



***-Etude géotechnique –
D'un terrain pour la Construction de
l'institut spécialisé dans les métiers
de L'électronique à Mohammedia.***



Dossier n° 2020- 1238
Document : Rapport
Date : 30/03/2021

DOSSIER N° : 2020-1238

CLIENT : OFPPT

**OBJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN TERRAIN POUR LA CONSTRUCTION DE
DE L'INSTITUT SPECIALISE DANS LES METIERS DE L'ELECTRONIQUE A
MOHAMMEDIA.**

DOCUMENT : RAPPORT DEFINITIF

DATE : 30/03/2021

RAPPORT ETABLI PAR : SARA BOUH- INGENIEUR GEOTECHNICIEN

RAPPORT VALIDE PAR: OTHMAN BENSATOR-INGÉNIEUR EXPERT

**GÉRANT ASSOCIÉ
OTHMAN BENSATOR**



Ce rapport comporte 44pages y compris la page de garde.

Laboratoire des Matériaux et Génie Civil – s.a.r.l – capital : 1 030 000 Dirhams

Siège : 26 - Résidence Dar Assalam (Apt. 10) – Lot Toulout Bricha – Bourgogne - 20050 – Casablanca

Laboratoire : 26 Parc Industriel Ouled Salah de CFCIM- Commune Ouled Salah – Grand Casablanca

Tél : 0522 932915 - Fax : 0522 932816 – E-mail : lmgc@menara.ma

RC: 208457 -Casablanca – Patente: 35691254 – IF: 1112844 – CNSS: 8229256

Compte bancaire : Société Générale – Agence Bourgogne – RIB : 022 780 0001180005023959 74

RAPPORT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN TERRAIN POUR LA CONSTRUCTION DE DE L'INSTITUT SPECIALISE DANS LES METIERS DE L'ELECTRONIQUE A MOHAMMEDIA.

MISSION G2AVP

Indice	Date	Modification et observations	Nombre de pages (textes et annexes)	Etablit par	Vérifié par	Approuvé par
0	02/03/2021	Version initiale Rapport préliminaire	31	Sara BOUH	Othman BENSATOR	Othman BENSATOR
1	30/03/2021	Rapport définitif	44	Sara BOUH	Othman BENSATOR	Othman BENSATOR
2						
L'indice le plus récent de la même mission annule et remplace l'indice précédent						

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	5
II. CONSISTANCE DES TRAVAUX.....	5
III. NATURE DES TERRAINS - RECONNAISSANCE EN PLACE	6
III.1. Géologie régionale.....	6
III. 2.Reconnaissance par sondages.....	7
IV. DETERMINATION DU NIVEAU DE LA NAPPE.....	11
V. ESSAI DE LABORATOIRE.....	17
VI. ETUDE DU RISQUE DE GONFLEMENT	17
VII. ESSAI PRESSIOMETRIQUE.....	17
VIII.SYSTEME DE FONDATION ET TAUX DE TRAVAIL	17
VIII.1.Niveau d'assise :.....	18
VIII.2. Système de fondation :.....	18
VIII.3. Taux de travail :	18
IX. PARAMETRES SISMIQUES :	20
IX.1.Données sismiques du site :	20
IX.2.Etude de liquifaction :	20
X. RECEPTION DE FOND DE FOUILLE.....	22
XI. TERRASSEMENT	22
XII. REUTILISATION DES MATERIAUX	22
XIII. FORMULATION DE BETON.....	22
XIV.CONCLUSIONS & RECOMMANDATION:.....	25
ANNEXES	20

I. INTRODUCTION

Le laboratoire **LMGC** a été sollicité par l'**OFPPT** afin d'effectuer l'étude géotechnique relative à la **construction d'un institut spécialisé dans les métiers de L'électronique à Mohammedia**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la mission G2AVP tel que définie dans la norme NF P 94-500. Elle permet de déterminer la nature et les propriétés des sols rencontrés pour définir l'assise des fondations projetées, le taux de travail et le système de fondation approprié.

Le présent rapport définitif comprend la description du projet, l'aperçu géologique de la zone d'étude. En outre :

- La succession litho-stratigraphique des formations rencontrées ;
- Les résultats des essais de laboratoire.
- Les principes de construction et les modalités de terrassements envisageables ;
- Les paramètres sismiques conformément au règlement RPS 2011 ;
- Etude de liquéfaction de sol ;
- Etude le risque de gonflement du sol.
- Réutilisation des matériaux de déblais.

Ainsi que toutes les recommandations et les précautions constructives jugées utiles pour l'ensemble du projet à ce stade de l'étude.

II. CONSISTANCE DES TRAVAUX

Les travaux de reconnaissance in-situ, ont consisté à la réalisation sur place de **trois (03) sondages mécaniques de 5m de profondeur et deux sondages carottés de 15m de profondeur** et ceux-ci afin de pouvoir relever la succession lithologique des formations géologiques rencontrées et de prélever des échantillons nécessaires pour les essais de laboratoire.

III. NATURE DES TERRAINS - RECONNAISSANCE EN PLACE

↳ Aperçu structurale

La région à l'étude appartient à la meseta côtière qui fait partie du môle côtier situé à la partie Ouest de la meseta Nord Occidentale. Elle est constituée, en grande partie, par des terrains du cambrien au Dévonien supérieur.

D'autre part le site appartient au domaine Mésétien et plus exactement à la zone de transition entre le massif hercynien central et la Méséta côtière septentrionale.

De point de vue structural, la zone d'étude est située entre deux domaines structuraux distincts:

Domaine structural codé APO «Région côtière du Nord-Ouest»

Domaine structural codé AC «Méséta côtière septentrionale »

↳ Lithologie régionale

La région appartient géologiquement au domaine structural de la Meseta marocaine (Môle côtier). Le socle du grand Casablanca comprend un socle cambro-ordovicien schisto-gréseux et quartzitique et une couverture méso-cénozoïque. Le Mésozoïque débute par des formations triasiques comprenant une série silto-gréso-conglomératique qui passe à des argilites dites inférieures lesquelles font suite à des basaltes. Ces derniers sont surmontés par des argilites supérieures d'âge liasique. Le Cénozoïque est représenté par des calcaires plio-quaternaires. Le patrimoine géologique du grand Casablanca est très diversifié

↳ Climat

La ville de Mohammedia est dite tempérée chaude. L'hiver à Mohammedia se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Mohammedia affiche 18.2 °C de température en moyenne sur toute l'année. La moyenne des précipitations annuelles atteints 409 mm.

III. 2. Reconnaissance par sondages

L'implantation des sondages réalisés est comme présentée ci-après :



[Figure I : Implantation des sondages](#)



[Figure II : Site du projet](#)

Le site réservé au projet en question présente une topographie de moyenne pente.

Les sondages ainsi effectués nous ont révélé la succession litho-stratigraphique des formations géologiques suivantes :

➤ Sondage carotté SC 1

- 0.00 m à 0.40 m : Terre végétale;
- 0.40 m à 1.80 m : Argile rougeâtre ;
- 1.80 m à 2.50 m : Tuf calcaire ;
- 2.50 m à 3.75 m : Sable grésifié compact ;
- 3.75 m à 8.50m : Grés;
- 8.50 m à 11.50m : Grés conglomératique lumachilique;
- 11.50 m à 15.00m : Schiste;



Photo N°1 : Sondage carotté SC1 (0.00 à 15.00m)

➤ Sondage carotté SC 2

- 0.00 m à 0.40 m : Terre végétale ;
- 0.40 m à 1.00 m : Tuf;
- 1.00 m à 2.00 m : Tuf calcaire ;
- 2.00 m à 2.90 m : Sable grésifié compact ;
- 2.90 m à 9.40 m : Grés.
- 9.40 m à 11.20m : Grés conglomératique lumachilique;
- 11.20 m à 15.00 m : Schiste.



Photo N°2 : Sondage carotté SC2 (0.00 à 15.00m)

Les coupes lithologiques relevées figurent en ANNEXE I du présent rapport.

➤ **Sondage mécanique SM1**

- - 0.00 m à 0.40 m : Terre végétale;
- - 0.40 m à 0.80 m : Argile rougeâtre,
- - 0.80 m à 2.00 m : Tuf calcaire,
- Au-delà de 2.00m : sable grésifié compact;



➤ **Sondage mécanique SM2**

- - 0.00 m à 0.40 m : Terre végétale;
- - 0.40 m à 0.80 m : Argile rougeâtre,
- - 0.80 m à 2.30 m : Tuf calcaire,
- Au-delà de 2.30m : sable grésifié compact;



➤ **Sondage mécanique SM3**

- - 0.00 m à 0.30 m : Terre végétale;
- - 0.30 m à 0.50 m : Argile rougeâtre,
- - 0.50 m à 2.00 m : Tuf calcaire,
- Au-delà de 2.00m : sable grésifié compact;



IV. DETERMINATION DU NIVEAUX D'EAU

Le niveau piézométrique des sondages carottés SC1 et SC2 du projet de construction d'un institut spécialisé dans les métiers de l'électronique à Mohammedia ont été équipés dans le but de repérer le niveau de la nappe de ces sondages, les mesures sont portés sur le tableau suivant,

Sondage	Date	Heure	Moyen de mesure	Niveau piézométrique
SC1	27/02/2021	15h00	Sonde piézométrique	-11.26m/TN
	02/03/2021	11h30		-12.30 m/TN
SC2	28/02/2021	10h43	Sonde piézométrique	-10.20m/TN
	02/03/2021	11h40		-10.80 m/TN

- Le dernier relevé du niveau piézométrique a été effectué le 02 Mars 2021 par notre responsable sur site, le niveau de l'eau a été enregistré à des profondeurs variant entre -10.20 m/TN à -12.30m/TN. On considère une revanche de +1.5m



[Photo N° 6 : Mesure piézométrique.](#)

v. ESSAIS DE LABORATOIRE :

V.1. Programme des essais

Afin de déterminer les caractéristiques des formations traversées, des échantillons ont été prélevés, conformément aux règles de l'art, pour faire l'objet des essais de laboratoire, notamment :

- Analyse granulométrique (NM ISO 17892-4 (2019));
- Détermination des limites d'Atterberg (NM 13.1.012 & NM 13.1.007) ;
- Valeur au Bleu (NF P 94-068) ;
- Teneur en eau (NM 13.1.152) ;
- Essai de cisaillement (NM 13.1.003);
- Essai de l'œdomètre (NM 13.1.0.021).

