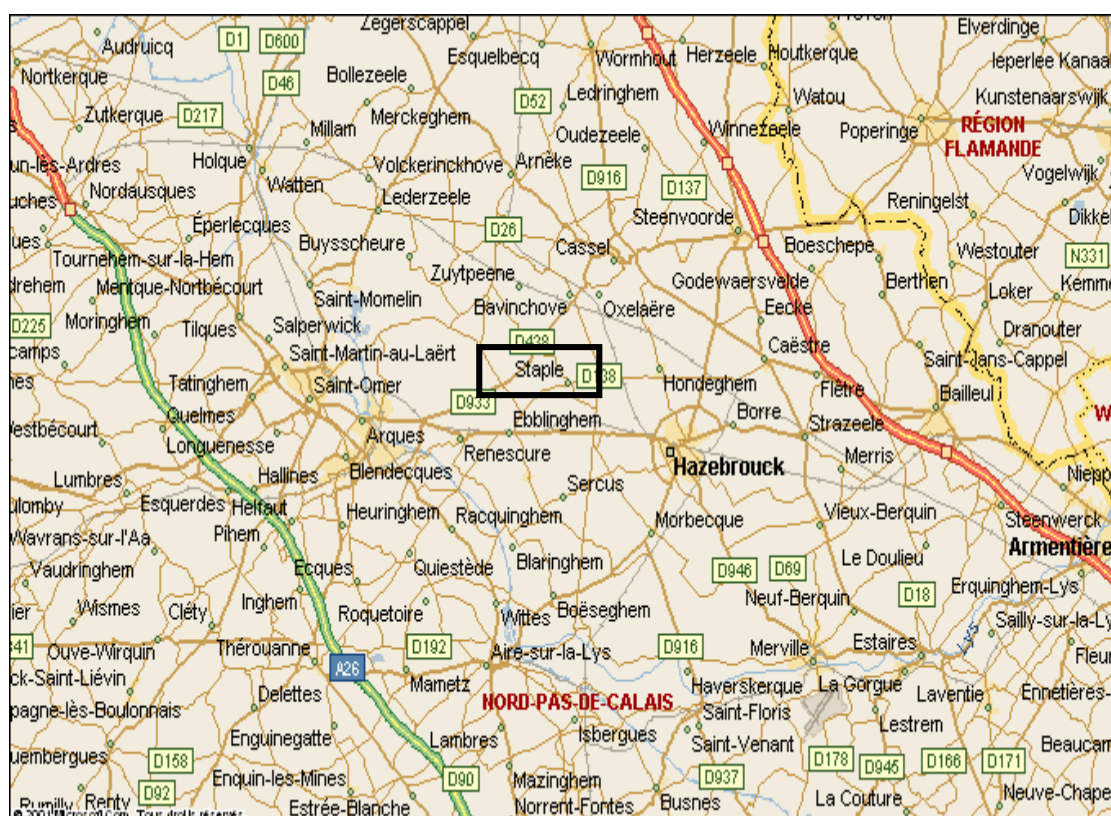


Le 12 juillet 2011

# POLE SCOLAIRE

**ETUDE DES SOLS DE FONDATIONS**  
**Mission type G12**  
**Dossier 11-144**

Commune de STAPLE  
Contour du Château

## **1 – OBJET DU MARCHE**

Le projet prévoit la construction d'un pôle scolaire de type R+0 situé Contour du Château sur la commune de STAPLE

L'ensemble ne comporte ni cave, ni sous-sol.

Les pièces qui nous ont été fournies pour cette étude sont :

- plan de situation
- plan de masse
- plan des étages
- plan des façades
- plan de l'existant

Les intervenants sont :

- Maître d'ouvrage : HOTEL DE VILLE  
Rue de la Mairie  
59190 STAPLE
- Maître d'œuvre : D.L.F. INGENIERIE  
11 rue Dampierre  
59140 DUNKERQUE
- Bureau d'étude de sols et entreprise de sondages :  
GEOMECA  
P.A. de la Broye  
59710 ENNEVELIN

## **2 – INVESTIGATIONS**

Les travaux sur le terrain ont consisté en la réalisation de :

- 2 sondages de reconnaissance (PR1 à PR2) de 10.00 m avec prélèvements d'échantillons remaniés et essais pressiométriques tous les mètres jusque 5.00 m puis tous les 1.5 m ;
- 2 sondages de reconnaissance (S1 à S2) de 7.00 m et 3.00 m avec prélèvements d'échantillons remaniés ;

Ces investigations sont reportées sur le plan d'implantation joint en annexe A.

