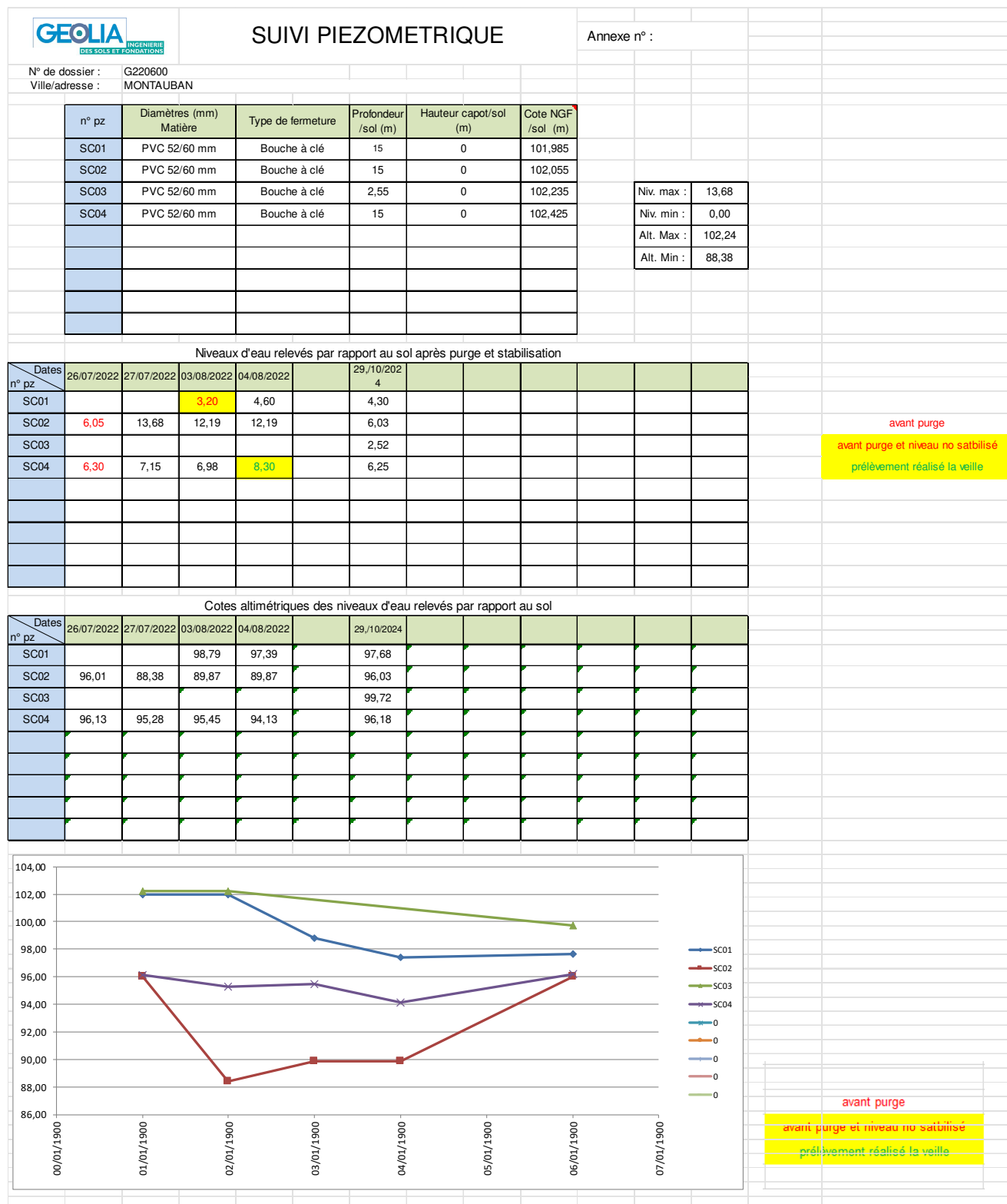
Compte tenu de leur capacité de mémoire, ils seront relevés tous les 6 mois.

GEOLIA INGENIERIE DES SOLS ET FONDATIONS		FICHE DIVER				
PROFONDEUR DE LA SONDE TOUJOURS PAR RAPPORT AU SOL						
Numéro de dossier :		G220600				
Adresse du site :		MONTAUBAN (82)				
Numéro de sonde (gravé dessus)	Type de sonde DIVER BARO	Piézomètre ou sondage	Profondeur de la sonde	Niveau d'eau	Technicien + date mise à l'eau	
002-2129613	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	SC03	2,42	SEC	JB 03/08/2022 à 17h30	
002-2129620	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	SC02	14,7	12,19	JB 03/08/2022 à 17h40	
001-2157486	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	SC02			JB 03/08/2022 à 17h40	
003-2156288	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	SC04	14,94	8,3	JB 04/08/2022 à 9h00	
003-2156289	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	SC01	14,8	4,6	JB 04/08/2022 à 09h10	
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	tous les diver et baro ont été lancés le 26/07/2022 à 14 h00 (intervalle de mesure 12h00)				
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

5.2.4. Suivi initiale des piézomètres

Avant la pose et la mise en service des sondes Diver, les niveaux d'eau dans les piézomètres ont été relevés manuellement entre le 26 juillet et le 4 août 2022.

Les résultats ont été reportés dans le tableau de suivi ci -après.





Ainsi, nos relevés de piézomètres de juillet et début août 2022 révèlent que les niveaux significatifs de nappe paraissent être notés à partir des dates suivantes :

- SC02 et SC03 le 27 juillet,
- SC01 et SC03, le 3 août.

Nous observons alors :

- En SC01, la nappe vers 97.40 à 98.80 NGF dans les alluvions,
- En SC02, la nappe entre 88.08 et 89.90 NGF dans les molasses mais qui pourrait rejoindre la nappe alluviale vers 96 NGF
- En SC03, pas de niveaux significatifs,
- En SC04, une nappe entre 94.10 et 96.10 NGF à la base des alluvions.

Il en résulterait que :

- le piézomètre SC01 intercepte la nappe des alluvions peut-être influencée par des apports extérieurs comme des fuites de réseaux.
- le piézomètre SC02 intercepte la nappe de la molasse qui pourrait remonter jusqu'à atteindre la nappe alluviale.
- le piézomètre SC03 est trop court pour intercepter une nappe permanente mais permettrait d'observer la formation d'une nappe piégée dans les remblais.
- Le piézomètre SC04 correspondrait à la nappe des alluvions.

5.2.5. Observations précédentes (FONDASOL GEOTEC et SOLINGEO)

Lors des sondages de FONDASOL, le niveau de l'eau a été observée dans le piézomètre du sondage SC1 à 97.20 NGF le 5 août 2021, dans les alluvions de Haute Terrasse.

En septembre, le niveau se situait à 96.30 NGF avant pompage et est remonté à 95.08 NGF en 30 minutes.

D'autre part, lors des fouilles de reconnaissance de fondations réalisées par FONDASOL, les photographies des fouilles RF1 et RF2 révèlent la présence d'eau en fond de fouilles.

Nous ne pouvons préciser s'il s'agit de l'eau d'une nappe superficielle piégée en tête des alluvions ou dans les remblais, ou bien d'eau de pluie s'étant accumulée pendant la réalisation du sondage.

GEOTEC en 2018, pour le parking Franklin Roosevelt, annonçait un niveau d'eau dans les alluvions de Haute Terrasse entre 96.10 et 96.60 NGF.



SOLINGEO, en 2017, a effectué un suivi piézométrique sur 1 an. Le niveau de la nappe des alluvions était peu variable entre 96.40 et 96.60 NGF.

Enfin, GEOTEC a défini les niveaux de variations extrêmes de la nappe des alluvions au droit du parking :

- Eaux Basses : 96.40 NGF
- Eaux Fréquentes : 96.70 NGF
- Eaux Hautes : 97.20 NGF
- Eaux Exceptionnelles : 97.70 NGF

5.2.6. Synthèse hydrogéologique

Le site de la cathédrale est caractérisé par l'existence de 3 nappes :

- La nappe principale est celle des alluvions de Haute Terrasse et devrait se situer vers 96.00/96.50 NGF,
- La nappe profonde contenue dans les molasses a été observée entre 88.00 et 90.00 NGF, elle pourrait nettement remonter en période très humide pour rejoindre la nappe alluviale vers 96.0 NGF.
- Des nappes superficielles peuvent se créer dans les remblais pour des raisons naturelles (fortes précipitations) ou bien accidentelles comme des fuites de réseaux.

Les niveaux extrêmes de la nappe des alluvions définis par GEOTEC sont, à ce stade, représentatifs.

Nous ne possédons pas encore assez de données pour avoir une analyse approfondie de l'hydrogéologie au droit de la cathédrale et de l'influence de la nappe sur l'édifice.

En particulier, nous ne pouvons pas préciser si la paroi moulée du parking a créé un effet barrage ayant eu pour effet de faire remonter le niveau de la nappe en amont.

Le suivi piézométrique engagé entre 2022 et 2024 est en cours de dépouillement et devrait apporter des informations complémentaires nécessaires sur ce sujet.

5.3. Caractéristiques pressiométriques

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (E_M module pressiométrique, Pl^* pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués au droit des sondages SP1 et SP2 que nous avons effectués.

Remarque :

Les essais pressiométriques ont été menés à une pression maxi de 3.0 MPa et non 5.0 MPa, ce qui aurait été utile pour un certain nombre de mesures dans les sols très compacts. Nous avons corrigé, dans ce cas, les valeurs, en évaluant la pression limite à $1.67 \times \text{Pression maxi}$).

L'analyse des valeurs obtenues est la suivante :

• Remblais

⇒ Jusqu'à environ 3 à 6.5 m de profondeur,

⇒ Nombre d'essais : 14 essais,

⇒ Analyse des 14 essais pris en compte :

E_M mini	E_M maxi	E_M moyen (a)	E_M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
2,8 MPa	32,0 MPa	14,3 MPa	16,2 MPa	9,2 MPa	0,64

PI^* mini	PI^* maxi	PI^* moyen (a)	PI^* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
0,24 MPa	2,75 MPa	1,10 MPa	1,18 MPa	0,73 MPa	0,66

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les caractéristiques pressiométriques des remblais sont globalement médiocres, avec cependant quelques passages présentant une meilleure compacité, à la faveur de la présence de blocs.

Le fait de considérer les matériaux rencontrés en SPr4 de 0 à 6.0 m de profondeur, et qui présentent des caractéristiques mécaniques élevées, a influencé notablement notre analyse statistique et fait augmenter les valeurs moyennes de façon peu représentative.

Nous limiterons les valeurs caractéristiques de calcul dans ces terrains pour tenir compte de cette remarque.

Ainsi, ces matériaux peuvent comprendre, aussi bien des niveaux décomprimés que des niveaux indurés par exemple liés à la présence des blocs.

Rappel des résultats des mesures obtenus par GEOTEC et FONDASOL :

Géotechnicien	Pression limite p_l^* (MPa)	Module pressiométrique E_m (MPa)
GEOTEC	0,5	4,0
FONDASOL	0,5	5,0

• **Alluvions, sables et graviers**

⇒ Jusqu'à 8.0/8.50 m de profondeur

⇒ Nombre d'essais : 14 essais,

⇒ Analyse des 14 essais pris en compte :

E_M mini	E_M maxi	E_M moyen (a)	E_M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
10,8 MPa	55,5 MPa	25,7 MPa	26,8 MPa	11,5	0,45

PI^* mini	PI^* maxi	PI^* moyen (a)	PI^* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
1,30 MPa	2,87 MPa	2,21 MPa	2,02 MPa	0,50	0,23

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

NS : non significatif

Ces valeurs confirment les bonnes caractéristiques mécaniques des alluvions.

Résultats obtenus par GEOTEC et FONDASOL :

En tête

Géotechnicien	Pression limite pl^* (MPa)	Module pressiométrique E_m (MPa)
GEOTEC	1,2	12,0
FONDASOL	2,5	30,0

A la base

Géotechnicien	Pression limite pl^* (MPa)	Module pressiométrique E_m (MPa)
GEOTEC	2,5	30,0
FONDASOL	1,1	10,0

Ces valeurs confirment globalement celles que nous avons obtenues même si la répartition des valeurs est différente.

• Molasses, Argiles, Sables et passages de grés

⇒ Jusqu'à 17 m de profondeur soit la cote 85,0 NGF,

⇒ Nombre d'essais : 39 essais,

⇒ Analyse des 39 essais pris en compte :

Nous avons, en tête de formation en SPr5, à 8 m de profondeur :

E_M mini
8,4 MPa

PI^* mini
0.80 MPa

Ce couple de valeurs parait un peu faible et non représentatif de l'ensemble.

Sur l'ensemble de la hauteur de la couche testée, nous obtenons :

E_M mini	E_M maxi	E_M moyen (a)	E_M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
8,4 MPa	> 200 MPa	> 84,0 MPa	> 79,3 MPa	> 49,2	0,58

PI^* mini	PI^* maxi	PI^* moyen (a)	PI^* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
0,8 MPa	> 5,0 MPa	> 4.09 MPa	> 4,20 MPa	> 1,02	NS

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

NS : non significatif

La compacité de la partie supérieure des molasses est bonne à élevée, avec des passages résistants (grés et calcaires) caractérisés par des modules de déformation pressiométriques supérieurs à 80 MPa.

Résultats obtenus par GEOTEC et FONDASOL :

Géotechnicien	Pression limite p_l^* (MPa)	Module pressiométrique E_m (MPa)
GEOTEC	4,7	90,0
FONDASOL	4,3	56,0

Ces valeurs confirment celles que nous avons obtenues.

• Molasses, Marno-calcaire et sables

⇒ Depuis la cote 85 NGF jusqu'à la fin du sondage,

⇒ Nombre d'essais : 49 essais,

⇒ Analyse des 49 essais pris en compte :

E _M mini	E _M maxi	E _M moyen (a)	E _M moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
31,0 MPa	172,6 MPa	72,3 MPa	69,6 MPa	28,6	0,37

PI* mini	PI* maxi	PI* moyen (a)	PI* moyen (b)	Ecart-type	Dispersion
2,87 MPa	> 5,0 MPa	> 4,40 MPa	> 4,50 MPa	> 0,77	NS

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

NS : non significatif

Là encore, les valeurs des caractéristiques mécaniques obtenues sont bonnes à élevées avec encore quelques passages résistants.

Résultats obtenus par GEOTEC et FONDASOL :

Géotechnicien	Pression limite pl * (MPa)	Module pressiométrique Em (MPa)
GEOTEC	5,1	100
FONDASOL	3,5 à 4,6	120

Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles que nous avons obtenues.

Notons que nos modules pressiométriques auraient, en moyenne, des valeurs plus faibles que celles de GEOTEC et FONDASOL.

5.4. Enregistrements des paramètres de forages

5.4.1. Présentation des enregistrements des paramètres de forage

Pour les sondages réalisés par une sondeuse EMCI 4.50, l'enregistrement numérique des paramètres de forage a été réalisé par l'intermédiaire d'un appareil numérique de type EXPLOFOR de la Société APAGEO SEGELM.



Cet appareil présente les caractéristiques suivantes :

- 2 types d'enregistrement simultanés :
 - ⇒ Graphiques,
 - ⇒ Numériques.
- l'enregistrement de 5 paramètres de forages sur voies indépendantes à savoir :
 - ⇒ Pression sur l'outil,
 - ⇒ Pression d'injection,
 - ⇒ Couple de rotation,
 - ⇒ Retenue,
 - ⇒ vitesse d'avancement.
- un programme d'exploitation des enregistrements numériques qui permet :
 - ⇒ Correction des paramètres,
 - ⇒ Choix de l'amplitude de tous les paramètres,
 - ⇒ Choix de l'échelle de représentation graphique de la profondeur,
 - ⇒ Format d'impression modulable.

Les prises de pression ont été effectuées, d'une part, sur le circuit hydraulique d'alimentation de la poussée, pour le capteur correspondant à la pression sur l'outil (nous avons utilisé des capteurs de 200 bars) et d'autre part, en ce qui concerne la pression d'injection, directement à la sortie de la pompe, par l'intermédiaire d'un capteur de 200 bars. Il s'agit d'une pompe GAMMA d'une capacité maximale de 40 bars.

En ce qui concerne la présentation des résultats, les diagraphies des paramètres des sondages sont jointes en annexe.

5.4.2. Analyse des enregistrements de paramètres de forage

Les enregistrements des paramètres permettent d'identifier 3 types de singularités, soit des *vides francs*, soit des *terrains décomprimés* (lâches ou +/- compacts), soit au contraire, des *terrains indurés*.

Les vides se caractérisent par une chute de l'outil de forage avec, pour le matériel employé (cf. tests de chute à la fin des diagraphies d'enregistrement des paramètres de forage) une vitesse d'avancement de l'ordre de 800 m/h.

Les niveaux décomprimés sont caractérisés par des vitesses de 500 à 750 m/h.

Les passages indurés sont caractérisés par une vitesse de forage lente, inférieure à 100/200 m/h.

5.4.3. Analyse par formation

L'analyse des paramètres de forage en distinguant les particularités des 4 formations rencontrées est présentée dans le tableau suivant :

Formation	Particularités
Remblais	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesses d'avancement relativement irrégulières : <ul style="list-style-type: none"> ➢ rapides dans les niveaux lâches et décomprimés (vitesses comprises entre 400 et 600 m/h) ➢ plus lentes à la faveur de passages indurés ou de blocs (vitesses comprises entre 50 et 300 m/h) • Pression d'injection faible
Alluvions sablo graveleuses argileuses	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesses d'avancement variables : <ul style="list-style-type: none"> ○ 100 à 200 m/h en tête ○ 300 à 750 m/h à la base • Pression d'injection faible : < 10 bars
Molasses Argilo sableuses	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse d'avancement faible : 100 à 250 m/h • Pression d'injection variable : 10 à 40 bars
Molasses marneuse et sableuses	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesses d'avancement : faibles 100 à 500 m/h • Pression d'injection variable 15 à 40 bars

5.5. Reconnaitances par fouilles des fondations de l'édifice actuel

6 fouilles de reconnaissances ont également été effectuées par l'entreprise **Rodrigues-Bizeul en 2022** afin de caractériser la géométrie des fondations actuelles ainsi que leur niveau d'assise.

Nous avons relevé ces fouilles les 26 et 27 juillet ainsi que les 3 et 4 août 2022.

Les résultats des relevés de ces reconnaissances sont présentés dans le tableau suivant :



Sondage (Cote NGF)	Localisation	Type de fondation Et remarques	Dimensions de la fondation	Débord Par rapport au nu du mur porteur (m)	Prof de la fouille (m)	Niveau d' assise Prof par rapport au sol (m)	Sol d' assise
RF4 (≠102.0 NGF)	Façade occidentale Angle Nord-Ouest	Massif de fondation en briques avec joints mortier ciment ou chaux Supporte le mur en pierre de taille de la façade Présence d'autres murs et de l'assise des emmarchements	Voir les relevés en annexes	0	1.60	1.15 m	Remblais sablo argileux + débris
RF5 (≠103.2 NGF)	Façade occidentale Zone centrale Nord Colonnade	Massif de fondations en briques avec joints en mortier de ciment ou chaux Présence d'autres mur en maçonnerie	Voir les relevés en annexes	1.20	1.90	Non reconnu	Non reconnu
RF6 (≠103.2 NGF)	Intérieur de la façade occidentale En pied au bord de la pile centrale Nord	Massif de fondation en brique avec joints en mortier de ciments ou de chaux	Voir les relevés en annexes	0.28	2.00	Non reconnu	Non reconnu
RF 7 (≠103.2 NGF)	Pilier Nord de la 1 ^{ère} travée Côté du collatéral	Massif de fondation en brique avec joints en mortier de ciments ou de chaux Présence de la longrine brique longitudinale vers RF8	Voir les relevés en annexes	0.22	1.22	Non reconnu	Non reconnu
RF8 (≠103.2 NGF)	Façade occidentale Tour Nord-Ouest Intérieur	Massif de fondation en brique avec joints en mortier de ciments ou de chaux Présence de la longrine brique longitudinale vers RF7	Voir les relevés en annexes	0.07 à 0.30	1.09	Non reconnu	Non reconnu
RF9 (≠103.2 NGF)	Pilier Central Nord de la 1 ^{ère} travée Coté collatéral	Massif de fondation en brique avec joints en mortier de ciments ou de chaux Présence de la longrine en brique longitudinale vers le massif occidental	Voir les relevés en annexes	0.23	1.23	Non reconnu	Non reconnu



Synthèse des fondations reconnues

Fondasol en 2021 a reconnu les fondations de l'édifice dans 3 sondages en fouilles, réalisés à partir du trottoir des rues Notre Dame et Soubirous Haut.

Ces fouilles ont révélé, pour deux d'entre elles, RF1 et RF2, un massif de fondation en briques avec des redans, et descendant respectivement à 2.89 m et 3.12 m de profondeur sous le niveau du sol extérieur, soit vers la cote 99.0 NGF.

La nature du sol d'assise n'est pas clairement définie entre les remblais et les alluvions sablo graveleuses.

La 3^{ème} fouille RF3, révèle sous un massif en briques, la présence d'une voute maçonnée, présente jusqu'à la base de la fouille. Cette anomalie correspond à celle observée sur les forages adjacents SC04 et SPr 04 avec des épaisseurs de remblais de 6.0 à 6.50 m.

Il existe probablement une anomalie dans cette zone (ancien sous-sol, ancienne canalisation ?) mais ni sa nature, ni son étendue, ni sa profondeur ne sont connues.

Conformément au programme qui a été fixé, notre objectif était de déterminer la nature, l'état et la section des fondations, et les liaisons qui pouvaient exister entre elles.

Nous avons donc reconnu la géométrie avec des débord de fondations variables :

- Inexistants en RF4,
- Notables en RF5 : jusqu'à 1.20 m,
- Modérés en RF6, RF7, RF8 et RF9 à l'intérieur de l'édifice avec 7 à 30 cm de débord.

Les fouilles ont aussi confirmé l'existence de longrines longitudinales intérieures parallèle à l'axe de la direction principal de l'édifice, reliant les fondations entre elles.

D'autre part, nous avons reconnu en RF4, un niveau de fondation plus élevé que supposé, à 1.15 m de profondeur (cote +101 NGF environ) avec, sous la fondation, des remblais argileux noirâtres humides dont la faible compacité a été reconnue dans l'essai pénétrométrique PD4 jusqu'à 2.40 m de profondeur.

Les niveaux des fondations n'ont pas été recherchés lors de la campagne de 2022.

Il faut toutefois noter que les investigations n'ont pas cherché à avoir une reconnaissance exhaustive et complète des fondations et de leur niveau d'assise. Il faut donc considérer que le dispositif de fondation de la partie occidentale de l'édifice est hétérogène et peut comprendre des fondations posées dans les alluvions de bonnes qualités mécaniques, d'autres fondations reposant dans les remblais de portance médiocre et enfin, des fondations s'appuyant sur les vestiges de structures anciennes en maçonneries avec, aussi bien des points durs que des niveaux décomprimés et des vides.

5.6. Sondages pénétrométriques

Nous avons procédé à la réalisation de 6 essais au pénétromètre dynamique léger en fonds des fouilles de reconnaissance des fondations (1 a été doublé, PD5 en PD5bis).

Ils sont dénommés PD4, PD5, PD5bis, PD6, PD7, PD8, PD9.

Les diagrammes de pénétration dynamique donnent les valeurs de la résistance dynamique de pointe (Qd) en fonction de la profondeur.

La compacité relative des terrains a été déterminée à partir des valeurs obtenues dans les pénétrogrammes présentés en annexe.

Les valeurs de résistance dynamique (Qd) mesurées peuvent être interprétées de la façon suivante :

- 0 MPa : résistance nulle, voire vide (TF0), ■
- 0 à 2 MPa : résistance très faible à faible (TF), ■
- 2 à 4 MPa : résistance médiocre (F), ■
- 4 à 8 MPa : résistance moyenne (M), ■
- > 8 MPa : résistance élevée (E). ■

Nous rappellerons que le sol de la cathédrale a été estimé à la cote altimétrique environ 103.20 NGF. Seul l'essai PD 4 a été réalisé au pied de l'édifice à la cote 102.00 NGF.

Profondeur	PD4 (Fond de fouille RF4)
0,00 -1,90 m	Fouille
1,90 – 2,40 m	TF
2,40- 2,70 m	M
2,70 – 3,00 m	E
3,00 m	Refus

Profondeur	PD5 (Fond de fouille RF5)
0,00 -1,90 m	Fouille
1,90 – 2,30 m	TF
2,30 - 2,40 m	E
2,40 m	Refus

Profondeur	PD5 bis (Fond de fouille RF5)
0,00 -2,00 m	Fouille
2,00 – 2,70 m	TF
2,70 – 2,80 m	E
2,80 m	Refus

Profondeur	PD6 (Fond de fouille RF6)
0,00 -2,00 m	Fouille
2,00 – 3,40 m	M
3,40 – 3,50 m	E
3,50m	Refus

Profondeur	PD7 (Fond de fouille RF7)
0,00 -1,20 m	Fouille
1,20 – 2,40 m	F
2,40 – 2,90 m	E
2,90 m	Refus

Profondeur	PD8 (Fond de fouille RF8)
0,00 -2,00 m	Fouille
2,00 – 2,60 m	F
2,60 – 3,70 m	M
3,70 – 4,00 m	E
4,00 m	Refus

Profondeur	PD9 (Fond de fouille RF9)
0,00 -1,20 m	Fouille
1,20 – 3,60 m	F
3,60 – 3,80 m	E
3,80 m	Refus

Synthèse

- **Les essais au pénétromètre dynamique réalisés à partir des fonds de fouille (RF4 à RF9) montrent la présence de remblais de densités et de résistances mécaniques faibles voire très faibles à moyennes sur 40 cm à 1.60 m sous la base des fouilles, soit 2.30 à 3.60 m sous le niveau intérieur de la cathédrale.**
- **Puis, à partir de 2.40 à 3.60 m de profondeur (cotes 99.60 à 100.8 NGF), les essais ont atteint les sols denses à très denses correspondant probablement aux alluvions sablo-graveleuses et argileuses.**
- **Il est cependant possible que pour les essais ayant obtenu les refus les plus précoces (PD5 et PD5bis), ceux-ci aient été obtenus sur des passages résistants au sein des remblais.**
- **Si on admet que la base des fondations se situe, le plus fréquemment, vers la cote 99 NGF environ, elle se situerait donc sur le toit, ou ancrées, dans les alluvions denses et compactes.**
- **Toutefois, l'essai PD 4 réalisé en fond de fouille de RF4, à la cote 100.10 NGF révèle sous la fondation reconnue des remblais de très faible résistance mécanique jusqu'à 99.50 NGF soit 1.40 m environ sous l'assise de la fondation.**

5.7. Résultats des essais en laboratoire

5.7.1. Résultats des essais géotechniques

Les échantillons de sols prélevés dans les sondages carottés SC01 à SC04 ont permis de procéder à des essais géotechniques en laboratoire :

- 12 identifications suivant le GTR (granulométrie, sédimentométrie, valeur au bleu) :
 - Limites de Plasticité et liquidité des argiles,
 - Indices de plasticité et de consistance,
 - Limites de retrait.
- 22 mesures de teneur en eau,
- 6 essais de gonflement à l'œdomètre,
- 4 essais de cisaillement consolidés drainés.

Les résultats et les procès-verbaux de mesures de ces essais sont donnés en annexe.

Nous résumerons les résultats de la façon suivante :


Les sols rencontrés sont classés suivant le GTR :

- Pour les alluvions sablo-graveleuses et argileuses : des sols sablo-argileux peu à moyennement plastiques ou des sols sablo graveleux insensibles à l'eau : A1, A2 et D2, D3, du GTR
- Les molasses testées se classent en A1 ou A2, sols argileux plus ou moins sableux peu à moyennement plastiques.

Les 6 essais de gonflement sur échantillons intacts réalisés à l'œdomètre montrent que les molasses ne sont pas gonflantes.

Les essais de cisaillement confirmeraient les valeurs qui ont été précédemment retenues par FONDASOL et GEOTEC dans les alluvions sableuses graveleuses et argileuses.

Le tableau de synthèse des résultats est donné ci-après.

		GÉOLIA DRAC D'OCCITANIE CATHÉDRALE MONTAUBAN G220600 Morangis le 28/09/2022 Tableau récapitulatif des essais en laboratoire sur échantillons de sols																					
		Identification de l'échantillon		Identification GTR	etat hydrique	teneuren eau	granulométrie-sédimentométrie					limite retrait	limite plasticité	Limite de liquidité	Indice plasticité	Indice de consistance	Valeur de bleu	Équivalent de sable	Pression de gonflement	Rapport de gonflement	Cohésion au cisaillement	Angle de cisaillement	Matière organique
		Sondage	Prof (m)	nature du sol			Wn (%)	Dmax (mm)	Passant 2mm %	passant 80µm %	passant 50 µm %	passant à 2 µm %	Wr %	Wp %	Wl %	Ip	Ic	VBS	SE %	og (kPa)	Rg	C' (Kpa)	Φ' (°)
SC01																							
	3.0-4.0	Grave siliceuse à sable grossier	D2	-	6,6	36	24	3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,097	62	-	-	-	-	-
	5.0-6.0	Grave siliceuse à sable grossier	-	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7.0-8.0	Molasse modérément argileuse	A2	H	17,6	6	100	78	64,32	29	8,7	18,4	37,0	18,6	1	1,85	13	-	-	-	129,8	33,7	-
	9.40-10.0	Molasse légèrement argileuse	-	-	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SC02																							
7.0-7.80	3.0-3.70	Vase sableuse noirâtre	A2	TH	23,6	16	85	40	35	15	-	19,7	33,0	13,3	0,7*	1,1	14	-	-	-	-	-	1,3
	5.0-6.0	Sable et graviers sur matrice limoneuse	-	-	11,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7.0-7.40	Grave siliceuse à sable grossier	D3	-	5,0	60	34	3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	68	-	-	-	-	
	7.40-7.80	Molasse fine et légèrement argileuse	-	-	24,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,063	-0,002	-	-	
	9.0-10.0	Molasse indurée de sable fin	A1	-	18,1	18	89	72	62	18	13,4	24,5	35,4	10,8	1,6	2,07	12	0,055	-0,002	46,2	28,1	-	
		12.0-13.0	Molasse raide peu argileuse	-	-	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SC03																							
	3.0-4.0	Sable vasard et gravillonneux	B5	-	12,8	41	64	28	24	12	-	-	-	-	-	-	0,77	49	-	-	-	-	-
	5.0-6.0	Grave siliceuse à sable grossier	B5	-	10,9	35	48	15	13	9	-	-	-	-	-	-	0,71	32	-	-	5,8	42,4	-
	7.0-7.90	Sable siliceux, grossier, et graveleux	-	-	7,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.0-9.40	Molasse argileuse mais peu plastique	A2	TS	16,8	9	99,7	93	84	32	-	22,9	36,7	13,8	1,4	2,31	11	0,004	-0,012	-	-	-	-
	9.40-10.50	Molasse indurée de sable fin	A1	-	14,7	1	100	84	68	14	14,7	-	-	-	-	-	1,99	12	0,001	-0,003	-	-	-
	12.0-13.0	Molasse raide peu argileuse	-	-	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SC04																							
	3.0-4.0	Sable et graviers sur matrice limoneuse	-	-	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.0-6.0	Sable et graviers sur matrice limoneuse	-	-	25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.0-8.0	Sable siliceux, grossier, gravillonneux	B1	-	12,0	21	77	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	79	-	-	24,3	30,6	-
	9.0-10.0	Molasse argileuse mais peu plastique	A2	S	20,2	7	97	77	66	28	13,2	26,3	42,9	16,6	1,4	2,6	12	0	-0,003	-	-	-	-
	12.0-12.60	Molasse argileuse mais peu plastique	A2	TS	22,3	5	99,9	94	87	32	20,2	30,1	44,4	14,3	1,6	3,5	7	0	-0,005	-	-	-	-
	12.60-13.20	Molasse raide peu argileuse	-	-	13,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ic donné à titre indicatif*																							

5.7.2. Analyse de l'agressivité de l'eau et su sol sur le béton.

Des analyses de l'agressivité des eaux et des sols ont été réalisées sur les échantillons prélevés sur le site par le laboratoire WESSLING

Analyse de l'agressivité de l'eau

Echantillon-n°	22-118938-01
Date de réception:	05.08.2022
Désignation	PZ ST04
Type d'échantillons:	Eau souterraine
Prélèvement:	03.08.2022
Heure:	17:00
Récipient:	1LPE+100mlPE(HNO3)
Température de réception (C°):	8,7
Début des analyses:	05.08.2022
Fin des analyses:	11.08.2022

		22-118938-01
Désignation d'échantillon	Unité	PZ ST04
pH	E/L	7,8
Température de mesure du pH	°C E/L	20,1
Cations, anions et éléments non métalliques		
Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	6,5
Hydrogénocarbonates (HCO3)	mg/l E/L	220
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	<0,5
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	<0,39
Sulfates (SO4)	mg/l E/L	55
Carbonate (CO3)	mg/l E/L	<1,0
Divers		
Alcalinité pH 4,3	mmol/l E/L	3,7
Eléments		
Calcium (Ca)	mg/l E/L	58
Magnésium (Mg)	mg/l E/L	14
Préparation d'échantillon		
Après minéralisation à HNO3	E/L	08.08.2022

Norme NF EN 206-1

Degré d'agressivité	XA1	A2	A3
Environnement	Faiblement agressif	Moyennement agressif	Fortement agressif
Agents agressifs	Valeurs limites		
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Entre 200 et 600	Entre 600 et 3 000	Entre 3 000 et 6 000
pH	Entre 5,5 et 6,5	Entre 4,5 et 5,5	Entre 4 et 4,5
Ammoniac (mg/L)	Entre 15 et 30	Entre 30 et 60	Entre 60 et 100
Gaz carbonique (mg/L)	Entre 15 et 40	Entre 40 et 100	Supérieure à 100
Magnésium (mg/L)	Entre 300 et 1 000	Entre 1 000 et 3 000	Supérieure à 3 000

*Valeurs limites pour les classes d'exposition aux attaques chimiques dans les eaux
(norme NF EN 206-1).*

La classe d'agressivité par rapport à l'eau est donc XA1.

Analyse de l'agressivité du sol

Echantillon-n°	22-130727-01
Date de réception:	02.09.2022
Désignation	SC1 3-4m
Type d'échantillons:	Sol et remblais, mélange
Prélèvement:	31.08.2022
Récipient:	250ml VBrun WES002
Température de réception (C°):	24°C
Début des analyses:	02.09.2022
Fin des analyses:	07.09.2022

		22-130727-01
Désignation d'échantillon	Unité	SC1 3-4m
Analyse physique		
Matière sèche	% masse MB	90,2
Degré d'acidité	ml/kg MS	19
Préparation d'échantillon		
Minéralisé à l'acide chlorhydrique		06/09/2022
Cations, anions et éléments non métalliques		
Sulfates (SO4)	mg/kg MS	2200

Norme NF EN 206-1

Agressivité chimique liée aux sols hors présence de la nappe

Pour les parties d'ouvrages enterrés hors présence de la nappe, la détermination de la classe d'exposition se fait à partir de l'analyse du sol. Le degré d'acidité du sol doit être déterminé si les autres essais conduisent à une classe inférieure ou égale à XA1

Agent agressif	Norme d'essai	Classe d'agressivité selon NF EN 206/CN:2014		
		XA1	XA2	XA3
Agressivité des sols				
SO ₄ ²⁻ (mg/kg de sol séché à 105 °C ± 5 °C) ^{f)}	NF EN 196-2	≥ 2 000 et ≤ 3 000	> 3 000 et ≤ 12 000	>12 000 et ≤ 24 000 ^{c)}
Degré d'acidité Baumann-Gully (ml/kg)	NF EN 18502	> 200	g)	g)

- c) Si le degré d'agressivité des solutions, des sols et des gaz présentés dans ce tableau dépasse les concentrations de la classe XA3, il est nécessaire de prévoir une protection externe (enduits, revêtements) ou interne (imprégnation) à défaut d'une étude particulière sous la responsabilité du prescripteur, montrant que les caractéristiques physiques et chimiques du béton permettent de résister à de telles attaques (essais performantiels, retours d'expérience...)
- f) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10⁻⁵ m/s peuvent être placés dans une classe inférieure. En cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides ou par « succion capillaire » une valeur égale ou supérieure à 2 000 mg/kg conduit à un classement en XA2.
- g) Conditions d'attaque non observées en pratique.

La classe d'agressivité des sols sur le béton est aussi XA1.

En synthèse :

Nous retiendrons un milieu d'agressivité chimique XA1.

6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS

6.1. Contexte géotechnique

Les sondages réalisés en phase d'expertise en 2022 pour la cathédrale Notre-Dame de l'Assomption, ont été effectués depuis les niveaux de sols suivants:

- Sur les trottoirs à environ 102.0 NGF
- Pour le sol intérieur dans la partie Ouest de l'édifice à 103.20 NGF environ.

La structure géotechnique est la suivante :

- En tête, des remblais sableux, argileux, graveleux avec des débris divers de briques, terre cuite, maçonneries etc. Localement, des passages organiques noirâtres ont été observés.

Le base des remblais se situe entre vers la cote 99 NGF et ponctuellement au Sud Est, à 96 NGF. Ces remblais présentent des caractéristiques mécaniques médiocres localement faibles.

- Très localement, en SC 02 des alluvions récentes sableuses argileuses et vasardes entre 3.0 et 3.70 m de profondeur.
- Les alluvions de la Haute Terrasse représentées par des sables graveleux plus ou moins argileux. Leur toit se situerait vers 99.0 NGF (localement 96.00/96.50 NGF) et leur base vers 94.0/95.0 NGF. Ces sols frottants sont denses avec de bonnes caractéristiques mécaniques.
- Les Molasses représentées en tête par des formations sablo-argileuses et argilo-sableuses contenant des passages plus résistants de grès ou de calcaire. La compacité des ces sols est élevée avec des passages nettement indurés.
- Au-dessous de la cote 85 NGF, les molasses sont représentées par des marnes plus ou moins sableuses de bonnes caractéristiques mécaniques.

Trois niveaux de nappe ont été identifiés :

- La nappe principale contenue dans les alluvions avec un niveau vers 96.0/96.50NGF,
- La nappe profonde contenue dans les molasses dont le niveau serait vers 88/90 NGF.
- Une nappe superficielle, probablement locale et momentanée, contenue dans les remblais avec un niveau vers 2.50 m 3.0 m de profondeur. Elle pourrait être liée aux précipitations ou bien aux fuites de réseaux. Elle peut atteindre momentanément et localement la cote 99.70 NGF.

6.2. Fondations de l'édifice

Les fouilles réalisées ont montré que l'édifice est fondé sur des massifs en briques assemblées au mortier.

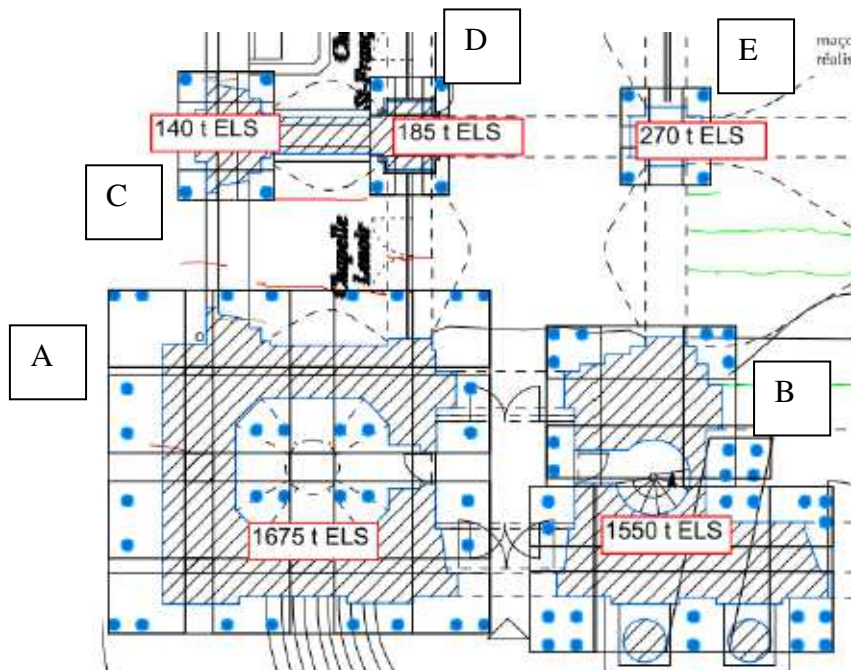
Le niveau d'assise reconnu par FONDASOL est d'environ 99 NGF ce qui devrait être le niveau le plus fréquent correspondant à la tête des alluvions sableuses argileuses ou graveleuses ou à la base des remblais. Mais, une singularité a été notée au Sud Est avec, sous la fondation, la présence d'une voute dont la base n'est pas connue et d'une surépaisseur de remblais jusque vers 96 NGF.

D'autre part, les investigations de 2022 ont aussi mis en évidence que les fondations de la tour Nord-Ouest en RF4 étaient posées vers la cote 101 NGF dans des remblais de faible portance.

Le système de fondation de la partie occidentale de l'édifice n'a été reconnu que partiellement et il faut considérer que le dispositif peut être hétérogène avec des sols de comportements très différents : alluvions de bonne qualité, remblais de portance faible à médiocre et maçonneries ou structures anciennes.

6.3. Descentes de charges et contraintes sous les fondations

Nous rappellerons les descentes de charges évaluées par le bureau d'études BMI en 2022 qui ont servi de base aux études de diagnostic. Ces descentes de charges ne sont plus valables en l'état actuel mais donnent un ordre de grandeur des efforts en jeu.



Nous évaluerons alors grossièrement les contraintes aux ELS sous les fondations que nous nommerons A, B, C, D et E :

Fondation	Charges ELS	Surface approximative	Contrainte Sous fondation	Remarques
A	1675 t	50 m ²	0,34 MPa	
B	1550 t	50 m ²	0,31 MPa	
C	140 t	7 m ²	0,20 MPa	Hors longrine de liaison et répartition
D	185 t	4 m ²	0,40 MPa	Hors longrine de liaison et répartition
E	270 t	4 m ²	0,68 MPa	Hors longrine de liaison et répartition

6.4. Modélisation géotechnique type et hypothèses de calcul

Les hypothèses géotechniques (modèle de terrain) retenues pour la suite de l'étude sont récapitulées dans le tableau suivant : niveau de référence du sol de la cathédrale à 103.20 NVP

Le niveau d'assise des fondations existantes est alors supposé en général à 99.0 NGF environ (3 m sous le niveau du trottoir des rues Soubroux Haut et Notre Dame) avec des exceptions : +101.0 NGF en RF4 et 96.0 NGF en SC04/SP04.

La modélisation géotechnique que nous proposons de retenir est la suivante :

	Profondeur de la base		E_{Mk}	Pl^*_{k}	γ_h	C_k'	ϕ_k'	α
	m/ dallage du RDC 103.20 NGF	NGF	(MPa)	(MPa)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	-
Remblais	4,20 à 7,20 m	96 à 99	7,0	0,7	17	0	20	1/2
Alluvions sablo graveleuses	8,70 m	94,50	25,0	2,0	19	5	30	1/3
Molasses argilo sableuses	18,20	85,0	85,0	3,5	20	50	30	1/2
Molasses Marno-calcaires et sableuses	31,20	72,0	70,0	4,0	20	60	30	1/2

Avec :

- E_{Mk} : module pressiométrique caractéristique
- Pl^*_{k} : pression limite caractéristique
- γ_h : poids spécifique humide
- C_k' : cohésion à long terme caractéristique
- ϕ_k' : angle de frottement à long terme caractéristique
- α : coefficient rhéologique

(*) Conformément au tableau I.1.3.1 de la norme NF P94-262 avec un rapport $E_{Mk}/Pl^*_{k} < 16$

Les valeurs de C_k' , ϕ_k' et γ_h correspondent aux valeurs obtenues par nous-même, FONDASOL et GEOTEC, dans ces matériaux, en corrélation avec les résultats pressiométriques.

6.5. Analyse de la stabilité des fondations de l'édifice

Le niveau d'assise des fondations de l'édifice est hétérogène, avec des comportements variables des différentes assises : alluvions de bonne compacité, remblais de portance médiocre à très faible et anciennes maçonneries ou structures qui demeurent indéterminées.

Il faut noter qu'à l'exception de quelques fissures préexistantes, aucun désordre n'avait été signalé et que l'édifice avait fait l'objet d'une restauration entre 2013 et 2018.

Une évaluation générale de l'édifice de 2013 n'avait révélé aucun désordre notable.

Ainsi, le comportement global du massif a bien correspondu aux prévisions issues de la conception géotechnique de GEOTEC. Mais les phénomènes ont pu être aggravés par l'hétérogénéité des terrains d'assise que nous venons d'évoquer.

Les déplacements verticaux et les basculements des sols liés à la réalisation de l'excavation et de la paroi moulée ont pu provoquer la reprise des phénomènes de consolidation et donc, de tassements pour les parties dont les fondations étaient déjà en état d'équilibre précaire comme au droit de la tour Nord-Ouest.

Les fondations de la tour Nord-Ouest rentrent dans ce contexte et, possiblement, d'autres appuis de l'édifice.

Cette reprise des phénomènes de tassements, peut-être de fluage des sols, peut se prolonger ou présenter une chronologie de développement aléatoire qui pourrait être liée à la présence variable, accidentelle ou naturelle, d'eau dans des terrains sensibles.

Enfin, suivant nos estimations, la stabilité d'une partie des fondations actuelles serait bien assurée si elles reposent sur les alluvions sableuses, argileuses et graveleuses.

En revanche, pour les fondations reposant dans les remblais de compacité faible à médiocre, cette stabilité n'est pas assurée, en particulier comme au droit de la tour Nord-Ouest. Il en résulte un risque d'évolution des tassement non maîtrisables.

De la même façon, l'hétérogénéité de fondations observées en RF3 de FONDASOL et SC04 de GEOLIA, avec une structure en maçonnerie inconnue sous les assises de l'édifice pourrait aboutir à un comportement différentiel dans cette zone, avec une évolution des désordres ou l'apparition de nouvelles déformations et fissures si aucun renforcement ou renforcement des fondations n'est réalisé.

Pour la partie orientale de l'édifice, les sondages n'ont pas révélé d'anomalies géotechniques et ils ont confirmé l'homogénéité et la continuité de la structure géologique.

Ce point doit toutefois être confirmé à l'issue d'une campagne d'investigations complémentaire spécifique.

Les quelques fissures existant au-delà de la 3^{ème} travée ne devraient pratiquement plus évoluer.

Nous confirmons, à ce stade, donc qu'il n'est pas nécessaire de conforter cette zone.

Pour le massif occidental, il faut aussi considérer que les terrains ont été mécaniquement affaiblis au droit de la zone du sinistre et donc qu'un événement extérieur pourrait provoquer une nouvelle reprise des phénomènes de tassements.

6.6. Principes généraux de confortement

Nous confirmons donc la nécessité de conforter les fondations de la partie Ouest de la cathédrale, avec une reprise en sous-œuvre par des longrines et radiers et de reprise des massifs existants s'appuyant sur des micropieux de type III.

Les micropieux seront vérinés pour bloquer toute nouvelle déformation.

Le dispositif comprendrait, comme cela a été présenté par la Maitrise d'œuvre de Pierre Yves Caillaud et BMI :

- La reprise des charges du massif occidental entre 100 et 80 %
- La reprise partielle de la première travée, avec environ 50 % des charges passant dans les micropieux et 40 % dans les fondations existantes,
- La reprise partielle de la 2^{ème} travée, avec environ 40 % des charges passant dans les micropieux et 50 % dans les fondations existantes,
- La reprise partielle de la 3^{ème} travée avec environ 30 % des charges passant dans les micropieux et 60 % dans les fondations existantes,

Une étude spécifique du comportement sera nécessaire pour justifier cette répartition des charges pour le confortement partiel des travées.

Cette étude sera réalisée lors de la phase Projet de conception de la restauration de l'édifice.

Nous avons écarté les autres méthodes de confortement :

- Les injections, en raison des risques de vides résiduels d'importance non reconnues, de la présence de terrains hétérogènes sableux à argileux d'où une répartition très aléatoire des coulis,
- Les injections de résine expansive, en raison de leur pérennité inconnue et des charges élevées de l'édifice,
- Le jet Grouting, en raison de son coût élevé et du traumatisme qu'il peut causer aux structures anciennes fragilisées,

- Les injections solides, du fait du coût élevé de cette technique et d'un résultat aléatoire dans les terrains hétérogènes. Même si cette solution serait techniquement bien appliquée au problème.

6.6.1. Etude des fondations superficielles actuelles posées dans les alluvions anciennes sableuses et graveleuses.

Pour les fondations actuelles de l'édifice posées dans les alluvions anciennes, nous retiendrons les données suivantes.

Suivant les essais réalisés et conformément aux règles pressiométriques et pénétrométriques, constituant l'annexe normative D de la norme NFP 94-261 de juin 2013, par analogie avec les anciennes réglementations (DT13.12 et fascicule 62 titre V), la contrainte de calcul aux ELS serait limitée, selon les calculs suivants :

➤ **Sondages pressiométriques**

Pour tous les cas de charges et de combinaisons, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d}$$

Avec

- $R_{v,d}$: résistance nette du terrain sous la semelle superficielle,
- V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise à la fondation superficielle,
- R_0 : valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux.

La résistance nette du terrain, sous la fondation semi-profonde, est obtenue par l'application des relations suivantes :

$$R_{v,d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{A' \cdot q_{net}}{\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{R,d,v}}$$

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le,k}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

Avec, à ce stade de l'étude, et selon une approche de calcul 2, la définition des paramètres suivants :

- $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain,
- A' : surface effective de la semelle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain,
- $p_{le,k}^*$: pression limite nette équivalente, **fixée ici à**
 - **2,0 MPa**
- k_p : facteur de portance de la semelle, **fixé ici à 0,8**,

- i_β et i_δ : coefficients de réduction de portance liés à la proximité d'une pente de talus et de l'inclinaison du chargement, **fixé ici à 1¹**,
- $\gamma_{R,v}$: valeur du coefficient partiel permettant le calcul de la portance égale à **1,4 à l'ELU fondamental**, à **1,2 à l'ELU accidentelle** et à **2,3 à l'ELS**,
- $\gamma_{R,d,v}$: valeur du coefficient de modèle pressiométrique associé à la méthode de calcul, permettant le calcul de la portance **égale à 1,2**.

Il vient alors la contrainte associée à la résistance nette du terrain :

$q_{net} = 1,6 \text{ MPa}$

A titre indicatif, par analogie avec les anciennes réglementations (DT13.12 et fascicule 62 titre V), il vient alors les contraintes de calcul à l'ELS et à l'ELU suivantes :

Fondations des piliers ou soubassements vers 4.0/4.50 m de profondeur sous le RDC à 103.20 NGF posées dans les alluvions sableuses et argileuses :

$q'_{ELS} = 0,6 \text{ MPa (6,0 bars ou } 60 \text{ t/m}^2\text{)}$	<i>Intégralité des sollicitations à l'ELS</i>
$q'_{ELU \text{ FOND}} = 0,95 \text{ MPa}$	<i>Combinaison fondamentale à l'ELU</i>
$q'_{ELU \text{ ACC}} = 1,1 \text{ MPa}$	<i>Combinaison accidentelle à l'ELU</i>

Ces valeurs sont suffisantes pour justifier la stabilité des fondations posées dans les alluvions sablo-graveleuses.

Tassements depuis l'origine de la construction

Nous n'évaluerons pas les tassements qui auraient dû se produire dans ce cas de figure depuis l'origine de la construction car nous ne possédons pas les caractéristiques mécaniques des terrains d'assises. En tout état de cause, pour les fondations dans les alluvions, ces déformations seraient faibles ;

6.6.2. Etude des fondations superficielles dans les remblais et niveaux décomprimés

Pour les fondations actuelles de l'édifice posées dans les remblais et sols décomprimés, nous retiendrons les données suivantes.

¹ En l'absence des descentes de charges et de la géométrie des fondations, nous avons considéré une charge centrée verticale ainsi que l'absence de talus

Suivant les essais réalisés et conformément aux règles pressiométriques et pénétrométriques, constituant l'annexe normative D de la norme NFP 94-261 de juin 2013, par analogie avec les anciennes réglementations (DT13.12 et fascicule 62 titre V), la contrainte de calcul aux ELS serait limitée, selon les calculs suivants :

➤ **Sondages pressiométriques**

Pour tous les cas de charges et de combinaisons, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d}$$

Avec

- $R_{v,d}$: résistance nette du terrain sous la semelle superficielle,
- V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise à la fondation superficielle,
- R_0 : valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux.

La résistance nette du terrain, sous la fondation semi-profonde, est obtenue par l'application des relations suivantes :

$$R_{v,d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{A' \cdot q_{net}}{\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{R,d,v}}$$

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le_k} \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

Avec, à ce stade de l'étude, et selon une approche de calcul 2, la définition des paramètres suivants :

- $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain,
- A' : surface effective de la semelle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain,
- $p_{le_k}^*$: pression limite nette équivalente, **fixée ici à**
 - **0,50 MPa** (valeur conservatrice retenue par FONDASOL et GEOTEC)
- k_p : facteur de portance de la semelle, **fixé ici à 0,8**,
- i_β et i_δ : coefficients de réduction de portance liés à la proximité d'une pente de talus et de l'inclinaison du chargement, **fixé ici à 1²**,
- $\gamma_{R,v}$: valeur du coefficient partiel permettant le calcul de la portance égale à **1,4 à l'ELU fondamental, à 1,2 à l'ELU accidentelle et à 2,3 à l'ELS**,
- $\gamma_{R,d,v}$: valeur du coefficient de modèle pressiométrique associé à la méthode de calcul, permettant le calcul de la portance **égale à 1,2**.

² En l'absence des descentes de charges et de la géométrie des fondations, nous avons considéré une charge centrée verticale ainsi que l'absence de talus

Il vient alors la contrainte associée à la résistance nette du terrain :

$q_{\text{net}} = 0,40 \text{ MPa}$

A titre indicatif, par analogie avec les anciennes réglementations (DT13.12 et fascicule 62 titre V), il vient alors les contraintes de calcul à l'ELS et à l'ELU suivantes :

Fondations des piliers ou soubassements posés dans les remblais vers 99 à 101 NGF (tour Nord-Ouest)

q'ELS = 0,14 MPa (1,4 bars ou 14 t/m²)	<i>Intégralité des sollicitations à l'ELS</i>
q'ELU FOND = 0,24 MPa	<i>Combinaison fondamentale à l'ELU</i>
q'ELU ACC = 0,28 MPa	<i>Combinaison accidentelle à l'ELU</i>

Ces valeurs sont trop faibles pour pouvoir justifier de la stabilité des fondations posées à ce niveau.

Nota à partir des résultats des essais pénétrométriques exploités grossièrement et en retenant l'expression :

$$q'_{\text{els}} = R_d/20$$

Nous aurions en particulier, au droit de la tour Nord-Ouest :

$$R_d = 2,0 \text{ MPa (valeur optimiste)}$$

$$q'_{\text{els}} = 0.1 \text{ Pa. (1 bar ou 10t/m}^2\text{)}$$

Les fondations de cette tour Nord-Ouest, et les autres éléments qui seraient fondés dans les mêmes terrains, sont donc dans un état d'équilibre précaire ou en limite de stabilité et les sols probablement en limite d'état plastique avec fluage donc, avec un risque de tassements non maîtrisable.

6.7. Méthodologie de confortement du massif occidental et des 3 premières travées

La solution proposée consiste à reprendre la totalité des charges du massif occidental et une partie des charges de ces piles pour les reporter en profondeur dans un niveau stable. La base de la pile sera constituée par un dispositif en béton armé s'appuyant sur des micropieux. La

transmission des efforts à l'intérieur de la pile devra être assurée par un dispositif de renforcement spécifique.

Les charges à reprendre par micropieux seraient sur la base des hypothèses de BMI :

Appuis	charge ELS projet
Massif occidental et 3 travées suivantes	23 à 82 t

6.8. Dimensionnement de la reprise en sous-œuvre par micropieux de type III

- Pour stabiliser les fondations, nous retiendrons une reprise en sous-œuvre par micropieux de type III descendus au-delà des maçonneries, des remblais et des alluvions et ancrés dans les molasses compactes au-delà de 10 m de profondeur sous le niveau du RDC à 103.20 NGF.
- Le toit des molasses est retenu à la cote 94.50 NGF.
- Nous retiendrons un ancrage minimal de 3.00 m dans les molasses soit une longueur minimale des micropieux de 12 m sous le niveau du RDC à 103.20 NGF.
- Compte tenu des descentes de charges sur les micropieux transmises par le bureau d'étude BMI, nous retiendrons des micropieux de 200, 250 ou 300 mm de diamètre,
- Afin de limiter la diffusion du coulis d'injection dans les remblais et en tête des alluvions nous avons retenu un chemisage ou tubage définitif sur une hauteur de 7.0 m m
- Ce chemisage ou tubage sera aussi utile pour la phase de vérinage en permettant un déplacement relatif sans effort entre le micropieu et le terrain.
- Le dimensionnement des micropieux pourra être revu à l'issue d'essais préalables de traction permettant de mesurer le frottement latéral et la déformation dans chaque couche. 4 essais préalables seront prévus.

En ce qui concerne la justification de la capacité portante des fondations profondes au moyen de micropieux, celle-ci est menée conformément aux règles pressiométriques, constituant l'annexe normative D de la norme NFP 94-262 de juillet 2012.

La valeur de calcul de la portance à l'ELS, suivant la méthode du « modèle de terrain », pour une approche à partir de résultats pressiométriques, $R_{c,cr,d}$, est estimée comme suit :

$$R_{c,cr,d} = \frac{R_{c,cr,k}}{\gamma_{c,r}}$$

avec :

$$R_{c,cr,k} = 0,7.R_{s,k}$$

$$R_{s,k} = P_s \cdot \int_0^D q_{s,k}(z) dz \quad \text{avec} \quad q_{s,k} = \frac{\alpha_{\text{pieu-sol}} \cdot f[pl^*(z)]}{\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}}$$

où:

$R_{c,cr,d}$ = la valeur de calcul de la charge de fluage de compression à l'état limite considéré

$R_{c,cr,k}$ = la valeur caractéristique de la charge de fluage de compression

$R_{s,k}$ = la valeur caractéristique de la résistance par frottement sur le fût d'un pieu

$q_{s,k}$ = la valeur caractéristique de calcul du frottement latéral unitaire limite de la fondation profonde pour la couche de terrain concerné

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ = un paramètre adimensionnel qui dépend à la fois du type de pieu et du type de sol

$f[]$ = une fonction qui ne dépend que du type de sol et des valeurs de pl^*

$\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}$ = coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique, **fixés respectivement à 2 et 1,1** pour des micropieux de type 2 ou 3

Dans le cas de micropieux de type II (pieu de classe 1 bis et catégorie 18) ou III (pieu de classe 8 et catégorie 19) exécutés en foration simple, nous retiendrons les hypothèses géotechniques de calcul suivantes, pour le « **modèle de terrain** » :

Les niveaux de référence sont alors :

- Niveau du sol à l'intérieur de la cathédrale : environ 103.20 NGF.
- Niveau du sol rue Notre Dame et rue Soubirous Haut : environ 102.00 NGF.
- Niveau du sol place Franklin Roosevelt : 101.50 à 101.80 NGF.
- Niveau de fondation existantes 99.00 NGF (possibilité de surprofondeur comme en RF3 jusqu' à 96.00 NGF).

Nous avons alors adopté une modélisation définie pour deux zones :

- 1 zone comprenant le massif occidental et les 2 premières travées que dénommerons cas général
- 1 zone constituée par la troisième travée (cas particulier) avec des surépaisseurs de remblais et d'anomalies (maçonneries ou anciennes fosses ou caves)

Les deux modèles sont définis ci-après :

Cas général (hors 3^{ème} travée)

Profondeur de la base des couches Depuis la cote 103.20 NGF	Cote de base NGF	Formations	ple* (MPa)	q _s (kPa) Micropieux type II	q _s (kPa) Micropieux type III	Courbe EC7
Jusque vers 4.00 m	96,00	Remblais	Frottement neutralisé			
De 4.00 à 7.20 m de profondeur	94,50	Sable et graviers +/- argileux	2,0	-	211	Q2
7.20 à 18,20 m	85,00	Molasse argilo-sableuse	3,5	-	200	Q4
18.20 m à 30.0 m	73.20	Molasse Marno-calcaire sableuses	4,0	-	269	Q4

Cas particulier de la 3^{ème} travée

Profondeur de la base des couches Depuis la cote 103.20 NGF	Cote de base NGF	Formations	ple* (MPa)	q _s (kPa) Micropieux type II	q _s (kPa) Micropieux type III	Courbe EC7
Jusque vers 7.20 m	96,00	Remblais	Frottement neutralisé			
De 7.20 à 8,70 m de profondeur	94,50	Sable et graviers +/- argileux	2,0	-	211	Q2
8.70 à 18,20 m	85,00	Molasse argilo-sableuse	3,5	-	200	Q4
18.20 m à 30.0 m	73.20	Molasse Marno-calcaire sableuses	4,0	-	269	Q4

Conditions d'exécution :

Nous attirons l'attention sur les conditions de mise en œuvre des micropieux compte tenu de la présence de possibles niveaux indurés résistants dans les remblais et dans les molasses. Ainsi, l'entreprise devra mettre en œuvre un matériel de forage adapté lui permettant d'atteindre les profondeurs minimales requises.

Nous signalons qu'avec des micropieux traversant des remblais et des sols peu compacts sans cohésion en épaisseur importante sous, il conviendra d'assurer la stabilité lors de la foration en adaptant, si besoin, la technologie de mise en œuvre avec tubage provisoire ou définitifs et utilisation d'une boue adaptée bentonite ou bentonite-ciment.

En cas de rencontre de cavité, le tubage définitif sera nécessaire.

Le tubage définitif sera aussi nécessaire pour empêcher la diffusion du coulis d'injection dans les remblais contenant des vestiges archéologiques.

Dimensionnement

Nous retiendrons des micropieux forés de type III de diamètre 200/250 et 300 mm ancrés dans les molasses compactes.

La longueur minimale des micropieux sera de 12.0 m sous le niveau du Rez de Chaussée à 103.20 NGF.

Le dimensionnement des micropieux vis-à-vis des efforts sismiques qui dépend des armatures métalliques tubulaires disponibles et retenues, sera effectué par l'entreprise de fondations dans le cadre de la mission d'étude géotechnique d'exécution G3 à sa charge.

6.8.1. Dimensionnement des micropieux type III diam 200, 250 et 300 mm

Les fiches de calculs détaillées à l'EC7 sont données en annexes.

Le tableau des capacités portantes des pieux aux ELS QP ; ELS CARAC et ELU en fonction de leur profondeur sous le niveau du terrain actuel.

En compression :

Dimensionnement

A titre indicatif, les calculs, selon une approche de calcul 2 de l'Eurocode 7, des capacités portantes aux Etats Limites de Service pour des combinaisons quasi-permanentes et Caractéristiques ainsi qu'aux Etats Limites Ultimes durable ou transitoire, conduisent aux résultats suivants :

Pour des micropieux type III forés injectés gravitairement, de diamètres 200 ; 250 et 300 mm, ancrés dans les molasses compactes ($P_l > 3.0$ MPa) considérées à partir de 94.50 NGF environ par rapport au niveau général du sol de l'édifice (103.20 NGF).

Nous présentons ci-après le tableau des capacités portantes des pieux aux ELS QP ; ELS CARC et ELU en fonction de leur profondeur sous le niveau du terrain actuel.

Cas général (hors 3^{ème} travée)

En compression micropieux type III diamètre 200 et 250 mm

Micropieux Type III diamètre 200 mm niveau référence plateforme 103.20 NGF						
Longueur sous la cote 103.20 NGF RDC	QELS CARAC		QELS QP		QELU	
10.0 m	32.1	tonnes	39.1	tonnes	45.8	tonnes
11.0 m	45.5	tonnes	37.3	tonnes	53.2	tonnes
12.0 m	51.9	tonnes	42.5	tonnes	60.6	tonnes
13.0 m	58.2	tonnes	47.6	tonnes	68.1	tonnes
14.0 m	64.5	tonnes	52.8	tonnes	75.5	tonnes
15.0 m	70.9	tonnes	58.0	tonnes	82.9	tonnes
16.0 m	77.2	tonnes	63.2	tonnes	90.3	tonnes

Micropieux Type III diamètre 250 mm niveau référence plateforme 103.20 NGF						
Longueur sous la cote 103.20 NGF RDC	QELS CARAC		QELS QP		QELU	
10.0m	49.0	tonnes	40.1	tonnes	57.3	tonnes
11.0 m	56.9	tonnes	46.6	tonnes	66.5	tonnes
12.0 m	64.9	tonnes	53.1	tonnes	75.8	tonnes
13.0 m	72.8	tonnes	59.6	tonnes	85.1	tonnes
14.0 m	80.7	tonnes	66.1	tonnes	94.4	tonnes
15.0 m	88.6	tonnes	72.5	tonnes	103.6	tonnes
16.0 m	96.6	tonnes	79.0	tonnes	112.9	tonnes

Cas particulier de la 3^{ème} travée

En compression micropieux type III diamètre 200 , 250 et 300 mm

Micropieux Type III diamètre 200 mm niveau référence plateforme 103.20 NGF						
Longueur sous la cote 103.20 NGF RDC	QELS CARAC		QELS QP		QELU	
10.0 m	18.2	tonnes	15.0	tonnes	21.4	tonnes
11.0 m	24.6	tonnes	20.2	tonnes	28.8	tonnes
12.0 m	31.0	tonnes	25.3	tonnes	36.2	tonnes
13.0 m	37.3	tonnes	30.5	tonnes	43.6	tonnes
14.0 m	43.7	tonnes	35.7	tonnes	51.0	tonnes
15.0 m	50.0	tonnes	40.9	tonnes	58.5	tonnes

Micropieux Type III diamètre 250 mm niveau référence plateforme 103.20 NGF						
Longueur sous la cote 103.20 NGF RDC	QELS CARAC		QELS QP		QELU	
12.0 m	38.7	tonnes	31.7	tonnes	45.3	tonnes
13.0 m	46.6	tonnes	38.1	tonnes	54.5	tonnes
14.0 m	54.6	tonnes	44.7	tonnes	63.8	tonnes
15.0 m	62.5	tonnes	51.1	tonnes	73.1	tonnes

Si des micropieux devaient dépasser 25 m de profondeur, il faudrait alors prévoir un forage pressiométrique profond pour justifier de la portance.

Tableau de synthèse du nombre et de la longueur des micropieux

MONTAUBAN CATHEDRALE NOTRE DAME DE L'ASSOMPTION CONFORTEMENT DES FONDATIONS PAR MICROPIEUX											
diamètre	Type III diam 200 mm tubage 4 m						Type III diam 200 mm tubage 4 m				total
longueur / cote 103,20 NGF	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m	12 m	13 m	14 m	15 m	
Charge ELS Carac (t)	32,1	45,5	51,9	58,2	64,5	70,9	64,9	72,8	80,7	88,6	
massif occidental								78	58	4	140
1ère travée	12	4	4		4						24
2eme travée	12	8		4							24
diamètre	Type III diam 200 mm tubage 8 m						Type III diam 200 mm tubage 8 m				
longueur / cote 103,20 NGF	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m	12 m	13 m	14 m	15 m	
Charge ELS Carac (t)	18,3	24,6	31	37,3	43,7	50					
3eme travée	8	4	8		4						24
Total	320 ml	176 ml	144 ml	52 ml	112ml	0		1014 ml	812 ml	60 ml	
total 212 micropieux soit 2690 ml											

Nous prévoyons une optimisation de ce dimensionnement par la réalisation d'essais préalables sur des micropieux spécifiques intéressant chacun exclusivement une des couches de sols.

Ainsi nous prévoyons 4 Micropieux avec essais d'arrachement permettant d'optimiser la valeur du frottement latéral et d'évaluer la déformation qui sera nécessaire pour le programme de mise en appui par vérinage.

La vérification de phase projet portera en fonction des tubes d'armatures retenus :

- **Sur l'effet de la corrosion,**
- **Sur la vérification de la contrainte dans l'acier,**
- **Sur la transmission des efforts entre l'acier et le coulis de ciment,**
- **Sur le flambement.**

Il faudra aussi prévoir au moins des essais de contrôle de portance sur un micropieux conformément au règlement en vigueur.

Nous conseillons de retenir au moins 1 essai de traction pour 50 micropieux soit 4 essais de portance en traction.

6.9. Terrassements et soutènements

Pour réaliser la reprise en sous-œuvre, des fouilles seront nécessaires à la réalisation du dispositif en béton armé. La profondeur pourrait atteindre une profondeur de 2,00 à 4.0 m environ.

Ces fouilles traverseront des remblais hétérogènes présentant des faibles tenues et pouvant contenir des blocs ou tout autre élément induré de plus ou moins grande taille ainsi que d'éventuelles anciennes maçonneries enterrées.

Les fouilles devront être blindées pour assurer la sécurité du personnel et des structures environnantes.

Excavation

Dans un premier il faudra retirer les pavages et dallages existant et les stocker en réservation dans un endroit défini à cet effet.

Les déblais pourront être réalisés, en général, avec une mini-pelle mécanique de bonne puissance ou manuellement jusqu'au niveau du fond de fouille dans les sols en place.

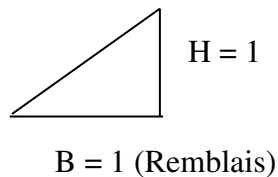
Localement, la présence d'éléments et/ou de niveaux indurés de toutes tailles au sein des remblais, ainsi que, localement, le recoupement local d'anciennes maçonneries résistantes, nécessitera, ponctuellement, le recours à des engins désagrégateurs spécifique de type BRH ou marteau piqueur.

De même la présence de vestiges ou de sépultures constituera une sujétion nécessitant des précautions particulières.

Nota : les moyens de terrassement dans la roche (BRH...) ne devront pas créer de vibrations ou de chocs nuisibles au bon comportement de l'édifice.

Talutage ou blindage

Dans les zones de recul suffisant, en l'absence de surcharges en tête, on pourra s'orienter sur le principe d'un talutage selon une pente n'excédant pas 1/1 dans les remblais. A contrôler à l'ouverture des fouilles.



Dans le cas où l'emprise nécessaire est insuffisante ou à proximité des ouvrages existants, les fouilles ou tranchées devront être blindées pour garantir la sécurité du personnel et la stabilité des ouvrages existants voisins.

6.10. Sujétions générales et particulières des travaux de reprise en sous-œuvre

- Le site présente des difficultés d'accès pour une machine de forage de micropieux avec des escaliers et des espaces d'évolution réduits. Il faudra donc prévoir une méthodologie d'intervention adaptée avec du matériel spécifique.
- La présence de blocs ou débris divers indurés dans les remblais constituera une sujétion à prendre en compte pour les terrassements (emploi éventuel de moyens désagrégateurs type BRH) tout en préservant les vestiges archéologiques.
- Compte tenu de la coexistence possible de fondations anciennes non modifiées et de fondations de reprise en sous-œuvre, il faudra s'assurer de garantir le bon comportement des structures.

