

CLIENT : Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail.

BON DE COMMANDE N° : 20/18//D.BAT/S.ET

OBJET : Etude géotechnique d'un terrain pour de la Construction de l'ISTA à BNI MATHAR.

PRESTATION: Etudes géotechniques des sols des fondations

DOCUMENT : Rapport.



<u>Responsable du dossier</u> <u>Youssef ENACIRI</u>	<u>Responsable Technique</u> <u>KOURRICH Fouzia</u>	<u>Le Directeur de Labo sol</u> <u>Saïd SATORI</u>

Rapport. Réf. : LS/ETU/ 54 /2018

Le présent rapport contient 38Pages dont 5 Annexes.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 1 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------

I- INTRODUCTION :

Dans le cadre de **Bon de Commande N° 20/18/D.BAT/S.ET.** intitulé: **études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR.** L'Office de la Formation et de la Promotion du Travail a confié au laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics **LABOSOL-Fès**, l'étude géotechnique des sols d'assise du site **cité en objet.**

Le présent rapport regroupe les éléments suivants relatifs aux prestations ci-après:

- La reconnaissance in-situ par réalisation des sondages carottés et Manuels,
- Réalisation des essais présiométriques.
- Prélèvement des échantillons pour identification au laboratoire,
- Relevé des coupes lithologiques des sondages mécaniques,
- Les différentes formations lithologiques constituant les terrains des projets.
- Résultats des essais de laboratoire,
- Le niveau d'assise préconisé et système de fondation à adopter,
- Estimation de la contrainte de service du sol,
- Les dispositions parasismiques de la région qui doivent pris en considération a fin de permettre aux bâtiments de résister convenablement aux secousses sismiques conformément au RPS dans sa révision 2011,
- Enfin, toutes les recommandations et les dispositions constructives nécessaires à prévoir, pour assurer la stabilité et la pérennité du sol/fondation.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 2 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------

II- SITUATION DE SITES DU PROJET :

Le site à l'étude est situé à la ville de **BNI MATHAR** dans la région de Ouajda-Bouarfa.

III- GEOMORPHOLOGIE, GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE :

III-1-Aperçu géomorphologique de la région :

Le terrain du site d'étude réservé à la future construction de l'ISTA à BNI MATHAR est caractérisé par un relief relativement plat.

III-2-Aperçu Géologique

Le secteur d'étude est situé dans la partie orientale du Maroc. Il comprend les bassins néogènes de la basse Moulouya faisant partie du domaine structural du couloir Taza-Oujda. Ces bassins sont constitués de séries néogènes (plus de 1500m), discordantes sur le substratum jurassique ou paléozoïque. Ces séries présentent une succession de trois cycles sédimentaires bien distincts marqués par des changements de la sédimentation : un cycle régressif au Tortonien, un cycle transgressif au Messinien et un cycle strictement continental au Pliocène et au Quaternaire. Des changements sédimentaires dans les bassins Néogènes de Taourirt et Guercif (Maroc Oriental) : recherche de L'épisode D'érosion Messinienne 320 Parallèlement à ces cycles, un volcanisme néogène, connu dans le Guelliz et le Gourougou et Oujda, s'est manifesté par des coulées basaltiques et du matériel pyroclastique intercalé dans les séries sédimentaires.

Les Monts d'Oujda (ou chaîne des Horsts)

C'est une chaîne montagneuse calcaire orientée ENE-WSW. disloquée par une série, de failles normales N70 engendrant une structure en touche de piano (Succession de horsts et grabens). Cette structure, d'âge liasique et dogger, est connue par les gisements plombozincifères de Touissit et est limitée au sud par le bassin houillère de Jérada.

Les Hauts Plateaux

C'est un vaste plateau essentiellement jurassico-crétacé qui s'incère en coin entre le Moyen Atlas et le Haut Atlas centro-oriental. Il est très peu tectonisé et légèrement incliné vers le Sud. Cette structure est échancrée par des boutonnières paléozoïques (Debdou, Mekkam, Aouizert et Lalla Mimouna) d'âge Dévonien et Carbonifère.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 3 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------

Le Haut Atlas Oriental

C'est une structure plissée jurassico-crétacé qui assure la jonction entre le Haut Atlas Central et l'Atlas Saharien en Algérie. Son style tectono-sédimentaire extensif en blocs basculés a engendré une structure en rides et dépo-centres. Cette structure qui caractérise tout le domaine des atlasique plissé, montre un aspect particulier dans le Haut Atlas Oriental. Il s'agit de la structure célèbre de Jbel Boudhar qui représente un paléo-haut-fond rigide connue par ces richesses minières (Plomb, Zinc, Calcite...).

Le site à l'étude se développe dans les hauts plateaux, caractérisés par des formations tertiaires, notamment des marnes, et du calcaire lacustres.

Généralement, nous avons :

Le secondaire :

- trias : formé par des marnes calcaires
- lias et dogger : dolomies et calcaire plus ou moins marneux
- jurassique supérieur : marne et grés
- le quaternaire : marne calcaire et éboulis

*** La litho- stratigraphie du site d'étude :**

Le site du projet, appartenant au bassin hydraulique Moulouya, est caractérisé généralement par les faciès suivants :

- ✓ Couche superficielle de limon tufacé et argileux beigeâtre à brunâtre
- ✓ Limon sableux tufacé verdâtre et jaunâtre à blanchâtre consistante ;
- ✓ Argile limoneuse sem-consistante rougeâtre à brunâtre ;
- ✓ Sable limoneux consistante et l'argile limoneuse consistant qui devient argilite en profondeur.

III-3- Climat

La région d'étude est contrastée entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et climat aride. Elle est caractérisée par des hivers très rigoureux et des étés à chaleurs modérées. Les valeurs de la température moyennes sont au voisinage de 16°C.

III- 4-litho-stratigraphie locale :

A partir des échantillons des sols extraits des sondages, la lithologie du site présente comme suit : Argile limoneux brunâtre à rougeâtre semi-consistante, limon sableux tufacé verdâtre et jaunâtre consistante, limon sableux consistant à partir de 5.30 m et l'argile limoneux consistante rougeâtre qui devient argilite à 13.00m/TN.

III-5- de point de vue hydrogéologique :

Nous ne signalons aucune présence d'eau au niveau des sondages réalisés sur le site du projet ni détectée.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 4 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------

V- RECONNAISSANCE DU SITE :

La campagne de la reconnaissance géotechnique au niveau du site a été effectuée au moyen de **Quatre (04)** sondages manuels et **deux (2)** carottes sur une profondeur de **15 m**, accompagné des essais préssiométriques tous les 1.50m le détail de ces sondages est représentées comme suit :

Sondage et coordonnées	Profondeur en m/TN	Type de sondages	Niveau d'eau en m/TN
SM1 : (X: 810 624- Y:386 451)	2.00 à 2.50	Sondages à pelle mécanique	Néant
SM2 :(X : 810 687- Y: 386 463)			
SM3 :(X : 810 730- Y: 386 486)			
SM3 :(X : 810 674- Y: 386 487)			
SC 1:(X : 810 646- Y: 386 448)	15	Sondages carottés	
SC 2: (X : 810 724- Y: 386 473)			

les coupes lithologiques de ces sondages ainsi que les résultats sont représentés en **Annexes I**. D'après les sondages réalisés, on a relevé les formations suivantes :

