

Livret I - Rapport

RN102 - Liaison A75 - Brioude

Etude géologique et géotechnique G2 PRO tracé

Mai 2018

C15LC0048

Rapport établi par : Stéphanie SOUVIGNET

Vu et vérifié par : Benoît NAGEL

Date	Version	Commentaires
Novembre 2016	V0	Version initiale
Juillet 2017	V1	Relecture du SiR de Mende
Mai 2018	V2f	Relecture hiérarchique

Récapitulatif de l'affaire

Client : Laure ALBINET
DREAL Auvergne / SMO
7 Rue Léo Lagrange
63033 CLERMONT-FERRAND

Objet de l'étude : RN102 - Liaison A75 - Brioude - Etude géologique et géotechnique G2 PRO tracé

Résumé de la commande : Etude géotechnique de niveau G2 PRO (tracé) et G2 AVP (fondations)

Référence dossier : Affaire C15LC0048

Offre : Devis N° D15LC0048-1 et proposition technique et financière envoyés le

Accord client : Le 12 octobre 2015 par courrier

Communicabilité : ☐ Libre (avec acceptation préalable du commanditaire dans le contrat)
☒ Contrôlée (communiquée uniquement avec l'autorisation du commanditaire à posteriori)
☐ Confidentielle (non référencée dans IsaWeb)

Chargé d'affaire : Stéphanie SOUVIGNET –Département Laboratoire de Clermont-Ferrand –
Tél. 04.73.42.10.18 / Fax +33 (0)4 73 42 10 01
Courriel : stephanie.souvignet@cerema.fr

Constitution de l'équipe : S. Souvignet, K. Rolland, B. Nagel, D. Bicard, A. Bapt, JF Garachon, S. Teurio, R. Portalier

Mots Clés : RN102, tracé routier, sédimentaire

Liste des destinataires

Contact	Adresse	Nombre - Type
Laure ALBINET	DREAL Auvergne / SMO 7 Rue Léo Lagrange 63033 CLERMONT-FERRAND	1ex papier 1 pdf (mail)
Christophe PORTAL	SiR de Mende	1 pdf

Conclusion – Résumé

Ce document présente le rapport d'étude géotechnique concernant le projet de liaison A75 – Brioude.
Les études sont de niveau G2 PRO pour l'étude de tracé et G2 AVP pour l'étude de fondation des ouvrages d'art.

Il donne les prescriptions quant à la nature des matériaux, leurs conditions de réemploi et leur stabilité.

Il est présenté sous forme de 6 livrets avec :

- livret I : étude géotechnique de tracé G2 PRO,
- livret II : étude de pré-dimensionnement des fondations d'ouvrages G2 AVP,
- livret III : coupes de sondages et diagraphies,
- livret IV : essais de laboratoire,
- livret V : cartographie (plan de situation, profil en longs, plans OA, étude de photographie aérienne),
- livret VI : feuilles de calcul des fondations.

Clermont-Ferrand, le 14/06/10

Le Directeur du Département Laboratoire de Clermont-Ferrand

Pour la Direction
du Département Laboratoire


Sylvain MOREIRA

Sommaire

1 -	<u>Présentation du projet</u>	9
1.1	<u>-Demande</u>	9
1.2	<u>-Objectifs de l'étude</u>	9
2 -	<u>Moyens mis en œuvre</u>	10
2.1	<u>-Période d'intervention</u>	10
2.2	<u>-Investigations réalisées</u>	10
2.3	<u>-Essais réalisés</u>	11
2.4	<u>-Numérotation des différents documents</u>	11
2.4.1	<u>-Planches (plan de situation et profil en long)</u>	11
2.4.2	<u>-Livrets</u>	11
2.5	<u>-Documents fournis</u>	12
3 -	<u>Géologie et hydrogéologie du projet</u>	13
3.1	<u>-Aperçu géographique</u>	13
3.2	<u>-Contexte géologique général</u>	13
3.3	<u>-Bibliographie</u>	14
3.4	<u>-Photo-interprétation</u>	14
3.5	<u>-Contexte hydrogéologique du projet</u>	14
3.5.1	<u>-Cours d'eau</u>	14
3.5.2	<u>-Zones humides géotechniques</u>	15
3.5.3	<u>-Eau en sondage</u>	16
3.6	<u>-Description des formations rencontrées</u>	19
3.6.1	<u>-Formations d'origine métamorphique</u>	19
3.6.2	<u>-Formations superficielles</u>	19
3.6.3	<u>-Formation récente alluviale</u>	19
3.6.4	<u>-Formations sédimentaires</u>	20
3.6.5	<u>-Formation anthropique</u>	20
4 -	<u>Extraction et mise en œuvre des formations</u>	21
4.1	<u>-Catégories de sol et condition d'extraction</u>	21
4.2	<u>-Définition des familles de sol pour le réemploi</u>	21
4.3	<u>-Traficabilité des sols en place</u>	21
4.4	<u>-Purge et substitution</u>	21
4.5	<u>-Mesures préventives</u>	22
4.6	<u>-Aménagement des limites déblais-remblais</u>	24
4.7	<u>-Tassements sous remblai</u>	24
4.8	<u>-Études de vibrations</u>	24

5 - Résultats de l'étude	26
5.1 - Résultats par formation	26
5.1.1 - Arène de gneiss	26
5.1.2 - Gneiss décomposé	27
5.1.3 - Argile sableuse orange	27
5.1.4 - Matériaux de bas fond	29
5.1.5 - Limons sableux à galets	30
5.1.6 - Niveau à galets	31
5.1.7 - Sable limono-argileux gris rouge	31
5.1.8 - Argile limoneuse blanchâtre	34
5.1.9 - Sable induré à nodules calcaires	35
5.1.10 - Remblai	36
5.2 - Stabilités des déblais et des remblais	36
5.2.1 - Stabilité interne des remblais	36
5.2.2 - Stabilité externe des remblais – pente en travers	36
5.2.3 - Stabilité externe des remblais – pente longitudinale	36
5.2.4 - Stabilité externe des remblais – pente transversale	37
5.2.5 - Stabilité des déblais	40
6 - Classe d'arase et couche de forme de la couche de forme	43
6.1 - Généralités	43
6.2 - Partie supérieure des terrassements	43
6.2.1 - Fonds de déblais	44
6.2.2 - Remblais	44
6.3 - Couche de forme	45
6.3.1 - Description des matériaux pour solution granulaire	45
6.3.2 - Description des matériaux pour solution traitement à la chaux + liant hydraulique	45
6.3.3 - Dimensionnement de la couche de forme	46
6.3.4 - Contraintes de dimensionnement de la couche de forme	47
7 - Aménagements hors section courante	49
7.1 - RD17 Sud	49
7.2 - Échangeurs	49
7.2.1 - Échangeur de Lempdes sur Allagnon	49
7.2.2 - Échangeur d'Arvant	50
7.2.3 - Échangeur de Cohade	50
8 - Conclusions	51

Index des illustrations

Illustration 1 : Localisation du tracé (Source : fond IGN).....	9
Illustration 2 : Contexte géologique (Source : cartes géologiques St Germain Lembron et Brioude - BRGM).....	13
Illustration 3 : Cadastre napoléonien 1828.....	15
Illustration 4 : Cadastre 2009.....	15
Illustration 5 : Schéma de principe : masque drainant (source « Prévention et stabilisation des glissements de terrains »).....	23
Illustration 6 : Schéma de principe : tranchée drainante (source SETRA).....	23
Illustration 7 : Répartition des teneurs en eau dans les sables limono-argileux rouges.....	33
Illustration 8 : Extrait de l'essai PN avec CBR du mélange SP49/51/52/54.....	34
Illustration 9 : Schéma de principe : redan + fossés (uniquement matériaux du site).....	38
Illustration 10 : Schéma de principe : base drainante rocheuse (matériaux du site + apport extérieur).....	38
Illustration 11 : Exutoire de l'étang dans le chemin (vers P46 - amont du projet).....	41
Illustration 12 : Passage de l'écoulement temporaire sous un ouvrage SNCF (au droit du profil P51).....	41
Illustration 13: Définition des différents termes (source : GTR92).....	43

CONDITIONS D'UTILISATION DU RAPPORT D'ÉTUDE

Les éléments techniques présentés dans le rapport d'étude sont des recommandations répondant aux objectifs définis par le client. Toute modification du projet ou des objectifs de l'étude, peut conduire à une réactualisation du rapport ou l'exécution d'une nouvelle mission de reconnaissance.

