

COMMUNE DE CONFORT

Aménagement des espaces entre « Tram » et école

Route de Pelant

CONFORT (01)

Étude géotechnique de conception en phase avant-projet
Mission normalisée G2 (AVP) - Norme NF P 94-500

Indice	Référence	Date	Objet de la modification
A	23-179 1/G2-AVP	28/08/2018	Première diffusion

SOMMAIRE

1.	CONTEXTE DE L'INTERVENTION	3
2.	CONTEXTE DU PROJET	5
2.1	Terrain étudié - Projet	5
2.2	Contexte géologique et hydrogéologique général	6
2.3	Risques naturels	7
3.	INVESTIGATIONS SUR SITE ET ESSAIS	9
3.1	Levers géologiques et essais	9
3.2	Levers hydrogéologiques	10
4.	ADAPTATION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES	12
4.1	Zone d'influence géotechnique (ZIG) – Première approche	12
4.2	Terrassement - Aménagement général	12
4.3	Éléments enterrés - Sujétions liées aux eaux superficielles et souterraines	14
4.4	Système de fondation	14
4.5	Assises de voiries	16
5.	GESTION ET REDUCTION DES RISQUES IDENTIFIES	17

IMPLANTATION DES SONDAGES

COUPES DES FOUILLES DE RECONNAISSANCE

DIAGRAMMES DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE

MISSIONS GÉOTECHNIQUES (tableau NF P94-500 de novembre 2013)

Bellignat, le 28 août 2023

Chargée d'étude,
Norine BIANCO-LEVRIN

Pour le compte d'AIN GÉOTECHNIQUE
Cédric LOZANO

1. CONTEXTE DE L'INTERVENTION

• Présentation - Définition de la mission Ain Géotechnique

Dans le cadre du projet d'aménagement des espaces entre « Tram » et école, route de Pelant à CONFORT (01), la COMMUNE DE CONFORT a mandaté notre cabinet pour la réalisation d'**une étude géotechnique de conception en phase avant-projet**, mission normalisée G2 (AVP) au sens de la norme NF P94.500 de novembre 2013 (offre réf. DEV6468 du 23/05/2023).

Commune de Confort

68 rue de la Valserine – 01200 CONFORT

Cette mission est soumise aux conditions générales d'exécution acceptées lors de la signature de l'offre et strictement limitée au projet tel que décrit dans les documents communiqués ainsi qu'à la phase d'avancement projet indiquée ci-après :

Missions normalisées NFP 94-500	G1 ES	G1 PGC	G2 AVP	G2 PRO	G5
Mission confiée à Ain Géotechnique			X		
Mission(s) déjà réalisée(s)					

La phase Avant-Projet (AVP) contribue à la mise au point de l'AVP ou de l'APD de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle peut compléter le modèle géologique et le contexte géotechnique. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte à ce stade et les principes de construction des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants). Elle fournit une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique, une première approche des quantités et conclut sur la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure gestion des risques géotechniques. Le rapport produit à l'issue de cette phase sert de donnée d'entrée pour la phase suivante (G2PRO).

Remarque : En l'absence de mission G4, les comptes rendus de chantier adressés par courrier ou mails seront considérés comme non lus et non validés, et ne nous seront de ce fait pas opposables.

• Intervenants

Maitre d'ouvrage :	Commune de Confort
Maitre d'œuvre / Architecte :	Michel Causse Architecte/Paysagiste concepteur

• Prestations du géotechnicien

- Recueil et analyse des données disponibles sur le site (étude documentaire),

- Investigations géotechniques spécifiques :

- * 4 fouilles à la pelle mécanique (F1 à F4),
pour reconnaissance visuelle des horizons constitutifs du sous-sol,
- * 6 essais de pénétration dynamique (P1 à P6),
pour caractérisation géomécanique en continu des horizons traversés,

Les coupes des fouilles de reconnaissance et les diagrammes "profondeur / résistance de pointe Rd", sont portés en annexe.

- Rédaction d'un rapport ayant pour objectifs :

- * d'identifier et caractériser les formations géologiques au droit du projet à l'aide des reconnaissances géotechniques citées ci-avant,
- * de proposer une ou plusieurs solutions techniques envisageables quant au système de fondations du projet, ouvrages de soutènement/talutage éventuel,
- * de définir toutes les dispositions constructives pour la réalisation du projet (protections vis-à-vis de l'eau, voiries, dallage etc..) et proposer une campagne de sondages complémentaires si nécessaire.

• Documents de référence

Type	Source	Date	Référence
Plan d'aménagement paysager avant-projet	Michel Causse Architecte/Paysagiste concepteur	14/03/2022	-
BSS public	Infoterre, geoportail.gouv.fr, georisques.gouv.fr, IAL...		
BSS interne	Études antérieures dans le secteur		
Norme Missions d'ingénierie géotechniques		Novembre 2013	NF P 94-500
Eurocode 7 : calcul géotechnique		Juin 2005	NF P 94-251-1
Guide technique « Réalisation des remblais et couches de forme » (GTR)		Juillet 2000	LCPC

• Difficultés rencontrées

Le positionnement des sondages a été réalisé au mieux en fonction des contraintes sur site : présence d'un réseau enterré d'assainissement le long de l'école, ruisseau de Vaucheny busé sur la Est du terrain, talus en pente importante sur les parties Nord et Est et arbres.

2. CONTEXTE DU PROJET

2.1 Terrain étudié - Projet

- **Localisation**

Commune	CONFORT (01)
Rue / Lieu-dit	Route de Pelant
Situation	Au Nord-ouest du centre bourg de la commune de Confort
Environnement	Secteur rural
Référence cadastrale	Section AB – Parcelles n°85, 370, 453 et 454
Superficie du terrain	Environ 3252 m ²
Topographie / pente	Talus en bordure Nord et Est en pente forte (≈22%) orientée respectivement Sud et Ouest. Le terrain en contrebas est en pente modérée (≈13%) globalement orientée vers le Sud-est
Altimétrie	Entre +544 et +550 m NGF selon le plan topographique
Description	Terrain enherbé et arboré servant de parc bordé au Nord et à l'Est par des talus hauts et raides. Le ruisseau de Vaucheny qui a été busé passe dans ces talus et se jette plus loin en contrebas.

- **Projet**

Les principales caractéristiques du projet décrites dans les documents communiqués sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Type de construction	Création d'un théâtre de plein air, d'un toboggan et de table de pique-nique.
Forme du projet	Théâtre en arc
Emprise au sol	Environ 330 m ²
Niveau fini	Non communiqué
Descentes de charges et déplacements admissibles (*)	Non communiquées
Implantation sur le terrain	Le théâtre est situé sur la partie Nord-est du terrain dans le talus et les tables de pique-nique en contrebas sur la partie plane au Sud.

(*) Dans le cadre de la présente étude, nous prenons comme hypothèse les paramètres suivants :

- charges linéaires +/-0,2 t/ml,
- déplacements admissibles ≤ 2 cm.

Si les descentes de charges et déformations admissibles estimées ne sont pas compatibles avec le projet, on prévient et si nécessaire missionnera le géotechnicien pour qu'il adapte ses conclusions. Dans le cas contraire, les conclusions du présent rapport seront caduques.

2.2 Contexte géologique et hydrogéologique général

- **Contexte géologique**

Le replat de Confort appartient au flanc Est d'une structure synclinale axée sur la vallée de la Valserine.

Le substrat rocheux est ici constitué par une alternance de marnes compactes et de calcaires massifs, d'âge secondaire. Ces formations affleurent par place, mais elles sont le plus souvent masquées par un épais remplissage d'alluvions récentes d'origine fluvioglacière plus ou moins torrentielles (graves argileuses et sableuses) ou lacustre (argiles).

Selon la carte géologique de Saint-Julien en Genevois au 1/50 000^{ième}, le sous-sol du site est constitué par les alluvions torrentielles de Confort (Jy3), composées de cailloutis plus ou moins arrondis, hétérométriques à matrice gravelo-sablo-limoneuse et reposant sur le substrat rocheux calcaire (nU).

- **Contexte hydrogéologique**

Dans le secteur de Confort, les puissantes assises calcaires du massif rocheux constituent un aquifère karstique à fonctionnement complexe, avec :

- infiltration rapide des eaux de surface en périodes sèches,
- possible mise en charge et émergences par les fissures de l'épikarst (*).

() En périodes pluvieuses persistantes, des sources peuvent jaillir en divers points, directement par les discontinuités de la roche ou à travers les formations superficielles.*

Des circulations temporaires et localisées pourront également :

- parcourir et saturer les horizons superficiels pendant ces périodes pluvieuses,
- apparaître au sein du remblai à l'interface avec le substrat calcaire.

