



AGENCE NORD | Parc d'activité de la Broye - 59710 Ennevelin

☎ 03 20 16 88 98

📠 03 20 16 88 99

✉ contact-nord@geomeca.fr

www.geomeca.fr



Centre Hospitalier de Lens

COMMUNES DE LENS ET LOOS-EN-GOHELLE (62)

Construction du « Nouvel Hôpital » de Lens



Etude géotechnique de conception G2 Phase Avant-Projet (AVP)

Référence	Date	Version	Total p.	Rédacteur	Relecteur
17-310	24/07/2017	1	185	M. WUILBAUT	M. SOUQUIERE



Suivi des modifications

Version	Date	Chapitres modifiés	Commentaire
0	30/06/2017	-	-
1	24/07/2017	3, 7, 11, 14	Ajout des résultats des essais en laboratoire Ajout des résultats des fouilles à la pelle hydraulique

- SOMMAIRE -

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE NOTRE MISSION ET DU PROJET	8
1.1 Description de la mission selon la norme NF P94-500.....	8
1.2 Projet	8
2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	9
2.1 Données générales	9
2.2 Contexte géographique et description du site.....	10
2.3 Contexte géologique.....	12
2.4 Contexte Hydrogéologique.....	12
2.5 Données « Bases de données du Sous-Sol »	13
3. INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES.....	15
3.1 Programme de reconnaissance et essais in-situ.....	15
3.1.1 Etude G1.....	15
3.1.2 Etude G2 phase AVP.....	15
3.2 Remarques vis-à-vis du programme d'investigation.....	16
3.3 Analyses au laboratoire.....	17
3.3.1 Etude G1.....	17
3.3.2 Etude G2.....	17
3.4 Nivellement des points de sondage.....	17
3.4.1 Investigation étude G1	17
3.4.2 Investigation étude G2 phase AVP	18
4. ANALYSE DES RISQUES NATURELS DU SITE	20
4.1 Informations sismiques	20
4.2 Risques liés aux cavités souterraines.....	20
4.3 Aléa remontée de nappe	22
4.4 Aléa retrait-gonflement des argiles.....	23
5. ENQUÊTE DOCUMENTAIRE SUR LES RISQUES LIÉS AUX CAVITÉS SOUTERRAINES	24
5.1 Services contactés	24
5.2 Résultats de l'enquête	24
5.3 Cartes récoltées.....	25
6. ANALYSE DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.....	29
7. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES	38
7.1 Géologie rencontrée	38
7.2 Hydrologie-Hydrogéologie	42
7.3 Résultats des analyses au laboratoire	43
7.3.1 Teneur en eau naturelle.....	43
7.3.2 Mesures de la masse volumique.....	44

7.3.3	Classification GTR	45
7.4	Résultats des essais in-situ :	47
7.4.1	Examen du pressiogramme	47
7.4.2	Commentaires des essais pressiométriques	47
7.4.3	Analyse des essais de perméabilité – type « Nasberg »	48
7.4.4	Analyse des essais de perméabilité – type « Matsuo »	49
7.4.5	Analyse des essais de perméabilité – type « Porchet »	50
8.	ÉTUDE DES PARAMETRES SISMIQUES	51
8.1	Classe de sol selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5)	51
8.2	Données sismiques	51
8.3	Analyse du potentiel de liquéfaction des sols selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5)	51
9.	DONNÉES DU PROJET	52
9.1	Données générales	52
9.2	Descente de charge	52
9.3	Calage altimétrique du projet	52
9.4	Terrassements	52
10.	PRÉ-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS	55
10.1	Remarques vis-à-vis de fondations superficielles	55
10.2	Gestion du risque vis-à-vis des fondations profondes	55
10.3	Modèles géotechniques	57
10.4	Fondations profondes par pieux	58
10.4.1	Frottement latéral unitaire	58
10.4.2	Terme de pointe	58
10.4.3	Résultats	59
10.4.4	Remarques	81
10.5	Dalle basse	81
11.	TERRASSEMENTS	82
11.1	Rappel	82
11.2	Traficabilité	82
11.3	Nature des matériaux extraits	82
11.4	Réemploi des matériaux extraits	83
11.4.1	Remblais	83
11.4.2	Terre végétale	84
11.4.3	Craie	84
11.5	Talutage	88
11.6	Mise en œuvre des remblais	89
11.7	Préconisations générales	89
11.8	Tassements liés à l'apport de remblais	89
11.9	Voiries	91
11.9.1	Terrassements	91

11.9.2	Couche de forme	91
11.9.3	Structure de voirie	92
12.	RECOMMANDATIONS.....	93
13.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GÉNÉRALES	94
14.	ANNEXES.....	95
14.1	<i>Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique</i>	95
14.2	<i>Plan d'implantation des sondages</i>	99
14.3	<i>Coupes géologiques et essais pressiométriques.....</i>	101
14.4	<i>Coupes des fouilles à la pelle et photographies</i>	145
14.5	<i>Reportage photographique (Janvier 2015)</i>	159
14.6	<i>Procès-verbaux des essais de perméabilité de l'étude G2 phase AVP.....</i>	170
14.7	<i>Photographie des sondages carottés</i>	177

-Liste des tableaux-

Tableau 1 : Liste des intervenants principaux.....	9
Tableau 2 : Données du forage nommé FH.....	13
Tableau 3 : Données du forage nommé F1	14
Tableau 4 : Données du forage nommé PH	14
Tableau 5 : Programme minimal des investigations géotechniques lors des études géotechniques de conception G2	16
Tableau 6 : Altimétrie des points de sondage rattachée au système NGF	17
Tableau 7 : Coordonnées et altimétrie des points de sondage rattachée au système NGF... ..	18
Tableau 8 Données du BRGM sur les cavités géoréférencées à proximité du secteur d'étude	21
Tableau 9 : Liste des indices observés sur les photographies aériennes.....	35
Tableau 10 : Profondeur de la base des remblais rencontrés au droit des sondages géologiques (étude G1).....	39
Tableau 11 : Profondeur de la base des remblais rencontrés au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (étude G1)	39
Tableau 12 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (étude G2 phase AVP) – 1/2.....	39
Tableau 13 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (étude G2 phase AVP) – 2/2.....	39
Tableau 14 : Profondeur de la base des sondages carottés (étude G2 phase AVP).....	40
Tableau 15 : Profondeur de la base des remblais / terrains remaniés rencontrés au droit des essais de perméabilité (étude G2 phase AVP)	40
Tableau 16 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP)	40
Tableau 17 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP)	40
Tableau 18 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrées au droit des sondages géologiques (Etude G1).....	41
Tableau 19 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrées au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (Etude G1)	41
Tableau 20 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrés au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP).....	41
Tableau 21 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrés au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP).....	41
Tableau 22 : Suivi du niveau de nappe au sein de l'équipement piézométrique PZ1	42
Tableau 23 : Résultats des teneurs en eau naturelle.....	43
Tableau 24 : Résultats des mesures de la masse volumique	44
Tableau 25 : Résultats des classifications GTR.....	45
Tableau 26 : Susceptibilité d'une argile au retrait gonflement en fonction de son indice de plasticité (IP).....	45
Tableau 27 : Susceptibilité d'une argile au retrait gonflement en fonction de sa valeur au bleu.....	46
Tableau 28 : Résultats des essais de perméabilité type « Nasberg » (Etude G1).....	48
Tableau 29 : Résultats des essais de perméabilité type « Nasberg » (Etude G2 phase AVP).....	48
Tableau 30 : Résultats des essais de perméabilité type « Matsuo »	49
Tableau 31 : Résultat des essais de perméabilité type « Porchet »	50

Tableau 32 : Modèle géotechnique d'ensemble.....	57
Tableau 33 : Modèle géotechnique du sondage PR1.....	57
Tableau 34 : Frottement latéral pour le modèle d'ensemble.....	58
Tableau 35 : Frottement latéral pour le modèle PR1	58
Tableau 36 : Terme de pointe	58
Tableau 37 : Tableau récapitulatif du prédimensionnement de pieu foré simple	80
Tableau 38 : Nature des déblais au droit des sondages S3, PR2 et PR4	83
Tableau 39 : condition d'utilisation des matériaux en remblai (source : GTR) 1/3	85
Tableau 40 : condition d'utilisation des matériaux en remblai (source : GTR) 2/3	86
Tableau 41 : condition d'utilisation des matériaux en remblai (source : GTR) 3/3	87
Tableau 42 : Modèle géotechnique pour le calcul des tassements liés à l'apport de remblais	90
Tableau 43 : Nature des déblais au droit des sondages S3, PR2 et PR4	90

-Liste des figures-

Figure 1 : Carte géologique du secteur d'étude au 1/25000 ^{ème} éditée par le BRGM.....	12
Figure 2 : Situation des forages sur fond de carte IGN	13
Figure 3 : Photographie aérienne situant les cavités souterraines référencées à proximité du secteur d'étude (source : georisque.gouv.fr).....	20
Figure 4 : Cartographie de l'aléa remontée de nappe au droit du secteur d'étude.....	22
Figure 5 : Cartographie de l'aléa retrait gonflement des argiles au droit du secteur d'étude.....	23
Figure 6 : Localisation des sapes de guerre sur photographie aérienne (source : DDTM 62)	25
Figure 7 : Localisation des sapes de guerre sur photographie aérienne (source : « The Durand Group »).....	26
Figure 8 : Carte intitulée « Trench Map, World War, 1914-1918, Loos/Lens, Unknown. Januray, 1916-1 : 10,000 »	27
Figure 9 : Carte intitulée « Trench Map, World war, 1914-1918, Lens, France. February, 1917-1 : 20,000 ».....	27
Figure 10 : Carte intitulée « Trench Map, World war, 1914-1918, Lens, France. July, 1917-1 : 20,000 ».....	28
Figure 11 : Comparaison des traces blanchâtres observées dans les champs et le tracé des sapes transmis par le Groupe Durand.....	36
Figure 12 : Classification des sols fins sur le diagramme de Casagrande	46
Figure 13 : Plan de masse du projet.....	54
Figure 14 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2.....	61
Figure 15 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2.....	62
Figure 16 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2.....	63
Figure 17 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2	64
Figure 18 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle d'ensemble – solution 3	66
Figure 19 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle d'ensemble – solution 3	67
Figure 20 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle d'ensemble – solution 3	68

Figure 21 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle d'ensemble – solution 3	69
Figure 22 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2	71
Figure 23 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2	72
Figure 24 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2	73
Figure 25 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2 ...	74
Figure 26 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle PR1 – solution 3.....	76
Figure 27 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle PR1 – solution 3.....	77
Figure 28 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle PR1 – solution 3.....	78
Figure 29 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle PR1 – solution 3.....	79

-Liste des photographies-

Photographie 1 : Photographie aérienne situant le secteur d'étude (source : Infoterre).....	11
Photographie 2 : Photographie aérienne du secteur d'étude (source : Infoterre)	11
Photographie 3 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1933 (source : Géoportail) 29	
Photographie 4 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1947 (source : Géoportail) 30	
Photographie 5 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1951 (source : Géoportail) 31	
Photographie 6 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1957 (source : Géoportail) 31	
Photographie 7 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1964 (source : Géoportail) 32	
Photographie 8 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1970 (source : Géoportail) 32	
Photographie 9 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1979 (source : Géoportail) 33	
Photographie 10 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1986 (source : Géoportail)	33
Photographie 11 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1992 (source : Géoportail)	34
Photographie 12 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 2000 (source : Géoportail)	34

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE NOTRE MISSION ET DU PROJET

1.1 Description de la mission selon la norme NF P94-500

Dans le cadre du projet de construction du « Nouvel Hôpital » de Lens, GEOMECA a été mandaté par le Centre Hospitalier de Lens afin de réaliser une étude géotechnique de conception en phase avant-projet G2 AVP, au sens de la norme NF P94-500, révisée en novembre 2013.

Cette étude a pour but de :

- Reprendre les éléments de l'étude géotechnique préalable G1 réalisée en 2015 et référencée 15-010 ;
- Définir, réaliser et suivre un programme d'investigations géotechniques spécifique ;
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables, une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

1.2 Projet

Le projet prévoit la construction du « Nouvel Hôpital » de Lens, sur une emprise d'environ 42 000 m². Il est constitué de 4 zones :

- Au « centre » se trouve le plateau technique, étendu sur une emprise de 160 m X 90 m, il comprend un sous-sol, un rez-de-chaussée, un niveau R+1 et ponctuellement des locaux techniques en R+2 ;
- Côté sud, une première zone d'hébergements/consultations de 150 m de longueur et 70m de largeur comprend un sous-sol partiel, un rez-de-chaussée, des niveaux R+1 et R+2 et un niveau R+3 partiel ;
- Côté ouest, une seconde zone d'hébergements/consultations de 90 m de longueur et 70m de largeur comprend un sous-sol partiel, un rez-de-chaussée et des niveaux R+1 et R+2 ;
- A l'angle sud/ouest du plateau technique, la dernière zone accueille le hall et des espaces de bureaux. Elle comprend un rez-de-chaussée et des niveaux R+1, R+2 et R+3.

2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

2.1 Données générales

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

- Plan de masse ;
- Plan des terrassements ;
- Plan topographique à l'échelle 1/500^{ème} indice 1 en date du 09/02/2015.

Nous avons également consultés les bases de données et documents suivants :

- Bases de données publiques du Bureaux de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) ;
- Carte géologique de la feuille de Béthune au 1/25000^{ème} éditée par le B.R.G.M.

Le tableau ci-dessous fait figurer les principaux intervenants.

Tableau 1 : Liste des intervenants principaux

Maîtrise d'Ouvrage :	 Centre Hospitalier de Lens	CENTRE HOSPITALIER de Lens 99, route de la Bassée 62307 Lens Cedex
Assistant à Maîtrise d'Ouvrage :	 SOCOFIT	SOCOFIT ZA les Godets 3 impasse de la noisette Bât A BP 438 91370 VERRIÈRES-LE-BUISSON
Maîtrise d'œuvre :	 setec	Setec bâtiment Immeuble Central Seine 42-52 quai de la Rapée CS 71230 75 583 PARIS Cedex 12
Assistant à maîtrise d'ouvrage risque pyrotechnique :		GARBIN-BERNADET 220 Rue du Hamel 76230 BOIS-GUILLAUME
Entreprise de dépollution pyrotechnique :	 BERENGIER DEPOLLUTION	BERENGIER DEPOLLUTION La Périère 49170 SAINT GERMAIN DES PRES
Géomètre :	 ORDRE DES GEOMETRES-EXPERTS	MICHEL BON GEOMETRE EXPERT 53 Boulevard Pater 59300 VALENCIENNES
Bureau d'étude de sols et entreprise de sondages :	 GÉO MÉCA	GEOMECA P.A. de la Broye 59 710 ENNEVELIN

2.2 Contexte géographique et description du site

Le secteur d'étude est situé rue Louise Michel et rue Louis Faidherbe, à cheval sur les communes de Lens et Loos-en-Gohelle, dans le département du Pas-de-Calais (voir photographies page suivante). Le site d'étude est délimité par :

- La Rocade minière (autoroute A21) au Nord ;
- Des champs agricoles et des terrains de football du stade Albert Debeyre à l'Est;
- La rue Louise Michel et des terrains boisés au Sud ;
- Des terrains boisés à l'Ouest.

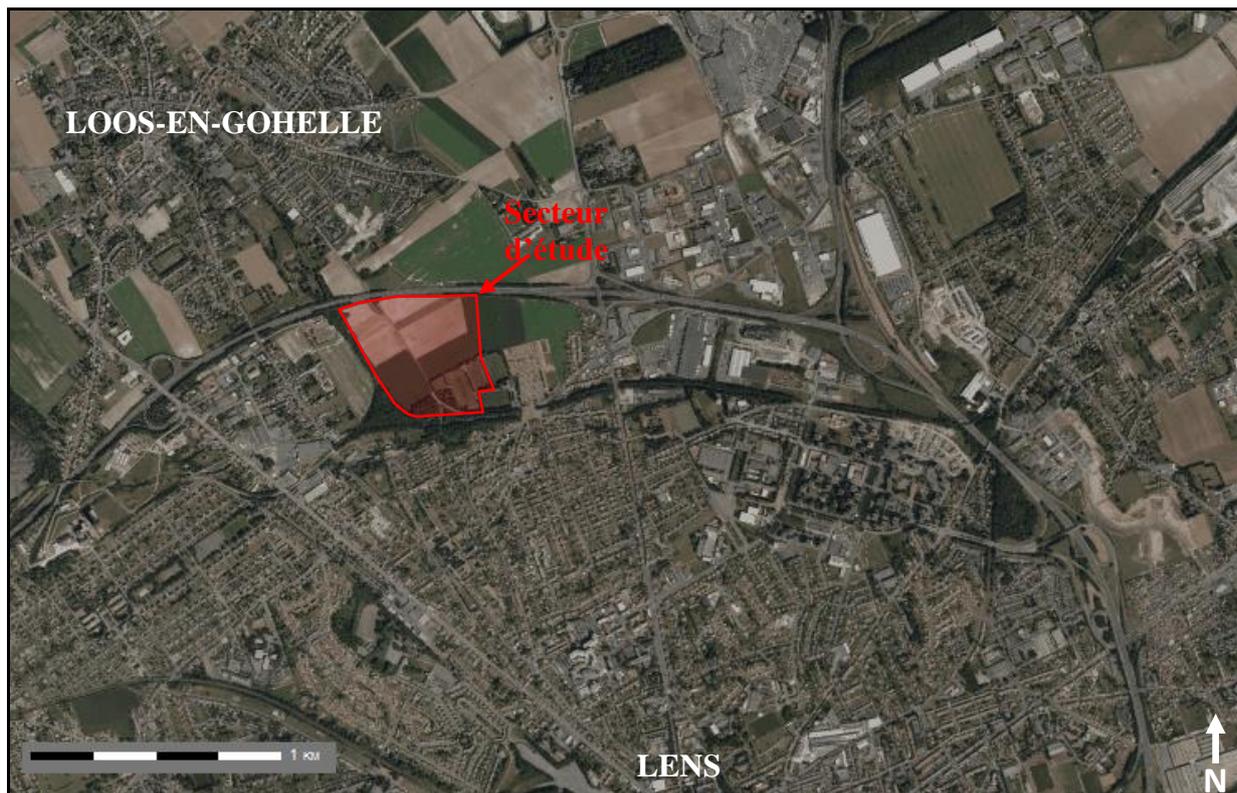
Le site est actuellement constitué de :

- Champs agricoles sur une majeure partie ;
- Terrains de sport du stade Albert Debeyre ;
- Terrains boisés ;
- Voiries (rue Louise Michel, rue Louis Faidherbe).

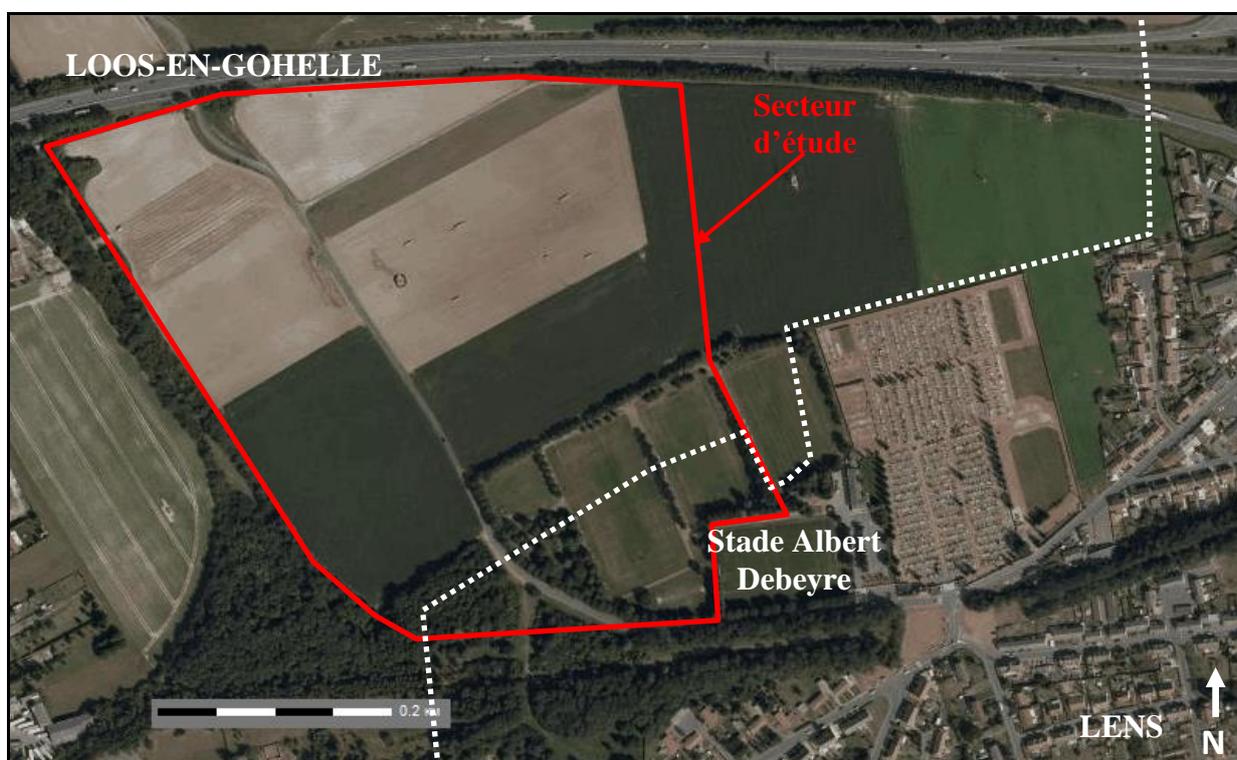
D'après le plan topographique, la topographie au droit du site varie d'environ 66,0 m NGF à environ 62,70 m NGF.

Il est à noter la présence d'une ligne haute tension qui traverse d'Est en Ouest le secteur d'étude.

Un reportage photographique du site d'étude réalisé en 2015 dans le cadre de l'étude G1 est présenté en annexe p. 159.



Photographie 1 : Photographie aérienne situant le secteur d'étude (source : Infoterre)



Photographie 2 : Photographie aérienne du secteur d'étude (source : Infoterre)

2.3 Contexte géologique

D'après la carte géologique du secteur d'étude (feuille de Béthune) au 1/25 000^{ème} éditée par le BRGM, la géologie attendue au droit du site est la suivante :

- **LP1, Limon pléistocène (sur une partie du site)** : la composition de cette formation peut présenter de légères variations en fonction de la nature du terrain qu'elle recouvre ;
- **C₄, Craie sénonienne**: l'ensemble de cette craie atteint une cinquantaine de mètres. La partie supérieure est constituée d'une craie blanche très pure et fine et qui ne renferme pas de silex. La partie inférieure est constituée d'une craie blanche à silex. Les bancs inférieurs de cette craie sont plus gris, légèrement glauconieux et plus résistants.

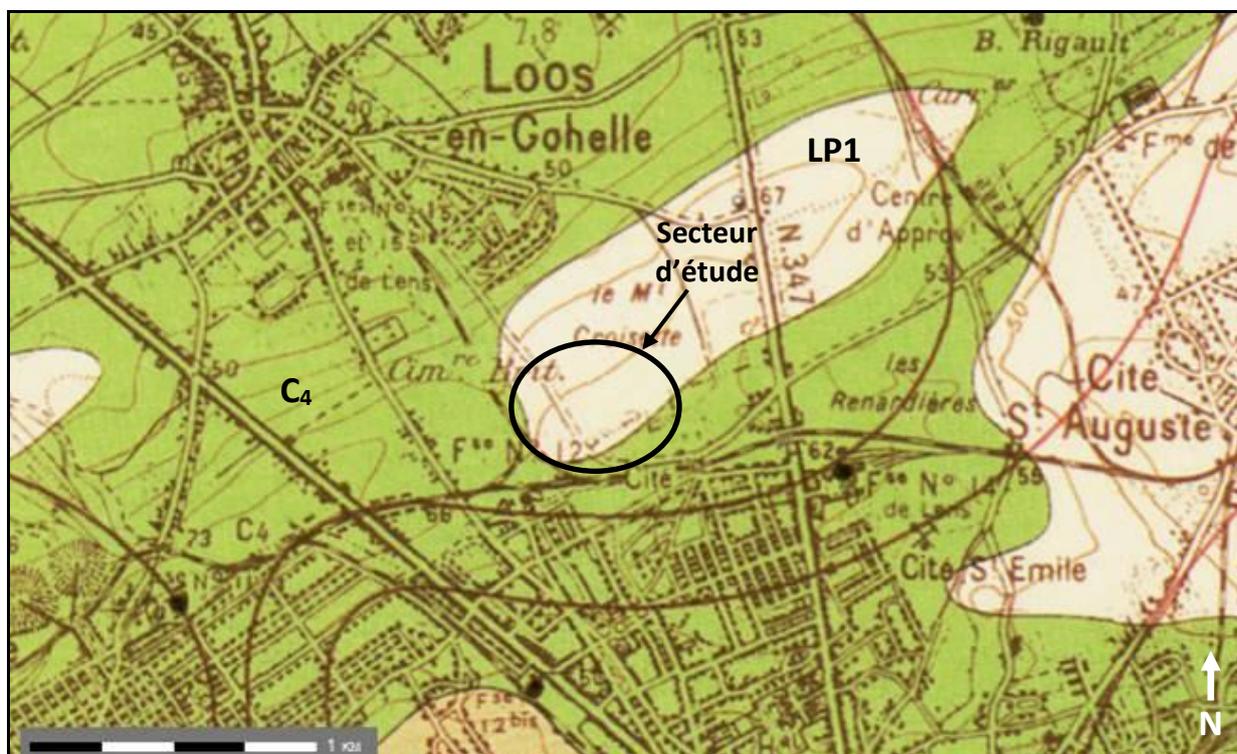


Figure 1 : Carte géologique du secteur d'étude au 1/25000^{ème} éditée par le BRGM

2.4 Contexte Hydrogéologique

L'hydrogéologie est un paramètre important dans le cadre de notre étude. La présence d'une nappe peu profonde au droit du projet peut avoir une influence importante sur le dimensionnement des fondations ainsi que sur la gestion des travaux.

D'après la lithologie attendue au droit du site, des circulations d'eau sont possibles dans les horizons superficiels en période pluvieuse.

Selon la notice de la carte géologique, la nappe de la craie est la plus importante et la plus couramment utilisée. Le réseau aquifère est le plus riche là où la craie est fortement fissurée, c'est-à-dire dans les vallées et valons sec, alors qu'il l'est beaucoup moins sous les plateaux.

2.5 Données « Bases de données du Sous-Sol »

Nous avons collecté les informations de 3 forages situés à proximité du secteur d'étude et référencés sur la banque de données du sous-sol « BSS » du B.R.G.M.

La figure suivante situe les forages dont nous avons collecté les données.

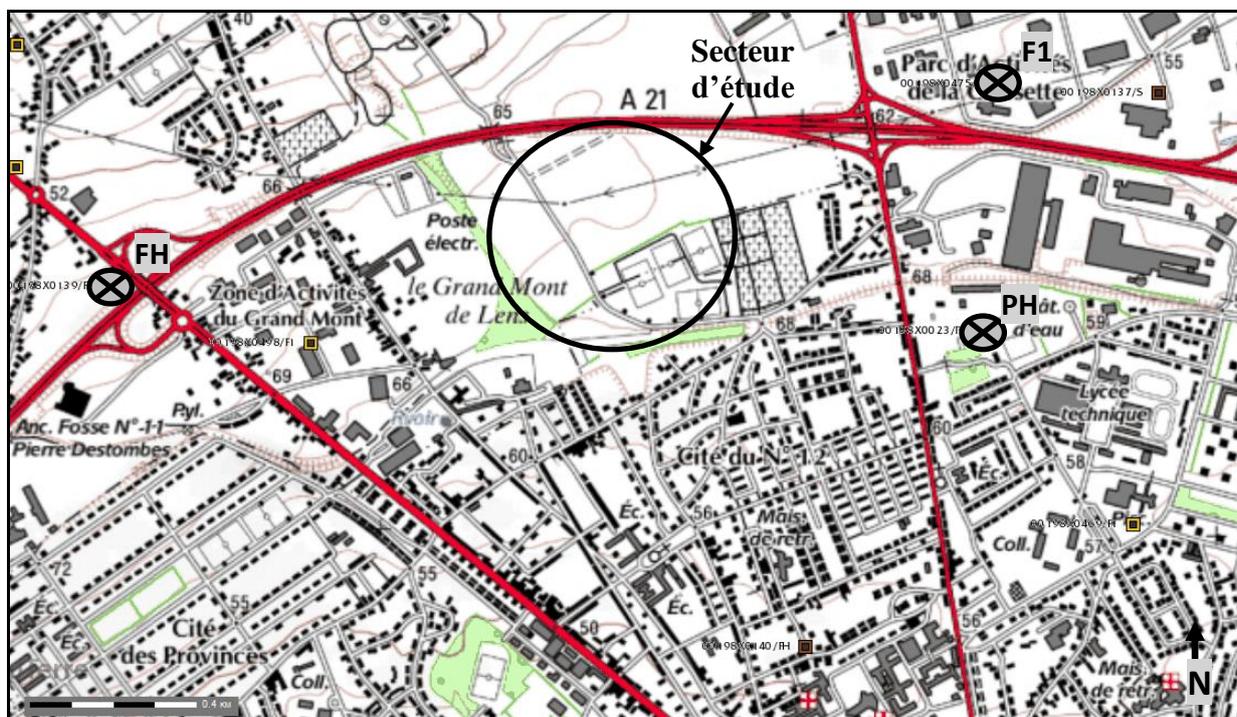


Figure 2 : Situation des forages sur fond de carte IGN

Les tableaux ci-dessous présentent les données récoltées (profondeur, formation, lithologie et altitude).

Tableau 2 : Données du forage nommé FH

Forage référencé 00198X139/FH (noté FH sur la figure)			
Profondeur (m/TN)	Formation	Lithologie	Altitude de la base (référentiel non renseigné à priori NGF)
0 – 65,00	Craie à silex	Craie blanche à grise à silex	-2,00
65,00 – 101,00	Craie marneuse à <i>Terebratula rigida</i>	Dièves bleues	- 38,00
101,00 – 132,50	Craie marneuse sans silex à <i>Inoceramus labiatus</i> (craie blanche)	Dièves vertes	- 69,50

Tableau 3 : Données du forage nommé F1

Forage référencé 00198X0475/F1 (noté F1 sur la figure)			
Profondeur (m/TN)	Formation	Lithologie	Altitude de la base (référentiel non renseigné à priori NGF)
0 – 2,00	Remblais	Remblais	57,00
2,00 – 10,10	Craie blanche	Craie tendre à passages indurés	48,90
2,00 – 36,00	Craie blanche	Craie tendre	23,00
36,00 – 51,50	Craie à <i>Micraster leskei</i>	Craie à silex	7,50
51,50 – 57,00	Craie à <i>Micraster leskei</i>	Craie grise	2,00
57,00 – 60,50	Craie marneuse à <i>Terebratula rigida</i>	Craie marneuse bleue	-1,50
60,50 – 66,40	Craie marneuse à <i>Terebratula rigida</i>	Marne bleue	-7,40

Tableau 4 : Données du forage nommé PH

Forage référencé 00198X0023 (noté PH sur la figure)			
Profondeur (m/TN)	Formation	Lithologie	Altitude de la base (référentiel non renseigné à priori NGF)
0 – 2,50	Terre végétale	Terre végétale	56,90
2,50 – 59,50	Craie blanche	Craie	-0,10
59,50 – 62,00	Tuns	Craie indurée (banc de meule sableuse)	-2,60
62,00 – 63,00	Craie à <i>Micraster leskei</i>	Craie indurée (banc de meule)	-3,60
63,00 – 69,50	Craie marneuse à <i>Terebratula rigida</i>	Craie	-10,10
69,50 – 99,50	Craie marneuse sans silex à <i>Inoceramus labiatus</i> (Craie blanche)	Dièves bleues	-40,10
99,50 – 132,00	Craie glauconieuse	Dièves vertes	-72,60

Les données récoltées confirment le contexte géologique attendu : présence du substratum crayeux à faible profondeur.

3. INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES

3.1 Programme de reconnaissance et essais in-situ

3.1.1 Etude G1

Les investigations géotechniques de l'étude G1 ont été réalisées en semaine 5 et 6 de l'année 2015.

Les travaux ont consisté en la réalisation de :

- 8 sondages de reconnaissance lithologique en diamètre 64 mm (**PR1 à PR8**) descendus à 10,00 m/TN (par rapport au terrain naturel) avec prélèvements d'échantillons remaniés et essais pressiométriques tous les mètres jusque 3,00 m puis tous les 1,50 m jusqu'à la base du sondage ;
- 7 sondages de reconnaissance lithologique en diamètre 64 mm (**S1, S2 et S4 à S8**) descendus à 10,00 m/TN avec prélèvements d'échantillons remaniés ;
- 2 sondages de reconnaissance lithologique en diamètre 140 mm (**S3 et S9**) descendus à 10,00 m/TN avec prélèvements d'échantillons remaniés ;
- 4 essais de perméabilité type Lefranc et/ou Nasberg (**EP1 à EP4**) ;
- 1 piézomètre (**PZ1**) au sein du sondage **PR3** descendu à 50,00 m/TN avec relevé mensuel du niveau de la nappe sur une durée de 20 mois ;
- 3 essais de perméabilité type Porchet (**P1 à P3**).

Ces investigations sont reportées sur le plan d'implantation en annexe (p. 99).

Un relevé du niveau de nappe a également été réalisé dans l'ensemble des sondages.

3.1.2 Etude G2 phase AVP

Les investigations géotechniques de l'étude G2 en phase AVP ont été réalisées entre les semaines 21 et 26 de l'année 2017.

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

- 21 sondages de reconnaissance lithologique en diamètre 64 mm (**PR9 à PR29**) descendus à 25,00 m/TN (par rapport au terrain naturel) avec prélèvements d'échantillons remaniés et essais pressiométriques tous les mètres jusque 3,00 m/TN puis tous les 1,50 m jusque 22,50 m/TN puis tous les 2,00 m jusqu'à la base du sondage ;
- 4 sondages carottés en diamètre 116 mm (**SC1 à SC4**) descendus à 6,00 m/TN, avec prélèvement d'échantillons intacts sur toute la hauteur du forage et mise en place d'un équipement piézométrique ;
- 14 fouilles à la pelle hydraulique (**F1 à F14**) descendues à 2,00 m/TN ou au refus ;

- 7 essais de perméabilités type « Nasberg » et « MATSUO » (EP5 à EP11) réalisés vers 3,00 et 2,00 m/TN.

Ces investigations sont reportées sur le plan d'implantation en annexe (p. 99).

Un relevé du niveau de nappe a également été réalisé dans l'ensemble des sondages.

3.2 Remarques vis-à-vis du programme d'investigation

« Les risques géotechniques sont liés à une connaissance partielle des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques du site, susceptibles d'avoir des conséquences sur le comportement des ouvrages ou des aménagements. Ils dépendent donc des incertitudes, de la variabilité naturelle des paramètres et des accidents géologiques. Une bonne identification des risques impose donc nécessairement des investigations géotechniques suffisantes et pertinentes au regard des besoins des différentes phases de conception, voire des études d'exécution, ainsi qu'un suivi géotechnique en phase de travaux. Cette progressivité des investigations permet de réduire les incertitudes éventuelles. » (Extrait de la norme NF P94-500 révisée ne novembre 2013).

D'après les recommandations sur la consistance des investigations géotechniques pour les études géotechnique de conception G2, le programme minimal pour la construction d'un hôpital est défini au sein du tableau suivant :

Tableau 5 : Programme minimal des investigations géotechniques lors des études géotechniques de conception G2

Ouvrage concerné	Maillage en phase PRO (intégrant reconnaissances des phases et missions précédentes)	Dont maille en phase AVP	Profondeur
Bâtiments de logements, bureaux, tertiaires, publics , pavillons en bande, ...	1 point de reconnaissance tous les 200 m² avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 20 m entre points	1 point de reconnaissance tous les 300 m² avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 20 m entre points	5 m sous la base des fondations prévisibles
Voiries (parkings aériens et voiries liées au bâtiment)	1 point de reconnaissance tous les 1 500 m² avec un minimum de 2 points	Selon contexte	3 m sous le niveau définitif de la voirie et 2 m sous le terrain naturel

Soit pour un bâtiment d'une emprise au sol de 41 968 m² un total de : 139 points de reconnaissance en phase AVP puis 70 points de reconnaissance supplémentaires en phase PRO (hors voiries).

La réalisation de sondages complémentaires s'avérera donc nécessaire préalablement à la réalisation de la phase projet de l'étude géotechnique de conception (G2 PRO).

3.3 Analyses au laboratoire

3.3.1 Etude G1

Les prélèvements d'échantillons ont fait l'objet d'identification en laboratoire, à savoir :

- des mesures de la teneur en eau naturelle ;
- 2 classifications GTR.

3.3.2 Etude G2

Les prélèvements d'échantillons ont fait l'objet d'identification en laboratoire, à savoir :

- des mesures de la teneur en eau naturelle ;
- des mesures de la masse volumique.

Ces analyses en laboratoire permettront notamment de classer les échantillons prélevés selon le GTR 92.

3.4 Nivellement des points de sondage

3.4.1 Investigation étude G1

Le nivellement des points de sondage a été réalisé par le cabinet « GEOMETRE EXPERT » dans le cadre de l'établissement d'un plan topographique du secteur d'étude.

Les mesures réalisées sont présentées au sein du tableau situé page suivante.

Tableau 6 : Altimétrie des points de sondage rattachée au système NGF

Sondage	Altimétrie (système NGF-IGN 1969 rattaché au repère D.M.L3-37 altitude 60.987)
S1	65,56
S2	64,36
S3	63,96
S4	63,50
S5	63,47
S6	63,09
S7	63,55
S8	62,50
S9	63,55
PR1	64,51
PR2	64,83
PR3 + PZ1	64,01
PR4	65,83

PR5	63,15
PR6	63,80
PR7	62,83
PR8	63,04
P1	± 64,35
P2	± 63,00
P3	± 63,31

3.4.2 Investigation étude G2 phase AVP

Tous les points de sondage réalisés dans le cadre de l'étude G2 phase AVP ont été implantés à l'aide d'un GPS à précision centimétrique après validation de « BERENGIER DEPOLLUTION ».

Ces coordonnées, appartenant au référentiel Lambert 1, sont présentés au sein du tableau suivant.

Tableau 7 : Coordonnées et altimétrie des points de sondage rattachée au système NGF

Sondage	X (m)	Y (m)	Altitude (m NGF)
PR9	633 333,139	305 787,384	65,238
PR10	633 377,697	305 817,460	65,329
PR11	633 426,089	305 831,320	65,184
PR12	633 462,131	305 855,942	65,377
PR13	633 487,943	305 825,475	65,139
PR14	633 513,214	305 787,816	64,525
PR15	633 553,826	305 728,551	63,870
PR16	633 542,554	305 663,564	63,268
PR17	633 497,297	305 638,932	63,508
PR18	633 517,420	305 698,654	63,630
PR19	633 474,842	305 765,218	64,507
PR20	633 455,050	305 766,875	64,483
PR21	633 464,943	305 682,394	63,822
PR22	633 437,581	305 730,804	64,037
PR23	633 409,899	305 767,396	65,398
PR24	633 452,634	305 608,323	63,690
PR25	633 420,361	305 660,478	63,751
PR26	633 392,174	305 702,982	64,205
PR27	633 366,368	305 742,919	64,711
PR28	633 320,897	305 739,325	65,158
PR29	633 363,050	305 674,393	64,511
SC1PR1	633 357,275	305 721,076	64,796
SC2PZ2	633 479,228	305 787,943	64,533
SC3PZ3	633 423,834	305 684,243	63,770
SC4PZ4	633 506,403	305 677,599	63,540
EP5	633 528,397	305 569,124	63,906
EP6	633 549,826	305 512,915	64,375
EP7	633 539,569	305 894,718	65,070

Construction du « Nouvel Hôpital » de Lens
Communes de Lens et Loos-en-Gohelle

EP8	633 590,686	305 811,952	64,813
EP9	633 629,702	305 749,718	64,447
EP10	633 652,682	305 624,204	62,892
EP11	633 682,923	305 547,354	62,719
F1	633 275,383	305 825,634	65,510
F2	633 337,305	305 816,775	65,546
F3	633 401,039	305 510,454	65,567
F4	633 447,906	305 401,039	65,497
F5	633 510,454	305 555,602	65,301
F6	633 555,602	305 869,050	65,118
F7	633 610,407	305 882,871	64,969
F8	633 586,994	305 585,011	64,860
F9	633 682,857	305 820,989	64,765
F10	633 585,011	305 740,872	64,245
F11	633 664,141	305 742,910	64,694
F12	633 736,617	305 759,721	65,518
F13	633 590,085	305 684,143	63,835
F14	633 446,967	305 550,489	63,478

4. ANALYSE DES RISQUES NATURELS DU SITE

4.1 Informations sismiques

Nous informons que les communes de Lens et Loos-en-Gohelle sont situées dans une zone sismique de type **2**: aléa **FAIBLE** (Réf : www.planseisme.fr).

4.2 Risques liés aux cavités souterraines

D'après la base de données du BRGM, trente-sept cavités souterraines sont recensées sur le territoire de la commune de Lens et quatre sur la commune de Loos-en-Gohelle. Parmi celles dont l'emplacement est connu, la plus proche du secteur d'étude est située sur la commune de Loos-en-Gohelle (voir photographie suivante).

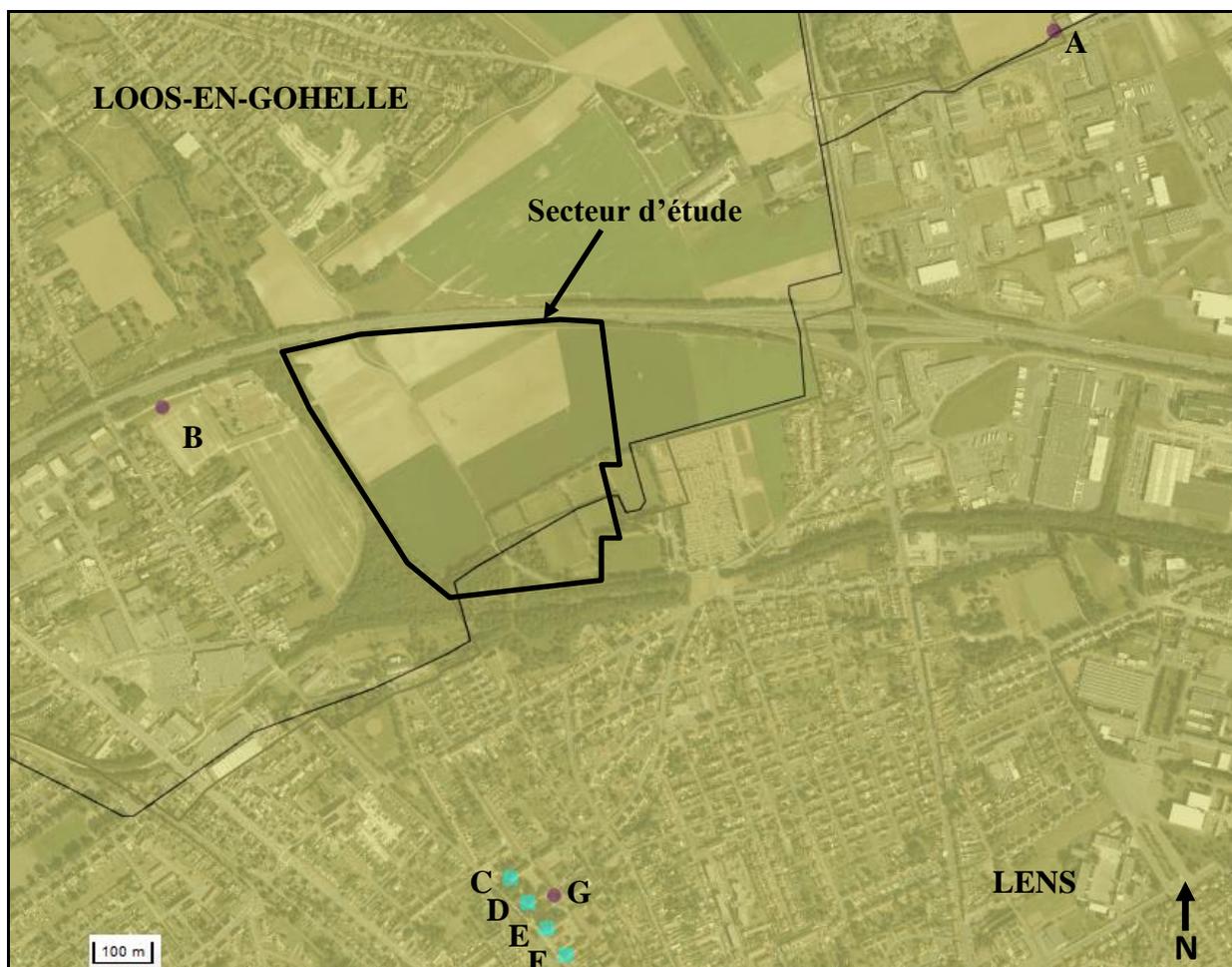


Figure 3 : Photographie aérienne situant les cavités souterraines référencées à proximité du secteur d'étude (source : georisque.gouv.fr)

Le tableau situé page suivante présente les données accessibles sur les cavités situées sur la photographie précédente.

