

ETUDE GEOTECHNIQUE CONTRE LES INONDATIONS DE LA ZONE D'ACTION REDAL - TABRIQUET SALE -



CLIENT :	REDAL
Référence du dossier :	TE-RC/203EG/18
Pages :	50
Date d'édition:	Le 29/05/2019
<p><u>Auteurs :</u></p> <p>Rédigé par : R.CHERKAOUI - <i>Ingénieur chargé d'affaires</i></p> <p>Approuvé par : O. CHEMAOU EL FIHRI - <i>Directeur Technique</i></p>	

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	4
II. GEOLOGIE LOCALE	5
III. INVESTIGATIONS IN SITU ET SOL RENCONTRES	7
IV. ESSAIS AU LABORATOIRE	8
IV.1 – Identification des sols	8
IV.2 – Essai de cisaillement	9
IV.3 – Essai de compressibilité à l'oedomètre	9
IV.4 – Essai de résistance à la compression	10
V. RESULTATS DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES	11
VI. TERRASSEMENTS ET SOUTÈNEMENTS	14
VI.1 – Terrassements	14
VI.2 – Réutilisation des matériaux de déblai en remblai	14
VI.3 – Soutènement et stabilisation	14
VII. MODALITES DE FONCAGE ET APTITUDE DU SOL	16
VII.1 – Modalités de fonçage	16
VII.2 – Aptitude des sols rencontrés	16
VIII.RECOMMANDATIONS ET PARAMETRES SISMIQUES	17
VIII.1 – Recommandations	17
VIII.2 – Paramètres sismiques.....	17
 <i>ANNEXE 1: IMPLANTATION DE TOUS LES SONDAGES</i>	 <i>19</i>
<i>ANNEXE 2: COUPES LITHOLOGIQUES</i>	<i>20</i>
<i>ANNEXE 3: ESSAIS DE LABORATOIRE.....</i>	<i>24</i>
<i>ANNEXE 4: COURBES PRESSIOMETRIQUES</i>	<i>37</i>
<i>ANNEXE 5: REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE</i>	<i>47</i>

Tableau 1 : Spécifications des sondages carottés	7
Tableau 2: Résultats des essais de laboratoire	8
Tableau 3: Résultat de l'essai de cisaillement.....	9
Tableau 4: Résultat de l'essai œdométrique	10
Tableau 5: Résultat de l'essai de résistance mécanique	10
Tableau 6: Résultats pressiométriques du sondage SC 10	11
Tableau 7 :Résultats pressiométriques du sondage SC 11	12
Tableau 8: Résultats pressiométriques du sondage SC 12	12
Tableau 9: Résultats pressiométriques du sondage SC 13	13

I. INTRODUCTION

A la demande de la société **REDAL**, le laboratoire de géotechnique et de génie civil **S2G Maroc** a procédé à l'étude géotechnique contre les inondations de la zone d'action Tabriquet Salé. Ce *Rapport N°1*, récapitule les résultats des sondages effectués au droit du site, à savoir SC10, SC11, SC12 et SC13.

L'implantation de tous les sondages est donnée en **ANNEXE 1**.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme NF P 94-500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG, qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet. A savoir, **G1 : Etude géotechnique préalable**.



Travaux de reconnaissance

Le présent rapport présente les résultats des investigations in situ, les paramètres pressiométriques obtenus et les dispositions constructives pour le dimensionnement des fondations et détermine les modalités nécessaires pour les terrassements.

II. GEOLOGIE LOCALE

Le ville de Salé se trouve dans le plateau côtier large de 10 à 50 km, formé de plaines douces inclinées vers l'Océan Atlantique qui s'étend de Rabat-Salé à Skhirate-Témara, et du littoral atlantique au barrage Sidi Mohammed ben Abdellah. L'altitude de la ville de Salé et du plateau côtier tout entier ne dépasse pas les 100 m.

Le fleuve Bouregreg qui sépare Rabat et Salé, donne une vallée plus ou moins large selon les endroits, pénétrant d'une quinzaine de kilomètres en amont de l'embouchure, surplombée par les plateaux de Bettana, Sala Al Jadida et de la commune rurale de Shoul du côté de Salé, et par ceux des quartiers de Hassan, El Youssoufia, Nahda et Akkrach du côté de Rabat. L'« arrière-pays » de Rabat-Salé est plutôt vert loin de l'urbanisation de masse, notamment grâce à la présence des forêts de la Mamora et de Témara, à proximité.

Des roches datant du quaternaire sont très présents dans la région de Salé ainsi que des alluvions, déposées dans le Bouregreg. Il faut malgré tout savoir que le bassin versant du Bouregreg est principalement constitué de roches sédimentaires datant du paléozoïque. Le bloc Rabat-Salé dispose d'un fort potentiel concernant les géo-matériaux, très sollicités par le secteur du Bâtiment et des Travaux Publics. Les sables essentiels pour la préparation du mortier et du béton hydraulique, mais aussi dans celle du pisé, proviennent principalement du littoral dont dispose Salé mais aussi du fleuve voisin. Les marnes constituent la matière première pour la préparation de la terre cuite (poterie, briques et tuiles).

La partie nord du Bouregreg a fonctionné comme golfe marin au Messénien et au Pliocène, et c'est donc ainsi que la subsidence messénienne a permis le dépôt de marnes épaisses dans la région.

Les calcarénites également, constituent la pierre locale la plus utilisée dans la construction des villes de Rabat et Salé. Ceci est confirmé à travers les coupes lithologiques relevées au droit des sondages réalisés dans la zone de Tabriquet. Outre les géo-matériaux, Rabat-Salé peut compter sur un patrimoine magmatique riche grâce aux basaltes spilitisés ordoviciens du Bouregreg, uniques au Maroc et montrant des structures en pillow-lavas très spectaculaires, en plus des affleurements des granites éovariques vers le barrage Sidi Mohammed ben Abdellah.

Le type de sols de Salé est similaire aux sols rouges des plateaux littoraux qui ont été formés sur des complexes de cordons côtiers parallèles à la côte actuelle, et façonnés lors des phases humides quaternaires. Il s'agit précisément de sols fersiallitiques sur calcarénites, ce qui explique la richesse de la région pour ce type de roches.

Les réseaux hydrographiques dans Rabat-Salé s'ordonnent autour de deux oueds principaux. Le Bouregreg qui prend sa source dans l'est du Plateau Central au relief accidenté, précisément dans le massif du Moyen Atlas, et se jette en atlantique entre les deux villes jumelles. D'une longueur de 300 km et d'un débit moyen s'élève à $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Puis l'oued Akrech affluent du Bouregreg, qui prend sa source dans le Plateau de Aïn Aouda, est situé à 18 km au sud-est de l'Océan Atlantique.

Dans le domaine hydrogéologique, l'aquifère de l'oued Akrech, la nappe de Témara, la nappe de la Maâmora et l'aquifère de Témara occupent une place importante dans l'alimentation en eau de la ville. L'oued Bouregreg facilite également l'alimentation en eau de Salé grâce au barrage Sidi Mohammed ben Abdellah construit pour mobiliser les eaux des bassins versants des Oueds Bouregreg et de ses affluents.

III. INVESTIGATIONS IN SITU ET SOL RENCONTRES

Une campagne de reconnaissance géologique a été effectuée sur les sites concernés et qui a consisté en la réalisation de 4 sondages carottés avec essais pressiometriques tous les 1.5m.

Les coordonnées Lambert et la profondeur de chaque sondage sont données sur le tableau ci-après :

Désignation	Coordonnées Lambert		Profondeur (m)
	X	Y	
SC 10	X=369757.52	383934.81	9.00
SC 11	X=370316.72	384325.12	4.00
SC 12	X=370214.83	385607.43	10.00
SC 13	X=369626.60	384777.85	12.00

Tableau 1 : Spécifications des sondages carottés

L'examen des carottes a permis de relever les sols en place, dont on retient la configuration lithologique suivante :

- Une couche supérieure d'argile sableuse rougeâtre, avec des épaisseurs différentes,
- Un substratum rocheux en calcarénite, continu en profondeur, apparent à partir d'une profondeur entre 1.00m et 3.80m/TN.

La formation rocheuse est affectée par des passages de sable grésifié, dense par endroit, comme relevé au niveau du sondage **SC12**.

La réutilisation de ces matériaux en remblai sera décidée après avoir effectuée les essais de laboratoire.

Aucune trace d'eau n'a été mise en évidence par les terrassements réalisés sur les profondeurs reconnues.

IV. ESSAIS AU LABORATOIRE

IV.1 – Identification des sols

Les résultats sont détaillés dans le rapport d'essais N° 152/ES/2018 en ANNEXE 3.

Des prélèvements ont fait l'objet d'essais en laboratoire à savoir :

- Analyse granulométrique selon la norme **NF P 94-056** ;
- Les limites d'Atterberg conformément à **NF P 94-052-1/NF P 94-051** ;
- Le poids spécifique **NF P 94 053**.
- La teneur en eau selon la norme **NF P 94-050**.

Les résultats des essais sont synthétisés dans le tableau suivant :

Formation	Lieu de prélèvement	Densité (T/m ³)	Granulométrie (%) (mm)			Limites d'atterberg (%)		Classification	
			$\Phi < 0.08$	$\Phi < 2$	$\Phi < 20$	WL	IP	LCPC	GMTR
Argile sableuse rougeâtre	SC10 (2.00 – 3.80m/TN)	1.93	43.41	98.58	100	37	17	SA	A2
	SC11 (2.50 - 3.50m/TN)	1.97	31.10	68.41	100	29	11	SA	B6
Sable argileux légèrement graveleux	SC12 (0.50 – 1.00m/TN)	1.73	13.79	63.34	83	22	NM	-	B5

Tableau 2: Résultats des essais de laboratoire

Avec :

- Φ : Diamètre des grains
- WL : Limite de liquidité
- IP : Indice de plasticité.

La formation argilo-sableuse sur place témoigne d'une hétérogénéité entre les différents puits auscultés, matérialisée par un pourcentage de fines qui varie entre 43% et 14%. Le pourcentage des passants au tamis de 20mm est de 17%, ce qui montre le caractère graveleux dont dispose le sable argileux au niveau du sondage **SC12**.

Cette formation est classée selon la classification LCPC en SA (Sable argileux), et classée selon la GMTR en :

- **A2** : sous classe des sols fins moyennement plastiques ; sondage **SC10**.

- **B6** : sous classe des sables et graves argileux ; sondage **SC11**.
- **B5** : sous classe des sables et graves très silteux ; sondage **SC12**.

On considère que le degré de susceptibilité de retrait gonflement des formations rencontrées restent généralement faible.

IV.2 – Essai de cisaillement

Des essais de cisaillement direct ont été réalisés sur la matrice limoneuse relevée au droit des 4 sondages. Les résultats obtenus se présentent comme suit :

Lieu de prélèvement	Cohésion C (KPa)	Angle de frottement Φ (°)
SC10 (- 3.00 m/TN)	18	26
SC11 (- 3.00m/TN)	18	26
SC 12 (- 1.00m/TN)	18	25
SC 13 (- 1.00m/TN)	17	24

Tableau 3: Résultat de l'essai de cisaillement

IV.3 – Essai de compressibilité à l'oedomètre

Des essais œdométriques ont été réalisés sur des échantillons intacts de l'argile sableuse rougeâtre, prélevés au droit des sondages **SC10**, **SC11** et **SC12**

Cet essai permet de déterminer pour chaque formation sa susceptibilité vis-à-vis du retrait-gonflement en fonction de l'indice de gonflement (C_s). On peut ainsi avoir une idée sur les variations volumétriques des sols en place (compression et expansion). Le recours à l'essai œdométrique permet donc de mesurer le potentiel de gonflement à la suite d'un apport d'eau.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Lieu de prélèvement	Indice des vides initial (e_0)	Indice de compression (C_c)	Indice de gonflement (C_s)	Pression de préconsolidation (σ'_p) (KPa)
SC10 (- 3.00 m/TN)	0.613	0.10	0.05	400
SC11 (- 3.00m/TN)	0.586	0.19	0.02	90

SC 12 (- 1.00m/TN)	0.604	0.11	0.02	15
--------------------	-------	------	------	----

Tableau 4: Résultat de l'essai œdométrique

Ces caractéristiques montrent que les couches argileuses en place sont **moyennement compressibles** et **faiblement gonflantes**.

IV.4 – Essai de résistance à la compression

Des blocs de grès ont été prélevés et ont été soumis aux essais mécaniques du laboratoire, afin de déterminer leurs caractéristiques de résistance, de densité et de porosité.

Les résultats sont montrés ci-dessous :

prélèvement	Résistance à la compression (MPa)	Masse volumique sèche (T/m3)	Porosité (%)
SC10 (2.00 – 3.00m/TN)	13.67	2.14	8.0
SC12 (2.00 – 4.50m/TN)	7.83	1.90	18.6
SC13 (1.00 – 3.00m/TN)	4.86	1.83	16.3

Tableau 5: Résultat de l'essai de résistance mécanique

L'analyse des résultats obtenus montre que les roches examinées au niveau des deux sondages SC12 et SC13 témoignent d'une faible résistance mécanique. Ceci est dû probablement au pourcentage de porosité qui varie entre 16 et 18%.

Le grès est doté d'une masse volumique appréciable de l'ordre de 2t/m3 et une résistance à la compression variable avec la profondeur. On peut retenir une valeur moyenne de l'ordre de 8 MPa.

V. RESULTATS DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

Le long des quatre sondages carottés, des essais pressiométriques ont été menés conformément à la norme NF P94-110-1 de janvier 2000 (norme en vigueur à ce jour). Cet essai fournit à la fois un critère de rupture et un essai de déformabilité du sol. Trois caractéristiques du sol sont déterminées:

- Le module pressiométrique (E_m) qui définit le comportement pseudo-élastique du sol ;
- La pression limite (P_l) qui caractérise la résistance de rupture du sol ;
- La pression de fluage (P_f) qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

Les mesures sont effectuées tous les 1.50 m le long de chaque sondage. Les résultats obtenus sont montrés dans les tableaux suivants :

➤ **Sondage SC10 :**

Profondeur	Formation	E_m (MPa)	P_l (MPa)	P_f (MPa)
1.5 m	Sable	104.8	9.2	5.4
3.0 m	Sable argileux	90.1	10.9	6.4
4.5 m	Grès dense en profondeur	194.3	42.8	25.2
6.0 m		197.9	42.9	25.3
7.5 m		231.6	52.3	38.8

Tableau 6: Résultats pressiométriques du sondage SC 10

Commentaire :

Les valeurs obtenus montrent clairement le passage d'un sol meuble à une roche au-delà de 4.5 m. En effet, le module pressiométrique varie de 90.1 MPa à 231.6 MPa en profondeur.

➤ **Sondage SC11 :**

Profondeur	Formation	E_m (MPa)	P_l (MPa)	P_f (MPa)
1.5 m	Sable	98.3	12.0	7.1

3.0 m	argileux	104.3	13.9	8.2
-------	----------	-------	------	-----

Tableau 7 : Résultats pressiométriques du sondage SC 11**Commentaire :**

Les valeurs quasi-identiques obtenues confirment l'homogénéité de la formation lithologique obtenue le long de la profondeur reconnue. Avec un module pressiométrique de l'ordre de 100 MPa et une limite de plasticité de l'ordre de 12.5 MPa.

➤ **Sondage SC12 :**

Profondeur	formation	Em (MPa)	PI (MPa)	Pf (MPa)
1.5 m	Sable argileux	137.3	42.3	22.5
3.0 m	Sable grésifié compact	261.8	76.2	44.8
4.5 m	Grès tendre	270.9	76.2	44.8
6.0 m		278.7	76.4	45.0
7.5 m		290.7	76.7	45.1
9.0m		278.0	77.0	45.3

Tableau 8: Résultats pressiométriques du sondage SC 12**Commentaire :**

Nous constatons le caractère sableux des formations rencontrées au droit du sondage, avec un module pressiométrique qui atteint 290.7 MPa en profondeur, ce qui traduit la présence d'un sable très compact voire cimenté, à savoir le grès tendre.