Les formations rencontrées sur le site sont caractérisées par une perméabilité d'interstice variable en fonction de la quantité d'argile dans la matrice.

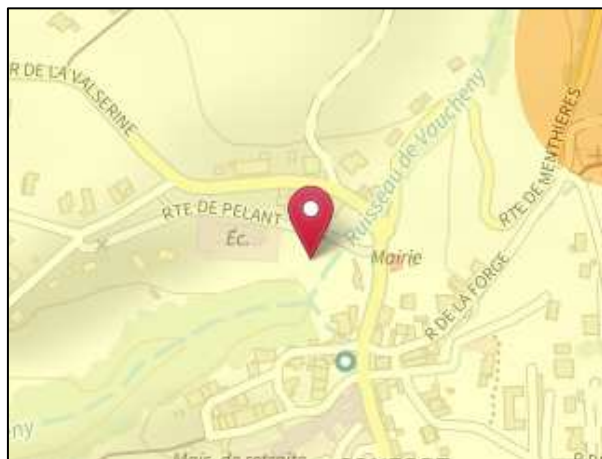
Seules les passées caillouteuses et sableuses au sein de ces formations peuvent faire l'objet de circulations d'eau lors d'épisodes pluvieux persistants.

2.3 Risques naturels

• Données bibliographiques

Risque de retrait/gonflement des argiles (*)		Aléa faible	
Risque de remontée de nappe (*)		Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave	
Plan de prévention des risques naturels	Mouvement de terrain	-	
	Inondation	-	
	Potentiel radon	Catégorie 2 - Moyen	
Sismicité (Eurocode 8)	Zone sismique	3 - Modérée	
	Accélération (agr)	1,1 m/s ²	
	Classe de sol	E	

(*) L'évaluation des risques de retrait/gonflement des argiles et de remontée de nappe est issue du site georisques.gouv.fr. Ces données sont soumises à un facteur d'imprécision plus ou moins important, notamment la nouvelle cartographie du risque remontée de nappe, et sont donc fournies à titre indicatif.



Risque retrait/gonflement



Risque remontée de nappe

La commune d'étude fait l'objet de l'arrêté de catastrophes naturelles suivant :

Inondations et/ou Coulées de Boue : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE9000113A	13/02/1990	18/02/1990	16/03/1990	23/03/1990

- **Évaluation de l'aléa**

L'évaluation de l'aléa reste indicative. Elle est basée sur l'analyse des données bibliographiques disponibles et les indices de terrain visibles au moment des reconnaissances. Elle ne saurait être exhaustive et certains risques (inondation, chute de blocs...) peuvent nécessiter des études approfondies.

Nature du risque	Indice de terrain	Évaluation de l'aléa
Glissement de terrain	Remblai en pente Substrat calcaire	Soumis Non soumis
Éboulement rocheux	Absence d'escarpement	Non soumis
Effondrement de cavité	Substrat rocheux calcaire plus ou moins profond avec risque de karsts	Possible
Inondation par cours d'eau	Ruisseau de Vaucheny busé au droit du terrain	Peu probable
Tassement d'un sol compressible	Remblai plus ou moins épais Substrat calcaire	Soumis Non soumis
Mouvement sur remblai non consolidé	Remblais plus ou moins épais	Soumis

3. INVESTIGATIONS SUR SITE ET ESSAIS

Le schéma d'implantation des sondages, sur fond de plan d'aménagement, les coupes des fouilles et les diagrammes d'essais figurent en annexe. Les profondeurs des différents ensembles lithologiques sont définies par rapport au niveau du sol tel qu'il était au moment des reconnaissances (août 2023).

Les sondages ont été nivelés en mètres NGF et reportés sur le plan topographique (+/- 0,2 m).

3.1 Levers géologiques et essais

- **Géométrie et caractéristiques géomécaniques des terrains**

La nature des différentes formations rencontrées ainsi que leurs épaisseurs au droit de chaque sondage sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	Terre végétale	Formation 1 : Remblai		Formation 2 : Substrat rocheux calcaire
		Remblai 1 : Grave sableuse à blocs ou grave terreuse	Remblai 2 : Argile sableuse à graviers	
Épaisseur				
P1	-	≥ 0,4 m (Refus à -0,4 m)	Non atteint	A priori non atteint
P2	0,2 m	0,4 m	-	≥ 0,2 m (Refus à -0,8 m)
P3	0,2 m	2,6 m	≥ 2,4 m	Non atteint
P4	-	0,6 m	2,2 m	≥ 0,2 m (Refus à -3,0 m)
P5	-	0,8 m	2,6 m	≥ 0,2 m (Refus à -3,6 m)
P6	-	2,6 m	0,8 m	≥ 0,2 m (Refus à -3,6 m)
F1	-	2,1 m	≥ 0,4 m	Non atteint
F2	-	0,7 m	-	Refus à -0,7 m
F3	-	0,5 m	-	≥ 0,4 m (Refus à -0,9 m)
F4	-	0,4 m	-	≥ 0,6 m (Refus à -1,0 m)
Caractéristiques géomécaniques				
Résistance dynamique Rd	-	4 à > 10 MPa	0,5 à 10 MPa	>> 10 MPa

Les épaisseurs et la nature des sols données au droit des essais de pénétration dynamique, notamment la terre végétale, résultent de l'interprétation de la résistance des terrains sur les diagrammes pénétrométriques. La résistance, la nature et l'épaisseur réelles des terrains peuvent varier entre les sondages et en dehors des zones reconnues. Ces variations de profondeur pourront nécessiter la purge des terrains, des terrassements au rocher (BRH...) et entraîner des surcoûts. Le terme TA fait référence au Terrain Actuel au moment des reconnaissances.

Remarque : Les sondages pénétrométriques "aveugles" ne permettent pas de distinguer les refus provoqués par le substrat rocheux, par des horizons surconsolidés ou bien encore par des blocs volumineux.

Le refus à faible profondeur au droit du sondage P1 peut être lié à la présence de blocs dans le remblai ou au substrat calcaire.

Selon le témoignage de l'agent communal, la butte située à l'Est du terrain, y compris la rampe d'accès de celui-ci, est constitué de remblais. Il y a longtemps cette zone était considérée comme une décharge. Le ruisseau busé du Vaucheny traverse ce talus (on note la présence de 2 regards permettant d'accéder à celui-ci) et descend au minimum à 4,9m de profondeur (pouvant correspondre à l'épaisseur minimal du remblai).

De plus, le talus Nord est également remblayé superficiellement avec des remblais de l'ancien Tramway.

- **Coupe synthétique**

	Terre végétale	Formation 1 : Remblai		Formation 2 : Substrat rocheux calcaire
		Remblai 1 : Grave sableuse à blocs ou grave terreuse	Remblai 2 : Argile sableuse à graviers	
Épaisseur	≈ 0,2 m	De 0,4 à ≥ 5,0 m		≥ 0,6 m
Profondeur base	-	De 0,6 à ≥ 5,2 m/TA		≥ -0,8 à > 5,2 m/TA
Résistance dynamique (Rd)	-	0,5 à > 10 MPa		>> 10 MPa

Remarques particulières sur les formations :

- **Formation 1 :** remblai gravelo-sableux comportant des blocs de bitume, des déchets et briques suivi par un remblai argilo-sableux de couleur beige en pied de talus Est. Remblai gravelo-terreux peut épaissir au droit du talus Nord reposant sur le rocher. Épaisseur variable.
- **Formation 2 :** substrat rocheux altéré sur quelques décimètres en tête. Des variations importantes et rapides du toit du substrat rocheux peuvent être rencontrées.