🔧 Sondage SM 1

0.00 à 0.60 m : Limon tufacé beigeâtre

0.60 à 2.50 m : Limon sableux tufacé verdâtre semi-consistant

🔧 Sondage SM 2:

0.00 à 0.70 m : Limon tufacé beigeâtre

0.70 à 2.50 m : Argile limoneuse brunâtre à rougeâtre semi-consistant

🔧 Sondage SM 3:

0.70 à 0.70 m : Limon tufacé beigeâtre à blanchâtre

0.70 à 2.00 m : Limon sableux beigeâtre semi-consistant

🔧 Sondage SM 4:

0.00 à 0.20 m : Limon argileux brunâtre

0.20 à 0.40 m : Calcaire tufacé blanchâtre

0.40 à 1.30 m : Limon tufacé graveleux blanchâtre

1.30 à 2.40m : Limon sableux beigeâtre semi-consistant

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 5 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	---------------------

🔧 Sondage SC 1:

0.00 à 1.00 m : Limon tufacé beigeâtre
1.00 à 3.00 m : Limon argileux brunâtre à rougeâtre semi-consistant
3.00 à 4.40 m : Limon sableux tufacé verdâtre consistant.
4.40 à 4.80 m : Limon argileux brunâtre consistant.
4.80 à 5.30 m : Graves à matrice limono-sableuse jaunâtre.
5.30 à 10.00 m : Limon sableux rougeâtre consistant.
10.00 à 13.00 m : Argile limoneuse rougeâtre consistante.
13.00 à 15.00 m : Argilite rougeâtre.

🔧 Sondage SC 2:

0.00 à 0.70 m : Limon tufacé beigeâtre à blanchâtre
0.70 à 3.00 m : Limon sableux tufacé beigeâtre semi-consistant
3.00 à 4.60 m : Limon sableux tufacé verdâtre à jaunâtre consistant.
4.60 à 5.00 m : Limon argileux brunâtre consistant.
5.00 à 5.50 m : Graves à matrice limono-sableuse jaunâtre.
5.50 à 10.50 m : Limon sableux rougeâtre consistant.
10.50 à 13.00 m : Argile limoneuse rougeâtre consistante.
13.00 à 15.00 m : Argilite rougeâtre.

Photo illustrant les sondages carottés et à pelle mécanique



Photo N°1: Montrant le sondage manuel SM1



Photo N°2: Montrant le sondage manuel SM2

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 6 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------



Photo N°3: Montrant le sondage manuel SM3



Photo N°4: Montrant le sondage manuel SM4



Photo N° 5 et 6: Montrant l'exécution du sondage carotté SC1

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 7 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------



Photo N° 7 et 8: Montrant l'exécution du sondage carotté SC2



Photo N° 9 et 10 : Montrant les matériaux extraits du sondage carotté SC1

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 8 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------



Photo N° 11 : Montrant les matériaux extrais du sondage carotté SC1



Photo N° 12 et 13 : Montrant les matériaux extrais du sondage carotté SC2

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 9 /38
------------------------	-----------------------	--	--------------



Photo N° 13 : Montrant les matériaux extrais du sondage carotté SC2

VI- ESSAIS DE LABORATOIRE :

VI-1- Essais réalisés :

Dans le but de déterminer les caractéristiques physiques, mécaniques et de compressibilité du sol d'assise, il a été réalisé des essais de laboratoire, dont les résultats récapitulatifs ainsi que les graphiques correspondants sont joints en **Annexe III**.

VI-2- Caractéristiques physiques:

Les essais d'identification réalisés sur des échantillons remaniés prélevés montrent les caractéristiques physiques suivantes :

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 10 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

Réf	Sondage	Nature lithologique	Analyse granulométrique NM 13.1.008			Limites d'Atterberg NM 13.1.007			Teneur eau NM 13.1.152	Classification GMTR
			<0.08 mm	<2 mm	<50 mm	WL%	WP %	IP %		
1937/1	SM1 (0.60-2.50m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre	47.4	79.3	100	27	16	11	6.2	A1
1937/2	SM2 (0.70-2.50m/TN)	Argile limoneuse brunâtre à rougeâtre semi-consistante	75	95.8	100	43	21	22	8.7	A2
1937/3	SM3 (0.70-2.00m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi- consistant	44.4	82.9	100	35	22	13	5.4	A2
1937/4	SM4 (0.40-1.30m/TN)	Limon tufacé graveleux blanchâtre	19.1	41.7	58.2	20	13	07	2.9	C2B5
1937/5	SM4 (1.30-2.40m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi- consistant	39.5	76.7	100	39	21	15	5.8	A2
1942/1	SC1 (3.00-4.40m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre consistant	45.6	74.8	100	26	16	10	5.4	A1

🔗 Interprétation des résultats

L'analyse des résultats obtenus permet d'ordonner les sols selon le Guide Marocain pour des Terrassements Routières (GMTR) à savoir :

➤ Classe B : les sols sableux ou graveleux avec fines

Elle contient les sols sableux et graveleux avec fines avec un D max. < 50 mm et un tamisat à 80 µm inférieur ou égal à 35 % et ce suivant l'importance et les caractéristiques des fines et l'importance de la fraction sableuse cette classe B se subdivise en deux sous-classe qui se présente comme suit :

- Sous-classe C2B5 les sols comportant des fines, des gros éléments et des sables et graves très silteuses

- Tamisat à 50 mm ≤ 70 % (Proportion des inférieurs à 50 mm est de 58.2%).
- Tamisat à 80 µm ≥ 12 % (Proportion des inférieurs à 0.08mm) est de 19.1%).

En fin on considère généralement que le degré de susceptibilité des sols rencontrés au phénomène du retrait-gonflement en fonction de l'indice de plasticité est faible.

🔗 Classe A : Sols fins

Elle contient les sols fins qui présentent un D max. < 50 mm et un tamisat à 80 µm > 35 %.

Elle contient **des sous-classes**, suivant l'importance de la plasticité :

A1 : Sous-classe des sols fins moyennement plastiques sont des formations avec 0 < IP < 12 cette classe est caractérisée par :

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 11 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

-Un Tamisat à $D_{max} \leq 50\text{mm}$ est de 100 %)

-Un Tamisat à $80 \mu\text{m} \leq 12 \%$ (Un pourcentage des fines est de 45.6 à 47.4%)

- Un indice de plasticité de 10 à 11%. (Sols faiblement argileux)

- **A2 : sous-classe des sols fins moyennement plastiques (limons argileux)** sont des formations avec $12 < IP < 25$.cette classe est caractérisée par :

-Un Tamisat à $D_{max} \leq 50\text{mm}$ est de 100 %)

-Un Tamisat à $80 \mu\text{m} \geq 35 \%$ (Un pourcentage des fines varie entre 39.5 et 75%)

- Un indice de plasticité varie entre 13 à 22%. (Sols moyennement argileux)

• **VI- MATERIAUX DE LA MISE EN OEUVRE**

Conditions générales

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

- Des sols exempts d'éléments végétaux de toute nature de toute quantité appréciable d'humus.
- Des sols qui possèdent d'éléments dont la plus grande dimension D_{max} excède $2/3$ de l'épaisseur de la couche élémentaire du remblai. Toutefois, pour la couche supérieure du remblai, la plus grande dimension D_{max} des éléments n'excédera pas 20cm. pour assurer un bon nivellement à l'arase des terrassements.