Par ailleurs, les prélèvements d'échantillons ont fait l'objet d'identification en laboratoire, à savoir :

- 3 mesures de la teneur en eau naturelle ;
- 1 mesure des limites d'Atterberg ;

### **3 – CONTEXTE GEOLOGIQUE**

#### **3.1 – Remblais**

Les remblais sont constitués pour l'essentiel de terre végétale et de dépôts limoneux associés à des éléments divers tels que cassons de briques, scories, ternaires, etc.... Leurs épaisseurs sont comprises entre 0.30 m et 0.50 m au droit des forages.

##### Remarque :

- Les résultats donnés par les sondages sont ponctuels et ce type de dépôts est susceptible de présenter des variations latérales et verticales, tant du point de vue de la nature que de l'épaisseur (en particulier à proximité d'un site construit)

#### **3.2 – Dépôts superficiels**

Les horizons superficiels sont constitués en tête par un limon de teinte marron sableux légèrement argileux.

#### **3.3 – Substratum**

Ce dernier a été rencontré vers une profondeur de 4.00 m au droit des forages. Il est constitué :

- en assise supérieure par une argile grise plus ou moins sableuse ;
- en assise inférieure par une argile de teinte grise ;

Les sondages ont donné lieu à l'établissement de coupes géologiques jointes en annexe B.

#### **3.4 – La nappe**

En ce qui concerne la nappe, une venue d'eau a été observée en fin de forage (niveau non stabilisé) vers une profondeur moyenne de 1.20 m par rapport au terrain naturel actuel. Ce niveau sera soumis aux fluctuations saisonnières et remontera en période de hautes eaux.

De plus la nature des horizons rencontrés en tête de forage sera à l'origine d'une accumulation d'eau en période pluvieuse.

Il y aura donc lieu éventuellement de mettre en œuvre une barrière anti-capillarité afin de limiter les remontées d'humidités et collecter ces eaux avant tout coulage des bétons.

Il faudra prévoir la réalisation d'un drainage.

## 4 – CARACTERISTIQUES MECANQUES DES SOLS

### 4.1 – Examen des pressiogrammes

Chaque essai pressiométrique détermine deux caractéristiques mécaniques essentielles du sol :

- la pression limite (PI en MPa) qui correspond à l'état limite de rupture et qui permet le calcul de la capacité portante.
- le module pressiométrique (E en MPa) qui caractérise le comportement contraintes déformations dans la phase pseudo-élastique de l'essai et permet ainsi l'estimation des tassements.

On trouvera les pressiogrammes en annexe B avec, en regard des valeurs de PI et E, les coupes géologiques correspondantes.

Les sondages avec essais pressiométriques donnant des valeurs ponctuelles, nous avons regroupé par rapport au terrain naturel actuel les 2 diagrammes sur un même graphique afin d'en dégager les courbes médianes qui seront prises en compte dans les calculs (voir page suivante).

## 5 – ANALYSE DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Les échantillons prélevés en sondage ont fait l'objet d'essais d'identification en laboratoire, à savoir :

- 3 mesures de la teneur en eau naturelle ;
- 1 mesure des limites d'Atterberg ;

### 5.1 – Teneur en eau naturelle

Les résultats des teneurs en eau naturelle sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Nom du forage	Profondeur	Géologie	Teneur en eau
PR1	1.00 m	Limon	25 %
PR2	0.80 m	Limon	23.50 %
S2	1.00 m	Limon	25.50 %

## 5.2 – Limites d'Atterberg

Les sols fins, tels que les silts, ont des propriétés qui varient en fonction de leur teneur en eau naturelle. En modifiant celle-ci, on peut amener un échantillon de sols à 3 états différents : solide, plastique ou liquide. Ainsi, cet essai permet d'estimer le seuil de chaque état :

- WL : Limite de liquidité (entre états liquide et plastique) ;
- Wp : limite de plasticité (entre états plastique et solide) ;
- ainsi que l'étendue de l'état plastique : Ip : indice de plasticité  $I_p = W_L - W_p$

Il a été réalisé 1 mesure de ces différentes limites sur des échantillons de limon prélevés au sondage :

SONDAGE ET PROFONDEUR	LIMITES D'ATTERBERG			TENEUR EN EAU NATURELLE
	Wp	WL	Ip	
PR1 : 1.00 m	19.50 %	37 %	17.50 %	25 %

En ce qui concerne la classification d'après le diagramme de Casagrande, cet horizon peut être assimilé à la catégorie de Ap-Lp

D'après le fascicule "Réalisation des remblais et des couches de forme", et sous réserve d'analyses granulométriques, ce sont des sols fins de classe A que l'on peut préciser en A2.

