

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
- جامعة البليدة - 1 -
UNIVERSITE BLIDA 1 SAAD DAHLEB



كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie
قسم الهندسة المدنية
Département de Génie Civil

Mémoire de fin d'études de Master

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

Spécialité : Géotechnique

Thème

Cas d'étude , « calcul de la portance des fondation superficiels »

Présenté par :

Mr. ACHEBIB AYOUB
Mr. SAHRAOUI HAYTHEM

Proposé et Dirigé par :

Dr. BELKACEMI SOUAD
ING. SLIM KERKAR

Blida, Octobre 2021

ملخص:

نعلم جيدا كمهندسين جيوتقنيين أن قدرة تحمل تربة مهمة جدا قبل انطلاق أي مشروع، حيث تعتمد دراسة مشروع الى قيمة هذه الأخيرة.

لكن لا تزال قياسية قدرة تحمل التربة منحصر ا على تجارب مخبرية التي تعتمد على أخذ عينة من تربة الموقع.

تقوم عديد من الجامعات بالعديد من الدراسات والأبحاث لايجاد طريقة جديدة تسمح للمهندسين من معرفة قدرة تحمل التربة في الموقع وبشكل أسرع من طرق تقليدية معتمدة.

الغرض من هذا العمل هو دراسة طريقة جديدة باستخدام اختبار تحميل لوحة الاختبار لمعرفة قدرة تحمل التربة ومدى فاعليته في موقع قطعة أرض للبناء بجانب طريق سيد أحمد زيتوني ببلدية زبانة ولاية البليدة باستخدام برنامج "بلاكسيس الذي يعتمد على طريقة العناصر المحددة.

وفي المرحلة الأخيرة سيتم تحليل وجمع المعلومات المتحصل عليها لاستنتاج امكانية اعتماد على اختبار تحميل لوحة الاختبار.

كلمات البحث: اختبار تحميل لوحة، قدرة تحمل التربة، اختبار التحميل، منحنى التحميل، تحميل رسم بياني، تكدي.

Résumé :

Nous savons bien en tant qu'ingénieurs géotechniciens que la capacité portante du sol est très importante avant de démarrer tout projet, car l'étude d'un projet dépend de la valeur de ce dernier.

Mais la mesure de la capacité portante du sol est encore limitée à des expériences de laboratoire qui dépendent du prélèvement d'un échantillon du sol d'un site. De nombreuses universités mènent de nombreuses études et recherches pour trouver une nouvelle méthode qui permet aux ingénieurs de connaître la capacité portante du sol d'un site plus rapidement que les méthodes traditionnelles approuvées.

Le but de ce travail est d'étudier une nouvelle méthode utilisant l'essai de chargement à la plaque pour connaître la capacité portante du sol et son efficacité dans le site d'un terrain à bâtir à côté de la route Sid Ahmed Zitouni dans Wilaya de Blida utilisant le programme "Plaxis", qui dépend de la méthode des éléments finis.

Dans une dernière étape, les informations obtenues seront analysées et collectées pour conclure à la possibilité de s'appuyer sur essai de chargement à la plaque.

Mots de clefs :

Essai de chargement, essai à plaque capacité portante du sol, normes, courbe de charge, graphique de charge, tassement.

Abstract:

We know well as geotechnical engineers that the bearing capacity of the soil is very important before starting any project, because the study of a project depends on the value of the latter.

But measurement of soil bearing capacity is still limited to laboratory experiments which depend on taking a soil sample from a site. Many universities are carrying out a lot of study and research to find a new method that allows engineers to know the bearing capacity of the soil in a site faster than the traditional approved methods.

The aim of this work is to study a new method using the plate load test to know the bearing capacity of the soil and its efficiency in the site of a building land next to the road Sid Ahmed Zitouni in the commune of Zabana, Wilayat de Blida using the "PlAxis" program, which depends on the finite element method

In a final step, the information obtained will be analyzed and collected to conclude on the possibility of relying on the test plate load test.

Keywords:

Load test, plate test soil bearing capacity, standards, load curve, load graph, settlement.

REMERCIEMENT

Ce n'est pas qu'il est difficile de remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ce travail, mais il faut avouer que les formules sont nombreuses et que le choix des bons mots a été toujours difficile. Entre vifs, sincères, profonds et nous passons les obscures subtilités de la langue française, le choix de la formule de remerciements est difficile.

Nos premiers remerciements vont pour le bon dieu, le tout puissant, qui nous avoir donné le courage et l'optimisme de finir ce travail, et sincèrement remercier ceux qui ont accepté de juger ce travail. , pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Nous tenons tout particulièrement à remercier notre encadreur, monsieur Slim kerkar , pour sa patience , sa disponibilité , et surtout ses judicieux conseils , qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous tenons aussi à remercier également, notre Co-promoteur Madame belkacemi S. qui nous a donné une aide indispensable dans notre travail.

En fin, nos remerciements à nos parents qui ont mis à notre disposition tous les moyens matériels et financiers nécessaires. Et les amis du département de génie civil, spécialement à la section masters géotechnique, et toutes les personnes qui ont contribué de près ou loin à la réalisation de ce travail

Sommaire

ملخص

Résumé

Abstract

Remerciment

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles

Introduction générale	1
CHAPITRE I : Introduction bibliographique.....	2
I.1 Introduction :.....	2
I.2 Essai à la plaque (NF P94-117-1) :.....	2
I.2.1 Principe de l'essai :.....	2
I.2.2 Limites d'utilisation :.....	3
I.3 Essai à la Dynaplaque 1 et 2 (NF P94 -117-2) :.....	4
I.3.1 Principe de l'essai :.....	4
I.3.2 Limites d'utilisation :.....	5
I.4 Déflexion à la poutre Benkelman (NF P98-200-1) :.....	5
I.4.1 Principe de l'essai :.....	5
I.4.2 Limites d'utilisation :.....	6
I.5 Essais aux déflectographes (NF P98 -200-1, 2, 3, 4 et 5) :.....	6
I.5.1 Principe de l'essai :	7
I.5.2 Limites d'utilisation :.....	7
I.6 Essai au portancemètre :	7
I.6.1 Principe de l'essai :.....	8
I.6.2 Limites d'utilisation :.....	8
I.7 Essai de Westergaard (NF P94-117-3) :	9
I.7.1 Principe de l'essai :.....	9
I.7.2 Limites d'utilisation :.....	9
I.8 Essai à la plaque dynamique légère :	9
I.8.1 Principes de l'essai :	9

I.8.2	Limites d'utilisation :	10
I.9	Essai à la déflexion canadienne	10
I.10	Essai CBR in-situ (NF P 94 078) :	11
I.10.1	Limites d'utilisation :	11
I.11	Essai de chargement à la plaque :	11
I.11.1	Principes de l'essai :	12
I.11.2	Les limites de l'essai de charge sur plaque sont les suivantes :	14
I.11.3	Calcul de fondation :	15
I.12	Conclusion du chapitre :	21
CHAPITRE II :Présentation du site et données géotechniques		21
II.1	Introduction : Présentation du site et données géotechniques	23
II.2	CONSIDERATIONS GENERALES	23
II.3	PRESENTATION DU SITE D'ETUDE	23
II.4	PROSPECTION ET ESSAIS IN SITU ET EN LABORATOIRE	23
II.5	Essais in-situ	25
II.5.1	Les sondages à la tarière :	25
II.5.2	L'essai pressiométrique	26
II.5.3	essais au pénétromètre dynamique lourd	26
II.5.4	Les essais de chargement par palier sur plaque (Plate Load Test)	28
II.6	Essais en laboratoire :	39
II.6.1	Limites d'Atterberg :	39
II.6.2	Analyse granulométrique :	40
II.7	Conclusion	44
Chapitre III : Etude de cas modélisation et calcul du programme PLAXIS		45
III.1	Introduction :	47
III.2	Les éléments finis	47
III.3	La méthode des éléments finis en géotechnique	47
III.4	Méthodes des éléments finis	48
III.4.1	Hypothèses de calcul et modèles numériques	48
III.4.2	Le plan général du programme PLAXIS	49
III.4.3	Manipulation des fichiers	50
III.4.4	Procédure d'entrée des données :	50
III.4.5	L'entrée des données de pré-traitement	51
III.4.6	Le programme d'entrée des données (input) :	51

III.5 Réglages généraux :	52
III.5.1 Le type de modèle (Model) :	52
III.5.2 Les éléments :	53
III.6 Étude d'essai plate load test :	56
III.6.1 Calculations : calculer l'essai plate load test 1 a profondeur 1.4m :	56
III.6.2 Calculations : calculer l'essai plate load test 2 :	64
III.7 Conclusion :	72
Conclusion Générale :	73

Sources (Références bibliographique)

ANNEXE

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: photos montrant l'essai à la plaque.....	3
Figure I. 2: photos montrant la dynaplaque2 (LNHC Oued smar).....	4
Figure I. 3: photos montrant essai à la outre Benkelman	5
Figure I. 4: Deflectographe Lacroix de NEXTROAD.....	6
Figure I. 5: photos montrant essai au portancemètre	8
Figure I. 6: Essai CBR	11
Figure I. 7: Disposition typique pour l'appareil d'essai CBR in-situ	11
Figure I. 8: Photo de l'essais de chargement à la plaque, chantier Blida.	12
Figure I. 9: photos montrant expliquez la méthode de essai de charge à la plaque.....	13
Figure I. 10: photos montrant expliquez la manière que placé la plaque.	13
Figure I. 11: La courbe de tassement de charge typique pour l'essai de charge sur plaque.	14
Figure I. 12: système de chargement avec bloc.	17
Figure II. 1: Localisation du site d'étude (Google Earth).....	23
Figure II. 2: Localisation du site d'étude (Google image).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II. 3: position des essais in situ.....	24
Figure II. 4: sondages à la tarière au site étudié.....	25
Figure II. 5: Essai au Pénétrromètre Dynamique Lourd.	27
Figure II. 6: Matériels de essaies Plate Load Test	29
Figure II. 7: Schéma du dispositif de l'essai PLT.....	30
Figure II. 8: Summit X Stream Pro (DMT)	Erreur ! Signet non défini.
Figure II. 9: Dispositif de 24 géophones (1 à 24) ; O, A, B, C, D, E, P représentent les points de tirs.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II. 10: INTERPRETATION DES PROFILS SISMIQUE	Erreur ! Signet non défini.
Figure II. 11: Essai de limites d'Atterberg.	39
Figure II. 12: Granulométrie par tamisage. (Série de tamis).	40
Figure II. 13: Granulométrie par sédimentométrie (Eprouvette et agitateur).	41
Figure III. 1: Fenêtre principale du programme d'entrée des données (Input).....	50
Figure III. 2: Fenêtre de réglages généraux (onglet Project).	52
Figure III. 3: Exemples de problèmes en déformations plane et axisymétrique.....	53
Figure III. 4: Position des nœuds et des points de contrainte dans les éléments de sol.....	54

Figure III. 5: Applications pour lesquelles des plaques, des ancrages ou des interfaces sont utilisés.	55
Figure III. 6: Fenêtre de génération des pressions hydrauliques.	56
Figure III. 7: Première fenêtre de réglage générale.	57
Figure III. 8: représentation de profile.	57
Figure III. 9: fenêtre de réglage des caractéristiques des matériaux.	58
Figure III. 10: fenêtre de réglage des caractéristiques des matériaux.	58
Figure III. 11: Le maillage de profile.	59
Figure III. 12: Le coefficient de terre K0.	59
Figure III. 13: Les contrainte effective	60
Figure III. 14: les résultats de calculassions	60
Figure III. 15: Les résultat lorsque en charge 11.11%	61
Figure III. 16: Les résultat lorsque en charge 22.22%	61
Figure III. 17: Les résultat lorsque en charge 33.33%	62
Figure III. 18: Les résultat lorsque en charge 44.44%	62
Figure III. 19: Les résultat lorsque en charge 55.56%	63
Figure III. 20: les résultat finale.	63
Figure III. 21: Le maillage de profile plt2	64
Figure III. 22: Le résultat de calculassions plt2	64
Figure III. 23: Les résultat lorsque en charge 12.5%	65
Figure III. 24: Les résultat lorsque en charge 25 %	65
Figure III. 25: Les résultat lorsque en charge 37.5%	66
Figure III. 26: Les résultat lorsque en charge 50%	66
Figure III. 27: Les résultat lorsque en charge 62.5%	67
Figure III. 28: Les résultat lorsque en charge 75%	67
Figure III. 29: Les résultat lorsque en charge 87.5%	68
Figure III. 30: Les résultat lorsque en charge 95%	68
Figure III. 31: Les résultat lorsque en charge 100%	69
Figure III. 32: courbe comparatif qui apparait les changements de tassement essais 1.	70
Figure III. 33: courbe comparatif qui apparait les changements de tassement essais 2.	71
Figure III. 34: courbe montre le changement des tassement à différentes charges en fonction de temps essais PLT1.	71
Figure III. 35: courbe montre le changement des tassement a différentes charges en fonction de temps essais PLT2.	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1: Comparaison de différent essai de chargement.	18
Tableau II. 1: type d'essais sur échantillon.....	26
Tableau II. 2: résumé des résultats des essais PMT.....	26
Tableau II. 3: résumé des résultats des essais Pénétrömètre Dynamique Lourd	28
Tableau II. 4: résumé des résultats capacité portant admissible	28
Tableau II. 5: Caractéristiques des essais de chargement.....	30
Tableau II. 6: résumé des résultats de essaies PLT1.....	30
Tableau II. 7: résumé des résultats de essaies PLT 2.....	34
Tableau II. 8: résumé des résultats de essaies PLT 3.....	37
Tableau II. 9: Les vitesses des ondes S en fonction de la profondeur au profil MASW N-S.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau II. 10: résumé des résultats de Essai de limites d'Atterberg.	40
Tableau II. 11: résumé des résultats de Essai de limites d'Atterberg.	40
Tableau II. 12: résumé des résultats de sédimentométrie	41
Tableau II. 13: résumé des résultats de Essais d'analyse chimique.....	42
Tableau II. 14: résumé des résultats de Essais d'analyse chimique.....	42
Tableau II. 15: résumé des résultats de Essais d'analyse chimique.....	42
Tableau II. 16: Marges de consistance et de plasticité des sols argileux	43
Tableau II. 17: état de densité des sols pulvérulents	43
Tableau II. 18: Résultats de la classification des sols du site.	44
Tableau II. 19: résumé des résultats de bureau d'étude	Erreur ! Signet non défini.
Tableau III. 1: Les caractéristique géotechniques pour modélisation	56
Tableau III. 2: résultats de déplacement essais plt 1 et model plaxis	69
Tableau III. 3: résultats de déplacement essais plt 2 et model plaxis	70

Liste des symboles

PLT : plate load test

VP/VS : la vitesse des ondes sismique

E : module pressiométrique

PF : pression de fluage

PL : pression limite

WL : limite de liquidité

WP : limite de plasticité

Ip : indice de plasticité

Ic : indice de consistance

Id : indice de densité

Cu : Cohésion non drainée

γ_d : Poids volumique (kN/m³)

K0 : coefficient de pression des terres

Φ : angle de frottement

Eoed : module odométrique .

qadm: Contrainte admissible

PMT :

L'essai

pressiométrique

Introduction Générale

Il y a beaucoup des essais de chargement de sols ont été développées par les ingénieurs géotechnicien à travers le temps et c'est efficace.

Et même qu'il existe de nombreuses recherches et études en cours pour trouver de nouvelles méthodes plus avancées

Au démarrage de tout projet les ingénieurs recherchent des caractéristiques de sol et parmi ces caractéristiques la capacité portante du sol.

Et c'est l'a que les ingénieurs trouvent un problème d'abord le temps et la rapidité de prélèvement d'un échantillon de sol et de son examen.

Conduisant aux résultats obtenus et l'étude de la sécurité de cette valeur, qui est à la base du lancement d'un projet.

On retrouve donc ce qu'on appelle un facteur de sécurité, et ce dernier varie d'un pays à l'autre selon l'exactitude de l'obtenir

Exemple Algérie : le facteur de sécurité 3. C'est pourquoi nous travaillons pour attendre des résultats plus précis dans lesquels nous réduisons ce facteur.

L'étude de ce mémoire compter sur essai de chargement a la plaque nous allons le faire pour trouver la capacité portante de sol, est-il possible de s'appuyer dessus dans de futurs projets.

Ce mémoire visant à être le début d'une recherche et même une référence pour les ingénieurs dans la future et nous avons fais ce travail par amour et par volonté de cherche et développer des nouvelles méthodes vous pouvez être accrédité en Algérie et pourquoi pas ,et une réponse aux questions des étudiants et sous prétexte qu'il n'y a pas de travaux qui répondent aux besoins de l'ingénieur ce travail sera une introduction aux ingénieurs de méthodes essai chargement à la plaque et normes utiliser.

Ce mémoire consister de trois chapitre, première chapitre recherche bibliographe ce but et présenté les défèrent type d'essaie de chargement et normes, et comparer cette essaies, en suite deuxième chapitre explique le site d'étude et ses caractéristiques, le chapitre trois c'est la recherche scientifique et modélisation et conclusion.

Partie I : Introduction bibliographique

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous parlerons des différents types d'essais de chargement de sol (connue pour la réception en portance des plates-formes support de chaussée). Les revoir en détails ; les caractéristiques, les avantages et limites, pour enfin expliquer et les comparer, puis faire ressortir la ou les différences par rapport à l'essai de chargement à la plaque (PLT), objet de ce mémoire :

- 1- Essai à la plaque (NF P94-117-1)
- 2- Essai à la dynaplaque 1 et 2 (NF P94 -117-2)
- 3- Déflexion à la poutre Benkelman (NF P98-200-1)
- 4- Essais aux déflectographes (NF P 98 -200-1, 2, 3, 4 et 5)
- 5- Essai au portancemètre
- 6- Essai de Westergaard (NF P94-117-3)
- 7- Essai à la plaque dynamique légère
- 8- Essai à la déflexion canadienne
- 9- Essai CBR (NF P 94 078)
- 10- Essai de chargement à la plaque (Plate Load Test).

Ces essais moyennement répondu, peut être assimilé à plusieurs manières de faire, et ainsi multiplier les objectifs recherchés.

Le but de ce chapitre est de revoir l'ensemble de ces essais existants en Algérie, cités dans la bibliographie, principalement dans la Note N°1 du mois de Mars 2018 de CEREMA, puis rechercher les références et standards sur lesquels se baser afin de valider cet essai au préalable. Mais aussi de trouver le lien ou bien les références des équipements, réalisation, méthodes d'exécution qui pourraient être similaire.

I.2 Essai à la plaque (NF P94-117-1) :

Cet essai sert à mesurer ponctuellement le module de déformation statique sous une plaque rigide d'une plate-forme pour des valeurs comprises entre 20 et 250MPa. [1].

I.2.1 Principe de l'essai :

L'essai détermine la déformabilité des plates-formes de terrassement par la mesure de l'enfoncement vertical au centre d'une plaque rigide de 60cm de diamètre, sous chargement statique (figure I1).



Figure I. 1: photos montrant l'essai à la plaque.
(Route de El Omaria Médea ALGERIE).

La valeur de l'enfoncement de la plaque (mesurée à la fin du second cycle) permet de calculer le module de déformation statique à la plaque EV2.

Cet essai est l'essai de référence historique pour le dimensionnement des structures de chaussée ayant servi à caler les résultats des essais dynamiques ; cet essai est réalisable sur la plupart des types de plates-formes, sous réserve que le D_{\max} soit inférieur à 200 mm ;

I.2.2 Limites d'utilisation :

Cet essai n'est pas conseillé dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques. Et le rendement est faible par rapport aux autres types d'essais (entre 4 et 6 mesures/h), mais aussi l'accessibilité à certaines zones est parfois difficile (tranchée, remblai technique, pente élevée, encombrement, etc.) ;

Il est nécessaire d'avoir un massif de réaction (camion chargé) qui permet un chargement d'au moins 8 tonnes sur la plaque et d'une distance entre le point d'appui du massif (pneu) et le centre de la plaque d'au moins 1,2 m [2].

I.3 Essai à la Dynaplaque 1 et 2 (NF P94 -117-2) :

Figure I. 2: photos montrant la dynaplaque2 (LNHC Oued smar)

Cet essai mesure ponctuelle déterminant un module de déformation sous chargement dynamique, évaluant la déformabilité d'une plate-forme, de rigidité comprise entre 20 et 100 MPa pour la dynaplaque 1 et entre 20 et 250 MPa pour la dynaplaque 2, pour des matériaux de D_{max} inférieur à 200 mm. [1].

I.3.1 Principe de l'essai :

La sollicitation dynamique appliquée sur la plate-forme à ausculter est analogue en intensité et en fréquence à celle provoquée par le passage d'un essieu chargé à 13 tonnes et roulant à 60 km/h (figure 2). Elle est générée par la chute d'une masse sur un ressort amortisseur placé sur une plaque rigide de diamètre 600mm.

La plaque est installée sur le sol à l'aide d'un dispositif hydraulique actionné par l'opérateur et soumise à 3 chocs. Puis les deux premiers chocs permettent de positionner la plaque sur le support à mesurer. Le troisième est utilisé pour la mesure.

Dynaplaque 1 : au troisième choc, on mesure le rapport entre la hauteur de rebond et la hauteur initiale de chute de la masse tombante. La mesure de restitution d'énergie par le sol permet de déterminer le module de déformation du sol d'après une courbe d'étalonnage propre à chaque Dynaplaque 1.

Dynaplaque 2 : au troisième choc, on mesure la déflexion du sol provoquée au niveau de la plaque par cette impulsion, en même temps que la force d'impact. L'exploitation des résultats permet de calculer directement le module de déformation au point d'essai.

L'équipement installé sur un porteur véhicule léger permet de réaliser 20 à 40 mesures à l'heure, suivant les conditions d'accès entre les essais.

Le fonctionnement automatique du générateur de choc et l'acquisition informatisée des mesures permettent à un seul opérateur de commander facilement les manœuvres depuis le poste de conduite du véhicule.

Cet essai est réalisable sur la plupart des types de plates-formes, sous réserve que le D_{max} soit inférieur à 200 mm.[2] .

I.3.2 Limites d'utilisation :

Cet essai n'est pas conseillé dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques. Et le champ d'application est différent entre la Dynaplaque 1 et la Dynaplaque 2. La limite inférieure est de 20 MPa dans les deux cas. La limite supérieure est plafonnée à:

- ✓ 100 MPa avec une plus grande dispersion pour certains matériaux au-delà de 80 MPa pour la Dynaplaque 1,
- ✓ 250 MPa pour la Dynaplaque 2.

I.4 Déflexion à la poutre Benkelman (NF P98-200-1) :



Figure I. 3: photos montrant essai à la outre Benkelman .

Cet essai mesure ponctuelle de la déflexion de surface d'une plate-forme sous une charge définie de 13 tonnes. [1].

I.4.1 Principe de l'essai :

L'essai consiste à mesurer l'enfoncement provoqué par un essieu unique à roues jumelées simple essieu de camion chargé à 13 tonnes. Le déplacement vertical est mesuré au passage de l'essieu à l'aide d'une poutre Benkelman, le camion reculant vers le point de mesure. La déflexion, qui correspond à la déformation maximale, est mesurée au 1/100 mm.

La norme NF P98-200-1 définit les termes suivants :

La déflexion maximale d_M correspond au déplacement vertical maximal du point de mesure ; la déflexion rémanente d_r correspond au déplacement vertical du point de mesure lorsque, la valeur maximale ayant été atteinte, la charge s'est éloignée de $5 \text{ m} \pm 10 \%$ du point de mesure ; la déflexion élastique d_e est calculée à partir de la formule suivante : $d_e = d_M - d_r$

I.4.2 Limites d'utilisation :

Son rendement est faible (6 à 8 mesures/h) ; et le camion doit comporter un essieu arrière simple à roues jumelés. Il doit être pesé avant les mesures sur chantier pour garantir une charge de 13 tonnes $\pm 2 \%$. Le camion doit reculer vers le point de mesure, ce qui peut entraîner des dégâts matériels sur la poutre si le camion ne recule pas droit. [2]

I.5 Essais aux déflectographes (NF P98 -200-1, 2, 3, 4 et 5) :

Le déflectographe est un appareil qui mesure le bassin de déflexion d'une chaussée sous l'action d'un poids lourd en mouvement à vitesse constante. Il existe trois types de déflectographes:

- le déflectographe Lacroix à châssis court.
- le déflectographe Lacroix à châssis long.
- le déflectographe FLASH.



Figure I. 4: Deflectographe Lacroix de NEXTROAD.

L'exécution et l'exploitation des mesures de déflexion par les déflectographes font l'objet de la méthode d'essai LPC n°39. Les déflexions mesurées par les déflectographes Lacroix sont normalisées (NF P 98-200-1, 2, 3, 4 et 5).

L'essai au déflectographe permet la mesure continue de la déformation de surface d'une plate-forme sous une charge définie de 13 tonnes \pm 2 % [1].

I.5.1 Principe de l'essai :

Il consiste à la mesure de l'enfoncement provoqué par un essieu unique à roues jumelées d'un camion chargé à 13 tonnes. La déformation créée par l'essieu sera mesurée par des bras palpeurs situé à l'arrière du véhicule munis de capteurs de déplacement, articulées sur une poutre de référence. Les mesures sont réalisées simultanément au niveau d'une voie sur les deux bandes de roulement avec un pas de 4m. Toutes les mesures sont visualisées en temps réel.

Le déflectographe permet l'auscultation en continu d'un linéaire qui varie de 6km/j à 20km/j selon le déflectographe utilisé. [2]

I.5.2 Limites d'utilisation :

Les mesures sont sensibles à l'état de surface de la couche testée ; l'appareillage est fragile et la garde au sol est faible. Les accès à la plate-forme et le passage des ouvrages doivent être préparés (pistes traficables et revêtues, réalisation de rampes à pente faible pour passage des poids lourds).

I.6 Essai au portancemètre :

Cet essai non normalisé est décrit dans le guide technique LCPC " Portance des plates-formes : Mesure du module en continu par le portancemètre "



Figure I. 5: photos montrant essai au portancemètre .

Mesure en continu d'un module de déformation dynamique d'une plate-forme pour des valeurs comprises entre 30 et 250 MPa. Le module de déformation dynamique (E_p) est exprimé en MPa.

I.6.1 Principe de l'essai :

La plate-forme auscultée est sollicitée par une roue vibrante étroite tractée à une vitesse voisine de 3,6 km/h (figure I5).

Le portancemètre permet une mesure en continu (pas de mesure d'environ un mètre) ; son rendement important permet d'ausculter un linéaire de 15 à 20km par jour et de visualiser les mesures en temps réel. Ces mesures peuvent faire l'objet d'un traitement par des logiciels adaptés pour constituer des schémas itinéraires complets avec découpage en zones homogènes si nécessaire et servir au recollement de l'ouvrage ; cet essai est réalisable sur la plupart des types de plates-formes, sous réserve que le D_{max} soit inférieur à 200 mm ; sur couche de forme traitée aux liants hydrauliques, il permet d'obtenir une information uniquement qualitative.

I.6.2 Limites d'utilisation :

Cet essai n'est pas conseillé dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques ; les mesures au portancemètre sont sensibles à l'état de surface de la couche testée (la profondeur d'empreinte doit être inférieure à 2cm) ; le module E_p peut être sous-estimé jusqu'à 30 % dans le cas d'une plate-forme revêtue d'un enduit en cas d'absence de compactage du gravillon ; le matériel est très peu représenté sur le territoire. [2]

I.7 Essai de Westergaard (NF P94-117-3) :

Détermine le coefficient de réaction de Westergaard K_w , exprimé en MPa/m (1 MPa/m = 0,1 bar/cm), utilisé pour mesurer la raideur d'une plate-forme destinée à la construction d'un dallage de bâtiment (NF P11-213-1/A1, 2/A1, 3/A1 et 4/A1), à usage d'habitation ou industriel. *Ce module ne s'applique pas aux plates-formes routières ou ferroviaires.* [1].

I.7.1 Principe de l'essai :

L'essai consiste à charger une plaque de diamètre 600, 750 ou 762mm de façon à obtenir une pression de 70kPa et de mesurer l'enfoncement à l'aide d'une poutre de Benkelman. Le coefficient de réaction de Westergaard est le rapport entre la pression et l'enfoncement, rapporté au diamètre nominal de la plaque (762 mm). Contrairement à l'essai à la plaque, la mesure de l'enfoncement est déterminée au premier (et seul) cycle de chargement.

I.7.2 Limites d'utilisation :

Son rendement est faible (5 à 8 essais par heure) ; cet essai nécessite de disposer d'un massif de réaction (3,2 tonnes pour un essai avec une plaque de 762 mm) et de respecter une distance de 1,2 m du bord de la plaque ; *il ne s'utilise pas pour les plates-formes routières.* [2]

I.8 Essai à la plaque dynamique légère :

Cet essai n'est pas normalisé en France. Il existe un document technique (en anglais) décrivant cet essai : TP BF- StB partie B 8.3.

Mesure ponctuelle déterminant un module de déformation sous chargement dynamique. Cet essai a pour but de déterminer le module de déformation E_{VD} en vue de contrôler la déformabilité des plates-formes, fonds de fouille, remblais en cours de mise en œuvre et tranchées. [2].

I.8.1 Principes de l'essai :

La plaque dynamique légère est un essai de portance dynamique, par masse tombante. L'essai consiste à faire un pré-compaction du sol en place à la suite de trois impacts. La mesure du module dynamique élastique (E_{VD}) intervient suite à l'enfoncement du point central de la plaque de charge après trois nouveaux impacts. L'impulsion est exercée par une force maximale de 7,07 kN sur une plaque de 30 cm de diamètre. Le déplacement sous

la plaque est mesuré par un accéléromètre. La profondeur d'investigation de cet essai est de 30 à 40 cm.

L'avantage de cet essai tient à la rapidité et à la facilité de cet essai dans des endroits difficilement accessibles avec un véhicule ; le D_{max} des matériaux en place doit être inférieur à 100mm.

