

TRAVAUX DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE PROJET N° 1 STATIONS HARHOURA



CLIENT :	REDAL
Référence du dossier :	TE-MY/232EG/17
Pages :	30
Date d'édition:	Le 17/11/2017

Auteurs :

Rédigé par : M.YAAKOUBI - *Ingénieur Responsable service infrastructures
routières et ouvrages Courants*

Approuvé par : O.CHEMAOU EL FIHRI – *Directeur technique*

Sommaire

I.	INTRODUCTION	3
II.	APERÇU GEOLOGIQUE DE LA REGION	4
III.	RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE	5
1.	Programme de reconnaissance	5
2.	Lithologie	5
3.	Nappe phréatique.....	6
IV.	RESULTATS DES ESSAIS IN SITU	7
V.	ESSAIS ET ANALYSES AU LABORATOIRE	8
VI.	MODALITES DE FONDATION	9
1.	Portance des sols d'assise	9
2.	Sol d'assise des fondations.....	10
3.	Système de fondation.....	11
4.	Tassements	11
5.	Terrassement.....	11
6.	Réutilisation des matériaux de déblai en remblai	12
VII.	MODALITES DE CREUSEMENT DE LA GALERIE	12
VIII.	CONSTRAINTES DE POUSSEE HORIZONTALE ET PORTANCE VERTICALE.....	13
1.	Contrainte horizontale et surpression verticale	13
2.	Paramètres géotechniques.....	13
IX.	PARAMETRES SISMIQUES DU SITE :	14
X.	RECOMMANDATIONS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	15
XI.	CONCLUSION	16

I. INTRODUCTION

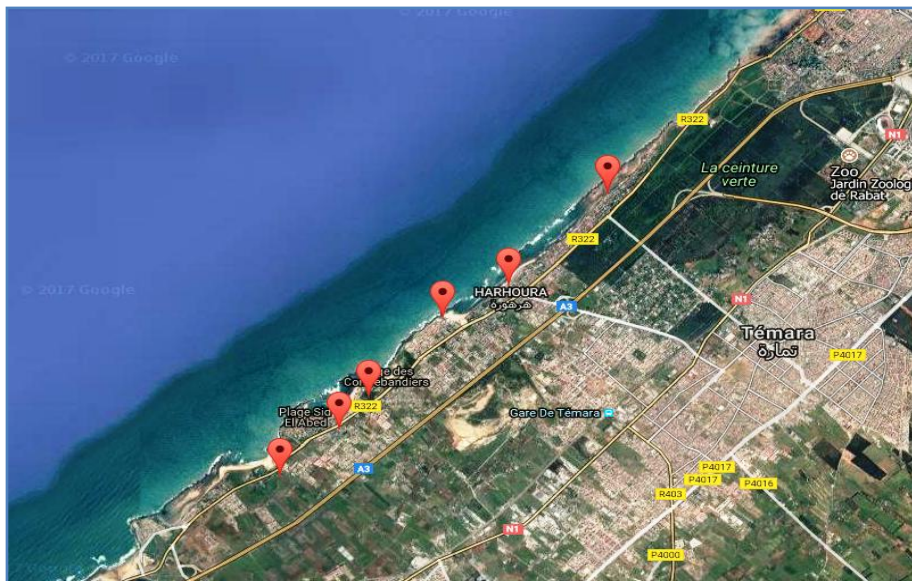
A la demande de REDAL, le Laboratoire de Géotechnique et de Génie Civil S2G MAROC a procédé à la reconnaissance géotechnique des sites prévus pour stations de pompage, galerie et dalot dans le cadre des travaux de reconnaissance géotechnique , projet N°1 – STATIONS HARHOURA, avec pour but de définir :

- La nature lithologique et les paramètres physiques et mécaniques des terrains en place ;
- Les modalités de fondations pour les stations de pompage et dalot ;
- Modalité de fonçage de la galerie et paramètres géotechniques.

Le déroulement des investigations menées était comme suit :

- Visite du site relatif au projet et acquisition des données locales;
- Exécution de 05 sondages carottés de 6 à 13.5m de profondeurs ;
- Essais pressiométriques ;
- Relevé des coupes lithologiques des sondages exécutés ;
- Prélèvements des échantillons pour des essais au laboratoire ;

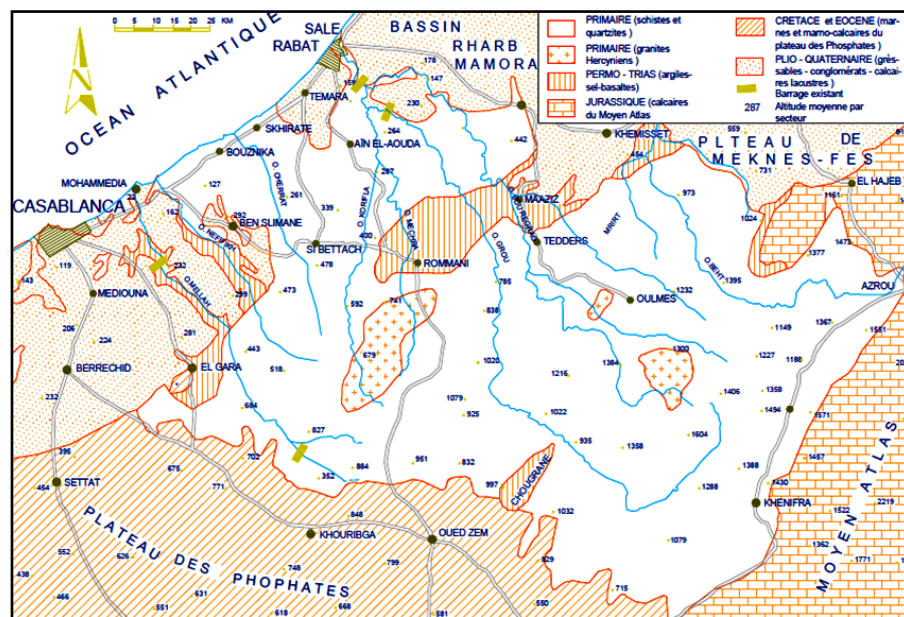
Le présent rapport concerne l'ensemble des ouvrages prévus sauf la station de pompage SP27 dont le sondage carotté (SC6) n'a pas pu se faire suite à un problème foncier. Le site alloué à la station de pompage SP27 fera l'objet d'un rapport à part.



Implantation des sondages carottés

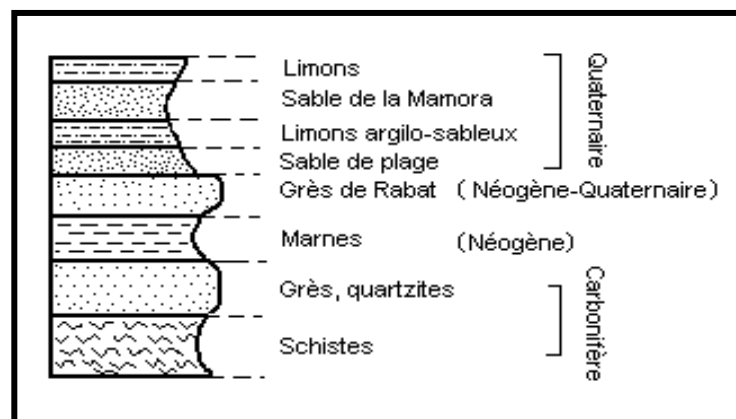
II. APERÇU GEOLOGIQUE DE LA REGION

La zone d'étude se rattache au domaine mésétien et plus précisément à la meseta côtière, constituant un ensemble de bas plateaux inclinés vers le littoral. A l'Ouest, la Méséta côtière n'est recouverte que par des formations récentes, d'âge Miocène à Quaternaire, plus ou moins abondantes selon les endroits. Comme au Nord, les marnes miocènes sont très souvent présentes. Puis viennent des formations détritiques plio-quaternaires pouvant atteindre quelques dizaines de mètres d'épaisseur constituées essentiellement par des formations sableuses et gréseuses.



