



***-Etude géotechnique –
d'un terrain pour la construction du centre de
formation professionnel sidi bouknadel-
Al mountazah 2 à bouknadel***



**Dossier n° 2022- 1143
Document : Rapport
Date : 08/08/2022**



DOSSIER N° : 2022-1143

CLIENT : OFPPT

**OBJET : ETUDE GEOTECHNIQUE D'UN TERRAIN POUR LA CONSTRUCTION DU
CENTRE DE FORMATION PROFESSIONNEL SIDI BOUKNADEL-AL MOUNTAZAH2
A BOUKNADEL**

DOCUMENT : RAPPORT COMPLEMENTAIRE

DATE : 08/08/2022

**RAPPORT ETABLI PAR : SARA BOUH- CHARGEES DES ETUDES
GEOTECHNIQUES**

RAPPORT VALIDE PAR: OTHMAN BENSATOR-INGENIEUR EXPERT

**GERANT ASSOCIE
OTHMAN BENSATOR**



Ce rapport comporte 47 pages 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
DU CENTRE DE FORMATION PROFESSIONNEL SIDI BOUKNADEL-AL MOUNTAZAH
2 A BOUKNADEL**

MISSION G2AVP

Indice	Date	Modification et observations	Nombre de pages (textes et annexes)	Etablit par	Vérifié par	Approuvé par
0	26/07/2022	Version initiale	30	Sara BOUH	Othman BENSATOR	Othman BENSATOR
1	08/08/2022	Rapport définitif	47	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. 2.	Reconnaissance par sondages.....	8
IV.	DETERMINATION DU NIVEAUX D'EAU	12
V.	ESSAIS DE LABORATOIRE :	13
I.	ETUDE DE RISQUE DE GONFLEMENT	16
	V.2. ESSAIS IN-SITU / ESSAIS PRESSIOMETRIQUES	17
V.1	Principe.....	17
V.2	Résultats.....	17
V.3	Analyse et interprétation	17
II.	SYSTEME DE FONDATION ET TAUX DE TRAVAIL	18
VI.1.	Niveau d'assise :	18
VI.2.	Système de fondation :	18
VI.3.	Taux de travail :	18
VI.3	Evaluation des tassements.....	18
III.	PARAMETRES SISMIQUES :	19
VII.1.	Données sismiques du site :	19
VII.2.	Etude de Liquéfaction du sol :	20
IV.	RECEPTION DE FOND DE FOUILLE	21
V.	TERRASSEMENT	22
VI.	REUTILISATION DES MATERIAUX.....	22
VII.	PROPOSITION DE STRUCTURE DE CORPS DE CHAUSSE POUR LES PARKINGS ET LES VOIES.....	23
XIII-1	Données du projet	23
a-	Assise de la future chaussée :	23
b-	Trafic:	23
C-	Climatologie et environnement géotechnique	24
D-	Proposition de la structure	25
VIII.	CONCLUSIONS & RECOMMANDATION:	26
	ANNEXES.....	28

I. INTRODUCTION

Le laboratoire **LMGC** a été sollicité par l'**OFPPT** afin d'effectuer l'étude géotechnique relative à la construction du centre de formation professionnel **SIDI BOUKNADEL –ALMOUNTAZAH 2** à Bouknadel. 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 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 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

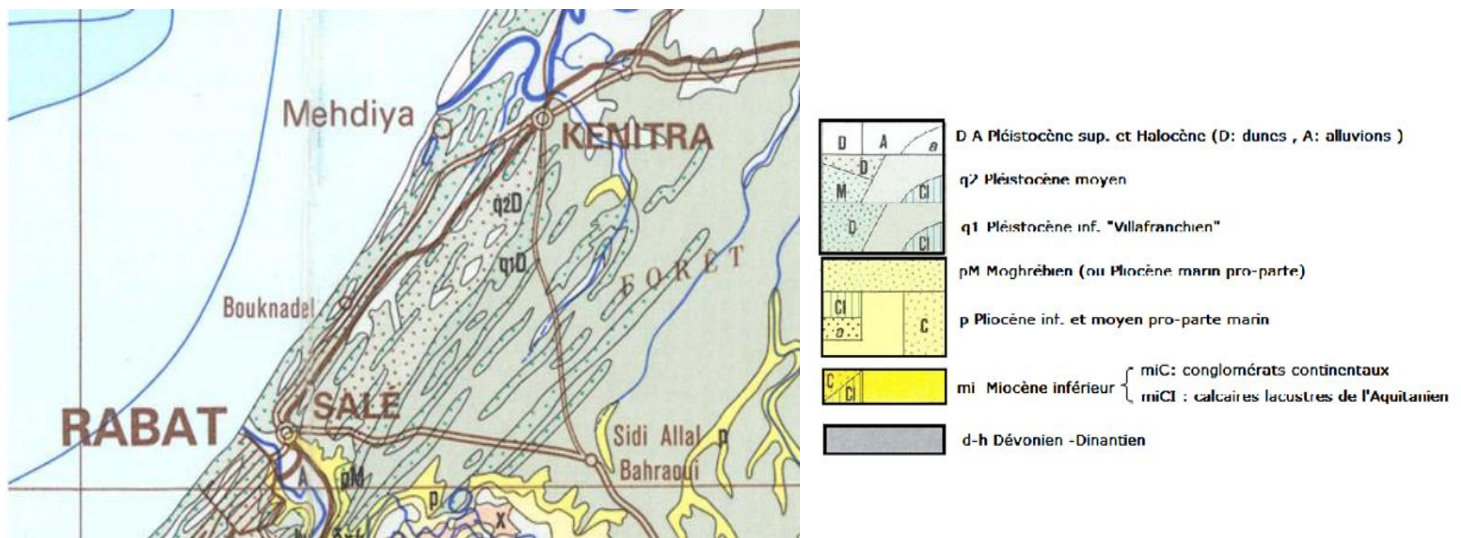
↳ Géologie régionale

Le site qui fait l'objet du présent projet appartient au bassin Gharb-Maamora de la Meseta côtière caractérisée localement par les affleurements réduits des schistes primaires (Ordovicien, Silurien, Dévonien) dans la région d'Aïn Aouda avec des bancs de quartzites ou de grès dont la puissance varie par endroit de quelques mètres à quelques dizaines de mètres (cf. carte).

A l'ouest de la Meseta, le socle primaire est surmonté par des formations détritiques d'âge Miocène à Plio-quaternaire pouvant atteindre quelques dizaines de mètres d'épaisseur constituées essentiellement de marnes bleues de grès, sables, argiles et limons. Les formations rouges de la Maamora sont constituées de sables fin argileux et de cailloutis, bien développées au Sud.

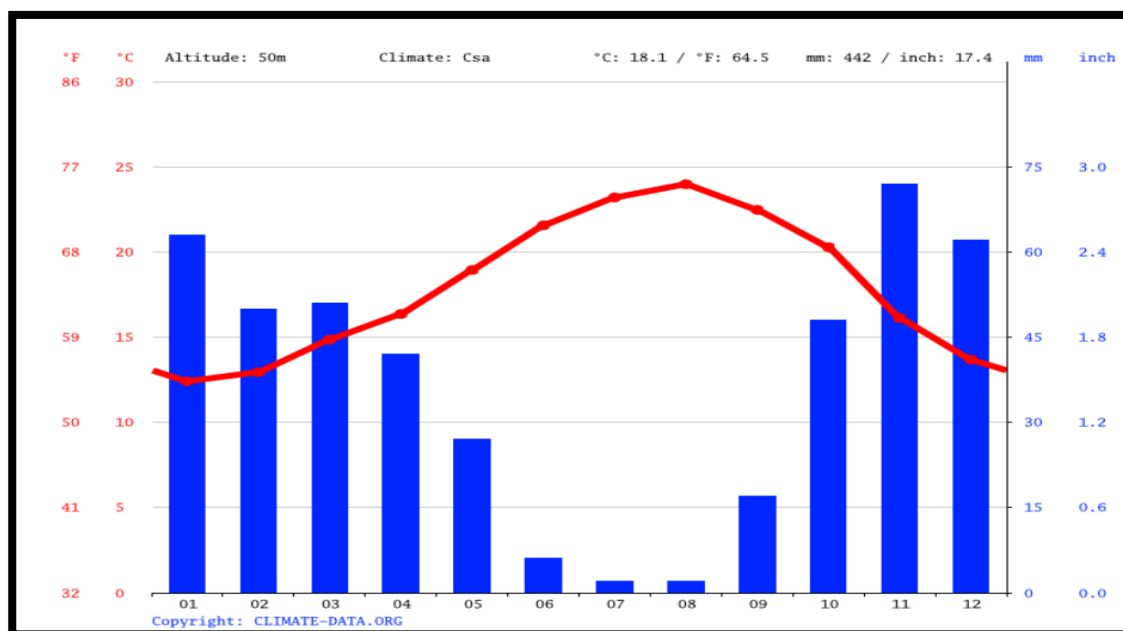
On peut aussi rencontrer par endroit des calcaires détritiques marins et dunaires ainsi que des sables calcaires de dunes.