- Des microfissurations secondaires après travaux sont possibles et inévitables.
- Le dimensionnement des longrines et du ceinturage en béton armé à mettre en place, sera effectué par le bureau d'études des structures.
- Il faudra également mettre en œuvre tout blindage ou soutènement de fouille nécessaire pour garantir l'absence de mouvements préjudiciables aux ouvrages existants tant en phase provisoire de chantier qu'en phase définitive.
- Compte tenu du risque de pollution du sol, nous recommandons de confectionner le coulis de scellement avec du ciment résistant au milieu agressif XA1.

Particulièrement pour la solution de reprise en sous-œuvre par micropieux, on respectera les sujétions suivantes :

- le bétonnage se fera au tube à manchettes (micropieux type III),
- des pertes d'injection et des surconsommations de coulis de scellement sont à attendre lors de la traversée des remblais et des éventuelles galeries ou cavités,
- dans ce dernier cas, il faudra prévoir un tubage définitif jusqu'à la base de la cavité,
- la technique de foration pour les micropieux devra permettre de traverser les éléments ou niveaux indurés (blocs éventuels dans les remblais et/ou dans les sols en place...). Elle devra aussi minimiser les vibrations risquant d'endommager les structures existantes fragilisées.

La reprise en sous-œuvre sera limitée à la seule partie sinistrée considérée comme le massif occidental et les travées 1,2 et 3. Il n'est pas possible de garantir qu'à l'occasion de circonstances imprévisibles, ou non maîtrisables, des microdéformations avec des désordres de type microfissures n'apparaissent pas au droit des parties non reprises.

Les travaux de finition et de reprise des fissures devront être menés en respectant un délai suffisamment long après la fin des travaux de confortement des fondations, pour permettre à la construction de prendre ses nouveaux appuis avec d'éventuels mouvements d'ajustement.

Il est nécessaire que les travaux de reprise en sous-œuvre soient réalisés sous les directives d'une équipe de Maîtrise d'Œuvre spécialisée pour garantir une bonne conception, la bonne exécution et la coordination des travaux de reprise des fondations.

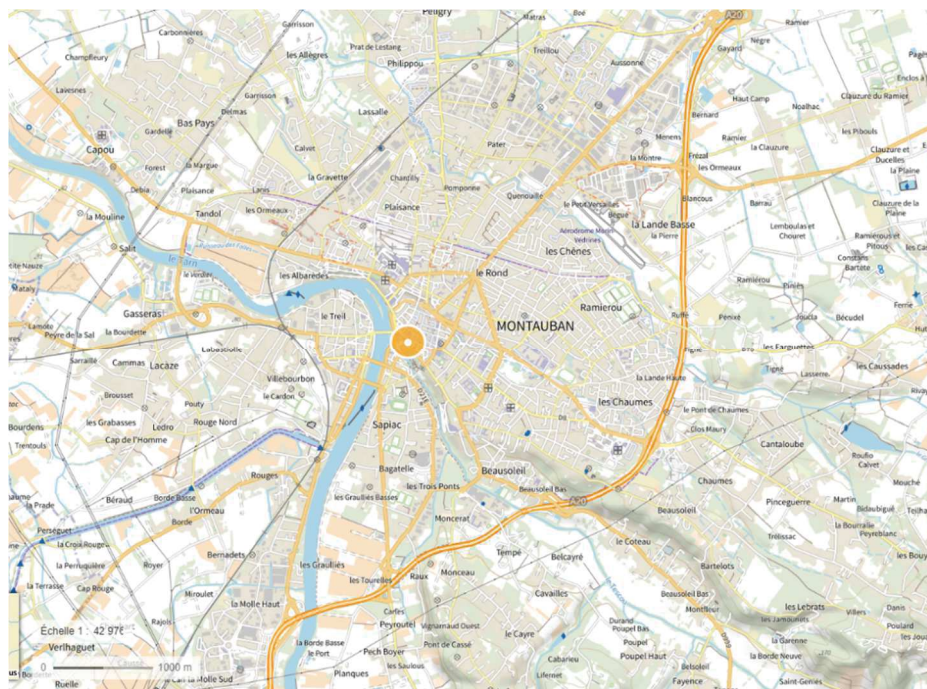
Comme expliqué précédemment, l'implantation des micropieux, et le dimensionnement des longrines de liaison sont effectués par le Bureau d'études des structures.

Nous restons à la disposition du Maître de l'Ouvrage déléguée l'OPPIC, du Maître d'Ouvrage la DRAC Occitanie et de l'équipe de Maîtrise d'œuvre et conception et de réalisation de Pierre Yves CAILLAULT pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions, pour compléter notre mission pour les phases de conception ultérieures et pour contrôler l'exécution des fondations. Les sols peuvent toujours présenter localement des anomalies nécessitant des adaptations à définir dans le cadre d'une mission spécifique de suivi géotechnique d'exécution (mission de type G4 de la norme française NF P 94-500 de décembre 2006).

La description des missions normées ainsi que leur enchaînement sont présentées à la fin de ce rapport

ANNEXE 1
PLAN DE SITUATION ET
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

PLAN DE SITUATION

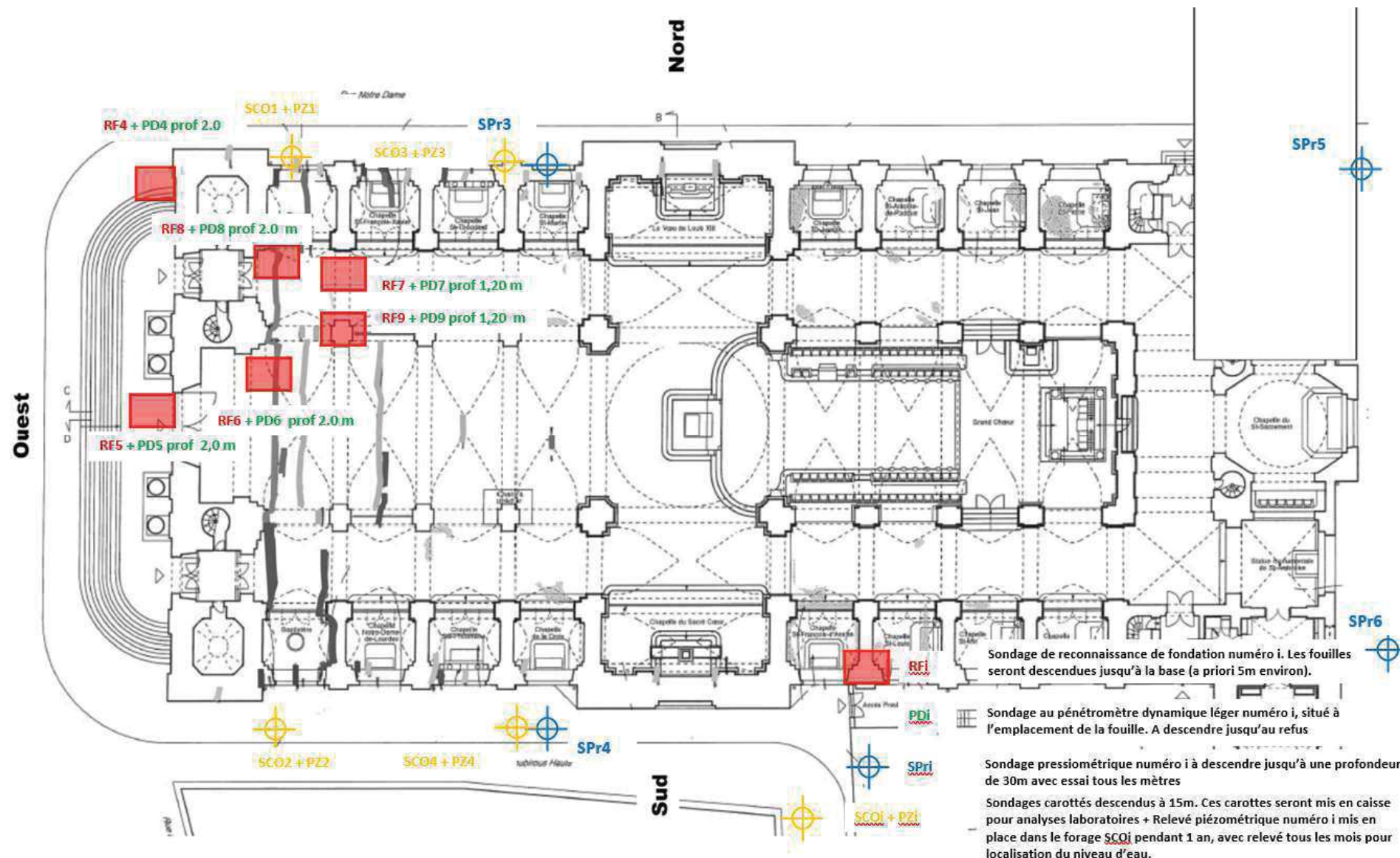


Localisation de la zone d'étude (source Géoportail)



Photographie aérienne du site d'étude (source Géoportail)

IMPLANTATION DES SONDAGES



ANNEXE 2

COUPES DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

G220600 MONTAUBAN (82) Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 25/07/2022
Date fin : 25/07/2022
Profondeur: 0,00 - 30,50 m

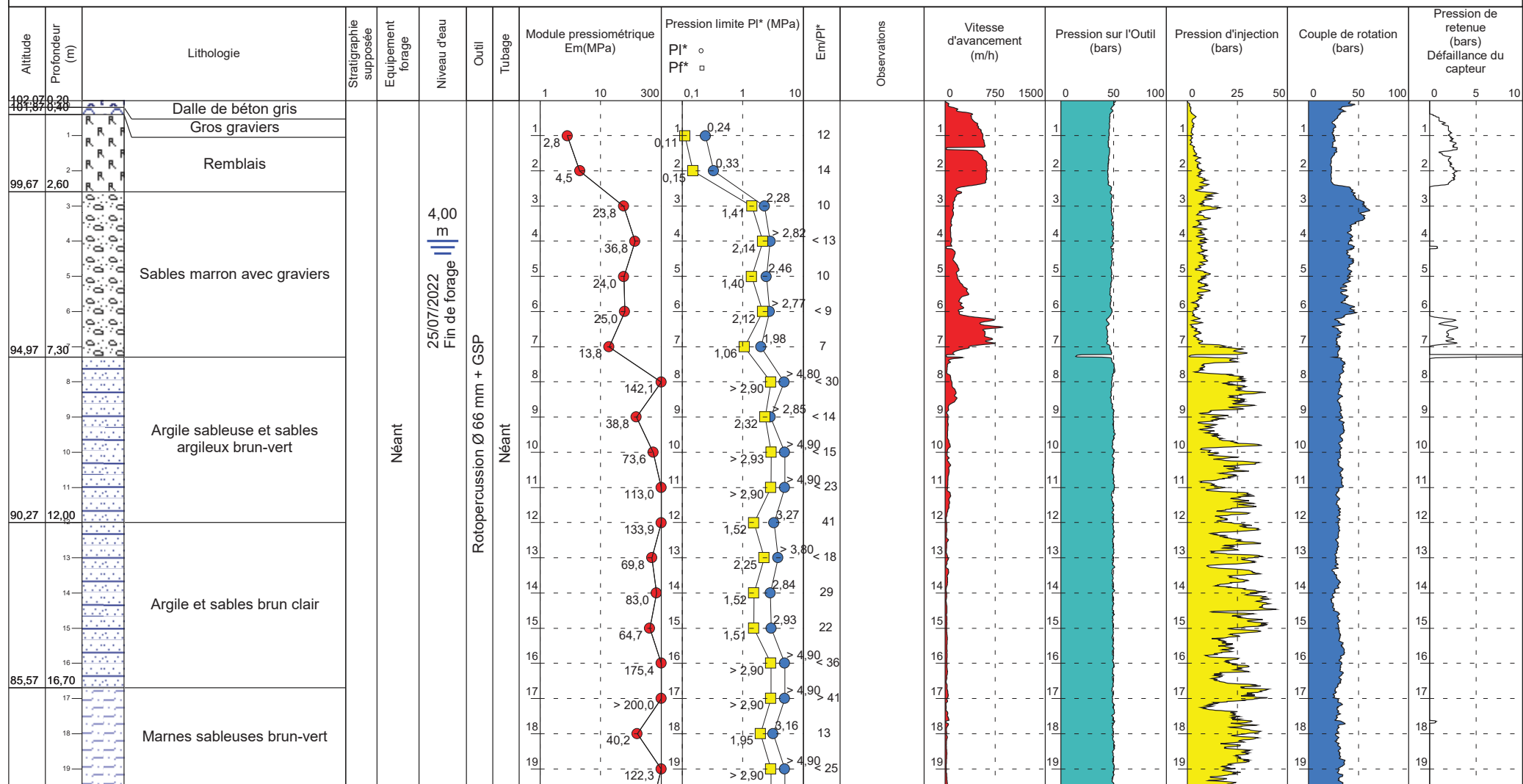
SPR3

Cote NGF: 102,27
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/2



EXGTE 3.23

Observations:

G220600 MONTAUBAN (82)
Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 25/07/2022
Date fin : 25/07/2022
Profondeur: 0,00 - 30,50 m

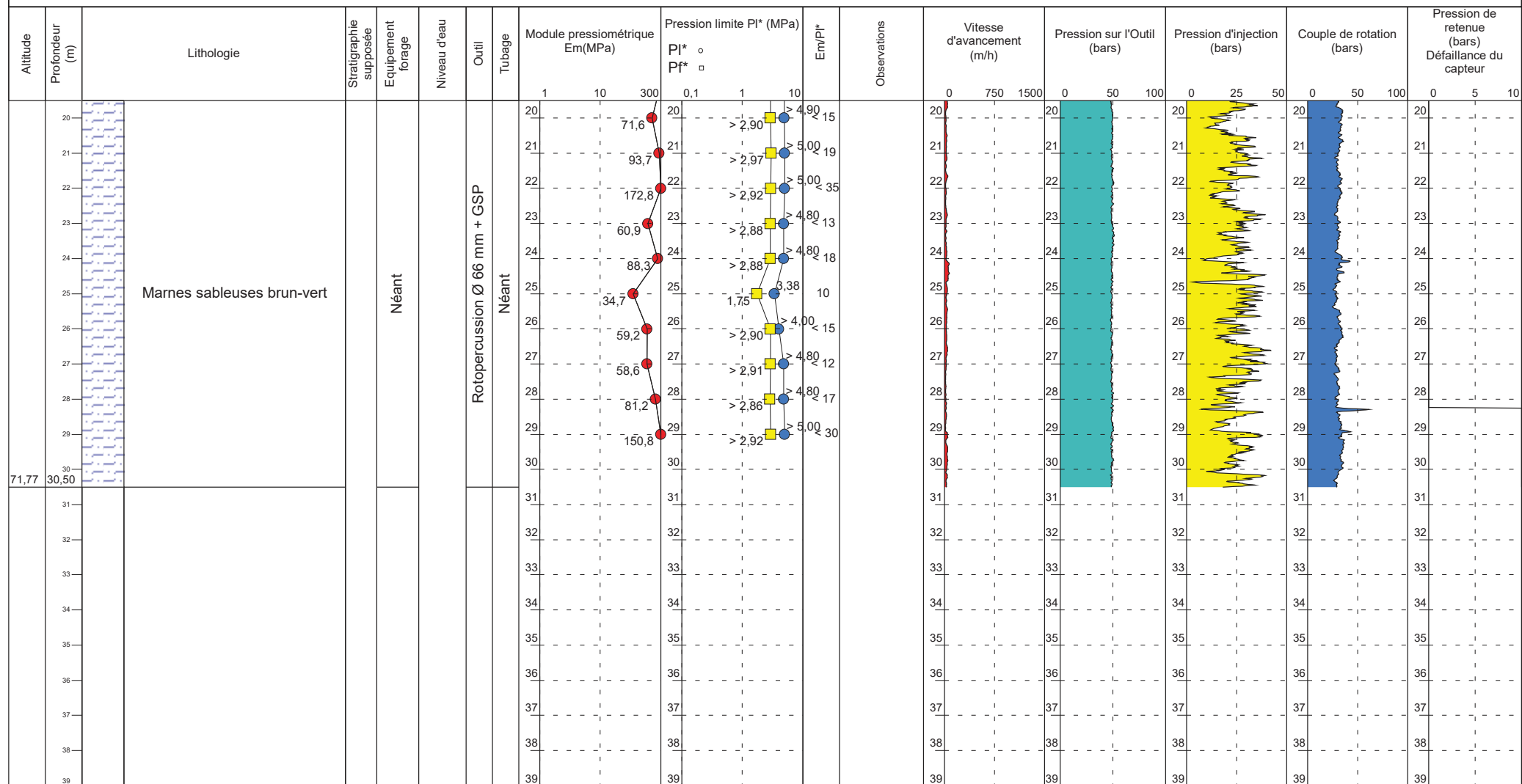
SPR3

Cote NGF: 102,27
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
2/2



Observations:

Date début: 25/07/2022

Date fin : 25/07/2022

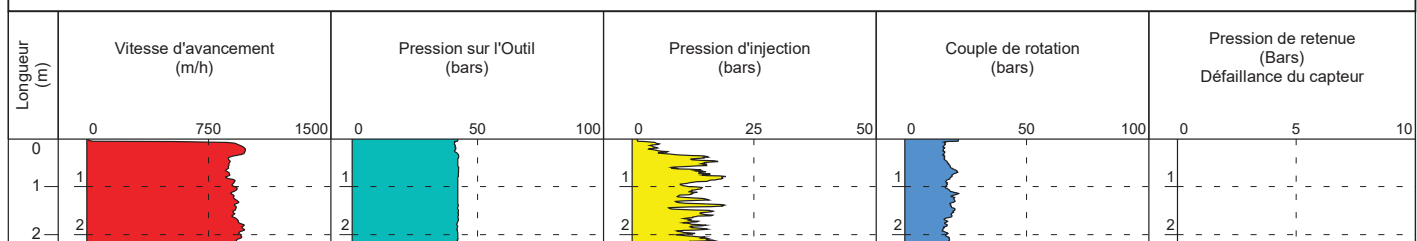
Profondeur: 0,00 - 2,23 m

SPR3 TCAT

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/1



EXGTE 3.23

Date début: 25/07/2022

Date fin : 25/07/2022

Profondeur: 0,00 - 1,79 m

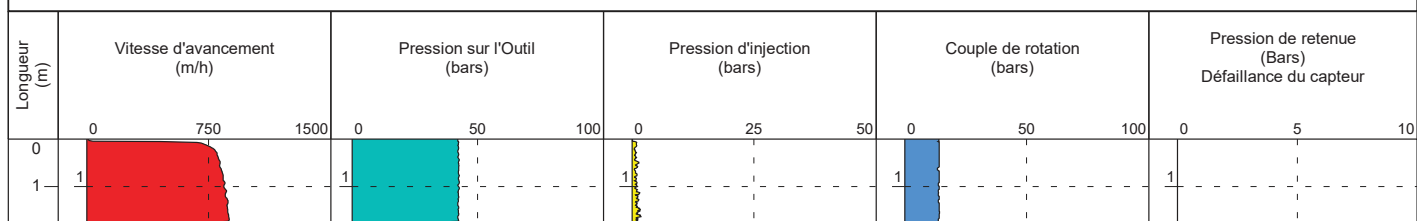
SPR3 TCST

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150

1/1



EXGTE 3.23

G220600 MONTAUBAN (82)
Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 21/07/2022
Date fin : 21/07/2022
Profondeur: 0,00 - 30,06 m

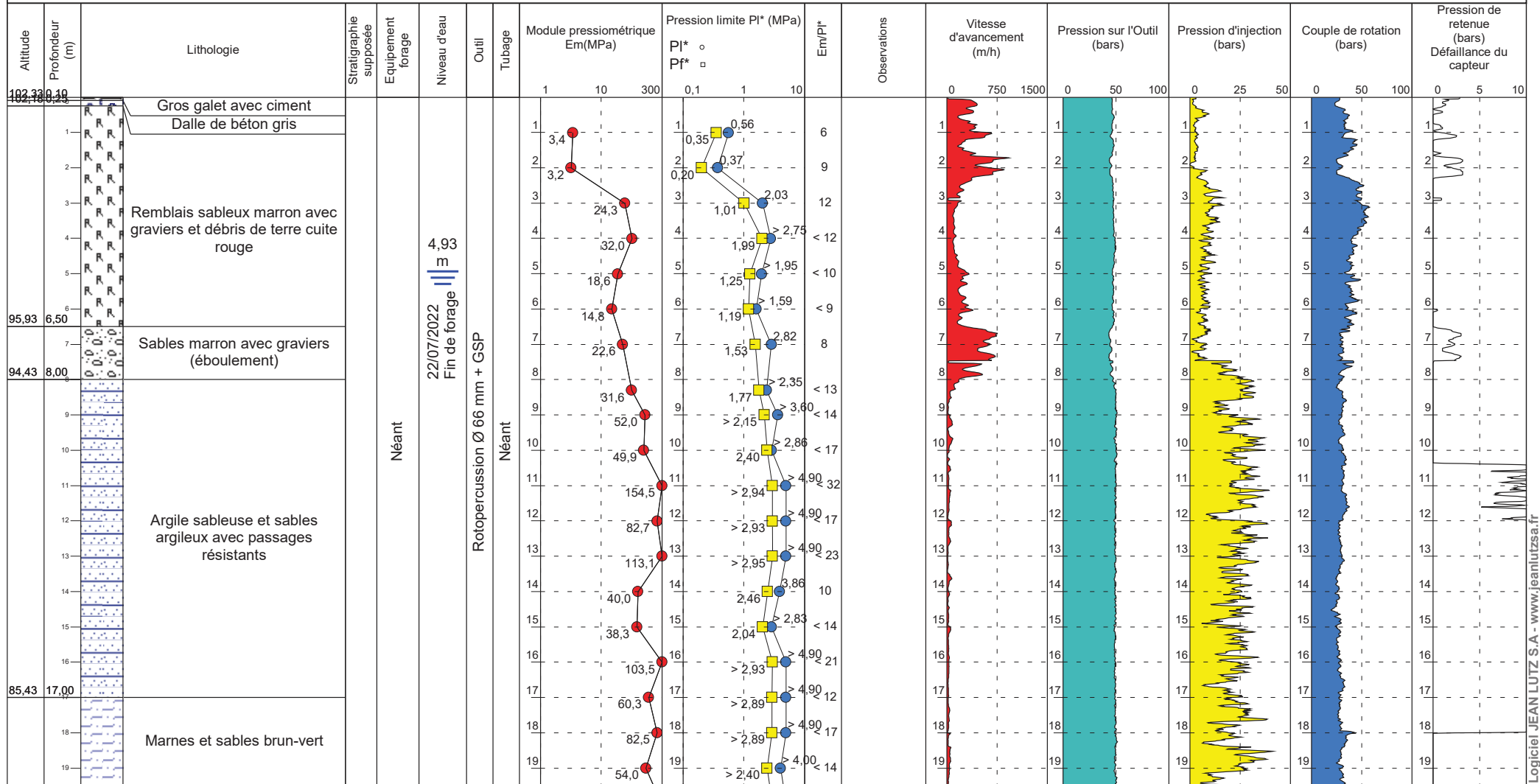
SPR4

Cote NGF: 102,43
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/2



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

EXGTE 3.23

Observations:

G220600 MONTAUBAN (82)
Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 21/07/2022
Date fin : 21/07/2022
Profondeur: 0,00 - 30,06 m

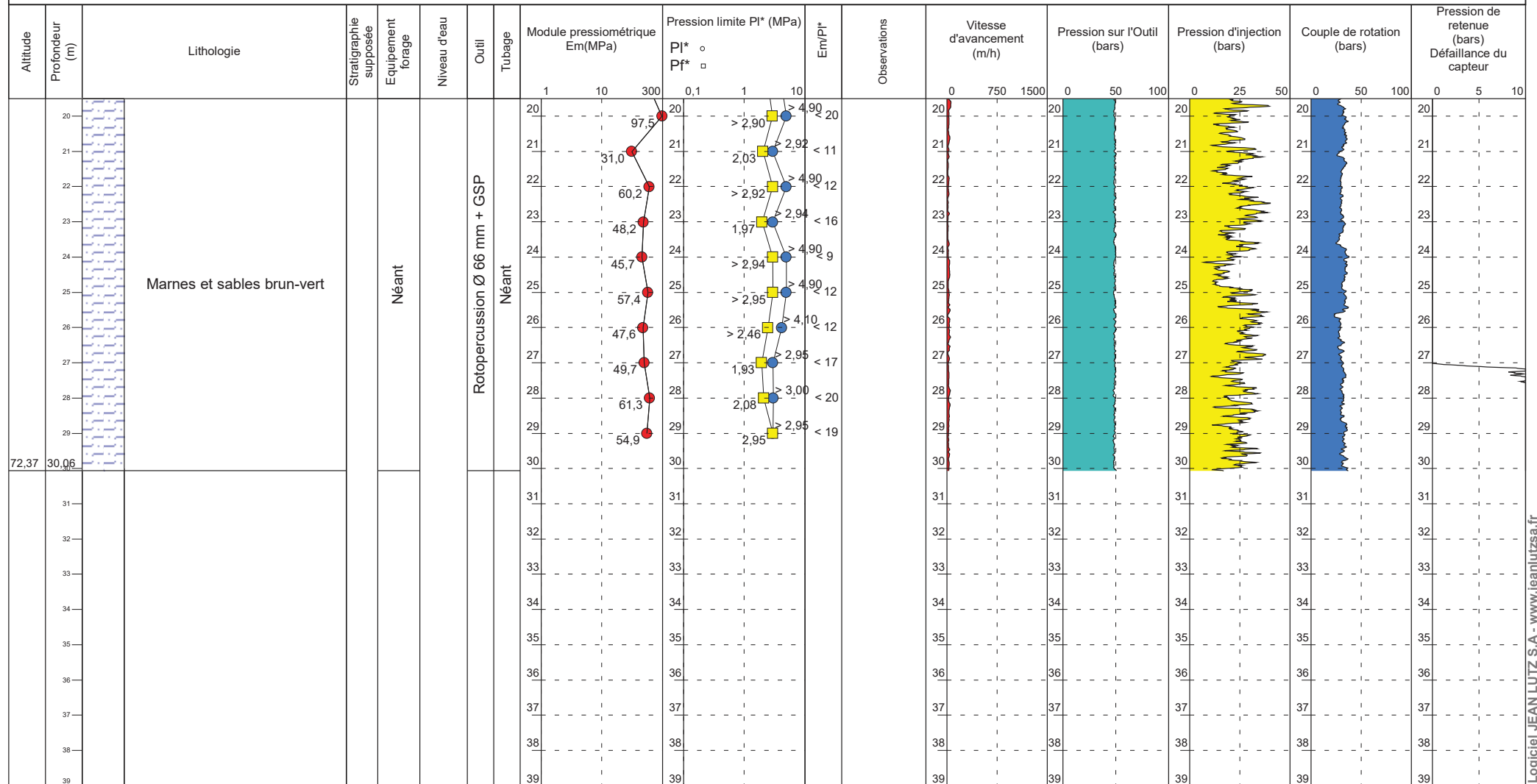
SPR4

Cote NGF: 102,43
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
2/2



Observations:

Date début: 21/07/2022

Date fin : 21/07/2022

Profondeur: 0,00 - 2,27 m

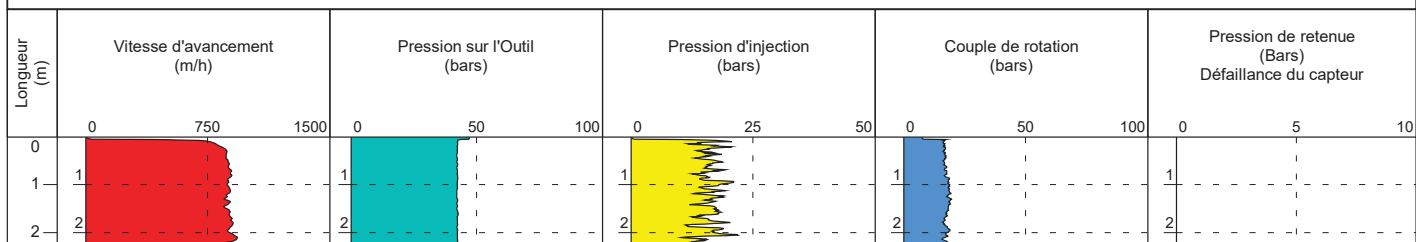
SPR4 TCAT

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150

1/1



EXGTE 3.23

Date début: 21/07/2022

Date fin : 21/07/2022

Profondeur: 0,00 - 1,98 m

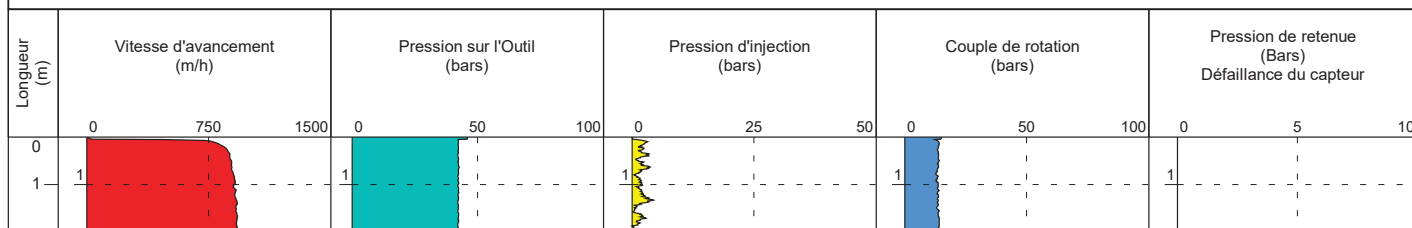
SPR4 TCST

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150

1/1



EXGTE 3.23

G220600 MONTAUBAN (82)
Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 10/08/2022
Date fin : 12/08/2022
Profondeur: 0,00 - 30,27 m

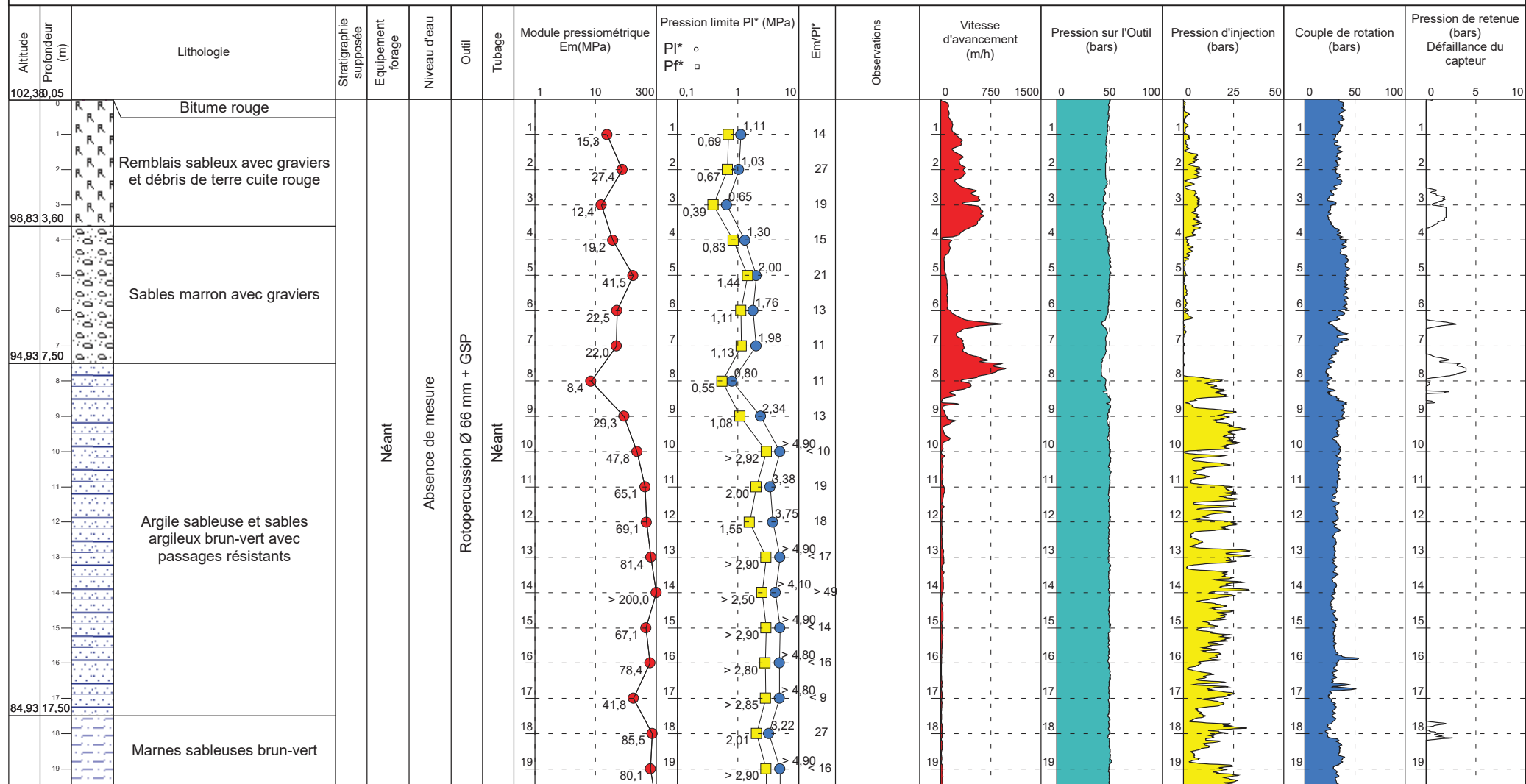
SPR5

Cote NGF: 102.43
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/2



Observations:

G220600 MONTAUBAN (82) Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 10/08/2022
Date fin : 12/08/2022
Profondeur: 0,00 - 30,27 m

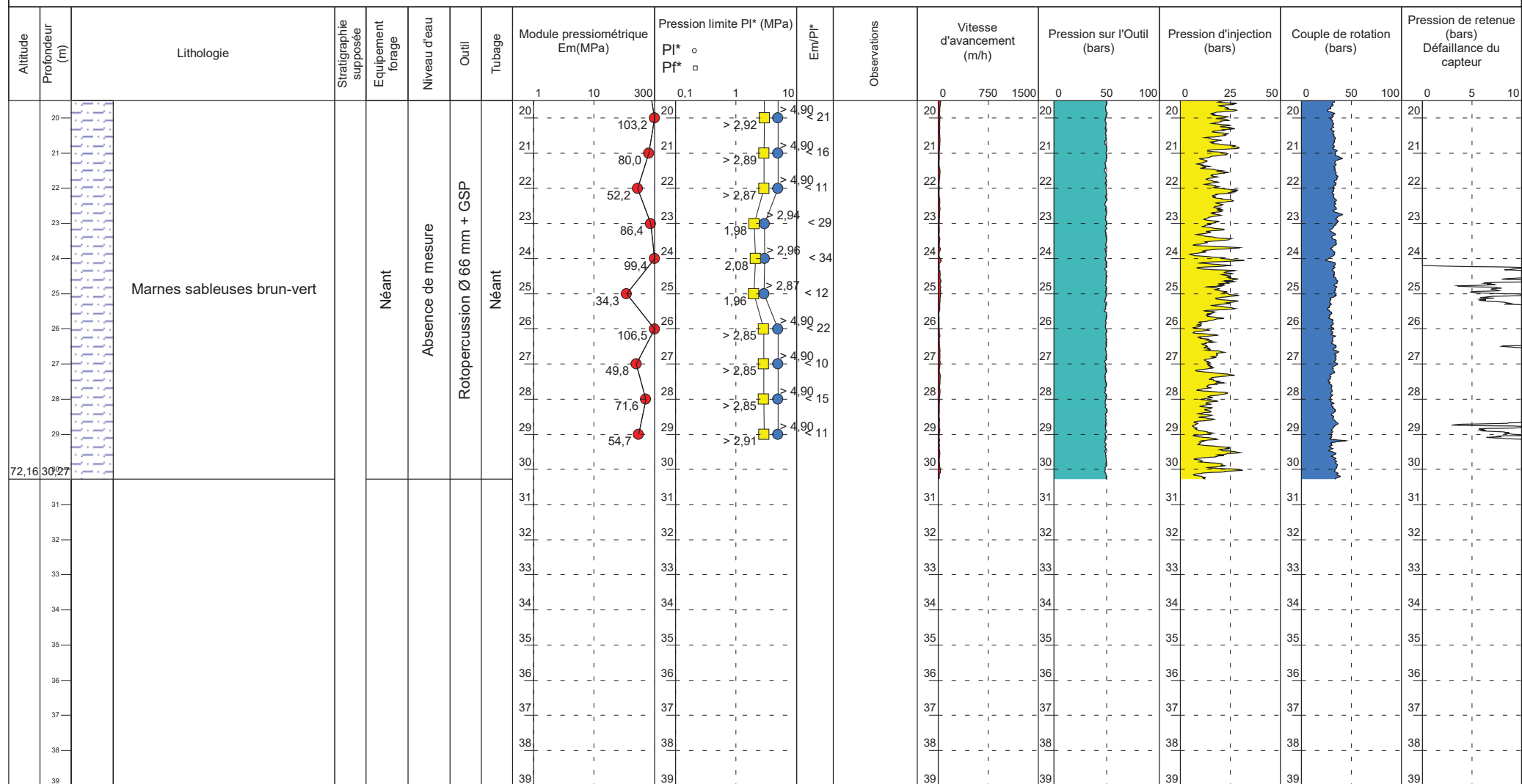
SPR5

Cote NGF: 102.43
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
2/2



Observations:

Date début: 04/08/2022

Date fin : 04/08/2022

Profondeur: 0,00 - 2,29 m

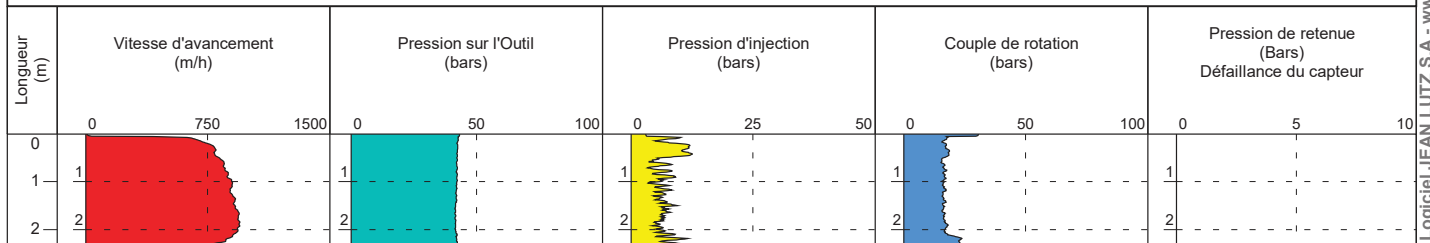
SPR5 TCAT

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150

1/1



EXGTE 3.23

Date début: 04/08/2022

Date fin : 04/08/2022

Profondeur: 0,00 - 1,84 m

SPR5 TCST

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/1

Longueur (m)	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression sur l'Outil (bars)	Pression d'injection (bars)	Couple de rotation (bars)	Pression de retenue (Bars) Défaillance du capteur
0	0 750 1500	0 50 100	0 25 50	0 50 100	0 5 10
1	1	1	1	1	1

EXGTE 3.23

G220600 MONTAUBAN (82) Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Date début: 08/08/2022
Date fin : 09/08/2022
Profondeur: 0,00 - 30,14 m

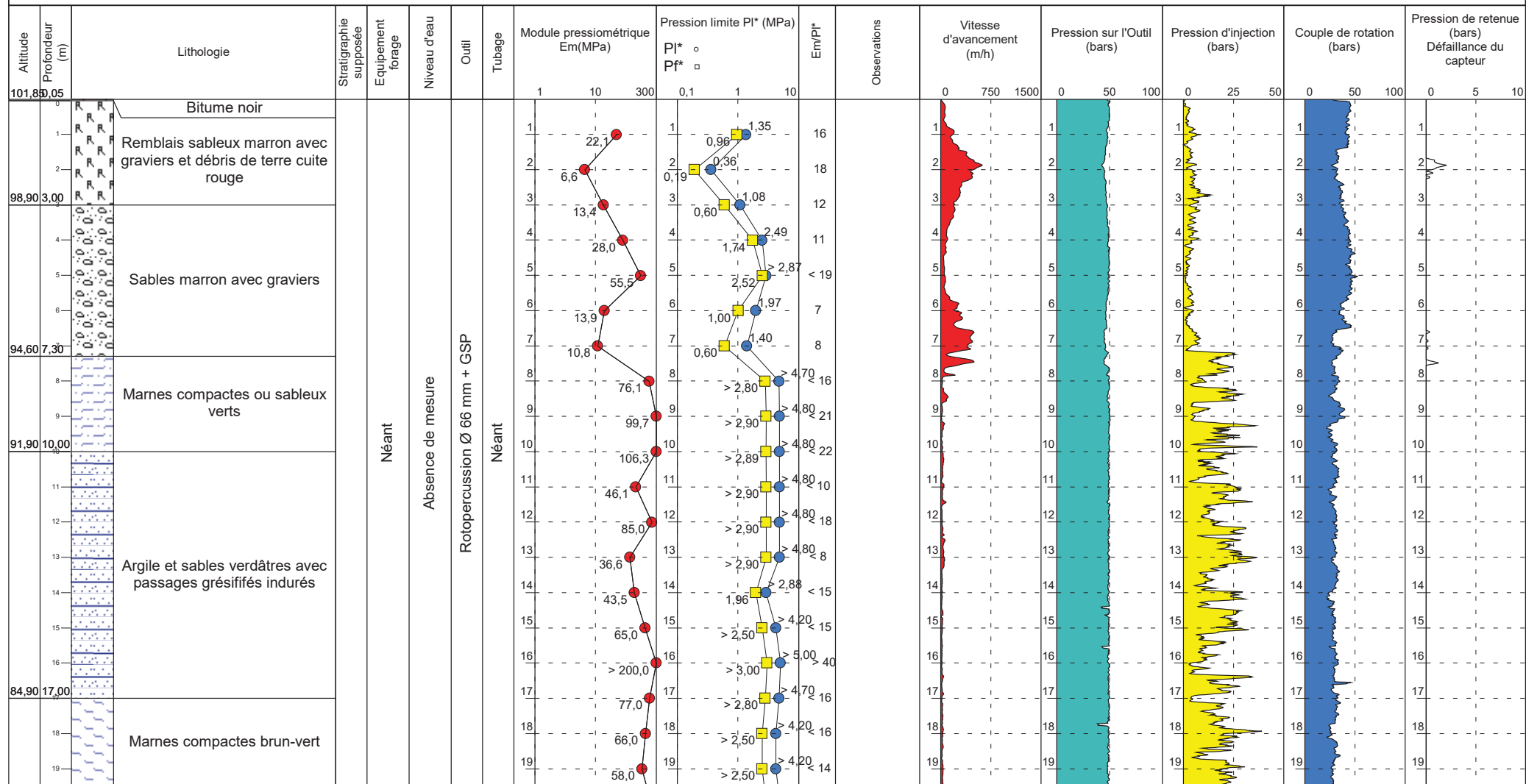
SPR6

Cote NGF: 101.9
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/2



Observations:

Date début: 08/08/2022
Date fin : 09/08/2022
Profondeur: 0,00 - 30,14 m

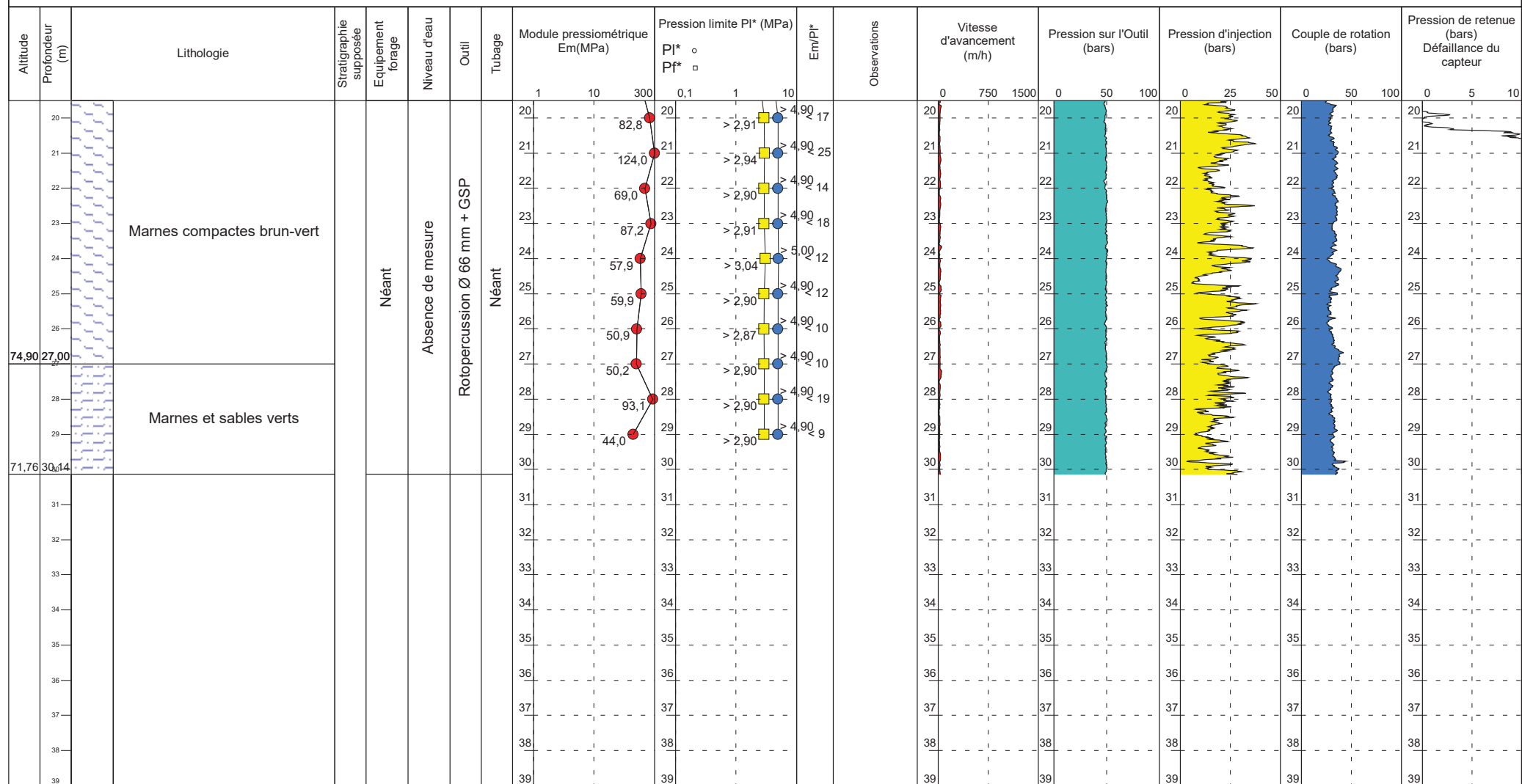
SPR6

Cote NGF: 101.9
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
2/2



Observations:

Date début: 09/08/2022

Date fin : 09/08/2022

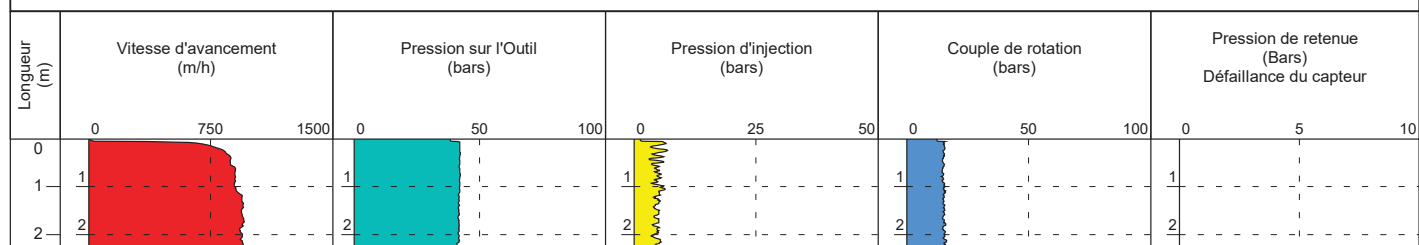
Profondeur: 0,00 - 2,36 m

SPR6 TCAT

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/1



EXGTE 3.23

Date début: 09/08/2022

Date fin : 09/08/2022

Profondeur: 0,00 - 1,85 m

SPR6 TCST

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/150
1/1

Longueur (m)	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression sur l'Outil (bars)	Pression d'injection (bars)	Couple de rotation (bars)	Pression de retenue (Bars) Défaillance du capteur
0	0 750 1500	0 50 100	0 25 50	0 50 100	0 5 10
1	1	1	1	1	1

EXGTE 3.23

ANNEXE 3

COUPE ET PHOTOGRAPHIES DES SONDAGES CAROTTES

Date début: 01/08/2022
Date fin : 02/08/2022
Profondeur: 0,00 - 15,00 m

SC01

Cote NGF: 101,99
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/50

1/2

Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Piezomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)	RQD (%)
101,99	0,00								0	0
101,91	0,08	Dalle de béton gris avec galets de quartz en surface								
101,83	0,16	0,08 m								
101,66	0,33	Dalle de béton gris très graveleux avec nombreux silex							100	0
		0,16 m								
		Sable brun-gris graveleux avec cailloutis siliceux (Remblais)								
		0,33 m								
100,62	1,37	Sable argileux brun à brun foncé avec quelques graviers, quelques galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques, quelques grains de résidus d'incinération plurimillimétriques, quelques débris de terre cuite rouge centimétriques voire décimétriques (Remblais)							100	0
100,29	1,70									
99,99	2,00	1,37 m								
		Sable fin limoneux gris foncé à noirâtre avec galets de quartz centimétriques et résidus de végétaux (Remblais)								
		1,70 m								
98,99	3,00	Sable fin légèrement argileux brun-gris avec graviers et quelques cailloux de quartz centimétriques (Remblais)							100	0
		2,00 m								
		Mélange d'argile et de sable grossier brun avec galets de quartz plurimillimétriques à pluricentimétriques et rares débris de terre cuite rouge millimétriques (Remblais)								
97,99	4,00	3,00 m						El n°1	90	0
		El: Sable et graviers de silex, ensemble assez propre								
97,45	4,54	4,00 m								
		Sable grossier argileux marron foncé-grisâtre avec graviers, galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques							100	0
96,99	5,00	4,54 m								
		Sable marron clair-jaune avec graviers et galets de quartz centimétriques voire décimétriques								
		5,00 m								
95,99	6,00	El: Sable siliceux assez fin sur les 30 premiers centimètres devenant de plus en plus grossier et avec des graviers conséquents sur les 20 derniers centimètres						El n°2	90	0
		6,00 m								
94,99	7,00	Sable grossier marron clair avec graviers et galets de quartz pluricentimétriques							100	0
		7,00 m								
93,99	8,00	El: 20 centimètres de graviers de silex puis argile finement sableuse raide marron (mollasse) avec quelques cailloutis siliceux résiduels de 45 à 60 cm						El n°3	102	0
93,84	8,15	8,00 m								
93,64	8,35	Bloc induré beige								
		8,15 m								
		Sable fin compact brun foncé							98	0
		8,35 m								
92,99	9,00	Argile finement sableuse marron clair-brun avec passées grises								
		9,00 m								
92,59	9,40	Perte d'échantillon							0	0
		9,40 m						El n°4		
		El: 10 cm de graviers de silex puis mollasse argileuse marron-rosé							80	0
		10,00 m								

Tube PVC Ø 52/60 mm crépiné de 11,00 à 15,00 m avec bouches à clé cimentée, bouchon de de sobranite de 0.30 à 10,00 m puis massif filtrant de 10,00 à 15,00 m

4,60 m
04/08/2022

Carottier Ø 114 mm / Carottier double Ø 116 mm de 9,00 à 10,00 m et de 12,00 à 13,00 m

Ø 120 mm

EXGTE 3.23

Observations:

Date début: 01/08/2022
 Date fin : 02/08/2022
 Profondeur: 0,00 - 15,00 m

SC01

Cote NGF: 101,99
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Cliet : DRAC D'OCCITANIE CRMH

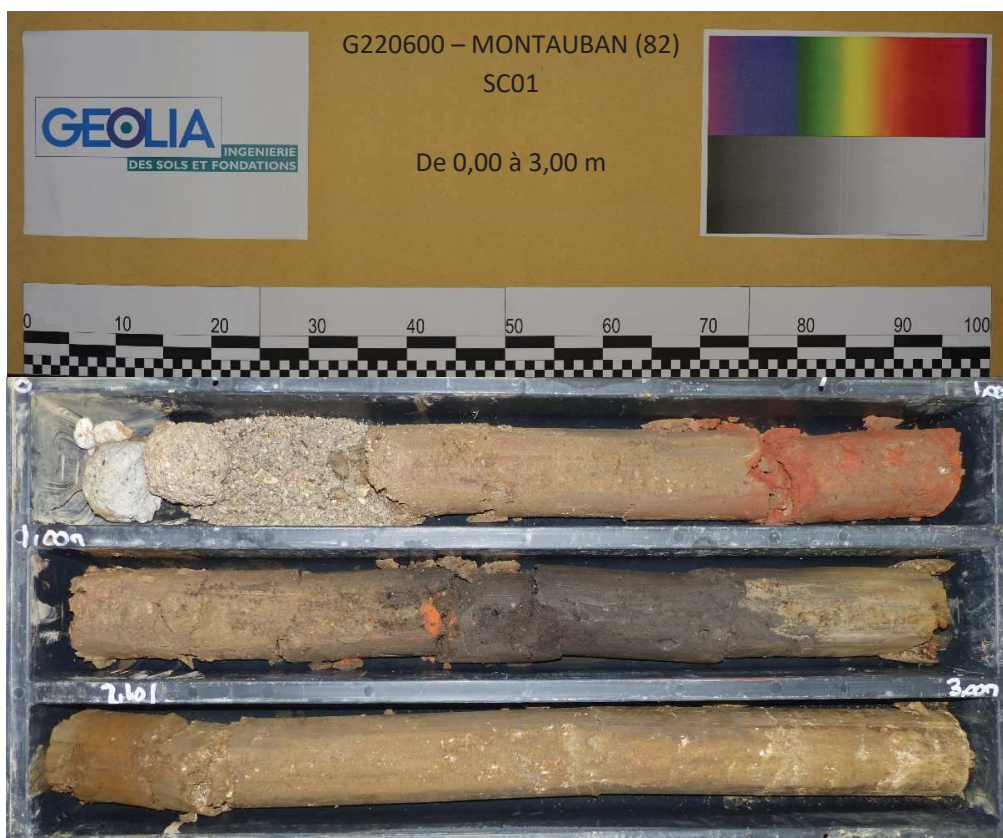
1/50

2/2

Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN		Stratigraphie	Plézomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)		RQD (%)	
92,59	9,40		El: 10 cm de graviers de silex puis mollasse argileuse marron-rosé	Tube PVC Ø 52/60 mm crépiné de 11,00 à 15,00 m avec bouche à clé cimentée, bouchon de de sobranite de 0,30 à 10,00 m puis massif filtrant de 10,00 à 15,00 m			Carottier double Ø 116 mm de 9,00 à 10,00 m et de 12,00 à 13,00 m		El n°4	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
91,59	10,40		10,40 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
91,44	10,55		Sable fin légèrement graveleux brun clair-marron avec cailloux de quartz centimétriques							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
91,11	10,88		10,55 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			Sable fin compact brun clair							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			10,88 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			Argile finement sableuse brun clair							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
90,59	11,40		11,40 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
90,30	11,69		Argile marron-ocre avec passées grises parfois finement sableuses							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			11,69 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			Sable fin compact légèrement argileux brun clair							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
89,49	12,50		12,50 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			Argile finement sableuse brun clair-marron							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
88,82	13,17		13,17 m							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
88,68	13,31		Sable fin compact brun clair							<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0
			13,31 m	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
			Argile finement sableuse brun clair-marron	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
88,19	13,80		13,80 m	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
			Sable fin compact brun clair	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
87,67	14,32		14,32 m	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
			Argile finement sableuse brun clair	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
87,21	14,78		14,78 m	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
86,99	15,00		Sable fin compact brun clair	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						
			15,00 m	<div><div></div></div>	0	<div><div></div></div>	0						

Observations:

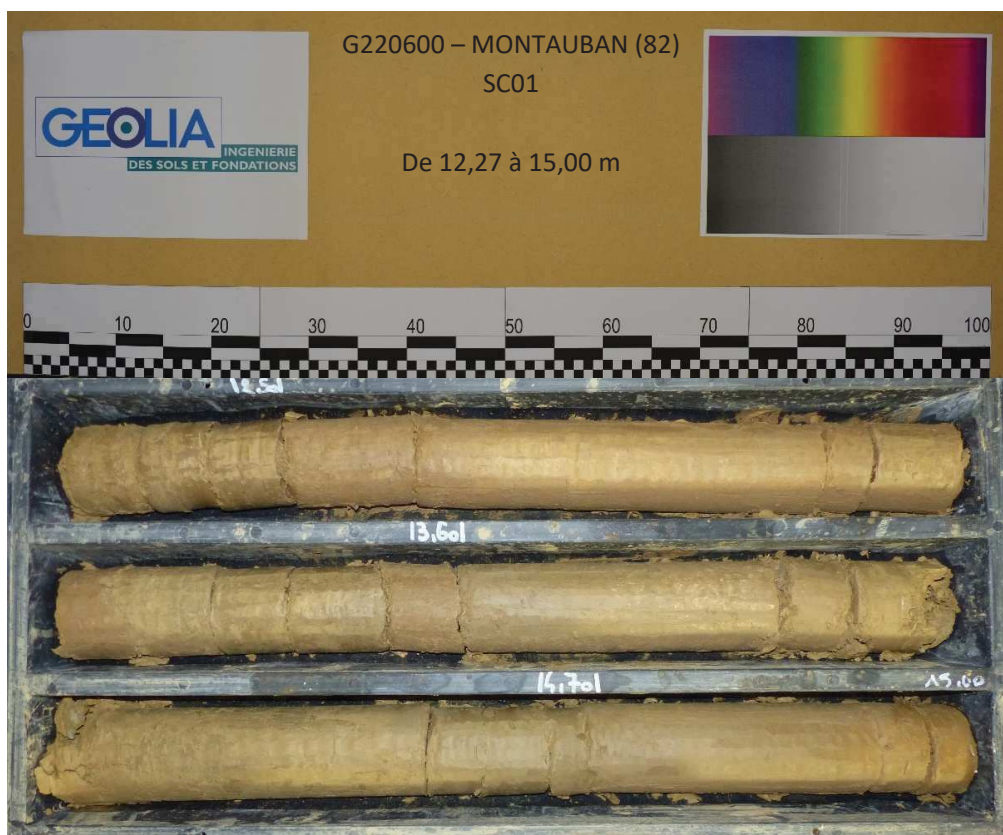
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



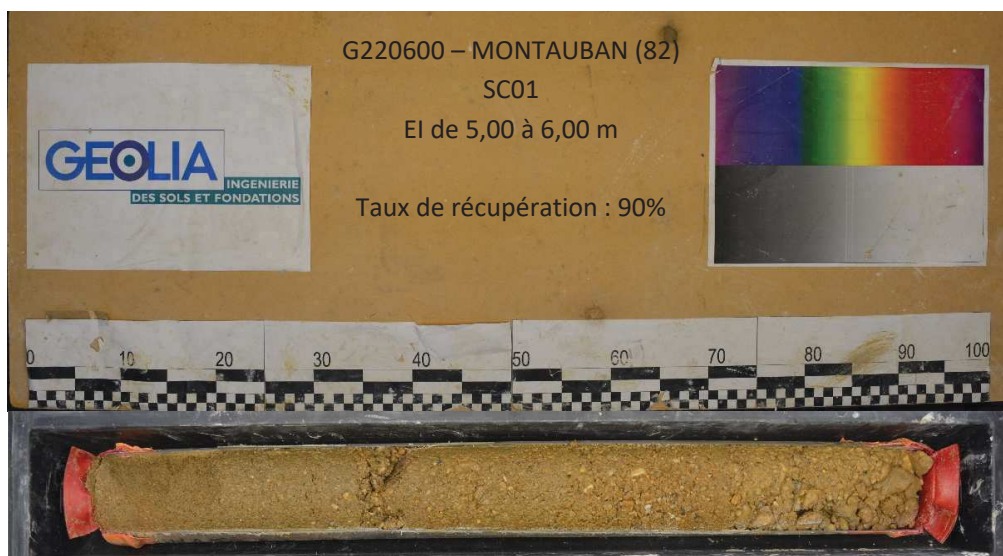
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS

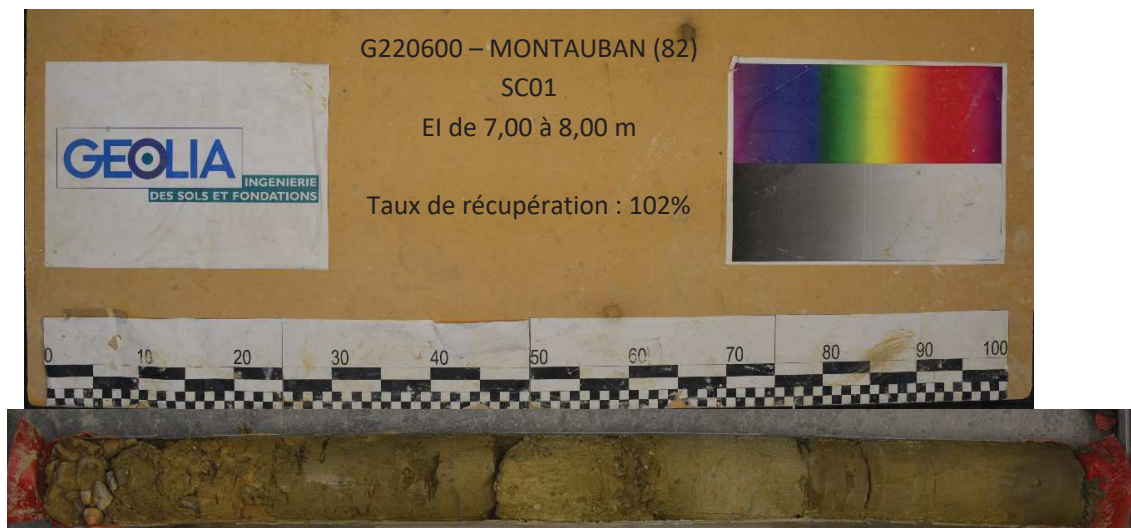


3,00 à 4,00 m : Sable et graviers de silex, ensemble assez propre



5,00 à 6,00 m : Sable siliceux assez fin sur les 30 premiers centimètres devenant de plus en plus grossier et avec des graviers conséquents sur les 20 derniers centimètres

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS



7,00 à 8,00 m : 20 centimètres de graviers de silex puis argile finement sableuse raide marron (mollasse) avec quelques cailloutis siliceux résiduels de 45 à 60 cm



9,40 à 10,40 m : 10 cm de graviers de silex puis mollasse argileuse marron-rosé

Date début: 12/07/2022
Date fin : 15/07/2022
Profondeur: 0,00 - 15,00 m

SC02

Cote NGF: 102,06
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/50

1/2

Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Piezomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)	RQD (%)
102,06	0,00								0 50 100	0 50 100
101,91	0,15	Dalle de béton grisâtre à gros éléments siliceux beige-rosé								
101,76	0,30	0,15 m Remblais argilo-sableux marron-ocre à morceaux de brique							68	
		0,30 m Argile sableuse marron clair à cailloutis et galets siliceux (Remblais)							100	
100,96	1,10	1,10 m Argile sableuse marron foncé à galets siliceux (Remblais)							94	
100,21	1,85	1,85 m Argile marron clair à cailloutis et petits galets siliceux (Remblais)							100	
99,96	2,10	2,10 m Argile marron à cailloutis divers et petits galets (Remblais)							100	
99,76	2,30	2,30 m Argile marron à cailloutis, sableuse, grossièrement graveleuse à la base sur 20 cm (Remblais)							100	
99,06	3,00	3,00 m El: Vase sableuse noirâtre sur les 20 premiers centimètres puis sable siliceux grossier graveleux avec cailloutis siliceux et galets quartzeux sur une matrice argileuse minoritaire ocre apportant un peu de cohésion						El n°1	100	
98,36	3,70	3,70 m Sable grossier à cailloutis, cailloux et galets dans une matrice argileuse marron							100	
97,56	4,50	4,50 m Sable limoneux marron compact à galets et cailloux							100	
97,06	5,00	5,00 m El: Sable grossier siliceux avec silex et galets quartzeux sur une matrice sablo-limoneuse marron						El n°2	100	
96,06	6,00	6,00 m Sable grossier argileux marron-grisâtre à petits galets							100	
95,91	6,15	6,15 m Grave grossière à nombreux gros galets siliceux mal classés dans un sable grossier beige							100	
95,06	7,00	7,00 m El: Sable grossier siliceux propre et graveleux (silex et quartz) sur 40 cm puis molasse (sable très fin et légèrement argileux homogène)						El n°3	100	
94,26	7,80	7,80 m Argile feuilletée micacée sableuse verdâtre							100	
93,81	8,25	8,25 m Argile feuilletée micacée sableuse beige-verdâtre							100	
93,31	8,75	8,75 m Marne compacte sableuse beige avec blocs de calcaire							100	
93,06	9,00	9,00 m El: Molasse raide et modérément argileuse marron-Très graveleux (silex et quartz) sur les 20 premiers centimètres puis raide et homogène						El n°4	100	
92,06	10,00	10,00 m								

Tube PVC Ø 52/60 mm crépiné de 1.00 à 15.00 m avec bouchon de de sobranite de 0.30 à 10.00 m puis massif filtrant de 10.00 à 15.00 m

15/07/2022
Non stabilisé
Fin de forage

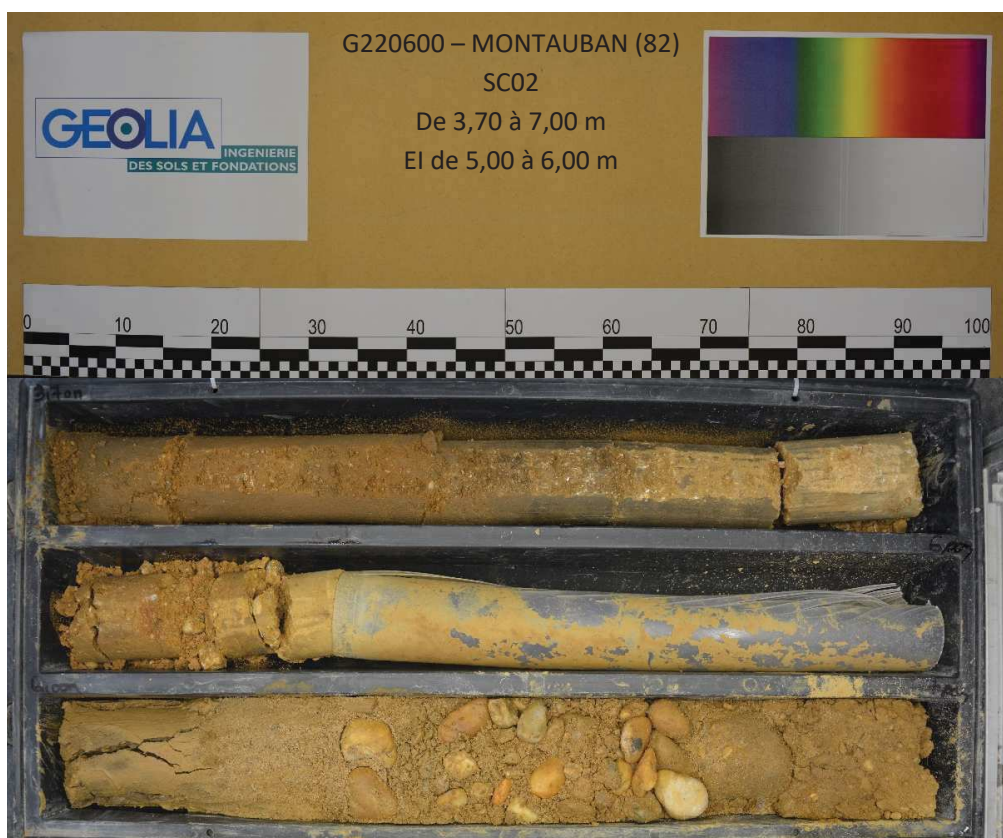
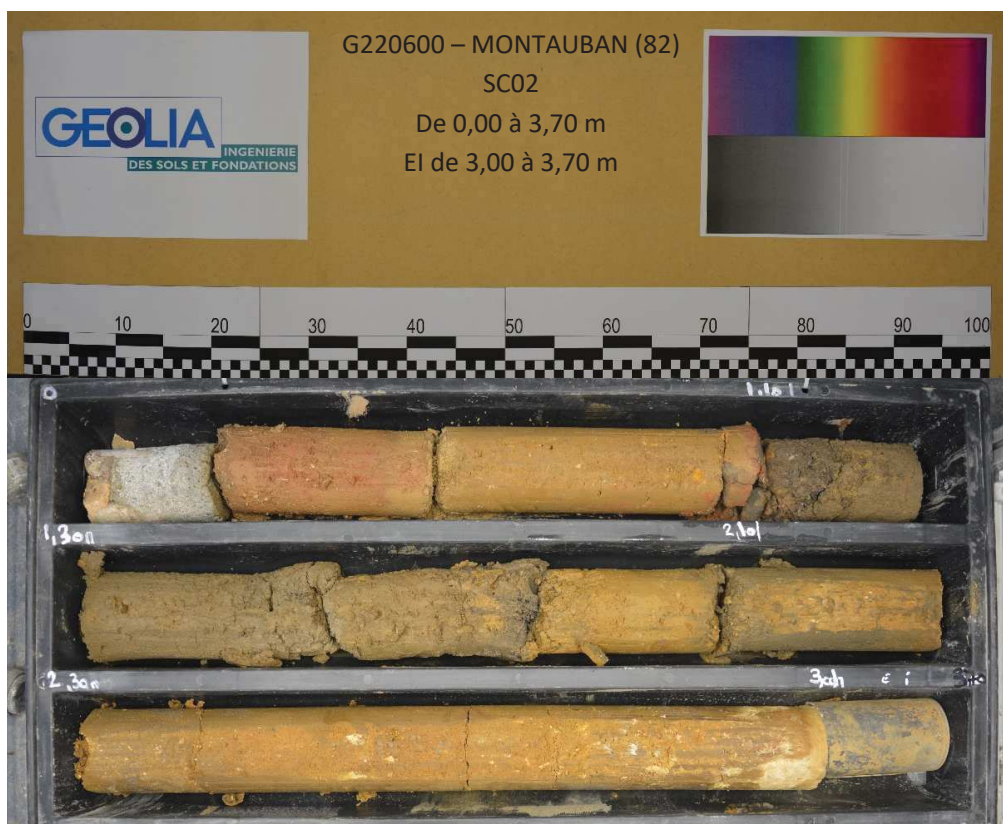
Carottier Ø 114 mm / Carottier double Ø 116 mm de 9.00 à 10.00 m et de 12.00 à 13.00 m