Les sols qui sont utilisables ou réutilisables en remblai sont 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 $VBS < 1,5$).
3. Les sols fins de classes A1, A2.

Conclusion :

D'après les essais d'identification des sols du projet cité en objet (sols de classe A1, A2 et C2B5), ces matériaux issus de déblaiement sont réutilisables comme matériaux de remblais de la construction du projet projeté.

VI-1 Mesure de la teneur de la densité apparent et poids spécifique :

Des échantillons ont été prélevés au niveau des principales formations rencontrées dans les sondages réalisés, ont fait l'objet des mesures de masse volumique et le poids spécifique. Les résultats obtenus sont représentés sur le tableau suivant :

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 12 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

Réf	Nature lithologique	Provenance	Densité apparente g/cm³	Poids spécifique KN/m³
1937/1	SM1 (0.60-2.50m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre	1.88	18.44
1937/2	SM2 (0.70-2.50m/TN)	Argile limoneux brunâtre à rougeâtre semi-consistante	1.85	18.14
1937/3	SM3 (0.70-2.00m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi- consistante	1.80	17.65
1937/4	SM4 (0.40-1.30m/TN)	Limon tufacé graveleux blanchâtre	1.83	17.95
1937/5	SM4 (1.30-2.40m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi- consistante	1.86	18.24
1942/1	SC1 (3.00-4.40m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre consistant	1.90	18.63

VI-2- Essai pressiométrique

a. Descriptif et principe d'essai

Dans le but d'apprécier les caractéristiques mécaniques du sol en place, il a été procédé au niveau du sondage à des essais pressiométriques exécutés au moyen du **Pressiomètre MENARD décrit par la norme NF P 94-110-1**

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 sous forme de courbes, il ne donne que des renseignements à court terme.

Ces courbes permettent de déterminer les caractéristiques pressiométriques suivantes :

- Pression limite : **PI** Qui caractérise la résistance de rupture du sol,
- Pression de fluage : **Pf** Qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état Plastique.
- Module pressiométriques : **EM**. Qui définit le comportement pseudo-élastique du sol.

b. Résultat récapitulatif

Pour aboutir à un profil pressiométrique de chaque sondage on a réalisé l'essai à plusieurs profondeurs, dont leur détail est récapitulé dans les tableaux ci-dessous :

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 13 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

Ouvrage projeté	Nature lithologique	Pf (min) ;Pf (max) (en MPa)	Pl*(min) ;Pl*(max) (en MPa)	EM (min);EM (min) (en MPa)	EM/ Pl*
ISTA à BNI MATHAR	Limon argileux et sableux brunâtre à rougeâtre consistante	0.71 à 1.41	1.20 à 2.16	11.9 à 26.1	8.8 à 12.1
	Limon sableux tufacé verdâtre et jaunâtre semi-consistante.	1.11 à 1.41	1.67 à 2.16	17.9 à 29.1	12.1 à 17.3
	Limon sableux rougeâtre consistante	1.41 à 3.04	2.44 à 4.93	39.1 à 112.8	16.0 à 24.1

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

EM/pl* < 5	Sols remaniées ou triturés
5<EM/pl*<8	Sols sous consolidés
8<EM/pl*<12	Sols normalement consolidés
12<EM/pl*<15	Sols légèrement sur consolidés
EM/pl* >15	Sols fortement sur consolidés

C.Interprétation des résultats

A la lumière des résultats des essais pressiométriques établit on recueille les informations suivantes:

La configuration géologique du site est généralement constituée de Limon sableux tufacé verdâtre et jaunâtre consistant; Se présentent normalement légèrement sur-consolidé avec des résistances géo mécanique moyenne, c'est-à-dire ayant des caractéristiques limites de rupture (**PI**) et de déformabilité (**EM**) moyenne dans l'ensemble.

Donc de point de vue portance, elle peut servir comme sol d'assise pour les fondations posées sur un massif du gros béton. Voir les diagrammes pressiométriques joints en **annexe IV**.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 14 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

VI-3- Niveau d'assise des fondations :

D'après la reconnaissance in-situ, et les essais de laboratoire, nous recommandons ce qui suit :

- ✓ **Type de fondation** : Semelles isolées rigidifiée par des longrines et chinages posées sur un massif en gros béton.
- ✓ **Sol d'assise** : Limon sableux tufacé verdâtre et jaunâtre consistante
- ✓ **Fiche d'ancrage** : 2.50m à 3.00m/TN.
- ✓ **Contrainte de service** : 2.3bars soit 23T/m² (voir exemple de calcul ci-après)

- La contrainte admissible du radier au niveau de la formation de Limon sableux tufacé verdâtre et jaunâtre semi-consistante (sol normalement consolidé), pour une **Semelle isolée** de dimension de (L=1.5 et B=1.5 m), et une Fiche d'ancrage de 3.00m/TN, est calculée par la formule suivante (exemple de calcul d'après les essais préssiométriques du sondage SC1).

$$Q_{adm} = q_0 + K_p/3(P_{le}-P_0) \text{ Ou } Q_{adm} = q_0 + (K_p/3 P^*_{le})$$

Avec :

F : coefficient de sécurité à l'ELS soit (F=3)

γ : densité de la couche (i) de fondation traversées d'épaisseur Z_i

K_p : facteur de portance pressiométriques (dépend du type de terrain et la géométrie de la fondation)

D : profondeur d'encastrement de la fondation soit (D = 3.00m)

q_0 : contrainte totale verticale au niveau de la base de la fondation (après travaux).

$$q_0 = \gamma_s \times D$$

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

$$P^*_{le} = P_{le} - P_0$$

P_0 : contrainte totale horizontale au même niveau dans le sol avant l'essai.

$$P_0 = k_0 (q_0 - u_s) + u_s$$

$u_s = 0 \implies$ absence de la nappe d'eau au profondeur de 3.00m.

Donc

$$P_0 = k_0 \times q_0$$

L'application numérique donne :

$$q_0 = 5.7 \text{ T/m}^2$$

$$p_0 = 2.85 \text{ T/m}^2$$

Pour déterminer le coefficient de portance K_p , on applique la formule suivante :

$$D \quad D_e = 1/P^*l_e \sum_{0}^D Pli \times Zi$$

$$P^*l_e = \sqrt[n]{P^*l_1 \times P^*l_2 \dots P^*l_n}$$

$P^*l_1, P^*l_2, \dots P^*l_n$ Étant les valeurs de la pression nette équivalente dans les couches situées de D à $D+1.5B$.

$$P^*l_e = 163T/m^2 \text{ soit } 16.3bars$$

$$D \quad \sum_{0}^D Pli \times Zi = 508T/m$$

0

$$\Rightarrow De = 3.10m$$

K_p 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

$$K_p = 1.37$$



L'application numérique donne :

$$Q_{adm} = 117.3T/m^2 \text{ soit } 11.73 bars$$

Cette contrainte est une valeur brute quelle faut pondérer par un coefficient de sécurité réducteur complémentaire dans le cas des essais in –situé, ce coefficient est égal à $F'=5$, donc la valeur à prendre en considération :

$$q_{adm}/F' = Q_s$$

$$Q_s = 2.3bar$$

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 16 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

VI- 4 -Calcul du tassement:

- Le tassement évalué pour semelle isolée de dimension de 1.50m x1.50m à partir des essais pressiométriques MENARD pour une contrainte de **3.00T/m²** est :

$$sf = sc + sd$$

sc : tassement sphérique avec :

$$sc = (q - \sigma_v) \lambda_c B \alpha / 9Ec$$

sd : tassement déviatorique avec :

$$sd = 2 (q - \sigma_v) B0(\lambda_d B/B0) \alpha / 9Ed$$

Avec :

