

Extension et surélévation Bâtiment IRD

MONTPELLIER (34)

Rapport d'étude CMO1.O.2114 Indice 1

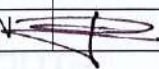
ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2PRO

Le 12/05/2025



Agence de Montpellier • 12 rue des Frères Lumière – 34830 JACOU
Tél. 33 (0) 4 67 59 40 10 • Fax 33 (0) 4 67 59 23 30 • Mail : cebt.p.montpellier@groupeginger.com

Institut de recherche pour le Développement
EXTENSION ET SURELEVATION BATIMENT IRD
MONTPELLIER (34)
RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (G2PRO)

Dossier : Int: CMO1.O.2114			Réf. rapport : CMO1.O.2114 – Ind.1		Contrat : CMO2.O.0300-V2		Contenu	
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Approuvé par	Visa	
1	12/05/25	G.LE BOZEC		T. ESCAMEZ		N. PADOVAN		61 pages 5 Annexes

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	6
1.1. Extrait de carte IGN	6
1.2. Image aérienne	7
2. Contextes de l'étude	8
2.1. Données générales	8
2.2. Documents de références de l'étude	8
2.2.1. Normes et documents techniques	8
2.2.2. Documents communiqués	8
2.3. Mission Ginger CEBTP	9
3. Description du site	10
3.1. Localisation et topographie du site	10
3.2. Description du projet	12
3.3. Descentes de charges	16
4. Contextes géotechniques et hydrogéologique	19
4.1. Géologie prévisionnelle	19
4.2. Contexte hydrologique / hydrogéologique	20
4.3. Risque sismique – données parasismiques réglementaires	22
4.4. Potentiel de sensibilité aux phénomènes de retrait et gonflement	22
4.5. Cavités et mouvements de terrain	22
5. Synthèse des reconnaissances géotechniques	23
5.1. Reconnaissances de sol	23
5.2. Lithologie	24
5.3. Essais laboratoire	27
5.4. Reconnaissances des fondations existantes	29
5.5. Hydrogéologie	30
5.5.1. Piézométrie, niveaux d'eau	30
5.5.2. Interprétation des niveaux d'eau	31
5.5.3. Essai de perméabilité	31
6. Hypothèses géotechniques	32

6.1.	Modèle géotechnique retenu.....	32
6.2.	Modèle hydrogéologique.....	32
6.3.	Modèle sismique.....	32
6.3.1.	Risques sismiques – données parasismiques réglementaires	32
6.3.2.	Liquéfaction.....	33
7.	Présentation du calcul	34
7.1.	Contexte géotechnique	34
7.2.	Solutions réalisation	36
7.2.1.	Solution micropieux	36
7.2.2.	Solution pieux	36
7.3.	Présentation solution micropieux	37
7.3.1.	Adaptation micropieux / surélévation.....	37
7.3.2.	Précision dimensionnement micropieux	38
7.3.3.	Adaptation contexte existant.....	40
7.4.	Présentation solution pieux	41
7.4.1.	Adaptation pieux / extension	41
7.4.2.	Condition de réalisation et disposition constructives des pieux	42
7.5.	Terrassabilité, terrassement et traficabilité.....	43
7.5.1.	Traficabilité en phase provisoire	43
7.5.2.	Terrassabilité des matériaux	43
7.5.3.	Terrassement des matériaux	43
7.6.	Niveau bas.....	43
7.7.	Prescriptions générales et sismiques.....	44
8.	Principe de vérification des fondations par micropieux	45
8.1.	Principes et hypothèses.....	45
8.1.1.	Analyse du contexte et principe d'adaptation	45
8.1.2.	Documents de référence et méthode de calcul	45
8.1.3.	Modélisation géotechnique.....	46
8.2.	Résultats des calculs	48
8.3.	Reprise des efforts horizontaux et moments.....	49
8.3.1.	Modules linéiques	49
8.3.2.	Résistance interne des micropieux à la flexion composée	50
9.	Principe de vérification des fondations par pieux	52
9.1.	Principes et hypothèses.....	52
9.1.1.	Analyse du contexte et principe d'adaptation	52
9.1.2.	Documents de référence et méthode de calcul	52
9.1.3.	Modélisation géotechnique.....	54

9.2.	Résultats des calculs	55
9.3.	Reprise des efforts horizontaux et moments potentiels	57
9.3.1.	Modules linéiques	57
9.3.2.	Matériaux constitutifs	58
9.3.3.	Module de raideur en tête de pieux.....	59
10.	Maitrises des risques résiduels et opportunités	60
11.	Observations majeures	61

ANNEXES

ANNEXE 1 – Notes générales sur les missions géotechniques

ANNEXE 2 – Plan d'implantation des sondages

ANNEXE 3 – Coupes des sondages pressiométriques, sondages de reconnaissance de fondation et sondage au Penetromètre dynamique

ANNEXE 4 – Essais en laboratoire

ANNEXE 5 – Calcul FOXTA

1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN

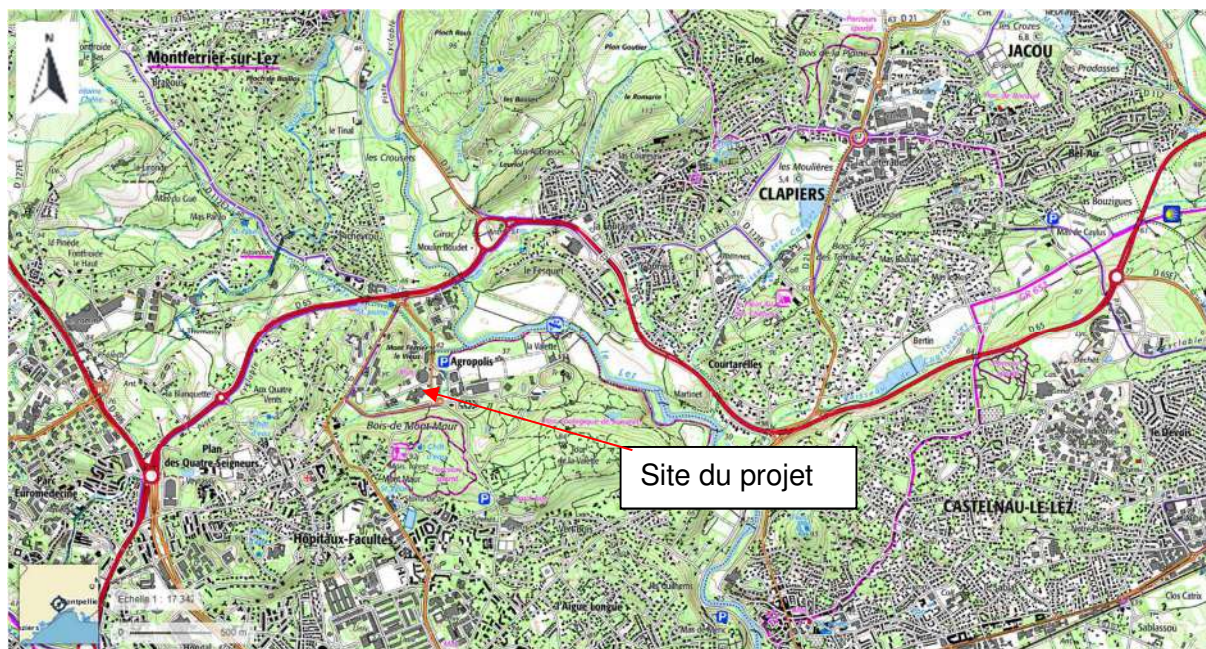


Figure 1 : Vue IGN (source : Géoportail)



Figure 2 : Vue IGN 2 (source : Géoportail)

1.2. Image aérienne

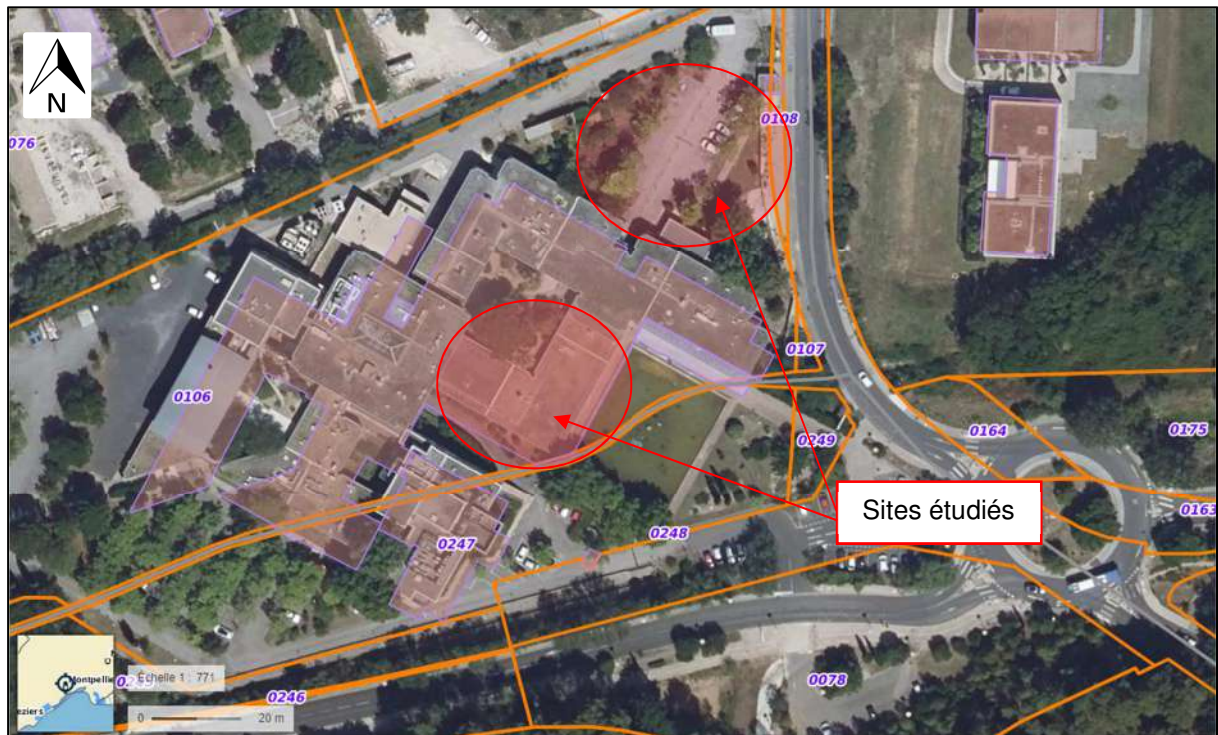


Figure 3 : Vue aérienne du site (source www.geoportail.fr)

2. Contextes de l'étude

2.1. Données générales

Nom de l'opération : Extension et surélévation Bâtiment IRD

Parcelles : 0106 Feuille 1- Section AI

Demandeur de la mission / clients : Institut de Recherche pour le Développement

2.2. Documents de références de l'étude

2.2.1. Normes et documents techniques

En plus des règles de l'art des ouvrages géotechniques du projet, les principaux documents de référence sont :

- NF P94-500 : Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications – Novembre 2013 ;
- EN 1990 : Eurocode 0 – Bases de calcul des structures – Mars 2003 ;
- EN 1997-1 : Eurocode 7 – Règles générales relatives au calcul géotechnique ;
- NF EN 1998 – 05 – Eurocode 8 de Septembre 2005 si ouvrage de catégorie supérieure à 1 ;
- NF P 94-261 : Justification des ouvrages géotechniques Fondation superficielles – Juin 2013 + amendement A1 juillet 2016,
- NF P 94-262 : Justification des ouvrages géotechniques - Fondations profondes – Juillet 2012 et amendement A1 juillet 2018.

2.2.2. Documents communiqués

Les documents qui nous ont été communiqués et qui ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

Document	Origine	Type	Date
Plans APD : • Plan de principe des fondations Surélévation, • Plan HT RDC Surélévation, • Plan extrait HT RDC Surélévation, • Plan HT R+1 Surélévation, • Plan de principe des fondations Extension, • Plan HT RDC Extension, • Plan extrait HT R+1 Extension, • Plan extrait HT R+2 Extension.	Tessier Portal Architecte	PDF	25/10/2024

Document	Origine	Type	Date
CCTP – Lot 2 – Démolition / Gros œuvre	OCD	PDF	30/10/2024
CCTP – Lot 3 – Charpente Bois	OCD	PDF	30/10/2024
Rapport G2PRO – CMO2.O.2103	Ginger CEBTP	PDF	10/2024
Plans et descentes de charge : • Localisation des appuis extension, • Descentes de charge Extension, • Numérotation pieux surélévation, • Descentes de charge surélévation.	OCD	PDF	10/2024

2.3. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° CMO2.O.0300-v2.

Il s'agit d'une ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2PRO selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique comprenant :

La mission comprend, conformément à la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 :

- L'interprétation des sondages et des essais avec caractérisation des sols,
- La définition de modèles géotechnique et hydrogéologique,
- Les prescriptions et le dimensionnement des ouvrages géotechniques tels que l'ensemble des pieux et micropieux.

L'approche « coût, quantité et délai » est exclue de notre offre.

3. Description du site

3.1. Localisation et topographie du site

Le projet étudié consiste :

- En la surélévation du pôle UMR sur la zone Sud,
- En l'extension du site de l'IRD sur la zone Nord, par un bâtiment en R+2 (pôle administration/restauration).

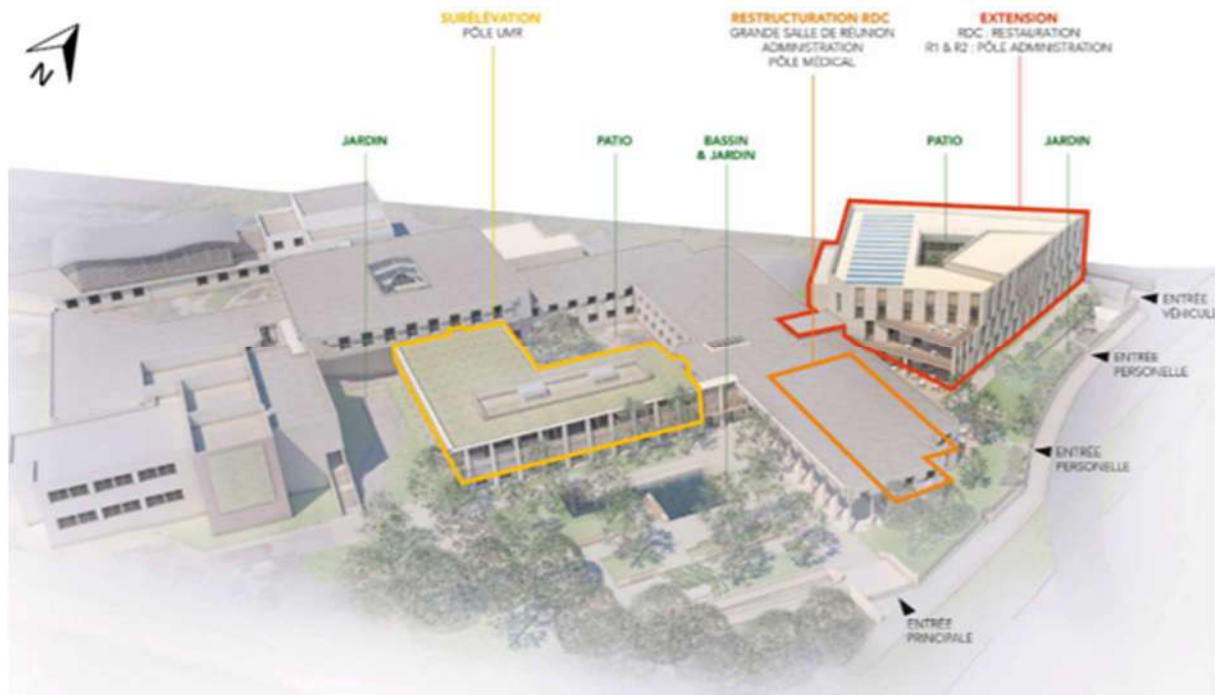
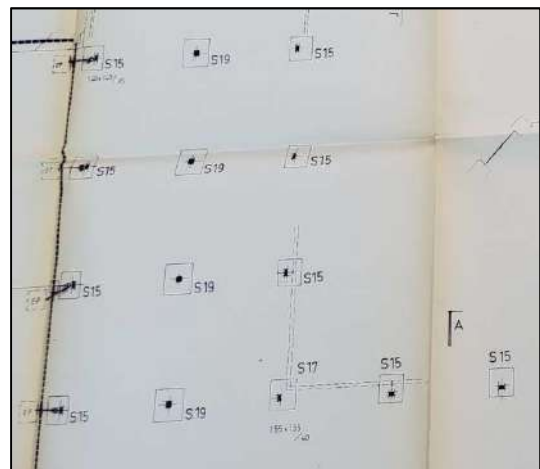


Figure 4 : Vue aérienne du site (source www.geoportail.fr)

La zone sud est composée d'un bâtiment en RdC, supposé avec un dallage sur terre-plein., sans sous-sol. D'après les plans DOE, non fournis (seulement un extrait, cf : ci-après), les fondations de cette partie du bâtiment sont des fondations superficielles de type isolées.

Figure 5 : extrait plan des fondations du bâtiment central (hors projet)



La zone Sud est délimitée :

- A l'Est, par un bassin en eau avec de nombreux réseaux enterrés entre le bâtiment et le bassin,
- Au Sud, par des espaces verts ainsi qu'un autre bâtiment en R+2, supposé sans sous-sol,
- Au Nord et à l'ouest, par un patio (espace vert) et en mitoyenneté avec des bâtiments en R+2, supposés sans sous-sol.

La zone Nord correspond à des places de parking en enrobé, à des voiries en enrobé et quelques espaces verts avec des arbustes et arbres qui sont présents au droit du futur projet.

Au droit de l'espace vert à l'Ouest, un local technique permettant de traiter les eaux du laboratoire est enterré sur une hauteur d'au moins 2.00m ; il est situé au droit du futur projet. Aucune information ne nous a été communiquée sur le devenir de cet élément. On retiendra pour la suite du présent rapport, qu'il sera démoli intégralement.

La zone Nord est délimitée :

- A l'Est, par une voirie, l'avenue Agropolis, avec prochainement des lignes de tramway en partie est,
- A l'Ouest, par une voirie d'accès et par un terrain vague avec l'ancien bâtiment abandonné du « Agropolis Museum »,
- Et au Sud, par le bâtiment principal de l'IRD, en R+2, supposé avec un dallage sur terre-plein, sans sous-sol.

D'après les données IGN, la cote altimétrique du site à l'étude est de +42.50 et +44.00mètres/NGF.

Le site à l'étude est situé en pied de versant du bois de Montmaur, avec une côte altimétrique au sommet à environ +90.00mètres/NGF, soit une pente de l'ordre de 14% vers le Nord.

3.2. Description du projet

L'extension consistera à la mise en œuvre d'un bâtiment R+2 sur pieux et dalle portée.

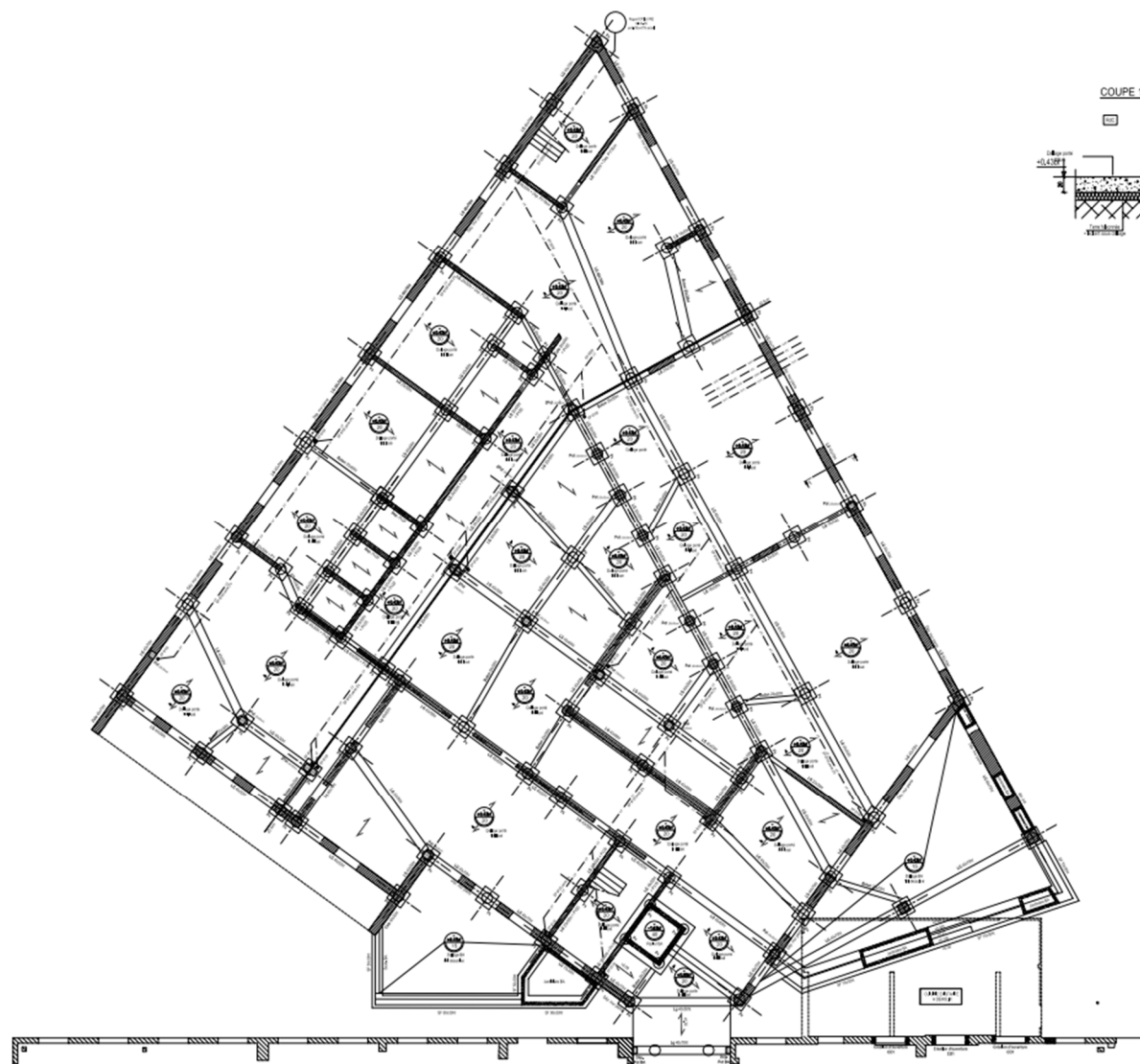


Figure 6 : extrait vue en plan extension - RDC

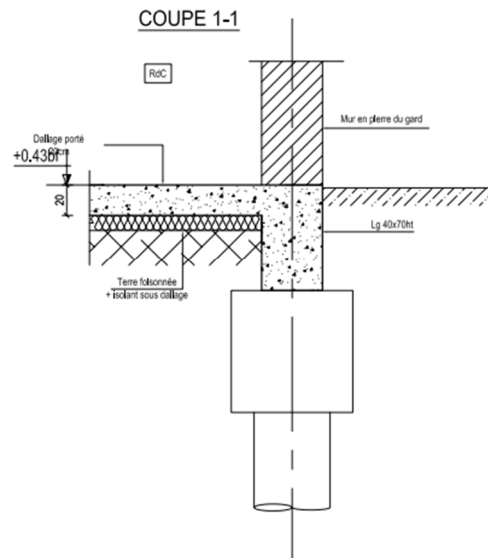


Figure 7 : Coupe sur pieux

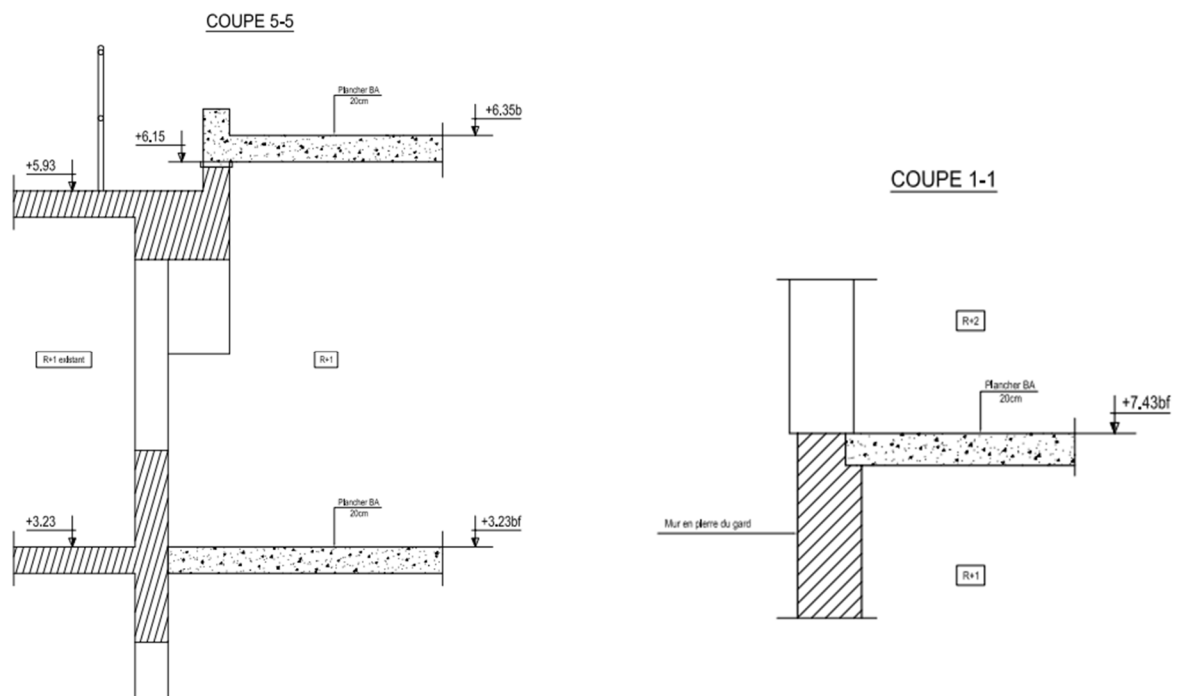


Figure 8 : Coupe sur RDC / R+1 / R+2

La surélévation consistera à la reprise en sous-œuvre des charges sur micropieux.

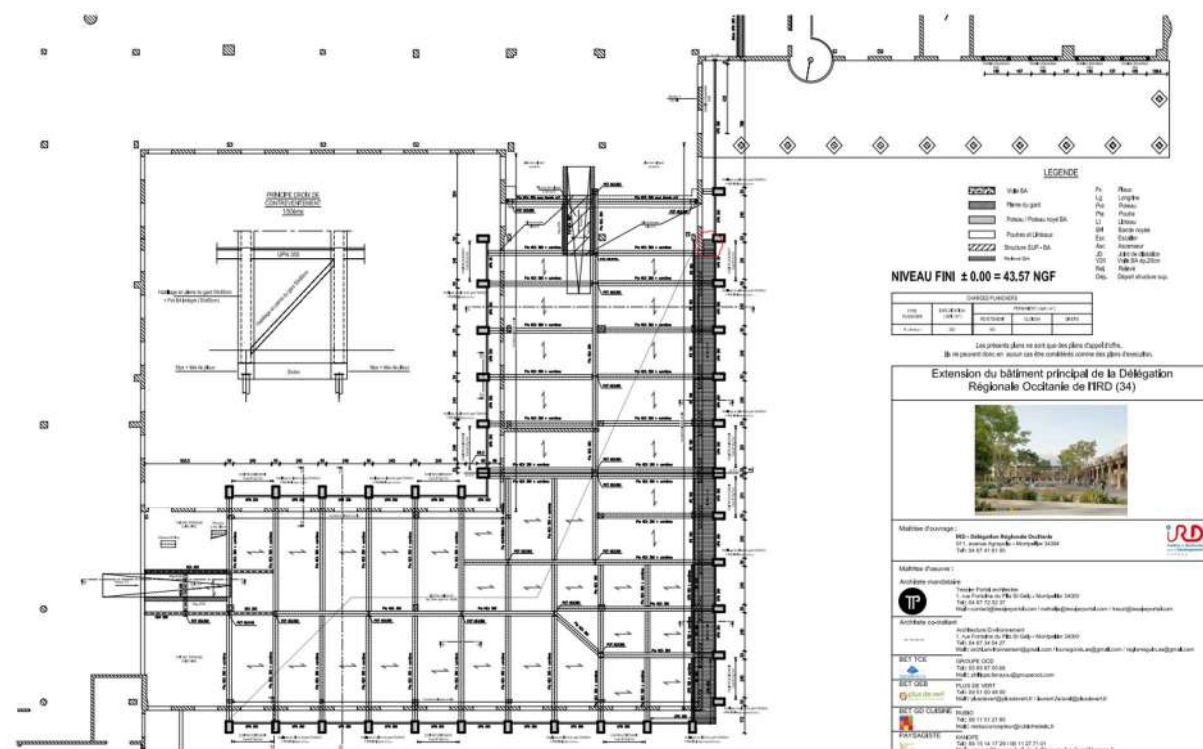


Figure 9 : Vue en plan Surélévation RDC

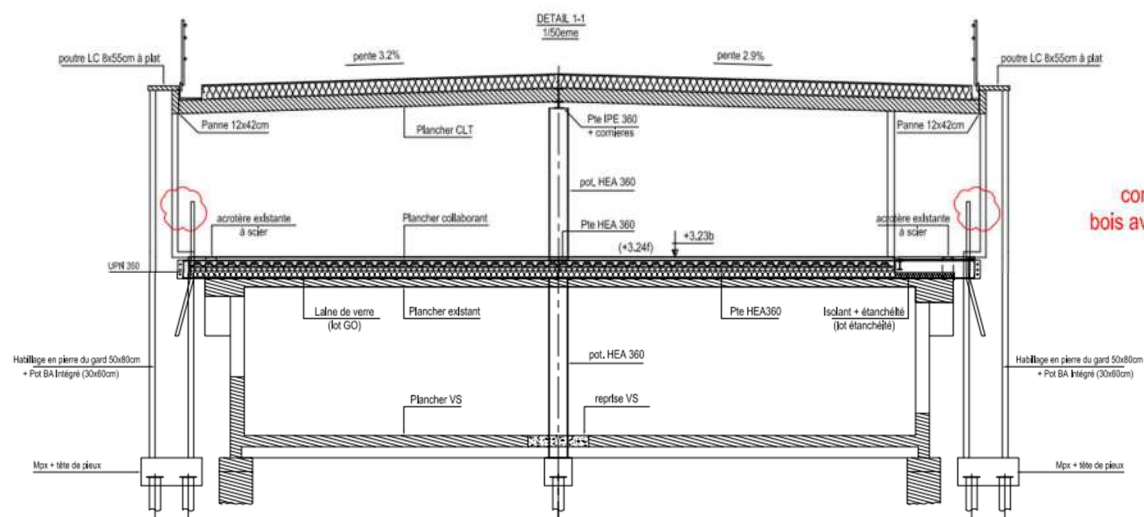


Figure 10 : Coupe Surélévation RDC

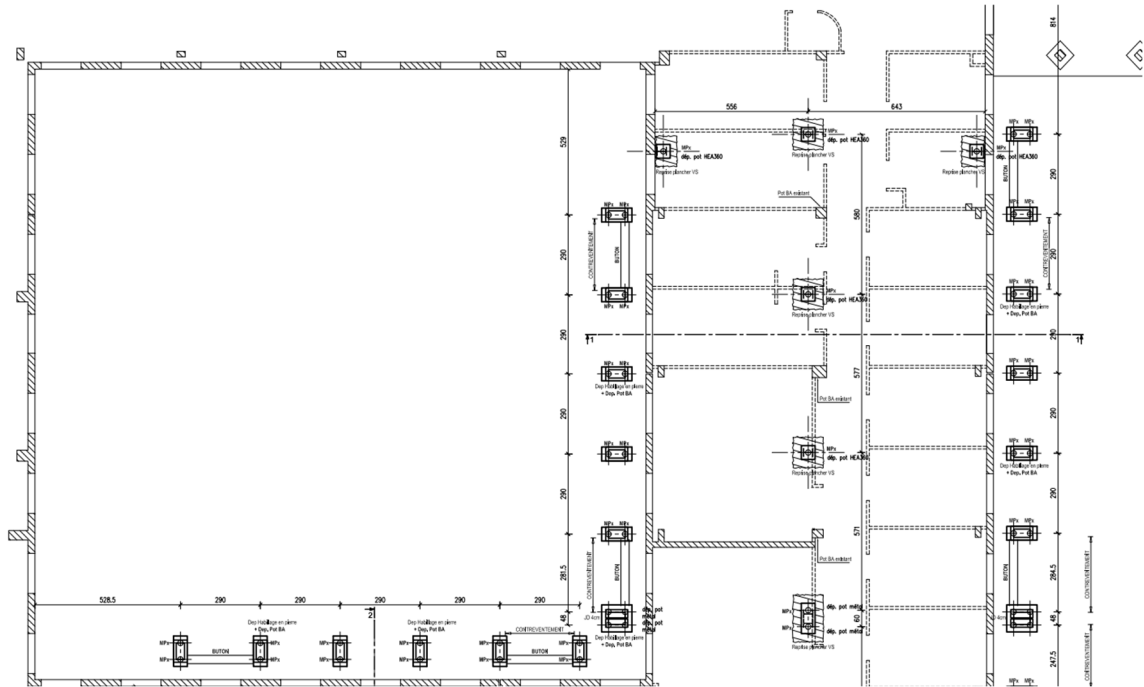


Figure 11 : Vue en plan fondation surélévation ½

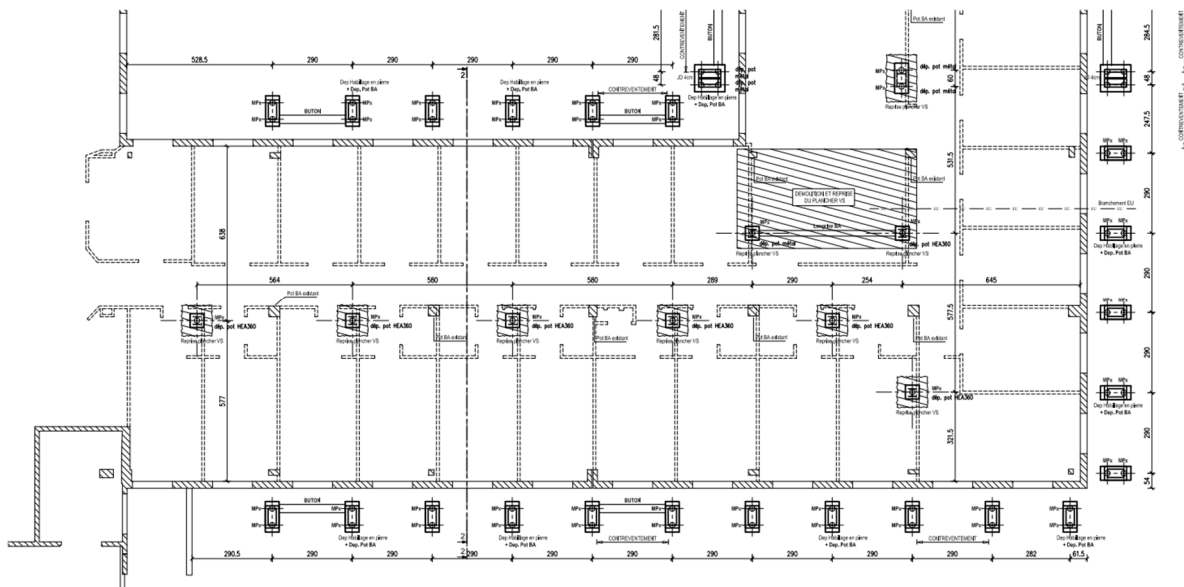


Figure 12 : Vue en plan fondation surélévation 2/2

3.3. Descentes de charges

Les descentes de charges ont été fournies par appuis pour chaque bâtiment :

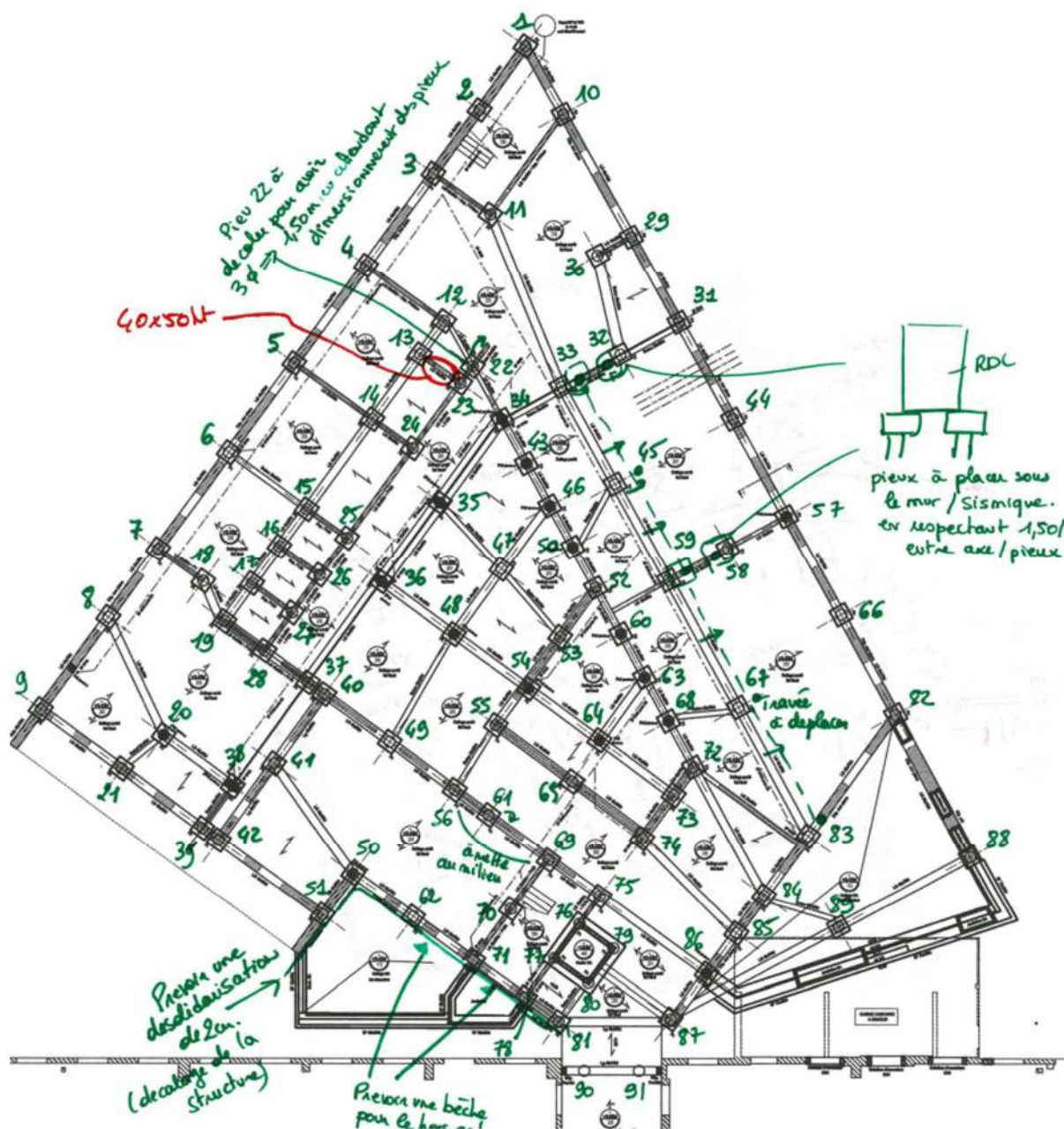


Figure 13 : Plan appuis extension

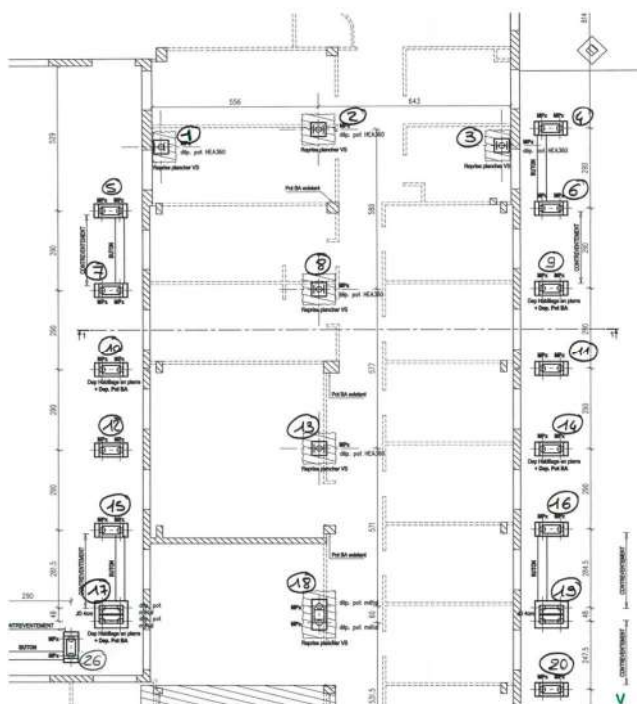


Figure 14 : Plan appuis surélévation 1/2

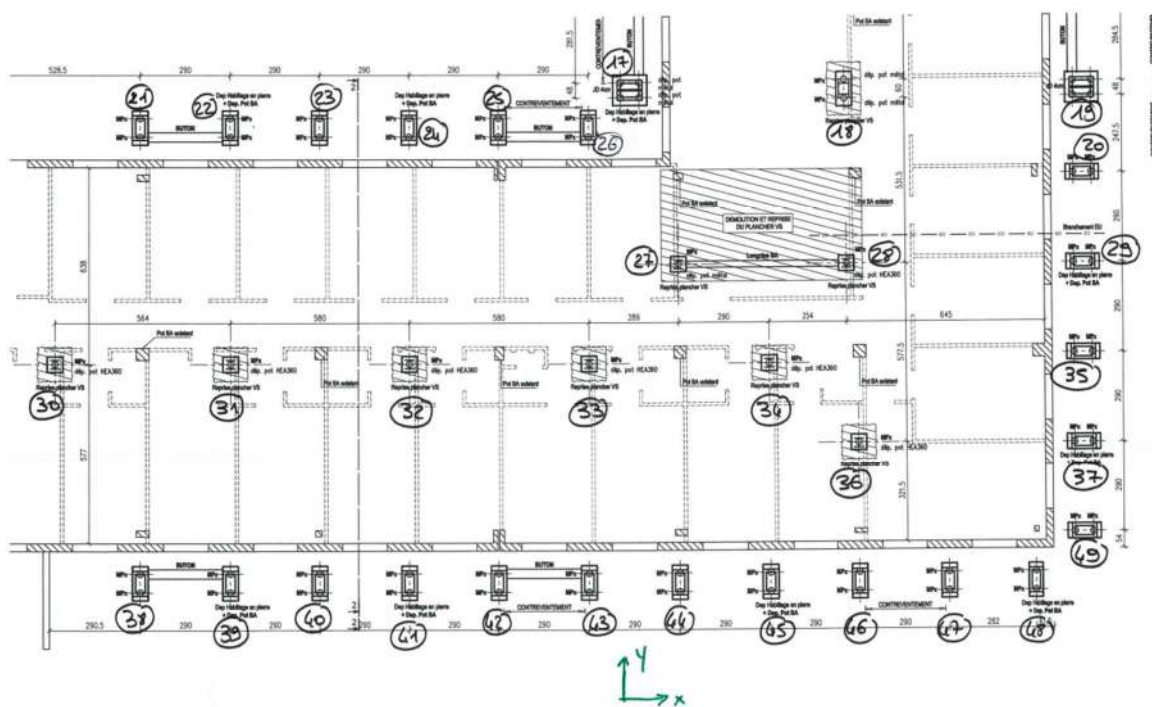


Figure 15 : Plan appuis surélévation 2/2

Les descentes de charges nous ont été fournies par fondation pour l'extension sous format excel :

BATIMENT EXTENSION								
	Charges permanentes	Charges d'exploitation	EX			EY		
	en T	en T	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ
			en T	en T	en T	en T	en T	en T
1	-42	-10	7.26	3.59	10.05	3.03	-2.06	-21.94
2	-67	-12	3.04	3.28	14.19	-1.16	15.64	-8.12
3	-70	-18	5.31	1.35	14.6	0.91	7.99	15.67
4	-77	-20	13.33	4.61	30.38	2.57	8.72	3.38
5	-80	-22	9.69	-2.67	48.61	0.62	10.19	3.7
6	-73	-20	2.58	0.67	11.58	0.41	3.19	1.62
7	-72	-16	4.94	-2.9	22.3	-3.93	10.76	-5.9
8	-50	-13	2.26	2.53	13.37	0.81	2.8	4.13

Les descentes de charges nous ont été fournies par fondation pour la surélévation sous format excel :

BATIMENT SURELEVATION										
	Charges permanentes	Charges d'exploitation	EX				EY			
	en T	en T	FX	FY	FZ	My	FX	FY	FZ	Mx
			en T	en T	en T	en T.m	en T	en T	en T	en T.m
1	-20	-8	4.2	-0.46	0.6	14.7	-0.07	1.78	-1.89	-7.35
2	-60	-28	1.04	0	0	1.9	0	0.44	-4.03	-0.8
3	-20	-8	4.2	0.46	-0.6	14.7	0.07	1.78	-1.89	-7.35
4	-20	-8	3.23	1.06	1.49	12.8	-0.12	6.26	-11.47	-7.35
5	-20	-8	3.23	-1.06	-1.49	12.8	0.12	6.26	-11.47	-7.35
6	-20	-8	3.93	1.06	-2.29	13.6	-0.03	6.28	11.67	-7.35
7	-20	-8	3.93	-1.06	2.29	13.6	0.03	6.28	11.67	-7.35
8	-60	-25	-1.8	0	0	1.9	0	0.4	1.91	-0.8
9	-20	-8	2.84	0.48	-0.53	11.6	-0.06	1.74	0.1	-7.35

Les combinaisons prises en compte sont les suivantes :

- Etats-limites de service :

Combinaisons quasi permanentes QP = G + Q

- Etats-limites ultimes de résistance :

Combinaisons fondamentales ELU = 1.35G + 1.5Q

Combinaisons accidentelles sismique ELUS :

- Ned = G + 0 à 0.6 Q + Max/Min Fz (Ex+0.3Ey ; Ey+0.3Ex) ;
- Ved=Max Ex Ey [((Fx) + - 0.3Fy) ; ((+ - 0.3Fx) + Fy)] ;
- Moment max brut Ex et Ey.

Ces combinaisons devront être validées par le bureau d'étude structure, comme la méthode de vérification en sismique des efforts latéraux.

Les efforts et moments sont appliqués avec un effort horizontal et des moments maximum par pieux et systèmes de micropieux (double et triple).

4. Contextes géotechniques et hydrogéologique

4.1. Géologie prévisionnelle

D'après la carte géologique de Montpellier, à l'échelle 1/50000^{ème} et le rapport G2AVP, le site serait constitué par des alluvions Fz datant du quaternaire, recouvrant un substratum local constitué par des marnes calcaires grises jaunâtres datant du Valanginien.

Des plis et failles sont présentes à proximité du site.

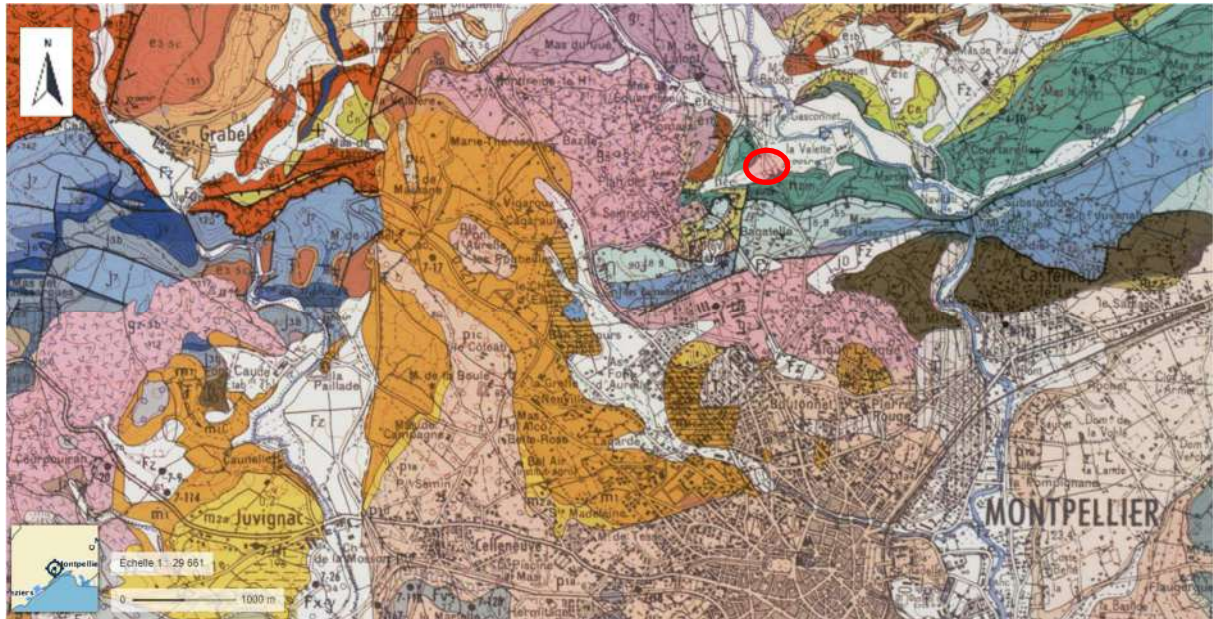


Figure 16 : Carte géologique

Des sondages de SOL PROGRES (BSS002GQUN) sont référencés au droit du projet, réalisés en décembre 1983. Ils ont été réalisés dans le cadre de la construction des bâtiments initiaux de l'IRD. Ces sondages pressiométriques ont été descendus entre 5.00 et 6.00m/TN de profondeur. L'implantation de ces sondages n'est pas connue.

