



Mission d'ingénierie géotechnique

Rapport de mission – G1+G2AVP



Traçabilité du rapport

Dossier d'affaire : DA 2022 0622

Devis n°AOCCGA202202163.1

Ind.	Date	Établi par	Approuvé par	Modification
1	13/06/2022	A.GIBOIRE	E.AUBERT	Première diffusion

Le présent document est à la version 1 et a été diffusé le 14/06/2022.

Intervenants

Maître d'ouvrage :	Contact
LAVAL AGGLOMÉRATION Sce Financier – Hôtel Communautaire 1, Place du Général Ferrié – CS 60809 53008 LAVAL CEDEX 	M. Julien HAREL ☎ 02 43 49 86 26 commande.publique@laval.fr
Maître d'œuvre :	Contact
SPORT INITIATIVES ZA La Belle Croix 72510 REQUEIL 	M. Arnaud LOUVEAU ☎ 06 87 53 14 86 contact@sportinitiatives.com

Observations

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 36 pages. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à la présente opération suivant les documents portés à notre connaissance à la date de diffusion du présent document.





Sommaire

1. OBJET	4
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.1 DOCUMENTS DE L'OPERATION	5
2.2 REGLEMENTS ET NORMES APPLICABLES	5
2.3 ABREVIATIONS UTILISEES.....	5
3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE.....	6
3.1 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, TOPOGRAPHIE ET OCCUPATION DU SITE	6
3.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
3.3 RISQUES DIVERS SUR LA COMMUNE	7
3.4 RETRAIT/GONFLEMENT DES ARGILES	7
3.5 RISQUE DE REMONTEES DE NAPPES/INONDATIONS DE CAVES.....	7
3.6 SISMICITE.....	7
4. RECONNAISSANCES DE SOL ET ESSAIS EFFECTUES	8
4.1 PROGRAMME DES ESSAIS	8
4.2 SONDAGES DE RECONNAISSANCE.....	8
4.3 HYDROLOGIE	10
4.4 CLASSIFICATION GTR	10
4.5 ESSAIS PROCTOR NORMAL.....	11
4.6 ÉTUDE DE TRAITEMENT.....	11
5. PRINCIPES CONSTRUCTIFS DU TERRAIN SYNTHETIQUE	13
5.1 DEFINITIONS – RAPPELS	13
5.2 REALISATION DES TERRASSEMENTS	13
5.3 COUCHE DE FONDATION	14
6. ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE.....	15
7. ANNEXES	18
7.1 ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES SONDAGES.....	18
7.2 ANNEXE 2 : COUPES DE SONDAGES.....	20
7.3 ANNEXE 3 : CLASSIFICATIONS GTR	28
7.4 ANNEXE 4 : ÉTUDE DE TRAITEMENT	33

1. Objet

A la demande de Mr Julien HAREL et pour le compte de Laval Agglomération, Laboratoire CBTP a réalisé une étude géotechnique dans le cadre du projet de transformation d'un terrain de football gazonné en gazon synthétique situé ZA de la Mairie sur la commune de Saint Ouën des Toits (53). La présente mission fait référence à la norme NF P94-500 de novembre 2013 ; étapes G1 et G2, phase AVP.

Les sondages ont été effectués le 24 mai 2022 par un technicien du Laboratoire CBTP.

Les objectifs de l'étude sont :

- Décrire le contexte du site (géologique, hydrogéologique et risques naturels),
- Identifier les sols en place,
- Définir le type de fondations envisageable pour le futur terrain de grand jeux en gazon synthétique selon la norme NF P 90-112,
- Donner les recommandations géotechniques pour obtenir une portance $EV2 \geq 30$ MPa au niveau du fond de forme.

Le présent rapport d'études comprend les parties suivantes :

- Contexte du site
- Contenu des reconnaissances effectuées
- Analyses et résultats
- Définition des principes constructifs
- Annexes

NB : La définition des principes de fondation des mâts d'éclairage fait l'objet d'un rapport distinct et spécifique.



2. Documents de référence

2.1 Documents de l'opération

Les documents transmis au Laboratoire CBTP pour la réalisation de la présente étude sont les suivants :

Date de réception	Intitulé - Référence
20-04-2022	AE
	Aire d'étude St Ouen
	Cahier des charges
	CCAP
	RC
19-05-2022	Plan étude géotechnique St Ouën des Toits

Notre devis n°AOCCGA202202163.1

2.2 Règlements et normes applicables

Les normes et règles professionnelles applicables dans le cadre général de la présente étude sont les suivantes :

	N°	Intitulé
1	NF P94-500	Mission d'ingénierie géotechnique
2	NF P 90-112 (déc. 2016)	Sols sportifs : Terrains de grands jeux en gazon synthétique
3		GTR - guide technique des remblais et des couches de forme SETRA / LCPC – septembre 1992
4		GTS - guide technique des traitements des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques SETRA / LCPC – janvier 2000

2.3 Abréviations utilisées

Les abréviations utilisées dans le présent rapport sont les suivantes :

	Abréviation	Signification
1	W%	Teneur en eau
2	VBS	Valeur de Bleu de Sol
3	IPI	Indice Portant Immédiat
4	I _{CBR}	Indice portant après immersion
5	PST	Partie Supérieure des Terrassements
6	AR	Arase des terrassements





3. Contexte géographique et géologique

3.1 Contexte géographique, topographie et occupation du site



Le terrain objet de l'étude se situe Zone d'Activité de la Mairie, sur le parcelle 97 cadastrée dans la section AD de la commune de Saint Ouën des Toits (53).

Actuellement (mai 2022), l'emprise du projet correspond au terrain de football actuellement en gazon naturel.



3.2 Contexte géologique



La carte géologique de LAVAL au 1/50 000 (BRGM, n°319) montre que le site de l'étude est situé au droit d'une formation de grès quartzitiques noirs à gris pouvant contenir de petits feldspaths altérés et d'altérations gréseuses jaunâtres en gros bancs.