## 6 – DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

Compte tenu du projet, des caractéristiques mécaniques mesurées et de la profondeur de la nappe, nous avons envisagé :

- des fondations superficielles par puits

### 6.1 – Fondations superficielles

Nous avons calculé par la méthode pressiométrique, la capacité portante et les tassements absolus :

- sous des puits ancrés de 1.00 m et 1.30 m par rapport au TN actuel au droit des investigations.

Les variations possibles de la puissance des remblais (anciennes constructions, présence de cave, etc...) imposeront un contrôle rigoureux de tous les fonds de fouille afin de s'assurer que les semelles et / ou puits reposent de 0.3 m sur le sol homogène non remanié en place. Des sur-profondeurs sont probables.

Ces fondations ont été calculées conformément au D.T.U. 13.12 « Règles pour le calcul des fondations superficielles ».

Nous avons reporté la contrainte de calcul à l'E.L.U.  $q = q_u/2$  et les tassements absolus estimés à l'E.L.S. pour une contrainte  $q_u/3$  (c'est-à-dire la "contrainte admissible" telle qu'elle était définie au sens du CCBA) dans le tableau suivant en fonction de l'encastrement, du type et de la largeur des fondations.

ENCASTREMENT	TYPE DE FONDATION	CONTRAINTES DE CALCUL MAXIMALES A L'E.L.U. $Q = q_u/2$	CONTRAINTES DE CALCUL A L'E.L.S. $Q = q_u/3$	TASSEMENT ABSOLUS POUR UNE CONTRAINTES EGALE A $q_u/3$		
				B = 0.5 m	B = 1.0 m	B = 1.5 m
<b>H = 1.00 m</b>	Puits B x 2B	0.14 MPa	0.09 MPa	1.5 cm	1.5 cm	2.0 cm
	Puits Carré	0.15 MPa	0.10 MPa	1.5 cm	1.5 cm	2.0 cm
<b>H = 1.30 m</b>	Puits B x 2B	0.16 MPa	0.105 MPa	1.5 cm	1.5 cm	2.0 cm
	Puits Carré	0.165 MPa	0.11 MPa	1.5 cm	1.5 cm	2.0 cm

B = largeur des puits

On rappelle que la contrainte de calcul "q" à l'E.L.U. n'est pas égale à la "contrainte admissible" anciennement utilisée.

La contrainte de calcul à l'E.L.U. est définie comme la « plus petite des deux valeurs  $q_u/2$  et de celle qui dispense de tenir compte des tassements différentiels dans la structure ».

Pour la nouvelle construction, dans la limite des investigations réalisées, le site ne présente pas d'accident stratigraphique manifeste ou hétérogénéité géomécanique grave et localisée interdisant d'adopter la règle communément admise selon laquelle les tassements différentiels resteront inférieurs à 50 % des tassements absolus.

On rappelle que l'existence de composantes des descentes de charges inclinées (composantes horizontales) ou excentrées (moment de renversement), impose l'application d'un coefficient minorateur de la portance aux résultats énoncés plus haut.

## 6.2 – Dallage

En ce qui concerne le dallage sur terre-plein, nous avons estimé les tassements absolus au centre à 3.0 cm et dans l'angle à 1.0 cm pour une contrainte uniformément répartie de 0.01 MPa. Cette estimation reste indicative dans la mesure où la disposition réelle des surcharges n'est pas encore connue.

Il faudra donc :

- soit limiter les déflexions différentielles en substituant la terre végétale et les remblais et en mettant en œuvre une couche de forme compactée suivant les règles de l'Art.
- soit réaliser un plancher reposant sur les fondations, si aucune déformation n'est admise.

Au droit des cloisons intérieures, on devra s'assurer qu'elles acceptent les tassements différentiels ou, dans le cas contraire, faire l'objet de lignes de fondations supplémentaires.

Remarques sur la couche de forme :

La couche de forme sera constituée par un matériau sain, insensible à l'eau dont l'épaisseur sera fonction du module de Westergaard demandé vis-à-vis du dimensionnement du dallage. Elle sera au minimum de 0.50 m pour obtenir, avec un compactage selon les règles de l'Art, un module de Westergaard de 5/6 bars/cm.

Par ailleurs, vu les essais en laboratoire (teneur en eau et limites d'Atterberg), nous conseillons, pour tenir compte de la sensibilité à l'eau des sols de cette classe, de traiter le fond de forme avec des liants hydrauliques associés éventuellement à de la chaux.