Ø 120 mm

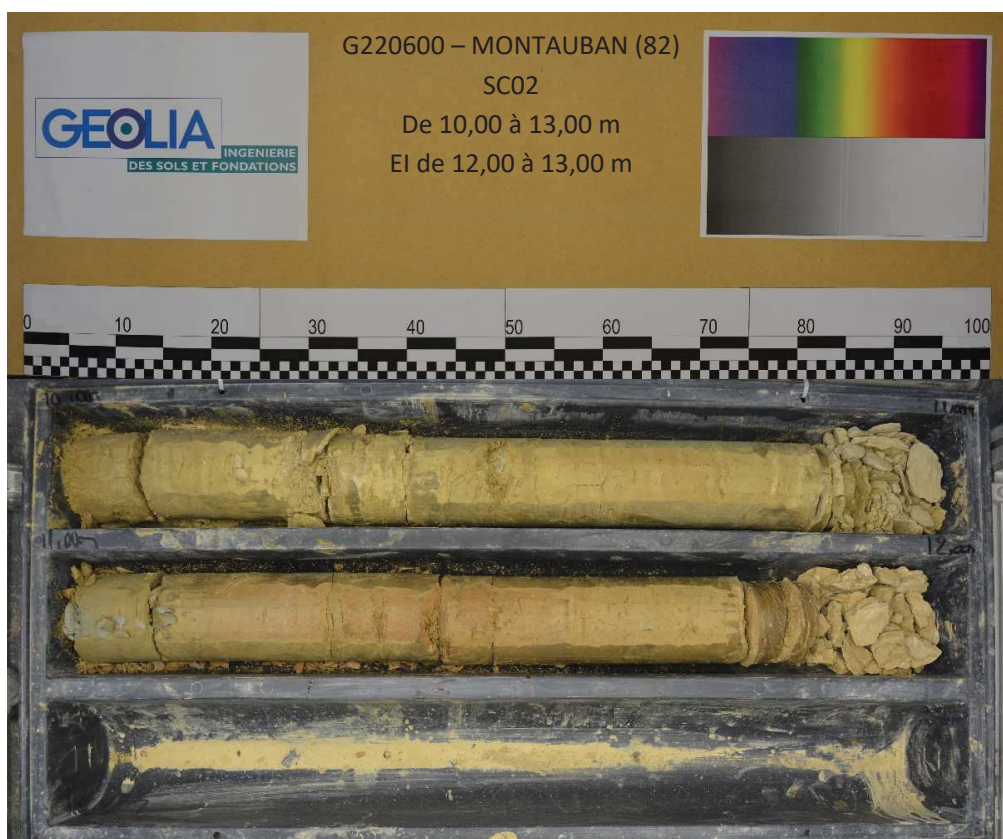
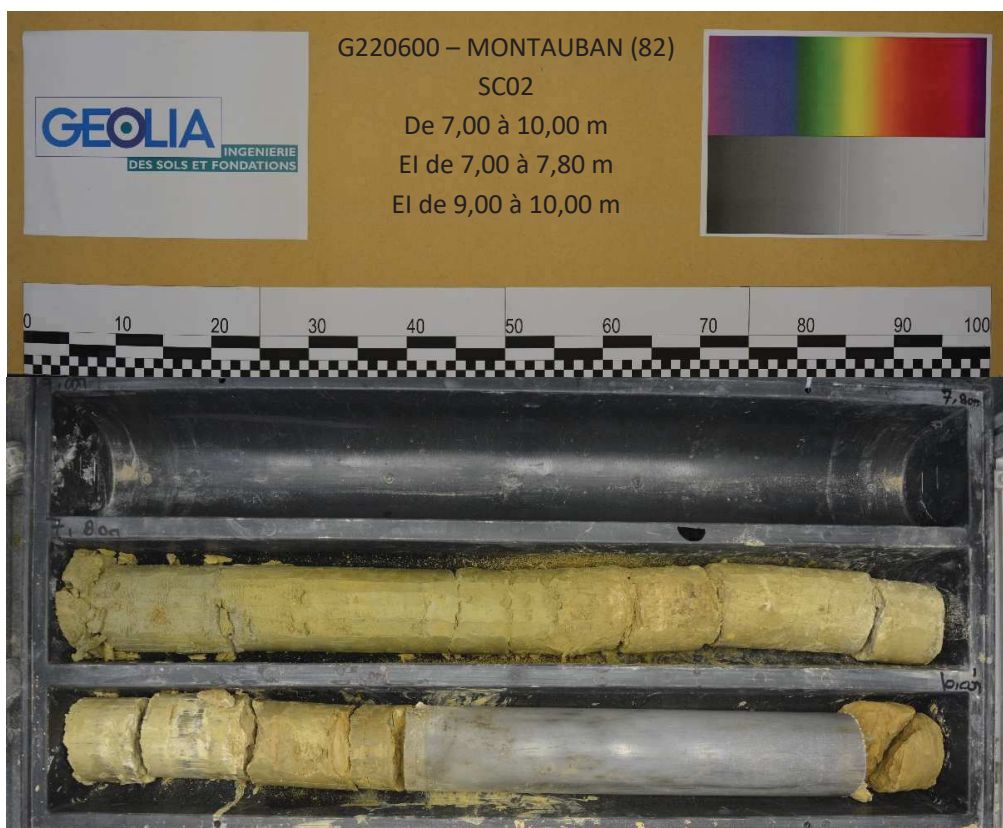
EXGTE 3.23

Observations:

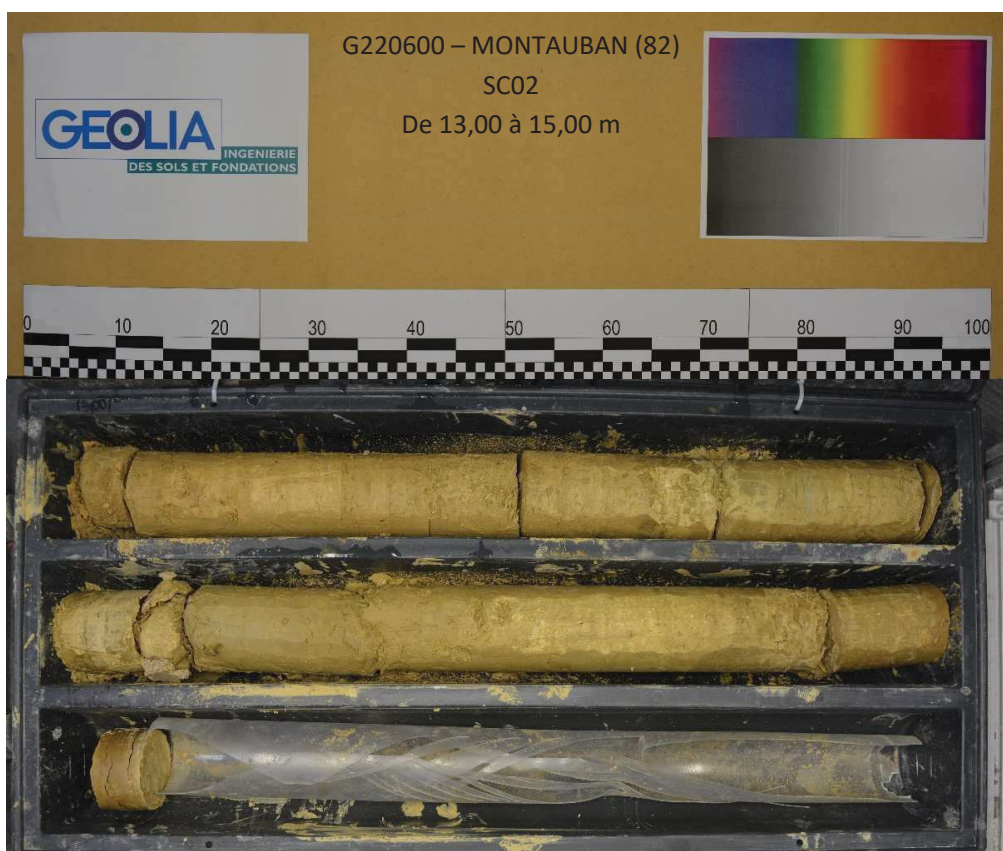
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES

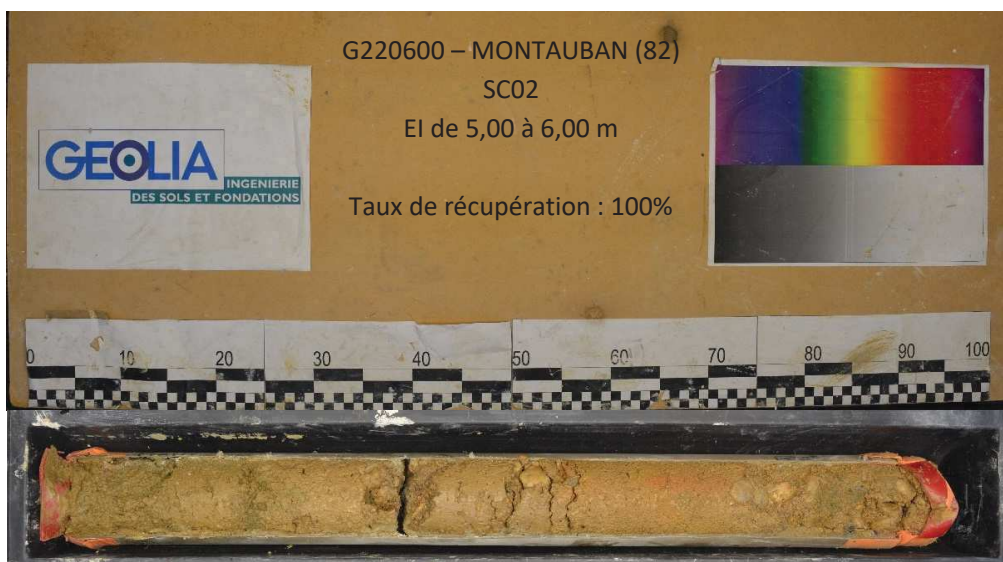


PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS



3,00 à 3,70 m :

Vase sableuse noirâtre sur les 20 premiers centimètres puis sable siliceux grossier graveleux avec cailloutis siliceux et galets quartzeux sur une matrice argileuse minoritaire ocre apportant un peu de cohésion



5,00 à 6,00 m :

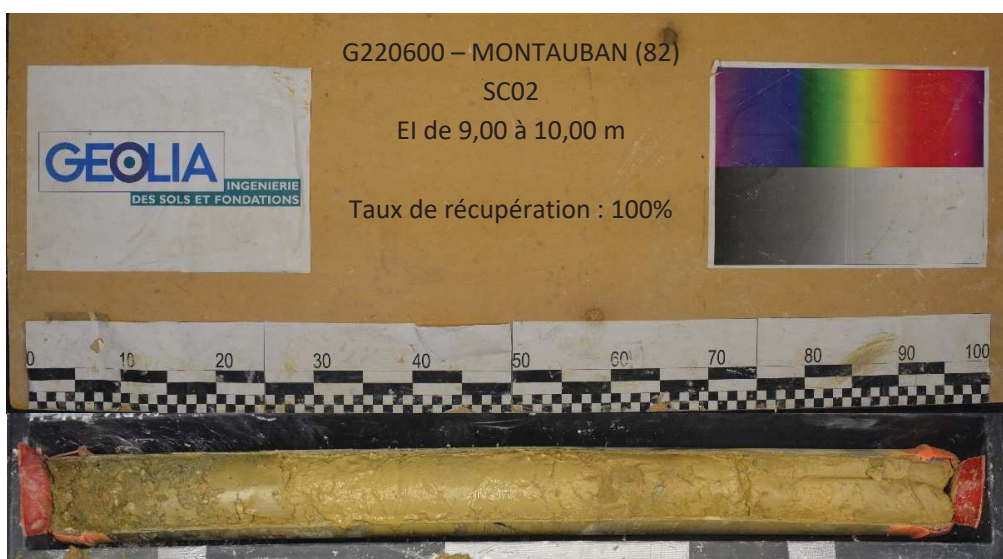
Sable grossier siliceux avec silex et galets quartzeux sur une matrice sablo-limoneuse marron

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS



7,00 à 7,80 m :

Sable grossier siliceux propre et graveleux (silex et quartz) sur 40 cm puis mollasse (sable très fin et légèrement argileux homogène)



9,00 à 10,00 m :

Molasse raide et modérément argileuse marron- Très graveleux (silex et quartz) sur les 20 premiers centimètres puis raide et homogène

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS



12,00 à 13,00 m : Molasse raide et argileuse marron – Echantillon recouvert de sable siliceux grossier de 40 à 70 cm

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/50
1/2

Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Piezomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)	RQD (%)
102,24	0,00								0	0
102,13	0,11	Béton avec galets centimétriques à pluricentimétriques de quartz							100	0
102,05	0,19	Béton avec galets centimétriques à pluricentimétriques de quartz							100	0
101,94	0,30	Galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques							100	0
101,24	1,00	Sable plus ou moins légèrement marron argileux avec galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques avec graviers et débris de terre cuite rouge centimétriques (Remblais)							73	0
100,28	1,96	Sable marron-ocre avec quelques passées argileuses grise avec graviers (Remblais)							100	0
100,02	2,22	Sable légèrement argileux gris foncé avec graviers et quelques traces de végétaux en décomposition (Remblais)							100	0
99,74	2,50	Sable fin gris avec quelques galets de quartz pluricentimétriques (Remblais)							100	0
99,24	3,00	Sable légèrement argileux marron clair-bun avec nombreux graviers, nombreux galets centimétriques de quartz et quelques débris de terre cuite rouge pluricentimétriques (Remblais)							100	0
98,24	4,00	El: Sable noirâtre et odorant sur 20 cm puis sable grossier siliceux et graveleux avec galets de quartz devenant plus fin et moins graveleux sur les 20 derniers centimètres							100	0
97,67	4,57	Sable compact marron clair avec nombreux graviers et nombreux galets de quartz centimétriques							90	0
97,24	5,00	Sable marron à marron foncé compact avec nombreux graviers et galets de quartz centimétriques							100	0
96,24	6,00	El: Sable siliceux grossier et graveleux marron-grisâtre avec une matrice légèrement agglomérante limono-argileuse sur la première moitié et plutôt propre sur la seconde moitié							100	0
95,24	7,00	Sable et graviers marron clair avec galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques							90	0
94,34	7,90	El: Sable et graviers siliceux plutôt propre							100	0
93,58	8,66	Sable fin marron-brun clair-beige avec quelques cailloutis de calcaire plurimillimétriques voire quelques blocs pluricentimétriques							100	0
93,24	9,00	Sable fin parfois légèrement argileux brun clair à marron							100	0
	10,00	El: Molasse très finement sableuse moins argileuse que les autres marron-jaunâtre, quasiment du sable induré							100	0

Tube PVC Ø 52/60 mm crépine de 1,00 à 2,55 m avec bouchon à clé cimentée, bouchon de de sobranite de 0,30 à 1,00 m puis massif filtrant de 1,00 à 2,55 m

SEC le 03/08/2022

Carottier Ø 114 mm / Carottier double Ø 116 mm de 0,00 à 0,20 m, de 9,00 à 10,50 m et de 12,00 à 13,20 m

Ø 120 mm

El n°1

El n°2

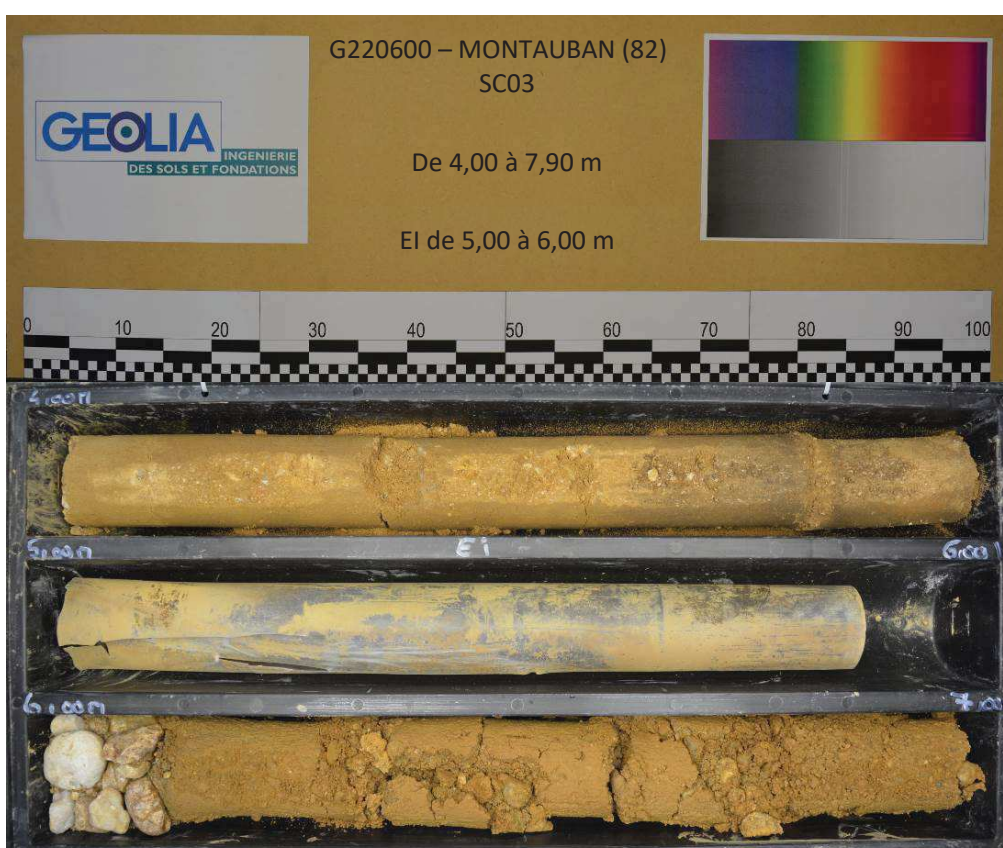
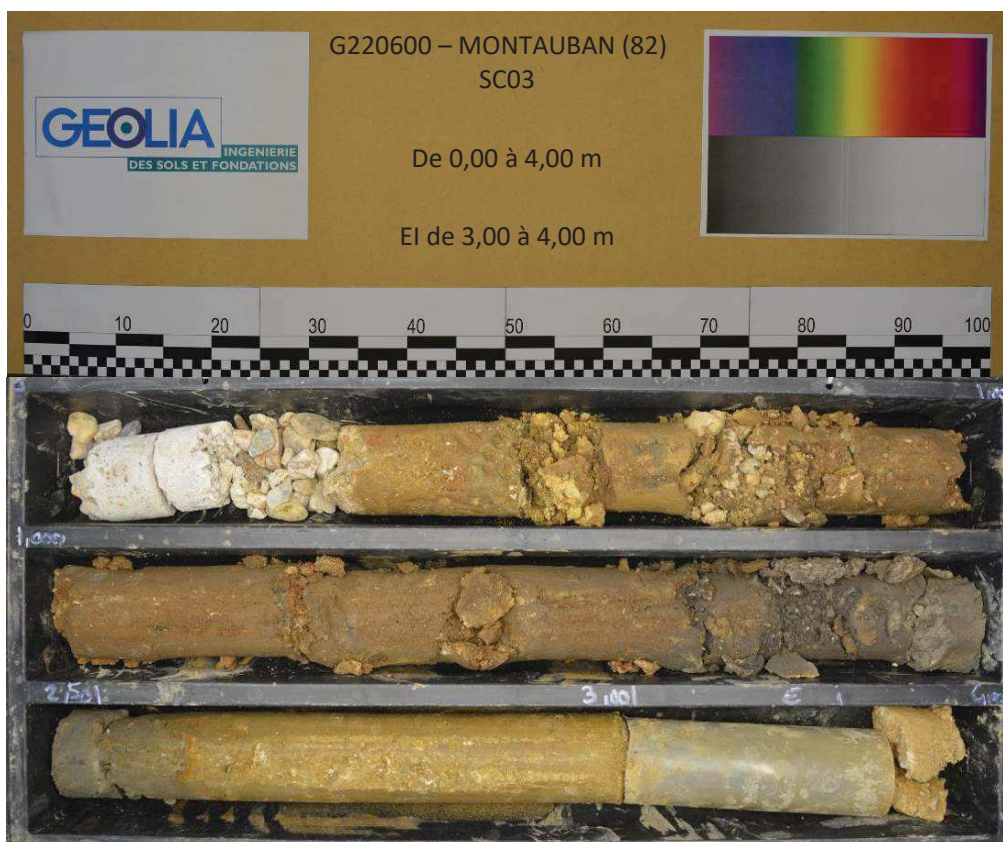
El n°3

El n°4

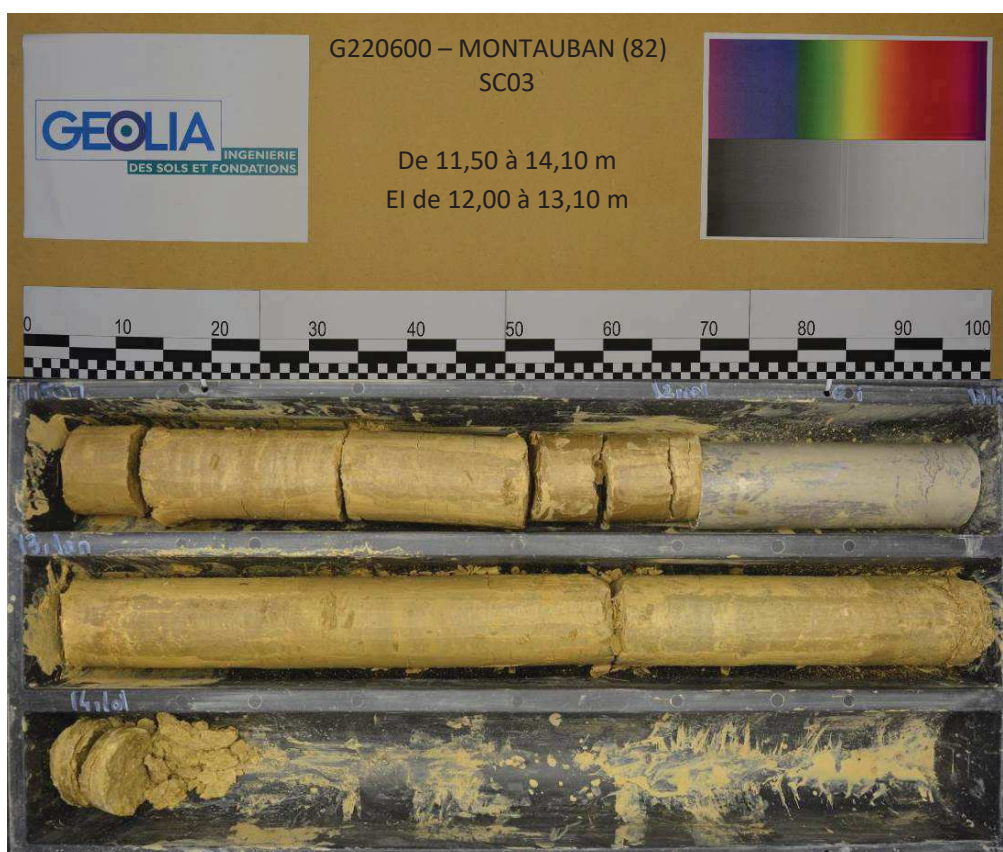
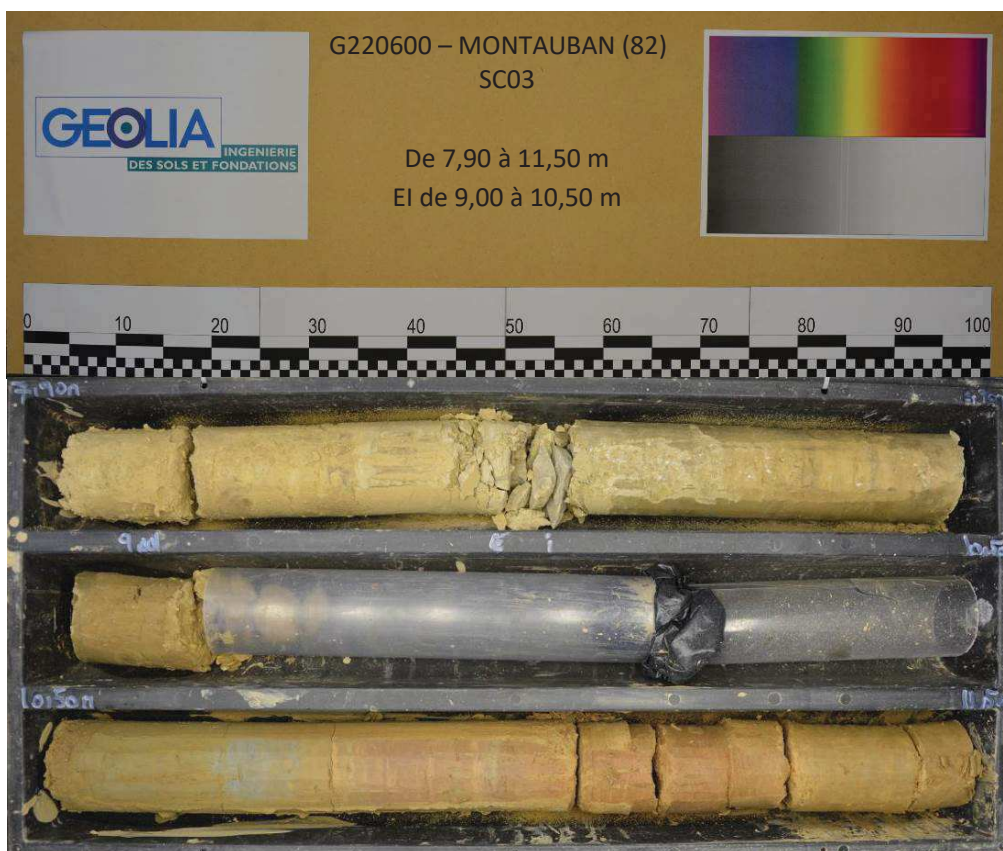
EXGTE 3.23

Observations:

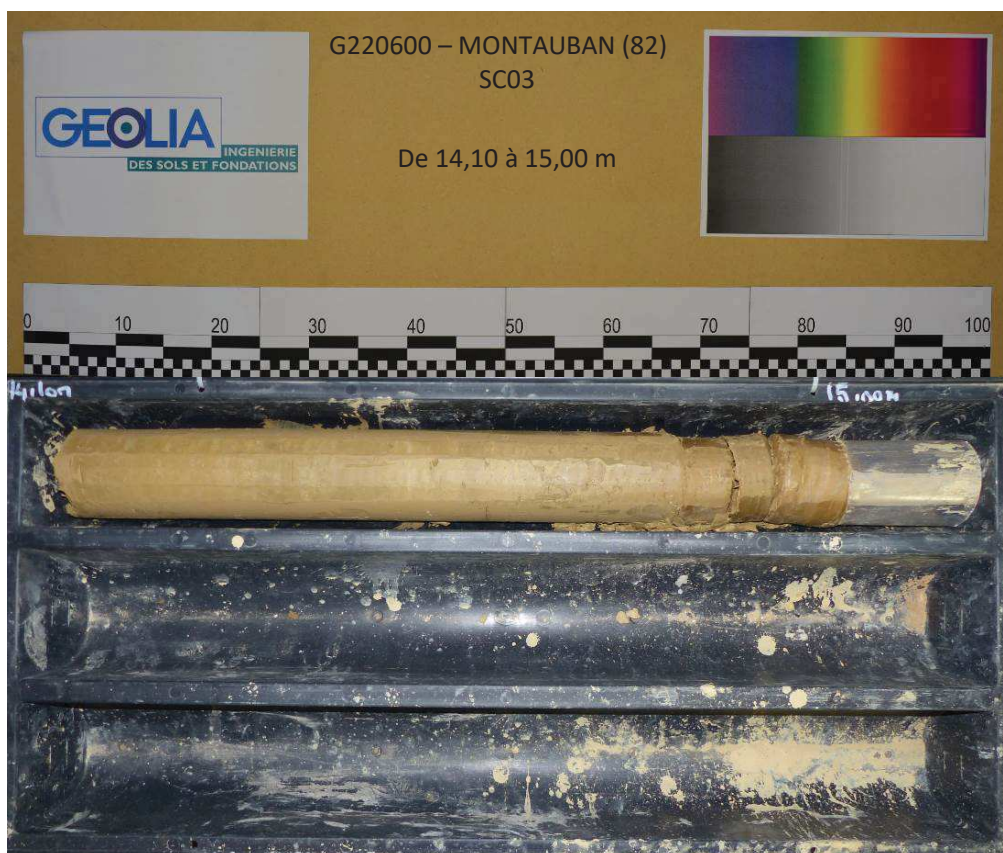
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



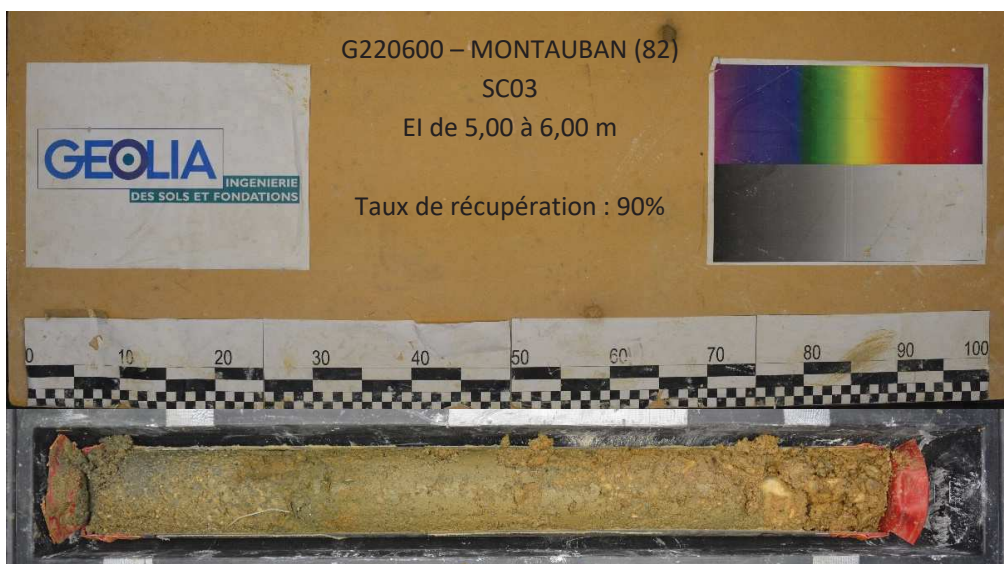
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS

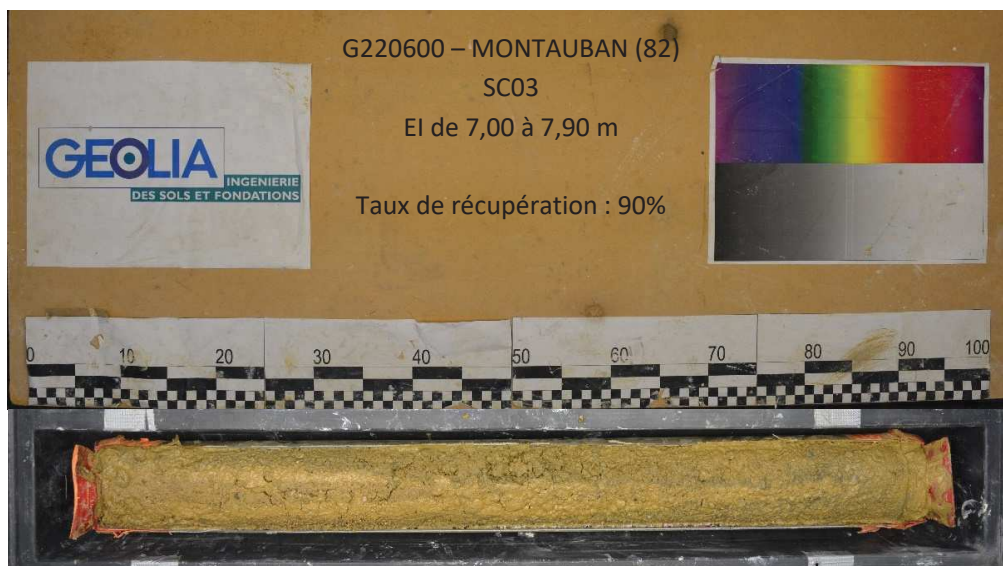


3,00 à 4,00 m : Sable noirâtre et odorant sur 20 cm puis sable grossier siliceux et graveleux avec galets de quartz devenant plus fin et moins graveleux sur les 20 derniers centimètres



5,00 à 6,00 m : Sable siliceux grossier et graveleux marron-grisâtre avec une matrice légèrement agglomérante limono-argileuse sur la première moitié et marron-brun et plutôt propre sur la seconde moitié

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS



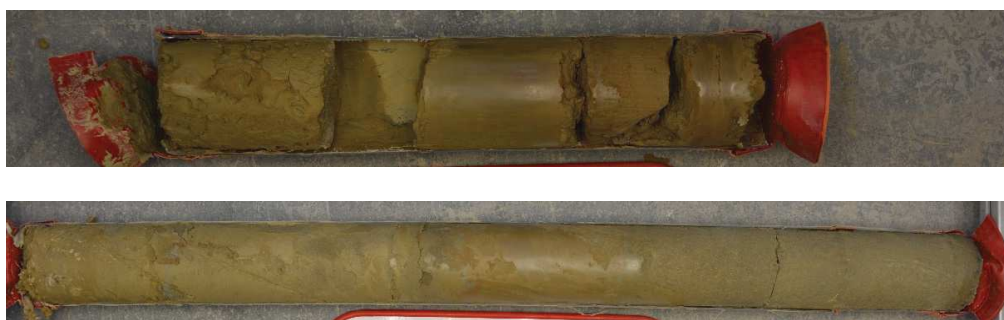
7,00 à 7,90 m : Sable et graviers siliceux plutôt propre

G220600 – MONTAUBAN (82)

SC03

El de 9,00 à 10,50 m

Taux de récupération : 100%



9,00 à 10,50 m : Molasse très finement sableuse moins argileuse que les autres marron-jaunâtre, quasiment du sable induré

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS

G220600 – MONTAUBAN (82)

SC03

El de 12,00 à 13,10 m

Taux de récupération : 100%



12,00 à 13,10 m :

Molasse argileuse raide et homogène

Date début: 18/07/2022
Date fin : 19/07/2022
Profondeur: 0,00 - 15,20 m

SC04

Cote NGF: 102,43
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/50

1/2

Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Piezomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)	RQD (%)
102,43	0,00								0	0
102,30	0,13	Béton granuleux gris avec galets de quartz en tête							100	0
102,21	0,22	0,13 m								
102,11	0,32	Béton granuleux gris								
		0,22 m								
		Sable brun avec graviers millimétriques à plurimillimétriques (Remblais)								
		0,32 m								
101,05	1,38	Blocs en terre cuite rouge décimétriques avec sable cimenteux beige-grisâtre entre chaque bloc (reste de mur ou fondation?) (Remblais)							85	0
		1,38 m								
100,31	2,12	Argile très sableuse brun-verdâtre avec graviers millimétriques et galets de quartz centimétriques (Remblais)								
		2,12 m								
99,93	2,50	Sable légèrement argileux brun foncé-grisâtre avec nombreux galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques et quelques débris de terre cuite rouge centimétriques (Remblais)							96	0
99,43	3,00	2,50 m								
		Argile brune avec quelques passées sableuses jaune-verdâtre, quelques galets de quartz pluricentimétriques et quelques débris de terre cuite rouge délités pluricentimétriques (Remblais)								
		3,00 m								
98,43	4,00	El: Sable grossier et siliceux graveleux (quartz et silex) avec éclats de terre cuite sur une matrice limono-argileuse marron							100	
		4,00 m								
97,53	4,90	Sable graveleux brun-marron avec graviers millimétriques, galets de quartz pluricentimétriques et quelques débris de terre cuite rouge centimétriques (Remblais)							64	0
97,43	5,00	4,90 m								
		Blocs de terre cuite (Remblais)								
		5,00 m								
96,43	6,00	El: Matériau sablo-graveleux siliceux avec de gros blocs de brique de 15 à 50 cm. Matrice vasarde molle sablo-limoneuse marron de 30 à 60 cm							86	
		6,00 m								
95,98	6,45	Argile sableuse brune à brun foncé avec graviers millimétriques, galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques et quelques débris de terre cuite rouge (Remblais)							100	0
95,43	7,00	6,45 m								
		Sable graveleux avec graviers millimétriques et nombreux galets de quartz centimétriques à pluricentimétriques								
		7,00 m								
94,43	8,00	El: Sable grossier et graviers de silex avec galets de quartz de tailles variées							100	
		8,00 m								
93,98	8,45	Sable fin argileux brun							100	0
		8,45 m								
93,43	9,00	Marne argileuse beige-brun clair								
		9,00 m								
		El: Sable très fin et légèrement argileux marron clair (mollasse)							100	
92,43	10,00	10,00 m								

4,60 m
04/08/2022

Tube PVC Ø 52/60 mm crépiné de 1,00 à 15,00 m avec bouches à clé cimentée, bouchon de de sobranite de 0,30 à 10,00 m puis massif filtrant de 10,00 à 15,00 m

Ø 120 mm

Carottier Ø 114 mm / Carottier double Ø 116 mm de 0,00 à 0,25 m, de 9,00 à 10,00 m et de 12,00 à 13,20 m

El n°3

El n°1

El n°2

EXGTE 3.23

Observations:

Date début: 18/07/2022
 Date fin : 19/07/2022
 Profondeur: 0,00 - 15,20 m

SC04

Cote NGF: 102,43
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: EMCI 4.50

Client : DRAC D'OCCITANIE CRMH

1/50

2/2

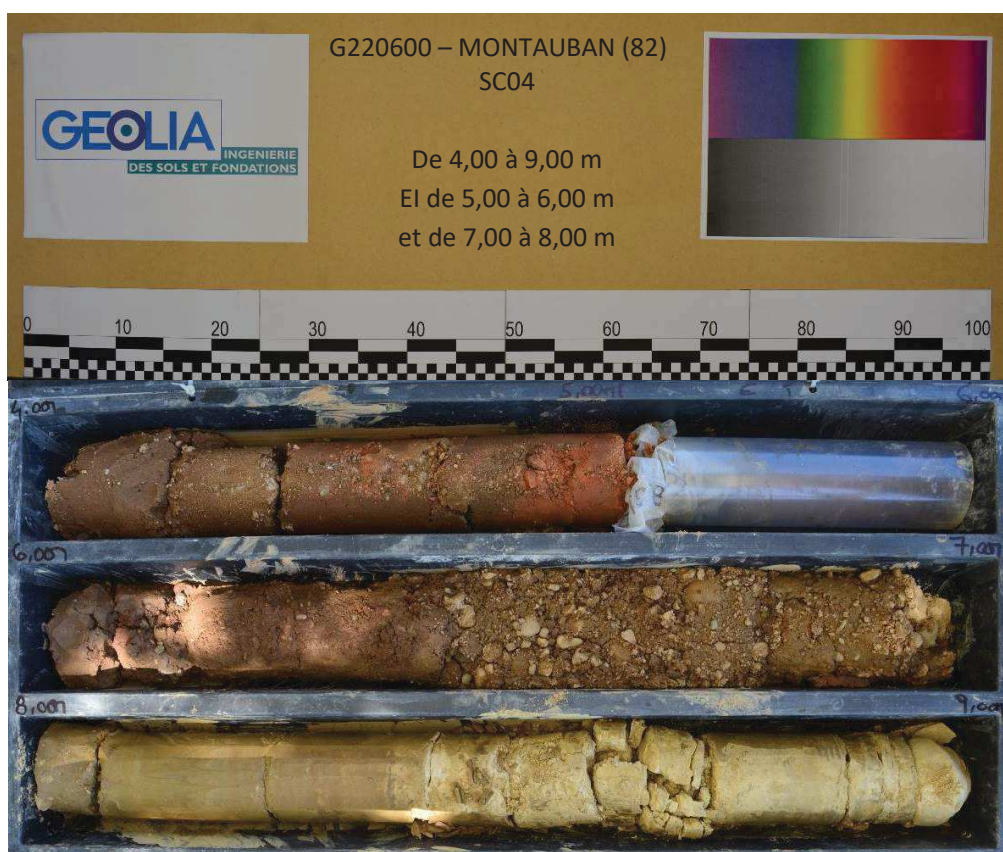
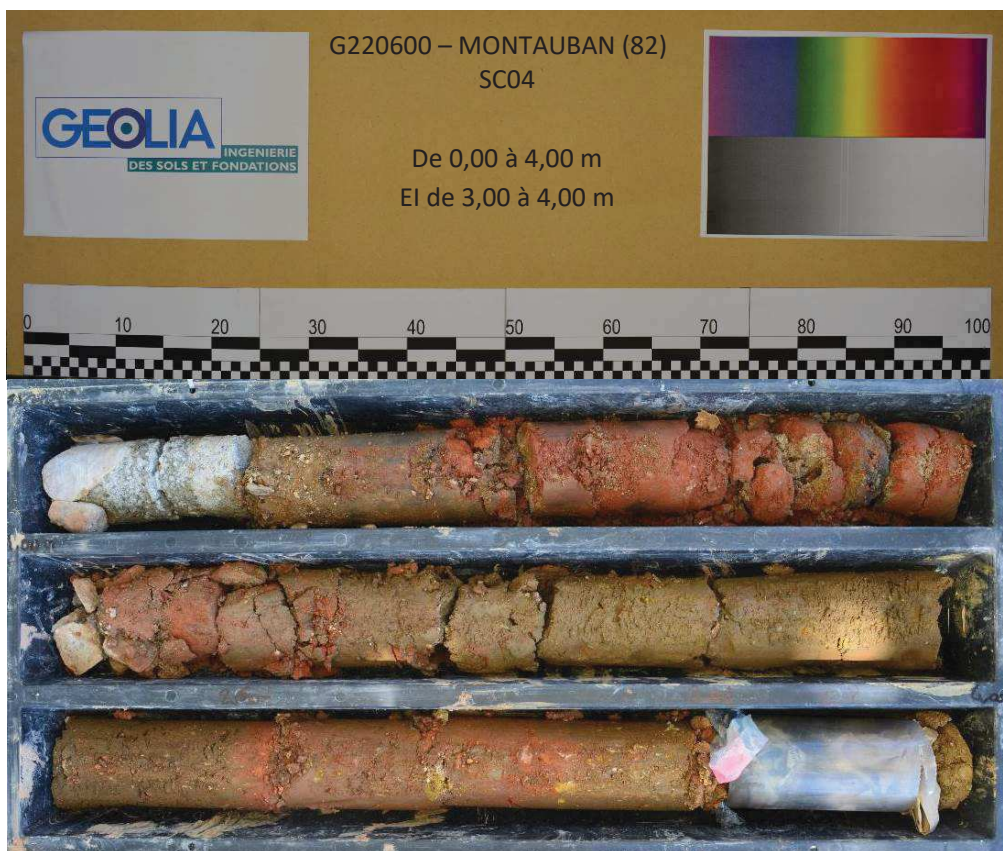
Altitude	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Plézomètre	Niveau d'eau	Outil	Tubage	Remarque	Carottage (%)	RQD (%)
92,43	10,00								0 50 100	0 50 100
		Sable fin beige-verdâtre avec quelques passées légèrement argileuses							100	0
91,53	10,90	10,90 m								
91,33	11,10	Sable légèrement argileux beige avec quelques galets de quartz centimétriques							100	0
		11,10 m								
		Sable légèrement argileux beige							100	0
90,63	11,80	11,80 m								
90,43	12,00	Sable cimenteux beige-verdâtre induré par endroit							100	0
		12,00 m								
		El: Mollasse raide marron clair						El n°4	100	0
89,83	12,60	12,60 m								
		El: Mollasse plus argileuse raide marron clair						El n°5	100	0
89,23	13,20	13,20 m								
		Argile marneuse brun-ocre							100	0
88,63	13,80	13,80 m								
		Argile litée ocre-gris							100	0
87,73	14,70	14,70 m								
87,53	14,90	Sable un peu argileux brun clair avec petits cailloutis de quartz millimétriques							100	0
		14,90 m								
87,23	15,20	Argile brune								
		15,20 m								

Tube PVC Ø 52/60 mm crépiné de 1,00 à 15,00 m avec bouche à clé cimentée, bouchon de sobranite de 0.30 à 10.00 m puis massif filtrant de 10.00 à 15.00 m

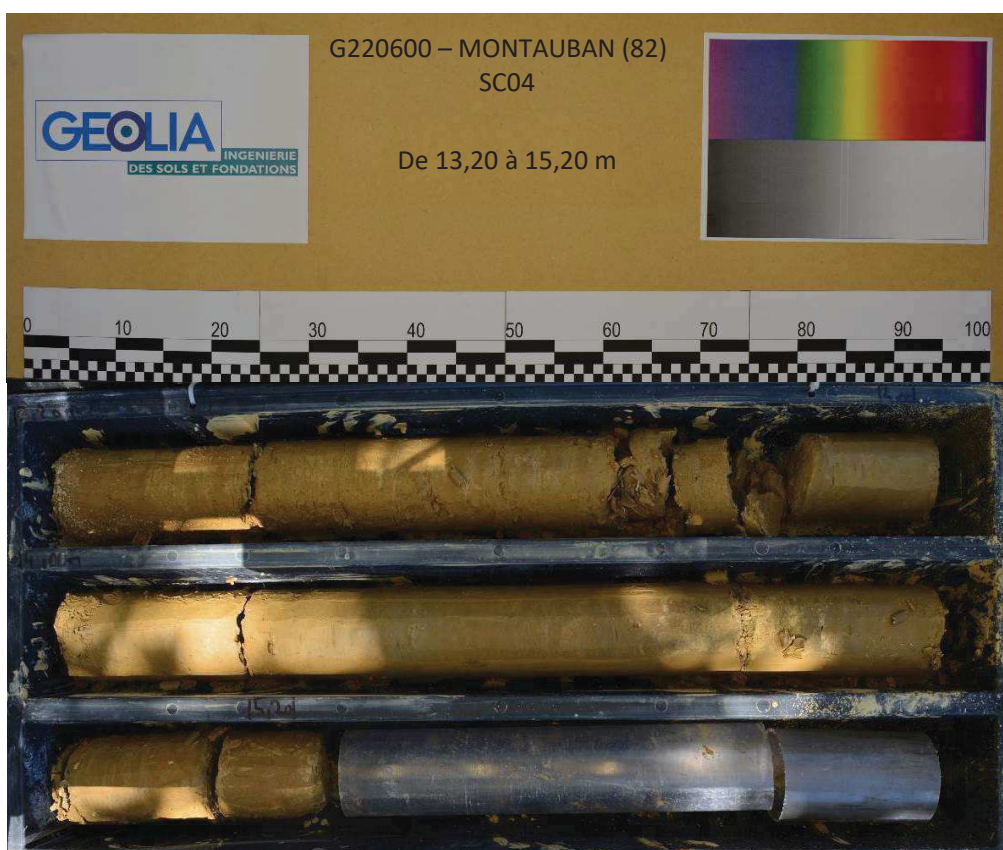
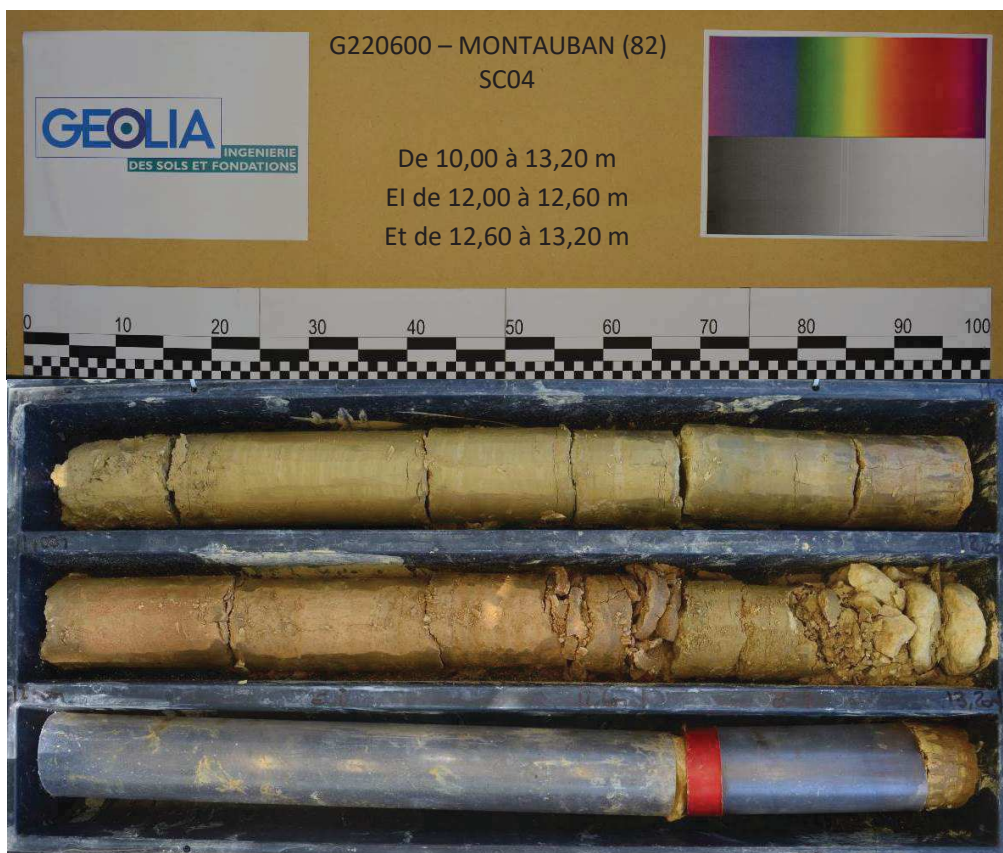
Carottier Ø 114 mm / Carottier double Ø 116 mm de 0.00 à 0.25 m, de 9.00 à 10.00 m et de 12.00 à 13.20 m

Observations:

PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



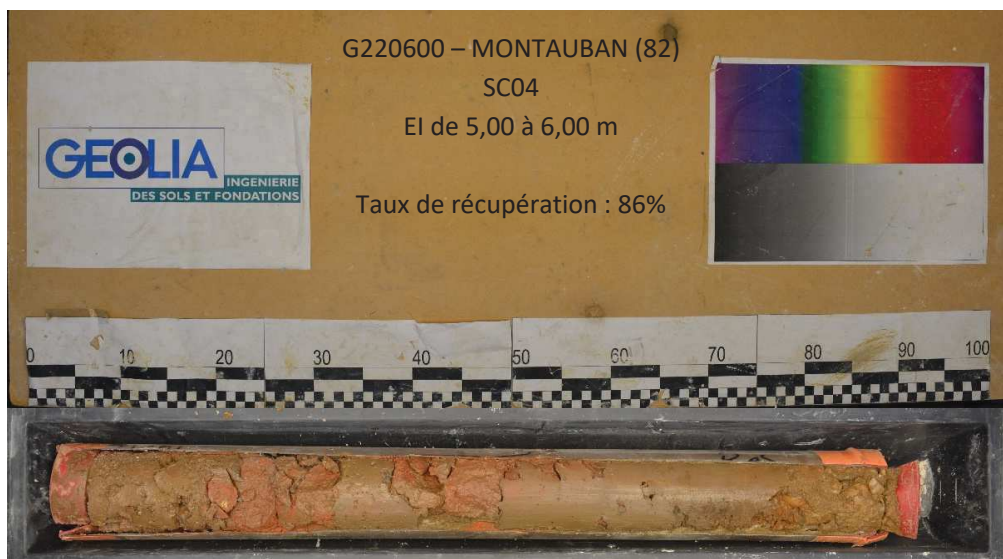
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS

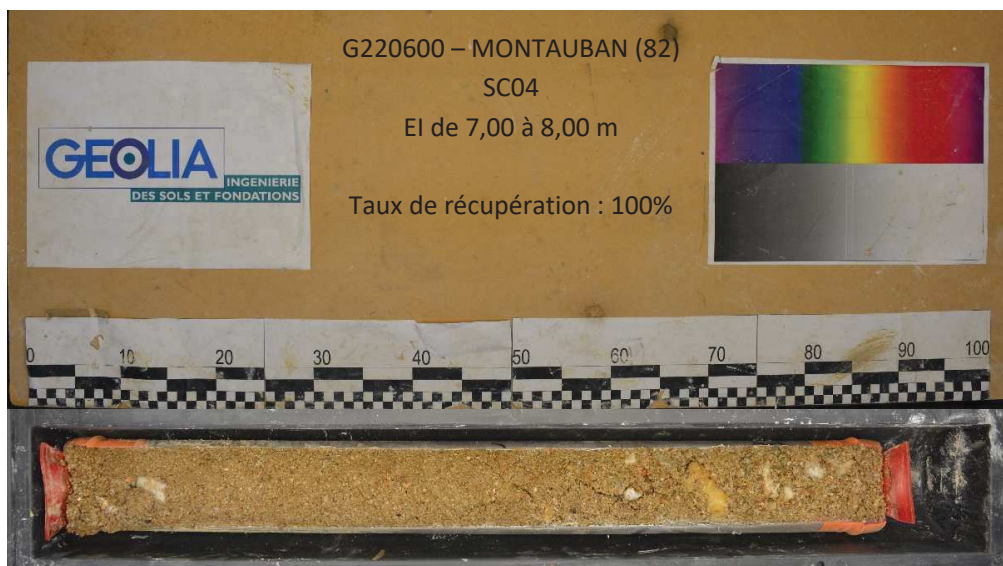


3,00 à 4,00 m : Sable grossier et siliceux graveleux (quartz et silex) avec éclats de terre cuite sur une matrice limono-argileuse marron

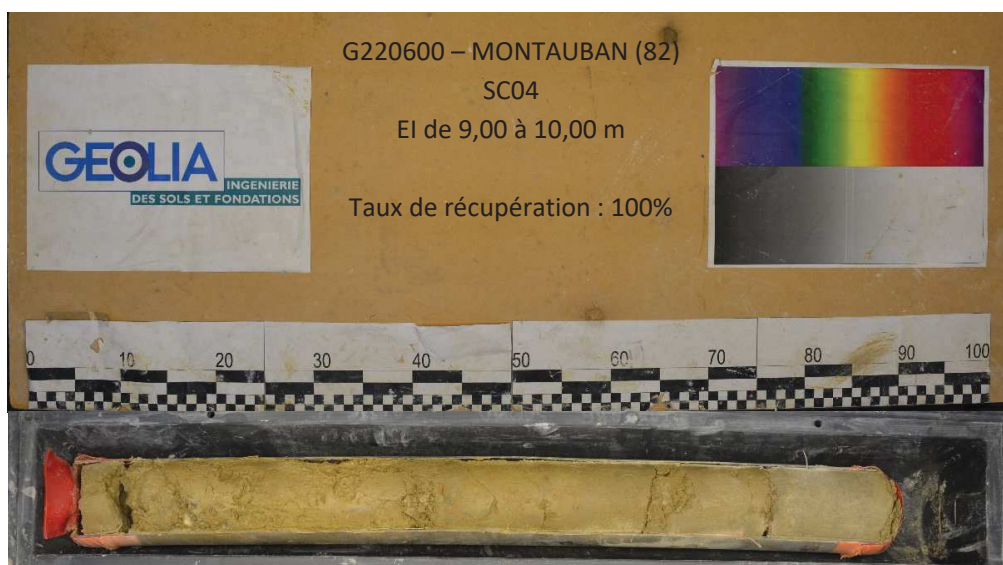


5,00 à 6,00 m : Matériau sablo-graveleux siliceux avec de gros blocs de brique de 15 à 50 cm. Matrice vasarde molle sablo-limoneuse marron de 30 à 60 cm

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS

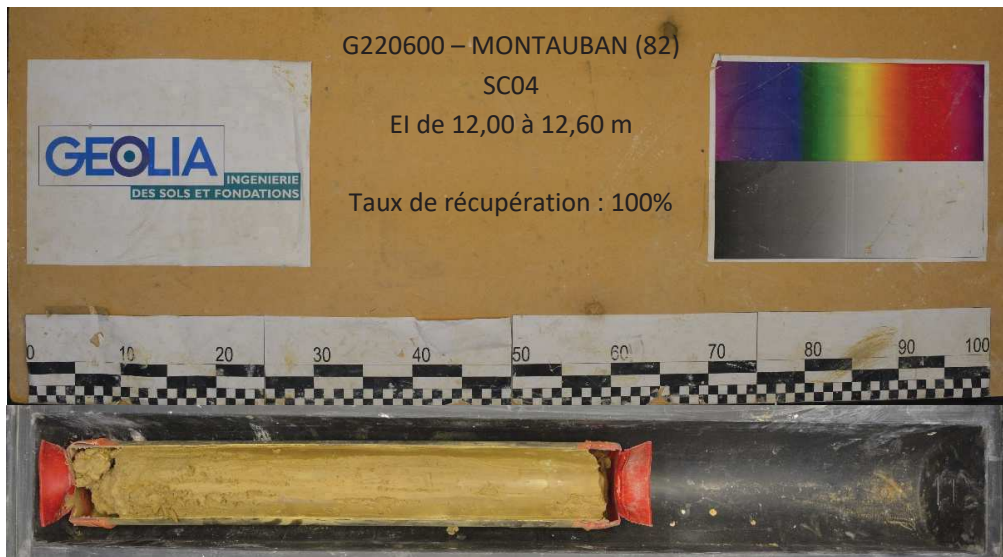


7,00 à 8,00 m : Sable grossier et graviers de silex avec galets de quartz de tailles variées

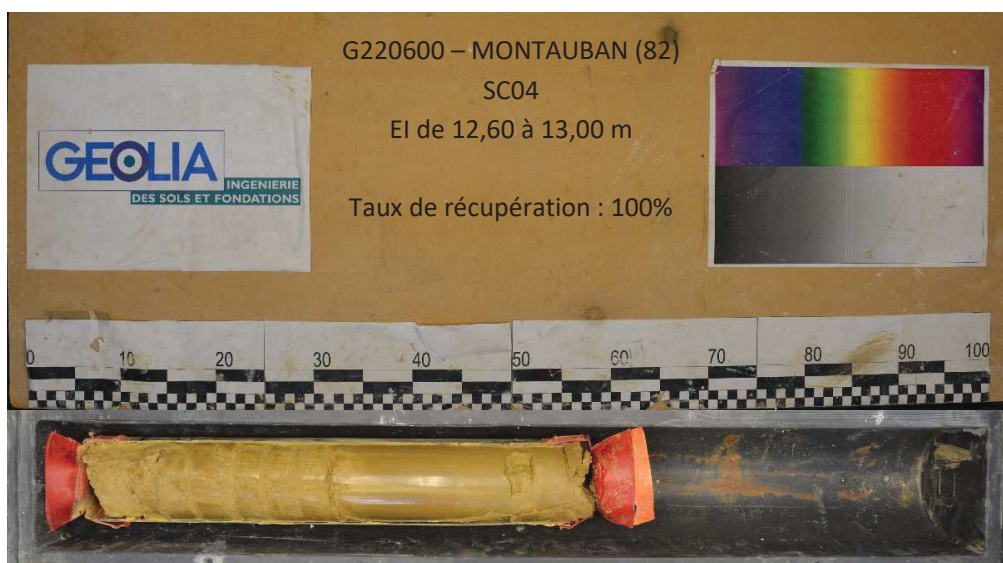


9,00 à 10,00 m : Sable très fin et légèrement argileux marron clair (mollasse)

PHOTOGRAPHIES DES ECHANTILLONS INTACTS



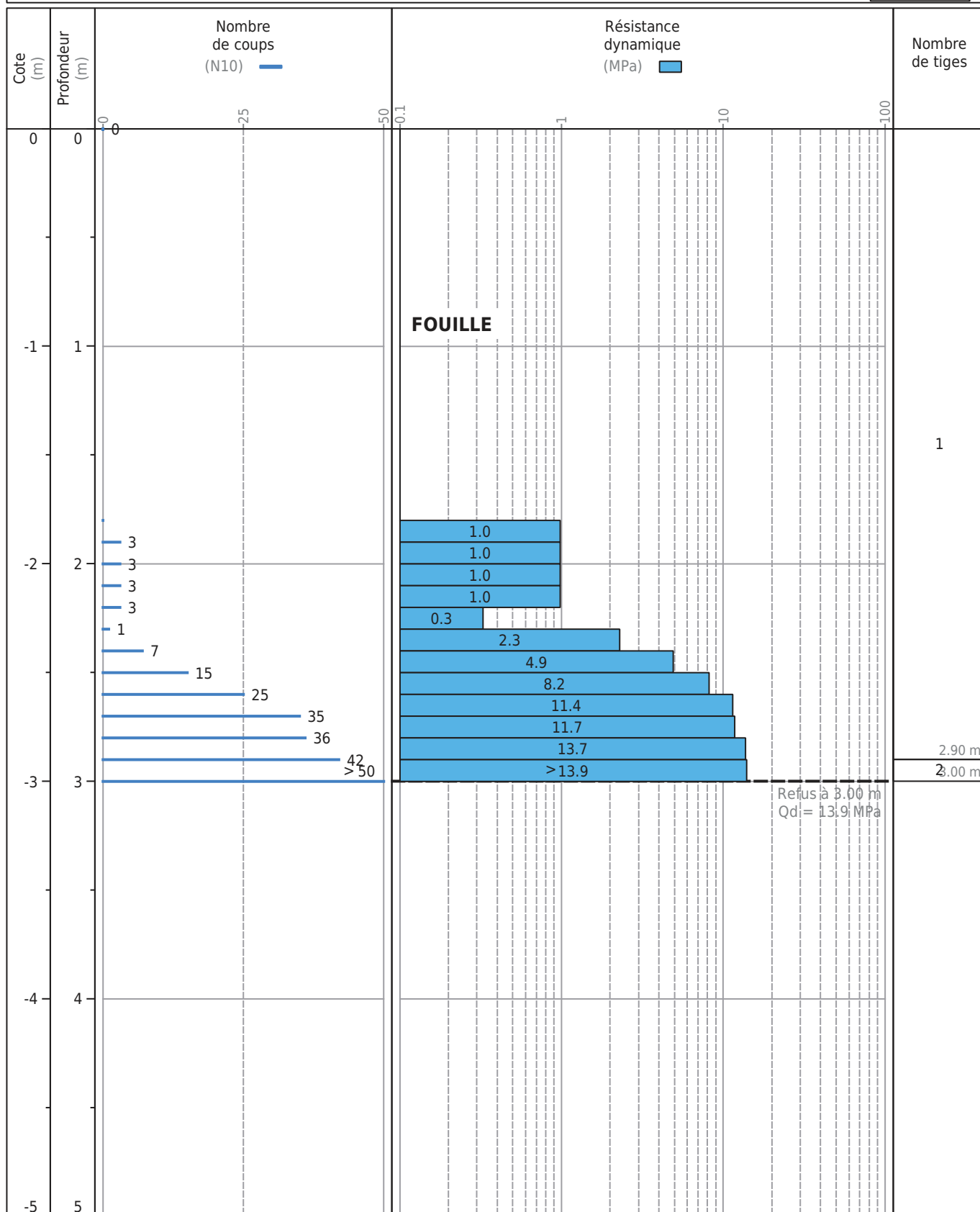
12,00 à 12,60 m : Mollasse raide marron clair



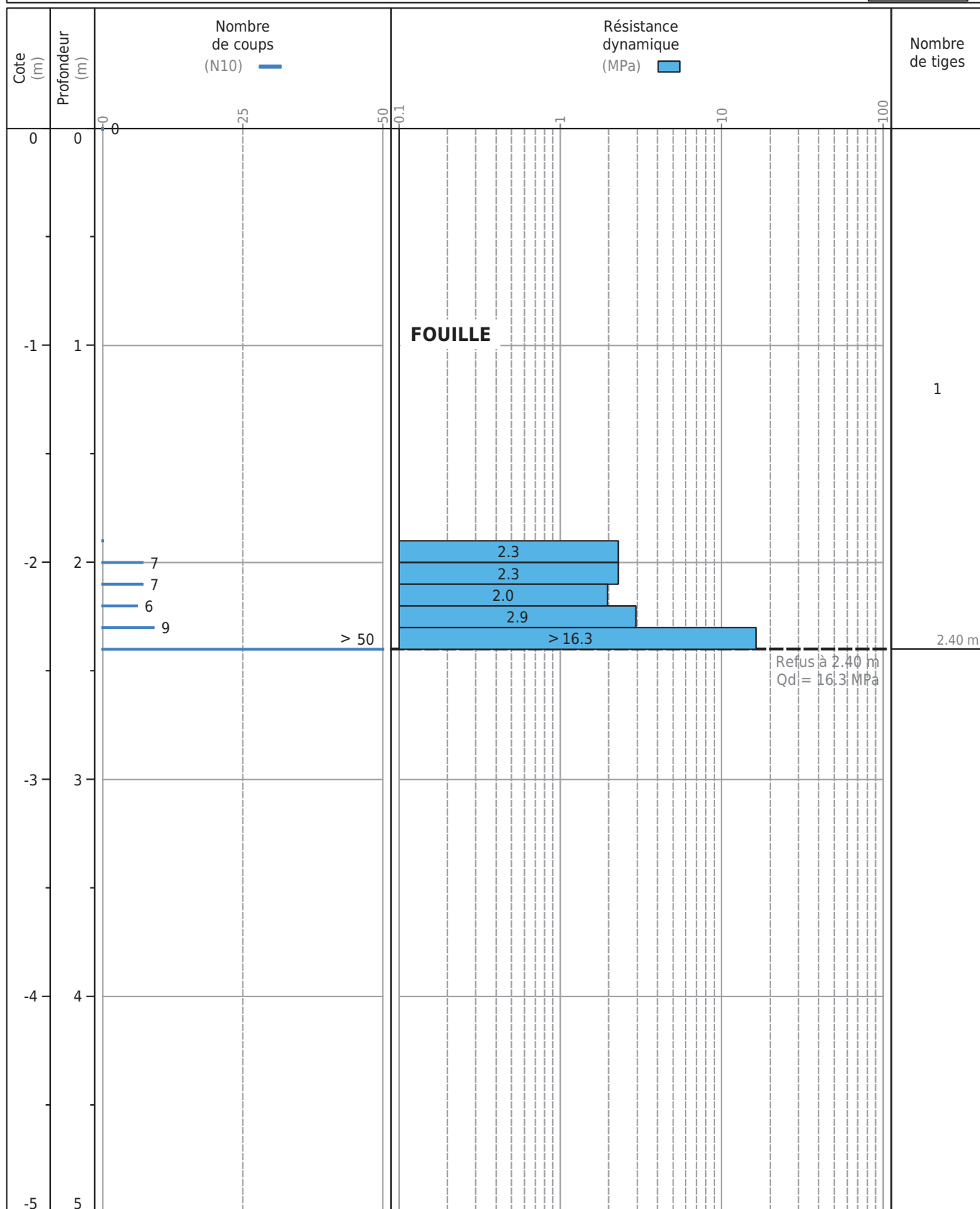
12,60 à 13,00 m : Mollasse plus argileuse raide marron clair

ANNEXE 4

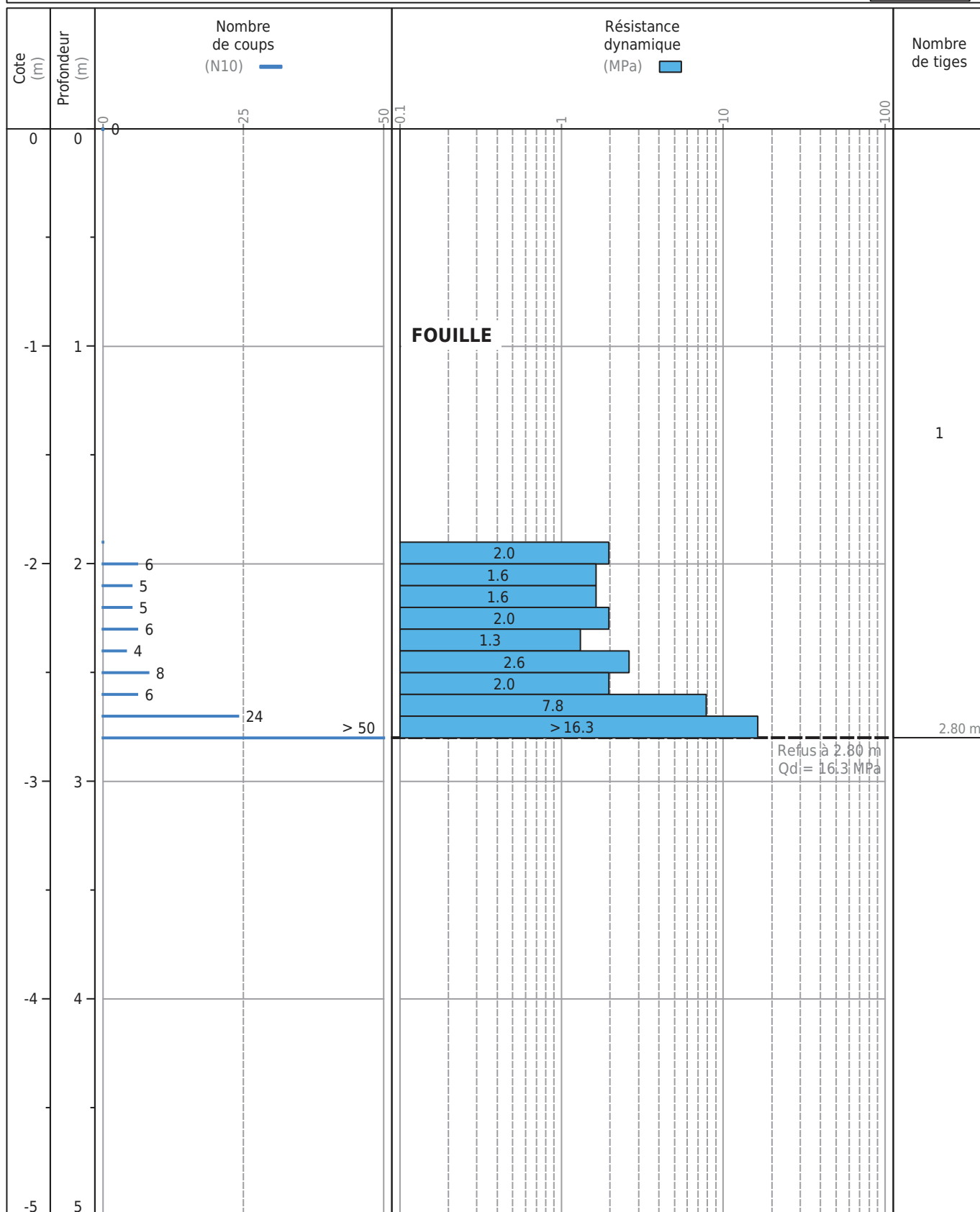
COUPE ET PHOTOGRAPHIES DES SONDAGES AU PENETROMETRE



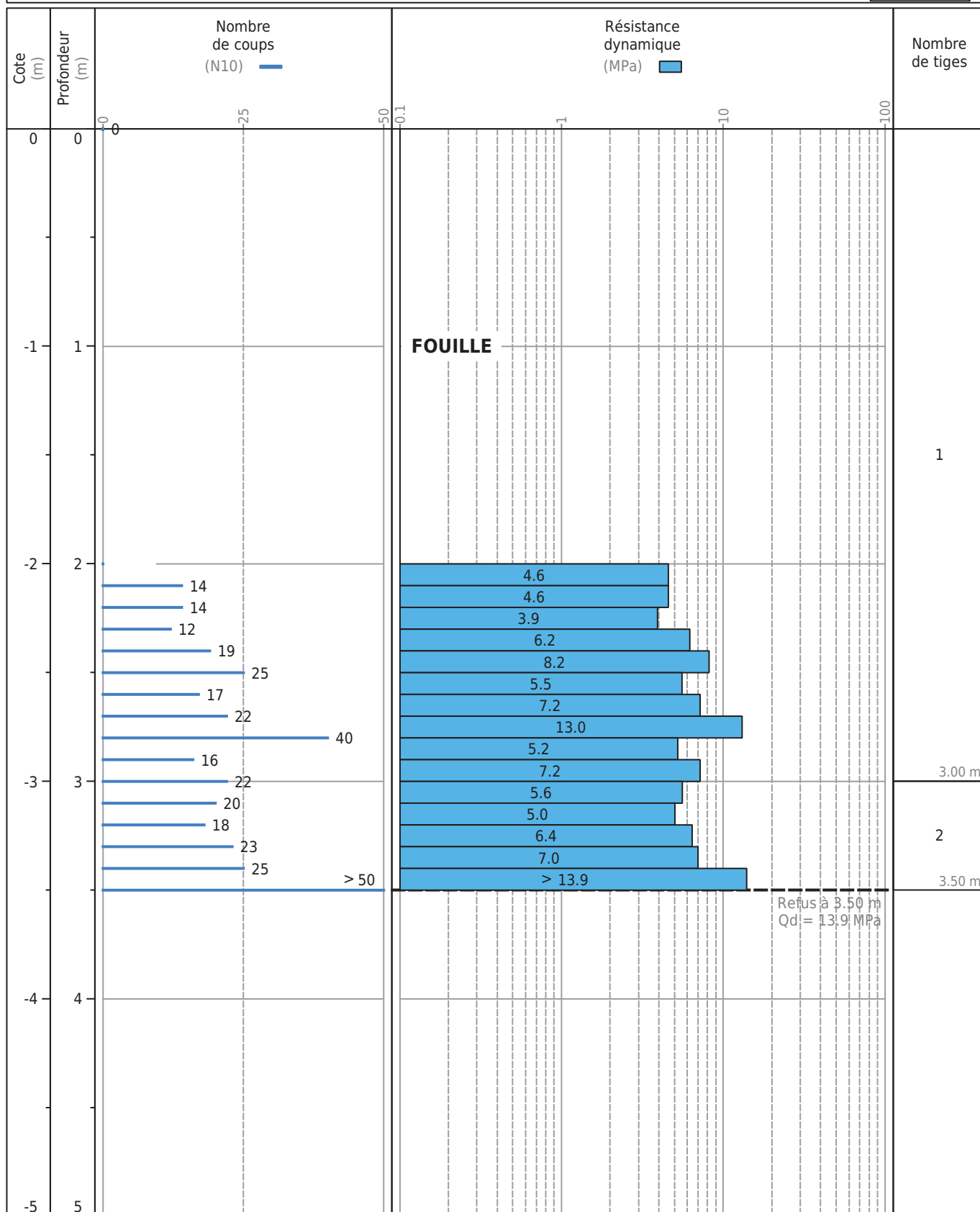
Obs. :