Extrait de la carte géologique du Maroc au 1/1 000 000



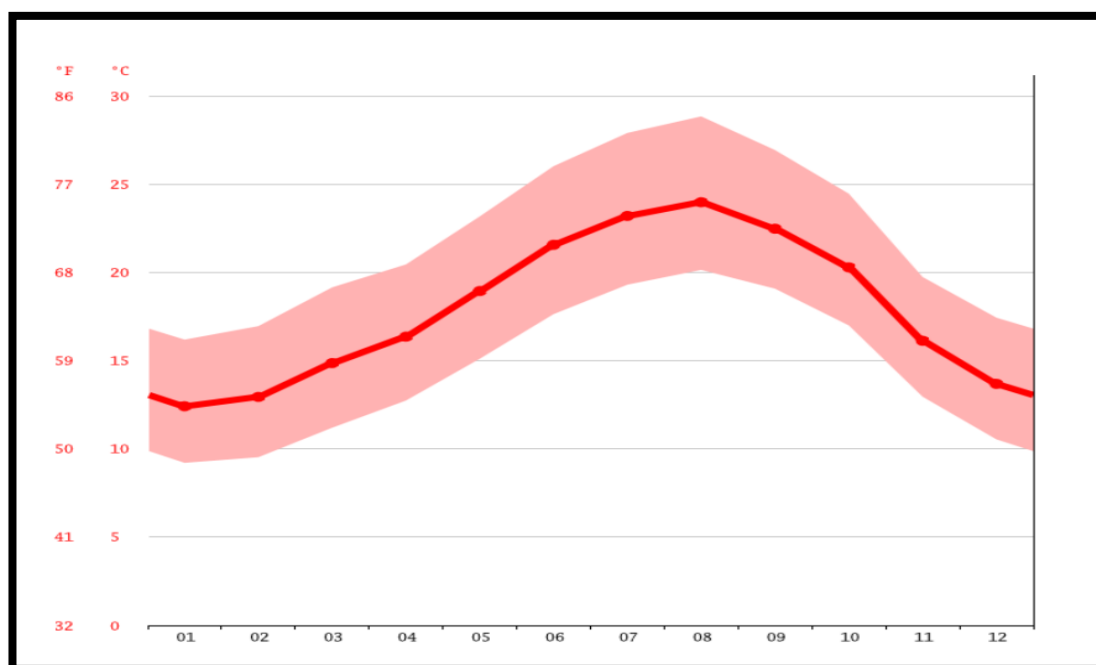
❖ Contexte climatique

DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE SIDI BOUKNADEL



Avec 2 mm, le mois de Juillet est le plus sec. Les précipitations records sont enregistrées en Novembre. Elles sont de 72 mm en moyenne.

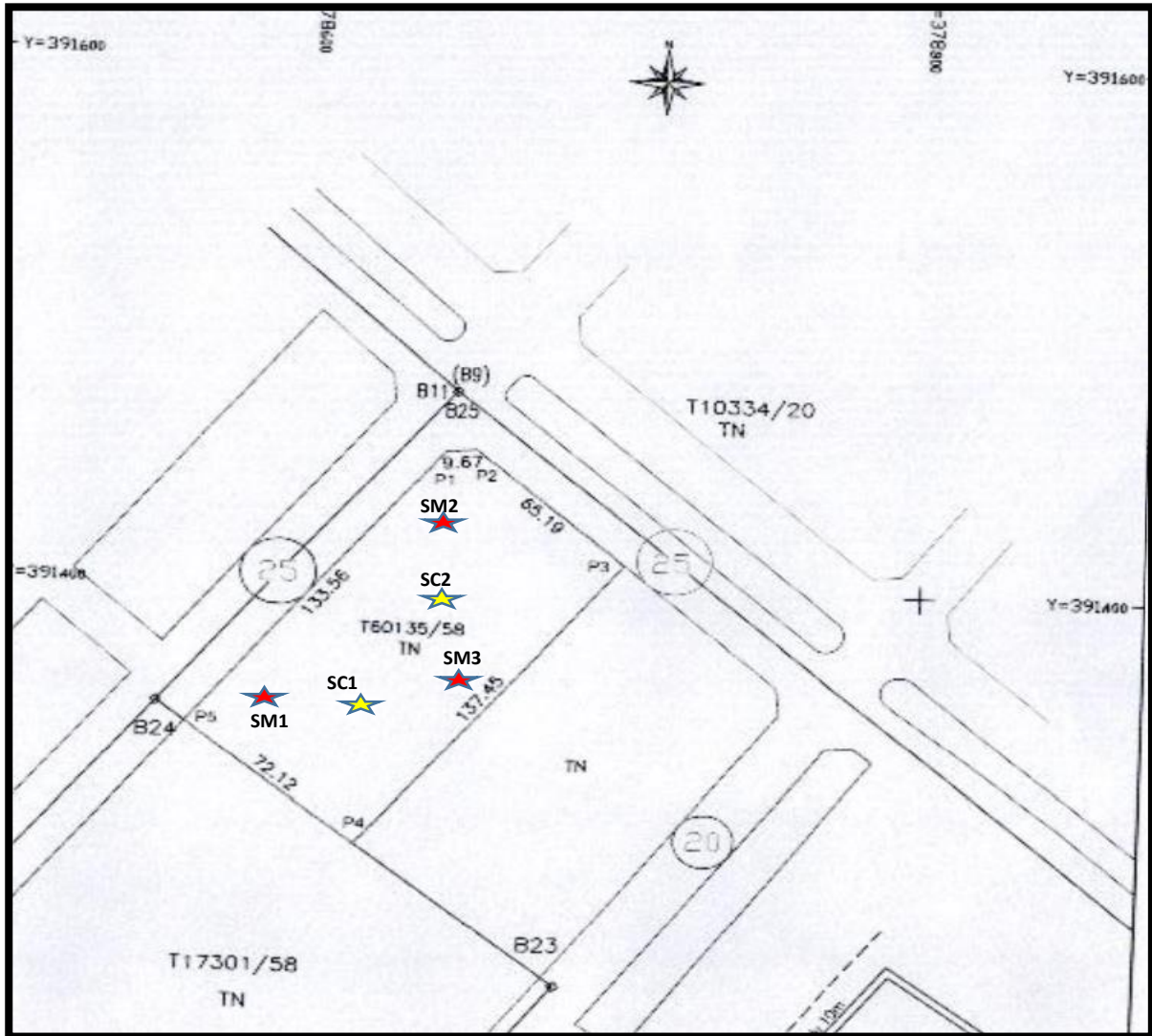
COURBE DE TEMPÉRATURE SIDI BOUKNADEL



Avec une température moyenne de 24.0 °C, le mois d'Aout est le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 12.4 °C

III. 2. Reconnaissance par sondages

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



[Figure I : Implantation des sondages](#)

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

➤ **Sondage carotté SC 1**

- 0.00 m à 1.00 m : Remblais;
- 1.00 m à 6.70 m : Sable fin beigeâtre ;
- 6.70 m à 7.20 m : Sable compacte ;
- 7.20 m à 8.70 m : Sable à des traces marneuses;
- 8.70 m à 10.20 m : Sable compacte;
- 10.20 m à 12.10 m : Sable argileux;
- 12.10 m à 15.00 m : Sable à des passage d'argile sableux.



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

➤ Sondage carotté SC 2

- 0.00 m à 0.50 m : Remblais ;
- 0.50 m à 1.50 m : Sable brunâtre;
- 1.50 m à 6.00 m : Sable fin beigeâtre ;
- 6.00 m à 6.40 m : Sable compacte;
- 6.40 m à 6.70 m : Sable argileux ;
- 6.70 m à 8.40m : Sable compacte;
- 8.40 m à 9.00 m : Sable compact à trace de marne;
- 9.00 m à 15.00 m : Sable et sable argileux.



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

➤ Sondage mécanique SM1

- 0.00 m à 1.40 m : Sable brunâtre;
- 1.40 m à 4.00 m : Sable beigeâtre.



