

SELA
Loire Atlantique Développement
2, Boulevard de l'Estuaire
44262 NANTES Cedex 2

ZAC de L'Aéropôle Secteur Nord

Etude géotechnique
Mission G2AVP - Voirie



ANCENIS (44)

Indice	Document	Date	Nbre de pages	Réalisation	N° de dossier	N° de courrier	Mission	Maître d'Ouvrage
0	Provisoire	05/2020	13	F.LHERIAUD	20055	C20023	G2 AVP Voirie	SELA Loire Atlantique Développement

Sommaire

I- Introduction.....	3
A. Généralités	3
B. Projet	3
C. Nature de la mission	4
D. Reconnaissances effectuées	4
E. Documents consultés	4
F. Localisation du projet	5
II- Contexte général	6
A. Morphologie	6
B. Contexte géologique général	6
C. Contexte hydrogéologique	6
D. Risques	6
E. Altimétrie des points de sondage	7
III- Résultats des reconnaissances	8
A. Résultats des sondages à la pelle	8
B. Résultats des essais penetrometriques	9
C. Identifications GTR	12
D. Essai de perméabilité porchet	12
E. Analyse et granulométrie de la terre végétale	13
F. Aptitude au traitement des matériaux	13
G. Synthèse géotechnique	14
IV- Adaptation du projet au site	15
A. Terrassement.....	15
B. couche de forme.....	16
C. Exemple de structure de chaussée en section courante	17
V- Conclusion.....	19
ANNEXES.....	20
Annexe 1 : Conditions generales	21
Annexe 2 : Classification des missions géotechniques	23
Annexe 3 : Implantation des sondages.....	25
Annexe 4 : Coupes de sol	27
Annexe 5 : Essais d'identification	31
Annexe 6 : Aptitude au traitement.....	36
Annexe 7 : Essais au pénétromètre	39
Annexe 8 : Analyse terre végétale	50
Annexe 9 : Feuille de calcul alizée	52

I- INTRODUCTION

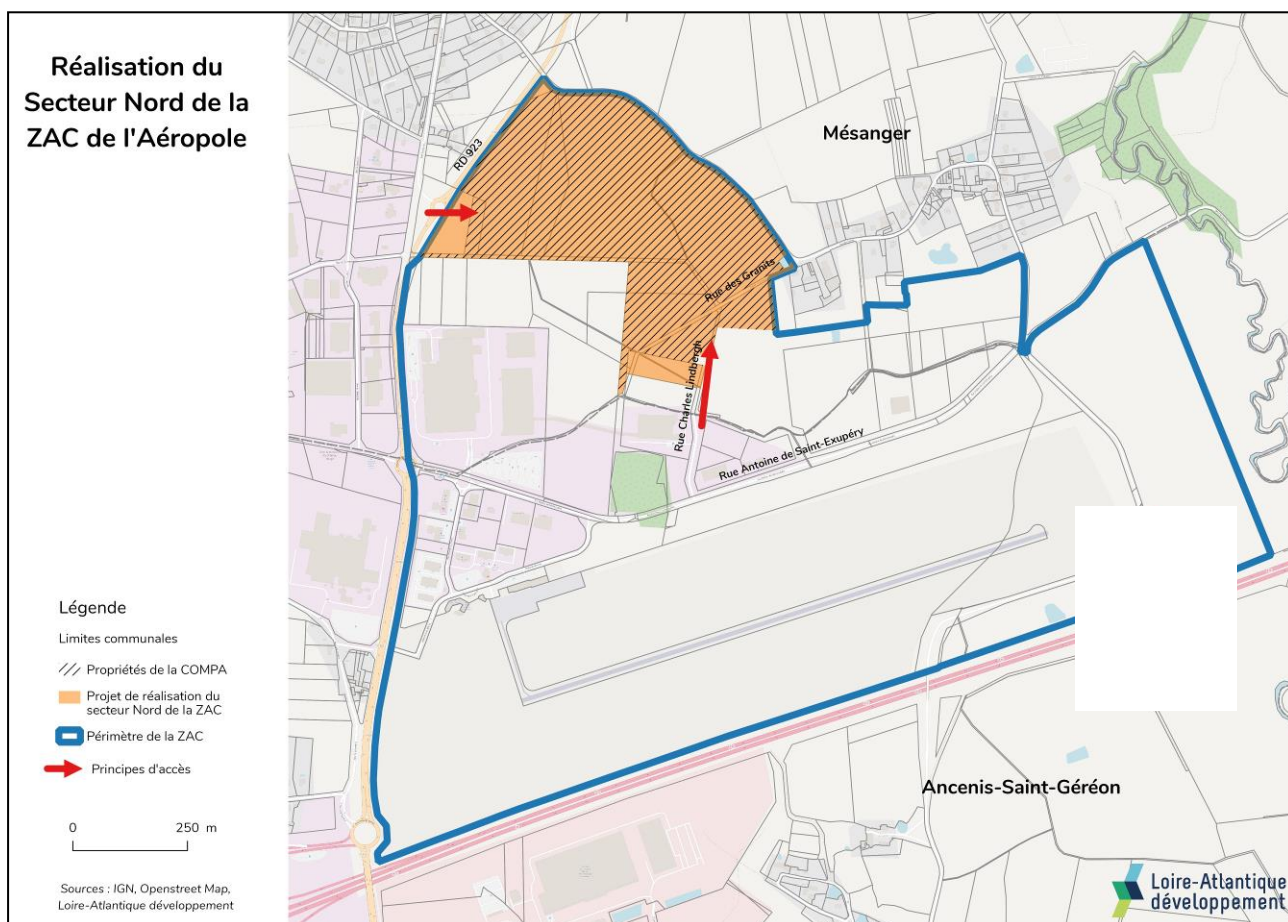
A. GENERALITES

La présente étude géotechnique (étude d'avant-projet voirie) a été effectuée par le laboratoire TECHNILAB à la demande et pour le compte de la SELA-Loire Atlantique Développement.

B. PROJET

Le Maître d'Ouvrage projette les travaux d'aménagement de la ZAC de l'Aéropôle Secteur Nord à ANCENIS (44).

La zone d'étude concerne **la voirie de la future zone** reliant la rue de la rue Charles Lindbergh à la D723 ainsi que les voies de déserte aux différentes parcelles projetées :



C. NATURE DE LA MISSION

Conformément à la demande du Maître d'Ouvrage et selon notre offre du 13/02/2020, l'intervention porte sur les points suivants :

- le contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique du site ;
- la mesure de perméabilité du sol en place au droit des futurs bassins ;
- les sujétions d'exécution d'ordre géotechnique liées aux conditions géologiques, hydrologiques et géotechniques du site ;
- les précautions à prendre en compte lors de la réalisation des travaux ;
- classer les plateformes existantes ;
- étudier la faisabilité et l'aptitude au traitement des matériaux rencontrés ;
- dimensionner la couche de forme.

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'une mission G2 (phase AVP) pour la voirie.

D. RECONNAISSANCES EFFECTUEES

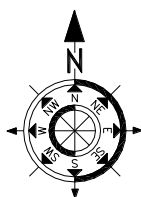
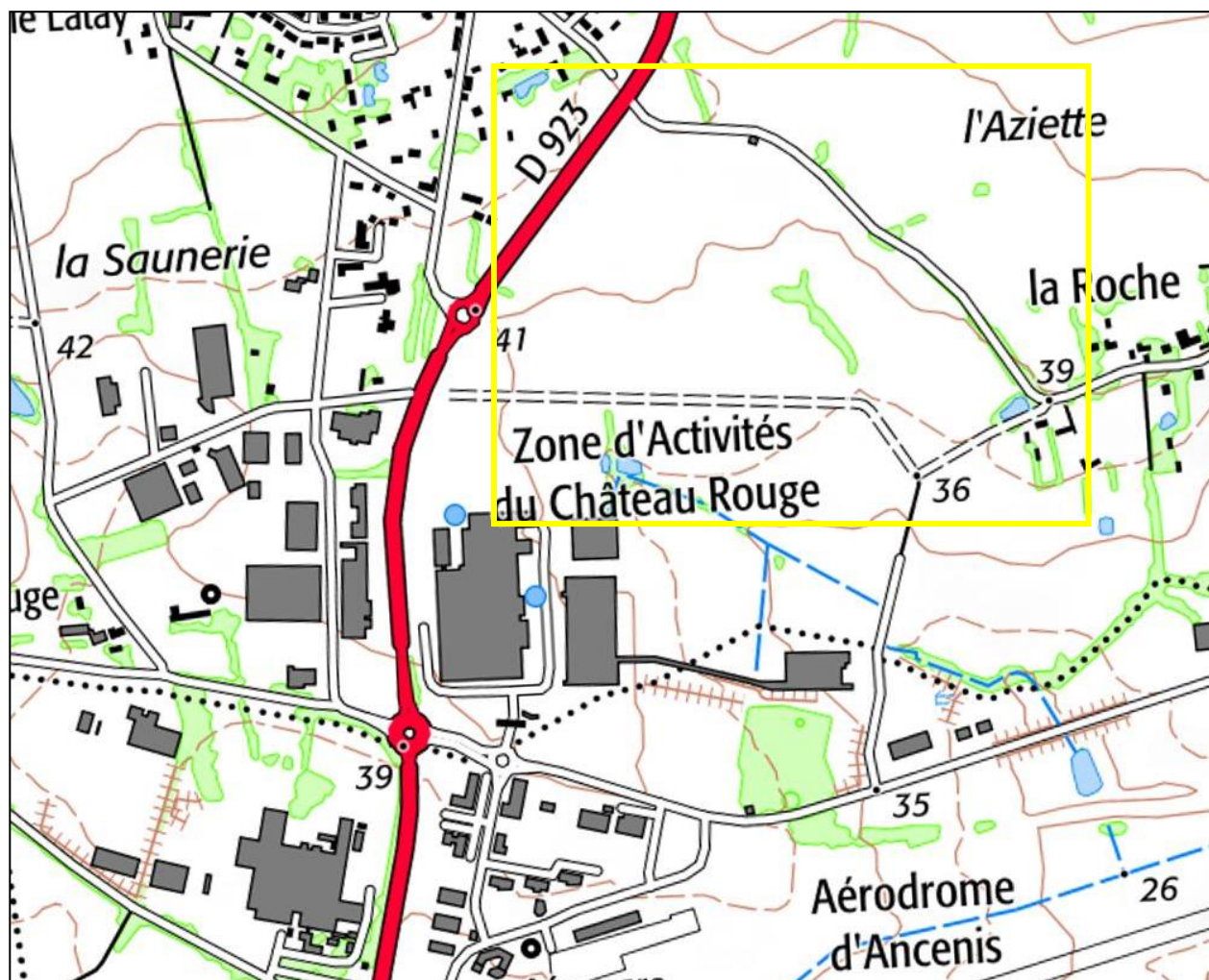
Compte tenu de notre proposition technique et financière, du contexte géologique du site et de la nature du projet, l'étude a été réalisée à partir des reconnaissances suivantes :

- les observations géologiques et hydrogéologiques de surface ;
- 10 sondages à la pelle mécaniques descendus à -3m ou au refus ;
- 10 essais au pénétromètre dynamique lourd à énergie constante descendus à -5m ou au refus ;
- 2 essais de perméabilité Porchet ;
- 3 essais d'identification GTR avec détermination de l'état hydrique réalisés en laboratoire ;
- Selon les résultats GTR et nos observations la faisabilité et l'aptitude au traitement des matériaux rencontrés.

E. DOCUMENTS CONSULTES

- Carte I.G.N. du secteur au 1/25 000 ;
- Carte géologique du B.R.G.M. au 1/50 000 ;
- Plan d'aménagement AVP 1/250.

F. LOCALISATION DU PROJET



II- CONTEXTE GENERAL

A. MORPHOLOGIE

La zone d'étude se situe au nord du centre-ville d'ANCENIS. Elle est actuellement occupée par plusieurs parcelles enherbées et desservies par des chemins de remembrement. La zone est vierge de construction.

Elle est bordée à l'ouest par la D723, par lequel un accès est projeté, au sud par la voirie communale desservant la zone d'activité existante. A l'est, le village de la Roche, desservi par une voirie communale au nord de la parcelle.

Une marre est présente au centre de la parcelle.

La pente générale du site, de l'ordre de 2%, est orientée du nord-est vers le sud-ouest.

B. CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL

D'après la carte géologique d'ANCENIS au 1/50 000^e, la zone d'étude traverse le complexe grés-pélicite du synclinal d'Ancenis ("Culm") attribué au frasnien-dinantien.

C. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Lors de notre intervention du 11 Mars 2020, nous avons observé des niveaux d'eau dans les sondages suivants :

Sondage	S3	S5	S11	S12
Profondeur/TN	-0,50m	-0,50m	-0,50m	-0,50m

Globalement, dans la quasi-totalité des sondages la couche de terre végétale est saturée en eau.

D. RISQUES

La zone d'étude répertorie les risques suivants (source : georisque.gouv.fr) :

- Remontée de nappe : Pas de débordements de nappe ni d'inondation de cave ;
- Retrait-gonflements des argiles : faible ;
- Séisme : zone 2 : faible.

E. ALTIMETRIE DES POINTS DE SONDAGE

Le levé topographique des différents points de sondage a été réalisé en prenant comme origine le clou de géomètre relevant l'implantation de la canalisation gaz sur la voirie communale située au Nord du projet (cf. plan d'implantation des sondages en annexe 3). Le tableau ci-après donne les niveaux des reconnaissances réalisées par rapport à cette référence que l'on fixe arbitrairement à la cote de 100,00.

Désignation	Clou géomètre	S1-P1	S2-P2	S3-P3	S4-P4	S5-P5	S6-P6
Niveau / Angle transfo.	100,00	94,54	95 ,48	97,00	99,55	99,83	102,83
Désignation	Clou géomètre	S7-P7	S8-P8	S9-P9	S10- P10	S11- P11	S12- P12
Niveau / Angle transfo.	100,00	102,03	100,46	100,83	101,08	93,40	99,33



III- RESULTATS DES RECONNAISSANCES

A. RESULTATS DES SONDAGES A LA PELLE

Les sondages à la pelle ont été réalisés au droit de la future voirie, ils sont notés S1 à S10.

