

CENTRE MEDICAL ROCHEPLANE

Extension Centre Médical Rocheplane

SAINT MARTIN D'HERES (38)

Dossier n°AF.19063

Etude géotechnique de conception
Phase Avant-Projet (G2 AVP)


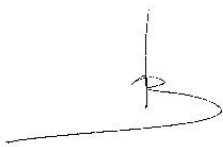


CENTRE MEDICAL ROCHEPLANE

Extension Centre Médical Rocheplane

SAINT MARTIN D'HERES (38)

Dossier n°AF.19063

Date	Version	Ingénieur chargé du dossier	Contrôle externe	Objet de la version - Modification
15/03/2024	1	L. FILSTROFF l.filstroff@kaena.fr 07.49.63.82.27 	Laurent BELORGEY l.belorgey@kaena.fr 	Version initiale

Sommaire	1
Présentation.....	1
1. Intervenants, missions, documents communiqués.....	1
2. Investigations géotechniques.....	2
3. État des lieux	3
4. Sensibilité générale du site vis-à-vis de sa situation et de son histoire	7
Synthèse géotechnique.....	8
5. Les sols.....	8
6. L'eau souterraine	12
7. Caractéristiques géomécaniques.....	13
8. Risques sismiques – Données réglementaires.....	14
9. Sensibilité du site liée à la structure géotechnique du site.....	14
Description du projet et de son environnement	15
10. Caractéristiques du projet	15
11. ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du projet.....	18
12. Structures enterrées – Fondation de l'existant	19
13. Sensibilité générale du projet.....	20
Adaptation de l'ouvrage au site.....	21
14. Principales applications pratiques	21
Terrassement phase provisoire.....	22
15. Préparation du site.....	22
16. Terrassements provisoires	22
17. Plateforme pour l'accès des engins de forage.....	22
Fondations	24
18. Fondation de la structure	24
Niveau bas.....	28
19. Traitement du niveau bas.....	28
Gestion de l'eau en phases provisoire et définitive	28
20. Gestion de l'eau en phase provisoire de chantier.....	28
21. Protection vis-à-vis des eaux souterraines en phase définitive	28
22. Protection vis-à-vis des eaux de ruissellement.....	28
Missions complémentaires – Enjeux du projet – Risques résiduels.....	29
Annexes.....	31

1. Intervenants, missions, documents communiqués

1.1. Intervenants

Les intervenants dans l'acte de construire sont :

Maître d'ouvrage	Architecte	BE Structure
CENTRE MEDICAL ROCHEPLANE	AMMA	CEBEA

1.2. Mission du B.E. de géotechnique KAENA

Contrat de prestation géotechnique entre KAENA et CENTRE MEDICAL ROCHEPLANE : contrat référencé D.19063 en date du 02/01/2024 et accepté le 04/01/2024.

➤ Investigations géotechniques

- Procéder à l'exécution de sondages, d'essais et de mesures géotechniques selon un programme défini par Kaëna.
- Fournir la coupe des sondages, les résultats des essais et des mesures ainsi que le plan d'implantation.

Études géotechniques de conception (G2)

➤ 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, une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Les limites de cette mission et les enchaînements des missions géotechniques qui sont recommandés par la norme NF P 94-500, sont rappelés dans les extraits joints en annexe.

1.3. Documents communiqués

Les documents communiqués pour la présente étude sont les suivants :

Plans et documents graphiques			
Désignation	Origine	Format	Date
Plan masse	AMMA	PDF	03/11/2023
Plan de coupe, RDC existant, projet et démolition, perspective	AMMA	PDF et JPG	10/12/2023
Plan fondation BAT. C existant	BETREC	PDF	02/12/2005
Plan descentes de charges BAT.C existant	BETREC	PDF	08/11/2005
Plan coffrage bas et haut RDC projet	CEBEA	PDF	23/01/2024

Etude G1.2 de l'existant	SOLEN	PDF	18/08/2004
Suivi géotechnique 1 à 3 des travaux du BAT. C	SOLEN	PDF	20/12/2005 03/01/2006 31/01/2006
Note de calculs bâtiment C et D	KELLER	PDF	02/12/2005
Plan d'implantation des colonnes à module mixte et des substitutions BAT. C	KELLER	PDF	23/01/2006
Plan des réseaux humides et électricité existant	STREIFF	DWG	16/07/2008
Plan de recollement voirie	EUROVIA	PDF	01/07/2008

2. Investigations géotechniques

2.1. Implantation – Nivellement

➤ Implantation des sondages

Les sondages ont été implantés à partir des existants dans le voisinage du terrain, qui sont représentés sur le fond de plan de recollement voirie transmis.

La position de ces sondages est repérée sur le plan d'implantation joint en annexe.

➤ Altimétrie de la tête des sondages

L'altimétrie des sondages a été relevée par nos soins en prenant comme référence altimétrique un tampon (cf. plan d'implantation). La précision des mesures est de l'ordre de ± 10 cm.

Le système altimétrique de référence est le NGF normal (IGN 69).

L'intitulé TA correspond au Terrain Actuel, soit la surface topographique actuelle.

2.2. Reconnaissances in-situ

➤ Réalisées par SOLEN au droit du projet actuel dans le cadre du suivi géotechnique en date du 09/12/2005

- Sondages et mesures de caractéristiques géomécaniques par :
 - 1 sondage au pénétromètre statique-dynamique lourd descendu à 20.0 m de profondeur et référencé SPA202.

➤ Réalisées par KAENA dans le cadre de cette mission géotechnique G2 AVP en janvier et février 2024

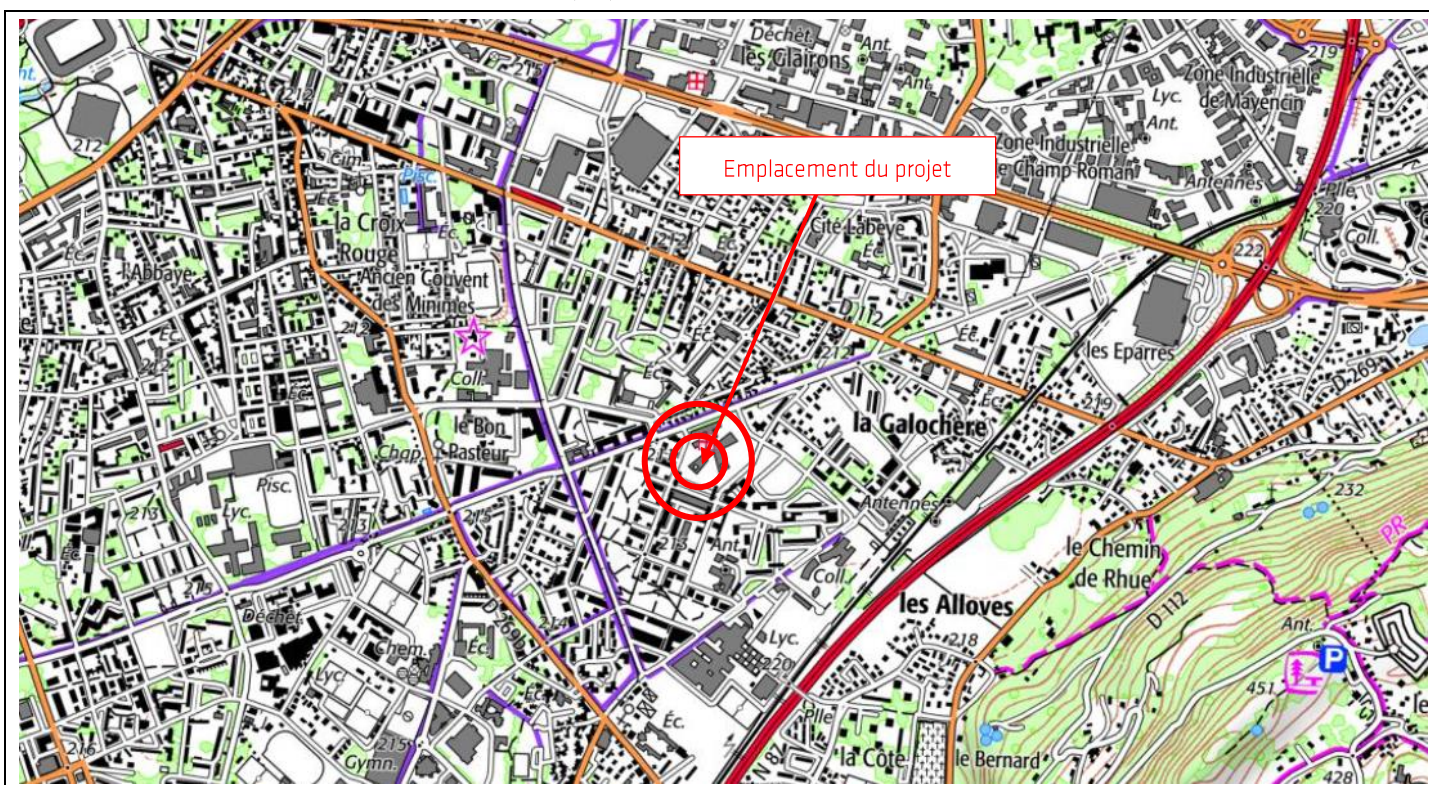
- Sondages de reconnaissance géologique par :
 - 2 puits à la pelle hydraulique descendus à 2.9 et 3.0 m de profondeur et référencés P201 et P202.
- Sondages et mesures de caractéristiques géomécaniques par :
 - 4 sondages au pénétromètre stato-dynamique 150 kN norme NF EN ISO 22476-12 pour la partie statique et NF EN ISO 22476-2 pour la partie dynamique, descendus entre 3.6 m et 8.4 m de profondeur (refus) et référencés SD201 à SD204.
 - 2 sondages au Dilatomètre Plat Marchetti (DMT) selon la norme NF EN ISO 22476-7, pour mesure des caractéristiques géomécaniques (module de déformation, consolidation, indices de comportement des matériaux), descendus jusqu'à 2.7 et 3.0 m de profondeur (refus) et référencés DMT1 et DMT2.
- Essais de perméabilité par :
 - 1 essais de perméabilité par injection à charge variable de type Matsuo norme NF EN ISO 22282-2 dans le sondage P201 à 0.8 m de profondeur.

3. État des lieux

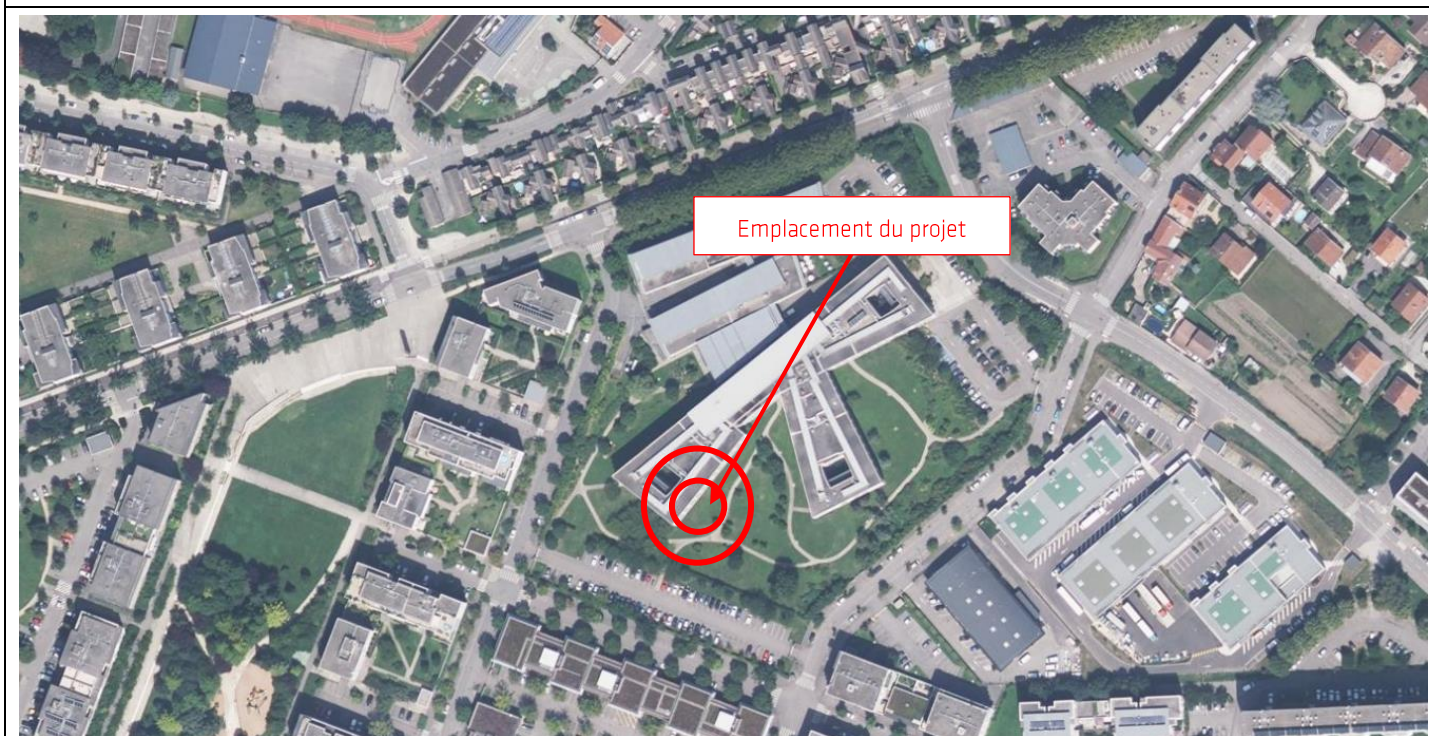
3.1. Localisation

Commune : SAINT MARTIN D'HERES (38)

6 rue Massenet



Extrait Carte IGN 1/25000 – (source : Géoportail)



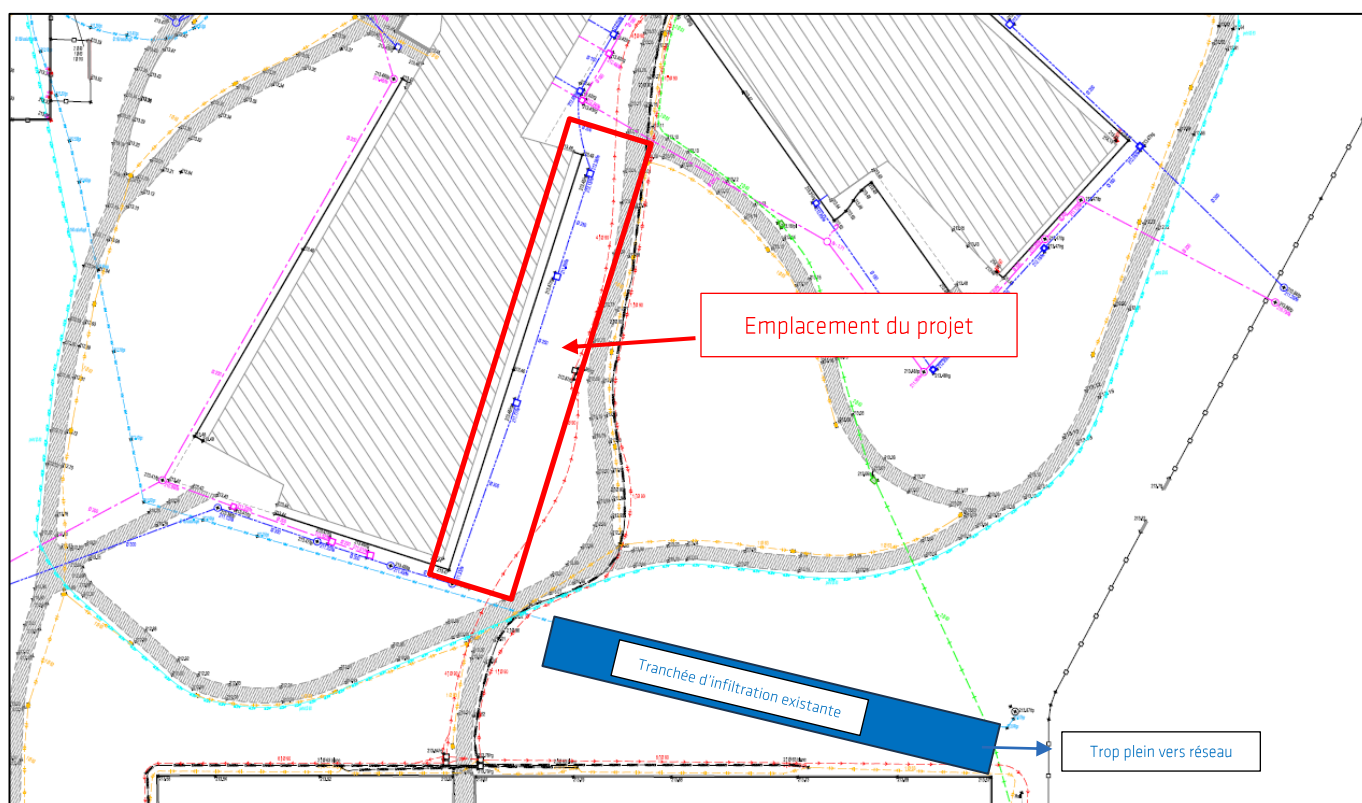
Photographie aérienne (source : Géoportail)

3.2. Topographie et géomorphologie – Examen visuel du site

- Altimétrie du terrain : 213.5 m NGF le long du bâtiment existant au droit du projet et 212.7 m NGF dans la partie enherbée au centre des cheminements piéton.
- Contexte général : Terrain situé en zone résidentielle, en plaine dans la vallée de l'Isère.
- Végétation : Terrain enherbé avec quelques arbres.
- Occupation du site : présence de réseaux enterrés le long du bâtiment existant (R+3) et des cheminements piétons. D'après le plan des réseaux existants, le réseau EP longeant le bâtiment, au droit de l'extension projetée a un fil d'eau situé entre les cotes 212.36 m NGF à l'Est et 211.53 m NGF à l'Ouest, soit de 1.1 à 2.0 m de profondeur.



Vues du site le 15/01/2024 et 25/01/2024 (source : Kaëna)



Extrait du plan de récolement voirie (source : EUROVIA)

➤ Géomorphologie :

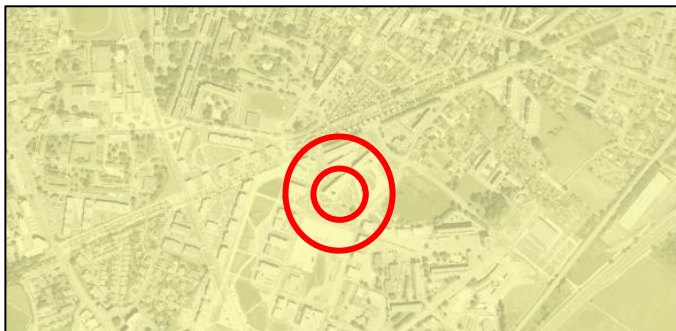
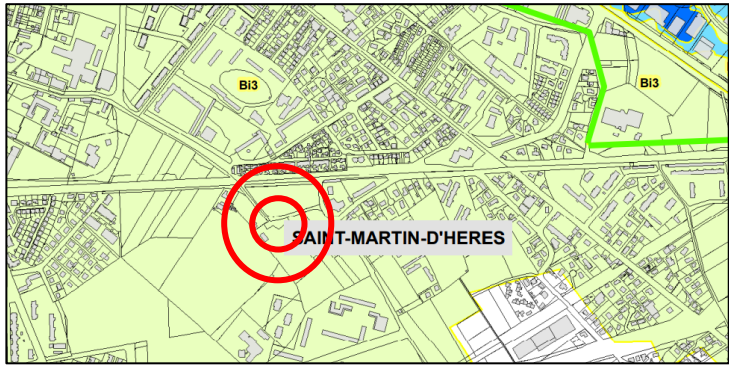
- Terrain remodelé par la réalisation de terrassement en remblai contre le bâtiment existant (talus descendant en direction des cheminements piétons).

➤ Eau :

- Terrain situé à environ 1.5 km au Sud de l'Isère.

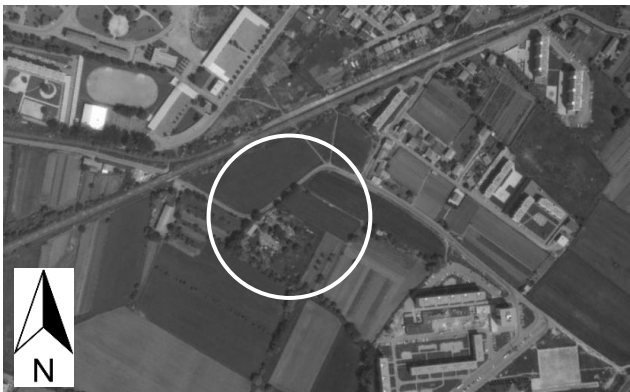



3.3. Risques Naturels

Il est de la responsabilité des Constructeurs de valider ou de compléter ces informations, en interrogeant les services compétents et en consultant les documents originaux sur format papier, en mairie ou en préfecture. Il s'agit de s'assurer de la concordance entre les travaux envisagés et l'ensemble des mesures de protection demandées par l'administration.