Photo N°3 : Sondage mécanique SM1

➤ Sondage mécanique SM2

- 0.00 m à 1.00 m : Remblais;
- 1.00 m à 4.00 m : Sable beigeâtre,



Photo N°4 : Sondage mécanique SM2

➤ Sondage mécanique SM3

- 0.00 m à 1.10 m : Remblais;
- 1.30 m à 4.00 m : Sable beigeâtre,



Photo N°5 : Sondage mécanique SM3

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

IV. DETERMINATION DU NIVEAUX D'EAU

Les sondages carottés SC1 et SC2 du projet de construction du centre de formation professionnel SIDI BOUKNADEL ont été équipé du piézomètre dans le but de repérer le niveau de la nappe de ces sondages. Les mesures sont portées sur le tableau suivant,

Sondage	Date	Heure	Moyen de mesure	Niveau piézométrique
SC1	21/07/2022	15h00	Sonde piézométrique	3.00m/TN
	25/07/2022	15h30		-3.10m/TN
SC2	21/07/2022	15h00		-3.20m/TN
	25/07/2022	15h30		-3.25m/TN

- Le dernier relevé du niveau piézométrique a été effectué le mois de juillet 25/07/2022 par notre responsable sur site. Le niveau de l'eau a été enregistré à -3.10 m/TN au niveau du sondage SC1 et à 3.25m au niveau du sondage SC2. On considère une revanche de +1.0m. Le niveau des plus hauts est donc à -2,0m/TN.



[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) ;
- Détermination des limites d'Atterberg (NM 13.1.012 & NM 13.1.007) ;
- Valeur au Bleu (NM 13.1.178) ;
- Teneur en eau (NM 13.1.152) ;
- Essai de cisaillement (NM 13.1.003);

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	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)	Classification GTR
			%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D _{max} (mm)	W _L %	IP		
632/1	RE 2022-02-136	SC1 (1.00à 6.70) Sable fin	9.6	10.7	98	10	28	NM	0.09	D1
632/2	RE 2022-02-137	SC1 (7.20à 8.70) Sable à des traces marneuses	8.4	9.8	100	6.3	27	NM	0.09	D1
632/3	RE 2022-02-138	SC2(0.50à 1.50) Sable brunâtre	5.0	6.3	99	4	26	NM	0.09	D1
632/4	RE 2022-02-139	SC2 (1.50à 6.00) Sable fin beigeâtre	3.9	5.3	100	2	25	NM	0.08	D1
625/1	RE 2022-02-141	SM1 (0.00à 1.40) Sable brunâtre	4.4	5.8	100	4	26	NM	0.14	B1
625/2	RE 2022-02-142	SM1 (1.40à 3.80) Sable beigeâtre	9.3	10.3	100	2	26	NM	0.28	B2
625/3	RE 2022-02-143	SM2 (1.40à 4.00) Sable beigeâtre	3.8	5.0	100	2	26	NM	0.14	B1
625/4	RE 2022-02-144	SM3 (1.30à 4.00) Sable beigeâtre	1.9	3.2	100	2	25	NM	0.27	B2

Réf Echantillon	Provenance	Teneur en eau (%) NM 13.1.152
632/1	SC1 (1.00à 6.70) Sable fin	1.1
632/2	SC1 (7.20à 8.70) Sable à des traces marneuses	3.8
632/3	SC2(0.50à 1.50) Sable brunâtre	0.8
632/4	SC2 (1.50à 6.00) Sable fin beigeâtre	2.2
625/1	SM1 (0.00à 1.40) Sable brunâtre	2.0
625/2	SM1 (1.40à 3.80) Sable Fin beigeâtre	7.1
625/3	SM2 (1.40à 4.00) Sable beigeâtre	1.2
625/4	SM3 (1.30à 4.00) Sable beigeâtre	16.6

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

V.2.2. Essais mécaniques – Essai de cisaillement

➤ Essais mécaniques

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

Référence	Provenance	C' f(kPa)	Φ' (°)
632/3	SC2 à (à 1.50m) Sable fin beigeâtre	2	39

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

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 très faible et l'angle de frottement élevé pour les sols sable fin.

I. 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.

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 sables.

V.2. ESSAIS IN-SITU / ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

V.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 :

V.2 Résultats

Profondeur (m)	P_f (MPa)	P_1 (MPa)	E_M (MPa)	P_1^* (MPa)	E_M/P_1
1,5	0,51	0,90	14,05	0,90	15,53
3 m	0,50	0,93	15,04	0,91	16,20
4.5 m	0,61	0,96	18,09	0,93	18,92
6,0m	0,61	1,09	23,98	1,05	21,91

V.3 Analyse et interprétation

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

- $E_M / P_1 < 5$: Formation remaniée ou triturée
 - $5 < E_M / P_1 < 8$: Formation sous-consolidée
 - $8 < E_M / P_1 < 12$: Formation normalement consolidée
 - $12 < E_M / P_1 < 15$: Formation légèrement sur-consolidée
 - $E_M / P_1 > 15$: Formation fortement sur-consolidée.
- L'examen des résultats des essais pressiométriques montre que les formations rencontrées ont les caractéristiques d'un sol légèrement à fortement sur-consolidé.

II. SYSTEME DE FONDATION ET TAUX DE TRAVAIL

VI.1. Niveau d'assise :

Les reconnaissances réalisées, moyennant des sondages mécaniques et carottés, ont permis de retenir comme sol de fondation les sables fins beigeâtre à une profondeur de 1.50m/TN. Avec un ancrage d'au moins de 20cm dans le sol de fondation.

VI.2. Système de fondation :

Tenant compte de 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.

VI.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

Sol d'assise	Taux de travail (bars)
Sable fin beigeâtre	2.0

VI.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 pressiométrique 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).

Formule	Profondeur	1.50m/TN
$sc = (q - \sigma_v) \lambda_c B^a / 9Ec$		0.12cm
$sd = 2 (q - \sigma_v) B^0 (\lambda_d B/B^0)^a / 9Ed$		0.26cm
$sf = sc + sd$		0.38cm

La valeur du tassement obtenue reste admissible pour le taux de travail calculé. Le BET devra en être informé.

III. PARAMETRES SISMIQUES :

VII.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	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

VII.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 sables et les limons :

- Un degré de saturation $S_r = 100\%$,
- Une granulométrie caractérisée par :
Un d'uniformité $C_u \leq 15$ et $0.05\text{mm} < D_{50} < 1.5\text{mm}$

Critère de liquéfaction	Degré de saturation $S_r = 100\%$	$C_u \leq 15$	$0.05\text{mm} < D_{50} < 1.5\text{mm}$
Résultats	Présence de la nappe à -3.25m	Entre 2 et 3.9	Entre 0.20 et 0.25
Vérification du Critère	-	vérifié	Vérifié

Tableau comparatif des critères de liquéfaction

D'après les prescriptions de l'EUROCAD 8 -EN 1998-5 2004 article 4 (Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes et Document d'Application Nationale), pour les bâtiments sur fondations superficielles, l'évaluation de la sensibilité à la liquéfaction peut être omise lorsque $\alpha < 0,15$. Avec : α : Coefficient sismique du sol : rapport entre l'accélération de calcul a_g et l'accélération de la pesanteur. Le zonage sismique du site donne $\alpha = 0.10 < 0.15$, Nous jugeons que le risque est faible d'après l'eurocode 8.

IV. 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.

V. 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 et mécaniques, les formations meubles sont apparues en surface et en profondeur. De ce fait, les terrassements pourront être réalisés à l'aide des engins classiques tels que pelle mécanique.

VI. 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, les formations rencontrées sont des sols sableux classés en D1-B1-B2 suivant la norme NM 13.1.183. Ce sont des matériaux érodables en talus. Ils sont non utilisables en remblai dans certains états hydriques, cas des sols très humides th et cas de forte pluie pour les sols classés B1 et B2. Ils sont néanmoins utilisable dans les autres états hydriques en respectant les exigences définies dans le guide GMTR ou le guide GTR (guide des terrassements routiers).

Pour les matériaux de classe D1, ils sont utilisables en remblai.

VII. PROPOSITION DE STRUCTURE DE CORPS DE CHAUSSE POUR LES PARKINGS ET LES VOIES

La méthode utilisée pour le dimensionnement de la structure de chaussée pour parking et voies d'aménagement est basée sur les solutions proposées par **Le catalogue marocain des structures de chaussées neuves**.