*Bo : 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

L'application numérique donne :

Ec= 2610 bar λ_c = 1.10 et α= 2/3

Ed=3460 bar λ_d = 1.12

sc =0.8 cm

sd =0.13 cm

$$sf \approx 1.00 \text{ cm}$$

La valeur du tassement obtenue est admissible pour ce genre de constructions.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 17 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

VII/DISPOSITION PARASISMIQUE :

VII -1-Paramètres pour construction parasismique :

Selon le RPS 2000 applicable aux bâtiments publiés au Bulletin Officiel version révisée 2011, 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
Système de structure	Portique
Classe de construction	II
Coefficient de priorité parasismique	1.20
Niveau de ductilité (ND)	ND1
Facteur de comportement (K)	2
Coefficient d'amortissement (ζ en %)	5
Vitesse en (cm/s)	7
Accélérations en (%g)	7
Zone sismique en accélération % g Z_a	1
Zone sismique en vitesse cm/s Z_v	1
Type de site	S2
Coefficient d'influence	1.20
Période de transition (T_c)	0.6
Facteur d'amplification Dynamique	2.5
Période fondamentale (T)	$T=0.075 H^{(3/4)}$

VII-2-Propriété des matériaux.

➤ Béton

Il est demandé que le béton utilisé ait un comportement stable sous des grandes déformations réversibles.

Les caractéristiques mécaniques doivent être conformes au règlement en vigueur de béton armé. Toutefois la résistance σ_{28} à la compression doit être Supérieure à **22 Mpa**.

➤ Acier

Les armatures pour béton armé soient à haute adhérence.

La valeur supérieure de la limite d'élasticité f_y soit égale à **500 Mpa**.

Le coefficient de sécurité à adopter ait pour valeur $\gamma_s = 1.15$.

VII-3-Espacement entre deux blocs

Les joints de séparation entre deux blocs adjacents doivent assurer le libre déplacement des blocs sans contact préjudiciables, ses matériaux de remplissage ne doivent pas pouvoir transmettre l'effort d'un bloc à l'autre.

La largeur du joint entre deux structures ne doit pas être inférieure à la somme de leurs déformations latérales respectives incluant les déformations de torsion.

La largeur minimale du joint ne doit pas être inférieure à 50mm.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 18 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

VIII-CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS :

L'étude géotechnique du terrain réservé au futur projet de la construction de l'ISTA à Bni Mathar aboutit aux conclusions et recommandations suivantes :

VIII-1/Conclusions

VIII-1-A. Lithologie du terrain :

Les coupes lithologiques sont détaillées dans l'**Annexe II**.

VIII-1-B. Caractéristiques des formations rencontrées :

Les résultats des essais en laboratoire sont présentés en **Annexe III** et ont été commentés dans le texte du présent rapport.

VIII-1-C. Type des fondations et niveau d'assise :

Mode de fondation			
Type de fondation	Sol d'assise	Fiche d'ancrage	Contrainte de service
Semelles isolées moyennant rigidifiées longrines et chaînages. poses sur un gros béton	Limon sableux tufacé verdâtre et beigeâtre semi-consistante	2.50 à 3.00 /TN	2.3 bars

VIII-2-Recommandations :

- ✓ Mettre un joint de rupture en fondation et en élévation tous les 20 m.
- ✓ Le bâtiment doit être protégé par un dallage périphérique en béton de **1.5 à 2.00 m** de largeur et assis sur un tout venant soit d'épaisseur **70 cm** insensible à l'eau et compacté par couche élémentaires de **20 cm** d'épaisseur à **90% de l'OPN**.
- ✓ Munir le bâtiment de lamiers pour éloignement des eaux des façades.
- ✓ Rattrapage de niveau de fondation des semelles avec de gros béton.
- ✓ Il est vivement recommandé au client de faire procéder au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premières semelles, à une visite de chantier par un spécialiste du laboratoire. cette visite a pour objet de vérifier que la nature du sol d'assise et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude
- ✓ Enfin, tout incident important survenant en cours des travaux doit être immédiatement signalé au laboratoire pour lui permettre de reconsolider et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées.

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 19 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

ANNEXE

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 20 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

