

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie Civil

Option : Géotechnique

Présenté par :

MEKKI Ghlamallah

BOUZ Abdelaziz

Sujet du mémoire

Reconnaissances géotechniques
in situ -Application des essais géotechniques
aux sols de la région de TIARET-

Soutenu publiquement le 25/06/2025 devant le jury composé de :

Mr, SERBAH Boumediene

Président

Mme, DRAOUI Aicha

Rapporteur

Mr, HADJ Bekki

Examineur

Mme, RENNAK .Zohra

Examineur

PROMOTION: 2024/2025





Remerciements

Nous remercions Dieu, le Tout-Puissant, de nous avoir donné le courage et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.


Nous exprimons notre profonde gratitude à nos parents pour leur soutien constant et leurs encouragements précieux.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre encadrante, Mme Draoui Aïcha, pour son dévouement remarquable, la maîtrise de notre sujet, ainsi que pour ses conseils avisés tout au long du développement de cette étude.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble du corps professoral de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, en particulier à la Faculté des Sciences Appliquées et au département de Génie Civil, pour leur encadrement et leur contribution à notre formation.

Nous remercions aussi l'ensemble de nos camarades de promotion pour leur esprit de collaboration et leur soutien.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements au Groupe de Détection des Travaux Publics de l'Ouest (LTPO) de Tiaret pour leur accueil et leur précieuse assistance.



*D*édicace

Ma première dédicace va à mon père, dans l'espoir qu'il trouvera ici le fruit de tant d'années de sacrifices et de privations consentis pour m'aider à avancer dans la vie.

À ma mère également, qui a œuvré pour ma réussite avec tout son amour, son soutien, et tous les sacrifices qu'elle a consentis, y compris au détriment de sa précieuse carrière. Sa présence et son aide ont été inestimables dans mon parcours.

*D*édicace

Ma seconde dédicace s'adresse :

À mes frères, à toute ma famille,

À tous mes collègues en géotechnique,

À tous mes amis, sans exception,

Ainsi qu'à toutes celles et ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

Ce travail expérimental porte sur les reconnaissances géotechniques in situ, avec une application spécifique aux sols de la région de TIARET. L'objectif principal est d'évaluer les caractéristiques mécaniques des sols à travers différents essais géotechniques réalisés sur le terrain. Ces investigations permettent de mieux comprendre la nature des sols, leur comportement sous charge, ainsi que leur aptitude à recevoir des fondations d'ouvrages. Dans ce cadre, plusieurs types d'essais in situ ont été utilisés, notamment les essais de pénétration dynamique (SPT) et les essais pressiométriques. L'essai pressiométrique Ménard fournit des paramètres fondamentaux tels que le module pressiométrique, exprimant la déformabilité du sol, la pression limite indiquant la capacité portante ultime, ainsi que la pression de fluage, traduisant le comportement plastique du sol, ces résultats sont particulièrement utiles pour le dimensionnement des fondations et le calcul des tassements. Par ailleurs, l'essai de pénétration standard permet de déterminer le nombre de coups (N), paramètre empirique corrélé à la compacité, à l'angle de frottement interne et à la portance admissible des sols. Les résultats obtenus ont été interprétés afin de déterminer les paramètres géotechniques essentiels. L'étude a mis en évidence la variabilité des sols dans la région de TIARET, nécessitant une approche méthodique et rigoureuse pour toute conception d'ouvrages. Ces reconnaissances sont essentielles pour garantir la stabilité et la durabilité des structures, tout en optimisant les choix techniques et économiques dans le domaine de la construction.

Mots-clés : Reconnaissance géotechnique in situ, Région de Tiaret, Essais pressiométriques, Essais de pénétration standard (SPT), Caractéristiques mécaniques des sols.

ملخص

هذا العمل التجريبي يتناول عمليات التحري الجيوتقني الميدانية، مع تطبيق خاص على أترية منطقة تيارت. الهدف الرئيسي هو تقييم الخصائص الميكانيكية للأترية من خلال مختلف التجارب الجيوتقنية التي تُجرى في الميدان. تتيح هذه التحريات فهماً أفضل لطبيعة التربة، وسلوكها تحت الأحمال، وكذلك مدى قابليتها لتحمل أساسات المنشآت. في هذا الإطار، تم استخدام عدة أنواع من التجارب الميدانية، لاسيما تجارب الاختراق الديناميكي (SPT) وتجارب الضغط الميناردي. توفر تجربة الضغط الميناردي معطيات أساسية مثل معامل الضغط الذي يعبر عن قابلية التربة للتشوه، والضغط الحدّي الذي يشير إلى قدرة التحمل القصوى، بالإضافة إلى ضغط الزحف الذي يترجم السلوك اللدن للتربة. وتُعد هذه النتائج مفيدة بشكل خاص في تصميم الأساسات وحساب الهبوطات. من جهة أخرى، تُمكن تجربة الاختراق القياسي من تحديد عدد الضربات (N)، وهو معامل تجريبي يرتبط بكثافة التربة، وزاوية الاحتكاك الداخلي، وقابلية التحمل المسموح بها. تم تفسير النتائج المتحصّل عليها بهدف تحديد المعاملات الجيوتقنية الأساسية. وقد أبرزت الدراسة التفاوت الكبير في خصائص التربة بمنطقة تيارت، ما يستدعي اتباع أسلوب منهجي ودقيق في أي تصميم هندسي. وتُعد هذه التحريات ضرورية لضمان استقرار ومتانة المنشآت، مع تحسين الخيارات التقنية والاقتصادية في مجال البناء.

الكلمات المفتاحية : التحريات الجيوتقنية الميدانية منطقة تيارت اختبارات الضغط (البرسيوميترية) اختبارات الاختراق القياسية (SPT) الخصائص الميكانيكية للتربة

Abstract

This experimental work focuses on in-situ geotechnical investigations, with a specific application to the soils of the TIARET region. The main objective is to assess the mechanical characteristics of the soils through various geotechnical tests conducted in the field. These investigations allow for a better understanding of soil nature, their behavior under load, and their suitability for supporting structural foundations. In this context, several types of in-situ tests were employed, notably the Standard Penetration Test (SPT) and pressuremeter tests. The Ménard pressuremeter test provides fundamental parameters such as the pressuremeter modulus, which expresses the soil's deformability, the limit pressure indicating the ultimate bearing capacity, and the creep pressure, reflecting the plastic behavior of the soil. These results are particularly useful for foundation design and settlement calculations. Moreover, the standard penetration test determines the number of blows (N), an empirical parameter correlated with soil compaction, internal friction angle, and allowable bearing capacity. The obtained results were interpreted to determine the essential geotechnical parameters. The study highlighted the variability of soils in the TIARET region, requiring a methodical and rigorous approach for any structural design. These investigations are essential to ensure the stability and durability of structures while optimizing technical and economic choices in the field of construction.

Keywords: In-situ geotechnical investigation, Tiaret region, Pressuremeter tests, Standard Penetration Tests (SPT), Mechanical properties of soils.

Table des matières

Remerciement.....	I
Dédicaces	II
Résumé.....	IV
المخلص.....	IV
Abstract.....	V
Liste des figures.....	XI
Liste des tableaux.....	XIII
Liste des abréviations	XIV
Introduction générale.....	1

Chapitre 01

Généralité sur le sol

1.1. Introduction :	4
1.2. Définition et description :	4
1.3. Les constituants du sol :	5
1.3.1. La phase solide :	5
1.3.2. La phase liquide :	5
1.3.3. La phase gazeuse :	6
1.4. Les horizons du sol :	6
1.5. Les caractéristiques du sol :	7
1.5.1. Caractéristiques physiques :	8
1.5.2. Propriété chimique :	9
1.6. Définition de la faune du sol (la pédofaune) :	10
1.7. Les types de sol :	10
1.7.1 Le Sols sableux :	10
1.7.2. Le sol argileux :	11
1.7.3. Sols organiques (tourbeux ou humifères) :	11
1.7.4. Sols calcaires :	12
1.7.5. Sols limono-argileux (sols francs) :	12
1.8. Les fonctions naturelles du sol :	12
1.9. Menaces pesant sur la santé des sols :	14

Chapitre 02

Essais in situ en géotechnique

2.1. Introduction	16
2.2. Les Sondage	16
2.2.1. Types de sondages	17
2.2.1.1. Sondages destructifs	17
2.2.1.2. Sondage carotté.....	17
2.2.2. Nombre et profondeur de sondage	18
2.3. Essai de pénétration statique CPT :.....	19
2.3.1. Historique	19
2.3.2. Le pénétromètre statique	19
2.3.3. Pénétrromètres à cône mobile	19
2.3.4. Pénétrromètres à cône fixe	20
2.3.5. Appareillage	20
2.3.6. Principe et réalisation de l'essai de pénétration statique	20
2.3.7. Calcul de la portance d'une fondation superficielle	21
2.3.8. Calcul de la portance d'une fondation profonde	21
2.3.8.1. Calcul de contrainte limite de pointe qp d'un pieu à partir de Rp	21
2.3.8.2. Calcul de frottement latéral unitaire limite f sur le fut d'un pieu	23
2.3.9. Ordre de grandeur Rp selon le terrain	24
2.3.10. Limites d'un essai de pénétration statique	24
2.4. Essai de pénétration dynamique	24
2.4.1. Historique	24
2.4.2. Domaine d'utilisation.....	24
2.4.3. Types de pénétromètre dynamique	25
2.4.4.Principe et réalisation de l'essai	25
2.4.5. Présentation des résultats	27
2.4.6. Interprétation de l'essai de pénétration dynamique	28
2.4.7. Détermination de la contrainte admissible d'un sol de fondation à partir d un essai au pénétrromètre dynamique	28
2.5. Essai de pénétration standard (s.p.t)	29
2.5.1. Historique 'un essai au pénétromètre dynamique	29
2.5.2. Appareillage.....	29

2.5.3. Présentation des résultats	29
2.5.4. Correction à apporter à la valeur de N	30
2.5.5. Fondation superficielle dans du sable (calcul de σ^a partir de N)	30
2.5.6. Fondations superficielles dans l'argile	33
2.5.7. Fondation profonde	33
2.6. Essai pressiométrique	33
2.6.1. Historique	34
2.6.2. Pressiomètre	34
2.6.3. Principe de mesure	35
2.6.4. But de l'essai	26
2.6.5. Principaux types d'appareils	37
2.6.6. Principes et hypothèses de l'essai pressiométrique	37
2.6.7. Réalisation d'un essai pressiométrique	37
2.6.8. Résultats des essais pressiométriques	38
2.6.8.1. Courbe pressiométrique.....	38
2.6.8.2. Paramètres obtenus dans un essai pressiométrique	39
2.6.9. Utilisation des résultats pressiométriques	40
2.6.9.1. Capacité portante d'une fondation superficielle	40
2.6.9.2. Capacité portante des fondations profondes	43
2.7. Essai scissométrique	44
2.7.1. Historique	44
2.7.2. Scissomètre	45
2.7.3. Différents types de scissomètre	45
2.7.4. Appareillage.....	45
2.7.5. Appareillage Principes et réalisation de l'essai scissométrique	46
2.7.6. Appareillage Interprétation de l'essai sociométrique.....	46
2.7.7. Limitations de l'essai au scissomètre	47

Chapitre 03

Étude des sols de la région de Tiaret par des essais géotechniques in situ

3.1. Introduction	55
3.2. Aperçu général sur la wilaya de Tiaret	55
3.2.1. Situation géographique.....	55
3.2.2. Contexte climatique de la région.....	56

3.2.2.1. Les températures.....	56
3.2.2.2. Les précipitations	57
3.2.3. Contexte hydrogéologique de la région.....	57
3.2.4. Types de sol.....	59
3.2.5. Géologie de la région	61
3.2.5.1. Géologie locale.....	63
3.2.6. Sismicite	64
3.3. Analyse géotechnique in situ des sols de site 1 « KERMAN ».....	66
3.3.1. Situation du site.....	67
3.3.2. Reconnaissance in-situ :.....	67
3.3.2.1. Organisation de la reconnaissance in-situ	68
3.3.2.2. Résultats de la reconnaissance in-situ	68
3.3.2.2.1. Sondage carotte.....	68
3.3.2.2.2. Coupes géologiques	68
3.3.2.2.3. Essais pressiométriques	74
3.3.2.2.4. Essais penetrometrique	78
3.3.2.2.4.1. Exploitation des résultats.....	80
3.3.2.2.4.2. Résultats enregistrés des essais Pénétromètre dynamique de Site 01.....	83
3.4. Analyse géotechnique in situ des sols de site 2 « RAHMA ».....	85
3.4.1. Situation Du Site.....	85
3.4.2. Reconnaissance in-situ :.....	86
3.4.2.1. Organisation de la reconnaissance in-situ.....	86
3.4.2.2. Résultats De La Reconnaissance In-Situ	87
3.4.2.2.1. Sondage Carottes :.....	87
3.4.2.2.2. Coupes Géologiques.....	87
3.4.3. Essais Pressiométriques	89
3.5. Analyse géotechnique in situ des sols de site 3 « ZAAROURA ».....	92
3.5.1. Situation du site.....	93
3.5.2. Reconnaissance In-Situ	93
3.5.2.1. Organisation De La Reconnaissance In-Situ.....	93
3.5.2.2. Résultats De La Reconnaissance In-Situ	94
3.5.2.2.1. Sondage Carottes.....	94
3.5.2.2.2. Coupes géologiques.....	94
3.5.2.2.3. Relevés piezometriques	98

3.5.3. Essais Pénétrométriques	99
Conclusion générale	105
Référence bibliographique	107
Annexes	

Liste des figures

Figure 1.1 : Type des sols.....	4
Figure 1.2. : Les différents horizons d'un profil de sol	7
Figure 1.3 : Le Sols sableux.....	11
Figure 1.4 : Le sol argileux	11
Figure 1.5 : Sols organiques	12
Figure 1.6 : Sols calcaires	12
Figure 2.1 : Carottiers motorisés pour le sondage et l'échantillonnage de sols.....	18
Figure 2.2 : Carottiers manuels pour l'échantillonnage non remanié de sédiments en bassin.	18
Figure 2.3 : Pénétrromètre Gouda 200 KN porté sur camion.....	19
Figure 2.4 : Détermination de la résistance de pointe par la méthode de Begemann	22
Figure 2.5: Détermination de la résistance de pointe par la méthode de Van der Ween.....	22
Figure 2.6: Vue d'ensemble d'un pénétrromètre.....	22
Figure 2.7: Schéma de principe de l'essai au pénétrromètre dynamique	26
Figure 2.8 : Schéma d'une semelle surcharge latérale.....	31
Figure 2.9 : Schéma d'une semelle avec sur charge latérale	31
Figure 2.10 : Contrainte admissible pour que le tassement absolu reste inférieur à 2.5.....	32
Figure 2.11: Pressiomètre avec une sonde mono cellulaire	35
Figure 2.12: principe de l'essai.....	36
Figure 2.13 : Procédure d'essai type Menard	38
Figure 2.14: Courbe pressiométrique brute-TYPEMENARD	38
Figure 2.15 : Principe de calcul du module pressiométrique E_m	40
Figure 2.16 : Facteur de portance en fonction de l'encadrement	41
Figure-2.17 : Détermination de la pression limite équivalente	42
Figure 2.18: Capacité portante d'un pieu.....	44
Figure2.19 : Frottement latéral négatif.[25]	44
Figure 2.20: Scissomètre.....	44
Figure 2.21 : Scissomètre modèle H-60 avec palettes interchangeables	46
Figure 2.22 : C_u en fonction de l'angle de rotation.....	47
Figure. 3.1 : Situation géographique de la wilaya de Tiaret.....	56
Figure 3.2: Graphique climatique de la wilaya de Tiaret.	57
Figure 3.3: Extrait de la carte hydrogéologique d'Algérie.	59

Figure 3.4 : La figure présente la répartition géographique des types de sols les plus dominants dans la wilaya de Tiaret.....	60
Figure 3.5 : Extrait de la carte géologique d'Algérie (échelle 1/200 000e).....	62
Figure 3.6 : Les principaux Karst d'Algérie.....	64
Figure 3.7 : Zone Sismiques Et Degré De Vulnérabilité Des Territoires En Algérie	65
Figure 3.8 : Le Relief De La Wilaya Da Tiaret.....	65
Figure 3.9 : Carte des pentes de la wilaya de Tiaret.....	66
Figure 3.10 : Situation du site	67
Figure 3.11 : MODEL DE SONDEUSE	68
Figure 3.12 : des caisses a carotte	72
Figure 3.13: Implantation des sondages.....	74
Figure 3.14 : Pressiomètre menard	75
Figure 3.15 : Courbe du module de pression limite Plm (Site 01 – Karman)	76
Figure 3.16 : Courbe du module pressiométrique EM – Site 01 Karman	77
Figure 3.17: Pénétrömètre dynamique.....	79
Figure 3.18 : courbe de la résistance de pointe en fonction de la profondeur (site01 karman).....	84
Figure 3.19: Situation du site.....	86
Figure 3.20 : Photos Des Caisses A Carotte (Sc Et Sp).....	88
Figure 3.21 : Implantation Des Sondages	89
Figure 3.22: Photo Représente L'essai Pressiométrique.....	90
Figure 3.23 : Courbe du module pression limite Plm (site 02 Rahma).....	91
Figure 3.24 : Courbe du module pressiométrique Em (site 02 Rahma)	92
Figure 3.25 : Situation du site	93
Figure 3.26 : photos des caisses a carot	96
Figure 3.27: Implantation des sondage	97
Figure 3.28: Uschema d'un piezometre.....	99
Figure 3.29 : Courbe de la résistance de pointe en fonction de la profondeur (site 03 Zaaroura).....	102

Liste des Tableaux

Tableau 1. 1: Composition des couches du sol.....	9
Tableau 2 .1 : Normes Algériennes.....	16
Tableau 2.1: les valeurs de coefficient K selon la nature de terrain.....	23
Tableau 2.2 : Valeurs de Rp selon le terrain	24
Tableau 2.3: Les valeurs de q_a en fonction de la compacité du sable.....	33
Tableau 2.4: les valeurs de q_a en fonction de la compacité du sable.....	33
Tableau 2.5: Catégories de sols.....	41
Tableau 2.6 : les résultats d'un essai de pénétration statique et ses limites.....	48
Tableau 2.7 : les résultats d'un essai de pénétration dynamique et ses limites.	49
Tableau 2. 8 : les paramètres déduits à partir d'un essai CPT.....	49
Tableau 2.9 : les paramètres déduits à partir d'un essai de pénétration dynamique.....	50
Tableau 2.10 : les résultats d'un essai SPT et ses limites.....	50
Tableau 2-11 : les paramètres déduits à partir d'un essai SPT.....	50
Tableau 2.12 : les résultats d'un essai pressiométrique et ses limites.	51
Tableau 2 .13 : les résultats d'un essai scissométrique et ses limites.	51
Tableau 2. 14 : les paramètres déduits à partir d'un essai sociométrique	52
Tableau 2.15 : les paramètres déduits à partir d'un essai pressiométrique.....	52
Tableau 3.1 : Les coordonnées UTM des sondages réalisés sont portées.....	73
Tableau 3.2 : résumé l'ensemble des résultats pressiométrique	75
Tableau 3.3: les résultats de module pressiométriques E_m (Mpa) et pression limite p_{lm} (Mpa) a chaque profondeur	76
Tableau 3.4: résumé les résistances de pointe enregistrées.	81
Tableau 3.5 : les résultats de Rp (bar) a chaque profondeur pour chaque point dans le site 01	83
Tableau 3.6 : Les coordonnées UTM des sondages réalisés sont portées.....	88
Tableau 3.7 : résumé l'ensemble des résultats Pressiométriques.....	89
Tableau 3.8 : les résultats de module pressiométriques E_m (Mpa) et pression limite p_{lm} (Mpa) a chaque profondeur	90
Tableau 3.9: Les Coordonnées UTM Des Sondages Réalisés Sont Portées.....	97
Tableau 3.10 : Le niveau piézométrique relevé est porté.....	98
Tableau 3.11 : résumé les résistances de pointe enregistrées.	99
Tableau 3.12 : les résultats de Rp (bar) a chaque profondeur pour chaque point dans le site 03	101

Liste des Nominations

qa : Contrainte admissible.

Rp : Résistance à la pointe

Rp1 : valeur moyenne de Rp sur la hauteur h1 au-dessus de la pointe de pénétromètre.

Rp2 : valeur moyenne de Rp sur la hauteur h2 au-dessous de la pointe de pénétromètre

qp : Influence de la nature des terrains

K : coefficient réducteur dont la valeur dépend de la nature de terrain

b et **B** : étant respectivement le diamètre de la pointe de pénétromètre et celui de la base de pieu.

Qpn : charge portante nominale de pointe d'un pieux battus

S : section droite du pieu,

F : coefficient de sécurité pris égal à 6 quand Rdyn est calculé à partir de la formule des Hollandais.

γ : poids spécifique du sol en t/m^3 .

D : profondeur exprimé en mètres.

Em : MODULE PRESSIOMETRIQUE

G : module de cisaillement

N : le nombre de coups

Δh : l'enfoncement

Ql: la capacité portante à la rupture;

Qo: la pression naturel vertical du terrain au niveau de la fondation après construction;

Pl: la pression limite ;

Po: la pression horizontale du terrain`aurepos` au niveau de l'essai;

K : le coefficient de portance sans dimension.

ql : La contrainte limite

f : effort mesuré au dynamomètre ;

l : longueur du bras actionné par le manipulateur.

Cu : cohésion non drainée est égale à la résistance au cisaillement ainsi mesurée.

M₁ : issu de la résistance au cisaillement sur la surface latérale verticale du cylindre

M₂ : issu de la résistance au cisaillement sur les deux faces horizontales du cylindre.

Rp min = Résistance à la pointe minimale enregistrée sous la profondeur d'encrage.

L = Coefficient tenant compte de l'effet dynamique et de la nature du sol. Il est pris égal à 20 pour les sols pulvérulents et 30 pour les sols Cohérents.



Introduction générale

La reconnaissance géotechnique constitue une phase fondamentale dans l'étude préalable à tout projet de construction ou d'aménagement. Elle vise à connaître la nature, la structure et les caractéristiques des sols et des roches en place, afin d'évaluer leur comportement sous les charges des ouvrages projetés. Parmi les différentes méthodes de reconnaissance, les essais géotechniques in situ occupent une place prépondérante, car ils permettent d'obtenir des données représentatives des conditions réelles du terrain, en limitant les perturbations dues à l'échantillonnage.

Les essais in situ fournissent des informations essentielles sur la compacité, la résistance, la déformabilité, la perméabilité ou encore la sensibilité des sols. Ils complètent ou remplacent, selon les cas, les essais de laboratoire, notamment dans les sols difficiles à échantillonner, comme les sols meubles, hétérogènes ou saturés. Parmi les essais couramment utilisés figurent les essais au pénétromètre (statique ou dynamique), l'essai pressiométrique, l'essai au scissomètre, ou encore les essais de perméabilité.

La région de Tiaret, située dans le nord-ouest de l'Algérie, présente une diversité géologique significative, avec des terrains argileux, marneux, calcaires et parfois instables. Cette hétérogénéité nécessite une approche rigoureuse en matière d'investigation géotechnique, afin de garantir la sécurité et la durabilité des ouvrages construits dans la région. L'étude des sols par des essais in situ permet ainsi de mieux comprendre leur comportement mécanique et d'adapter les choix techniques en conséquence.

Ce travail s'inscrit dans cette démarche et vise à présenter les principes des reconnaissances géotechniques in situ, leur application aux sols de la région de Tiaret, ainsi que les interprétations qui peuvent en être tirées pour l'ingénierie géotechnique locale. Notre mémoire commence par une introduction générale et comporte trois chapitres, répartis comme suit :

Chapitre 01: « Généralité sur le sol » : Ce chapitre est consacré à l'étude du sol, qui constitue la couche superficielle de la croûte terrestre et joue un rôle essentiel dans les équilibres écologiques et géotechniques. Il résulte de la dégradation des roches mères sous l'effet de facteurs climatiques, biologiques et topographiques. Le sol présente une structure complexe, composée de trois phases : solide (minéraux et matière organique), liquide (eau) et gazeuse (air), qui interagissent pour déterminer ses propriétés physiques et chimiques. Ces propriétés varient selon la composition, la texture, la porosité, la capacité de rétention en eau, ainsi que la teneur en matières organiques. Les horizons du sol (O, A, B, C) reflètent cette organisation verticale.

Chapitre 02 : « Essais in situ en géotechnique » : Ce chapitre traite des essais réalisés sur le terrain pour caractériser les propriétés mécaniques et physiques des sols. Ces essais incluent les sondages (destructifs et carottés), les essais de pénétration (statique, dynamique, SPT), l'essai pressiométrique, et l'essai au scissomètre. Chaque méthode a ses propres principes, applications, limites et appareils spécifiques. Ces techniques permettent d'estimer la portance des fondations, les contraintes limites, la compacité, la cohésion, et d'autres paramètres essentiels au dimensionnement des ouvrages.

Chapitre 03 : « Étude des sols de la région de Tiaret par des essais géotechniques in situ » : Ce chapitre présente une étude appliquée aux sols de la wilaya de Tiaret. Après un rappel sur les caractéristiques géographiques, climatiques, hydrogéologiques, géologiques et sismiques de la région, plusieurs sites d'étude sont analysés. Pour chaque site, la reconnaissance in-situ est détaillée : sondages carottés, coupes géologiques, essais pressiométriques et pénétrations dynamiques. Les données récoltées permettent de mieux connaître les sols locaux et d'évaluer leur capacité portante. Enfin, le mémoire se conclut par une conclusion générale.

CHAPITRE 01

Généralité sur le sol

1.1. Introduction :

Le sol constitue l'un des éléments fondamentaux de l'environnement terrestre. Il résulte de la transformation progressive des roches mères sous l'effet de facteurs climatiques, biologiques et physico-chimiques. En géotechnique, le sol n'est pas seulement un support pour les constructions, mais aussi un matériau complexe dont la compréhension est essentielle pour garantir la stabilité et la durabilité des ouvrages. Ce chapitre vise à présenter les bases nécessaires à cette compréhension, en abordant la nature, la composition, les caractéristiques physiques et chimiques des sols, ainsi que leur classification selon les types

Les sols sont désignés par le nom de la portion granulométrique prédominante, qualifiée par un adjectif relatif aux portions secondaires (par exemple, sols à granulométrie uniforme et sols à granulométrie non uniforme). On distingue trois grands types de sols :

- Les sols pulvérulents, dont le diamètre des grains est inférieur à 20 μm .
- Les sols fins, dont le diamètre des grains est supérieur à 20 μm .
- Les sols organiques, dont la teneur en matière organique est supérieure à 10 %.

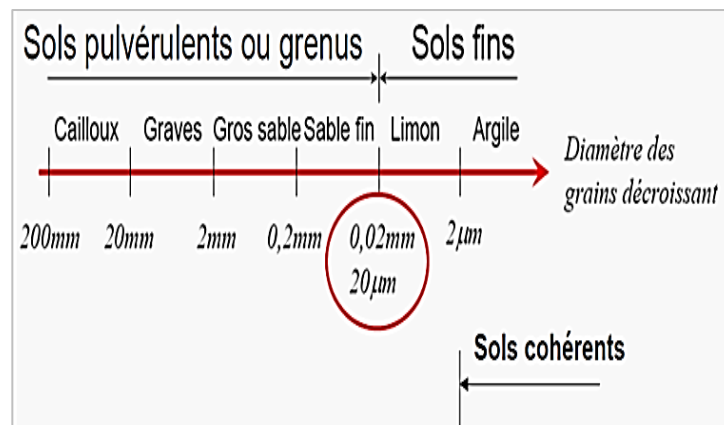


Figure 1.1 : Type des sols

1.2. Définition et description :

Le sol est une formation de surface constituant l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux. Ensemble, ces formations forment la pédosphère, résultat de l'interaction entre deux compartiments biosphériques : l'atmosphère et les couches superficielles de la lithosphère. [1].

La formation des sols est un processus complexe, consistant en la transformation des roches mères sous l'effet conjugué des facteurs climatiques et des facteurs biotiques (flore et faune du sol). L'altération commence par un phénomène de désagrégation physique, provoqué par les facteurs climatiques, et est suivie de la fracturation du substratum rocheux par les

racines des végétaux.

Un processus de décomposition chimique s'ensuit, induit par le lessivage effectué par les eaux d'infiltration, chargées de substances dissoutes, ce qui conduit à l'élaboration d'un mélange intime de matières minérales et organiques. Ainsi, le sol est considéré comme un réacteur biogéochimique interactif et un constituant multiphasique. Il constitue la couche supérieure de la croûte terrestre, de structure meuble et d'épaisseur variable, souvent colorée par l'humus, et résulte de la transformation lente et progressive de la roche mère sous l'influence de facteurs physiques, chimiques et biologiques. [1].

1.3. Les constituants du sol :

Selon [2], un volume de sol est constitué d'éléments solides, liquides et gazeux :

1.3.1. La phase solide :

Elle comprend des éléments minéraux et organiques. Les éléments minéraux résultent directement de la désagrégation mécanique et de la décomposition chimique des roches du substratum ou des matériaux apportés (alluvions, colluvions et dépôts éoliens), on distingue ainsi :

- Les Sables (2 mm - 50 μ m)
- Les Limons (50 μ m - 20 μ m)
- Les Argiles (< 2 μ m) [3].

Les proportions de ces éléments définissent la texture du sol, et la manière dont ces particules sont assemblées représente la structure du sol.

Les éléments organiques du sol proviennent de débris animaux (détritiques, cire, etc.) et végétaux (feuilles, rameaux, racines, troncs d'arbres), formant la majeure partie de la masse organique.

Les éléments organiques du sol sont constitués par des débris organiques : débris animaux (détritiques, cire, ...), débris végétaux (feuilles, rameaux, racines, troncs d'arbres) qui constituent la plus grande masse.

1.3.2. La phase liquide :

Elle remplit partiellement ou totalement les espaces libres (pores) entre les particules solides du sol. Elle est composée d'eau et de substances minérales ou organiques solubles dans l'eau. La présence d'eau dans le sol est essentielle pour diverses raisons, notamment :

- L'eau est indispensable à l'existence de l'édafaune et au ravitaillement de la végétation.
- Elle est l'élément clé pour la fertilité du sol, car elle permet les réactions chimiques entre divers constituants du sol et la formation de nouvelles molécules, qu'elles soient minérales ou organiques.

- L'eau constitue l'unique solvant dans le sol et est le principal transporteur de substances dissoutes ou en suspension.

1.3.3. La phase gazeuse :

Elle occupe les espaces libres non remplis par la phase liquide. Cette phase est composée de gaz, similaires à ceux de l'air : vapeur d'eau, O₂, CO₂, N₂. Ces gaz proviennent de l'altération des roches, de la décomposition des matières organiques et des apports humains.

Ces constituants du sol s'organisent en agrégats à des niveaux d'organisation plus complexes.

1.4. Les horizons du sol :

Les horizons du sol sont des couches distinctes formées par l'altération des roches et l'accumulation de matières organiques. Voici les principaux horizons du sol et leurs caractéristiques :

- **Horizon O (ou A0) :**

Cet horizon est organique (riche en humus) et contient des résidus végétaux partiellement décomposés et presque non reconnaissables au sol. Il contient 30% de matière organique [4].

- **Horizon A :**

Il contient de la matière organique et des minéraux. Dans de rares cas, elle est causée par la pénétration de matière organique dans le sol sous forme de composants solubles. Cependant, en général, ceci est le résultat d'un mélange mécanique d'organismes vivants (vers, insectes) dans le sol, ou dans le cas des sols cultivés, cela peut matérialiser à l'intervention d'outils [4].

- **Horizon E (Eluvial, zone de lessivage) :**

Appauvri en argiles, fer et matière organique par lessivage. Apparence plus claire que l'horizon A. Présent dans certains sols acides comme les podzols.

- **Horizon B :**

Il est riche en divers constituants : argile, fer, matière organique, carbonate de calcium, etc. Ces composants proviennent principalement du lessivage des eaux de percolation (eau de pluie, eau d'irrigation) des horizons supérieurs, en particulier de l'horizon O, qui se caractérise par leur couleur, leur structure, la nature de la composition et la granulométrie [4]

- **Horizon C :**

Elle est causée par l'altération du substrat rocheux. Sa conversion est encore limitée,

tant de ses caractéristiques originelles (litage, schistosité, minéral) sont encore très évidentes [4].

– **Horizon R :**

Il correspond à un substrat rocheux dur (granite, calcaire, grès, etc.) (**Figure 1.2**).

Tous les sols n'ont pas nécessairement la même organisation. Certains horizons peuvent être plus ou moins importants, certains peuvent être absents.

Il existe ainsi des sols peu évolués, peu épais, et peu structurés en horizons. Plus le sol évolue, plus le terrain est épais. Par conséquent, les pédologues distinguent plusieurs types de sols qui reflètent différents stades de développement. La différenciation du sol ne dépend pas de son âge : un sol mal différencié peut être plus ancien qu'un sol récent et très différencié. Par exemple, un sol calcaire a très peu d'horizons et certains facteurs (comme les pentes raides) peuvent favoriser l'érosion et entraver la différenciation des sols [4].



Figure 1.2 : Les différents horizons d'un profil de sol [4]

1.5. Les caractéristiques du sol :

Selon la classification FAO-UNESCO (1998), qui a récemment été remaniée par une commission internationale sous la dénomination World Reference Base for Soil Resources (FAO-WRB). La plupart des groupes principaux sont caractérisés par un horizon ou des propriétés diagnostiques particulières [5].

1.5.1. Caractéristiques physiques :

– **La texture :** Elle représente la composition granulométrique du sol, c'est-à-dire la proportion de chaque type de constituant solide ayant des tailles différentes. L'analyse granulométrique permet de distinguer des éléments grossiers (cailloux > 2 mm, gravier 2 à 20 mm) et des éléments fins (sable de 2 mm à 20 μ m, limite inférieure des sables étant parfois 50

μm dans certaines classifications de la granulométrie, limon entre 20 μm et 50 μm , argile < 2 μm).

- **La structure** : Elle désigne l'organisation des différentes particules du sol. Les particules, une fois assemblées, forment des structures plus grandes appelées "grumeaux". Il existe plusieurs types de structures : granuleuse, anguleuse, prismatique et lamellaire .
- **La porosité** : La porosité d'un horizon est essentielle pour la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement. Elle peut être quantifiée avec des techniques appropriées, comme la mesure au laboratoire ou l'analyse d'images en micromorphologie.
- **L'aération du sol** : Est un phénomène plus complexe du fait de la nature de système poreux dont les cavités sont occupées en proportion fluctuants par de l'eau et de l'air. Tant qu'une aération suffisante assure une libre circulation de l'oxygène dans le sol, une asphyxie ni des micro-organismes ni des racines à craindre, l'activité respiratoire assurée moralement.
- **L'atmosphère du sol** : Lorsque les pores sont partiellement remplis d'eau, l'air dans le sol est confiné, limitant les échanges avec l'air extérieur. La porosité et la distribution des pores conditionnent en grande partie les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère [6], les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. (**Tableau 1.1**). Malgré les difficultés de sa mesure on constate que la composition de l'air du sol n'est pas la même que celle de l'air ambiant

. **Tableau 1.1:** Composition des couches du sol

Constituant	Air du sol %	Atmosphère extérieur
O ₂	18 à 20,5 en sol bien aéré. 10 après une pluie.	21
N ₂	78,5 à 80	78
Gaz carbonique	0,2 à 3,5 5 à 10 dans la zone autour des racines.	0,03

1.5.2. Propriété chimique :

– **Le PH** : Le PH mesure l'acidité du sol, sur une échelle de 1 à 14. Un PH de 7 est neutre, en dessous, le sol est acide, au-dessus il est basique. La plupart des plantes préfèrent un PH autour de 6 à 7,5, mais certaines, comme les plantes acidophiles, préfèrent des sols acides

– **Le complexe absorbant** : Ce terme désigne l'ensemble des colloïdes (au sens large du terme, compose humique et argileux), dotés de charges négatives susceptible de retenir les cations sous la forme dite changeable, c'est-à-dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises.

– **La solution du sol** : La réserve en eau du sol assure la quasi-totalité des besoins en eau de la plante : selon les espèces végétales, il faut de 250 à 800 litres d'eau pour un kilo de matière organique sèche. Par ailleurs l'eau dissout les éléments nutritifs pour constituer la solution du sol. L'alimentation des végétales s'effectue à partir de la solution du sol.

Elle assure la lixiviation des cations lors de la pédogénèse elle est le siège de nombreux processus de solubilisation, ou d'in-solubilisation par apport aux constituants solides qui traduisent souvent une évolution à long terme.

– **La biodiversité du sol** : L'activité biologique du sol est étroitement liée à la biomasse, c'est-à-dire la quantité de la matière organique vivante présente dans le sol.

– **Micro-organismes** : Les micro-organismes du sol sont représentés par les Bactéries, les actinomycètes, les champignons et parfois aussi les protozoaires (organismes unicellulaires). Le rôle que jouent ces micro-organismes est déterminant dans le fonctionnement du sol notamment le recyclage des éléments biogènes.

– **Dynamique du sol** : La raison de la fragilité des sols est leur dynamique. En effet, loin d'être stables et immuables, les sols changent rapidement et connaissent, comme les êtres

vivants trois phases dans leur dynamique : une naissance, maturité et une mort. Du fait de cette dynamique, toute action entreprise sur un sol modifiera soit une accélérant en bloquant une de ces étapes.

1.6. Définition de la faune du sol (la pédofaune) :

Selon la taille des organismes, ils sont généralement divisés en quatre catégories. Nous distinguons :

- **La microfaune (dont la taille est comprise entre 0.002 et 0.2 mm) :** Il est principalement composé de protozoaires (notamment ciliés) et de nématodes : ils sont abondants dans les milieux très humides et attaquent la flore bactérienne et les actinomycètes [7].
- **La mésofaune (dont la taille est comprise entre 0.2 et 2 millimètres) :** Les arthropodes inférieurs (acarien, Tardigrades, Collembos) et Enchytraéides présentent principalement des milieux acides [7].
- **La macrofaune (dont la taille comprise entre 2 à 20 millimètres) :** Représenté par les lombrics qui s'ingèrent les débris organiques et le sol, enrichit le fumier, favorise la croissance des microfaunes et de la microflore ; brassent, aèrent et régulent l'activité biologique du sol. À en juger par la fonction de notre sol, ils jouent un rôle important et précieux [8]
- **La mégafaune (dont les individus mesurent entre 20 à 200 millimètres) :** Il est bien conscient du rôle joué par tous ces groupes d'animaux. De nombreux petits mammifères vivent sur le sol. Taupes, mulots, musaraignes, souris, hérissons, batraciens et reptiles jouent un rôle incontestable dans la formation du sol. Brassage le sol pour créer des cavités à réutiliser par d'autres membres de la communauté animale du sol et réguler la population de la communauté [8]

1.7. Les types de sol :

Les sols peuvent être classés en plusieurs types en fonction de leur composition, de leur texture et de leur formation. Voici les principaux types de sols.

1.7.1 Le Sols sableux :

Composés majoritairement de sable (plus de 70 %). Faible capacité de rétention d'eau et de nutriments. Drainage rapide, mais faible fertilité naturelle Exemples : sols des déserts, sols côtiers.



Figure 1.3 : Le Sols sableux

1.7.2. Le sol argileux :

Composés à plus de 25 % d'argile. Retiennent bien l'eau et les nutriments, mais drainage lent.

Difficiles à travailler lorsqu'ils sont humides. Utilisés pour l'agriculture après amendements.



Figure 1.4 : Le sol argileux

1.7.3. Sols organiques (tourbeux ou humifères) :

Riche en matière organique (> 20 %). Très fertiles, mais souvent acides. Présents dans les zones humides (tourbières).

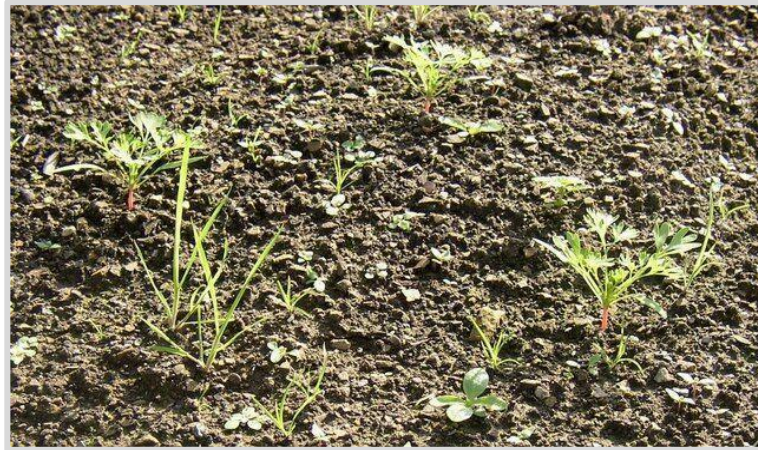


Figure 1.5: Sols organiques

1.7.4. Sols calcaires :

Riche en carbonate de calcium (CaCO_3). PH élevé, peut limiter l'absorption de certains nutriments. Sols souvent clairs et drainants.



Figure 1.6 : Sols calcaires

1.7.5. Sols limono-argileux (sols francs) :

Mélange équilibré de sable, limon et argile. Bonne capacité de rétention d'eau et de nutriments. Très adaptés à l'agriculture.

1.8. Les fonctions naturelles du sol :

Le sol a de nombreuses fonctions, il est un milieu biologique dans lequel se développent les êtres vivants. Ce développement va dépendre de la quantité de ce sol ou la fertilité « quantité de carbone et azote, et capacité d'échange cationique, etc. ». Il est aussi un acteur déterminant du cycle de l'eau « stockage et régulation » et de quantité de cette eau « source de pollution, capacité de rétention des polluants mais aussi biodégradation de ceux-ci ». Mais le sol joue un rôle prédominant dans le cycle biogéochimique

– **La fonction de régulation du climat :**

Le sol joue un rôle crucial dans la régulation du climat à travers ses interactions avec le dioxyde de carbone (CO₂). Il est un important réservoir de carbone, capable de stocker de grandes quantités de ce gaz à effet de serre dans ses structures organiques. Ainsi, le sol agit comme un "puits de carbone", contribuant à limiter l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Ce processus est essentiel pour lutter contre le réchauffement climatique. De plus, le sol participe également à la régulation du cycle de l'eau en agissant comme une éponge qui capte et libère l'humidité, influençant ainsi les précipitations et la température locales.

– **La fonction de filtration et de purification :**

Le sol joue également un rôle important dans la purification de l'eau et de l'air. Grâce à sa structure complexe, il filtre les contaminants de l'eau de pluie ou des eaux souterraines, capturant les substances polluantes avant qu'elles ne pénètrent dans les nappes phréatiques ou les cours d'eau. Les sols agissent ainsi comme des filtres naturels, réduisant la pollution et contribuant à la santé des écosystèmes aquatiques. De plus, certaines espèces de micro-organismes présents dans le sol peuvent dégrader les substances toxiques ou décomposer les matières organiques, contribuant ainsi à la décontamination et à la régénération des sols pollués.

– **La fonction de stockage de l'eau :**

En tant que réservoir naturel, le sol joue un rôle crucial dans la gestion de l'eau. Il permet de stocker l'humidité pour les périodes sèches, offrant ainsi une réserve d'eau pour les plantes et les autres organismes vivants. Les sols bien structurés, particulièrement ceux riches en matière organique, ont une grande capacité de rétention d'eau. Cela réduit le risque d'inondation en stockant l'excès d'eau lors des fortes pluies et en le libérant lentement lors de périodes plus sèches. Les sols sablonneux, en revanche, ont une faible capacité de rétention d'eau, tandis que les sols argileux ont tendance à conserver l'eau plus longtemps.

– **La fonction de recyclage des éléments nutritifs :**

Le sol est un réservoir vital d'éléments nutritifs pour les plantes, qui en dépendent pour leur croissance et leur développement. Il joue un rôle essentiel dans le recyclage des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium et le calcium. Ce processus de recyclage est facilité par les micro-organismes du sol qui décomposent la matière organique, libérant ainsi ces nutriments essentiels. Sans un sol fertile et bien équilibré, les plantes ne pourraient pas absorber les nutriments nécessaires à leur survie. En outre, les sols contribuent à

l'équilibre des cycles biogéochimiques en régulant les flux de nutriments à travers les écosystèmes.

1.9. Menaces pesant sur la santé des sols :

Les sols, bien qu'ils remplissent des fonctions vitales pour la vie sur Terre, sont confrontés à diverses menaces qui peuvent compromettre leur santé et leur capacité à soutenir la biodiversité. Parmi ces menaces, on trouve :

- **La dégradation des sols** : Cela inclut l'érosion, la perte de matière organique, la salinisation, la compaction, et la pollution chimique. La dégradation des sols peut entraîner une baisse de leur fertilité et de leur capacité à soutenir la vie.
- **La pollution du sol** : L'utilisation excessive de pesticides, d'engrais chimiques et d'autres produits chimiques industriels peut entraîner une contamination des sols. Les produits chimiques toxiques peuvent nuire à la biodiversité du sol, affecter la qualité des plantes et polluer les ressources en eau.
- **La perte de biodiversité** : La monoculture, les pratiques agricoles intensives et le changement climatique ont un impact négatif sur la biodiversité du sol. La perte de microorganismes et d'animaux du sol affecte la capacité du sol à remplir ses fonctions naturelles.
- **Le changement climatique** : Le réchauffement climatique et les modifications des régimes de précipitations influencent la dynamique des sols. Les sols peuvent devenir plus susceptibles à l'érosion, à la perte de matière organique et à des changements dans leur capacité à retenir l'eau.

Pour préserver la santé des sols et garantir leur capacité à remplir leurs fonctions, il est crucial d'adopter des pratiques agricoles durables, de limiter la pollution et de promouvoir des politiques de gestion intégrée des ressources naturelles.

Conclusion

Le sol est un système vivant, hétérogène et dynamique, résultant d'un processus d'altération complexe. Sa structure triphasique – solide, liquide et gazeuse – détermine ses propriétés physiques et chimiques, qui influencent directement son comportement mécanique. La classification des sols permet d'adapter les interventions en fonction de leur nature et de leur usage. En outre, les fonctions naturelles du sol sont multiples, allant du support de la biodiversité à la régulation hydrique. La compréhension des généralités sur le sol constitue donc un préalable indispensable à toute étude géotechnique sérieuse.

CHAPITRE 02

Essais in situ en géotechnique

2.1. Introduction :

Dans la reconnaissance des sols destinés à recevoir des projets de construction, les essais géotechniques in situ ou en laboratoire permettent d'obtenir des informations sur l'état du sol, de préciser l'organisation des différentes couches et de dériver les paramètres mécaniques à leur attribuer afin de passer au calcul des ouvrages.[9],[10].

La normalisation des essais permettra d'unifier les procédures, l'information obtenue sera fiable et pourra circuler entre les différents intervenants. La norme indique soit des modes opératoires d'essais, soit des méthodes de calcul mais n'indique pas l'ouvrage le plus approprié et ne limite pas la responsabilité personnelle de l'exécutant d'un essai ou d'une étude dans une mesure ou dans une autre. [11].

Les pays développés disposent d'organismes chargés d'élaborer, de diffuser les normes et les documents techniques. On cite les organismes Américains ASTM et Français AFNOR créé en 1962. En Algérie, c'est l'institut Algérien de Normalisation IANOR créé en 1998 et qui dispose de 57 comités techniques nationaux « CTN ». Les normes Algériennes sont élaborées et publiées sur la base d'un plan annuel et pluriannuel de développement, elles font l'objet d'une révision obligatoire tous les cinq ans. [11].

Tableau 2.1 : Normes Algériennes

1	Essai pressiométrique	NA 52006
2	Essai de pénétromètre statique	NA 2797
3	Essai de pénétromètre dynamique	NA 5205
4	Essai SPT	NA 5229
5	Essai de scissomètre de chantier	NA 5225

En Génie Civile, les structures reposent sur le sol et si ce dernier est mal reconnu, le dimensionnement des infrastructures devient aléatoire. Pour que la reconnaissance soit fiable, il faut utiliser des procédures reconnues, c à d, normalisées.

2.2. Les Sondage :

Parmi les méthodes de reconnaissance géologique et géotechnique, le Bien qu'étant une technique très ancienne, le forage s'est beaucoup développé avec les recherches minières et pétrolières, et il a mis à profit de nombreuses innovations techniques déterminantes comme l'utilisation de matériaux très durs, d'aciers spéciaux, l'air comprimé et la transmission hydraulique. On tend à appeler forage, l'exécution d'un trou sans souci particulier de

recupération d'échantillon, mais pouvant servir de base à d'autres opérations. Et sondage, l'exécution d'un trou échantillonné ou l'application de méthodes démesure dans le forage. Le sondage permet de retrouver et de situer avec précision les différentes couches traversées, de détecter les hétérogénéités à l'intérieur d'une même couche, et de localiser les cavités ou les blocs. [12].

2.2.1. Types de sondages :

Il existe aussi bien des sondages destructifs par battage "Pénétrromètre" ou rotation..., que des sondages non destructifs par prélèvement continu de carottes par rotation ou vibropercussion.

2.2.1.1. Sondages destructifs :

Cette méthode très employée consiste à prélever des échantillons remaniés soit à la pelle mécanique soit à l'aide d'outils à main, en revanche la profondeur ne peut excéder 10 m. On emploie aussi des sondeuses à moteur ou des tarières hélicoïdales continues. [13].

Les principaux facteurs de remaniement de l'échantillon sont :

- Modification de l'état de contraintes initiale dans le sol,
- Perturbation de la structure et décomposition des éléments de l'échantillon,
- Changement chimique des matériaux.

Parmi les méthodes de sondage destructif on peut énumérer :

- Les reconnaissances par puits, tranchée set galeries,
- Sondage destructif à la tarière,
- Sondage à la pelle mécanique,
- Sondage mécanique.

2.2.1.2. Sondage carotté :

Le sondage carotté consiste à descendre un carottier par rotation, battage ou pression suivant le type de sols jusqu'à une profondeur donnée. Le carottier est constitué d'un ensemble de tubes creux et d'un outil d'attaque souvent diamantée ou en carbure de tungstène à son extrémité afin de découper le terrain. On remonte ainsi des échantillons intacts (carotte). Ces carottes sont mises en caisse avant d'être examinées par l'ingénieur qui pourra ainsi réaliser une coupe précise du sous-sol. Le carottier peut être manuel ou motorisé ; (figure 2.1) et (figure 2.2). [14]



Figure 2.1 : Carottiers motorisés pour le sondage et l'échantillonnage de sols.



Figure 2.2 : Carottiers manuels pour l'échantillonnage non remanié de sédiments en bassin.

La pénétration par rotation est recommandée pour les sols rocheux durs. On utilise la percussion (ou battage) du carottier dans le cas des sols pulvérulent ou cohérents compacts. Dans le cas d'un sol meuble, il existe un grand nombre de carottiers. [14].

2.2.2. Nombre et profondeur de sondage :

Il n'y a pas de règles précises pour déterminer le nombre de points de sondages qu'il est assez difficile de prévoir a priori. Il faut qu'êtes forages soient cependant assez nombreux pour définir sans ambiguïté toute les particularités géologiques d'un site. [15].

On peut prévoir Le nombre de forages approximatives à partir de :

- Nature de la structure ;
- Dimensions de la structure ;
- Coût de la structure
- Hétérogénéité du sol.

Les profondeurs maximales de sondage varient beaucoup avec les terrains rencontrés, les techniques de sondage possibles, et selon les renseignements recherchés. Mais il faudra bien arrêter les forages à une profondeur fixée à

L'avance ; étant entendu que d'une manière absolue, ils ne doivent jamais être arrêtés sur une couche molle. A cet égard, l'enquête géologique préalable est fondamentale. Lorsqu'il s'agit d'une étude de fondation, la profondeur de l'investigation sera fonction de la nature et de la dimension présumée des fondations. [15].

2.3. Essai de pénétration statique CPT :

2.3.1. Historique :

L'essai de pénétration statique bien connu dans le monde du génie civil, son origine peut remonter aux U.S.A., mais c'est surtout aux Pays-Bas à partir de 1932 qu'il est le plus rapidement développé, grâce aux activités du Laboratoire de Mécanique des Sols de Delft. [15]

2.3.2. Le pénétromètre statique :

C'est un appareil plus précis et plus fidèle. Il mesure au cours de la pénétration en profondeur d'une barre terminée par un cône l'effort de pointe correspondant à la résistance du sol au poinçonnement et l'effort de frottement latéral. Ces deux caractéristiques permettent de déterminer la force portante du sol à différentes profondeurs et de bien choisir le mode de fondation. [16].

2.3.3. Pénétromètres à cône mobile :



Figure 2.3 : Pénétromètre Gouda 200 KN porté sur camion

Dans ces appareils la pointe n'est pas solidaire du fût extérieur, ce qui permet de séparer l'effort en pointe et le frottement latéral, ainsi que l'effort total. Parmi ces appareils on trouve :

– Les pénétromètres hollandais offrent une gamme qui va du simple pénétromètre à main, jusqu'au pénétromètre lourd de 200 KN (le pénétromètre Gouda de 100 KN, et celui de 200 KN sont les plus utilisés en Algérie pour cette raison la suite de notre étude se basera mesurer sur ces deux pénétromètre).

- Le pénétromètre Meurisse qui présente l'avantage de pouvoir fonctionner en pénétration dynamique en présence d'une couche résistante pour laquelle $q_{an} = 5 \text{ MPa}$.
- Le pénétromètre sol étanche ; et d'autres....

2.3.4. Pénétrromètres à cône fixe :

Dans ces appareils, la pointe reste solidaire du fut, ce qui implique la seule mesure de l'effort total qui englobe l'effort de pointe et le frottement latéral.

Parmi ces appareils son trouve :

- Le pénétromètre de Laboratoire des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc qui représente une adaptation de pénétromètre Hollandais.
- Le pénétromètre Fugro, c'est un appareil très sophistiqué, et d'un très grand intérêt.
- Le pénétromètre C.E.B.T.P qui peut être également utilisé en pénétration dynamique.

Comme il existe aussi d'autre pénétromètres car nombreux sont les organismes d'étude qui ont réalisé leur propre appareillage. [9][15].

2.3.5. Appareillage :

Un pénétromètre statique comporte : [17].

- Une structure de réaction,
- Un vérin de fonçage à vitesse constante,
- Une pointe munie d'un cône fixe et, éventuellement d'un manchon de frottement et/ou d'un capteur de pression interstitielle,
- Des dispositifs de mesure de l'effort sur le cône, du frottement latéral local, de l'effort total et, éventuellement de pression interstitielle.

2.3.6. Principe et réalisation de l'essai de pénétration statique :

Bien connu dans la mécanique des sols, l'essai CPT consiste à enfoncer dans le sol à vitesse lente et constante (généralement 2 mm/s) un cône accompagné de son train de tige. Lors de cet essai sont mesurés tant le frottement latéral que la résistance à la pointe. Dans le cas de réalisation de l'essai a cône mobile les mesures sont discontinues, on est obligé d'arrêter la pénétration lorsqu'on voudra mesurer ; et l'essai se pratique de la manière suivante ; on enfonce la pointe seule sur 4 cm à une vitesse constante. On mesure ainsi la force totale de pointe. En poussant sur le tube, celui-ci rattrape la pointe qui vient buter contre lui. On mesure ensuite l'effort total qui est la somme du frottement latéral cumulé et de la réaction à la pointe. On recommence l'opération tous les 20 cm.

Les mesures sont donc discontinues. [9]

Dans l'essai à cône fixe et à mesure continue, on effectue à intervalle déterminé, par exemple tous les 20 cm, une lecture de l'effort total l et de l'effort en pointe. Dans le cas où l'appareil est muni d'un dispositif enregistreur on obtient directement, soit des lectures quasi continues, soit la courbe des efforts en fonction de la profondeur. Si P est la réaction qu'oppose le sol à l'enfoncement du cône et B le diamètre de la base du cône on définit l'effort de pointe Répara la relation : [15].

$$R_p = \frac{4p}{\pi B^2} \quad (2.1)$$

2.3.7. Calcul de la portance d'une fondation superficielle :

- **En terrains pulvérulents :**

Meyerhof a proposé une formule très simple : [9]

$$q_a = (R_p \cdot B / 36) \cdot (1 + D / B) \quad (2.2)$$

Qui est également présentée sous forme d'abaques.

q_a : Contrainte admissible.

- **En terrains cohérents saturés ($\phi_u=0$; C_u) :**

Semelle filante : la contrainte admissible q_a pour une semelle filante assise à la profondeur D est donnée par la relation : [9].

$$q_a = [(\pi + 2) / 3] C_u + \gamma D \quad (\text{avec } F=3) \quad (2.3)$$

Semelle isolée : il convient de multiplier la valeur de q_a de la semelle filante par le coefficient 1,3.

2.3.8. Calcul de la portance d'une fondation profonde :

Le pénétromètre statique est un pieu de petite dimension d'où l'idée de calculer la résistance de pointe et le frottement latéral d'un pieu à partir des caractéristiques mesurées au moyen d'un essai pénétrométrique. [9]

2.3.8.1. Calcul de contrainte limite de pointe q_p d'un pieu à partir de R_p :

- **Représentativité de la valeur R_p à prendre en compte :**

En supposant que $D \geq D_c$, il existe deux méthodes de calcul :

* **Méthode de Begemann** : [9]

$$R_p = (1/2) (R_{p1} + R_{p2}) \quad (2.4)$$

R_{p1} : valeur moyenne de R_p sur la hauteur h_1 au-dessus de la pointe de pénétromètre.

R_{p2} : valeur moyenne de R_p sur la hauteur h_2 au-dessous de la pointe de pénétromètre. Sur

La base de plusieurs essais, Begemann propose d'adopter :

Pour les sols pulvérulents :

$$h1 = 6B \text{ et } h2 = 3,5 B ;$$

Pour les sols cohérents :

$$h1 = h2 = B.$$

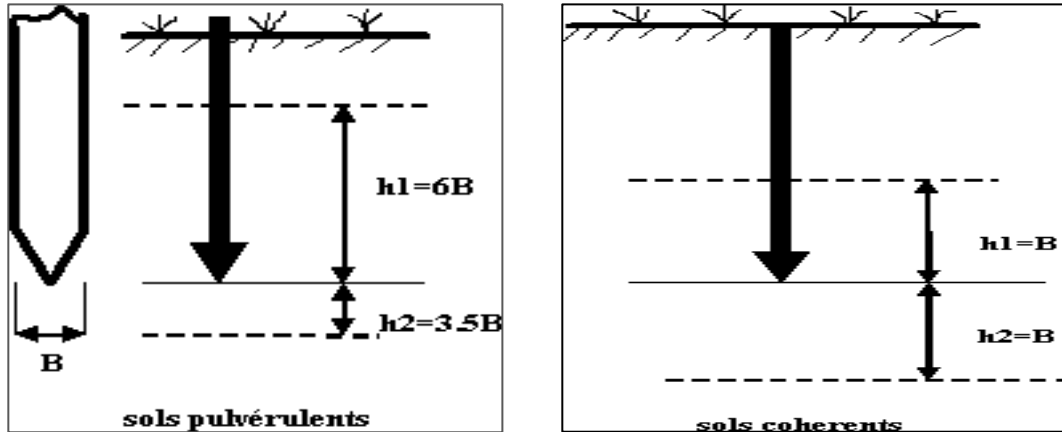


Figure 2.4 : Détermination de la résistance de pointe par la méthode de Begemann [9]

Méthode de Van der Wen : [9]

$$R_p = (1/4,5B) \cdot \int_{-B}^{+3,5B} R_p(z) dz. \tag{2.5}$$

Dans la pratique on remplace, on remplace l'intégral par une dizaine de valeurs de R_p répartie sur la hauteur 4,5B au voisinage de la pointe. (Figure 2.5)

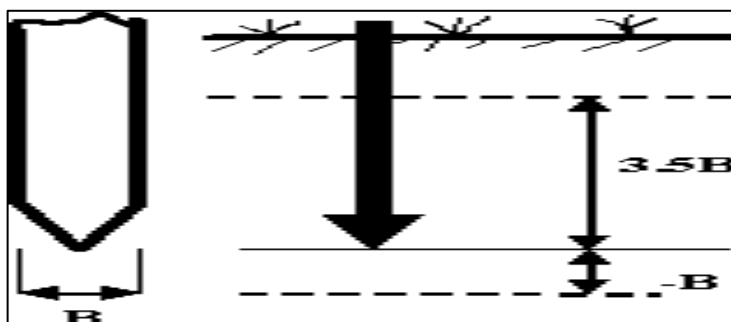


Figure 2.5: Détermination de la résistance de pointe par la méthode de Van der Ween. [9]

- Influence de la nature des terrains :

$$\text{On prend : } q_p = KR_p. \tag{2.6}$$

K est un coefficient réducteur dont la valeur dépend de la nature de terrain. (Tableau 2.1) [9]

Tableau 2.1: les valeurs de coefficient K selon la nature de terrain [9]

K	TERRAINS
1	Argiles et marnes
0,9	Argiles sableuses, limons, silts, sables lâches
0,3	Sables de compacité Moyenne
0,7	Sables compacts

- **Effet d'échelle :**

Pour tenir compte de l'effet d'échelle, les hollandais adopte la relation Suivante : [9]

$$q_p = (b/B) R_p . \quad (2.7)$$

b et **B** étant respectivement le diamètre de la pointe de pénétromètre et celui de la base de pieu.

2.3.8.2. Calcul de frottement latéral unitaire limite f sur le fut d'un pieu :

Ce calcul peut être fait soit à partir du frottement mesuré sur le fut du pénétromètre, soit à partir de la résistance de pointe R_p . [9]

- **Estimation de f(pieu) à partir de f(pénétrromètre):**

On peut dire que selon la technologie de mise en œuvre de pieu f(pieu) peut osciller entre 1/4 et 2f (pénétrromètre). [9]

- **Estimation de f(pieu) à partir de la valeur de R_p :**

Voici ci-après les fourchettes couramment proposer en fonction de la nature du terrain :

Argiles molles ; tourbes : $R_p/25 < f(\text{pieu}) < R_p/10$;

Argiles : $R_p/50 < f(\text{pieu}) < R_p/25$;

Limons ; argiles sableuses : $R_p/100 < f(\text{pieu}) < R_p/50$;

Sables lâches à moyens : $R_p/150 < f(\text{pieu}) < R_p/100$;

Sables moyens sa compacts : $R_p/500 < f(\text{pieu}) < R_p/150$.

Pour les terrains purement cohérents, Kerisel a proposé la relation suivante :

$$F = C_u \cdot \frac{1 + C_u^2}{1 + 7 C_u^2} \quad (2.8)$$

⊗ Remarque : Les valeurs de frottement dont il a été question ci-dessus, sont des valeurs limites. La valeur nominale du frottement sur le fut du pieu sera donc obtenue en

appliquant à ces valeurs limites, un coefficient de sécurité compris entre 2 et 3. [9]

2.3.9. Ordre de grandeur R_p selon le terrain : Voir tableau 2.2 [9]

Tableau 2.2 : Valeurs de R_p selon le terrain [9]

Nature du terrain	Valeur de R_p (en bar)
Vase, tourbe, argile molle	$R_p < 10$
Argile, limon, siltargileux, craie altérée, marne Tendre	$10 < R_p < 25$
Sable lâche à moyennement compact, marne raide	$25 < R_p < 50$
Sable compact, grave compacte	$50 < R_p < 250$

2.3.10. Limites d'un essai de pénétration statique :

L'inconvénient majeur peut être dans certain cas la non-représentativité de l'essai. Si un point dur est rencontré, il amènera à de mauvais paramètres. En fonction du matériel roulant choisi – qui est l'appui pour enfoncer le cône –, on peut également être limité. Le refus sera parfois obtenu avant la profondeur projetée minimale d'investigation. En aucune façon, un essai de pénétration ne pourra donc se substituer à une reconnaissance géologique soignée. Sauf cas particulier d'un site déjà bien connu. [15].

2.4. Essai de pénétration dynamique :

2.4.1. Historique :

Le pénétromètre dynamique est le descendant direct de la technique sommaire d'investigation à la barre à mine enfoncée à la masse ; il a fait l'objet d'une certaine normalisation au début du XX^e siècle. [9].

2.4.2. Domaine d'utilisation :

Le PD peut être utilisé pour l'évaluation structurale de la chaussée et pour une étude de reconnaissance de sol. Il permet de dresser un profil de rigidité du sol, d'établir l'épaisseur et la profondeur des couches, et de déduire les propriétés mécaniques in situ des matériaux et des sols supports. Il peut aussi être utile pour déterminer la profondeur du socle rocheux lorsque celui-ci est près de la surface ou pour vérifier la profondeur de dégel printanier dans le corps de la chaussée. Enfin, il s'avère utile pour la détection et la caractérisation des couches de faible consistance (tourbe et argile molle) et des noyaux des remblais légers. Il convient de

noter qu'en principe, l'essai de pénétration dynamique n'est pas adapté à l'étude des sols cohérents, ni à celle des sols très lâche. [5],[18].

2.4.3. Types de pénétromètre dynamique :

Nombreux sont les pénétromètres dynamiques utilisées dans le monde, dans ce cadre on peut citer : pénétromètre dynamique léger manuel (pénétromètre FONDASOL...), pénétromètre dynamique léger motorisé (ETF-Toulouse...), et le Pénétromètre lourd (Andina...).

Tous ces pénétromètres diffèrent l'un de l'autre par :

- Diamètre de pointe,
- Diamètre de tige,
- Poids du mouton,
- Hauteur de chute.

Devant le foisonnement des modèles, la commission internationale de standardisation a décidé de ne retenir que deux types :

Les pénétromètres dynamiques type A (P.D.A) utilisant, soit une boue de forage, soit un tubage de revêtement extérieur, pour éliminer le frottement latéral ;

Les pénétromètres dynamiques type B (P.D.B) mis en œuvre sans tubage extérieur ni boue de forage, et dans lesquels la valeur de frottement latéral sur les tiges est estimée

Par mesure du couple nécessaire à la rotation du train de tiges.

Pour les deux types les pointes peuvent être de type « fixe » ou du type « perdu ». Deux modèles de pointes ont été standardisés : [9],[15].

Pour le pénétromètre P.D.A :

- Angle de pointe 90° ,
- Section nominale 30 cm^2 ,
- Diamètre $62 \pm 0,2 \text{ mm}$,
- Longueur de la partie cylindrique $62 \pm 0,2 \text{ mm}$,
- Diamètre des tiges 40 à 45 mm ;

Pour le pénétromètre P.D.B:

- Angle de pointe 90° ,
- Section nominale 20 cm^2 ,
- Diamètre $51 \pm 0,2 \text{ mm}$,

- Longueur de la partie cylindrique $51\pm 0,2\text{mm}$,
- Diamètre des tiges $32\pm 0,3\text{mm}$.

Le poids du mouton et la hauteur de chute ont été aussi codifiés :

- Poids du mouton $63,5\pm 0,5\text{ kg}$,
- Hauteur de chute $32\pm 0,3\text{ mm}$

La cadence de battage commandée est de 30 coups par minute. Cette cadencée doit pas être dépassée dans les sols cohérents. Avec l'évolution de la technologie les chercheurs on développer des pénétromètres Automatique Numérique Dynamique Assisté par ordinateur, comme le pénétromètre PANDA. [9]. [15].



Figure 2.6: Vue d'ensemble d'un pénétromètre

2.4.4.Principe et réalisation de l'essai

L'essai au pénétromètre dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage, des tiges métalliques à l'aide d'un mouton tombant en chute libre. Il est conçu pour donner un ordre de grandeur de la résistance du terrain jusqu'à la profondeur désirée (si possible). [15].

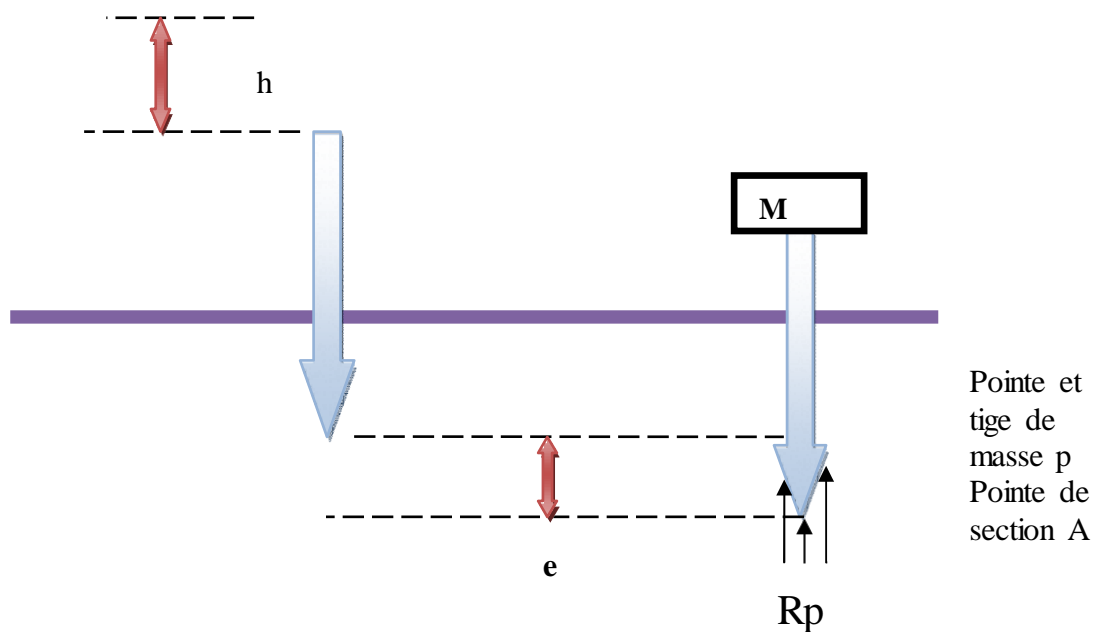


Figure 2.7: Schéma de principe de l'essai au pénétromètre dynamique [15].