I.8.2 Limites d'utilisation :

La profondeur d'influence de l'essai est plus faible que les autres matériels. Les valeurs ne peuvent donc pas être comparées ;

Le TP BF-StB partie B 8.3. Limite l'utilisation de la plaque dynamique légère pour des modules de déformation compris en 15 et 70 MPa [2].

I.9 Essai à la déflexion canadienne

Cet essai est une variante non normalisée de l'essai de déflexion à la poutre Benkelman. Cet essai est admis par la commission Laboroute de l'IDRRIM, « sous réserve que le mode de mesure soit clairement indiqué dans le rapport d'essai et que seule soit exprimée la déflexion élastique (d_e) et non la déflexion maximale d_M ». Une attention particulière sera portée aux résultats de la déflexion canadienne car cet essai sous-estime la déflexion.

Mesure ponctuelle de la déflexion de surface d'une plate-forme sous une charge définie de 13 tonnes [2].

I.9.1 Principes de l'essai :

Pour des raisons pratiques, il est plus facile de placer le point de mesure entre les roues jumelées d'un camion et de mesurer la déflexion en éloignant la charge du point de mesure, technique couramment appelée « Déflexion Canadienne ». Ce protocole revient à mesurer uniquement la déflexion élastique (d_e) qui est plus faible que la déflexion maximale (d_M) puisque : $d_M = d_e + d_{plastique}$.

Le rendement est plus élevé que l'essai de déflexion normalisé [2].

I.9.2 Limites d'utilisation :

La déflexion d_M n'est pas mesurée ; les performances du matériau sont surestimées. [2]

I.10 Essai CBR in-situ (NF P 94 078) :

L'essai in-situ California Bearing Ratio (CBR) est déterminé avec une pression de terrain en faisant pénétrer un piston cylindrique dans le sol à une vitesse donnée et en compare la relation entre la force est la pénétration dans le sol d'un matériau standard [1].

Il est connu mondialement et la norme qui définit cet essai est NF P94-078



Figure I. 6: Essai CBR .

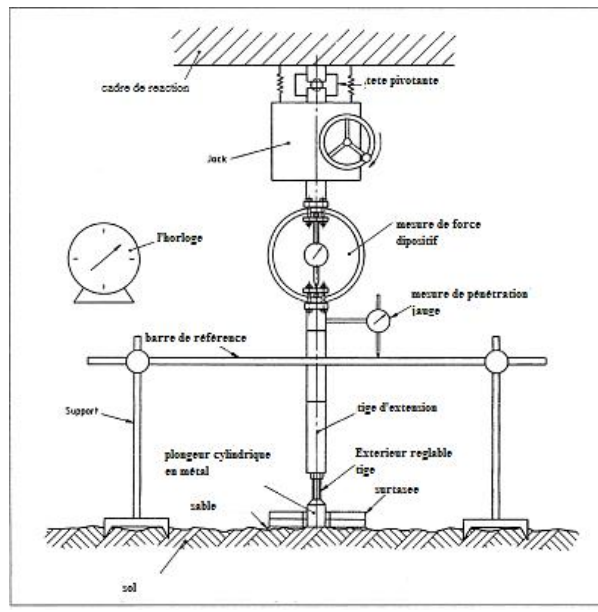


Figure I. 7: Disposition typique pour l'appareil d'essai CBR in-situ

I.10.1 Limites d'utilisation :

Le California Bearing Ratio est approprié qu'aux matériaux dont la taille maximale des particules n'excèdent pas 20mm à cause de la taille du piston [1] .

I.11 Essai de chargement à la plaque :

La capacité de charge et le degré auquel le sol est exposé à un tassement sous une charge quelconque doit être préalablement signalé dans le but de concevoir une fondation pour les structures et dallage. La capacité portante ultime et les tassements correspondants peuvent être déterminés voir mesurés à l'aide de l'essai de chargement à la plaque (PLATE LOAD TEST). Qui peut être réalisé soit en utilisant la méthode de chargement par gravité ou de chargement par treillis.



Figure I. 8: Photo de l'essais de chargement à la plaque, chantier Blida.

I.11.1 Principes de l'essai :

Une fosse d'essai atteignant la même profondeur que la fondation projetée et d'une largeur égale à cinq fois la taille de la plaque d'appui est creusée dans le sol. Une plaque d'appui (généralement de 30cm² ou de diamètre et 25mm d'épaisseur) est ensuite placée dans la fosse d'essai. La taille de la plaque d'appui choisie pour un essai dépend du type de sol.

- ✓ Une plaque carrée de 45cm cm peut être adoptée pour les sols argileux ou limoneux ainsi que pour les sols sableux mous à moyennement denses ayant un indice de résistance à la pénétration standard <15.
- ✓ Une plaque d'appui de 30–75 cm peut être adoptée pour effectuer l'essai dans un sol dense sableux ou graveleux dont le nombre standard de résistance à la pénétration est compris entre 15 et 30.

La taille de la plaque d'essai dépend de la taille maximale des grains. La plaque d'essai est chargée à l'aide du vérin hydraulique, en utilisant soit un cadre de chargement par gravité ou un cadre de chargement en treillis pour supporter la réaction. La méthode de chargement par gravité de l'essai de charge de la plaque est illustrée sur les figures 7 & 8.

Le cadre de chargement repose sur les colonnes construites sur les côtés de la fosse d'essai. Le cadre de chargement est chargé de sacs de sable, de roches ou de blocs de béton.

La charge appliquée est transmise au sol à l'aide d'un tuyau d'extension et à travers la plaque d'appui. Quatre comparateurs à cadran sont placés en diagonale sur chaque coin de la plaque d'appui pour mesurer le tassement. La charge appliquée est contrôlée à l'aide d'un vérin hydraulique placé entre le châssis de chargement et le tuyau d'extension. [3]

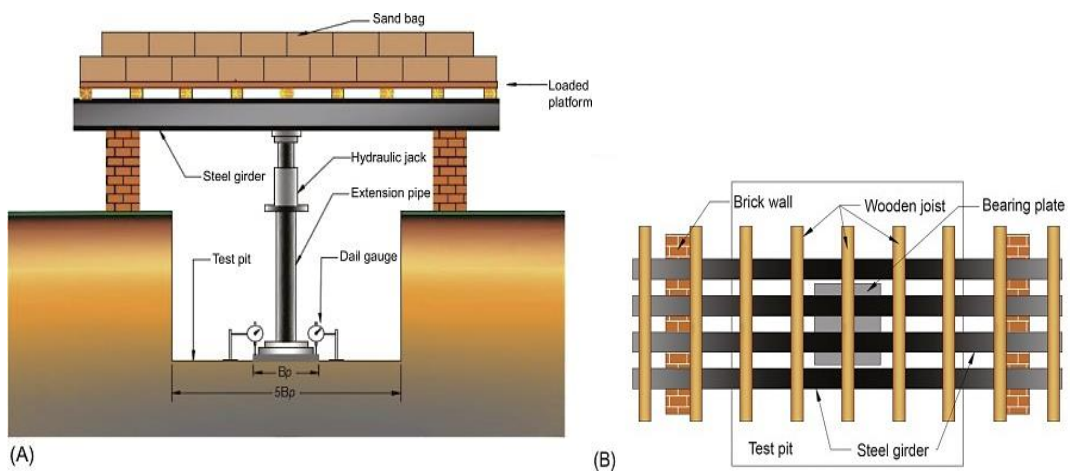


Figure I. 9: photos montrant expliquez la méthode de essai de charge à la plaque.

La disposition de l'essai de charge de la plaque lorsqu'un treillis est utilisé pour charger la plaque d'essai comme illustrée sur les figures 6 & 7. Le treillis est correctement ancré au sol à l'aide d'ancrages en acier doux et d'un canal de support. La nature la moins complexe de la méthode de chargement des treillis a fait ce que les ingénieurs choisissent toujours de faire. [3]

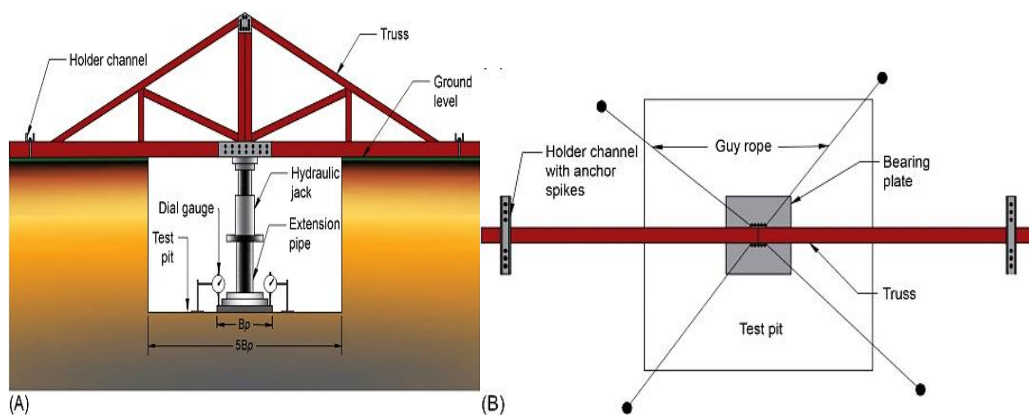


Figure I. 10: photos montrant expliquez la manière que placé la plaque.

L'Essai de chargement est placé de telle manière que le centre de la plaque d'essai, du vérin hydraulique et du cadre de chargement coïncident l'un avec l'autre. Une pression

d'assise d'environ 7kN/m^2 est appliquée avant de commencer l'essai. La charge sur le sol est alors augmentée par incréments (20% de la charge de sécurité estimée ou bien le $1/10^{\text{ème}}$ de la charge ultime). Le tassement de la plaque d'appui est mesuré à des intervalles de 1, 5, 10, 20, 40, 60 min, etc., jusqu'à ce qu'aucun changement important de tassement ne soit observé. Une fois que le taux de tassement est observé à $<0,2\text{ mm/min}$, l'incrément de charge suivant est appliqué et l'observation de tassement est recommencée. L'incrément de charge se poursuit jusqu'à la rupture ou jusqu'à ce qu'un tassement de 25mm soit atteint dans des conditions normales ; cependant, dans des cas particuliers, l'essai peut être poursuivi jusqu'à ce qu'un tassement de 50mm soit atteint.

La courbe de tassement de charge typique pour l'essai de charge sur plaque dans différents types de sol est illustrée à la figure 9. Une correction de zéro à la courbe de règlement de la charge peut parfois être nécessaire avant le calcul de la capacité portante du sol. Cela se fait en traçant une ligne droite coupant la ligne de charge zéro de la première ligne droite de la courbe, qui est ensuite soustraite des lectures de tassement.

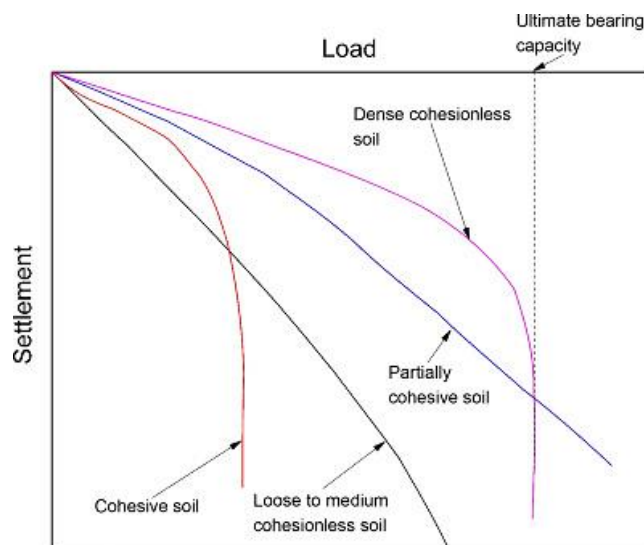


Figure I. 11: La courbe de tassement de charge typique pour l'essai de charge sur plaque

I.11.2 Les limites de l'essai de charge sur plaque sont les suivantes :

- La largeur de la plaque d'appui étant très petite par rapport à la fondation réelle, elle ne fournit qu'une estimation de la capacité portante jusqu'à une profondeur de deux fois la largeur de la plaque d'appui.

- Le test de charge de la plaque étant réalisé sur une très courte durée, le tassement mesuré pendant la charge de la plaque ne doit pas être considéré comme le tassement ultime. Ceci est particulièrement pertinent pour les sols argileux.
- Le test de charge sur plaque sous-estime la capacité portante des sols denses et sableux, car la capacité portante de ces sols augmente avec l'augmentation de la taille de la semelle.
- La charge de rupture n'est souvent pas bien définie dans les courbes de tassement de charge obtenues à partir du test. Par conséquent, des erreurs peuvent survenir en fonction d'une interprétation personnelle.
- L'effet de la nappe phréatique peut ne pas être correctement pris en compte dans le test. Il est conseillé d'abaisser le niveau d'eau par pompage, s'il est trouvé au fond de l'essai. [3]

I.11.3 Calcul de fondation :

Dans les sols sableux, le calcul de la capacité portante peut être effectué comme suit:

$$Q_F = Q_P \frac{W_F}{W_P}$$

Où Q_F correspond à la capacité portante de la semelle, et où W_F désigne la largeur de la semelle, Q_P est la capacité portante du sol ainsi déterminée par l'essai de charge de la plaque et W_P correspond à la largeur de la plaque d'appui. Cependant, la capacité portante du sol argileux ne dépend pas de la taille de la semelle ou de la plaque d'appui. Ainsi, pour les sols argileux, la capacité portante est égale à la capacité portante du sol déterminée par le test de charge sur plaque.

Par conséquent,

$$Q_F \approx Q_P$$

La taille de la plaque d'appui affecte également le tassement de la semelle. Le tassement de la semelle dans un sol granulaire peut être déterminé par l'équation suivante :

$$S_F = S_P \left[\frac{W_F(W_P+0.3)}{W_P(W_F+0.3)} \right]^2$$

Où S_P est le tassement de la plaque d'appui tel que déterminé pendant l'essai de charge de la plaque, S_F est le tassement de la semelle réelle. Le tassement de la semelle dans un sol argileux peut être estimé à l'aide de l'équation suivante :

$$S_F = S_P \frac{W_F}{W_P}$$

Le tableau suivant présente l'analyse comparative des différents essais exposés dans ce chapitre, rappelant ce qui est recherché, son intérêt, ses limites d'utilisation ainsi que sa norme références.

L'essai objet de ce mémoire, peut être assimilé aux essais de chargement des fondations profondes, par leurs principes et la manière d'effectuer les mesures de déplacement (tassements), cette partie présente l'essai de chargement statique de pieu qui est un procédé de référence pour mesurer le comportement d'affaissement sous charge des pieux. A savoir que ce type d'essais doit être effectué surtout lors de la présence d'incertitudes relativement importantes concernant le comportement de portance ou d'affaissement.

L'exécution d'essais de chargement statique de pieux est par contre réglementée par les normes SN505 267/1 et l'Eurocode 7, partie 1 et fait l'objet d'une norme française sous le NF P94-150-1.

Le principe de la méthode consiste à charger et à décharger un pieu de manière statique selon une procédure déterminée. La tête du pieu est instrumentée, des capteurs de déplacement mesurent l'enfoncement du pieu et le capteur de force mesure la force transmise au pieu par un vérin hydraulique.

Principes de l'essai : Le dispositif utilisé pour l'exécution de l'essai de chargement statique est composé de 4 pieux de réaction. Une poutre métallique principale et deux poutres perpendiculaires à la première sont ancrées aux 4 pieux à l'aide de barres de traction suivant in montage en «I». [3]

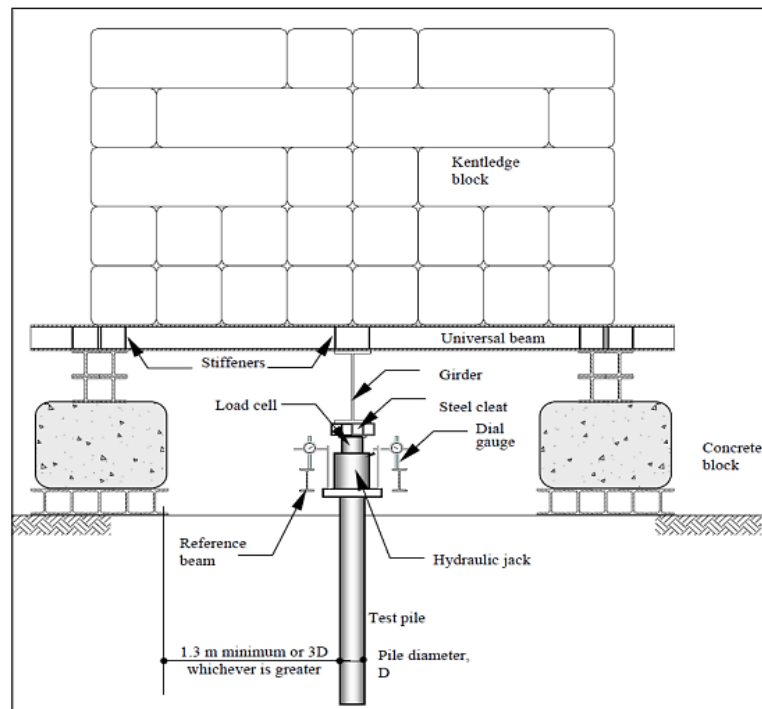


Figure I. 12: système de chargement avec bloc.

L'instrumentation est composée d'un vérin qui exercera la force statique en tête du pieu et d'un capteur de déplacement qui mesurera l'enfoncement ; les données obtenues sont enregistrées dans une centrale d'acquisition.

C'est un essai simple et rapide qui se fait en 2 étapes.

1- Cycle de préparation qui dure 15min avec un chargement de $0,1 Q_{max}$. Il permet aux surpressions interstitielles générées lors de fonçage de la pointe de commencer à se dissiper.

2- Cycle de chargement/déchargement jusqu'à Q_{max} par piliers. Il consiste à interrompre la pénétration classique à une côte souhaitée, et à effectuer un chargement par paliers successifs ou à vitesse constante très lente.

On enregistre durant l'essai la courbe de chargement reliant la pression appliquée sur la pointe au tassement de celle-ci.

Tableau I. 1: Comparaison de différent essai de chargement.

Nom de l'essai	Ce qui est recherché ?	Intérêts	Limites d'utilisation	Normes références	Utilisé en Algérie
Essai à la plaque	module de déformation statique	<ul style="list-style-type: none"> - économique - réalisable - résultat clair - plupart type de sol 	N'est pas conseillé dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques. il est nécessaire d'avoir un massif de réaction (camion chargé).	NF P94-117-1	Oui LCTP LNHC
Dynaplaque	module de déformation sous chargement dynamique	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide - Bonne mobilité - Fonction automatique - Plupart type de sol 	n'est pas conseillé dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques, aussi. le champ d'application est différent entre la Dynaplaque 1 et la Dynaplaque 2. La limite inférieure est de 20 MPa dans les deux cas.	NF P94 - 117-2	Oui LNHC
Déflexion à la poutre de Benkelman	la déflexion de surface	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel est léger - Economique - Disponible 	son rendement est faible (6 à 8 mesures/h) ; le camion doit comporter un essieu arrière simple à roues jumelés. Il doit être pesé avant les mesures sur chantier pour garantir une charge de 13 tonnes \pm 2 % ; le camion doit reculer vers le point de mesure, ce qui peut entraîner des dégâts matériels sur la poutre si le camion ne recule pas droit.	NF P98-200-1	Oui LCTP LNHC
Déflactographe Lacroix flash	déformation de surface	<ul style="list-style-type: none"> - il permet d'ausculter en continu un linéaire de 6 à 20 km par jour selon le déflactographe - les mesures sont visualisées en temps réel. 	Les mesures sont sensibles à l'état de surface de la couche testée ; l'appareillage est fragile, les accès à la plateforme et le passage des ouvrages doivent être préparés.	NF P 98 - 200-1, 2, 3, 4 et 5	Oui LCTP LNHC

Westegaard	La raideur d'une plate-forme	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel simple - robuste et peu coûteux. 	<ul style="list-style-type: none"> -son rendement est faible (5 à 8 essais par heure) ; -cet essai nécessite de disposer d'un massif de réaction (3,2 tonnes pour un essai avec une plaque de 762 mm) et de respecter une distance de 1,2 m du bord de la plaque ; - il ne s'utilise pas pour les plates-formes routières. 	NF P11-213-1/A1, 2/A1, 3/A1 et 4/A1	oui LCTP LNHC
Portancemètre (Icpc)	Module de déformation dynamique	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide - Bonne mobilisation - Traitement avec logiciel - Réalisable même aux liants hydraulique 	<p>cet essai n'est pas conseillé dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques ; les mesures au portancemètre sont sensibles à l'état de surface de la couche testée; le module E_p peut être sous-estimé jusqu'à 30 % dans le cas d'une plate-forme revêtue d'un enduit en cas d'absence de compactage du gravillon.</p>	Essai non normalisé	oui LCTP LNHC
Plaque dynamique légère	Module de déformation sous chargement dynamique EVD	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide - Facile d'utilisation - essai dans des endroits difficilement accessibles avec un véhicule 	<p>la profondeur d'influence de l'essai est plus faible que les autres matériels. Les valeurs ne peuvent donc pas être comparées ; le TP BF-StB partie B 8.3. limite l'utilisation de la plaque dynamique légère pour des modules de déformation compris en 15 et 70 MPa.</p>	Essai non normalisé	oui LCTP LNHC
Déflexion canadienne	Mesurer la déflexion de surface	<ul style="list-style-type: none"> - rendement est plus élevé 	<p>la déflexion d_M n'est pas mesurée ; les performances du matériau sont surestimées.</p>	Essai non normalisé	Non appareils couteux
Ipi (CBR)	déterminer expérimentalement	<ul style="list-style-type: none"> - Savoir si un sol est compactable 	<p>approprié qu'aux matériaux dont la taille maximale des particules n'excèdent pas 20mm à</p>	NF P 94 078	Oui LCTP

	des indices portants	- Etat de densité et humidité	cause de la taille du piston		LNHC
Essai de chargement à la plaque (PLT)	Mesure de la capacité portante ultime du sol, ainsi que les tassements	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre le comportement de la fondation dans des conditions de chargement. - Évaluation de la capacité portante du sol à une certaine profondeur - Prédiction du tassement pour une certaine charge. - Temps et coût-efficace. - Facile à réaliser. 	<p>-Le test prédit le comportement du sol situé à une profondeur inférieure à deux fois la profondeur de la largeur de la plaque d'appui</p> <p>-cet essai nécessite de disposer d'un massif de réaction (30 tonnes)</p> <p>-Le tassement pour la perte de sol sablonneux est généralement supérieur au tassement indiqué par le test d'appui à la plaque.</p>	Essai non normalisé	Oui, chez très peu de bureau d'étude. Kera terra

I.12 Conclusion du chapitre :

Nous concluons que les équipements de l'ensemble de ces essais et testes exposés peuvent être similaires ou bien ayant le même principe (plaque, chargement, mesure, etc...), cependant, ils sont réalisés dans le but de déterminer et mesurer différentes caractéristiques, à savoir :

- Le Module de déformation statique,
- La Déformation de surface,
- La déflection de surface.

Hors que l'essai de chargement à la plaque PLT, nous permet :

- Capable de comprendre le comportement de la fondation dans des conditions de chargement.
- Évaluation de la capacité portante du sol à une certaine profondeur et prédiction du tassement pour une certaine charge.
- Les fondations peu profondes peuvent être calculées en tenant compte de la capacité portante admissible, qui peut être prédite à partir du test de charge sur plaque.
- Facile à réaliser, en peu de temps et coût-efficace.

Il est possible de conclure que cet essai, peut être effectué lors de la présence d'incertitudes relativement importantes concernant le comportement de portance ou tassements.

CHAPITRE II :
Présentation du site et données géotechniques

II.1 Introduction : Présentation du site et données géotechniques

Le présent chapitre comporte les hypothèses géotechniques, c'est-à-dire, la définition des paramètres géo-mécaniques associées au dispositif géologique-géotechnique en présence et nécessaire pour le développement du projet réalisation d'une construction dans la wilaya de Blida.

II.2 CONSIDERATIONS GENERALES

Dans ce chapitre, nous présentons une liste des travaux de prospection et des résultats des essais in situ et en laboratoire réalisation d'une construction dans le lotissement de villas, avenue chahid sidahmed zitouni, commune de Blida.

Nous avons traité et résumé les résultats des essais in situ et en laboratoire.

II.3 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

Elle est située au nord de l'Algérie sur les pentes des montagnes de l'Atlantique au sud de la plaine de la Mitidja. La ville de Blida est la capitale de la Mitidja appelée la ville des roses. Elle est bordée au nord par Alger, à l'ouest par Tipaza, au sud par Ain Defla et Médéa, à l'est par Bouira et Boumerdès .

Le site d'étude est situé dans le centre-ville de wilaya de blida a côté de la route sid ahmed zitouni du côté gauche et bordé avec les villa d'autres cotes



Figure II. 1: Localisation du site d'étude (Google Earth)

II.4 PROSPECTION ET ESSAIS IN SITU ET EN LABORATOIRE

La campagne de reconnaissance géotechnique préconisée par le bureau d'étude kera terra A comporté l'exécution des essais suivants :

- Un (01) essai pressiométrique
- Huit (08) essais pénétrométriques

Trois (03) essai plt

Deux (02) essai vp vs

Quatre (04) essai sondage a la tarière

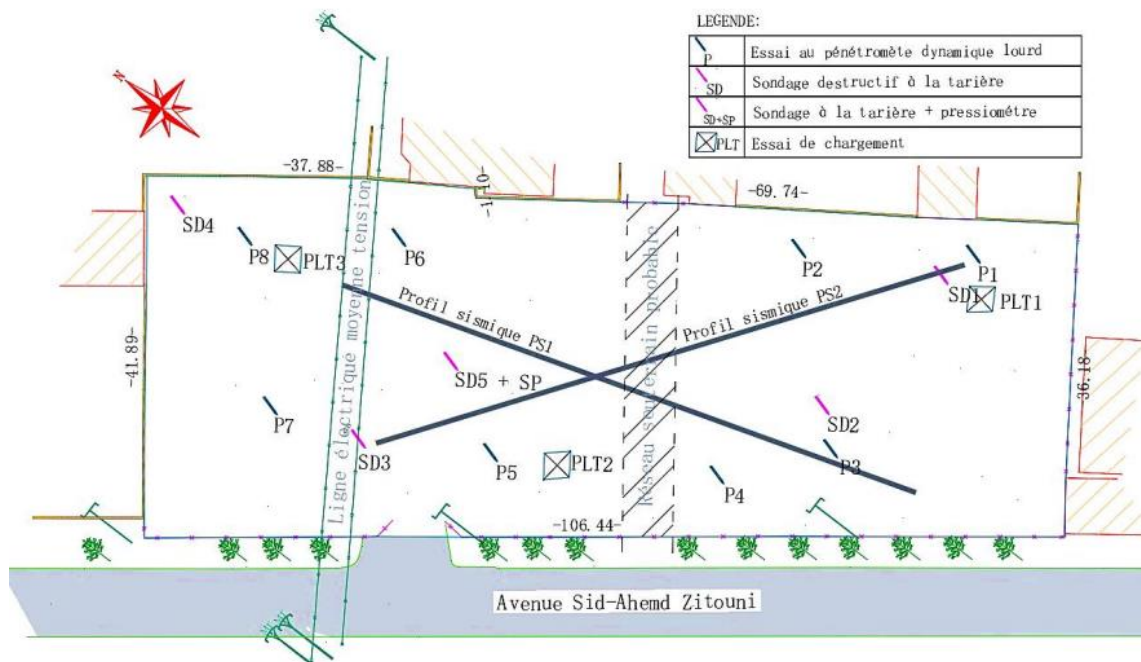
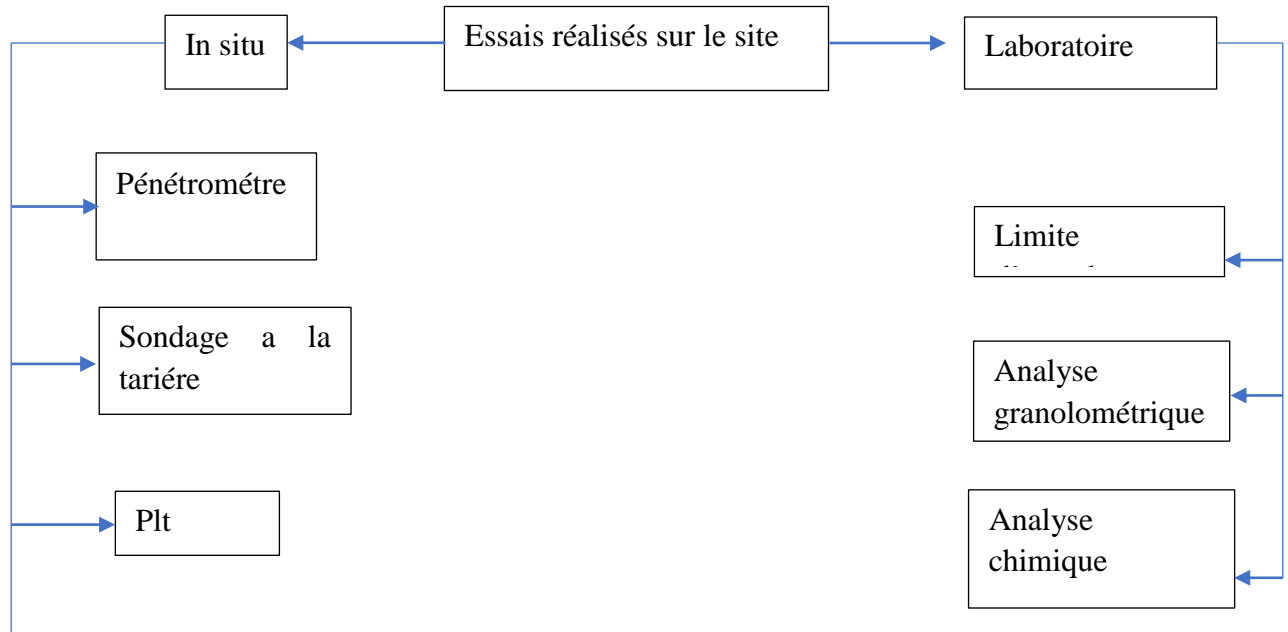


Figure II. 2: position des essais in situ



II.5 Essais in-situ

II.5.1 Les sondages à la tarière :

Permettent en premier lieu d'identifier la succession des couches de sols, leur profondeur et leur nature.