➤ **Sondage SC13 :**

Profondeur	Formation	Em (MPa)	PI (MPa)	Pf (MPa)
1.5 m	Sable argileux	101.3	34.5	21.1
3.0 m	Grès dense en profondeur	173.3	75.8	44.5

4.5 m		272.3	76.4	44.9
6.0 m		270.8	76.5	45.0
7.5 m		271.3	60.0	35.3
9.0m		263.4	56.7	33.4
10.5		266.9	70.5	41.5

Tableau 9: Résultats pressiométriques du sondage SC 13**Commentaire :**

Le module pressiométrique varie de 101 MPa en surface à 267 MPa en profondeur. Cela signifie le bon comportement mécanique des formations en profondeur, et confirme l'existence de la roche.

VI. TERRASSEMENTS ET SOUTÈNEMENTS

VI.1 – Terrassements

En exploitant les résultats des travaux de reconnaissance réalisés, les terrassements seront exécutés d'une part dans des terrains meubles (**Terre végétale, sable et sable argileux rougeâtre**) sur une profondeur variable par rapport au terrain naturel selon la nature lithologique relevée aux sondages (voir coupes lithologiques en **ANNEXE 2**), et d'autre part dans un terrain rocheux (**Grès tendre à moyennement dense**).

Les terrassements pourront être réalisés par des moyens classiques de type pelles mécaniques de forte puissance pour le terrassement des formations meubles avec l'intervention de moyens plus performants pour le terrassement des formations rocheuses.

VI.2 – Réutilisation des matériaux de déblai en remblai

La formation meuble relevée au niveau des 4 sondages matérialisée par le sable argileux est classée en :

- A2 selon la classification GMTR au niveau du sondage SC10 : Non réutilisable en remblai ;
- B6 et B5 selon la classification GMTR respectivement au niveau des sondages SC11 et SC12 : Réutilisable en remblai

Pour la formation meuble au niveau du sondage SC13, elle représente le premier mètre qui est généralement altéré et affecté par les déchets, et qui ne peut pas être réutilisé en remblai.

Pour la formation rocheuse du grès et afin de la réutiliser, il faudra toute une chaîne de traitement, en passant par un concassage et ensuite un criblage. Une étude technico-économique permettra de trancher sur la pertinence de cette solution.

VI.3 – Soutènement et stabilisation

Il est nécessaire de prévoir un système de soutènement des parois des galeries et des dalots le long des formations meubles traversées, et sur les zones très fracturées de la roche gréseuse, au fur et à mesure de leur excavation. Pour ce faire, on peut se servir des cintres métalliques en

Oméga noyés dans du béton projeté, dont l'espacement est à déterminer de la part du BET chargé du projet.

L'argile contenue dans le béton de terre est susceptible de présenter des variations de volume en cas de la modification de la teneur en eau. Des cycles alternés d'humidification et de séchage se traduisent par un gonflement et un retrait de l'argile, capables de créer des désordres.

Afin de limiter les variations de volume, notamment au niveau du sondage SC10 dont le sol meuble est moyennement plastique, il est nécessaire d'y incorporer une substance stabilisatrice permettant d'améliorer son comportement. De ce fait nous recommandons d'utiliser au droit du site du sondage SC10, un ciment portland, qui a pour but d'empêcher le béton d'absorber de l'eau, et d'éviter ainsi les retraits ou les variations.

VII. MODALITES DE FONCAGE ET APTITUDE DU SOL

VII.1 – Modalités de fonçage

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 ainsi que la direction de la tête du forage, permettant ainsi 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.

VII.2 – Aptitude des sols rencontrés

D'après les paramètres mécaniques des sols rencontrés (cohésion, angle de frottement et résistance mécanique), nous pouvons limiter les capacités admissibles des sols rencontrés à :

- 18 t/m² pour le sable argileux rougeâtre ;
- 30 t/m² pour le grès dense en profondeur.

La capacité du sol à supporter les ouvrages (dalots, galeries et collecteurs) est à déterminer par le BET chargé du projet en fonction des descentes de charges.

VIII. RECOMMANDATIONS ET PARAMETRES SISMIQUES

VIII.1 – Recommandations

- ✓ Etablir une étude technique du projet en tenant compte des exigences du RPS 2011 ;
- ✓ 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 ;
- ✓ Mettre en œuvre un système de soutènement comme recommandé en VI.3 pour les ouvrages aux alentours de la voie ferrée.

VIII.2 – Paramètres sismiques

D'après le règlement de construction parasismique (RPS 2000, Ver.2011) applicable aux bâtiments, les paramètres sismiques de la région d'étude sont comme suit :

- ✓ Zonage sismique : Zone A2/Zv2 ;
- ✓ Coefficient d'accélération : $A = A_{max}/g = 0.1$;
- ✓ Vitesse sismique : 10 cm/s ;
- ✓ Coefficient du site: $S_2 = 1.2$ pour le sol meuble et $S_1=1$ pour la roche gréseuse.

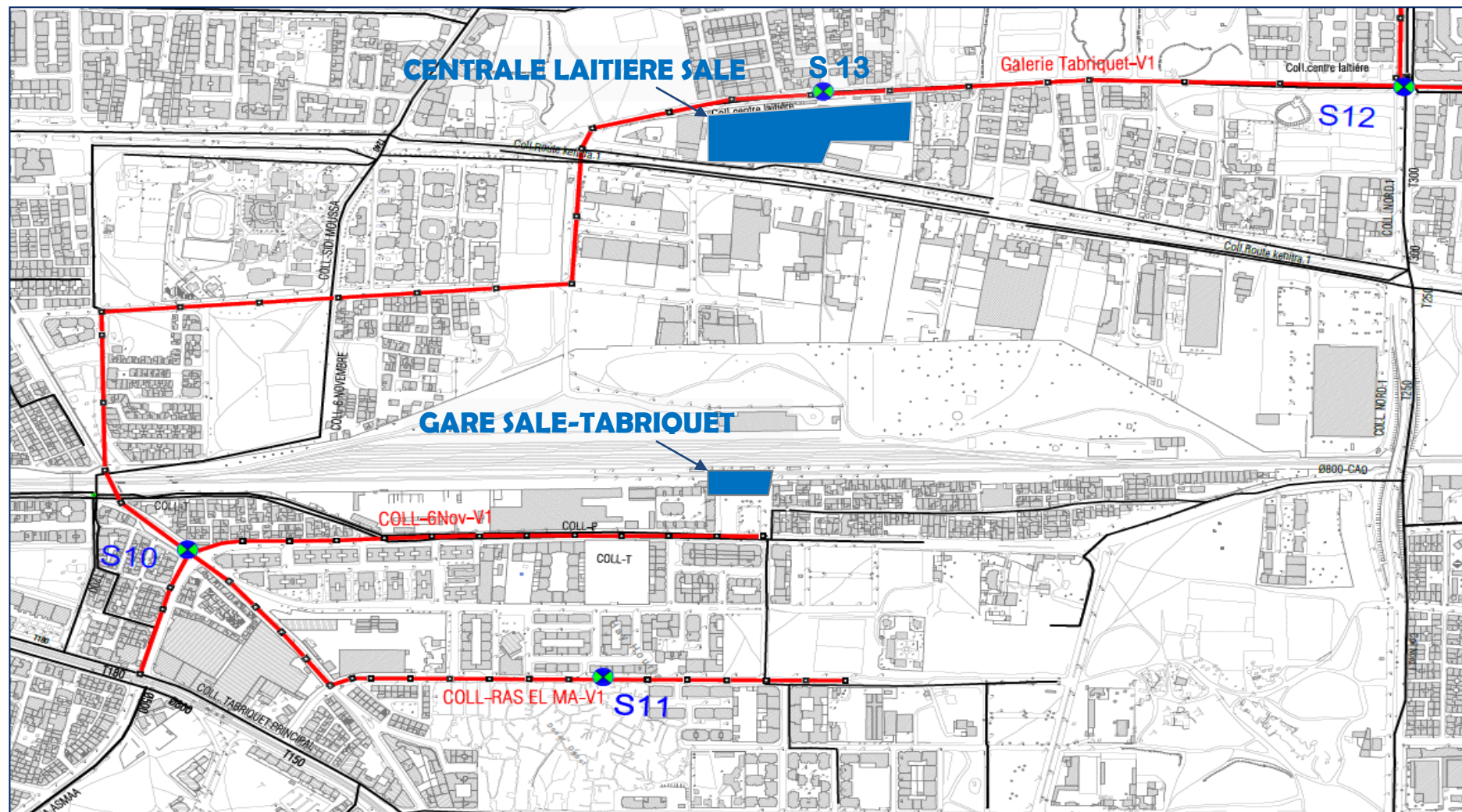
Le laboratoire S2G et l'ingénieur chargé du dossier restent à disposition pour toute information complémentaire.

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



RAPPORT DES ANNEXES

ANNEXE 1: IMPLANTATION DE TOUS LES SONDAGES





Prof (m)	Coupe	Formation géologique
0		
1.00		Sable noirâtre à rougeâtre
3.80		Argile sableuse rougeâtre
9.00		Grès tendre




SONDAGE SC 10

Client : REDAL Chantier: TRAVAUX CONTRE LES INONDATIONS DE LA ZONE D'ACTION REDAL – TABRIQUET – SALE (SC11)			
Prof (m)	Coupe	Formation géologique	
-0 - - -1 - - -2 - -3 3.50		Sable argileux	

SONDAGE SC 11


Client : REDAL Chantier : TRAVAUX CONTRE LES INONDATIONS DE LA ZONE D'ACTION REDAL – TABRIQUET – SALE (SC12)			
Prof (m)	Coupe	Formation géologique	
-0 -1.00		Sable argileux légèrement graveleux	
-2 -4 -6 -8 -10 -10.50		Grès tendre	

SONDAGE SC 12

Client : REDAL Chantier : TRAVAUX CONTRE LES INONDATIONS DE LA ZONE D'ACTION REDAL – TABRIQUET – SALE (SC13)			
Prof (m)	Coupe	Formation géologique	
-0			
1.00		Sable argileux légèrement graveleux	
-2			
-4			
-6			
-8			
-10			
-12			
12.00			

SONDAGE SC 13

ANNEXE 3: ESSAIS DE LABORATOIRE




STUDES ET ESSAIS
S2G
MAROC
Apprès par l'Etat

مختبر الجيوتقنية و الهندسة المدنية
LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE ET DE GENIE CIVIL

GEOTECHNIQUE
SECTON ET MANULAT
ROUTES ET VRS
EXPERTISE TECHNIQUE
HYDROGEOLOGIE - GEOPHYSIQUE
ETUDES GENERALES ET FORMATION

En-T-01-32 V : 01

RAPPORT D'ESSAI DES ETUDES GEOTECHNIQUE



Réf labo : 152/E5/2018

Cient : REDAL

Chantier : ETUDE GEOTECHNIQUE CONTRE LES INONDATIONS DE LA ZONE D'ACTION REDAL

Date de rédaction du rapport d'essai : 12/12/2018

Date début d'essai : 16/10/2018

I- IDENTIFICATION DU MATERIAU TESTE :

Prélèvement effectué par : Client ☐ S2G ☒

Date de prélèvement : 03/10/2018

Date de réception : 06/10/2018.

Délai de conservation des échantillons : 3 mois après la date d'envoi du rapport d'étude.

II- LIEU DE L'ESSAI : S2G Mohammédia

III- ESSAIS REALISES

Analyse granulométrique (Méthode par tamisage à sec après lavage)	NF P94-056	<input checked="" type="checkbox"/>
Détermination des limites d'atterberg : limite de liquidité - Méthode du cône de pénétration	NF P 94-052-1	<input checked="" type="checkbox"/>
Limite de plasticité au rouleau - Limite de liquidité à la coupelle	NF P 94-051	<input checked="" type="checkbox"/>
Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux par l'essai à la tache	NF P 94-068	<input type="checkbox"/>
Poids spécifique apparent des sols fins	NF P 94-053	<input checked="" type="checkbox"/>
Détermination de la masse volumique des particules solides des sols (méthode du pycnomètre à eau)	NF P 94-054	<input type="checkbox"/>
Masse volumique sèche d'un élément de roche méthode par pesée hydrostatique	NF P 94-064	<input checked="" type="checkbox"/>
Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - Cisaillement direct	NF P94-71-1	<input checked="" type="checkbox"/>
Essai de compressibilité oedométrique	NF P94-090-1	<input checked="" type="checkbox"/>
Détermination des références de compactage d'un matériau (Proctor normal-Proctor modifié)	NF P 94-093	<input type="checkbox"/>
Indice CBR après immersion - Indice CBR immédiat - Indice portant immédiat - Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR	NF P 94-078	<input type="checkbox"/>
Coefficient de dégradabilité des matériaux rocheux	NF 94-067	<input type="checkbox"/>
Coefficient de fragmentabilité des matériaux rocheux	NF P94-066	<input type="checkbox"/>
Teneur en carbonate	NF P94-048	<input type="checkbox"/>
Détermination de la résistance à la compression uniaxiale sur roche (*)	NFP94-420	<input checked="" type="checkbox"/>
Détermination de la résistance en traction par fendage	NM 10.1.052	<input type="checkbox"/>

AVERTISSEMENT :

- * : essai non couvert par l'accréditation
- La reproduction de ce procès verbal d'essais n'est autorisée que sous sa forme de fac similé photographique intégral.
- Les résultats communiqués dans le présent rapport qu'au corps d'essai tel qu'il a été présenté au laboratoire
- Toute réclamation se rapportant aux résultats d'essai doit être faite par écrit dans un délai de 20 jours au maximum à compter de la date de livraison du rapport d'essai.
- Aucune réclamation n'est admise pour restitution des échantillons en conservation après un mois de la date de livraison du rapport d'essai.

