

HIBANNA IMMO

IVRY -SUR-SEINE (94)

Fondation de la jonction Lot 9 – Lot 11

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

Mission géotechnique G₂ Phase Projet

RAPPORT N°G230195					PIECE N° 002
C					
B					
A	10/05/2023	K. OSTROUCH	W. BATS	30 +	PREMIERE DIFFUSION
INDICE	DATE	ETABLI PAR	VERIFIE PAR	Nb de PAGES	MODIFICATIONS - OBSERVATIONS

SOMMAIRE

	Page
1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION	4
2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL	6
2.1. Textes règlementaires	6
2.2. Documents transmis	6
2.3. Exigences	6
3. PRESENTATION DU SITE	7
3.1. Localisation du site	7
3.2. Contexte géologique et lithologique	9
3.3. Contexte de carrières	10
3.4. Retrait gonflement des sols argileux	10
3.5. Contexte hydrogéologique	11
3.6. Autres risques géotechniques	12
3.7. Synthèse des risques géotechniques	12
4. PRESENTATION DU PROJET DE LIAISON SOUTERRAINE	13
4.1. Description du projet	13
4.2. Chargement	14
5. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS	15
5.1. Contexte géotechnique	15
5.2. Modèle géotechnique	16
5.2.1. Zone Sud	16
5.3. Profil géotechnique	16
5.4. Etude géotechnique de conception en phase Projet	18
5.4.1. Terrassements	18
a. Extraction des déblais	18
b. Traficabilité	18
c. Avoisinants	18
d. Principe de terrassement et de soutènement	19
e. Principes généraux pour les voiles par passes alternées ()	19
f. Coupe type et hypothèse de calcul	21
g. Poussée de calcul	21

h. Butonnage et semelles des butons	22
i. Système de surveillance	23
5.4.2. Sujétions vis-à-vis de l'eau.....	25
5.5. Principes de fondation du tunnel	26
a. Justification de la capacité portante	26
b. Prédimensionnement en portance	28
5.5.1. Niveaux bas	28
5.5.2. Sujétions générales des travaux de reprise en sous-œuvre	29
a. Terrassements - soutènement	29
b. Fondations profondes	29

ANNEXES

Annexe 1 NORME NF P94-500

Annexe 2 TEXTES REGLEMENTAIRES

Annexe 3 PREDIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES DU TUNNEL

1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION

A la demande et pour le compte de HIBANNA IMMO, nous avons procédé à l'étude géotechnique de conception d'un projet de construction d'un ensemble immobilier, sur un terrain situé allée Gagarine Ivry-sur-Seine (94).

Cette pièce n°002 traite en particulier des fondations d'une liaison souterraine entre les lots 9 et 11. Pour plus de précision en ce qui concerne les résultats des investigations, ceux-ci sont détaillés dans notre pièce 001.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre de missions d'étude géotechnique de conception en phase projet (mission géotechnique de type G2-PRO de la norme NF P 94-500 de novembre 2013).

Dans le cadre de notre mission, et afin de préciser la nature géologique et de déterminer les caractéristiques mécaniques des couches superficielles et profondes du terrain, nous avons procédé aux investigations suivantes fin mars 2023 :

- 2 sondages pressiométriques (SP3 et SP4) descendus à 15 et 30 m de profondeur,
- 16 essais pressiométriques répartis dans les sondages précédents,
- 8 sondages destructifs (SD3 à SD10) descendus à 12 m de profondeur.

Ces essais sont venus compléter ceux de notre précédente campagne de reconnaissances relative à la mission G2-AVP du même projet, rapport référencé G200312_P001_vA, du 27 mars 2021 lors de laquelle nous avons procédé aux investigations suivantes :

- 2 sondages pressiométriques (notés SP1 et SP2), descendus à 30 et 35 m de profondeur,
- 55 essais pressiométriques répartis dans les sondages précédents,
- 2 sondages destructifs descendus à une profondeur de 12 m,
- l'équipement d'un des sondages destructifs précédents par un piézomètre.

Il s'agit de sondages géotechniques dont l'objectif n'est ni de détecter, ni de quantifier d'éventuelles pollution du sol.

Dans la suite, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages dont le nivellement a été déterminé selon nos relevés au GPS de précision. Si besoin, le nivellement pourra être vérifié par le géomètre-expert du projet.

Sondage	X Lambert 93	Y Lambert 93	Altimétrie Z (NGF)	Précision (m)
SP1	655403,0	6857089,3	33,9	0,07
SP2	655429,7	6857031,8	33,4	0,07
SP3	655387,9	6857090,4	33,5	0,07
SP4	655429,9	6857054,0	33,8	0,07
SD1	655417,9	6857067,2	34,0	0,07
SD2	655421,3	6857043,0	33,5	0,07
SD3	655412,7	6857048,0	33,3	0,07
SD4	655425,4	6857058,8	33,8	0,07
SD5	655414,2	6857045,1	33,3	0,07
SD6	655427,9	6857055,7	33,8	0,07
SD7	655419,2	6857049,1	33,5	0,07
SD8	655417,5	6857052,7	33,5	0,07
SD9	655422,9	6857051,7	33,6	0,07
SD10	655420,6	6857055,0	33,6	0,07

2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL

2.1. Textes règlementaires

La liste des références et textes règlementaires utilisés pour la présente étude est disponible en annexe 2 du document.

2.2. Documents transmis

Les documents à notre disposition pour réaliser cette étude sont listés ci-après :

- Carnet d'esquisse (plans et coupe), sans échelle, daté du 27/01/2020,
- Etude hydrogéologique, estimation des niveaux caractéristiques, référencée C19.10682 indice B, réalisée par SEMOFI, datée du 02/10/2019,
- Audit environnementale du sous-sol, référencé C18-10682, réalisé par SEMOFI, daté du 18/07/2018,
- Etude G1 ES & PGC de la ZAC Gagarine, référencée C18-10682 indicé A, réalisée par SEMOFI, daté du 18/07/2018,
- Coupe longitudinale (mention « provisoire »), indice A, sans échelle, datée du 09/01/2023,
- Plan de sous-sol géoréférencé, format DWG, « Ivry Lot 09 Géoref »,
- Plan de coffrage PH SS1, sans indice, échelle 1/100, daté du 10/03/2023,
- Plan des descentes de charges non combinées, DC05, échelle 1/100, datée du 10/04/2023 et au format DWG,
- Coupe principe tunnel parking, échelle 1/100, non datée,
- Plans des RdC et R-1 des lots 9 et 11, échelle 1/300, non datés.

2.3. Exigences

A titre indicatif, conformément aux normes NF EN 1990 et NF EN 1997-1/NA, les exigences suivantes, relatives à la structure, ont été retenues :

- Durée d'utilisation : 50 ans (à confirmer par le Maître d'Ouvrage),
- Classe de conséquence : CC2 (à confirmer par le Maître d'Ouvrage),
- Catégorie géotechnique : 2.

3. PRESENTATION DU SITE

3.1. Localisation du site

Le terrain est situé au Allée Gagarine à Ivry-sur-Seine (94), parcelle cadastrée n° 60, section AM.

Actuellement le site est libre de toute construction visible, il s'agit d'une aire de stationnement recouverte d'enrobé.

Le terrain se situe sensiblement à une altitude de 33-34 NGF, selon l'IGN.

Au Nord-Ouest, le site est délimité par un domaine ferroviaire, au Nord-Est le site est délimité par la rue Saint-Just.