Par ailleurs, il sera indispensable de réceptionner la couche de forme par des essais à la plaque.

Les valeurs à obtenir seront :

- $W1 < 3 \text{ mm}$
- $EV2/EV1 < 2$
- $EV2 > 500 \text{ bars}$
- $Wr1/W1 < 0.5$

On facilitera la mise en œuvre et le compactage par l'intercalation d'un géotextile.

De plus nous rappelons de la difficulté de compacter un matériau sur ce type de sol en période pluvieuse.

Dans ces conditions en période de forte pluie, il y aura lieu de mettre en œuvre des tranchées drainantes afin de collecter ces eaux superficielles.

Remarque sur les tassements

Si les tassements absolus sont inadmissibles pour l'ouvrage on pourra les réduire en réalisant un renforcement de sol par colonnes ballastées.

Veillez trouver ci-après l'estimation des modules de déformation :

N° de couche	Epaisseur (en mètre)	Nature	Module de Déformation (en MPa)
1	3.50 m	Limon	3.0
2	2.00 m	Argile sableuse	4.5
3	-	Argile	5.0

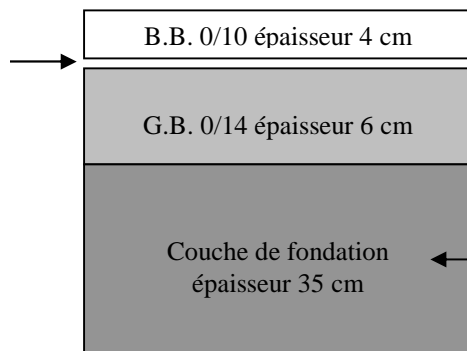
## 7 – CONSTITUTION DE VOIRIES

Compte tenu de la nature des matériaux rencontrés, de sa teneur en eau élevée et de son compactage difficilement réalisable en l'état, nous proposons le mode opératoire suivant :

- Décapage de la terre végétale et des remblais ;
- Après mise en niveau du fond de forme, compactage énergique de celui-ci avant mise en place d'un anticontaminant par apport d'un matériau sain et inerte ou de matériau en place traité à la chaux et éventuellement au ciment.

### Structure de chaussée voirie légère

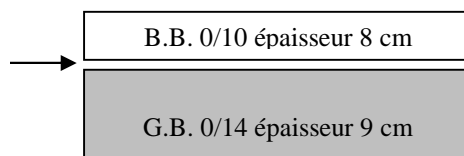
Cloutage + cure +  
gravillonnage



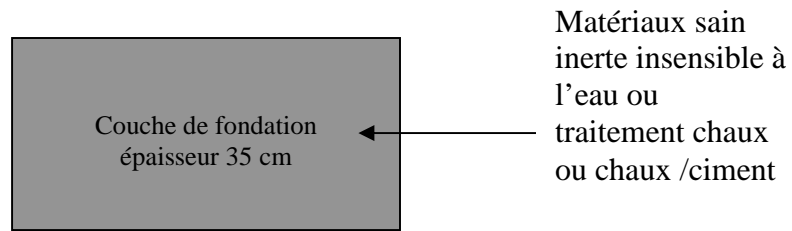
Matériaux sain  
inerte insensible à  
l'eau ou traitement  
chaux ou chaux  
/ciment

### Structure de chaussée voirie lourde

Cloutage + cure +  
gravillonnage







Par ailleurs, il faudra réaliser un contrôle de compactage soit par des essais à la plaque, soit par des essais mécaniques de type essais de pénétration dynamique léger.

Les essais de compactage devront respecter les normes usuelles quant aux valeurs minimales à obtenir, soit :

Essais à la plaque :

- $K_s$  (module de Westergaard)  $\geq 5$  bars/cm
- $W1$  (déflexion sous une contrainte de 2.5 bar)  $< 3$  mm
- $K$  ( $EV2/EV1$ )  $< 2.0$
- $WR1/W1$  (déflexion rémanente après le 1<sup>er</sup> cycle sur  $W1$ )  $< 0.5$
- $EV2$  (module de déformation du 2<sup>ème</sup> cycle de chargement)  $> 400$  bars (voirie légère) et  $> 600$  bars (voirie lourde)

Essais de pénétration dynamique léger :