Tableau 8 Données du BRGM sur les cavités géoréférencées à proximité du secteur d'étude

Référence de la cavité (sur photographie)	Identifiant de la cavité (BRGM)	Type de cavité	Commune(s)	Commentaire
A	NPCAW0013598 NPCAW0013441	Ouvrage militaire	LENS VENDIN-LE-VIEIL	-
B	NPCAW0014027	Ouvrage militaire	LOOS-EN-GOHELLE	<p>« Les tranchées, construites par les anglais lors de la première guerre, sont en parties édifiées sur une ancienne carrière située sur la rue Salengro. La galerie principale a une largeur de 50 à 80 cm sur une longueur de 1300m ; une salle de 250m² existe ainsi que des galeries d'écoutes creusées tous les 25m, elles mesurent entre 50 et 65m de long pour 1m30 de hauteur.</p> <p>ACCES : Il existe 2 puits et 5 descenderies pour la plupart remblayées de coordonnées (en Lambert 2 étendu; en m):</p> <p>1) X = 632 903.2 m Y = 2 606 178.8 m rue Roger Salengro 2) X = 632 925.8 m Y = 2 606 217.6 m rue Roger Salengro 1) X = 632 769.7 m Y = 2 606 100.4 m rue Bernard Palissy 2) X = 632 777.7 m Y = 2 606 065.5 m rue Henri Becquerel 3) X = 633 020.1 m Y = 2 606 399.6 m cimetière militaire des Anglais (rue R. Salengro) 4) X = 632 947.9 m Y = 2 606 310.2 m A21 (rue R. Salengro) 5) X = 632 944.2 m Y = 2 606 299.7 m A21 (rue R. Salengro) »</p>
C	NPCAW0013458	Cave	LENS	-
D	NPCAW0013457	Cave	LENS	-
E	NPCAW0013456	Cave	LENS	-
F	NPCAW0013455	Cave	LENS	-
G	NPCAW0010363	Ouvrage militaire	LENS	<p>« Présence de quatre accès à la surface (descenderies): 1) école des filles X = 633711.2m Y = 2605355.6m 2) église X = 633762.9m Y = 2605423.2m 3) école des garçons X = 633684.2m Y = 2605394.1m 4) cave dans l'école des filles X = 633671.4m Y = 2605347.8m PROFONDEUR DU TOIT: 12m »</p>

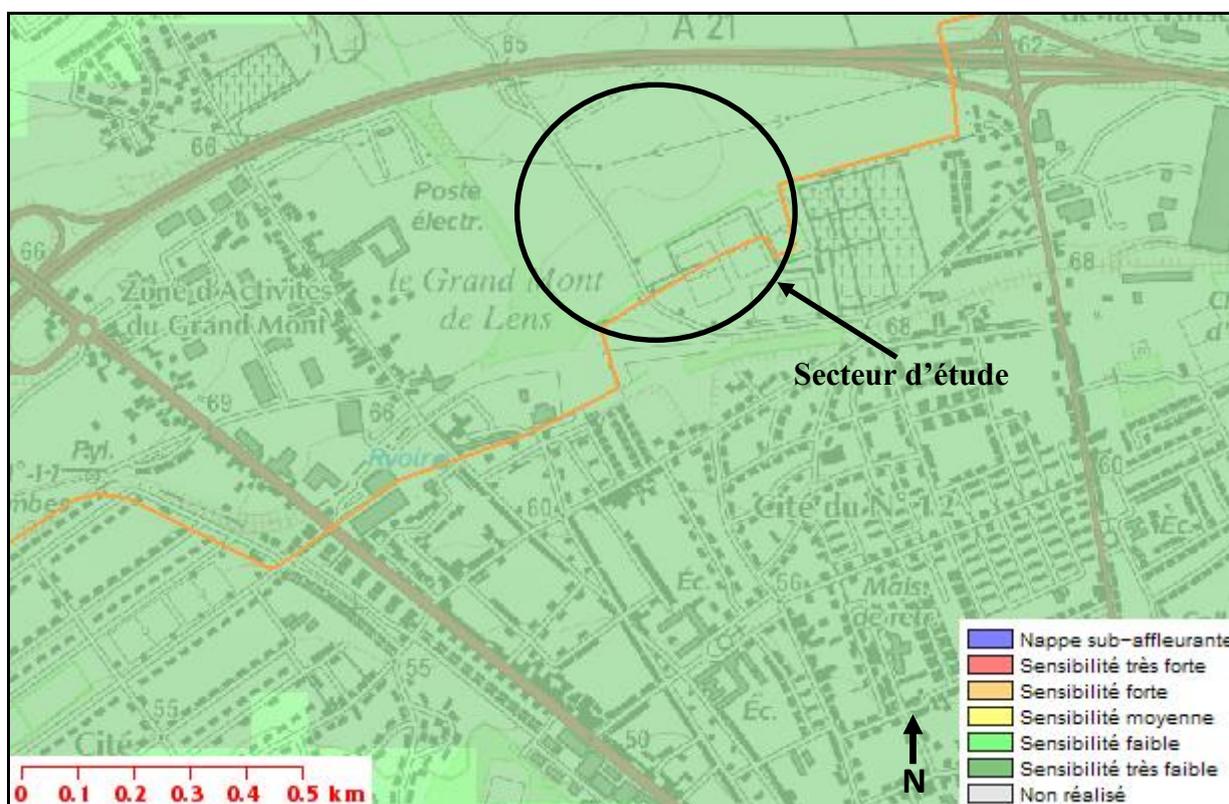
Il est à noter que la commune de Lens est située au sein du périmètre sapé lors de la première guerre mondiale. La cavité référencée NPCAW0013494 fait état de « sapes de guerre présentes sur toute la commune ».

D'après les informations récoltées, il existe un risque non négligeable lié à l'éventuelle présence de cavités souterraines au droit du site.

Les risques liés aux cavités souterraines ont fait l'objet d'une enquête documentaire dont les résultats sont situés au sein du chapitre 5.

4.3 Aléa remontée de nappe

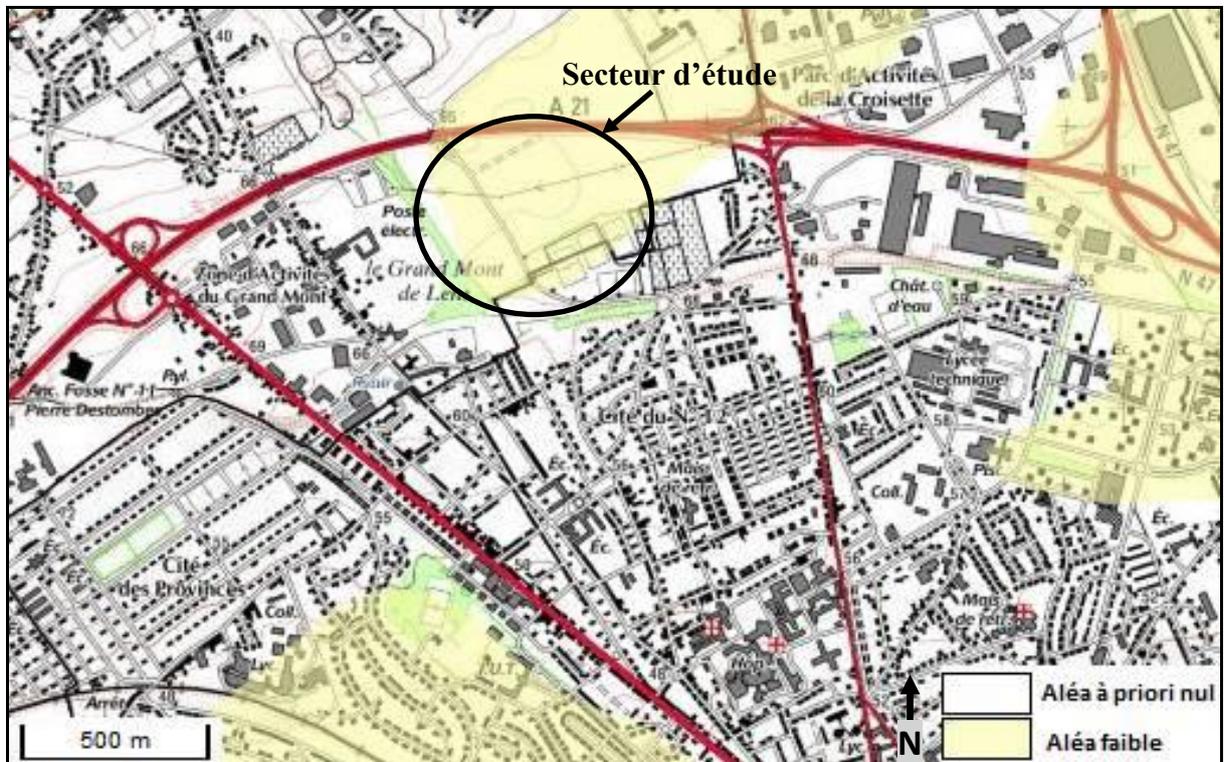
D'après la cartographie « aléa remontée de nappe » établie par le BRGM, le secteur d'étude est situé dans une zone classée « sensibilité très faible » (voir figure suivante).



(Source : <http://www.inondationsnappes.fr>)

4.4 Aléa retrait-gonflement des argiles

D'après la cartographie « aléa retrait gonflement des argiles », le secteur d'étude est situé dans une zone classée « aléa faible » à « aléa à priori nul » (voir figure située page suivante).



(Source : <http://www.argiles.fr/>)

5. ENQUÊTE DOCUMENTAIRE SUR LES RISQUES LIÉS AUX CAVITÉS SOUTERRAINES

5.1 Services contactés

Dans le cadre de l'enquête documentaire sur les risques liés aux cavités souterraines, nous avons été en contact avec les services suivants :

- La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL);
- La Direction Départementale des Territoire et de la Mer du Pas-de-Calais (DDTM 62) ;
- Le Service Géologique Régional du Nord du Bureaux de Recherches Géologiques et Minières (SGR BRGM) ;
- L'Association « Loos Grande Guerre » ;
- « The Durand Group » (association anglaise).

Suite à ces contacts, nous avons également consultés la base de données de l'université canadienne « Mac Master » qui répertorie de nombreux plans de tranchées.

5.2 Résultats de l'enquête

En premier lieu, il convient de préciser que les résultats de l'enquête documentaire doivent être considérés avec précaution, émanant de nombreuses sources dont certaines non officielles.

D'après notre enquête et les informations récoltées, il apparaît que le secteur d'étude a été le lieu de deux batailles de surface très importantes en 1915 et 1917, la seconde ayant notamment été marquée par l'utilisation de « gaz moutarde ». Le secteur d'étude est également marqué par la présence de tranchées (en surface et très probablement également sous terre).

D'après les informations fournies et les connaissances générales sur le secteur de Loos-en-Gohelle, les tunnels auraient été réalisés entre 1916 et 1917 et sont susceptibles d'être situés sur trois niveaux :

- Le niveau principal étant situé entre 8 m et 15 m de profondeur ;
- Le second niveau, plus profond, situé à une profondeur inférieure à 20 m ;
- Le troisième niveau, le plus profond, étant situé vers 33 m.

Ces profondeurs sont basées sur celle des tunnels britanniques qui auraient été réalisés en réponse aux tunnels allemands de profondeur similaire.

Il est important de signaler qu'il existe peu d'informations relatives aux sociétés minières allemandes. Il est toutefois reconnu qu'elles étaient très prolifiques. Un vaste réseau de tunnels est donc susceptible d'être situé au droit du projet.

5.3 Cartes récoltées

La figure située ci-dessous nous a été communiquée à titre indicatif par le service risques de la DREAL Nord-Pas-de-Calais. Les informations présentes sur celle-ci proviennent d'un inventaire, réalisé par le BRGM, basé essentiellement sur des données d'archives. En l'occurrence, il n'est pas exclu qu'un secteur, pour lequel aucune activité souterraine n'aurait été identifiée, soit en réalité concerné par cet aléa.

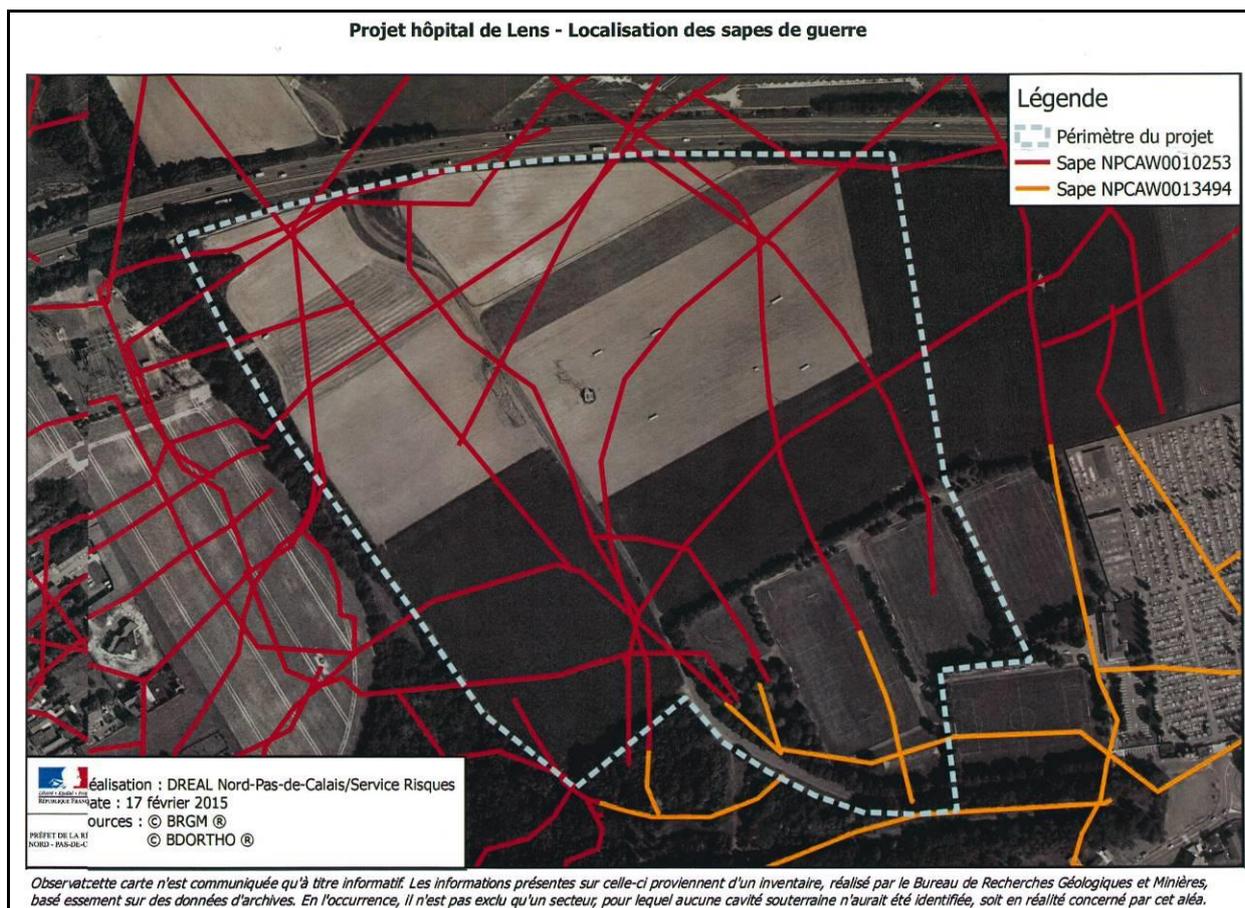


Figure 6 : Localisation des sapes de guerre sur photographie aérienne (source : DDTM 62)

La figure située ci-dessous nous a été transmise par l'association « The Durand Group ».



Figure 7 : Localisation des sapes de guerre sur photographie aérienne (source : « The Durand Group »)

Les figures situées ci-après présentent quelques cartes de tranchées consultables sur la base de données de l'université canadienne « Mac Master ».



Figure 8 : Carte intitulée « Trench Map, World War, 1914-1918, Loos/Lens, Unknown. Januray, 1916-1 : 10,000 »

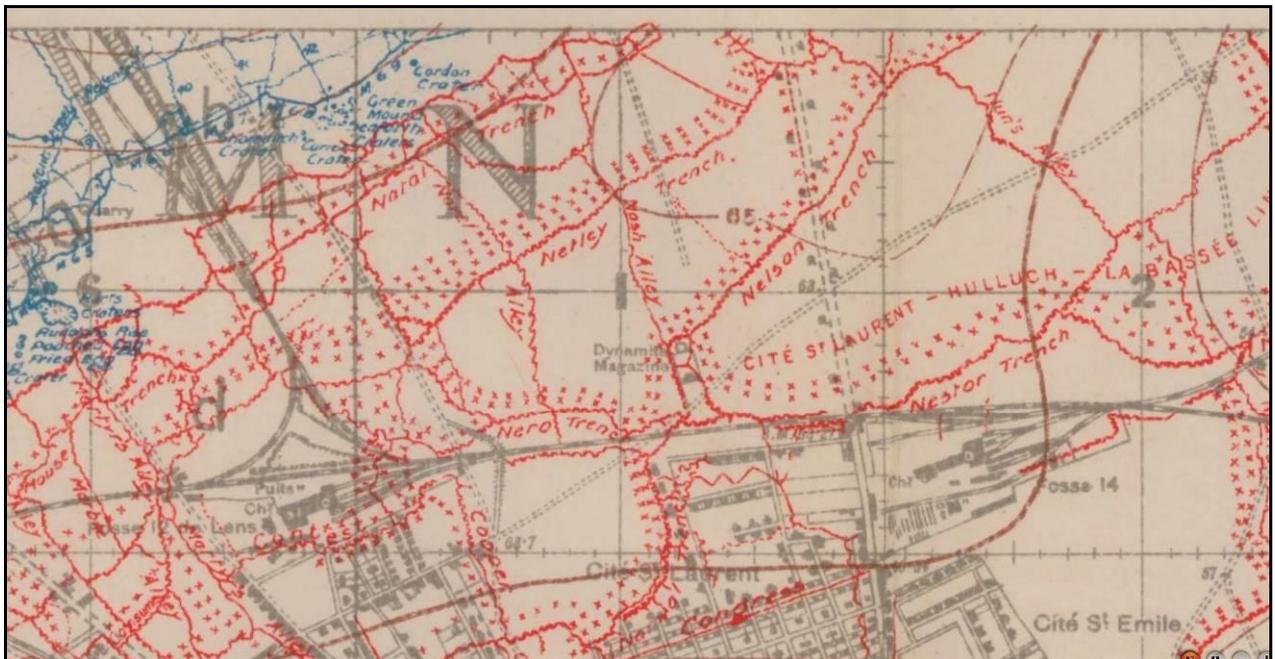


Figure 9 : Carte intitulée « Trench Map, World war, 1914-1918, Lens, France. February, 1917-1 : 20,000 »

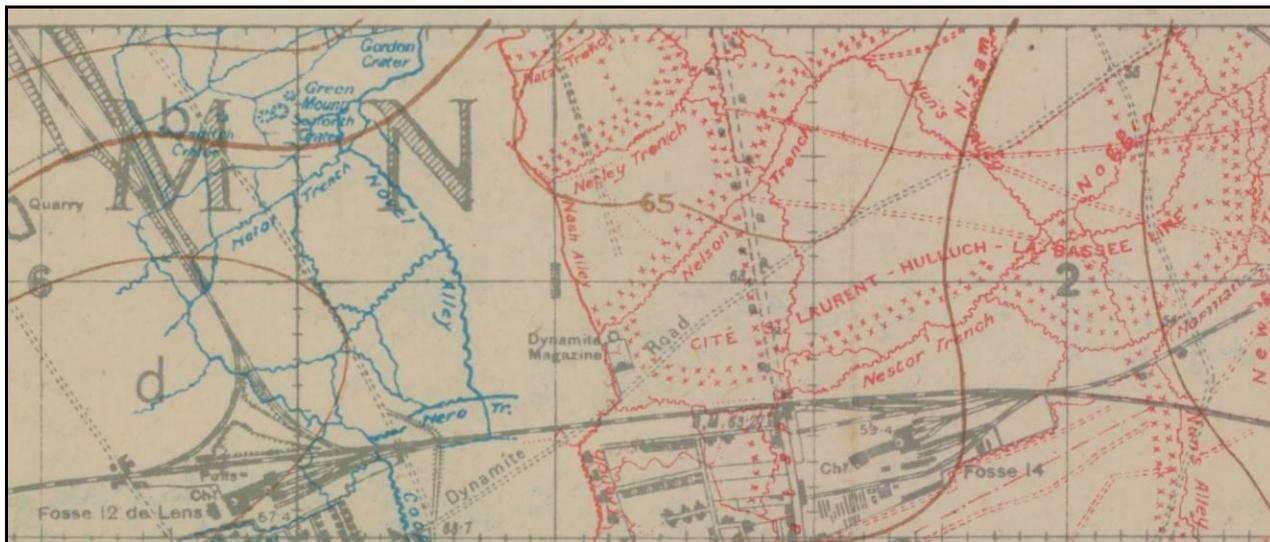


Figure 10 : Carte intitulée « Trench Map, World war, 1914-1918, Lens, France. July, 1917-1 : 20,000 »

6. ANALYSE DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Nous avons analysé une série de photographies aérienne du secteur d'étude afin de détecter tout éventuel indice pouvant supposer la présence d'anomalies au droit du site. Les anomalies recherchées sont diverses : constructions ou aménagements spécifiques, fosses, tranchées, ancien cours d'eau, puits de cavités souterraines etc.

Les photographies analysées sont présentées ci-après. Les indices (formes, couleurs etc.) pouvant supposer la présence d'une anomalie sont entourés par un cercle en pointillés blanc. Le tableau situé p.24 récapitule l'ensemble des indices détectés et les probables anomalies liées.



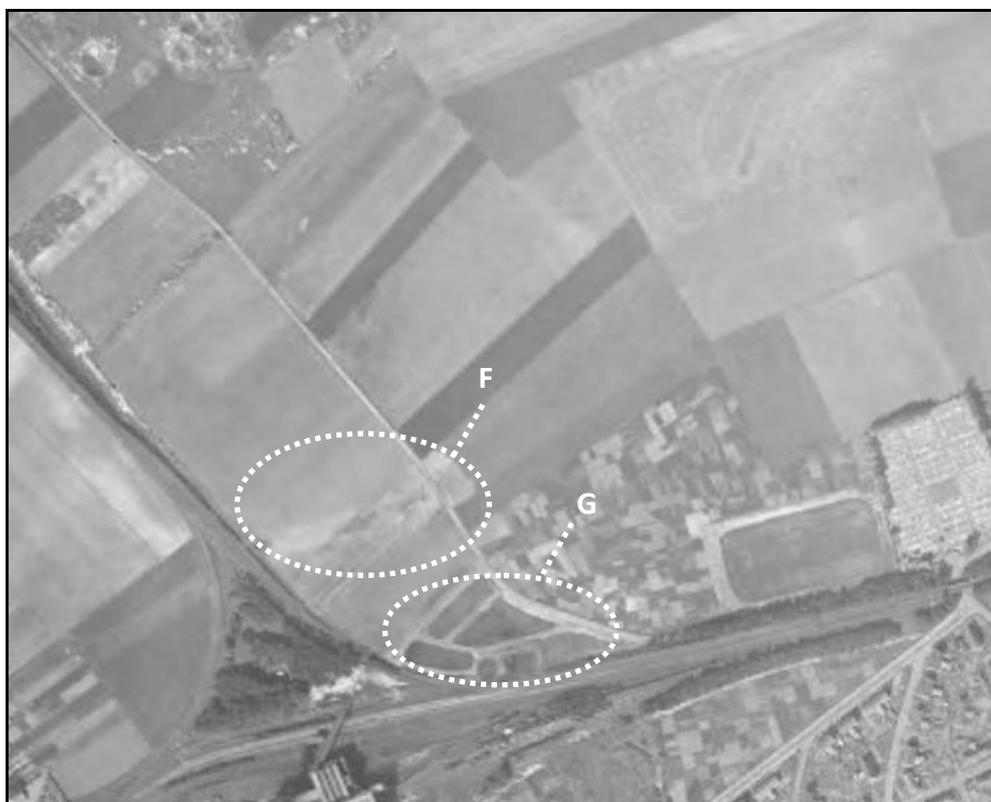
Photographie 3 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1933 (source : Géoportail)



Photographie 4 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1947 (source : Géoportail)



Photographie 5 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1951 (source : Géoportail)



Photographie 6 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1957 (source : Géoportail)



Photographie 7 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1964 (source : Géoportail)



Photographie 8 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1970 (source : Géoportail)



Photographie 9 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1979 (source : Géoportail)



Photographie 10 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1986 (source : Géoportail)



Photographie 11 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 1992 (source : Géoportail)



Photographie 12 : Photographie aérienne du secteur d'étude en 2000 (source : Géoportail)

Tableau 9 : Liste des indices observés sur les photographies aériennes

Photographie – année	Indice	Observation	Commentaires
1 - 1933	A	Nombreuses taches dans les champs regroupées	Présence d'une hétérogénéité au sein du sol ? lien avec des sapes de guerre ?
	B	Tache circulaire noirâtre au Sud-ouest du site à proximité de ce qui semble être une ligne de chemin de fer	Présence d'une fosse ou citerne enterrée ?
2 – 1947	C	Forme rectangulaire au Sud-ouest du site	Aménagement de terrain, bassin de rétention ?
3 - 1951	D	Forme rectangulaire au Sud-ouest du site	Aménagement de terrain, bassin de rétention ?
	E	Nombreuses traces rectilignes blanches dans les champs	Présence d'une hétérogénéité au sein du sol, probablement en lien avec des tranchées remblayées
4 - 1957	F	Tache dans champs	Traces de terrassements ?
	G	Taches au Sud-ouest du site	Aménagements de terrain, bassins de rétention ?
7 - 1964	H	Taches au Sud-ouest du site	Aménagements de terrain, bassins de rétention ?
8 - 1970	I	Taches au Sud-ouest du site	Travaux de terrassements ?
9 - 1979	J	Taches au Sud-ouest du site	Travaux de terrassements ?
10 - 1986	K	Taches au Sud-ouest du site	Travaux de terrassements ?

Il ressort de l'analyse des photographies aériennes les points suivants :

- La partie Sud-Ouest du secteur d'étude semble avoir été marquée par la réalisation de travaux d'aménagement (à priori des bassins de rétention aujourd'hui remblayés). Des remblais potentiellement épais sont susceptibles d'être rencontrés dans ce secteur ;
- Le secteur d'étude semble être marqué par la présence de tranchées à priori remblayées avec un matériau crayeux.

Nous avons croisés les résultats de l'enquête documentaire concernant les risques liés avec les cavités souterraines avec la photographie aérienne datant de 1951 (voir figures situées page suivante).

Les traces blanchâtres au sein des champs semblent correspondre avec le tracé des sapes sur la carte transmise par le Groupe Durand. On peut toutefois observer un léger décalage entre les traces blanchâtres observés et le tracé des sapes.

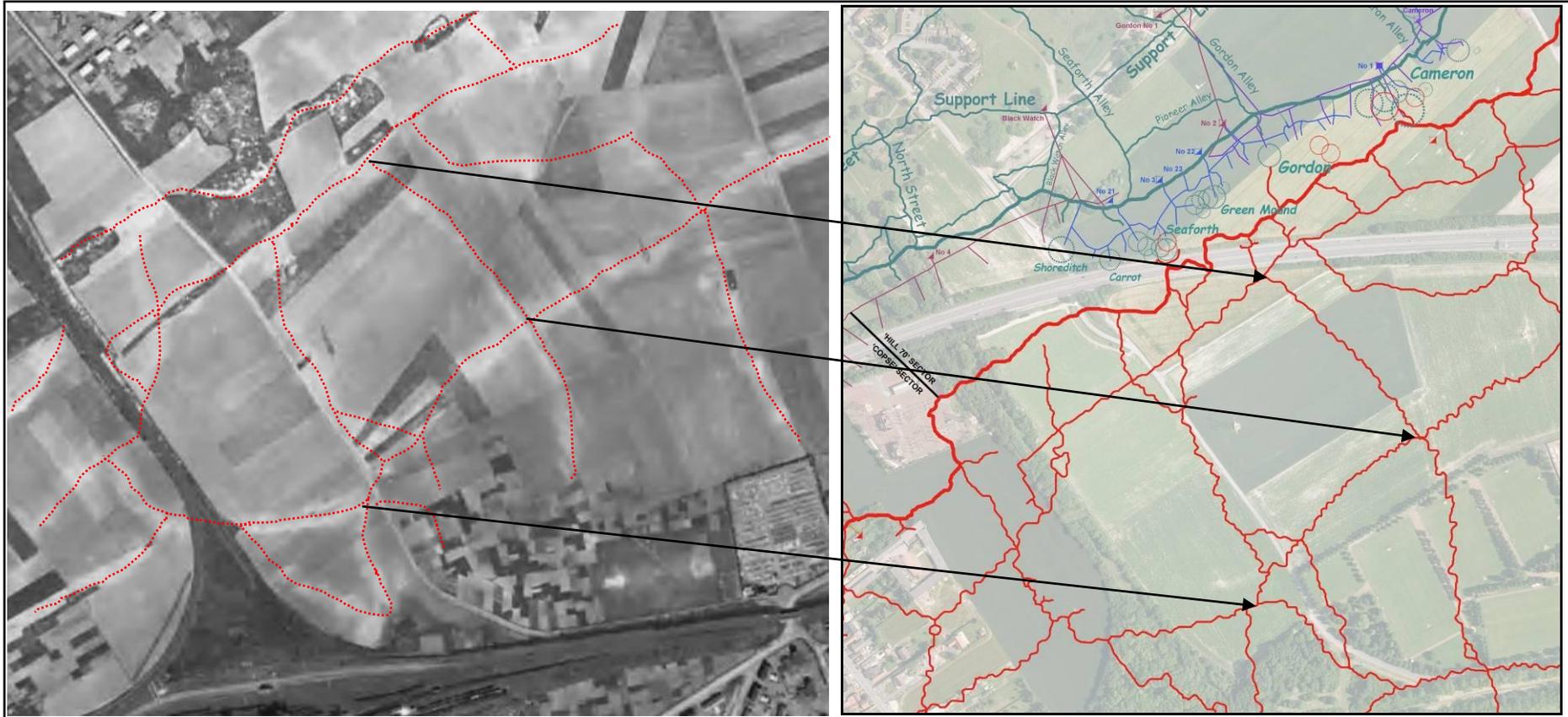


Figure 11 : Comparaison des traces blanchâtres observées dans les champs et le tracé des sapes transmis par le Groupe Durand

Il est à noter que l'analyse des photographies aériennes présentées au sein du présent chapitre constitue un examen sommaire des photographies aériennes et non de la « photo-interprétation ». Par ailleurs la qualité des analyses dépend fortement de la qualité des photographies. Les photographies consultées sont disponibles sur le site « Geoportail » du gouvernement (www.geoportail.gouv.fr/accueil).

7. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES

7.1 Géologie rencontrée

Les investigations géotechniques ont permis de rencontrer les formations suivantes :

Terre végétale / Remblais

Les sondages ont rencontrés :

- Au niveau des champs : des terrains remaniés (terre végétale limoneuse et craie) sur une épaisseur globalement comprise entre 20 et 80 cm, liés au contexte historique du site ainsi qu'à son occupation (terrains labourés).

On note toutefois une surépaisseur de remblais au droit du sondage PR20 (1,50 m environ) constitués de terre végétale, d'argile, de cailloutis crayeux et de quelques débris de brique).

Par ailleurs, la craie rencontrée au droit du sondage PR23 jusque 3,70 m/TN environ a été assimilée à un remblai / terrain remanié en raison de sa compacité très faible, susceptible de constituer une anomalie au regard du résultat des autres sondages pressiométriques.

- Au niveau de la zone boisée (partie Sud-Ouest du site d'étude, correspondant à peu près au futur bassin de rétention) : des remblais sur une épaisseur relativement importante, atteignant environ 4,00 m au droit du sondage PR4. La nature de ces remblais est relativement variable (limon plus ou moins argileux/sableux/graveleux, sable graveleux, terre végétale, débris de brique). Des câbles métalliques (élingues) ont notamment été rencontrés au droit du forage PR4 au sein des remblais ;
- Au niveau du stade Albert Debeyre : des remblais de nature et d'épaisseur variable (globalement comprise entre 0,50 et 1,50 m).

Les tableaux ci-après indiquent la profondeur (en m/TN et en m NGF) de la base des remblais rencontrés au droit des forages.

Tableau 10 : Profondeur de la base des remblais rencontrés au droit des sondages géologiques (étude G1)

Sondage	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Profondeur de la base (m/TN)	-	0,50	1,30	0,50	1,50	0,50	0,60	1,00	0,70
Profondeur de la base (m NGF)	-	63,86	62,66	63,0	61,97	62,59	62,95	61,5	62,85

Tableau 11 : Profondeur de la base des remblais rencontrés au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (étude G1)

Sondage	PR1	PR2	PR3+PZ1	PR4	PR5	PR6	PR7	PR8
Profondeur de la base (m/TN)	-	1,80	0,60	4,00	0,80	-	1,50	1,50
Profondeur de la base (m NGF)	-	63,03	63,41	61,83	62,35	-	61,33	61,54

Tableau 12 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (étude G2 phase AVP) – 1/2

Sondage	PR9	PR10	PR11	PR12	PR13	PR14	PR15	PR16	PR17	PR18	PR19
Profondeur de la base (m/TN)	0,40	0,40	0,70	0,30	0,40	0,50	0,80	0,80	0,50	0,20	0,30
Profondeur de la base (m NGF)	64,84	64,93	64,48	65,08	64,74	64,03	63,07	62,47	63,01	63,43	64,21

Tableau 13 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (étude G2 phase AVP) – 2/2

Sondage	PR20	PR21	PR22	PR23	PR24	PR25	PR26	PR27	PR28	PR29
Profondeur de la base (m/TN)	1,50	0,30	0,80	3,70	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,40
Profondeur de la base (m NGF)	61,98	63,52	63,24	61,70	63,29	63,35	63,81	64,31	64,56	64,11

Tableau 14 : Profondeur de la base des sondages carottés (étude G2 phase AVP)

Sondage	SC1	SC2	SC3	SC4
Profondeur de la base (m/TN)	0,40	0,40	0,40	0,40
Profondeur de la base (m NGF)	64,40	64,13	63,37	63,14

Tableau 15 : Profondeur de la base des remblais / terrains remaniés rencontrés au droit des essais de perméabilité (étude G2 phase AVP)

Sondage	EP5	EP6	EP7	EP8	EP9	EP10	EP11
Profondeur de la base (m/TN)	2,10	1,90	0,30	0,30	0,30	0,80	0,80
Profondeur de la base (m NGF)	61,81	62,7	64,77	64,51	64,15	62,09	61,92

Tableau 16 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP)

Sondage	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Profondeur de la base (m/TN)	0,30	0,30	0,30	0,35	0,30	0,30	0,20
Profondeur de la base (m NGF)	65,21	65,25	65,27	65,15	65,00	64,82	64,77

Tableau 17 : Profondeur de la base des terrains remaniés rencontrés au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP)

Sondage	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
Profondeur de la base (m/TN)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Profondeur de la base (m NGF)	64,56	64,47	63,95	64,39	64,22	63,54	63,18

Remarques :

- 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 ;
- Pour tout arbre dessouché au droit du projet, il faudra remblayer avec un matériau sain, inerte et insensible à l'eau et compacter selon les règles de l'art ;
- Il convient de préciser que les sondages réalisés dans les champs ont été implantés de manière à ce que les tranchées ne soient pas rencontrées (sécurisation pyrotechnique). Des épaisseurs de remblais susceptibles d'être importantes sont à prévoir au droit de celles-ci ;
- Les épaisseurs de remblais relativement importantes rencontrées au droit de la zone boisée, zone d'implantation du futur bassin de rétention, sont susceptibles d'être en lien avec les anomalies observées sur les photographies aériennes historiques (voir p.29).

Formations superficielles

Les formations superficielles, lorsqu'elles existent, sont constituées de limons et d'argiles de teinte marron et constituée de cailloutis crayeux.

Tableau 18 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrées au droit des sondages géologiques (Etude G1)

Sondage	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Profondeur de la base (m/TN)	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Profondeur de la base (m NGF)	65,06	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 19 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrées au droit des sondages géologiques avec essais pressiométriques (Etude G1)

Sondage	PR1	PR2	PR3+PZ1	PR4	PR5	PR6	PR7	PR8
Profondeur de la base (m/TN)	0,50	-	2,10	-	-	-	-	2,1
Profondeur de la base (m NGF)	64,01	-	61,91	-	-	-	-	60,94

Tableau 20 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrées au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP)

Sondage	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Profondeur de la base (m/TN)	-	-	-	-	-	0,40	0,40
Profondeur de la base (m NGF)	-	-	-	-	-	64,72	64,57

Tableau 21 : Profondeur de la base des formations superficielles rencontrées au droit des fouilles de reconnaissance géologique (étude G2 phase AVP)

Sondage	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
Profondeur de la base (m/TN)	0,45	0,45	0,40	0,80	0,45	0,45	-
Profondeur de la base (m NGF)	64,41	64,32	63,85	63,89	64,07	63,39	-

Craie

Le substratum crayeux a été rencontré au droit de l'ensemble des sondages immédiatement sous la terre végétale ou les remblais. Il est constitué d'une craie de teinte et d'altération variable pouvant contenir des veines limoneuses en tête.

D'après les échantillons intacts prélevés au droit des sondages carottés, la craie s'avère être relativement fracturée jusqu'au moins 6 m de profondeur.

Les sondages ont donné lieu à l'établissement de coupes géologiques jointes en annexe (p.101).

7.2 Hydrologie-Hydrogéologie

Aucun niveau d'eau n'a été observé en fin de forage (hors piézomètre), les sondages les plus profonds étant descendus à environ 25,00 m/TN (soit environ 38 m NGF).

Le tableau suivant présente les résultats du suivi de l'équipement piézométrique PZ1 réalisé à l'issue de l'étude G1.

Tableau 22 : Suivi du niveau de nappe au sein de l'équipement piézométrique PZ1

Date	Relevé (m/TN)	Relevé (m NGF)
05/02/2015	35,70	28,31
02/03/2015	34,40	29,61
16/04/2015	34,45	29,56
04/05/2015	35,05	28,96
02/06/2015	36,85	27,16
25/08/2015	39,95	24,06
25/09/2015	38,72	25,29
27/10/2015	39,77	24,24
09/11/2015	39,45	24,56
14/12/2015	38,15	25,86
06/01/2016	37,40	26,61
05/02/2016	36,25	27,76
15/03/2016	34,45	29,56
11/04/2016	35,22	28,79
24/05/2016	35,70	28,31
11/07/2016	33,10	30,90
25/08/2016	35,70	28,31
14/09/2016	36,90	27,11

D'après ces relevés et selon les données du projet (un seul niveau de sous-sol), la nappe de la craie n'interférera pas avec le projet.

Il convient de préciser que les eaux météoriques sont susceptibles de s'accumuler dans les remblais ainsi qu'au-dessus des éventuelles formations superficielles limono-argileuses.

7.3 Résultats des analyses au laboratoire

7.3.1 Teneur en eau naturelle

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

Tableau 23 : Résultats des teneurs en eau naturelle

	Nom du forage	Profondeur (m/TN)	Géologie	Teneur en eau (%)
Étude G1	S1	0,50 – 1,50	Craie	27,9
	S1	3,00 – 6,00	Craie	22,9
	S1	8,00 – 10,00	Craie	20,6
	S2	0,50 – 1,50	Craie	27,9
	S2	3,00 – 6,00	Craie	25,0
	S4	0,50 – 1,50	Craie	23,9
	S4	3,00 – 6,00	Craie	21,5
	S5	0,25 – 0,50	Remblais	22,8
	S5	0,50 – 1,00	Remblais	26,2
	S5	1,00 – 1,50	Remblais	22,2
	S5	1,50 – 2,00	Craie	31,9
	S6	0,50 – 1,50	Craie	25,6
	S6	3,00 – 6,00	Craie	21,1
	S7	0,60 – 1,50	Craie	22,3
	S7	3,00 – 6,00	Craie	22,2
	S8	1,00 – 1,50	Craie	25,2
	S8	3,00 – 6,00	Craie	23,7
	Étude G2 phase AVP	PR1	0,50 – 3,00	Craie
PR2		2,00 – 3,00	Craie	22,7
PR5		0,80 – 1,30	Craie	31,4
PR10		0,40 – 1,40	Craie	21,9
PR11		0,70 – 25,00	Craie	20,8
PR12		0,70 – 25,00	Craie	27,4
PR13		0,40 – 25,00	Craie	28,8
PR14		0,50 – 25,00	Craie	23,3
PR15		0,80 – 25,00	Craie	20,7
PR16		0,80 – 25,00	Craie	23,0
PR17		0,60 – 25,00	Craie	23,6
PR18		0,60 – 25,00	Craie	16,0
PR19		0,30 – 1,60	Craie	21,3
PR19		2,30 – 2,80	Craie	21,3
PR20		1,50 – 2,60	Craie	21,1
PR21		0,70 – 25,00	Craie	20,5
PR22		0,70 – 25,00	Craie	26,6
PR23	0,30 – 3,70	Craie	21,1	
PR24	0,40 – 1,60	Craie	19,6	
PR25	0,40 – 17,00	Craie	19,7	

PR25	1,70 – 3,60	Craie	22,0
PR26	0,30 – 1,40	Craie	20,8

7.3.2 Mesures de la masse volumique

Le tableau suivant présente les résultats des mesures de la masse volumique ainsi que la classification GTR déduite.

Tableau 24 : Résultats des mesures de la masse volumique

Nom du forage	Profondeur (m/TN)	Teneur en eau (%)	Masse volumique * (t/m ³)	Classification GTR	
SC1	0,90 – 1,00	23,5	1,66	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC1	1,90 – 2,00	27,1	1,44	R _{13h}	Craie peu dense
SC1	2,90 – 3,00	23,4	1,72	R ₁₁	Craie dense
SC1	3,90 – 4,00	22,6	1,67	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC1	4,90 – 5,00	23,1	1,67	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC1	5,90 – 6,00	23,8	1,61	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC2	0,70 – 0,80	24,0	1,50	R _{13m}	Craie peu dense
SC2	1,90 – 2,00	22,6	1,68	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC2	2,90 – 3,00	23,8	1,89	R ₁₁	Craie dense
SC2	3,90 – 4,00	23,2	1,69	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC2	4,90 – 5,00	25,8	1,65	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC2	5,90 – 6,00	23,2	1,64	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC3	0,70 – 0,80	22,4	1,67	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC3	1,90 – 2,00	22,6	1,69	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC3	2,90 – 3,00	23,2	1,69	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC3	3,90 – 4,00	23,4	1,73	R ₁₁	Craie dense
SC3	4,90 – 5,00	22,3	1,72	R ₁₁	Craie dense
SC3	5,90 – 6,00	22,3	1,75	R ₁₁	Craie dense
SC4	0,70 – 0,80	21,6	1,66	R _{12s}	Craie de densité moyenne
SC4	1,90 – 2,00	23,8	1,68	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC4	2,90 – 3,00	23,6	1,67	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC4	3,90 – 4,00	24,0	1,65	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC4	4,90 – 5,00	24,1	1,64	R _{12m}	Craie de densité moyenne
SC4	5,90 – 6,00	23,3	1,75	R ₁₁	Craie dense

* masse volumique apparente d'un échantillon de roche déshydraté

7.3.3 Classification GTR

Le tableau suivant présente les résultats des analyses :

Tableau 25 : Résultats des classifications GTR

Sondage	Profondeur de prélèvement (m/TN)	IDENTIFICATION GTR										
		Teneur en eau en % (fraction 0/20 mm)	Teneur en eau en % (fraction 0/5 mm)	Lithologie	Granulométrie					VBS	I.P.	GTR
					Tamisé à 50 mm (%)	Tamisé à 20 mm (%)	Tamisé à 5 mm (%)	Tamisé à 2 mm (%)	Tamisé à 0,08 mm (%)			
PR1	0,20 – 0,50	24,2	24,2	Argile limoneuse à cailloutis crayeux	100	100	95,7	94,0	89,8	6,6	36	A ₃
PR8	1,50 – 2,10	50,0	50,0	Argile à cailloutis crayeux	100	100	100	100	98,1	11,4	58	A ₄

Remarque :

- On considère généralement que la susceptibilité d'une argile au retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité de la manière suivante :

Tableau 26 : Susceptibilité d'une argile au retrait gonflement en fonction de son indice de plasticité (IP)

Indice de plasticité	Susceptibilité	Note géotechnique
IP < 12	Faible	1
12 < IP < 25	Moyenne	2
25 < IP < 40	Forte	3
IP > 40	Très forte	4

- On considère généralement (Chassagneux et al., 1996) que la sensibilité d'un matériau argileux varie de manière suivante en fonction de la valeur de bleu (VBS) :

Tableau 27 : Susceptibilité d'une argile au retrait gonflement en fonction de sa valeur au bleu

Valeur de bleu	Susceptibilité	Note géotechnique
< 2,5	Faible	1
2,6 à 6	Moyenne	2
6 à 8	Forte	3
> 8	Très forte	4

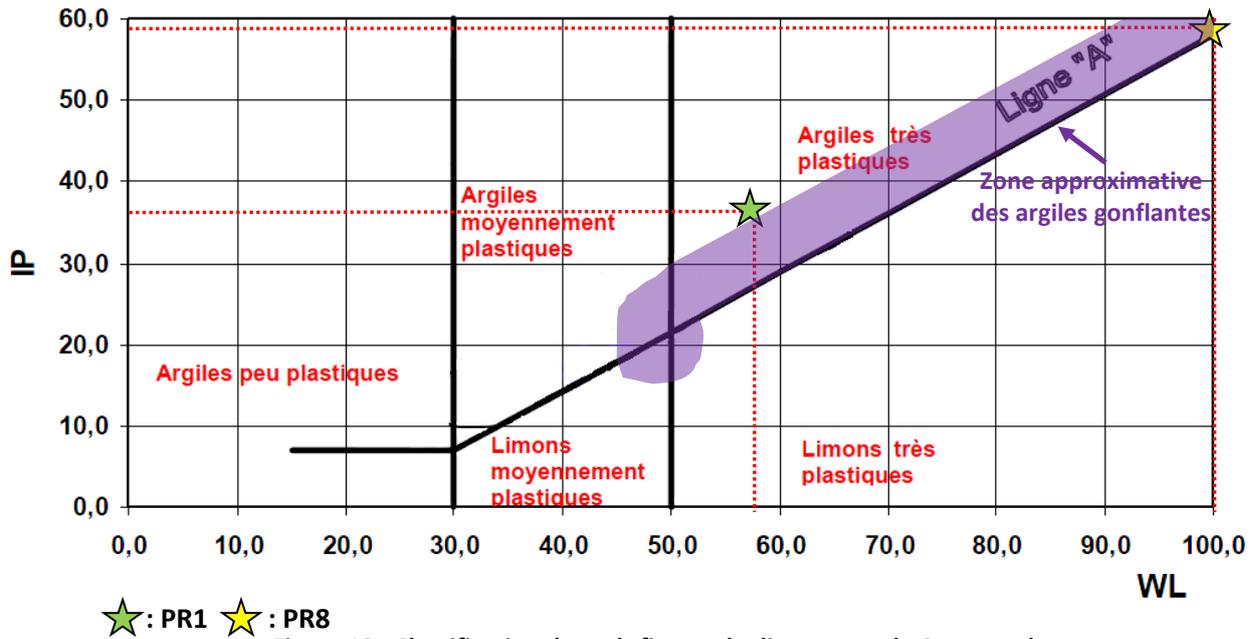


Figure 12 : Classification des sols fins sur le diagramme de Casagrande

D'après le diagramme de Casagrande (figure ci-dessus) et les résultats de l'essai en laboratoire, les sols échantillonnés se situent au sein des argiles très plastiques voire gonflantes.