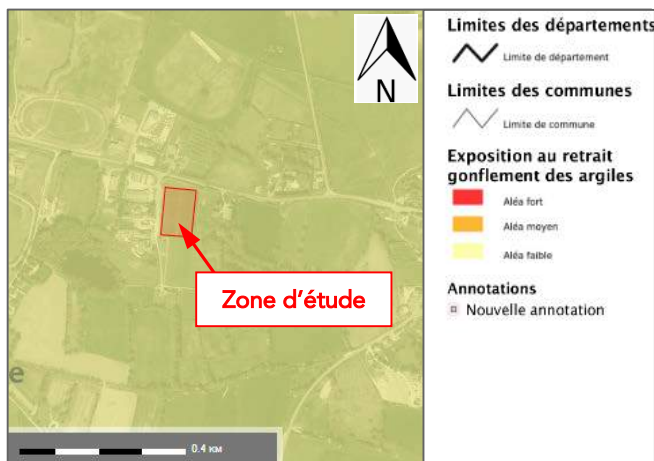
Notons également que de par le caractère urbanisé de la zone d'étude, la présence d'horizons remblayés est probable.

3.3 Risques divers sur la commune

- Mouvement de terrain
- Phénomène lié à l'atmosphère
- Rupture de barrage
- Séisme
- Transport de marchandises dangereuses

(Source : www.georisques.gouv.fr)

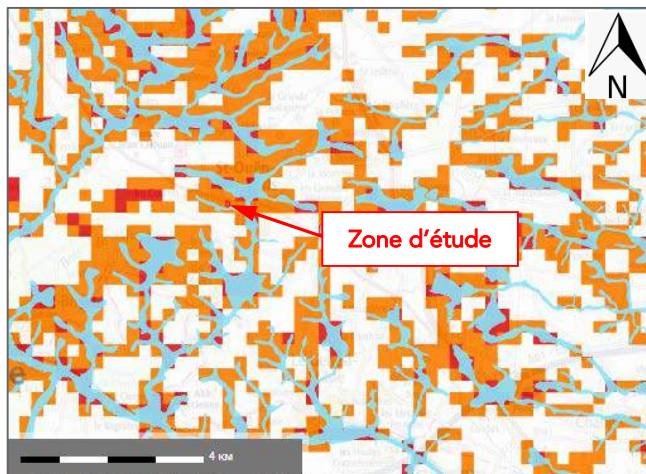
3.4 Retrait/gonflement des argiles



Le secteur concerné par la présente étude se situe en zone d'aléa faible concernant le risque de retrait/gonflement des argiles (www.georisques.gouv.fr).

En conséquence, la profondeur minimale d'assise des fondations devra être à une profondeur minimale de 0,80 m/TN, en dehors de toute considération de portance du sol.

3.5 Risque de remontées de nappes/inondations de caves



Le secteur concerné par la présente étude se situe en zone potentiellement sujette aux inondations de caves (www.georisques.gouv.fr).

- Zones potentiellement sujettes aux débordements de cave
- Zones potentiellement sujettes aux inondations de nappe
- Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave
- Entités hydrogéologiques imperméables à l'affleurement (source : BDLSA V2/BRGM)
- Enveloppes Approchées des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare (Source : MTES/DGPR)

3.6 Sismicité

La commune est située en zone de sismicité 2 (faible).

4. Reconnaissances de sol et essais effectués

4.1 Programme des essais

La présente mission d'ingénierie géotechnique inclut les essais réalisés sur site le 24 mai 2022, ci-après :

- 2 sondages réalisés à la minipelle mécanique, aux extrémités du terrain de jeu, derrière la ligne de but (PM5 & PM6),
- 5 sondages réalisés à la tarière manuelle Ø 80mm sur la surface de jeu (TA7 à TA11),
- 3 identifications GTR des sols rencontrés,
- 1 étude Proctor sur matériau naturel,
- 1 étude de traitement à la chaux.

4.2 Sondages de reconnaissance

Lors des sondages, nous avons identifié les formations suivantes (cf. plan d'implantation & coupes de sondage joint en annexe 1 & 2) :

- Une couche de gazon naturel et de terre végétale sur une épaisseur de 0,20 m à 0,35 m,
- Le fond de forme actuel constitué d'une part de limon marron de classification GTR A1 dans un état hydrique « m » moyen, et d'autre part d'une argile marron ocre de classification GTR A2 dans un état hydrique « m » moyen à « h » humide.

Le fond de forme en place est constitué de sols fins fortement sensibles à l'eau.





	
Sondage TA7	Sondage TA8
	
Sondage TA9	Sondage TA10
	
Sondage TA11	

4.3 Hydrologie

Lors de nos investigations au mois de mai 2022, nous avons constaté des arrivées d'eau :

Sondage	Profondeur [m/TN]
	Arrivée d'eau en cours de sondage
PM5	0,50 m
TA8	0,80 m

NB : le caractère ponctuel des sondages dans le temps ne permet pas d'apprécier la variation inéluctable des nappes et infiltrations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

4.4 Classification GTR

Les matériaux ont été prélevés et amenés au Laboratoire CBTP par notre équipe pour essais selon les normes en vigueur. L'objectif des analyses pratiquées est de classer les sols rencontrés selon la norme NF P 11-300 :

	N°	Intitulé
1	NF P 94-056	Analyse granulométrique
2	NF P 94-068	Valeur de bleu des sols
3	NF P 94-078	Indice Portant Immédiat / ICBR
4	NF P 94-050	Teneur en eau

Les essais d'identification des matériaux sont résumés dans le tableau suivant :

Faciès	Passant (%) (en mm)								W _{nat} (%)	IPI	VBS	GTR
	0,08	0,2	1	2	5	10	20	50				
PM5 (0,25 m à 1,00 m) Argile marron ocre	74,7	85	90	93	97	99	100	-	25,2	5,3	2,21	A _{1h}
PM6 (0,25 m à 1,00 m) Argile marron	70,8	79	85	88	93	96	98	100	17,0	11,9	3,11	A _{2m}
TA9 (0,15 m à 0,40 m) Limon	58,4	72	84	91	98	100	100	-	14,3	16,4	1,51	A _{1m}

Les PV sont joints en annexe 3.