La mise en œuvre de cet appareil est particulièrement simple et ne nécessite aucun forage préalable. L'appareil étant installé sur le point d'exploration, l'opérateur trace sur le train de tiges, une série de repères espacés entre eux de 10 ou de 20 cm, comptés à partir de la pointe. Lors de battage en continu il note le nombre de coups de mouton N nécessaire à l'enfoncement de train de tiges, d'une hauteur comprise entre deux repères successifs. [15].

2.4.5. Présentation des résultats :

Les résultats des essais sont représentés par des graphiques donnant en fonction de la profondeur atteinte par la pointe de l'appareil :

- Soit le nombre de coups N , correspondant à un enfoncement de Δh (la résistance est proportionnelle au nombre de coups),
- Soit la résistance en pointe déduite de la formule dite des Hollandais.

Ces diagrammes fournissent un profil continu de la résistance du terrain à la pénétration jusqu'à la profondeur atteinte. Ces graphiques n'ont de réelle signification sauf si le frottement latéral de tiges sur le terrain a peut-être éliminé. [9],[15].

On appelle refus l'enfoncement de la pointe correspondant à un coup de mouton. On a donc :

$$e = \frac{\Delta h}{N} \quad (2.9)$$

$e = 0$; cas de refus absolu. [9],[15].

2.4.6. Interprétation de l'essai de pénétration dynamique :

L'interprétation de l'essai de pénétration dynamique est essentiellement fonction du type d'appareil utilisé. Lorsque le diamètre de la pointe est sensiblement identique à celui de train de tiges, il est impossible de dissocier l'effort de pointe de frottement latéral. [5]. [11] Les appareils à pointe élargie ne mobilisent en principe que la résistance de pointe. Dans la mesure où l'énergie de battage est uniquement dépensée pour la pénétration de la pointe, on peut considérer que la courbe: nombre de coups en fonction de la profondeur, fournit une bonne appréciation de la résistance des terrains traversés. Cette résistance est conditionnée par la densité relative du terrain, pour les terrains pulvérulents secs, ou pour les terrains pulvérulents aquifères de grande perméabilité, pour les terrains cohérents saturés, ou les terrains pulvérulents fins aquifères, une grande part de l'énergie de battage est absorbée par l'eau interstitielle, ce qui fausse l'interprétation. [9],[15].

Règles : ne jamais considérer comme porteuse une couche où l'on a simplement constaté un accroissement brutal de la résistance de pointe si cette couche n'a pas été traversée sur plusieurs mètres. [15].

2.4.7. Détermination de la contrainte admissible d'un sol de fondation à partir d'un essai au pénétromètre dynamique :

– **Fondation superficielle** : [9].

$$\text{La relation la plus courante est : } \mathbf{q_a = R_{dyn}/20} \quad (2.10)$$

R_{dyn} étant calculé à partir de la formule des Hollandais.

▀ **Calcul de la charge portante nominale de pointe d'un pieux battus Q_{pn} :** [9]

Ce mode de calcul ne vaut que pour les pieux mis en place par battage.

Si on admet la correspondance entre la portance statique et la portance dynamique, on peut

$$\text{écrire : } \mathbf{Q_{pn} = \frac{1}{F} R_{dyn} \cdot S} \quad (2.11)$$

S : section droite du pieu,

F : coefficient de sécurité pris égal à 6 quand R_{dyn} est calculé à partir de la formule des Hollandais.

2.5. Essai de pénétration standard (s.p.t) :

2.5.1. Historique :

L'origine de l'essai de pénétration standard S.P.T remonte aux environs de 1902 et est liée à l'introduction de la technique de prise d'échantillons au carottier. Les travaux de Terzaghi et Peck ont permis de codifier l'usage de cet appareil, tant pour l'étude des fondations profondes que pour celle des fondations superficielles.

2.5.2. Appareillage :

Il est constitué d'un tube carottier en trois parties : [9],[19].

- Une tête de carottier de 178 mm de longueur comportant, à sa partie supérieure, un filetage permettant l'assemblage avec les tiges de forage, des orifices de sortie d'eau et des méplats pour le serrage.
- Un corps de carottier long de 559 mm, fendu longitudinalement selon ses génératrices.
- Un sabot de battage de 76 mm de long avec une trousse coupante de 19 mm et filetage d'assemblage avec le corps du carottier.

Les caractéristiques de l'appareil sont les suivantes : [9],[19]

- Longueur totale 813 mm
- Longueur intérieure utile 635mm.
- Diamètre extérieur 51 mm
- Diamètre intérieur 35 mm
- Le mouton de battage est de 63.5 kg.

Cet appareil standard peut connaître quelques variantes dans les dimensions du carottier, l'épaisseur de ses parois, et le poids du mouton de battage.

2.5.3. Présentation des résultats :

L'essai S.P.T permet de prélever des échantillons remaniés. Il permet donc une identification des sols qui complète utilement les données du forage préalable.

Les documents qui seront fournis devront faire apparaître : : [9],[15]

- Les résultats et les profondeurs des essais, ainsi que la nature des couches traversées, leurs épaisseurs et leurs caractéristiques et les valeurs de N correspondantes.
- Les niveaux d'eaux éventuellement rencontrés.
- Types de tiges et le moyen de percussion

2.5.4. Correction à apporter à la valeur de N :

➤ **Sol pulvérulent immergé** : [9]

Si N' est le nombre fourni par l'essai dans le matériau immergé, le nombre N caractéristique du même matériau est fourni, selon Terzaghi par la relation :

$$N = 0.5 N' + 7.5 \quad (2.12)$$

S.P.T. réalisée à une faible profondeur : [9]

$$N = N' + \frac{35}{7 + \gamma D} \quad (2.13)$$

Avec :

γ : poids spécifique du sol en t/m^3 .

D : profondeur exprimé en mètres.

Si le sol est immergé, on remplace γ par γ' : poids spécifique déjaugé du sol considéré.

2.5.5. Fondation superficielle dans du sable (calcul de σ^a partir de N) :

Abaques de terzaghi et peck : [9].

Connaissant le nombre N , l'abaque 1 (annexe) fournit directement la valeur de q_a du terrain de fondation « établi pour un coefficient de sécurité $F=3$ » en fonction de la largeur B de la semelle (sans distinction de forme). La semelle est posée à la surface du sol ou encastree sans surcharge, la nappe phréatique étant située à une profondeur $h_e \geq B$ au-dessous de l'assise.

Pour une semelle carrée on devra choisir B pour que :

$$\frac{P}{B^2} \leq q_a \quad (2.14)$$

L'abaque 2 de l'annexe représente le surcroit de portance qu'on peut ajouter à la valeur q_a définie par l'abaque 1 de l'annexe, lorsque le terrain d'assise de la semelle subit une surcharge de terrain de hauteur h . [9]

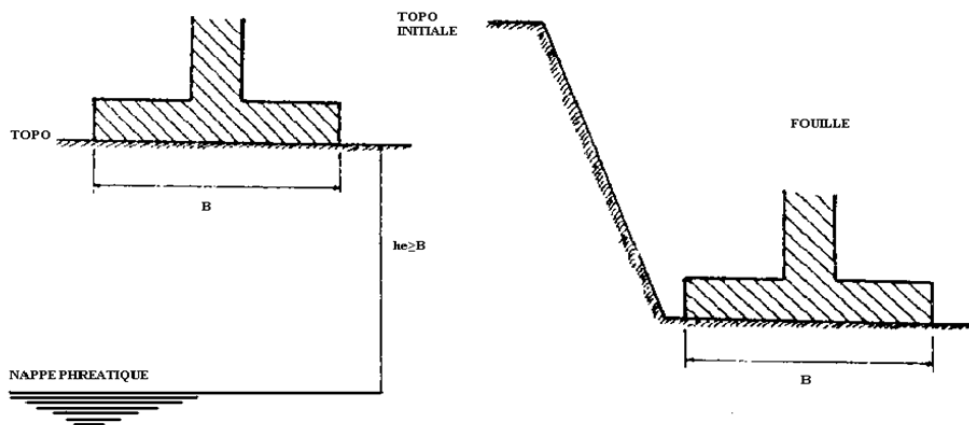


Figure 2.8 : Schéma d'une semelle surcharge latérale. [9]

⊗ Remarque:

Si la nappe phréatique est située sous l'assise à une profondeur inférieure à B, ou si elle est située au-dessus de l'assise, la valeur de q_a obtenue au moyen des abaques est à diviser par 2. [9]

Les deux abaques précédents ne prennent pas en compte l'effet du tassement sous les fondations ; pour cette raison Terzaghi et Peck ont proposés un troisième abaque dans lequel ils ont limité le tassement sous les fondations à 2.5 cm (figure 2.10).

La contrainte admissible q_a est définie pour un coefficient de sécurité $F=3$. La valeur de q'_a est à diviser par 2 dans le cas d'une nappe phréatique haute et éventuellement à majorer de l'effet d'une surcharge latérale selon l'abaque

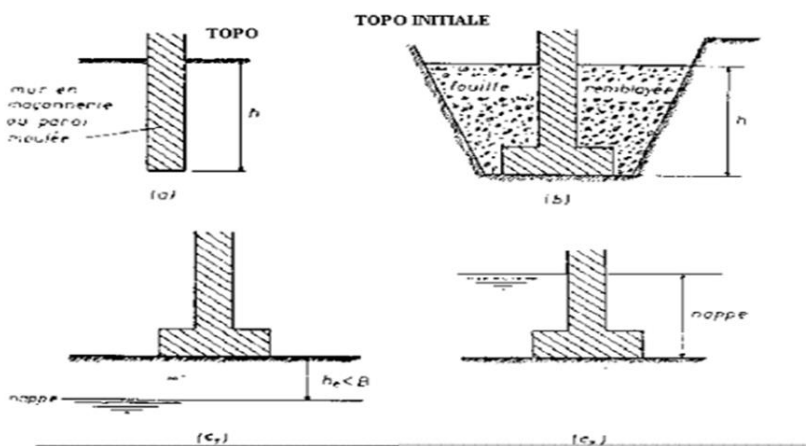


Figure 2.9 : Schéma d'une semelle avec sur charge latérale. [9]

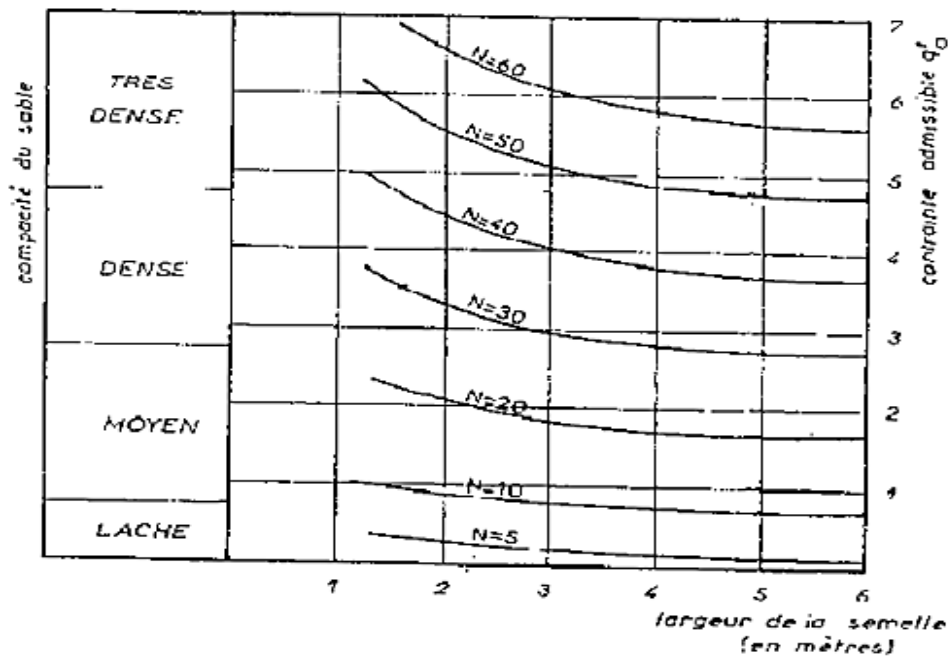


Figure 2.10 : Contrainte admissible pour que le tassement absolu reste inférieur à 2.5. [9]

Relation de Meyerhof : [9]

En tenant compte d'un encastrement D la relation de Meyerhof s'écrit :

$$q_a = (NB/30) (1 + D/B). \quad (2.15)$$

B et D sont exprimés en pieds ; q_a est exprimé en t/pieds^2 .

Si la semelle est posée en surface de la couche porteuse ($D=0$), elle devient :

$$q_a = (NB/30) \quad (2.16)$$

Cette relation ne prend pas en compte la position de la nappe par rapport à la fondation.

Cas des radiers fondés sur du sable :

Admettant que le tassement maximum du radier soit limité à 5cm, Terzaghi et Peck proposent d'adopter les valeurs de q_a données dans le tableau suivant :

Tableau 2.3: Les valeurs de q_a en fonction de la compacité du sable. [9]

N	Compacité du sable	q_a
<10	Peu compact	Doit être d'abord compacté
10-30	Moyennement compact	0.7-2.5
30-50	Compact	2.5-4.5
>50	Très compact	> 4.5

Cette estimation suppose que l'épaisseur de la couche de sable est au moins égale à la largeur B du radier. Si la nappe phréatique est située très au-dessous du radier ($>B/2$), on peut majorer de 10 à 20% les valeurs du tableau 2.3.

2.5.6. Fondations superficielles dans l'argile : [20]

Terzaghi et Peck ont proposé une corrélation entre R_C et N (cf tableau 2.4)

Comme q_a vaut approximativement R_C on peut en déduire la valeur de q_a de l'application du tableau de corrélation entre R_C et N.

Tableau 2.4: les valeurs de q_a en fonction de la compacité du sable

N	Compacité du sable	q_a
<10	Peu compact	Doit être d'abord compacté
10-30	Moyennement compact	0.7-2.5
30-50	Compact	2.5-4.5
>50	Très compact	> 4.5

2.5.7. Fondation profonde :

Toutes les recherches effectuées pour tenter de calculer la portance des pieux à partir des valeurs de N fournies par l'essai S.P.T; forment un témoignage de dispersion des résultats, surtout dans les argiles.

2.6. Essai pressiométrique :

L'essai pressiométrique consiste à réaliser l'expansion horizontale d'une sonde cylindrique dans un forage à une profondeur donnée, sous des contraintes radiales jusqu'à la rupture du sol. Il permet d'obtenir une relation entre les contraintes appliquées et les déplacements horizontaux du forage, ce qui présente un grand avantage par rapport à d'autres

essais *in-situ*, du fait qu'il permet l'analyse du comportement du sol aussi bien en petits déplacements qu'à la rupture.

Sur le plan historique, l'idée de l'essai d'expansion latérale du sol revient à Koegler (1930), mais c'est Louis Ménard (1957) qui a repris et développé cet essai en mettant au point un appareil nommé pressiomètre. Le mérite de Louis Ménard est d'être le pionnier de la théorie pressiométrique qui a donné une impulsion à la mécanique des sols, notamment dans les domaines du calcul des fondations et l'étude des lois de comportement du sol.

Par la suite, Baguelin et Jézéquel (1967) ont mis au point le pressiomètre auto foreur (PAF) qui permet la réalisation d'un forage intact avant de faire l'essai pressiométrique, ce qui ouvre des perspectives intéressantes pour l'étude du comportement du sol, notamment dans le milieu marin. [21],[22].

On propose ci-après d'exposer sommairement l'appareil pressiométrique et le mode opératoire selon les normes françaises.

2.6.1. Historique :

C'est à L. Menard ingénieur civil de l'Ecole des Ponts et Chaussées, Master of sciences de l'Université de l'Illinois, que l'on doit, à partir de 1957 la mise au point définitif de l'essai pressiométrique . [23].

2.6.2. Pressiomètre :

C'est un appareil simple, pratique et d'utilisation relativement aisée quoique nécessitant beaucoup de soins, l'apparition de cet appareil a ouvert en mécanique des sols, la voie à des recherches particulièrement intéressantes et qui a fait faire à l'étude des fondations des progrès considérables. On peut dire qu'il s'agit d'une famille à part dont la technologie et surtout la méthode d'interprétation se différencient totalement des autres essais. [9],[15]

Depuis la mise en service des premiers pressiomètre, plusieurs générations d'appareils ont vu le jour. Le principe en est resté immuable, mais de nombreux perfectionnements ont été apportés qui permettent d'atteindre les pressions de 10 MPa, alors qu'à l'origine les premiers appareils étaient limités à 1 MPa. [9],[15].



Figure 2.11: Pressiomètre avec une sonde mono cellulaire

2.6.3. Principe de mesure :

D'après [24], on distingue dans un pressiomètre trois éléments (Figure 2.12) :

- Le contrôleur pression volume ou C.P.V;
- Les tubulures de connexion ;
- La sonde de mesure que l'on introduit dans un forage au niveau de l'essai et qui dilate radialement.

Le C.P.V est rempli d'eau et est mis en relation avec la sonde de mesure par les tubulures de connexion. Le refoulement de l'eau dans la sonde est obtenu par application de pressions croissantes sur la surface supérieure de l'eau au moyen d'un gaz comprimé. Au sujet de la mise en place de la sonde dans le trou de sondage (préforage, auto forage...), il existe divers procédés dépendants de la nature du sol. Quant à la sonde, elle comporte trois cellules :

- Une cellule de mesure centrale (d'un diamètre compatible avec les diamètres des outils de forage usuels) constituée d'un tube métallique revêtu d'une membrane en caoutchouc gonflée avec de l'eau, exerçant une pression radiale sur les parois du forage ;

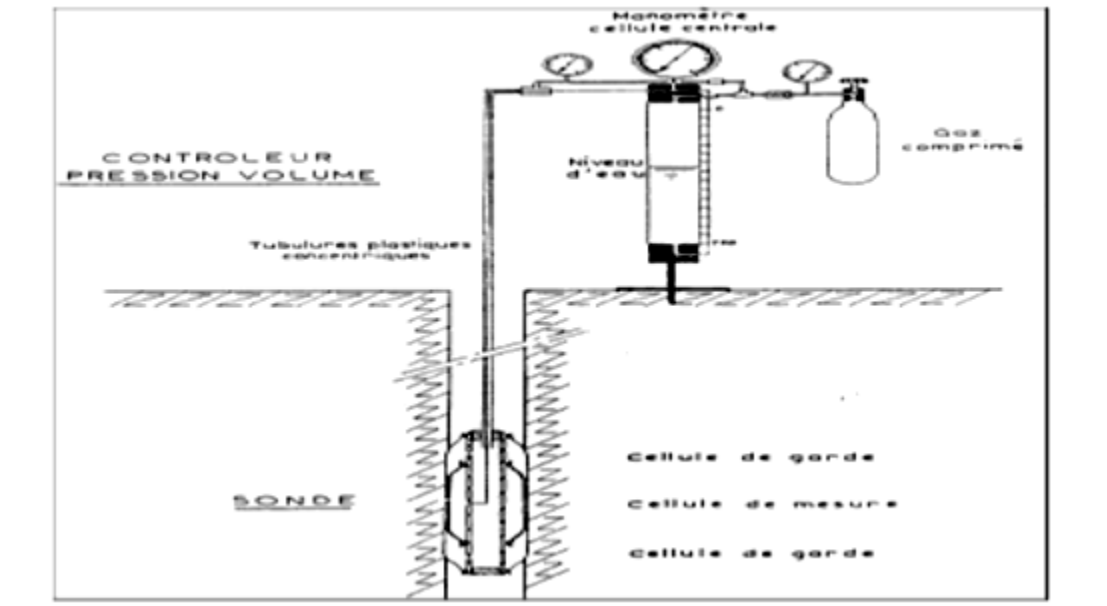


Figure 2.12: principe de l'essai

Deux cellules de garde de même conception, disposées aux extrémités de la cellule centrale et gonflées à l'air, tout au moins pour des essais effectués à des profondeurs <15m. Pour des profondeurs supérieures, il est recommandé de gonfler également à l'eau les cellules de garde, de façon à annuler la différence de pression en cellules due à la pression cylindrique des contraintes et des déformations au niveau de la cellule de mesure et ainsi de neutraliser les perturbations d'extrémité ;

Tous les organes de mise en pression et de régulation sont pneumatiques.

Les déformations du sol sont mesurées à partir de : du volume d'eau injecté dans la cellule centrale est lue sur un tube indicateur en fonction du temps pour des paliers de pression Croissants de 1 minute.

Les résultats de l'essai sont traduits par deux courbes pressiométriques, l'une qui donne la variation de volume V_{60} mesuré à la minute en fonction de la pression, l'autre, dite courbe de fluage, qui correspond aux variations différées $V_{60}-V_{30}$ en fonction de la pression

2.6.4. But de l'essai :

Le but de l'essai a déterminé la capacité portante d'un sol et son tassement sous une fondation donnée et ce en tirant trois caractéristiques fondamentales et qui sont :

- La pression limite P_i et qui correspond à la rupture du terrain sur la paroi de la cavité cylindrique, et qui est directement liée à la capacité portante.
- Le module de déformation pressiométrique E_m qui caractérise la phase de déformation pseudo-élastique de l'essai. Il intervient dans le calcul du tassement.

- La pression de fluage P_f qui correspond au passage du domaine des déformations pseudo-élastiques du terrain qu'à domaine des déformations plastiques.

2.6.5. Principaux types d'appareils :

Il existe 2 principaux types de pressiomètre en ce qui a trait à la mesure des déformations : les appareils où cette mesure est faite en mesurant le volume du fluide injecté pour dilater la sonde et ceux où cette mesure est faite en mesurant directement les variations de diamètres de la sonde. [25]

- Pressiomètre ménard (type G-Am),
- Texam
- Pencil
- Tri-mode,
- Boremac,
- Pressiomètre auto-foreur du lcpc,
- Sonde conique de Ladanyi.

2.6.6. Principes et hypothèses de l'essai pressiométrique :

Les essais pressiométriques sont des essais de chargement in situ réalisés par expansion d'une cavité cylindrique. Les contraintes sont exercées sur les parois du cylindre, en contact avec le sol ou le roc en place, à l'aide d'un fluide agissant sous une ou des membranes dilatables. On obtient ainsi une relation contrainte-déformation qui peut être analysée théoriquement, ou empiriquement selon les hypothèses sur les propriétés du milieu.

[15],[24]

▀ Hypothèses :

- L'appareil exerce un champ de contraintes radiales uniformes sur une certaine longueur de la sonde. Cette hypothèse a conduit à la conception des sondes tri cellulaires par Louis Ménard.
- Le milieu comporte une phase pseudo-élastique et une phase plastique.
- Dans le cas où la mesure de la déformation est faite de façon volumétrique, on considère que le milieu est isotrope dans la zone de l'essai . [25].

2.6.7. Réalisation d'un essai pressiométrique :

L'essai doit être donc réalisé dans un forage dont les parois sont en équilibre. Une fois la sonde descendue et bloquée à la profondeur désirée, on ouvre les robinets d'admission et le

niveau d'eau dans le voyant s'abaisse alors et donne une lecture correspondant à celle de la colonne d'eau au niveau de la sonde ; la mise en pression s'effectue ensuite par palier. L'essai Ménard dit normalisé doit comprendre environ une dizaine de paliers de pression. Les lectures de déformations sont faites pour chaque palier de pression 15 secondes, 30 secondes et 1 minute après la fin de la mise en pression, (figure 2.13). [15],[25]

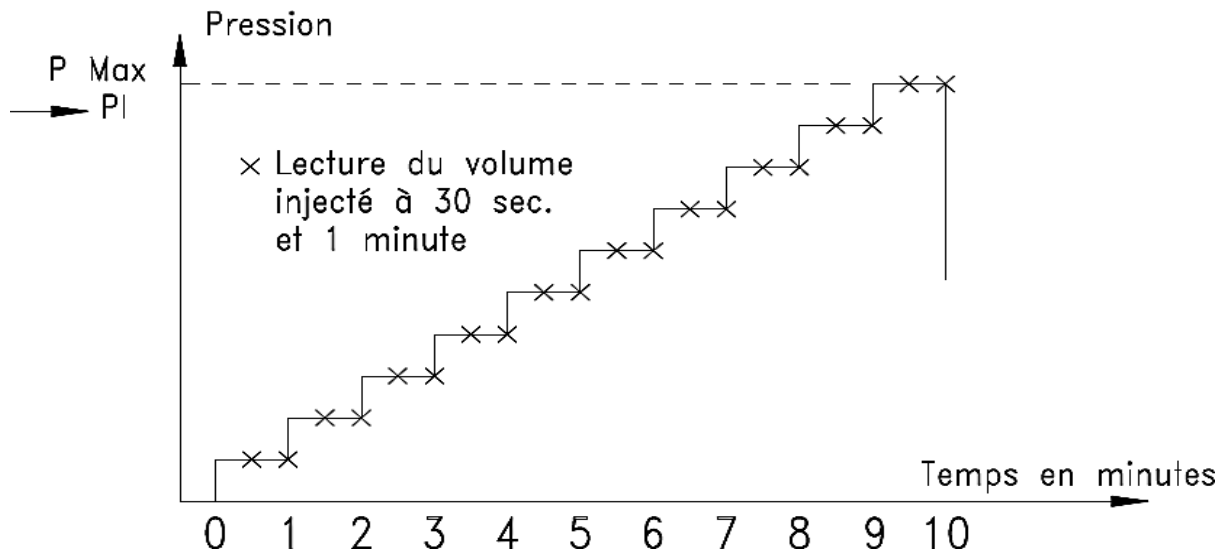


Figure 2.13 : Procédure d'essai type Ménard [25]

2.6.8. Résultats des essais pressiométriques :

2.6.8.1. Courbe pressiométrique

La figure 2.14 représente une courbe pressiométrique brute. Elle donne dans le cas d'un appareil à mesure volumétrique comme le G-Am ou le TEXAM les volumes injectés dans la sonde en fonction des pressions. [9],[25]

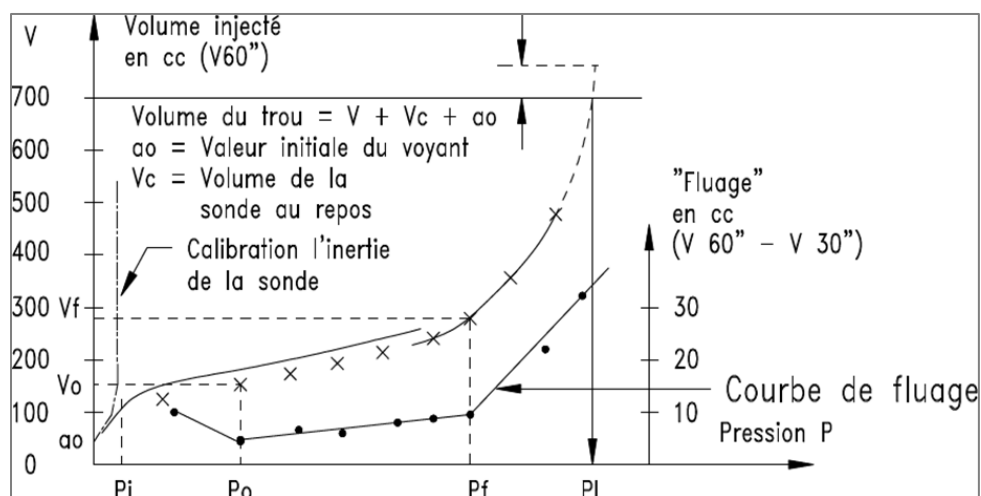


Figure 2.14: Courbe pressiométrique brute-TYPEMÉNARD [25]

La courbe pression-volume présente 3 phases (figure 2.14) La phase de recompression : pour laquelle l'accroissement du volume de la sonde est grand par rapport à l'augmentation de la pression. La phase pseudo-élastique: c'est une partie quasi rectiligne d'une pression P_0 à une pression P_f , qui correspond sensiblement à une loi de proportionnalité entre pression et déformation. La phase plastique menant à la rupture : c'est une partie à courbure variable, de plus en plus redressée et tendant vers une asymptote verticale d'abscisse P_l . Au cours d'un palier de pression donné, il se produit dans le terrain une déformation qui augmente en fonction du temps et se traduit par un accroissement correspondant du volume de la sonde ; cette déformation est représentée par la différence ($V_{60''}-V_{30''}$). La courbe de fluage est établie en portant en abscisses la pression, et en ordonnées, la différence

($V_{60''}-V_{30''}$) correspondante. La courbe de fluage présente aussi les mêmes trois phases que la courbe pression -volume.[9],[25]

2.6.8.2. Paramètres obtenus dans un essai pressiométrique

Pression limite : P_l [25]

La pression limite correspond à la rupture du sol environnant. Elle est donnée par l'asymptote de la courbe pressiométrique. Comme cette asymptote n'est pas toujours facile à définir, une autre définition a été donnée pour la pression limite à savoir la pression correspondant au doublement de la cavité cylindrique initiale. Cette valeur tient compte de la pression d'inertie de la sonde P_i qui étant généralement très faible ($P_i < 50$ KPa) est souvent négligée sauf dans les argiles molles.

Module pressiométrique : E [25]

Dans un milieu élastique la relation entre le module de cisaillement G et le module de Young est :

$$G = E / 2 (1 + \nu) \quad (2.17)$$

Où ν est le coefficient de Poisson.

Dans le cas du module pressiométrique E_m le coefficient de Poisson $\nu = 0,33$. Si V_c est le volume de la sonde au repos on obtient

$$E_m = 2,66 (V_c + V_m) \cdot \Delta P / \Delta V \quad (\text{figure 2.15}) \quad (2.18)$$

$\Delta P / \Delta V$ est la pente de la courbe pressiométrique dans sa partie linéaire pseudo-élastique prise au volume V_m à mi-distance entre V_0 le volume correspondant à la pression de recompression de la paroi qui est plus ou moins égale à la pression du sol au repos et V_f le volume correspondant à la pression de fluage. [25]

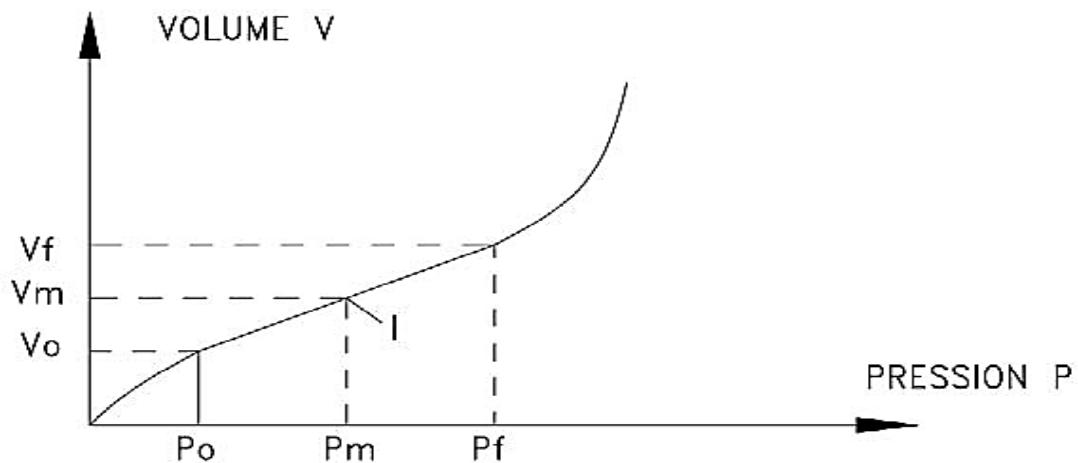


Figure 2.15 : Principe de calcul du module pressiométrique E_m [25]

PRESSION DE FLUAGE: P_f

Cette pression correspond à la fin de la phase pseudo-élastique. Bien que cette valeur ne soit pas utilisée comme paramètre de calcul de fondation il est important de la déterminer pour valider les résultats. [25]

2.6.9. Utilisation des résultats pressiométriques :

2.6.9.1. Capacité portante d'une fondation superficielle :

Un essai pressiométrique est essentiellement un essai de chargement in situ mené jusqu'à la rupture. La théorie et de nombreuses expériences ont montré que la capacité portante à la rupture est proportionnelle à la pression limite P_l du terrain. Le facteur de proportionnalité est fonction de la profondeur relative et la forme de la fondation ainsi que du type de terrain. [9],[25]

Si on appelle:

Q_l : la capacité portante à la rupture;

Q_o : la pression naturel vertical du terrain au niveau de la fondation après construction;

P_l : la pression limite ;

P_o : la pression horizontale du terrain 'aurepos' au niveau de l'essai;

K : le coefficient de portance sans dimension.

On a la relation générale suivante :

$$Q_l - Q_o = K (P_l - P_o). \quad (2.19)$$

Pour définir le facteur K Les Techniques Louis Ménard ont classé les matériaux en 4 catégories (Tableau 2.5). [9],[25]

Tableau 2.5: Catégories de sols [9]

GAMME DE P_l en kPa	TYPE DE SOL	CATEGORIE
0-1200 0-700	ARGILE SILT	I
1800-4000 1200-3000 400-800 1000-3000	ARGILE FERME SILT COMPACT SABLE COMPRESSIBLE ROCHE TENDRE	II
1000-2000 4000-10000	SABLE ET GRAVIER ROC	III
3000-6000	SABLE ET GRAVIER TRES COMPACT	IIIA

Les résultats indiquant les valeurs du facteur K, sont résumés sur la figure 2.16. La valeur minimum de K qui est égale à 0,8 correspond à une fondation placée à la surface du sol. On remarque qu'au-dessous d'une certaine profondeur relative h/R , où R est la demi largeur de la fondation et h sa profondeur, le facteur K devient constant. Cette profondeur est appelée la profondeur critique (profondeur à partir de laquelle la pression de rupture $Q_l - Q_0$ dans le terrain supposé homogène reste constante) est varié de 4 pour les semelles circulaires ou carrées dans les argiles à 22 pour les semelles filantes dans les sables et graviers très compacts. [5],[20]

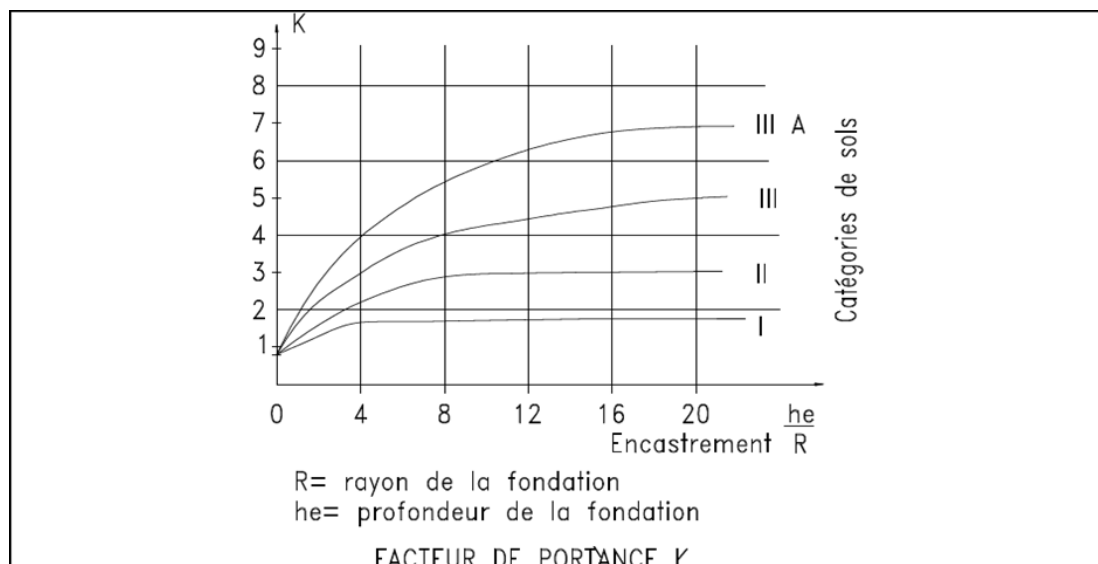
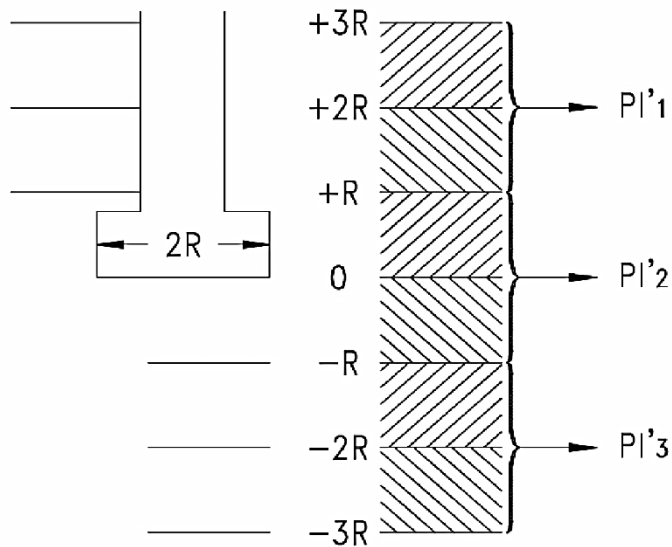


Figure 2.16 : Facteur de portance en fonction de l'encastrement [9]

– Cas de sterrains hétérogènes



$$Ple = \sqrt[3]{P'1 \times P'2 \times P'3}$$

Figure 2.17 : Détermination de la pression limite équivalente

Dans le cas où les fondations sont faites dans un terrain dont les propriétés varient avec la profondeur il est nécessaire d'utiliser une Pression limite équivalente Ple , qui est définie comme la moyenne géométrique des valeurs de Pl obtenues à proximité de la fondation. Le terrain est divisé en tranche d'épaisseur R égale la demi largeur de la fondation. Si on appelle $P'1$ la moyenne géométrique des pressions limites des couches situées entre $3R$ et $+R$ au-dessus de la fondation, $P'2$ la moyenne géométrique des pressions limites des couches situées entre $+R$ et $-R$ soit de part et d'autre du niveau de la fondation et $P'3$ la moyenne géométrique des pressions limites des couches situées entre $(-R$ et $-3R)$ au-dessous de la fondation, on obtient :

$$Ple = \sqrt[3]{P'1 \times P'2 \times P'3} \quad (2.20)$$

Pour les fondations fondées à faible profondeur, le premier terme $P'1$ n'est pas pris en compte et Ple est égal à la racine carrée du produit des 2 autres termes.

Contrainte admissible d'une semelle de fondation: [9],[25]

La contrainte limite sous la semelle est définie par la relation :

$$ql = k(p1 - p0) + q0. \quad (2.21)$$

La contrainte admissible qa s'en déduit par application d'un coefficient de sécurité égale à 3 à la première partie du deuxième membre de l'expression ci-dessus :

$$q_a = (k/3)(p_l - p_0) + q_0. \quad (2.22)$$

Dans le cas d'une poutre encastrée, les paramètres p_0 et q_0 sont en général négligeables devant P et on a la relation simple suivante :

$$q_a = kpl/3 \quad (2.23)$$

Si l'encastrement correspond à $k=1$, on aura :

$$q_a = pl/3. \quad (2.24)$$

■ Cas particuliers : [9],[25]

Semelles rapprochées :

Soit R la demi-largeur d'une semelle dans le sens d'alignement des poteaux, et « l » la distance entre les bords de deux semelles voisines.

- Si $l/R > 2$: application de la relation générale exposée ci-dessus.
- Si $l/R \leq 2$: le facteur de portance k est limité à la valeur k_l telle que ;

$$k_l < 1 + (1/R).$$

Si p est la pression du côté le moins chargé, et P la pression du côté plus chargé, la stabilité générale à l'enfoncement est obtenue si :

$$(p+P)/2 \leq q_a.$$

q_a : Contrainte admissible pour la semelle supposée chargée uniformément; La stabilité au renversement est assurée si :

$$P < 1,5q_a.$$

Cette relation est valable pour $h/R > 1$ (h : profondeur d'encastrement de la semelle).

Si $h/R \leq 1$, on considère une semelle fictive constituée par le tiers le plus chargé de la fondation réelle et l'on calcule sa contrainte admissible q_a que l'on compare à P .

2.6.9.2. Capacité portante des fondations profondes :

Elle est composée de 2 éléments :

- 1 - la résistance en pointe calculée comme précédemment avec le facteur de portance K tiré des abaques Ménard ;
- 2 - le frottement latéral S , qui comporte 2 valeurs S_1 qui s'applique sur une hauteur égale à 3 diamètres au-dessus de la base du pieu et S_2 pour le reste du pieu.

Dans les sols très compressibles tassant encore sous leur propre poids le frottement latéral devient négatif. Il est appelé S_3 et pour E inférieur à 15 est pris égal à 10 KPa. Lorsque les sols sont surchargés la valeur de S_3 est augmentée en fonction de P_1 (figure 2.19).[25]

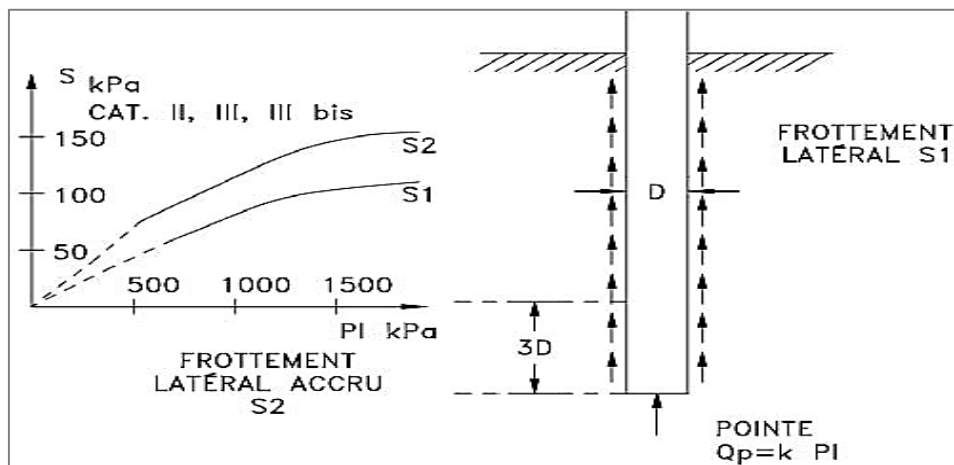


Figure 2.18: Capacité portante d'un pieu.[25]

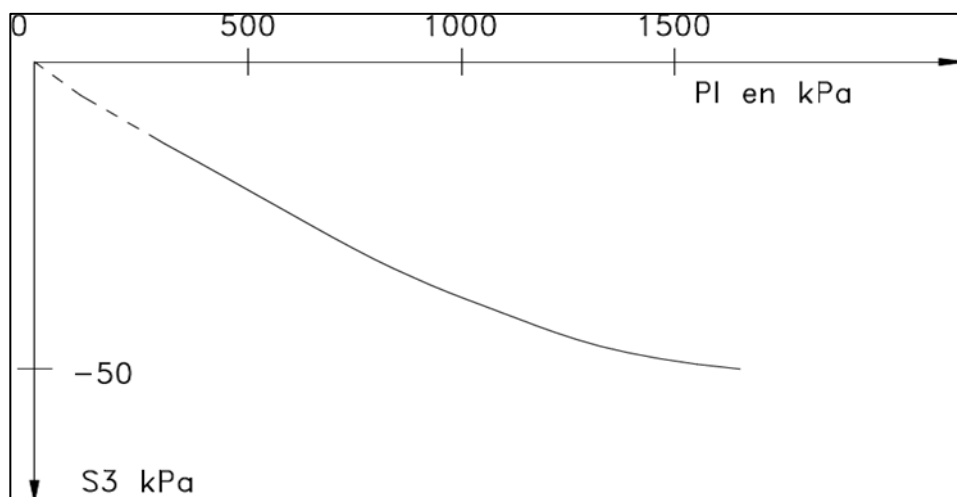


Figure 2.19 : Frottement latéral négatif.[25]

2.7. Essai scissométrique :

L'essai scissométrique est l'essai de cisaillement non drainé le plus répandu, le cisaillement étant réalisé par rotation des pales rectangulaires. Son utilisation est fréquente pour la détermination de la cohésion non drainée des argiles qui est reliée au couple de torsion appliquée. [26]

2.7.1. Historique :

Sur la base des recherches effectuées essentiellement en Suède et en Grande-Bretagne, un appareil a été mis au point vers 1948, qui permet de mesurer in situ la cohésion non drainée des terrains cohérents saturés. [9]

2.7.2. Scissomètre :

Le scissomètre est un appareil de détermination en place de la résistance au cisaillement des sols fins, peu consistants et cohérents. [27]



Figure 2.20: Scissomètre

2.7.3. Différents types de scissomètre :

Les divers modèles de scissomètres différents assez peu les uns des autres, et sont tous basés sur le même principe. Sans les citer tous, nous mentionnerons : [9],[12]

- Les scissomètres utilisés en général pour des mesures en fond de forage, comme le scissomètre Acker, le scissomètre Wykeham et Farnell...
- Les scissomètres conçus pour être foncés directement, soit par battage, soit par vérinage ; on trouve le scissomètre Wykeham Farrance, le scissomètre Simec que l'on peut évidemment utiliser dans un forage.

2.7.4.Appareillage :

Le scissomètre se compose : [28]

- De pales rectangulaires disposées en croix de manière à former quatre dièdres orthogonaux,
- d'un train de tiges cylindriques solidaires des pales,
- un tube de protection à l'intérieur duquel le train de tige peut tourner librement, sans frottement sur le terrain ambiant,
- deux bras de rotation,
- Un dynamomètre qui permet la mesure de la force nécessaire à la rotation des pales.



Figure 2.21 : Scissomètre modèle H-60 avec palettes interchangeables

2.7.5 Appareillage Principes et réalisation de l'essai scissométrique :

Le scissomètre peut être utilisé dans un forage préparé de n'importe quelle façon. Ce forage peut être tubé ou non. Le scissomètre est introduit dans le forage et on ajoute des rallonges à l'arbre de torsion jusqu'à ce que l'appareil atteigne le fond du sondage. Le scissomètre est alors poussé dans le sol sans torsion à une profondeur suffisante pour être sous la zone remaniée par le forage. La profondeur la plus courante est de 45 cm sous le fond du forage. [9],[15]

Comme on peut utiliser le scissomètre par fonçage vertical par vérinage ou par battages lorsque le terrain est trop raide. On peut aussi utiliser le scissomètre dans des argiles molles, sans effectuer de forage au préalable, en enfonçant verticalement le scissomètre dans celles-ci. Dans ce cas, les palettes sont protégées pendant l'enfoncement par une pièce moulée ou un simple tube. Ensuite, le scissomètre est poussé hors de sa gaine et l'essai est effectué. Dans les sols de consistance très molle, il est possible de procéder ainsi jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 15m. Les pales sont arrêtées dans l'horizon où doit être réalisé le cisaillement ; on exerce très lentement ($0,1$ à 1° d'arc par seconde), soit à la main, soit par l'intermédiaire du réducteur, une traction horizontale sur le bras de rotation, pour créer un couple de rotation au niveau des pales. A chaque instant, le dynamomètre enregistre la réaction que le sol oppose à la rotation des pales. Le moment de rotation est égal au produit de la force mesurée au dynamomètre, par la distance de l'application de celle-ci et l'axe de la tige. [9],[15]

2.7.6 Appareillage Interprétation de l'essai sociométrique :

Au moment de la rupture, il y a équilibre entre le moment résistant M dû aux forces de cisaillement de terrain sur les parois cylindre emprisonné entre les pales et le couple fl produit par le manipulateur ; [9]

$$M = fl$$

Tel que :

f : effort mesuré au dynamomètre ;

l : longueur du bras actionné par le manipulateur.

Lors de cisaillement aucun drainage de l'eau interstitielle n'est possible ; on aura donc :

$$\varphi_u = 0 ;$$

C_u : cohésion non drainée est égale à la résistance au cisaillement ainsi mesurée.

Le moment résistant M peut se décomposer en deux termes :

M_1 : issu de la résistance au cisaillement sur la surface latérale verticale du cylindre ; M_2 : issu de la résistance au cisaillement sur les deux faces horizontales du cylindre.

On a donc en principe : [9]

$$M = M_1 + M_2 = fl.$$

Considérons le cas du scissomètre à pales rectangulaires de rayonnet de hauteur h tel que $h = 4r$.

Après tous calculs faits on aura la relation finale suivante :

$$C_u = \frac{3}{28\pi} \quad (2.25)$$

Les efforts sur le dynamomètre sont transformés au moyen de la formule ci-dessus en valeurs de C_u , sous forme d'un graphique (figure 2.22). Ce graphique permet d'obtenir à la fois la valeur de pic et la valeur résiduelle de C_u . [9]

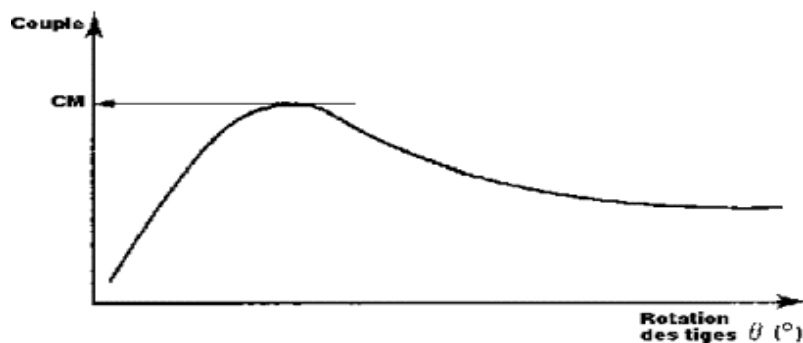


Figure 2.22 : C_u en fonction de l'angle de rotation [9]

2.7.7. Limitations de l'essai au scissomètre :

Enfin, les limitations de l'essai au scissomètre ont les suivantes : [9]

- Des précautions doivent être prises pour ne pas remanier le sol à essayer;
- La présence de pierres dans le voisinage du scissomètre influence les résultats. Il en est de même pour les limons et les sables, par couches ou par lentilles ; [15]
- La rupture se fait suivant une direction verticale et ne correspond pas nécessairement à une

rupture oblique dans un sol anisotrope ;

- l'essai donne la résistance au cisaillement non drainé;
- la résistance le long des surfaces horizontales de rupture est difficile à estimer avec précision. Pour cette raison on utilise parfois des scissomètres à axes concentriques avec des moulinets de garde au-dessus et en dessous du moulinet de mesure.

Ceci démontre, une fois de plus, qu'une étude géotechnique sérieuse doit toujours mobiliser plusieurs approches.

☞ Nous représentons ici des tableaux récapitulatifs de tous les essais in situ, que nous avons vus au cours de ce chapitre. Ils seront utilisés dans la partie représentation de la connaissance lors de la conception de notre SE.

Tableau 2-6 : les résultats d'un essai de pénétration statique et ses limites.

ESSAI	TYPE DE SOL	RESULTAT FOURNI	RESULTAT DEDUIT	CORRECTIONS	LIMITES
Essai de pénétration statique c.p.t.	Fiable dans tous les terrains homogènes	pénétrogramme	Résistance de pointe : $R_p = 4p / \pi b^2$ - Frottement latéral total : $Q_{St} = Q_t - Q_c$ - Pourcentage de frottement : $R_f = \frac{F_s}{R_p} \times 100$	- Diamètre de la pointe (négligeable) - Angle de la pointe (négligeable) - Vitesse de pénétration : * Pour une argile, et une vitesse de pénétration de 2cm /S : $R_p (\text{à l'arrêt}) = R_p / 2$ * Pour une vitesse de pénétration de 1cm /S : R_p reste sensiblement la même. - Pression interstitielle (généralement négligeable).	Rencontre d'un point dur ;

Tableau 2.7 : les résultats d'un essai de pénétration dynamique et ses limites.

ESSAI	TYPE DE SOL	RESULTAT FOURNI	RESULTAT DEDUIT	CORRECTIONS	LIMITES
ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE	Tous types de sols	Nombre de coups	-formule des Hollandais $R_{dyn} = \frac{M^2 \cdot H \cdot g}{M + Ct} \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{N_{d10}}{\Delta h}$ Refus: $e = \Delta h/N$	Pas de corrections	-portance *terrains cohérents saturés *terrains pulvérulents fins aquifères

Tableau 2.8 : les paramètres déduits à partir d'un essai CPT.

ESSAI	COHESION	FONDATION SUPERFICIELLE	FONDATION PROFONDE
ESSAIDE PENEIRATION STATIQUE C.P.T	Pénétromètre à pointe franche : $Cu = Rp / 10.$	-Terrains pulvérulents : $q_a = (RpB/36) \cdot (1 + D/B).$ (MEYERHOF) Qui est présentée sous forme d(MEYERHOF) Qui est présentée sous forme d'abaques.	- Méthode de Begemann : $Rp = (1/2) (Rp_1 + Rp_2)$ - Méthode de Van der Ween : $Rp = (1/4,5B) \cdot \int_{-B}^{+3,5B} Rp(Z).$ Dans la pratique, on remplace L'intégrale par une dizaine de valeurs de Rp réparties sur la hauteur 4,5 B au voisinage de la pointe
	-pointe prolongée par une jupe : $Cu = Rp / 20.$	-Terrains cohérents saturés :	
		*semelle filante : $q_a = [(\pi + 2) / 3] Cu + \gamma D$ (avec $F=3$)	- Influence de la nature des terrains : $Q_p = KRp.$
		*Semelle isolée : multiplier la valeur de q_a par le coefficient de Forme 1, 3.	-effet d'échelle : $Q_p = (b/B)Rp$

Tableau 2.9 : les paramètres déduits à partir d'un essai de pénétration dynamique.

ESSAI	FONDATION SUPERFICIELLE	FONDATION PROFONDE	TASSEMENT
ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE	$q_a = R_{dyn}/20$	$Q_{pn} = \frac{1}{F} R_{dyn} \cdot S$	Impossible

Tableau 2.10 : les résultats d'un essai SPT et ses limites.

ESSAI	TYPE DE SOL	RESULTAT FOURNI	CORRECTIONS	LIMITES
ESSAI S.P. T	Sols pulvérulents	Nombre de coups	-Sol pulvérulent immergé : $N=0.5 \cdot \sqrt{7.5}$ - S.P.T. réalisé à une faible profondeur d : $N = N' + \frac{35}{7 + \gamma D}$	-Sols pulvérulents -profondeur d'investigation limitée.

Tableau 2-11 : les paramètres déduits à partir d'un essai SPT.

ESSAI	ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE	FONDATION SUPERFICIELLE
ESSAI S.P.T	-sables fins contenant plus de 5% de silt : $\phi=25+0.15D_r$ -sables fins contenant moins de 5% de silt : $\phi=30+0.15D_r$	-Abaques de Terzaghi et Peck -Abaque xx ABAQUE X - Relation de Meyerhof : $q_a = (NB/30) (1 + D/B)$. -Radies fondes sur du sable : tassement limité à 5cm voir ABAQUE de Terzaghi et Peck N 2-8 *si $h_e > B/2$, on majore de 10 à 20%les valeurs du tableau ci-dessus. -Dans l'argile : voir ABAQUE de Terzaghi et Peck n 2-10

Tableau 2.12 : les résultats d'un essai pressiométrique et ses limites.

ESSAI	RESULTAT FOURNI	RESULTAT DEDUIT	LIMITES
ESSAI PRESSIOMETRIQUE	<p>-courbe pression-volume brute</p> <p>- courbe de fluage</p>	<p>- Pression limite : pl * méthode log-log * méthode des volumes inverse * pression correspondant au doublement de la cavité cylindrique initiale * Méthode des volumes relatifs</p> <p>- Modules pressiométriques : E $E_m = 2,66 (V_c + V_m) \times \Delta P / \Delta V$</p> <p>- Pression de fluage Pf : Cette pression correspond à la fin de la phase pseudo-élastique.</p>	<p>- Limiter son emploi à des applications du même type.</p> <p>- Les tassements de grands radiers sur argiles molles doivent être corroborés par des essais de laboratoire.</p> <p>- Les études faisant appel à la connaissance des caractéristiques C et φ des sols ne doivent être abordées qu'avec de sérieuses précautions.</p>

Tableau 2.13 : les résultats d'un essai scissométrique et ses limites.

ESSAI	TYPE DE SOL	RESULTAT FOURNI	RESULTAT DEDUIT	LIMITES
ESSAI SCISSOMÉTRIQUE	Argiles	Résistance au cisaillement	$C_u = \frac{3}{28\pi} \cdot \frac{Fl}{r^2}$	<p>- la présence de pierres</p> <p>- La rupture se fait suivant une direction verticale</p> <p>- L'essai donne la résistance au cisaillement non drainé;</p> <p>- La résistance le long des surfaces horizontales de rupture est difficile à estimer</p>

Tableau 2-14 : les paramètres déduits à partir d'un essai scissométrique.

ESSAI	COHESION
ESSAI SCISSOMÉTRIQUE	$C_u = \frac{3}{28\pi} \cdot \frac{Fl}{r^2}$

Tableau 2.15 : les paramètres déduits à partir d'un essai pressiométrique.

	Cohesion	Angle de frottement Interne	Fondation superficielle	Fondation profonde	Tassement
Essai Pressiométrique		-Sols pulvérulents $p_1 - p_0 = 2,5 \times 2^{\frac{Q-24}{4}}$	-fondation superficielle $Q_1 - Q_0 = K (p_1 - p_0)$. *cas des terrains hétérogènes $p_{lc} = \sqrt[3]{p_1' \times p_1' \times p_1' \times p_1'}$ -semelle de fondation * Contrainte limite $q_l = k(p_1 - p_0) + q_0$ * Contrainte admissible : $q_a = (k/3) (p_1 - p_0) + q_0$ *pour une semelle peu encastée : $Q_a = k p_1 / 3$ -Cas particuliers * Semelles rapprochées : Si $l/R > 2$ application de la formule générale ci-dessus Si $l/R \leq 2$: $Kl < 1 + (l/R)$. Si p est la pression du côté le moins chargé, et P la pression du côté le plus chargé : $(p + P) / 2 \leq q_a$ -La stabilité au renversement est assurée si : $P < 1,5q_a$. Lorsque $h/R > 1$ Si $h/R \leq 1$: on considère une semelle fictive constituée par le tiers le plus chargé de la fondation et l'on calcule sa contrainte Admissible q'_a que l'on compare à P .		$w = \frac{1.33}{3E} p R_0 \left\{ \lambda_2 \frac{R}{R_0} \right\}^a$ + $\frac{a}{4.5E} p \lambda_3 R.$ bicouche $W = \int_0^h \frac{\alpha_z \sigma_z}{E_z} \beta dz$

Conclusion

Les essais géotechniques in situ constituent une étape cruciale dans toute étude de sol, car ils permettent d'obtenir des données directes, représentatives et fiables sur le comportement mécanique des terrains en place. Qu'il s'agisse de sondages, d'essais de pénétration (statique, dynamique ou standard), de pressiométrie ou de scissométrie, chacun de ces essais apporte des informations complémentaires sur la résistance, la compressibilité, la cohésion ou encore la capacité portante des sols. Leur choix dépend du type de projet, de la nature du sol et du niveau de précision requis. En somme, ces méthodes sont indispensables pour adapter les solutions de fondation aux conditions réelles du terrain, réduire les incertitudes, et garantir la sécurité, la durabilité et l'efficacité des ouvrages à construire.

CHAPITRE 03

Étude des sols de la région de Tiaret par
des essais géotechniques in situ

3.1. Introduction:

Dans tout projet de construction, une connaissance approfondie des sols constitue un préalable essentiel pour garantir la sécurité, la stabilité et la durabilité des ouvrages. Les reconnaissances géotechniques in situ permettent de caractériser le sol dans son état naturel, sans le perturber, en fournissant des données fiables sur sa résistance, sa déformabilité et sa compacité.

La présente étude porte sur trois sites situés dans la wilaya de Tiaret, chacun destiné à accueillir un projet d'intérêt public : un Institut d'Enseignement Professionnel à Karman, la mosquée El Rahmane à Rahma, et un poste avancé de la Protection Civile à Zaaroura. Pour ces trois emplacements, deux types d'essais géotechniques in situ ont été réalisés :

L'essai pénétrométrique, qui permet d'évaluer la compacité et la résistance à la pénétration du sol ;

L'essai pressiométrique, utilisé pour mesurer la déformabilité et la pression limite du sol.

Ces essais ont permis d'établir un profil géomécanique pour chaque site et de proposer des solutions de fondation adaptées aux caractéristiques spécifiques des terrains étudiés.

3.2. Aperçu général sur la wilaya de Tiaret :

3.2.1. Situation géographique :

La wilaya de Tiaret, région du centre ouest algérien, (Tihert) capitale des Rostémi des fondée en 787 par Ibnou Rostom, elle fait partie intégrante de la région physiographique des hauts plateaux, distante à plus de 300 kilomètres au Sud-Ouest de la capitale. Elle côtoie plusieurs wilayas et constitue un relais entre les régions du N-W et celles du sud. Sur le plan administratif, elle compte, 14 Dairas et 42communes. Elle est délimitée par plusieurs wilaya.

- Tissemsilt et Relizane au Nord ;
- Laghouat et El Bayadh au Sud
- Mascara et Saïda à l'Ouest ;
- Et djelfa à l'Est

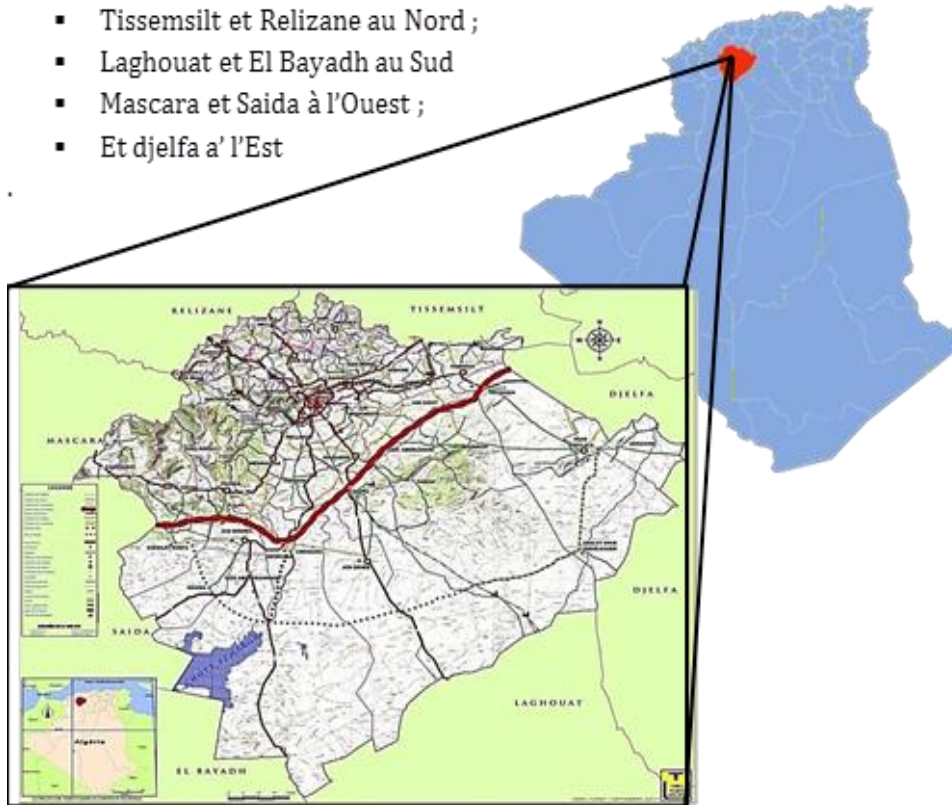


Figure 3.1 : Situation géographique de la wilaya de Tiaret

3.2.2. Contexte climatique de la région :

La région de Tiaret se situe entre les isohyètes 350 mm au sud et 470 mm au nord. Elle se caractérise principalement par un climat continental à hiver froid et humide et a été chaud et sec. Cette continentalité est traduite par la grande amplitude thermique, qui montre l'importance de la chaleur estivale. La région d'étude est une zone caractérisée par des précipitations très irrégulières d'une année à l'autre et au cours des saisons. Les maxima de la moyenne mensuelle sont enregistrés au mois de Novembre soit 50mm (Moyenne de Seltzer), les minima sont enregistrés au mois d'Août, soit 5mm. Les données relatives à la climatologie de la région d'étude (Tiaret) sont fournies par l'office National de la Météorologie (O.N.M) : station de Nadhor

3.2.2.1. Les températures

La saison très chaude dure 2,8 mois, du 16 juin au 10 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 29 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Tiaret est juillet, avec une température moyenne maximale de 34 °C et minimale de 18 °C.

La saison fraîche dure 4,2 mois, du 16 novembre au 21 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 15 °C. Le mois le plus froid de l'année à Tiaret est janvier, avec une température moyenne minimale de 1 °C et maximale de 11 °C.

3.2.2.2. Les précipitations :

La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,4 mois, du 15 septembre au 28 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 14 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Tiaret est février, avec une moyenne de 7,1 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. La saison la plus sèche dure 3,6 mois, du 28 mai au 15 septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Tiaret est juillet, avec une moyenne de 1,0 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. Le mois avec le plus grand nombre de jours de pluie seulement à Tiaret est février, avec une moyenne de 6,5 jours. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 24 % le 21 février.

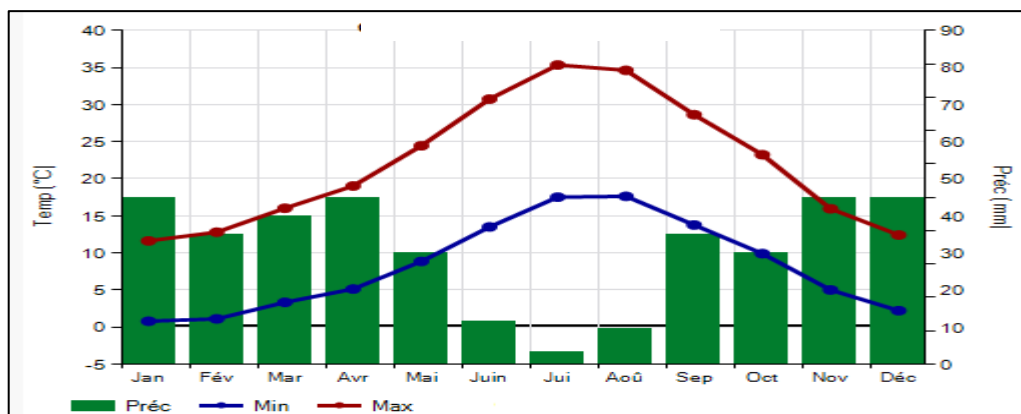


Figure 3.2: Graphique climatique de la wilaya de Tiaret.

3.2.3. Contexte hydrogéologique de la région :

La région de Tiaret est comprise comme son nom l'indique dans la Wilaya de Tiaret, à environ 200 km au Sud- Est de la ville d'Oran. Elle est limitée par la vallée du Cheliff au Nord, par les Monts de Freneda à l'Ouest, par le bassin du Chott Chergui au Sud, et par le plateau du Sersou à l'Est. Sa superficie est de 20673km².

La région est constituée par :

- L'unité tertiaire tellienne formant la terminaison SE du massif de l'Ouarsenis.

Elle est constituée surtout de terrains marneux très plissés, et fracturés. Les niveaux aquifères

sont rares, et surtout peu importants. On note cependant l'existence d'une bande de terrain grésocalcaires s'allongeant d'Ouest en Est près de Tiaret, et qui semble contenir une nappe se manifestant par des sources de quelques litres/ secondes. Compte tenu de la structure des couches (anticlinal), il s'agit de nappes perchées.

– L'unité Jurassique, formée par de puissantes assises grésodolomitique du Jurassique supérieur. Ce sont des terrains quasi-horizontaux entaillés par de larges vallées, notamment dans la partie Ouest (région de Freneda). Ces formations contiennent quelques nappes perchées, donnant naissance à petite sources de faible débit.

– L'unité Crétacé, représentée par le Crétacé inférieur et moyen constitué de marnes et de grès, et le Crétacé supérieur calcaréodolomitique. Ce dernier renferme au Sud de Tiaret une nappe aquifère qui s'étend jusqu'au plateau du Sersou.