7.4 Résultats des essais in-situ :

7.4.1 Examen du pressiogramme

Chaque essai pressiométrique détermine trois caractéristiques mécaniques essentielles du sol :

- **La pression limite nette (PI* en MPa)** qui correspond à l'état limite de rupture et qui permet le calcul de la capacité portante ;
- **La pression de fluage nette (Pf* en MPa)** qui correspond à la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique ;
- **Le module pressiométrique (E_M 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 (p.101) avec, en regard des valeurs de PI*, Pf* et E_M, les coupes géologiques correspondantes.

Le rapport E_M/PI est également fourni sur les coupes. Ce dernier permet notamment de déterminer le coefficient α appelé *coefficient rhéologique* ou *coefficient de structure* du sol.

7.4.2 Commentaires des essais pressiométriques

Remblais

Dix essais pressiométriques ont été réalisés au sein des remblais. Ces essais apportent uniquement une donnée sur la compacité ponctuelle des remblais, ils ne peuvent être utilisés pour juger de la compacité générale des remblais au droit du projet. Par définition, ces dépôts sont hétérogènes.

$$0,14 \text{ MPa} < \text{PI}^* < 1,58 \text{ MPa}$$
$$1 \text{ MPa} < \text{E}_M < 14 \text{ MPa}$$

Formations superficielles

Trois essais pressiométriques ont été réalisés au sein des formations superficielles

La compacité de ces formations s'avère moyenne :

$$0,97 \text{ MPa} < \text{PI}^* < 2,40 \text{ MPa}$$
$$8 \text{ MPa} < \text{E}_M < 26 \text{ MPa}$$

Substratum crayeux

Quatre cent essais pressiométriques ont été réalisés au sein du substratum crayeux.

D'après les valeurs des pressions limites nettes obtenues et selon la détermination des catégories conventionnelles de terrain, la craie s'avère être très molle en tête à saine vers la profondeur :

$$0,21 \text{ MPa} < \text{PI}^* < 4,93^* \text{ MPa}$$

$$2 \text{ MPa} < \text{E}_M < 50^* \text{ MPa}$$

* valeur limite d'interprétation de l'essai pressiométrique

7.4.3 Analyse des essais de perméabilité – type « Nasberg »

Principe de l'essai « Nasberg »

Compte tenu de l'absence de niveau d'eau au sein des forages, les essais de perméabilités réalisés sont de type « Nasberg ». L'essai de perméabilité type Nasberg est un essai d'absorption à charge variable qui consiste à remplir d'eau un forage préalablement réalisé et à mesurer en fonction du temps, l'abaissement du niveau d'eau après saturation préalable.

Résultats des essais

Les résultats des essais de perméabilité sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 28 : Résultats des essais de perméabilité type « Nasberg » (Etude G1)

Sondage	Essai	Profondeur (m/TN)	Nature du sol	Perméabilité K (m/s)
S3	EP1	2,00 – 3,00	Craie	5.10^{-07}
S3	EP2	7,00 – 8,00	Craie	9.10^{-08}
S9	EP3	2,00 – 3,00	Craie	1.10^{-07}
S9	EP4	4,00 – 5,00	Craie	2.10^{-07}

Tableau 29 : Résultats des essais de perméabilité type « Nasberg » (Etude G2 phase AVP)

Sondage	Essai	Profondeur (m/TN)	Nature du sol	Perméabilité K (m/s)
EP5	EP5	2,30 – 3,30	Craie	$8,5.10^{-06}$
EP6	EP6	2,30 – 3,30	Craie	$4,7.10^{-06}$

Commentaires

Les résultats des essais de perméabilité indiquent une perméabilité qui varie de 9.10^{-08} m/s à 8.10^{-06} m/s au sein du substratum crayeux.

Ces résultats indiquent un degré de perméabilité « faible » à « très faible » selon G. Philipponnat et B. Hubert (« Fondations et ouvrages en terre », 1979).

Il est à noter que l'essai Nasberg constitue un essai ponctuel, à la différence d'un essai de pompage, il intéresse un volume de sol très faible par rapport au secteur d'étude, celui-ci étant de l'ordre de 10 fois le rayon du forage selon la bibliographie.

Par ailleurs, cet essai conduit généralement à une sous-estimation du coefficient de perméabilité par suite d'un colmatage pratiquement inévitable de la cavité, hormis pour les terrains très perméable (perméabilité $> 10^{-3}$ m/s).

Il convient également de préciser que la craie constitue un milieu hydrauliquement hétérogène, sa perméabilité pouvant subir de forte variation selon sa fissuration, leur ouverture et leur connectivité.

7.4.4 Analyse des essais de perméabilité – type « Matsuo »

Principe de l'essai « MATSUO »

L'essai à la fosse est un essai d'absorption d'eau à charge variable qui consiste à remplir d'eau un fouille préalablement réalisée et à mesurer en fonction du temps, l'abaissement du niveau d'eau après saturation préalable.

Résultats des essais

Les résultats des essais de perméabilité sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 30 : Résultats des essais de perméabilité type « Matsuo »

Sondage	Essai	Profondeur (m/TN)	Nature du sol	Perméabilité K (m/s)
EP7	EP7	0,70 – 1,00	Craie	$3,8.10^{-05}$
EP8	EP8	0,60 – 0,90	Craie	$4,3.10^{-05}$
EP9	EP9	0,60 – 0,90	Craie	$2,0.10^{-05}$
EP10	EP10	1,00 – 1,30	Craie	$1,5.10^{-05}$
EP11	EP11	1,50 – 1,80	Craie	$1,5.10^{-05}$

Commentaires

Les résultats des essais de perméabilité indiquent une perméabilité d'environ 2.10^{-05} m/s à 4.10^{-05} m/s en tête du substratum crayeux.

Ce résultat indique un degré de perméabilité intermédiaire entre « faible » et « assez élevé » selon G. Philipponnat et B. Hubert (« Fondations et ouvrages en terre », 1979).

Il convient de préciser que la craie constitue un milieu hydrauliquement hétérogène, sa perméabilité pouvant subir de forte variation selon sa fissuration, leur ouverture et leur connectivité.

7.4.5 Analyse des essais de perméabilité – type « Porchet »

Principe de l'essai « Porchet »

L'essai de perméabilité type Porchet est un essai à charge constante qui consiste à saturer en eau un forage préalablement réalisé à l'aide d'une tarière manuelle, puis à mesurer la quantité d'eau nécessaire afin de maintenir constant le niveau d'eau au sein du forage.

Résultats des essais

Les résultats des essais de perméabilité sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 31 : Résultat des essais de perméabilité type « Porchet »

Sondage	Essai	Profondeur (m/TN)	Nature du sol	Perméabilité K (m/s)
P1	P1	0,70	Limon argileux à granules de craie	3.10^{-06}
P2	P2	0,70	Remblais (terre végétale, limon remanié, granules de craie)	1.10^{-06}
P3	P3	0,70	Remblais (terre végétale, limon remanié, granules de craie)	3.10^{-05}

Commentaires

Les résultats des essais de perméabilité indiquent

- une perméabilité d'environ 3.10^{-06} m/s au sein des limons argileux ;
- une perméabilité qui varie de 1.10^{-06} m/s à 3.10^{-05} m/s au sein des remblais.

Ces résultats indiquent un degré de perméabilité « faible » à « très faible » au sein des limons argileux selon G. Philipponnat et B. Hubert (« Fondations et ouvrages en terre », 1979).

Les perméabilités mesurées au sein des remblais ne peuvent être jugés significatives en raison de leur caractère hétérogène.

8. ÉTUDE DES PARAMETRES SISMIQUES

8.1 Classe de sol selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5)

La géologie du secteur d'étude étant composée de dépôts de sol sans cohésion de densité faible d'une faible épaisseur recouvrant le substratum crayeux, on pourra retenir en première approche une classe de sol de type B.

8.2 Données sismiques

La commune de Lens est située en **zone sismique de type 2** : aléa faible, ce qui correspond à une accélération au niveau d'un sol de type rocheux (de classe A selon la norme NF EN 1998-1) de $a_{gr} = 0,7 \text{ m/s}^2$.

D'après les éléments transmis par la maîtrise d'ouvrage et l'article 2.I de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique, le bâtiment projeté se classe parmi les bâtiments des établissements de santé qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique (au sens de l'article L. 711-2 du code de la santé publique), soit une **catégorie d'importance IV** et donc un coefficient d'importance $\gamma_1 = 1,4$.

Remarque : il appartient au maître d'ouvrage de confirmer les hypothèses de la catégorie d'importance considérée pour les futurs bâtiments.

Considérant une classe de sol de type B et une zone sismique de type 2, le paramètre de sol à appliquer est **S = 1,35**.

8.3 Analyse du potentiel de liquéfaction des sols selon l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5)

D'après l'article 4.II – f de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique, **l'analyse de liquéfaction n'est pas requise en zone de sismicité 1 et 2**.

9. DONNÉES DU PROJET

9.1 Données générales

Le projet prévoit la construction du « Nouvel Hôpital » de Lens, sur une emprise d'environ 42 000 m². Il est constitué de 4 zones :

- Au « centre » se trouve le plateau technique, étendu sur une emprise de 160 m X 90 m, il comprend un sous-sol, un rez-de-chaussée, un niveau R+1 et ponctuellement des locaux techniques en R+2 ;
- Côté sud, une première zone d'hébergements/consultations de 150 m de longueur et 70 m de largeur comprend un sous-sol partiel, un rez-de-chaussée, des niveaux R+1 et R+2 et un niveau R+3 partiel ;
- Côté ouest, une seconde zone d'hébergements/consultations de 90 m de longueur et 70 m de largeur comprend un sous-sol partiel, un rez-de-chaussée et des niveaux R+1 et R+2 ;
- A l'angle sud/ouest du plateau technique, la dernière zone accueille le hall et des espaces de bureaux. Elle comprend un rez-de-chaussée et des niveaux R+1, R+2 et R+3.

Le projet prévoit également l'aménagement d'approximativement 50 000 à 60 000 m² de voiries et parkings ainsi que la réalisation de divers ouvrages d'infiltration.

9.2 Descente de charge

Il est à noter qu'à ce stade d'étude, la descente de charge n'est pas définie. Toutefois, d'après les informations transmises, l'ordre de grandeur des charges futures à fonder varie de 150 à 450 tonnes pour les appuis les plus chargés.

9.3 Calage altimétrique du projet

D'après les informations transmises, le calage altimétrique du projet est le suivant :

- Niveau bas du RDC calé à 67,00 m NGF ;
- Sous-sol calé à 62,50 m NGF ;
- Niveau fini de la cour logistique calé à 61,40 m NGF ;
- Voiries calées entre 63 et 67 m NGF approximativement.

La figure située page suivante constitue le plan de masse fourni.

9.4 Terrassements

Le projet prévoit la réalisation de terrassement en profil mixte déblais / remblais. Il est notamment prévu de réutiliser les déblais, liés aux excavations du sous-sol et des bassins de rétention pour les voiries, en remblais au droit des voiries et parkings. D'après les plans

transmis, les épaisseurs maximales de remblais seront de l'ordre de 3,00 à 3,50 m environ au droit des voiries et les épaisseurs maximales de déblais de l'ordre de 5,30 m au droit du bassin de rétention.



Figure 13 : Plan de masse du projet

10. PRÉ-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

Compte tenu du projet, des descentes de charges prévisibles, de la présence attendue de cavités souterraines au droit du projet et du résultat des investigations, nous avons envisagé :

- Un système de fondations profondes par pieux.

Ces fondations ont été calculées conformément à la norme NF P94-262, norme d'application nationale de l'Eurocode 7 relative aux fondations profondes.

10.1 Remarques vis-à-vis de fondations superficielles

Compte tenu des difficultés de détecter les anomalies précédemment citées, un système de fondations superficielles est à écarter. Le risque que constitue la présence d'anomalies sous les fondations superficielles ne peut être écarté sans réalisation d'une campagne de sondage onéreuse (nécessité de sonder selon un maillage resserré au droit des fondations) sans pour autant garantir l'absence de risque, compte tenu des dimensions restreintes des galeries/sapes.

Les fondations profondes, type pieu, étant ponctuelles (diamètre généralement compris entre 30 et 120 cm), constituent donc le système de fondation le plus appropriés au stade actuel d'étude.

10.2 Gestion du risque vis-à-vis des fondations profondes

Le risque de présence d'anomalies sous les fondations peut être mieux géré pour des fondations profondes. Il peut être mieux maîtrisé selon les moyens mis en place.

Toutefois, la maîtrise du risque nécessite de bien comprendre le mode de fonctionnement d'un pieu.

La charge limite d'un pieu est obtenue en additionnant la charge limite de pointe (correspondant au poinçonnement du sol sous la base du pieu) et la charge limite mobilisable par frottement (entre le fût du pieu et le sol).

La présence d'anomalie au droit d'un pieu est nuisible pour :

- le frottement : absence de frottements sur la hauteur du pieu en contact avec la cavité. Par convention, le frottement est également négligé sur les terrains situés au-dessus de la cavité ;
- Pour la pointe : charge limite de pointe nulle si une cavité est située sous la base du pieu.

Trois solutions sont alors envisageables :

- **1 : dimensionner les pieux sans prendre en compte le terme de pointe et sans sondages destructifs de recherche de vide.**

→ **Avantage** : Absence de surcoût lié à la réalisation de sondages destructifs de recherche de vide.

→ **Désavantage** : la découverte de cavités lors de la réalisation des fondations nécessitera des adaptations : approfondissement du pieu, mise en place d'un tubage jusqu'à la base du vide rencontré (susceptible de nécessiter une machine de forage différente) et/ou comblement et pourra entraîner des retards. Difficulté d'estimer le coût d'exécution des fondations ainsi que les délais. Pieux surdimensionnés.

Compte tenu des risques résiduels, cette solution est fortement déconseillée.

- **2 : dimensionner les pieux sans prendre en compte le terme de pointe mais avec sondages destructifs de recherche de vide sur la profondeur des pieux.**

→ **Avantage** : meilleure estimation du coût d'exécution des fondations ainsi que les délais.

→ **Désavantage** : surcoûts liés à l'exécution des sondages destructifs de recherche de vide. Pieux surdimensionnés.

Compte tenu des risques résiduels, cette solution est déconseillée.

- **3 : dimensionner les pieux en prenant en compte le terme de pointe avec sondages destructifs de recherche de vide descendus sous la base des pieux (profondeur du pieu + 5 m).**

→ **Avantage** : meilleure estimation du coût d'exécution des fondations ainsi que les délais. Optimisation de la longueur des pieux.

→ **Désavantage** : surcoûts liés à l'exécution des sondages destructifs de recherche de vide.

10.3 Modèles géotechniques

Nous avons considérés deux modèles géotechniques dans nos calculs. Le premier constitue un modèle d'ensemble valable pour l'ensemble des pieux situés dans l'emprise du projet hormis au droit du sondage PR1 et de son environnement proche.

Le sondage PR1 étant jugé défavorable au regard des autres sondages pressiométriques, nous avons ainsi établi un second modèle géotechnique valable au droit du sondage PR1 et dans son environnement proche.

Modèle d'ensemble (hors zone du sondage PR1)

Tableau 32 : Modèle géotechnique d'ensemble

Classe de sol	Profondeur du toit (m/TN) <i>(m NGF)</i>	Profondeur de la base (m/TN) <i>(m NGF)</i>	Épaisseur (m)	PI* (MPa)	EM (MPa)
Mort terrain*	0,00 <i>67,00</i>	5,00 <i>62,00</i>	5,00	-	-
Craie altérée	5,00 <i>62,00</i>	9,00 <i>58,00</i>	4,00	2,25	23
Craie saine	9,00 <i>58,00</i>	> 29,00 <i>< 38,00</i>	> 20,00	4,50	50

* épaisseur de terrains où les caractéristiques géotechniques sont négligés dans les calculs afin de tenir compte des anomalies (terrains remaniés, remblais etc.).

Il est à noter qu'il s'agit d'un modèle établi selon les résultats des investigations géotechniques réalisées, qui sont ponctuelles. Des variations de la profondeur ou des caractéristiques mécaniques sont ainsi possibles.

Modèle valable au droit du PR1 et dans son environnement proche

Tableau 33 : Modèle géotechnique du sondage PR1

Classe de sol	Profondeur du toit (m/TN) <i>(m NGF)</i>	Profondeur de la base (m/TN) <i>(m NGF)</i>	Épaisseur (m)	PI* (MPa)	EM (MPa)
Mort terrain	0,00 <i>67,00</i>	7,00 <i>60,00</i>	7,00	-	-
Craie altérée	7,00 <i>60,00</i>	10,00 <i>57,00</i>	3,00	1,68	10
Craie saine	10,00 <i>57,00</i>	> 29,00 <i>< 38,00</i>	> 20,00	4,50	30

Il est à noter qu'il s'agit d'un modèle établi selon les résultats des investigations géotechniques réalisées, qui sont ponctuelles. Des variations de la profondeur ou des caractéristiques mécaniques sont ainsi possibles.

10.4 Fondations profondes par pieux

Nous avons estimé la capacité portante de pieux forés simple, FS (classe 1, catégorie 1 selon l'annexe nationale « NF P94-262 »), de diamètre 40 cm à 100 cm.

Ces fondations ont été calculées conformément à la norme NF P94-262, norme d'application nationale de l'Eurocode 7 relative aux fondations profondes.

10.4.1 Frottement latéral unitaire

Les caractéristiques du frottement latéral sont les suivantes :

Modèle d'ensemble

Tableau 34 : Frottement latéral pour le modèle d'ensemble

Classe de sol	q_{si} (kPa)
Mort terrain	Négligé
Craie altérée	146,07
Craie saine	182,17

Modèle basé sur le sondage PR1

Tableau 35 : Frottement latéral pour le modèle PR1

Classe de sol	q_{si} (kPa)
Mort terrain	Négligé
Craie altérée	130,60
Craie saine	182,17

10.4.2 Terme de pointe

Le tableau suivant présente le terme de pointe pris en compte dans nos calculs.

Tableau 36 : Terme de pointe

Lithologie	kp
Substratum crayeux	1,45

10.4.3 Résultats

Les résultats obtenus pour chaque solution énoncées précédemment sont présentés au sein des graphiques situés page suivantes.

Ces graphiques indiquent, pour un travail en compression, la capacité portante du pieu (en kN) en fonction de sa profondeur (en m/TN).

Il est à noter que la contrainte en tête de pieu a été limitée à 5,5 MPa (contrainte admissible dans le béton).

La précision des graphiques a été recherchée pour permettre le meilleur choix des diamètres et des longueurs. Cependant, pour l'exécution, il conviendra pour un même diamètre de pieu de limiter le choix au plus à 3 longueurs différentes. Par ailleurs, il faudra aussi limiter les différences de longueurs entre pieux voisins en respectant une règle de 2 pour 1.

Ces résultats sont valables à condition de respecter un entraxe entre pieux supérieur ou égal à 3 diamètres pour éliminer l'effet de groupe.

Nous avons considéré une plateforme de réalisation des pieux calée à 67,00 m NGF. Il conviendra d'adapter la longueur des pieux selon le calage altimétrique finale de la plateforme.

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Modèle d'ensemble

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 40 cm

Modèle d'ensemble

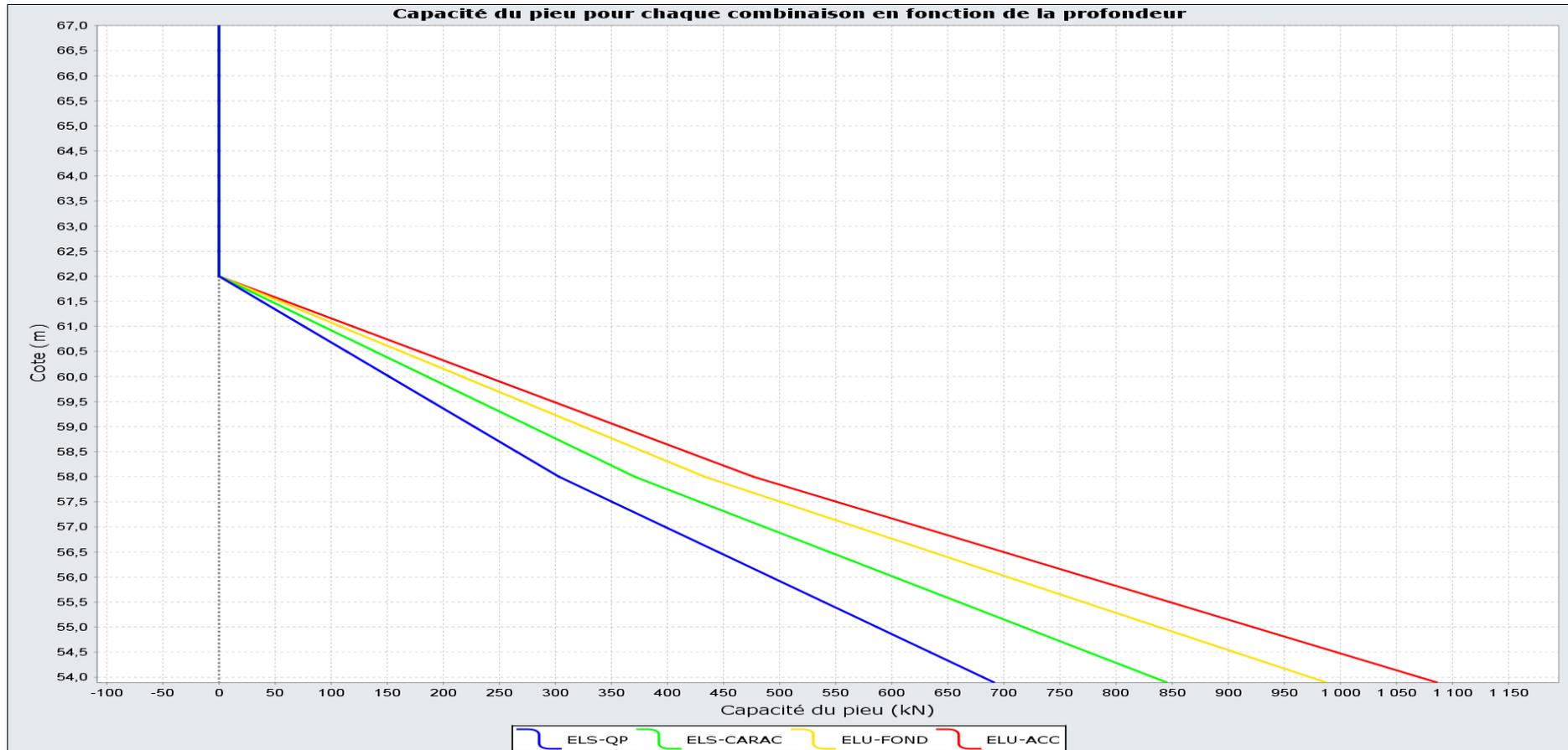


Figure 14 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2
Base du pieu : 53,80 m NGF - Longueur du pieu : 13,20 m
Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 691 kN (69,1 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 60 cm

Modèle d'ensemble

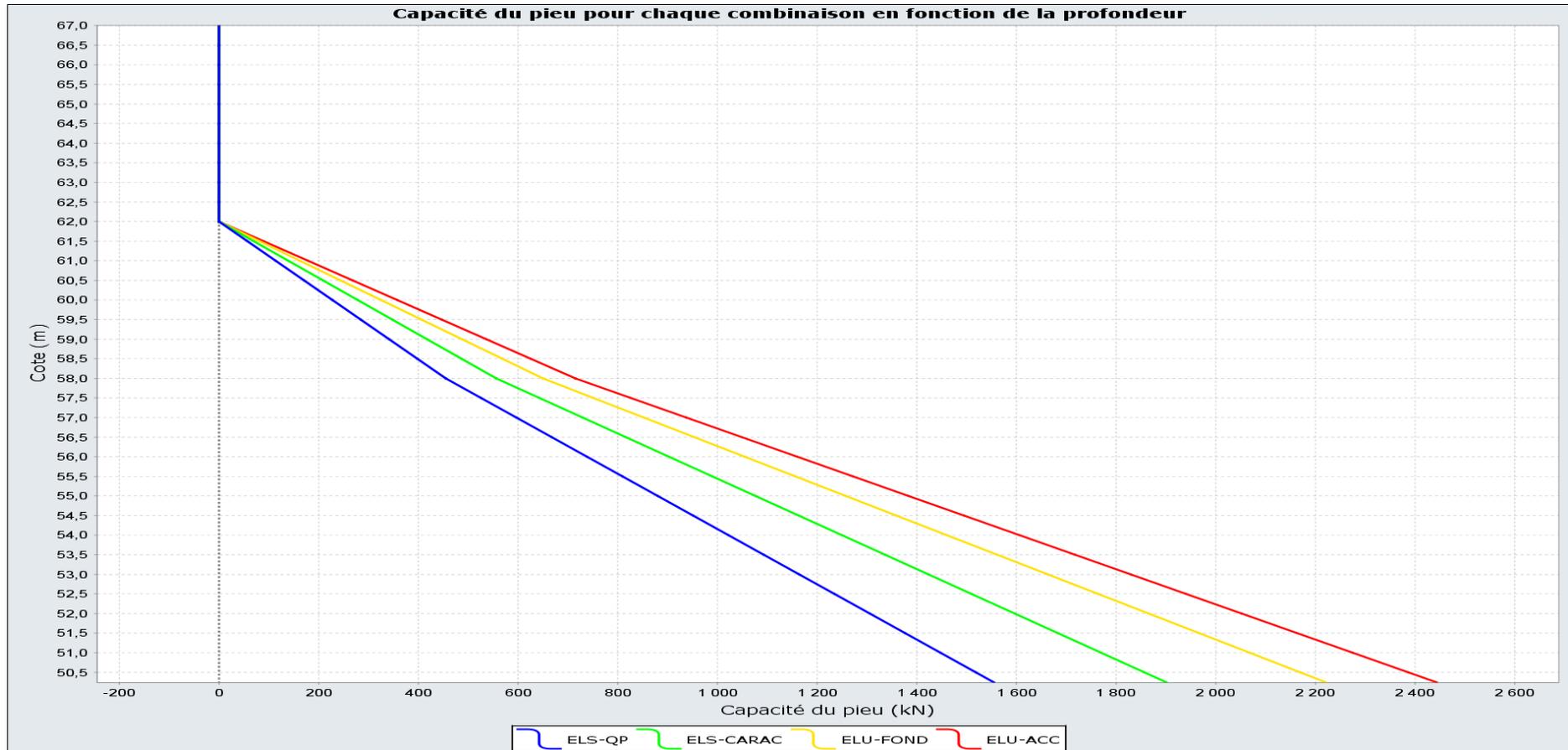


Figure 15 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2

Base du pieu : 50,20 m NGF - Longueur du pieu : 16,80 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 1551 kN (155,1 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 80 cm

Modèle d'ensemble

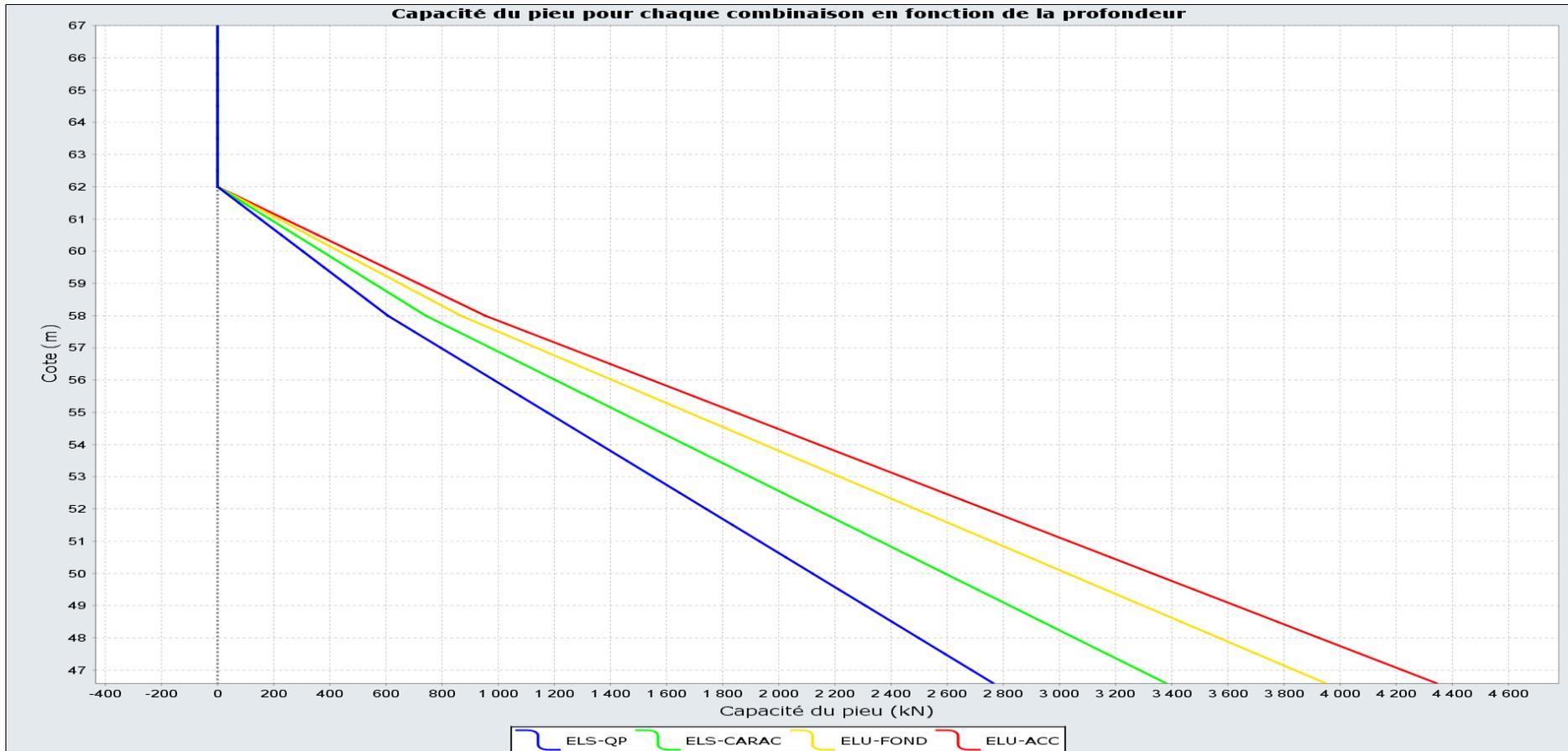


Figure 16 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2

Base du pieu : 46,50 m NGF - Longueur du pieu : 20,50 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 2764 kN (276,4 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 100 cm

Modèle d'ensemble



Figure 17 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle d'ensemble – solution 1 & 2

Base du pieu : 42,90 m NGF - Longueur du pieu : 24,10 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 4319 kN (431,9 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte

Modèle d'ensemble

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte

Diamètre du pieu : D = 40 cm

Modèle d'ensemble

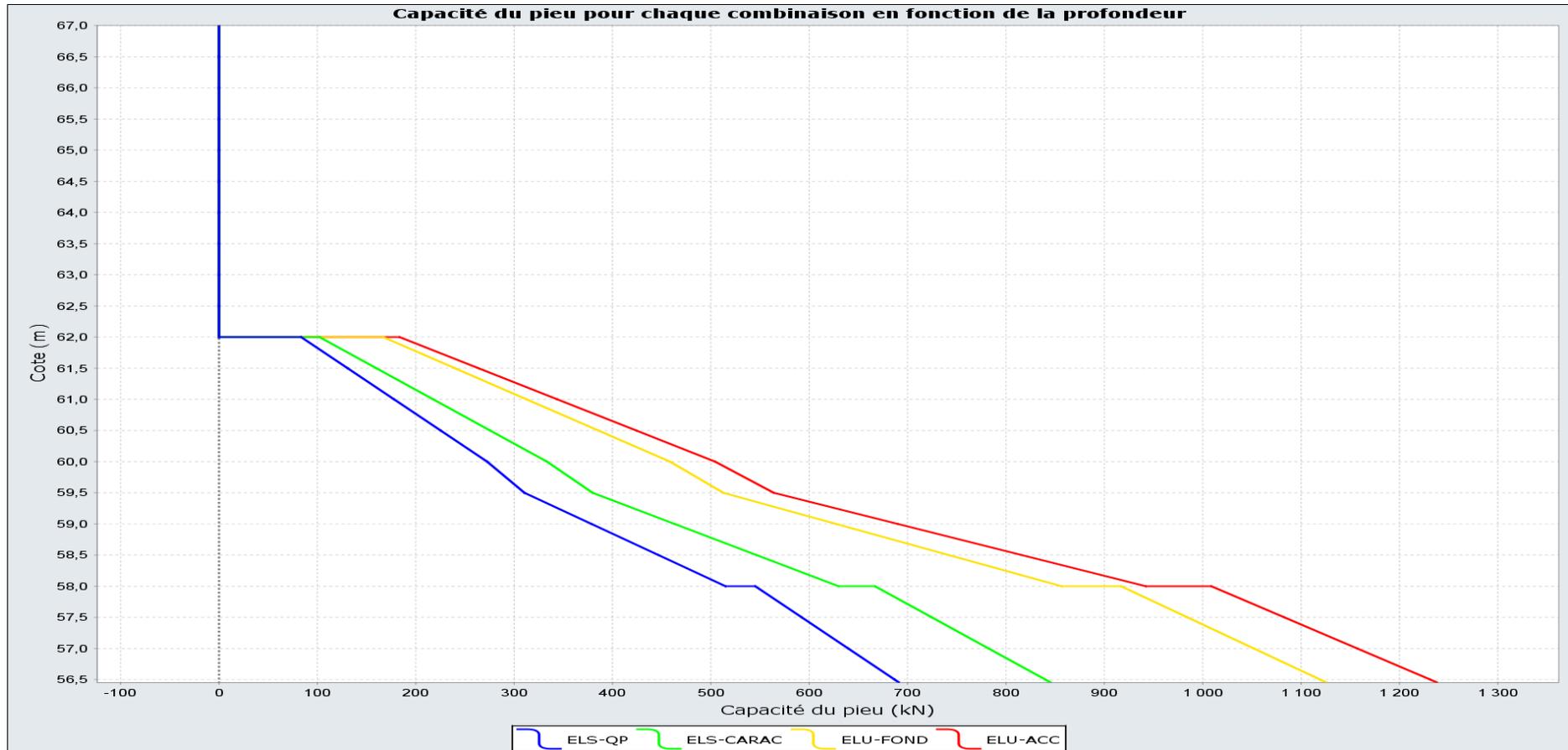


Figure 18 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle d'ensemble – solution 3

Base du pieu : 56,40 m NGF - Longueur du pieu : 10,60 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 691 kN (69,1 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte
Diamètre du pieu : D = 60 cm

Modèle d'ensemble

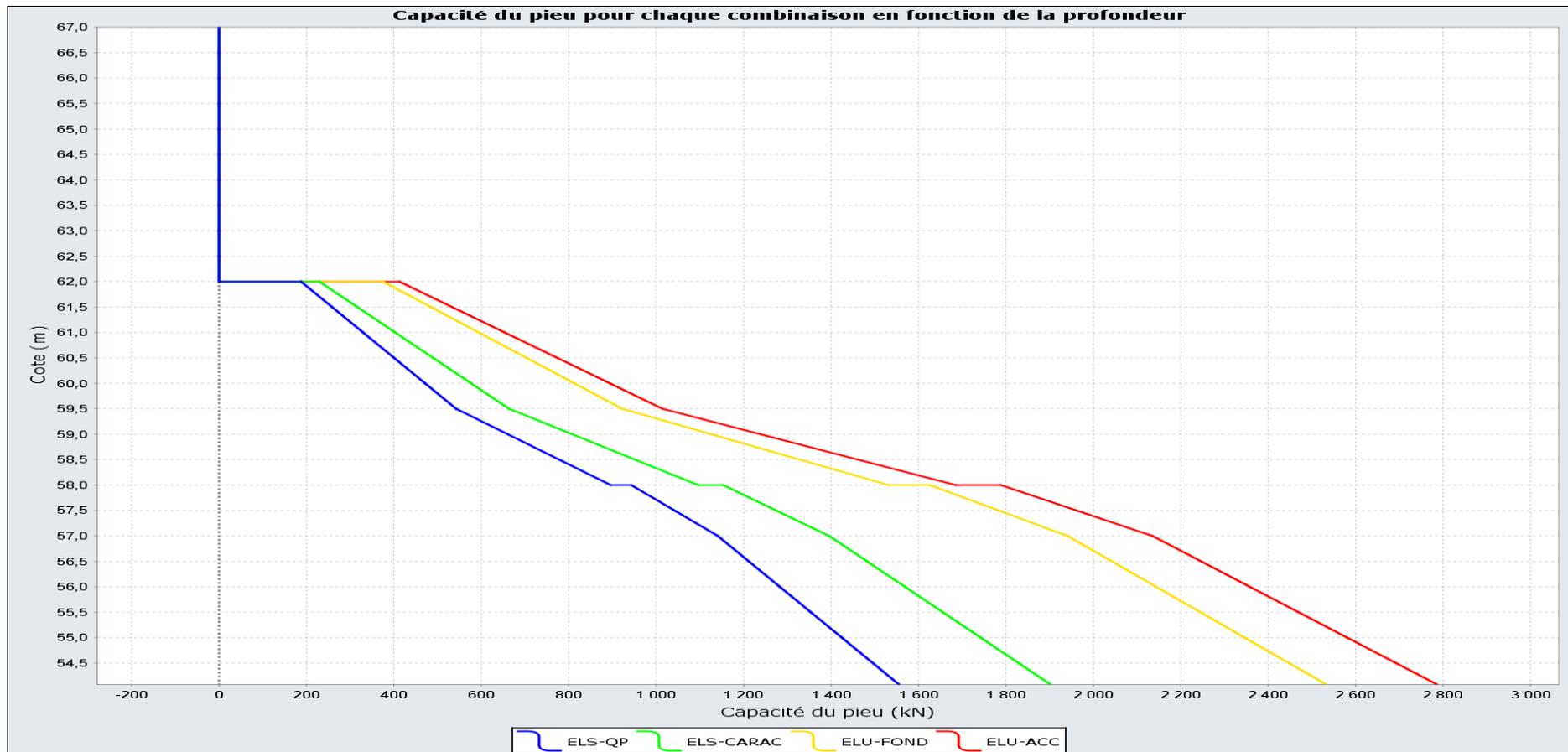


Figure 19 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle d'ensemble – solution 3

Base du pieu : 54,00 m NGF - Longueur du pieu : 13,00 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 1551 kN (155,1 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte
Diamètre du pieu : D = 80 cm

Modèle d'ensemble

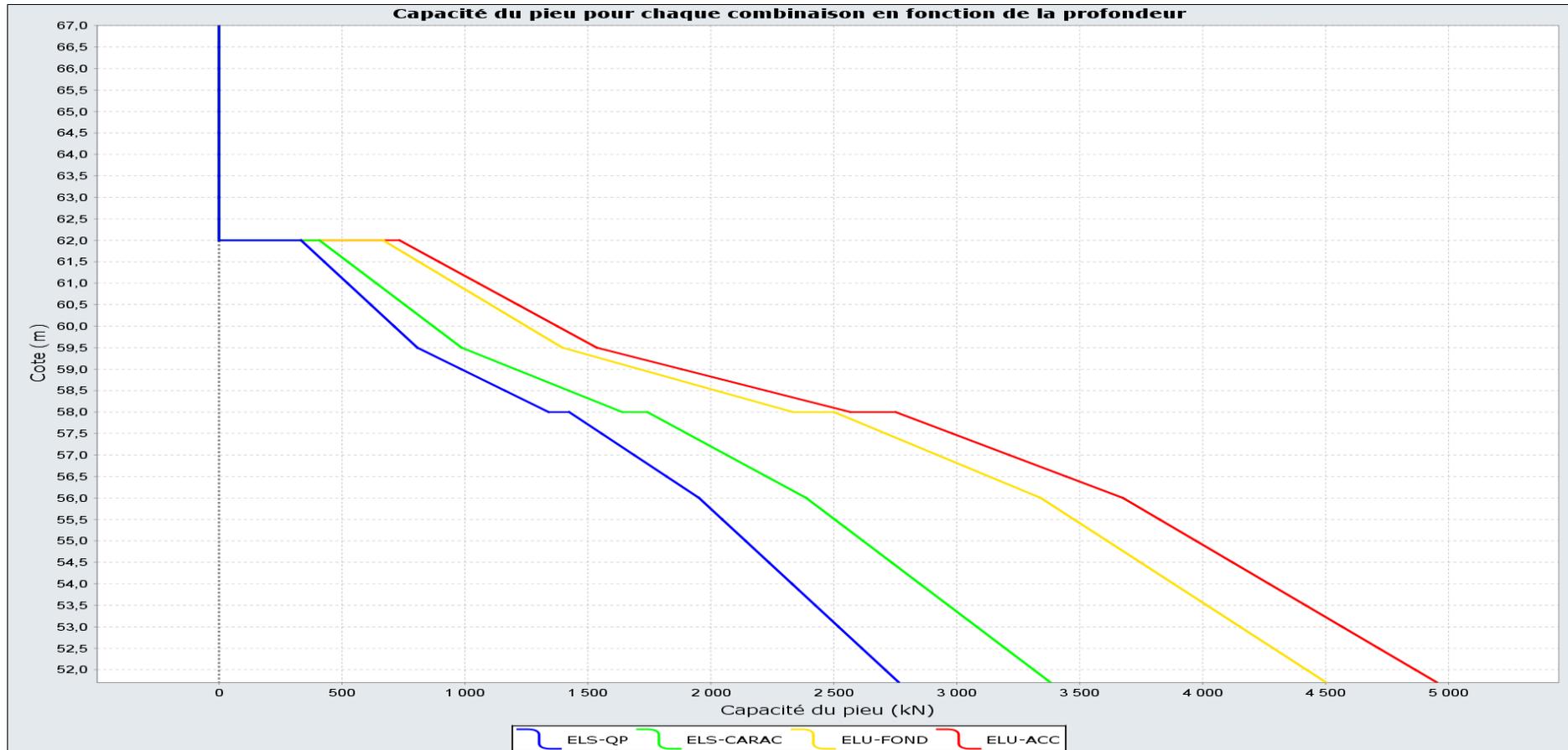


Figure 20 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle d'ensemble – solution 3

Base du pieu : 51,70 m NGF - Longueur du pieu : 15,30 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 2764 kN (276,4 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte
Diamètre du pieu : D = 100 cm

Modèle d'ensemble

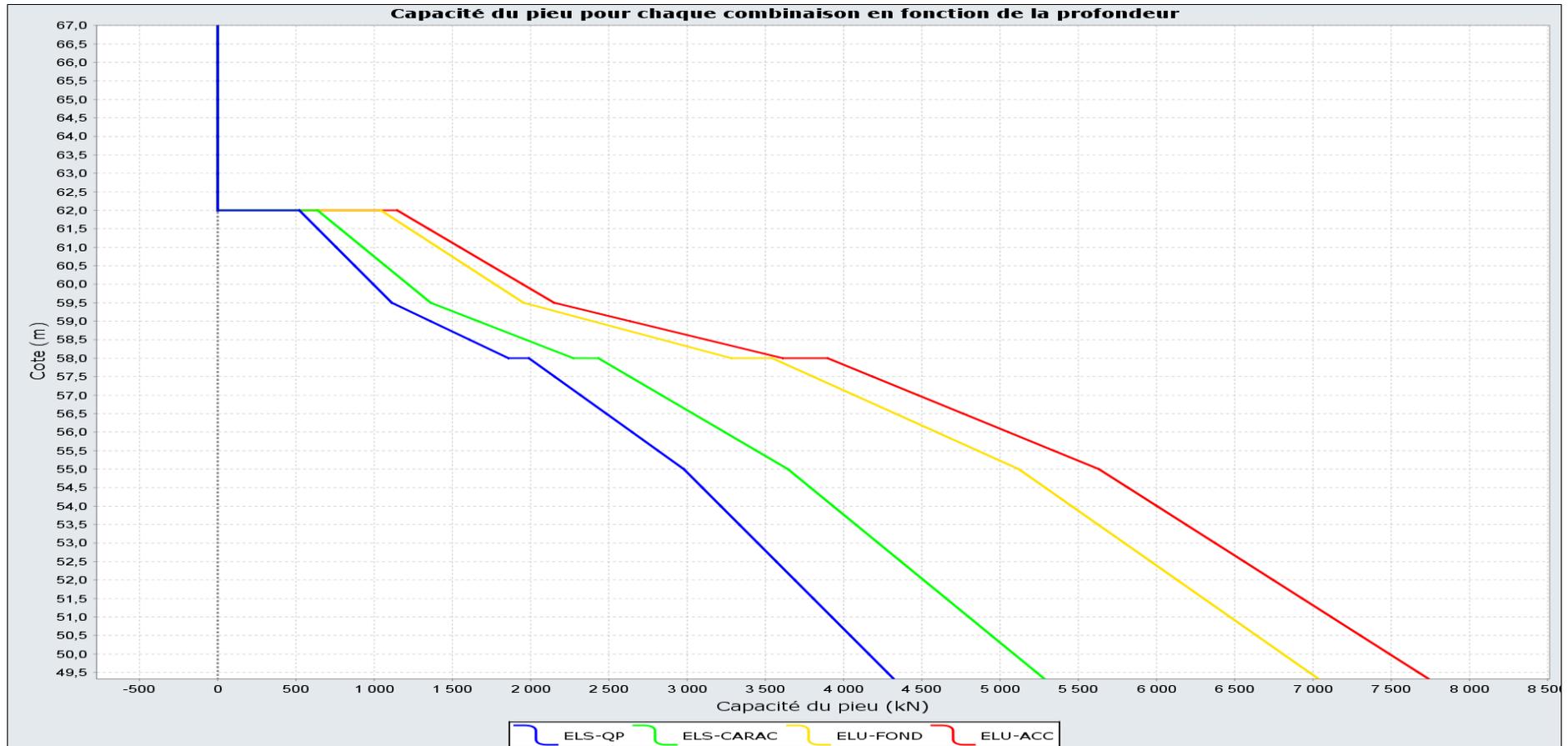


Figure 21 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle d'ensemble – solution 3