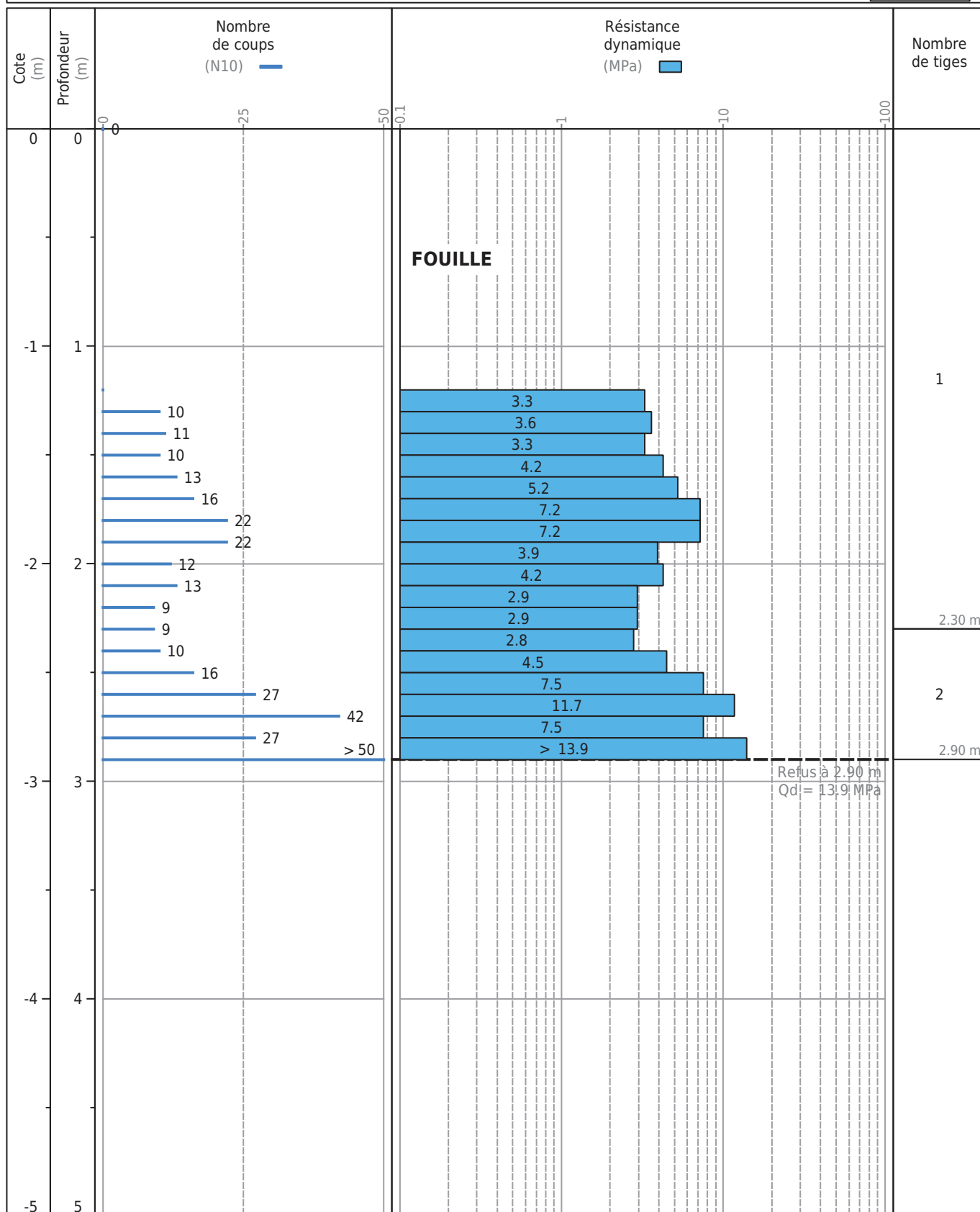
Obs. :



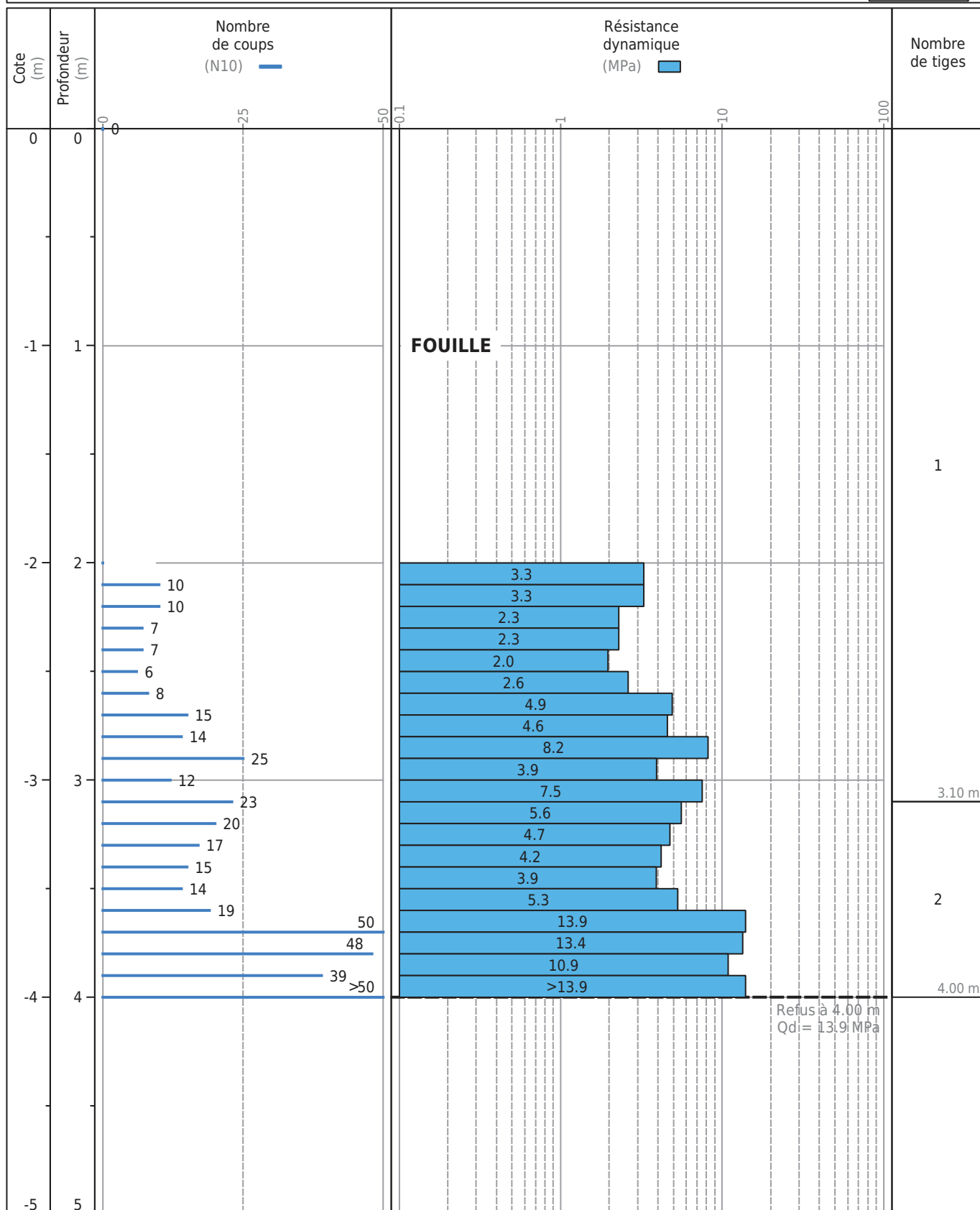
Obs. :



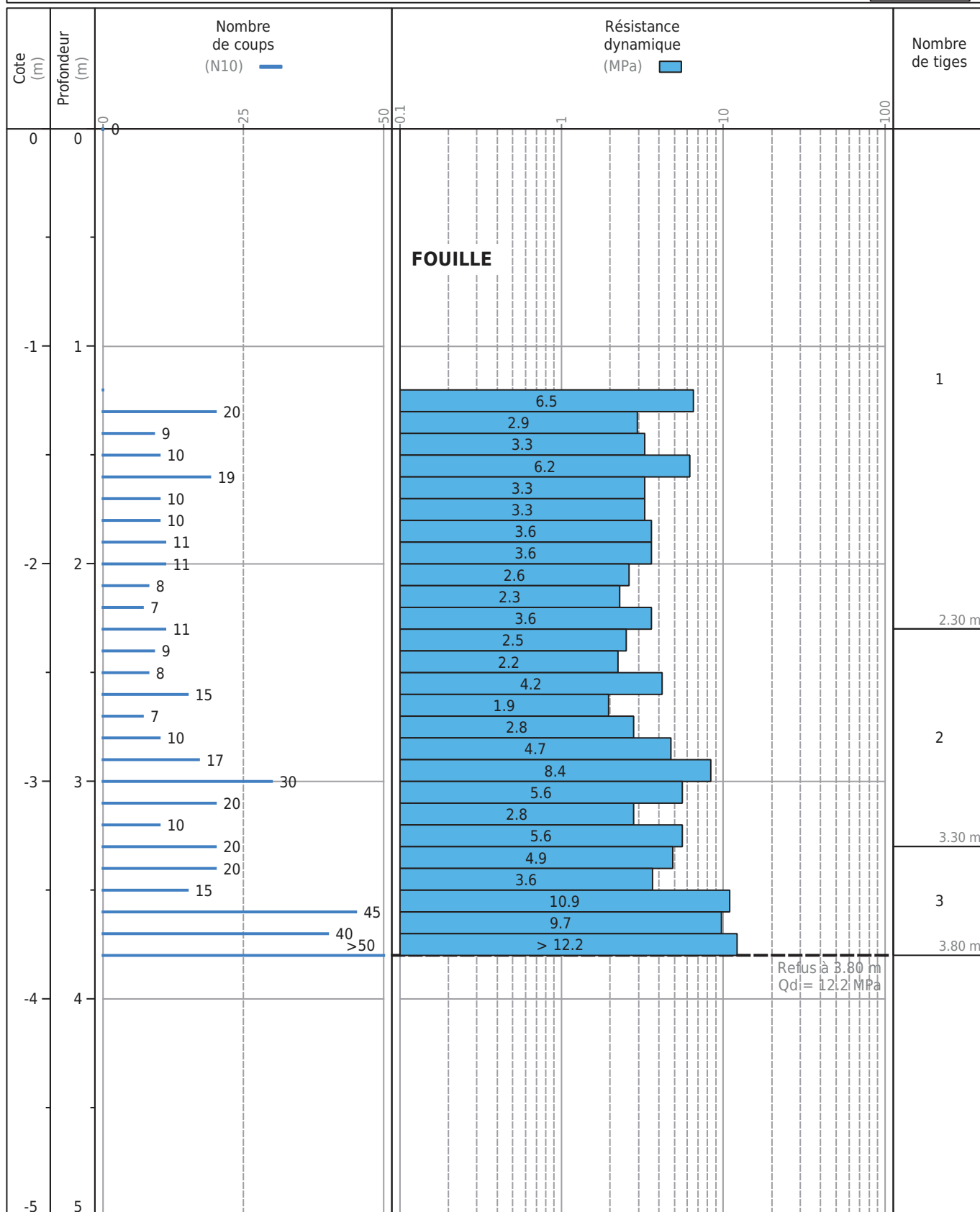
Obs. :



Obs. :



Obs. :



Obs. :

ANNEXE 5

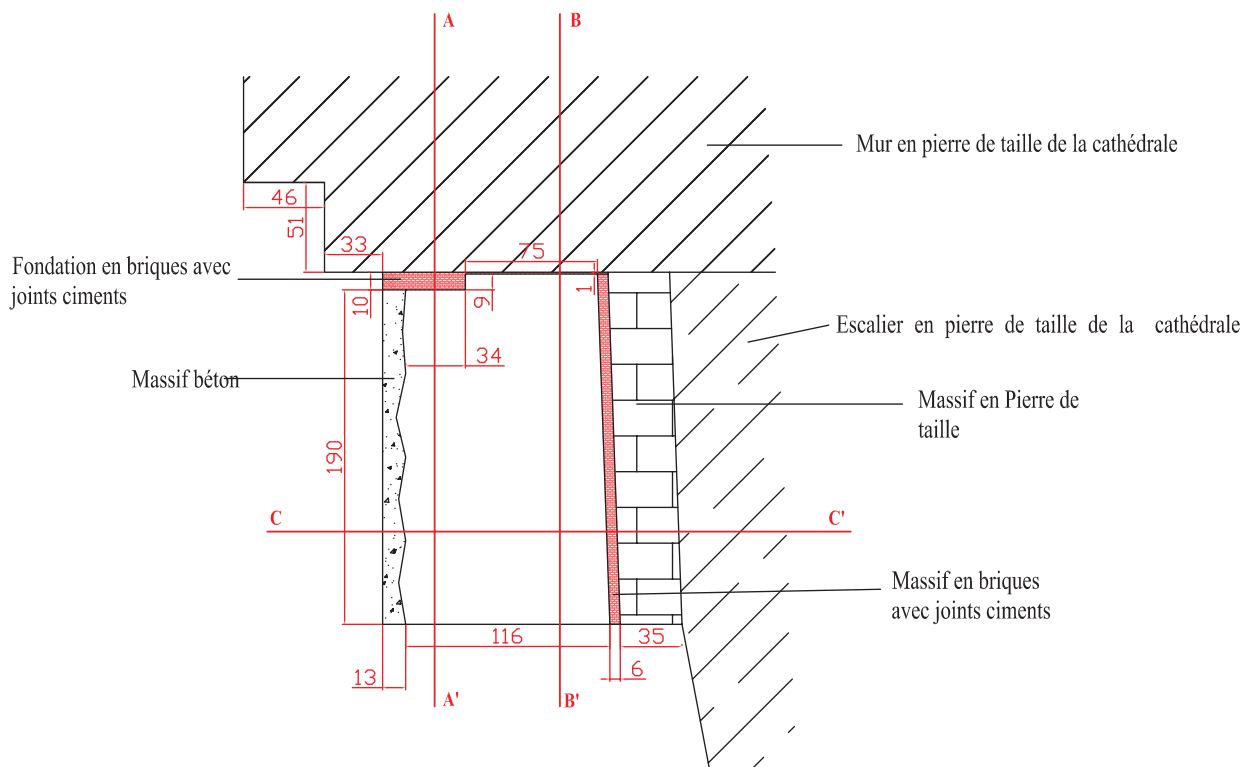
RELEVÉ DES RECONNAISSANCES DE FONDATIONS



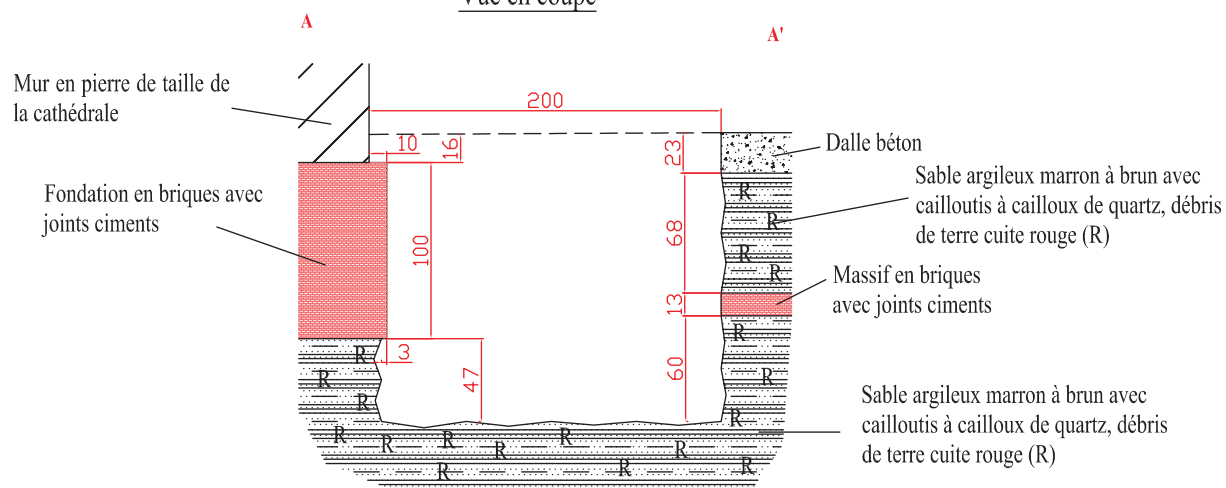
Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Planche photo de la reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/=-
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :							Feuille : unique

RF4 AA'

Vue en plan



Vue en coupe



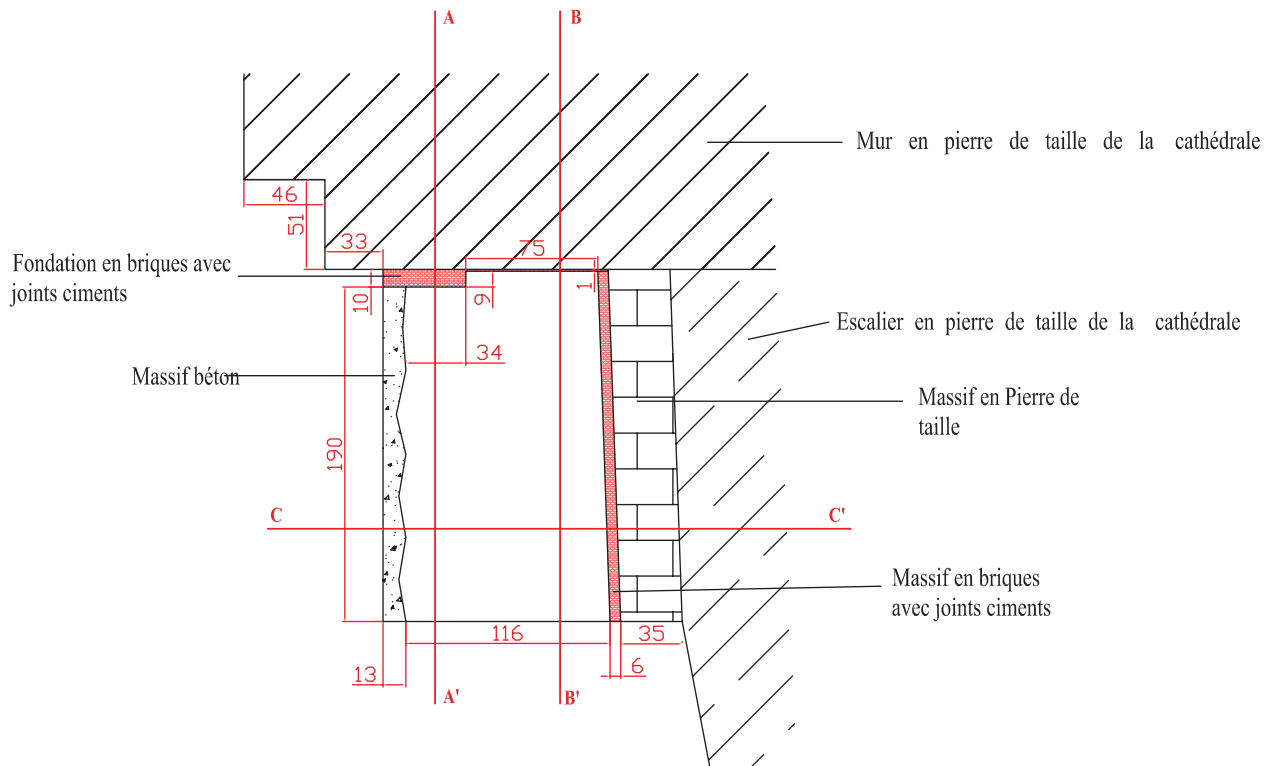
Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/20
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :						Feuille : unique	



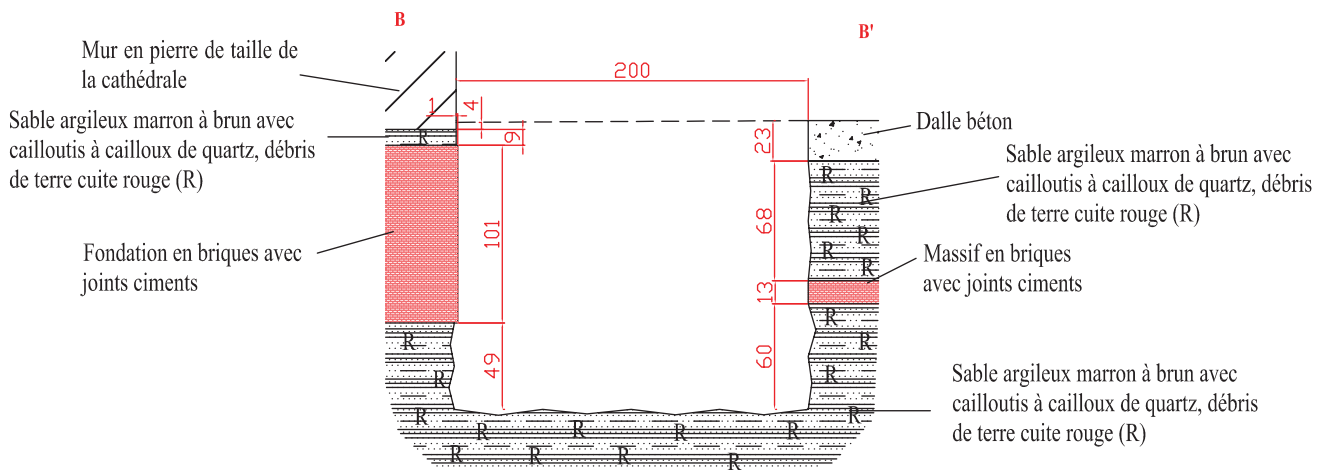
Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF4 BB'

Vue en plan



Vue en coupe

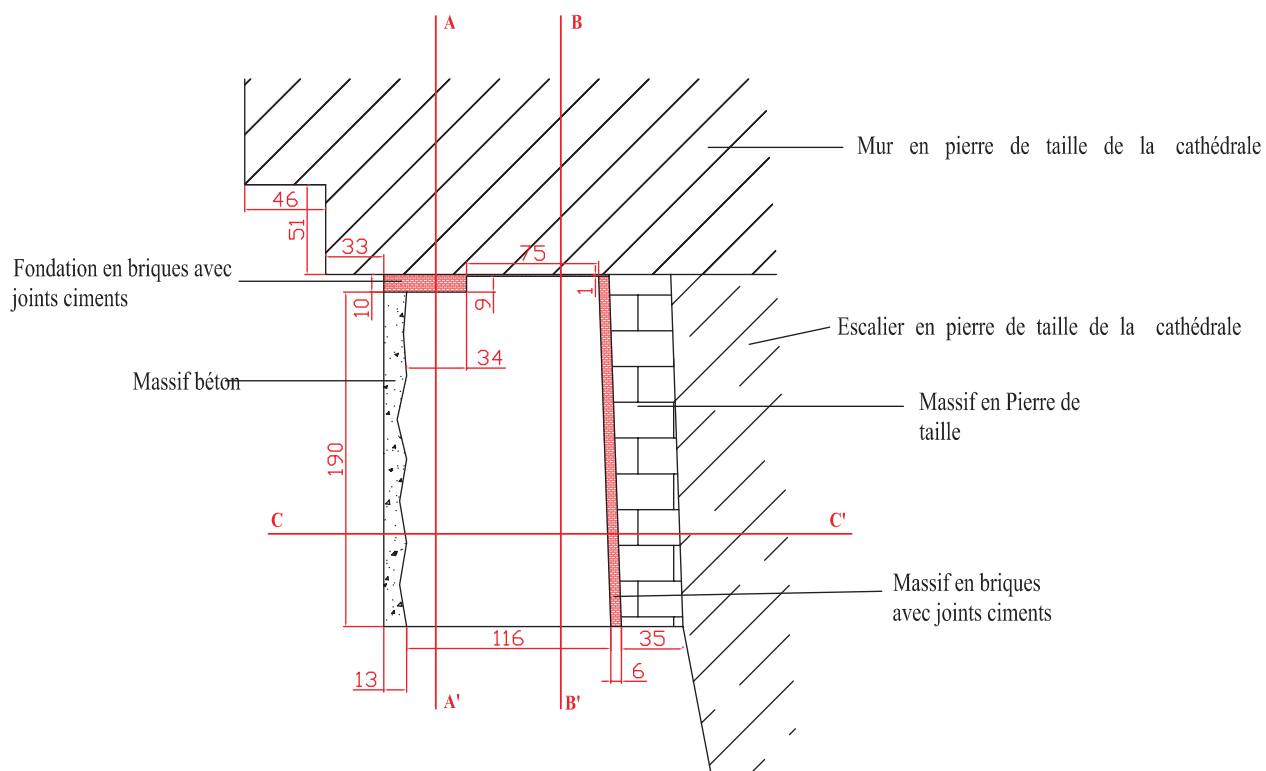


Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visa	Établi / Visa	Approuvé / Visa
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier : DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :				Taille du plan : A3	Echelle : 1/20 Feuille : unique

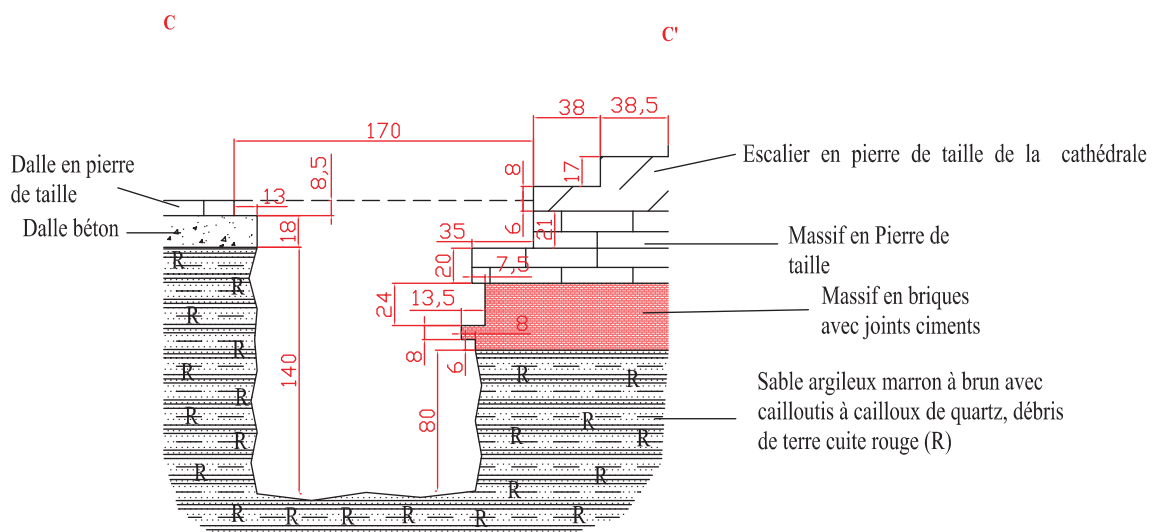


Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

Vue en plan



Vue en coupe



Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/20
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :						Feuille : unique	



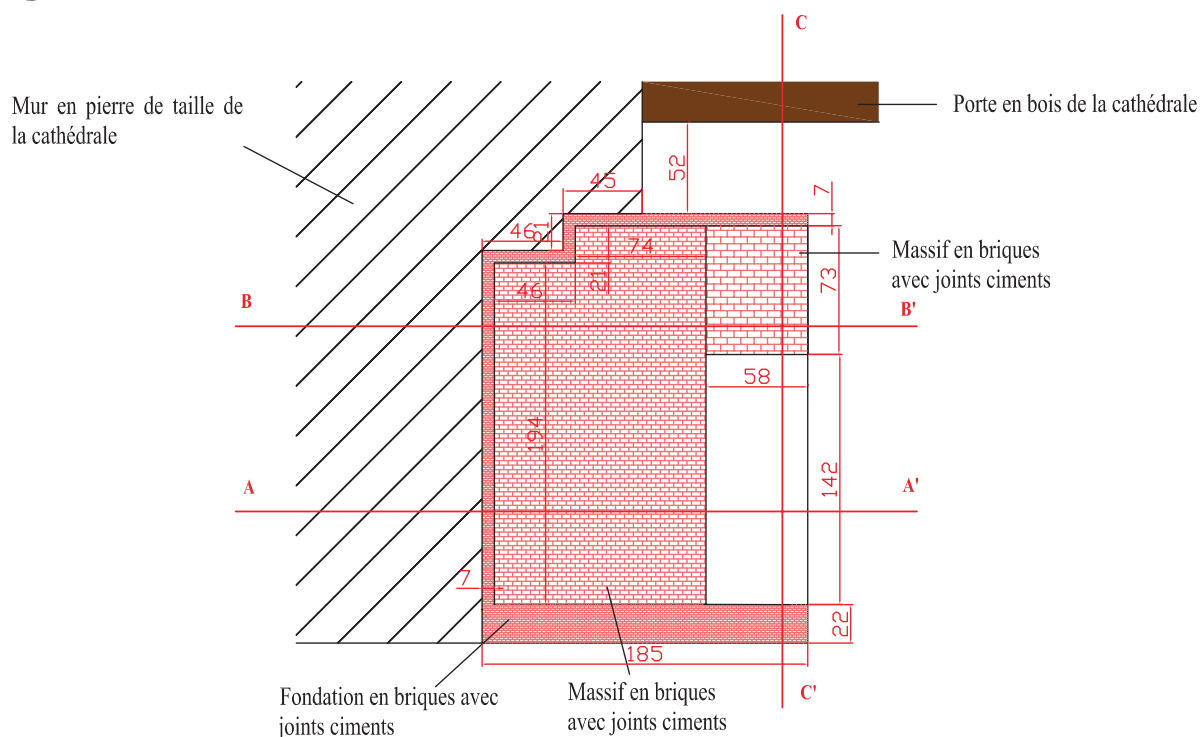
Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Planche photo de la reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/=-
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :							Feuille : unique



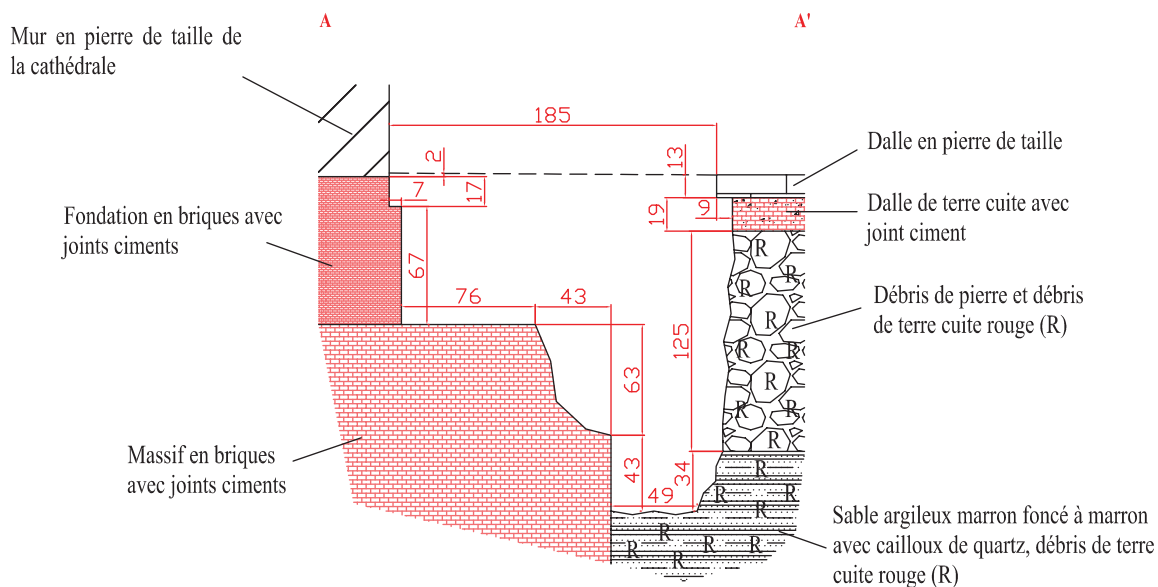
Tel 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF5 AA'

Vue en plan



Vue en coupe



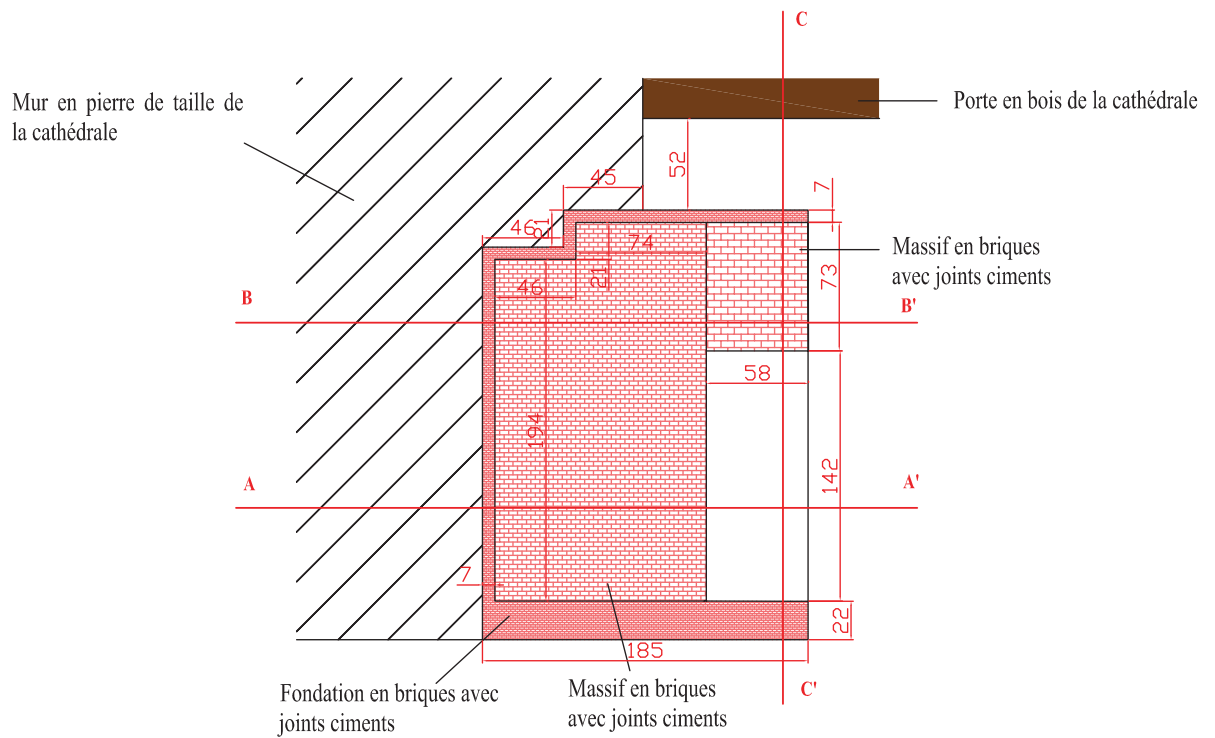
Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visé	Etabli / Visé	Approuvé / Visé
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018
				Taille du plan : A3	Echelle : 1/20
Chantier :DRAC D'OCCITANIE					
Adresse : Cathédrale de Montauban					
Pièce n° :				Feuille : unique	



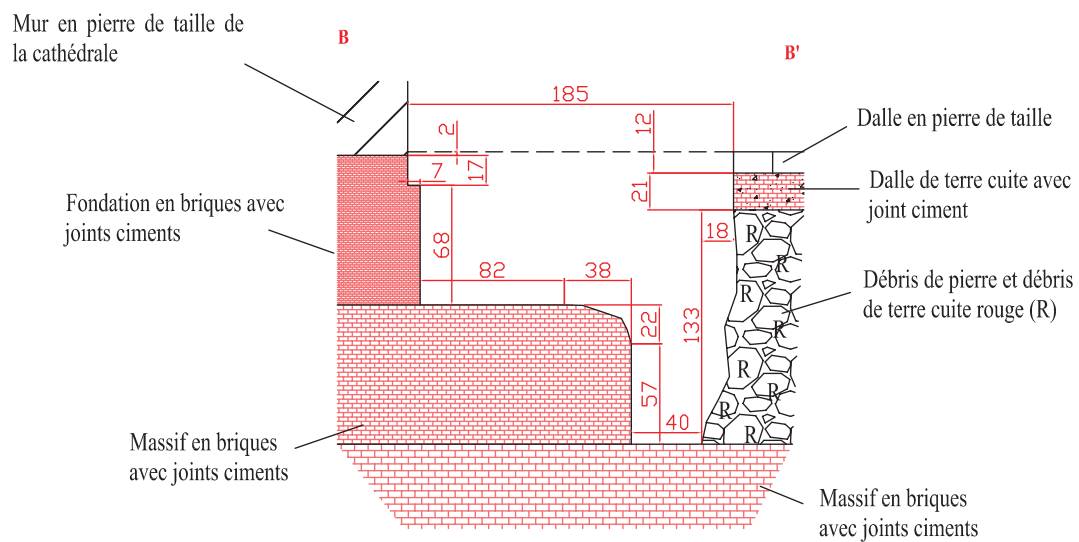
Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF5 BB'

Vue en plan



Vue en coupe



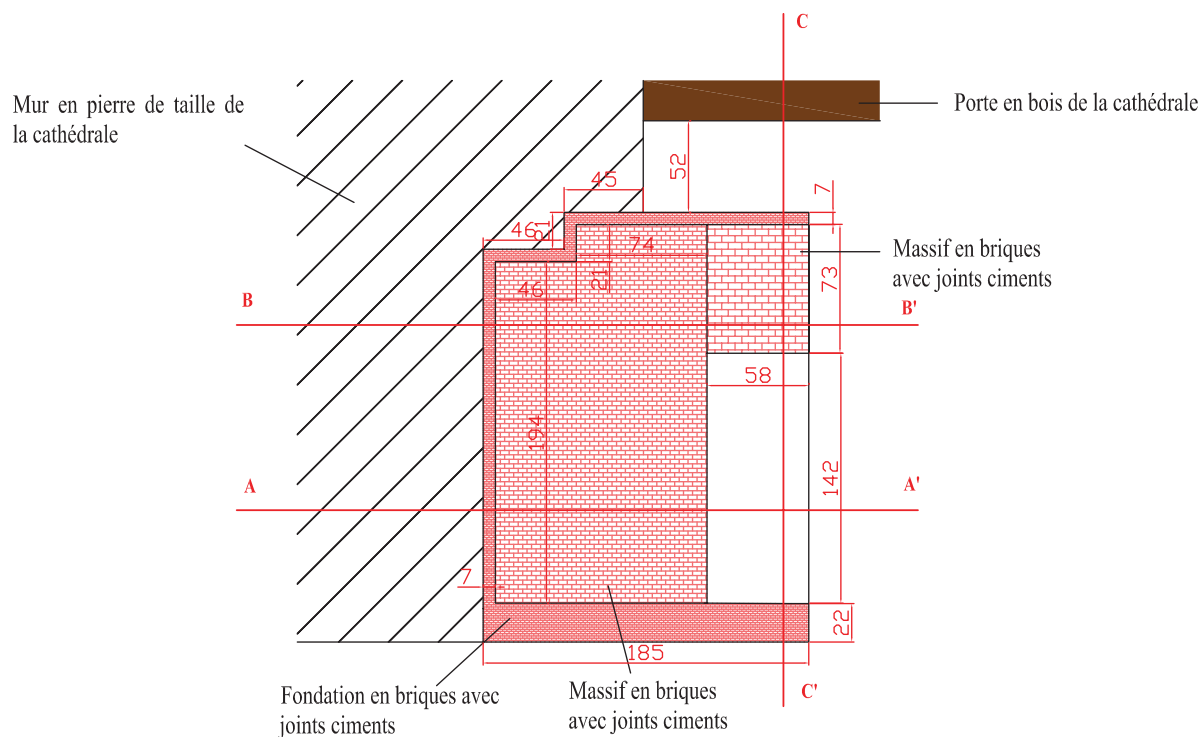
Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :				Taille du plan : A3	Echelle : 1/20
					Feuille : unique



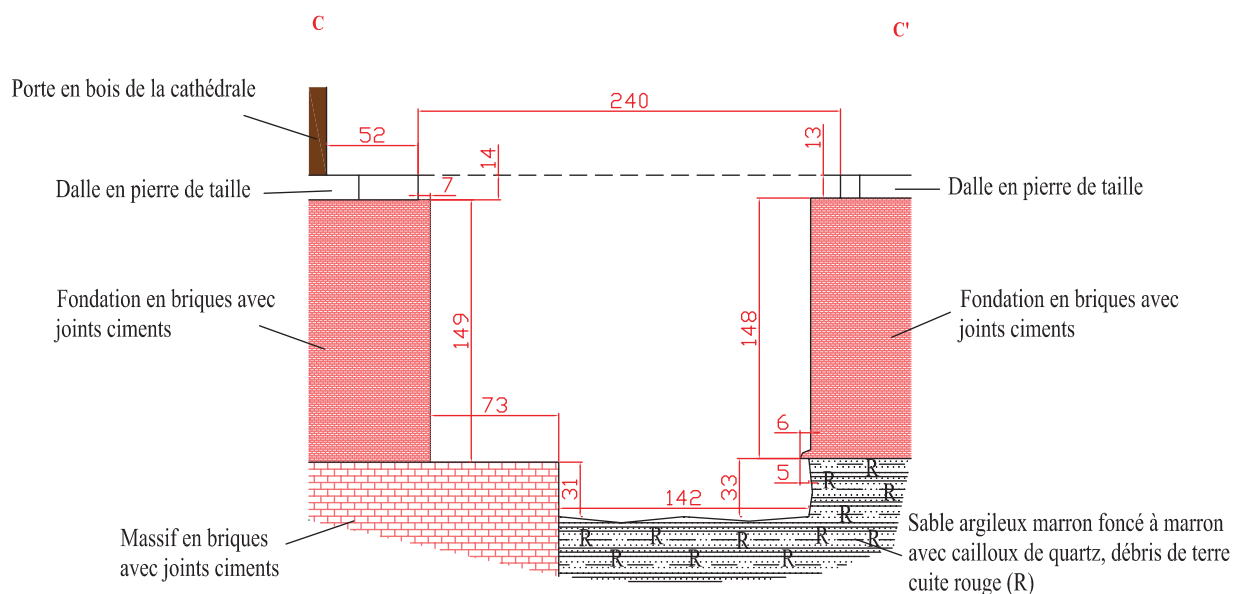
Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF5 CC'

Vue en plan



Vue en coupe



Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/20
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :						Feuille : unique	



Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

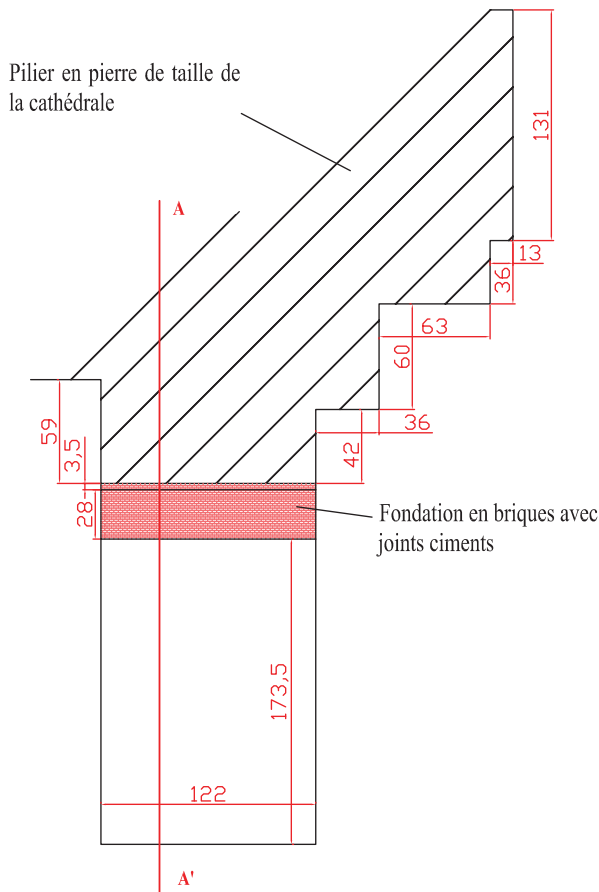


Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa
A	Planche photo de la reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier :DRAC D'OCCITANIE		Adresse : Cathédrale de Montauban		Pièce n° :	
				Echelle : 1/-	
				Feuille : unique	

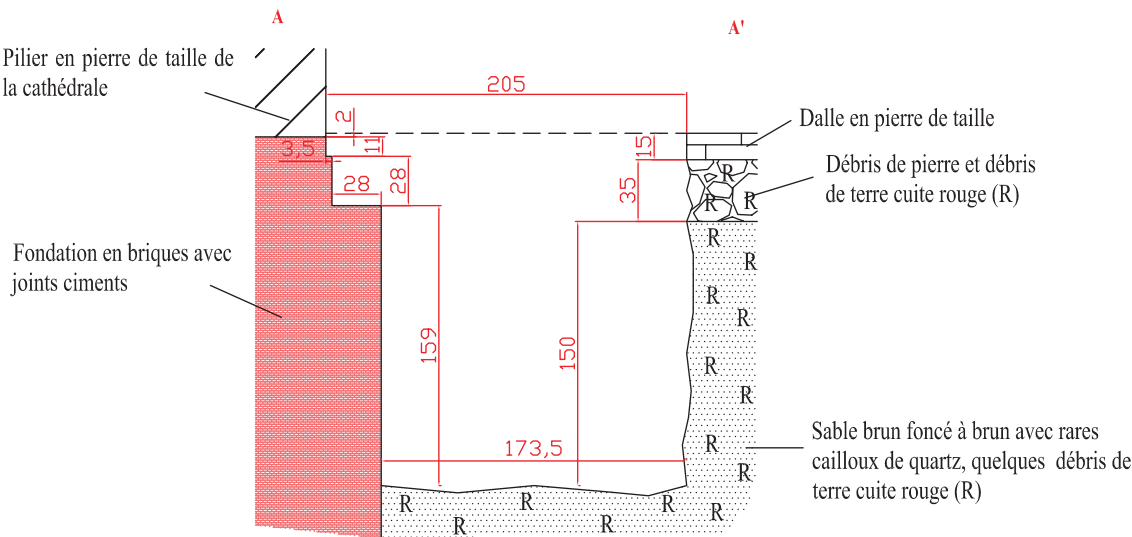


Tel 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

Vue en plan



Vue en coupe



Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visé	Établi / Visé	Approuvé / Visé
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Niveaulement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier :DRAC D'OCCITANIE		Adresse : Cathédrale de Montauban		Taille du plan : A3	
Pièce n° :				Echelle : 1/20	
				Feuille : unique	



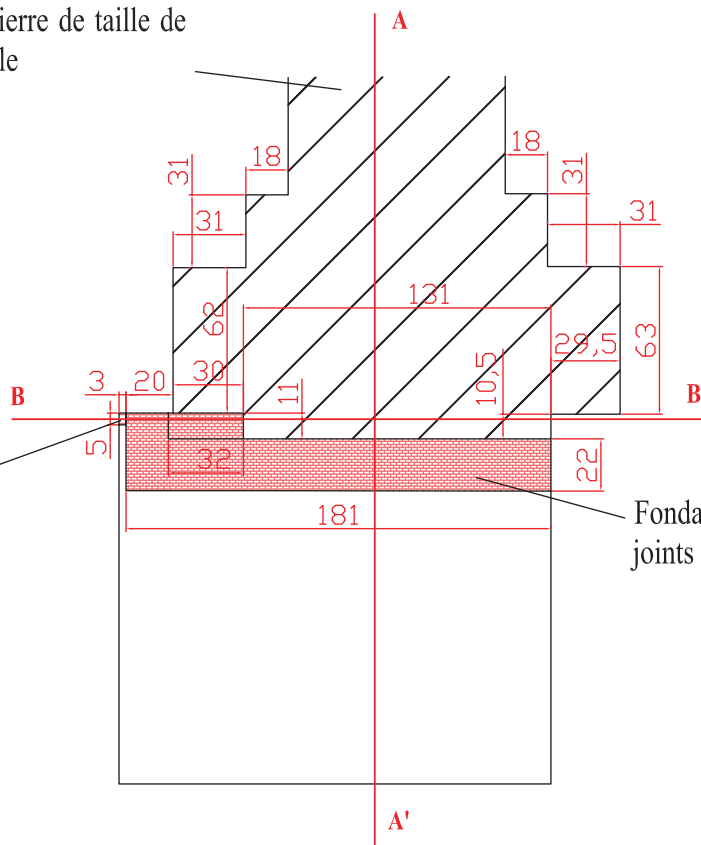
Ind.	Libellé	Date	Dessin	/ Visa	Etabli	/ Visa	Approuvé	/ Visa
A	Planche photo de la reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB		JB		TM	
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/-	
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :							Feuille : unique	

GEOLIA

INGENIERIE
DES SOLS ET FONDATIONS

Tel 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

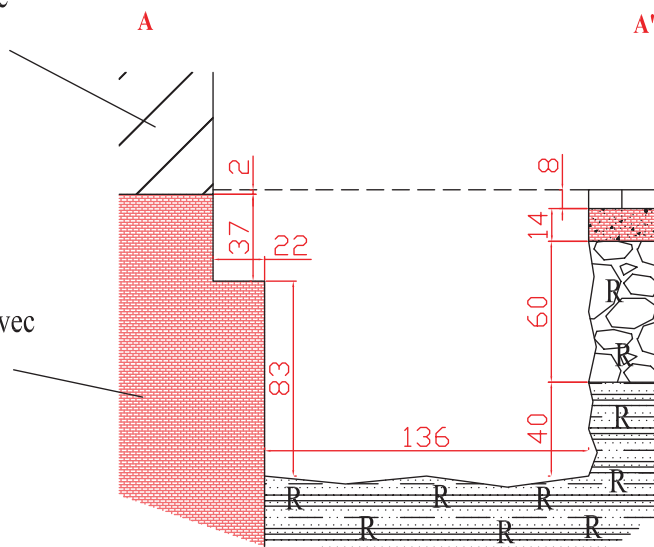
Longrine en briques avec joints
ciments allant vers RF8



- Fondation en briques avec joints ciments

Vue en coupe

Pilier en pierre de taille de la cathédrale



Dalle en pierre de taille

Ciment et dalles de terre cuite

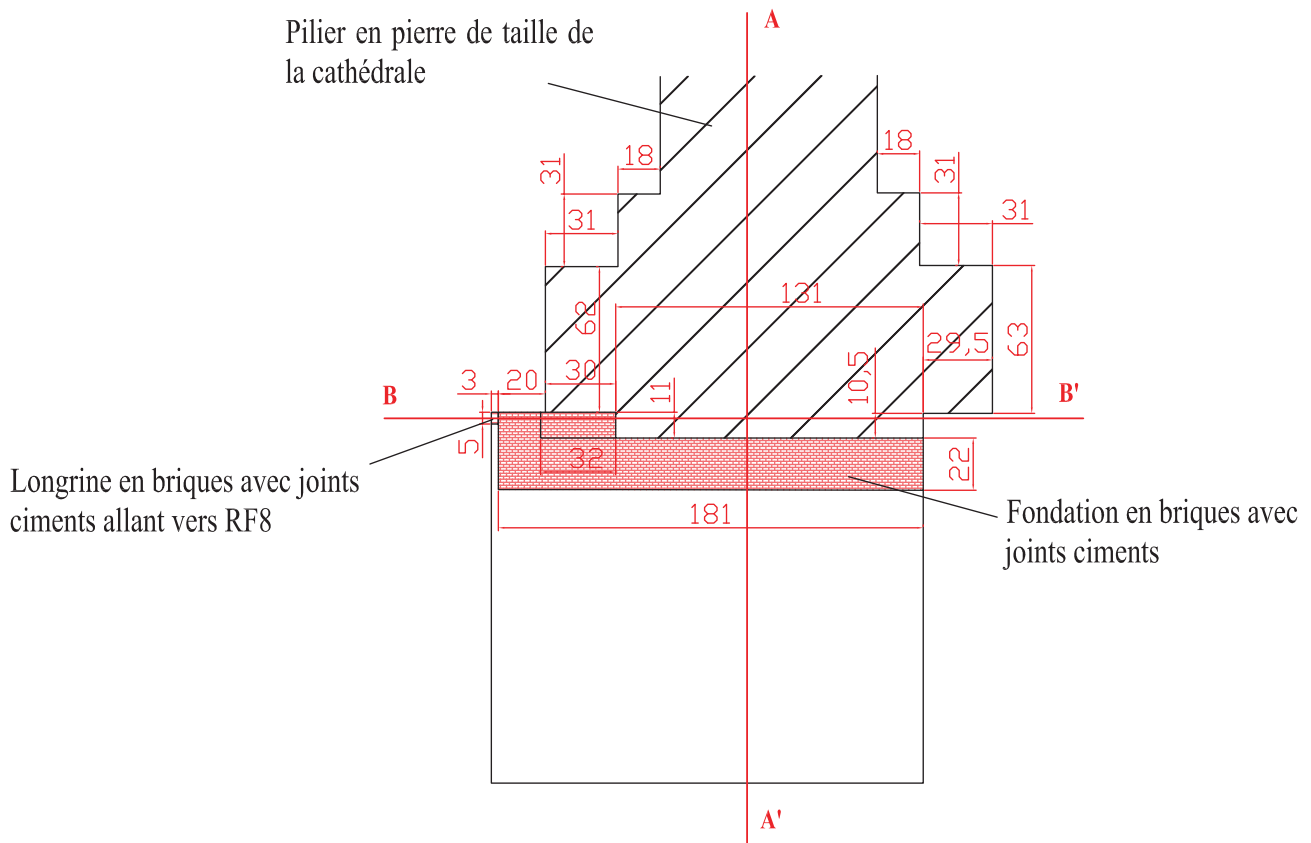
- Débris de pierre et débris
de terre cuite rouge (R)

Sable parfois argileux brun foncé avec débris de terre cuite rouge (R)

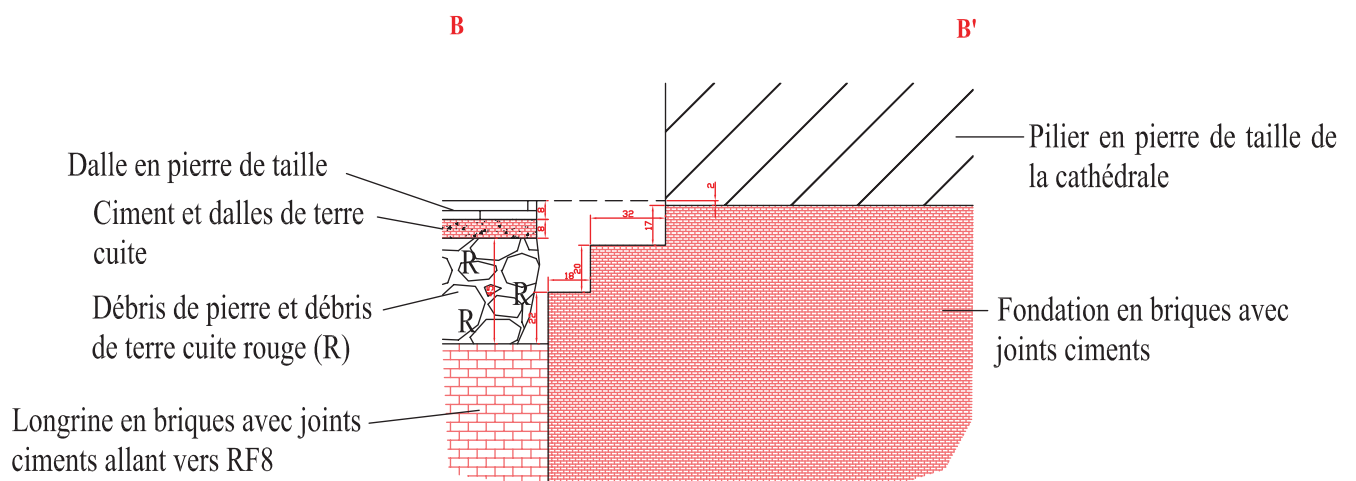
Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du Fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/15
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :					Feuille : unique		

RF7 BB'

Vue en plan



Vue en coupe



Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Établ.	/ Visa	Approuvé	/ Visa
A	Reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB		TM	
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Niveaulement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/15
Chantier : DRAC D'OCCITANIE						Feuille : unique	
Adresse : Cathédrale de Montauban							
Pièce n° :							



Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS



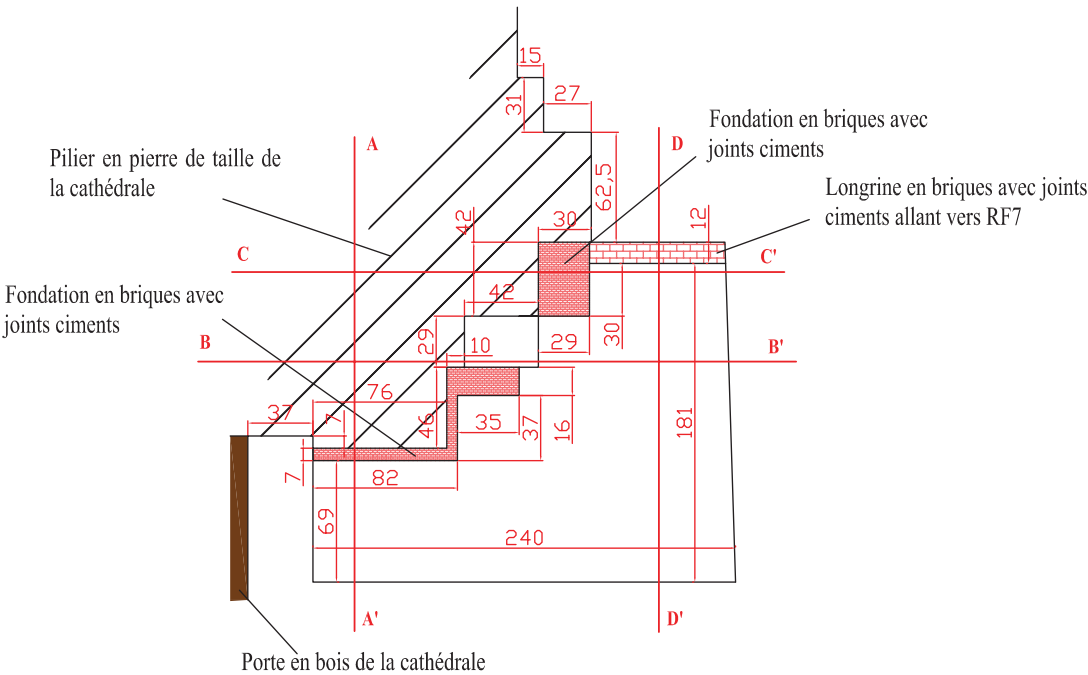
Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Planche photo de la reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/---
Chantier :DRAC D'OCCITANIE							Feuille : unique
Adresse : Cathédrale de Montauban							
Pièce n° :							



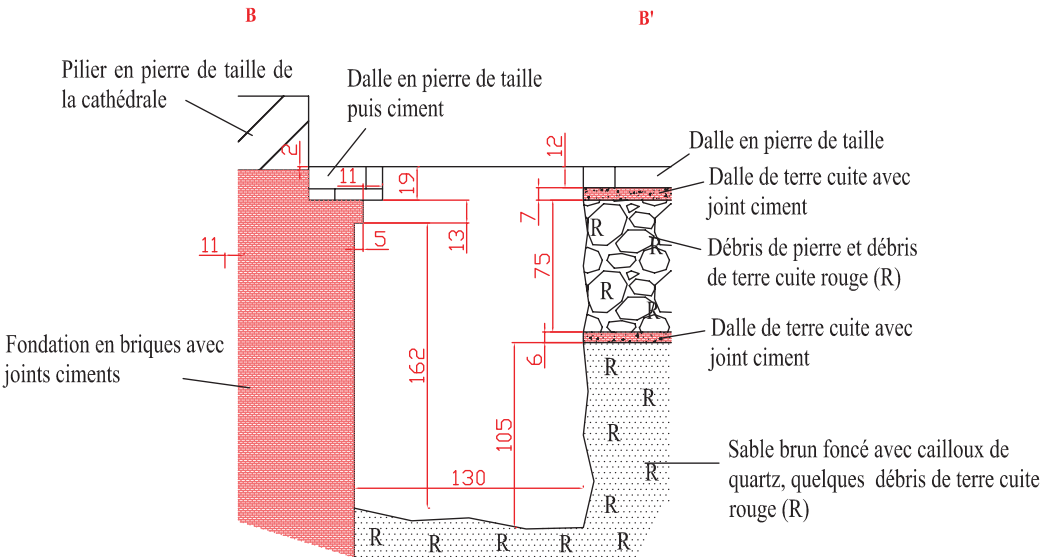
Tel 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF8 BB'

Vue en plan



Vue en coupe



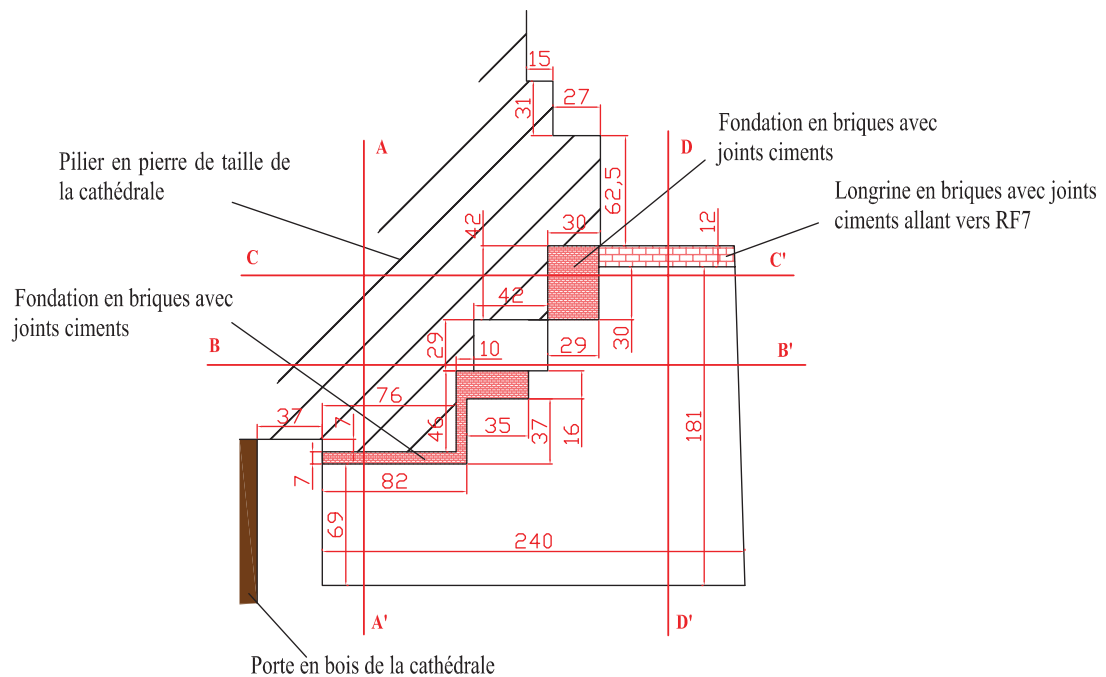
Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visé	Établi / Visé	Approuvé / Visé
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Niveaulement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier : DRAC D'OCCITANIE		Adresse : Cathédrale de Montauban		Pièce n° :	
				Feuille : unique	



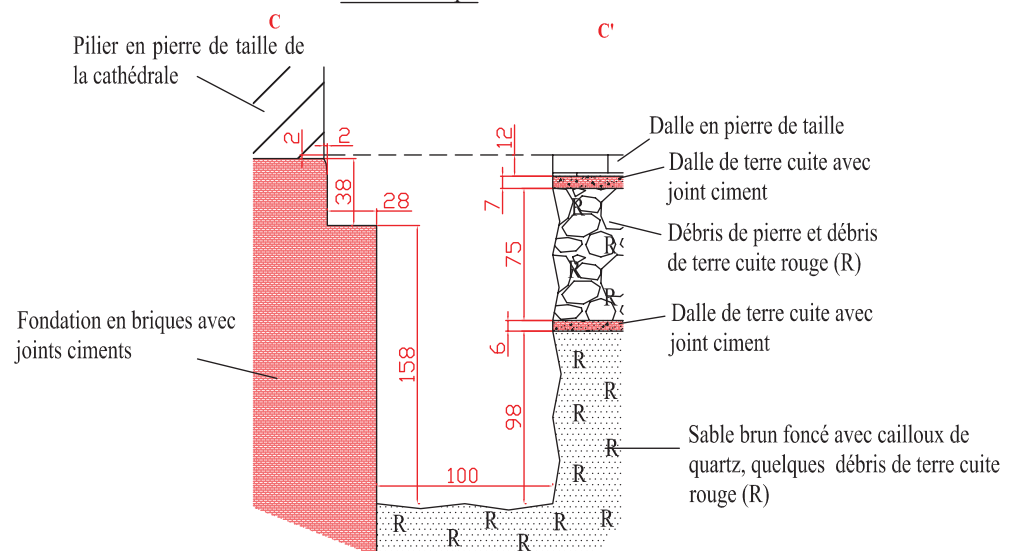
Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF8 CC'

Vue en plan



Vue en coupe



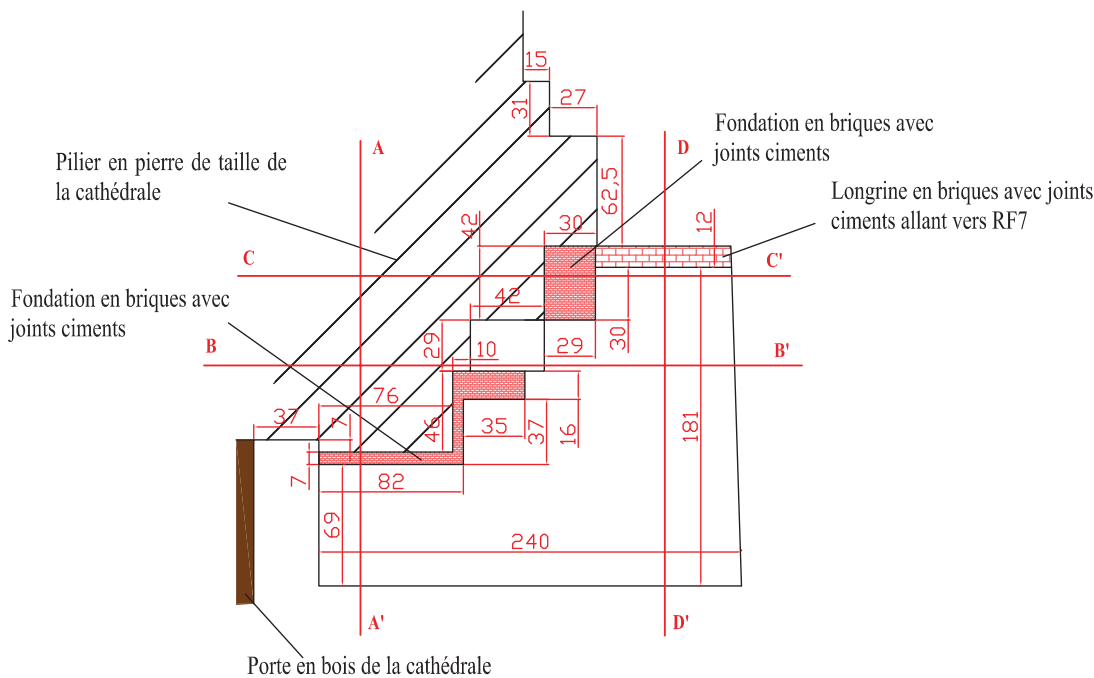
Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :				Taille du plan : A3	Echelle : 1/20
				Feuille : unique	



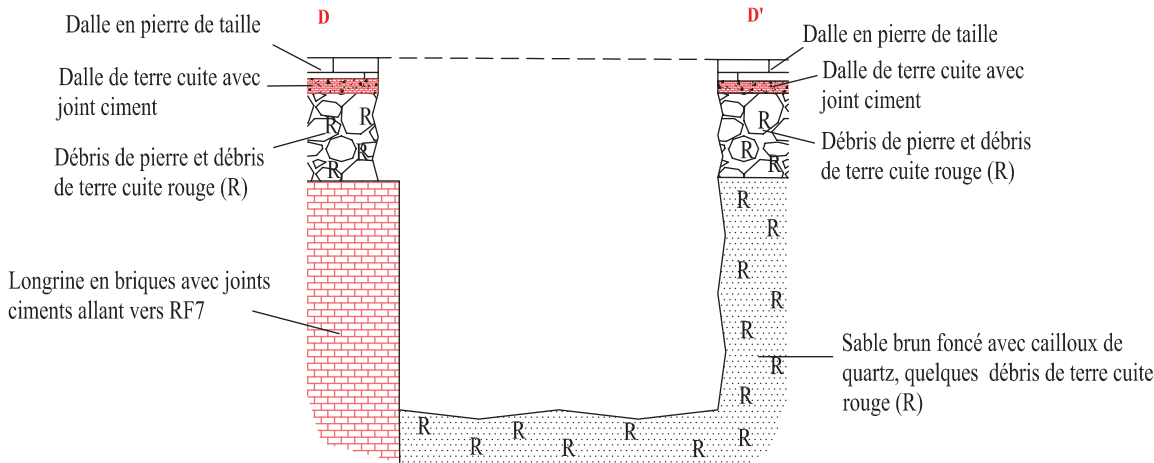
Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

RF8 DD'

Vue en plan



Vue en coupe



Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visé	Établi / Visé	Approuvé / Visé
A	Reconnaissance de fondations	27/07/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Niveaulement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier : DRAC D'OCCITANIE		Adresse : Cathédrale de Montauban		Pièce n° :	
				Feuille : unique	



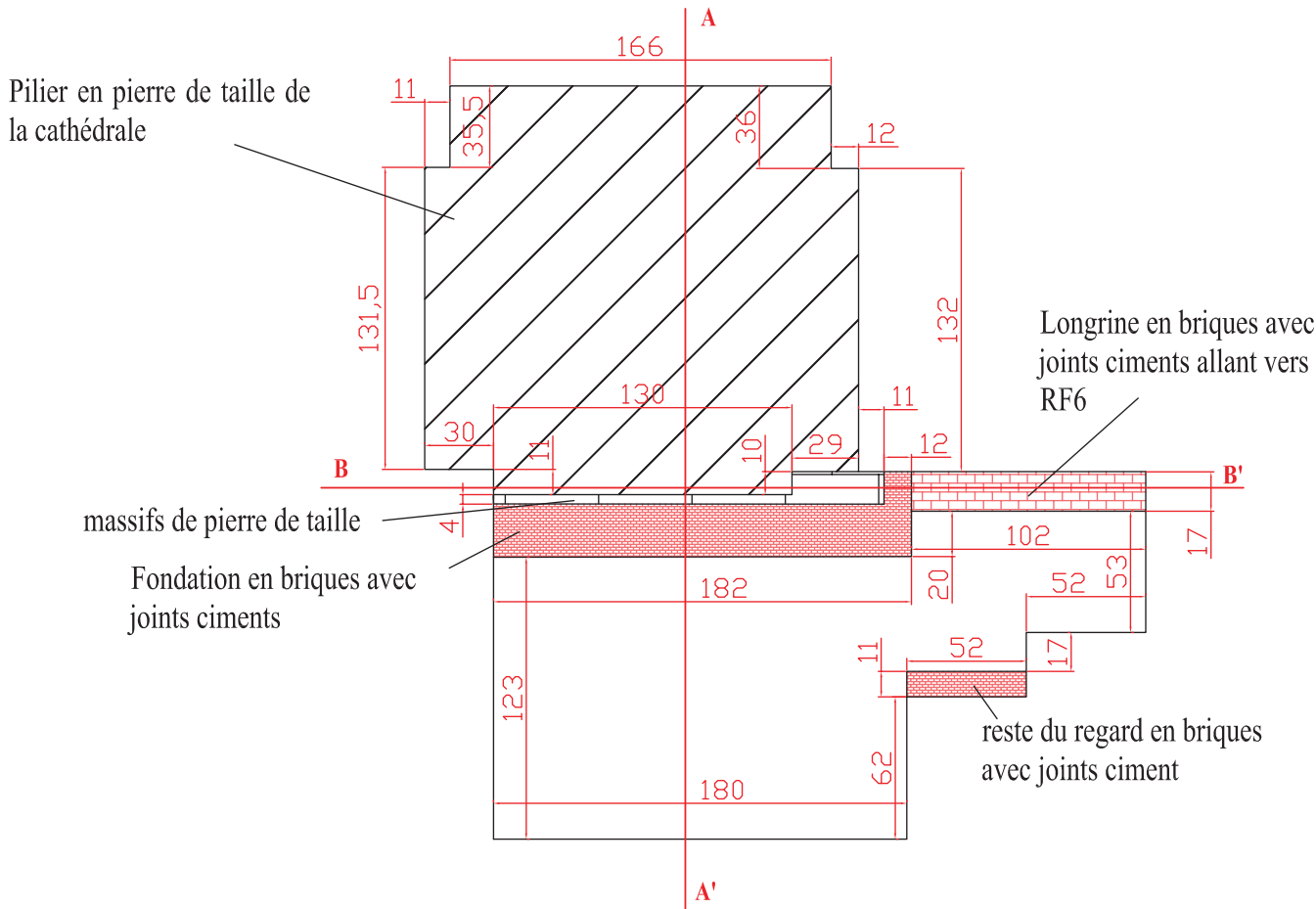
Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS



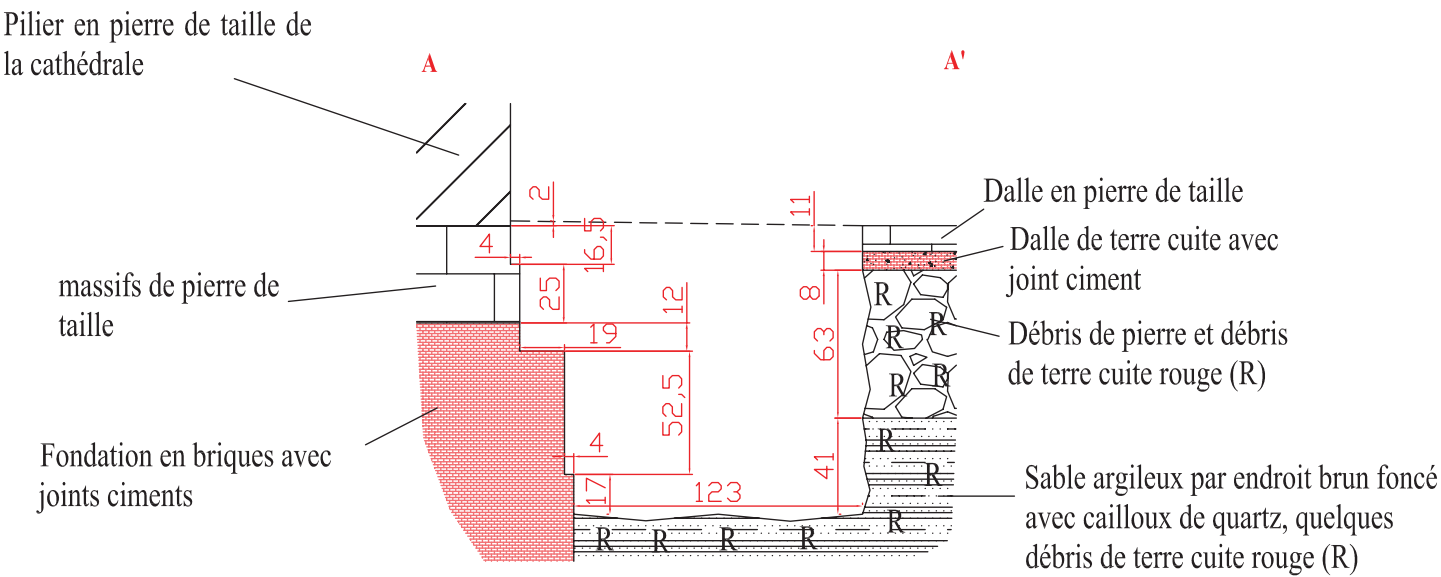
Ind.	Libellé	Date	Dessiné / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa
A	Planche photo de la reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018
Chantier :DRAC D'OCCITANIE		Adresse : Cathédrale de Montauban		Pièce n° :	
				Feuille : unique	



Tel 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS



Vue en coupe



Ind.	Libellé	Date	Dessin	/ Visa	Etabli	/ Visa	Approuvé	/ Visa
A	Reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB		JB		TM	
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/15	
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :							Feuille : unique	

Pilier en pierre de taille de la cathédrale

massifs de pierre de taille

Fondation en briques avec joints ciments

Longrine en briques avec joints ciments allant vers RF6

reste du regard en briques avec joints ciment

Pilier en pierre de taille de la cathédrale

massifs de pierre de taille

Fondation en briques avec joints ciments

Dalle en pierre de taille

Dalle de terre cuite avec joint ciment

Débris de pierre et débris de terre cuite rouge (R)

Longrine en briques avec joints ciments allant vers RF6

Ind.	Libellé	Date	Dessin / Visa	Etabli / Visa	Approuvé / Visa		
A	Reconnaissance de fondations	04/08/2022	JB	JB	TM		
N° de dossier : G220600		Système de Coordonnées : ---		Nivellement : ---	Format du fichier : DWG2018	Taille du plan : A3	Echelle : 1/15
Chantier :DRAC D'OCCITANIE Adresse : Cathédrale de Montauban Pièce n° :							Feuille : unique



Tél 01 69 34 73 04
Fax 01 69 34 75 46
119/131, avenue René Morin
91420 MORANGIS

ANNEXE 6

RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC1

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 3.0-4.0m

Description : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 6,6 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 3 %

Passant à 2 mm = 24 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 0,097 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

D2

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations : Limite B3.