XIII-1 Données du projet

a- Assise de la future chaussée :

La configuration du terrain mise en évidence par les sondages réalisés a permis de retenir un sol d'assise pour la future chaussée constituée de la formation sableuse.

b- Trafic:

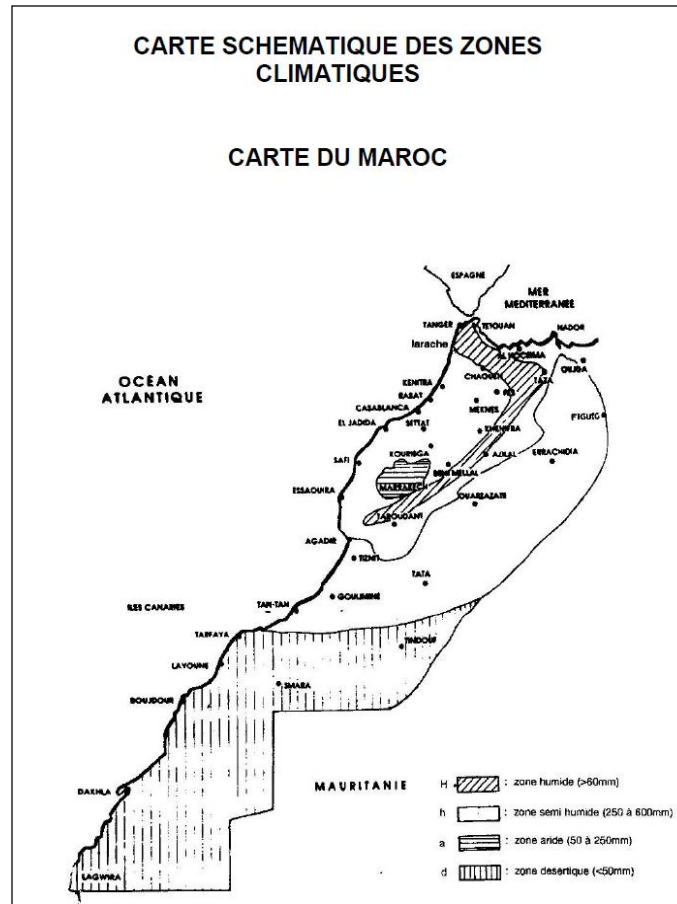
Le trafic retenu dans le dimensionnement des voiries est de classe TPL3 au sens du catalogue des structures de chaussées neuves (Tableau IX-1-b) :

Tableau IX-1-b : Tableau du trafic

Nbr journalier de PL > 8T	0 à 5	5 à 50	50 à 125	125 à 250	250 à 325	325 à 450
Classe	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6

C- Climatologie et environnement géotechnique

Le climat de la zone objet de la présente étude est classée semi humide selon la carte climatologique du catalogue marocain des structures de chaussées neuves :



La zone d'étude est classée en **zone 1** : sans problème géotechniques particulier ni instabilité de plate-forme, conformément à la classification du catalogue marocain de dimensionnement des structures des chaussées neuves.

En se basant sur le catalogue marocain des structures types de chaussées neuves, édité par la DRCR, les principaux paramètres entrant dans le dimensionnement de toutes structures de chaussées sont :

- Les sollicitations du trafic lourd ;
- L'environnement climatique de la structure ;
- La longévité attendue de l'ouvrage ;

- La nature et la qualité des sols prévus à supporter la chaussée envisagée.

D- Proposition de la structure

- **Pour le parking :**

La méthode utilisée pour le dimensionnement de la structure de chaussée pour le parking est basée sur les solutions proposées par **Le catalogue marocain des structures de chaussées neuves**.

Pour les données ci-haut et compte tenu des recommandations du catalogue des structures des chaussées neuves, la structure préconisée est :

10cm AC + 20 cm GNF1 + 20 cm GNA + 6cm EB

- **Pour les voies circulables:**

Le dimensionnement du corps de chaussées des voiries circulables a été effectué par la méthode LPEE.

Ainsi, Pour un indice de sollicitation C et une portance de la plate-forme de niveau 1, la structure préconisée est :

10cm AC + 20 cm GNF1 + 15 cm GNA + 6cm EB

Notez que le remblai doit être entièrement décapée.

Avec :

- **AC** : Couche anti contaminant
- **GNF1** : Graves non traitées pour couche de fondation de type 1
- **GNA** : Graves non traitées pour couche de base de type A
- **EB** : Enrobé bitumineux

Les spécifications de ces matériaux sont jointes en ANNEXE du présent rapport.

VIII. CONCLUSIONS & RECOMMANDATION:

Les reconnaissances géotechniques menées par le laboratoire des Matériaux et Génie Civil (LMGC) sur le site du projet de **construction du centre de formation professionnel SIDI BOUKNADEL - AL MOUNTAZAH 2** réalisée à la demande de l'OFPPT ont abouti aux conclusions suivantes :

- L'assise de fondation correspond au sable fin beigeâtre sur une profondeur de 1.50 m/TN actuel ;
- Assurer un ancrage dans le sol de fondation de 20cm au minimum.
- Le système de fondation proposé est superficiel de type : semelles isolées rigidifiées par chaînage ;
- Le taux de travail est de : **2.0 bars** ;
- A la date de nos investigations sur site (juillet 2022), nous avons constaté la présence d'eau en profondeur de -3.10 à -3.25m/TN avec une revanche de +1.0m. Le niveau de plus haute eau peut être considéré à -2,0m/TN.
- Assurer un décapage total du remblai 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 ;
- 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.
- Assurer un bétonnage immédiat après réalisation des fouilles, afin de protéger les fonds de fouille vis-à-vis de l'altération.
- 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.
- La structure de chaussée préconisée est :

- **Pour le parking :**

10cm AC + 20 cm GNF1 + 20 cm GNA + 6cm EB

- **Pour les voies circulables:**

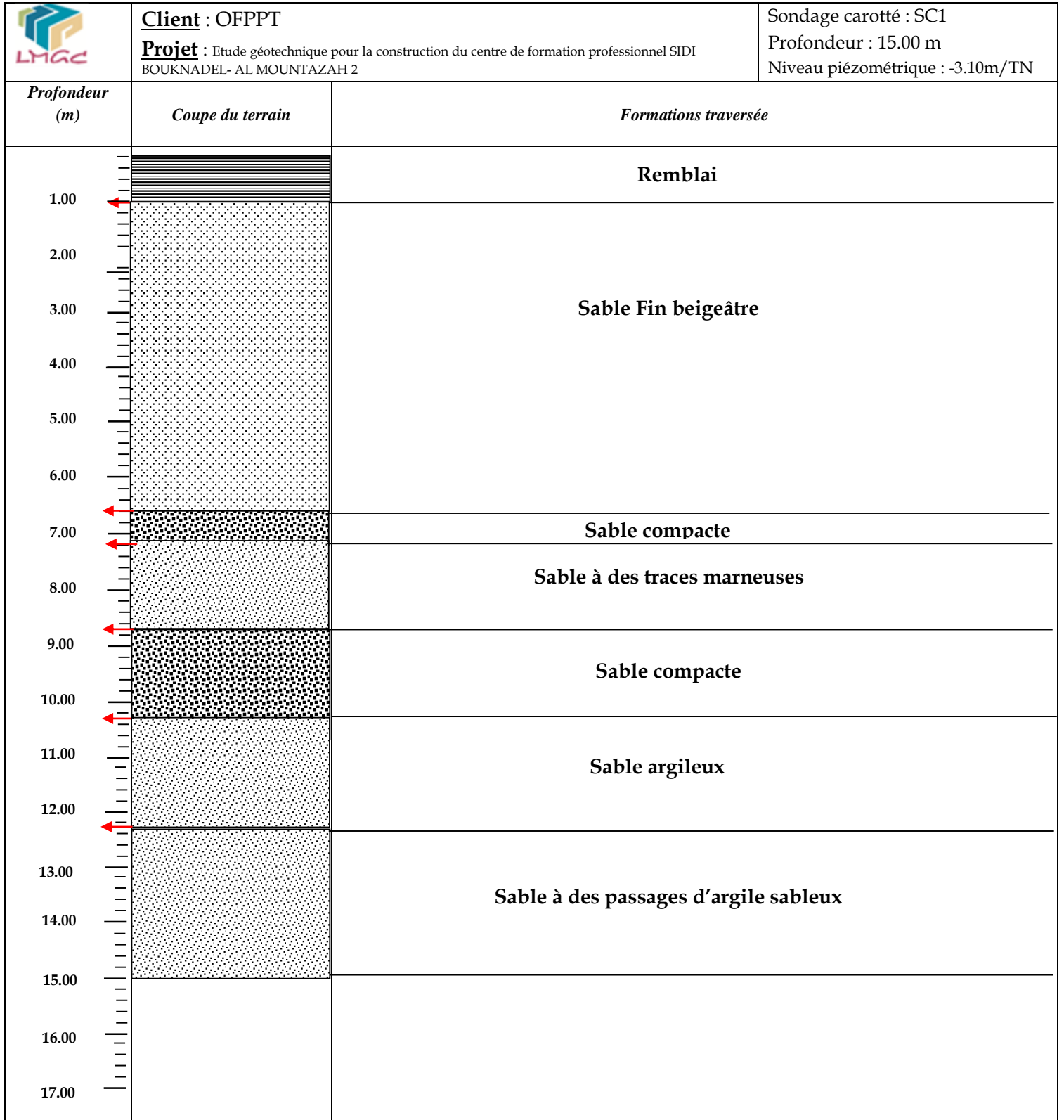
10cm AC + 20 cm GNF1 + 15 cm GNA + 6cm EB