Sonda- ges	Profondeur de l'essai en m/TN	Nature de l'horizon testé	Pf	P1	E
			kg/cm ²		
S 1	0,80	Calcaire graveleux	3,4	7,2	75
	1,60	Passage marneux	5,3	8	80
	2,40	Calcaire marneux à niveaux grave-	8,5	13,8	138
	3,20	" " " " " " " " " " " "	6,6	12,6	95
	4,00	" " " " " " " " " " " "	10,5	14,2	115
S 2	0,80	Calcaire graveleux	4,4	7,1	78
	1,60	" " " " " " " " " " " "	5,4	10,2	90
	2,40	Argile calcaire	8,4	14,8	130
	3,20	Calcaire marneux	6,6	15,4	110
	4,00	Calcaire granuleux	12,6	18	125
S 3	1,00	Calcaire graveleux	5,1	8,7	110
	2,00	" " " " " " " " " " " "	4,4	7,5	65
	3,00	Marnes argileuses humides	3,1	5,2	35
	4,00	" " " " " " " " " " " "	2,1	4,3	28
	5,00	" " " " " " " " " " " "	3,2	6,3	48
S 4	1,00	Limon calcaire sablo-graveleux	1,9	5,2	43
	2,00	Argile calcaire	4,4	7,6	75
	3,00	" " " " " " " " " " " "	5,1	8,4	78
	4,00	" " " " " " " " " " " "	5,6	10,8	85
	5,00	" " " " " " " " " " " "	7,4	11,9	95
S 5	0,80	Sable calcaire, grossier à graviers	4,3	7,2	75
	1,60	Sable fin calcaire	5,4	9,8	82
	2,40	Calcaire marneux blanchâtre	≥ 18	≥ 27	220
	3,40	" " " " " " " " " " " "	12,1	17,4	170
	4,40	" " " " " " " " " " " "	≥ 18	≥ 27	220
S 6	0,80	Calcaire graveleux	4,1	6,9	55
	1,60	" " " " " " " " " " " "	6,1	9,4	75
	2,40	" " " " " " " " " " " "	8	13,1	110
	3,40	Marno-calcaire	9,9	15,2	125
	4,40	Calcaire marneux	11,7	18,4	135

Figure 17 : Récapitulatif des résultats des sondages pressiométriques de SOL PROGRES en date du décembre 1983

4.2. Contexte hydrologique / hydrogéologique

D'après les informations du client et d'après la carte géologique à l'échelle 1/50000, un cours d'eau temporaire circule sous le bâtiment de l'IRD.

Selon les données du BRGM, le site à l'étude n'est pas exposé aux risques de submersion par cours d'eau.

Toutefois, noter qu'un ruisseau intermittent a été présent au droit du bâtiment existant. Son lit a été décalé vers le Sud (Vers la Rue Young).

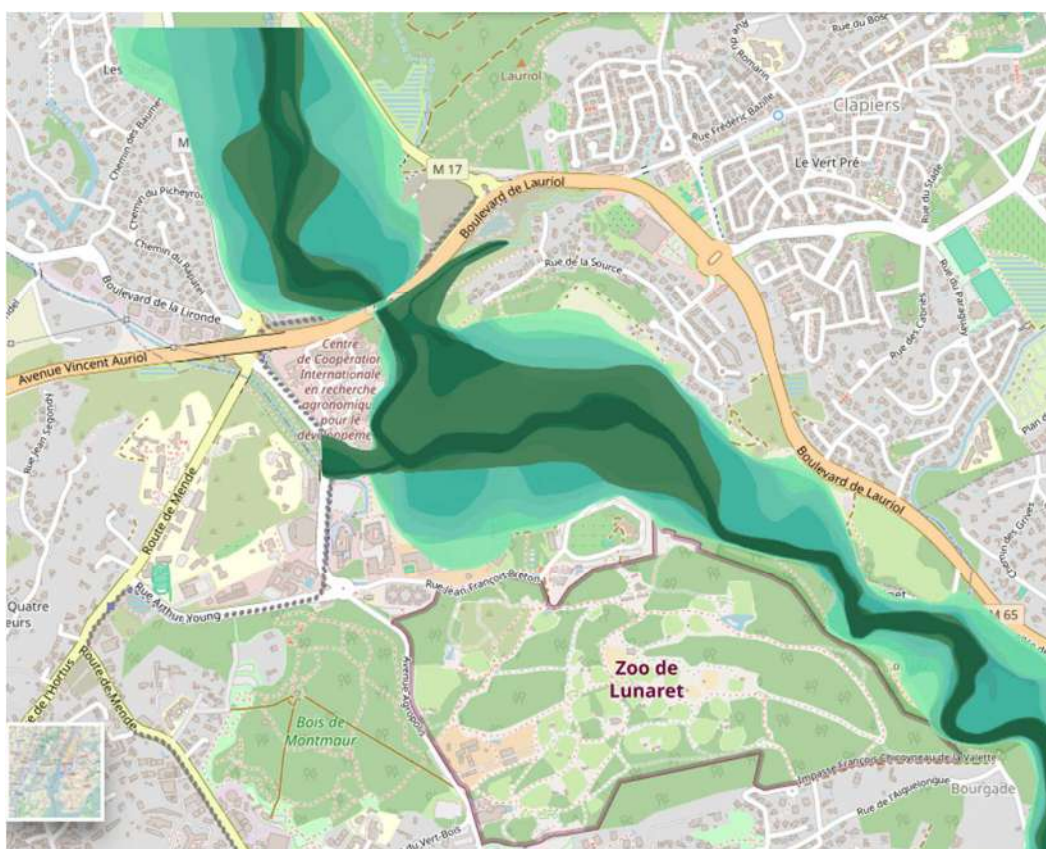


Figure 18 : Carte aléa remontée nappe / submersion / inondation

La commune est soumise à un plan de prévention des risques inondation. La zone d'étude se situe hors zone inondable.

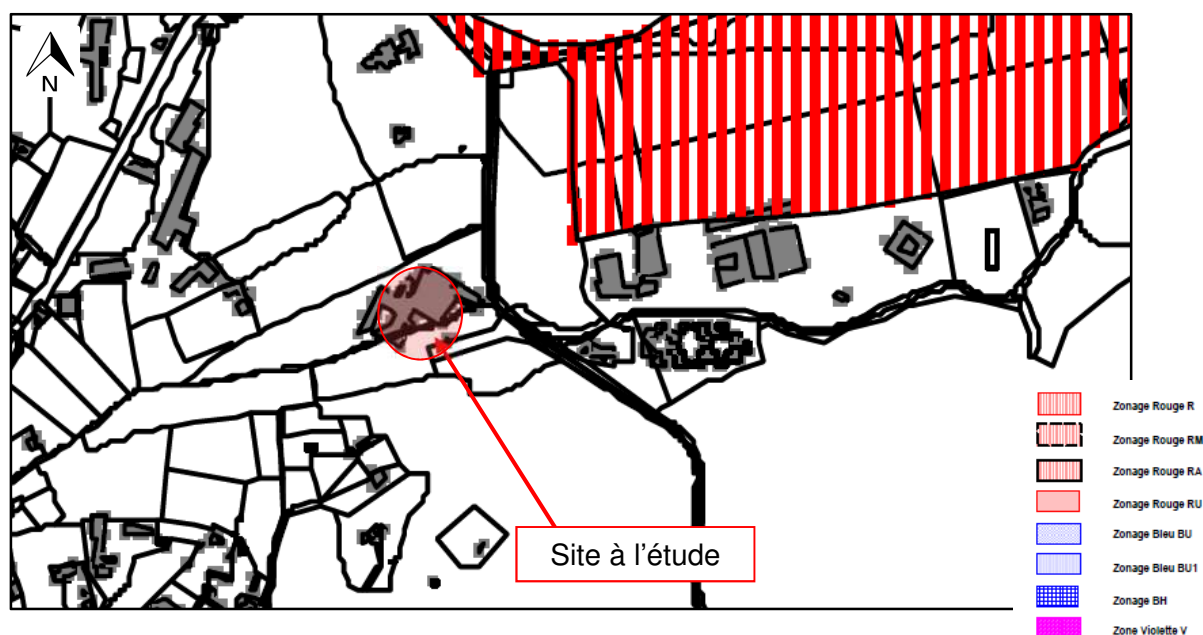


Figure 19 : Extrait carte PPRI

D'un point de vue hydrogéologique, des niveaux d'eau ont été identifiés lors des sondages de SOL PROGRES en avril 1987. Deux sondages ont été équipés de tubes piézométriques PVC. Aucune information n'est communiquée sur les relevés piézométriques.

Par ailleurs, des circulations anarchiques / ponctuelles ne sont pas exclues au sein des formations superficielles.

4.3. Risque sismique – données parasismiques réglementaires

D'après le zonage sismique de la France, le site étudié est classé en zone de sismicité 2 (faible). L'application des règles parasismiques est obligatoire pour des ouvrages de catégorie III et plus. L'ouvrage serait de catégorie III.

En zone sismique 2 (faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise pour un ouvrage considéré de catégorie III d'après l'EUROCODE 8.

4.4. Potentiel de sensibilité aux phénomènes de retrait et gonflement

Après consultation du site réalisé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) pour le compte du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie sur les aléas de retrait et gonflement des argiles (www.georisques.gouv.fr), le terrain est situé entre la zone d'aléa moyen et fort.

4.5. Cavités et mouvements de terrain

D'après le site www.georisques.gouv.fr, aucune cavité souterraine naturelle ou anthropique et de mouvement de terrain ne sont recensés à moins de 500m de la parcelle. Pour rappel, la recherche et la détection de cavités naturelles et/ou anthropiques au droit de la parcelle ne font pas partie de la présente étude.

5. Synthèse des reconnaissances géotechniques

5.1. Reconnaissances de sol

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur les plans d'implantation joint en annexe 2. Elles ont été définies et réalisées par :

- Sol progrès pour la construction des bâtiments en 1983,
- Par GINGER CEBTP pour l'extension de l'insectarium et du laboratoire de l'IRD en 2011/2012,
- Par FONDASOL dans le cadre du projet actuel en 2023,
- Par Ginger CEBTP dans le cadre de la G2AVP en septembre/octobre 2024.

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Qté	Nom	Prof. / TA (m)	Altitude (m NGF)
Campagne Initiale Extension (1983) – Sol progrès				
Sondages destructifs avec enregistrement de paramètres et essais pressiométriques	8	S1	Arrêt à 5.2m	/
		S1bis	Arrêt à 4.8m	/
		S2	Arrêt à 6m	/
		S2bis	Arrêt à 6.8m	/
		S3	Arrêt à 5m	/
		S4	Arrêt à 6m	/
		S5	Arrêt à 6m	/
		S6	Arrêt à 6m	/
Essais pressiométriques	30			
Campagne Extension (2012) – GINGER CEBTP				
Sondages destructifs pour essais pressiométriques	2	SP1	Arrêt à 10m	46.25
		SP2	Arrêt à 8m	43.50
Essais pressiométriques	13			
Fouilles de reconnaissance géologique	3	F1	Arrêt à 2.6m	43.40
		F2	Arrêt à 3m	45.85
		F3	Arrêt à 3m	46.15
Reconnaissance de fondation	1	RF1	Arrêt à 0.9m	/
Campagne projet (2023) – FONDASOL				
Sondages destructifs avec enregistrement de paramètres et essais pressiométriques	2	SP1	Arrêt à 6.00m	43.70
		SP2	Arrêt à 6.00m	44.06
Essais pressiométriques	10			
Fouilles de reconnaissance géologique à la mini-pelle	2	PM1	Arrêt à 2.80m	
		PM2	Arrêt à 2.80m	

Type de sondage	Qté	Nom	Prof. / TA (m)	Altitude (m NGF)
Fouilles de reconnaissance des fondations mitoyennes ou de structures enterrées à la mini pelle	2	RF1	Arrêt à 1.80m	43.44
		RF2	Arrêt à 1.65m	43.42
Essais au pénétromètre dynamique type B Norme NF EN ISO 22476-2	2	PD1	Refus à 2.60m	/
		PD2	Refus à 1.95m	/
Campagne G2AVP (2024) – GINGER CEBTP				
Sondages destructifs avec enregistrement de paramètres et essais pressiométriques	2	SP101	Arrêt à 15.2m	43.90
		SP102	Arrêt à 10m	42.90
Essais pressiométriques	17			
Fouilles de reconnaissance géologique à la mini-pelle	1	F101	Arrêt à 2.2m	43.85
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	1	ST101	Refus à 1m	43.50
Fouilles de reconnaissance des fondations mitoyennes ou de structures enterrées à la mini pelle	3	RF1	Arrêt à 1m	43.55
		RF2	Arrêt à 1.7m	43.45
		RF3	Arrêt à 1.3m	43.20

5.2. Lithologie

La profondeur des formations est donnée par rapport au terrain actuel (TA), tel qu'il était au moment des reconnaissances.

Les coupes des sondages réalisés sont présentes en annexe 3.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique suivante :

Horizon 0 : Remblais

Sous une faible épaisseur d'enrobé ou terre de végétale, ces sols sont constitués de remblais de limons sableux marrons. Cet horizon a été identifié lors des précédentes campagnes au niveau de S2, SP1 et SP2 (2012), soit sur la zone nord-ouest, au niveau de l'extension, donc hors de la zone des projets d'extension Nord Est et de surélévation Sud.

Cette formation a été rencontrée jusqu'à la cote minimale de 43mNGF, soit entre 0.5m et 1m sous la côte proche de la cote du terrain actuel.

L'épaisseur de cette couche de remblais est de 0.2 à 3m (uniquement au niveau de SP1).

Zone	ND (1983)	Insectarium-Extension 2012					Nord	Sud
Sondage	S2BIS	SP1	SP2	F1	F2	F3	RF1	RF2
Base estimé Horizon 0 (m/TN)	1	≈ 3.25	≈ 0.50	≈ 0.35	≈ 0.70	≈ 1.20	≈ 0.45	≈ 0.40
Base estimé Horizon 0 (mNGF)	/	≈ 43.00	≈ 43.00	≈ 43.05	≈ 45.15	≈ 44.95	≈ 42.99	≈ 43.02

ND : non défini

Zone	Nord (Projet 2024)			Sud (projet 2024)			
Sondage	SP102	F101	RF103	SP101	RF102	ST101	ST101 bis
Base estimé Horizon 0 (m/TN)	≈ 0.50	≈ 0.90	≈ 0.42	≈ 0.85	≈ 0.85	≈ 0.90	≈ 0.42
Base estimé Horizon 0 (mNGF)	≈ 42.40	≈ 42.95	≈ 42.88	≈ 43.05	≈ 43.05	≈ 42.95	≈ 42.88

Caractéristiques géotechniques : Rd comprise en 2 et 8 MPa, très hétérogène.

- Pression limite :
 - PI > 0.23MPa (1 valeur).
- Module pressiométrique :
 - EM > 1MPa (1 valeur).

Horizon 1 : Alluvions ou altération du substratum marneux

Ce sol est constitué de limons sableux devenant plus argileux (voire marneux), marron/beige, à graves calcaires.

Une surprofondeur a été identifiée au droit des sondages de certains sondages. La transition entre cette formation et les marnes sous-jacentes n'est pas toujours claire :

- 1 valeur faible dans les marnes au niveau du sondage SP2, de Fondasol pouvant être assimilé à la couche alluvionnaire,
- La transition au niveau des sondages SP101 et SP102 se fait entre 37 et 39mNGF.

Cette formation est présente sur tous les sondages et montre des compacités faibles à moyennes.

Zone	1983/1987							
Sondages	S1	S1 BIS	S2	S2 BIS	S3	S4	S5	S6
Base estimée (m/TN)	≈ 2.00	≈ 4.20	≈ 3.70	≈ 4.60	≈ 4.00	≥ 6.00	≥ 6.00	≈ 4.40
Base estimée (m/NGF)	-	-	-	-	-	-	-	-

Zone	Insectarium-Extension 2012				
Sondage	SP1	SP2	F1	F2	F3
Base estimé Horizon 1 (m/TN)	≈ 6.6	≈ 3.70	≥ 2.60*	≥ 3.00*	≥ 2.60*
Base estimé Horizon 1 (mNGF)	≈ 39.66	≈ 39.80	≤ 40.80	≤ 42.85	≤ 43.55

Localisation	Nord (projet 2023)				Sud (projet 2023)		Non indiqué	
Sondages	SP1	RF1	PM1	PM2	SP2	RF2	PD1	PD2
Base estimée (m/TN)	≈ 5.00	≥ 1.80*	≥ 2.80*	≥ 2.80*	≈ 4.90	≥ 1.65*	≥ 2.60*	≥ 1.80*
Base estimée (m/NGF)	≈ 38.70	≤ 41.64	≤ 40.87	≤ 40.46	≈ 39.16	≤ 41.77	-	-

Zone (mNGF)	Nord (Projet 2024)			Sud (projet 2024)			
Sondage	SP102	F101	RF103	SP101	RF101	RF102	ST101 bis
Base estimé Horizon 1 (m/TN)	≈ 5.5	≥ 2.20*	≥ 1.30*	≈ 5	≥ 1.70*	≥ 0.70*	≥ 3.00*
Base estimé Horizon 1 (mNGF)	≈ 38.4	≤ 41.65	≤ 41.90	≈ 37.90	≤ 41.85	≤ 42.75	-

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance dynamique Rd comprise en 2 et 8 MPa, très hétérogène
- Pression limite :
 - $0.32 \leq PI \leq 3.76\text{MPa}$ (22 valeurs) avec une moyenne 1.34MPa, 1MPa si l'on retranche les 6 valeurs des sondages SP1 et SP2 de l'extension de 2012, en dehors de la zone de projet,
- Module pressiométrique :
 - $4 \leq EM \leq 41\text{MPa}$ (22 valeurs) avec une moyenne 14MPa, 16MPa si l'on retranche les sondages SP1 et SP2 de l'extension de 2012, en dehors de la zone de projet.

Horizon 2 : Marnes du substratum

Cet horizon correspond au substratum local correspondant à des marnes, grises, décrites dans la notice de la carte géologique du secteur.

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance dynamique : non mesuré : refus ;
- Pression limite :
 - $0.94 \leq PI \leq 4.88\text{MPa}$ (17 valeurs) avec une moyenne 4.23MPa, 4.11MPa si l'on retranche les 6 valeurs des sondages SP1 et SP2 de l'extension de 2012, en dehors de la zone de projet,
- Module pressiométrique :
 - $5 \leq EM \leq 553\text{MPa}$ (17 valeurs) avec une moyenne 289MPa, 296MPa si l'on retranche les sondages SP1 et SP2 de l'extension de 2012, en dehors de la zone de projet.

Commentaires :

- Cette formation présente des compacités fortes.

Remarques :

- Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu ;
- Les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des

diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

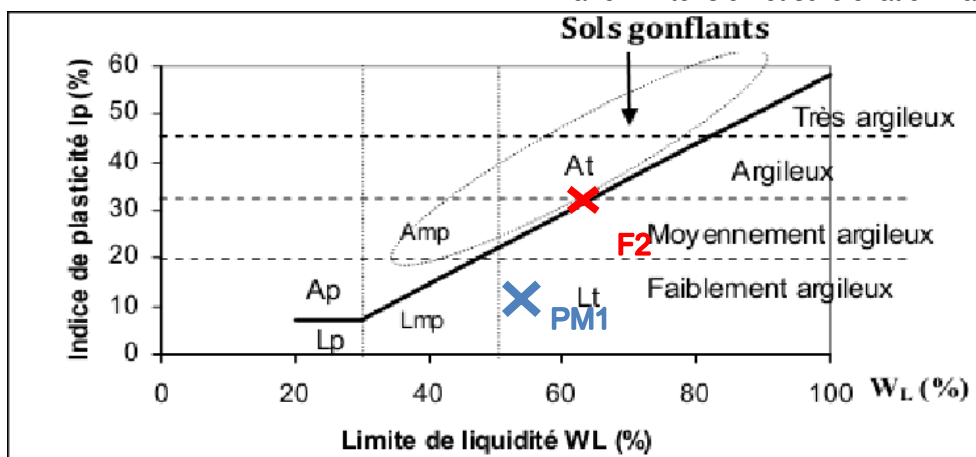
5.3. Essais laboratoire

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 3.

Dans le tableau ci-dessous sont reportés les résultats de l'essai d'identification sur matériaux non rocheux :

Campagne	ESSAIS D'IDENTIFICATION			Classification	Teneur en eau	Granulométrie par tamisage		Valeur au bleu	Limites d'Atterberg	
	Sondage	Prof.	Horizon / Type de sol	GTR	W	passant		VBS	WL	IP
				-	%	Dmax (mm)	à 80µm (%)	g/100g	%	-
		m		NF P11-300	NF P94-050	NF P94-056		NF P94-068	NF P94-051	
2012	F2	2.10	H1 – Argiles	A3	22	20	78.1	-	62	32
2023	PM1	1.25	H1 – Argiles	A2	44.8	8	80.6	-	53	13
2024	RF101	1.50/1.70	H1 – Limons sableux	A1	6.5	32	44.1	1.60	-	-
	RF103	0.70/1.30	H1 – Limons sableux	A2	15.8	20	60.6	3.10	-	-
	ST101 BIS	0.00/0.50	H0 – Remblais	-	5	-	-	-	-	-
		0.50/1.00	H1 – Limons	-	11.1	-	-	-	-	-
		1.00/1.50	H1 – Limons	-	12.8	-	-	-	-	-
		1.50/2.00	H1 – Limons	-	12.2	-	-	-	-	-
		2.00/2.50	H1 – Argiles	-	12.7	-	-	-	-	-
		2.50/3.00	H1 – Argiles	-	11.8	-	-	-	-	-

Les sols de l'horizon 1, composés de limons à argiles, de couleur marron peuvent être apparentés à des sols à dominante de fines, classés A1 à A3, au sens du GTR 2000. La matrice fine de ces sols présente une sensibilité à l'eau (chute de portance lors de la saturation). Ces sols doivent peuvent être considérés comme des sols faiblement argileux à argileux. Ils présentent une plasticité moyenne selon le diagramme de plasticité de Casagrande :



Les essais mécaniques de type gonflement et retrait ont été réalisés sur un échantillon intact (type Shelby). Dans le tableau ci-après sont reportés les résultats de ces essais.

	RF101
Nature du sol	H1 – Limons
Profondeur échantillon	1.50/1.70
Teneur en eau initiale W_o	19.3
Classification GTR	A1
Degré de saturation S_r	98.3
Facteur de retrait effectif R_l	0.14
Limite de retrait effectif W_{RE}	7.0%
Teneur en eau naturelle de saturation W_{sat}	19.3%
Plage de retrait ($W_{SAT} - W_{RE}$)	Elevé
Pression de gonflement σ_g	90 kPa
Déformation de retrait axiale ε_{ra}	0.018
Déformation de gonflement ε_g	0.032
Epaisseur des sols fins H_{sf}	5.00
Sensibilité RG (I_{RG})	≈ 0.12 m - Sensible

Ces essais mettent en évidence que les sols prélevés sont « très sensibles » aux retrait/gonflement (Indice IRG selon guide IFSTTAR).

L'essai de gonflement met en évidence que ces sols ont une sensibilité au gonflement et peuvent exercer une pression de gonflement important (90 kPa soit 9.0t/m²) en cas de variation hydrique (augmentation de teneur en eau). On peut noter également que la teneur en eau initiale mesurée au sein des échantillons ($W_o = 19.3\%$) se trouve actuellement à la limite de la teneur en eau de saturation. En cas de variation hydrique légère, ces sols sont susceptibles de gonfler.

Les sols analysés ont également une sensibilité au retrait. En cas de baisse de la teneur en eau, ces sols peuvent se retracter de 1.8%.

Les essais en laboratoire sur les échantillons montrent donc :

- Une sensibilité au gonflement,
- Une pression de gonflement important ($\approx 90\text{kPa}$),
- Une teneur en eau naturelle actuellement élevée (à la limite du gonflement),
- Une possibilité de retrait des sols en cas de diminution de la teneur en eau.

5.4. Reconnaissances des fondations existantes

Compte tenu de la présence d'existants, des reconnaissances de fondations des existants ont été réalisées précédemment et lors de notre présente campagne d'investigations.

Les coupes de la fouille de reconnaissance des fondations existantes sont insérées en annexe 4, accompagnées des photographies prises.

D'après les observations faites dans la fouille, les caractéristiques géométriques des fondations reconnues sont :

Campagne	2023		2024			
Sondage	RF1	RF2	RF101 AA'	RF101 BB'	RF102	RF101
Localisation	Bâtiment Nord	Bâtiment Sud	Bâtiment Sud			Bâtiment Nord
Ouvrage reconnu	Massif béton*	Massif béton*	Longrine	Massif béton	Longrine	Massif béton
Prof. de l'arase supérieure de l'ouvrage (m/TN)	≈ 0.40	≈ 0.45	≈ 0.00	≈ 0.40	≈ 0.00	≈ 0.40
Largeur du débord par rapport au nu extérieur du mur (m)	≈ 0.38	≈ 0.20 à 0.60	≈ 0.00	≈ 0.35	≈ 0.00	≈ 0.50
Epaisseur de l'ouvrage (m)	≈ 0.70	≈ 1.15	≈ 0.40	≈ 1.10	≈ 0.40	≈ 0.70
Epaisseur d'ancrage dans le sol d'assise (m)	≈ 0.70	≈ 0.45	≈ 0.40	≈ 1.30	≈ 0.20	≈ 0.68
Prof. d'assise de l'ouvrage (m/TN)	≈ 1.10	≈ 1.60	≈ 0.60	≈ 1.50	≈ 0.40	≈ 1.10
Nature du sol d'assise	H1 – Argiles limoneuses					

* D'après le rapport de FONDASOL en 2023, les fondations reconnues sont des fondations superficielles de type filantes. Or d'après les plans DOE et nos reconnaissances de fondation, nous avons identifié des **fondations superficielles de type massifs isolés**.

Les reconnaissances de fondations exécutées ont mis en évidence :

- Pour le bâtiment à surélever : un existant reposant sur un système de fondations superficielles de type massifs isolés de dimension homogènes. La profondeur d'assise de ces massifs est d'environ -1.10m/TN , au sein de l'horizon H1 composé de limons argileux (épaisseur d'ancrage minimale préconisée de 0.30cm , respectée) ;

- Pour le bâtiment principal : un existant reposant sur un système de fondations superficielles de type massifs isolés de dimension homogènes. La profondeur d'assise de ces massifs est d'environ -1.50 à -1.60m/TN, au sein de l'horizon H1 (épaisseur d'ancrage minimale préconisée de 0.30cm, respectée). Les longrines reconnues d'une hauteur de 0.40m sont présentes sans débord de 0.25m et ancrées au sein de l'horizon H1, composé de limons argileux.

Les profondeurs observées permettent de garantir la garde hors gel au droit des reconnaissances des massifs, excepté localement au droit des longrines (encastrement minimum de -0.50m/terrain fini extérieur).

Vis-à-vis de la sensibilité des sols aux phénomènes de retrait/gonflement des argiles, la profondeur d'encastrement minimum de -1.50m/TN en référence au guide IFSTTAR n'est pas respectée au droit de l'ensemble des reconnaissances.

Des drains ont été observés au droit de toutes les reconnaissances de fondations.

5.5. Hydrogéologie

5.5.1. Piézométrie, niveaux d'eau

Des niveaux d'eau ont été identifiés lors des sondages de SOL PROGRES en avril 1983/1987 : S3 = à 2.50m/TN, S5 = -4.50m/TN, S3 = -3.00m/TN. Deux sondages ont été équipés de tubes piézométriques PVC. Aucune information n'est communiquée sur les relevés piézométriques.

Lors de la campagne de 2012, nous avons relevé un niveau d'eau au sein du sondage SP1 à -5.99m/TN, soit à +40.25m/NGF. Le sondage SP1 a été équipé d'un tube piézométrique afin de pouvoir identifier la présence d'une nappe et de contrôler l'évolution du niveau d'eau. Aucune information n'est communiquée sur les relevés piézométriques.

Lors des investigations de FONDASOL en 2023, aucun niveau d'eau n'a été relevé au droit de leurs sondages.

Pour cette présente campagne d'investigations (Septembre 2024), des niveaux d'eau ont été relevés au droit de nos sondages SP101 et SP102, respectivement à -6.00m/TN et -4.30m/TN, soit à +37.90m/NGF et +38.60m/NGF.

5.5.2. Interprétation des niveaux d'eau

Les forages SP1, SP101 et SP102 étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau en forage peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés (eau).

Compte tenu de la nature des terrains rencontrés, des circulations d'eau ne sont pas à exclure dans les sols des horizons rencontrés (H0 et H1), notamment à l'issue d'épisodes climatiques défavorables. Des circulations d'eaux peuvent être présentes au niveau du toit de l'horizon H2.

Seule la pose d'un piézomètre et son suivi mensuel sur une année permettent d'établir la présence et le battement de nappe et d'estimer les niveaux de référence (hautes eaux, eaux de référence et basses eaux).

La présence d'écoulement d'eau dans des sols de nature plus sableuses peut générer des phénomènes d'érosion par entraînement des fines.

De plus, des circulations d'eau ponctuelles / anarchiques ne sont pas à exclure au sein des différentes formations, notamment en cas de précipitations. Il est important de noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie.

5.5.3. Essai de perméabilité

Un essai de perméabilité à la fosse de type Matsuo a été réalisé, comme prévu au contrat. Le résultat de cet essai est présenté en annexe 3.

Sondage de référence	Profondeur (m)	Horizon	K (m/s)
F101	Entre -1.20 et -1.30m/TN	H1 – Limons argileux	2.12E ⁻⁰⁵

Les sols de l'horizon H1, des limons argileux, constituent un terrain perméable.

Pour rappel, les essais de perméabilité mesurent la perméabilité d'une petite surface investiguée par rapport au volume de terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues et ces valeurs de perméabilité ne peuvent être retenues pour l'ensemble de la formation.

6. Hypothèses géotechniques

6.1. Modèle géotechnique retenu

Le modèle géotechnique pour les ouvrages du projet a été établi sur la base des sondages réalisés :

Horizon / type de sol	Base couche (m/TN-mNGF)	Module pressiométrique (MPa)	Pression de fluage (MPa)	Pression limite (MPa)	α
Horizon 0 : Remblais	<3* – 41.1*	2*	0.3*	0.5*	
Horizon 1 : Limons sableux-Argiles sableuses	< 6.1 - 38	10	0.5	1	0.5
Horizon 2 : Marnes	<15m / 29	100	2.5	4	0.66

*profondeur maximale de remblai- La couche de remblai sera considérée comme neutralisée pour le calcul de portance, mais nous neutraliserons uniquement les 1.5m/TN pour les calculs aux efforts horizontaux.

6.2. Modèle hydrogéologique

Nous n'avons pas retenu de niveau d'eau.

6.3. Modèle sismique

6.3.1. Risques sismiques – données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998-1 (EUROCODE 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude et présentées dans les paragraphes précédents sont :

Zone de sismicité : 2 (faible).

Catégorie d'ouvrage : III

Coefficient d'importance $\gamma_1 = 1.2$.

Détermination de la classe de sol :

- $G = 7 \times E_M = 70 \text{ MPa}$, soit $V_s = \sqrt{(G/\rho)} = 197 \text{ m/s}$ dans l'horizon 2,
- $G = 7 \times E_M = 700 \text{ MPa}$, soit $V_s = \sqrt{(G/\rho)} = 623 \text{ m/s}$ dans l'horizon 3.

Nous pouvons en déduire la vitesse moyenne des ondes de cisaillement à partir de la formule suivante :

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$$V_{s,30} = 435 \text{ m/s}$$

Soit une classe de sol : B ($360 < V_{s30} < 800\text{m/s}$).

- Accélération maximale de référence : $a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$
- Amplification de la sollicitation sismique : $S=1.35$
- Valeur de calcul de l'accélération horizontale de calcul du sol : $a_g = 0.84 \text{ m/s}^2$ (catégorie III)

6.3.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (faible), l'étude de liquéfaction n'est pas requise d'après l'EUROCODE 8.

7. Présentation du calcul

7.1. Contexte géotechnique

Les sondages ont mis en évidence les horizons suivants ordonnés de haut en bas :

- Un horizon 0 de remblais sur une épaisseur maximale de 3m/TN.
- Un horizon 1 de limons sableux plus ou moins argileux, sensibles au retrait gonflement des argiles, jusqu'à une profondeur pouvant aller jusqu'à 6.1m/TN (ou la cote 38mNGF), avec des alternances avec l'horizon 2, de compacité faible à moyenne,
- Un horizon 2 de marnes grises de très bonne compacité.

Etant donné le contexte, il avait été proposé en phase G2AVP la mise en œuvre de pieux pour le bâtiment extension et de micropieux pour le bâtiment en surélévation.

Dans notre modèle, nous n'avons pas considéré de frottements dans la couche de remblais pouvant aller jusqu'à 3m pour le calcul de portance, mais cette couche a été considérée pour les calculs aux efforts horizontaux. Nous avons en revanche pris en considération l'horizon 1 qui avait été négligé en phase G2AVP.

En revanche, étant donné la sensibilité au retrait gonflement de l'horizon 1, et potentiellement de l'horizon 0, une dégradation a été prise en considération sur une épaisseur de 1.5m/TN.

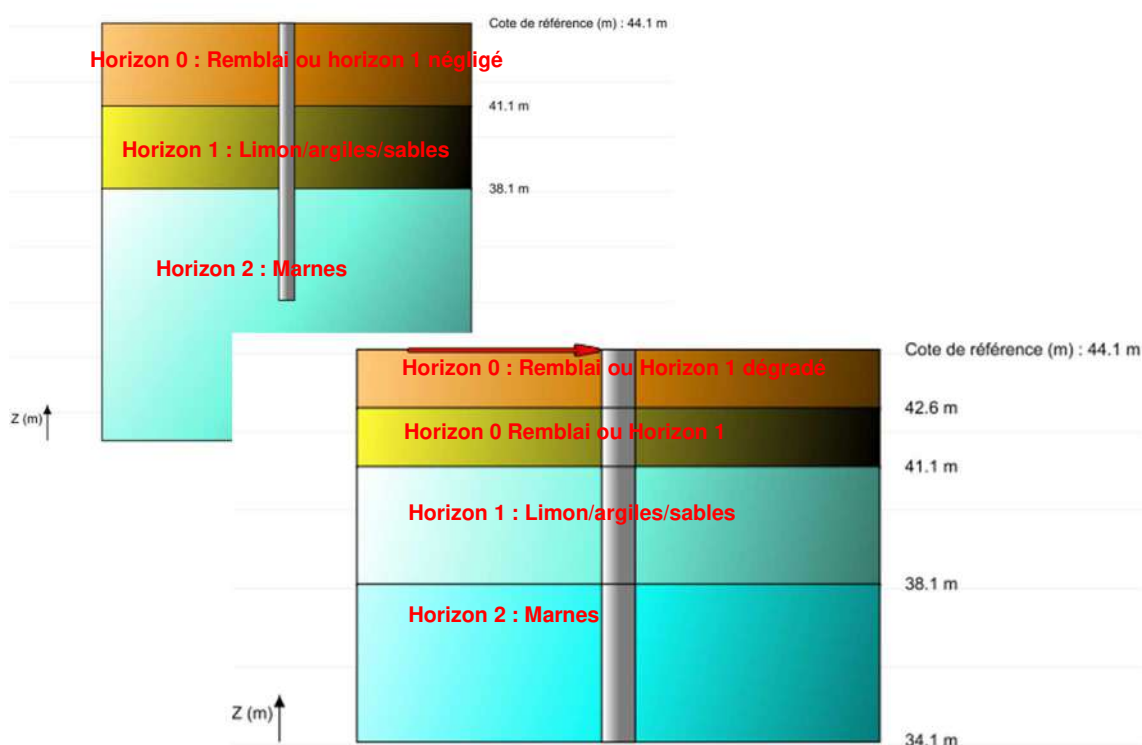


Figure 20 : Coupe type Pieu 0.52m et 0.82m (Modèles Fondprof et Piecoef+)

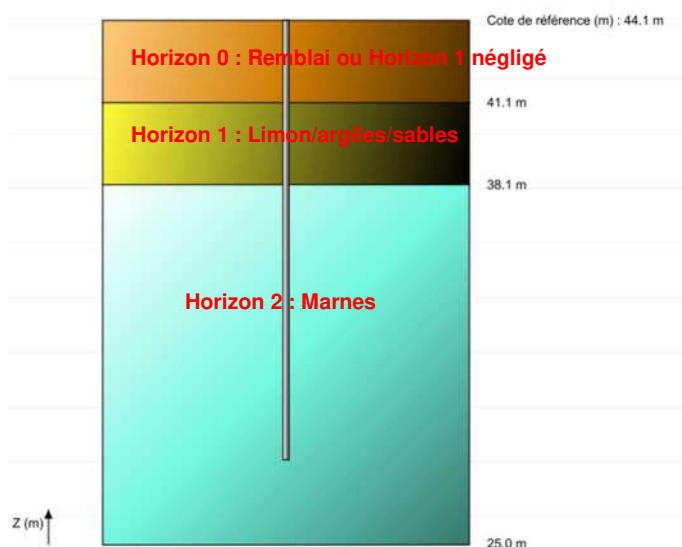


Figure 21 : Coupe type micropieux Fondprof

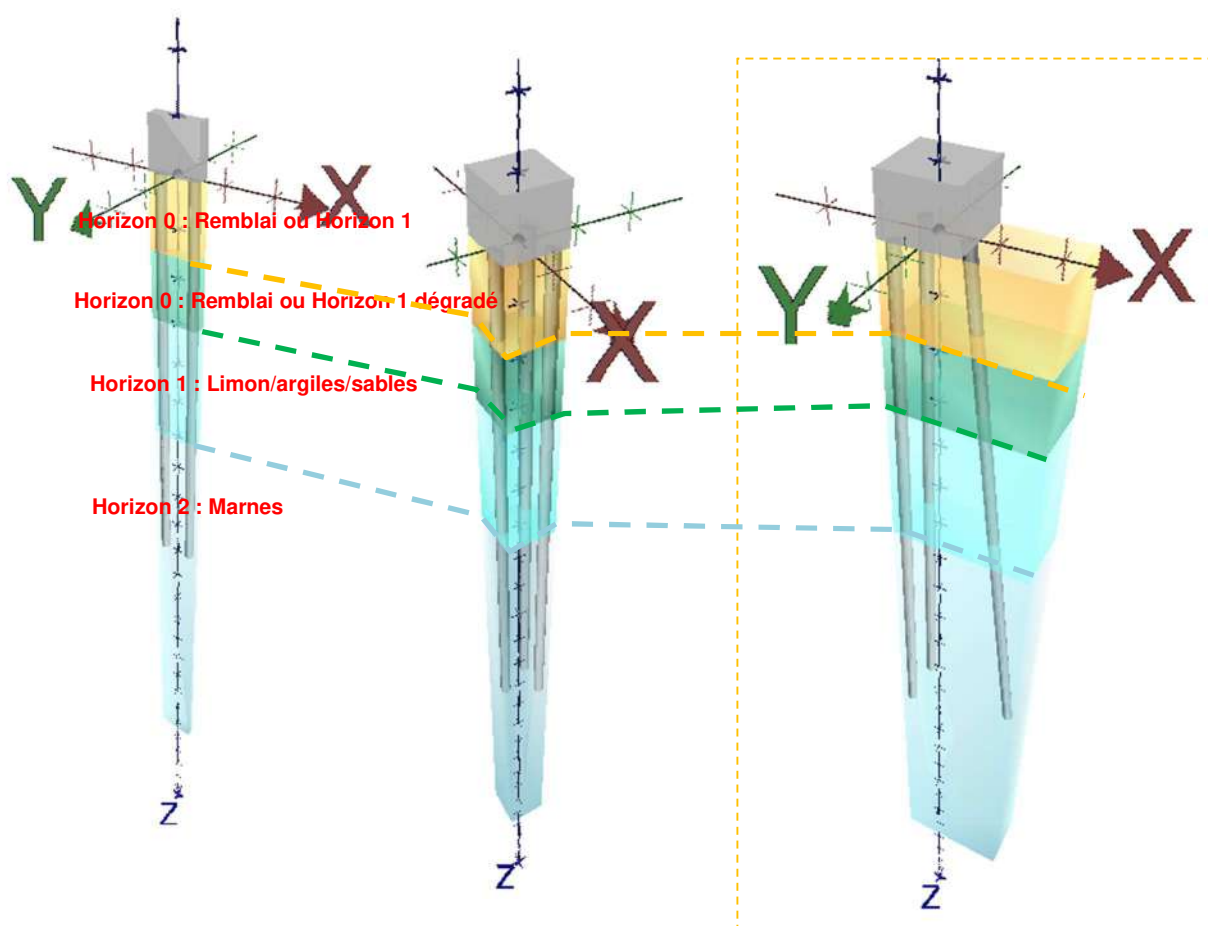


Figure 22 : Coupe type multi micropieux Groupie+

7.2. Solutions réalisation

7.2.1. Solution micropieux

Il apparait que nous avons :

- Des charges élevées sur une partie des micropieux (jusqu'à 850kN à l'ELS), bien supérieures aux charges proposées en G2AVP,
- Des moments et efforts horizontaux en sismique,
- Une limitation dans le choix de machine pour les micropieux intérieurs et donc de diamètre des micropieux à réaliser en contexte d'un bâtiment existant (hauteur de plafonds),

Pour ces raisons, il s'est avéré nécessaire d'augmenter le nombre de micropieux pour la majorité des systèmes et pour certains systèmes prévus à un seul micropieu, il a été nécessaire de proposer un système à 3 micropieux, notamment en intérieur où le diamètre est limité à 180mm.

Quatre systèmes triples avec le micropieu extérieur incliné de 7° vers l'extérieur sont proposés, l'inclinaison permet de réduire les déplacements du système.

Les micropieux extérieurs ont été adaptés avec un diamètre de 250mm, ce qui permet de réduire significativement les longueurs de micropieux.

Il faut noter qu'une optimisation pourra être possible en phase EXE/G3, à condition de pouvoir répartir les efforts horizontaux sismiques dans le plancher (diaphragme) ou par tirant.

Toutefois, les efforts horizontaux et moment ne sont pas seuls responsables dans la multiplication du nombre de micropieux, la portance ne peut parfois être assurée avec un seul ou deux micropieux.

7.2.2. Solution pieux

Il apparait que nous avons :

- Des charges également assez élevées sur une partie des pieux, bien supérieures aux charges proposées en G2AVP (jusqu'à 1500kN / 500kN en phase AVP),
- Des efforts horizontaux et moments liés très conséquents en sismique (jusqu'à 396kN).

Nous avons donc proposé des pieux de diamètre compris entre 520mm et 820mm pour les plus conséquents.

A noter qu'une optimisation pourra être possible en phase EXE/G3, à condition de pouvoir répartir les efforts horizontaux sismiques dans le plancher (diaphragme) ou par tirant.

Toutefois, les efforts horizontaux et moment ne sont pas seuls responsables du diamètre choisi, mais les longueurs pourront être optimisées.

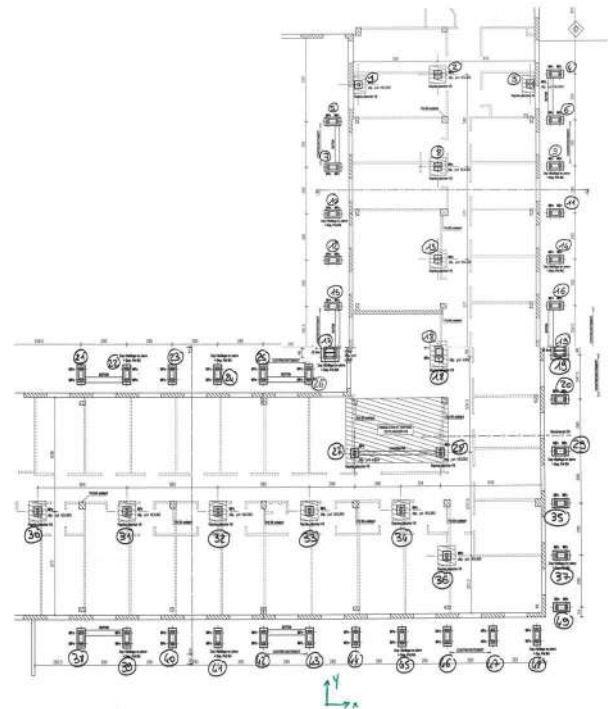
7.3. Présentation solution micropieux

7.3.1. Adaptation micropieux / surélévation

Dimensions et nombre micropieux						
Pieu	Localisation	D (m)	Nombre	Longueur pieux (m)	Longueur H1 (m)	Longueur H2 (m)
1	Intérieur	0.18	3.00	14	3	8
2	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
3	Intérieur	0.18	3.00	14	3	8
4	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
5	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
6	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
7	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
8	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
9	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
10	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
11	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
12	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
13	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
14	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
15	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
16	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
17	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
18	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
19	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
20	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
21	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
22	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
23	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
24	Extérieur / Incliné	0.25	3.00	11	3	5
25	Extérieur / Incliné	0.25	3.00	12	3	6
26	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
27	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
28	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
29	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
30	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
31	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
32	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
33	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
34	Intérieur	0.18	3.00	16	3	10
35	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
36	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
37	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
38	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
39	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
40	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
41	Extérieur / Incliné	0.25	3.00	11	3	5
42	Extérieur	0.25	3.00	13	3	7
43	Extérieur / Incliné	0.25	3.00	10	3	4
44	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
45	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
46	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
47	Extérieur	0.25	3.00	12	3	6
48	Extérieur	0.25	2.00	10	3	4
49	Extérieur	0.25	2.00	12	3	6

Il est prévu la mise en place de micropieux de longueurs comprises entre 14 et 16m sur les micropieux intérieurs de 180mm et 10 et 13m sur les micropieux extérieurs de 250mm.

L'ensemble des micropieux sont verticaux, à part 4 micropieux sur les systèmes 24, 25, 41 et 43 (inclinés de 7°).



2.00	Système double identique conception efforts horizontaux et moments <100kN
3.00	Système triple intérieur
3.00	Système triple extérieur
3.00	Système triple avec 1 Mcp incliné dans le sens des efforts les plus important

Figure 23 : plan et tableau récapitulatif

Il a été considéré des micropieux encastres dans un système multiple, ces hypothèses seront à confirmer par le bureau d'étude structure.

Ces aspects sont dimensionnants pour les armatures des micropieux.

Hors de cas, les efforts ne pourraient être supportés par la structure seule des micropieux en cas de déplacement libre en tête. Par ailleurs, nous n'avons pas considéré les moments dérivés des excentremments en plus des moments appliqués en sismiques.

Ces moments liés aux excentremments seront à confirmer en phase G3, avec la mise à jour des charges et la confirmation des hypothèses de dimensionnement.

On considèrera dans tous les cas un suivi renforcé de réalisation de ces micropieux.

Les micropieux auront une longueur de 16m maximum, soit 2m au-delà de la profondeur investiguée. On prévoira la réalisation d'au moins deux essais de conformité sur un micropieu de la longueur maximale.

Les micropieux seront ancrés dans l'horizon 2 de marnes grises.

Pendant la réalisation des micropieux, il conviendra de prévoir :

- Un suivi des vibrations (étude des vibrations),
- Un suivi des volumes précis (en présence de vide/cave),
- Un suivi des paramètres de forages et d'injection,
- La réalisation d'au moins 2 essais de conformité,
- Le suivi renforcé de réalisation (levé topographique : déviation maximum de 0.05m).

7.3.2. Précision dimensionnement micropieux

Nous avons réalisé le dimensionnement en considérant des micropieux de classe 1bis, de catégorie 18 (foré simple).

Il a été retenu des micropieux type II, catégorie 18, classe 1bis et un diamètre Ø 180mm. Les micropieux présenteront des longueurs de 10m à 16m maximum, en considérant une tête de micropieux à 44.1mNGF, côte du plancher fini.

Les tubes d'armature prévus sont de diamètre :

- 88.9mm et d'épaisseur 12mm ou équivalent, dans un forage en 180mm pour les micropieux intérieurs,
- **101mm et d'épaisseur 12.5mm ou équivalent, dans un forage en 180mm pour les micropieux intérieurs du système 2,**
- 114mm et d'épaisseur 12mm ou équivalent, dans un forage en 250mm pour les micropieux extérieurs en 250mm, pour la majorité des micropieux,
- **114mm et d'épaisseur 16mm ou équivalent, dans un forage en 250mm pour les micropieux extérieurs double (système 48).**

Pour tous les systèmes, nous avons considéré une épaisseur sacrifiée à la corrosion de 0.9mm, correspondant à une durée d'utilisation de 75ans (à valider par le maître d'œuvre), pour des sols naturels intacts.

Il conviendra de réaliser à minima 2 essais de conformité dans le cadre de la mise en place de micropieux type II dans ce contexte : charges conséquentes, pas de longueur suffisante des sondages et efforts horizontaux à prendre en compte.

On prévoira également 2 essais de contrôle.

Il conviendra de vérifier les conditions de réalisation en mission G3, après l'élaboration du projet/exécution, et notamment s'assurer de la possibilité de réaliser les micropieux avec le matériel disponible par les entreprises (accès, matériel, place).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. Elles seront à définir en mission G3.

Les entraxes entre les micropieux groupés/doublés seront de 0.36m minimum pour éviter tout effet de groupe (soit $>3x\varnothing$).