Carte géologique sommaire de la meseta.

La coupe lithologique synthétique de la région comporte la succession lithologique suivante :



III. RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

1. Programme de reconnaissance

La campagne de reconnaissance a comporté la réalisation de 5 sondages carottés (SC1 à SC5), et l'exécution d'essais pressiométriques. Le sondage carotté SC6 est suspendu pour problème foncier.

Les différents sondages ont été implantés en présence du client, les coordonnées sont comme suit :

Sondage	Coordonnées		Profondeur (m)
	X	Y	
SC1 – SP26	358397	373363	6.5
SC2 – SP25	356988	371856	6.5
SC3 – SP24bis	356062	371342	8
SC4 – SP24	355017	370063	13.5
SC5 – Galerie et dalot	354594	369544	6

2. Lithologie

La lithologie dévoilée des sites se présente comme suit :

Sondage SC1 – Station de pompage SP26		Eau : -3.50m/TN
<u>Profondeur/TN</u>	<u>Lithologie rencontrée</u>	
0.00 – 0.40m	Terre végétale	
0.40 – 1.40m	Grave limono-argileuse brunâtre	
1.40 – 6.50m	Grès dunaire	

Sondage SC2 – Station de pompage SP25		Eau : Néant
<u>Profondeur/TN</u>	<u>Lithologie rencontrée</u>	
0.00 – 1.00m	Remblai sablo-limoneux	
1.00 – 2.40m	Sable fin brunâtre	
2.40 – 5.40m	Limon sablo-argileux rougeâtre	
5.40 – 6.50m	Grès dunaire poreux	

Sondage SC3 – Station de pompage SP24bis		Eau : -3.80m/TN
<u>Profondeur/TN</u>	<u>Lithologie rencontrée</u>	
0.00 – 1.80m	Remblai sablo-limoneux	
1.80 – 3.20m	Remblai en blocs, cailloux et graves	
3.20 – 3.60m	Limon sablo-argileux rougeâtre	
3.60 – 8.00m	Grès dunaire poreux	

Sondage SC4 – Station de pompage SP24		Eau : -9.00m/TN
<u>Profondeur/TN</u>	<u>Lithologie rencontrée</u>	
0.00 – 0.40m	Terre végétale	
0.40 – 4.40m	Grès-calcaire poreux fracturé	
4.40 – 13.50m	Grès-calcaire dur fracturé	

Sondage SC5 – Galerie et Dalot		Eau : Néant
<u>Profondeur/TN</u>	<u>Lithologie rencontrée</u>	
0.00 – 1.90m	Remblai hétérogène	
1.90 – 6.00m	Schiste très fracturé	

On note que chaque site est caractérisé par une formation meuble en surface surmontant des formations rocheuse de grès calcaire ou de schiste.

3. Nappe phréatique

Lors des investigations menées en Octobre 2017, l'eau a été mise en évidence au niveau des sondages SC1 à -3.50m/TN, SC3 à -3.80m/TN, et SC4 à -9.00m/TN.

IV. RESULTATS DES ESSAIS IN SITU

▪ Essais pressiométriques

Le long des sondages réalisés, des essais pressiométriques ont été menés conformément au mode opératoire de la norme NF P94-110-1 de janvier 2000 (norme en vigueur à ce jour), ils permettent de définir conventionnellement le module pressiométriques E_M et la pression limite Pl . Les tableaux suivant résument les résultats obtenus :

Sondage SC1 – Station de pompage SP26			
Formation	Profondeur	pl (MPa)	E_M (MPa)
Grès dunaire	2.00m	2.9	60.8
	3.50m	2.77	57.6
	5.00m	3	66.8
Moyenne		2.89	61.7

Sondage SC2 – Station de pompage SP25			
Formation	Profondeur	pl (MPa)	E_M (MPa)
Limon sablo-argileux	3.00m	Pas de contact	
	4.50m	0.58	1.05
Grès dunaire poreux	6.00m	2.33	40.6

Sondage SC3 – Station de pompage SP24bis			
Formation	Profondeur	pl (MPa)	E_M (MPa)
Grès dunaire poreux	4.00m	2.46	48.3
	5.50m	2.53	53.1
	7.00m	2.28	38.9
Moyenne		2.42	46.7

Sondage SC4 – Station de pompage SP24			
Formation	Profondeur	pl (MPa)	E_M (MPa)
Grès-calcaire poreux	3.00m	1.77	16.4
Grès-calcaire	4.50m	3.89	181.8
	6.00m	3.59	154.5

Sondage SC5 – Galerie et Dalot			
Formation	Profondeur	pl (MPa)	E_M (MPa)
Schiste fracturé	2.50m	4.67	219.3
	4.00m	4.98	239.8
	6.50m	5	243.7
Moyenne		4.88	234.2

D'une manière générale, suivant les valeurs de la pression limite obtenues, les formations gréseuses en place appartiennent à la classe de roches altérées selon le fascicule 62. La formation du schiste appartient à la classe de roches fragmentées. La valeur maximum de K_p correspondante (pour une fondation carrée) est de 1.68.

V. ESSAIS ET ANALYSES AU LABORATOIRE

1. Essais d'identification

Des essais d'identification en laboratoire réalisés sur des échantillons représentatifs des formations meubles rencontrées. (Limites d'Atterberg : norme NF P94-051, L'analyse granulométrique : norme NF P94-056) ont donné les résultats suivants :

Formation	Lieu du prélèvement	W (%)	Granulométrie %			Limites d'Atterberg		Classification
			$\Phi < 0,08$ mm	$\Phi < 2$ mm	$\Phi > 20$ mm	$W_L\%$	$I_P\%$	LCPC
Sable fin brunâtre	SC2 (1.00 – 2.40m)	6.3	4.09	99.88	100	17	NM	Sm
Limon sablo-argileux	SC2 (2.40 – 5.40m)	11.3	24.4	100	100	23	NM	SL
Limon sableux	SC3 (0.00 – 1.80m)	10.7	30.91	97.54	100	27	9	SA
Limon sablo-argileux	SC3 (3.20 – 3.60m)	12.6	35.73	91.01	95.63	24	8	SL

Avec Φ , W_L , I_P sont respectivement : le diamètre des grains, la limite de liquidité et l'indice de plasticité.

NM : Non Mesurable.

2. Essai de cisaillement

Un essai de cisaillement direct réalisé sur un échantillon intact du limon sablo-argileux, prélevé au droit du sondage SC2 à 3.00m de profondeur a permis de caractériser cette formation par :

Lieu de prélèvement	Cohésion effective C'_p (bar)	Angle de frottement effectif ϕ'_p (°)
SC2 (3.00m)	0.17	27

3. Résistance à la compression

Les résultats des essais de compression simple effectués sur les échantillons prélevés aux droits des formations rocheuses sont récapitulés dans le tableau suivant :

N° sondage	Nature et lieu de prélèvement (m)	Densité (g/cm ³)	Densité moyenne (g/cm ³)	RC (MPa)	RC moyenne (MPa)
SC1	Grès dunaire (1.40 – 6.50m)	2.18	2.11	12.2	10.8
		2.05		9.8	
		2.11		10.6	
SC2	Grès dunaire poreux (5.40 – 6.50m)	1.81	1.75	3.6	3.4
		1.70		3.3	
		1.75		3.4	
SC3	Grès dunaire poreux (3.60 – 8.00m)	1.91	1.84	7.4	6.9
		1.79		6.1	
		1.83		7.3	
SC4	Grès calcaire poreux (0.40 – 4.40m)	1.22	1.29	5.7	6
		1.35		6.3	
		1.29		6.1	
	Grès calcaire (4.00m – 13.50m)	2.51	2.52	32.4	32.6
		2.58		36.1	
		2.48		29.4	
SC5	Schiste fracturé	2.58	2.59	63.4	67.3
		2.61		71.3	

Les valeurs obtenues montrent que ces formations sont caractérisées par une densité moyenne à élevée et une résistance relativement forte. Le caractère poreux de la roche gréseuse justifie les variations des valeurs de résistances obtenues.