ANNEXE I

plan d'implantation des sondages

Plan d'implantation des sondages

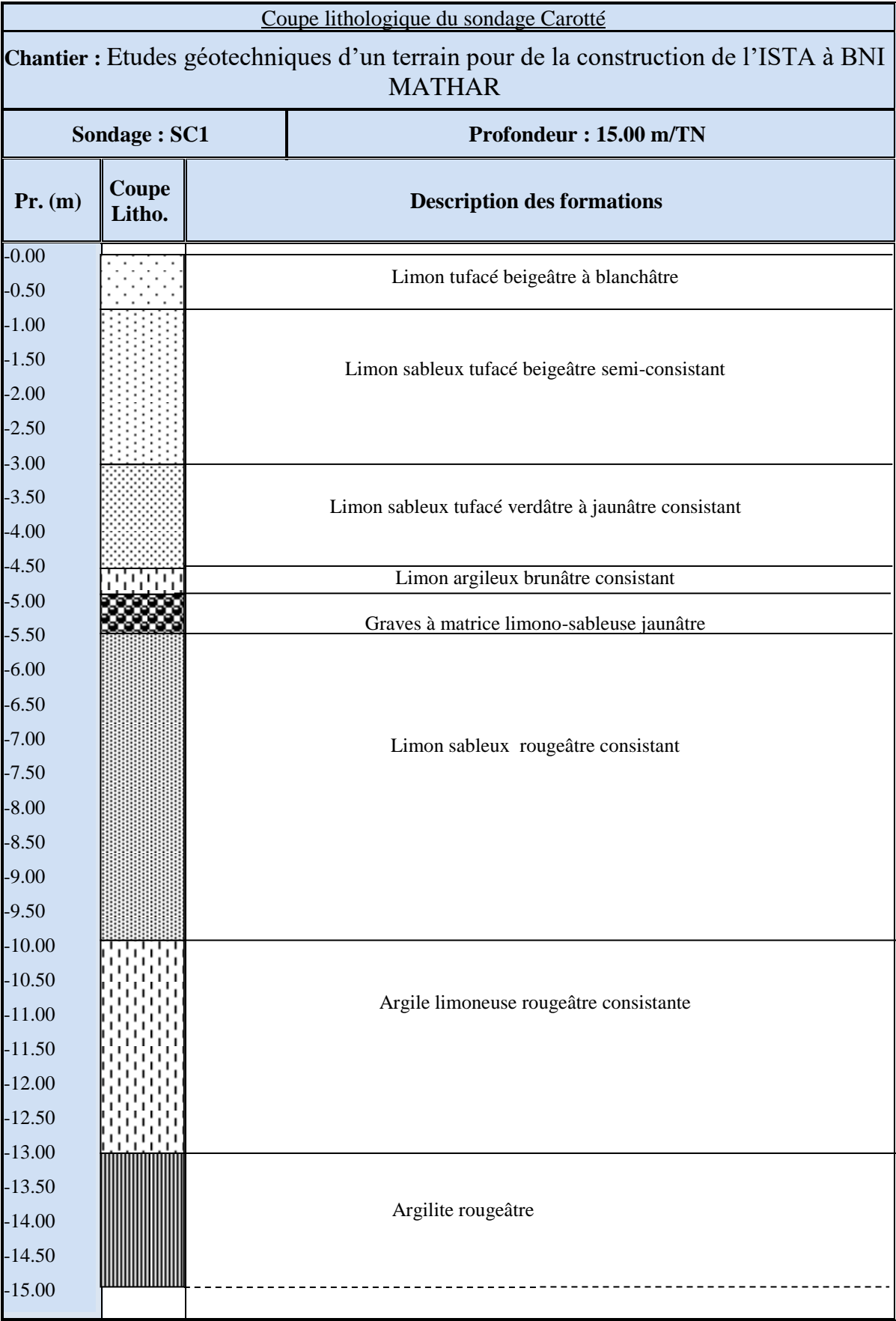


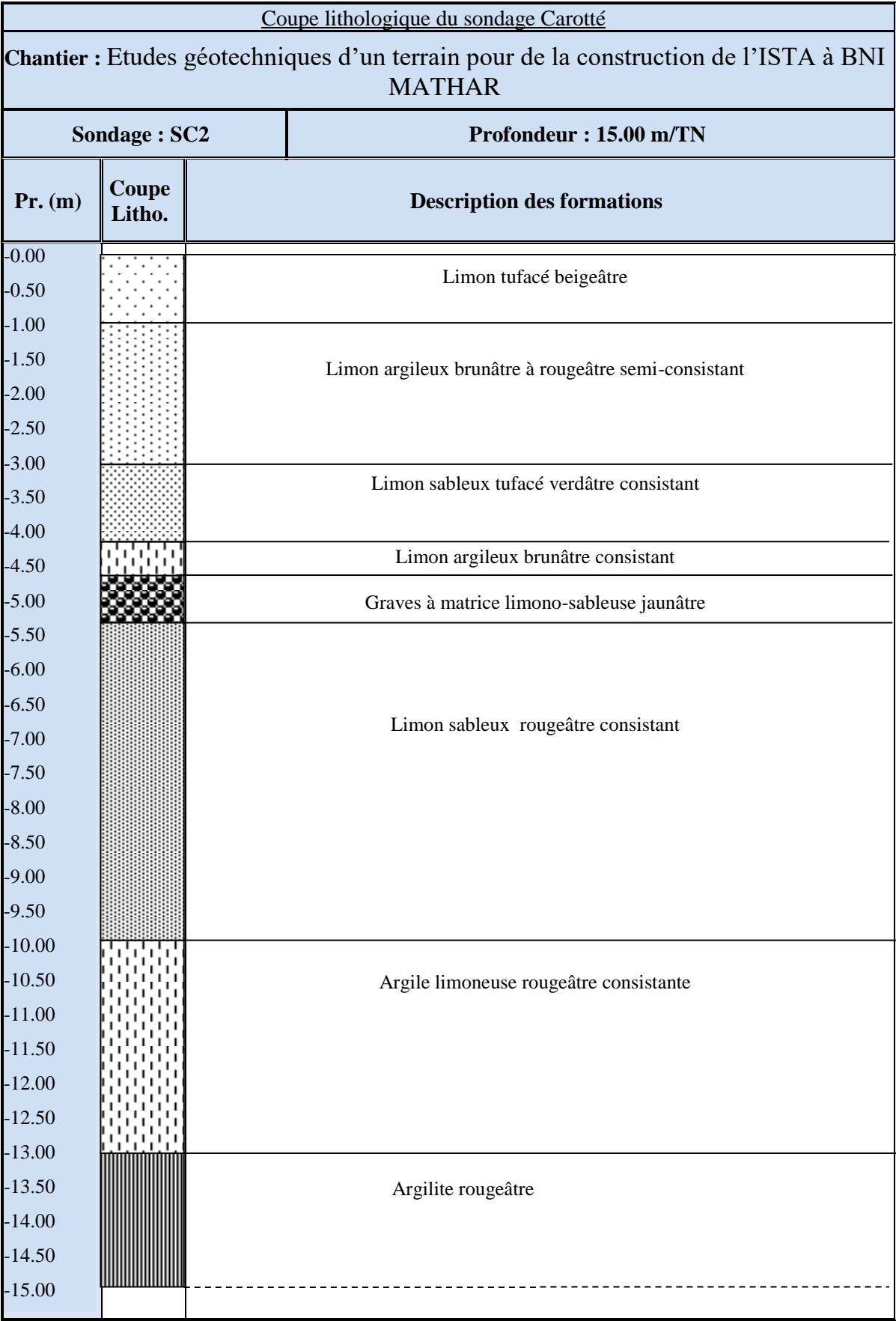
● : Sondage carotté ● : Sondage Manuel


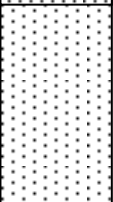

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 22 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------


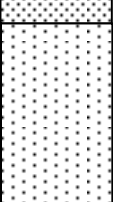
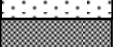
ANNEXE II

coupes lithologiques des sondages

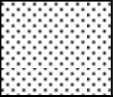
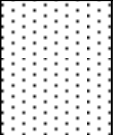





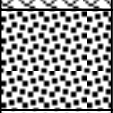
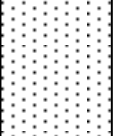



Coupe lithologique du sondage mécanique		
Chantier : Etudes géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR		
Sondage : SM1		Profondeur : 2.50 m/TN
Pr. (m)	Coupe Litho.	Description des formations
-0.00		Limon tufacé beigeâtre
-0.50		
-1.00		Limon sableux tufacé verdâtre semi-consistant
-1.50		
-2.00		
-2.50		
-2.50		Refus mécanique : Limon sableux tufacé verdâtre consistant
-3.00		
-3.50		
-4.00		

Coupe lithologique du sondage mécanique		
Chantier : Etudes géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR		
Sondage : SM2		Profondeur : 2.50 m/TN
Pr. (m)	Coupe Litho.	Description des formations
-0.00		Limon tufacé beigeâtre
-0.50		
-1.00		Argile limoneuse brunâtre à rougeâtre semi-consistante
-1.50		
-2.00		
-2.50		
-2.50		Refus mécanique : Argile limoneuse consistante
-3.00		
-3.50		
-4.00		

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 26 /38
--------------------------------	-------------------------------	--	----------------------

Coupe lithologique du sondage mécanique		
Chantier : Etudes géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR		
Sondage : SM3		Profondeur : 2.00 m/TN
Pr. (m)	Coupe Litho.	Description des formations
-0.00		Limon tufacé beigeâtre à blanchâtre
-0.50		
-1.00		Limon sableux beigeâtre semi-consistant
-1.50		
-2.00		Refus mécanique : Limon Sableux consistant
-2.50		
-3.00		
-3.50		
-4.00		

Coupe lithologique du sondage mécanique		
Chantier : Etudes géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR		
Sondage : SM4		Profondeur : 0.70 m/TN
Pr. (m)	Coupe Litho.	Description des formations
-0.00		Limon argileux brunâtre
-0.50		Calcaire tufacé blanchâtre
-1.00		Limon tufacé graveleux blanchâtre
-1.50		
-2.00		Limon sableux beigeâtre semi-consistant
-2.50		
-3.00		Refus mécanique : Limon Sableux consistant
-3.50		
-4.00		

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 27 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