V.2. Résultats des essais de laboratoire

V.2.1. Essais d'identification

Les résultats des essais d'identification réalisés sont récapitulés dans le tableau V-2.1 ci-après :

Tableau V -2.1 - Essais d'identification

Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)	Classification GTR
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP		
139/1	SM1 (0.80à 1.00) Tuf calcaire	18.3	18.4	47	50	29	NM	0.30	B ₅
139/2	SM2 (0.40à 0.80) Argile rougeâtre	48.8	49	100	5	40	17	0.76	A ₂
139/3	SM2 (0.80à 2.30) Tuf calcaire	30.8	31	70	25	25	NM	0.39	B ₅
139/4	SM3 (0.50à 2.00) Tuf calcaire	21.5	22	53	40	30	09	0.34	B ₆
168/1	SC1 (0.40à 1.80) Argile rougeâtre	51.6	56	100	31.5	35	12	0.75	A ₁
168/6	SC2 (0.40à 1.00) Tuf	33.3	34	67	16	28	NM	0.37	B ₅
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	31.4	32	59	25	30	NM	0.49	B ₅

Réf Echantillon	Provenance	Teneur en eau (%) NM 13.1.152
139/1	SM1 (0.80à 1.00) Tuf calcaire	10.9
139/2	SM2 (0.40à 0.80) Argile rougeâtre	11.8
139/3	SM2 (0.80à 2.30) Tuf calcaire	10.9
139/4	SM3 (0.50à 2.00) Tuf calcaire	11.5
168/1	SC1 (0.40à 1.80) Argile rougeâtre	14.1
168/6	SC2 (0.40à 1.00) Tuf	21.3
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	15.2

Les graphiques de l'analyse granulométrique sont présentés en **ANNEXE III** du présent rapport.

V.2.2. Essais mécaniques – Essai de cisaillement-essai de l'oedomètre

➤ Essais mécanique

Sur des échantillons prélevés au niveau des formations rencontrées, nous avons effectué des essais mécaniques (cisaillement rectiligne à la boîte cisaillement direct) et (oedomètre). Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après et les graphes sont joints en Annexe III.

Référence	Provenance	C' f(kPa)	Φ f (°)
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	10	32

Tableau V-2-2 : Résultats d'essai de cisaillement

Référence	Provenance	contrainte de pré consolidation kPa	Indice de compression Ic	Indice de gonflement Ig	Pression de gonflement og kPa
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	30	0.059	0.013	1

Tableau V-2 3: Résultats d'essai de l'oedomètre

Interprétation des résultats

Le cisaillement est un essai qui permet d'apprécier la sécurité vis-à-vis de la rupture en déterminant la résistance au cisaillement (R) d'un sol.

D'après les résultats obtenus :

- La cohésion est faible et l'angle de frottement relativement moyenne pour les sols tuf calcaire.

A la lumière des résultats d'oedométrique, le sol en place est peu compressible et faiblement gonflants.

- De ce fait on conclue que le degré de la susceptibilité de ces formations vis -à-vis les variations volumétriques (Retrait-gonflement) en fonction d'indice de gonflement (Cg) est faible.

V.2.3. Résistance à la compression sur pierre – NM EN 1926

Des essais mécaniques de compression ont été réalisés sur la formation grésifiée, conformément à la norme NM EN 1926.

Les résultats ainsi obtenus sont comme indiqués ci-après :

Réf. Echantillon	Lieu de prélèvement	caractéristiques de l'éprouvette			masse volumique humide (en t/m ³)	Elancement	Résistance à la compression NF P 94-420	
		hauteur (en mm)	diamètre (en mm)	masse (en kg)			charge (en KN)	Résistance à la compression * (en MPa)
0168/3	SC1 (2,50 à 3,75 m) Sable grésifié	202,00	91,00	2,191	1,668	2,220	42,2	6,5
0168/4	SC1 (8,50 à 11,50 m) Grés conglomératique	178,00	91,00	2,054	1,775	1,956	54,6	8,4
0168/5	SC1 (11,50 à 15,00 m) schiste	108,00	91,00	1,874	2,669	1,187	370,3	57,0
0168/8	SC2 (2,90 à 9,40 m) Grés	180,00	91,00	1,958	1,674	1,978	55,6	8,6
0168/9	SC2 (11,20 à 15,00 m) Schiste	164,00	91,00	2,895	2,716	1,802	353,1	54,3

Il en résulte que les roches sont caractérisées par :

- Pour les grés : une masse volumique variant de 1.775 et 1.674t/m³ et une résistance à la compression de 84 à 86 bars.
- Pour les sables grésifié : une masse volumique de 1.668 t/m³ et une résistance à la compression de 65 bars.
- Pour les schistes : une masse volumique variant de 2.669 et 2.716t/m³ et une résistance à la compression de 543 à 570 bars en fonction du degré de consolidation de la roche.

VI. ETUDE DE RISQUE DE GONFLEMENT

Les matériaux susceptibles de gonfler sous l'action de l'eau sont les sols argileux naturels (suivant leur composition minéralogique, leur saturation et la composition chimique de l'eau), les sols argileux compactés, les marnes, les roches argileuses et les roches composées d'anhydrite. Le gonflement affecte les massifs de sol ou de roche dans leur masse ou localement, au gré des hétérogénéités et de la fissuration, voire de la présence de failles remplies de produits d'altération, en fonction de la géométrie des frontières d'imbibition.

Méthode directe

- A l'œdomètre :

L'échantillon est placé dans une cellule œdométrique. Il est ensuite saturé en maintenant bloquée la déformation normale à l'aide d'un dispositif spécial. La pression de gonflement est mesurée directement à l'aide d'un capteur de force.

D'après l'essai œdométrique, l'indice de gonflement I_g et Pression de gonflement p_{og} pour les tufs calcaires consistants sont faibles.

Classement des sols gonflants

Plusieurs classifications ont été proposées pour situer qualitativement les sols gonflants. Elles sont basées sur différents paramètres comme les limites d'Atterberg, la teneur en éléments minéraux, l'indice ou le potentiel de gonflement :

Tableau I.3. Relation entre le potentiel de gonflement et l'indice de plasticité (Seed et al., 1962)

I_p (%)	0 – 10	10 – 20	20 - 35
Taux de gonflement	Faible	Moyen	Elevé

D'après les essais de laboratoire nous sommes devant des sols à taux de gonflement très faible pour les tufs calcaires.

VII. ESSAIS IN-SITU / ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

VII.1 Principe

Dans le but d'apprécier les caractéristiques mécaniques du sol en place, il a été procédé au niveau du **sondage carotté SC1** à des essais pressiométriques tous les 1,50 m au moyen du Pressiomètre MENARD décrit par la norme **NF P94-110-1**.

Le principe de cet essai consiste à introduire dans le terrain, au moyen d'un forage réalisé au préalable, une sonde cylindrique dilatable. Cette sonde est reliée par des tubulures coaxiales à un système de mesure qui s'appelle contrôleur pression-volume situé en surface du sol.

L'essai permet d'obtenir une relation contrainte / déformation du sol en place, les résultats des essais pressiométriques sont comme indiqués dans le tableau ci-dessous :

VII.2 Résultats

Profondeur (m)	P_f (MPa)	P_l (MPa)	E_M (MPa)	P_l^* (MPa)	E_M/P_l
1.50	0.70	1.18	22.17	1.17	18.79
3.00	3.80	6.44	170.08	6.41	26.41
4.50	5.00	8.46	382.05	8.41	45.16
6.00	5.00	8.45	361.23	8.38	42.75
7.50	5.00	8.44	378.71	8.35	44.87
9.00	5.00	8.42	374.81	8.32	44.51
10.50	5.40	9.09	432.84	8.97	47.62
12.00	5.50	9.24	420.50	9.08	45.51
13.50	5.50	9.23	396.35	9.05	42.94
15.00	5.50	9.21	437.94	9.02	47.55

V.3 Analyse et interprétation

Ménard donne pour les sols cohérents les intervalles de classement suivants :

- $E_M / P_l < 5$: Formation remaniée ou triturée
- $5 < E_M / P_l < 8$: Formation sous-consolidée
- $8 < E_M / P_l < 12$: Formation normalement consolidée
- $12 < E_M / P_l < 15$: Formation légèrement sur-consolidée
- $E_M / P_l > 15$: Formation fortement sur-consolidée.

- L'examen des résultats des essais pressiométriques montre que les formations rencontrées ont les caractéristiques d'un sol fortement sur-consolidé.

VIII. SYSTEME DE FONDATION ET TAUX DE TRAVAIL

VIII.1. Niveau d'assise :

Compte tenu de la configuration lithologique du site, des résultats des essais in-situ et au laboratoire et de la nature de la construction, l'assise des futures fondations correspond :

- Soit à la formation tuf calcaire à partir de 1.40m.