L'étude géotechnique présentée repose sur une reconnaissance du sol dont la maille (en fonction des contraintes et autorisations d'accès) ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. Les éléments de description des faciès géotechniques et la géométrie illustrée sur les profils en long sont définis par interprétation des données disponibles pour la compréhension du site. Toute interprétation volumétrique des différents faciès ne peut engager la responsabilité de cette étude géotechnique. De même, l'état des matériaux est défini à la date de prélèvement lors de la reconnaissance. En fonction des saisons météorologiques, des variations restent possibles.

Tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des travaux, doit être communiqué afin d'adapter (ou pas) les conclusions de l'étude géotechnique.

Le rapport géotechnique constitue le compte rendu de la mission géotechnique confiée par le client qui en accepte les résultats (ou demande des compléments d'informations). Le rapport d'étude et ses annexes constituent un ensemble indissociable. Toute interprétation faite à partir d'éléments du rapport partiel ou de ses annexes ne peut engager la responsabilité de cette étude. L'utilisation des résultats présentés dans ce rapport est strictement limitée à l'objet de la mission confiée.

1 - Présentation du projet

1.1 - Demande

À la demande de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, le service Mobilité, Aménagement et Paysage - pôle Opérationnel Ouest (MAP/OO), le Département Laboratoire de Clermont-Ferrand (DLCF) du Cerema Centre-Est est intervenu pour réaliser une étude géotechnique pour la liaison A75-Brioude sur la RN102.

Le tracé étudié est présenté ci-dessous. Il recoupe les communes de Lempdes sur Allagnon, St Geron, Bournoncle-St Pierre et Cohade.

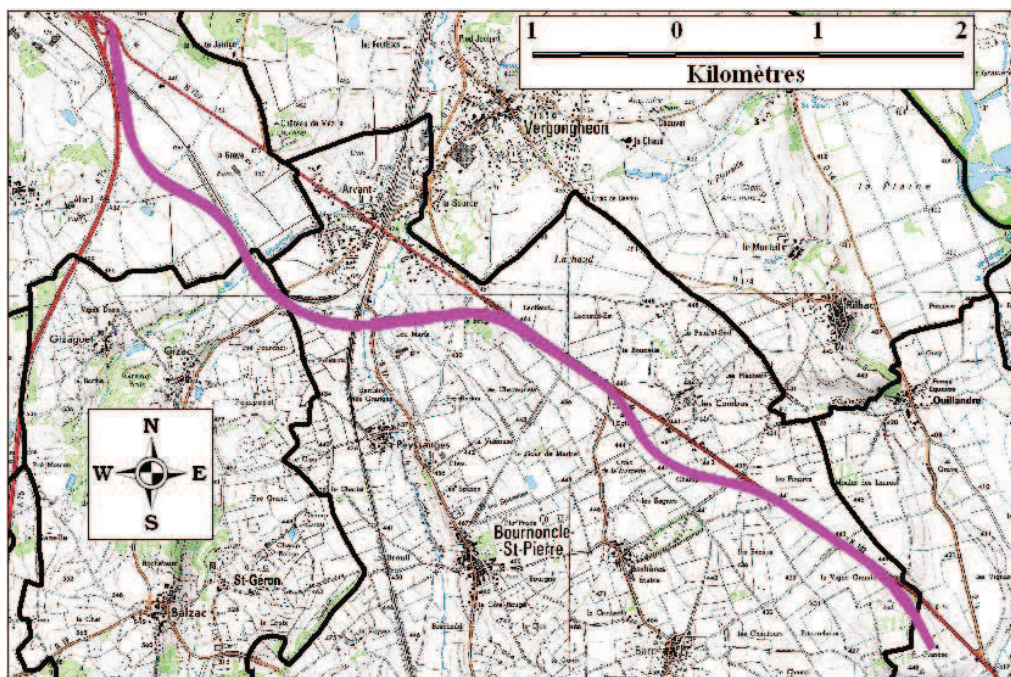


Illustration 1 : Localisation du tracé (Source : fond IGN)

Cette étude fait suite à l'étude géologique et géotechnique d'avant-projet (43/07/19235) réalisée en 2007 par le DLCF.

1.2 - Objectifs de l'étude

La présente étude porte sur :

- l'étude géotechnique de tracé niveau G2 PRO (au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013) (livret I),
- l'étude géotechnique des fondations des ouvrages d'art niveau G2 AVP (livret II).

Les objectifs de cette étude sont de :

- définir le contexte géologique et hydrogéologique sur le tracé,
- caractériser les matériaux en présence par des essais en laboratoire ou in situ,
- définir les modes d'extraction et les conditions de réemploi des matériaux,
- définir les stabilités des déblais et des remblais,
- fournir les éléments pour le dimensionnement des plate-formes,
- estimer les niveaux de fondation des ouvrages d'art.

Le présent rapport traite du livret I.

2 - Moyens mis en œuvre

Pour mener à bien cette étude, les moyens d'investigations mis en œuvre sont :

- une étude par photo-interprétation,
- des sondages à la pelle mécanique puissante (Komatsu 610 sur chenilles),
- des sondages pressiométriques et carottés pour les ouvrages d'art,
- des sondages pénétrométriques (pénétromètre léger DL30) sous les remblais et en profil rasant,
- des diagraphies en forages (γ -ray),
- des identifications géotechniques à partir de prélèvements réalisés en sondages pelle.

Les paragraphes suivants récapitulent l'ensemble des interventions.

Les investigations géotechniques (sondages, essais in situ et diagraphies) sont dans le livret III.

Les essais de laboratoire sont dans le livret IV.

Les plans de situations, profils en long et plans d'ouvrages sont dans le livret V.

2.1 - Période d'intervention

L'étude a été réalisée au cours de l'année 2016 avec plus précisément :

- de janvier à novembre 2016 pour les investigations,
- de février à décembre 2016 pour les essais d'identification,
- de juin à décembre 2016 pour l'interprétation géotechnique, la rédaction et la réalisation des profils en longs géotechniques.

Les campagnes de sondages pelle, pressiométriques et carottés ont fait l'objet de procès-verbaux d'état des lieux d'avant et d'après sondages. Ils ont été réalisés par le bureau d'étude C-Foncier.

2.2 - Investigations réalisées

Il a été réalisé :

Liste des investigations réalisées

Nature des sondages	Quantité	Qui
Pelle mécanique	85 +4	Entreprise CHEVALIER, sondages suivis par le DLCF
Carotté	10	Société ECR
Pressiométrique*	42	Société ECR
Pénétrométrique	34	DLCF
Diagraphie γ -ray (RAN)**	252	DLCF (ml)

* 1 sondage a été refait par ECR suite à une absence d'enregistrement automatique.

** les diagraphies RAN n'ont été réalisées que sur les sondages pressiométriques et carottés positionnés hors des cultures (impossibilité d'accès à cause de la météo)

Une partie des sondages pelle ainsi que tous les sondages pressiométriques et carottés ont été équipés de tubes piézométriques pour vérifier la présence d'eau.

2.3 - Essais réalisés

À partir des prélèvements effectués lors des sondages pelle, il a été réalisé par le DLCF :

Liste des essais réalisés

Nature des essais	Quantité	Observation
Identification + VBs	59	
Teneur en eau	77	
Indice portant immédiat (IPI)	33	
Proctor normal / CBR	4	Essais sur mélange de matériaux / déblai
Essai de traitement	1	Mélange de matériaux du PM38 à PM53

De plus, il a été utilisé tous les résultats des sondages et des essais obtenus lors de l'étude précédente n°43/07/19235).

La représentativité de la nature (identification GTR) et des états d'humidité est à rapporter au sondage.

2.4 - Numérotation des différents documents

2.4.1 - Planches (plan de situation et profil en long)

Les plans de situation sont numérotés de la façon suivante :

- planche n°1 (PK0 à PK930) : P0 à P32,
- planche n°2 (PK930 à PK 2070) : P32 à P70,
- planche n°3 (PK2070 à PK3210) : P70 à P108,
- planche n°4 (PK3210 à PK4320) : P108 à P145,
- planche n°5 (PK4320 à PK5400) : P145 à P181,
- planche n°6 (PK5400 à PK6500) : P181 à P221,
- planche n°7 (PK6500 à PK7770) : P221 à P260.