Base du pieu : 49,30 m NGF - Longueur du pieu : 17,70 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 4319 kN (431,9 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Modèle basé sur le sondage PR1

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 40 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

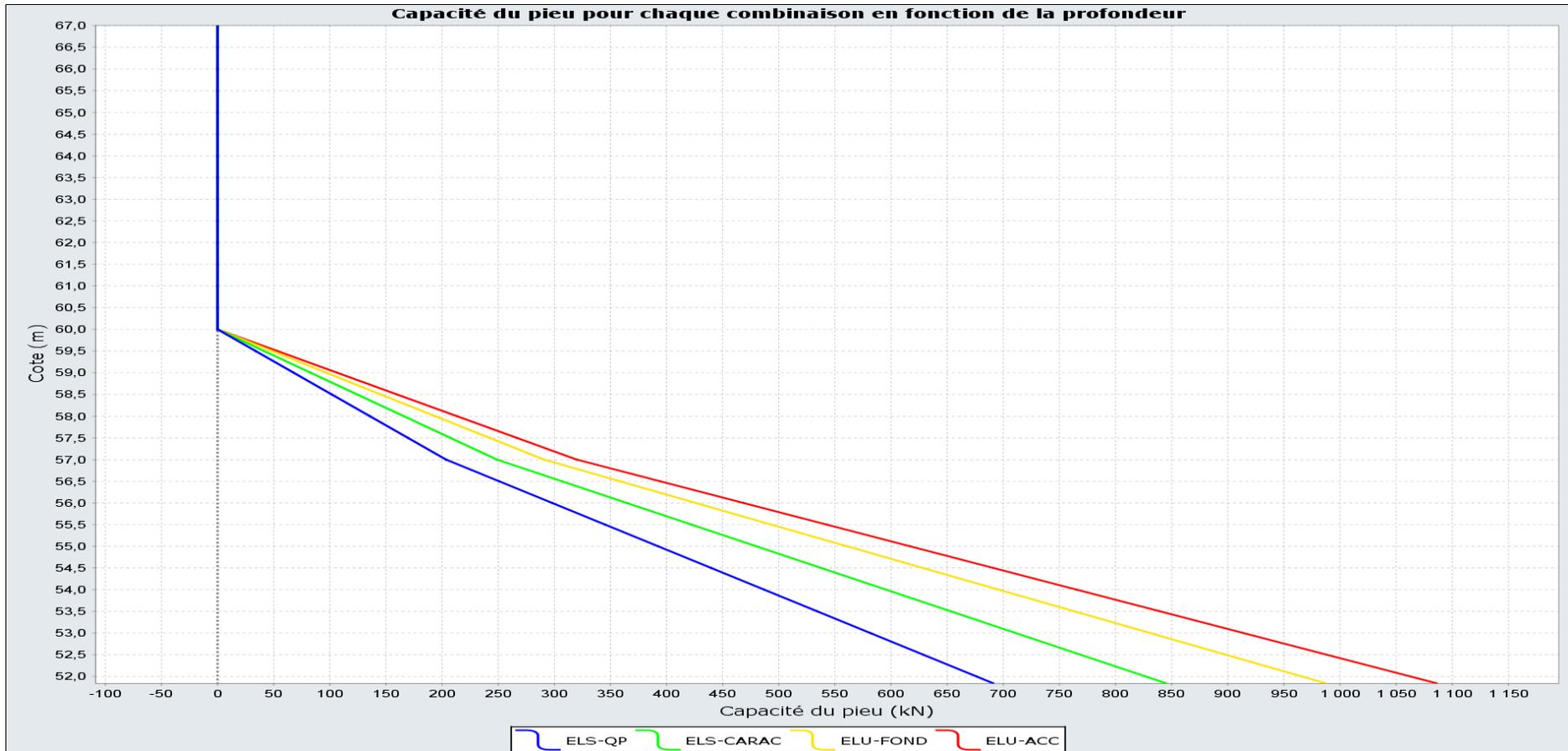


Figure 22 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2

Base du pieu : 51,80 m NGF - Longueur du pieu : 15,20 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 691 kN (69,1 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 60 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

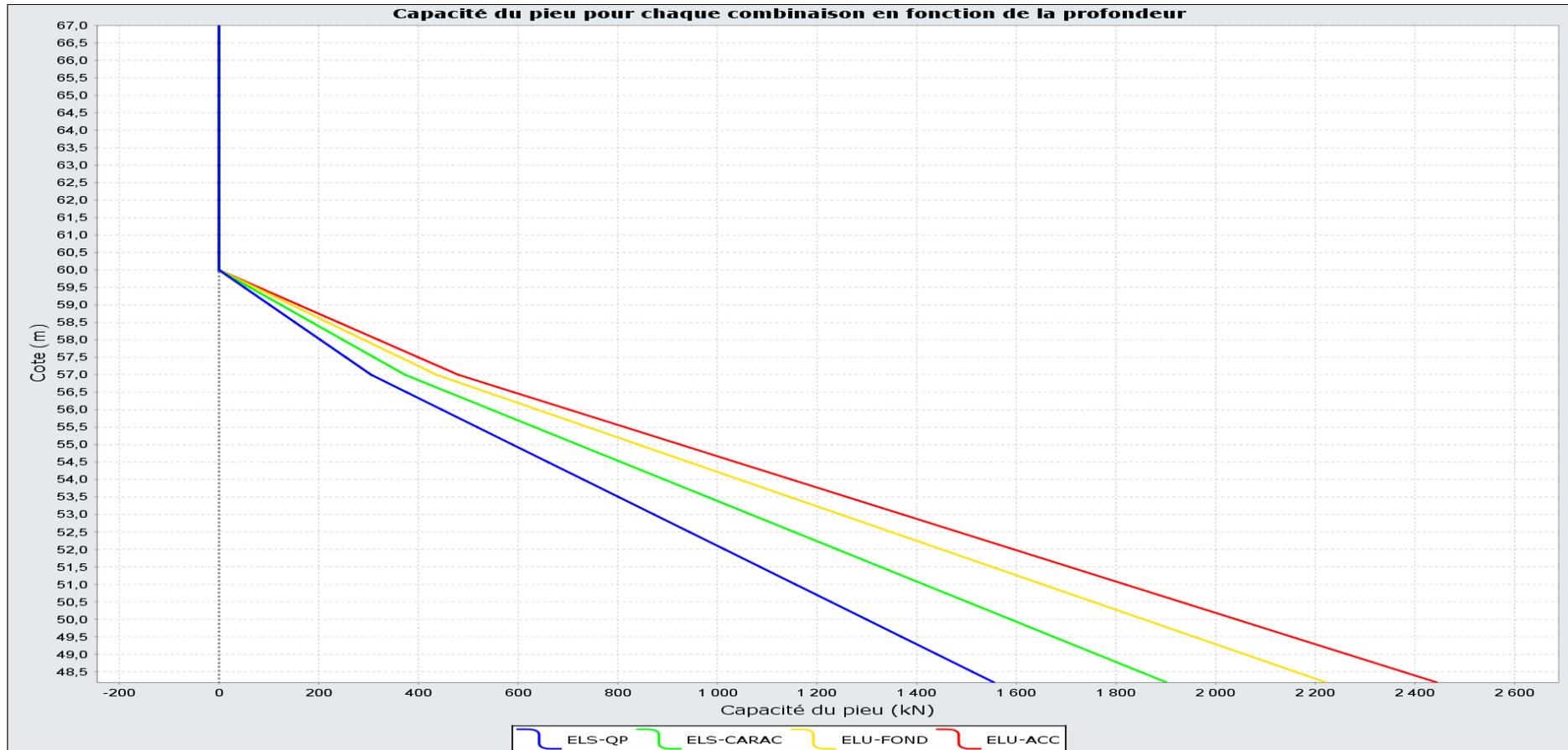


Figure 23 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2

Base du pieu : 48,10 m NGF - Longueur du pieu : 18,90 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 1551 kN (155,1 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 80 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

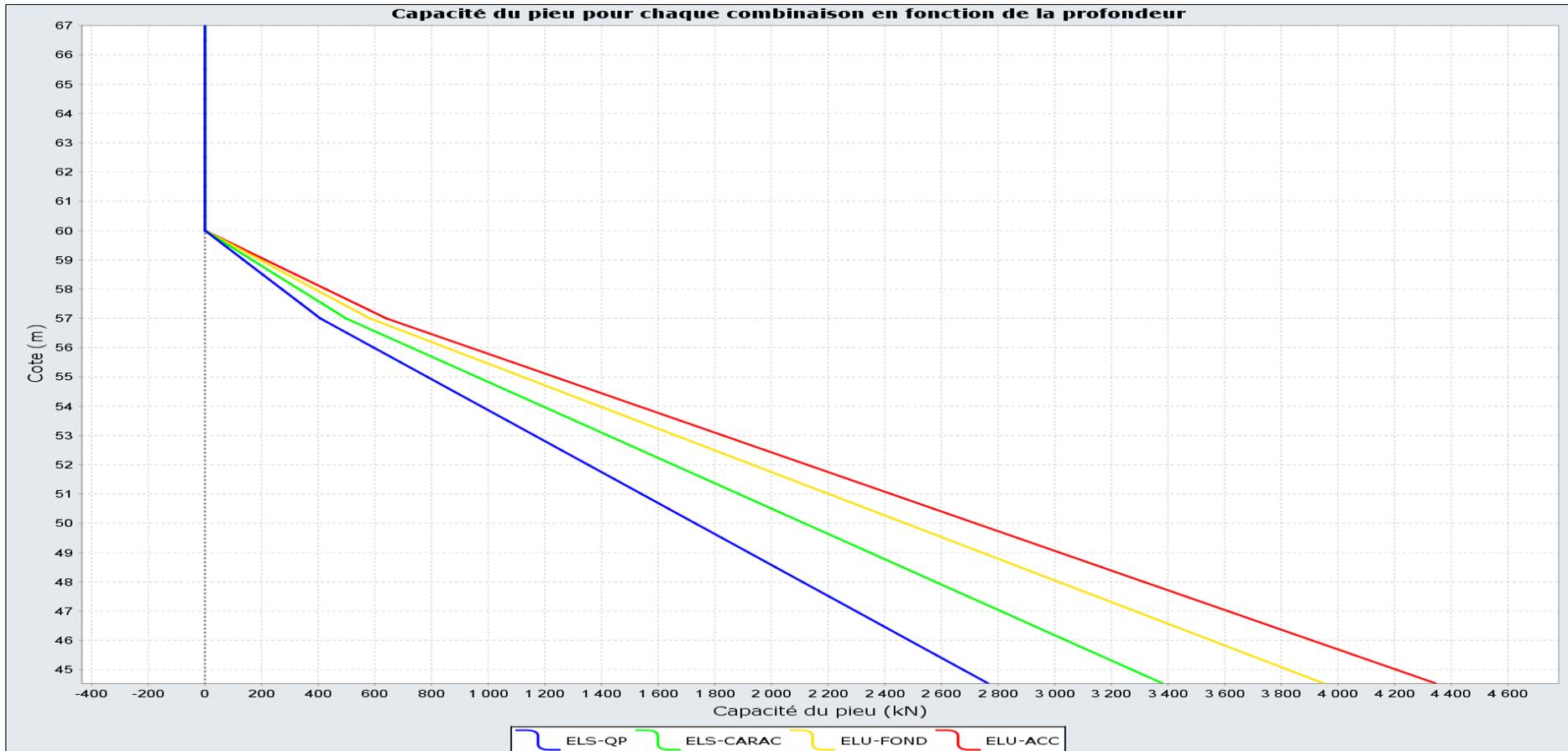


Figure 24 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2

Base du pieu : 44,50 m NGF - Longueur du pieu : 22,50 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 2764 kN (276,4 tonnes)

Solution 1 & 2 – Terme de pointe négligé

Diamètre du pieu : D = 100 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

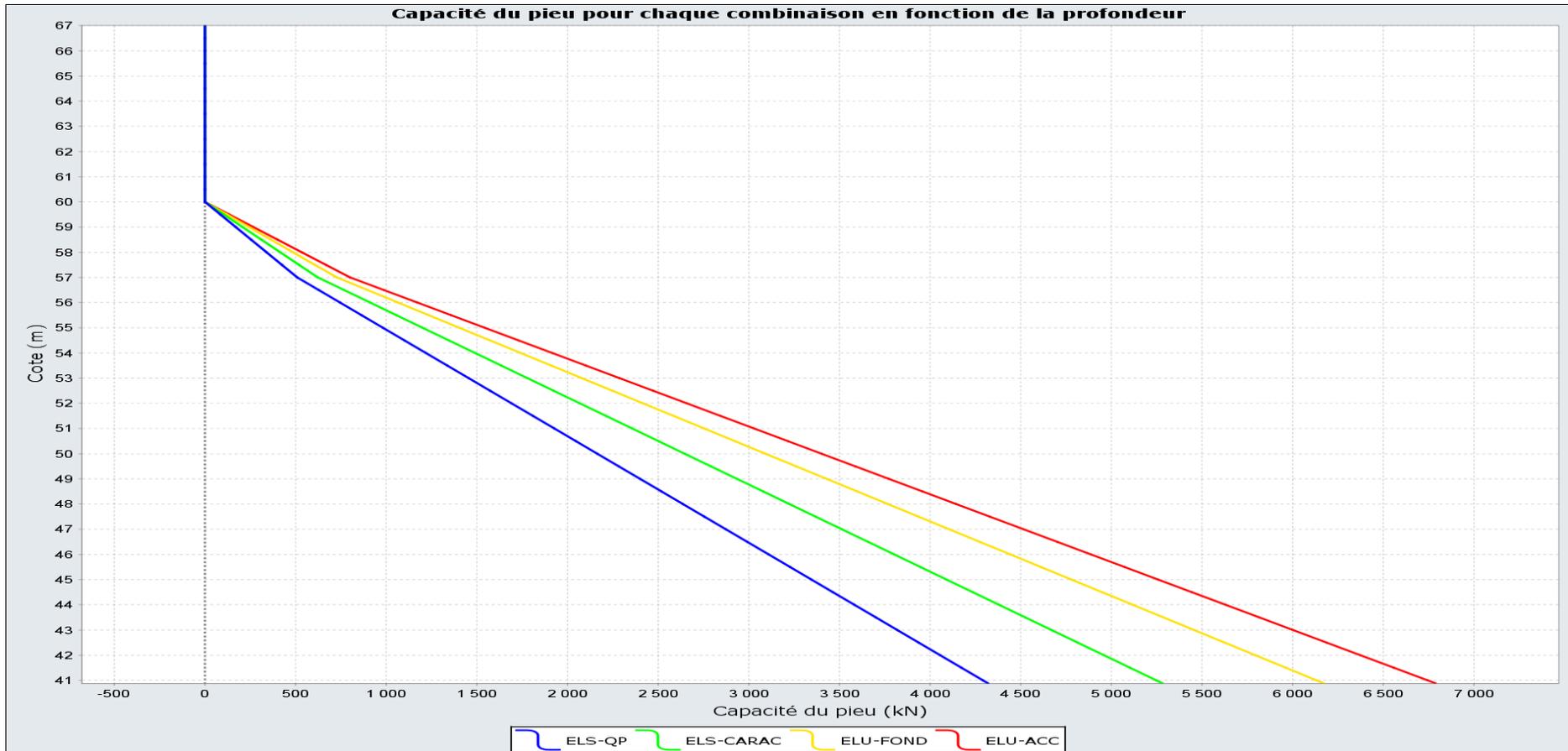


Figure 25 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle PR1 – solution 1 & 2

Base du pieu : 40,80 m NGF - Longueur du pieu : 26,20 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 4319 kN (431,9 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte

Modèle basé sur le sondage PR1

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte
Diamètre du pieu : D = 40 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

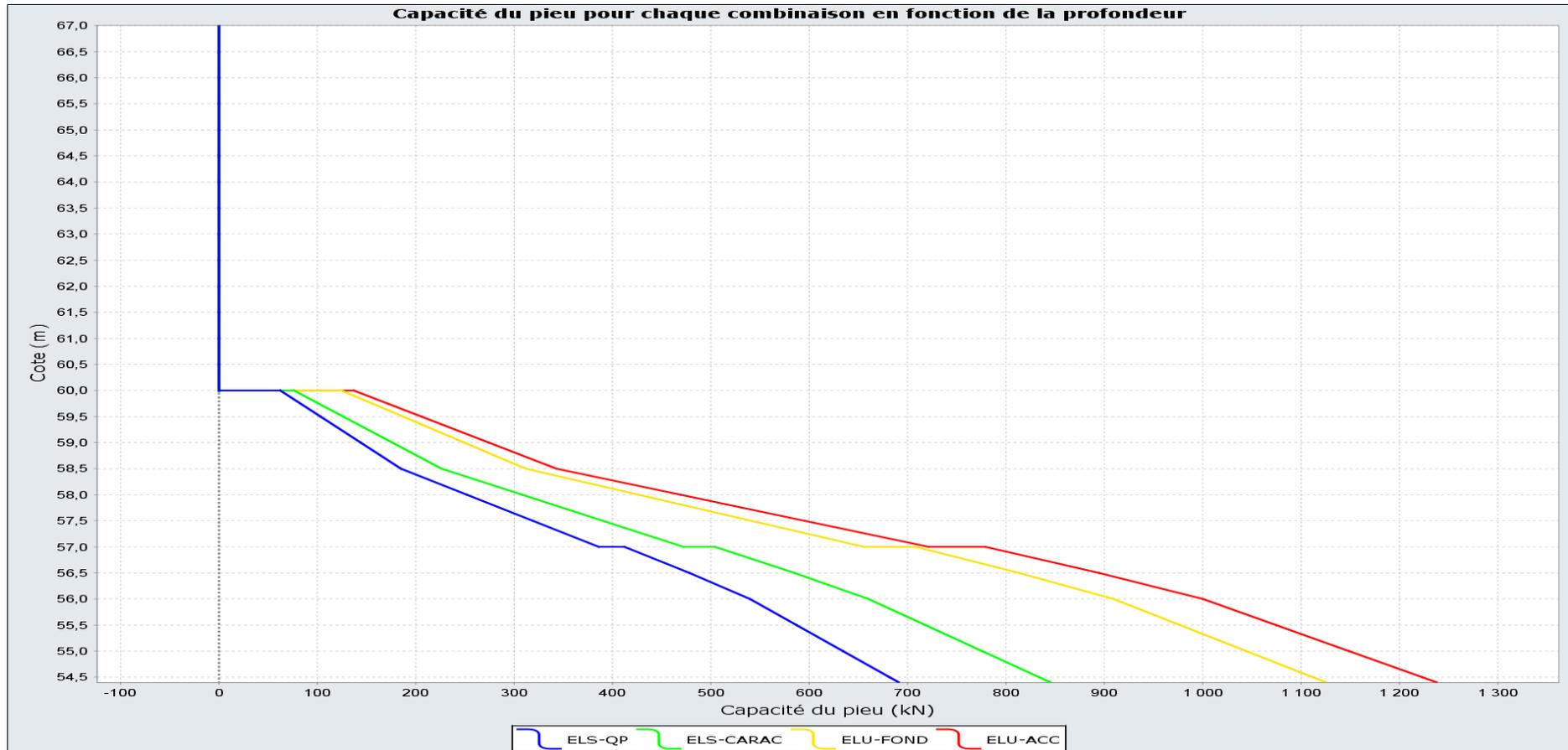


Figure 26 : Capacité portante d'un pieu diamètre 40 cm – modèle PR1 – solution 3

Base du pieu : 54,30 m NGF - Longueur du pieu : 12,70 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 691 kN (69,1 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte

Diamètre du pieu : D = 60 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

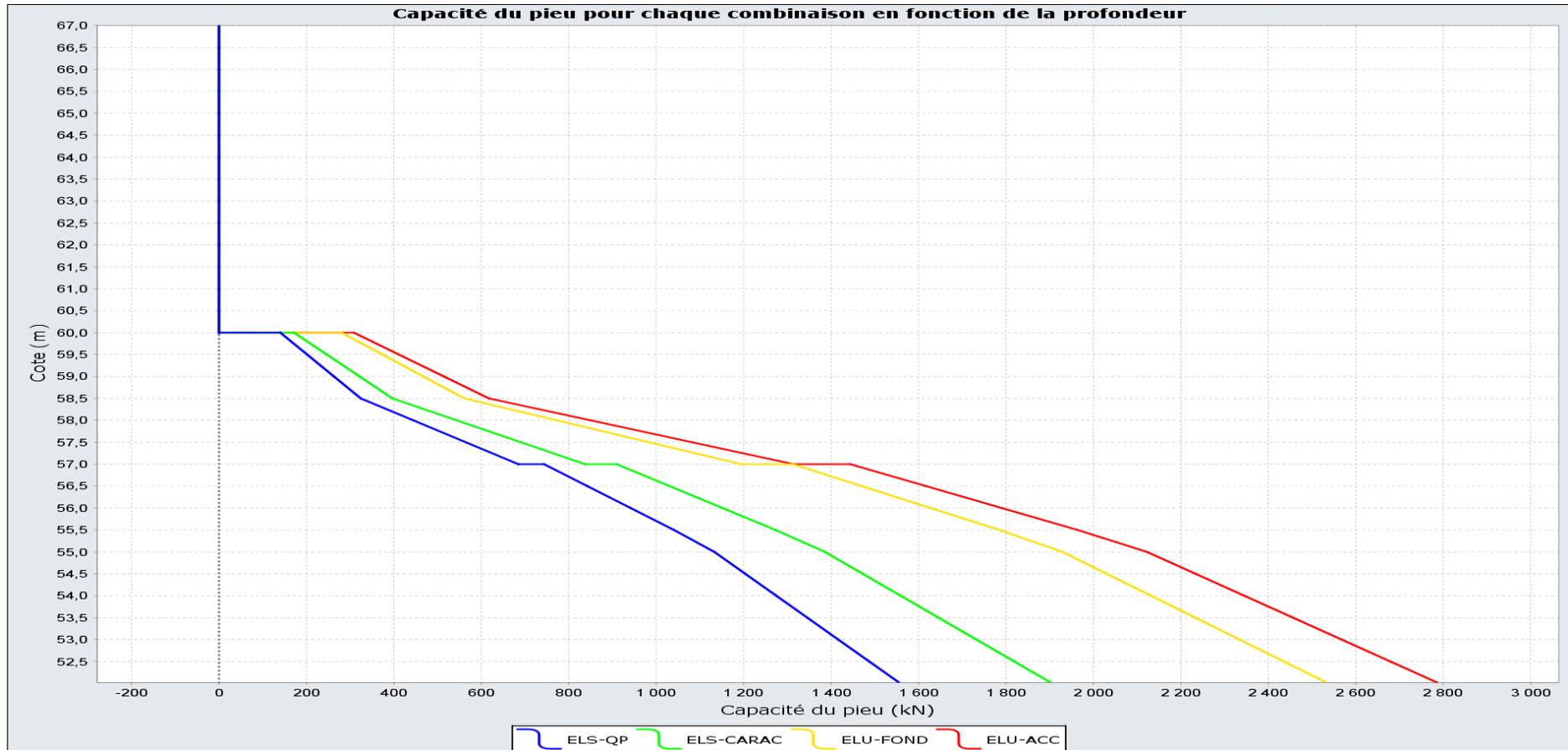


Figure 27 : Capacité portante d'un pieu diamètre 60 cm – modèle PR1 – solution 3

Base du pieu : 52,00 m NGF - Longueur du pieu : 15,00 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 1551 kN (155,1 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte

Diamètre du pieu : D = 80 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

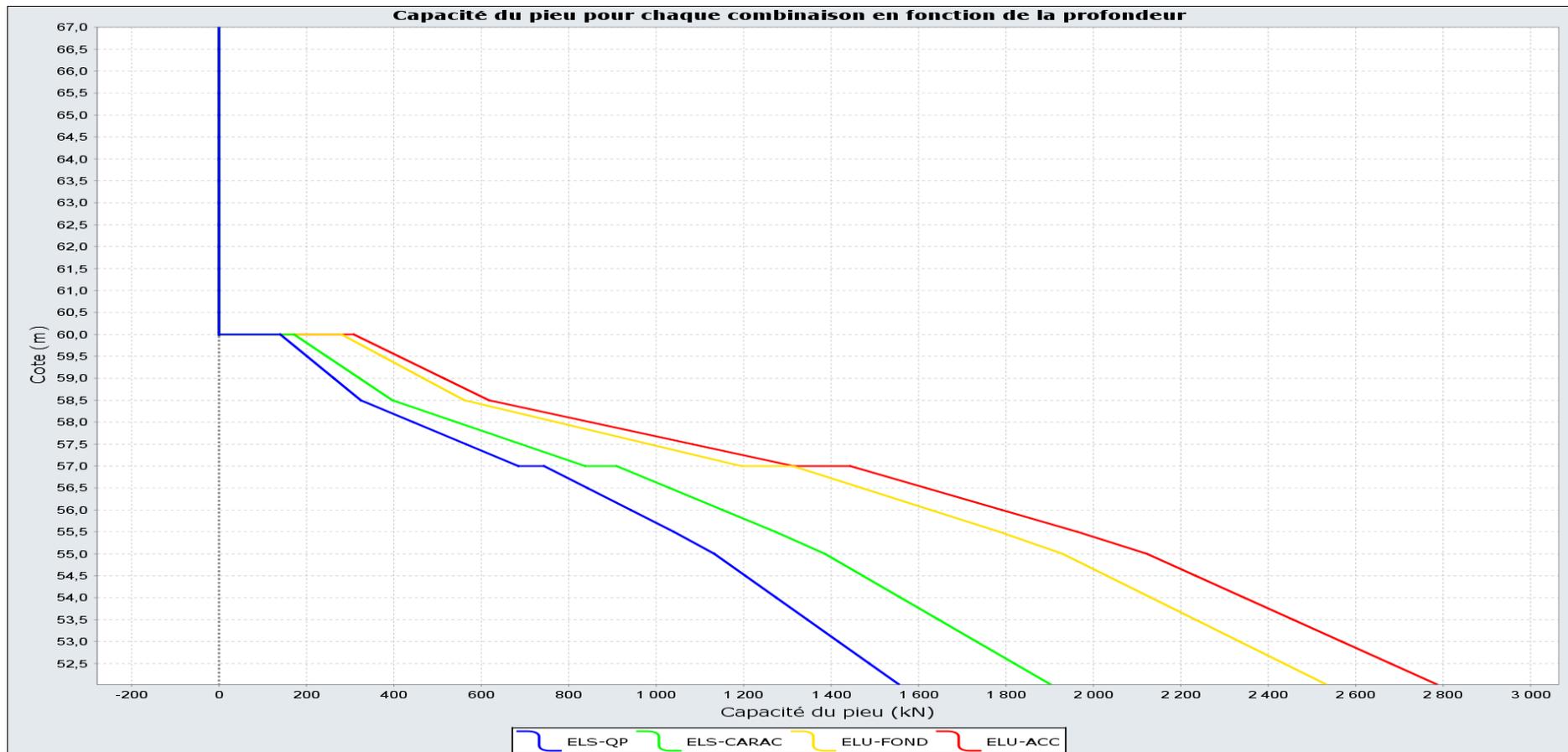


Figure 28 : Capacité portante d'un pieu diamètre 80 cm – modèle PR1 – solution 3

Base du pieu : 49,60 m NGF - Longueur du pieu : 17,40 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 2764 kN (276,4 tonnes)

Solution 3 – Terme de pointe pris en compte

Diamètre du pieu : D = 100 cm

Modèle basé sur le sondage PR1

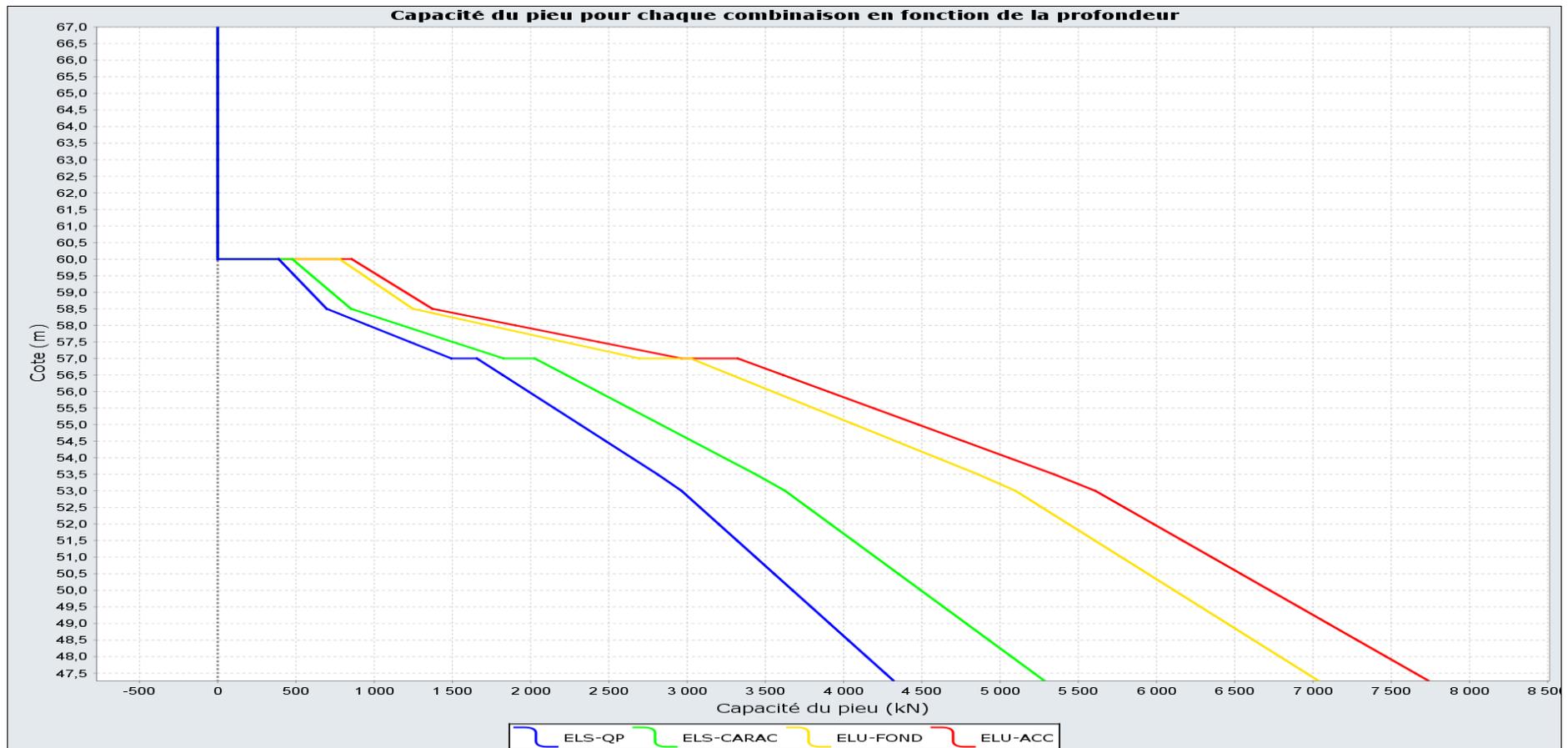


Figure 29 : Capacité portante d'un pieu diamètre 100 cm – modèle PR1 – solution 3

Base du pieu : 47,20 m NGF - Longueur du pieu : 19,80 m

Charge limite du pieu vis-à-vis de la combinaison ELS Quasi-Permanent : 4319 kN (431,9 tonnes)

Tableau 37 : Tableau récapitulatif du prédimensionnement de pieu foré simple

	Diamètre du pieu 40 cm	Diamètre du pieu 60 cm	Diamètre du pieu 80 cm	Diamètre du pieu 100 cm	Modèle	
Cote altimétrique de la base du pieu (m NGF)	53,80	50,20	46,50	42,90	Modèle d'ensemble	Terme de pointe négligé
Longueur du pieu (m/PF*)	13,20	16,80	20,50	24,10		
Charge limite du pieu aux l'ELS QP (tonnes)	69,1	155,1	276,40	431,9		
Cote altimétrique de la base du pieu (m NGF)	51,80	48,10	44,50	40,80	Modèle basé sur le sondage PR1	
Longueur du pieu (m/PF*)	15,20	18,90	22,50	26,20		
Charge limite du pieu aux l'ELS QP (tonnes)	69,1	155,1	276,40	431,9		
Cote altimétrique de la base du pieu (m NGF)	56,40	54,00	51,70	49,30	Modèle d'ensemble	Terme de pointe pris en compte
Longueur du pieu (m/PF*)	10,60	13,00	15,30	17,70		
Charge limite du pieu aux l'ELS QP (tonnes)	69,1	155,1	276,40	431,9		
Cote altimétrique de la base du pieu (m NGF)	54,30	52,00	49,60	47,20	Modèle basé sur le sondage PR1	
Longueur du pieu (m/PF*)	12,70	15,00	17,40	19,80		
Charge limite du pieu aux l'ELS QP (tonnes)	69,1	155,1	276,40	431,9		

* Mètre par rapport à la plateforme de réalisation des pieux (supposée à 67,00 m NGF)

10.4.4 Remarques

Les moyens d'exécution des entreprises soumissionnaires n'étant pas connus à ce jour, il y aura lieu d'estimer les éventuelles sujétions et difficultés de mise en œuvre au vu des paragraphes énoncés dans ce rapport, notamment vis-à-vis des points suivants :

- Présence de terrains susceptibles de présenter une faible cohésion (remblais, tranchées remblayées) ;
- Présence attendue de cavités souterraines (nécessitant la mise en place d'un tubage) ;
- Présence de terrains très compacts.

Ces points mis en avant peuvent imposer des dispositions spécifiques vis-à-vis de la méthodologie employée pour l'exécution des pieux.

En raison de la forte compacité de la craie saine mesurée par les essais pressiométriques, il conviendra de prévoir une machine de forage suffisamment puissante afin de garantir l'ancrage des fondations dans le substratum crayeux.

Compte tenu de la fracturation de la craie, il y aura lieu de prévoir des pertes de béton.

On bétonnera avec un béton non délavable.

Il faudra vérifier lors de l'exécution des pieux, la validité de nos hypothèses.

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 de réduire les désordres résultant de la dessiccation ou de la poussée des racines.

Nous avons supposé qu'il n'y aurait pas de frottement négatif.

Pour les pieux les plus chargés, il conviendra de les doubler ou de prendre en compte un diamètre de pieu supérieur à 100 cm.

10.5 Dalle basse

Compte de la présence attendue de cavités souterraines au droit du projet, le niveau bas sera constitué d'un plancher porté par les fondations par l'intermédiaire d'un réseau de longrines.

Il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer l'étanchéité des parties enterrées et pour les protéger vis-à-vis de l'humidité.

11. TERRASSEMENTS

11.1 Rappel

Pour rappel, il est prévu la réalisation de terrassements en profil mixte déblais / remblais. D'après les informations transmises, les terrassements en remblais intéressent essentiellement la partie voirie du projet, tandis que les terrassements en déblais intéresseront essentiellement la partie du bâtiment projeté sur sous-sol, la cour logistique ainsi que le bassin de rétention.

Selon le plan de terrassement transmis, les épaisseurs maximales de remblais seront de l'ordre de 3 à 3,5 m environ et les épaisseurs maximales de déblais de l'ordre de 5,3 m.

11.2 Traficabilité

Après décapage des terrains remaniés superficiels et terre végétale, la plateforme supérieure de terrassement sera constituée de craie relativement fracturée et de remblais liés aux tranchées.

Dans les zones où la PST sera constituée craie, on pourra considérer une PST3 AR1 par temps sec et en l'absence de remaniement important en surface de la craie lié aux circulations des engins de chantier par exemple. Toutefois, en cas de remaniement important et/ou de conditions climatiques défavorables, la classe de PST pourra chuter rapidement en PST0 ARO.

Dans les zones où la PST sera constituée de remblais liés aux tranchées de la première guerre mondiale, il conviendra de s'attendre à des difficultés de circulations des engins de chantier (tassement, orniérage). On pourra considérer une PST0 ARO. Il y aura lieu de prévoir une purge des matériaux superficiels, le cloutage des fonds de fouille et éventuellement l'apport d'un matériau de couche de forme afin d'obtenir au minimum une plateforme de type PF1 ($EV2 > 20 \text{ MPa}$ & $EV2/EV1 < 2$).

Les purges devront être effectuées à l'aide d'un godet sans dent et en travaillant en rétro.

L'entreprise de terrassement prendra toutes les précautions nécessaires pour éviter le remaniement des terrains liés à la circulation des engins de chantier (création de pistes d'accès, zones de roulement...)

11.3 Nature des matériaux extraits

D'après les investigations géotechniques, les matériaux extraits seront de nature variable selon les zones de terrassements.

Au droit du sous-sol et de la cour logistique, située dans les champs, les matériaux extraits seront constitués :

- De terrains remaniés (terre végétale, éventuelles formations superficielles limono-argileuses) liés au contexte historique du site et à l'occupation du site ;

- De remblais liés à la voirie traversant le projet (rue Louise Michèle, Louis Faidherbe) ainsi qu'aux réseaux enterrés ;
- De remblais liés à la présence de tranchées de la première guerre mondiale ;
- De craie relativement fracturée.

Au droit du bassin de rétention, située dans les champs, selon les sondages PR2, PR4 et S3, les matériaux extraits seront constitués :

- De remblais divers en majeure partie ;
- De craie relativement fracturée en mineure partie.

A titre indicatif, le tableau suivant indique l'épaisseur de déblais constitués de craie et remblais au droit des sondages situés dans l'emprise du bassin de rétention.

Tableau 38 : Nature des déblais au droit des sondages S3, PR2 et PR4

	Sondage S3	Sondage PR2	Sondage PR4
Altimétrie (m NGF)	63,96	64,83	65,83
Côte du bassin (m NGF)	61,50		
Epaisseur totale de déblais (m)	2,46	3,33	4,33
Epaisseur remblais déblayés (m)	1,30	1,80	4,00
Epaisseur de craie déblayée (m)	1,16	1,53	0,33

Nous attirons l'attention de la Maîtrise d'ouvrage concernant les probables présences de surépaisseurs de remblais au droit du bassin de rétention compte tenu des anomalies observées sur les photographies historiques.

Les remblais sont susceptibles de contenir une proportion plus ou moins importante d'argile, de limon voire de sable fin. Ces sols fins constituent des matériaux dits « sensibles à l'eau ». Leur consistance et leur comportement changent notablement avec la teneur en eau et donc avec les conditions météorologiques.

Pour ces raisons, les travaux par temps de pluie sont à proscrire. Par ailleurs on évitera tout terrassement après de fortes intempéries ou une période de dégel.

Il est à noter que les terrassements au sein des remblais pourront éventuellement nécessiter l'emploi d'une pelle hydraulique de forte puissance munie d'un Brise Roche Hydraulique.

11.4 Réemploi des matériaux extraits

11.4.1 Remblais

Le réemploi des remblais est à proscrire.

Les remblais extraits devront être stockés dans une décharge adaptée.

11.4.2 Terre végétale

La terre végétale, par sa nature et sa composition (organique) ne pourra être réutilisée en remblai ou couche de forme. Elle pourra être éventuellement réutilisée pour la végétalisation de talus par exemple.

11.4.3 Craie

Il convient de préciser que la craie constitue un empilement de particules de calcite (minéral carbonaté) dont les dimensions sont de l'ordre de 1 à 10 μm . Cet empilement constitue une structure d'autant plus fragile que la porosité est grande.

Lors d'opération de terrassement, il y a formation d'une quantité de fines en relation directe avec la fragilité de l'empilement. Ainsi lorsque la craie se trouve dans un état saturé ou proche de la saturation, l'eau contenue dans les pores se communique aux fines, conférant un comportement de pâte à l'ensemble du matériau, empêchant la circulation des engins et générant des pressions interstitielles dans les ouvrages.

D'après les essais en laboratoire réalisés, les échantillons de craie récoltés au droit des sondages carottés SC1 à SC4 appartiennent :

- en majorité à la classe GTR R₁₂, soit une craie de densité moyenne ;
- en minorité aux classes GTR R₁₁ (craie dense) et R₁₃ (craie peu dense).

Les conditions d'utilisations de ces matériaux en remblais, issues du GTR, sont présentés au sein des tableaux situés pages suivantes.

Condition d'utilisation des matériaux en remblai

Tableau 39 : condition d'utilisation des matériaux en remblai (source : GTR) 1/3

Sol	Etat hydrique	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
R ₁₁	-	Ces matériaux se réemploient sans difficulté à condition que l'on obtienne à l'extraction une granulométrie assez continue et dont le diamètre des plus gros éléments ne gêne pas le réglage en couche mince ou moyenne. Des difficultés de circulation pour les engins à pneus peuvent cependant apparaître en cas de pluie du fait de la formation d'une pellicule glissante en surface	Pluie forte	Réutilisation proscrite
			Pluie faible	Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage moyen
			Pas de pluie	Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage intense
R ₁₂	h	Cette classe de craies peut présenter des difficultés de réemploi en remblai du fait de la production d'une fraction fine saturée plus ou moins imposante suivant le mode de terrassement utilisé. Le recours au traitement est en général nécessaire pour l'employer dans les remblais de grande hauteur. Un réemploi sans traitement est possible en adoptant un mode de terrassement limitant au maximum le broyage, mais le risque d'évolution ultérieure ainsi introduit n'autorise cette possibilité que pour des remblais de hauteur faible ou moyenne. Si les conditions météorologiques sont très favorables, on peut par les moyens d'aération appropriés, espérer faire évoluer cette classe de craies vers la classe R ₁₂ s et m. En cas de pluie, le terrassement de ces matériaux est rendu quasi impossible du fait notamment des difficultés à pouvoir assurer la circulation des engins.	Pluie faible	Réutilisation proscrite
			Pas de pluie ni évaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> Traitement avec un additif adapté Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage moyen
				<u>Solution 2 : extraction frontale</u> Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m) Compactage moyen Remblai de faible hauteur (< 5m)
			Evaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> Traitement avec un additif adapté Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage intense
<u>Solution 2 : aération</u> Réduction de la teneur en eau par aération Régalage en couches minces (20 à 30 cm) Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne (< 10m)				

Tableau 40 : condition d'utilisation des matériaux en remblai (source : GTR) 2/3

Sol	Etat hydrique	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
R ₁₂	m, s et ts	La craie dans cet état ne requiert pas de conditions particulières hormis celle d'une bonne fragmentation préalablement au compactage pour obtenir une compacité suffisante dans le cas des hauts remblais. Il s'agit en effet d'un matériau qui se densifie difficilement sous la seule action des compacteurs.	Pluie forte	Réutilisation proscrite
			Pluie faible	Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (< 10m)
			Pas de pluie	<u>Solution 1 : extraction en couche</u> Extraction en couche (0,10 à 0,30 m) Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage intense
				<u>Solution 2 : utilisation en l'état</u> Régalage en couches moyennes (30 à 50 cm) Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (< 10 m)
R ₁₃	th	Réutilisation proscrite		
	h	Ces matériaux sont toujours difficiles à utiliser en remblai en raison de l'importante fraction fine saturée qui se forme rapidement au cours du terrassement. En général, il faudra procéder par un traitement. Par conditions météorologiques très évaporantes on pourra chercher à faire évoluer cette classe de matériau vers la classe R13 m. En cas de pluie, même légère, ils ne sont plus circulables.	Pluie faible	Réutilisation proscrite
			Ni pluie, ni évaporation importante	Traitement avec un additif adapté Régalage en couche moyenne (30 à 50 cm) Compactage moyen
			Evaporation importante	<u>Solution 1 : traitement</u> Traitement avec un additif adapté Régalage en couche moyenne (30 à 50 cm) Compactage intense
<u>Solution 2 : extraction en couche et aération</u> Extraction en couche pour favoriser l'évaporation Réduction de la teneur en eau par aération Régalage en couches moyennes (20 à 30 cm) Compactage moyen Remblai de faible hauteur (< 5 m)				

Tableau 41 : condition d'utilisation des matériaux en remblai (source : GTR) 3/3

Sol	Etat hydrique	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	
R13	m	Ces matériaux se broient très rapidement sous l'action des engins de terrassement en produisant une importante quantité de fines. Toutefois, leur teneur en eau étant moyenne, la fraction fine produite est assez peu déformable et de ce fait ils peuvent être fragmentés et compactés suffisamment, sans réduire les conditions de traficabilité. En cas de pluie même légère, ils ne sont plus circulables.	Pluie faible	Réutilisation proscrite	
			Pas de pluie	Régalage en couche mince (20 à 30 cm) Compactage intense	
	s		Pluie faible	Réutilisation proscrite	
			Pas de pluie	Extraction en couches minces (10 à 30 cm) Régalage en couche minces (20 à 30 cm) Compactage intense Remblai de hauteur moyenne (< 10 m)	
	th		Réutilisation proscrite		

11.5 Talutage

En première approche, on retiendra un talutage de 3H/2V pour les terrassements. Le talutage pourra éventuellement être adapté en phase travaux en fonction de la nature des matériaux constituant le(s) talus.