VI. MODALITES DE FONDATION

1. Portance des sols d'assise

A partir des résultats des essais pressiométriques effectués au droit des sondages de reconnaissance, on peut calculer la portance des sols moyennant la formule suivante :

$$q_{adm} = k_p \times p_l^* / F$$

Avec :

- k_p : Coefficient de portance (pris égale à 0.8) ;
- p_l^* : Pression limite nette (valeur minimale enregistrée pour chaque formation) ;
- F : coefficient de sécurité qu'on prend égal à 3 pour tenir compte des éventuels passages tendres non détectés durant la campagne de reconnaissance.

Tout calcul fait, on recommande de limiter la portance :

- Pour les formations gréseuses et schisteuses (mises en évidence au droit des sondages réalisés) en rapport avec l'état de fracturation et de cimentation du rocher : **3 bars**
- Pour la formation du limon sablo-argileux (rencontrée au droit du sondage SC2) : **1.6 bars**.

2. Sol d'assise des fondations

Les stations de pompage projetées comprenant :

- Bâche de pompe de la station ;
- Chambre de pompage ;
- Locaux d'exploitation et d'électricité de la station.

Le sol et le niveau d'assise des fondations sont résumés dans le tableau suivant :

Ouvrage	Sol d'assise	Niveau d'assise	Portance du sol support (bars)
SP26 (SC1)	Grès dunaire	A partir de 2m/TN et suivant la cote du projet	3
SP25 (SC2)	Limon sablo-argileux	A partir de 3m/TN et suivant la cote du projet	1.6 Bars
	Grès dunaire poreux	Pour une cote projet au-delà de 5.40m/TN	3
SP24bis (SC3)	Grès dunaire poreux	A partir de 4m/TN et suivant la cote du projet	3
SP24 (SC4)	Grès calcaire poreux	A partir de 1.5m et suivant la cote du projet	3
Dalot (SC5)	Schiste fracturé	A partir de 2.50m/TN et suivant la cote du projet	3

Le rattrapage éventuel de la côte du projet sera en gros béton dosé à 250kg/m³.

3. Système de fondation

Le type de fondations relatif à chaque structure est donné dans le tableau suivant :

Structure	Dalot	Bâche de pompe	Chambre de pompage	Locaux d'exploitation et d'électricité de la station
Type de fondation	Radier général rigide	Radier général rigide	Radier général rigide	Semelles isolées rigidifiées par des longrines et/ou semelles filantes pour les charges linéaires

4. Tassements

Sous les contraintes préconisées, les tassements ne sont pas à craindre, ils se limiteront aux déformations élastiques des massifs rocheux du grès et du schiste et au réarrangement du squelette granulaire pour la formation limoneuse vu sa nature lithologique sableuse.

5. Terrassement

Les terrassements seront exécutés dans des terrains meubles sur 1.40m (SC1), sur 5.40m (SC2), sur 3.60m (SC3), sur 0.40m (SC4) et sur 1.90m (SC5) en fonction de la nature lithologique relevée au droit des sondages. Les terrains rencontrés au-delà de ces profondeurs et jusqu'à la limite de la reconnaissance sont de type rocheux.

Les terrains meubles seront décapés par des moyens classiques du type pelles et pioches ou pelles mécaniques avec l'intervention de moyens plus performants dans les formations rocheux (grès et schiste).

Les sols meubles superficiels peuvent être talutés provisoirement à **1H/1V**, les formations rocheuses peuvent être abordées moyennant des pentes plus raides sans dépasser un maximum de **1H/4V**.

Le pourcentage meuble/rocher par sondage est donné dans le tableau suivant :

Sondages	Sondage SC1 SP 26	Sondage SC2 SP 25	Sondage SC3 SP 24 Bis	Sondage SC4 SP 24	Sondage SC5 Galerie
Meuble	21.5%	83%	45%	3%	31%
Rocher	78.5%	17%	55%	97%	69%

6. Réutilisation des matériaux de déblai en remblai

Les formations meubles en place matérialisées par des graves limono-argileuse coté SC1, sable et limon sablo-argileux coté SC2, remblais et limon sablo-argileux coté SC3 sont généralement utilisables en remblai après essais d'agrément en laboratoire. Pour les formations rocheuses (grès, grès calcaire et schiste) et afin de les réutiliser, il faudra installer toute une chaîne de traitement, en passant par un concassage et ensuite un criblage à un D_{max} inférieur au 2/3 de la couche à mettre en œuvre. Une étude technico-économique permettra de trancher sur la pertinence de cette solution.

VII. MODALITES DE CREUSEMENT DE LA GALERIE

Sur le site du sondage SC5, et pour la galerie projetée, les travaux peuvent être réalisés par outil ordinaire à l'aide d'un marteau fond de trou ou par forage dirigé qui consiste dans un premier temps à réaliser un micro tunnel pilote de diamètre 50 cm environ. La tête est, par ailleurs, équipée de buses par l'intermédiaire desquelles est injecté de la bentonite (mélange d'eau et d'argile de 10 à 30 bars), cette boue de forage sert à la lubrification et au refroidissement, mais aussi à consolider le tunnel et favoriser l'évacuation des déblais.

Cette tête est constituée d'une sonde émettrice qui permettra de déterminer en permanence la profondeur, la pente, la position, la température et la direction de la tête du forage, permettant à l'opérateur de guider le forage. Une fois parvenue dans le puits de sortie, la tête est démontée. La section du forage est ensuite agrandie, via le passage successif d'outils d'alésage intermédiaire réalisé par rotation et injection de boue (bentonite). La dernière étape consiste en un alésage final au diamètre nécessaire avec traction de la canalisation ou fourreau à poser.

Au-delà de 1.90m/TN, et suivant la cote du projet (-6.00m/TN) le terrain traversé sera de nature rocheuse matérialisé par le schiste fracturé très dur caractérisé par une densité et une résistance élevées.

Compte tenu de la présence du remblai (de 0.00 à 1.90m/TN) et afin d'éviter tout risque d'éboulement au moment des travaux, nous recommandons ce qui suit :

- Prévoir un soutènement adéquat des parois le long du remblai traversées et sur les zones très fracturées de la roche schisteuse au niveau des puits d'attaque et de sortie.

- Prévoir le soutènement de la paroi de la section du forage au niveau des zones très fracturées et non cohérents de la roche schisteuse au fur et à mesure de l'avancement du fonçage.

VIII. CONTRAINTES DE POUSSEE HORIZONTALE ET PORTANCE VERTICALE

1. Contrainte horizontale et surpression verticale

Le massif de sol, limité par les fourreaux, exercera sur ce dernier des pressions de poussées. La méthode de l'équilibre limite de RANKINE permet d'évaluer l'état de contraintes du sol derrière le fourreau en supposant que les discontinuités, provoquées par la présence d'écran dans le massif du sol, ne modifient pas la répartition des contraintes dans le sol.

A une profondeur z , la contrainte verticale (σ_v) est donnée par :

$$\sigma_v = \gamma z \text{ (Terrain homogène)}$$

Avec :

γ : Poids des terres au-dessus du fourreau.

La contrainte de poussée (σ_{ha}) est donnée en fonction de σ_v par la relation suivante :

$$\sigma_{ha} = K_a \sigma_v - 2C\sqrt{K_a}$$

Avec :

K_a : Coefficient de poussée, égal à $\frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi}$;

φ et C étant respectivement l'angle de frottement interne et la cohésion du sol.