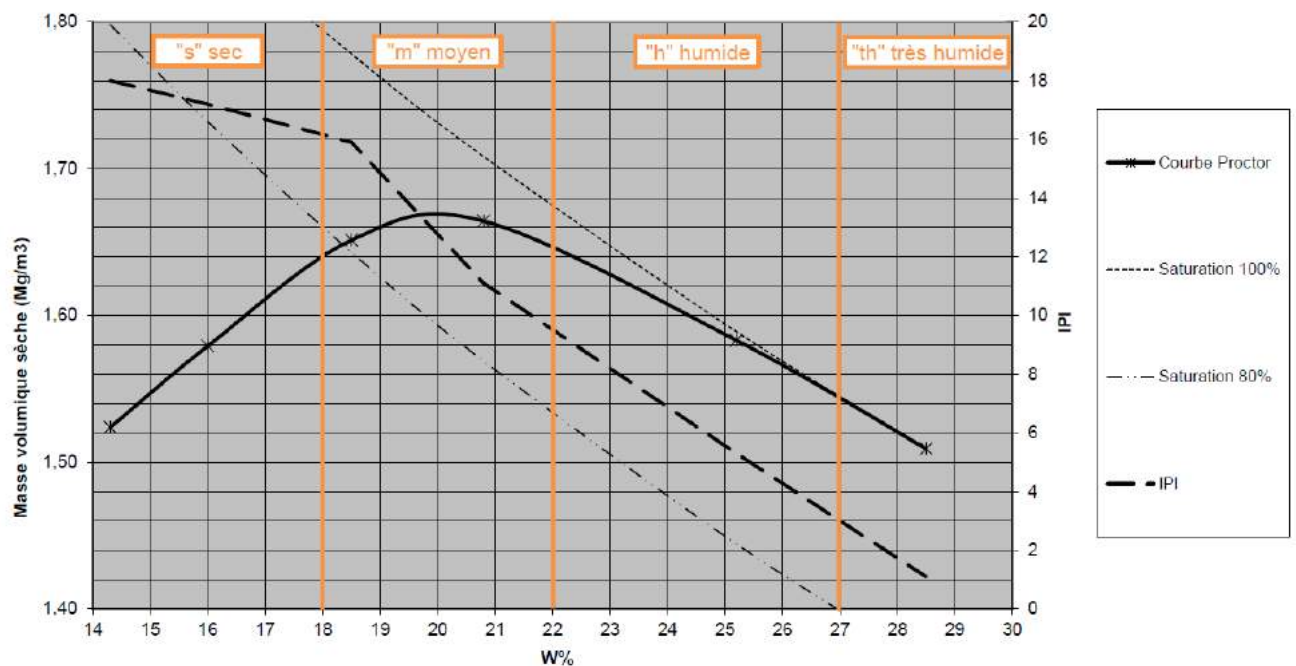


4.5 Essais proctor normal

Les états hydriques figurant sur les coupes des sondages ont été déterminés à partir du Proctor effectué sur l'argile marron, matériau prédominant.

Les résultats de l'étude Proctor normal réalisés sur la fraction 0/D sont résumés dans le tableau suivant :

Faciès	Classification GTR	ρ_s OPN (Mg/m ³)	W% OPN
Argile marron ocre	A1	1,67	20,0



Le PV est joint en annexe 3.

4.6 Étude de traitement

Le fond de forme actuel est constitué d'argile et limon, caractérisé par une forte sensibilité à l'eau.

Dans les conditions de teneur en eau lors de nos sondages le 24 mai 2022, le fond de forme présente des caractéristiques mécaniques très hétérogènes avec localement des zones de plus faibles portances (état hydrique très humide), ne permettant pas de garantir en tous points la portance recherchée $EV2 \geq 30$ MPa.

Une étude de traitement à la chaux visant la stabilisation des sols en place (amélioration du fond de forme) a donc été réalisée selon les dispositions du GTS et comprend la vérification des critères suivants :

- $IPI \geq 6$ (spécification norme NF P 90-112),
- $ICBR \geq IPI$ (effet du traitement durable, même en présence d'eau)

L'objectif de cette étude est de déterminer le dosage en chaux aérienne calcique vive minimum permettant d'atteindre la valeur d'IPI objectif afin de garantir la portance visée ($EV2 \geq 30$ MPa).



La vérification de la condition $ICBR / IPI$ consiste à mesurer l'indice portant du matériau traité après un séjour dans l'eau de 4 jours à température ambiante puis de le comparer à l'indice portant immédiat.

La vérification de cette condition constitue une garantie de la pérennité des effets du traitement.

Cette étude a été menée au dosage de 1% de chaux, à partir de la formation d'argile rencontrée à l'état hydrique « h » humide, sous la couverture végétale :

Faciès	GTR	Pourcentage de chaux (%)	Teneur en eau avant traitement (%)	Teneur en eau initiale (après traitement)	Teneur en eau finale (après immersion) (%)	IPI objectif	IPI après traitement	ICBR 4 j immersion	Gonflement linéaire GL (%)	ICBR / IPI
Argile marron ocre PM5 (0,25 m à 1,0 m)	A1	1,0	27,2	23,6	25,9	6,0	18,1	21,0	0,38	1,16

Le PV est joint en annexe 4.

Conclusions :

1. L'IPI objectif est atteint après traitement au dosage de 1% de chaux,
2. La pérennité du traitement est vérifiée ($ICBR / IPI > 1$).



5. Principes constructifs du terrain synthétique

5.1 Définitions – Rappels

Le projet consiste à aménager le terrain de football actuellement en herbe en un terrain de football en gazon synthétique.

D'après la norme NF P 90-112, les exigences du fond de forme sont les suivantes :

- Portance : $EV2 \geq 30 \text{ MPa}$ (1 mesure / 500m^2),
- Traficabilité : les roues jumelées d'un essieu chargé à 13T ne doivent pas créer de traces dont la profondeur soit supérieure à 2 cm.
- Pente : 0,5 à 1,0 %
- Nivellement : +/- 2 cm par rapport à la cote théorique

5.2 Réalisation des terrassements

La topographie du site et la configuration du projet ne laissent pas prévoir d'importants travaux de déblai-remblai. Ces derniers consistant davantage à des travaux de mise à niveau pourront être exécutés à l'aide d'engins de terrassement classiques.