Pour les talus d'une hauteur supérieure à 3 m, une étude de stabilité sera nécessaire.

On veillera à protéger le(s) talus de toute érosion en phase chantier.

Pour la phase travaux, l'entreprise devra prévoir un assainissement provisoire visant à limiter les effets des intempéries.

On veillera à recouvrir les talus définitif d'une couche d'environ 20 à 30 cm de terre végétale afin de favoriser la végétalisation rapide et ainsi limiter le ravinement.

Il conviendra de prévoir un fossé étanche en crête de talus et une tranchée drainante en pied du talus afin de recueillir les eaux de ruissellement et les évacuer vers un exutoire adapté.

11.6 Mise en œuvre des remblais

Il conviendra de prévoir une adaptation en redans transversaux et longitudinaux dans le terrain naturel afin de faciliter l'accroche des remblais.

Il conviendra également de prévoir des dispositifs de drainage à la charnière déblais/remblais afin d'évacuer les eaux internes et éviter la diffusion latérale des eaux de la plateforme en déblais dans les remblais.

Le remblaiement sera réalisé par passe maximale de 30 cm et soigneusement compactée, dans les règles de l'art. Le compactage sera contrôlé via des essais in-situ (type essais à la plaque) toutes les 2 passes de remblaiement en contrôle interne.

On vérifiera que les résultats des essais de plaques (module EV2) sont croissants au fur et à mesure de la montée du remblai.

En première approche, on considérera comme objectif finale l'obtention d'une PF2 (EV2 > 50 MPa). Cet objectif sera à vérifier en contrôle externe.

11.7 Préconisations générales

Les terrassements seront réalisés en période favorable.

Pour la phase travaux, l'entreprise devra éventuellement prévoir un assainissement provisoire visant à limiter les effets des intempéries (pentes, fossés, etc...).

Toute circulation d'engin sur l'arase des terrassements est à proscrire afin d'éviter son matelassage et orniéage.

D'une manière générale, l'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la réalisation des Remblais et des couches de formes (GTR).

11.8 Tassements liés à l'apport de remblais

En raison du remblaiement partiel du site sur une hauteur pouvant atteindre 3,20 m, nous avons estimé les tassements engendrés par l'apport de ces remblais.

En supposant une masse volumique des remblais égale à 18 kN/m³ et une hauteur de remblais de l'ordre de 3,50 m, la contrainte finale transmise par les remblais sera de l'ordre de 63 kPa, soit l'équivalent de 6,3 tonnes/m².

Les tassements ont été via le logiciel FoxTa V3 en prenant en compte le modèle géotechnique suivant :

Tableau 42 : Modèle géotechnique pour le calcul des tassements liés à l'apport de remblais

Lithologie	Epaisseur (m)	Profondeur de la base (m/TN)	E_M (MPa)	α
Terrains remaniés à purgé	0,40	0,40	-	-
Craie molle à altérée	1,10	1,50	4	0,5
Craie altérée	1,00	2,50	7	0,5
Craie altérée	5,00	7,50	25	0,5
Craie saine	> 17,50	> 25,00	50	0,5

Il est à préciser qu'il s'agit d'un modèle jugé relativement sécuritaire.

Dans le cadre de ces calculs, nous avons pris en compte une surcharge variant de 10 à 63 kPa, soit l'équivalent de 1 t/m² à 6,3 t/m², appliquée après décapage de la terre végétale et des remblais.

Compte tenu de ces hypothèses, les tassements engendrés sont présentés au sein du tableau ci-dessous.

Tableau 43 : Nature des déblais au droit des sondages S3, PR2 et PR4

Surcharge (kPa)	Tassement (cm)
10	0,3
20	0,6
30	1,2
40	1,2
50	1,5
63	1,8

Ces calculs pourront être affinés à l'aide d'investigations complémentaires réalisés au droit des futures voiries.

Il convient de préciser que nous avons considéré que le remblai d'apport serait mis en œuvre suivant les règles de l'art et que les déformations le concernant sont négligeables.

Il est à noter que les tassements estimés constituent des tassements de consolidation liés à l'apport de remblais.

11.9 Voiries

11.9.1 Terrassements

Compte tenu des terrassements projetés (en profil mixte), la partie supérieure de terrassement (PST) sera constitué :

- En majeure partie de remblais d'apport liés aux terrassements (mise à niveau du site et comblement superficiel des tranchées) ;
- Localement de craie relativement fracturée en zone de profil rasant et de déblais.

Pour ces raisons, les travaux par temps de pluie sont à proscrire. Par ailleurs on évitera tout terrassement après de fortes intempéries ou une période de dégel.

Les zones molles, points durs et autres anomalies devront être substituées dans leur intégralité par un matériau sain, inerte, insensible à l'eau, de granulométrie étalée puis compacté dans les règles de l'art. Le compactage fera l'objet d'un contrôle par essai *in-situ*.

Pour la phase travaux, l'entreprise devra éventuellement prévoir un assainissement provisoire visant à limiter les effets des intempéries (pentes, fossés, etc...). La réalisation des terrassements en période estivale est recommandée.

Toute circulation d'engin sur l'arase des terrassements est à proscrire afin d'éviter son matelassage et orniérage.

D'une manière générale, l'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la réalisation des Remblais et des couches de formes (GTR).

11.9.2 Couche de forme

La couche de forme sera constituée par un matériau granulaire insensible à l'eau, sain et inerte et compactée dans les règles de l'art.

On prévoira la mise en place d'un géotextile non tissé remontant sur les parois du sol encaissant afin d'éviter la contamination du remblai d'apport le sol sous-jacent.

En première approche, sur une arase à 20 MPa de portance (EV2), l'épaisseur minimale de la couche de forme sera de 40 cm dans le cas de voiries légères et 50 cm dans le cadre de voiries lourdes.

Toutes les dispositions nécessaires devront être prises afin d'obtenir un module EV2 supérieur à 35 MPa pour la réalisation de voiries légères et 50 MPa pour la réalisation de voiries lourdes par essais de chargement à la plaque (procédure du LCPC).

11.9.3 Structure de voirie

La structure de chaussée sera adaptée à la circulation prévisible sur la voirie via une étude spécifique par un bureau d'études VRD.

12. RECOMMANDATIONS

Il subsiste des incertitudes géotechniques à l'issue de la présente étude qui concernent principalement la présence attendue de cavités souterraines liées à la 1^{ère} Guerre Mondiale.

Comme énoncée précédemment, seule la réalisation de sondages destructifs selon un maillage serré permettrait de situer leur emplacement. Cela constituerait toutefois une campagne de sondage onéreuse.

Il est recommandé de procéder à la réalisation d'un sondage destructif au droit de chaque pieu projeté. La profondeur des sondages correspondra à la profondeur du pieu en rajoutant une garde de 5 m.

Par ailleurs, la réalisation de sondages destructifs sera également à prévoir au droit des ouvrages d'infiltration afin de détecter la présence d'éventuelles cavités souterraines.

Il subsiste également de l'incertitude liée à la nature et aux épaisseurs de remblais situés dans l'emprise du bassin de rétention. La réalisation de sondages complémentaires permettra de lever ces incertitudes.

Nous nous tenons à la disposition de la Maîtrise d'Ouvrage pour la réalisation de l'enquête et éventuellement pour la réalisation des investigations complémentaires.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence sur le système de fondation envisageable, l'exécution ainsi que sur le coût final des ouvrages géotechniques. Il conviendra de prendre en compte ces risques pour la mise au point du projet.

13. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GÉNÉRALES

- Les terrassements seront réalisés en période climatique favorable.
- Lors de la phase terrassement, tous les éventuels points durs ou poches molles présents sur le fond de fouille devront être substitués par un gros béton.
- Il sera indispensable d'éliminer tout risque d'infiltration ponctuelle préférentielle des eaux météoriques ou autres à la périphérie et sous la construction.
- **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.**
- **Selon l'enchaînement des missions au sens de la norme NF P 94-500, une étude de conception phase projet type G2 PRO doit être envisagée, les études géotechniques d'exécutions doivent être établies dans le cadre d'une mission G3 et une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution des travaux doit être réalisée.**

14. ANNEXES

14.1 Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1, 2 et 3. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 1 à 3) doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Cette mission exclue toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Etude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade de l'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables, notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols.

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le dossier de consultation des entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des contrats de travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques :

- Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE / ACT. Elle comprend deux phases interactives.

Phase Etude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôle à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations de l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents géotechniques nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou du mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision de suivi d'exécution

— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

— Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

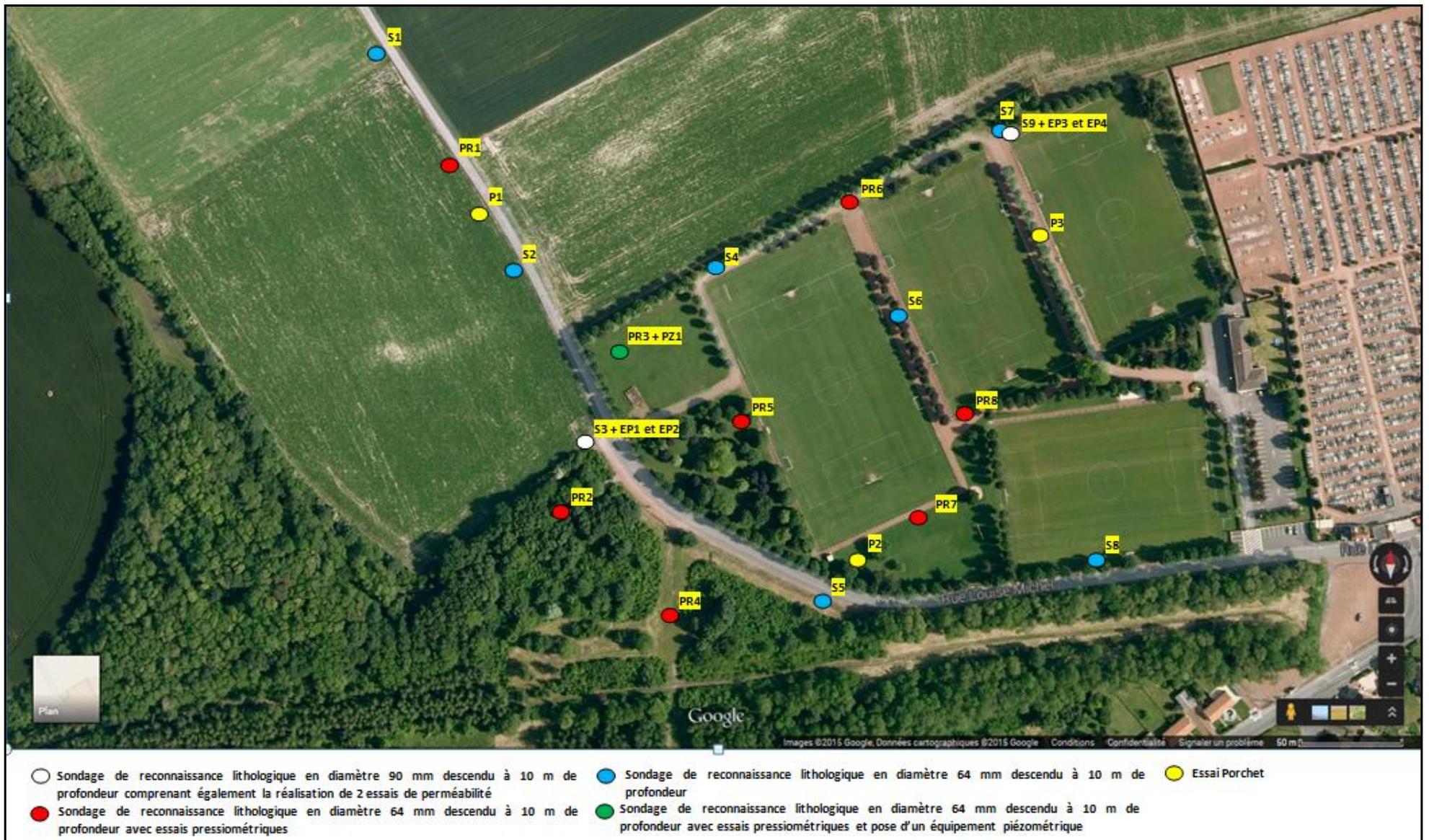
— Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'état de l'état général de l'ouvrage existant.

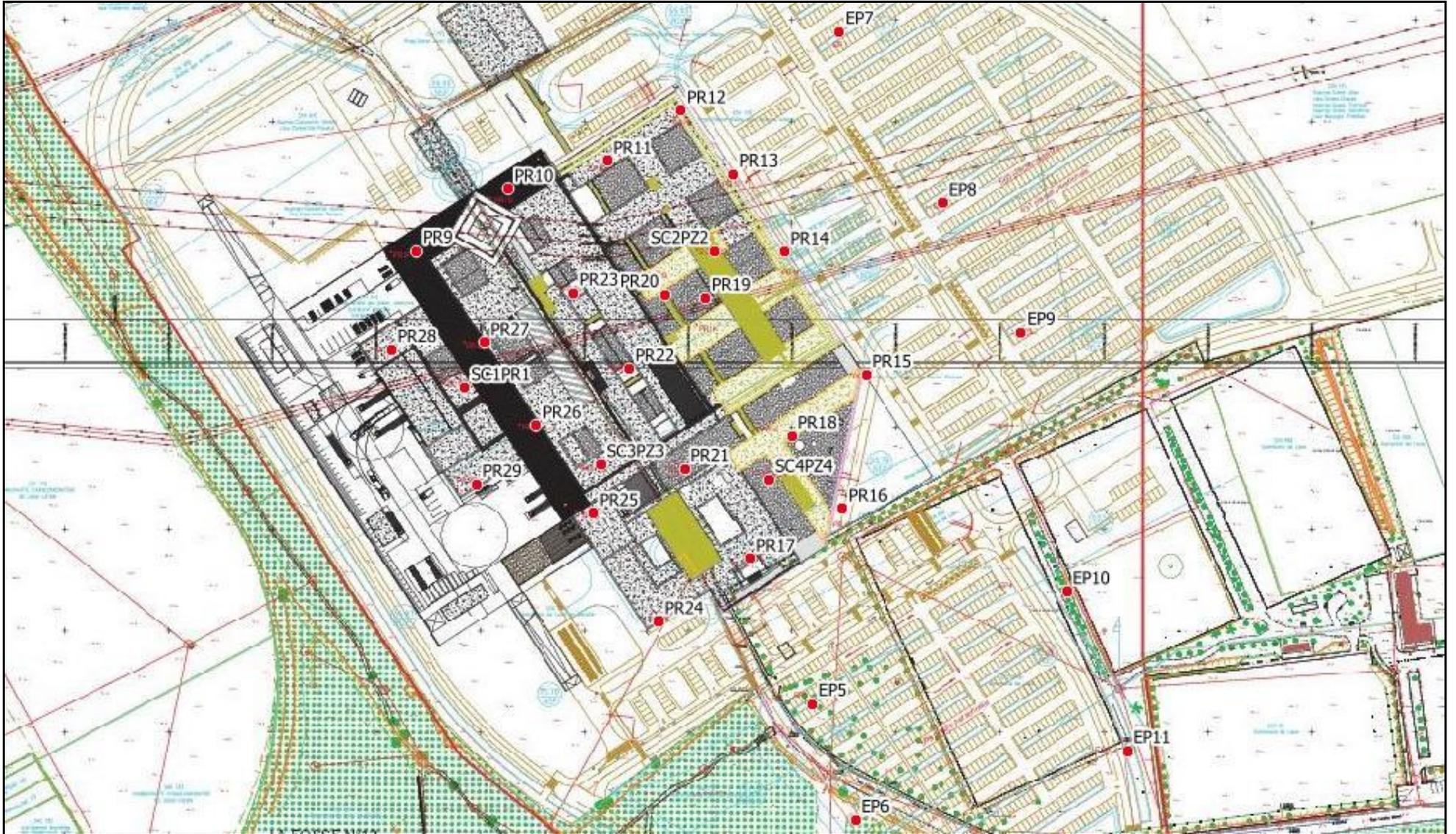
— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Etape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire esquisse, APS	Etude géotechnique préalable (G1) Phase principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification Des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Etape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD / AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etude géotechnique de conception (G2) Phase projet		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE / ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Etape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3 / G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE / VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase étude (en interaction avec la phase suivie)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET / AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase suivi (en interaction avec la phase étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
A toute étape d'un projet ou sur un projet existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

14.2 Plan d'implantation des sondages





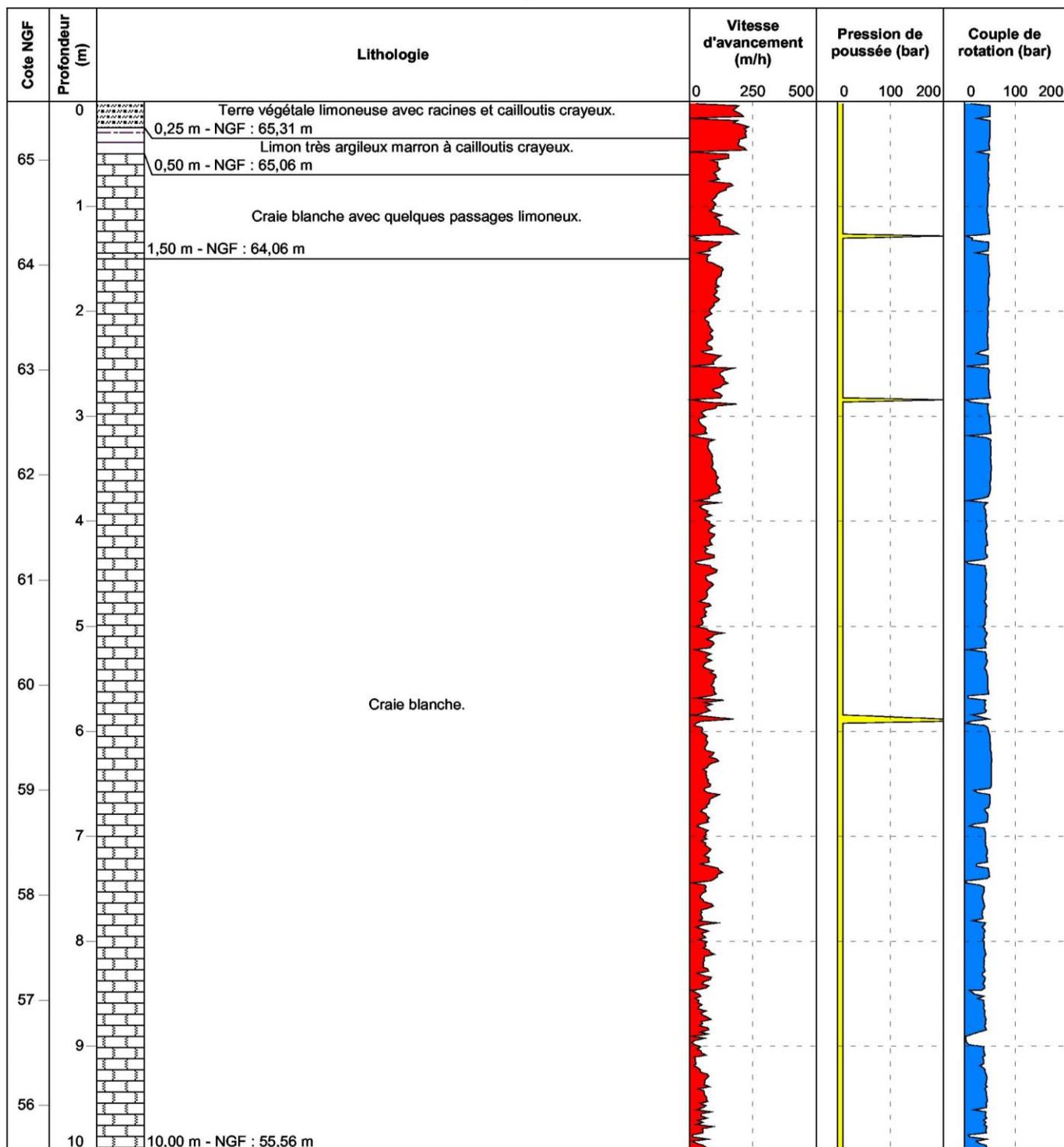
14.3 Coupes géologiques et essais pressiométriques

	LENS		Contrat 15-010
	Construction du "Nouvel Hôpital"		
Date : 29/01/2015	Cote NGF : 65.56	Profondeur : 0,00 - 10,00 m	

1/50

Forage : S1

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 29/01/2015

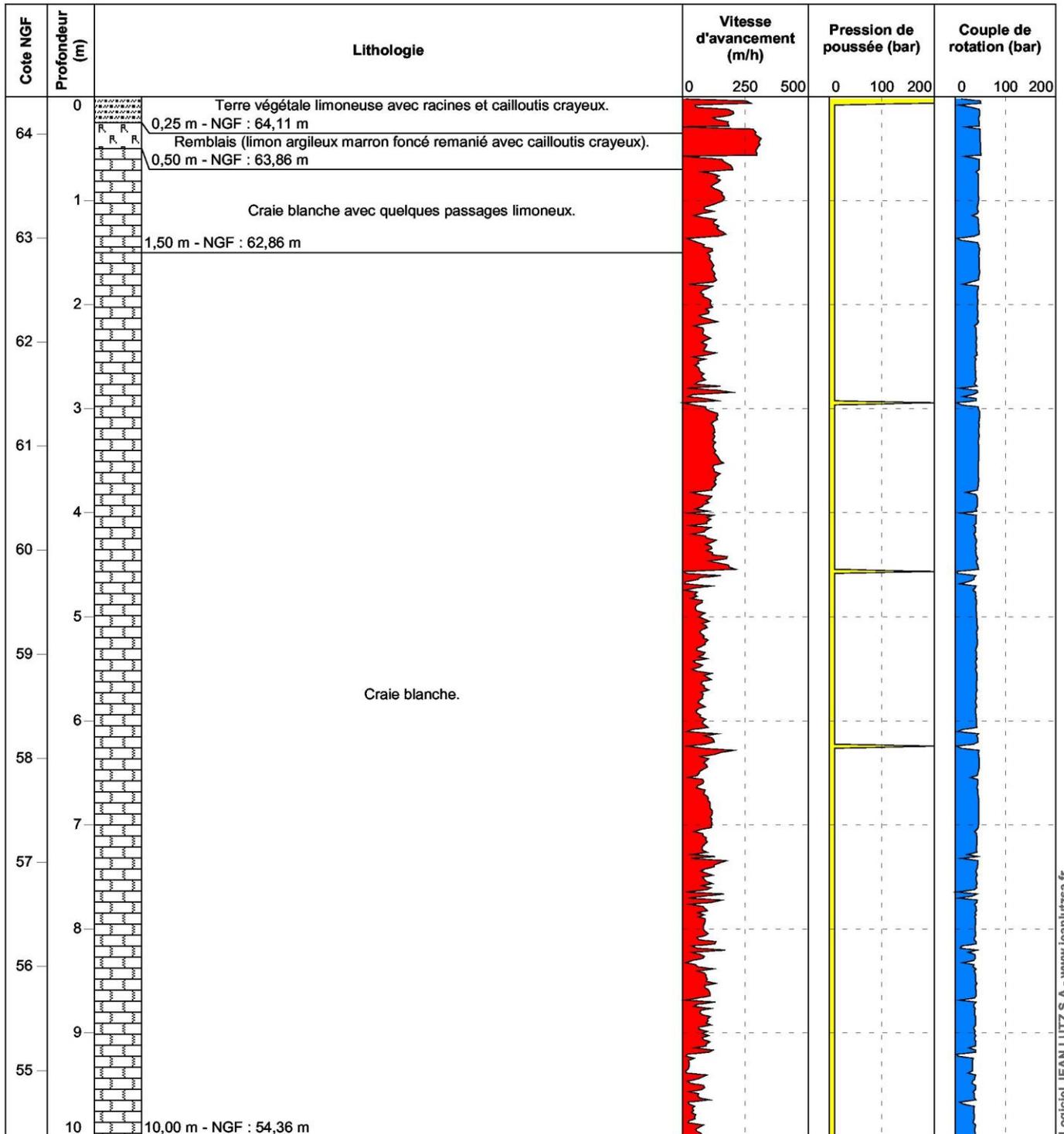
Cote NGF : 64.36

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S2

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



LENS
Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 29/01/2015

Cote NGF : 63.96

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S3

EXGTE 3.16/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie
	0	Remblais (limon sablo-graveleux marron avec terre végétale, racines et débris de brique).
	0,80 m - NGF : 63,16 m	
63	1	Remblais (Limon argileux marron sombre remanié avec cailloutis crayeux).
	1,30 m - NGF : 62,66 m	
62	2	Craie blanche.
61	3	
60	4	
59	5	
58	6	
57	7	
56	8	
55	9	
10	10,00 m - NGF : 53,96 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS
Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 30/01/2015

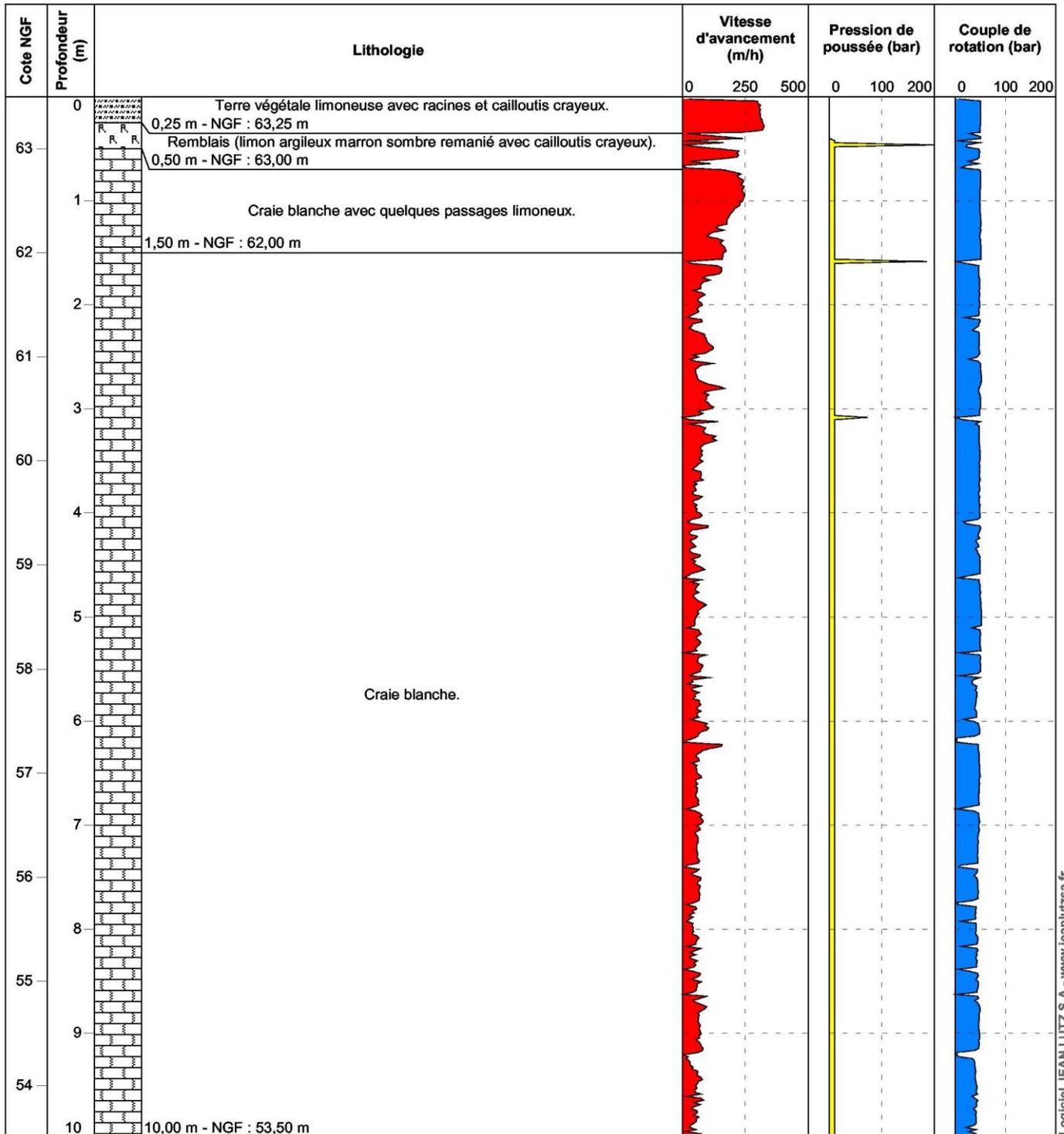
Cote NGF : 63.5

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S4

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 15-010

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 29/01/2015

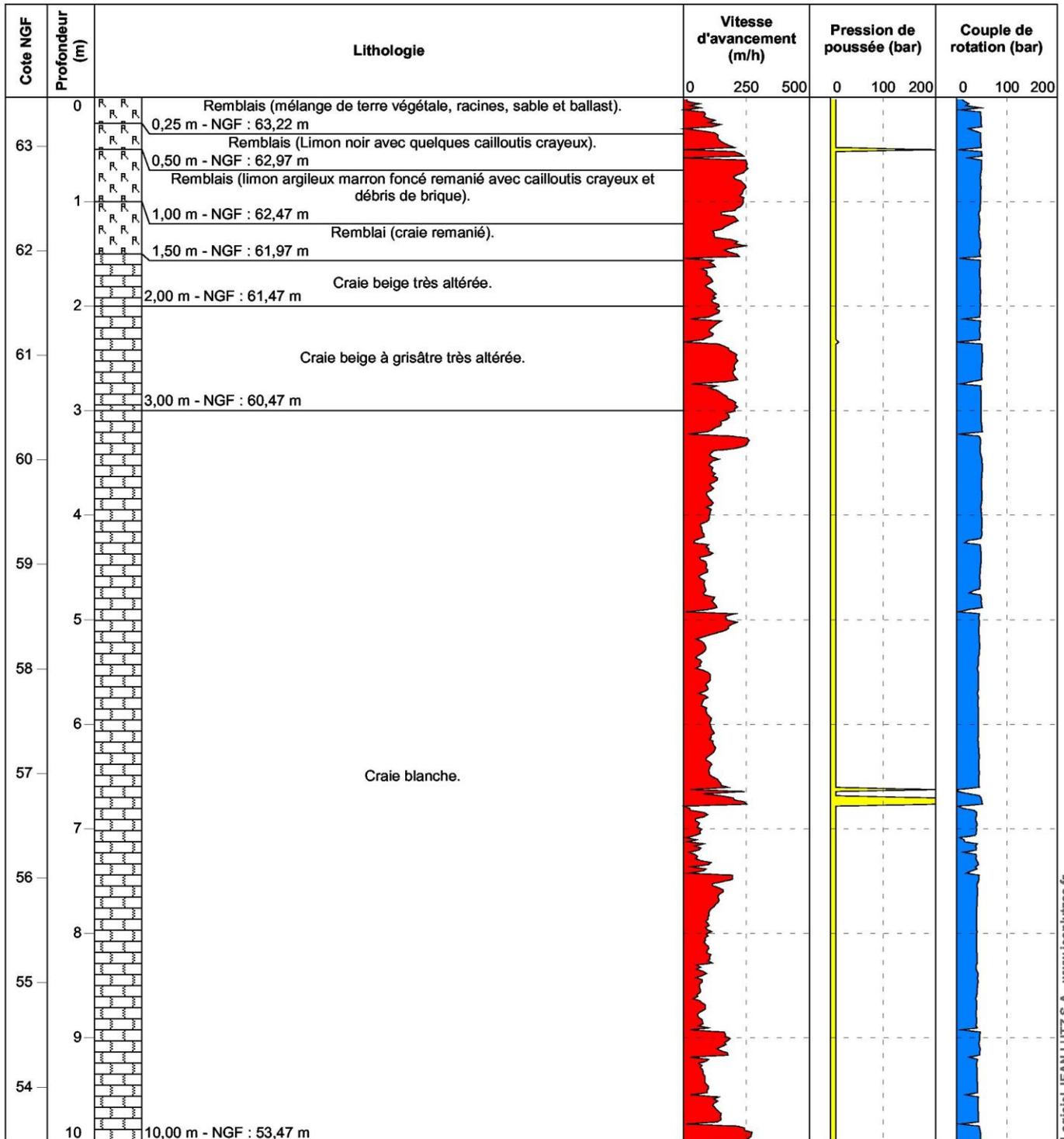
Cote NGF : 63.47

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S5

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 30/01/2015

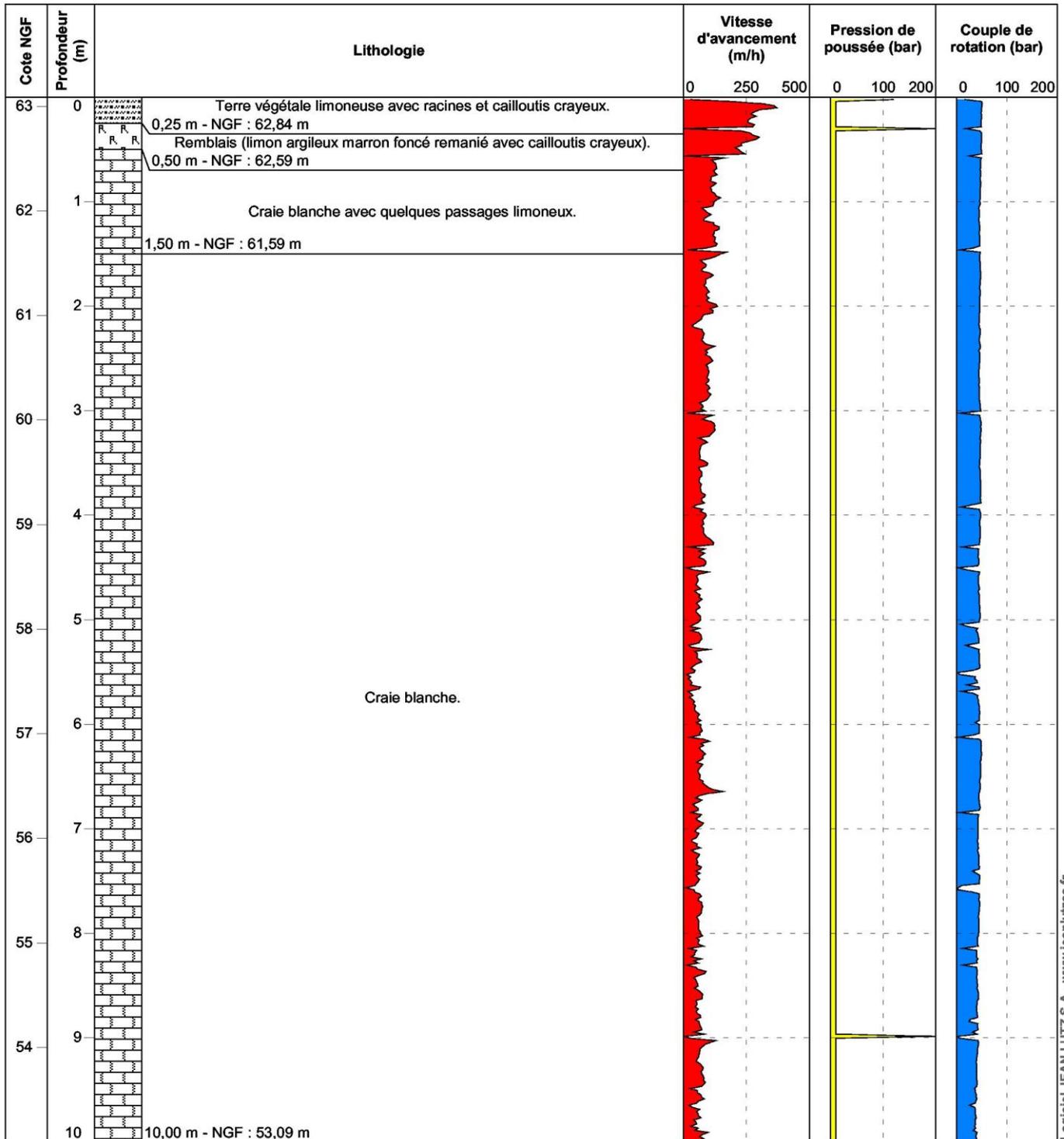
Cote NGF : 63.09

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S6

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 15-010

LENS
Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 29/01/2015

Cote NGF : 63.55

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S7

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie
63	0	Remblais (terre végétale, racines, grave sableuse avec débris de brique).
	0,30 m - NGF : 63,25 m	
63	0,60 m - NGF : 62,95 m	Remblai (limon gravele-sableux marron foncé remanié avec blocs de craie).
62	1	
61	2	
60	3	
59	4	
58	5	Craie blanche.
57	6	
56	7	
55	8	
54	9	
53	10	10,00 m - NGF : 53,55 m

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS
Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 30/01/2015

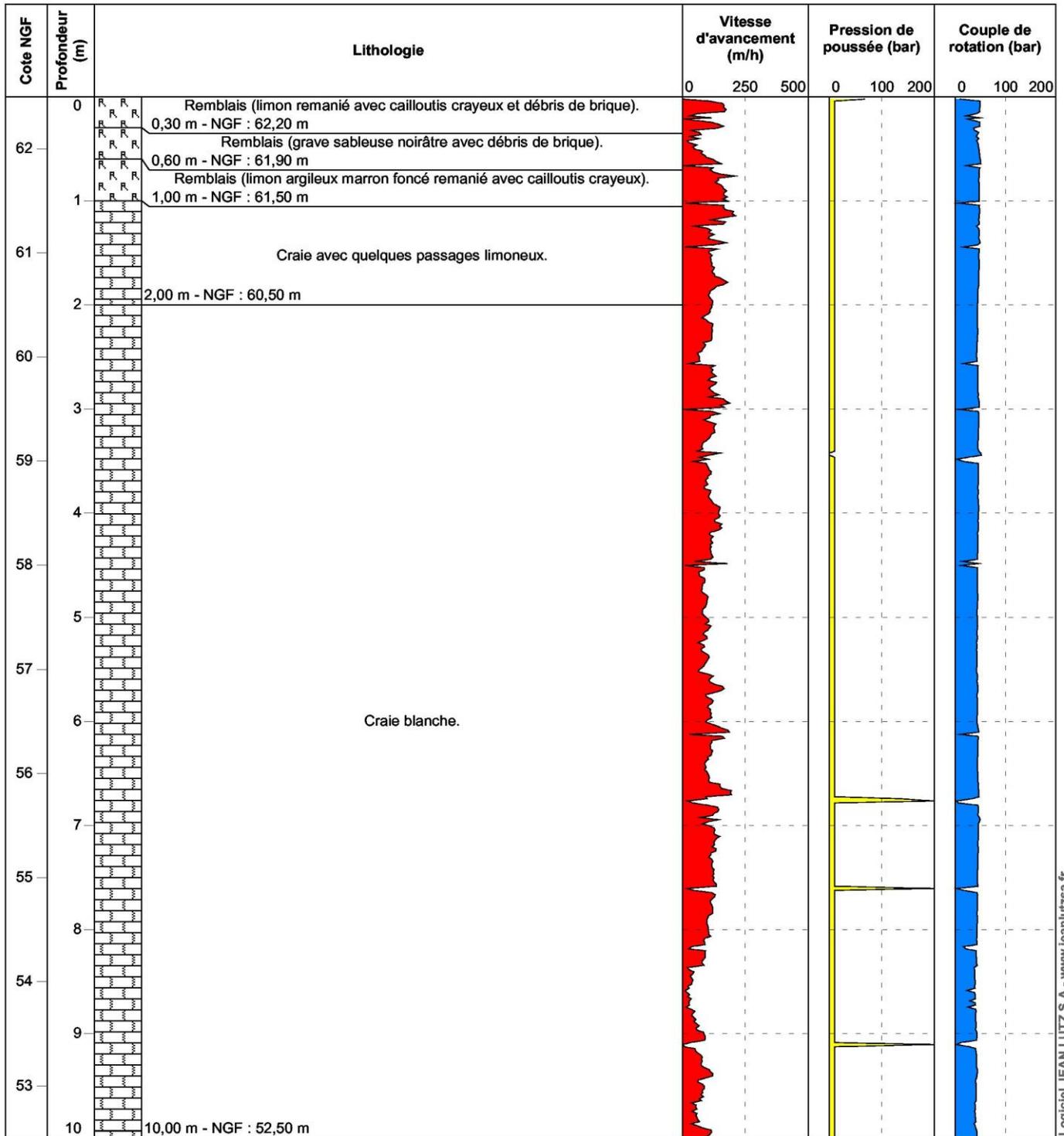
Cote NGF : 62.5

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S8

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 15-010

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 29/01/2015

Cote NGF : 63.55

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : S9

EXGTE 3.16/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie
	0	
	0,50	Remblais (terre végétale, sable graveleux marron avec débris de brique et cailloutis crayeux)
63	0,70	Remblais (limon argileux marron foncé avec cailloutis crayeux).
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	10,00	Craie blanche.
	10,00	10,00 m - NGF : 53,55 m

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 06/02/2015

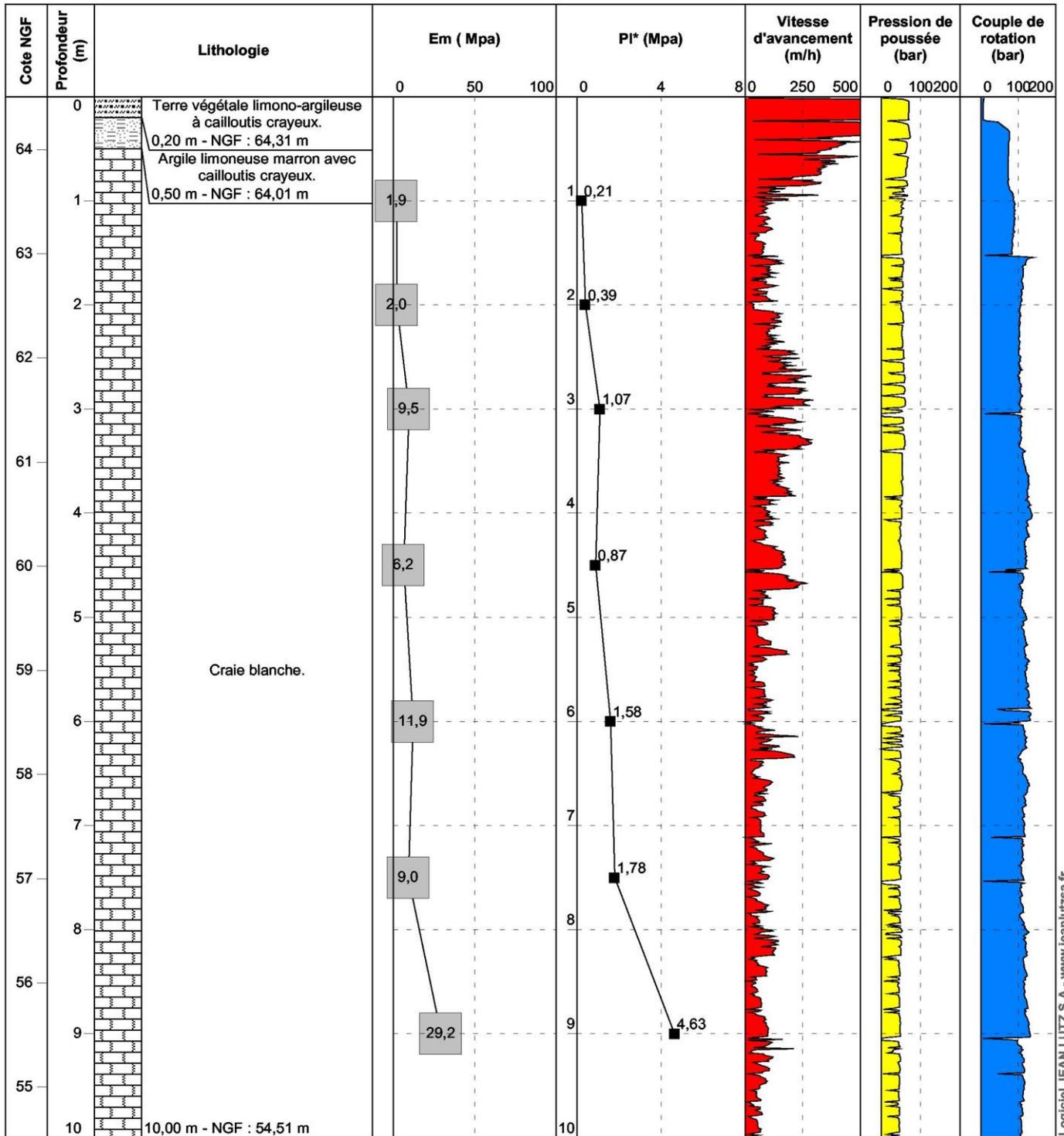
Cote NGF : 64.51

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR1

EXGTE 3.16/LB2EPF538FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 04/02/2015