2. Paramètres géotechniques

Le tableau suivant résume les paramètres mécaniques de la formation rocheuse du schiste :

Nature du sol	Schiste fracturé
Densité γ	2.59 t/m ³
Cohésion C (joint)	5 kPa
Angle de frottement φ (joint)	24°
Contrainte verticale σ_v	$\gamma \cdot z$

Relation entre σ_{ha} et σ_v^*	$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \sigma_v - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}}$
Portance admissible	3 bars

* : La relation mentionnée correspond à l'état statique en absence des surcharges dynamiques dues aux passages quotidiens des véhicules ;

z : La profondeur du fonçage /TN;

γ , ϕ et C: La densité, l'angle de frottement et la cohésion du sol.

IX. PARAMETRES SISMIQUES DU SITE :

D'après le règlement de construction parasismique (RPS Version 2011), le projet est situé en Zone 2 caractérisée par un coefficient d'accélération : $A2 = A_{max}/g = 0,10$. Et en se basant sur les caractéristiques du sol, nous recommandons d'adopter un coefficient du site $S1 = 1$ pour les fondations sur formations rocheuses et $S2 = 1.2$ pour les fondations sur sols meubles.

X. RECOMMANDATIONS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

- Etablir une étude technique du projet en tenant compte des exigences du RPS 2000 – version 2011 ;
- Pour les structure des stations de pompage projetées, prévoir le traitement du béton des fondations et des structures par un hydrofuge de masse afin d'améliorer son étanchéité.
- Le niveau d'eau se stabilise à 3.50m/TN coté SC1, à 3.80m/TN coté SC3 et à 9m/TN coté SC4. Ainsi, il est admis généralement un marnage de 1m au-dessus du niveau mesuré lors de la reconnaissance (eaux exceptionnelles EE). Donc il y a lieu de tenir compte lors du dimensionnement des fondations :
 - Un niveau phréatique du projet situé à 2.50m/TN coté SC1, à 2.80m/TN coté SC3 et à 8m/TN coté SC4 ;
 - Les radiers en fondation et voiles périphériques devront être conçus en tenant compte des poussés hydrostatiques ;
 - Un rabattement de la nappe pendant les travaux de terrassements jusqu'à ce que le poids des constructions dépasse la force de poussée hydrostatique. Ce rabattement pourrait consister en la mise en place de puisards, sur-creusés de 2m sous le fond de la fouille générale ;
 - Prévoir le traitement du béton des fondations et des structures par un hydrofuge de masse afin d'améliorer son étanchéité ;
 - Prévoir des travaux de pompage et l'assèchement des fonds de fouilles avant tout coulage du béton
- Prévoir un drainage adéquat des eaux de ruissèlement ;
- Le fond des fouilles devra être bien nettoyé et tenu à l'horizontale ;
- Utiliser des matériaux conformes aux normes en vigueur ;
- Etablir une mise en œuvre suivant les règles de l'art ;

XI. CONCLUSION

Au terme de cette étude menée dans le cadre des travaux de reconnaissance géotechnique au niveau des sites des stations de pompage projetées à HARHOURA, nous concluons que les fondations des constructions en projet peuvent être dimensionnées en tenant compte des paramètres suivants :

▪ Sol d'assise et contrainte admissible :

Ouvrage	Sol d'assise	Niveau d'assise Suivant la cote du projet	Portance du sol support (bars)
Station de pompage SP26 (SC1)	Grès dunaire	A partir de 2m/TN	3
Station de pompage SP25 (SC2)	Limon sablo-argileux	A partir de 3m/TN	1.6
	Grès dunaire poreux	Pour une cote projet au-delà de 5.40m/TN	3
Station de pompage SP24bis (SC3)	Grès dunaire poreux	A partir de 4m/TN et	3
Station de pompage SP24 (SC4)	Grès calcaire poreux	A partir de 1.5m	3
Galerie - Dalot (SC5)	Schiste fracturé	A partir de 2.50m/TN	3

▪ Système des fondations

Structure	Dalot	Bâche de pompe	Chambre de pompage	Locaux d'exploitation et d'électricité de la station
Type de fondation	Radier général rigide	Radier général rigide	Radier général rigide	Semelles isolées rigidifiées par des longrines et/ou semelles filantes pour les charges linéaires

▪ Tassement

Ils ne seront pas à craindre, ils se limiteront aux déformations élastiques des massifs rocheux du grès et du schiste et au réarrangement du squelette granulaire pour la formation limoneuse vu sa nature lithologique sableuse.

▪ Terrassement

Les terrains meubles seront décapés par des moyens classiques du type pelles et pioches ou pelles mécaniques avec l'intervention de moyens plus performants dans les formations rocheux (grès et schiste).

Les sols meubles superficiels peuvent être talutés provisoirement à **1H/1V**, les formations rocheuses peuvent être abordées moyennant des pentes plus raides sans dépasser un maximum de **1H/4V**.

▪ Données sismiques

Selon le RPS version 2011, le projet est situé en Zone 2 caractérisée par un coefficient d'accélération : $A2 = A_{max}/g = 0,10$. Et en se basant sur les caractéristiques du sol, nous recommandons d'adopter un coefficient du site $S1 = 1$ pour les fondations sur formations rocheuses et $S2 = 1.2$ pour les fondations sur sols meubles.

Il conviendra de prévoir une réception systématique des fonds de fouille lors de l'ouverture afin de vérifier la conformité et l'homogénéité des terrains rencontrés lors de la réalisation des sondages. A l'occasion de cette réception, il sera procédé à la vérification de la qualité des sols d'assise des fondations en projet.

S2G et l'ingénieur chargé du dossier, restent à disposition pour toute information ou mission complémentaire rentrant dans le cadre de nos attributions -----

