Université Bordeaux 1

Etude de sol préalable à la construction d'un bâtiment

Centre de Recherche d'Ecologie Marine

Boulevard de la plage

ARCACHON (33)

ECR ENVIRONNEMENT
INGENIERIE DU SOL ET DE L'ENVIRONNEMENT

N°chrono : 3300010		Mission de type : G12	
Emission	Date	Rédacteur	Vérification / contrôle
1	15 /09/2011	M. HUORT	G. DUCASSE

Lorient Rennes Nantes La Rochelle Bordeaux Bayonne Lyon

Agence de Bordeaux
Parc d'activités du Courneau – 5, rue du Pré Meunier – 33 610 CANEJAN
Tél : 05.57.26.79.79 / Fax : 05.57.26.80.82
www.ecr-environnement.com

SARL au capital de 52 000 €
SIRET 504 457 821 00024
APE 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR 395 044 578 21

Table des Matières

I. INTRODUCTION 3
1 Objet de la mission 3
2 Présentation du site et du projet – Contexte géologique 3
2.1 Projet 4
2.2 Géologie 4
3 Documents remis pour l'étude 5
4 Investigations géotechniques 5
4.1 Etude initiale (mission G11 – avril 2008) 5
4.2 Etude complémentaire (mission G12 – août/septembre 20011) 6
5 Altimétrie 6

II. RESULTATS DES INVESTIGATIONS 7
1 Lithologie 7
2 Caractéristiques géomécaniques 7
3 Remarques importantes 7
3.1 Sismicité 7
3.2 Composante anthropique 7

III. HYDROGEOLOGIE –Mise Hors d'eau et Calcul du débit d'exhaure 8
1 Hydrogéologie locale de surface 8
1.1 Principaux captages et niveaux d'eau 8
1.2 Suivi piézométrique 9
2 Dispositif de pompage 11
3 Interprétation de l'essai de pompage 11
3.1 Déroulement de l'essai 11
3.2 Essai de pompage 12
3.3 Détermination des paramètres hydrodynamiques à partir de la descente 12
3.4 Etude de la remontée de la nappe 14
3.5 Interprétation de l'essai de pompage 15
4 Evaluation des débits d'exhaure 15

IV. RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES 17
1 Analyse géotechnique 17
2 Possibilité de fondations 17
3 Principe général de mise en œuvre 17
4 Etude de la paroi moulée 18
4.1 Méthodes de calcul 18
4.2 Hypothèses et paramètres de calcul 18
4.3 Résultats 19
5 Dallage 20

Annexes

I. INTRODUCTION

1 Objet de la mission

A la demande de l'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I et dans le cadre du projet de construction du CENTRE de RECHERCHE d'ÉCOLOGIE MARINE au niveau du port de plaisance d'Arcachon (33), une étude de sol complémentaire à la mission G11 référencé n°9266 en date du 31 octobre 2008 a été e ffectuée par la société ECRenvironnement.

Le présent rapport rend compte des résultats de cette étude et a pour objectif de caractériser la nature des sols à l'emplacement du projet. Il répond au bon de commande du client acceptant notre proposition technique et financière n°11277.

Par référence à la classification des « Missions géotechniques normalisées » (Norme NFP 94-500), la présente étude est de type G12, et voit de ce fait l'étendue de sa mission limitée aux prestations correspondantes.

2 Présentation du site et du projet – Contexte géologique

Le projet se situe au sud ouest du port de plaisance d'Arcachon, à proximité de la rue des marins et du boulevard de la plage. Actuellement le site est occupé par un parking semi enterré et un jardin d'enfant.

Figure 1 : Localisation de l'étude
Extrait de la carte IGN – Arcachon

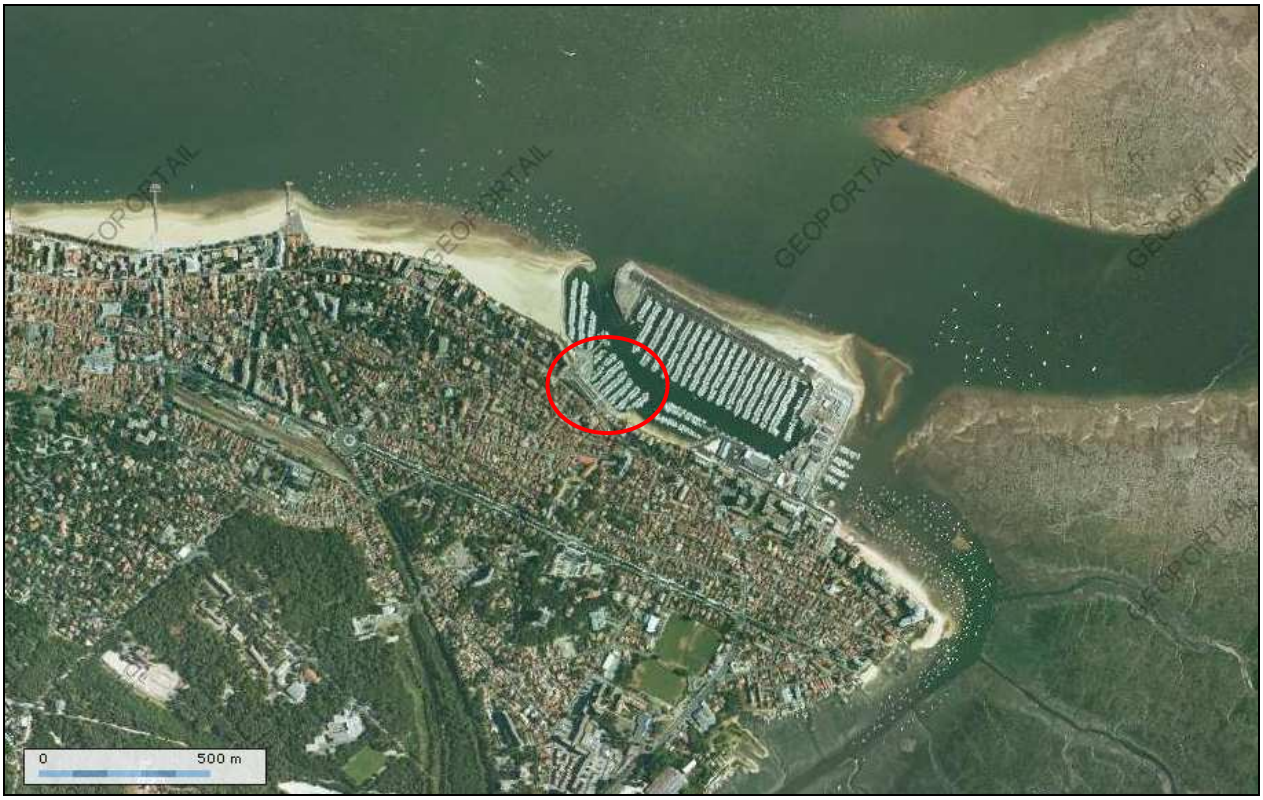


Figure 2 : Localisation de l'étude
Extrait de la photo aérienne IGN – Arcachon

2.1 Projet

Le bâtiment d'une emprise au sol de 4100 m2 possédera trois étages et deux niveaux de sous sol. Le premier niveau de sous sol pourra être partiellement enterré.

En l'absence de données techniques, par hypothèses, les charges à reprendre devraient être de l'ordre de :

- 40 à 50 t/ml en charge linéaire
- 250 à 300 t en appui isolé
- 0,50 t/m² pour les surcharges sur dallage.

Pour toutes différences importantes à ces hypothèses, il conviendra au responsable du projet de nous informer.

L'actuel parking est situé à la cote moyenne de 2,50m NGF, le quai adjacent à la cote moyenne de 3,10m NGF. La cote du niveau bas du futur bâtiment devrait se situer au maximum aux alentours de la cote -3,00m NGF (Cas de deux niveaux enterré, avec comme niveau de plain pied l'altitude de l'actuel quai).

2.2 Géologie

D'après notre connaissance du secteur et au regard de l'extrait de la carte géologique d'Arcachon (33), n°825, éditée par le BR GM, nous sommes en présence de sables fins bien classés [S_F].

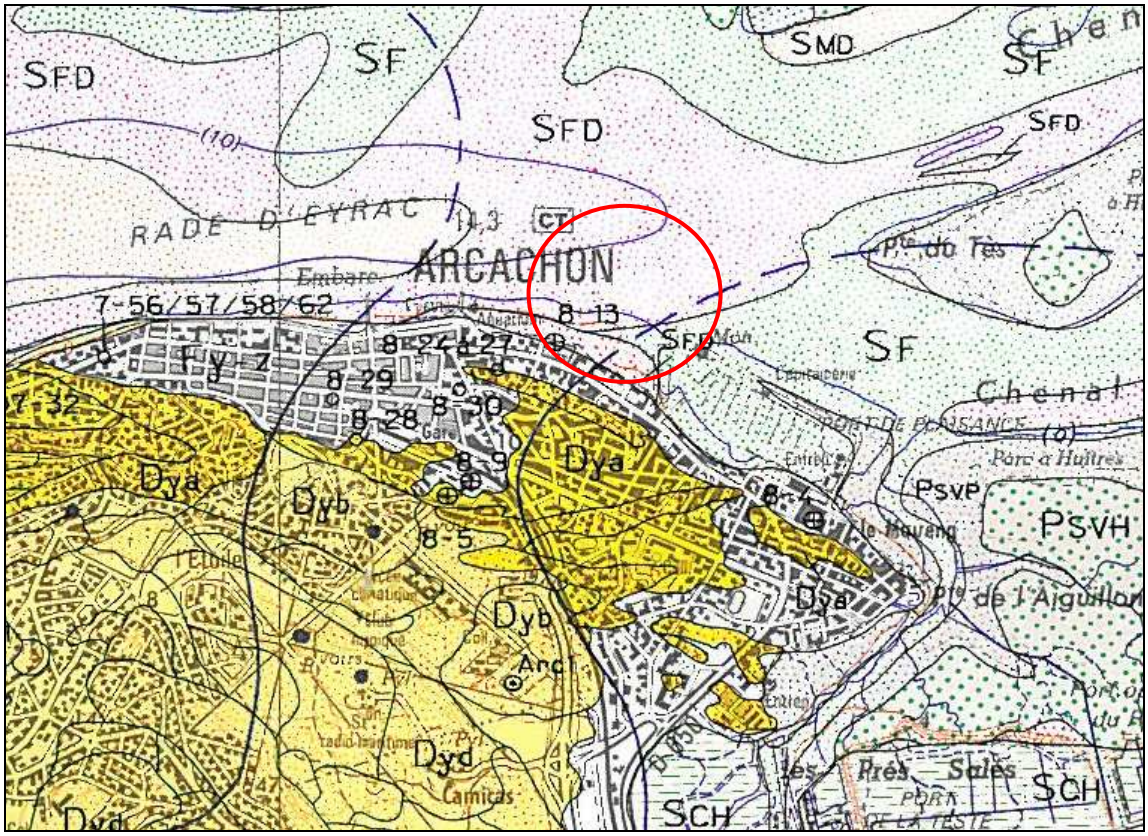


Figure 3 : Contexte géologique
Extrait de la carte géologique d'Arcachon (33), n°8 25