Au vu des sondages et analyses pratiquées sur l'emprise du projet, le fond de forme actuel est constitué des formations limono-argileuses dans un état hydrique moyen à très humide présentant des portances hétérogènes.

Il s'agit de sols sensibles aux variations de teneur en eau et donc peuvent voir leur portance chuter en cas de précipitations.

En phase chantier, la plate-forme devra par conséquent être protégée contre les arrivées d'eau, dressée de façon à éviter toute stagnation et permettre l'évacuation des eaux de ruissellement vers un exutoire.

Les dispositions constructives ci-après ont pour objectif d'obtenir un fond de forme caractérisé par une portance $EV2 \geq 30 \text{ MPa}$ en tous points, soit par une opération de purge et substitution en matériaux granulaires d'apport, soit par traitement des sols en place, tout en considérant la cote finie du futur projet à la même altimétrie que le terrain engazonné existant.

Solution 1 : granulaire

1. Décapage de la terre végétale sur toute son épaisseur et purge des éventuelles poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie,
2. Réalisation d'un système de drain périphérique et en épis afin d'éviter toute remontée de nappe éventuelle au sein de la PST,
3. Selon l'altimétrie du projet : il conviendra de réaliser une couche de forme dans le but d'uniformiser le niveau de portance sur l'ensemble de la surface :
 - Soit par décaissement sur une épaisseur minimale de 0,30 m et substitution par un matériau granulaire insensible à l'eau de type R41, R61 ... posé sur géotextile,



- Soit par élévation du niveau du terrain et apport d'un matériau granulaire insensible à l'eau de type R41, R61 ... posé sur géotextile,
 - Dans les deux cas cette opération dépendra fortement de l'état hydrique des matériaux au moment des travaux à confirmer par une planche d'essai au démarrage des travaux.
4. Procéder à une imperméabilisation du fond de forme afin d'éviter toute infiltration d'eau superficielle.

Solution 2 : traitement à la chaux

Après décapage de surface et réalisation des travaux de déblai / remblai de mise à niveau, on pourra procéder à une amélioration du fond de forme obtenu par traitement à la chaux vive. Un traitement au dosage de 1% de chaux sur une épaisseur de l'ordre de 35 à 40 cm devrait permettre d'atteindre la portance visée $EV2 \geq 30 \text{ MPa}$.

En fonction de l'état hydrique des matériaux lors de la réalisation des travaux, il pourra être nécessaire d'adapter le dosage en chaux et d'augmenter l'épaisseur de la couche traitée dans les zones éventuellement très humides.

A contrario, les matériaux dans un état hydrique sec à moyen nécessiteront une pré-humidification afin qu'ils ne soient pas trop secs après traitement.

La condition de pérennité du traitement a été vérifié, par conséquent l'effet du traitement est durable et devrait garantir le niveau de portance recherché à long terme.

Dans tous les cas, les travaux devront être interrompus en cas de météo pluvieuse.

NB : Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables sur l'ensemble du chantier. Des éléments nouveaux (hétérogénéité géologique...) mis en évidence lors des travaux peuvent entraîner des adaptations tant à la conception qu'à l'exécution.

5.3 Couche de fondation

Les procédés de gazon synthétique sont perméables et nécessitent d'être appliqués sur une infrastructure support perméable et drainante.

La nature et les caractéristiques de perméabilité des sols en place (sols limono-argileux) ne permettant pas d'assurer cette fonction, la réalisation d'un réseau de drain sera obligatoire et une couche de fondation drainante et filtrante de perméabilité supérieure à 10^{-4} m.s^{-1} ou 36 cm/h devra être mise en œuvre sur une épaisseur minimale de 0,15 m.

On se reportera à la norme XP P90-112 pour l'ensemble des possibilités offertes quant à la composition du système drainant.

Afin d'assurer une évacuation optimale des eaux de ruissellements, le fond de forme devra être dressé en toit deux pentes. La pente devra être comprise entre 0,5% et 1,0%.

Des contrôles de tolérance de nivellement de 0,01m sous la règle de 3 m passées en tous points et tous sens.

6. Enchainement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchainement 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	Études 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	Fonctions 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	Études géotechniques 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)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de 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'exécutions (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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique





L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception 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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la 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 étude 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'avoisinants 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 d'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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (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 avoisinants), 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 avoisinants), 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.

- Établir 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

**ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)****ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES 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 étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- étudier 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 contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer 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 et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase étude.
- 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).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GEOTECHNIQUE 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 son 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 du 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 GEOTECHNIQUE (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 identifiés 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.
- Étudier 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'étude 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 géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Sources : tableau 1 et 2 de définition de l'enchaînement et du contenu des missions d'ingénierie géotechnique (NF P94-500, de novembre 2013)

7. ANNEXES



7.1 Annexe 1 : Implantation des sondages

Rapport de mission – G1+G2AVP • Version 1 • 14/06/2022



7.2 Annexe 2 : Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMERATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0622
 N°BA : TER C 2022 06 021

Météo : Nuageux
 Localisation : S5 – cf plan joint
 Moyens utilisés : Mini pelle 1,5 T
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 µm (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPI	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale									
0,20										
0,25										
0,30										
0,40	Argile marron ocre <i>Arrivée d'eau à 0,50m</i>	A1h	25,2	74,7	93	100	20	2,21	5,3	1,67 / 20,0
0,50										
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										

Fin de sondage à 1 m



RAPPORT D'ESSAIS
Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMERATION

Chantier : Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)

Destinataire : Julien HAREL

N° DA : 2022-0622

N°BA : TER C 2022 06 021

Météo : Nuageux

Localisation : S6 – cf plan joint

Moyens utilisés : Mini pelle 1,5 T

NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel

Date : 24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 µm (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPI	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale									
0,20										
0,25										
0,30										
0,40	Argile marron ocre	A2m	17,0	70,8	88	100	31,5	3,11	11,9	
0,50										
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										

Fin de sondage à 1 m



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMERATION

Chantier : Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)