SEMAG S.A.R.L.
Société à capital mixte - 1000 000 000 DH
S2G Maroc - 20000, Route de Mohammédia - Boud Chouaib - Mohammédia
Tél : (+212) 21 23 23 46 / (+212) 21 23 23 47 / (+212) 21 23 23 48 - Fax : (+212) 21 23 23 49
E-mail : s2gmaroc@orange.fr / s2gmaroc@orange.ma
Rég. M. 08181 - N° d'entreprise 302206627 - C. N° RC 1616816 - S. P. 300033427
Site Web : www.s2g.ma

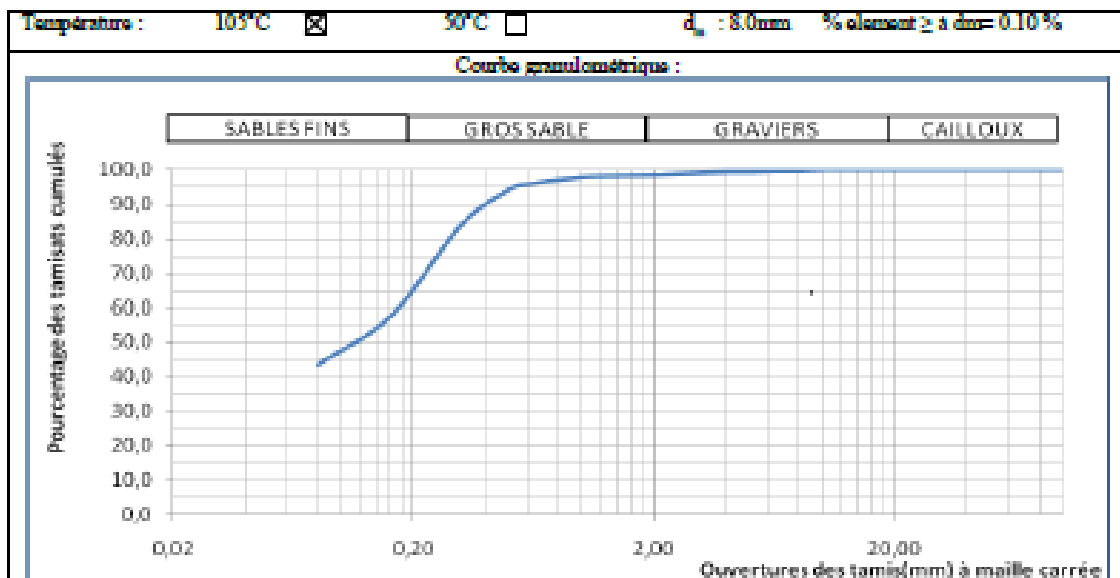
المختبر المركزي للمصطنية
LABORATOIRE CENTRAL DE MOHAMMEDIA
Régistré au siège - 20000, Route de Mohammédia - Boud Chouaib - Mohammédia
Tél : (+212) 21 23 23 46 / (+212) 21 23 23 47 / (+212) 21 23 23 48 - Fax : (+212) 21 23 23 49
E-mail : s2gmaroc@orange.fr / s2gmaroc@orange.ma

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

IV-3) Essai sur sondage SP10

Profondeur : 1.00—3.80m	Nature : Sable argileux rougeâtre	Mode de prélèvement : carottage
-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

1) Analyse granulométrique NF P94-056 :

Tamie d mm	de =	100	80	63	50	40	31.5	25	20
Pourcent %		100	100	100	100	100	100	100	100
Tamie d mm	15	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5
Pourcent %	100	100	100	99,98	99,73	99,58	99,31	99,02	98,81
Tamie d µm	2.0	1.25	1	0.63	500	315	150	80	
Pourcent %	99,58	99,15	97,82	96,05	94,25	83,88	57,44	43,41	

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

Limite de liquidité $W_L = 37\%$	Limite de plasticité $W_P = 19\%$
Indice de plasticité $I_P = 17 \pm 0.4$	

3) Poids spécifique apparent des sols fins NF P 94-053 :

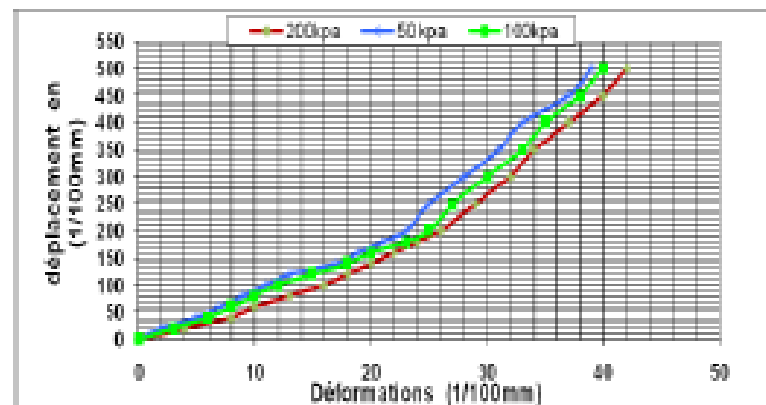
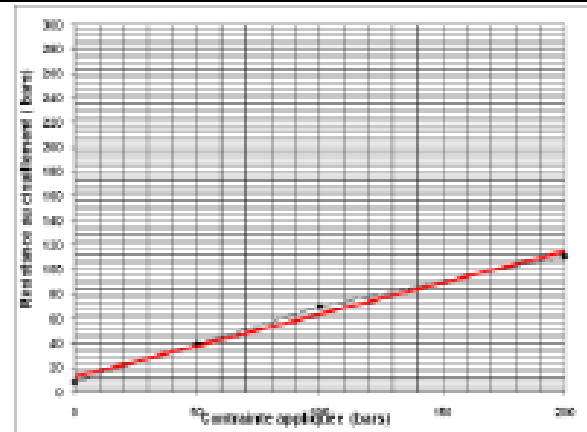
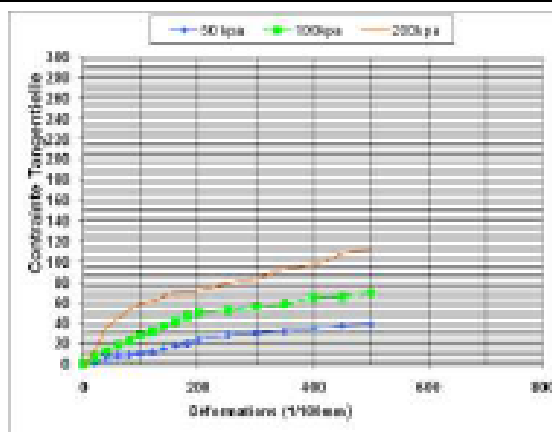
Date d'essai : 16/10/2018	Méthode utilisée : par immersion dans l'eau	Température de la salle d'essai : 22 °C
Masse volumique de sol $\rho = 1.93 \text{ T/m}^3$		

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essai des études géotechnique

4) Poids Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - Cisaillement direct NF P94-71-1

Caractéristique de l'éprouvette						
Hauteur : 18 mm				Diamètre : 62 mm		
Vitesse de cisaillement = 0,023 mm/min				Masse volumique des particules solides ρ_s Mesuré <input type="checkbox"/> = kg/m ³ Estimé <input checked="" type="checkbox"/> = 2.70 kg/m ³		
Date d'essai : 29/11/2018						
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 (%)
1,96	1,78	10,1	0,52	53,1	1,81	12,9
1,95	1,77	10,1	0,53	51,8	1,79	14,0
1,96	1,77	10,5	0,52	54,2	1,81	14,4



Résultats	C' (Kpa)		ϕ' (°)	
	C'_p	C'_t	ϕ'_p	ϕ'_t
	18	—	26	—


 مختبر الجيوتقنية و الهندسة المدنية
 LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE ET DE GENIE CIVIL

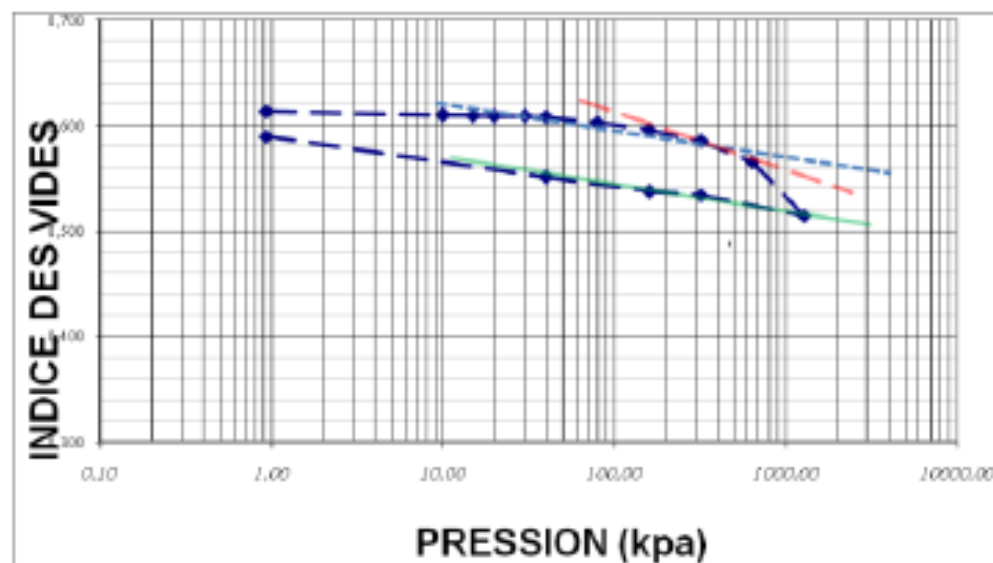
Page 7 sur 17

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

5) Essai de compressibilité œdométrique NF P94-090-1

Date début du premier palier : 23/10/2018	Date fin du dernier palier : 22/11/2018	
Température à laquelle s'est déroulé l'essai : 21°C		
Caractéristique de l'éprouvette	Avant essai	Après essai
Diamètre D en mm	$D_s = 75$	◇
Hauteur H en mm	$H_s = 20$	◇
Masse volumique sèche en mg/m ³	$\rho_{ds} = 1.79$	$\rho_{df} = 1.70$
Masse volumique des grains estimée en mg/m ³	$\rho_s = 2.70$	◇
Masse volumique des grains mesurée en mg/m ³	◇	◇
Teneur en eau en %	$W_i = 9.2$	$W_f = 23.1$
Degré de saturation en %	$S_{di} = 49$	$S_{df} = 100$
Indice des vides	$e_s = 0.613$	◇

**Les paramètres de compressibilité**

Indice de compression $C_c = 0.10$	Pression de reconsolidation 6^* en Kpa = 400
Indice de gonflement $C_g = 0.05$	Pression de gonflement en Kpa = 90

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

IV-4) Essai sur sondage SP10

Profondeur : 1.00—3.80m	Nature : Grès beige	Mode de prélèvement : carottage
-------------------------	---------------------	---------------------------------

1) La résistance a la compression uniaxiale sur roche NF P94-420

Date d'essai : 23/10/2018	Hauteur de l'éprouvette H = 180 mm
La durée de l'essai : 8 min	Diamètre moyenne de l'éprouvette D _{moy} = 90 mm
Masse volumique de l'éprouvette $\rho = 1865 \text{ kg/m}^3$	Teneur en eau pondérale w = 0.1%
force maximale appliquée lors de la rupture de l'éprouvette $F_{\text{max}} = 86900 \text{ N}$	Résistance en compression uniaxiale $\sigma_c = 13.667 \text{ MPa}$

2) Masse volumique sèche d'un élément de roche méthode par pesée hydrostatique NF P 94-064

Date d'essai : 16/10/2018	Masse volumique sèche $\rho_s = 2.14 \text{ (T/m}^3\text{)}$
---------------------------	--

3) Mesure de la porosité NM 10-1-146

Date d'essai : 16/10/2018	Porosité = 8.0 (%)
---------------------------	--------------------



مختبر الجيوتقنية و الهندسة المدنية
LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE ET DE GENIE CIVIL

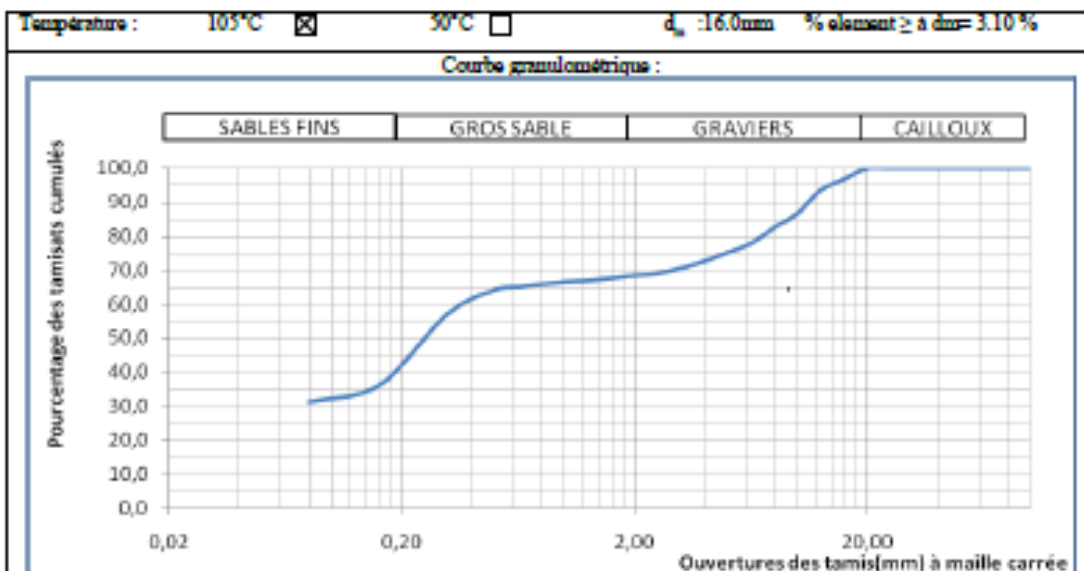
Page 9 sur 17

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

IV-5) Essai sur sondage SP11

Profondeur : 0.00—3.50m	Nature : Sable argileux rougeâtre	Mode de prélèvement : carottage
-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

1) Analyse granulométrique NF P94-056 :2) Limites d'Atterberg NF P 94-052-1 / NF P94-051 :

Limite de liquidité W_L = 29%	Limite de plasticité W_P = 19%
Indice de plasticité I_P = 11 \pm 0.4	

3) Poids spécifique apparent des sols fins NF P 94-053 :

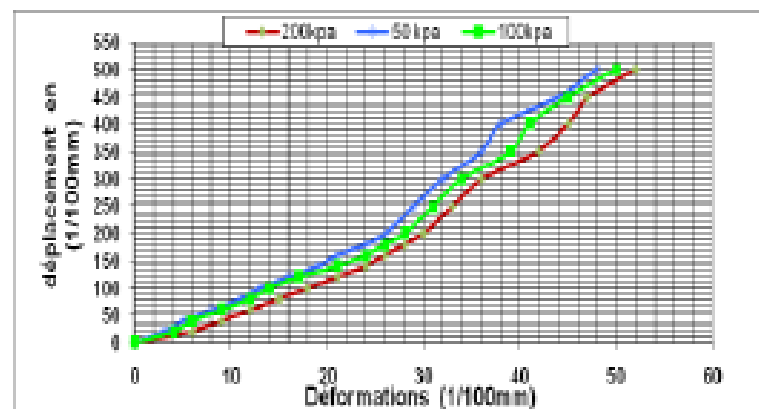
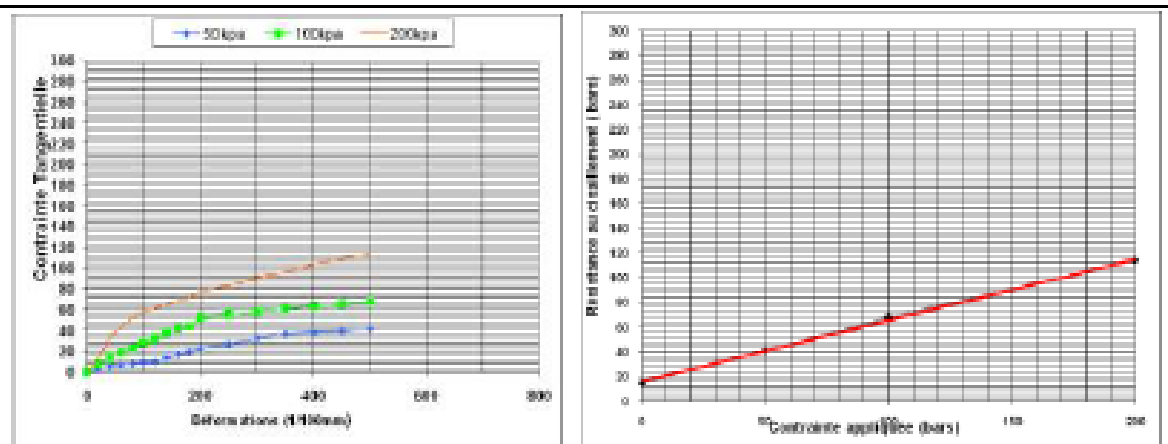
Date d'essai : 16/10/2018	Méthode utilisée : par immersion dans l'eau	Température de la salle d'essai : 22 °C
Masse volumique de sol $\rho = 1.97 \text{ T/m}^3$		

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

4) Poids Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - Cisaillement direct NF P94-71-1

Caractéristique de l'éprouvette						
Hauteur : 18 mm				Diamètre : 62 mm		
Vitesse de cisaillement = 0,022 mm/min				Masse volumique des particules solides ρ_s Mesuré <input type="checkbox"/> = kg/m ³ Estimé <input checked="" type="checkbox"/> = 2.70 kg/m ³		
Date d'essai : 04/12/2018						
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 (%)
1,88	1,75	7,3	0,54	36,6	1,79	12,8
1,87	1,75	7,2	0,54	35,6	1,79	12,4
1,88	1,75	7,1	0,54	35,3	1,79	12,4