Les profils en long géotechniques sont numérotés de la façon suivante :

- profil n°1 (PK 0 à PK 3840) : P0 à P129,
- profil n°2 (PK 3660 à PK 7840) : P123 à P263.

Les déblais (D) / remblais (R) / profils rasants (PR) sont numérotés par ordre croissant du début à la fin du projet (sens A75 vers échangeur de Cohade).

2.4.2 - Livrets

Le présent rapport est composé de cinq livrets :

- livret I : étude géologique et géotechnique de tracé,
- livret II : étude de pré-dimensionnement des fondations d'ouvrages,
- livret III : coupes de sondages et diagraphies,
- livret IV : essais de laboratoire,
- livret V : cartographie (plan de situation, profil en longs, plans OA, étude de photographie aérienne),
- livret VI : feuilles de calcul des fondations.

2.5 - Documents fournis

L'étude a été réalisée à partir des documents fournis par le SiR de Mende. Ce sont les suivants :

- tracé routier : version de mai 2016,
- ouvrages d'art : version de décembre 2016. Les documents du présent rapport tiennent compte des évolutions des noms d'ouvrages qu'il y a eu au cours de l'année 2016 ;
- échangeur : version de début 2016 ;
- profil en long : version modifiée de mai 2016.

Les plans de situation et profil en long reçu en avril 2018 n'ont pas été pris en compte.

Outre les DICT (Demande d'Intention de Commencement de Travaux), les sondages ont été implantés en tenant compte des réseaux connus (irrigation et drainage).

3 - Géologie et hydrogéologie du projet

3.1 - Aperçu géographique

Le projet de liaison entre l'A75 et Brioude (Haute Loire) est une déviation de la RN102. Il débute au niveau de l'échangeur de Lempdes sur Allagnon, contourne Arvant pour finir au niveau de l'échangeur de Cohade. Il franchit une voie ferrée et 7 axes routiers.

L'altitude varie entre 440 et 465 mètres et intéresse les communes de Lempdes sur Allagnon, de Saint-Géron, Bournoncle Saint Pierre et Cohade. Les ruisseaux traversés sont le Gizaguet et la Leuge.

L'occupation du sol est essentiellement constituée de cultures et de prairies.

3.2 - Contexte géologique général

Le projet de liaison entre l'A75 et Brioude intéresse les formations sédimentaires de la Limagne méridionale. Il s'agit de sables et argiles rouges du Rupélien inférieur côté Ouest et de d'argiles sablo-limoneuses localement indurées ou à nodule calcaire côté Sud-Est.

Localement vers Lempdes sur Allagnon, il peut exister une formation continentale « sidérolithique » constituée d'argiles sableuses rouge-brique. Elle se situe entre le socle cristallin (non rencontré en sondage) et les formations sédimentaires de Limagne. De part leur nature géologique semblables aux formations sédimentaires, les formations continentales n'ont pas été individualisées.

La carte ci-après explicite le contexte géologique général.

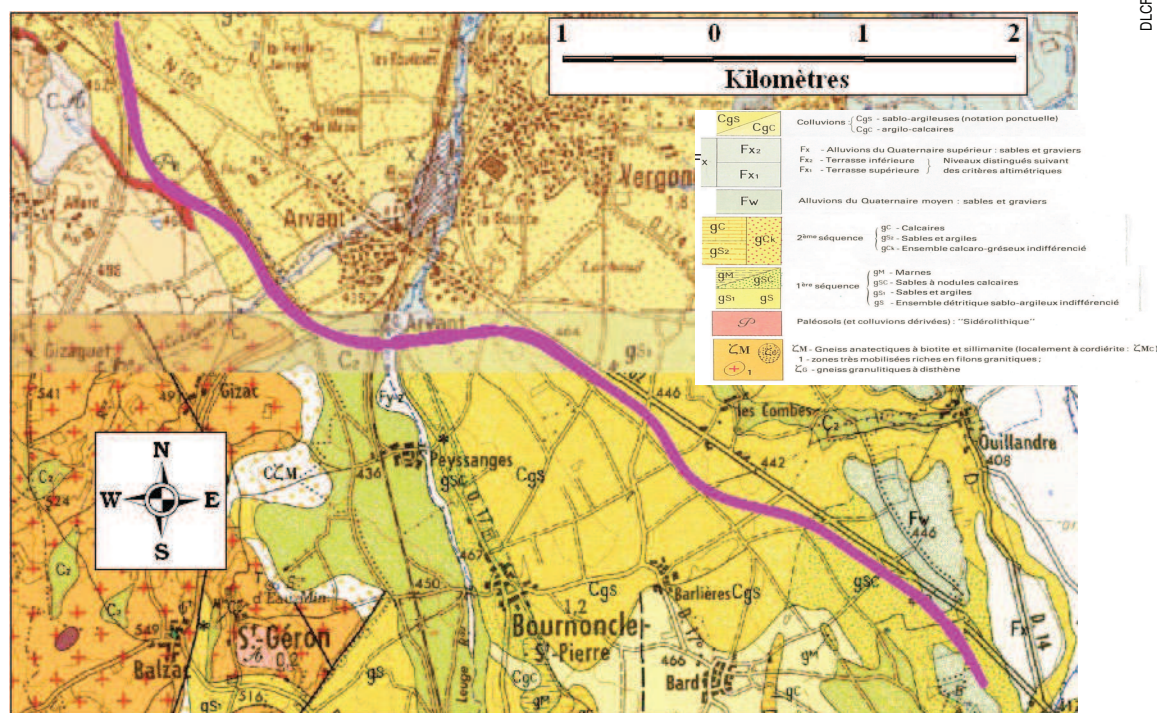


Illustration 2 : Contexte géologique (Source : cartes géologiques St Germain Lembron et Brioude - BRGM)

3.3 - Bibliographie

Les résultats des anciennes études réalisées pour ce projet ont été intégrés dans ce rapport. Il s'agit des études :

- RN102 – Liaison A75-Brioude – Déviation d'Arvant – Étude géologique et géotechnique (avant projet) (dossier n°43/07/19235),
- RN102 – Liaison Brioude A75- Étude géotechnique de niveau O
- RN102 – Déviation de Largelier – Étude géotechnique complémentaire (dossier n°43/00/14187)
- RN9 – section Lempdes – Massiac nord – Étude des sols de fondations des ouvrages d'art – 1987 (dossier n°43/87/0705),
- RN102 – Déviation de Brioude – Étude géologique et géotechnique (dossier n°43/93/6383),
- RN102 – Déviation de Brioude – Étude géologique et géotechnique au niveau de l'avant-projet (dossiers n°43/91/3917 et 43/92/4141).

Le cadastre Napoléonien a été également consulté (archives départementales de la Haute-Loire, [3P2505]) sur la commune de Saint-Géron. Datant de 1828 environ, il est antérieur à la création de la voie ferrée (1859). Il a pu être constaté que, si le ruisseau le Gizaguet n'a pas été dévié lors de la création de la voie ferrée, la Leuge si.

3.4 - Photo-interprétation

Elle a été réalisée sur l'ensemble du tracé pour détecter d'éventuelles zones humides ou des zones d'érosion active. Les failles sont difficilement visibles dans ce type de contexte.

Les missions IGN utilisées sont :

- 1999 IFN43-63 IRC 25785,
- 2004 FD1963 250 C2538.

Les observations n'ont pas mis en évidence de zones humides franches mais plutôt une humidité relative parfois plus importante. Cela se traduit par une hétérogénéité locale des teneurs en eau, des écoulements de sub-surface potentiels et une nature de matériaux pouvant être localement plus sablo-graveleuse.

Les observations sont reportées sur un fond IGN dans le livret V. Elles ont été intégrées à l'interprétation du profil en long.

La topographie et les écoulements d'eau rencontrés lors de la phase terrassement devront être pris en compte, tant pour garantir une traficabilité minimale en phase terrassements que pour assurer la pérennité des ouvrages.

3.5 - Contexte hydrogéologique du projet

3.5.1 - Cours d'eau

Le projet franchit deux cours d'eau : le Gizaguet et la Leuge.