– Les ressources en eau

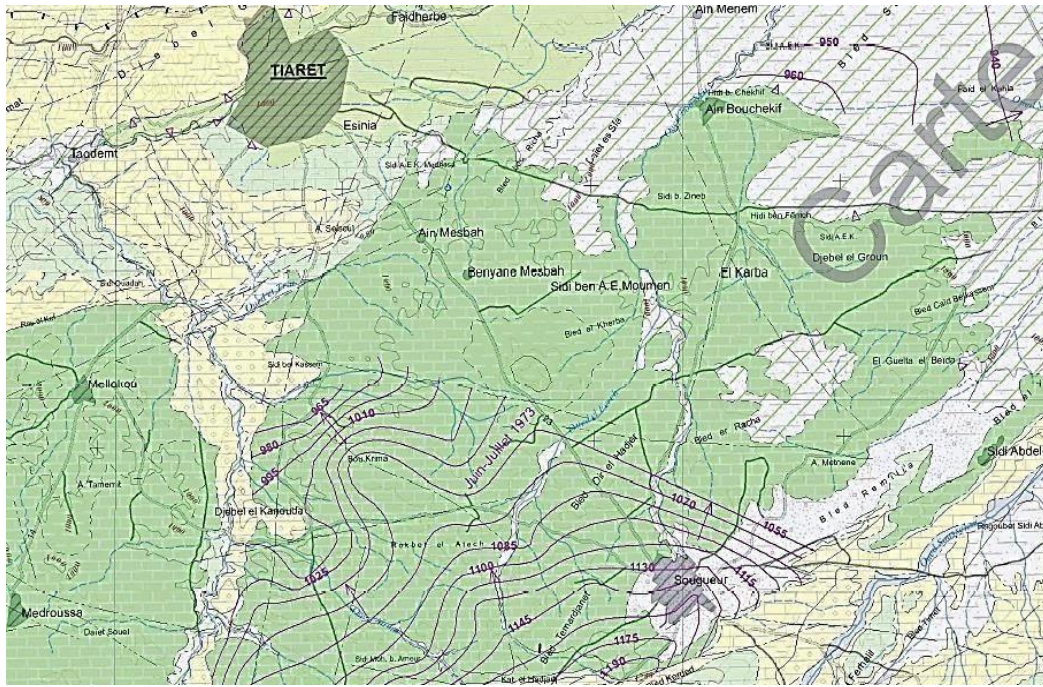
a) Les eaux superficielles :

La wilaya de Tiaret est alimentée par deux grands bassins versants, (les bassins du Cheliff et des hauts plateaux oranais), à l'intérieur de ces deux bassins versants, on recense quatre sous bassins versants drainés par 889 km d'oueds pérennes et de 1049 km de cours d'eau intermittents. Il s'agit des oueds : Abd, Mechti, Mina, Rhiou, Souslem, Taht, Tiguiguet et Touil. La capacité d'eau que dispose la wilaya est estimée à 100 hm³, à l'origine des 1525 hm³ que draine le Cheliff. Les 100 hm³ sont alimentés à partir des barrages Bekhada, Dahmouni Bougara avec les capacités respectives de 45, 42 et 13hm³

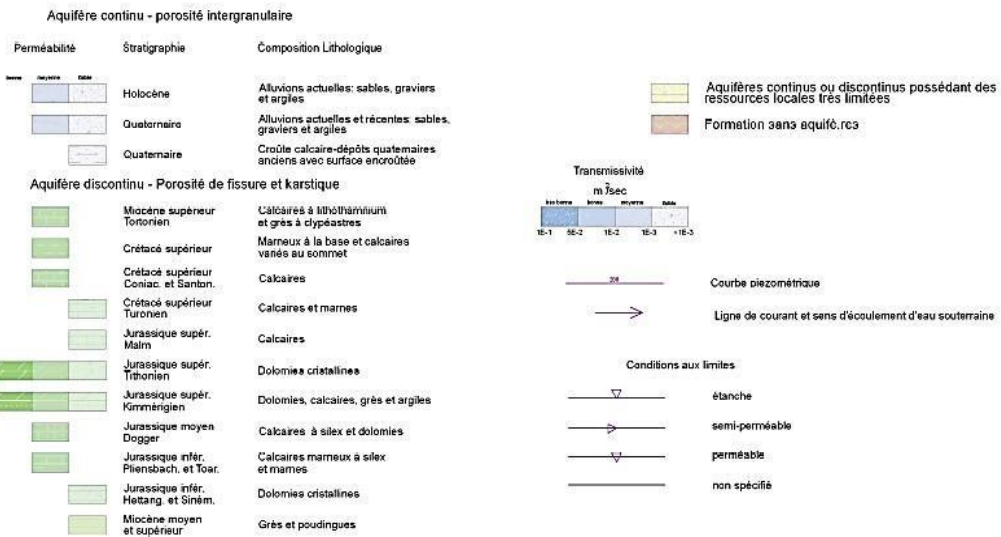
b) Les eaux souterraines :

Près de 80% du volume global des ressources hydriques souterraines de la wilaya sont localisées dans la zone steppique ; elle renferme trois principales nappes à savoir :

- Le Sersou, renfermant des horizons aquifères dans les dépôts calcaires marneux du plio-quaternaires
- Oued Touil. qui présente des horizons aquifères dans les dépôts de sable, limon, poudingue du Quaternaire, argilo sableux du Plio Quaternaire, grés granulaire du Miocène et du Baremo alpien, dolomie de calcaire du Kimméridgien;
- Chott Chergui, présente des horizons aquifères dans les niveaux grossiers de base du Tertiaire continental, calcaire sénonien, calcaire et dolomie de l'Aeleno
- Bajo-Batonien.



Aquifères Monocouches



Systèmes Aquifères Multicouches

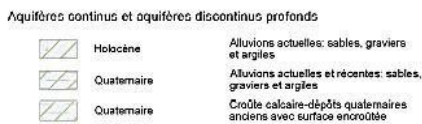


Figure 3.3: Extrait de la carte hydrogéologique d'Algérie.

3.2.4. Types de sol :

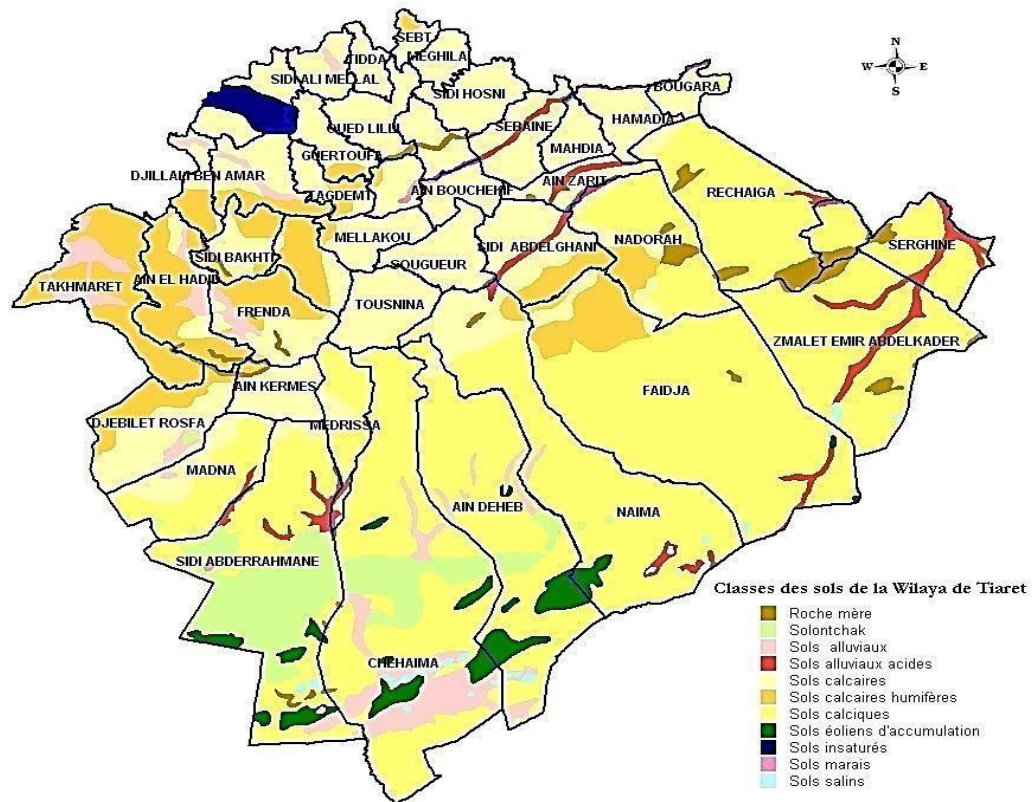


Figure 3.4 : La figure présente la répartition géographique des types de sols les plus dominants dans la wilaya de Tiaret.

▀ Distribution des classes des sols dominants dans la wilaya de Tiaret.

Occupation du sol :

L'analyse de la diversité et de la répartition géographique des formations végétales de la Wilaya de Tiaret fait ressortir que le territoire de la wilaya peut être subdivisée en trois parties distinctes :

- Au nord : zone montagneuse.
- Au sud : zone steppique.
- Au centre : zone des hautes plaines.

3.2.5. Géologie de la région :

La wilaya de Tiaret est constituée de deux grandes unités distinctes :

La première représente le domaine tellien dominé par les formations qui correspondent aux placages Plio –Quaternaire couvrant le Sersou, le Miocène inférieur qui s'étale de Tiaret à Dahmouni, l'Oligo - Miocène correspond aux sud de Tiaret, l'Eocène calcaire se trouve au Nord- Ouest de la wilaya s'étalant de Rahouia à Djillali Ben Amar et enfin le Miocène supérieur et moyen relatif à l'ensemble de Mechraa Sfa Tagdempt et Djebel Guezoul.

Le Jurassique supérieur domine le massif de Sdama et qui repose essentiellement sur des formations calcaires et marno – calcaire . Le Jurassique supérieur forme aussi de grands affleurements au nord de Takhmaret et Ain Hedid, en contournant au nord le massif de Sdama ils atteignent le barrage de Benkhada sur l'oued de Mina En fait, il s'agit de marnes et d'argiles à bancs de grés . Le Crétacé recouvert par le Sénonien de Mellakou – Sougueur, c'est le crétacé de la Mina qui s'étend jusqu'au piémont du Nador vers l'est et au Sud de Tiaret vers le Nord et au Djebel Chebka vers le Chott ech Chergui au Sud . La deuxième représente le domaine pré- atlasique couvrant particulièrement les zones steppiques. La partie sud est constituée de formations d'origine marine et continentale attribuées au Crétacé. Entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien s'enclavent des dépressions fermées (Chott Zahrez, Chott Chergui et des dayas), de formations souvent détritiques tertiaire et quaternaire qui reposent sur les séries du Secondaire. Le massif du Nador qui s'individualise au sein de cet espace steppique à 40 Km au Sud - Est de Tiaret aligné sensiblement sur une cinquantaine de kilomètres. C'est une chaîne des hauts plateaux au climat continental.

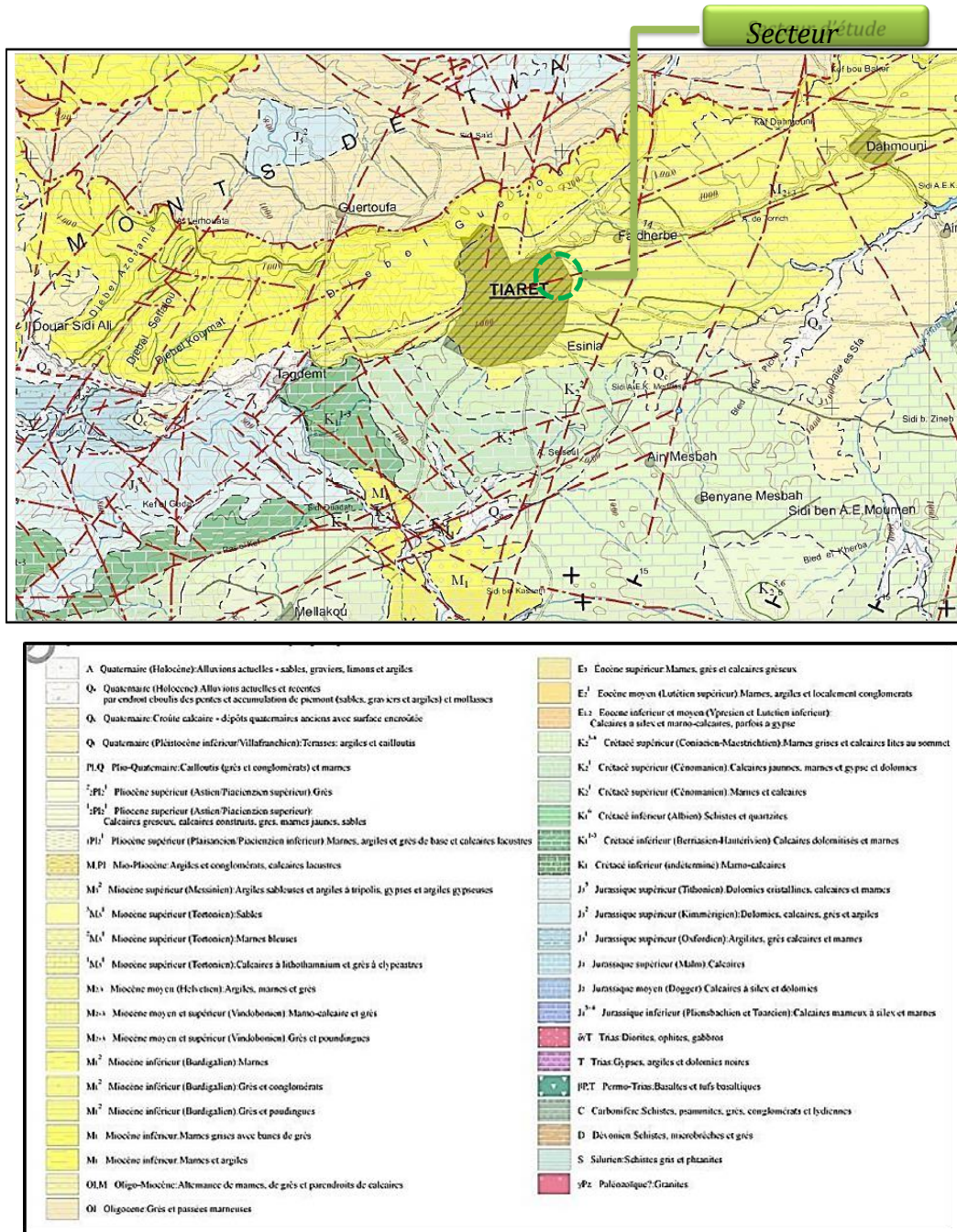


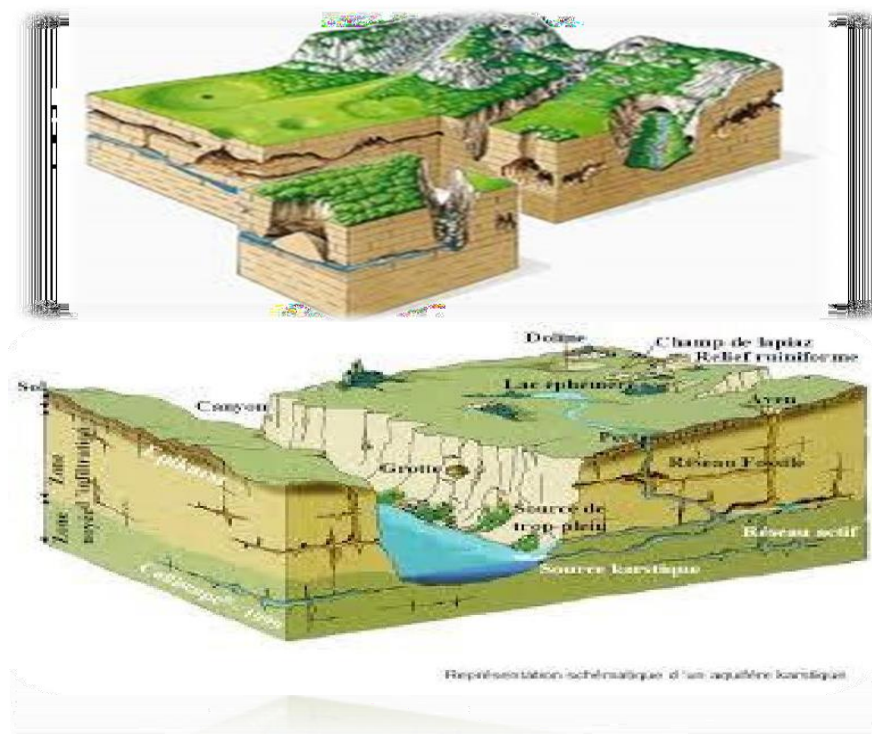
Figure 3.5 : Extrait de la carte géologique d'Algérie (échelle 1/200 000e)

3.2.5.1. Géologie locale :

Il serait très utile d'apporter quelques aperçus généraux sur la géologie de la région surtout après notre investigation par des sondages carottés ce qui indique un phénomène assez connu en géologie : les Karsts

D'abord le karst est une structure géomorphologique résultant de l'érosion hydro - chimique et hydraulique de formations de roches carbonatées, principalement de formations calcaires. Des phénomènes d'érosion de type karstique se manifestent aussi dans des structures « pseudo karstiques ». Les structures karstiques forment 25 à 30 % de la surface terrestre est couverte par des roches karstiques (principalement le calcaire et le gypse). Le terme karst provient du toponyme Kras, haut plateau calcaire de Slovénie dont la géomorphologie est très représentative de la « typologie karstique ». Kras fut « germanisé » en karst lors de l'intégration de la Slovénie à l'Empire austro-hongrois.

La terminologie scientifique karst fut introduite en 1893 par le géomorphologue serbe **Jovan Cvijić** dans sa publication Das Karstphänomen



➤ Les eaux souterraines karstiques en Algérie :

Les régions calcaires d'Algérie offrent une grande diversité des paysages, depuis les karsts bien arrosés des hautes montagnes de l'Atlas jusqu'aux affleurements peu karstifiés du désert du Sahara (Collignon 1991). Ce sont des formations d'âges qui s'étalent sur toute l'échelle géologique des temps les plus anciens, du carbonifère (dans la région de Bechar), du Trias (nombreux affleurements de gypse et de sel à travers l'Algérie), Jurassique et Crétacé (massifs côtiers oranais, nappes telliennes, domaine tlemcénien, néritique constantinois, Atlas saharien), Miocène post-nappe (Dj. Murdjadjo, vallée du Chellif).

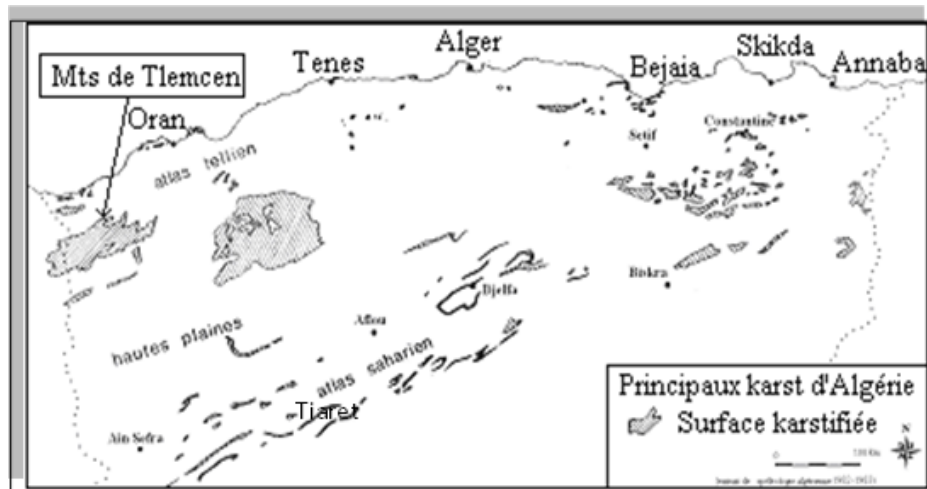


Figure 3. 6 : Les principaux Karst d'Algérie

Ledit site est localisé dans une région qui se trouve au sein du grand plateau de Sersou qui correspond à vaste synclinal comblé de dépôt de crétacé et tertiaire. C'est une zone de hauts plateaux avec ses caractères classiques étendus très plats, couverts en générale de steppe et formés d'une couverture plio-quadernaire.

3.2.6. Sismicite :

Le bassin méditerranéen est une zone où la plaque Africaine et Eurasique sont en perpétuel mouvement de convergence, ce rapprochement se traduit par de nombreux séisme, faibles ($M \leq 4$) modérés ($4 < M < 6.5$) ou violents ($M > 6.5$). Le contexte tectonique ainsi défini, et le résultat du mouvement compressif nord-sud induisant des formations en grande majorité sur les éléments de déformation (faible). D'après le C.G.S (RPA 99 /version 2003), (l'Algérie est divisée en 05 zones de sismicité croissante :

Zone 0 : sismicité négligeable

Zone I : sismicité faible Zone II a : sismicité moyenne

Zone II b : sismicité moyenne

Zone III : sismicité élevée

- La ville de Tiaret fait partie de la zone I (Sismicité faible).

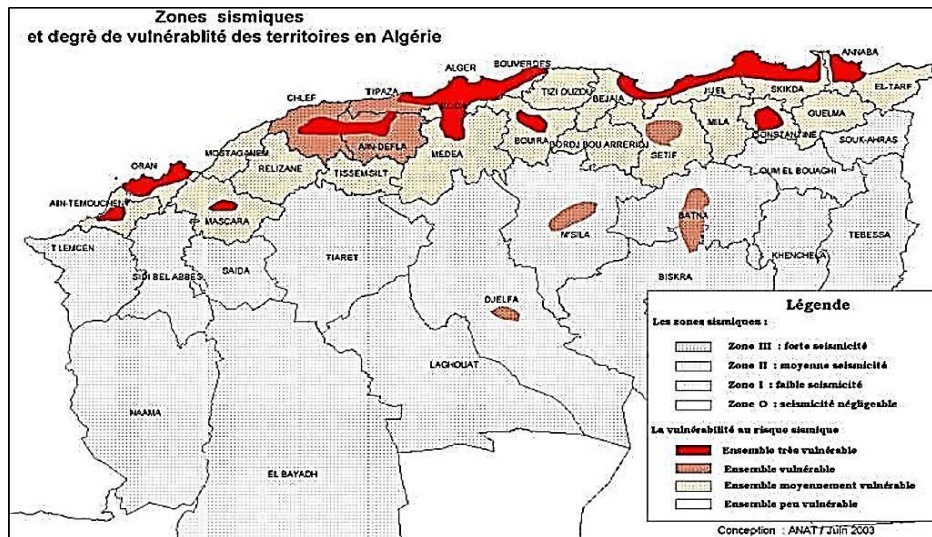


Figure 3.7 : Zone Sismiques Et Degré De Vulnérabilité Des Territoires En Algérie

Relief :

D'une manière générale, le relief est caractérisé par le versant méridional du chaînon de l'Atlas tellien (Ouarsenis) qui constitue sa limite septentrionale, au Sud-Ouest par les monts de Frenda. Les pentes généralement comprises entre 2 et 16%.

Par ailleurs, les zones steppiques faisant partie des hautes plaines algéro – oranaises se dressent le massif du Nador relié au sud est aux monts de Chellala. Cet ensemble constitue les zones arides préatlasiques.

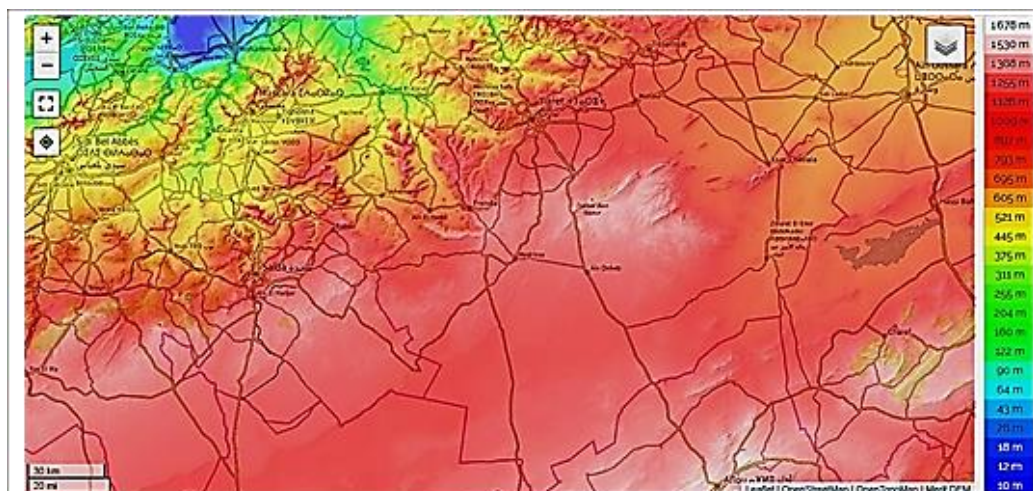


Figure 3.8 : Le Relief De La Wilaya Da Tiaret.

– La morphologie Du Site :

Il s'agit d'un terrain relativement plat non accidenté.

• PENTE :

D'après la carte de pente Le terrain est en entre 0 et 4 % (terrain plat).



Figure3.9 : Carte des pentes de la wilaya de Tiaret.

3.3. Analyse géotechnique in situ des sols de site 1 « KERMAN »: l'étude géotechnique pour la réalisation d'un institut d'enseignement professionnelles (I.E.P) type 1000PF/300 lits sis au chef-lieu de la wilaya de Tiaret.



3.3.1. Situation du site :

Le site objet de notre étude présente un relief plat avec l'existence de constructions illicites précaires (bidonville) au niveau de l'assiette, il est délimité comme suit :

- **Au Nord** : Des habitations privées.
- **Au Sud** : Un lycée en cours de construction.
- **A l'Est** : Des constructions précaires.
- **A l'Ouest** : Une voie + CEM Haouach Aek.

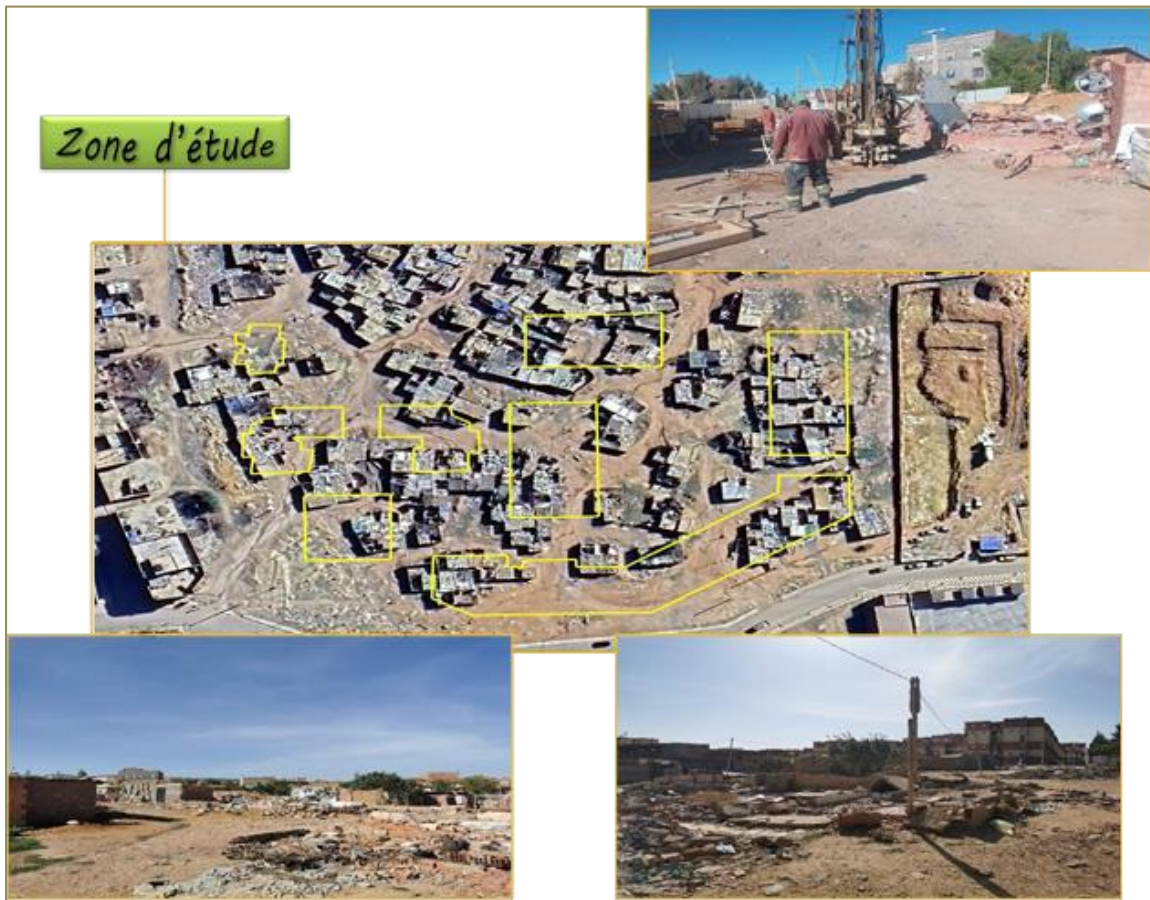


Figure 3.10 : Situation du site

3.3.2. Reconnaissance in-situ :

3.3.2.1. Organisation de la reconnaissance in-situ :

Le programme de reconnaissance géotechnique réalisé par le LTPO pour l'étude en question a comporté les investigations et essais suivants :

- La réalisation de dix (10) sondages de six à dix mètres de profondeur chacun avec prélèvement des échantillons.
- La réalisation de vingt (20) essais pénétrométrique poussé jusqu'au refus.

- La réalisation de neuf essais pressiométriques chaque 1 mètre de profondeur.
- La réalisation des essais et analyses au laboratoire pour la connaissance des paramètres chimiques et mécaniques.

3.3.2.2. Résultats de la reconnaissance in-situ :

3.3.2.2.1. Sondage carotte :

- **Principe :**

Un sondage carotté consiste à foncer en rotation dans le sol un tube muni à sa partie inférieure d'une couronne très résistante qui isole un cylindre de sol, ou carotte, du reste du terrain, et à remonter cette carotte à la surface. L'outil est refroidi par un courant d'eau, de boue, d'air comprimé. Ce moyen de sondage permet de voir le terrain tel qu'il est en place, si les conditions d'exécution sont satisfaisantes, et demeure, de ce fait, un moyen de reconnaissance privilégié, notamment pour l'établissement de la coupe géologique dans une zone donnée.

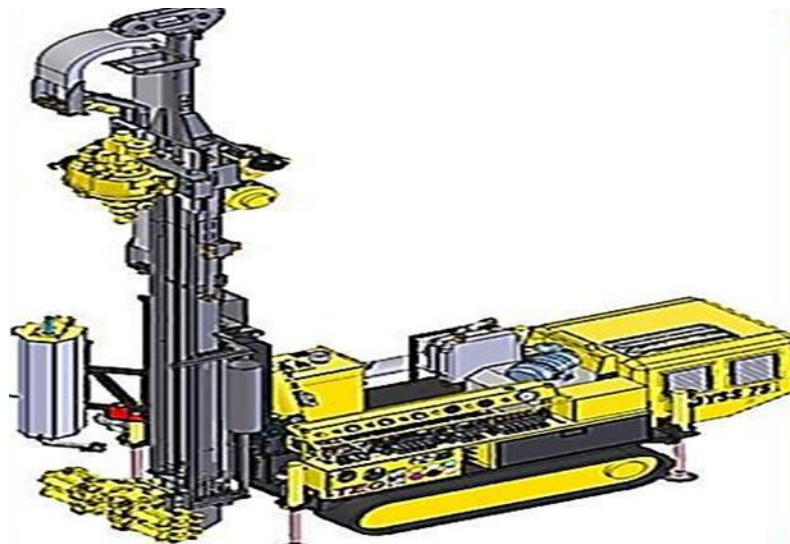


Figure 3.11 : Model de sondeuse

3.3.2.2.2. Coupes géologiques :

Dix (10) sondages ont été exécutés sur le site, dans une optique de connaître la nature de sol des différentes formations constituant le sol, ainsi que de mettre en évidence la couche du terrain susceptible de recevoir les fondations. Ces sondages ont permis la description visuelle des échantillons remontés à la surface dont la succession des couches suivantes :

- **Sondage carotte n01(sc01)**

0.00 – 0.20m : Terre végétale.

0.20 – 1.00m : Argile limono-sableuse marron rougeâtre.

1.00 – 10.00m : Calcaire gréseux jaunâtre à grisâtre parfois brunâtre, fracturé, vacuolaire à

passés de sable entre 4.30-4.50m, et passés de marne grisâtre entre 5.00-5.60m. Présence des vides entre 4.50-5.00m et 6.30 - 6.60m.

▀ **Sondage carotte n02(sc02)**

0.00 – 0.50m : Terre végétale.

0.50 – 1.60m : Argile limono-sableuse marron rougeâtre.

1.60 – 10.00m : Calcaire gréseux jaunâtre à grisâtre parfois brunâtre, fracturé, vacuolaire à passés de marne grisâtre entre 5.00-6.50m et un sable jaunâtre entre 6.50 -8.30m.

▀ **Sondage carotte n03(sc03)**

0.00 – 0.20m : Terre végétale.

0.50 – 1.50m : Argile limono-sableuse marron rougeâtre.

1.50 – 8.00m : Calcaire gréseux jaune blanchâtre à grisâtre, dur, fracturé, vacuolaire à passés d'argile jaune blanchâtre entre 2.80-3.00m et marne grisâtre, indurée entre 6.15-6.90m et 7.00- 7.10m.

▀ **Sondage carotte n04(sc04)**

0.00 – 0.30m : Terre végétale.

0.30 – 2.90m : Argile limono-sableuse marron rougeâtre à concrétion de calcaire blanchâtre.

2.90 – 8.00m : Calcaire gréseux gris brunâtre, dur, fracturé, récupéré parfois en débris à passés de grès friable, récupéré en sable entre 6.00 -6.80m

▀ **sondage carotte n05(sc05)**

0.00 – 0.20m : Terre végétale.

0.20 – 1.50m : Argile limono-sableuse marron rougeâtre à gravelles.

1.50 – 4.50m : Calcaire lumachellique grisâtre, dur, fracturé.

4.50 – 6.00m : Calcaire gréseux jaunâtre à grisâtre, dur, vacuolaire. Présence de vide entre 4.70- 5.50m.

▀ **sondage carotte n°09(sc09)**

0.00 – 0.50m : Un sol remanié.

0.50 – 8.00m : Calcaire grisâtre, dur, fracturé, a remplissage de limon rougeâtre au sommet avec présence de fines passées d'argile grisâtre.

▀ **Sondage pressiométrique n01(sp01)**

0.00 – 0.40m : Terre végétale.

0.40 – 4.40m : Calcaire lumachellique grisâtre, dur, fracturé, récupéré en débris au sommet.

4.40 – 10.00m : Calcaire gréseux jaune brun, dur, fracturé à passés de marne gris verdâtre, indurée.



➤➤ Sondage carotte N°01
Profondeur 0.00-8.00m

➤➤ Sondage carotte N°01
Profondeur 8.00-10.00m

➤➤ Sondage carotte N°02
Profondeur 0.00-9.00m

➤➤ Sondage carotte N°02
Profondeur 9.00-10.00m



➤➤ Sondage carotte N°03
Profondeur 0.00-8.00m

➤➤ Sondage carotte N°04
Profondeur 0.00-8.00m

➤➤ Sondage carotte N°05
Profondeur 0.00-6.00m

➤➤ Sondage carotte N°06
Profondeur 0.00-8.00m



➤➤ Sondage carotte N°07
Profondeur 0.00-6.00m

➤➤ Sondage carotte N°08
Profondeur 0.00-7.00m

➤➤ Sondage carotte N°09
Profondeur 0.00-8.00m

➤➤ Sondage préssiométrique N°01
Profondeur 0.00-10.00m

Figure 3.12 : des caisses a carotte

3.3.2.2.2. a) Cordonnée UTM des sondages.

Tableau 3.1 : Les coordonnées UTM des sondages réalisés sont portées

N° Sondage			Profondeur (m)
	X	Y	
SC01	351408.00	3916640.00	10
SC02	351434.00	3916685.00	10
SC03	351459.00	3916675.00	08
SC04	351405.00	3916713.00	08
SC05	351425.00	3916736.00	06
SC06	351444.00	3916746.00	08
SC07	351450.00	3916611.00	06
SC08	351478.00	3916607.00	07
SC09	351490.00	3916663.00	08
SP01	351465.00	3916755.00	10

3.3.2.2.2. b) Implantation des sondages :

La figure ci-dessous représente l'implantation des sondages

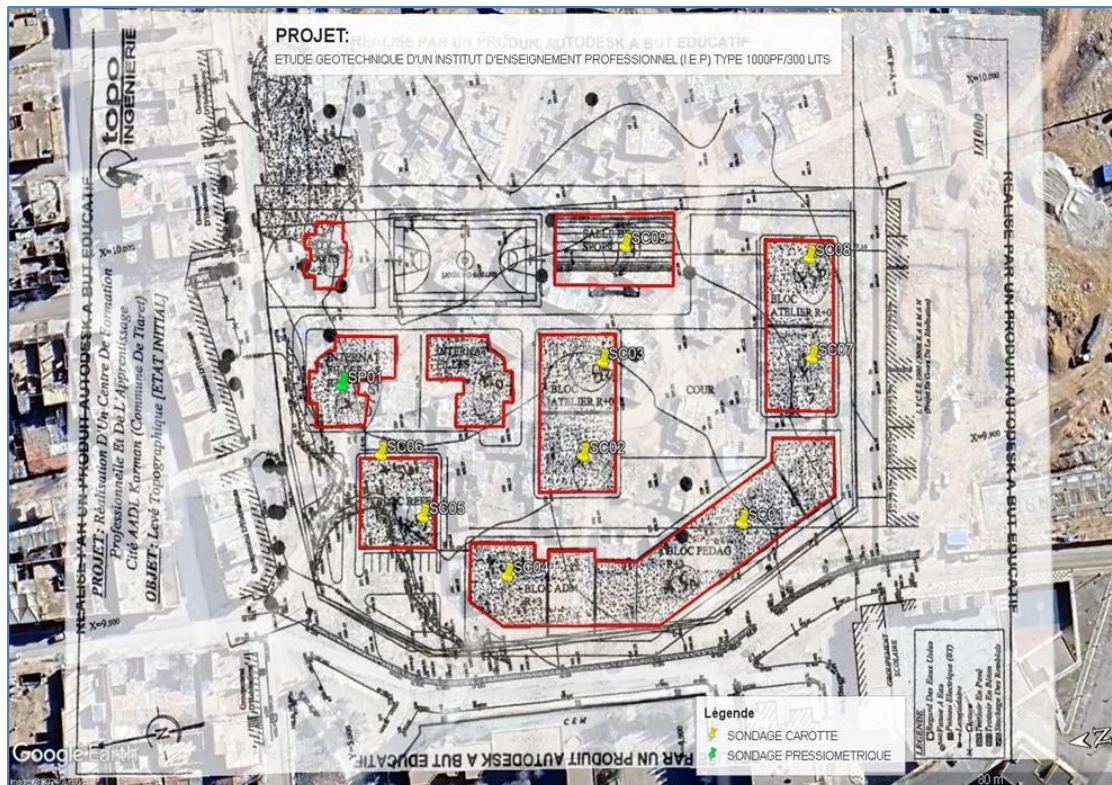


Figure 3.13: Implantation des sondages

Appliquée, faisant ressortir les trois paramètres caractéristiques : pression limite (PI) ; pression de fluage (Pf) et module pressiométrique (E). Le rapport E/PI permet d'estimer l'état de consolidation du sol considéré.

3.3.2.2.3. Essais pressiométriques :

La réalisation des essais pressiométriques a été faite à la pression maximale de 60 bars (cellule centrale et cellule de garde) au pressiomètre type Menard à enregistrement automatique de marque Aspergeo les essais pressiométriques ont été prescrits pour fournir les paramètres géomécaniques du sol foré aux différents points testés le long de la profondeur forée.

a) Définition de l'essai pressiométrique

L'essai pressiométriques régi par la norme (NF 94 – 110) est un essai de chargement statique du sol, effectué grâce à une sonde cylindrique dilatable radialement introduite dans le trou du forage. Cette sonde est constituée par un cylindre métallique fondu contenant en son centre une cellule dilatable radialement par injection d'eau dont la variation de volume est mesurée au volumètre. L'application d'une pression croissante exerce donc sur les parois du trou de forage un champ de contrainte cylindrique et uniforme. L'essai pressiométrique

permet d'établir la courbe de variation des déformations volumétriques du sol en fonction de la pression

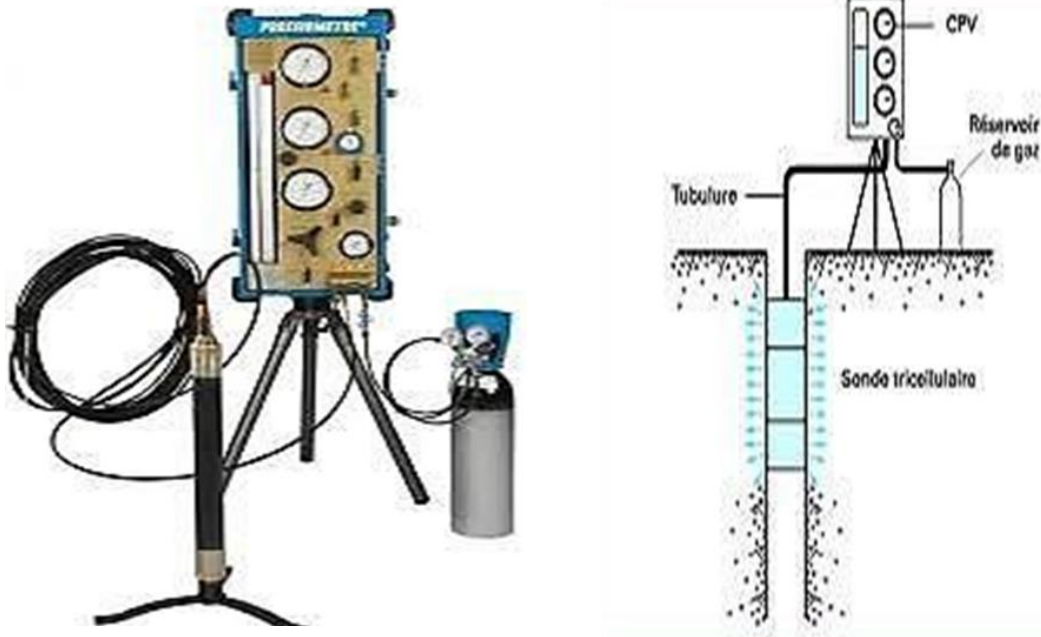


Figure 3.14 : Pressiometre menard

b) Résultats enregistrés des essais pressiométriques :

Tableau 3.2 : Résumé l'ensemble des résultats pressiométrique

Sondage	Profondeur (m)	Nature du sol	PI* (Mp)	Module E	E/PI*	Etat de
SP01	2.00	Calcaire lumachellique Grisâtre, dur, fracturé, Récupéré en débris au Sommet	2.93	9396.1	3208	F.S.C
	3.00		2.73	1466.7	532	
	4.00		0.66	17.0	25.8	
	5.00	Calcaire gréseux brun, dur, Fracturé, récupéré parfois en débris à remplissage de limon Rougeâtre entre 4.55-4.70 (Phénomène karstique) et à Passés d'argile verdâtre avec Présence d'un vide entre 7.00-7.30	0.53	17.9	33.8	
	6.00		0.40	10.6	26.3	
	7.00		0.25	192.3	759.7	
	8.00		2.94	1418.6	482.8	
	9.00		2.94	663.7	225.5	

F.S.C: fortement sur consolidée.

D'après les résultats des essais pressiométriques, on remarque que les valeurs de la pression limite (Pl^*) sont bonne aux deux premiers paliers, après il a été enregistré des chutes des valeurs entre 4.00 et 7.00, qui varient entre 0.25 et 0.66 Mpa s'explique par la présence d'un remplissage de limon avec un vide (phénomène karstique) L'état de serrage pour l'ensemble est fortement sûr consolidé d'après Ménard 21

C) Résultats enregistrés des essais pressiométriques de Site 01 :

Tableau 3.3: les résultats de module pressiométriques E_m (Mpa) et pression limite pl_m (Mpa) a chaque profondeur

☞ **Exemple :** les Résultats enregistrés de E_m (Mpa) et pl_m (Mpa) dans site 01

profondeur Z(m)	E_m (Mpa)	pl_m (Mpa)
2	9396,00	2,946
3	1467,00	2,756
4	17,05	0,696
5	17,88	0,574
6	10,58	0,456
7	192,30	0,316
8	1419,00	3,01
9	663,70	3,025

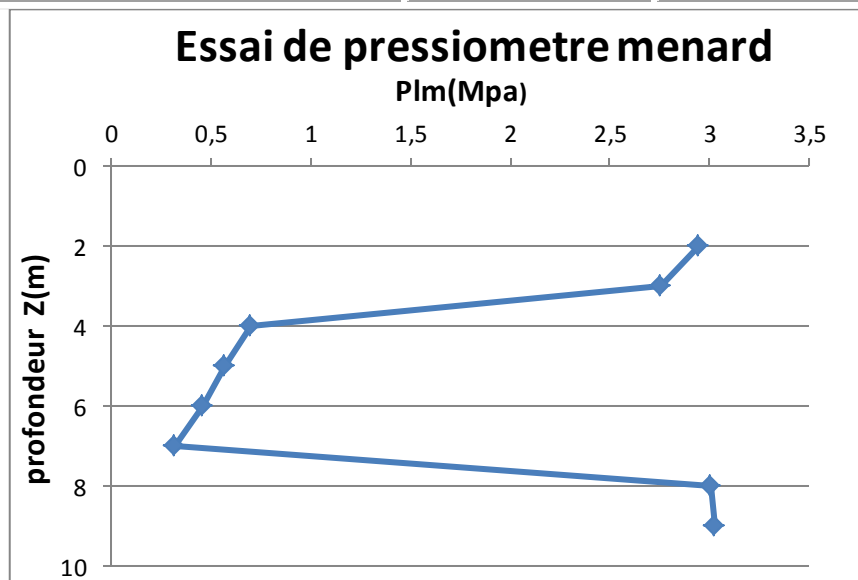


Figure 3.15 : Courbe du module de pression limite Pl_m (Site 01 – Karman)

Cette courbe représente les résultats d'un essai pressiométrique Ménard, une méthode couramment utilisée en géotechnique pour déterminer les caractéristiques mécaniques des sols in situ.

Le pressiomètre mesure la déformation radiale du sol autour d'une sonde cylindrique gonflable, ce qui permet de déduire la pression limite au fur et à mesure que la sonde descend dans le sol.

- Une valeur élevée de Plm indique un sol plus résistant / dense.
- Une valeur faible de Plm indique un sol plus meuble / compressible.
- De 2 m à 3 m de profondeur : La courbe montre une forte augmentation de la pression limite (Plm), atteignant environ 3 MPa. Cela correspond à un sol très compact ou très résistant (ex. : sable très dense, gravier, roche altérée, ou sol traité).
- De 4 m à 7 m : La pression limite Ménard (Plm) reste très basse, autour de 0,5 MPa sur toute cette plage.
- La courbe est quasiment horizontale, ce qui indique une couche homogène, mais de très faible résistance.
- De 8 m à 9 m : À partir de 8 m, la pression limite Ménard (Plm) remonte brutalement pour atteindre environ 3 MPa à 9 m.
- La courbe montre une pente ascendante nette → amélioration significative de la portance du sol.

En conclusion le sol est hétérogène, nécessitant une étude approfondie. Deux zones possibles pour appui des fondations : entre 1,5 m et 2,5 m, ou au-delà de 8,5 m. Zone entre 4 m et 7 m à éviter pour la fondation sans amélioration du sol.

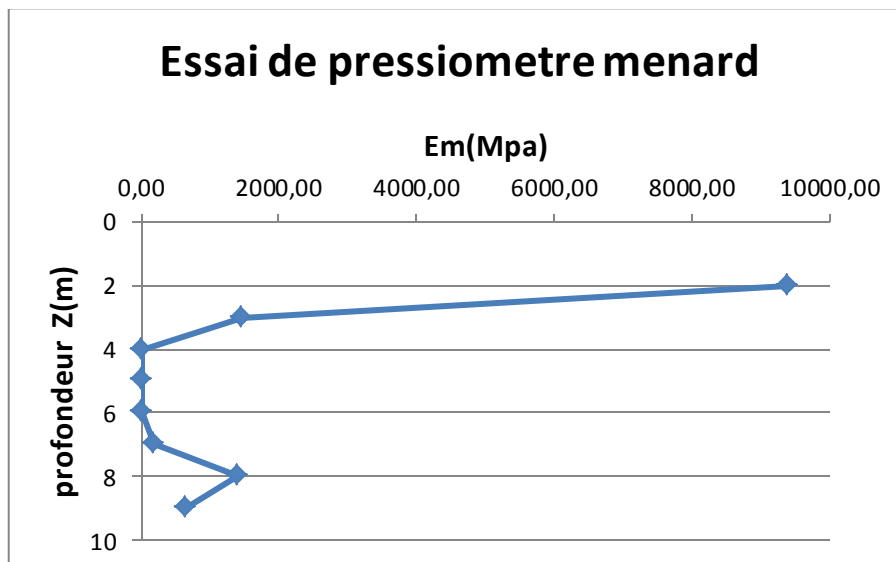


Figure 3.16 : Courbe du module pressiométrique EM – Site 01 Karman

Zone 1 : Entre 2 m et 3 m

- Em très élevé : proche de 10 000 MPa.

- Cela indique un sol très rigide et quasi incompressible.
 - Très bonne capacité à supporter des charges sans déformation significative.
- Interprétation :
- Sol de très haute qualité, probablement roche ou gravier très compact.
 - Excellent niveau d'appui pour fondations superficielles (semelles) ou profondes si charges importantes.

Zone 2 : Entre 4 m et 7 m

- Em très faible, $< 1\ 000$ MPa.
 - Forte déformabilité \rightarrow sol meuble, compressible, très sensible aux charges.
- Interprétation :
- Sol inadapté pour fondations directes.
 - Risque élevé de tassements.
 - Probablement limons ou argiles molles.
 - Doit être contourné (pieux) ou traité/amélioré si utilisé.

Zone 3 : Entre 8 m et 9 m

- Remontée nette d'Em \rightarrow valeur atteignant $\sim 2\ 000$ MPa.
 - Sol nettement plus rigide, bon comportement mécanique.
- Interprétation :
- Sol adapté à des fondations profondes (pieux ancrés).
 - Peut-être un sol dense ou un début de substratum altéré.
 - Bonne portance, faible tassement attendu.

3.3.2.2.4. Essais pénétrométriques:

• Principe :

Le pénétromètre dynamique est un appareil constitué essentiellement par un train de tiges, à l'extrémité inférieure duquel est placée une pointe conique d'un diamètre supérieur à celui du train de tiges.

L'ensemble est battu dans le terrain sous l'action de chocs répétés, exercés sur la tête du train de tiges par une masse (le mouton de battage) tombant en chute libre d'une hauteur constante.

La pointe débordant par rapport au train de tiges, il se crée un espace annulaire entre ce train de tiges et le sol.

Un sondage au pénétromètre dynamique consiste à enfoncer la pointe conique dans le terrain jusqu'à une profondeur donnée, en général limitée par la capacité de pénétration de l'appareil lui-même.



Figure 3.17: Pénétromètre dynamique

L'opérateur relève le nombre de coups nécessaires pour enfoncer le train de tiges sur un pas de profondeur fixé, en général 10 cm. On peut ensuite tracer le profil de résistance du sol correspondant en fonction de la profondeur atteinte par la pointe.

L'essai est enfin représenté sur un graphe donnant les variations de la résistance à la pointe en fonction de la profondeur :

$$R_p = f(p)$$

Le taux de travail estimé à partir de ces essais est donné par la relation empirique :

$$Q_{adm} = R_p \text{ min}/L$$

Dans laquelle :

- $R_p \text{ min}$ = Résistance à la pointe minimale enregistrée sous la profondeur d'encrage.

- L = Coefficient tenant compte de l'effet dynamique et de la nature du sol. Il est pris égal à 20 pour les sols pulvérulents et 30 pour les sols Cohérents.

b) Domaine d'utilisation :

Le domaine préférentiel d'utilisation des pénétromètres dynamiques est la reconnaissance qualitative des terrains lors d'une reconnaissance préliminaire.

Ils sont donc recommandés pour résoudre les problèmes suivants :

- Contrôle De l'homogénéité d'un site.
- Epaisseur des couches de sol.
- Localisation des vides et autres discontinuités.
- Recherche d'un substratum (bed-rock).
- Prévision des conditions de battage des pieux et des palplanches.
- Contrôle de compactage de remblais.
- Utilisé même en sites accidentés.

3.3.2.2.4.1. Exploitation des résultats :

Afin d'apprécier la consistance du sol, nous avons exécuté vingt pénétration dynamique poussés jusqu'au refus.

Tableau 3.4: résumé les résistances de pointe enregistrées.

Rp à 2.40m	Rp à 2.20m	Rp à 2.00m	Rp à 1.80m	Rp à 1.60m	Rp à 1.40m	Rp à 1.20m	Rp à 1.00m	Rp à 0.80m	Rp à 0.60m	Rp à 0.40m	Rp à 0.20m	
111.00	103.60	237.00	142.20	94.80	79.00	71.10	43.00	34.40	43.00	34.40	34.40	PDL N°01
//	//	//	//	//	474.00	63.20	43.00	43.00	34.40	43.00	34.40	PDL N°02
//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	163.40	51.60	PDL N°03
//	//	//	//	474.00	134.30	79.00	77.40	68.80	60.20	43.00	34.40	PDL N°04
//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	43.00	34.40	PDL N°05
//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	43.00	51.60	34.40	PDL N°06
//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	94.60	94.60	PDL N°07
//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	77.40	86.00	PDL N°08
//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	129.00	103.20	94.60	PDL N°09
//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	103.20	PDL N°10
//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	68.80	77.40	PDL N°11
//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	146.20	103.20	94.60	PDL N°12
//	//	//	//	//	//	//	516.00	120.40	103.20	94.60	94.60	PDL N°13
//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	103.20	PDL N°14
//	//	//	//	//	//	//	516.00	68.80	77.40	94.60	120.40	PDL N°15
//	//	//	474.00	126.40	142.20	126.40	129.00	86.00	60.20	77.40	68.80	PDL N°16
//	//	//	474.00	150.10	134.30	118.50	111.80	60.20	60.20	51.60	17.20	PDL N°17
//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	51.60	43.00	8.60	PDL N°18
44.40	37.00	39.50	39.50	63.20	71.10	110.60	266.60	240.80	197.80	197.80	180.60	PDL N°19
//	//	//	//	//	//	//	//	//	516.00	146.20	111.80	PDL N°20

Chapitre 03 Étude des sols de la région de Tiaret par des essais géotechniques in situ

Rp à 2.60m (bars)	81.40	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	229.40	//
Rp à 2.80m (bars)	81.40	//	//	///	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	162.80	//
Rp à 3.00m (bars)	103.60	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	96.20	//
Rp à 3.20m (bars)	96.60	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	414.00	//
Rp à 3.40m (bars)	69.00	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 3.60m (bars)	55.20	//	//	///	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 3.80m (bars)	55.20	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 4.00m (bars)	82.80	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 4.20m (bars)	64.00	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 4.40m (bars)	44.80	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 4.60m (bars)	377.60	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 4.80m (bars)	384.00	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Rp à 5.00m (bars)	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Refus (m)	4.85	1.55	0.65	1.65	0.65	0.85	0.75	0.65	0.85	0.55	0.65	0.95	1.05	0.45	1.05	1.85	2.05	0.85	3.25	0.75	

Au constat de ces résultats obtenus, on remarque que les refus atteignant une valeur maximale de 4.85m, s'explique par la présence une couche d'argile limono sableuse à des épaisseurs variables.

3.3.2.2.4.2. Résultats enregistrés des essais Pénétromètre dynamique de Site 01 :

Tableau 3.5 : les résultats de Rp (bar) a chaque profondeur pour chaque point dans le site 01

☞ Exemple : les Résultats enregistrés de Rp (bar) pour premier point dans site 01

profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	34,4
0,4	34,4
0,6	43
0,8	34,4
1	43
1,2	71,1
1,4	79
1,6	94,8
1,8	142,2
2	237
2,2	103,6
2,4	111
2,6	81,4
2,8	81,4
3	103,6
3,2	96,6
3,4	69
3,6	55,2
3,8	55,2
4	82,8
4,2	64
4,4	44,8
4,6	377,6
4,8	384

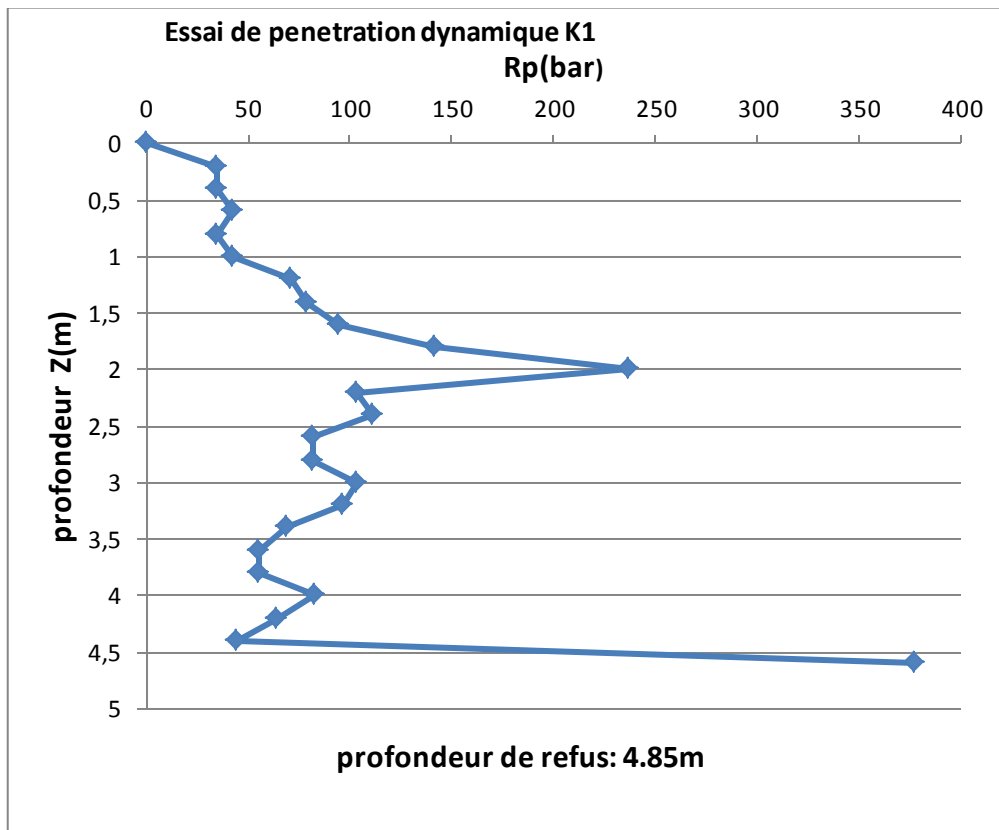


Figure 3.18 : courbe de la résistance de pointe en fonction de la profondeur (site01 karman)

Cette courbe représente les résultats d'un essai de pénétration dynamique K1, indiquant la variation de la résistance dynamique R_p (en bars) en fonction de la profondeur Z (en mètres).

- Le sol est hétérogène en surface (0–2 m), peut-être remanié ou naturel meuble.
- Une couche résistante est rencontrée vers 2 m, suivie d'une zone à résistance plus faible.
- Le refus à 4,85 m suggère une limite géotechnique importante, utile pour le dimensionnement de fondations.

- (Voir les autres graphes de pénétration dynamique en annexes)

3.4. Analyse géotechnique in situ des sols de site 2 « RAHMA »: l'étude géotechnique pour la réalisation d'une mosquée El Rahman sise à la cite Rahma 03, Wilaya De Tiaret,



3.4.1. Situation Du Site :

Le site objet de notre étude est plat situé à la cité Rahma 03, il est délimité comme suit :

- **Au Nord** : Une voie + habitations privées.
- **Au Sud** : Une voie+ Un terrain vague.
- **A l'Est** : Un CEM Martyr Bouriah Omar.
- **A l'Ouest** : Une voie + habitations privées.

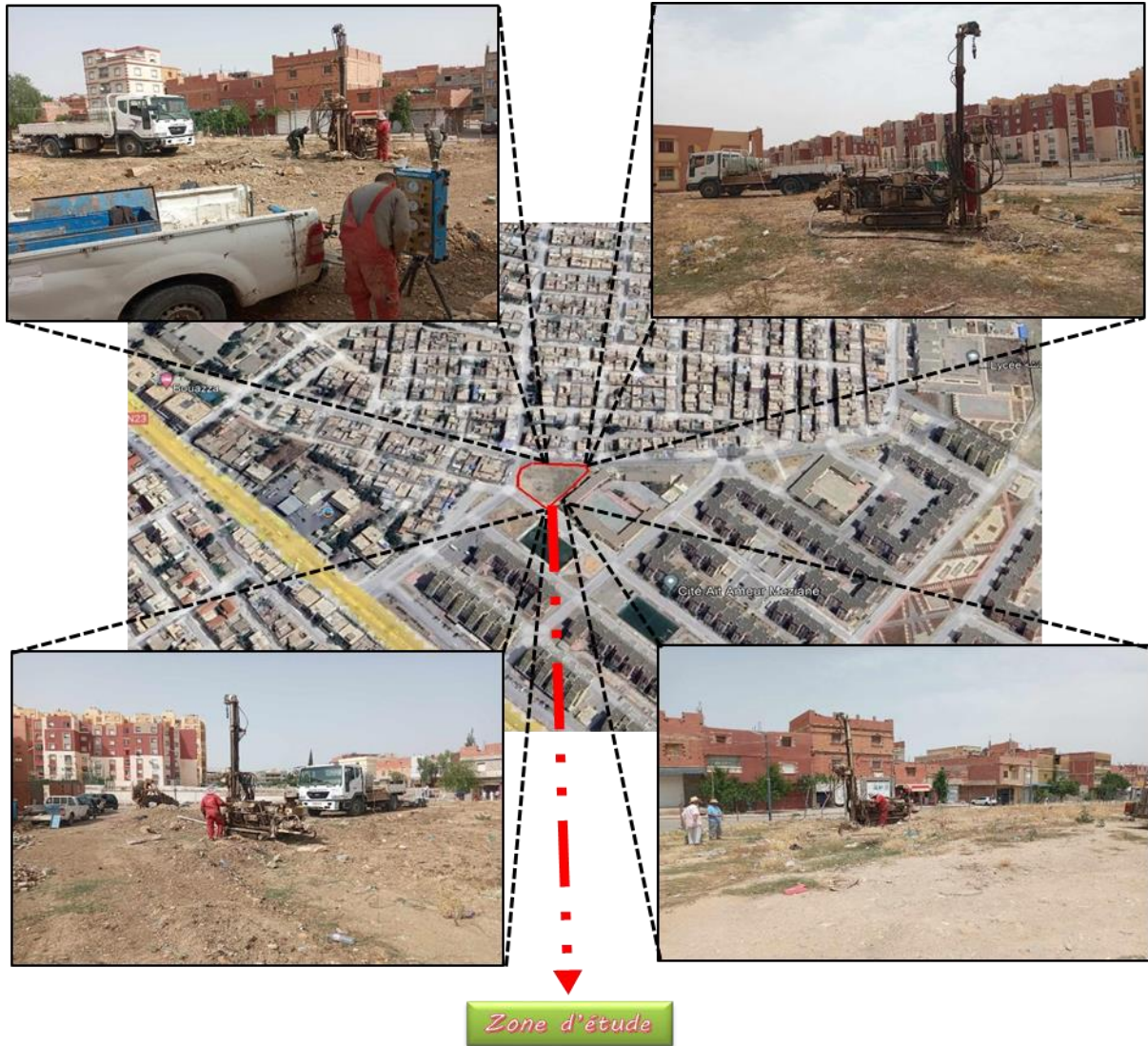


Figure 3.19: Situation du site

– Situation du site :

3.4.2. Reconnaissance in-situ :

3.4.2.1. Organisation de la reconnaissance in-situ :

Le programme de reconnaissance géotechnique, réalisé par LTPO pour l'étude en question a comporté les investigations et essais suivants :

- La réalisation de deux sondages (02) sondages de six à huit mètres de profondeur chacun avec prélèvement des échantillons.
- la réalisation de sept (07) essais pressiométrique chaque 1.00 mètre.
- la réalisation de deux (02) sondages pénétrométrique.
- La réalisation des essais et analyses au laboratoire pour la connaissance des paramètres

physico- chimique et mécanique.

3.4.2.2. Résultats De La Reconnaissance In-Situ :

3.4.2.2.1. Sondage Carottes :

3.4.2.2.2. Coupes Géologiques :

Deux (02) Sondages ont été exécutés sur le site, dans une optique de connaître la nature de sol des différentes formations constituant le sous-sol, ainsi que de mettre en évidence la couche du terrain susceptible de recevoir les fondations.

Ces sondages ont permis la description visuelle des échantillons remontés à la surface dont la succession des couches suivantes :

- **SONDAGE CAROTTE N°01**

0.00 – 2.00m : Un remblai hétérogène.

2.00 – 4.50m : Une argile sableuse jaunâtre à plage blanchâtre.

4.50 – 6.00m : Une argile silteuse grisâtre à fines passé de calcaire dur grisâtre.

- **SONDAGE PRESSIOMETRIQUE N01**

0.00 – 4.00m : Un remblai hétérogène.

4.00 – 5.00m : Une argile sableuse jaunâtre à plage blanchâtre.

5.00 – 8.00m : Une argile silteuse grisâtre à fine passé de calcaire dur grisâtre.

VOIR LES COUPES GEOLOGIQUES DES SONDAGES CAROTTES EN ANNEXE*



Sondage carotté N°01
Profondeur 0.00-6.00 mètres.



Sondage pressiométrique
N°01 Profondeur 0.00-8.00
mètres N°01 Profondeur
0.00-

Figure 3.20 : Photos Des Caisses A Carotte (Sc Et Sp).

3.4.2.2.2.a) Cordonnée UTM Des Sondages.

Tableau 3.6 : Les coordonnées UTM des sondages réalisés sont portées

N° Sondage	Cordonnée UTM		Profondeur (m)
	X	Y	
SC01	349279.00	3913591.00	06
SP01	349296.00	3913570.00	08

3.4.2.2.2.b) Implantation Des Sondages :



Figure 3.21 : Implantation Des Sondages

3.4.3. Essais Pressiométriques :

a) Résultats Enregistres Des Essais Pressiométriques :

Tableau 3.7 : résumé l'ensemble des résultats Pressiométriques Le tableau

Sondage	Profondeur (m)	Nature du sol	P*1m (bar)	Pf (bar)	Module E (bar)	E / P*1m
	2.00	Un remblai hétérogène	2.5	1.0	48	19.3
	3.00		9.0	1.6	330	36.7
	4.00		4.4	4.3	95	21.6
	5.00	Une argile sableuse jaunâtre	5.0	3.1	124	25.0
	6.00	Une argile silteuse grisâtre à fines passée de calcaire dur grisâtre	2.3	1.3	58	25.1
	7.00		19.9	13.4	638	32.1

– **Interprétation Des Résultats Pressiométriques :**

Suite aux résultats obtenus, les pressions limites (Pl) de la couche d'argile silto-sableuse sont comprises entre 5.0 et 13.1 bars ce qui classe cette couche dans la catégorie (A) et (B) argile et limons mous et fermes et les rapports (E/Pl) montrent un sol en général normalement consolidé a sur consolidé selon le fascicule N°62 pp. 127.



Figure 3.22: Photo Représente L'essai Pressiométrique

b) Résultats enregistrés des essais pressiométriques de Site 02 :

Tableau 3.8 : Les résultats de module pressiométriques E_m (Mpa) et pression limite p_{lm} (Mpa) a chaque profondeur

☞ Exemple : Les Résultats enregistrés de E_m (Mpa) et p_{lm} (Mpa) dans site 02

Profondeur Z(m)	E_m (Mpa)	P_{lm} (Mpa)
2	4,80	0,267
3	33,04	0,928
4	9,51	0,476
5	12,38	0,54
6	5,85	0,287
7	63,83	2,054

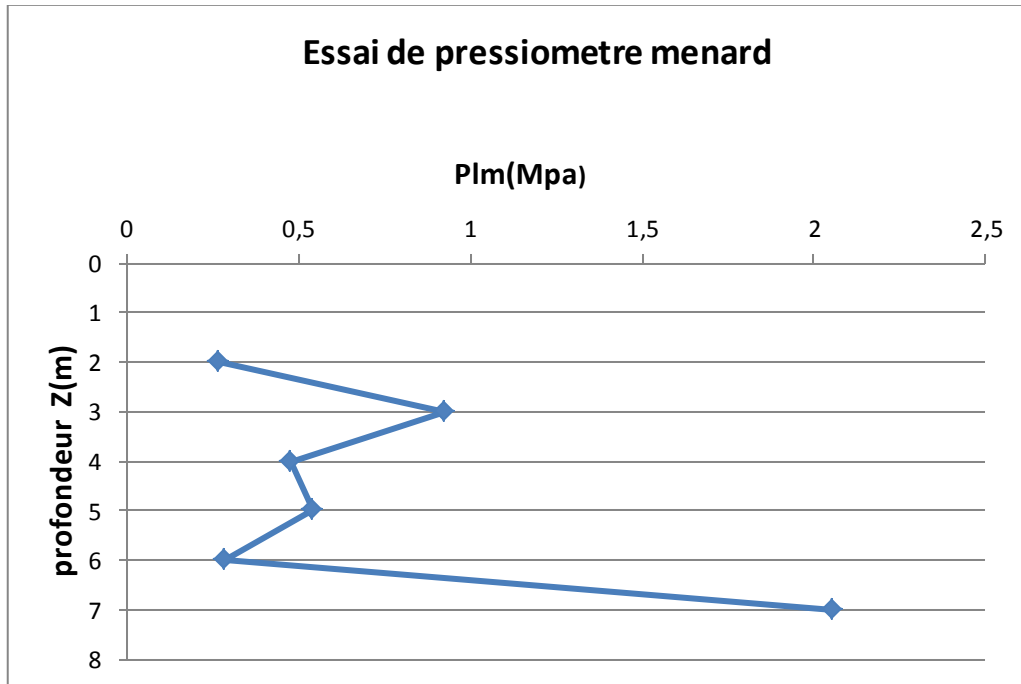


Figure 3.23 : Courbe du module pression limite Plm (site 02 Rahma)

La courbe permet d'identifier les couches portantes utilisables pour les fondations.