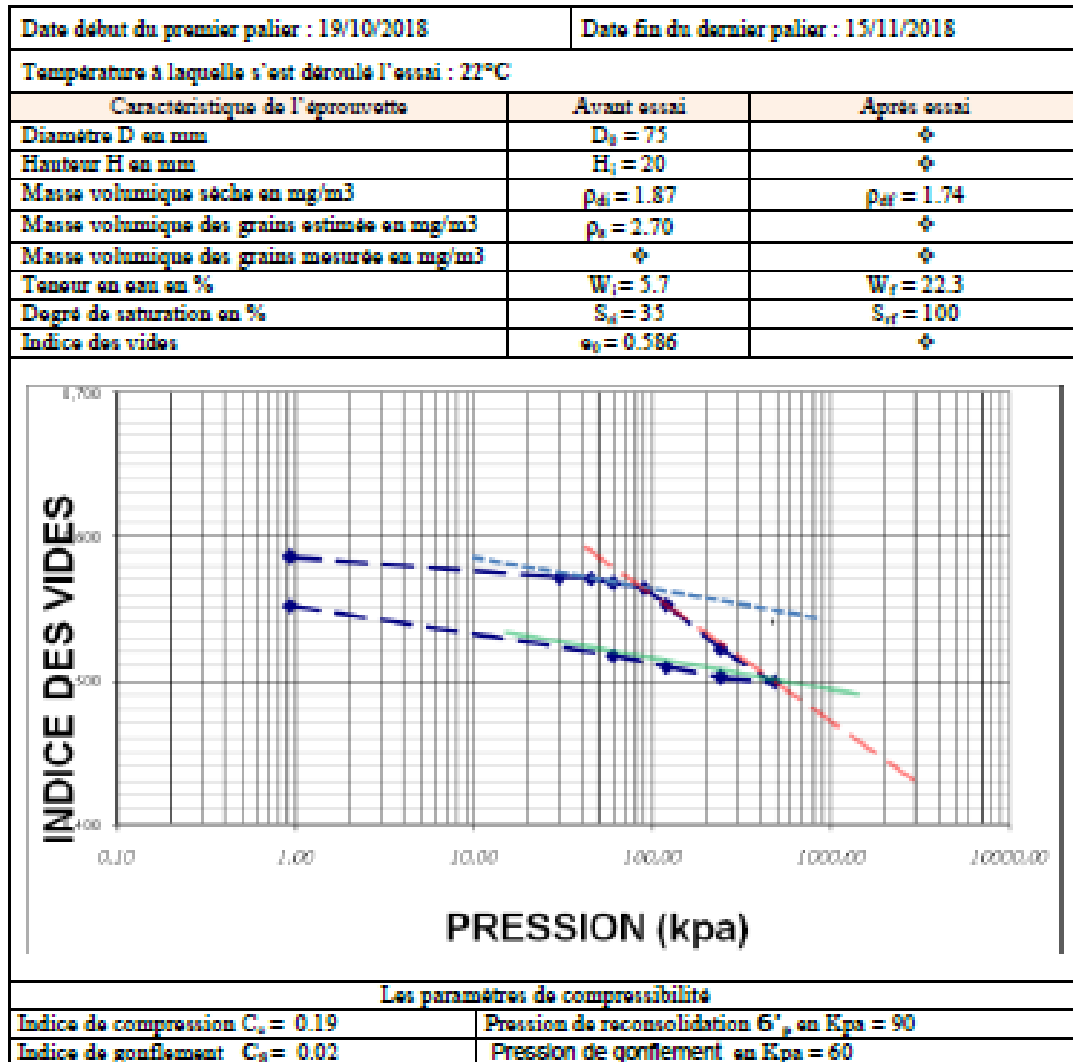


Résultats	C' (Kpa)		ϕ' (°)	
	C'_p	C'_r	ϕ'_a	ϕ'_r
	18	—	26	—

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

5) Essai de compressibilité œdométrique NF P94-090-1

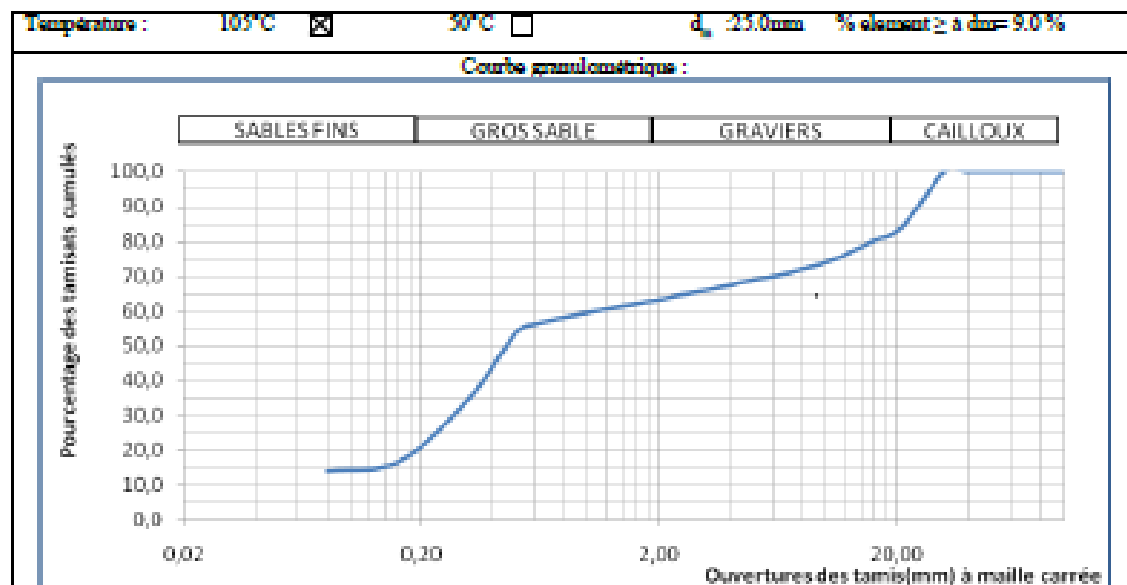


Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

IV-6) Essai sur sondage SP12

Profondeur : 0.00—1.00m	Nature : Sable argileux rougeâtre	Mode de prélèvement : carottage
-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

1) Analyse granulométrique NF P94-056 :

Tamisé d mm	dc =	100	80	63	50	40	31,5	25	20
Passant %		100	100	100	100	100	100	90,97	83
Tamisé d mm	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5
Passant %	80,28	78,48	73,88	72,15	70,28	68,83	67,53	66,00	64,64
Tamisé d µm	2,0	1,25	1	0,63	500	315	160	80	
Passant %	63,34	60,64	58,64	56,64	53,69	34,42	16,54	13,79	

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

Limite de liquidité W_L = 22%	Limite de plasticité W_P = NM
Indice de plasticité I_P = NM	

3) Poids spécifique apparent des sols fins NF P 94-053 :

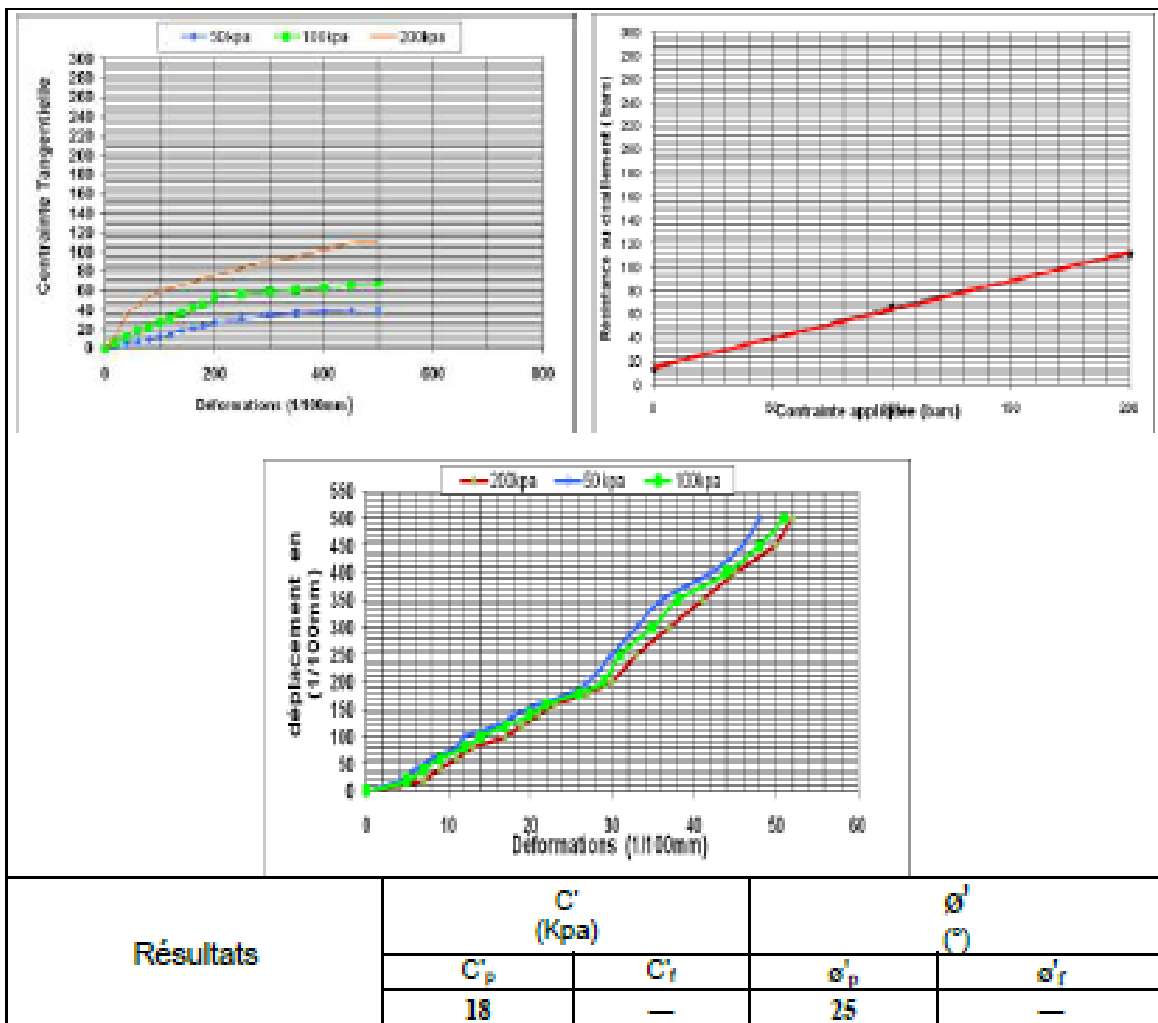
Date d'essai : 16/10/2018	Méthode utilisée : par immersion dans l'eau	Température de la salle d'essai : 22 °C
Masse volumique de sol $\rho = 1.73 \text{ T/m}^3$		

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essai des études géotechnique

4) Poids Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - Cisaillement direct NF P94-71-1

Caractéristique de l'éprouvette						
Hauteur : 18 mm				Diamètre : 62 mm		
Vitesse de cisaillement = 0,021 mm/min				Masse volumique des particules solides ρ_s Mesuré <input type="checkbox"/> = .. kg/m ³ Estimé <input checked="" type="checkbox"/> = 2.70 kg/m ³		
Date d'essai : 26/11/2018						
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 (%)
1,87	1,73	8,3	0,56	40,0	1,77	12,5
1,86	1,72	8,4	0,57	39,7	1,76	12,5
1,87	1,73	8,5	0,57	40,7	1,78	12,4



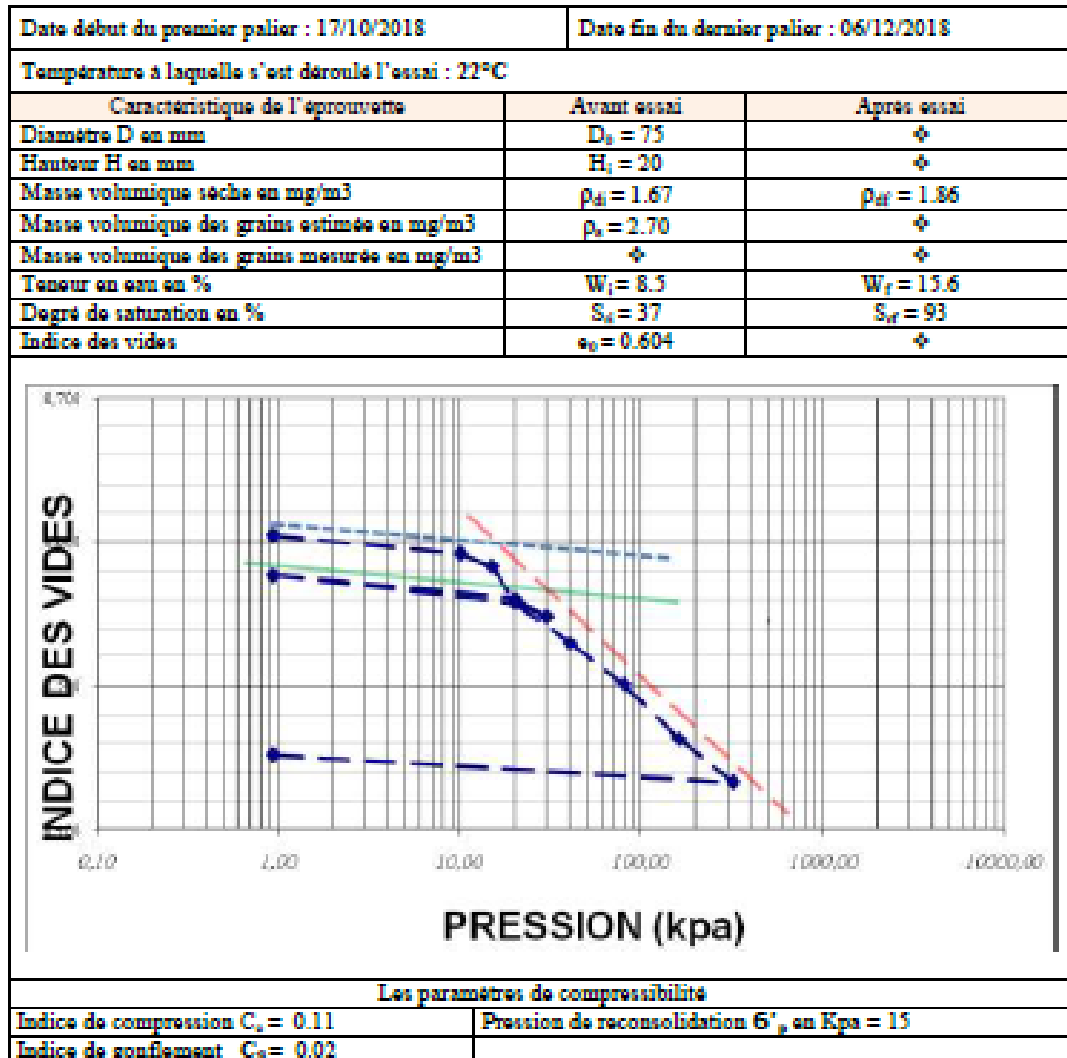
مختبر الجيوتقنية و الهندسة المدنية
LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE ET DE GENIE CIVIL

Page 14 sur 17

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

5) Essai de compressibilité œdométrique NF P94-090-1



Rapport d'Essai N° : 152/ES/18

Rapport d'essais des études géotechnique

IV-7) Essai sur sondage SP12

Profondeur : 2.00—10.50m	Nature : Grès beige	Mode de prélèvement : carottage
--------------------------	---------------------	---------------------------------

1) La résistance a la compression uniaxiale sur roche NF P94-420

Date d'essai : 23/10/2018	Hauteur de l'éprouvette H =180 mm
La durée de l'essai : 6 min	Diamètre moyenne de l'éprouvette D _{moy} =90 mm
Masse volumique de l'éprouvette $\rho=1736 \text{ kg/m}^3$	Teneur en eau pondérale w =0.1%
force maximale appliquée lors de la rupture de l'éprouvette F _{max} = 49800N	Résistance en compression uniaxiale cc = 7.832 MPa

2) Masse volumique sèche d'un élément de roche méthode par pesée hydrostatique NF P 94-064

Date d'essai : 16/10/2018	Masse volumique sèche $\rho_s = 1.90 \text{ (T/m}^3\text{)}$
---------------------------	--

3) Mesure de la porosité NM 10-1-146

Date d'essai : 16/10/2018	Porosité = 18.60 (%)
---------------------------	----------------------

IV-8) Essai sur sondage SP13

Profondeur : 1.00—12.00m	Nature : Grès beige	Mode de prélèvement : carottage
--------------------------	---------------------	---------------------------------

1) La résistance a la compression uniaxiale sur roche NF P94-420

Date d'essai : 23/10/2018	Hauteur de l'éprouvette H =180 mm
La durée de l'essai : 6 min	Diamètre moyenne de l'éprouvette D _{moy} =90 mm
Masse volumique de l'éprouvette $\rho=1701 \text{ kg/m}^3$	Teneur en eau pondérale w =0.1%
force maximale appliquée lors de la rupture de l'éprouvette F _{max} = 30900N	Résistance en compression uniaxiale cc = 4.860 MPa

2) Masse volumique sèche d'un élément de roche méthode par pesée hydrostatique NF P 94-064

Date d'essai : 16/10/2018	Masse volumique sèche $\rho_s = 1.83 \text{ (T/m}^3\text{)}$
---------------------------	--

3) Mesure de la porosité NM 10-1-146

Date d'essai : 16/10/2018	Porosité = 16.30 (%)
---------------------------	----------------------



مختبر الجيوتقنية و الهندسة المدنية
LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE ET DE GENIE CIVIL

Page 16 sur 17

Rapport d'Essai N° : 152/ES/18**Rapport d'essais des études géotechnique**

Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information ou essais complémentaire dans le cadre de nos attributions.