De plus, les matériaux prélevés entre les spires constituent des échantillons utilisables pour des essais de caractérisation de certaines propriétés des sols du site : échantillons de classe 4 voire 3 permettant de caractériser la granularité, la teneur en eau, l'argilosité et les teneurs en matières organiques. Pour ce faire le diamètre de l'outil doit être adapté aux caractéristiques des sols à prélever : la norme NF EN ISO 22475-1[2], spécifie que la taille des plus gros éléments présents doit être inférieure au 1/3 du diamètre intérieur de l'outil.

Enfin, les tarières constituent un moyen de forage adapté, dans certain type de sol, pour la pose d'équipement : exemple type de la mise en place de piézomètre à l'abri de tarière creuse.



Figure II. 3: sondages à la tarière au site étudié.

Nous avons trois (04) sondages. L'emplacement de ces sondages, notés SD01, SD02 et SD03 et SD04. Les coupes lithologiques résultantes de ces sondages carottés sont données ci-après.

Tableau II. 1: type d'essais sur échantillon

N° Sondage	N° et Profondeur échantillon (m)	Type d'essais
St 01	Echantillon Pf.: 0.0 – 9.0 m	- Teneur en eau ; Sédimentométrie - Granulométrie; - Limites d'Atterberg ;
St 02	Echantillon Pf.: 0,0- 9,00 m	Teneur en eau ; Sédimentométrie - Granulométrie; - Limites d'Atterberg ;
St 03	Echantillon Pf.: 0,00 - 12,00 m	Teneur en eau ; Sédimentométrie - Granulométrie; - Limites d'Atterberg ;
St04	Echantillon Pf.: 0,00 - 10,00 m	Teneur en eau ; Sédimentométrie - Granulométrie; - Limites d'Atterberg ;

II.5.2 L'essai pressiométrique

L'essai pressiométrique est réalisé dans sondage SP01

Le Tableau représenté les résultats des essais PMT réalisation d'une construction dans avenue chahid sidahmed zitouni. Ces résultats calculées a partir de 2m de profondeur jusqu'à 9 m de profondeur.

Tableau II. 2: résumé des résultats des essais PMT

Prof (m)	E (bars)	PF(bars)	PL (bars)
2.0	1024.06	12.63	16.52
3.0	1633.72	13.72	17.69
4.5	1079.60	13.72	22.23
6.0	805.63	8.48	28.99
7.5	812.68	12.69	24.24
9.0	875.32	13.94	25.45

II.5.3 essais au pénétromètre dynamique lourd

L'essai au pénétromètre dynamique lourd (Figure II5) consiste à faire pénétrer dans le sol par battage un train de tiges lisses, muni à son extrémité d'une pointe, à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée.



Figure II. 4: Essai au Pénétrömètre Dynamique Lourd.

On compte le nombre de coups N correspondant à chaque enfoncement de 20 cm de la tige dans le sol. L'enfoncement en profondeur de la tige est fonction de la compacité du sol. Dans un sol homogène, l'enfoncement est proportionnel au nombre de coups.

On dit que le "refus" est atteint lorsque le nombre de coups N , pour une pénétration inférieure ou égale à 20 cm, devient très élevé (plus de 100 coups) Les résultats des essais sont représentés par des diagrammes donnant, en fonction de la profondeur, la résistance en pointe au battage R_p déduite de la formule des Hollandais. Celle-ci est donnée par :

$$R_d = \frac{M^2 \times g \times H}{e \times (M + M') \times A}$$

Avec :

A : Section droite de la pointe.

e : Pénétration moyenne par coup.

G : Accélération de la pesanteur.

H : Hauteur de chute.

M : Masse du mouton.

M' : Somme des masses du train de tiges, de l'enclume et de la tige guid.

Les valeurs de ces caractéristiques sont variables suivant les types d'appareils. Aussi, tout diagramme de pénétration dynamique devra mentionner ces caractéristiques. Le pénétrömètre dynamique que nous avons utilisé pour la réalisation de nos essais possède les caractéristiques suivantes :

- Pointe de diamètre $\phi_p = 50$ mm, de section $A = 19.63$ cm²;
- Mouton de masse $M = 63.5$ kg ;
- Tige de masse $M = 6.1$ kg, de diamètre $\phi_t = 32$ mm et de longueur 1m.

Concernant notre site, nous avons dix (08) sondages au pénétromètre dynamique lourd (P.D.L.), Les résultats de ces essais sont illustrés par les pénétrogrammes ci-après donnant la variation de la résistance dynamique en pointe R_d en bars, en fonction de la profondeur en mètre.

Les résultats de ces essais sont illustrés par les pénétrogrammes donnant la variation de la résistance dynamique en pointe R_d en bars, en fonction de la profondeur z en mètre.

Tableau II. 3: résumé des résultats des essais Pénétromètre Dynamique Lourd

Sondage	St01	St02	St03	St04	St05	St06	St07	St08
R_d	60	40	30	40	60	80	40	60

Tableau II. 4: résumé des résultats capacité portant admissible

Sondage	St01	St02	St03	St04	St05	St06	St07	St08
Q_{adm}	3	2	1.50	2	3	4	2	3

II.5.4 Les essais de chargement par palier sur plaque (Plate Load Test)

Sont utilisés pour déterminer les caractéristiques de déformation verticale et de résistance du sol et peuvent permettre d'estimer la capacité portante ultime, la résistance au cisaillement et le module de réaction du sol dans les conditions in situ au niveau de l'ancrage du futur bâtiment.

Matériels :

- Contrepoids (camion chargé 26t toléré, chargé à ~30t),
- Plaque circulaire d'un diamètre de 650mm,
- Vérin hydraulique & Pompe hydraulique,
- 03 Compérateurs.

Désignation	Marque	Référence	
VERIN Simple effet 95T	ENERPAC	RC 1006	
Pompe à Main	ENERPAC	P801	
Manomètre avec adaptateur	ENERPAC	GA45GC	
02 Compresseurs 30mm/0,01mm		MT2050E	
01 Compresseur Mécanique 100mm/0,01mm		MT2051E	

Figure II. 5: Matériels de essais Les essais de chargement sur plaque

Le « système de charge de réaction » est nécessaire, qui peut mettre en œuvre de plusieurs manières, le plus souvent par un élément (camions ou engins lourds) qui restera stable tout au long de l'essai. Selon la méthodologie suivante :

- Préparer la zone d'essai et la profondeur du test,
- Placer la plaque sur une fine couche de sable sec et propre pour produire une surface de niveau,
- Placer les 3 comparateurs séparément à 120° sur la plaque pour qu'il y ait une juste mesure du tassement sur toute la plaque,
- Pompe hydraulique reliée à un vérin hydraulique via un tuyau haute pression pour applique la charge,
- Applique la charge sur la plaque par incrément égaux jusqu'à atteindre la charge maximale après le déchargement en libérée dans 3 étapes, et un 2ème cycle de

chargement supplémentaire doit être effectué jusqu'à l'avant dernier étape du 1er cycle,

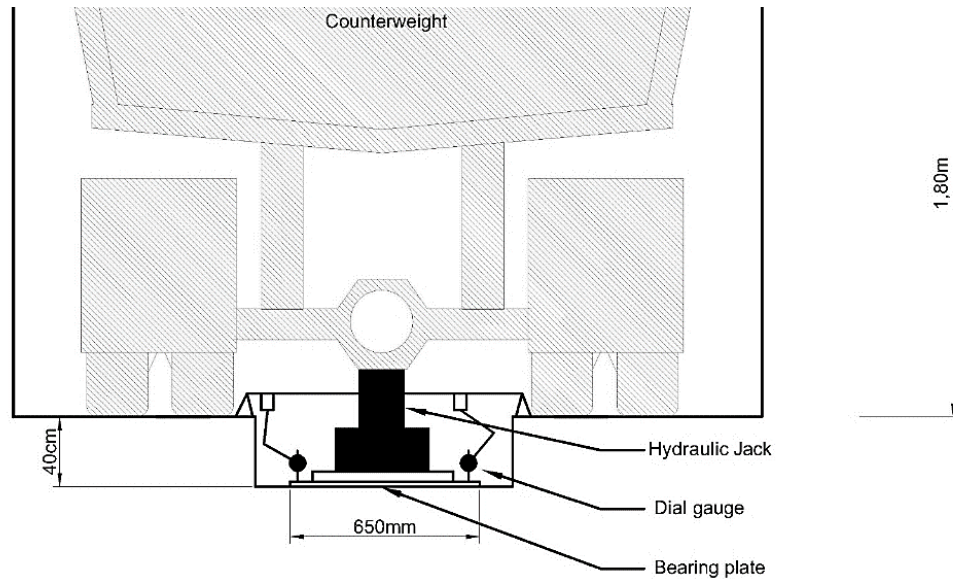


Figure II. 6: Schéma du dispositif de l'essai PLT.

Tableau II. 5: Caractéristiques des essais de chargement.

N°PLT	Côte du T.N*	Prof. De la fouille	Côte de l'essai*	Date de l'essai
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]
PLT1	+101,69	-1,4	+100,3	09/08/2020
PLT2	+101,74	-1,8	+98,9	28/07/2020
PLT3	+100,44	-1,5	+98,9	09/08/2020

Dont les résultats sont donnés ci-après

Tableau II. 6: résumé des résultats de essais PLT1

Time	Duration	Percentage of loading	pressure under plate	Load on plate	manometer reading	Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Average Dial
(hour:min)	(Sec:min)	(%)	(Kpa)	(t)	(bar)	(mm)	(mm)	(mm)	
09:05		0	0	0	0	92,26	23,49	25,04	
0	0	11,11	95	3	23,6	90,75	20,76	23,84	1,813
0,25	15sec					90,74	20,75	23,82	1,827
0,5	30sec					90,7	20,75	23,81	1,843
0,75	45sec					90,7	20,75	23,81	1,843
1	60sec					90,7	20,75	23,81	1,843
2	120sec					90,7	20,75	23,81	1,843
4	4min					90,69	20,75	23,81	1,847
6	6min					90,65	20,75	23,8	1,863
10	10min					90,65	20,75	23,8	1,863
15	15min					90,64	20,75	23,8	1,867
20	20min					90,64	20,75	23,8	1,867
21	0					22,22	190	6	47,3
21,25	15sec	88,58	18,75	21,2	4,087				
21,5	30sec	88,55	18,73	21,19	4,107				
21,75	45sec	88,53	18,72	21,17	4,123				
22	60sec	88,52	18,71	21,16	4,133				
23	120sec	88,51	18,7	21,15	4,143				
25	4min	88,48	18,69	21,13	4,163				
27	6min	88,45	18,68	21,12	4,180				
31	10min	88,44	18,67	21,11	4,190				
36	15min	88,42	18,66	21,1	4,203				
41	25min	88,39	18,66	21,1	4,213				
42	0	33,33	285	9	70,9				
42,25	15sec					85,84	15,52	18,39	7,013
42,5	30sec					85,76	15,46	18,36	7,070
42,75	45sec					85,73	15,42	18,3	7,113
43	60sec					85,71	15,4	18,28	7,133
44	120sec					85,66	15,33	18,2	7,200
46	4min					85,59	15,24	18,13	7,277
48	6min					85,56	15,21	18,1	7,307
52	10min					85,53	15,18	18,06	7,340
57	15min					85,5	15,13	18,03	7,377
67	25min					85,46	15,1	18	7,410
68	0					44,44	380	13	94,5
68,25	15sec	82,79	10,25	15,63	10,707				

68,5	30sec					82,7	10,19	15,55	10,783
68,75	45sec					82,65	10,1	15,48	10,853
69	60sec					82,61	10,04	15,43	10,903
70	120sec					82,51	9,86	15,27	11,050
72	4min					82,42	9,72	15,15	11,167
74	6min					82,4	9,69	15,11	11,197
78	10min					82,34	9,57	15,04	11,280
83	15min					82,28	9,49	14,96	11,353
93	25min					82,21	9,38	14,87	11,443
94	0					78,48	6,08	9,98	15,417
94,25	15sec					78,3	5,8	9,76	15,643
94,5	30sec					78,23	5,65	9,6	15,770
94,75	45sec					78,15	5,54	9,49	15,870
95	60sec					78,1	5,47	9,42	15,933
96	120sec	55,56	475	16	118,2	77,97	5,24	9,23	16,117
98	4min					77,84	5	9	16,317
100	6min					77,76	4,86	8,88	16,430
104	10min					77,68	4,69	8,74	16,560
109	15min					77,61	4,56	8,62	16,667
119	25min					77,5	4,39	8,46	16,813
120	0					76,1	/	6,15	18,668
120,25	15sec					75,8	/	5,9	18,943
120,5	30sec					75,65	/	5,71	19,113
120,75	45sec					75,51	/	5,59	19,243
121	60sec					75,4	/	5,49	19,348
122	120sec	66,67	570	19	141,8	75,17	/	5,25	19,583
124	4min					74,9	/	4,95	19,868
126	6min					74,75	/	4,79	20,023
130	10min					74,55	/	4,56	20,238
135	15min					74,41	/	4,41	20,383
145	25min					74,24	/	4,2	20,573
Nouveau lecture						74,49	13,93	8,95	20,573
146	0					71,18	7,36	4,41	25,380
146,25	15sec					70,87	7,04	4,14	25,680
146,5	30sec					70,68	6,78	3,9	25,910
146,75	45sec					70,49	6,62	3,72	26,087
147	60sec					70,35	6,47	3,6	26,223
148	120sec	77,78	665	22	165,5	69,95	6,03	3,15	26,653
150	4min					69,57	5,6	2,72	27,067
152	6min					69,39	5,41	2,52	27,257
156	10min					69,09	5,09	2,19	27,573
161	15min					68,83	4,8	1,9	27,853
171	25min					68,52	4,45	0,55	28,523
172	0	88,89	760	25	189,1	65,25	/	/	31,793
172,25	15sec					65	/	/	32,043

172,5	30sec					64,84	/	/	32,203
172,75	45sec					64,7	/	/	32,343
173	60sec					64,59	/	/	32,453
174	120sec					64,22	/	/	32,823
176	4min					63,78	/	/	33,263
178	6min					63,51	/	/	33,533
182	10min					63,15	/	/	33,893
187	15min					62,85	/	/	34,193
197	25min					62,49	/	/	34,553
198	0					61,49	/	/	35,553
198,25	15sec					61,35	/	/	35,693
198,5	30sec					61,25	/	/	35,793
198,75	45sec					61,14	/	/	35,903
199	60sec					61,03	/	/	36,013
200	120sec	100	855	34	230	60,75	/	/	36,293
202	4min					60,37	/	/	36,673
204	6min					60,11	/	/	36,933
208	10min					59,75	/	/	37,293
213	15min					59,48	/	/	37,563
223	25min					59,07	/	/	37,973

Tableau II. 7: résumé des résultats de essais PLT 2

Time	Duration	Percentage of loading	pressure under plate	Load on plate	manometer reading	Dial gauge 1	Dial gauge 2	Dial gauge 3	Average dial
(hour:min)	(Sec:min)	(%)	(Kpa)	(t)	(bar)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
09:05		0	0	0	0	30,2	30,46	35,05	
	0	12,5	95	3	23,6	30,3	29,95	34,05	0,470
	15sec					30,3	29,92	34,05	0,480
	30sec					30,29	29,92	34,05	0,483
	45sec					30,29	29,92	34,05	0,483
	60sec					30,29	29,92	34,05	0,483
	120sec					30,29	29,92	34,05	0,483
	4min					30,29	29,92	34,03	0,490
	6min					30,29	29,92	34,02	0,493
	10min					30,29	29,92	34,02	0,493
	15min					30,29	29,92	34,02	0,493
	20min					30,29	29,92	34,02	0,493
Nouveau lecture						29,01	30,88	34,02	0,493
	0	25	190	6	47,3	29,04	29,94	32,9	1,170
	15sec					29	29,94	32,9	1,183
	30sec					29	29,94	32,9	1,183
	45sec					29	29,94	32,9	1,183
	60sec					29	29,94	32,9	1,183
	120sec					29	29,95	32,9	1,180
	4min					28,98	29,93	32,88	1,200
	6min					28,98	29,92	32,88	1,203
	10min					28,97	29,91	32,87	1,213
	15min					28,96	29,9	32,85	1,227
	20min					28,96	29,9	32,85	1,227
	0					37,5	285	9	70,9
	15sec	26,71	27,19	31,7	3,263				
	30sec	26,69	27,15	31,68	3,290				
	45sec	26,66	27,14	31,66	3,310				
	60sec	26,64	27,11	31,65	3,330				
	120sec	26,62	27,09	31,63	3,350				
	4min	26,6	27,05	31,6	3,380				
	6min	26,56	27,01	31,58	3,413				
	10min	26,54	26,98	31,55	3,440				
	15min	26,51	26,95	31,54	3,463				
	25min	26,48	26,92	31,51	3,493				
	0	50	380	13	94,5				
	15sec					25,2	25,75	30,22	4,740
	30sec					25,14	25,69	30,12	4,813
	45sec					25,1	25,65	30,1	4,847

	60sec					25,07	25,63	30,09	4,867
	120sec					25	25,54	30,02	4,943
	4min					24,88	25,45	29,96	5,033
	6min					24,84	25,41	29,9	5,080
	10min					24,76	25,34	29,86	5,143
	15min					24,7	25,3	29,8	5,197
	25min					24,62	25,23	29,79	5,250
	0					22,35	23,15	29,55	6,780
	15sec					22,1	23,05	29,48	6,920
	30sec					22,01	21,95	29,42	7,337
	45sec					21,92	22,88	29,37	7,073
	60sec					21,85	22,8	29,34	7,133
	120sec	62,5	475	16	118,2	21,8	22,76	29,29	7,180
	4min					21,65	22,65	29,2	7,297
	6min					21,55	22,55	29,13	7,387
	10min					21,45	22,45	29,04	7,483
	15min					21,37	22,39	28,99	7,547
	25min					21,27	22,28	28,9	7,647
	0					19,9	21,1	27,7	8,897
	15sec					19,75	21	27,67	8,990
	30sec					19,65	20,95	27,65	9,047
	45sec					19,59	20,9	27,61	9,097
	60sec					19,55	20,85	27,58	9,137
	120sec	75	570	19	141,8	19,34	20,66	27,43	9,320
	4min					19,18	20,5	27,28	9,477
	6min					19,06	19,95	27,21	9,723
	10min					18,88	19,81	27,1	9,867
	15min					18,76	19,69	27,01	9,977
	25min					18,59	19,54	26,9	10,120
Nouveau lecture						16,71	18,15	26,57	10,120
	0					15,9	16,25	26,3	11,113
	15sec					15,9	16,25	26,2	11,147
	30sec					15,9	16,25	26,15	11,163
	45sec					15,9	16,25	26,08	11,187
	60sec					15,9	16,25	26	11,213
	120sec	87,5	665	22	165,5	15,9	16,25	25,8	11,280
	4min					15,9	16,25	25,6	11,347
	6min					15,9	16,25	25,46	11,393
	10min					15,9	16,25	25,25	11,463
	15min					15,9	16,25	25,08	11,520
	25min					15,9	16,32	24,85	11,573
	0					/	/	23,05	13,373
	15sec					/	/	23,05	13,373
	30sec	100	760	25	189,1	/	/	23,05	13,373
	45sec					/	/	23,04	13,383
	60sec					/	/	23,03	13,393

	120sec					/	/	23,01	13,413
	4min					/	/	22,96	13,463
	6min					/	/	22,93	13,493
	10min					/	/	22,88	13,543
	15min					/	/	22,84	13,583
	25min					/	/	22,77	13,653
Nouveau lecture						29	28,1	30,15	13,653
	0					26,8	26,6	30,92	14,630
	15sec					26,7	26,55	30,9	14,687
	30sec					26,57	26,5	30,88	14,753
	45sec					26,49	26,47	30,88	14,790
	60sec					26,43	26,44	30,88	14,820
	120sec		855	28	215	26,2	26,3	30,88	14,943
	4min					25,85	26,12	30,88	15,120
	6min					25,5	25,9	30,88	15,310
	10min					25,25	25,75	30,88	15,443
	15min					24,92	25,55	30,88	15,620
	25min					24,48	25,3	30,88	15,850

Tableau II. 8: résumé des résultats de essais PLT 3

Time	Duration	Percentage of loading	pressure under plate	Load on plate	manometer reading	Dial gauge 3
(hour:min)	(Sec/min)	(%)	(Kpa)	(t)	(bar)	(mm)
09:05		0	0	0	0	31,8
0	0	12,5	95	3	23,6	/
0,25	15sec					/
0,5	30sec					/
0,75	45sec					/
1	60sec					/
2	120sec					/
4	4min					/
6	6min					/
10	10min					/
15	15min					/
20	20min					/
21	0					25
21,25	15sec	/				
21,5	30sec	/				
21,75	45sec	/				
22	60sec	/				
23	120sec	/				
25	4min	/				
27	6min	/				
31	10min	/				
36	15min	/				
41	25min	/				
27,73						
42	0	37,5	285	9	70,9	/
42,25	15sec					/
42,5	30sec					/
42,75	45sec					/
43	60sec					/
44	120sec					/
46	4min					/
48	6min					/
52	10min					/
57	15min					/
67	25min					/
26,38						
68	0	50	380	13	94,5	26,38
68,25	15sec					26,38
68,5	30sec					26,38

68,75	45sec					26,38
69	60sec					26,38
70	120sec					26,38
72	4min					26,38
74	6min					26,38
78	10min					26,36
83	15min					26,35
93	25min					26,33
94	0					26,18
94,25	15sec					26,17
94,5	30sec					26,16
94,75	45sec					26,15
95	60sec					26,15
96	120sec	62,5	475	16	118,2	26,14
98	4min					26,13
100	6min					26,12
104	10min					26,12
109	15min					26,12
119	25min					26,12
120	0					25,88
120,25	15sec					25,85
120,5	30sec					25,84
120,75	45sec					25,84
121	60sec					25,82
122	120sec	75	570	19	141,8	25,79
124	4min					25,75
126	6min					25,74
130	10min					25,7
135	15min					25,68
145	25min					25,65
146	0					25,36
146,25	15sec					25,35
146,5	30sec					25,34
146,75	45sec					25,33
147	60sec					25,32
148	120sec	87,5	665	22	165,5	25,31
150	4min					25,29
152	6min					25,27
156	10min					25,26
161	15min					25,24
171	25min					25,22
172	0					24,93
172,25	15sec	100	760	25	189,1	24,93
172,5	30sec					24,93
172,75	45sec					24,93

173	60sec					24,93
174	120sec					24,93
176	4min					24,92
178	6min					24,9
182	10min					24,89
187	15min					24,88
197	25min					24,86

II.6 Essais en laboratoire :

II.6.1 Limites d'Atterberg :

En fonction de la teneur en eau, un sol remanié se présente suivant des consistances variables pour lesquelles on peut distinguer trois états : état liquide, état plastique et état solide.

Le passage du sol d'un état à un autre se fait graduellement et les frontières séparant ces états sont définies conventionnellement par ce qu'on appelle les "limites d'Atterberg".

Les limites d'Atterberg sont donc deux teneurs en eau particulières, déterminées expérimentalement (figure 4.1) qui séparent les trois (03) états de consistance ; celle qui sépare l'état liquide de l'état plastique est appelée "limite de liquidité", notée w_L , celle qui sépare l'état plastique de l'état solide est appelée "limite de plasticité", notée w_P .



Figure II. 7: Essai de limites d' Atterberg.

Tableau II. 9: résumé des résultats de Essai de limites d'Atterberg.

Mesure	St01	St02	St03	St04
Nombre de coups	25	25	25	25
Teneurs en eau %	16.21		14.97	20.66

Tableau II. 10: résumé des résultats de Essai de limites d'Atterberg.

Nombre de sondage	Wl %	Wp %	Ip %	Ic
St01	30	22	8	1.71
St02	27	21	6	
St03	31	23	8	1.95
St04	28	22	6	1.27

II.6.2 Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau. Selon la taille des grains, cette analyse comprend deux opérations:

Le tamisage :

L'analyse granulométrique par tamisage se fait pour les particules du sol de dimensions supérieures à ou égale à 80 micromètres. Elle consiste à tamiser l'échantillon de sol sec de masse "m" par une série de tamis superposés (figure 5.1) de diamètres décroissants de haut en bas. On mesure les masses de sol retenues par les différents tamis (appelées refus) et on en déduit les masses de sol ayant traversé les tamis (appelés tamisas).

**Figure II. 8:** Granulométrie par tamisage. (Série de tamis).

Les résultats de cette analyse sont traduits sous forme de courbe, dite "courbe granulométrique", tracée dans un repère semi-logarithmique, d'ordonnée les tamis exprimés en pourcentage (%) et d'abscisse les diamètres des tamis en mm.

La sédimentométrie :

L'analyse granulométrique par sédimentométrie (figure 5.2) se fait pour les particules de dimensions inférieures à 80 micromètres. Elle consiste à dissoudre un échantillon du sol dans une quantité d'eau et de le laisser se décanter. En se basant sur la loi de Stocks, qui donne la vitesse d'une particule tombant sous l'action de la pesanteur dans un liquide visqueux, on calcul les diamètres des particules "Dy" et les pourcentages y correspondants. De même que pour l'analyse granulométrique par tamisage, les résultats permettent de tracer la courbe granulométrique pour les diamètres inférieurs à 80 µ m.



Figure II. 9: Granulométrie par sédimentométrie (Eprouvette et agitateur).

Il convient de signaler que l'analyse granulométrique contribue à l'identification du matériau et permet de prévoir certaines de ses propriétés. Elle est notamment utilisée pour la classification des sols grenus, qui nécessite le calcul de deux coefficients de forme :

- Le coefficient d'uniformité : $Cu = D_{60}/D_{10}$
- Le coefficient de courbure : $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$

(Dn étant le diamètre des grains pour lequel sont inférieurs n% des grains).

Dn est à signaler que l'analyse granulométrique, par tamisage ou par sédimentométrie, s'effectue sur des échantillons remaniés.

Pour le site étudié, nous avons quatre (04) analyses granulométriques, dont les résultats sont donnés ci-après.

Tableau II. 11: résumé des résultats de sédimentométrie

Sondage	Profondeur	M 80%	2mm%	Cu	Cc
---------	------------	-------	------	----	----

St01	3.2m—3.5m	87.01%	98.58%		
St02	5.00m--5.3m	70.98%	96.76%		
St03	4.7m--5m	29.77%	52.86%		
St04	8.0m—8.6m	86.88%	97.16%		

Essais d'analyse chimique :

Dans le but de se prononcer sur l'agressivité ou non du sol, une analyse chimique a été réalisée sur un échantillon de sol extrait du site, les résultats sont donnés au tableau n°(...) suivant :

Tableau II. 12: résumé des résultats de Essais d'analyse chimique

Projet	Sondage	Profondeur m	Mg/kg SO ₄ ⁻²	% chlorures	PH
Villas promotionnel a AVE Sidahmed zitouni-Blida	St01	1.50/1.80	Trace	0,5502	7.64

Interprétation :

Selon la DTR BE1.31 :

Tableau II. 13: résumé des résultats de Essais d'analyse chimique

pH	> 7	Non agressive	pas de mesure particulière
----	-----	---------------	----------------------------

Selon la norme NA 778 de 2010 relatif à la norme NFT 18-011 (Juin 2009). L'échantillon est classé comme suit :

Tableau II. 14: résumé des résultats de Essais d'analyse chimique

Spécification Sulfates mg/kg	Classe D'agressivité	Niveau De protection
< 2000	Non Agressive	pas de recommandations particulières

Interprétation des essais en laboratoire :

Classification de sol :

Cet indice permet d'apprécier l'état de consistance du sol argileux , comme le montre le tableau

Une grandeur assez courante en pratique est la teneur en eau correspondant a la saturation des vides par l'eau , soit w_{sat} . la teneur en eau naturelle du sol ne peut dépasser la teneur en eau de saturation que dans le cas du gonflement d'un sol argileux .

Marges de consistance et de plasticité des sols argileux :

Tableau II. 15: Marges de consistance et de plasticité des sols argileux

Ic	< 0	0-0.25	0.25-0.5	0.5-0.75	0.75-1.0	>1.0
consistance	liquide	Très molle	molle	ferme	Très ferme	Dure
Etat physique	liquide	Plastique				solide

Sondage 01 : $I_c = 1.71 > 0.1$ donc la consistance due et l'Etat physique solide

Sondage 03 : $I_c = 1.95 > 0.1$ donc la consistance due et l'Etat physique solide

Sondage 04 : $I_c = 1.27 > 0.1$ donc la consistance due et l'Etat physique solide

On peut classer le sol pulvérulent selon la valeur de son indice de densité , comme le montre le tableau ...

Tableau II. 16: état de densité des sols pulvérulents .

Id (%)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Densité	Très lâche	Lâche	Moyen	Dense	Très dense

- $$I_d = \frac{E_{max} - E}{E_{max} - E_{min}}$$

$$E_{max} = 0.92$$

$$E_{min} = 0.35$$

$$E = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$$

$$E = 0.5$$

En représenté dans équation

En trouve : $I_d = 0.73 \rightarrow I_d = 73\%$

Selon le tableau Etat de densité des sols pulvérulents

Le sole entre 60-80% alors le sole et dense

Classification des sols Selon leurs propriétés mécaniques

$$P_l = 22.52 \text{ bars} \rightarrow 2.52 \text{ MPA}$$

Alors $P_l > 2.5$

La classe de sol est argiles très fermes a dures

La classification d'un sol a pour objectif de regrouper dans une même catégorie les sols ayant les mêmes caractéristiques physiques. La classification proposée par Casagrande (1948) a été adoptée par les américains dans le système unifié U.S.C.S. (Unified Soil Classification

System). La classification Française, proposée par le L.C.P.C. (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), s'inspire de cette dernière et se base sur la courbe granulométrique, les limites d'Atterberg ainsi que la teneur en matière organique T.M.O.

