



Mission d'ingénierie géotechnique

Rapport de mission – G1+G2AVP



Traçabilité du rapport

Dossier d'affaire : DA 2022 0620

Devis n°AOCCGA202202163.1

Ind.	Date	Établi par	Approuvé par	Modification
1	30/08/2022	A.GIBOIRE	E.AUBERT	Première diffusion

Le présent document est à la version 1 et a été diffusé le 30/08/2022.

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 38 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
5.2.1 <i>Terrassabilité</i>	13
5.2.2 <i>Drainage en phase chantier</i>	13
5.2.3 <i>Préparation du fond de forme</i>	13
5.2.4 <i>Réemploi des matériaux du site</i>	14
5.3 COUCHE DE FONDATION	16
6. ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE.....	17
7. ANNEXES	20
7.1 ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES SONDAGES.....	20
7.2 ANNEXE 2 : COUPES DE SONDAGES.....	22
7.3 ANNEXE 3 : CLASSIFICATIONS GTR	30
7.4 ANNEXE 4 : ÉTUDE DE TRAITEMENT	35



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 création d'un terrain de football en gazon synthétique situé Rue Pierre de Coubertin sur la commune de Loiron-Ruillé (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 25 juillet 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
	Cahier des charges
	CCAP
	RC
25-07-2022	Plan étude géotechnique Loiron-Ruillé

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

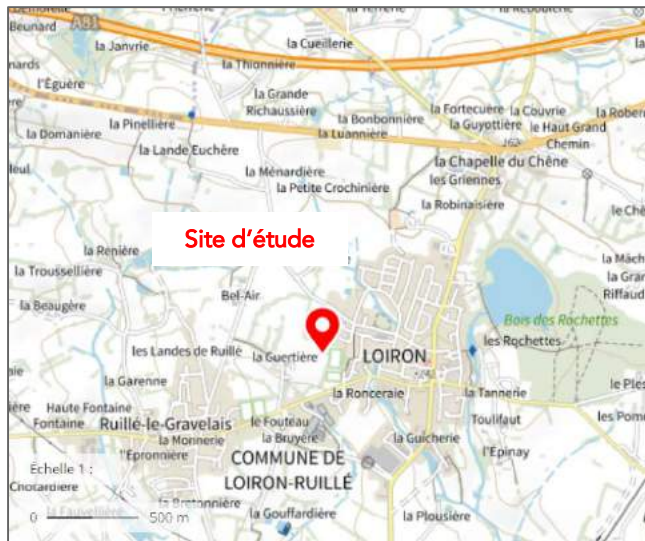
Les abréviations utilisées dans le présent rapport sont les suivantes :

	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



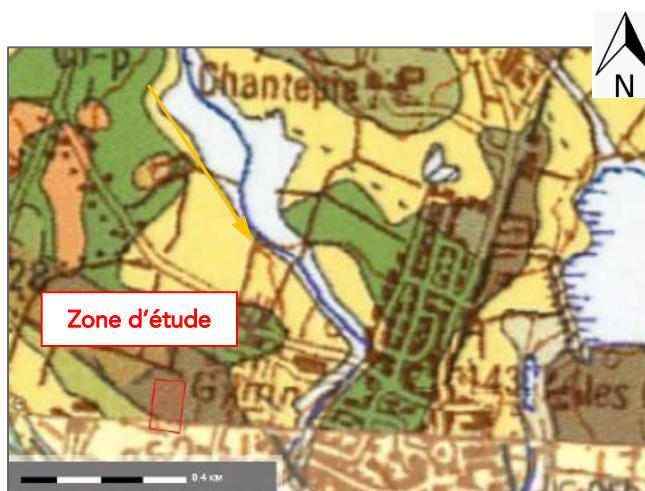
Le projet est localisé sur le territoire communal de LOIRON-RUILLE (53), Rue Pierre de Coubertin, sur la parcelle 0334 cadastrée dans la section ZT de la commune.

Actuellement (Août 2022), l'emprise du projet correspond à un terrain agricole.

La topographie du terrain présente une légère pente descendante du Nord-Ouest vers le Sud-Est : une différence d'altimétrie d'environ 2,3 m a été relevée.



3.2 Contexte géologique



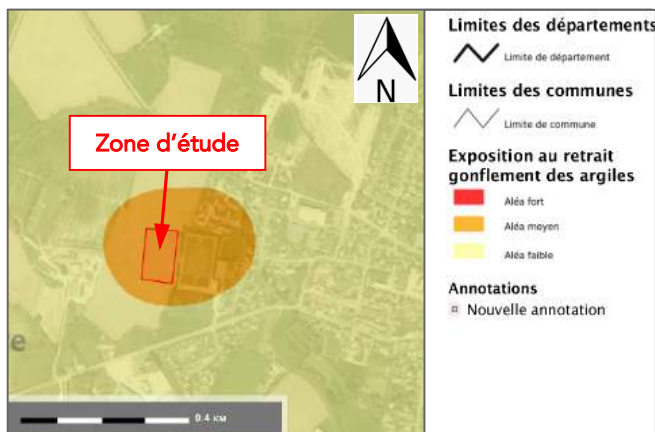
La carte géologique de LAVAL au 1/50 000 (BRGM, n°319) montre que le site de l'étude est situé au droit d'une formation de quartzites et grès micacés. Ces formations sont localement surmontées de leurs horizons d'altération, sous forme d'altérites.