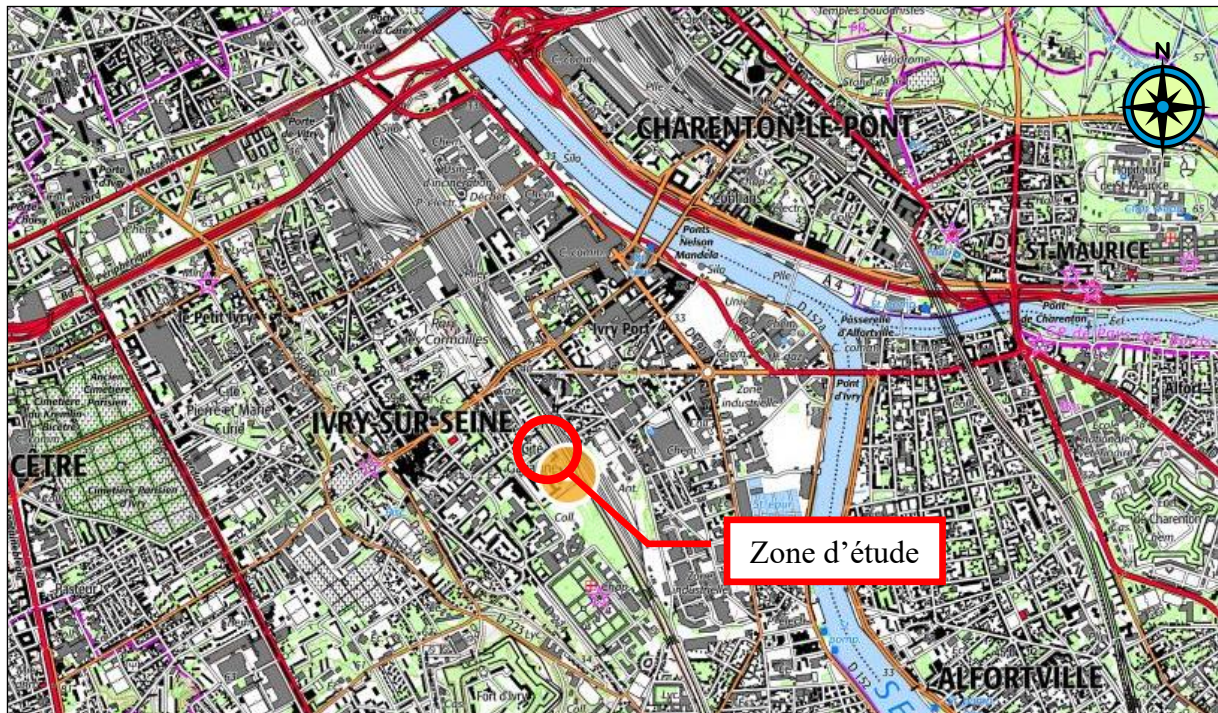


Figure 1:: Extrait de la carte IGN avec localisation du site

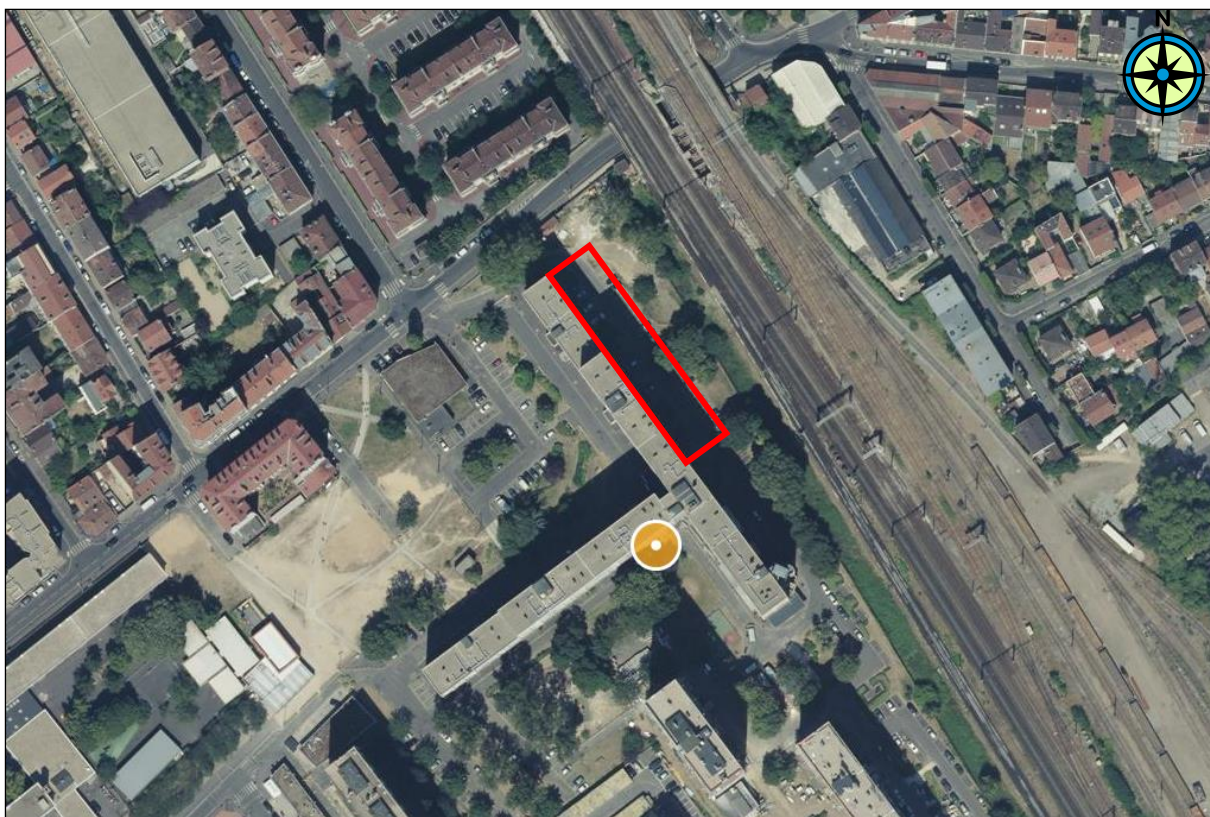


Figure 2: Vue aérienne du site

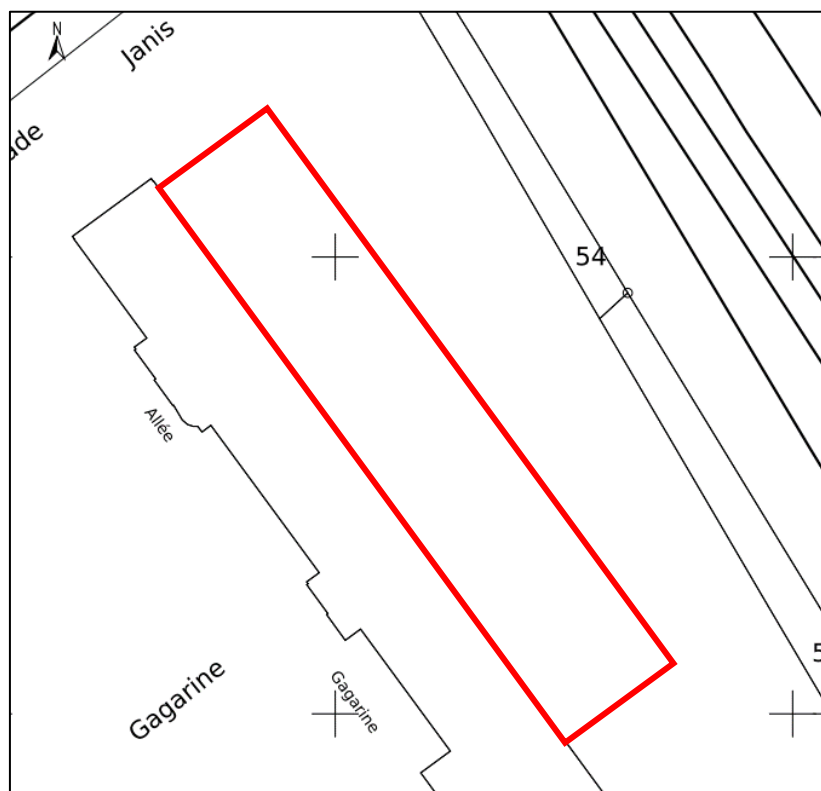


Figure 3 : Plan cadastrale du site (Source : cadastre.gouv.fr)

3.2. Contexte géologique et lithologique

D'après les renseignements en notre possession (sondages d'archive du BRGM, études réalisées à proximité du site, carte géologique d'Ivry sur Seine au 1/5 000^{ème}), la succession géologique présumée à cet emplacement est la suivante :

- Remblais urbains et de carrière à ciel ouvert,
- Alluvions Modernes,
- Alluvions Anciennes,
- Argiles Plastiques,
- Marno-Calcaire du Montien,
- Craie du Campanien.

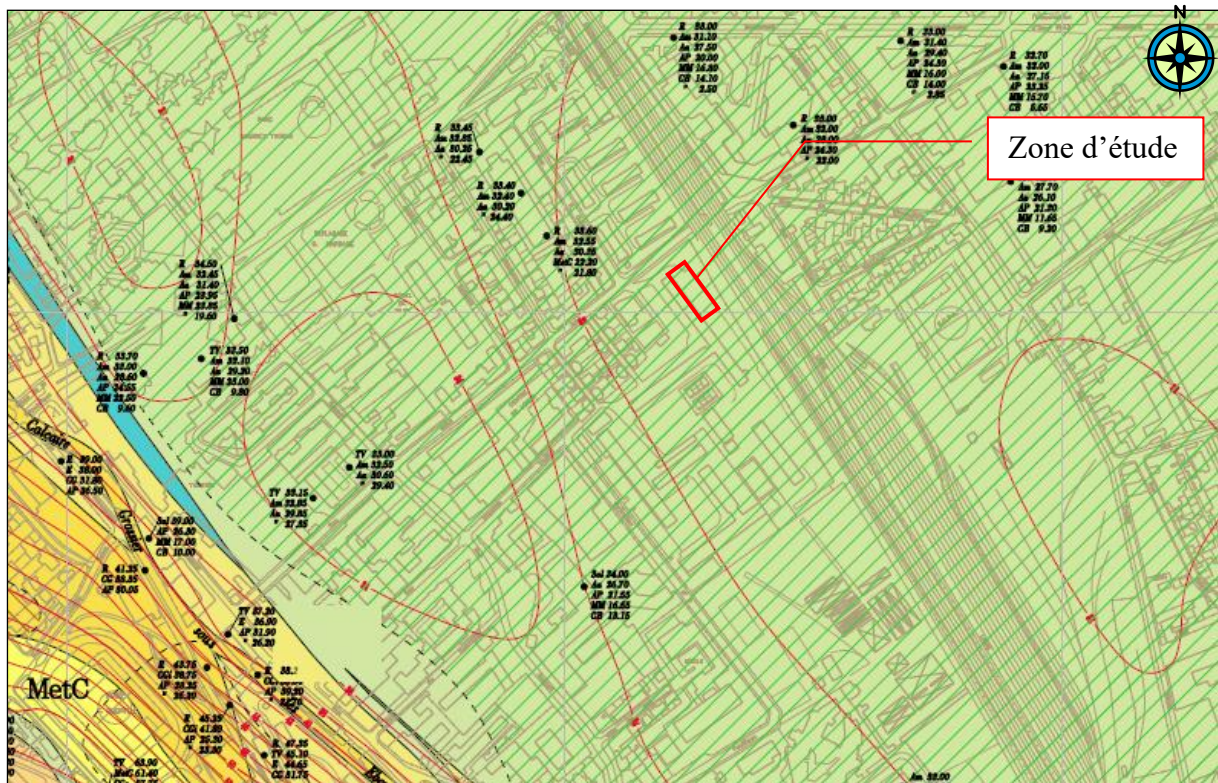


Figure 4: Extrait de la carte géologique de Paris Est et de ses environs échelle 1/5000

3.3. Contexte de carrières

D'après la consultation des vues aériennes historiques et de l'étude G1 réalisée au niveau de l'ensemble de la ZAC Gagarine, le site a fait l'objet d'exploitation à ciel ouvert des Alluvions Anciennes. Selon les documents à notre disposition, cette exploitation remblayée serait présente jusqu'à une profondeur de 8,0 à 10,2 m/TN.

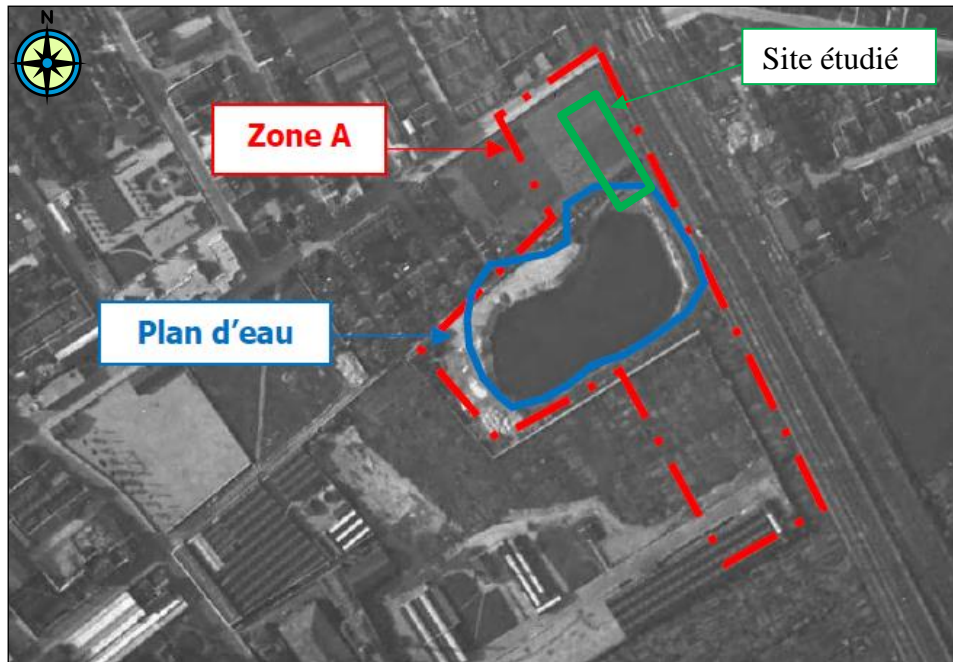


Figure 5 : Extrait d'une vue aérienne datée de 1936

3.4. Retrait gonflement des sols argileux

Selon les données consultables sur le infoterre.brgm.fr, le site se trouve en zone d'aléa à priori moyen vis-à-vis du retrait gonflement des sols argileux.



Figure 6 : Extrait de l'aléas de retrait gonflement des sols argileux (infoterre.brgm.fr)

3.5. Contexte hydrogéologique

Selon le PPRI de la ville d'Ivry, le projet est situé en zone inondable. La cote PHEC au droit du site est de l'ordre de 35,05 à 35,12 NGF. Nous rappelons que la zone d'étude se situe sensiblement à une cote de 33 NGF.