Une seconde variante est d'utiliser la formation sable grésifié rencontrée à partir de 2.00m à 2.50m mais qui présente des caractéristiques de portance supérieur que les tufs tels que sera présenté dans le paragraphe ci-dessous.

Il est nécessaire de prévoir un ancrage dans le sol de fondation au moins 20cm.

VIII.2. Système de fondation :

Tenant compte la nature et les caractéristiques in situ des sols identifiés, le système de fondation préconisé est superficiel de type semelles isolées rigidifiées moyennant des chaînages et des longrines.

VIII.3. Taux de travail :

Sur la base des résultats des essais pressiométriques et d'après le DTU 13.12 la formule pour le calcul de la charge de rupture est :

$$Q_{adm} = q_0 + K_p(P_{le} - p_0) \text{ soit } Q_{adm} = q_0 + (K_p P^* l_e)$$

A cette charge de rupture on affecte un facteur de sécurité F pour obtenir une surpression admissible S_p , pour l'assise retenue :

La note de calcul est définie en ANNEXE II du présent rapport

Variante n°	Sol d'assise	Profondeur	Taux de travail (bars)
1	Tuf calcaire	A partir de 1.40m	2.3
2	Sable grésifié compact	A partir de 2.00m	3.9

Le choix entre la variante 1 et la variante 2 sera en fonction du cout technico-économique entre les deux variantes à déterminer par le BET. En effet, avec un ancrage plus profond, la portance s'améliore d'une manière très significative.

VIII.3 Evaluation des tassements

Le tassement évalué à partir des essais pressiométriques MENARD sont :

$$S_f = S_c + S_d$$

Avec :

S_c : tassement sphérique

S_d : tassement déviatorique

Le tassement par la méthode pressiométriques est basé sur la contrainte effective de rupture de la semelle sous une charge verticale centrée (La note de calcul est définie en ANNEXE II du présent rapport).

	Variante n°1	Variante n°1
Formule	Tuf calcaire	Sable grésifié
$s_c = (q - \sigma_v) \lambda_c B \alpha / 9 E_c$	0.064cm	0.019cm
$s_d = 2 (q - \sigma_v) B_0 (\lambda_d B / B_0)^\alpha / 9 E_d$	0.068cm	0.031cm
$s_f = s_c + s_d$	0.13cm	0.05cm
Les valeurs des tassements obtenues restent admissible pour les taux de travail calculé. Le BET devra en être informé.		

IX. PARAMETRES SISMIQUES :

IX.1. Données sismiques du site :

Selon le RPS 2011 applicable au bâtiment, les paramètres qui doivent être pris en considération afin de permettre aux bâtiments de résister convenablement aux secousses sismiques sont récapitulés dans le tableau suivant :

Paramètres parasismiques	Coefficients
Classe du bâtiment (Bâtiment du grand public)	II
Coefficient de priorité parasismique	1.20
Zonalité	2
Coefficient d'accélération (A/g)	0,1
Type de site	S2
Coefficient de site	1.20

IX.2. Etude de Liquéfaction du sol :

1-Définition

La liquéfaction se produit quand la structure d'un sable lâche et saturé se décompose à cause de la sollicitation rapidement appliquée. En effet, sous la sollicitation, les particules du sol ont tendance à se structurer de manière plus dense, en diminuant les vides, qu'à leur état initial. Dans le cas présent, la vitesse de l'évènement ne permet pas à l'eau de s'évacuer, les pressions interstitielles augmentent alors très fortement. Cette augmentation des pressions diminue ainsi les forces de contact entre les particules du squelette du sol, diminuant donc la capacité portante de ce dernier. A cet instant, si de nombreuses particules perdent le contact entre elles, le sol perd toute résistance et se comporte alors plus comme un liquide que comme un solide. Le sol est donc liquéfié.

- Plusieurs critères influencent la résistance d'un sol à la liquéfaction :

Etat de contrainte actuel : la résistance à la liquéfaction augmente avec la contrainte effective verticale. Comme cette dernière croît avec la compacité du sol et que celle-

ci augmente avec la profondeur, ceci va provoquer une amélioration de la résistance à la liquéfaction pour les couches profondes (d'après Seed et Peck, 1976)

Influence de la structure du sol : l'arrangement minimal est obtenu par déversement à sec, sans vibration, et au contraire, l'arrangement maximal est obtenu par vibration sous haute fréquence de l'échantillon déjà humide. On observe que la différence entre les résistances à la liquéfaction est beaucoup plus prononcée pour les contraintes de cisaillements élevées. La liquéfaction instantanée n'est observable que pour les échantillons dont les grains ont subi un arrangement minimal.

Influence de la saturation : la résistance à la liquéfaction d'un échantillon non saturé est plus élevée que celle d'un échantillon saturé.

2- **Les éléments nécessaires pour le dépistage du risque de liquéfaction**

↳ **Eventualité d'une liquéfaction des sols**

Les critères empiriques de susceptibilité à la liquéfaction des sols sont les suivants:

Les sols argileux fins :

- Un diamètre à 15 %, $D_{15} > 0,005 \text{ mm}$,
- Une limite de liquidité $WL < 35 \%$,
- Une teneur en eau $W > 0,9 WL$,
- Un indice de liquidité < 0.75 et un point représentatif sur le diagramme de plasticité Se Situait au-dessus de la droite « A » du diagramme.

Critère de liquéfaction	$D_{15} > 0,005 \text{ mm}$	$W > 0,9 WL$	$WL < 35 \%$,
Résultats	$D_{15} < 80 \mu\text{m}$	$11.8\% < 36\%$	Entre 35 et 40%
Vérification du Critère	Non vérifié	Non vérifié	Non vérifiée

Tableau comparatif des critères de liquéfaction

D'après notre campagne de reconnaissance des sols du site, nous avons constaté que la lithologie synthétique du terrain à dominance tuf calcaire sable

grésifié et schiste. Le tableau ci-dessus montre que les critères de liquéfaction ne sont pas respectés. Par conséquent, les formations mises en place au niveau du site à l'étude sont non susceptibles de se liquéfier.

X. RECEPTION DE FOND DE FOUILLE

Nous recommandons de réaliser la réception des fonds de fouilles par un ingénieur géotechnicien pour vérifier si les hypothèses retenues lors de l'étude correspondent à ceux réellement existantes après les fouilles. Le LMGC se tient à votre disposition pour assurer cette mission.

XI. TERRASSEMENT

Les travaux de terrassement dépendent de la nature des sols à excaver et les niveaux de terrassement de la plate de forme du projet, D'après les coupes lithologiques des sondages carottés, les formations meubles sont apparues généralement à la surface surmontant la formation rocheuse. De ce fait, les terrassements pourront être réalisés à l'aide des engins classiques tels que pelle mécanique pour les sols meubles et l'intervention des moyens performants tels que les marteaux piqueurs pour l'ancrage des fondations.

Notez que si les terrassements en masse ne sont pas prévues pour aplanir le terrain. Le terrain en pente risque de mettre les fondations à des niveaux décalés, descendues à des profondeurs différentes, il y a lieu dans ce cas de respecter une pente de 3H/2V conformément aux dispositions du DTU 13.12 (Voir schéma).

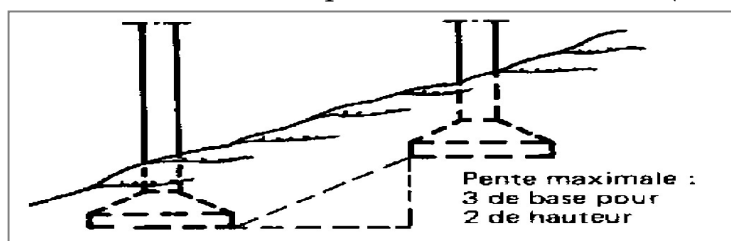


Schéma de principe du respect de la règle de 3H/2V entre fondations voisines

XII. REUTILISATION DES MATERIAUX

Les matériaux pour remblais proviendront des déblais des profils voisins ou des lieux d'emprunts, ils doivent être :

- Des sols exempts d'éléments végétaux de toute nature de toute quantité appréciable d'humus de ce fait :
- La terre végétale n'est pas réutilisable en remblai.

Sous ces conditions sont utilisables ou réutilisables en remblai les sols suivants :

❖ Selon la classification GMTR :

1. Tous les sols tufacés de classes Tc et Tf, sauf ceux du type B1 et B2 (avec VBS < 1,5) et du type A4.
2. Les sols grenus de classes : B, D, CA, CB, sauf les sols : D1, B1, B2 (avec VBS < 1,5), CA3, CA4, CB1 et CB2 (avec VBS < 1,5).

Les sols fins de classes A1, A2.

Dans le cadre de notre étude, à part la terre végétale et l'argile rougeâtre en surface à rebuter, les formations rencontrées sont des tufs calcaires classés B5 à B6 suivant la norme NM 13.1.183. Ils sont utilisables en remblai. En profondeur, la formation rocheuse ne sera pas concernée par les terrassements.

XIII. FORMULATION DE BETON A PREVOIR

Le bâtiment est situé à MOHAMMEDIA. La superstructure peut être classé en XCA2. L'infrastructure, compte tenue de l'absence de l'eau jusqu'à niveau des fondations préconisé, nous proposons la classe d'exposition XCA1 suivant la norme NM 10 1 008. Les bétons doivent ainsi respecter les exigences portées sur le tableau ci-dessous.