Destinataire : Julien HAREL

N° DA : 2022-0622

N°BA : TER C 2022 06 021

Météo : Nuageux

Localisation : S7 – cf plan joint

Moyens utilisés : Tarière manuelle

NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel

Date : 24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 µm (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPI	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale sableuse									
0,20										
0,30										
0,35										
0,40										
0,50	Limon marron	A1m (estimé)	17,8							
0,60										
0,70										
0,80	Argile Panaché marron rougeâtre ocre	A1m (estimé)	21,7							
0,90										
1,00										

Fin de sondage à 1 m



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise :	LAVAL AGGLOMERATION	Météo :	Nuageux
Chantier :	Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)	Localisation :	S8 – cf plan joint
Destinataire :	Julien HAREL	Moyens utilisés :	Tarière manuelle
N° DA :	2022-0622	NGF :	Cote 0 = niveau terrain naturel
N°BA :	TER C 2022 06 021	Date :	24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 µm (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPI	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale sableuse									
0,20										
0,30	Limon marron	A1h/th (estimé)	22,5							
0,40										
0,50	Limon marron finement sableux Arrivée d'eau à 0,80 m	A1th (estimé)	23,6							
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										

Fin de sondage à 1 m



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMERATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0622
 N°BA : TER C 2022 06 021

Météo : Nuageux
 Localisation : S9 – cf plan joint
 Moyens utilisés : Tarière manuelle
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 μ m (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPi	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale									
0,15										
0,20										
0,30	Limon marron	A1m	14,3	58,4	91	100	20	1,51	16,4	
0,40										
0,50										
0,60	Argile panaché ocre marron	A2m (estimé)	24,3							
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										

Fin de sondage à 1 m



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMERATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0622
 N°BA : TER C 2022 06 021

Météo : Nuageux
 Localisation : S10 – cf plan joint
 Moyens utilisés : Tarière manuelle
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 µm (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPI	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale									
0,20										
0,30	Limon marron	A1m/h (estimé)	19,6							
0,40										
0,50										
0,60										
0,70										
0,75										
0,80	Argile ocre	A2m (estimé)	21,5							
0,90										
1,00										

Fin de sondage à 1 m



RAPPORT D'ESSAIS
Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMERATION

Chantier : Aménagement Terrain synthétique – St Ouen des Toits (53)

Destinataire : Julien HAREL

N° DA : 2022-0622

N°BA : TER C 2022 06 021

Météo : Nuageux

Localisation : S11 – cf plan joint

Moyens utilisés : Tarière manuelle

NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel

Date : 24/05/22

Cote	Nature des terrains	Classification (NF P 11-300)	Wnat (%)	< 80 µm (%)	< 2 mm (%)	<50 mm (%)	Dmax	VBS	IPI	OPN (ρ et W%)
0,10	Terre végétale sableuse									
0,20										
0,30	Limon argileux marron	A1m (estimé)	17,9							
0,40										
0,50										
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										

Refus sur blocs à 0,90 m





7.3 Annexe 3 : Classifications GTR

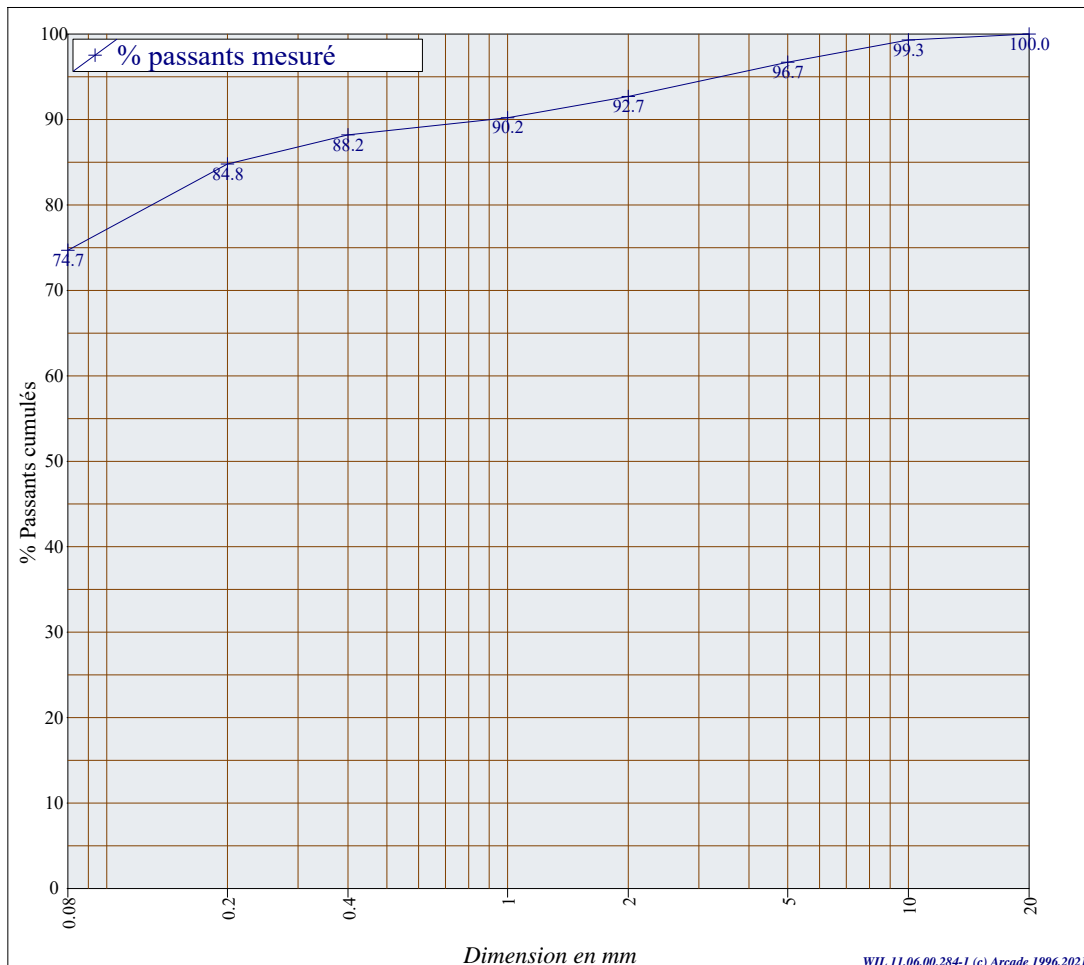
Client : Laval Agglomération
1 place du Général Ferrié
53000 LAVAL