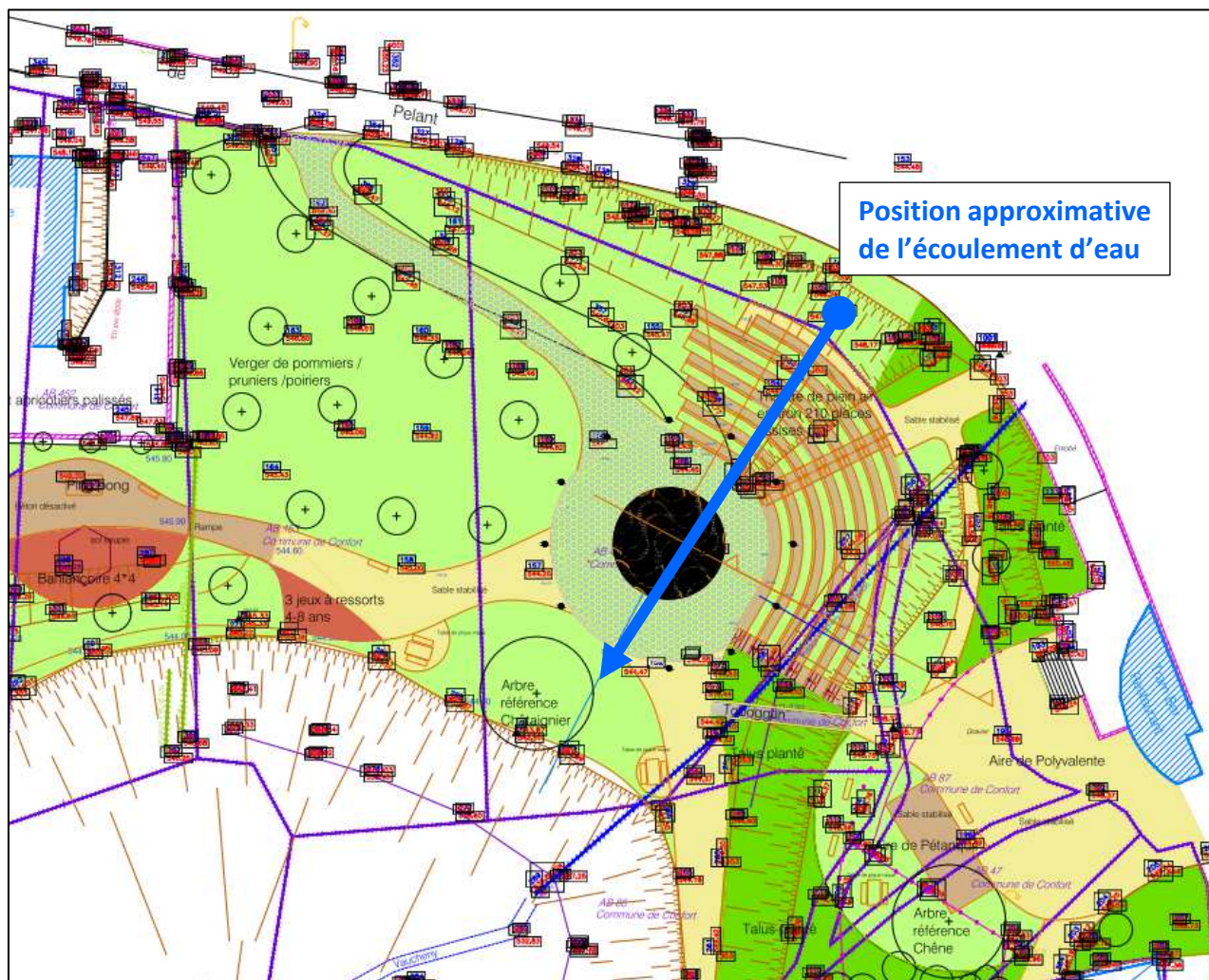
3.2 Levers hydrogéologiques

- **Eaux de surface**

N.B : La présente étude n'a pas pour objet d'évaluer l'inondabilité du site (voir le cas échéant le "PPR inondation" communal). Cependant, certains ruissellements de surface intermittents peuvent avoir un impact sur la solidité des constructions. A ce titre, cet aspect est analysé dans le présent dossier.

Le ruisseau de Vaucheny est busé et traverse la partie Est du terrain.

Il a été rapporté qu'en période pluvieuse une circulation d'eau apparaît ponctuellement sur le terrain au niveau du talus Nord près de la rampe d'accès.



• Eaux souterraines

Au moment des reconnaissances, seul le sondage P6 a montré la présence d'une zone humide à -2,2 m/TA.

En périodes pluvieuses persistantes, des circulations d'eau peuvent néanmoins apparaître à différentes profondeurs, et saturer les horizons superficiels et autres remblais proches de la surface.

Des circulations d'eau, pérennes ou fonction des conditions météorologiques, s'établissent dans les remblais et autres horizons perméables à l'interface entre deux faciès, notamment au contact avec le substrat rocheux calcaire.

On ne peut pas écarter non plus la possibilité de mise en charge du karst et d'émergences directement depuis le substrat rocheux calcaire.

NB : La connaissance des variations de niveau d'une nappe d'eaux souterraines n'est pertinente que si l'on peut exploiter une chronique piézométrique sur une longue période, couvrant plusieurs décennies. Les mesures piézométriques effectuées dans le cadre d'une simple étude géotechnique ne renseignent que sur une courte période. Elles ne peuvent donner que des valeurs à caractère ponctuel, inutilisables pour définir, en particulier, un niveau de plus hautes eaux (PHE).

4. ADAPTATION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

4.1 Zone d'influence géotechnique (ZIG) – Première approche

- Enjeux identifiés dans la ZIG

Enjeux identifiés hors emprise du projet - Avoisinants	
Direction	Nature
Nord	Route de Pelant et ses réseaux associés
Sud	Ruisseau de Vaucheny
Est	Restaurant le Tram Bar et parking
Ouest	École et ses réseaux associés
Enjeux identifiés dans l'emprise projet - Existants	
Situation	Nature
Périphérie et parcelles	Réseau EU le long de l'école. Regards d'accès au ruisseau busé et le ruisseau busé lui même

- Impact sur les enjeux

Le projet de théâtre de plein air intéresse l'un des regards d'accès au ruisseau de Vaucheny. Le projet devra être adapté en fonction de l'emplacement du regard.

Pendant les travaux, on prendra soin de ne pas déstabiliser les structures existantes ou avoisinantes qui doivent être conservées, notamment lors des terrassements au BRH ou de l'utilisation éventuelle d'explosifs.

Les fouilles en pleine masse et en tranchées concerneront des terrains rocheux qui nécessiteront l'utilisation d'engins de forte puissance et/ou du BRH, voire d'explosifs. Les vibrations provoquées pourraient avoir un impact sur les avoisinants. Un constat d'huissier préalable est recommandé en prévision d'éventuelles réclamations.

Étant donné la présence de mitoyens, le minage est à éviter ou à utiliser avec précautions, au risque de provoquer des répercussions sur les existants et les constructions du voisinage.

4.2 Terrassement - Aménagement général

- Généralités

Caractéristiques du projet	Création d'un théâtre de plein air, d'un toboggan et de tables de pique-nique
Topographie du terrain	Terrain en pente modérée à forte
Déblais à exécuter	Décapage des terrains superficiels + fouilles en tranchées sur quelques décimètres
Remblai à exécuter	Remblai de réhausse sur environ 2 m
Remarque particulière	Substrat rocheux calcaire avec risque karstique Remblai épais sur la partie Est

- **Conditions de terrassement / stabilité du site**

Les fouilles en pleine masse et en tranchées concerneront des terrains meubles à compacts (remblai) faciles à décaisser superficiellement. Il est probable de rencontrer le substrat calcaire à différentes profondeurs.

Pour les terrassements au rocher, l'emploi du brise roche sera nécessaire.

Étant donné le contexte urbanisé du site, le minage est à éviter ou à utiliser avec précautions, au risque de provoquer des répercussions sur les constructions du voisinage.

Ces remblais n'ont pas une bonne tenue en fouille lorsqu'ils sont saturés. On prendra soin de les pourvoir de soutènements appropriés (blindages...) le cas échéant.

La présence de gros blocs pourra gêner les terrassements et provoquer des surlargeurs ou des surprofondeurs à l'ouverture des fouilles.

Des arrivées d'eau, pouvant être importantes, sont possibles dans le remblai. Ces arrivées d'eau rendent les terrains bouillants. Des drainages appropriés voire des blindages ou autres renforcements seront nécessaires pour éviter de petites ruptures pelliculaires de talus.

En l'absence d'eau, les pentes des talus à respecter en phase travaux seront de 3H/2V maximum dans les remblais.

En phase définitive, on pourra réaliser des talus avec des pentes de 3H/2V, voire même 3H/1V selon la tenue des terres et la présence potentielle de circulations d'eau.

Les préconisations suivantes seront à respecter :

- limiter la hauteur des talus à 3 m.
- le stockage des déblais et autres surcharges (matériaux, équipement de chantier...) en tête de talus est proscrite.
- travail par passes alternées pour limiter la décompression des terres,
- en cas d'emprise insuffisante, des ouvrages de soutènements seront à étudier.
- captage des venues d'eau souterraine et contrôle des ruissellements superficiels, (cf. paragraphe « Sujétions liées aux eaux superficielles et souterraines »),
- travail en période sèche.