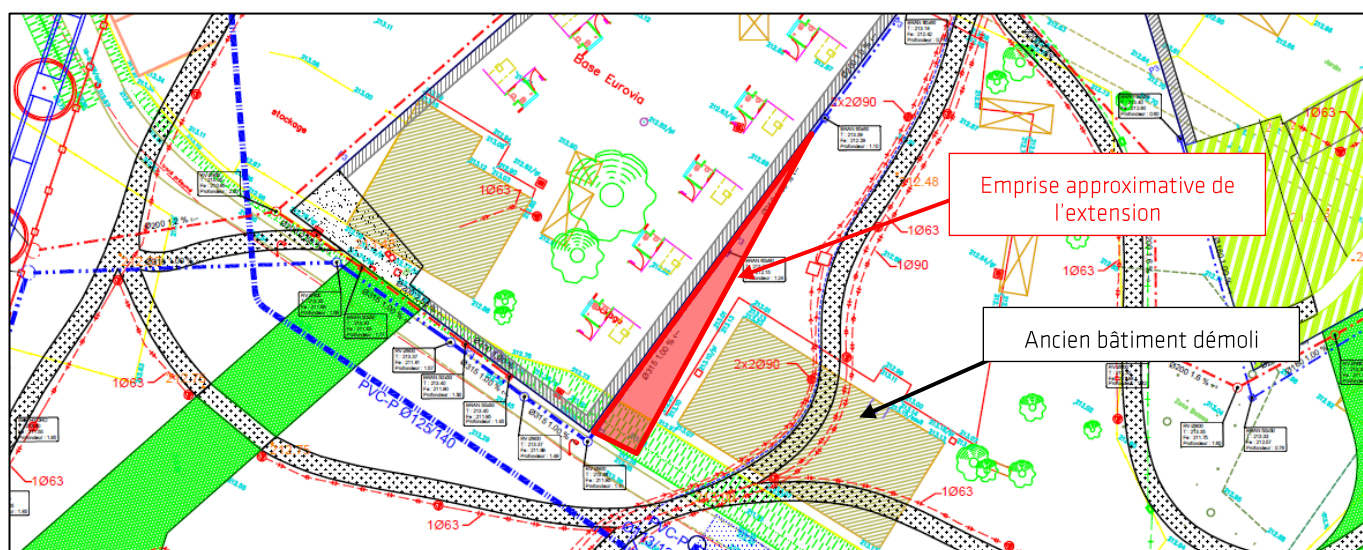
Risque	Carte / source	Aléa / niveau de risque
Retrait-gonflement des sols argileux	 <p><i>Extrait de la carte d'aléa de phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux (BRGM)</i></p>	Degré d'aléa : <input checked="" type="checkbox"/> Faible
	http://www.georisques.gouv.fr/	
Hydrogéologique, hydraulique <input checked="" type="checkbox"/> Inondation par crues et remontées de nappe	 <p><i>Extraits de la carte réglementaire du PPRI de de l'Isère dans la vallée du Grésivaudan à l'amont de l'Isère modifié en mai 2007</i></p>	Type de zone : <input checked="" type="checkbox"/> Bi3 – Zone de contraintes faibles Degré d'aléa : <input checked="" type="checkbox"/> Faible
	http://www.isere.gouv.fr/ - Section IAL : Information Acquéreur et Locataire	
Sismique	http://www.georisques.gouv.fr/	<input checked="" type="checkbox"/> Zone 4 (aléa moyen)

3.4. Occupation ancienne du site – Historique connu

L'enquête historique a permis de recenser les photos aériennes suivantes :

Photographies aériennes du site (source : Géoportail)	
	
1970	1993
	
2003	2009

D'après l'examen des photos aériennes d'archive, il apparaît que le site a été occupé dans son histoire par de la végétation, des bâtiments et des voiries. Un ancien bâtiment, démoli dans le cadre de la construction du centre médical était présent à proximité de la partie Sud de l'extension projeté comme le montre l'extrait de plan ci-dessous.



Extrait du plan des réseaux (source : STREIFF)

4. Sensibilité générale du site vis-à-vis de sa situation et de son histoire

De ces éléments, nous retiendrons les risques et aléas principaux liés à la situation du terrain, dont il faudra tenir compte dans la conception et l'adaptation du projet au site :

Topographie	213.5 m NGF le long du bâtiment existant au droit du projet et 212.7 m NGF dans la partie enherbée au centre des cheminements piéton. Terrain enherbé avec quelques arbres.
Géomorphologie	Terrain remodelé par la réalisation de terrassement en remblai contre le bâtiment existant (talus descendant en direction des cheminements piétons).
Environnement	Terrain situé en zone résidentielle, dans un centre médical.
Hydrogéologie	Terrain situé à environ 1.5 km au Sud de l'Isère.
Risques naturels	Inondation par crues et remontées de nappe : zone Bi3 – contraintes faibles. Sensibilité des sols au retrait-gonflement : aléa faible.
Historique / enquête	Présence de remblais et terrains remaniés dus à l'aménagement du site.

La synthèse des reconnaissances, des résultats d'enquêtes et des observations effectuées sur le site est donnée ci-après. Elle vise à apporter une représentation de la structure géotechnique du site, la plus proche de la réalité possible. Cette vision est cependant par définition incomplète, car basée en partie sur des sondages ponctuels, ne donnant que certaines informations partielles (par exemple uniquement visuelles, ou d'autres uniquement géomécaniques). Elle peut, de ce fait, ignorer ou mal évaluer la présence de certaines discontinuités ou hétérogénéités toujours possibles, le milieu naturel ne répondant pas à une logique statistique ou linéaire.

Les aléas liés à ces hétérogénéités ou discontinuités devront être précisés, si besoin, par des moyens de reconnaissances complémentaires, et par une intervention régulière d'un spécialiste en géotechnique au fur et à mesure de la conception et de l'exécution des ouvrages (cf. enchaînement des missions).

5. Les sols

➤ Carte géologique

D'après la carte géologique de VIZILLE (BRGM) au 1/50 000, le site est intéressé par des alluvions fluviales modernes (Fz).



Extrait de la carte géologique du secteur d'étude (source : BRGM)

➤ Investigations in situ

La lithologie des formations en place peut être décrite comme suit, du haut vers le bas :

- **Terre végétale et limon** observé sur environ 0.2 m d'épaisseur.
- **Unité 1A : remblai** correspondant à du limon brun et galets/graviers polygéniques arrondis et subarrondis à éléments anthropiques (plastique, pvc, enrobé, bois), reconnue dans les puits de reconnaissance jusqu'à 0.5 m/TA.

Notons également la présence de sols remaniés sur 1 à 2 m d'épaisseur au droit de la canalisation EP existante sur l'emprise du projet (sols remaniés lors de la réalisation de la tranchée pour enfouir la canalisation).

Cette formation correspond vraisemblablement au sol de résistance faible mesurée au droit de l'essai au pénétromètre SD204 jusqu'à 0.5 m de profondeur.

➤ Unité 1B : remblai de substitution

Au droit des essais au pénétromètre SD201 à SD203, un remblai compact est traversé en tête jusqu'à 1.0 à 1.4 m de profondeur (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de sondages « aveugles »). Un remblai de substitution a été mis en œuvre sous fondations du bâtiment actuel. Le remblai reconnu au droit des essais correspond vraisemblablement à l'extension de ce remblai. D'après les documents d'archives à disposition, ce remblai est de 1.5 m d'épaisseur sous fondations. Il est constitué de grave sableuse calcaire concassée.

- **Unité 2 : limon verdâtre à quelques gravillons et racines**, reconnue dans les puits de reconnaissance jusqu'à 1.3 m/TA.

Cette formation correspond vraisemblablement au sol de résistance faible à moyenne mesurée au droit des essais au pénétromètre jusqu'à des profondeurs comprises entre 1.4 m et 2.1 m (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de sondages « aveugles »).

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

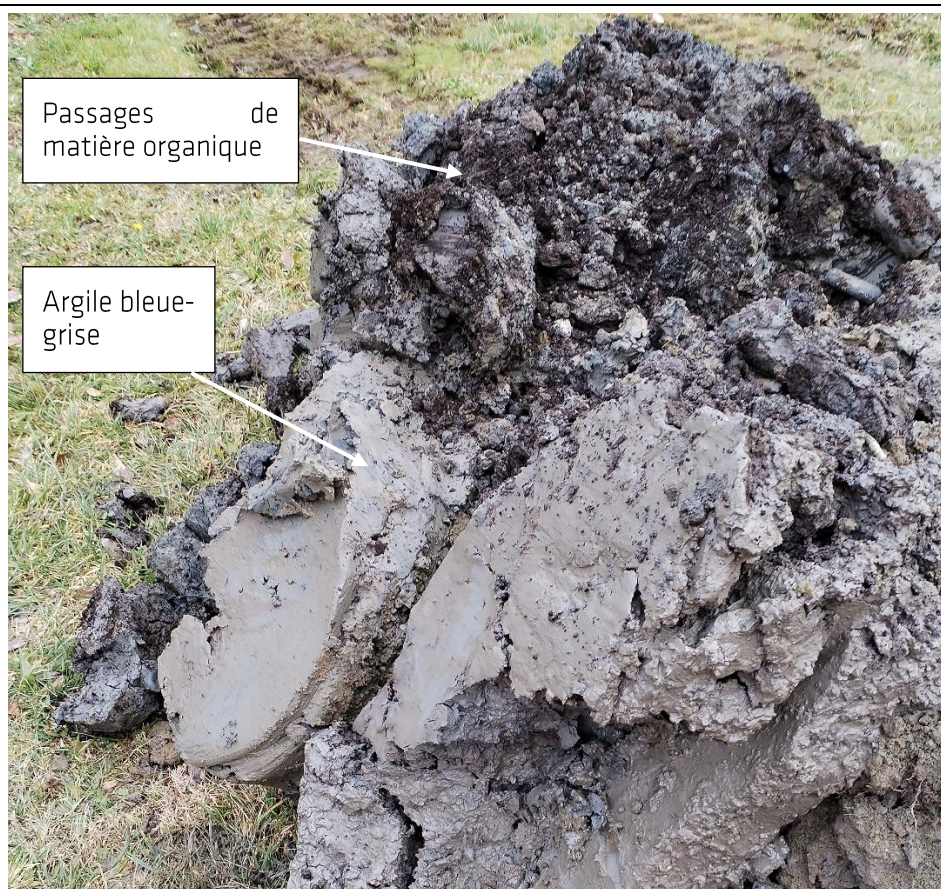
Profondeur et cote du toit de l'unité 2									
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	P1 (212.7)	P2 (212.7)	SD201 (213.5)	SD202 (213.5)	SD203 (213.5)	SD204 (212.7)	SPA202 (-)	DMT1 (212.8)	DMT2 (212.7)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	0.5	0.5	1.4*	1.4*	1.4*	0.5*	0.5*	0.5*	0.5*
Cote correspondante (en m NGF normal)	212.2	212.2	212.1	212.1	212.1	212.2	-	212.3	212.2

- **Unité 3 : argile bleue/grise peu limoneuse à rares graviers polygéniques arrondis et subarrondis, à matière organique locale**, reconnue dans les puits de reconnaissance jusqu'à des profondeurs comprises entre 2.7 et 2.9 m/TA. Présence d'un passage de tourbe entre 2.1 et 2.4 m de profondeur au droit de P201 et entre 1.8 et 2.0 m au droit de P202. Un passage tourbeux d'environ 0.2 m d'épaisseur, de très faible résistance a également été mesuré au droit de l'essai au DMT2 vers 3 m de profondeur.

Cette formation correspond vraisemblablement au sol de résistance très faible à faible mesurée au droit des essais au pénétromètre jusqu'à des profondeurs comprises entre 2.6 et 3.6 m (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de sondages « aveugles »).

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Profondeur et cote du toit de l'unité 3									
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	P1 (212.7)	P2 (212.7)	SD201 (213.5)	SD202 (213.5)	SD203 (213.5)	SD204 (212.7)	SPA202 (-)	DMT1 (212.8)	DMT2 (212.7)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	1.3	1.3	2.2*	2.2*	2.2*	1.4*	1.5*	1.6*	1.5*
Cote correspondante (en m NGF normal)	211.4	211.4	211.3	211.3	211.3	211.3	-	211.2	211.2



Photographies des matériaux extraits du puits P202 correspondant à l'unité 3

- **Unité 4 : galets et graviers sableux polygéniques arrondis et subarrondis à sables limono-graveleux, reconnus dans les puits de reconnaissance jusqu'en fin de sondage à 2.9 et 3.0 m de profondeur. Ces graviers et galets étaient saturés par la nappe d'accompagnement de l'Isère. Cette formation est probablement plus ou moins grossière selon l'endroit (résistance moyenne à élevée selon le sondage).**

Cette formation correspond vraisemblablement au sol de résistance moyenne à élevée mesurée au droit des essais au pénétromètre jusqu'à des profondeurs comprises entre 2.6 et 4.0 m (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de sondages « aveugles »). Cette unité a provoqué le refus de l'essai SD204 à 3.6 m/TA.

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Profondeur et cote du toit de l'unité 4									
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	P1 (212.7)	P2 (212.7)	SD201 (213.5)	SD202 (213.5)	SD203 (213.5)	SD204 (212.7)	SPA202 (-)	DMT1 (212.8)	DMT2 (212.7)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	2.9	2.7	3.6*	3.4*	3.4*	2.8*	2.6*	2.7*	3.0*
Cote correspondante (en m NGF normal)	209.8	210.0	209.9	210.1	210.1	209.9	-	210.1	209.7

➤ **Unité 5 : sables +/- graveleux +/- limono-argileux vraisemblables (non reconnu visuellement).**

Cette formation correspond vraisemblablement au sol de résistance croissante, de faible à moyenne mesurée au droit des essais au pénétromètre SD201, SD202 et SPA202 jusqu'à des profondeurs comprises entre 7.5 et 8.0 m (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de sondages « aveugles »).

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Profondeur et cote du toit de l'unité 5			
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SD201 (213.5)	SD202 (213.5)	SPA202 (-)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	4.0*	4.0*	4.0*
Cote correspondante (en m NGF normal)	209.5	209.5	-

➤ **Unité 6 : sables et galets/graviers à matrice argileuse vraisemblables (non reconnu visuellement).**

Cette formation correspond vraisemblablement au sol de résistance moyenne à élevée mesurée au droit des essais au pénétromètre jusqu'aux refus des essais SD201 et SD202 à 8.2 et 8.4 m de profondeur, et jusqu'à 20 m au droit de l'essai SPA202.

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Profondeur et cote du toit de l'unité 6			
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SD201 (213.5)	SD202 (213.5)	SPA202 (-)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	8.0*	8.0*	7.5*
Cote correspondante (en m NGF normal)	205.5	205.5	-

6. L'eau souterraine

6.1. Résultat des mesures et enquête

Un niveau d'eau avait été relevé dans un piézomètre du site (SPA8) en décembre 1999. Le niveau d'eau relevé était à 0.6 m/TN, soit à la cote 211.5 m NGF. Il est mentionné dans le rapport de SOLEN que le battement annuel de la nappe dans le secteur est en principe faible, de l'ordre de 0.5 m.

Des niveaux d'eau ont été mesurés lors des investigations réalisées en janvier et février 2024. Ils sont résumés dans le tableau ci-après :

Niveaux d'eau mesurés dans les sondages les 25 et 29 janvier 2024							
Sondage référence n°	P201	P202	SD201	SD202	SD204	DPM1	DPM2
Cote du sondage (m NGF)	212.7	212.7	213.5	213.5	212.7	212.8	212.7
Niveau d'apparition (m/TA)	2.5	2.7	-	-	-	-	-
Niveau pseudo-stabilisé (m/TA)	1.8	1.8	1.9	2.0	1.15	1.15	1.15
Cote correspondante (en m NGF)	210.9	210.9	211.6	211.5	211.55	211.65	211.55
Intensité de la venue (Puits à la pelle)	Moyenne	Moyenne	-	-	-	-	-

Tableau récapitulatif des niveaux d'eau mesurés dans les sondages

6.2. Synthèse hydrogéologique

Le contexte hydrogéologique du site est marqué par :

- La présence de la nappe de l'Isère à faible profondeur, vers la cote 211.5 m NGF.
- Des circulations sont susceptibles d'apparaître selon des cheminements préférentiels (par exemple au sein de chenaux plus graveleux, aux interfaces de faciès) et de façon intermittente dans le temps (par exemple en période pluvieuse continue ou à la fonte des neiges).
- Des eaux météoriques piégées dans les remblais.
- Le débit et le niveau d'apparition peuvent varier fortement en fonction des conditions météorologiques.

➤ Niveaux d'eau proposés au stade de l'avant-projet :

Nous proposons de retenir les mêmes valeurs caractéristiques que celles prises en compte dans les documents de construction du bâtiment existant :

- Niveau EB (quasi-permanent) : 210.6 à 209.6 m NGF.
- Niveau EH (caractéristique) : 212.5 m NGF.

Remarque : ces niveaux sont estimés de façon prudente, à partir des données disponibles à ce jour. Ils sont susceptibles d'évoluer au cours de la vie de l'ouvrage (changement climatique, aménagements urbains et hydrauliques, exploitation des nappes, ...).

6.3. Perméabilité des sols

La perméabilité a été estimée à partir d'un essai d'eau réalisé.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Valeurs issues de mesures directes				
Unité/description	Essai réalisé	Sondage	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité k
Unité 2 : limon verdâtre à quelques gravillons et racines	Matsuo	P201	0.8 m	$3.5 \cdot 10^{-7}$ m/s

Bilan : Les valeurs mesurées témoignent d'une perméabilité très faible.

Nota important : Ces essais sont ponctuels et ont été réalisés dans l'optique de dimensionnement d'ouvrages d'infiltration des eaux pluviales ; ils mesurent *la perméabilité en petit*. Dans le cas de nécessité de dimensionnement d'ouvrage de pompage ou de rabattement de nappe, seul un essai de pompage mesurant *la perméabilité en grand* du massif permettrait d'obtenir une estimation raisonnable des débits à prévoir ; cette perméabilité en grand peut être très différente de celle mesurée ponctuellement.

7. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques mesurées et correspondant à l'organisation géologique décrite précédemment, sont données dans le tableau récapitulatif ci-après. Les données qui suivent ont pour objet de préciser les hypothèses de calcul pour la justification des ouvrages. En phase projet (mission G2 PRO), et en fonction des ouvrages à dimensionner, les caractéristiques à retenir pourront être sensiblement revues.

Synthèse des valeurs des essais in situ proposées au stade Avant-projet					
Faciès	Pénétrromètre dynamique	Pénétrromètre statique	DMT	Pressiomètre*	
	Résistance de pointe q_d (MPa)	Résistance de pointe q_c (MPa)	Module DMT œdométrique (MPa)	Pression limite P_l^* (MPa)	Module Pressiométrique E_M (MPa)
Unité 1A : remblai	-	[1 à 2] <i>Non représentatif</i>	-	-	-
Unité 1B : remblai de substitution	[3 à 30] 7	[10 à 80] 15	-	[2.2 à 3.1] 2.3	[22 à 35] 26
Unité 2 : limon verdâtre	[1.0 à 1.8] 1.5	[1.0 à 3.5] 1.5	[14.8 à 55.8] 20	-	-
Unité 3 : argile bleue/grise à passages tourbeux	[0.8 à 0.9] 0.8	[0.4 à 4.0]	[2.4 à 8.4] 3	-	-
Passage tourbeux	-	-	0.6	-	-
Unité 4 : galets et graviers sableux	[2.5 à 9] 7	[2.5 à 40] 7	-	-	-
Unité 5 : sables +/- graveleux +/- limono-argileux vraisemblables	[1.5 à 7] 3	[0.5 à 4] 1	-	-	-
Unité 6 : sables et galets/graviers à matrice argileuse vraisemblables	[7 à >30] 15	[3 à 12] 4	-	-	-

* A partir des essais de contrôle mentionnés dans l'avis géotechnique n°3 de SOLEN

- [] : Fourchette de valeurs mesurées
- xx : Valeur représentative proposée en phase avant-projet (à préciser en phase projet)

8. Risques sismiques – Données réglementaires

Les normes et documents réglementaires utilisables sont les suivants :

- NF EN 1998-1, 1998-5 : Règles de l'Eurocode 8 - « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : Fondations, soutènements et aspects géotechniques ».
- La zone de sismicité (selon décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010).

Les principales données parasismiques, déduites des éléments précédents, permettent de retenir :

- Zone de sismicité : Zone 4 (aléa moyen).
- Paramètres géotechniques - Application des règles de l'Eurocode 8 :
- Classe de sols :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Coefficient d'amplification S
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	1,5

- Accélération nominale :

a_g (m/s²) est définie par la relation : $a_g = \gamma_1 \cdot S_T \cdot a_{gr}$

Les différents paramètres sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zone sismique	Pic d'accélération de référence a_{gr} (m/s ²) pour un sol de classe A	Coefficient d'importance de l'ouvrage γ_1			
		Catégorie d'importance de l'ouvrage			
		I	II	III	IV
Zone 2	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
S_T : coefficient topographique		1.0 quelle que soit la topographie		1,0 (pente inférieure à 15°)	

Coefficients d'importance et topographique proposés en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage

➤ Risque de liquéfaction :

Il est possible de retenir que les sols sont a priori non suspects de liquéfaction, pour la raison suivante :

- Friction ratio mesuré au pénétromètre statique supérieur à 3 à 5 %, ce qui permet de considérer ces sols comme non suspects de liquéfaction.

9. Sensibilité du site liée à la structure géotechnique du site

Les tendances générales et les principaux aléas liés à la structure géotechnique du site apparaissent être les suivants :

- Structure géotechnique apparaissant hétérogène et déformable. Présence sous les remblais, de limon et argile avec passages tourbeux de faible résistance jusqu'à 8 m de profondeur environ surmontant des sables et graviers de résistance élevée. Une lentille de 0.5 m d'épaisseur environ, de galet et gravier sableux +/- grossière (unité 4) est présente entre 3 et 4 m de profondeur.
- Contexte hydrogéologique marqué par la présence de la nappe de l'Isère à faible profondeur, vers la cote 211.5 m NGF. Niveau de hautes eaux fixé à 212.50 m NGF selon les documents de construction du bâtiment existant.
- Des remblais récents et hétérogènes en nature (unité 1A) sont présents sur le site et notamment au droit du réseau EP enterré. Cette formation présente un risque de déformation dans le temps (même sans surcharge apportée), compte tenu de son épaisseur, de sa nature et de l'absence de compactage probable lors de sa mise en œuvre.