3.3 Risques divers sur la commune

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

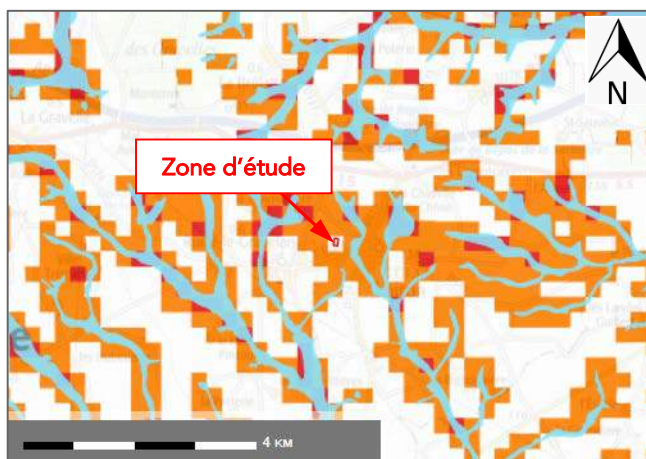
(Source : www.georisques.gouv.fr)

3.4 Retrait/gonflement des argiles



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

3.5 Risque de remontées de nappes/inondations de caves



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

3.6 Sismicité

Le zonage sismique classe la commune de Loiron-Ruillé (53) en zone d'aléa sismique 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 25 juillet 2022, ci-après :

- 3 sondages réalisés à la minipelle mécanique (PM1 à PM3),
- 4 sondages réalisés à la tarière manuelle Ø 80mm (TA4 à TA7),
- 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 terre végétale sur une épaisseur de 0,30 m à 0,40 m,
- Sous la végétale, une couche de limon sableux marron de classification GTR A1 dans un état hydrique « s » sec, au droit de l'ensemble des sondages hormis le sondage PM3 constitué d'une altérite gréseuse marron orangée de classification GTR C1B5 dans un état hydrique « m » moyen,

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



		
Sondage PM3		Sondage TA4
		
Sondage TA5		Sondage TA6
		
Sondage TA7		

4.3 Hydrologie

Lors de nos investigations au mois de juillet 2022, nous n'avons pas constaté d'arrivées d'eau :

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	1	2	5	10	20	50	63				
PM1 (0,40 m à 0,80 m) Limon sableux marron	73,1	86	88	92	95	97	100	-	9,8	27,5	1,03	A _{1s}
PM2 (0,30 m à 1,00 m) Limon sableux marron	71,7	88	90	94	95	98	100	-	12,0	23,0	1,38	A _{1s}
PM3 (0,30 m à 1,00 m) Altérite gréseuse mar- ron orangé	30,3	38	40	46	54	64	96	100	12,7	26,0	0,68	C _{1B5m}

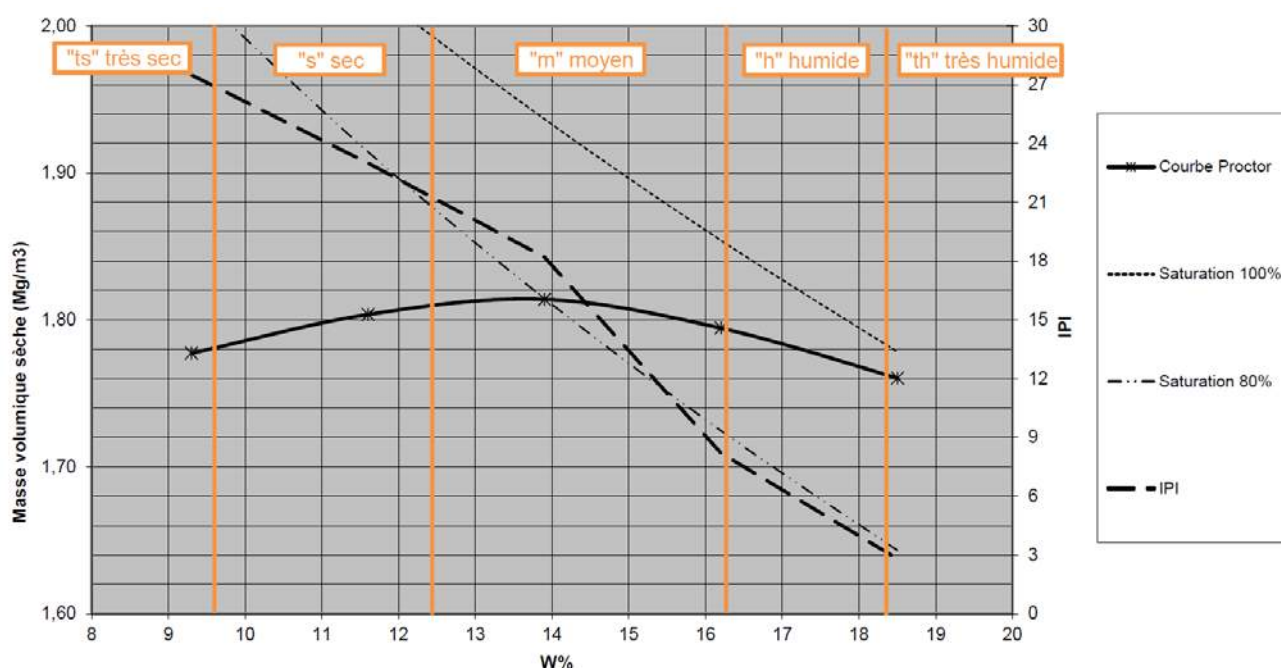
Les PV sont joints en annexe 3.