Dans les secteurs où il sera rencontré, le substrat rocheux permettra de réaliser des talus raides avec une pente de l'ordre de 1H/5V.

La présence de poches karstiques parfois pluri-métriques, vides ou comblées d'argile, est toujours possible dans ce contexte de substrat rocheux carbonaté. Une recherche spécifique dans ce sens, toujours aléatoire, n'est pas nécessaire. Par contre, on préviendra et missionnera le géotechnicien en cas de telles découvertes au moment des terrassements pour qu'il adapte ses conclusions.

Une réhausse allant jusqu'à 2 m est de haut est projetée. Cette réhausse devra être constituée de matériaux sains, insensibles à l'eau et correctement compactés par couches minces. Elle devra également être circulaire en phase chantier pour la bonne tenue de celui-ci.

- **Conditions de chantier - traficabilité**

Les terrassements seront réalisés autant que possible en période sèche. En cas de pluie, le chantier deviendra rapidement boueux et difficilement praticable du fait de la sensibilité à l'eau des remblais terreux rencontrés.

4.3 Éléments enterrés - Sujétions liées aux eaux superficielles et souterraines

Les circulations d'eau à faible profondeur, probables en périodes très humides, peuvent saturer les horizons superficiels déstructurés et les remblais proches de la surface.

La circulation d'eau ponctuelle (connue par les services de la commune) devra être captée et évacuée par drainage autant que possible gravitairement vers un exutoire approprié. Les niveaux et les pentes des drains devront être suffisants pour assurer un bon écoulement d'eau jusqu'à l'exutoire sans mise en charge. Si nécessaire, des pompes de relevages devront être mises en place.

On prévoira également des drains à l'interface entre le remblai de réhausse et le remblai en place pour éviter toute accumulation d'eau en base du remblai de réhausse avec une évacuation autant que possible gravitaire vers un exutoire approprié.

En phase chantier, toutes les dispositions nécessaires (pompages, formes de pentes, merlons, fossés...) seront prises pour éviter les ruissellements et la déstructuration par l'eau des plateformes et fonds de fouille.

4.4 Système de fondation

Remarque : Comme dit précédemment, une réhausse allant jusqu'à 2 m de haut est projetée. En conséquence, il est possible d'assoir le théâtre sur fondations superficielles ancrées dans ce remblai à la condition qu'il soit constitué de matériaux sains, correctement mis en place et contrôlés.

- **Constitution et objectifs de densification**

Après décaissement des horizons superficiels médiocres, de la terre végétale, et des sols détériorés par les engins de terrassement ou les intempéries, le remblai de substitution sera mis en place par couche minces (20 à 30 cm). Les caractéristiques du remblai de rehausse sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Constitution	Épaisseur minimale	70 cm maximum sous les fondations
	Interposition d'un géotextile	Nécessaire
	Tapis de cloutage 100/300 mm	Si nécessaire
Matériaux	Nature	GNT – Type D31
	Granulométrie	0-100 mm ou équivalent
	Teneur en fines (<80 µm)	< 10 %
	Équivalent sable	ESP > 30
Objectifs (*)	EV ₂	50 MPa
	EV ₂ /EV ₁	≤ 2,2
	Densification	Q3
	Résistance dynamique Rd	≥ 4 MPa

(*) Critères de réception de la plate-forme finie, mesurables par essais de plaque à la poutre de Benkelman et au pénétromètre dynamique sous les constructions. Les essais à la plaque seront réalisés tous les 50 cm de rehaussent.

- **Principe de fondation**

Type de fondation		Superficielles (semelle filante)
Formation d'ancrage		Remblai de réhausse
Profondeur de la formation / TA		Niveau plateforme fini
Mise hors-gel	Prof. min. pour l'Ain	0,7 m
	Altitude du terrain	≈ + 545 m NGF
	Prof. min. pour le projet	-0,8 m par rapport aux niveaux finis extérieurs
Contrainte admissible aux ELS(*)		0,15 MPa (1,5 bar)

(*) La contrainte admissible est donnée pour des charges centrées sur les fondations et sans efforts horizontaux. Elle est à pondérer avec la profondeur d'influence des fondations selon leur niveau d'ancrage, leur largeur et les tassements admissibles.

Les niveaux des fondations successives doivent être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines (règle 2.42 du DTU 13.12).

- **Tassements prévisionnels**

Les tassements se calculent après définition des descentes de charges et dimensionnement des fondations.

Dans le cas présent, les tassements de structures seront faibles (≤ 2 cm) pour les conditions de fondation envisagées ci-avant.

Compte tenu de la longueur de la structure et des possibles mouvements du remblai existant, il est recommandé de fractionner autant que possible le corps de la structure des gradins pour permettre des tassements différentiels avec le moins de fissuration possible.

Remarque : En supposant que la buse est fondée sur un terrain dur, il se peut que cela engendre des mouvements différentiels entre la buse, le remblai et la structure. Il faudra désolidariser la base du reste des structures.

4.5 Assises de voiries

Remarque générale : Les épaisseurs et la nature des matériaux recommandés dans les paragraphes suivants constituent un minimum. Les conditions de réalisation (intempéries, circulations souterraines, technique, matériaux...) influencent fortement les résultats. Des planches d'essai en début de chantier sont recommandées pour valider et si nécessaire adapter la structure des couches de forme sous voiries et dallages. Une réserve de matériaux devra être prévue au marché pour les éventuelles adaptations de ces épaisseurs.

4.5.1 Voiries légères

• Plate-forme - Caractérisation de l'assise

En phase travaux, après décapage des couches de forme existantes, on devrait obtenir :

- une P.S.T n°2 avec une classe d'arase AR1 dans les remblais,
- une P.S.T n° 6 avec des classes d'arase AR3 à AR4 sur le substrat rocheux.

Il est aussi probable de rencontrer des poches de matériaux argilo-graveleux (moraine). Sur ces terrains sensibles à l'eau, la portance, plutôt bonne à court terme sur terrains secs, peut chuter sous l'action des infiltrations des eaux pluviales. La réalisation d'une couche de forme est donc nécessaire pour atteindre les objectifs de portance à long terme.

• Couche de forme - Première approche

Après décaissement des horizons terreux et superficiels médiocres, et des sols détériorés par les engins de terrassement ou les intempéries, les voiries seront assises sur une couche de forme. Les principales caractéristiques de la couche de forme sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Constitution	Épaisseur minimale	30 cm
	Interposition d'un géotextile	Recommandé
	Tapis de cloutage 100/300 mm	Si nécessaire
Matériaux	Nature	GNT
	Granulométrie	0-100 mm ou équivalent
	Teneur en fines (<80 µm)	< 10%
	Équivalent sable	ESP > 30
Objectifs (*)	EV ₂	50 MPa
	EV ₂ /EV ₁	≤ 2,2

(*) Critères de réception de la plate-forme finie, mesurables par essais de plaque à la poutre de Benkelman.

Le tapis de cloutage sera compacté au refus après décapage des horizons superficiels.