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- L'entrepreneur vérifiera 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,
- Contrôler et mesurer précisément les volumes de béton injectés,
- Un suivi renforcé, notamment un suivi topographique et un suivi des vibrations sera à prévoir au niveau des riverains et des bâtiments objet de la surélévation,
- Etayer au besoin les voiles existants,
- Les micropieux devront être suivis par un enregistrement en continu des paramètres de forage et d'injection,
- Les scellements des armatures seront réalisés à l'avancement dans la foulée de la foration,
- Liaisonner les micropieux et la structure par des platines surélevées en tête des micropieux dont les dimensions sont à définir.

Classe de conséquence	Catégorie géotechnique	Pieux de classe 1 à 7 hormis les pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)	Micropieux ou pieux de classe 8 et pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)
1	1	—	Essai de contrôle
	2	—	Essai de conformité
2	2		<u>ou</u> Essai de contrôle
	3	—	Essai préalable dans les sols argileux ($I_p > 20$)
3	3		Essai de conformité <u>et</u> Essai de contrôle

7.3.3. Adaptation contexte existant

Les fondations par micropieux viendront s'inscrire dans un contexte de fondations par massifs existants. Certaines de ces fondations ne respectent pas la garde retrait gonflement des argiles.

Plusieurs préconisations sont à respecter vis-à-vis du risque retrait gonflement des argiles :

- Une dés-imperméabilisation des espaces libres et voiries est également prévue avec le réaménagement du bassin d'eau situé à l'entrée. Nous attirons votre attention sur le fait de ne pas mettre de dispositif d'infiltration à moins de 5.00m d'ouvrage sensible aux phénomènes de retrait/gonflement des sols et d'un contexte argileux sensible à l'eau et peu propice aux infiltrations et de ne pas dégrader la protection aux variations hydriques du sol actuelles,
- Les travaux qui seront menés proches des existants doivent être exécutés avec toutes les précautions nécessaires et suffisantes afin de ne pas risquer de les déstabiliser (suivi des vibrations si nécessaire),
- Le projet VRD veillera à respecter les sujétions d'assainissement, les règles de l'art et les guides techniques IFSTTAR relatif aux phénomènes de retrait/gonflement,
- Rigidification du niveau bas, la rigidité maximale dans le sens de la plus grande portée,
- Coulage des fondations à pleine fouille sur toute la hauteur **et protection des longrines par Biocofra**,
- Vide sanitaire ou une dalle renforcée en armatures et calée sur un Biocofra carton permettant d'encaisser les déformations de soulèvement dues à des phénomènes de gonflement,
- Eviter tout épandage d'eau à proximité de la construction,
- **Entourer les façades par un étanchement de surface suffisamment large (environ 2 mètres) pour éviter les infiltrations jusqu'au niveau des fondations et jusqu'au vide sanitaire ;**
- Supprimer les gros arbres ou mettre en place des écrans anti-racines et respecter une distance de sécurité minimale de 1,5 fois la hauteur adulte de l'arbre entre l'ouvrage et l'arbre.,
- Placer tout drain enterré à une distance minimale de 2 mètres par rapport au nu des fondations.

Les concepteurs s'appuieront sur les sujétions des guides techniques de 2014 de l'IFSTTAR vis-à-vis du retrait gonflement des argiles.

7.4. Présentation solution pieux

7.4.1. Adaptation pieux / extension

Pieu	D (m)	Longueur pieux (m)
1	0.52	8
2	0.62	8
3	0.62	8
4	0.62	8
5	0.62	8
6	0.52	10
7	0.62	8
8	0.52	8
9	0.52	8
10	0.62	8
11	0.52	10
12	0.62	8
13	0.52	8
14	0.62	9
15	0.52	8
16	0.52	8
17	0.52	8
18	0.52	8
19	0.52	8
20	0.62	9
21	0.52	8
22	0.52	8
23	0.62	9
24	0.82	8
25	0.82	8
26	0.62	8
27	0.62	8
28	0.62	8
29	0.62	10
30	0.52	8
31	0.52	8
32	0.52	8
33	0.52	8
34	0.52	10
35	0.52	10
36	0.62	8
37	0.52	8
38	0.52	8
39	0.52	8
40	0.82	8
41	0.82	7
42	0.62	8
43	0.82	8
44	0.62	10
45	0.52	10
46	0.52	10

Il est prévu la mise en place de pieux de longueur de 7 à 11m, avec un ancrage minimal de 1m dans l'horizon 2 marneux.

Les pieux considérés ont des diamètres de 0.52m à 0.82.

Les appuis 41 et 65 sont soumis à des efforts trop importants (respectivement 295kN à 396) en x ou y, ils devront être doublés : 2 pieux de 620mm minimum.

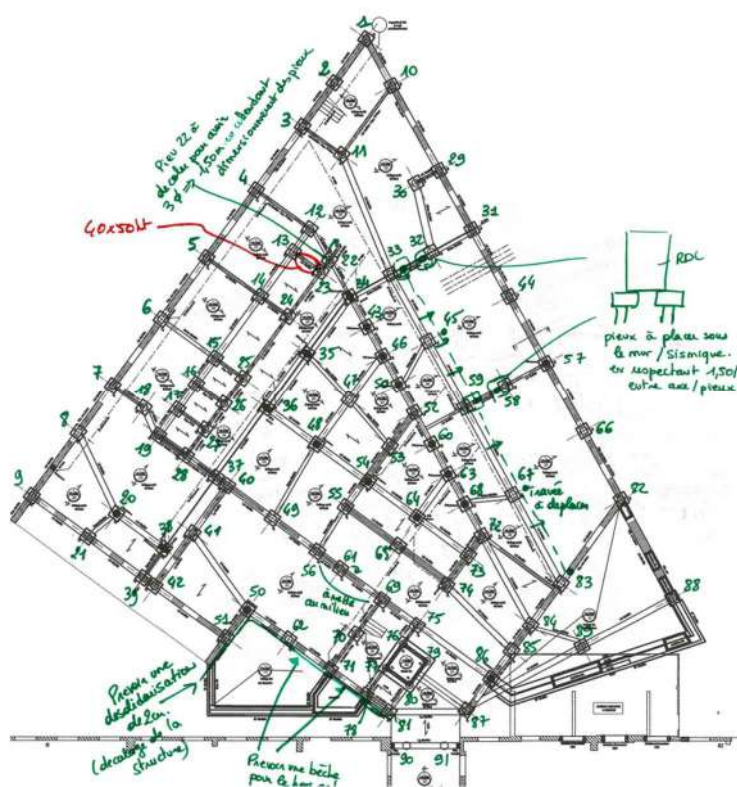


Figure 24 : plan et tableaux récapitulatifs dimensions pieux

Il a été considéré des pieux articulés, ces hypothèses seront à confirmer par le bureau d'étude structure. Ces aspects sont dimensionnants pour les armatures des pieux et diamètres des pieux. Hors de cas, les efforts ne pourraient être supportés par la structure seule des pieux en cas de déplacement libre en tête.

Les pieux seront ancrés dans l'horizon 2 de marnes grises.

Ils seront réalisés avec une technique foré simple.

Pendant la réalisation des pieux, il conviendra de prévoir :

- Un suivi des vibrations (étude des vibrations) à proximité des bâtiments existants,
- Un suivi des volumes précis,
- Un suivi des paramètres de forages et d'injection.

Il est nécessaire de doubler les pieux des appuis **41 et 65**.

Le respect d'entraxe des trois diamètres est à prévoir pour les pieux.

Toutefois, au cas par cas, il est possible de considérer un effet de groupe, limitant ainsi la portance, bien que cet effet soit limité dans l'horizon marneux.

Il était précisé que la distance de 3 diamètres entre les pieux 37 et 40 et 39 et 42 n'était pas respectée. Même en considérant deux pieux accolés, on aurait un C_e de 0.75, soit une réduction de 25% de la portance, cela n'aura pas d'impact sur ces 4 pieux dont la portance sera assurée avec les longueurs prévues dans notre rapport.

Une optimisation du type de pieux pourrait proposer à l'appui de la confirmation de la faisabilité avec une technique en tarière creuse. Il faudra que l'entreprise confirme la possibilité de réaliser l'ancrage de 1m à 3m des pieux dans l'horizon marneux (pieu test si nécessaire). L'ancrage pourrait être limité à 1m en cas d'adaptation du diamètre de pieux.

Ces principes seront à étudier en phase G3.

7.4.2. Condition de réalisation et disposition constructives des pieux

Il conviendra de vérifier les conditions de réalisation en mission G3, et notamment s'assurer de la possibilité de réaliser les pieux avec le matériel disponible par les entreprises (accès, matériel, place).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. Elles seront à définir en mission G3.

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- L'entrepreneur vérifiera que le type de pieux et la puissance du matériel qu'il propose permettront de réaliser les ancrages demandés pour assurer les capacités portantes retenues,
- S'assurer de la bonne tenue des forages avec un tubage provisoire ponctuel, si nécessaire,
- De curer soigneusement la base des pieux avant coulage du béton, ce dernier devant absolument être coulé dans la foulée,
- L'entreprise de fondations spéciales prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les fondations des bâtiments voisins,

La réalisation d'essais de contrôle par impédance (3 essais de contrôle) conformément à la norme NFP94-262.

Des essais d'impédance complémentaires seront nécessaires à réaliser.

7.5. Terrassabilité, terrassement et traficabilité

7.5.1. Traficabilité en phase provisoire

Les horizons 1 et 0 peuvent être sensibles à l'eau. Des arrivées d'eau peuvent causer des instabilités des pentes et des défauts de portance sous nappe, rendant le chantier non trafficable.

Une couche de matériaux granulaire pourrait être nécessaire pour clouter le sol.

7.5.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais ponctuels concerne les horizons superficielles 0 et 1.

Les déblais ne nécessiteront pas de difficulté particulière d'extraction et pourront être réalisés à l'aide de moyens classiques. Il convient par ailleurs de prévoir l'utilisation de moyens de découpe particulier pour les dallages, réseaux et potentiels débris qui pourraient être présents au niveau de l'ancien bâtiment démoli.

7.5.3. Terrassement des matériaux

Nous préconisons des pentes de 3H/2V dans les horizons 0 et 1.

En fonction des arrivées d'eau, il pourra être nécessaire d'adapter ces dernières.

7.6. Niveau bas

Les niveaux bas des ouvrages sont prévus sur dalle portée sur vide sanitaire ou sur un coffrage perdu type Biocofra.

Le biocofra aura une épaisseur minimale de 5cm.

7.7. Prescriptions générales et sismiques

Les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

- D'adapter les longueurs d'ancrages des pieux en fonction des couches rencontrés (enregistrement de paramètres). Les missions G3 et G4 s'assureront de la bonne longueur et valideront les ancrages,
- De mettre en place des joints de construction (joint parasismique) entre chaque partie d'ouvrage (notamment entre chaque zone de répartition des efforts sismiques : à confirmer par un bureau d'étude structure),
- Prévoir tous éléments raidisseurs dans la structure, tels que chainage, voiles, même courts en longueur. Des tirants pourraient être nécessaires pour optimiser les micropieux et pieux.
- D'assurer l'ancrage dans l'horizon H2,
- De s'assurer du suivi de réalisation des micropieux et des pieux.

On veillera à ne pas détériorer les fondations des mitoyens.

8. Principe de vérification des fondations par micropieux

8.1. Principes et hypothèses

8.1.1. Analyse du contexte et principe d'adaptation

Le dimensionnement des fondations a été mené conformément à la norme NFP 94-262 – Eurocode 7 de Juillet 2012 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations profondes) et son amendement de Juillet 2018.

De plus, on notera les points suivants :

- L'approche retenue est celle du " modèle de terrain ",
- Aucun frottement négatif n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé,
- Aucun effort de traction n'a été pris en compte,
- **Aucun effet de groupe n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé.**

Il est proposé de mettre en œuvre des micropieux type 2 de 10 à 17m de longueur, tout en respectant les conditions d'ancrage de la norme NF P 94-262 – fondations profondes.

La réalisation de 2 essais de conformité est à prendre en considération conformément à la norme NFP94-262.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

8.1.2. Documents de référence et méthode de calcul

➤ Capacité portante

Au sens de la norme le critère de limitation de la charge verticale sous fondation profonde à vérifier pour un modèle de calcul « terrain » est :

$$V_d \leq \frac{\sum A_{si} \times q_{si}}{F_{qs}}$$

où :

V_d est la valeur de calcul de la composante vertical de la charge transmise par la fondation profonde au terrain ;

A_{si} est la surface latérale de la fondation pour la « ième » couche de terrain ;

q_{si} est la valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la « ième » couche de terrain ;

F_{qs} est le coefficient partiel « combiné » appliqué sur le terme de frottement latéral (égal à γ_R x γ_{R,d1} x γ_{R,d2}) dépendant de la situation de calcul et du travail en compression ou traction ;

Les termes du critère de limitation de la charge sont définis dans la NF P94-262 de la façon suivante :

$$q_{si} = \min (q_s^{\max} ; \alpha_{pieu}^{\text{sol}} \times f_{\text{sol}})$$

avec :

$q_s^{\max}$ est la valeur maximale de frottement axial unitaire limite mobilisable dans une formation de nature donnée pour une technique de mise en œuvre donnée (annexe F et G 5.2.3) ;

$\alpha_{pieu}^{\text{sol}}$ est un paramètre adimensionnel qui dépend à la fois du type de micropieu et du type de sol défini dans la norme (annexe F) ;

f_{sol} est une fonction qui ne dépend que du type de sol et des valeurs de pression limite pressiométrique.

$$F_{qs} = \gamma_R \times \gamma_{R,d1} \times \gamma_{R,d2}$$

avec :

γ_R est le facteur partiel de résistance pour la portance et la résistance de traction des micropieux (annexe C.2.3) ;

$\gamma_{R,d1}$ est la valeur du coefficient partiel du modèle lié à la dispersion du modèle de calcul (article 9.2.5) décrite dans les annexes F ;

$\gamma_{R,d2}$ est la valeur du coefficient partiel lié au calage des méthodes de calcul décrites dans les annexes F sur la pratique antérieure (article 9.2.5).

	Compression
$\gamma_{R,d1}$	2
$\gamma_{R,d2}$	1,1

	Compression	Compression
Ycr Caractéristiques	0.9	0.9
Ycr Caractéristiques	1.1	1.5
γ_R elu	1.1	1.1
γ_R elu acc	1.1	1.1

8.1.3. Modélisation géotechnique

On retiendra dans les horizons 1 et 2, les paramètres suivants :

	Horizon 0	Horizon 1	Horizon 2
Courbe :	Négligé	Q1	Q4
a		0,003	0.008
b		0,04	0.08
c		3.5	3
Micropieux		Catégorie 18	Catégorie 18
$\alpha_{pieu-sol}$		1.1	1.5
q_s max (kPa)		90	170
PI retenu (kPa)		1000	4000
q_s retenu (kPa)		45	167

Le frottement latéral unitaire q_s à considérer dans les calculs est donné dans les tableaux ci-dessous (valeurs à retenir pour l'application de l'Eurocode 7 / modèle de terrain – micropieux – catégorie 18).

Nota : Le frottement latéral unitaire limite est choisi selon le type de pieux indiqué. Tout autre choix devra être justifié par l'Entreprise chargée des travaux, en fonction du mode d'exécution, des moyens, et de la mise en œuvre des pieux.

Pour un micropieu de type de 180mm de diamètre de catégorie 18 de 12 et 16m de profondeur, selon la Norme NF P 94-262 de juillet 2012 et son amendement 1 modifié de 2018, le tableau suivant récapitule les valeurs de calcul de la portance de la fondation sont les suivantes (en kN) :

2.00	Système double identique conception efforts horizontaux et moments <100kN				
3.00	Système triple intérieur				
3.00	Système triple extérieur				
3.00	Système triple avec 1 Mcp incliné dans le sens des efforts les plus important				

Avec : $R_{c;d}$: valeur de calcul de la portance pour la combinaison correspondante (ELU fondamentale ou accidentelle),
Avec : $R_{c;cr;d}$: valeur de calcul de la charge de fluage de compression pour la combinaison correspondante (ELS caractéristique ou quasi permanent).
Les calculs ont été réalisés à l'aide d'une feuille de calcul.

8.3. Reprise des efforts horizontaux et moments

8.3.1. Modules linéiques

Le calcul est réalisé en élasto-plasticité, en considérant pour chaque sol le module linéique de mobilisation de la pression frontale (horizontalement), avec :

$$\text{A court terme : } K_{f,CT} = \frac{12 \times E_M}{\frac{4}{3} \times [2.65]^{\alpha + \alpha}} \text{ pour un diamètre de micropieu } \varnothing < 0.25\text{m}$$

$$\text{A long terme : } K_{f,LT} = \frac{K_{f,CT}}{2}$$

Ces modules linéiques permettent de déduire les coefficients de raideur maximum $k_{f,CT}$, et $k_{f,LT}$ pour chaque sol et pour le diamètre de pieu considéré tels que : $k_{f,CT} = \frac{K_{f,CT}}{\varnothing}$, $k_{f,LT} = \frac{K_{f,LT}}{\varnothing}$

A proximité de la surface, une dégradation du coefficient de raideur est considérée sur une hauteur égale à $4 \varnothing$ ou 1.5m minimum en surface conformément à la norme NF P 94-262.

Les modules linéiques maximum en translation sont synthétisés dans le tableau suivant :

- Micropieux diamètre 180mm :

	Linéiques Court terme $K_{f,CT}$ (kPa)	Raideur Court terme $k_{f,CT}$ (kPa)	Linéiques Long terme $K_{f,LT}$ (kPa)	Raideur Long terme $k_{f,LT}$ (kPa)	Linéiques Séisme $K_{f,sis}$ (kPa)	Raideur sismique $k_{f,CT}$ (kPa)
Horizon n°0	22468	124820	11234	62410	67403	374460
Horizon n°1	44935	249640	22468	124820	134806	748921
Horizon n°2	375379	2085439	187689	1042719	1126137	6256316

- Micropieux diamètre 250mm :

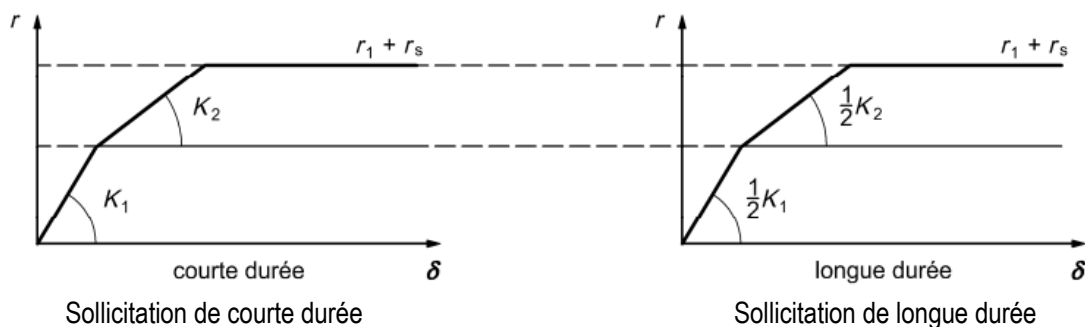
	Linéiques Court terme $K_{f,CT}$ (kPa)	Raideur Court terme $k_{f,CT}$ (kPa)	Linéiques Long terme $K_{f,LT}$ (kPa)	Raideur Long terme $k_{f,LT}$ (kPa)	Linéiques Séisme $K_{f,sis}$ (kPa)	Raideur sismique $k_{f,CT}$ (kPa)
Horizon n°0	22468	89870	11234	44935	67403	269611
Horizon n°1	44935	179741	22468	89870	134806	539223
Horizon n°2	375379	1501516	187689	750758	1126137	4504547

Les efforts horizontaux sur les micropieux seront repris par butée dans le sol, ce qui conduit à une pression sur le sol qui doit être limitée à p_f^* la pression de fluage nette du sol (modèle élastoplastique) à long terme et à p_l^* la pression limite du sol à court terme.

Les calculs ont été réalisés sur les modules piedcoef+ et groupie sont présentés en annexe 5.

Les résultats nous montrent une déformée de **3mm à 23mm maximum** due au moments et efforts horizontaux combinés. A noter que nous ne considérons pas la butée des massifs sur le sol.

La loi de mobilisation de la réaction frontale du terrain en fonction du déplacement doit être définie par :



Les paliers r_1 et r_2 sont définies par :

- $r_1 = B \times p_f^*$
- $r_2 = B \times p_l^*$

Avec :

- B = largeur de la fondation
- p_l^* = pression limite du sol
- p_f^* = pression de fluage du sol

8.3.2. Résistance interne des micropieux à la flexion composée

Les sollicitations internes sont reprises par l'armature du micropieu en flexion composée. Au sens de l'Eurocode 2, on définira les valeurs de résistance N_{rd} , $M_{rd,x}$, comme étant respectivement la résistance à un effort axial de compression ou de traction, et le moment de flexion orienté selon l'axe considéré du profilé.

Les efforts horizontaux ont donc été pris équivalents à ceux obtenus dans le modèle groupé.

Nous avons calculé les moments résultants de ces efforts en considérant un diamètre de 88.9mm et de section 14mm avec l'application d'une corrosion de 0.9mm correspondant à une durée d'utilisation de 75ans sur sol naturel intact.

Le choix d'armature sera à valider en mission G3.

Il en résulte :

	Résultats flexion composée	Résultats flexion composée	Résultats flexion composée	Résultats flexion composée
$\emptyset$	0.180	0.180	0.250	0.250
Armatures/section	88.9mm/12mm	101mm/12.5mm	114mm/12mm	114mm/16mm
Moment (kN/m)	14	26	36	46
Compression (kN)	355	404	317	151
$\Sigma I (f_y/\gamma_{Mo}) =$	0.796	0.982	0.91	0.882

NOTE IMPORTANTE : on accordera une attention particulière à l'implantation des micropieux, ces derniers étant très sensibles aux moments en flexion générés par les excentremments. On rappelle à toutes fins utiles que les règles d'usage considèrent une tolérance maximale de 5 centimètres sur l'implantation des

micropieux. Ce moment sera à prendre en considération, en phase EXE, après avoir validé les principes de dimensionnement.

Cette tolérance devra être prise en compte dans le calcul des sections d'acier si aucunes dispositions de structure béton armé ne redresse l'effort excentré en tête de micropieux. De même, la tolérance de verticalité est de 2% de la longueur pour les micropieux.

9. Principe de vérification des fondations par pieux

9.1. Principes et hypothèses

9.1.1. Analyse du contexte et principe d'adaptation

Le dimensionnement des fondations a été mené conformément à la norme NFP 94-262 – Eurocode 7 de Juillet 2012 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations profondes) et son amendement de Juillet 2018.

De plus, on notera les points suivants :

- L'approche retenue est celle du " modèle de terrain ",
- Aucun frottement négatif n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé (pas de remblai),
- Aucun effort de traction n'a été pris en compte,
- Mise en œuvre sans refoulement de sol (coefficient 0.5 et 0.7 respectivement sur la pointe et sur le frottement),
- **Aucun effet de groupe n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé.**

Il est proposé de mettre en œuvre des pieux de 7 à 11m de longueur, tout en respectant les conditions d'ancrage de la norme NF P 94-262 – fondations profondes de 1m dans l'horizon 2.

Il a été considéré des pieux forés simple classe 1, catégorie 1.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

9.1.2. Documents de référence et méthode de calcul

Capacité portante

- Au sens de la norme le critère de limitation de la charge verticale sous fondation profonde à vérifier pour un modèle de calcul « terrain » est :

$$V_d \leq \frac{\sum A_{si} \times q_{si}}{F_{qs}} + \frac{A_b \times k_p \times Pl_e}{F_{qb}}$$

où :

V_d est la valeur de calcul de la composante vertical de la charge transmise par la fondation profonde au terrain ;

A_{si} est la surface latérale de la fondation pour la « ième » couche de terrain ;

q_{si} est la valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la « ième » couche de terrain ;

Fqs est le coefficient partiel « combiné » appliqué sur le terme de frottement latéral (égal à $\gamma_R = \gamma_{R,d1} \times \gamma_{R,d2}$) dépendant de la situation de calcul et du travail en compression ou traction ;
Les termes du critère de limitation de la charge sont définis dans la NF P94-262 de la façon suivante :

$$q_{si} = \min (q_s^{\max} ; \alpha_{pieu}^{sol} \times f_{sol})$$

avec :

- Vd est la valeur de calcul de la composante vertical de la charge transmise par la fondation profonde au terrain ;
- Asi est la surface latérale de la fondation pour la « ième » couche de terrain ;
- qsi est la valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la « ième » couche de terrain ;
- Fqs est le coefficient partiel « combiné » appliqué sur le terme de frottement latéral (égal à $\gamma_R \times \gamma_{R,d1} \times \gamma_{R,d2}$) dépendant de la situation de calcul et du travail en compression ou traction ;
- Ab est la surface de la base de la fondation profonde ;
- kp est le coefficient de portance pressiométrique en base de la fondation profonde ;
- ple* est la pression limite nette équivalente ;
- Fqb est le coefficient partiel « combiné » appliqué sur le terme de pointe. Ce coefficient dépend également de la situation de calcul.

avec :

γ_R est le facteur partiel de résistance pour la portance et la résistance de traction des micropieux (annexe C.2.3) ;

$\gamma_{R,d1}$ est la valeur du coefficient partiel du modèle lié à la dispersion du modèle de calcul (article 9.2.5) décrite dans les annexes F et G selon la méthode utilisée (pressiométrique ou pénétrométrique) ;

$\gamma_{R,d2}$ est la valeur du coefficient partiel lié au calage des méthodes de calcul décrites dans les annexes F sur la pratique antérieure (article 9.2.5).

Méthode	Pressiomètre	Pressiomètre
	Compression	Traction
$\gamma_{R,d1}$	1,15	1,4
$\gamma_{R,d2}$	1,1	1,1

	Compression	Traction
Ycr Caractéristiques	0.9	0.9
Ycr Caractéristiques	1.1	1.5
γ_R elu	1.1	1.1
γ_R elu acc	1	1

9.1.3. Modélisation géotechnique

On retiendra les paramètres suivants dans les horizons :

	Horizon 0	Horizon 1	Horizon 2
Courbe :	Négligé	Q1	Q4
a		0,003	0.008
b		0,04	0.08
c		3.5	3
Micropieux		Catégorie 18	Catégorie 18
$\alpha_{\text{pieu-sol}}$		1.1	1.5
q_s max (kPa)		90	170
PI retenu (kPa)		1000	4000
q_s retenu (kPa)		45	167
q_b retenu (kPa)			5800

Le frottement latéral unitaire q_s à considérer dans les calculs est donné dans les tableaux ci-dessus (valeurs à retenir pour l'application de l'Eurocode 7 / modèle de terrain –pieux – catégorie 1).

Nota : Le frottement latéral unitaire limite est choisi selon le type de pieux indiqué. Tout autre choix devra être justifié par l'Entreprise chargée des travaux, en fonction du mode d'exécution, des moyens, et de la mise en œuvre des pieux.

9.2. Résultats des calculs

Pour des pieux de 0.52m à 0.82m de diamètre de catégorie 7 de 11m de longueur depuis le terrain naturel (44.1mNGF), ancré de 1m minimum dans l'horizon 2.

Les pieux sont dimensionnés selon la norme NF P 94-262 de juillet 2012 et son amendement 1 modifié de 2018, le tableau suivant récapitule les valeurs de calcul de la portance de la fondation sont les suivantes (en kN) :

Pieu	D (m)	Longueur pieux (m)	Longueur H1 (m)	Longueur H2 (m)	Charge ELS QP (kN)	Charge ELU Fond compression (kN)	Charge max ELU max ACC (kN)	Charge minimale ELU Acc (kN)	Surf. de frottement (m)	Surf. Pointe (m²)	qb (kPa)	Rb (kN)	Rc,Cr, d, ELS QP (kN)	ELS QP Rc, cr,d	Rc,Cr, d, ELU Fond (kN)	ELU fond Rc, cr,d	Rc,Cr, d, ELU Acc (kN)	ELU Acc Rc, cr,d	Rt, d ELU Acc (kN)	ELU Acc Rt, d	Max ABS Aed Fx/Fy (kN)
1	0.52	8	3	2	520.0	717.0	949.0	253.7	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	73.51
2	0.62	8	3	2	790.0	1084.5	1084.5	503.7	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	166.24
3	0.62	8	3	2	880.0	1215.0	1215.0	499.5	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	83.95
4	0.62	8	3	2	970.0	1339.5	1339.5	456.1	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	134.07
5	0.62	8	3	2	1020.0	1410.0	1410.0	302.8	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	109.91
6	0.52	10	3	4	930.0	1285.5	1285.5	609.3	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	33.91
7	0.62	8	3	2	880.0	1212.0	1212.0	479.3	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	116.30
8	0.52	8	3	2	630.0	870.0	870.0	353.9	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	35.59
9	0.52	8	3	2	480.0	660.0	660.0	311.6	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	64.09
10	0.62	8	3	2	1080.0	1495.5	1495.5	848.9	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	103.28
11	0.52	10	3	4	1070.0	1497.0	1497.0	632.0	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	34.19
12	0.62	8	3	2	800.0	1110.0	1110.0	628.9	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	121.12
13	0.52	8	3	2	630.0	873.0	873.0	389.6	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	70.93
14	0.62	9	3	3	1110.0	1533.0	1533.0	800.7	1.95	0.302	5800	1750	1257.6	ok	2155.9	ok	2371.5	ok	811.5	ok	169.81
15	0.52	8	3	2	710.0	987.0	987.0	398.1	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	65.69
16	0.52	8	3	2	470.0	651.0	651.0	226.6	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	66.69
17	0.52	8	3	2	400.0	555.0	555.0	141.8	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	76.51
18	0.52	8	3	2	430.0	600.0	600.0	180.7	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	36.65
19	0.52	8	3	2	500.0	697.5	697.5	190.9	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	59.43
20	0.62	9	3	3	1120.0	1554.0	1554.0	774.7	1.95	0.302	5800	1750	1257.6	ok	2155.9	ok	2371.5	ok	811.5	ok	57.18
21	0.52	8	3	2	550.0	765.0	765.0	373.8	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	49.85
22	0.52	8	3	2	350.0	487.5	487.5	203.2	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	29.73
23	0.62	9	3	3	1120.0	1548.0	1548.0	1013.9	1.95	0.302	5800	1750	1257.6	ok	2155.9	ok	2371.5	ok	811.5	ok	154.60
24	0.82	8	3	2	1070.0	1480.5	1480.5	646.1	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	222.49
25	0.82	8	3	2	990.0	1368.0	1368.0	709.1	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	182.53
26	0.62	8	3	2	730.0	1009.5	1009.5	431.3	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	135.25
27	0.62	8	3	2	680.0	940.5	940.5	360.6	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	118.86
28	0.62	8	3	2	950.0	1311.0	1311.0	797.6	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	115.95
29	0.62	10	3	4	1250.0	1732.5	1732.5	799.6	1.95	0.302	5800	1750	1422.2	ok	2391.0	ok	2630.1	ok	1024.0	ok	59.15
30	0.52	8	3	2	570.0	789.0	789.0	320.1	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	40.95
31	0.52	8	3	2	800.0	1110.0	1110.0	675.0	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	57.40
32	0.52	8	3	2	380.0	528.0	528.0	318.6	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	69.92
33	0.52	8	3	2	550.0	772.5	772.5	233.5	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	34.29
34	0.52	10	3	4	1090.0	1509.0	1509.0	815.0	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	50.01
35	0.52	10	3	4	980.0	1359.0	1359.0	739.0	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	44.36
36	0.62	8	3	2	1000.0	1386.0	1386.0	537.6	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	114.36
37	0.52	8	3	2	580.0	805.5	805.5	344.1	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	49.46
38	0.52	8	3	2	640.0	888.0	888.0	408.2	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	20.44
39	0.52	8	3	2	280.0	390.0	390.0	132.7	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	25.36
40	0.82	8	3	2	790.0	1092.0	1092.0	364.1	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	212.47
41	0.82	7	3	1	770.0	1065.0	1065.0	343.0	2.58	0.528	5800	3061	1496.1	ok	2765.9	ok	3042.5	ok	511.2	ok	295.94
42	0.62	8	3	2	680.0	943.5	943.5	151.0	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	169.68
43	0.82	8	3	2	630.0	870.0	870.0	129.9	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	183.68
44	0.62	10	3	4	1250.0	1740.0	1740.0	883.6	1.95	0.302	5800	1750	1422.2	ok	2391.0	ok	2630.1	ok	1024.0	ok	15.80
45	0.52	10	3	4	830.0	1150.5	1150.5	659.0	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	31.37
46	0.52	10	3	4	1000.0	1390.5	1390.5	727.8	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	27.58

Avec : $R_{c;d}$:
valeur de calcul de
la portance pour la
combinaison
correspondante
(ELU fondamentale
ou accidentelle),
 $R_{c;cr;d}$: valeur de
calcul de la charge
de fluage de
compression pour la
combinaison
correspondante
(ELS caractéristique
ou quasi
permanent).

Pieu	D (m)	Longueur pieux (m)	Longueur H1 (m)	Longueur H2 (m)	Charge ELS QP (kN)	Charge ELU Fond compression (kN)	Charge max ELU max ACC (kN)	Charge minimale ELU Acc (kN)	Surf. de frottement (m)	Surf. Pointe (m²)	qb (kPa)	Rb (kN)	Rc,Cr, d, ELS QP (kN)	ELS QP Rc, cr,d	Rc,Cr, d, ELU Fond (kN)	ELU fond Rc, cr,d	Rc,Cr, d, ELU Acc (kN)	ELU Acc Rc, cr,d	Rt, d ELU Acc (kN)	ELU Acc Rt, d	Max ABS Aed Fx/Fy (kN)
47	0.52	10	3	4	860.0	1194.0	1194.0	603.7	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	24.77
48	0.62	11	3	5	1500.0	2070.0	2070.0	1202.7	1.95	0.302	5800	1750	1586.8	ok	2626.2	ok	2888.8	ok	1236.5	ok	32.00
49	0.62	9	3	3	1140.0	1587.0	1587.0	867.8	1.95	0.302	5800	1750	1257.6	ok	2155.9	ok	2371.5	ok	811.5	ok	100.53
50	0.52	8	3	2	720.0	1002.0	1002.0	528.3	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	40.98
51	0.52	8	3	2	430.0	592.5	592.5	351.3	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	22.75
52	0.52	10	3	4	1040.0	1440.0	1440.0	711.7	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	45.49
53	0.62	8	3	2	770.0	1062.0	1062.0	550.2	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	116.01
54	0.82	8	3	2	930.0	1285.5	1285.5	654.7	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	218.07
55	0.82	8	3	2	640.0	880.5	880.5	294.0	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	171.26
56	0.82	8	3	2	790.0	1101.0	1101.0	231.4	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	236.39
57	0.82	8	3	2	1150.0	1597.5	1597.5	785.2	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	249.64
58	0.62	8	3	2	770.0	1065.0	1065.0	486.0	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	106.54
59	0.52	8	3	2	480.0	672.0	672.0	351.0	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	45.66
60	0.52	8	3	2	690.0	961.5	961.5	370.4	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	53.49
61	0.52	9	3	3	920.0	1281.0	1281.0	614.7	1.63	0.212	5800	1231	969.7	ok	1638.0	ok	1801.8	ok	680.6	ok	25.02
62	0.52	8	3	2	790.0	1095.0	1095.0	566.2	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	20.80
63	0.52	9	3	3	960.0	1335.0	1335.0	671.2	1.63	0.212	5800	1231	969.7	ok	1638.0	ok	1801.8	ok	680.6	ok	20.46
64	0.62	8	3	2	830.0	1147.5	1147.5	476.3	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	91.50
65	0.82	8	3	2	580.0	805.5	805.5	355.9	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	396.44
66	0.82	8	3	2	1450.0	2010.0	2010.0	1129.4	2.58	0.528	5800	3061	1713.8	ok	3076.9	ok	3384.6	ok	792.3	ok	92.92
67	0.52	8	3	2	640.0	903.0	903.0	377.3	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	33.11
68	0.52	8	3	2	410.0	576.0	576.0	249.8	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	22.19
69	0.62	8	3	2	800.0	1107.0	1107.0	697.9	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	134.96
70	0.62	8	3	2	590.0	814.5	814.5	408.9	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	141.55
71	0.62	8	3	2	480.0	663.0	663.0	-20.8	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	80.99
72	0.62	9	3	3	1210.0	1686.0	1686.0	902.9	1.95	0.302	5800	1750	1257.6	ok	2155.9	ok	2371.5	ok	811.5	ok	71.30
73	0.62	8	3	2	340.0	471.0	471.0	162.3	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	84.67
74	0.62	8	3	2	1040.0	1443.0	1443.0	547.0	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	100.90
75	0.52	8	3	2	580.0	810.0	810.0	239.3	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	38.99
76	0.62	8	3	2	610.0	846.0	846.0	251.3	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	119.14
77	0.62	8	3	2	570.0	787.5	787.5	266.2	1.95	0.302	5800	1750	1092.9	ok	1920.7	ok	2112.8	ok	599.0	ok	130.29
78	0.52	8	3	2	500.0	690.0	690.0	21.3	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	61.85
79	0.52	8	3	2	430.0	595.5	595.5	215.5	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	46.50
80	0.52	8	3	2	310.0	427.5	427.5	100.8	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	45.73
81	0.52	8	3	2	450.0	627.0	627.0	202.7	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	30.46
82	0.62	10	3	4	1340.0	1851.0	1851.0	1152.8	1.95	0.302	5800	1750	1422.2	ok	2391.0	ok	2630.1	ok	1024.0	ok	153.50
83	0.62	9	3	3	1190.0	1654.5	1654.5	880.8	1.95	0.302	5800	1750	1257.6	ok	2155.9	ok	2371.5	ok	811.5	ok	85.11
84	0.52	8	3	2	830.0	1158.0	1158.0	548.4	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	53.31
85	0.52	10	3	4	1080.0	1491.0	1491.0	803.5	1.63	0.212	5800	1231	1107.7	ok	1835.2	ok	2018.8	ok	858.8	ok	26.74
86	0.52	8	3	2	700.0	975.0	975.0	443.5	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	26.74
87	0.52	8	3	2	800.0	1110.0	1110.0	543.5	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	26.74
88	0.52	8	3	2	630.0	877.5	877.5	391.2	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	66.05
89	0.52	8	3	2	640.0	897.0	897.0	409.7	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	22.71
90	0.52	8	3	2	650.0	910.5	910.5	415.8	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	29.41
91	0.52	8	3	2	580.0	810.0	810.0	387.8	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	20.00
92	0.52	8	3	2	580.0	810.0	810.0	392.0	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	10.88
93	0.52	8	3	2	580.0	810.0	810.0	402.6	1.63	0.212	5800	1231	831.6	ok	1440.8	ok	1584.9	ok	502.4	ok	23.53

9.3. Reprise des efforts horizontaux et moments potentiels

9.3.1. Modules linéiques

Pour information, nous indiquons les modules linéiques, en considérant pour chaque sol le module linéique de mobilisation de la pression frontale (horizontalement), avec :

$$\text{A court terme : } K_{f,CT} = \frac{12 \times E_M}{\frac{4}{3} \times [2.65]^\alpha + \alpha} \text{ pour un diamètre de pieu } \varnothing = 0.52\text{m}$$

$$\text{A court terme : } K_{f,CT} = \frac{12 \times E_M}{\frac{4}{3} \times \frac{B_0}{B} \left[2.65 \times \frac{B}{B_0} \right]^\alpha + \alpha} \text{ pour un diamètre de pieu } \varnothing = 0.62 \text{ et } 0.82\text{m}$$

$$\text{A long terme : } K_{f,LT} = \frac{K_{f,CT}}{2}$$

Ces modules linéiques permettent de déduire les coefficients de raideur maximum $k_{f,CT}$, et $k_{f,LT}$ pour chaque sol et pour le diamètre de pieu considéré tels que : $k_{f,CT} = \frac{K_{f,CT}}{\varnothing}$, $k_{f,LT} = \frac{K_{f,LT}}{\varnothing}$

A proximité de la surface, une dégradation du coefficient de raideur sera à considérer en cas de reprise de moment sur une hauteur égale à 3 $\varnothing$ en surface conformément à la norme NF P 94-262 (1.56, 1.86 et 2.46m).

Les modules linéiques maximum en translation sont synthétisés dans les tableaux suivants :

- Diamètre 520mm

	Linéiques Court terme $K_{f,CT}$ (kPa)	Raideur Court terme $k_{f,CT}$ (kPa)	Linéiques Long terme $K_{f,LT}$ (kPa)	Raideur Long terme $k_{f,LT}$ (kPa)	Linéiques Séisme $K_{f,sis}$ (kPa)	Raideur sismique $k_{f,CT}$ (kPa)
Horizon n°0	22468	43207	11234	21603	67403	129621
Horizon n°1	44935	86414	22468	43207	134806	259242
Horizon n°2	375379	721883	187689	360941	1126137	2165648

- Diamètre 620mm

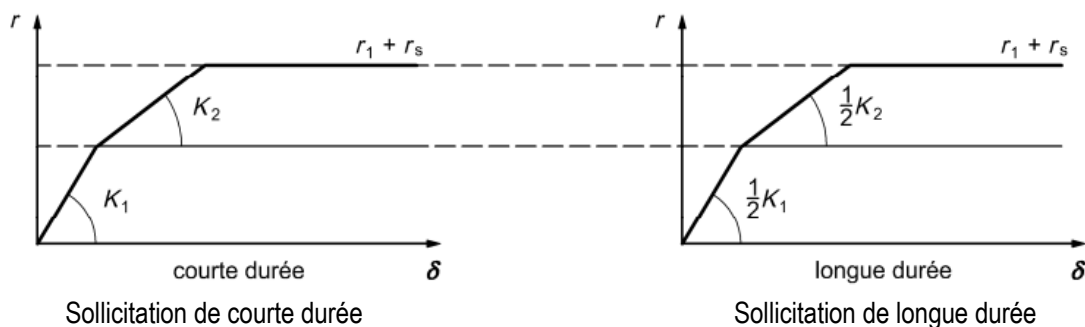
	Linéiques Court terme $K_{f,CT}$ (kPa)	Raideur Court terme $k_{f,CT}$ (kPa)	Linéiques Long terme $K_{f,LT}$ (kPa)	Raideur Long terme $k_{f,LT}$ (kPa)	Linéiques Séisme $K_{f,sis}$ (kPa)	Raideur sismique $k_{f,CT}$ (kPa)
Horizon n°0	22769	126492	11384	63246	68306	110170
Horizon n°1	45537	252984	22769	126492	136611	220341
Horizon n°2	378711	2103949	189355	1051974	1136132	1832471

- Diamètre 820mm

	Linéiques Court terme $K_{f,CT}$ (kPa)	Raideur Court terme $k_{f,CT}$ (kPa)	Linéiques Long terme $K_{f,LT}$ (kPa)	Raideur Long terme $k_{f,LT}$ (kPa)	Linéiques Séisme $K_{f,sis}$ (kPa)	Raideur sismique $k_{f,CT}$ (kPa)
Horizon n°0	25460	141444	12730	70722	76380	93146
Horizon n°1	50920	282887	25460	141444	152759	186292
Horizon n°2	408002	2266679	204001	1133340	1224007	1492691

Les efforts horizontaux considérés sur les pieux sont uniquement dans le cadre d'efforts sismiques (en gras). Nous n'avons utilisé que ces modules. Les autres modules sont indiqués pour information.

La loi de mobilisation de la réaction frontale du terrain en fonction du déplacement doit être définie par :



Les paliers r_1 et r_2 sont définies par :

- $r_1 = B \times p_f^*$
- $r_2 = B \times p_l^*$

Avec :

- B = largeur de la fondation
- p_l^* = pression limite du sol
- p_f^* = pression de fluage du sol

Il conviendra de vérifier les dimensions et de les ajuster le cas échéant en phase G3, en fonction des types de pieux / armatures choisis (fabricant) et également en fonction des vérifications béton armé des pieux.

9.3.2. Matériaux constitutifs

Les caractéristiques retenues dans le dimensionnement sont les suivantes :

- Pieux forés simple, classe 1, catégorie 1
- Produit d'inertie EI du pieu 520mm ELU Acc : 108000 kN.m²
- Produit d'inertie EI du pieu 620mm ELU Acc : 218000 kN.m²
- Produit d'inertie EI du pieu 820mm ELU Acc : 666000 kN.m²

9.3.3. Module de raideur en tête de pieux

Le moment et déplacements obtenus sont les suivants :

	Moment (kN.m)	Déplacement (mm)
Pieu 520mm	144	4
Pieu 620mm	247	3.5
Pieu 820mm	488	3.5

On s'est limité à un seuil de déplacement de 5mm, ce seuil n'est pas atteint.

Ces seuils seront à valider par le BET structure.

Les pieux pris en compte dans les calculs et vérifications ont un diamètre de 0.52m, 0.62m et 0.82m et il appartiendra au bureau d'étude structure de vérifier les armatures et si leurs structures permettent de reprendre les efforts horizontaux. Ces efforts horizontaux sont des efforts sismiques.

10. Maitrises des risques résiduels et opportunités

Les aléas géotechniques résiduels sont les suivants :

- 1- Présence d'un toit de l'horizon H2 variable.
- 2- Les reprises des charges horizontales et hypothèses de dimensionnement,
- 3- Le comportement des existants lors de la réalisation des micropieux/pieux.

Ces aléas peuvent être gérés par les missions géotechniques G3/G4 (EXE) comme suit :

- 1- Un suivi de la réalisation sera à réaliser en G3/G4. Des surprofondeurs sont à prévoir.
Un suivi renforcé de la réalisation des micropieux avec essais préalables est à réaliser et des pieux.
- 2- La catégorie d'ouvrage et les principes de reprises de charges seront à valider par le maître d'œuvre et bureau d'étude structure.
- 3- Un suivi comportemental est à réaliser : fissures, étude de vibrations, cadence des forages réduite.
Durant le chantier, un référentiel préventif des constats d'éventuels fissures ou leur absence est recommandé pour le bâtiment et ses mitoyens.
Le suivi de l'ouvrage après les reprises en sous-œuvre se fait sur une période minimale de 1 an.

11. Observations majeures

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que, conformément à la norme NF P 94-500, relatives aux missions géotechniques, il est recommandé de faire réaliser une Phase projet G2PRO et une mission G3 comprenant l'Etude géotechnique d'exécution ainsi que le Suivi géotechnique d'exécution.

Nous recommandons la réalisation d'une mission G2DCE / ACT.