- **Le Gizaguet**

Le projet franchit ce ruisseau au niveau du P71. Il est entaillé de plusieurs mètres de profondeur dans les sables limono-argileux rouges.

Le dénivelé est tellement marqué entre le niveau du terrain naturel et le fond du ruisseau qu'il n'y a pas de zone humide autour.

- **La Leuge**

Le talweg a une topographie plus ouverte. La Leuge est associée à des écoulements à proximité. Cela crée des bas-fonds où, malgré une topographie peu marquée, on retrouve des zones humides géotechniques (écoulements de sub-surface) avec des matériaux contenant de la matière organique et peu portants. Ces zones peuvent faire plusieurs mètres d'épaisseur.

Au droit de la Leuge, d'après le cadastre napoléonien (1828) et la trace d'une ancienne ripisylve, le ruisseau a été déplacé (probablement lors de la construction de la voie ferrée en 1857). Il était plus proche de la RD17 Sud. Ceci explique les résultats pressiométriques obtenus sur les sondages PR21A et PR21B, où les valeurs sont très faibles jusqu'à 6 mètres de profondeur ! La différence entre les deux cadastres est présentée ci-dessous :

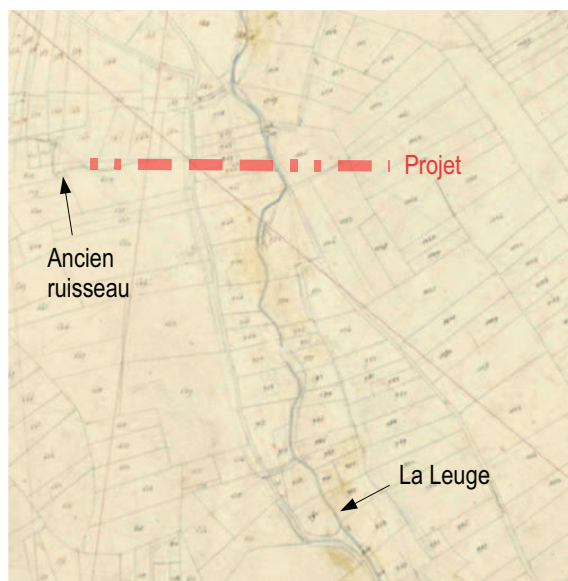


Illustration 3 : Cadastre napoléonien 1828

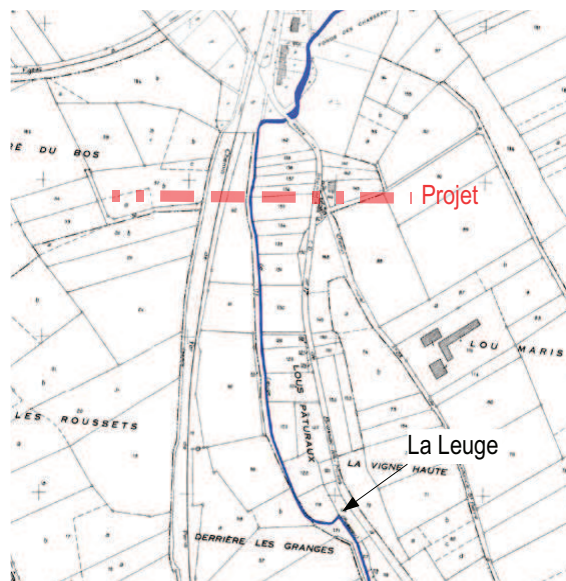


Illustration 4 : Cadastre 2009

3.5.2 - Zones humides géotechniques

Ce sont des zones humides, caractérisées par des écoulements de sub-surface, des venues d'eau en sondages, des matériaux de mauvaise qualité géotechnique et/ou peu portants. Ces zones sont également visibles en photographie aérienne.

Dans ce document, le terme « zones humides » ne se rapporte qu'aux zones humides d'origine géotechnique (mauvais matériaux, portance faible, présence d'eau...) et non à celles qui sont classées environnementalement.

Elles se localisent :

- du P83 au P98 (Ouest de la Leuge) sur environ 400 mètres (d'après le cadastre napoléonien, il s'agirait d'un ancien ruisseau). Sur le scan25 de l'IGN, il y a un ruisseau temporaire ;
 - du P99 au P103 (la Leuge et son lit majeur) sur environ 120 mètres,
 - du P112 au P115 (Lou Maris) sur environ 100 mètres (photos aériennes et sondages),
 - du P200 au P206 (Allée de Barlières) sur environ 150 mètres (importantes venues d'eau en sondages).
- D'après les riverains, dans ce secteur, l'eau peut même être affleurante.

3.5.3 - Eau en sondage

Malgré l'absence de venues d'eau lors de la réalisation des sondages pelle, les relevés piézométriques effectués ultérieurement montrent des niveaux de nappes. Les tubes piézométriques installés en sondages ne sont pas des sondages piézométriques au sens de la norme NF P 94-157-1, mais sont crépinés en partie basse du sondage.

Les sondages pressiométriques et carottés, montrent, dès leur réalisation, des niveaux d'eau à plus grande profondeur. Ils ont également été équipés de tubes piézométriques.

Le tableau suivant récapitule les arrivées d'eau en sondages et relevés piézométriques effectués au cours de cette étude. Les relevés ayant été réalisés au cours de l'année 2016, le niveau piézométrique ne correspond pas à un cycle hydrogéologique complet.

Sondage					Relevés des profondeurs des niveaux d'eau (m/TN)			
Numéro	Ouvrage	Date de réalisation	Arrivée d'eau en sondage (m/TN)	Profondeur du pz posé (m/TN)	En fin de sondage	12/05/16	09/06/16	13/07/16
SP 1	R1	18/01/16	-	3,3	-	0,12	0,2	0,76
SP 2	R1	18/01/16	-	3,3	-	0,11	0,03	0,65
SP 3	R1	18/01/16	-	3,9	-	0,11	0,05	0,72
SP 6	D2	18/01/16	-	3,2	-	0,12	0,37	0,86
SP 7	D2	19/01/16	-	3,9	-	0,51	0,68	1,3
SP 8	D2	19/01/16	-	3,8	-	0,02	0,07	0,75
SP 9	D2	19/01/16	-	4,8	-	0,16	0,14	0,6
SP 10	D2	19/01/16	-	4,7	-	0,48	0,41	0,91
SP 11	D2	19/01/16	-	3,5	-	0,28	0,36	0,97
SP 12	D2	20/01/16	-	4,6	-	0,51	0,62	1,43
SP 13	D2	20/01/16	-	3,9	-	0,63	0,51	1,21
SP 14	D2	20/01/16	-	3,1	-	0,22	0,37	1,11
SP 15	D2	20/01/16	-	3,3	-	0,36	0,39	1,08
SP 16	D2	20/01/16	-	3	-	2,21	0,60	1,22
SP 17	D2	20/01/16	-	3,4	-	détruit (vaches)		
SP 18	D2	21/01/16	-	5,1	-	4,46	3,45	3,4
SP 19	D2	21/01/16	-	5	-	0,65	0,40	1,05
SP 20	D2	21/01/16	-	4,8	-	0,32	0,43	1,16
SP 21	D2	21/01/16	-	4	-	0,84	0,54	0,93
SP 22	D2	21/01/16	-	3,6	-	0,50	0,42	0,67
SP 24	R3	25/01/16	3,6	4	-	1,66	1,23	1,8
SP 27	R3	25/01/16	-	3	-	0,26	0,45	0,79
SP 28	R3	25/01/16	2,5	3,8	-	1,07	0,73	1,47
SP 39	-	27/01/16	-	4,9	-	4,39	4,33	4,52
SP 42	D4	27/01/16	0,2 et 4,4	5,2	-	2,26	1,95	2,44
SP 43	-	01/02/16	-	5,4	-	3,28	2,82	3,3