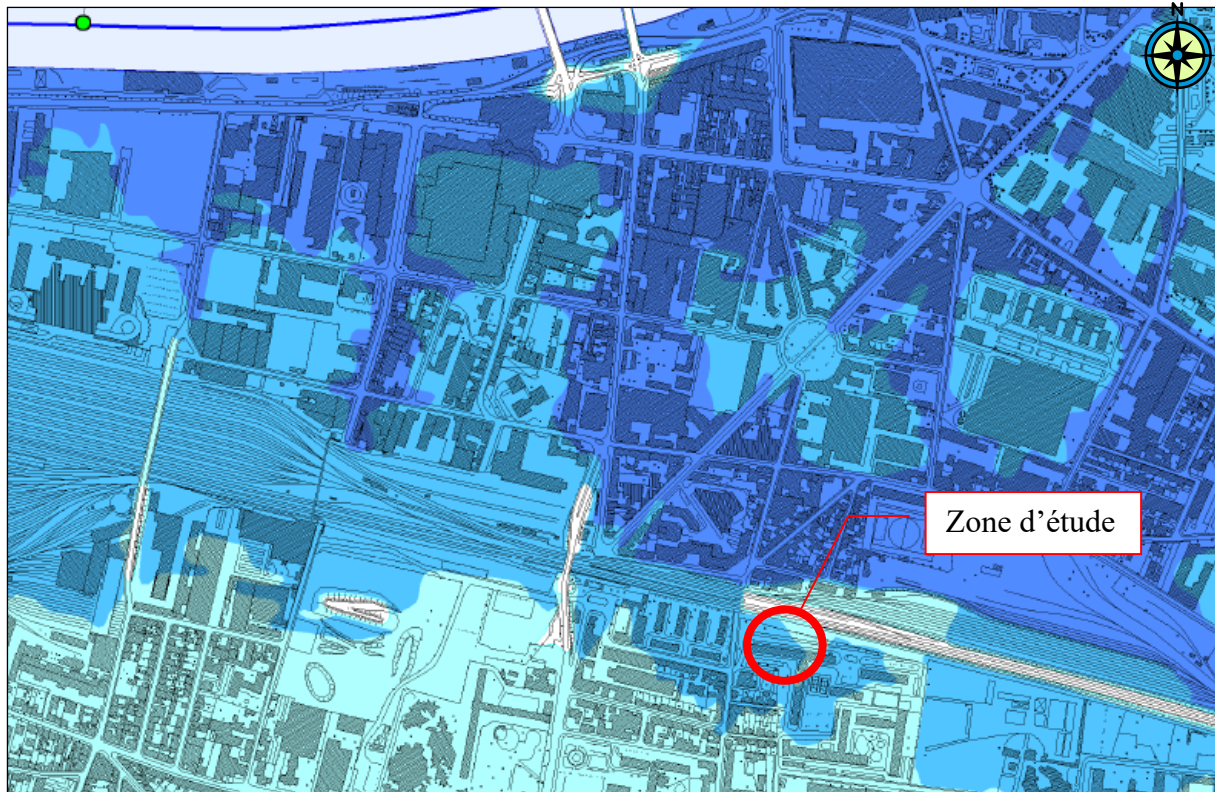


Figure 7: Extrait de la carte de zonage réglementaire du PPRI de Paris

A titre indicatif, nous vous indiquons ci-après les cotes de crue de la Seine au niveau du pk n°164 :

- Crue centennale (1910) : 35,12 NGF
- Crue cinquantennale (1955) : 33,48 NGF
- Crue décennale (1982) : 32,28 NGF
- Retenue Normale de la Seine : 26,72 NGF

Les niveaux d'eau définis pour l'îlot A dans l'étude du BET SEMOFI sont les suivants :

Niveaux selon le DTU 14.1	Nappe des Alluvions anciennes de la Seine					
	EB		EH ⁽²⁾ = 10 ans		PHEC = EE*	
Cotes estimées m NGF	5.9	28.1	4.1	29.9	-	35.36
Niveau fini estimé du RDC A 33,9 m NGF	Non concerné		Non concerné		Concerné	
Niveau fini estimé du N-1 à -3 m/TA	Non concerné		Remontées capillaires		Concerné	
Niveau fini estimé du N-2 à -6 m/TA	Concerné		Concerné		Concerné	

Tableau 11 : Niveaux de référence retenus - Ilot A

3.6. Autres risques géotechniques

De plus, on note que la parcelle étudiée se situe :

- en dehors de la zone de recherche d'anomalie liée à la dissolution du Gypse antéludien,
- en zone 1 (*sismicité très faible*) selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et n°2015-5 du 6 janvier 2015 de mise à jour, relatifs à la prévention des risques sismiques, entrés en vigueur le 1^{er} mai 2011 (*art. D. 563-8-1 du code de l'environnement*).

3.7. Synthèse des risques géotechniques

La synthèse des différents risques à prendre en compte pour le projet est présentée dans le tableau suivant :

Type de risques	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Risque carrières	✓			
Risque dissolution du Gypse				✓
Risque lié au retrait-gonflement des sols argileux				✓
Risque mouvement de terrain				✓
Risque inondation par remontée de nappe		✓*		
Risque de submersion par crue de la Seine	✓			
Risque sismique				✓

(*) : Le sous-sol est défini comme inondable par la Maîtrise d'Ouvrage, nous avons donc reclassé ce risque comme moyen.

4. PRESENTATION DU PROJET DE LIAISON SOUTERRAINE

4.1. Description du projet

Le projet concerne la création d'une liaison souterraine entre le lot 9 (au Nord) et le lot 11 (au Sud).

Plus précisément le tunnel reliera les niveaux R-1 des 2 lots. Sa longueur sera de 10,7 m.

Son niveau fini sera situé à une altimétrie de variable comprise entre 29,93 (au Nord – Lot 9) et 30,22 NGF (au Sud – Lot 11). La hauteur de l'ouvrage sera comprise entre 2,35 et 2,65 m.

La largeur du tunnel sera d'environ 6,4 m

Enfin, il est prévu un remblaiement de l'ordre d'un mètre au-dessus de cette infrastructure afin de reconstituer un terrain extérieur à la cote 33,95 NGF.

Le plan de la jonction ainsi qu'une coupe de celles-ci projet sont présentés.

Nous précisons que selon notre étude G2PRO, référencée G230195_P001_vA, ce tunnel sera situé dans la zone impactée par la présence d'une ancienne exploitation à ciel ouvert remblayée.

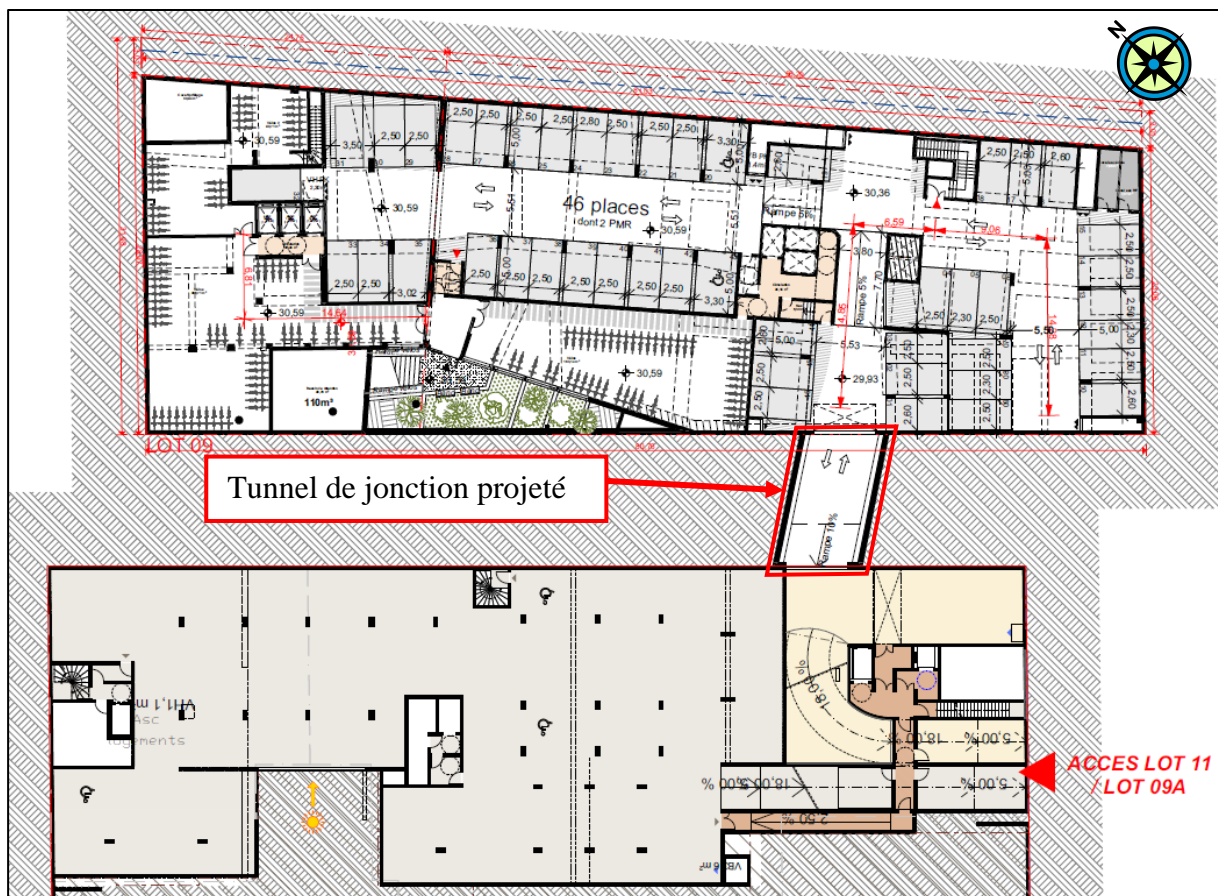


Figure 8: Plan du tunnel projeté

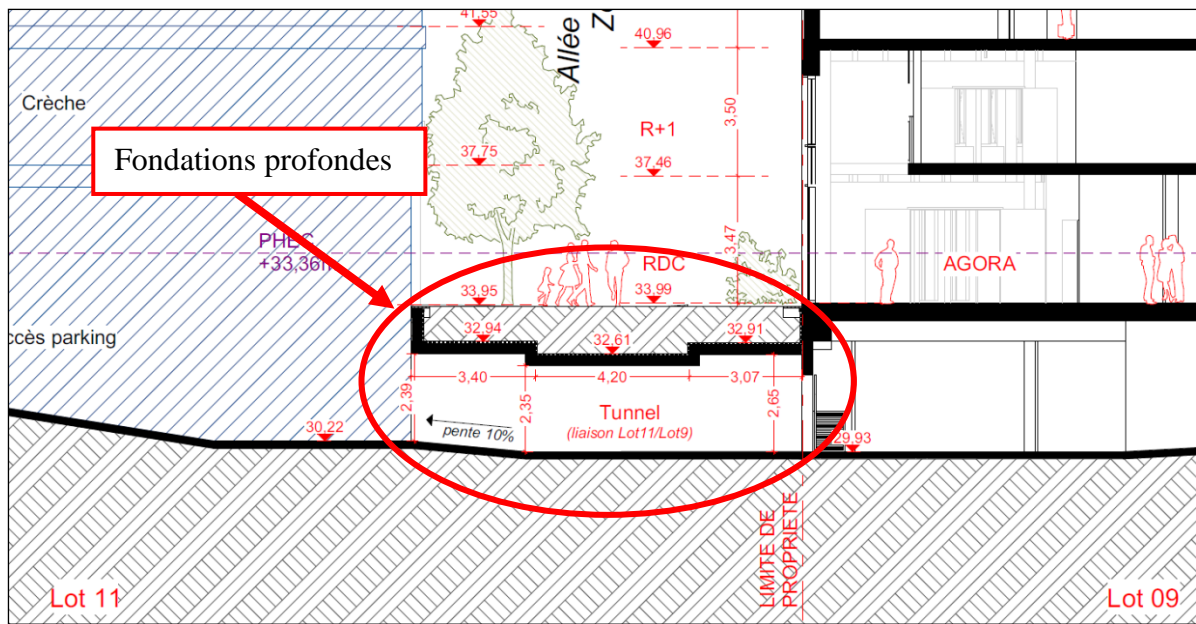


Figure 9 : Coupe longitudinale du tunnel projeté

4.2. Chargement

Selon les informations communiquées, en phase provisoire, par courriel le tunnel devra recevoir des charges de 15t/essieu dont les charges équivalentes seront comprises entre 70 et 150 kN selon l'espacement des essieux.

Lors de passage de convoi exceptionnel, le chargement pourra s'élever à 17,5 t/essieu.

En phase de service, le tunnel devra permettre le franchissement d'un véhicule pompier de 160 kN soit 90 t/essieu.

Nous disposons des descentes de charge combinées sur l'ouvrage et fournirons donc différentes capacités portantes de fondations.

5. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS

5.1. Contexte géotechnique

L'ensemble des sondages et des essais réalisés au droit du site, a mis en évidence un terrain qui recoupe approximativement depuis le niveau du terrain naturel :

- des remblais marno-sableux avec des débris de démolition, de très mauvaise compacité, jusque vers 6,5 à 9,8 m de profondeur, soit 27,1 à 23,6 NGF, dans la moitié Sud-Est de la zone d'étude ;
- des sables très denses reconnus jusqu'à 9,6 à 12,0 m de profondeur, soit une cote de 22,0 à 24,0 NGF ;
- des argiles raides reconnues jusqu'à 10,4 à 12,6 m de profondeur au droit de la partie Nord-Ouest du site, soit une cote de jusqu'à 22,0 à 18,9 NGF ;
- des argiles fermes reconnues jusque vers 16,5 m de profondeur au droit de la partie Sud-Est du site, soit une cote de 17,5 NGF ;
- des marnes calcaires raides reconnues jusqu'à 21,0 à 22,0 m de profondeur, soit d'environ 12,5 à 10,0 NGF ;
- de la craie saine reconnue jusqu'à 35,0 m de profondeur, soit jusque vers -1,1 NGF, c'est à dire jusqu'à la base de nos sondages.