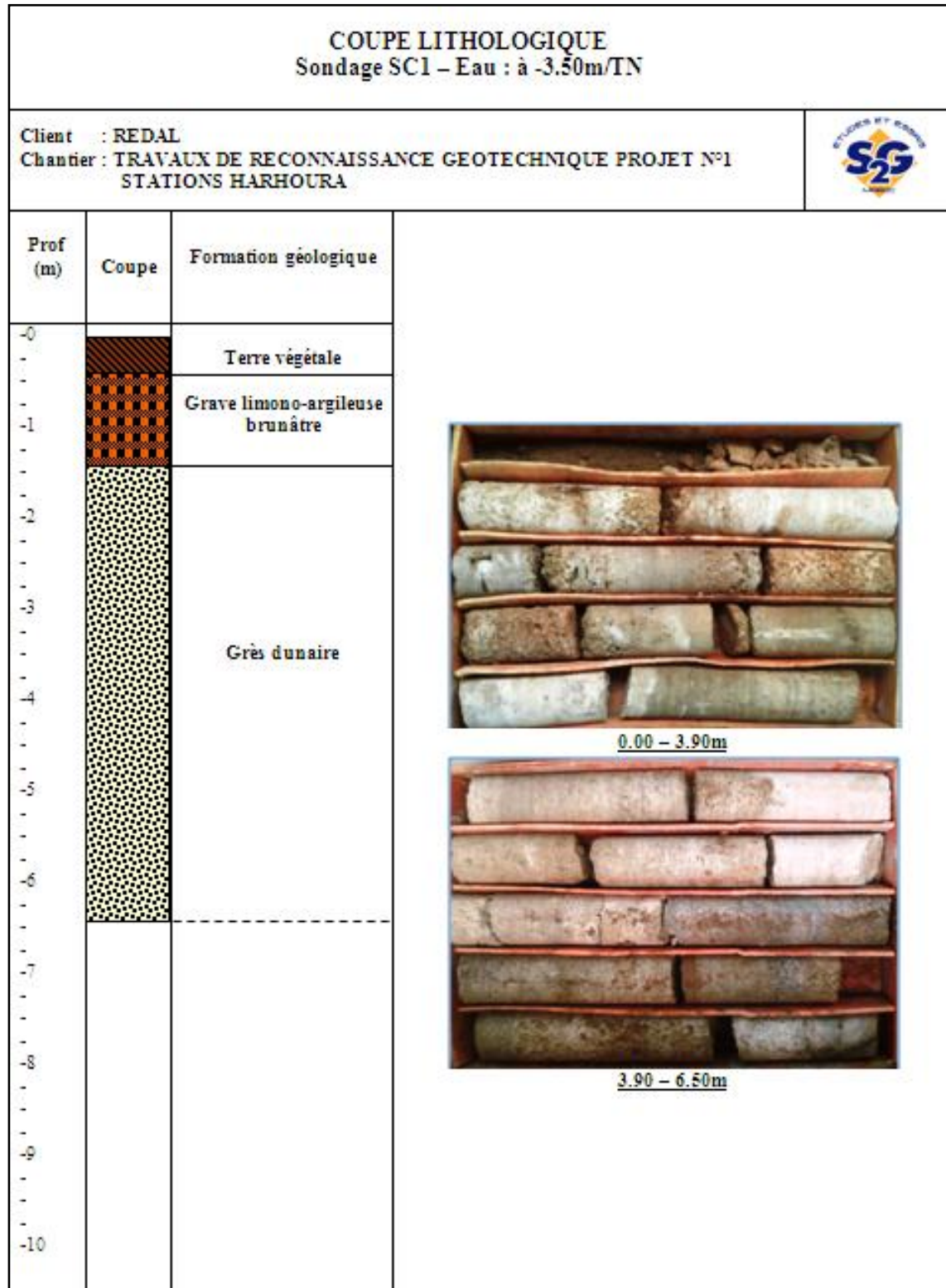
----- FIN DE TEXTE -----

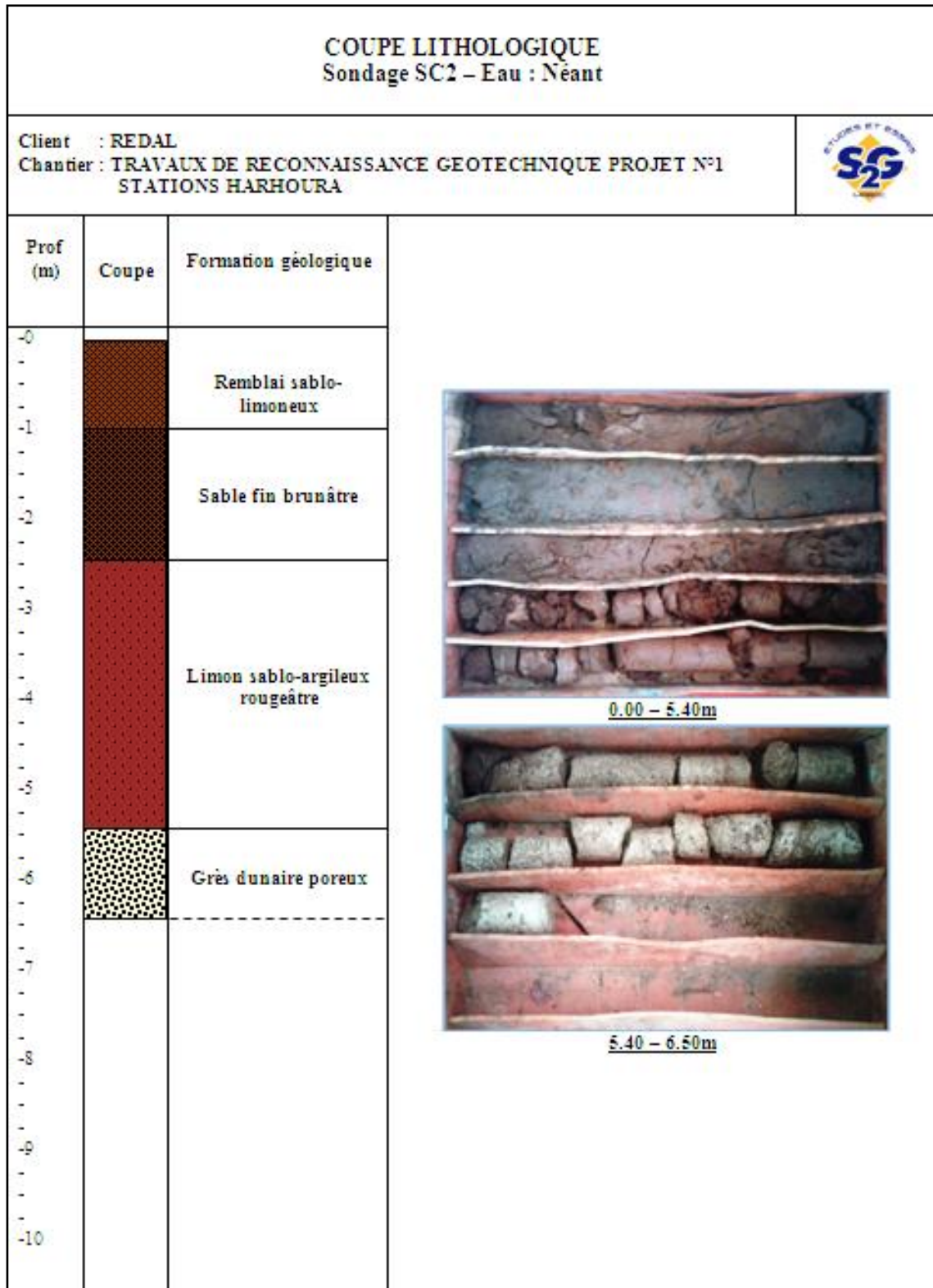


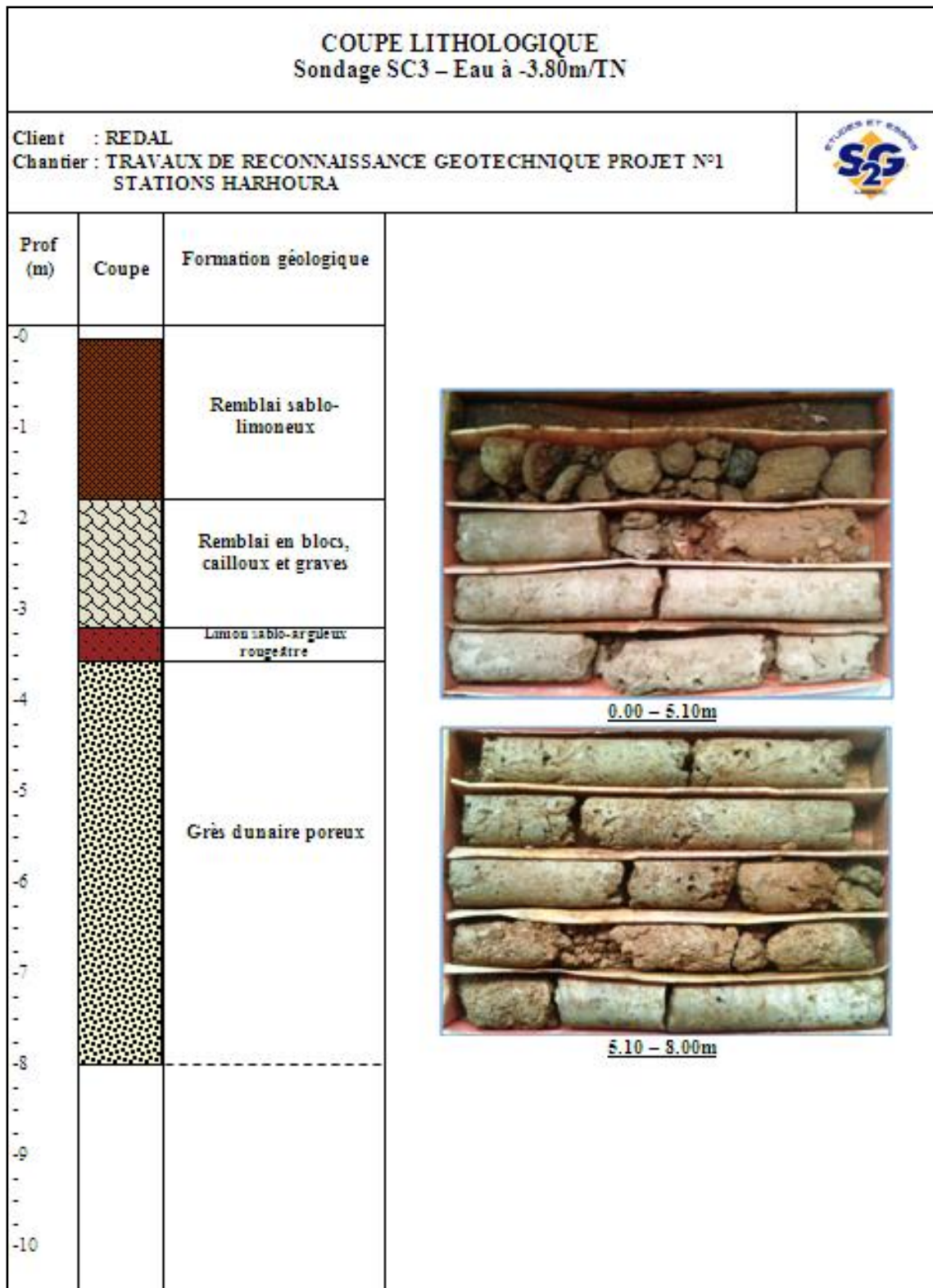
RAPPORT DES ANNEXES

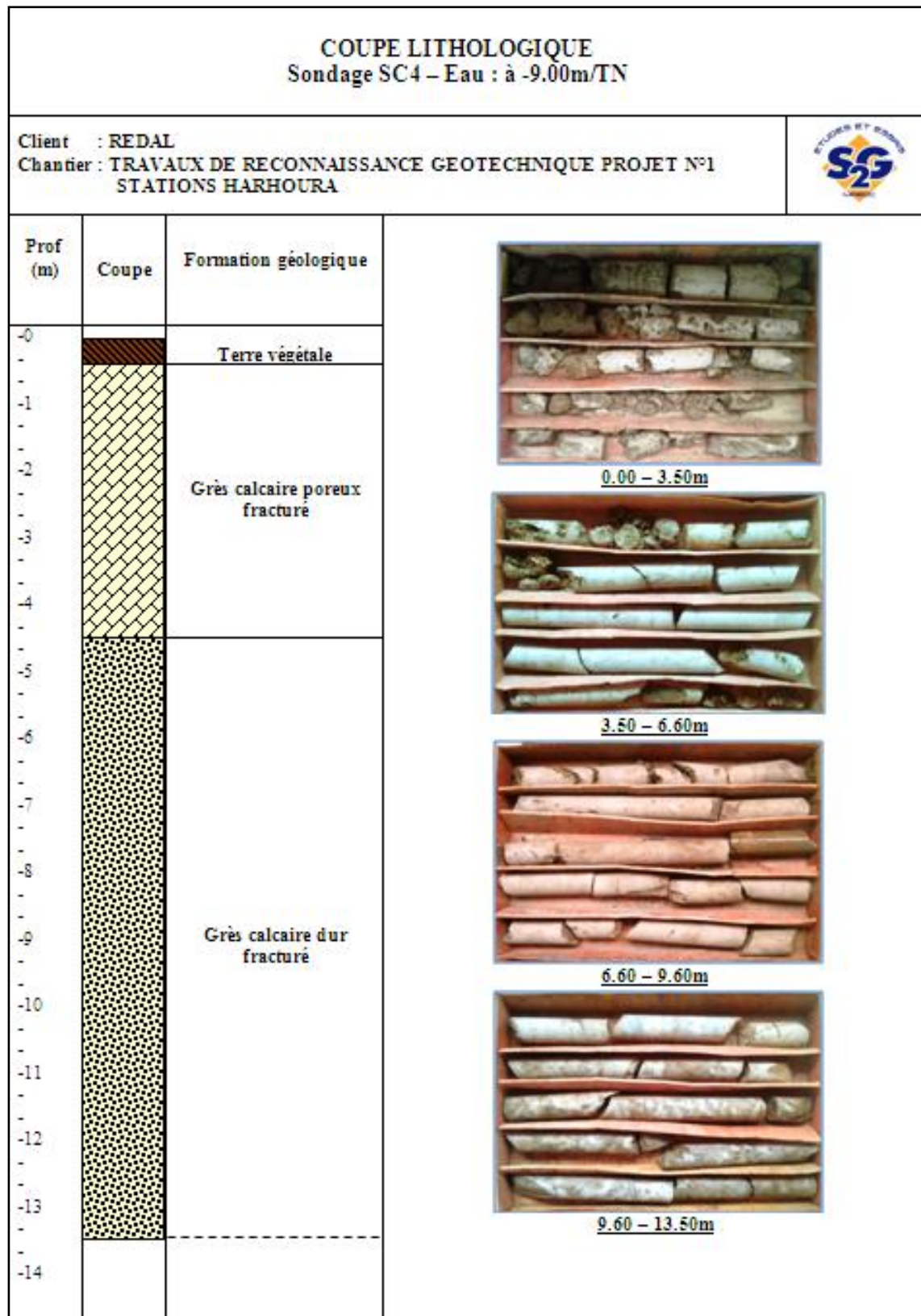
-----S2G-MAROC /REDAL-----

ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES SONDAGES CAROTTES

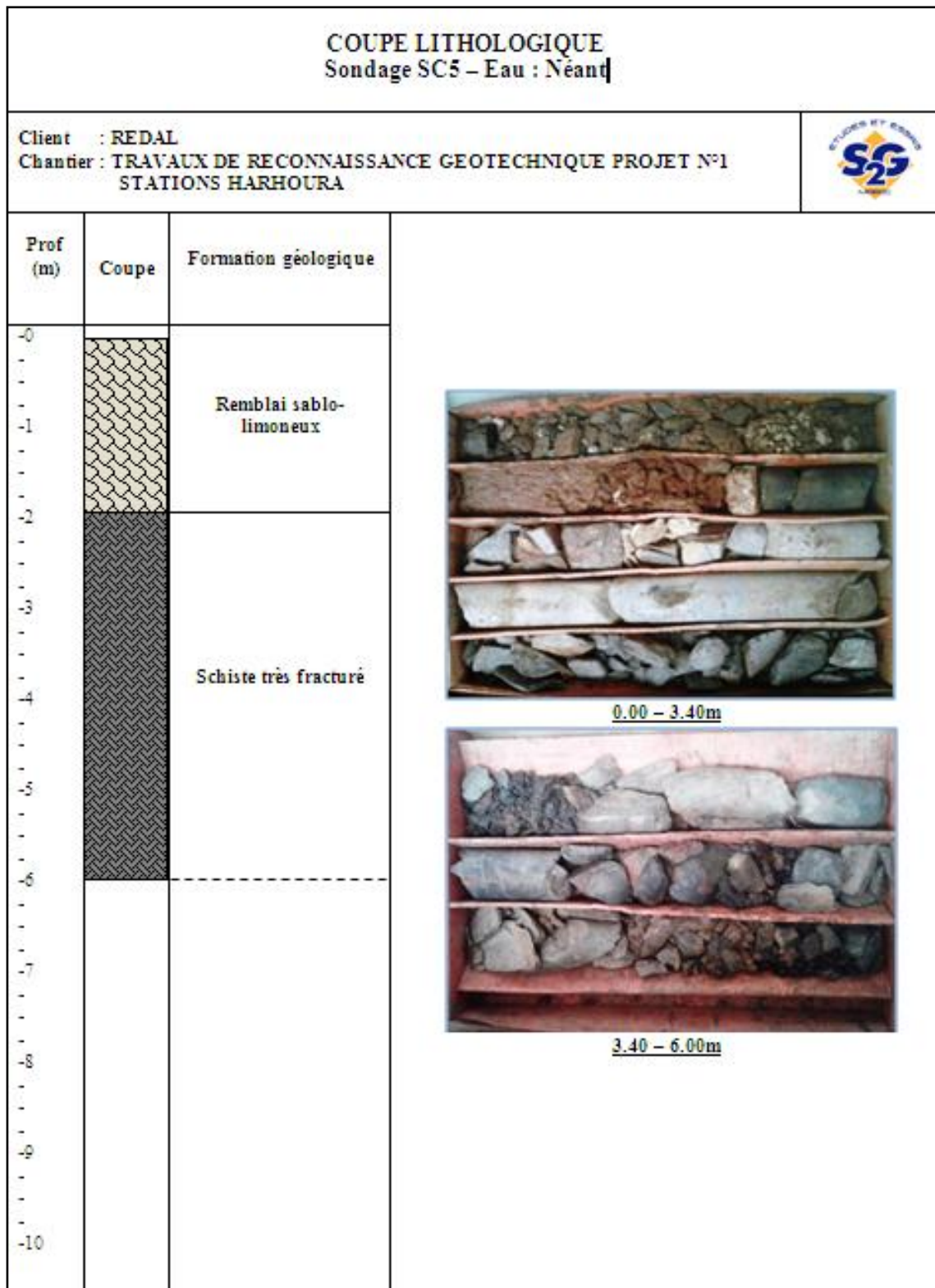
ANNEX 2 : COUPES LITHOLOGIQUES





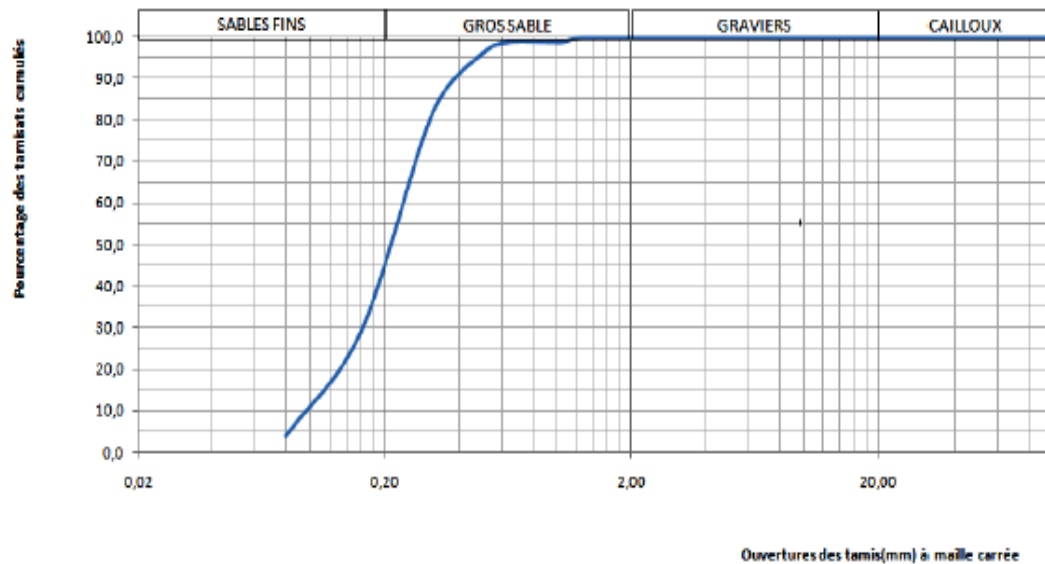


-----S2G-MAROC /REDAL-----



ANNEXE 4 : ESSAIS EN LABORATOIRE**Sondage SC2 – Sable fin brunâtre (1.00 – 2.40m)****1) Analyse granulométrique NF P94-056 :**Température : 105°C ☒ 50°C ☐ $d_m : 2,00\text{mm}$ % element $\geq d_m = 0,1\%$