L'implantation des sondages et les coupes détaillées sont données en annexes n°3 et n°4.

La géologie du site est caractérisée par :

- Une couche de terre végétale brune très humide ;
- Une argile brune, parfois remplacée par un limon marron et beige ;
- Les pelites rouges altérées de plus en plus compactes avec la profondeur.

	S1	S2	S3	S4	S5
Terre végétale	0,50m	0,30 m	0,20 m	0,30 m	0,10 m
Argile brune	0,80 m	/	0,50 m	/	0,40 m
Limon beige	/	/	/	3,00m Arrêt	/
Pelites	1,20 m Refus	0,60 m Refus	1,10 m Refus	/	1,60 m Refus

	S6	S7	S8	S9	S10
Terre végétale	0,50m	0,10 m	0,40 m	0,20 m	0,20 m
Argile brune	/	0,60m	0,70 m	0,40m	/
Limon marron	1,50m	/	/	/	0,50 m
Pelites	2,50 m Refus	1,20 m Refus	1,40 m Refus	1,10 m Refus	1,50 m Refus

*NB : les profondeurs indiquées correspondent aux cotes à la base des couches (m/T.Actuel) concernées ou au niveau d'arrêt du sondage**

B. RESULTATS DES ESSAIS PENETROMETRIQUES

10 essais ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique lourd à énergie constante. Cet essai permet une appréciation qualitative de la résistance des terrains traversés.

Le tableau ci-dessous résume le caractère compact ou non en fonction de la résistance de pointe mesurée :

Résistance de pointe (MPa)	Interprétation qualitative de la compacité	Exemple d'interprétation géotechnique
0,1 - 2	Très faible	Terrains de couverture, remblais, alluvions, brèches de pente...
2 - 5	Faible	Terrains de couverture, remblais, alluvions...
5 - 10	Moyenne	Substratum très altéré, alluvions grossiers...
10 - 20	Bonne	Substratum très altéré voire argilisé...
>20	Très bonne	Substratum sain à moyennement altéré...

Les résultats des essais sont illustrés sur les diagrammes fournis en annexe n°7. Ils mettent en évidence les variations de la résistance en pointe Qd en fonction de la profondeur.

Les diagrammes montrent les résultats synthétisés dans les tableaux suivants :

Sondage P1	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,70 m/T.Actuel	Très faible
de - 0,70 m/T.Actuel jusqu'à - 0,90 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P2	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,30 m/T.Actuel	Très faible
de - 0,30 m/T.Actuel jusqu'à - 0,40 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P3	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,20 m/T.Actuel	Très faible
de - 0,20 m/T.Actuel jusqu'à - 0,50 m/T.Actuel	Faible à moyenne
de - 0,50 m/T.Actuel jusqu'à - 1,35 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P4	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 1,20 m/T.Actuel	Très faible à faible
de -1,20m/T.Actuel jusqu'à - 1,75 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P5	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,80 m/T.Actuel	Très faible à faible
de - 0,80m/T.Actuel jusqu'à - 1,85m m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P6	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 1,20 m/T.Actuel	Très faible à faible
de - 1,20 m/T.Actuel jusqu'à - 1,50 m/T.Actuel	Moyenne
de - 1,50 m/T.Actuel jusqu'à - 2,30 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P7	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,60 m/T.Actuel	Très faible à faible
de - 0,60 m/T.Actuel jusqu'à - 0,70 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P8	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,60 m/T.Actuel	Très faible à faible
de - 0,60 m/T.Actuel jusqu'à - 1,30 m/T.Actuel	Moyenne
de - 1,30 m/T.Actuel jusqu'à - 1.55 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P9	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 1,00 m/T.Actuel	Très faible à moyenne
de - 1,00 m/T.Actuel jusqu'à - 1,10 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

Sondage P10	
Cote	Compacité
de la surface jusqu'à - 0,50 m/T.Actuel	Très faible à moyenne
de - 0,50 m/T.Actuel jusqu'à - 0,85 m/T.Actuel	Bonne à très bonne
Refus	

C. IDENTIFICATIONS GTR

Prélèvement	Sondage	Nature	< 80µm	VBS	Wnat%	IPI à Wnat	Classe GTR
C0073009	S3 (-0,10m à -0,50m) +S7 (-0,10m à -0,6m) +S8 (-0,40m à -0,70m) +S9 (-0,20m à -0,40m)	Argile Brune	96,1%	1,55	26,0%	2,1	A1th
C0073010	S4 (-0,90m à -2,30m) +S5 (-0,40 à -1,60m)	Limon beige	81,1%	1,61	13,9%	18,4	A1 m

Les procès verbaux des essais en laboratoire sont fournis en annexe n°5.

D. ESSAI DE PERMEABILITE PORCHET

Au jour de nos sondages, les matériaux reposant sur les pelites étaient saturés en eau empêchant la réalisation d'essai de perméabilité de type Porchet. Ces observations permettent néanmoins de mettre en évidence la mauvaise perméabilité des sols en place (pas d'infiltration des eaux météoriques, couche argileuse reposant sur substratum).

Une nouvelle intervention les 04/05/2020 et 05/05/2020 nous ont permis d'observer un fort niveau d'eau dans la tranchée laissée ouverte malgré l'absence de précipitation les jours de l'intervention.

Un essai Porchet a été réalisé à 60cm de profondeur en S12. L'essai n'a pas pu être réalisé en S11, le terrain étant occupé par la communauté des gens du voyage.

Les résultats sont les suivants :

Implantation	Profondeur	Temps saturation	Temps mesure	Volume infiltré	Perméabilité de surface K (mm/h)
S12	60cm	24h	4h	400ml	2.8

Ces résultats et observation mettent évidence la présence d'une couche argileuse imperméable.

E. ANALYSE ET GRANULOMETRIE DE LA TERRE VEGETALE

Les analyses de granulométrie de composition de la terre végétale sont fournies en annexe 8.

F. APTITUDE AU TRAITEMENT DES MATERIAUX

Les matériaux A1 (argile brune C0073009), les plus susceptibles d'être rencontrés lors des terrassements de voirie, ont été testés à l'aptitude au traitement. La sensibilité à l'eau de ces matériaux implique de les traiter aux liants hydrauliques associés, si nécessaire, à de la chaux pour les réutiliser en couche de forme.

Le dosage suivant est étudié :

➤ **1% de CaO et 7% de ROLAC Optimum SP.**

Une étude de faisabilité de traitement selon la norme **NF P 94-100** permet d'évaluer l'aptitude au traitement du sol étudié. Ce test se réalise sur la fraction 0/6 mm du matériau compacté à la teneur en eau OPN et densifié à 96% γ_d OPN.

Le test consiste à vérifier les résistances en compression diamétrale obtenues après 7 jours d'immersion dans l'eau à 40°C (accélération de la prise hydraulique) et de mesurer le gonflement du matériau traité dans ces mêmes conditions.

RESULTATS A 7 JOURS

Aptitudes au traitement NF P 94-100 – Rc7J NF EN 13286-41 (annexes 5 et 6)					
N° de prélèvement	Nature	Dosage	Gv (%)*	Rit 7 J (MPa)*	Résultat
C0073009	Limon argileux marron clair	1% CaO + 7 % ROLAC Optimum SP	3,4	0,06	Inapte

* Critères d'acceptation du GTS 2000 : Gv < 5 % et Rit > 0,2 MPa.

Les argiles brunes A1 (C0073009) sont donc inaptes au traitement 1%CaO+7%Rolac Optimum SP.

G. SYNTHESE GEOTECHNIQUE

L'étude géotechnique et les observations réalisées ont mis en évidence le modèle géotechnique suivant :

Horizon n°1 : Il s'agit de la couche de couverture de terre végétale reposant sur une argile brune de classe A1th. Cet horizon, de compacité très faible à moyenne, a été reconnu de la surface jusqu'à - 0,30 à 1,50 m/T.Actuel selon les secteurs. Cette couche de terre végétale était, au moment de notre intervention, saturée en eau. Cette observation met en évidence le caractère imperméable de cet horizon. Cette caractéristique est confirmée par la réalisation d'un essai Porchet donnant une perméabilité très faible.

Cet horizon est parfois complété par une couche de limon marron-beige de classe A1m. Ce limon a été reconnu de -0,30m à -3,00m/T.Actuel en S4 et de -0,50m T.Actuel à -1,50m/ T.Actuel en S6.

Horizon n°2 : Cet horizon est issu de l'altération plus ou moins importante du substratum. Il se présente sous la forme de pelites rouges avec, selon leur niveau d'altération une matrice argileuse rouge. De moyenne jusqu'à très bonne compacité, l'horizon n°2 a été reconnu à partir de - 0,30 m/T.Actuel et jusqu'aux refus des tiges pénétrométriques obtenus de - 0,40 m/T.Actuel à - 2,30 m/T.Actuel.

IV- ADAPTATION DU PROJET AU SITE

A. TERRASSEMENT

L'horizon 1 pourra être terrassé à l'aide d'une pelle mécanique de moyenne puissance. L'horizon 2 nécessitera l'emploi d'une pelle de forte puissance et, le cas échéant, d'un moyen de déroctage adapté (dent de riper, BRH...).

Les déblais issus des tranchées dont les matériaux sensibles à l'eau se trouvent dans des états hydriques très humides au jour des sondages. Ces matériaux ne sont pas réutilisables en l'état. Cependant en fonction de la période d'exécution des travaux de terrassement il est possible que cet état hydrique soit modifié. Les matériaux A1m sont réutilisables en l'état en remblais.

En fonction de leurs états hydriques en phase chantier (exécution), ceux-ci sont potentiellement réutilisables en PIR (Partie Inférieure de Remblai). L'entreprise retenue devra réaliser des essais d'identification GTR au démarrage du chantier pour déterminer la part des matériaux réutilisables ou non. Ces matériaux seront dans tous les cas **inutilisables en PSR** (Partie Supérieure de Remblai).

Nous rappelons que toute tranchée d'une profondeur supérieure à 1,30 m doit être munie d'un blindage spécifique pour assurer la protection des ouvriers.

B. COUCHE DE FORME

Les matériaux susceptibles de constituer l'arase terrassement (argile brune A1th) sont sensibles à l'eau, l'obtention d'une PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa) nécessitera la mise en œuvre d'une couche de forme dont l'épaisseur varie en fonction de la classe de PST AR.

En phase EXE, des essais en laboratoire complémentaires devront être réalisés pour classer les PST avant la mise en œuvre de la couche de forme. Ce point d'arrêt permettra de réajuster, le cas échéant, le dimensionnement de la couche de forme.

A titre d'exemple, et d'après les résultats d'essais en laboratoire, la classe de PST est la PST0AR0 (cas de PST le plus représenté au jour des sondages).

Avant tout travaux de terrassement il faudra procéder à des opérations de purges/substitution et à la réalisation de fossés profonds, drainages et/ou rabattement de la nappe.

Dans ces conditions il conviendra d'effectuer les opérations suivantes permettant de reclasser la PST au moins en classe AR1 :

- Drainage du terrain, création de fossés profonds, rabattement de nappe ;
- Par beau temps, opération d'aération des matériaux visant à les ramener à un état hydrique « humide » minimum ;
- Purge substitution en matériau de remblais insensible à l'eau ou d'état hydrique moyen.

Ces travaux effectués le **cas minimum recherché est celui de la PST1AR1.**

L'obtention d'une PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa) nécessite la mise en œuvre d'une couche de forme d'épaisseur totale de 60cm. La couche de forme en matériau granulaire sur une PST1AR1 sera réalisée de la manière suivante :

- mise en place d'un **géotextile** anti contaminant ;
- mise en œuvre d'une couche de **45cm** en matériaux granulaires type 0/63mm, ces matériaux devront être **insensibles à l'eau de classe D31/R61** au sens du GTR ;
- mise en œuvre d'une couche de forme de **15cm** en matériaux granulaires type 0/31,5mm, ces matériaux devront être **insensibles à l'eau de classe D21/R61** au sens du GTR.

Les travaux devront être réalisés sous **conditions météorologiques favorables**. En effet, les matériaux d'arase étant très sensible à l'eau, la PST pourrait très rapidement se déclassée, engendrant des travaux supplémentaires de purges et substitutions.

Remarque sur le drainage : Une gestion soignée des eaux superficielles devra être réalisée afin de prévenir toute zone de stagnation et/ou d'infiltration d'eau (création de légère pente, de caniveaux, drainage périphérique, fossé, pompage provisoire le cas échéant...).

C. EXEMPLE DE STRUCTURE DE CHAUSSEE EN SECTION COURANTE

L'étude de dimensionnement est menée selon les règles et dispositions des documents suivants :

- guide technique de conception et de dimensionnement des chaussées SETRA / LCPC – décembre 1994 ;
- guide technique sur les variantes pour la construction de chaussées neuves sur le réseau routier national SETRA – janvier 2003 ;
- Norme NF P 98-086 : Dimensionnement structurel des chaussées routières - Mai 2019.

Conformément à la demande du client, la chaussée sera vérifiée par le calcul, vis à vis :

- de la rupture en fatigue à la base des couches liées ;
- de l'orniérage de la plate forme support de la chaussée ;

Le principe de dimensionnement consiste à déterminer les sollicitations (déformations ou contraintes) maximales dans les différentes couches, engendrées par le trafic et à les comparer aux sollicitations admissibles des matériaux.

Les déformations ou contraintes calculées sont obtenues à l'aide du programme de calcul ALIZE du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Les déformations ou contraintes admissibles sont déterminées par calcul à partir des lois de comportement rhéologique des matériaux et du trafic supporté par la chaussée, selon les relations définies par le guide de conception et dimensionnement rappelé ci dessus.