- résistance de pointe  $q_d \geq 2$  MPa

## ***8 – DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GENERALES***

- Si les tassements différentiels demeurent inacceptables pour la structure, la rigidification de celle-ci, chaînage et raidisseurs devront faire l'objet d'une étude particulière.
- **Vu le niveau de la nappe**, il conviendra éventuellement de mettre en œuvre un rabattement temporaire pour l'exécution des fondations. L'importance de ce rabattement sera fonction d'une part de la période de réalisation des travaux et d'autre part de la rétention d'eau dans les remblais.
- La stabilité des parois lors de la réalisation des fouilles n'est pas assurée du fait de la présence de remblais et de sols peu cohérents. Cela impose la disposition de blindage plus restrictive que la norme en vigueur.
- **Il sera indispensable d'éliminer tout risque d'infiltration ponctuelle préférentielle des eaux météoriques ou autres à la périphérie et sous la construction.**

- Nous avons supposé qu'il n'y aura pas d'apport de remblais ou tout apport de charges à la périphérie et sous la construction. Dans le cas contraire, ils pourraient entraîner des tassements différentiels complémentaires.
- **Une règle communément admise consiste à planter des arbres et arbustes à une distance des constructions égale ou supérieure à une fois et demi leur hauteur adulte afin d'éviter les désordres résultant de la dessiccation ou de la poussée des racines.**
- Les investigations réalisées sur le site pour cette étude ayant un caractère ponctuel, les recommandations exposées dans ce rapport seront mises en œuvre en tenant compte des conditions réelles du terrain mis à jour au cours des travaux. Par ailleurs, la découverte de toute anomalie (massifs de fondation, caves, galeries, fosses, etc...) devra nous être signalée afin d'affiner nos conclusions.