4.5 Essais proctor normal

Les états hydriques figurant sur les coupes des sondages ont été déterminés à partir de l'étude Proctor effectuée sur le limon sableux marron, matériau prédominant.

Les résultats de l'étude Proctor normal sont résumés dans le tableau suivant :

Faciès	Classification GTR	ρ_s OPN (Mg/m ³)	W% OPN
Limon sableux marron	A1	1,81	13,8



Le PV est joint en annexe 3.

4.6 Étude de traitement

Dans les conditions de teneur en eau lors de nos sondages le 25 juillet 2022, le fond de forme actuel présente de bonnes caractéristiques mécaniques, état hydrique moyen à sec conduisant à un niveau de portance satisfaisant.

Du fait de leur sensibilité à l'eau, les sols en place pourraient néanmoins voir leur portance chuter en cas d'excès d'eau, particulièrement dans le cas de travaux réalisés hors période sèche.

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 minimum de 1% de chaux, à partir de la formation limono-sableuse rencontrée sous la couverture végétale.

NB : une humidification préalable a été apportée au matériau afin qu'il ne soit pas trop sec après traitement.

Faciès	GTR	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
Limon sableux marron PM1 & PM2 (0,3 m à 1,0 m)	A1	10,2	14,6	18,6	6,0	28,3	39,3	0,01	1,39

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 réaliser 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

5.2.1 Terrassabilité

La topographie du site et la configuration du projet laissent prévoir des travaux de déblai-remblai. Ces derniers pourront être exécutés à l'aide d'engins de terrassement classiques. Néanmoins, les moyens employés devront être ajustés à l'avancée des terrassements.

En fonction des cotes de niveaux finis projetés, des terrassements pourront avoir lieu au sein des grès et nécessiter de ce fait l'emploi d'engins de forte puissance, et/ou équipés d'outils adaptés : pelle de forte puissance, dent de déroctage, éventuellement BRH... Les vibrations engendrées seront alors à prendre en compte vis-à-vis des avoisinants.

Au vu des sondages et analyses pratiquées sur l'emprise du projet, le fond de forme actuel est constitué d'une formation limono-sableuse dans un état hydrique globalement sec présentant de bonnes portances.

5.2.2 Drainage en phase chantier

Les formations rencontrées sont fortement sensibles aux variations de teneur en eau et donc aux intempéries. Sujettes au matelassage, elles peuvent voir leur portance chuter en cas de précipitations, même faibles.

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.

5.2.3 Préparation du fond de forme

Avant tout travaux de mise à niveau de la plateforme, il conviendra de procéder aux opérations suivantes :

- Décapage de la terre végétale sur toute son épaisseur,
- Purge des éventuelles poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie.

Après réalisation des travaux préparatoires précédemment décrits, les travaux de déblai / remblai de mise à niveau du futur fond de forme pourront être engagés.

5.2.4 Réemploi des matériaux du site

La Partie Supérieure des Terrassements est représentée par les sols en place (déblai) ou les matériaux rapportés (remblai).

Les matériaux identifiés A1 et C1B5 (limon sableux et altérite gréseuse) pourront être réemployés conformément aux recommandations du GTR, dans un état hydrique humide à sec.

L'objectif fixé étant d'obtenir après mise à niveau de la plateforme, une portance $EV2 \geq 30$ MPa en tous points, il conviendra que les matériaux du fond de forme (support de la couche de fondation) soient au moins dans un état hydrique moyen.

Déblai

Lors de nos investigations, les sols en place rencontrés au niveau des futures arases de déblai (limon sableux et altérite gréseuse) étaient dans état hydrique moyen à sec permettant d'obtenir la portance requise : objectif visé ($EV2 \geq 30$ MPa).

Remblai

Le réemploi des matériaux extraits des déblais pourra conduire au niveau de portance visé, sous réserve de leur état hydrique (moyen ou sec).

Pour rappel, les formations identifiées sont fortement sensibles à l'eau et susceptibles de perdre toute portance par imbibition, il conviendra donc :

- De réaliser les travaux en période sèche,
- De prévoir les aménagements nécessaires à l'évacuation des eaux de ruissellement et mettre en œuvre des dispositions de drainage permettant d'éviter toute remontée de nappe au sein de la PST.