Les résultats de la classification des sols du site de notre projet sont donnés sur le tableau

Tableau II. 17: Résultats de la classification des sols du site.

Sondage	Prof(m)	M 80 %	M 2mm %	WL	IP	Classe
St01	3.2m_3.5m	87.01%	98.58%	30	8	Ap :argile peu plastique
St02	5.0m_5.3m	70.98%	96.76%	27	6	Ap :argile peu plastique
St03	4.7m_5m	29.77%	52.86%	31	8	Ap :argile peu plastique
St04	8.0m_8.6m	86.88%	97.16%	28	6	Ap :argile peu plastique

D'après la classification du système LCPC, l'échantillon de sol est classé comme "argile peu plastique" de symbole Ap.

II.7 Conclusion

A partir à l'ensemble des essais in-situ et de laboratoire, on peut conclure principalement ce qui suit :

- **Présence d'eau :**

Il n'y a pas d'eau sur le site

- **Capacité portante du sol :**

Le sol présente une capacité portante moyenne .

Agressivité du sol :

D'après la composition chimique de cet échantillon, nous pouvons conclure que le sol du site est non agressif

La nature de sol :

Sable argileux.

Chapitre III :

Etude de cas modélisation et calcul du programme PLAXIS

III.1 Introduction :

La plupart de temps lorsque nous mentionnons la capacité portante du sol et comment y arriver , tout le monde dit « les essais de laboratoire » .

Car avez-vous déjà pensé qu'il pouvant être atteint sans ces essais ?

Dans ce chapitre nous discuterons d'une nouvelle méthode , le quel extrait la capacité portante par des essais plate load test .

III.2 Les éléments finis

La méthode des éléments finis est un outil de mathématiques appliquées, elle consiste à remplacer un problème complexe à solution inconnu par un problème simple qu'on sait résoudre. Cette méthode est utilisée en analyse numérique pour permettre la résolution des équations aux dérivées partielles. Celles-ci par exemple peuvent de représenter le comportement dynamique de certain système physiques (mécaniques, géotechniques, thermodynamiques, etc...) d'un point de vue analytique. Ainsi la méthode des éléments approcher permet la détermination de solution approchée sur un domaine spatial.

III.3 La méthode des éléments finis en géotechnique

L'introduction de l'application informatique et de la MEFS dans le monde de la géotechnique [6] à travers un logiciel conçu pour l'analyse stochastique des déplacements et des contraintes dans le sol au cours des excavations réalisées pour la construction du métro de Mexico. Une méthode analogue a été utilisée par Baecher et Al (1981) pour l'étude des incertitudes sur les tassements des fondations. Au plus tard Magnan a développé un logiciel de MFES en 1987 [7].

L'application informatique et méthodes numériques (différences finies ou éléments finis) a connu un large développement dans le domaine de modélisation des déplacements, déformations et contraintes dans les sols et les ouvrages en terre. Cependant dans le domaine de la géotechnique elle présente maintes incertitudes. En effet le choix des paramètres des lois de comportement à introduire dans le calcul est particulièrement délicat ; tandis que les propriétés des sols naturels ou compactés présentent généralement des variations spatiales importantes et des techniques directes ou indirectes utilisées pour les déterminer sont souvent peu fiables. Ils s'ajoutent à cela les incertitudes concernant les sollicitations, les conditions aux limites et la méthode de calcul elle-même. Mais on se doit

de reconnaître que les incertitudes les plus graves sont celles induites par une mauvaise connaissance des propriétés des sols.

On évalue ces incertitudes sur le comportement des sols et des ouvrages par le biais de techniques statistiques et probabilistes.

Aujourd'hui, la problématique déterminante lors de la conception ou la vérification d'un ouvrage est liée non seulement au dimensionnement de celui-ci, mais aussi aux déformations engendrées par sa construction ou sa réfection : les nuisances associées à ces déformations ne sont plus admises par les collectivités publiques ou les riverains du projet. La méthode des éléments finis est la seule permettant l'estimation a priori de ces déformations. Il est néanmoins nécessaire d'avoir recours à des modèles constitutifs adaptés afin de les évaluer de manière correcte.

III.4 Méthodes des éléments finis

III.4.1 Hypothèses de calcul et modèles numériques

Le choix des hypothèses de calcul et, notamment, d'un modèle de comportement pour chaque sol présent sous l'ouvrage à étudier doit tenir compte des contraintes économiques et de délai de l'étude, et aussi qu'aux informations disponibles sur les différents aspects du problème. Par ailleurs, une trop grande complexité du modèle numérique peut créer des risques d'erreurs importants et rendre l'exploitation des calculs plus difficile.

La modélisation par éléments finis d'un ouvrage est donc constituée par un ensemble d'hypothèses, toujours simplificatrices sur :

- Le modèle géométrique (maillage, limites entre les couches, discontinuités, etc.).
- Le modèle de charge (estimation des forces et des pressions, des déplacements imposés, définition du phasage des travaux, conditions aux limites, décomposition en incréments pour la résolution en comportement non linéaire, etc.)
- Le modèle hydraulique (sol saturé, état initial, écoulement permanent ou transitoire, position de la surface libre, consolidation, etc.).
- Les modèles de matériaux (élasticité, élasto-plasticité, viscoplasticité, etc.) ;
- Le modèle d'évolution (choix des pas de temps à considérer, historique des charges)
- Les modèles de structures (poutres, coques, plaques, élasticité, élasto-plasticité, etc.).
- Les modèles d'interaction sol-structures (lois d'interface, modules de réaction, etc.).

Ces hypothèses ne sont pas fondamentalement différentes de celles de toutes les études géotechniques, mais la complexité plus grande des modèles de calcul oblige à fixer plus de conditions et à déterminer plus de paramètres que dans les calculs courants.

Pour que les résultats demeurent réalistes, les hypothèses de calcul ne doivent pas négliger les aspects essentiels d'un problème : par exemple, on ne peut négliger les aspects mécaniques liés au frottement dans la modélisation d'un pieu, ni les effets du front de taille dans la modélisation du creusement d'un tunnel, ni les effets des écoulements transitoires dans les sols peu perméables, etc.

On peut se permettre beaucoup d'hypothèses et d'approximations seulement si l'on a bien repéré et modélisé les caractères essentiels représentatifs du comportement de l'ouvrage étudié.

En général, l'observation d'ouvrages réels permet de mettre en évidence ces caractères essentiels.

III.4.2 Le plan général du programme PLAXIS

PLAXIS est un programme d'éléments finis en deux dimensions spécialement conçues pour réaliser des analyses de déformation et de stabilité pour différents types d'applications géotechniques. Les situations réelles peuvent être représentées par un modèle plan ou axisymétrique. Le programme utilise une interface graphique pratique permettant aux utilisateurs de générer rapidement un modèle géométrique et un maillage d'éléments finis basés sur la coupe verticale de l'ouvrage à étudier [5].

L'interface d'utilisation de PLAXIS se compose de quatre sous-programmes :

- Input,
- Calculations,
- Output
- Curves.

La génération d'un modèle d'éléments finis à deux dimensions avec PLAXIS est basée sur un modèle géométrique. Ce modèle géométrique est créé dans le plan (x, y) du système de coordonnées global, alors que la direction z est perpendiculaire à ce plan. Dans le système de coordonnées global, la direction z positive pointe vers l'utilisateur. Bien que PLAXIS version 8 soit un programme 2D, les contraintes sont basées sur un système de coordonnées cartésiennes 3D. Dans une analyse en déformations planes, szz correspond à

la contrainte perpendiculaire au plan de la coupe. Dans une analyse axisymétrique, x représente la direction radiale, y la direction axiale et z représente la direction tangentielle. Dans ce cas, s_{xx} représente la contrainte radiale et s_{zz} la contrainte circonférentielle [5].

Dans tous les résultats, les contraintes et forces de compression, incluant les pressions interstitielles, sont comptées négativement, alors que les contraintes et efforts de traction sont comptés positivement.

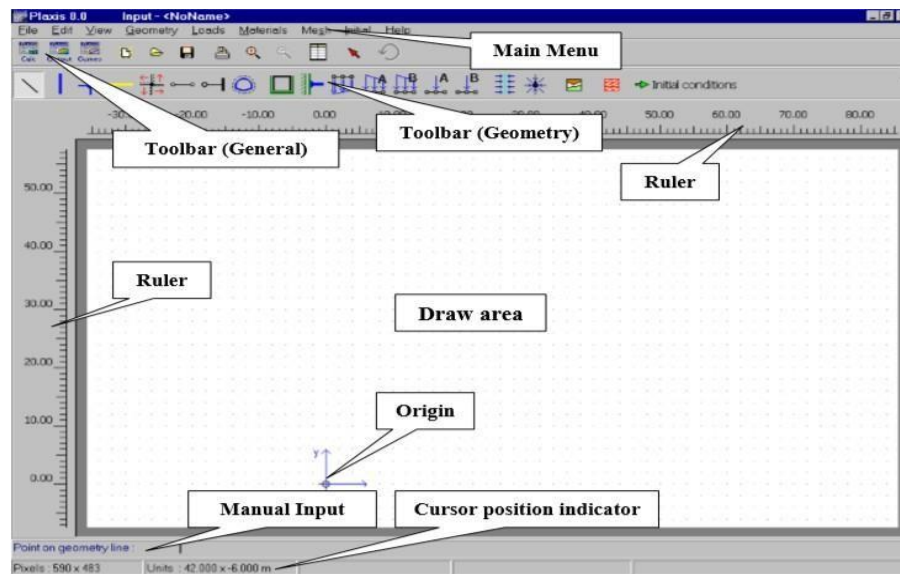


Figure III. 1: Fenêtre principale du programme d'entrée des données (Input).

III.4.3 Manipulation des fichiers

Dans PLAXIS, toutes les manipulations de fichiers sont effectuées grâce à une version modifiée du gestionnaire de fichiers Windows. Avec ce gestionnaire de fichiers, il est possible d'accéder à des fichiers dans n'importe quel répertoire admissible de l'environnement de l'ordinateur (ou du réseau). Le fichier principal utilisé pour stocker les informations d'un projet PLAXIS s'appelle .PLX, où est le nom du projet. En plus de ce fichier, des données supplémentaires sont placées dans divers fichiers du sous-répertoire .DTA. En général, il n'est pas nécessaire d'entrer dans ce répertoire parce qu'il n'est pas possible de lire directement les fichiers de ce répertoire. Lorsqu'un fichier de projet PLAXIS (*.PLX) est sélectionné, une représentation de la géométrie du projet apparaît dans le gestionnaire de fichiers pour fournir un aperçu facile et rapide [5].

III.4.4 Procédure d'entrée des données :

Dans PLAXIS, les données sont saisies par une alternance de clics et mouvements de souris, et grâce à l'utilisation du clavier. De façon générale, on peut faire la distinction entre quatre types de données :

- La définition des objets géométriques (par ex. : dessiner une couche de sol)
- La saisie de texte (par ex. : entrer un nom de projet)

La saisie de valeurs (par ex. : entrer une masse volumique)

- Les sélections (par ex. : choisir un modèle de sol)

La souris est généralement employée pour les dessins et les sélections, alors que le clavier sert à saisir texte et valeurs [5].

III.4.5 L'entrée des données de pré-traitement

Pour réaliser une analyse suivant la méthode des éléments finis avec PLAXIS, l'utilisateur devra créer un modèle numérique et spécifier les propriétés des matériaux et les conditions aux limites. Ceci se fait à l'aide du programme d'entrée des données (Input). Pour générer un modèle d'éléments finis, l'utilisateur doit créer un modèle géométrique à deux dimensions composées de points, de lignes et d'autres composants.

La génération d'un maillage approprié, des propriétés et des conditions aux limites élément par élément est réalisée automatiquement par le générateur de maillage de PLAXIS à partir du modèle géométrique précédemment entré. Les utilisateurs peuvent aussi retoucher le maillage d'éléments finis pour améliorer ses performances. La dernière partie de l'entrée des données comprend la génération des pressions interstitielles et des contraintes effectives pour définir l'état initial [5].

III.4.6 Le programme d'entrée des données (input) :

Cette icône représente le programme d'entrée des données (Input). Ce programme contient tout ce qui est nécessaire pour créer et modifier un modèle géométrique, pour générer le maillage d'éléments finis correspondant et pour générer les conditions initiales. La génération des conditions initiales est faite dans un menu spécifique du programme Input (mode conditions initiales). La description se concentre tout d'abord sur la création d'un modèle géométrique et d'un maillage d'éléments finis (mode de création géométrique).

Au début du programme Input, une boîte de dialogue apparaît ; on peut y choisir d'ouvrir un projet existant ou d'en créer un nouveau. Si "nouveau projet" (New project) est sélectionné, la fenêtre des réglages généraux (General settings) apparaît ; tous les paramètres de base du nouveau projet peuvent être saisis. Si l'utilisateur choisit d'ouvrir un projet existant (Existing project) la boîte de dialogue permet une sélection rapide de l'un des quatre projets les plus récents. Si le projet voulu n'apparaît pas dans la liste, l'option

<<>> peut être utilisée. Le gestionnaire de fichiers apparaît alors, ce qui permet à l'utilisateur d'avoir un aperçu de tous les répertoires accessibles et de sélectionner le fichier de projet PLAXIS souhaité (*.plx). Après le choix d'un projet existant, le modèle géométrique correspondant est présenté dans la fenêtre principale [5].

III.5 Réglages généraux :

La fenêtre des réglages généraux (General settings) apparaît lors de la création d'un nouveau projet et peut ensuite être ouverte depuis le menu File. Cette fenêtre contient les onglets de projet (Project) et de dimensions (Dimension). L'onglet Project contient le nom du projet, une description, le type de projet et les données d'accélération. L'onglet Dimensions contient les unités fondamentales de longueur, de force et de temps et les dimensions de la table à dessin.

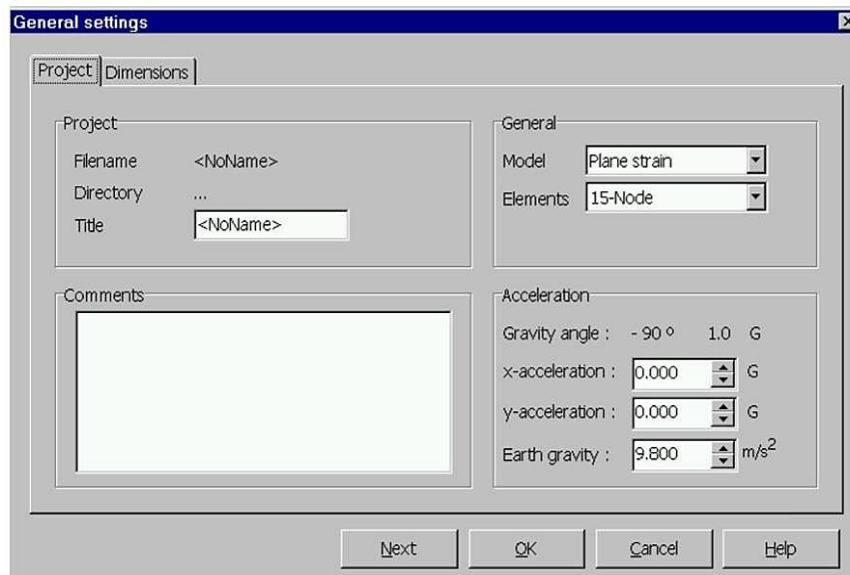


Figure III. 2: Fenêtre de réglages généraux (onglet Project).

III.5.1 Le type de modèle (Model) :

PLAXIS Version 8 peut être utilisé pour réaliser des analyses par éléments finis en deux dimensions. Les modèles d'éléments finis peuvent être soit plans (Plane strain), soit axisymétriques (Axisymmetric). Des programmes de PLAXIS séparés sont disponibles pour effectuer des analyses 3D.

Le réglage par défaut du paramètre Model est Plane strain. Ces modèles en déformations planes (Plane strain) sont utilisés pour des structures ayant une section (plus ou moins) uniforme, et avec un état de contraintes et un schéma de chargement uniformes sur une longueur suffisante perpendiculairement à la section (direction z). Les déplacements

perpendiculaires à la section sont considérés comme nuls. Cependant, les contraintes normales dans la direction z sont intégralement prises en compte[5].

Les modèles axisymétriques (Axisymmetric) sont utilisés pour des structures circulaires ayant une section radiale (plus ou moins) uniforme, avec un schéma de chargement réparti autour de l'axe central et des états de contrainte et de déformation identiques selon les directions radiales. A noter que pour les problèmes axisymétriques, la coordonnée x représente le rayon et la coordonnée y correspond à l'axe de symétrie. Il ne faut pas utiliser dans ce cas de coordonnées x négatives. Pour un modèle d'éléments finis à deux dimensions, le choix de Plane strain ou de Axisymmetry a pour conséquence de ne laisser que deux degrés de liberté en translation par nœud dans les directions x et y .

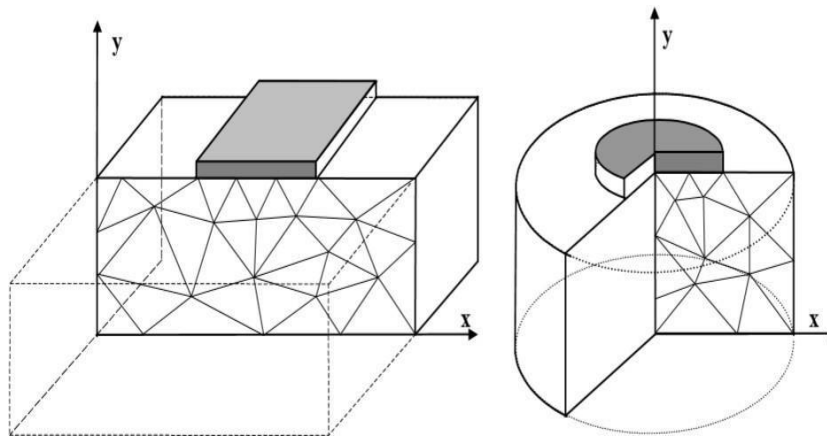


Figure III. 3: Exemples de problèmes en déformations plane et axisymétrique.

III.5.2 Les éléments :

L'utilisateur doit sélectionner des éléments triangulaires à 6 ou 15 nœuds pour modéliser les couches de sol et autres éléments de volume. L'élément par défaut est le triangle à 15 nœuds. Il fournit une interpolation du quatrième ordre pour les déplacements et l'intégration numérique se fait sur douze points de Gauss (points de contrainte). Pour le triangle à 6 nœuds, l'interpolation est d'ordre deux et l'intégration numérique se fait sur trois points de Gauss. Le type d'éléments pour les éléments de structure est automatiquement compatible avec le type d'éléments de sol choisis.

Le triangle à 15 nœuds est un élément très précis qui a produit des résultats en contraintes de haute qualité sur différents problèmes. L'utilisation des triangles à 15 nœuds implique une consommation de mémoire assez élevée, et les calculs et la manipulation sont donc un peu ralentis. C'est pour cela qu'un type d'éléments plus simple est également disponible.

Le triangle à 6 nœuds est un élément relativement précis donnant de bons résultats pour les

analyses standards en déformations, à condition d'utiliser un nombre suffisant d'éléments. Cependant, il faut être prudent dans le cas de modèles axisymétriques ou dans des situations où une rupture (possible) est à prendre en compte, comme un calcul de capacité portante ou le calcul de coefficient de sécurité selon la méthode de phi-c reduction. Les charges à la rupture et les coefficients de sécurité sont généralement surévalués avec des éléments à 6 nœuds. Pour ces calculs, il convient d'utiliser plutôt des éléments à 15 nœuds. Un élément à 15 nœuds peut être imaginé comme la réunion de quatre éléments à 6 nœuds, étant donné que le nombre de nœuds et de points de contraintes est identique dans les deux cas. Néanmoins, un élément à 15 nœuds est plus puissant que quatre éléments à 6 nœuds réunis.

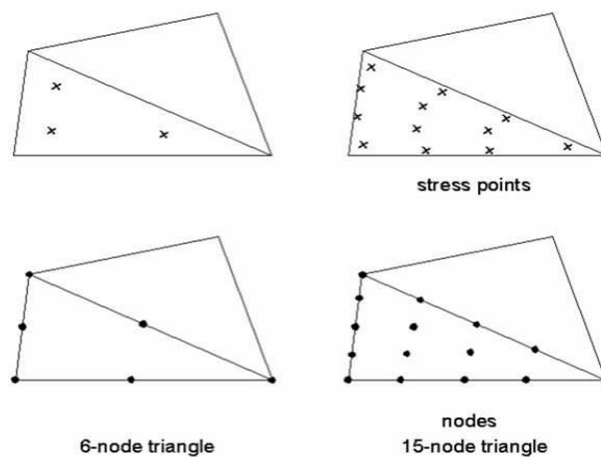


Figure III. 4: Position des nœuds et des points de contrainte dans les éléments de sol.

En plus des éléments de sol, des éléments de plaque compatibles sont utilisés pour simuler le comportement de murs, plaques et coques et des éléments de géogrilles sont utilisés pour simuler le comportement des géogrilles et des treillis. De plus, des éléments d'interface compatibles sont utilisés pour simuler l'interaction sol-structure. Enfin, le mode de création de la géométrie permet l'implantation d'ancrages à tête fixe (butons) et d'ancrages nœud- à nœud[5].

- **Gravité et accélération :** Par défaut, l'accélération de la gravité terrestre, g , est fixée à $9,8 \text{ m/s}^2$ et la direction de la gravité coïncide avec l'axe des y négatifs, c'est-à-dire une orientation de -90° dans le plan (x,y) . La gravité est implicitement incluse dans les unités de poids spécifiées par l'utilisateur. De cette manière, la gravité est contrôlée par le coefficient de charge total relatif au poids des matériaux, $S \text{ Mweight}$.

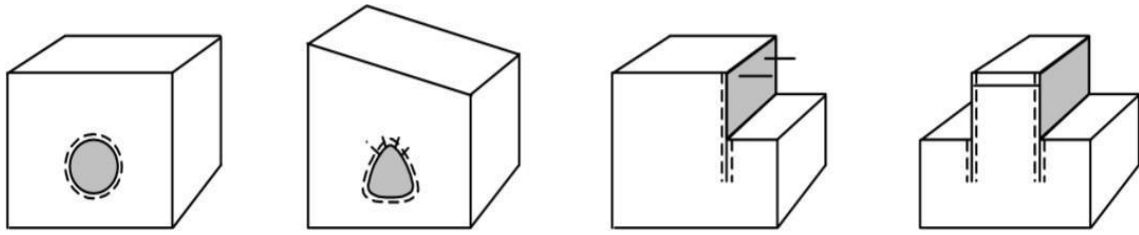


Figure III. 5: Applications pour lesquelles des plaques, des ancrages ou des interfaces sont utilisés.

L'outil "plaques" peut être sélectionné à partir du menu Geometry ou en cliquant sur le bouton correspondant dans la barre d'outils. La création de plaques dans un modèle géométrique est similaire à celle de lignes géométriques. Lorsque des plaques sont créées, les lignes géométriques correspondantes sont créées simultanément. Il n'est donc pas nécessaire de créer d'abord une ligne géométrique à la future position d'une plaque. Les plaques peuvent être effacées en les sélectionnant dans la géométrie et en appuyant sur la touche Suppr du clavier[5].

- **Propriétés des matériaux :** Dans PLAXIS, les propriétés du sol et les propriétés des matériaux des structures sont toutes stockées dans une base de données. Il y a quatre types différents de matériaux : sols et interfaces (Soil & Interfaces), plaques (Plates), géogrilles (Geogrids) et ancrages (Anchors).

À partir de la base de données, ces paramètres peuvent être assignés à des couches de sol, ou aux éléments de structure dans le modèle géométrique.

Donner à introduire lors de la modélisation de clouage : En utilisant le logiciel Plaxis en a des valeurs par défaut déjà estimé tel que le poids volumique non saturé, le poids volumique saturé, la cohésion l'angle de frottement de sol, le module de Young le coefficient de poisson ...etc.

Génération des pressions hydrauliques

Après la saisie des nappes phréatiques ou la saisie de conditions aux limites pour un calcul des pressions hydrauliques. Ceci s'effectue en cliquant sur le bouton de génération des pressions hydrauliques (Generate water pressures) (croix bleues) situé dans la barre d'outils ou en sélectionnant l'option Water pressures depuis le menu Generate. Une fenêtre apparaît alors dans laquelle l'utilisateur doit spécifier s'il veut générer les pressions hydrauliques à partir de la nappe phréatique ou au moyen d'un calcul d'écoulement. La première option est rapide et directe alors que la seconde peut être plus réaliste mais requiert la saisie de plus de données et prend plus de temps .



Figure III. 6: Fenêtre de génération des pressions hydrauliques.

- **Génération à partir de la nappe phréatique**

La génération au moyen de nappes phréatiques (Phreatic levels) est basée sur la saisie d'une nappe phréatique générale, des nappes phréatiques de couche et des autres options. Cette génération est directe et rapide. Lorsque les pressions hydrauliques sont générées à partir de nappes phréatiques et que des couches ont été désactivées dans la configuration géométrique initiale, aucune distinction n'est faite entre couches actives et couches inactives. Cela signifie que les pressions interstitielles en régime permanent sont générées aussi bien pour les couches actives que pour les couches inactives, en fonction du niveau de la nappe phréatique correspondante. Si l'utilisateur décide d'éliminer les pressions hydrauliques dans certaines couches [5],

III.6 Étude d'essai plate load test :

Le but de cette étude est de déterminer la capacité portant de sol à partir d'essai PLT

Et en vas modéliser avec logiciel plaxis.

Au fan en vas comparé les résultat trouvé avec les résultat de laboratoire.

Les caractéristique géotechniques prises comme paramètres initiaux dans les calculs sont extraites des essais de laboratoire et qui les suivants :

Tableau III. 1: Les caractéristique géotechniques pour modélisation

Nom de la couche	γ_d	ϕ	C_u (KPA)	E_{odm} (MPa)
Argile graveleuse	18	0	90	155

III.6.1 Calculation : calculer l'essais plate load test 1 a profondeur 1.4m :

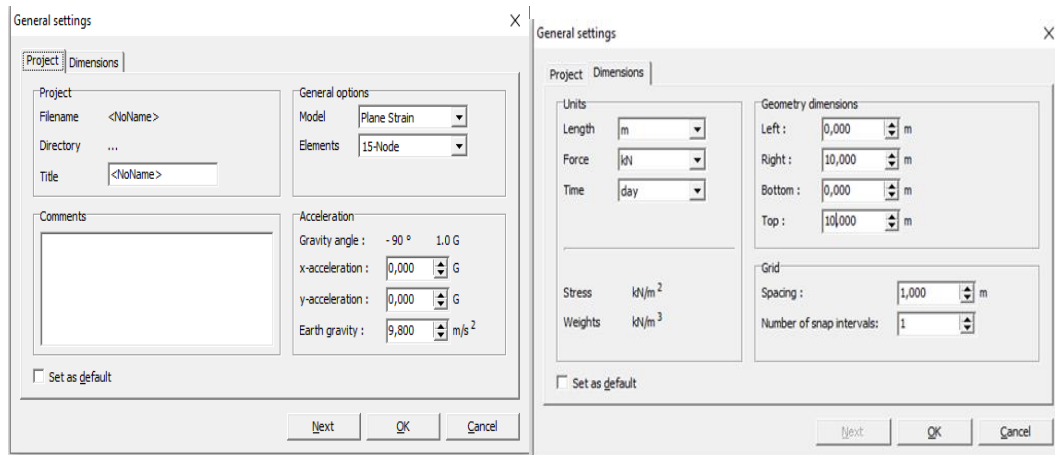


Figure III. 7: Première fenêtre de réglage générale.

Une fois on introduit ces données on entame la modélisation , en séparant les couches. Tout cela est fait par l'utile ligne (geometry line). Puit on fixe les condition limite par l'utile (standard fixities).

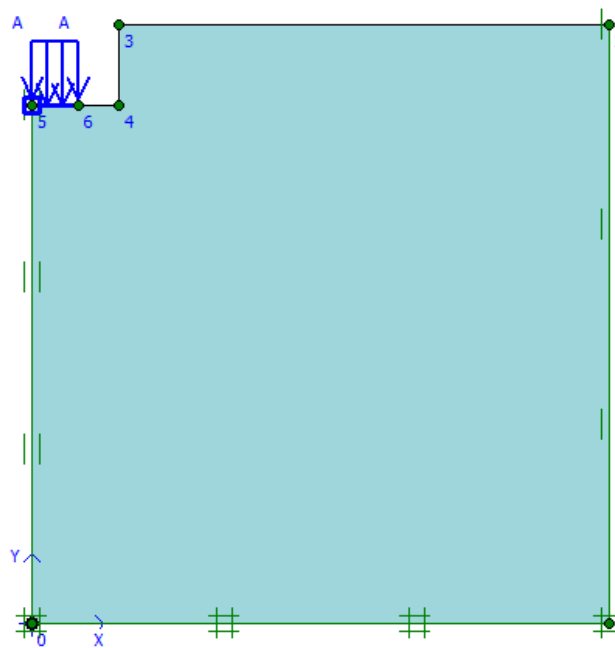


Figure III. 8: représentation de profile.