D'après les informations fournies par le Maître d'Ouvrage, la chaussée subira un **trafic estimé à 136PLJ/Voie/Sens soit une classe de trafic équivalente à T3+**. La structure proposée est la suivante :

<i>Nature de la couche</i>	<i>DESIGNATION</i>	<i>EPAISSEUR (cm)</i>	<i>Interfaces</i>
<i>Roulement</i>	<i>BBSG 3 0/10mm</i>	<i>6</i>	<i>Collée</i> <i>Collée</i>
<i>Couche de Base</i>	<i>GB3 0/14mm</i>	<i>8</i>	
<i>Couche de Fondation</i>	<i>GB3 0/14mm</i>	<i>8</i>	
<i>Couche de forme - PF2 (EV2 ≥ 50 MPa)</i>			<i>géotextile</i>

Le contrôle de la portance sur la couche de forme par des essais à la plaque (objectif EV2 ≥ 50 MPa) constituera un point d'arrêt de chantier. Les portances devront impérativement être validées avant la poursuite des travaux.

La démarche de dimensionnement consiste à vérifier que la rupture par fatigue des couches liées n'est pas préjudiciable pour le comportement structurel de la chaussée et que la ruine par déformation permanente du sol support n'est pas atteinte.

Pour les matériaux d'assise bitumineux, le critère de dimensionnement est la déformation en extension horizontale à la base du matériau. Pour le sol support, ce critère est la déformation verticale à la surface de la couche.

<i>DESIGNATION</i>	<i>VALEUR ADMISSIBLE</i>	<i>VALEUR CALCULEE</i>	<i>CRITERE VALIDE</i>
<i>Epsilon T (microdéf) Base de la couche de GB3</i>	123,0	114,6	OUI
<i>Epsilon Z (microdéf) Surface du sol support</i>	573,9	410,8	OUI

Cette structure est donc validée pour une durée de vie de 20 ans avec un accroissement arithmétique de 2% (la feuille de calcul est fournie en annexe n°9).

V- CONCLUSION

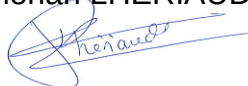
La classe PST/AR sera confirmée en phase EXE par l'entreprise retenue pour les travaux pour ajuster l'épaisseur de couche de forme granulaire et/ou définir d'éventuelles zones de purge. Sur la base des états hydriques obtenus le jour des sondages (11/03/20), on estime la PST à une PST0AR0, ramenée au cas de PST1AR1 après travaux préparatoires. Nos essais ont démontré que les matériaux présents sur le site ne sont pas aptes au traitement pour une réutilisation en couche de forme.

Pour atteindre l'objectif de portance en PF2, une couche de forme granulaire est nécessaire (cf. pages13).

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. **Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4)** afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Nous rappelons qu'en cas de modification des données les conclusions du présent rapport ne seraient plus valables et devraient être revues en fonction de ces nouvelles données.

Réalisé par
Florian LHERIAUD

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Florian Lheriaud'.

Validé par
Clément LE NADER

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Clément Le Nader'.

ANNEXES

ANNEXE 1 : CONDITIONS GENERALES

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

(Version du 27/06/2000)

1. Cadre de la mission

Par référence à la Classification des Missions Géotechniques types (Tableau 1 de la norme NF P 94-500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'oeuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

ANNEXE 2 : CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

CLASSIFICATION DES MISSIONS SELON LA NORME NF P 94-500 DE NOVEMBRE 2013

Tableau 1 — Enchaînement des missions 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
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude 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
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude 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	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude 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		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude 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	Étude 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
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage 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

ANNEXE 3 : IMPLANTATION DES SONDAGES

Réalisation du secteur nord de la ZAC de l'Aéropole

Communes d'Ancenis, Saint-Géréon et Messanger

Phase Esquisse

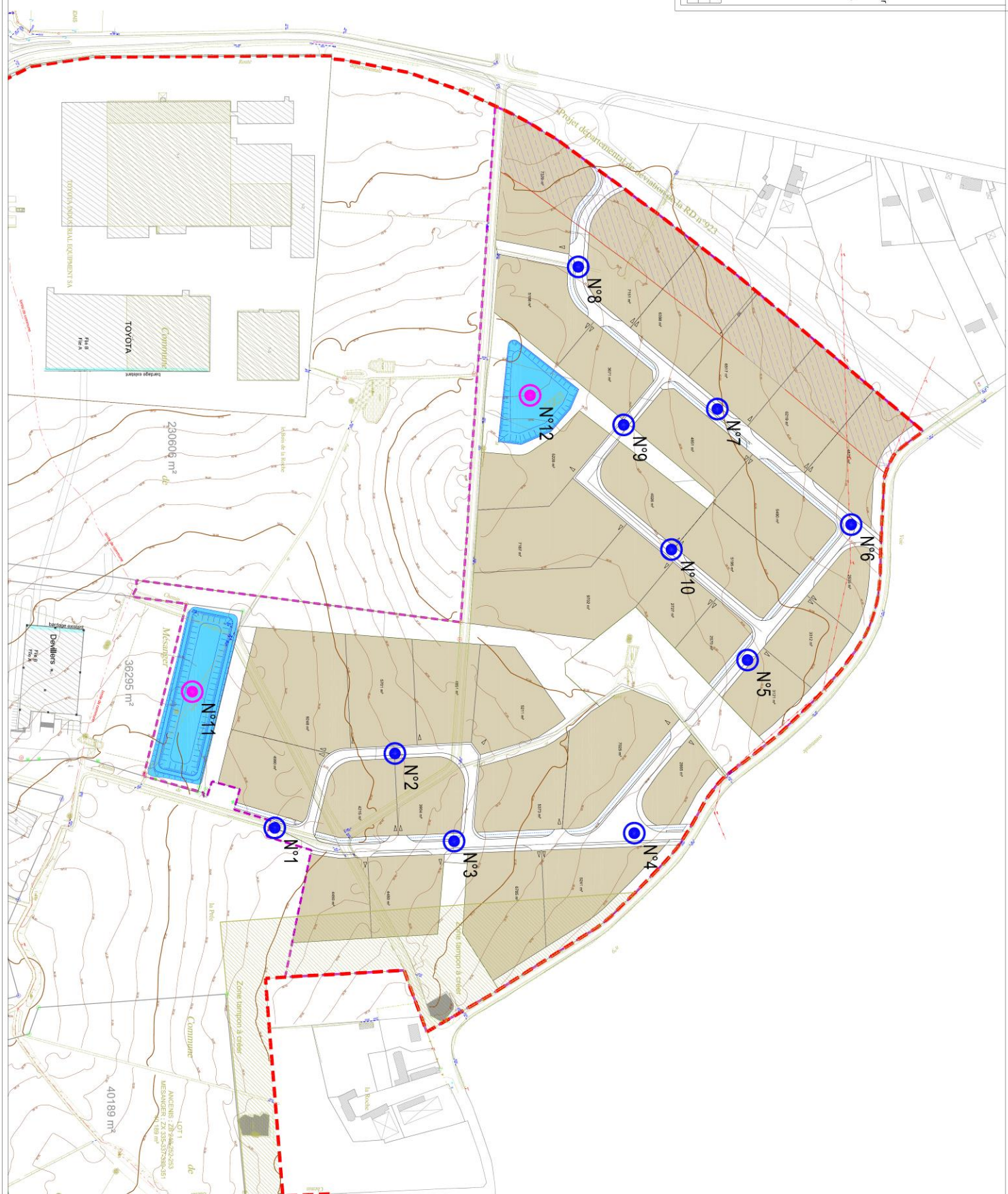
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



PROJET	AL 2017-01
DATE	2017
ÉLÉMENT	PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES
ÉCHELLE	1/1000

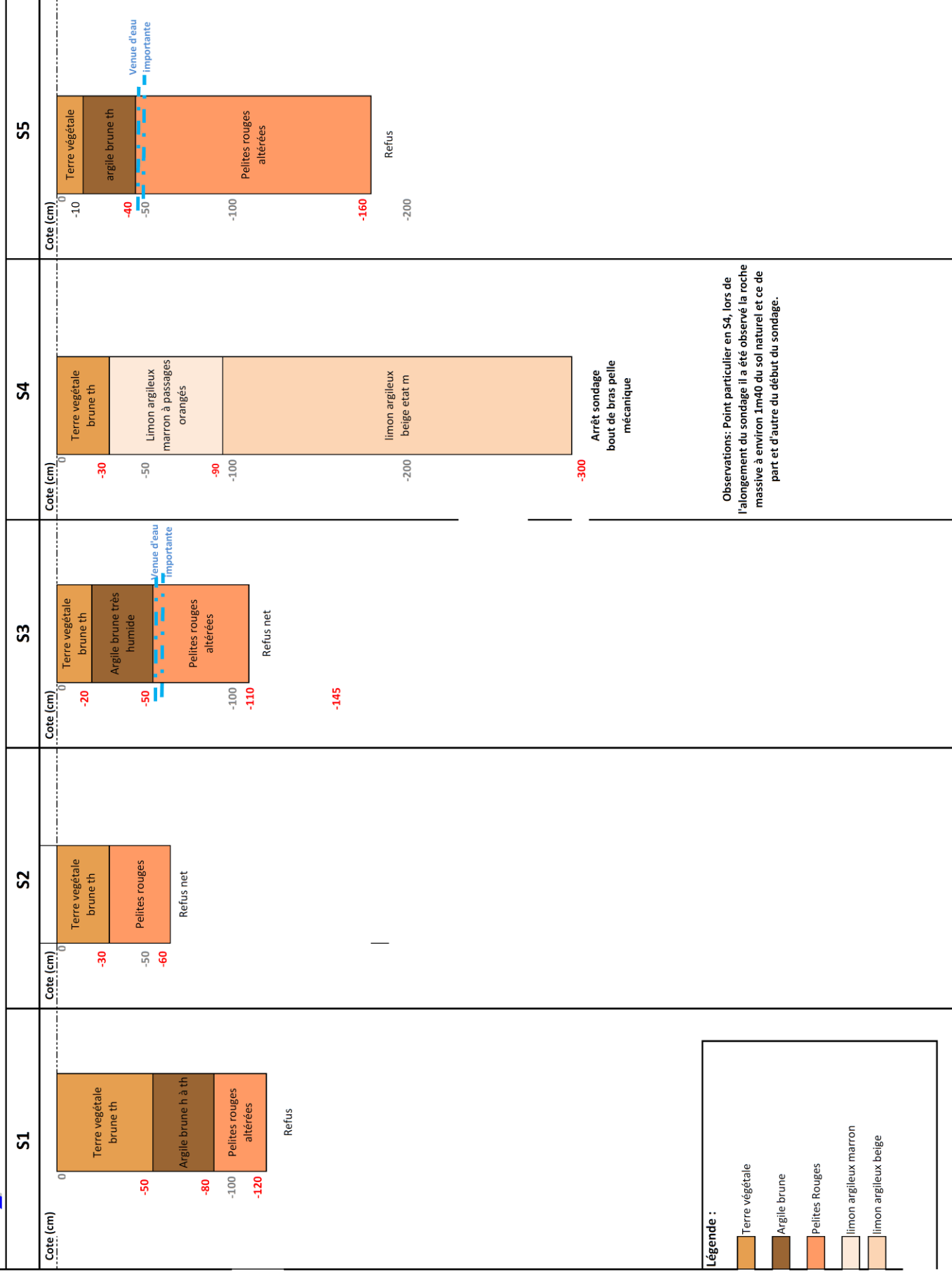
Légende

- N° Mesure de perméabilité
- N° Point de sondage (prof. 3,00m)

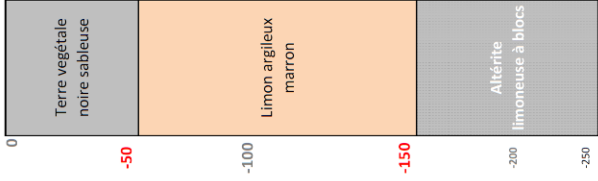
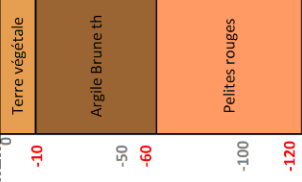
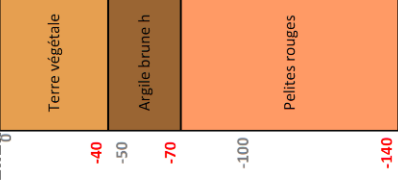
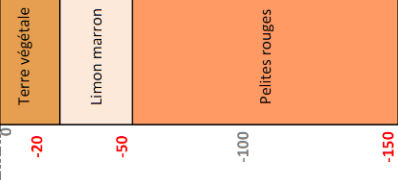
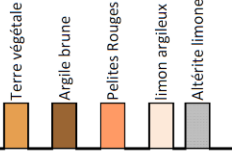