Elle aide à déterminer la profondeur optimale d'ancrage, notamment pour les semelles ou les pieux.

Elle peut également justifier le recours à des techniques d'amélioration de sol si les modules sont insuffisants.

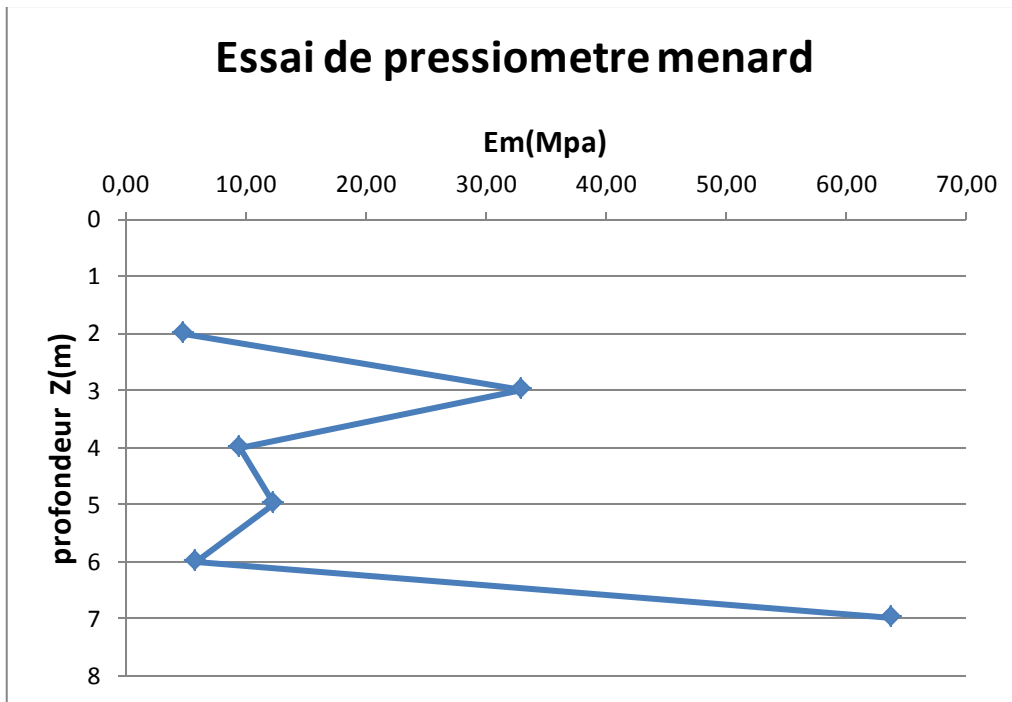


Figure 3.24 : Courbe du module pressiométrique E_m (site 02 Rahma)

- Les couches superficielles (0–5 m) présentent des modules relativement faibles, suggérant une capacité portante modeste et une déformabilité élevée, non favorable pour des fondations superficielles sans amélioration du sol.
- À partir de 6 m, le sol montre une excellente portance avec une rigidité élevée, rendant cette zone favorable à l’ancrage de semelles profondes ou de pieux.

3.5. Analyse géotechnique in situ des sols de site 3 « ZAAROURA » : l’étude géotechnique pour la réalisation d’un poste avancé de la protection civile sise au chef-lieu de wilaya de Tiaret.



3.5.1. Situation du site :

Le site objet de notre étude présente un relief légèrement en pente de direction Ouest-Est, situé à l'intérieur de la zone d'activité zâaroura, il est délimité comme suit :

- **Au Nord** : Un terrain vague+ des hangars.
- **Au Sud** : Des hangars existant.
- **A l'Est** : Une voie + hangars.
- **A l'Ouest** : Un terrain vague.



Figure 3.25 : Situation Du Site

3.5.2. Reconnaissance In-Situ :

3.5.2.1. Organisation De La Reconnaissance In-Situ :

Le programme de reconnaissance géotechnique réalisé par le LTPO pour l'étude en question a comporté les investigations et essais suivants :

La réalisation de Six (06) sondages de huit à neuf mètres de profondeur chacun avec prélèvement des échantillons.

La réalisation de douze (12) essais pénétrométrique poussé jusqu'au refus.

La réalisation des essais et analyses au laboratoire pour la connaissance des paramètres

chimique et mécanique.

3.5.2.2. Résultats De La Reconnaissance In-Situ :

3.5.2.2.1. Sondage Carottes

3.5.2.2.2. coupes géologiques :

Six (06) Sondages ont été exécutés sur le site, dans une optique de connaître la nature de sol des différentes formations constituant le sous-sol, ainsi que de mettre en évidence la couche du terrain susceptible de recevoir les fondations.

Ces sondages ont permis la description visuelle des échantillons remontés à la surface dont la succession des couches suivantes :

– Sondage carotte n°01(sc01)

0.00 – 0.18m : Une plateforme en béton.

0.18 – 2.00m : Un sol remanié formé de sable graveleux.

2.00 – 9.00m : Un calcaire lumachelique gris brunâtre, dur, fracturé, récupéré en débris.

– Sondage Carotte N°02(Sc02)

0.00 – 0.08m : Un béton bitumineux.

0.08 – 1.30m : Un sol remanié formé de sable graveleux+ corps de chaussée.

1.30 – 9.00m : Un calcaire lumachelique gris brunâtre, dur, fracturé, récupéré en débris a passés de sable entre 1.50-3.00 mètres.

– Sondage Carotte N°03(Sc03)

0.00 – 0.20m : Une plateforme en béton.

0.20 – 2.10m : Un sol remanié formé de sable graveleux.

2.10 – 8.00m : Un calcaire lumachelique gris brunâtre, dur, fracturé, récupéré en débris a fines passés de marne.

– Sondage Carotte N°04(Sc04)

0.00 – 0.20m : Une plateforme en béton.

0.20 – 1.70m : Un sol remanié formé de sable graveleux.

1.70 – 8.50m : Un calcaire lumachelique gris brunâtre, dur, fracturé, récupéré en débris.

– Sondage Carotte N°05(Sc05)

0.00 – 0.10m : Une plate de forme en béton.

0.10 – 0.80m : Un sol remanié formé de sable graveleux jaunâtre et noirâtre.

0.80 – 8.00m : Un calcaire lumachelique gris brunâtre, dur, fracturé, a nombreux passés de marne grisâtre, légèrement indurée à indurée.

- Sondage Carotte N°06(Sc06)

0.00 – 0.40m : Une plateforme en béton.

0.40 – 3.00m : Un sol remanié formé de sable graveleux jaunâtre et noirâtre.

3.00 – 9.00m : Un calcaire lumachellicque gris brunâtre, dur, fracturé, a passés de marne grisâtre



➤➤ Sondage carotte N°01 Profondeur 0.00-0.00



➤➤ Sondage carotte N°02 Profondeur 0.00-0.00



➤➤ Sondage carotte N°03 Profondeur 0.00-0.00



➤➤ Sondage carotte N°04 Profondeur 0.00-0.00



➤➤ Sondage carotte N°05 Profondeur 0.00-0.00



➤➤ Sondage carotte N°06 Profondeur 0.00-9.00m

Figure 3.26 : Photos des caisses A CAROT

3.5.2.2.2.a) Cordonnée UTM Des Sondages.

Tableau 3.9: Les Coordonnées Utm Des Sondages Réalisés Sont Portées

N° Sondage	Cordonnée UTM		Profondeur (m)
	X	Y	
SC01	347668.00	3912169.00	9.00
SC02	347691.00	3912136.00	9.00
SC03	347711.00	3912142.00	8.00
SC04	347691.00	3912127.00	8.50
SC05	347676.00	3912052.00	8.00
SC06	347714.00	3912130.00	9.00

3.5.2.2.2.b) Implantation Des Sondages :

La Figure ci-dessous représente l'implantation des sondages

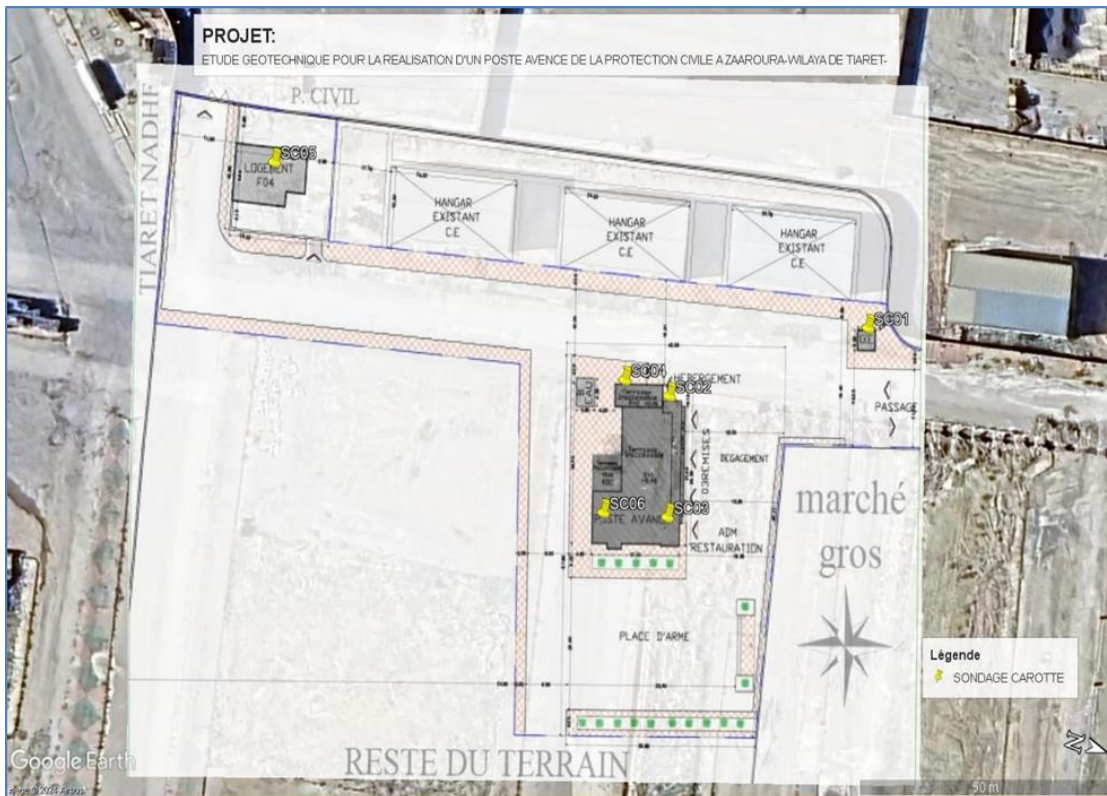


Figure 3.27: Implantation des sondage

3.5.2.2.3. Relevés piézométriques :

a) Principe :

Le piézomètre est formé par un simple tube en PVC, qui permet de depuis la surface d'accéder à l'eau d'une nappe phréatique, ils permettent de relever le niveau piézométrique à l'aide d'une sonde électrique.

Ils sont aussi utilisés afin de réaliser des prélèvements d'eau de la nappe (ou d'un cours d'eau...) dans le but d'analyser les composants.

Le principe est de réaliser un sondage carotté à une profondeur donnée, puis enfoncer le tube en PVC (munie par des trous dans son extrémité inférieure) à la même profondeur.

Les parois de contact entre le tube et le sol foré sont colmatées par un matériau drainant (sable). En surface le tube est fermé par un bouchant afin de le préserver.

b) Relevés Sur Site :

Rappelons qu'il a été procédé, en cours de la réalisation de sondage à la pose des piézomètres pour situer le niveau de l'eau contenu dans le sol.

Tableau 3.10 : Le niveau piézométrique relevé est porté

Date de mesure	Niveau d'eau (m)	
	Sondage N°	Lecture (m)
02/12/2024	SC01	2.60
	SC05	3.00

Nous attirons cependant l'attention sur le fait que notre observation a été de courte durée et que le niveau d'eau reste donc susceptible d'évoluer encore dans le temps. Seul un suivi sur un piézomètre sur une période longue (au moins 1 cycle de saisons) permettrait d'en appréhender l'ampleur.

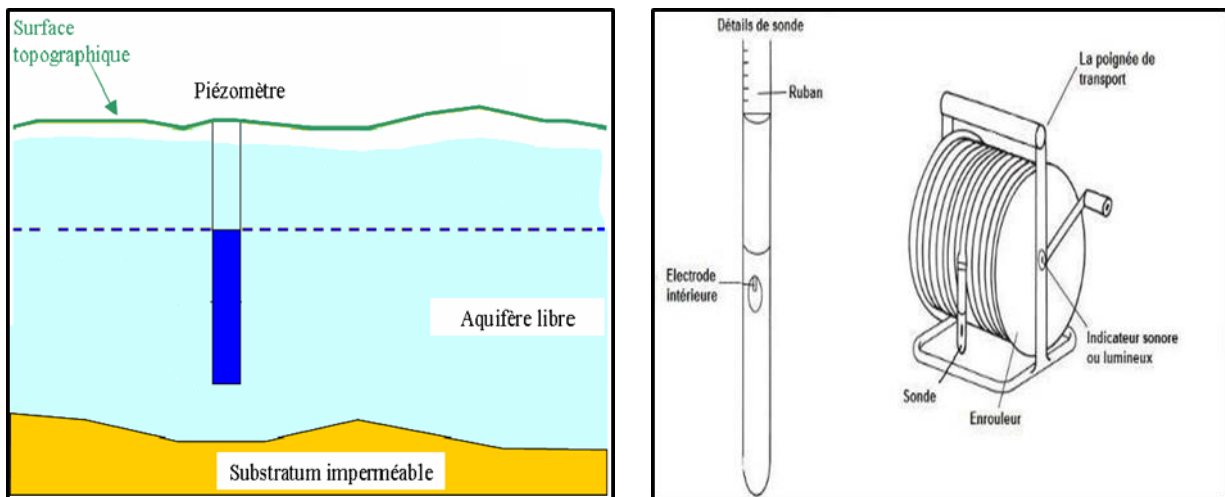


Figure 3.28: Uschema d'un Piezometre

3.5.3. Essais Pénétrométriques :

a) Exploitation des résultats :

Afin d'apprécier la consistance du sol, nous avons exécuté douze (12) sondages par pénétration dynamique poussés jusqu'au refus.

Tableau 3.11 : Résumé les résistances de pointe enregistrées.

	PDL N°01	PDL N°02	PDL N°03	PDL N°04	PDL N°05	PDL N°06	PDL N°07	PDL N°08	PDL N°09	PDL N°10	PDL N°11	PDL N°12
Rp à 0.20m (bars)	103.20	60.20	129.00	86.00	60.20	77.40	94.60	60.20	86.00	103.20	189.20	103.20
Rp à 0.40m (bars)	77.40	146.20	68.80	60.20	77.40	77.40	86.00	103.20	94.60	86.00	103.20	68.80
Rp à 0.60m (bars)	146.20	43.00	94.60	86.00	86.00	94.60	77.40	86.00	86.00	94.60	86.00	43.00
Rp à 0.80m (bars)	120.40	60.20	94.60	77.40	77.40	77.40	77.40	94.60	86.00	103.20	94.60	43.00
Rp à 1.00m (bars)	60.20	34.40	34.40	77.40	77.40	77.40	77.40	43.00	51.60	43.00	103.20	43.00
Rp à 1.20m (bars)	55.30	31.60	31.60	102.70	102.70	71.10	79.00	39.50	39.50	71.10	55.30	31.60
Rp à 1.40m (bars)	47.40	31.60	23.70	55.30	55.30	55.30	79.00	31.60	31.60	39.50	47.40	31.60
Rp à 1.60m (bars)	39.50	23.70	23.70	39.50	39.50	55.30	39.50	23.70	39.50	39.50	39.50	39.50
Rp à 1.80m (bars)	39.50	39.50	39.50	39.50	39.50	47.40	31.60	47.40	39.50	31.60	31.60	150.10
Rp à 2.00m (bars)	23.70	23.70	23.70	31.60	31.60	39.50	23.70	39.50	39.50	31.60	31.60	474.00
Rp à 2.20m (bars)	22.20	22.20	22.20	37.00	37.00	37.00	14.80	29.60	29.60	37.00	29.60	/
Rp à 2.40m (bars)	29.60	29.60	29.60	444.00	444.00	29.60	444.00	29.60	37.00	37.00	37.00	/
Rp à 2.60m (bars)	29.60	29.60	14.80	/	/	22.20	/	29.60	44.40	44.40	37.00	/
Rp à 2.80m (bars)	22.20	37.00	29.60	/	/	29.60	/	37.00	51.80	51.80	51.80	/
Rp à 3.00m (bars)	29.60	22.20	444.00	/	/	444.00	/	444.00	44.40	44.40	44.40	/
Rp à 3.20m (bars)	414.00	414.00	/	/	/	/	/	/	414.00	414.00	48.30	/
Rp à 3.40m (bars)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	41.40	/
Rp à 3.60m (bars)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	414.00	/
Refus (m)	3.25	3.25	3.05	2.45	2.45	3.05	2.45	3.05	3.25	3.25	3.65	/

Au constat de ces résultats obtenus, on remarque que les refus atteignant une valeur maximale de 3.65m, s'explique par la présence une couche de sol remanié à des épaisseurs variables.

b) Résultats enregistrés des essais Pénétrömètre dynamique de Site 03 :

Tableau 3.12 : les résultats de Rp (bar) a chaque profondeur pour chaque point dans le site 03

Exemple : les Résultats enregistrés de Rp (bar) pour premier point dans site 03cccccccc

Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	77,4
0,6	146,2
0,8	120,4
1	60,2
1,2	55,3
1,4	47,4
1,6	39,5
1,8	39,5
2	23,7
2,2	22,2
2,4	29,6
2,6	29,6
2,8	22,2
3	29,6
3,2	414

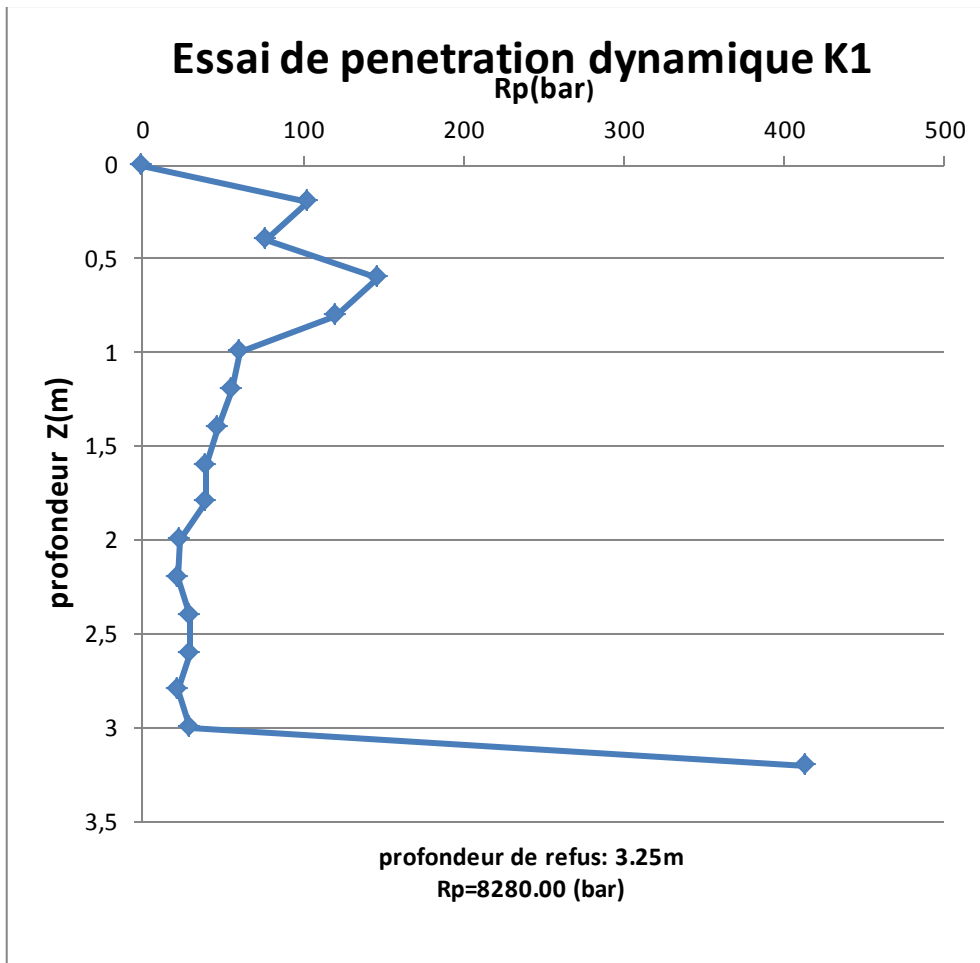


Figure 3.29 : Courbe de la résistance de pointe en fonction de la profondeur (site 03 ZAAROURA)

La courbe d'essai de pénétration dynamique K1 montre une augmentation progressive de la résistance jusqu'à atteindre une valeur de refus à 3,25 m, ce qui indique la présence de couches de sol de plus en plus denses en profondeur. Cette analyse suggère que le sol présente des caractéristiques mécaniques meilleures à partir de 1,5 m de profondeur, et qu'une couche très résistante est rencontrée à partir de 3,25 m, probablement constituée de matériau induré ou rocheux. Cela est crucial pour le choix du type et de la profondeur des fondations.

(Voir les autres graphes de pénétration dynamique en annexes)

Conclusion

L'étude géotechnique menée sur les trois sites implantés dans la wilaya de Tiaret – à savoir l'Institut de l'Enseignement Professionnel de Karman, la mosquée El Rahmane de Rahma et le poste avancé de la Protection Civile de Zaaroura – a permis de mettre en évidence les caractéristiques mécaniques propres à chaque sol, grâce à la réalisation d'essais pénétrométriques et pressiométriques in situ.

Ces investigations ont fourni des données précieuses sur la compacité, la résistance à la pénétration, la déformabilité et la pression limite des sols. L'interprétation de ces résultats a conduit à l'élaboration de profils géomécaniques fiables, permettant de recommander des solutions de fondation adaptées aux conditions de chaque terrain.

Ainsi, cette approche méthodique permet non seulement de garantir la stabilité et la durabilité des ouvrages projetés, mais aussi d'optimiser les choix techniques en tenant compte des risques géotechniques potentiels. Elle souligne l'importance cruciale des reconnaissances de sol dans toute démarche de construction



Conclusion générale

Conclusion générale

La reconnaissance géotechnique constitue une étape primordiale dans le processus de conception et de réalisation des ouvrages de génie civil. Elle permet de réduire significativement les incertitudes liées au sol, d'anticiper les comportements mécaniques des terrains, et de concevoir des fondations sûres et économiques.

Parmi les méthodes d'investigation disponibles, les essais géotechniques in situ se distinguent par leur capacité à fournir des données représentatives du sol en place, sans altération due à l'échantillonnage.

L'application de ces essais aux sols de la région de Tiaret a permis de mettre en évidence la grande variabilité des formations géologiques locales, allant des argiles plastiques aux calcaires compacts, en passant par des marnes et sols hétérogènes. Cette diversité impose une approche rigoureuse et spécifique à chaque site d'étude.

Les résultats obtenus à travers les essais tels que le pénétromètre dynamique, le pressiomètre Ménard ont permis d'évaluer la compacité, la résistance, la déformabilité et la portance des sols étudiés. Ces données sont indispensables pour le dimensionnement des fondations, le choix des techniques de construction, ainsi que pour la prévention des risques géotechniques (tassements, instabilité, glissements...).

En conclusion, la mise en œuvre systématique des essais géotechniques in situ dans la région de Tiaret représente un levier fondamental pour améliorer la fiabilité des projets d'infrastructure. Elle permet de passer d'une approche empirique à une ingénierie fondée sur des données précises et localement adaptées. Il est donc essentiel de promouvoir cette pratique, notamment dans les zones en développement, pour assurer la durabilité et la sécurité des constructions.

■ ■ Référence Bibliographique :

Référence Bibliographique

- [1] Manneville, O., Vergne, V. Et Villepoux, O. 1999. Le monde des tourbières et des marais. Delachaux et Niestlé. 320p).
- [2] Buttler, A., 1992. Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de Neuchâtel. Bull. Ecol., t.23 (3-4) pp 415-42.
- [3] Rolland, P., 1988. Le système des grandes tourbières équatoriales. Ann. Géographie N°97 (544). pp 942-666.
- [4] Guide pédagogique, 2012. (Les sols terreux fertiles) Volet 1- Apport de connaissances
- [5] FAO, 2006.
- [6] **Benslama M. 1996.** Dégradation des sols du complexe humide d'EL KALA (cas de Nechaa Rigiha), 1^{er} coll Eco dev Adrar Algérie.
- [7] Duchaufour ph, 2004. Introduction à la science du sol- 6^{ème} Ed de l'abrégé de pédologie dunod, p 42, 63, 69, 109.
- [8] Touyre Patricia, 2015. Le sol, un monde vivant : Formation, faune, flore. Ed, Delachaux et Niestlé, p 83, 85, 96, 105.
- [9] George Filliat « La pratique des sols et fondations » chapitre 6. Edition du MONITEUR Paris 1981. pp 199-242.
- [10] George Filliat « La pratique des sols et fondations » chapitre 22. Edition du MONITEUR Paris 1981. pp 945-1004.
- [11] M. DJEDID Abdelkader et Mme BENDI OULD AISSA de l'université Aboubakr Belkaid de Tlemcen. Symposium international « Qualité et maintenance au service de l'entreprise », QUALIMA 01- Tlemcen 2004.
www.univ-tlemcen.dz/~qualima/Programme.pdf
- [12] Maillard Jean-François : Revue Techniques de l'ingénieur. Construction ISSN 0245-9590..
cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=16005984 -
- [13] E.W.Brand & R.P.Brenner () "Soft clay engineering exploration, sampling & in-situ testing ", Collection: developments in geotechnical engineering N°20. link.aip.org/link/?JGGEFK/136/650/1
- [14] ALI BOUAFIA " Mécanique des sols " principes de base exercices résolus. Edition el Maarifa(2003) .pp 49-74.
- [15] Maurice Cassan "Les essais in situ en mécanique des sols " Tome 1. Edition Eyrolles. (1978) p 449.
- [16] Gilles DUPRE, le Bloc « Les méthodes de reconnaissance" Laboratoire National du

Référence Bibliographique

Bâtiment et des Travaux Publics d'Haïti 2006.

www.lnbtgouv.ht/.../Méthode%20de%20reconnaissance%20Dossier%203.pdf -

[17] LCPC –SETRA "L'essai de pénétration statique", rédigé par :

Edwin WASCiHKOWSKI. PROJET DE METHODE D'ESSAI n°30 (1988).

media.lcpc.fr/ext/pdf/me/me_30.pdf -

[18] document de DLC (Direction de Laboratoire des Chaussées) .Bultin d'information technique Vol. 9, no10, octobre 2004 Le pénétromètre dynamique

www.mtq.gouv.qc.ca/.../49BEB7877BC400BFE04400144F0104BD.

[19] Gilles DUPRE, le Bloc : les méthodes de reconnaissance Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics D'Haïti.

www.lnbtgouv.ht/.../Méthode%20de%20reconnaissance%20Dossier%203.pdf -

[20] Gérard ARSONNET, Jean-Pierre BAUD, Michel GAMBIN : réalisation du forage pour essais pressiométriques par un système de tube fendu auto-fore (staff).

Symposium international 50ans de pressiomètre 2005.

www.geomatech.net/pages/enbref.html -

[21] Cassan, M (1988) " *Essais in situ en mécanique des sols*", tome I, éditions Eyrolles, Paris.

[22] Baguelin, F, Jézéquel, J-F et Shields, D.H (1978) "*The Press- uremeter and foundation engineering*», Series on *Rock and Soil Mechanics*, Vol. 2, N° 4, Editions Trans-Tech Publications.

[23] LCPC –SETRA (1972) "Recommandation FOND 72", Fascicule 2,

Chapitre 3,4 : Méthodes géophysiques et hydrologiques de reconnaissance, LCPC.

alfresco.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/.../F_10-02.pdf ? ticket...

[24] Cassan(1955) To cite this version (Mohammad Alhusein. Étude du comportement différé des sols et ouvrages géotechniques).

[25] essais pressiométriques et dilatométriques interprétation et utilisation des résultats ROCTEST.

www.roctest.com/.../PMT-VERSION-7%20-FRANCAIS.pdf -.

[26] Tavenas F. Leroueil S. Laboratory and in situ stress-strain time behavior of soft clays: Proc .of Int.Symp.on Geotechnical Engineering of Soft Soils, Mexico City(1987)., vol 2, pp.3-48.

[27] Vinod K. Garga and Mahbulul A. Khan Canadian geotechnical journal Can. Geotech. J. 29(4): 627–637 (1992) | doi:10.1139/t92-070 | © 1992 NRC Canada “ Interpretation of field vane strength of an anisotropic soil”.

Référence Bibliographique

article.pubs.nrc-cnrc.gc.ca/ppv/RPViewDoc?issn=1208-6010...6...

[28] document interne de lpc Catalogue des matériels mlpc www.lpc.fr › ... › Recherches › Résultats récents .



Annexes



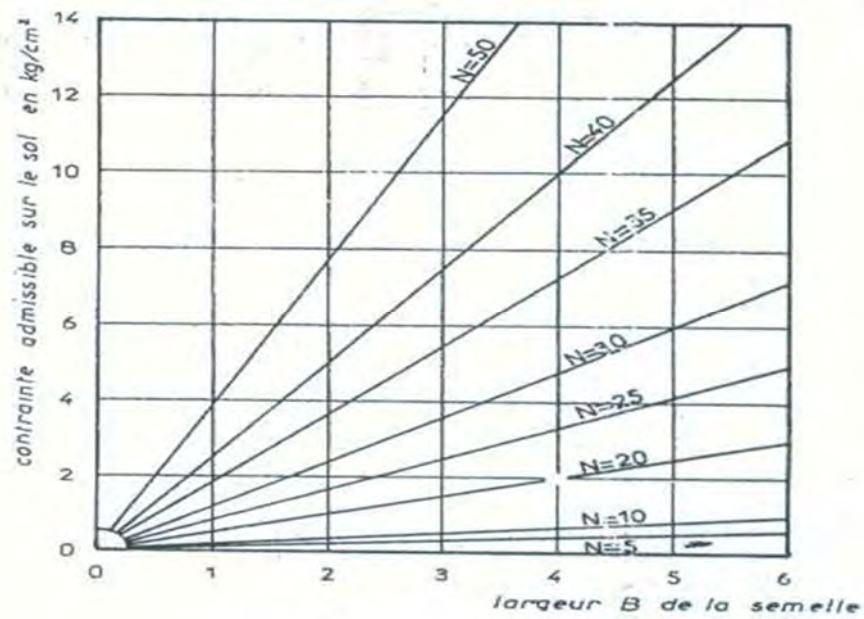
- ANNEXE 01 : Abaque
- ANNEXE 02 : Analyse géotechnique in situ des sols de site 1 « KERMAN »
- ANNEXE 03 : Analyse géotechnique in situ des sols de site 2 « RAHMA »
- ANNEXE 04 : Analyse géotechnique in situ des sols de site 3 « ZAAROURA »
- ANNEXE 05 : La correction des résultats bruts de l'essai pressiométriques
« courbe d'étalonnage, courbe de calibrage, courbe brut, courbe corrigée »
dans le site 1 KERMAN



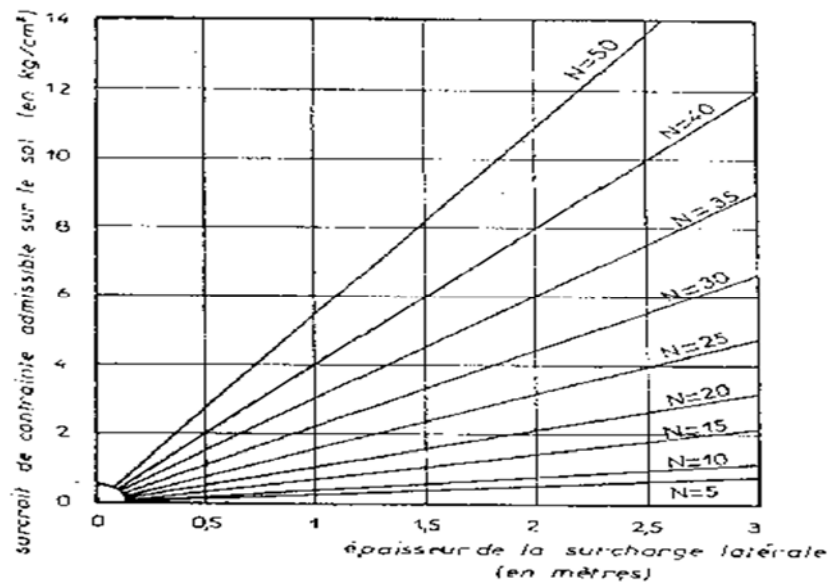
Annexes 01

Abaque 1: Abaque de Terzaghi et Peck contrainte admissible pour une semelle sans surcharge latérale

Abaque 2: Surcroit de contrainte admissible dû à la présence d'une surcharge latérale D'après Terzaghi et Peck



Abaque 1: Abaque de Terzaghi et Peck contrainte admissible pour une semelle sans surcharge latérale



Abaque 2 : Surcroit de contrainte admissible dû à la présence d'une surcharge latérale D'après Terzaghi et Peck



Annexes 02



Analyse géotechnique in situ des sols de site 1

« KERMAN »

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST					
Dossier TRS4044/ Sondage SC3					
Niv	Description des sols	LOG	Prof m	% Rec	Observations
Eau	Terre végétale.				
	Argile limono-sableuse marron rougeâtre.		1	80	
	Calcaire gréseux jaune blanchâtre à grisâtre, dur, fracturé, vacuolaire à passés d'argile jaune blanchâtre entre 2.80-3.00m et marne grisâtre, indurée entre 6.15-6.90m et 7.00-7.10m.		2	75	
			3		
			4		
			5		
			6		
			7		
	fin de sondage		8		
			9		

LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		
Révisé le : 06/01/2025		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B	A3 /A42
Indice de révision : 01	-o- WILAYA DE TIARET-o-		

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST						
Dossier TRS4044/ Sondage SC4						
Niv eau	Description des sols	LOG	Prof m	% Rec	Observations	
1	Terre végétale.	0-0.10	0.00	0		
2	Argile limono-sableuse marron rougeâtre à concrétion de calcaire blanchâtre.	0.10-0.60	0.10	60		
3	Calcaire gréseux gris brunâtre, dur, fracturé, récupéré parfois en débris à passés de grès friable, récupéré en sable entre 6.00-6.80m.	0.60-6.00	6.00	60		
4		6.00-6.80	6.80	60		
5		6.80-7.00	7.00	60		
6		7.00-7.20	7.20	60		
7		7.20-7.40	7.40	60		
8		7.40-7.60	7.60	60		
9	fin de sondage	7.60-7.80	7.80	60		

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST


LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B	A4 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		
Indice de révision : 01			

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST						
Dossier TRS4044/ Sondage SC8						
Niv	Description des sols	LOG	Prof m	% Rec	Observations	
Eau	Terre végétale.					
	Calcaire lamachellique grisâtre dur, fissuré à fracturé, récupéré parfois en débris.			70		
	Calcaire gréseux jaune brun, dur, fracturé à passés de marnes gris verdâtre, indurée.			70		
	fin de sondage					

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST			
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		
Révisé le : 06/01/2025			Dept.Tech/M.Y.B/A.L/L.A /H.B
Indice de révision : 01	-0- WILAYA DE TIARET -0-		A8 /A42

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST						
Dossier TRS4044/ Sondage SC9						
Niv	Description des sols	LOG	Prof m	% Rec	Observations	
Eau	Sol remanie.			100		
			1			
			2			
			3			
	Calcaire grisâtre, dur, fractur à remplissage de limon rougeâtre au sommet avec présence de fines passées d'argile grisâtre.		4	75		
			5			
			6			
			7			
			8	75		
	fin de sondage		9			
			10			
			11			
			12			

LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (L.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A9 /A42
Indice de révision : 01			



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- DONNEES -

Site	TRS 4044
Pays	
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01

CARACTERISTIQUES SONDE		TUBULURES ET FLUIDES		ETALONNAGE	
Référence	T4-gtm	Type	Coaxiale	Nature	
Longueur	210 mm	Gainé	Jumelle	Liquide	
	X	Cautchouc	X	Densité γ_{liq}	
		Structure renforcée		Nature	
Type	E	Lamelles métalliques		Compressibilité λ_v (m ⁻¹)	
	X	Tube fendu			
Référence fournisseur		Etalonnage $p_{0.050}$ (MPa)		0,050	


Référence	ET 21/11/2024
Pression d'étalonnage p_0 (MPa)	0,183
CALIBRAGE	
Référence	CA 21/11/2024
Diamètre intérieur du tube d (mm)	80,0
Coefficient de calibrage a (cm ³ /MPa)	4,429
Volume de la sonde V_0 (cm ³)	728,0

Référence de l'essai	ES 2M
Date et heure	30/12/2024 10:28
Unité de contrôle (CPV)	
Enregistreur	
Opérateur(s)	
Pression différentielle	-0,070
Observations (temps, etc)	

Palier	DONNEES BRUTES				DONNEES CORRIGÉES en P & V							
	PRESSIONS p_i (MPa)				VOLUMES V_i (cm ³)							
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	PRESSION p (MPa)	VOLUME V^m (cm ³)	PENTE $\alpha^{(m)}/p_0$ (cm ³ /MPa)	FLUAGE $\beta^{(m)}$ (cm ³)
0												
1	0,050	0,050	0,050	0,050	128,0	128,0	128,0	218,0	0,022	217,7		90,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	300,0	300,0	300,0	301,0	0,052	300,4	2783	1,0
3	0,150	0,150	0,150	0,150	305,0	305,0	305,0	306,0	0,101	305,2	97	1,0
4	0,200	0,200	0,200	0,200	308,0	308,0	308,0	309,0	0,150	307,9	55	1,0
5	0,400	0,400	0,400	0,400	310,0	310,0	310,0	311,0	0,350	308,8	5	1,0
6	0,600	0,600	0,600	0,600	312,0	312,0	312,0	313,0	0,549	309,7	5	1,0
7	0,800	0,800	0,800	0,800	314,0	314,0	314,0	314,0	0,749	309,7	0	0,0
8	1,000	1,000	1,000	1,000	315,0	315,0	315,0	316,0	0,949	310,7	5	1,0
9	1,400	1,400	1,400	1,400	317,0	317,0	317,0	318,0	1,348	310,6	0	1,0
10	1,800	1,800	1,800	1,800	319,0	319,0	319,0	320,0	1,748	310,7	0	1,0
11	2,200	2,200	2,200	2,200	321,0	321,0	321,0	322,0	2,147	310,8	0	1,0
12	2,600	2,600	2,600	2,600	323,0	323,0	323,0	324,0	2,547	311,0	0	1,0
13	3,000	3,000	3,000	3,000	324,0	324,0	324,0	325,0	2,946	310,2	-2	1,0
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

Système de nivellement		X =	
Atelier de forage		Y =	
Méthode de forage		CAR	
Outil de forage		type	Cour
		diamètre (mm)	-76
Niveau pied de tubage (m)			
Fluide d'injection			
Passé de forage		de ... (m)	-1
		à ... (m)	-2
		Terminée à	

Hauteurs	mètre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimètre cube	cm ³
Pressions	Mégapascal	MPa



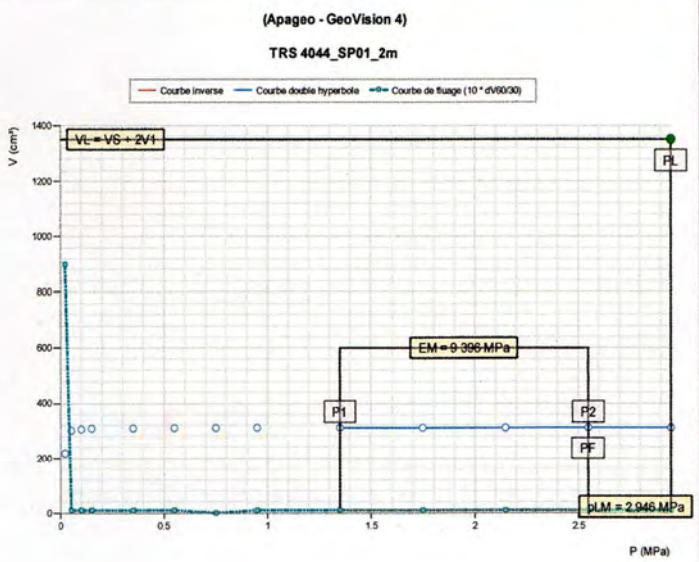
**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- RESULTATS -

Site	TRS 4044
Référence de l'essai	ES 2M
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
Forage	SP01
Profondeur de l'essai	2,00

(Apageo - GeoVision 4)


TRS 4044_SP01_2m




RESULTATS CALCULES NORMALIFS	
$\alpha_{0.050}$ (MPa)	0,018
p_1 (MPa)	1,35
p_2 (MPa)	2,55
p_3 (MPa)	2,55
$p_{0.050}$ (MPa)	2,95
p_{lim} (MPa)	2,93
E_{u1} (MPa)	9396,1
$E_{u1} / p_{0.050}$	3189,0
E_{u1} / p_{lim}	3208,6

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES	
volumes inverses	A 7,53E-06
	B 3,20E-03
double hyperbole	A1 3,10E+02
	A2 2,22E-01
	A3 3,56E-01
	A4 0,00E+00
	A5 1,85E-02
	A6 2,00E+01
Erreur Moyenne (m%)	3,65E-01

COMMENTAIRES



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		
Révisé le : 06/01/2025	-0- WILAYA DE TIARET-0-		Dept.Tech./M.Y.B./A.L./LA /H.B
Indice de révision : 01			A11 /A42



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- DONNEES -

Devis	TRS 4044
Pays	
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01


Sonde	CARACTERISTIQUES SONDE		TUBULURES ET FLUIDES				ETALONNAGE	
	Longueur	74-gtm	Type	Cosiale	Liquide	Nature	Reference	ET 21/11/2024
210 mm	X	Gaine	Jumetele	X	Densite 1/2	Pression d'etalonnage p ₀ (MPa)	0,183	
370 mm		Caoutchouc			Nature	CALIBRAGE		
Type	X	Structure renforcee			Compressibilite 1/2 (m ³)	Reference	CA 21/11/2024	
E		Lamelles metaliques	CARACTERISTIQUES MEMBRANE					
G	X	Tube fende	Reference fournisseur			Diametre interieur du tube d (mm)	50,0	
			Etalonnage p ₀ (MPa)	0,050		Coefficient de calibrage a (cm ³ /MPa)	4,429	
						Volume de la sonde V _s (cm ³)	728,0	

Palier	PRESSIONS p ₀ (MPa)				VOLUMES V _{ij} (cm ³)				DONNEES CORRIGEEES cm ³ & V			
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V ⁰ (cm ³)	PERTE (cm ³ /MPa)	FLUAGE (cm ³ /MPa)
0												
1	0,100	0,100	0,100	0,100	151,0	151,0	151,0	290,0	0,065	289,4		138,0
2	0,200	0,200	0,200	0,200	308,0	308,0	308,0	309,0	0,180	307,9	193	1,0
3	0,300	0,300	0,300	0,300	310,0	310,0	310,0	311,0	0,280	308,4	15	1,0
4	0,400	0,400	0,400	0,400	312,0	312,0	312,0	312,0	0,359	308,8	5	0,0
5	0,800	0,800	0,800	0,800	313,0	313,0	313,0	314,0	0,759	309,7	0	1,0
6	1,200	1,200	1,200	1,200	315,0	315,0	315,0	316,0	1,159	309,6	0	1,0
7	1,600	1,600	1,600	1,600	318,0	318,0	318,0	319,0	1,558	310,7	3	1,0
8	2,000	2,000	2,000	2,000	321,0	321,0	321,0	322,0	1,957	311,8	3	1,0
9	2,400	2,400	2,400	2,400	323,0	323,0	323,0	324,0	2,357	311,9	0	1,0
10	2,800	2,800	2,800	2,800	324,0	324,0	324,0	325,0	2,756	311,1	-2	1,0
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

Systeme de nivellement	Cotes absolues	Cotes relatives
NGF	Z _c	+ 1,00
	Z ₀	0 (Nive de forage)
	Z ₁	
	Z ₂	- 3,00

Systeme de localisation	X =	Y =
Altitude de forage		
Methodes de forage	CAR	
Methodes de forage	type	Cour
	diametre (mm)	-76
Niveau pied de forage (m)		
Fluide d'injection		
Passes de forage	de ... (m)	-2
	à ... (m)	-3
	Terminee à	

Hauturs	metre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimetre cube	cm ³
Pressions	Megapascal	MPa



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

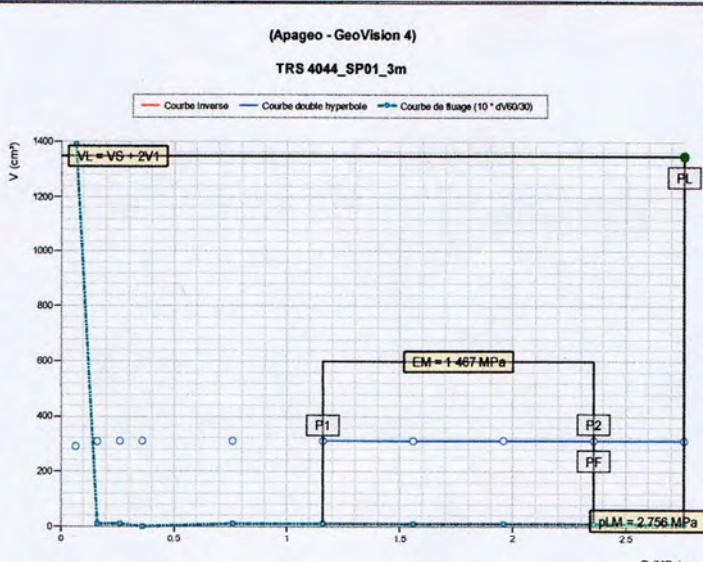
- RESULTATS -

Devis	TRS 4044
Reference de l'essai	ES 3M
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
Forage	SP01
Profondeur de l'essai	3,00

(Apageo - GeoVision 4)

TRS 4044_SP01_3m


— Courbe Inverse — Courbe double hyperbole — Courbe de fluage (10⁻⁴ d'V0/00)




RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
c ₁₀ (MPa)	0,027
p ₁ (MPa)	1,16
p ₂ (MPa)	2,36
p ₃ (MPa)	2,36
p ₁₀ (MPa)	2,76
p ₁₀₀ (MPa)	2,73
E _u (MPa)	1466,7
E _u / p ₁₀	532,1
E _u / p ₁₀₀	537,4

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES		
volumes inverses	A	8,28E-08
	B	3,19E-03
double hyperbole	A1	3,10E+02
	A2	6,08E-01
	A3	2,37E-01
	A4	0,00E+00
	A5	5,32E-02
	A6	2,00E+01
Erreur Moyenne (cm ³)		3,87E-01

COMMENTAIRES



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (L.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B	A12 /A42
Revisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		
Indice de révision : 01			



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- DONNEES -

Dossier	TRS 4044
Playe	
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGN
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01

CARACTERISTIQUES SONDE		TUBULURES ET FLUIDES		ETALONNAGE	
Référence	74-gtm	Type	Cosiale	Nature	Référence
Longueur	X	Gaine	Jumelle X	Densité γ_{fl}	ET 21/11/2024
210 mm	X	Caoutchouc	Longueur totale (m)	Nature	Pression d'étalonnage P_{00} (MPa)
370 mm		Structure renforcée		Gaz	0,183
Type	X	Structure métallique		Compressibilité k_g (m ⁻¹)	
E		Lamelles métalliques			
O	X	Tube fendu			


Référence de fessai	ES 4M
Date et heure	30/12/2024 10:35
Unité de contrôle (CPV)	
Enregistreur	
Opérateur(s)	
Pression différentielle	-0,050
Observations (temps, etc)	

DONNEES BRUTES												
Palier	PRESSIONS p_f (MPa)				VOLUMES V_f (cm ³)				DONNEES CORRIGES en P & V			
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	PRESSION p (MPa)	VOLUME V^m (cm ³)	PENTE $\frac{dV^m}{dp}$ (cm ³ /MPa)	FLUJAGE $\frac{dV^m}{dt}$ (cm ³ /s)
0												
1	0,050	0,050	0,050	0,050	150,0	150,0	150,0	250,0	0,030	267,7		119,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	295,0	295,0	295,0	298,0	0,073	297,4	595	3,0
3	0,150	0,150	0,150	0,150	303,0	303,0	303,0	306,0	0,121	305,2	181	3,0
4	0,200	0,200	0,200	0,200	321,0	321,0	321,0	327,0	0,166	325,9	480	0,0
5	0,250	0,250	0,250	0,250	342,0	342,0	342,0	346,0	0,211	344,0	411	4,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	356,0	356,0	356,0	359,0	0,258	357,4	271	3,0
7	0,500	0,500	0,500	0,500	428,0	428,0	428,0	476,0	0,432	473,3	668	46,0
8	0,700	0,700	0,700	0,700	550,0	550,0	550,0	585,0	0,609	581,2	911	35,0
9	0,750	0,750	0,750	0,750	645,0	645,0	645,0	675,0	0,641	671,0	2818	30,0

Système de nivellement	NGF	Cotes absolues	Cotes relatives
		Z _C	+ 1,00
		Z _N	0 (Site de forage)
		Z _W	
		Z ₀	- 4,00

Système de localisation	X =	Y =
Atelier de forage		
Méthode de forage (stratification de tubes: C)	CAR	
Outil de forage	type	Cour
	diamètre (mm)	-76
Niveau pied de tubage (m)		
Fluide d'injection	de ... (m)	-3
	à ... (m)	-4
Passes de forage	Terminée à	

Hauteurs	mètre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimètre cube	cm ³
Pressions	Mégapascal	MPa



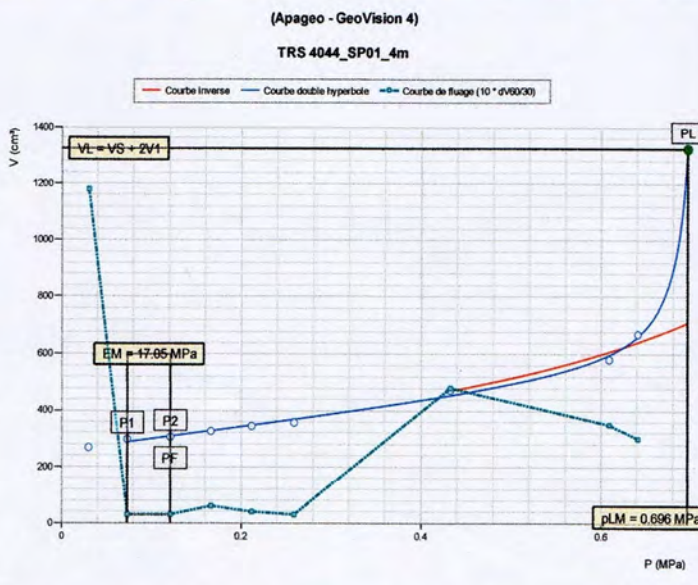
**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- RESULTATS -

Dossier	TRS 4044
Référence de fessai	ES 4M
Nom du chantier	INSTITUT D'ENS
Forage	SP01
Profondeur de fessai	4,00

(Apageo - GeoVision 4)


TRS 4044_SP01_4m




RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
σ_{1c} (MPa)	0,036
P_1 (MPa)	0,07
P_2 (MPa)	0,12
P_3 (MPa)	0,12
P_{1c} (MPa)	0,70
P_{1m} (MPa)	0,66
E_M (MPa)	17,0
E_M / P_{1c}	24,5
E_M / P_{1m}	25,8

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES	
volume Inverses	A -2,73E-03
	B 3,30E-03
double hyperbole	A1 2,40E+02
	A2 3,98E+02
	A3 0,00E+00
	A4 1,17E+01
	A5 -2,00E+01
	A6 7,11E-01
Erreur Moyenne (m%)	8,31E+00

COMMENTAIRES



LTPO Unité de Tiaret Etablie le : 05/01/2025 Révisé le : 06/01/2025 Indice de révision : 01	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS -o- WILAYA DE TIARET -o-	Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B	A13 /A42
--	---	----------------------------	----------



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- DONNEES -

Site	TRS 4044
Pays	
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01


CARACTERISTIQUES SONDE		TUBULURES ET FLUIDES				ETALONNAGE		
Référence	74-gén	Type	Coaxiale	Liquide	Nature	Référence	ET 21/11/2024	
Longueur	X	Gaine	Jumelle	Densité ρ_f (kg/m³)		Pression d'étalonnage p_0 (MPa)	0,183	
210 mm	X	Caoutchouc	Longueur totale (m)	Compressibilité χ_f (m³)	Nature	CALIBRAGE		
370 mm		Structure renforcée			Compressibilité χ_f (m³)	Référence	CA 21/11/2024	
Type	X	Structure métallique	CARACTERISTIQUES MEMBRANE				Diamètre intérieur du tube d (mm)	80,0
E		Lamelles métalliques	Référence fournisseur			Coefficient de calibrage α (cm³/MPa)	4,429	
G	X	Tube fendu	Etalonnage p_0 (MPa)	0,050		Volume de la sonde V_s (cm³)	728,0	

Palier	PRESSIONS p_r (MPa)				VOLUMES $V(r)$ (cm³)				DONNEES CORRIGÉES en P & V			
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	P (MPa)	VOLUME V^m (cm³)	PENTE $\frac{dV^{(m)}}{dP}$ (cm³/MPa)	FLIAGE $\frac{dV^{(m)}}{dP}$ (cm³)
0												
1	0,050	0,050	0,050	0,050	150,0	150,0	150,0	240,0	0,057	239,7		90,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	273,0	273,0	273,0	278,0	0,098	275,4	867	3,0
3	0,150	0,150	0,150	0,150	305,0	305,0	305,0	310,0	0,140	309,2	806	5,0
4	0,200	0,200	0,200	0,200	334,0	334,0	334,0	345,0	0,182	343,9	832	11,0
5	0,250	0,250	0,250	0,250	355,0	355,0	355,0	358,0	0,229	356,6	271	3,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	390,0	390,0	390,0	396,0	0,270	394,4	915	6,0
7	0,350	0,350	0,350	0,350	440,0	440,0	440,0	458,0	0,304	466,1	2118	28,0
8	0,400	0,400	0,400	0,400	515,0	515,0	515,0	535,0	0,336	532,8	1879	20,0
9	0,450	0,450	0,450	0,450	580,0	580,0	580,0	620,0	0,372	617,5	2619	40,0
10	0,500	0,500	0,500	0,500	645,0	645,0	645,0	665,0	0,413	662,3	1092	20,0
11	0,550	0,550	0,550	0,550	685,0	685,0	685,0	700,0	0,456	697,0	605	15,0
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

Système de rélevement	NOF	Cotes absolues	Cotes relatives
		Z _C	+ 1,00
		Z _N	0 (site de forage)
		Z _M	
		Z _S	- 6,00

Système de localisation	X =	Y =
Atelier de forage		
Méthode de forage	CAR	
(attribution de tableau C)		
Outil de forage	type	Cour
	diamètre (mm)	-76
Niveau pied de tubage (m)		
Fluide d'injection		
Passes de forage	de ... (m)	-5
	à ... (m)	-6
	Terminée à	

Hauteurs	mètre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimètre cube	cm³
Pressions	Mégapascal	MPa



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

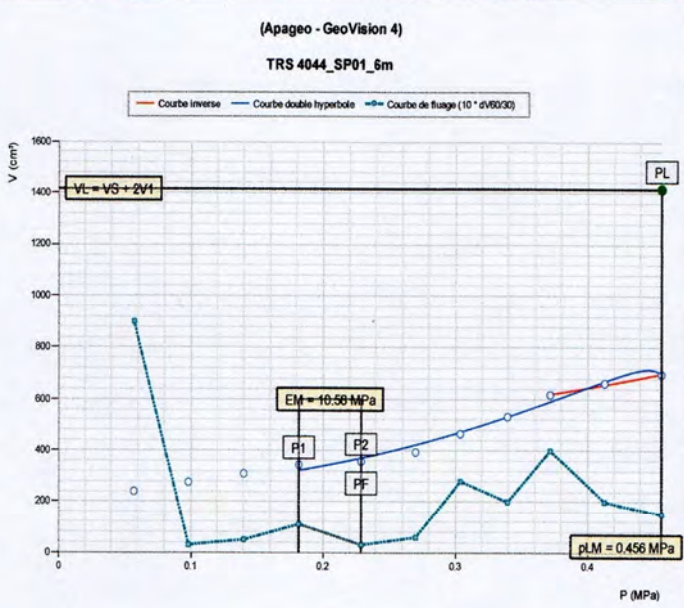
- RESULTATS -

Site	TRS 4044
Référence de l'essai	ES 6M
Nom du chantier	INSTITUT D'ENSEIGNEMENT
Forage	SP01
Profondeur de l'essai	6,00

(Apageo - GeoVision 4)

TRS 4044_SP01_6m


— Courbe inverse — Courbe double hyperbole — Courbe de fluage (10⁻⁴ dV0/30)



RESULTATS CALCULES NORMALIFS	
σ_{ms} (MPa)	0,054
p_1 (MPa)	0,18
p_2 (MPa)	0,23
p_3 (MPa)	0,23
p_{10} (MPa)	0,46
p_{20} (MPa)	0,46
E_{20} (MPa)	10,6
E_{20} / p_{10}	23,2
E_{20} / p_{20}	26,3


PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES	
volumes inverses	A -2,19E-03
	B 2,43E-03
double hyperbole	A1 -1,22E+06
	A2 6,06E+04
	A3 -2,43E+07
	A4 -1,19E+00
	A5 -2,00E+01
	A6 4,68E-01
	Erreur Moyenne (moy)
	1,35E+01

COMMENTAIRES



Apageo - GeoVision 4.0.2.2

LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B	A15 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		
Indice de révision : 01			




**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- DONNEES -

CARACTERISTIQUES SONDE Référence: T4-gtm Longueur: 210 mm X 370 mm Type: Gaine Cautchouc Structure renforcée Type: Lamelles métalliques Tube fendu		TUBULURES ET FLUIDES Type: Cobalt Jumele X Liquide: Nature Densité ρ_{liq} Gaz: Nature Compressibilité k_g (m ⁻¹)		ETALONNAGE Référence: ET 21/11/2024 Pression d'étalonnage p_0 (MPa): 0,183 Référence: GA 21/11/2024 Diamètre intérieur du tube d_i (mm): 80,0 Coefficient de calibrage α (cm ³ /MPa): 4,429 Volume de la sonde V_s (cm ³): 728,0	
Référence de l'essai: ES 9M Date et heure: 30/12/2024 10:54 Unité de contrôle (CIV): Enregistreur: Opérateur(s): Pression différentielle: 0,000 Observations (temps, etc):		Système de nivellement: Coltes absocules Coltes relatives: + 1,00 (Bille de forage): - 9,00			

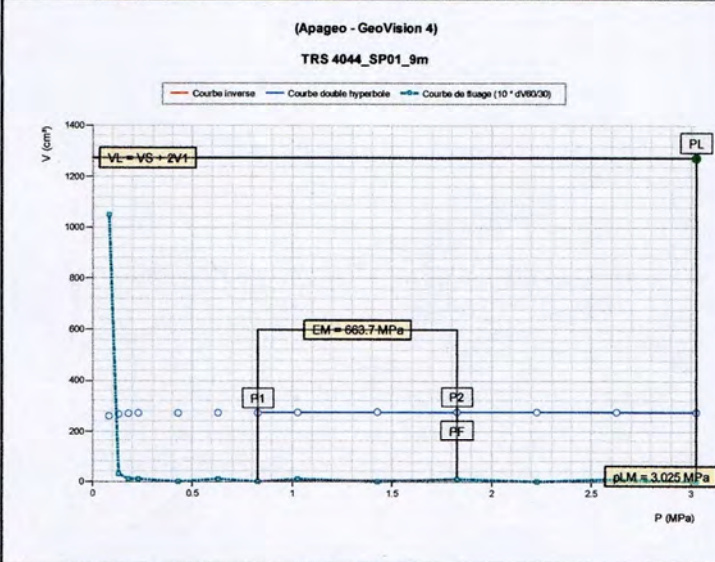
Palier	PRESSIONS p (MPa)				VOLUMES V (cm ³)				DONNEES CORREGES en P & V			
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V (cm ³)	$\frac{dV}{dP}$ (cm ³ /MPa)	$\frac{d^2V}{dP^2}$ (cm ³ /MPa ²)
0	0,050	0,050	0,050	0,050	155,0	155,0	155,0	260,0	0,082	259,7		105,0
1	0,100	0,100	0,100	0,100	285,0	285,0	285,0	268,0	0,130	267,4	161	3,0
2	0,150	0,150	0,150	0,150	270,0	270,0	270,0	271,0	0,179	279,2	55	1,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	272,0	272,0	272,0	273,0	0,229	271,9	35	1,0
4	0,250	0,250	0,250	0,250	274,0	274,0	274,0	274,0	0,429	271,8	0	0,0
5	0,400	0,400	0,400	0,400	274,0	274,0	274,0	276,0	0,828	272,7	5	1,0
6	0,600	0,600	0,600	0,600	277,0	277,0	277,0	277,0	0,828	272,7	0	0,0
7	0,800	0,800	0,800	0,800	279,0	279,0	279,0	280,0	1,027	274,7	10	1,0
8	1,000	1,000	1,000	1,000	284,0	284,0	284,0	284,0	1,426	276,8	5	0,0
9	1,400	1,400	1,400	1,400	285,0	285,0	285,0	286,0	1,826	276,7	0	1,0
10	1,800	1,800	1,800	1,800	287,0	287,0	287,0	287,0	2,225	276,8	-2	0,0
11	2,200	2,200	2,200	2,200	288,0	288,0	288,0	289,0	2,625	276,0	0	1,0
12	2,600	2,600	2,600	2,600	290,0	290,0	290,0	290,0	3,025	275,2	-2	0,0
13	3,000	3,000	3,000	3,000								
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- RESULTATS -

Dossier: TRS 4044 Référence de l'essai: ES 9M Nom du chantier: INSTITUT D'ENSEIGNEMENT Forage: SP01 Profondeur de l'essai: 9,00	
---	--

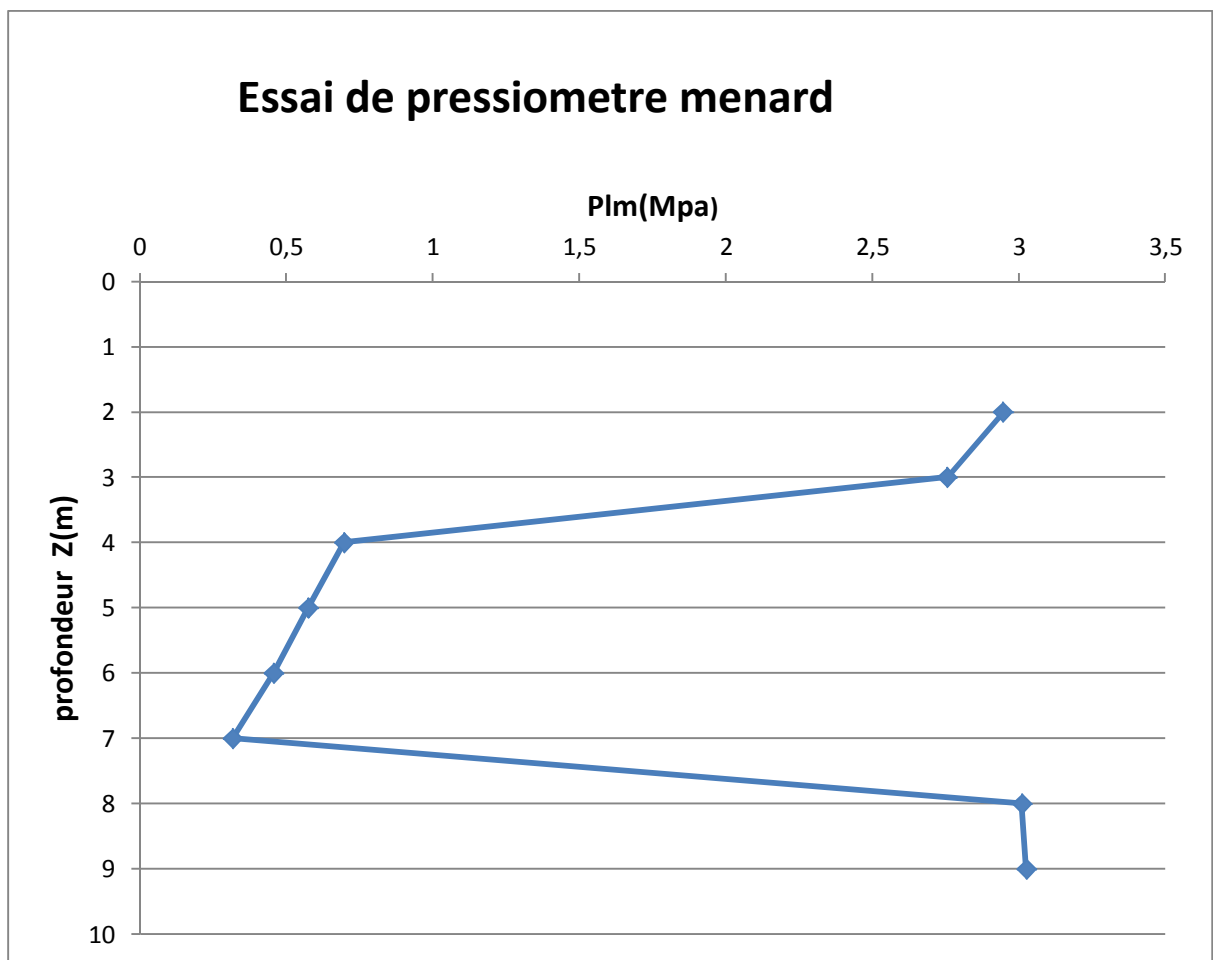


RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
η_{10} (MPa)	0,081
p_1 (MPa)	0,83
p_2 (MPa)	1,83
p_3 (MPa)	1,83
p_{10} (MPa)	3,02
p_{15} (MPa)	2,94
E_{10} (MPa)	663,7
E_{15} / p_{10}	219,4
E_{15} / p_{15}	225,5