Sondage					Relevés des profondeurs des niveaux d'eau (m/TN)			
Numéro	Ouvrage	Date de réalisation	Arrivée d'eau en sondage (m/TN)	Profondeur du pz posé (m/TN)	En fin de sondage	12/05/16	09/06/16	13/07/16
SP 44	D4	01/02/16	-	5	-	4,63	3,34	3,57
SP 45	-	01/02/16	-	5,1	-	2,30	2,56	2,92
SP 46	-	01/02/16	-	5,1	-	3,41	1,97	2,71
SP 47	D4	01/02/16	-	5,7	-	4,11	3,34	3,2
SP 48	-	02/02/16	-	5,4	-	sec à 5.4	5,04	sec à 5.4
SP 49	D4	02/02/16	2,1	4,9	-	1,48	1,29	détruit
SP 50	D4	02/02/16	-	5	-	sec à 5	sec à 5	4,84
SP 51	D4	02/02/16	-	5	-	sec à 5	sec à 5	sec à 5
SP 52	D4	02/02/16	-	3,7	-	sec à 3.7	3,39	sec à 3.7
SP 53	D4	03/02/16	-	5	-	sec à 5	sec à 5	détruit
SP 54	D4	03/02/16	-	5,1	-	sec à 5.1	4,34	détruit
SP 64	PR5	08/02/16	2,7	3,6	-	1,27	0	1,52
SP 66	R6	08/02/16	1,3 et 2,5	3	-	0,57	0	0,32
SP 67	R6	08/02/16	2,5	Pas de piézo	-	-	-	-
SP 85	R1	11/02/16	0,4	Pas de piézo	-	-	-	-
PR1	buse	10/05/16	-	10	-	3,73	0,94	1,61
PR2	buse	11/05/16	-	10	-	1,58	0,58	0,8
PR3	PI-1	14/04/16	-	20	-	0,54	0,63	0,8
PR4	PI-1	14/04/16	-	20	-	0,49	0,78	1,06
PR5	PI-1	14/04/16	-	20	-	0,13	0,37	0,72
PR6	PI-1	14/04/16	-	20	-	0,88	0,08	0
SC1	PI-1	fev-avr 2016	-	20	-	0,03	0,08	0,27
SC2	PI-1	fev-avr 2016	-	20	-	0,50	0,79	1,05
PR7	OAH-2	27/04/16	-	15,5	-	3,71	4,13	3,72
PR8	OAH-2	25/04/16	-	15,5	-	4,14	3,77	4,21
SC3	OAH-2	fev-avr 2016	-	15	-	3,00	3,60	0
PR11	PS-3 RD192	02/05/16	-	14	-	3,51	3,27	3,77
PR12	PS-3 RD192	03/05/16	-	14	-	2,46	2,29	2,65
PR13	PS-3 RD192	10/05/16	-	14	-	1,45	1,42	1,95
SC3A	PS-3 RD192	fev-avr 2016	-	14	-	2,07	2,27	2,77
PR14	OAH-4	13/04/16	-	10	-	0,61	0,48	0,88
PR15	OAH-4	14/04/16	-	10	-	0,22	0,20	0,62
PR16	Viaduc C0	07/04/16	-	15	-	0,70	0,81	1,19
SC4	Viaduc	fev-avr 2016	-	15	-	0,89	1,25	1,71
PR17	Viaduc P1	11/04/16	-	15	3,0	0,42	0,58	1,28
SC5	Viaduc	fev-avr 2016	-	15	-	1,45	1,24	1,91
PR18	Viaduc P2	04/04/16	-	15	3,0	0,56	-	1,7
PR20	Viaduc C3	21/04/16	-	15	0,0	0,99	0,59	1,35

Sondage					Relevés des profondeurs des niveaux d'eau (m/TN)			
Numéro	Ouvrage	Date de réalisation	Arrivée d'eau en sondage (m/TN)	Profondeur du pz posé (m/TN)	En fin de sondage	12/05/16	09/06/16	13/07/16
PR21	Viaduc C3	14/04/16	-	15	2,5	0,69	0,39	1,09
PR21A	OAH-5	07/04/16	-	10	3,0	0,80	0,37	1,12
PR21-B	OAH-5	06/04/16	-	10	2,5	0,53	0,14	0,82
PR22	OAH-6	05/04/16	-	10	2,0	1,73	1,63	2
PR22A	OAH-6	07/04/16	-	10	2,3	2,04	2,09	2,24
PR23	PI-7	20/04/16	-	10	2,1	0,65	0,68	1,02
PR24	PI-7	14/04/16	-	10	0,8	0,15	0,13	0,56
PR25	PI-8	19/04/16	-	10	0,0	1,91	1,76	1,98
PR26	PI-8	18/04/16	-	10	6,0	3,72	3,52	3,64
SC6	PI-8	fev-avr 2016	-	10	-	0,34	2,35	2,55
PR30	PS-9 RD172	31/03/16	-	10	2,8	1,30	0,74	1,26
PR31	PS-9 RD172	30/03/16	-	13	5,0	1,26	0,64	1,2
PR32	PS-9 RD172	29/03/16	-	10	4,0	1,01	0,67	1,2
SC8	PS-9 RD172	fev-avr 2016	-	13	-	1,20	0,60	1,16
PR47	PS-10 Barlières	25/02/16	-	10	1,5	1,08	1,14	1,39
PR48	PS-10 Barlières	08/03/16	-	10	8,5	1,08	1,04	1,39
PR49	PS-10 Barlières	02/03/16	-	10	1,9	1,07	1,04	1,38
PR33	OAH-11	09/03/16	-	10	1,0	0,46	0,50	0,82
PR34	OAH-11	09/03/16	-	10	7,3	0,46	0,54	0,8
PR50	PS-12	17/03/16	-	12	3,4	2,49	2,50	3,27
PR51	PS-12	15/03/16	-	12	5,0	4,09	3,69	4,02
PR52	PS-12	21/03/16	-	12	4,8	2,27	2,77	3,59
PR53	PS-12	22/03/16	-	12	9,8	5,71	5,61	5,58
SC11	PS-12	fev-avr 2016	-	12	-	4,40	4,05	4,38
PR39	PI-13	22/02/16	-	10	2,5	2,00	1,40	2,25
PR40	PI-13	25/03/16	-	10	3,3	2,23	1,58	2,38
PR41	PI-13	16/02/16	-	10	3,3	3,08	2,43	3,05
PR42	PI-13	18/02/16	-	10	-	3,31	2,65	3,32
SC10	PI-13	fev-avr 2016	-	10	-	2,41	1,65	2,28

En italique : les valeurs de niveaux d'eau peu réalistes (non exhaustif).

Certaines valeurs constatées ne correspondent pas à une réalité : de SP1 à SP13, l'eau météorique c'est probablement infiltrée entre le tube piezométrique et les terrains remaniés du sondage, laissant croire à une eau sub-affleurante.

3.6 - Description des formations rencontrées

Les formations présentes sur le tracé sont essentiellement d'origine superficielle ou sédimentaire. La terre végétale n'est pas prise en compte.

Le substratum rocheux n'a pas été rencontré. Du côté de Lempdes sur Allagnon (sondage SP6), on s'en rapproche de part la nature géologique des matériaux rencontrés (sables argileux d'origine gneissique).

3.6.1 - Formations d'origine métamorphique

- **Arène de gneiss**

Il s'agit des matériaux d'altération du substratum gneissique. Très peu présent sur le projet, on les retrouve du côté de l'A75 (Lempdes sur Allagnon) autour du sondage SP6 (vers le profil P36).

Il s'agit d'un sable argileux gris. L'origine gneissique est clairement mise en évidence par la présence d'éléments de gneiss altéré.

Il s'agit d'une formation meuble. Son épaisseur atteint a minima 4 mètres de profondeur localement.

- **Gneiss décomposé**

Ce matériau, rencontré uniquement dans le sondage SP6, est un gneiss complètement altéré. Les plans de foliation et de fracturation restent visibles. Bien qu'à l'origine, le gneiss soit un matériau rocheux, son état d'altération le transforme ici en formation meuble au droit du sondage.

Cette formation se rencontre plus au Sud (hors tracé).

3.6.2 - Formations superficielles

- **Argile sableuse orange**

Il s'agit d'une argile sableuse orange-marron, humide et présente uniquement en surface mais sur une bonne partie du linéaire d'étude. Son épaisseur est proche de 1 mètre et les matériaux peu compacts.

Cette formation est propice aux écoulements d'eau de surface, sa nature localement argileuse pouvant favoriser la rétention des eaux météoriques. Ceci est d'autant plus vrai que le secteur d'étude est un secteur de culture : la surface des terrains peut être compactée par les engins agricoles au droit de la zone de labour.