DESCRIPTION DU PROJET ET DE SON ENVIRONNEMENT

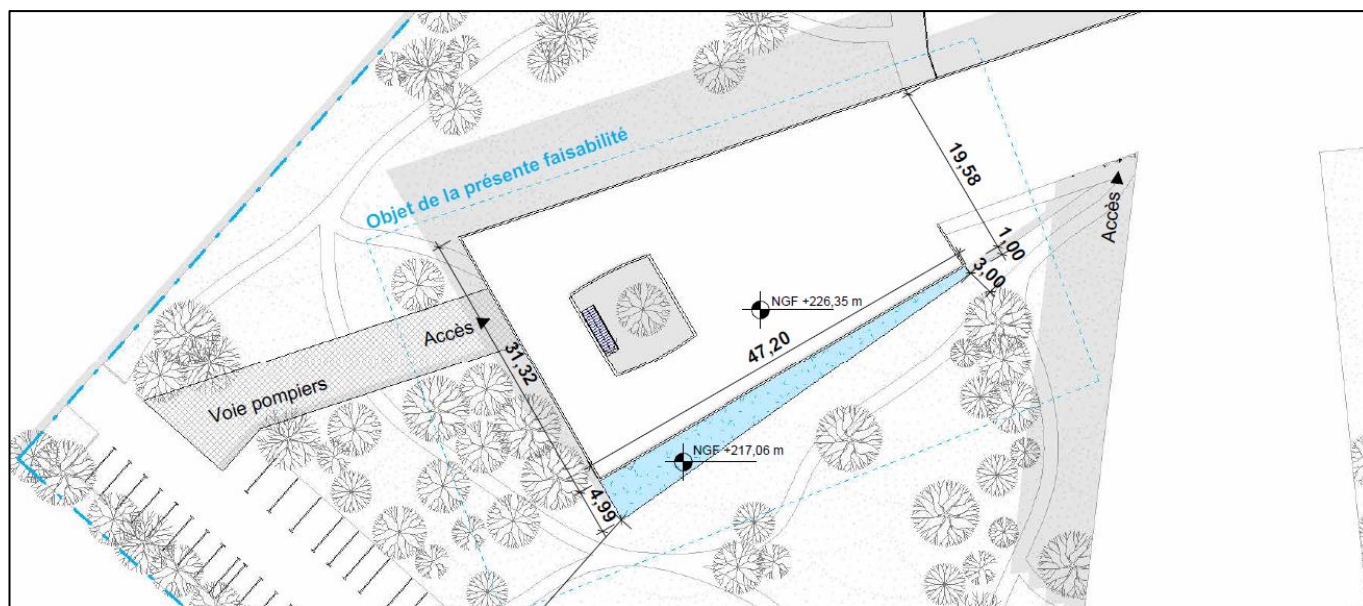
10. Caractéristiques du projet

10.1. Description des ouvrages - Principes constructifs envisagés

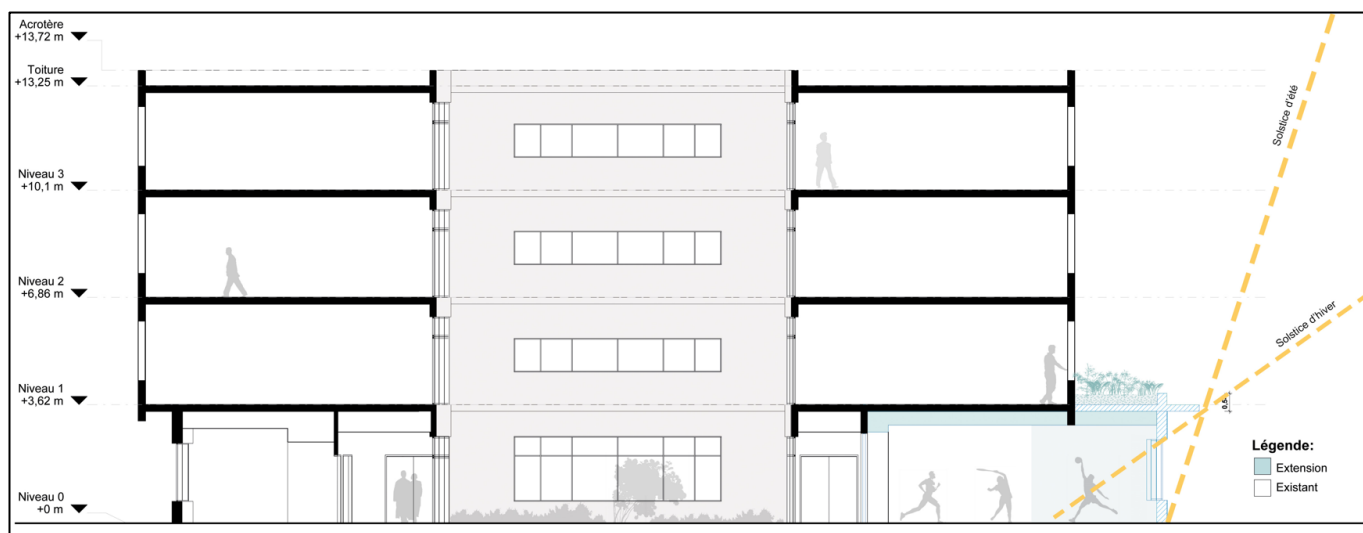
Projet prévoyant la construction de :

Désignation	Existant réaménagé	Extension
Surfaces approximatives	165 m ²	110 m ²
Type d'ouvrage	Centre médical	
Nombre de niveaux	R+3	RDC
Cote du niveau bas des bâtiments estimée	213.5 m NGF	
Nature du niveau bas	Dallage sur terre-plein reposant sur amélioration de sol par colonnes à modules mixtes et remblai de substitution	Plancher porté
Structure	Maçonnerie – Fondations superficielles sur amélioration de sol par inclusions rigides, colonnes à modules mixtes et remblai de substitution	Maçonnerie
Descentes de charges sur la structure	<p><u>Existant (plan BETREC) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - SF100 : 400 à 447 kN/ml à l'ELS - SF120 : 565 kN/ml à l'ELS - SF220 : 230 à 635 kN/ml à l'ELS <p><u>Projet (plan CEBEA) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - SF100 : 330 kN/ml à l'ELS - SF120 : 330 à 410 kN/ml à l'ELS - SF220 : 200 à 558 kN/ml à l'ELS - Appuis isolés : 290, 500 et 850 kN 	Appuis isolés : de 50 à 210 kN

Tableau récapitulatif des principales caractéristiques des bâtiments et constructions envisagés



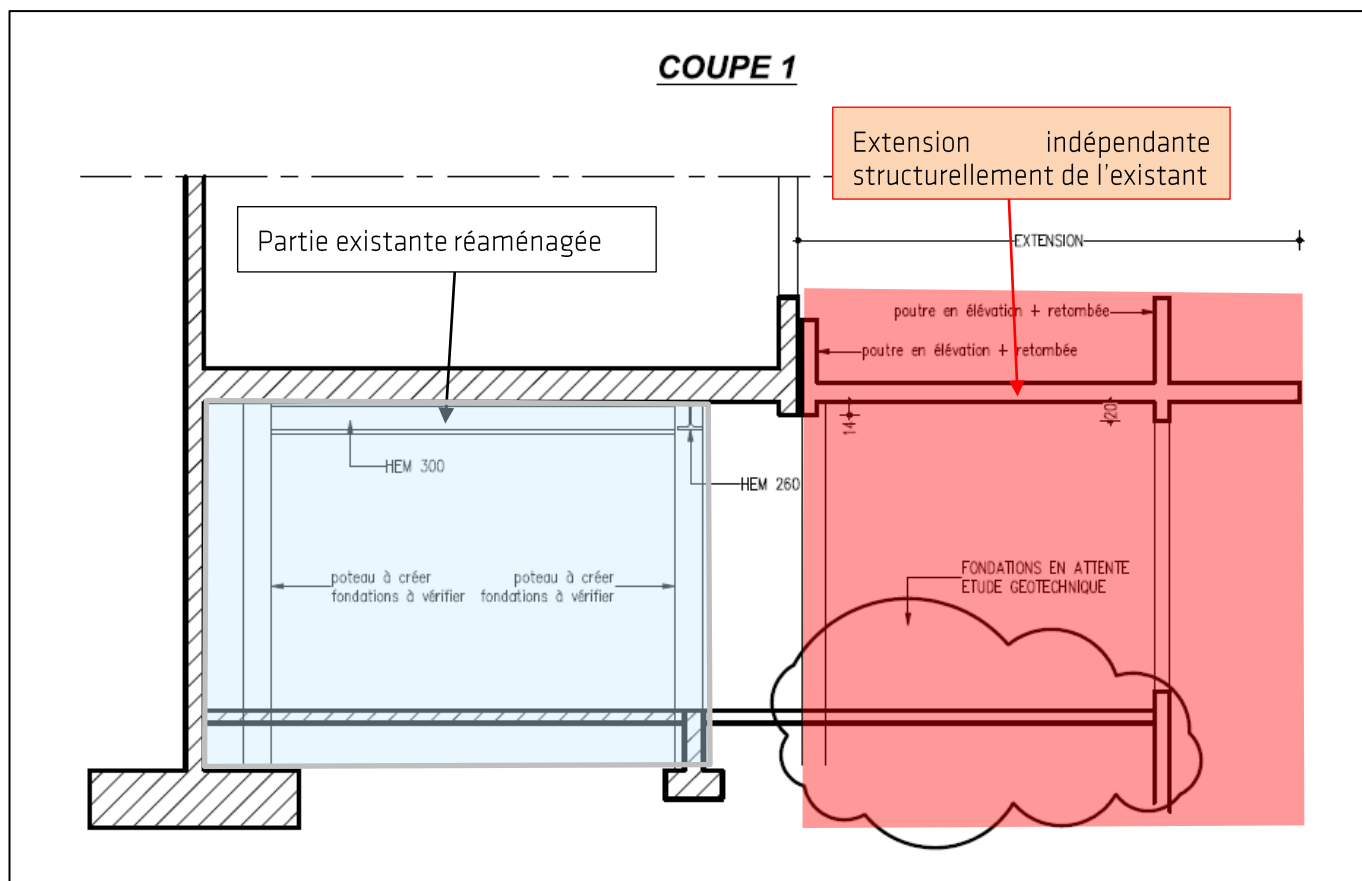
Extrait du plan masse du projet (source : AMMA)



Extrait du plan masse de coupe du projet (source : AMMA)



Extrait de la vue en perspective du projet (source : AMMA)



Coupe du projet - Extrait du plan coffrage bas RDC projet avec descentes de charge projetées (source : CEBEA)

11. ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du projet

Définition de la ZIG : Volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre :

- l'ouvrage (ou les travaux nécessaires à sa réalisation),
- et son environnement (sols et ouvrages environnants).

Dans le cas présent, la ZIG est constituée par :

- la parcelle où est placé le futur projet,
- le bâtiment existant de type R+3,
- les réseaux enterrés dans l'emprise du projet.

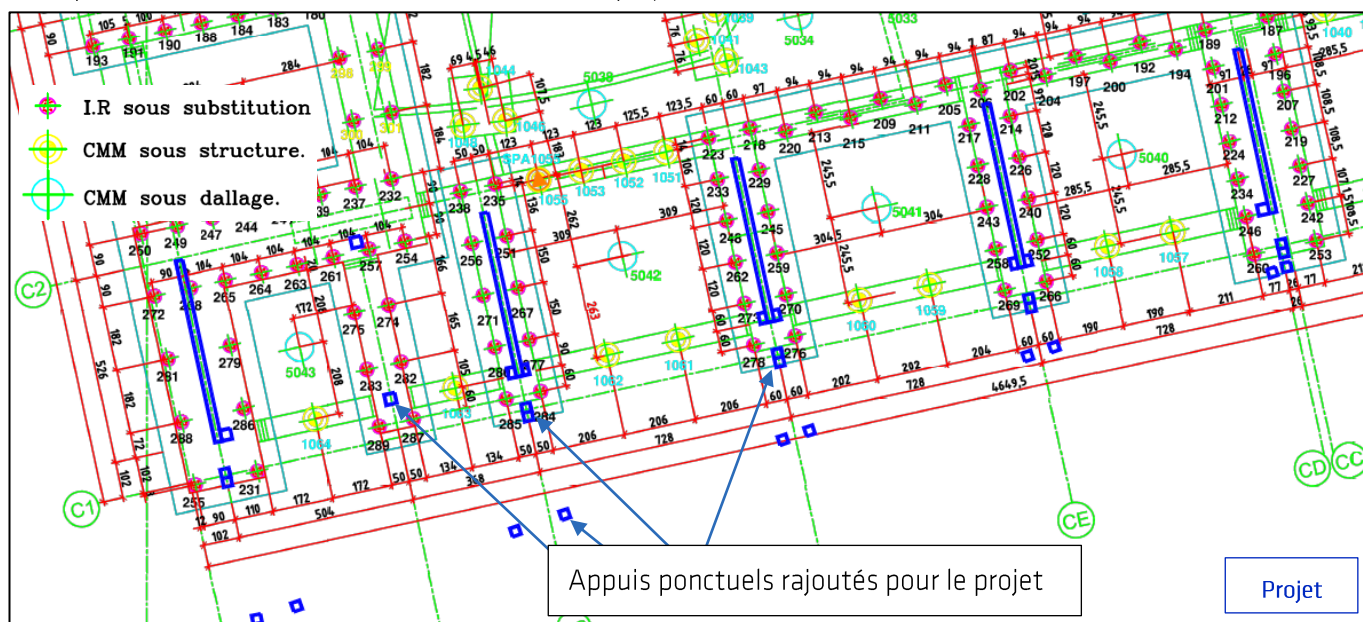
12. Structures enterrées – Fondation de l'existant

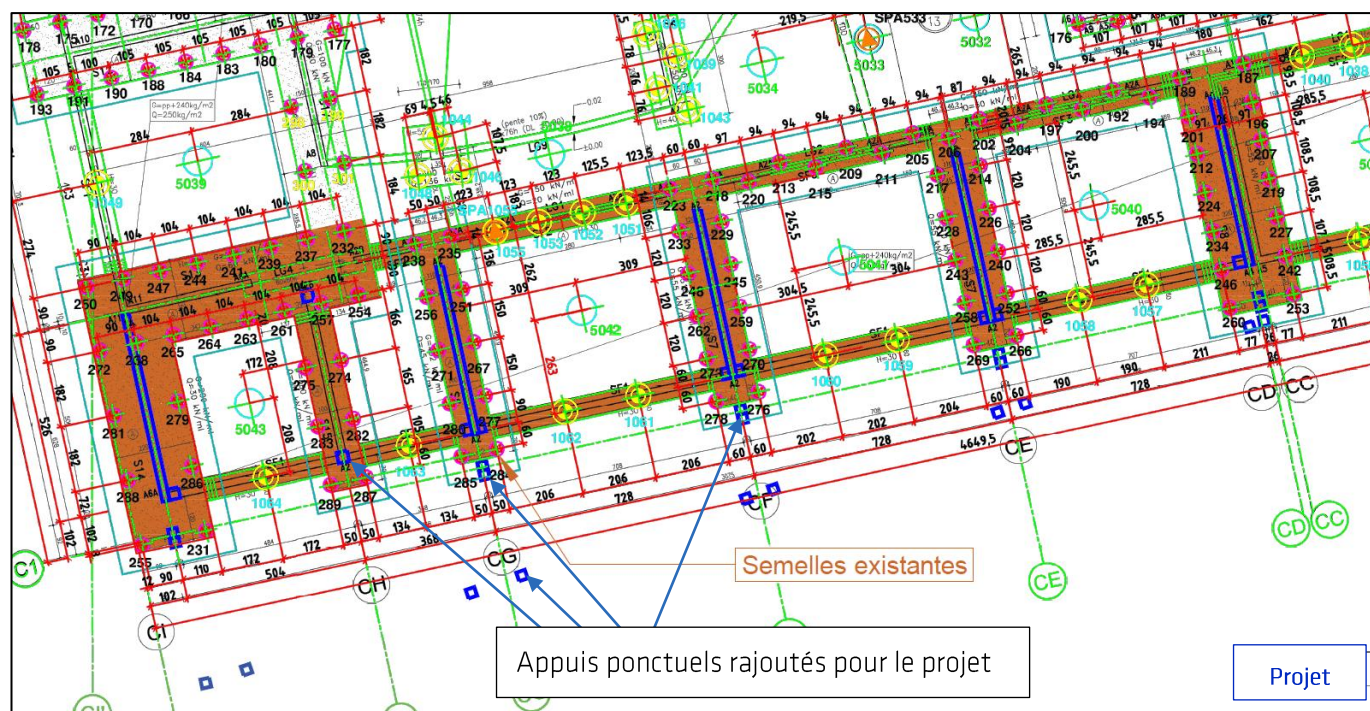
Le sol d'assise du bâtiment existant a fait l'objet au moment des travaux de construction, d'améliorations de sol par inclusions rigides, colonnes à modules mixtes et remblai de substitution.

Les semelles existantes ont été dimensionnées en prenant en compte les contraintes suivantes :

- 500 kPa à l'ELS et 750 kPa à l'ELU pour semelles reposants sur inclusions rigide et substitution.
- 250 kPa à l'ELS et 375 kPa à l'ELU pour les semelles reposant sur colonnes à modules mixtes.

La répartition des améliorations de sol au droit du projet est donnée ci-dessous :





Extrait du plan de fondation avec descentes de charge de l'existant superposé avec le plan d'implantation des colonnes à module mixte et des substitutions BAT. C existant et le projet de poteaux à créer (source : BETREC et KELLER)

13. Sensibilité générale du projet

La sensibilité générale du projet vis-à-vis de sa destination et de la ZIG va être fortement conditionnée par les aspects suivants :

- Ouvrages fragiles et sensibles aux tassements différentiels.
- Ouvrages aux descentes de charges élevée pour la partie existante réaménagée et faible à moyenne pour la partie extension.
- Système de fondation de l'existant hétérogène.
- Risque d'interférences entre les travaux projetés et les travaux d'amélioration de sol réalisés lors de la construction du bâtiment existant.

14. Principales applications pratiques

Les principales applications pratiques pour l'adaptation du projet au sol sont les suivantes :

Ouvrages géotechniques ou travaux nécessaires à l'adaptation au sol du projet	Recommandations pour la conception des principaux ouvrages géotechniques
Préparations préalables	<ul style="list-style-type: none"> - Décapage de la terre végétale. - Dévoiement du réseau EP existant passant dans l'emprise de l'extension.
Terrassements provisoires	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassements en retro sans remanier les sols supports. - Protection immédiate des arases de terrassements contre le remaniement et les variations de teneur en eau. - Terrassements délicats en présence de venues d'eau à associer à des moyens d'épuisement de fond de fouille et de drainage. - Préparation de la plateforme pour l'accès des engins de forage.
Solution de fondation	<p><u>Existant réaménagé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Charges du projet intégralement reprises par les fondations existantes de superficie à agrandir pour certaines. - Tassement complémentaire potentiel à prévoir de l'ordre de 1 cm sur la partie du bâtiment concernée par le projet. <p><u>Extension :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fondations profondes par micropieux – plancher porté. - Structure et fondations désolidarisées de l'existant.
Gestion de l'eau dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> - Phase provisoire : drainage de chantier et pompages si nécessaires vers un exutoire pérenne. - Phase définitive : protection des murs par imperméabilisation et drainage périphérique.

Tableau récapitulatif des recommandations pour la conception des principaux ouvrages géotechniques

15. Préparation du site

Préambule : les indications des chapitres suivants, fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées : intempéries et niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières. Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu, qu'elles ne peuvent être définies précisément actuellement, et que seules des orientations peuvent être retenues à ce stade de l'étude.

15.1. Décapage – Préparation du sol

Ce point est primordial pour permettre une exécution des travaux dans des conditions satisfaisantes. Il est impératif de prévoir au démarrage du chantier :

- Décapage de la terre végétale.
- Dévoiement du réseau EP existant passant dans l'emprise de l'extension.

16. Terrassements provisoires

Compte-tenu de la topographie du site et des caractéristiques du projet, les terrassements prévus sont d'une hauteur inférieure à 1.0 m.

Dans tous les cas, aucun terrassement ne devra être effectué au-delà de l'arase inférieure des fondations du bâtiment existant.

16.1. Traficabilité – Terrassabilité – Valorisation des déblais

16.1.1. *Traficabilité*

Les plates-formes aux niveaux des arases de terrassement seront constituées par :

- Des matériaux argileux et gravo-limoneux, très sensibles au remaniement et à la décompression, et de traficabilité médiocre en présence d'eau.
- Des résurgences d'eau sont à craindre aux niveaux prévus des terrassements, ce qui induira des difficultés de traficabilité des plates-formes.

16.1.2. *Terrassabilité*

La présence de matériaux argileux et limoneux nécessite de réaliser les travaux par temps sec, et de protéger les arases de terrassement au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

16.1.3. *Valorisation des déblais issus du site en remblais techniques*

Compte tenu de leur nature à dominante argileuse et de leur état d'humidité au moment des reconnaissances, les matériaux de déblai sont inaptes au réemploi en remblai technique. Ils seront mis en décharge ou stockés dans les zones d'espaces verts.

17. Plateforme pour l'accès des engins de forage

La réalisation du projet nécessite la circulation d'engins de forage de micropieux. Il sera nécessaire de réaliser une plate-forme de portance satisfaisante. Il convient de prévoir de :

- Décaper la terre végétale et les remblais superficiels médiocres.
- Mettre en œuvre une épaisseur de plate-forme de l'ordre de 30 cm en matériaux nobles, sur géotextile anti-contaminant.
- Cette plate-forme provisoire sera décapée si nécessaire après intervention des engins jusqu'au niveau final, pour la livrer à l'Entreprise de gros-œuvre.

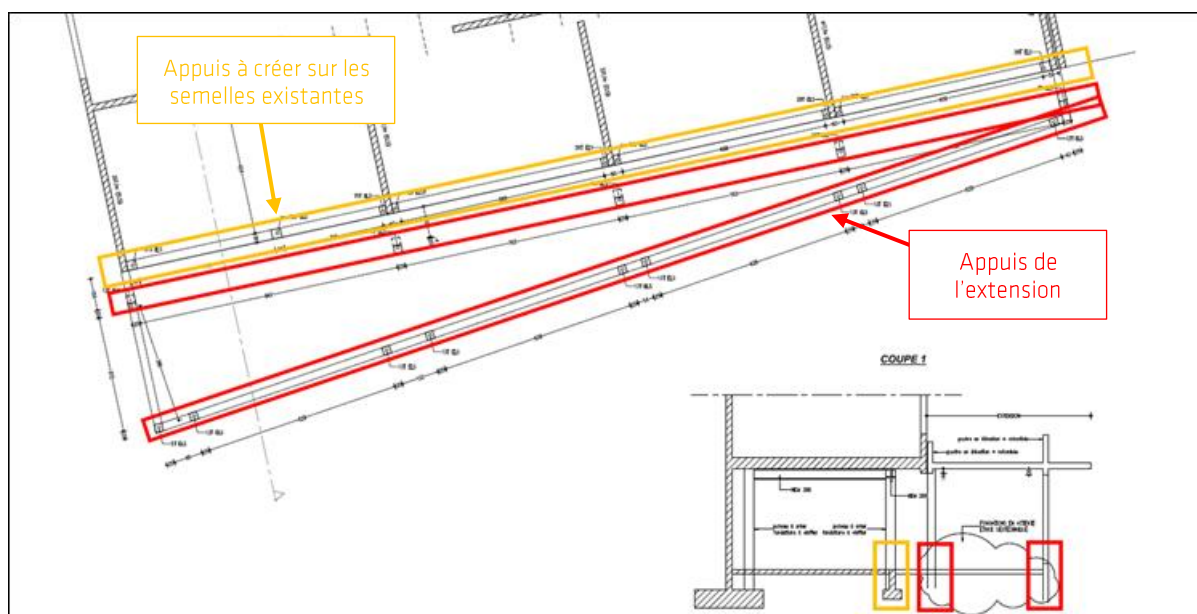
➤ Constitution des plates-formes :

- **Matériaux constitutifs** : Grave naturelle alluvionnaire de classe D₃ selon la norme NF P11-300, de granulométrie répartie. Des matériaux insensibles à l'eau et de comportement mécanique similaire peuvent également être admis, sous réserve de l'agrément par le Maître d'œuvre.
- **Épaisseurs** : 0.3 à 0.5 m pour un module Ev2 supérieur à 30 MPa (à préciser en mission G2 PRO).