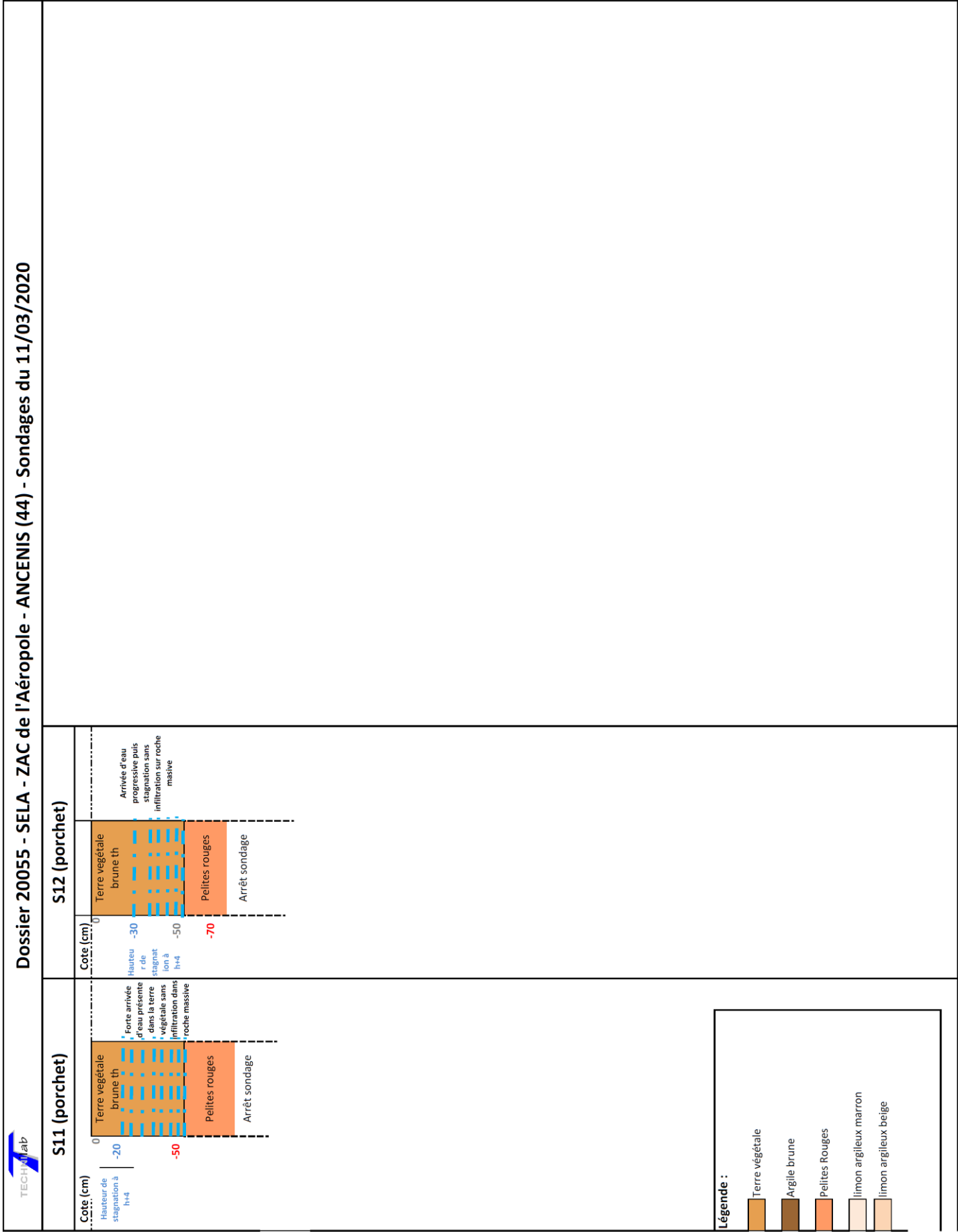
ANNEXE 4 : COUPES DE SOL

Dossier 20055 - SELA - ZAC de l'Aéropole - ANCENIS (44) - Sondages du 11/03/2020



Dossier 20055 - SELA - ZAC de l'Aéropole - ANCENIS (44) - Sondages du 11/03/2020

S6	S7	S8	S9	S10
Cote (cm)  0 -50 -100 -150 -200 -250 Terre végétale noire sableuse Limon argileux marron Altérîte limoneuse à blocs Refus	Cote (cm)  0 -10 -50 -60 -100 -120 Terre végétale Argile Brune th Pelites rouges Refus	Cote (cm)  0 -40 -50 -70 -100 -140 Terre végétale Argile brune h Pelites rouges Refus	Cote (cm)  0 -20 -40 -50 -100 -110 -200 Terre végétale Argile brune h Pelites rouges Refus	Cote (cm)  0 -20 -50 -100 -150 -200 Terre végétale Limon marron Pelites rouges Refus
Légende :  Terre végétale Argile brune Pelites Rouges limon argileux marron Altérîte limoneuse à blocs				
Observations: Point particulier en S4, lors de l'allongement du sondage il a été observé la roche massive à environ 1m40 du sol naturel et ce de part et d'autre du début du sondage.				



ANNEXE 5 : ESSAIS D'IDENTIFICATION

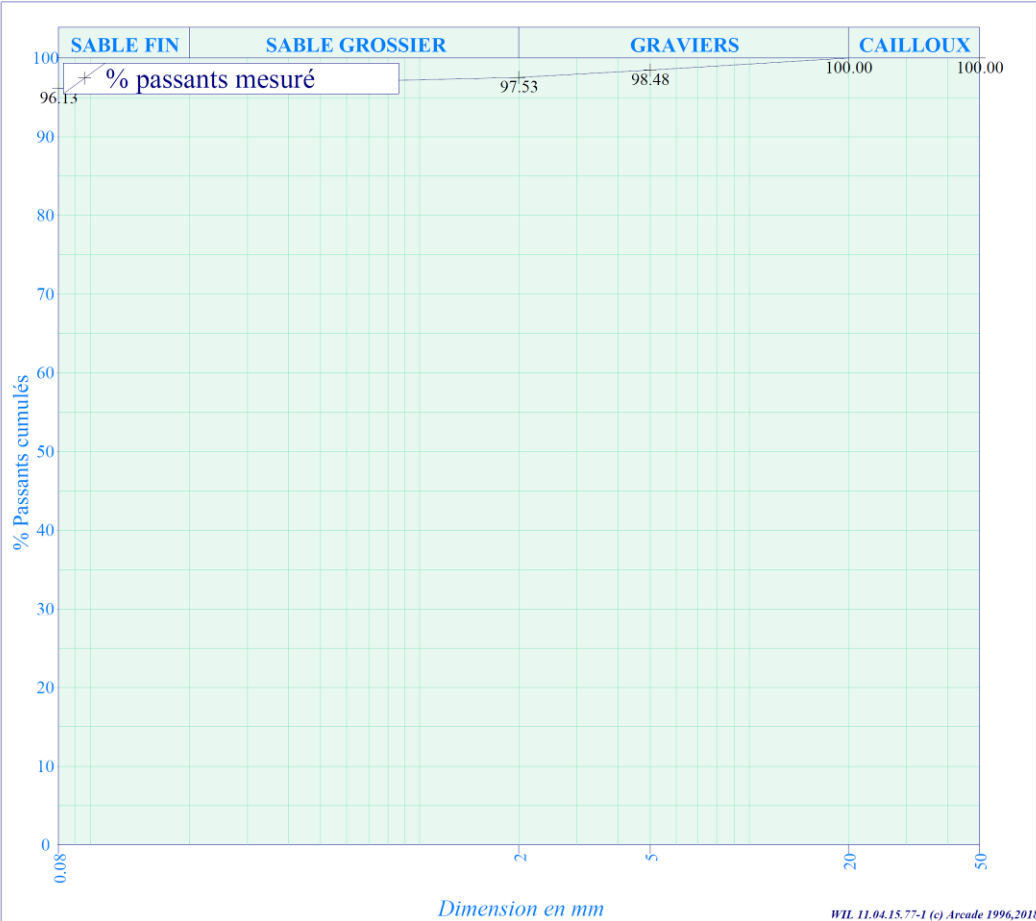
Matériau pour identification GTR

Utilisateur : Contrôle Externe

Laboratoire	TECHNILAB Z.A du Chateau-Rouge BP 176 44155 Ancenis
Prélèvement n° C0073009	prélevés le 13/03/2020
Fait par	Florian Lheriaud
Observations internes	Argile brune (20Mars 094+102+103+104) + IPI

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	Norme
Teneur en eau		26.0 %		EN 1097-5 (Dérogation N°1)
Date de l'essai		15/04/2020		
Technicien		GL		
CLASSIFICATION GTR		A1		NF P 11-300
Sol Dmax >50 mm				
Valeur au bleu d'un sol (G.T.R.)		1.55 g		P94-068
Date de l'essai		15/04/2020		
Technicien		GL		

Tamis	Minimum	%tamisat	Maximum
50.000		100.0	
20.000		100.0	
5.000		98.5	
2.000		97.5	
0.080		96.1	

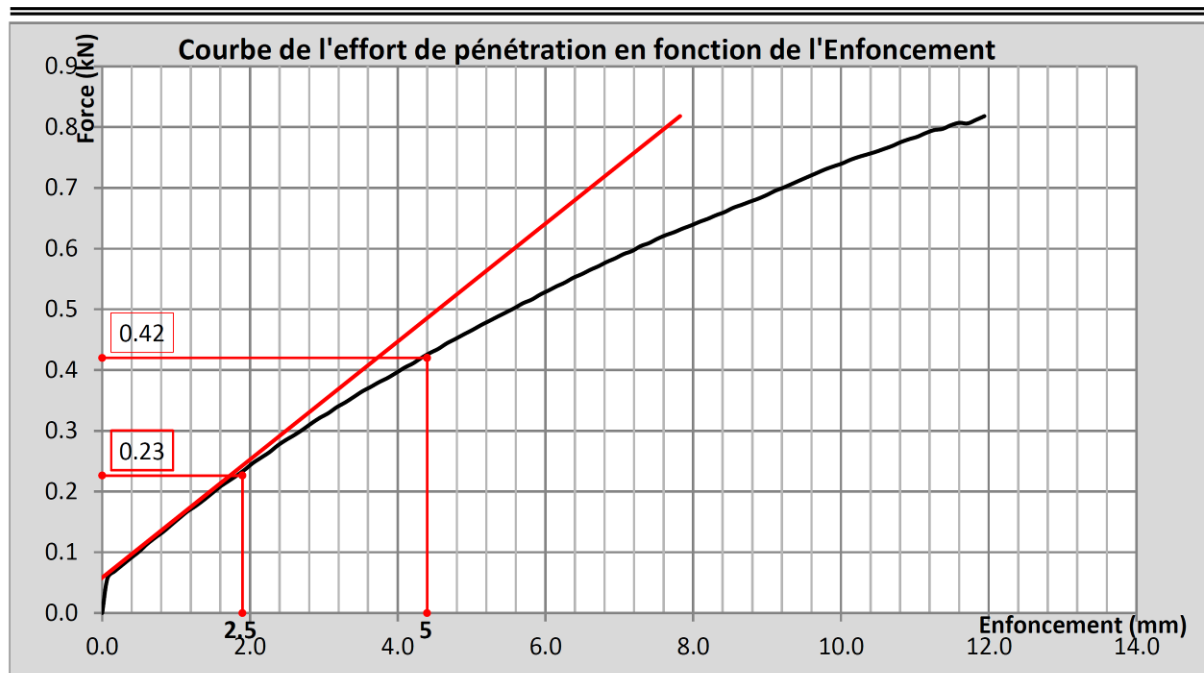


Florian LHERIAUD, Technicien

Florent AILLERIE

N° du dossier :	20055	Client :	SELA
N° de l'échantillon :	C0073009	Adresse client :	2, Boulevard de l'Estuaire - Nantes
Date prélèvement :	13/03/2020	Origine :	Sondage
Prélevé par client :	NON	Chantier :	G2 AVP - Aéroport d'Ancenis
Méthode prélèvement :	Pelle mécanique	Classification GTR / Etat Hydrique :	A1 "th" (très humide)
Date réception labo :	13/03/2020	Energie de compactage :	Normale
Conditions d'essai :	Température ambiante	Vitesse de pénétration :	1.27mm/min

Données de confection IPI	
Date de réalisation :	15/04/2020
Teneur en eau visée :	W% NAT
Traitement (chaux / liant) :	/
Teneur en eau avant traitement :	/
Densité humide :	2.01 Mg/m3
Teneur en eau de l'essai :	23.8%
Densité sèche :	1.62 Mg/m3



Correction de l'origine (mm)		
-0.60		
Après correction		
Temps (s)	Enfoncement (mm)	Force (kN)
30	0.635	0.000
59	1.25	0.113
94	2	0.186
118	2.5	0.226
236	5	0.420
354	7.5	0.578
472	10	0.706
591	12.5	0.812

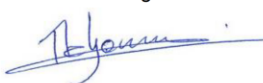
Résultats d'essai	
IPI : 2.1	

Date d'émission du compte-rendu : 28/04/2020

Le technicien : P Malgonne

Le responsable : F.LHERIAUD

Visa :



Visa :



Observations:

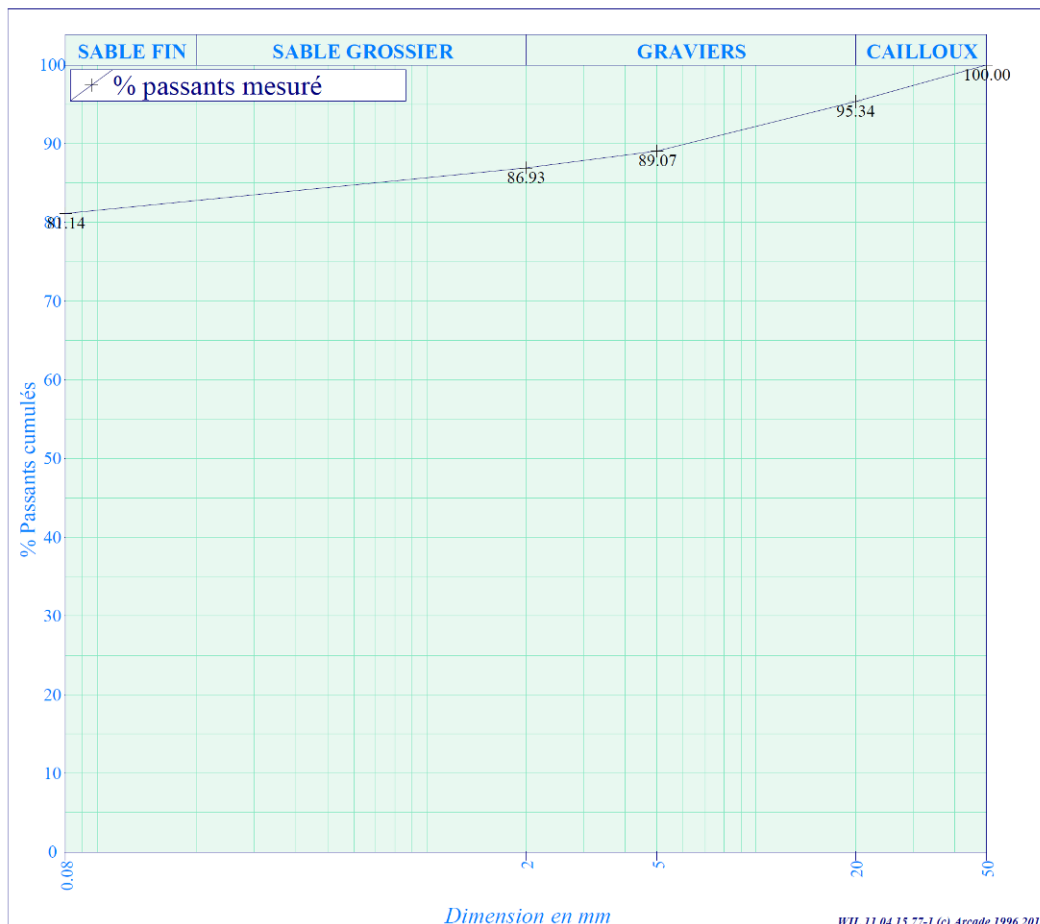
Matériau pour identification GTR

Utilisateur : Contrôle Externe

Laboratoire	TECHNLAB Z.A du Chateau-Rouge BP 176 44155 Ancenis
Prélèvement n° C0073010	prélevés le 13/03/2020
Fait par	Florian Lheriaud
Observations internes	Limon Beige (20Mars096+97+98+99) + IPI