3 Documents remis pour l'étude

Les documents fournis sont les suivants :

- Un plan topographique de la zone d'étude,
- L'adresse de la zone d'étude et le plan de masse de l'existant,
- Le bon de commande.

4 Investigations géotechniques

Les programmes de reconnaissance réalisés ont consisté en :

4.1 Etude initiale (mission G11 – avril 2008)

- **3 sondages de reconnaissance** au taillant à injection de bentonite en diamètre 63mm (SP1, SP2, SD1) descendus à 30m de profondeur par rapport au terrain naturel (TN). Ce type de sondage permet de reconnaître la nature des terrains et mesurer les caractéristiques mécaniques des différents faciès selon la profondeur, par l'intermédiaire de :

- 2 profils pressiométriques (mesures du module pressiométrique, de la pression limite et de la pression de fluage).

- Pose d'un piézomètre(PZ1) au doit de SP1 afin de suivre la fluctuation du niveau d'eau.

4.2 Etude complémentaire (mission G12 – août/septembre 20011)

- 2 sondages de reconnaissance au taillant à injection de bentonite en diamètre 63mm (SP10, SP20) descendus à 30,00m de profondeur par rapport au terrain naturel (TN). Ce type de sondage permet de reconnaître la nature des terrains et mesurer les caractéristiques mécaniques des différents faciès selon la profondeur, par l'intermédiaire de :

- 2 profils pressiométriques (mesures du module pressiométrique, de la pression limite et de la pression de fluage).

- Pose d'un piézomètre (PZ2) au droit de SP10 afin de suivre la fluctuation du niveau d'eau.

- **1 analyse physico-chimique d'eau** : agressivité de l'eau vis-à-vis du béton,
- **1 mise en place d'une sonde d'enregistrement** du niveau d'eau (capteur de pression) avec un relevé en continu sur 3 mois minimum,

Les sondages de l'étude complémentaire sont relevés en X, Y, et Z par un géomètre/topographe.

5 Altimétrie

Les sondages ont été calés à partir du plan topographique édité par le cabinet de géomètre Baure en date d'avril 2005.

Voici les altitudes des points de sondages :

Sondages	Altitude NGF (mètre)
SP1 / Pz1	+ 2,52
SP2	+ 3,40
SD1	+ 2,59
SP10/Pz2	+ 2,48
SP20	+ 2,44

Les points de sondages SP10 et SP20 sont repérés également en coordonnées Lambert III :

Sondages	Coordonnées Lambert III	
SP10/Pz2	323421,58	268004,90
SP20	323377,01	268057,30

Pour mémoire, le tableau suivant mentionne l'altitude de points ou niveaux remarquables :

Point	Altitude NGF (mètre)
Boulevard de la plage	+ 4,60 / + 4,90
Rue des marins	+ 3,40 / + 3,50
Quai	+ 3,20
Niveau bas du parking	+ 2,50

II. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

1 Lithologie

Les sondages et essais, ont été réalisés conformément à l'implantation figurant sur le plan de localisation (cf. annexe).

De nos sondages initiaux et complémentaires, il ressort un ensemble structural sableux globalement homogène avec des caractéristiques mécaniques variables en fonction de la profondeur.

Afin de corréler la lithologie et les caractéristiques mécaniques, nous classerons les sables de la manière suivante :

- Les faciès sableux de « surface » : sables gris beige marron à verdâtre,
- Les faciès sableux « intermédiaires » : sables gris beige, blanc coquillés,
- Les faciès sableux « profonds » (reconnus essentiellement en SP1 et SD1) : sable grossier orangé.

2 Caractéristiques géomécaniques

Au droit de nos différents sondages, les **caractéristiques pressiométriques** des différents faciès sont :

Faciès	Prof. (m/TN)				Nb essais	E_M (MPa)			Pl* (MPa)		
	SP1	SP10	SP20	SP2		Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Sableux de «surface»*	0,00 à 9,30	0,00 à 10,50	0,00 à 11,50	0,00 à 7,40	19	1,3	34,9	14,9	0,08	1,87	1,11
Sableux «intermédiaires»**	9,30 à 23,00	10,50 à >30,00	11,50 à >30,00	7,40 à >30,00	35	10,8	79,3	39,5	1,41	4,69	3,07
Sableux «profonds»	23,00 à >30,00	-	-	-	4	7,0	16,3	11,4	1,39	1,61	1,48

localement en SP20 à 3,00m de profondeur/TN, E_M = 88,8 MPa, et Pl = 4,09 MPa,
**localement en SP20 à 14,50m de profondeur/TN, E_M = 150,3 MPa, et Pl* = 4,90 MPa.

3 Remarques importantes

3.1 Sismicité

Selon le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français et entré en vigueur depuis le 1er mai 2011, le projet se situe en zone d'aléa faible.

3.2 Composante anthropique

Au droit du secteur d'étude, et à la demande du maître d'ouvrage, la société ECRenvironnement a réalisé et édité un rapport de diagnostic de pollution des sols en date du 04/08/2011 n°3300015.

III. HYDROGEOLOGIE –Mise Hors d'eau et Calcul du débit d'exhaure

1 Hydrogéologie locale de surface

Le site d'étude est concerné par l'aquifère libre Landes Aquitaine occidentale / Mio-Plio-Quaternaire n°127a0. Il s'agit d'un système aquifère libre correspondant à un vaste ensemble multi-couche, sablo-argileux, composé par les formations du Miocène supérieur au Quaternaire situé entre les ensembles Gironde-Garonne, Adour-Midouze et le littoral.

La nappe quaternaire, contenue dans les sables fins à moyens dont l'épaisseur atteint 35 à 40 m, présente des eaux de mauvaise qualité (forte teneur en fer et en matières organiques). Ces dernières sont toutefois exploitées en raison de leur grande accessibilité.

Le niveau piézométrique de cette nappe est généralement très proche de la surface. Il est dans le secteur d'étude directement lié au niveau de la mer avec laquelle les échanges sont directs. Cette nappe présente donc une très forte salinité avec une conductivité supérieure à 1 mS/cm.

1.1 Principaux captages et niveaux d'eau

Plusieurs points d'eau existent à proximité de la zone d'étude : il s'agit de forages à usage industriel exploités ou non. Les plus proches du projet sont détaillés ci-dessous.

Indice	Lieu-dit	Profondeur (m)	Nature	Usage/Etat
08258X0004/F	Docks	306,00	Forage	Eau industrielle non exploitée
08258X0009/F	Usine à gaz AEP	126,00	Forage	Rebouché
08258X0005/F	Desbiey	478,00	Forage	Eau collective
08258X0013/F	Société Nouvelle Gérance Maritime	130,35	Forage	Eau collective

Tableau 1 : Récapitulatif des ouvrages d'eau (BSS- BRGM)

La sensibilité des eaux souterraines est considérée comme forte étant donné les usages, l'infiltration rapide des eaux pluviales et l'absence d'une couverture imperméable protégeant cette masse d'eau.

D'après l'Agence Régionale de la Santé, le projet n'est pas concerné par les périmètres de protection des captages d'eau potable d'Arcachon. Le plus proche se situe à environ 1 km au sud-ouest, il s'agit du forage de Desbiey. Il capte la nappe de l'Eocène supérieur à 470 m de profondeur.

Figure 4 : Localisation des points d'eau (Extrait de la BSS - BRGM)

1.2 Suivi piézométrique

Les niveaux piézométriques mesurés dans les sondages réalisés sont compris entre 1,40 et 2,25 m/TN. Il est à préciser que ces niveaux ont été mesurés à différents moments de la journée. Le niveau d'eau fluctue au gré des marées, et selon un délai de réponse plus ou moins important.

Le tableau suivant mentionne les coefficients de marée ainsi que les hauteurs d'eau associées pour des marées à fort coefficient au cours des 3 mois à venir, à savoir de septembre à novembre 2011. Le marnage varie entre :

Basse mer = 0,18 << 0,52 m,

Haute mer = 4,28 << 4,77 m.