18. Fondation de la structure

Les solutions de fondation envisageables sont les suivantes :

- **Appuis à créer sur les semelles existantes** : les charges des appuis pourront être reprises par les fondations existantes à agrandir et/ou à renforcer. Les fondations renforcées devront être d'une superficie augmentée pour mobiliser au maximum le remblai technique, les inclusions et les semelles filantes existantes perpendiculaires.
- **Extension** : charges de l'extension à reporter par l'intermédiaire de micropieux descendus au sein des sables et galets/graviers à matrice argileuse (unité 6) reconnue au-delà de 8 m de profondeur environ.



18.1. Appuis à créer sur les semelles existantes

Le projet prévoit l'augmentation des descentes de charge sur une partie des semelles filantes existantes au droit des appuis situés au niveau de la façade extérieure actuelle.

File (annotation plans KELLER et BETREC)	Charges supplémentaires apportées par les poteaux
CI	210 kN
CH	Equivalente
CG	440 kN
CF	580 kN
CE	580 kN
CD-CC	290 kN

La superficie de certaines semelles devra être augmentée pour mobiliser au maximum le remblai technique, les inclusions et les semelles filantes perpendiculaires. Les appuis concernés sont situés au niveau de la file CG, CF et CE sur le plan ci-dessous.

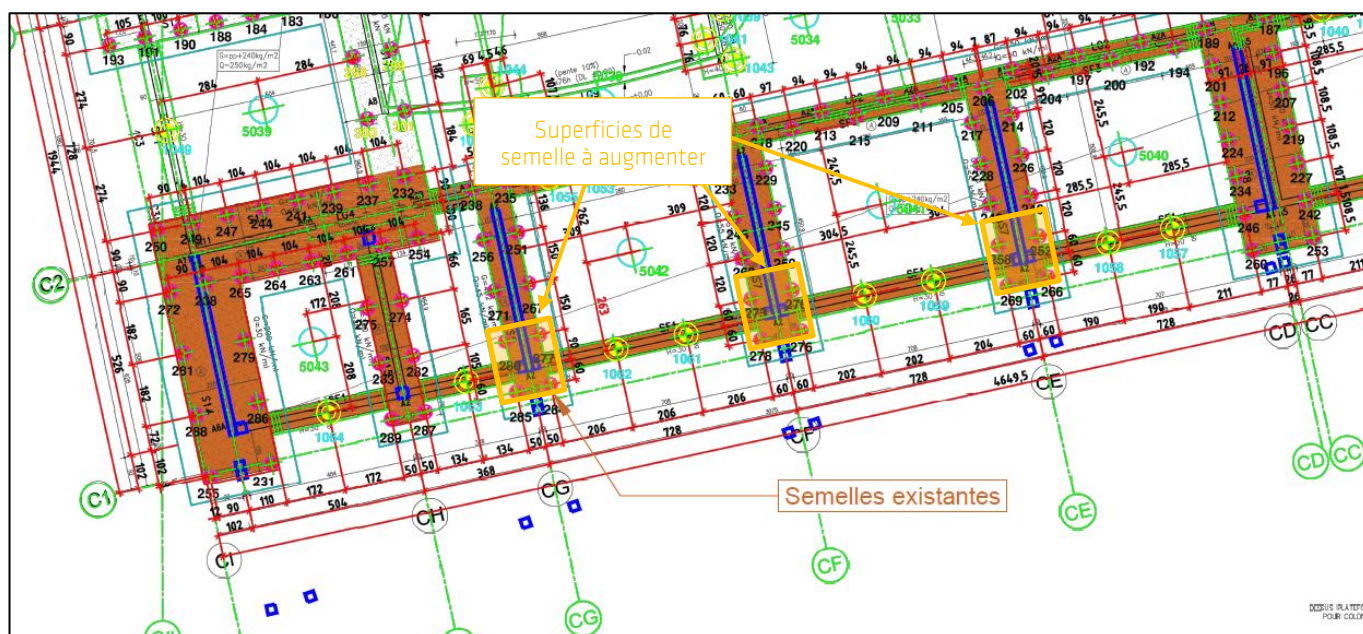


Schéma n°1 d'implantation des semelles à agrandir

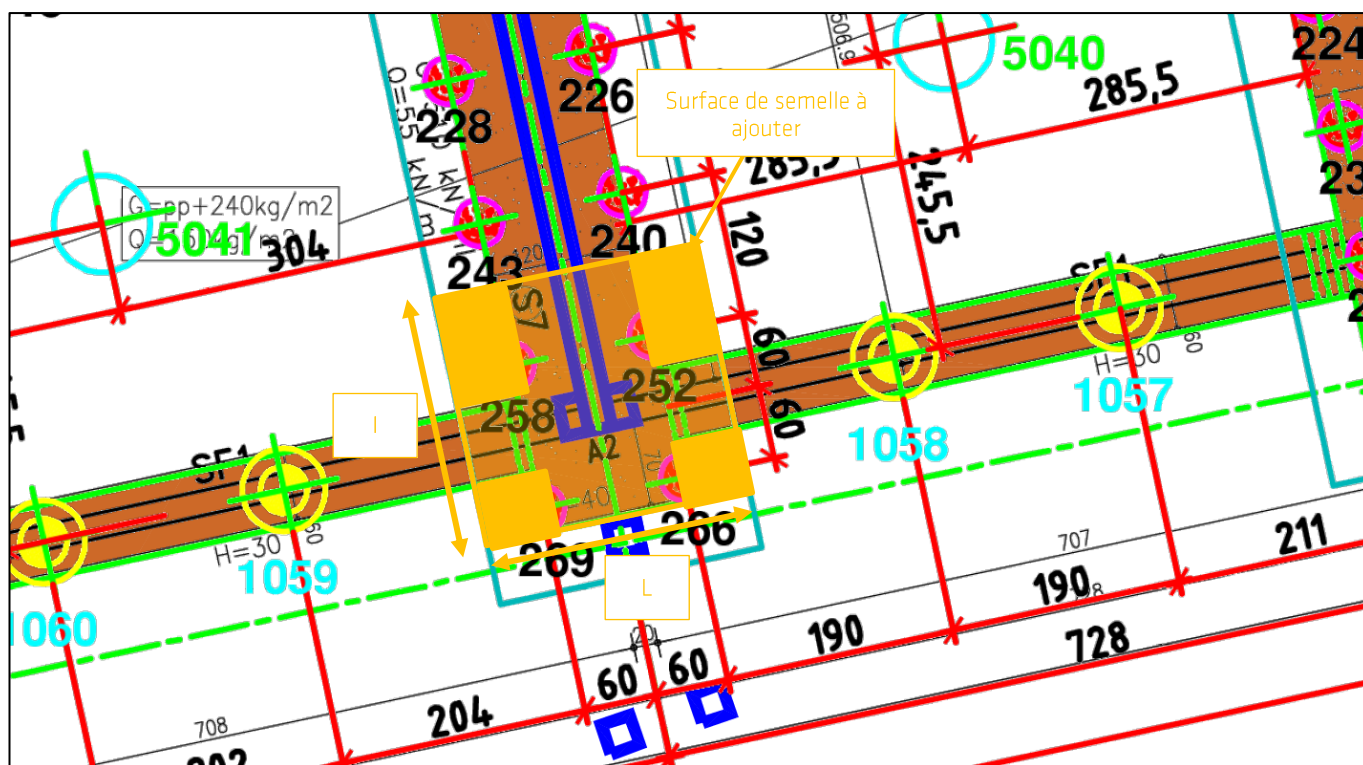


Schéma n°2 d'implantation des semelles à agrandir

Les dimensions de semelles à augmenter sont les suivantes au droit des différentes files :

File	Dimensions L x l
CG	2.0 m x 2.5 m
CF	2.2 m x 2.0 m
CE	2.2 m x 2.0 m

Les tassements engendrés par les rechargements des semelles existantes sont estimés inférieurs au centimètre.

Remarque : aucun terrassement ne devra être effectué au-delà de l'arase inférieure des fondations du bâtiment existant.

18.2. Extension

Les charges des appuis à créer situés contre la façade débordante et le long de la façade extérieure de l'extension devront être reportées sur un sol porteur en profondeur par l'intermédiaire de micropieux descendus au sein des sables et galets/graviers à matrice argileuse (unité 6) reconnue au-delà de 8 m de profondeur.

A titre d'exemple, il est envisagé des **micropieux forés de type III** (classe 8 – catégorie 19) et ancrés dans l'unité 6.

18.3. Exemple de dimensionnement – Phase AVP

18.3.1. Méthode pressiométrique

La justification des fondations soumises à des charges verticales fait référence à la norme européenne NF P 94-262 et utilise la méthode pressiométrique.

Modèle de terrain								
Faciès	Profondeur de la base de chaque faciès		Résistance de pointe q_c (MPa)	Pression limite PI^* (MPa)	Frottement latéral axial limite q_s (pieu classe 8 – catégorie 19)			
	(m/ Terrain Actuel)	Cote base (m NGF)			Courbe f_{sol}	$\alpha_{pieu-sol}$	q_s (kPa)	$q_{s\ max}$ (kPa)
Unité 1 (rangée extérieure - Sud)	1.4	212.1	1		Négligé jusqu' 3.5 m/TA soit 210.0 m NGF			
Unité 1 (rangée intérieur - Nord)	2.7	210.8	-	1.6				
Unité 2 (rangée extérieure - Sud)	2.2	211.3	1.5	0.4				
Unité 3	3.5	210.0	0.6	0.2				
Unité 4	4.0	209.5	2	0.5	Q2	2.9	85*	200
Unité 5	8.0	205.5	1	0.3	Q1	2.7	71*	200
Unité 6	> 21	< 192.5	4.0	0.8	Q2	2.9	120*	200

* à valider par essais de conformité avant le démarrage du chantier.

Nota :

- q_s : frottement axial unitaire limite : $q_s = \alpha_{pieu-sol} \times f_{sol}$.
- f_{sol} : fonction qui dépend du sol et des valeurs de PI^* .
- $\alpha_{pieu-sol}$: paramètre adimensionnel qui dépend à la fois du type de pieu et du type de sol.

18.3.2. Exemple de pré-dimensionnement :

L'exemple de dimensionnement a été réalisé en considérant un micropieu type III (classe 8 – catégorie 19), foré en diamètre 150 mm.

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Micropieu foré tubé type III (classe 8 – catégorie 19) – Foré en diamètre 150 mm					
Longueur de micropieux (en m/TA)	Diamètre forage (mm)	ELU		ELS	
		Fondamental (kN)	Accidentels (kN)	Quasi permanents (kN)	Caractéristiques (kN)
9.0	150	170	187	119	146
11.0		283	312	198	242

Aucun frottement négatif n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé.

Remarque :

En mission G2 PRO et G3, on vérifiera les points suivants :

- Effet de groupe sous les massifs à micropieux multiples.
- Moments et efforts horizontaux avec vérification STR de l'armature.
- Flambement dans les sols « médiocres ».

18.3.3. Recommandations sismiques :

Le projet se trouve en zone sismique.

Lors des secousses sismiques, les fondations profondes sont particulièrement sollicitées au cisaillement, d'une part dans les sections se trouvant à l'interface de deux couches de sols différents, d'autre part au niveau de la liaison en tête. Une liaison en tête encastree est impérative.

18.3.4. Dispositions constructives :

L'Entrepreneur s'assurera que le type de micropieux et la puissance du matériel qu'il propose permettront de réaliser les ancrages demandés pour assurer les capacités portantes retenues.

L'Entrepreneur utilisera des méthodes de forage ne risquant pas de créer de désordres aux constructions existantes.

Pour les appuis situés contre la façade débordante, il sera éventuellement nécessaire de réaliser des avant-trous par carottage au travers des fondations existantes en cas de débord de fondation réel supérieur à celui mentionné sur les plans à disposition. Dans ce cas, afin de ne pas interférer avec les structures existantes, une gaine constituée par un tubage sera mise en œuvre.

L'extension sera désolidarisée de l'existant.

19. Traitement du niveau bas

Compte tenu du contexte géotechnique du site (présence d'un réseau enterré, de terrassement à limiter vis-à-vis de l'existant, de la nature des sols), le niveau bas devra être traité en plancher porté. Le plancher sera porté par les micropieux et participera à la stabilité de l'ouvrage vis-à-vis du risque sismique.

GESTION DE L'EAU EN PHASES PROVISOIRE ET DEFINITIVE

20. Gestion de l'eau en phase provisoire de chantier

➤ Gestion de l'eau dans la fouille

Si des venues d'eau sont découvertes en cours de terrassement, elles seront collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille.

La présence de venues d'eau pourra nécessiter la mise en place d'un drainage au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Ce drainage sera constitué par :

- Le terrassement des arases en pente vers un ou plusieurs points bas collecteurs, afin de faciliter l'évacuation rapide des eaux de pluie en contexte météorologique défavorable et durable et ainsi limiter l'altération des matériaux de la plateforme.
- Une évacuation soit gravitaire, soit via un dispositif de relevage (type puisard et pompe par exemple) vers un exutoire pérenne et sous réserve des autorisations adaptées.

21. Protection vis-à-vis des eaux souterraines en phase définitive

Compte tenu du contexte hydrogéologique, il est nécessaire de prévoir un système de protection spécifique contre les infiltrations d'eau. Les précautions suivantes sont à respecter :

➤ Drainage périphérique constitué par :

- Une imperméabilisation des murs enterrés par enduit bitumineux + protection par Delta MS.
- Un complexe drainant mis en place en pied des murs enterrés, sur l'arase supérieure des semelles, et raccordé à un exutoire gravitaire pérenne.
- Le remblaiement des gardes de terrassements avec des matériaux graveleux et drainants d'apport (matériaux argileux et limoneux à évacuer).

22. Protection vis-à-vis des eaux de ruissellement

Nous recommandons de prévoir des contre-pentes du terrain aménagé en périphérie des ouvrages, afin d'éloigner les eaux de ruissellement des façades des projets.

MISSIONS COMPLEMENTAIRES – ENJEUX DU PROJET – RISQUES RESIDUELS

ENJEUX PRINCIPAUX DU PROJET ET RISQUES RESIDUELS :

Classement des enjeux liés aux aléas en fonction de chaque ouvrage géotechnique envisagé

Enjeux	Description	Aléa / niveau de risque
Enjeux et risques vis-à-vis des fondations	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de tassements, liés à la distribution des descentes de charges et à la compressibilité des sols. - Risque en exécution lié à la présence d'eau. - Nécessité de mise en place d'une technicité forte. - Aléas de surconsommation de béton, de surprofondeur du sol de fondation. 	Degré d'aléa : <input type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Fort
Enjeux liés aux terrassements provisoires et à la gestion des eaux souterraines, aux conditions météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de défaut d'obtention des critères de portance des plates-formes. - Valorisation incertaine des matériaux de déblai. 	Degré d'aléa : <input checked="" type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Fort
Enjeux liés à la protection définitive vis-à-vis de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Aléa sur la difficulté à estimer les niveaux caractéristiques de la nappe et son évolution (changement climatique, modification anthropique). 	Degré d'aléa : <input type="checkbox"/> Nul <input checked="" type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Fort

MISSIONS COMPLEMENTAIRES :

Cette étude correspond à la mission G2 AVP d'étude géotechnique de conception – phase Avant-Projet - selon les termes de la norme NF P 94-500 relative aux missions géotechniques (extraits joints en annexe).

Pour que la mission de Conception soit complète, la norme des missions géotechniques recommande un enchaînement des missions géotechniques en synchronisation avec les phases de conception du projet de l'équipe d'ingénierie.

De ce fait, les études géotechniques de conception G2 PRO, G2 DCE/ACT sont nécessaires.

De plus, des aléas géotechniques peuvent apparaître en cours des travaux. Il est rappelé que les études de conception G2 doivent être complétées par les missions G3 et G4 (études géotechniques de réalisation) :

- **Mission G3** : Etude EXE (Phase étude et phase Suivi) de la part de l'Entreprise.
- **Mission G4** : Supervision géotechnique des travaux par la Maîtrise d'œuvre et le Géotechnicien (visa des études d'exécution et avis sur les travaux exécutés, sur le DOE et le DIUO).

ALEAS GEOTECHNIQUES :

- Les reconnaissances de sol procédant par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations, tant de la conception que de l'exécution, qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
- Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions, ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « *Présentation* » du présent rapport, peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à Kaëna, afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
- De même, des éléments nouveaux, mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemples : dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau, etc.), peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.

Extrait de la norme sur les missions d'ingénierie géotechniques

Documents graphiques et résultats d'investigations

Diagrammes des sondages au pénétromètre

Paramètres géotechniques interprétés et profils des sondages au DMT

Tableau récapitulatif des puits de reconnaissance

Plan d'implantation des sondages

ANNEXE EXTRAIT DE LA NORME FRANCAISE SUR LES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94 500 de novembre 2013)

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE TYPES

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.

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'oeuvre 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

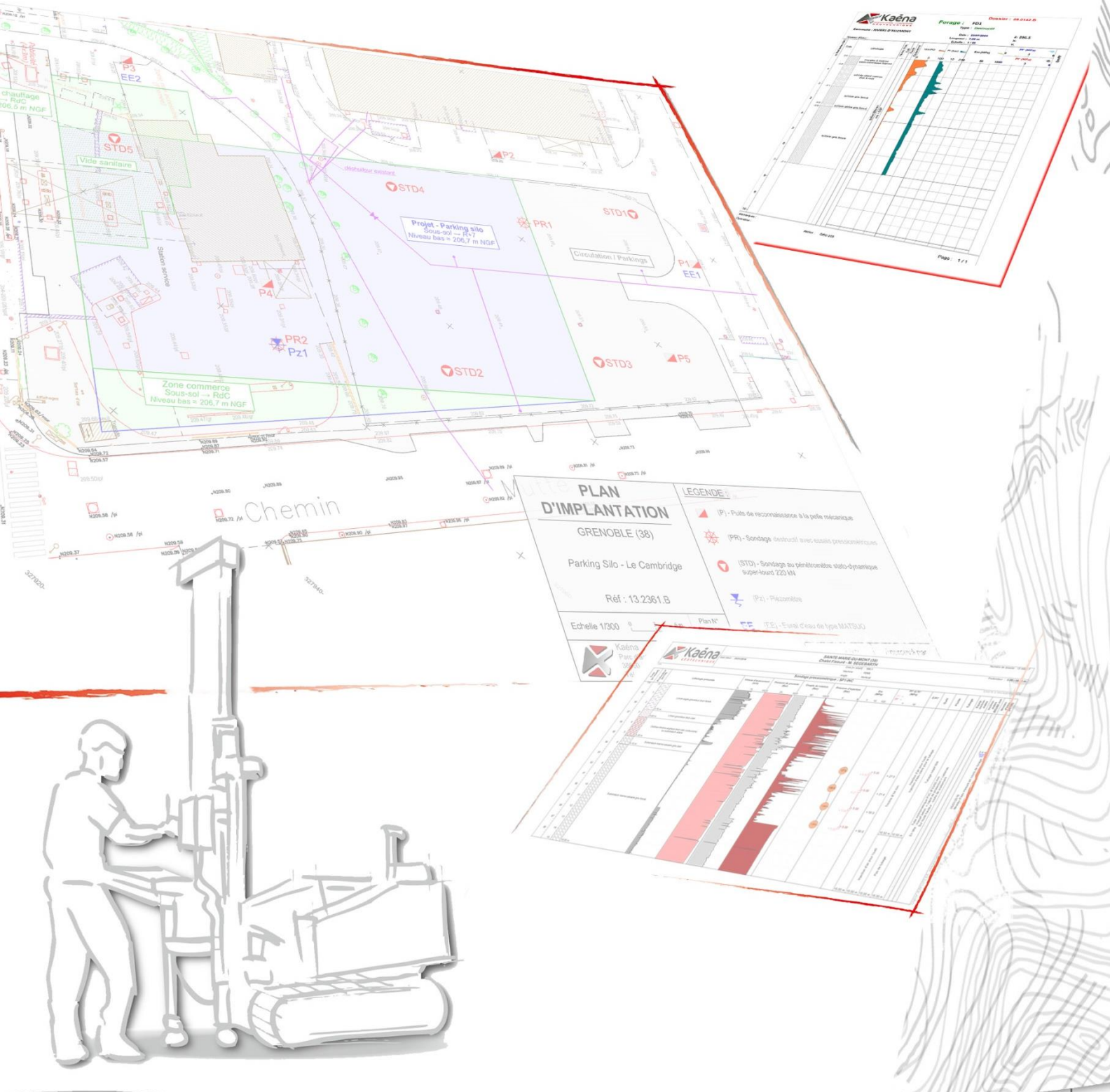
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

DOCUMENTS GRAPHIQUES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS



DESIGNATION : Extension Rocheplane
 COMMUNE : SAINT MARTIN D'HERES (38)