L'étape suivante est la définition de chaque couche de sol par l'utile material sets. On peut choisir le type sur une bibliothèque présente sur logiciel qu'on peut modifier les caractéristiques

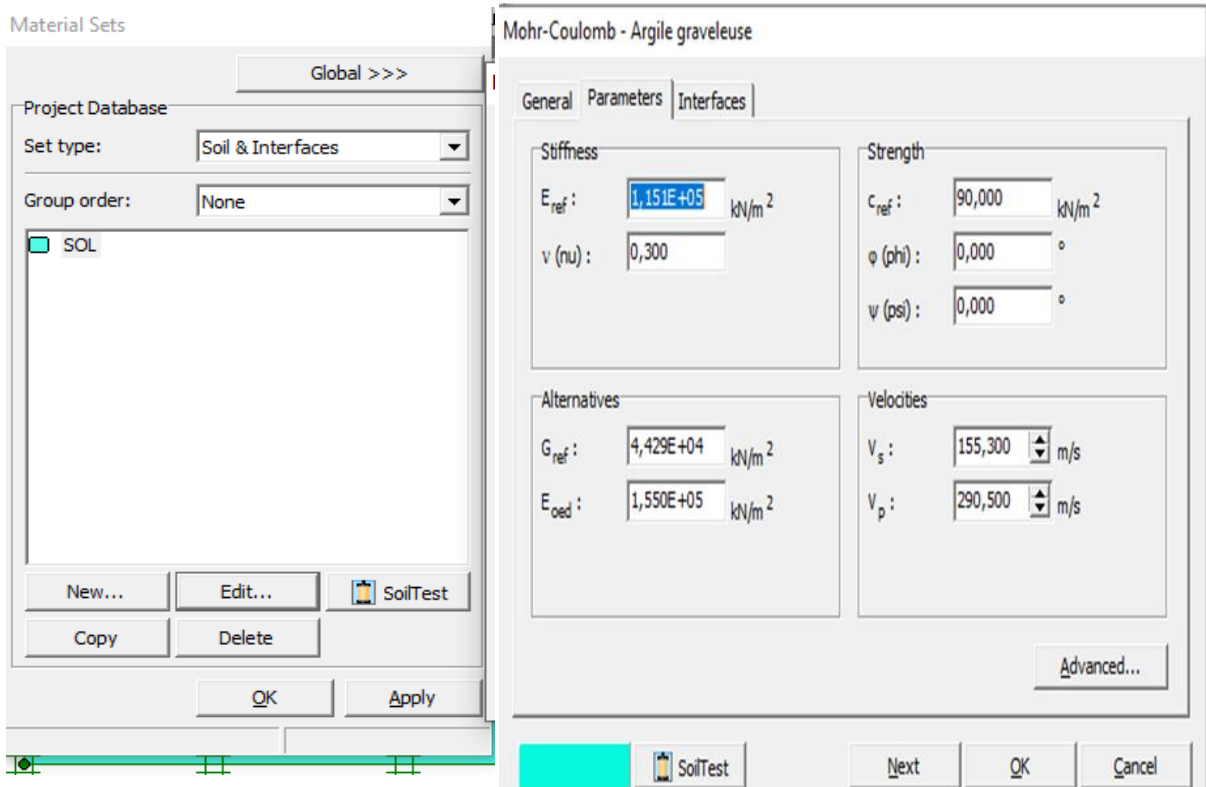


Figure III. 9: fenêtre de réglage des caractéristiques des matériaux.

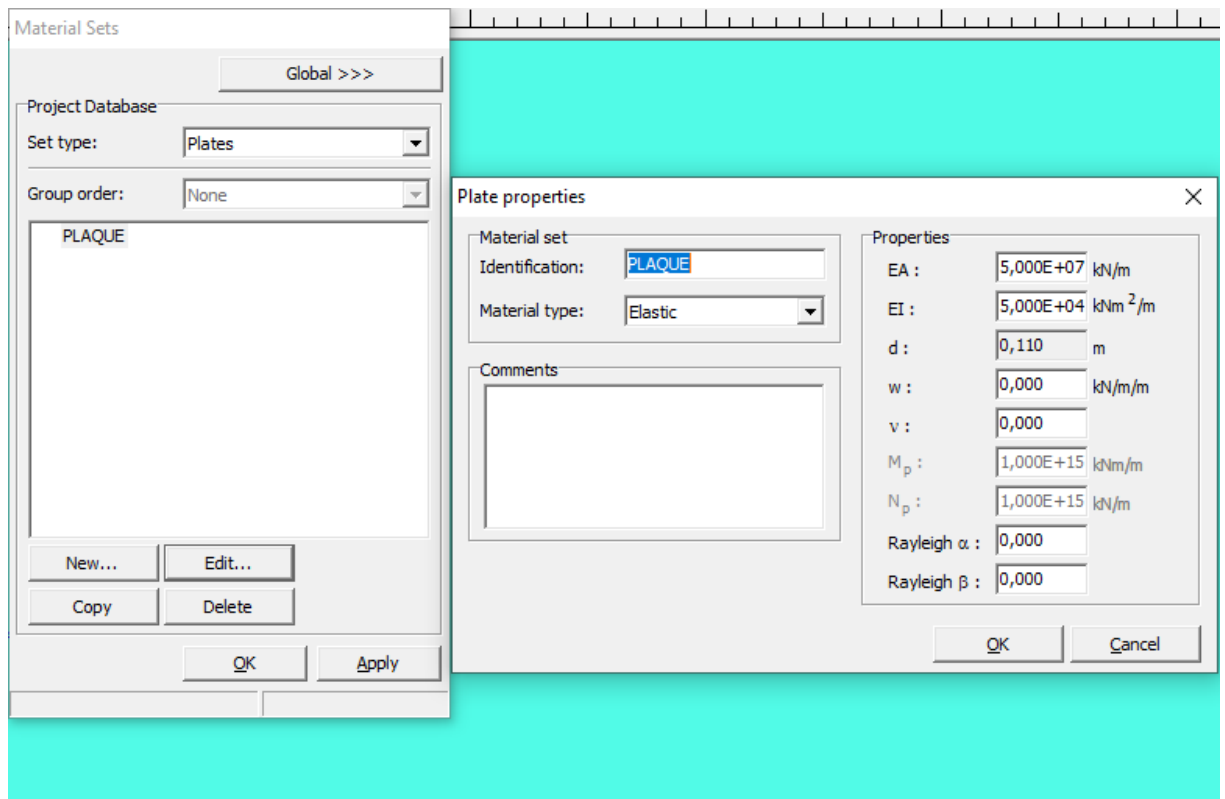


Figure III. 10: fenêtre de réglage des caractéristiques des matériaux.

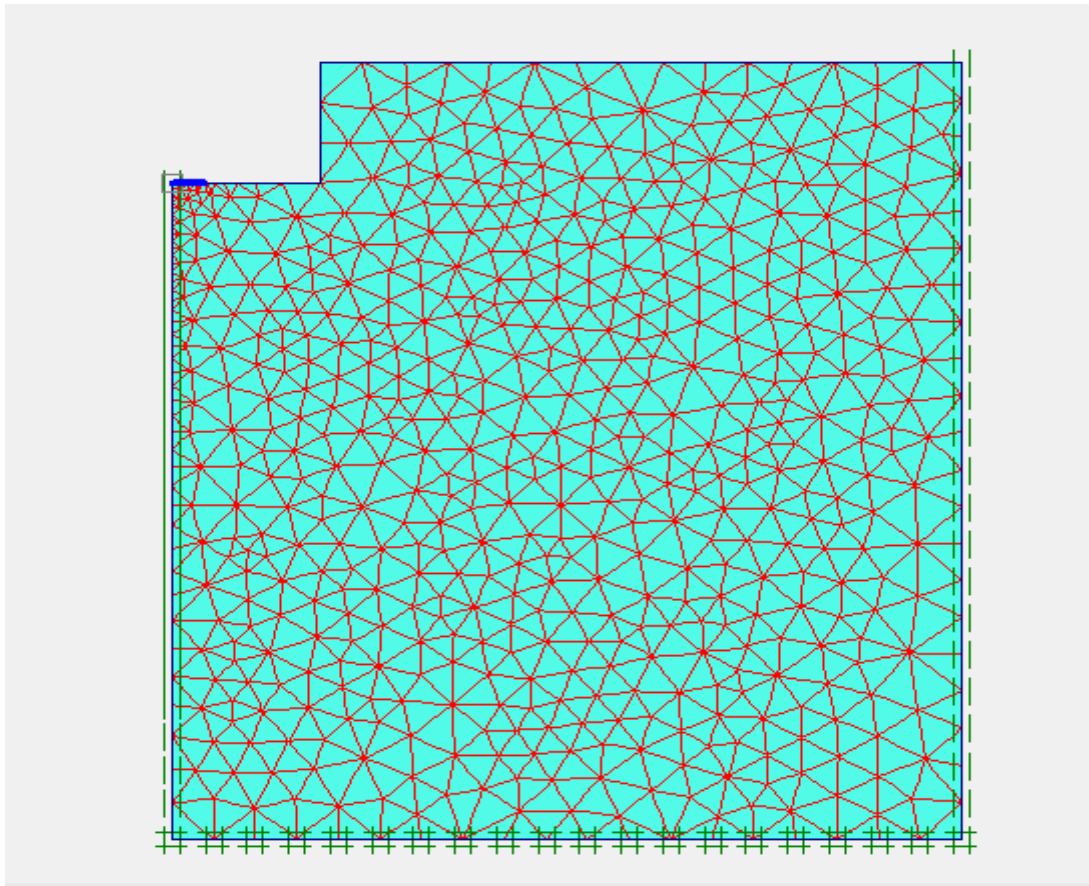


Figure III. 11: Le maillage de profile.

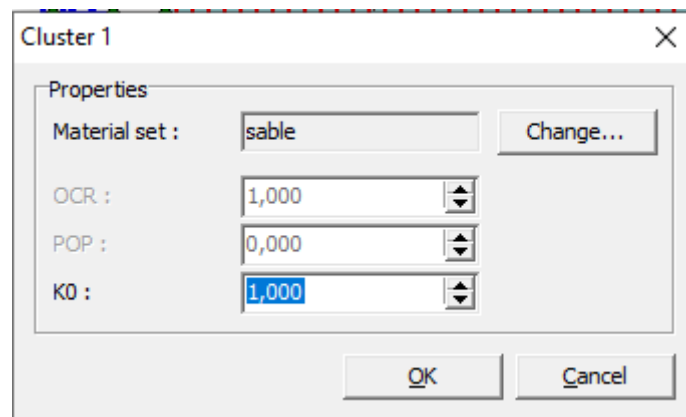


Figure III. 12: Le coefficient de terre K0

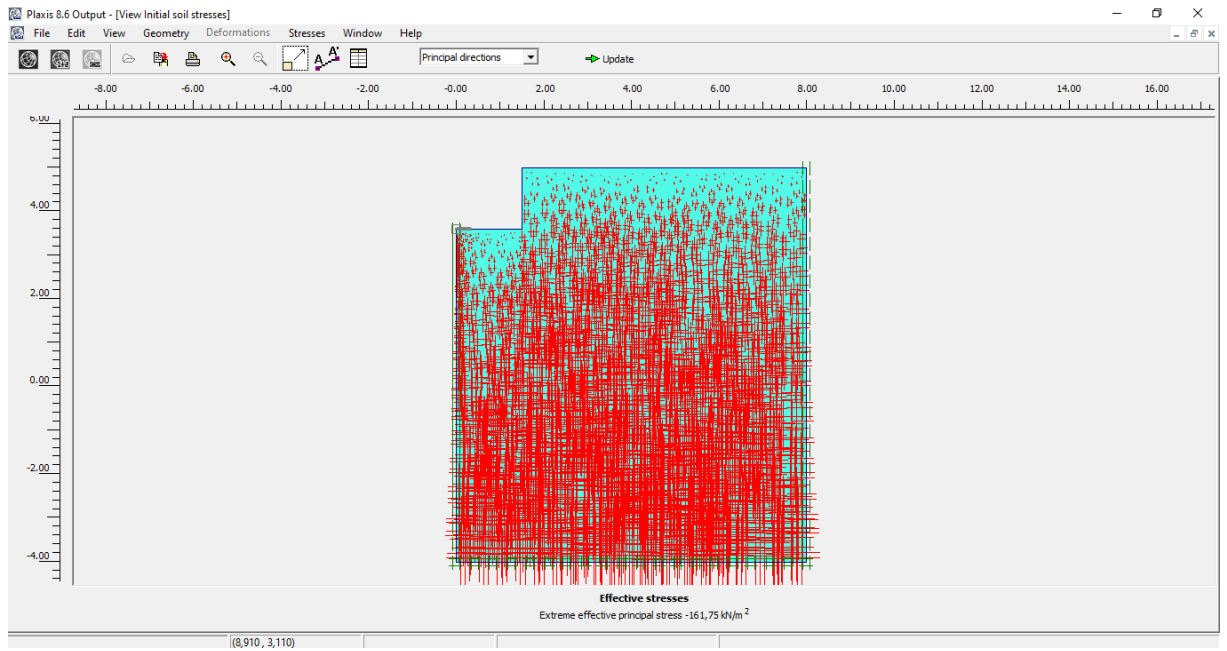


Figure III. 13: Les contrainte effective

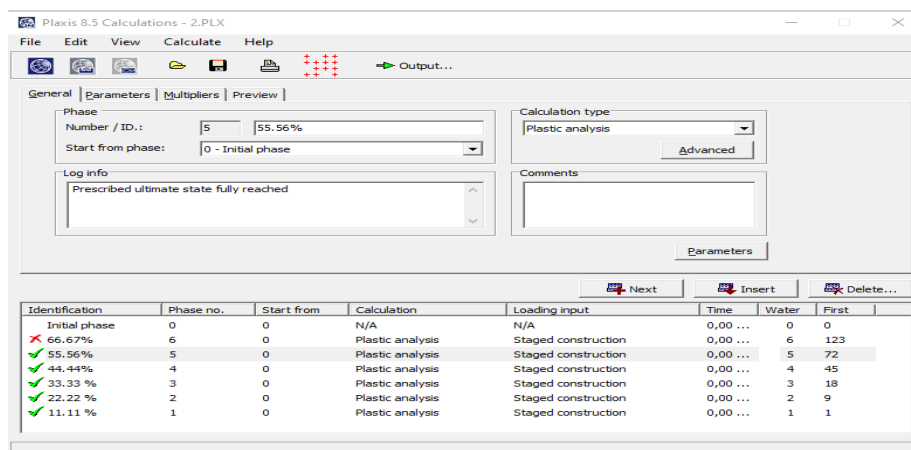


Figure III. 14: les résultats de calculassions .

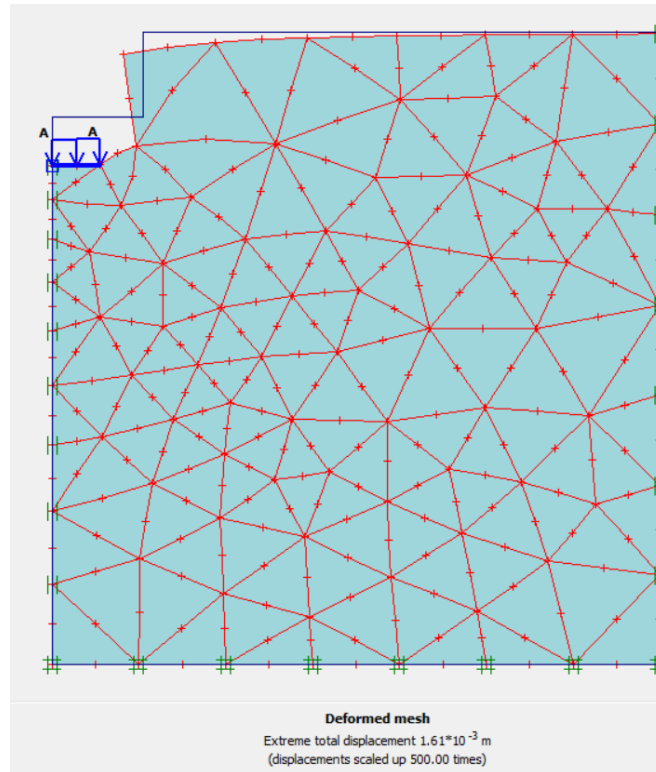


Figure III. 15: Les résultat lorsque en charge 11.11%

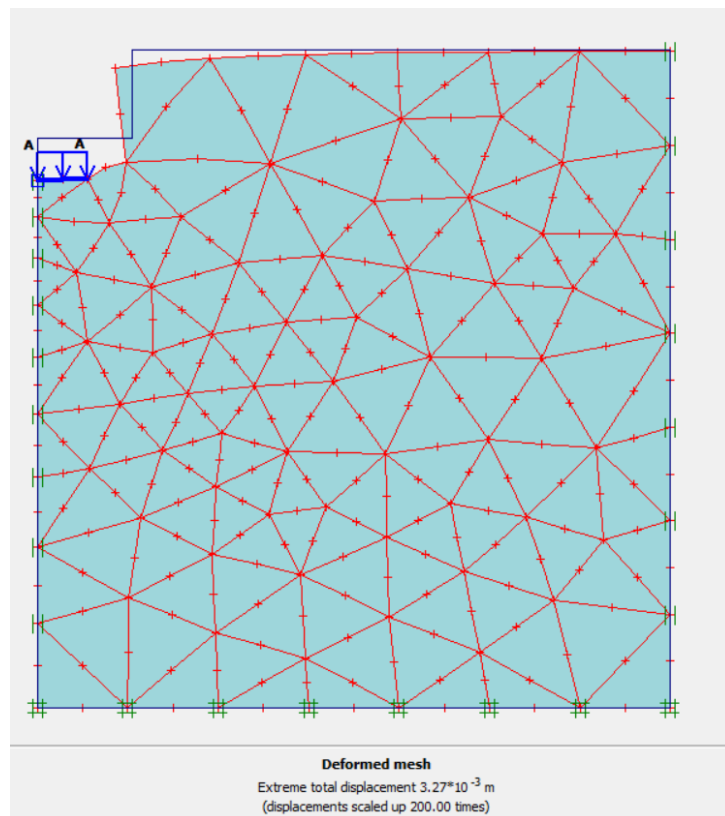


Figure III. 16: Les résultat lorsque en charge 22.22%

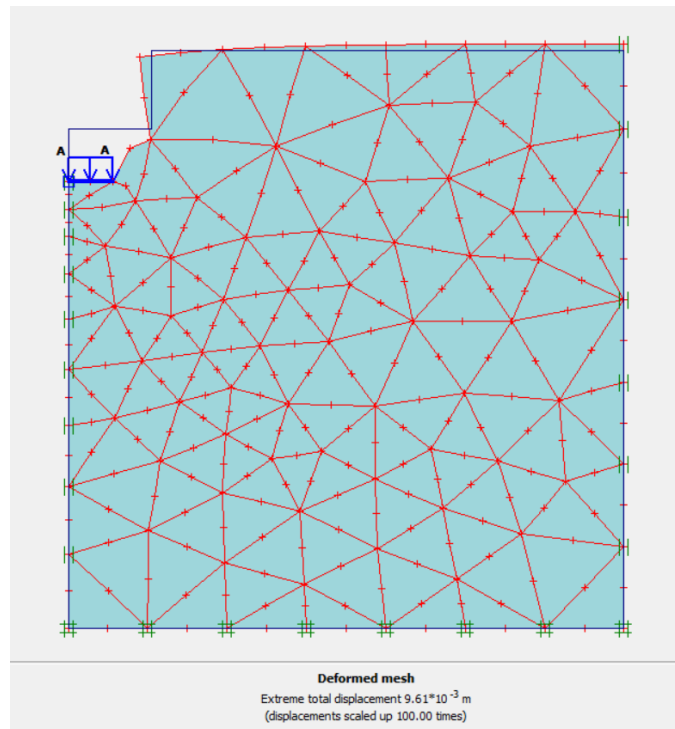


Figure III. 17: Les résultat lorsque en charge 33.33%

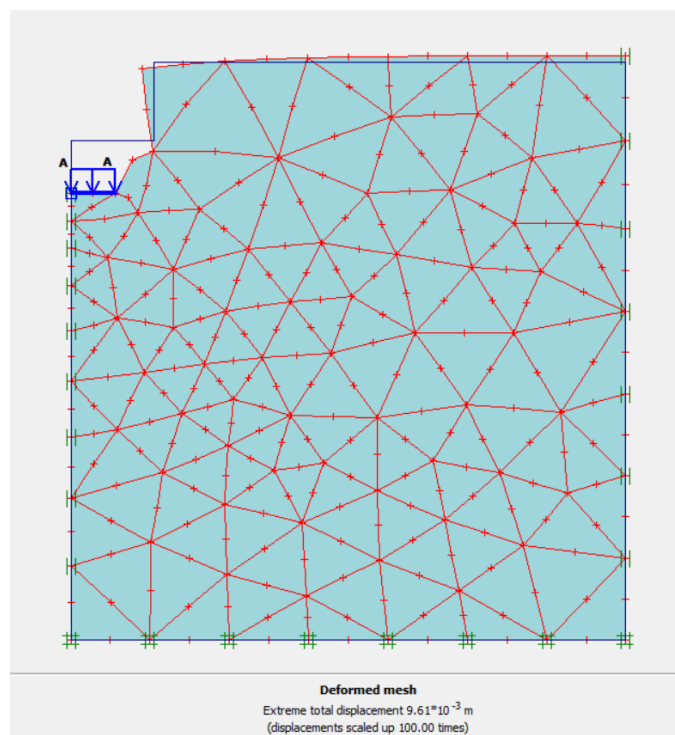


Figure III. 18: Les résultat lorsque en charge 44.44%

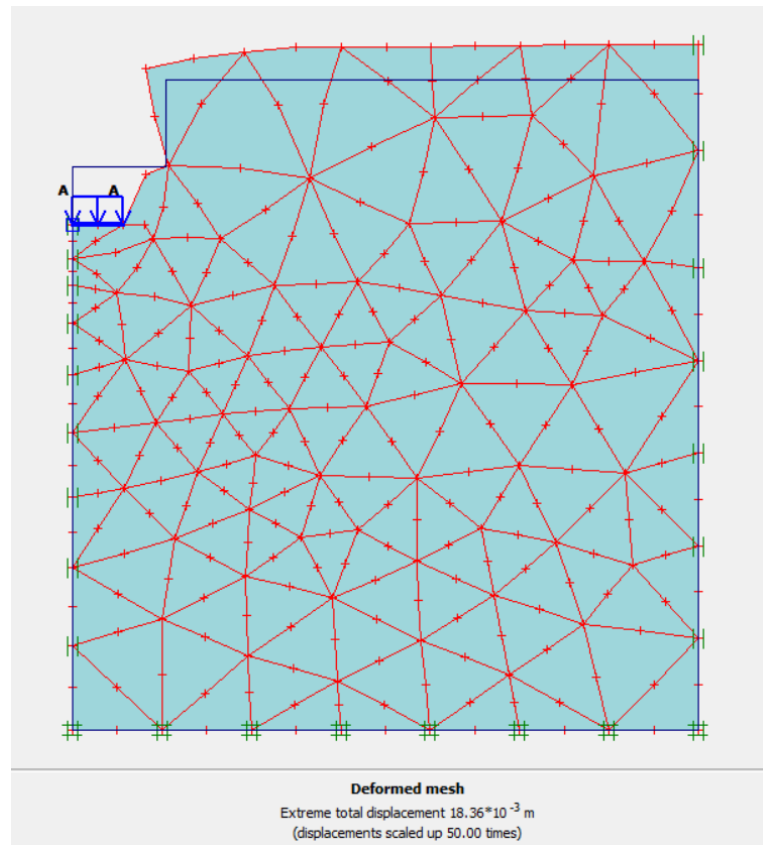


Figure III. 19: Les résultat lorsque en charge 55.56%

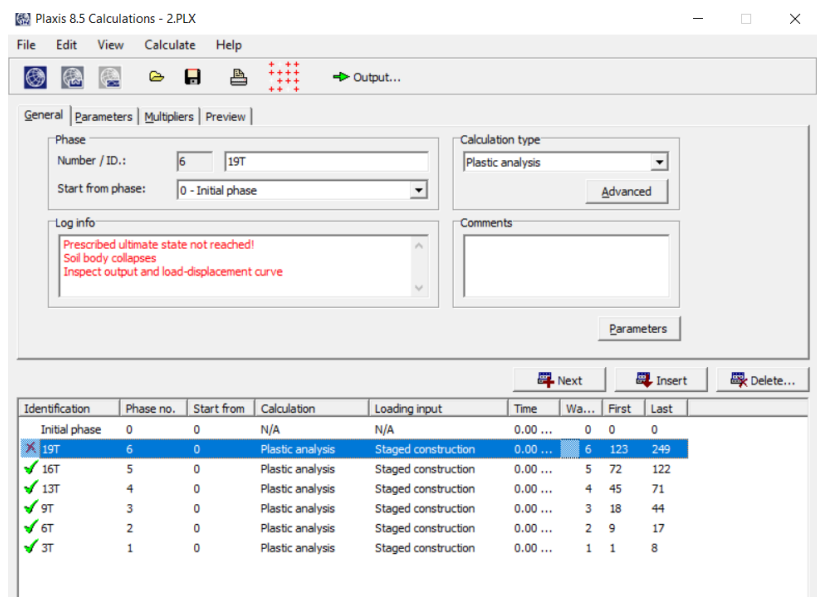


Figure III. 20: les résultat finale

Quand nous sommes arrivés a la charge 570 KPA , équivalent de 66,67% de la valeur finale de charge le sol ne peut plus supporter la charge .

III.6.2 Calcul : calculer l'essai plate load test 2 :

De la même manière et étapes en vas calculer la deuxième essai plate load test a profondeur 1.8m :

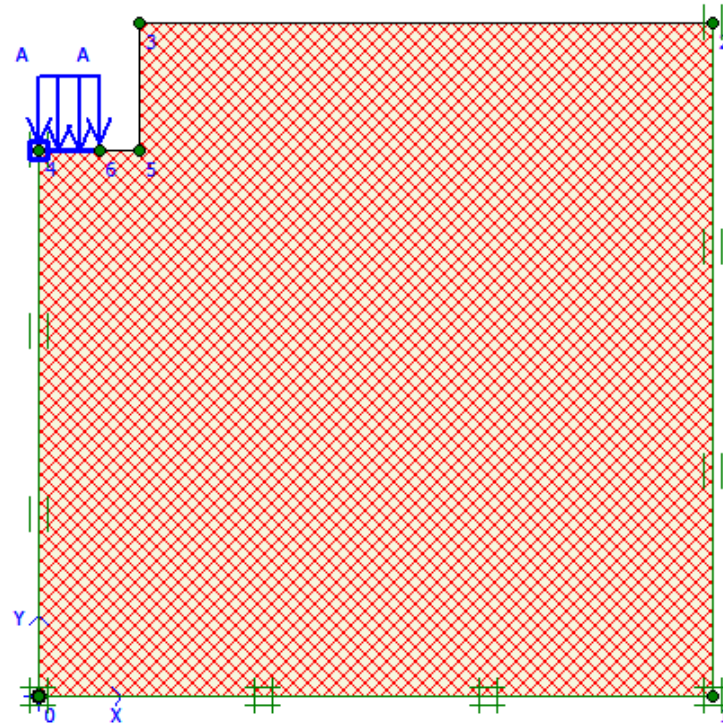


Figure III. 21: Le maillage de profile plt2 .

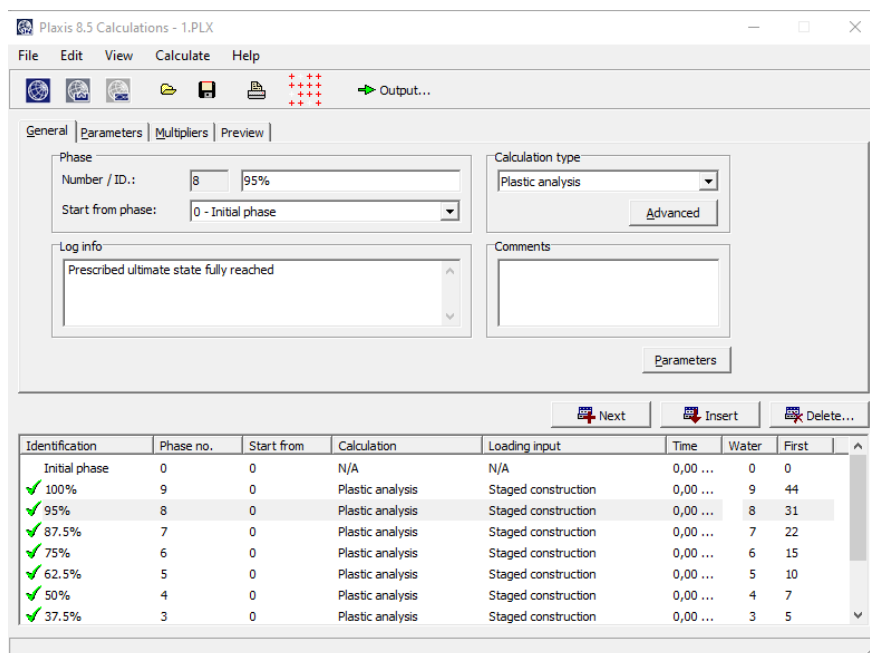


Figure III. 22: Le résultat de calculassions plt2 .