- **Matériaux de bas fond /zone humide**

Il s'agit d'un limon sableux marron noir avec localement de l'argile humide et pouvant contenir de la matière organique (et donc compressible). Ces matériaux hétérogènes, dont l'épaisseur peut atteindre 3,5 mètres (épaisseur de 1 mètre en moyenne), se retrouvent autour de La Leuge. Ils sont la conséquence d'écoulements d'eau de subsurface (lit majeur de la Leuge, écoulements temporaires d'après le SCAN25 de l'IGN et de l'étude des photographies aériennes). Lors des sondages, de nombreuses venues d'eau ont été constatées

- **Limons sableux à galets**

De couleur marron clair, il s'agit d'un limon sableux (fin) avec des galets (faible proportion). Ce matériau se retrouve uniquement à la fin du tracé côté Largelier, au droit du giratoire existant.

Son épaisseur peut atteindre 2 mètres au point bas.

3.6.3 - Formation récente alluviale

- **Niveau à galets**

Rencontrée uniquement à l'extrême Sud-Est du tracé, il s'agit d'une formation alluvionnaire Quaternaire de l'Allier, à matrice sablo-argileuse marron et très riche en galets d'origine quartzique et basaltique. Leur diamètre atteint 300 mm pour une proportion comprise entre 30 et 50 %.

Cet un niveau relativement compact.

3.6.4 - Formations sédimentaires

- **Sable limono-argileux gris-rouge**

Présent sur une bonne partie du linéaire du projet, il s'agit d'un sable limono-argileux parfois grossier, parfois fin et relativement compact. Cette formation se présente sous la forme de lentilles. Peu humide en sondage malgré la période d'investigation, les niveaux les plus sableux laissent apparaître des niveaux d'eau au Sud d'Arvant, sur la butte.

Gris-orange pour les matériaux sédimentaires de la Limagne, ils peuvent prendre une couleur rouge brique lorsque il s'agit de formations sidérolithiques. Compte tenu de la difficulté d'isoler cette formation, elle a été incluse dans « les matériaux sédimentaires de la Limagne ».

Localement, les matériaux présentent un caractère sableux grossier et compact (limite induré) de couleur blanchâtre (vers l'échangeur d'Arvant).

- **Argile limoneuse blanchâtre**

Cette argile silteuse et/ou limoneuse a été rencontrée au niveau du hameau des Combes. Elle a l'aspect d'une pâte argileuse blanchâtre humide localement indurée.

Ce matériau est le sujet de nombreuses venues d'eau lorsque les niveaux sont plus sableux. Cet état est conforté par la position altimétrique de cette formation (point bas) et les observations en photographie aérienne (zone humide).

Cette formation n'est pas toujours facilement identifiable car présente sous forme de lentilles au sein de matériaux qui pourraient être qualifiés de sables limono-argileux rouges.

- **Sable induré à nodules calcaires**

Il s'agit d'un sable limoneux à grossier localement induré pouvant présenter des éléments plus calcaires.

Il se situe en partie Sud-Est du tracé au-delà du hameau des Combes.

3.6.5 - Formation anthropique

- **Remblai**

Il s'agit de matériaux de remblai (chemin, route) à tendance sableuse et d'une granulométrie correspondant à du 0/31,5 mm.

- **Remblaiement coté Cohade**

Ce sont des matériaux mis en œuvre vers les années 70. Il s'agit essentiellement de sables argileux marron avec des blocs. Le dépôt mesure au maximum 1,9 mètre de haut (d'après la topographie du site et les sondages). Lorsqu'on se rapproche de la RD14, il a été mis en évidence des croûtes d'enrobé (entre autre) dans les sondages TP3 et TP4. L'ensemble repose sur des alluvions (sables à galets et argile de bas fond). La parcelle concernée est la ZV72 de la commune de Cohade.

4 - Extraction et mise en œuvre des formations

4.1 - Catégories de sol et condition d'extraction

La classification de la catégorie des sols est réalisée suivant le CCTG fascicule 2.

Dans le cas du projet étudié de liaison entre l'A75 et Brioude, l'ensemble des sols est meuble. L'extraction est réalisée aux engins mécaniques.

4.2 - Définition des familles de sol pour le réemploi

La classification des sols d'après la norme NF P 11-300 reste axée sur les conditions de réutilisation et ne rend pas compte des problèmes liés aux difficultés d'extraction.

Nous appliquerons donc la classification des sols aux matériaux naturels constitués de grains pouvant se séparer par simple trituration (matériaux meubles remaniés ou sols résiduels formés par un processus d'altération physico-chimique de la roche).

La classification des sols donnée dans ce rapport correspond aux matériaux extraits soit au tracto-pelle soit à la pelle puissante.

La double classification CiBi est adoptée dès lors que les éléments supérieurs à 50 mm offrent une résistance suffisante aux actions mécaniques de chantier et lors des différentes manipulations opératoires pour la réalisation des essais (avec une prise de poids conforme à la norme d'essais NF P 94-056).

4.3 - Traficabilité des sols en place

La traficabilité des sols est estimée à partir des essais Proctor Normal (PN) avec Indice de Portance Immédiat (IPI).

Les classes de matériaux identifiées sont très sensibles à l'eau (A1, A2 et B5 essentiellement).

Il sera donc nécessaire pendant toute la phase de terrassement des formations meubles, de mettre en place des dispositifs pour protéger les sols contre les eaux de ruissellement et drainer rapidement les circulations d'eau internes qui apparaîtront avec des débits variables suivant les conditions climatiques.

En phase chantier, ceci peut se traduire par des fossés latéraux (profondeur 1 mètre), une pente en travers ou longitudinale supérieure à 2 %, un profil de la route « en toit » ... Dans tous les cas, une attention particulière sera apportée à l'évacuation des eaux arrivant sur le projet.

L'attention est portée sur les problèmes de traficabilité prévisibles autour des Combes (importantes circulations d'eau).

4.4 - Purge et substitution

Les matériaux présentant de mauvaises caractéristiques géotechniques (qualité, portance...) pourront être purgés ou traités. Ceux comportant des éléments évolutifs (matières organiques) devront être purgés, avec mise en dépôt définitif.

Dans le présent rapport, les matériaux à purger sont ceux qui :

- présentent une résistance de pointe $q_d < 2$ MPa,
- (ou) présentent une valeur d'IPI < 5 ,
- (ou) contiennent de la matière organique.

Un matériau granulaire drainant d'apport sera utilisé en substitution.

Le matériau d'apport sera de préférence un matériau granulaire 100/300 mm insensible à l'eau. Il sera mis en œuvre conformément aux prescriptions du GTR sur toute la hauteur de la couche purgée + 50 cm au-dessus de la cote du terrain naturel ou des plus hautes eaux connues.

Le site ne comportant pas de matériaux rocheux, celui-ci devra provenir d'un apport extérieur.

Le volume des purges (apport) est à rajouter au mouvement des terres. Dans le même temps, les matériaux purgés seront soit mis en dépôts définitifs, soit -si possible- utilisés en aménagement paysager ou phonique suivant des conditions spécifiques de réutilisation (étude de stabilité et de réemploi). Rappelons que les matériaux purgés contiennent fréquemment de la matière organique et ont souvent un état hydrique th.

4.5 - Mesures préventives

Ces propositions (source SETRA) ne sont pas exhaustives. Leur mise en place devra s'accompagner de leurs documents d'exécution en phase travaux.

- **Fossés profonds**

Ce type de fossé, d'une profondeur de 1 mètre, remplit essentiellement deux fonctions : il recueille les eaux de ruissellement et permet le rabattement de la nappe sous certaines conditions.

Il est très utilisé en phase provisoire, pendant les terrassements. Dans ce dernier cas, il peut parfois faciliter les opérations en diminuant les teneurs en eau des sols à extraire.

La sensibilité du milieu récepteur pourra parfois interdire ou limiter l'utilisation de cette technique où les eaux de ruissellement et de drainage de la plate-forme sont mêlées.

La pente longitudinale du fossé doit être comprise entre 0,5 % et 2,5 % (attention aux problèmes de stagnation ou de ravinement). Le fil d'eau sera situé à 0,20 m au moins en dessous de la couche de forme en rive ou 1 m au-dessous de l'arase (pour la phase terrassement). Plus le fossé sera profond, plus il sera efficace.

Des fossés profonds devront être exécutés en début de chantier en pied de remblai et le long des profils rasants. Ils sont à réaliser en amont ET en aval du tracé afin d'empêcher toute circulation d'eau dans l'ouvrage (conservation de la portance, forte sensibilité à l'eau des matériaux...).

- **Masques drainants**

Les masques drainants doivent être mis en place au droit de venues d'eau ponctuelles sur les talus de déblai meuble. Ils n'ont pas une vocation de soutènement, mais de gestion des venues d'eau ponctuelles au sein des talus. En cas de présence d'une nappe, les masques drainants peuvent être mis en œuvre, mais associés à des éperons drainants, tranchées drainantes (par exemple).

Ils sont constitués de matériaux rocheux (20/150 mm) drainants insensibles à l'eau type R61.

Les matériaux doivent être mis en œuvre sur une épaisseur de 80 cm. L'extension latérale et verticale dépend de la venue d'eau.

Aucun matériau rocheux du site ne présente de caractéristiques géotechniques suffisantes pour fournir un tel matériau.

Le schéma ci-dessous explicite la géométrie d'un masque.

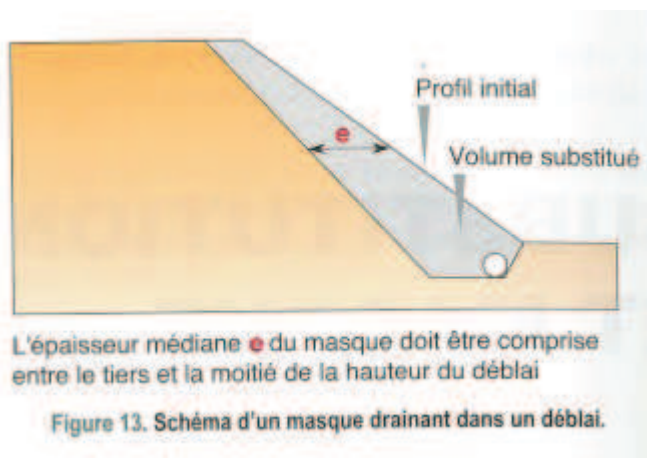


Illustration 5 : Schéma de principe : masque drainant (source « Prévention et stabilisation des glissements de terrains »)

- **Tranchée drainante**

La tranchée drainante est mise en œuvre en tête de déblai ou au pied du corps de chaussée pour permettre un rabattement de la nappe (drainage du sol support et/ou gain de portance de la plate-forme). À sa base, il y a généralement un drain reposant sur le fond de tranchée ; l'ensemble est recouvert d'un matériau drainant dont la perméabilité est supérieure à celle de l'encaissant.

Les matériaux sont constitués de matériaux rocheux (20/150 mm) drainants insensibles à l'eau type R61 et mis en œuvre sur toute la hauteur de la tranchée drainante.

Aucun matériau rocheux du site ne présente de caractéristiques géotechniques suffisantes pour fournir un tel matériau.

Le schéma ci-dessous explicite la géométrie de tranchées drainantes (source SETRA) :

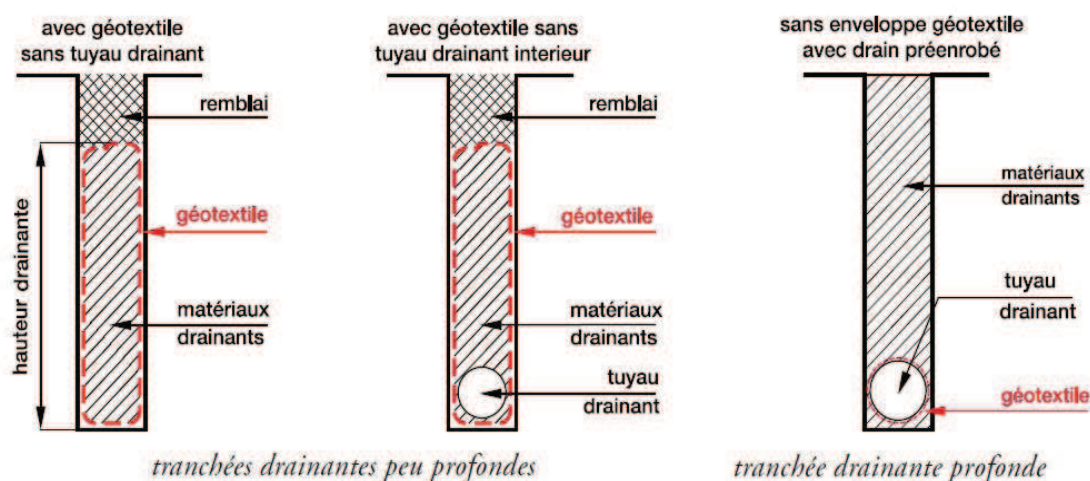


Illustration 6 : Schéma de principe : tranchée drainante (source SETRA)

D'après le profil en long, le linéaire de projet intéressé par un aménagement de type « drainage » est estimé à 2500 m. La mise en place de masques drainants / tranchées drainantes est à affiner en phase travaux et fonction des autres dispositifs déjà mis en œuvre pour gérer les écoulements d'eau et de l'impact d'un rabattement de nappe sur l'environnement selon le type de drainage retenu.

L'estimation a été réalisée à partir du profil en long et des zones où l'eau a été rencontrée en sondage.

4.6 - Aménagement des limites déblais-remblais

Les zones concernées par ces aménagements sont :

- les zones de passage déblai – remblai dans le profil en long du projet,
- les zones de passage déblai – remblai dans le profil en travers du projet.

Conformément au guide technique « Conception et réalisation des terrassements » (SETRA – mars 2007), si le matériau rencontré n'assure pas une portance équivalente à celle de l'arase du remblai et du déblai adjacent, il est recommandé de procéder à une substitution par des matériaux au moins équivalents à ceux mis en œuvre en remblai. Une procédure d'exécution en phase chantier précisera le mode de mise en œuvre et leurs dimensions.

Ceci a pour but de :

- assurer la continuité de portance de l'arase « terrassement »,
- assurer le drainage de l'aménagement exécuté,
- éviter que les eaux de ruissellement de infrastructure définitive viennent stagner et affaiblir l'aménagement exécuté,
- assurer la liaison occasionnée par une discontinuité topographique brutale.

4.7 - Tassements sous remblai

Les tassements sous remblai (hors ouvrage d'art) sont estimés à partir des résultats d'essai pressiométrique en utilisant la formule suivante :

$$w = \int_0^h \left(\frac{\alpha(z) \cdot P(z)}{E(z)} \right)$$

Avec :

w	tassements en mètres
h	hauteur de la couche compressible (en m)
$\alpha(z)$	coefficient rhéologique de Ménard de la couche compressible concernée
P(z)	contrainte effective au sol (surcharge + poids des terres) (en MPa)
E(z)	module pressiométrique (en MPa)

Le module pressiométrique est calculé à partir de la moyenne géométrique des essais réalisés dans la couche compressible.

Généralement, l'estimation des tassements est effectuée quand le module pressiométrique est inférieur à 20 MPa.

4.8 - Études de vibrations

• Compactage

Lors du démarrage de la phase chantier, une étude de vibrations devra être menée pour définir les prescriptions à mettre en œuvre lors du compactage des matériaux à proximité des voies ferrées (limitation des compacteurs, des hauteurs de compactages...).

Quel que soit le type de matériaux, la proximité des voies ferrées ou la présence de constructions et d'ouvrages détermine la nécessité d'une étude.

Les prescriptions sont à étudier pour une distance de 50 mètres entre la voie ferrée et le projet (compactage) d'après l'IN1226 de la SNCF.

Les habitations se situent environ à plus de 125 mètres de distances du projet. Elles se seront pas concernées par les vibrations générées par le compactage.

5 - Résultats de l'étude

Le profil en long habillé géotechniquement est dans le livret V.

5.1 - Résultats par formation

Les pourcentages de matériaux ou d'état hydrique sont définis à partir des prélèvements effectués dans les sondages. Ils s'appliquent à la formation, sans toutefois la caractériser dans son intégralité.

5.1.1 - Arène de gneiss

- **Terrassements**

La totalité des arènes pourra être extraite aux engins type pelle mécanique.

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation.