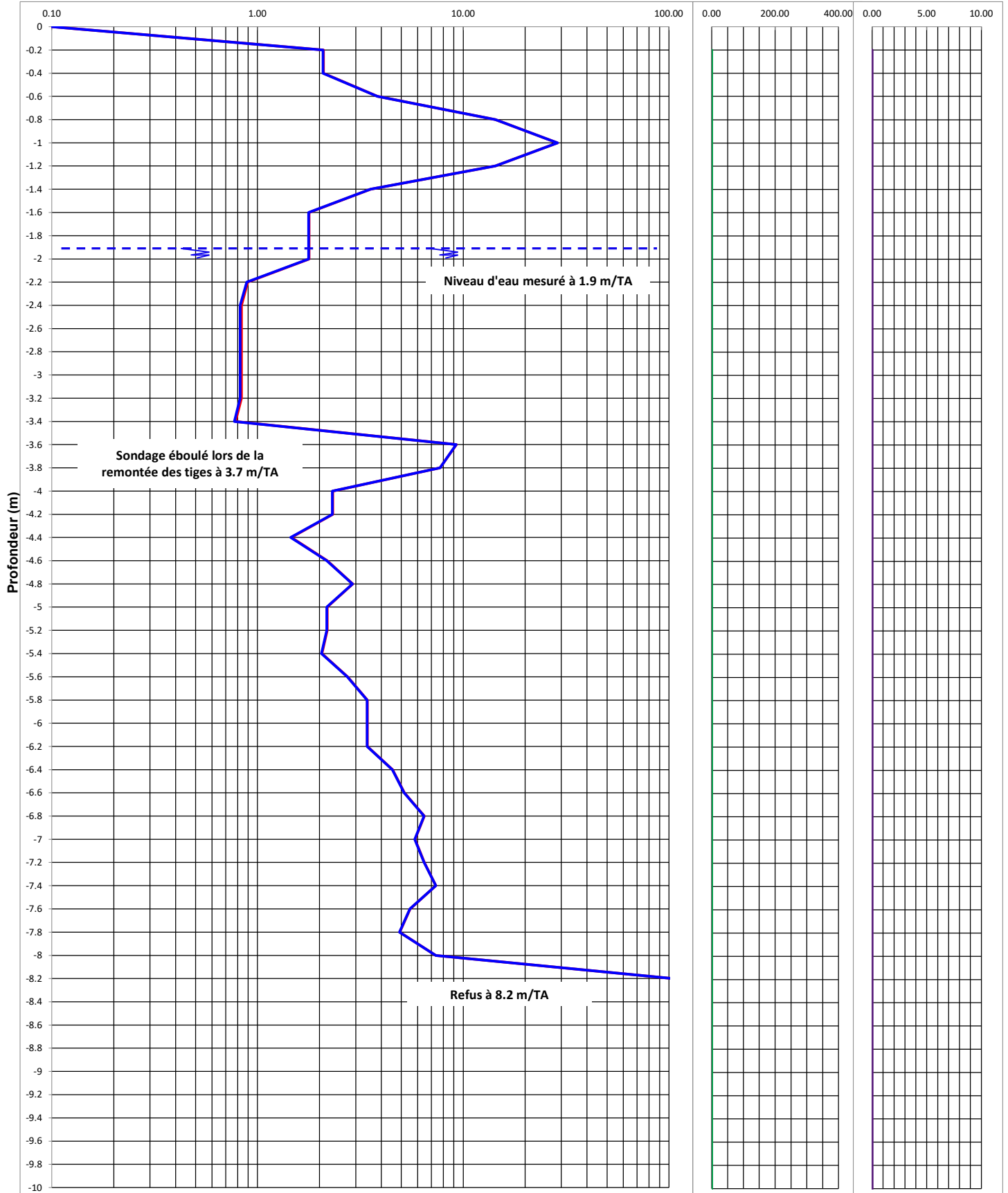
Date : 29/01/24
 Réf. Etude : AF.19063
 Opérateur : ORE

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	213.5	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

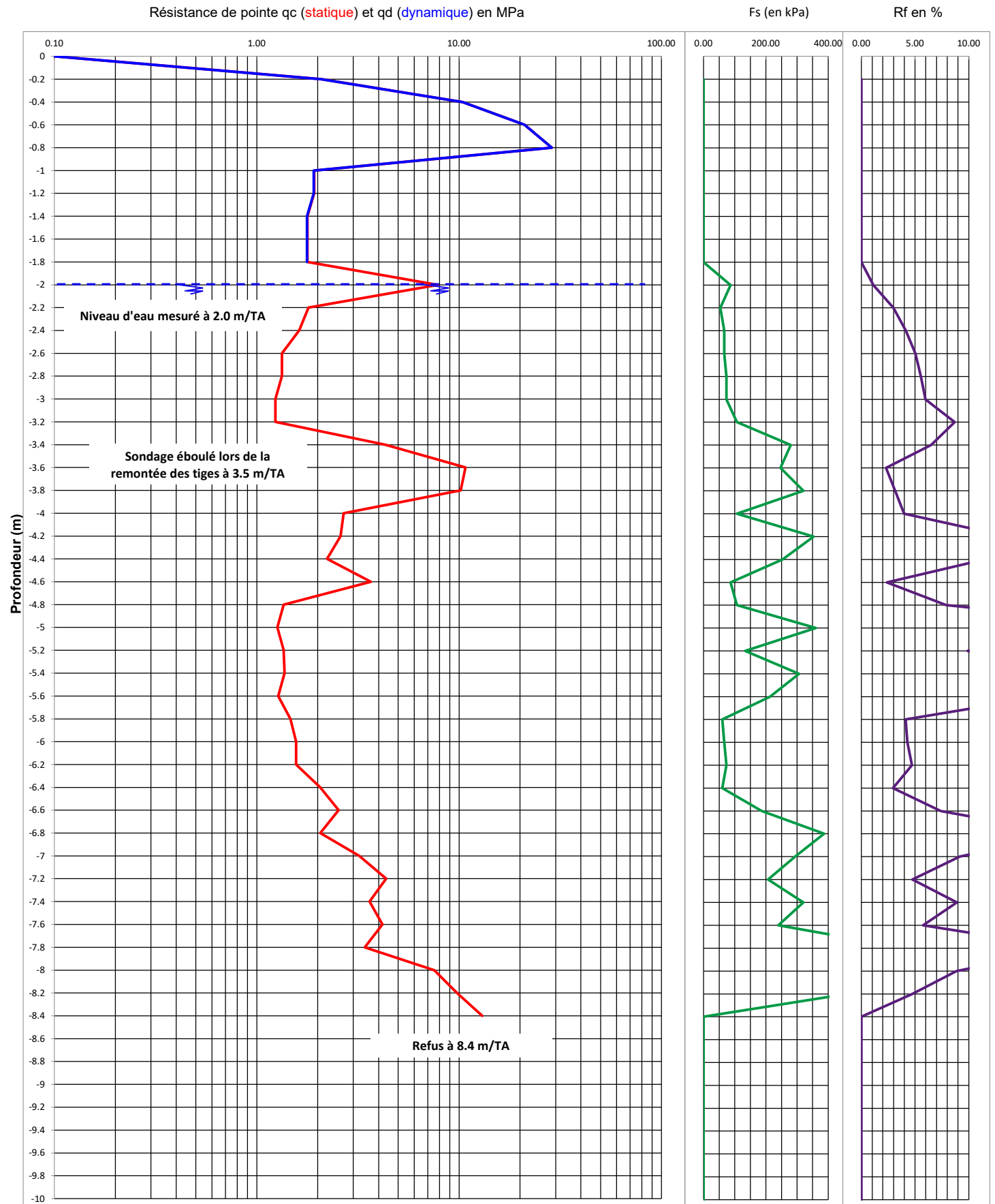
Rf en %



DESIGNATION : Extension Rocheplane
 COMMUNE : SAINT MARTIN D'HERES (38)

Date : 29/01/24
 Réf. Etude : AF.19063
 Opérateur : ORE

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	213.5	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------



DESIGNATION : Extension Rocheplane
 COMMUNE : SAINT MARTIN D'HERES (38)

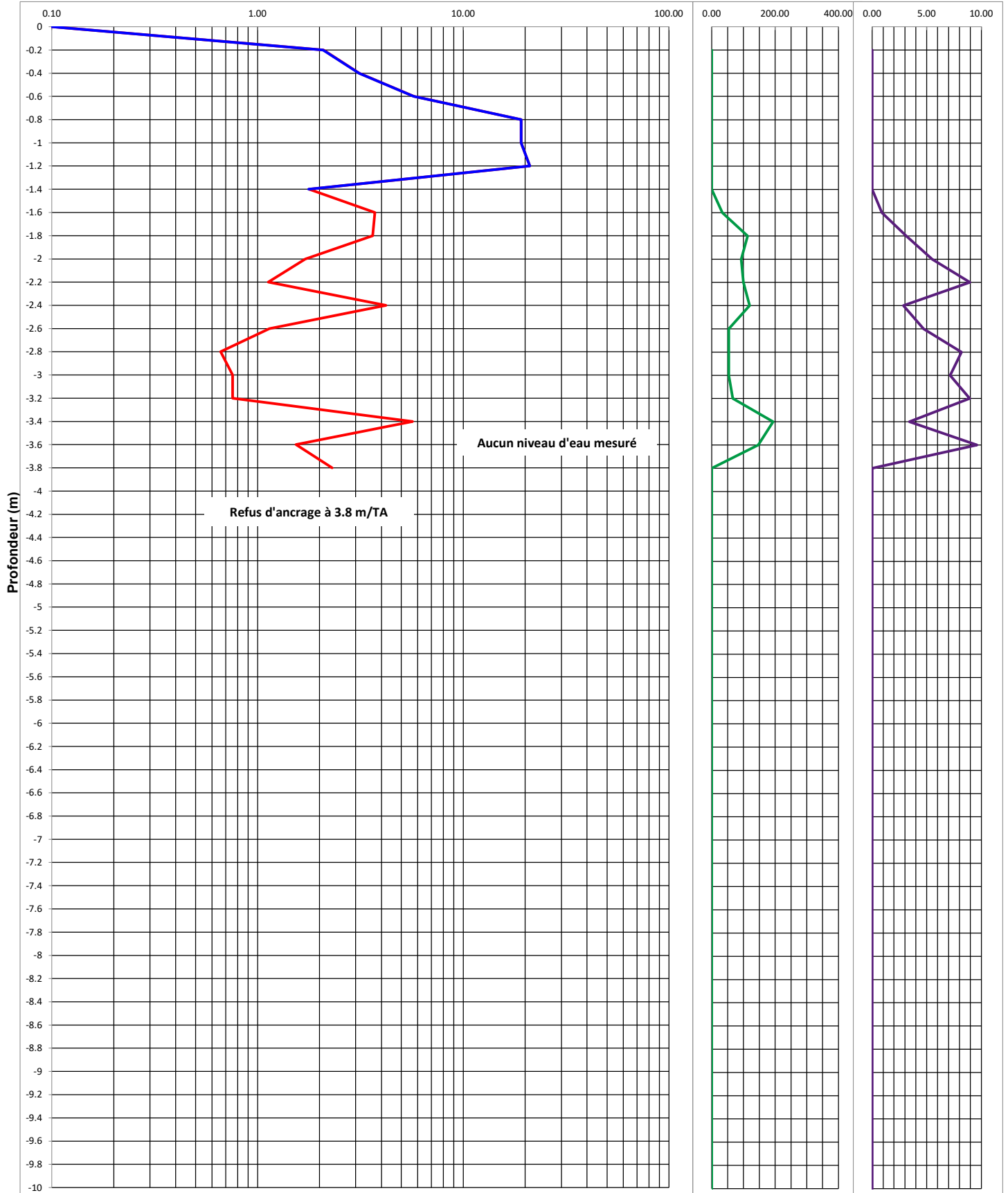
Date : 29/01/24
 Réf. Etude : AF.19063
 Opérateur : ORE

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	213.5	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

Rf en %



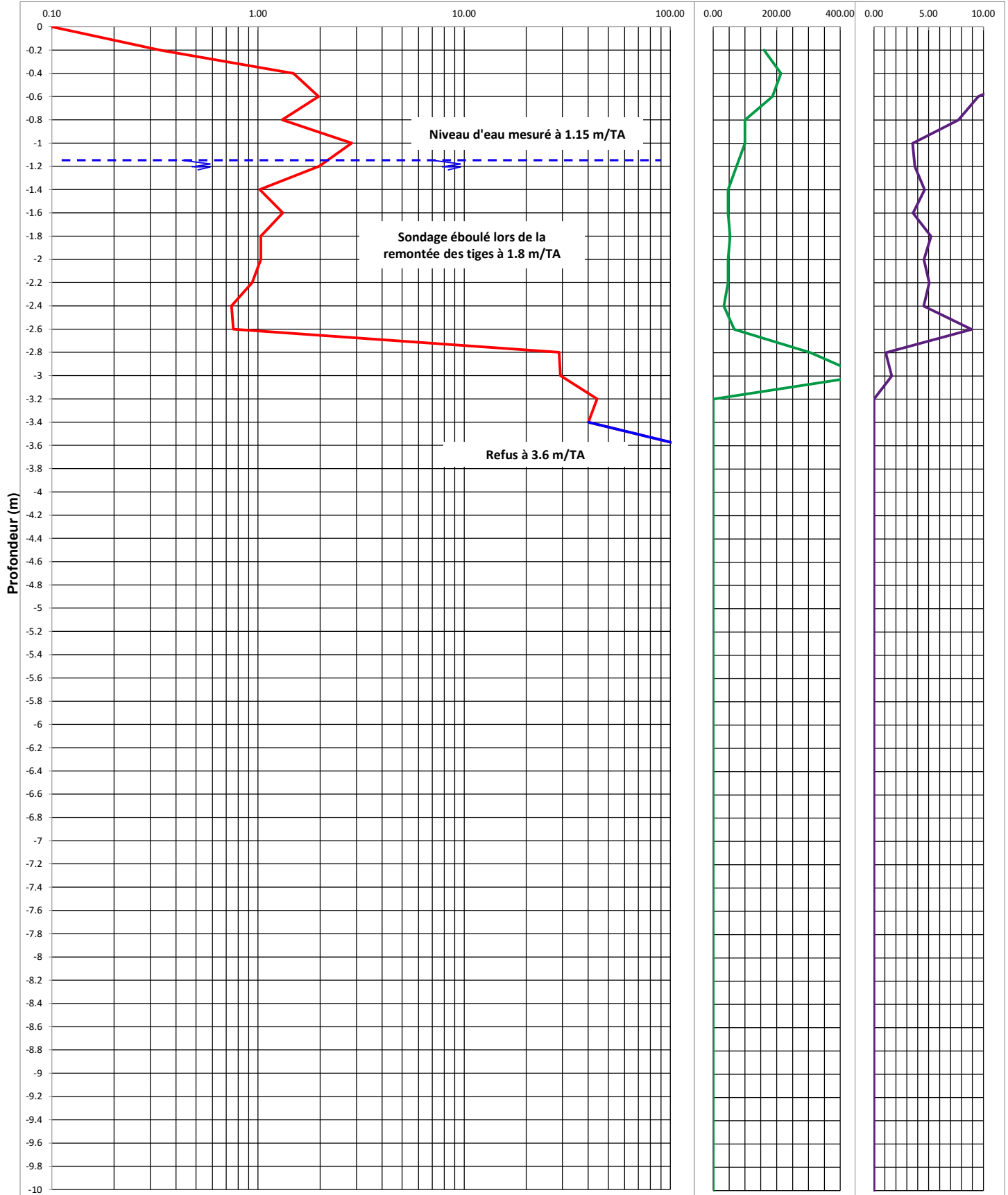
DESIGNATION : Extension Rocheplane
 COMMUNE : SAINT MARTIN D'HERES (38)

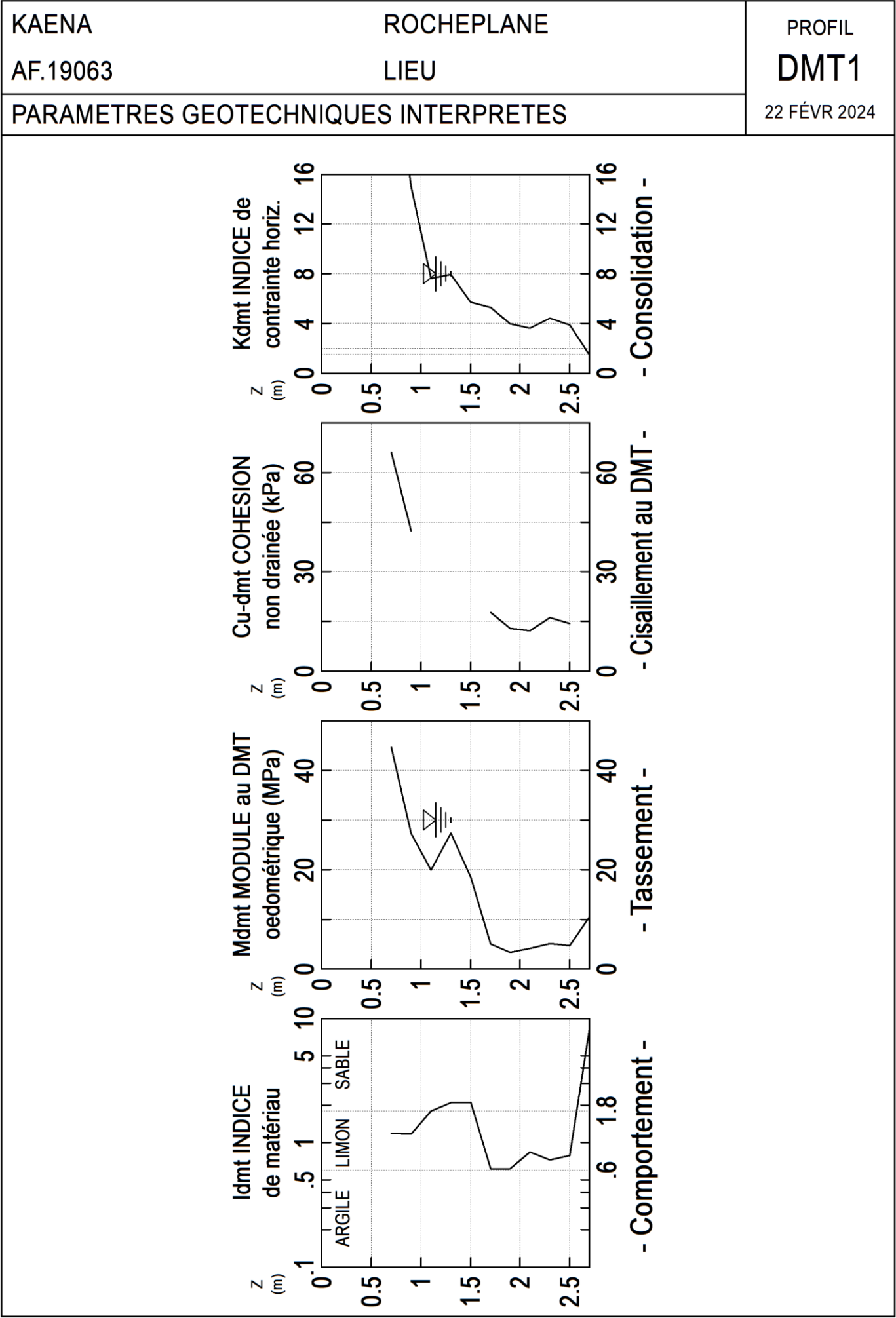
Date : 29/01/24
 Réf. Etude : AF.19063
 Opérateur : ORE

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	212.7	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

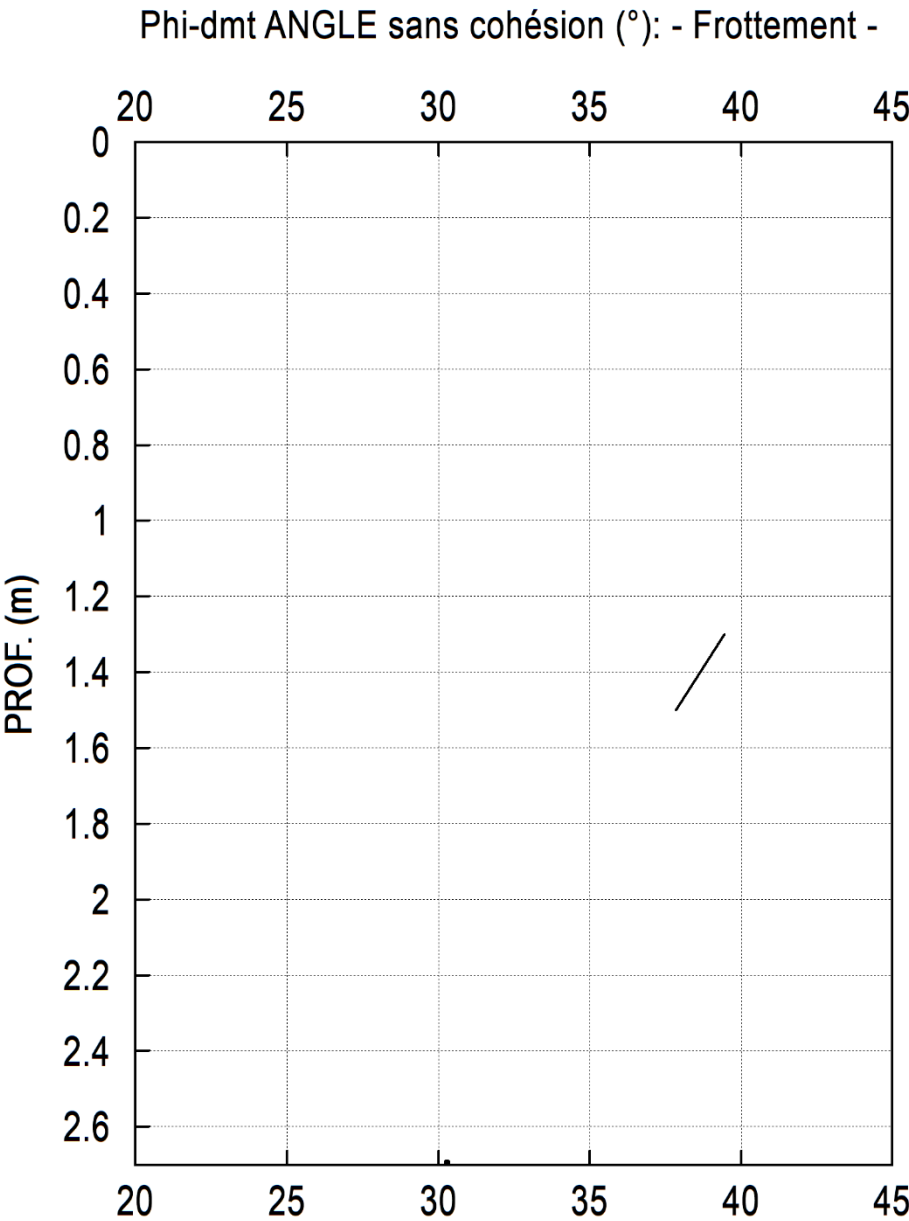
Résistance de pointe q_c (statique) et q_d (dynamique) en MPa