Dans le cas contraire (en période défavorable), si l'état hydrique des matériaux au moment des travaux le nécessite, un traitement à la chaux des remblais et du fond de forme en pleine masse sera à prévoir.

Les dispositions constructives ci-après ont pour objectif d'obtenir un fond de forme caractérisé par une portance $EV2 \geq 30$ MPa en tous points, soit par une opération de substitution en matériaux granulaires d'apport, soit par traitement des sols en place.



Solution 1 : granulaire

1. Après décapage de surface et réalisation des travaux de déblai / remblai de mise à niveau, les matériaux du site pourraient conduire à un niveau de portance globalement satisfaisant, répondant au critère de portance attendu $EV2 \geq 30$ MPa. Toutefois, en présence de sols très humides, il conviendra de purger les zones concernées sur une épaisseur minimale de 0,40 m et substituer avec un matériau granulaire insensible à l'eau de type R41, R61 ... posé sur géotextile.
2. Réaliser un système de drainage profond afin d'éviter toute remontée de nappe éventuelle au sein de la PST.
3. Mise en œuvre d'une couche de réglage et de protection en grave naturelle insensible à l'eau de type GNT 0/20 sur une épaisseur minimale de 0,10 m.
4. Procéder à une imperméabilisation du fond de forme afin d'éviter toute infiltration d'eau superficielle.

NB : les sols en place sont très sensibles aux variations de teneur en eau. En conséquence, cette solution implique la réalisation des travaux en période sèche.

Dans le cas où cette solution serait retenue, nous préconisons la réalisation d'une campagne de portance à la plaque ou à la dynaplaque sitôt l'opération de déblai/remblai réalisée et avant le réglage définitif du fond de forme, afin de vérifier le niveau de portance atteint et localiser les éventuelles zones à purger.

Solution 2 : traitement à la chaux

Les études de traitement menées en laboratoire ont montré l'efficacité du traitement à la chaux.

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

Après 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 $EV2 \geq 30$ 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.

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-sableux) 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





7.2 Annexe 2 : Coupes de sondages

Entreprise :	LAVAL AGGLOMÉRATION	Météo :	Beau
Chantier :	Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)	Localisation :	PM1
Destinataire :	Julien HAREL	Moyens utilisés :	Mini pelle 1,5 T
N° DA :	2022-0620	NGF :	Cote 0 = niveau terrain naturel
N°BA :	TERC202207028	Date :	25/07/22

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										
0,40										
0,50	Limon sablonneux Marron	A1s	9,8	73,1	88	100	31,5	1,03	27,5	
0,60										
0,70										
0,80										
0,90	Grès orangé									

Refus à 0,90 m



Entreprise : LAVAL AGGLOMÉRATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0620
 N° BA : TERC202207028

Météo : Beau
 Localisation : PM2
 Moyens utilisés : Mini pelle 1,5 T
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 25/07/22

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										
0,40	Limon sablonneux Marron	A1s	12,0	71,7	90	100	31,5	1,38	23,0	
0,50										
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										



Entreprise : LAVAL AGGLOMÉRATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0620
 N° BA : TERC202207028

Météo : Beau
 Localisation : PM3
 Moyens utilisés : Mini pelle 1,5 T
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 25/07/22

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										
0,40	Altérite gréseuse Marron / orangé	C1B5m	12,7	30,3	40	96	63	0,68	26,0	
0,50										
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMÉRATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0620
 N°BA : TERC202207028

Météo : Beau
 Localisation : TA4
 Moyens utilisés : Tarière manuelle
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 25/07/22

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										
0,40										
0,50	Limon sablonneux Marron	A1s (estimé)	11,5							
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMÉRATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0620
 N°BA : TERC202207028

Météo : Beau
 Localisation : TA5
 Moyens utilisés : Tarière manuelle
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 25/07/22

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										
0,40										
0,50	Limon sablonneux Marron	A1s (estimé)	10,9							
0,60										
0,70										
0,80										

Refus à 0,80 m



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMÉRATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0620
 N° BA : TERC202207028

Météo : Beau
 Localisation : TA6
 Moyens utilisés : Tarière manuelle
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 25/07/22

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										
0,40	Limon sablonneux Marron	A1s (estimé)	9,8							
0,50										
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										

Refus à 0,90 m



RAPPORT D'ESSAIS

Coupes de sondages

Entreprise : LAVAL AGGLOMÉRATION
 Chantier : Aménagement Terrain synthétique – LOIRON RUILLE (53)
 Destinataire : Julien HAREL
 N° DA : 2022-0620
 N°BA : TERC202207028

Météo : Beau
 Localisation : TA7
 Moyens utilisés : Tarière manuelle
 NGF : Cote 0 = niveau terrain naturel
 Date : 25/07/22

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										
0,40										
0,50	Limon sablonneux Marron	A1s (estimé)	11,4							
0,60										
0,70										
0,80										
0,90										
1,00										