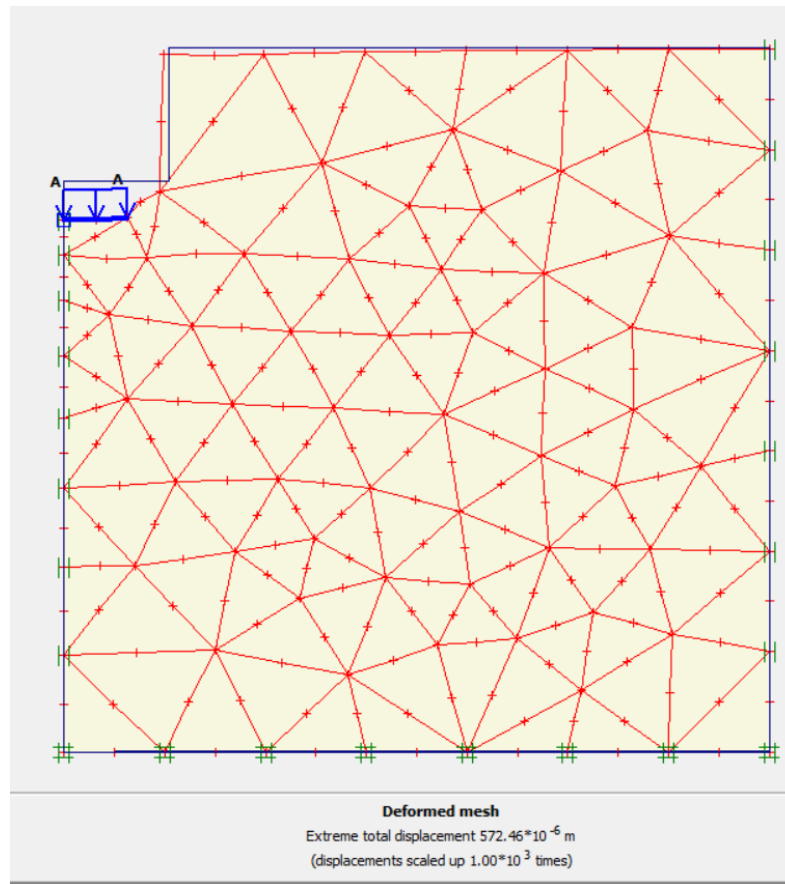


Figure III. 23: Les résultat lorsque en charge 12.5%

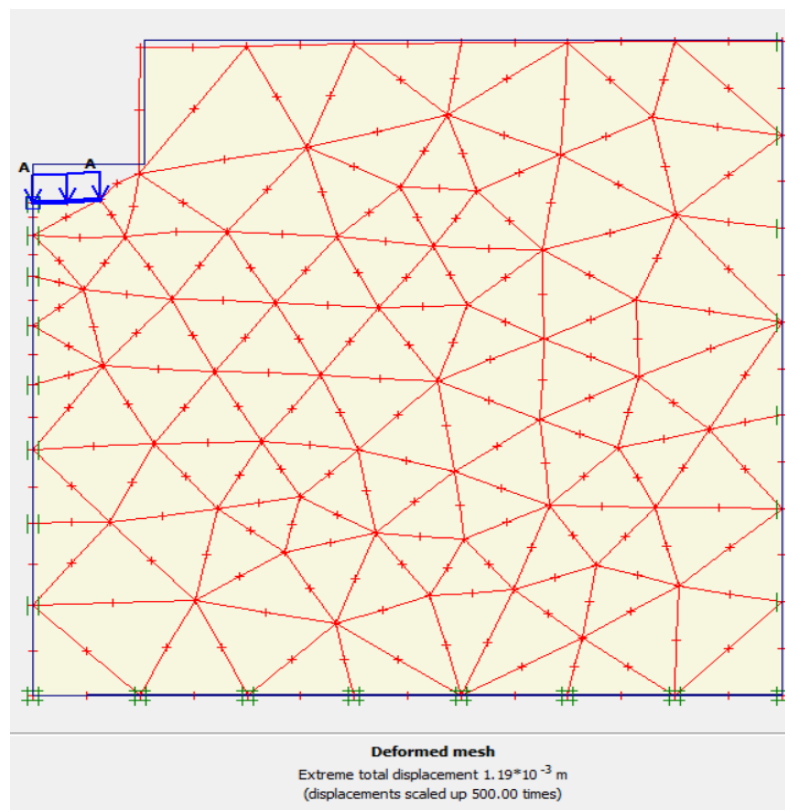


Figure III. 24: Les résultat lorsque en charge 25 %

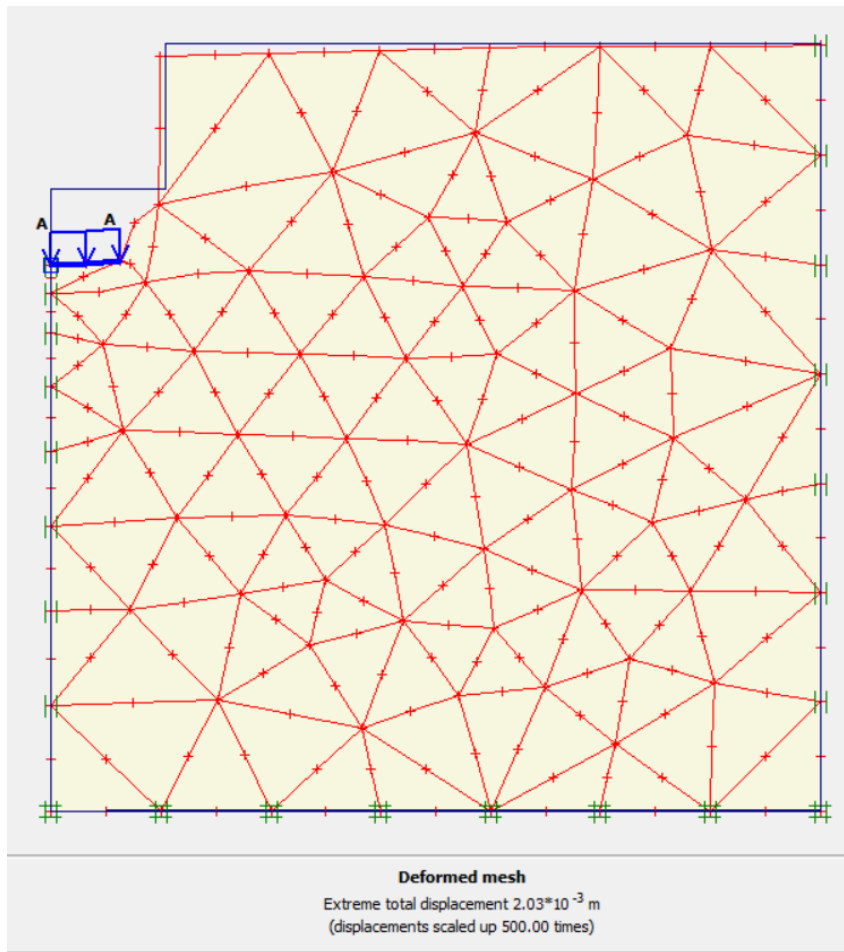


Figure III. 25: Les résultat lorsque en charge 37.5%

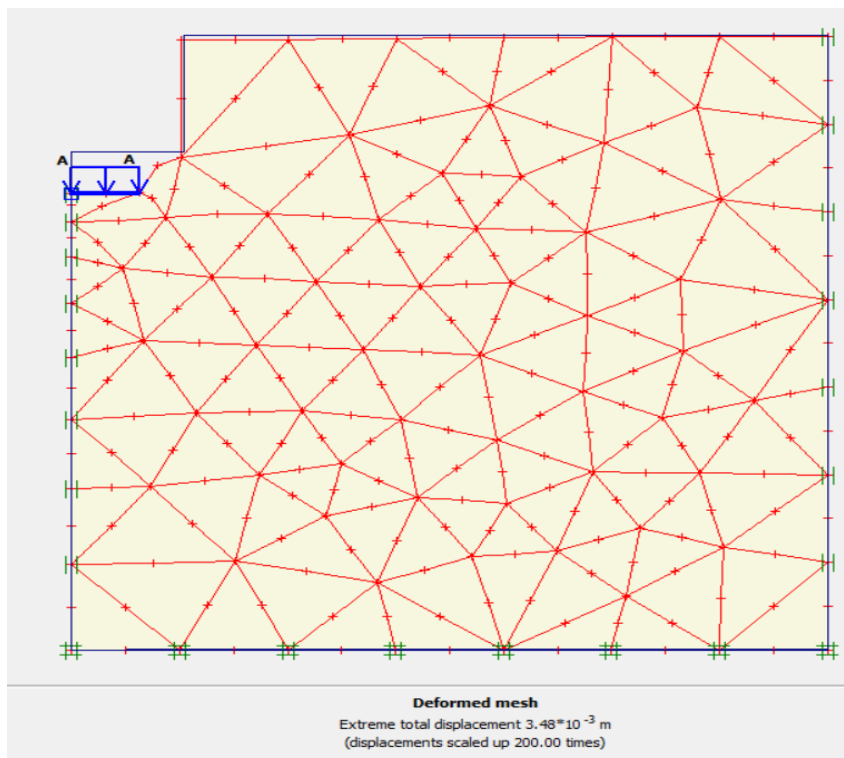


Figure III. 26: Les résultat lorsque en charge 50%

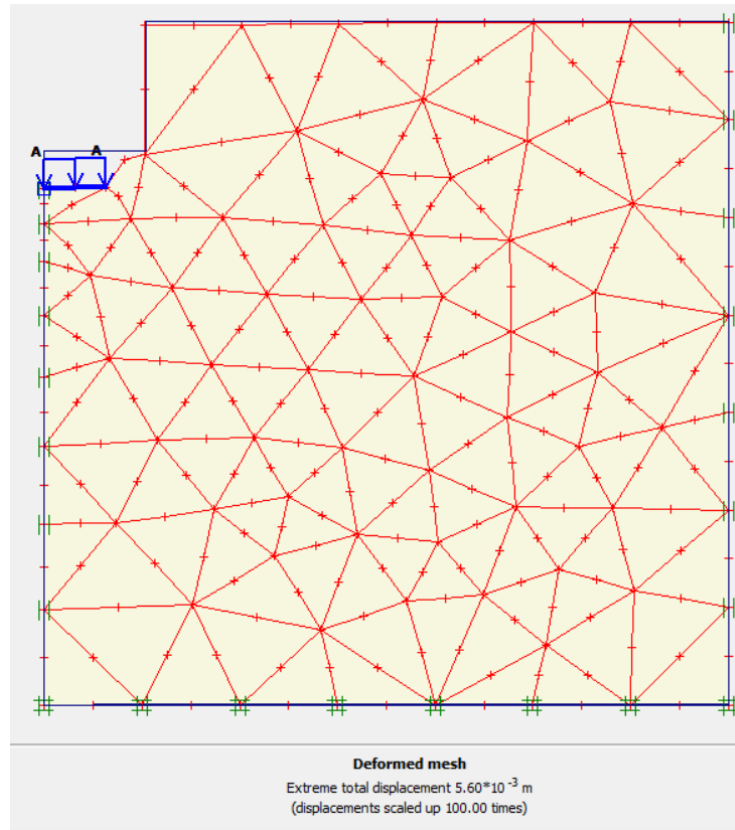


Figure III. 27: Les résultat lorsque en charge 62.5%

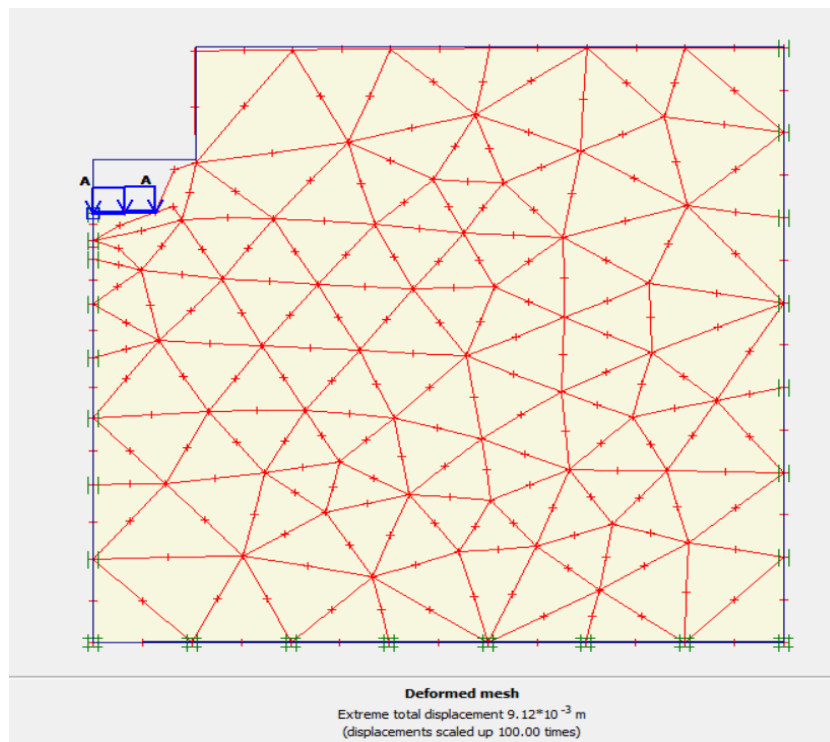


Figure III. 28: Les résultat lorsque en charge 75%

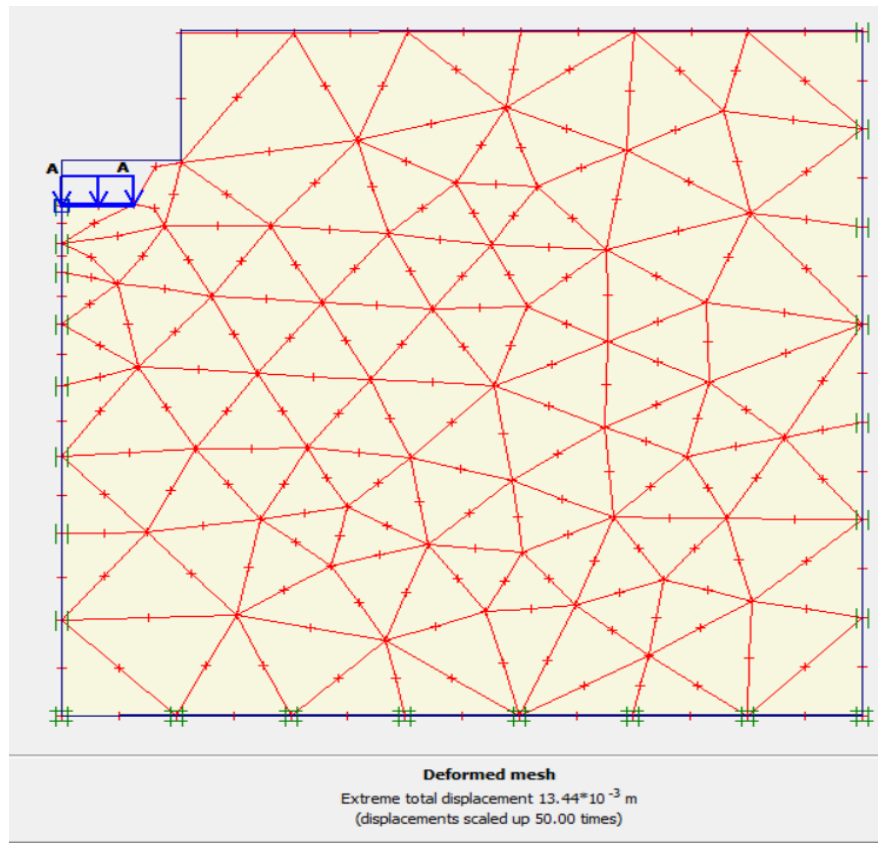


Figure III. 29: Les résultat lorsque en charge 87.5%

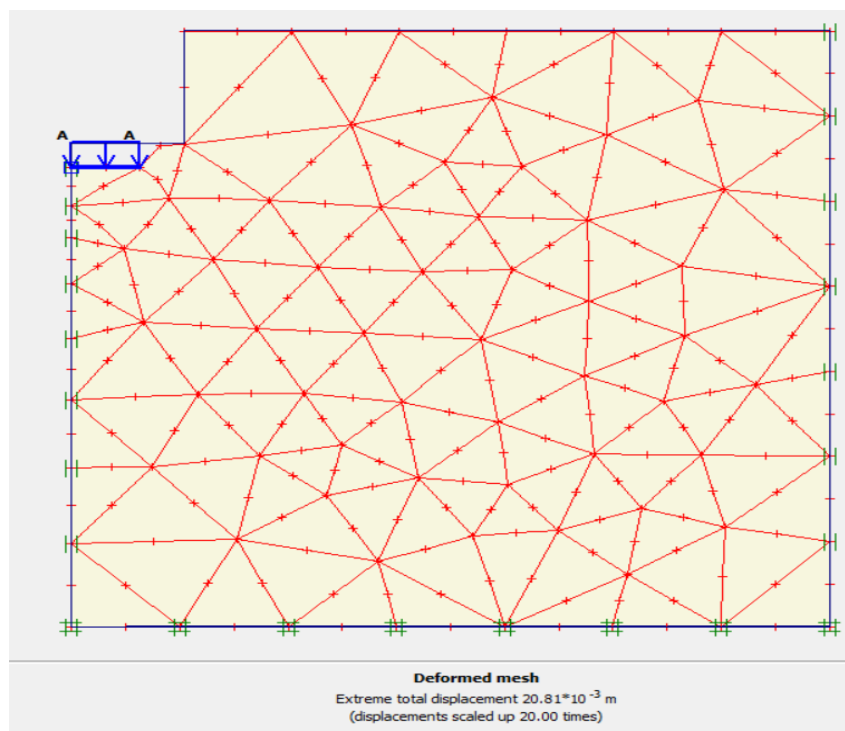


Figure III. 30: Les résultat lorsque en charge 95%

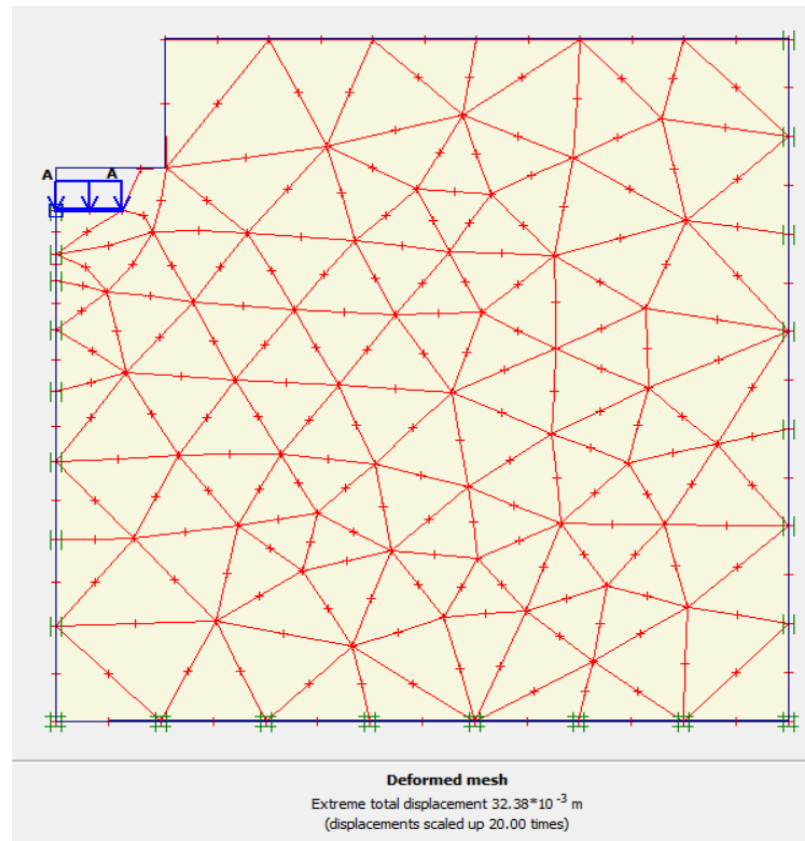


Figure III. 31: Les résultat lorsque en charge 100%

Interprétation/Discussion des résultats :

Nous résumerons les résultats obtenus à partir de logiciel plaxis et comparer avec les résultats obtenons dans essais sur le terrain :

Essais de plate load test 1 :

Tableau III. 2: résultats de déplacement essais plt 1 et model plaxis .

Load (kpa)	displacement de essais (mm)	displacement de plaxis (mm)
95	1,867	1,61
190	4,213	3,27
285	7,41	9,61
380	11,443	9,61
475	16,813	18,36
570	20,573	
665	28,523	
760	34,553	
855	37,973	

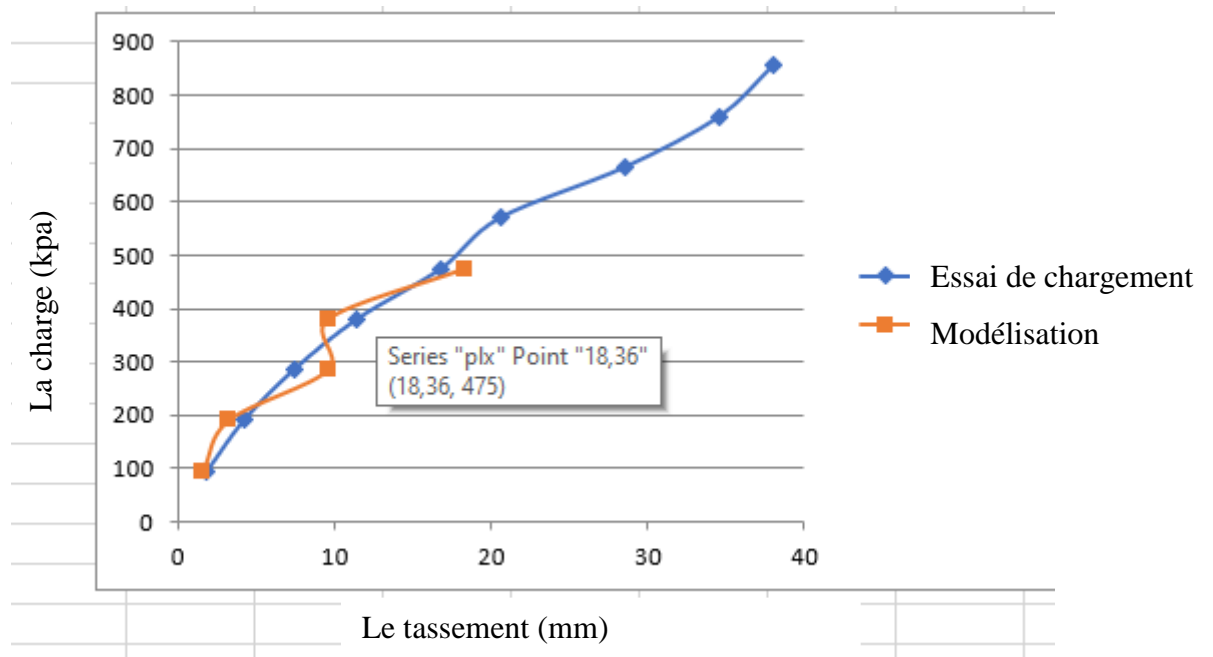


Figure III. 32: courbe comparatif qui apparait les changements de tassement essais 1.

La courbe de logiciel plaxis est plus proche à la courbe obtenues dans essais.

Essais plate load test 2 :

Tableau III. 3: résultats de déplacement essais plt 2 et model plaxis .

Load (KPA)	displacement de essais (mm)	displacement de plaxis (mm)
95	0,493	0,572
190	1,227	1,19
285	3,493	2,03
380	5,25	3,48
475	7,647	5,6
570	10,12	9,12
665	11,573	13,44
760	13,653	20,81
855	15,85	32,38

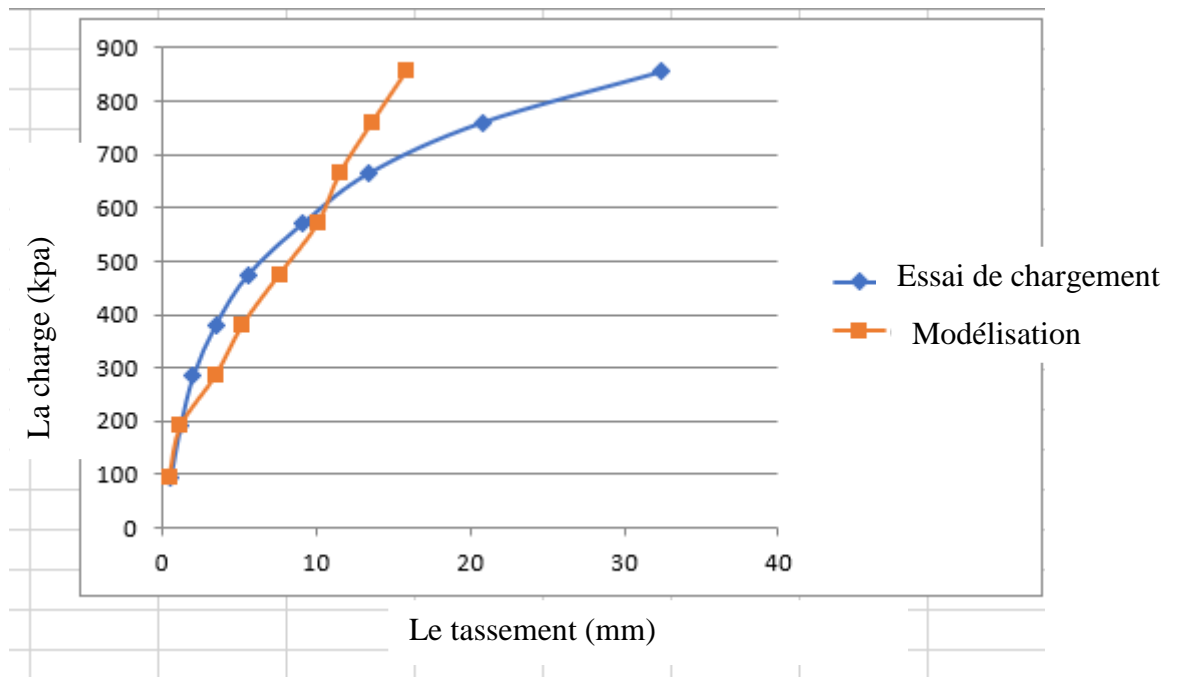


Figure III. 33: courbe comparatif qui apparait les changements de tassement essais 2.

La courbe de logiciel plaxis et plus proche à la courbe obtenues dans essais.

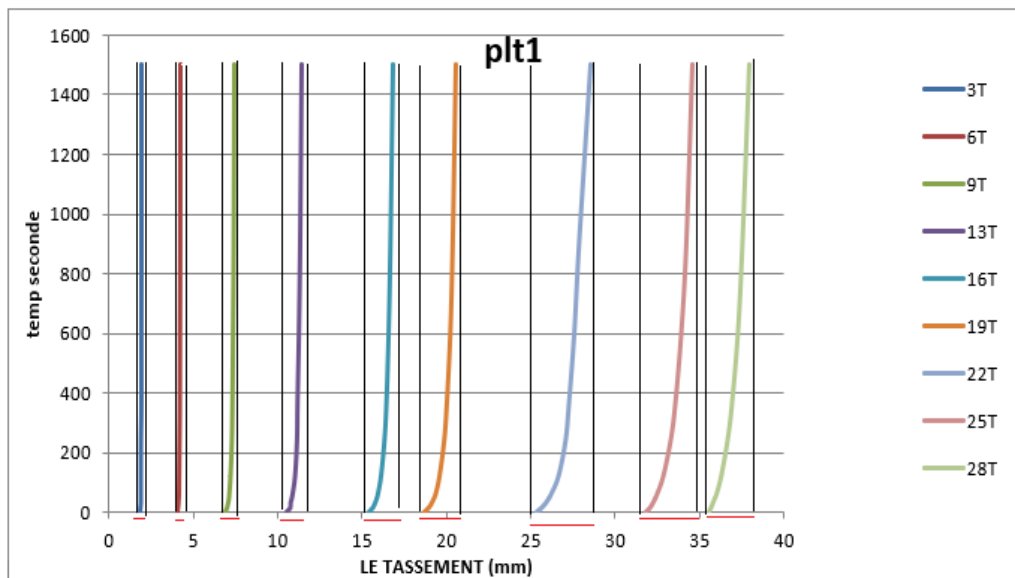


Figure III. 34: courbe montre le changement des tassement à différentes charges en fonction de temps essais PLT1.

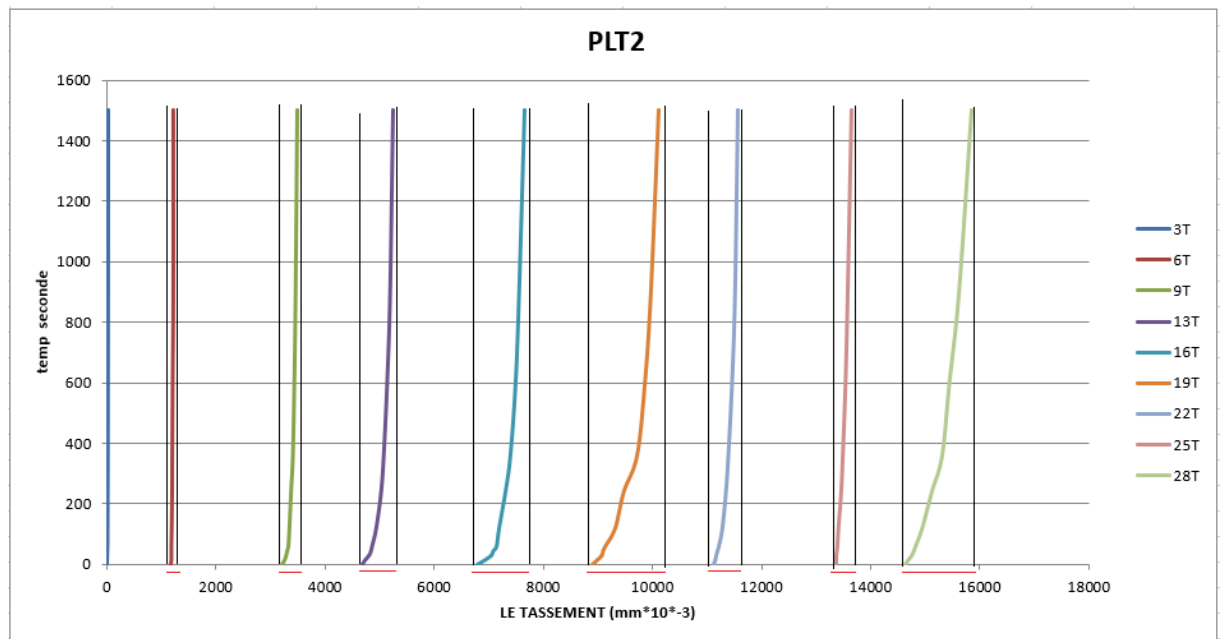


Figure III. 35: courbe montre le changement des tassement a différentes charges en fonction de temps essais PLT2.

On constate que le tassement de la charge égale à 95KPA à 380KPA est très faible, mais après la charge de 380KPA, et plus précisément avec la charge égale à 475KPA, le tassement devient grand et plus on augmente la charge plus que le tassement et grand.

Cela signifie que le sol s'est effondré sous la charge de 475KPA.

Cela se traduit par les résultats obtenus en laboratoire avec une capacité de charge de 5,4 bars = 500 KPA.

III.7 Conclusion :

Les travaux antérieurs comprenaient l'étude de sols homogènes de même nature,

Dans ce chapitre, nous avons essayé de trouver des résultats similaires à ceux obtenus dans l'essai, nous avons donc trouvé des résultats satisfaisants, indiquant qu'il existe une correspondance entre le test effectué et les modale numériques de plaxis, et nous sommes entre les deux courbes.