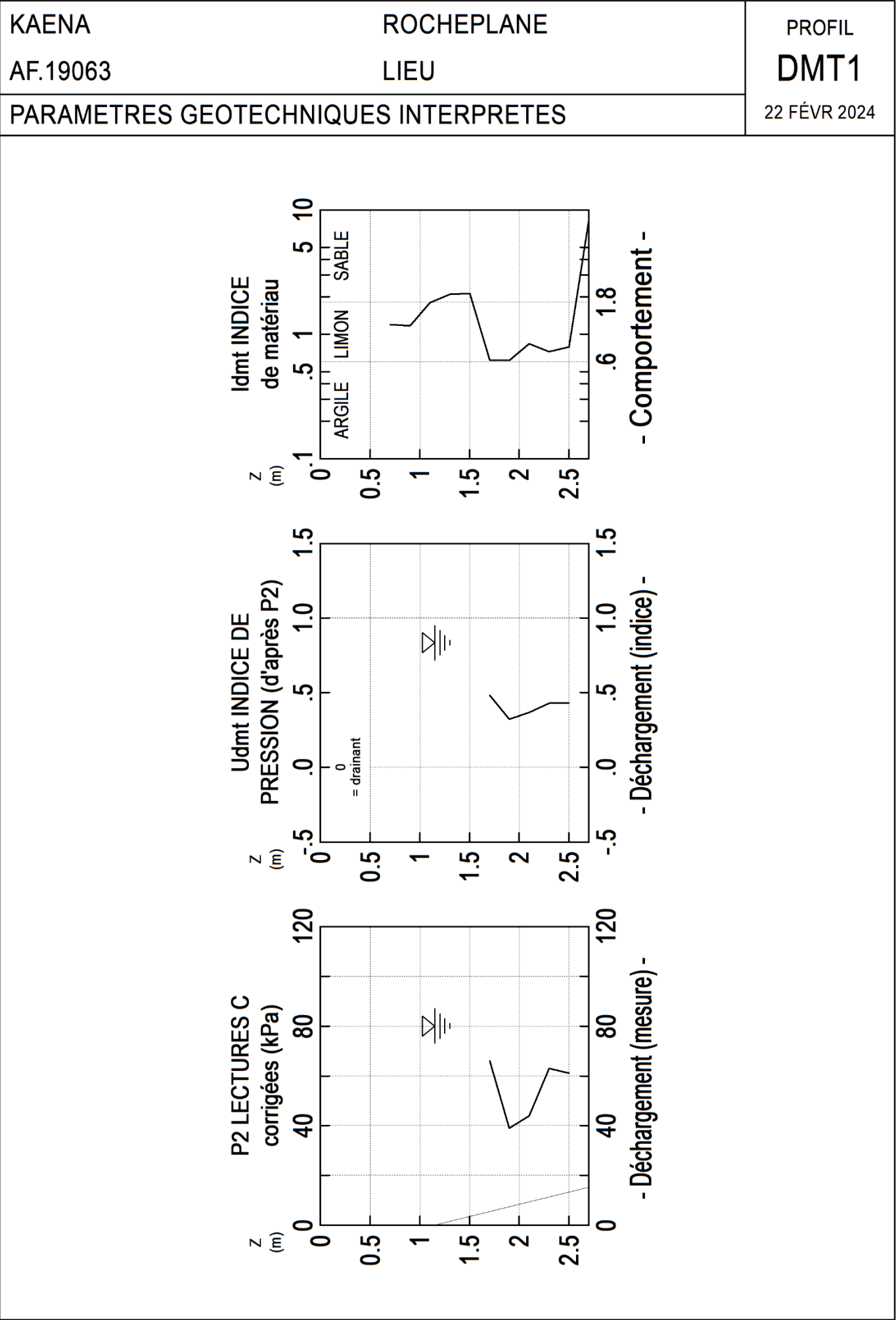
 F_s (en kPa)

 R_f en %




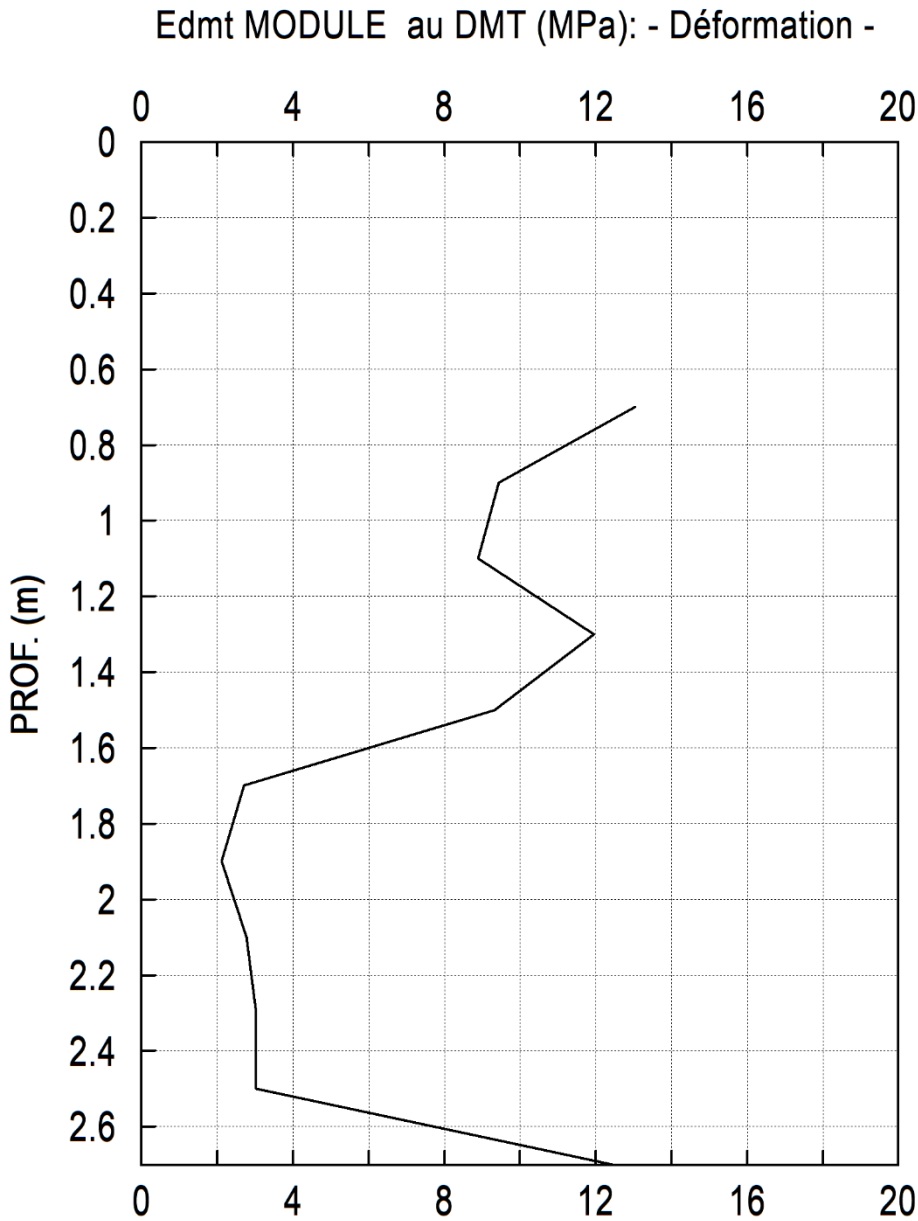
KAENA	ROCHEPLANE	PROFIL
AF.19063	LIEU	DMT1
PARAMETRES GEOTECHNIQUES INTERPRETES		22 FÉVR 2024