7.3 Annexe 3 : Classifications GTR

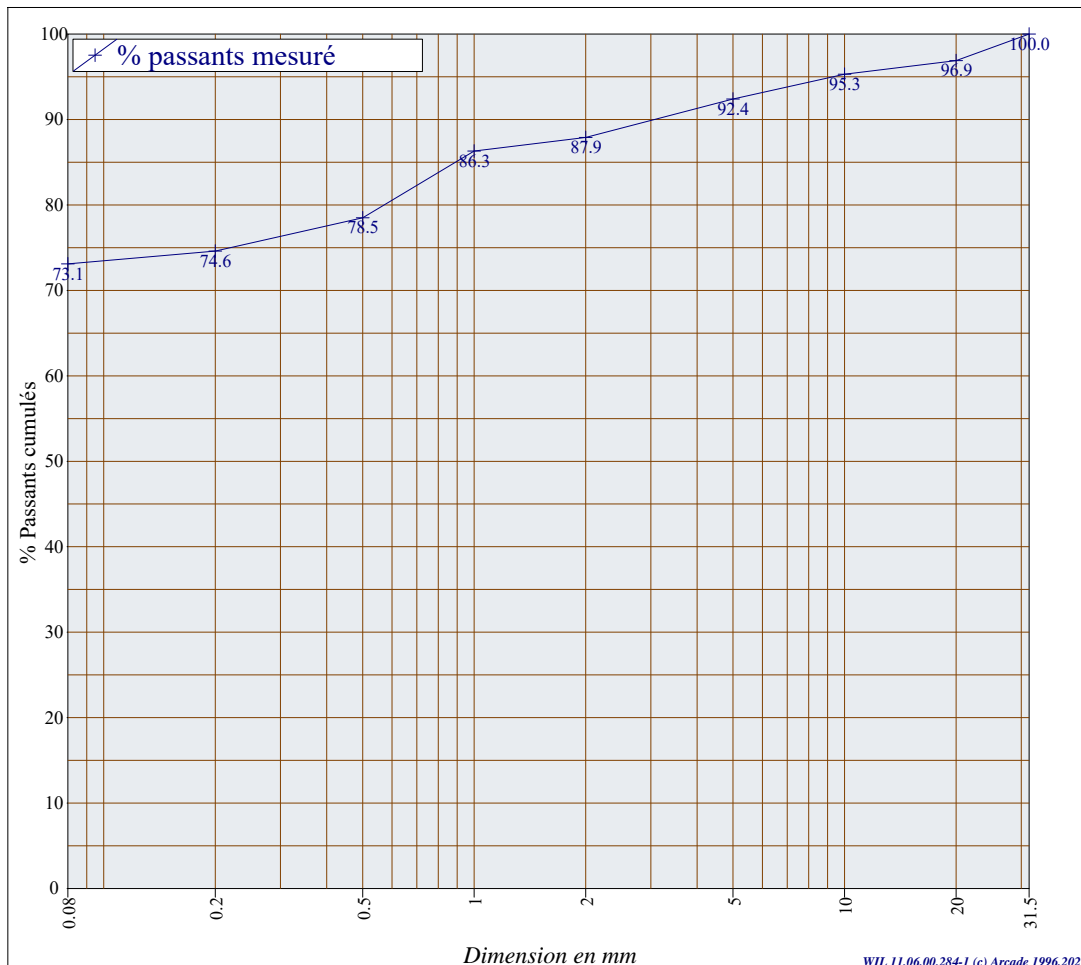
Client : Laval Agglomération
1 place du Général Ferrié
53000 LAVAL

Dossier 2022-0620 : Terrain de football synthétique - Loiron Ruillé (53)

Prélèvement n° C2233004	<i>prélevés le 25/07/2022</i>
Origine	<i>Chantier</i>
Mode	<i>Sondage</i>
Fait par	<i>M.LETELLIER</i>
Observations internes	<i>PM1 (0.4m à 0.8m)</i>

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A1	
Etat hydrique	S	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	27.5	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	1.03	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	9.8 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
31.500	100
20.000	97
10.000	95
5.000	92
2.000	88
1.000	86
0.500	79
0.200	75
0.080	73.1