Valeurs limites pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition

	Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Classes d'exposition									
		Corrosion induite par carbonatation		Corrosion induite par les chlorures			Attaque gel / dégel		Environ. chimiquement agressifs		
				Eau de mer		Chlorures autres que l'eau de mer					
	X0	XCA1	XCA2	XM1	XM2	XCL	XG1	XG2	XA1	XA2	XA3
Rapport E _{eff} / C maximal	—	0,65	0,60	-0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,50	0,45
Classe de résistance minimale	—	B20	B25	B30	B35	B30	B25	B30	B30	B35	B40
Teneur mini en ciment (kg/m ³)	200	290	310	340	350	330	320	340	325	350	385
T min en air (%)	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—
Nature ciment	—	—	—	—	PM	—	—	a)	b)	b)	b)

a) En cas d'utilisation de sels de dévergloage dont la teneur en sulfate soluble est supérieure ou égale à 3 %, utiliser un ciment PM ou un ciment ES
b) Lorsque la classe d'agressivité résulte de la présence de sulfates, pour la classe XA1, utiliser un ciment PM et pour les classes XA2 et XA3, utiliser un ciment ES

Compte tenu des classes d'expositions, aucunes exigences sévères telle nature du ciment ou E/C faible n'est spécifié. Nous proposons ainsi d'unifier le type de béton pour les deux parties d'ouvrages à savoir la superstructure et l'infrastructure en proposant un béton qui respecte les exigences de la classe d'exposition XCA2 plus sévère que la classe d'exposition XCA1.

La composition proposée est à base de granulats de Benslimane et du sable de dune. Elle est donnée à titre d'information et présente les performances visées. L'entreprise en charge de la construction du projet devra reprendre l'étude en fonction des granulats qui seront réellement utilisés sur le projet.

La formule proposée pour le béton B25 est présentée dans le tableau ci-après :

Constituant	Dosage En Masse
Gravette GII	560
Gravette GI	470
Sable concassé 0/5mm	550
Sable de dune	290
Ciment CPJ 45	380
Eau	180
Adjuvant superplastifiant	1%
Slump	S2
Résistance à la compression estimé à 7j	21 MPa
Résistance à la compression estimé à 28j	29 Pa

La composition ci-dessus est donnée à titre d'information. Il est nécessaire de vérifier qu'avec les granulats qui seront réellement utilisés, les résultats sus présentés seront atteints. Le cas échéant, une étude spécifique devra être réalisée. L'utilisation d'un adjuvant est très recommandé pour éviter l'ajout d'eau.

XIV. CONCLUSIONS & RECOMMANDATIONS :

Les reconnaissances géotechniques menées par le laboratoire des Matériaux et Génie Civil (LMGC) sur le site du projet de **construction d'un institut spécialisé en métier dans la technologie à Mohammedia** réalisées à la demande de l'OFPPT, ont abouti aux conclusions suivantes :

- L'assise de fondation correspond soit à la formation Tuf calcaire à 1.40m/TN, ou bien à la formation sable grésifié rencontrée à partir de 2.00m/TN, tout en assurant un ancrage dans les sols de fondation au moins 20cm.
- Le système de fondation proposé est superficiel de type : semelles isolées rigidifiées par chaînage ;
- le taux de travail pour l'assise retenue est :

Variante n°	Sol d'assise	Taux de travail	Tassement*
1	Tuf calcaire	2.3	0.13cm
2	Sable grésifié compact	3.9	0.05cm

* Les valeurs des tassements obtenues restent admissible pour les taux de travail calculé. Le BET devra en être informé

- Le choix entre les deux variantes devra être fait sur la base du coût technico-économique de l'infrastructure qui peut être réalisé par le BET.
- A la date de nos investigations sur site (Mars 2021), nous avons constaté la présence d'eau en profondeur varie de 10.20 à 12.30m/TN avec une revanche de +1.5m.
- Assurer un décapage total de la terre végétale ou toute sorte de matériaux remaniés ;
- Prévoir un trottoir périphérique de 1,5m minimum permettant de collecter les eaux et de les évacuer vers un exutoire adapté afin d'éviter tout départ de sable fin ;
- Interdire la plantation d'arbre à côté des bâtiments. La distance minimale devant être respecté est 1,5 fois la hauteur de l'arbre à l'âge adulte.
- Assurer un bétonnage immédiat après réalisation des fouilles, afin de protéger les fonds de fouille vis-à-vis de l'altération.

- Assurer un ancrage dans le sol de fondation de 20cm au minimum.
- Données sismiques : site S2, coefficient d'influence 1.2, coefficient d'accélération $0.10 \cdot g$ (conformément au règlement parasismique RPS 2011). Ces données pourront être utilisées dans la vérification de la sécurité des ouvrages vis-à-vis des sollicitations sismiques.
- Les fondations devront être rigidifiées et dimensionnées de telle sorte qu'en cas de séisme la défaillance se produira d'abord dans la structure et non dans les fondations.
- Il est vivement conseillé de réaliser des contrôles rigoureux, par le laboratoire, de la qualité des matériaux utilisés (remblai, granulats et béton...) de manière à vérifier que les performances des matériaux mis en place sont conformes aux spécifications normatives.
- Le laboratoire LMGC se tient à la disposition du client pour apporter son concours au cours des travaux (assistance technique, conseil, réception de fouilles, contrôle et étude de formulation et contrôle de béton, etc...) de manière à mener à bien les travaux de réalisation de ce projet, dans des conditions optimales et sécuritaires.
- Les données portées sur le présent rapport sont basées sur les conclusions retenues à partir des sondages réalisés. Toutes formations différentes ou configurations différentes du sol que celle prévue par le présent rapport doit être communiquée au laboratoire pour apporter éventuellement des modifications nécessaires.

FIN DU RAPPORT DEFINITIF

ANNEXES

ANNEXE I : Coupes lithologiques

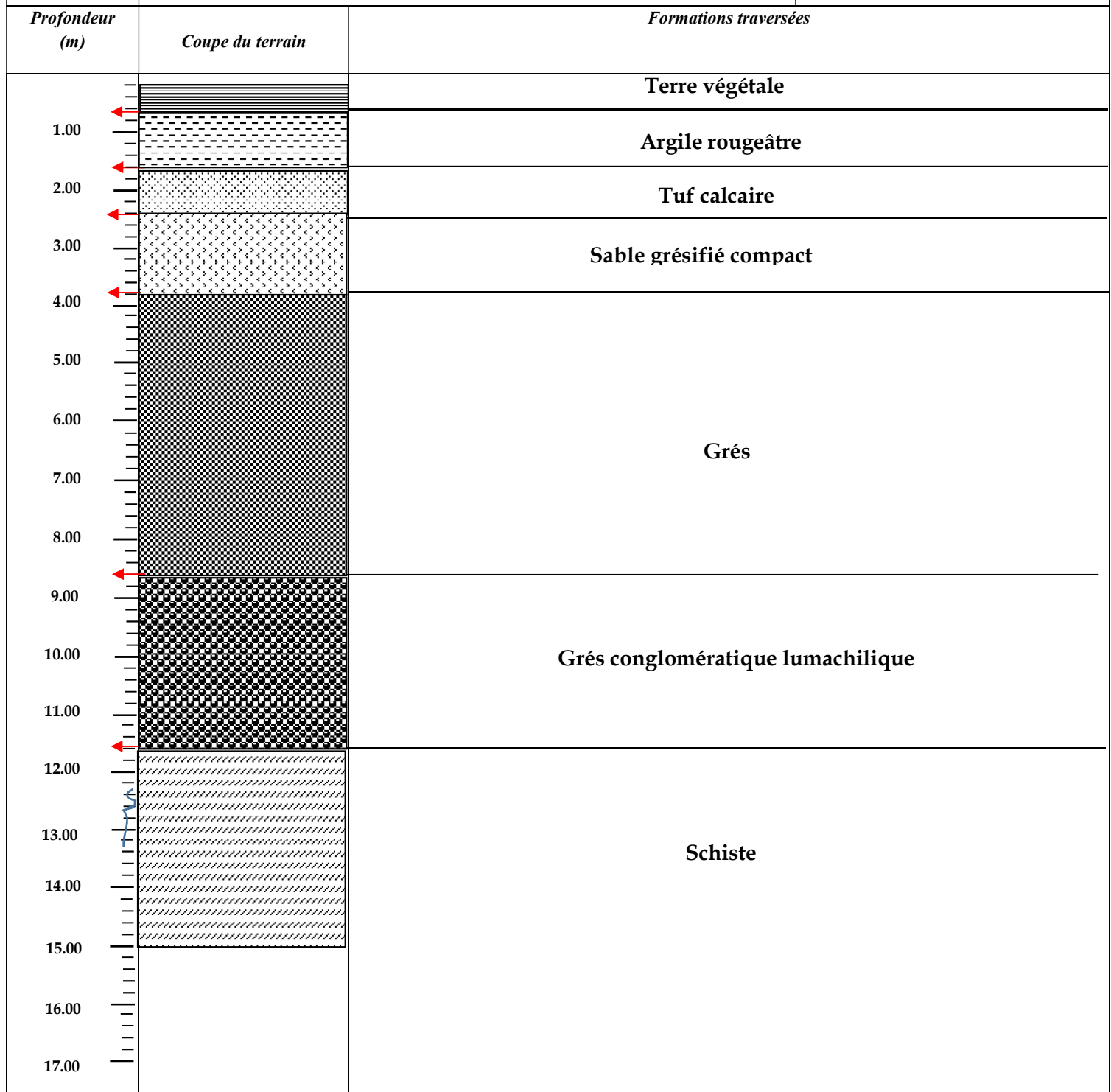
Client : OFPPT

Projet : Etude géotechnique pour la construction d'un institut spécialisé en métier dans l'électronique à MOHAMMEDIA