La réalisation d'une mission G4 est également recommandée (Phases Etude et Suivi).
Ginger CEBTP peut réaliser cette mission.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

Tableau 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 avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

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'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

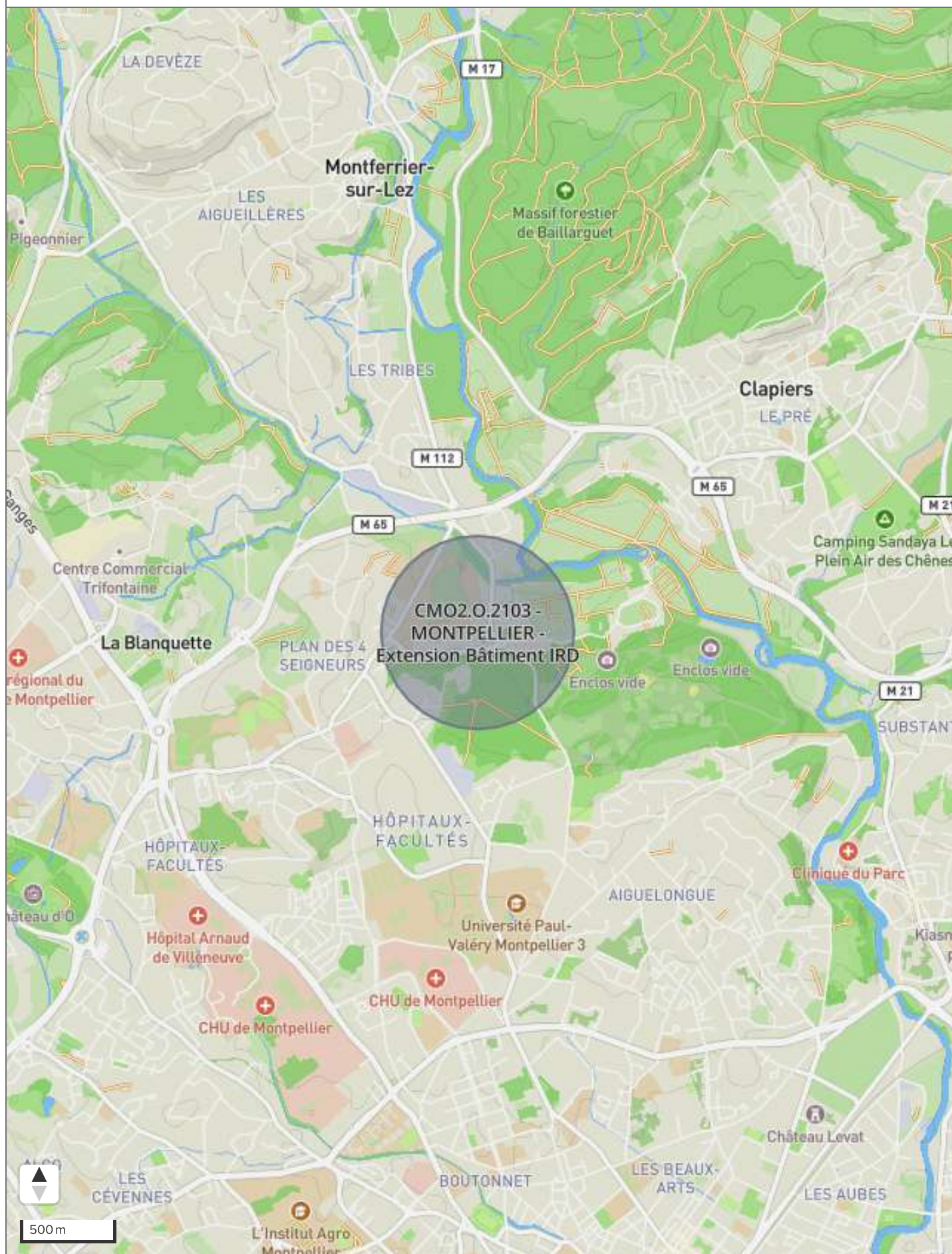
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

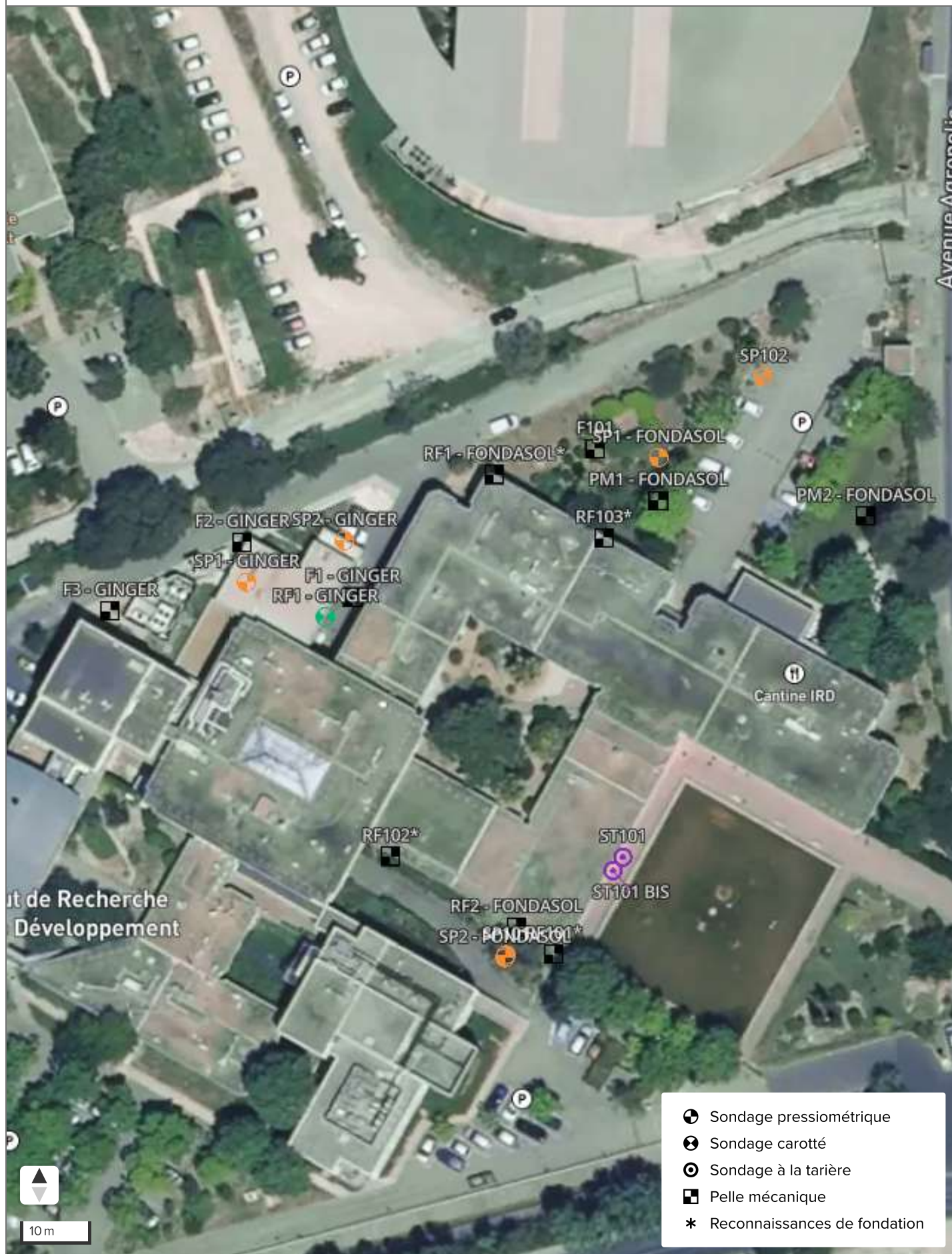
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre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

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

PLAN DE LOCALISATION



PLAN D'IMPLANTATION



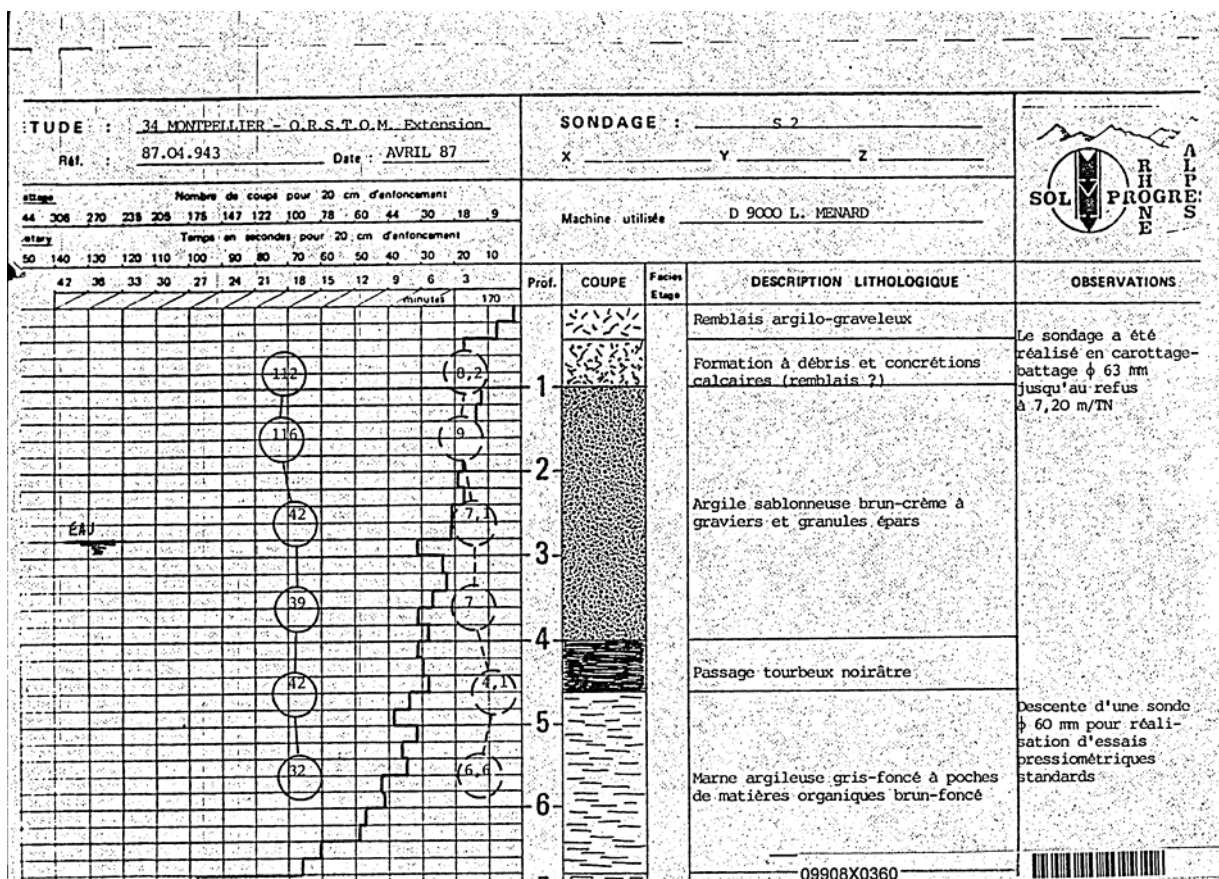
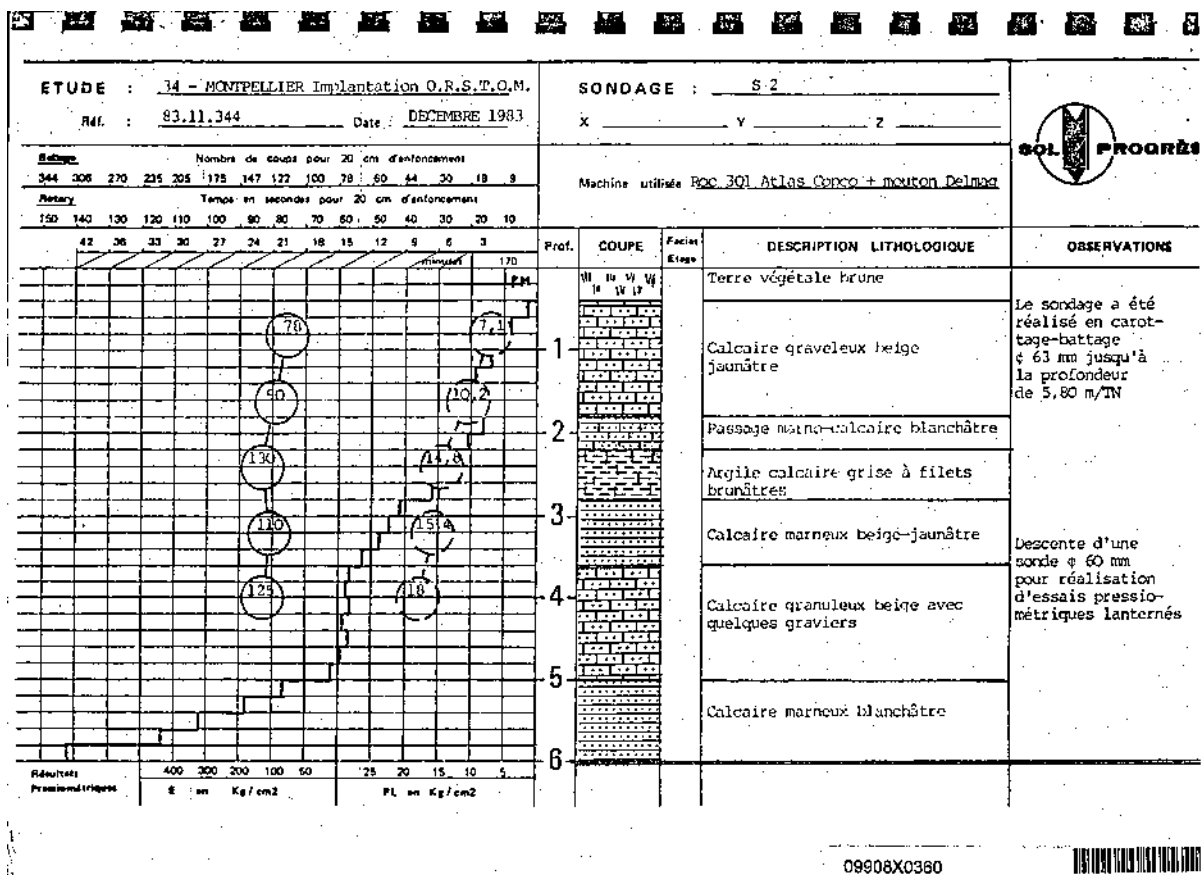
***ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES, SONDAGES DE
RECONNAISSANCE DE FONDATION ET SONDAGE AU PENETROMETRE
DYNAMIQUE***

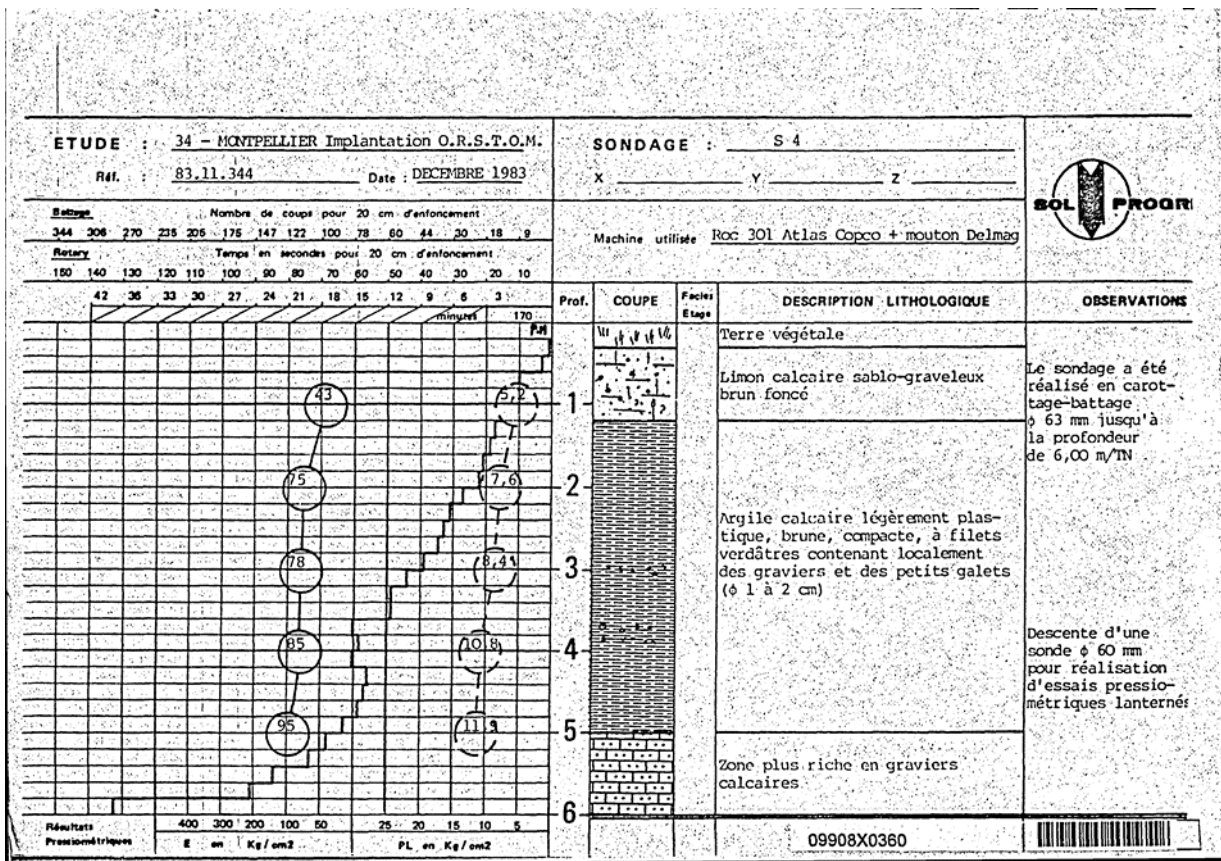
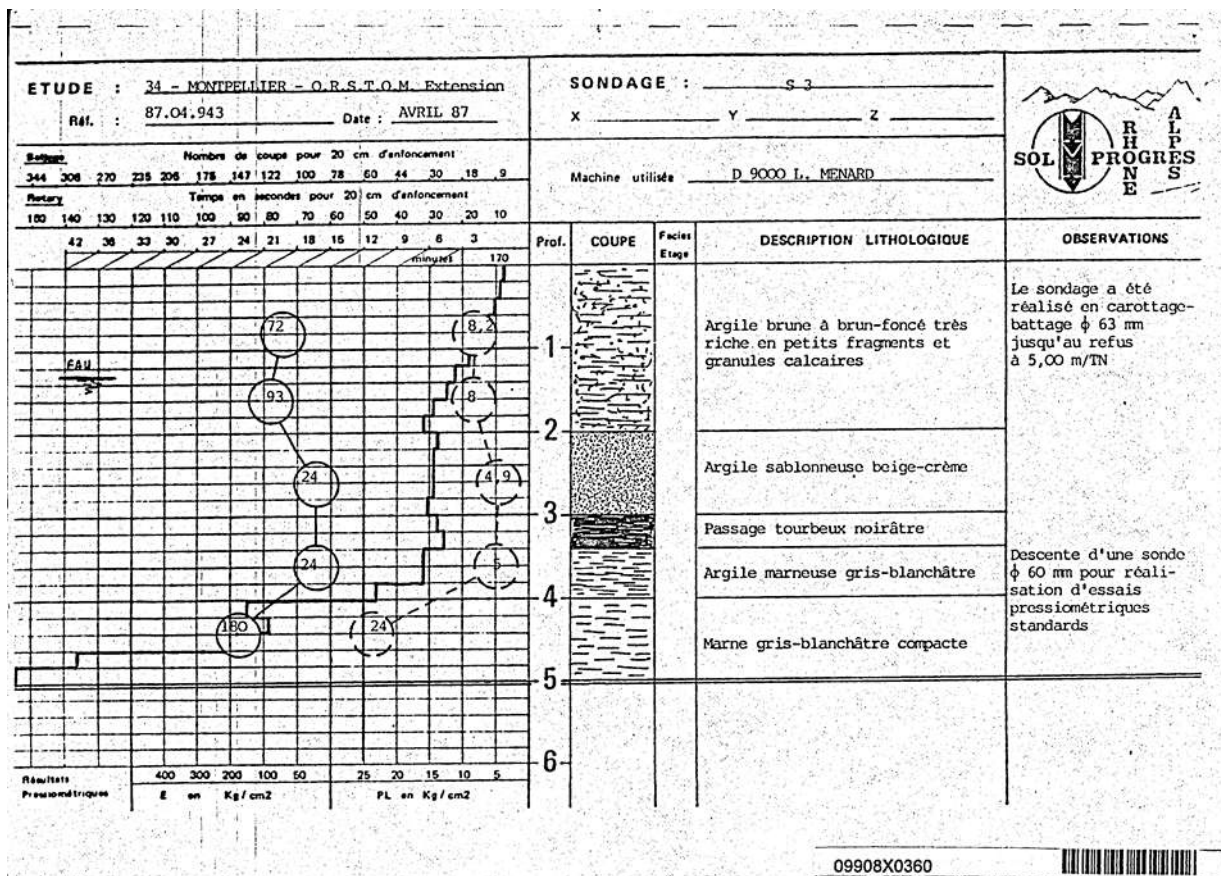
ETUDE : 34 - MONTPELLIER Implantation O.R.S.T.O.M. R#1 : 83.11.344 Date : DECEMBRE 1983		SONDAGE : S 1 X _____ Y _____ Z _____			
Machine utilisée : Roc 301 Atlas Copco + mouton Delmag					
Tableaux : Nombre de coups pour 20 cm d'enfoncement 344 308 270 235 205 176 147 122 100 78 60 44 30 18 9 Retard Temps en secondes pour 20 cm d'enfoncement 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10		Prof. COUPE 1 2 3 4 5 6		DESCRIPTION LITHOLOGIQUE Terre végétale et altération superficielle Calcaire graveleux relativement meuble Passage marneux beige à blanchâtre Calcaire marneux, à niveaux graveleux	OBSERVATIONS Le sondage a été réalisé en carottage-battage ϕ 63 mm jusqu'à la profondeur de 5,40 m/TN Descente d'une sonde ϕ 60 mm pour réalisation d'essais pressiométriques lanternés
Résultats Pressiométriques E en Kg/cm ² PL en Kg/cm ²					

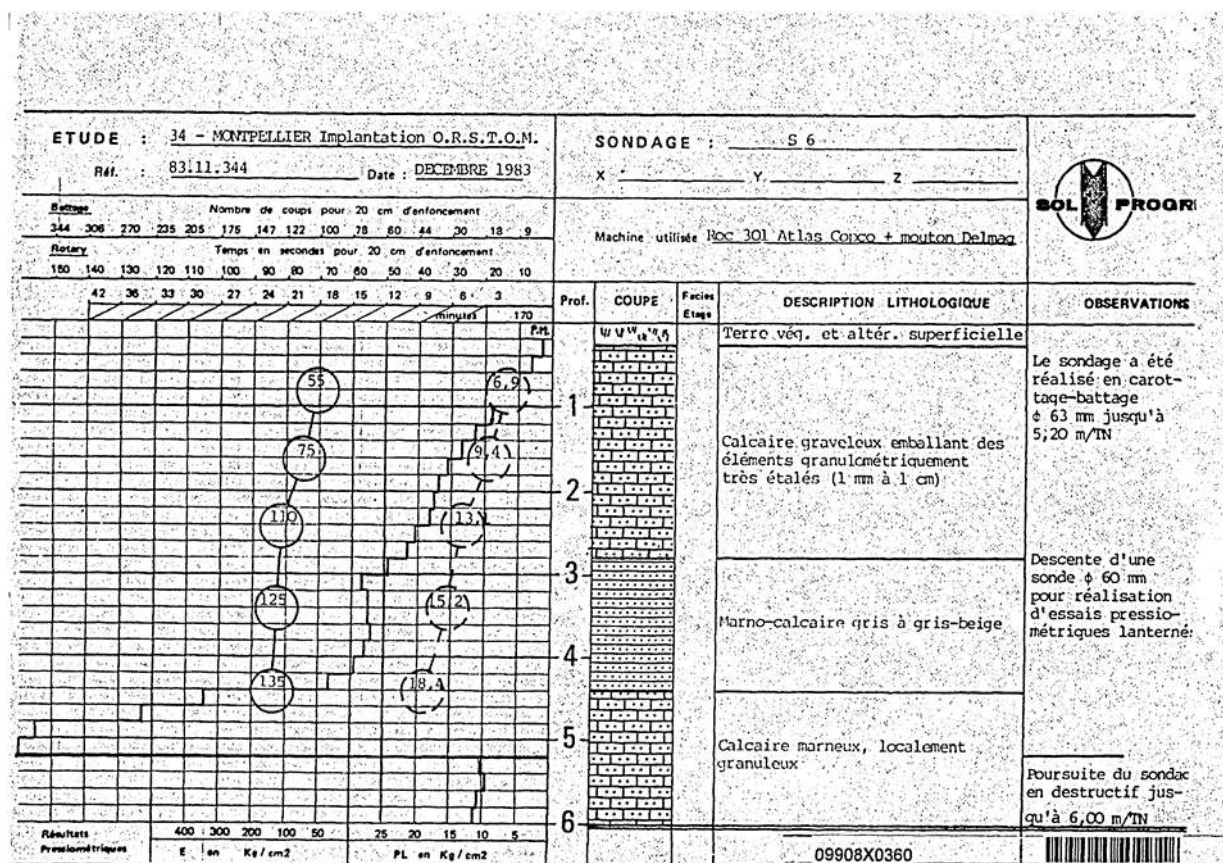
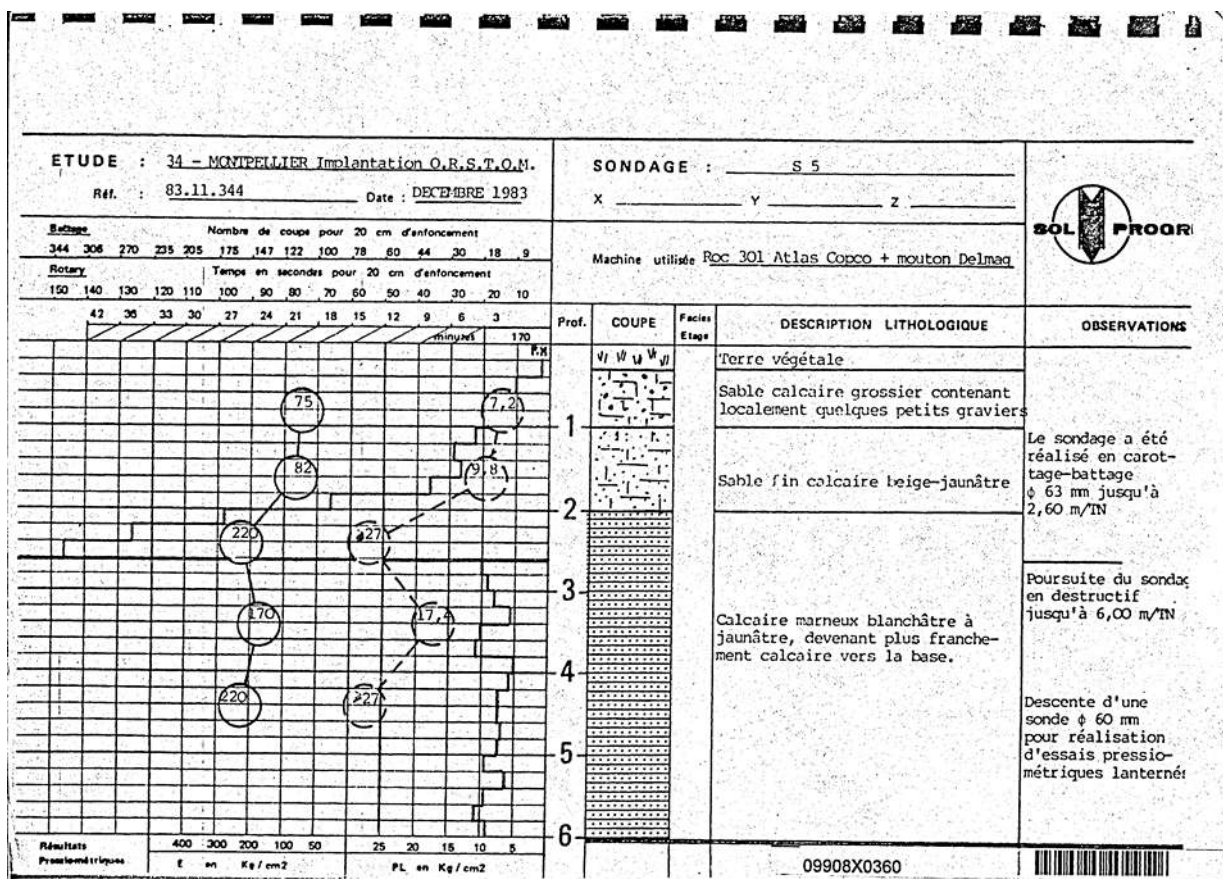
09908X0360

ETUDE : 34 - MONTPELLIER Implantation O.R.S.T.O.M. R#1 : 83.11.344 Date : DECEMBRE 1983		SONDAGE : S 1 X _____ Y _____ Z _____			
Machine utilisée : Roc 301 Atlas Copco + mouton Delmag					
Tableaux : Nombre de coups pour 20 cm d'enfoncement 344 308 270 235 205 176 147 122 100 78 60 44 30 18 9 Retard Temps en secondes pour 20 cm d'enfoncement 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10		Prof. COUPE 1 2 3 4 5 6		DESCRIPTION LITHOLOGIQUE Terre végétale et altération superficielle Calcaire graveleux relativement meuble Passage marneux beige à blanchâtre Calcaire marneux, à niveaux graveleux	OBSERVATIONS Le sondage a été réalisé en carottage-battage ϕ 63 mm jusqu'à la profondeur de 5,40 m/TN Descente d'une sonde ϕ 60 mm pour réalisation d'essais pressiométriques lanternés
Résultats Pressiométriques E en Kg/cm ² PL en Kg/cm ²					

09908X0360







SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1+Pz

Chantier : MONTPELLIER. Extension IRD



Client : IRD

Dossier : CMO2.B.270

Coordonnées du sondage:

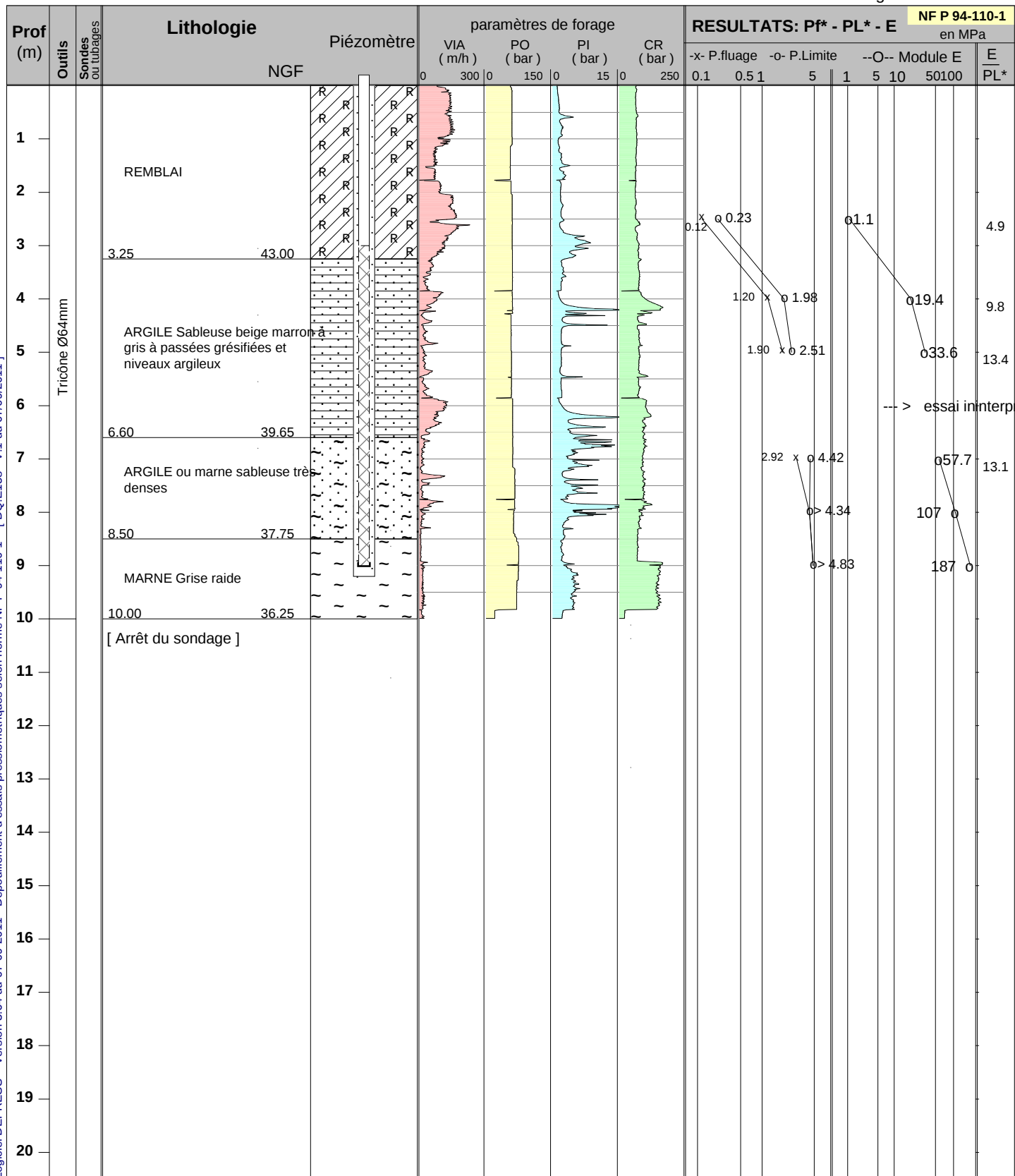
X : Y : Z : 46.25 (NGF)

Ech.Prof: 1/100°

Sondeuse: M236

date de fin de sondage: 12/12/11

Logiciel DEPRESS - Version 3.64 du 07-09-2011 - Dépouillement d'essais pressiométriques selon norme NF P 94-110-1 -- [DQ.E158 - V.1 du 07/09/2011]



Observations : /

Edité le 20/12/2011

Nappe: /

(à la date d'exécution du forage)

Piézomètre installé. Longueur 9m, tube PVC Ø 52mm
crépiné de 3 à 9m. et gravillonnage.

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Chantier : MONTPELLIER. Extension IRD



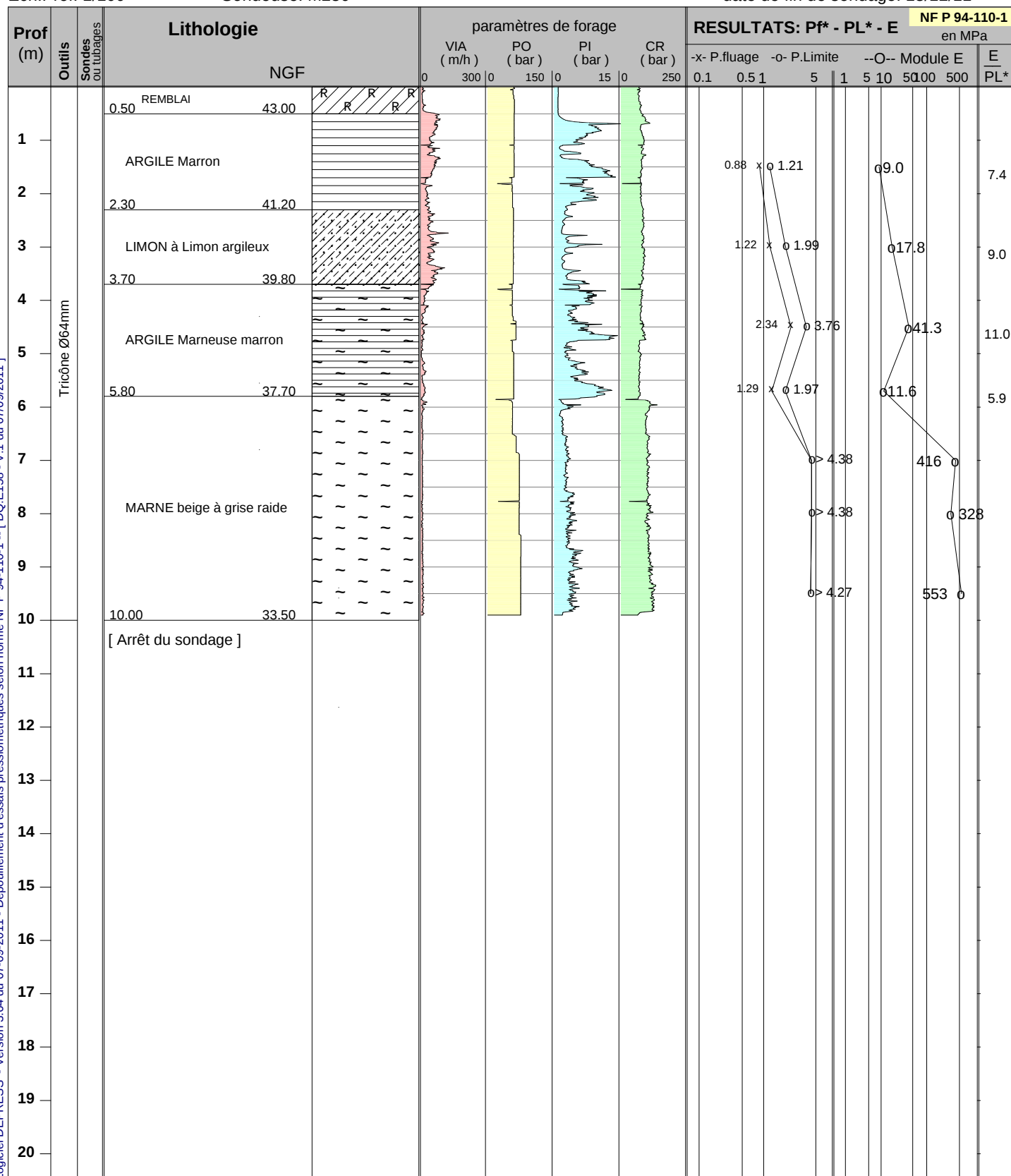
Client : IRD
Dossier : CMO2.B.270
Coordonnées du sondage:
X : Y : Z : 43.5 (NGF)

Ech.Prof: 1/100°

Sondeuse: M236

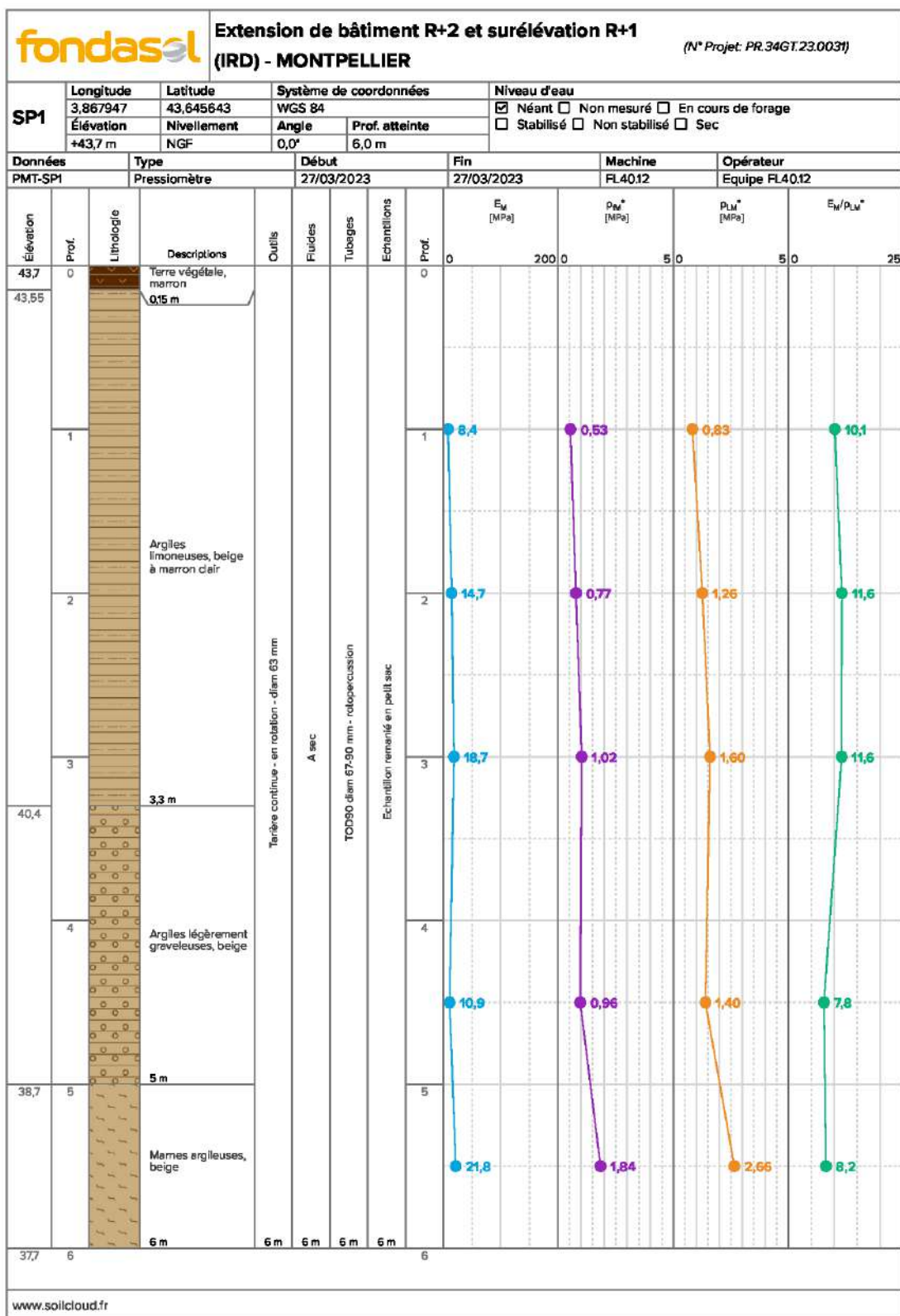
date de fin de sondage: 13/12/11

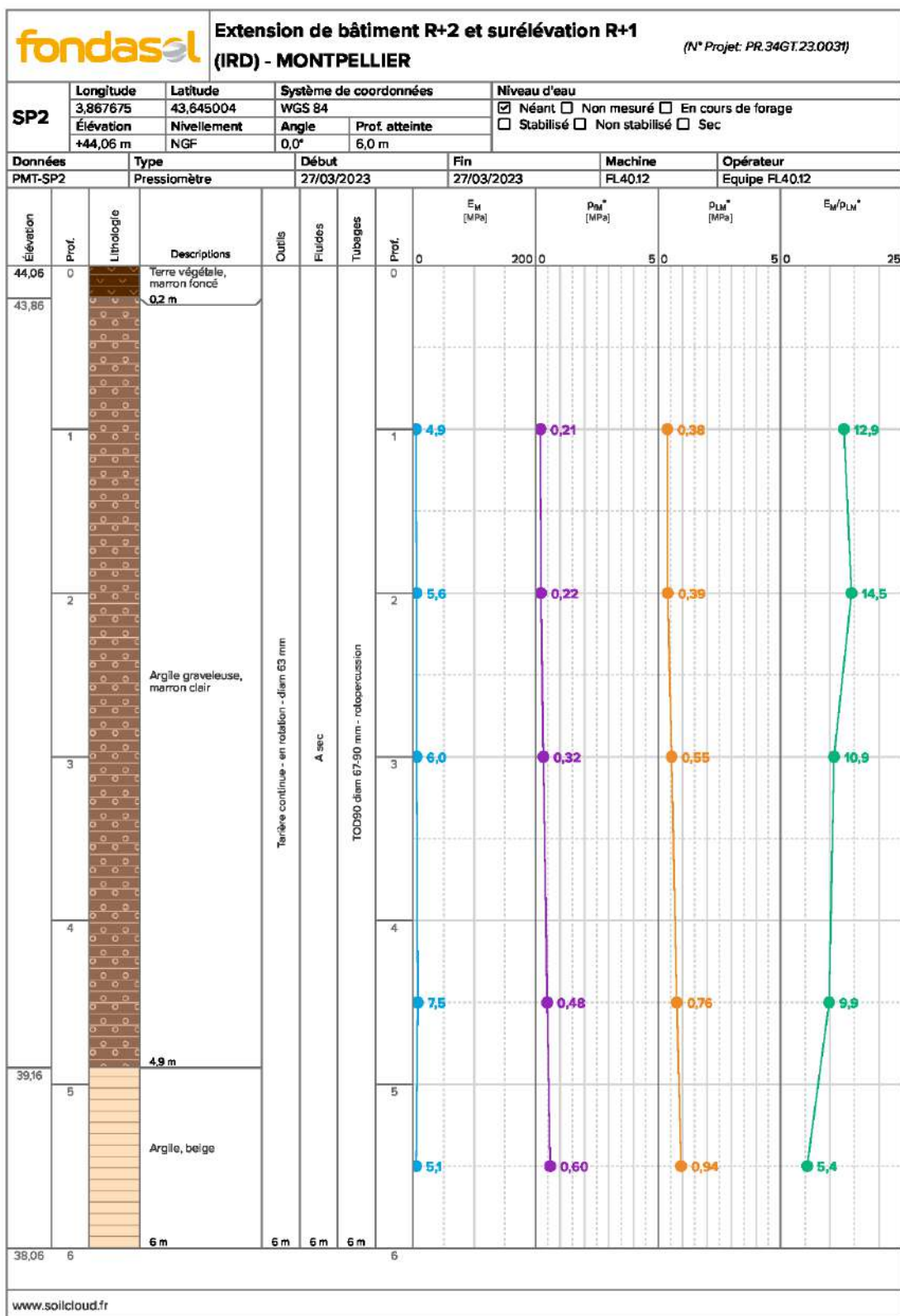
Logiciel DEPRESS - Version 3.64 du 07-09-2011 - Dépouillement d'essais pressiométriques selon norme NF P 94-110-1 -- [DQ.E158 - V.1 du 07/09/2011]



Observations : /
Edité le 19/12/2011

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)





SP101	X	Y	Système de coordonnées			Niveau d'eau										
	770 025	6 283 270	RGF93 / Lambert-93			☐ Néant ☐ Non mesuré ☒ En cours de forage										
	Élévation	Nivellement	Angle	Azimut	Prof. atteinte	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec										
	+43,9 m	NGF	0,0°	-	15,2 m											
Début		Fin			Machine			Opérateur								
05/09/2024		05/09/2024			SOCOMAFOR 65			S.A.								
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Tubages	Niveau d'eau	Prof.	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression d'injection [bar]	Couple de rotation [bar]	E _M [MPa]	p _{IM} * [MPa]	p _{LM} * [MPa]	E _M /p _{LM} *
43,9	0		Remblais de limons sableux, marron 0,85 m					0								
43,05	1		Limons sableux, beiges				1					18,4	0,67	1,28	14,4	
41,9	2	2 m Limons argileux, beiges	2								12,7	0,93	1,52	8,3		
40,7	3	3,2 m	3								20,5	0,74	1,53	13,4		
	4	Argiles, beige/grises	4								5,2	0,55	> 0,71	< 7,3		
	5		5													
37,9	6	6 m	6								251,2	> 4,88	> 4,88	< 51,5		
	7	Marnes, grises	7													
	8		8													
	9		9								332,6	> 4,87	> 4,87	< 68,3		
33,9	10															
1 05/09/2024 - Niveau d'eau de forage à -6.00m/TN 6m																
Commentaires		Arrêt volontaire														
soilcloud.tech																

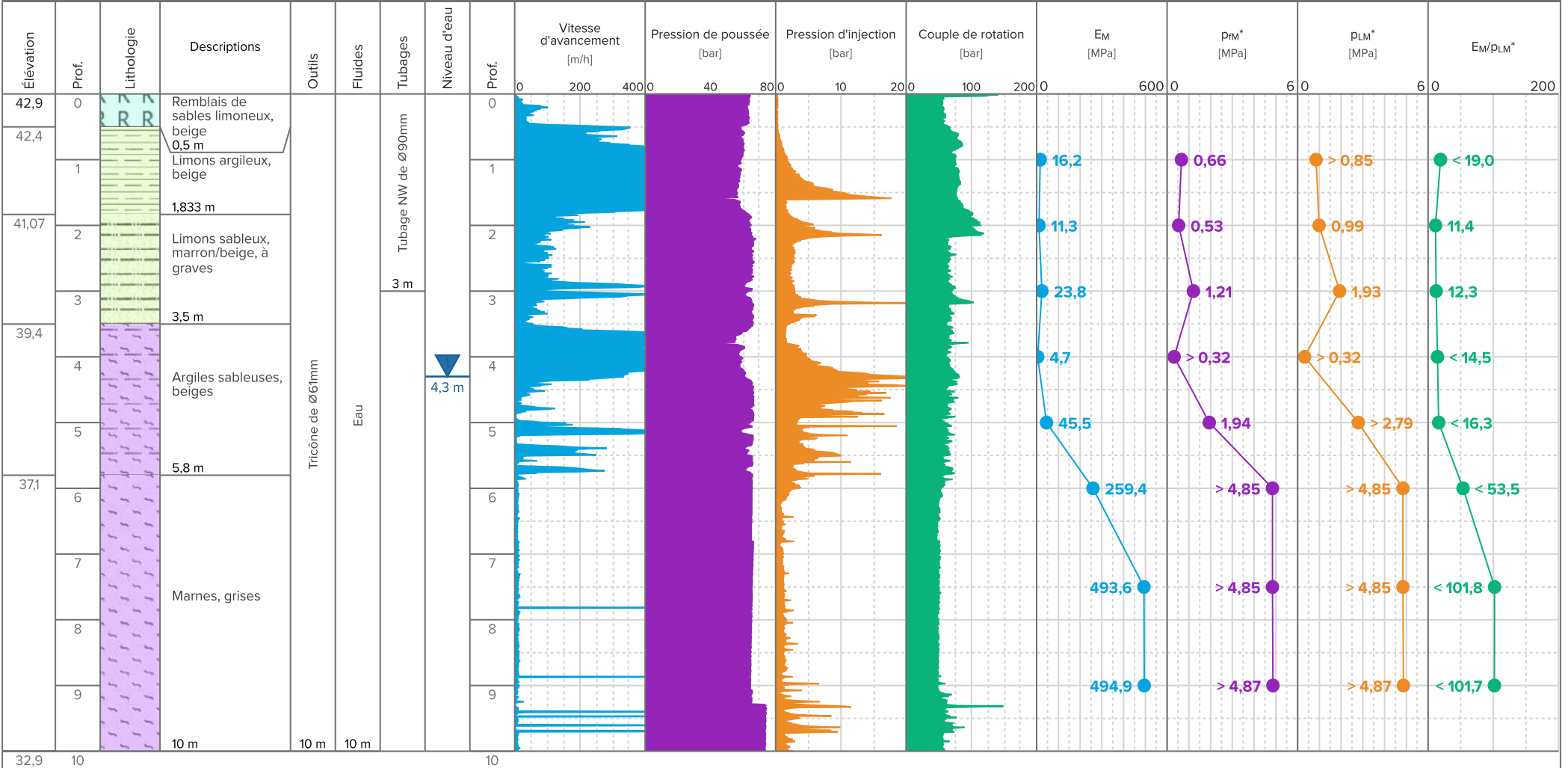
Début	Fin	Machine	Opérateur
05/09/2024	05/09/2024	SOCOMAFOR 65	S.A.

28,7

soilcloud.tech

SP102	X	Y	Système de coordonnées			Niveau d'eau		
	770 061	6 283 352	RGF93 / Lambert-93			☐ Néant ☐ Non mesuré ☒ En cours de forage		
	Élévation	Nivellement	Angle	Azimut	Prof. atteinte	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec		
	+42,9 m	NGF	0,0°	-	10,0 m			

Début	Fin	Machine	Opérateur
05/09/2024	05/09/2024	SOCOMAFOR 65	S.A.