La surpuissance de remblais observée dans la partie Sud-Est correspond à une exploitation à ciel ouvert (gravière/sablière) des Alluvions Anciennes remblayée.

A titre informatif, un niveau d'eau stabilisé a été mesuré dans le piézomètre mis en œuvre dans le sondage SD1 le 04/02/2021. Ce niveau était situé à une profondeur de 5,6 m, soit une cote de 28,40 NGF (au sein des Alluvions Anciennes).

De même, un niveau d'eau non stabilisé a été observé lors de la réalisation du sondage SP1 à une profondeur de 5,45 m.

Rappelons que la cote PHEC du PPRI au droit du site est de 35,12 NGF, soit une submersion du site sur une hauteur d'environ 1,1 m. Le niveau bas projeté est attendu à la cote altimétrique 30,59 NGF, soit 4,5 m sous la cote des plus hautes eaux connues (PHEC).

5.2. Modèle géotechnique

5.2.1. Zone Sud

Compte tenu de ce qui précède, nous retiendrons le modèle géotechnique suivant :

Formation	Cote de la base (NGF)	pl* _k (MPa)	E _{M k} (MPa)	α	γ_h (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	C' _k (kPa)
Remblais	23,6	0,4	4,0	2/3	18	0	25
Alluvions Anciennes		3,05	27,7	1/3	19	0	33
Argiles Plastiques 2	17,5	0,7	7,8	2/3	-	-	-
Marno-Calcaire du Montien	12,0	2,9	35,3	2/3	-	-	-
Craie du Campanien	-1,0	3,9	102,5	1/2	-	-	-

Avec :

- E_{M k} : module pressiométrique caractéristique
- Pl*_k : pression limite caractéristiques
- γ_h : poids spécifique humide
- C'_k : cohésion à long terme caractéristique
- ϕ'_k : angle de frottement à long terme caractéristique
- α : coefficient rhéologique

Les valeurs de C'_k, ϕ'_k , retenues correspondent aux valeurs généralement admises dans ces matériaux.

Notons que les remblais pourraient présenter des surépaisseurs et qu'il conviendra de réadapter, le cas échéant, la coupe de calcul proposée ci-avant lors des premiers terrassements, dans le cadre de la mission G3.

5.3. Profil géotechnique

Les différents sondages et essais réalisés au droit du projet ont été reportés sur le profil en long en page suivante.

5.4. Etude géotechnique de conception en phase Projet

5.4.1. Terrassements

Le tunnel sera créé avant le démarrage des lots 9 et 11 ainsi qu'avant la réalisation de la piste de chantier.

La fouille recoupera des remblais dont il faudra assurer la stabilité.

Qui plus est, le fond de fouille se situera au-dessus de la nappe en période normale. Néanmoins des dispositions constructives devront être prévues pour éviter les éventuelles venues d'eau et tout remaniement des fonds de fouille terrassée. Un drainage préalable devra donc être réalisé avant d'atteindre le fond de fouille afin d'éviter des efforts parasites.

a. Extraction des déblais

Les déblais pourront être réalisés, en général, avec une pelle mécanique de bonne puissance jusqu'au niveau du fond de fouille. La présence possible d'éléments et/ou de niveaux indurés de toutes tailles (reliquat de l'ancienne construction) au sein des remblais nécessitera, localement, le recours à des engins désagrégateurs spécifiques (BRH par ex.) et/ou de la manutention.

b. Traficabilité

De plus, des problèmes de traficabilité sont clairement attendus en fond de en raison de la nature argileuse des remblais d'exploitation à ciel ouvert et de leur faible compacité. La réalisation d'une plateforme en matériaux d'apport drainant est fortement recommandée, avec évacuation des éventuels arrivées d'eau.

c. Avoisinants

Le tunnel projeté ne comportera pas d'avoisinant.

d. Principe de terrassement et de soutènement

Selon les informations qui nous ont été communiquées, il a été prévu une solution de voiles par passes alternées butonnées à l'avancement.

La figure ci-dessous présente les modes de terrassements des différents voiles contre terre.

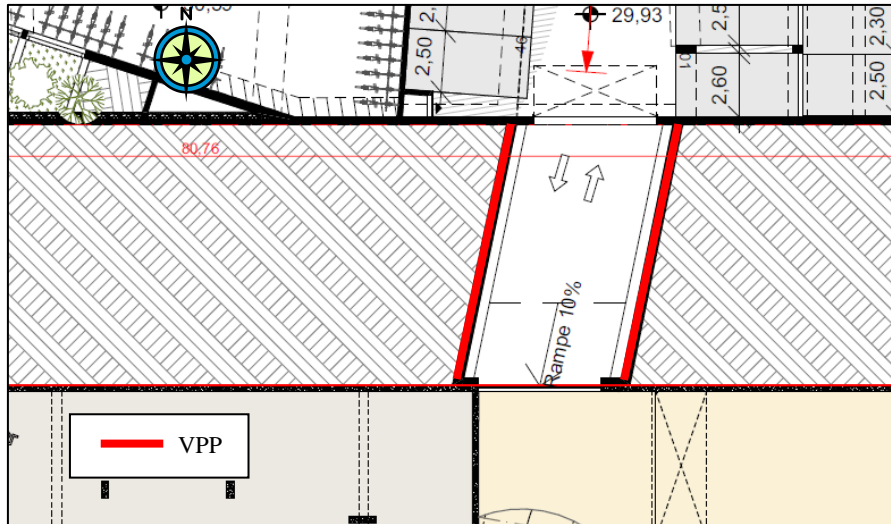


Figure 10 : Principe de terrassements

e. Principes généraux pour les voiles par passes alternées (—)

En l'absence d'avoisinants et de mitoyens, et sous réserve d'un drainage soigné des arrivées d'eau, la stabilité de la fouille pourra être garantie en réalisant des terrassements et voiles par passes alternées avec banquettes inversées et butonnage à l'avancement. On prévoira des passes d'ouverture réduite dans les remblais et des sols en place

Notons qu'un blindage jointif pourra s'avérer indispensable en cas d'instabilité des remblais et des sols en place.

Dans tous les cas, on retiendra les principes généraux définis ci-après :

- pour les dimensions des ouvertures de passes des VPP, on retiendra :
 - hauteur de passe $\leq 1,5$ m,
 - largeur de passe $\leq 2,8$ m,
- les ouvertures de passes se feront 1 sur 3 selon le schéma ci-après :

1	4	7	2	5	8	3	6	
9	12	15	10	13	16	11	14	17

- réalisation de la 1^{ère} ceinture en banquettes inversées,
 - o ouverture de passes de 1,5 m (H) x 2,8 m (L),
- réalisation de la 2^{ème} ceinture en banquettes inversées,
 - o ouverture de passes de 1,5 m (H) x 2,8 m (L),

De plus, il conviendra de respecter les sujétions suivantes :

- Toute passe ouverte devra être projetée dans la journée ($t \leq 8$ h),
- Toute passe ne peut être ouverte qu'à la condition que les boutons des passes voisines soient déjà en place et bloqués,
- En cas d'instabilité des terrains, la méthode des soutènements devra être adaptée en conséquence, en diminuant les dimensions des passes et/ou en mettant un blindage jointif à l'avancement, afin de garantir le bon déroulement des travaux,
- Un suivi régulier de la mise en charge des boutons sera réalisé,
- Les semelles des boutons définitifs devront être ancrées dans les sols en place.

Dans le cas où cette solution serait retenue, nous insistons sur l'importance d'une réalisation et d'une justification soignée (méthodologie, note de calcul, vérification de sa stabilité durant toutes les phases du terrassement, ...) qui devront recevoir l'agrément préalable du Bureau de Contrôle.

A cet égard, dans le cas des VPP alternées avec banquettes inversées, il est impératif que la mission G₃ de l'entreprise définisse avec précision :

- la largeur et la hauteur de passe,
- la méthodologie des terrassements, en particulier le phasage,
- le système de butonnage.

D'une façon générale, la rencontre de terrains présentant une fraction sableuse significative et/ou de passages de sable franc conduira à adapter et limiter les largeurs et hauteurs de passe en les réduisant au maximum. Les terrains instables feront l'objet d'un blindage en bois provisoire.

Cette technique de soutènement devra bien évidemment être associée à un système de surveillance mis en œuvre dès le démarrage des terrassements.

f. Coupe type et hypothèse de calcul

En phase de prédimensionnement et à titre indicatif, on pourra retenir les hypothèses suivantes pour les ouvrages de soutènement :

Formation	Cote de la base (m)	pl* (MPa)	E _M (MPa)	α	γ_h (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)
Remblais	29,1 à 31,0	0,40	4,0	2/3	18	0	25
Alluvions Anciennes	24,0	3,05	27,7	1/3	19	0	33

On veillera à disposer une nappe drainante entre les voiles contre terre et les terrains soutenus afin d'évacuer les eaux de ruissèlement et éviter le développement de poussée hydrostatique sur les voiles contre terre.

En pied de voile, les eaux en provenance de cette nappe drainante seront collectées par un drain et évacuées de manière efficace vers un exutoire.

g. Poussée de calcul

En considérant une surcharge de Caquot de 10 kN/m², nous obtenons le diagramme de poussée défini sur la figure ci-après.

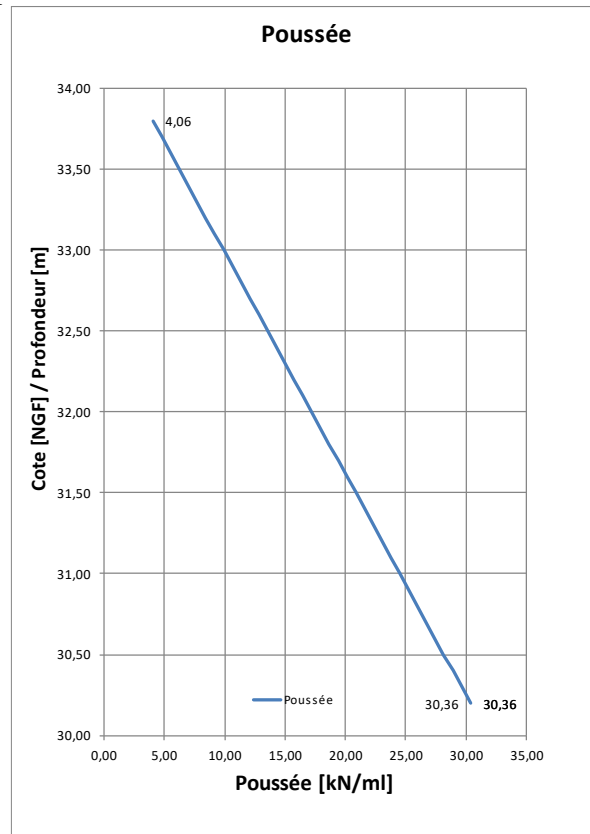


Figure 11 : Poussée des terres sur le voile Sud

Nous avons considéré une hauteur moyenne à soutenir d'environ 3,6 m de remblais (par sécurité). Il est évident qu'en phase exécution, les calculs justificatifs devront être adaptés au cas par cas. Il en est de même si la surcharge associée est supérieure à 10 kN/m². Compte tenu de l'inondabilité des sous-sols au moyen d'événements, aucune poussée hydrostatique n'a été retenue.

Dans le cas présent, la poussée totale des terres à reprendre est d'environ 6,2 t/ml pour des hauteurs de VPP alternées d'environ 3,6 m de hauteur.

h. Butonnage et semelles des butons

- Principes généraux

Une attention toute particulière sera apportée à la mise en œuvre des butons en phase de terrassement. L'angle d'inclinaison, les dimensions de semelles d'assise, le système de fixation sur les voiles et la transition des butons provisoires vers les butons définitifs devront être précisément justifiés préalablement au début des travaux.