Sondage carotté : SC1

Profondeur : 15.00 m

Niveau piézométrique : 12.30m/TN



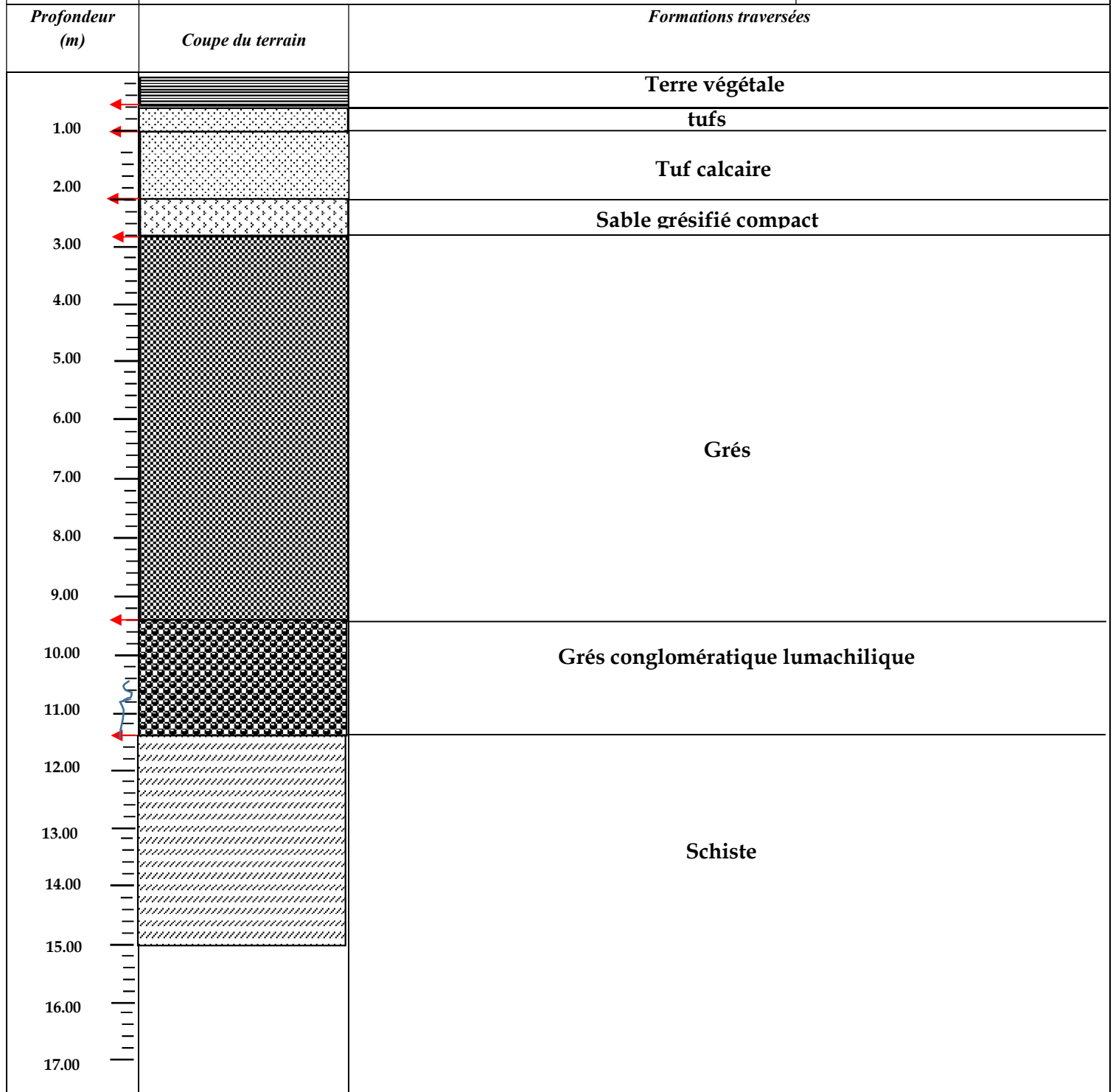
Client : OFPPT


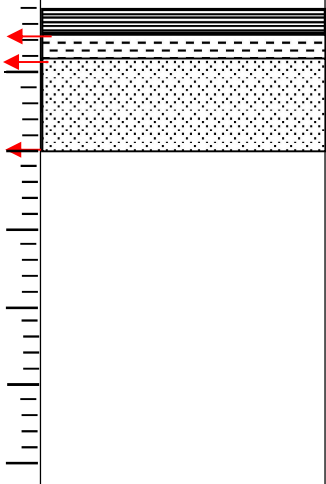

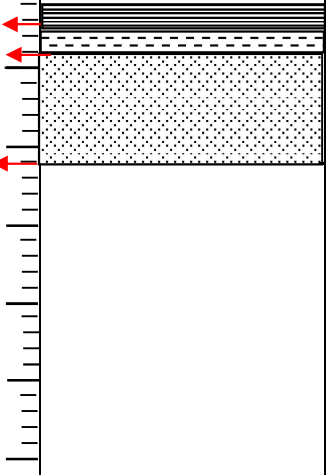
Projet : Etude géotechnique pour la construction d'un institut spécialisé en métier dans l'électronique à MOHAMMEDIA


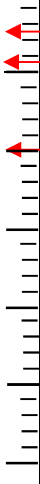
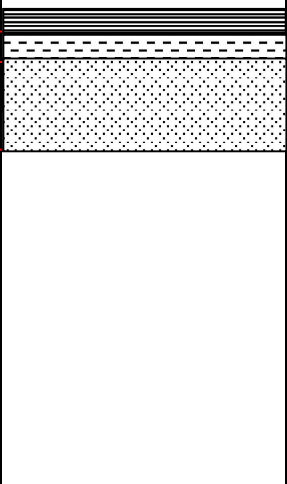
Sondage carotté : SC2

Profondeur : 15.00 m

Niveau piézométrique : 10.80m/TN



	Client : OFPPT Projet : Etude géotechnique pour la construction d'un institut spécialisé en métier dans l'électronique à MOHAMMEDIA	Sondage carotté : SM1 Niveau piézométrique : Néant
<i>Profondeur (m)</i>	<i>Coupe du terrain</i>	<i>Formations traversées</i>
1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00		Terre végétale Argile rougeâtre Tuf calcaire Sable grésifié compact
	Client : OFPPT Projet : : Etude géotechnique pour la construction d'un institut spécialisé en métier dans l'électronique à MOHAMMEDIA	Sondage carotté : SM2 Niveau piézométrique : Néant
<i>Profondeur (m)</i>	<i>Coupe du terrain</i>	<i>Formations traversées</i>
1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00		Terre végétale Argile rougeâtre Tuf calcaire Sable grésifié compact

	Client : OFPPT Projet : Etude géotechnique pour la construction d'un institut spécialisé en métier dans l'électronique à MOHAMMEDIA	Sondage carotté : SM3 Niveau piézométrique : Néant
<i>Profondeur (m)</i>	<i>Coupe du terrain</i>	<i>Formations traversées</i>
		Terre végétale
		Argile rougeâtre
		Tuf calcaire
		Sable grésifié compact

ANNEXE II : Note de calcul

❖ CONTRAINTE ADMISSIBLE ET DE SERVICE DU SOL D'ASSISE PAR MÉTHODE PRESSIOMÉTRIQUE

La contrainte admissible du sol d'assise au niveau du site (SC1) ; est calculée par la formule suivante :

$$Q_{adm} = q_o + K_p(P_{le} - p_o) \text{ soit } Q_{adm} = q_o + (K_p * P^*_{le})$$

La contrainte admissible d'une fondation superficielle exécutée est une fonction linéaire de la pression limite :

$$Q_{adm} = q_o + (K_p * P^*_{le})$$

q_o : Pression verticale des terres au repos après construction (donc compte tenu d'un remblai éventuel) au niveau de la fondation.

K_p : Facteur de portance pressiométrique.

P_{le} : Pression limite équivalente.

P^*_{le} : Pression limite nette équivalente.

- **Calcul de la pression limite équivalente P^*_{le} :**
 P_{le}^* est la pression nette équivalente définie par (fig.N°1)

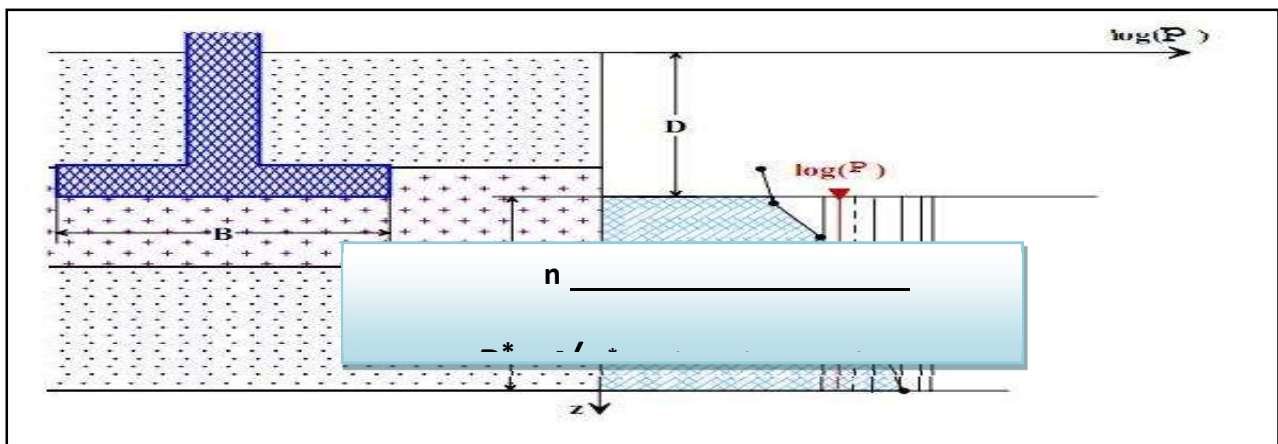


Fig.1: Schéma de définition de la pression limite nette équivalente P_{le}^* dans le cas d'un terrain

- **Calcul de K_p :**

Le coefficient de portance pressiométriques dépend de trois paramètres qui sont :

- La nature du sol.
- La profondeur d'encastrement équivalente (**De**).
- L'encastrement relatif **De/B**, et la géométrie de la fondation.