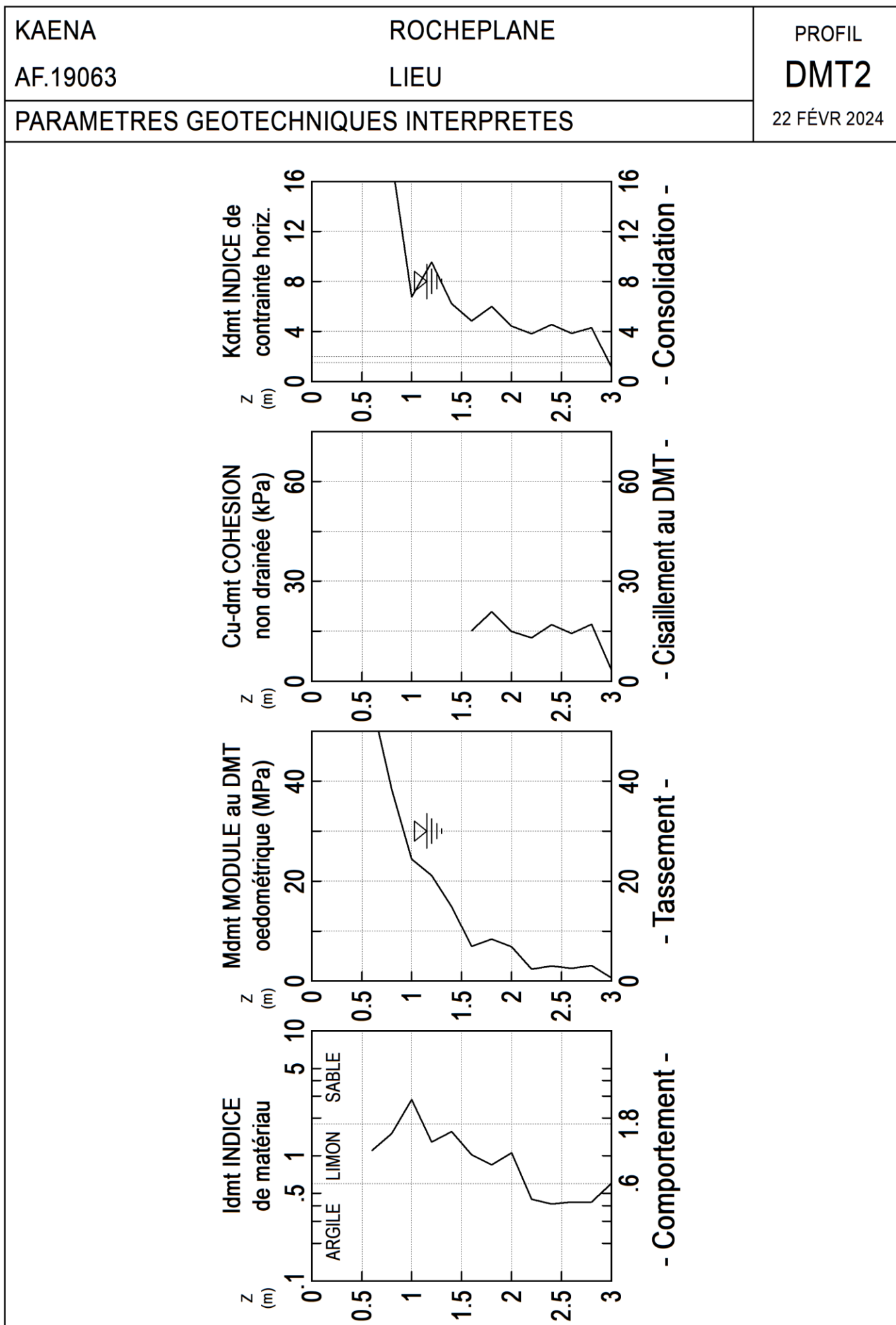




KAENA	ROCHEPLANE	PROFIL
AF.19063	LIEU	DMT1
PARAMETRES GEOTECHNIQUES INTERPRETES		22 FÉVR 2024

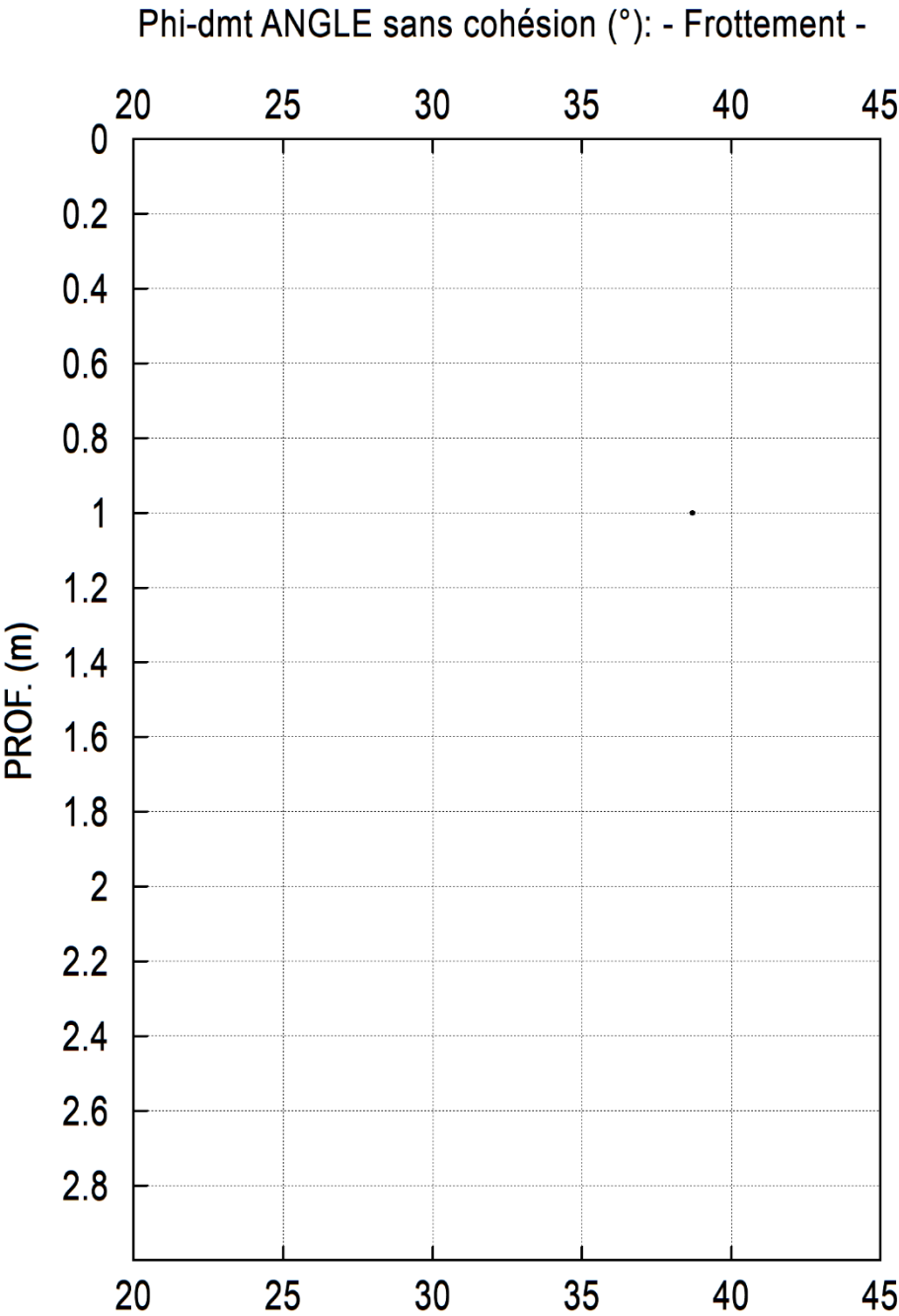
DMT - MESURES AU DILATOMETRE PLAT

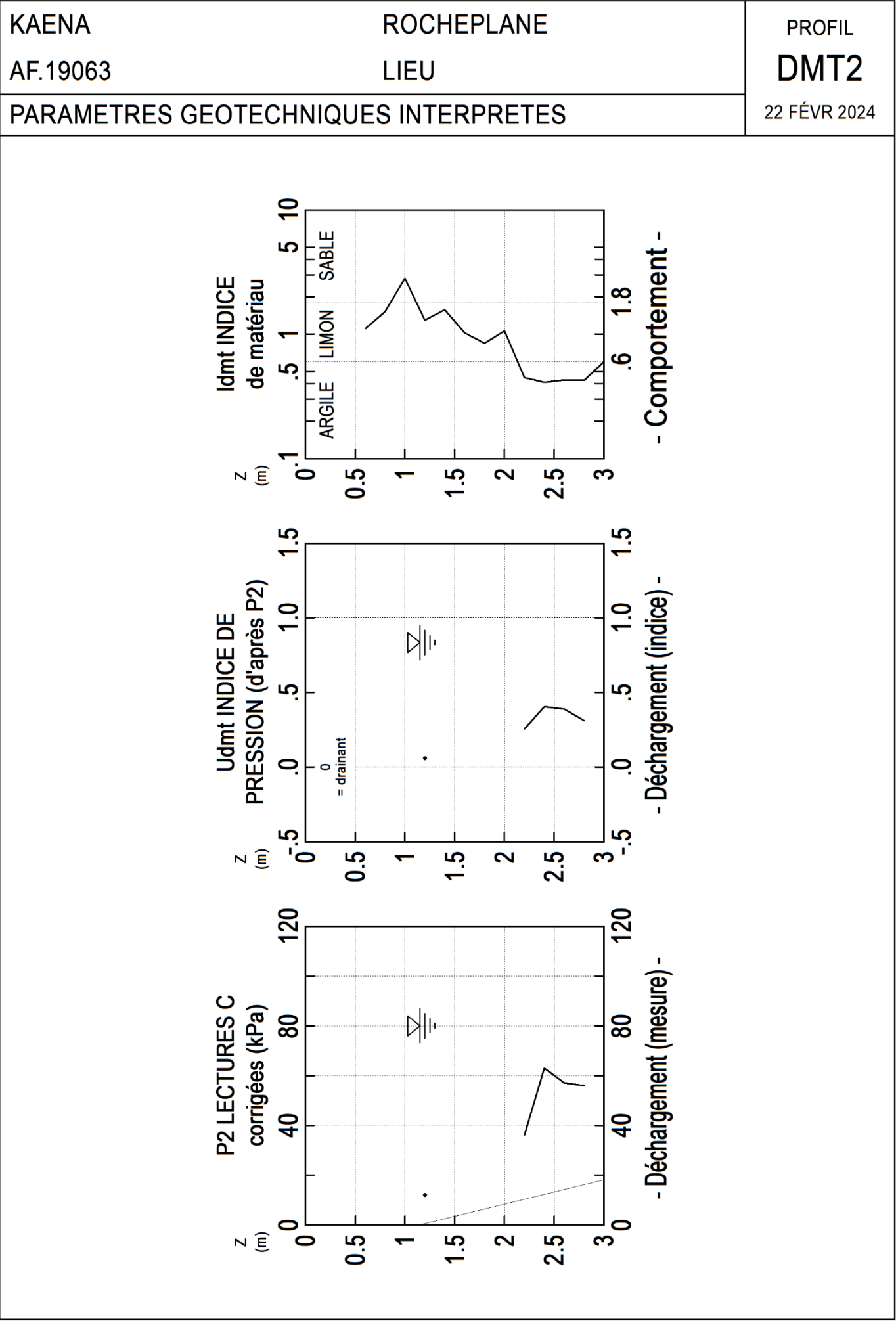




KAENA	ROCHEPLANE	PROFIL
AF.19063	LIEU	DMT2
PARAMETRES GEOTECHNIQUES INTERPRETES		22 FÉVR 2024

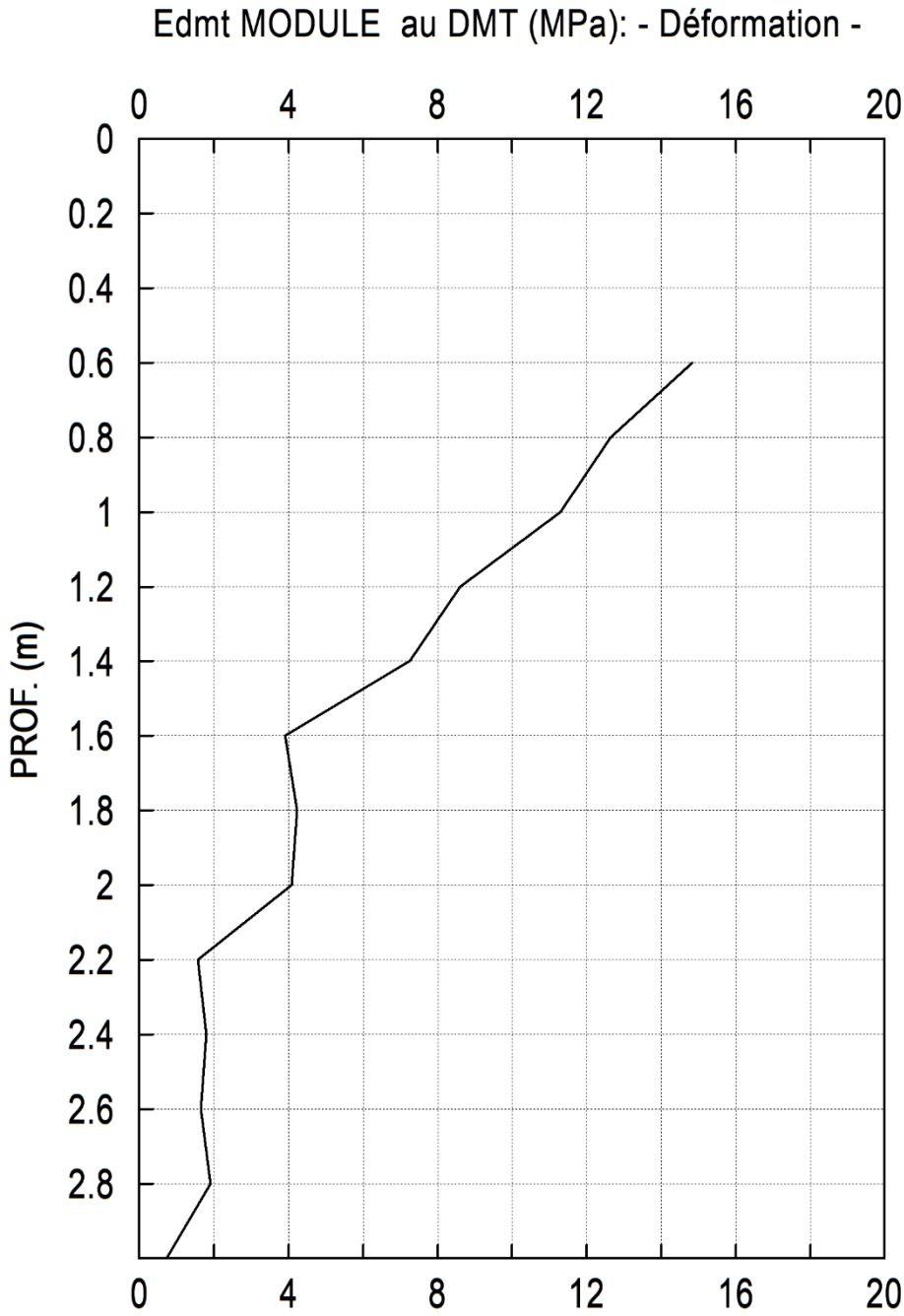
DMT - MESURES AU DILATOMETRE PLAT

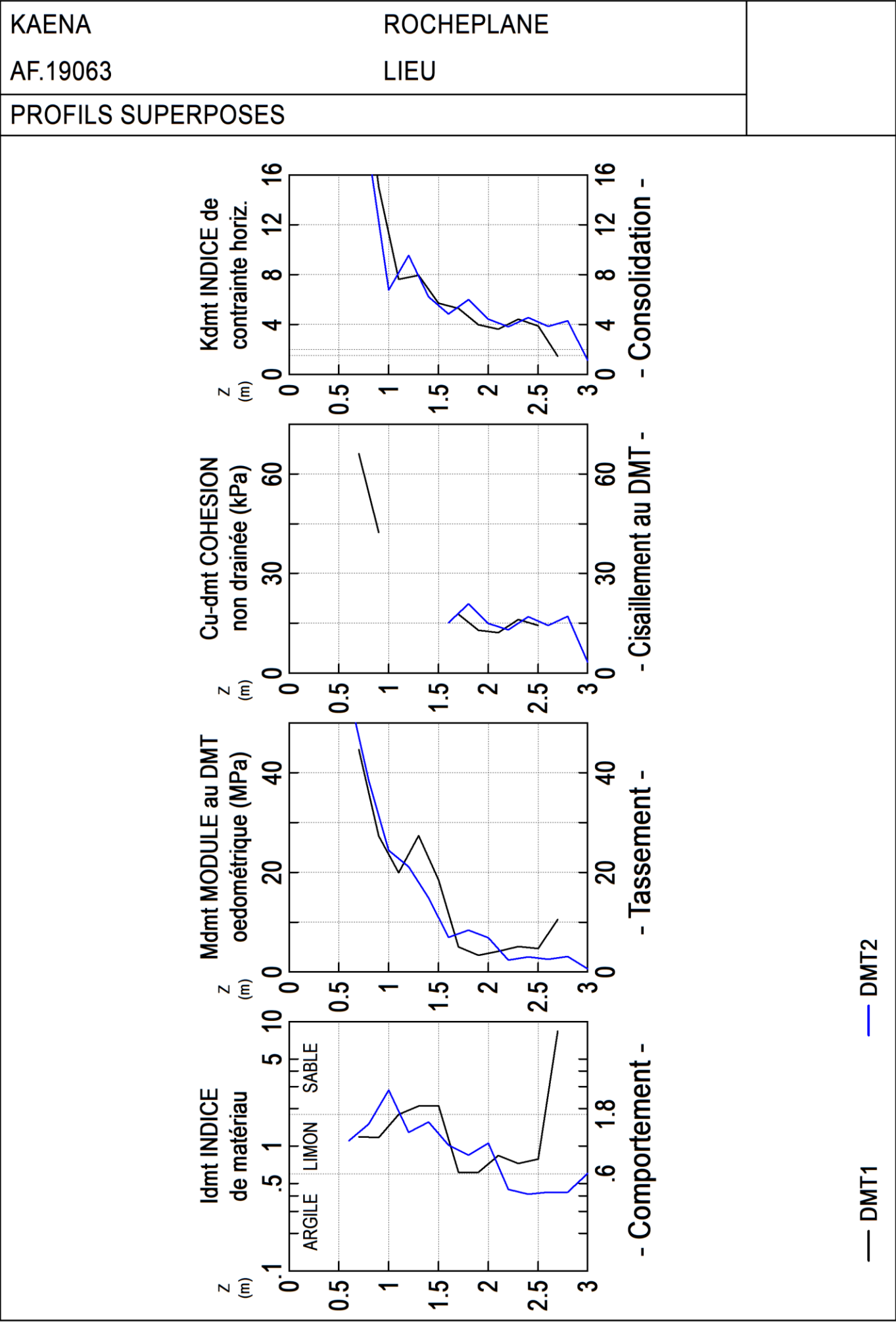




KAENA	ROCHEPLANE	PROFIL
AF.19063	LIEU	DMT2
PARAMETRES GEOTECHNIQUES INTERPRETES		22 FÉVR 2024

DMT - MESURES AU DILATOMETRE PLAT

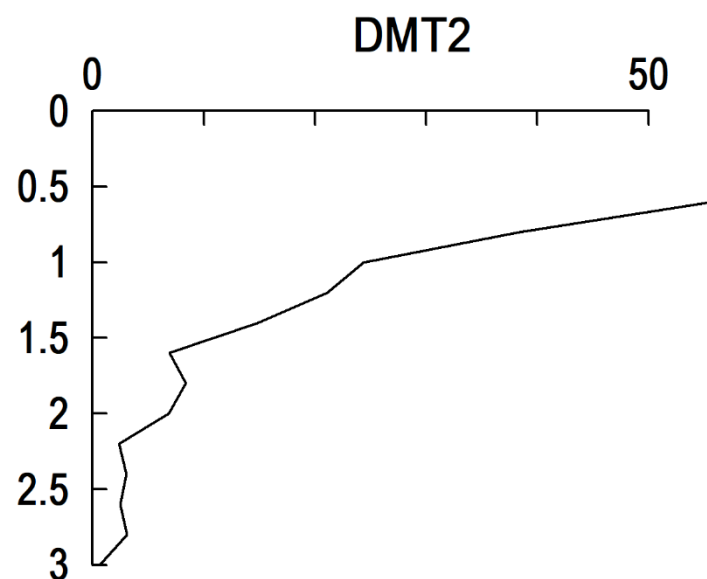
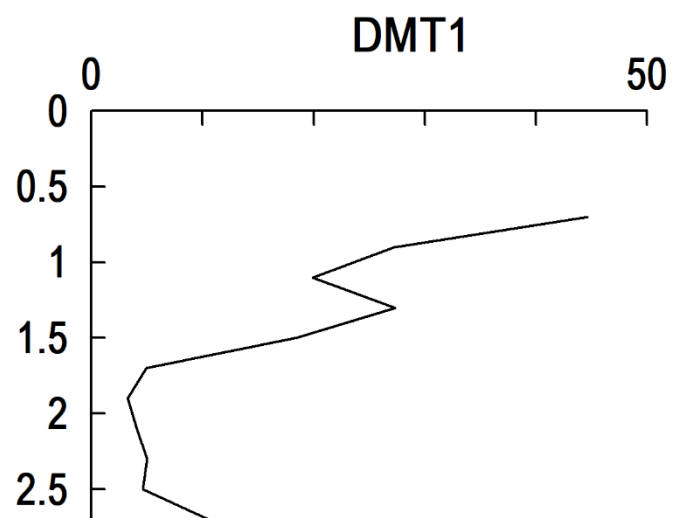




KAENA
AF.19063

ROCHEPLANE
LIEU

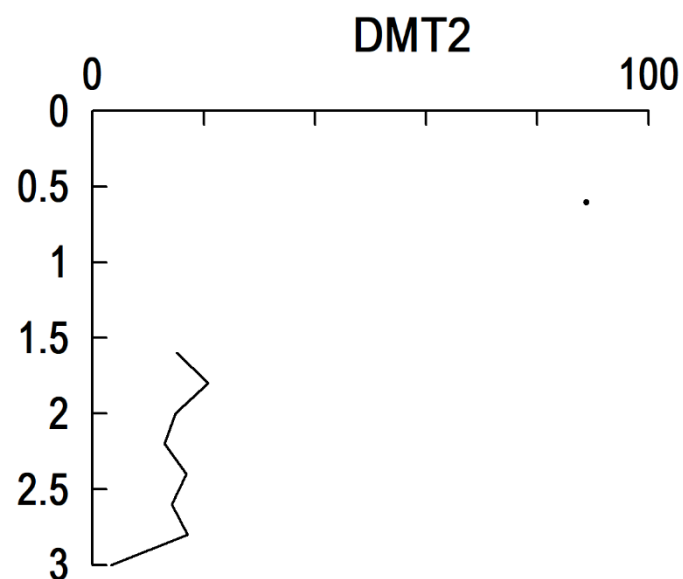
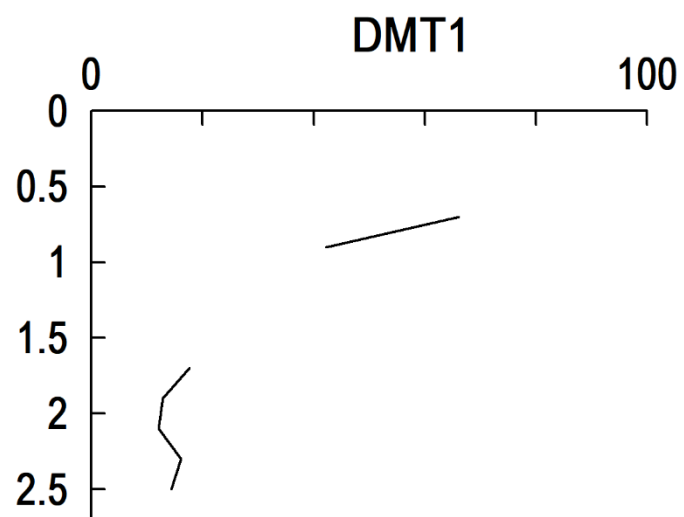
PROFIL EN LONG : Mdmt MODULE au DMT oedométrique (MPa) - Tassement -



KAENA
AF.19063

ROCHEPLANE
LIEU

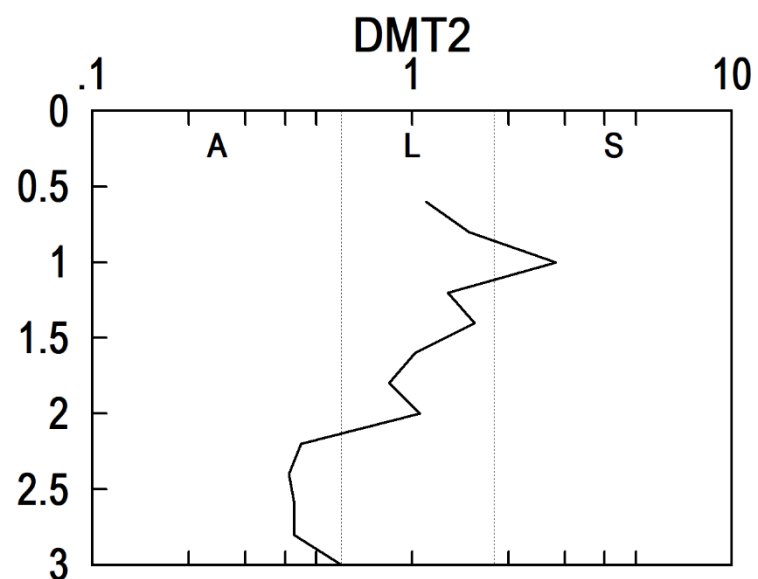
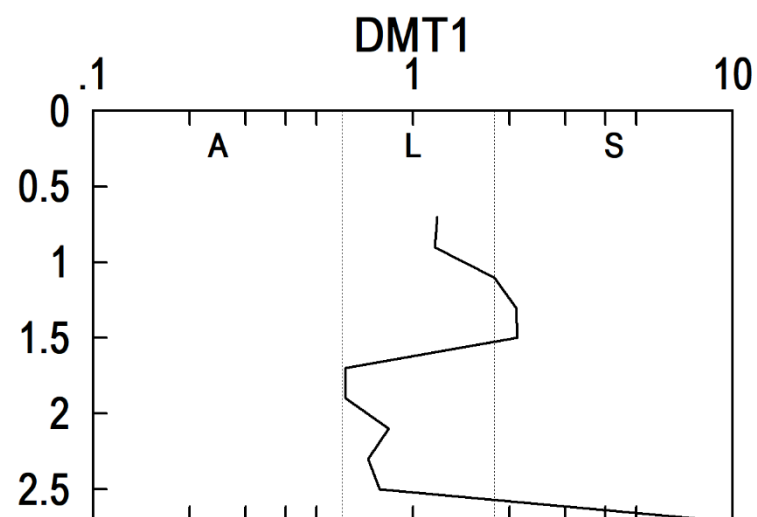
PROFIL EN LONG : Cu-dmt COHESION non drainée (kPa) - Cisaillement au DMT -



KAENA
AF.19063

ROCHEPLANE
LIEU

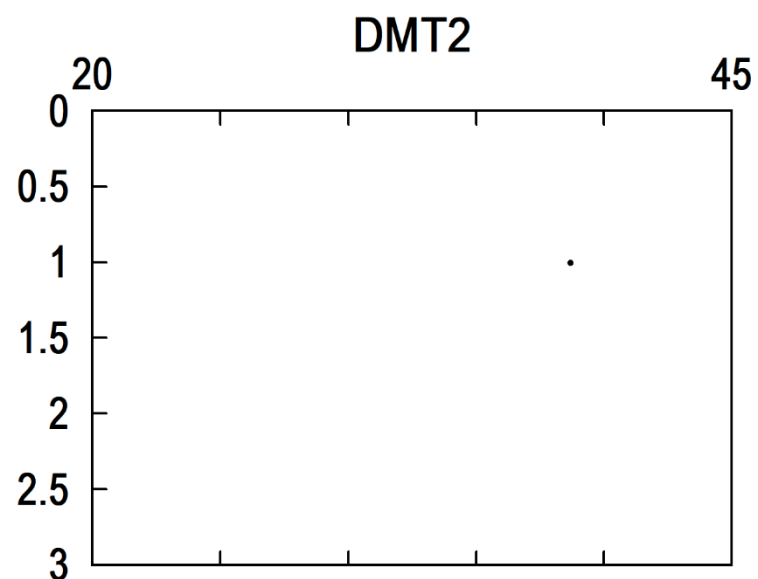
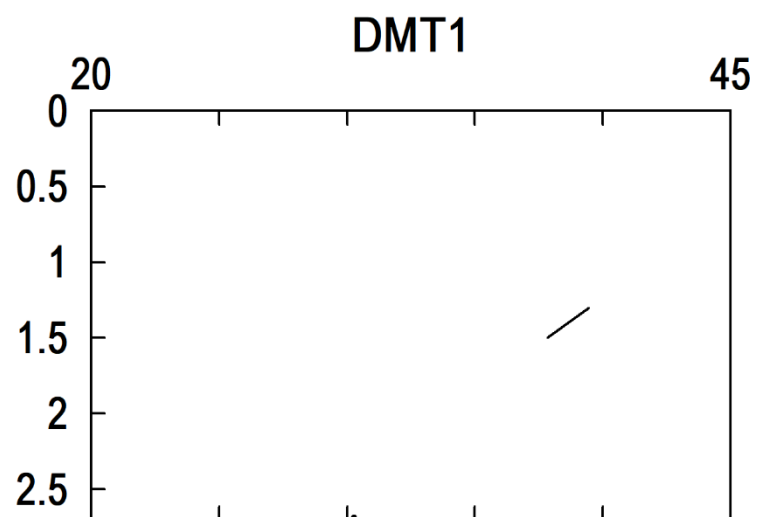
PROFIL EN LONG : Idmt INDICE de matériau - Comportement -



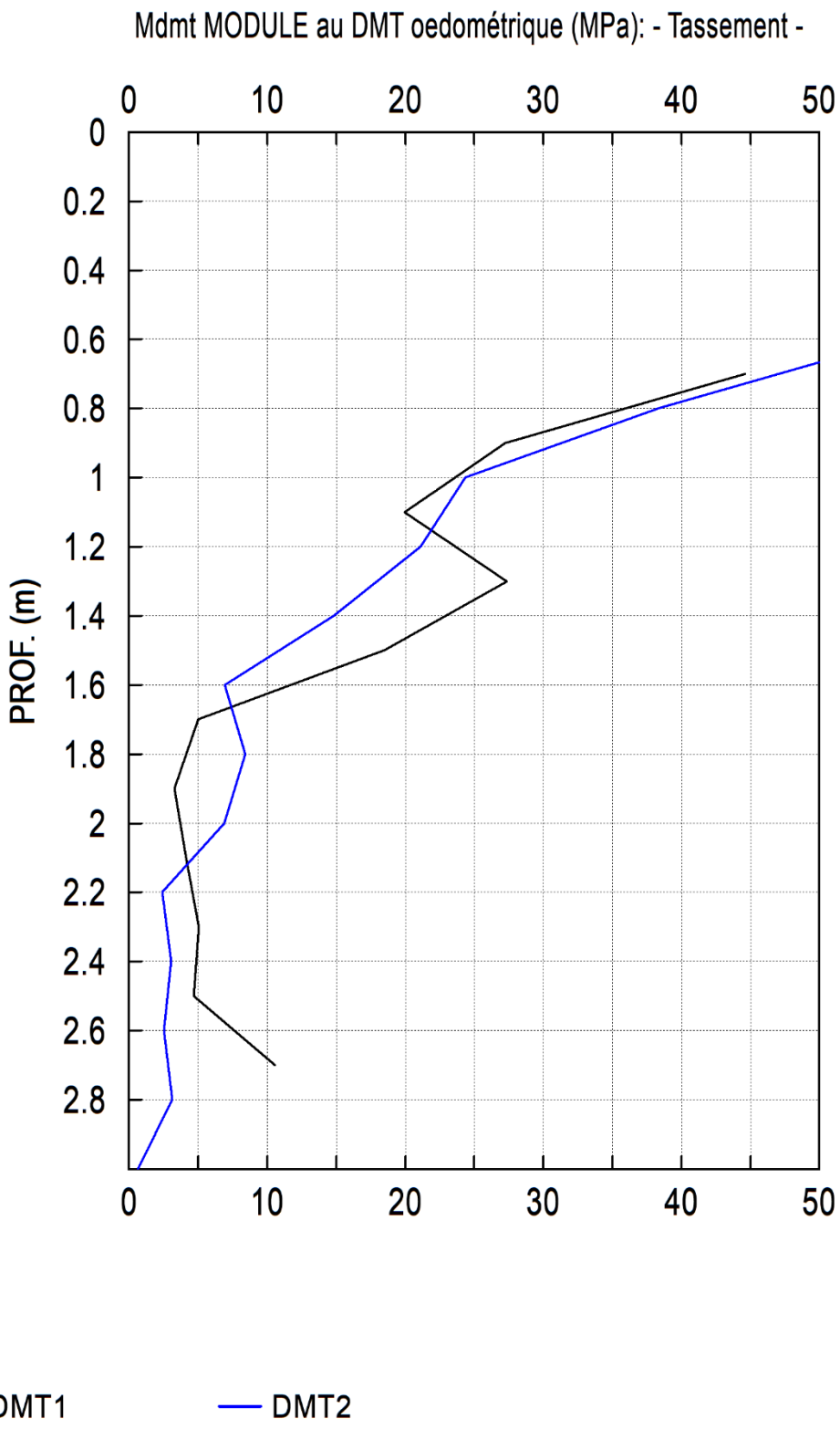
KAENA
AF.19063

ROCHEPLANE
LIEU

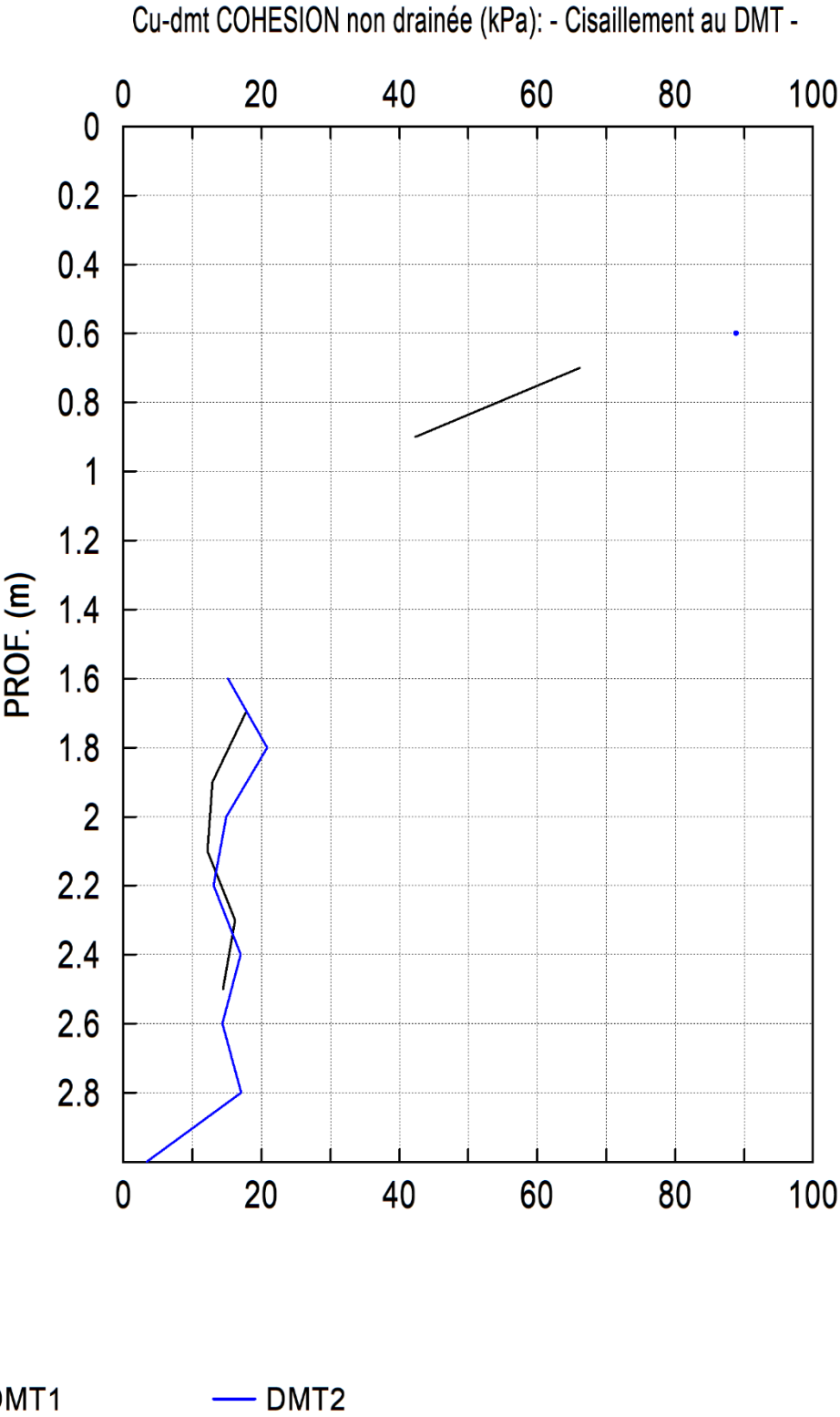
PROFIL EN LONG : Phi-dmt ANGLE sans cohésion (°) - Frottement -