Afin d'augmenter la rigidification du système "voiles - butons", la mise en place de butons horizontaux pourrait s'avérer indispensable dès la première passe.

Dans la partie Sud-Est, c'est-à-dire au droit de l'ancienne exploitation à ciel ouvert remblayée, les semelles des butons ne pourront pas être ancrées dans les Alluvions Anciennes. Dans ces conditions on veillera à favoriser le butonnage horizontal. Dans le cas où cela ne serait pas possible on pourra tolérer un ancrage dans les remblais sous certaines conditions.

Dans la mesure où les butons devraient être fondés dans les remblais, il conviendra que :

- un géotechnicien soit mandaté afin de contrôler visuellement la nature de ces remblais,
- un suivi régulier de la mise en charge des butons ainsi fondés soit réalisé,
- les butons soient fondés dans des remblais « propres », purgés de tout matériaux évolutifs,
- d'adopter un taux de travail de 0,1 MPa (1 bar)
- de procéder à la mise en place de buton horizontaux.

Ainsi, la reprise des efforts transmis par les butons conduira aux dimensions suivantes :

- F1' = 0,5 x 0,5 m ;
- F2' = 1,8 x 1,8 m ;

En phase exécution, il est impératif que la mission G₃ de l'Entreprise précise les dimensions exactes des semelles des butons en fonction du phasage, de la méthodologie de l'Entreprise et des efforts à reprendre.

De plus, on s'assurera que les semelles de butons soient correctement fondées dans les sols en place et reprennent bien les efforts verticaux et la butée.

Pour éviter tout déplacement des voiles en tête, les boutons provisoires et définitifs devront être vérifiés régulièrement afin de s'assurer de la liaison voile - bouton (coin de charge bien en place).

Quoi qu'il en soit, la stabilité du site en phase provisoire devra être justifiée, préalablement au début des travaux. Cette justification devra tenir compte du projet définitif et devra être soumise à l'approbation du bureau de Contrôle.

i. Système de surveillance

Généralités

Dans le cadre du projet, conformément aux prescriptions de l'Eurocode 7 (§ 4.5 – Instrumentation et suivi)¹, une surveillance de l'ouvrage devra être réalisée au moyen d'une instrumentation et d'un suivi. Nous précisons que ce qui est demandé à l'Entreprise correspond bien à un suivi et une surveillance de l'ouvrage, et non une méthode observationnelle.

Elle devra être réalisée par l'Entreprise en charge des Travaux afin de statuer sur la pertinence et la fidélité des modélisations par rapport au comportement réel observé de l'ouvrage. Les résultats des mesures de suivi doivent toujours être évalués et interprétés par la mission G3 afin de vérifier de manière quantitative la validité des hypothèses retenues.

Instrumentation

En d'autres termes, nous recommandons de mettre en œuvre :

- des dispositifs de contrôle des déformations des voiles périmétriques avec la mise en place de cibles par exemple,
- les seuils de vigilance et d'alerte permettant de définir les dispositions palliatives en cas de déformations excessives.

Dans ce cadre, l'Entreprise devra mettre en place, à minima :

- un suivi topographique des cibles avec une précision au mm des mesures avec au moins 2 niveaux de mesures au droit de coupes caractéristiques,
- une vérification régulière des boutons horizontaux (calage, ...).

Concernant la périodicité du suivi, l'Entreprise procèdera à une auscultation au début et à la fin de chaque phase de terrassement, et au minimum à un relevé toutes les semaines, tant que les appuis définitifs ne seront pas terminés.

¹ Nous rappelons que le suivi observationnel relève d'un principe, et est donc obligatoire.

- **Valeurs seuils et mesures palliatives**

Nous rappelons les éléments ci-après pour les soutènements :

1. Seuil de vigilance :

Seuil en-dessous duquel les mesures sont jugées normales et au-dessus duquel la vigilance doit être renforcée avec une cadence de mesures plus resserrée afin de suivre au plus près l'évolution des différents paramètres.

2. Seuil d'alerte :

Seuil au-delà duquel des dispositifs conservatoires sont mis en œuvre, avec renforcement du suivi.

Les valeurs des seuils de vigilance et d'alerte seront fixées en fonction des déformations limites des ouvrages mais aussi des avoisinants-mitoyens (à définir par le MOE).

En première approche, nous avons retenu les valeurs seuils suivantes pour les soutènements :

Déplacement	Seuil de Vigilance	Seuil d'Alerte
Contrôle des alignements <i>Horizontal</i>	8 mm	15 mm
Contrôle des alignements <i>Vertical</i>	5 mm	10 mm

Ces valeurs devront bien évidemment être validées par le Bureau de Contrôle.

Nota :

Le suivi et la surveillance des ouvrages géotechniques effectués devront être pris en compte par l'Entreprise et par sa mission géotechnique G3 pour toutes les phases du projet et les relevés devront être transmis au Maître d'œuvre. En fonction des résultats de ces relevés, le cas échéant, l'Entreprise devra en tirer les conséquences pour mettre en place les mesures nécessaires permettant d'assurer la stabilité du site.

3. Périodicité du suivi

- En-dessous du seuil de vigilance :
Cf. paragraphe *b. Instrumentation* précédent.
- Au-delà du seuil de vigilance, la périodicité des mesures est journalière jusqu'à stabilisation ou action.

5.4.2. Sujétions vis-à-vis de l'eau

Le niveau de la nappe mesuré se situait à une cote de 28,40 NVP, soit 2,6 m au-dessous du niveau R-1 projeté et 5,6 m au-dessous du RdC projeté. Ce niveau varie avec la pluviométrie et la cote de la Seine.

De plus nous rappelons que le projet se trouve inclut dans le PPRi dont la cote PHEC est de 35,12 NGF, 1,12 m au-dessus du terrain actuel estimé à 34 NGF.

A titre indicatif, nous vous indiquons ci-après les cotes de crue de la Seine au niveau du pk n°164 :

- Crue centennale (1910) : 35,12 NGF ;
- Crue cinquantennale (1955) : 33,48 NGF ;
- Crue décennale (1982) : 32,28 NGF ;
- Retenue Normale de la Seine : 26,72 NGF.

Les niveaux d'eau définis pour l'ilot A dans l'étude du BET SEMOFI sont les suivants :

Niveaux selon le DTU 14.1	Nappe des Alluvions anciennes de la Seine					
	EB		EH ⁽²⁾ = 10 ans		PHEC = EE*	
Cotes estimées m NGF	5.9	28.1	4.1	29.9	-	35.36
Niveau fini estimé du RDC A 33,9 m NGF	Non concerné		Non concerné		Concerné	
Niveau fini estimé du N-1 à -3 m/TA	Non concerné		Remontées capillaires		Concerné	
Niveau fini estimé du N-2 à -6 m/TA	Concerné		Concerné		Concerné	

Tableau 11 : Niveaux de référence retenus - Ilot A

De ce fait, le tunnel sera vulnérable aux inondations par débordement ainsi qu'aux remontées de nappe phréatique.

La Maîtrise d'ouvrage a confirmé son souhait de rendre inondable le sous-sol du lot 9. Ainsi, pour un niveau de sous-sol à 30,59 NGF, le tunnel pourra présenter des traces d'humidité lié au développement de remontées capillaire lors d'épisode de crue décennale.

Lors d'événement cinquantennale et centennale le tunnel sera inondé. Il conviendra donc de disposer des évènements de décompression dimensionner à cet effet sur le niveau bas (dallage et dalle portée) afin d'éviter le développement de poussée hydrostatique sur le niveau bas.

Les nappes de drainage disposées en amont des voiles du sous-sol, devront être adjointe de barbacanes afin d'éviter le développement de poussée hydrostatique sur les voiles. Les eaux transitant au sein de ce dispositif seront collectées au sous-sol au moyen de cunette périmétriques qui achemineront les eaux vers une fosse de relevage.

Il conviendra de confirmer que ce choix d'inondabilité correspond avec la destination et la volonté d'inondabilité du sous-sol du lot n°11.

5.5. Principes de fondation du tunnel

Sur le plan géotechnique, cette zone située à une cote de 34,0 NGF est constituée par des remblais d'une ancienne exploitation à ciel ouvert jusqu'à la cote 23,6 NGF au droit du SP2. Cette exploitation reste présente jusqu'à une cote altimétrique de 27,1 NGF au droit du sondage SD2. Le tunnel devra être fondée au moyen de fondations profondes de type micropieux ancrées au-delà des Argiles Plastiques dans les Marno-Calcaire du Montien.

Compte tenu de la présence d'un niveau d'eau à la cote 28,40 NGF qui entrainera la foration des micropieux sous la nappe nous étudierons une solution de micropieux forés boue (classe 1bis, catégorie 18 (Micropieux type II))

La présence éventuelle de blocs ou des débris divers dans les remblais constitue une sujétion importante pour le choix de la méthodologie de réalisation des fondations profondes.

a. *Justification de la capacité portante*

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

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

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

avec :

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

$$R_{s,k} = P_s \cdot \int_0^D q_{s,k}(z) dz$$

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

où:

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

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

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

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

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

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

$\gamma_{R,d1}$ = coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique, **fixé à 2** pour des micropieux de type 2.ou 3 au travers des formation marno-calcaire et 1.4 au travers des sables et graves.

$\gamma_{R,d2}$ = coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique, **fixé à 1,1** pour des micropieux de type 2.ou 3

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

Niveau général du RDC	Formations	ple* (MPa)	q _s (kPa) Micropieux type II Foré boue	Courbe EC7
Jusque vers 23,6 NGF	Remblais et Alluvions résiduelles	Frottement neutralisé		
Jusque vers 17,5 NGF	Argiles Plastiques	0,70	48	Q1
Jusque vers 12 NGF	Marno-Calcaire du Montien	2,9	154	Q4
Jusque vers -1,0 NGF	Craie du Campanien	4,5	174	Q3

Remarques importantes :

Aucun frottement latéral n'a été considéré dans les remblais et les résidus d'Alluvions Anciennes.

L'entreprise devra mettre en œuvre un matériel adapté lui permettant d'atteindre les profondeurs minimales requises.

Compte tenu du caractère remanié et de la faible compacité des horizons traversés, des surconsommations importantes de coulis sont à envisager.

Les surépaisseurs de remblais devront conduire à un approfondissement des micropieux afin de garantir l'ancrage requis.

Les micropieux devront être vérifiés vis-à-vis du flambement et du raccourcissement élastique. Ces vérifications devront faire l'objet d'une mission d'étude G3.

Nous précisons que le tunnel sera situé au niveau du joint structurel du lot n°9 constituant une discontinuité du mode de fondation de ce lot. Ainsi les micropieux pourront être impactés par des efforts parasites des fondations superficielles avoisinantes. Ces efforts horizontaux devront être considérés des études d'exécution et les micropieux devront être armés en conséquence.