Kp est obtenue à partir du tableau suivant :

Tableau 6 – Facteur de portance pressiométrique (fascicule 62-V, 1993)			
Type de sol	Expression de k_p	$k_{p \max}$ (semelle carrée)	$k_{p \max}$ (semelle filante)
Argiles et limons A, craies A	$0,8 \left[1 + 0,25 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	1,30	1,10
Argiles et limons B	$0,8 \left[1 + 0,35 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	1,50	1,22
Argiles C	$0,8 \left[1 + 0,50 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	1,80	1,40
Sables A	$\left[1 + 0,35 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	1,88	1,53
Sables et graves B	$\left[1 + 0,50 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	2,25	1,75
Sables et graves C	$\left[1 + 0,80 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	3,00	2,20
Craies B et C	$1,3 \left[1 + 0,27 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	2,18	1,83
Marnes, marno-calcaires, roches altérées	$\left[1 + 0,27 \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right]$	1,68	1,41

❖ Calcul du tassement:

Le tassement évalué, est calculée par la formule suivante :

$$sf = sc + sd$$

sc : tassement sphérique avec : $sc = (q - \sigma_v) \lambda_c B^\alpha / 9Ec$

sd : tassement déviatorique avec : $sd = 2 (q - \sigma_v) B^0 (\lambda_d B/B^0)^\alpha / 9Ed$

Avec :

***B₀** : une dimension de référence égale à 0,6 m

***B** : largeur de la fondation

***q** : composante normale de la contrainte effective moyenne appliquée au sol,
Par la Fondation

***σ_v** : contrainte verticale effective calculée avant travaux au niveau de la
Fondation

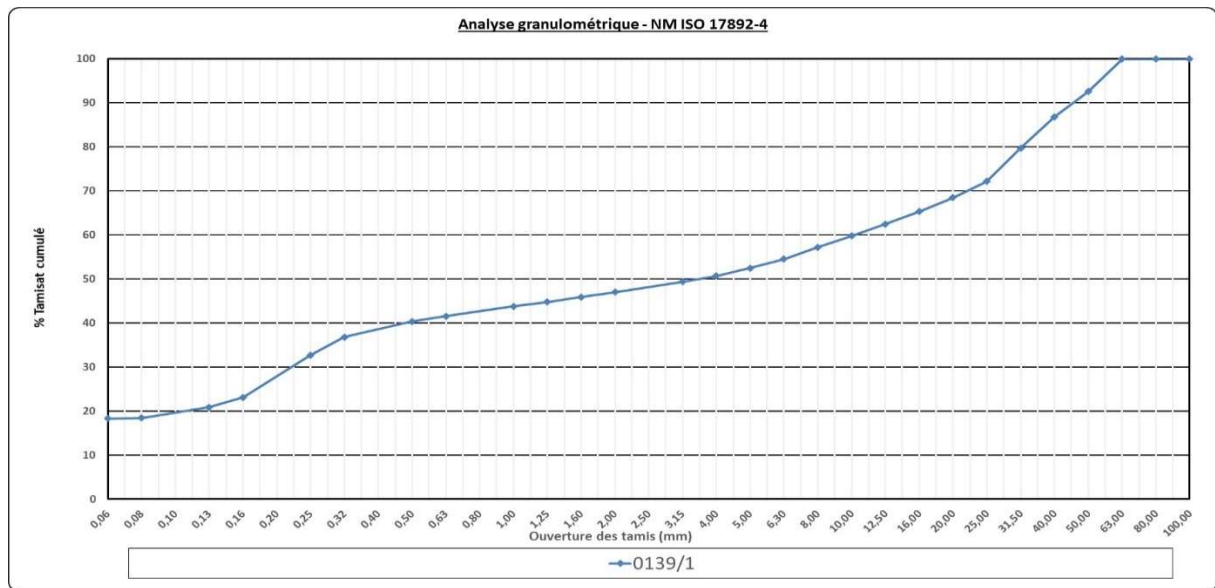
***α** : coefficient rhéologique dépendant de la nature du sol de la structure du sol
et du temps

***λ_c et λ_d** : coefficients de forme

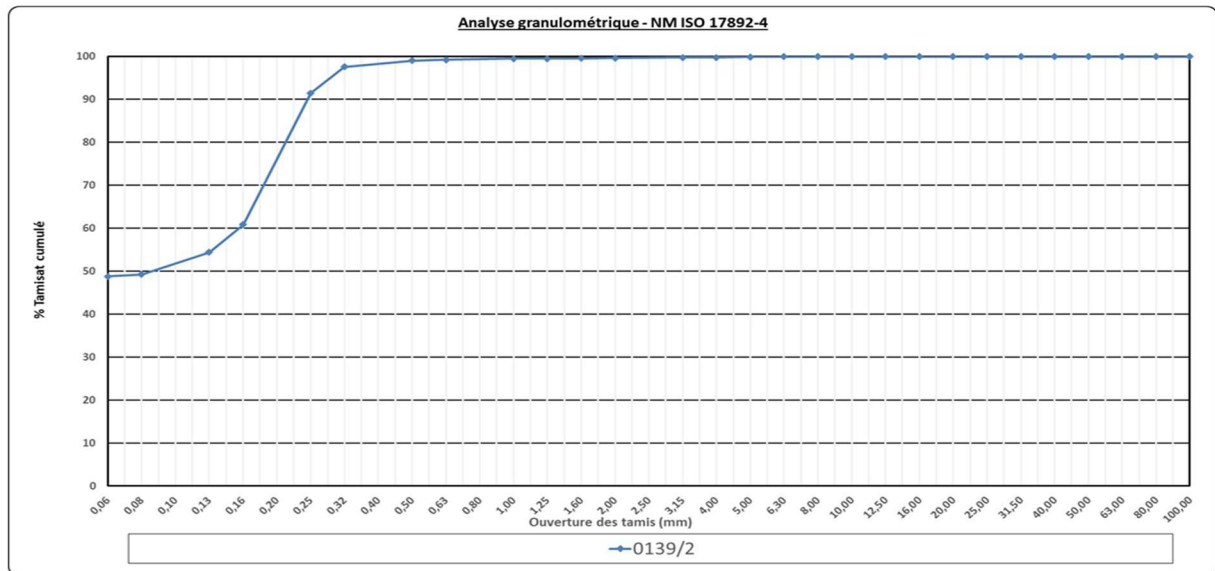
* **Ec et Ed** : modules pressiométriques équivalents dans la zone volumique.