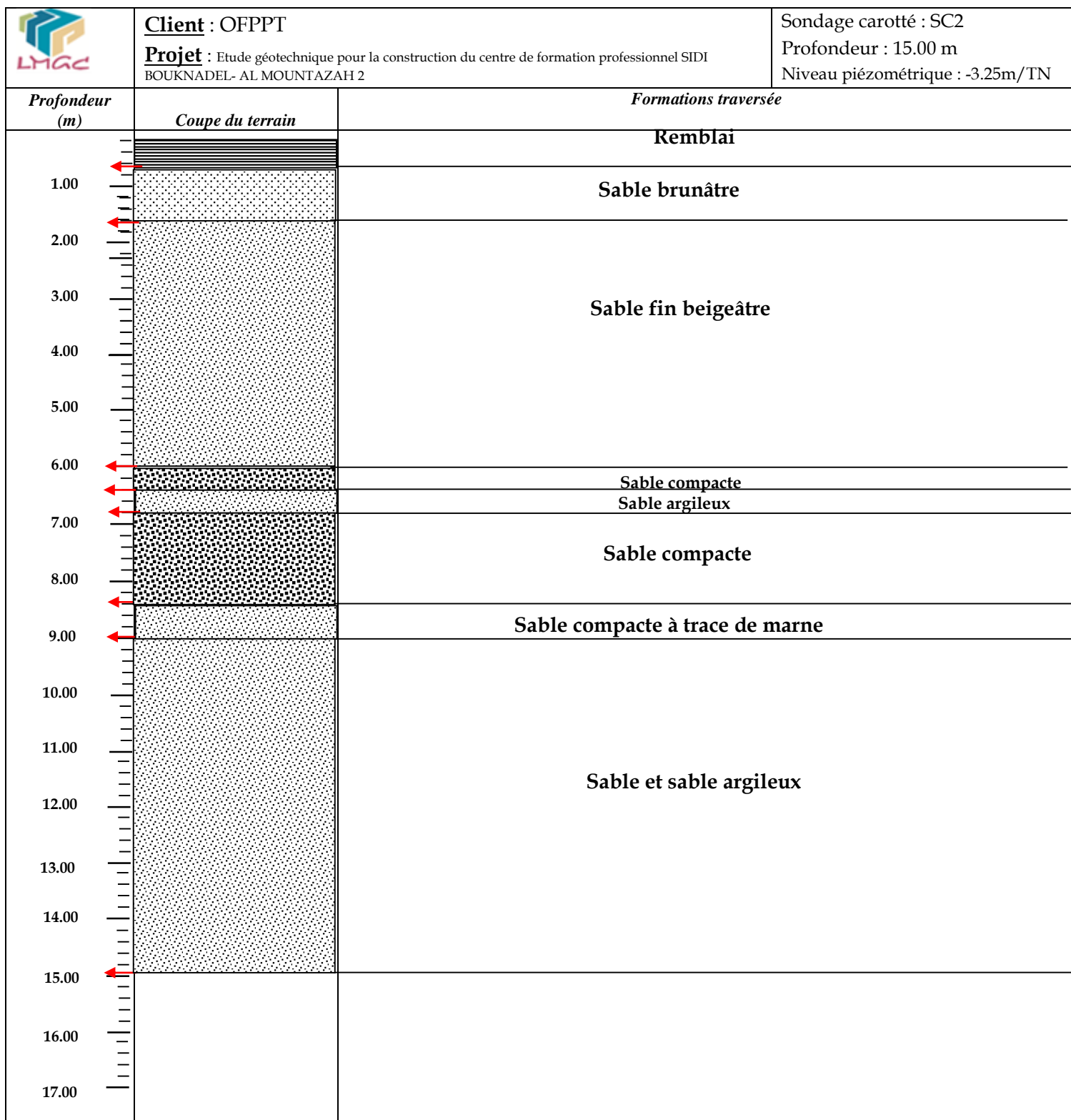
- Les matériaux pour corps de chaussées doivent répondre aux spécifications en vigueur.
- Il est vivement conseillé de réaliser des contrôles rigoureux, par le laboratoire, de la qualité des matériaux utilisés (remblai, granulats et béton...) de manière à vérifier que les performances des matériaux mis 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

ANNEXES

ANNEXE I : Coupes lithologiques







Projet : Etude géotechnique pour la construction du centre de formation professionnel SIDI BOUKNADEL- AL MOUNTAZAH 2

Niveau piézométrique : trace
d'eau à 3.00m



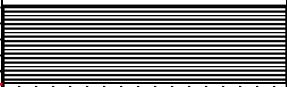
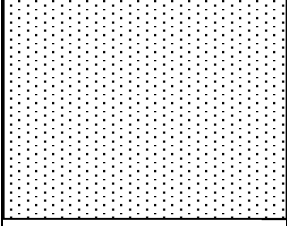


Projet : Etude géotechnique pour la construction du centre de formation professionnel SIDI BOUKNADEL- AL MOUNTAZAH 2

Niveau piézométrique : trace
d'eau à -3.00m

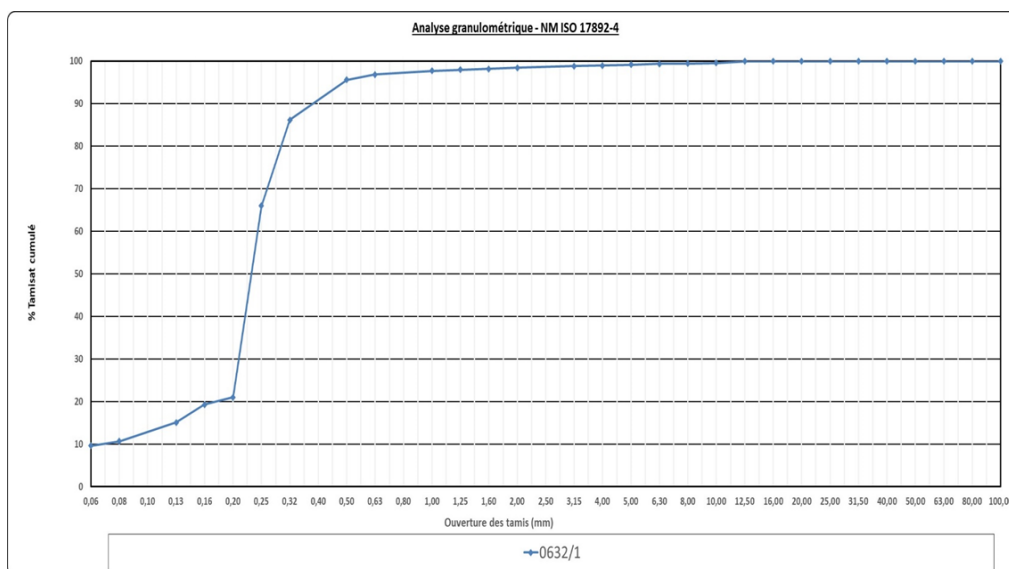
Rapport d'étude Géotechnique complémentaire Page 31/47

Construction du centre de formation professionnel SIDI BOUKNADEL-AL MOUNTAZAH 2 à BOUKNADEL

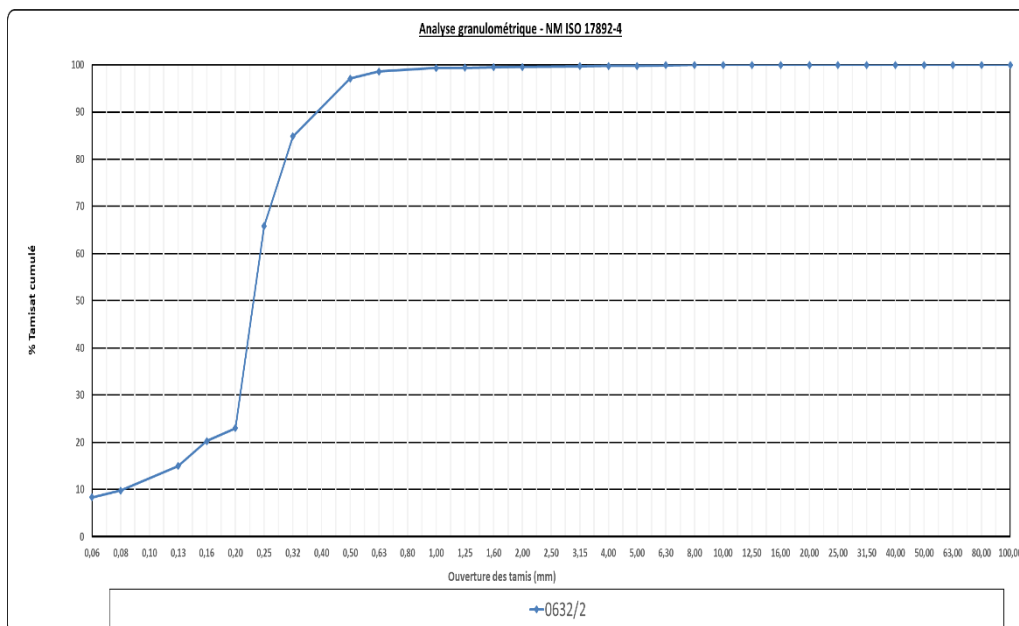
	Client : OFPPT Projet : Etude géotechnique pour la construction du centre de formation professionnel SIDI BOUKNADEL- AL MOUNTAZAH 2	Sondage carotté : SM3 Niveau piézométrique : trace d'eau à 3.00m
<i>Profondeur (m)</i>	<i>Coupe du terrain</i>	<i>Formations traversées</i>
1.00 		Remblais
2.00 3.00 4.00		Sable beigeâtre
5.00 6.00		