Melle SMAGGHE / M. LATAF  
Chargé(e) d'études

J.C. LHOMME  
Gérant

# REGROUPEMENT D'ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

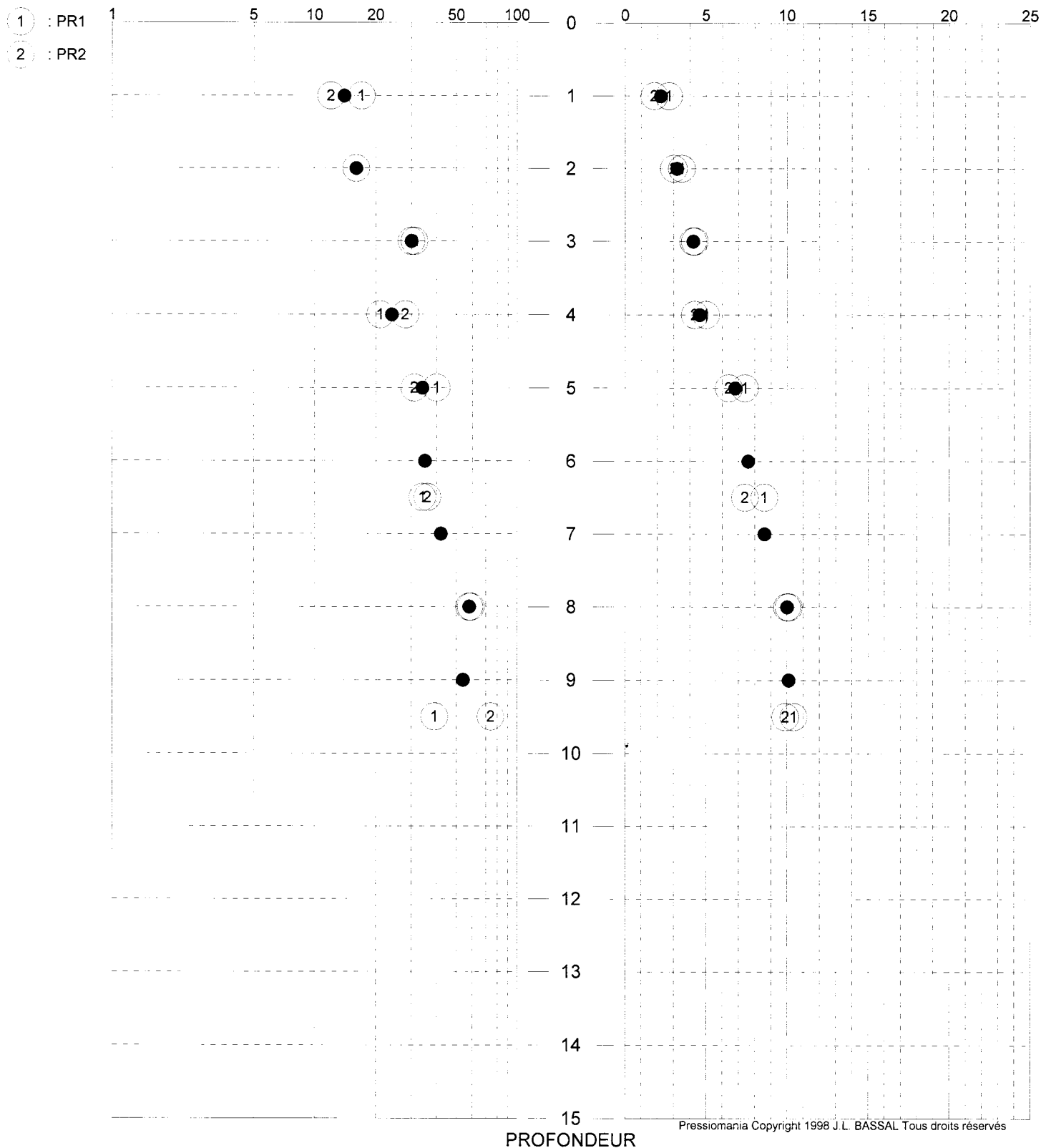
STAPLES

11-144

Référence : Terrain Naturel

MODULE PRESSIOMETRIQUE