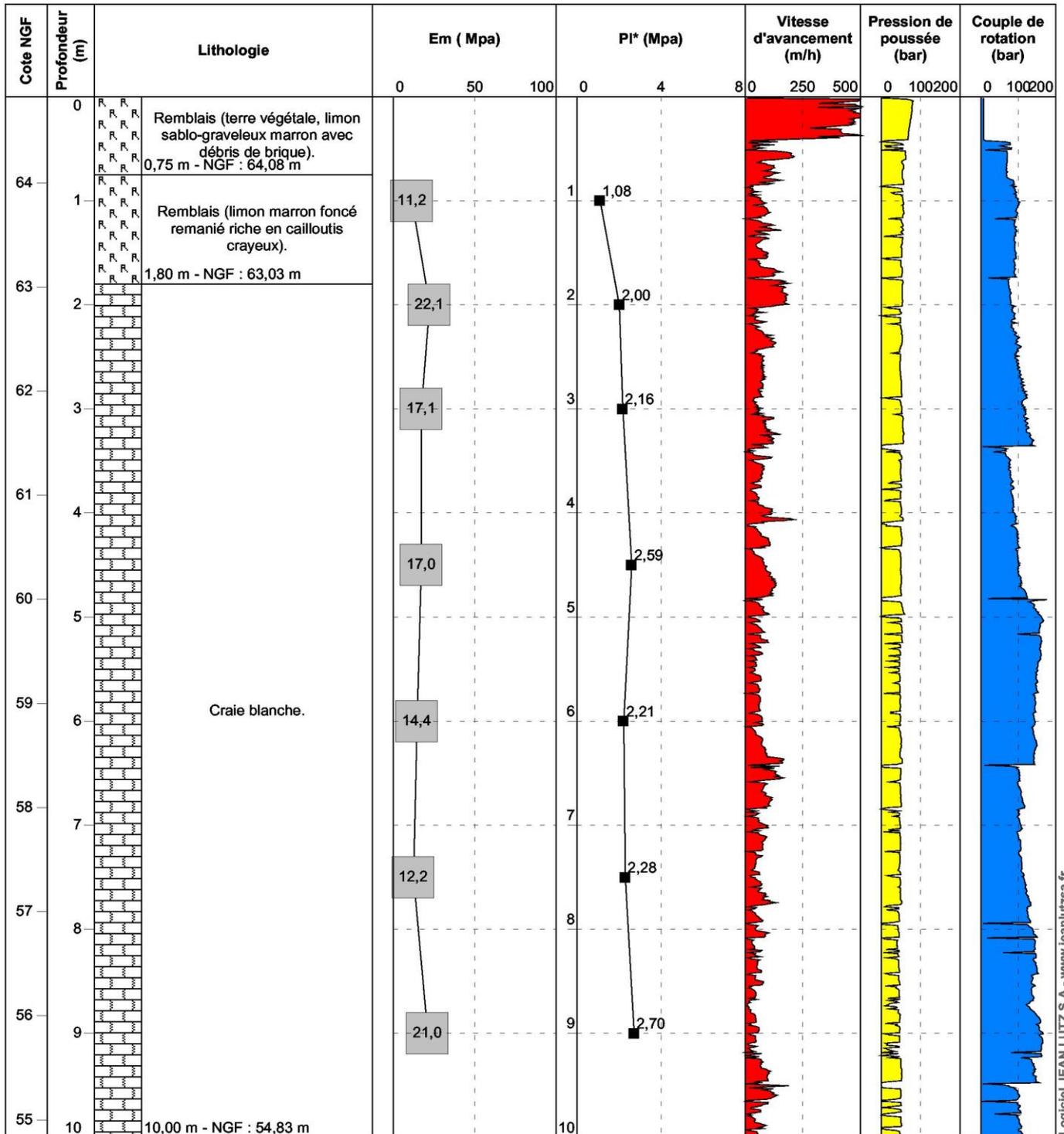
Cote NGF : 64.83

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR2

EXGTE 3.16/LB2EPF538FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 02/02/2015

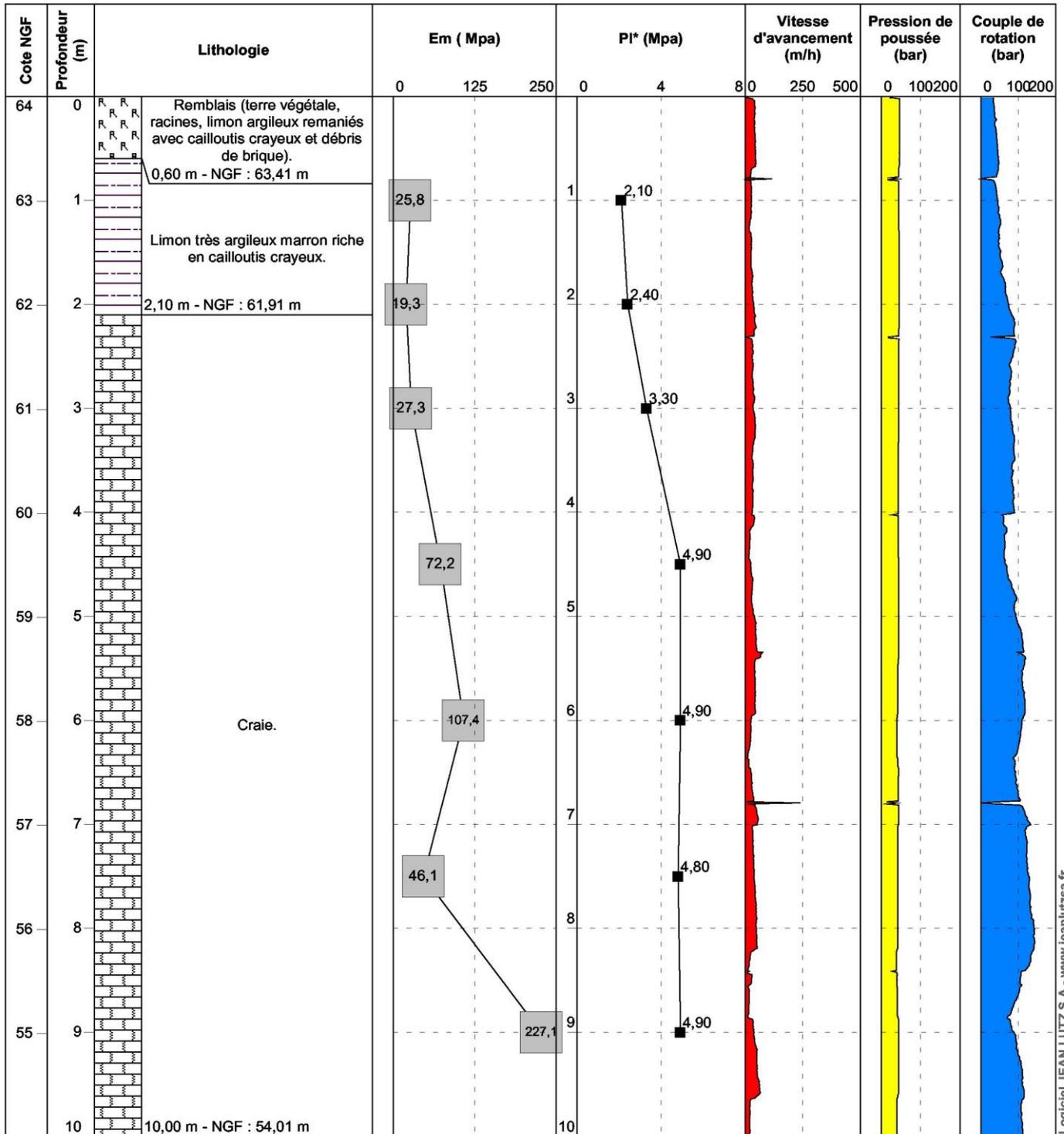
Cote NGF : 64.01

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR3

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 15-010

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 04/02/2015

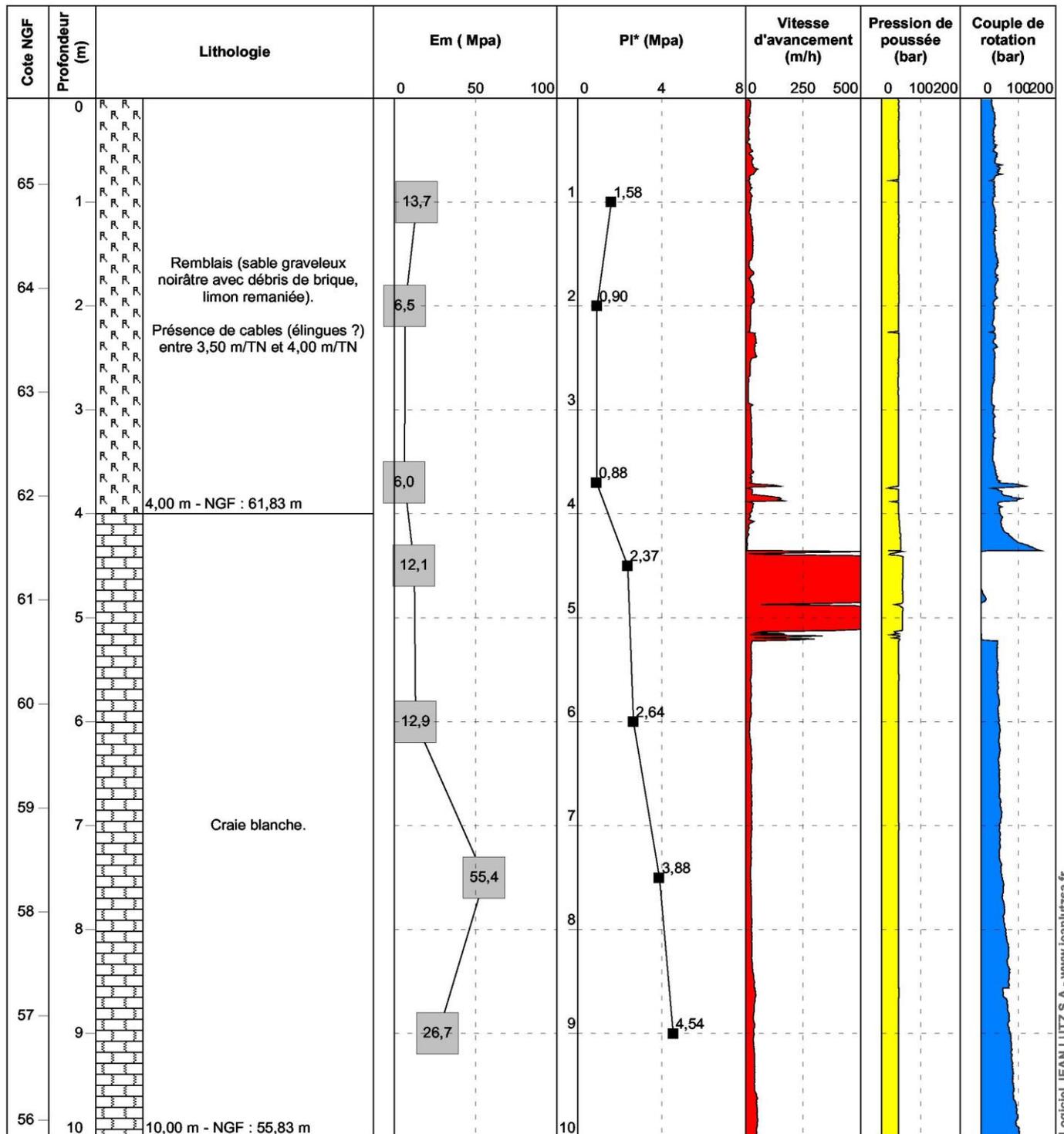
Cote NGF : 65,83

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR4

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 30/01/2015

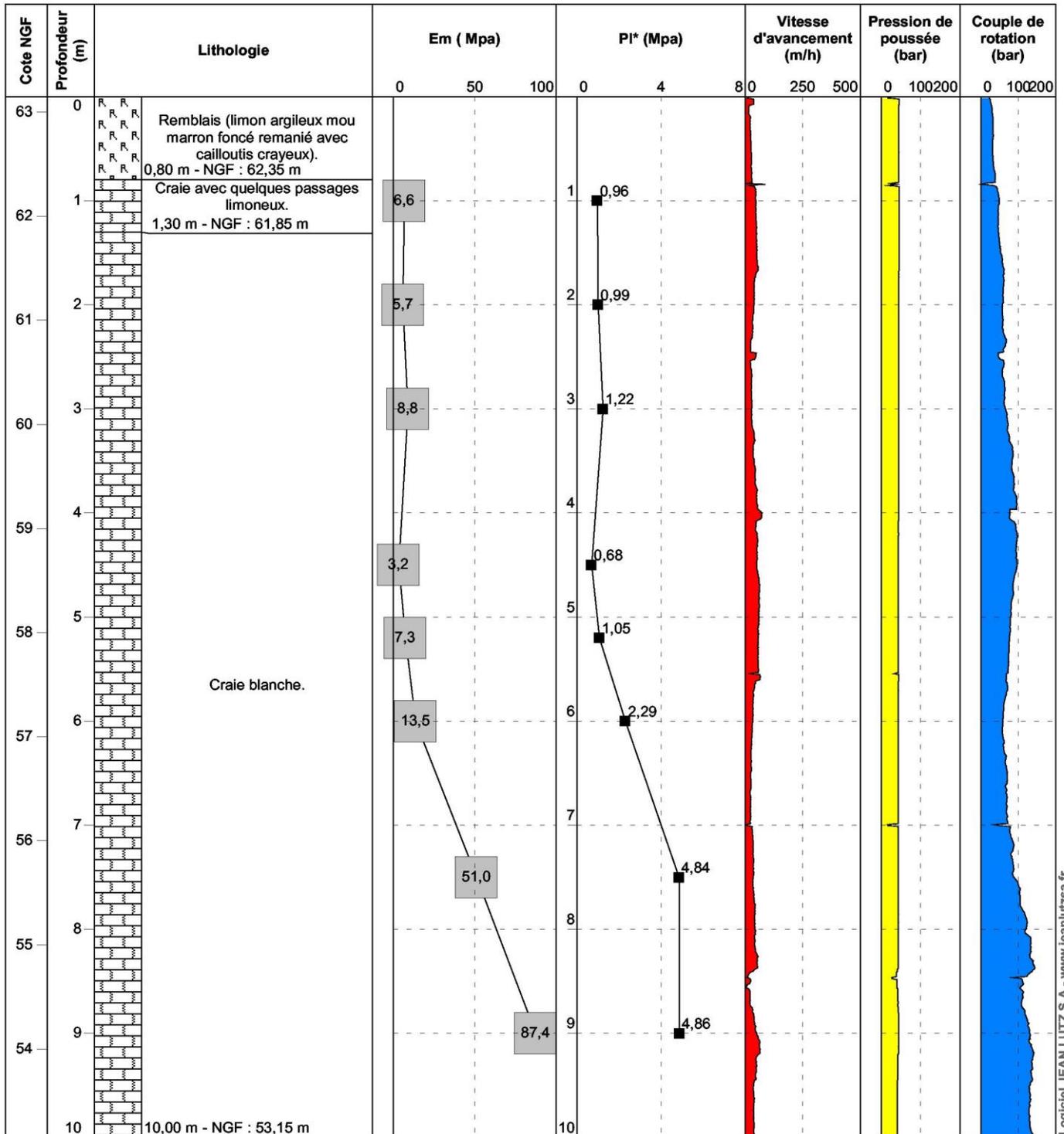
Cote NGF : 63,15

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR5

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 15-010

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 29/01/2015

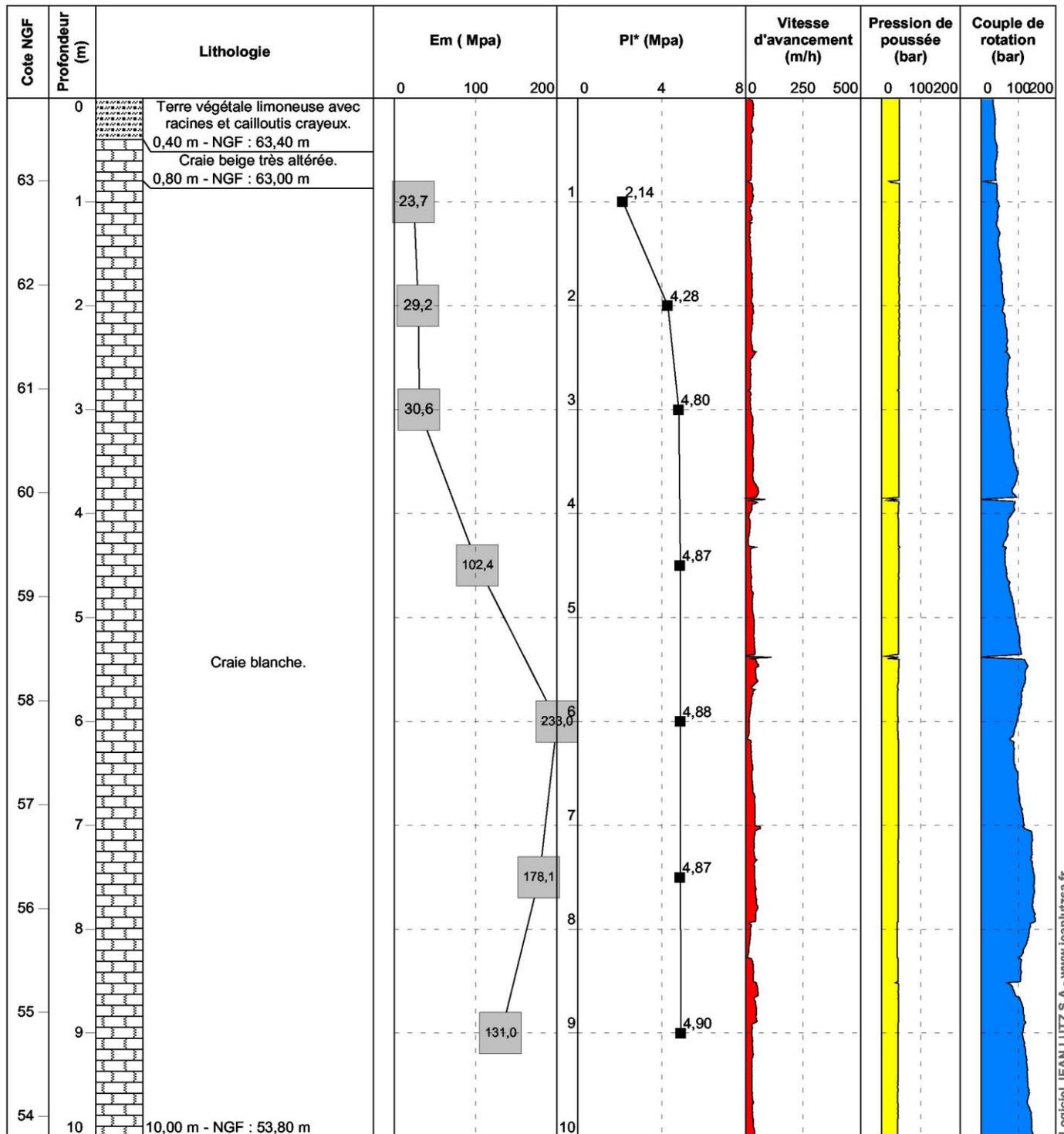
Cote NGF : 63.8

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR6

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 30/01/2015

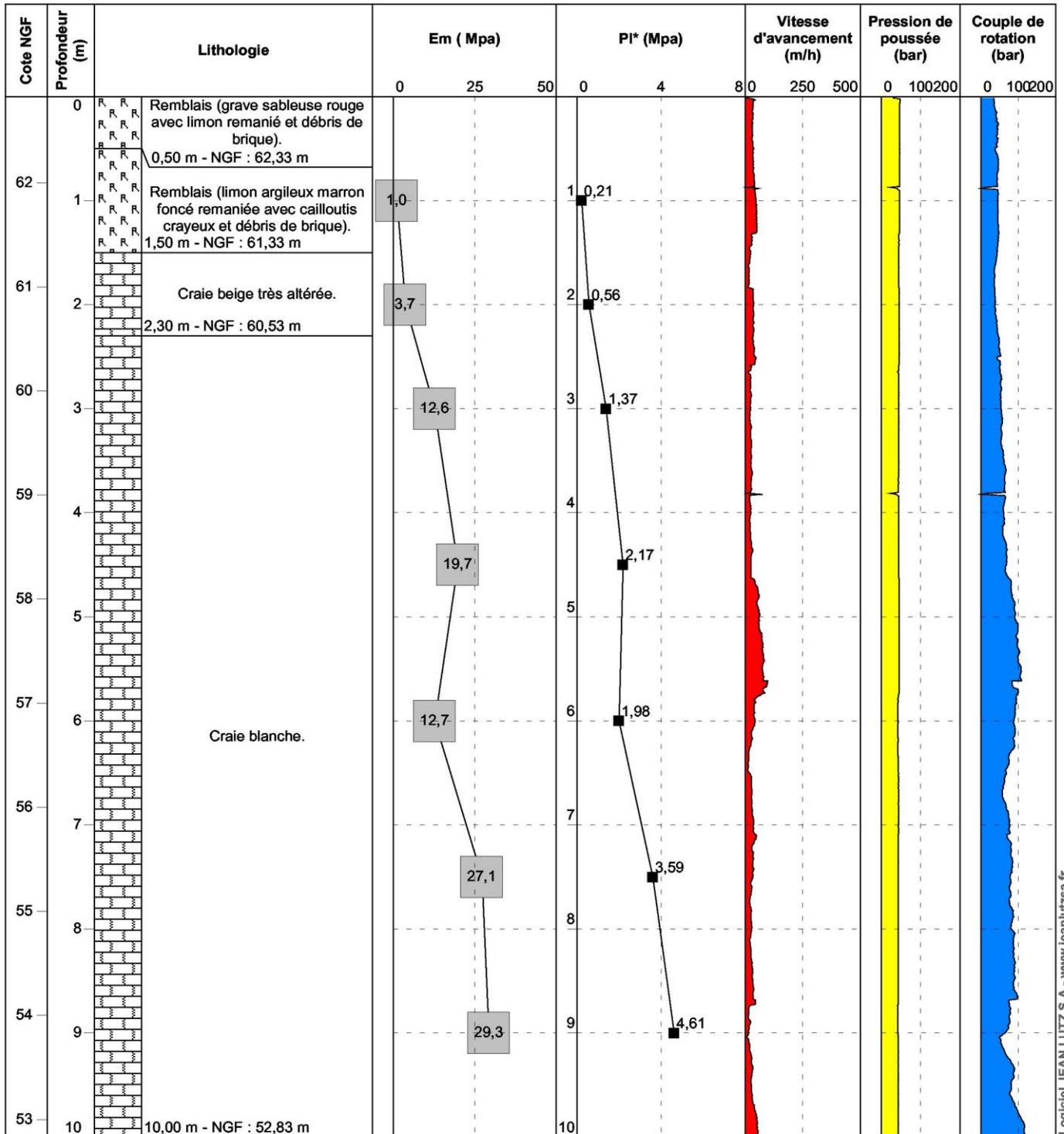
Cote NGF : 62.83

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR7

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 15-010

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 29/01/2015

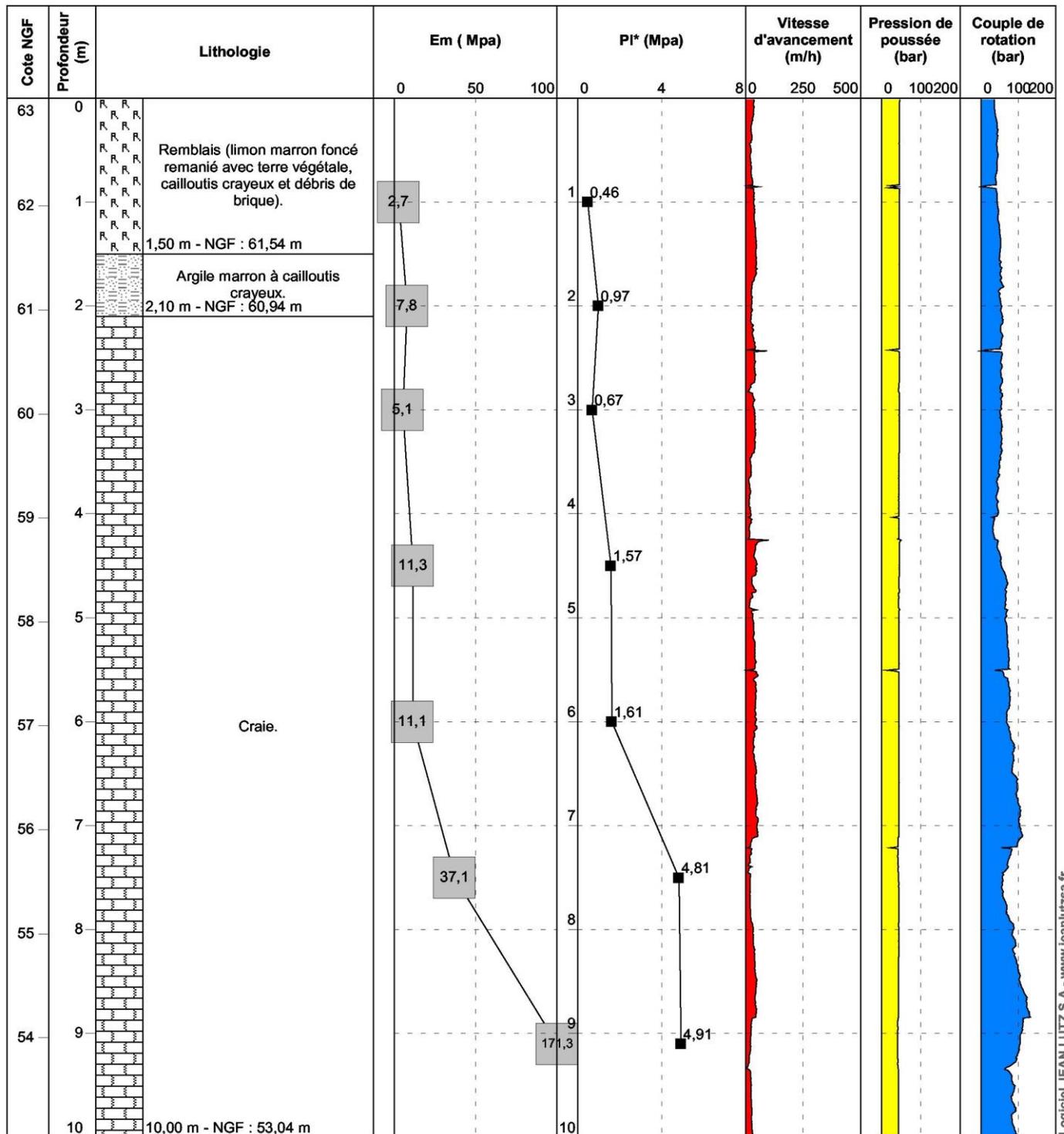
Cote NGF : 63.04

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

1/50

Forage : PR8

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 15/06/2017

Cote NGF : 65,238

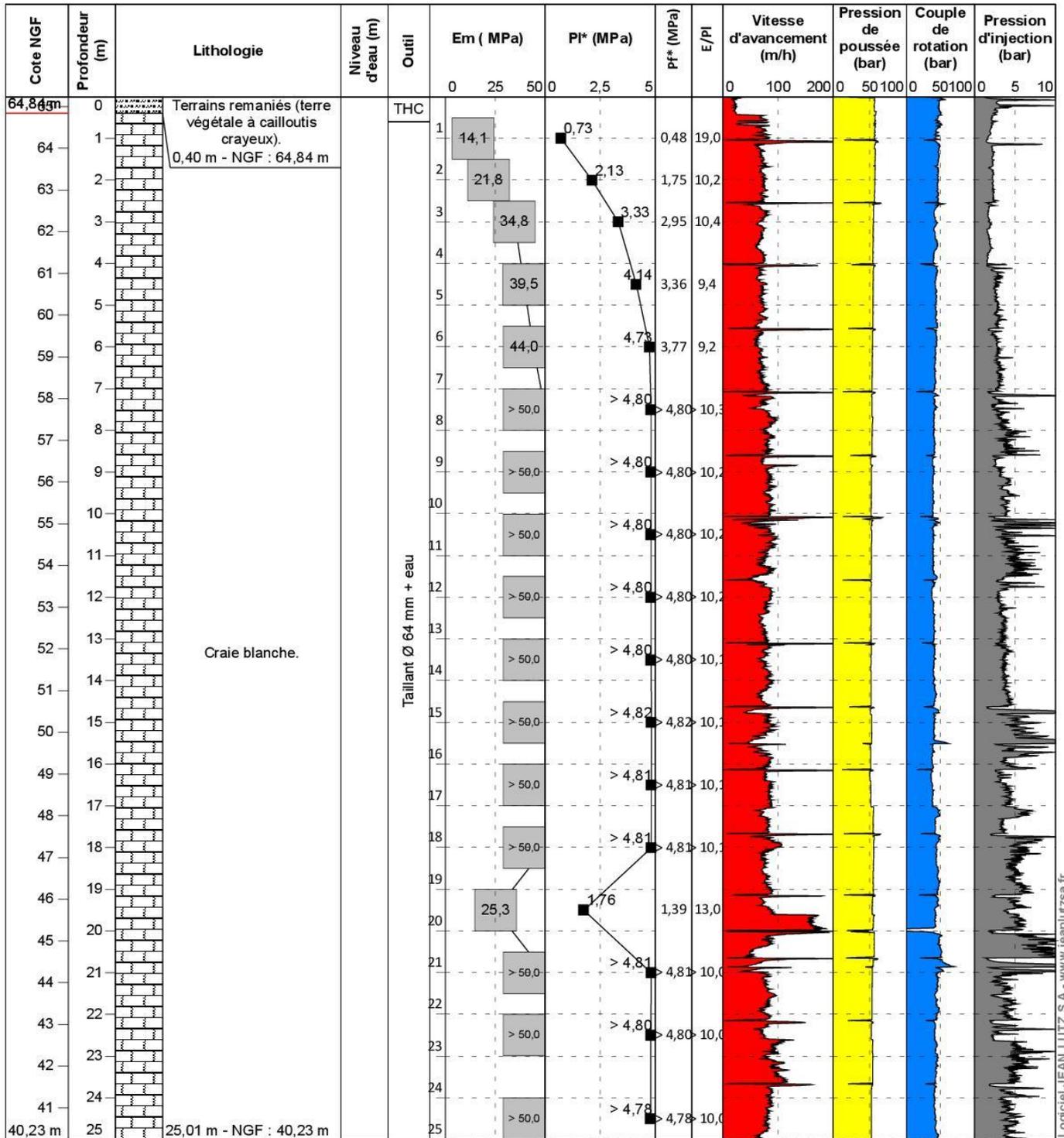
Profondeur : 0,00 - 25,01 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR9

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR





LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 12/06/2017

Cote NGF : 65.329

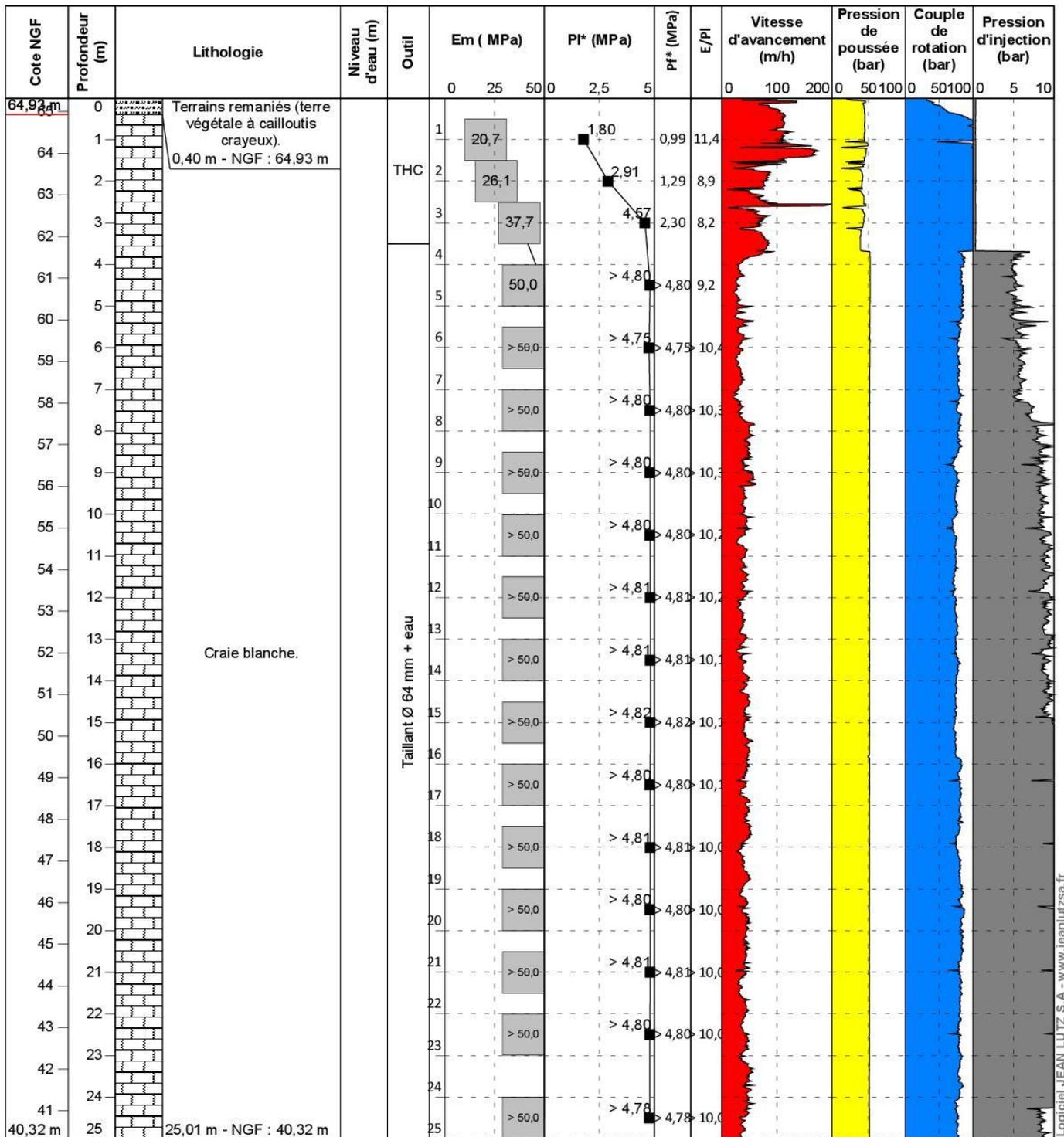
Profondeur : 0,00 - 25,02 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR10

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 12/06/2017

Cote NGF : 65.184

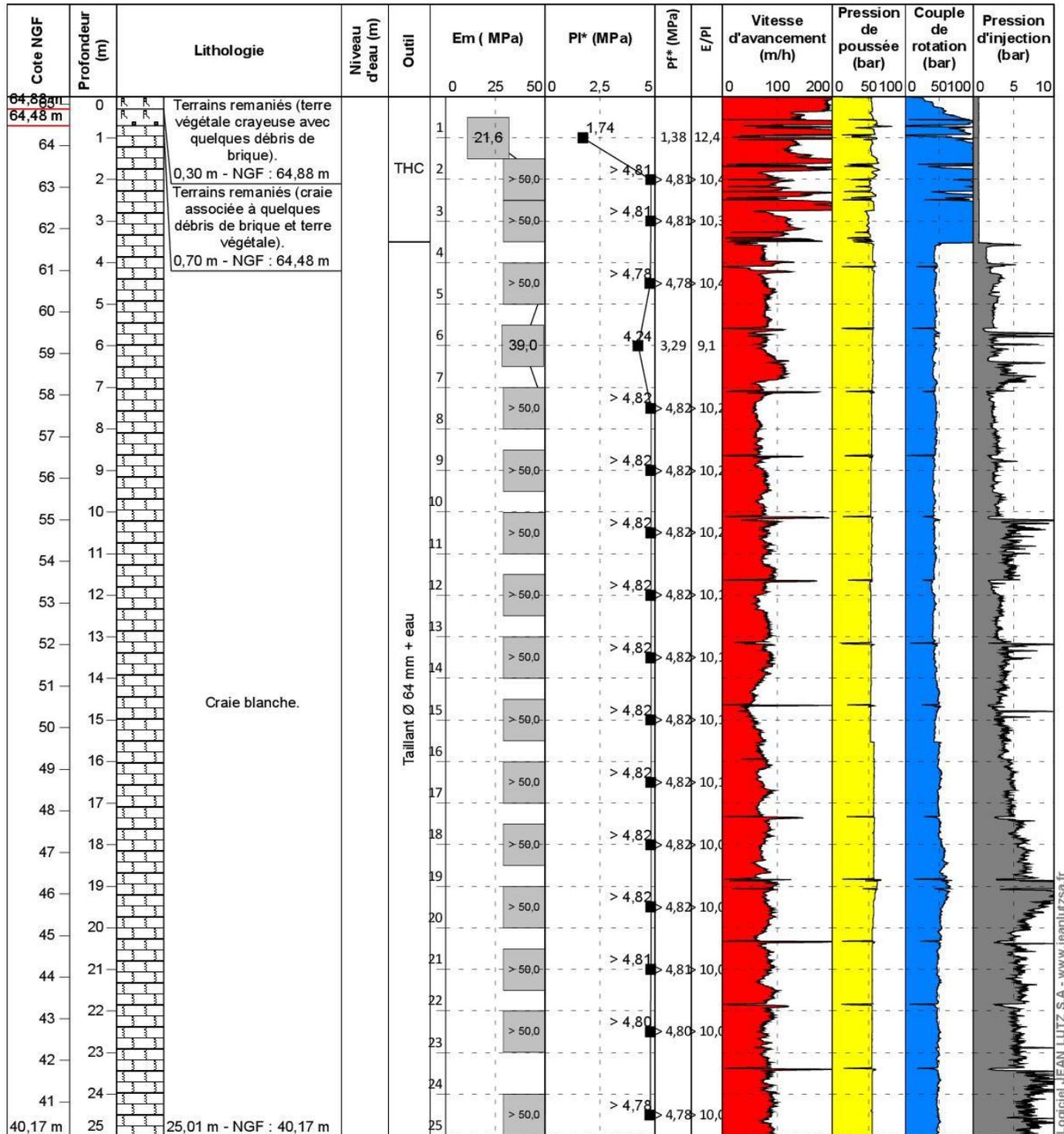
Profondeur : 0,00 - 25,03 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR11

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 07/06/2017

Cote NGF : 65.377

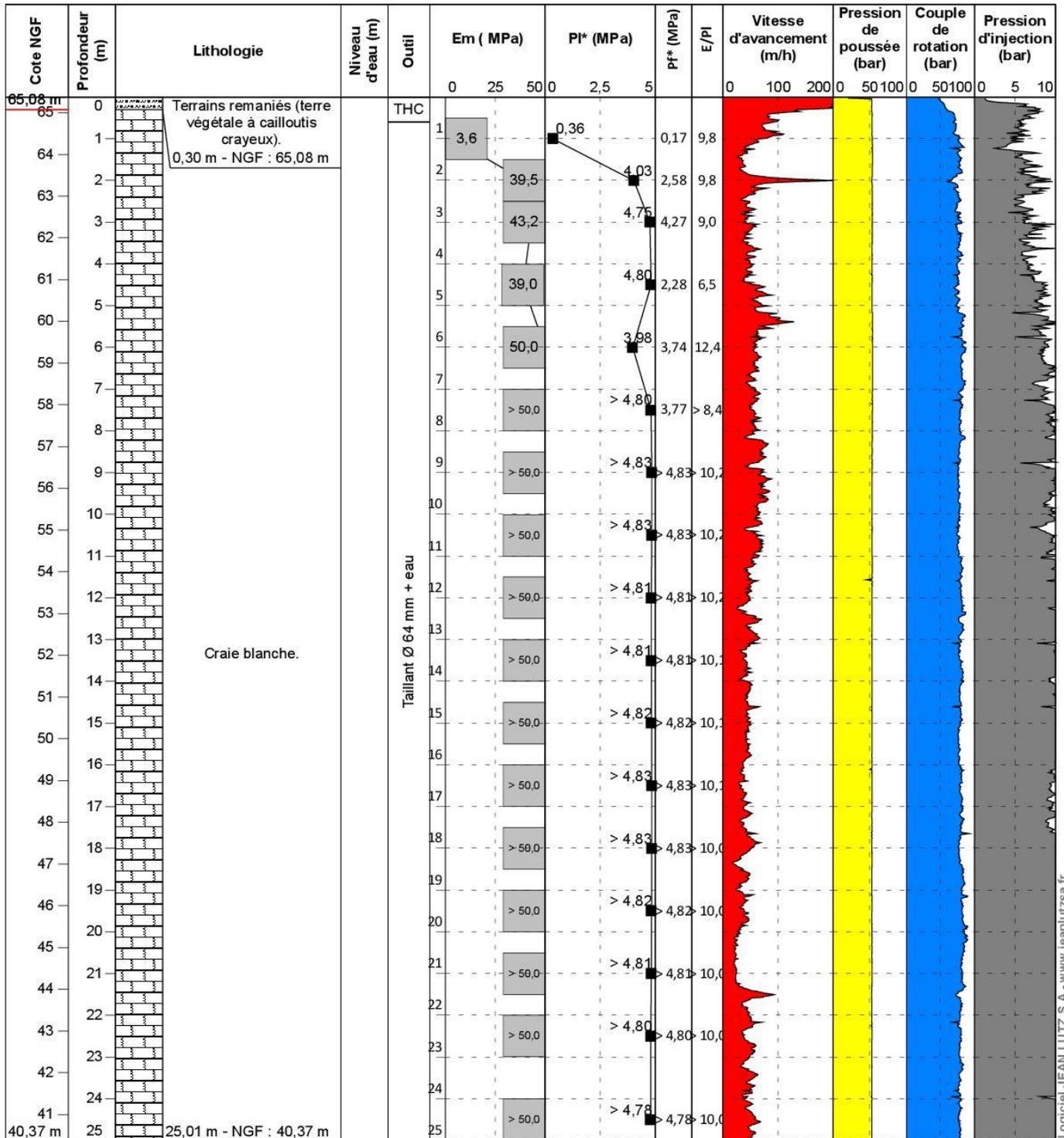
Profondeur : 0,00 - 25,02 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR12

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR





LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 07/06/2017

Cote NGF : 65.377

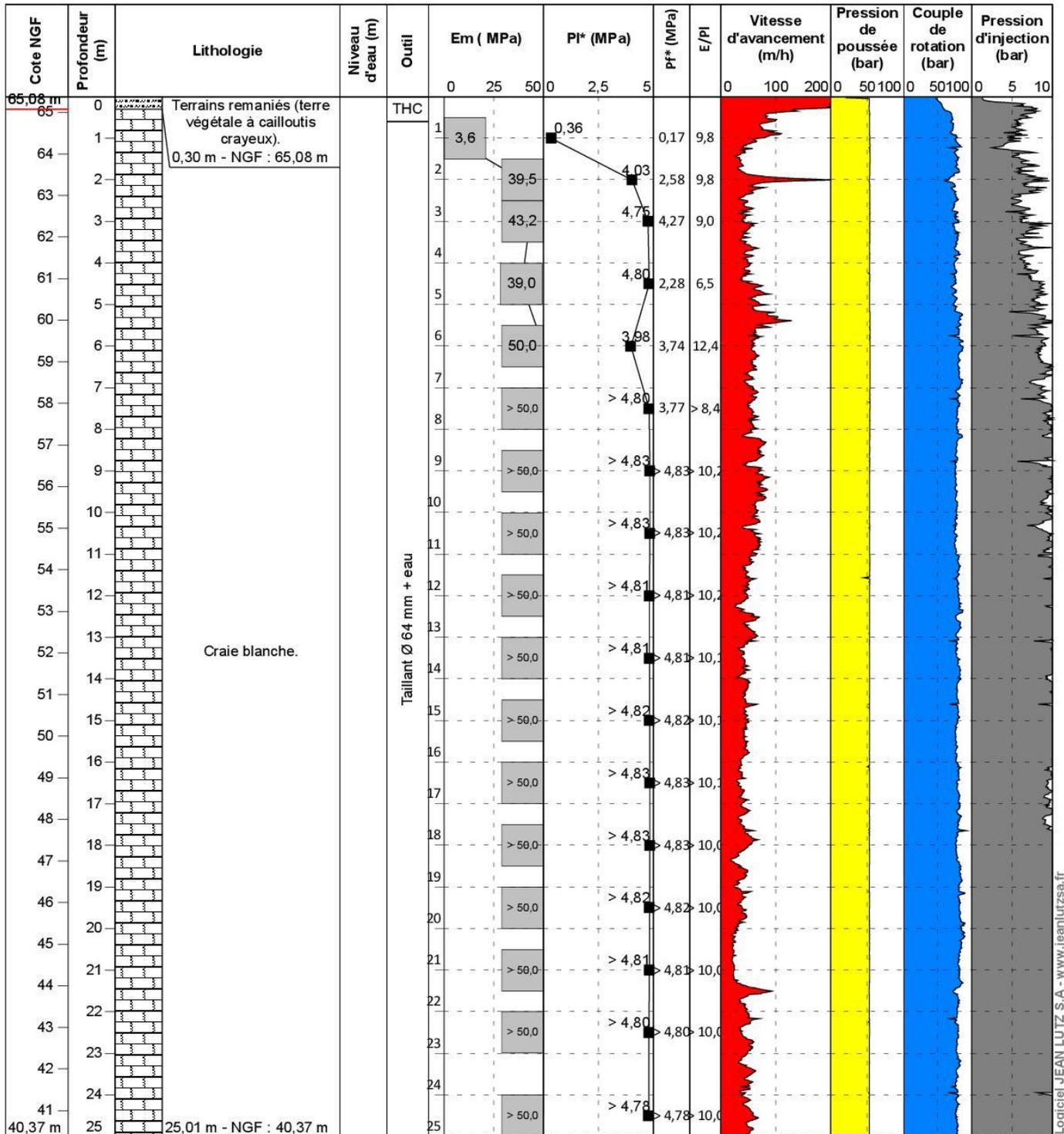
Profondeur : 0,00 - 25,02 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR12