Horaires et coefficients des grandes marées pour Arcachon

SEPTEMBRE 2011											
Date		Matin					Après-midi				
		Coeff.	Pleine mer	Hauteur	Basse mer	Hauteur	Coeff.	Pleine mer	Hauteur	Basse mer	Hauteur
jeu	1	**109**	8h24	4,53m	2h23	0,23m	**105**	20h42	4,58m	14h37	0,27m
ven	2	**99**	9h06	4,39m	3h01	0,38m	**93**	21h26	4,34m	15h16	0,43m
mar	27	**104**	5h55	4,49m			**109**	18h13	4,70m	12h06	0,34m
mer	28	**113**	6h38	4,62m	0h37	0,22m	**114**	18h56	4,77m	12h53	0,20m
jeu	29	**115**	7h20	4,66m	1h21	0,19m	**113**	19h39	4,72m	13h37	0,18m
ven	30	**110**	8h02	4,61m	2h01	0,28m	**105**	20h23	4,56m	14h17	0,26m

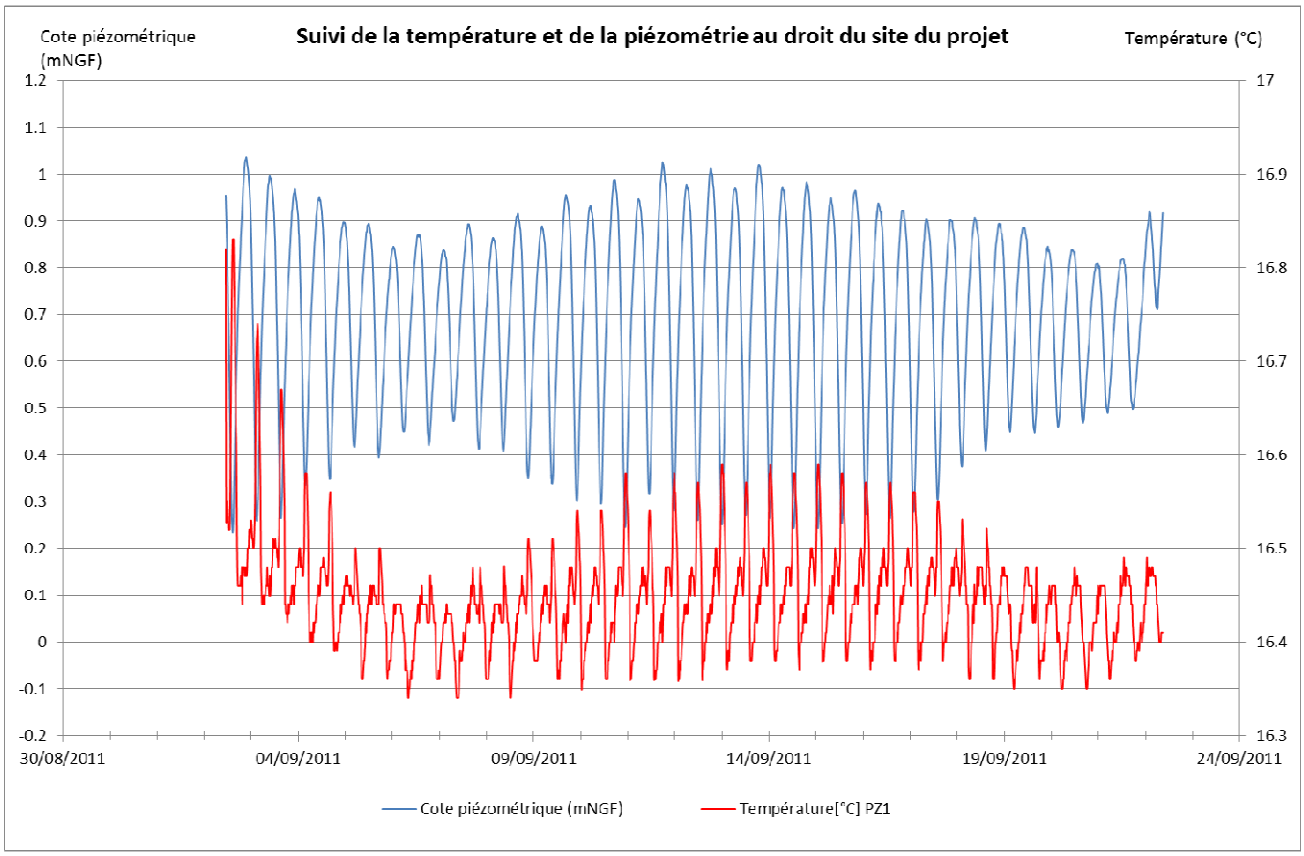
OCTOBRE 2011											
Date		Matin					Après-midi				
		Coeff.	Pleine mer	Hauteur	Basse mer	Hauteur	Coeff.	Pleine mer	Hauteur	Basse mer	Hauteur
sam	1	**98**	8h46	4,46m	2h40	0,46m	**91**	21h08	4,28m	14h57	0,45m
mer	26	**102**	5h30	4,51m	11h40	0,37m	**106**	17h50	4,64m		
jeu	27	**109**	6h15	4,63m	0h05	0,31m	**111**	18h36	4,68m	12h30	0,25m
ven	28	**111**	7h00	4,67m	0h57	0,30m	**109**	19h22	4,62m	13h16	0,23m
sam	29	**105**	7h45	4,62m	1h39	0,39m	**101**	20h08	4,45m	13h59	0,33m

NOVEMBRE 2011											
Date		Matin					Après-midi				
		Coeff.	Pleine mer	Hauteur	Basse mer	Hauteur	Coeff.	Pleine mer	Hauteur	Basse mer	Hauteur
ven	25	**100**	5h56	4,54m			**102**	18h21	4,48m	12h09	0,38m
sam	26	**102**	6h44	4,59m	0h35	0,47m	**102**	19h09	4,45m	12h58	0,35m
dim	27	**100**	7h31	4,57m	1h20	0,52m	**97**	19h57	4,34m	13h44	0,42m

Un suivi piézométrique de la nappe superficielle est réalisé dans le cadre de la présente étude. Un enregistreur de niveaux a été installé dans le piézomètre Pz2.

Ce suivi permet de mettre en évidence le battement de la nappe en fonction des variations de la marée dans le port de plaisance. Le marnage observé dans le piézomètre est de l'ordre de 1,00 m.

Les niveaux piézométriques relevés par cet enregistreur sont présentés dans le graphique suivant :



Dans le secteur d'étude, le niveau piézométrique de la nappe superficielle se situe entre 1,44 et 2,25 m de profondeur soit entre 0,23 et 1,03 m NGF sur la durée du suivi.

2 Dispositif de pompage

Le dispositif mis en place lors de la réalisation de l'essai de puits était composé de :

- **1 puits de pompage** (SP10) descendu à 13,00 m de profondeur en foration et équipé de 0 à 13 m/sol, d'un diamètre intérieur de 100 mm. Il était constitué d'une hauteur crépinée de 12 m et d'une hauteur pleine de 1,0 m. Ce puits a été réalisé sans tubage provisoire et à donc été arrêté au refus du fonçage du PVC.

- **1 pompe immergée de diamètre 2''** délivrant un débit compris entre 1 et 2 m^3/h.

- **1 piézomètre** de 11,55 m de profondeur en diamètre intérieur 45 mm à 2,80 m vers l'est du puits.

3 Interprétation de l'essai de pompage

3.1 Déroulement de l'essai

La pompe a été disposée dans le puits SP10 d'un diamètre intérieur 100 mm. Cette pompe a été mise en place aux alentours de 7,50 m de profondeur par rapport au TN actuel, soit avec une colonne d'eau d'environ 5,00 m au-dessus de la pompe.

Avant pompage, le niveau piézométrique au repos était de 1,58 m/TN. L'essai de pompage a débuté à un débit de 1,50 m^3/h et a été augmenté à 2 m^3/h après 20 minutes de suivi.

Le suivi de la descente a été effectué sur une durée totale de 1h40.

Une fois la descente observée, les mesures de remontée en fonction du temps ont été réalisées.

3.2 Essai de pompage

Le niveau piézométrique de départ était de 1,58 m par rapport au sol. Le palier maximal a été réalisé jusqu'à un rabattement de 0,87 m. Le tableau suivant présente la synthèse de l'essai de pompage réalisé.

PALIER	Durée du pompage (minute)	Rabattement final (m)	Débit moyen (m^3/h)	Débit spécifique (m^3/h/m)
N°1	20	0,68	1,5	2,2
N°2	50	0,87	2,0	2,3

Tableau 2 : Descriptif de l'essai par paliers

A la fin du pompage, la remontée du niveau d'eau a été observée durant 31 minutes et celui-ci a atteint son niveau statique avant rabattement, en un temps relativement court. Le débit spécifique de l'ouvrage est de l'ordre de 2,3 m^3/h/m de rabattement.

3.3 Détermination des paramètres hydrodynamiques à partir de la descente

Dans un premier temps, on établit la courbe expérimentale s =f [log (t)]. Cette représentation peut être employée avec plusieurs régimes de débit successifs. Le débit de départ est de 1,5 m^3/h.

Il faut alors appliquer le principe de la superposition temporelle lequel conduit à exprimer le rabattement tel que : pour un débit Q1 compris entre 0 et un temps t1, un débit supérieur Q2 entre t1 et le temps t et ainsi de suite.

$$s_p = \frac{Q_1}{4\Pi T}\ln\left(\frac{2.25Tt}{Sr^2}\right) + \frac{Q_1 - Q_2}{4\Pi T}\ln\left(\frac{2.25(t-t_1}{r^2 S}\right)$$

Le rabattement exprimé en fonction du logarithme temporel présentera deux droites avec deux pentes différentes. A partir de ces éléments on pourra estimer les coefficients de transmissivité et d'emmagasinement.

On réalise ensuite la droite d'approximation avec le coefficient directeur de la droite et son abscisse à l'origine noté t_0 tel que Δs (la pente) soit le rabattement correspondant à 1 cycle logarithmique.

$$\frac{ds}{d\log t} = \Delta s = \frac{2{,}3}{4.\pi}.\frac{Q}{T} \qquad T = \frac{2{,}3}{4.\pi}.\frac{Q}{\Delta s}$$

De plus si l'on prolonge la droite jusqu'à ce qu'elle coupe l'axe des abscisses tel que s=0m on obtient le temps t_0 :

$$s = o = \frac{1}{4\pi}.\frac{Q}{T}\ln\left(\frac{2{,}25.T.t_0}{r^2.S}\right)$$

D'où

$$S = \frac{2{,}25.T.t_0}{r^2}$$

L'exemple présenté ci-dessous est celui de la descente et de la remontée du niveau dynamique dans le puits exprimé en fonction du temps.