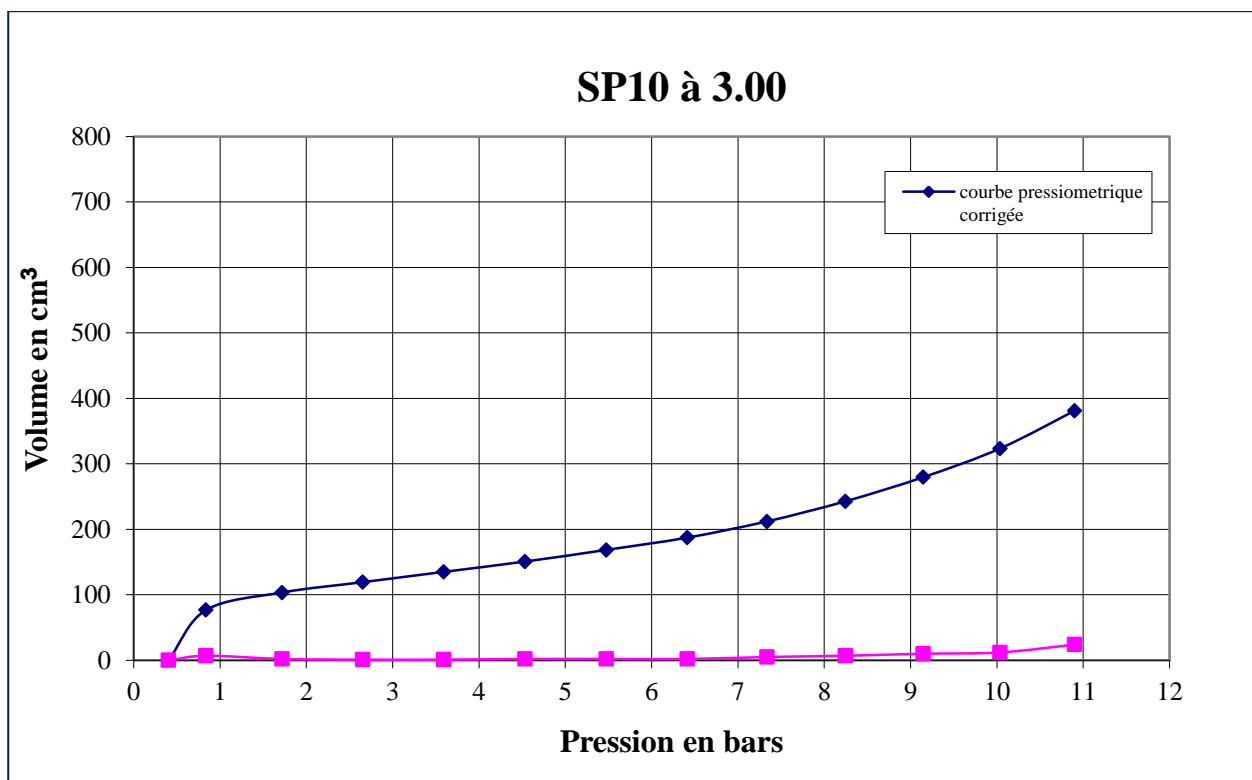
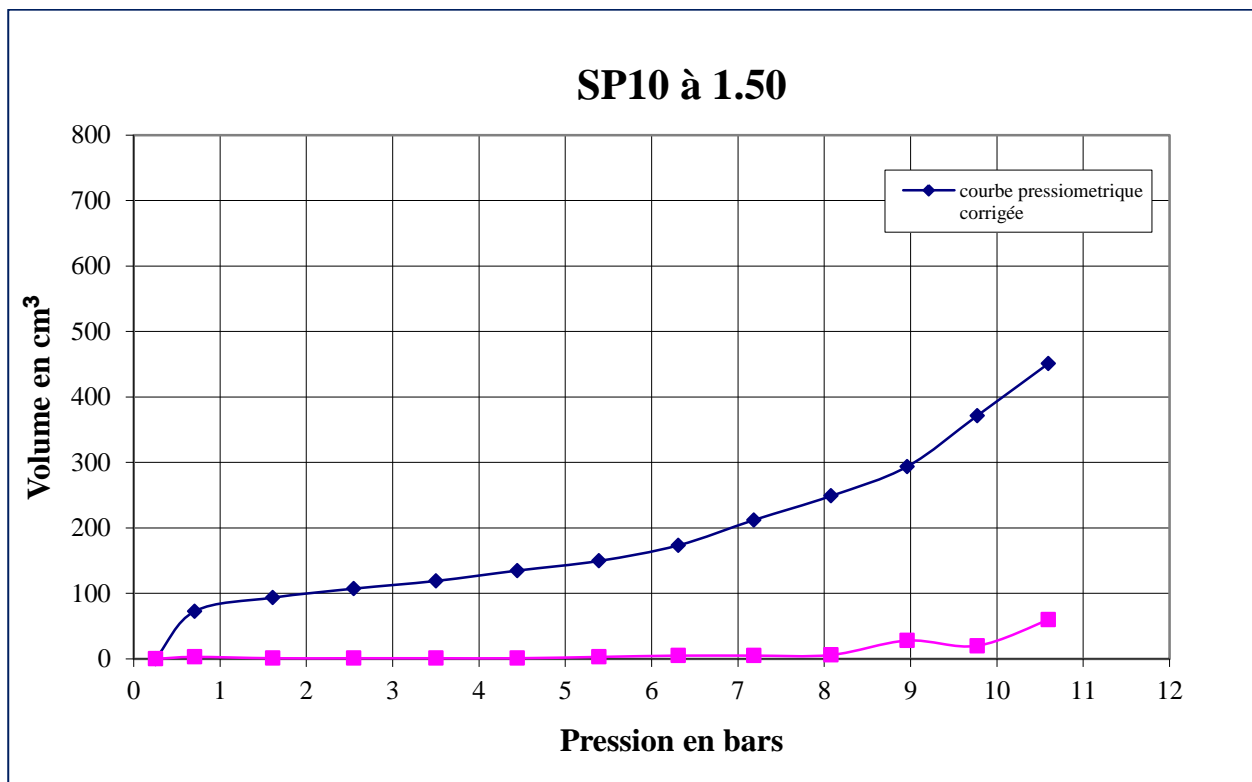
..... FIN DE RAPPORT

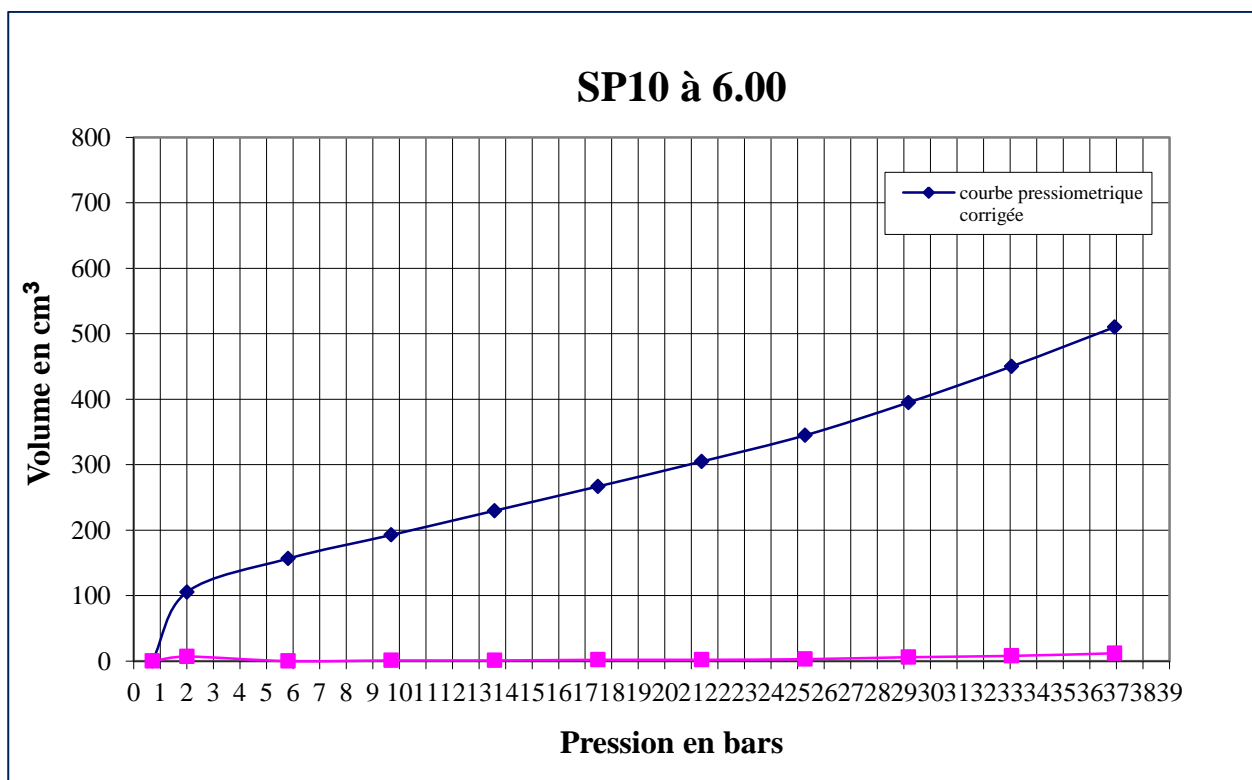
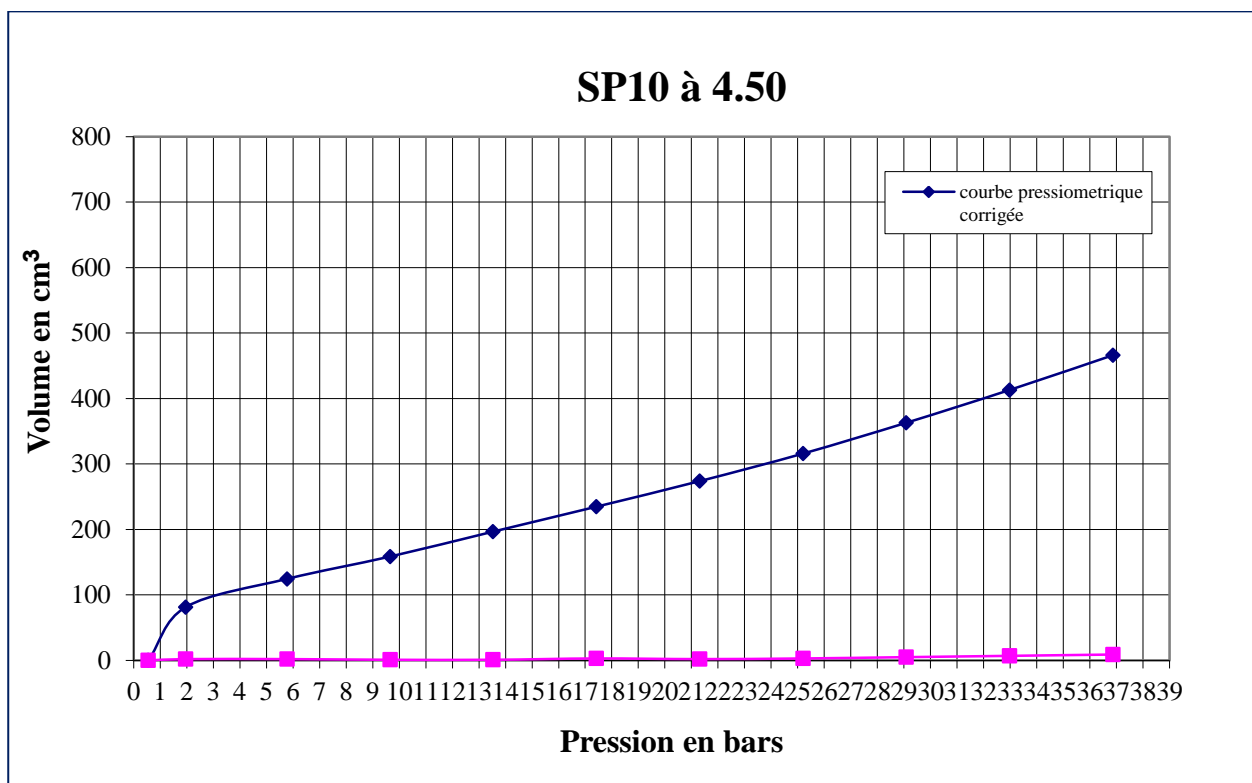
**RESPONSABLE LABORATOIRE
D'ESSAIS**