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 06/06/2017

Cote NGF : 65.139

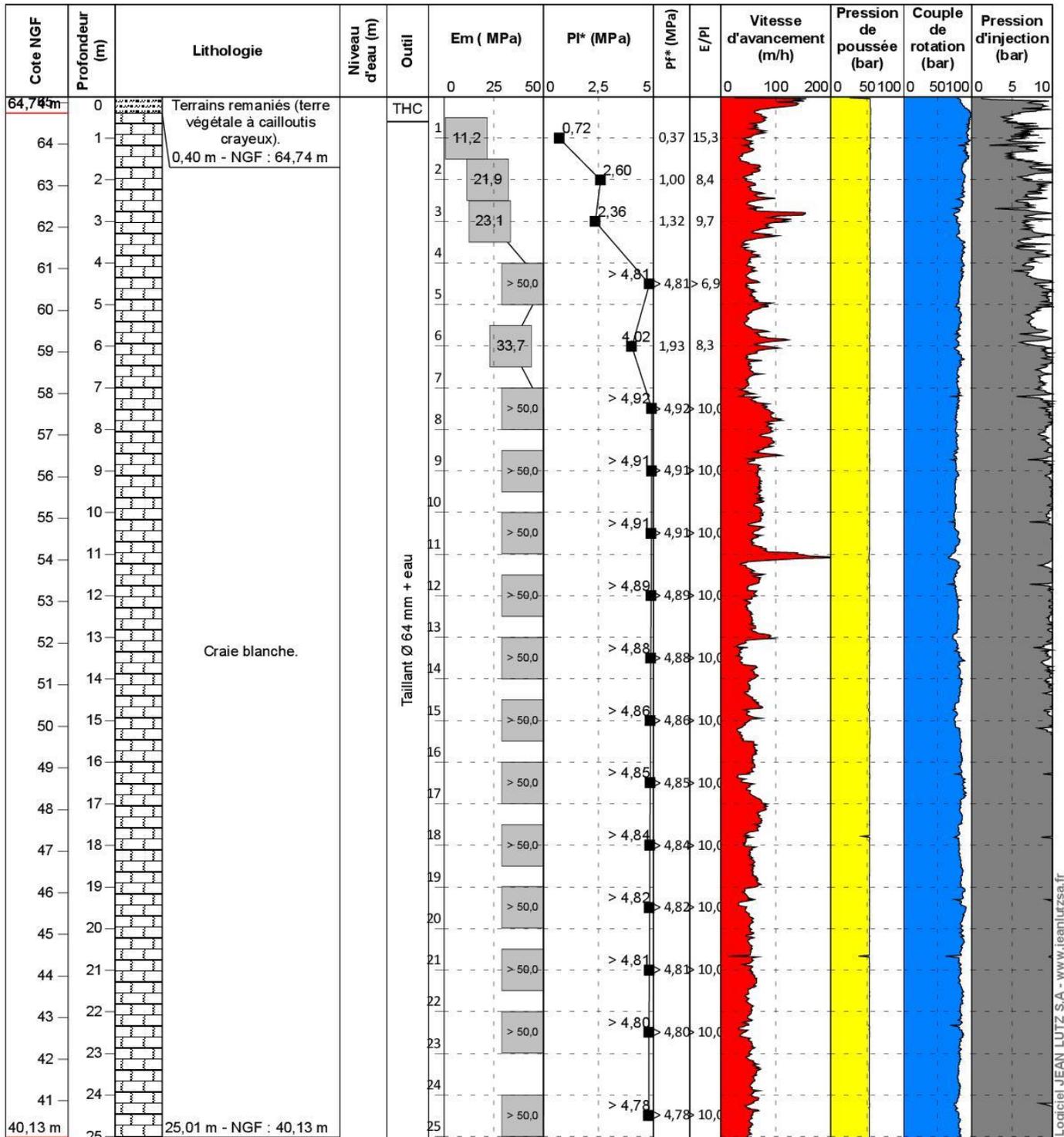
Profondeur : 0,00 - 25,06 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR13

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 06/06/2017

Cote NGF : 64,525

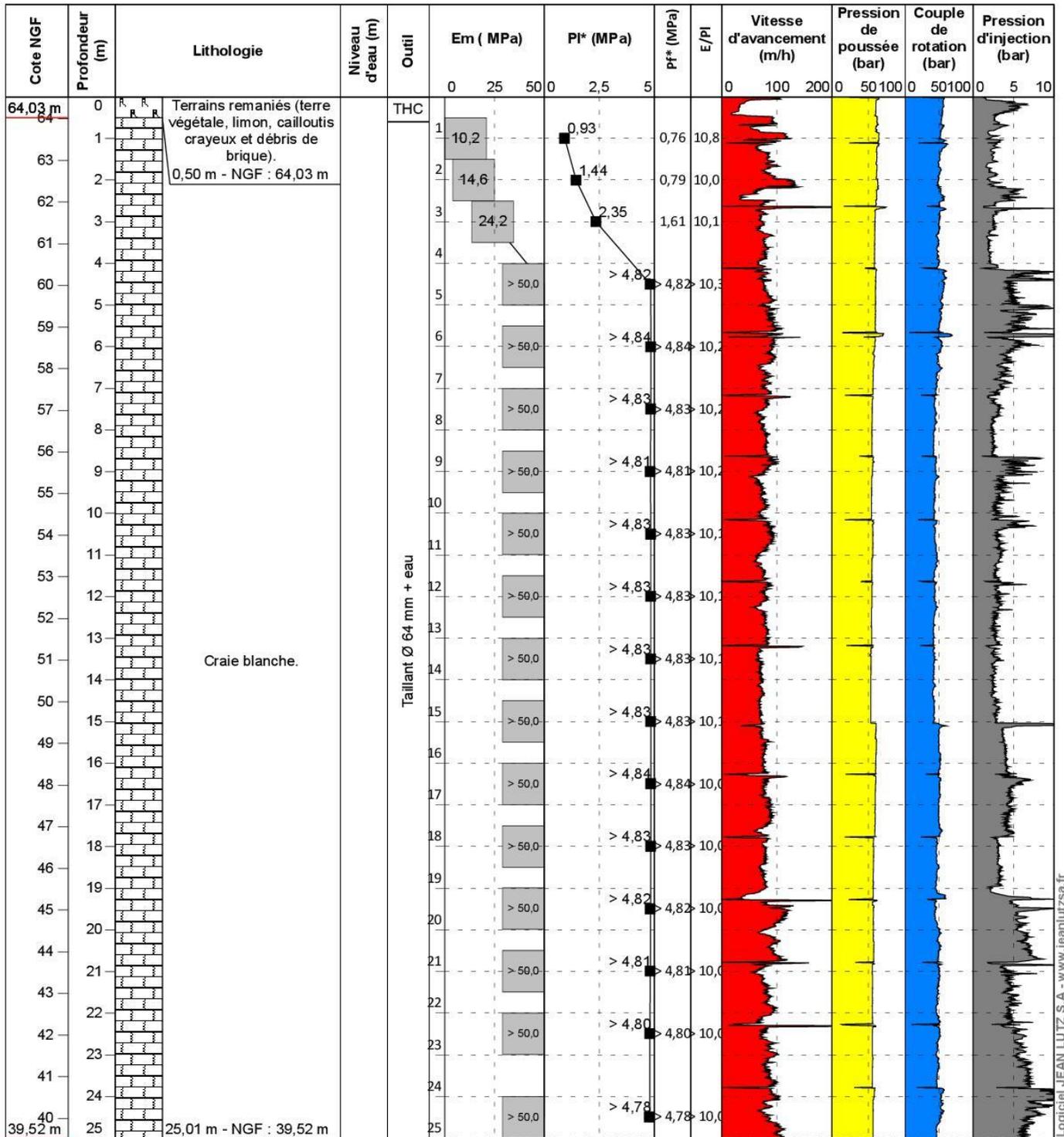
Profondeur : 0,00 - 25,05 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR14

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR





LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 24/05/2017

Cote NGF : 63.268

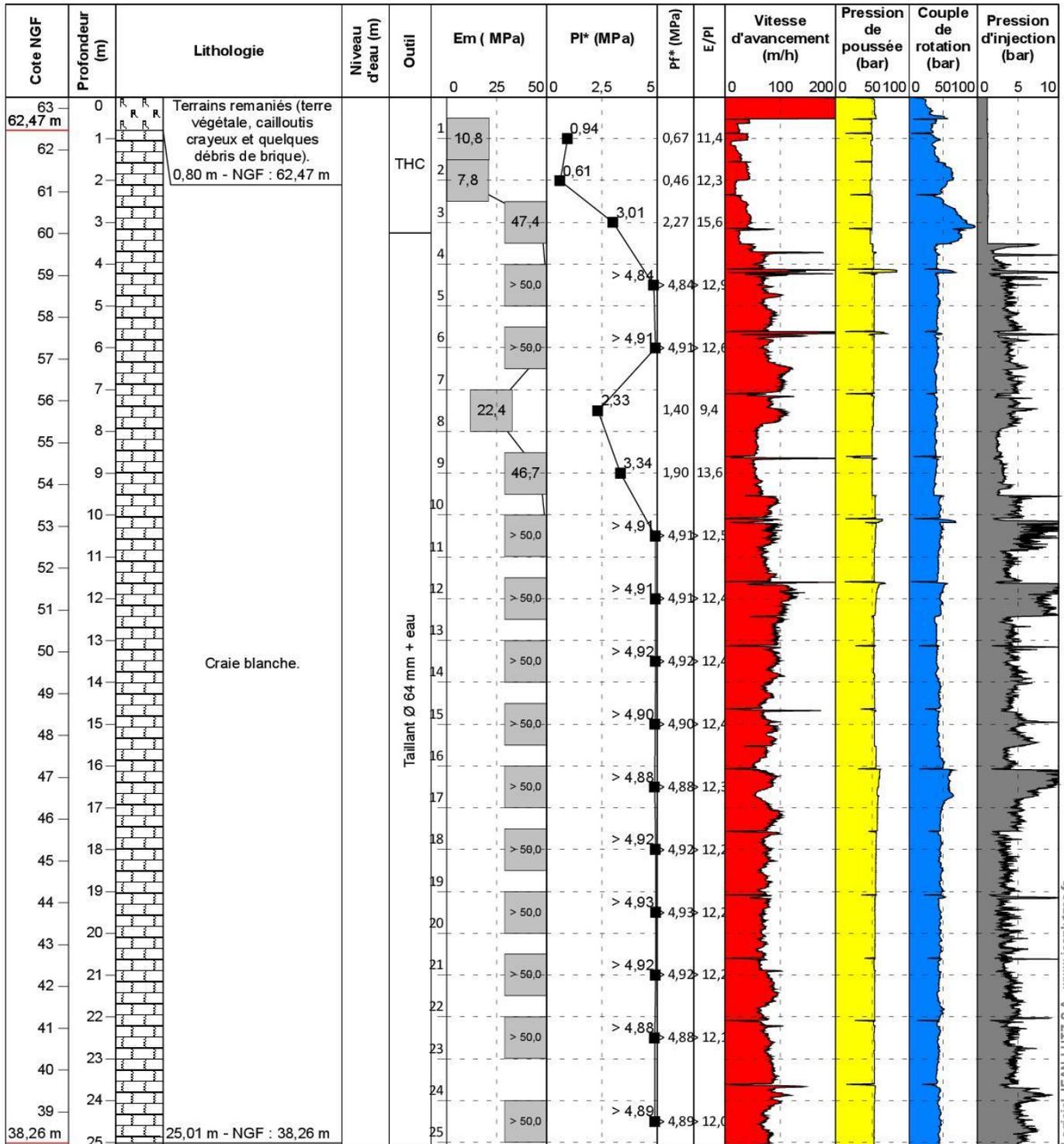
Profondeur : 0,00 - 25,14 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR16

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

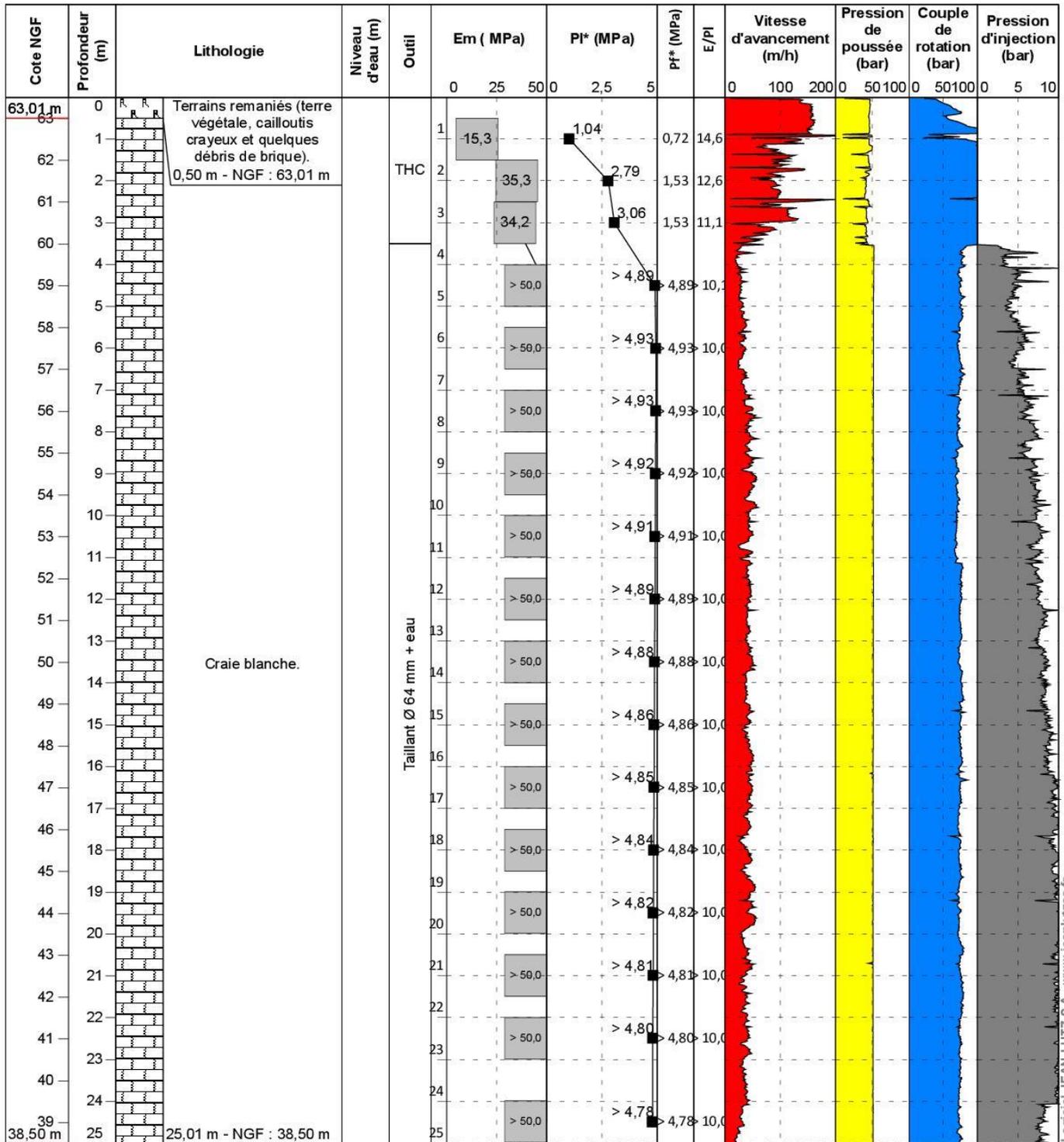
Contrat 17-310

Date : 24/05/2017 Cote NGF : 63.508 Profondeur : 0,00 - 25,04 m
 Heure fin : 09:08 Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR17

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 29/05/2017

Cote NGF : 63,630

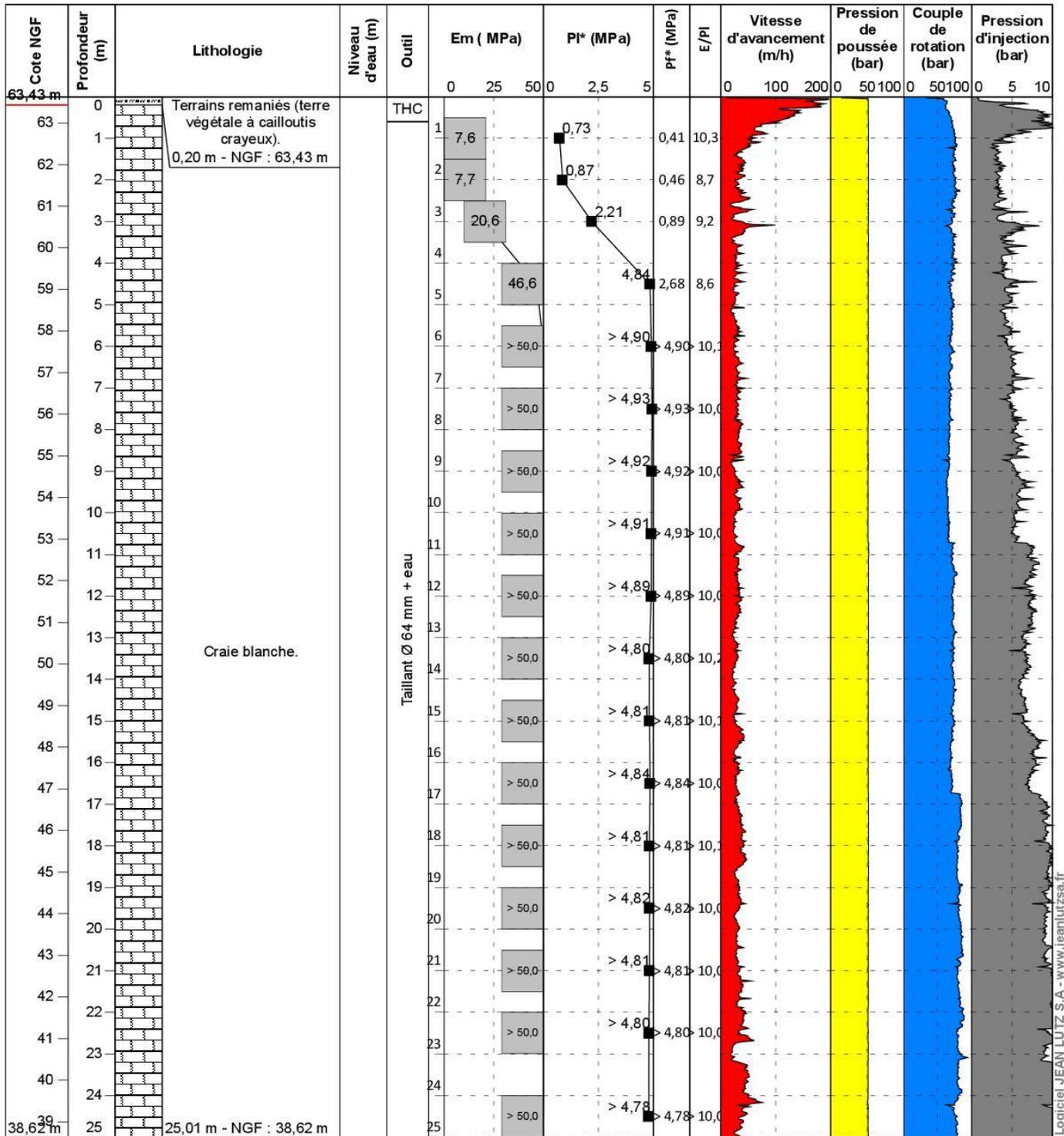
Profondeur : 0,00 - 25,02 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR18

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 22/06/2017

Cote NGF : 64,507

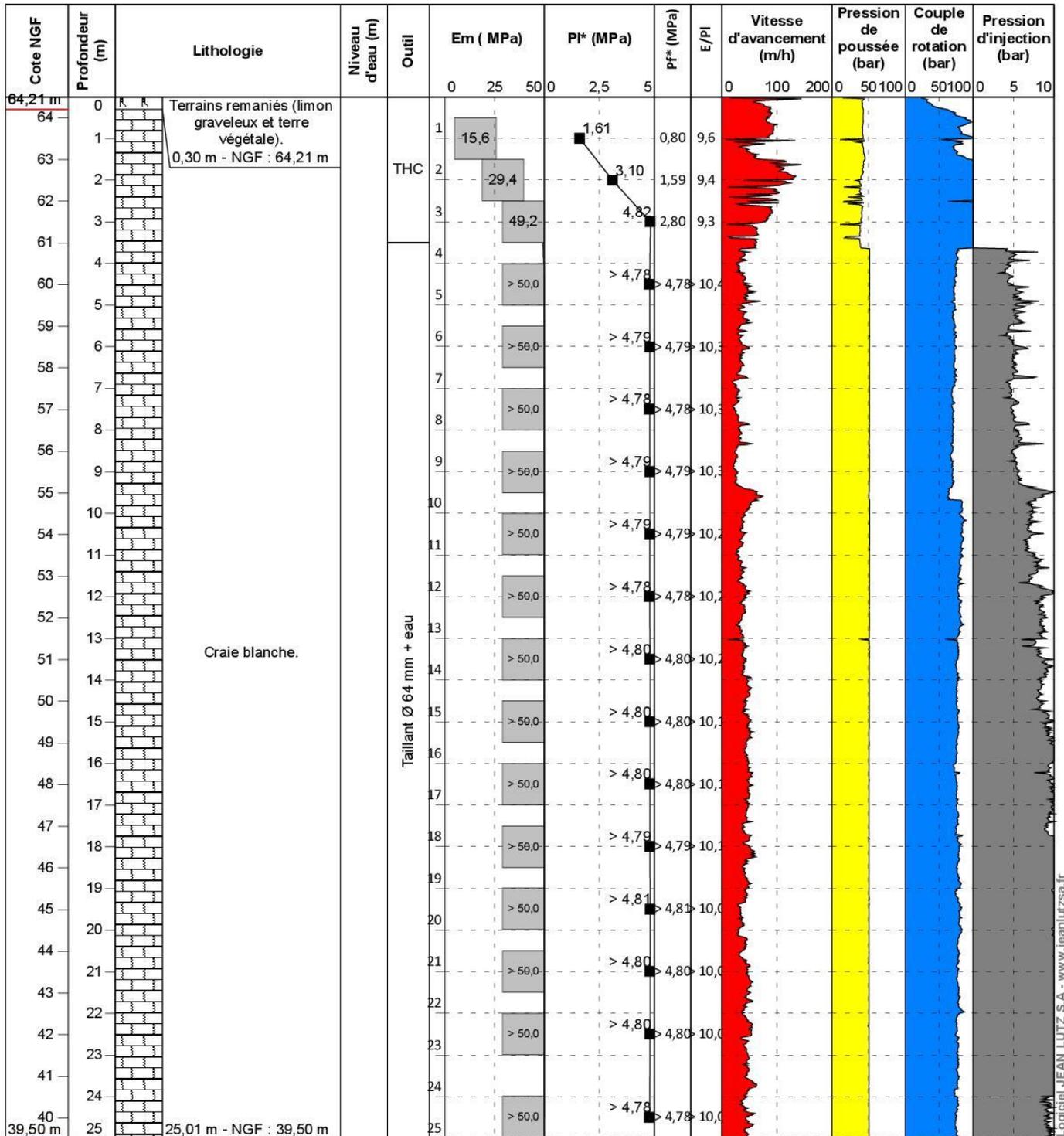
Profondeur : 0,00 - 25,04 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR19

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 01/06/2017

Cote NGF : 63.483

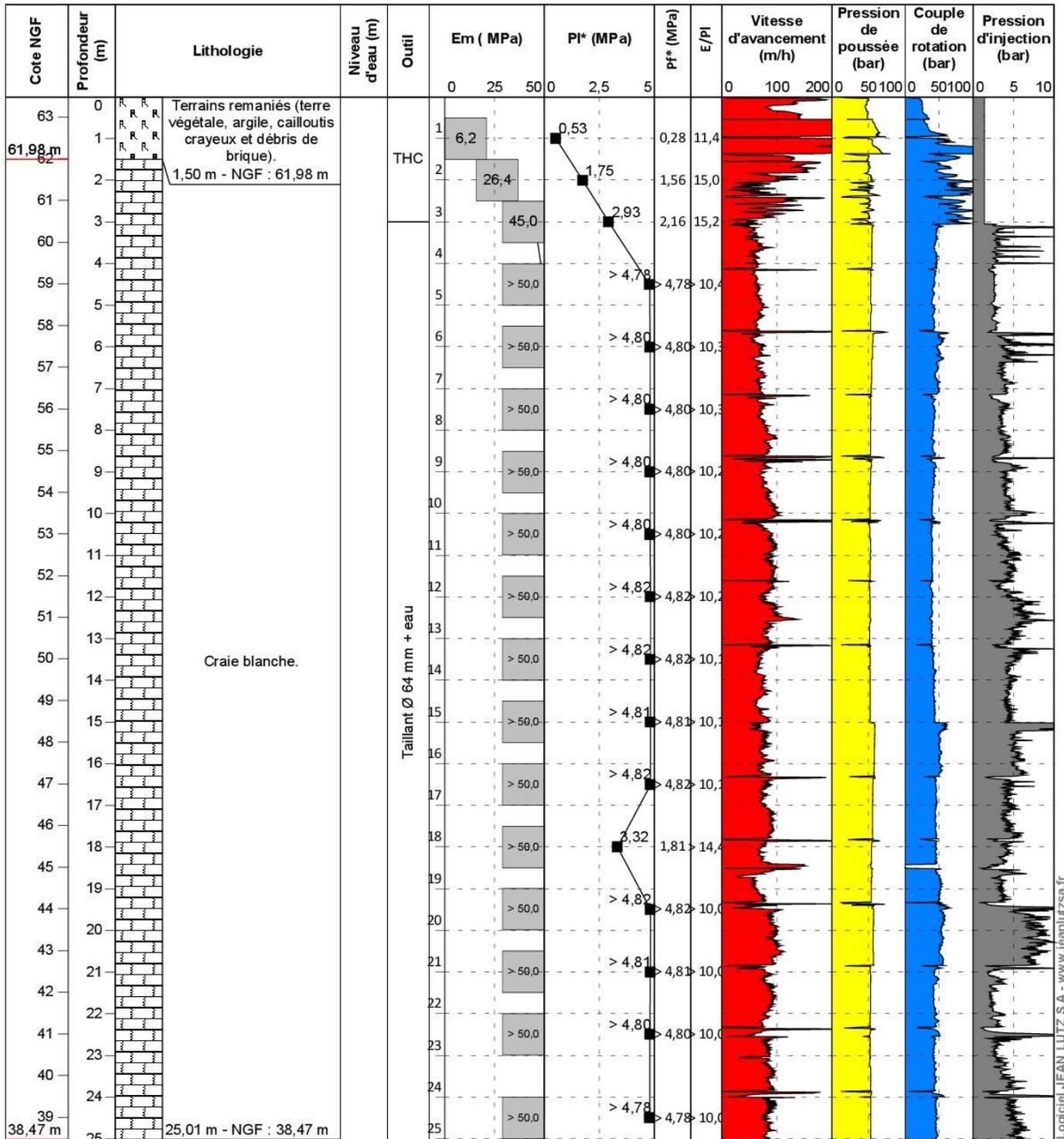
Profondeur : 0,00 - 25,08 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR20

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 31/05/2017

Cote NGF : 63.822

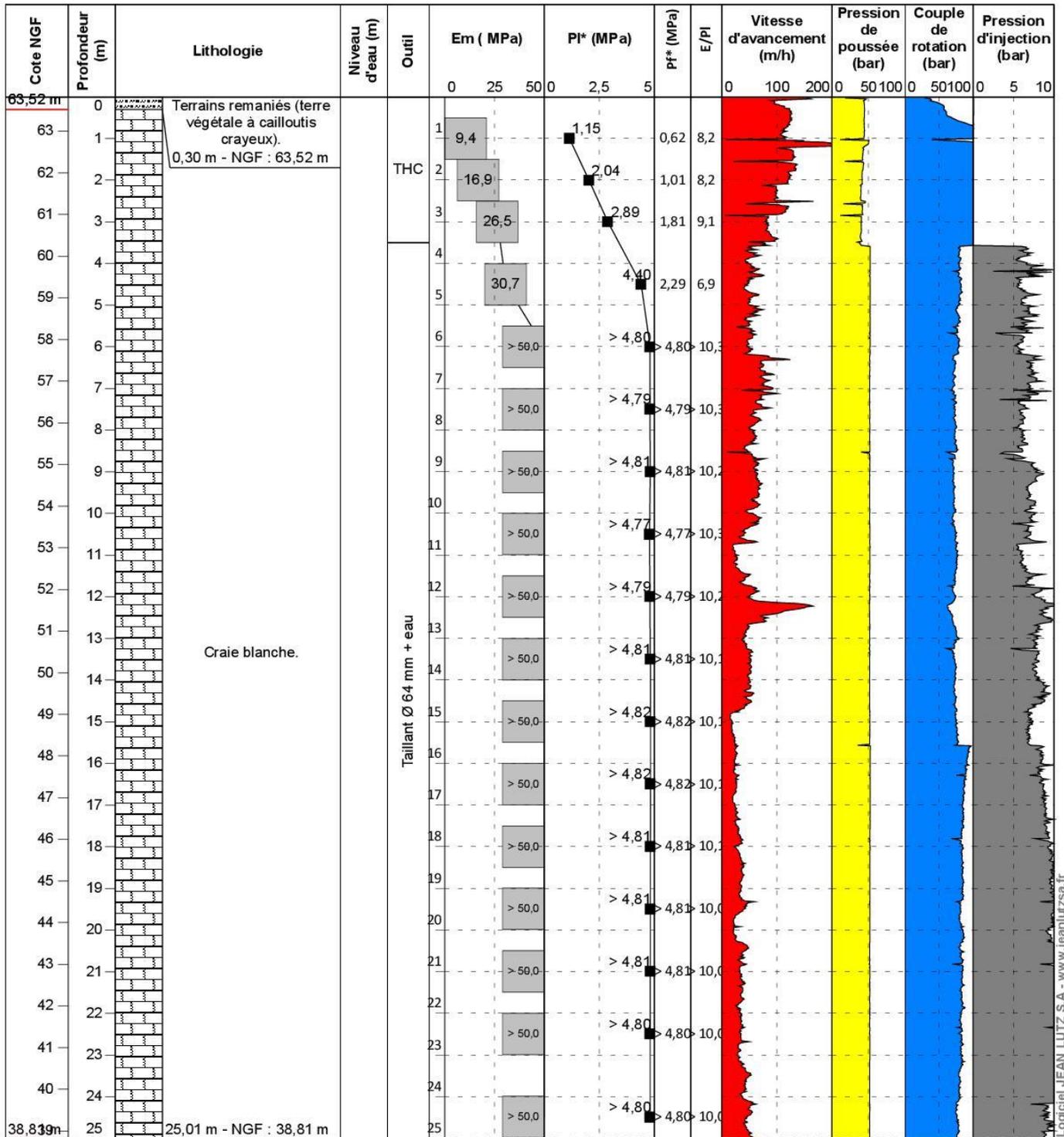
Profondeur : 0,00 - 25,04 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR21

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 30/05/2017

Cote NGF : 64.037

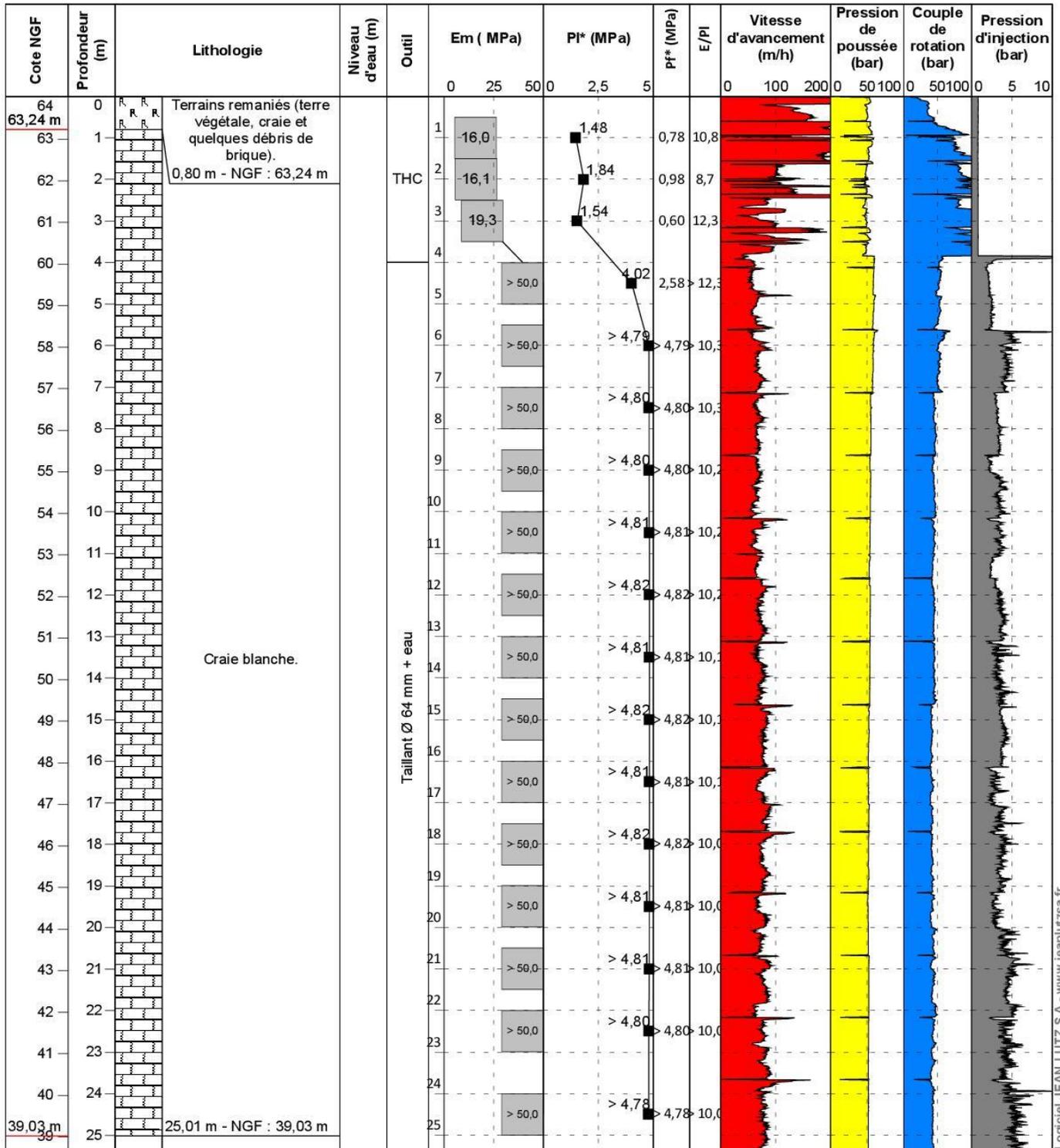
Profondeur : 0,00 - 25,42 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR22

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 09/06/2017

Cote NGF : 65.398

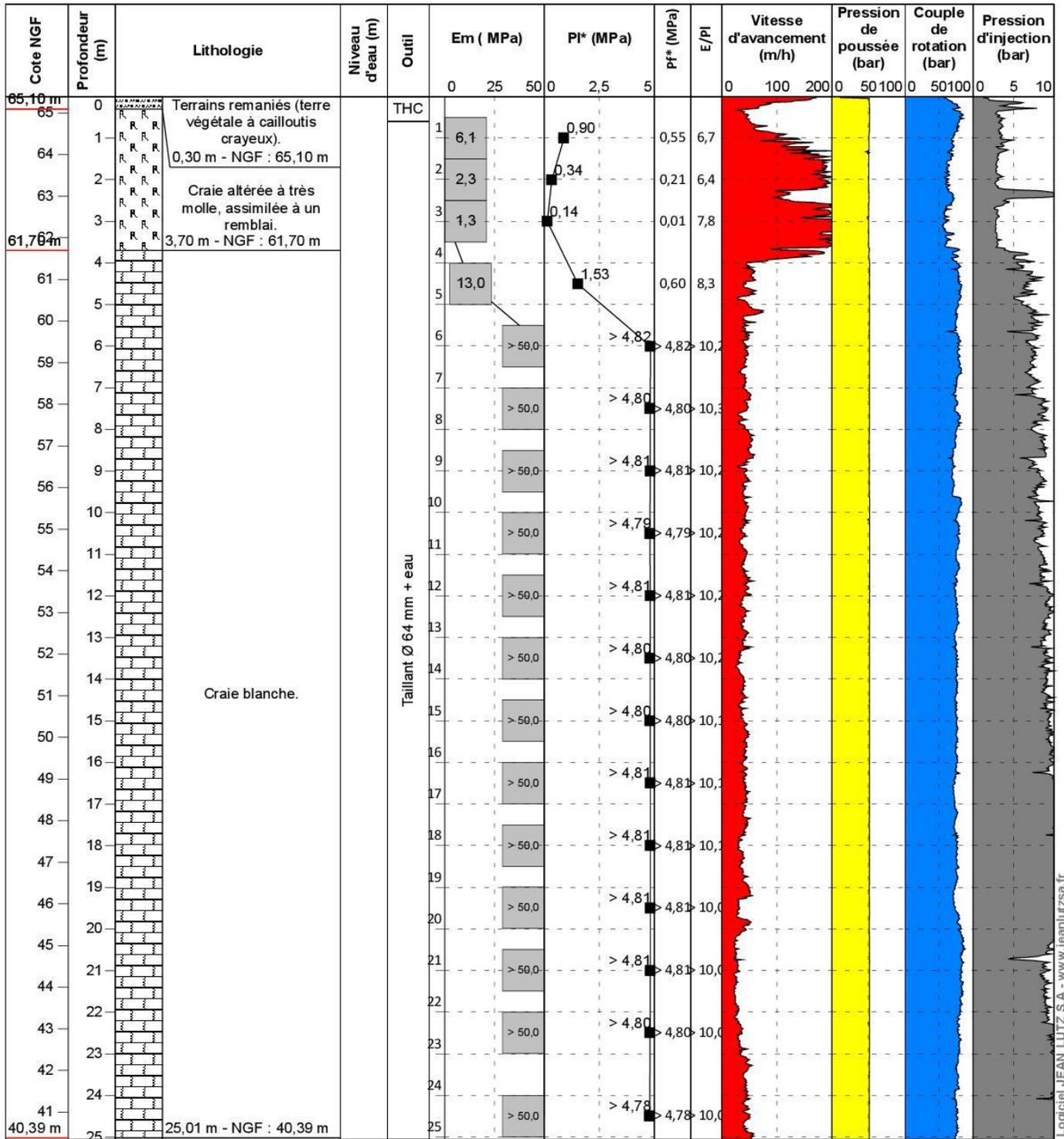
Profondeur : 0,00 - 25,06 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR23

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR





LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 20/06/2017

Cote NGF : 63.690

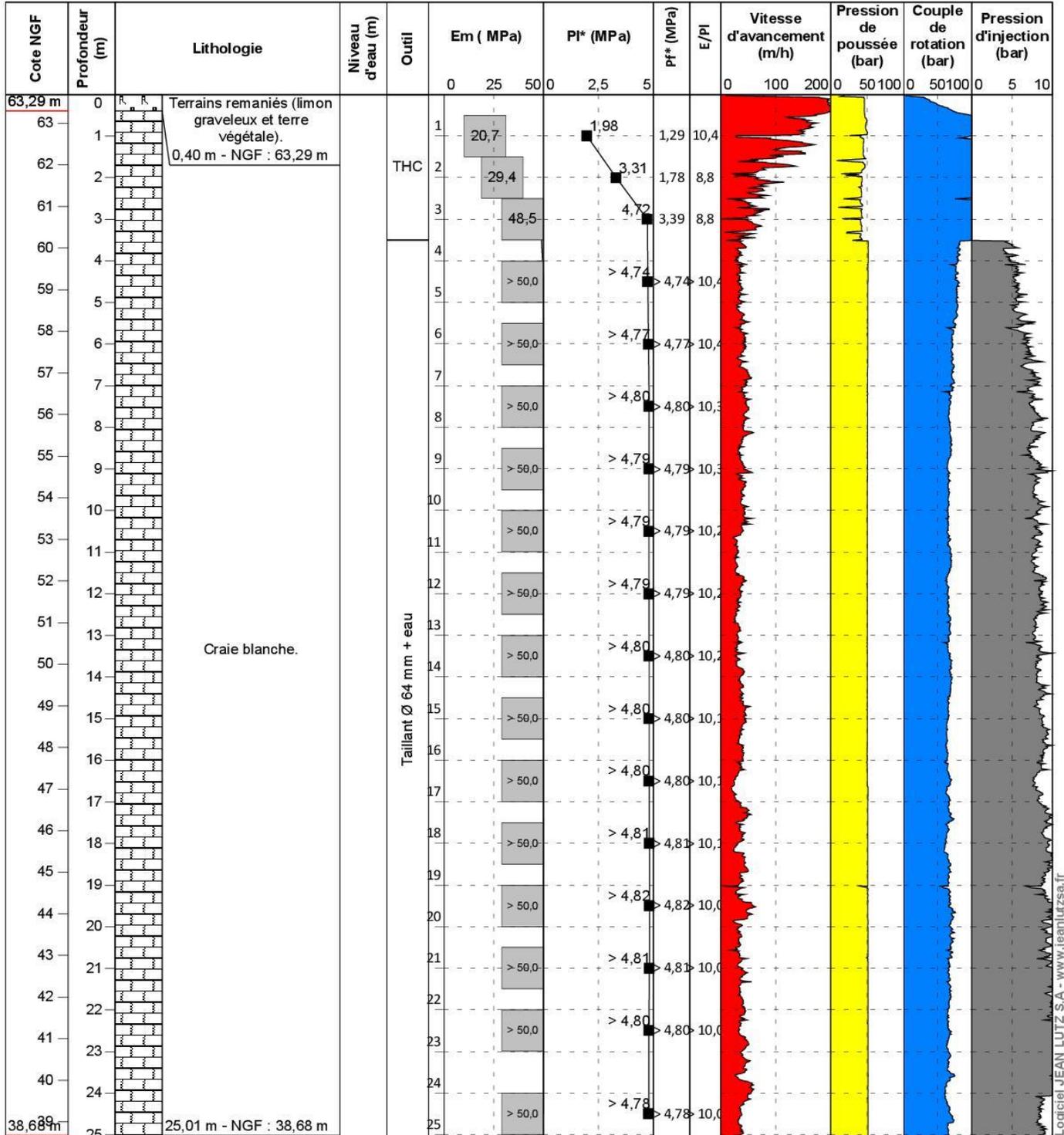
Profondeur : 0,00 - 25,10 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR24

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 19/06/2017

Cote NGF : 63.751

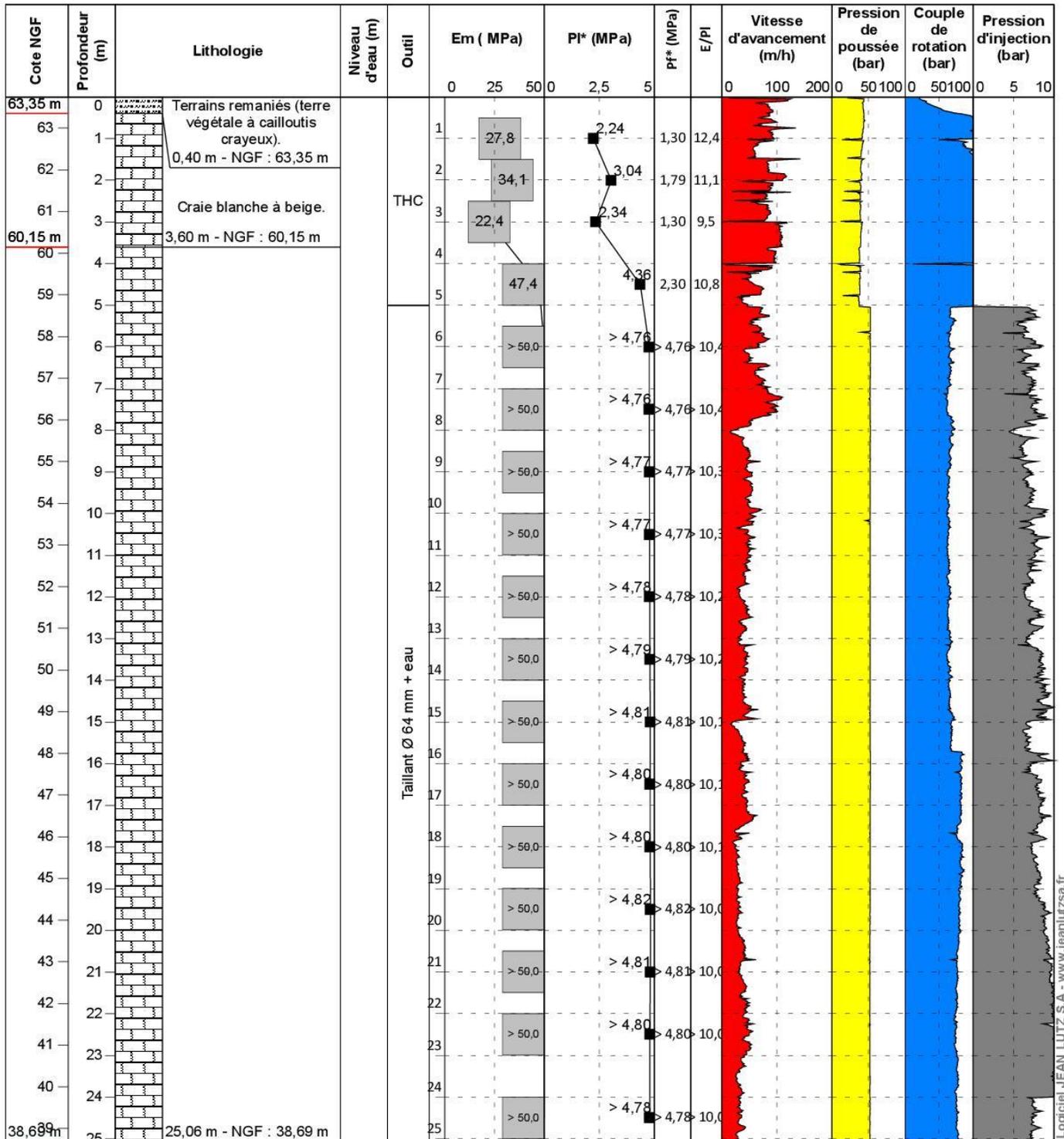
Profondeur : 0,00 - 25,06 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR25