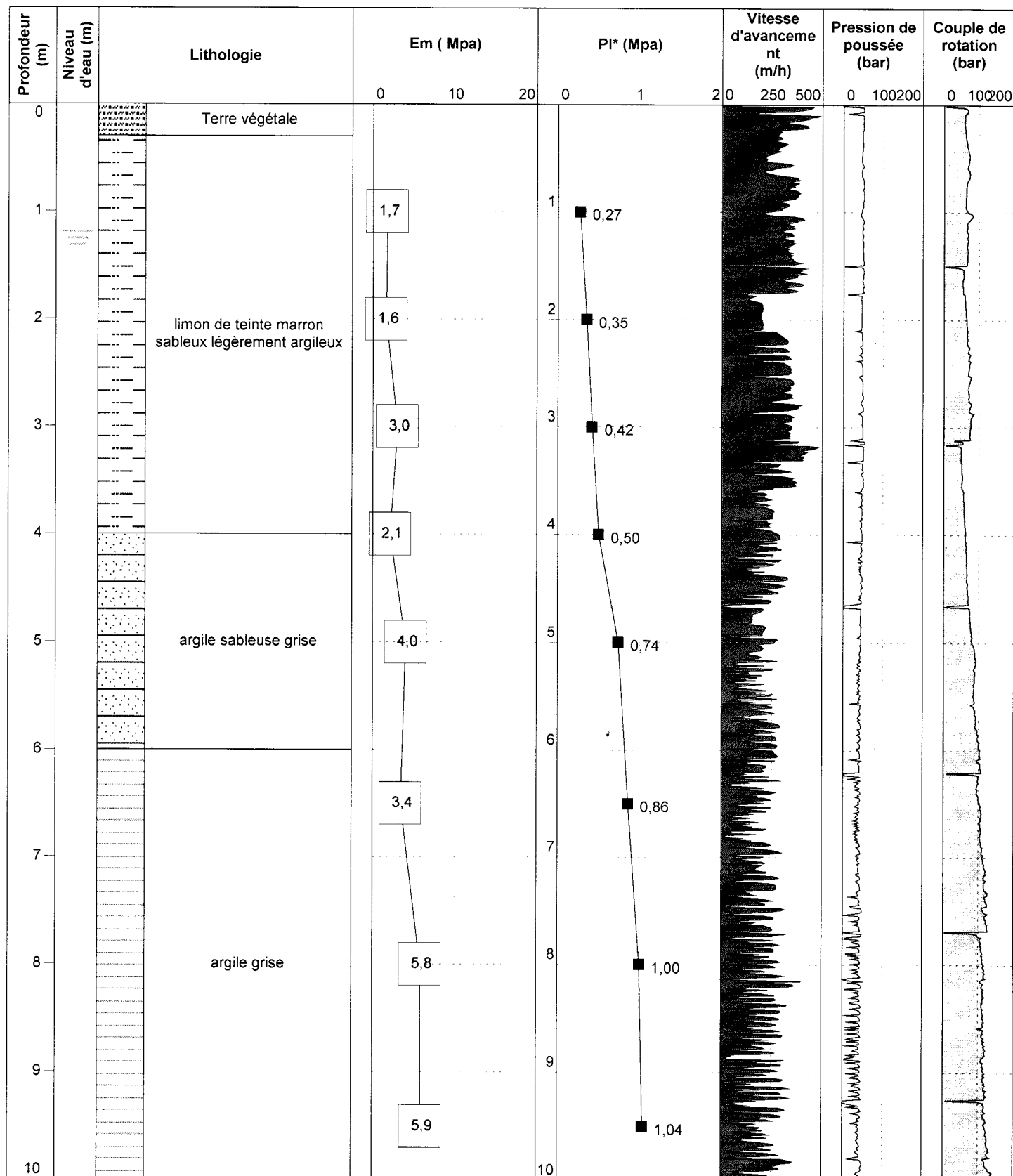
PRESSIION LIMITE





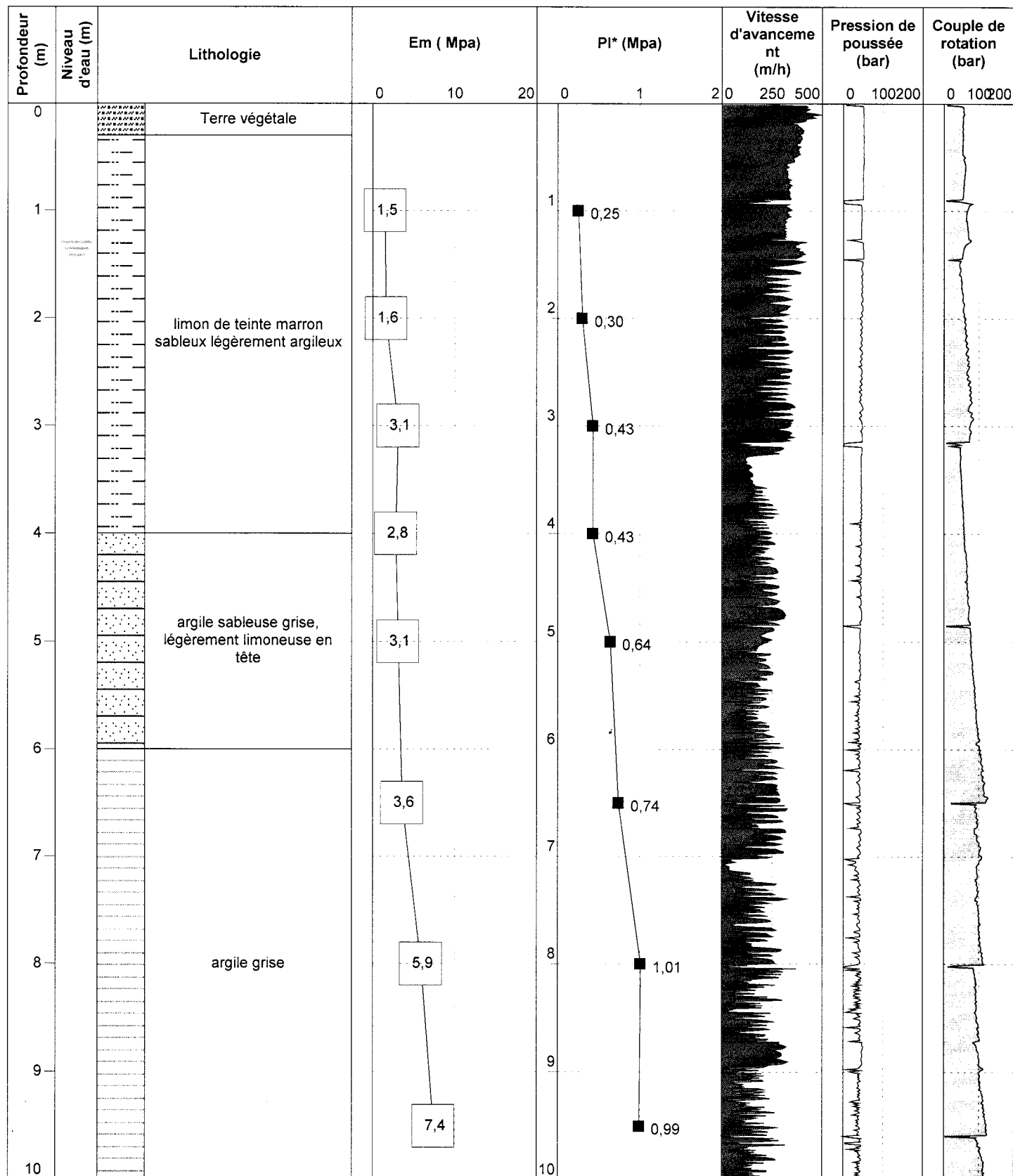
**Forage : PR1**

EXGTE 2.20/BP6EPF436FR



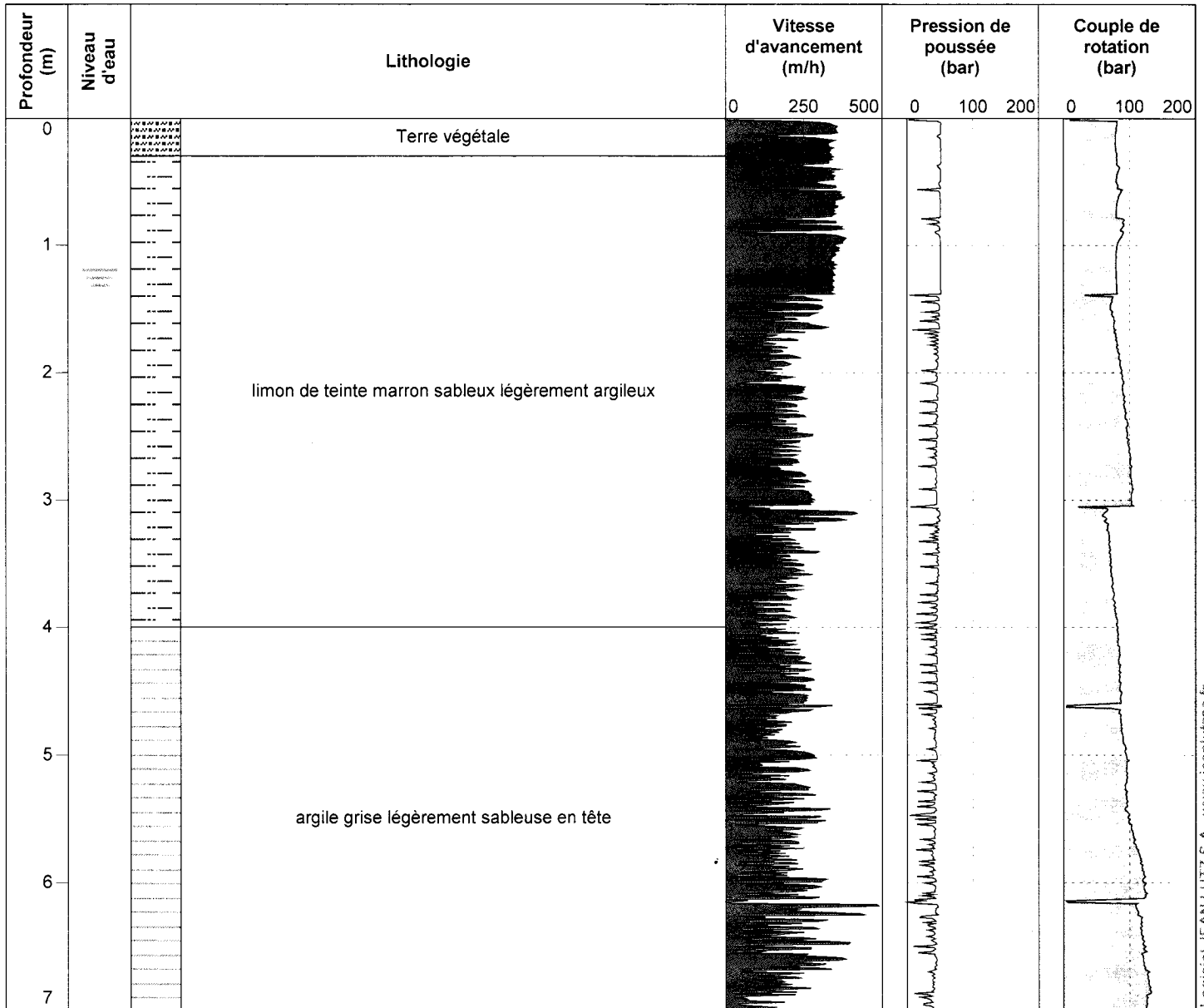
Forage : PR2

EXGTE 2.20:BP6EPF436FR



**Forage : S1**

EXGTE.2.20/BP6EPF436FR



**Forage : S2**

EXGTE 2.20:BP6EPF436FR

Profondeur (m)	Niveau d'eau	Lithologie	Vitesse d'avancement (m/h)	Pression de poussée (bar)	Couple de rotation (bar)
0			0 250 500	0 100 200	0 100 200
		remblais : limon + scories + ternaire+ ...			
1					
		limon de teinte marron			
2					
3					