le 08/08/2022

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

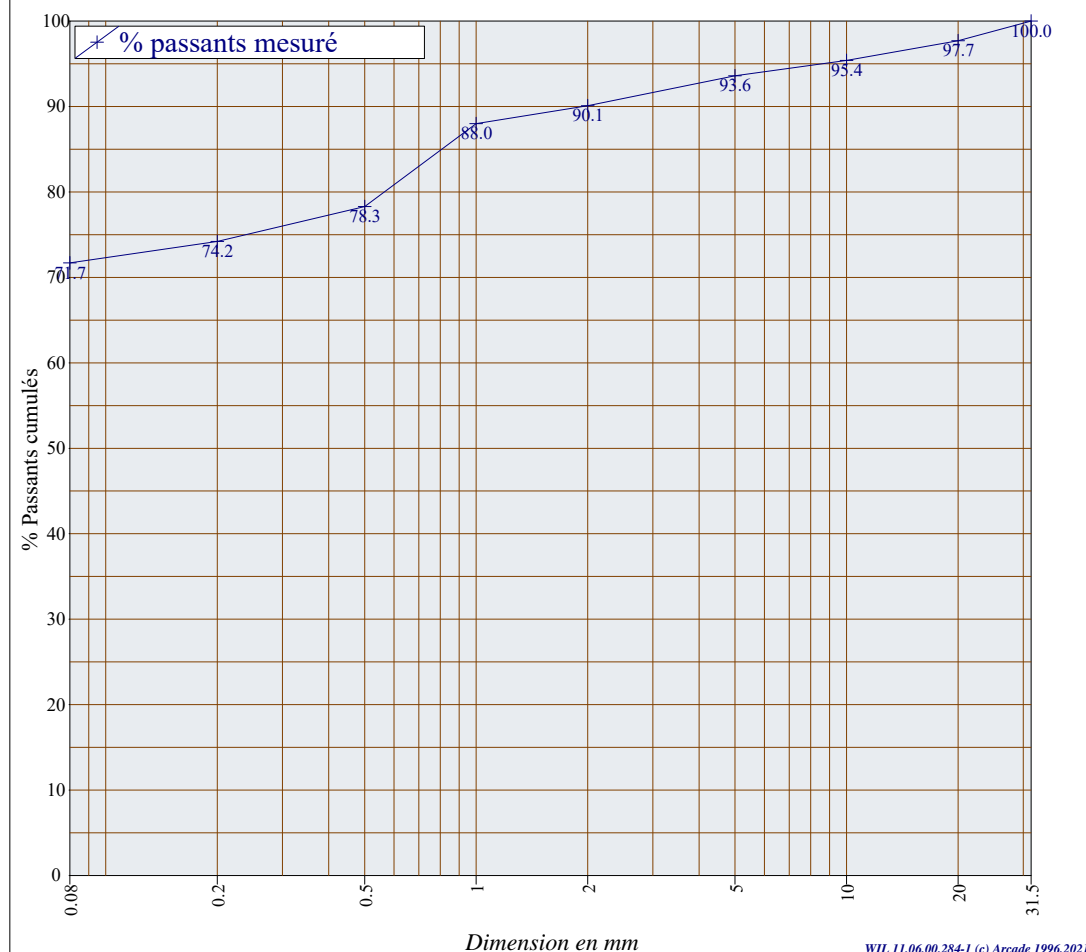
Client : Laval Agglomération
1 place du Général Ferrié
53000 LAVAL

Dossier 2022-0620 : Terrain de football synthétique - Loiron Ruillé (53)

Prélèvement n° C2233005	<i>prélevés le 25/07/2022</i>
Origine	<i>Chantier</i>
Mode	<i>Sondage</i>
Fait par	<i>M.LETELLIER</i>
Observations internes	<i>PM2 (0.3m à 1.0m)</i>

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A1	
Etat hydrique	S	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	23.0	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	1.38	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	12.0 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
31.500	100
20.000	98
10.000	95
5.000	94
2.000	90
1.000	88
0.500	78
0.200	74
0.080	71.7



le 08/08/2022

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

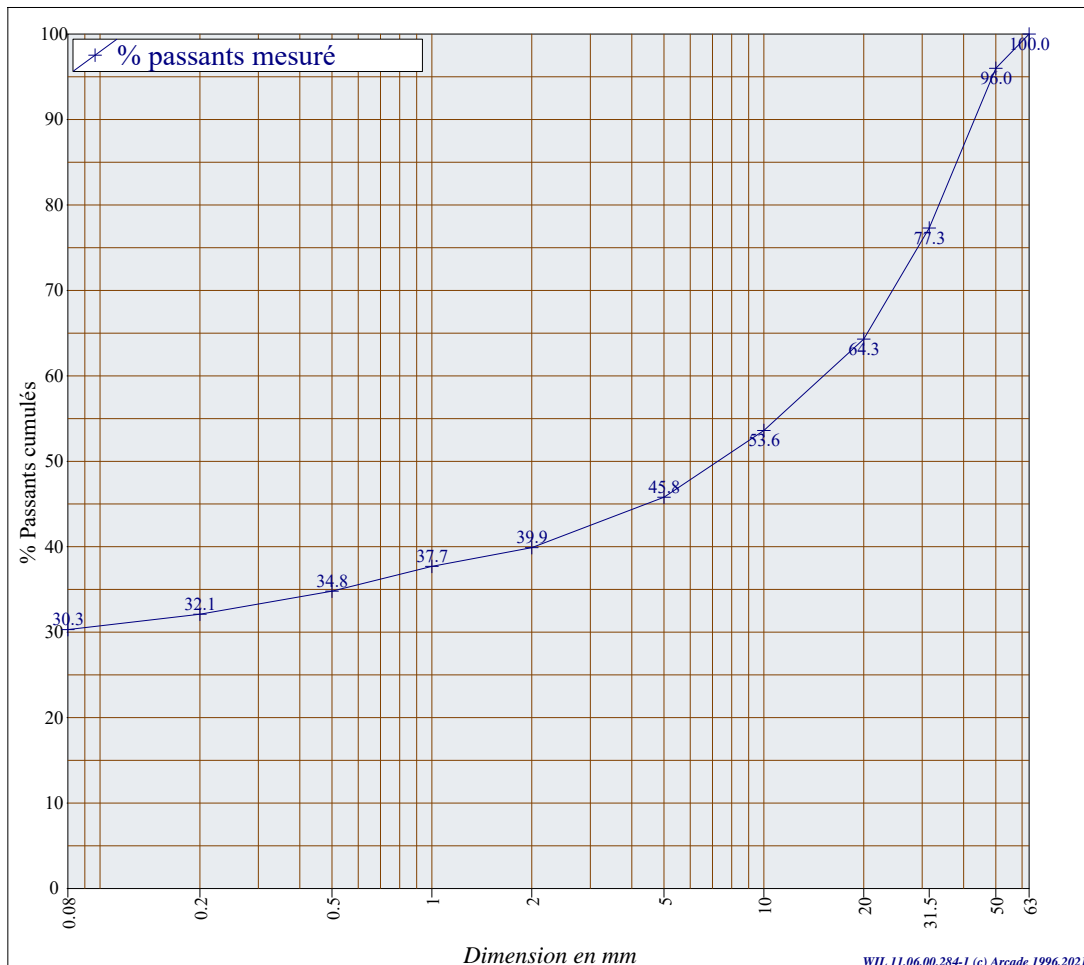
Client : Laval Agglomération
1 place du Général Ferrié
53000 LAVAL