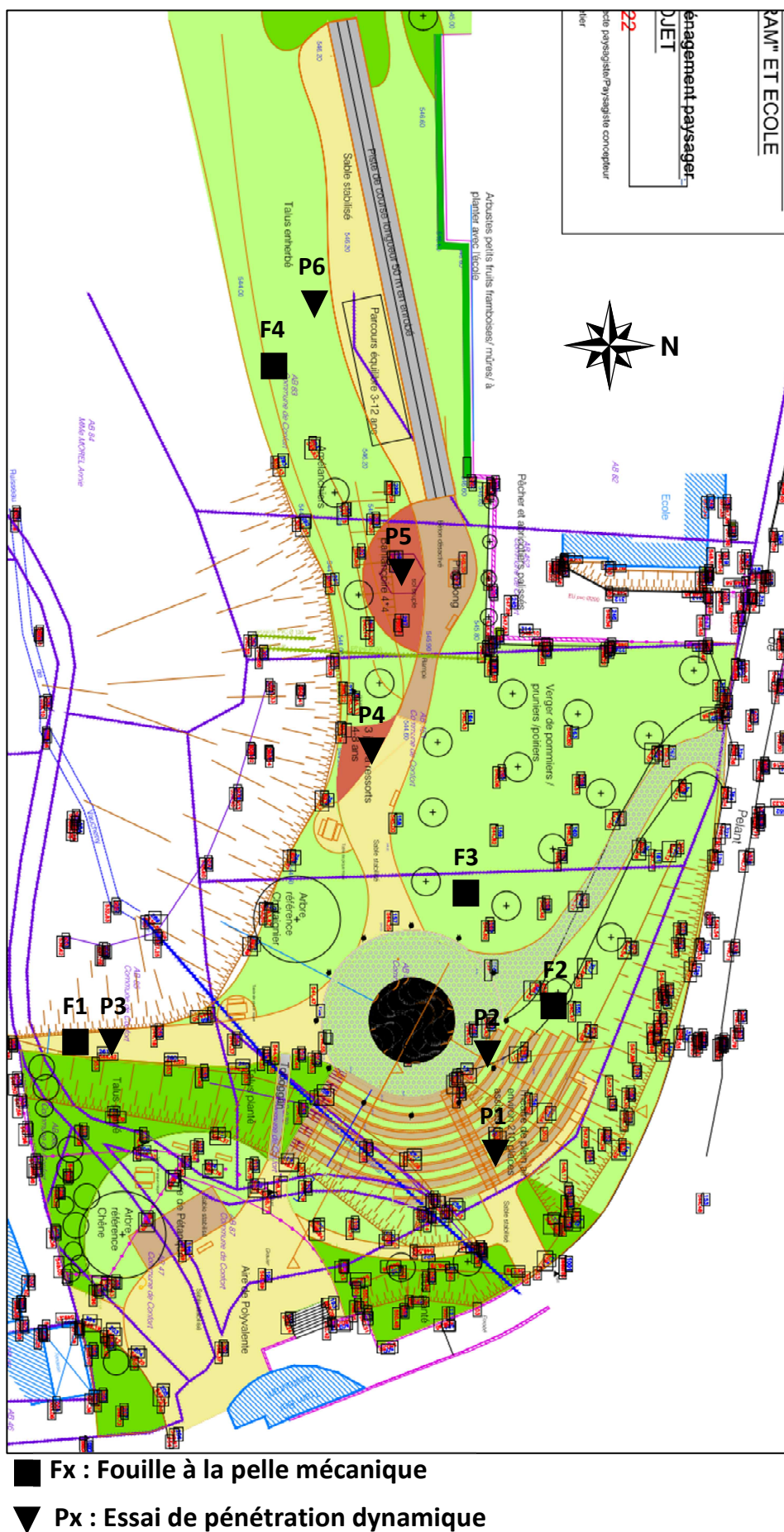
Les valeurs indiquées ci-dessus sont données dans le but d'obtenir une plateforme de classe PF2. La structure de la voirie sera définie par un BET ou une entreprise qualifiée en fonction du trafic prévu.

5. GESTION ET REDUCTION DES RISQUES IDENTIFIES

Le tableau ci-dessous liste les risques identifiés, leurs conséquences probables et les moyens à mettre en œuvre pour les réduire. Cette liste ne peut être exhaustive et des risques non identifiés en phase étude et découverts en phase chantier pourraient nécessiter des adaptations. Par ailleurs, certains risques peuvent être aggravés par les conditions météorologiques.

Risques	Conséquences	Gestion / adaptations
Terrains remblai gravelo-sablo-terreux sensibles à l'eau.	Altération en présence d'eau (intempéries et/ou circulations). Surconsommation de béton.	Pompage de l'eau en fond de fouille et purge de l'épaisseur altérée. Adaptation de l'épaisseur des couches de forme. Béton de propreté et coulage à l'avancement. Prévoir une réserve de gros béton au marché.
Présence possible de gros blocs.	Surépaisseurs et surprofondeur à l'ouverture des fouilles. Surconsommation de béton. Difficultés de terrassement.	Prévoir une réserve de gros béton au marché. Utilisation d'engins adaptés.
Substrat rocheux carbonaté.	Présence possible de poches karstiques parfois plurimétriques, vides ou comblées d'argile. Possibles variations importantes et rapides du toit du substrat rocheux	On préviendra et missionnera le géotechnicien en cas de telles découvertes au moment des terrassements pour qu'il adapte ses conclusions. Adaptation du projet en phase chantier avec risque de surcoût
Circulations d'eau ponctuelle en surface	Déstabilisation des talus et déstructuration des terrains	Gestion des eaux en phase chantier et définitive (captage, drainage...).
Remblai hétérogène de matériaux de décharge à priori inerte	Possibles mouvements	Adaptation des structures pour supporter les mouvements. Entretien renforcé.

SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES



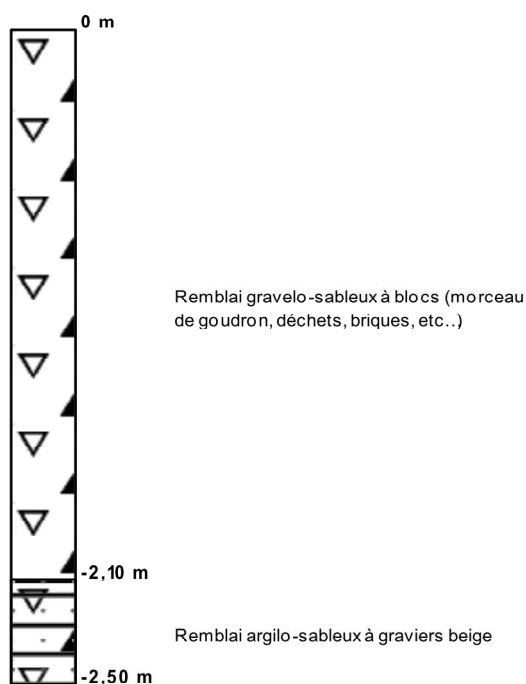
COUPES DES FOUILLES DE RECONNAISSANCE

PROJET COMMUNE DE CONFORT à CONFORT (01)