Dossier 2022-0622 : Terrain de football synthétique - Saint Ouen des Toits (53)

Prélèvement n° C2160002	<i>prélevés le 24/05/2022</i>
Origine	<i>Chantier</i>
Mode	<i>Sondage</i>
Fait par	<i>F.CHARON</i>
Observations internes	<i>PM5 (0.25m à 1.00m) - Argile marron ocre</i>

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A1	
Etat hydrique	h	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	5.3	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	2.21	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	25.2 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
20.000	100
10.000	99
5.000	97
2.000	93
1.000	90
0.400	88
0.200	85
0.080	74.7



le 09/06/2022

<i>Technicienne E. Boutrouelle</i>	<i>Responsable de secteur T. LE BORGNE</i>

RAPPORT D'ESSAIS
Etude Proctor Normal - IPI
(NF P 94-093, NF P 94-078)

Entreprise : Laval Agglomération
Chantier : Terrain de Football synthétique - Saint Ouen des Toits (53)
Date du prélèvement : 24/05/2022
Destinataire : Julien HAREL
N° échantillon : C216 0002
Dossier Affaire : 2022-0622

Lieu de prélèvement : PM5 (0,25m à 1,00m)
Prélèvement : Laboratoire CBTP ☒ Client ☐
Date de l'essai : 02/06/2022
Nature du matériau : Argile marron/ocre naturelle
Classification GTR : A1

Type de moule :	CBR
Masse volumique des particules solides du sol* (Mg/m ³) :	2,65
% de refus à 20 mm :	0

* valeur estimée

Préparation du matériau :

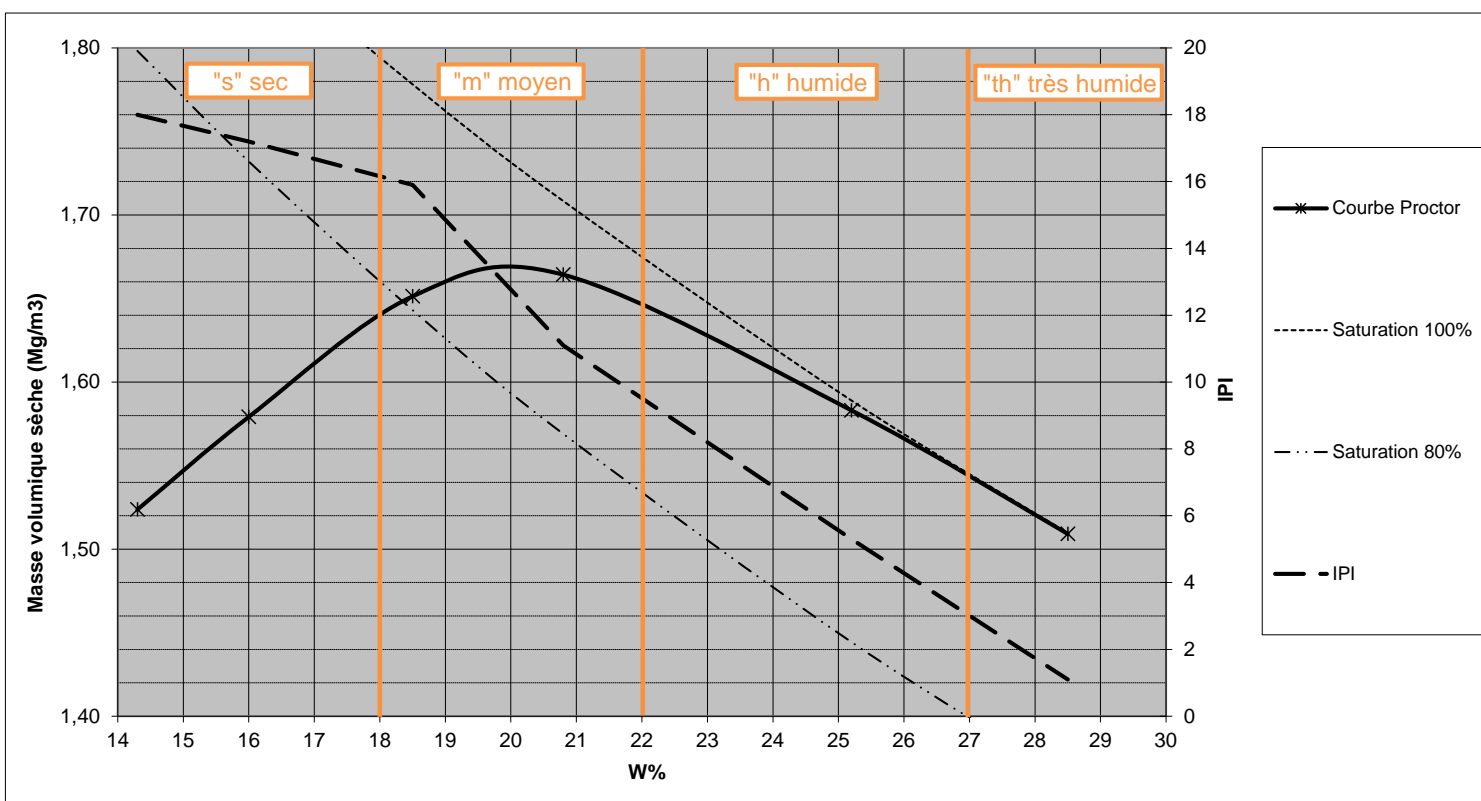
Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

ESSAI PROCTOR NORMAL

Teneur en eau (%)	14,3	16,0	18,5	20,8	25,2	28,5	
Masse volumique sèche (Mg/m ³)	1,52	1,58	1,65	1,66	1,58	1,51	

ESSAI IPI ASSOCIE

IPI	18,0	17,2	15,9	11,1	5,3	1,1	
-----	------	------	------	------	-----	-----	--



Caractéristiques Proctor Normal

pdOPN (Mg/m ³)	1,67
W%OPN	20,0

1/1	Elodie Boutrouelle	Tangi LE BORGNE
Page	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
09/06/2022	Rédigée par	Validé par
Date		