Dossier 2022-0620 : Terrain de football synthétique - Loiron Ruillé (53)

Prélèvement n° C2233006	prélevés le 25/07/2022
Origine	Chantier
Mode	Sondage
Fait par	M.LETELLIER
Observations internes	PM3 (0.3m à 1.0m)

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	C1B5	
Etat hydrique	m	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	26.0	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	0.68	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	12.7 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
63.000	100
50.000	96
31.500	77
20.000	64
10.000	54
5.000	46
2.000	40
1.000	38
0.500	35
0.200	32
0.080	30.3



le 08/08/2022

Technicienne E. Boutrouelle	Responsable de secteur T. LE BORGNE

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

Entreprise : Laval Agglomération
Chantier : Terrain de Football synthétique - Loiron (53)
Date du prélèvement : 25/07/2022
Destinataire : Julien HAREL
N° échantillon : C2233004 et C2233005
Dossier Affaire : 2022-0620

Lieu de prélèvement : Mélange sondages PM1 et PM2 (0,3 / 0,4 m à 0,8 / 1,0 m)
Prélèvement : Laboratoire CBTP ☒ Client ☐
Date de l'essai : 30/08/2022
Nature du matériau : Limon sableux marron
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 :

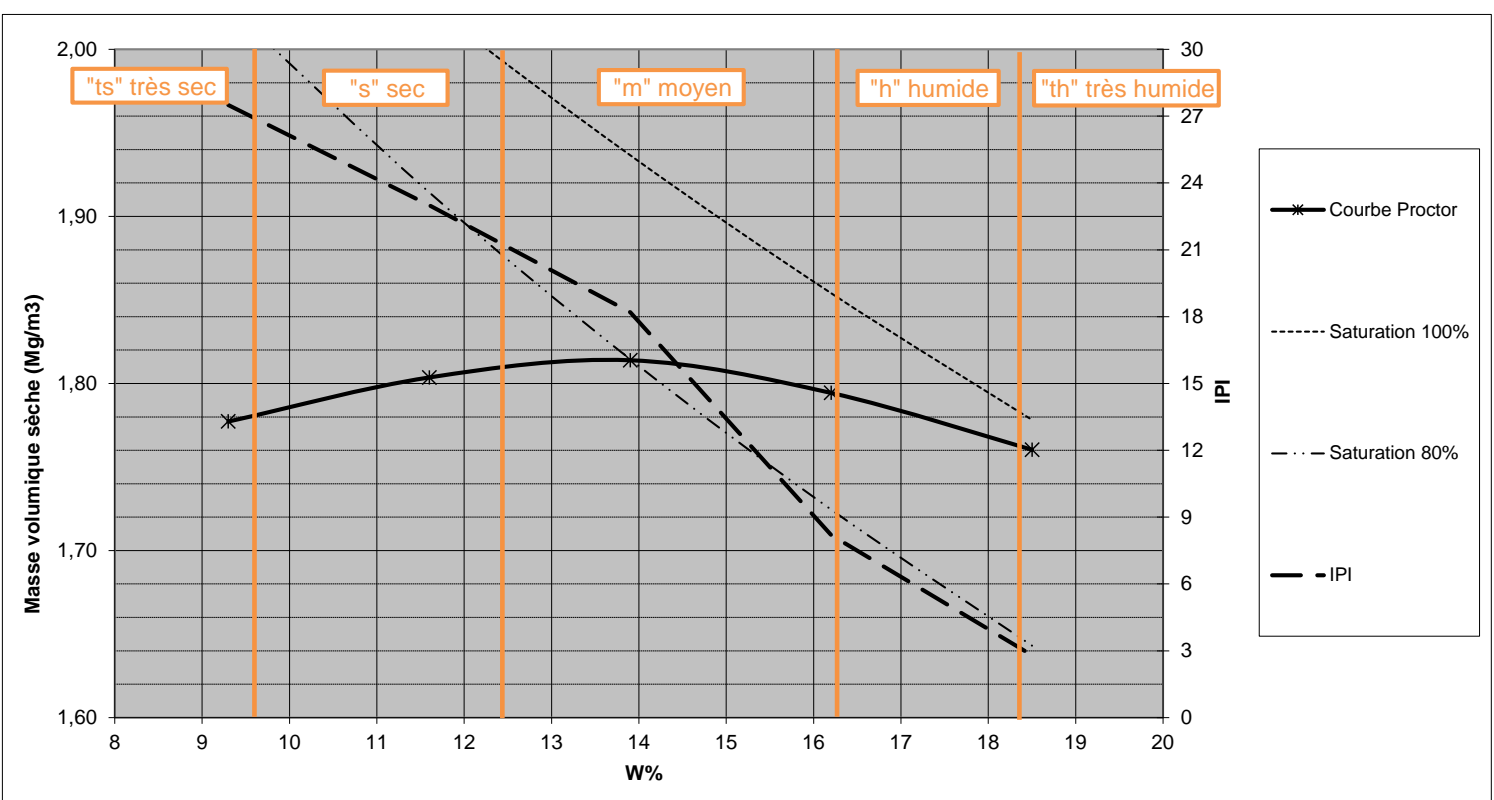
Malaxage	manuel	malaxeur à couteaux	malaxeur à pâles
----------	--------	---------------------	------------------