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC1 Date de prélèvement : 31-août-22
Profondeur : 3.0-4.0m Date de l'essai : 2-sept.-22
Température d'étuvage : 105°C
Nature du sol : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	122,9
<i>w (%) 0/5mm</i>	13,3
<i>Masse Sèche de la prise</i>	108,5
<i>C (%) 0/5 mm</i>	51,5
<i>V (cm3)</i>	20,4
<i>VBS_{0/5} (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =</i>	0,2
<i>VBS_{0/D} (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =</i>	0,1

Observations :

VBS = 0,1 (g_{bleu}/100g_{mat. sec})

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage

selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC1

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 3.0-4.0m

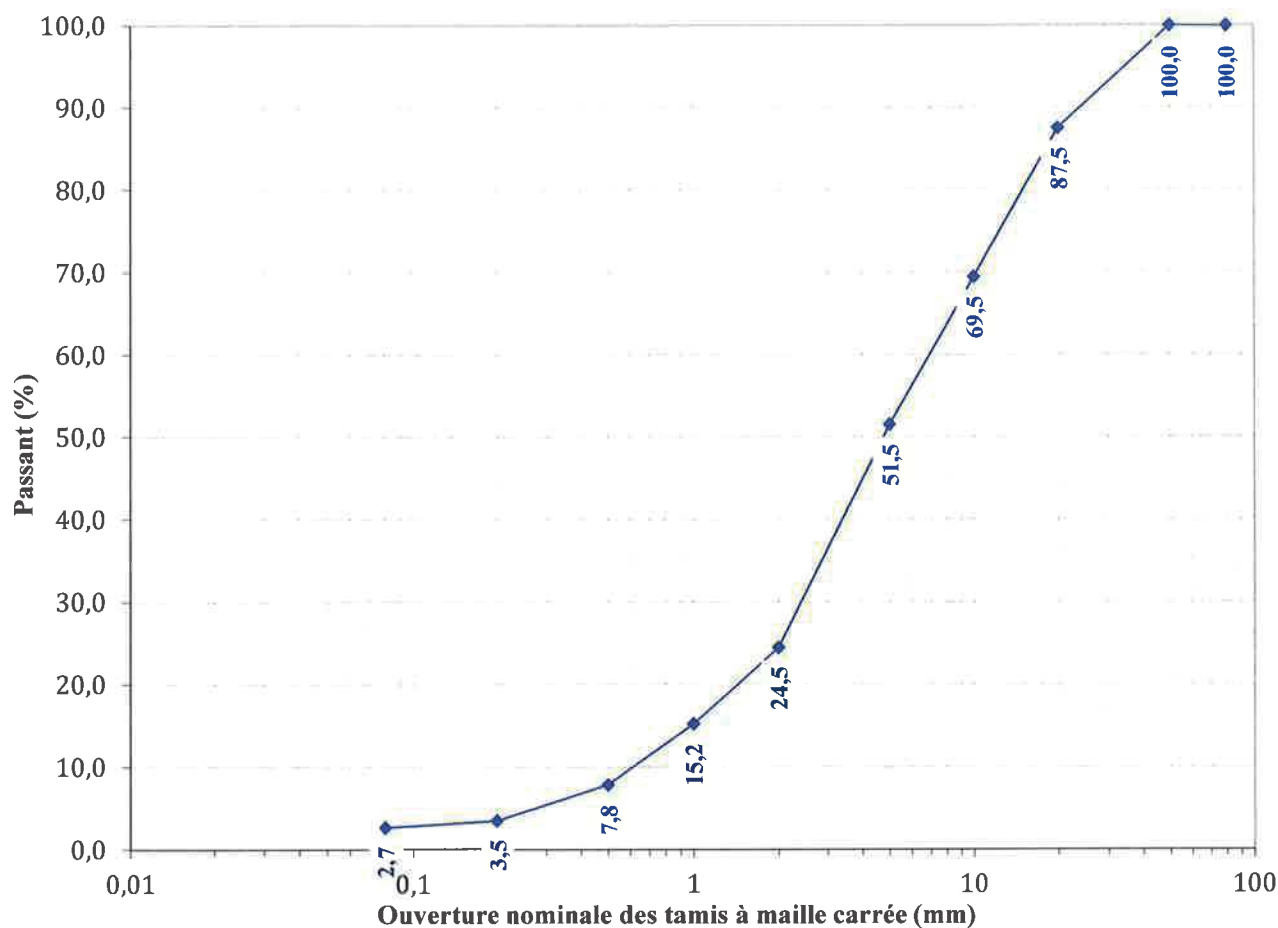
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	2,7	3,5	7,8	15,2	24,5	51,5	69,5	87,5	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 36$ mm

$d_{60} = 7,363$ mm

$d_{30} = 2,611$ mm

$d_{10} = 0,646$ mm

Facteur de courbure : $C_c = 1,4$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u = 11,4$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm					Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	
SC1	3.0-4.0m	Grave siliceuse et grossièrement sableuse	6,6	0,1	36	100	52	24	3	#VALEUR!	/	/	/	D2

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC1

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.40m

Description : Molasse hétérogène, finement sableuse et modérément argileuse mais peu plastique, avec une veine noirâtre témoignant d'un passage d'eau.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 17,6 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 78 %

Passant à 2 mm = 100 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 1,85 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 18,6$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

A2

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,0$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

h

Observations : Proche A1.

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage
selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC1

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.40m

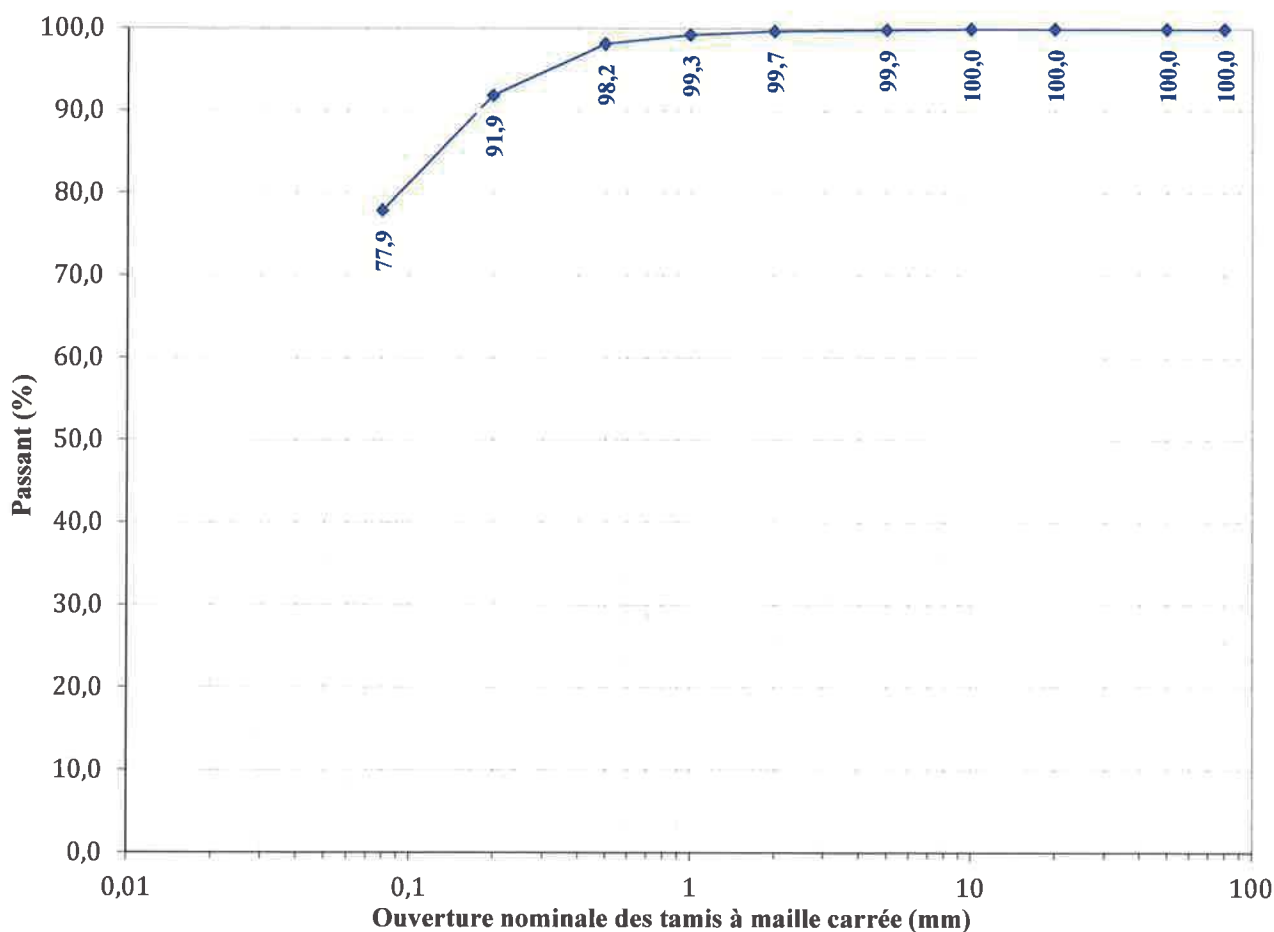
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Molasse hétérogène, finement sableuse et modérément argileuse mais peu plastique, avec une veine noirâtre témoignant d'un passage d'eau.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	77,9	91,9	98,2	99,3	99,7	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 6$ mm

$d_{60} = /$ mm

$d_{30} = /$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC1

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.40m

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

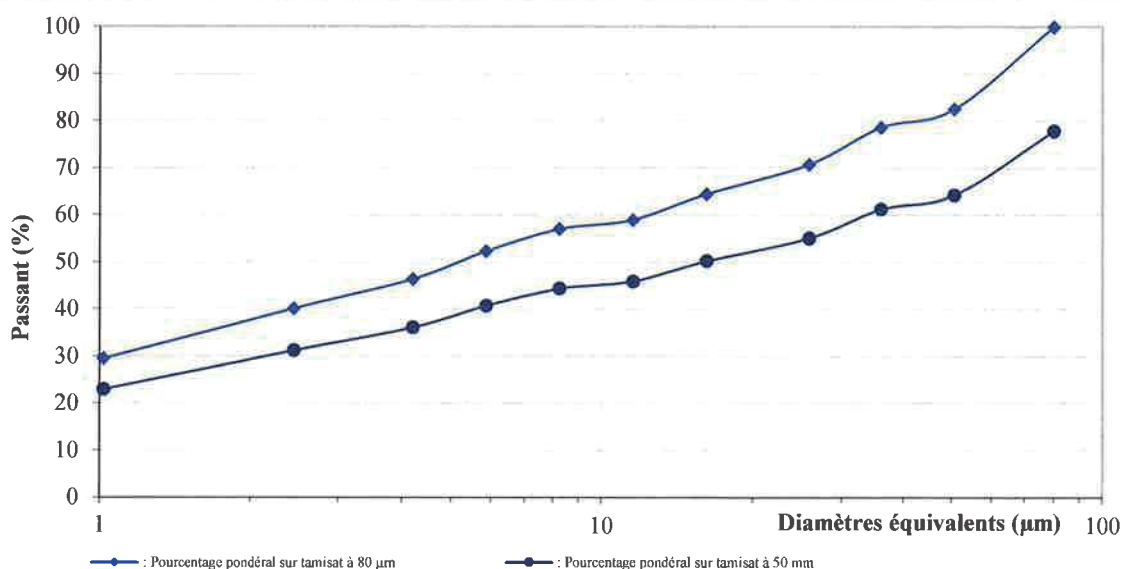
Nature du sol : Molasse hétérogène, finement sableuse et modérément argileuse mais peu plastique, avec une veine noirâtre témoignant d'un passage d'eau.

Passant à 80 μm (%) = 77,9

Passant à 2 μm (%) = 29

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (μm)	P % (sur tamis à 80 μm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0200	24,3	0,0011	50,6	82,6	64,3
1 min	1,0190	24,3	0,0011	36,0	78,6	61,3
2 min	1,0170	24,3	0,0011	25,9	70,8	55,1
5 min	1,0154	24,3	0,0011	16,2	64,5	50,2
10 min	1,0140	24,3	0,0011	11,6	59,0	45,9
20 min	1,0132	24,3	0,0014	8,2	57,0	44,4
40 min	1,0120	24,3	0,0014	5,9	52,3	40,7
1 h 20	1,0104	24,3	0,0015	4,2	46,4	36,1
4 h	1,0088	24,3	0,0015	2,5	40,1	31,2
24 h	1,0065	24,0	0,0011	1,0	29,5	23,0



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1 \text{ cm}$ $H_1 = 1,9 \text{ cm}$ $h_1 = 17,5 \text{ cm}$ $V_d = 49,85 \text{ cm}^3$

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = - 0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3 \text{ cm}^2$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

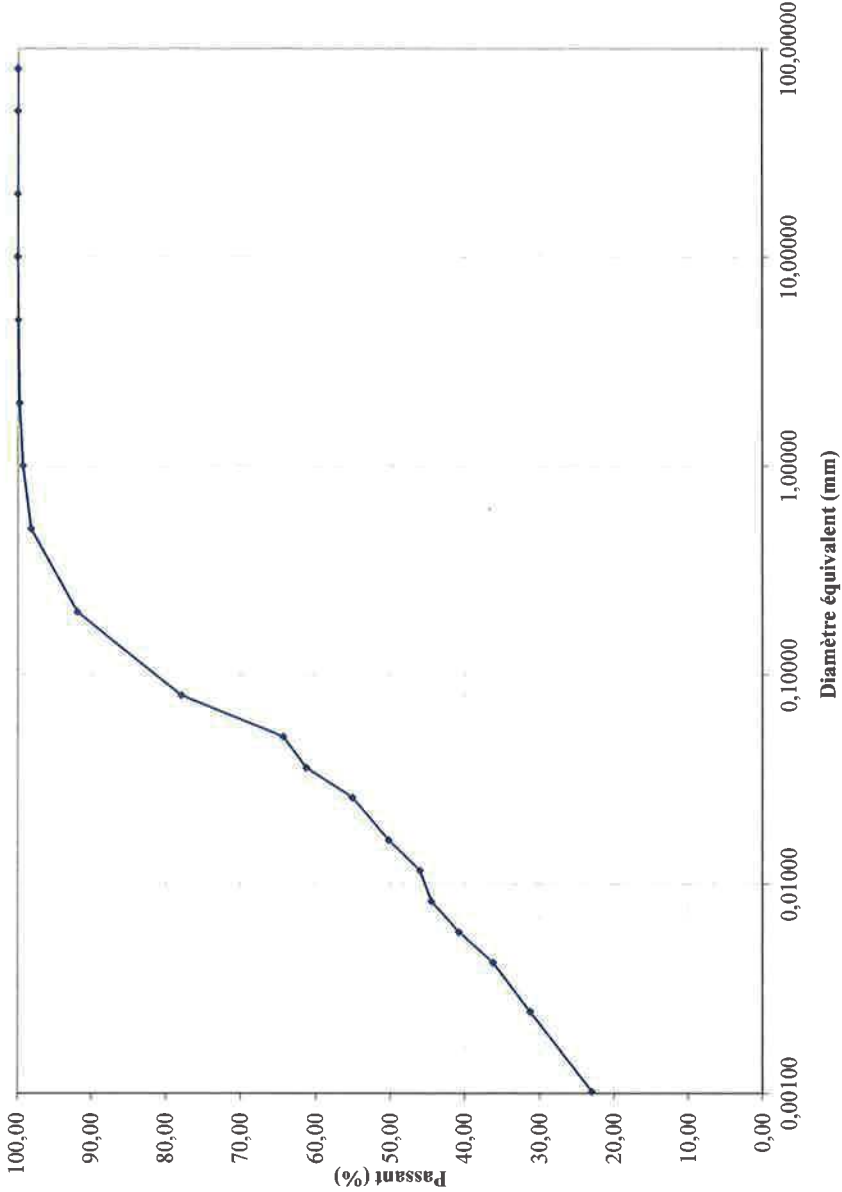
Dossier :
Echantillon :
 Sondage :
 Profondeur :
 Température d'étuvage : 105°C
 Nature du sol :

G220600 MONTAUBAN
 - SC1
 7.0-8.0m vers 7.40m
 Molasse hétérogène, finement sableuse et modérément argileuse mais peu plastique, avec une veine

	tamais	Passant (%)
µm	1,0	22,97
	2,5	31,24
	4,2	36,14
	5,9	40,73
	8,2	44,41
	11,6	45,94
	16,2	50,23
	25,9	55,13
	36,0	61,25
	50,6	64,32
mm	80	77,89
	0,20	91,89
	0,50	98,16
	1	99,27
	2	99,72
	5	99,90
	10	100,00
	20	100,00
	50	100,00
	80	100,00

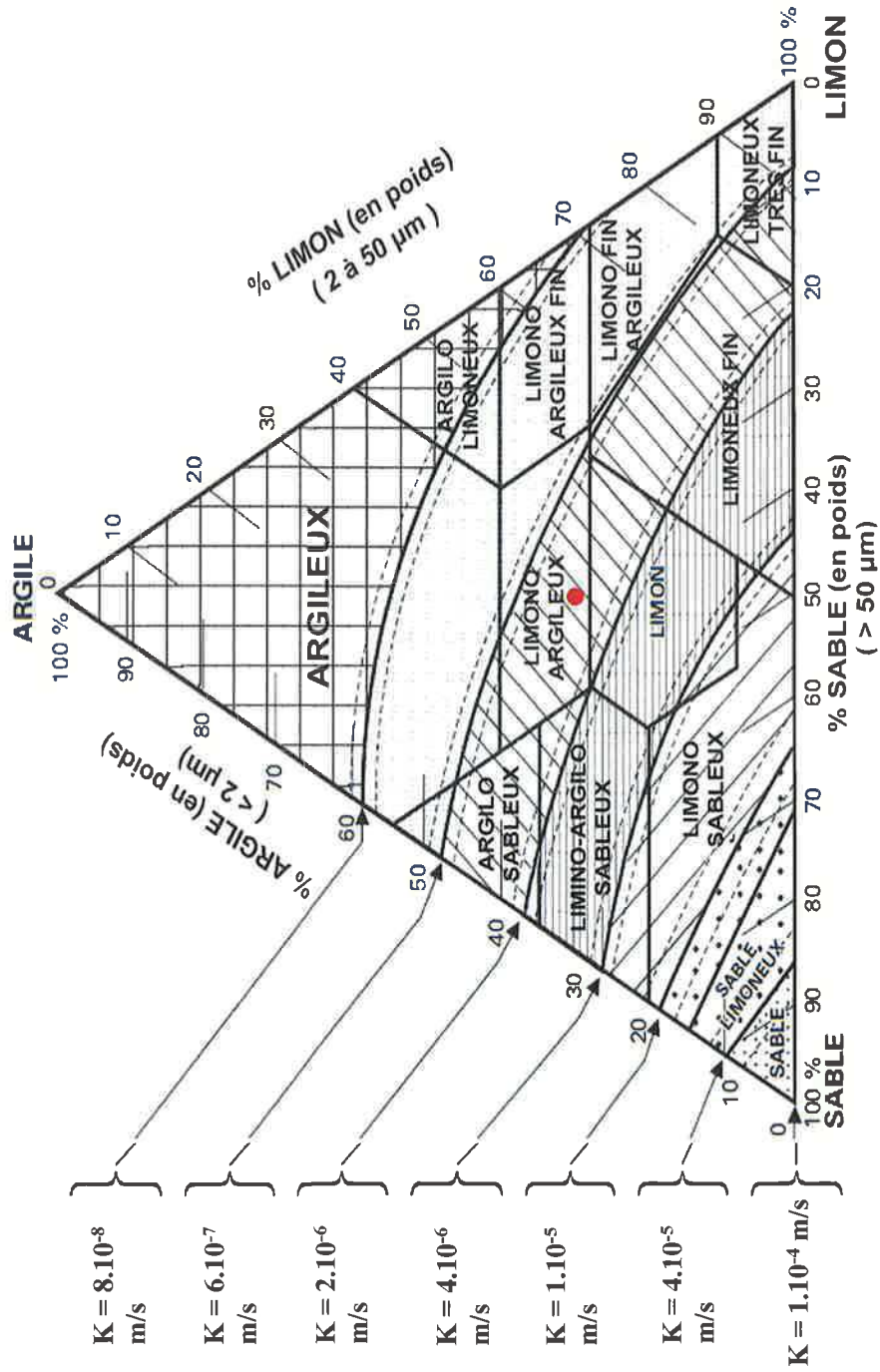
Etabli par : A.J
 Le: 02/09/2022

Analyse granulométrique complète
 selon les NF P 94-056 et NF P 94-057



Observations :
 passant à 2 µm = 29%
 passant à 50 µm = 64%

Argile	Limons	Sable	Dénomination	profondeur
% Argile I	29,32 %	% Sable I	Limons argileux	7,0-8,0m vers 7,40m



Evaluation de la perméabilité associée (d'après P. Roy et D. Mercier - 2011)

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC1

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.40m

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse hétérogène, finement sableuse et modérément argileuse mais peu plastique, avec une veine noirâtre témoignant d'un passage d'eau.

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Teneur en eau naturelle (%) = 17,6 (fraction 0/D mm)

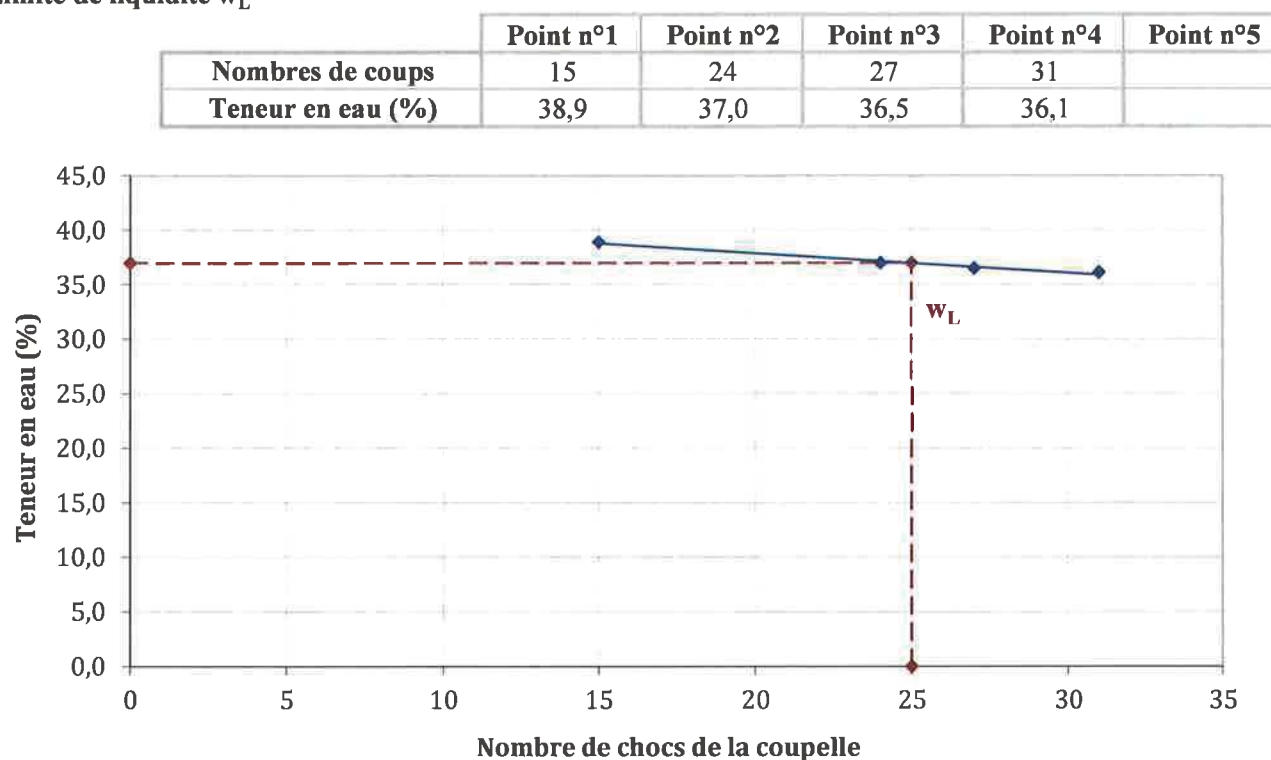
Passant à 80 µm (%) = 77,9

Teneur en eau naturelle (%) = 18,0 (fraction 0/400 µm)

Passant à 400 µm (%) = 97,9

Résultats de l'essai :

Limite de liquidité w_L



Limite de plasticité w_p

	Point n°1	Point n°2
Teneur en eau (%)	18,4	18,3

Synthèse

Limite de liquidité w_L = 37,0 %

Limite de plasticité w_p = 18,4 %

Indice de plasticité I_p = 18,6 d'où la classe GTR : **A2**

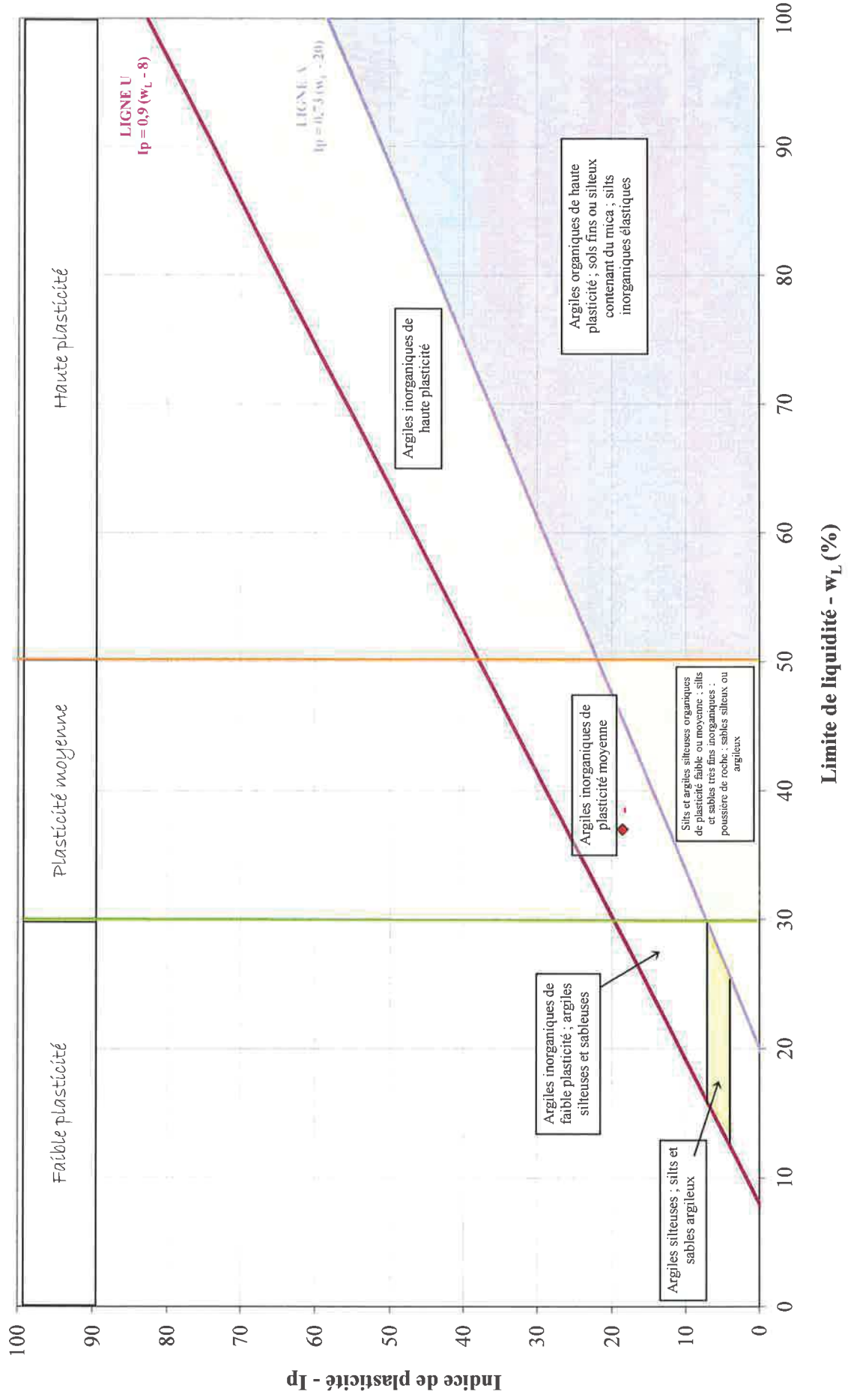
Indice de consistance I_c = 1,0 d'où l'état hydrique : **h**

(pour mémoire, l' I_c est une notion du GTR 92)

Etabli par : SDe

Le: 02/09/2022

Diagramme de Plasticité d'après Casagrande



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<3 mm	<30 µm	<2 µm	w _L (%)	w _P (%)	I _p	I _L	
SC1	-8.0m vers 7.4	Molasse hétérogène, finement sableuse et modérément argileuse mais peu plastique, avec une veine noireâtre témoignant d'un passage d'eau.	17.6	1.9	6	100	100	100	78	29	37.0	18.4	18.6	1,04024797	A2

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 3.0-3.70m vers 3.30m

Description : Vase sableuse noirâtre.

Température d'étuvage : 50°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 23,6 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 40 %

Passant à 2 mm = 85 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 1,1 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 13,3$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = 1,3 \%$

Classe de matériau =

A2

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 0,7$ (Donné à titre indicatif)

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

th

Observations : Limite A1.

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2 Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 3.0-3.70m vers 3.30m Date de l'essai : 8-août-22

Température d'étuvage : 50°C

Nature du sol : Vase sableuse noirâtre.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	83,3
<i>w (%) 0/5mm</i>	23,2
<i>Masse Sèche de la prise</i>	67,6
<i>C (%) 0/5 mm</i>	93,7
<i>V (cm3)</i>	80,0
<i>VBS</i> 0/5 (gbleu/100gmat. sec) =	1,2
<i>VBS</i> 0/D (gbleu/100gmat. sec) =	1,1

Observations :

VBS = 1,1 (gbleu/100gmat. sec)

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage

selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Profondeur : 3.0-3.70m vers 3.30r

Nature du sol : Vase sableuse noirâtre.

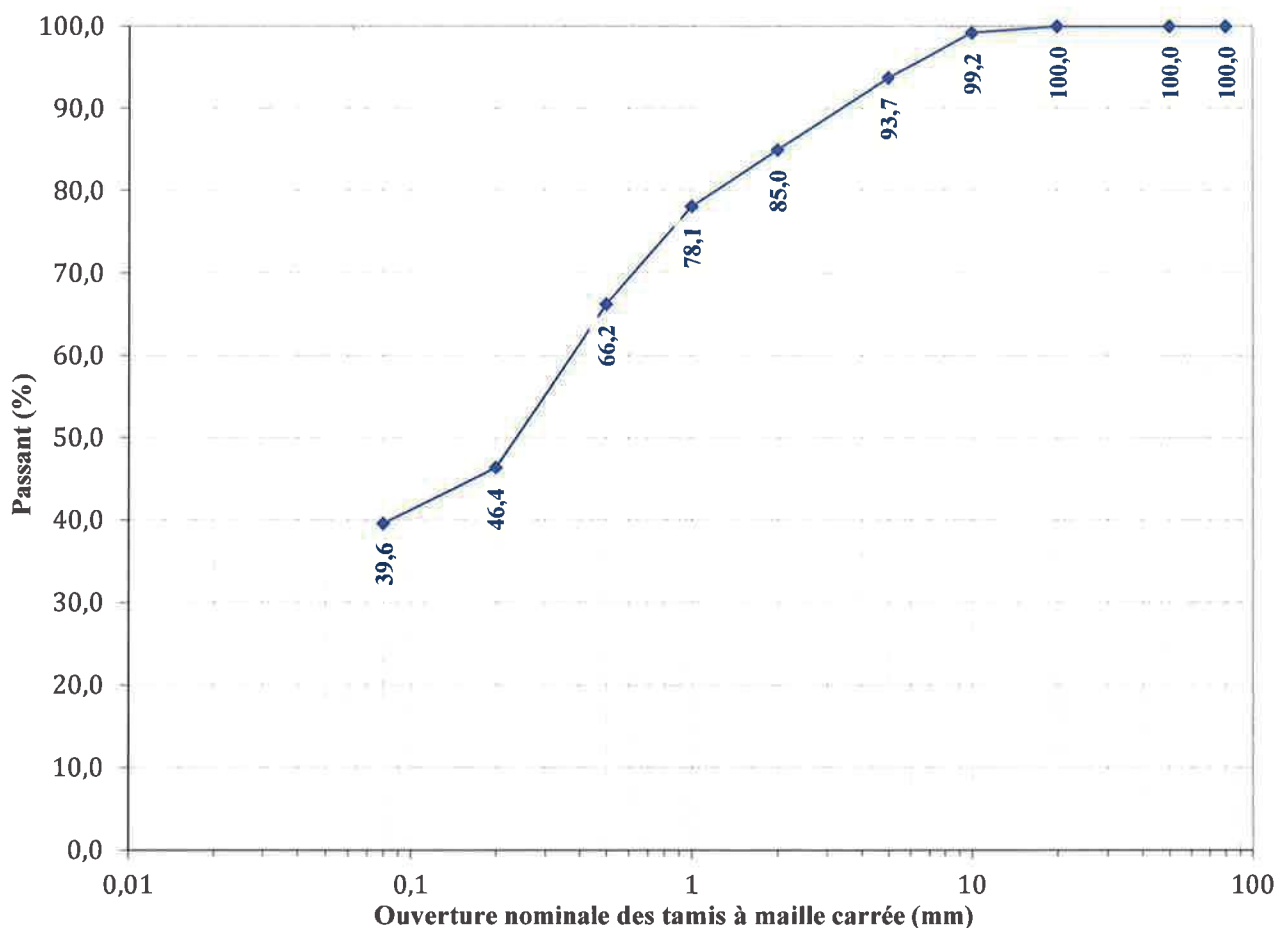
Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 50°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	39,6	46,4	66,2	78,1	85,0	93,7	99,2	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 16$ mm

$d_{60} = 0,406$ mm

$d_{30} = /$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Profondeur : 3.0-3.70m vers 3.30m

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

Température d'étuvage : 50°C

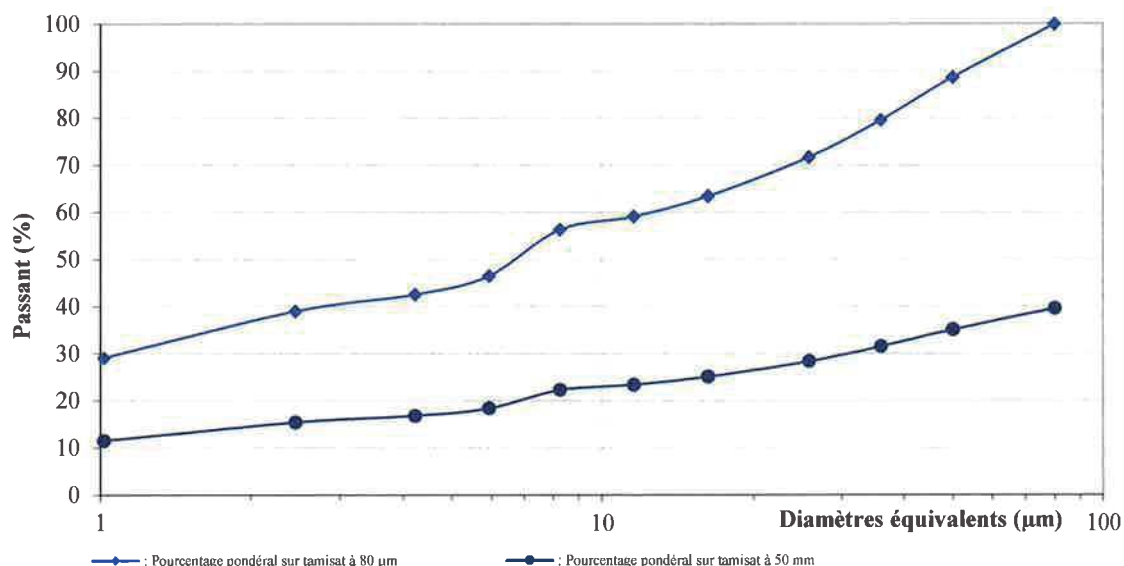
Nature du sol : Vase sableuse noirâtre.

Passant à 80 µm (%) = 39,6

Passant à 2 µm (%) = 15

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0215	24,3	0,0011	50,0	88,7	35,2
1 min	1,0192	24,3	0,0011	36,0	79,6	31,6
2 min	1,0172	24,3	0,0011	25,8	71,7	28,4
5 min	1,0151	24,3	0,0011	16,3	63,5	25,2
10 min	1,0140	24,3	0,0011	11,6	59,1	23,4
20 min	1,0130	24,3	0,0014	8,3	56,4	22,3
40 min	1,0105	24,3	0,0014	5,9	46,5	18,4
1 h 20	1,0094	24,3	0,0015	4,2	42,6	16,9
4 h	1,0085	24,3	0,0015	2,5	39,0	15,5
24 h	1,0064	24,2	0,0011	1,0	29,2	11,6



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = -0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3$ cm²

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

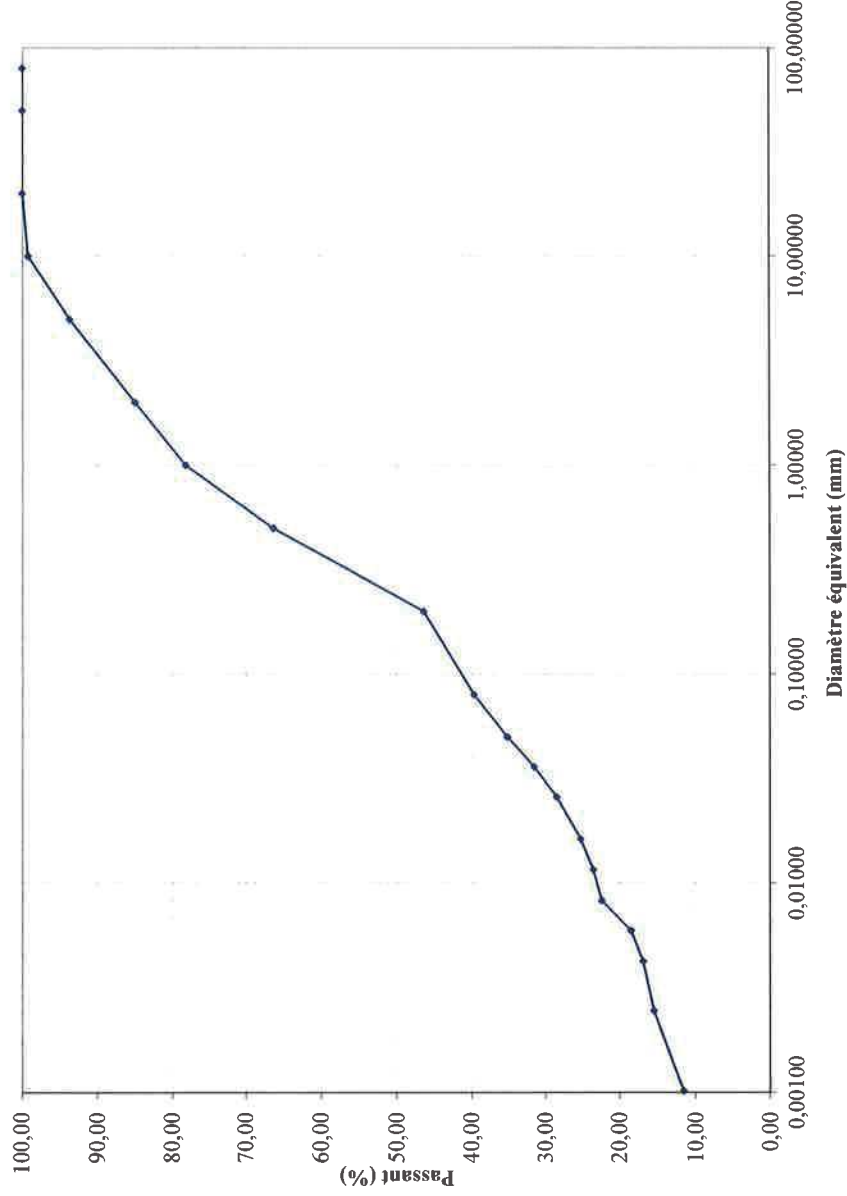
Dossier : G220600 MONTAUBAN
Echantillon : -
Sondage : SC2
Profondeur : 3.0-3.70m vers 3.30m
Température d'étuvage : 50°C
Nature du sol : Vase sableuse noirâtre.

tamis	Passant (%)
1,0	11,56
2,5	15,47
4,2	16,87
5,9	18,44
8,3	22,34
11,6	23,43
16,3	25,15
25,8	28,43
36,0	31,56
50,0	35,15
80	39,63
0,20	46,40
0,50	66,25
1	78,14
2	84,98
5	93,73
10	99,21
20	100,00
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J
Le: 08/08/2022

Analyse granulométrique complète

selon les NF P 94-056 et NF P 94-057



Observations :

passant à 2 μm = 15%
passant à 50 μm = 35%

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Profondeur : 3.0-3.70m vers 3.30m

Température d'étuvage : 50°C

Nature du sol : Vase sableuse noirâtre.

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

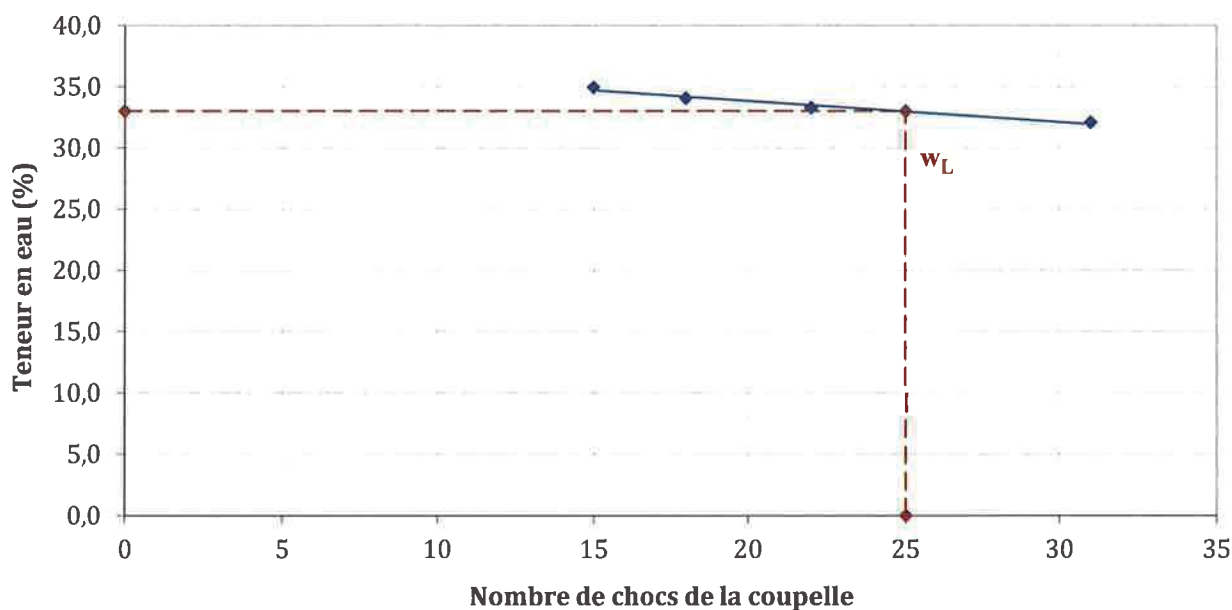
Teneur en eau naturelle (%) = 23,6 (fraction 0/D mm)
Teneur en eau naturelle (%) = 45,9 (fraction 0/400 µm)

Passant à 80 µm (%) = 39,6
Passant à 400 µm (%) = 51,3

Résultats de l'essai :

Limite de liquidité w_L

	Point n°1	Point n°2	Point n°3	Point n°4	Point n°5
Nombres de coups	15	18	22	31	
Teneur en eau (%)	35,0	34,1	33,3	32,1	



Limite de plasticité w_p

	Point n°1	Point n°2
Teneur en eau (%)	19,5	19,9

Synthèse

Limite de liquidité w_L = 33,0 %

Limite de plasticité w_p = 19,7 %

Indice de plasticité I_p = 13,3 d'où la classe GTR :

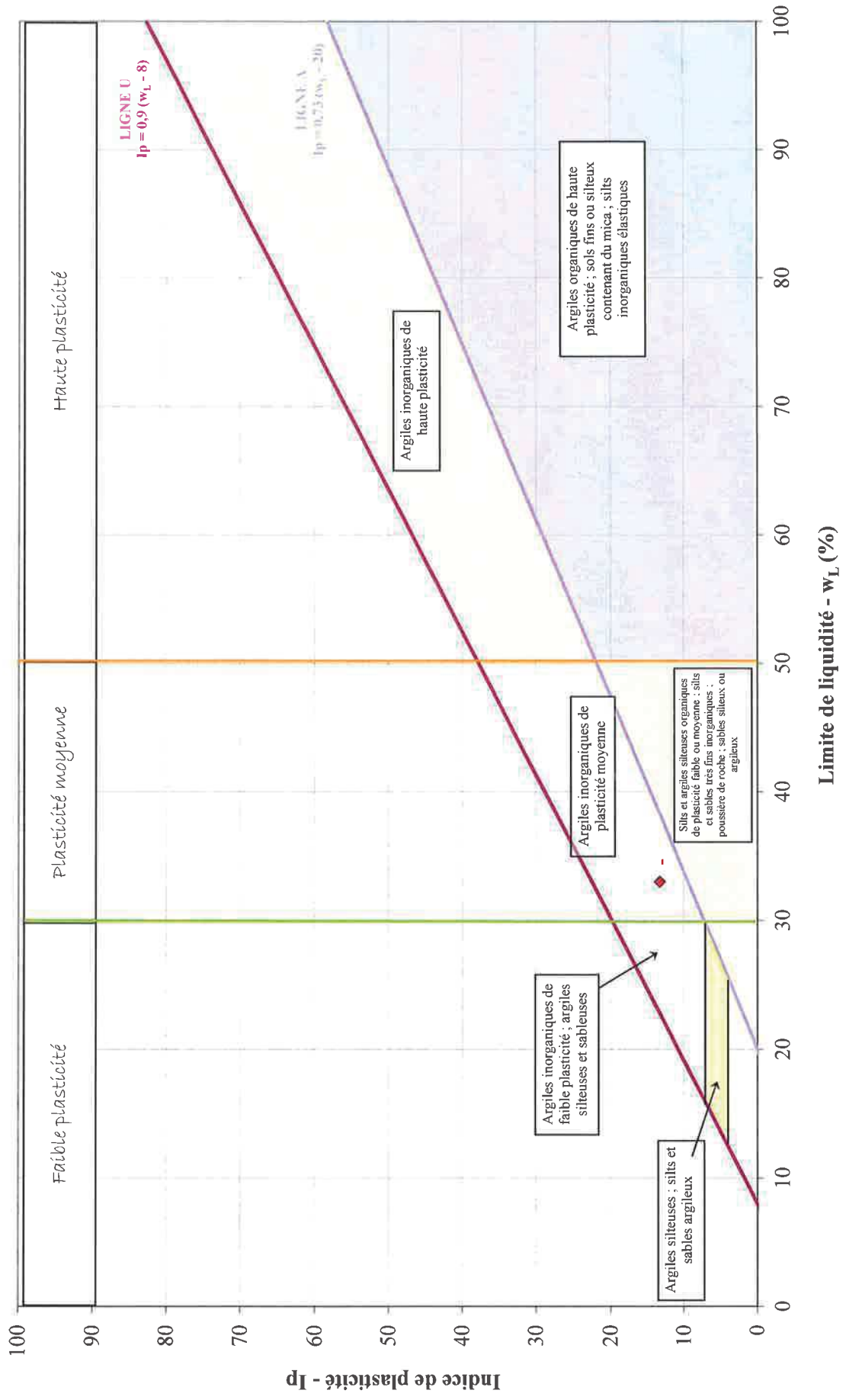
Indice de consistance I_c = / d'où l'état hydrique :

(pour mémoire, l' I_c est une notion du GTR 92)

A2

l' I_c devient obsolète pour un passant à 400 µm < 80 %

Diagramme de Plasticité d'après Casagrande



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _a (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
SC2	3.70m vers 3.	Vase sableuse noirâtre	23.6	1.1	D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	L _i	A2
					16	100	94	85	40	15	33.0	19.7	13.3	/	

Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _L	
SC2	3.70m vers 3	Vase sableuse noirâtre.	23.6	1.1	16	100	94	85	40	15	33.0	19.7	13.3	/	A2

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 7.0-7.80m vers 7.20m

Description : Grave siliceuse, grossièrement sableuse et propre.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 5,0 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 3 %

Passant à 2 mm = 34 %

Passant à 50 mm = 83 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 0,02 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

D3

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{OPN}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations : Limite A1.

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Procès verbal de la détermination de la valeur de Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache selon la NF P 94-068

Dossier : **G220600 MONTAUBAN**

Echantillon :

Sondage : SC2 Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 7.0-7.80m vers 7.20m Date de l'essai : 8-août-22

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Grave siliceuse, grossièrement sableuse et propre.

Résultats de l'essai :

	échantillon
Masse humide de la prise	135,6
w (%) 0/5mm	10,9
Masse Sèche de la prise	122,2
C (%) 0/5 mm	41,3
V (cm3)	5,0
VBS 0/5 (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =	0,0
VBS 0/D (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =	0,0

Observations :

VBS = 0,0 (gbleu/100gmat. sec)

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage

selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC2

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 7.0-7.80m vers 7.20r

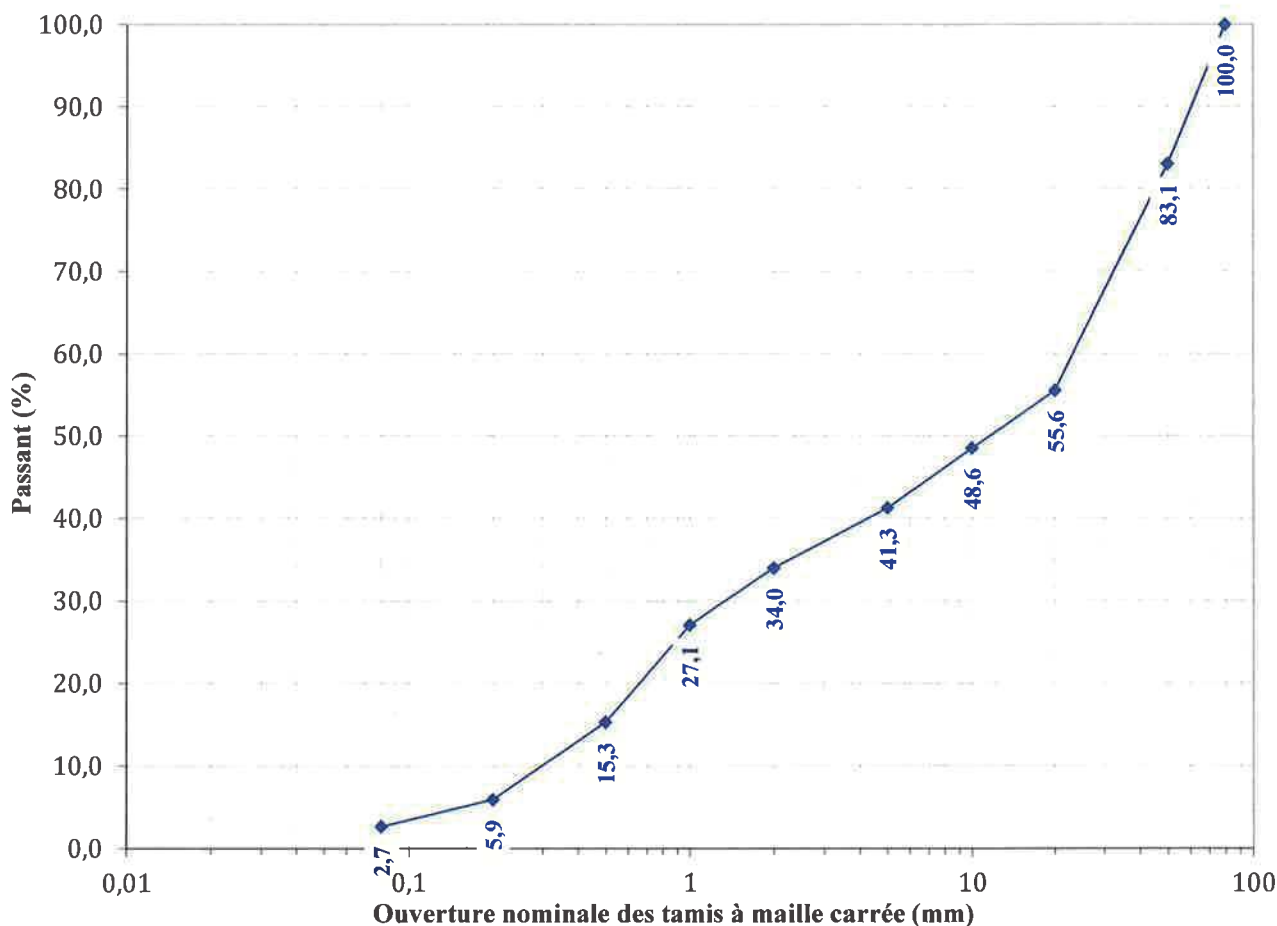
Date de l'essai : 8-août-22

Nature du sol : Grave siliceuse, grossièrement sableuse et propre.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	2,7	5,9	15,3	27,1	34,0	41,3	48,6	55,6	83,1	100,0



Observations :

$d_m = 60$ mm

$d_{60} = 0,406$ mm

$d_{30} = /$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _a (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					Dmax mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _L	
SC2	7.80m vers 7;	Grave siliceuse, grossièrement sableuse et propre.	5,0	0,0	60	83	41	34	3	#VALEUR!	/	/	/	/	D3

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m

Description : Molasse indurée marron clair, finement
sableuse, silteuse et très légèrement argileuse;
homogène.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 18,1 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 72 %

Passant à 2 mm = 89 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 2,07 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 10,8$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

A1

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,6$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{OPN}$

**Indice Portant Immédiat à la teneur en eau
naturelle selon la NF P 94-078**

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations :

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Procès verbal de la détermination de la valeur de Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache selon la NF P 94-068

Dossier : **G220600 MONTAUBAN**

Echantillon :

—

Sondage : SC2 Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse indurée marron clair, finement sableuse, silteuse et très légèrement argileuse; homogène.

Résultats de l'essai :

	échantillon
Masse humide de la prise	42,3
w (%) 0/5mm	15,7
Masse Sèche de la prise	36,6
C (%) 0/5 mm	92,5
V (cm3)	81,7
VBS 0/5 (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =	2,2
VBS 0/D (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =	2,1

Observations :

VBS = 2,1 (gbleu/100gmat. sec)

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage
selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50r

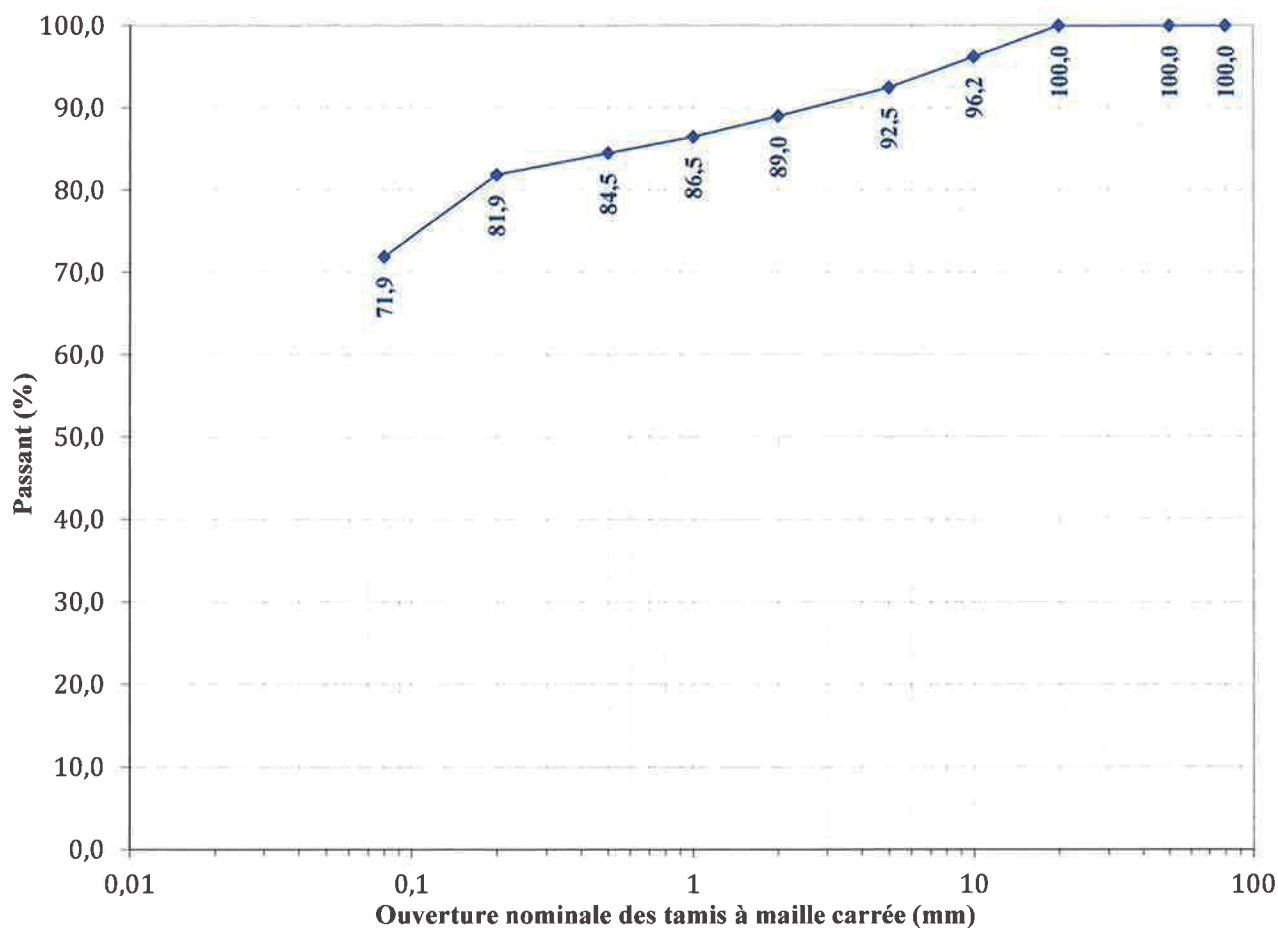
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Molasse indurée marron clair, finement sableuse, silteuse et très légèrement argileuse; homogène.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	71,9	81,9	84,5	86,5	89,0	92,5	96,2	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 18$ mm

Facteur de courbure : $C_c =$ /

$d_{60} =$ / mm

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50 \%$

$d_{30} =$ / mm

Facteur d'uniformité : $C_u =$ /

$d_{10} =$ / mm

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50 \%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol :

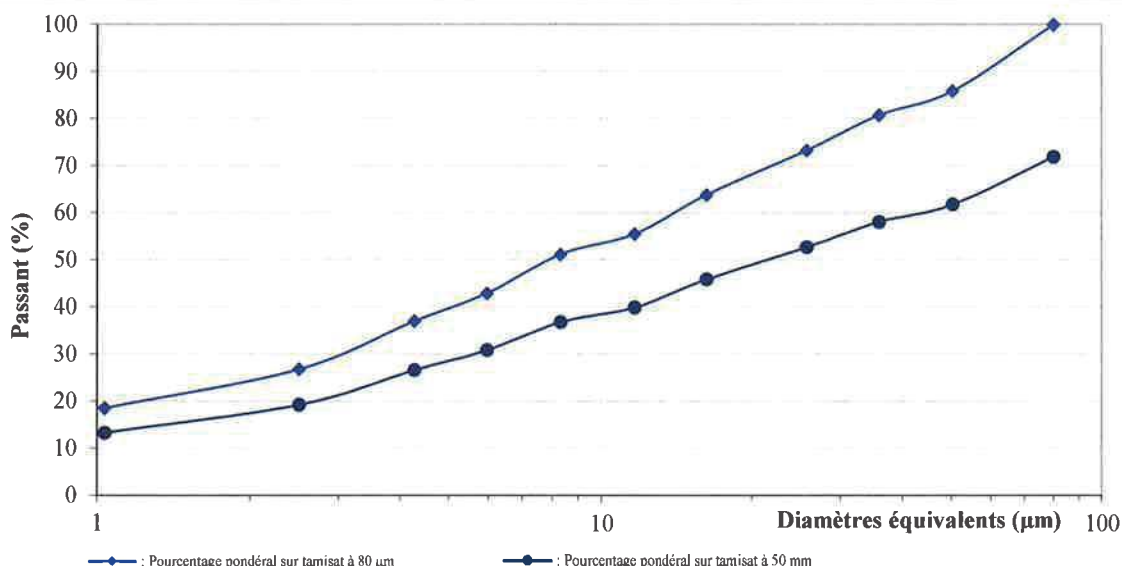
Molasse indurée marron clair, finement sableuse, silteuse et très légèrement argileuse; homogène.