ANNEXE III

Résultats des essais

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 28 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

Dossier N° :37/2018

Date d'émission : 07/06/2018

- CLIENT : Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail.
- BON DE COMMANDE N° : 20/18//D.BAT/S.ET
- OBJET : Etude géotechnique d'un terrain pour de la Construction de l'ISTA à BNI
MATHAR.
- PRESTATION: Etudes géotechniques des sols des fondations

★ Date commande : 15/05/2018 et 05/06/2018

★ N° Feuille de réception : 1937, 1942

★ Date de réception : 16/05/2018 et 06/06/2018

Nature du matériau : Sol

★ Date de prélèvement : 15/05/2018 et 04/06/2018

★ Prélèvement effectué par : LABOSOL

Essais réalisés :

- Analyse granulométrique par tamisage (NM13.1.008).
- Détermination de la limite d'Atterberg (NM13.1.007)
- Détermination de la teneur eau pondérale des matériaux –méthode par étuvage NM 13.1.152.
- Mesure du poids spécifique, Type : y compris teneur en eau NM 13.1.119

Observations sur l'état du matériau à la réception : RAS

Lieu des essais :



LABOSOL



IN-SITU

Conservation des échantillons :

- 15 jours après la date d'envoi du présent rapport d'essai.

Avertissement : la reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 17 pages y compris la page de garde).

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai

Responsable du laboratoire d'essais

f. KOURICH

Responsable Qualité

N.FAKIR

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 29 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

Mesure du poids spécifique y compris la teneur en eau:

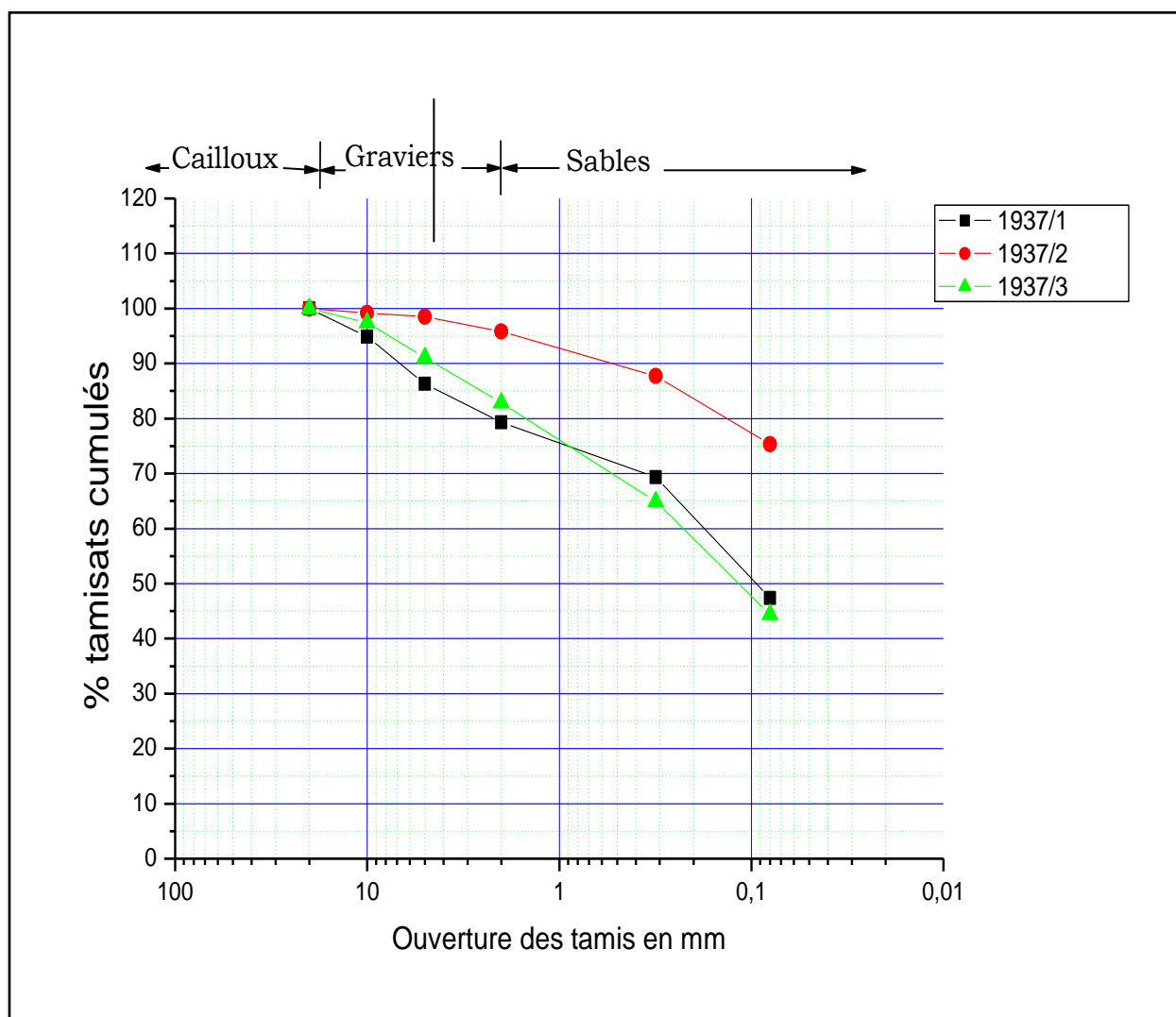
Réf	Nature lithologique	Provenance	Densité apparente g/cm ³	Poids spécifique KN/m ³
1937/1	SM1 (0.60-2.50m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre	1.88	18.44
1937/2	SM2 (0.70-2.50m/TN)	Argile limoneux brunâtre à rougeâtre semi-consistante	1.85	18.14
1937/3	SM3 (0.70-2.00m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi-consistante	1.80	17.65
1937/4	SM4 (0.40-1.30m/TN)	Limon tufacé graveleux blanchâtre	1.83	17.95
1937/5	SM4 (1.30-2.40m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi-consistante	1.86	18.24
1942/1	SC1 (3.00-4.40m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre consistant	1.90	18.63

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 30 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

RESULTATS D'ESSAIS

Réf	provenance	Nature lithologique	Poids spécifique En KN/m ³ NM13.1.119	Teneur en eau % NM 13.1.152	Analyse granulométrique NM13.1.008			Limites d'Atterberg NF P94-051		
					%< 0.08 mm	%<2 mm	%<50 mm	WL %	WP %	IP %
1937/1	SM1 (0.60-2.50m/TN)	Limon sableuse tufacé verdâtre	18.44	6.2	47.4	79.3	100	27	16	11
1937/2	SM2 (0.70-2.50m/TN)	Argile limoneux brunâtre à rougeâtre semi-consistante	18.14	8.7	75	95.8	100	43	21	22
1937/3	SM3 (0.70-2.00m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi-consistante	17.65	5.4	44.4	82.9	100	35	22	13