Et nous sommes arrivés à la conclusion qu'une réalité bien documentée montre que dans les tests de laboratoire et la capacité ultime du sol (σ_{ult}) 500KPA, il s'est reproché de l'avoir obtenu à partir du test de charge de la planche de 475KPA.

On peut dire que le résultat est satisfaisant.

Conclusion Générale :

* Tout d'abord nous avons recueilli un ensemble considérable et nécessaire d'informations concernant le PLT et aussi les normes et les procédures de calcul utilisées actuellement pour pouvoir se rapprocher de la zone où la capacité portante du sol est obtenu.

* Le travail effectué peut être considéré comme

une méthode qui consiste à contourner la complexité du sujet en compilant un nombre représentatif d'observations expérimentales du comportement des PLTs sur un nombre plus ou moins suffisant des résultats d'essais de charge obtenus.

Cela a été fait en combinant deux méthodes qui sont:

1-étude de synthèses des essais de chargement qui à consister en la quantification des courbes enveloppes et validation de l'approche.

2-Etude paramétrique des différents cas d'étude à la base d'un logiciel voué au dimensionnement tel que PLAXIS et analyse des différents tassements.

Néanmoins, il faut achever certaines conditions,

parmi :

-avoir un sol homogène

-la non présence de nappe d'eau

- la fondation doit être de semelle isolé

Sources (Références bibliographique)

- [1]. Eurocode 7 (1997) : calcul géotechnique - Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais
- [2]. Nicolas BUCHART (2018) : Méthodologie de mesure de la portance des plates-formes
- [3]. <https://keraterra.com/>
- [4]. Le règlement parasismique Algérien (R.P.A.)
- [5]. Manuel de référence PLAXIS V8.
- [6]. Cambou b (1977) : analyse statique au niveau de la particule d'un milieu granulaire

ANNEXE

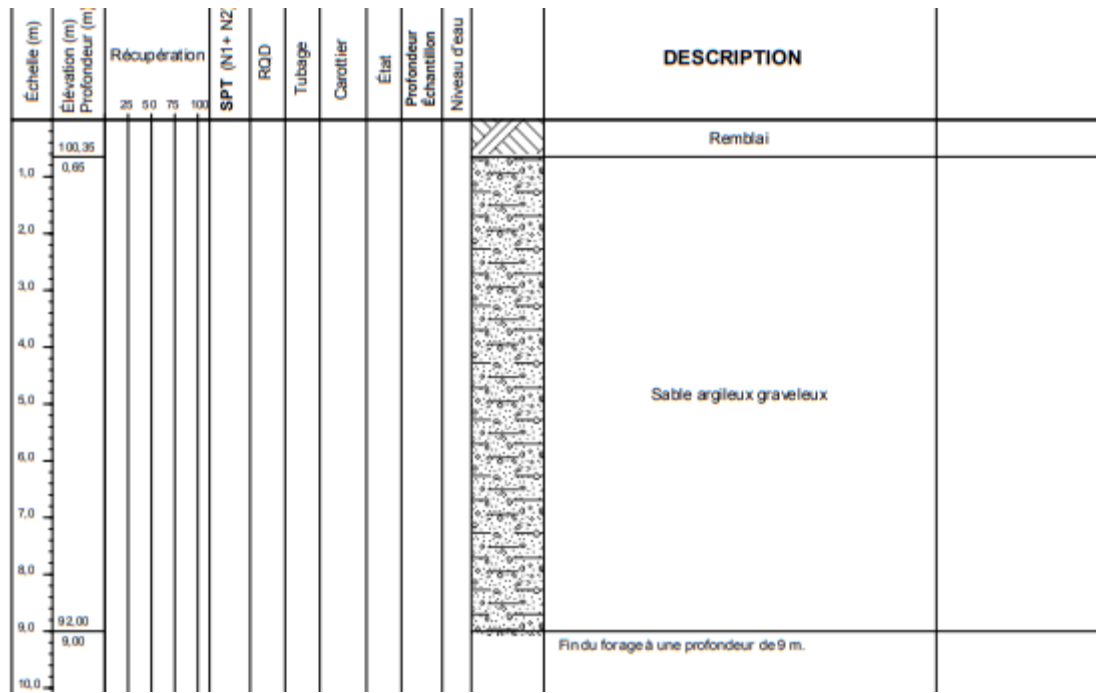


Figure 1. 1: Coupe lithologique du sondage à la tarière SC 01

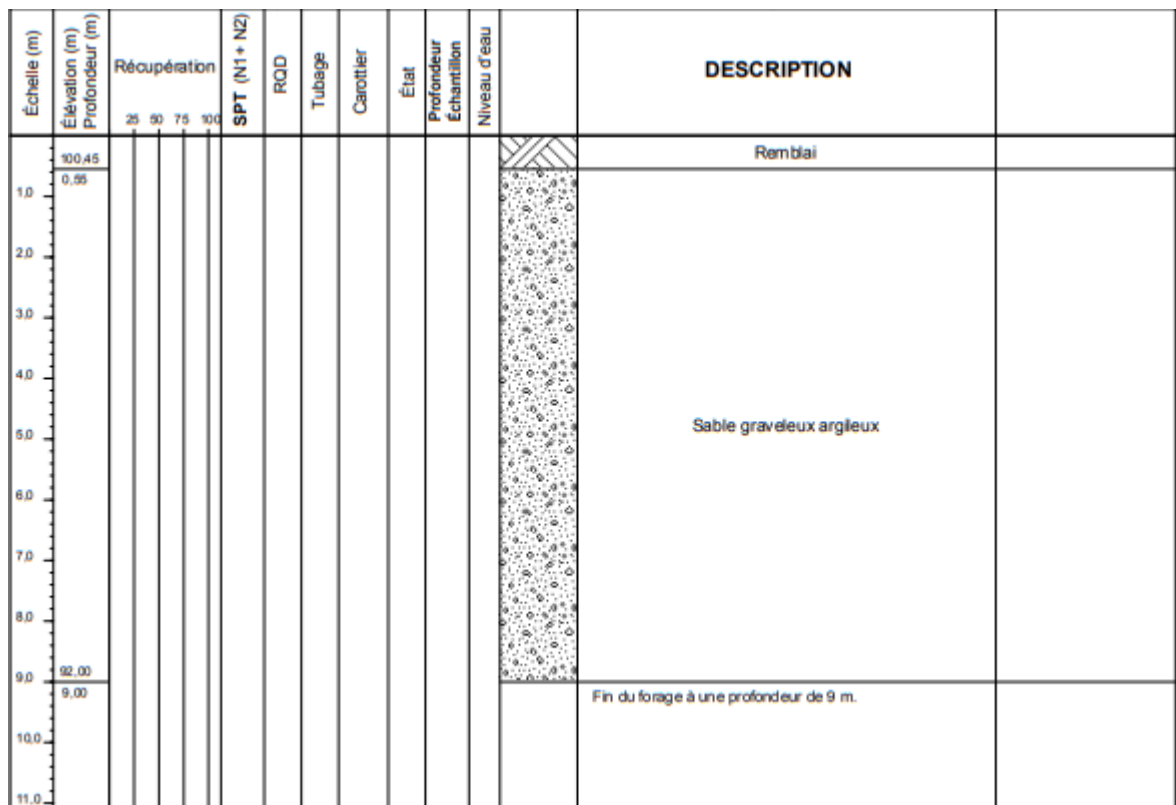


Figure 1. 2: Coupe lithologique du sondages à la tarière SC 02

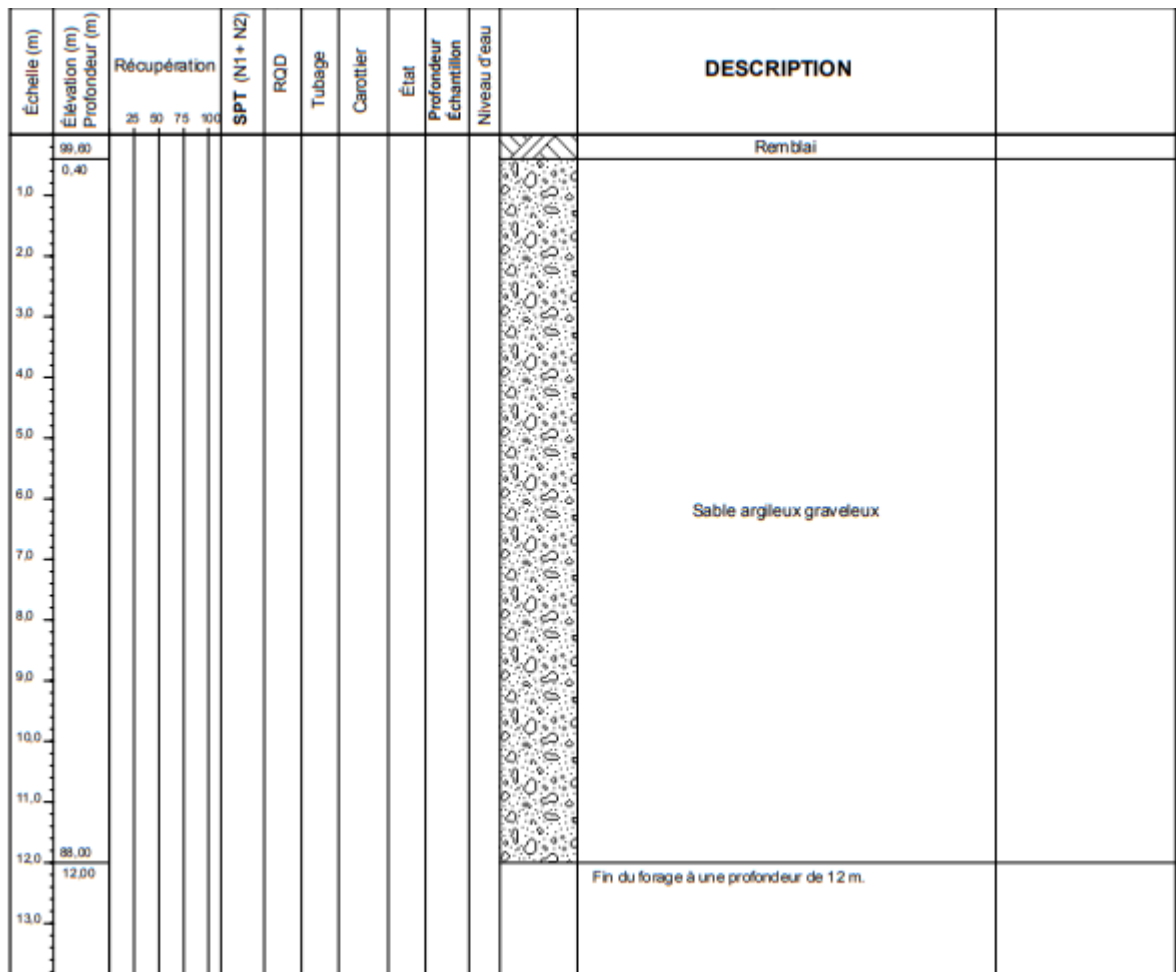


Figure 1. 3: Coupe lithologique du sondages à la tarière SC 03

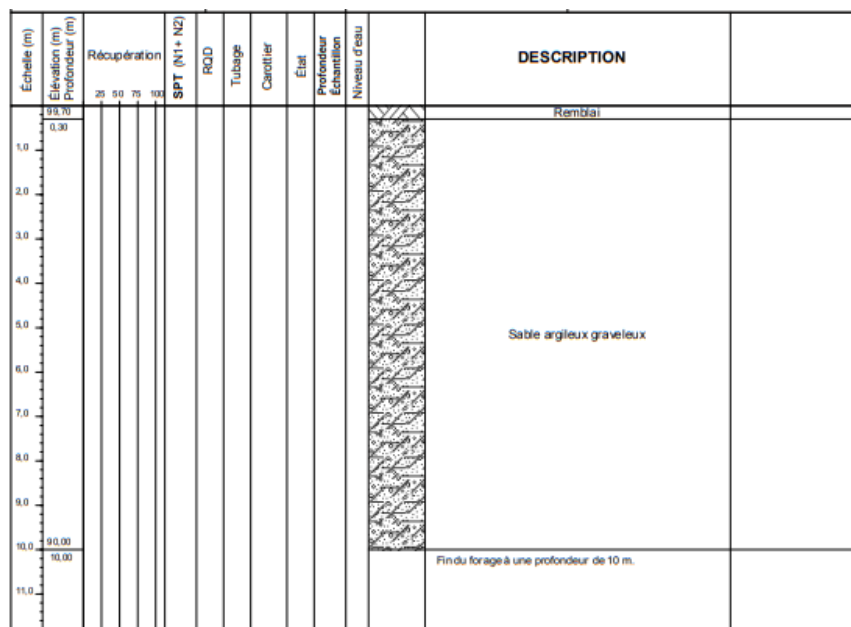


Figure 1. 4: Coupe lithologique du sondages à la tarière SC 04

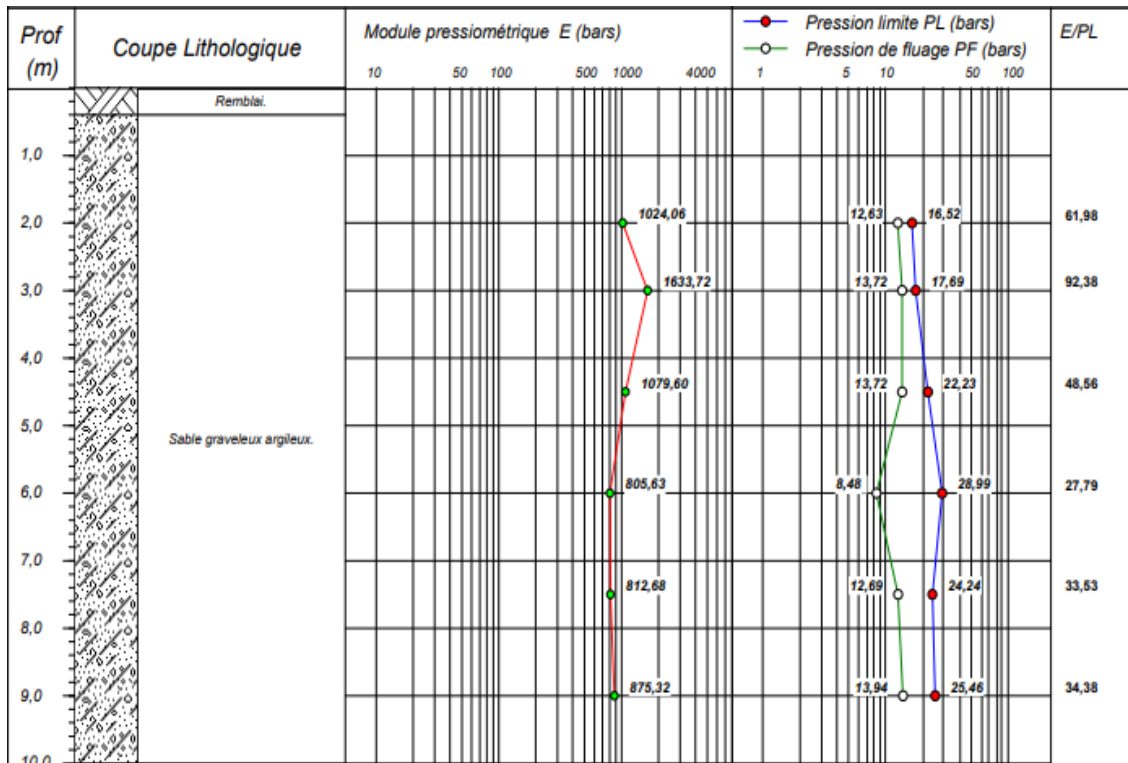


Figure 1. 5: Coupe lithologique du pressiométrique .

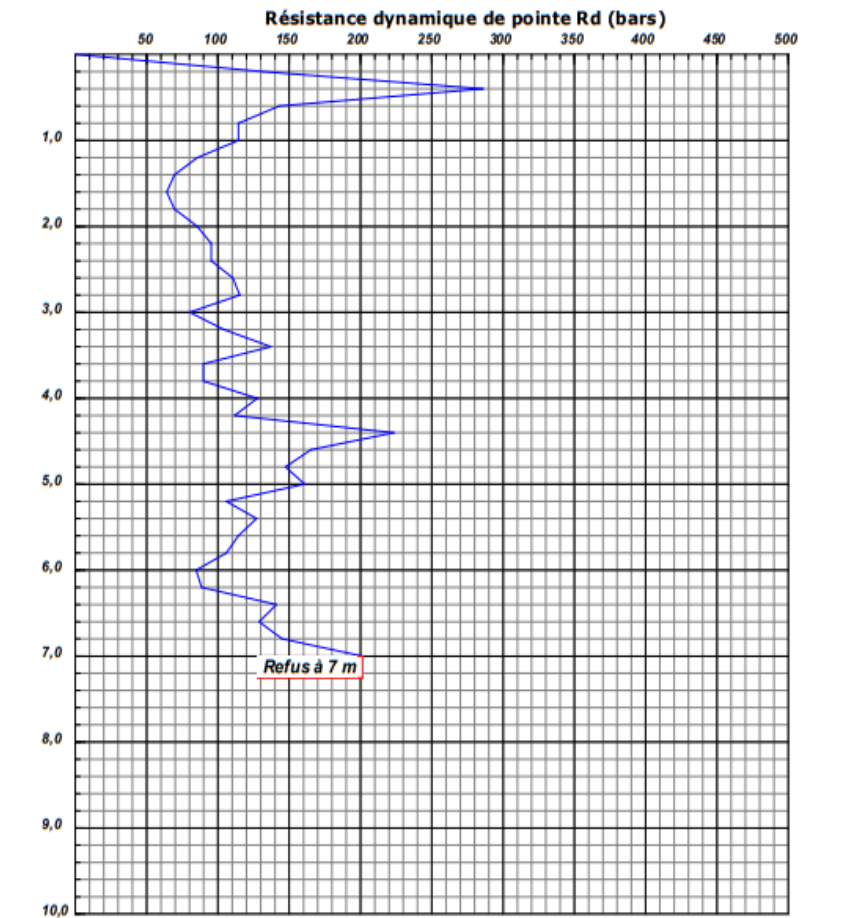


Figure 1. 6: Pénétragramme du Sondage n°SP01.

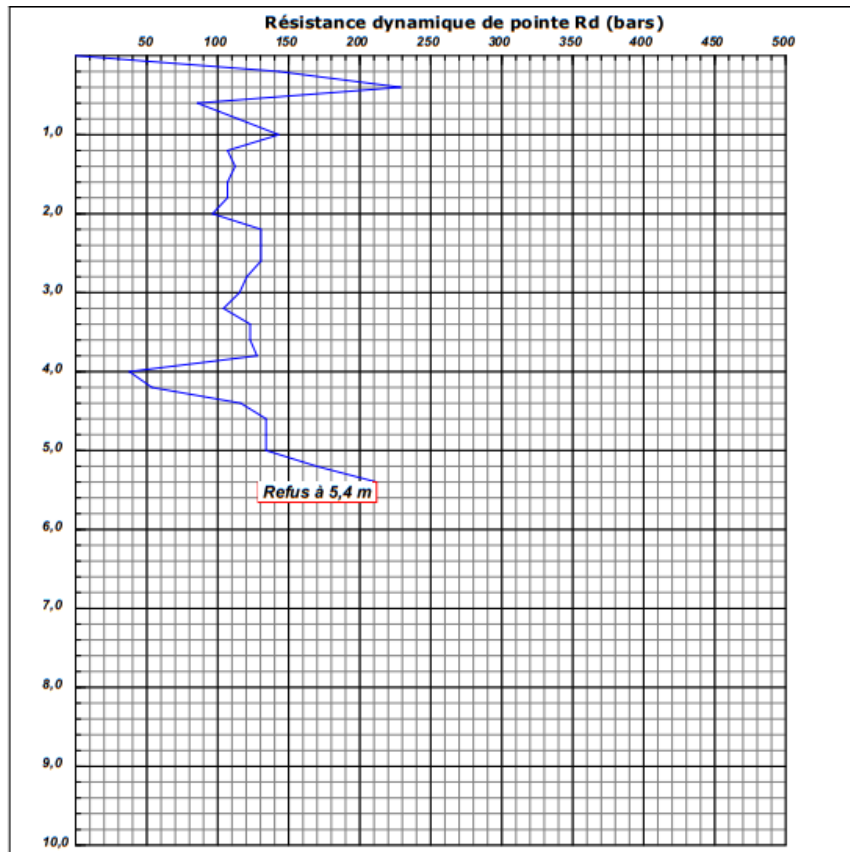


Figure 1. 7: Pénétragramme du Sondage n°SP02.

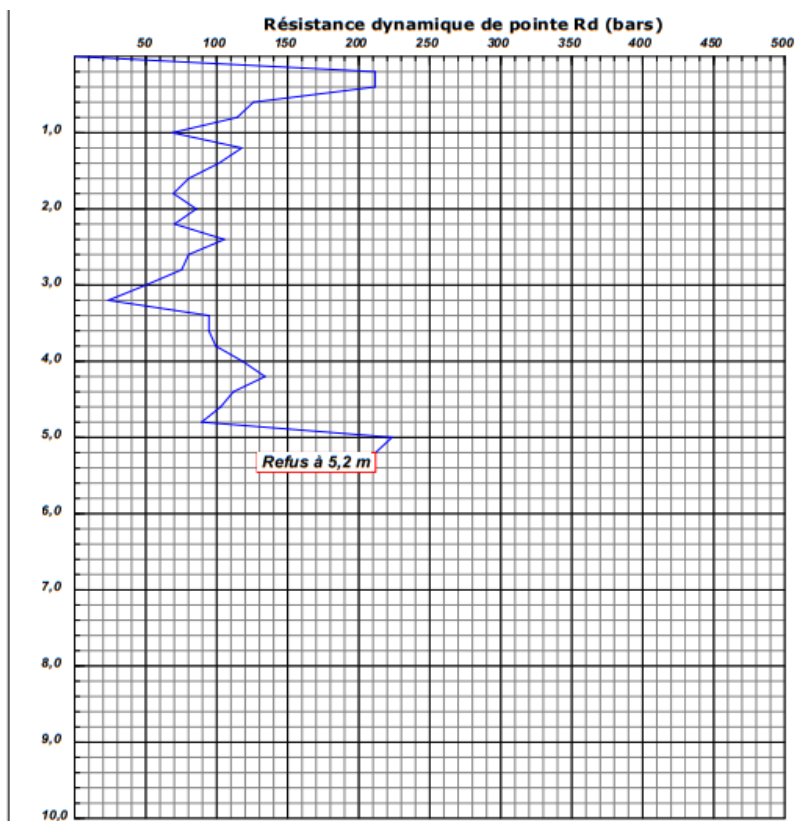


Figure 1. 8: Pénétragramme du Sondage n°SP03.

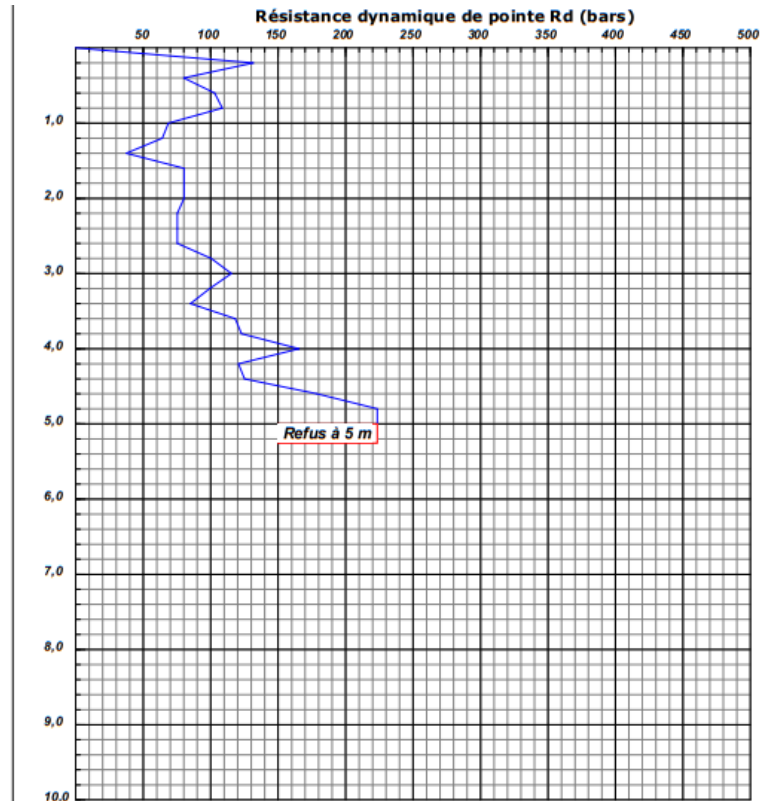


Figure 1. 9: Pénétragramme du Sondage n°SP04.

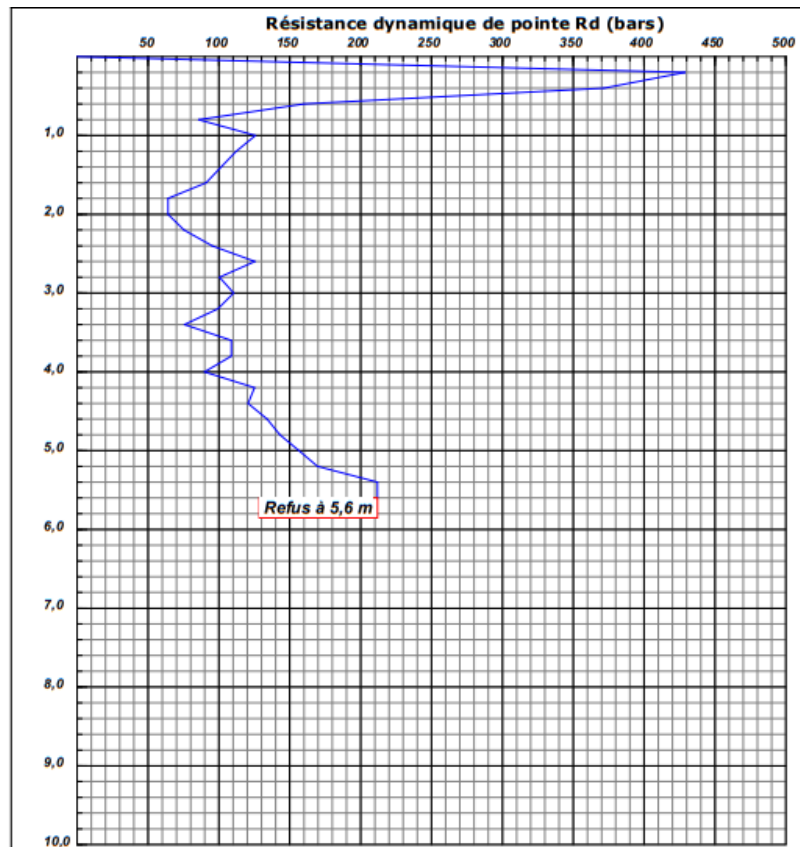


Figure 1. 10: Pénétragramme du Sondage n°SP05.

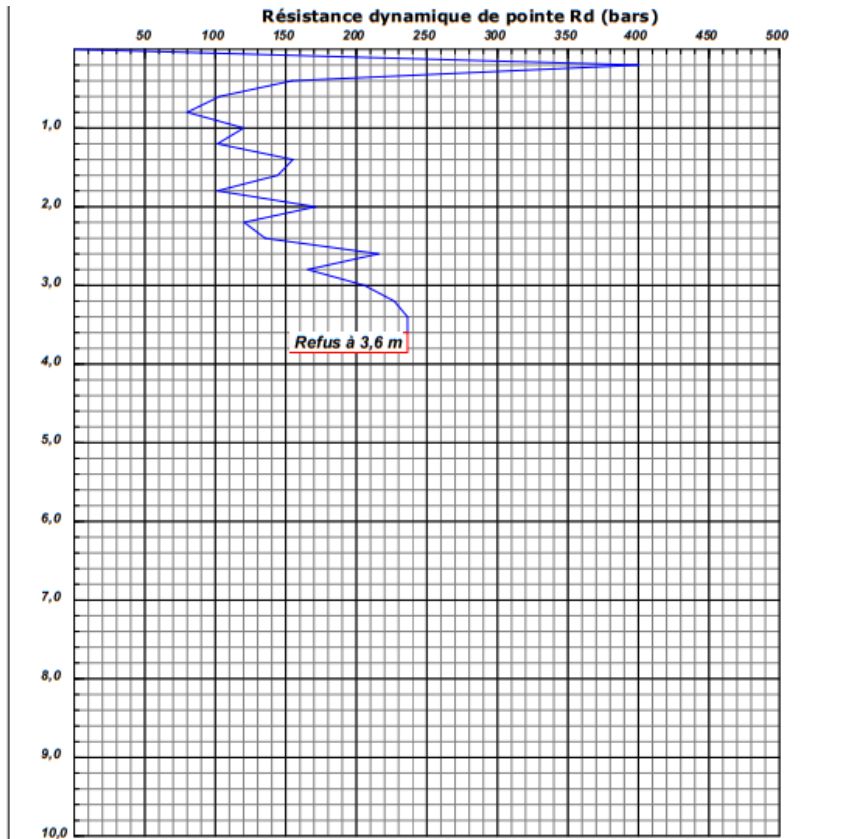


Figure 1. 11: Pénétragramme du Sondage n°SP06.