Passant à 80 µm (%) = 71,9

Passant à 2 µm (%) = 18

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0208	24,3	0,0011	50,3	85,9	61,8
1 min	1,0195	24,3	0,0011	35,9	80,8	58,1
2 min	1,0176	24,3	0,0011	25,7	73,3	52,7
5 min	1,0152	24,3	0,0011	16,3	63,8	45,9
10 min	1,0131	24,3	0,0011	11,7	55,5	40,0
20 min	1,0117	24,3	0,0014	8,3	51,2	36,8
40 min	1,0096	24,3	0,0014	6,0	42,9	30,9
1 h 20	1,0080	24,3	0,0015	4,3	37,0	26,6
4 h	1,0054	24,3	0,0015	2,5	26,8	19,3
24 h	1,0037	24,0	0,0011	1,0	18,5	13,3



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = -0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3$ cm²

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Analyse granulométrique complète

selon les NF P 94-056 et NF P 94-057

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

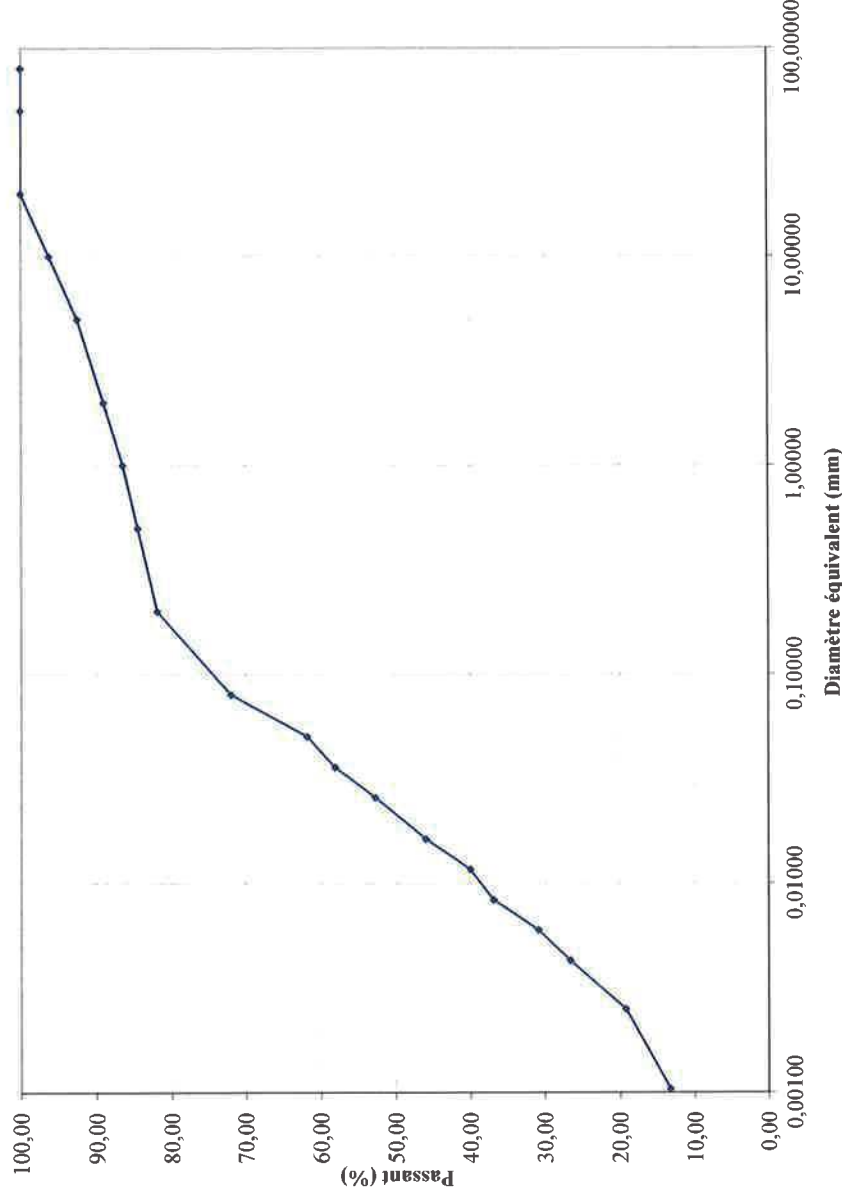
Sondage : SC2

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse indurée marron clair, finement sableuse, silteuse et très légèrement argileuse; homogène.

tamis	Passant (%)
1,0	13,32
2,5	19,27
4,3	26,64
6,0	30,89
8,3	36,84
11,7	39,96
16,3	45,91
25,7	52,72
35,9	58,10
50,3	61,79
80	71,94
0,20	81,89
0,50	84,50
1	86,48
2	89,01
5	92,47
10	96,24
20	100,00
50	100,00
80	100,00



Observations :

passant à 2 μ m = 18%

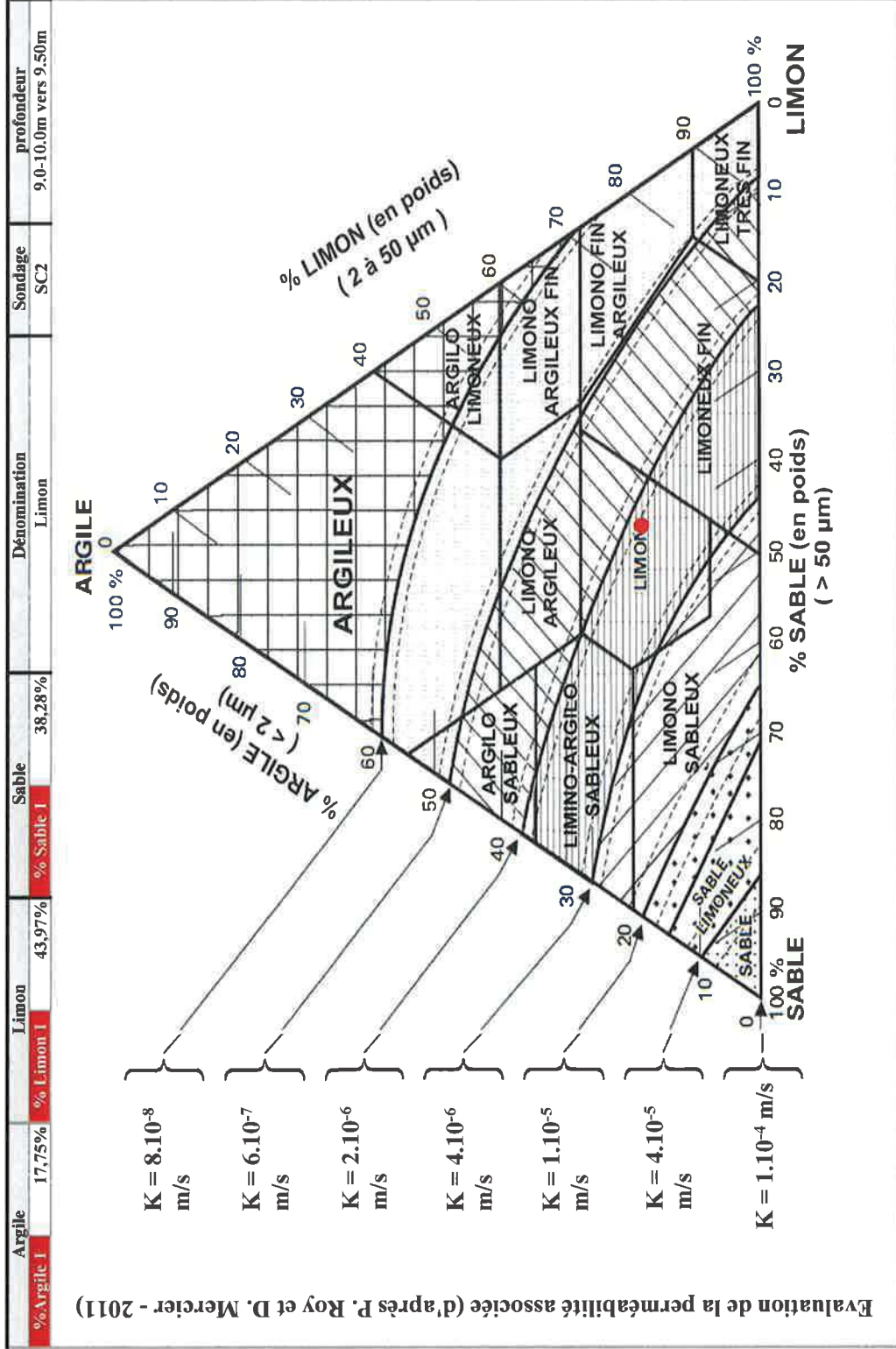
passant à 50 μ m = 62%

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Evaluation de la perméabilité associée à la granularité d'un matériaux
(d'après P. ROY et D. MERCIER-2011)

Diagramme de Duchaufour



Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC2

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse indurée marron clair, finement sableuse, silteuse et très légèrement argileuse; homogène.

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Teneur en eau naturelle (%) = 18,1 (fraction 0/D mm)

Passant à 80 µm (%) = 71,9

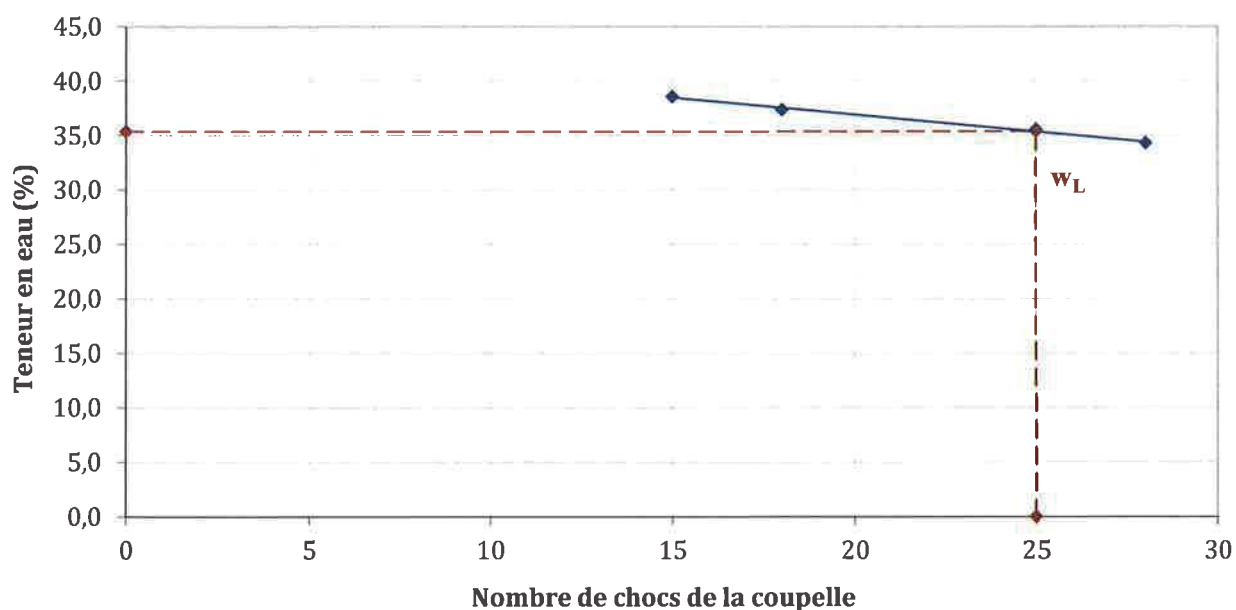
Teneur en eau naturelle (%) = 20,7 (fraction 0/400 µm)

Passant à 400 µm (%) = 87,5

Résultats de l'essai :

Limite de liquidité w_L

	Point n°1	Point n°2	Point n°3	Point n°4	Point n°5
Nombres de coups	15	18	25	28	
Teneur en eau (%)	38,6	37,4	35,5	34,3	



Limite de plasticité w_p

	Point n°1	Point n°2
Teneur en eau (%)	24,6	24,5

Synthèse

Limite de liquidité w_L = 35,4 %

Limite de plasticité w_p = 24,5 %

Indice de plasticité I_p = 10,8 d'où la classe GTR :

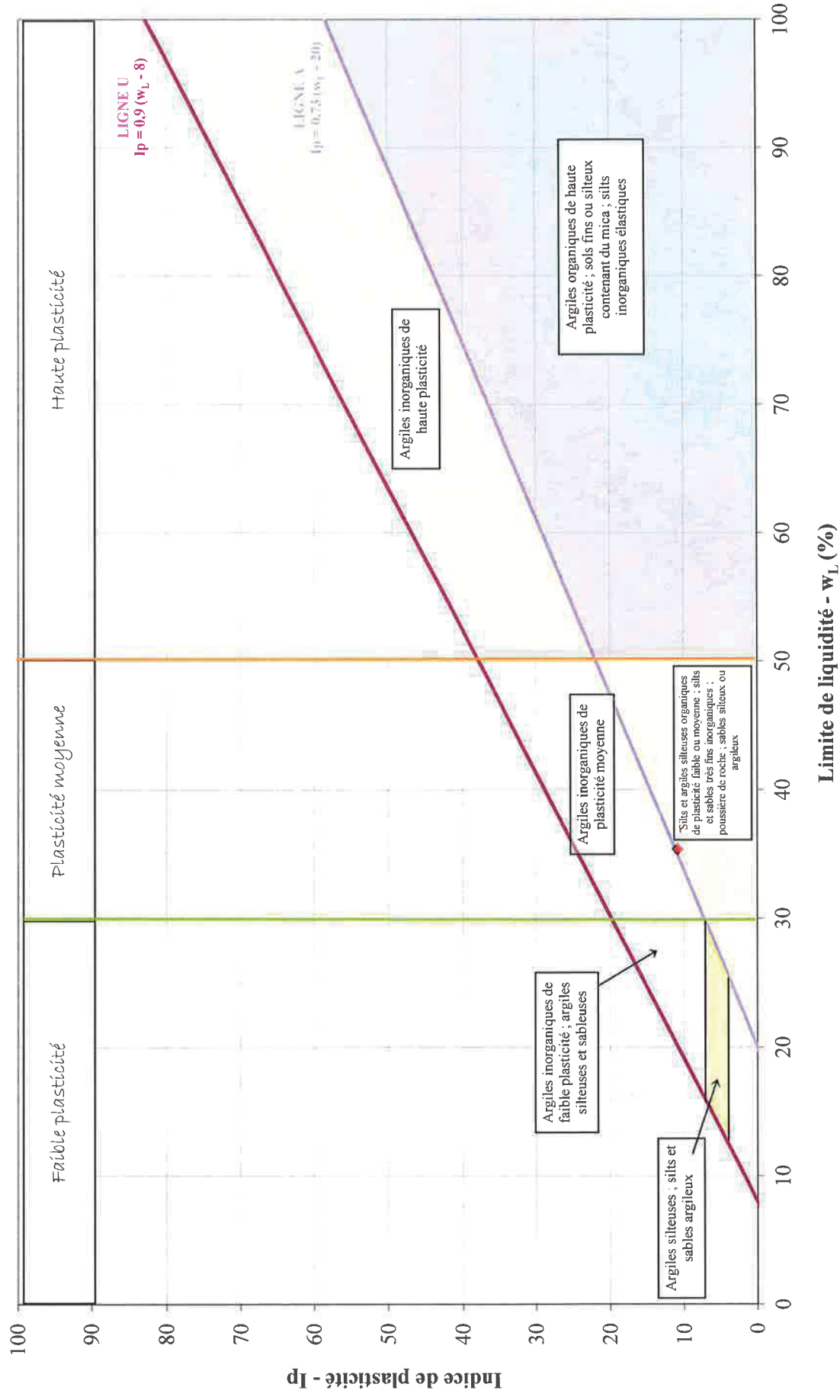
Indice de consistance I_c = / d'où l'état hydrique :

(pour mémoire, l' I_c est une notion du GTR 92)

A1

L' I_c devient obsolète pour un passant à 400 µm < 80 %

Diagramme de Plasticité d'après Casagrande



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granule fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _e	
SC2	10.0m vers 9.	Molasse indurée marron clair, finement sableuse, silteuse et très légèrement argileuse; homogène.	18,1	2,1	18	100	92	89	72	18	35,4	24,5	10,8	/	A1

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 3.0-4.0m vers 3.10m.

Description : Sable vasard et gravillonneux noirâtre.

Température d'étuvage : 50°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 12,8 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 28 %

Passant à 2 mm = 64 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 0,77 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

B5

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations :

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3 Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 3.0-4.0m vers 3.10m. Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 50°C

Nature du sol : Sable vasard et gravillonneux noirâtre.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	89,6
<i>w (%) 0/5mm</i>	15,5
<i>Masse Sèche de la prise</i>	77,5
<i>C (%) 0/5 mm</i>	72,8
<i>V (cm3)</i>	81,8
<i>VBS</i> 0/5 (gbleu/100gmat. sec) =	1,1
<i>VBS</i> 0/D (gbleu/100gmat. sec) =	0,8

Observations :

VBS = 0,8 (gbleu/100gmat. sec)

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage
selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 3.0-4.0m vers 3.10m

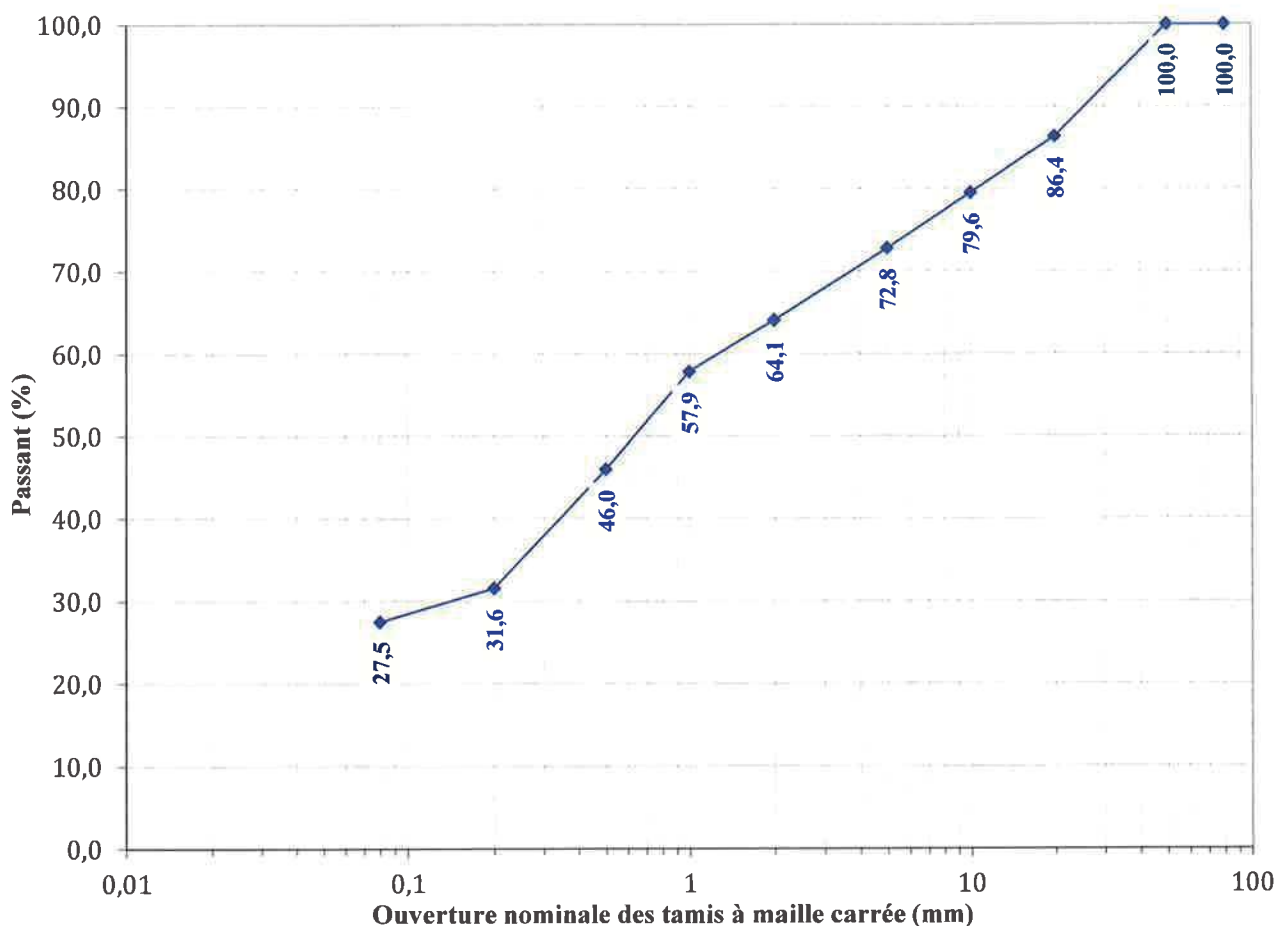
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Sable vasard et gravillonneux noirâtre.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 50°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	27,5	31,6	46,0	57,9	64,1	72,8	79,6	86,4	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 41$ mm

$d_{60} = 1,341$ mm

$d_{30} = 0,153$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50 \%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50 \%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 3.0-4.0m vers 3.10m.

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 50°C

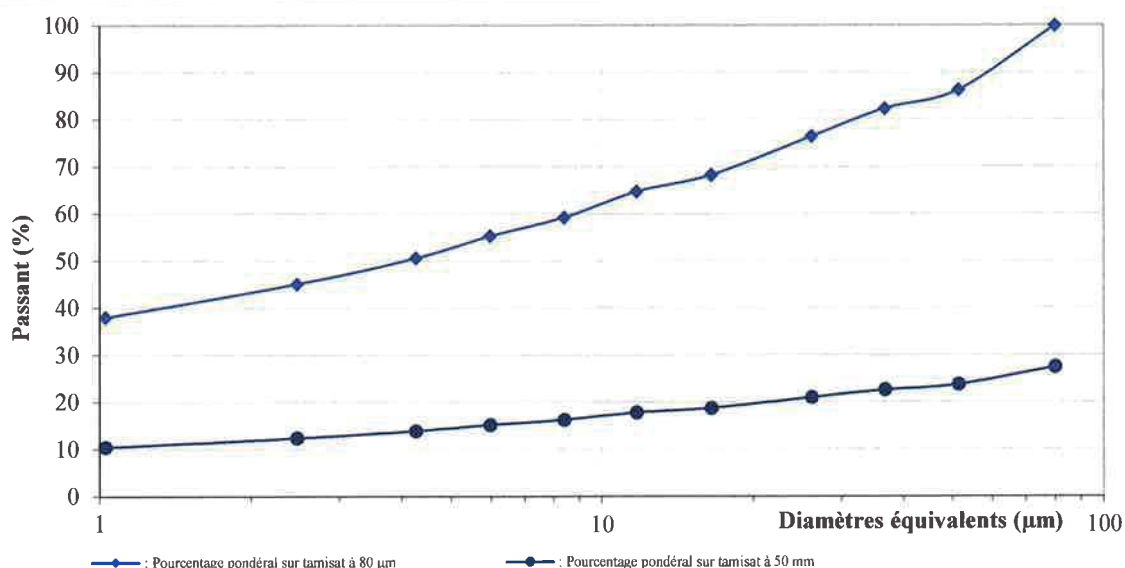
Passant à 80 µm (%) = 27,5

Passant à 2 µm (%) = 12

Nature du sol : Sable vasard et gravillonneux noirâtre.

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0210	22,2	0,0011	51,5	86,3	23,8
1 min	1,0200	22,2	0,0011	36,7	82,4	22,7
2 min	1,0185	22,2	0,0011	26,2	76,5	21,1
5 min	1,0164	22,2	0,0011	16,5	68,3	18,8
10 min	1,0155	22,2	0,0011	11,8	64,7	17,8
20 min	1,0138	22,2	0,0014	8,4	59,2	16,3
40 min	1,0128	22,2	0,0014	6,0	55,3	15,2
1 h 20	1,0115	22,3	0,0015	4,3	50,6	13,9
4 h	1,0101	22,7	0,0015	2,5	45,1	12,4
24 h	1,0087	22,1	0,0011	1,0	38,1	10,5



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = - 0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3$ cm²

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier :

G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3

Profondeur : 3.0-4.0m vers 3.10m.

Température d'étuvage : 50°C

Nature du sol : Sable vasard et gravillonneux noirâtre.

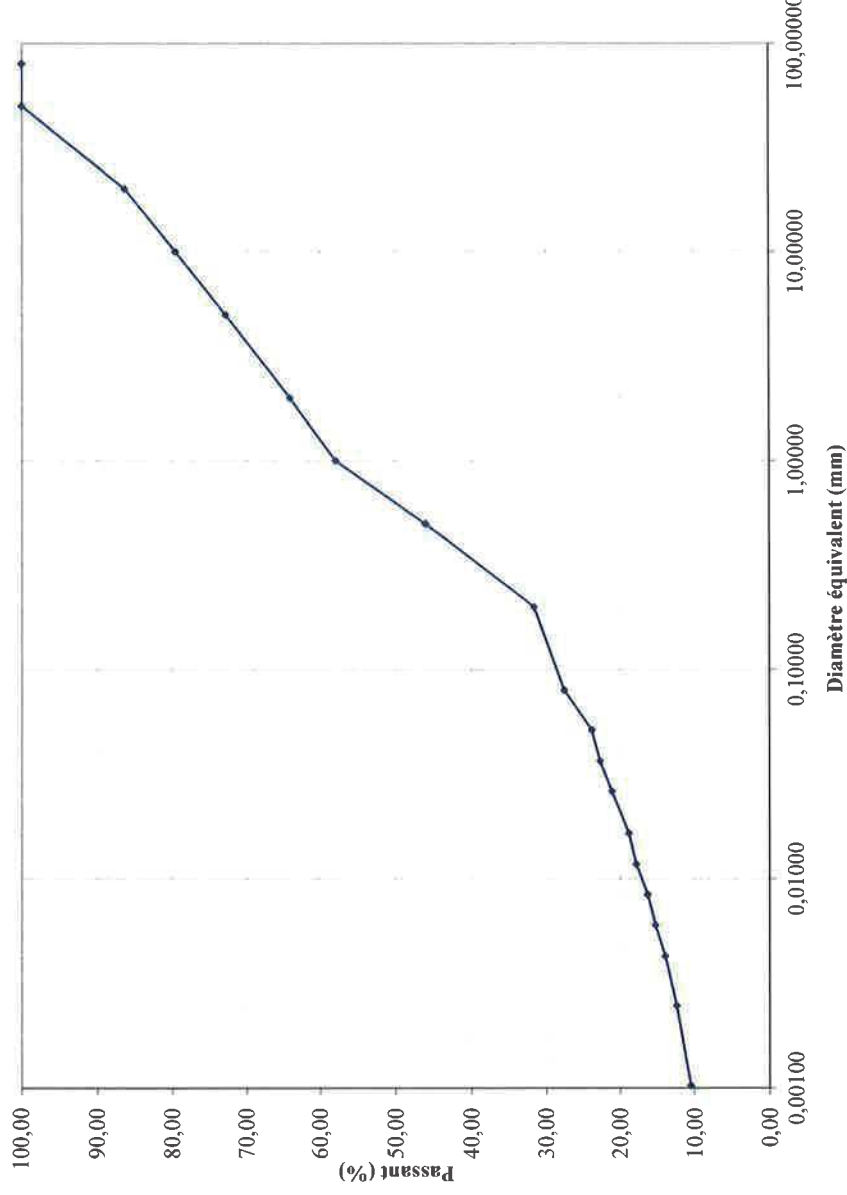
tamais	Passant (%)
1,0	10,48
2,5	12,43
4,3	13,94
6,0	15,23
8,4	16,31
11,8	17,83
16,5	18,80
26,2	21,07
36,7	22,69
51,5	23,77
80	27,54
0,20	31,61
0,50	46,02
1	57,87
2	64,12
5	72,82
10	79,57
20	86,37
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Analyse granulométrique complète

selon les NF P 94-056 et NF P 94-057



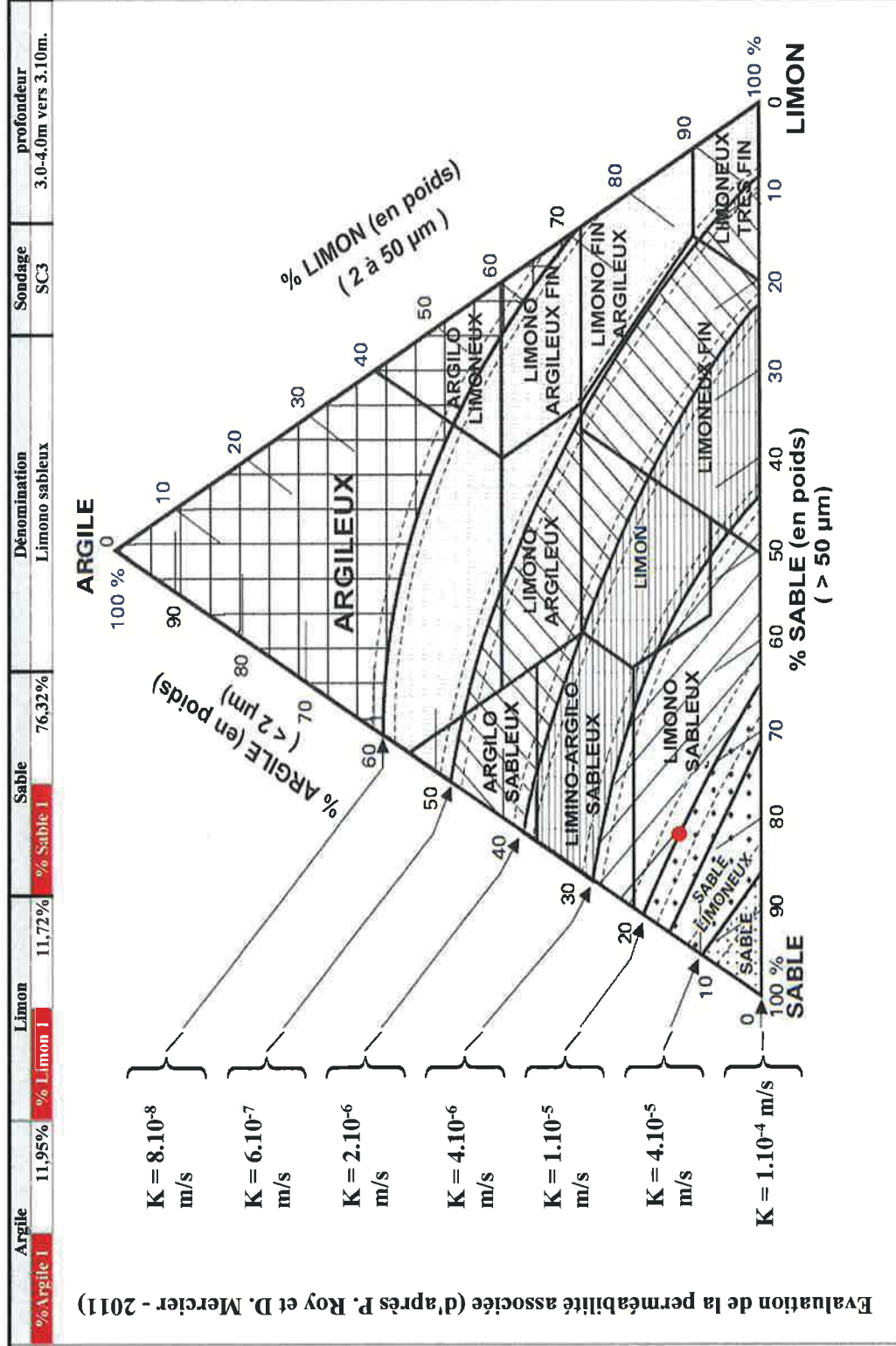
Observations :

passant à 2 μm = 12%

passant à 50 μm = 24%

Evaluation de la perméabilité associée à la granularité d'un matériaux
(d'après P. ROY et D. MERCIER-2011)

Diagramme de Duchaufour



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granulo fraction 0-0.075 mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _L	
SC3	4.0m vers 3.1	Sable vassard et gravillonneux noirâtre.	12.8	0.8	41	100	73	64	28	12	/	/	/	/	B5

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 5.0-6.0m vers 5.50m.

Description : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 10,9 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 15 %

Passant à 2 mm = 48 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 0,71 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

B5

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{OPN}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations :

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3 Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 5.0-6.0m vers 5.50m. Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	60,7
<i>w (%) 0/5mm</i>	14,1
<i>Masse Sèche de la prise</i>	53,2
<i>C (%) 0/5 mm</i>	67,3
<i>V (cm3)</i>	56,0
<i>VBS_{0/5} (gbleu/100g_{mat. sec}) =</i>	1,1
<i>VBS_{0/D} (gbleu/100g_{mat. sec}) =</i>	0,7

Observations :

VBS = 0,7 (gbleu/100g_{mat. sec})

Etabli par : A.J

Le : 02/09/2022

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage
selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 5.0-6.0m vers 5.50m

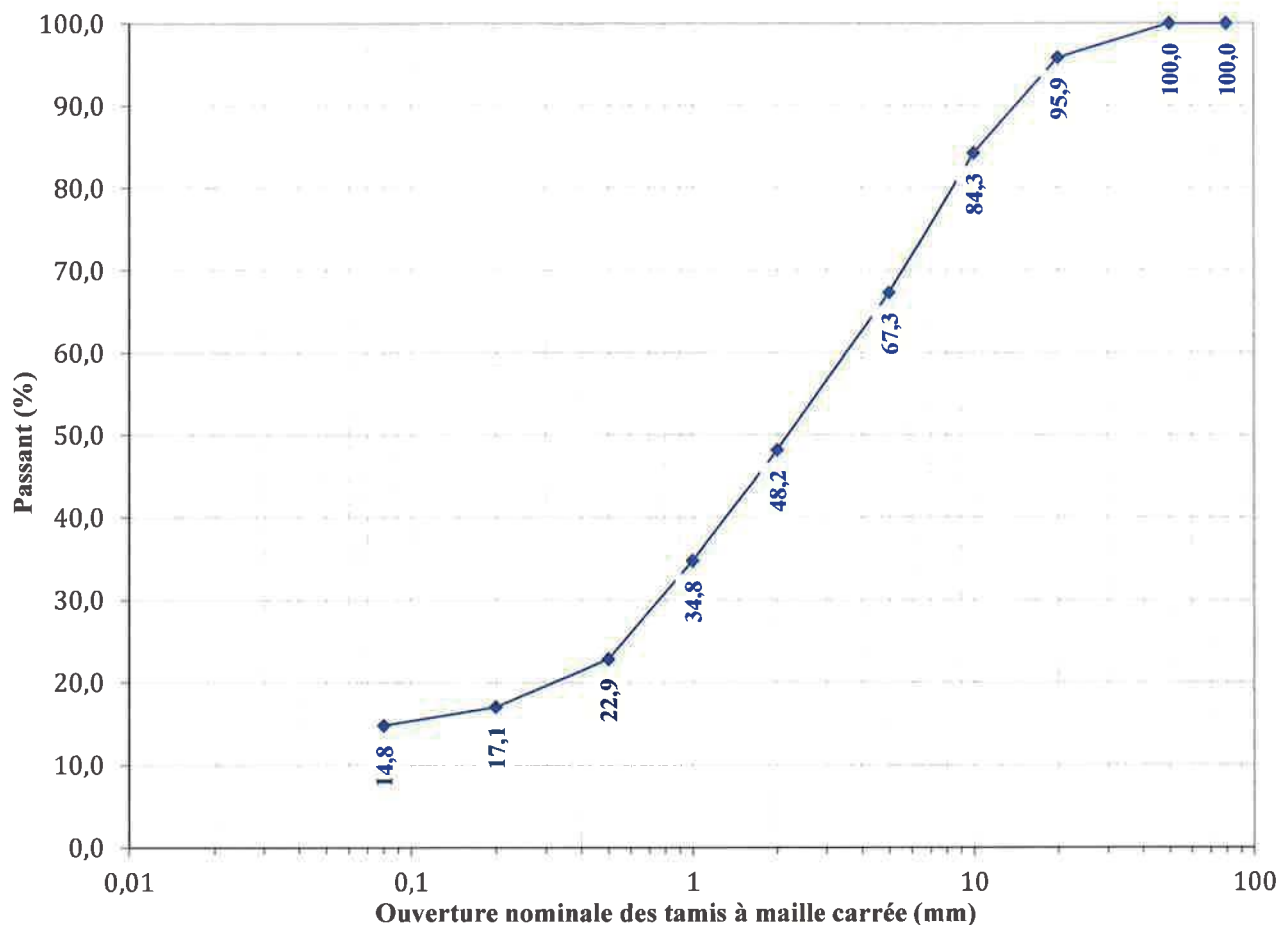
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	14,8	17,1	22,9	34,8	48,2	67,3	84,3	95,9	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 35$ mm

$d_{60} = 3,848$ mm

$d_{30} = 0,799$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu\text{m} > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 5.0-6.0m vers 5.50m.

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

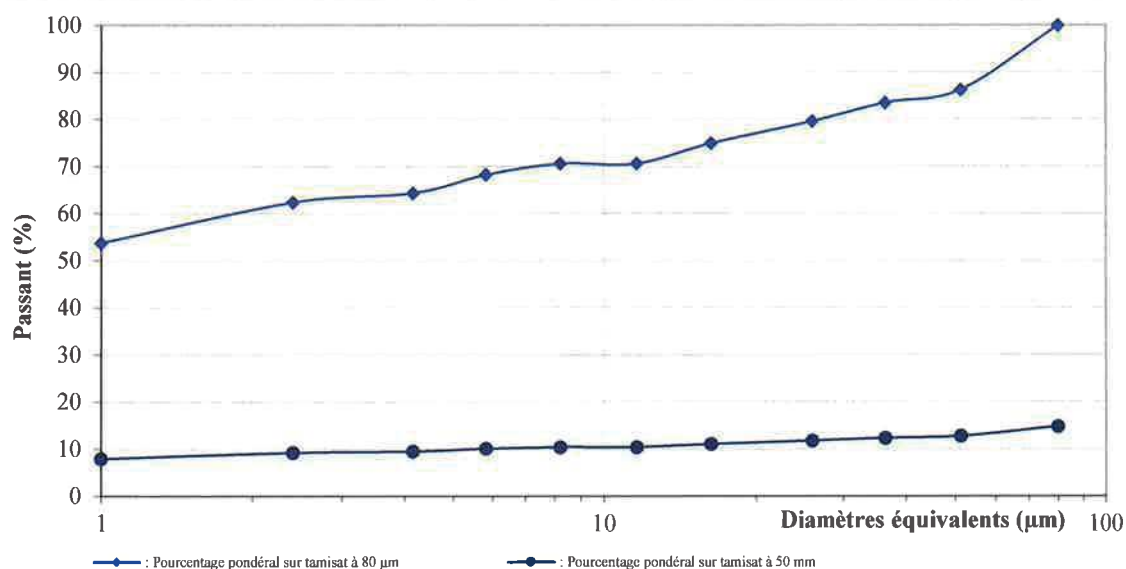
Passant à 80 µm (%) = 14,8

Passant à 2 µm (%) = 9

Nature du sol : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0210	22,5	0,0011	51,3	86,4	12,8
1 min	1,0203	22,5	0,0011	36,5	83,6	12,4
2 min	1,0193	22,5	0,0011	26,0	79,7	11,8
5 min	1,0181	22,5	0,0011	16,3	75,0	11,1
10 min	1,0170	22,5	0,0011	11,6	70,7	10,5
20 min	1,0167	22,5	0,0014	8,2	70,7	10,5
40 min	1,0161	22,5	0,0014	5,8	68,3	10,1
1 h 20	1,0150	22,5	0,0015	4,2	64,4	9,5
4 h	1,0145	22,7	0,0015	2,4	62,4	9,3
24 h	1,0127	22,1	0,0011	1,0	53,8	8,0



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = - 0,0007$

Eprouvette : A = 50,3 cm²

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Analyse granulométrique complète

selon les NF P 94-056 et NF P 94-057

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 5.0-6.0m vers 5.50m.

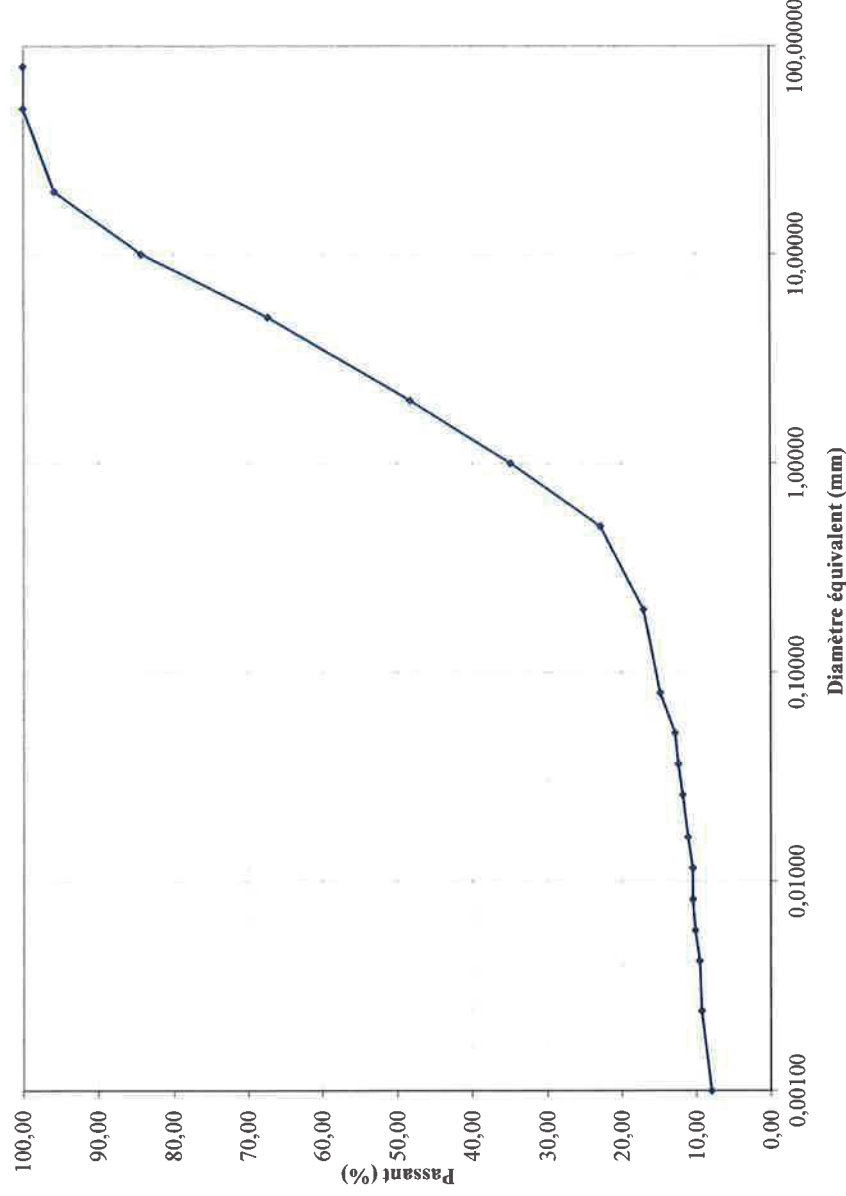
Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Grave siliceuse et grossièrement sableuse.

tamis	Passant (%)
1,0	7,97
2,4	9,25
4,2	9,54
5,8	10,13
8,2	10,48
11,6	10,48
16,3	11,12
26,0	11,81
36,5	12,40
51,3	12,80
80	14,82
0,20	17,08
0,50	22,89
1	34,80
2	48,25
5	67,33
10	84,27
20	95,85
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

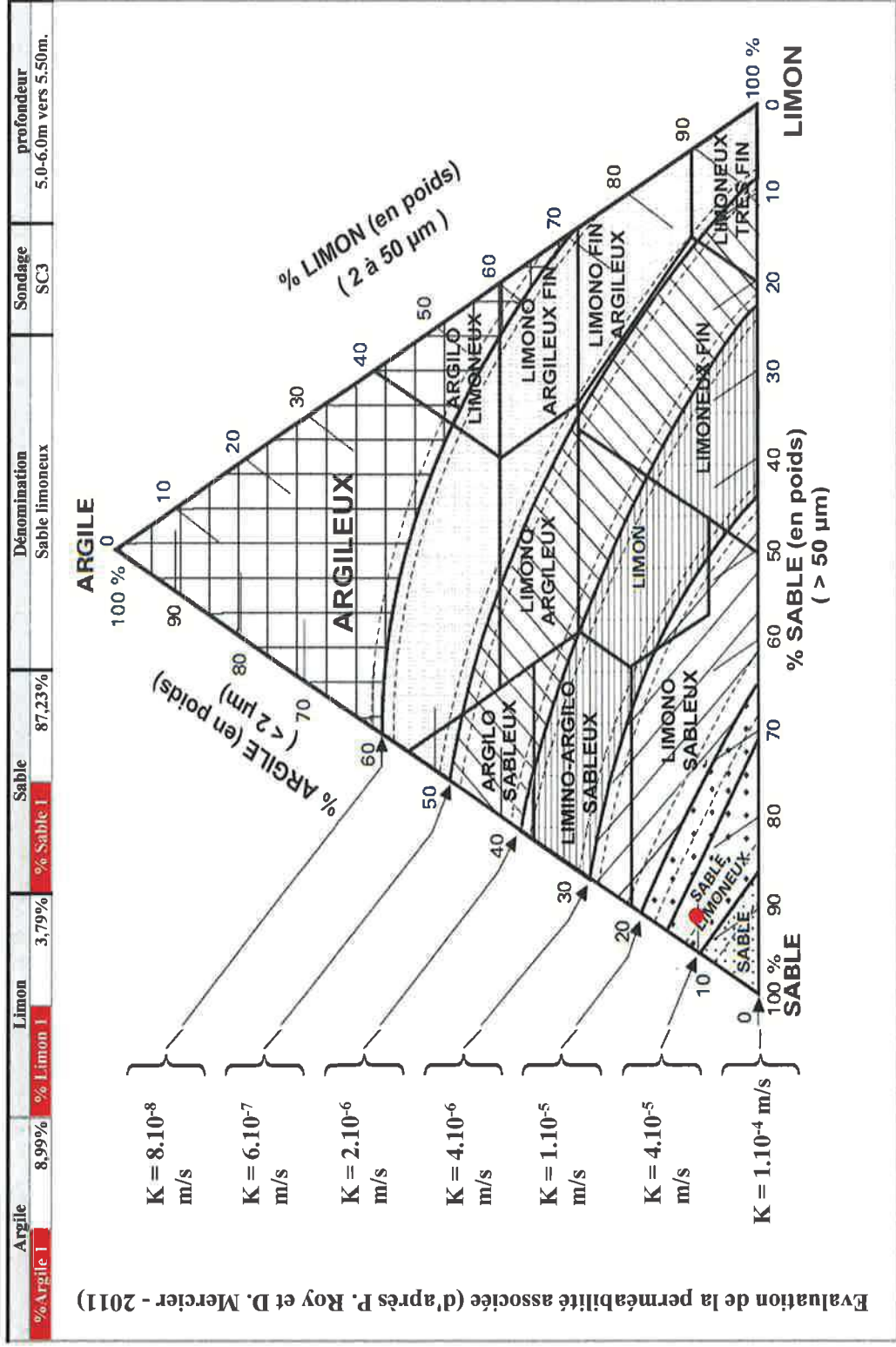


Observations :

passant à 2 μm = 9%

passant à 50 μm = 13%

Diagramme de Duchaufour



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _c	
SC3	6.0m vers 5.5	Grave siliceuse et grossièrement sableuse.	10,9	0,7	35	100	67	48	15	9	/	/	/	/	B5

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 9.0-9.40m.

Description : Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais très peu plastique; homogène.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 16,8 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 93 %

Passant à 2 mm = 100 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 2,31 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 13,8$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

A2

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,4$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{OPN}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

ts

Observations : Limite A1.

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3 Date de prélèvement : 31-août-22
Profondeur : 9.0-9.40m. Date de l'essai : 2-sept.-22
Température d'étuvage : 105°C
Nature du sol : Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et
argileuse mais très peu plastique; homogène.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	40,7
<i>w (%) 0/5mm</i>	16,0
<i>Masse Sèche de la prise</i>	35,1
<i>C (%) 0/5 mm</i>	99,8
<i>V (cm3)</i>	81,4
<i>VBS</i> 0/5 (gbleu/100gmat. sec) =	2,3
<i>VBS</i> 0/D (gbleu/100gmat. sec) =	2,3

Observations :

VBS = 2,3 (gbleu/100gmat. sec)

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage
selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 9.0-9.40m.

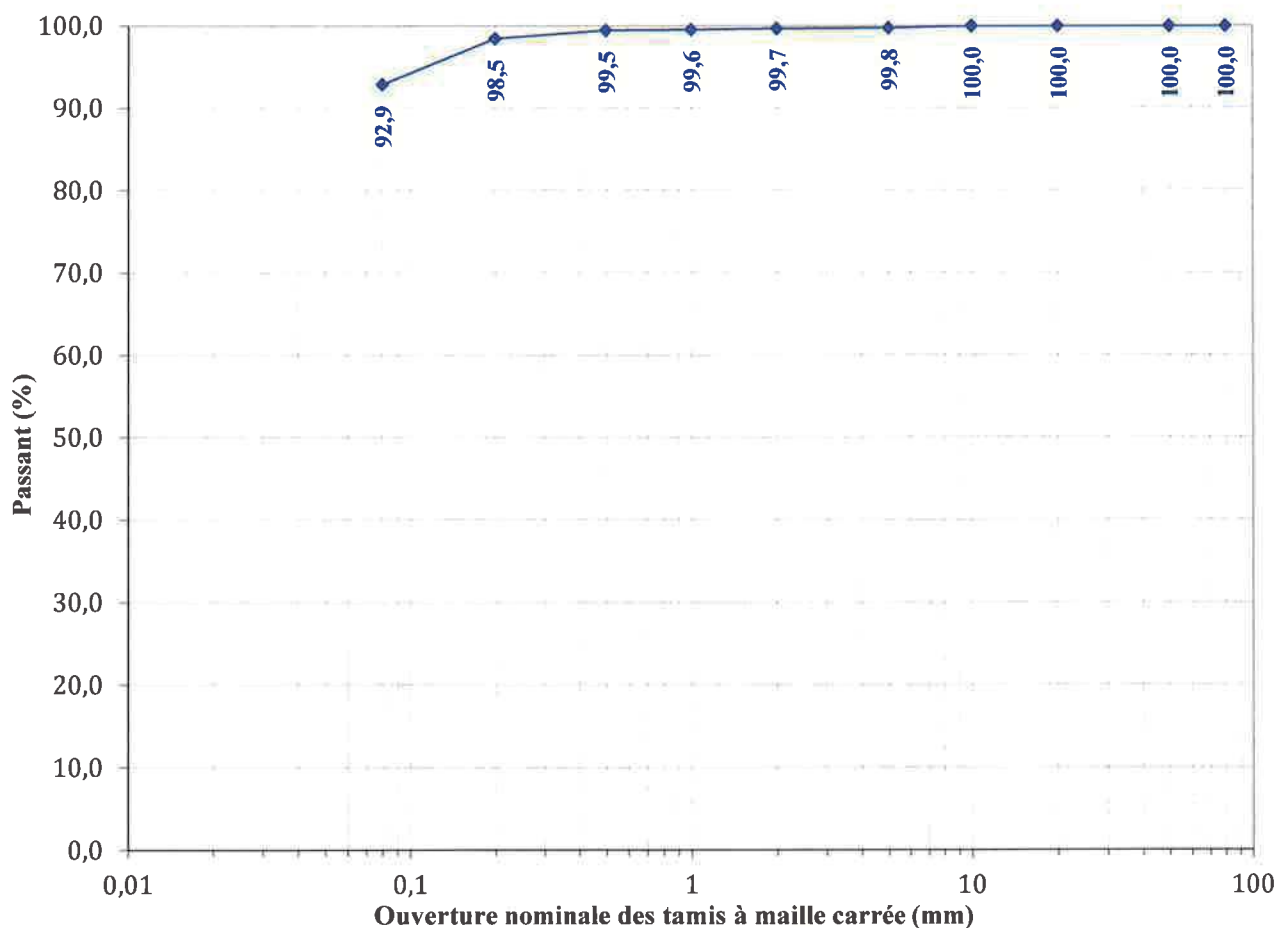
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais très peu plastique; homogène.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	92,9	98,5	99,5	99,6	99,7	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 9$ mm

$d_{60} = /$ mm

$d_{30} = /$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 9.0-9.40m.

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

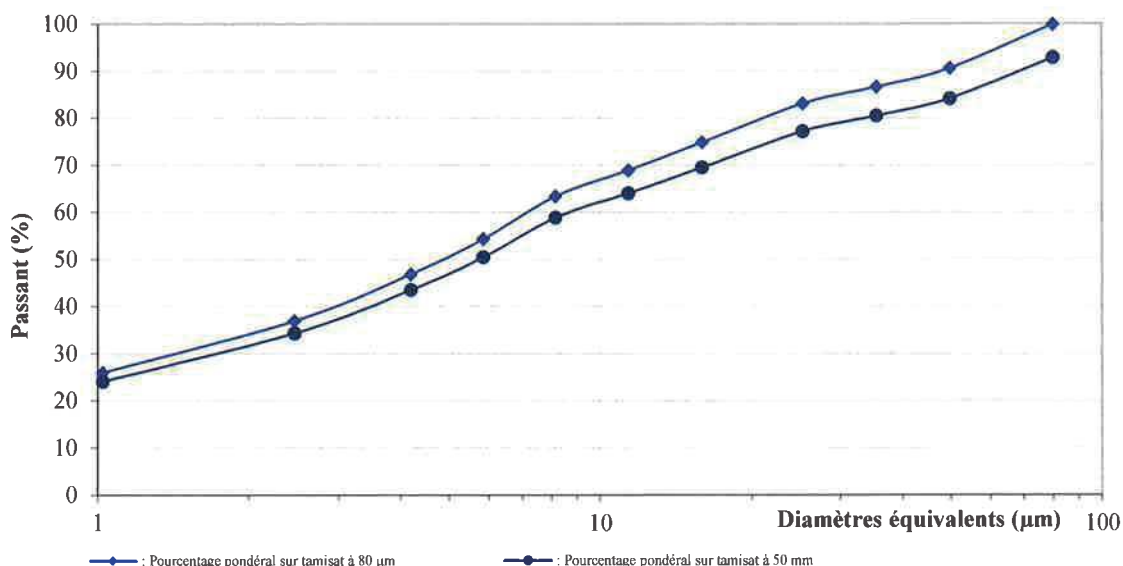
Nature du sol : Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais très peu plastique; homogène.

Passant à 80 µm (%) = 92,9

Passant à 2 µm (%) = 32

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0220	24,4	0,0011	49,8	90,7	84,2
1 min	1,0210	24,4	0,0011	35,5	86,7	80,6
2 min	1,0201	24,4	0,0011	25,3	83,2	77,3
5 min	1,0180	24,4	0,0011	15,9	74,9	69,6
10 min	1,0165	24,4	0,0011	11,4	69,0	64,1
20 min	1,0148	24,4	0,0014	8,1	63,5	59,0
40 min	1,0125	24,4	0,0014	5,9	54,4	50,5
1 h 20	1,0105	24,4	0,0015	4,2	46,9	43,6
4 h	1,0080	24,4	0,0015	2,5	37,1	34,4
24 h	1,0056	24,0	0,0011	1,0	26,0	24,2



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = -0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3$ cm²

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 9.0-9.40m.

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais très peu plastique; homogène.

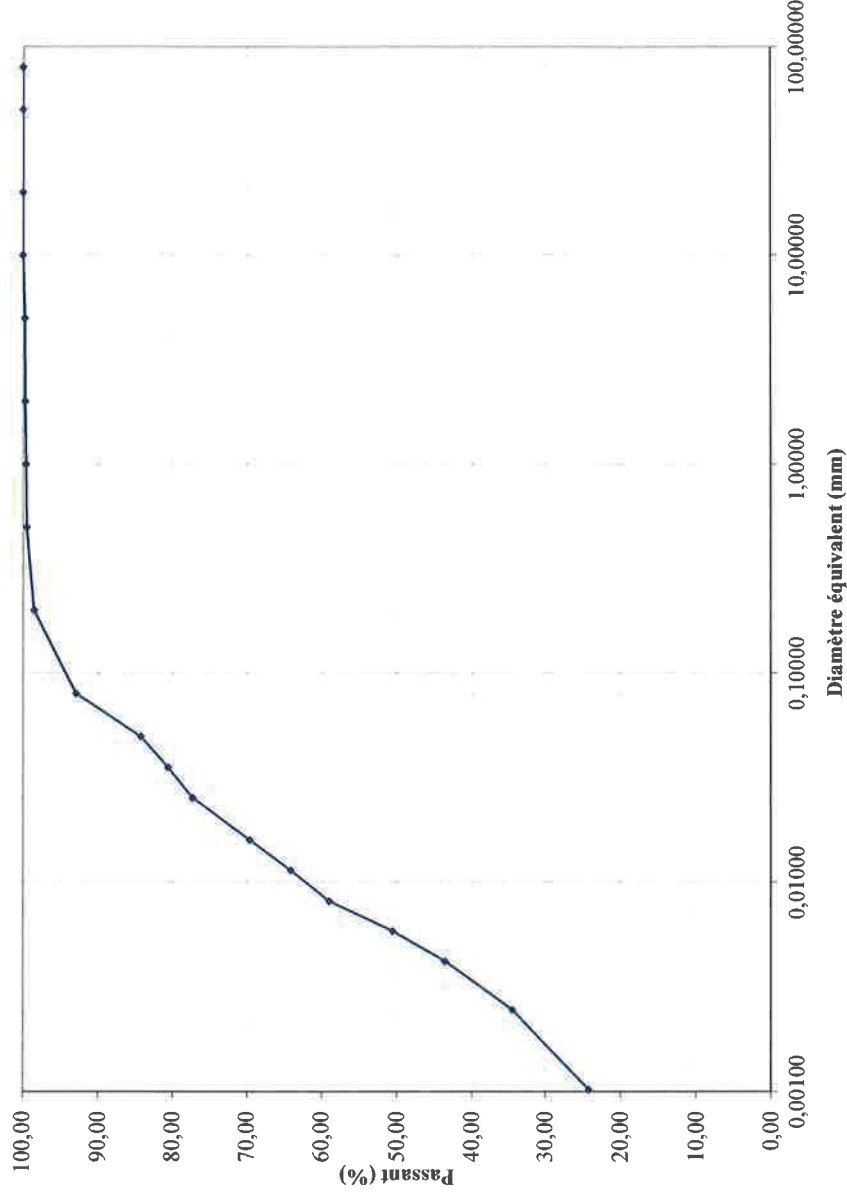
tamais	Passant (%)
1,0	24,17
2,5	34,43
4,2	43,59
5,9	50,55
8,1	58,97
11,4	64,10
15,9	69,59
25,3	77,28
35,5	80,58
49,8	84,24
80	92,92
0,20	98,48
0,50	99,47
1	99,58
2	99,70
5	99,77
10	100,00
20	100,00
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Analyse granulométrique complète

selon les NF P 94-056 et NF P 94-057

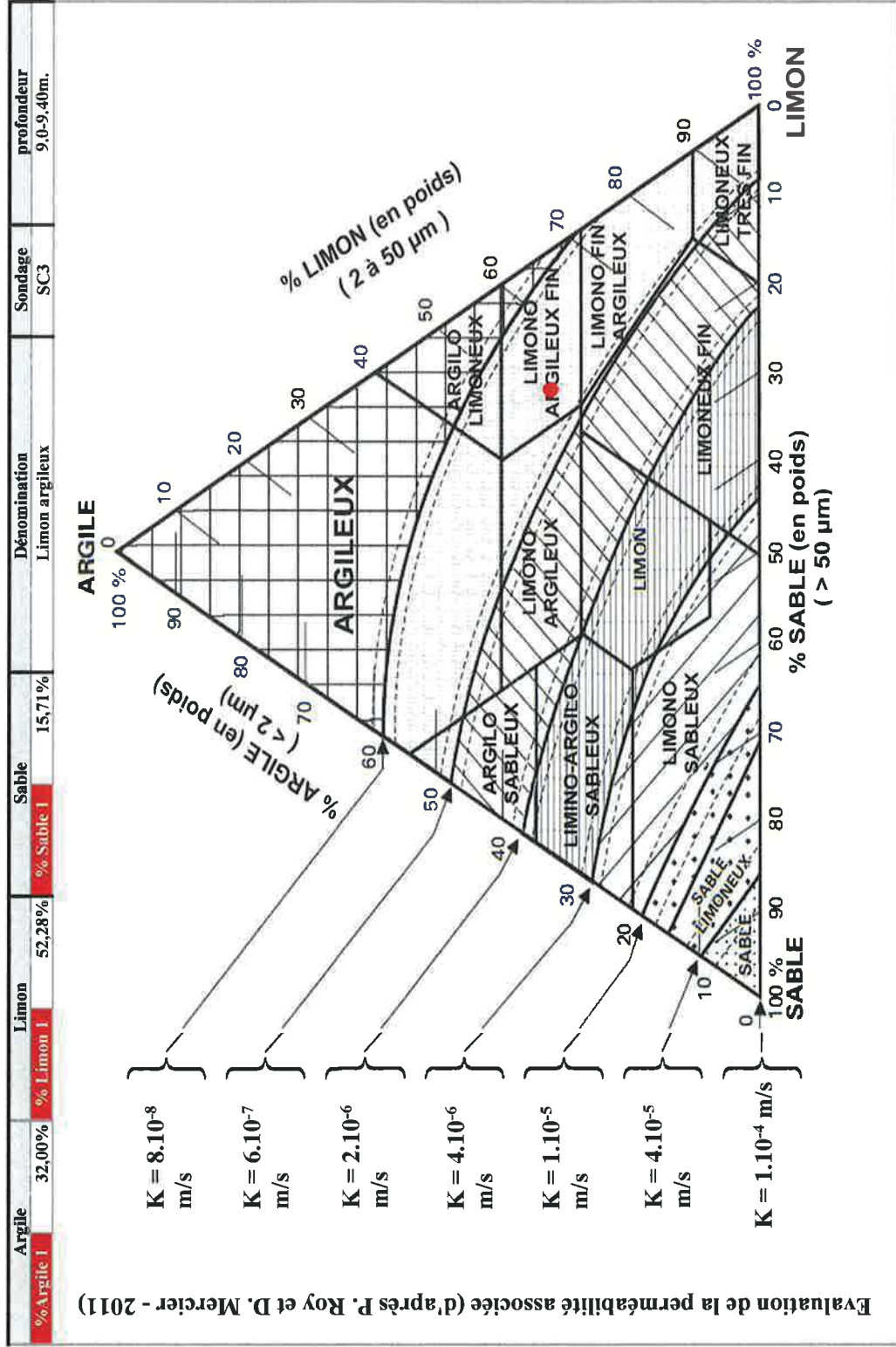


Observations :

passant à 2 μm = 32%

passant à 50 μm = 84%

Diagramme de Duchaufour



Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 9.0-9.40m.

Température d'étuvage : 105°C

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais très peu plastique; homogène.

Teneur en eau naturelle (%) = 16,8 (fraction 0/D mm)

Passant à 80 µm (%) = 92,9

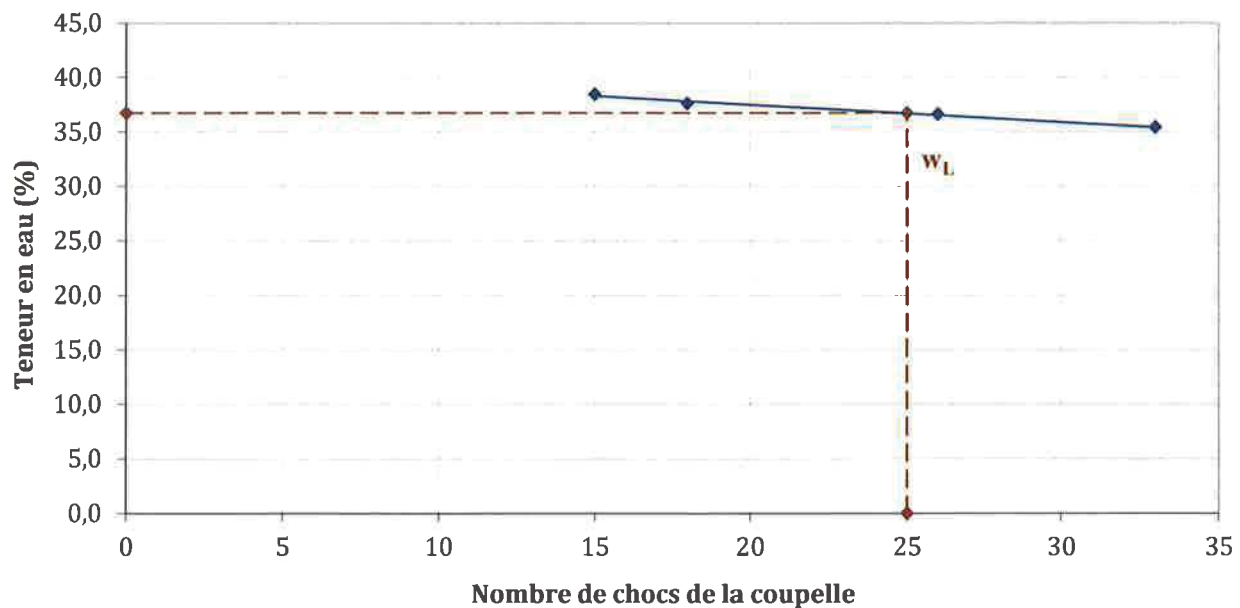
Teneur en eau naturelle (%) = 16,8 (fraction 0/400 µm)

Passant à 400 µm (%) = 99,9

Résultats de l'essai :

Limite de liquidité w_L

	Point n°1	Point n°2	Point n°3	Point n°4	Point n°5
Nombres de coups	15	18	26	33	
Teneur en eau (%)	38,5	37,6	36,6	35,4	



Limite de plasticité w_p

	Point n°1	Point n°2
Teneur en eau (%)	23,1	22,8

Synthèse

Limite de liquidité w_L = 36,7 %

Limite de plasticité w_p = 22,9 %

Indice de plasticité I_p = 13,8 d'où la classe GTR :

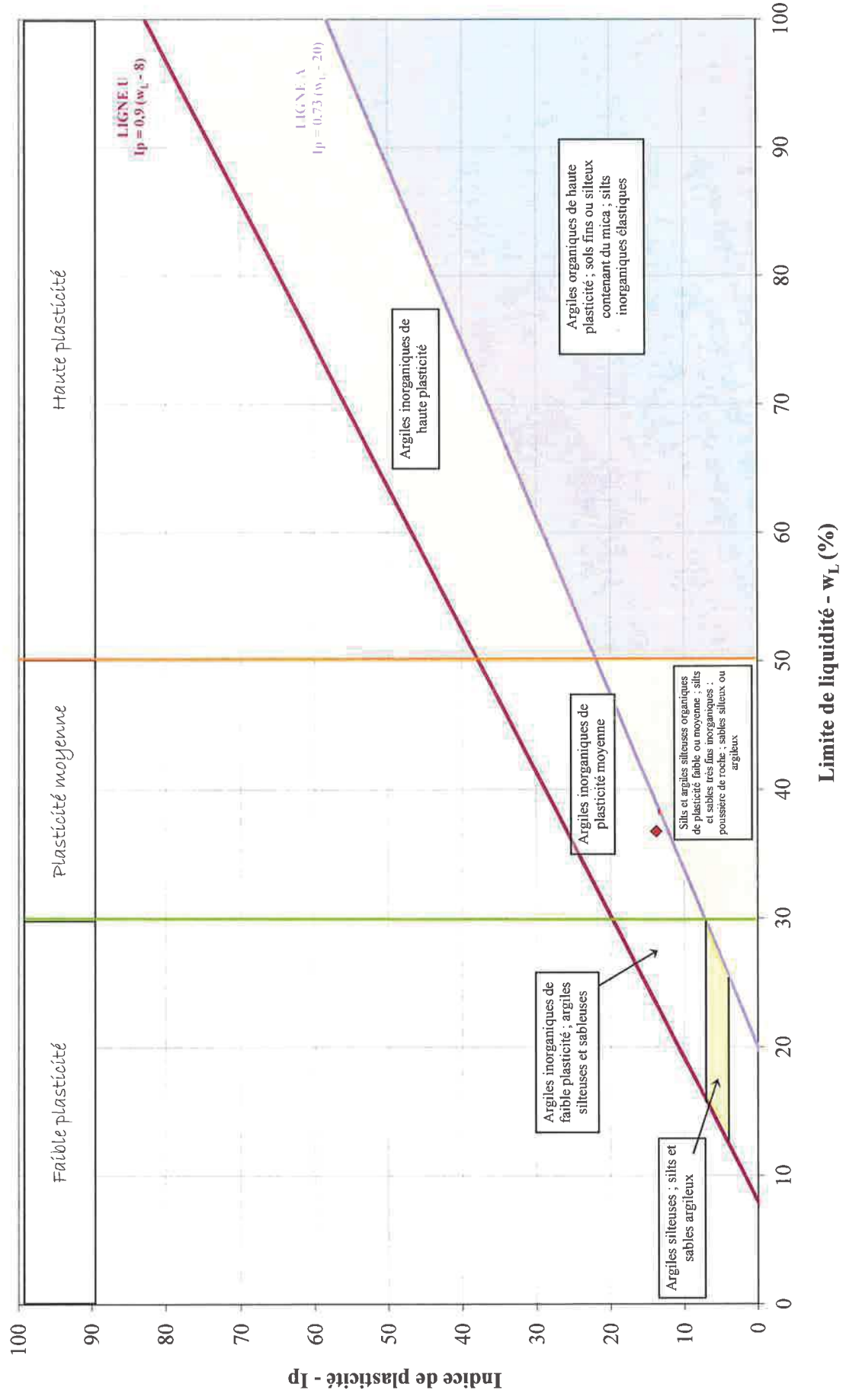
A2

Indice de consistance I_c = 1,4 d'où l'état hydrique :

ts

(pour mémoire, l' I_c est une notion du GTR 92)

Diagramme de Plasticité d'après Casagrande



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _a (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<30 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _c	
SC3	9.0-9.40m.	Molasse marron jaunâtre, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais très peu plastique; homogène.	16,8	2,3	9	100	100	100	93	32	36,7	22,9	13,8	1,4480669	A2

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 9.40-10.50m.

Température d'étuvage : 105°C

Date de prélèvement : 31-août-22

Description : Molasse marron jaunâtre de sable très fin et induré, modérément silteuse et très peu argileuse, homogène.

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 14,7 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 84 %

Passant à 2 mm = 100 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 1,99 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

A1

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations :

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3 Date de prélèvement : 31-août-22
Profondeur : 9.40-10.50m. Date de l'essai : 2-sept.-22
Température d'étuvage : 105°C
Nature du sol : Molasse marron jaunâtre de sable très fin et induré, modérément
silteuse et très peu argileuse, homogène.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	65,2
<i>w (%) 0/5mm</i>	16,1
<i>Masse Sèche de la prise</i>	56,2
<i>C (%) 0/5 mm</i>	100,0
<i>V (cm3)</i>	112,0
<i>VBS</i> 0/5 (gbleu/100g _{mat. sec}) =	2,0
<i>VBS</i> 0/D (gbleu/100g _{mat. sec}) =	2,0

Observations :

VBS = 2,0 (gbleu/100g_{mat. sec})

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage
selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Date de prélèvement : 31-août-22

Profondeur : 9.40-10.50m.