ANNEXE II : Essais de laboratoire

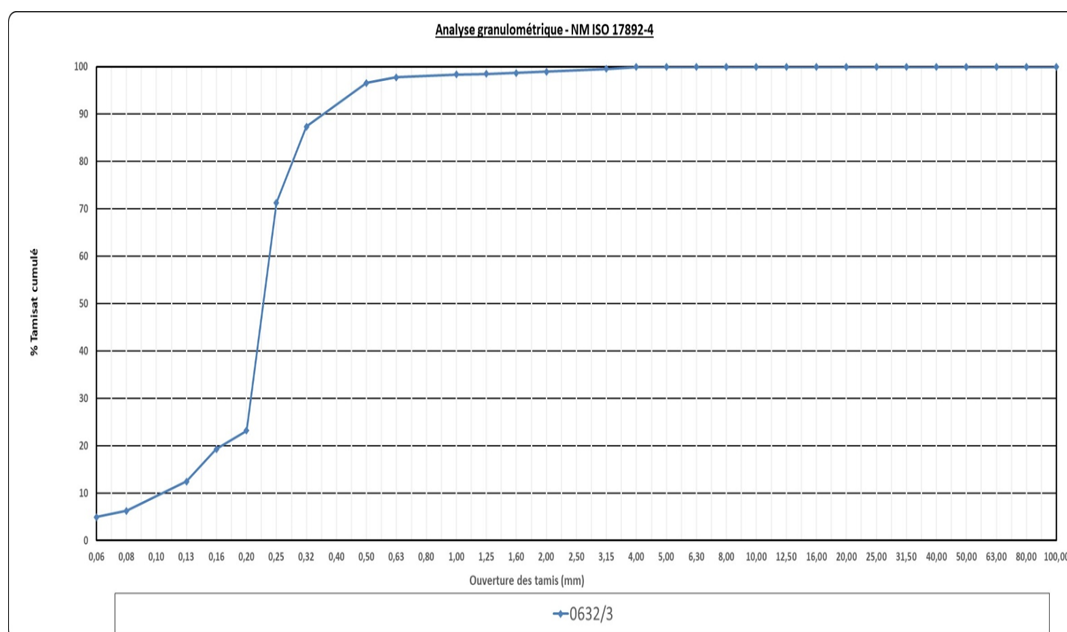
Analyse granulométrique



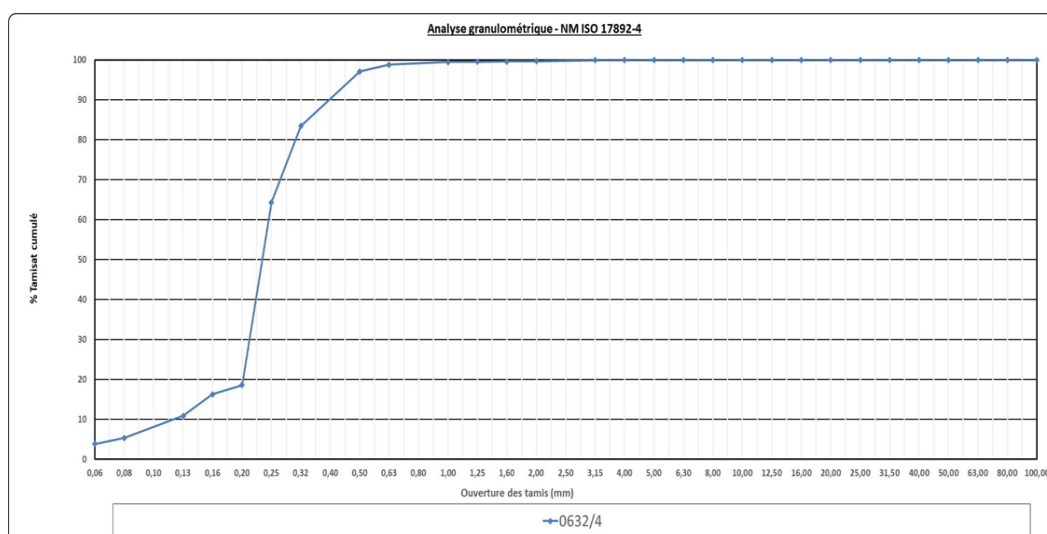
Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
632/1	RE 2022-02-136	SC1 (1.00à 6.70) Sable fin	9.6	10.7	98	10	28	NM	0.09



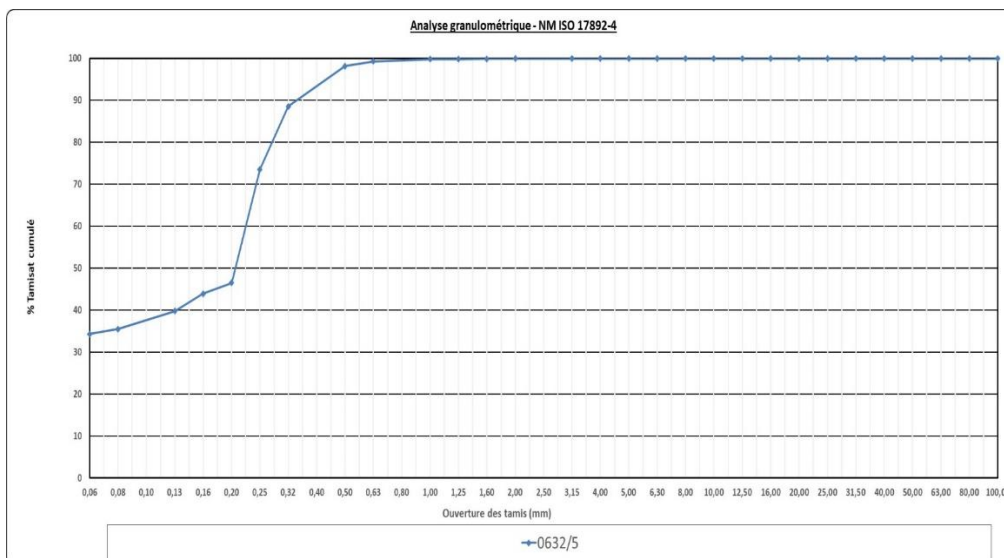
Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
632/2	RE 2022-02-137	SC1 (7.20à 8.70) Sable à des traces marneuses	8.4	9.8	100	6.3	27	NM	0.09



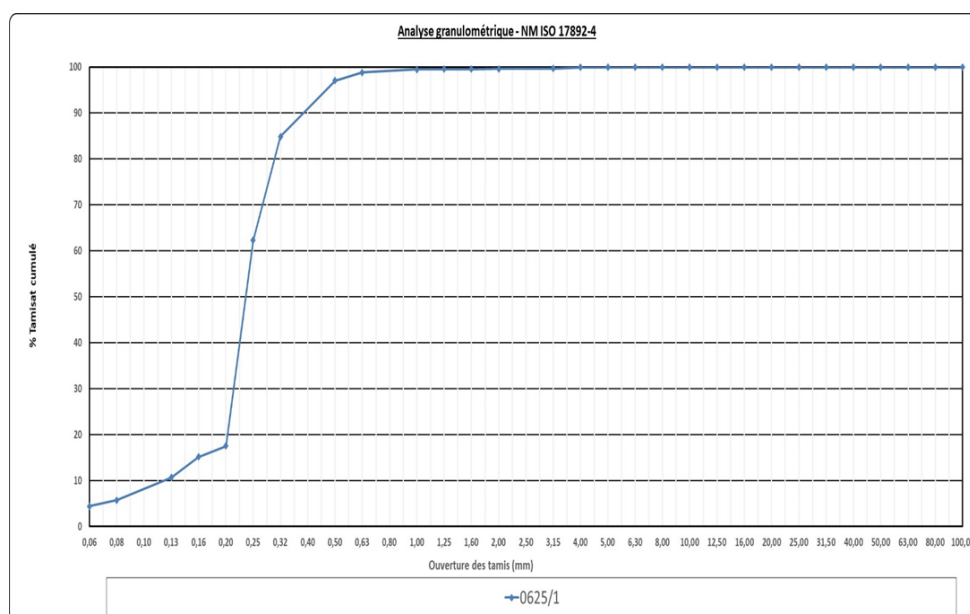
Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μ m	%<80 μ m	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
632/3	RE 2022-02-138	SC2(0.50à 1.50) Sable brunâtre	5.0	6.3	99	4	26	NM	0.09