ESSAI PROCTOR NORMAL

Teneur en eau (%)	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5		
Masse volumique sèche (Mg/m ³)	1,78	1,80	1,81	1,79	1,76		

ESSAI IPI ASSOCIE

IPI	27,5	23,0	18,2	8,2	2,8		
-----	------	------	------	-----	-----	--	--



Caractéristiques Proctor Normal	
pdOPN (Mg/m ³)	1,81
W%OPN	13,8

1/1	Elodie Boutrouelle	Tangi LE BORGNE
Page	Technicienne	Responsable secteur laboratoire géotechnique
31/08/2022	Rédigée par	Validé par
Date		



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 : 2022-0620 Origine du matériau : Mélange PM1 & PM2 (0,30m à 1,00m) Date du prélèvement : 25/07/2022

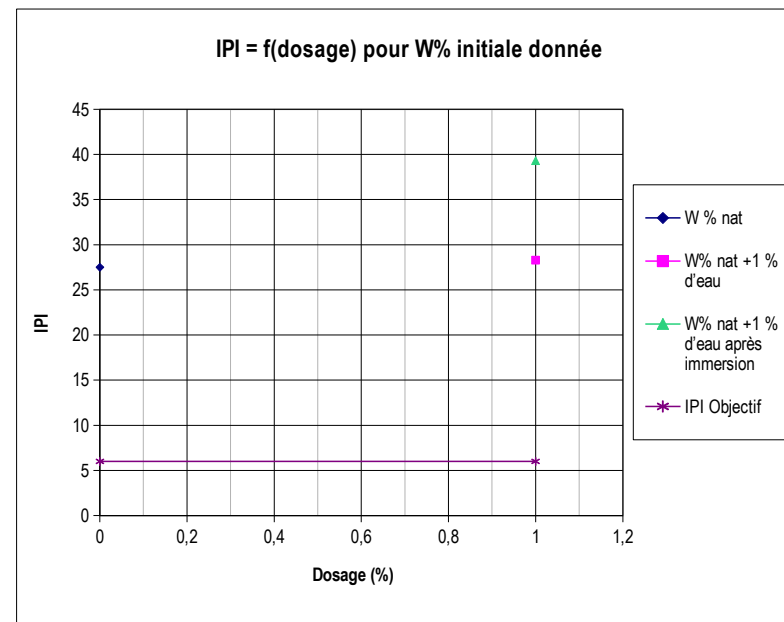
Chantier : Terrain de football synthétique – Loiron Ruillé (53) Prélèvement : Client ☐ Laboratoire CBTP ☒

Destinataire : Julien HAREL N° échantillon : C223 3007 Nature du matériau : Limon sableux marron – A1 Nature du traitement : Chaux aérienne calcique vive

Mesures de IPI et de l'ICBR (NF P 94-078)

			Dosage en CaO (%)				
			0	1			
W% initiale (%)	W % nat	IPI	27,5				
		W% finale (%)	10,2				
		pd (t/m3)	1,78				
	W% nat +1 % d'eau	IPI		28,3			
		W% finale (%)		14,6			
		pd (t/m3)		1,81			
		IPI					
		W% finale (%)					
		pd (t/m3)					
		IPI					
		W% finale (%)					
		pd (t/m3)					
	I _{CBR} (4 jours d'immersion)		39,3				
	W% finale (%)		18,6				
	G (%)		0,01				
		IPI Objectif	6	6			

Date confection	01/08/2022
Date essais	05/08/2022



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 + 1 % d'eau, 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	05/08/2022	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