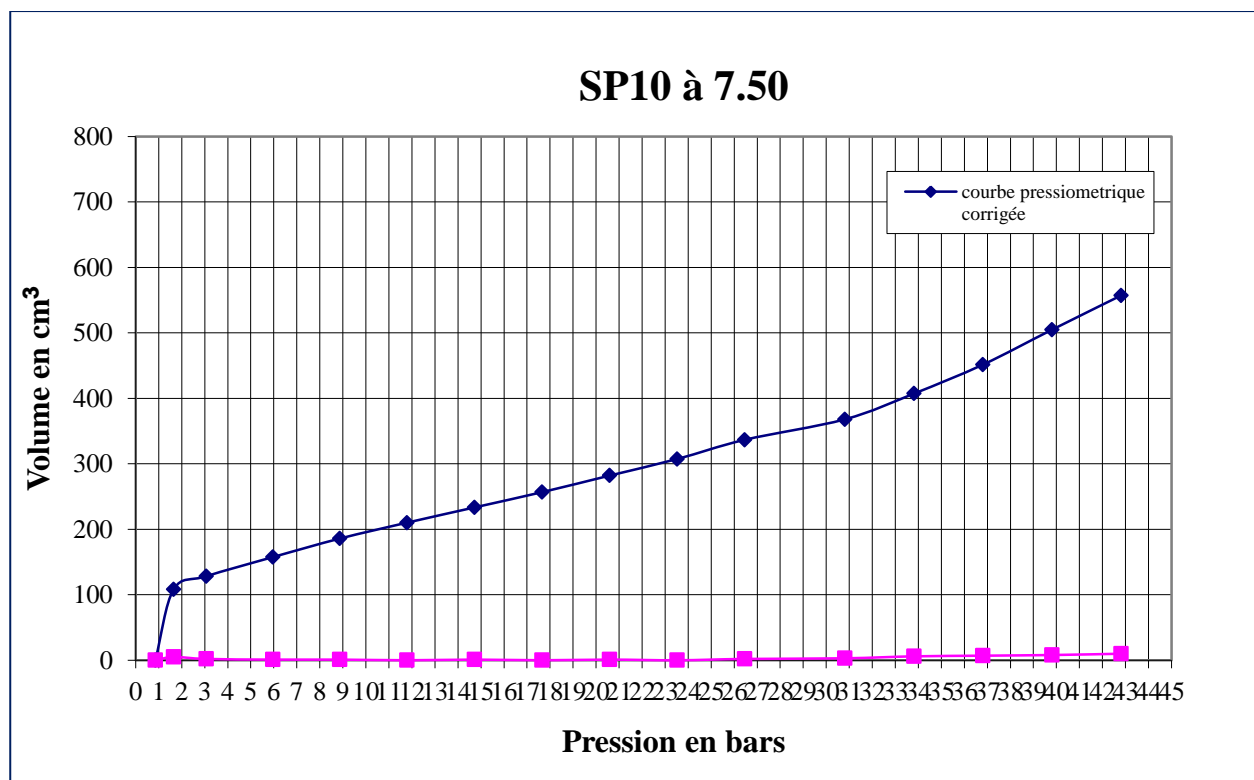


ANNEXE 4: COURBES PRESSIOMETRIQUES

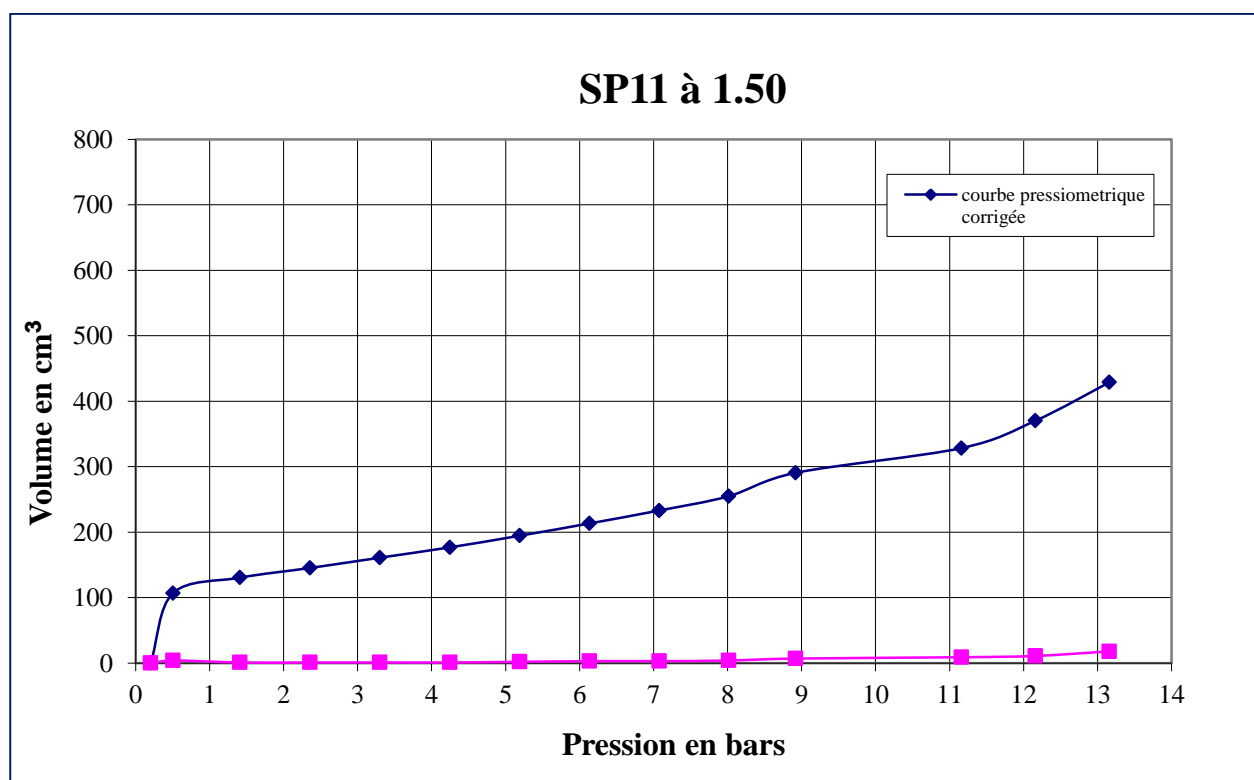
➤ Sondage SC10

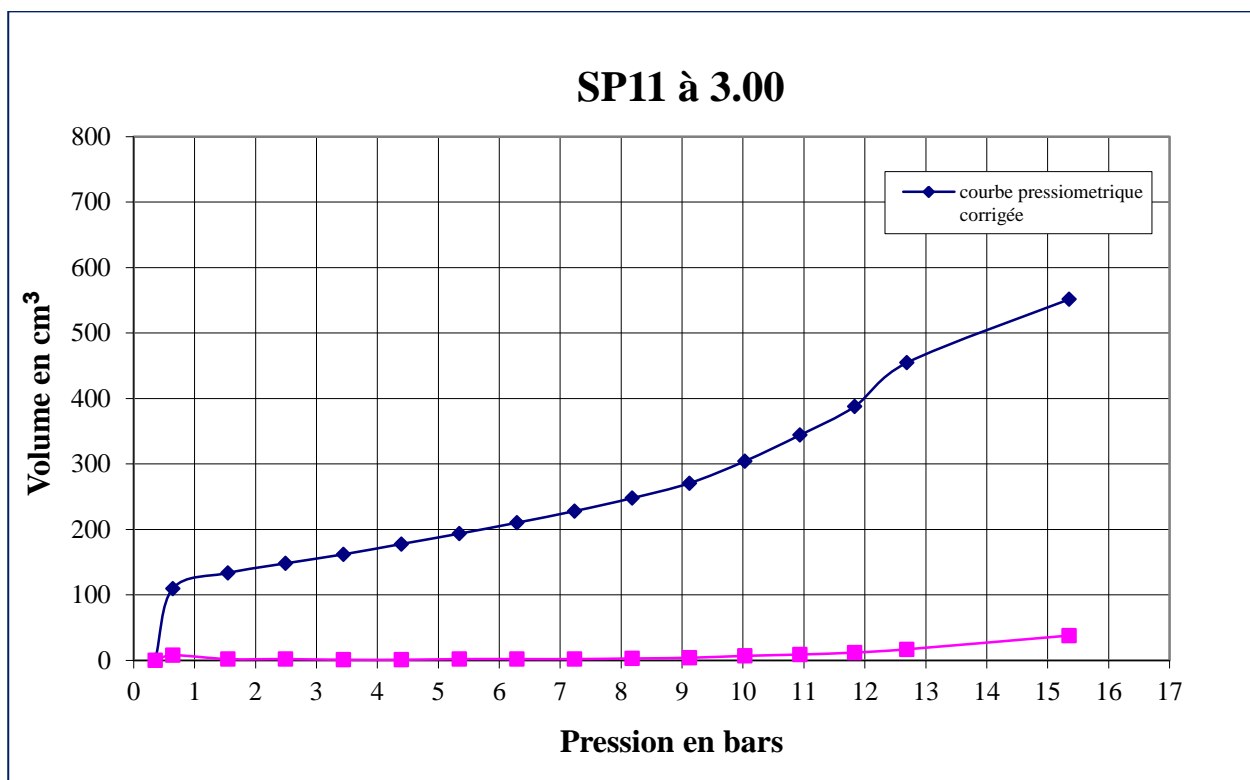




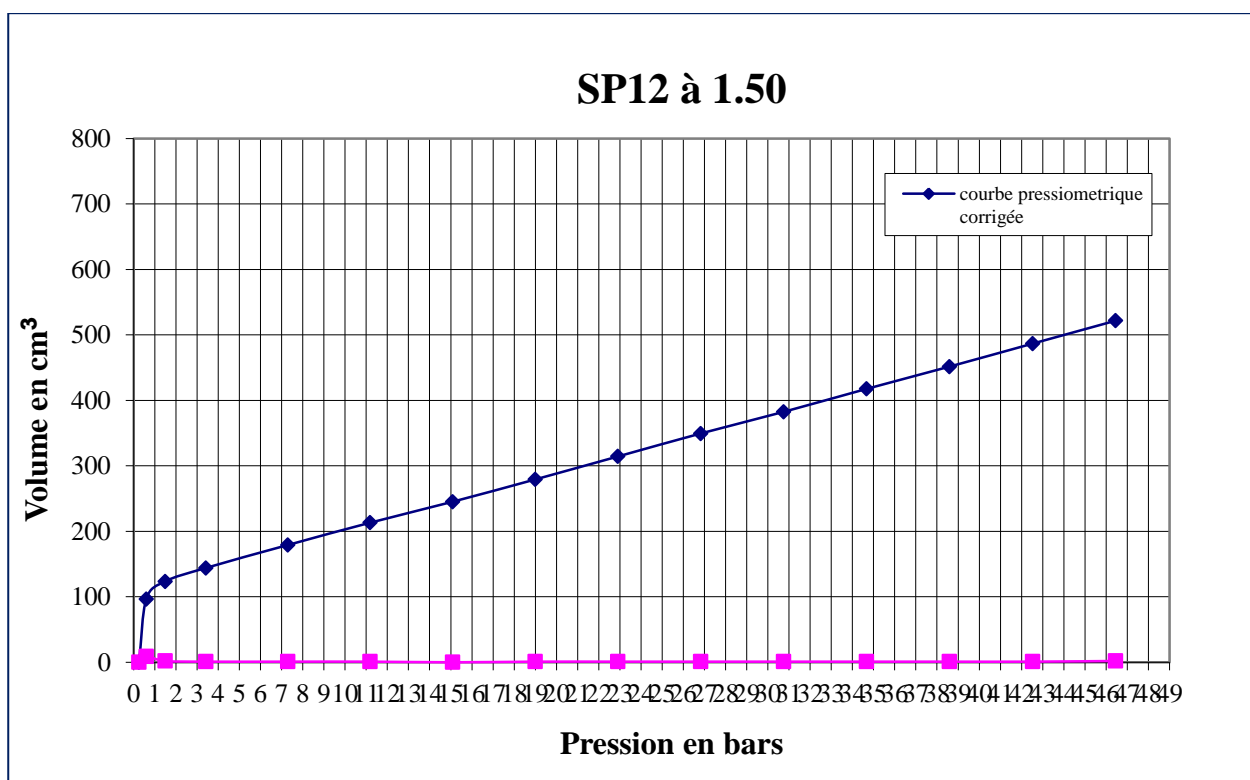


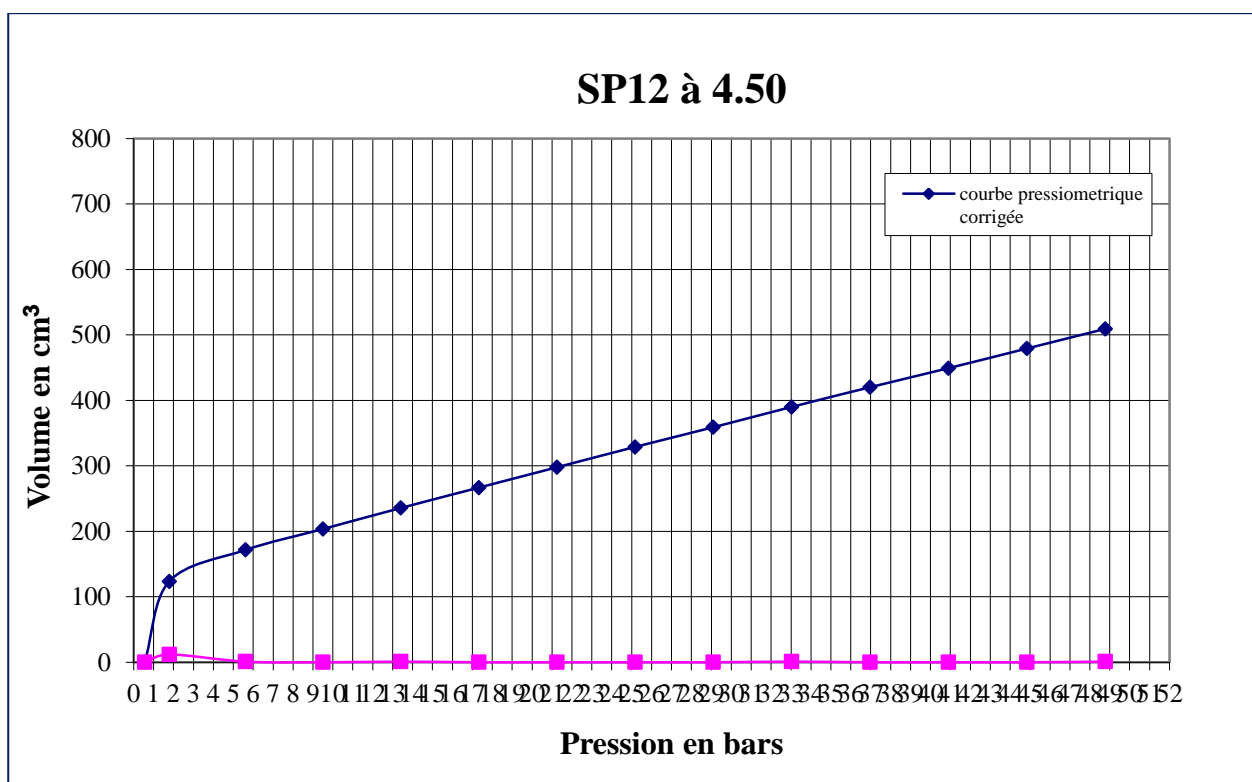
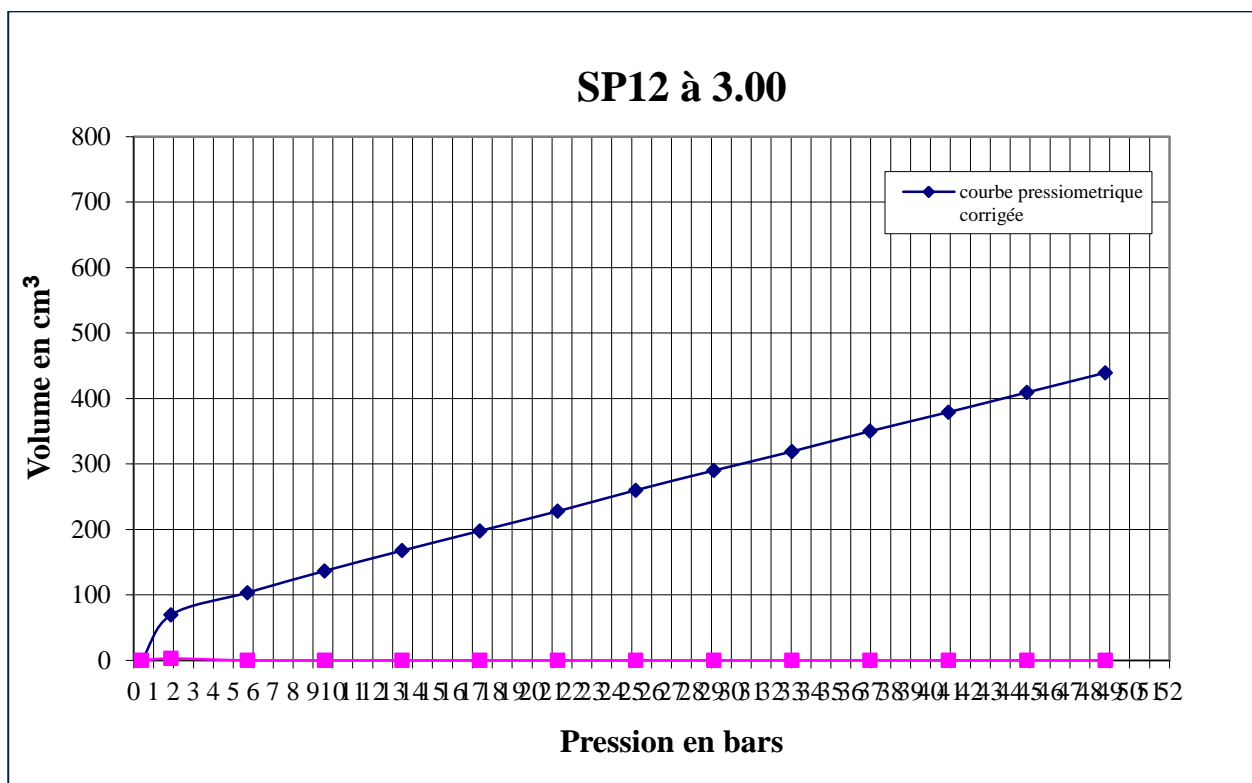
➤ **Sondage SC11**