1 06/09/2024 - Niveau d'eau de forage à -4.30m/TN 4,3m

Commentaires Arrêt volontaire

SONDAGE F1

Chantier : MONTPELLIER. Extension IRD

Client : IRD

Dossier : CMO2.B.270

Coordonnées du sondage:

X: Y: Z: 43.4 (NGF)



Ech. 1/25°

Date : 12/12/11

Prof. en m.	matériel	Nappe	COUPE	Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
0.5			R R R	0.10	43.30	ENROBE		
			R R R	0.20	43.20	DALLE Béton		
			R R R	0.35	43.05	REMBLAI Routier		
1			ARGILE Graveleuse bariolée et à dépôts carbonatés, beige jaunâtre et ocre				1	
1.5				1.10	42.30		2	
2			ARGILE Sablo-marneuse à passées grésifiée orangée grise					
2.5				2.60	40.80			
3								
3.5								
4								
4.5								
5								

Observations : ARRET. Repère de nivellement: Regard à 10NI

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue (à la date du sondage)

SONDAGE F2

Chantier : MONTPELLIER. Extension IRD

Client : IRD

Dossier : CMO2.B.270

Coordonnées du sondage:

X: Y: Z: 45.85 (NGF)



Ech. 1/25°

Date : 12/12/11

Prof. en m.	matériel	Nappe	COUPE	Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
0.5				0.70	45.15	LIMON Graveleux brun		
1				1.30	44.55	LIMON Argileux brun	1	
1.5				2.00	43.85	SABLE Argilo-marneux à passages grésifiés, beige gris verdâtre		
2				3.00	42.85	ARGILE marneuse orangé noirâtre à nodules carbonaté		
2.5								
3								
3.5								
4								
4.5								
5								

Observations : ARRET. Repère de nivellement: Regard à 10NI

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue
(à la date du sondage)

SONDAGE F3

Chantier : MONTPELLIER. Extension IRD

Client : IRD

Dossier : CMO2.B.270

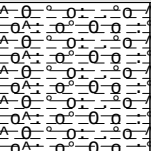
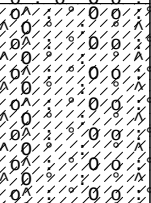
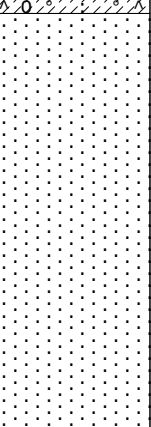
Coordonnées du sondage:

X: Y: Z: 46.15 (NGF)



Ech. 1/25°

Date : 12/12/11

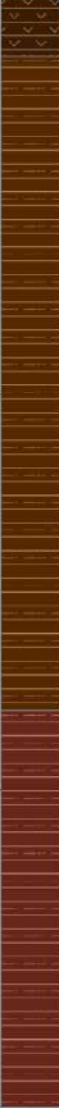
Prof. en m.	matériel	Nappe	COUPE	Prof	NGF	Description des sols	Echant.	Résultats d'essais ou observations
0.5				0.50	45.65	ARGILE Graveleuse brune		
1				1.20	44.95	ARGILE Gravelo-marneuse brun orangée		
1.5				2.60	43.55	SABLE grésifié beige grisâtre	1	
2								
2.5								
3								
3.5								
4								
4.5								
5								

Observations : ARRET. Repère de nivellement: Regard à 10NI

Nappe: pas d'eau à la prof. reconnue
(à la date du sondage)

6. RESULTATS DES SONDAGES

fondasol		Extension de bâtiment R+2 et surélévation R+1				<i>(N° Projet: PR.34GT.23.0031)</i>	
		(IRD) - MONTPELLIER					
PM1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés	Niveau d'eau	
	3,867946	43,645588	WGS 84		Décimètre	☒ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage	
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Nivellement	Précision des nivellements	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec	
	+43,67 m	2,8 m	0,0°	NGF	Décimètre		
Début		Fin		Machine		Opérateur	
24/03/2023		24/03/2023		-		Benoît LESGOURGUES	
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils
43,67	0		Terre végétale, marron foncé				
43,52			0,15 m				
	1		Argiles limoneuses, beige à marron - (avec des passages beige à veines ocre)				Mini pelle - à godet - 50 cm
	2						Échantillon remanié en moyen sa
							Néant
40,87		2,8 m					2,8 m
www.soilcloud.fr							

		Extension de bâtiment R+2 et surélévation R+1 (IRD) - MONTPELLIER				(N° Projet: PR.34GT.23.0031)			
		PM2		Longitude 3,868313 Élévation +43,26 m	Latitude 43,645568 Prof. atteinte 2,8 m	Système de coordonnées WGS 84 Angle 0,0° Nivellement NGF	Précision des relevés Décimètre Précision des nivellements Décimètre	Niveau d'eau ☒ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage ☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec	
Début 24/03/2023		Fin 24/03/2023		Machine -		Opérateur Benoît LESGOURGUES			
Élévation 43,26 43,11 41,46 40,46	Prof. 0 1 2 2,8 m	Lithologie 	Descriptions Terre végétale, marron foncé 0,15 m Argiles limoneuses, marron avec quelques cailloutils épars (très peu) 1,8 m Argiles limoneuses, ocre 2,8 m				Outils Mini pelle - à godet - 50 cm 2,8 m	Échantillons 1 Échantillon remanié en moyen sa	Niveau d'eau 0,8 m Néant
www.soilcloud.fr									

F101	X	Y	Système de coordonnées			Précision des relevés	Niveau d'eau
	770 031	6 283 343	RGF93 / Lambert-93			Pluricentimétrique	☒ Néant ☐ Non mesuré
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Azimut	Nivellement	Précision des nivellements	☐ En cours de forage
	Non renseigné	2,2 m	0,0°	-	NGF	Centimètre	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec
Début		Fin			Machine		Opérateur
05/09/2024		05/09/2024			Pelle mécanique		A.C.

Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Perméabilité
0		Terre végétale, marron 0,3 m	Pelle mécanique	1,2 m $k = 0 \text{ m/s (*M)}$
		Remblais de limons argileux, marron, à concrétions carbonatées blanchâtres 0,9 m		
1		Limons sableux, jaunâtres, à concrétions carbonatées blanchâtres 1,7 m		
		Limons argileux, marron/gris, à graves		
2		2,2 m	2,2 m	1,3 m

K (m/s)* : Perméabilité à partir de l'origine des mesures

K (m/s) :** Perméabilité entre deux points de mesures

Dossier : **CMO2.O.2103**

Client : **IRD**

Date de l'essai : **05/09/2024**

Technicien : **AC**

Commune : **MONTPELLIER**

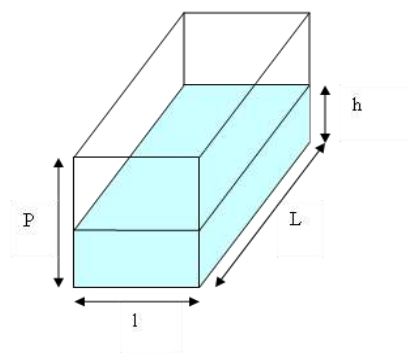
Dépouillement : **AC**

P (m)	I (m)	L(m)	C	Référence
1.3	0.35	0.8	0.12	F101

t (min)	h (m)	K (m/s)*	K (m/s)**
0	40	-	-
1	39.25	3.83E-05	3.83E-05
2	38.75	3.21E-05	2.59E-05
3	38.25	3.02E-05	2.63E-05
4	38	2.59E-05	1.33E-05
5	37.75	2.34E-05	1.33E-05
10	35.75	2.27E-05	2.20E-05
15	34.5	1.99E-05	1.44E-05
20	33	1.95E-05	1.80E-05
25	32	1.80E-05	1.24E-05
30	31	1.72E-05	1.28E-05
35	30	1.66E-05	1.33E-05
40	29	1.63E-05	1.37E-05
45	28.5	1.52E-05	7.03E-06
50	27.75	1.48E-05	1.08E-05
55	27	1.44E-05	1.11E-05
60	26.5	1.39E-05	7.55E-06

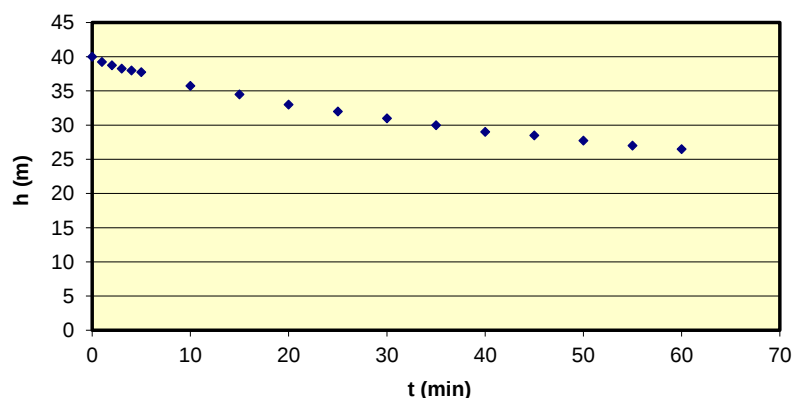
$$K = \frac{-C}{60 \times t} \times \ln \frac{h + C}{H + C} \quad \text{avec} \quad C = \frac{L \times I}{2 \times (L + I)}$$

- K est la perméabilité des sols (m/s)
- H est la hauteur du niveau d'eau à t=0 (m)
- h est la hauteur du niveau d'eau à t (m)
- L est la longueur de la fosse (m)
- I est la largeur de la fosse (m)



Perméabilité K (m/s)

2.12E-05



RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

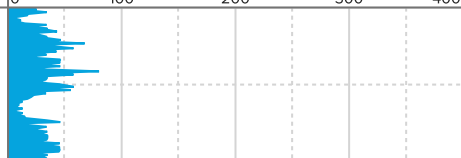
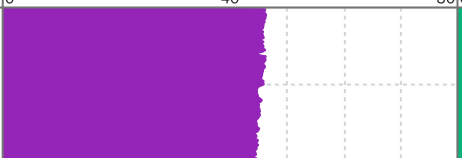
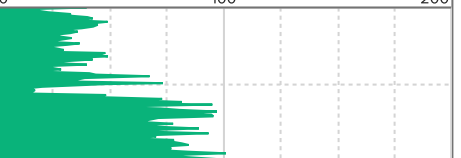
Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
F101	Autre	-0,0 m NGF	2,2 m



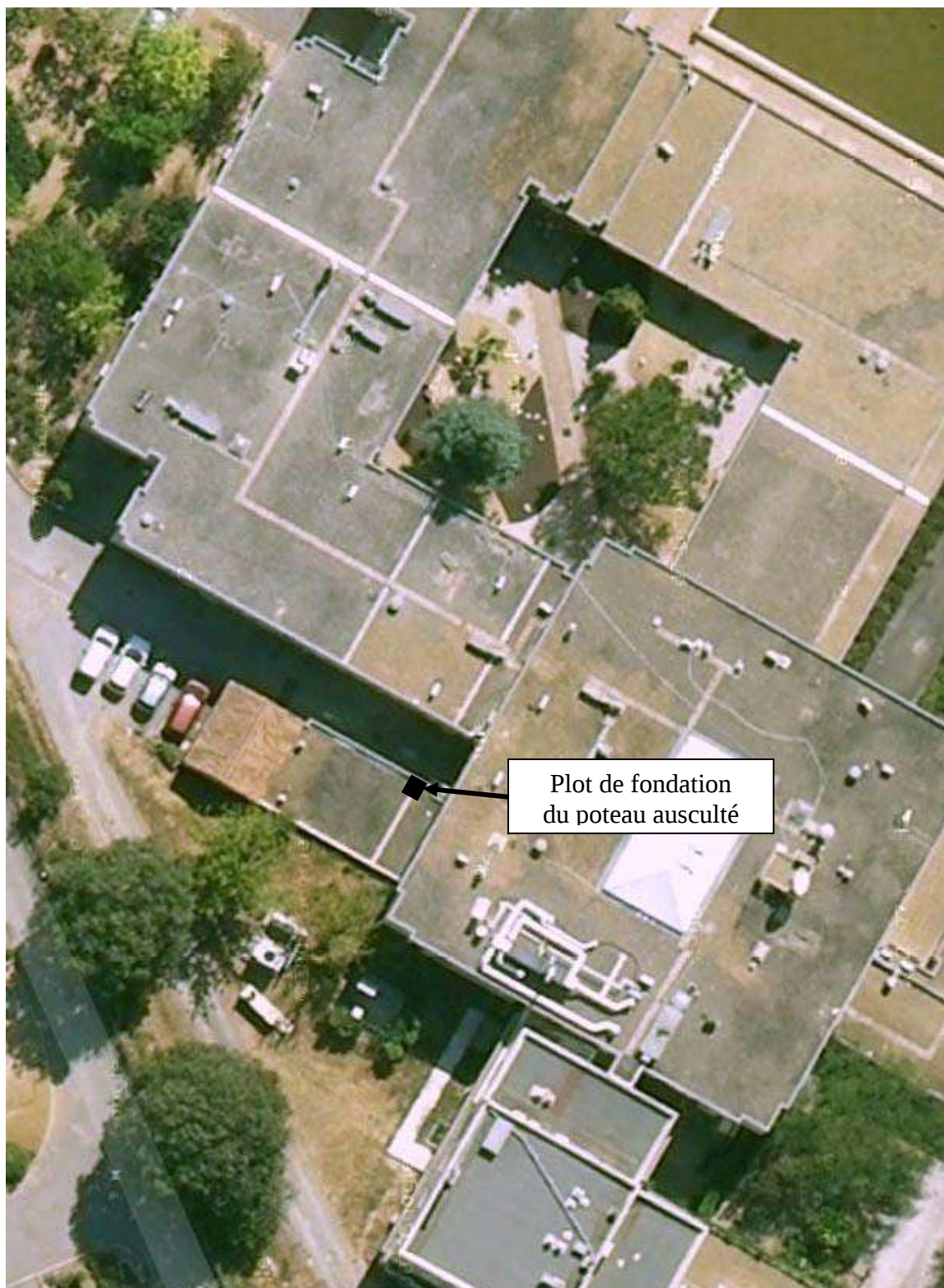
F101



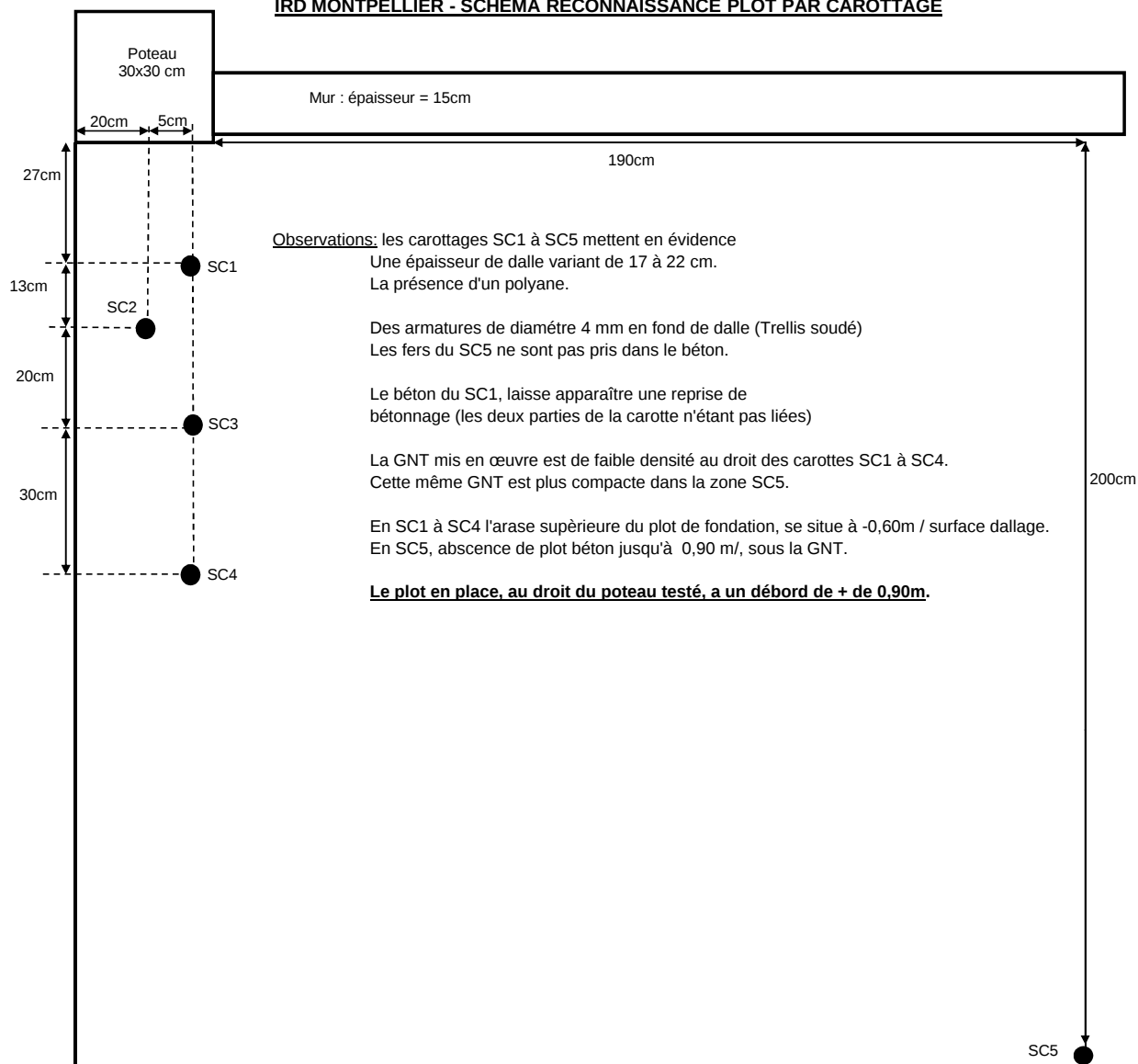
F101

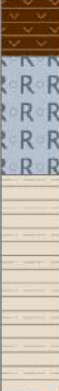
		CMO2.O.2103 - MONTPELLIER - Extension Bâtiment IRD										
		CMO2.O.2103										
ST101	X	Y	Système de coordonnées			Niveau d'eau						
	770 042	6 283 284	RGF93 / Lambert-93			☒ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage						
	Élévation	Nivellement	Angle	Azimut	Prof. atteinte	☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec						
	Non renseigné	NGF	0,0°	-	1,01 m							
Données		Type		Début		Fin		Machine		Opérateur		
DPR-ST101		Paramètres destructifs		05/09/2024		05/09/2024		SOCOMAFOR 65		S.A.		
Prof.	Vitesse d'avancement [m/h]				Pression de poussée [bar]				Couple de rotation [bar]			
	0 100 200 300 400				0 40 80				0 100 200			
0												
1												
Commentaires		Refus (Filet avertisseur réseau enterré)										
soilcloud.tech												

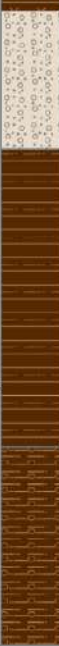
PLAN DE LOCALISATION DU MASSIF DE FONDATION OSCULTE



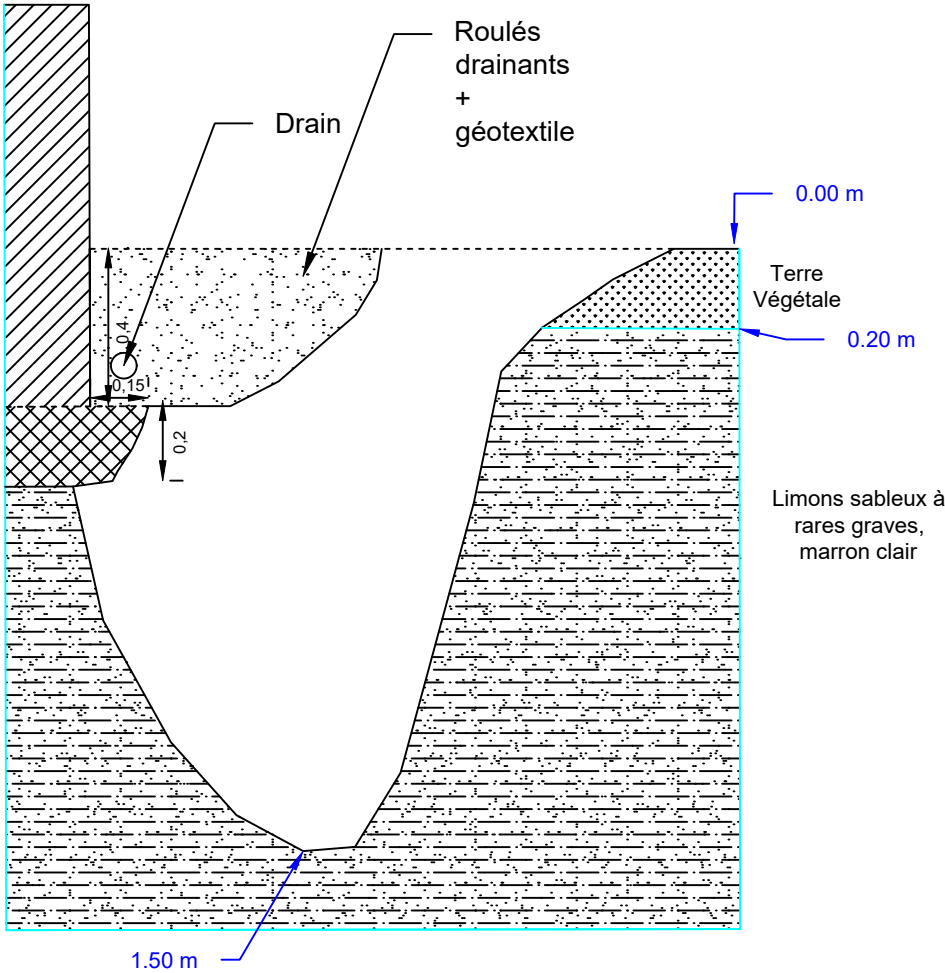
IRD MONTPELLIER - SCHEMA RECONNAISSANCE PLOT PAR CAROTTAGE



		Extension de bâtiment R+2 et surélévation R+1 (IRD) - MONTPELLIER				(N° Projet: PR.34GT.23.0031)											
		Longitude 3,867656		Latitude 43,645621		Système de coordonnées WGS 84		Précision des relevés Décimètre		Niveau d'eau ☒ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage							
RF1		Élévation +43,44 m		Prof. atteinte 1,8 m		Angle 0,0°		Nivellement NGF		Précision des nivellements Décimètre		☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec					
		Début 24/03/2023		Fin 24/03/2023		Machine -		Opérateur Benoît LESGOURGUES									
Élévation		Prof.		Lithologie		Descriptions						Outils		Echantillons		Niveau d'eau	
43,44		0				Terre végétale, marron						Mini pelle - 3 godet - 50 cm		1,8 m Échantillon remanié en moyenne		Néant	
43,29		Remblai graveleux avec la présence de polyane à la base (Drain agricole), gris															
42,99		Argile limoneuse, gris à beige															
42,44		1				Argile graveleuse, marron											
41,64																	
www.soilcloud.fr																	

		Extension de bâtiment R+2 et surélévation R+1 (IRD) - MONTPELLIER				(N° Projet: PR.34GT.23.0031)			
		Longitude 3,867695		Latitude 43,645043		Système de coordonnées WGS 84			
RF2	Élévation +43,42 m		Prof. atteinte 165,0 m		Angle 0,0°		Nivellement NGF		
	Précision des relevés Décimètre		Précision des nivellements Décimètre		Niveau d'eau ☒ Néant ☐ Non mesuré ☐ En cours de forage ☐ Stabilisé ☐ Non stabilisé ☐ Sec				
Début 24/03/2023			Fin 24/03/2023			Machine -		Opérateur Benoît LESGOURGUES	
Élévation	Prof.	Lithologie	Descriptions				Outils	Echantillons	Niveau d'eau
43,42	0		Terre végétale, marron				Mini pelle - à godet - 50 cm		Néant
43,37			0,05 m						
			Remblais gravo-sableux (GNT), gris-beige du drain avec polyène et drain						
43,02			0,4 m						
	1		Argile limoneuse, marron						
			1,15 m						
42,27			Argiles graveleuses à blocs, marron						
			1,65 m				1,65 m	1,65 m	
41,77									
www.soilcloud.fr									

RF101A



Reconnaissance de fondation RF101A

MONTPELLIER (34)
Extension Batiment

Dossier : CMO2.O.2103

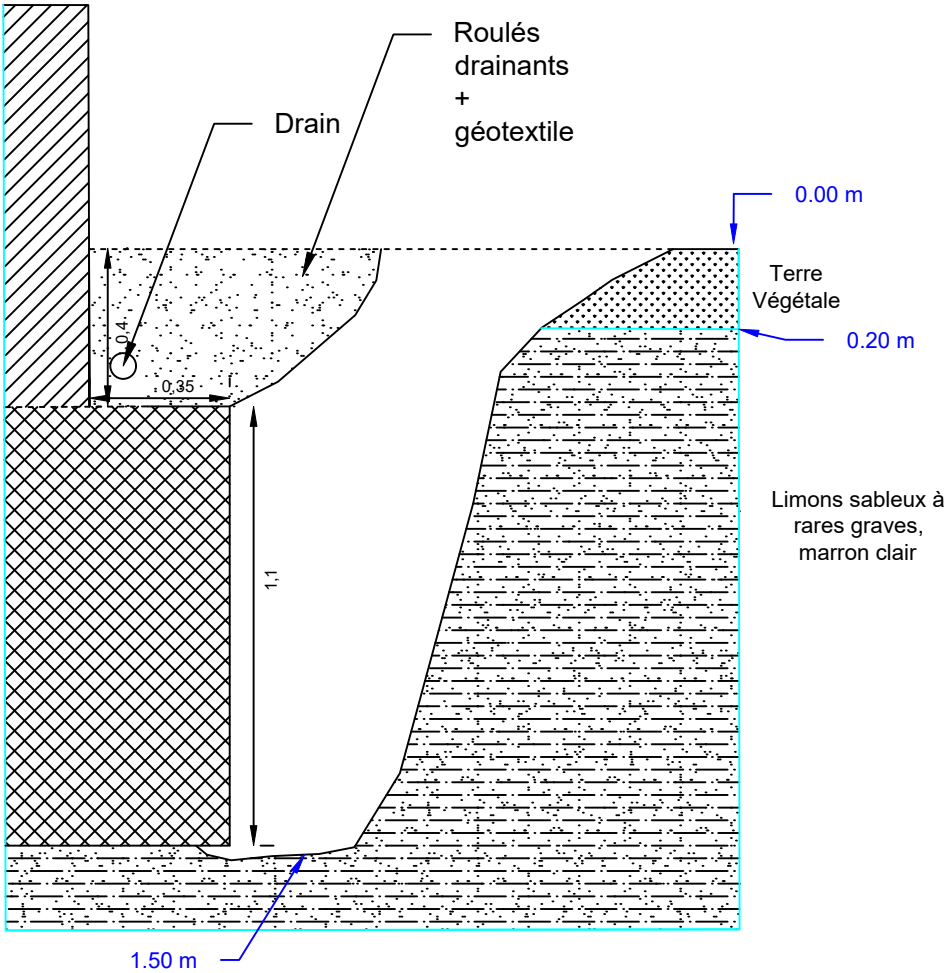
Date : 05/09/2024

Chargée d'affaire: CD

Ginger CEBTP
12 rue des frères lumières
34830 JACOU



RF101B



Reconnaissance de fondation RF101B

MONTPELLIER (34)
Extension Batiment

Dossier : CMO2.O.2103

Date : 05/09/2024

Chargée d'affaire: CD

Ginger CEBTP
12 rue des frères lumières
34830 JACOU



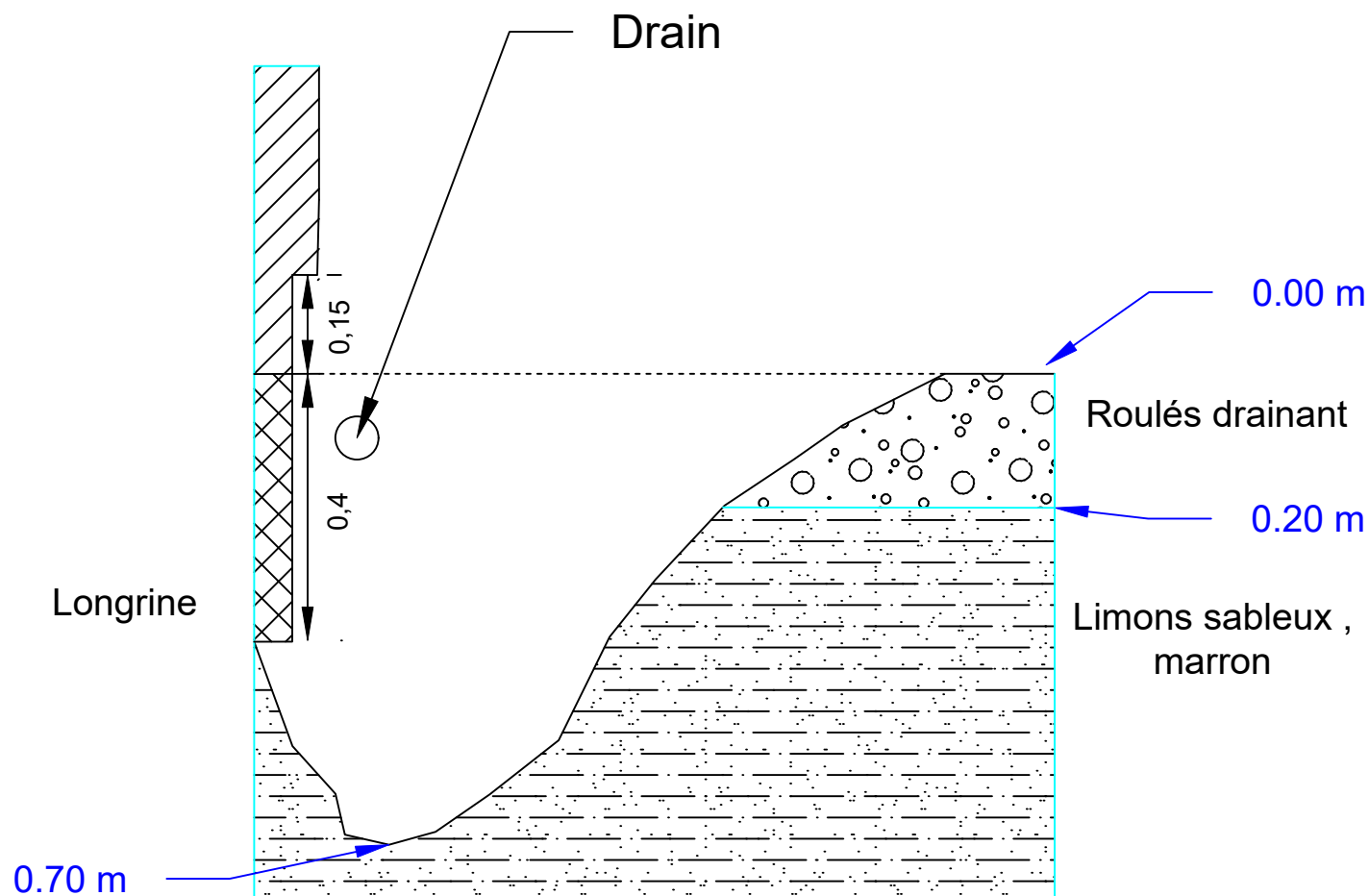
RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
RF101	Autre	-0,0 m NGF	1,5 m



RF101

RF102



Reconnaissance de fondation RF102

MONTPELLIER (34)
Extension Batiment

Dossier : CMO2.O.2103

Date : 05/09/2024

Chargée d'affaire: CD

Ginger CEBTP
12 rue des frères lumières
34830 JACOU

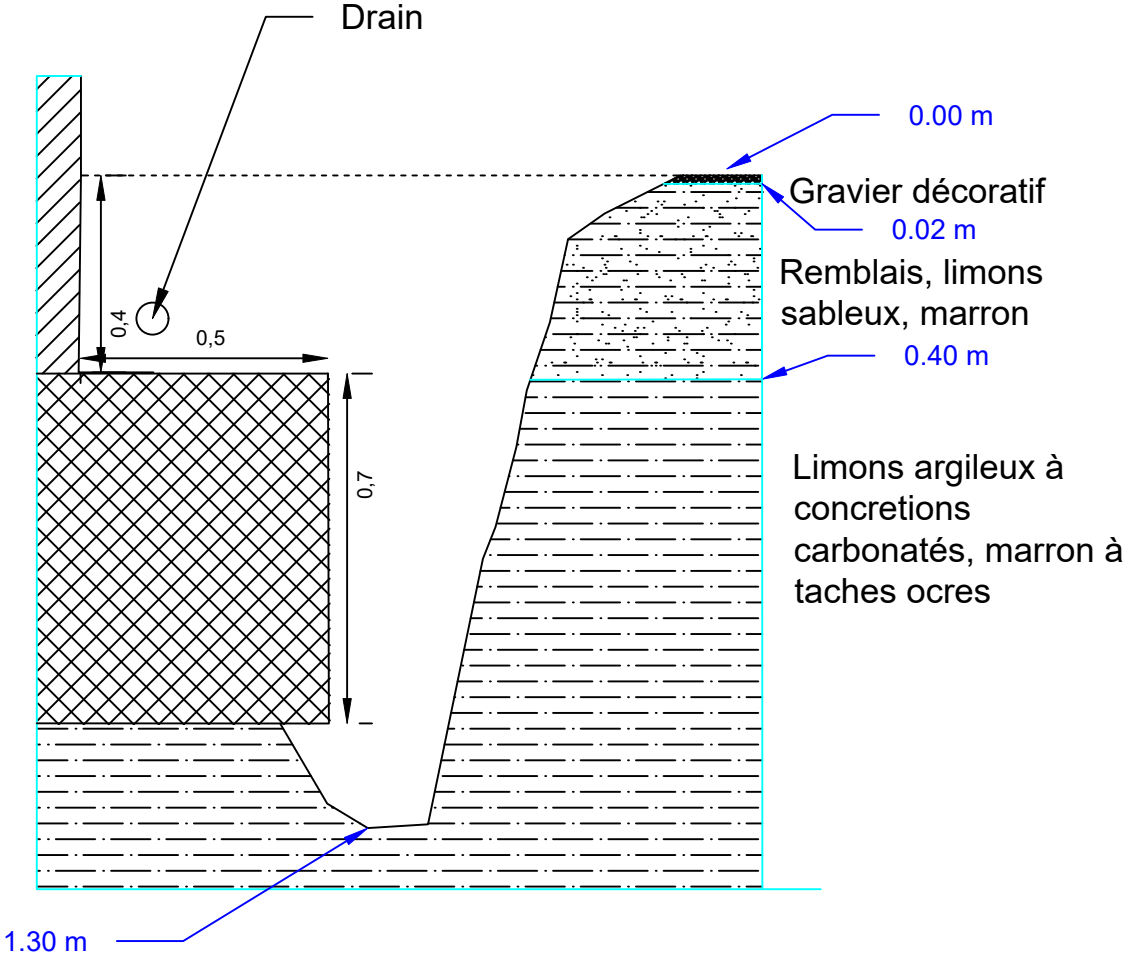


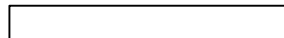
RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
RF102	Autre	-0,0 m NGF	1,7 m



RF103



Reconnaissance de fondation RF103	MONTPELLIER (34) Extension Batiment		Ginger CEBTP 12 rue des frères lumières 34830 JACOU	
	Dossier : CMO2.O.2103			
	Date : 05/09/2024	Chargée d'affaire: CD		

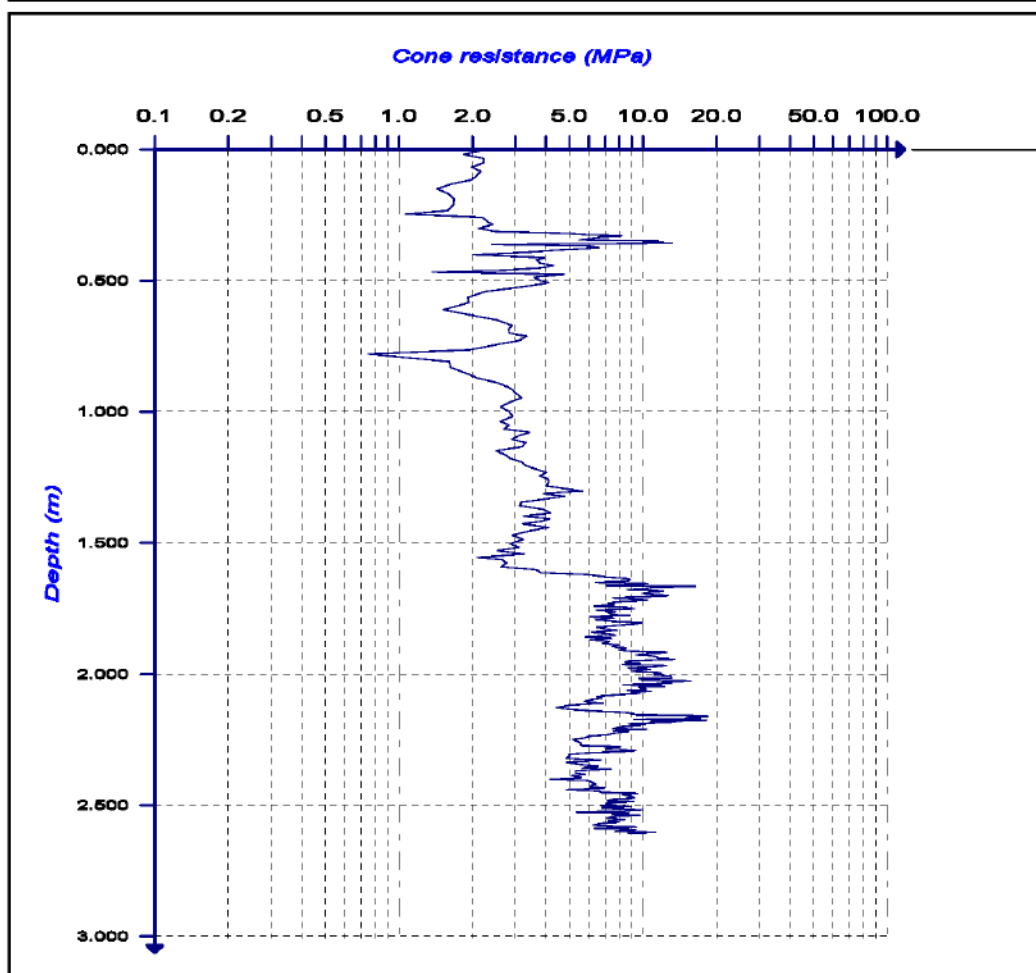
RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

Sondage	Type	Élévation	Prof. atteinte
RF103	Autre	-0,0 m NGF	1,3 m



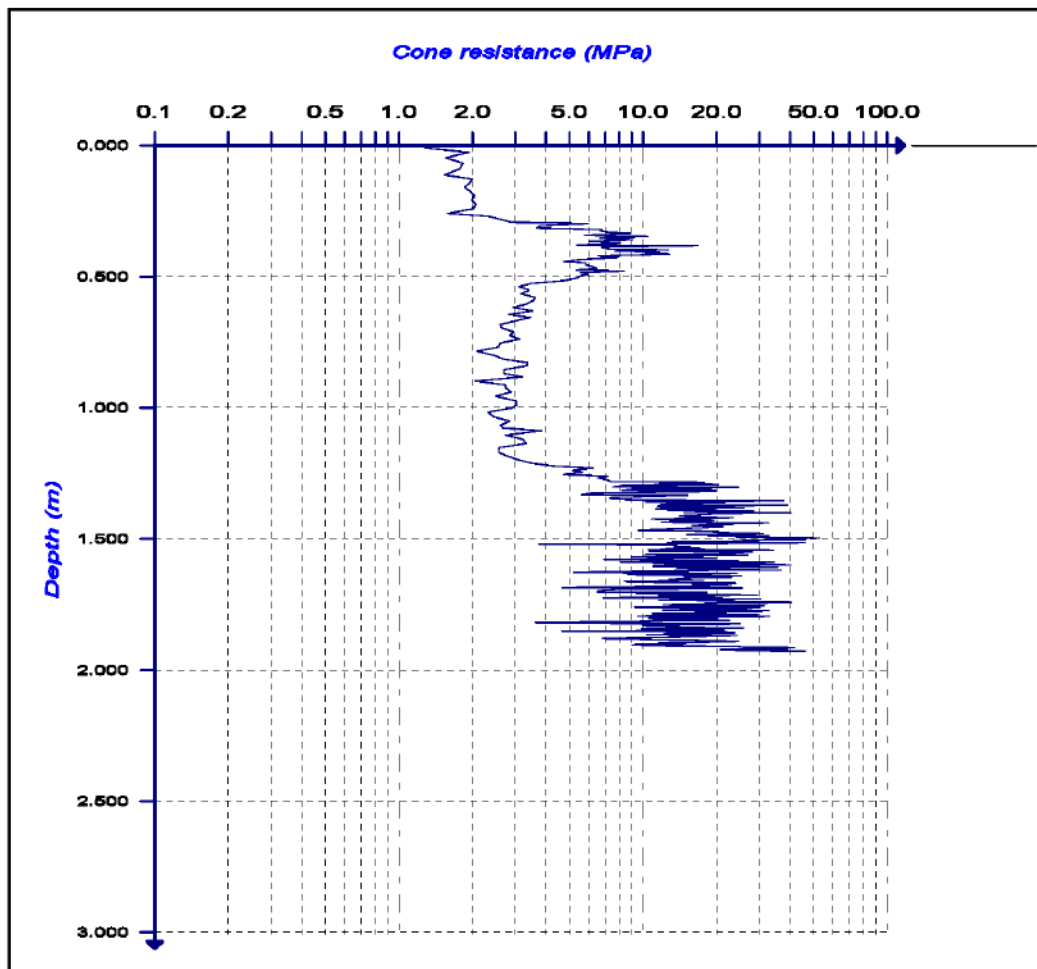
Compaction control with variable energy dynamic penetrometer

Document :			
Site : MONTPELLIER			
Sounding : PD1			
Tarmac : 0.00 m	Pre-sounding depth : 0.000 m	Area : 0.0004 m ²	Water table : Indefinite
Weight : Panda 2 hammer	Breaking cond. : Deliberate	Date : 27/03/2023	Hour : 11:09:00
Operator : BL		Company :	
Comments :			



Compaction control with variable energy dynamic penetrometer

Document :			
Site : MONTPELLIER			
Sounding : PD2			
Tarmac : 0.00 m	Pre-sounding depth : 0.000 m	Area : 0.0004 m ²	Water table : Indefinite
Weight : Panda 2 hammer	Breaking cond. : Refusal	Date : 27/03/2023	Hour : 13:03:00
Operator : BL		Company :	
Comments :			



ANNEXE 4 – ESSAIS EN LABORATOIRE

LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE



GINGER - CEBTP

Parc d'Activités Clément Ader
12, rue des Frères Lumière
34830 JACOU

Affaire: CMO2.B.270
Nom: EXTENSION IRD
Lieu: MONTPELLIER
Date: 15/12/2011

ESSAIS D'IDENTIFICATION												
Sondages	Profondeurs	Description	Classification	Teneur en eau	Granulométrie par tamisage				Limites d'Atterberg			Sédimentométrie
			GTR	W%	% de passant							
-	m	XP P94-011	NF P11-300	NF P94-050	Dmax(mm)	à 50mm	à 2mm	à 80µm	WL %	IP		à 2µm
					NF P94-056				NF P94-051			94-057
F4	2.1	Argile marron verdâtre à cailloutis	A3	22	20	100	97.7	78.1	62	32		34%

RAPPORT D'ESSAIS SUR ECHANTILLON DE SOL

suitant normes NF françaises

page 1/1
édité le 15/12/2011



Chantier : MONTPELLIER EXTENSION IRD

Client : IRD
Destinataire : IRD
Adresse :

Dossier : CMO2.B.270
N° d'enregistrement : 11M2009

Nature du matériau : Argile marron verdâtre à cailloutis
Repère ou sondage : F4
Profondeur : 2.10m
Mode prélèvement : Fouille
Date prélèvement :
Prélevé par :
Date des essais : 15/12/2011

D.max	Teneur en eau (*) W	Valeur au bleu VBS	Limite de liquidité WL	Limite de plasticité WP	Indice de plasticité IP	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 80µ			Classification du sol
mm	%	g/100g	%	%	-	%	%	%			
	NFP 94-050	NFP 94-068	NFP 94-051	NFP 94-051	NFP 94-051						NFP 11-300
20	22.0		62	30	32	99	98	78			A3

(*) Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

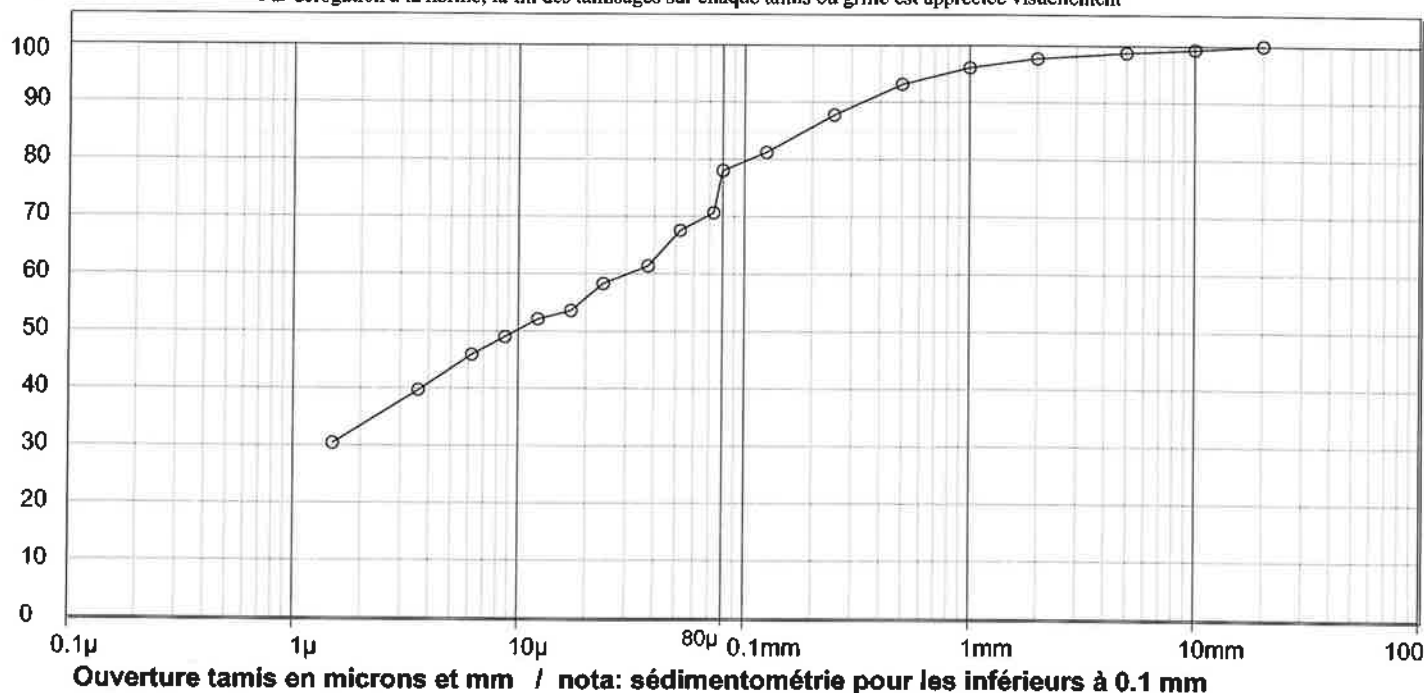
ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU MATERIAU

Tamissage à sec après lavage

sédimentométrie: NFP 94-057 / granulométrie: NFP 94 056

% passants

Par dérogation à la norme, la fin des tamisages sur chaque tamis ou grille est appréciée visuellement



Tamis en mm	0.08	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	20	
Passants (%)	78.1%	81.3%	87.8%	93.2%	96.1%	97.7%	98.7%	99.3%	100%	
Diam.sédim.	1.5μ	3.6μ	6.2μ	8.7μ	12.2μ	17.1μ	23.8μ	37.7μ	52.2μ	73μ
Passants (%)	30%	40%	46%	49%	52%	54%	58%	61%	68%	71%

GRASOL32-S Version 5.35 -- [DQ: E151-02 - V.0 du 24/08/2008]

Le présent rapport d'essai comporte une page unique. Il ne concerne que les objets soumis aux essais.
Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

**ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC
APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION**
(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire :

MONTPELLIER

N° d'affaire :

34GT.23.0031

Laboratoire : AVIGNON

Quantité de matériau Normalisée:

oui

Sondage : PM1

Date d'essai granulométrie :

10/05/2023

Profondeur (m) 1.00 à 1.50

Date d'essai sédimentométrie :

15/05/2023

Cote (m) :

Mode de prélèvement :

Pelle mécanique

Profondeur moyenne : 1.25 m

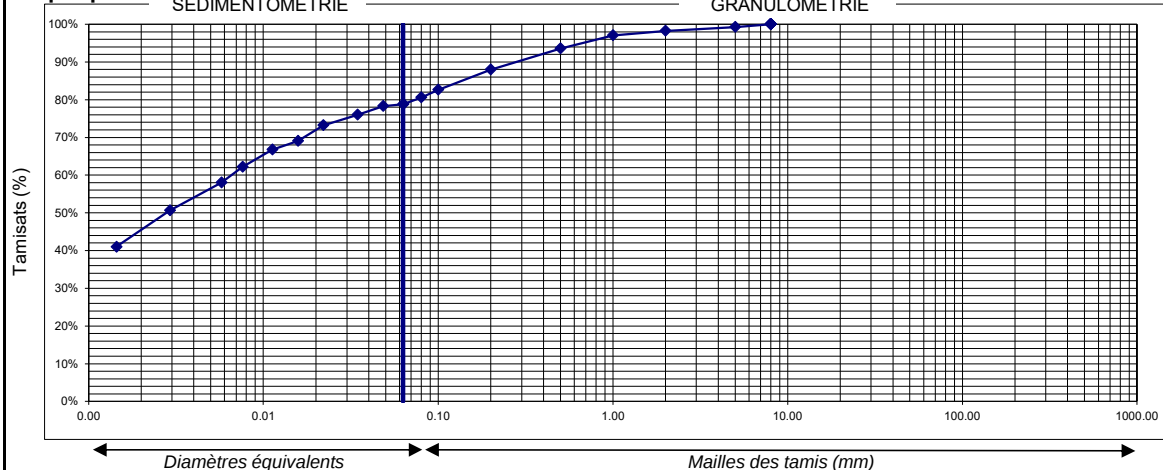
Date de réception :

18/04/2023

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :

Classification NF P 11-300 :	A2	Nature du sol selon Classification granulométrique	argile
Nature du sol	argile beige et blanche	Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :	Température d'étuvage : 105°C
% de passant à :		% estimé d'éléments > d_m	Plus gros élément
50 mm = 100.00%	2 mm = 98.24%	2 µm = 45.49%	Dmax = 8 mm
20 mm = 100.00%	80 µm = 80.59%		
5 mm = 99.25%	63 µm = 78.78%	dm = 10 mm	

Graphique :



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer * calculé sur la fraction fine

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Résultats :

Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.25	98.24	97.06	93.56	87.94	82.59	80.59	78.78
Refus %							0.75	1.76	2.94	6.44	12.06	17.41	19.41	21.22

DONNÉES SÉDIMENTOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)

Paramètres :

Densimètre :
h = 157.18 mm
V_h = 63.8 ml
N = 20.36 mm
Facteurs correcteurs :
C_m = -0.5
R'₀ = 1.50
Éprouvette : L = 303.76 mm
Masse volumique :
ρ_s = 2.687 Mg/m³
Conventionnelle ☒
Mesurée : ☐

Résultats :

Temps (h:min:s)	Lecture R' _h	Température (°C)	η (mPa.s)	Lecture corrigée Rd	H _r (mm)	K _c (%)	ø équiv D (µm)
00:01:00	18.5	21.7	1.0	17.00	134.25	78.3%	48.47
00:02:00	18.0	21.7	1.0	16.50	136.18	76.0%	34.52
00:05:00	17.4	21.7	1.0	15.90	138.50	73.2%	22.02
00:10:00	16.5	21.7	1.0	15.00	141.98	69.1%	15.76
00:20:00	16.0	21.6	1.0	14.50	143.91	66.8%	11.23
00:45:00	15.0	21.6	1.0	13.50	147.78	62.2%	7.59
01:20:00	14.1	21.6	1.0	12.60	151.26	58.0%	5.76
05:30:00	12.5	21.1	1.0	11.00	157.44	50.6%	2.91
23:28:00	10.4	20.4	1.0	8.90	165.56	41.0%	1.44

Observations :

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche

Méthode d'essai selon NF P 94-068 (norme périmée)

GINGER CEBTP

Parc d'activités Clément Ader
12 rue des Frères Lumière
34830 JACOU

Informations générales

N° dossier : CMO2.O2103.0001

Client / MO : IRD FRANCE SUD

Désignation : MONTPELLIER - IRD - EXTENSION BATIMENT

Localité : MONTPELLIER

Demandeur / MOE : IRD FRANCE SUD

Chargé d'affaire : Coraline DATCHARY

Informations sur l'échantillon N° 24M-3403

Mode de prélèvement : Pelle Mécanique

Sondage : RF101

Prélevé par : Anthony CLOIX

Profondeur : 1.50/1.70 m

Date prélèvement : 05/09/24

Mode de conservation : Shelby

Date de livraison : 05/09/24

dm (mm) : 31.5

Description : LIMON sableux beige foncé à cailloutis

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : MAZOUNI Mohammed

Température : 105°C

Date essai : 24/09/24

Résultats

VB = 1.95 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 1.60 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 81.8 W (%) : 8.0

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Cheffe de section laboratoire
AURELIE FONTES

GINGER CEBTP

Parc d'activités Clément Ader
12 rue des Frères Lumière
34830 JACOU**Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche**
Méthode d'essai selon NF P 94-068 (norme périmée)

Informations générales

N° dossier :	CMO2.O2103.0001	Client / MO :	IRD FRANCE SUD
Désignation :	MONTPELLIER - IRD - EXTENSION BATIMENT		
Localité :	MONTPELLIER	Demandeur / MOE :	IRD FRANCE SUD
Chargé d'affaire :	Coraline DATCHARY		

Informations sur l'échantillon N° 24M-3405

Mode de prélèvement :	Pelle Mécanique	Sondage :	RF103
Prélevé par :	Anthony CLOIX	Profondeur :	0.70/1.30 m
Date prélèvement :	05/09/24		
Mode de conservation :	SAC		
Date de livraison :	05/09/24		
		dm (mm) :	20
Description :	LIMON argilo-sableux bariolé beige marron jaune, quelques cailloutis		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	MAZOUNI Mohammed
Température :	105°C	Date essai :	24/09/24

Résultats

VB =	3.52	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	(Sans correction)	
VBs =	3.10	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	C = 88.0	W (%) : 12.6

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Cheffe de section laboratoire
AURELIE FONTES

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Méthode par tamisage à sec après lavage

Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

Dérogation à la norme (NF P 94-056): La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

GINGER CEBTP

Parc d'activités Clément Ader
12 rue des Frères Lumière
34830 JACOU

Informations générales

N° dossier : CMO2.O2103.0001

Client / MO : IRD FRANCE SUD

Désignation : MONTPELLIER - IRD - EXTENSION BATIMENT

Demandeur / MOE : IRD FRANCE SUD

Localité : MONTPELLIER

Chargé d'affaire : Coraline DATCHARY

Informations sur l'échantillon N° 24M-3403

Mode de prélèvement : Pelle Mécanique

Sondage : RF101

Prélevé par : Anthony CLOIX

Profondeur : 1.50/1.70 m

Date prélèvement : 05/09/24

Mode de conservation : Shelby

Date de livraison : 05/09/24

dm (mm) : 31.5

dc (mm) : 5

Description : LIMON sableux beige foncé à cailloutis

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : MAZOUNI Mohammed

Température : 105°C

Date essai : 19/09/24

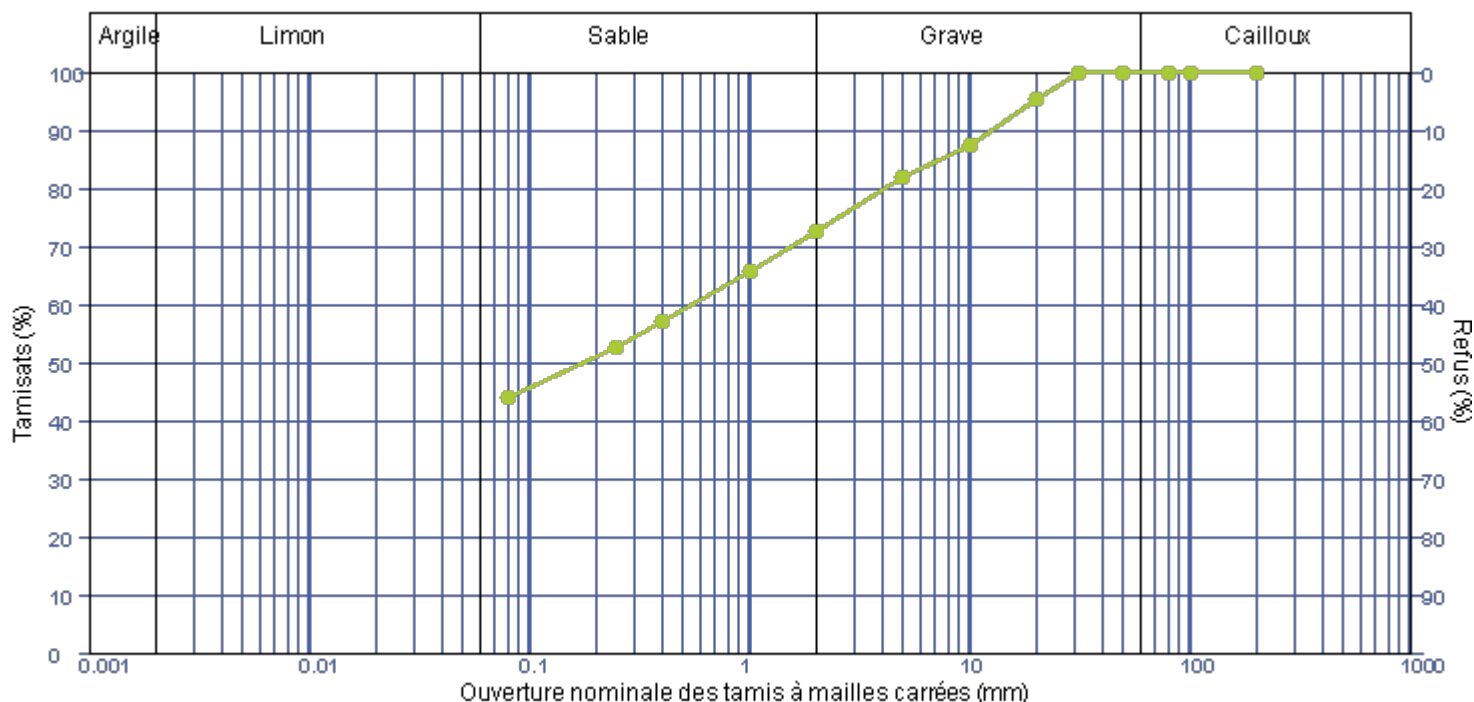
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamais à mailles carrées (mm)	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	250 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.4	87.3	81.8	72.5	65.6	57.0	52.4	44.1

Facteur d'uniformité Cu = 2.7

Facteur de courbure Cc = 0.4

Facteur de symétrie Cs = 0.0



Observations :

Cheffe de section laboratoire
AURELIE FONTES



ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Méthode par tamisage à sec après lavage

Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

Dérogation à la norme (NF P 94-056): La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

GINGER CEBTP

Parc d'activités Clément Ader
12 rue des Frères Lumière
34830 JACOU

Informations générales

N° dossier : CMO2.O2103.0001

Client / MO : IRD FRANCE SUD

Désignation : MONTPELLIER - IRD - EXTENSION BATIMENT

Demandeur / MOE : IRD FRANCE SUD

Localité : MONTPELLIER

Chargé d'affaire : Coraline DATCHARY

Informations sur l'échantillon N° 24M-3405

Mode de prélèvement : Pelle Mécanique

Sondage : RF103

Prélevé par : Anthony CLOIX

Profondeur : 0.70/1.30 m

Date prélèvement : 05/09/24

Mode de conservation : SAC

Date de livraison : 05/09/24

dm (mm) : 20

Description : LIMON argilo-sableux bariolé beige marron jaune, quelques cailloutis

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : MAZOUNI Mohammed

Température : 105°C

Date essai : 23/09/24

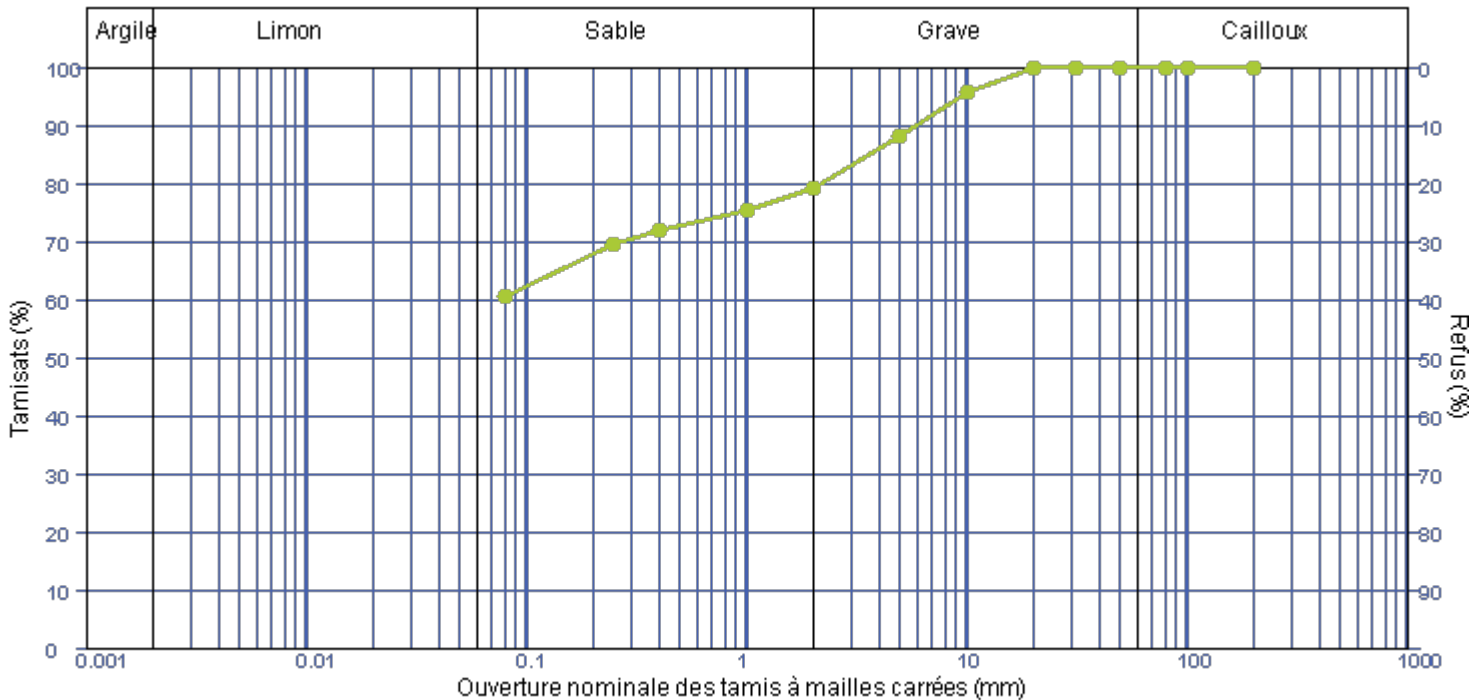
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamais à mailles carrées (mm)	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	250 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	88.0	79.0	75.4	71.8	69.6	60.6

Facteur d'uniformité Cu = (N.D.)

Facteur de courbure Cc = (N.D.)

Facteur de symétrie Cs = (N.D.)



Observations :

Cheffe de section laboratoire

AURELIE FONTES



CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

N° dossier : **CMO2.O2103.0001**

Client / MO : **IRD FRANCE SUD**

Désignation : **MONTPELLIER - IRD - EXTENSION BATIMENT**

Demandeur / MOE : **IRD FRANCE SUD**

Localité : **MONTPELLIER**

Chargé d'affaire : **Coraline DATCHARY**

Informations sur l'échantillon **N° 24M-3403**

Mode de prélèvement : **Pelle Mécanique**

Sondage : **RF101**

Prélevé par : **Anthony CLOIX**

Profondeur : **1.50/1.70 m**

Date prélèvement : **05/09/24**

Mode de conservation : **Shelby**

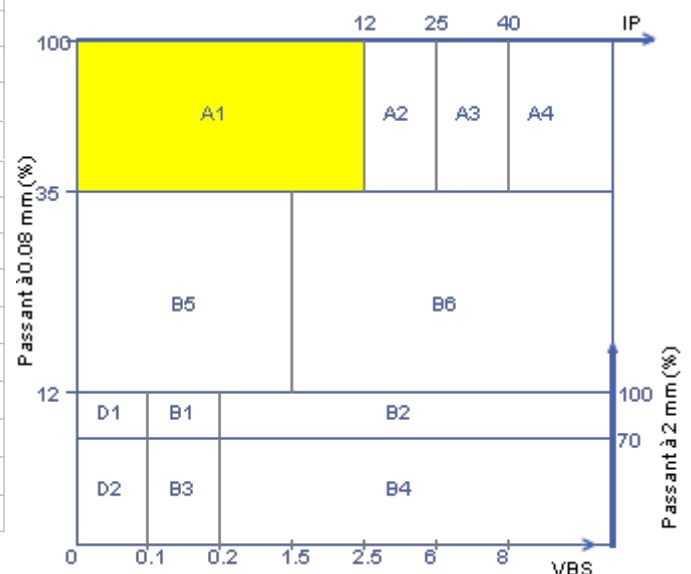
Date de livraison : **05/09/24**

Description : **LIMON sableux beige foncé à cailloutis**

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	32	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	72.5	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	44.1	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	1.60	g / 100 g
MV des particules solides ρs	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - CMOC	XP P 94-047		%

CLASSIFICATION NF P 11-300: A1



Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P 94-050	6.5	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		



Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - Fs	NF P18-576		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :

Observations :

Cheffe de section laboratoire

AURELIE FONTES



CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP

Parc d'activités Clément Ader
12 rue des Frères Lumière
34830 JACOU
Informations générales

N° dossier : **CMO2.O2103.0001**

Client / MO : **IRD FRANCE SUD**

Désignation : **MONTPELLIER - IRD - EXTENSION BATIMENT**

Localité : **MONTPELLIER**

Demandeur / MOE : **IRD FRANCE SUD**

Chargé d'affaire : **Coraline DATCHARY**

Informations sur l'échantillon N° 24M-3405

Mode de prélèvement : **Pelle Mécanique**

Sondage : **RF103**

Prélevé par : **Anthony CLOIX**

Profondeur : **0.70/1.30 m**

Date prélèvement : **05/09/24**

Mode de conservation : **SAC**

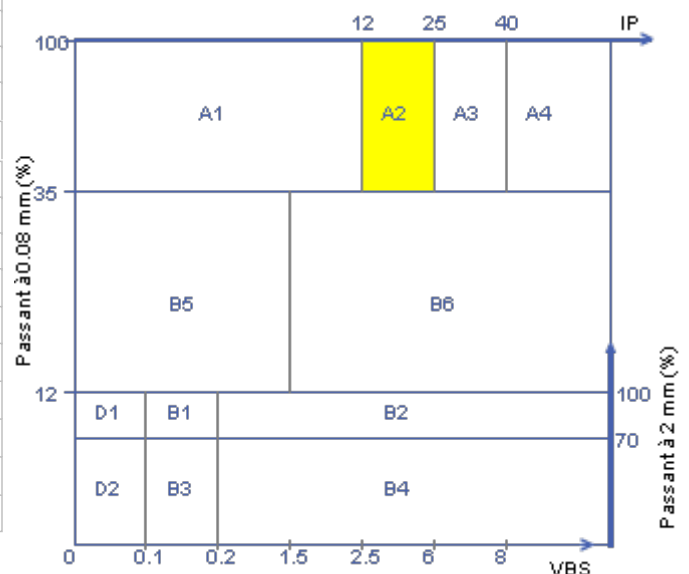
Date de livraison : **05/09/24**

Description : **LIMON argilo-sableux bariolé beige marron jaune, quelques cailloutis**

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	79.0	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	60.6	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	3.10	g / 100 g
MV des particules solides ρs	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - CMOC	XP P 94-047		%

CLASSIFICATION NF P 11-300: A2



Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF P 94-050	15.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		



Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - Fs	NF P18-576		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :

Observations :

Cheffe de section laboratoire

AURELIE FONTES



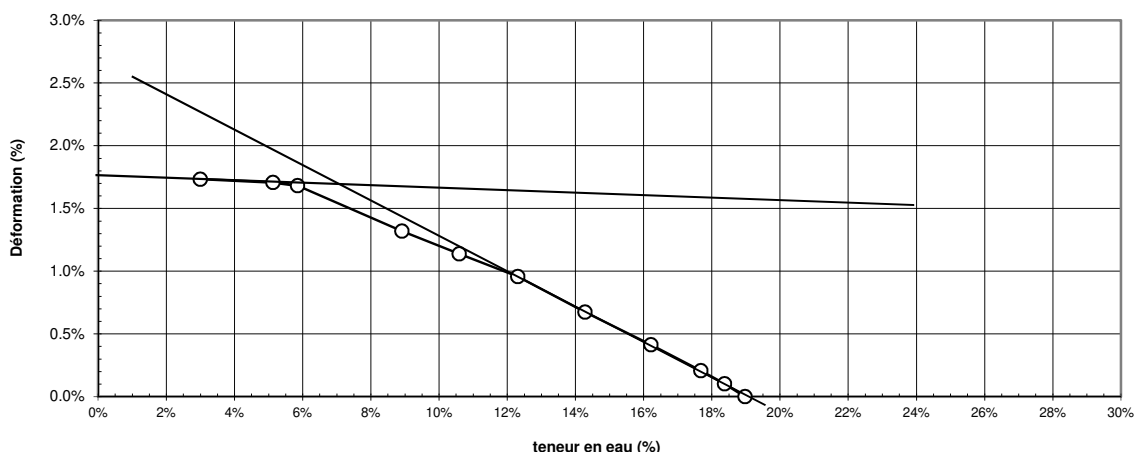
GINGER CEBTP ,12 rue des frères Lumière F-34830 JACOU Tel : 04-67-59-40-10 Fax: 04-67-59-23-30

Date :	16/09/2024	Sondage :	RF101
Dossier :	CMO2.O2103.0001	Echantillon :	24M3403
Chantier :	MONTPELLIER	Profondeur :	1.50-1.70 m
	IRD		
Nature :	LIMON sableux beige foncé à cailloutis		

Caractéristiques de l'éprouvette	
Diamètre	50.03 mm
Ho	19.32 mm
Masse trousse	72.42 g
Masse initiale	152.63 g

Masse volumique des grains ps	estimée	2.70 t/m3
	mesurée	-

Lectures		Comparateur	Masse	Déplacement	Déformation	Teneur en eau
date	heure	l (mm)	m (g)	ΔH (mm)	$\Delta H/H_0$ (%)	W (%)
16/09/2024	08 h 25	4.190	2036.77	0.00	0.00%	19.0%
16/09/2024	09 h 05	4.210	2036.43	0.02	0.10%	18.4%
16/09/2024	10 h 00	4.230	2036.03	0.04	0.21%	17.7%
16/09/2024	11 h 55	4.270	2035.17	0.08	0.41%	16.2%
16/09/2024	13 h 40	4.320	2034.00	0.13	0.67%	14.3%
16/09/2024	15 h 30	4.375	2032.77	0.19	0.96%	12.3%
16/09/2024	16 h 25	4.410	2031.66	0.22	1.14%	10.6%
17/09/2024	08 h 15	4.445	2030.54	0.26	1.32%	8.9%
17/09/2024	13 h 35	4.515	2028.41	0.32	1.68%	5.8%
17/09/2024	16 h 00	4.520	2027.89	0.33	1.71%	5.1%
18/09/2024	07 h 40	4.525	2026.31	0.34	1.73%	3.0%
			2023.98			0.0%



RESULTATS

masse volumique humide : $\rho_h = 2.11 \text{ t/m}^3$ masse volumique sèche : $\rho_d = 1.78 \text{ t/m}^3$
 teneur en eau initiale : $w_0 = 19.0\%$ Degré de saturation initial : $S_{r0} = 98.3\%$
 indice des vides : $e_0 = 0.52$ teneur en eau de saturation : $W_{sat} = 19.3\%$
 limite de retrait effectif : $W_{RE} = 7.0\%$ facteur de retrait effectif : $R_l = 0.14$

Observations: Essai réalisé à la suite de l'essai de gonflement

Le Technicien chargé de l'essai
J. Losse

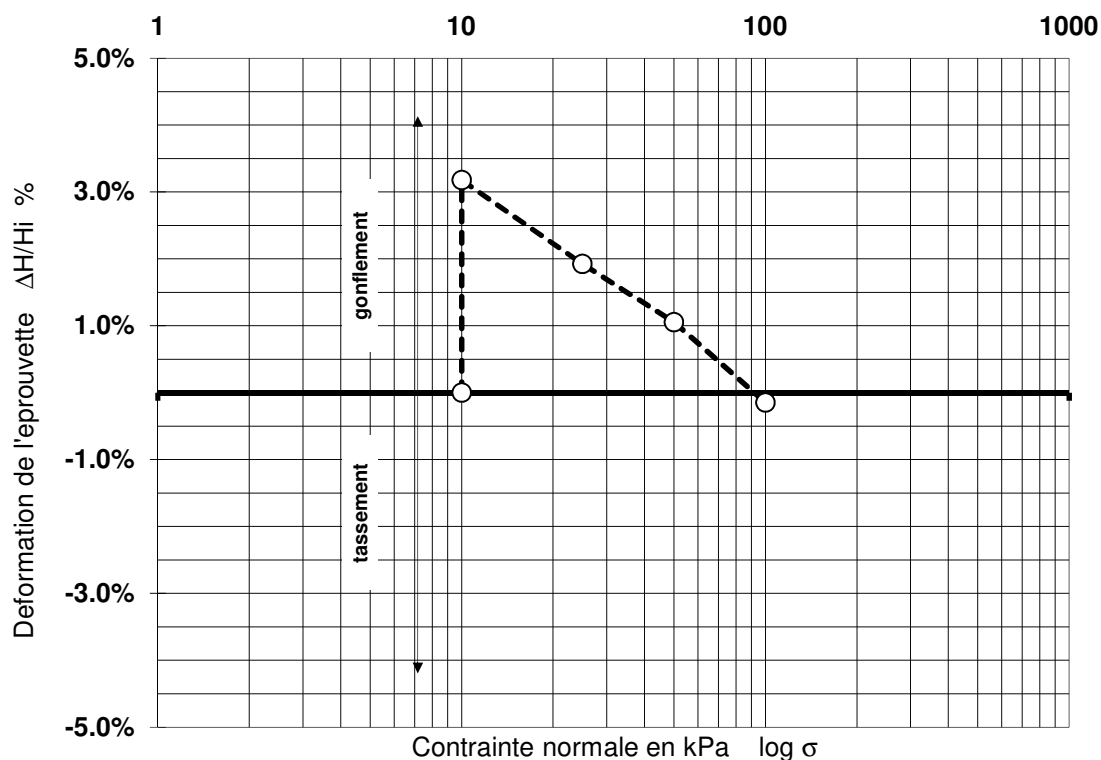
	ESSAI DE GONFLEMENT A L'OEDOMETRE Méthode d'essais	ENREGISTREMENT	MTP-E052
		Version 2 - 19/10/2016	
		Processus: AFFAIRE	

GINGER CEBTP ,12 rue des frères Lumière F-34830 JACOU Tel : 04-67-59-40-10 Fax: 04-67-59-23-30

Date :	16/09/2024	Sondage :	RF101
Dossier :	CMO2.O2103.0001	Echantillon :	24M3403
Chantier :	MONTPELLIER	Profondeur :	1.50-1.70 m
	IRD		
Nature :	LIMON sableux beige foncé à cailloutis		

Caractéristiques de l'éprouvette	
Diamètre	50.14 mm
Ho	19.77 mm
Masse bague	68.46 g
Masse initiale	142.66 g

teneur en eau initiale : $w_0 = 10.1\%$
masse volumique humide : $\rho_h = 1.90 \text{ t/m}^3$
masse volumique sèche : $\rho_d = 1.73 \text{ t/m}^3$



Pression de gonflement $\sigma_g = 90 \text{ kPa}$

Observations :

Le Technicien chargé de l'essai
J. Losse

ANNEXE 5 – CALCUL FOXTA

Données

Titre du projet : Micropieux
Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD
Commentaires : N/A
Titre du calcul : Micropieux double-n°1-extérieur-250 (Cas 1)
Mode général : Mode Groupie+
Mode Groupie+ : Mode simplifié
Pas maximal (m) : 0,50
Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	-0,38	0,00	44,10	0,0	0,0	10,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00
2	0,38	0,00	44,10	0,0	0,0	10,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non
Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques
Type de sollicitation latérale : Sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant
Cote de référence (m) : 44,10

Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Remblais		42,60	0,0	0,0	2,50E03	0,50	1,50E02	2,50E02	1,00	Sol granulaire	1,00
2	Remblais non négligé		41,10	0,0	0,0	5,00E03	0,50	3,00E02	5,00E02	1,00	Sol granulaire	1,00
3	Horizon 1		38,10	0,0	0,0	1,00E04	0,50	5,00E02	1,00E03	45,00	Sol fin	1,00
4	Horizon 2		25,00	0,0	0,0	1,00E05	0,66	2,50E03	4,00E03	167,00	Sol fin	4000,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	29,00	-22,00	0,00	92,00	223,00	0,00
2	36,00	92,00	0,00	-22,00	450,00	0,00



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:48:20
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 1/6)
Titre du calcul : Micropieux double-n°1-extérieur-250

Onglet "Définition du sol"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	29,00	-22,00	0,00	92,00	223,00	0,00	2,055E-03	-9,634E-04	2,006E-02	4,320E-02	9,426E-04	6,442E-18
2	36,00	92,00	0,00	-22,00	450,00	0,00	1,124E-03	2,544E-03	-3,330E-03	-8,728E-03	2,071E-03	-4,280E-18



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:48:20
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 1/6)
Titre du calcul : Micropieux double-n°1-extérieur-250

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	14,500	-4,318	0,000	46,000	71,189	0,000
1	2	14,500	-4,318	-0,000	46,000	151,811	0,000
2	1	18,000	-10,074	-0,000	-11,000	319,543	-0,000
2	2	18,000	-10,074	0,000	-11,000	130,457	-0,000

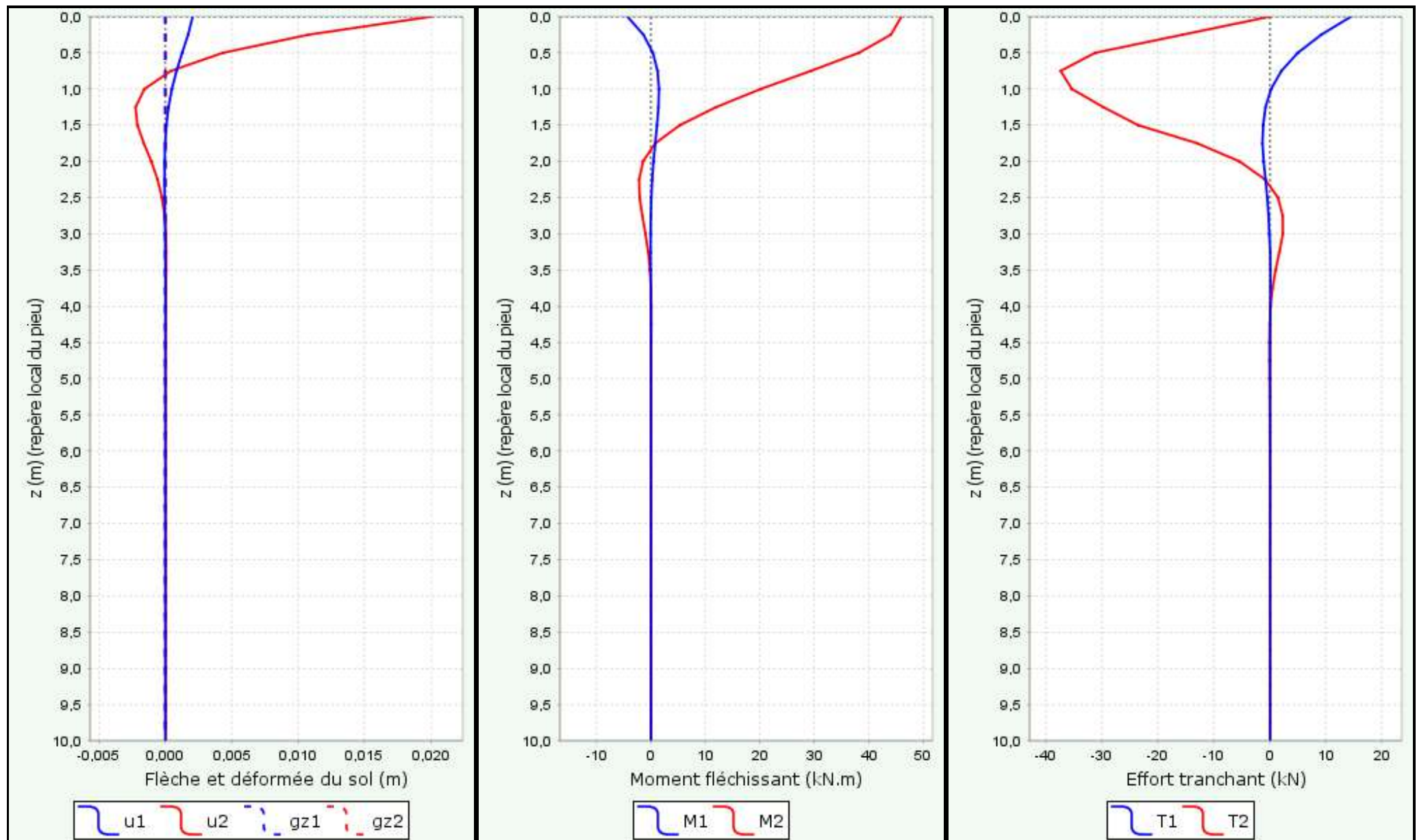


FoXta v4
v4.1.17

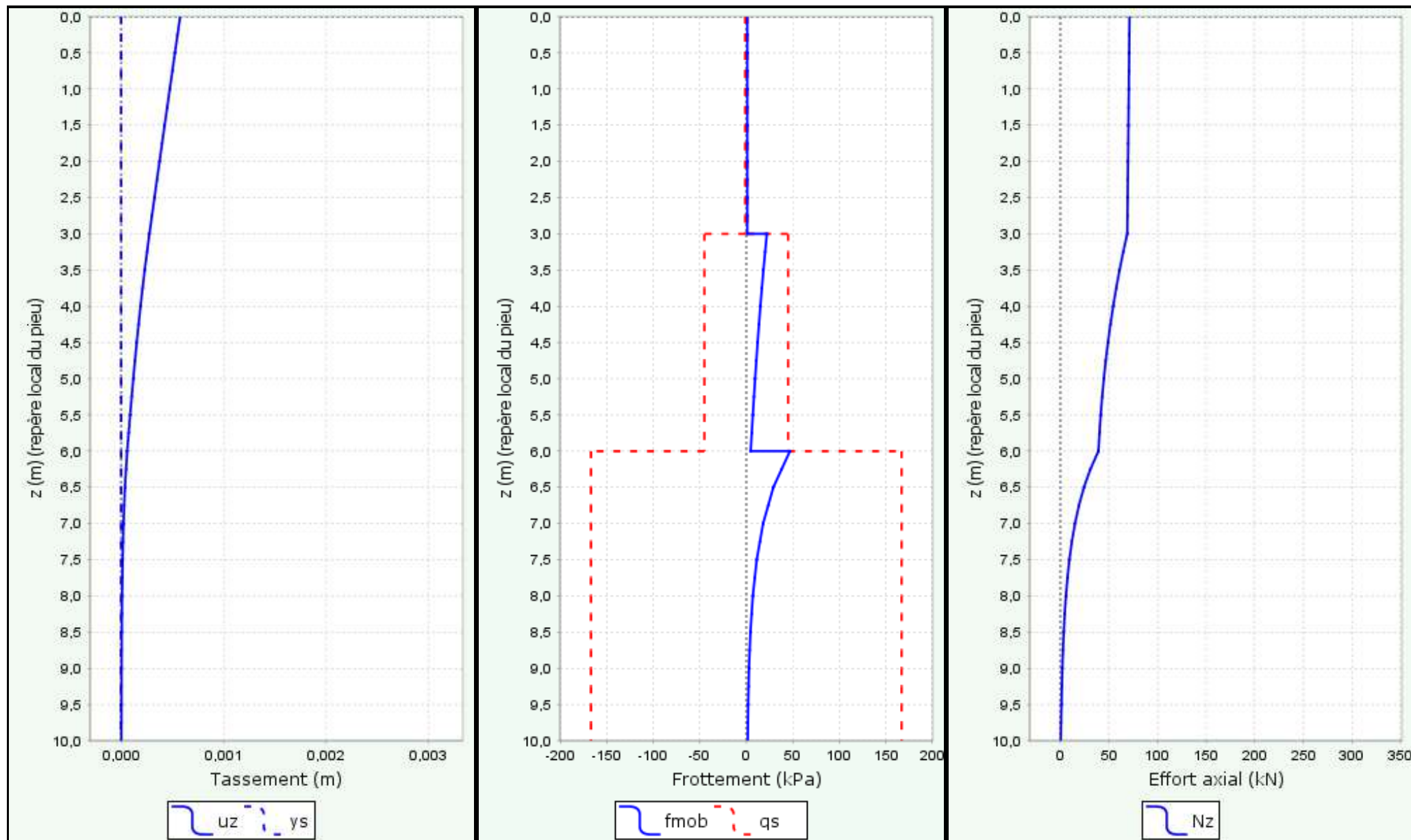
Imprimé le : 09/05/2025 - 13:48:20
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 1/6)
Titre du calcul : Micropieux double-n°1-extérieur-250

Comportement latéral pour le cas de chargement 1 et pour le pieu 2



Comportement axial



Cas de chargement 1 : Tx=29,00 My=-22,00 Ty=0,00 Mx=92,00 Tz=223,00 Mz=0,00

Raideurs tangentes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_t \cdot U + F_0$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ		
uX	+1,718E04	+6,557E03	+0,000E00	+0,000E00	+1,163E-12	+0,000E00	T ₀ X	-1,096E-15
rY	+6,557E03	+3,728E04	+0,000E00	+0,000E00	+6,652E03	+0,000E00	M ₀ Y	-5,829E00
uY	+0,000E00	+0,000E00	+7,910E03	-4,994E03	+0,000E00	+1,427E-12	T ₀ Y	+5,701E01
rX	+0,000E00	+0,000E00	-4,994E03	+4,682E03	+0,000E00	+3,138E-13	M ₀ X	-1,006E01
uZ	-8,413E-12	+6,652E03	+0,000E00	+0,000E00	+2,234E05	+0,000E00	T ₀ Z	+1,883E01
rZ	+0,000E00	+0,000E00	-1,390E-11	+1,019E-11	+0,000E00	+1,144E03	M ₀ Z	-1,688E-13

Terme de raideur en translation (kN/m)
 Terme de raideur en rotation (kN.m/rad)
 Terme de raideur couplée (kN)

Terme de force à l'origine (kN)
 Terme de moment à l'origine (kN.m)

Raideurs sécantes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_s \cdot U$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ
uX	+1,714E04	+6,540E03	+4,680E02	-2,123E02	-1,597E02	-1,386E-12
rY	+6,540E03	+3,732E04	-2,609E02	-7,343E00	+6,437E03	+7,727E-13
uY	+4,680E02	-2,609E02	+6,991E03	-3,347E03	+3,295E03	+4,151E-12
rX	-2,123E02	-7,343E00	-3,347E03	+3,718E03	-1,088E03	-4,563E-12
uZ	-1,597E02	+6,437E03	+3,295E03	-1,088E03	+2,233E05	-9,755E-12
rZ	-1,386E-12	+7,727E-13	-1,118E-11	+5,317E-12	-9,755E-12	+1,144E03

Terme de raideur en translation (kN/m)

Données

Titre du projet : Micropieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux triple-N°2-extérieur 250mm (Cas 2)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	-0,38	-0,38	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00
2	0,38	-0,38	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00
3	0,00	0,38	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Remblais		42,60	0,0	0,0	2,50E03	0,50	1,50E02	2,50E02	1,00	Sol granulaire	1,00
2	Remblais non négligé		41,10	0,0	0,0	5,00E03	0,50	3,00E02	5,00E02	1,00	Sol granulaire	1,00
3	Horizon 1		38,10	0,0	0,0	1,00E04	0,50	5,00E02	1,00E03	45,00	Sol fin	1,00
4	Horizon 2		25,00	0,0	0,0	1,00E05	0,66	2,50E03	4,00E03	167,00	Sol fin	4000,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	62,00	136,00	0,00	73,00	485,00	0,00
2	62,00	-136,00	0,00	-73,00	485,00	0,00
3	155,00	-116,00	0,00	-73,00	450,00	0,00
4	53,00	-226,00	0,00	165,00	365,00	0,00
5	65,00	184,00	0,00	43,00	0,00	0,00



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:49:20
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 2/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°2-extérieur 250mm

Onglet "Définition du sol"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	62,00	136,00	0,00	73,00	485,00	0,00	1,403E-03	3,077E-03	1,166E-03	3,055E-03	1,916E-03	-1,356E-03
2	62,00	-136,00	0,00	-73,00	485,00	0,00	4,427E-03	-4,697E-03	-1,788E-04	-4,687E-04	1,457E-03	-1,457E-03
3	155,00	-116,00	0,00	-73,00	450,00	0,00	1,060E-02	-5,409E-03	-2,363E-04	-6,193E-04	1,354E-03	-5,157E-03
4	53,00	-226,00	0,00	165,00	365,00	0,00	4,996E-03	-7,140E-03	1,855E-03	4,861E-03	1,792E-03	-1,279E-03
5	65,00	184,00	0,00	43,00	0,00	0,00	1,029E-03	4,383E-03	3,417E-04	8,954E-04	7,819E-05	-1,421E-03



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:49:20
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 2/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°2-extérieur 250mm

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	17,716	-10,638	4,426	2,162	213,336	-0,001
1	2	17,716	-10,638	-4,426	5,540	-51,687	-0,001
1	3	26,568	-14,016	-0,000	3,851	323,351	-0,001
2	1	17,882	-0,903	4,759	-2,406	-19,131	-0,001
2	2	17,882	-0,903	-4,759	1,225	355,352	-0,001
2	3	26,236	-4,497	-0,000	-0,591	148,779	-0,001
3	1	47,178	-13,343	16,836	-7,204	-57,902	-0,005
3	2	47,178	-13,343	-16,836	5,643	375,874	-0,005
3	3	60,644	-22,149	-0,000	-0,781	132,029	-0,005
4	1	15,340	3,146	4,175	4,533	-294,319	-0,001
4	2	15,340	3,146	-4,175	7,719	283,897	-0,001
4	3	22,320	-0,015	0,000	6,126	375,422	-0,001
5	1	18,573	-12,611	4,640	-0,642	161,602	-0,001
5	2	18,573	-12,611	-4,640	2,899	-213,726	-0,001
5	3	27,854	-16,153	0,000	1,129	52,124	-0,001

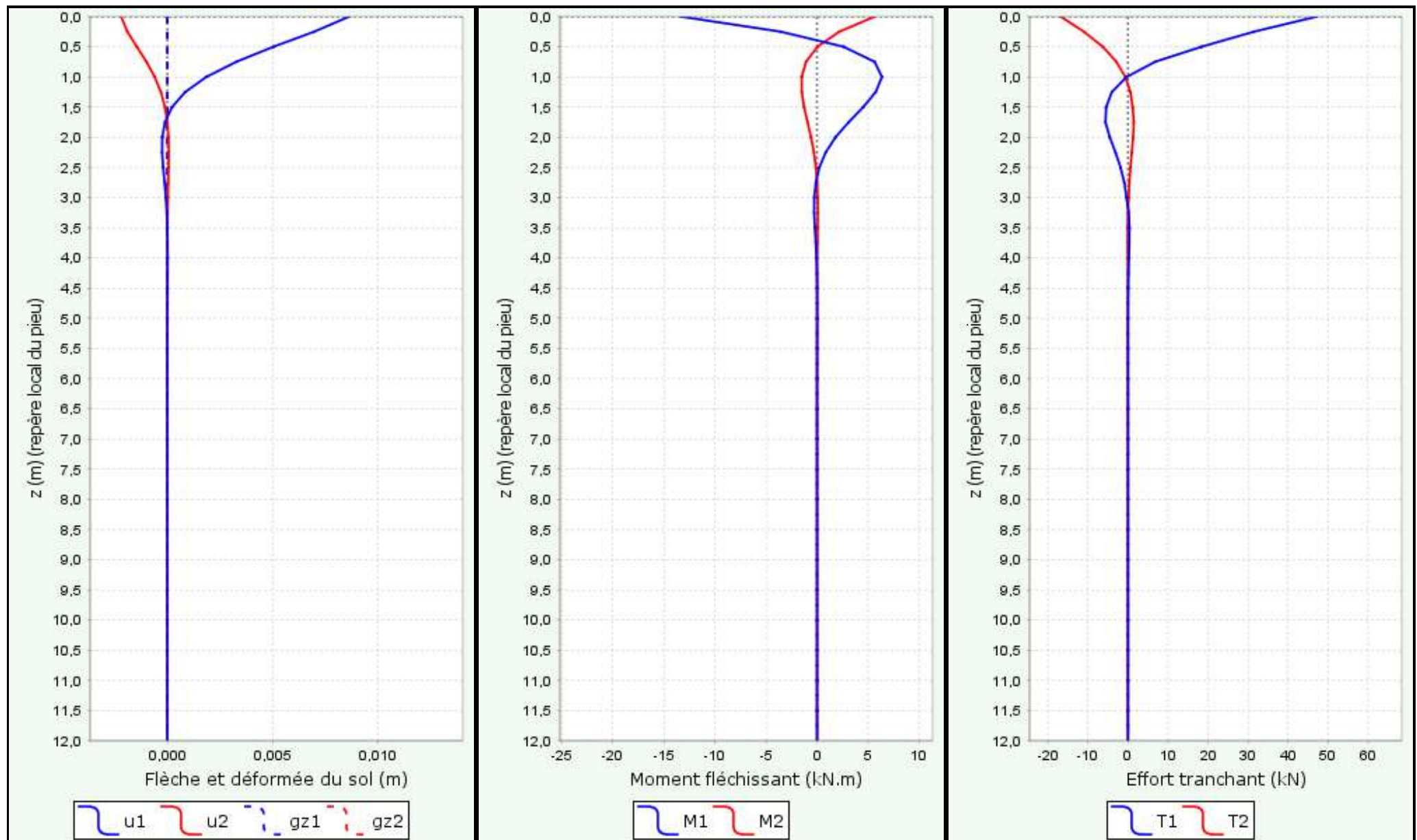


FoXta v4
v4.1.17

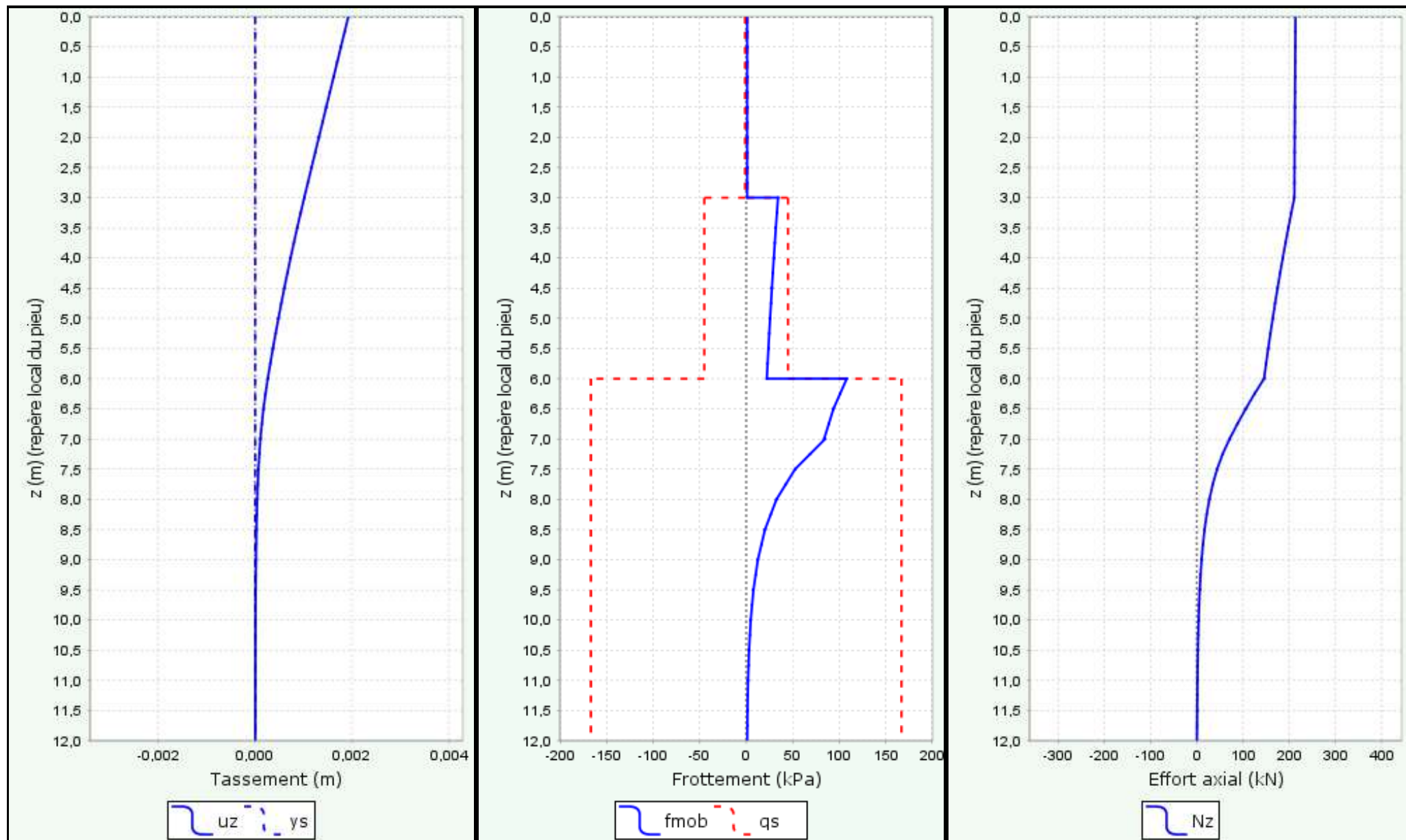
Imprimé le : 09/05/2025 - 13:49:20
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 2/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°2-extérieur 250mm

Comportement latéral pour le cas de chargement 3 et pour le pieu 2



Comportement axial



Cas de chargement 1 : Tx=62,00 My=136,00 Ty=0,00 Mx=73,00 Tz=485,00 Mz=0,00

Raideurs tangentes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_t \cdot U + F_0$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ		
uX	+2,578E04	+9,835E03	+7,921E-14	-4,004E-13	+5,535E-13	+3,265E03	T ₀ X	-1,954E-14
rY	+9,835E03	+3,912E04	-1,026E-11	+3,452E03	-9,085E03	+1,246E03	M ₀ Y	+1,037E01
uY	+4,076E-12	+1,511E-12	+2,578E04	-9,835E03	-8,683E-12	+6,032E-12	T ₀ Y	+7,046E-15
rX	-1,018E-11	+3,452E03	-9,835E03	+5,271E04	-4,737E04	-9,087E-13	M ₀ X	+3,531E00
uZ	+2,709E-11	-9,085E03	+1,091E-11	-4,737E04	+3,128E05	+3,404E-12	T ₀ Z	+5,843E01
rZ	+3,265E03	+1,246E03	+1,564E-12	+1,527E-12	-1,244E-12	+6,206E03	M ₀ Z	-2,309E-14