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 15/06/2017

Cote NGF : 64.205

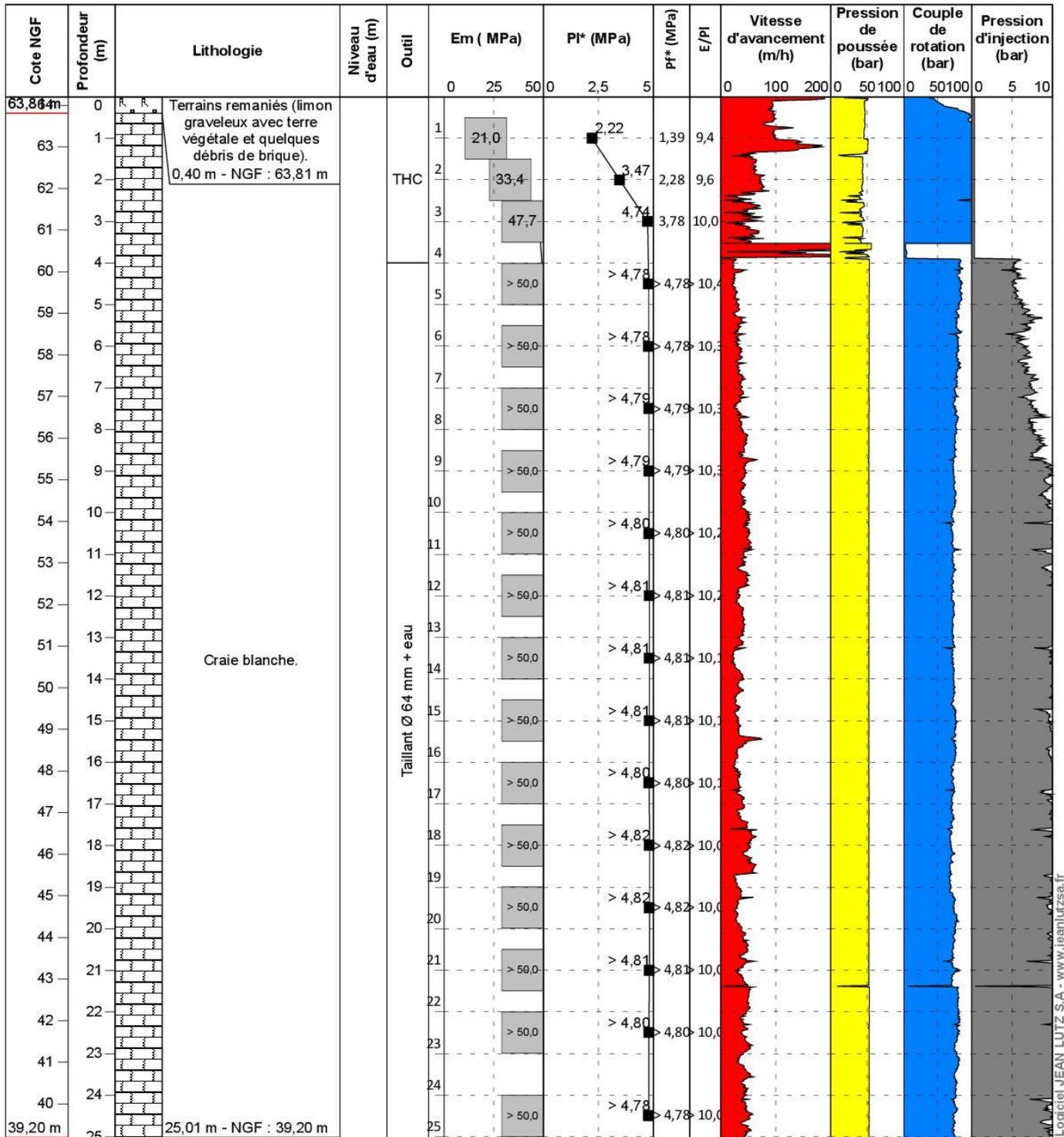
Profondeur : 0,00 - 25,06 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR26

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 14/06/2017

Cote NGF : 64.711

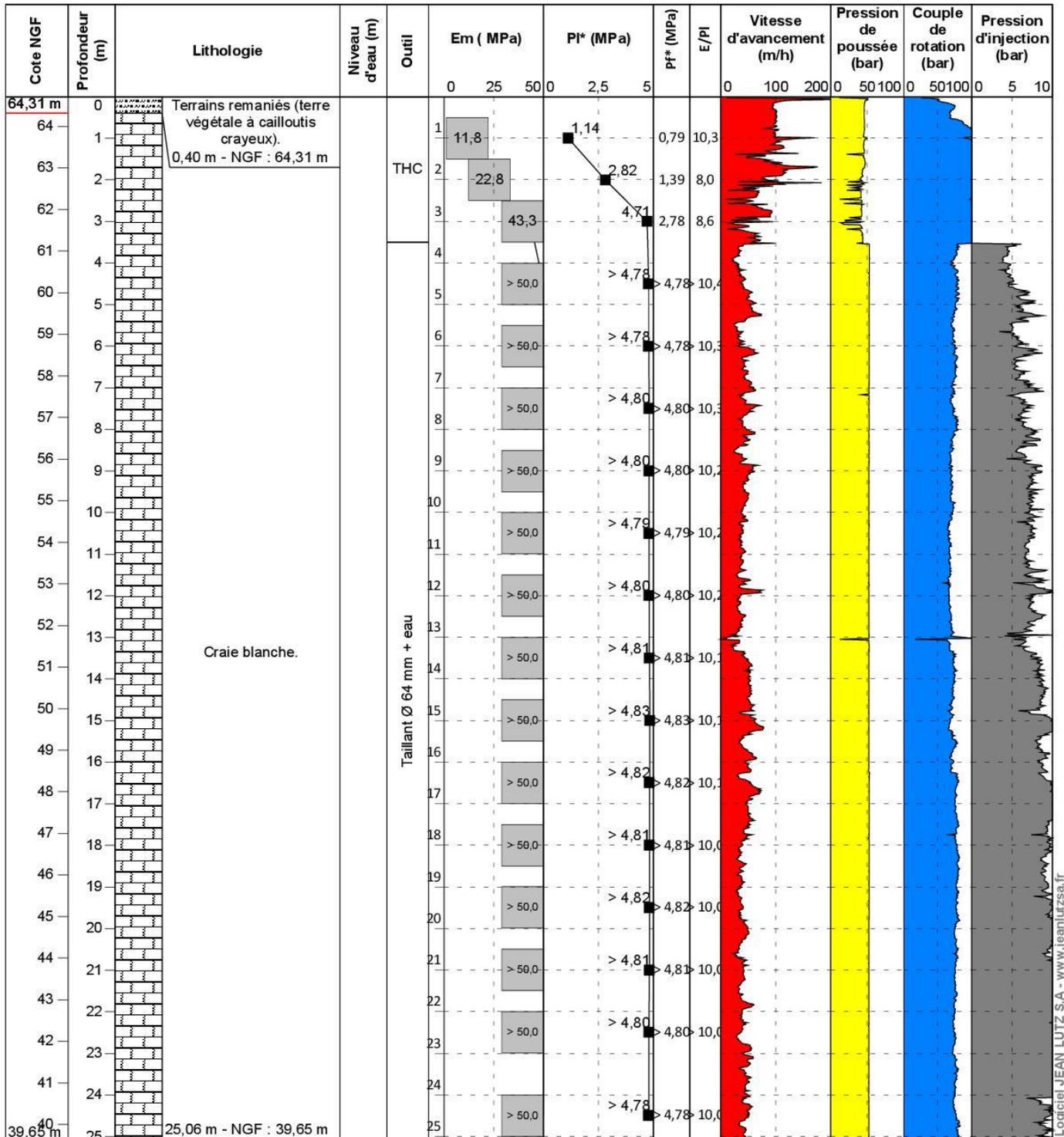
Profondeur : 0,00 - 25,06 m

Machine : GEO 205

1/125

Forage : PR27

EXGTE 3.20/LB2EPF579FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 12/06/2017

Cote NGF : 65.158

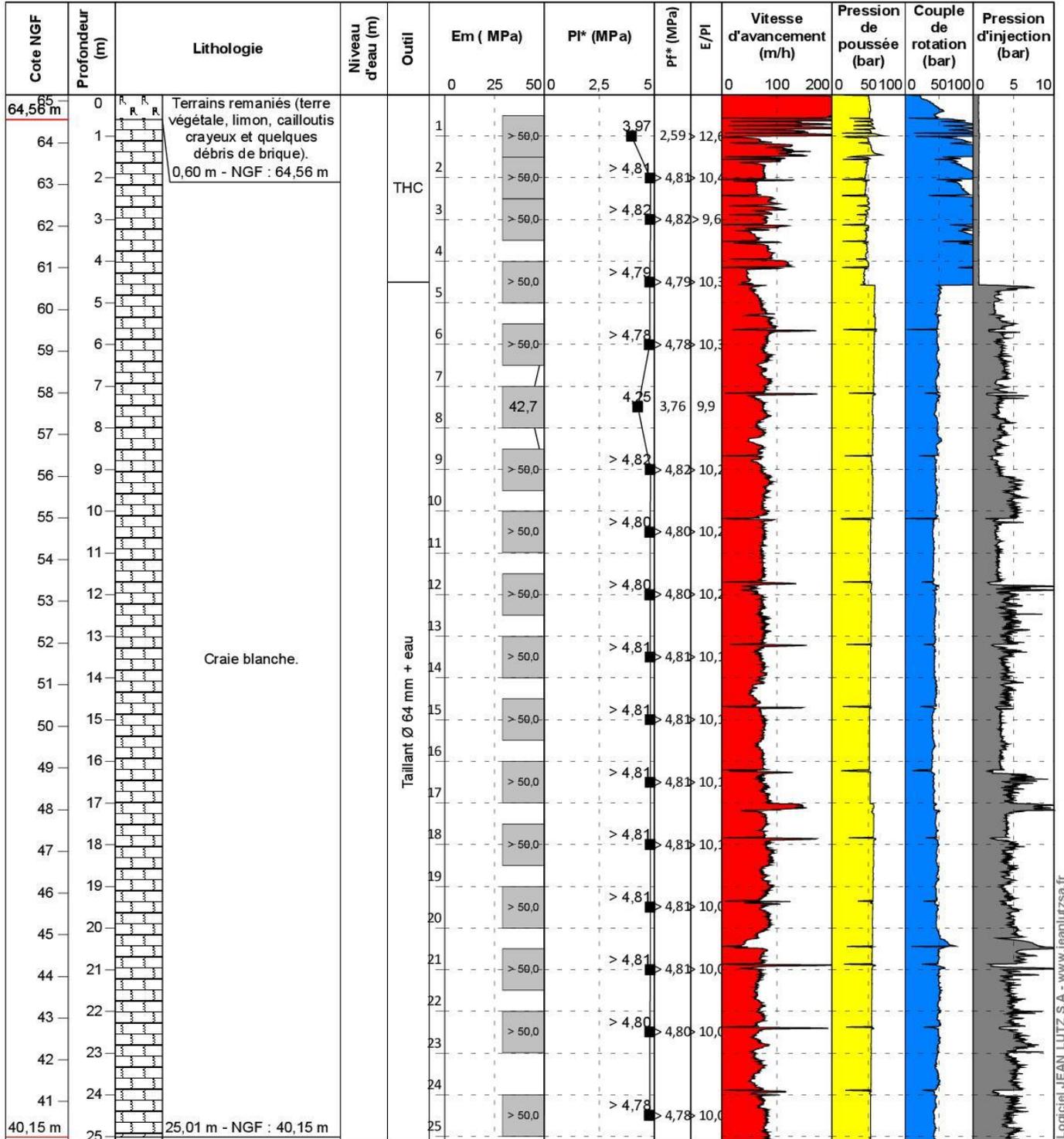
Profondeur : 0,00 - 25,12 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR28

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR





LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 19/06/2017

Cote NGF : 64,511

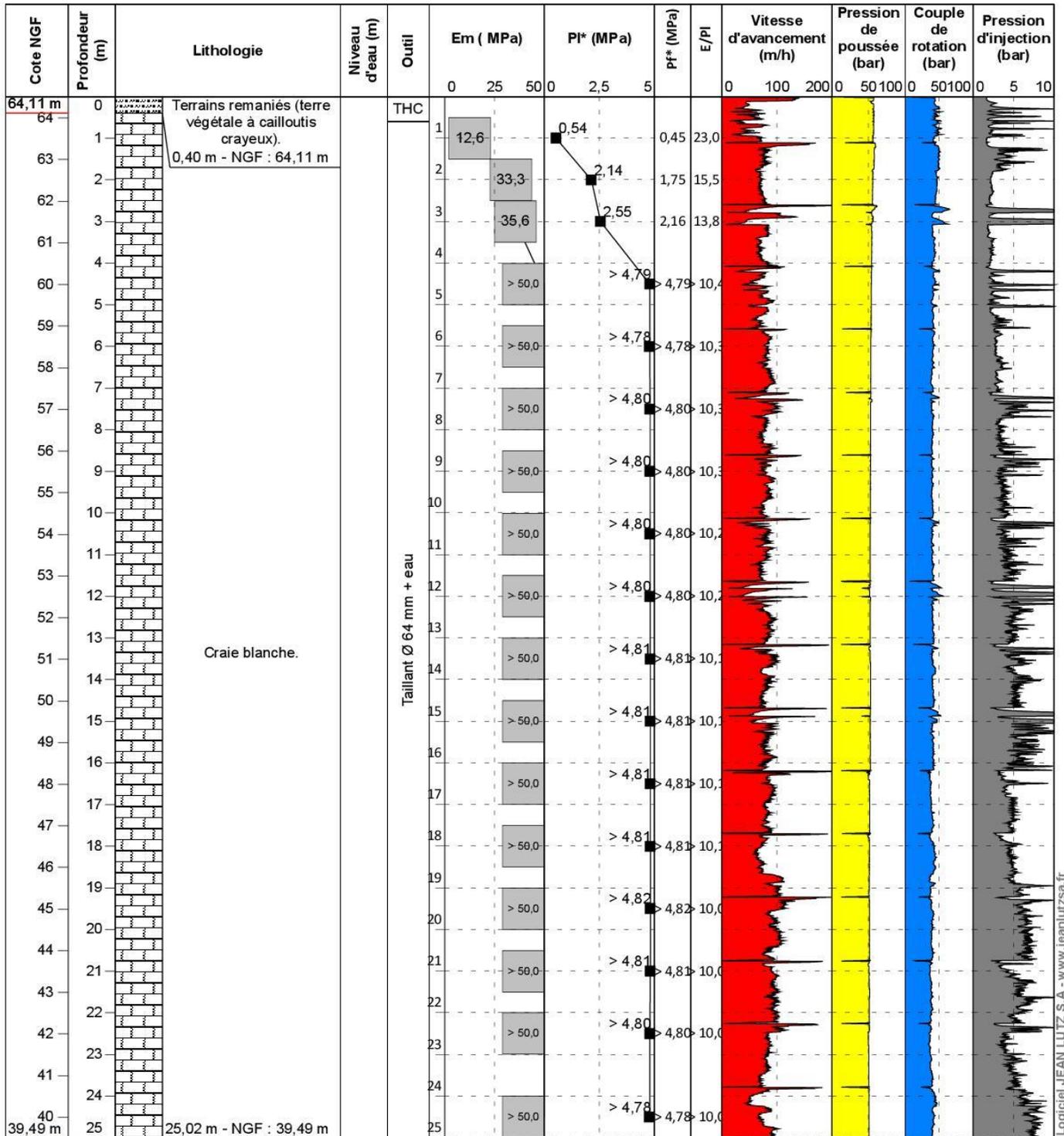
Profondeur : 0,00 - 25,02 m

Machine : GEO 305

1/125

Forage : PR29

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 05/06/2017

Cote NGF : 64.796

Profondeur : 0,00 - 6,02 m

Machine : GEO 205

1/50

Forage : SC1

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
64,40 m	0	0,40 m - NGF : 64,40 m Terrains remaniés (terre végétale à cailloutis crayeux).		Carottier rotatif Ø 116 mm + eau
64 63,80 m	1	1,00 m - NGF : 63,80 m Craie blanche à quelques veines limoneuses.		
63	2	Craie blanche fracturée.		
62	3			
61 60,80 m	4	4,00 m - NGF : 60,80 m Craie blanche très fracturée.		
60 59,80 m	5	5,00 m - NGF : 59,80 m Craie blanche fracturée.		
59 58,78 m	6	6,02 m - NGF : 58,78 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 05/06/2017

Cote NGF : 64.533

Profondeur : 0,00 - 6,04 m

Machine : GEO 305

1/50

Forage : SC2

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
64,13 m	0	0,40 m - NGF : 64,13 m Terrains remaniés (terre végétale à cailloutis crayeux).		
64				
63,53 m	1	1,00 m - NGF : 63,53 m Craie blanche à quelques veines limoneuses.		
63				
62,53 m	2	2,00 m - NGF : 62,53 m Craie blanche très fracturée.		
62				
61				
60,53 m	3	4,00 m - NGF : 60,53 m Craie blanche fracturée.		
60				
59,53 m	4	5,00 m - NGF : 59,53 m Craie blanche très fracturée.		
59				
58,49 m	5	6,04 m - NGF : 58,49 m Craie blanche légèrement fracturée.		
	6			

Carottier rotatif Ø 116 mm + eau

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 20/06/2017 Cote NGF : 63.770 Profondeur : 0,00 - 6,01 m
Machine : GEO 305

1/50 Forage : SC3 EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
63,37 m	0	0,40 m - NGF : 63,37 m Terrains remaniés (terre végétale à cailloutis crayeux).		Carottier rotatif Ø 116 mm + eau
63	1	Craie blanche très fracturée.		
62 61,77 m	2	2,00 m - NGF : 61,77 m		
61	3			
60	4	Craie blanche fracturée.		
59	5			
58 57,76 m	6	6,01 m - NGF : 57,76 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS

Contrat 17-310

Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 07/06/2017

Cote NGF : 63.540

Profondeur : 0,00 - 6,01 m

Machine : GEO 305

1/50

Forage : SC4

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil
63,14 m	0	0,40 m - NGF : 63,14 m Terrains remaniés (terre végétale à cailloutis crayeux).		
62,74 m	0,80	0,80 m - NGF : 62,74 m Craie à quelques veines limoneuses.		
62	1	Craie blanche très fracturée.		Carottier rotatif Ø 116 mm + eau
61	2			
60,54 m	3	3,00 m - NGF : 60,54 m		
60	4	Craie blanche fracturée.		
59	5			
58,54 m	5	5,00 m - NGF : 58,54 m		
58		Craie blanche très fracturée.		
57,53 m	6		6,01 m - NGF : 57,53 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 15-010

Date : 02/02/2015

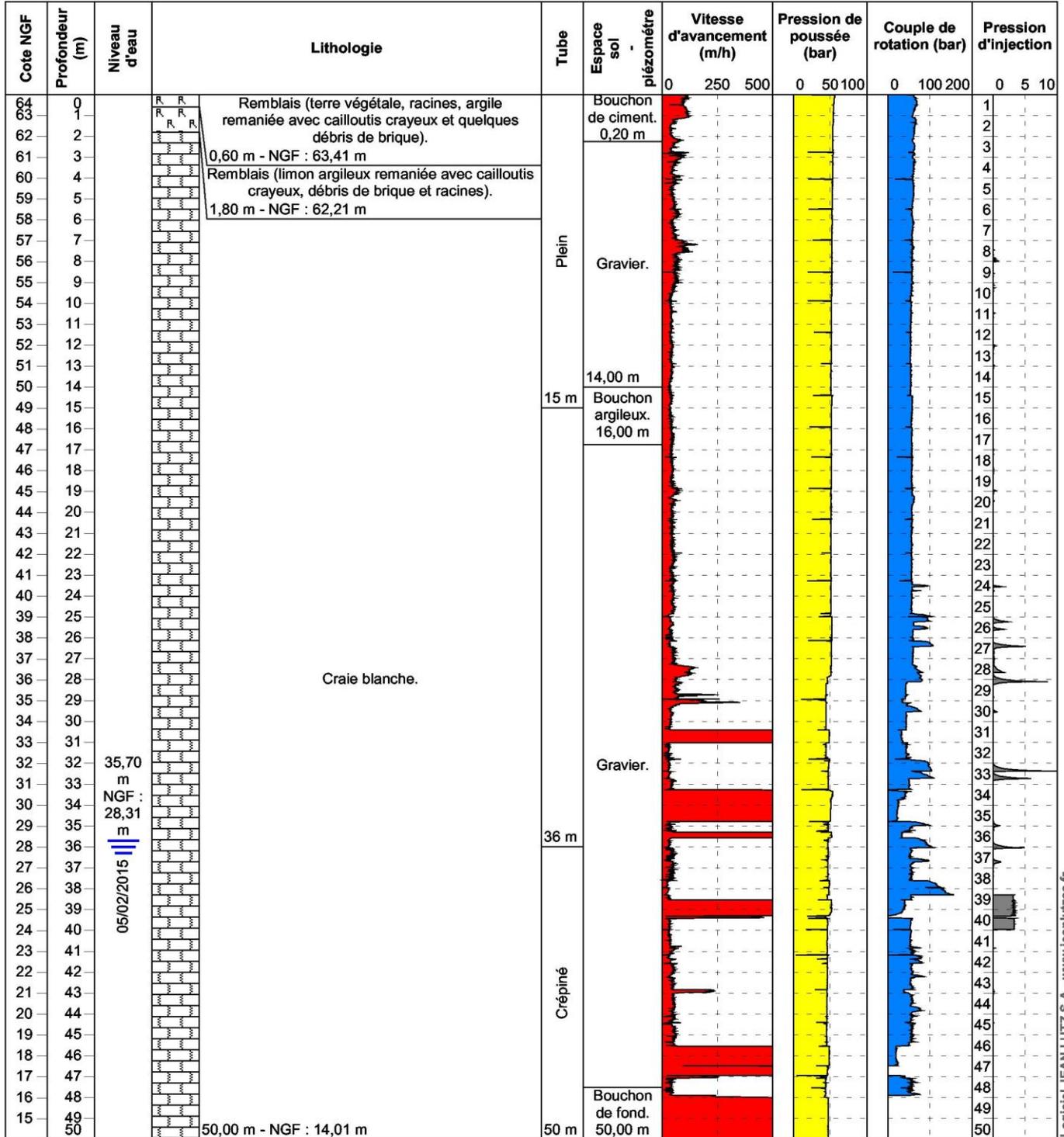
Cote NGF : 64.01

Profondeur : 0,00 - 50,00 m

1/250

Forage : PZ1

EXGTE 3.16/LB2EPF560FR



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

14.4 Coupes des fouilles à la pelle et photographies

	LENS		Contrat 17-310
	Construction du "Nouvel Hôpital"		
Date : 30/06/2017	Cote NGF : 65.510	Profondeur : 0,00 - 0,90 m	
Machine : Pelle hydraulique			

1/15

Forage : F1

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
65,21 m	0	Terre végétale riche en cailloutis crayeux. 0,30 m - NGF : 65,21 m	
65		Craie blanche.	
64,61 m	0,90 m	0,90 m - NGF : 64,61 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 65.546

Profondeur : 0,00 - 0,90 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F2

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
65,25 m	0	Terre végétale.	
		0,30 m - NGF : 65,25 m	
65		Craie blanche.	
		0,90 m - NGF : 64,65 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 65.567

Profondeur : 0,00 - 0,90 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F3

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
65,27 m	0	Terre végétale.	
65	0,30 m - NGF : 65,27 m	Craie blanche.	
	0,90 m - NGF : 64,67 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





LENS
Construction du "Nouvel Hôpital"

Contrat 17-310

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 65.497

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F4

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
65,15 m	0	Terre végétale.	
65	0,35 m - NGF : 65,15 m		
		Craie blanche.	
	1	1,00 m - NGF : 64,50 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 65.301

Profondeur : 0,00 - 0,80 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F5

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
65,00 m	0	Terre végétale.	
65	0,30 m - NGF : 65,00 m		
	0,80 m - NGF : 64,50 m	Craie blanche.	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS
Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 65.118

Profondeur : 0,00 - 1,10 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F6

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
65	0	Terre végétale.	
64,82 m	0,30 m - NGF : 64,82 m	Limons beiges riches en éléments crayeux.	
64,72 m	0,40 m - NGF : 64,72 m		
	1	Craie blanche.	
	1,10 m - NGF : 64,02 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr



Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 64.969

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F7

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
64,77 m	0 0,20 m - NGF : 64,77 m	Terre végétale.	
64,57 m	0,40 m - NGF : 64,57 m	Limons beiges riches en éléments crayeux.	
		Craie blanche.	
	1 1,00 m - NGF : 63,97 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 64.860

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F8

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
64,56 m	0	Terre végétale.	
64,41 m	0,30 m - NGF : 64,56 m	Limon beige riche en éléments crayeux.	
64	0,45 m - NGF : 64,41 m	Craie blanche.	
	1	1,00 m - NGF : 63,86 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 64.765

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F9

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
64,47 m	0	Terre végétale.	
64,32 m	0,30 m - NGF : 64,47 m	0,45 m - NGF : 64,32 m	
64		Craie blanche.	
	1	1,00 m - NGF : 63,77 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 64.245

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F10

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
64	0	Terre végétale.	
63,95 m	0,30 m - NGF : 63,95 m	Limon beige riche en éléments crayeux.	
63,85 m	0,40 m - NGF : 63,85 m	Craie blanche.	
	1	1,00 m - NGF : 63,25 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 64.694

Profondeur : 0,00 - 1,10 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F11

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
64,39 m	0 0,30 m - NGF : 64,39 m	Terre végétale.	
64 63,89 m	0,80 m - NGF : 63,89 m	Lim on brun à beige à nodules de craie.	
	1 1,10 m - NGF : 63,59 m	Craie blanche.	

Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 64.518

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F12

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
64,22 m	0 0,30 m - NGF : 64,22 m	Terre végétale riche en cailloutis crayeux.	
64,07 m	0,45 m - NGF : 64,07 m	Limons beiges riches en éléments crayeux.	
64		Craie blanche.	
63,52 m	1 1,00 m - NGF : 63,52 m		

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 63.835

Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F13

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
	0		
63,54 m	0,30 m - NGF : 63,54 m	Terre végétale.	
63,39 m	0,45 m - NGF : 63,39 m	Limon beige riche en éléments crayeux.	
63		Craie blanche.	
	1	1,00 m - NGF : 62,84 m	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





Contrat 17-310

LENS Construction du "Nouvel Hôpital"

Date : 30/06/2017

Cote NGF : 63.478

Profondeur : 0,00 - 0,90 m

Machine : Pelle hydraulique

1/15

Forage : F14

EXGTE 3.20/LB2EPF574FR

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)
63,18 m	0	Terre végétale riche en cailloutis crayeux.	
63	0,30 m - NGF : 63,18 m		
62,58 m	0,90 m - NGF : 62,58 m	Craie blanche.	

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



14.5 Reportage photographique (Janvier 2015)



Photographie aérienne du secteur d'étude situant les prises de photographies ainsi que leur direction



Photographie 1



Photographie 2



Photographie 3



Photographie 4



Photographie 5



Photographie 6



Photographie 7



Photographie 8



Photographie 9



Photographie 10



Photographie 11



Photographie 12



Photographie 13



Photographie 14



Photographie 15



Photographie 16



Photographie 17



Photographie 18



Photographie 19



Photographie 20

14.6 Procès-verbaux des essais de perméabilité de l'étude G2 phase AVP



Essai de perméabilité type "NASBERG"

Projet : Construction d'un nouvel hôpital
 Réf. Dossier : 17-310
 Commune : LENS

Données concernant l'essai

Réf. EP EP5 Hauteur de la poche (m) : 2,30 - 3,30
 Hauteur de la colonne d'eau H à T0 (m) : 3,00
 Date : 27/06/2017 Diamètre du tubage (m) : 0,083
 Diamètre de la lanterne (m) : 0,083
 Diamètre de la sphère (m) : 0,288
 Hauteur de la lanterne (m) : 1 Surface de la lanterne (m²) : 0,2608

Données brutes

Temps (min)	Temps (s)	Profondeur du niveau d'eau (m)	Hauteur de la colonne d'eau depuis le centre de la cavité (m)	Perméabilité K (m/s)
0	0	0,3	2,5	0
0,5	30	0,9	1,9	3,28E-05
1	60	1,3	1,5	3,09E-05
2	120	1,7	1,1	2,52E-05
3	180	1,74	1,06	1,76E-05
4	240	1,8	1	1,42E-05
5	300	1,85	0,95	1,20E-05
6	360	1,89	0,91	1,05E-05
7	420	1,92	0,88	9,29E-06
8	480	1,95	0,85	8,41E-06
9	540	1,97	0,83	7,66E-06
10	600	2	0,8	7,14E-06
11	660	2,02	0,78	6,64E-06
12	720	2,03	0,77	6,16E-06
13	780	2,04	0,76	5,76E-06
14	840	2,06	0,74	5,47E-06
15	900	2,07	0,73	5,17E-06
16	960	2,08	0,72	4,91E-06
17	1020	2,09	0,71	4,67E-06
18	1080	2,1	0,7	4,47E-06
19	1140	2,11	0,69	4,28E-06
20	1200	2,11	0,69	4,07E-06
21	1260	2,12	0,68	3,92E-06
22	1320	2,13	0,67	3,79E-06
23	1380	2,14	0,66	3,67E-06
24	1440	2,15	0,65	3,56E-06
25	1500	2,16	0,64	3,46E-06
26	1560	2,17	0,63	3,37E-06
27	1620	2,18	0,62	3,29E-06
28	1680	2,2	0,6	3,25E-06
29	1740	2,22	0,58	3,22E-06
30	1800	2,23	0,57	3,16E-06
45	2700			
60	3600			

$$Q = \frac{\pi k B^2}{8} \left[1 - \sqrt{16 \frac{h}{B} + 1} \right]^2$$

Moyenne de la perméabilité K : **8,45E-06** m/s



Essai de perméabilité type "NASBERG"

Projet : Construction d'un nouvel hôpital
 Réf. Dossier : 17-310
 Commune : LENS

Données concernant l'essai

Réf. EP	EP6	Hauteur de la poche (m) :	2,30 - 3,30
		Hauteur de la colonne d'eau H à TO (m) :	3,17
Date :	27/06/2017	Diamètre du tubage (m) :	0,083
Diamètre de la lanterne (m) :	0,083		
Diamètre de la sphère (m) :	0,288		
Hauteur de la lanterne (m) :	1	Surface de la lanterne (m ²) :	0,2608

Données brutes

Temps (min)	Temps (s)	Profondeur du niveau d'eau (m)	Hauteur de la colonne d'eau depuis le centre de la cavité (m)	Perméabilité K (m/s)
0	0	0,13	2,67	0
0,5	30	0,39	2,41	1,21E-05
1	60	0,65	2,15	1,28E-05
2	120	0,95	1,85	1,09E-05
3	180	1,2	1,6	1,03E-05
4	240	1,36	1,44	9,32E-06
5	300	1,48	1,32	8,54E-06
6	360	1,56	1,24	7,78E-06
7	420	1,59	1,21	6,89E-06
8	480	1,6	1,2	6,09E-06
9	540	1,61	1,19	5,48E-06
10	600	1,61	1,19	4,93E-06
11	660	1,62	1,18	4,53E-06
12	720	1,63	1,17	4,20E-06
13	780	1,63	1,17	3,87E-06
14	840	1,64	1,16	3,64E-06
15	900	1,64	1,16	3,39E-06
16	960	1,65	1,15	3,22E-06
17	1020	1,65	1,15	3,03E-06
18	1080	1,66	1,14	2,89E-06
19	1140	1,67	1,13	2,77E-06
20	1200	1,68	1,12	2,66E-06
21	1260	1,69	1,11	2,56E-06
22	1320	1,7	1,1	2,47E-06
23	1380	1,71	1,09	2,39E-06
24	1440	1,72	1,08	2,31E-06
25	1500	1,73	1,07	2,24E-06
26	1560	1,74	1,06	2,18E-06
27	1620	1,75	1,05	2,12E-06
28	1680	1,76	1,04	2,07E-06
29	1740	1,77	1,03	2,02E-06
30	1800	1,77	1,03	1,95E-06
45	2700	1,91	0,89	1,51E-06
60	3600	2,04	0,76	1,31E-06

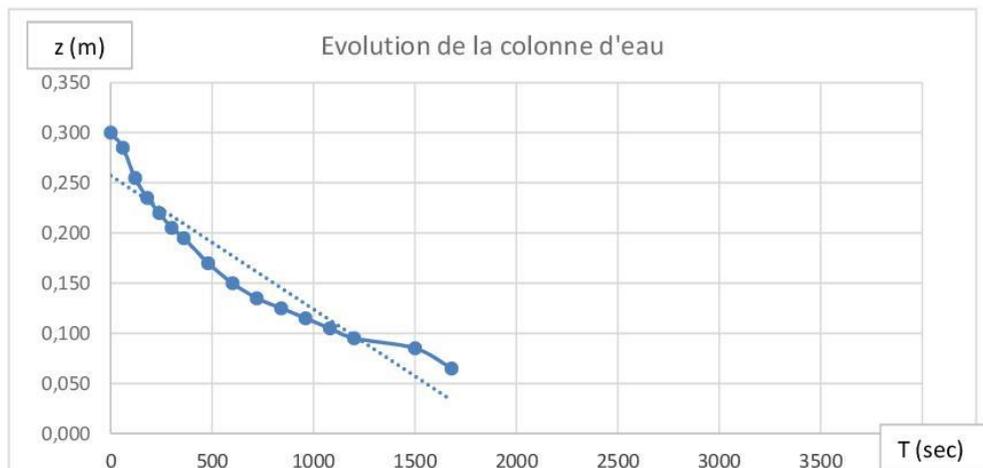
$$Q = \frac{\pi k B^2}{8} \left[1 - \sqrt{16 \frac{h}{B} + 1} \right]^2$$

Moyenne de la perméabilité K : **4,68E-06** m/s



Rapport d'essai de perméabilité
Essai de type "à la fosse"

N° dossier	17-310	Commune	LENS
Projet	Construction d'un nouvel hôpital à LENS		
Client	CENTRE HOSPITALIER DE LENS		
Référence de l'essai	EP7		
Date de réalisation de l'essai	28/06/2017		
Dimensions de la fouille	Longueur	1,1 m	
	Largeur	0,45 m	
	Profondeur	1 m	
Coefficient de forme :	0,16		
Coupe géologique sommaire :			
	0-0,30 m/TN	Terre végétale	
	0,30-0,45 m/TN	Craie limoneuse beige	
	0,45-1,00 m/TN	Craie blanche	
Temps (min - sec)		profondeur du niveau d'eau	Hauteur de la colonne d'eau
0	0		0,300
1	60		0,285
2	120		0,255
3	180		0,235
4	240		0,220
5	300		0,205
6	360		0,195
8	480		0,170
10	600		0,150
12	720		0,135
14	840		0,125
16	960		0,115
18	1080		0,105
20	1200		0,095
25	1500		0,085
28	1680		0,065
35	2100		
40	2400		
50	3000		
60	3600		
Perméabilité		Unité	
K = 3,8E-05		m/s	
13,83		mm/h	





Rapport d'essai de perméabilité
Essai de type "à la fosse"

N° dossier 17-310 Commune LENS

Projet Construction d'un nouvel hôpital à LENS
Client CENTRE HOSPITALIER DE LENS

Référence de l'essai EP8
Date de réalisation de l'essai 28/06/2017

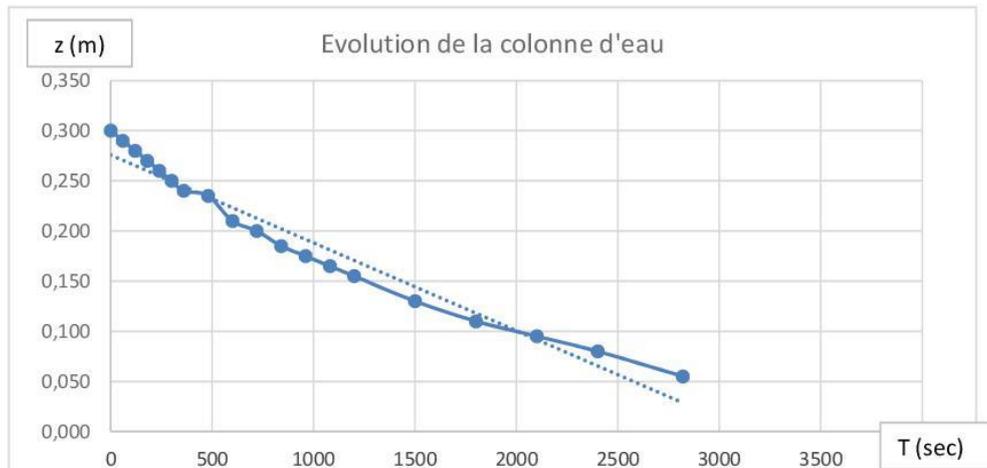
Dimensions de la fouille Longueur 1,2 m
Largeur 0,45 m
Profondeur 0,9 m

Coefficient de forme : 0,16

Coupe géologique sommaire :
0-0,30 m/TN Terre végétale
0,30-0,90 m/TN Craie blanche

Temps (min - sec)		profondeur du niveau d'eau	Hauteur de la colonne d'eau
0	0		0,300
1	60		0,290
2	120		0,280
3	180		0,270
4	240		0,260
5	300		0,250
6	360		0,240
8	480		0,235
10	600		0,210
12	720		0,200
14	840		0,185
16	960		0,175
18	1080		0,165
20	1200		0,155
25	1500		0,130
30	1800		0,110
35	2100		0,095
40	2400		0,080
47	2820		0,055
60	3600		

Perméabilité Unité
K = 4,3E-05 m/s
15,57 mm/h





Rapport d'essai de perméabilité
Essai de type "à la fosse"

N° dossier 17-310 Commune LENS

Projet Construction d'un nouvel hôpital à LENS
Client CENTRE HOSPITALIER DE LENS

Référence de l'essai EP9
Date de réalisation de l'essai 28/06/2017

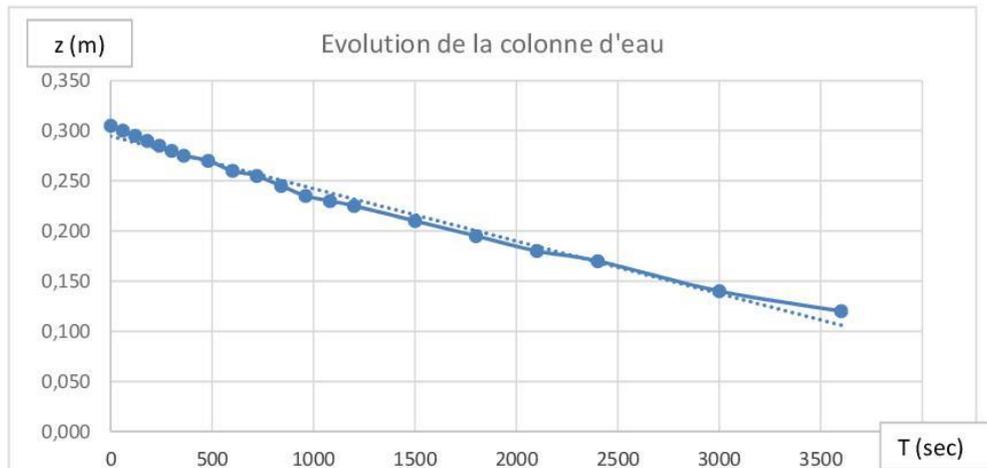
Dimensions de la fouille Longueur 1 m
Largeur 0,45 m
Profondeur 0,9 m

Coefficient de forme : 0,16

Coupe géologique sommaire :
0-0,30 m/TN Terre végétale
0,30-0,90 m/TN Craie blanche

Temps (min - sec)		profondeur du niveau d'eau	Hauteur de la colonne d'eau
0	0		0,305
1	60		0,300
2	120		0,295
3	180		0,290
4	240		0,285
5	300		0,280
6	360		0,275
8	480		0,270
10	600		0,260
12	720		0,255
14	840		0,245
16	960		0,235
18	1080		0,230
20	1200		0,225
25	1500		0,210
30	1800		0,195
35	2100		0,180
40	2400		0,170
50	3000		0,140
60	3600		0,120

Perméabilité Unité
K = 2,0E-05 m/s
7,29 mm/h





Rapport d'essai de perméabilité

Essai de type "à la fosse"

N° dossier 17-310 Commune LENS

Projet Construction d'un nouvel hôpital à LENS
Client CENTRE HOSPITALIER DE LENS

Référence de l'essai EP10
Date de réalisation de l'essai 28/06/2017

Dimensions de la fouille
Longueur 1,4 m
Largeur 0,45 m
Profondeur 1,3 m

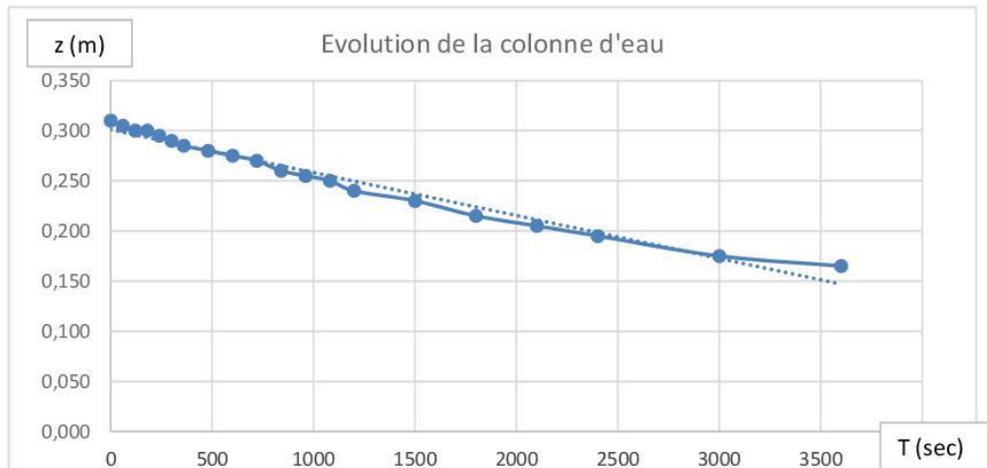
Coefficient de forme : 0,17

Coupe géologique sommaire :

0-0,40 m/TN	Remblais de schiste rouge
0,40-0,80 m/TN	Remblais limon brun à nodules de craie
0,80-1,30 m/TN	Craie blanche

Temps (min - sec)	profondeur du niveau d'eau	Hauteur de la colonne d'eau
0	0	0,310
1	60	0,305
2	120	0,300
3	180	0,300
4	240	0,295
5	300	0,290
6	360	0,285
8	480	0,280
10	600	0,275
12	720	0,270
14	840	0,260
16	960	0,255
18	1080	0,250
20	1200	0,240
25	1500	0,230
30	1800	0,215
35	2100	0,205
40	2400	0,195
50	3000	0,175
60	3600	0,165

Perméabilité Unité
K = 1,5E-05 m/s
5,58 mm/h





Rapport d'essai de perméabilité
Essai de type "à la fosse"

N° dossier 17-310 Commune LENS

Projet Construction d'un nouvel hôpital à LENS
Client CENTRE HOSPITALIER DE LENS

Référence de l'essai EP11
Date de réalisation de l'essai 28/06/2017

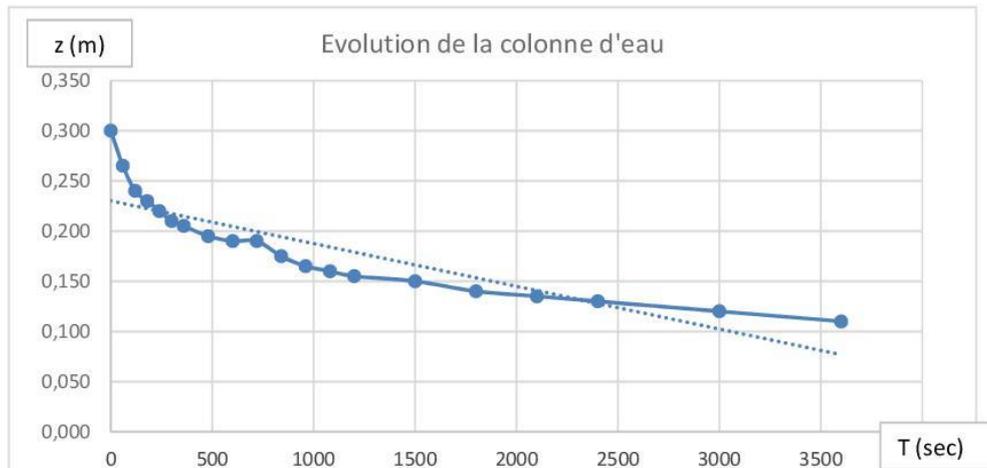
Dimensions de la fouille
Longueur 1,1 m
Largeur 0,45 m
Profondeur 1,8 m

Coefficient de forme : 0,16

Coupe géologique sommaire :
0-0,40 m/TN Remblais de schiste rouge
0,40-0,80 m/TN Remblais limon brun à nodules de craie
0,80-1,80 m/TN Craie blanche

Temps (min - sec)	profondeur du niveau d'eau	Hauteur de la colonne d'eau
0	0	0,300
1	60	0,265
2	120	0,240
3	180	0,230
4	240	0,220
5	300	0,210
6	360	0,205
8	480	0,195
10	600	0,190
12	720	0,190
14	840	0,175
16	960	0,165
18	1080	0,160
20	1200	0,155
25	1500	0,150
30	1800	0,140
35	2100	0,135
40	2400	0,130
50	3000	0,120
60	3600	0,110

Perméabilité Unité
K = 1,5E-05 m/s
5,46 mm/h



14.7 Photographie des sondages carottés