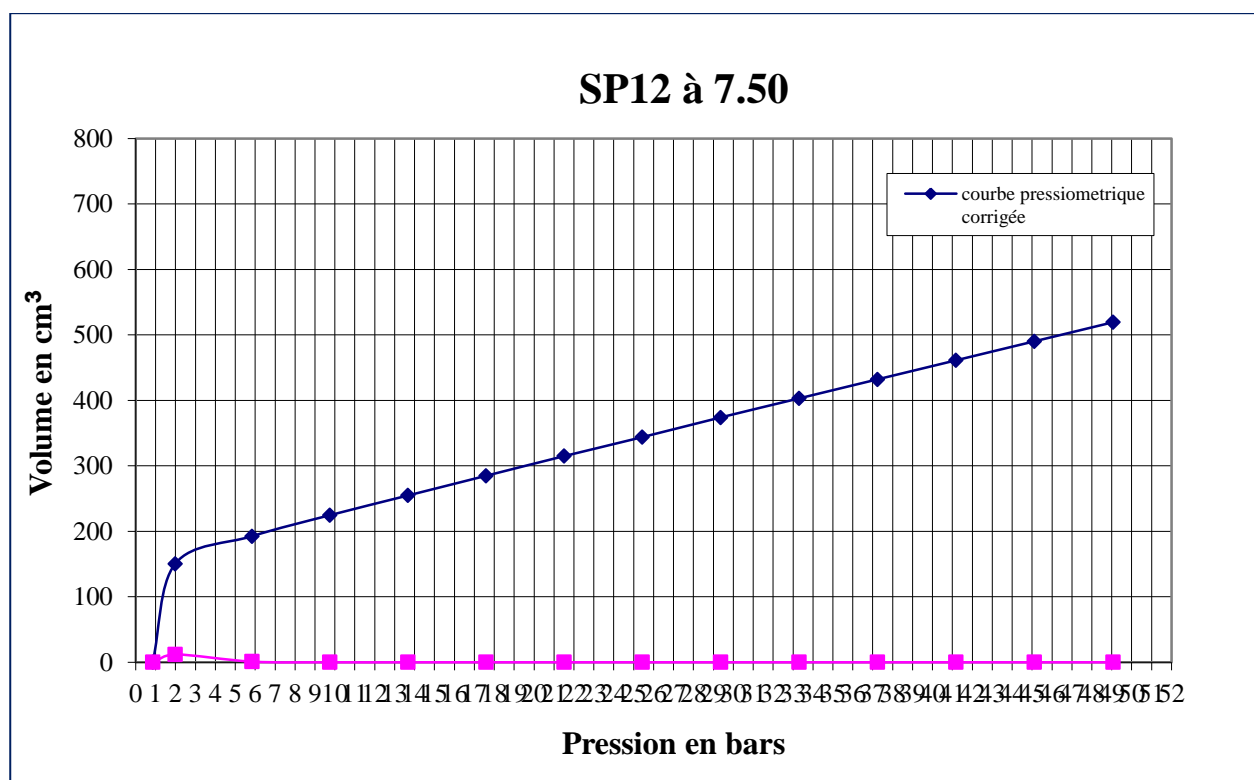
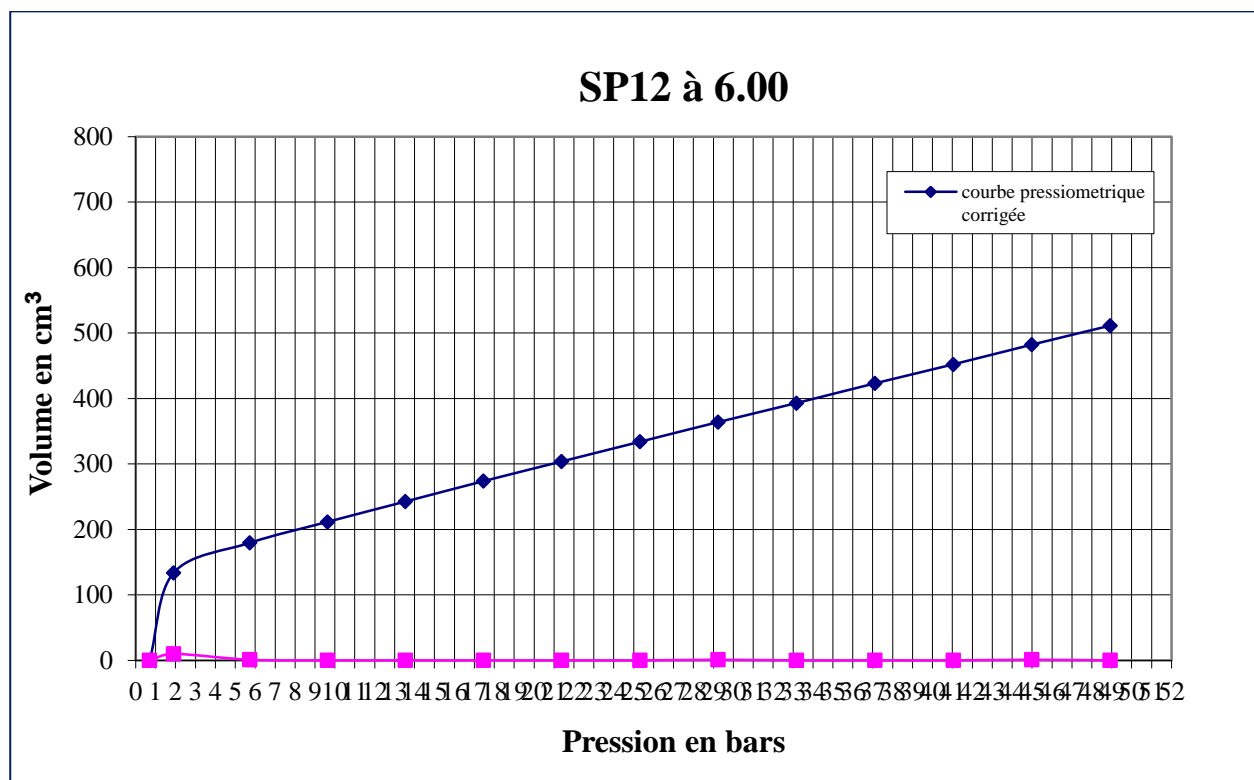