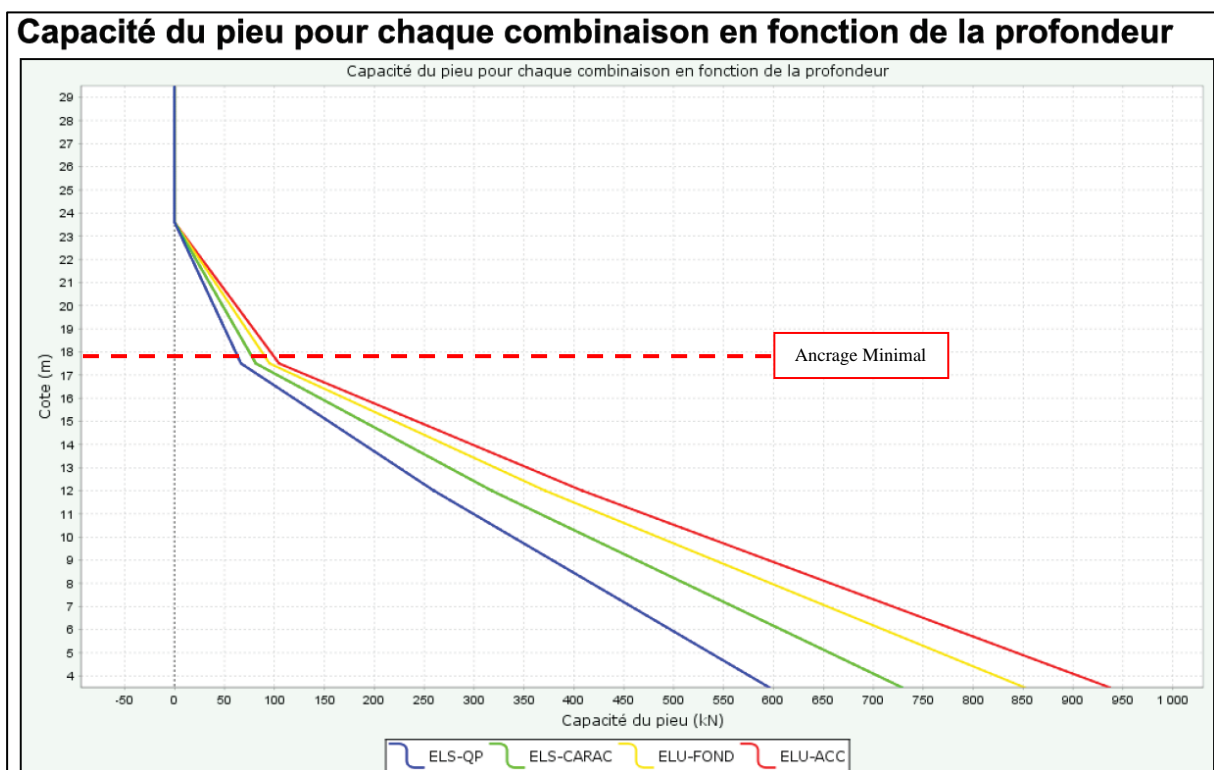
b. Prédimensionnement en portance

A titre d'exemple, selon une approche de calcul 2 de l'Eurocode 7, les capacités portantes aux ELU et ELS d'un micropieu foré boue travaillant en compression, de diamètre 250 mm, en fonction de la cote de sa base, sont données ci-après :

Nota : Nous rappelons que les exemples de pieux renseignés ci-après devront être revus et adaptés en fonction des besoins structurels du projet.

Les tableaux de résultats sont fournis pour chacun des pieux en annexe.

➤ MICROPIEU FORE BOUE Ø 250 mm



5.5.1. Niveaux bas

Au droit de la partie sur pieux de l'école, le niveau bas sera traité au moyen d'un plancher porté par les fondations profondes dimensionné aux sous-pressions hydrostatiques.

5.5.2. Sujétions générales des travaux de reprise en sous-œuvre

a. Terrassements - soutènement

Concernant l'exécution des terrassements, il conviendra de respecter les sujétions suivantes :

- les soutènements devront être équipé de barbacanes afin d'éviter le développement de poussées hydrostatique, et ce y compris en phase provisoire.
- un système de collecte des eaux superficielles sera mis en place à l'avancement,
- toute passe ouverte devra être projetée dans la journée ($t \leq 8$ h),
- un suivi régulier de la mise en charge des butons sera réalisé,
- les semelles des butons inclinés des parois devront être ancrées dans les sols en place (Alluvions Anciennes Sableuses ou remblais moyennant une contrainte de 1 bar), conformément aux préconisations de la présente étude géotechnique de projet. Par ailleurs, nous recommandons de privilégier la mise en œuvre de butons horizontaux,
- la rencontre de blocs ou niveaux résistants au sein des sols est avérée. Ces éléments généreront les terrassements et nécessiteront l'utilisation de matériel spécifique (y compris lors de la réalisation des pieux de la paroi composite),
- Nous insistons sur l'importance d'une justification, et d'une réalisation soignée, des ouvrages géotechniques (méthodologie, note de calcul, vérification de la stabilité durant toutes les phases de terrassement...) qui devront recevoir l'agrément préalable du Bureau de Contrôle.

b. Fondations profondes

D'une manière générale, on respectera les sujétions suivantes :

- afin d'éviter les effets de groupe, les micropieux seront espacés de 3 diamètres entre eux,
- La réalisation des micropieux sous la nappe sera faite selon la technique de forage à la boue.
- l'entreprise mettra en œuvre un **matériel adapté lui permettant d'atteindre les profondeurs minimales requises, des niveaux indurés étant susceptibles d'être rencontrés dans les remblais et les sols en place.** A cet égard, on notera que le trépanage en site urbain est à proscrire.
- des pertes et/ou surconsommations de coulis sont à prévoir dans la traversée des terrains de recouvrement et au sein des sols en place, notamment dans les remblais,
- les enregistrements des paramètres de forage et les procédures de validation/adaptation des profondeurs des pieux en phase d'exécution sont à prévoir,
- il faudra contrôler la foration, pour s'assurer de la bonne qualité de l'ancrage,
- l'effet de groupe et les éventuels efforts horizontaux devront être pris en compte dans le dimensionnement final des micropieux,

- En l'absence de donnée sur le milieu, nous considérerons un environnement de classe XA2 (à confirmer selon les résultats des études de pollution des terres réalisées par Soler Conseil),
- il conviendra de bien liasonner les micropieux à la structure du plancher,
- l'exécution des micropieux sera strictement contrôlée,
- les micropieux seront armés au moyen d'armatures tubulaires dimensionnées de tel sorte à résister au flambement,
- les armatures seront équipées de centreurs afin de garantir leur enrobage,
- Nous rappelons la présence de fondation superficielles contiguës au tunnel qui exerceront des efforts parasites qui nécessiteront une étude particulière de leur armature des études d'exécution G3.

Ce rapport clôt l'étude de conception G2 PRO qui nous a été confié.

Nous restons à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions, ainsi que pour suivre et contrôler, éventuellement, l'exécution des fondations qui peuvent toujours présenter localement des anomalies nécessitant des adaptations, dans le cadre d'une mission spécifique de suivi géotechnique d'exécution (mission de type G₄ de la norme française NF P 94-500 de novembre 2013).

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

ANNEXE 1

NORME NF P94-500

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

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

ANNEXE 2

TEXTES REGLEMENTAIRES

Textes réglementaires

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

- NF P 94-500, 30 novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications,
- NF EN 1990, mars 2003 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures, et son annexe nationale NF EN 1990/NA de décembre 2011
- NF EN 1997 - 1, juin 2005 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 – 1/NA : septembre 2018 – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 - 2. septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais,
- NF P 94-261, juin 2013 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles, et son amendement NF P 94-261/A1 du 12 Octobre 2016,
- NF P 94-262, juillet 2012 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, et son amendement NF P 94-262/A1 de Juillet 2018,
- NF EN 1536-A1 de novembre 2015. Exécution de Travaux géotechniques spéciaux - pieux forés
- NF P 94-282, Mars 2009 - Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Écrans, et son amendement NF P 94-282/A1 de 2015,
- NF DTU 13.1 - Septembre 2019 - Travaux de bâtiment - Fondations superficielles
- NF DTU 13.2 - Mai 2020 - Travaux de bâtiment — Fondations Profondes
- NF P 11-213-1, décembre 2021 – DTU 13.3 – Dallage – Conception, calcul et exécution,
- NF EN 14199, Septembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Micropieux
- NF EN 1536+A1, Novembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux forés
- Note CNJOG du 24 février 2014 – Prise en compte des niveaux d'eaux selon l'Eurocode 7,
- NF EN 206+A2, mars 2021 et NF EN 206+A2 /CN de novembre 2022– Béton - Spécification, performance, production et conformité

ANNEXE 3

PREDIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES DU TUNNEL

Données

Titre du projet : Allée Gagarine - Ensemble immobilier

Numéro d'affaire : G230195

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Micropieux Ø 250 mm (pieu n°4)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,10

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,25

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 18 [M2] - Micropieu type II

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 29,50

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Remblais		Argile, limons	23,60	0,00	0,00	1,15	2,200
2	Argiles Plastiques		Argile, limons	17,50	700,00	48,08	1,15	2,200
3	Marno-Calcaire du Montien		Marne et calcaire marneux	12,00	2900,00	154,77	1,45	2,200
4	Craie du Campanien		Craie	-1,00	3900,00	174,04	1,45	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 26,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

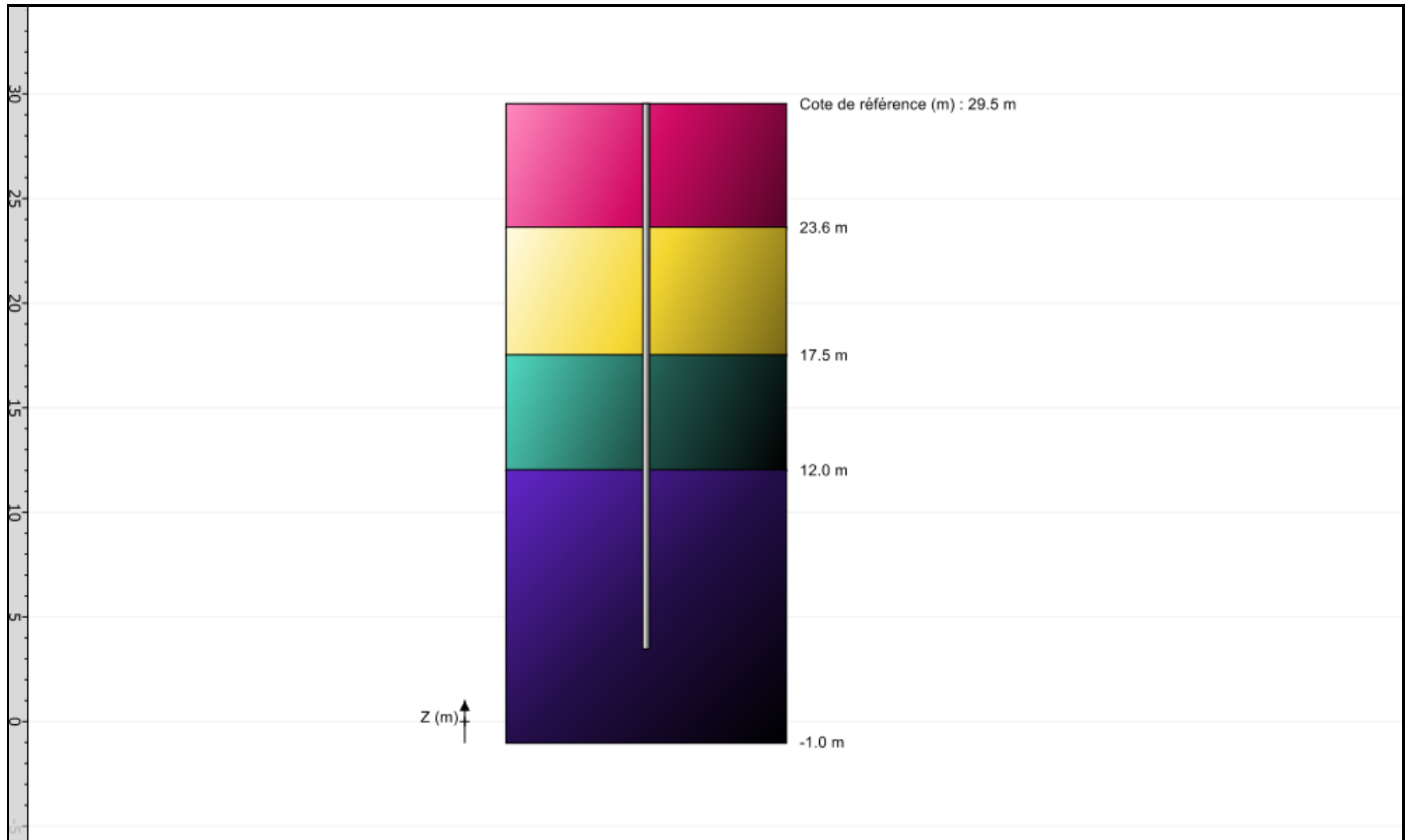


FoXta v4
v4.1.13

Imprimé le : 09/05/2023 - 15:54:20
Calcul réalisé par : GEOLIA

Projet : G230195-Ivry (94) - Fondation Filante résidence
Module : Fondprof (Pieu 4/4)
Titre du calcul : Micropieux Ø 250 mm