ANNEXE III: Essais de laboratoire

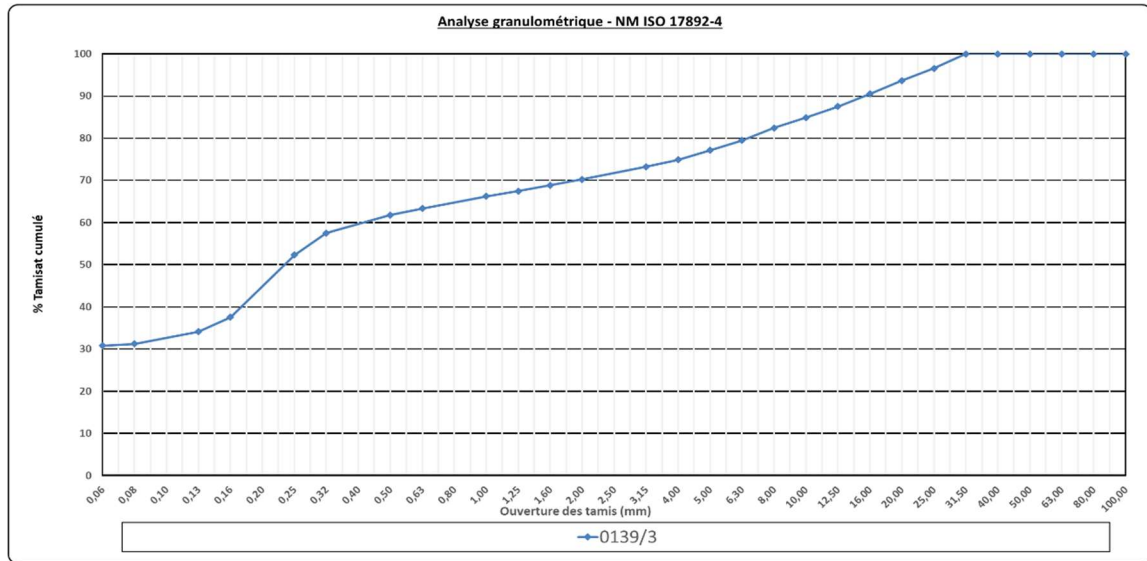
ANALYSE GRANULOMETRIQUE



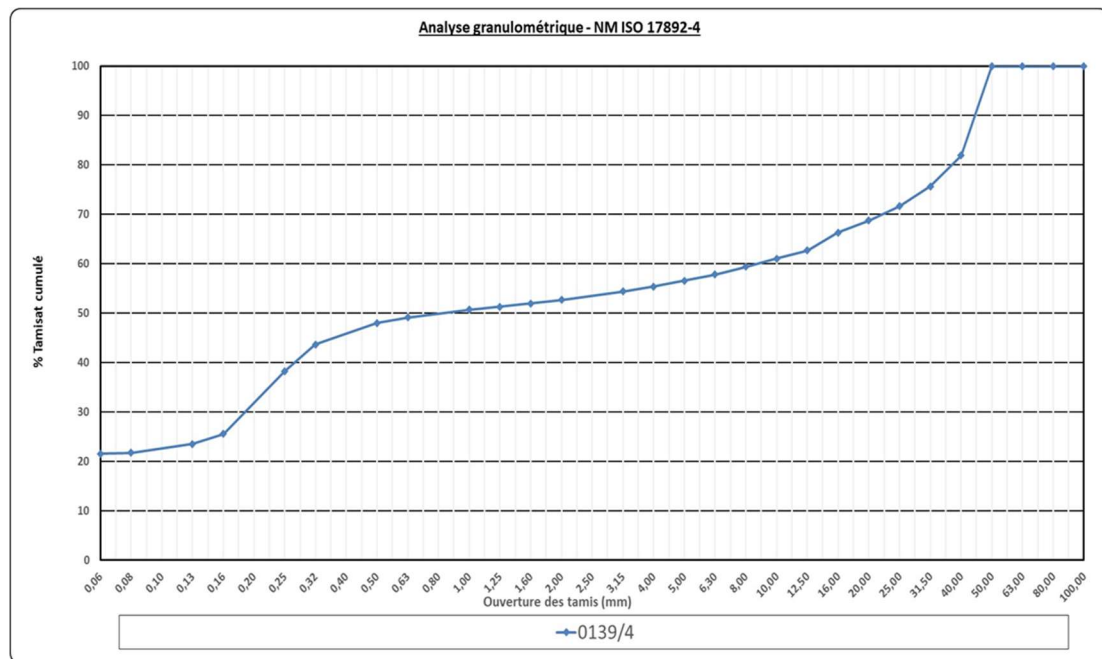
Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D _{max} (mm)	W _L %	IP	
139/1	SM1 (0.80à 1.00) Tuf calcaire	18.3		47	50	29	NM	0.30



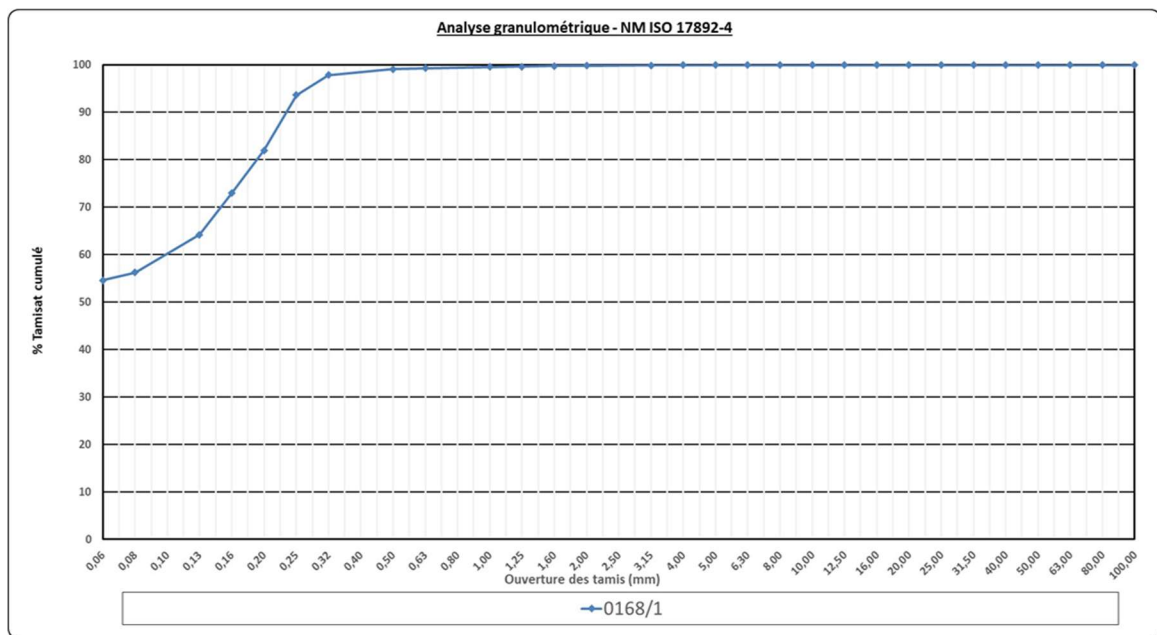
Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D _{max} (mm)	W _L %	IP	
139/2	SM2 (0.40à 0.80) Argile rougeâtre	48.8	49	100	5	40	17	0.76



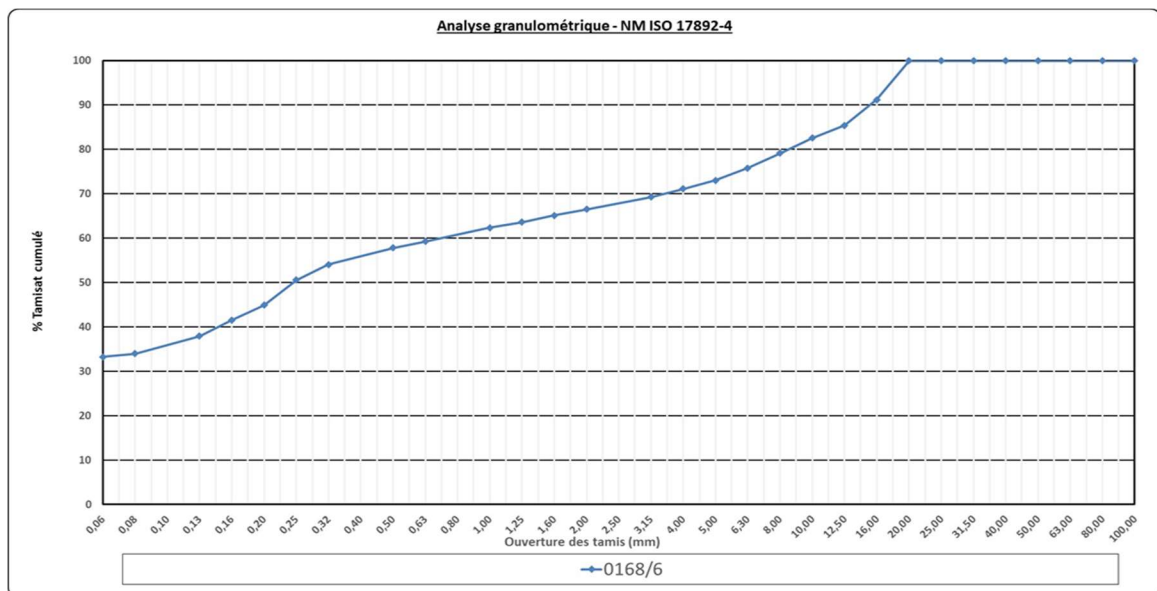
Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
139/3	SM2 (0.80à 2.30) Tuf calcaire	30.8	31	70	25	25	NM	0.39



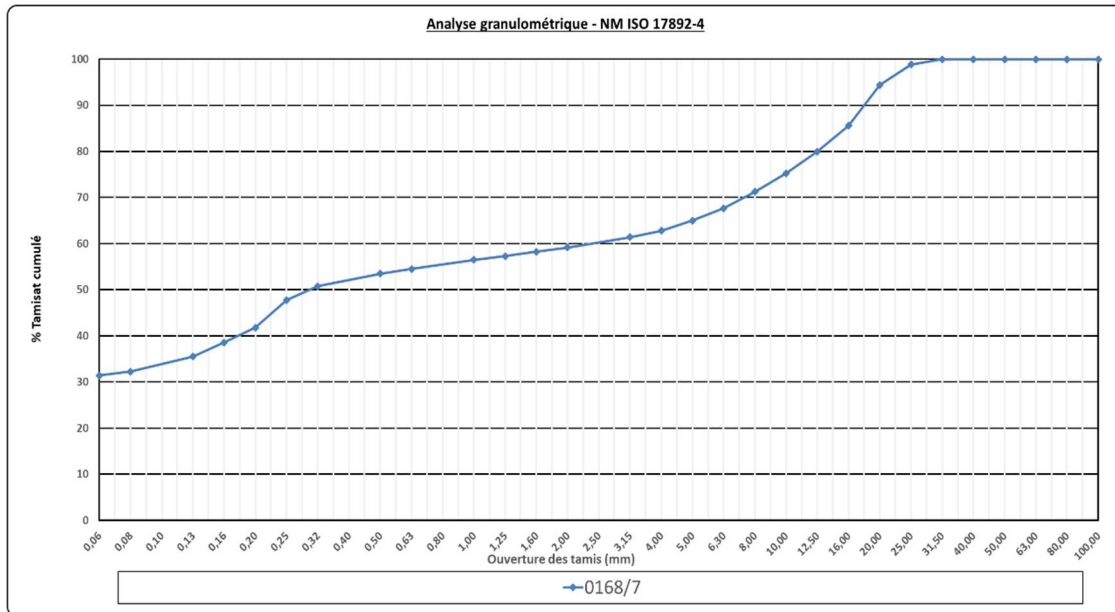
Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
139/4	SM3 (0.50à 2.00) Tuf calcaire	21.5	22	53	40	35	12	0.34



Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
168/1	SC1 (0.40à 1.80) Argile rougeâtre	51.6	56	100	31.5	30	9	0.75