Courbe granulométrique :



Tamis d mm	dc =	100	80	63	50	40	31.5	25	20
Passant %		100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d mm	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5
Passant %	100	100	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Tamis d μm	2.0	1.25	1	0,63	500	315	160	80	
Passant %	99,88	99,74	98,81	98,77	96,04	81,91	29,22	4,09	

2) Limites d'Atterberg NF P 94-052-1 / NF P94-051 :

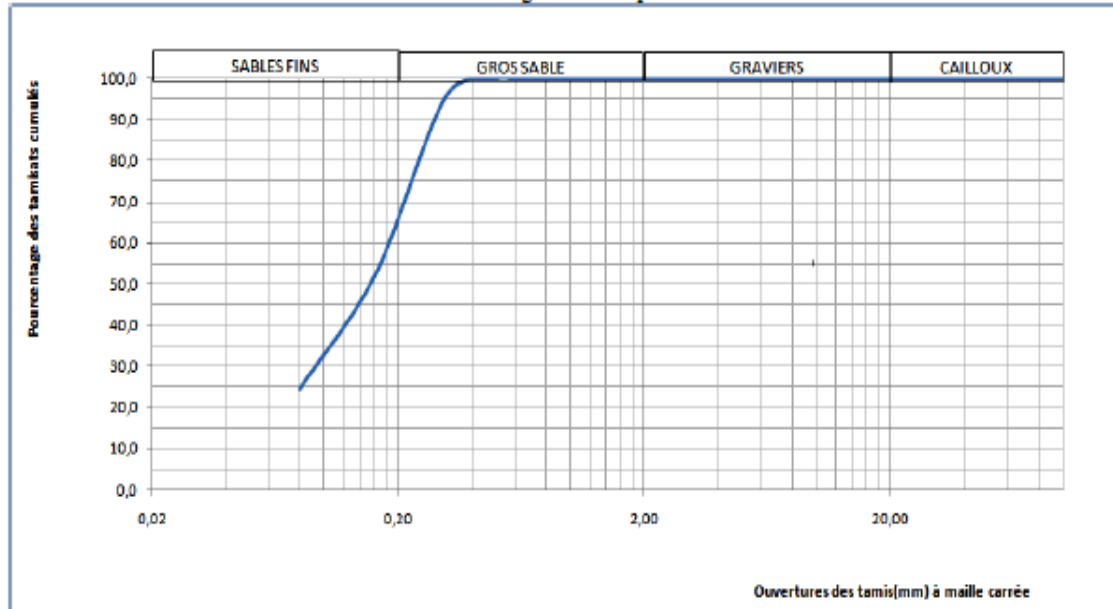
Limite de liquidité WL = 17%

Limite de plasticité WP = NM%

Indice de plasticité IP = NM ± 0.4

Sondage SC2 – Limon sablo-argileux (2.40 – 5.40m)**1) Analyse granulométrique NF P94-056 :**Température : 105°C ☒ 50°C ☐ $d_m : 1,25\text{mm}$ % élément $\geq d_m = 0,2\%$

Courbe granulométrique :



Tamis d mm	dc =	100	80	63	50	40	31.5	25	20
Passant %		100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d mm	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5
Passant %	100	100	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Tamis d μm	2.0	1.25	1	0.63	500	315	160	80	
Passant %	100,00	99,84	99,76	99,67	100,00	95,87	51,85	24,40	

2) Limites d'Atterberg NF P 94-052-1 / NF P94-051 :