Onglet "Données des couches"



File : C:\Users\KOSTRO-1\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\499428\FP.10.resu

Calcul réalisé le : 09/05/2023 à 15h51
par : GEOLIA

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 18
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 29.500

Section du pieu : 0.049
Périmètre : 0.785

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	23.60	0.0	0.00	1.00	1.15	2.20
02	17.50	700.0	48.08	1.00	1.15	2.20
03	12.00	2900.0	154.77	1.00	1.45	2.20
04	-1.00	3900.0	174.04	1.00	1.45	2.20

Pas du calcul : 0.10

 SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 26.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	29.50	0.00	0.0	1.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	29.40	0.00	0.0	1.012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	29.30	0.00	0.0	1.024	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	29.20	0.00	0.0	1.036	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	29.10	0.00	0.0	1.048	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	29.00	0.00	0.0	1.060	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.90	0.00	0.0	1.072	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.80	0.00	0.0	1.084	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.70	0.00	0.0	1.096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.60	0.00	0.0	1.108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.50	0.00	0.0	1.120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.40	0.00	0.0	1.132	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.30	0.00	0.0	1.144	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.20	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.10	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	28.00	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.90	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.80	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.70	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.60	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.50	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

01	27.40	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.30	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.20	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.10	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	27.00	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.90	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.80	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.70	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.60	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.50	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.40	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.30	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.20	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.10	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	26.00	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.90	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.80	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.70	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.60	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.50	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.40	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.30	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.20	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.10	0.00	0.0	1.150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	25.00	0.00	35.0	1.000	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.90	0.00	70.0	1.000	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.80	0.00	105.0	1.000	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.70	0.00	140.0	1.000	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.60	0.00	175.0	1.000	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.50	0.00	210.0	1.000	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.40	0.00	245.0	1.000	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.30	0.00	280.0	1.000	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.20	0.00	315.0	1.000	0.0	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.10	0.00	350.0	1.000	0.0	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	24.00	0.00	385.0	1.000	0.0	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0
01	23.90	0.00	420.0	1.000	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	23.80	0.00	455.0	1.000	0.0	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	23.70	0.00	490.0	1.000	0.0	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	23.60	0.00	525.0	1.000	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0
02	23.60	48.08	700.0	1.000	0.0	34.4	0.0	0.0	0.0	0.0
02	23.50	48.08	700.0	1.012	3.8	34.8	1.1	1.3	1.6	1.7
02	23.40	48.08	700.0	1.024	7.6	35.2	2.2	2.7	3.1	3.4
02	23.30	48.08	700.0	1.036	11.3	35.6	3.3	4.0	4.7	5.2
02	23.20	48.08	700.0	1.048	15.1	36.0	4.4	5.3	6.2	6.9
02	23.10	48.08	700.0	1.060	18.9	36.4	5.5	6.7	7.8	8.6
02	23.00	48.08	700.0	1.072	22.7	36.8	6.6	8.0	9.4	10.3
02	22.90	48.08	700.0	1.084	26.4	37.2	7.6	9.3	10.9	12.0
02	22.80	48.08	700.0	1.096	30.2	37.7	8.7	10.7	12.5	13.7
02	22.70	48.08	700.0	1.108	34.0	38.1	9.8	12.0	14.0	15.5
02	22.60	48.08	700.0	1.120	37.8	38.5	10.9	13.4	15.6	17.2
02	22.50	48.08	700.0	1.132	41.5	38.9	12.0	14.7	17.2	18.9
02	22.40	48.08	700.0	1.144	45.3	39.3	13.1	16.0	18.7	20.6
02	22.30	48.08	700.0	1.150	49.1	39.5	14.2	17.4	20.3	22.3
02	22.20	48.08	700.0	1.150	52.9	39.5	15.3	18.7	21.8	24.0
02	22.10	48.08	700.0	1.150	56.6	39.5	16.4	20.0	23.4	25.7
02	22.00	48.08	700.0	1.150	60.4	39.5	17.5	21.4	25.0	27.5
02	21.90	48.08	700.0	1.150	64.2	39.5	18.6	22.7	26.5	29.2
02	21.80	48.08	700.0	1.150	68.0	39.5	19.7	24.0	28.1	30.9
02	21.70	48.08	700.0	1.150	71.8	39.5	20.7	25.4	29.6	32.6
02	21.60	48.08	700.0	1.150	75.5	39.5	21.8	26.7	31.2	34.3
02	21.50	48.08	700.0	1.150	79.3	39.5	22.9	28.0	32.8	36.0
02	21.40	48.08	700.0	1.150	83.1	39.5	24.0	29.4	34.3	37.8
02	21.30	48.08	700.0	1.150	86.9	39.5	25.1	30.7	35.9	39.5
02	21.20	48.08	700.0	1.150	90.6	39.5	26.2	32.1	37.4	41.2
02	21.10	48.08	700.0	1.150	94.4	39.5	27.3	33.4	39.0	42.9
02	21.00	48.08	700.0	1.150	98.2	39.5	28.4	34.7	40.6	44.6
02	20.90	48.08	700.0	1.150	102.0	39.5	29.5	36.1	42.1	46.3
02	20.80	48.08	700.0	1.150	105.7	39.5	30.6	37.4	43.7	48.1
02	20.70	48.08	700.0	1.150	109.5	39.5	31.7	38.7	45.2	49.8
02	20.60	48.08	700.0	1.150	113.3	39.5	32.8	40.1	46.8	51.5
02	20.50	48.08	700.0	1.150	117.1	39.5	33.8	41.4	48.4	53.2
02	20.40	48.08	700.0	1.150	120.8	39.5	34.9	42.7	49.9	54.9
02	20.30	48.08	700.0	1.150	124.6	39.5	36.0	44.1	51.5	56.6
02	20.20	48.08	700.0	1.150	128.4	39.5	37.1	45.4	53.1	58.4
02	20.10	48.08	700.0	1.150	132.2	39.5	38.2	46.7	54.6	60.1
02	20.00	48.08	700.0	1.150	135.9	39.5	39.3	48.1	56.2	61.8
02	19.90	48.08	700.0	1.150	139.7	39.5	40.4	49.4	57.7	63.5
02	19.80	48.08	700.0	1.150	143.5	39.5	41.5	50.7	59.3	65.2
02	19.70	48.08	700.0	1.150	147.3	39.5	42.6	52.1	60.9	66.9
02	19.60	48.08	700.0	1.150	151.1	39.5	43.7	53.4	62.4	68.7
02	19.50	48.08	700.0	1.150	154.8	39.5	44.8	54.8	64.0	70.4
02	19.40	48.08	700.0	1.150	158.6	39.5	45.9	56.1	65.5	72.1
02	19.30	48.08	700.0	1.150	162.4	39.5	46.9	57.4	67.1	73.8
02	19.20	48.08	700.0	1.150	166.2	39.5	48.0	58.8	68.7	75.5
02	19.10	48.08	700.0	1.150	169.9	39.5	49.1	60.1	70.2	77.2
02	19.00	48.08	700.0	1.150	173.7	39.5	50.2	61.4	71.8	79.0

02	18.90	48.08	810.0	1.150	177.5	45.7	51.3	62.8	73.3	80.7
02	18.80	48.08	920.0	1.150	181.3	51.9	52.4	64.1	74.9	82.4
02	18.70	48.08	1030.0	1.150	185.0	58.1	53.5	65.4	76.5	84.1
02	18.60	48.08	1140.0	1.150	188.8	64.4	54.6	66.8	78.0	85.8
02	18.50	48.08	1250.0	1.150	192.6	70.6	55.7	68.1	79.6	87.5
02	18.40	48.08	1360.0	1.150	196.4	76.8	56.8	69.4	81.1	89.3
02	18.30	48.08	1470.0	1.143	200.1	82.5	57.9	70.8	82.7	91.0
02	18.20	48.08	1580.0	1.133	203.9	87.9	59.0	72.1	84.3	92.7
02	18.10	48.08	1690.0	1.124	207.7	93.3	60.0	73.4	85.8	94.4
02	18.00	48.08	1800.0	1.117	211.5	98.7	61.1	74.8	87.4	96.1
02	17.90	48.08	1910.0	1.110	215.2	104.1	62.2	76.1	88.9	97.8
02	17.80	48.08	2020.0	1.104	219.0	109.5	63.3	77.5	90.5	99.6
02	17.70	48.08	2130.0	1.099	222.8	114.9	64.4	78.8	92.1	101.3
02	17.60	48.08	2240.0	1.094	226.6	120.3	65.5	80.1	93.6	103.0
02	17.50	48.08	2350.0	1.089	230.4	125.7	66.6	81.5	95.2	104.7
02	17.50	48.08	2350.0	1.089	230.4	125.7	66.6	81.5	95.2	104.7
03	17.50	154.77	2900.0	1.217	230.4	173.3	66.6	81.5	95.2	104.7
03	17.40	154.77	2900.0	1.245	242.5	177.2	70.1	85.8	100.2	110.2
03	17.30	154.77	2900.0	1.272	254.7	181.1	73.6	90.1	105.2	115.8
03	17.20	154.77	2900.0	1.299	266.8	184.9	77.1	94.4	110.2	121.3
03	17.10	154.77	2900.0	1.326	279.0	188.8	80.6	98.7	115.3	126.8
03	17.00	154.77	2900.0	1.354	291.1	192.7	84.2	103.0	120.3	132.3
03	16.90	154.77	2900.0	1.381	303.3	196.6	87.7	107.3	125.3	137.9
03	16.80	154.77	2900.0	1.408	315.4	200.5	91.2	111.6	130.3	143.4
03	16.70	154.77	2900.0	1.436	327.6	204.4	94.7	115.9	135.4	148.9
03	16.60	154.77	2900.0	1.450	339.8	206.4	98.2	120.1	140.4	154.4
03	16.50	154.77	2900.0	1.450	351.9	206.4	101.7	124.4	145.4	160.0
03	16.40	154.77	2900.0	1.450	364.1	206.4	105.2	128.7	150.4	165.5
03	16.30	154.77	2900.0	1.450	376.2	206.4	108.8	133.0	155.4	171.0
03	16.20	154.77	2900.0	1.450	388.4	206.4	112.3	137.3	160.5	176.5
03	16.10	154.77	2900.0	1.450	400.5	206.4	115.8	141.6	165.5	182.1
03	16.00	154.77	2900.0	1.450	412.7	206.4	119.3	145.9	170.5	187.6
03	15.90	154.77	2900.0	1.450	424.8	206.4	122.8	150.2	175.5	193.1
03	15.80	154.77	2900.0	1.450	437.0	206.4	126.3	154.5	180.6	198.6
03	15.70	154.77	2900.0	1.450	449.2	206.4	129.8	158.8	185.6	204.2
03	15.60	154.77	2900.0	1.450	461.3	206.4	133.4	163.1	190.6	209.7
03	15.50	154.77	2900.0	1.450	473.5	206.4	136.9	167.4	195.6	215.2
03	15.40	154.77	2900.0	1.450	485.6	206.4	140.4	171.7	200.6	220.7
03	15.30	154.77	2900.0	1.450	497.8	206.4	143.9	176.0	205.7	226.3
03	15.20	154.77	2900.0	1.450	509.9	206.4	147.4	180.3	210.7	231.8
03	15.10	154.77	2900.0	1.450	522.1	206.4	150.9	184.6	215.7	237.3
03	15.00	154.77	2900.0	1.450	534.2	206.4	154.4	188.9	220.7	242.8
03	14.90	154.77	2900.0	1.450	546.4	206.4	158.0	193.2	225.8	248.4
03	14.80	154.77	2900.0	1.450	558.6	206.4	161.5	197.5	230.8	253.9
03	14.70	154.77	2900.0	1.450	570.7	206.4	165.0	201.8	235.8	259.4
03	14.60	154.77	2900.0	1.450	582.9	206.4	168.5	206.1	240.8	264.9
03	14.50	154.77	2900.0	1.450	595.0	206.4	172.0	210.4	245.9	270.5
03	14.40	154.77	2900.0	1.450	607.2	206.4	175.5	214.7	250.9	276.0
03	14.30	154.77	2900.0	1.450	619.3	206.4	179.0	219.0	255.9	281.5
03	14.20	154.77	2900.0	1.450	631.5	206.4	182.6	223.3	260.9	287.0
03	14.10	154.77	2900.0	1.450	643.6	206.4	186.1	227.6	265.9	292.6
03	14.00	154.77	2900.0	1.450	655.8	206.4	189.6	231.9	271.0	298.1
03	13.90	154.77	2900.0	1.450	668.0	206.4	193.1	236.2	276.0	303.6
03	13.80	154.77	2900.0	1.450	680.1	206.4	196.6	240.5	281.0	309.1
03	13.70	154.77	2900.0	1.450	692.3	206.4	200.1	244.8	286.0	314.7
03	13.60	154.77	2900.0	1.450	704.4	206.4	203.6	249.1	291.1	320.2
03	13.50	154.77	2900.0	1.450	716.6	206.4	207.2	253.4	296.1	325.7
03	13.40	154.77	2950.0	1.450	728.7	210.0	210.7	257.7	301.1	331.2
03	13.30	154.77	3000.0	1.450	740.9	213.5	214.2	262.0	306.1	336.8
03	13.20	154.77	3050.0	1.450	753.0	217.1	217.7	266.3	311.1	342.3
03	13.10	154.77	3100.0	1.450	765.2	220.6	221.2	270.6	316.2	347.8
03	13.00	154.77	3150.0	1.450	777.4	224.2	224.7	274.9	321.2	353.3
03	12.90	154.77	3200.0	1.450	789.5	227.8	228.2	279.2	326.2	358.9
03	12.80	154.77	3250.0	1.450	801.7	231.3	231.8	283.5	331.2	364.4
03	12.70	154.77	3300.0	1.450	813.8	234.9	235.3	287.8	336.3	369.9
03	12.60	154.77	3350.0	1.450	826.0	238.4	238.8	292.1	341.3	375.4
03	12.50	154.77	3400.0	1.450	838.1	242.0	242.3	296.4	346.3	381.0
03	12.40	154.77	3450.0	1.450	850.3	245.6	245.8	300.7	351.3	386.5
03	12.30	154.77	3500.0	1.450	862.4	249.1	249.3	305.0	356.3	392.0
03	12.20	154.77	3550.0	1.450	874.6	252.7	252.8	309.3	361.4	397.5
03	12.10	154.77	3600.0	1.450	886.8	256.2	256.4	313.6	366.4	403.1
03	12.00	154.77	3650.0	1.450	898.9	259.8	259.9	317.9	371.4	408.6
03	12.00	154.77	3650.0	1.450	898.9	259.8	259.9	317.9	371.4	408.6
04	12.00	174.04	3900.0	1.450	898.9	277.6	259.9	317.9	371.4	408.6
04	11.90	174.04	3900.0	1.450	912.6	277.6	263.8	322.7	377.1	414.8
04	11.80	174.04	3900.0	1.450	926.2	277.6	267.8	327.6	382.7	421.0
04	11.70	174.04	3900.0	1.450	939.9	277.6	271.7	332.4	388.4	427.2
04	11.60	174.04	3900.0	1.450	953.6	277.6	275.7	337.2	394.0	433.4
04	11.50	174.04	3900.0	1.450	967.3	277.6	279.6	342.1	399.7	439.7
04	11.40	174.04	3900.0	1.450	980.9	277.6	283.6	346.9	405.3	445.9
04	11.30	174.04	3900.0	1.450	994.6	277.6	287.5	351.7	410.9	452.1
04	11.20	174.04	3900.0	1.450	1008.3	277.6	291.5	356.6	416.6	458.3
04	11.10	174.04	3900.0	1.450	1021.9	277.6	295.4	361.4	422.2	464.5
04	11.00	174.04	3900.0	1.450	1035.6	277.6	299.4	366.2	427.9	470.7
04	10.90	174.04	3900.0	1.450	1049.3	277.6	303.3	371.1	433.5	476.9
04	10.80	174.04	3900.0	1.450	1062.9	277.6	307.3	375.9	439.2	483.2