Route de Pelant

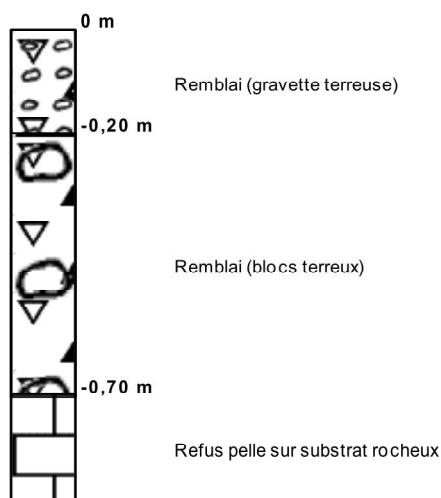
Sondage F1

554,30 m NGF



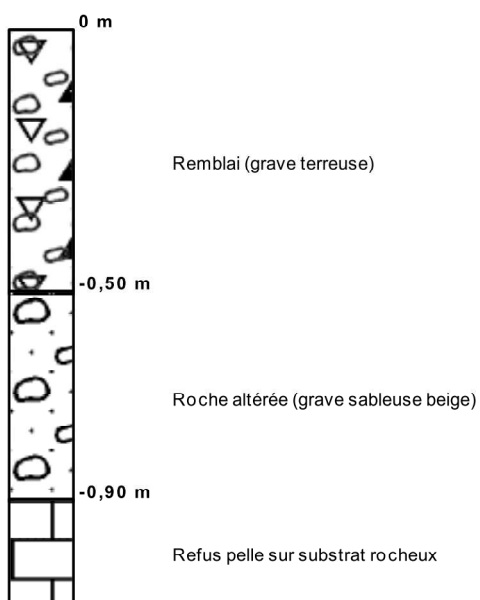
Sondage F2

545,60 m NGF



Sondage F3

544,30 m NGF



Sondage F4

544,3 m NGF

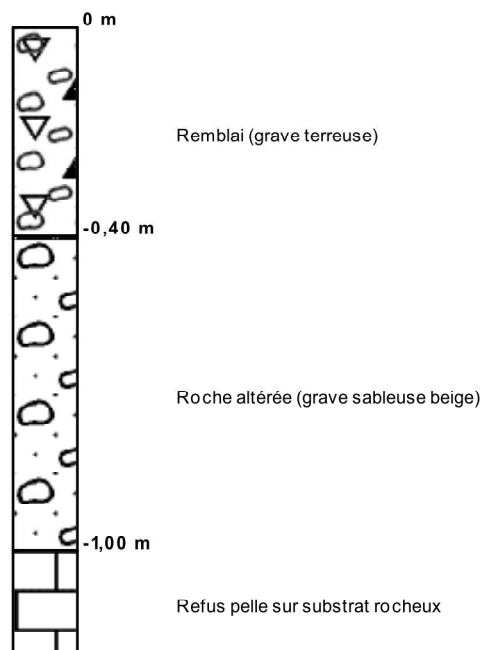


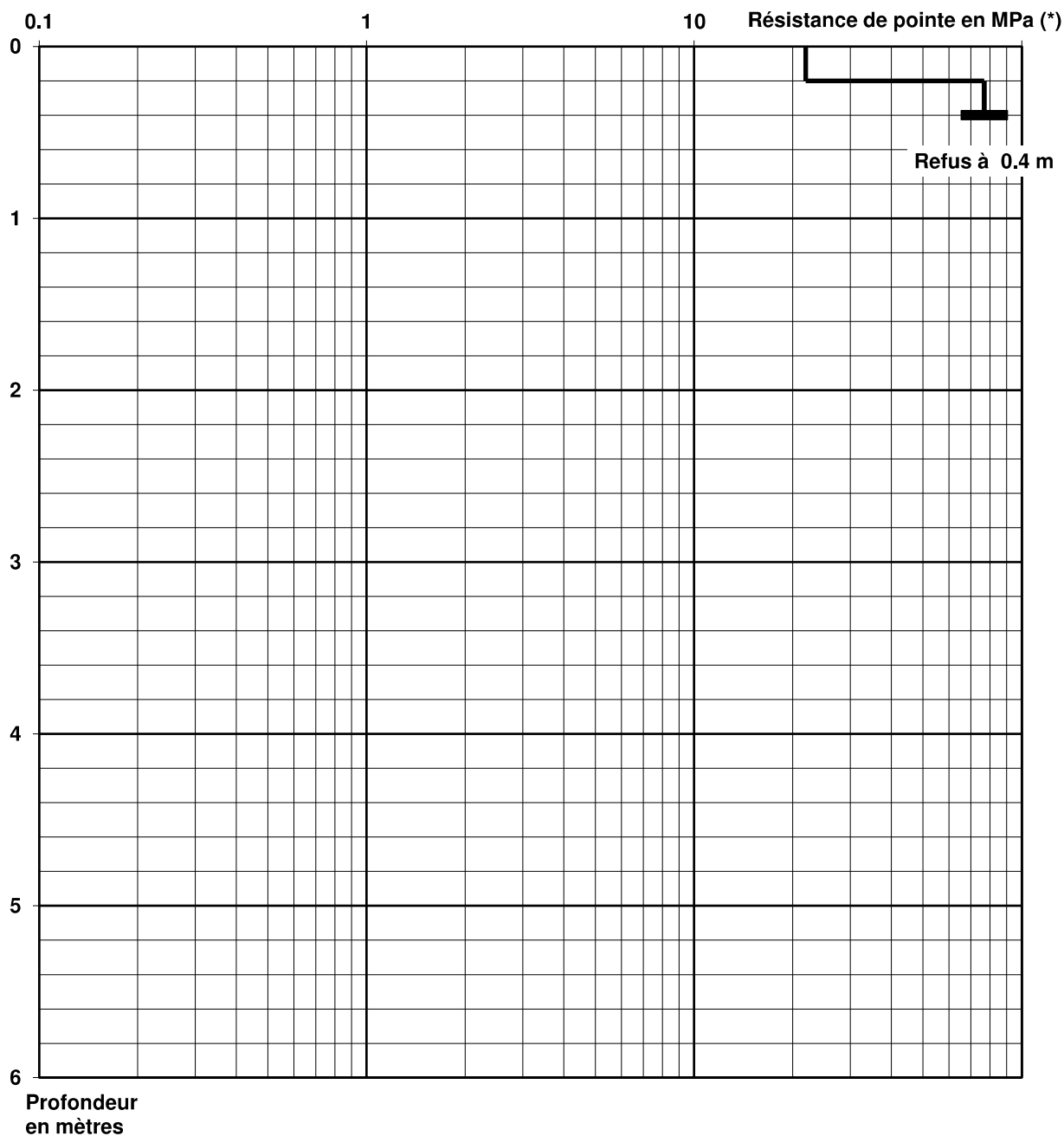
DIAGRAMME PENETROMETRIQUE

ESSAI n° P1

PROJET COMMUNE DE CONFORT à CONFORT (01) - Route de Pelant

0 = TN = altitude du terrain au moment des reconnaissances

Cote TN : 546.8 m NGF



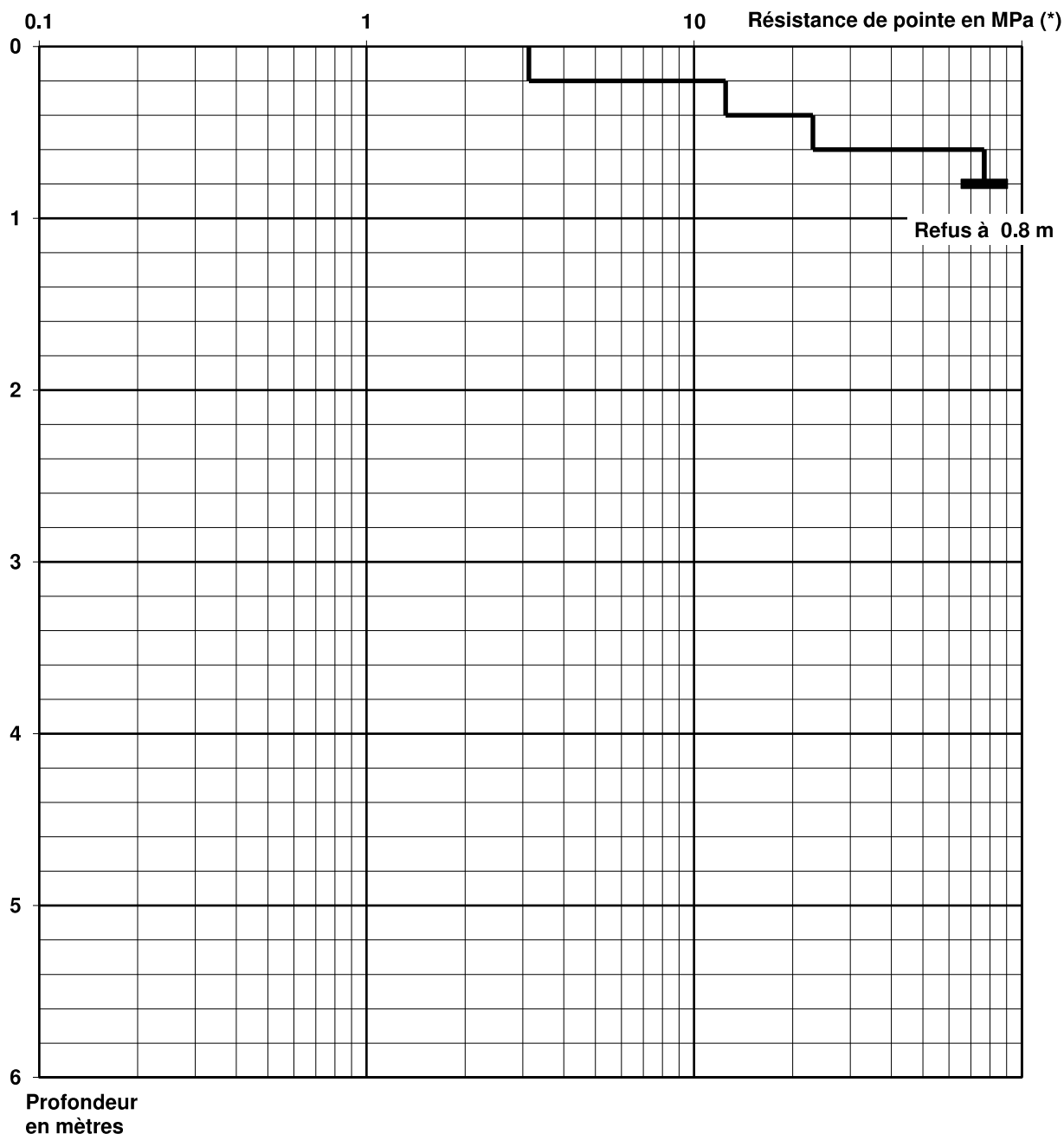
(*) Résistance de pointe (Rd) calculée par la méthode des Hollandais :
Rd < 1 MPa en terrains médiocres ; Rd > 10 MPa en terrains très résistants