Limite de liquidité WL = 23%

Limite de plasticité WP = NM%

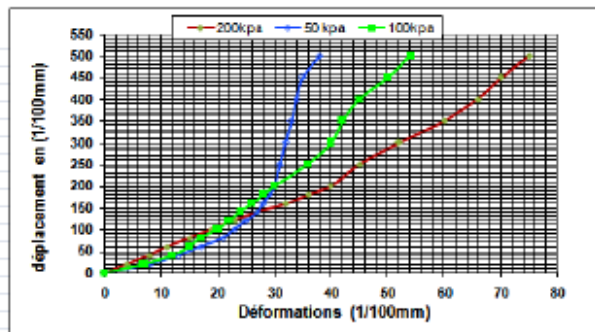
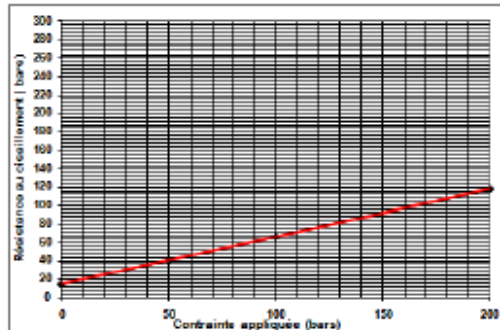
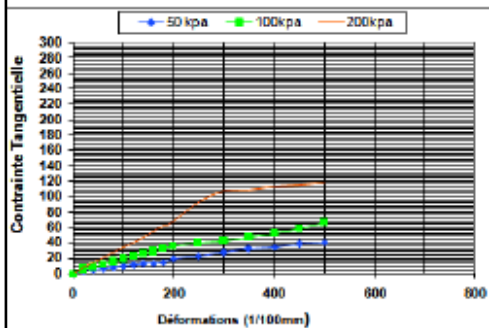
Indice de plasticité IP = NM ± 0.4

Sondage SC2 – Limon sablo-argileux (3.00m)**3) Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - Cisaillement direct NF P94-71-1****Caractéristique de l'éprouvette**

Hauteur : 18,0 mm	Diamètre : 62,0 mm
Vitesse de cisaillement = 0.023 mm/min	Masse volumique des particules solides ρ_s
Date d'essai : 04/11/2017.	Mesuré <input type="checkbox"/> = X kg/m ³
	Estimé <input type="checkbox"/> = 2.70 kg/m ³

Identification de l'éprouvette de sol

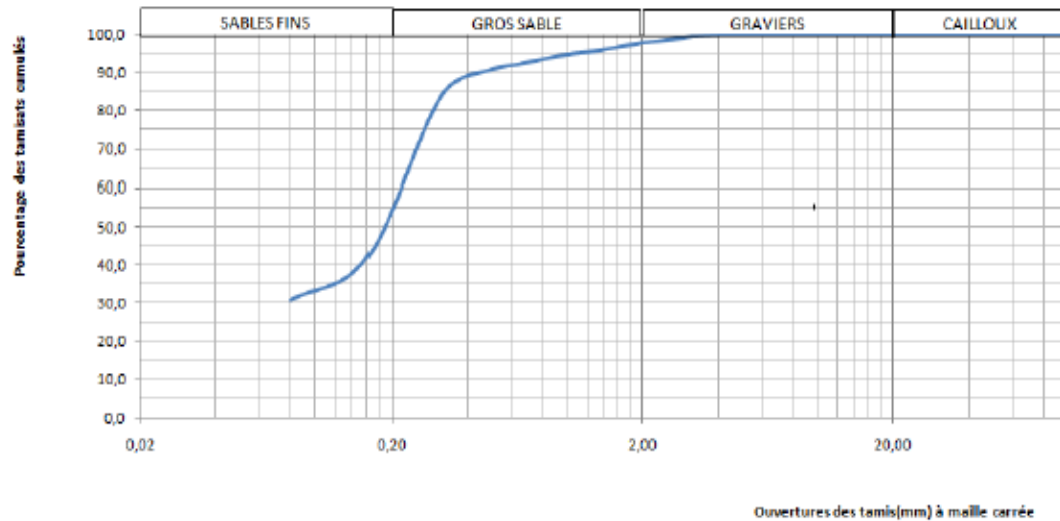
Avant essai					Après consolidation	Après cisaillement
ρ_s (kg/m ³)	ρ_d (kg/m ³)	W (%)	e	Sr	ρ_s (kg/m ³)	W (%)
1,90	1,56	21,9	0,73	100,0	1,60	31,0
1,89	1,54	22,8	0,75	100,0	1,62	29,3
1,91	1,57	22,0	0,72	100,0	1,64	30,1

**Résultats**

C' (Kpa)		ϕ' (°)	
C'_p	C'_f	ϕ'_p	ϕ'_f
15	*	27	*

Sondage SC3 – Remblai limono-sableux (0.00 – 1.80m)**1) Analyse granulométrique NF P94-056 :**Température : 105°C ☒ 50°C ☐ $d_m : 8,00\text{mm}$ % element $\geq d_m = 0,1\%$

Courbe granulométrique :



Tamis d mm	dc =	100	80	63	50	40	31.5	25	20
Passant %		100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d mm	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5
Passant %	100	100	100	99,92	99,92	99,83	99,66	99,25	98,48
Tamis d μm	2.0	1.25	1	0.63	500	315	160	80	
Passant %	97,54	95,43	94,62	92,19	90,60	83,71	41,96	30,91	

3) Limites d'Atterberg NF P 94-052-1 / NF P94-051 :

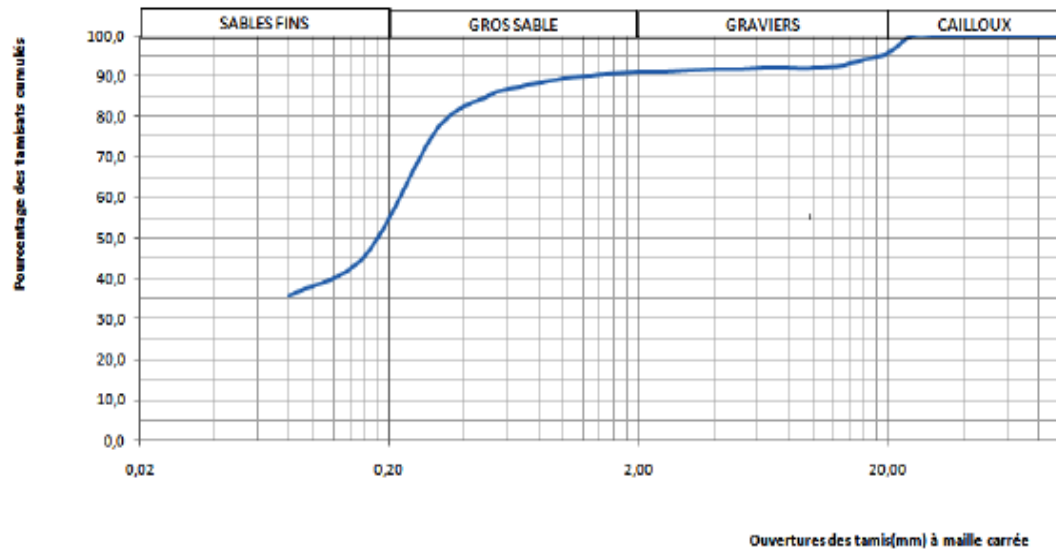
Limite de liquidité WL = 27%

Limite de plasticité WP = 18%

Indice de plasticité IP = 9 \pm 0.4

Sondage SC3 – Limon sablo-argileux (3.20 – 3.60m)**1) Analyse granulométrique NF P94-056 :**Température : 105°C ☒ 50°C ☐ d_m : 20,0mm % element \geq à d_m = 4,4%

Courbe granulométrique :



Tamis d mm	dc =	100	80	63	50	40	31.5	25	20
Passant %		100	100	100	100	100	100	100	95,63
Tamis d mm	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5
Passant %	94,18	92,48	91,92	91,92	91,92	91,71	91,57	91,45	91,23
Tamis d μ m	2.0	1.25	1	0,63	500	315	160	80	
Passant %	91,01	90,04	89,38	87,16	85,17	77,05	45,76	35,73	

2) Limites d'Atterberg NF P 94-052-1 / NF P94-051 :

Limite de liquidité WL = 24%

Limite de plasticité WP = 15%

Indice de plasticité IP = 8 \pm 0.4

ANNEXE 5 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE**Travaux de reconnaissance et essais in-situ**