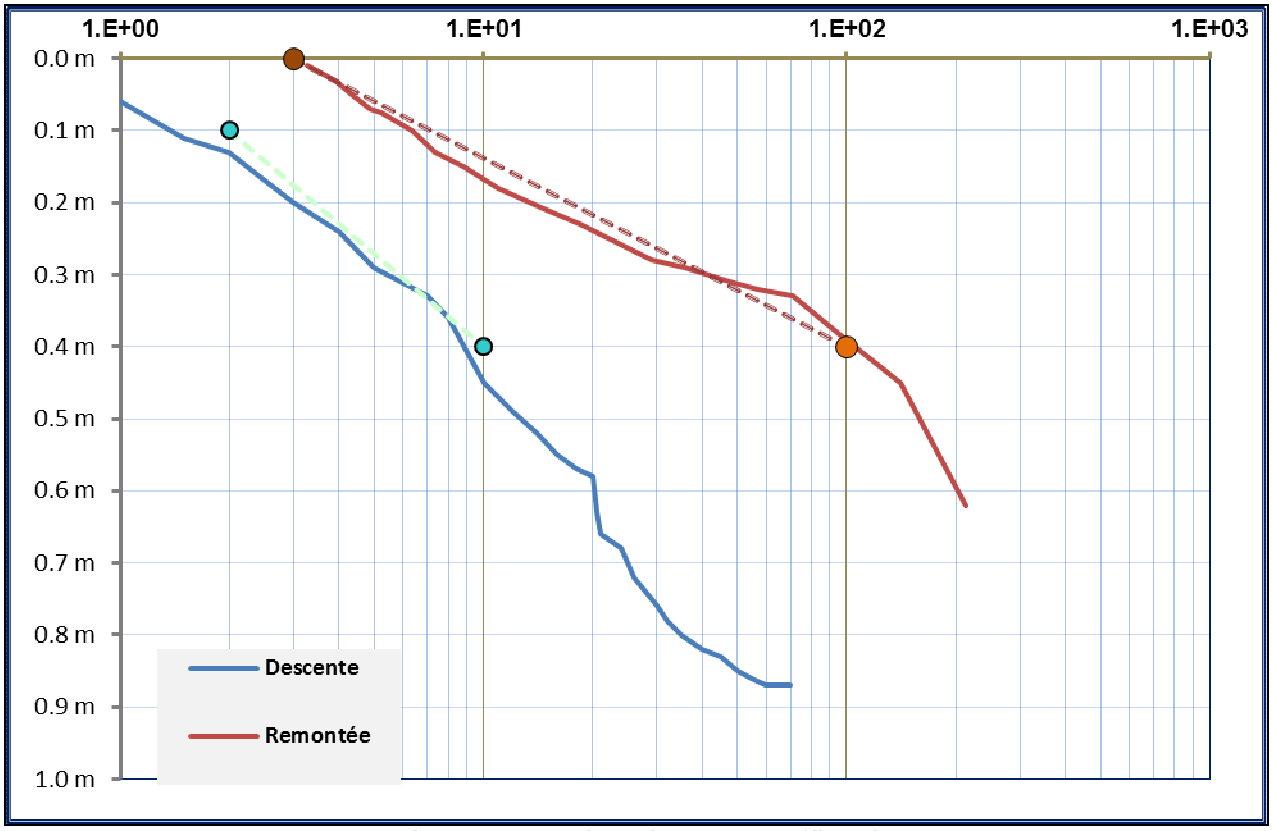


Figure 5 : Courbe rabattement= f(log t)

On utilise la solution analytique de Cooper Jacob sur une portion de rabattement.

Cette droite d'approximation de Cooper-Jacob va nous permettre d'établir une valeur de transmissivité et d'emmagasinement.

Pour cet essai d'interprétation de nappe, on trouve les paramètres suivants :

Pt2	Partie linéaire du rabattement
Δs (m)	0,3
Q (m^3/h)	1,5
T (m^2/s)	$2{,}5.10^{-4}$
t0 (s)	54
S	12

Cette méthode a été réalisée pour l'ensemble des valeurs de rabattements obtenus au cours de la descente du niveau de la nappe. La valeur la plus pessimiste pour les travaux a été retenue.

3.4 Etude de la remontée de la nappe

Lorsque le pompage est stoppé, le niveau dans le puits remonte vers sa valeur initiale avant pompage. Les rabattements mesurés correspondent aux rabattements résiduels dont l'équation est donnée par l'équation de Theis-Jacob modifiée pour l'étude de la remontée.

On utilise le principe de superposition pour déterminer les effets de l'arrêt du pompage. Ainsi, on combine une poursuite théorique du pompage associée à une injection fictive avec des même valeurs de débits opposée l'une à l'autre.

Le rabattement est mesuré dans le puits de pompage.

L'expression mathématique de cette superposition est définie par la relation ci-après :

En simplifiant l'expression de superposition temporelle, on obtient une expression du rabattement tel que :

$$s = \frac{2{,}3}{4\pi} \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log\left(\frac{t_a + t'}{t'}\right)$$

- ✓ t_a : temps écoulé depuis l'origine du pompage jusqu'à son arrêt ;
- ✓ t' : le temps compté après cet arrêt ;
- ✓ s : la continuation de l'enregistrement du rabattement dans le puits;
- ✓ Q : valeur de débit du pompage ayant crée le rabattement initial.

On réalise le calcul comme précédemment, à l'aide d'un graphique semi-logarithmique.

On trace la courbe expérimentale de l'essai avec :

$\log\left(\frac{t_a + t'}{t'}\right)$ en abscisse et *s* en ordonnée.

On représente ci-dessous le résultat de la transmissivité lors de la remontée dans le forage.

Pt2	Partie linéaire du rabattement
T (m²/s)	$3{,}8.10^{-4}$

3.5 Interprétation de l'essai de pompage

Les résultats de cette essai de pompage montrent tout d'abord un aquifère qui réagit rapidement à l'arrêt du pompage et dont le niveau revient vite à son état d'origine (30 min). De plus, les valeurs de transmissivité sont caractéristiques d'un aquifère semi-perméable composé de sables très fins silteux.

Les valeurs de Transmissivité, perméabilité moyenne et emmagasinement retenues sont les suivantes :

- Transmissivité : **T = 2,5.10^{-4} m²/s**
- Perméabilité moyenne : **K = 1,9.10^{-5} m/s.**
- Emmagasinement : **S = 12**

Ces valeurs sont caractéristiques d'une nappe libre présentant une mauvaise perméabilité.

4 Evaluation des débits d'exhaure

Le projet envisage de réaliser une excavation correspondant au bâtiment principal d'une superficie de 2 740 m². Le décaissement nécessaire pour réaliser ces excavations sera de l'ordre de 6,20 m/TN.

Méthode de Davindenkoff :

La **méthode de Davidenkoff** dans le cas de la mise en place de batardeaux carrés pour protéger les bords de fouille.

Le débit pour une enceinte fermée de rectangulaire est donné par la relation :

$$Q = \frac{2 \times K \times H \times L}{\phi_1 + \phi_2} \times (1 + \frac{B}{L})(1 - 0.3\frac{B}{L})$$

Avec : K = 2.10^{-5} m/s
H = 4 m maximum
$\phi_1 et \phi_2$: valeurs données par un abaque
2B : largeur de l'enceinte
L : longueur de l'enceinte

Le tableau ci-dessous présente le bilan des débits d'exhaure nécessaires par mètre de fouille dans le cas de la mise en place de batardeaux carrés.

Hauteur d'eau à rabattre (m)	4
2B	20
L	137
Φ1	0.95
Φ2	0.80
K (m/s)	0.00002
Débit d'exhaure théorique (m^3/h)	47.3

Le calcul conduit à un débit de l'ordre de 50 m^3/h pour une enceinte de 20 m de large pour 137 m de long.

Le mode de pompage devra être adapté au matériau du site afin d'éviter tout phénomène d'affouillement et de renards.

L'exutoire des eaux de pompage devra être défini en accord avec la mairie et le gestionnaire des réseaux de collecte des eaux pluviales.

Le cadre réglementaire :

Les travaux de rabattement de nappes sont soumis à la règlementation au titre des articles L214-1 et suivants du code de l'Environnement (loi sur l'eau). Les rubriques concernées par le présent projet sont à priori les suivantes :

Rubrique	Intitulé	Caractéristiques	Régime
1.1.1.0	Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau	Ouvrage souterrain en vue d'un prélèvement temporaire dans les eaux souterraines	D
1.1.2.0	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exception de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé	Le volume total prélevé étant supérieur à 10 000 m^3/an mais inférieur à 200 000 m^3/an	D

D : Déclaration A : Autorisation

IV. RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES

1 Analyse géotechnique

Les observations lithologiques, l'organisation des couches et les mesures géotechniques mettent en évidence les contraintes géotechniques suivantes :

- Des sols sableux de « surface » (entre 7,40m en SP2 à 11,50 en SP20) dotés d'une portance moyenne à faible,
- Des sols sableux sous-jacents dotés de bonnes caractéristiques de mécaniques,
- La présence d'eau reconnue vers 2,00 m de profondeur soit à la cote environ de 0,50 NGF.

2 Possibilité de fondations

Le mode de fondation du projet devra faire état de l'importance et de la géométrie des charges apportées ainsi que de la nécessité de mobiliser un horizon portant, homogène et de bonne qualité.

Compte tenu du projet à réaliser (3 niveaux dont 2 enterrés), des charges importantes à reprendre (250 à 300 t en appui isolé) et des contraintes décrites ci-dessus, le système de fondations envisagé devra être profond incluant la problématique hydraulique. Dans ce contexte spécifique, plusieurs systèmes de fondations et techniques peuvent être envisagés : paroi moulée avec terrassement en taupe ou non, pieux sécants ou pas avec mise en place d'un batardeau (palplanches), etc.