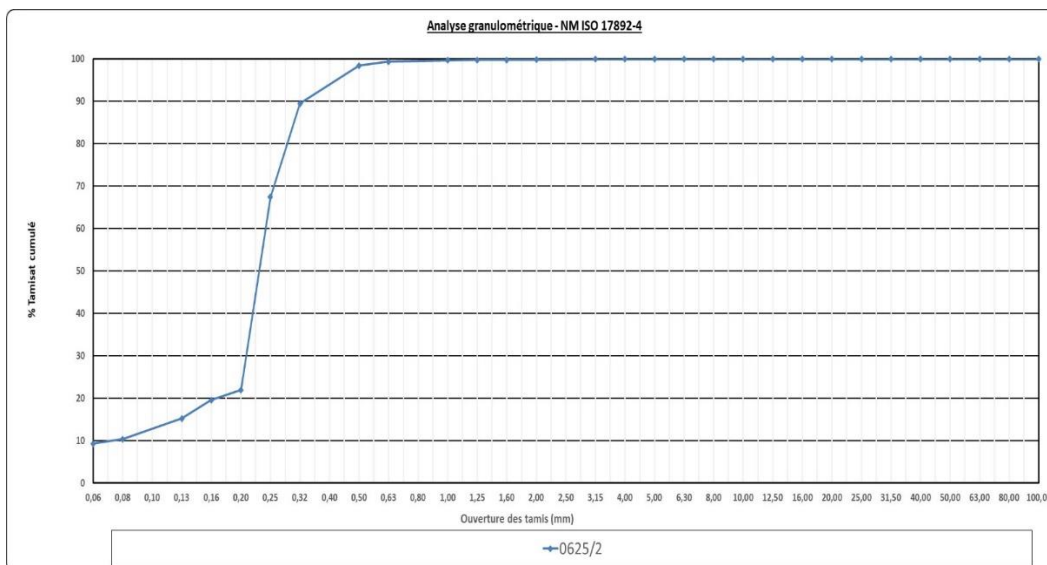
Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μ m	%<80 μ m	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
632/4	RE 2022-02-139	SC2 (1.50à 6.00) Sable fin beigeâtre	3.9	5.3	100	2	25	NM	0.08



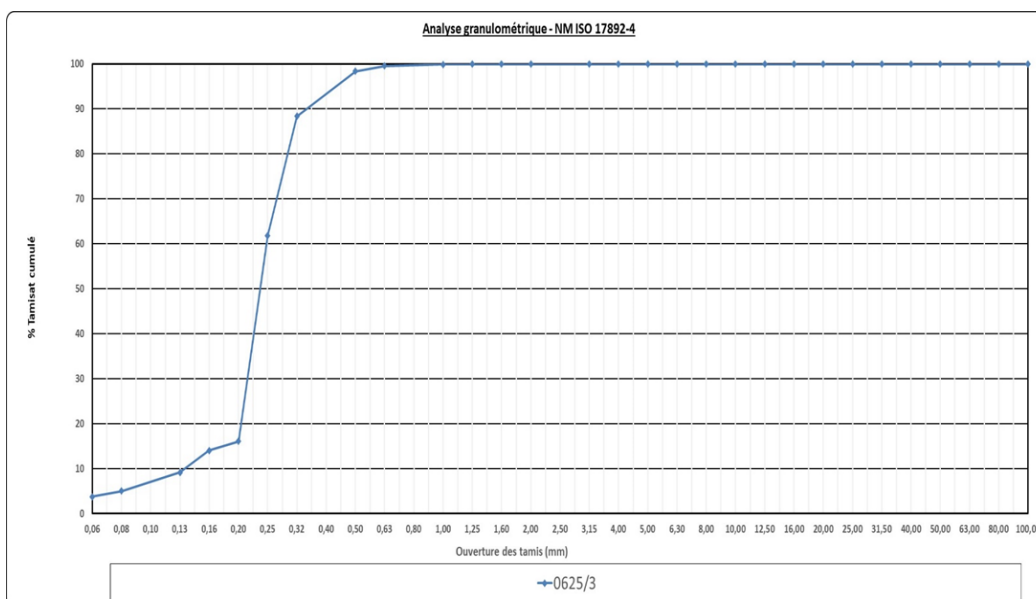
Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
632/5	RE 2022-02-140	SC2 (6.70à 8.40) Sable compacté	34.3	35.5	100	4	28	NM	0.85



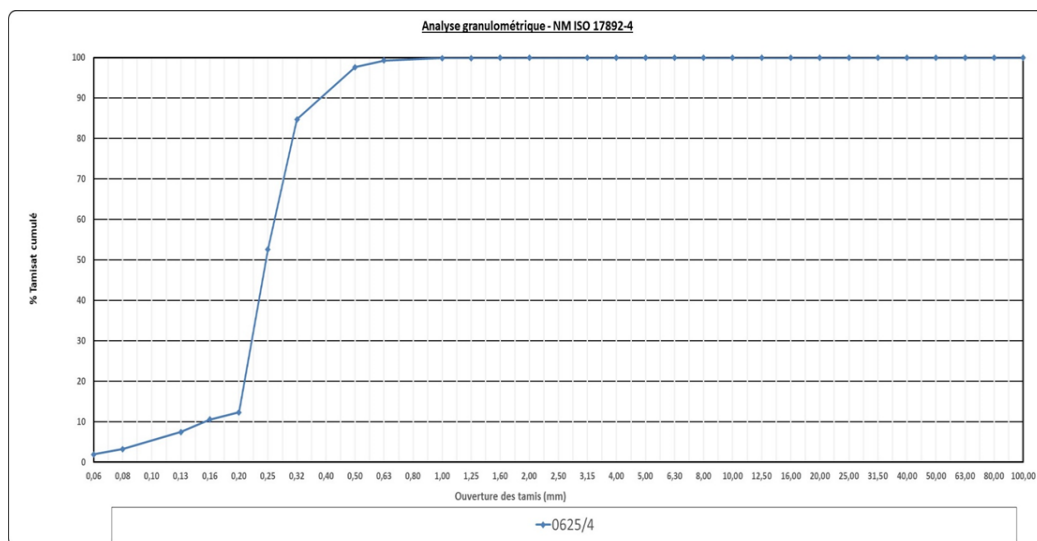
Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
625/1	RE 2022-02-141	SM1 (0.00à 1.40) Sable brunâtre	4.4	5.8	100	4	26	NM	0.14



Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μ m	%<80 μ m	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
625/2	RE 2022-02-142	SM1 (1.40à 3.80) Sable Fin beigeâtre	9.3	10.3	100	2	26	NM	0.28

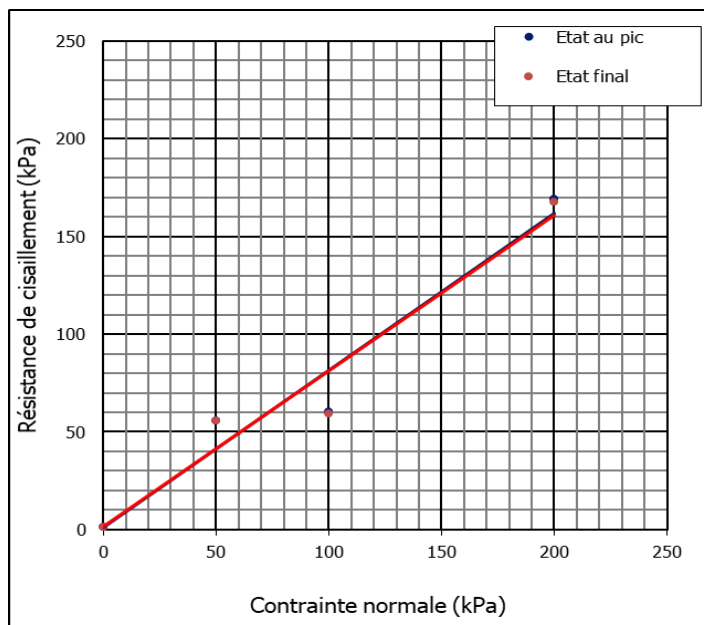
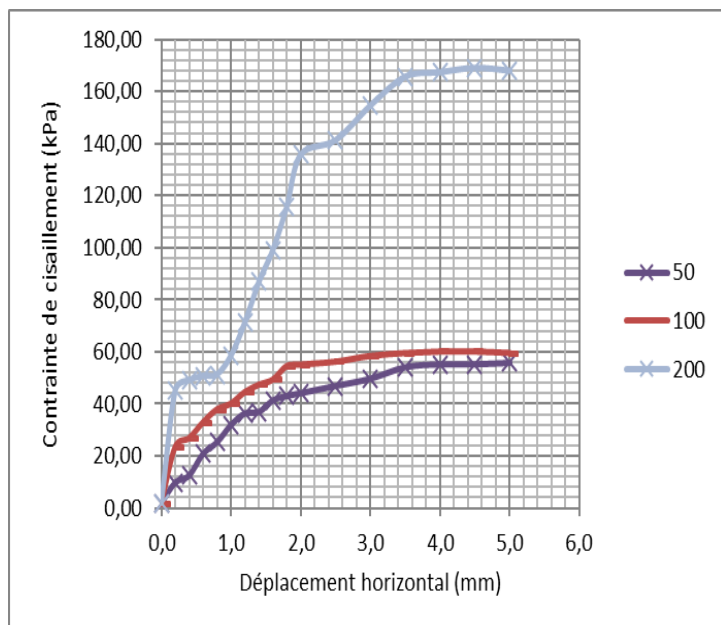


Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μ m	%<80 μ m	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
625/3	RE 2022-02-143	SM2 (1.40à 4.00) Sable beigeâtre	3.8	5.0	100	2	26	NM	0.14



Réf Echantillon	N° rapport d'essais	Provenance	Analyse granulométrique NM ISO 17892-4 (2019)				Limites d'Atterberg (NM 13.1.007)		Valeur Bleu VBS (NM13.1.178)
			%<63 μm	%<80 μm	%<2 (mm)	D_{max} (mm)	$W_L\%$	IP	
625/4	RE 2022-02-144	SM3 (1.30à 4.00) Sable beigeâtre	1.9	3.2	100	2	25	NM	0.27

Essais de cisaillement



Référence	Provenance	C' f(kPa)	$\Phi'f$ (°)
632/3	SC2 à (à 1.50m) Sable fin beigeâtre	2	39

ANNEXE III : 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 :

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

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

$$Q_{adm} = q_0 + (K_p / F * P^*_{le})$$

F : Coefficient de sécurité à l'ELS soit (**F=3**).

q₀ : Pression verticale des terres au repos après construction (donc compte tenu d'un remblai éventuel) négligeable

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)

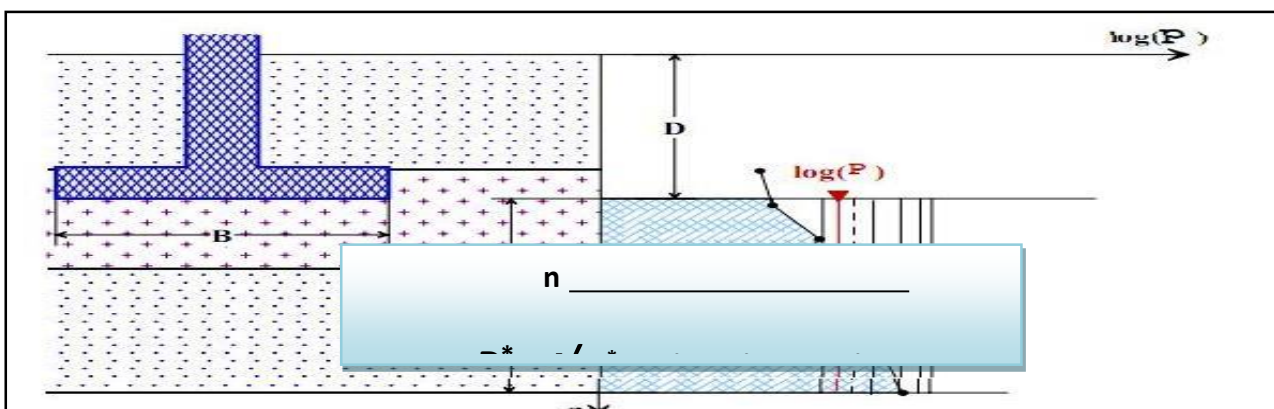


Fig.1: Schéma de définition de la pression limite nette équivalente P_{le}^{*} dans le cas d'un terrain

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 IV : Spécifications des matériaux pour corps de chaussée

Graves non traitées pour couche de fondation : GNF 1-2-3

Trois catégories de graves non traitées pour couche de fondation sont prévues :
GNF1 – GNF2 – GNF3 en 0/40 ou 0/60

A- Granularité

Les fuseaux de spécification sont les suivants :

Matériau	Classe	% passant au tamis de mm							
		80	60	40	20	10	6.3	2	0.08
GNF 1	0/60	100	100	89 58	69 40	59 31	53 26	40 18	10 2
	0/40	100	100	100	90 60	70 40	64 33	48 20	14 2
GNF 2 et GNF 3	0/60	100	100 80	89 55	69 32	59 25	53 17	40 7	10 2
	0/40	-	100	100 80	90 47	70 30	64 20	48 10	14 2

B- Propreté

Zone	H, h, a	d
GNF1	ES > 30 ou IP < 6 Sinon VB < 1.5	IP < 8
GNF2 et GNF3	IP < 8	IP < 12

C- Dureté

Zone	H, h, a	d
GNF1	LA < 30 MDE < 25	LA < 30
GNF2	LA < 40 MDE < 35	LA < 40
GNF3	LA < 50 MDE < 45	LA < 50

D- Angularité

- GNF1 IC > 60



- GNF2 IC > 30
- GNF3 IC sans condition

Graves non traitées type A et B : GNA-GNB

A- Granularité

Origine	Granularité passant au tamis de mm							
	40	31.5	20	10	6.3	2	0.08	
Ballastière	100	85 à 100	68 à 100	43 à 78	35 à 64	22 à 43	4 à 11	0/31.5
Roche massive	100	85 à 100	62 à 90	35 à 62	25 à 50	14 à 34	2 à 10	0/31.5
	-	100	85 à 100	47 à 77	35 à 60	18 à 38	2 à 10	0/20

B- Résistance mécanique

- LA < 30
- MDE < 20 (Non applicable en zone d)

C- Autres caractéristiques

Angularité

GNA **IC > 100%**

GNB **IC > 35%**

Propreté

ES (0/5) > 30 ou

ES (0/2) > 45 Sinon VB < 1.5

Enrobés Bitumineux (EB)

A- Granularité

Classe du fuseau	% passant au tamis de (mm)				Dureté		Propreté	Angularité
	10	6	2	0.08	MDE	LA	ES	
0/10	100	65 à 80	30 à 45	5 à 9	< 20	< 25	>40	Concassé pur

Les granularités 0/12 ou même 0/14 peuvent être utilisées pour des raisons de rugosité, les autres caractéristiques restant identiques.

B- Performance de l'enrobé

Module de richesse	Résistance à la compression simple à 18°C (bars)	Stabilité Marshall (Kg)	Compacité (%)		Fluage Marshall
			LCPC	Marshall	
3.45 à 3.90	Bitume 60/70 >55 Bitume 40/50 >60	>1000	90 à 95	93 à 97	< 4 mm
	$\frac{RH}{RS} > 0.75$				

Essai de compactage à la presse à cisaillement giratoire :

- Compacité à 10 girations C10 < 89 % ;
- Compacité à 60 girations C 60 : 92 à 95 % pour 5 et 6 cm d'épaisseur.

ROYAUME DU MAROC
Ministère de l'Équipement et de l'Eau



المملكة المغربية
وزارة التجهيز والماء

CERTIFICAT DE QUALIFICATION
ET DE CLASSIFICATION DES LABORATOIRES

N° EX/2022/3657/020566

LAB 128

شهادة التكييف والتصنيف

Accordé en application du décret n° 2-01-437 du 19 septembre 2001 instituant, pour le compte du Ministère des Travaux Publics de la Formation Professionnelle et de la Formation des cadres, un système de qualification et de classification des laboratoires de bâtiment et de travaux publics

Validité du certificat est fixée à 3 ans à compter du 04/07/2022 sous réserve de satisfaire annuellement les conditions de la masse salariale et d'encadrement. Ce certificat annule et remplace tous précédents.

Nom ou raison sociale : LABORATOIRE DES MATERIAUX ET GENIE CIVIL	N° du registre du commerce : 208457
Forme juridique : Société à responsabilité limitée (SARL)	N° CNSS : 8229256
Adresse : A 26 Résidence Dar Asalam Apt 10 Lot Toulout Briche Bourgone Anfa 20000 CASABLANCA	ICE : 000188390000053

Activité	Accordé à titre définitif						Classe
	Qualifications						
CQ	CQ.1	CQ.2	CQ.3	CQ.7	CQ.9	X	3
EG	EG.1	EG.3	EG.5	X	X	X	3
EL	EL.1	X	X	X	X	X	2

Activité	Accordé à titre provisoire						Classe
	Qualifications						
EG	EG.4	X	X	X	X	X	3

LAB N° 000027 / 22

Certificat valide
du : 04/07/2022 au : 03/07/2023

EX2022/3657/020566

Cachet de l'Administration
Pour le Ministère de l'Équipement
et de l'Eau
Le Directeur des Affaires Techniques
et des Relations avec la Profession
Signé : Mohamed BENHARICH

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