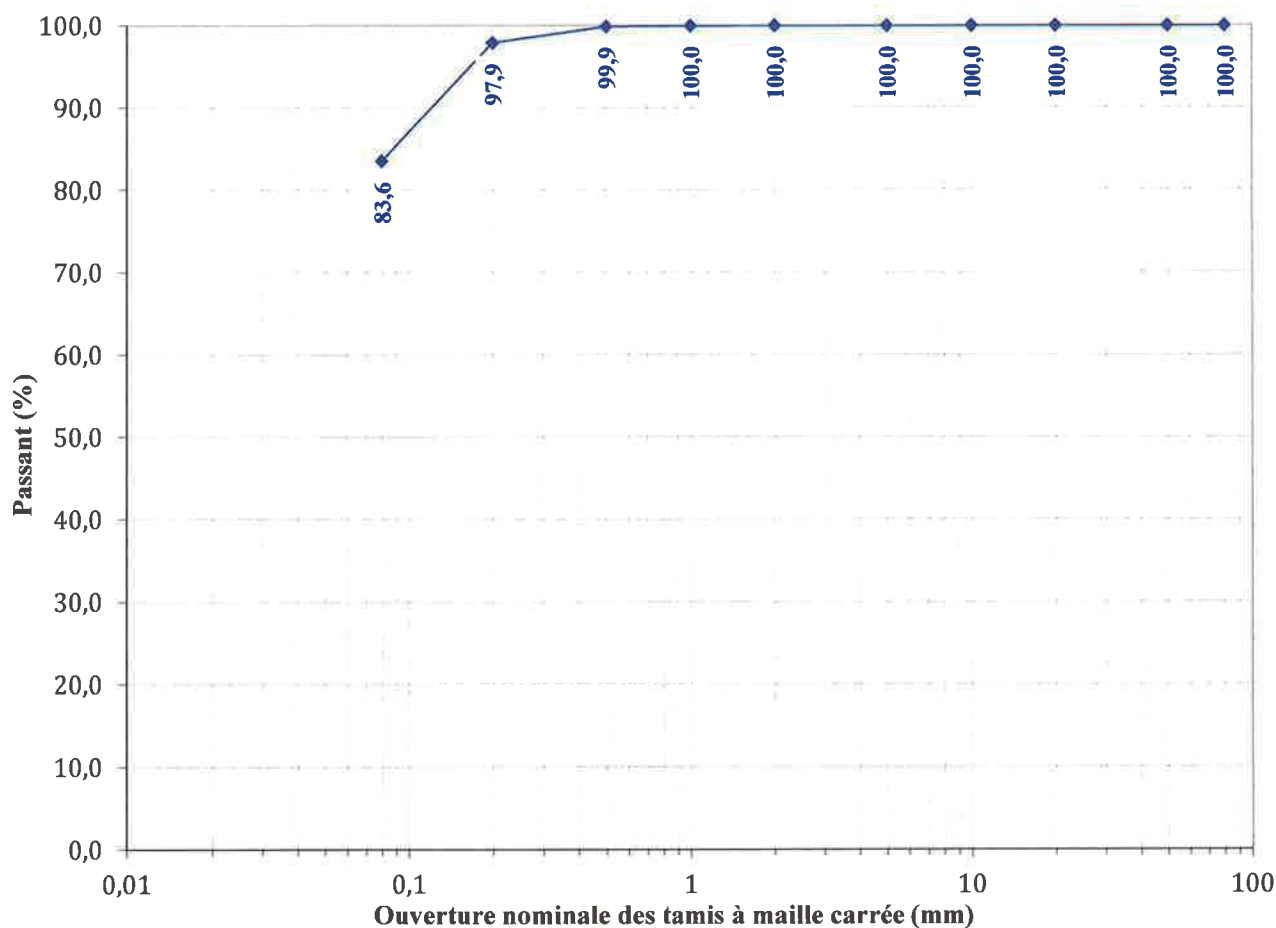
Date de l'essai : 2-sept.-22

Nature du sol : Molasse marron jaunâtre de sable très fin et induré, modérément silteuse et très peu argileuse, homogène.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	83,6	97,9	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 1$ mm

$d_{60} = 3,848$ mm

$d_{30} = 0,799$ mm

$d_{10} = /$ mm

Facteur de courbure : $C_c = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50 \%$

Facteur d'uniformité : $C_u = /$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50 \%$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 9.40-10.50m.

Date de prélèvement : 31-août-22

Date de l'essai : 2-sept.-22

Température d'étuvage : 105°C

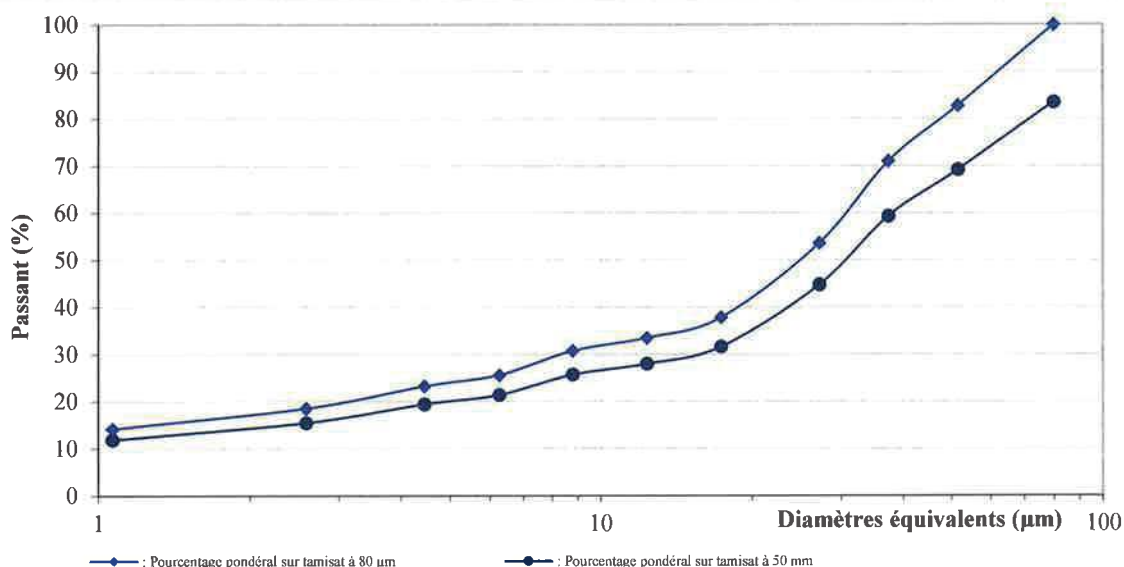
Nature du sol : Molasse marron jaunâtre de sable très fin et induré, modérément silteuse et très peu argileuse, homogène.

Passant à 80 μm (%) = 83,6

Passant à 2 μm (%) = 14

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (μm)	P % (sur tamis à 80 μm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0200	22,5	0,0011	51,7	82,8	69,2
1 min	1,0170	22,5	0,0011	37,3	71,0	59,3
2 min	1,0126	22,5	0,0011	27,2	53,6	44,8
5 min	1,0086	22,5	0,0011	17,4	37,9	31,6
10 min	1,0075	22,5	0,0011	12,4	33,5	28,0
20 min	1,0065	22,5	0,0014	8,8	30,8	25,7
40 min	1,0052	22,5	0,0014	6,3	25,6	21,4
1 h 20	1,0045	22,5	0,0015	4,5	23,3	19,4
4 h	1,0033	22,8	0,0015	2,6	18,5	15,5
24 h	1,0026	22,1	0,0011	1,1	14,2	11,9



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1 \text{ cm}$ $H_1 = 1,9 \text{ cm}$ $h_1 = 17,5 \text{ cm}$ $V_d = 49,85 \text{ cm}^3$

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = - 0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3 \text{ cm}^2$

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

Analyse granulométrique complète

selon les NF P 94-056 et NF P 94-057

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC3

Profondeur : 9.40-10.50m.

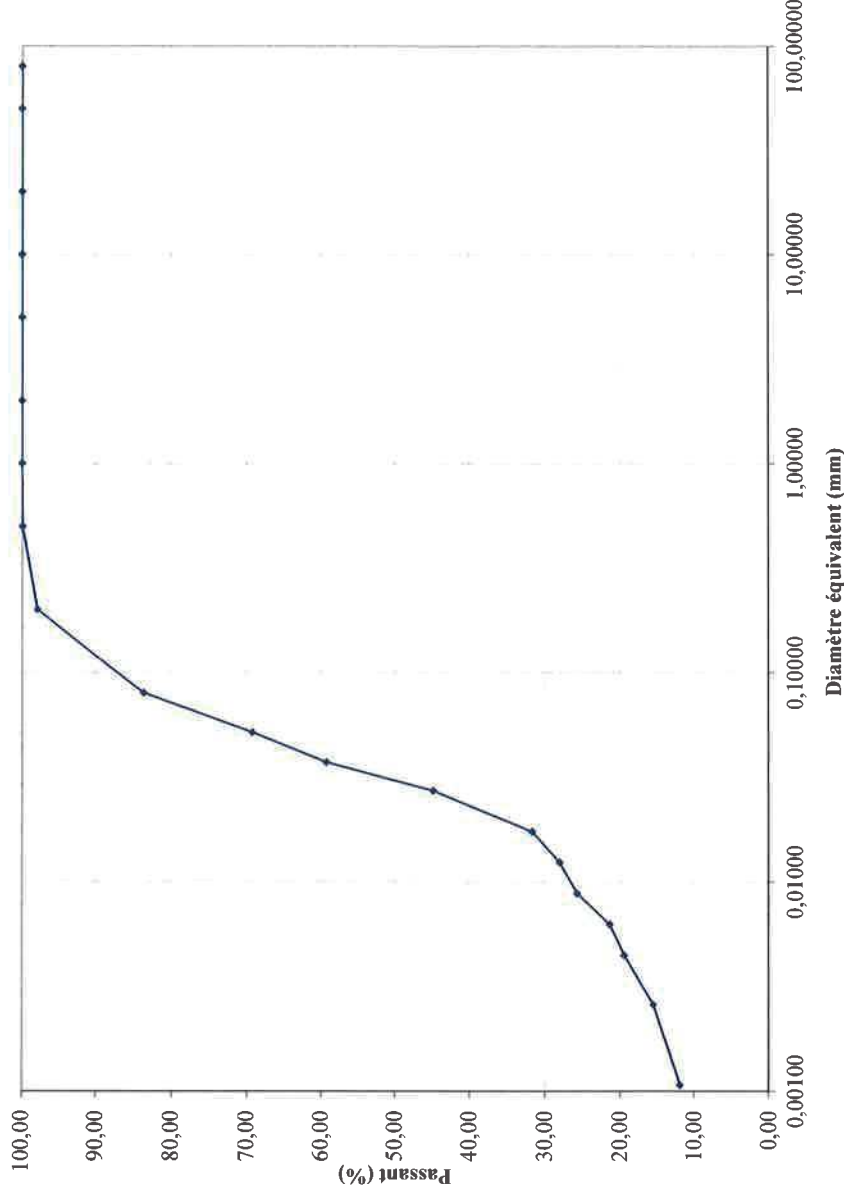
Température d'étuage : 105°C

Nature du sol : Molasse marron jaunâtre de sable très fin et induré, modérément silteuse et très peu argileuse,

tamais	Passant (%)
1,1	11,86
2,6	15,49
4,5	19,44
6,3	21,42
8,8	25,70
12,4	28,01
17,4	31,63
27,2	44,82
37,3	59,31
51,7	69,20
80	83,57
0,20	97,91
0,50	99,90
1	99,97
2	100,00
5	100,00
10	100,00
20	100,00
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J

Le: 02/09/2022

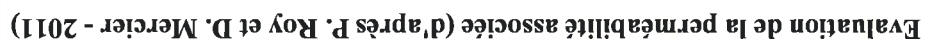


Observations :

passant à 2 μm = 14%

passant à 50 μm = 68%

	Argile	Limon	Sable	Dénomination	Sondage
% Argile	14,44%	53,76%	31,81%	Limon Fin	SC3
					profondeur 9,40-10,50m.



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Grande fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	I _p	I _p	I _p	
SC3	9.40-10.50m	Molasse marron jaunâtre de sable très fin et induré, modérément silteuse et très peu argileuse, homogène.	14,7	2,0	1	100	100	100	84	14	/	/	/	/	A1

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.30m

Description : Sable siliceux grossier, très gravillonneux et propre.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 12,0 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 2 %

Passant à 2 mm = 77 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 0,10 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

B1

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations : Limite A1.

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Procès verbal de la détermination de la valeur de Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache selon la NF P 94-068

Dossier : **G220600 MONTAUBAN**

Echantillon :

Sondage : SC4 Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.30m Date de l'essai : 8-août-22

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Sable siliceux grossier, très gravillonneux et propre.

Résultats de l'essai :

	échantillon
Masse humide de la prise	154,7
w (%) 0/5mm	11,8
Masse Sèche de la prise	138,4
C (%) 0/5 mm	94,1
V (cm3)	15,0
VBS_{0/5} (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =	0,1
VBS_{0/D} (g_{bleu}/100g_{mat. sec}) =	0,1

Observations :

$$\text{VBS} = 0,1 \quad (\text{gbleu}/100\text{gmat. sec})$$

Etabli par : A.J

Le : 08/08/2022

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage

selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.30m

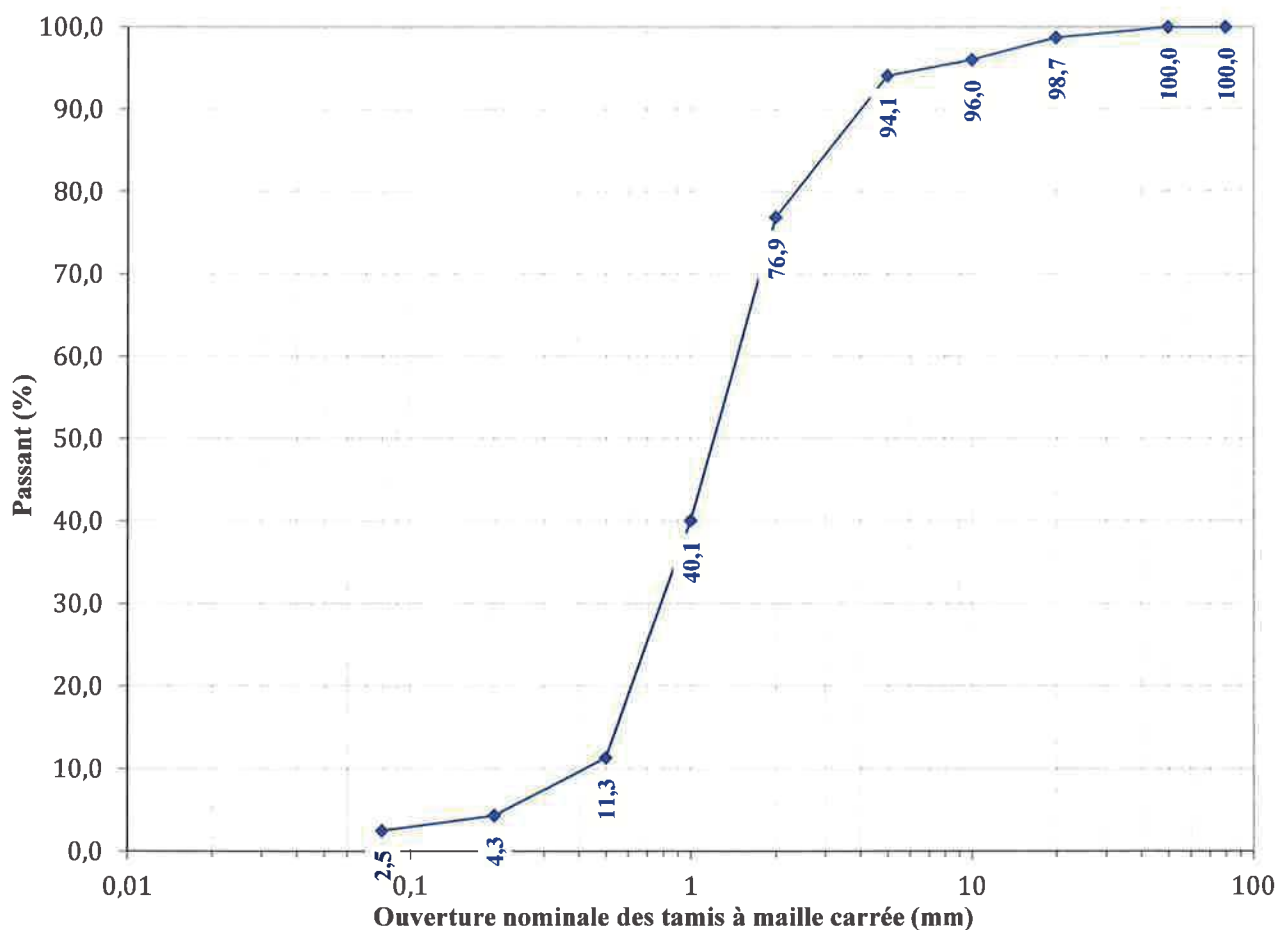
Date de l'essai : 8-août-22

Nature du sol : Sable siliceux grossier, très gravillonneux et propre.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	2,5	4,3	11,3	40,1	76,9	94,1	96,0	98,7	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 21$ mm

$d_{60} = 1,541$ mm

$d_{30} = 0,825$ mm

$d_{10} = 0,443$ mm

Facteur de courbure : $C_c = 1,0$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50 \%$

Facteur d'uniformité : $C_u = 3,5$

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50 \%$

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granulo fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	i _p	I _c		
SC4	-8.0m vers 7.3	Sable siliceux grossier, très gravillonneux et propre.	12,0	0,1	21	100	94	77	2	#VALEURI	/	/	/	B1	

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 9.0-10.0m

Température d'étuvage : 105°C

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Description : Molasse marron clair, finement sableuse,
silteuse et argileuse mais peu plastique;
homogène.

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 20,2 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 77 %

Passant à 2 mm = 97 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 2,6 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 16,6$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

A2

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,4$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{OPN}$

**Indice Portant Immédiat à la teneur en eau
naturelle selon la NF P 94-078**

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

s

Observations :

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage

selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 9.0-10.0m

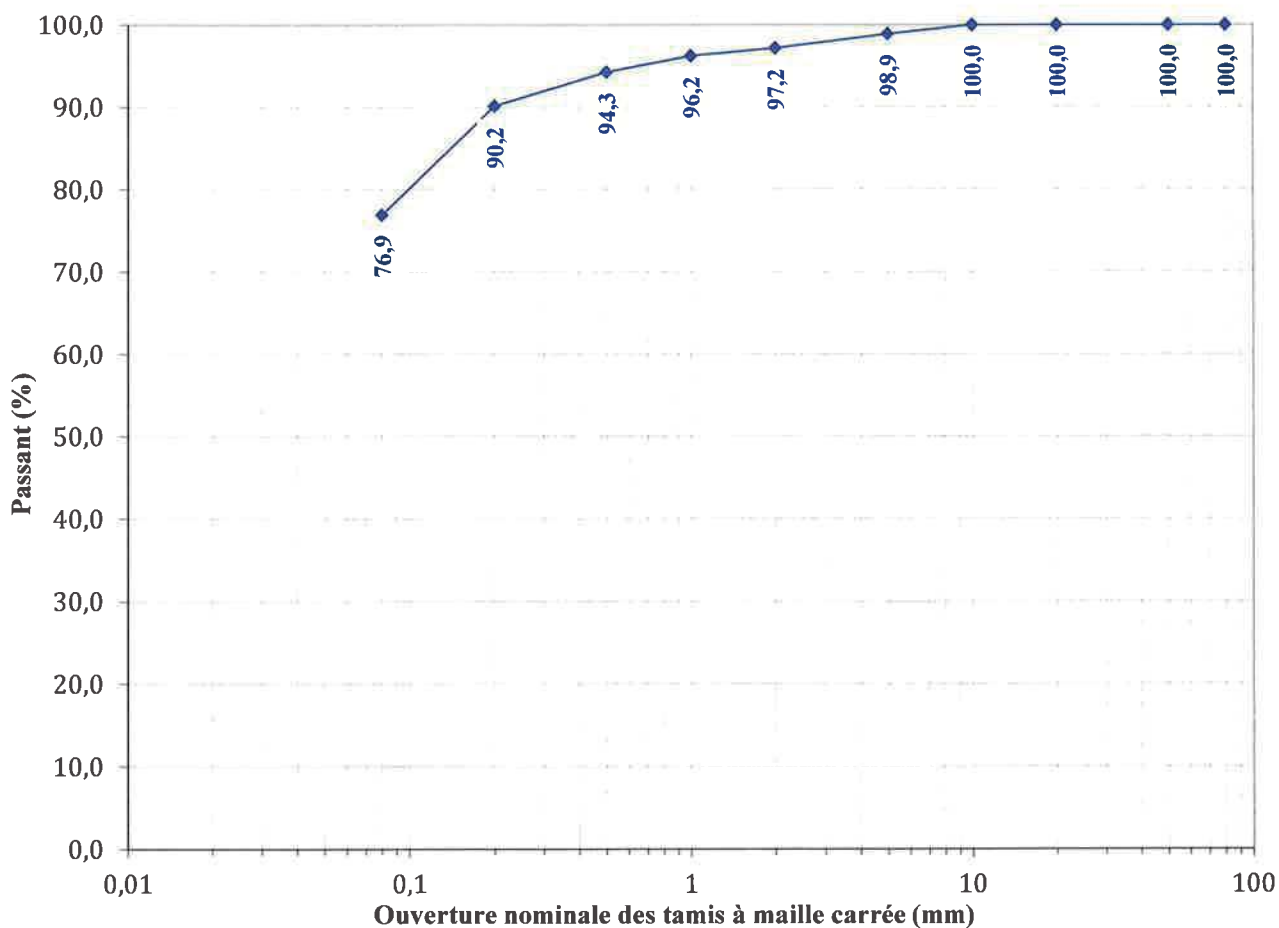
Date de l'essai : 8-août-22

Nature du sol : Molasse marron clair, finement sableuse, silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	76,9	90,2	94,3	96,2	97,2	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m = 7$ mm

Facteur de courbure : $C_c =$ /

$d_{60} =$ / mm

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50 \%$

$d_{30} =$ / mm

Facteur d'uniformité : $C_u =$ /

$d_{10} =$ / mm

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50 \%$

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 9.0-10.0m

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

Température d'étuvage : 105°C

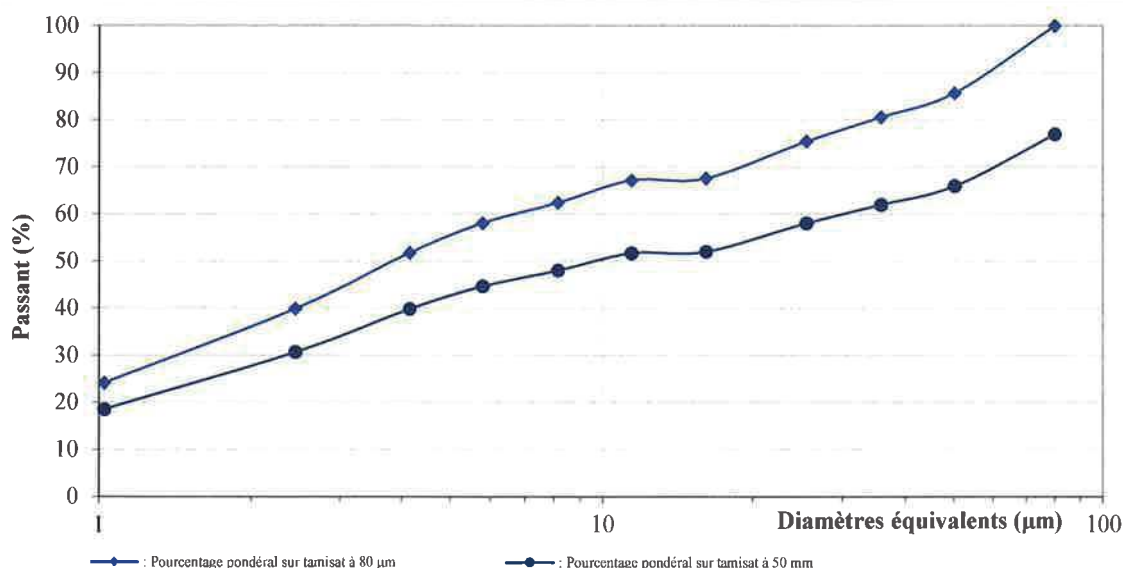
Nature du sol : Molasse marron clair, finement sableuse, silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Passant à 80 µm (%) = 76,9

Passant à 2 µm (%) = 28

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0207	24,5	0,0011	50,2	85,8	66,0
1 min	1,0194	24,5	0,0011	35,9	80,6	62,0
2 min	1,0181	24,5	0,0011	25,6	75,5	58,1
5 min	1,0161	24,5	0,0011	16,1	67,6	52,0
10 min	1,0160	24,5	0,0011	11,4	67,2	51,7
20 min	1,0145	24,5	0,0014	8,2	62,4	48,0
40 min	1,0134	24,5	0,0014	5,8	58,1	44,7
1 h 20	1,0117	24,5	0,0015	4,2	51,8	39,8
4 h	1,0087	24,5	0,0015	2,4	39,9	30,7
24 h	1,0051	24,2	0,0011	1,0	24,1	18,5



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = -0,0007$

Eprouvette : $A = 50,3$ cm²

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 9,0-10,0m

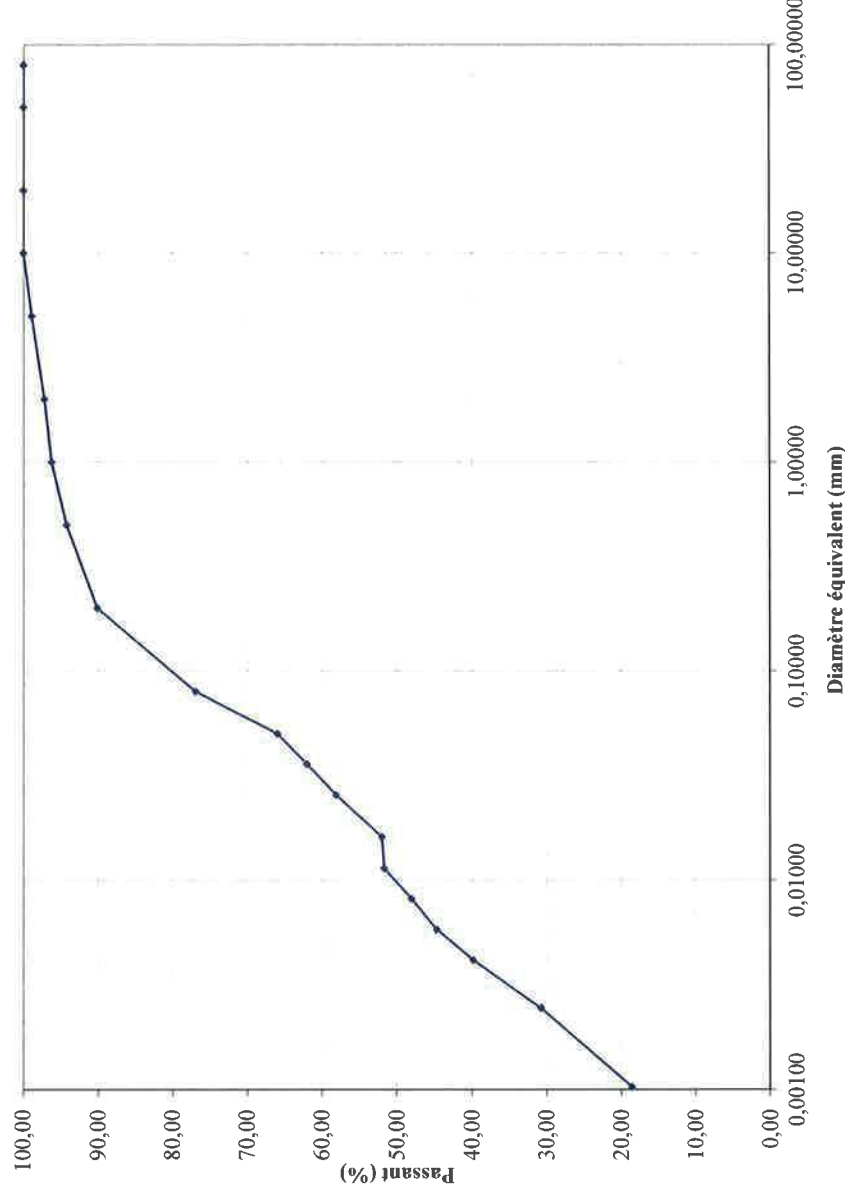
Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse marron clair, finement
sableuse, silteuse et argileuse mais
peu plastique; homogène.

tamis	Passant (%)
1,0	18,55
2,4	30,71
4,2	39,83
5,8	44,69
8,2	48,04
11,4	51,68
16,1	51,99
25,6	58,07
35,9	62,02
50,2	65,97
80	76,93
0,20	90,16
0,50	94,29
1	96,24
2	97,18
5	98,91
10	100,00
20	100,00
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

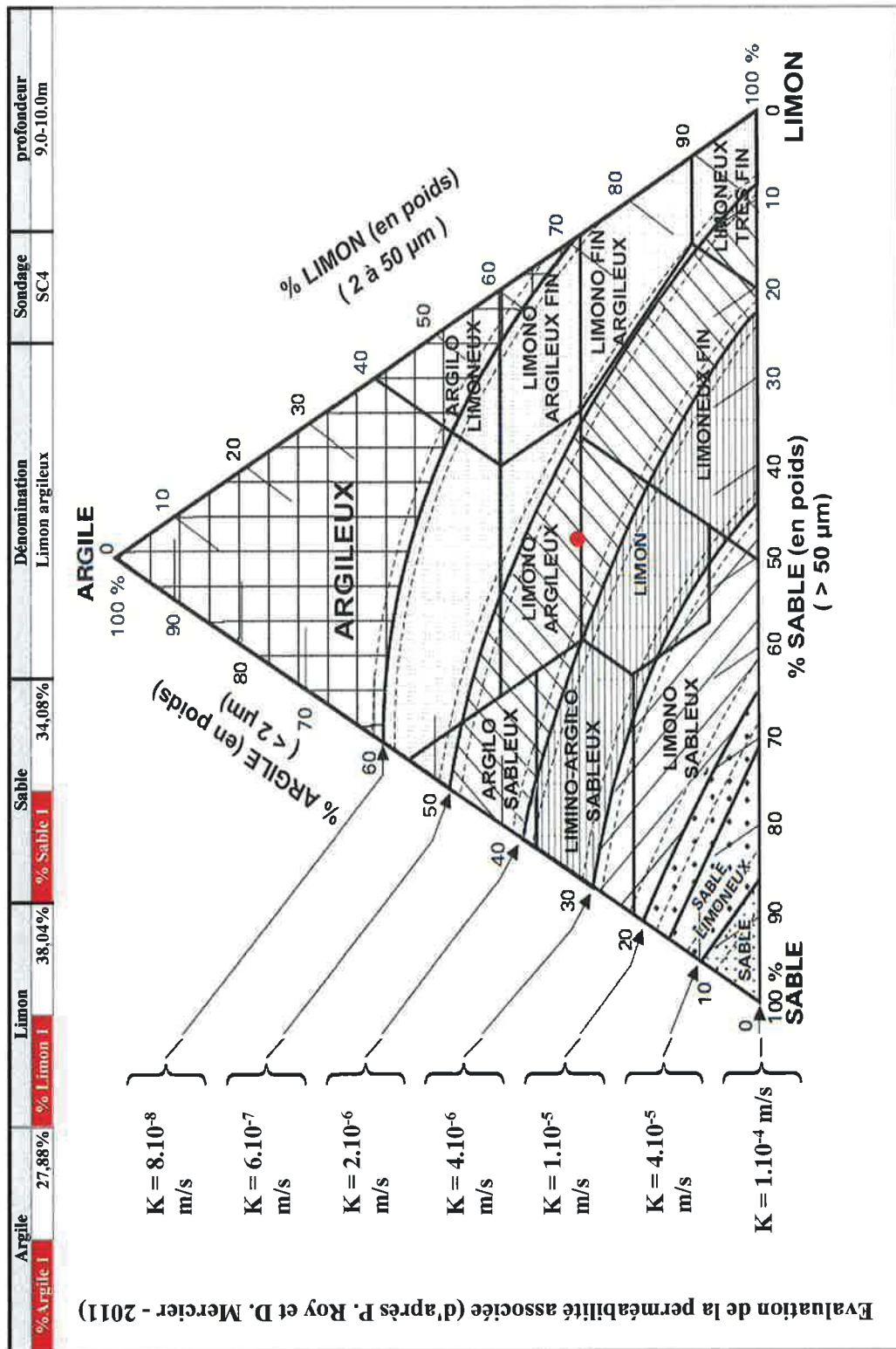


Observations :

passant à 2 μm = 28%
passant à 50 μm = 66%

**Evaluation de la perméabilité associée à la granularité d'un matériau
(d'après P. ROY et D. MERCIER-2011)**

Diagramme de Duchaufour



Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 9.0-10.0m

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse marron clair, finement sableuse, silteuse et argileuse mais peu plastique;
homogène.

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

Teneur en eau naturelle (%) = 20,2 (fraction 0/D mm)

Passant à 80 µm (%) = 76,9

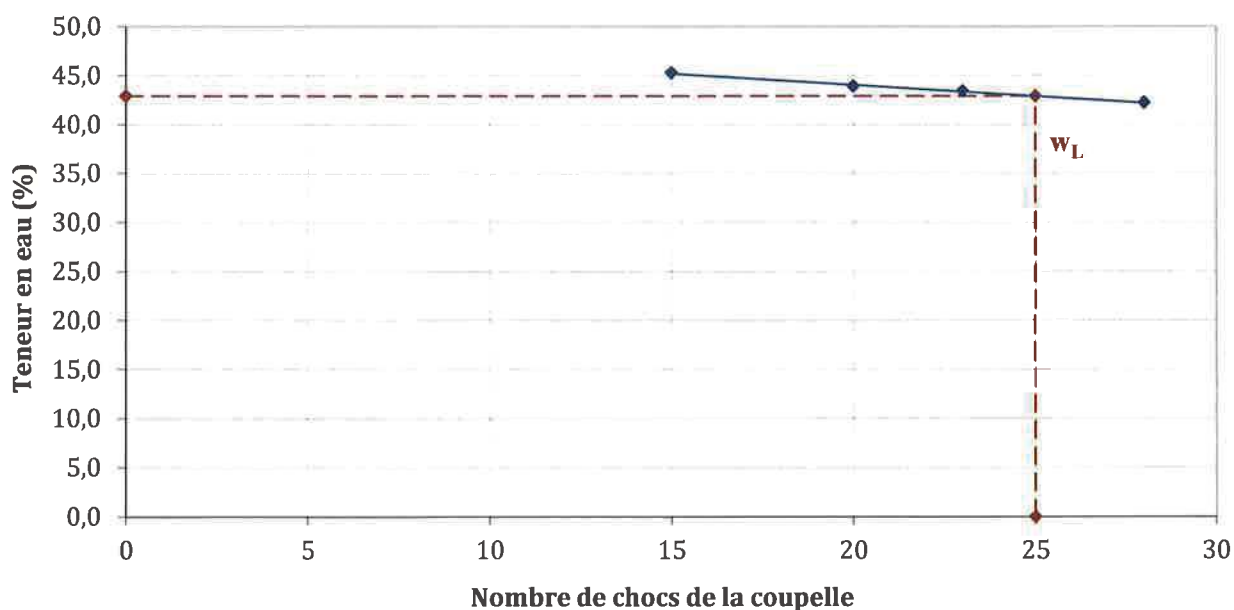
Teneur en eau naturelle (%) = 22,2 (fraction 0/400 µm)

Passant à 400 µm (%) = 90,9

Résultats de l'essai :

Limite de liquidité w_L

	Point n°1	Point n°2	Point n°3	Point n°4	Point n°5
Nombres de coups	15	20	23	28	
Teneur en eau (%)	45,3	43,9	43,4	42,2	



Limite de plasticité w_p

	Point n°1	Point n°2
Teneur en eau (%)	26,3	26,2

Synthèse

Limite de liquidité w_L = 42,9 %

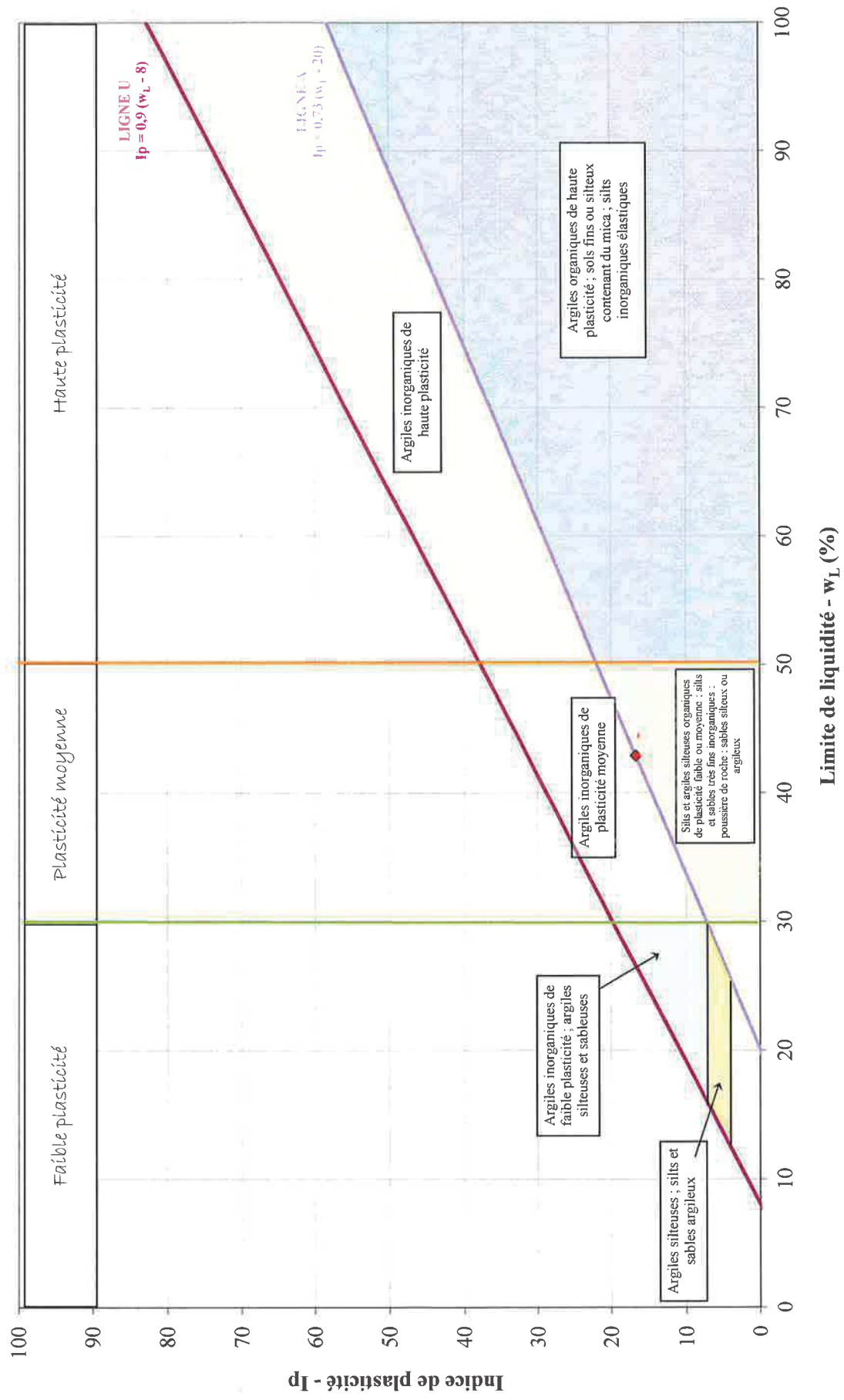
Limite de plasticité w_p = 26,3 %

Indice de plasticité I_p = 16,6 d'où la classe GTR : **A2**

Indice de consistance I_c = 1,4 d'où l'état hydrique : **s**

(pour mémoire, l' I_c est une notion du GTR 92)

Diagramme de Plasticité d'après Casagrande



Sondage	prof échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granule fraction 0-10 mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					Dmax mm	<50 mm	<3 mm	<2 mm	<30 µm	<2 µm	w _L (%)	w _P (%)	I _p	I _s	
SC4	9.0-10.0m	Molasse marron clair, finement sableuse, silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.	20,2	2,6	7	100	99	97	77	28	42,9	26,3	16,6	1,36480738	A2

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 12.0-12.60m

Température d'étuvage : 105°C

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Description : Molasse raide marron clair, finement sableuse,
très silteuse et argileuse mais peu plastique;
homogène.

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 22,3 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 94 %

Passant à 2 mm = 99,9 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

$\text{VBS} = 3,5 \text{ g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 14,3$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

$\text{MO} = / \%$

Classe de matériau =

A2

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,6$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

**Indice Portant Immédiat à la teneur en eau
naturelle selon la NF P 94-078**

$\text{IPI} = /$

Etat hydrique du matériau =

ts

Observations :

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

**Procès verbal de la détermination de la valeur de
Bleu de Méthylène d'un sol par l'essai à la tache
selon la NF P 94-068**

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC4 Date de prélèvement : 29-juil.-22
Profondeur : 12.0-12.60m Date de l'essai : 8-août-22
Température d'étuvage : 105°C
Nature du sol : Molasse raide marron clair, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Résultats de l'essai :

	échantillon
<i>Masse humide de la prise</i>	60,8
<i>w (%) 0/5mm</i>	22,6
<i>Masse Sèche de la prise</i>	49,6
<i>C (%) 0/5 mm</i>	100,0
<i>V (cm3)</i>	175,0
<i>VBS</i> 0/5 (gbleu/100g _{mat. sec}) =	3,5
<i>VBS</i> 0/D (gbleu/100g _{mat. sec}) =	3,5

Observations :

VBS = 3,5 (gbleu/100g_{mat. sec})

Procès verbal d'analyse granulométrique

Méthode par tamisage à sec après lavage

selon la NF P 94-056

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Profondeur : 12.0-12.60m

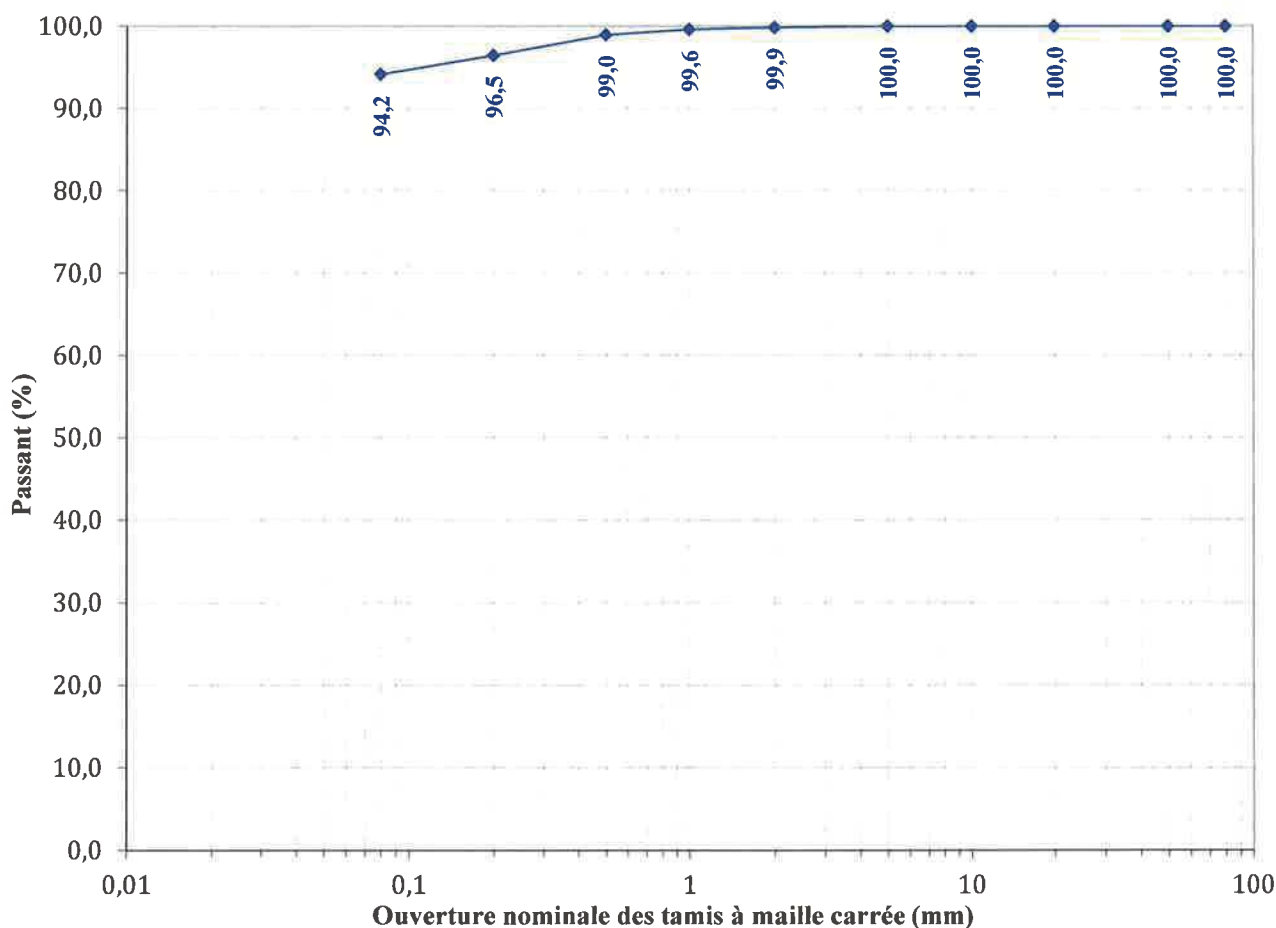
Date de l'essai : 8-août-22

Nature du sol : Molasse raide marron clair, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Résultats de l'essai :

Température d'étuvage : 105°C

Tamis (mm)	0,080	0,200	0,500	1	2	5	10	20	50	80
Passant (%)	94,2	96,5	99,0	99,6	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



Observations :

$d_m =$ 5 mm

$d_{60} =$ / mm

$d_{30} =$ / mm

$d_{10} =$ / mm

Facteur de courbure : $C_c =$ /

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50\%$

Facteur d'uniformité : $C_u =$ /

→ Sans objet si le passant à $80\mu m > 50\%$

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 12.0-12.60m

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

Température d'étuvage : 105°C

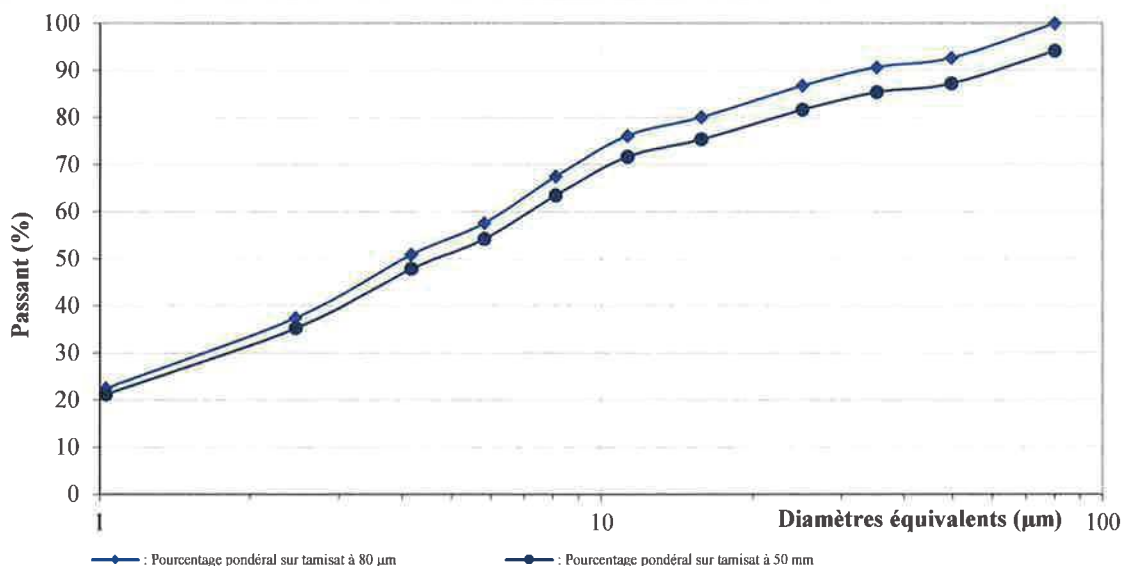
Nature du sol : Molasse raide marron clair, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Passant à 80 µm (%) = 94,2

Passant à 2 µm (%) = 32

Résultats de l'essai :

	R Lecture du densimètre	Température de la solution (°C)	Ct Correction de température	D (µm)	P % (sur tamis à 80 µm)	P' % (sur tamis à 50 mm)
30s	1,0225	24,2	0,0011	49,7	92,7	87,3
1 min	1,0220	24,2	0,0011	35,3	90,7	85,4
2 min	1,0210	24,2	0,0011	25,1	86,8	81,7
5 min	1,0193	24,2	0,0011	15,8	80,1	75,4
10 min	1,0183	24,2	0,0011	11,3	76,1	71,7
20 min	1,0158	24,2	0,0014	8,1	67,4	63,5
40 min	1,0133	24,2	0,0014	5,8	57,6	54,2
1 h 20	1,0115	24,2	0,0015	4,2	50,9	47,9
4 h	1,0081	24,2	0,0015	2,5	37,5	35,3
24 h	1,0047	24,2	0,0011	1,0	22,5	21,2



Observations :

Densimètre : $H_0 = 8,1$ cm $H_1 = 1,9$ cm $h_1 = 17,5$ cm $V_d = 49,85$ cm³

Facteurs correcteur : $C_m = 0,0006$ $C_d = - 0,0007$

Eprouvette : A = 50,3 cm²

Etabli par : A.J

Le: 08/08/2022

Dossier :

G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

-

Sondage :

SC4

Profondeur :

12.0-12.60m

Température d'étuvage :

105°C

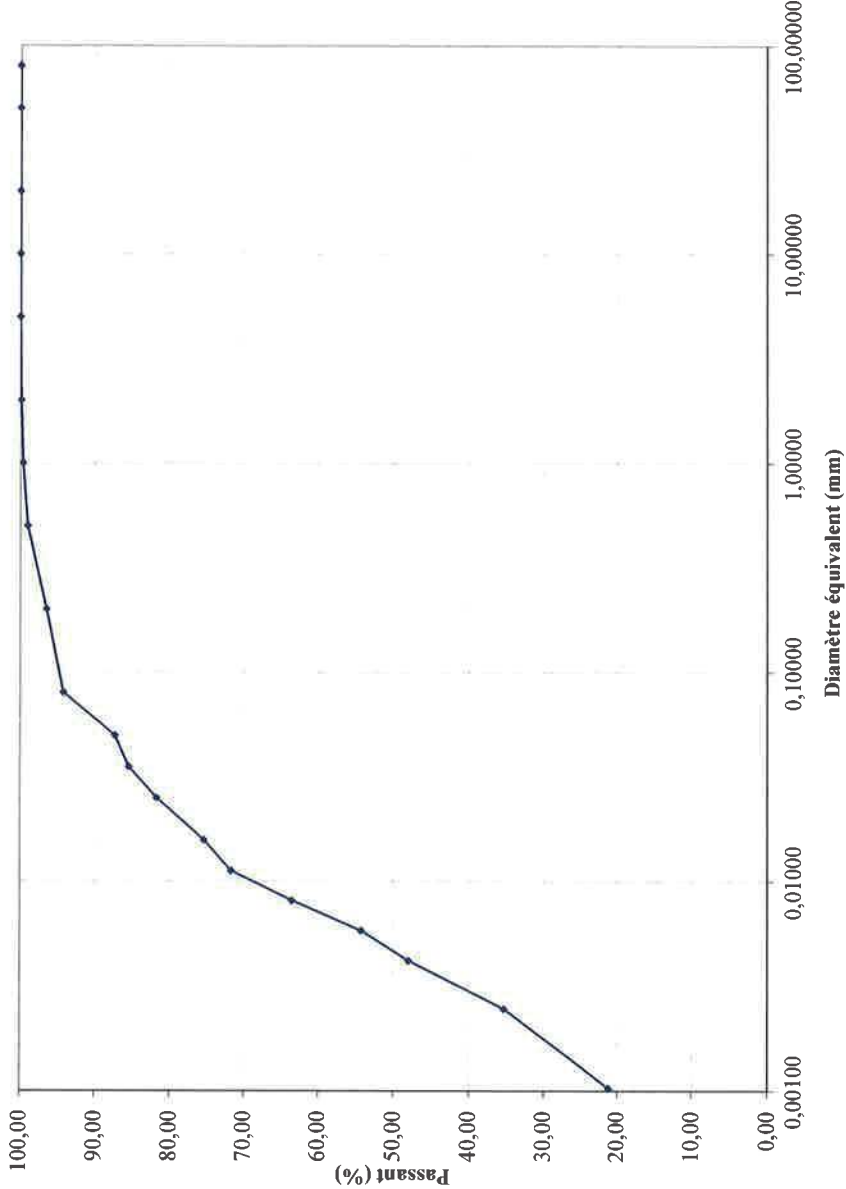
Nature du sol :

Molasse raide marron clair,
finement sableuse, très silteuse et
argileuse mais peu plastique;

tamais	Passant (%)
1,0	21,17
2,5	35,28
4,2	47,91
5,8	54,23
8,1	63,51
11,3	71,68
15,8	75,40
25,1	81,71
35,3	85,43
49,7	87,28
80	94,17
0,20	96,47
0,50	98,96
1	99,60
2	99,86
5	100,00
10	100,00
20	100,00
50	100,00
80	100,00

Etabli par : A.J

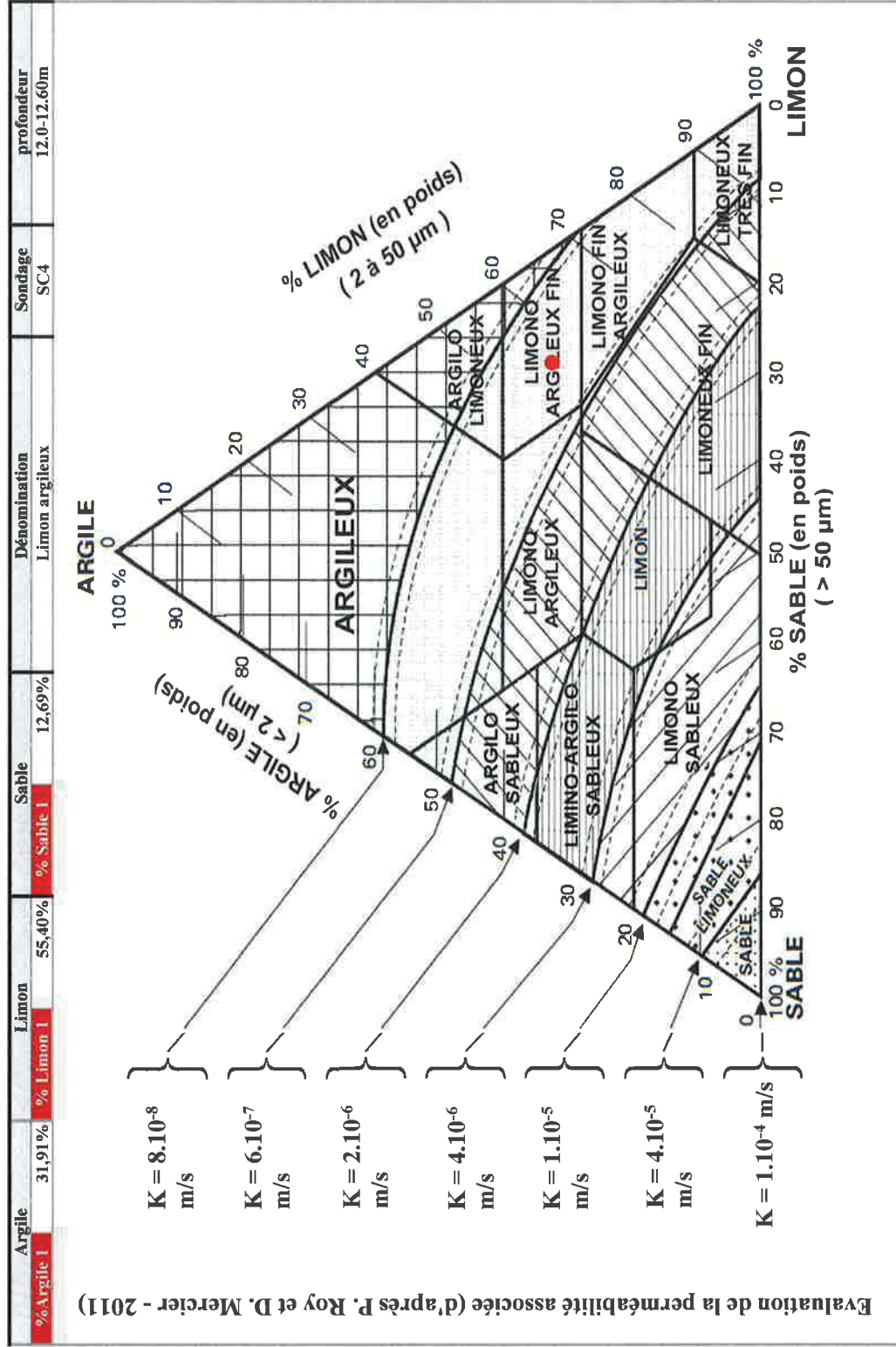
Le: 08/08/2022



Observations :

passant à 2 µm = 32%

passant à 50 µm = 87%



Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon : -

Sondage : SC4

Profondeur : 12.0-12.60m

Température d'étuvage : 105°C

Nature du sol : Molasse raide marron clair, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Date de prélèvement : 29-juil.-22

Date de l'essai : 8-août-22

Teneur en eau naturelle (%) = 22,3 (fraction 0/D mm)

Passant à 80 µm (%) = 94,2

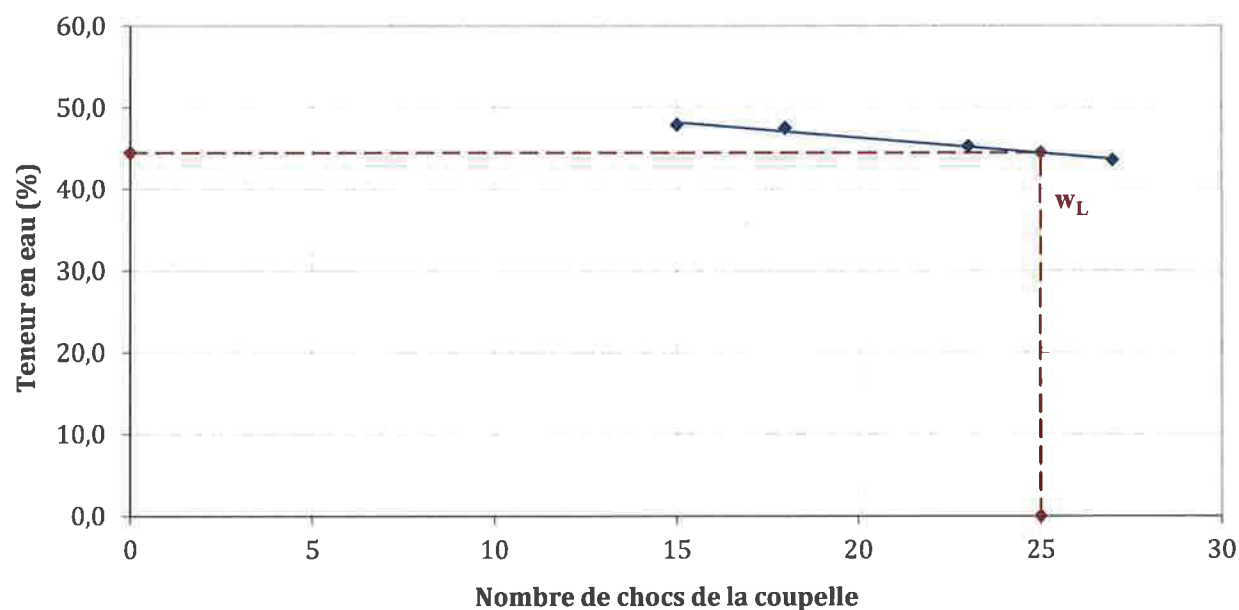
Teneur en eau naturelle (%) = 22,7 (fraction 0/400 µm)

Passant à 400 µm (%) = 98,0

Résultats de l'essai :

Limite de liquidité w_L

	Point n°1	Point n°2	Point n°3	Point n°4	Point n°5
Nombres de coups	15	18	23	27	
Teneur en eau (%)	47,9	47,5	45,3	43,5	



Limite de plasticité w_p

	Point n°1	Point n°2
Teneur en eau (%)	30,5	29,8

Synthèse

Limite de liquidité w_L = 44,4 %

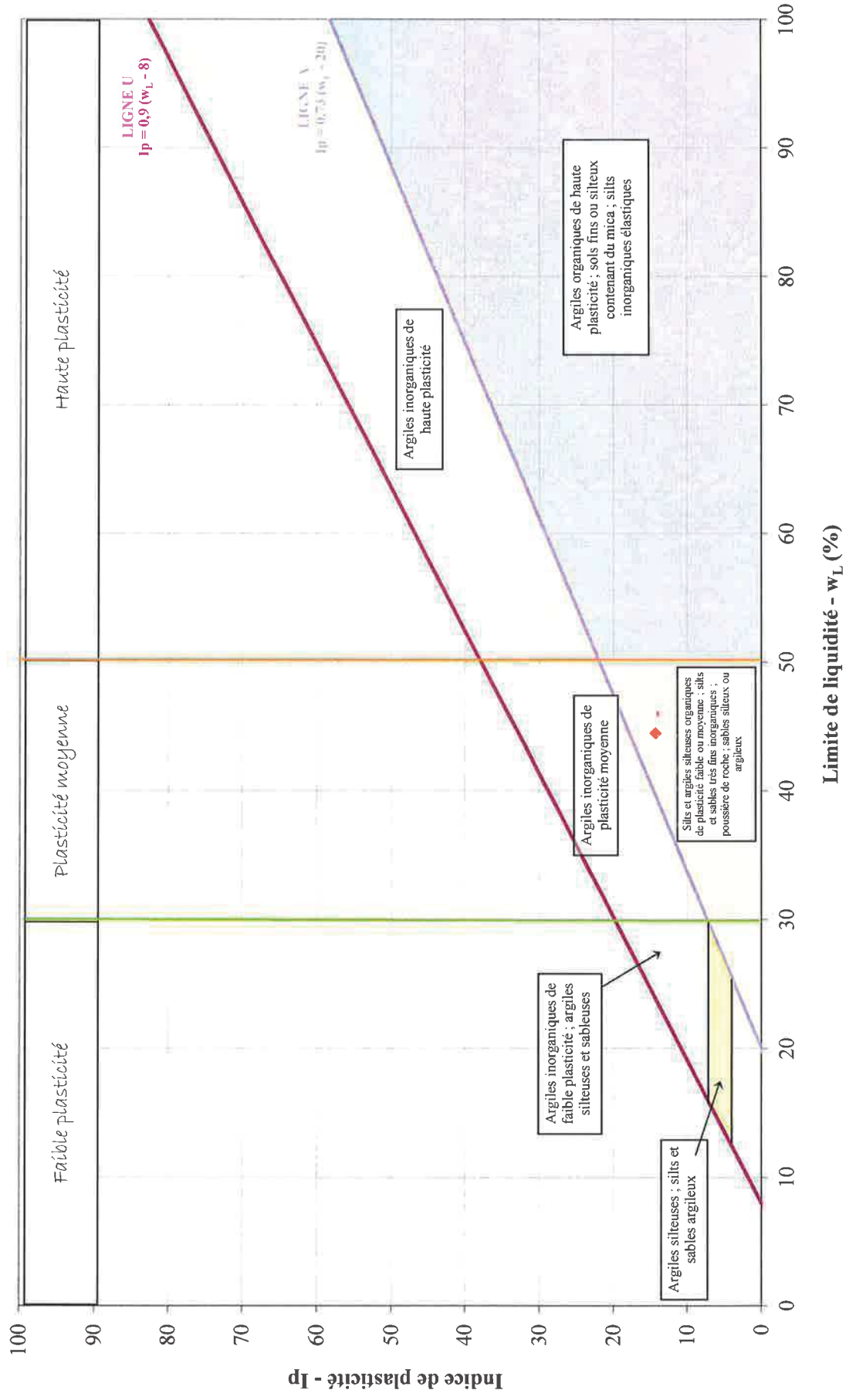
Limite de plasticité w_p = 30,1 %

Indice de plasticité I_p = 14,3 d'où la classe GTR : **A2**

Indice de consistance I_c = 1,6 d'où l'état hydrique : **ts**

(pour mémoire, l' I_c est une notion du GTR 92)

Diagramme de Plasticité d'après Casagrande



Sondage	prof. échantillon (m)	Description	w _s (%)	VBS	Granula fraction 0-D mm						Limites d'Atterberg				Classe GTR
					D _{max} mm	<50 mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm	w _L (%)	w _p (%)	I _p	I _L	
SC4	12.0-12.60m	Molasse raide marron clair, finement sableuse, très silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.	22,3	3,5	5	100	100	100	94	32	44,4	30,1	14,3	1,55012926	A2

TENEUR EN EAU PONDERALE

selon la NF P 94,050

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC1 Date de prélèvement: mercredi 31 août 2022

Pronfondeur: 5.0-6.0m Date de l'essai : mercredi 31 août 2022

Nature du sol: Sable grossier et siliceux, très graveleux (galets de silex et quartz).

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	317,05	
Poids total humide	g	2782,65	
Poids total sec	g	2631,9	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	6,5
---------------	---	---	-----

Observations :

Etabli par : A.J

TENEUR EN EAU PONDERALE

selon la NF P 94,050

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC1 Date de prélèvement: mercredi 31 août 2022

Pronfondeur: 9.40-10.40m Date de l'essai : mercredi 31 août 2022

Nature du sol: Molasse légèrement argileuse marron rosé.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	371,2	
Poids total humide	g	2040,95	
Poids total sec	g	1802	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	16,7
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

TENEUR EN EAU PONDERALE

selon la NF P 94,050

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC2 Date de prélèvement: vendredi 29 juillet 2022

Pronfondeur: 5.0-6.0m Date de l'essai : vendredi 29 juillet 2022

Nature du sol: Sable grossier et siliceux, très graveleux, cohésionné par une matrice limono-sableuse fine et marron.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	295,2	
Poids total humide	g	2077,25	
Poids total sec	g	1898,4	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	11,2
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

TENEUR EN EAU PONDERALE

selon la NF P 94,050

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC2 Date de prélèvement: vendredi 29 juillet 2022

Pronfondeur: 12.0-13.0m Date de l'essai : vendredi 29 juillet 2022

Nature du sol: Molasse raide et légèrement argileuse marron clair,

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	290,15	
Poids total humide	g	1332,1	
Poids total sec	g	1200,25	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	14,5
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

TENEUR EN EAU PONDERALE

selon la NF P 94,050

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC3 Date de prélèvement: mercredi 31 août 2022

Pronfondeur: 7.0-7.90m Date de l'essai : mercredi 31 août 2022

Nature du sol: Sable grossier et graviers de silex et quartz.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	316,25	
Poids total humide	g	2927,1	
Poids total sec	g	2735,85	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	7,9
---------------	---	---	-----

Observations :

Etabli par : A.J

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC3 Date de prélèvement: mercredi 31 août 2022

Pronfondeur: 12.0-13.10m Date de l'essai : mercredi 31 août 2022

Nature du sol: Molasse raide, légèrement argileuse, homogène.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	311,6	
Poids total humide	g	1285,6	
Poids total sec	g	1161,95	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	14,5
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC4 Date de prélèvement: vendredi 29 juillet 2022

Pronfondeur: 3.0-4.0m Date de l'essai : vendredi 29 juillet 2022

Nature du sol: Sable grossier et siliceux, très graveleux, cohésionné par une matrice limono-argileuse marron.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	370,7	
Poids total humide	g	1790	
Poids total sec	g	1553,7	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	20,0
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC4 Date de prélèvement: vendredi 29 juillet 2022

Pronfondeur: 5.0-6.0m Date de l'essai : vendredi 29 juillet 2022

Nature du sol: Sable grossier et siliceux, très graveleux, cohésionné par une matrice limono-argileuse marron, avec de gros morceaux de brique.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	370,5	
Poids total humide	g	1825,4	
Poids total sec	g	1529,4	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	25,5
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

TENEUR EN EAU PONDERALE

selon la NF P 94,050

Dossier: G220600 MONTAUBAN

Echantillon:

Sondage: SC4 Date de prélèvement: vendredi 29 juillet 2022

Pronfondeur: 12.60-13.20m Date de l'essai : vendredi 29 juillet 2022

Nature du sol: Molasse argileuse raide marron clair homogène.

Résultats de l'essai

Teneur en eau

Poids de la tare	g	299,1	
Poids total humide	g	1437,35	
Poids total sec	g	1302,95	

RESULTATS

Teneur en eau	W	%	13,4
---------------	---	---	------

Observations :

Etabli par : A.J

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC1
Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.60m.
Nature du sol : Molasse marron clair raide, finement sableuse, argileuse mais peu plastique.