COURBES GRANULOMETRIQUES DES SOLS PAR TAMISAGE

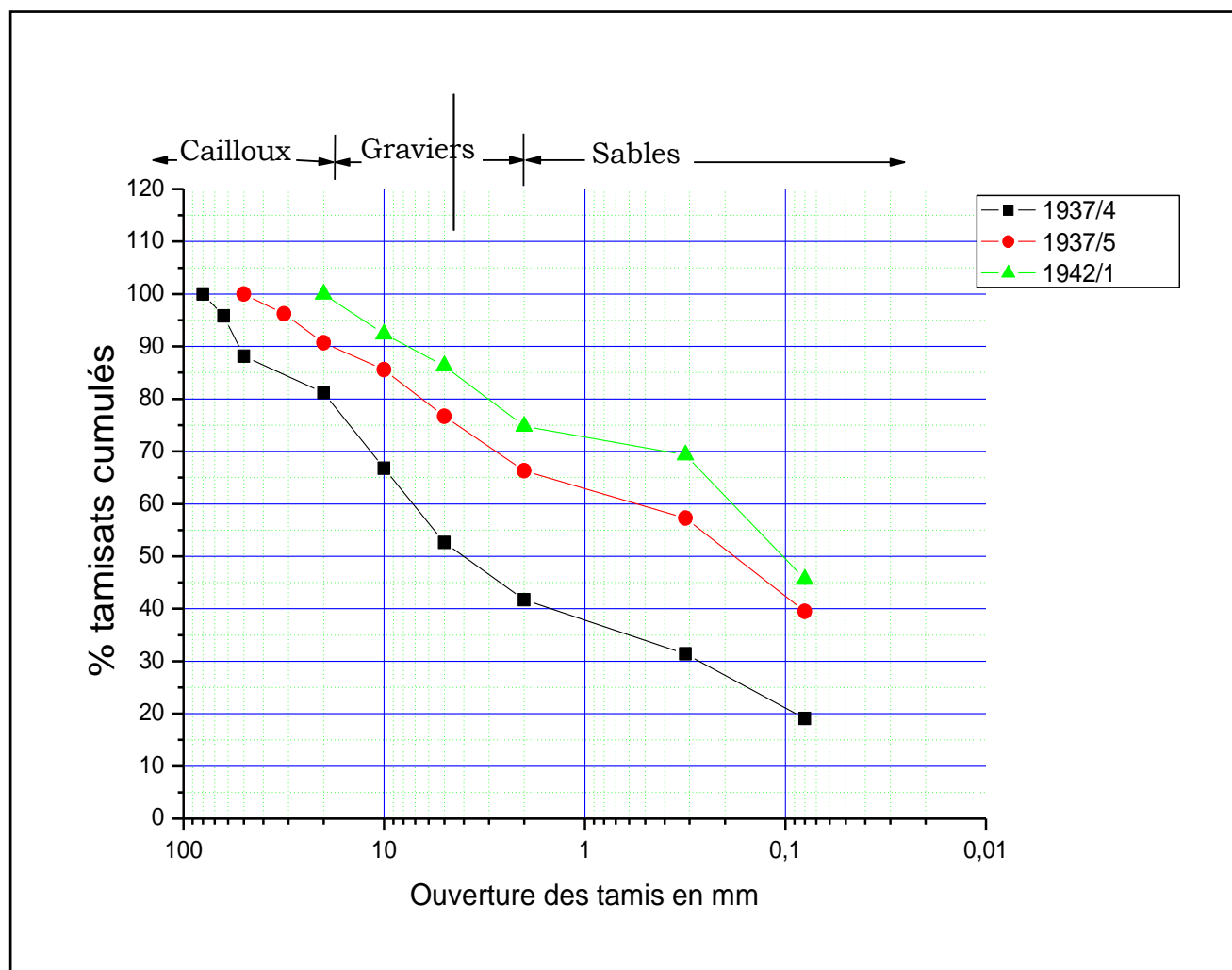


Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 31 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

RESULTATS D'ESSAIS

Réf	provenance	Nature lithologique	Poids spécifique En KN/m ³ NM13.1.119	Teneur en eau % NM 13.1.152	Analyse granulométrique NM13.1.008			Limites d'Atterberg NF P94-051		
					%<0.08 mm	%<2 mm	%<50 mm	WL %	WP %	IP %
1937/4	SM4 (0.40-1.30m/TN)	Limon tufacé graveleux blanchâtre	17.95	2.9	19.1	41.7	58.2	20	13	07
1937/5	SM4 (1.30-2.40m/TN)	Limon tufacé beigeâtre semi-consistante	18.24	5.8	39.5	76.7	100	39	21	15
1942/1	SC1 (3.00-4.40m/TN)	Limon sableux tufacé verdâtre consistant	18.63	5.4	45.6	74.8	100	26	16	10

COURBES GRANULOMETRIQUES DES SOLS PAR TAMISAGE



Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 32 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

ANNEXE IV

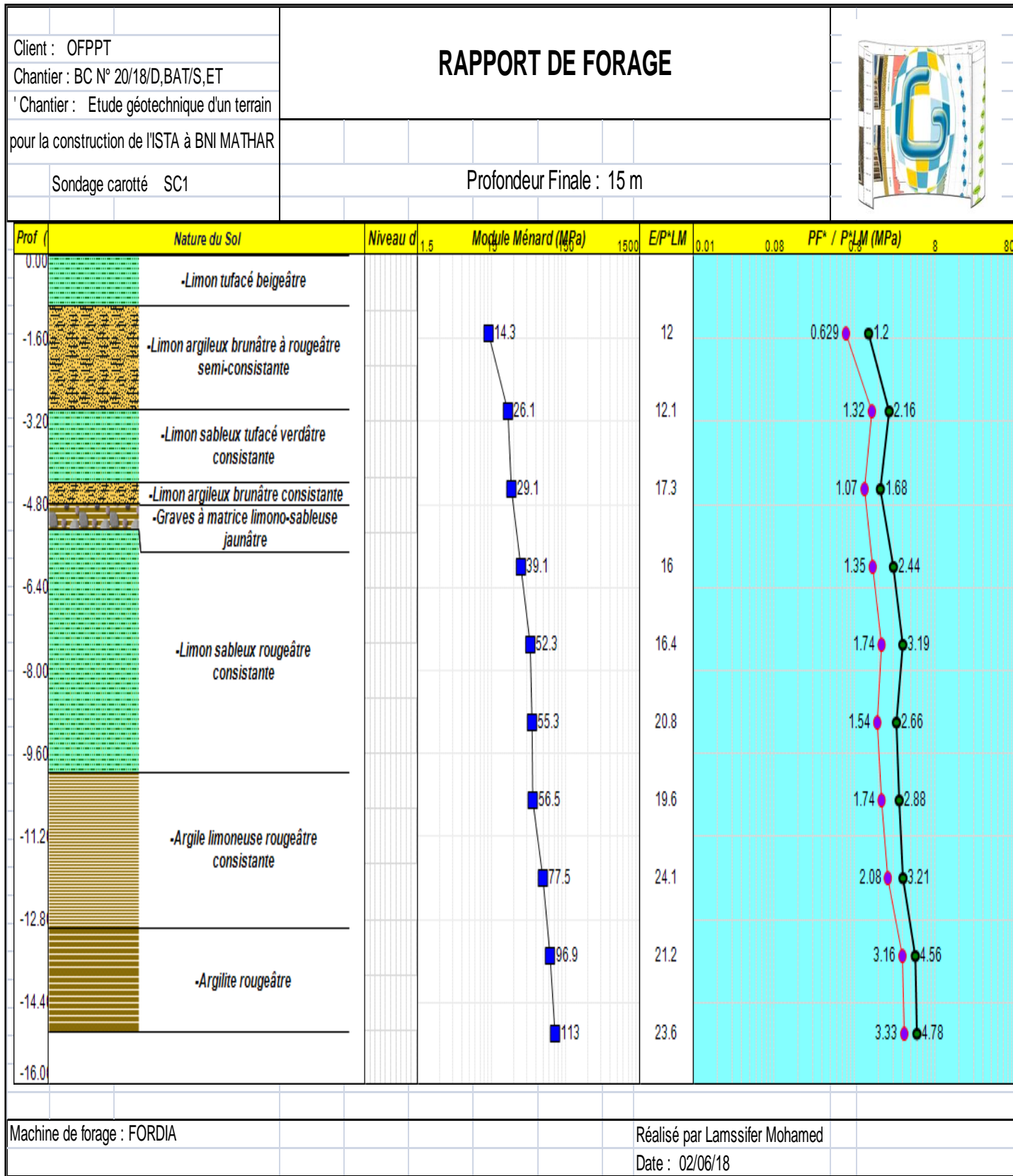
Diagrammes Pressiométriques

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 33 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