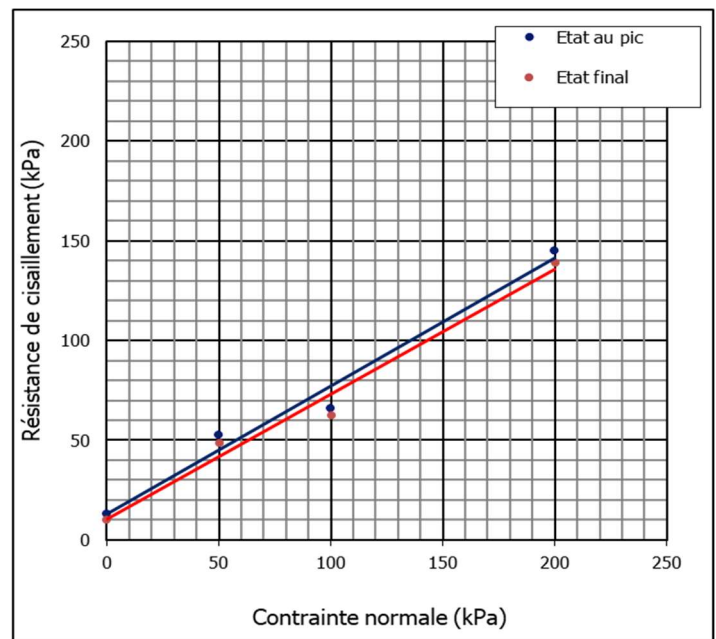
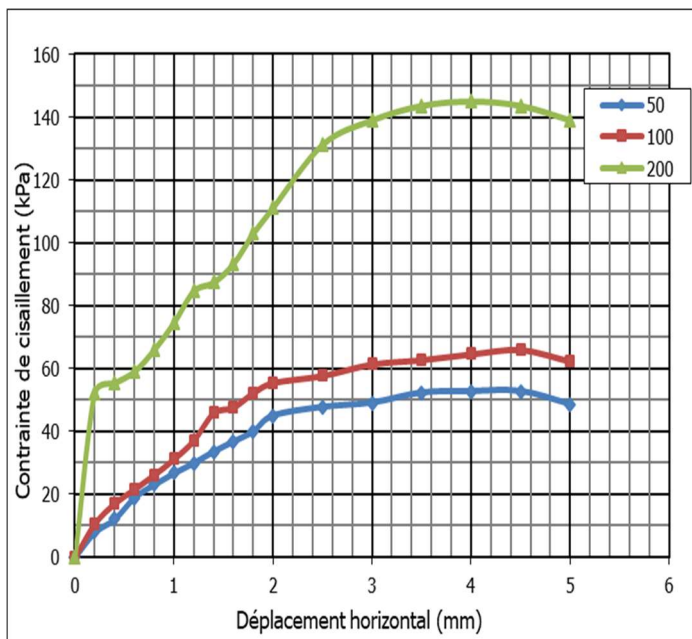


Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
168/6	SC2 (0.40à 1.00) Tuf	33.3	34	67	16	28	NM	0.37

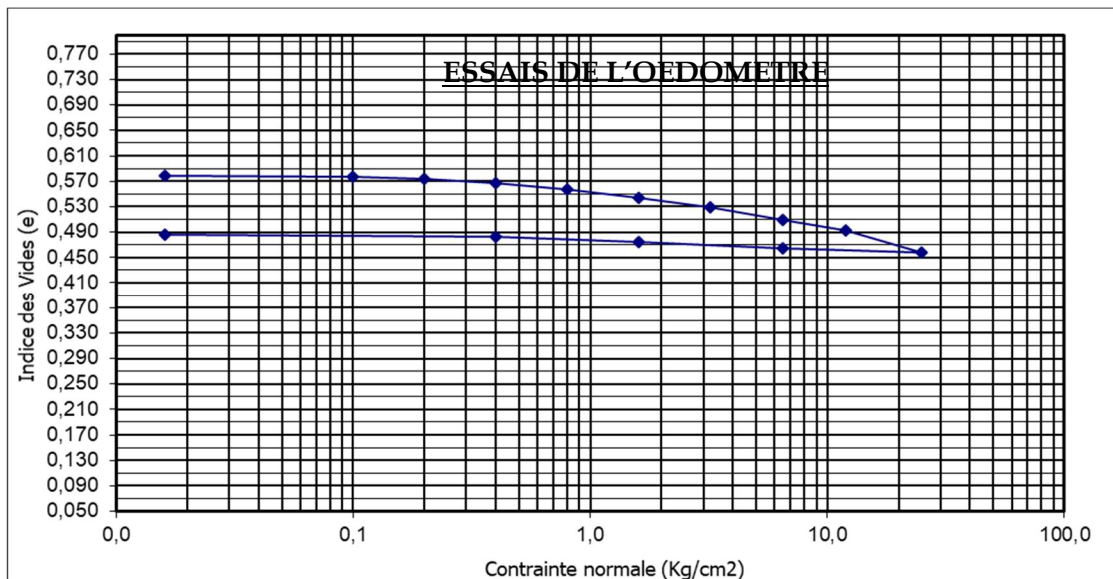


Réf Echantillon	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NF P94-068)
		%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	31.4	32	59	25	30	NM	0.49

ESSAIS DE CISAILLEMENT

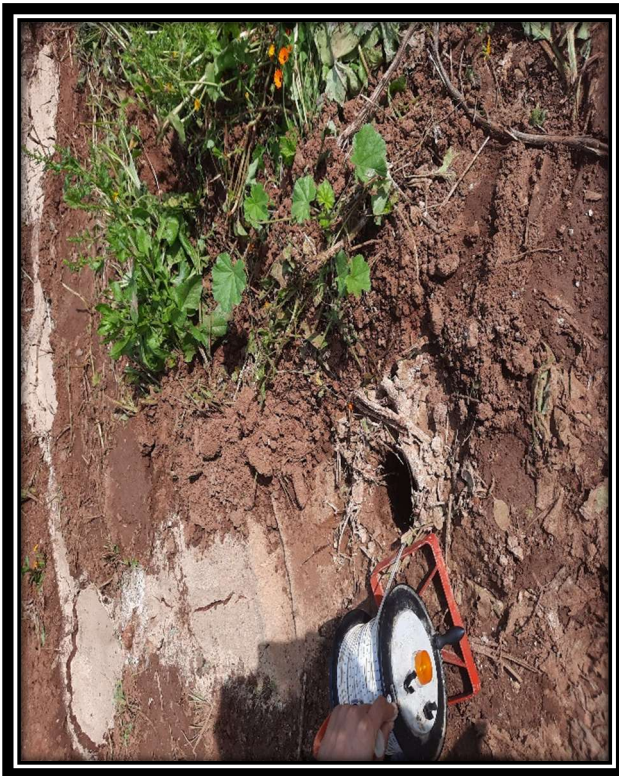


Référence	Provenance	C' f(kPa)	$\Phi' f$ (°)
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	10	32



Référence	Provenance	contrainte de pré consolidation kPa	Indice de compression I_c	Indice de gonflement I_g	Pression de gonflement og kPa
168/7	SC2 (1.00à 2.00) Tuf calcaire	30	0.059	0.013	1

ANNEXE IV : Photos du site










شهادة التكييف والتصنيف
CERTIFICAT DE QUALIFICATION
ET DE CLASSIFICATION DES LABORATOIRES

رقم LAB/28 N°

Accordé en application du Décret n° 2-01-437 du 1er rejev 1422 (19 septembre 2001) instituant,
pour la passation des marchés pour le compte de l'Etat, un système de qualification et de classification
des laboratoires de bâtiment et de travaux publics

Ce certificat est délivré suite à la délibération de la commission nationale du 31/07/2019 pour une durée de 03 ans
sous réserve de satisfaire annuellement les conditions d'encadrement

Nom ou raison sociale : LABORATOIRE DES MATERIAUX ET GENIE CIVIL - LMGC -	N° du registre du commerce : 208457
Forme juridique : SARI.	N° d'affiliation à la CNSS : 8229256
Adresse : A 26 Résidence Dar Asalam Apt 10 Lot Toulout Bricha Bourgona Anfa 20000 CASABLANCA	
Téléphone : 0522932915	Télécopie : 0522932816

Accordé à titre définitif							Catégorie
Activité	Qualification (*)						
CQ	CQ.1	CQ.2	CQ.3	CQ.7	CQ.9		3
EG	EG.1	EG.2	EG.3	EG.5			3
EL	EL.1	EL.2					2

LAB N° 000005 / 20

Durée de validité certifiée :
Du 24/12/2019 Au 30/07/2020
LAB/28/RE/030220/322

Cachet de l'Administration
Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau
Le Directeur des Affaires Techniques
Et Des Relations Avec La Profession
Abdelhak ESSRAÏLI

(*) : pour la correspondance des numéros des qualifications, se référer au recueil des qualifications.

Laboratoire des Matériaux et Génie Civil

BIM

Le leader au Maroc dans le contrôle des travaux
des Tours et des ouvrages de prestige

Nos références :

Tour CFC
Tour BCP
Tours BO52
Tour CIMR - Maroc Lear
Tours Luxuria (CGI)
Hôtel Royal Mansour Casablanca (en cours)



LMGC s.a.r.l – capital : 1 030 000 Dirhams **Siège** : 26 – Résidence Dar Assalam (Apt. 10) – Lot Toulout Bricha – Bourgogne – 20050 – Casablanca **Laboratoire** : n° 26 Parc Industriel Ouled Salah de CFCIM- Commune Ouled Salah- Grand Casablanca
Tél : 0522 932915 – 0522 33 4040 Fax : 0522 932816 E-mail : Lmgc@menara.ma et Lmgc@lmgc.ma
RC: 208457 -Casablanca – Patente: 35691254 – IF: 1112844 – CNSS: 8229256 - ICE : 000188390000053