04	10.70	174.04	3900.0	1.450	1076.6	277.6	311.2	380.7	444.8	489.4
04	10.60	174.04	3900.0	1.450	1090.3	277.6	315.2	385.6	450.5	495.6
04	10.50	174.04	3900.0	1.450	1103.9	277.6	319.1	390.4	456.1	501.8
04	10.40	174.04	3900.0	1.450	1117.6	277.6	323.1	395.2	461.8	508.0
04	10.30	174.04	3900.0	1.450	1131.3	277.6	327.0	400.1	467.4	514.2
04	10.20	174.04	3900.0	1.450	1145.0	277.6	331.0	404.9	473.1	520.4
04	10.10	174.04	3900.0	1.450	1158.6	277.6	334.9	409.7	478.7	526.6
04	10.00	174.04	3900.0	1.450	1172.3	277.6	338.9	414.6	484.4	532.9
04	9.90	174.04	3900.0	1.450	1186.0	277.6	342.9	419.4	490.0	539.1
04	9.80	174.04	3900.0	1.450	1199.6	277.6	346.8	424.2	495.7	545.3
04	9.70	174.04	3900.0	1.450	1213.3	277.6	350.8	429.1	501.3	551.5
04	9.60	174.04	3900.0	1.450	1227.0	277.6	354.7	433.9	507.0	557.7
04	9.50	174.04	3900.0	1.450	1240.6	277.6	358.7	438.7	512.6	563.9
04	9.40	174.04	3900.0	1.450	1254.3	277.6	362.6	443.6	518.3	570.1
04	9.30	174.04	3900.0	1.450	1268.0	277.6	366.6	448.4	523.9	576.4
04	9.20	174.04	3900.0	1.450	1281.6	277.6	370.5	453.2	529.6	582.6
04	9.10	174.04	3900.0	1.450	1295.3	277.6	374.5	458.1	535.2	588.8
04	9.00	174.04	3900.0	1.450	1309.0	277.6	378.4	462.9	540.8	595.0
04	8.90	174.04	3900.0	1.450	1322.7	277.6	382.4	467.7	546.5	601.2
04	8.80	174.04	3900.0	1.450	1336.3	277.6	386.3	472.6	552.1	607.4
04	8.70	174.04	3900.0	1.450	1350.0	277.6	390.3	477.4	557.8	613.6
04	8.60	174.04	3900.0	1.450	1363.7	277.6	394.2	482.2	563.4	619.8
04	8.50	174.04	3900.0	1.450	1377.3	277.6	398.2	487.1	569.1	626.1
04	8.40	174.04	3900.0	1.450	1391.0	277.6	402.1	491.9	574.7	632.3
04	8.30	174.04	3900.0	1.450	1404.7	277.6	406.1	496.7	580.4	638.5
04	8.20	174.04	3900.0	1.450	1418.3	277.6	410.0	501.6	586.0	644.7
04	8.10	174.04	3900.0	1.450	1432.0	277.6	414.0	506.4	591.7	650.9
04	8.00	174.04	3900.0	1.450	1445.7	277.6	417.9	511.2	597.3	657.1
04	7.90	174.04	3900.0	1.450	1459.3	277.6	421.9	516.1	603.0	663.3
04	7.80	174.04	3900.0	1.450	1473.0	277.6	425.8	520.9	608.6	669.6
04	7.70	174.04	3900.0	1.450	1486.7	277.6	429.8	525.7	614.3	675.8
04	7.60	174.04	3900.0	1.450	1500.4	277.6	433.7	530.6	619.9	682.0
04	7.50	174.04	3900.0	1.450	1514.0	277.6	437.7	535.4	625.6	688.2
04	7.40	174.04	3900.0	1.450	1527.7	277.6	441.6	540.2	631.2	694.4
04	7.30	174.04	3900.0	1.450	1541.4	277.6	445.6	545.1	636.9	700.6
04	7.20	174.04	3900.0	1.450	1555.0	277.6	449.5	549.9	642.5	706.8
04	7.10	174.04	3900.0	1.450	1568.7	277.6	453.5	554.7	648.2	713.0
04	7.00	174.04	3900.0	1.450	1582.4	277.6	457.4	559.6	653.8	719.3
04	6.90	174.04	3900.0	1.450	1596.0	277.6	461.4	564.4	659.5	725.5
04	6.80	174.04	3900.0	1.450	1609.7	277.6	465.4	569.2	665.1	731.7
04	6.70	174.04	3900.0	1.450	1623.4	277.6	469.3	574.1	670.7	737.9
04	6.60	174.04	3900.0	1.450	1637.0	277.6	473.3	578.9	676.4	744.1
04	6.50	174.04	3900.0	1.450	1650.7	277.6	477.2	583.8	682.0	750.3
04	6.40	174.04	3900.0	1.450	1664.4	277.6	481.2	588.6	687.7	756.5
04	6.30	174.04	3900.0	1.450	1678.0	277.6	485.1	593.4	693.3	762.7
04	6.20	174.04	3900.0	1.450	1691.7	277.6	489.1	598.3	699.0	769.0
04	6.10	174.04	3900.0	1.450	1705.4	277.6	493.0	603.1	704.6	775.2
04	6.00	174.04	3900.0	1.450	1719.1	277.6	497.0	607.9	710.3	781.4
04	5.90	174.04	3900.0	1.450	1732.7	277.6	500.9	612.8	715.9	787.6
04	5.80	174.04	3900.0	1.450	1746.4	277.6	504.9	617.6	721.6	793.8
04	5.70	174.04	3900.0	1.450	1760.1	277.6	508.8	622.4	727.2	800.0
04	5.60	174.04	3900.0	1.450	1773.7	277.6	512.8	627.3	732.9	806.2
04	5.50	174.04	3900.0	1.450	1787.4	277.6	516.7	632.1	738.5	812.5
04	5.40	174.04	3900.0	1.450	1801.1	277.6	520.7	636.9	744.2	818.7
04	5.30	174.04	3900.0	1.450	1814.7	277.6	524.6	641.8	749.8	824.9
04	5.20	174.04	3900.0	1.450	1828.4	277.6	528.6	646.6	755.5	831.1
04	5.10	174.04	3900.0	1.450	1842.1	277.6	532.5	651.4	761.1	837.3
04	5.00	174.04	3900.0	1.450	1855.7	277.6	536.5	656.3	766.8	843.5
04	4.90	174.04	3900.0	1.450	1869.4	277.6	540.4	661.1	772.4	849.7
04	4.80	174.04	3900.0	1.450	1883.1	277.6	544.4	665.9	778.1	855.9
04	4.70	174.04	3900.0	1.450	1896.8	277.6	548.3	670.8	783.7	862.2
04	4.60	174.04	3900.0	1.450	1910.4	277.6	552.3	675.6	789.4	868.4
04	4.50	174.04	3900.0	1.450	1924.1	277.6	556.2	680.4	795.0	874.6
04	4.40	174.04	3900.0	1.450	1937.8	277.6	560.2	685.3	800.6	880.8
04	4.30	174.04	3900.0	1.450	1951.4	277.6	564.1	690.1	806.3	887.0
04	4.20	174.04	3900.0	1.450	1965.1	277.6	568.1	694.9	811.9	893.2
04	4.10	174.04	3900.0	1.450	1978.8	277.6	572.0	699.8	817.6	899.4
04	4.00	174.04	3900.0	1.450	1992.4	277.6	576.0	704.6	823.2	905.7
04	3.90	174.04	3900.0	1.450	2006.1	277.6	579.9	709.4	828.9	911.9
04	3.80	174.04	3900.0	1.450	2019.8	277.6	583.9	714.3	834.5	918.1
04	3.70	174.04	3900.0	1.450	2033.4	277.6	587.9	719.1	840.2	924.3
04	3.60	174.04	3900.0	1.450	2047.1	277.6	591.8	723.9	845.8	930.5
04	3.50	174.04	3900.0	1.450	2060.8	277.6	595.8	728.8	851.5	936.7
04	3.50	174.04	3900.0	1.450	2060.8	277.6	595.8	728.8	851.5	936.7

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur