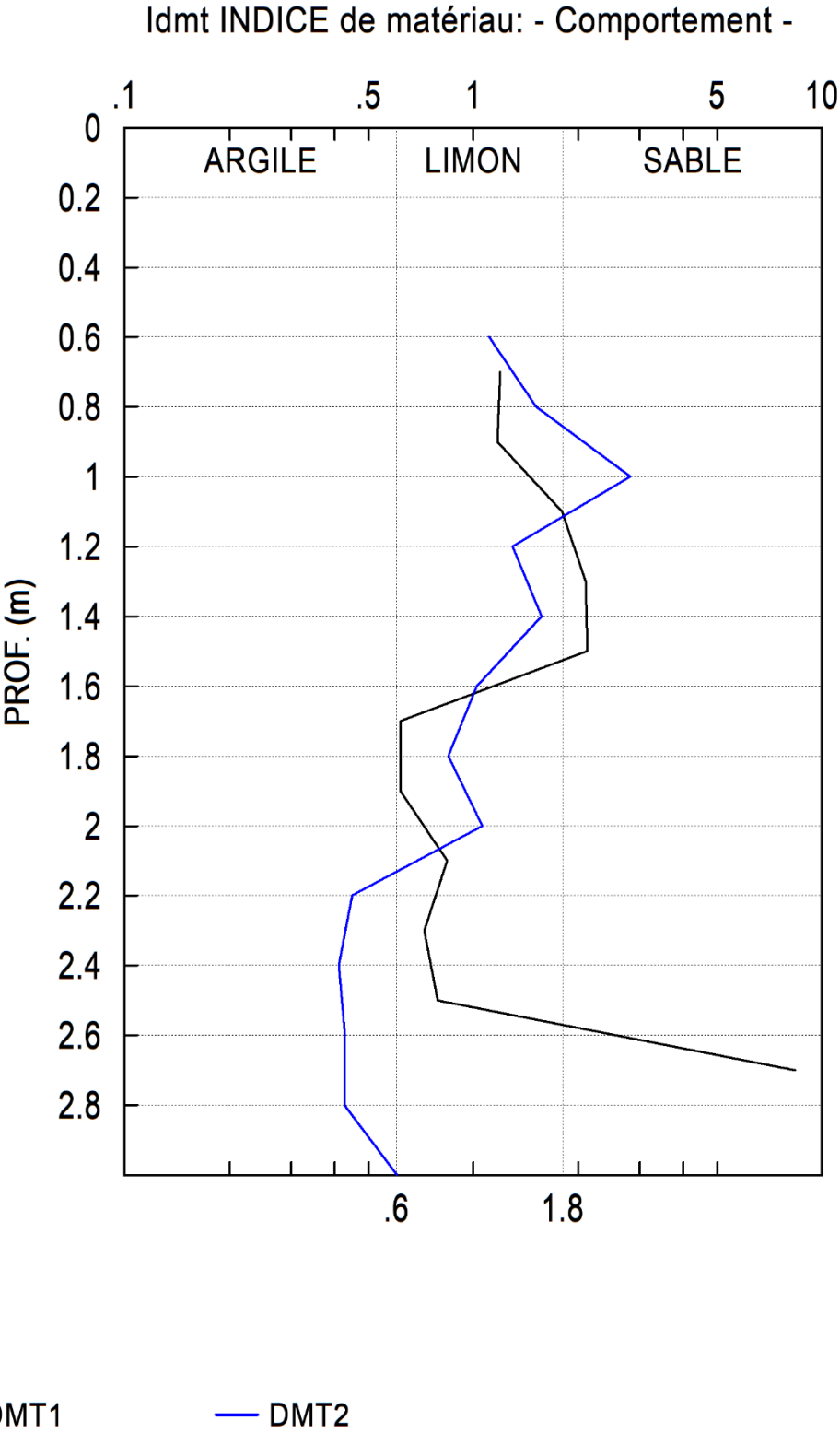
KAENA	ROCHEPLANE	
AF.19063	LIEU	
PROFILS SUPERPOSES		



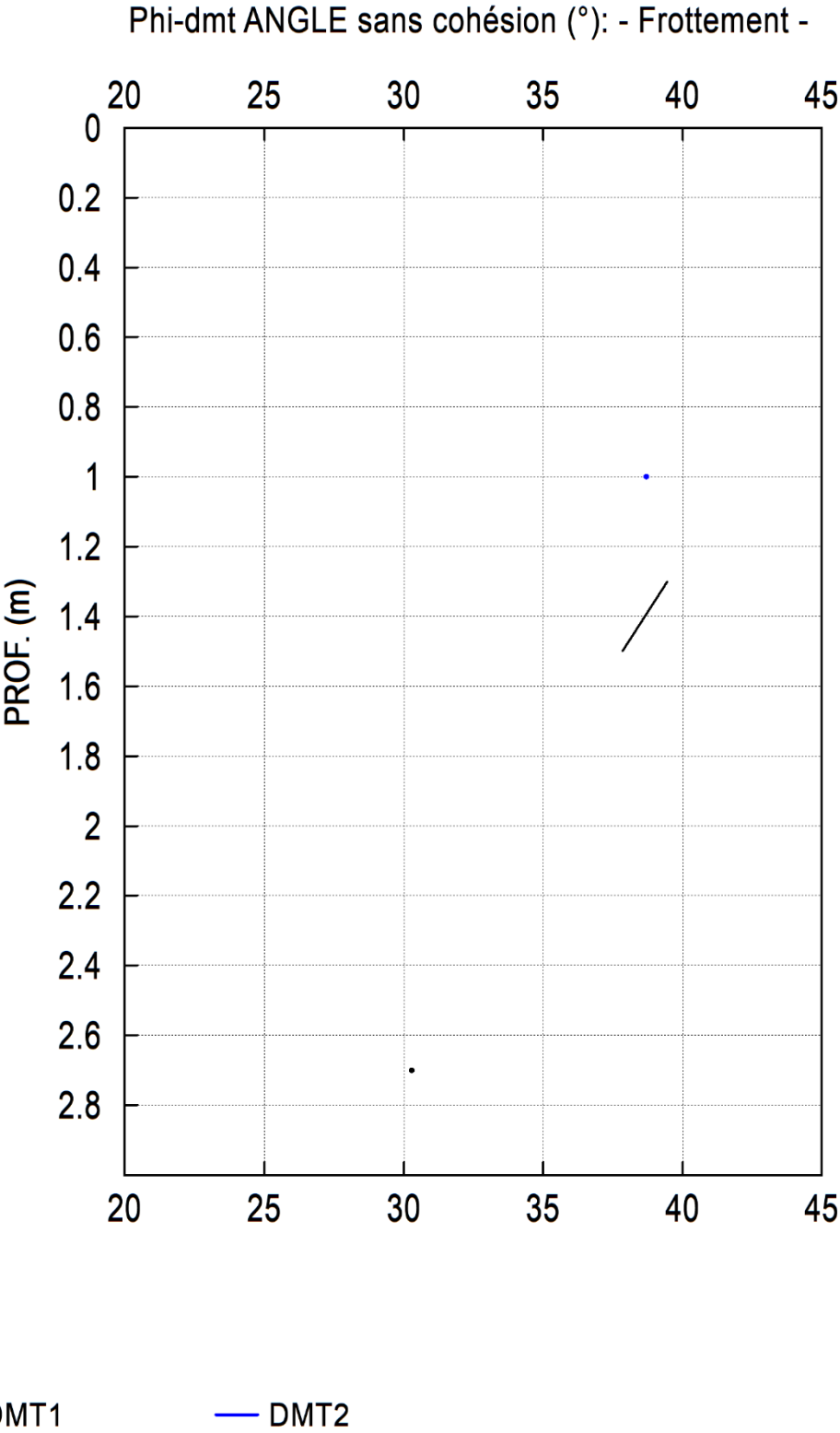
KAENA	ROCHEPLANE	
AF.19063	LIEU	
PROFILS SUPERPOSES		



KAENA	ROCHEPLANE	
AF.19063	LIEU	
PROFILS SUPERPOSES		



KAENA	ROCHEPLANE	
AF.19063	LIEU	
PROFILS SUPERPOSES		



DMT1	LEGENDE	PARAMETRES INTERPRETES	PARAMETRES DU PROFIL
22 FEVR 2024	Z = Prof. /niveau du sol	Phi = Angle de frottement interne (min.)	DeltaA = 15 kPa
KAENA	Po,P1,P2 = Pressions corrigées en A,B,C	Ko = Ko in situ	DeltaB = 40 kPa
ROCHEPLANE	Id = Indice DMT du sol $(P1-Po)/(Po-Uo)$	M = Module oedométrique au DMT à Sigma'	GammaTop = 17.0 kN/m ³
AF.19063	Ed = Module dilato. $FactorEd*(P1-Po)$	Cu = Cohésion non drainée	FactorEd = 34.7
LIEU	Ud = Ind. de surpression $(P2-Uo)/(Po-Uo)$	Ocr = Ratio de sur-consolidation	ZMCal = 0.0 kPa
	Gamma = Poids volumique du sol	(OCR 'relatif' généralement réaliste : appliquer le facteur exact s'il est disponible par ailleurs)	ZMAB = 0.0 kPa
	Sigma' = Contrainte effective verticale		ZMC = 0.0 kPa
	Uo = Pression interstitielle		Zabs = 212.8 m
			Zw = 1.15 m

Niveau hydrostatique à 1.15 m

Dépouillement et corrélations selon Marchetti, ASCE Geot.Jnl.Mar. 1980, Vol.109, 299-321; Phi selon TC16-ISSMGE, 2001

Z (m)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	Po (kPa)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	Gamma (kN/m ³)	Sigma' (kPa)	Uo (kPa)	Id	Kd	Ed (MPa)	Ud	Ko	Ocr	Phi (Deg)	M (MPa)	Cu (kPa)	DMT1 COMPOTEMENT
0.7	318	731		315	691		17.7	12	0	1.19	26.5	13.0		3.3	56.4		44.6	66	limoneux
0.9	230	544		232	504		16.7	15	0	1.17	15.0	9.4		2.4	23.3		27.2	42	limoneux
1.1	140	439		143	399		16.7	19	0	1.79	7.6	8.9					19.9		limono- sableux
1.3	167	550		166	510		17.7	21	1	2.10	8.0	12.0				39	27.3		sablo-limoneux #
1.5	128	439		130	399		17.7	22	3	2.12	5.7	9.3				38	18.5		sablo-limoneux #
1.7	120	249	51	131	209	66	15.7	24	5	0.62	5.3	2.7	0.48	1.2	4.6		5.0	18	limono-argileux
1.9	94	207	24	106	167	39	15.7	25	7	0.62	4.0	2.1	0.32	0.98	2.9		3.3	13	limono-argileux
2.1	93	224	29	104	184	44	15.7	26	9	0.84	3.6	2.8	0.37	0.91	2.5		4.1	12	limoneux
2.3	121	259	48	132	219	63	15.7	27	11	0.72	4.4	3.0	0.43	1.1	3.4		5.0	16	limono-argileux
2.5	113	251	46	124	211	61	15.7	28	13	0.79	3.9	3.0	0.43	0.96	2.8		4.7	14	limono-argileux
2.7	60	456		58	416		16.7	30	15	8.38	1.4	12.4				30	10.6		sableux #

DMT2	LEGENDE	PARAMETRES INTERPRETES	PARAMETRES DU PROFIL
22 FEVR 2024	Z = Prof. /niveau du sol	Phi = Angle de frottement interne (min.)	DeltaA = 9 kPa
KAENA	Po,P1,P2 = Pressions corrigées en A,B,C	Ko = Ko in situ	DeltaB = 83 kPa
ROCHEPLANE	Id = Indice DMT du sol $(P1-Po)/(Po-Uo)$	M = Module oedométrique au DMT à Sigma'	GammaTop = 17.0 kN/m ³
AF.19063	Ed = Module dilato. $FactorEd*(P1-Po)$	Cu = Cohésion non drainée	FactorEd = 34.7
LIEU	Ud = Ind. de surpression $(P2-Uo)/(Po-Uo)$	Ocr = Ratio de sur-consolidation	ZMCal = 0.0 kPa
	Gamma = Poids volumique du sol	(OCR 'relatif' généralement réaliste : appliquer le facteur exact s'il est disponible par ailleurs)	ZMAB = 0.0 kPa
	Sigma' = Contrainte effective verticale		ZMC = 0.0 kPa
	Uo = Pression interstitielle		Zabs = 212.7 m
			Zw = 1.15 m

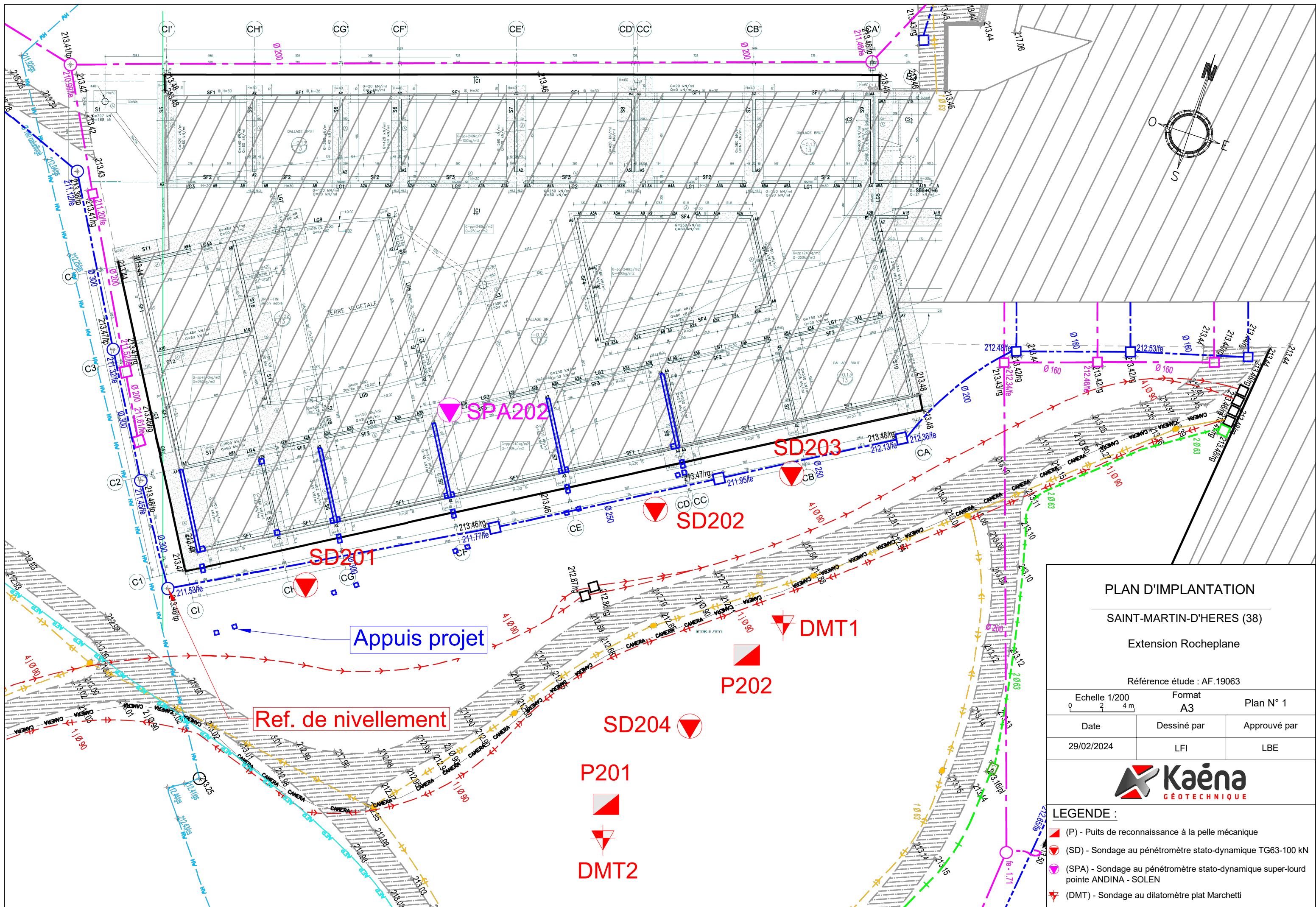
Niveau hydrostatique à 1.15 m

Dépouillement et corrélations selon Marchetti, ASCE Geot.Jnl.Mar. 1980, Vol.109, 299-321; Phi selon TC16-ISSMGE, 2001

Z (m)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	Po (kPa)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	Gamma (kN/m ³)	Sigma' (kPa)	Uo (kPa)	Id	Kd	Ed (MPa)	Ud	Ko	Ocr	Phi (Deg)	M (MPa)	Cu (kPa)	DMT2 COMPOTEMENT
0.6	398	897		387	814		17.7	10	0	1.11	37.9	14.8		4.0	98.7		55.8	89	limoneux
0.8	250	689		242	606		16.7	14	0	1.51	17.6	12.6					38.4		limono- sableux
1.0	122	524		116	441		17.7	17	0	2.82	6.8	11.3				39	24.4		sablo-limoneux #
1.2	195	523	3	192	440	12	16.7	20	0	1.29	9.5	8.6	0.06				21.1		limono- sableux
1.4	137	428		136	345		16.7	21	2	1.56	6.2	7.3					14.8		limono- sableux
1.6	111	310		115	227		15.7	23	4	1.02	4.8	3.9		1.1	4.0		6.9	15	limoneux
1.8	147	355		150	272		15.7	24	6	0.85	6.0	4.2		1.3	5.5		8.4	21	limoneux
2.0	116	320		119	237		15.7	25	8	1.06	4.4	4.1		1.1	3.4		6.9	15	limoneux
2.2	104	239	27	111	156	36	15.7	26	10	0.45	3.8	1.6	0.26	0.95	2.7		2.4	13	#argilo-limoneux
2.4	131	272	54	138	189	63	15.7	28	12	0.41	4.5	1.8	0.40	1.1	3.6		3.0	17	#argilo-limoneux
2.6	118	255	48	125	172	57	15.7	29	14	0.43	3.8	1.6	0.39	0.96	2.8		2.5	14	#argilo-limoneux
2.8	138	282	47	144	199	56	15.7	30	16	0.43	4.3	1.9	0.31	1.0	3.3		3.1	17	#argilo-limoneux
3.0	45	157		53	74		14.7	31	18	0.60	1.1	0.7		< 0.3	<0.8		0.6	3	#vaseux

TABLEAU RECAPITULATIF DES PUIITS DE RECONNAISSANCE

	Date d'intervention :	25/01/2024	Initiale du Géotechnicien :	JMO/ LLE
	Conditions météorologiques :	Nuageux	Type de pelle hydraulique :	5t
N° de puits et cote approximative correspondante (en m NGF)	P201 (z12.7)		P202 (z12.7)	
LITHOLOGIE : (du haut vers le bas)	Profondeur en m/TA de la base de chaque faciès géologique			
Terre végétal et limon	0.2		0.1	
Remblais : limon brun et galets graviers polygéniques arrondis et subarrondis	Eléments anthropiques (plastique, tuyau pvc, bois en décomposition et enrobé)			
	Peu sableux grisâtre			
	Ø = 110 mm		Ø = 60 mm	
	0.5		0.5	
Limon verdâtre à quelques gravillons avec des racines et traces d'hydromorphisme	Passage argileuse entre 0.9 et 1.1 mètres		Passage de sablons de 15 cm entre 1.05 et 1.2 mètres	
	1.3		1.3	
Argile bleue/grise, peu limoneuse à rare graviers polygéniques arrondis et subarrondis, à matière organique locale	Venue d'eau à 2.5 mètres			
	Traces d'hydromorphisme			
	Passage de tourbe entre 2.1 et 2.4 mètres		Pas de graviers	
	Ø = 45 mm		Passage tourbe entre 1.8 et 2.0 mètres	
	2.9		2.7	
Galets graviers sableux polygéniques arrondis et subarrondis			Venue d'eau (limitée entre la base argileuse et le toit des galets graviers) à 2.7 mètres	
			Ø = 80 mm	
	-		>2.9	
Sable limoneux légèrement graveleux bleuté polygéniques arrondis et subarrondis	Ø = 70 mm			
	>3.0		-	
EAU SOUTERRAINE	-		-	
Niveau stabilisé	1.8 m		1.8 m	
TENUE DES PAROIS :	Bonne à mauvaise dans l'argile et les graviers sableux			
REMARQUES	Remonté d'eau de 70 cm en 40 minutes		Remonté d'eau de 91 cm en 55 minutes + éboulement	
NOTA : <ul style="list-style-type: none">• Base du faciès décrit = profondeur d'apparition de la couche géologique sous-jacente.• Essai d'infiltration de type MATSUO réalisé à coté de P201 à 0.8 m de profondeur.				





Kaéna Dauphiné & Siège social
L'épicentre - Voie des chassottes
38660 St Vincent de Mercuze
Tel : 04 76 97 94 64 - contact@kaena.fr

Kaéna Pays de Savoie
12 avenue du pont de Tasset
Meythet - 74 960 Annecy
Tel : 04 58 10 05 74 - paysdesavoie@kaena.fr

Kaéna Rhône et Saône
Parc Aktiland- 1 rue de lombardie
69800 St Priest- Tel : 04 28 29 21 65
rhoneetsaone@kaena.fr

SAS au capital de 98350.00 € - N° SIREN 510277478 - Code NAF 7112B - RCS GRENOBLE - TVA FR 77510 277 478