 Terme de raideur en translation (kN/m)
 Terme de raideur en rotation (kN.m/rad)
 Terme de raideur couplée (kN)

 Terme de force à l'origine (kN)
 Terme de moment à l'origine (kN.m)

Raideurs sécantes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_s \cdot U$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ
uX	+2,554E04	+9,739E03	+3,699E-13	-1,353E02	+5,442E02	+3,265E03
rY	+9,739E03	+3,978E04	-9,669E-12	+3,635E03	-4,949E03	+1,246E03
uY	+4,367E-12	+2,100E-12	+2,578E04	-9,835E03	-6,683E-12	+6,032E-12
rX	-1,353E02	+3,635E03	-9,835E03	+5,271E04	-4,572E04	-1,976E-12
uZ	+5,442E02	-4,949E03	+1,291E-11	-4,572E04	+3,337E05	-3,150E-12
rZ	+3,265E03	+1,246E03	+1,564E-12	+4,598E-13	-7,798E-12	+6,206E03

 Terme de raideur en translation (kN/m)

Données

Titre du projet : Micropieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux triple-N°3-extérieur 250mm (Cas 3)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	-0,38	-0,38	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00
2	0,38	-0,38	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00
3	0,00	0,38	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	9,50E02	9,50E02	6,99E05	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Remblais		42,60	0,0	0,0	2,50E03	0,50	1,50E02	2,50E02	1,00	Sol granulaire	1,00
2	Remblais non négligé		41,10	0,0	0,0	5,00E03	0,50	3,00E02	5,00E02	1,00	Sol granulaire	1,00
3	Horizon 1		38,10	0,0	0,0	1,00E04	0,50	5,00E02	1,00E03	45,00	Sol fin	1,00
4	Horizon 2		25,00	0,0	0,0	1,00E05	0,66	2,50E03	4,00E03	167,00	Sol fin	4000,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	54,00	10,60	0,00	73,00	655,00	0,00



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:49:53
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 3/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°3-extérieur 250mm

Onglet "Définition du sol"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	54,00	10,60	0,00	73,00	655,00	0,00	2,354E-03	-2,858E-04	1,460E-03	3,825E-03	2,510E-03	-1,181E-03



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:49:53
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 3/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°3-extérieur 250mm

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	15,430	-5,527	3,855	3,350	113,499	-0,001
1	2	15,430	-5,527	-3,855	6,292	136,981	-0,001
1	3	23,140	-8,469	-0,000	4,821	404,521	-0,001

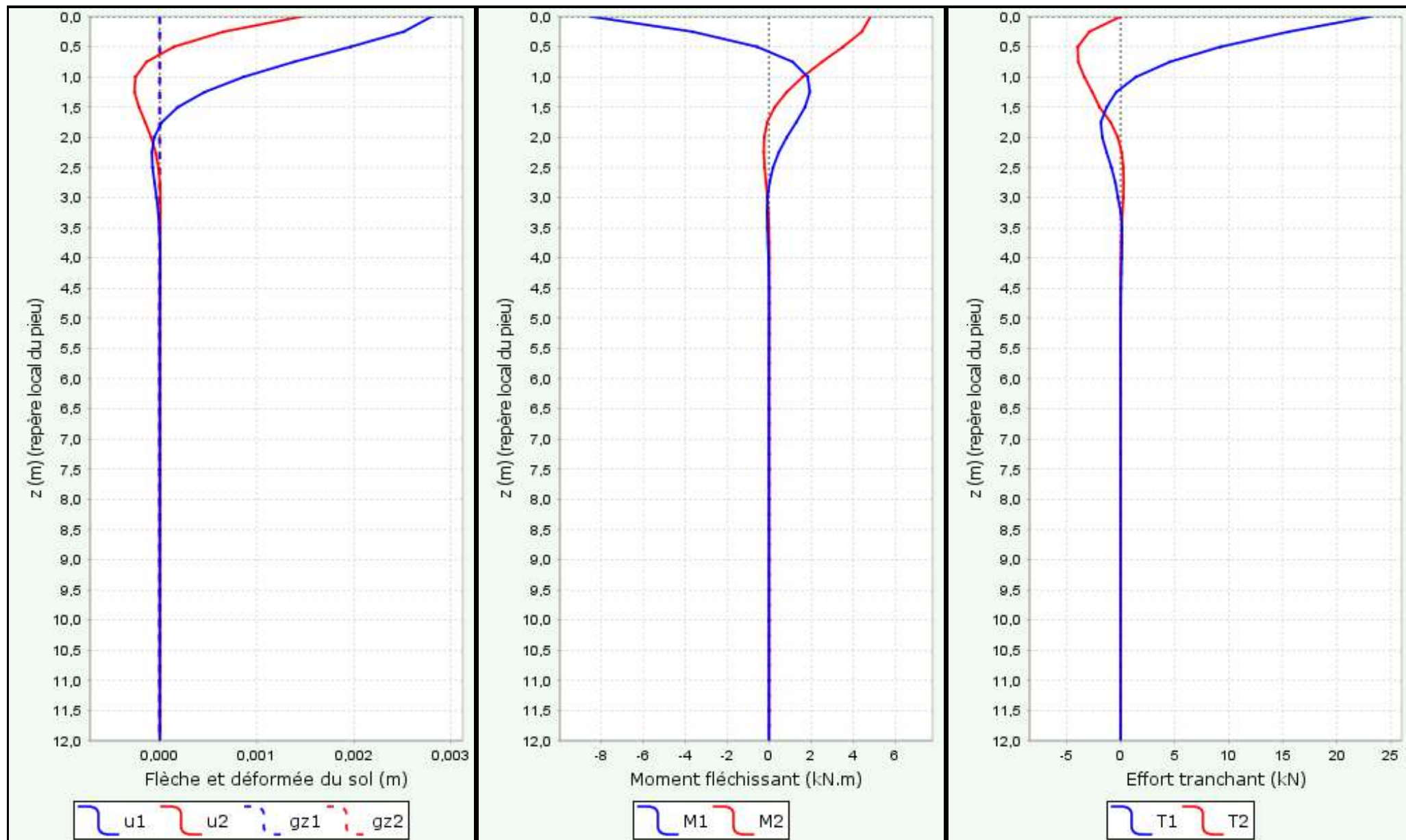


FoXta v4
v4.1.17

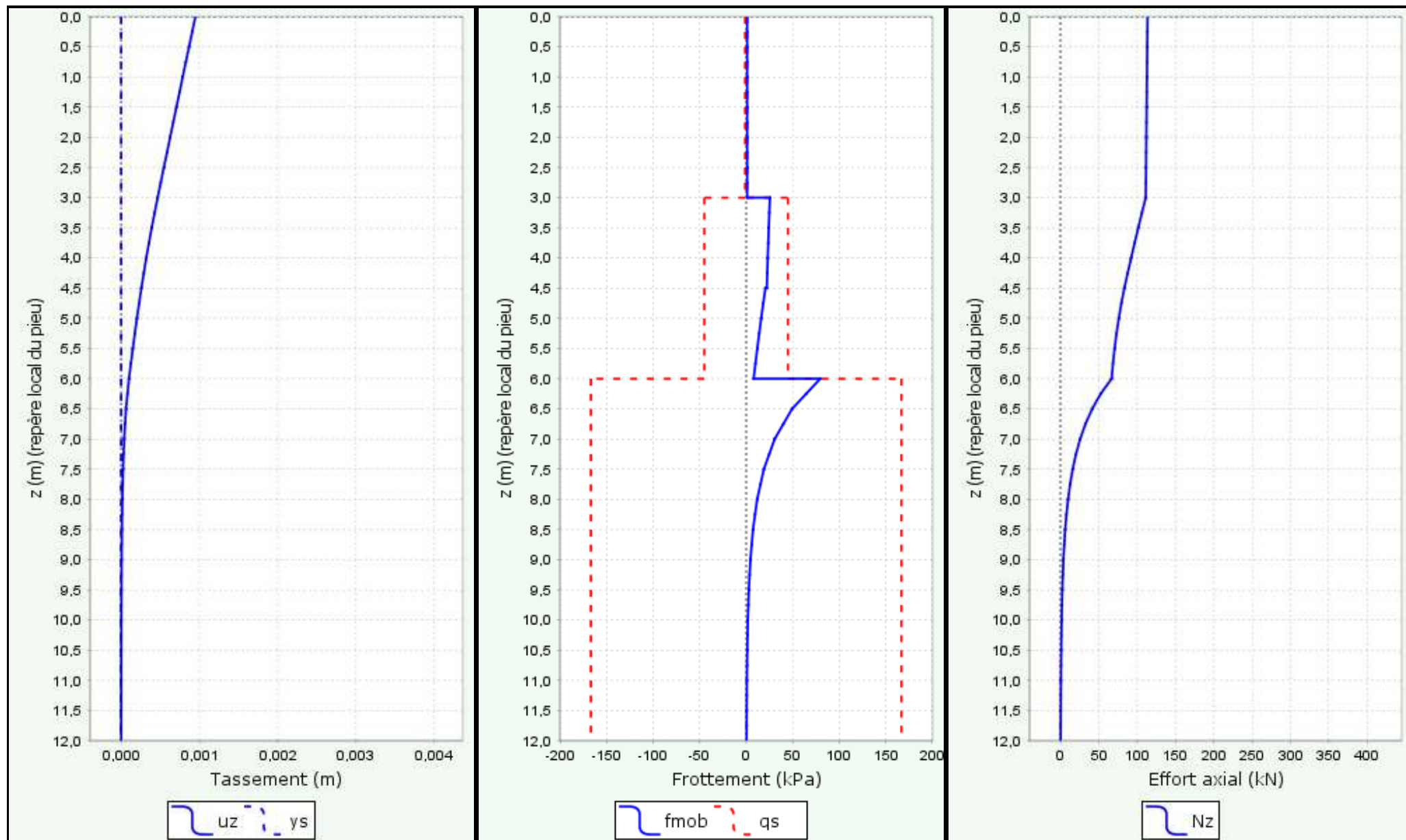
Imprimé le : 09/05/2025 - 13:49:53
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 3/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°3-extérieur 250mm

Comportement latéral



Comportement axial



Cas de chargement 1 : Tx=54,00 My=10,60 Ty=0,00 Mx=73,00 Tz=655,00 Mz=0,00

Raideurs tangentes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_t \cdot U + F_0$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ		
uX	+2,578E04	+9,835E03	+7,497E-15	-2,190E-14	+1,210E-13	+3,265E03	T ₀ X	-4,041E-14
rY	+9,835E03	+3,856E04	-5,042E-12	-2,925E02	+7,697E02	+1,246E03	M ₀ Y	-8,700E-01
uY	-7,050E-12	-2,599E-12	+2,578E04	-9,835E03	+1,689E-11	-8,821E-12	T ₀ Y	-1,729E-14
rX	+4,962E-12	-2,925E02	-9,835E03	+5,148E04	-4,764E04	+2,413E-12	M ₀ X	+9,930E00
uZ	-9,650E-12	+7,697E02	-7,276E-12	-4,764E04	+3,043E05	-1,222E-12	T ₀ Z	+7,371E01
rZ	+3,265E03	+1,246E03	-4,658E-12	+2,419E-12	-2,299E-12	+6,206E03	M ₀ Z	+2,842E-14

Terme de raideur en translation (kN/m)
 Terme de raideur en rotation (kN.m/rad)
 Terme de raideur couplée (kN)

Terme de force à l'origine (kN)
 Terme de moment à l'origine (kN.m)

Raideurs sécantes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_s \cdot U$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ
uX	+2,560E04	+9,775E03	-5,042E-13	+5,833E01	+6,773E01	+3,265E03
rY	+9,775E03	+3,854E04	-5,151E-12	-3,111E02	+5,058E02	+1,246E03
uY	-7,561E-12	-2,707E-12	+2,578E04	-9,835E03	+1,138E-11	-8,821E-12
rX	+5,833E01	-3,111E02	-9,835E03	+5,190E04	-4,439E04	+3,395E-12
uZ	+6,773E01	+5,058E02	-1,278E-11	-4,439E04	+3,286E05	+7,836E-12
rZ	+3,265E03	+1,246E03	-4,658E-12	+3,402E-12	+6,759E-12	+6,206E03

Terme de raideur en translation (kN/m)

Données

Titre du projet : Micropieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux triple N°4-extérieur-incliné-250mm (Cas 4)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	-0,50	0,50	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	1,08E03	1,08E03	8,11E05	1,00
2	-0,50	-0,50	44,10	0,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	1,08E03	1,08E03	8,11E05	1,00
3	0,50	0,00	44,10	7,0	0,0	12,00	0,25	Encastré	1,08E03	1,08E03	8,11E05	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Remblais		42,60	0,0	0,0	2,50E03	0,50	1,50E02	2,50E02	1,00	Sol granulaire	1,00
2	Remblais non négligé		41,10	0,0	0,0	5,00E03	0,50	3,00E02	5,00E02	1,00	Sol granulaire	1,00
3	Horizon 1		38,10	0,0	0,0	1,00E04	0,50	5,00E02	1,00E03	45,00	Sol fin	1,00
4	Horizon 2		25,00	0,0	0,0	1,00E05	0,66	2,50E03	4,00E03	167,00	Sol fin	4000,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	215,00	-73,50	0,00	129,00	238,00	0,00
2	177,00	-73,50	0,00	116,00	430,00	0,00
3	269,00	-73,50	0,00	129,00	238,00	0,00
4	170,00	-73,50	0,00	136,00	237,00	0,00
5	170,00	-73,50	0,00	-136,00	237,00	0,00

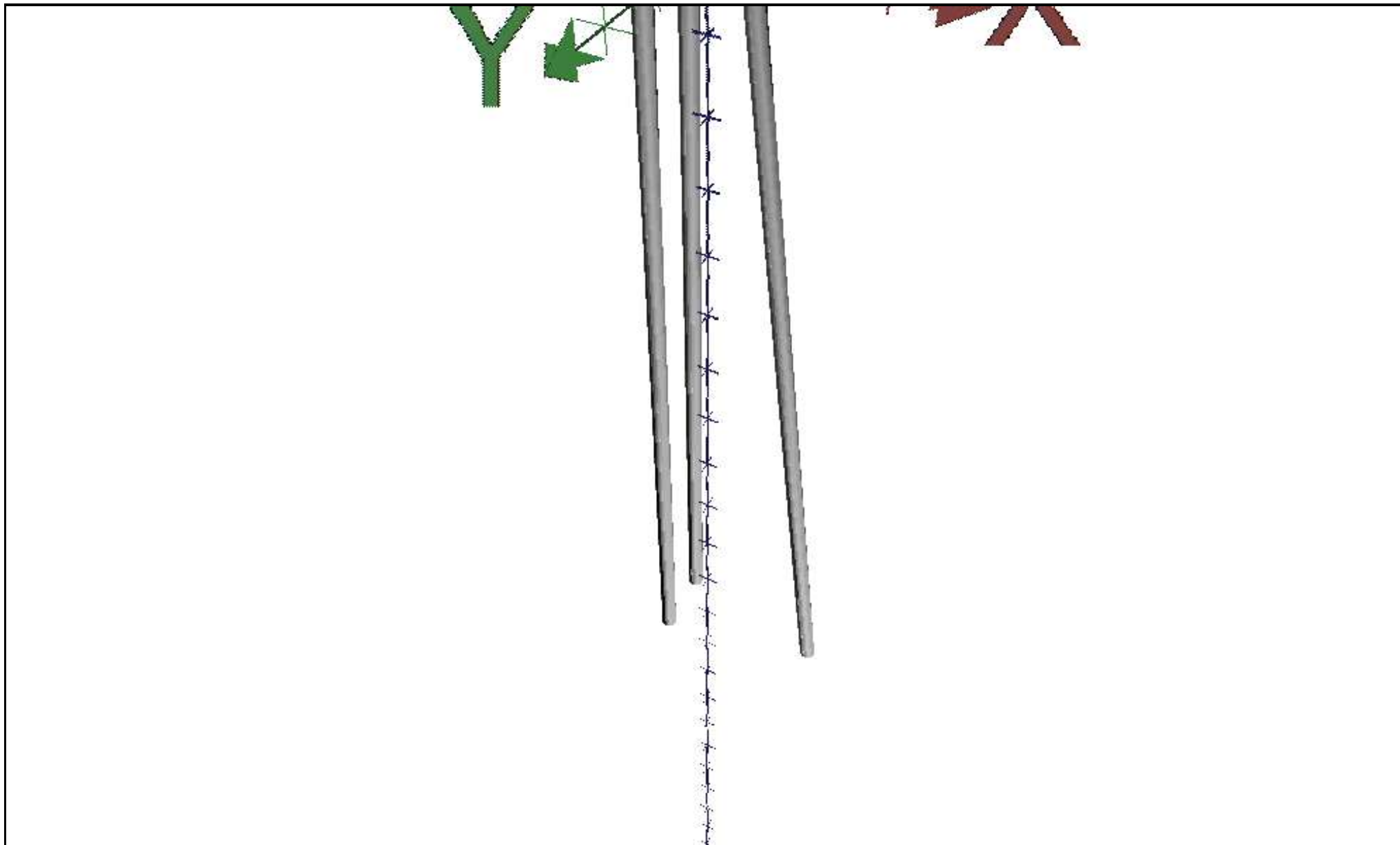


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:50:36
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 4/6)
Titre du calcul : Micropieux triple N°4-extérieur-incliné-250mm

Onglet "Paramètres généraux"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	215,00	-73,50	0,00	129,00	238,00	0,00	9,140E-03	-1,295E-03	7,100E-04	1,793E-03	5,265E-04	3,305E-05
2	177,00	-73,50	0,00	116,00	430,00	0,00	6,535E-03	-1,784E-03	6,424E-04	1,624E-03	1,251E-03	2,479E-05
3	269,00	-73,50	0,00	129,00	238,00	0,00	1,468E-02	-1,138E-03	7,151E-04	1,804E-03	2,978E-04	3,586E-05
4	170,00	-73,50	0,00	136,00	237,00	0,00	6,503E-03	-1,306E-03	7,501E-04	1,896E-03	6,174E-04	2,894E-05
5	170,00	-73,50	0,00	-136,00	237,00	0,00	6,503E-03	-1,306E-03	-7,501E-04	-1,896E-03	6,174E-04	-2,894E-05



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:50:37
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 4/6)
Titre du calcul : Micropieux triple N°4-extérieur-incliné-250mm

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	60,788	-25,373	-0,118	2,537	106,459	0,000
1	2	60,893	-25,448	-0,118	2,537	-136,683	0,000
1	3	59,936	-24,902	0,236	2,372	277,597	0,000
2	1	45,715	-16,978	-0,091	2,292	155,019	0,000
2	2	45,877	-17,055	-0,091	2,292	-63,519	0,000
2	3	43,519	-15,968	0,182	2,163	346,386	0,000
3	1	77,510	-38,000	-0,127	2,557	87,757	0,000
3	2	77,582	-38,064	-0,127	2,557	-155,287	0,000
3	3	75,825	-36,966	0,254	2,381	317,134	0,000
4	1	46,978	-18,156	-0,106	2,677	123,730	0,000
4	2	47,168	-18,246	-0,106	2,677	-132,551	0,000
4	3	45,330	-17,420	0,213	2,525	253,233	0,000
5	1	47,168	-18,246	0,106	-2,677	-132,551	-0,000
5	2	46,978	-18,156	0,106	-2,677	123,730	-0,000
5	3	45,330	-17,420	-0,213	-2,525	253,233	-0,000

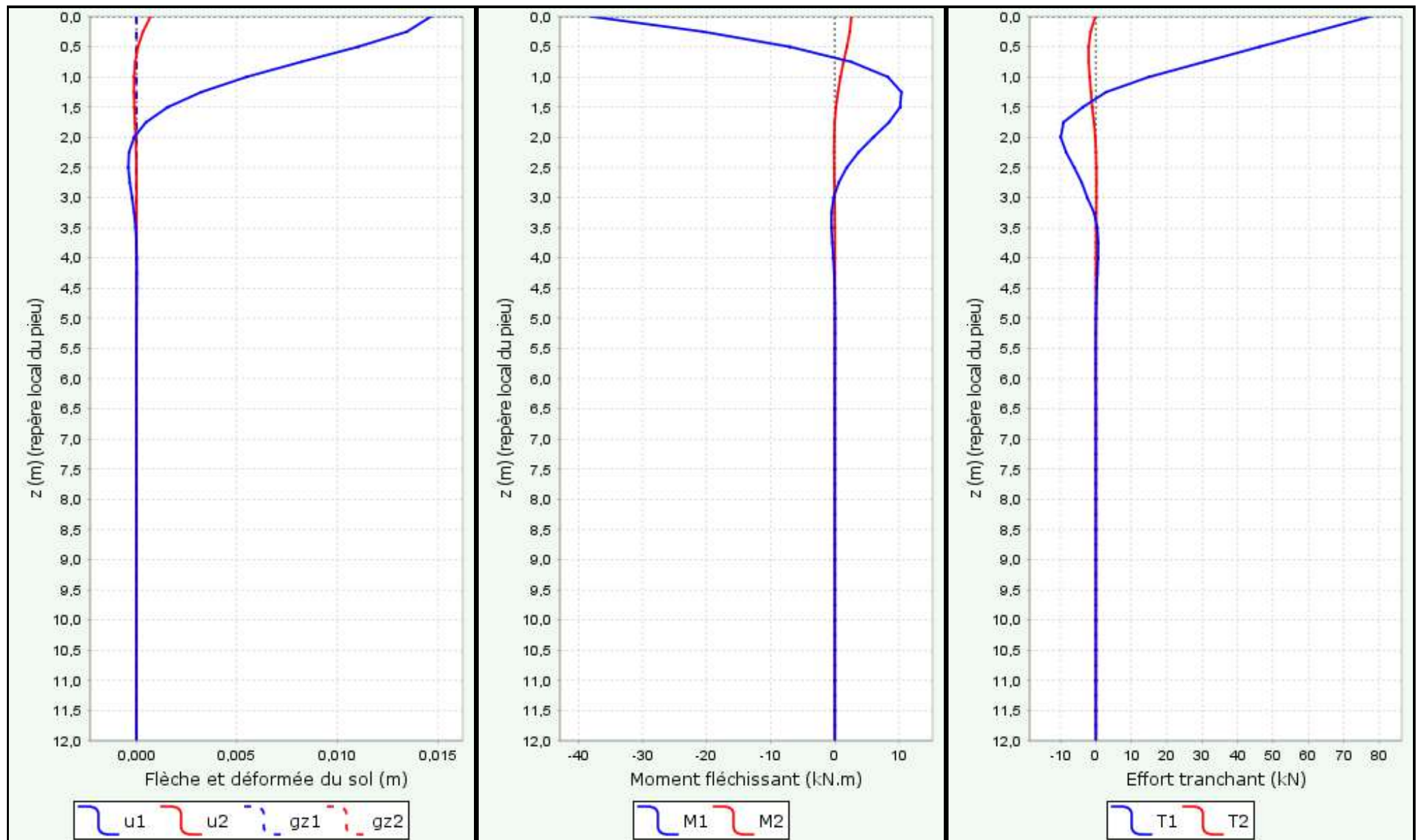


FoXta v4
v4.1.17

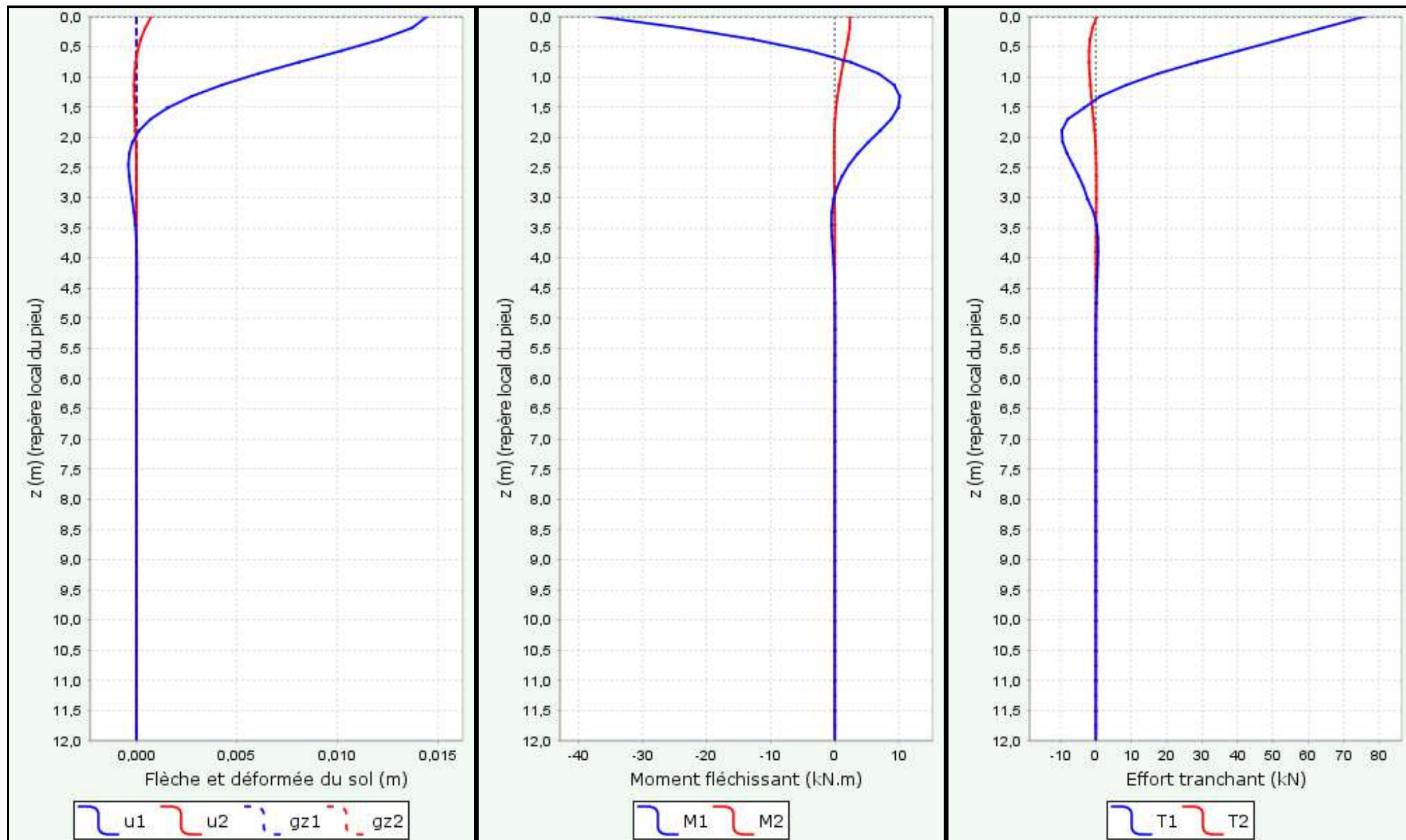
Imprimé le : 09/05/2025 - 13:50:37
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 4/6)
Titre du calcul : Micropieux triple N°4-extérieur-incliné-250mm

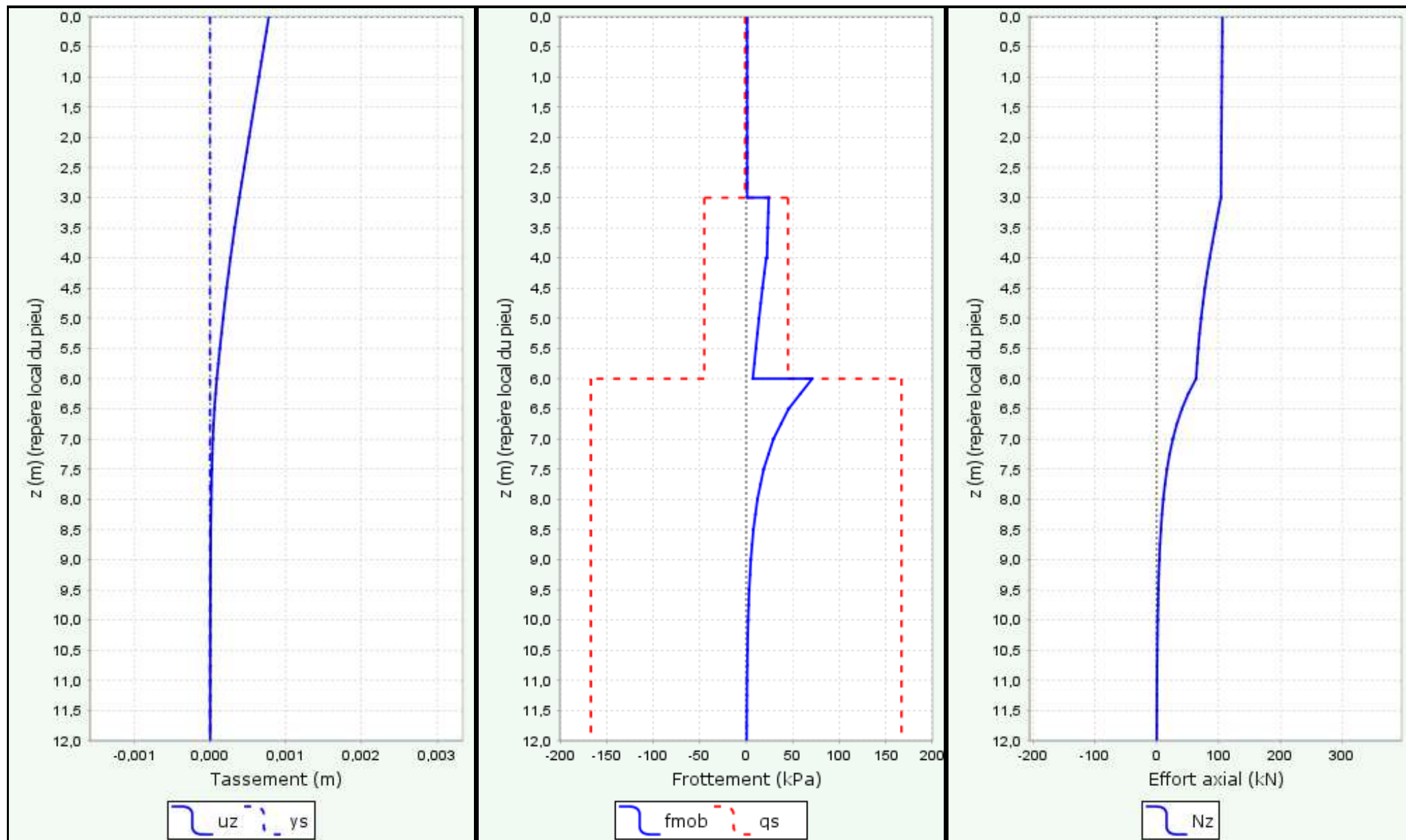
Comportement latéral pour le cas de chargement 3 et pour le pieu 1



Comportement latéral pour le cas de chargement 3 et pour le pieu 3



Comportement axial



Cas de chargement 1 : Tx=215,00 My=-73,50 Ty=0,00 Mx=129,00 Tz=238,00 Mz=0,00

Raideurs tangentes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_t \cdot U + F_o$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ		
uX	+1,190E04	+8,343E02	-3,884E-12	+1,511E-12	+1,258E04	+6,311E-12	T _o X	+1,007E02
rY	+8,343E02	+9,687E04	-1,478E-11	+7,756E02	+7,158E04	+7,153E-12	M _o Y	+5,233E00
uY	+1,338E-14	+1,352E-13	+2,662E04	-1,047E04	+2,721E-13	-4,014E03	T _o Y	+6,856E-15
rX	+5,840E-12	+7,756E02	-1,047E04	+7,084E04	+1,551E03	+1,429E03	M _o X	+9,600E00
uZ	+1,258E04	+7,158E04	-2,273E-11	+1,551E03	+3,568E05	+3,240E-12	T _o Z	+2,505E01
rZ	-1,183E-13	-5,477E-12	-4,014E03	+1,429E03	-1,579E-11	+8,716E03	M _o Z	+7,172E-14

Terme de raideur en translation (kN/m)

Terme de raideur en rotation (kN.m/rad)

Terme de raideur couplée (kN)

Terme de force à l'origine (kN)

Terme de moment à l'origine (kN.m)

Raideurs sécantes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_s \cdot U$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ
uX	+2,216E04	+4,064E02	-3,352E-12	+2,209E03	+1,723E04	+1,188E-11
rY	+4,064E02	+9,490E04	-1,514E-11	+3,234E03	+7,572E04	+3,320E-12
uY	+5,455E-13	-2,312E-13	+2,662E04	-1,047E04	+1,263E-12	-4,014E03
rX	+2,209E03	+3,234E03	-1,047E04	+6,804E04	-3,007E03	+1,429E03
uZ	+1,723E04	+7,572E04	-2,174E-11	-3,007E03	+3,494E05	+1,361E-11
rZ	+5,448E-12	-9,310E-12	-4,014E03	+1,429E03	-5,424E-12	+8,716E03

Terme de raideur en translation (kN/m)



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:50:37
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 4/6)
Titre du calcul : Micropieux triple N°4-extérieur-incliné-250mm

Données

Titre du projet : Micropieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux triple-N°5-intérieur 180mm (Cas 5)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	-0,38	-0,38	44,10	0,0	0,0	16,00	0,18	Encastré	4,12E02	4,12E02	5,21E05	1,00
2	0,38	-0,38	44,10	0,0	0,0	16,00	0,18	Encastré	4,10E02	4,10E02	5,21E05	1,00
3	0,00	0,38	44,10	0,0	0,0	16,00	0,18	Encastré	4,10E02	4,10E02	5,21E05	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Remblais		42,60	0,0	0,0	2,50E03	0,50	1,50E02	2,50E02	1,00	Sol granulaire	1,00
2	Remblais non négligé		41,10	0,0	0,0	5,00E03	0,50	3,00E02	5,00E02	1,00	Sol granulaire	1,00
3	Horizon 1		38,10	0,0	0,0	1,00E04	0,50	5,00E02	1,00E03	45,00	Sol fin	1,00
4	Horizon 2		25,00	0,0	0,0	1,00E05	0,66	2,50E03	4,00E03	167,00	Sol fin	4000,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	81,00	-147,00	0,00	-73,00	288,00	0,00
2	50,00	-19,00	0,00	-8,00	779,00	0,00
3	114,00	-10,00	0,00	5,00	584,00	0,00
4	50,00	-10,00	0,00	5,00	456,00	0,00

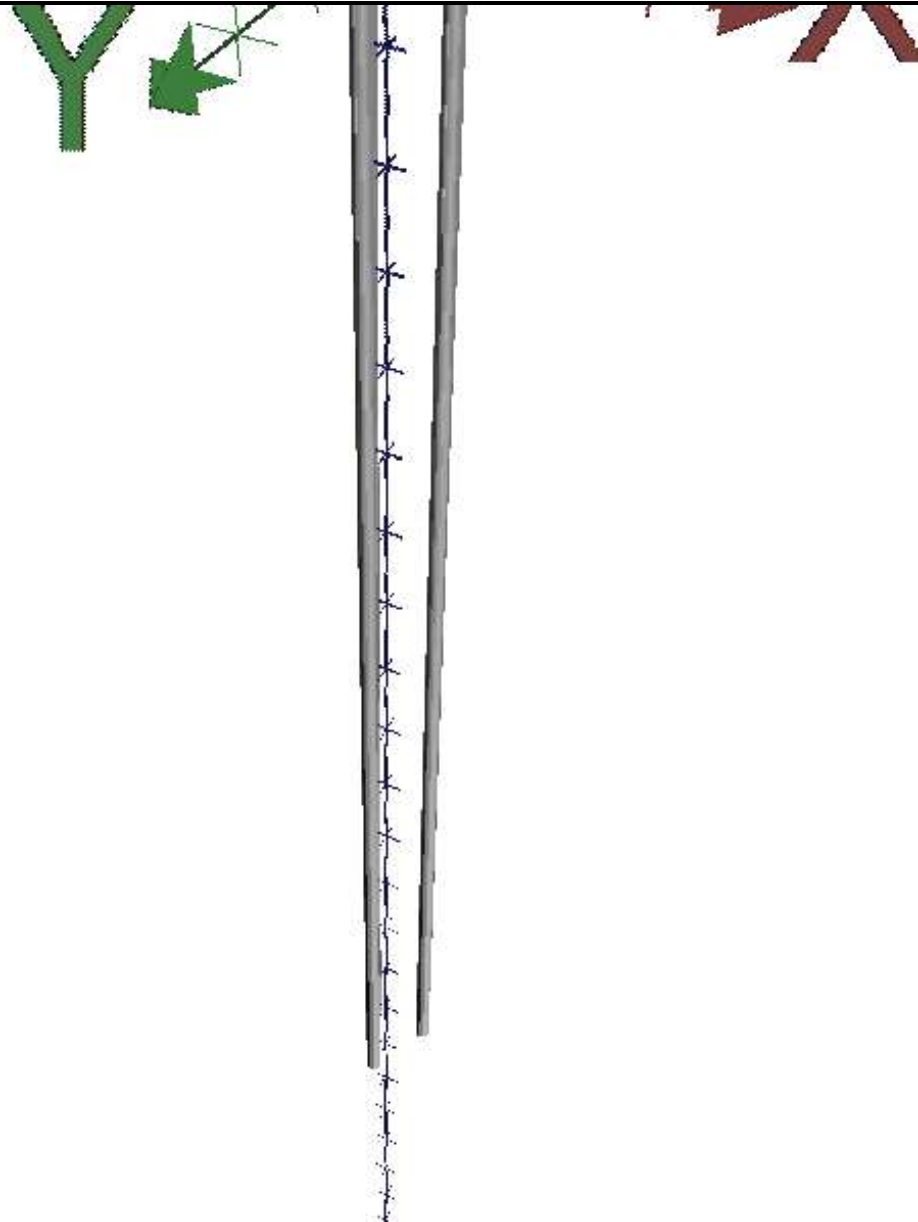


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:51:30
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 5/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°5-intérieur 180mm

Onglet "Cas de chargement"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	81,00	-147,00	0,00	-73,00	288,00	0,00	7,636E-03	-7,166E-03	-4,596E-04	-1,488E-03	1,105E-03	-3,006E-03
2	50,00	-19,00	0,00	-8,00	779,00	0,00	3,123E-03	-1,515E-03	1,030E-03	3,338E-03	3,774E-03	-1,512E-03
3	114,00	-10,00	0,00	5,00	584,00	0,00	9,321E-03	-2,215E-03	8,220E-04	2,666E-03	2,747E-03	-5,221E-03
4	50,00	-10,00	0,00	5,00	456,00	0,00	2,966E-03	-1,044E-03	6,282E-04	2,036E-03	2,065E-03	-1,491E-03



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:51:31
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 5/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°5-intérieur 180mm

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	24,245	-3,731	7,966	-3,455	-95,317	-0,003
1	2	24,230	-3,733	-7,961	1,465	331,449	-0,003
1	3	32,525	-7,708	-0,005	-0,990	51,868	-0,003
2	1	14,510	-3,469	4,000	0,996	162,675	-0,002
2	2	14,496	-3,463	-4,001	3,458	246,138	-0,002
2	3	20,994	-5,784	0,001	2,223	370,187	-0,002
3	1	35,440	-11,338	13,826	-2,488	82,070	-0,005
3	2	35,406	-11,315	-13,823	6,041	210,364	-0,005
3	3	43,155	-16,099	-0,003	1,777	291,566	-0,005
4	1	14,483	-3,776	3,945	0,143	82,309	-0,001
4	2	14,468	-3,768	-3,945	2,574	144,471	-0,001
4	3	21,049	-6,078	0,000	1,357	229,219	-0,001

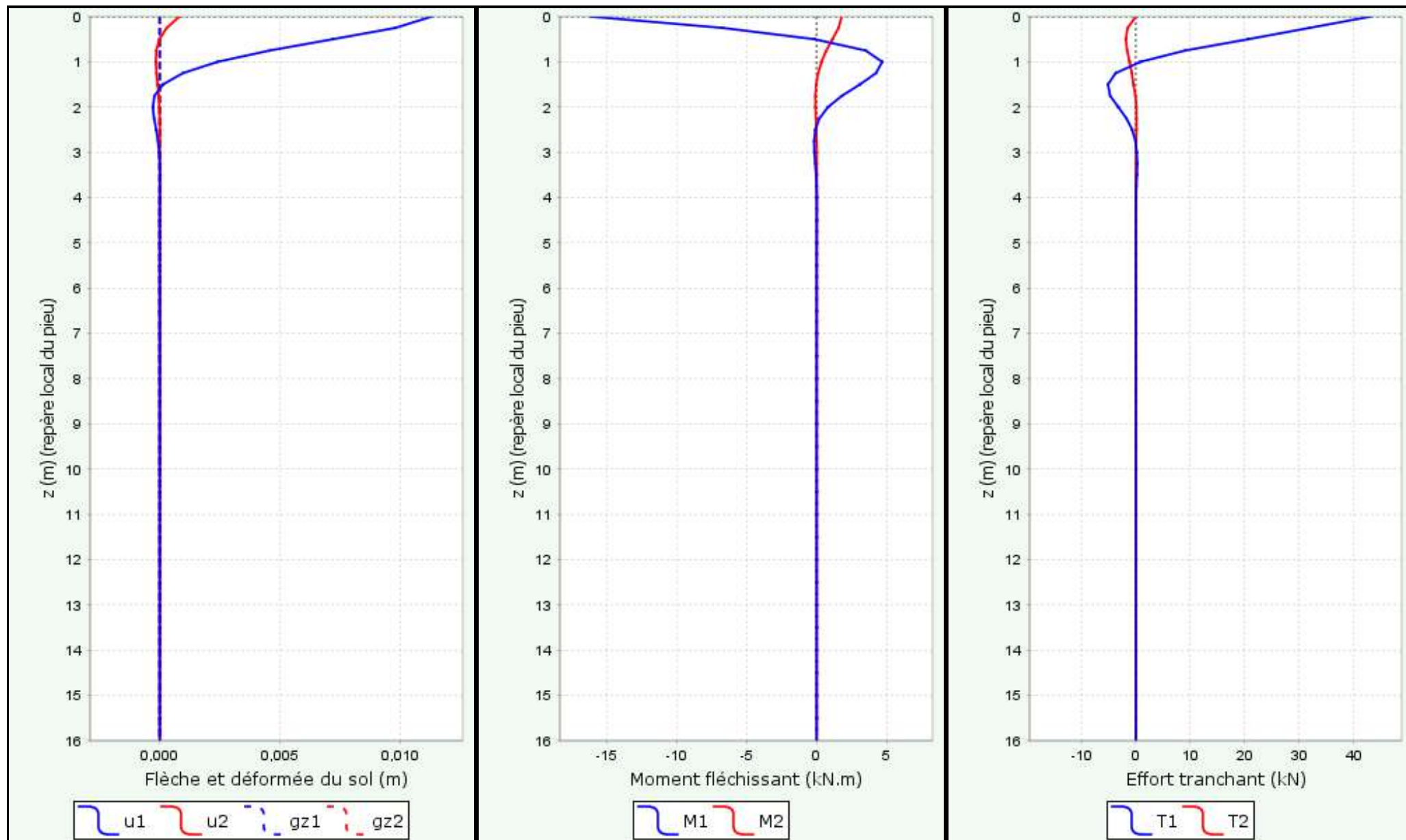


FoXta v4
v4.1.17

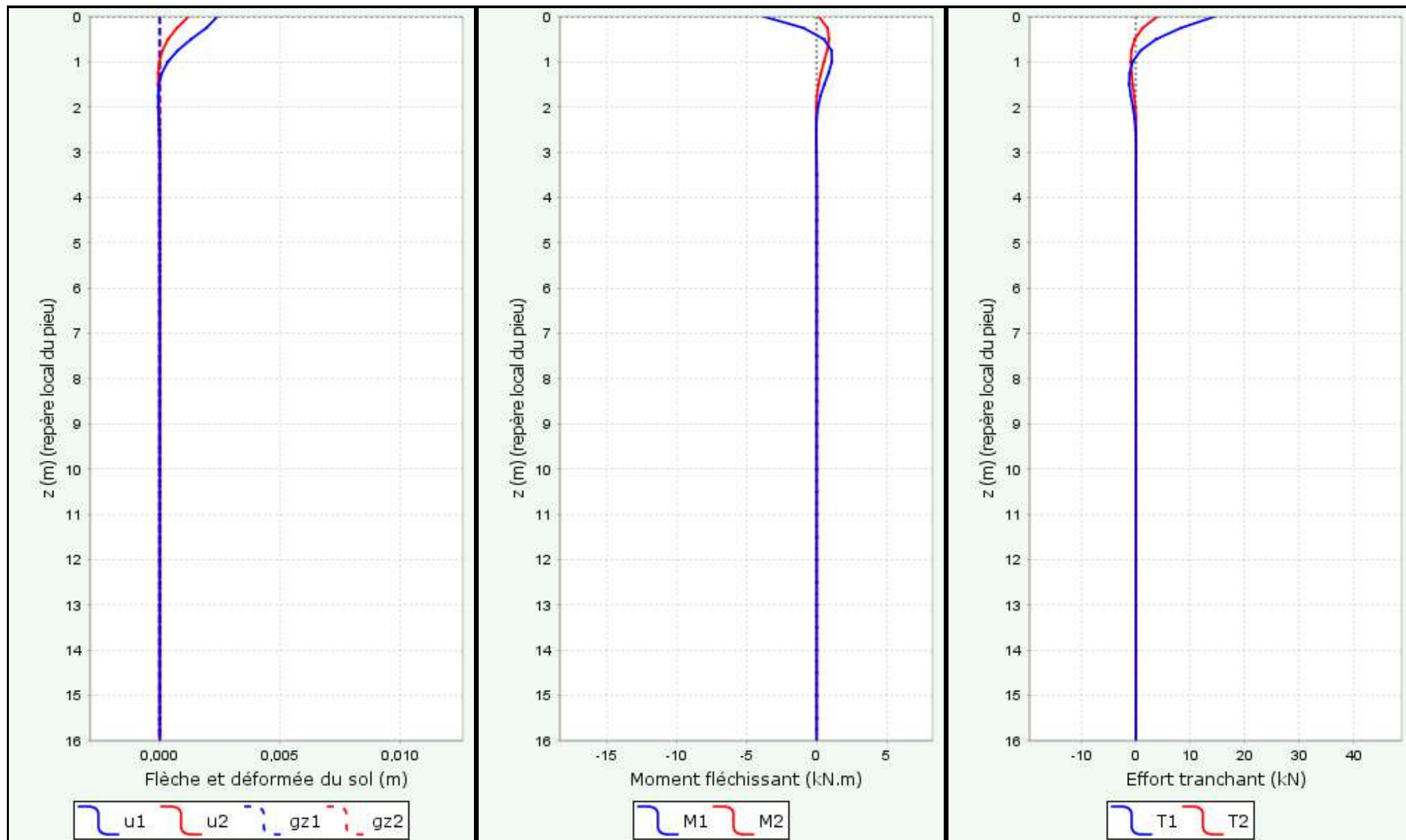
Imprimé le : 09/05/2025 - 13:51:31
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 5/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°5-intérieur 180mm

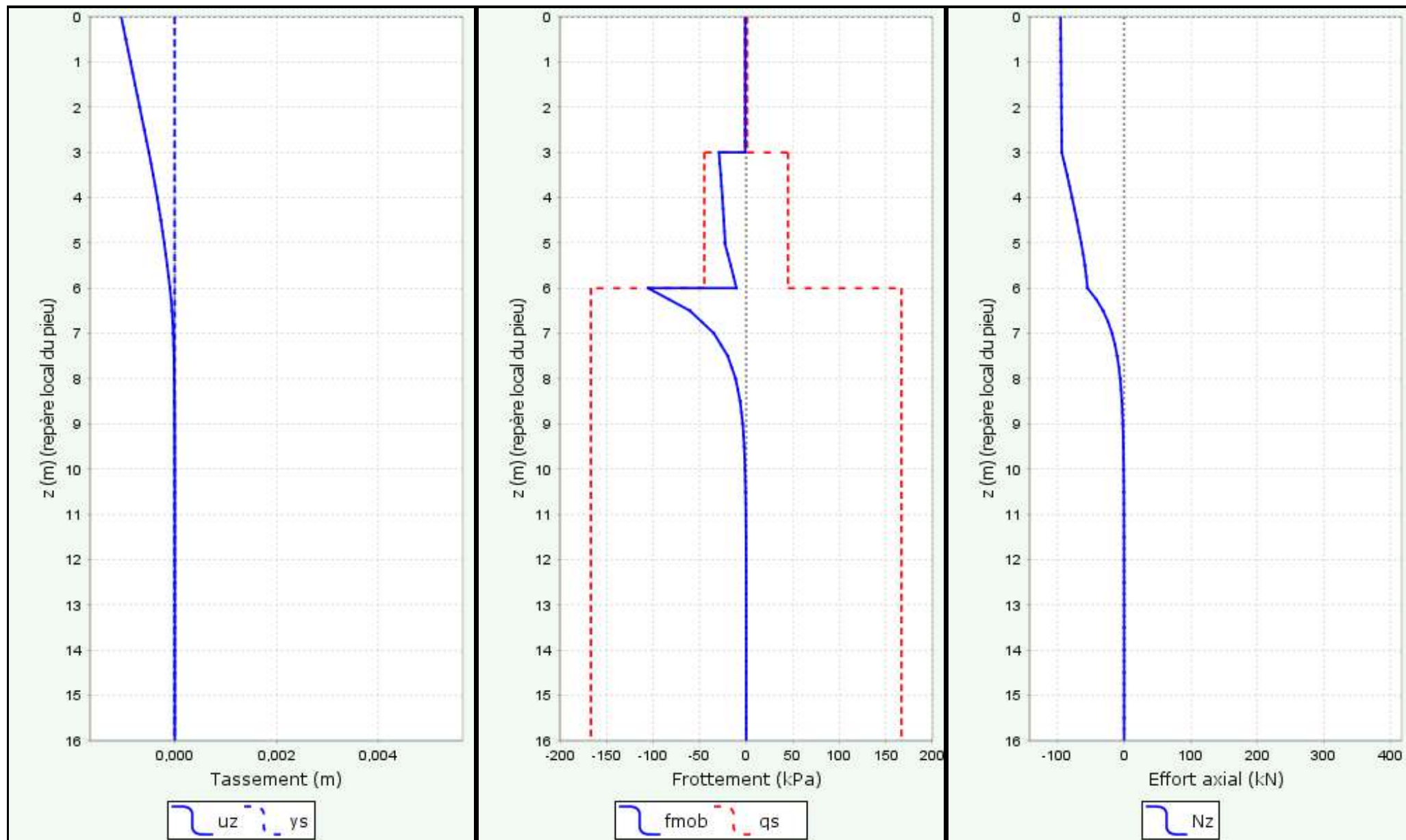
Comportement latéral pour le cas de chargement 3 et pour le pieu 3