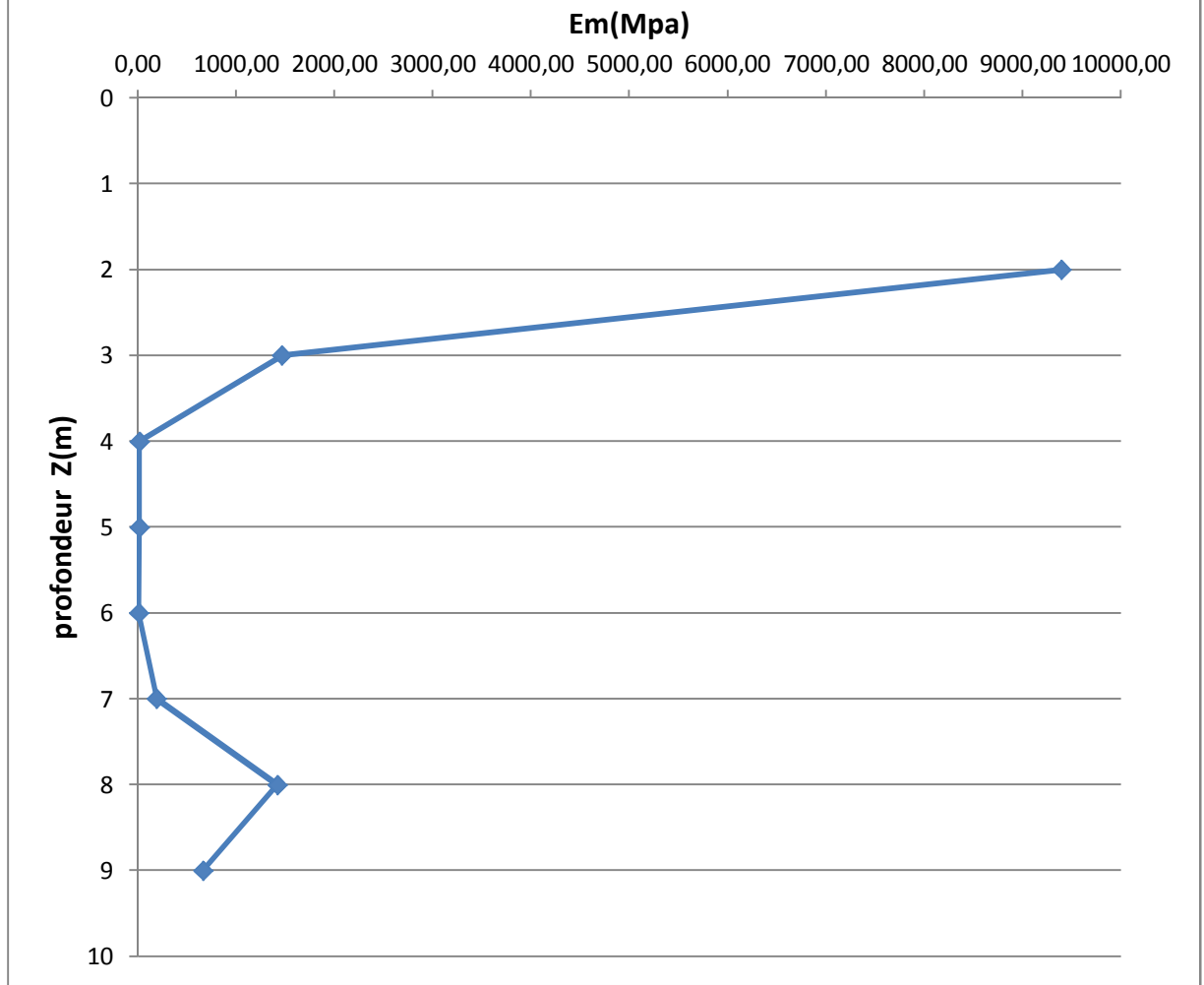
PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES		
volumes inverses	A	9,57E-06
	B	3,50E-03
double hyperbole	A1	2,74E+02
	A2	8,74E-01
	A3	5,90E-01
	A4	0,00E+00
	A5	4,16E-02
	A6	2,00E+01
Erreur Moyenne (cm ³)		7,19E-01

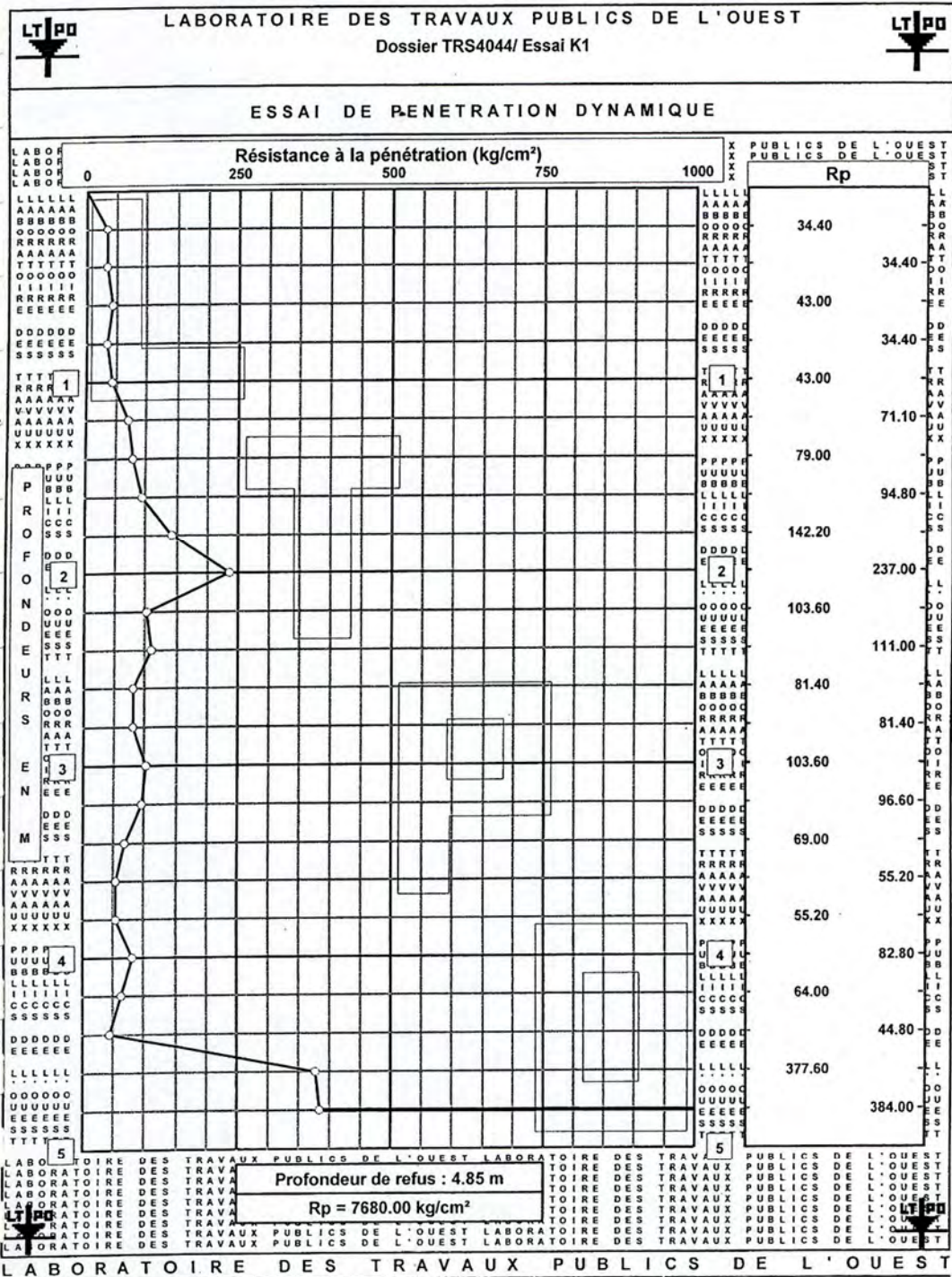
LTPO Unité de Tiaret		PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H/B		A18 /A42	
Etablie le : 05/01/2025		-o- WILAYA DE TIARET -o-					
Révisé le : 06/01/2025							
Indice de révision : 01							

Profondeur Z(m)	Em (Mpa)	Plm (Mpa)
2	9396,00	2,946
3	1467,00	2,756
4	17,05	0,696
5	17,88	0,574
6	10,58	0,456
7	192,30	0,316
8	1419,00	3,01
9	663,70	3,025

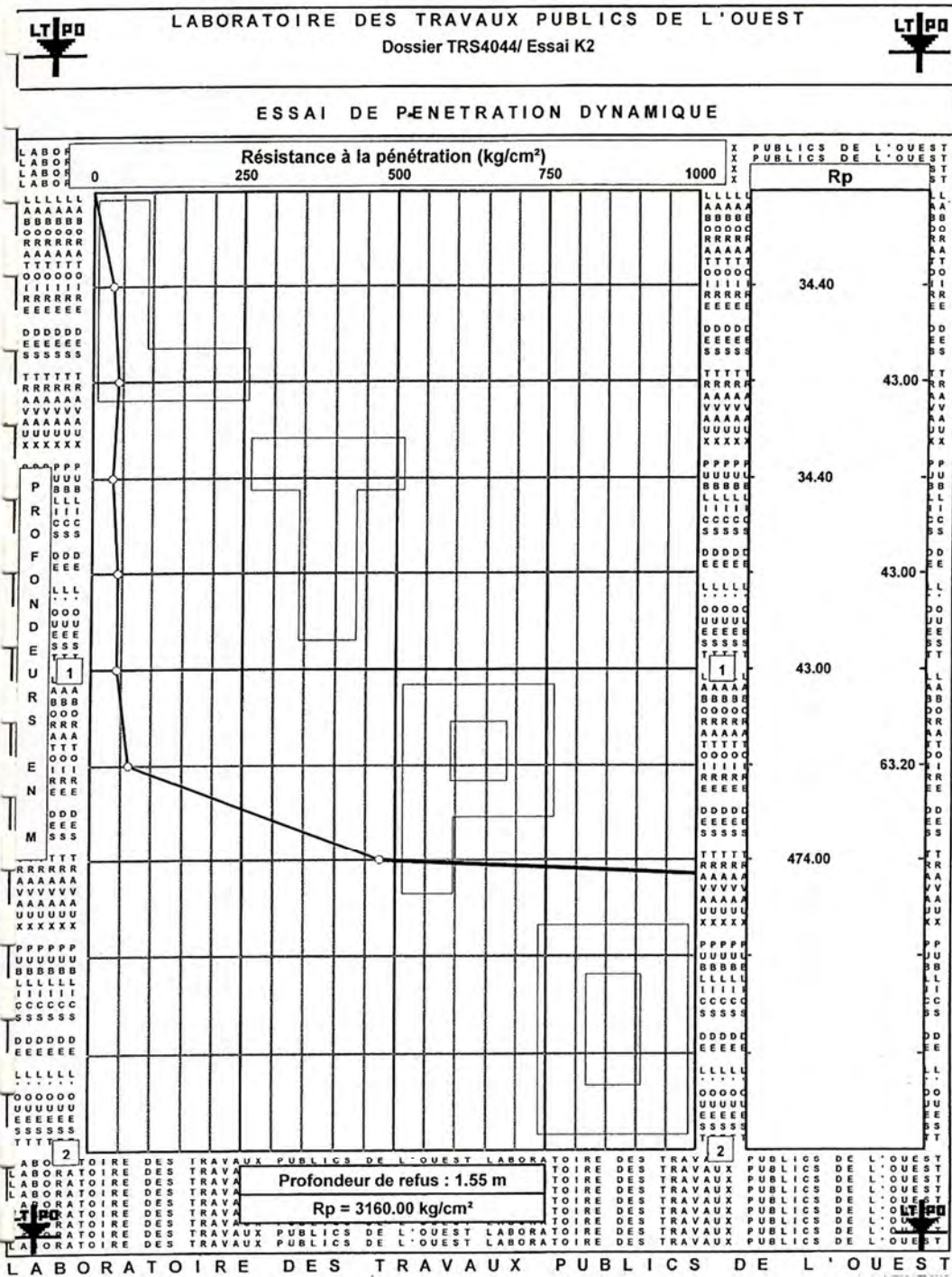


Essai de pressiometre menard

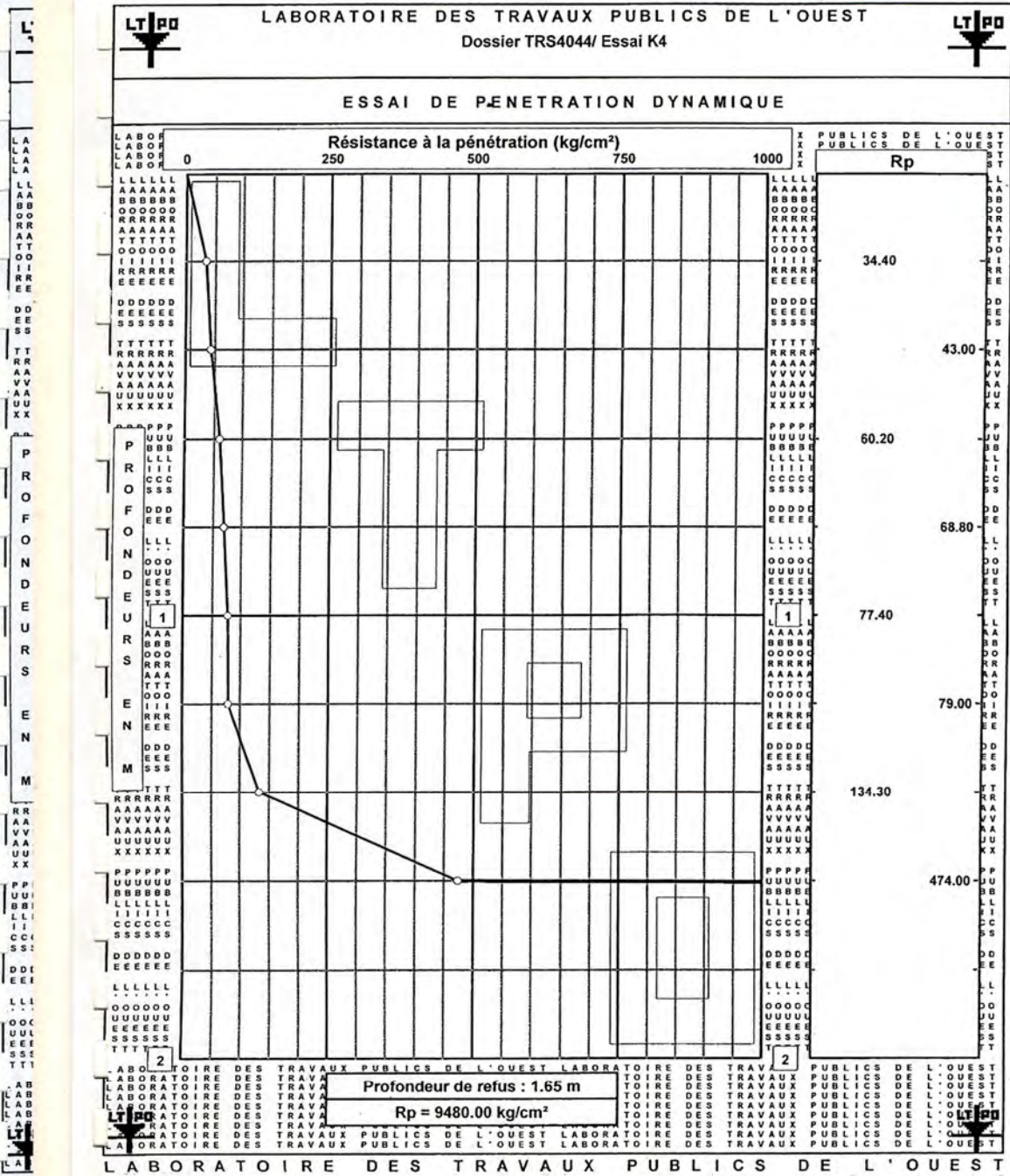




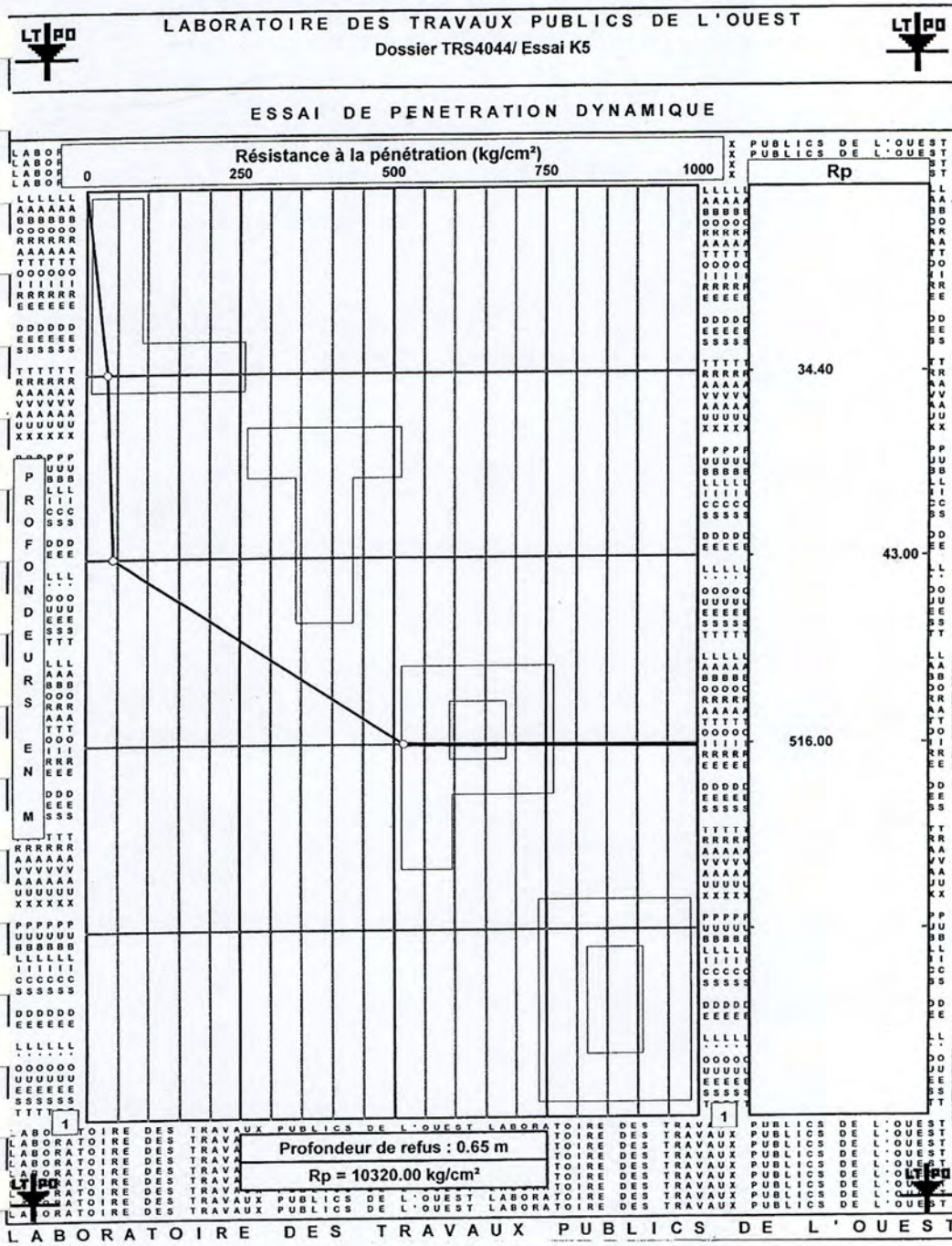
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		A19 /A42
Indice de révision : 01			



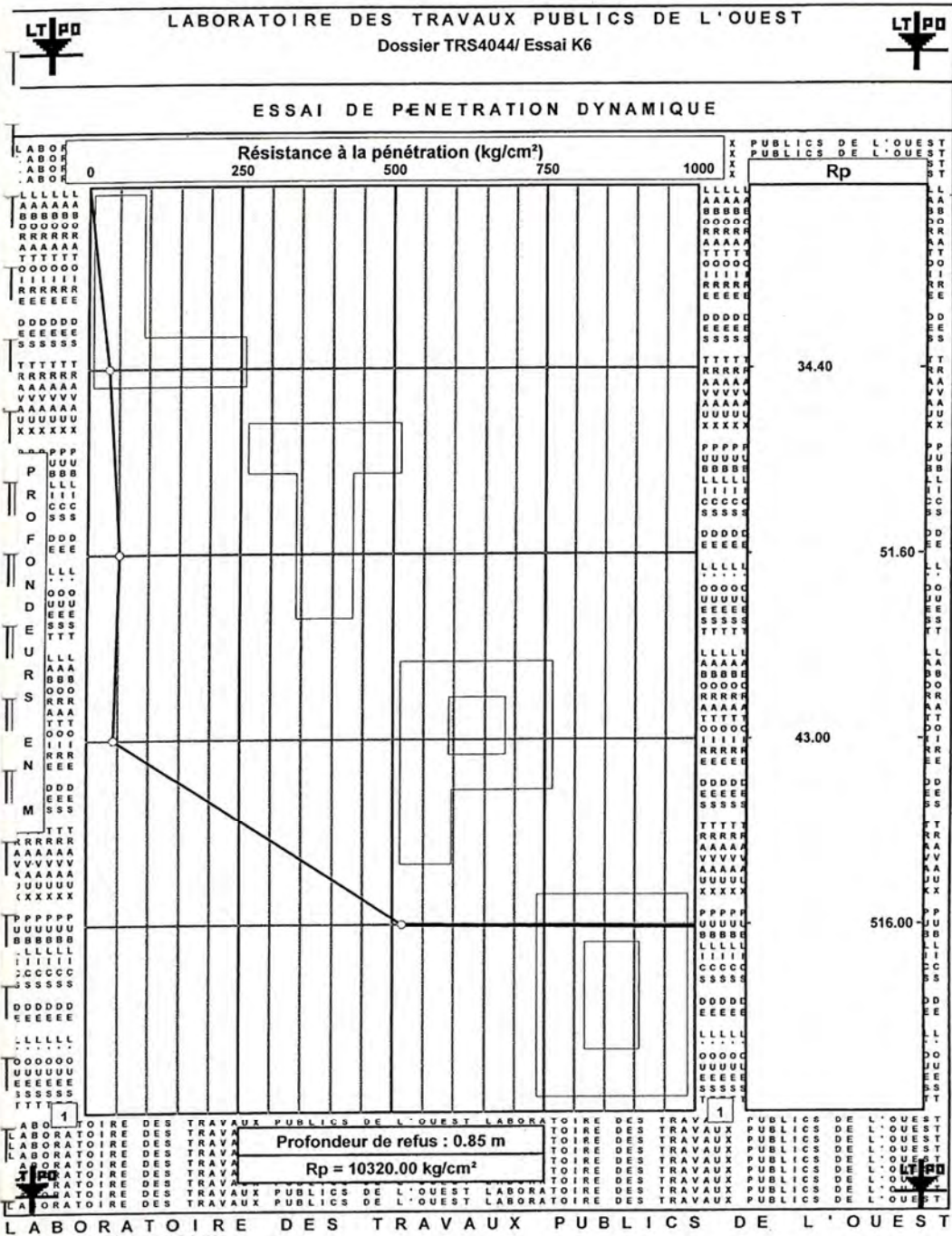
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B	A20 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		
Indice de révision : 01			



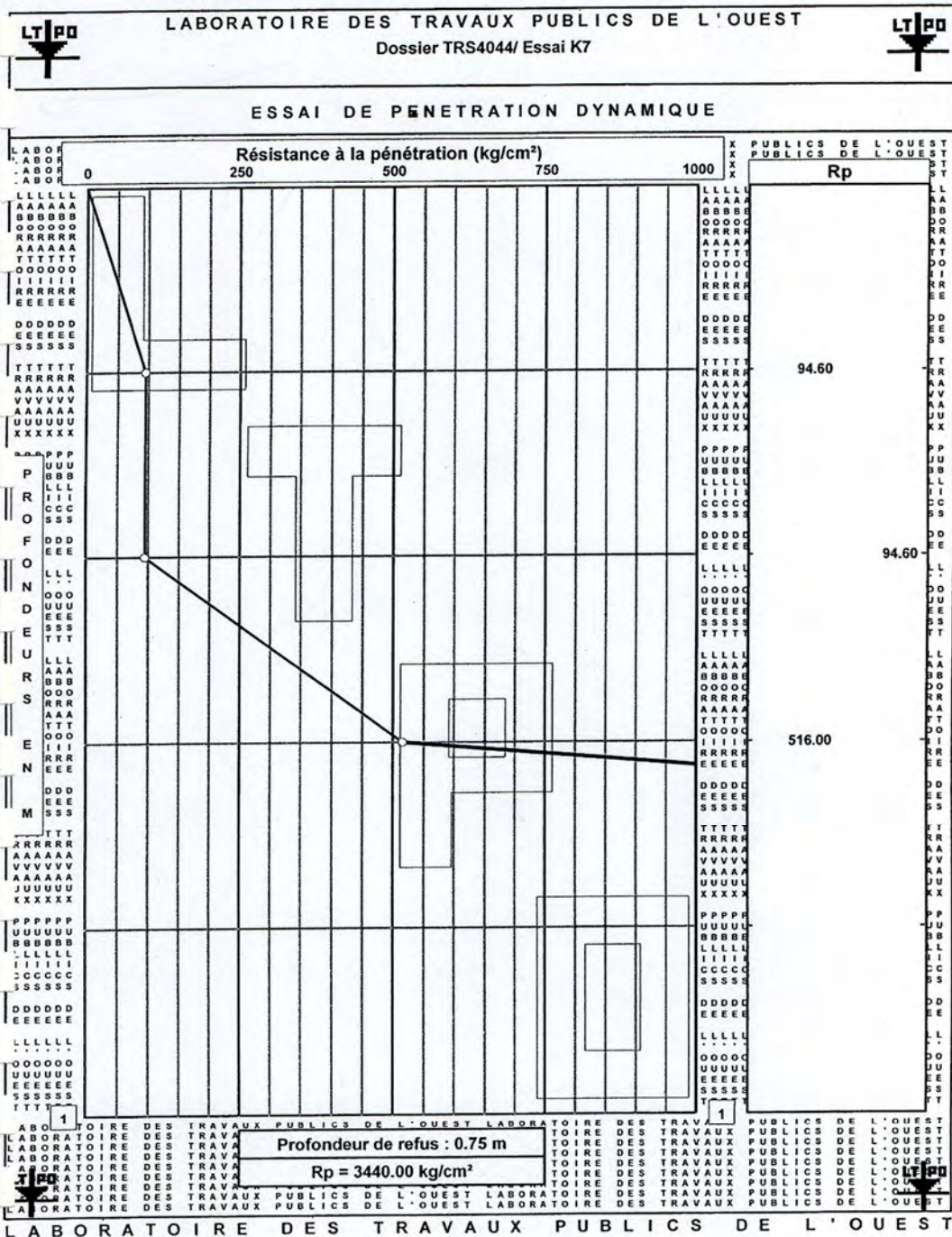
LTPO Unité de Tiaret		PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	
Etablie le : 05/01/2025		Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B	A22 /A42
Révisé le : 06/01/2025		-0- WILAYA DE TIARET -0-	
Indice de révision : 01			



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech./M.Y.B./A.L./LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A23 /A42
Indice de révision : 01			

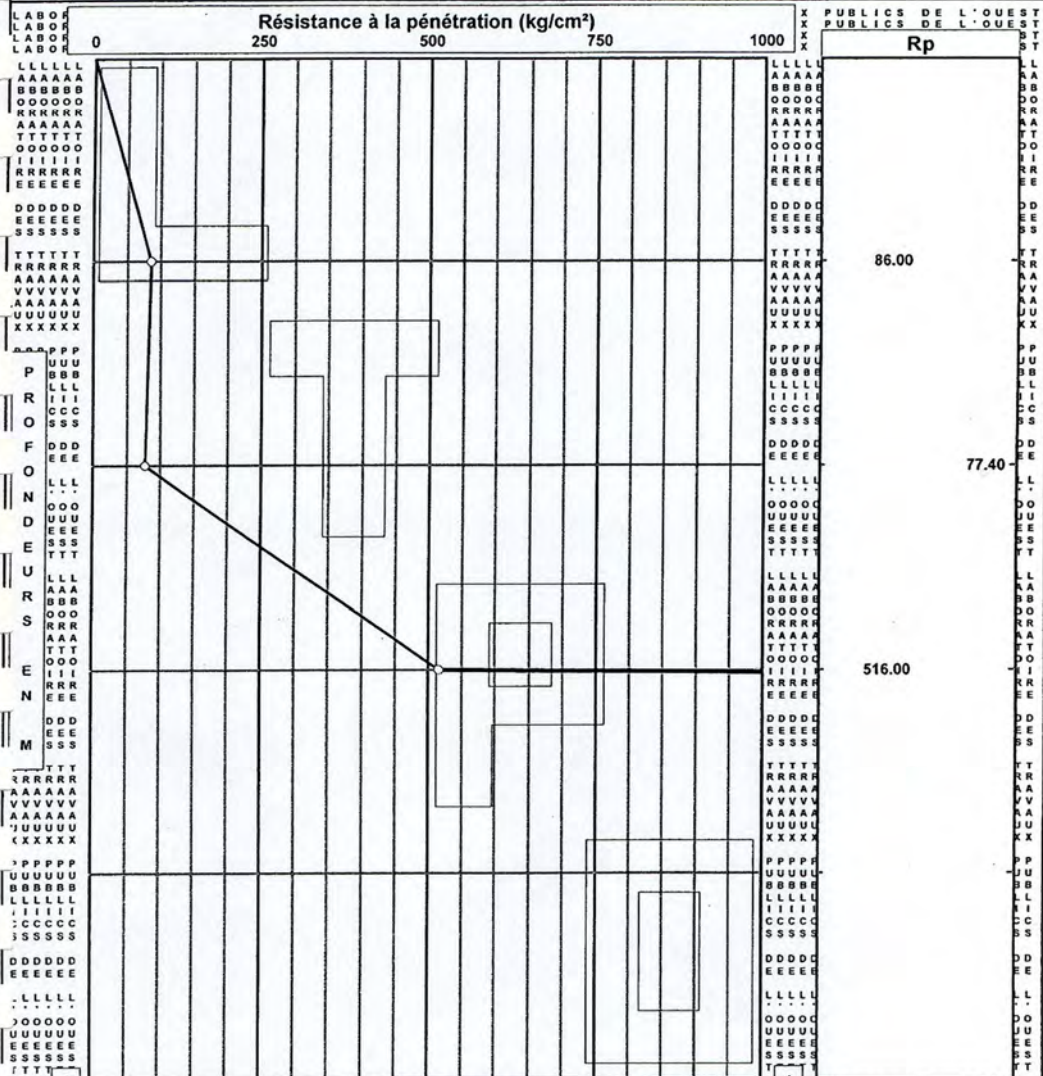


LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (L.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A/L/LA /H/B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A24 /A42
Indice de révision : 01			



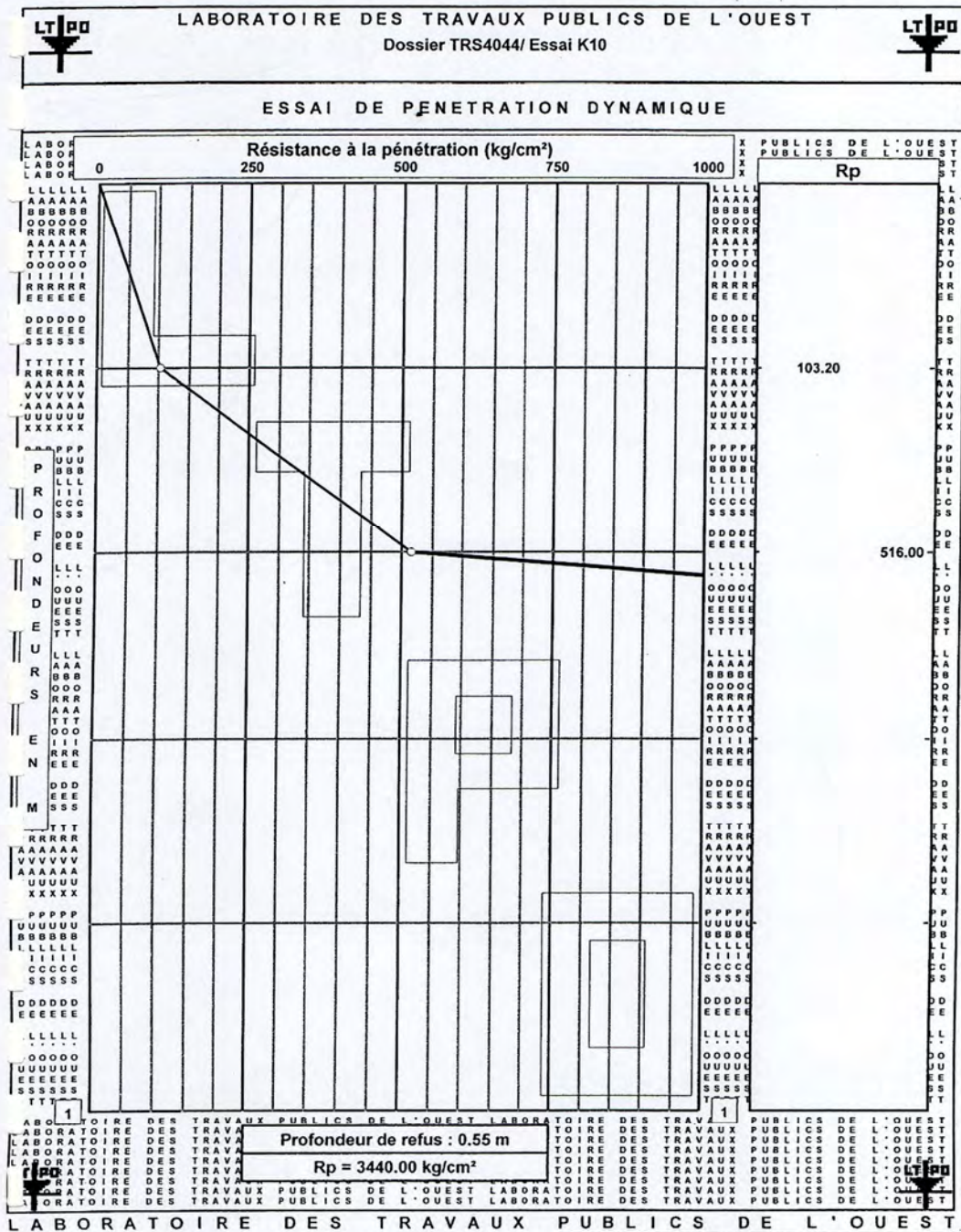
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech./M.Y.B/AL/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A25 /A42
Indice de révision : 01			

ESSAI DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE

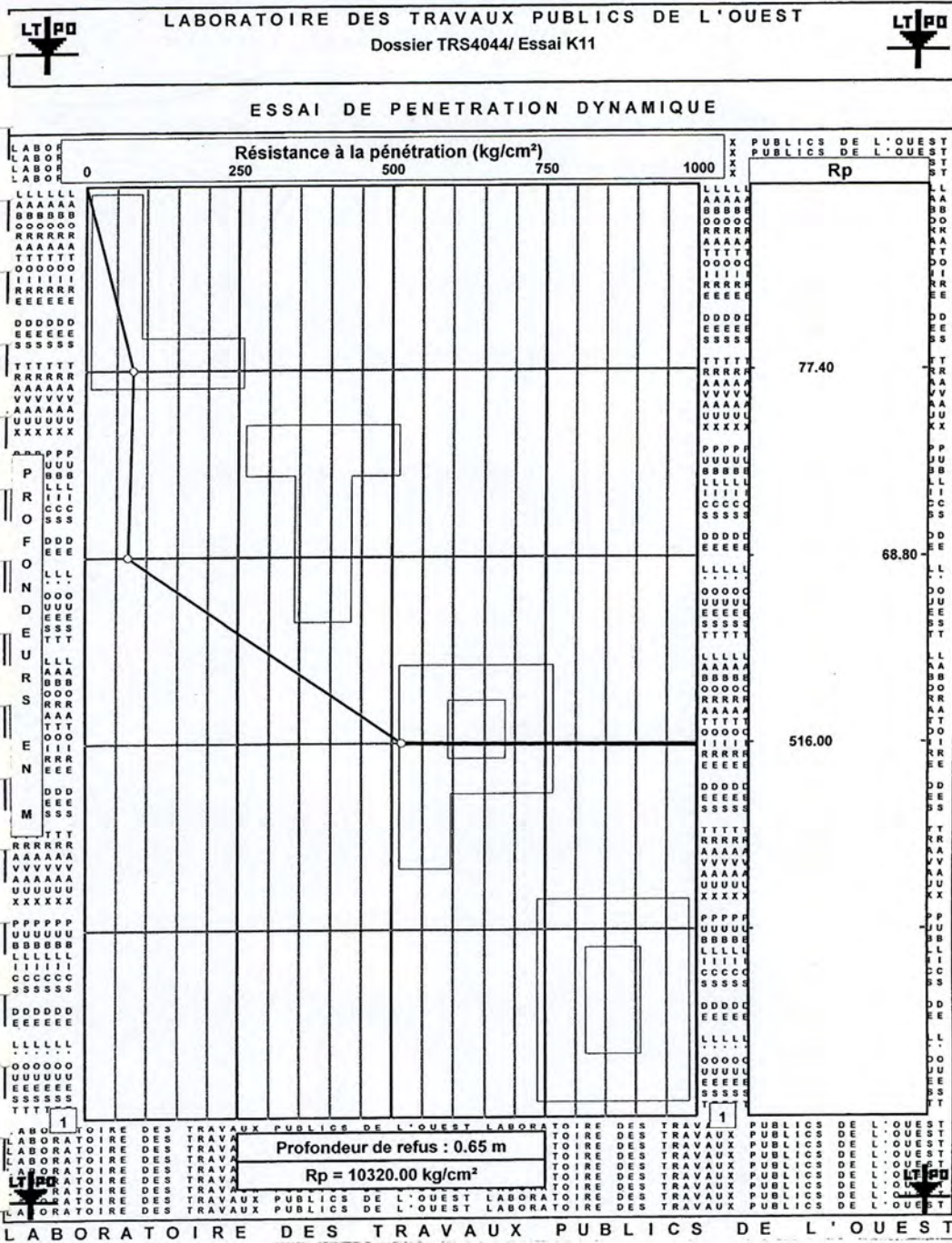


PROFONDEUR DE REFUS : 0.65 m
Rp = 10320.00 kg/cm²

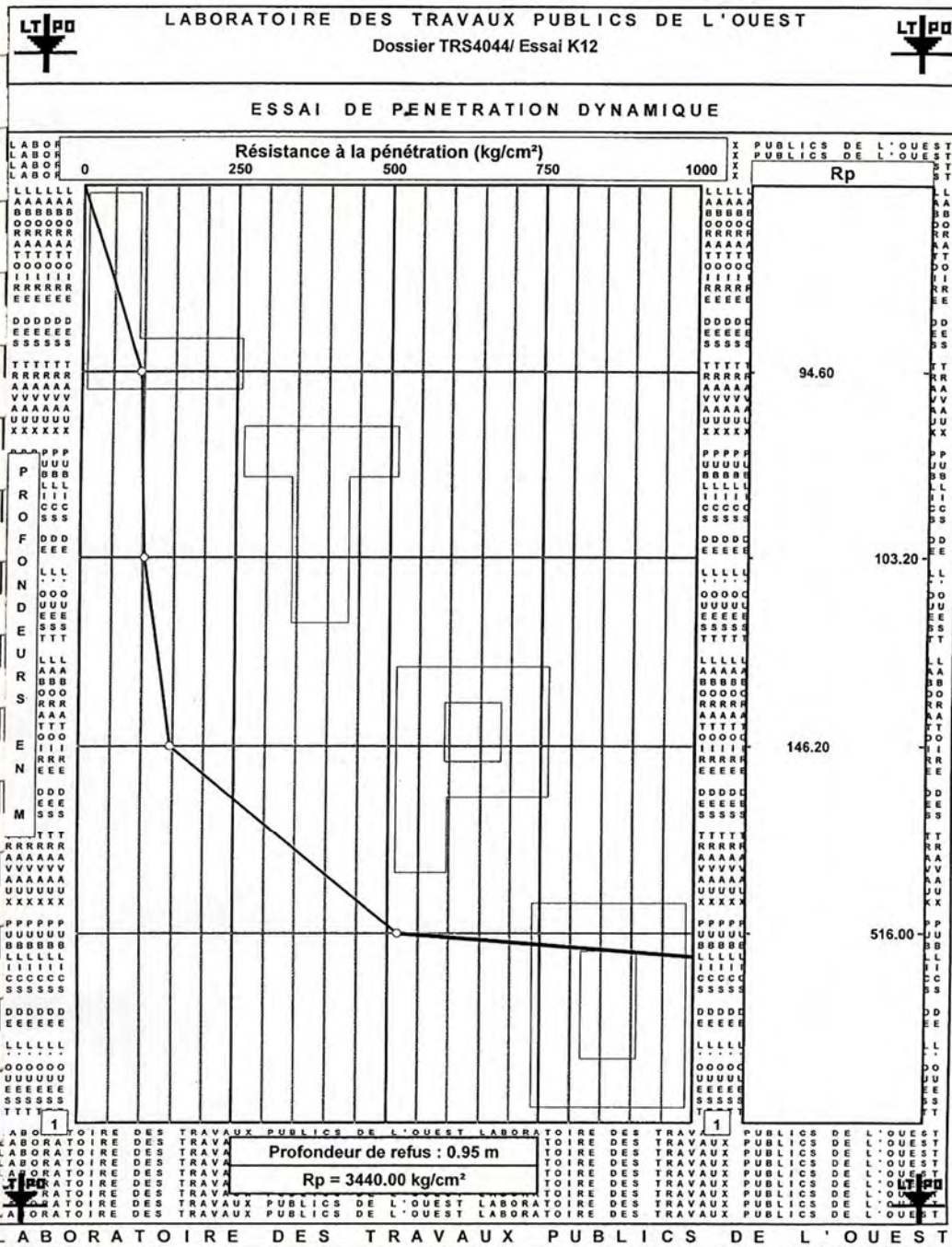
LTPO Unité de Tiaret Etablie le : 05/01/2025		PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech./M.Y.B/A/L/LA /H.B	A26 /A42
Révisé le : 06/01/2025 Indice de révision : 01		-o- WILAYA DE TIARET -o-		



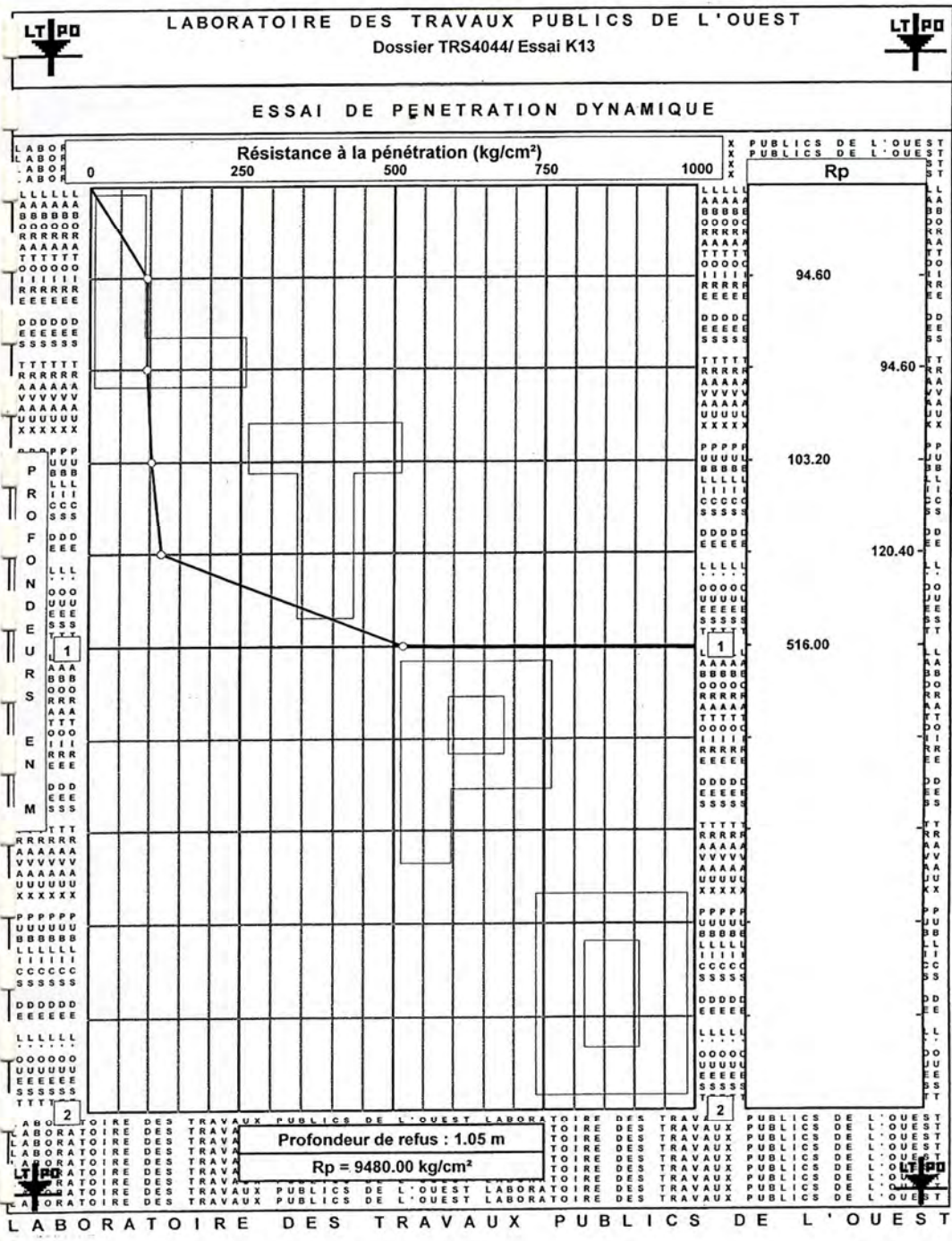
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA/H.B	A28 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		
Indice de révision : 01			



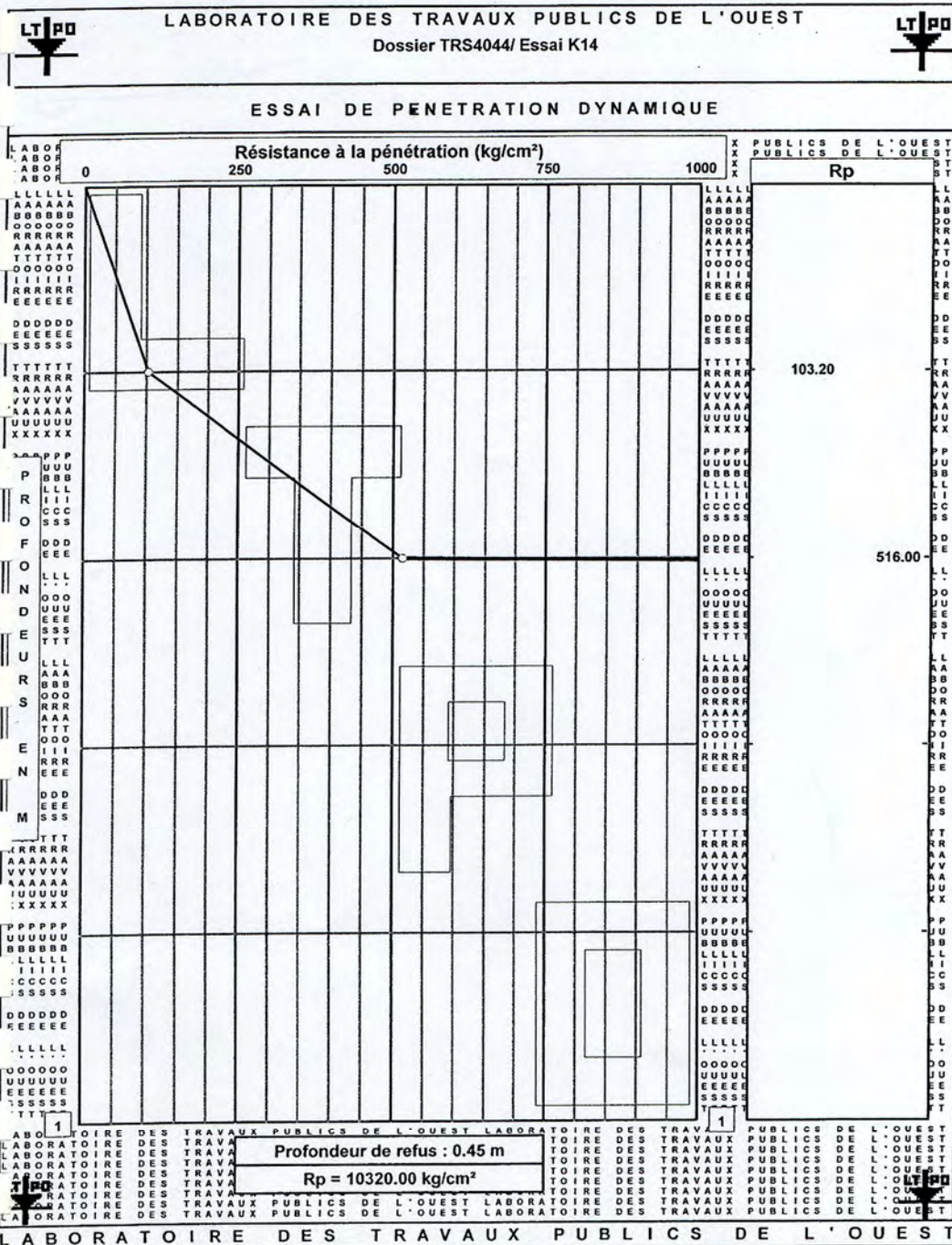
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		A29 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B
Indice de révision : 01			



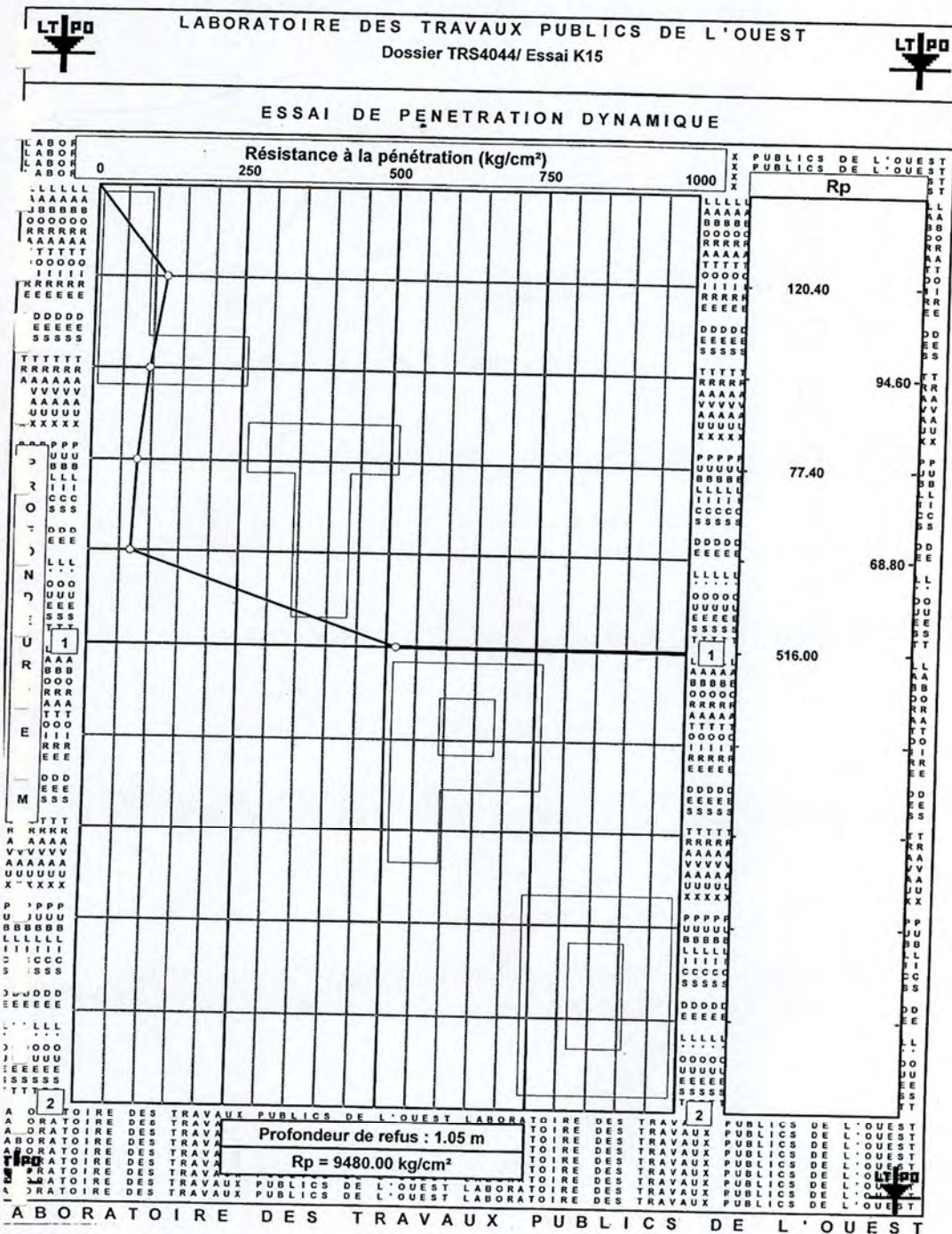
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A30 /A42
Indice de révision : 01			



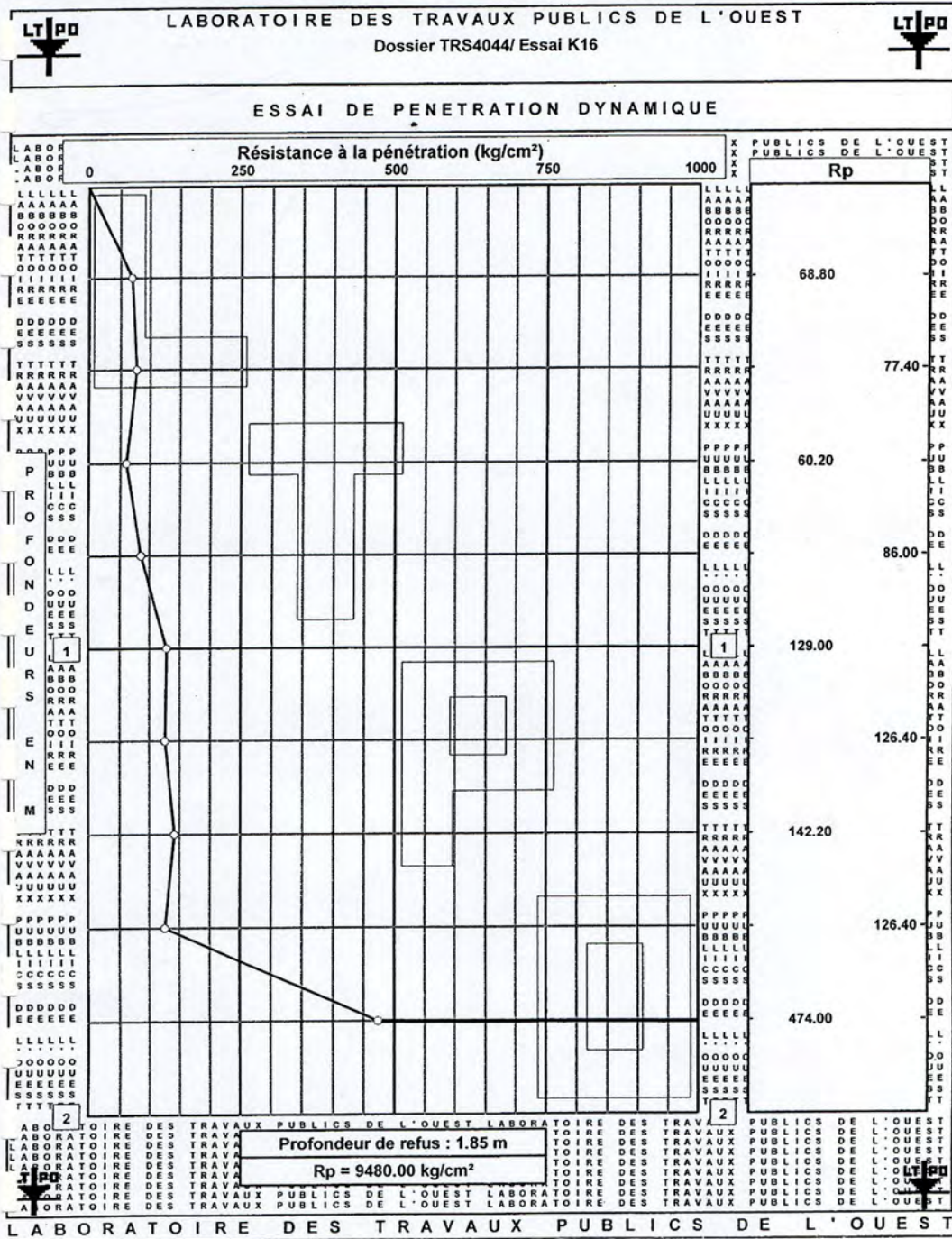
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		A31 /A42
Indice de révision : 01			



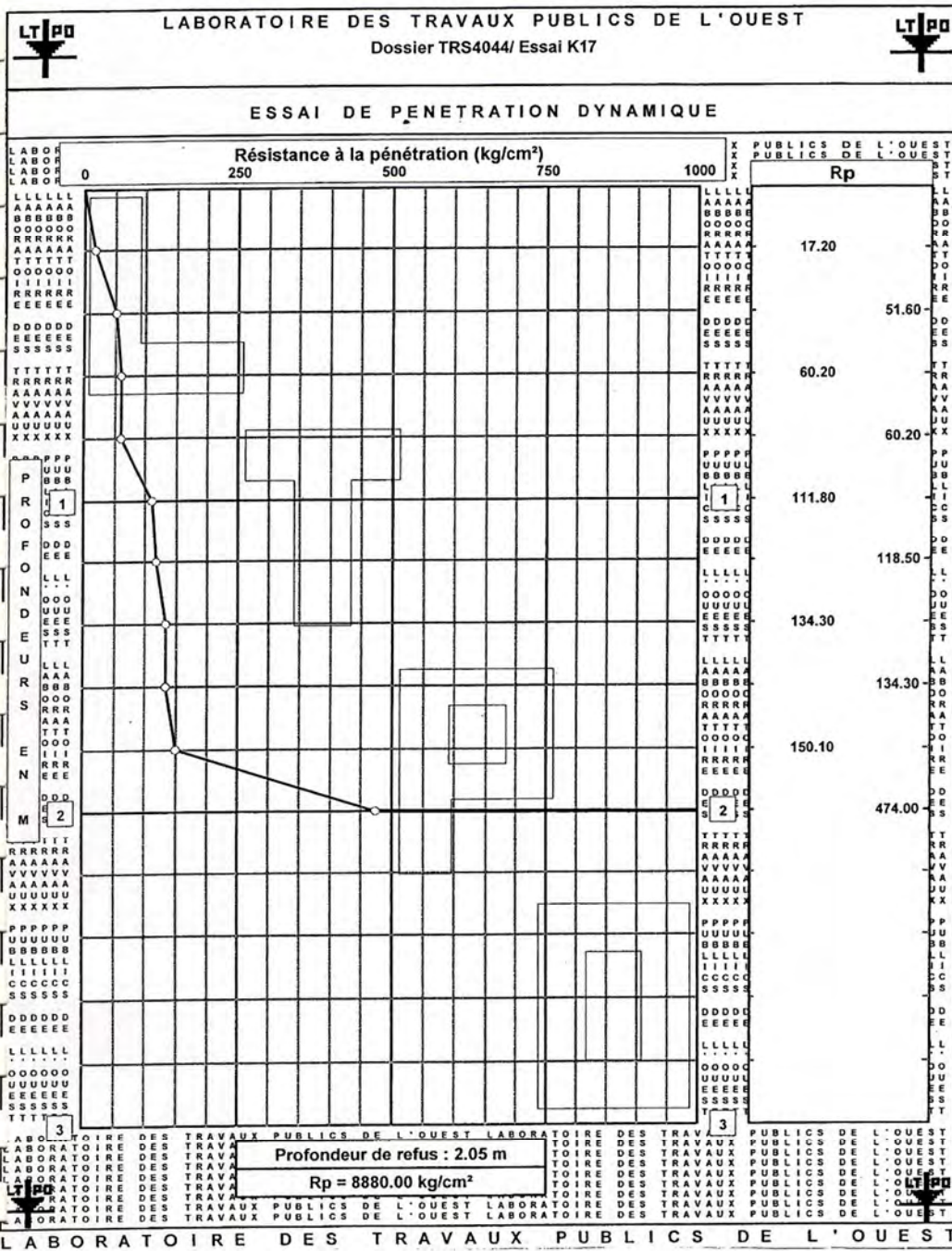
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA/HB	A32 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		
Indice de révision : 01			



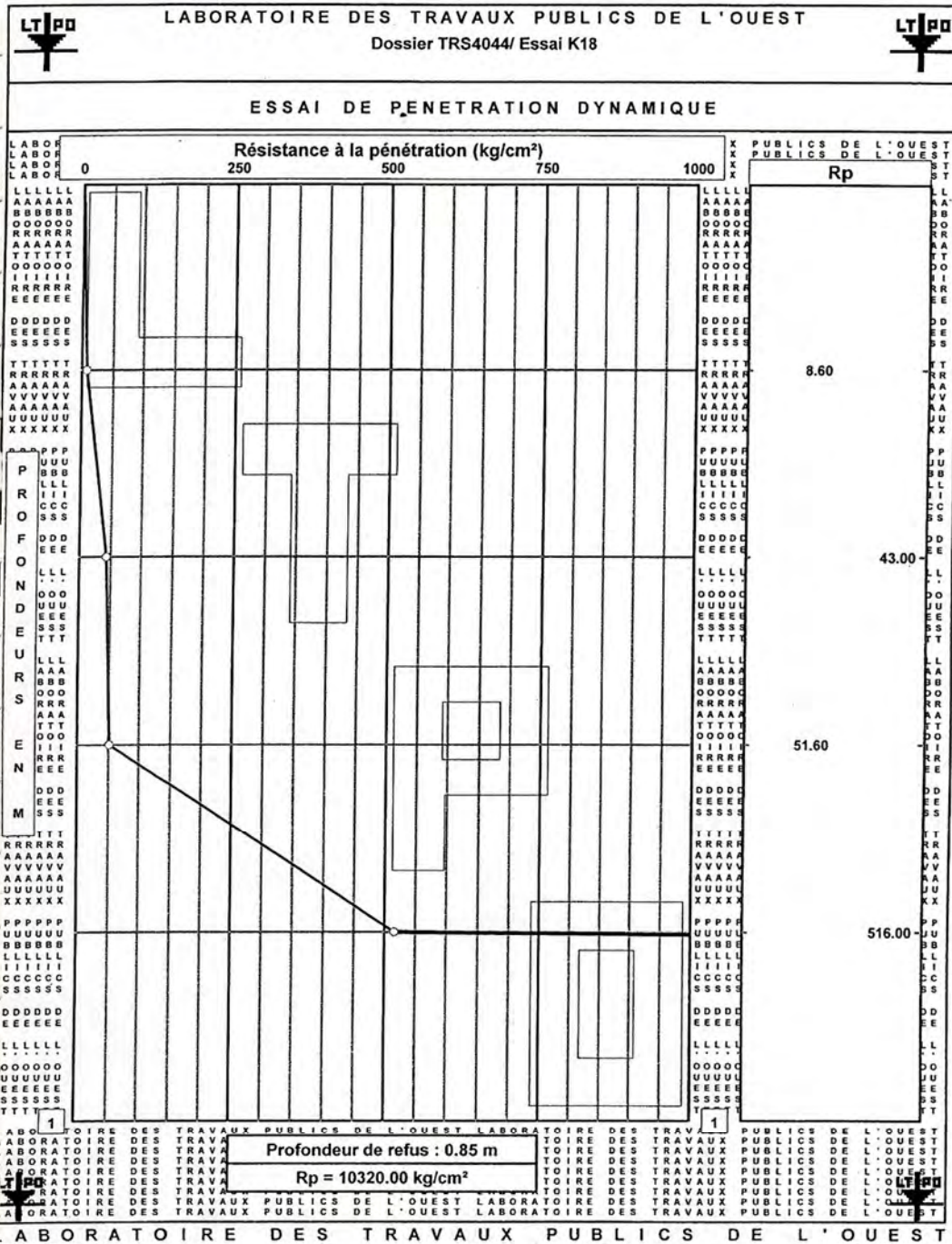
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/L.A /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		A33 /A42
Indice de révision : 01			



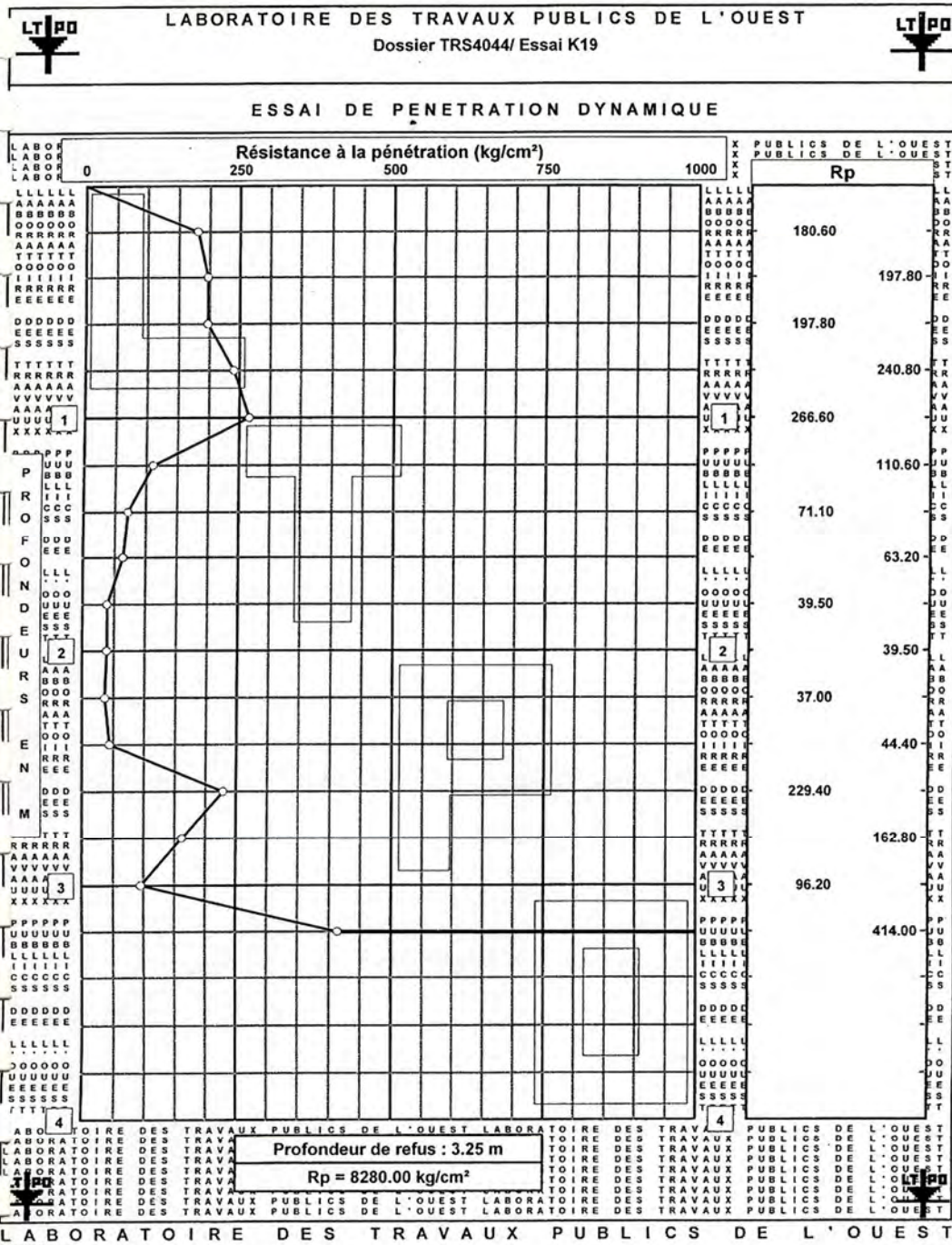
LTPO Unité de Tiaret		
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech./M.Y.B/AL/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-	A34 /A42
Indice de révision : 01		



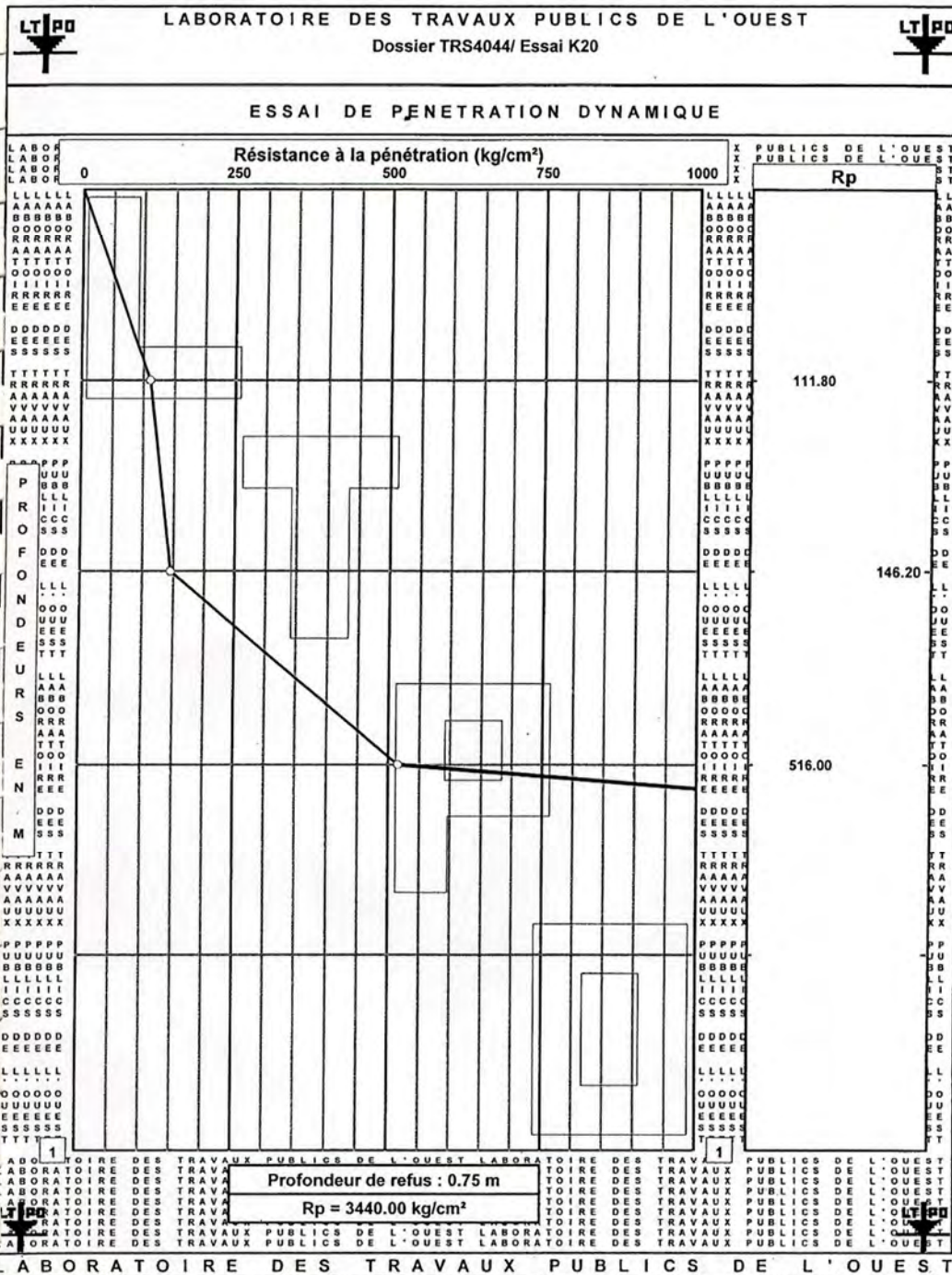
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET-o-		A35 /A42
Indice de révision : 01			