Essais réalisés avec le pénétromètre PAGANI TG-63 100 kN

PROJET COMMUNE DE CONFORT à CONFORT (01) - Route de Pelant

0 = TN = altitude du terrain au moment des reconnaissances

Cote TN : 545.4 m NGF

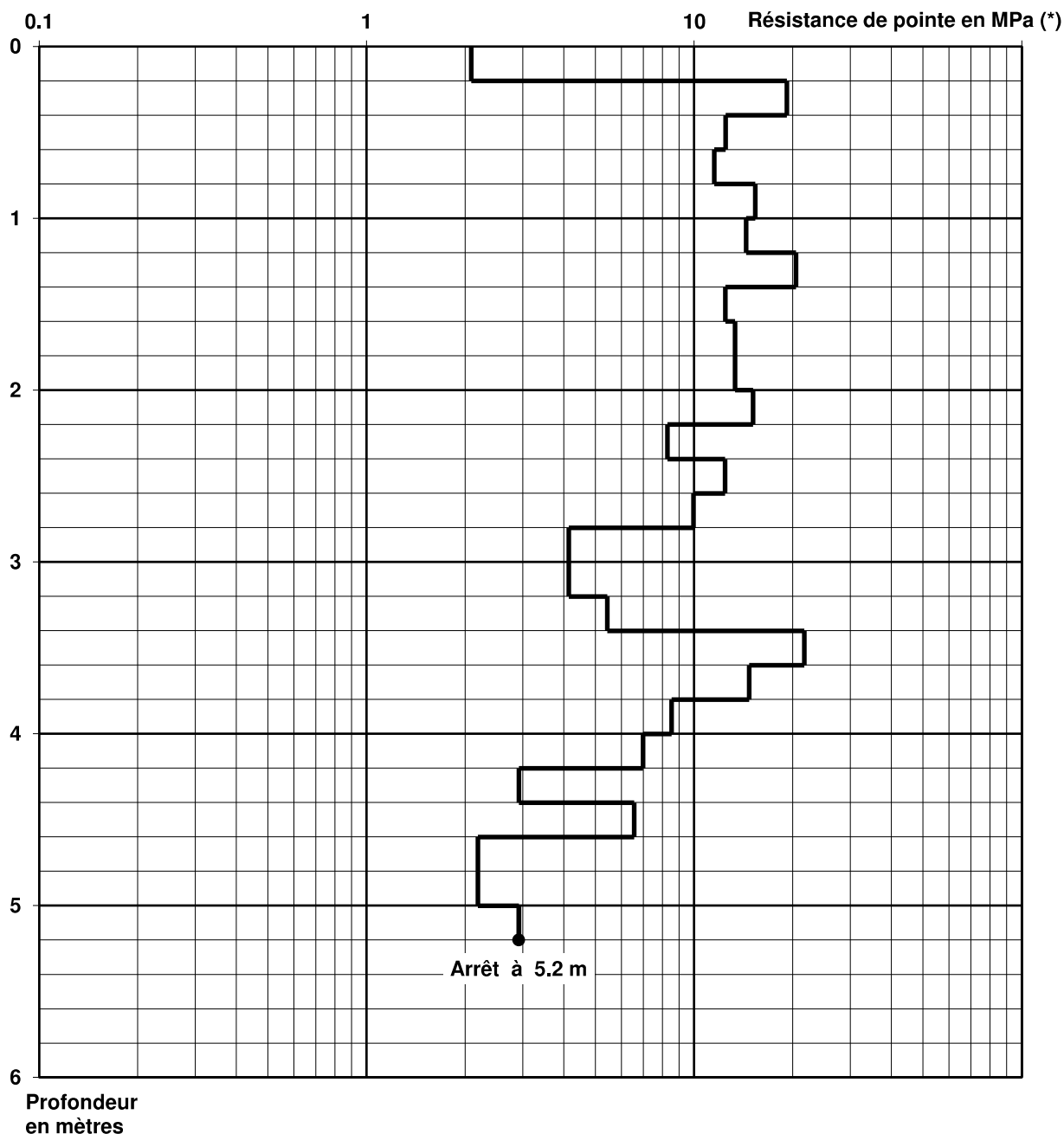


(*) Résistance de pointe (R_d) calculée par la méthode des Hollandais :
 $R_d < 1$ MPa en terrains médiocres ; $R_d > 10$ MPa en terrains très résistants

Essais réalisés avec le pénétromètre PAGANI TG-63 100 kN

0 = TN = altitude du terrain au moment des reconnaissances

Cote TN : 544.3 m NGF



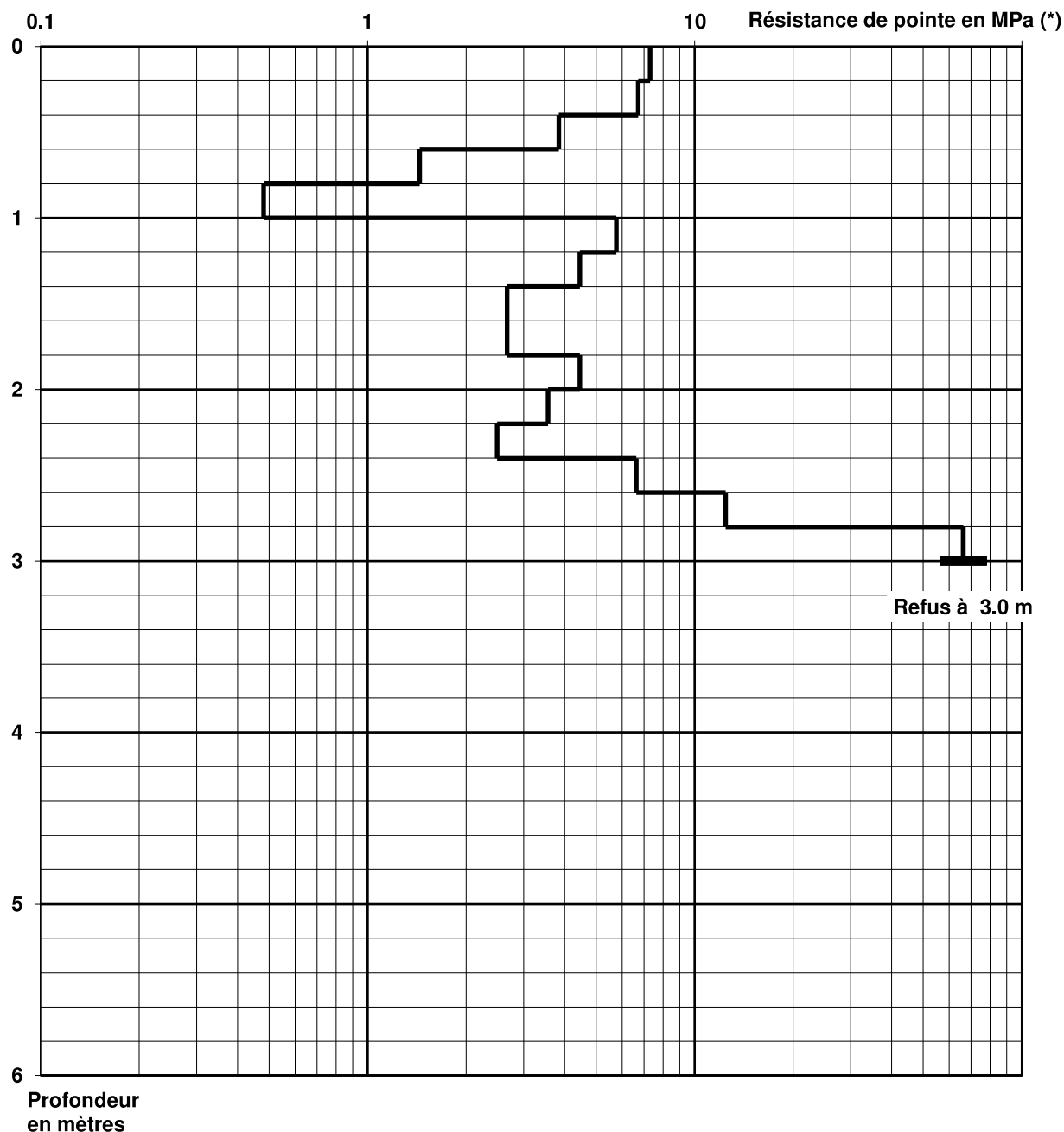
(*) Résistance de pointe (Rd) calculée par la méthode des Hollandais :
 Rd < 1 MPa en terrains médiocres ; Rd > 10 MPa en terrains très résistants