Dans tous les cas, la base des fondations profondes devra être descendue au minimum dans l'horizon des sables « intermédiaires », en respectant la plus restrictives des conditions suivantes :

- 5 fois la largeur de la paroi,
- 3,00m d'ancrage,
- Cote d'assise <-11,00NGF.

A ce stade de l'étude, nous étudierons la solution de **paroi moulée** (enceinte étanche et forage sans vibration) avec un terrassement à l'avancement. Ce système assure à la fois le statut de batardeau en phase chantier et le statut de fondation pour les charges appliquées sur les murs périphériques au bâtiment. En plus de cette paroi moulée, afin de reprendre les charges intermédiaires (appuis isolés), au centre du bâtiment, il sera nécessaire de mettre en œuvre des pieux et/ou barrettes forés à la boue.

3 Principe général de mise en œuvre

La paroi moulée réalisé sur le périmètre du bâtiment sera effectuée à partir du terrain actuel. Pendant la phase des travaux de terrassements, elle sera maintenu par des butons provisoires et/ou bracons. Un pompage sera mis en place en fond de fouille afin de collecter les arrivées d'eau et de les évacuer hors de l'emprise des travaux. En phase service, certaines dalles pourront servir de butons, ou dans le cas contraire, il conviendra de prévoir des tirants.

A titre indicatif, les caractéristiques géométriques de la paroi moulée (épaisseur, profondeur d'ancrage,…) sont définies dans les calculs suivants. Il sera également déterminé la stabilité du fond de fouille.

4 Etude de la paroi moulée

4.1 Méthodes de calcul

4.1.1 *Soutènement des terres*

La paroi moulée est calculée comme une juxtaposition de poutres verticales soumises à la poussée, la butée des terres, et à la poussée de l'eau, appuyées sur des butons pour les phases de travaux. Il conviendra de vérifier le boutonnage de la paroi moulée, par les planchers, en phases services.

L'action exercée par le terrain sur chaque face de la paroi est calculée en tenant compte du comportement élasto-plastique des terrains. Le logiciel utilisé est RIDO.

4.1.2 *Portance de la paroi moulée*

La portance de la paroi est estimée conformément au DTU 13-2 à partir des résultats des essais pressiométriques. Les sollicitations s'exerçant sur la paroi moulée seront simultanément équilibrés par la résistance de pointe Q_p, s'exerçant sous la base de la paroi par ml et par le frottement latéral Q_s, mobilisable par ml de fiche de la paroi.

-L'effort de pointe limite qp se calcule par la formule :

$$Qp = A * kp * ple$$

avec :

A = surface de la paroi par ml,
Kp = facteur de portance,
Ple = Pression limite équivalent.

-Le frottement latéral Qs, se calcule par la formule :

$$Q_s = 2\sum_{i=1}^{n}\left[q_{si} \times h_i\right]$$

avec :

h_i : hauteur du contact sol/paroi,
q_{si} : frottement latéral unitaire limite par ml de fiche de paroi ; la paroi moulée est un ouvrage de type « foré béton ».

La charge admissible à l'état Limites de Service sera :

$$Q_{ELS} \leq \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{2}$$

4.2 Hypothèses et paramètres de calcul

4.2.1 *Hypothèse géotechnique*

La stratigraphie et les caractéristiques géotechniques des sols prises en compte dans les calculs sont récapitulées dans le tableau ci-dessous. Elles se basent sur le sondage SP10 :

Faciès	Epaisseur (m)	Pl* (MPa)	Caractéristiques intrinsèques			Courbe DTU 13.2	Frottement latéral unitaire limite ultime qs (MPa)
			Cohésion C' (T/m²)	φ' (°)	Densité γ (T/m³)		
Sableux de « surface »	10,50	0,30	0	25	1,8	Abis	0,015
Sableux « intermédiaires »	11,50	2,89	0	34	1,9	B	0,12

4.2.2 *Paramètres de calculs*

Le tableau suivant indique l'ensemble des caractéristiques de sols à prendre en compte pour les calculs :

Faciès	γ (T/m³)	C' (T/m²)	φ' (°)	Ka	Kp	K0	K (T/m³)
Sableux de « surface »	1,8	0	25	0,409	2,448	0,580	1900
Sableux « intermédiaires »	1,9	0	34	0,286	3,503	0,444	3900

Avec :

- Ka et Kp : valeurs des coefficients de poussée – butée adoptées (Caquot-Kérisel-Absi),
- K0 : la poussée des terres au repos,
- K : la réaction élastique des terrains, estimée ici à l'aide des abaques de Chadeisson.

4.2.2 Coupe en travers

La coupe en travers du projet de terrassement figure en annexe.

4.3 Résultats

4.3.1 Soutènement des terres

Un principe de terrassement pour la création de l'ouvrage consisterait à :

-Réaliser de la paroi moulée (0,60m de largeur) descendue à -11,00NGF,

-Rabattre le niveau d'eau dans l'enceinte de la fouille au fur et à mesure des terrassements,

-Excaver des sols avec mise en place de butons ou de bracons,

-Créer les planchers.

En considérant ce principe de réalisation précédent et en fonction des caractéristiques intrinsèques de chaque matériaux, les déplacements théoriques envisageables de la paroi de soutènement devraient être acceptables.

4.3.2 Portance de la paroi

La portance à l'état limite de Services d'une paroi moulée de 0,60m de largeur descendue à 14,20m par rapport au quai actuel (cote d'assise de la paroi à -11,00 NGF) est de l'ordre de 132 tonnes, auquel s'enlève le poids de la paroi moulée.

4.3.3 Stabilité du fond de fouille

La stabilité du fond de fouille en phase travaux doit être vérifiée vis-à-vis des phénomènes de renard hydraulique en considérant que la perte de charge se fait dans le faciès sableux « intermédiaires ». Suite à une approche graphique (Abaque de Mandel), la profondeur de la paroi définie ci-dessus (cote d'assise -11,00NGF) assure la stabilité du fond de fouilles.

4.3.4 Remarque importante

Nous rappelons que tous ces calculs sont donnés à titre indicatif, et qu'il reviendra à l'entreprise de choisir son type de soutènement et de fournir ces notes de calculs.

5 Dallage

Compte tenu des niveaux d'eau mesurés, la réalisation d'un cuvelage sera nécessaire. La dalle du sous-sol devra être dimensionnée à la poussée hydrostatique.

Les conclusions de ce présent rapport sont données sous réserves des conditions particulières jointes.

CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou Procès verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à E.C.R. ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du Rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'E.C.R. ENVIRONNEMENT.

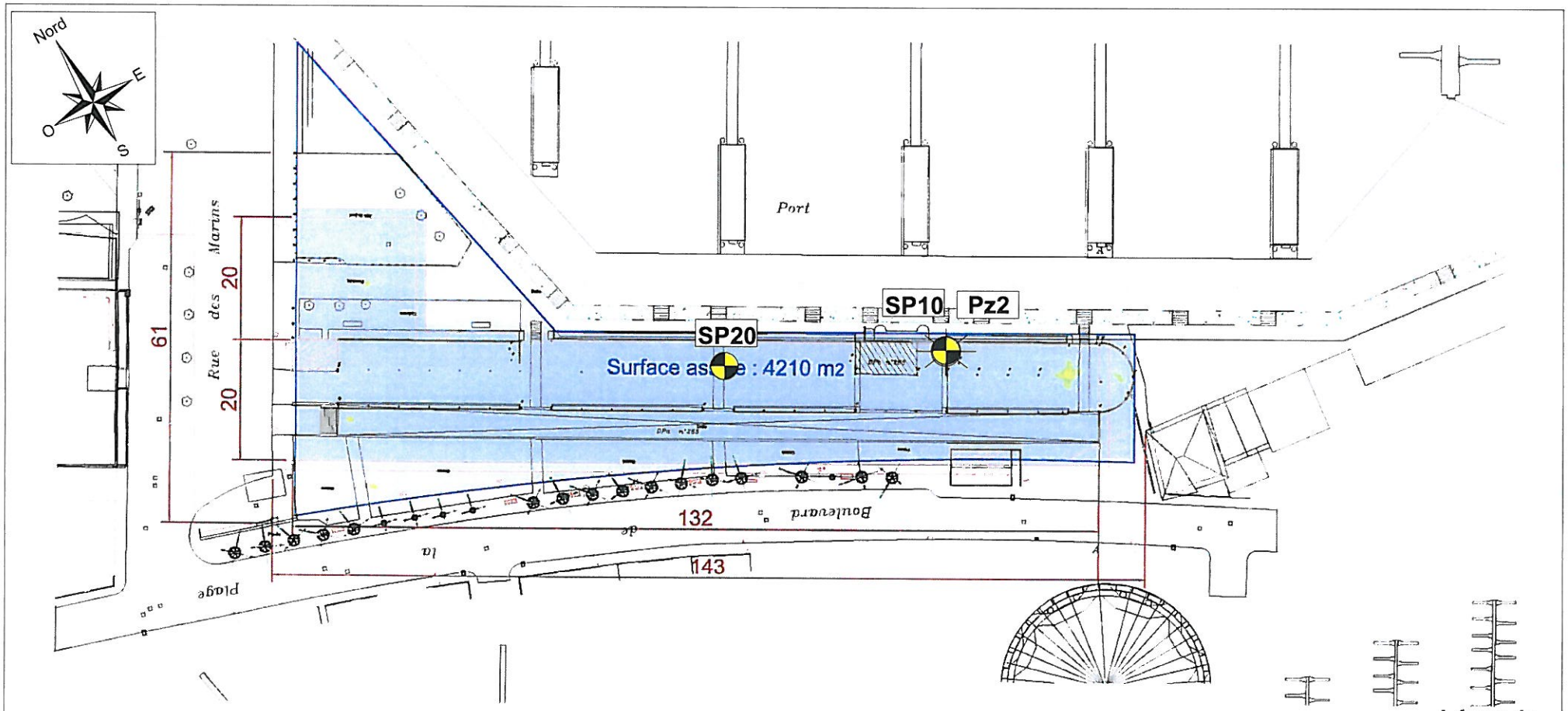
La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