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS		Dept.Tech/M.Y.B/AL/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A36 /A42
Indice de révision : 01			



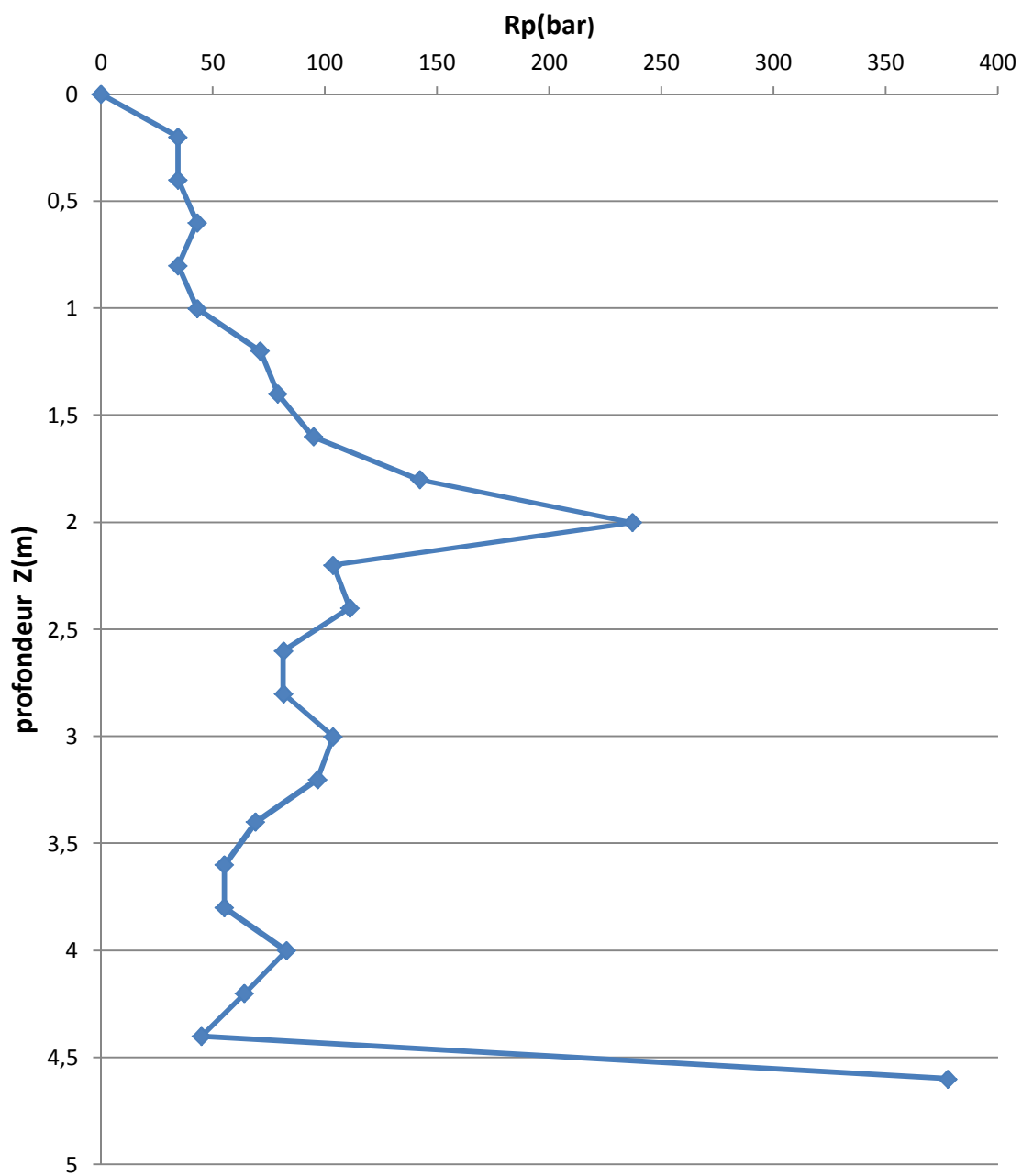
LTPO Unité de Tiaret		
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-	A37 /A42
Indice de révision : 01		



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 05/01/2025	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN INSTITUT D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL (I.E.P) TYPE 1000 PF/300 LITS	Dept.Tech/M.Y.B/A.L/LA /H.B	A38 /A42
Révisé le : 06/01/2025	-o- WILAYA DE TIARET -o-		
Indice de révision : 01			

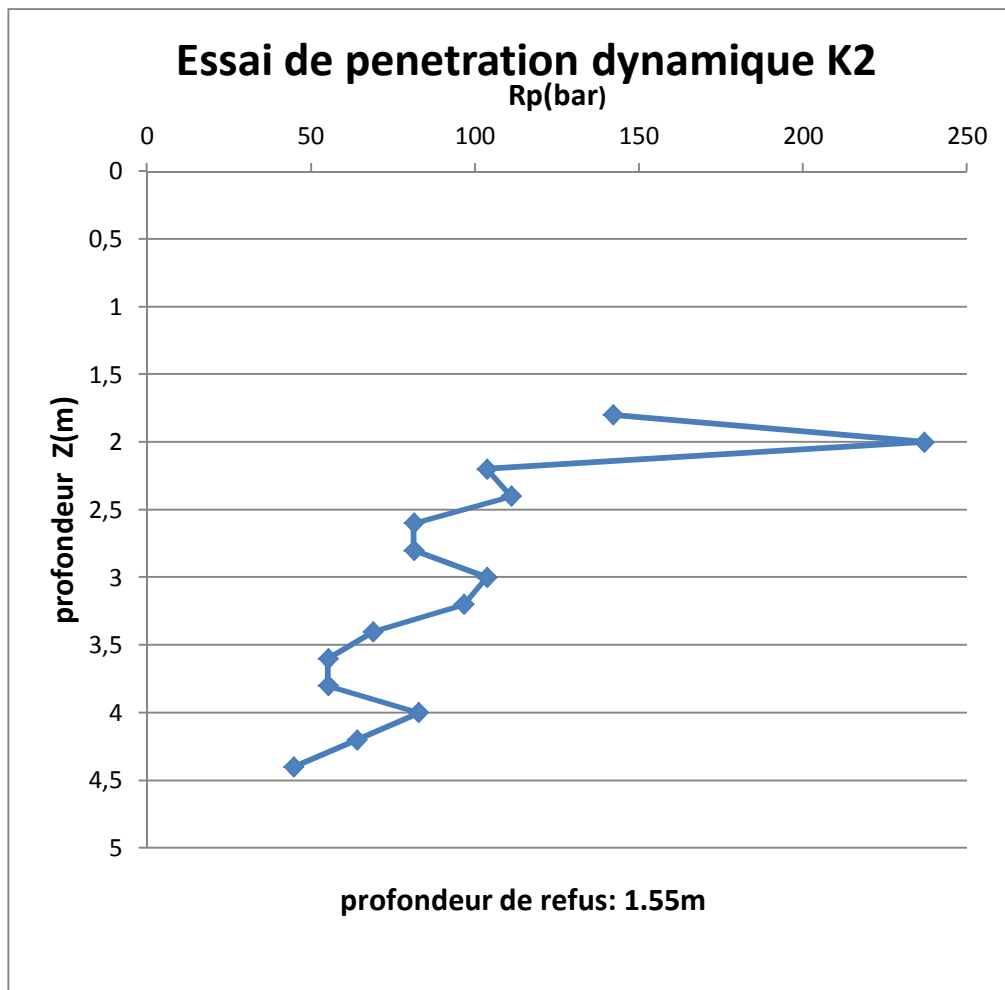
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	34,4
0,4	34,4
0,6	43
0,8	34,4
1	43
1,2	71,1
1,4	79
1,6	94,8
1,8	142,2
2	237
2,2	103,6
2,4	111
2,6	81,4
2,8	81,4
3	103,6
3,2	96,6
3,4	69
3,6	55,2
3,8	55,2
4	82,8
4,2	64
4,4	44,8
4,6	377,6
4,8	384

Essai de penetration dynamique K1

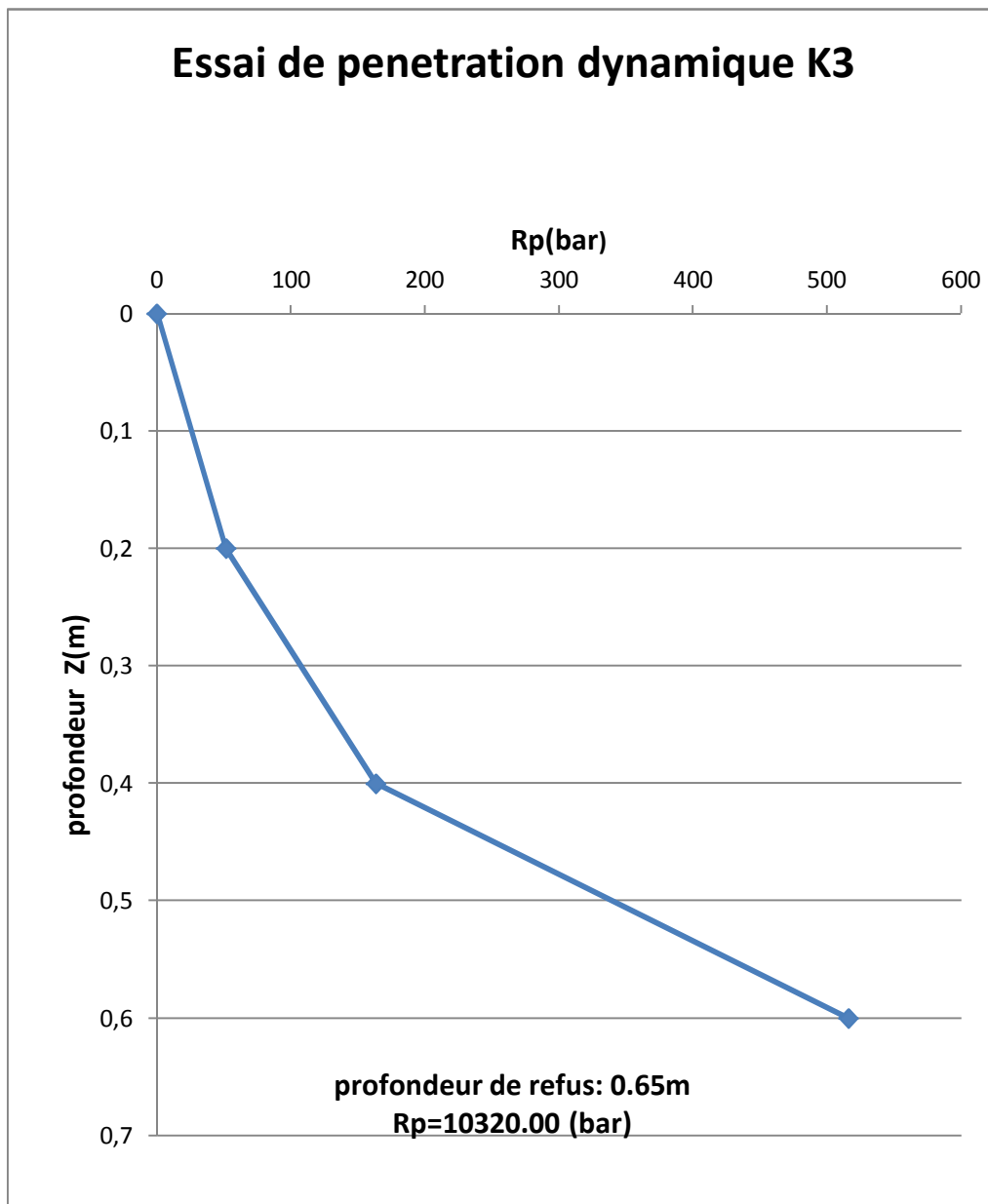


profondeur de refus: 4.85m
Rp=7680.00 (bar)

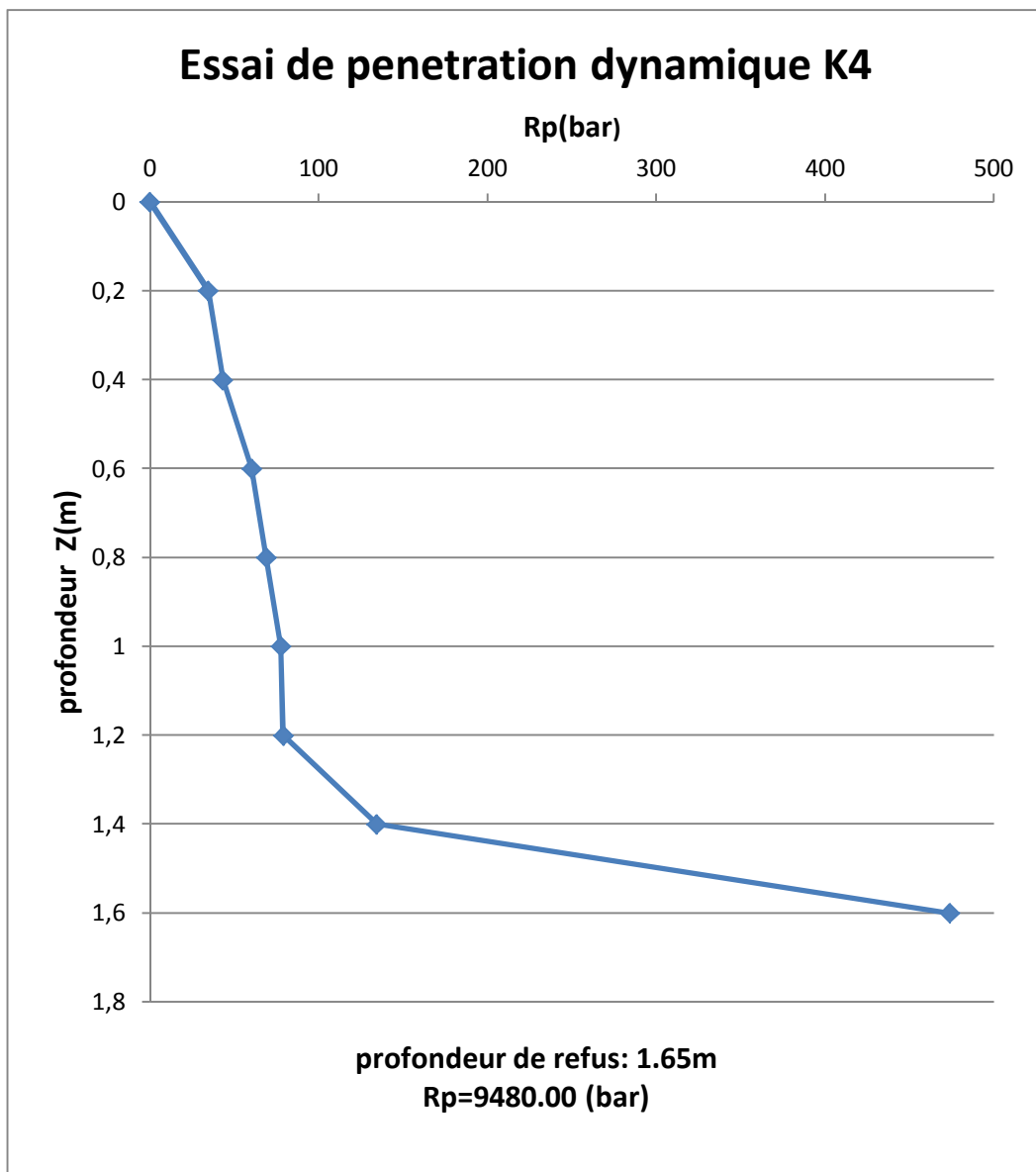
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	34,4
0,4	43
0,6	34,4
0,8	43
1	43
1,2	63,2
1,4	474



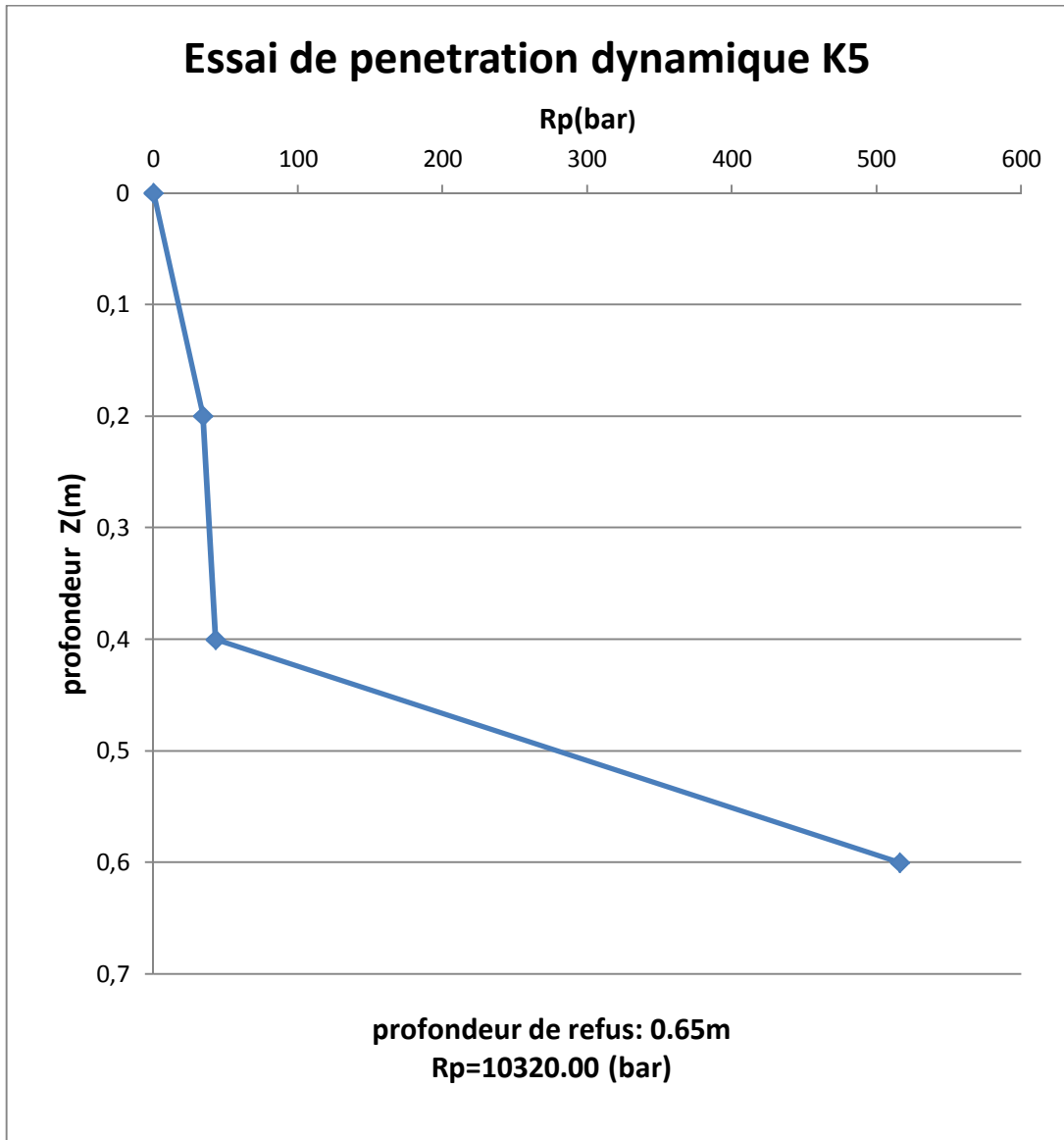
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	51,6
0,4	163,4
0,6	516



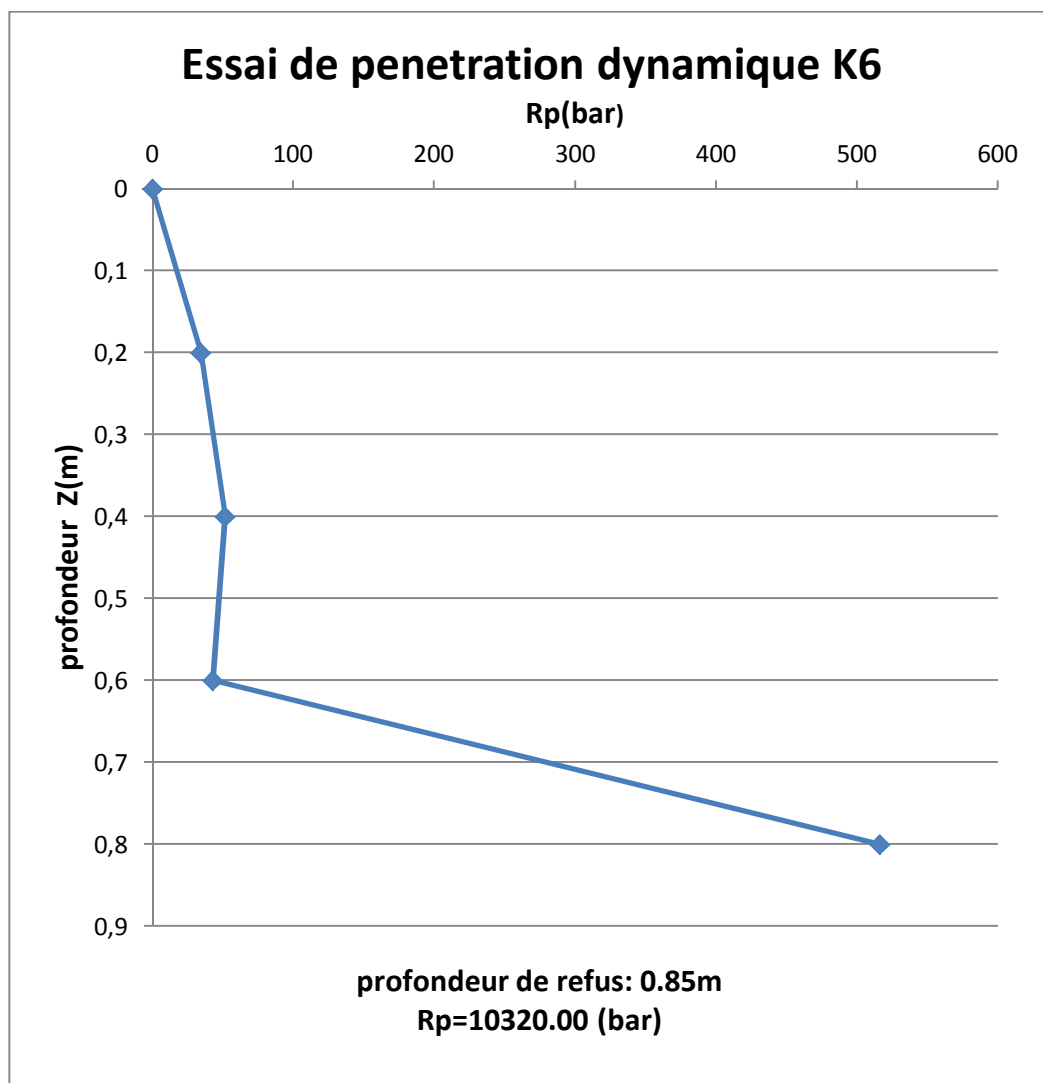
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	34,4
0,4	43
0,6	60,2
0,8	68,8
1	77,4
1,2	79
1,4	134,3
1,6	474



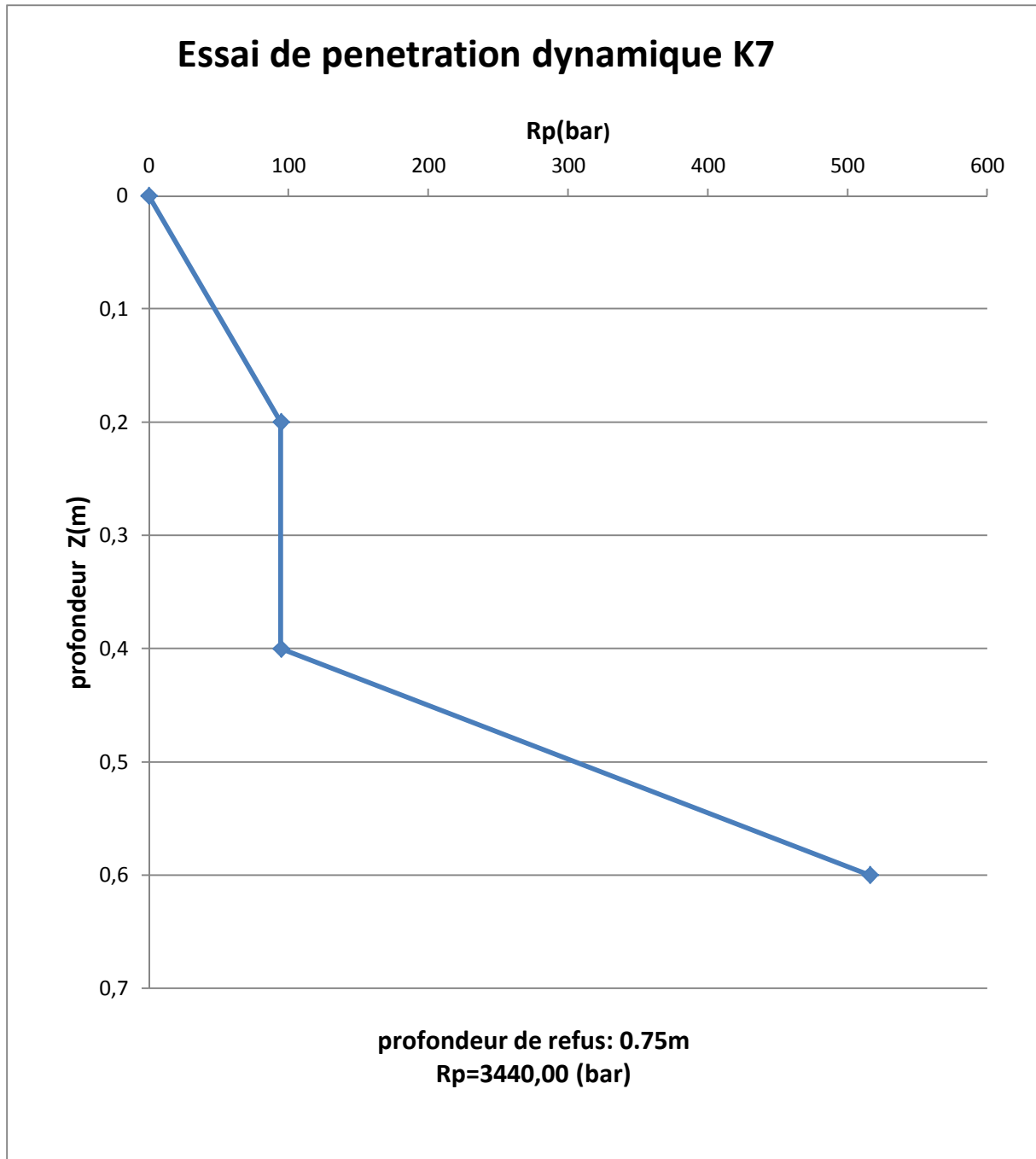
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	34,4
0,4	43
0,6	516



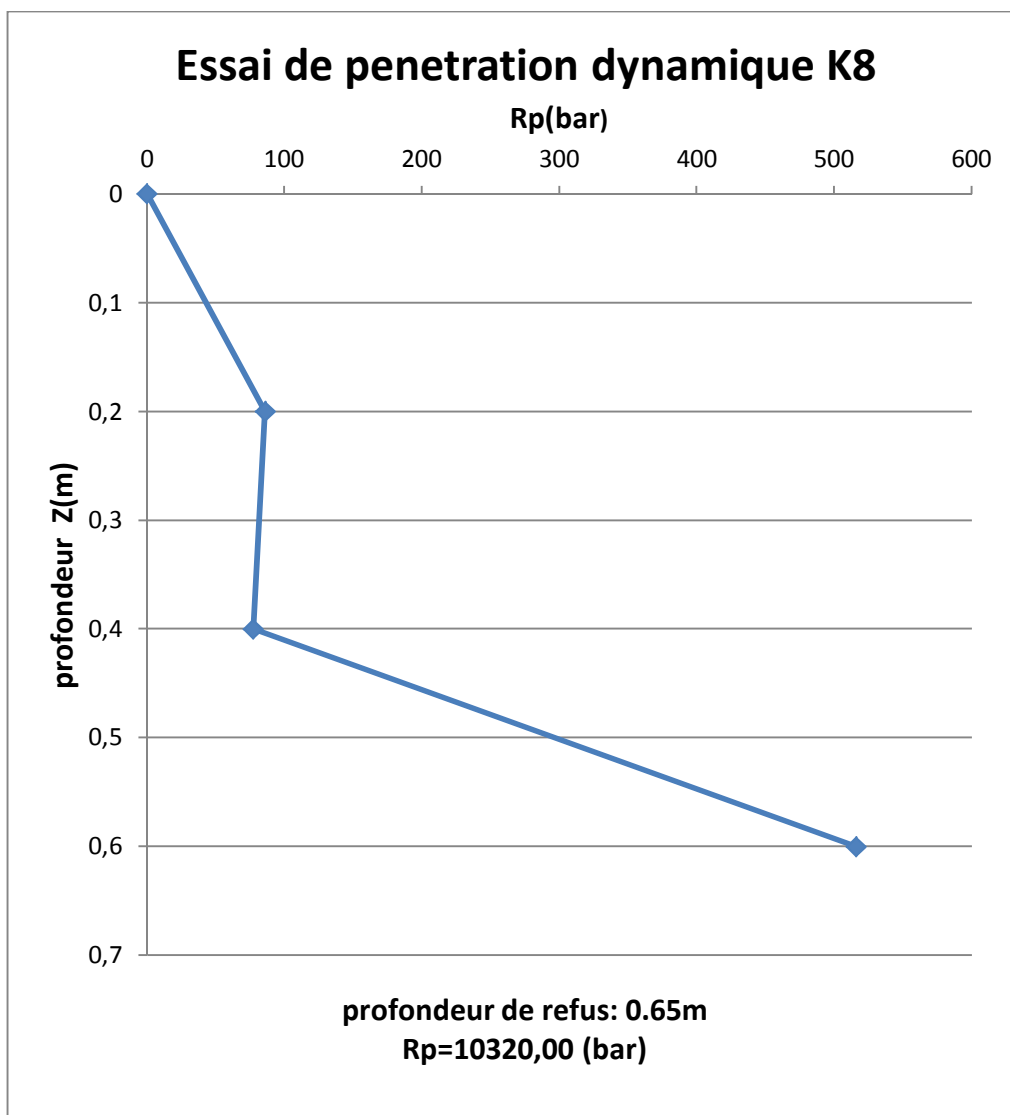
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	34,4
0,4	51,6
0,6	43
0,8	516



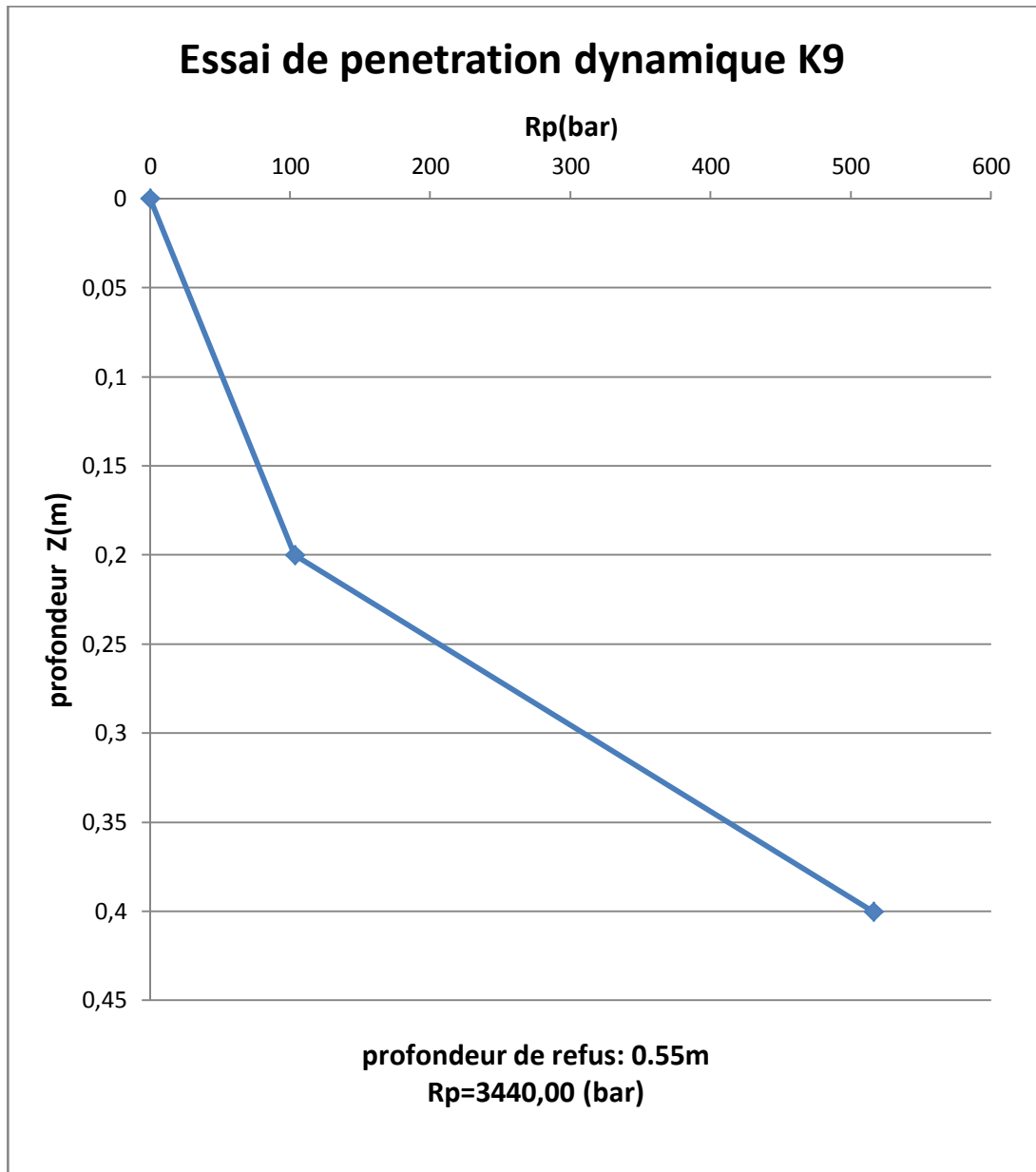
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	94,6
0,4	94,6
0,6	516



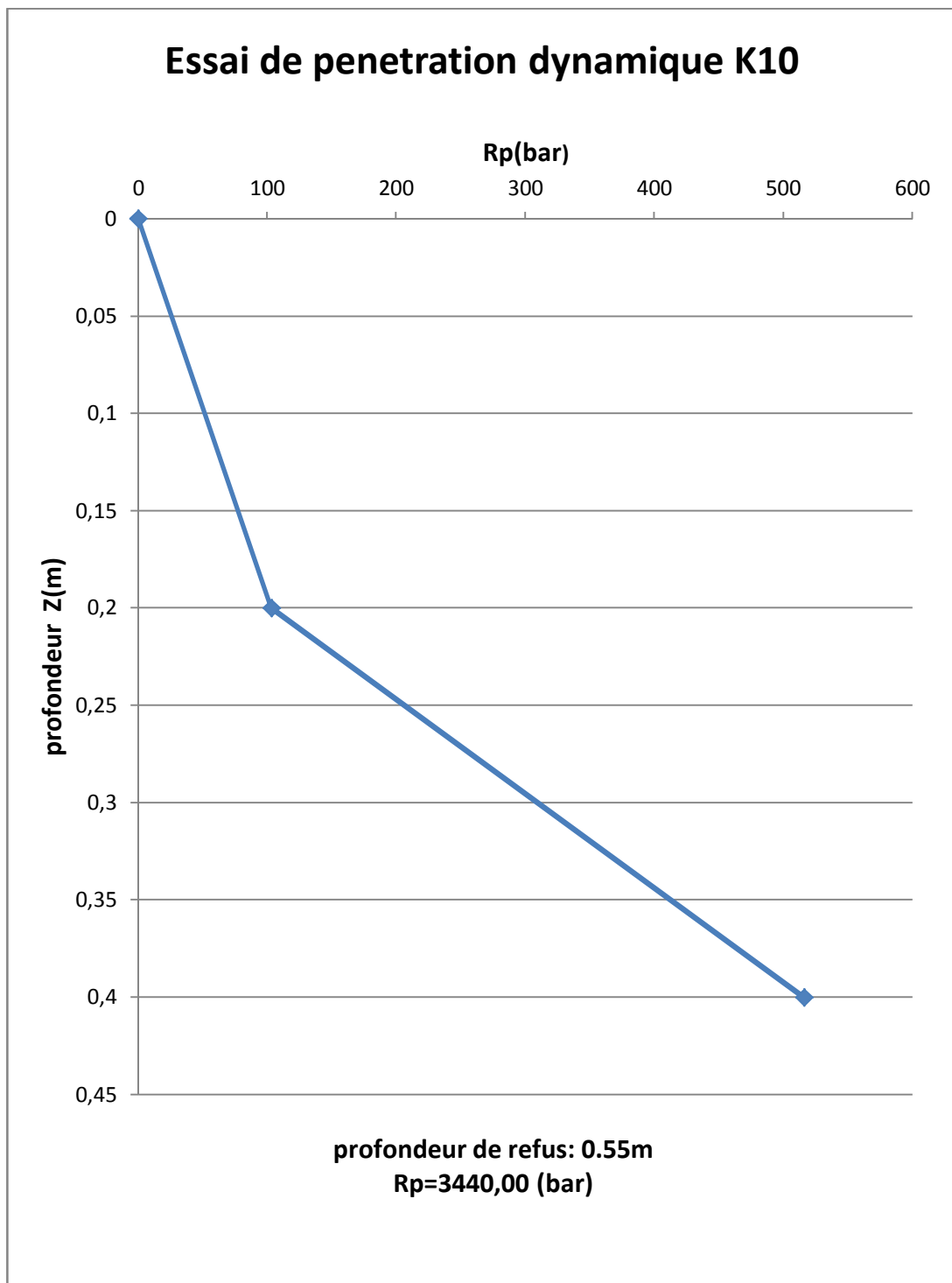
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	86
0,4	77,4
0,6	516



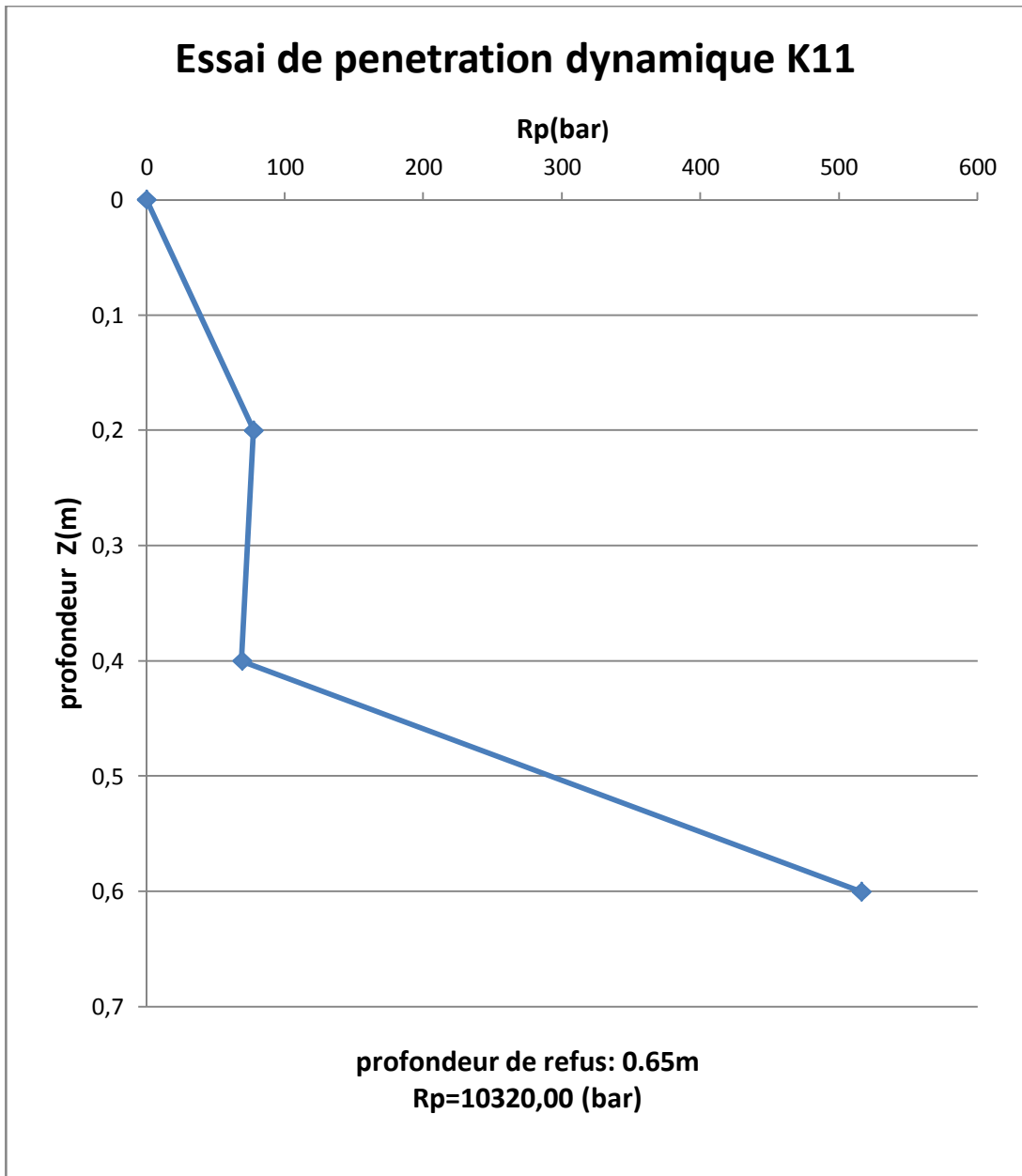
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	516



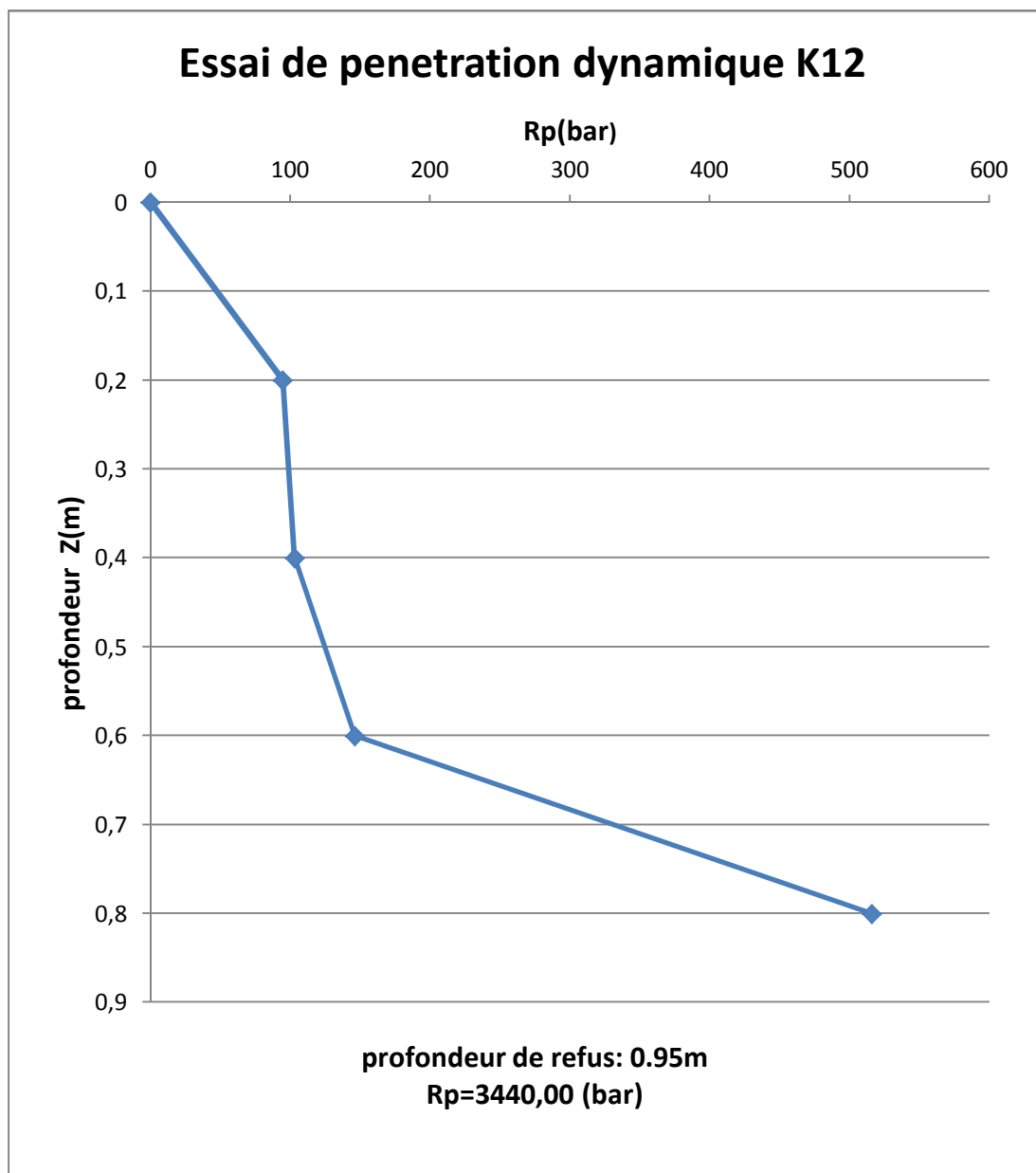
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	516



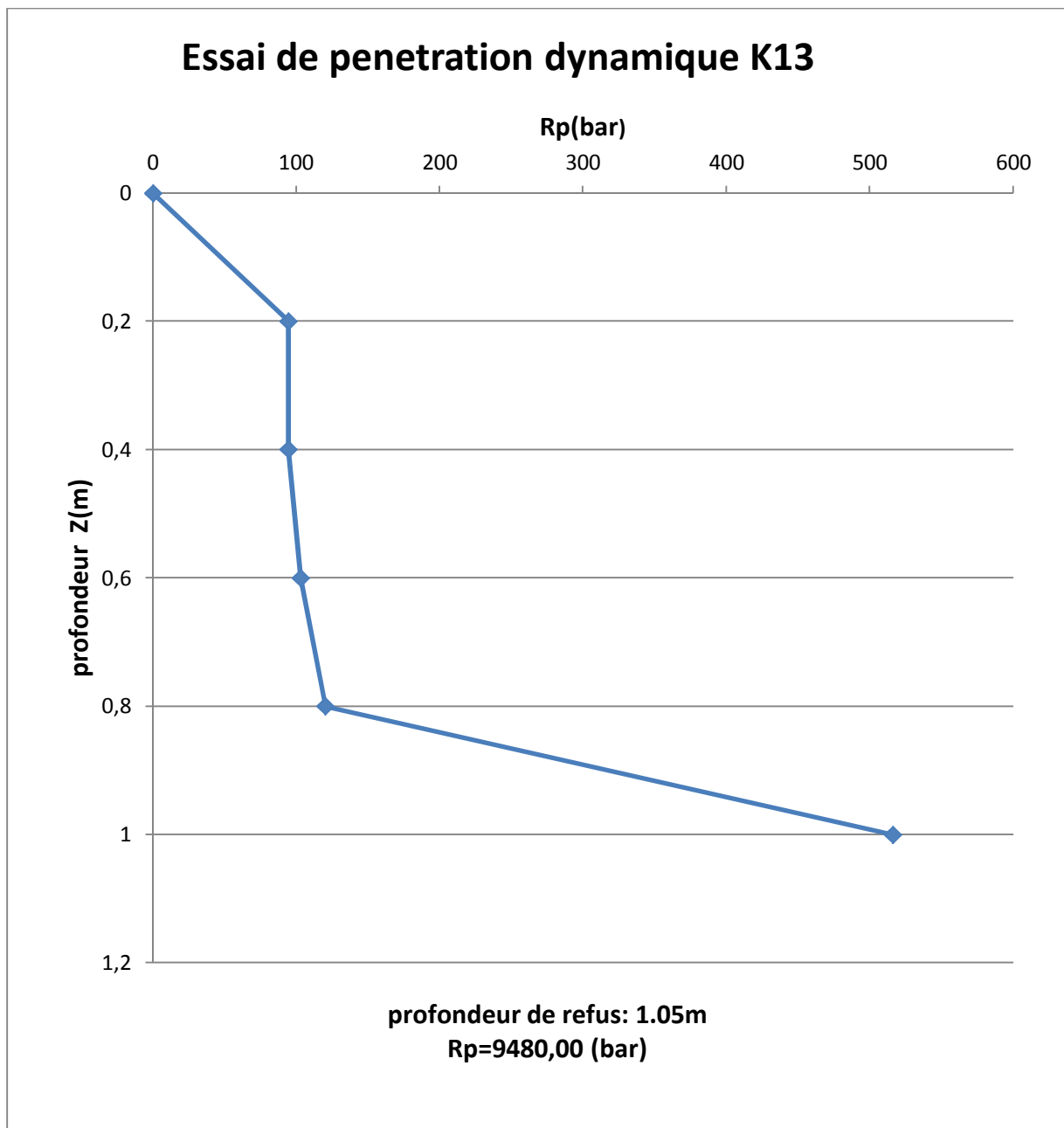
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	77,4
0,4	68,8
0,6	516



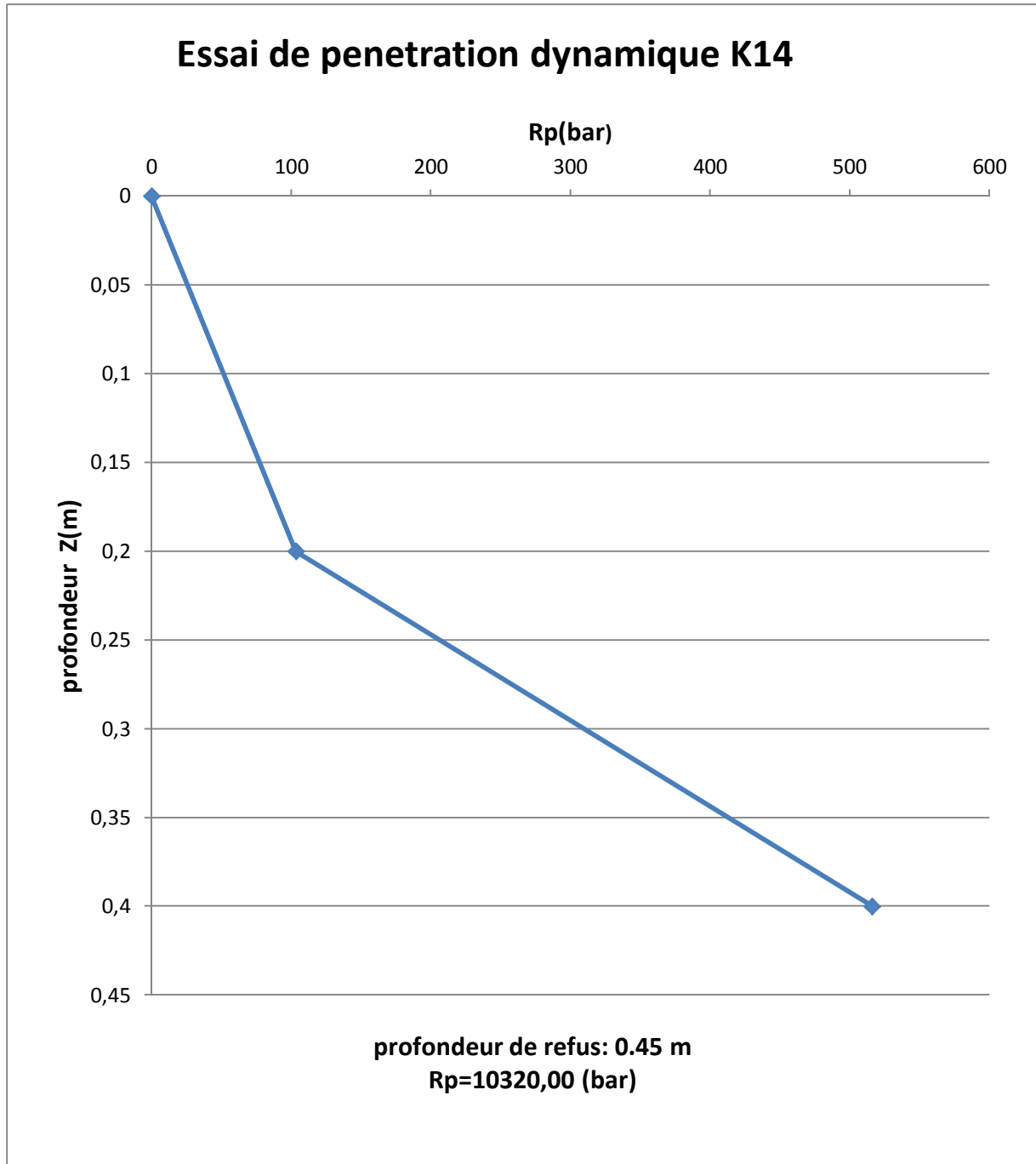
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	94,6
0,4	103,2
0,6	146,2
0,8	516



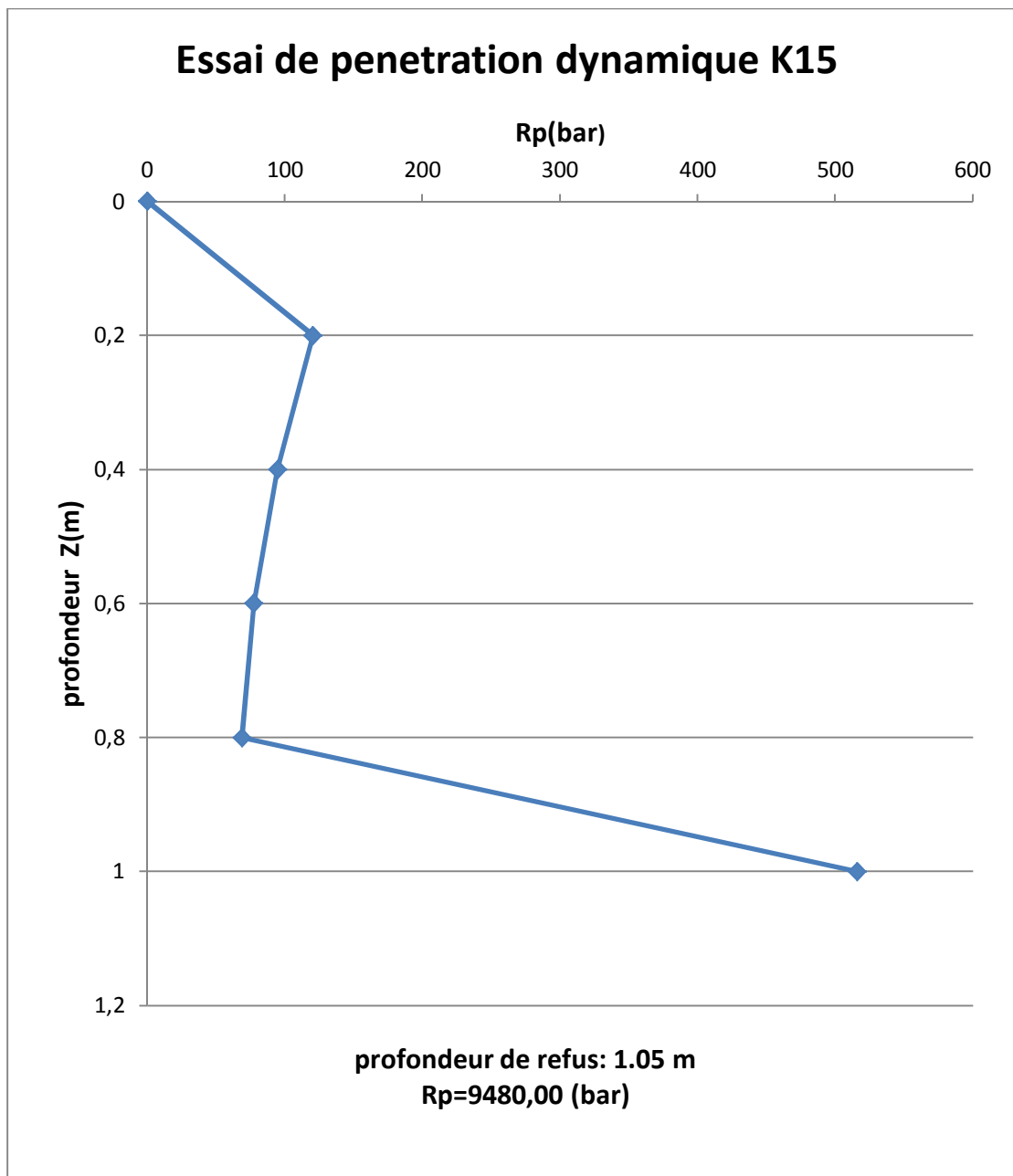
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	94,6
0,4	94,6
0,6	103,2
0,8	120,4
1	516



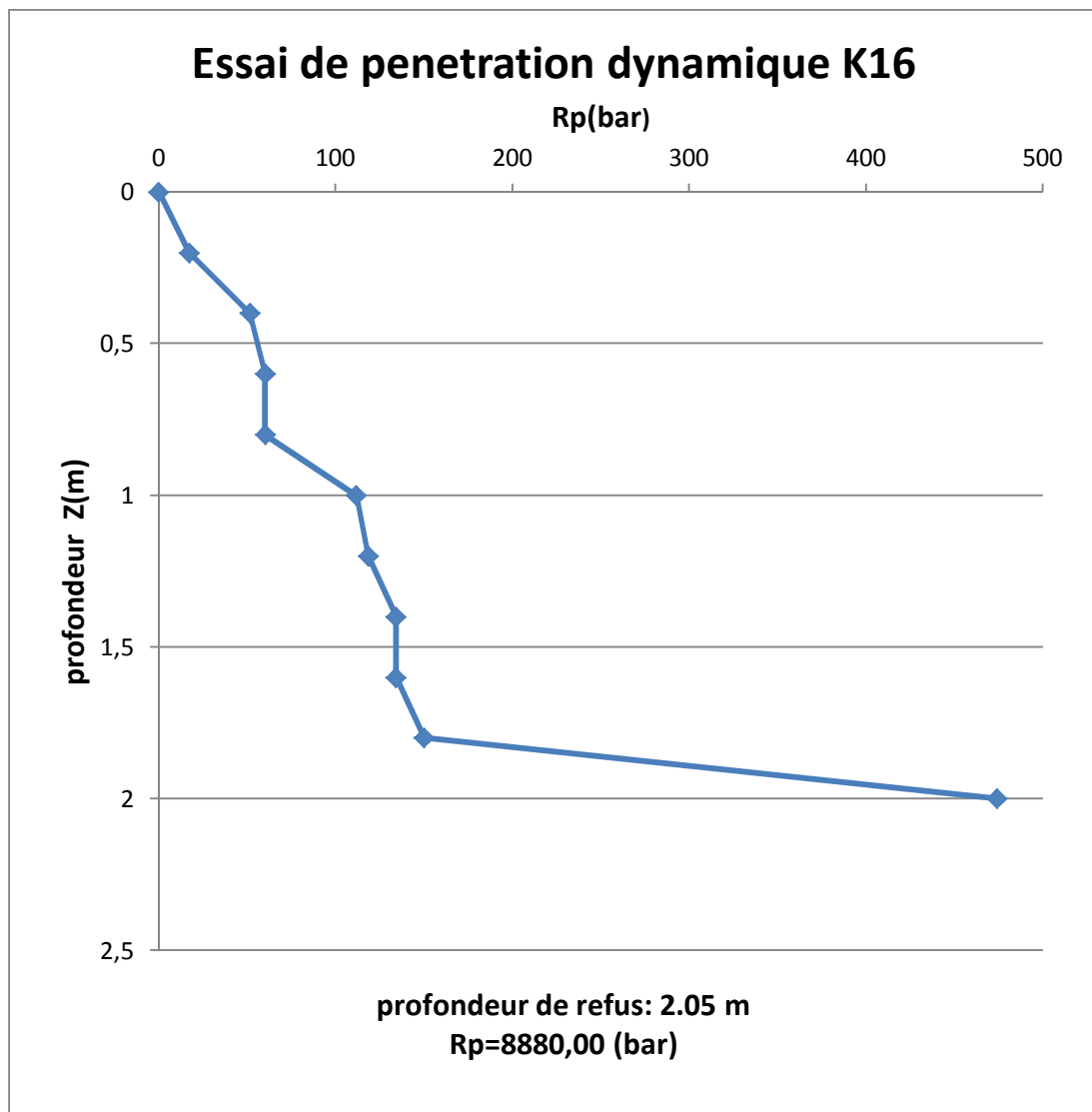
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	516



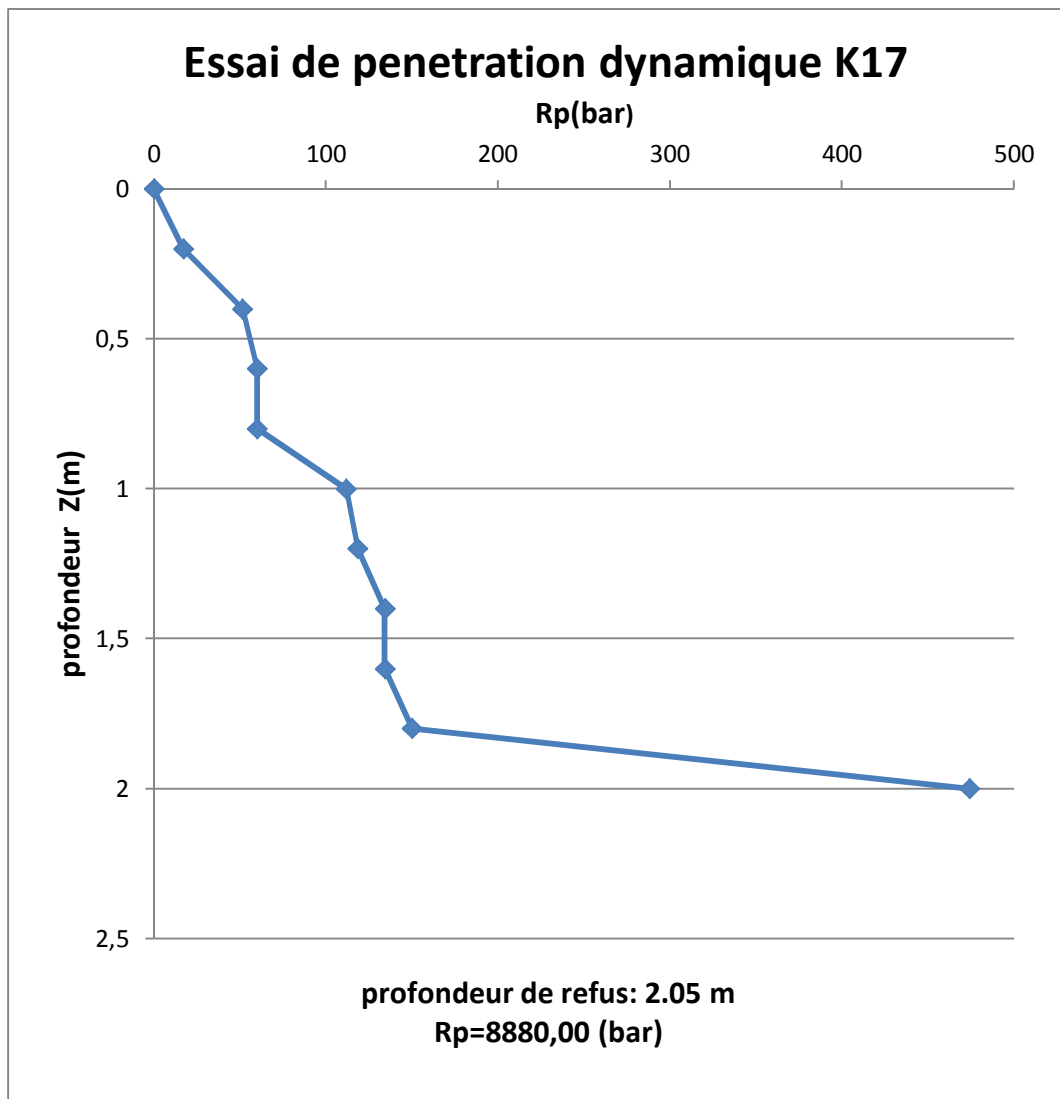
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	120,4
0,4	94,6
0,6	77,4
0,8	68,8
1	516



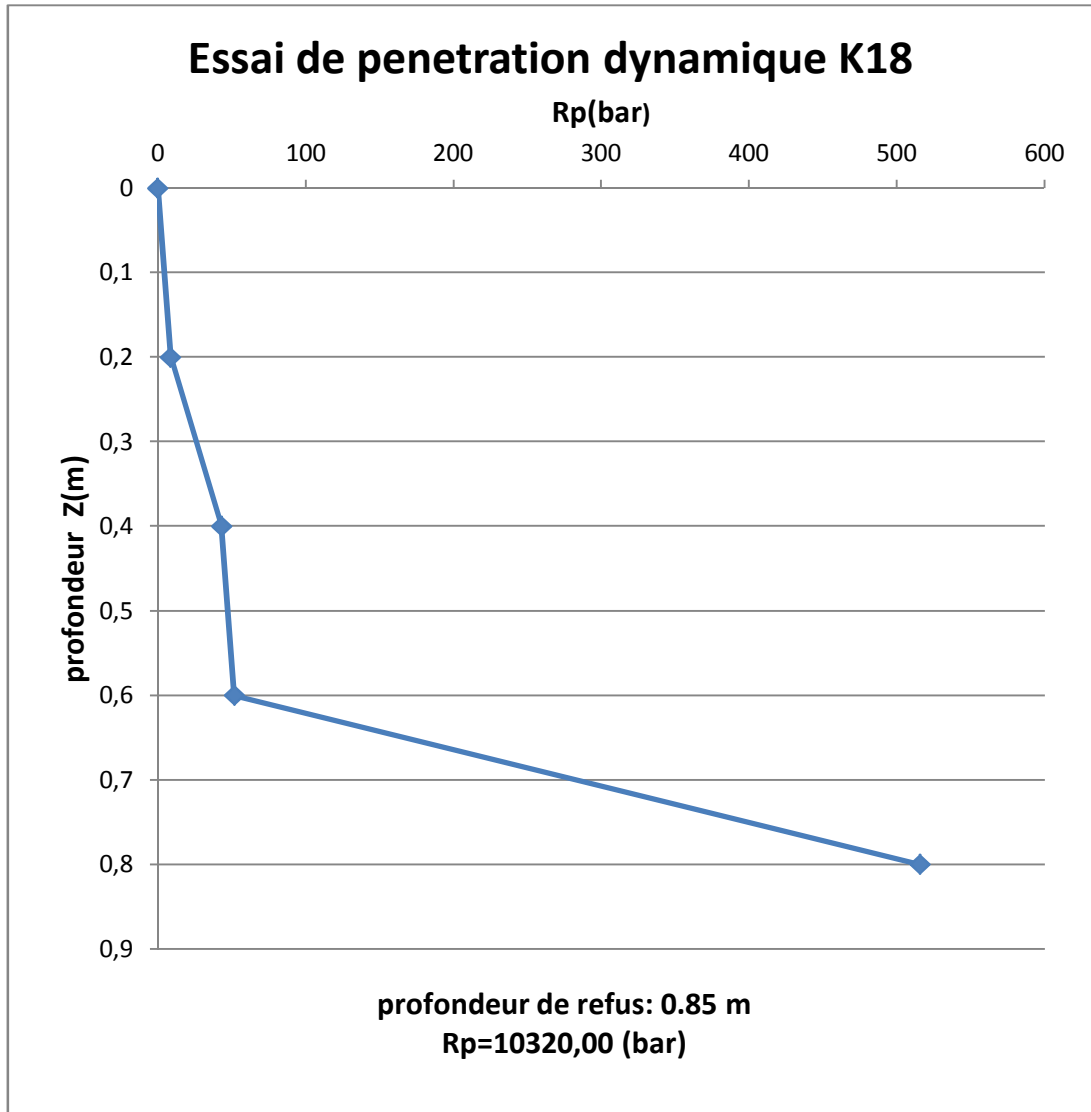
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	17,2
0,4	51,6
0,6	60,2
0,8	60,2
1	111,8
1,2	118,5
1,4	134,3
1,6	134,3
1,8	150,1
2	474