Sondage présiométriques

Sondage: SC1

SC1	PARAMETRES FONDAMENTAUX						
Profondeur en (m/TN)	p_r (MPa)	p_l (MPa)	E_M (MPa)	σ_{hs} (MPa)	p_l^* (MPa)	E/p_l	E/p_l^*
1,50	0,71	1,21	14,3	0,014	1,20	11,9	12,0
3,00	1,41	2,18	26,1	0,027	2,16	12,0	12,1
4,50	1,11	1,72	29,1	0,041	1,68	16,9	17,3
6,00	1,41	2,50	39,1	0,054	2,44	15,7	16,0
7,50	1,81	3,26	52,3	0,070	3,19	16,1	16,4
9,00	1,62	2,74	55,3	0,081	2,66	20,2	20,8
10,50	1,83	2,97	56,5	0,094	2,88	19,0	19,6
12,00	2,21	3,34	77,5	0,133	3,21	23,2	24,1
13,50	3,21	4,68	96,9	0,122	4,56	20,7	21,2
15,00	3,47	4,91	112,8	0,135	4,78	23,0	23,6

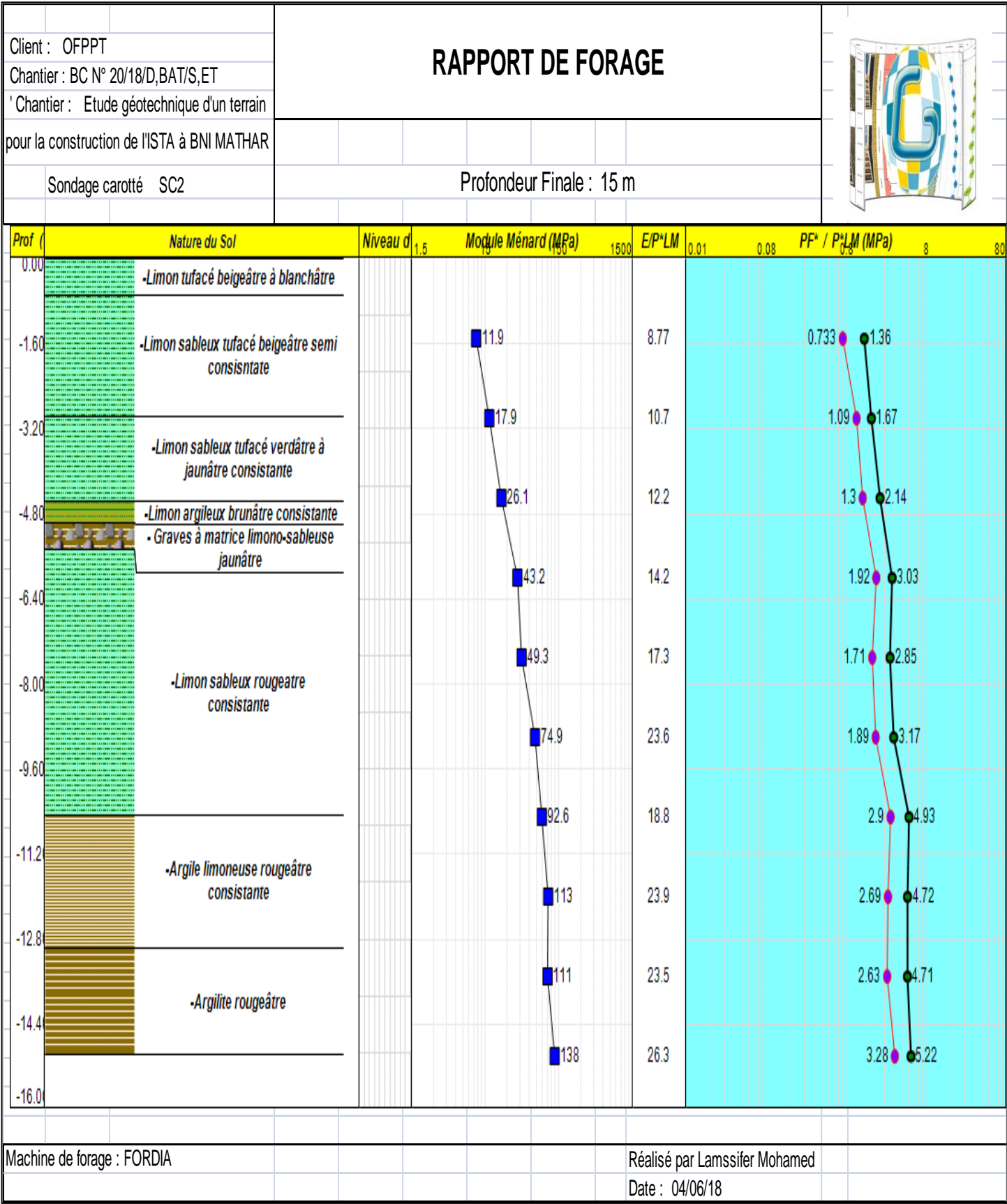


Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 35 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

Sondage présiométriques

Sondage: SC2

SC2	PARAMETRES FONDAMENTAUX						
Profondeur en (m/TN)	p_f (MPa)	p_l (MPa)	E_M (MPa)	σ_{hs} (MPa)	p_l^* (MPa)	E/p_l	E/p_l^*
1,50	0,81	1,38	11,9	0,014	1,36	8,7	8,8
3,00	1,11	1,70	17,9	0,027	1,67	10,5	10,7
4,50	1,41	2,20	26,1	0,062	2,14	11,9	12,2
6,00	2,01	3,11	43,2	0,082	3,03	13,9	14,2
7,50	1,80	2,95	49,3	0,098	2,85	16,7	17,3
9,00	2,01	3,29	74,9	0,119	3,17	22,7	23,6
10,50	3,04	5,07	92,6	0,139	4,93	18,3	18,8
12,00	2,81	4,88	112,8	0,161	4,72	23,1	23,9
13,50	2,81	4,89	110,6	0,182	4,71	22,6	23,5
15,00	3,41	5,36	137,6	0,135	5,22	25,7	26,3



Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 37 /38
--------------------------------	-------------------------------	---	----------------------

ANNEXE V

photos illustrant l'emplacement des sondages

Laboratoire LABOSOL	Client : O.F.P.P.T	Projet Études géotechniques d'un terrain pour de la construction de l'ISTA à BNI MATHAR : BON DE COMMANDE N° : 20/18/D.BAT/S.ET.	Page : 38 /38
------------------------	-----------------------	--	---------------