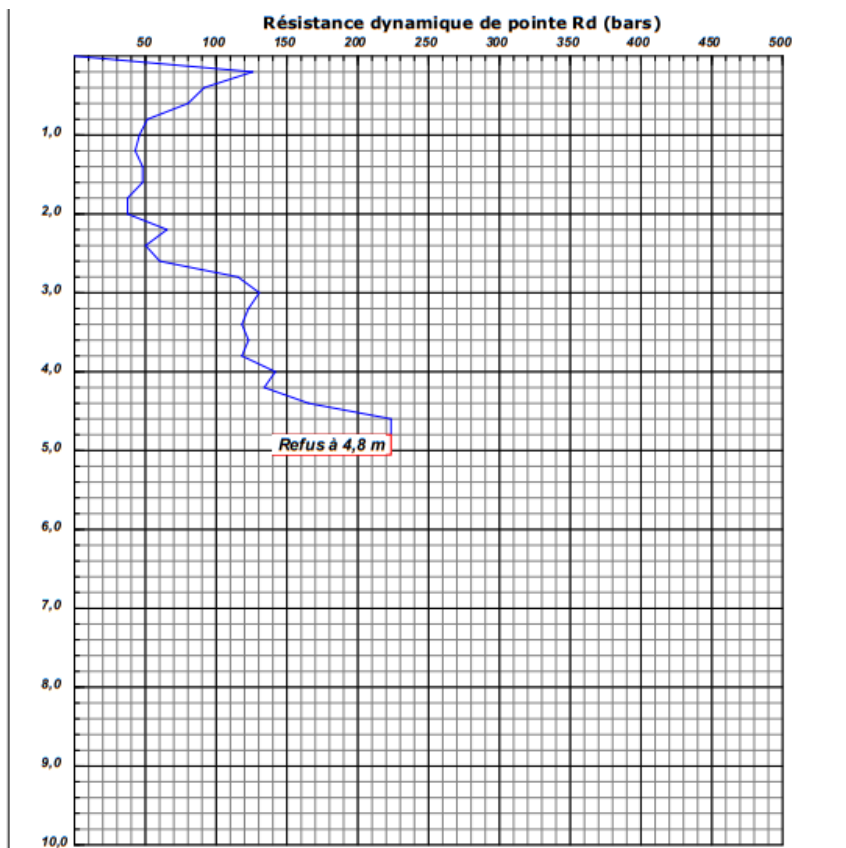


Figure 1. 12: Pénétragramme du Sondage n°SP07.

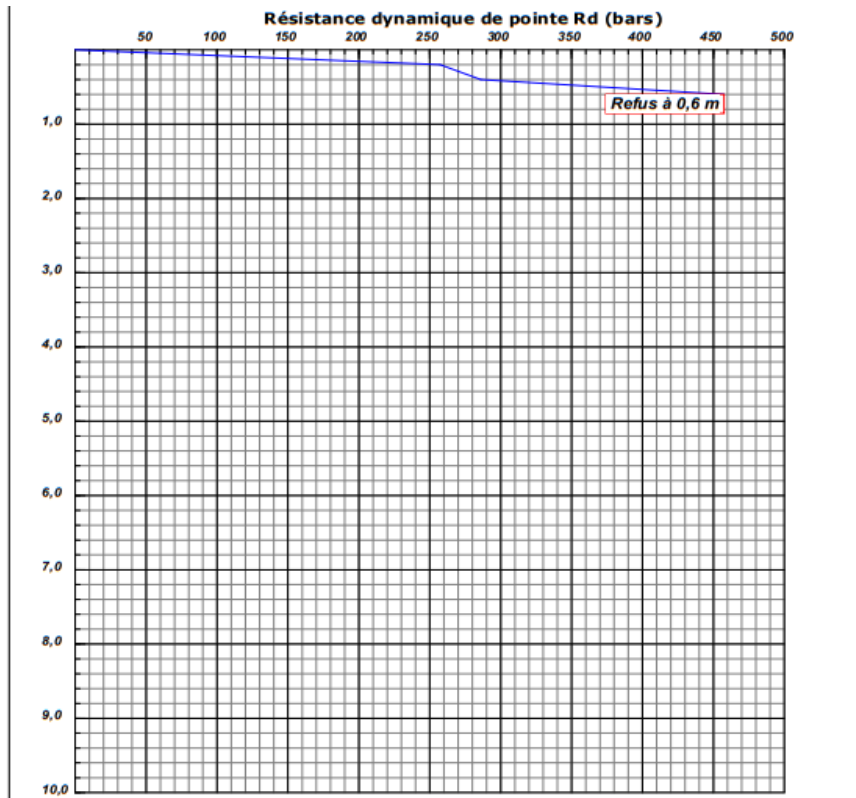


Figure 1. 13: Pénétragramme du Sondage n°SP08.

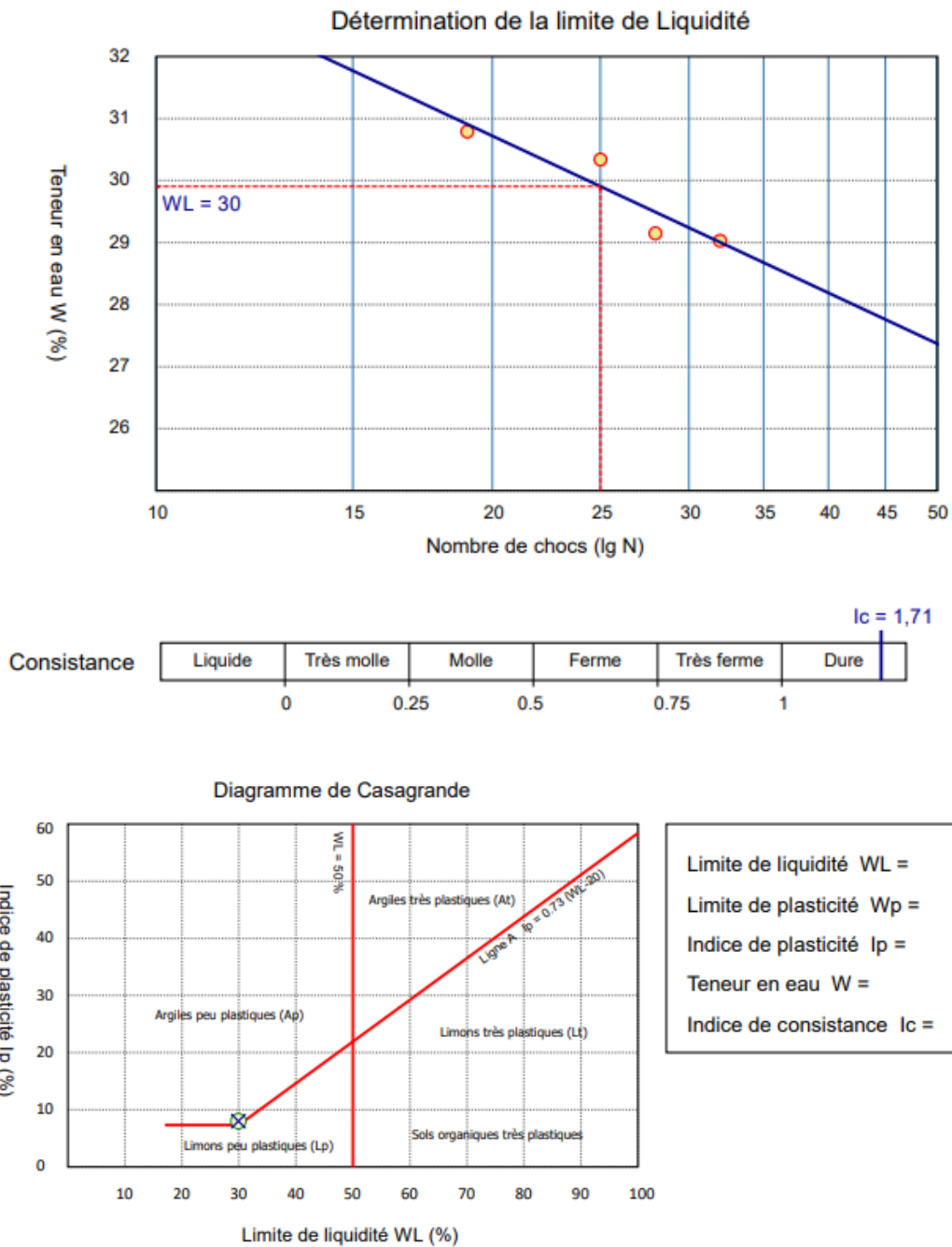


Figure 1. 14: résultats d'essai de limites d'Atterberg sondage 01

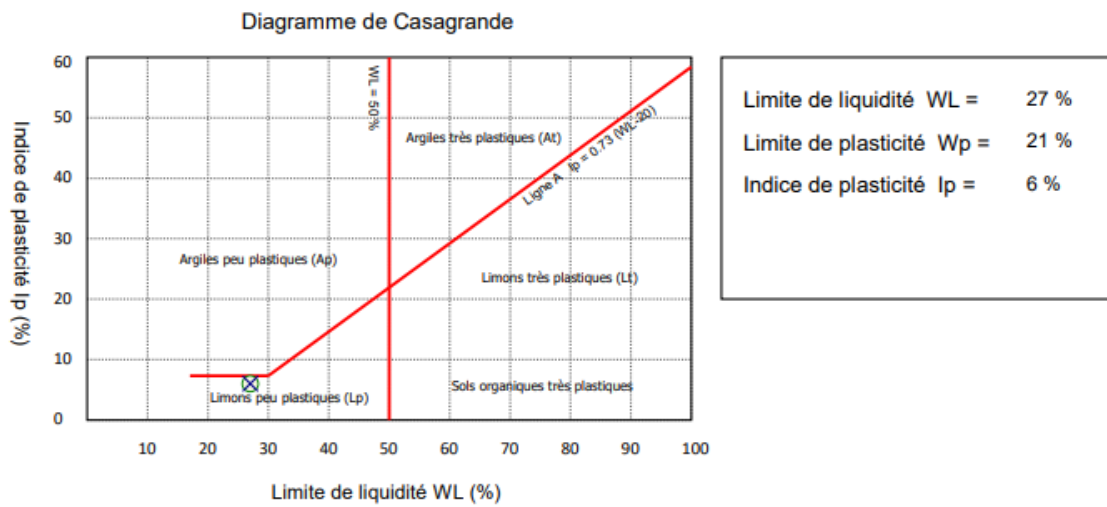
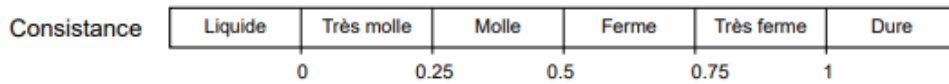
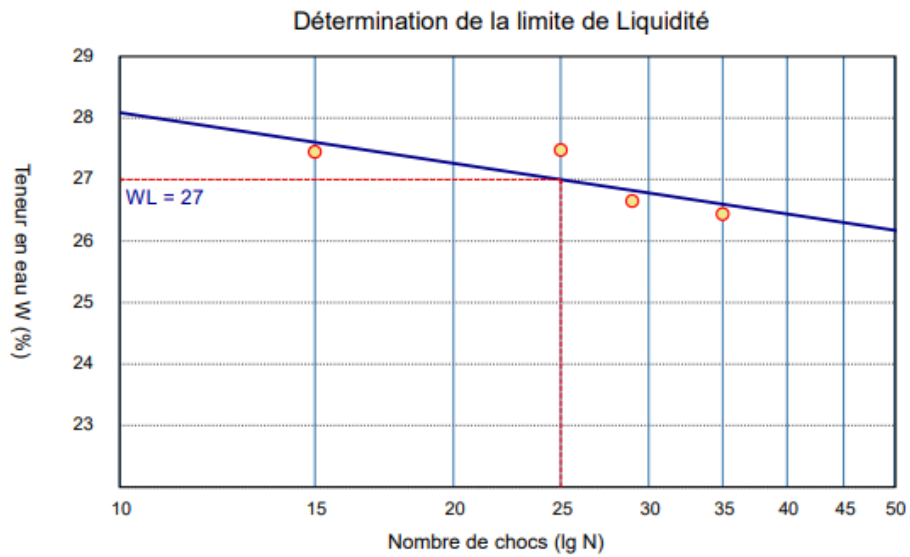


Figure 1. 15: résultats d'essai de limites d'Atterberg sondage 02

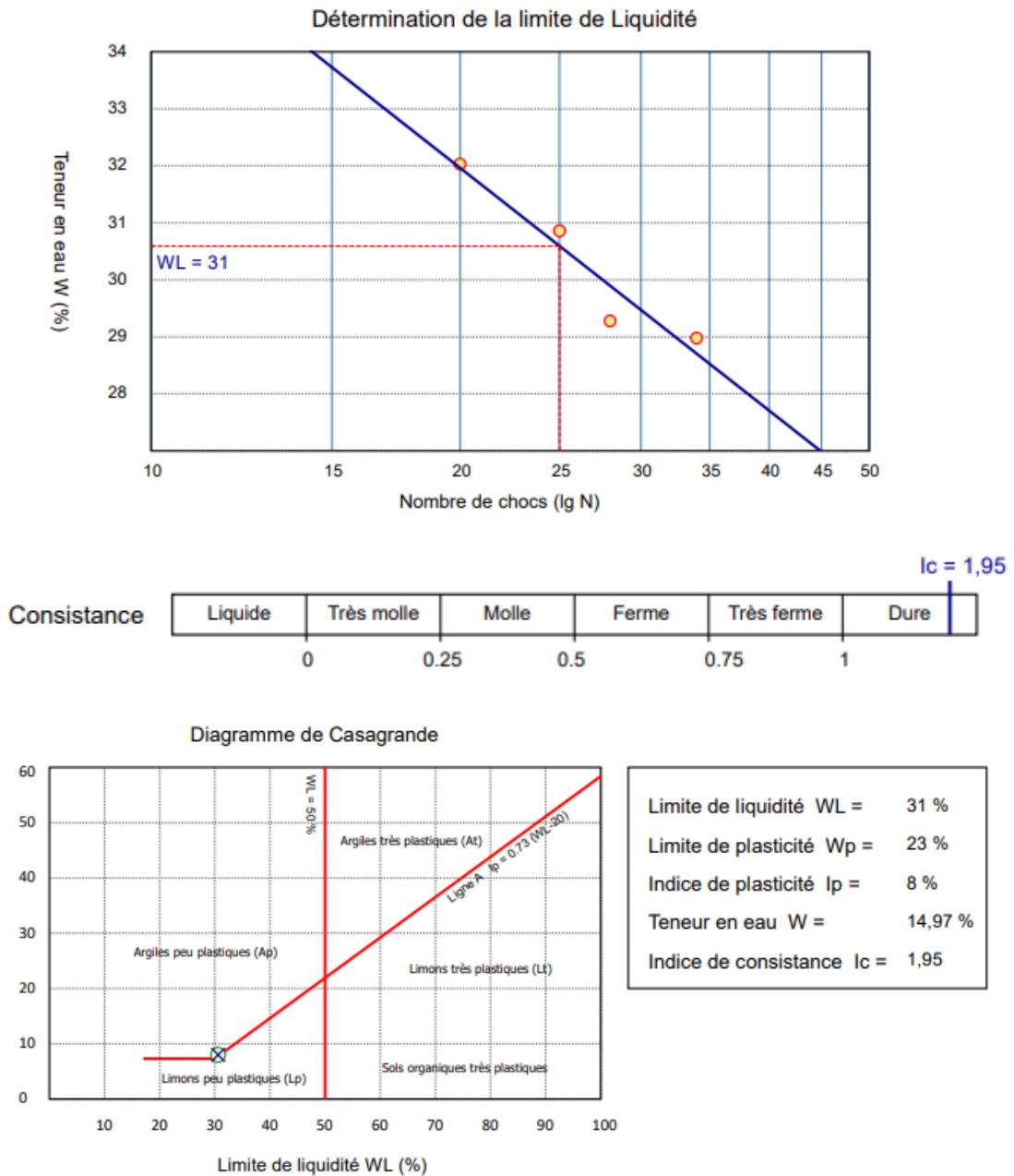


Figure 1. 16: résultats d'essai de limites d'Atterberg sondage 03

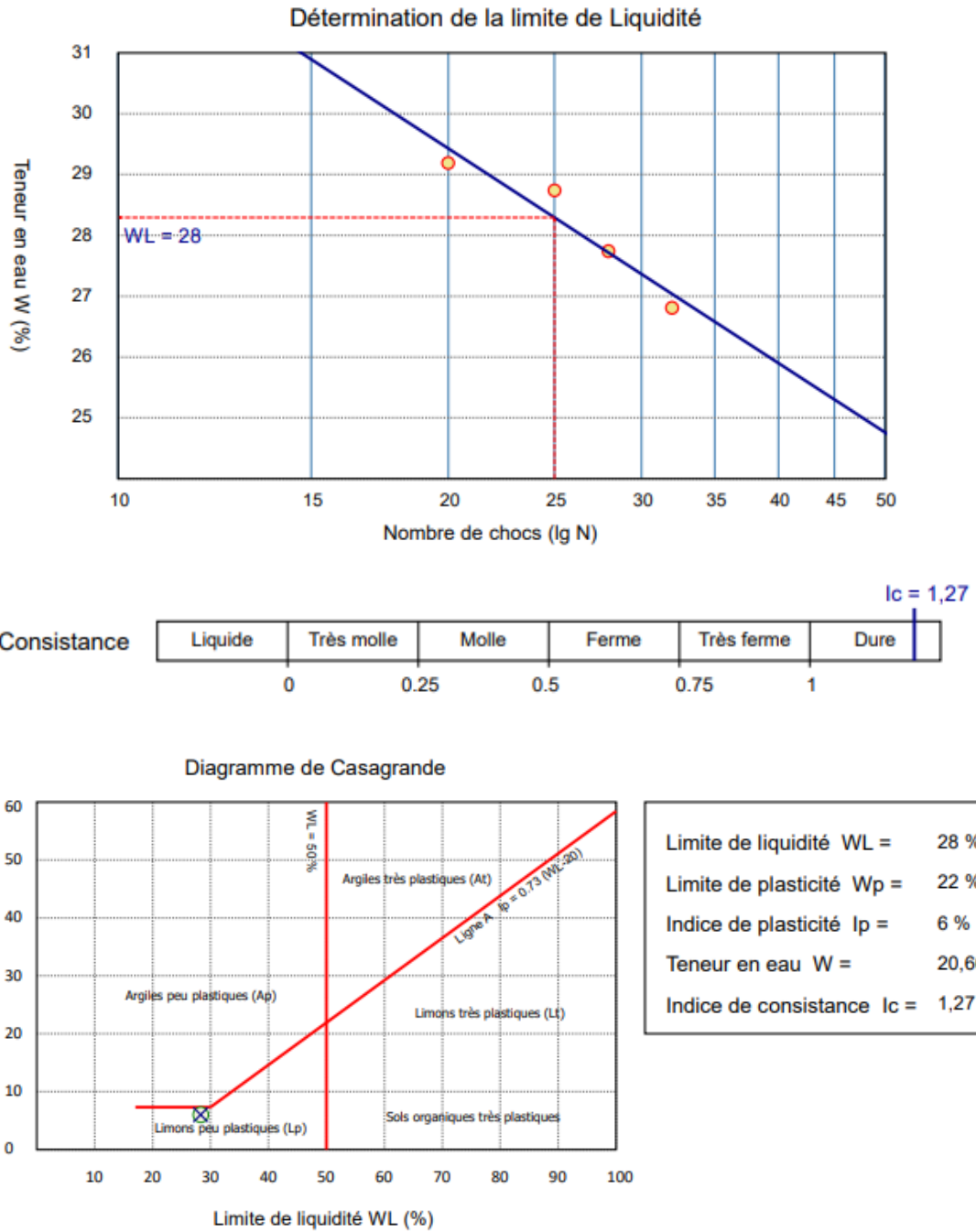
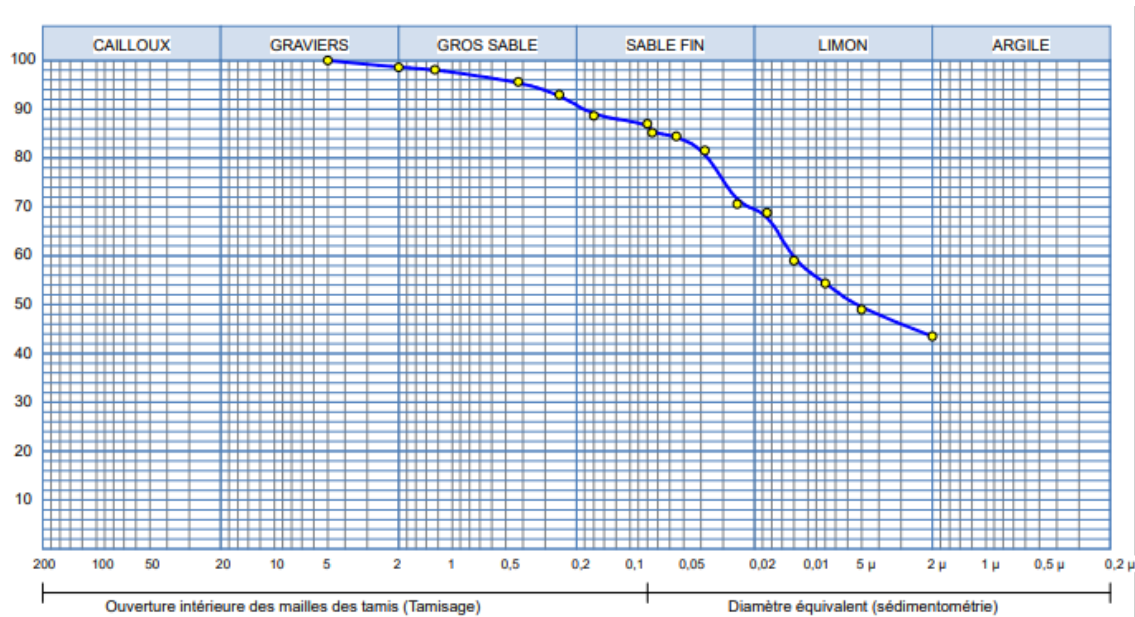


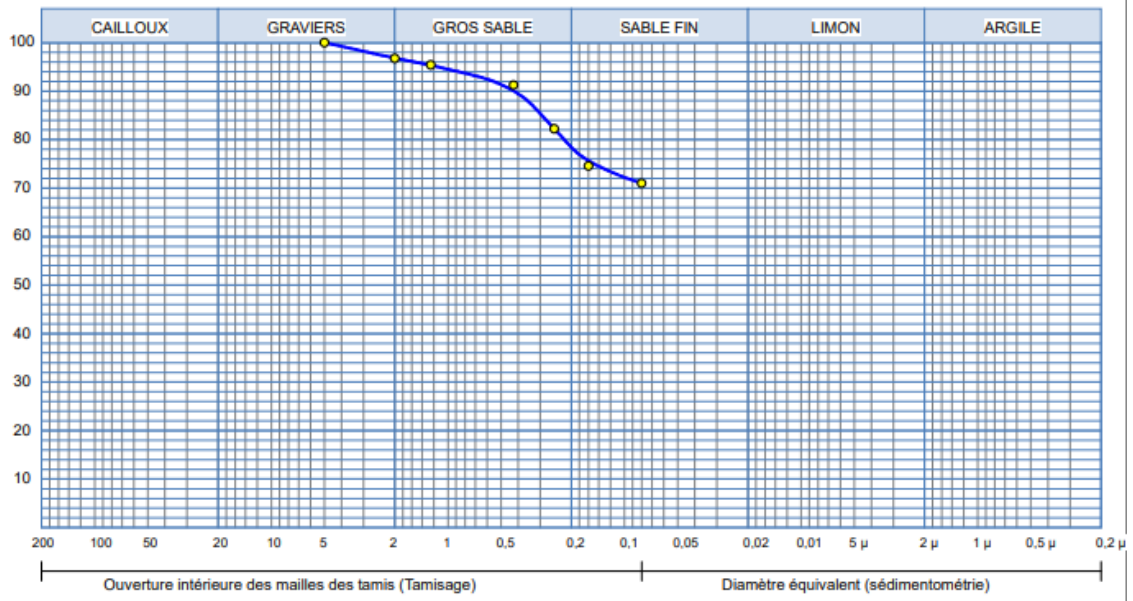
Figure 1. 17: résultats d'essai de limites d'Atterberg sondage 04



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
5,00	99,96	75,00 μm	85,19
2,00	98,58	55,00 μm	84,46
1,25	98,08		
0,43	95,59	38,00 μm	81,54
0,25	92,95	25,00 μm	70,59
0,16	88,66		
0,08	87,01	17,00 μm	68,81
		12,00 μm	59,01
		8,00 μm	54,36
		5,00 μm	48,96
		2,00 μm	43,53

Echant	< 80 μ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat ⁿ
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
—●—	87,01 %	%	%	0 %	

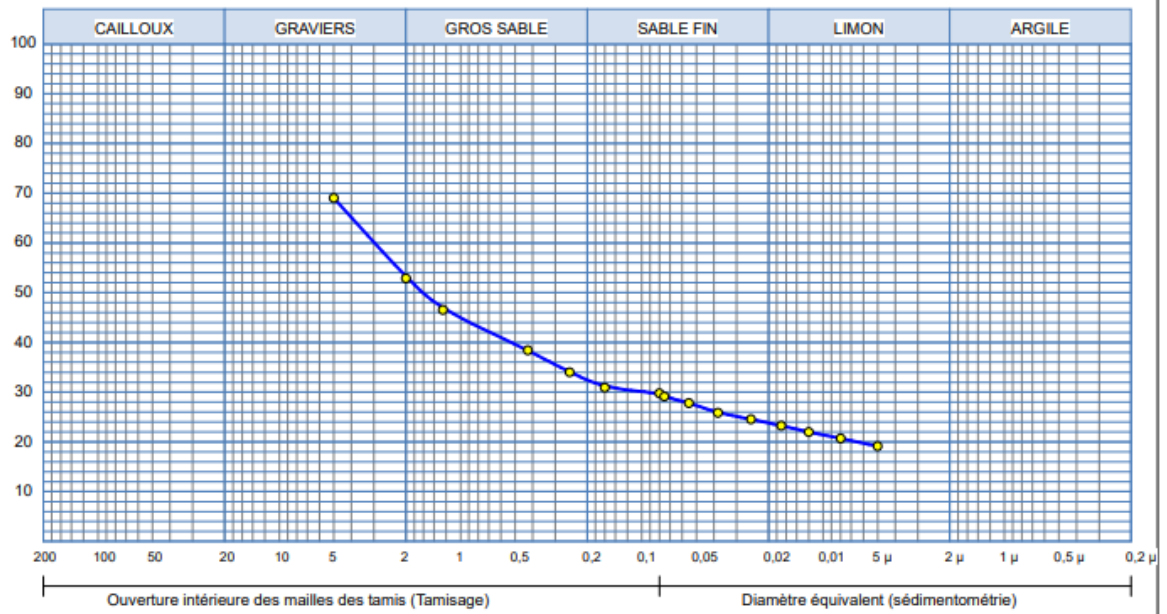
Figure 1. 18: Résultats des essais de laboratoire – granulometrie SD01.



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
5,00	100,00		
2,00	96,76		
1,25	95,38		
0,43	91,26		
0,25	82,24		
0,16	74,57		
0,08	70,98		

Echant	< 80 μ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat ⁿ
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
—●—	70,98 %	%	%	0 %	

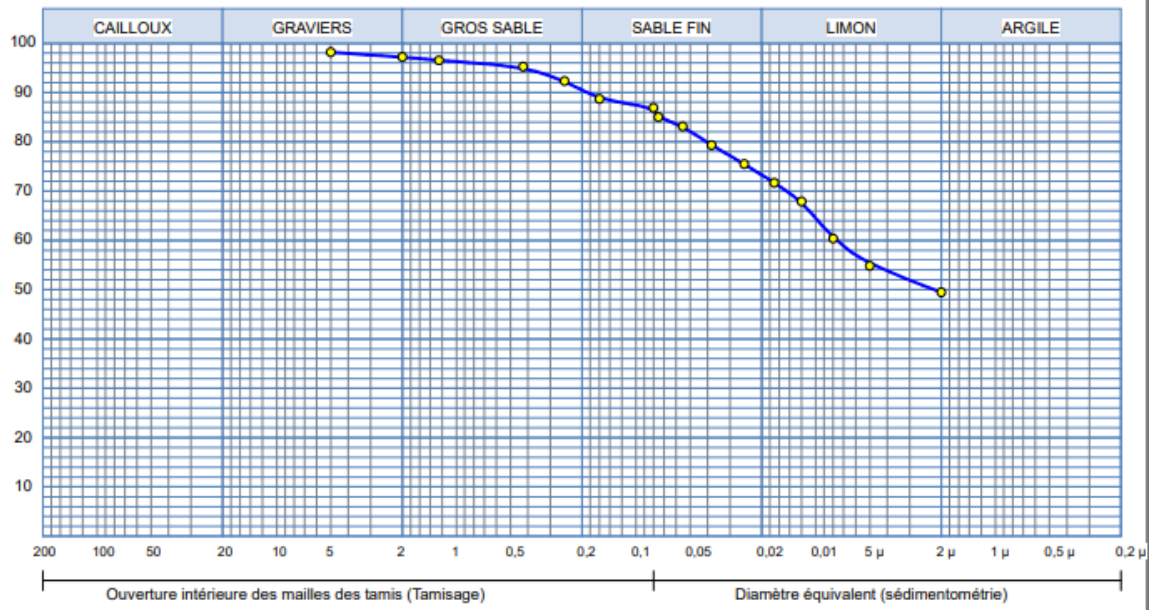
Figure 1. 19: Résultats des essais de laboratoire – granulometrie SD02.



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
5,00	69,00	75,00 μm	29,12
2,00	52,86	55,00 μm	27,82
1,25	46,52	38,00 μm	25,86
0,43	38,41	25,00 μm	24,56
0,25	34,00	17,00 μm	23,26
0,16	30,92	12,00 μm	21,98
0,08	29,77	8,00 μm	20,70
		5,00 μm	19,12

Echant	< 80 μ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat ^r
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
●	29,77 %	%	%	0 %	GL

Figure 1. 20: Résultats des essais de laboratoire – granulometrie SD03.



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
5,00	98,16	75,00 μm	84,98
2,00	97,16	55,00 μm	83,08
1,25	96,52	38,00 μm	79,28
0,43	95,22	25,00 μm	75,49
0,25	92,32	17,00 μm	71,69
0,16	88,68	12,00 μm	67,89
0,08	86,88	8,00 μm	60,39
		5,00 μm	54,83
		2,00 μm	49,49

Echant	< 80 μ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat ^r
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
—●—	86,88 %	%	%	0 %	

Figure 1. 21: Résultats des essais de laboratoire – granulometrie SD04.