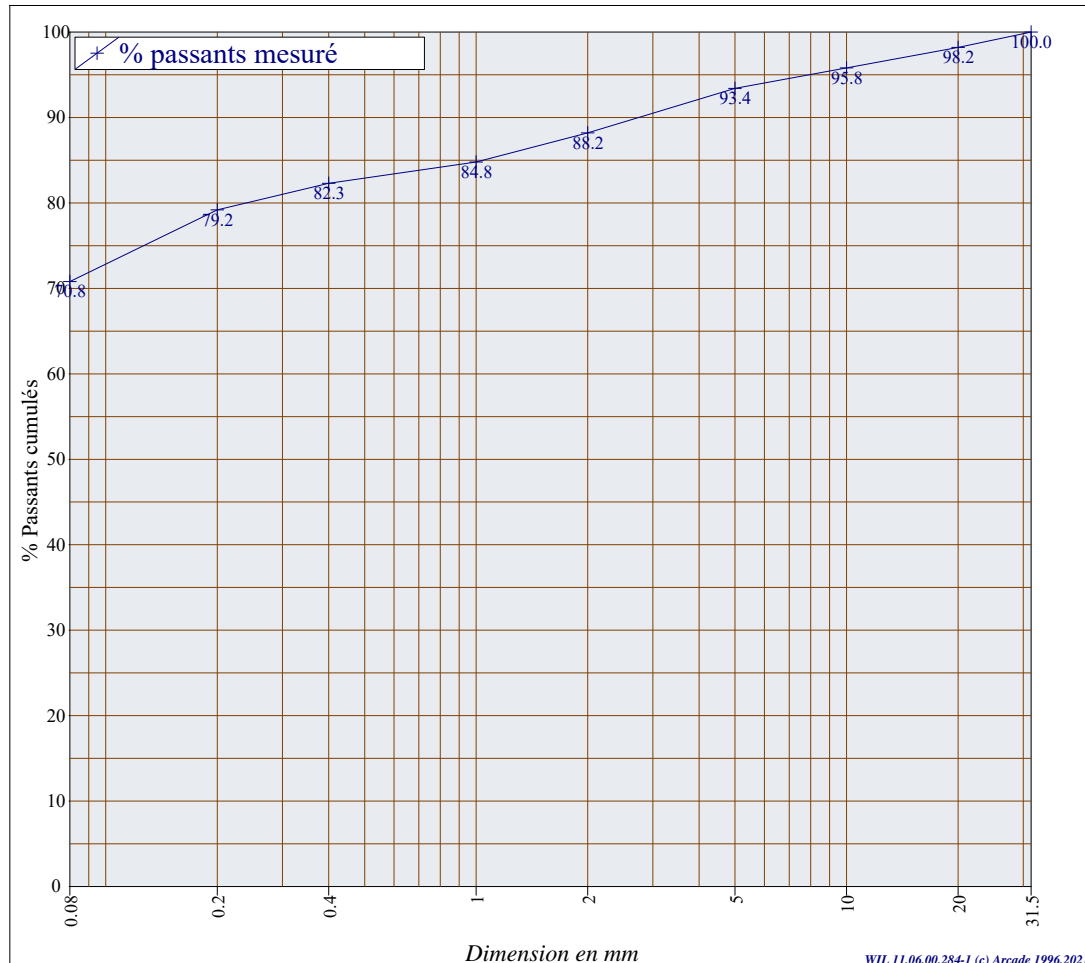
Client : Laval Agglomération
1 place du Général Ferrié
53000 LAVAL

Dossier 2022-0622 : Terrain de football synthétique - Saint Ouen des Toits (53)

Prélèvement n° C2160003	prélevés le 24/05/2022
Origine	Chantier
Mode	Sondage
Fait par	F.CHARON
Observations internes	PM6 (0.25m à 1.00m) - Argile marron

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A2	
Etat hydrique	m	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	11.9	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	3.11	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	17.0 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
31.500	100
20.000	98
10.000	96
5.000	93
2.000	88
1.000	85
0.400	82
0.200	79
0.080	70.8



le 09/06/2022

Technicienne E. Boutrouelle	Responsable de secteur T. LE BORGNE

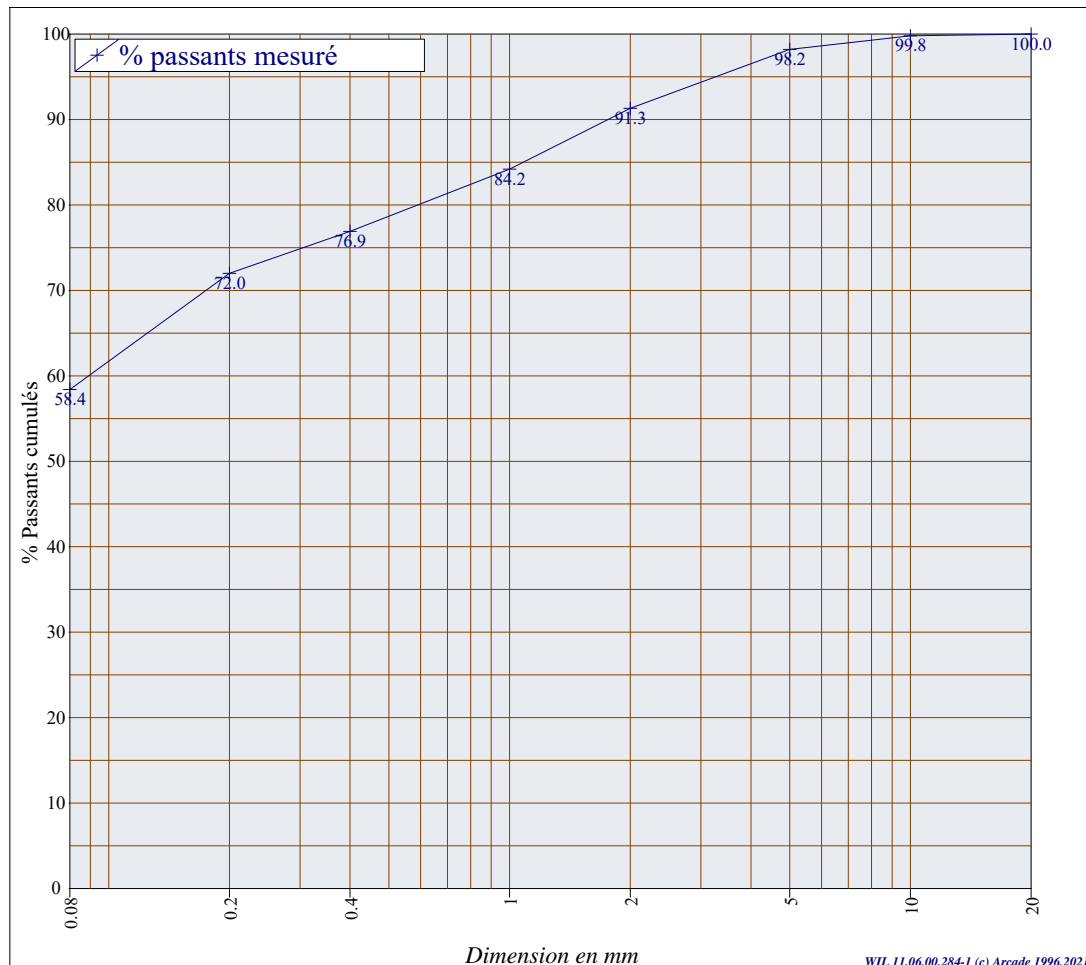
Client : Laval Agglomération
1 place du Général Ferrié
53000 LAVAL