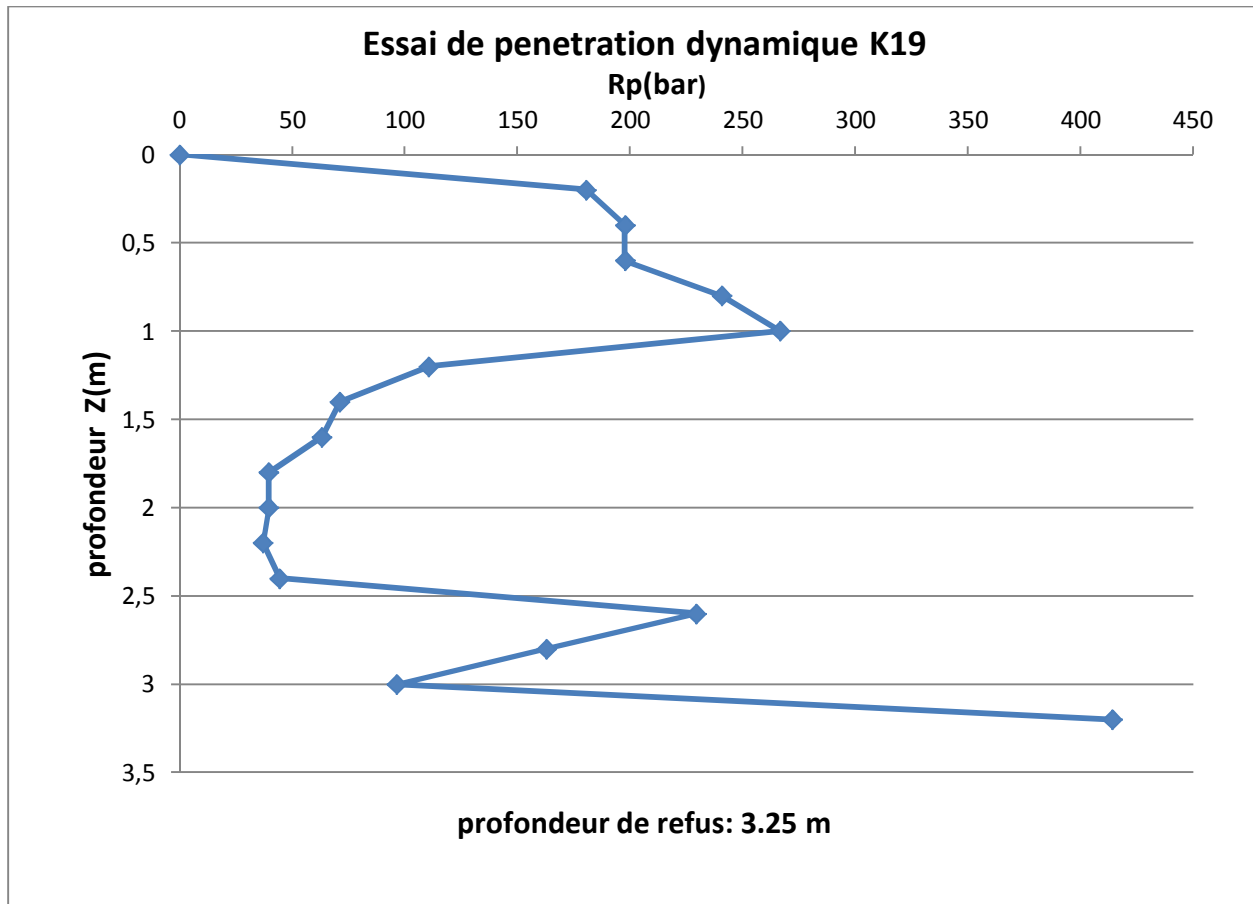
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	17,2
0,4	51,6
0,6	60,2
0,8	60,2
1	111,8
1,2	118,5
1,4	134,3
1,6	134,3
1,8	150,1
2	474



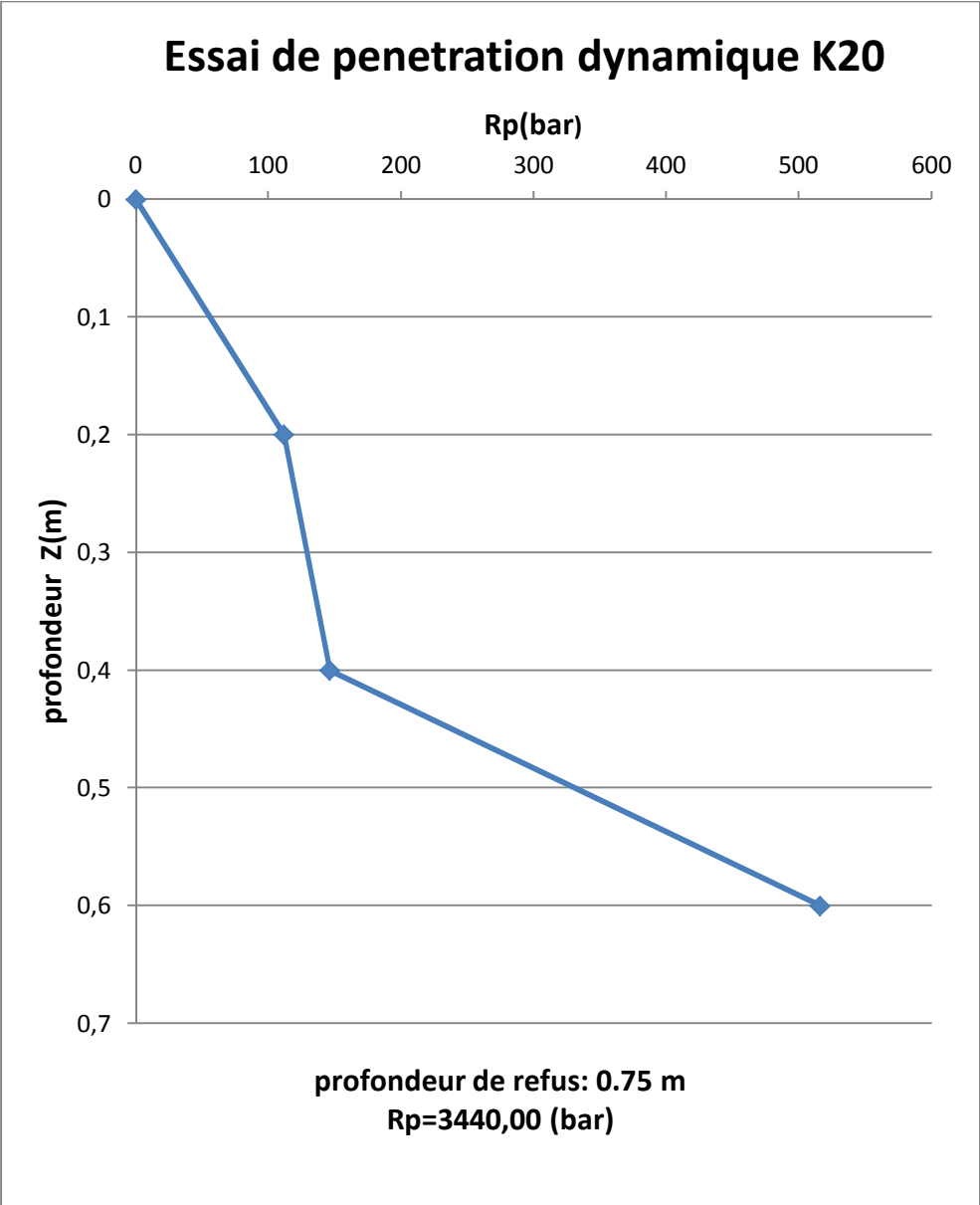
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	8,6
0,4	43
0,6	51,6
0,8	516



profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	180,6
0,4	197,8
0,6	197,8
0,8	240,8
1	266,6
1,2	110,6
1,4	71,1
1,6	63,2
1,8	39,5
2	39,5
2,2	37
2,4	44,4
2,6	229,4
2,8	162,8
3	96,2
3,2	414



profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	111,8
0,4	146,2
0,6	516






Annexes 03

Analyse géotechnique in situ des sols de site 2

« RAHMA »

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L' OUEST						
Dossier TRSMOSQUEE/ Sondage SP1						
Niv	LTPO	Description des sols	LOG	Prof m	% Rec	Observations
LTPO	LTPO	Rembai hétérogènes.	LOG	1		
LTPO	LTPO	Argile sableuse jaunâtre à plages blanchâtre.	LOG	2		
LTPO	LTPO	Argile silteuse grisâtre à fines passé de calcaire dur-grisâtre.	LOG	3		
LTPO	LTPO	fin de sondage	LOG	4		
LTPO	LTPO		LOG	5		
LTPO	LTPO		LOG	6		
LTPO	LTPO		LOG	7		
LTPO	LTPO		LOG	8		
LTPO	LTPO		LOG	9		
LTPO	LTPO		LOG	10		

LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 10/10/2023	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UNE MOSQUEE EL RAHMAN A LA CITE RAHMA 03		A1 /A14
Révisé le : 11/10/2023	-o- WILAYA DE TIARET -o-		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/M.D/H.B
Indice de révision : 01			



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- DONNEES -

Dossier		TRS3964
Pays		
Nom du chantier		MOSQUEE EL RAHMA
Localisation / ref. Plan		
Forage		SP01

CARACTERISTIQUES SONDE		TUBULURES ET FLUIDES		ETALONNAGE	
Reference	60-gct	Type	Concrete X	Nature	
Longueur		Gainé		Densité γ_s	
210 mm	X	Caoutchouc		Longueur totale (m)	40,00
370 mm		Structure renforcée	X	Nature	
Type	Structure métallique	CARACTERISTIQUES MEMBRANE		Reference	CA 3107/2023
E	Lamelles métalliques	Reference fournisseur		Diamètre intérieur du tube d (mm)	66,0
G	X	Tube fendu		Coefficient de calibrage a (cm ³ /MPa)	2,167
		Etalonnage p_u (MPa)	0,050	Volume de la sonde V_s (cm ³)	519,1


DONNEES BRUTES				DONNEES CORRIGES en P & V				
Palier	PRESSIONS p_i (MPa)				VOLUMES $V(i)$ (cm ³)			
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0,050	0,050	0,050	0,050	85,0	85,0	85,0	158,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	205,0	205,0	205,0	225,0
3	0,150	0,150	0,150	0,150	278,0	278,0	278,0	310,0
4	0,200	0,200	0,200	0,200	325,0	325,0	325,0	330,0
5	0,250	0,250	0,250	0,250	374,0	374,0	374,0	408,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	456,0	456,0	456,0	500,0
7	0,350	0,350	0,350	0,350	555,0	555,0	555,0	600,0
8	0,400	0,400	0,400	0,400	675,0	675,0	675,0	698,0

Référence de l'essai		ES 2m
Date et heure		12/10/2023 10:27
Unité de contrôle (CPV)		
Enregistreur		
Opérateur(s)		GHEZALK
Pression différentielle		-0,070
Observations (temps, etc)		

Système de nivellement		Cotes absolues	Cotes relatives
NGF		Z ₀	+ 1,00
		Z ₁	0 (Nive de forage)
		Z ₂	
		Z ₃	- 2,00

Système de localisation		X =	
		Y =	
Atelier de forage			
Méthode de forage			
Méthodologie du tableau (1)			
		CAR	
Outil de forage		type	Cour
		diamètre (mm)	66
Niveau pied de tubage (m)			
Fluide d'injection			
Passerelle de forage		de ... (m)	-1
		à ... (m)	-2
		Terminée à	

Hauteurs		mètre	m
Temps		seconde	s
Volume		centimètre cubic	cm ³
Pressions		Megapascal	MPa



**ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD
A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE**

- RESULTATS -

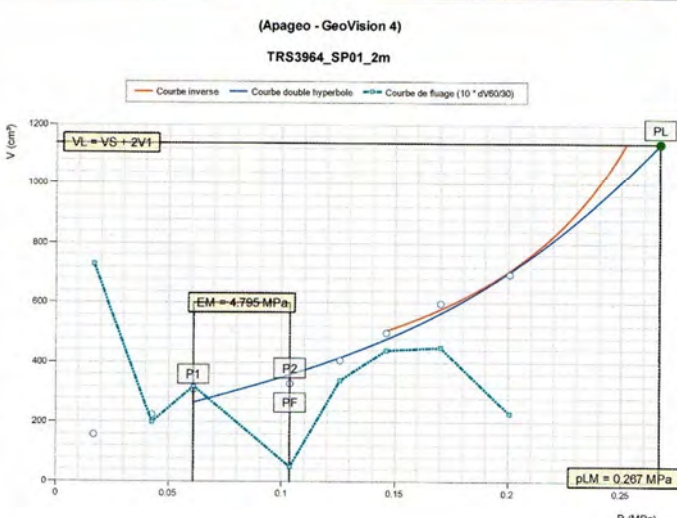
Dossier		TRS3964
Référence de l'essai		ES 2m
Nom du chantier		MOSQUEE EL R
Forage		SP01
Profondeur de l'essai		2,00

RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
σ_{vs} (MPa)	0,019
p_1 (MPa)	0,06
p_2 (MPa)	0,10
p_3 (MPa)	0,10
p_{30} (MPa)	0,27
p_{300} (MPa)	0,25
E_u (MPa)	4,8
E_u / p_{30}	18,0
E_u / p_{300}	19,3


PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES		
volumes inverses		
A	-1,03E-02	
B	3,48E-03	
double hyperbole		
A1	-1,05E+08	
A2	-1,91E+08	
A3	2,44E+03	
A4	5,78E+09	
A5	-3,45E-01	
A6	5,53E+01	
Erreur Moyenne (m%)		1,81E+01

(Apageo - GeoVision 4)


TRS3964_SP01_2m



COMMENTAIRES	



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 10/10/2023	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UNE MOSQUEE EL RAHMAN A LA CITE RAHMA 03		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/M.D/H.B
Révisé le : 11/10/2023	-o- WILAYA DE TIARET-o-		A3 /A14
Indice de révision : 01			



ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE

- DONNEES -

Site	TR3964
Pays	MOSQUEE EL RAHMA
Nom du chantier	MOSQUEE EL RAHMA
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01

CARACTERISTIQUES SONDE	
Référence	60-gct
Longueur	210 mm X
370 mm	X
Type	E
G	X

TUBULURES ET FLUIDES	
Type	Cosiale X
Jumelle	Liquide
Nature	Densité ρ_{fl}
Nature	Compressibilité χ_{fl}
Longueur totale (m)	40,00
Compressibilité χ_{fl}	


ETALONNAGE	
Référence	ET 31/07/2023
Pression d'étalonnage p_0 (MPa)	0,230
CALIBRAGE	
Référence	CA 31/07/2023
Diamètre intérieur du tube d_i (mm)	66,0
Coefficient de calibrage k (cm ³ /MPa)	2,167
Volume de la sonde V_s (cm ³)	619,1

DONNEES BRUTES										
Palier	PRESSIONS p_i (MPa)				VOLUMES V_i (cm ³)				DONNEES CORRIGES en P & V	
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V (cm ³)
0										
1	0,050	0,050	0,050	0,050	88,0	88,0	88,0	110,0	0,044	108,8
2	0,100	0,100	0,100	0,100	176,0	176,0	176,0	180,0	0,069	179,6
3	0,150	0,150	0,150	0,150	191,0	191,0	191,0	194,0	0,114	193,4
4	0,200	0,200	0,200	0,200	196,0	196,0	196,0	197,0	0,163	196,2
5	0,300	0,300	0,300	0,300	215,0	215,0	215,0	218,0	0,255	216,5
6	0,400	0,400	0,400	0,400	242,0	242,0	242,0	250,0	0,343	248,5
7	0,500	0,500	0,500	0,500	269,0	269,0	269,0	274,0	0,434	272,2
8	0,600	0,600	0,600	0,600	303,0	303,0	303,0	315,0	0,519	312,8
9	0,700	0,700	0,700	0,700	336,0	336,0	336,0	350,0	0,606	347,5
10	0,800	0,800	0,800	0,800	385,0	385,0	385,0	405,0	0,687	402,2
11	0,900	0,900	0,900	0,900	490,0	490,0	490,0	553,0	0,742	549,8
12	1,000	1,000	1,000	1,000	572,0	572,0	572,0	625,0	0,825	621,5
13	1,050	1,050	1,050	1,050	686,0	686,0	686,0	700,0	0,880	696,4

NIVEAUX	
Système de nivellement	NGF
Cotes absolues	Z _C
Cotes relatives	Z _R
(Mfa de forage)	Z _M
	Z _E
	1,00
	0
	3,00

FORAGE	
Système de localisation	X =
	Y =
Atelier de forage	
Méthode de forage	CAR
(substitution à tableau C)	
Outil de forage	type
	diamètre (mm)
	Cour
	66
Niveau pied de tubage (m)	
Fluide d'injection	de ... (m)
	-2
Passo de forage	à ... (m)
	-3
	Terminée à

UNITES	
Hauteurs	mètre
	m
Temps	seconde
	s
Volumes	centimètre cube
	cm ³
Pressions	Mégapascal
	MPa



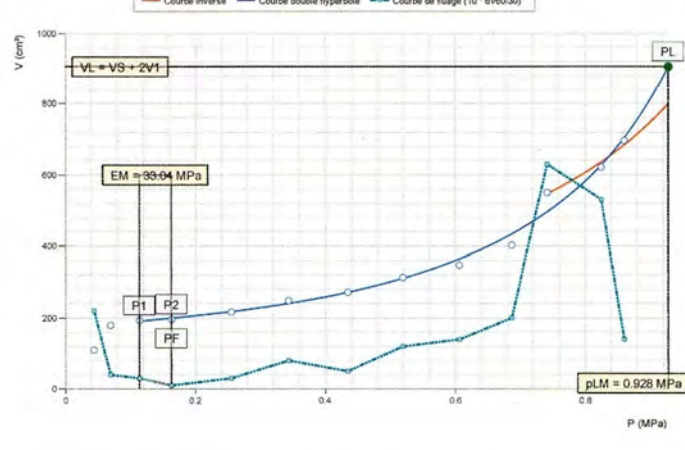
ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE

- RESULTATS -

Site	TR3964
Référence de l'essai	ES 3m
Nom du chantier	MOSQUEE EL RAHMA
Forage	SP01
Profondeur de l'essai	3,00

(Apageo - GeoVision 4)


TR3964_SP01_3m



RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
σ_{ho} (MPa)	0,027
p_1 (MPa)	0,11
p_2 (MPa)	0,16
p_3 (MPa)	0,16
p_{ho} (MPa)	0,93
p_{ho} (MPa)	0,90
E_p (MPa)	33,0
E_p / p_{ho}	35,6
E_p / p_{ho}	36,7

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES		
volumes inverses	A	-3,10E-03
	B	4,13E-03
double hyperbole	A1	-7,68E+01
	A2	-1,25E+02
	A3	2,96E+01
	A4	3,15E+02
	A5	3,97E+02
	A6	1,21E+00
Erreur Moyenne (ord)		1,53E+01

COMMENTAIRES



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 10/10/2023	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UNE MOSQUEE EL RAHMAN A LA CITE RAHMA 03	Dept.Tech/M.Y.B/A.L/M.D/H.B	A4 /A14
Révisé le : 11/10/2023	-o- WILAYA DE TIARET -o-		
Indice de révision : 01			



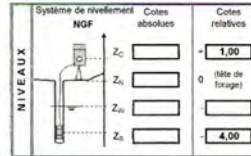
ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE
- DONNEES -

Dossier	TRS3964
Pays	
Nom du chantier	MOSQUEE EL RAHMA
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01

SONDE	CARACTERISTIQUES SONDE			TUBULURES ET FLUIDES			ETALONNAGE		
	Longueur	Gainé	Type	Coatée	X	Liquide	Nature	Référence	ET 31/07/2023
	210 mm	X	Caoutchouc	Jumellee	X			Pression d'étalonnage p_0 (MPa)	0,230
	370 mm	X	Structure renforcée	Longueur totale (m)	40,00	Gaz	Nature	Calibrage	CA 31/07/2023
Type	Structure métalliques			CARACTERISTIQUES MEMBRANE			Diètre interne du tube d_i (mm)	66,0	
E	Lamelles métalliques			Référence fournisseur			Coefficient de calibrage c (cm ³ /MPa)	2,167	
G	Tube fendu			Etalonnage p_u (MPa)			0,050	Volume de la sonde V_s (cm ³)	519,1

Référence de l'essai	ES 4m
Date et heure	12/10/2023 11:43
Unité de contrôle (CPI)	
Enregistreur	
Opérateur(s)	GHEZAL K
Pression différentielle	-0,050
Observations (temps, etc)	

Palier	DONNEES BRUTES								DONNEES CORRIGEES en P & V			
	PRESSIONS p_i (MPa)				VOLUMES V_{ij} (cm ³)				PRESSION p_i (MPa)	VOLUME V_i (cm ³)	PENTE μ (cm/MPa)	FLUAGE λ (cm)
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s				
0												
1	0,050	0,050	0,050	0,050	90,0	90,0	90,0	160,0	0,036	159,8	70,0	
2	0,100	0,100	0,100	0,100	201,0	201,0	201,0	240,0	0,057	238,6	39,9	
3	0,150	0,150	0,150	0,150	273,0	273,0	273,0	290,0	0,088	289,4	17,0	
4	0,200	0,200	0,200	0,200	336,0	336,0	336,0	362,0	0,112	361,2	26,0	
5	0,250	0,250	0,250	0,250	374,0	374,0	374,0	380,0	0,155	379,0	6,9	
6	0,300	0,300	0,300	0,300	415,0	415,0	415,0	435,0	0,189	433,9	20,0	
7	0,350	0,350	0,350	0,350	456,0	456,0	456,0	473,0	0,224	471,7	17,0	
8	0,400	0,400	0,400	0,400	496,0	496,0	496,0	510,0	0,263	508,5	14,0	
9	0,450	0,450	0,450	0,450	530,0	530,0	530,0	542,0	0,304	540,3	12,0	
10	0,500	0,500	0,500	0,500	560,0	560,0	560,0	575,0	0,346	573,2	15,0	
11	0,550	0,550	0,550	0,550	595,0	595,0	595,0	610,0	0,388	608,0	15,0	
12	0,600	0,600	0,600	0,600	622,0	622,0	622,0	625,0	0,435	622,8	3,0	
13	0,650	0,650	0,650	0,650	655,0	655,0	655,0	670,0	0,476	667,6	15,0	
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												



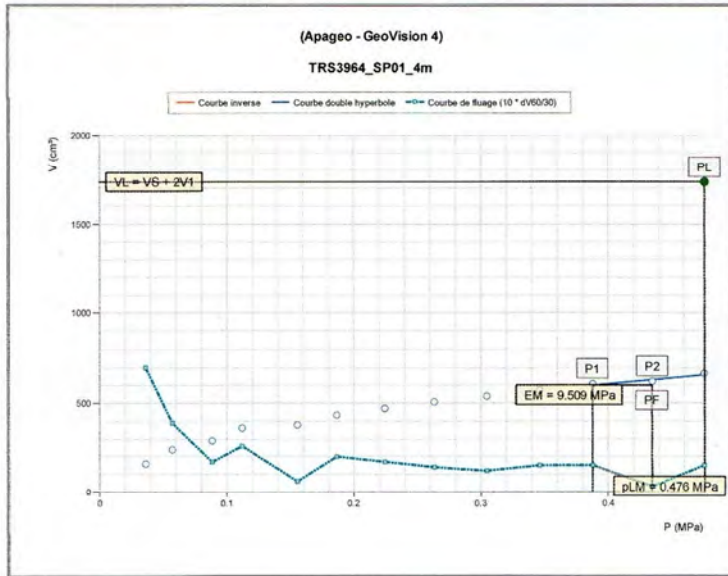
Système de localisation		X =	Y =
Atelier de forage			
Méthode de forage		CAR	
(attributions du tableau C)			
Outil de forage	Type	Course	
	diamètre (mm)	66	
Niveau pied de tubage (m)			
Fluide d'injection			
Passe de forage	de ... (m)	-3	
	à ... (m)	-4	
	Termine à		

Hauteurs	mètre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimètre cube	cm ³
Pressions	Mégapascal	MPa



ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE
- RESULTATS -

Dossier	TRS3964
Référence de l'essai	ES 4m
Nom du chantier	MOSQUEE EL RAHMA
Forage	SP01
Profondeur de l'essai	4,00




RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
σ_{30} (MPa)	0,036
p_1 (MPa)	0,39
p_2 (MPa)	0,43
p_r (MPa)	0,43
p_{30} (MPa)	0,48
p_{10} (MPa)	0,44
E_{30} (MPa)	9,5
E_{10} / D_{30}	20,0
E_{10} / D_{10}	21,6

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES	
volumes inverses	
A	-1,66E-03
B	2,30E-03
double hyperbole	
A1	4,67E+02
A2	5,32E+02
A3	3,37E+01
A4	4,42E-03
A5	-6,88E-02
A6	4,78E-01
Error Moyenne (cm)	7,09E+00

COMMENTAIRES



LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 10/10/2023	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UNE MOSQUEE EL RAHMAN A LA CITE RAHMA 03		Dept.Tech/M.Y.B/A.L/M.D/H.B
Révisé le : 11/10/2023	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A5 /A14
Indice de révision : 01			



ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE

- DONNEES -

Etat	TR53964
Pays	MOSQUEE EL RAHMA
Nom du chantier	MOSQUEE EL RAHMA
Localisation / réf. Plan	
Forage	SP01

CARACTERISTIQUES SONDE			
Référence	60-gct	Type	Coaxiale X
Longueur		Jumelle	X
210 mm	X	Caoutchouc	
370 mm	X	Structure renforcée	X
Type	Structure métallique	Longueur totale (m)	40,00
L	Lamelles métalliques	Nature	Nature
G	X	Tube fendu	

TUBULURES ET FLUIDES			
Type	Coaxiale X	Nature	Nature
Densité ρ_f		Densité ρ_{fl}	
Longueur totale (m)	40,00	Nature	Nature
		Compressibilité λ_2 (m ²)	

ETALONNAGE	
Référence	ET 31/07/2023
Pression d'étalonnage p_e (MPa)	0,230


CALIBRAGE	
Référence	CA 31/07/2023
Diamètre intérieur du tube d_i (mm)	66,0
Coefficient de calibrage α (cm ³ /MPa)	2,167
Volume de la sonde V_s (cm ³)	519,1

DONNEES BRUTES												
Palier	PRESSIONS p_i (MPa)				VOLUMES V_i (cm ³)				DONNEES CORRIGES en P & V			
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	PRESSION p (MPa)	VOLUME V^m (cm ³)	PENTE $\Delta V^m / \Delta p$ (cm ³ /MPa)	FLUAGE $\Delta V^m / \Delta t$ (cm ³ /s)
0												
1	0,050	0,050	0,050	0,050	82,0	82,0	82,0	123,0	0,059	122,8		41,9
2	0,100	0,100	0,100	0,100	145,0	145,0	145,0	153,0	0,089	152,6	755	8,0
3	0,150	0,150	0,150	0,150	160,0	160,0	160,0	162,0	0,145	161,4	188	2,0
4	0,200	0,200	0,200	0,200	190,0	190,0	190,0	195,0	0,183	194,2	860	5,0
5	0,250	0,250	0,250	0,250	223,0	223,0	223,0	226,0	0,222	225,0	797	3,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	250,0	250,0	250,0	252,0	0,263	250,9	639	2,0
7	0,350	0,350	0,350	0,350	256,0	256,0	256,0	260,0	0,310	259,7	186	4,0
8	0,400	0,400	0,400	0,400	286,0	286,0	286,0	296,0	0,346	294,5	979	10,0
9	0,450	0,450	0,450	0,450	338,0	338,0	338,0	365,0	0,371	363,3	2798	27,0
10	0,500	0,500	0,500	0,500	396,0	396,0	396,0	420,0	0,401	418,2	1786	24,0
11	0,550	0,550	0,550	0,550	480,0	480,0	480,0	510,0	0,423	508,0	4134	30,0
12	0,600	0,600	0,600	0,600	575,0	575,0	575,0	635,0	0,442	632,8	9478	60,0
13	0,650	0,650	0,650	0,650	675,0	675,0	675,0	685,0	0,483	682,6	1236	10,0
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

Système de nivellement		
NGF	Cotes absolues	
	Cotes relatives	
	Z _C	1,00
	Z _N	0 (titre de forage)
	Z ₀	
	Z ₁	5,00

Système de localisation	
X =	
Y =	
Atelier de forage	
Méthode de forage	CAR
Instrumentation au terrain (s)	
Outil de forage	
type	Cour
diamètre (mm)	66
Niveau pied de tubage (m)	
Fluide d'injection	
Passe de forage	
de ... (m)	-4
à ... (m)	-5
Terminée à	

Hauteurs	mètre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimètre cube	cm ³
Pressions	Mégapascal	MPa



ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE

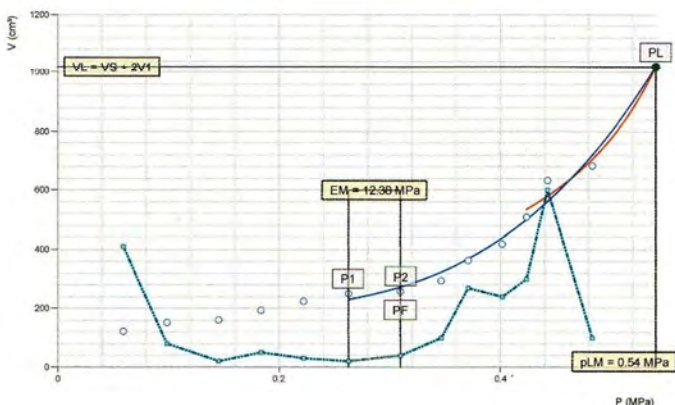
- RESULTATS -

Etat	TR53964
Référence de l'essai	ES 5m
Nom du chantier	MOSQUEE EL RAHMA
Forage	SP01
Profondeur de l'essai	5,00

(Apageo - GeoVision 4)

TR53964_SP01_5m


— Courbe inverse — Courbe double hyperbole — Courbe de fluage (10 * dV60/30)




RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
σ_{hs} (MPa)	0,045
p_1 (MPa)	0,26
p_2 (MPa)	0,31
p_3 (MPa)	0,31
p_{10} (MPa)	0,54
p_{10} (MPa)	0,50
E_p (MPa)	12,4
E_u / p_{10}	22,9
E_u / p_{10}	25,0

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES		
volumes inverses	A	-7,80E-03
	B	5,09E-03
double hyperbole	A1	-1,38E+08
	A2	-1,00E+07
	A3	1,13E+09
	A4	9,35E+09
	A5	-1,53E+01
	A6	3,75E+01
Erreur Moyenne (cm ³)		1,58E+01

COMMENTAIRES



<p>LTPO Unité de Tiaret</p> <p>Etablie le : 10/10/2023</p>	<p>PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UNE MOSQUEE EL RAHMAN A LA CITE RAHMA 03</p>		
<p>Révisé le : 11/10/2023</p> <p>Indice de révision : 01</p>	<p>-o- WILAYA DE TIARET -o-</p>	<p>Dept.Tech/M.Y.B/A.L/M.D/H.B</p>	<p>A6 /A14</p>



ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE

- DONNEES -

Dossier		TRS3964
Pays		
Nom du chantier		MOSQUEE EL RAHMA
Localisation / réf. Plan		
Forage		SP01

CARACTERISTIQUES SONDE	
Reference	60-gct
Longueur	
210 mm	X Caoutchouc
370 mm	X Structure renforcee
Type	Structure metalique
E	Lamelles metaliques
G	X Tube fendu

TUBULURES ET FLUIDES	
Type	Cosiale X Liquide
Jumelle	Nature
Densite %	
Nature	
Compressibilite % (m ⁻¹)	
Longueur totale (m)	40,00
Compressibilite % (m ⁻¹)	


ETALONNAGE	
Reference	ET 31/07/2023
Pression d'etalonnage p ₀ (MPa)	0,230
CALIBRAGE	
Reference	CA 31/07/2023
Diametre interne du tube d (mm)	68,0
Coefficient de calibrage a (cm ³ /MPa)	2,167
Volume de la sonde V _s (cm ³)	619,1

DONNEES BRUTES		DONNEES CORREGES en P & V										
Palier	PRESSIONS pr (MPa)				VOLUMES VS (cm ³)				PRESSION p (MPa)	VOLUME V ^{cor} (cm ³)	PENTE p _v ^{cor} (cm ³ /MPa)	FLUAGE v _v ^{cor} (cm ³)
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s				
0												
1	0,050	0,050	0,050	0,050	90,0	90,0	90,0	152,0	0,059	151,8		82,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	195,0	195,0	195,0	205,0	0,090	204,6	1706	10,0
3	0,150	0,150	0,150	0,150	218,0	218,0	218,0	220,0	0,134	219,4	333	2,0
4	0,200	0,200	0,200	0,200	308,0	308,0	308,0	300,0	0,125	379,2	#####	72,0
5	0,250	0,250	0,250	0,250	435,0	435,0	435,0	455,0	0,150	454,0	3052	20,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	508,0	508,0	508,0	536,0	0,175	536,9	3244	30,0
7	0,350	0,350	0,350	0,350	568,0	568,0	568,0	573,0	0,216	571,7	849	5,0
8	0,400	0,400	0,400	0,400	632,0	632,0	632,0	680,0	0,244	678,5	3923	48,0
9	0,450	0,450	0,450	0,450	700,0	700,0	700,0	720,0	0,287	718,3	925	20,0

Systeme de nivellement		NGF	Cotes absolues	Cotes relatives
Z _c				1,00
Z ₀				0 (Site de forage)
Z ₁				
Z ₂				
Z ₃				6,00

Systeme de localisation		X =	Y =
Atelier de forage			
Methode de forage		CAR	
Cote de la sonde			
Outil de forage		type	Cour
		diametre (mm)	66
Niveau pied de tubage (m)			
Fluide d'injection			
Passe de forage		de ... (m)	-5
		a ... (m)	-6
		Termine a	

Hauteurs	metre	m
Temps	seconde	s
Volumes	centimetres cube	cm ³
Pressions	Megapascal	MPa



ESSAI AU PRESSIOMETRE MENARD A ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE

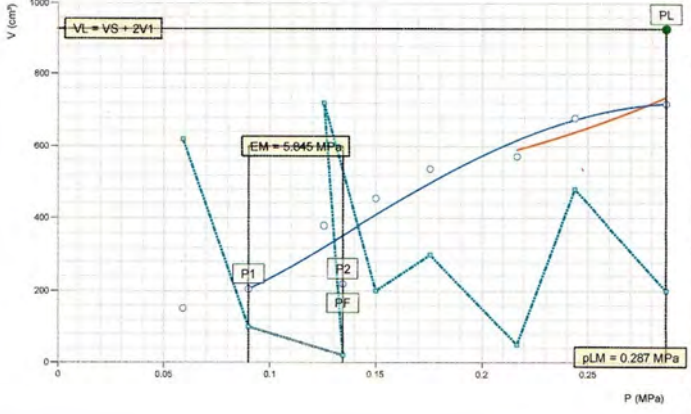
- RESULTATS -

Dossier		TRS3964
Reference de l'essai		ES 6m
Nom du chantier		MOSQUEE EL R
Forage		SP01
Profondeur de l'essai		6,00

(Apageo - GeoVision 4)

TRS3964_SP01_6m


— Courbe inverse — Courbe double hyperbole — Courbe de fluage (10 * v_v^{cor})



RESULTATS CALCULES NORMATIFS	
σ _{1c} (MPa)	0,054
P ₁ (MPa)	0,09
P ₂ (MPa)	0,13
P ₃ (MPa)	0,13
P _{1c} (MPa)	0,29
P _{2c} (MPa)	0,23
E ₀ (MPa)	5,8
E ₀ / P _{1c}	20,4
E ₀ / P _{2c}	25,1

PARAMETRES DES COURBES AJUSTEES	
volumes inverses	
A	-4,75E-03
B	2,73E-03
double hyperbole	
A1	1,97E+08
A2	2,04E+06
A3	-2,15E+02
A4	-1,91E+10
A5	-7,83E-02
A6	9,69E+01
Erreur Moyenne (m%)	
	3,69E+01

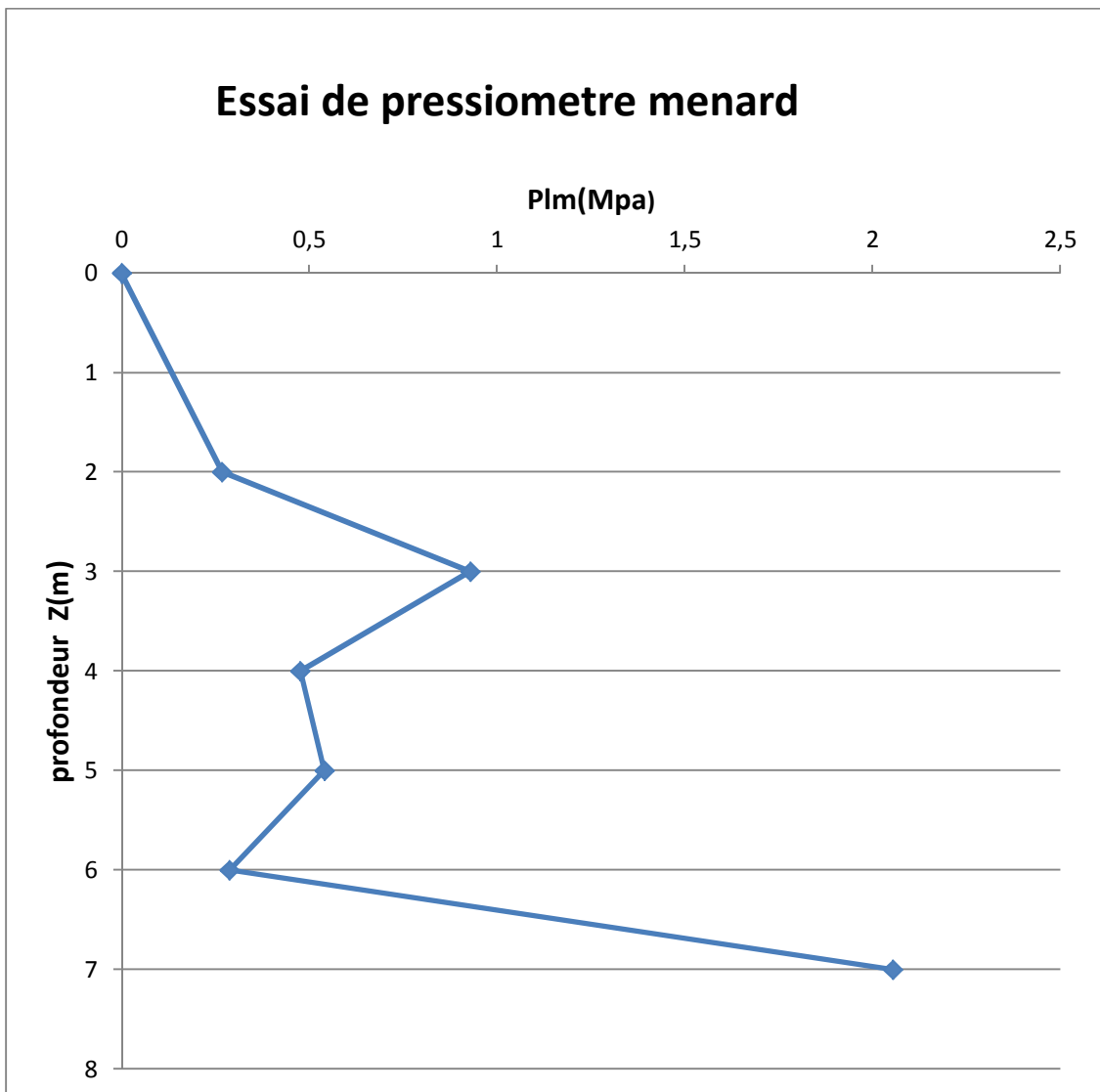
COMMENTAIRES

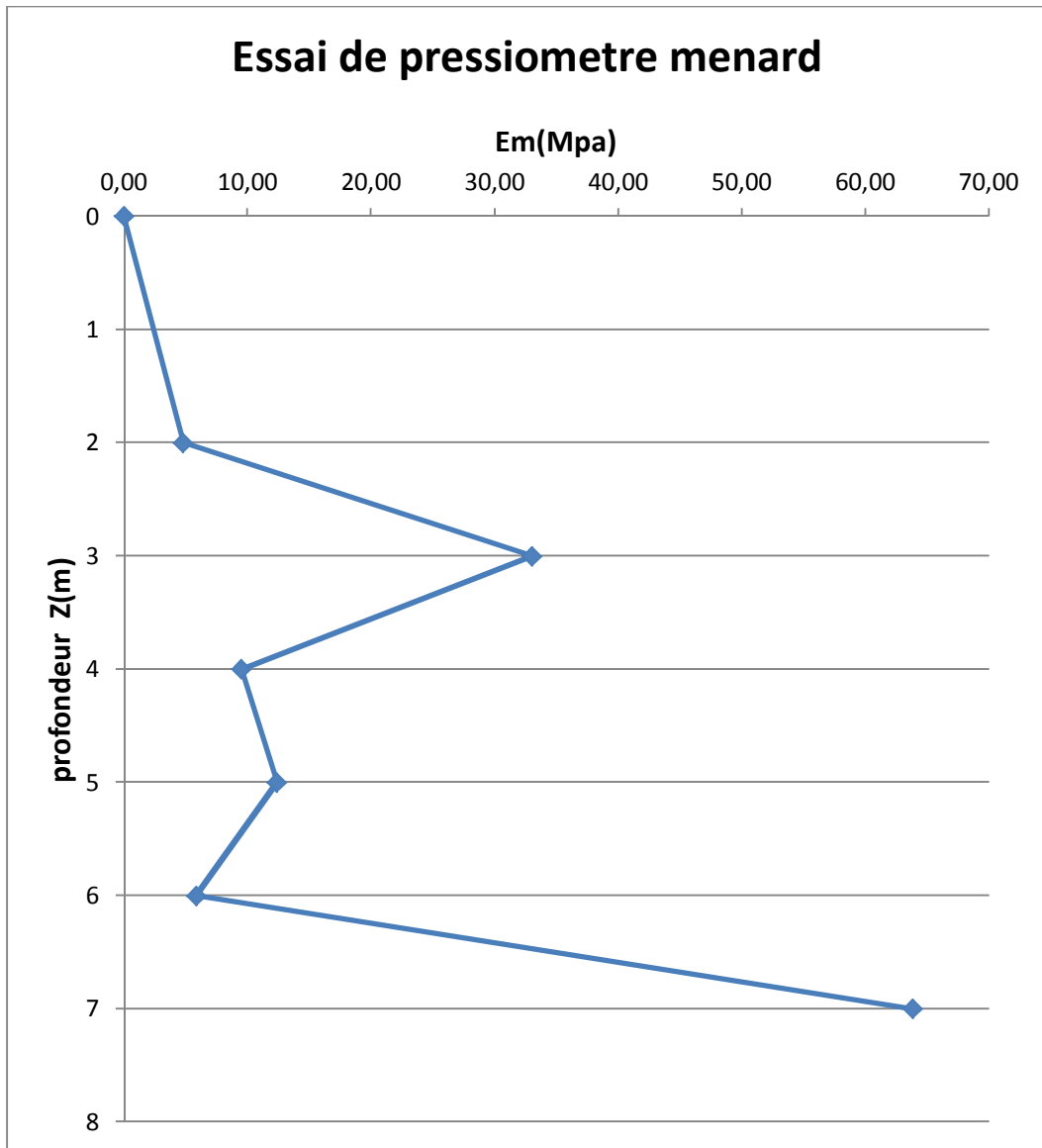


Apageo - GeoVision 4.0.2.2

LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 10/10/2023	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UNE MOSQUEE EL RAHMAN A LA CITE RAHMA 03	Dept.Tech/M.Y.B/A.L/M.D/H.B	A7 /A14
Revisé le : 11/10/2023	-o- WILAYA DE TIARET-o-		
Indice de révision : 01			

Profondeur Z(m)	Em (Mpa)	Plm (Mpa)
2	4,80	0,267
3	33,04	0,928
4	9,51	0,476
5	12,38	0,54
6	5,85	0,287
7	63,83	2,054







Annexes 04

Analyse géotechnique in situ des sols de site 3

«ZAAROURA»

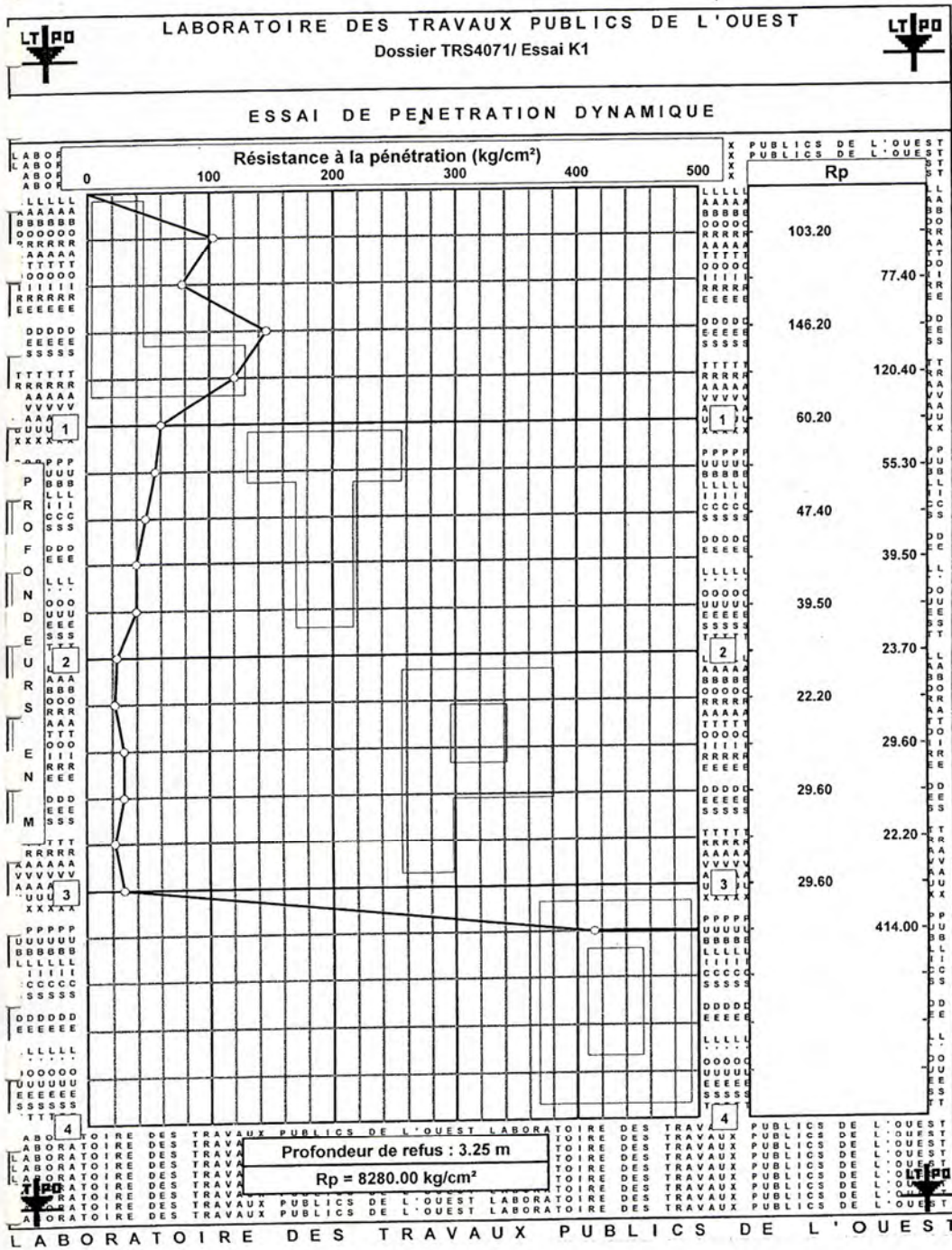
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST						
Dossier TRS4071/ Sondage SC5						
Niv	LOG	Description des sols	Prof m	% Rec	Observations	
Eau		Plate forme.				
		Sol remanié formé de sable graveleux jaunâtre et noirâtre.	1	80		
			2			
			3			
		Calcaire lumachellique gris bleuâtre, dur, fracturé à nombreux passés de marne grisâtre, légèrement indurée à indurée.	4	70		
			5			
			6			
			7			
		fin de sondage	8			
			9			
			10			
			11			

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST

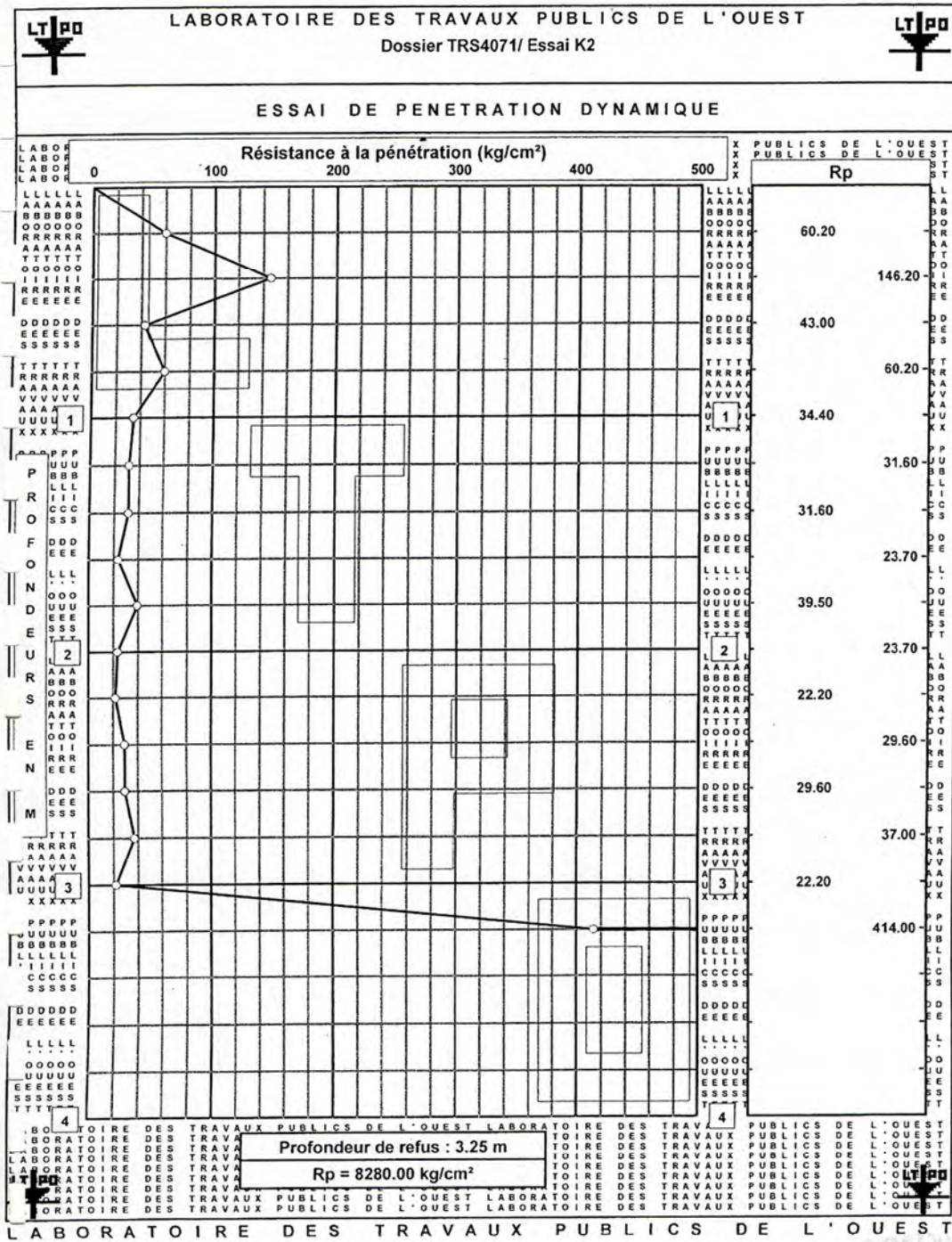
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L/H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET-o-		A2 /19
Indice de révision : 01			

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST Dossier TRS4071/ Sondage SC3						
Niv Eau	Description des sols	LOG	Prof m	% Rec	Observations	
	Plate forme en béton.					
	Sol remanie formé de sable graveleux	1	1	60		
		2	2			
		3	3			
	Calcaire lumachellique gris bleuâtre, dur, fracturé, récupéré en débris à fines passés de marne	4	4	60		
		5	5			
		6	6			
		7	7			
	fin de sondage	8	8			
		9	9			
		10	10			
		11	11			

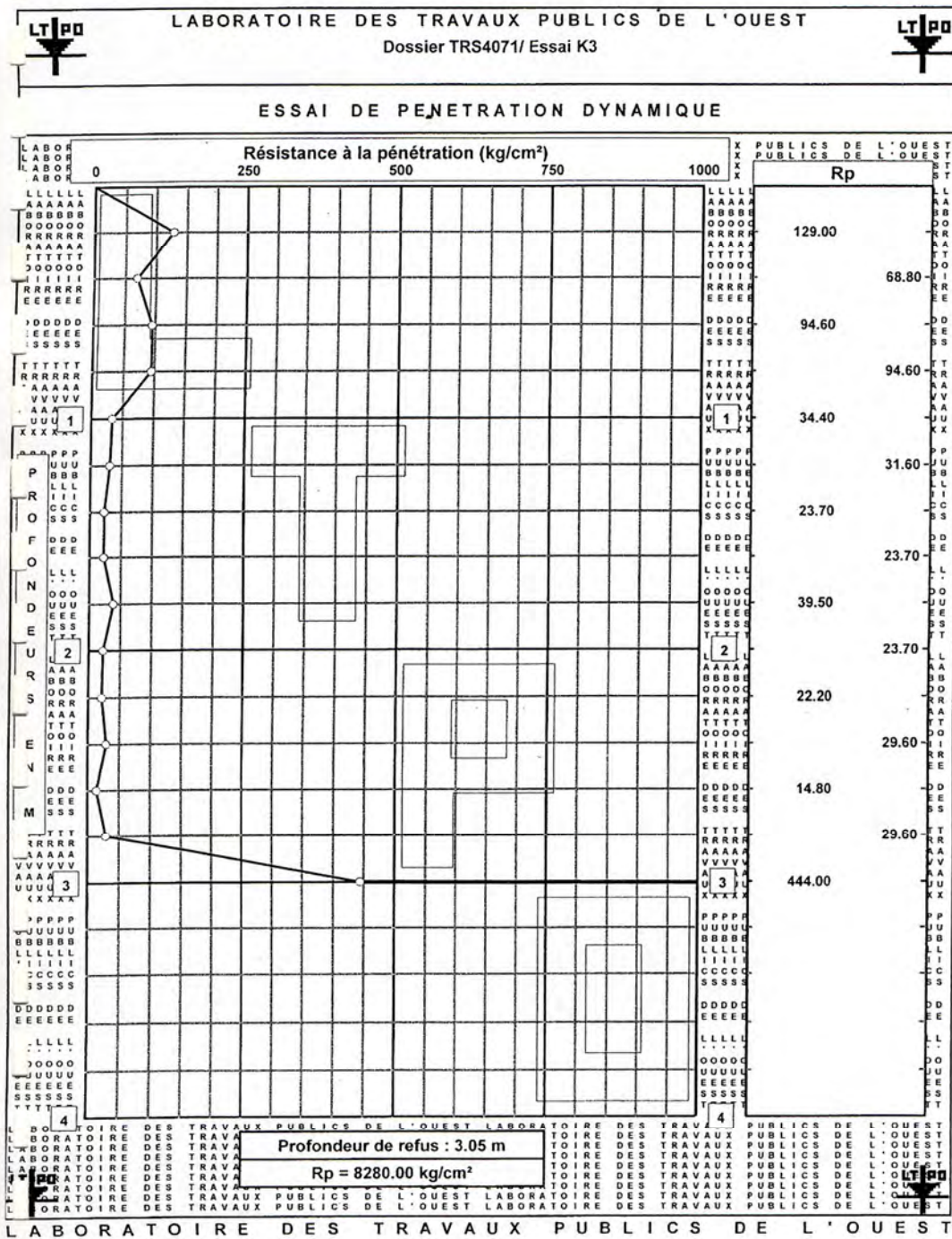
LTPO Unité de Tiaret Etablie le : 17/12/2024				PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENCE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA	
Révisé le : 18/12/2024 Indice de révision : 01		-o- WILAYA DE TIARET -o-		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L/H.B	
				A4 / 19	



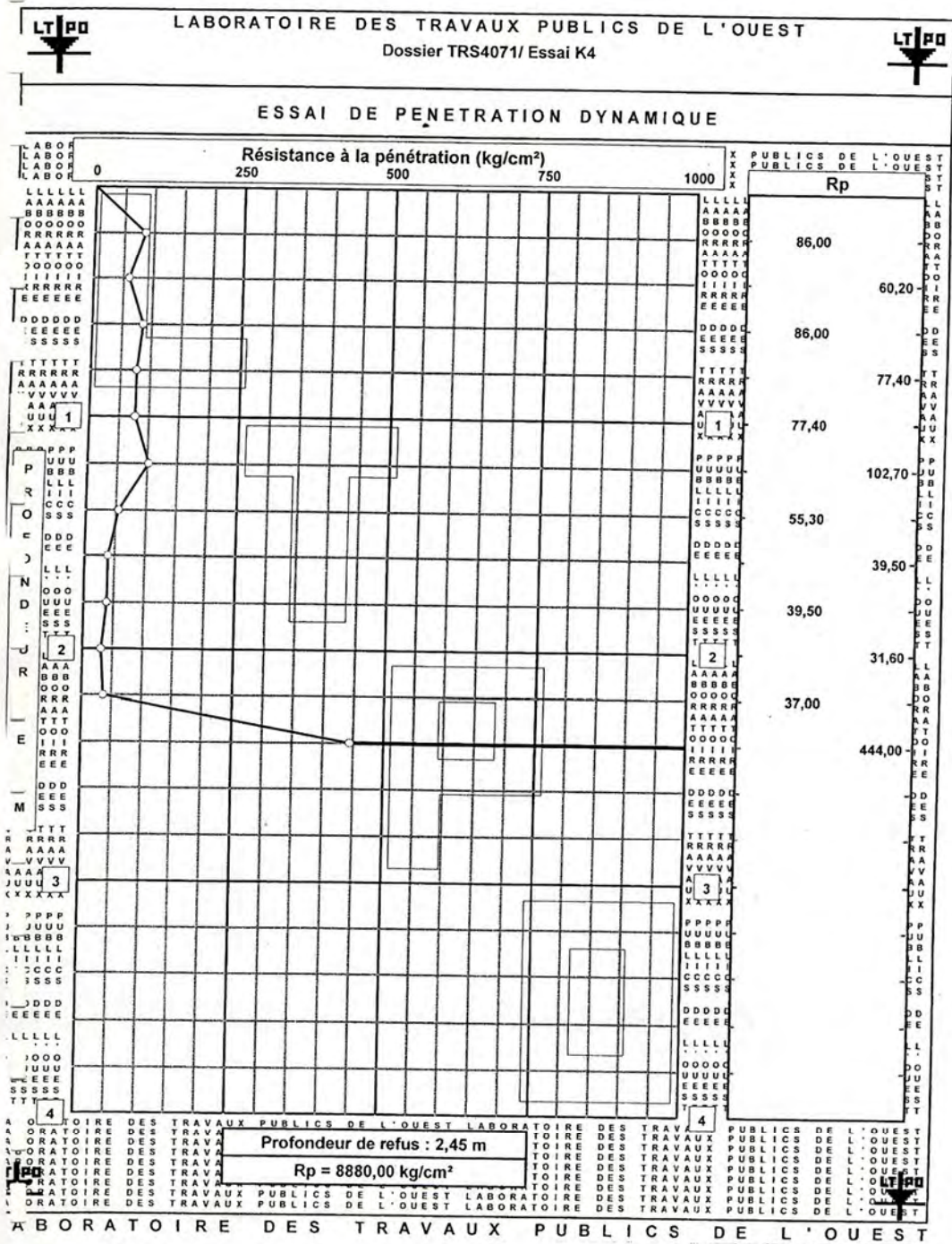
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVANCE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA	Dept.Tech/M.Y.B/K.N/AL /H.B	A7 /19
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET-o-		
Indice de révision : 01			



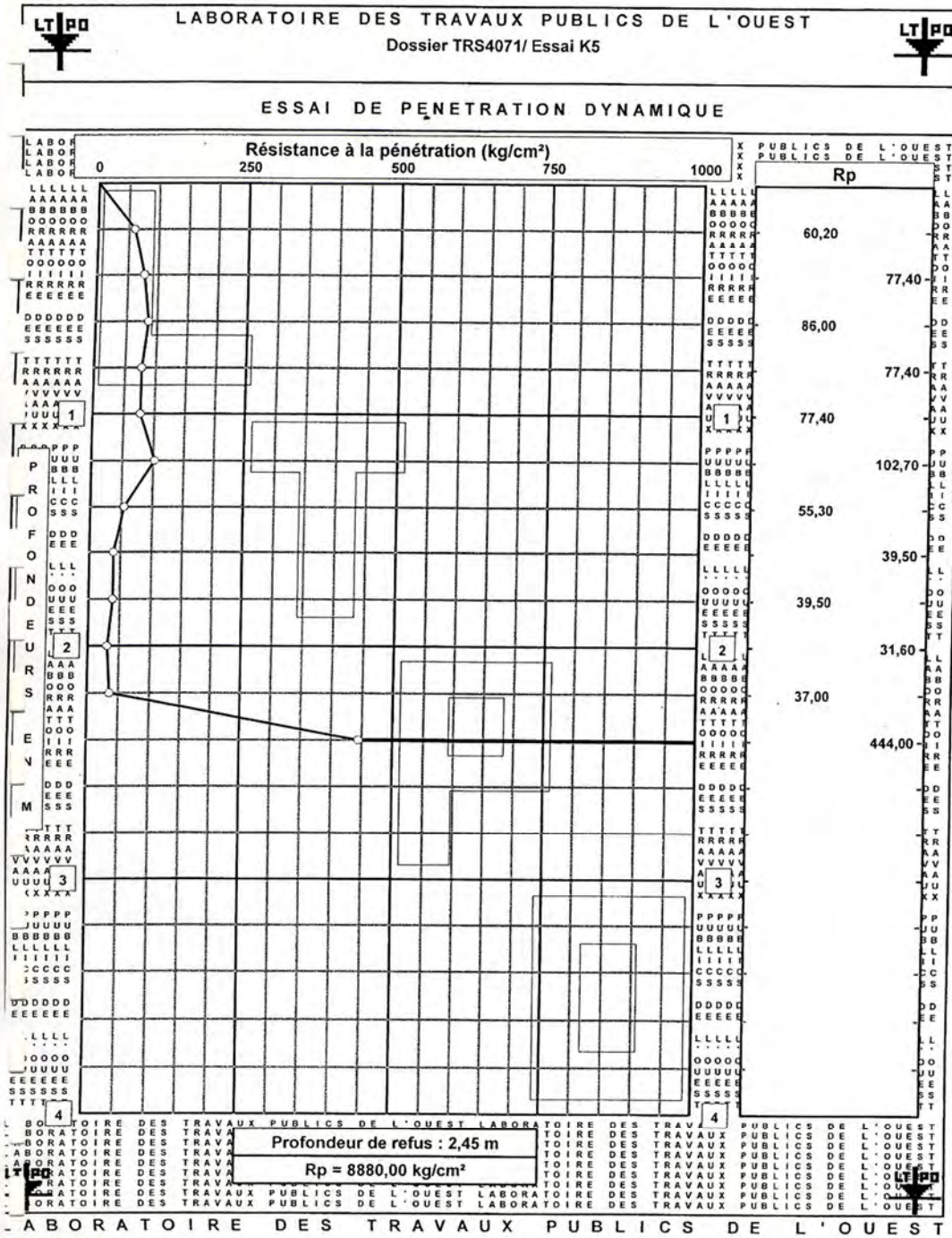
LTPO Unité de Tiaret			
Établie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		AB /19
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		Dept.Tech/M.Y.B./K.N/A.L./H.B
Indice de révision : 01			



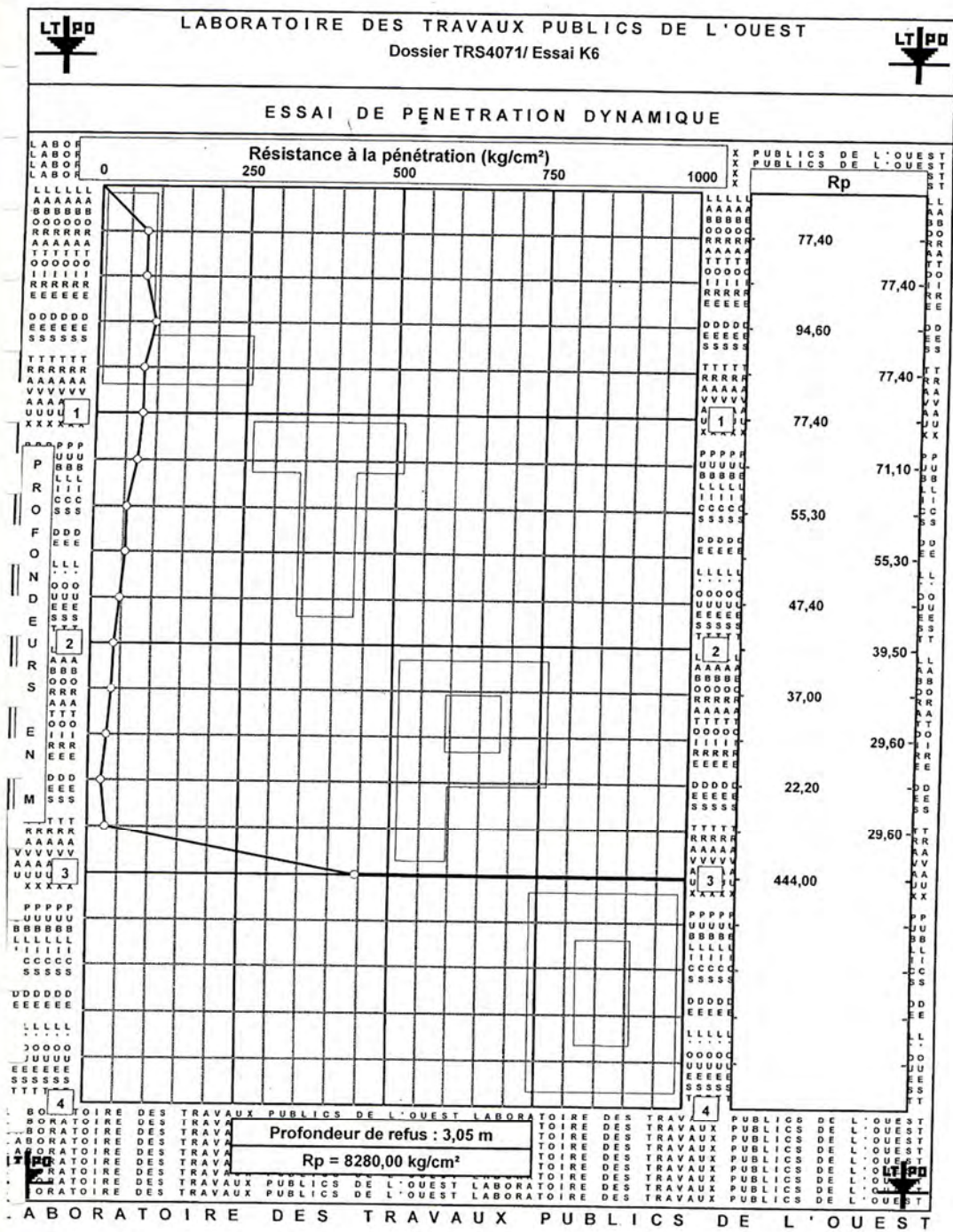
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVANCE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L/H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A9 /19
Indice de révision : 01			