Annexes

Etude de sol préalable à la construction
Centre de Recherche d'Ecologie Marine (ARCACHON - 33)

Dossier n°3300010 | **Localisation des sondages** | **Juillet 2011**



ENVIRONNEMENT
INGENIERIE DU SOL ET DE L'ENVIRONNEMENT

0 — 40 m

Légende

SP : Sondage pressiométrique

Pz : Piézomètre

ENVIRONNEMENT
INGENIERIE DU SOL ET DE L'ENVIRONNEMENT

Client : Université de Bordeaux 1

Etude : Centre de Recherche d'Ecologie Marine

Echelle : 1 / 150

Dossier: 3300010

Site : Boulevard de la Plage ARCACHON (33)

Sondage : **SP10**

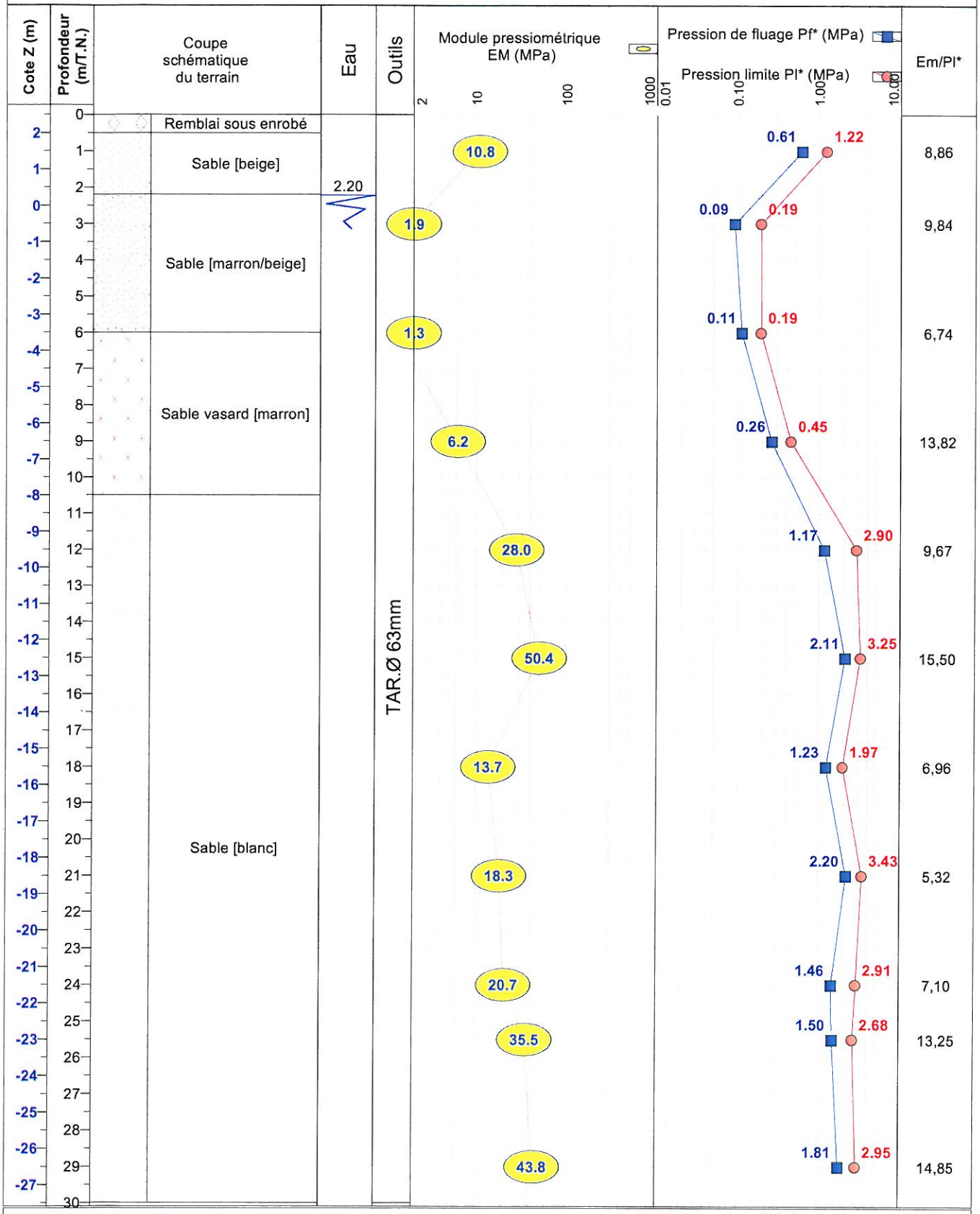
Type : Pressiométrique

Z: 2,5 m NGF

X:

Y:

Date : 04/07/2011



Observations :

CPV (Type/n°série) :

ENVIRONNEMENT
INGENIERIE DU SOL ET DE L'ENVIRONNEMENT

Dossier: 3300010

Site : Boulevard de la Plage ARCACHON (33)

Sondage : **SP20**

Type : Pressiométrique

Client : Université de Bordeaux 1

Etude : Centre de Recherche d'Ecologie Marine

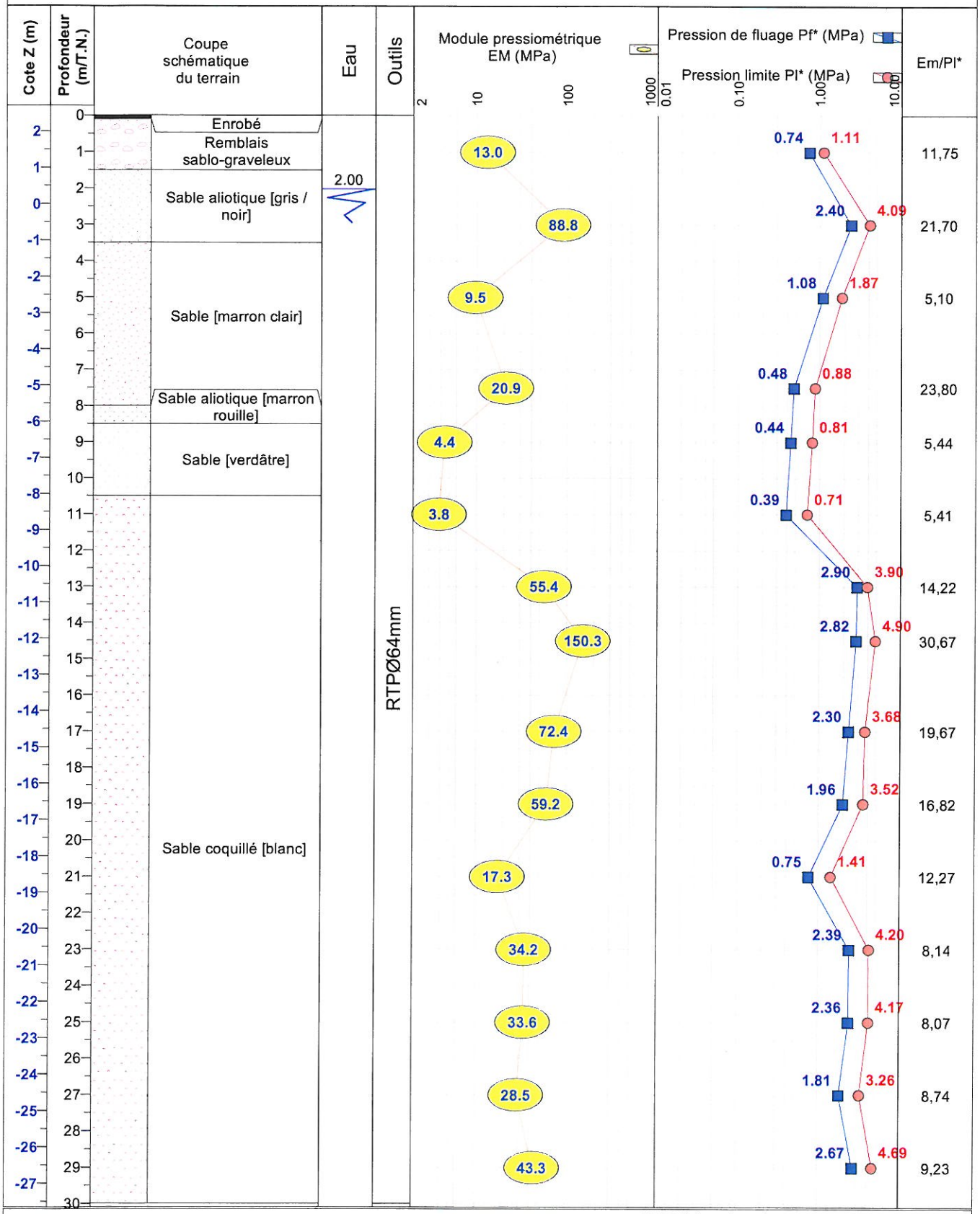
Z: 2,44 m NGF

Date : 24/08/2011

X:

Y:

Echelle : 1 / 150

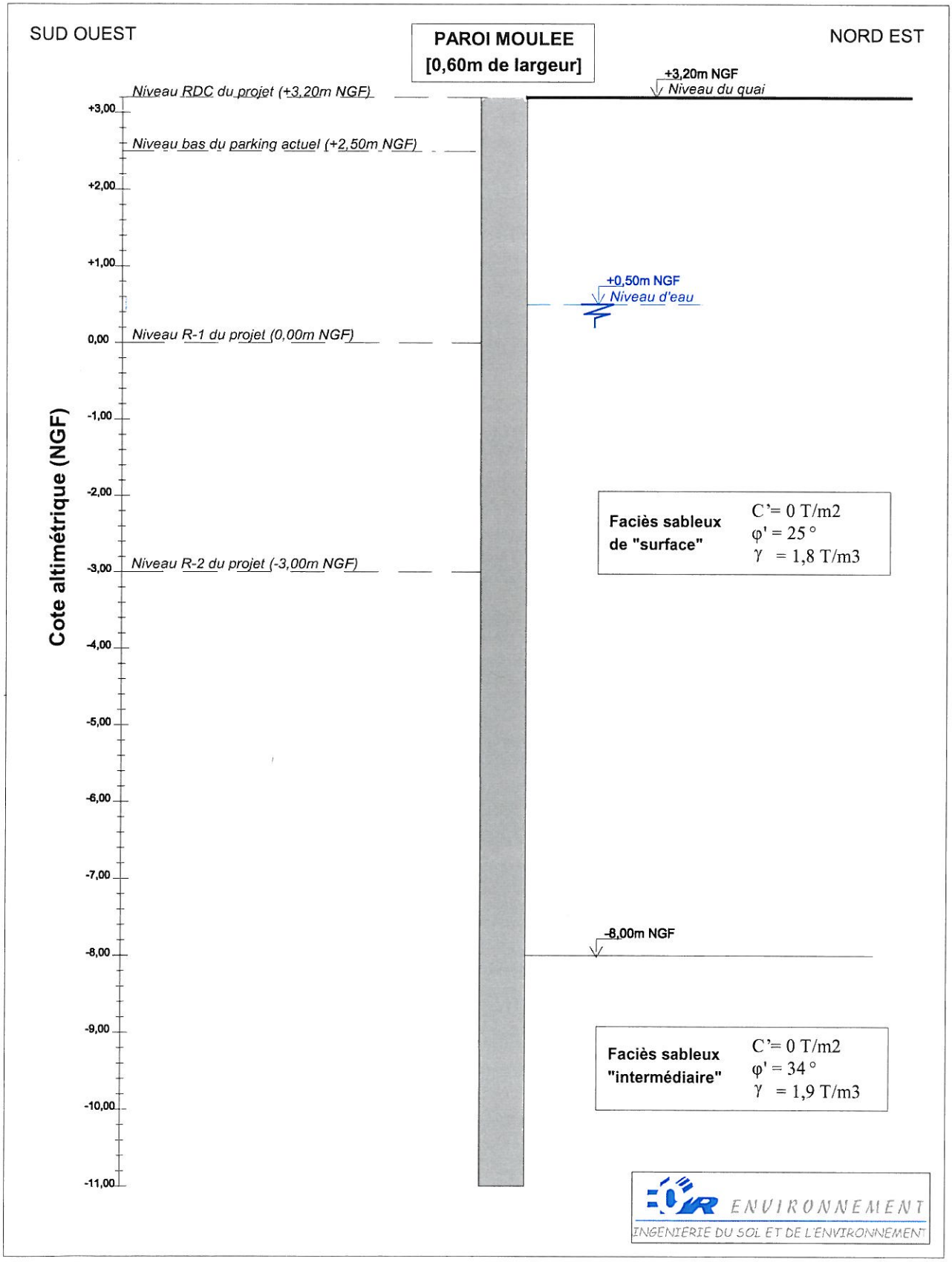


Observations :

CPV (Type/n°série) :

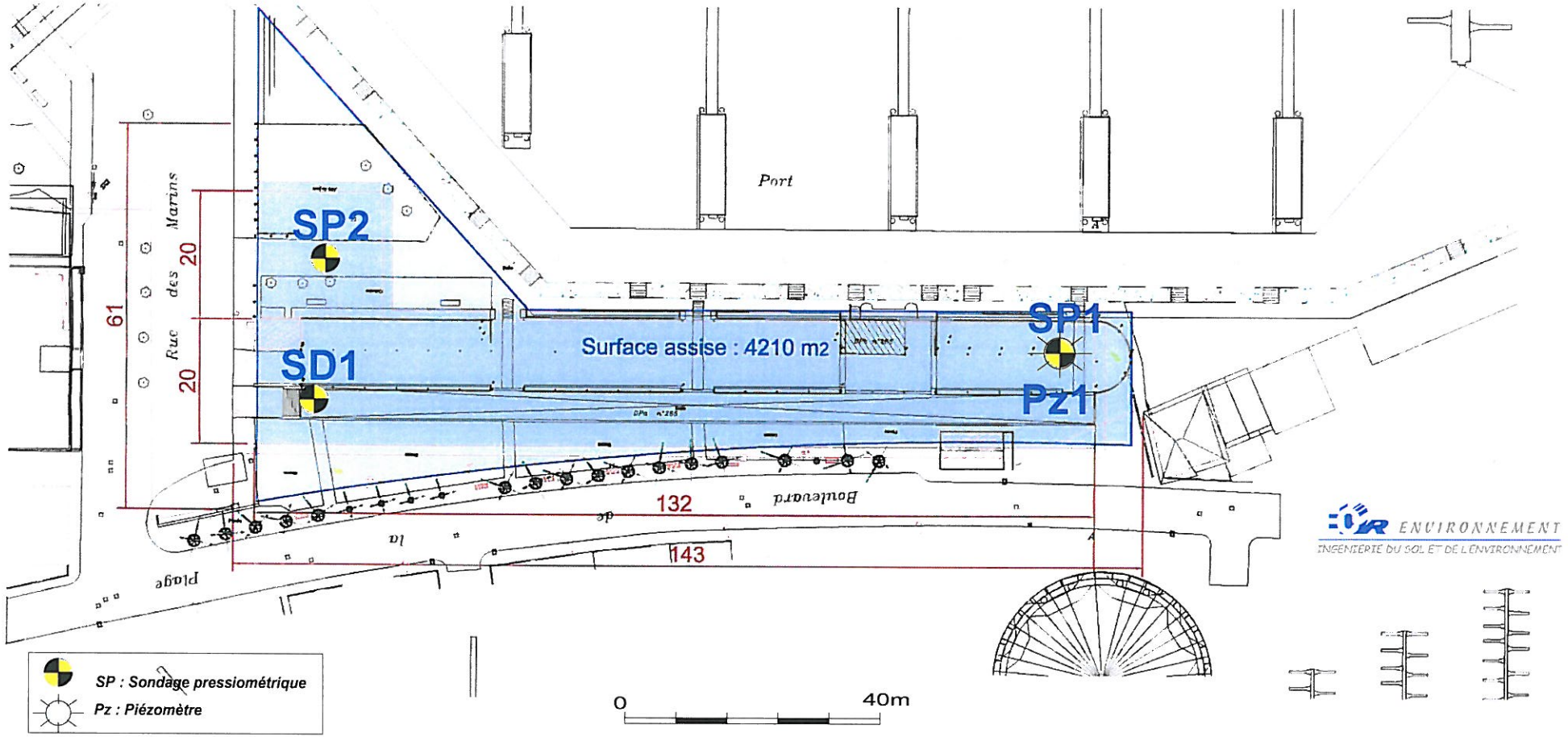
COUPE SYNTHETIQUE - COMMUNE D'ARCACHON

DOSSIER n°3300010 - Septembre 2011



Etude géotechnique préalable à la construction
Centre de recherche d'Ecologie Marine (Arcachon 33)

Dossier n°9266 | **Annexe 1 : Localisation des sondages** | **Septembre 2008**



Dossier: 9266

Site : Port de Plaisance, ARCACHON (33)

Sondage : **SP1+PZ**

Type : Pressiométrique

Z: 2,52 m

X:

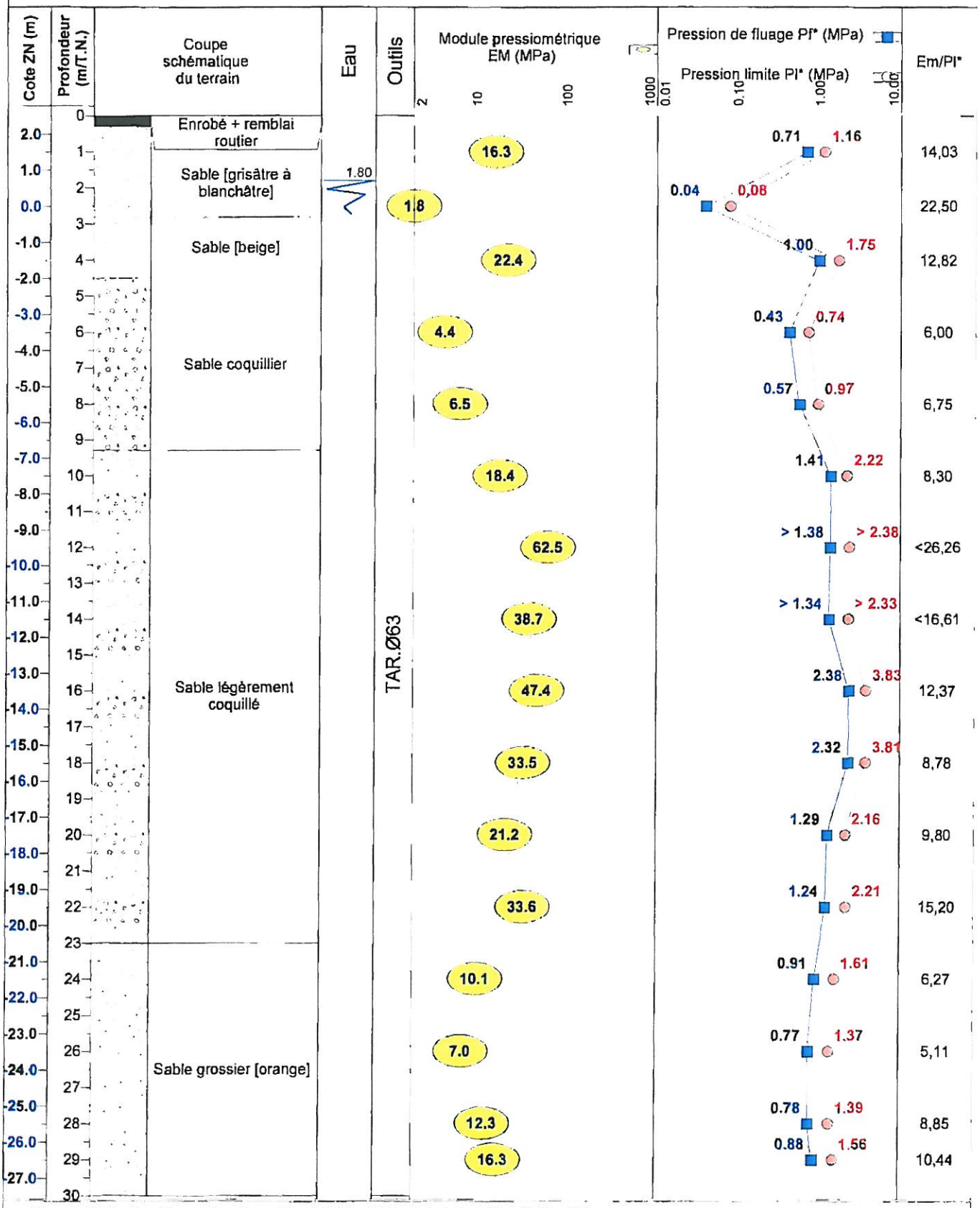
Y:

Date : 30/09/2008

Client : Université bordeaux 1

Etude : Centre de Recherche d'Ecologie Marine

Echelle : 1 / 150



Observations : Pz : Pose d'un piézomètre à 9,00m/TN (crépiné de 4,50 à 9,00m/TN)

ENVIRONNEMENT
CELLULE GEOTECHNIQUE

Dossier: 9266

Site : Port de Plaisance, ARCACHON (33)

Sondage : **SD1**

Client : Université bordeaux 1

Etude : Centre de Recherche d'Ecologie Marine

Type : Sondage de reconnaissance

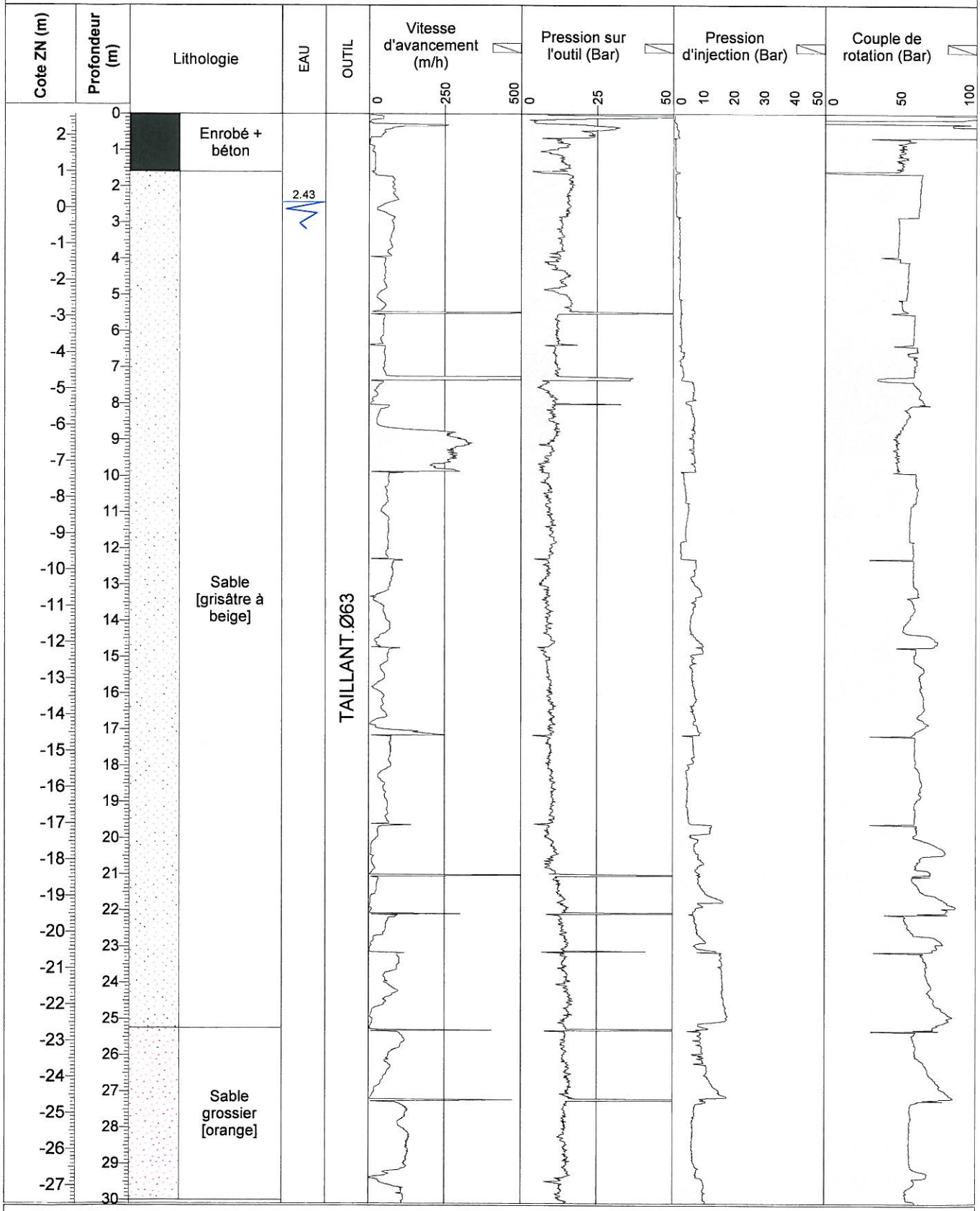
Z: 2,59 m

Date : 03/10/2008

X:

Y:

Echelle : 1 / 150



Observations :

ENVIRONNEMENT
CELLULE GÉOTECHNIQUE

Dossier: 9266

Site : Port de Plaisance, ARCACHON (33)

Sondage : **SP2**

Client : Université bordeaux 1

Etude : Centre de Recherche d'Ecologie Marine

Type : Pressiométrique

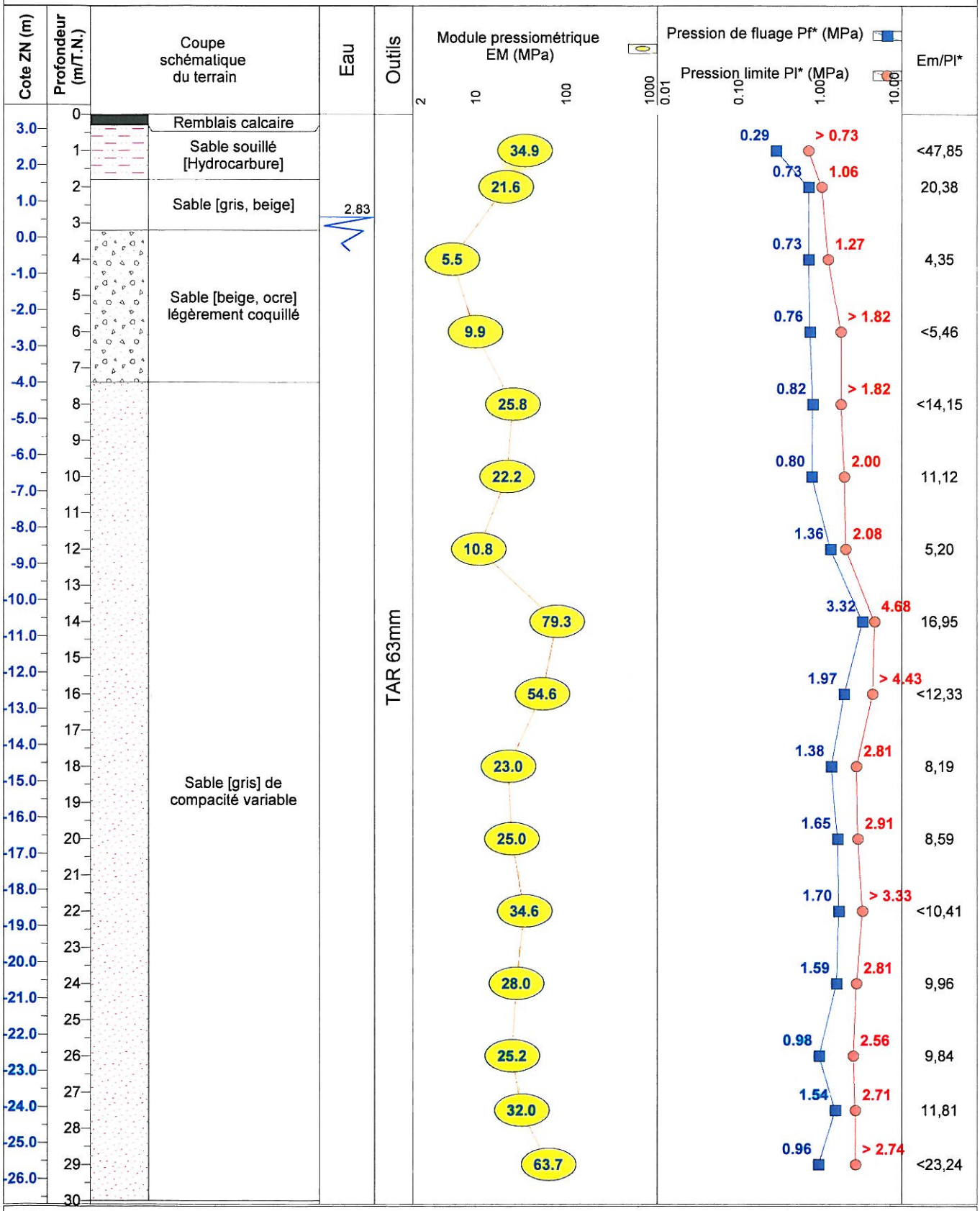
Z: 3,4 m

X:

Y:

Date : 01/10/2008

Echelle : 1 / 150



Observations :