Essais réalisés avec le pénétromètre PAGANI TG-63 100 kN

PROJET COMMUNE DE CONFORT à CONFORT (01) - Route de Pelant

0 = TN = altitude du terrain au moment des reconnaissances

Cote TN : 545 m NGF



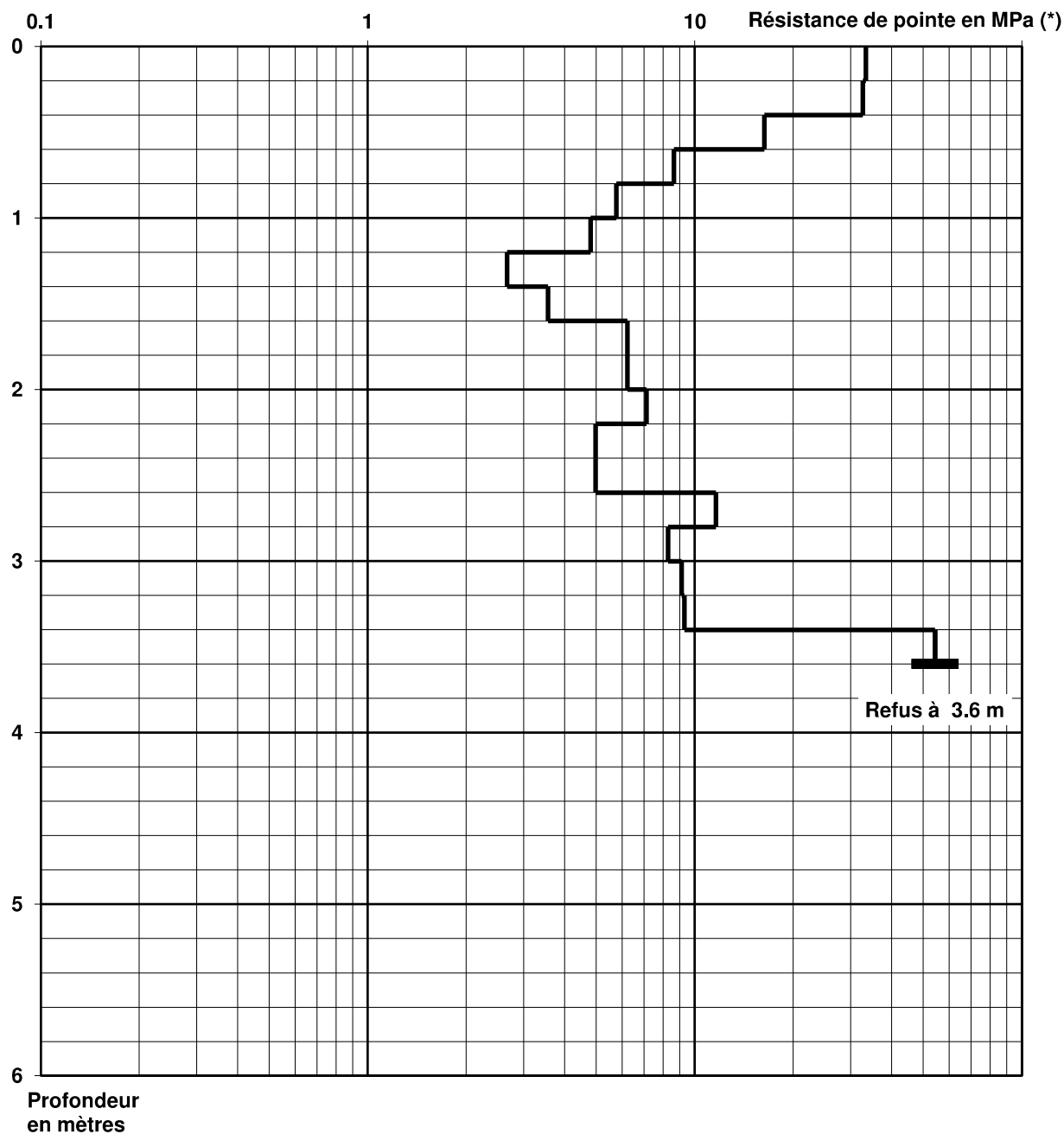
(*) Résistance de pointe (R_d) calculée par la méthode des Hollandais :
 $R_d < 1$ MPa en terrains médiocres ; $R_d > 10$ MPa en terrains très résistants

Essais réalisés avec le pénétromètre PAGANI TG-63 100 kN

PROJET COMMUNE DE CONFORT à CONFORT (01) - Route de Pelant

0 = TN = altitude du terrain au moment des reconnaissances

Cote TN : 546.2 m NGF

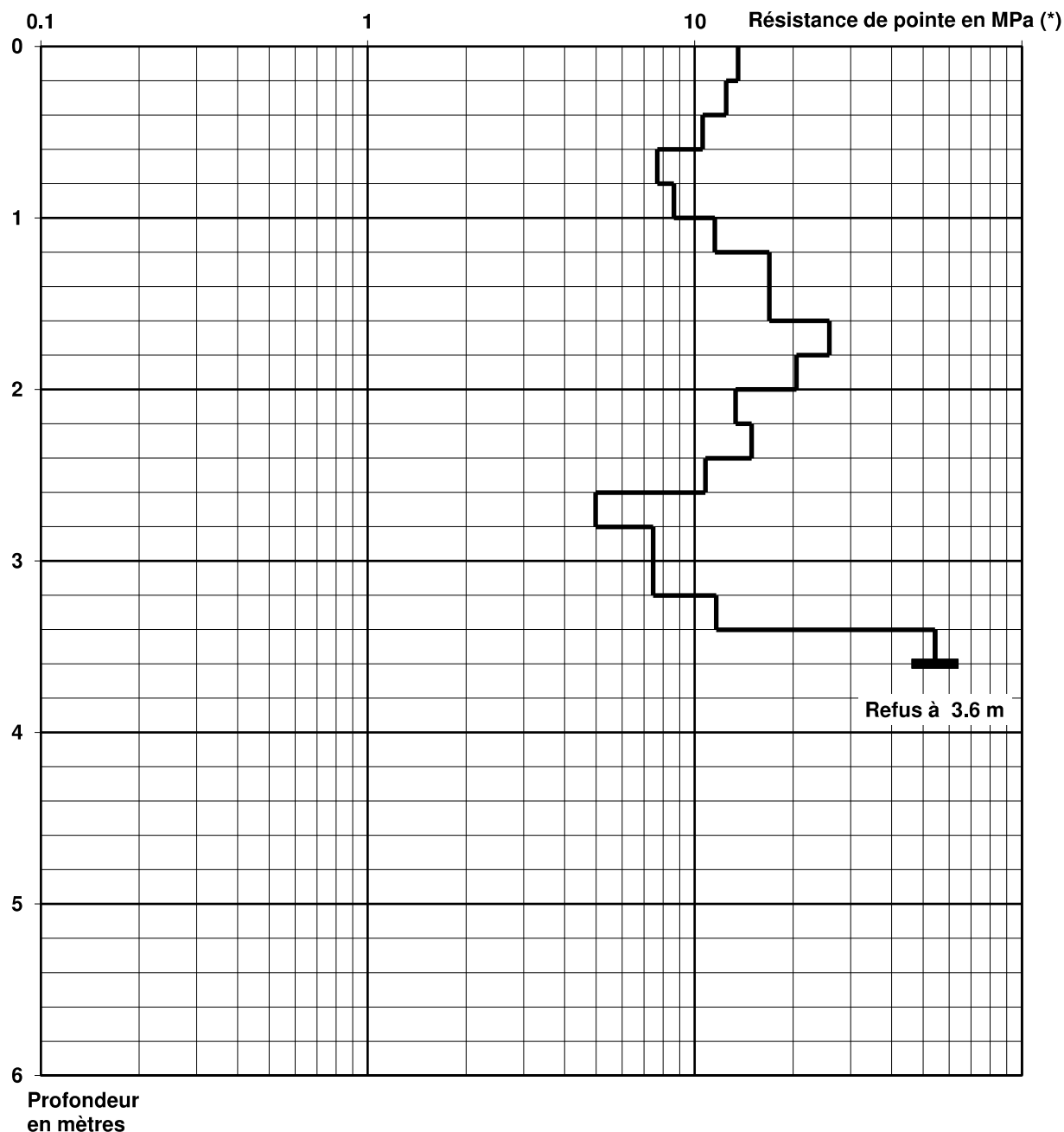


(*) Résistance de pointe (Rd) calculée par la méthode des Hollandais :
 Rd < 1 MPa en terrains médiocres ; Rd > 10 MPa en terrains très résistants

Essais réalisés avec le pénétromètre PAGANI TG-63 100 kN

0 = TN = altitude du terrain au moment des reconnaissances

Cote TN : 546.1 m NGF



(*) Résistance de pointe (Rd) calculée par la méthode des Hollandais :
 Rd < 1 MPa en terrains médiocres ; Rd > 10 MPa en terrains très résistants

Essais réalisés avec le pénétromètre PAGANI TG-63 100 kN

5. Normes géotechniques : tableau synthétique

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

<p>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.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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 (suite)

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).