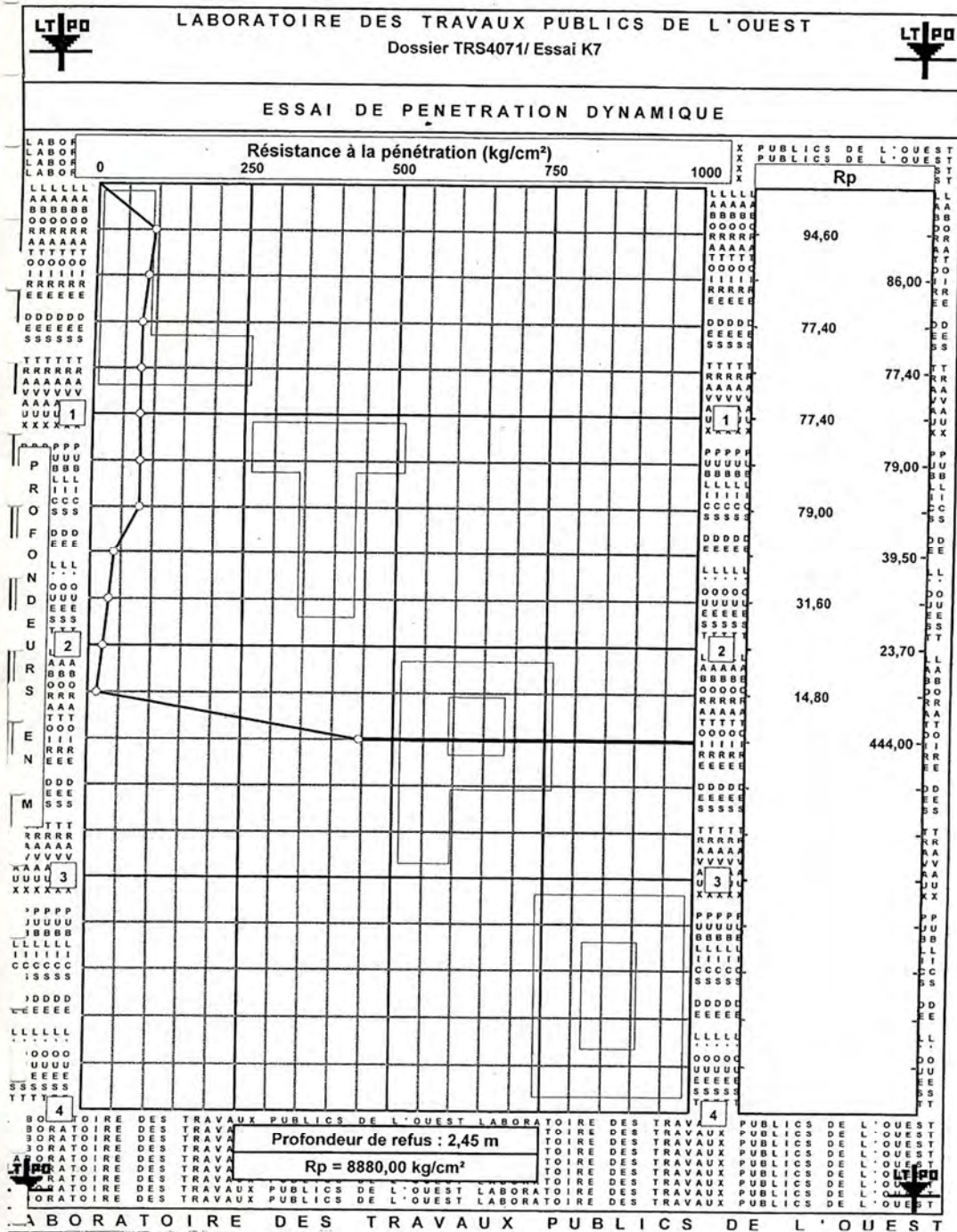
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L/H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A10 /19
Indice de révision : 01			



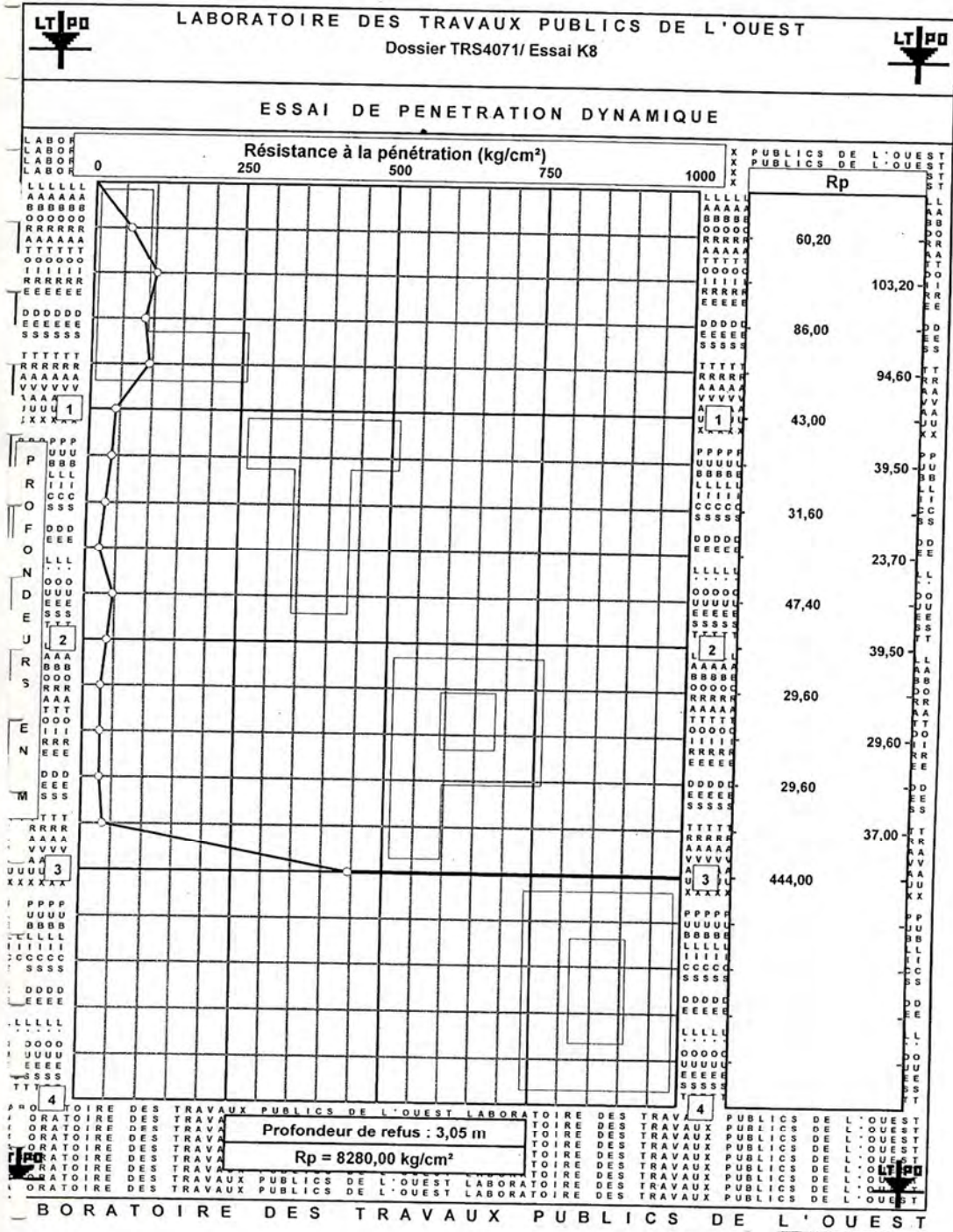
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVANCE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L/H.B
Révisé le : 18/12/2024	-0- WILAYA DE TIARET-0-		A11 /19
Indice de révision : 01			



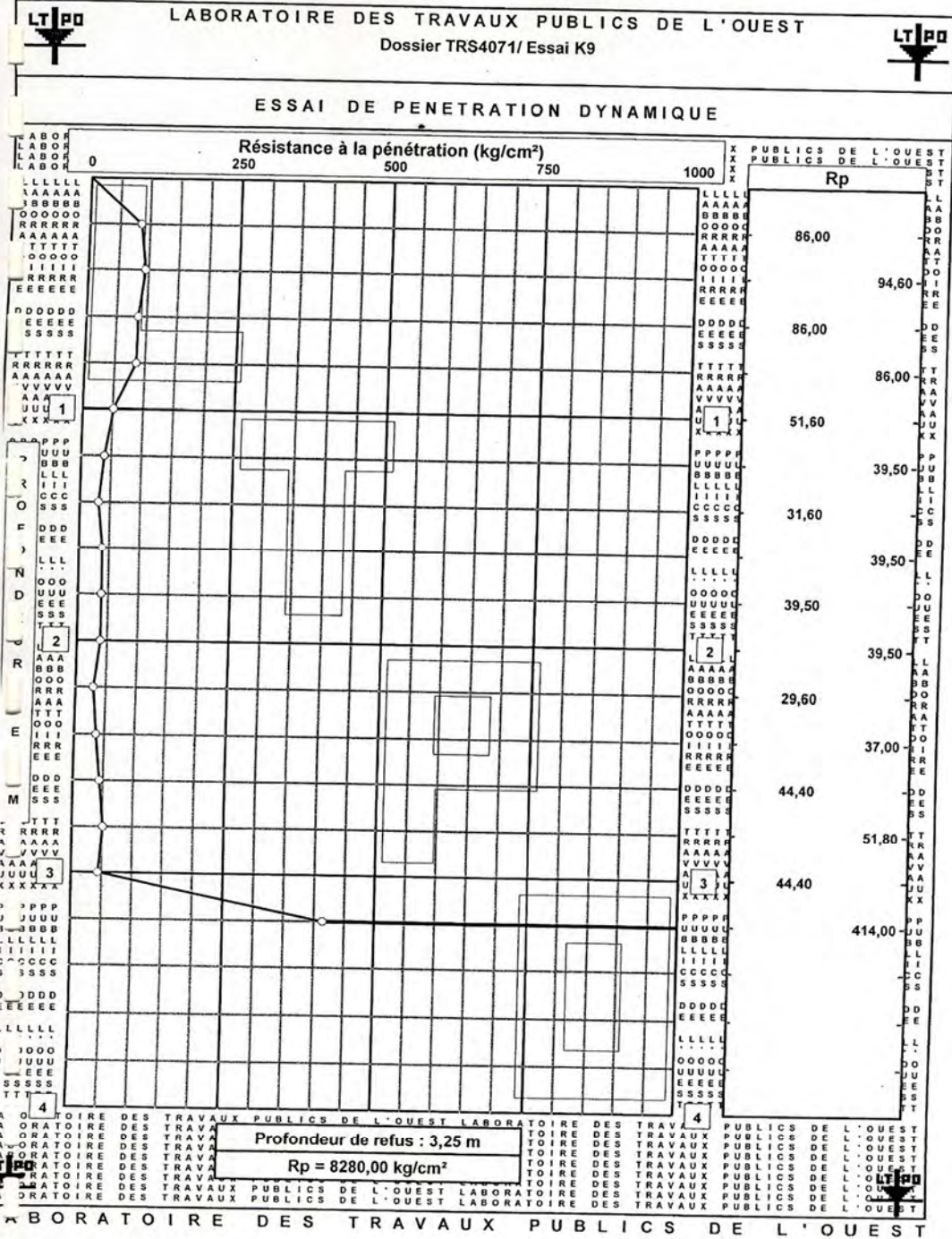
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L /H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A12 /19
Indice de révision : 01			



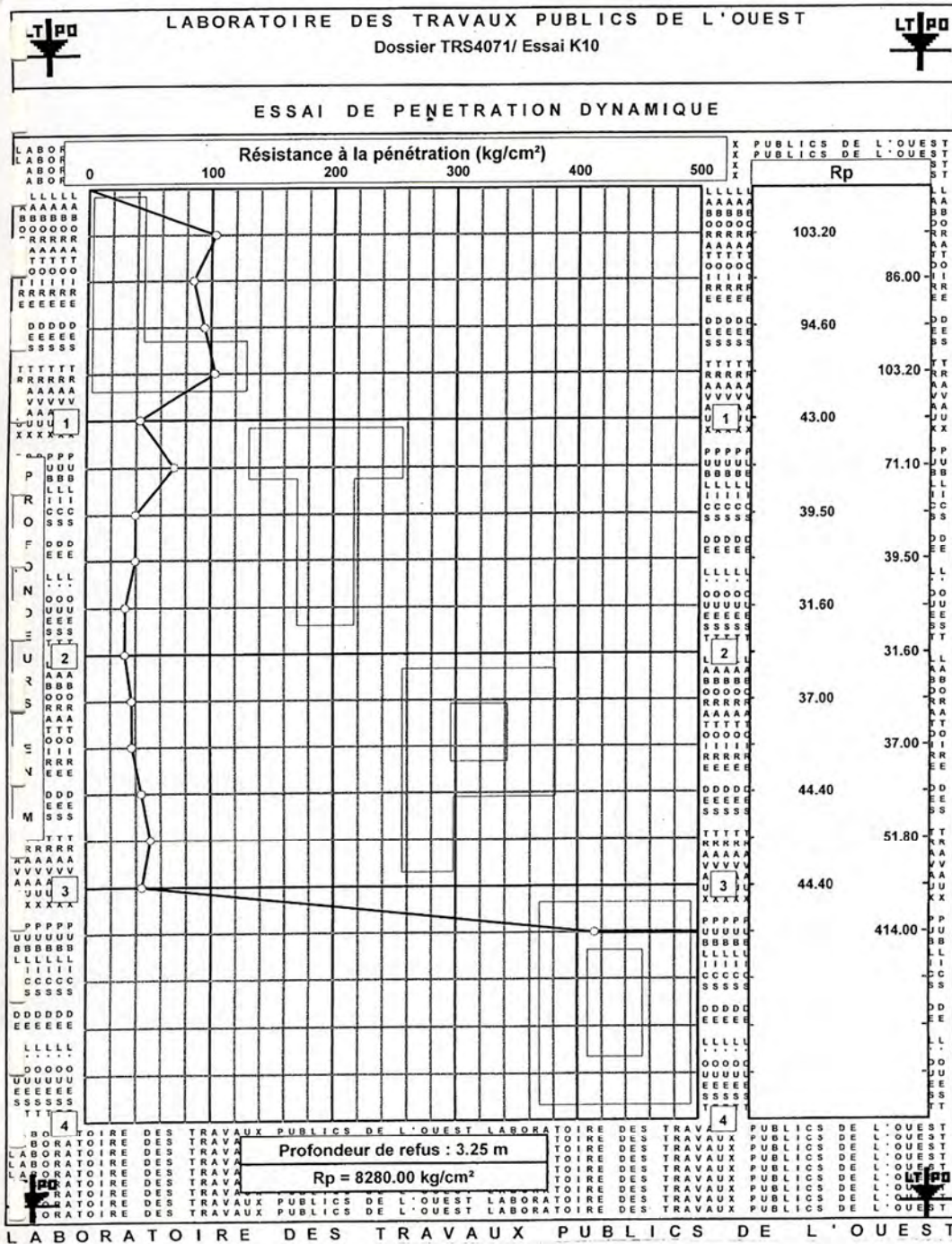
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/AL /H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A13 /19
Indice de révision : 01			



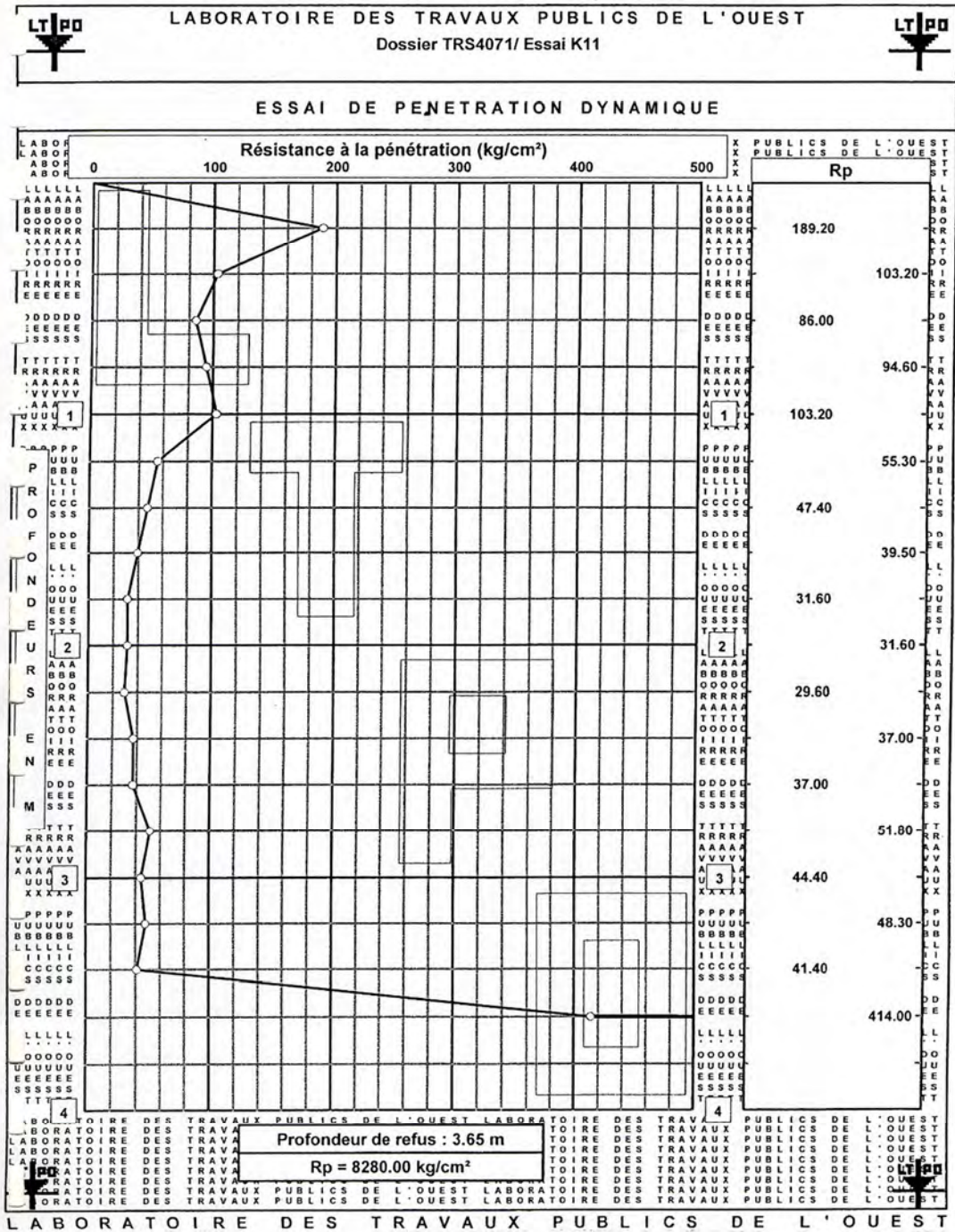
LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L./H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A14 /19
Indice de révision : 01			



LTPO Unité de Tiaret		PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVANCE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA	Dept.Tech/M.Y.B/K.N/A.L/H.B	A15 /19
Etablie le : 17/12/2024				
Revisé le : 18/12/2024		-o- WILAYA DE TIARET -o-		
Indice de révision : 01				

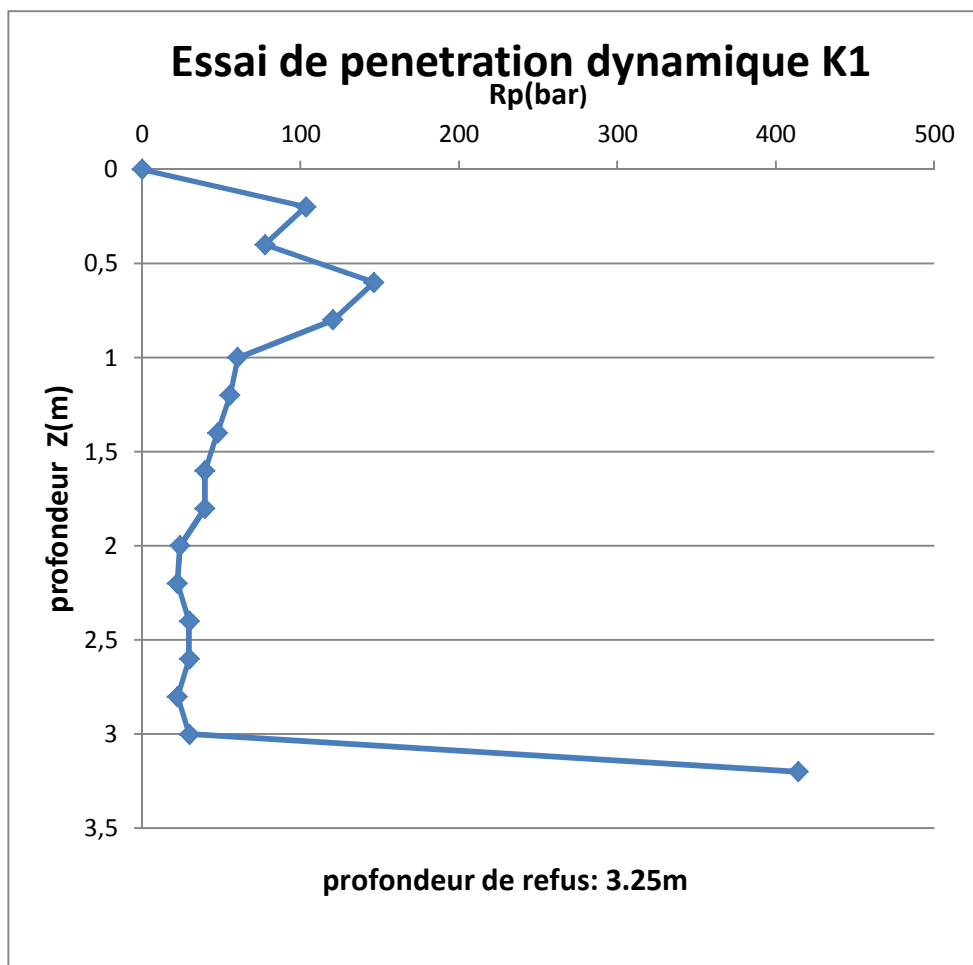


LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVANCE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA	Dept.Tech/M.Y.B/K.N/AL/H.B	A16 /19
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET-o-		
Indice de révision : 01			

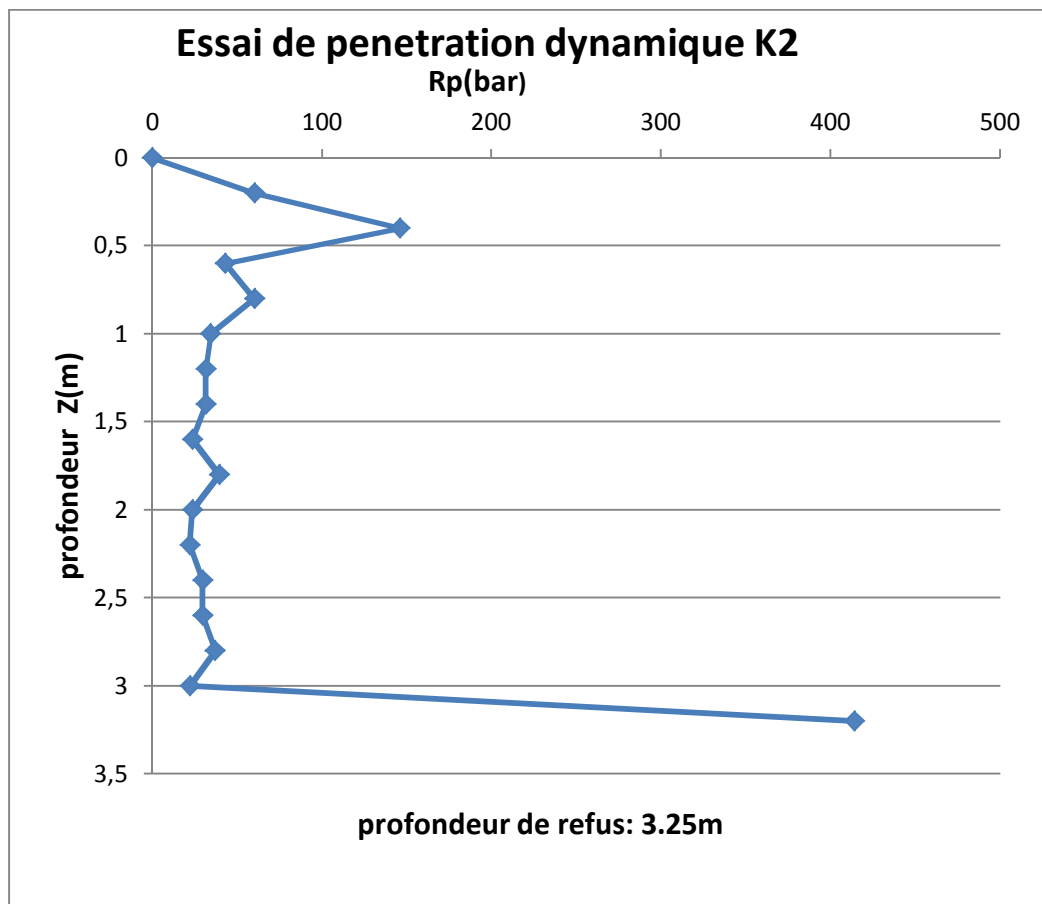


LTPO Unité de Tiaret			
Etablie le : 17/12/2024	PROJET : ETUDE GEOTECHNIQUE POUR LA REALISATION D'UN POSTE AVENUE DE LA PROTECTION CIVILE A ZAAROURA		Dept.Tech/M.Y.B/KN/A.L./H.B
Révisé le : 18/12/2024	-o- WILAYA DE TIARET -o-		A17 /19
Indice de révision : 01			

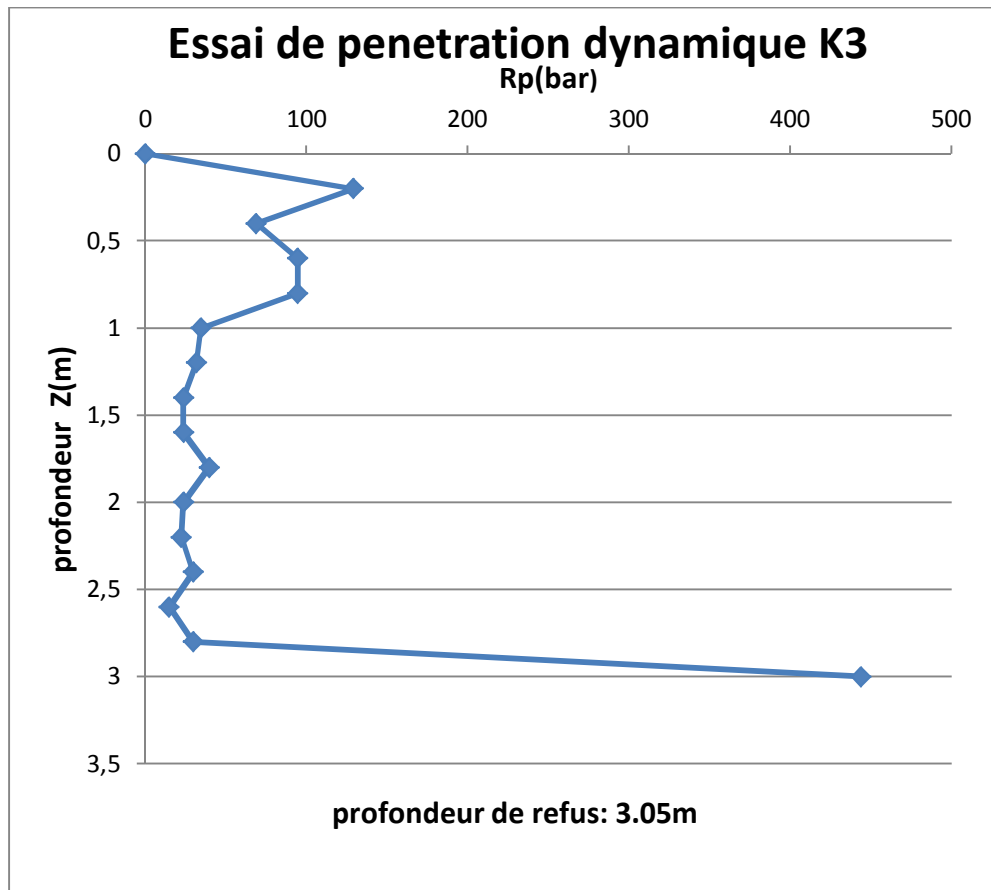
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	77,4
0,6	146,2
0,8	120,4
1	60,2
1,2	55,3
1,4	47,4
1,6	39,5
1,8	39,5
2	23,7
2,2	22,2
2,4	29,6
2,6	29,6
2,8	22,2
3	29,6
3,2	414



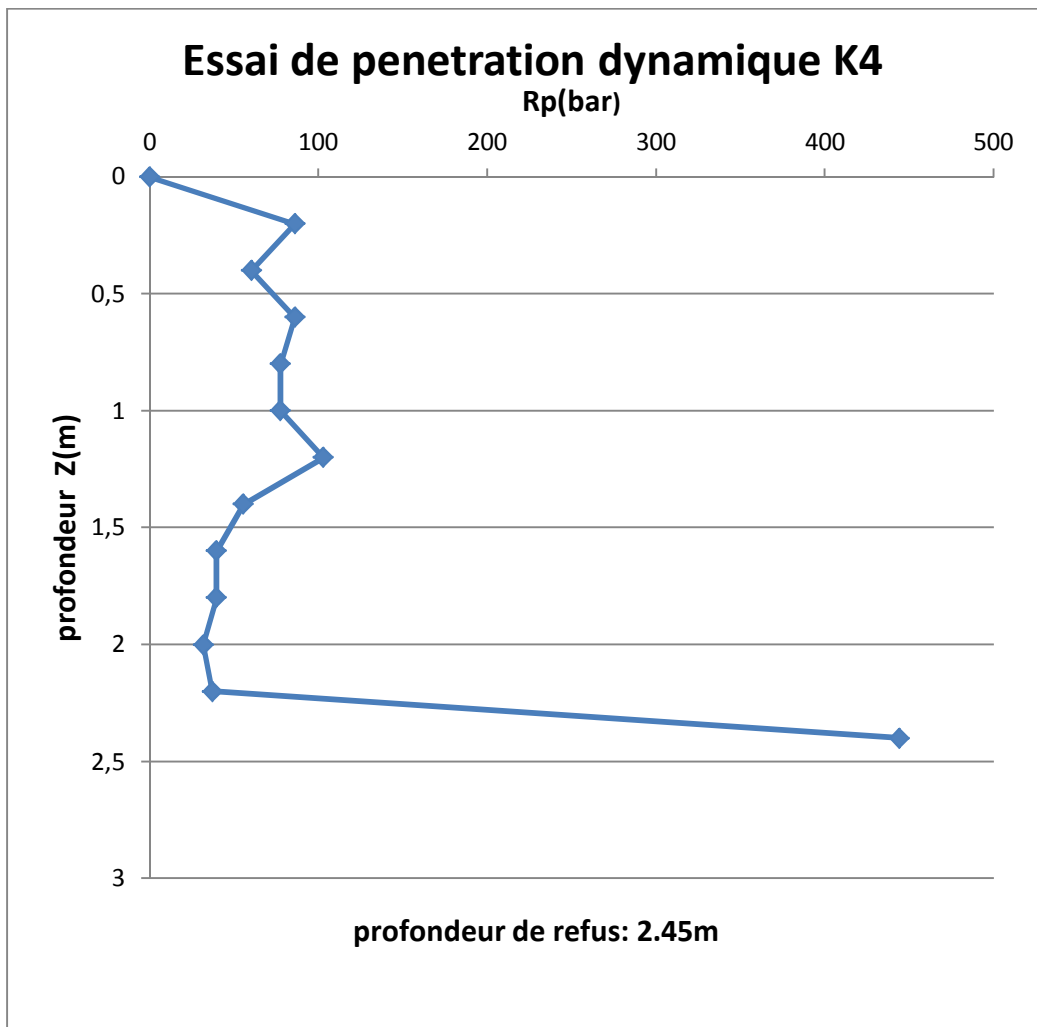
profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	60,2
0,4	146,2
0,6	43
0,8	60,2
1	34,4
1,2	31,6
1,4	31,6
1,6	23,7
1,8	39,5
2	23,7
2,2	22,2
2,4	29,6
2,6	29,6
2,8	37
3	22,2
3,2	414



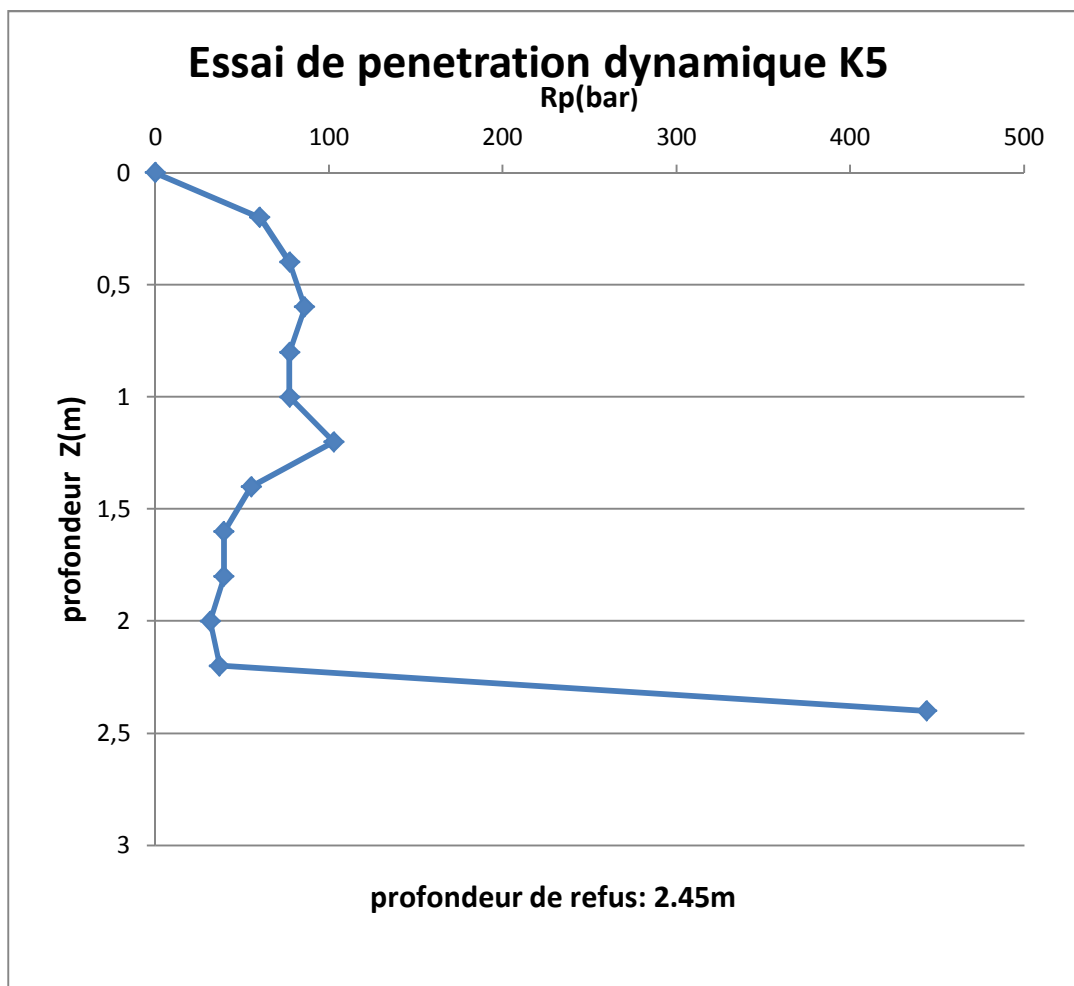
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	129
0,4	68,8
0,6	94,6
0,8	94,6
1	34,4
1,2	31,6
1,4	23,7
1,6	23,7
1,8	39,5
2	23,7
2,2	22,2
2,4	29,6
2,6	14,8
2,8	29,6
3	444



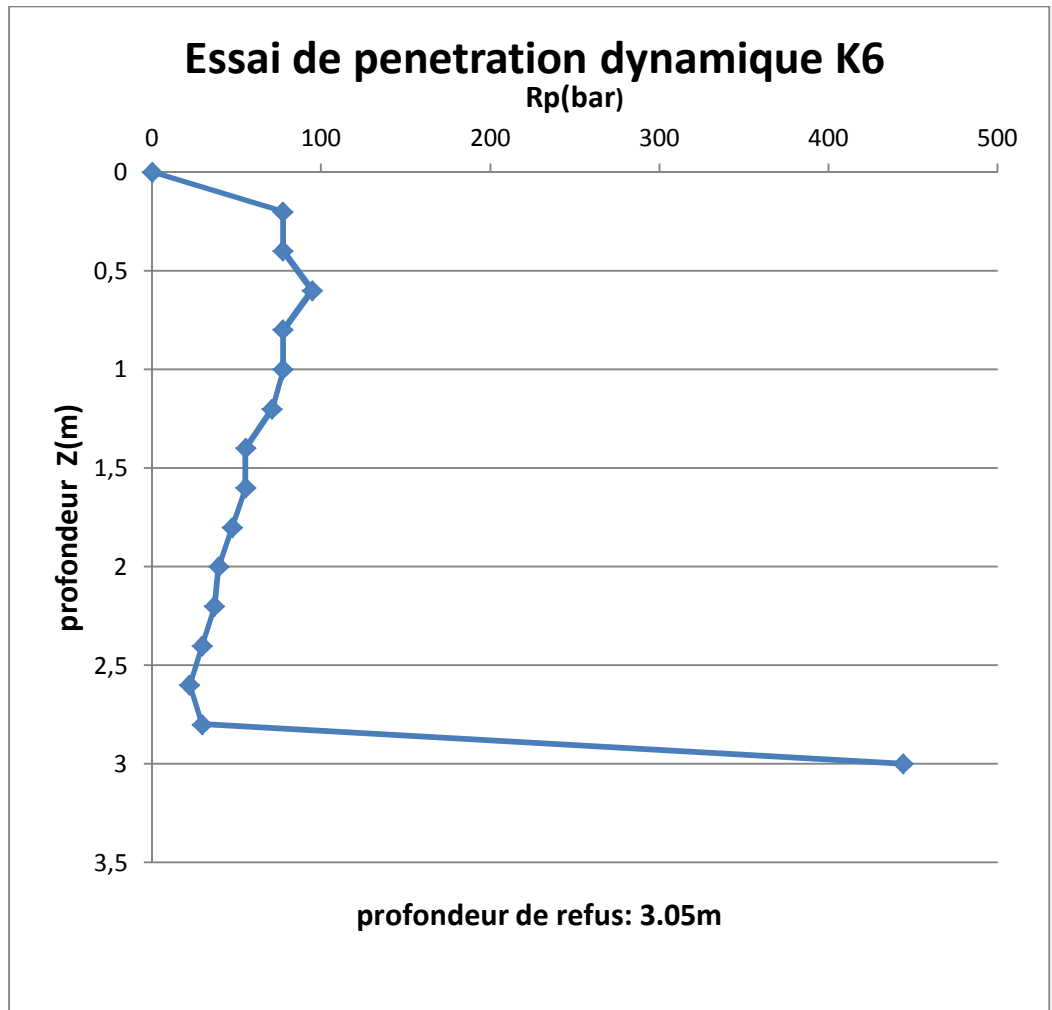
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	86
0,4	60,2
0,6	86
0,8	77,4
1	77,4
1,2	102,7
1,4	55,3
1,6	39,5
1,8	39,5
2	31,6
2,2	37
2,4	444



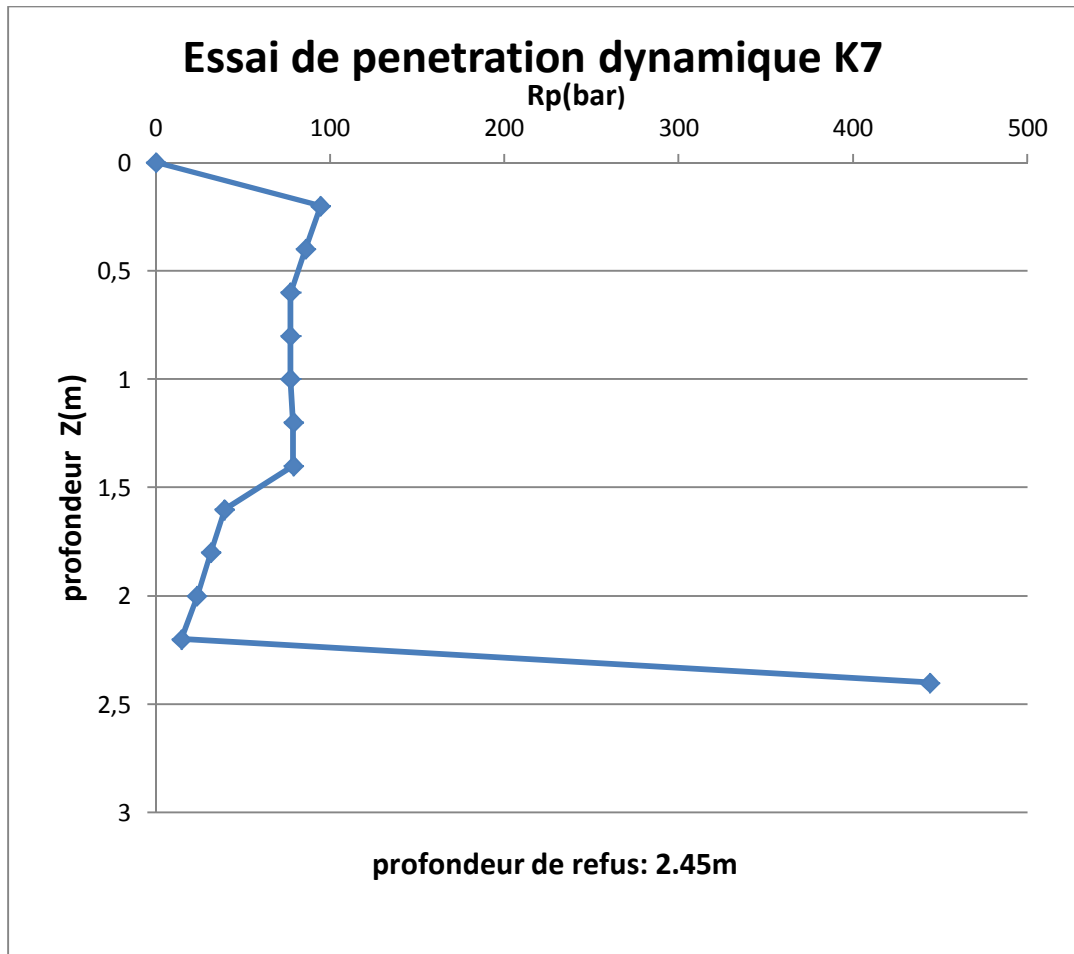
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	60,2
0,4	77,4
0,6	86
0,8	77,4
1	77,4
1,2	102,7
1,4	55,3
1,6	39,5
1,8	39,5
2	31,6
2,2	37
2,4	444



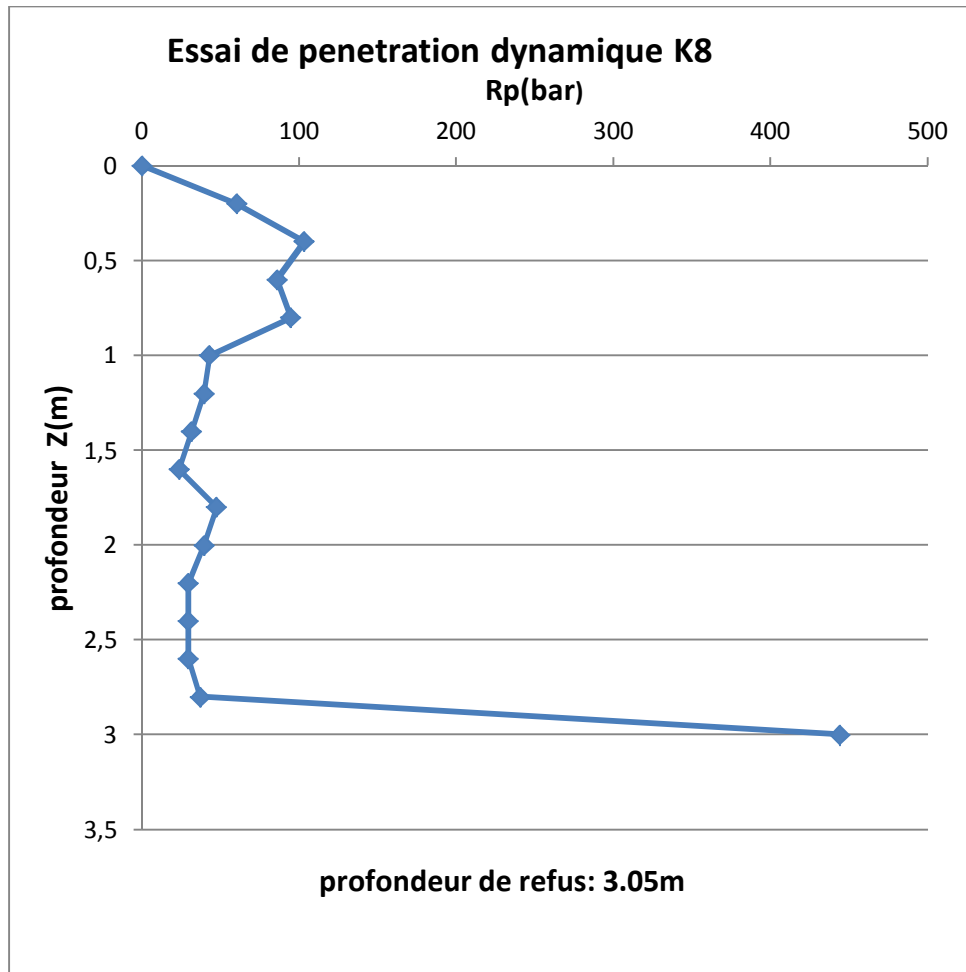
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	77,4
0,4	77,4
0,6	94,6
0,8	77,4
1	77,4
1,2	71,1
1,4	55,3
1,6	55,3
1,8	47,4
2	39,5
2,2	37
2,4	29,6
2,6	22,2
2,8	29,6
3	444



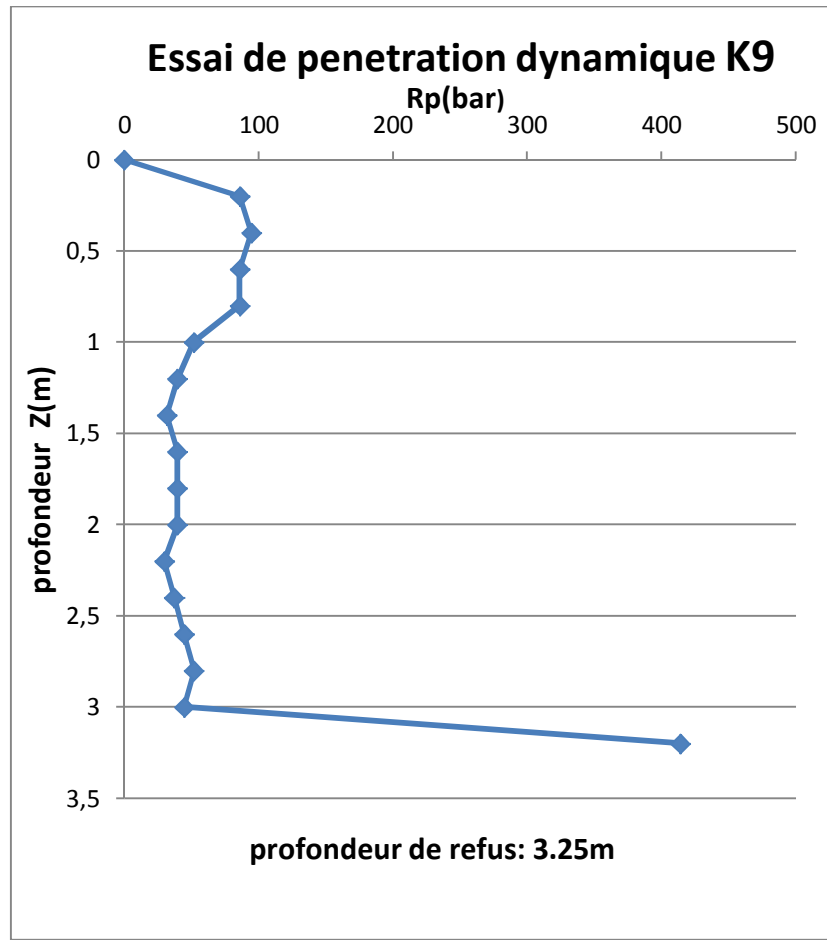
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	94,6
0,4	86
0,6	77,4
0,8	77,4
1	77,4
1,2	79
1,4	79
1,6	39,5
1,8	31,6
2	23,7
2,2	14,8
2,4	444



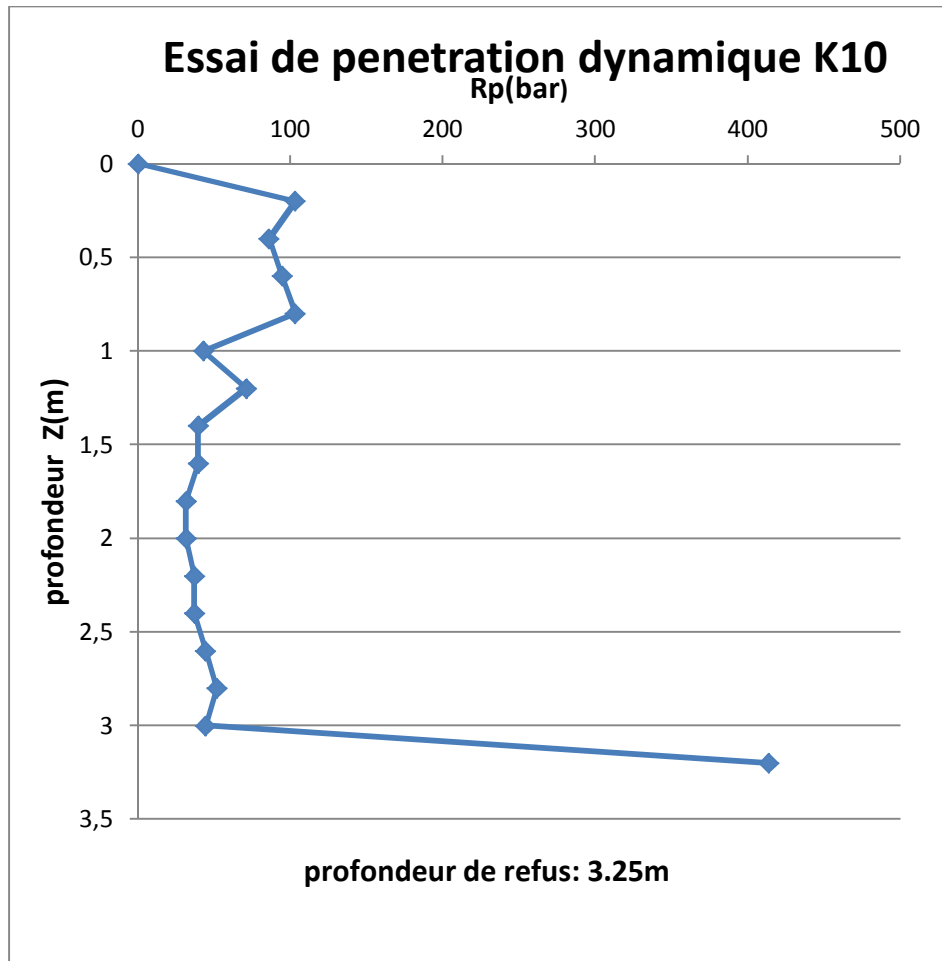
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	60,2
0,4	103,2
0,6	86
0,8	94,6
1	43
1,2	39,5
1,4	31,6
1,6	23,7
1,8	47,4
2	39,5
2,2	29,6
2,4	29,6
2,6	29,6
2,8	37
3	444



Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	86
0,4	94,6
0,6	86
0,8	86
1	51,6
1,2	39,5
1,4	31,6
1,6	39,5
1,8	39,5
2	39,5
2,2	29,6
2,4	37
2,6	44,4
2,8	51,8
3	44,4
3,2	414



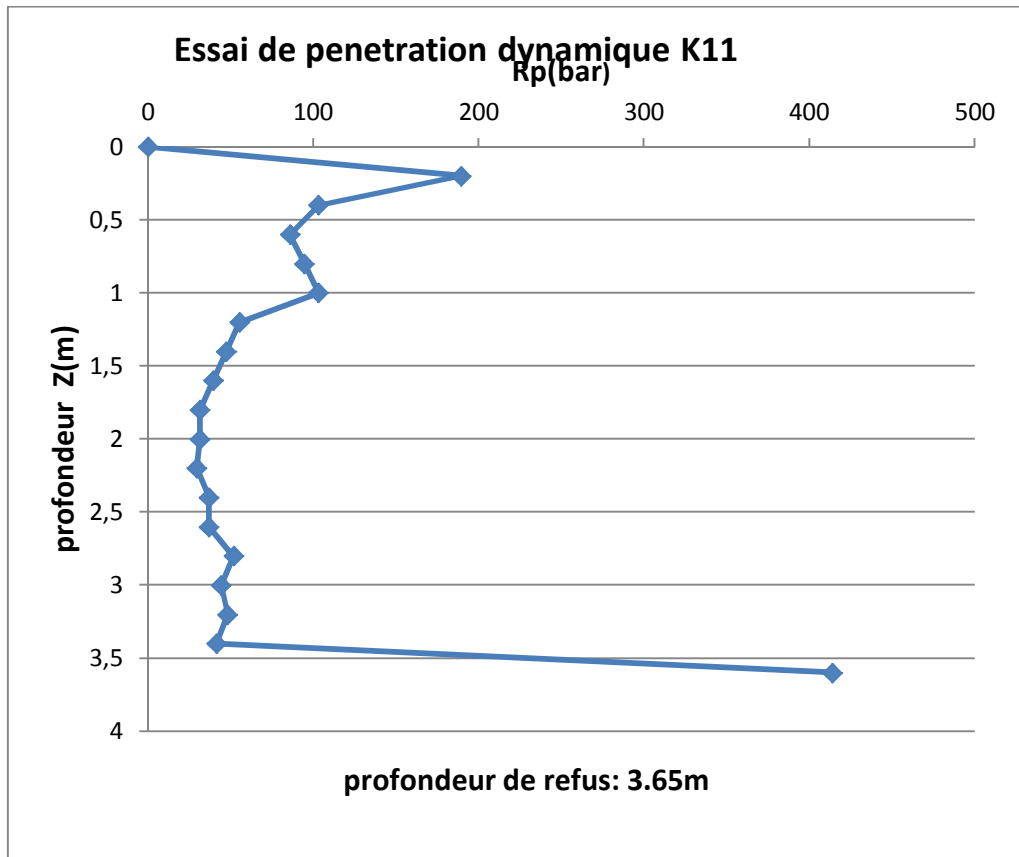
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	86
0,6	94,6
0,8	103,2
1	43
1,2	71,1
1,4	39,5
1,6	39,5
1,8	31,6
2	31,6
2,2	37
2,4	37
2,6	44,4
2,8	51,8
3	44,4
3,2	414



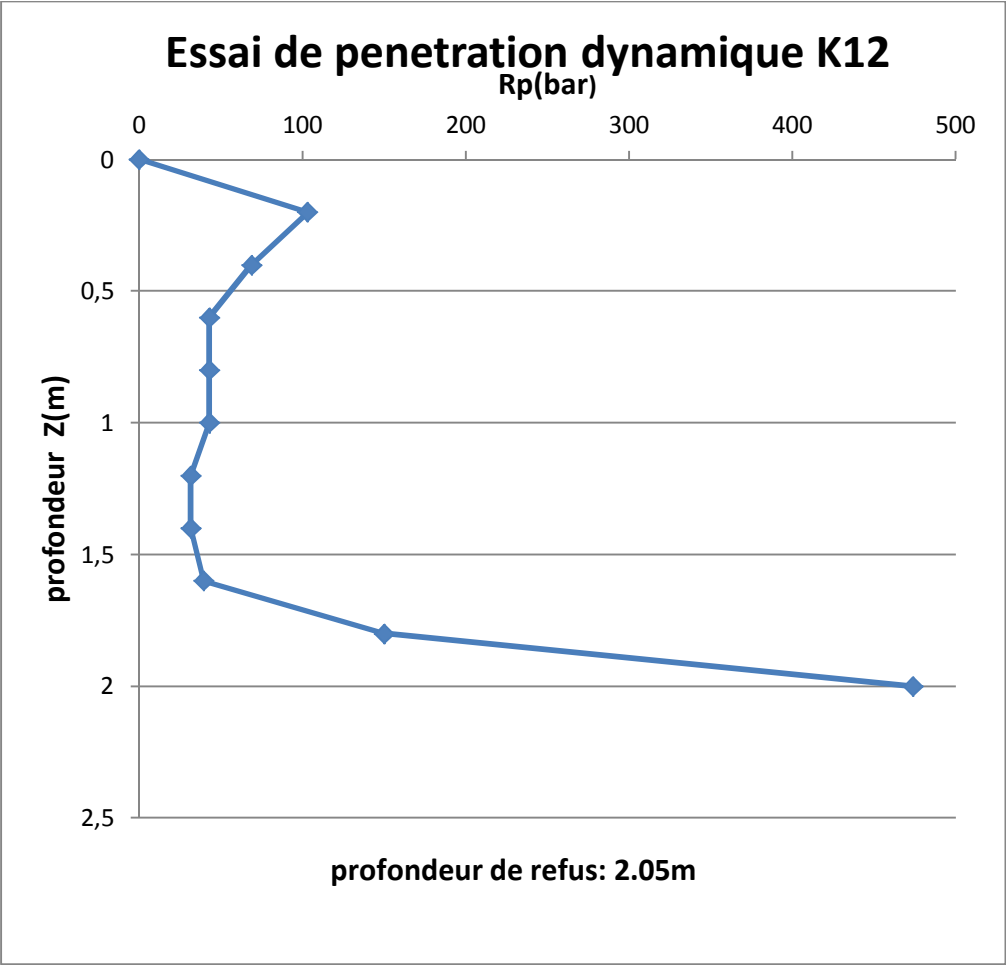
Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	189,2
0,4	103,2
0,6	86
0,8	94,6
1	103,2
1,2	55,3
1,4	47,4
1,6	39,5
1,8	31,6
2	31,6
2,2	29,6
2,4	37
2,6	37
2,8	51,8
3	44,4
3,2	48,3
3,4	41,4

3,6

414



Profondeur Z(m)	Rp(bar)
0	0
0,2	103,2
0,4	68,8
0,6	43
0,8	43
1	43
1,2	31,6
1,4	31,6
1,6	39,5
1,8	150,1
2	474





Annexes 05

La correction des résultats bruts de l'essai pressiométriques
« courbe d'étalonnage, courbe de calibrage, courbe brut, courbe
corrigée» dans le site 1 KERMAN

Données pressiométriques

Référence	CA 17/12/2024	Hauteur de l'appareil (m)	1	Date de l'essai	25/12/2024	09:59
Type d'essai	CA - Calibrage	Profondeur sonde (m)	0	Opérateur		
Type de sonde	74-gtm	Niveau d'eau (m)	-	Type de forage	CAR - Carottier	
Calibrage		Longueur tubulure (m)	-50	Outil de forage	Cour - Couronnes Diamar	
Etalonnage		Pression différentielle (MPa)	-0.1	Diamètre de forage (m)	-0.076	
Type de tubulure	Jumelée	Passe de forage D et F (m)	-	Niveau pieds du tubage (m)	-	

Cycle

1



	P01 (MPa)	V01 (cm³)	P15 (MPa)	V15 (cm³)	P30 (MPa)	V30 (cm³)	P60 (MPa)	V60 (cm³)
1	0.1	55	0.1	55	0.1	55	0.1	76
2	0.2	178	0.2	178	0.2	178	0.2	262
3	0.3	342	0.3	342	0.3	342	0.3	353
4	0.4	362	0.4	362	0.4	362	0.4	363
5	0.5	364	0.5	364	0.5	364	0.5	364
6	1	371	1	371	1	371	1	371
7	1.5	372	1.5	372	1.5	372	1.5	373
8	2	373	2	373	2	373	2	374
9	2.5	375	2.5	375	2.5	375	2.5	375
10	3	376	3	376	3	376	3	377
11	3.5	378	3.5	378	3.5	378	3.5	378
12	4	379	4	379	4	379	4	380
13	4.5	381	4.5	381	4.5	381	4.5	382
*								

Ok

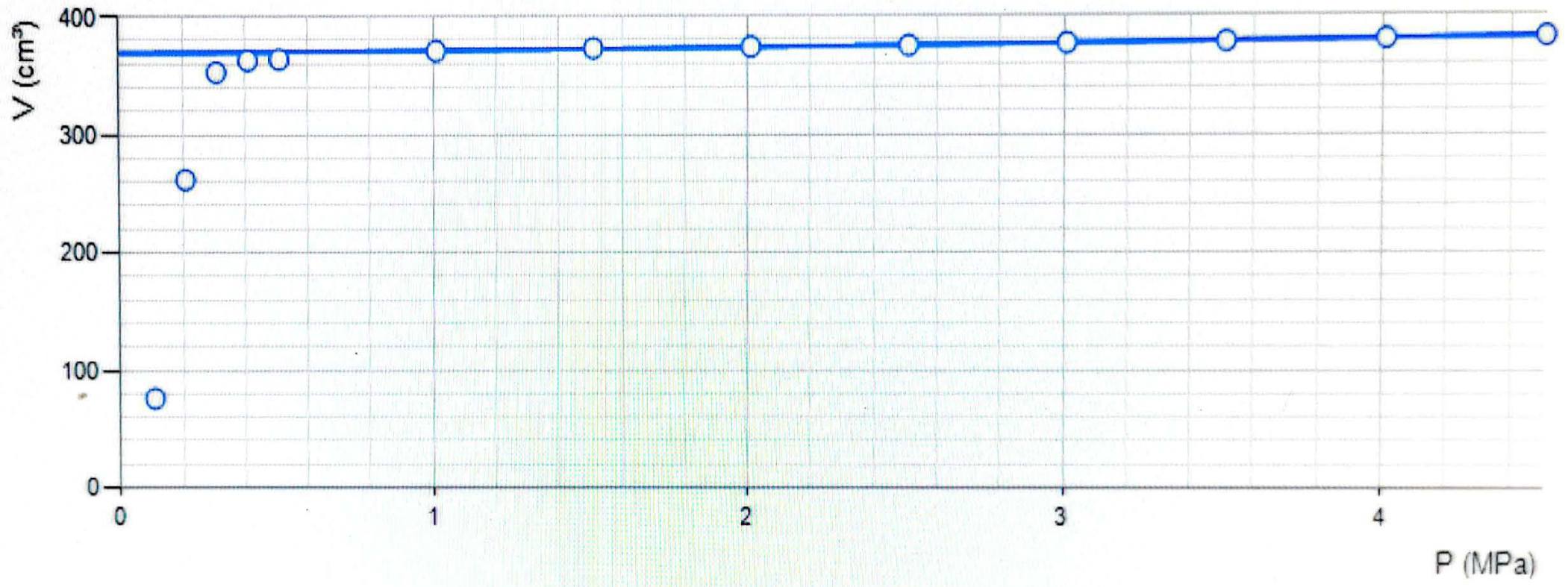
Annuler

Edition des données ...

◀ P1 ▶ ◀ P2 ▶ ◀ PF ▶ 🔒

Cycle Paliers Courbe brute **Courbe corrigée**

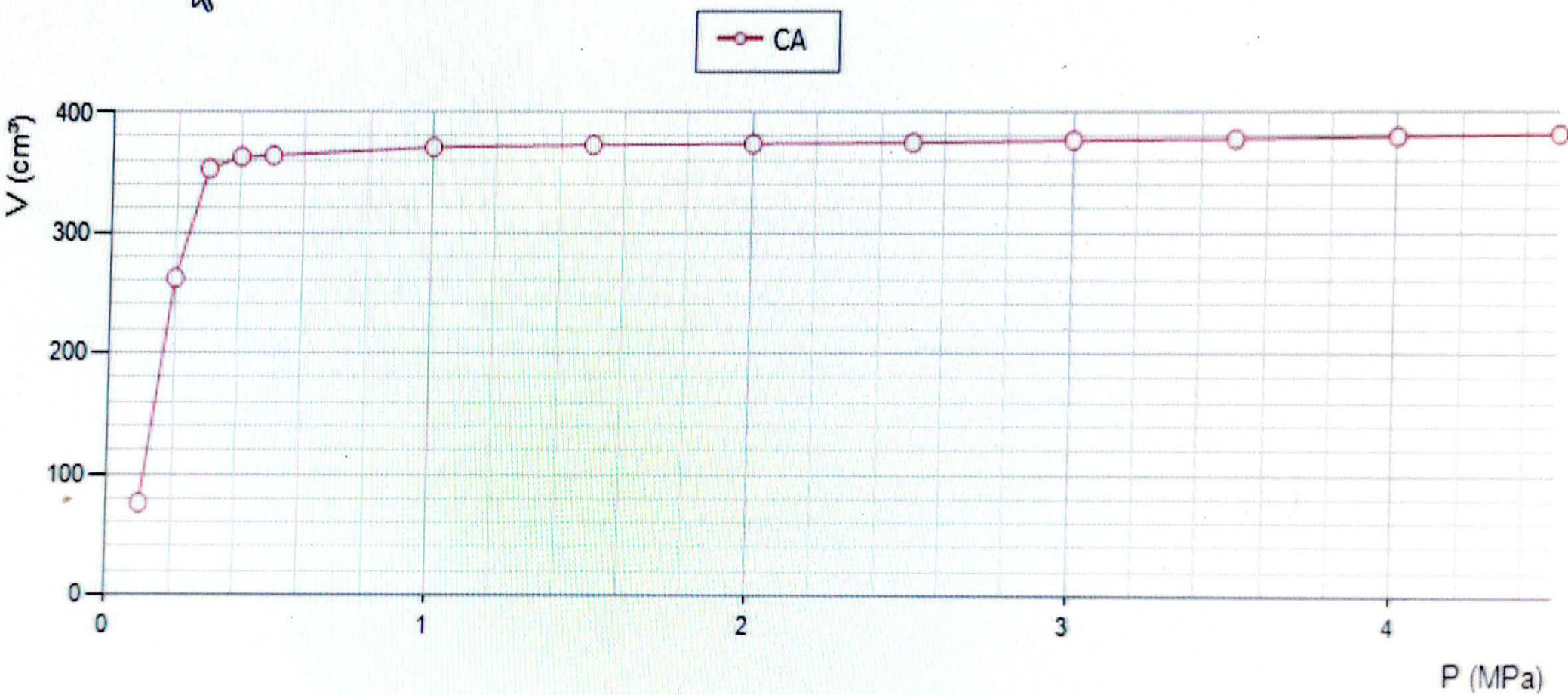
— Courbe double hyperbole



Edition des données ...

◀ P1 ▶ | ◀ P2 ▶ | ◀ PF ▶ | 🔒

Cycle | Paliers | **Courbe brute** | Courbe corrigée



Données pressiométriques

Référence	ET 17/12/2024	Hauteur de l'appareil (m)	1	Date de l'essai	24/12/2024	15:53
Type d'essai	ET - Etalonnage	Profondeur sonde (m)	0	Opérateur		
Type de sonde	74-gtm	Niveau d'eau (m)	-	Type de forage	CAR - Carottier	
Calibrage		Longueur tubulure (m)	-50	Outil de forage	Cour - Couronnes Diamar	
Etalonnage		Pression différentielle (MPa)	-0.1	Diamètre de forage (m)	-0.076	
Type de tubulure	Jumelée	Passe de forage D et F (m)	-	Niveau pieds du tubage (m)	-	

Cycle 1   

	P01 (MPa)	V01 (cm ³)	P15 (MPa)	V15 (cm ³)	P30 (MPa)	V30 (cm ³)	P60 (MPa)	V60 (cm ³)
1	0.02	18	0.02	18	0.02	18	0.02	25
2	0.04	53	0.04	53	0.04	53	0.04	64
3	0.06	103	0.06	103	0.06	103	0.06	113
4	0.08	146	0.08	146	0.08	146	0.08	156
5	0.1	208	0.1	208	0.1	208	0.1	235
6	0.12	359	0.12	359	0.12	359	0.12	268
7	0.14	306	0.14	306	0.14	306	0.14	321
8	0.16	378	0.16	378	0.16	378	0.16	408
9	0.18	454	0.18	454	0.18	454	0.18	476
10	0.2	546	0.2	546	0.2	546	0.2	608
11	0.22	635	0.22	635	0.22	635	0.22	645
12	0.24	685	0.24	685	0.24	685	0.24	705
*								

Ok

Annuler

Édition des données ...

Navigation controls: P1, P2, PF, and a lock icon.

View selection buttons: Cycle, Paliers, Courbe brute, Courbe corrigée.

Legend: ET