Dossier 2022-0622 : Terrain de football synthétique - Saint Ouen des Toits (53)

Prélèvement n° C2160004	prélevés le 24/05/2022
Origine	Chantier
Mode	Sondage
Fait par	F.CHARON
Observations internes	TA9 (0.15m à 0.40m) - Limon

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A1	
Etat hydrique	m	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	16.4	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	1.51	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	14.3 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
20.000	100
10.000	100
5.000	98
2.000	91
1.000	84
0.400	77
0.200	72
0.080	58.4



le 09/06/2022

Technicienne E. Boutrouelle	Responsable de secteur T. LE BORGNE



7.4 Annexe 4 : Etude de traitement

RAPPORT D'ESSAIS

Etude de l'IPI en fonction de W%

(NF 94-078)

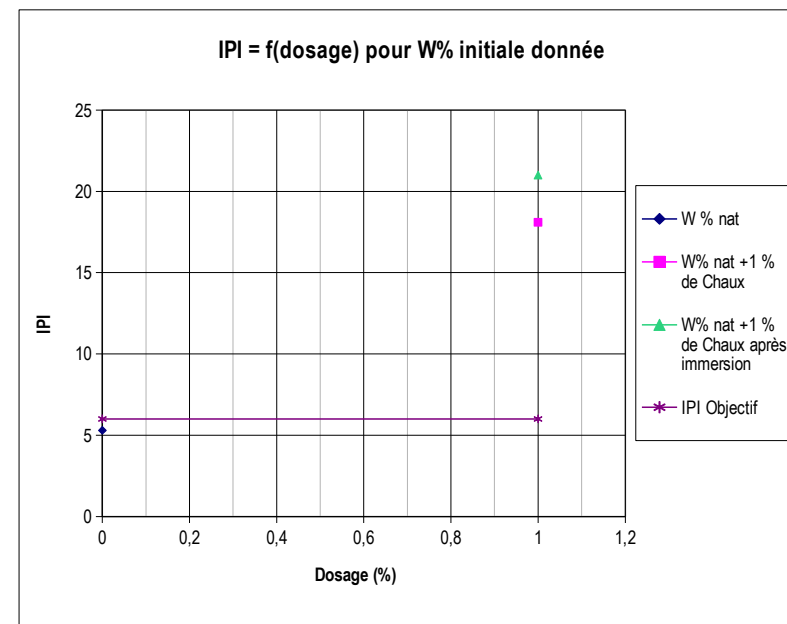
Entreprise : Laval Agglomération Dossier Affaire : 2022-0622 Origine du matériau : PM5 (0,25m à 1,00m) Date du prélèvement : 24/05/2022

Chantier : Terrain de football synthétique – Saint Ouën des Toits (53) Prélèvement : Client ☐ Laboratoire CBTP ☒

Destinataire : Julien HAREL N° échantillon : C216 0002 Nature du matériau : Argile marron/ocre – A1 Nature du traitement : Chaux aérienne calcique vive

			Dosage en CaO (%)				
			0	1			
Mesures de IPI et de l'ICBR (NF P 94-078)	W % nat	IPI	5,3				
		W% finale (%)	27,2				
		pd (t/m3)	1,59				
	W% nat +1 % de Chaux	IPI		18,1			
		W% finale (%)		23,6			
		pd (t/m3)		1,60			
		IPI					
		W% finale (%)					
		pd (t/m3)					
		IPI					
		W% finale (%)					
		pd (t/m3)					
	W% nat +1 % de Chaux après immersion	I _{CBR} (4 jours d'immersion)		21,0			
		W% finale (%)		25,9			
		G (%)		0,38			
		IPI Objectif	6	6			

Date confection	03/06/2022
Date essais	07/06/2022



CRITERE : Fond de forme IPI>6 (Norme NF P 90-112 Décembre 2016 – Terrains de grands jeux en gazon synthétique § 4-2)

CONCLUSION : Dans les conditions de teneur en eau d'étude, l'IPI objectif est atteint au dosage étudié de 1 % de chaux et la pérennité du traitement est vérifiée (ICBR/IPI>1). L'effet du traitement est durable.

1/1	09/06/2022	Elodie BOUTROUELLE Technicienne chargée des essais	Tangi LE BORGNE Responsable secteur études terrassement
Page	Date	Rédigée par	Validé par



**Laboratoire CBTP**

ZA Noyal Sud - ZA Richardière Sud
3, rue Lépine - BP 33216
35 532 Noyal-sur-Vilaine

Tel : 02 99 41 65 94
www.lcbtp.com

Votre contact

Emmanuel AUBERT
Responsable de secteur Géotechnique
Agence de Noyal-sur-Vilaine
☎ : 06 20 63 77 18
Emmanuel.aubert@lcbtp.com