Date de prélèvement : 31 août 2022

Date de l'essai : 31 août 2022

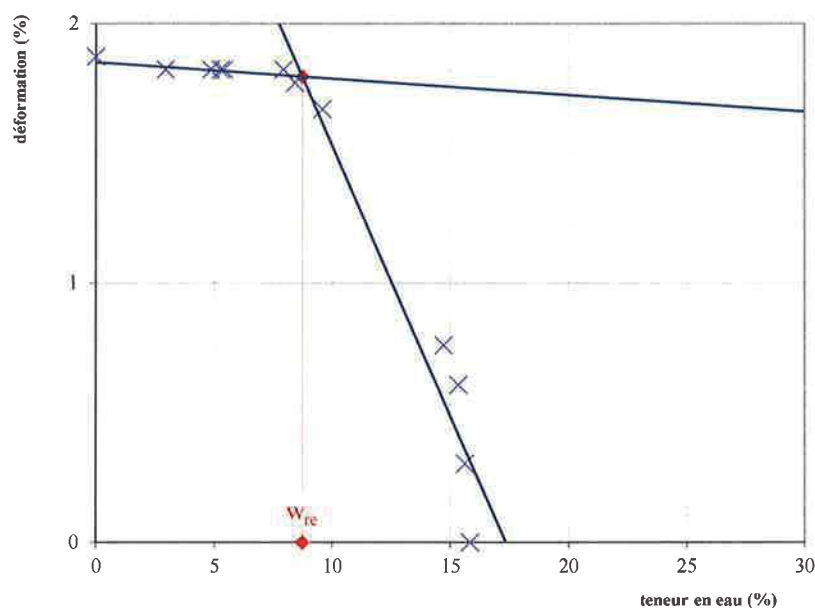
Résultats de l'essai :

Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	H_0 (mm) =	19,75
diamètre	D_0 (mm) =	49,90
masse	m_0 (mm) =	84,55

masse vol. grains	ρ_s (kg/m ³) =	2700,00	(estimée)
			(mesurée)

étape	m_i (g)	w (%)	Déplacement	Déformation
			ΔH_i (mm)	$\Delta H_i/H_0$ (%)
0	84,55	15,8	0,00	0,00
1	84,40	15,6	0,06	0,30
2	84,20	15,3	0,12	0,61
3	83,75	14,7	0,15	0,76
4	80,00	9,6	0,33	1,67
5	79,15	8,4	0,35	1,77
6	78,80	7,9	0,36	1,82
7	76,95	5,4	0,36	1,82
finale	73,00	0,0	0,37	1,87



Ind. des vides	initial	$e_0 =$	0,43
Teneur en eau	initiale	$w_0 =$	15,8 %
	de saturation	$w_{sat} =$	15,9 %
Limite de retrait effectif		$w_{Re} =$	8,73 %
Facteur de retrait effectif		$R_l =$	0,21
Degré de saturation initial		$S_{r0} =$	100 %

Observations :

Etabli par : A.J

Le : 19/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC2

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m

Date de prélèvement : 6 septembre 2022

Nature du sol : Molasse raide marron clair à jaunâtre, silteuse et

légèrement argileuse, peu plastique et homogène. Date de l'essai : 6 septembre 2022

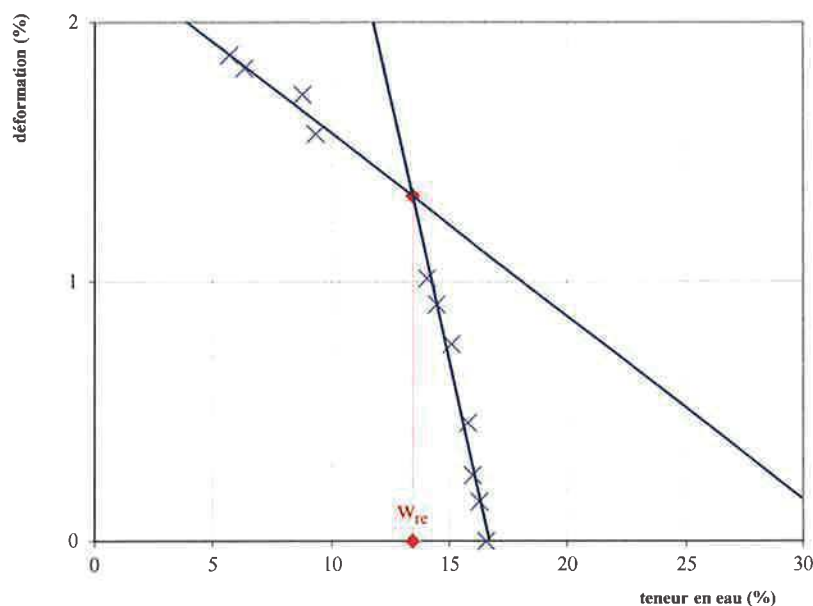
Résultats de l'essai :

Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	H_0 (mm) =	19,75
diamètre	D_0 (mm) =	49,90
masse	m_0 (mm) =	81,8

masse vol. grains	ρ_s (kg/m ³) =	2700,00	(estimée)
			(mesurée)

étape	m_i (g)	w (%)	Déplacement	Déformation
			ΔH_i (mm)	$\Delta H_i/H_0$ (%)
0	81,80	16,6	0,00	0,00
1	81,60	16,3	0,03	0,15
2	81,40	16,0	0,05	0,25
3	81,25	15,8	0,09	0,46
4	80,75	15,1	0,15	0,76
5	80,30	14,5	0,18	0,91
6	80,00	14,0	0,20	1,01
7	76,70	9,3	0,31	1,57
finale	70,15	0,0	0,40	2,03



Ind. des vides	initial	$e_0 =$	0,49
Teneur en eau	initiale	$w_0 =$	16,6 %
	de saturation	$w_{sat} =$	18,0 %
Limite de retrait effectif		$w_{Re} =$	13,43 %
Facteur de retrait effectif		$R_l =$	0,40
Degré de saturation initial		$S_{r0} =$	92 %

Observations :

Etabli par : A.J

Le : 19/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3
Profondeur : 9.40-10.50m vers 9.90m.
Nature du sol : Molasse marron clair à jaunâtre, très finement sableuse, silteuse et peu argileuse, indurée et friable, homogène.

Date de prélèvement : 31 août 2022

Date de l'essai : 31 août 2022

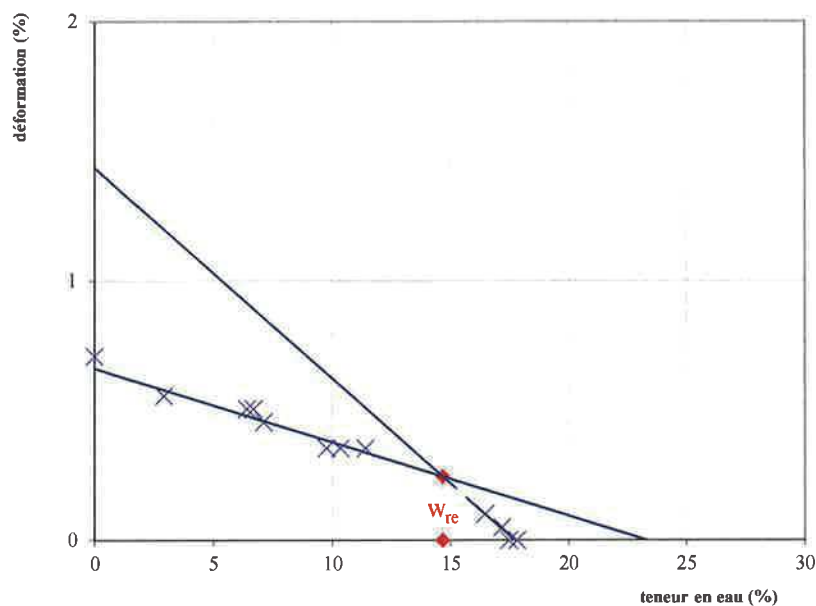
Résultats de l'essai :

Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	H_0 (mm) =	19,75
diamètre	D_0 (mm) =	49,90
masse	m_0 (mm) =	82,6

masse vol. grains	ρ_s (kg/m ³) =	2700,00	(estimée)
			(mesurée)

étape	m_i (g)	w (%)	Déplacement	Déformation
			ΔH_i (mm)	$\Delta H_i/H_0$ (%)
0	82,60	17,8	0,00	0,00
1	82,35	17,5	0,00	0,00
2	82,15	17,2	0,01	0,05
3	81,65	16,5	0,02	0,10
4	78,10	11,4	0,07	0,35
5	77,35	10,3	0,07	0,35
6	76,95	9,8	0,07	0,35
7	75,10	7,1	0,09	0,46
finale	70,10	0,0	0,14	0,71



Ind. des vides	initial	$e_0 =$	0,49
Teneur en eau	initiale	$w_0 =$	17,8 %
	de saturation	$w_{sat} =$	18,1 %
Limite de retrait effectif		$w_{Re} =$	14,67 %
Facteur de retrait effectif		$R_l =$	0,08
Degré de saturation initial		$S_{r0} =$	99 %

Observations :

Etabli par : A.J

Le : 19/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC4
Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m
Nature du sol : Molasse fine, silteuse et argileuse mais peu plastique; homogène.

Date de prélèvement : 10 août 2022

Date de l'essai : 10 août 2022

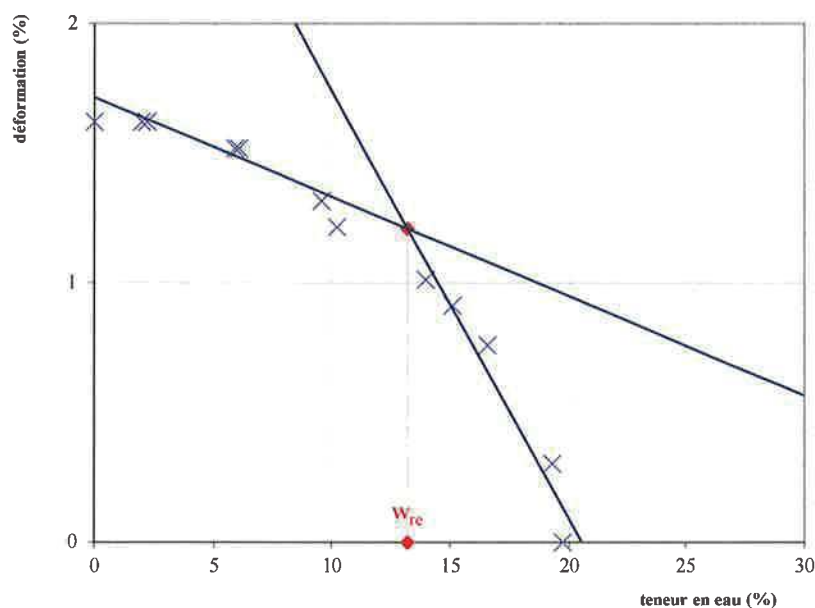
Résultats de l'essai :

Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	H_0 (mm) =	19,75
diamètre	D_0 (mm) =	49,90
masse	m_0 (mm) =	81,3

masse vol. grains	ρ_s (kg/m ³) =	2700,00	(estimée)
			(mesurée)

étape	m_i (g)	w (%)	Déplacement	Déformation
			ΔH_i (mm)	$\Delta H_i/H_0$ (%)
0	81,30	19,7	0,00	0,00
1	81,00	19,3	0,06	0,30
2	79,15	16,6	0,15	0,76
3	78,15	15,1	0,18	0,91
4	77,40	14,0	0,20	1,01
5	74,85	10,2	0,24	1,22
6	74,40	9,6	0,26	1,32
7	72,00	6,0	0,30	1,52
finale	67,90	0,0	0,32	1,62



Ind. des vides	initial	$e_0 =$	0,54
Teneur en eau	initiale	$w_0 =$	19,7 %
	de saturation	$w_{sat} =$	19,8 %
Limite de retrait effectif		$w_{re} =$	13,23 %
Facteur de retrait effectif		$R_l =$	0,17
Degré de saturation initial		$S_{r0} =$	99 %

Observations :

Etabli par : A.J

Le : 26/08/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC4
Profondeur : 12.0-12.60m
Nature du sol : Molasse fine, très silteuse et argileuse
mais peu plastique; homogène.

Date de prélèvement : 10 août 2022

Date de l'essai : 10 août 2022

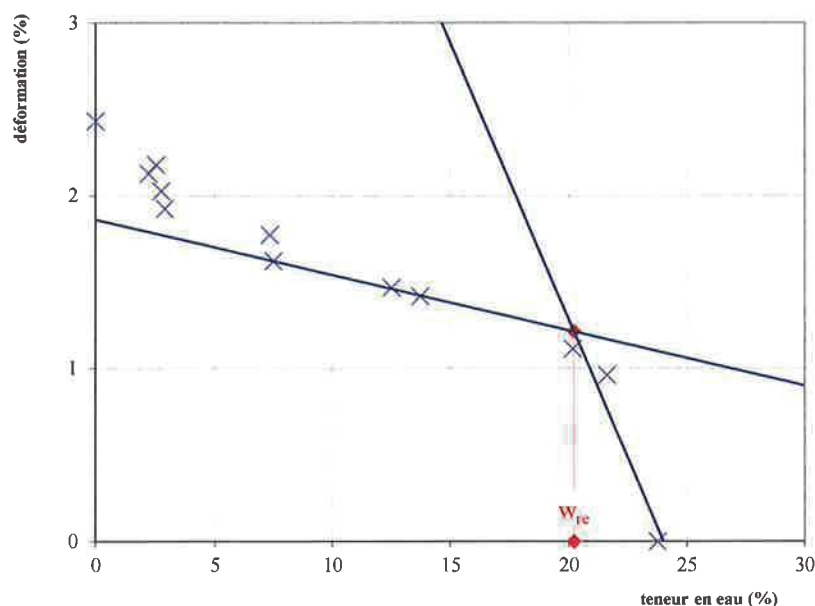
Résultats de l'essai :

Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	H_0 (mm) =	19,75
diamètre	D_0 (mm) =	49,90
masse	m_0 (mm) =	80,7

masse vol. grains	ρ_s (kg/m ³) =	2700,00	(estimée)
			(mesurée)

étape	m_i (g)	w (%)	Déplacement	Déformation
			ΔH_i (mm)	$\Delta H_i/H_0$ (%)
0	80,70	23,8	0,00	0,00
1	79,30	21,6	0,19	0,96
2	78,35	20,2	0,22	1,11
3	74,15	13,7	0,28	1,42
4	73,35	12,5	0,29	1,47
5	70,10	7,5	0,32	1,62
6	70,00	7,4	0,35	1,77
7	67,10	2,9	0,38	1,92
finale	65,20	0,0	0,48	2,43



Ind. des vides	initial	$e_0 =$	0,60
Teneur en eau	initiale	$w_0 =$	23,8 %
	de saturation	$w_{sat} =$	22,2 %
Limite de retrait effectif		$w_{Re} =$	20,22 %
Facteur de retrait effectif		$R_l =$	0,32
Degré de saturation initial		$S_{r0} =$	100 %

Observations :

Etabli par : A.J

Le : 26/08/2022

WESSLING France S.A.R.L., 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

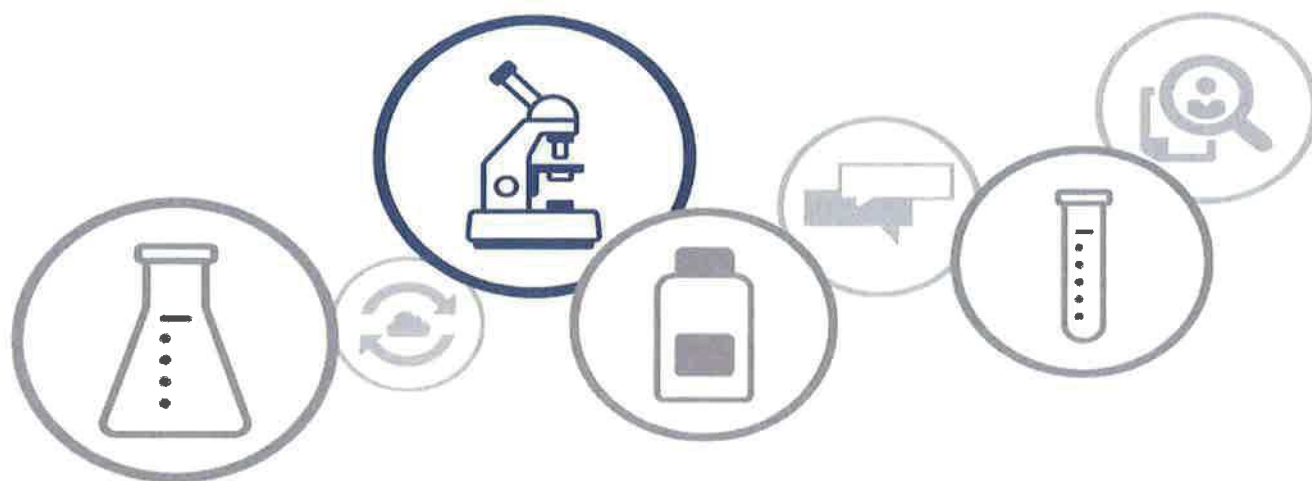
GEOLIA

Monsieur Thierry Mazet
119/131 Avenue René Morin
91410 MORANGIS

N° rapport d'essai	UPA22-031012-1
N° commande	UPA-10808-22
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	David.Cardon@wessling.fr
Date	11.08.2022

Rapport d'essai

G220600 MONTAUBAN



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation DAKKS n° D-PL-14162-01-00 des laboratoires WESSLING Allemands est disponible sur le site www.dakks.de pour les résultats accrédités par ces laboratoires.

Le DAKKS est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'IEA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Le 11.08.2022

N° d'échantillon 22-118938-01
Désignation d'échantillon Unité PZ ST04

pH du lixiviat - DIN 38404-5 (zurückgez.) (2009-07) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

pH	E/L	7,8 (A)		
Température de mesure du pH	°C E/L	20,1 (A)		

Cations, anions et éléments non métalliques

Dioxyde de carbone agressif sur eau / lixiviat - DIN 38404-10-M4 (1995-04) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Dioxyde de carbone agressif	mg/l E/L	6,5 (A)		
-----------------------------	----------	---------	--	--

Hydrogénocarbonates - DIN 38405 D8 (1971) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Hydrogénocarbonates (HCO ₃)	mg/l E/L	220 (A)		
---	----------	---------	--	--

Ammonium sur eau / lixiviat - DIN 38406 E5-1 (1983-10) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Ammonium (NH ₄)	mg/l E/L	<0,5 (A)		
Azote ammoniacal (NH ₄ -N)	mg/l E/L	<0,39 (A)		

Sulfates - DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Sulfates (SO ₄)	mg/l E/L	55 (A)		
-----------------------------	----------	--------	--	--

Carbonate (CO₃) sur eau / lixiviat - DIN 38405 D8 (1971) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Carbonate (CO ₃)	mg/l E/L	<1,0 (A)		
------------------------------	----------	----------	--	--

Divers

Capacité acide/base sur eau/lixiviat - DIN 38409 H7 (2005-12) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Alcalinité pH 4,3	mmol/l E/L	3,7 (A)		
-------------------	------------	---------	--	--

Éléments

Métaux / Éléments sur eau / lixiviat (ICP-OES) - DIN EN ISO 11885 (2009-09) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Calcium (Ca)	mg/l E/L	58 (A)		
Magnésium (Mg)	mg/l E/L	14 (A)		

Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide nitrique d'eaux résiduaires pour métaux totaux - DIN EN ISO 15587-2 (2002-07) - Réalisé par WESSLING Altenberge (Allemagne)

Après minéralisation à HNO ₃	E/L	08.08.2022 (A)		
---	-----	----------------	--	--

E/L : Eau/lixiviat

< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

Date de réception :	05.08.2022			
Type d'échantillon :	Eau souterraine			
Date de prélèvement :	03.08.2022			
Heure de prélèvement :	17:00			
Récipient :	1LPE+100mlPE(HNO ₃)			
Température à réception (C°) :	8,7			
Début des analyses :	05.08.2022			
Fin des analyses :	11.08.2022			
Préleveur :	client			

Le 11.08.2022

Informations sur vos résultats d'analyses :

Pour parfaire la lecture de vos résultats, les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

22-118938-01

Commentaires des résultats:

Ammonium sur eau / lixiviat, Ammonium (NH₄): Seuil augmenté dû à des interférences chimiques.

Signataire approbateur :

Coralie MOREL

Responsable Qualité & Directrice adjointe

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "C Morel", written over a horizontal line.

Dossier : G220600

MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC2

Profondeur : 7.0-7.80m vers 7.50m.

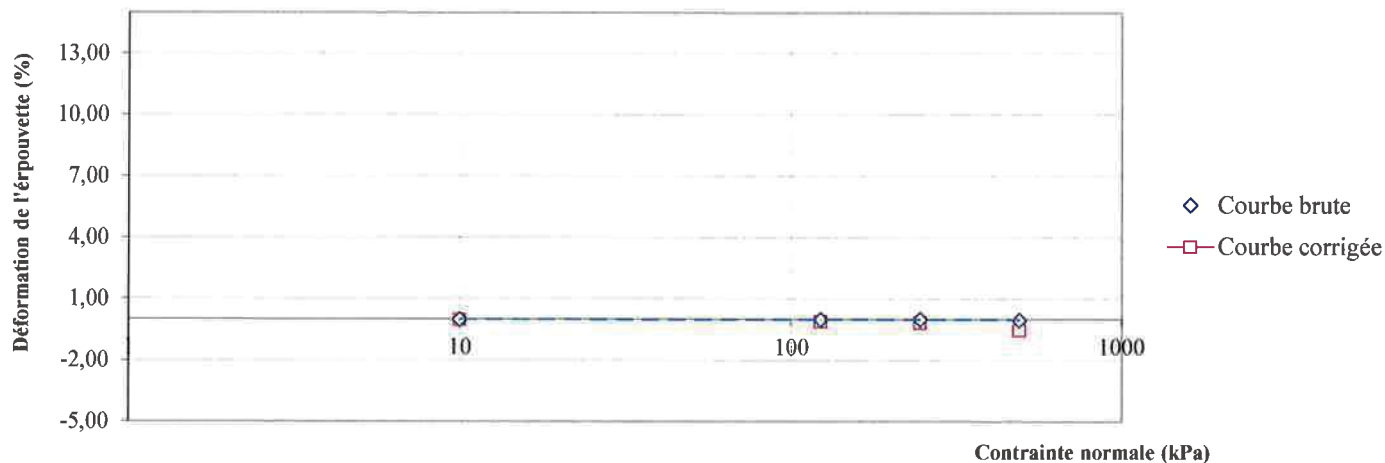
Date de prélèvement : 29-août-22

Nature du sol : Molasse marron clair, finement sableuse, légèrement argileuse mais peu plastique.

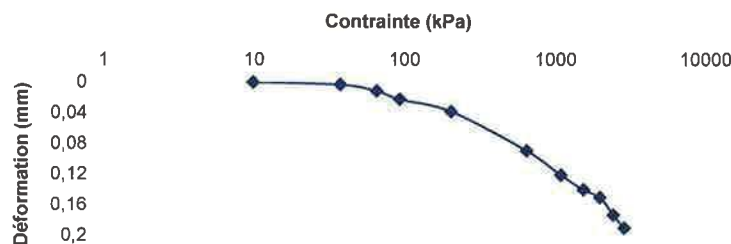
Début de l'essai : 29-août-22

Résultats de l'essai :

	1	2	3	4
caractéristiques initiales				
w_i (%)	24,69	24,76	23,76	23,08
$\rho_{d,i}$ (g/cm ³)	1,61	1,55	1,55	1,58
H_0 (mm)	19,96	19,96	19,96	19,96
caractéristiques finales				
w_f (%)	25,68	26,20	25,74	24,31
$\rho_{d,f}$ (g/cm ³) après Gonflement/Tassement	1,621	1,575	1,594	1,687
H_i (mm) après Consolidation	19,853	19,663	19,421	18,712
H_f (mm) après Gonflement / Tassement	19,85	19,66	19,422	18,71
Δh (mm)	0,00	0,00	0,001	-0,01
caractéristiques finales				
gonflement /Tassement (%)	-0,01	-0,01	0,01	-0,04
σ (kPa)	10	123	246	492
Déformabilité du bâti (mm)	0	0,02	0,035	0,093
Δh (mm) corrigé	0,00	-0,02	-0,034	-0,10
gonflement /Tassement (%) corrigé	-0,010	-0,112	-0,175	-0,534



Déformabilité du bâti oedométrique (Classique)



Dossier : G220600

MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC2

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m.

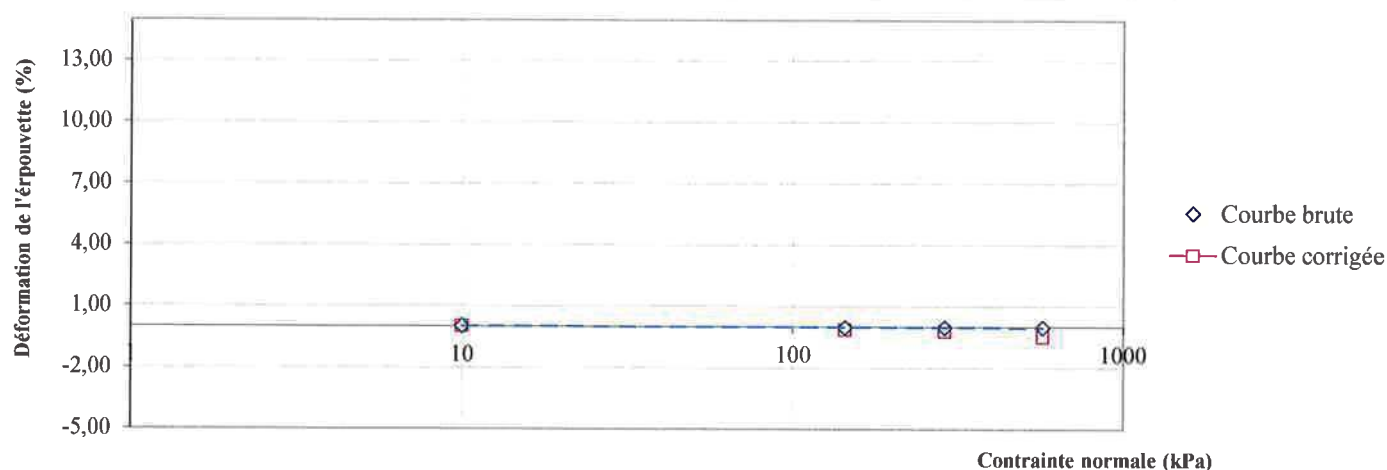
Date de prélèvement : 20-sept.-22

Nature du sol : Molasse de sable très fin, essentiellement indurée mais hétérogène.

Début de l'essai : 20-sept.-22

Résultats de l'essai :

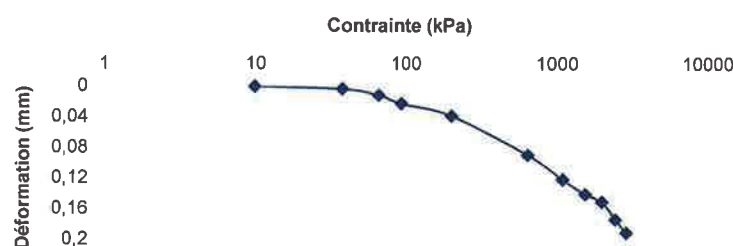
	1	2	3	4
caractéristiques initiales	D = 50 mm, H=20 mm			
w _i (%)	10,59	11,47	14,12	9,52
ρ _{d i} (g/cm ³)	2,06	1,96	1,80	2,01
H ₀ (mm)	19,96	19,96	19,96	19,96
caractéristiques finales				
w _f (%)	10,02	12,35	17,29	11,59
ρ _{d f} (g/cm ³) après Gonflement/Tassement	2,054	1,968	1,827	2,030
H _i (mm) après Consolidation	19,988	19,931	19,701	19,781
H _f (mm) après Gonflement / Tassement	19,99	19,93	19,696	19,78
Δh (mm)	0,00	0,00	-0,005	0,00
caractéristiques finales				
gonflement /Tassement (%)	0,02	-0,03	-0,03	-0,01
σ (kPa)	10	143	286	572
Déformabilité du bâti (mm)	0	0,02	0,035	0,093
Δh (mm) corrigé	0,00	-0,02	-0,040	-0,10
gonflement /Tassement (%) corrigé	0,020	-0,125	-0,203	-0,480



Pression de gonflement $\sigma_g = 0,055$ kPa

Rapport de gonflement $R_g = -0,002$

Déformabilité du bâti oedométrique (Classique)



Dossier : G220600

MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3

Profondeur : 9.0-9.40m vers 9.20m.

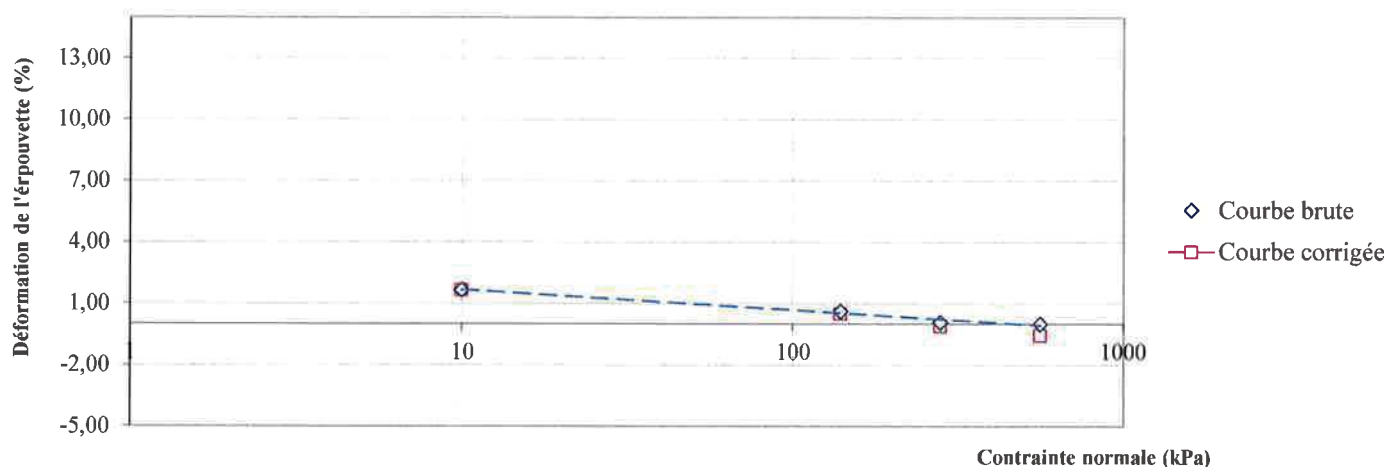
Date de prélèvement : 1-sept.-22

Nature du sol : Molasse finement sableuse, très silteuse et argileuse
mais peu plastique; homogène.

Début de l'essai : 1-sept.-22

Résultats de l'essai :

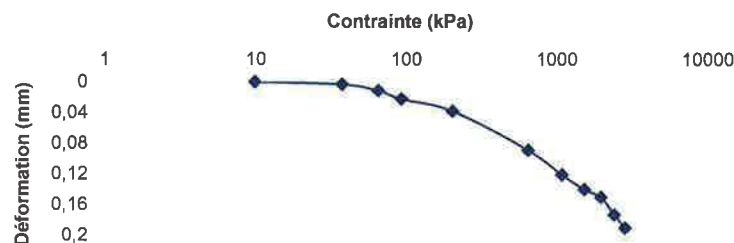
	1	2	3	4
caractéristiques initiales				
w_i (%)	29,33	27,82	29,13	27,88
ρ_{di} (g/cm ³)	1,54	1,57	1,52	1,54
H_0 (mm)	19,96	19,96	19,96	19,96
caractéristiques finales				
w_f (%)	28,90	23,86	26,74	24,86
ρ_{df} (g/cm ³) après Gonflement/Tassement	1,551	1,687	1,630	1,813
H_i (mm) après Consolidation	19,442	18,465	18,564	16,984
H_f (mm) après Gonflement / Tassement	19,77	18,58	18,580	16,98
Δh (mm)	0,32	0,11	0,016	0,00
caractéristiques finales				
gonflement /Tassement (%)	1,67	0,62	0,09	-0,01
σ (kPa)	10	140	280	560
Déformabilité du bâti (mm)	0	0,02	0,035	0,093
Δh (mm) corrigé	0,32	0,09	-0,019	-0,09
gonflement /Tassement (%) corrigé	1,666	0,509	-0,102	-0,553



Pression de gonflement $\sigma_g = 0,004$ kPa

Rapport de gonflement $R_g = -0,012$

Déformabilité du bâti oedométrique (Classique)



Dossier : G220600

MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3

Profondeur : 9.40-10.50m vers 9.90m.

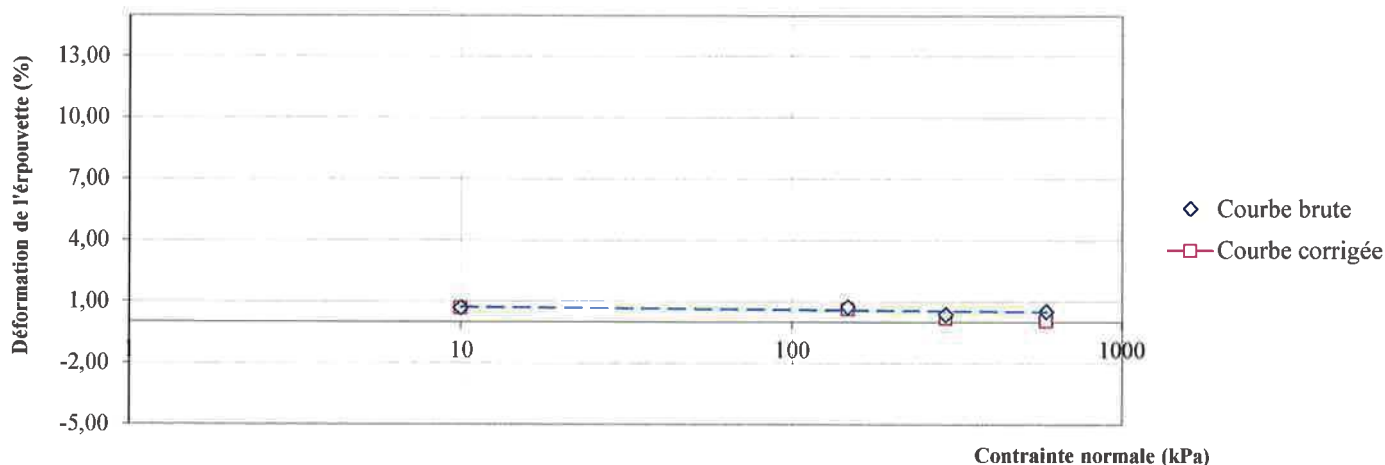
Date de prélèvement : 1-sept.-22

Nature du sol : Molasse finement sableuse, silteuse et peu argileuse;
homogène.

Début de l'essai : 1-sept.-22

Résultats de l'essai :

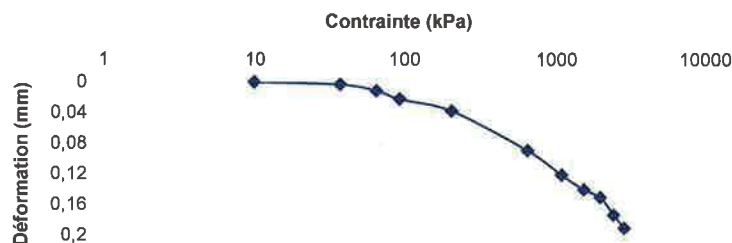
	1	2	3	4
caractéristiques initiales	D = 70 mm, H=20 mm			
w _i (%)	10,40	15,83	8,91	14,00
ρ _{di} (g/cm ³)	2,00	1,83	2,01	1,91
H ₀ (mm)	19,96	19,96	19,96	19,96
caractéristiques finales				
w _f (%)	10,14	14,41	10,19	13,46
ρ _{df} (g/cm ³) après Gonflement/Tassement	1,994	1,848	2,102	1,902
H _i (mm) après Consolidation	19,93	19,657	19,035	19,929
H _f (mm) après Gonflement / Tassement	20,07	19,80	19,106	20,04
Δh (mm)	0,14	0,15	0,071	0,11
caractéristiques finales				
gonflement /Tassement (%)	0,70	0,74	0,37	0,54
σ (kPa)	10	148	296	592
Déformabilité du bâti (mm)	0	0,02	0,035	0,093
Δh (mm) corrigé	0,14	0,13	0,036	0,01
gonflement /Tassement (%) corrigé	0,697	0,641	0,189	0,070



Pression de gonflement $\sigma_g = 0,001$ kPa

Rapport de gonflement $R_g = -0,003$

Déformabilité du bâti oedométrique (Classique)



Dossier : G220600

MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC04

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.50m.

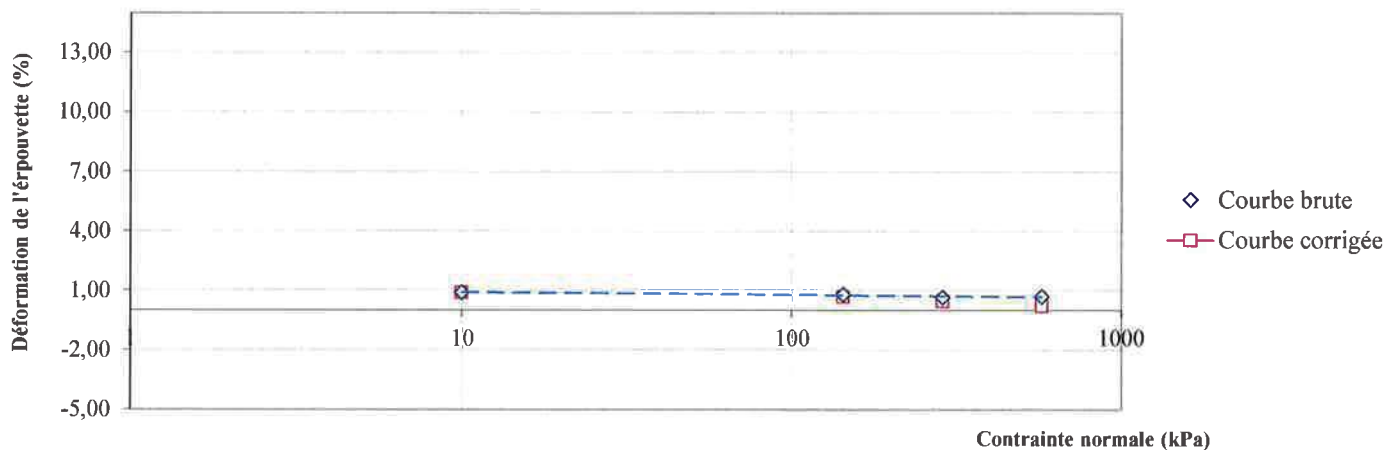
Date de prélèvement : 10-août-22

Nature du sol : Molasse marron clair, très finement sableuse, silteuse et argileuse mais peu plastique.

Début de l'essai : 10-août-22

Résultats de l'essai :

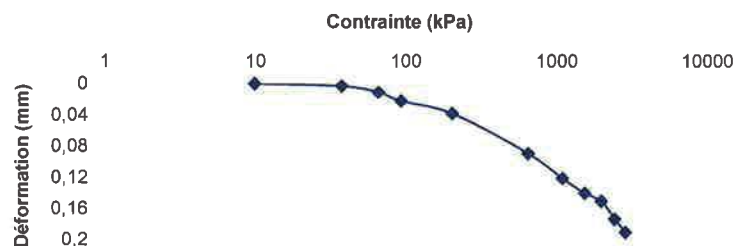
	1	2	3	4
caractéristiques initiales				
w_i (%)	22,82	26,94	23,10	23,91
ρ_{di} (g/cm ³)	1,65	1,56	1,67	1,64
H_0 (mm)	19,90	19,90	19,90	19,90
caractéristiques finales				
w_f (%)	21,49	25,24	19,66	23,47
ρ_{df} (g/cm ³) après Gonflement/Tassement	1,639	1,539	1,682	1,606
H_i (mm) après Consolidation	19,913	20,072	19,601	20,2
H_f (mm) après Gonflement / Tassement	20,09	20,23	19,728	20,34
Δh (mm)	0,18	0,16	0,127	0,14
caractéristiques finales				
gonflement /Tassement (%)	0,89	0,79	0,65	0,69
σ (kPa)	10	143	286	572
Déformabilité du bâti (mm)	0	0,02	0,035	0,093
Δh (mm) corrigé	0,18	0,14	0,092	0,05
gonflement /Tassement (%) corrigé	0,894	0,693	0,469	0,228



Pression de gonflement $\sigma_g = 0,00$ kPa

Rapport de gonflement $R_g = -0,003$

Déformabilité du bâti oedométrique (Classique)



Dossier : G220600

MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC4

Profondeur : 12.0-12.60m vers 12.30m.

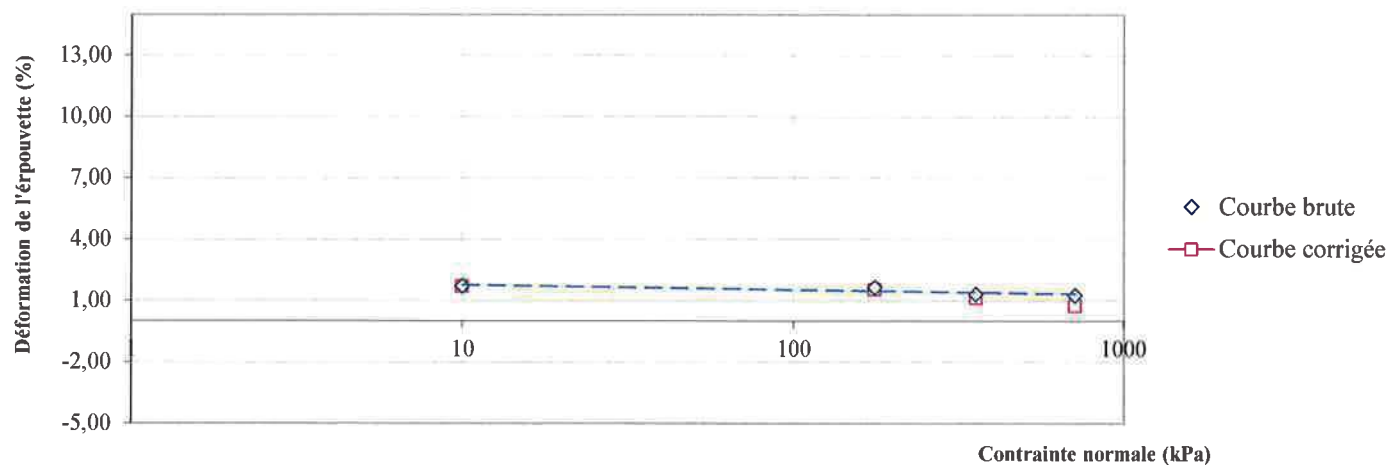
Date de prélèvement : 10-août-22

Nature du sol : Molasse marron clair jaunâtre, dense et raide, très silteuse et argileuse mais peu plastique.

Début de l'essai : 10-août-22

Résultats de l'essai :

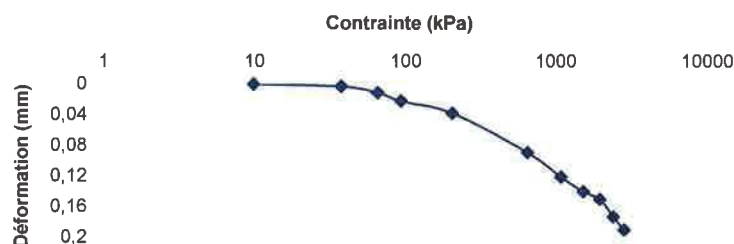
	1	2	3	4
<i>caractéristiques initiales</i>	<i>D = 50 mm, H=20 mm</i>			
w_i (%)	25,37	21,35	23,18	19,08
ρ_{di} (g/cm ³)	1,63	1,77	1,70	1,81
H_0 (mm)	19,96	19,96	19,96	19,96
<i>caractéristiques finales</i>				
w_f (%)	25,69	21,53	23,67	18,21
ρ_{df} (g/cm ³) après Gonflement/Tassement	1,627	1,827	1,703	1,920
H_i (mm) après Consolidation	19,676	19,049	19,670	18,575
H_f (mm) après Gonflement / Tassement	20,01	19,36	19,929	18,81
Δh (mm)	0,34	0,31	0,259	0,23
<i>caractéristiques finales</i>				
gonflement /Tassement (%)	1,71	1,65	1,32	1,25
σ (kPa)	10	177,3	355	709
Déformabilité du bâti (mm)	0	0,02	0,035	0,093
Δh (mm) corrigé	0,34	0,29	0,224	0,14
gonflement /Tassement (%) corrigé	1,713	1,549	1,139	0,754



Pression de gonflement $\sigma_g = 0,000$ kPa

Rapport de gonflement $R_g = -0,005$

Déformabilité du bâti oedométrique (Classique)



Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC1
Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.50m
Nature du sol : Molasse hétérogène sableuse
et légèrement argileuse,
partiellement indurée.

Date de prélèvement : 9-sept.-22

Date de l'essai : 9-sept.-22

Résultats de l'essai :

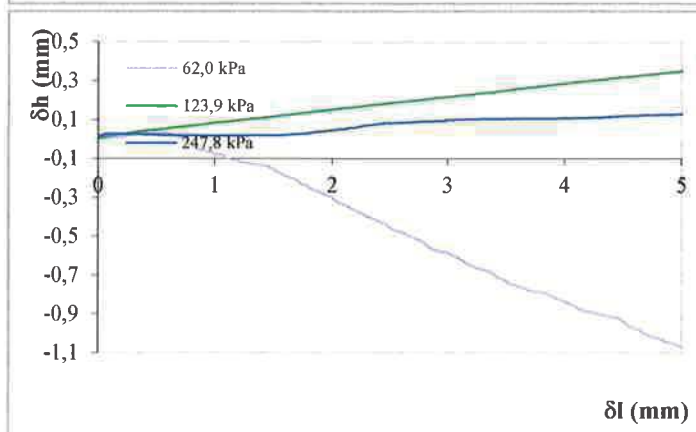
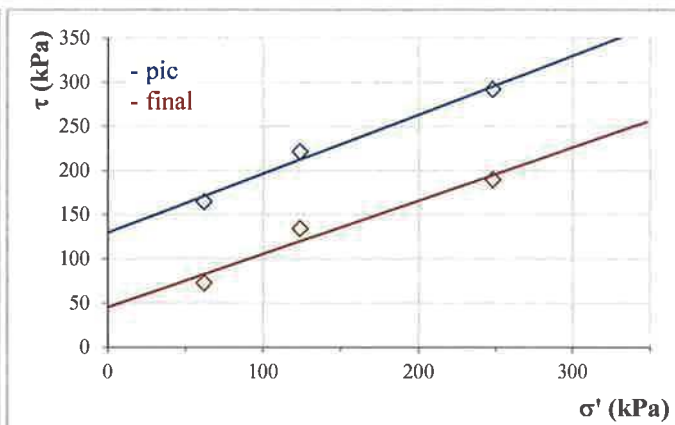
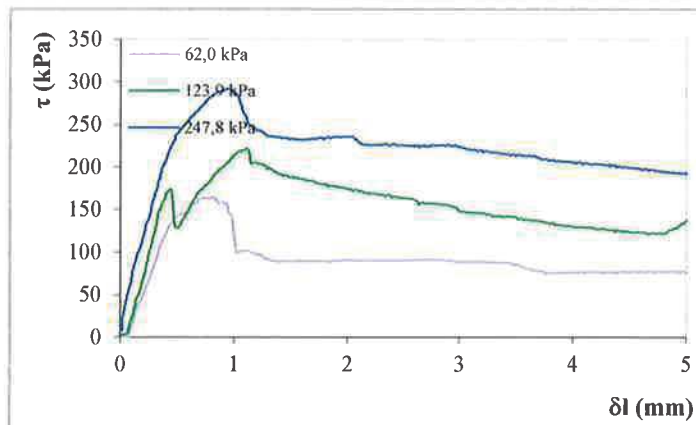
Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	h =	20	mm
diamètre	Ø =	60	mm
masse vol. grains	$\rho_s =$	2700	(kg/m ³) (estimée)

Conditions de l'essai :

vitesse de cisaillement	9	$\mu\text{m/min}$
-------------------------	---	-------------------

	avant essai					σ' (kPa)	après consolidation		après essai	paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m ³)	ρ_d (kg/m ³)	w (%)	e	Sr		ρ_d (kg/m ³)	t_{100} (min)	w (%)	pic		final	
										$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,f}$ (kPa)	$\delta l_{f,f}$ (mm)
1	2021	1682	20,1	0,605	90%	62,0	1622	1,00	25,5	165,0	0,83	72,9	5,86
2	2059	1713	20,2	0,576	95%	123,9	1691	13,69	24,3	221,6	1,11	134,5	5,80
3	2094	1753	19,5	0,540	97%	247,8	1760	12,25	23,5	292,1	0,94	189,8	5,71



Résultats	c' (kPa)		Φ' (°)	
	c'_{pic}	c'_{final}	Φ'_{pic}	Φ'_{final}
	129,8	45,3	33,7	31,1

Les valeurs c'_{final} et Φ'_{final} sont données à titre indicatif.

Observations :

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC2

Profondeur : 9.0-10.0m vers 9.80m.

Nature du sol : Molasse friable légèrement argileuse mais non plastique.

Date de prélèvement : 13-sept.-22

Date de l'essai : 13-sept.-22

Résultats de l'essai :

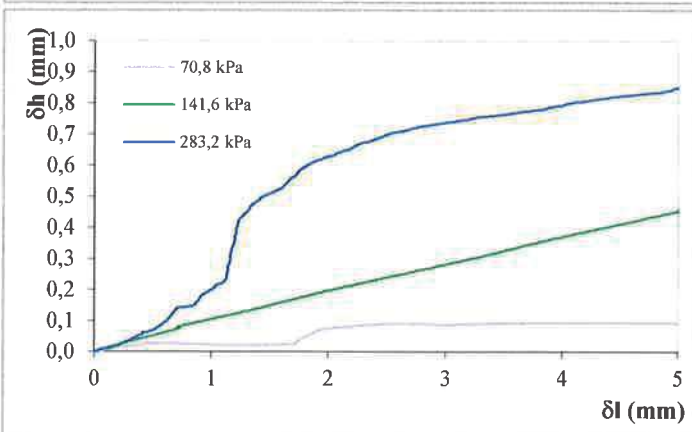
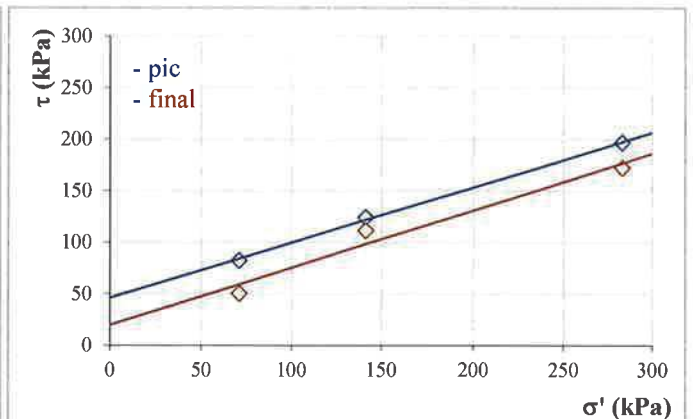
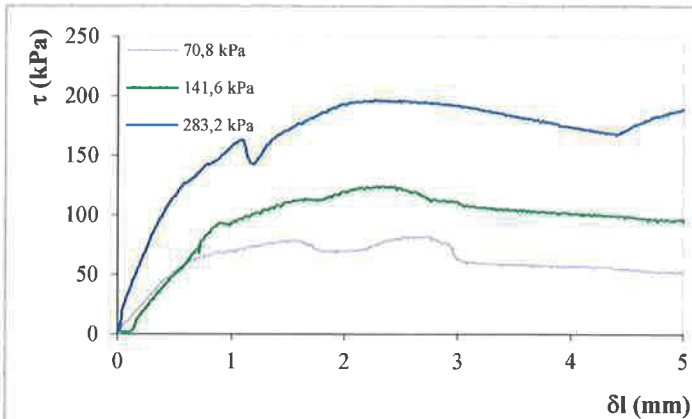
Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	h =	20	mm
diamètre	Ø =	60	mm
masse vol. grains	ρ _s =	2700 (kg/m ³)	(estimée)

Conditions de l'essai :

vitesse de cisaillement	7	μm/min
-------------------------	---	--------

	avant essai					σ' (kPa)	après consolidation		après essai	paramètres de résistance au cisaillement				
	ρ (kg/m ³)	ρ_d (kg/m ³)	w (%)	e	Sr		ρ_d (kg/m ³)	t_{100} (min)		w (%)	pic		final	
											$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,f}$ (kPa)	$\delta l_{f,f}$ (mm)
1	1971	1658	18,9	0,628	81%	70,8	1545	2,25	29,9	82,5	2,73	50,3	5,85	
2	1982	1678	18,1	0,609	80%	141,6	1598	7,29	27,5	124,3	2,41	111,5	5,73	
3	2016	1701	18,6	0,588	85%	283,2	1688	17,64	26,9	196,8	2,27	172,4	5,64	



Résultats	c' (kPa)		Φ' (°)	
	c' pic	c' final	Φ' pic	Φ' final
	46,2	19,8	28,1	29,0

Les valeurs c' final et Φ' final sont données à titre indicatif.

Observations :

Etabli par : A.J
Le : 19/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC3
Profondeur : 5.0-6.0m vers 5.40m
Nature du sol : Sable grossier et siliceux,
graveleux, avec une légère
matrice limoneuse agglomérante.

Date de prélèvement : 9-sept.-22

Date de l'essai : 9-sept.-22

Résultats de l'essai :

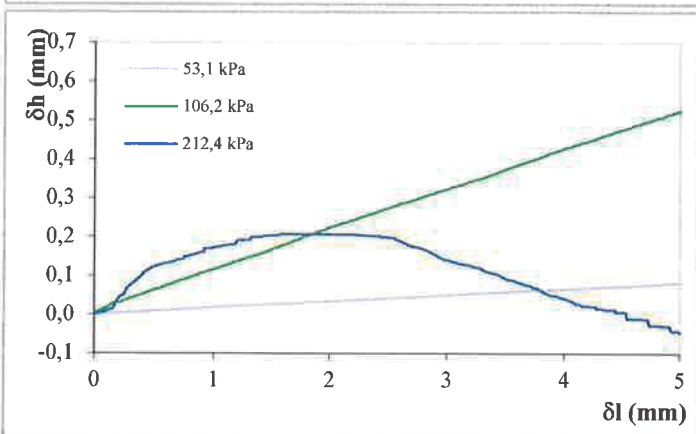
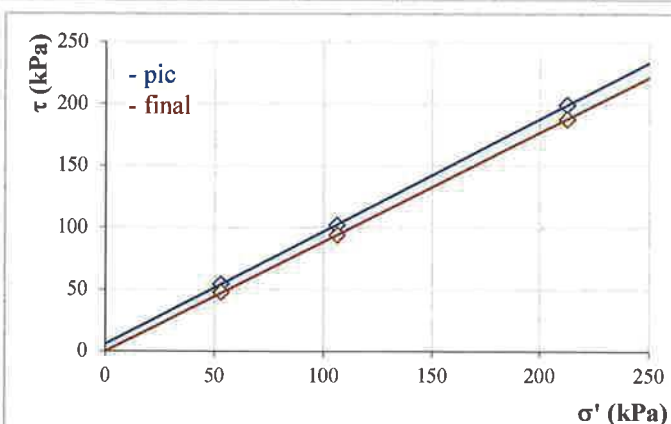
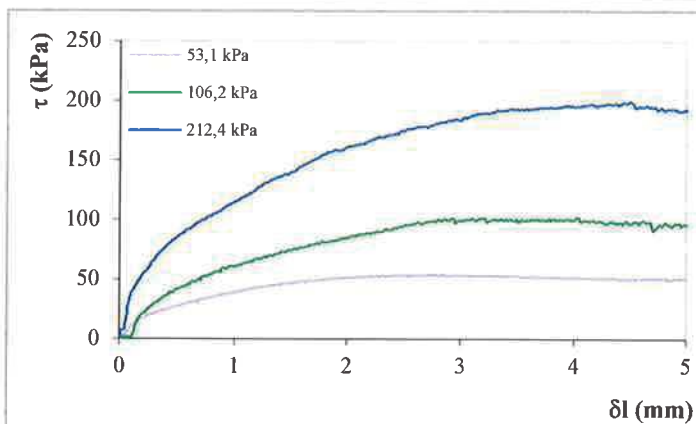
Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	h =	20	mm
diamètre	Ø =	60	mm
masse vol. grains	ρ _s =	2700 (kg/m ³)	(estimée)

Conditions de l'essai :

vitesse de cisaillement	6	μm/min
-------------------------	---	--------

	avant essai					σ' (kPa)	après consolidation		après essai	paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ (kg/m ³)	ρ _d (kg/m ³)	w (%)	e	Sr		ρ _d (kg/m ³)	t ₁₀₀ (min)		pic		final	
1	2120	1858	14,1	0,453	84%	53,1	1834	21,16	17,4	τ _{f,p} (kPa)	δl _{f,p} (mm)	τ _{f,f} (kPa)	δl _{f,f} (mm)
2	2139	1875	14,1	0,440	86%	106,2	1916	21,16	16,3	102,3	4,03	94,2	5,78
3	2286	2003	14,1	0,348	99%	212,4	2093	19,36	15,7	199,7	4,50	188,0	5,71



Résultats	c' (kPa)		Φ' (°)	
	c' pic	c' final	Φ' pic	Φ' final
	5,8	0,9	42,4	41,4

Les valeurs c' final et Φ' final sont données à titre indicatif.

Observations :

Essai réalisé sur la fraction 0/5mm pour un refus approximatif de 32.7%.

Etabli par : A.J
Le : 16/09/2022

Dossier : G220600 MONTAUBAN

Echantillon :

Sondage : SC4

Profondeur : 7.0-8.0m vers 7.30m

Nature du sol : Sable grossier et graviers de silex.

Date de prélèvement : 9-août-22

Date de l'essai : 9-août-22

Résultats de l'essai :

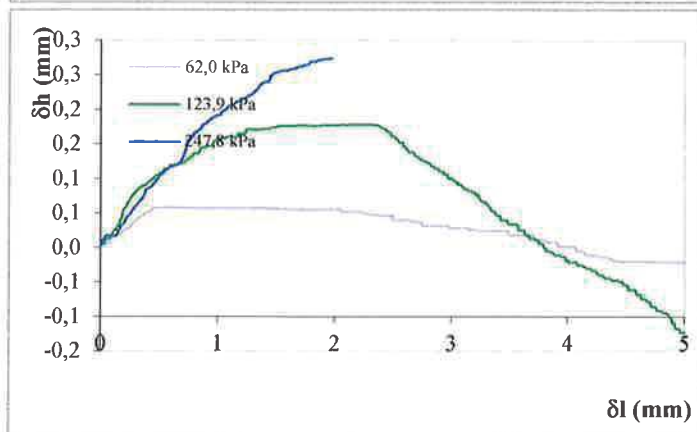
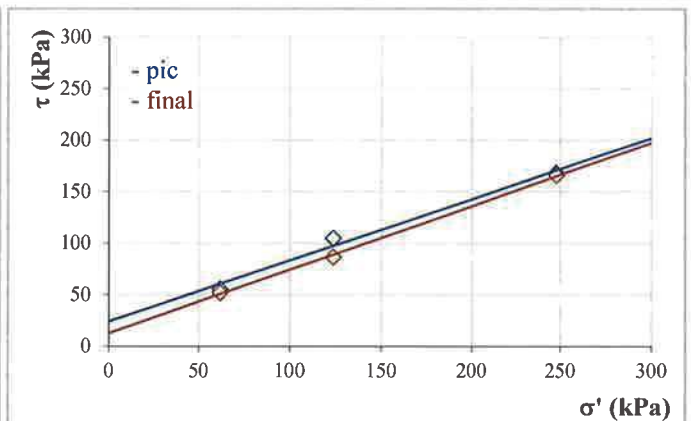
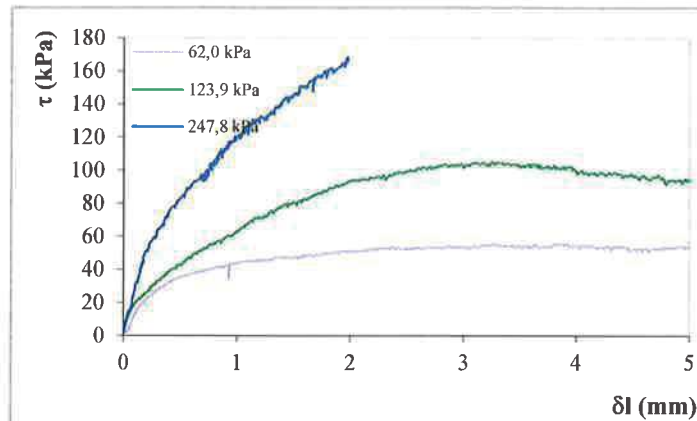
Caractéristiques de l'éprouvette :

hauteur	h =	20	mm
diamètre	Ø =	60	mm
masse vol. grains	ρ _s =	2700 (kg/m ³)	(estimée)

Conditions de l'essai :

vitesse de cisaillement	25	μm/min
-------------------------	----	--------

	avant essai					σ' (kPa)	après consolidation		après essai	paramètres de résistance au cisaillement				
	ρ (kg/m ³)	ρ_d (kg/m ³)	w (%)	e	Sr		ρ_d (kg/m ³)	t ₁₀₀ (min)		w (%)	pic		final	
											$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta I_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,f}$ (kPa)	$\delta I_{f,f}$ (mm)
1	1863	1667	11,8	0,620	51%	62,0	1566	4,84	20,1	55,9	3,87	52,4	5,57	
2	1888	1689	11,8	0,598	53%	123,9	1621	1,44	22,0	105,1	3,26	86,7	5,61	
3	1892	1709	10,7	0,580	50%	247,8	1627	4,00	22,2	168,5	1,98	166,0	1,98	



Résultats	c' (kPa)		Φ' (°)	
	c' pic	c' final	Φ' pic	Φ' final
	24,3	12,7	30,6	31,6

Les valeurs c' final et Φ' final sont données à titre indicatif.

Observations :

Essai réalisé sur la fraction 0/5mm avec 5.9% de refus.

Etabli par : A.J

Le : 25/08/2022

ANNEXE 7

MICROPIEUX

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

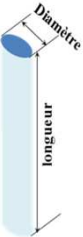
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	10,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	352	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	503,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	458,1 kN
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	391,9 kN (CAR)
		320,7 kN (Q.P.)

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

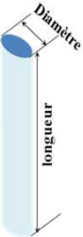
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	11,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	478	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	585,5

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s} = 532,3 \text{ kN}$	16,9
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}} = 455,4 \text{ kN (CAR)}$	14,5
	$372,6 \text{ kN (Q.P.)}$	11,9

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

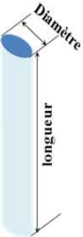
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	12,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à 31,2	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	603	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	667,1

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	606,4 kN 19,3
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{cer}}$	518,8 kN (CAR) 16,5
		424,5 kN (Q.P.) 13,5

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

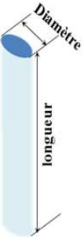
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	13,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	729	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	748,7

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 680,6 kN	21,7
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 582,3 kN (CAR) 476,4 kN (Q.P.)	18,5 15,2

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

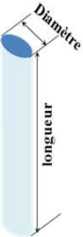
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	14,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00\text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	855	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

	Rb,k	Rs,k
Total (kN)	0,0	830,3

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE			σ _b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	754,8 kN	24,0
ETATS-LIMITES DE SERVICE			
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk}+0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	645,8 kN (CAR)	20,6
		528,4 kN (Q.P.)	16,8

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018



I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

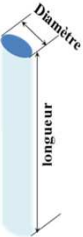
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	15,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	980	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

	Rb,k	Rs,k
Total (kN)	0,0	911,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 829,0 kN	26,4
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 709,2 kN (CAR) 580,3 kN (Q.P.)	22,6 18,5

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

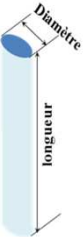
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	16,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	4,00	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à 31,2	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,00 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 10,00$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		424	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	1106	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	993,5

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	903,2 kN 28,7
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	772,7 kN (CAR) 24,6
		632,2 kN (Q.P.) 20,1

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

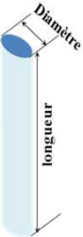
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	10,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	440	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	629,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	572,6 kN 11,7
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	489,9 kN (CAR) 10,0
		400,8 kN (Q.P.) 8,2

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

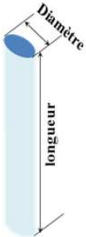
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	11,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	597	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	731,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 665,3 kN	13,6
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 569,2 kN (CAR) 465,7 kN (Q.P.)	11,6 9,5

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018



I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

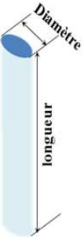
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	12,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	754	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	833,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 758,0 kN	15,4
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{cer}}$ 648,6 kN (CAR)	13,2
	530,6 kN (Q.P.)	10,8

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018



I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

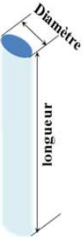
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	13,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à 31,2	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	911	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

	Rb,k	Rs,k
Total (kN)	0,0	935,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 850,8 kN	17,3
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 727,9 kN (CAR)	14,8
	595,5 kN (Q.P.)	12,1

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

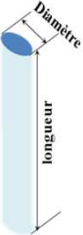
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	14,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	1068	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	1037,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	943,5 kN
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	807,2 kN (CAR)
		660,5 kN (Q.P.)

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

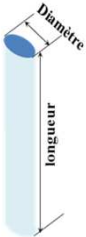
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	15,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	1225	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	1139,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	1036,2 kN
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	886,6 kN (CAR)
		725,4 kN (Q.P.)

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

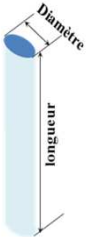
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	16,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 4,0	4,00	0,00	0	0,000
4,00 à 7,2	3,20	2,00	0	0,211
7,20 à 18,2	11,00	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 4,0	4,0		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	4,0 à 7,2	3,2		530	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	7,2 à 18,2	11,0	0	1382	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	1241,9

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$	1129,0 kN
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$	965,9 kN (CAR)
		790,3 kN (Q.P.)

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

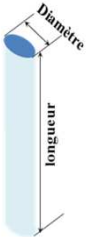
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	10,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 1,49 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 7,44$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		199	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	163	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	235,2

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s} = 213,8 \text{ kN}$	6,8
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5 \cdot R_{bk} + 0,7 \cdot R_{sk}}{\gamma_{e,cr}} = 182,9 \text{ kN (CAR)}$	5,8
	$149,7 \text{ kN (Q.P.)}$	4,8

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

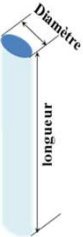
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	11,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 1,75 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		199	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	289	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	316,8

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s} = 288,0 \text{ kN}$	9,2
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}} = 246,4 \text{ kN (CAR)}$	7,8
	201,6 kN (Q.P.)	6,4

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018



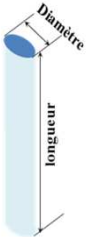
I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

II - Données géométriques

Type de fondation profonde	Pieu	
Diamètre (mm)	200 mm	Section (m²) 0,031 m²
Longueur (m)	12,00 m	Périmètre(m) 0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 1,75 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		199	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	415	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

	Rb,k	Rs,k
Total (kN)	0,0	398,4

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 362,2 kN	11,5
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 309,8 kN (CAR)	9,9
	253,5 kN (Q.P.)	8,1

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

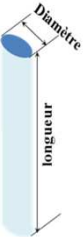
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	13,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 1,75 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		199	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	540	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	480,0

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 436,3 kN	13,9
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 373,3 kN (CAR) 305,4 kN (Q.P.)	11,9 9,7

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

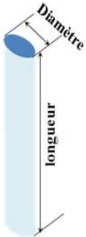
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	14,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 1,75 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		199	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	666	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	561,6

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 510,5 kN	16,3
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 436,8 kN (CAR) 357,4 kN (Q.P.)	13,9 11,4

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

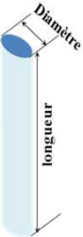
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	200 mm
Longueur (m)	15,00 m

Section (m²)	0,031 m²
Périmètre(m)	0,628 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 1,75 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		199	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	792	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	643,2

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 584,7 kN	18,6
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 500,2 kN (CAR) 409,3 kN (Q.P.)	15,9 13,0

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES

Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

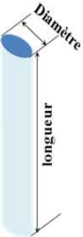
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	12,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		249	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	518	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	498,0

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 452,7 kN	9,2
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 387,3 kN (CAR) 316,9 kN (Q.P.)	7,9 6,5

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018



I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

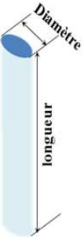
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	13,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		249	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	675	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

Total (kN)

Rb,k	Rs,k
0,0	600,0

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 545,4 kN	11,1
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 466,6 kN (CAR) 381,8 kN (Q.P.)	9,5 7,8

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	14,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m

III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		249	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	833	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

	Rb,k	Rs,k
Total (kN)	0,0	702,0

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 638,1 kN	13,0
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{e,cr}}$ 546,0 kN (CAR) 446,7 kN (Q.P.)	11,1 9,1

EVALUATION DE LA PORTANCE D'UNE FONDATION PROFONDE ISOLEE, SUIVANT
LE MODELE DE TERRAIN, POUR DES DONNEES PRESSIOMETRIQUES
Réf. : NF P 94-262 - Juillet 2012 et NF P94-262/A1 Juillet 2018

I - Données générales - Type de pieu, forage, de sollicitations

Chantier :	G220600 Montauban Cathédrale Notre Dame Tr 3	
Méthode	Pressiométrique	
Type de PIEU:	Micropieu injecté (type III)	PIGU, MIGU
Catégorie, classe	Catégorie : 19	Classe : 8
Ancrage	CATEGORIES 10, 15, 17, 18, 19, 20 dans ARGILES, CRAIES, MARNES	
Avec/Sans refoulement	Pieu réalisé sans refoulement de sol	

Facteurs partiels de résistance		
ELU DURABLE OU TRANSITOIRE	COMPRESSION	
ELU	$\gamma_b = 1,10$	$\gamma_s = 1,10$
ELS cara	$\gamma_{cr} = 0,90$	
ELS QP	$\gamma_{cr} = 1,10$	

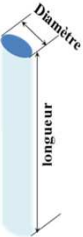
II - Données géométriques

Type de fondation profonde

Pieu

Diamètre (mm)	250 mm
Longueur (m)	15,00 m

Section (m²)	0,049 m²
Périmètre(m)	0,785 m



III - Données géotechniques

Profondeur (m)	Epaisseur couche(m)	Terme de pointe		Frottement latéral qs (MPa)
		ple* (MPa)	k _{pmax}	
0 à 7,2	7,20	0,00	0	0,000
7,20 à 8,7	1,50	2,00	0	0,211
8,70 à 18,2	9,50	3,50	0	0,200
18,20 à 31,2	13,00	4,00	0	0,269
31,20 à	0,00	4,00	0	0,269
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A
		0,00	#N/A	#N/A

IV- Détail du calcul

Sol d'ancrage : Sols intermédiaires sableux

$D_{ef} = 2,19 \text{ m}$

$D_{ef}/B = 8,75$

$k_p(D_{ef}/B) = 0,000$

Sols	Profondeurs (m)	Epaisseur couche (m)	Effort limite de pointe (kN)	Effort limite frottement (kN)	Courbe	$\gamma_{R,d1;b}$	$\gamma_{R,d1;si}$	$\gamma_{R,d2;i}$
Argile % CaCO3 <30% Limons	0,0 à 7,2	7,2		0	Q1		2	1,1
Sables et graves	7,2 à 8,7	1,5		249	Q2		1,4	1,1
Sols intermédiaires sableux	8,7 à 18,2	9,5	0	990	Q2		1,4	1,1
Marne et Calcaire Marneux	18,2 à 31,2	13,0	0					
Marne et Calcaire Marneux	31,2 à 31,2	0,0	0					

	Rb,k	Rs,k
Total (kN)	0,0	804,0

V - Résultats

ELU DURABLE OU TRANSITOIRE		σ_b (MPa)
ELU compression	$R_{e,d} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$ 730,9 kN	14,9
ETATS-LIMITES DE SERVICE		
ELS cpression, sans ref	$R_{e,cr,d} = \frac{0,5.R_{bk} + 0,7.R_{sk}}{\gamma_{cer}}$ 625,3 kN (CAR)	12,7
	511,6 kN (Q.P.)	10,4

ANNEXE 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

ANNEXE 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

ANNEXE 2 (suite) – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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