ESSAIS	Minimum	Valeur	Maximum	Norme
Teneur en eau		13.9 %		EN 1097-5 (Dérogation N°1)
Date de l'essai		15/04/2020		
Technicien		GL		
CLASSIFICATION GTR		A1		NF P 11-300
Sol Dmax >50 mm				
Valeur au bleu d'un sol (G.T.R.)		1.61 g		P94-068
Date de l'essai		15/04/2020		
Technicien		GL		

Tamis	Minimum	%tamisat	Maximum
50.000		100.0	
20.000		95.3	
5.000		89.1	
2.000		86.9	
0.080		81.1	

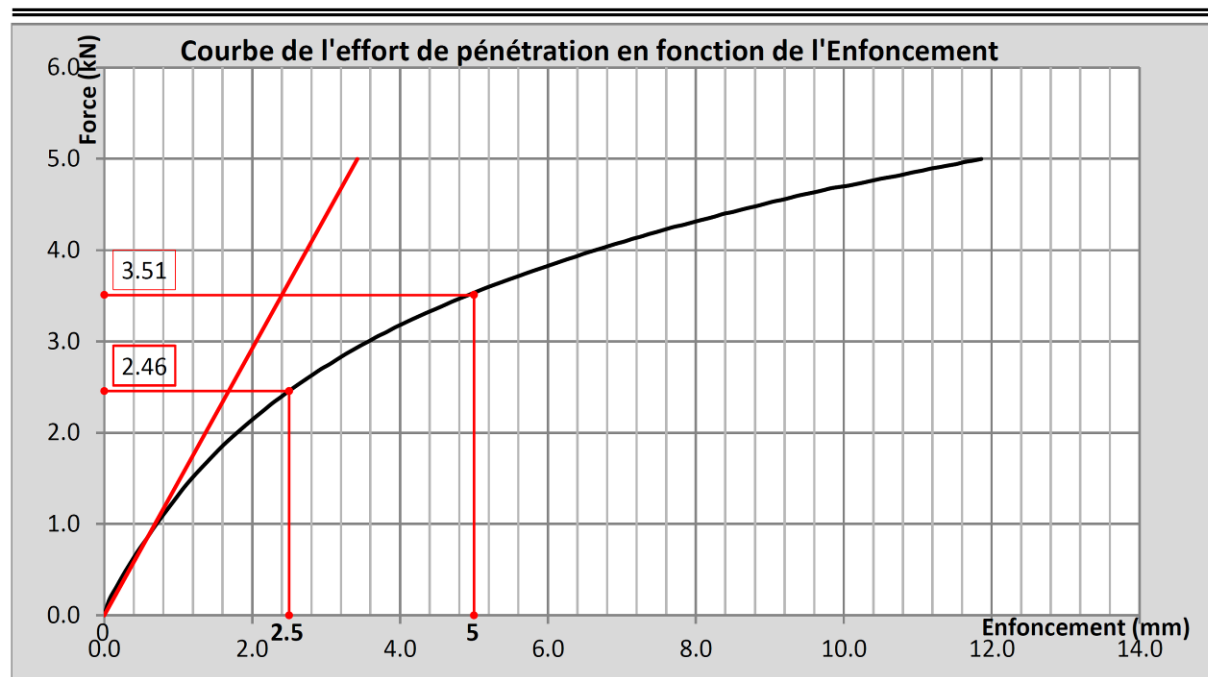


Florian LHERIAUD, Technicien

Florent AILLERIE

N° du dossier :	20055	Client :	SELA
N° de l'échantillon :	C0073010	Adresse client :	2, Boulevard de l'Estuaire - Nantes
Date prélèvement :	13/03/2020	Origine :	Sondage
Prélevé par client :	NON	Chantier :	G2 AVP - Aéroport d'Ancenis
Méthode prélèvement :	Pelle mécanique	Classification GTR / Etat Hydrique :	A1 "m" (moyen)
Date réception labo :	13/03/2020	Energie de compactage :	Normale
Conditions d'essai :	Température ambiante	Vitesse de pénétration :	1.27mm/min

Données de confection IPI	
Date de réalisation :	15/04/2020
Teneur en eau visée :	W% NAT
Traitement (chaux / liant) :	Aucun
Teneur en eau avant traitement :	0.0%
Densité humide :	2.19 Mg/m3
Teneur en eau de l'essai :	14.2%
Densité sèche :	1.92 Mg/m3



Correction de l'origine (mm)		
0.00		
Après correction		
Temps (s)	Enfoncement (mm)	Force (kN)
30	0.635	0.831
59	1.25	1.492
94	2	2.101
118	2.5	2.456
236	5	3.507
354	7.5	4.200
472	10	4.692
591	12.5	~

Résultats d'essai	
IPI	: 18.4

Date d'émission du compte-rendu : 28/04/2020

Le technicien : P Malgonne

Le responsable : F LHERIAUD

Visa :



Visa :



Observations:

ANNEXE 6 : APTITUDE AU TRAITEMENT

N° du dossier :	20055	N° de l'échantillon :	C0073009
Date prélèvement :	13/03/2020	Client :	Aéropole Ancenis Nord
Prélevé par client :	☐ Oui ☒ Non	Adresse client :	Boulevard de l'estuaire - Nantes
Méthode prélèvement :	Pelle Mécanique	Chantier :	ZAC Aéropôle
Date réception au labo :	13/03/2020	Traitement :	1%CaO + 7%Rolac Opt SP
Date de l'essai :	20/04/2020	Energie de compactage :	☒ Normale ☐ Modifiée
Conditions d'essai :	T°C Ambiante	Classification GTR :	A1

Fraction de l'essai :				
0/6 mm	X	0/20 mm		
Points expérimentaux				
n° moule	8	7	8	7
n° disque	8	6	8	6
W% visée	16	18	20	22
W% mesurée	16.5	17.6	20	21.1
pd (T/m³)	1.62	1.66	1.67	1.66
IPI				

Masse vol. particules élémentaire	
MVR =	T/m³
☐ Mesurée	☐ Estimée

Résultats	
W% opn	19.1
pd (t/m³) opn	1.68
% fraction 20/D	
W'% corrigé sur 0/D	
pd' (t/m³) corrigé sur 0/D	
Indice de compactage	

Date émission compte-rendu: 28/04/20

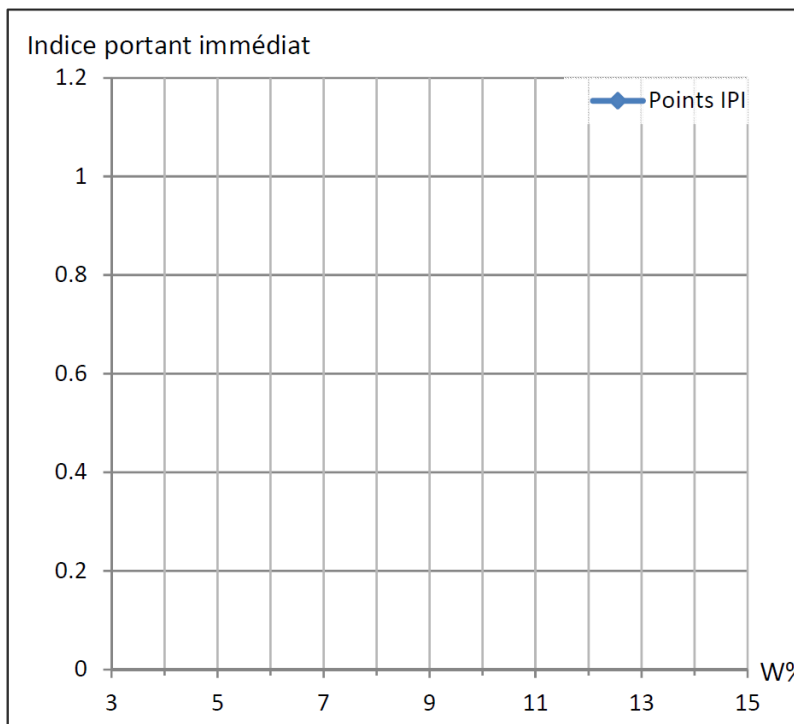
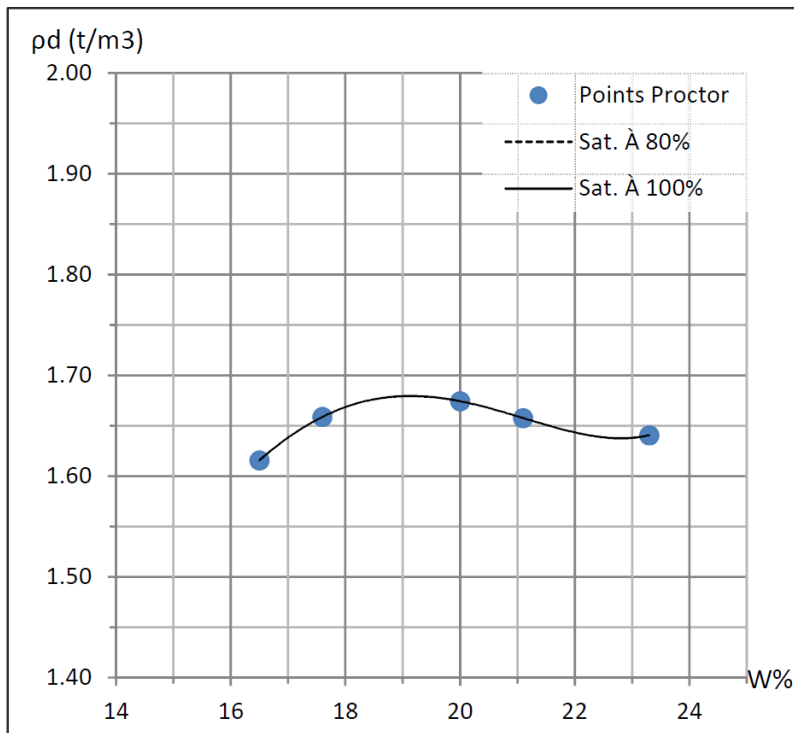
Le technicien: P Malgonne

Visa



Le responsable: F Lhériaud

Visa

	Compte rendu d'essai d'évaluation de l'aptitude d'un matériau au traitement		Réf de l'essai : E D4 51	
	Réalisé selon la norme NF P 94-100		Date de rév. : 20/11/19 Indice de rév. : b Page 1/1	

DEMANDE D'ESSAI		Compte rendu	
Date de la demande :	Semaine 11		
Délai demandé :	-		
CLIENT :	COMPA		
ORIGINE :	Aéropole Ancenis Nord	Date prélèvement :	13/03/2020
MATERIAU :	Argile marron	Prélevé par client :	☒ oui ☐ non
TRAITEMENT :	1%CaO + 7% Rolac Opt SP	Références Proctor :	1.690 T/m3 19.1%
N° du dossier :	20055	Fraction de l'essai :	☐ 0/6 ☐ autre
N° de l'échantillon :	C0073009	Date de début d'essai :	21/04/2020
		Date de fin d'essai :	28/04/2020

Conservation		
Temps de cure 20°C à plus de 90% d'humidité	4	h
Temps d'immersion à 40°C	7	J

Références de l'essai					
96% de pd OPN =	1.622	T/m3	W%	20.0	%

Produits de traitement		
	Liant n°1	Liant n°2
Type	CaO	Rolac Optimum SP
Dosage	1%	7%

Résultats des essais				
Confection d'éprouvette		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3
	Teneur en eau	20.9%	20.9%	20.9%
	ph (T/m3) =	1.902	1.868	1.872
Gonflement volumique	Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne
	-2.9%	4.8%	8.4%	3.4%
Résistance à la traction indirecte Rit (MPa)	Eprouvette 4	Eprouvette 5	Eprouvette 6	Moyenne
	0.05	0.07	0.05	0.06

Aptitude du matériau au traitement			
Critères de jugement :	Adapté	Douteux	Inadapté
			X
	Rit7 ≥ 0,2 MPa et Gv ≤ 5%	0,1 ≤ Rit7 < 0,2 MPa et 5% < Gv ≤ 10%	Rit7 < 0,1 Mpa et Gv > 10%

Technicien : P Malgonne

Signature:



Reponsable : F Lhériaud

Signature:



ANNEXE 7 : ESSAIS AU PENETROMETRE

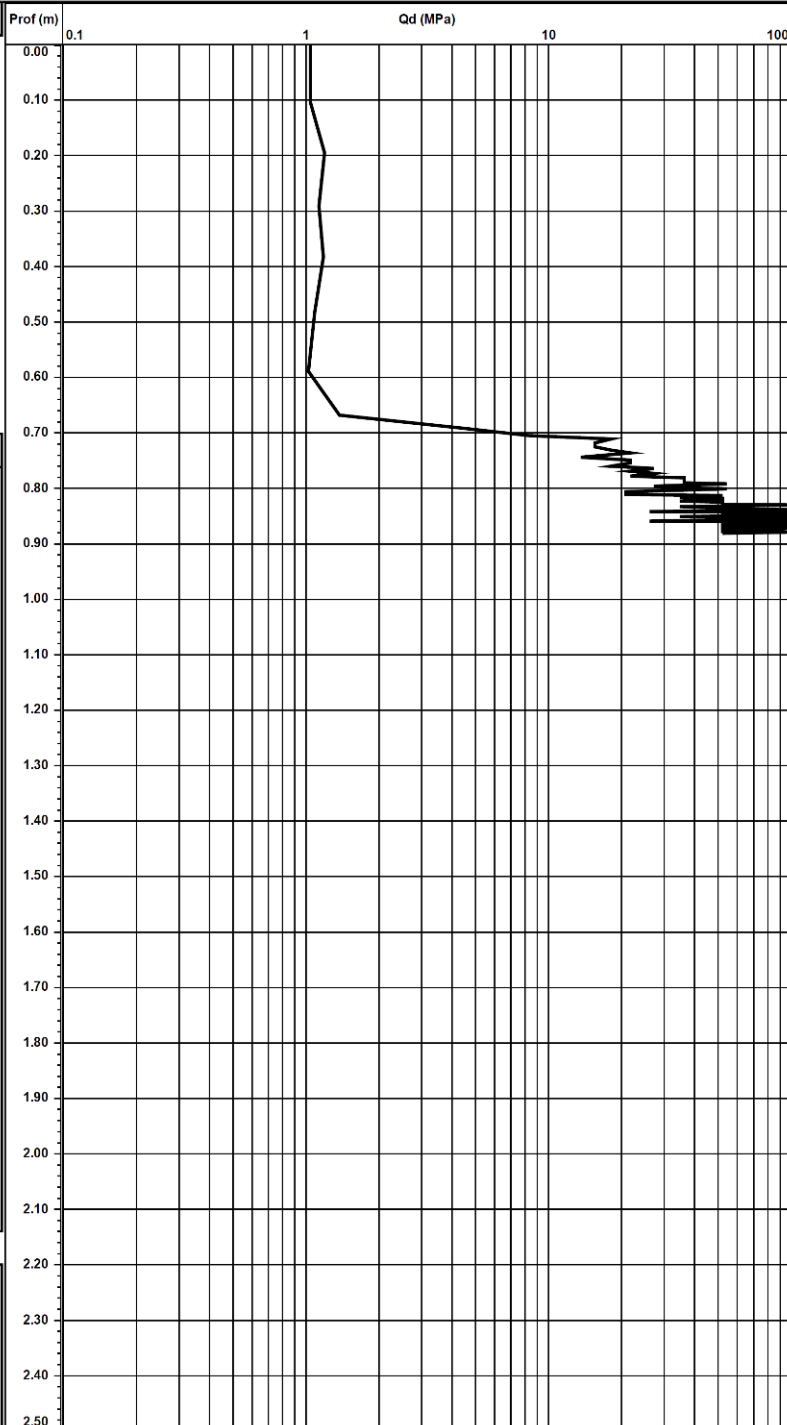
CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020

SONDAGE	P1
---------	----



Observations

APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm²





Essai de pénétration dynamique type B

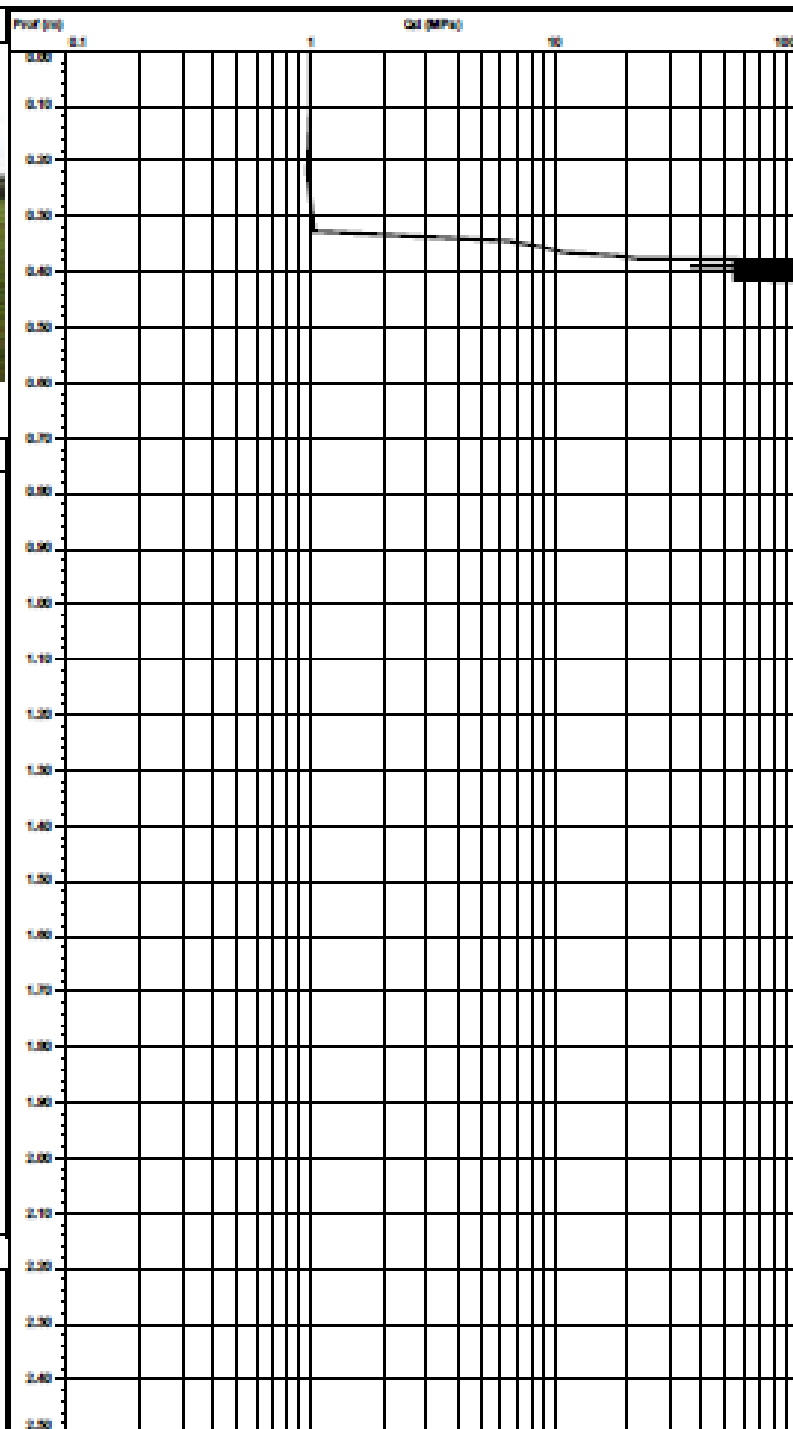
NT-P 04-113
Décembre 1990

CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroports Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020
SONDAGE	P2



Observations

APPAREIL APAREO	APAREO 100
LOGICIEL APAREO	GEOWISION
MASSIF DU MOULON (kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (m)	0.75 m
Surface des pointes perçues	20 cm²



	Essai de pénétration dynamique type B	NF-P 94-115 Décembre 1990
---	---------------------------------------	------------------------------

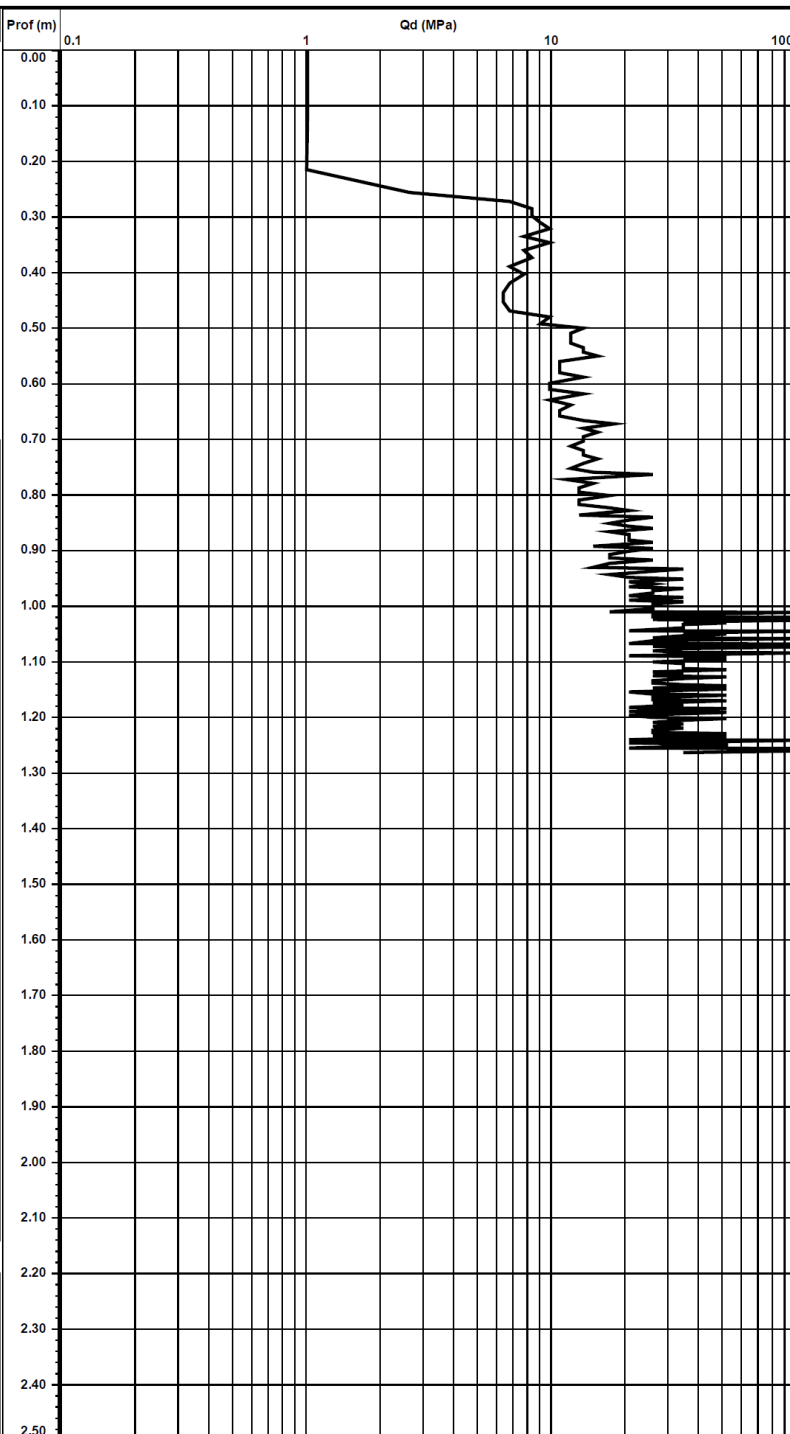
CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020

SONDAGE	P3	Prof (m)	0.1	1	Qd (MPa)	10	100
---------	----	----------	-----	---	----------	----	-----



Observations

APPAREIL APAGEO	APAFAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm ²



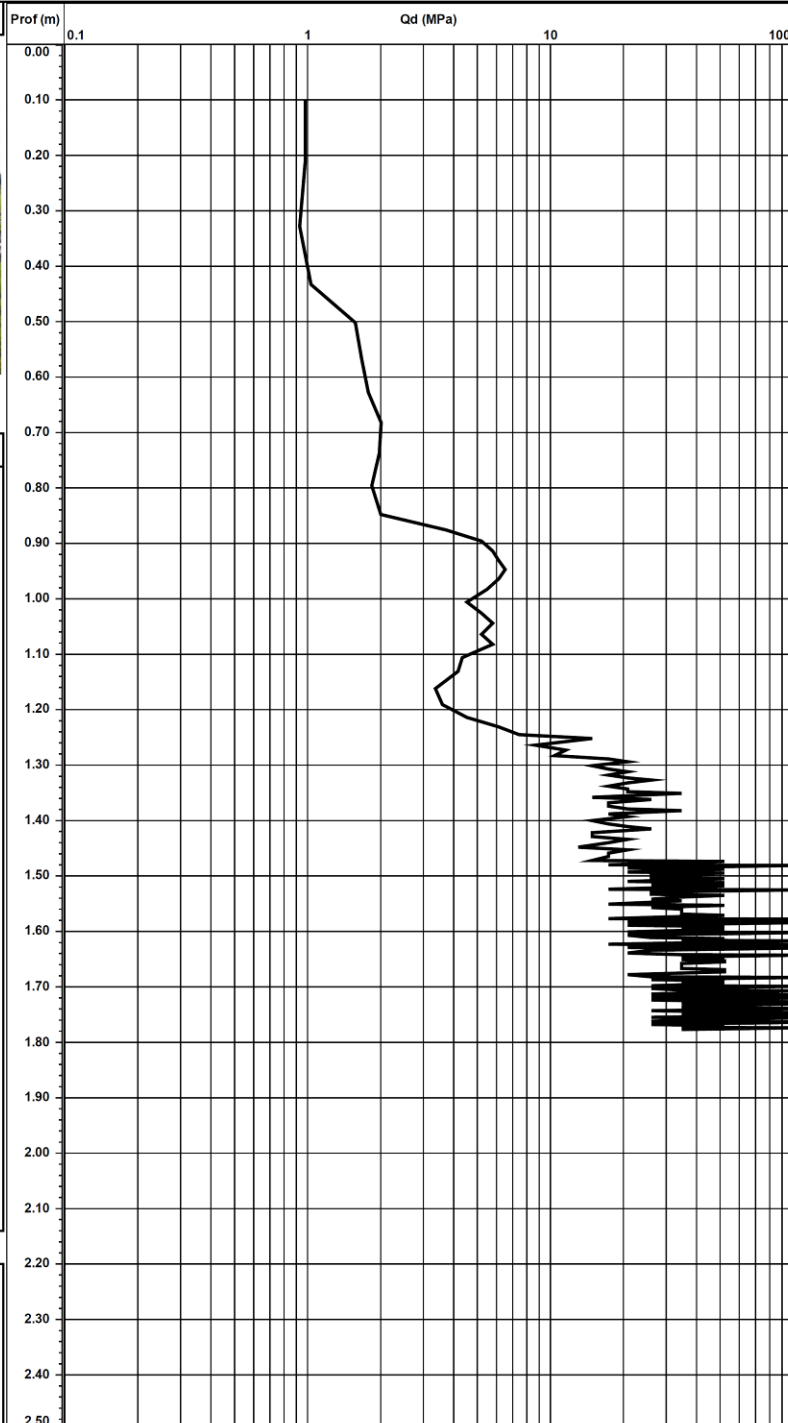
	Essai de pénétration dynamique type B	NF-P 94-115 Décembre 1990
---	---------------------------------------	------------------------------

CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020
SONDAGE	P4



Observations

APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm ²



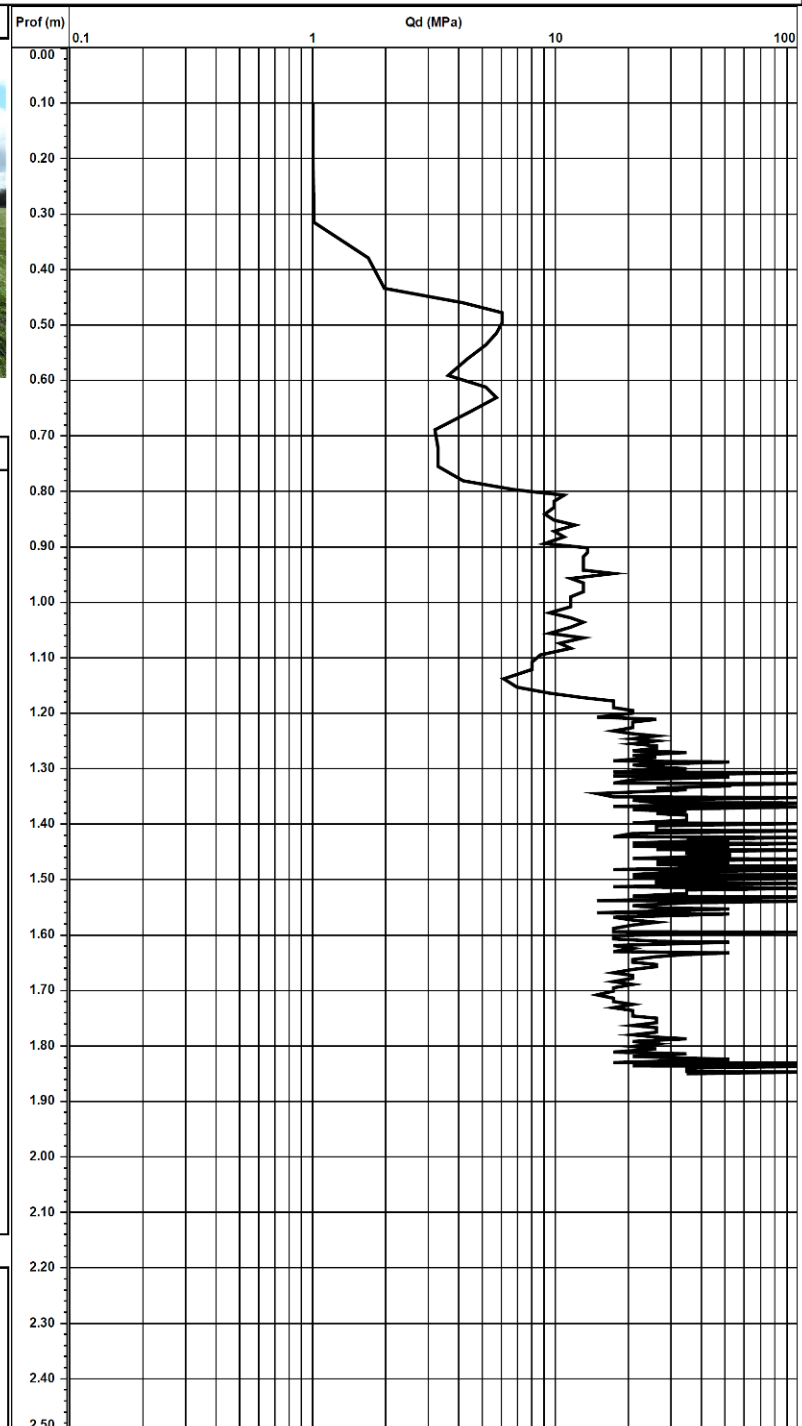
CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020

SONDAGE	P5	Prof (m)	Qd (MPa)			
			0.1	1	10	100

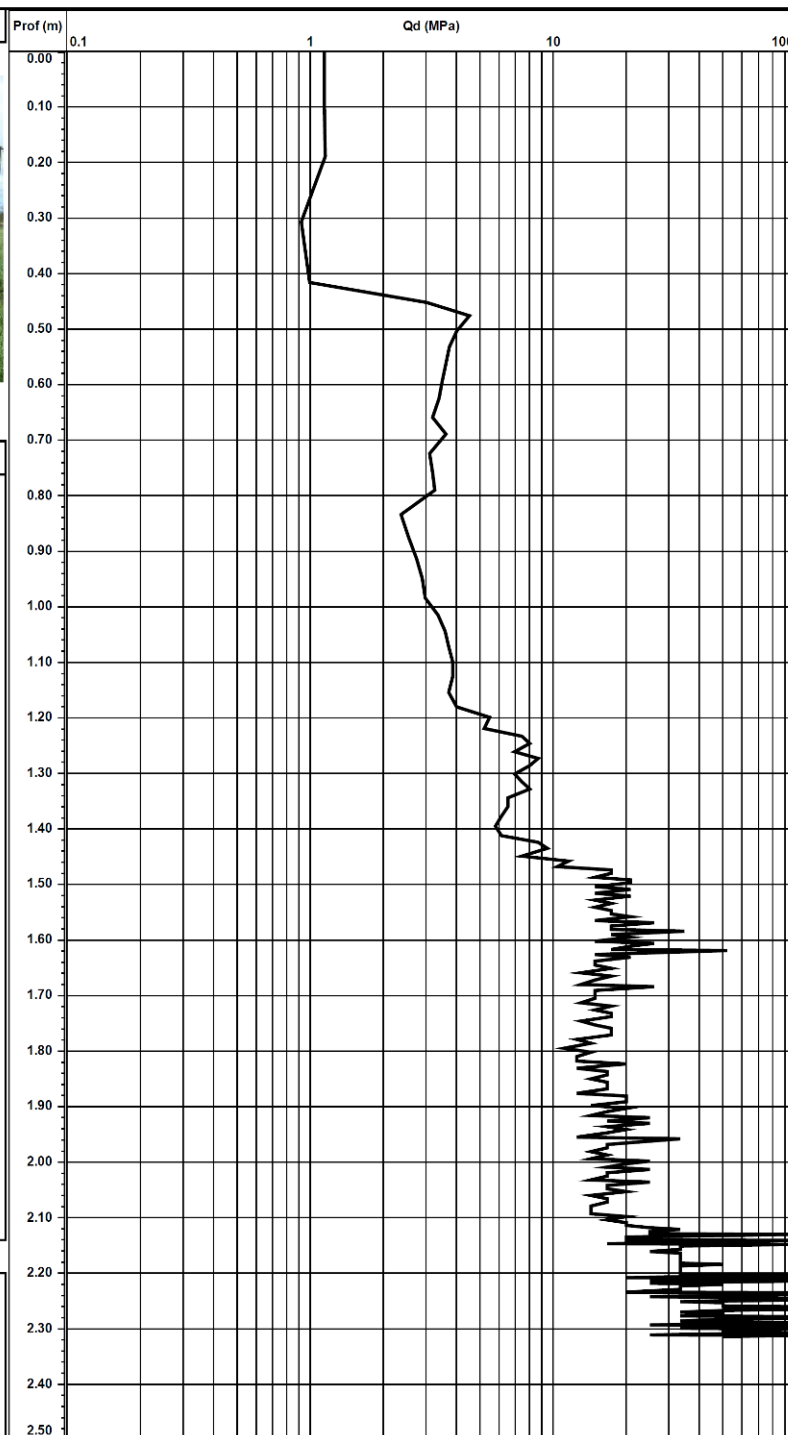


Observations

APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm²



SONDAGE	P6	Prof (m)	Qd (MPa)
		0.1	1
			10
			10



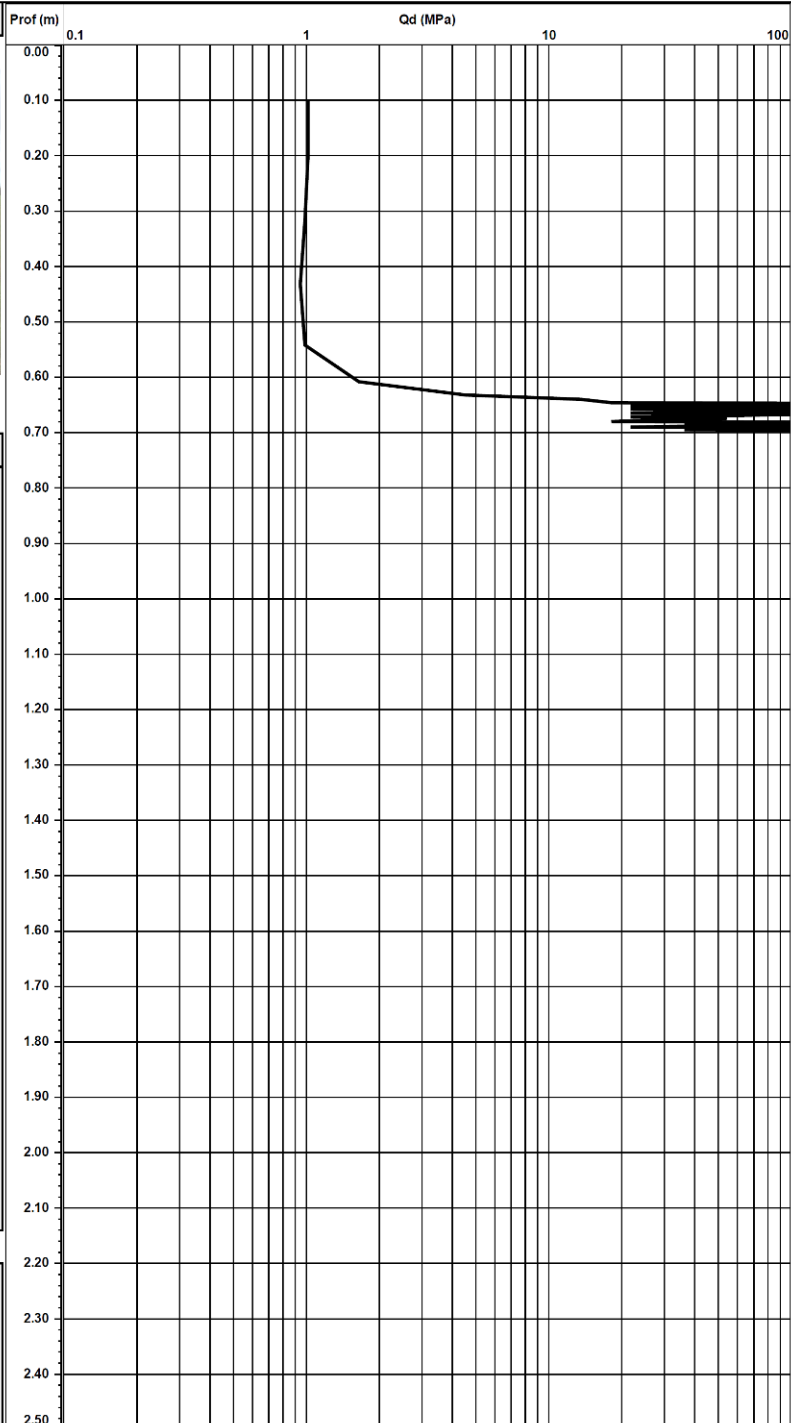
APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm²



Essai de pénétration dynamique type B

NF-P 94-115
Décembre 1990

CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020
SONDAGE	P7



Observations

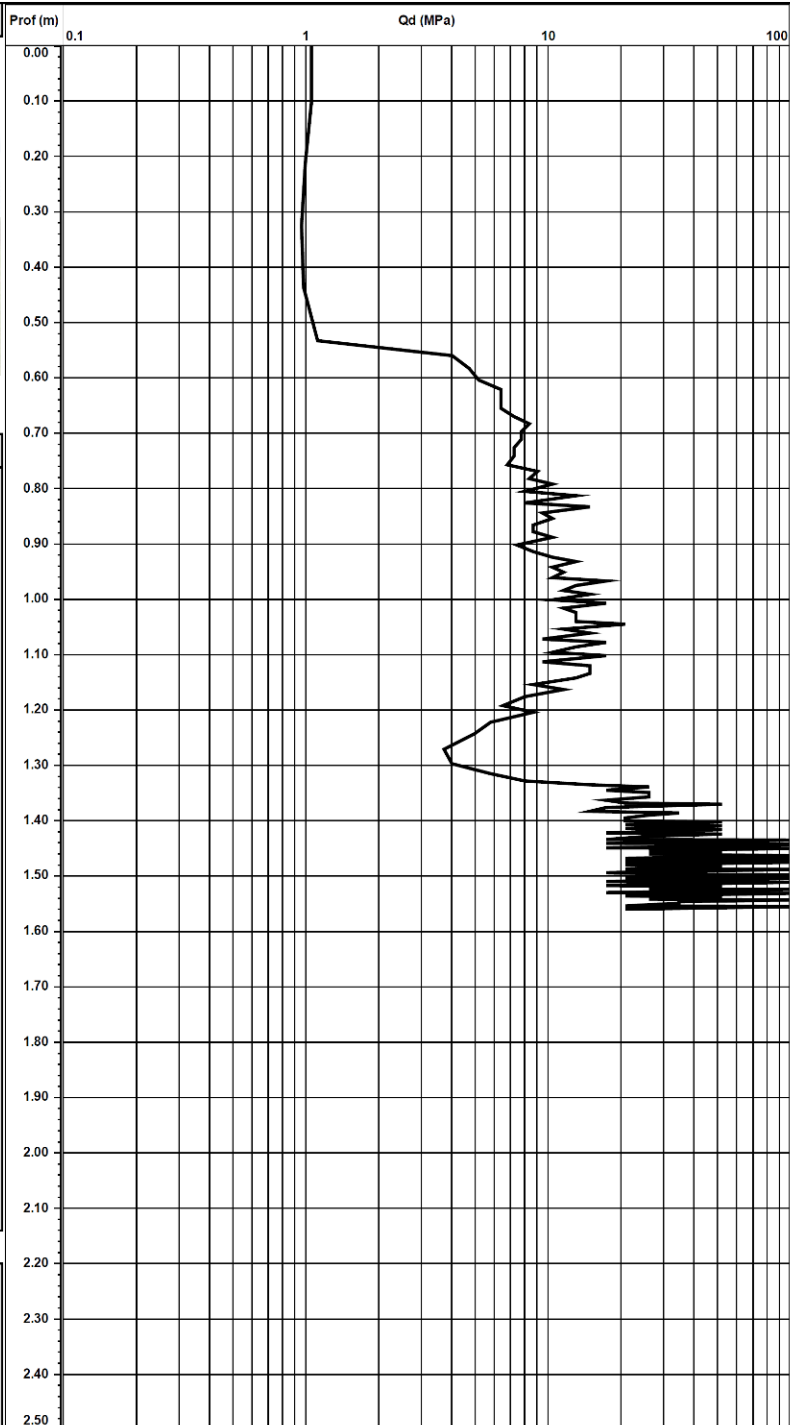
APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm ²

CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020
SONDAGE	P8



Observations

APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm²



APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
<i>MASSE DU MOUTON (Kg)</i>	<i>64 kg</i>
<i>HAUTEUR DE CHUTE (mm)</i>	<i>0.75 m</i>
<i>Surface des pointes perdues</i>	<i>20 cm²</i>



Essai de pénétration dynamique type B

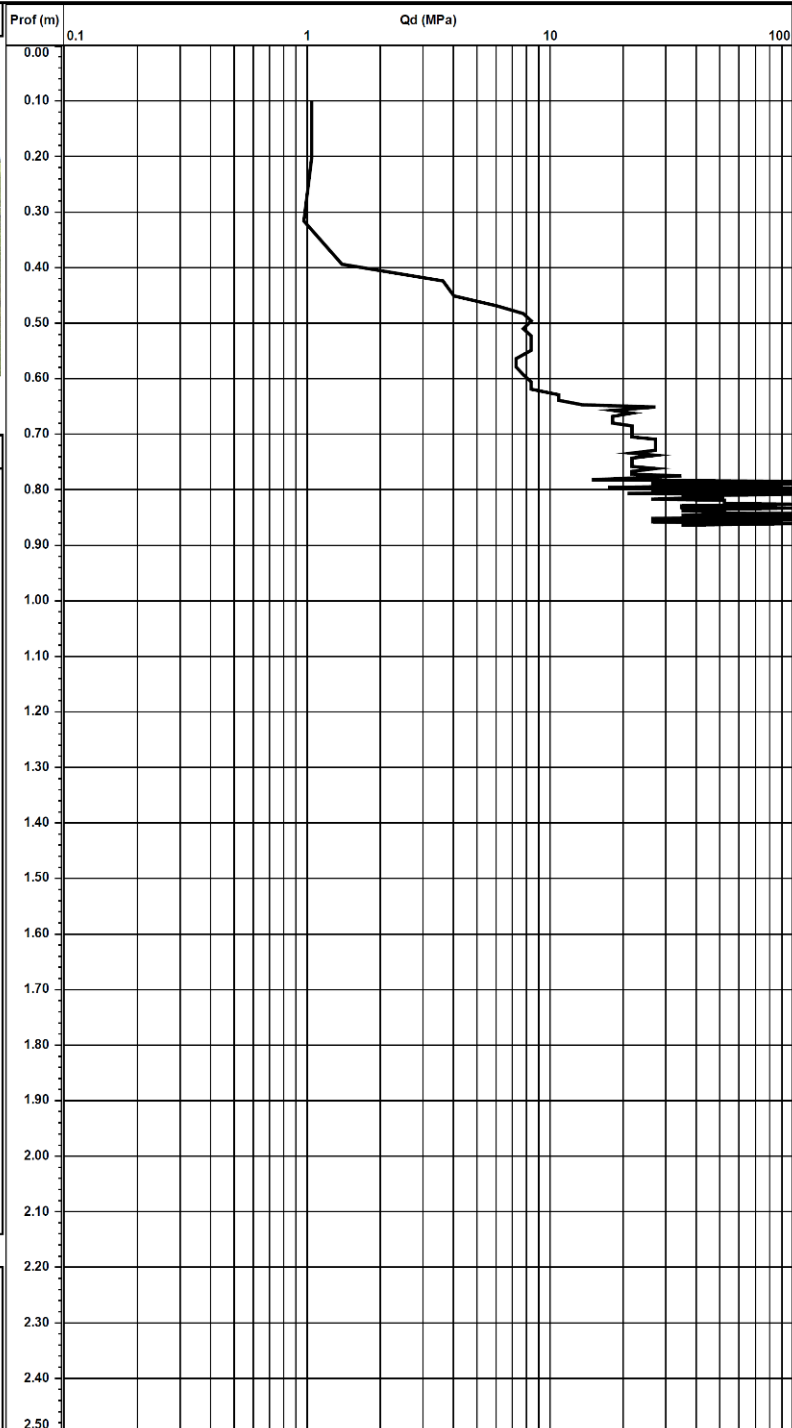
NF-P 94-115
Décembre 1990

CLIENT	COMPA
DOSSIER	COMPA - Ancenis - ZAC Aéroport Nord
CHANTIER	G2
COMMUNE	ANCENIS
DATE DES ESSAIS	11/03/2020
SONDAGE	P10



Observations

APPAREIL APAGEO	APAFOR 100
LOGICIEL APAGEO	GEOVISION
MASSE DU MOUTON (Kg)	64 kg
HAUTEUR DE CHUTE (mm)	0.75 m
Surface des pointes perdues	20 cm ²



ANNEXE 8 : ANALYSE TERRE VEGETALE

VOTRE TERRAIN

SELA - ZAC DE L'AEROPOLE NORD - ANCENIS (En Place)

Système de culture :

Charge en cailloux :

Profondeur exploitable :

ESPACES VERTS

Terrain très caillouteux

10-20 cm (par défaut)

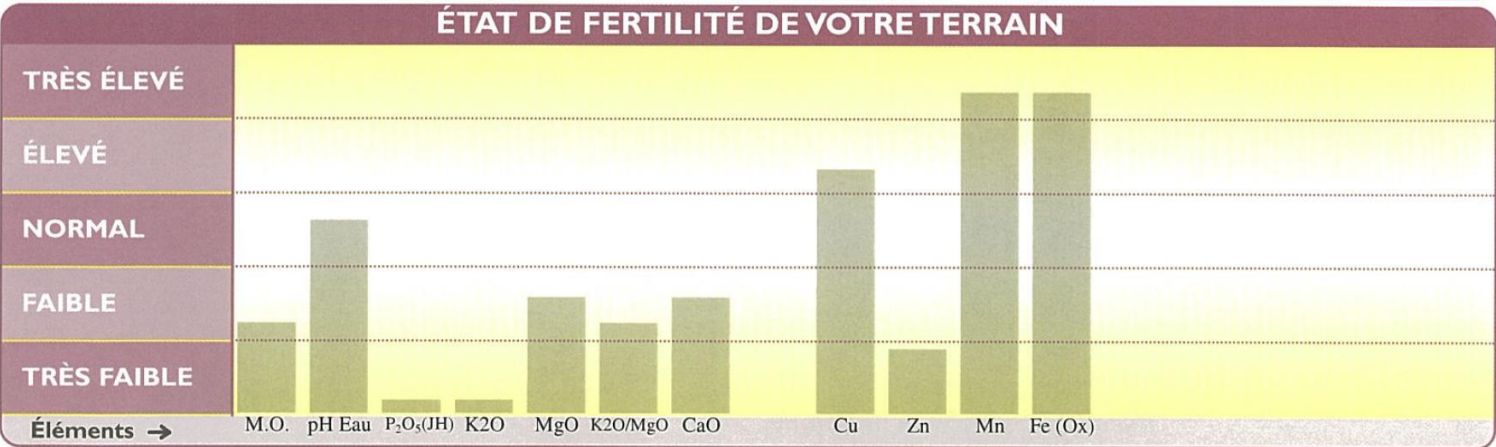
TECHNILAB

ZA DU CHATEAU ROUGE

BP60176

44155 ANCENIS

GRANULOMÉTRIE	Résultats	Type de sol	Analyses chimiques	Résultats	Teneurs souhaitables
Sans Décalcification			Phosphore (P2O5) JH*	g/kg 0,04	0,16 0,19
Sables grossiers*	g/kg 57	Argile limoneuse, très caillouteuse	Potassium éch. K2O	g/kg 0,06	0,15 0,19
Sables fins*	g/kg 129		Magnésium ech. MgO	g/kg 0,11	0,14 0,17
Limons grossiers*	g/kg 199		Calcium ech. CaO	g/kg 3,02	3,65 5,00
Limons fins*	g/kg 261		K2O/MgO	0,55	1,00 2,50
Argile*	g/kg 354		Taux de saturation (/CEC)	% 100	
Capacité d'échange (Metson en Meq/kg)*	107	Teneurs souhaitables			
Calcaire total*	g/kg 2,1		Cuivre (EDTA)*	mg/kg 2,9	1,8 2,5
Matières organiques	g/kg 26,9	34,0 40,8	Zinc (EDTA)*	mg/kg 1,2	2,8 3,8
Azote total	g/kg 1,75		Manganèse (EDTA)*	mg/kg 87,7	6,1 8,3
C/N	9	8 12	Fer (Oxalique)	mg/kg 335	18 90
pH Eau*	7,1	6,9 7,2	RU	mm 46	pour 20 cm de sol
pH KCl*	6,5	6,1 6,6	RFU	mm 32	pour 20 cm de sol



Le pH est correct, malgré une teneur en chaux insuffisante. Le sol se décalcifierait-il ? Surveillez son évolution et entretenez-le par un chaulage régulier avec un amendement calco-magnésien.

La teneur en matière organique est faible. Apportez, avant semis, un amendement organique à raison de 3 à 4 kg/m2.

Le sol est carencé en P2O5 : corrigez-le en renforçant la fertilisation phosphatée, à l'aide d'un engrais phosphaté soluble (20%).

Le sol est carencé en potassium, ce qui explique le rapport K2O/MgO trop faible. Corrigez-le en renforçant la fumure potassique : sulfate de potasse (50), 20 g/m2 pendant 3 ans.

Pour la fumure d'entretien, utilisez de l'engrais apportant de l'azote à action lente et réalisez 3 à 4 applications par an.

Les teneurs en fer et en manganèse sont très élevées. Cela traduirait-il des conditions de tassement ?

La teneur en cuivre est élevée.

La teneur en zinc est très faible : effectuez un apport.

BILAN DE FERTILITE		N	P2O5	K2O	MgO	CaO
Etat actuel de votre terrain :		- Déficit :	240	220	40	0
		- Réserve :	0	0	0	0
ENTRETIEN	Normal	FUMURE CONSEILLÉE (U/ha)				
1ère Année		150	100	200	80	960 (sur 3 ans)
2ème Année		150	100	200	80	
3ème Année		150	100	200	80	

ANNEXE 9 : FEUILLE DE CALCUL ALIZEE

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran
- origine fichier O:\...\structure ZAC Ancenis Nord.dat
- titre de l'étude : Structure ZAC Aéroport Ancenis

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0.6620 MPa
- rayon de contact : 0.1250 m
- entraxe jumelage : 0.3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{déf}$; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :

**tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et
compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
----- surface (z=0.000) -----					
h= 0.060 m	0.000m	66.5	0.862	-48.6	0.658
E= 7000.0 MPa					
nu= 0.350	0.060m	26.9	0.521	16.0	0.573
----- collé (z=0.060m) -----					
h= 0.080 m	0.060m	26.9	0.664	4.7	0.573
E= 9000.0 MPa					
nu= 0.350	0.140m	-31.9	-0.318	46.2	0.230
----- collé (z=0.140m) -----					
h= 0.080 m	0.140m	-31.9	-0.318	46.2	0.230
E= 9000.0 MPa					
nu= 0.350	0.220m	-114.6	-1.419	105.5	0.025
----- collé (z=0.220m) -----					
h infini	0.220m	-114.6	0.005	410.8	0.025
E= 50.0 MPa					
nu= 0.350					

Déflexion maximale =60.6 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure =696.7 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : gnt et sols (supplément)

données de trafic :

MJA = 136 pl/j/sens/voie
accroissth. = 2.00%
période de calcul = 20.0 années
trafic cumulé NPL = 1 181 400 PL

données déduites :

accroissth. géom. = 1.79%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 0.75
trafic cumulé NE = 886 050 essieux standard

données sur le matériau :

coefficient A = 12000
exposant = -0.2220

EpsilonZ admissible = 573.9 $\mu\text{déf}$

Calcul de Valeur admissible - matériau : bitumineux - eb-gb3

données de trafic :

MJA = 136 pl/j/sens/voie
accroissth. = 2.00%
période de calcul = 20.0 années
trafic cumulé NPL = 1 181 400 PL

données déduites :

accroissth. géom. = 1.79%

trafic cumulé équivalent NE :

coefficient CAM = 0.50

trafic cumulé NE = 590 700 essieux standard
données sur le matériau :
Epsilon6 = 90.00 $\mu\text{déf}$
pente inverse 1/b = -5.00
TétaEq = 15 °C
module E(10°C) = 11880 MPa
module E(TétaEq) = 9000 MPa
Ep. bitumineuse struct. = 0.080 m
écart type Sh = 0.010 m
écart type SN = 0.300
risque = 25.0%
coefficient Kr = 0.9060
coefficient Ks = 1/1.1
coefficient Kc = 1.3
EpsilonT admissible = 123.0 $\mu\text{déf}$