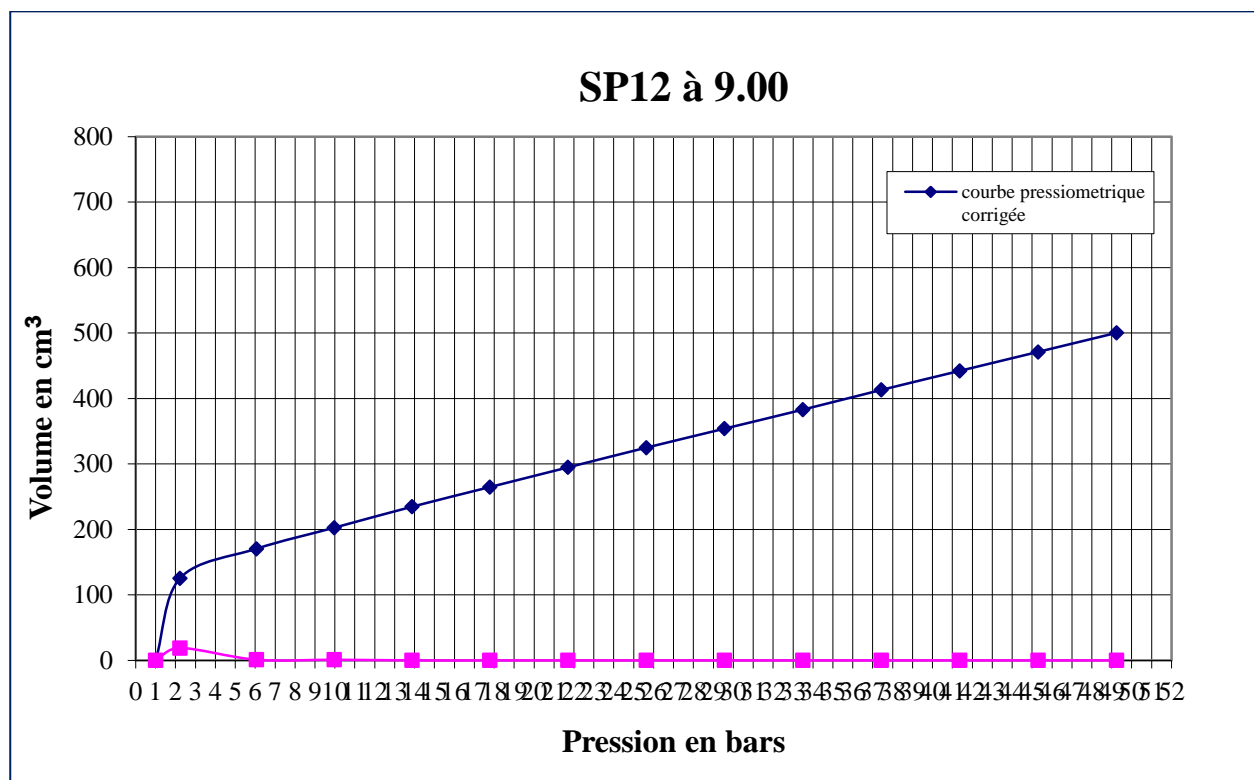


➤ Sondage SC12

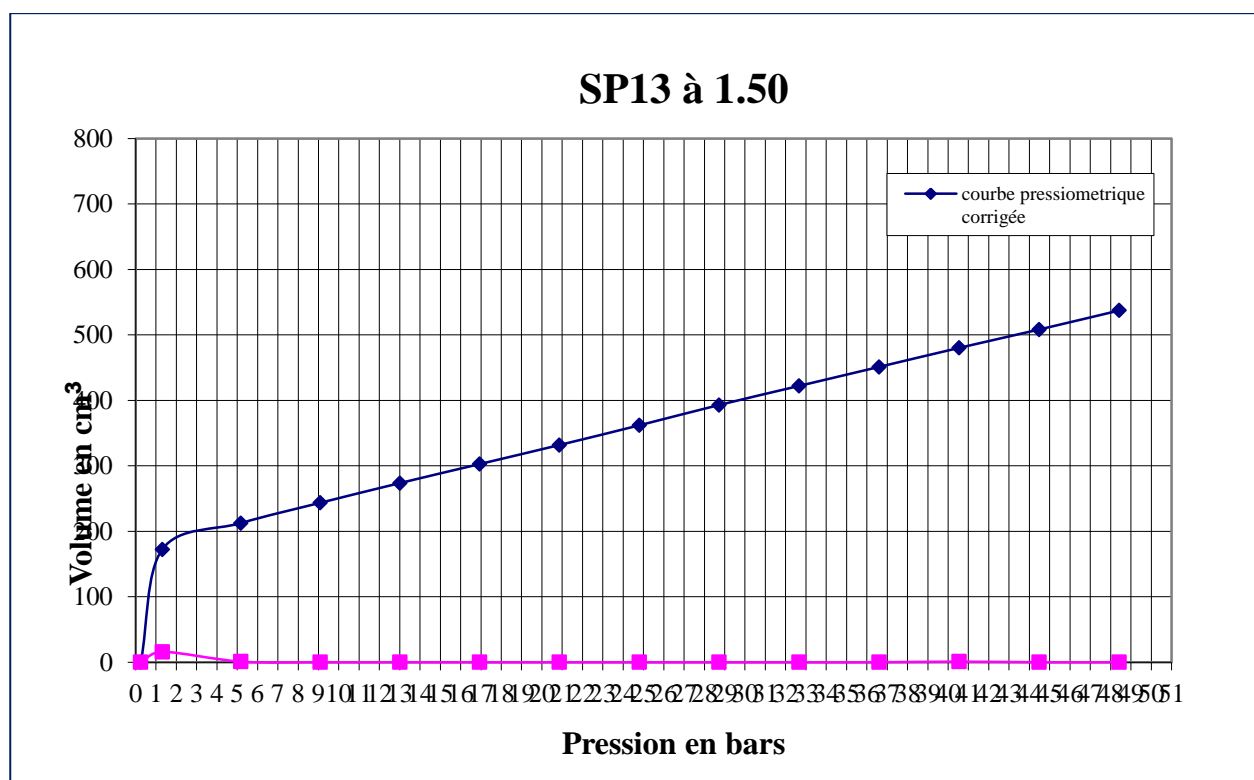


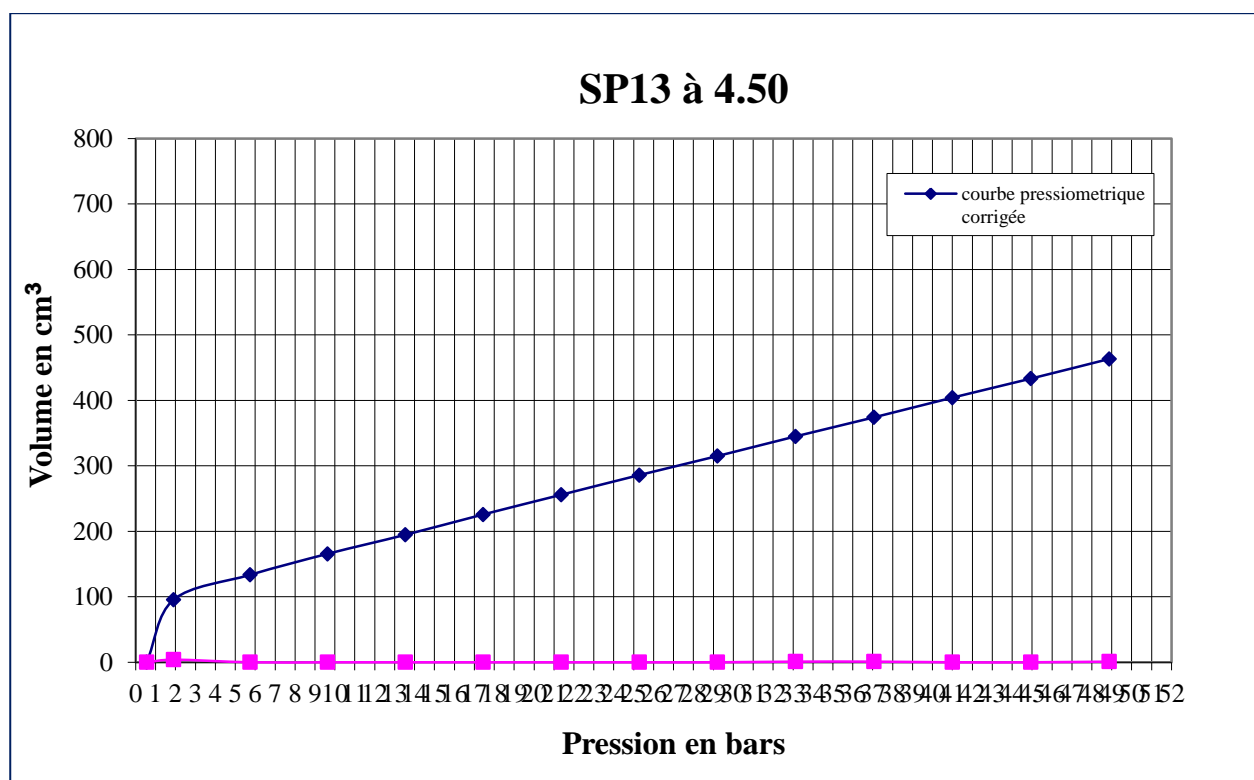
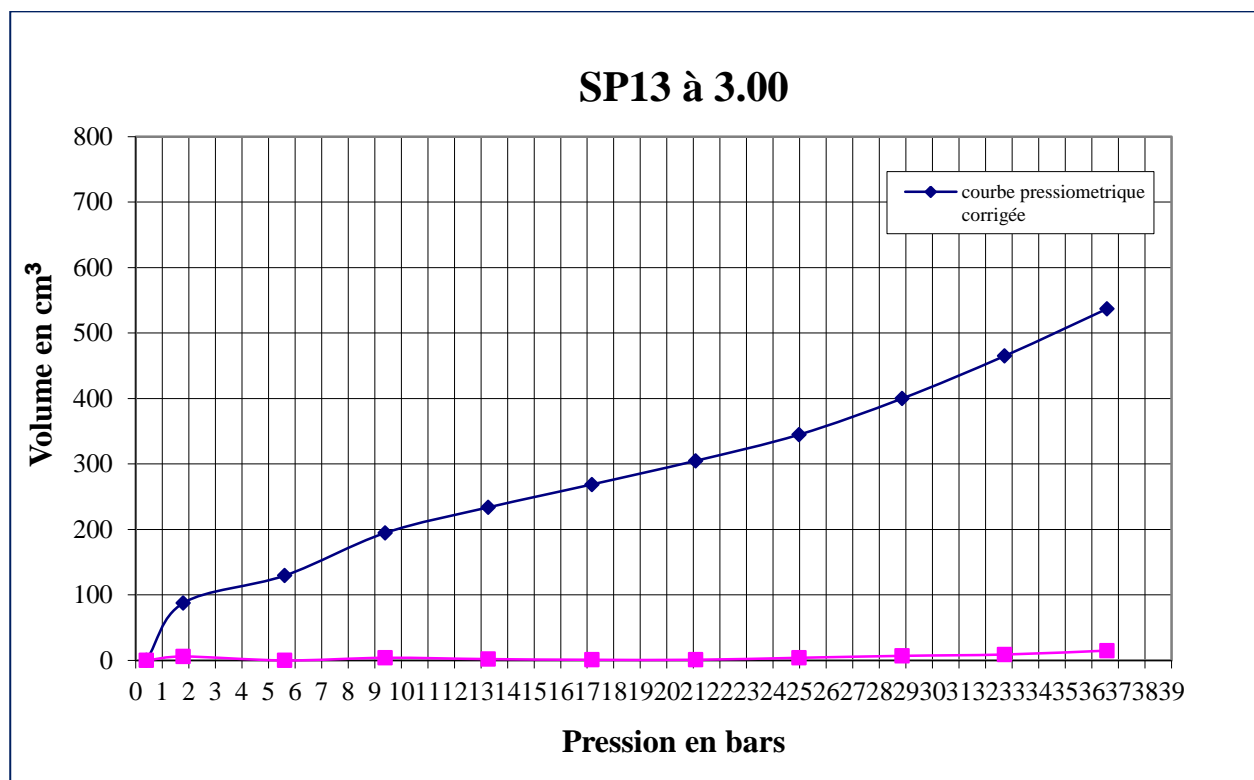


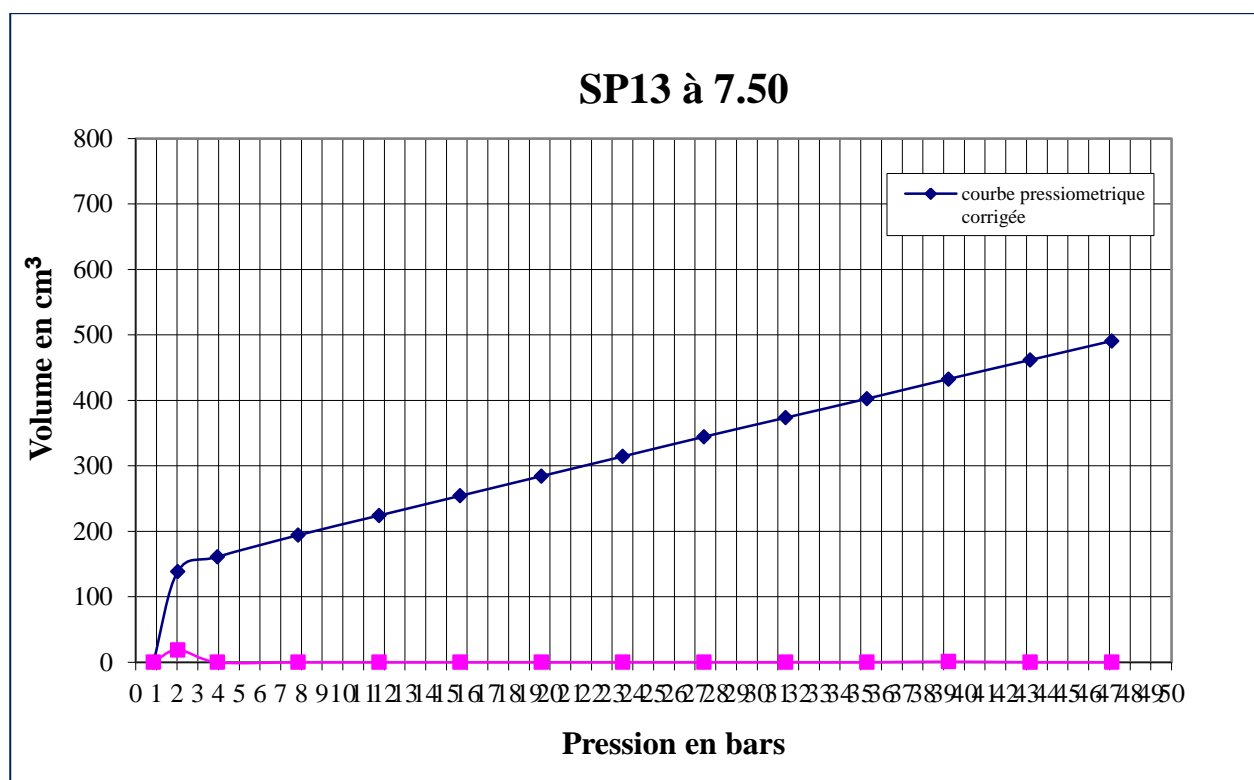
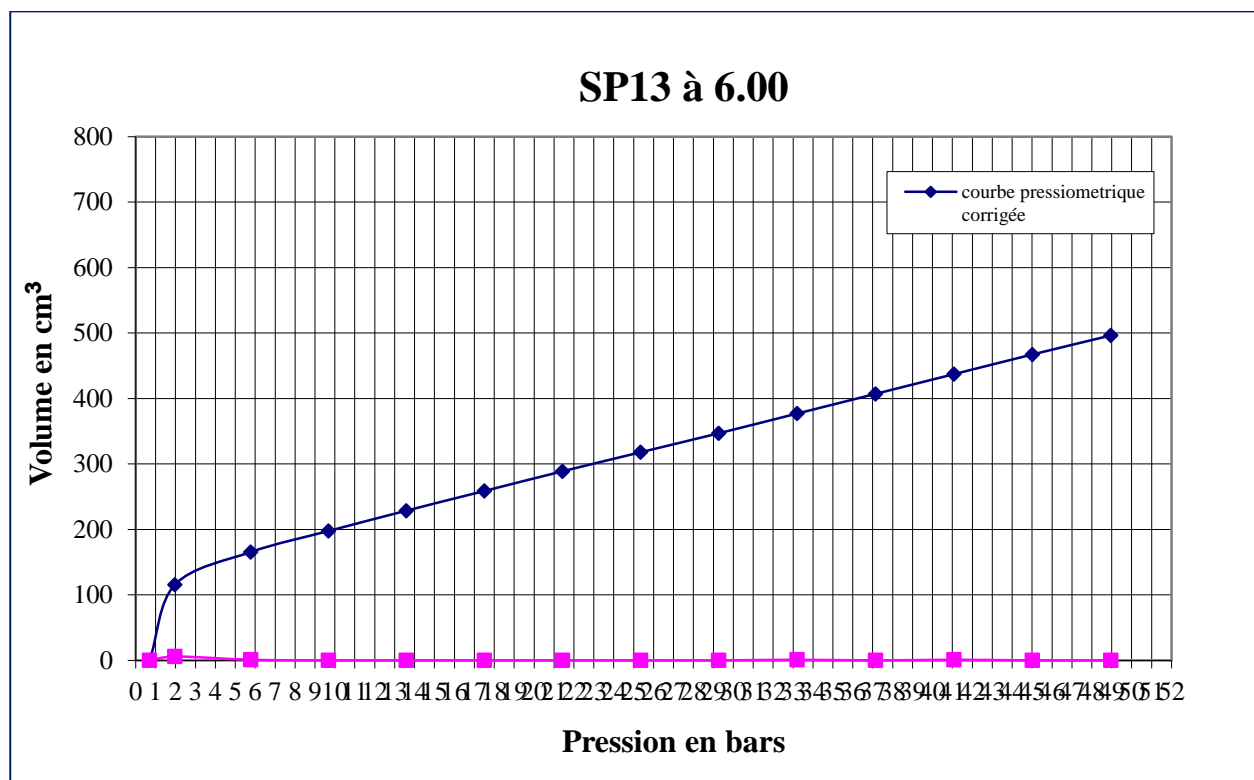


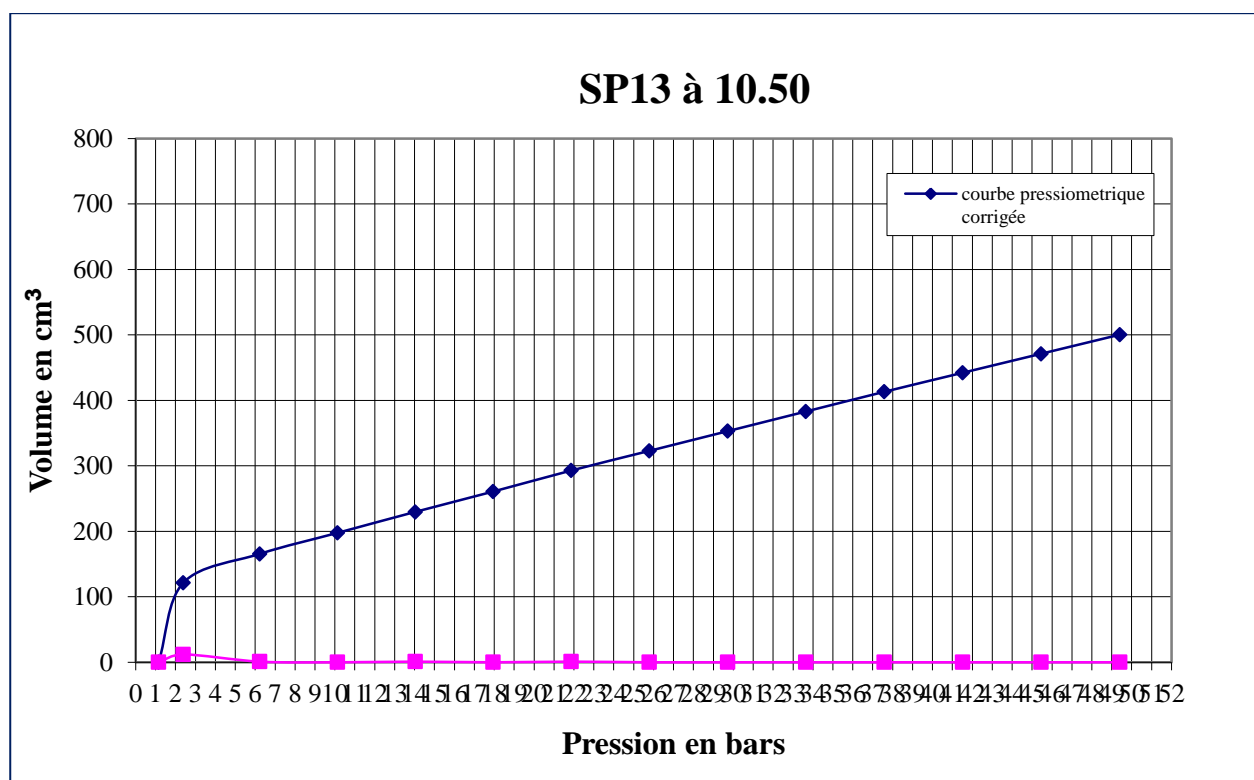
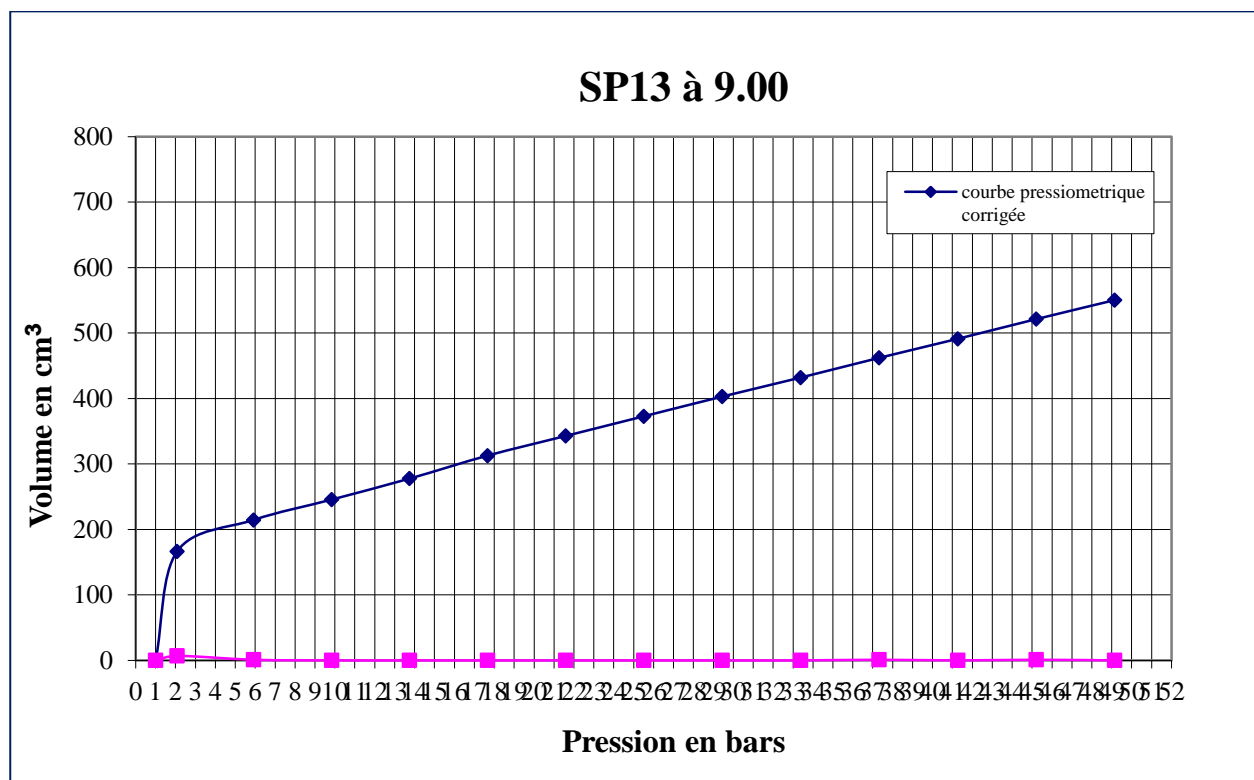


➤ Sondage SC13









ANNEXE 5: REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE

❖ SITE DU SONDAGE SC10



❖ SITE DU SONDAGE SC11



❖ SITE DU SONDAGE SC12



❖ SITE DU SONDAGE SC13