Comportement latéral pour le cas de chargement 4 et pour le pieu 1



Comportement axial



Cas de chargement 1 : Tx=81,00 My=-147,00 Ty=0,00 Mx=-73,00 Tz=288,00 Mz=0,00

Raideurs tangentes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_t \cdot U + F_o$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ		
uX	+1,231E04	+5,112E03	+2,975E-14	-6,795E-14	+3,796E-14	+2,671E03	T _o X	+3,164E01
rY	+5,112E03	+2,433E04	+1,331E-12	-3,058E03	+8,047E03	+8,235E02	M _o Y	-2,266E01
uY	+5,341E-12	+7,903E-13	+2,090E04	-6,452E03	-2,418E-12	-3,200E00	T _o Y	+7,534E-15
rX	+3,340E-12	-3,058E03	-6,452E03	+3,755E04	-2,015E04	+1,984E00	M _o X	-1,976E01
uZ	-1,063E-11	+8,047E03	+9,110E-13	-2,015E04	+2,324E05	-1,972E-12	T _o Z	+5,901E01
rZ	+2,671E03	+8,235E02	-3,200E00	+1,984E00	-3,650E-13	+3,794E03	M _o Z	-3,090E00

 Terme de raideur en translation (kN/m)
 Terme de raideur en rotation (kN.m/rad)
 Terme de raideur couplée (kN)

 Terme de force à l'origine (kN)
 Terme de moment à l'origine (kN.m)

Raideurs sécantes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_s \cdot U$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ
uX	+1,391E04	+3,297E03	+2,635E-13	-1,166E03	+4,011E03	+2,575E03
rY	+3,297E03	+2,490E04	+7,423E-13	-2,106E03	+5,773E03	+1,065E03
uY	+5,574E-12	+2,014E-13	+2,090E04	-6,452E03	-1,334E-12	-3,200E00
rX	-1,166E03	-2,106E03	-6,452E03	+3,831E04	-2,250E04	+1,054E02
uZ	+4,011E03	+5,773E03	+1,995E-12	-2,250E04	+2,390E05	-4,448E02
rZ	+2,575E03	+1,065E03	-3,200E00	+1,054E02	-4,448E02	+3,788E03

 Terme de raideur en translation (kN/m)

Données

Titre du projet : Micropieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux triple-N°6-intérieur 180mm-tube101mm (Cas 6)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cote	tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	-0,38	-0,38	44,10		0,0	0,0	16,00	0,18	Encastré	4,12E02	4,12E02	5,21E05	1,00
2	0,38	-0,38	44,10		0,0	0,0	16,00	0,18	Encastré	4,10E02	4,10E02	5,21E05	1,00
3	0,00	0,38	44,10		0,0	0,0	16,00	0,18	Encastré	4,10E02	4,10E02	5,21E05	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cote	base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Remblais		42,60		0,0	0,0	2,50E03	0,50	1,50E02	2,50E02	1,00	Sol granulaire	1,00
2	Remblais non négligé		41,10		0,0	0,0	5,00E03	0,50	3,00E02	5,00E02	1,00	Sol granulaire	1,00
3	Horizon 1		38,10		0,0	0,0	1,00E04	0,50	5,00E02	1,00E03	45,00	Sol fin	1,00
4	Horizon 2		25,00		0,0	0,0	1,00E05	0,66	2,50E03	4,00E03	167,00	Sol fin	4000,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	156,00	19,00	0,00	-8,00	848,00	0,00

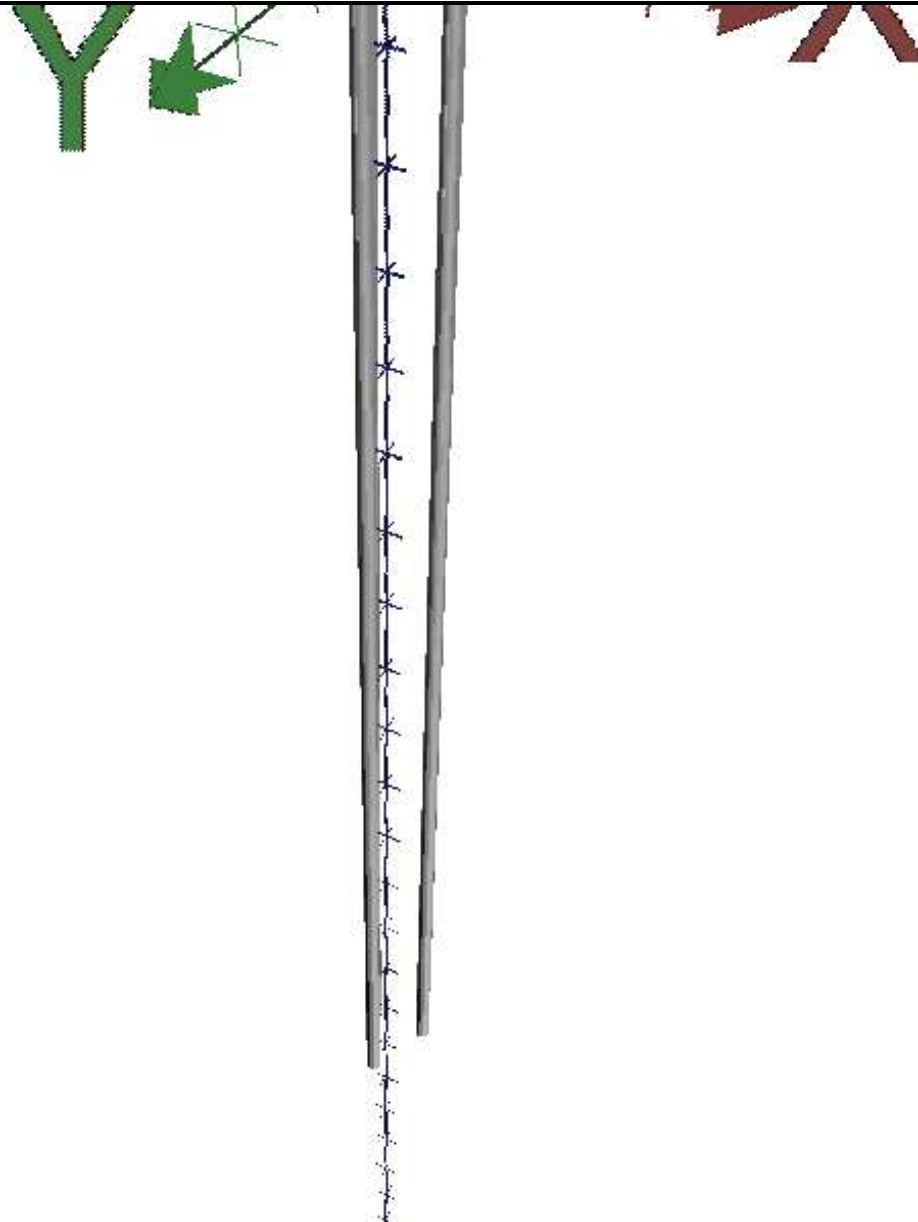


FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:52:25
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 6/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°6-intérieur 180mm-tube101mm

Onglet "Cas de chargement"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	156,00	19,00	0,00	-8,00	848,00	0,00	2,027E-02	-2,437E-03	1,317E-03	3,789E-03	4,210E-03	-8,843E-03



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/05/2025 - 13:52:25
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 6/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°6-intérieur 180mm-tube101mm

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	50,110	-21,309	21,609	-4,700	156,240	-0,009
1	2	50,049	-21,259	-22,639	9,471	287,469	-0,009
1	3	55,841	-26,299	1,029	2,207	404,291	-0,009

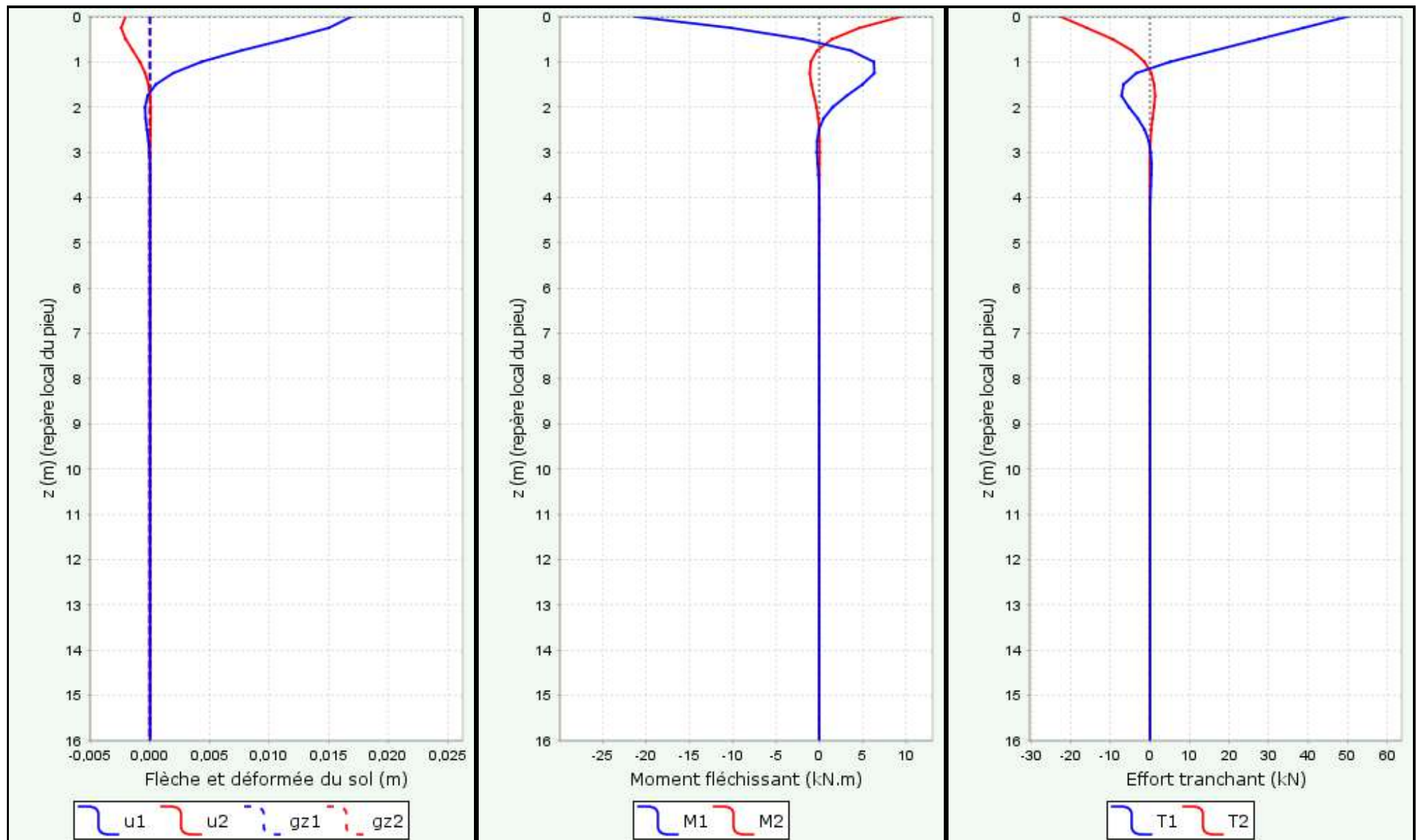


FoXta v4
v4.1.17

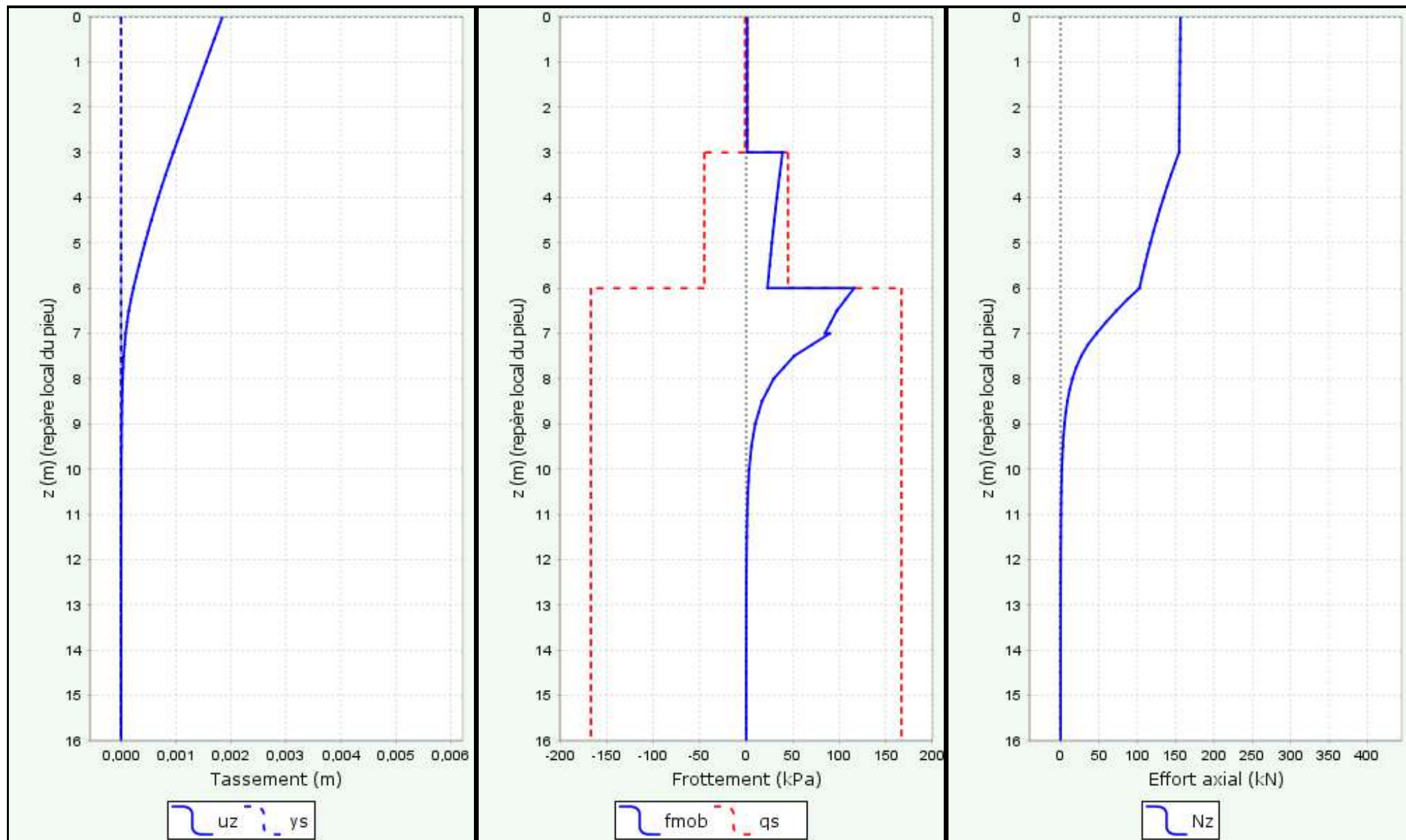
Imprimé le : 09/05/2025 - 13:52:25
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : micropieux-sismique
Module : Groupie+ (Cas 6/6)
Titre du calcul : Micropieux triple-N°6-intérieur 180mm-tube101mm

Comportement latéral pour le cas de chargement 1 et pour le pieu 2



Comportement axial



Cas de chargement 1 : Tx=156,00 My=19,00 Ty=0,00 Mx=-8,00 Tz=848,00 Mz=0,00

Raideurs tangentes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_t \cdot U + F_o$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ		
uX	+2,992E03	+2,461E03	+4,219E-15	+4,041E-14	+1,164E-13	+4,763E02	T _o X	+1,055E02
rY	+2,461E03	+2,305E04	-5,028E-13	-1,481E03	+3,896E03	+3,665E02	M _o Y	+1,774E01
uY	-8,725E-13	-6,785E-13	+1,664E04	-5,789E03	-2,721E-12	-2,790E00	T _o Y	+1,524E-03
rX	-3,520E-13	-1,481E03	-5,789E03	+3,220E04	-3,211E04	+1,858E00	M _o X	+9,240E00
uZ	+1,188E-12	+3,896E03	-7,276E-12	-3,211E04	+1,963E05	+2,129E-13	T _o Z	+1,528E02
rZ	+4,763E02	+3,665E02	-2,790E00	+1,858E00	-1,686E-12	+1,832E03	M _o Z	+7,432E00

Terme de raideur en translation (kN/m)

Terme de raideur en rotation (kN.m/rad)

Terme de raideur couplée (kN)

Terme de force à l'origine (kN)

Terme de moment à l'origine (kN.m)

Raideurs sécantes exprimées au centre de la semelle

$$F = K_s \cdot U$$

	uX	rY	uY	rX	uZ	rZ
uX	+6,003E03	+2,890E03	+1,948E-02	+3,288E01	+1,099E04	+5,713E02
rY	+2,890E03	+2,311E04	+4,856E-04	-1,498E03	+6,095E03	+3,689E02
uY	+1,948E-02	+4,856E-04	+1,664E04	-5,789E03	+2,684E-01	-2,793E00
rX	+3,288E01	-1,498E03	-5,789E03	+3,213E04	-3,010E04	-3,060E01
uZ	+1,099E04	+6,095E03	+2,684E-01	-3,010E04	+1,819E05	+1,309E03
rZ	+5,713E02	+3,689E02	-2,793E00	-3,060E01	+1,309E03	+1,818E03

Terme de raideur en translation (kN/m)

FLEXION SIMPLE ET COMPOSEE (NF EN 1993)



DONNES D'ENTREE

γ_{M0}	=	1
γ_{M1}	=	1.1
Limite d'élasticité σ_e (MPa)	=	560
Module de déformation E	=	210000
$N_{c,Rd}$	=	1484.1
$M_{c,Rd}$	=	28.2
coefficient de variation thermique α	=	1.20E-05
Amplitude thermique ΔT (°)	=	30
Diamètre extérieur D_e (mm)	=	88.9
épaisseur e (mm)	=	12
épaisseur sacrifiée à la corrosion (mm)	=	0.9
Diamètre intérieur D_{int} (mm)	=	64.9
poids propre (kg/ml)	=	21

TUBE 88.9 / 12

DONNEES GEOMETRIQUES

A (cm²)	=	26.50
I (cm⁴)	=	195.43
EI (MPa*m²)	=	0.410
$w_{el} - I/V_{el}$ (cm³)	=	44.87
$w_{pl} - I/V_{pl}$ (cm³)	=	50.29

ELU

compression simple N_{Ed} (kN)	=	355.00
Moment de flexion M_{Ed} (kN.m)	=	14.00
σ	=	445.93

Vérifications

$N_{Ed}/N_{c,Rd}$	=	0.239	OK
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.497	OK
$\sigma / (f_y/\gamma_{M0})$	=	0.796	OK
$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.736	OK

FLEXION SIMPLE ET COMPOSEE (NF EN 1993)



DONNES D'ENTREE

γ_{M0}	=	1
γ_{M1}	=	1.1
Limite d'élasticité σ_e (MPa)	=	560
Module de déformation E	=	210000
$N_{c,Rd}$	=	1797.9
$M_{c,Rd}$	=	39.9
coefficient de variation thermique α	=	1.20E-05
Amplitude thermique ΔT (°)	=	30
Diamètre extérieur D_e (mm)	=	101.5
épaisseur e (mm)	=	12.5
épaisseur sacrifiée à la corrosion (mm)	=	0.9
Diamètre intérieur D_{int} (mm)	=	76.5
poids propre (kg/ml)	=	25

TUBE 101.5 / 12.5

DONNEES GEOMETRIQUES

A (cm ²)	=	32.11
I (cm ⁴)	=	316.89
EI (MPa*m ²)	=	0.665
$w_{el} - I/V_{el}$ (cm ³)	=	63.57
$w_{pl} - I/V_{pl}$ (cm ³)	=	71.24

ELU

compression simple N_{Ed} (kN)	=	402.00
Moment de flexion M_{Ed} (kN.m)	=	27.00
σ	=	549.95

Vérifications

$N_{Ed}/N_{c,Rd}$	=	0.224	OK
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.677	OK
$\sigma / (f_y/\gamma_{M0})$	=	0.982	OK
$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.900	OK

FLEXION SIMPLE ET COMPOSEE (NF EN 1993)



DONNES D'ENTREE

γ_{M0}	=	1
γ_{M1}	=	1.1
Limite d'élasticité σ_e (MPa)	=	560
Module de déformation E	=	210000
$N_{c,Rd}$	=	2587.5
$M_{c,Rd}$	=	62.6
coefficient de variation thermique α	=	1.20E-05
Amplitude thermique ΔT (°)	=	30
Diamètre extérieur D_e (mm)	=	114.3
épaisseur e (mm)	=	16
épaisseur sacrifiée à la corrosion (mm)	=	0.9
Diamètre intérieur D_{int} (mm)	=	82.3
poids propre (kg/ml)	=	37

TUBE 114.3 / 16

DONNEES GEOMETRIQUES

A (cm ²)	=	46.20
I (cm ⁴)	=	561.08
EI (MPa*m ²)	=	1.178
$w_{el} - I/V_{el}$ (cm ³)	=	99.75
$w_{pl} - I/V_{pl}$ (cm ³)	=	111.78

ELU

compression simple N_{Ed} (kN)	=	151.00
Moment de flexion M_{Ed} (kN.m)	=	46.00
σ	=	493.84

Vérifications

$N_{Ed}/N_{c,Rd}$	=	0.058	OK
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.735	OK
$\sigma / (f_y/\gamma_{M0})$	=	0.882	OK
$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.793	OK

FLEXION SIMPLE ET COMPOSEE (NF EN 1993)



DONNES D'ENTREE

γ_{M0}	=	1
γ_{M1}	=	1.1
Limite d'élasticité σ_e (MPa)	=	560
Module de déformation E	=	210000
$N_{c,Rd}$	=	2059.1
$M_{c,Rd}$	=	52.9
coefficient de variation thermique α	=	1.20E-05
Amplitude thermique ΔT (°)	=	30
Diamètre extérieur D_e (mm)	=	114.3
épaisseur e (mm)	=	12.5
épaisseur sacrifiée à la corrosion (mm)	=	0.9
Diamètre intérieur D_{int} (mm)	=	89.3
poids propre (kg/ml)	=	29

TUBE 114.3 / 12.5

DONNEES GEOMETRIQUES

A (cm ²)	=	36.77
I (cm ⁴)	=	474.13
EI (MPa*m ²)	=	0.996
$w_{el} - I/V_{el}$ (cm ³)	=	84.29
$w_{pl} - I/V_{pl}$ (cm ³)	=	94.46

ELU

compression simple N_{Ed} (kN)	=	317.00
Moment de flexion M_{Ed} (kN.m)	=	36.00
σ	=	513.31

Vérifications

$N_{Ed}/N_{c,Rd}$	=	0.154	OK
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.681	OK
$\sigma / (f_y/\gamma_{M0})$	=	0.917	OK
$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{Ed}/M_{c,Rd}$	=	0.835	OK

Données

Titre du projet : Pieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : système simple 1 pieu 0.52-80kN (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 44.1

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 42.02

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblais		42,60	5,00E03	0,50	0,52	1,00	1,00
2	Remblai non négligé		41,10	5,00E03	0,50	0,52	300,00	500,00
3	Argiles sableuses		38,10	1,00E04	0,50	0,52	500,00	1000,00
4	Marnes		34,10	1,00E05	0,66	0,52	2500,00	4000,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblais	1,50	1,08E05	10
Remblai non négligé	1,50	1,08E05	10
Argiles sableuses	3,00	1,08E05	10
Marnes	4,00	1,08E05	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	44,10	80,00	0,00	0,00E00	1,00E08
1	42,60	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	41,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	38,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	34,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

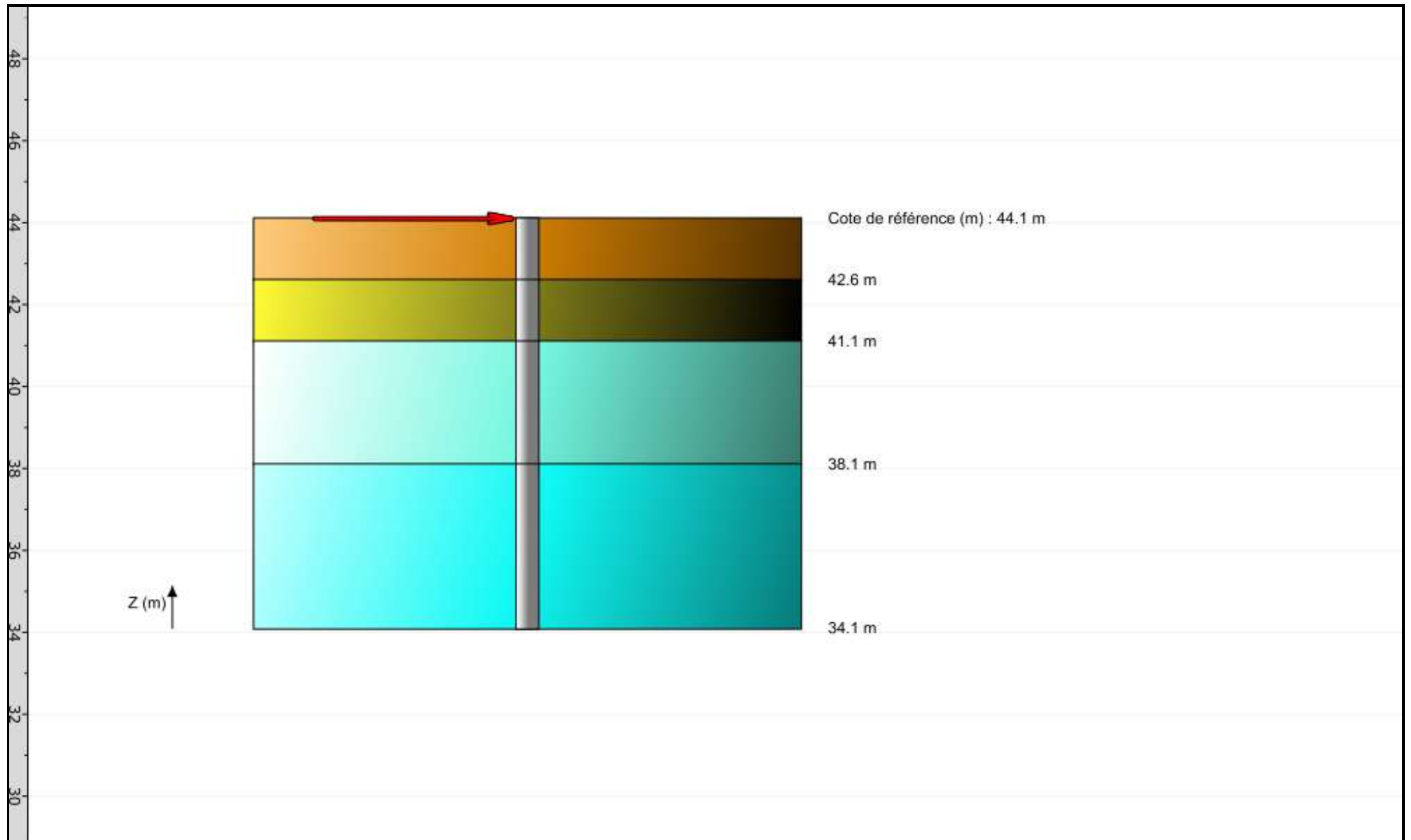


FoXta v4
v4.1.17

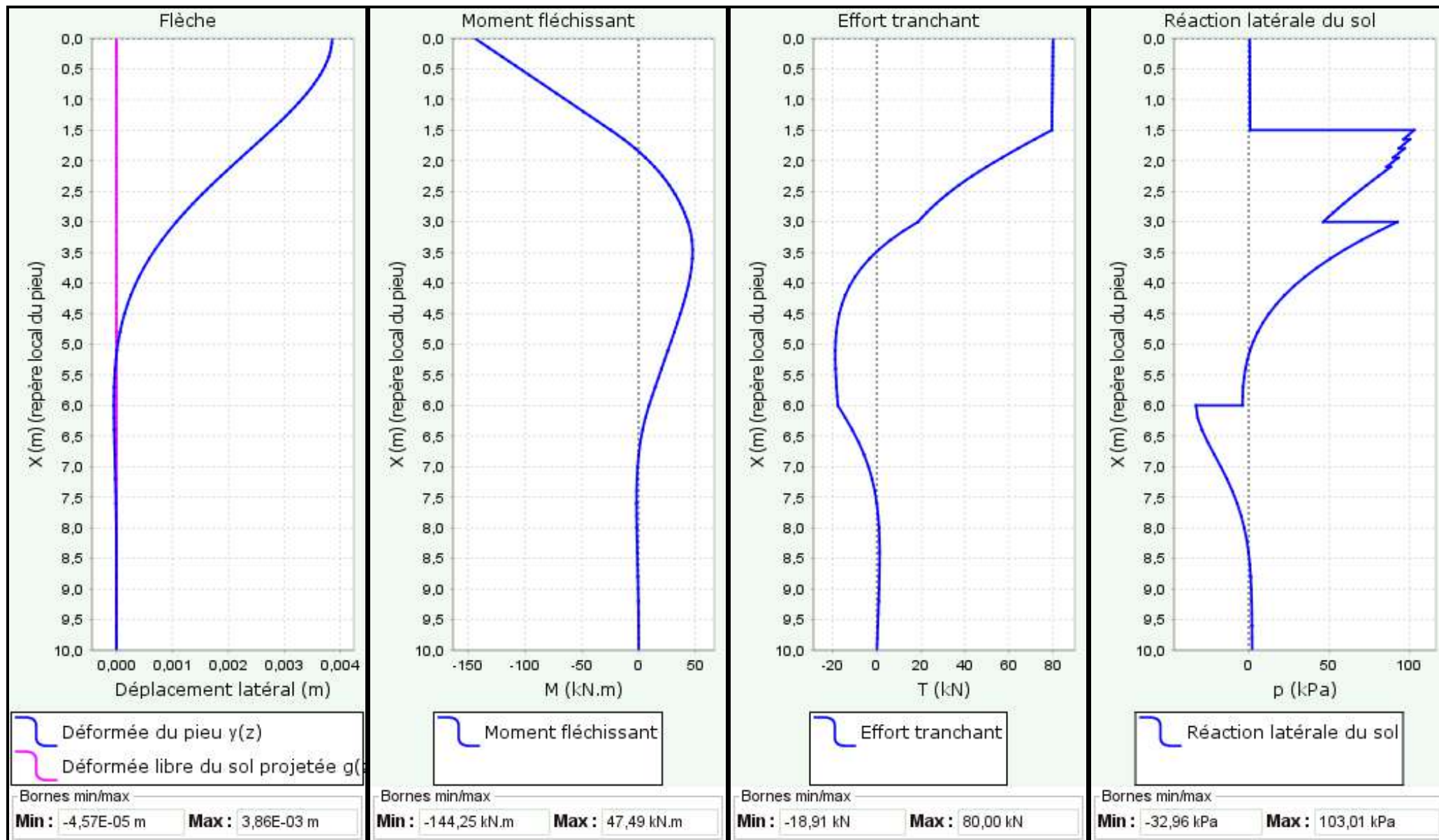
Imprimé le : 02/05/2025 - 17:38:31
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : pieux-sismique
Module : Piecoef+ (Cas 1/3)
Titre du calcul : système simple 1 pieu 0.52-80kN

Onglet "Paramètres généraux"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : système simple 1 pieu 0.62-180kN (Cas 2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 44.1

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 41.620000000000005

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblais		42,60	5,00E03	0,50	0,62	300,00	500,00
2	Remblai non négligé		41,10	5,00E03	0,50	0,62	300,00	500,00
3	Argiles sableuses		38,10	1,00E04	0,50	0,62	500,00	1000,00
4	Marnes		34,10	1,00E05	0,66	0,62	2500,00	4000,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblais	1,50	2,18E05	10
Remblai non négligé	1,50	2,18E05	10
Argiles sableuses	3,00	2,18E05	10
Marnes	4,00	2,18E05	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	44,10	170,00	0,00	0,00E00	1,00E10
1	42,60	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	41,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	38,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	34,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

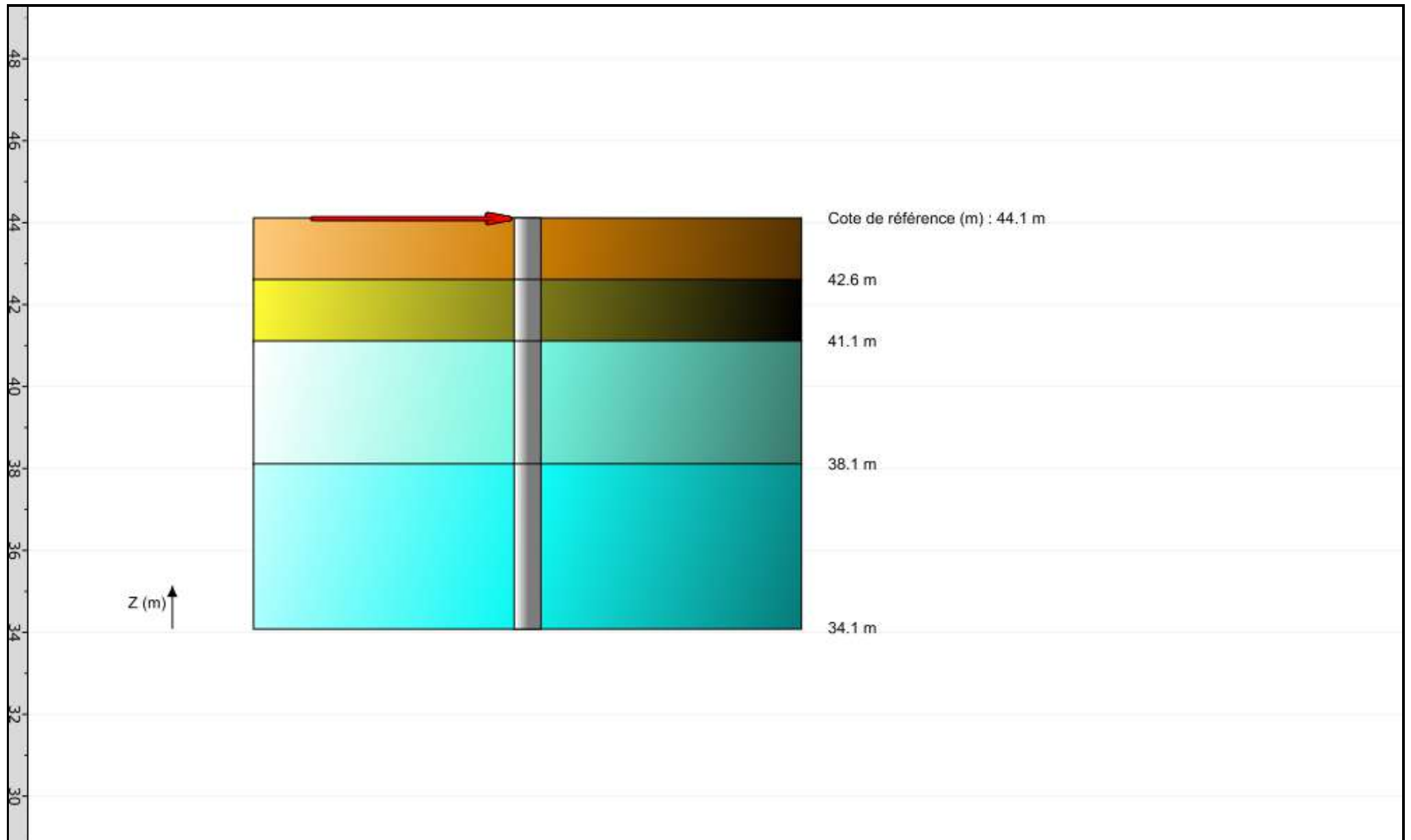


FoXta v4
v4.1.17

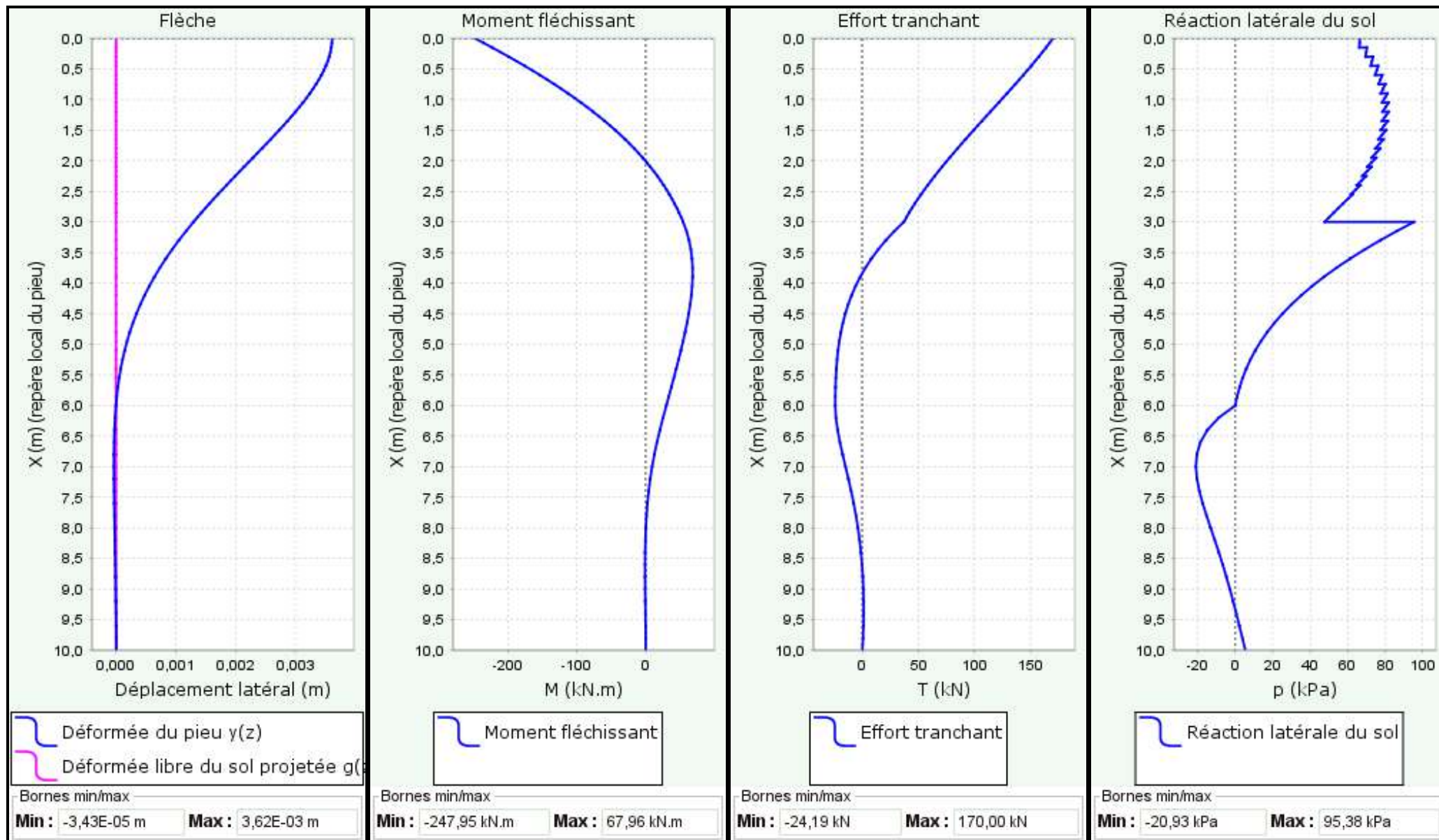
Imprimé le : 02/05/2025 - 17:38:51
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : pieux-sismique
Module : Piecoef+ (Cas 2/3)
Titre du calcul : système simple 1 pieu 0.62-180kN

Onglet "Paramètres généraux"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Pieux

Numéro d'affaire : CMO1.O.2114 IRD

Commentaires : N/A

Titre du calcul : système simple 1 pieu 0.82-395kN (Cas 3)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 44,10

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 44.1

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 40.82

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblais		42,60	5,00E03	0,50	0,82	300,00	500,00
2	Remblai non négligé		41,10	5,00E03	0,50	0,82	300,00	500,00
3	Argiles sableuses		38,10	1,00E04	0,50	0,82	500,00	1000,00
4	Marnes		34,10	1,00E05	0,66	0,82	2500,00	4000,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblais	1,50	6,66E05	10
Remblai non négligé	1,50	6,66E05	10
Argiles sableuses	3,00	6,66E05	10
Marnes	4,00	6,66E05	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	44,10	259,00	0,00	0,00E00	1,00E10
1	42,60	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	41,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	38,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	34,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

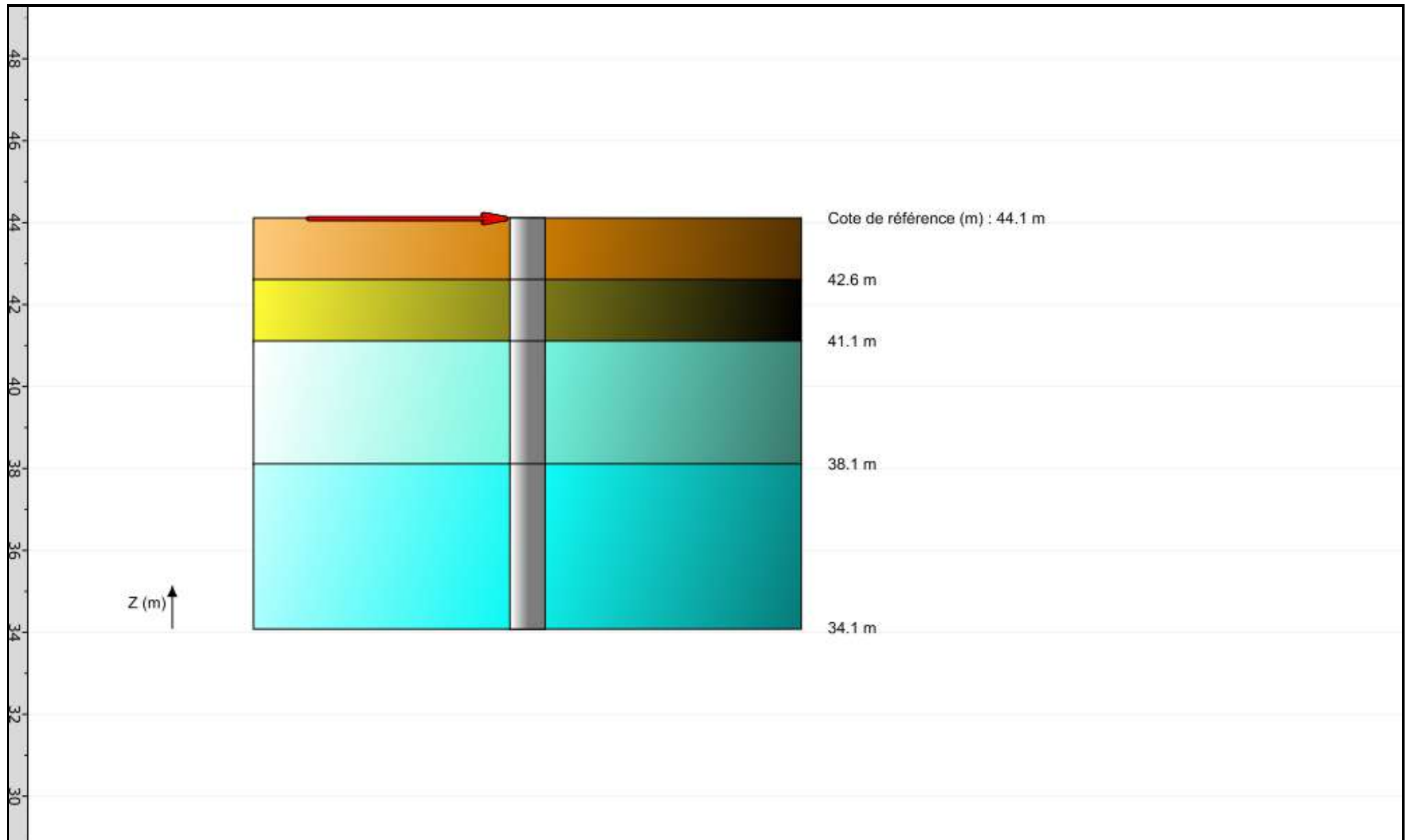


FoXta v4
v4.1.17

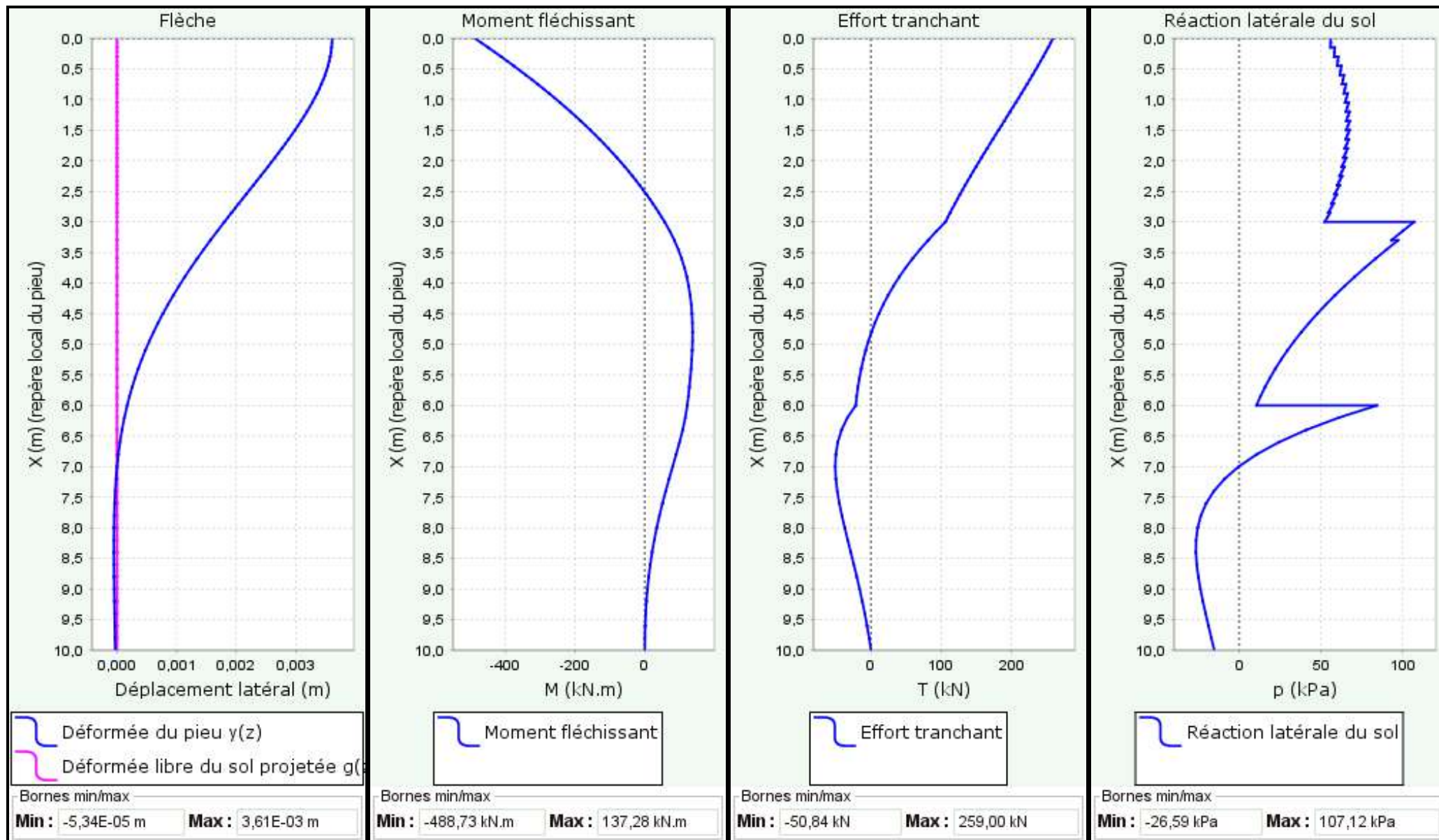
Imprimé le : 02/05/2025 - 17:39:32
Calcul réalisé par : GINGER CEBTP

Projet : pieux-sismique
Module : Piecoef+ (Cas 3/3)
Titre du calcul : système simple 1 pieu 0.82-395kN

Onglet "Paramètres généraux"



Résultats principaux





www.groupe-cebtp.com

CONTACT

Agence de Montpellier

12 rue des Frères Lumière – 34830 JACOU

Tél. : +33 (0) 4 67 59 40 10

Fax. : +33 (0) 4 67 59 23 30

www.ginger-cebtp.com