Classe GTR + %	Arènes de gneiss							État hydrique
	Wmin	Wnat (%) Wmax	Wmoy	% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	
B5 50 %	12,3	13.2	12,6	38 à 49	1,8 à 2,3	-	-	-
A1 50 %	17	20	18,5	20 à 28	1,2 à 1,4	-	-	-

On est en présence de sols qui se classent A1 et B5. Compte tenu du volume réduit d'échantillons il n'a pas été réalisé d'essai proctor.

- **Réutilisation en remblai**

Bien qu'il n'y ait pas d'essai proctor d'effectué pour définir les conditions de réutilisation en remblai, ce matériau étant similaire (classe GTR) au gneiss décomposé et au sable limono-argileux rouge, il pourra être mis en œuvre dans les mêmes conditions.

- **Traficabilité**

Un comportement similaire aux sables limono-argileux rouge est attendu.

- **Talutage**

Les pentes de talus ne pourront être en aucun cas supérieures à 2/1 (base/hauteur) en remblai et en déblai.

La hauteur des remblais est comprise entre 5 et 10 mètres selon la teneur en eau initiale des matériaux pour une utilisation en l'état.

Ces matériaux étant très sensibles aux conditions météorologiques, un excès d'eau (période pluvieuse, absence de drainage...) ou au contraire un manque d'eau, peut les rendre difficiles à mettre en place.

Les arènes de gneiss ont été rencontrées uniquement du P34 au P41 et au P70-P71 (côté Lempdes sur Allagon).

- **Stabilité sous remblai**

Sans objet.

5.1.2 - Gneiss décomposé

- **Terrassements**

La totalité des gneiss décomposés pourra être extraite aux engins type pelle mécanique.

- **Caractéristiques géotechniques**

N'ayant été rencontré que sur un seul sondage (SP6), il n'y a eu qu'une identification.

Gneiss décomposé								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%) Wmax	Wmoy	% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
B5 100 %	8,2	10	9,1	15	0,4	2,04	9,7	100 % m

La moyenne de teneurs en eau a été obtenue sur 2 valeurs, la valeur d'OPN sur 1 seul prélèvement.

- **Réutilisation en remblai**

Comme les autres matériaux de classes GTR similaires, ces sols sont très sensibles à l'eau, que ce soit en excès ou en manque. Les conditions de réemploi seront définies par les conditions de mise en œuvre.

Un mélange avec les sables limono-argileux rouges est possible.

- **Traficabilité**

Aucune difficulté de circulation n'est attendu dans ces conditions hydriques.

- **Talutage**

Les pentes de talus ne pourront être en aucun cas supérieures à 2/1 (base/hauteur) que ce soit dans ces matériaux ou en réemploi.

Le gneiss décomposé a été rencontré uniquement du P35 au P37

- **Stabilité sous remblai**

Sans objet.

5.1.3 - Argile sableuse orange

- **Terrassements**

La totalité de l'argile sableuse orange pourra être extraite aux engins type pelle mécanique.

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation par rapport aux essais réalisés.

Argile sableuse orange								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%)		% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
		Wmax	Wnat					
A1 50 %	11,9	21,3	14,4	37	2,3	1,93	11,5	h / th
A2 50 %			17,9	43	3,8			th

Les teneurs en eau ont été réalisées sur 16 prélèvements avec des valeurs importantes compte tenu de la période de sondage (hiver).

- **Réemploi en remblai**

En fonction de leur état hydrique, la répartition de l'argile limoneuse orange est la suivante :

Sols A1/A2			
État hydrique	Seuil théorique de Wnat	Seuils obtenus de Wnat	Pourcentages
th	Wnat > 1,25 Wopn	Wnat > 14,4 %	43,75 %
h	1,1 Wopn < Wnat < 1,25 Wopn	12,7 % < Wnat < 14,4 %	43,75 %
m	0,9 Wopn < Wnat < 1,1 Wopn	10,4 % < Wnat < 12,7 %	12,5 %
s	0,7 Wopn < Wnat < 0,9 Wopn	8,1 % < Wnat < 10,4 %	0 %
ts	Wnat < 0,7 Wopn	Wnat < 8,1 %	0 %

Compte tenu des mêmes découpages de l'état hydrique par rapport à l'OPN pour les sols classés A1 et A2, ils ont été tous regroupés dans un seul tableau.

Pour l'état th du sol A2, la valeur est $1,3 \cdot W_{OPN}$. Seule celle des sols A1 a été conservée (1,25).

La presque totalité des sols est dans un état hydrique humide ou très humide.

- **Traficabilité**

Rappel : en remblai des fossés profonds de 1 m devront être mis en place en tout début des travaux pour maintenir la plate-forme de terrassement hors d'eau (dispositions constructives de drainage à la base pour permettre l'évacuation des eaux et éviter leur infiltration).

La forte teneur en eau de ces matériaux va générer des problèmes de traficabilité.

La répartition des valeurs d'IPI dépend notamment de la topographie du tracé :

- les « points hauts » ont généralement un IPI > 13,
- les « points bas », pied de versants ou proches de zones humides ont un IPI < 5.

Les zones « sensibles » à la date des prélèvements sont :

- le remblai R1 (P7 à P26) de part et d'autre de la voie ferrée,
- le remblai R3 (P115 à P118) à l'Est du viaduc de la Leuge,
- le remblai R3 (P120 à P125) et les bretelles attenantes à l'Est du viaduc de la Leuge.

Les solutions possibles pour assurer la traficabilité sont :

- la purge des matériaux de surface et leur substitution sur 1 mètre d'épaisseur par un matériau rocheux insensible à l'eau. Compte tenu de l'absence de ce type de matériaux sur site, ils seront d'apport extérieur. Cette solution est valable quelle que soit la hauteur de remblai. En l'absence totale d'eau, la substitution peut être

réalisée avec des matériaux du site traités à la chaux sur 1 mètre d'épaisseur ;

- la mise en place directement après décapage de la terre végétale d'une couche épaisse de remblai (selon recommandations GTR). Cette première couche est susceptible de matelasser. Ce phénomène devrait se réduire lors de la mise en place des autres couches. Ceci implique un volume de remblai légèrement plus important. Cette solution moins onéreuse est à affiner en phase chantier et dépend des matériaux mis en remblai (matériaux du site traités ou non en l'absence d'eau). Cette solution est valable pour un remblai de hauteur moyenne, soit de 5 à 10 mètres.

Dans tous les cas, les fossés profonds doivent être déjà réalisés.

- **Talutage**

Les pentes de talus ne pourront être en aucun cas supérieures à 2/1 (base/hauteur).

- **Stabilité sous remblai**

A priori, ce ne sont pas des matériaux compressibles (pas de matière organique). En l'absence de pente en travers, pour un remblai réalisé dans les règles de l'art et de moins de 10 mètres de hauteur, il n'y a pas de problème de stabilité à attendre.

Le tassement estimé du remblai est inférieur au cm.

5.1.4 - Matériaux de bas fond

- **Terrassements**

La totalité des matériaux de bas-fond pourra être extraite aux engins type pelle mécanique.

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation par rapport aux essais réalisés (1 seul essai).

Matériaux de bas fond								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%) Wmax	Wnat	% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
B6 100 %	-	-	8,2	30	1,6	-	-	-

Ces matériaux sont peu compacts

- **Réemploi en remblai**

Ces matériaux (quand ils sont purgés) peuvent contenir de la matière organique. Dans ces conditions, il est préférable de les évacuer pour mise en dépôt définitif.

- **Traficabilité**

Rappel : en remblai des fossés profonds de 1 m devront être mis en place en tout début des travaux pour maintenir la plate-forme de terrassement hors d'eau (dispositions constructives de drainage à la base pour permettre l'évacuation des eaux et éviter leur infiltration).

Les matériaux de bas-fond sont concentrés au droit d'écoulements de subsurface et sont donc soumis à des circulations d'eau.

Les IPI sont faibles (voire presque nuls) et/ou la résistance de pointe au pénétromètre dynamique est inférieure à 2 MPa voire même inférieure à 1 MPa. Les valeurs pressiométriques (pression limite et module pressiométrique) sont également faibles.

Les zones concernées à la date des prélèvements sont :

- le remblai R3 (P84 à P98) à l'Ouest de la Leuge,
- le remblai R3 (P102 à P104) pour la culée et le remblai d'accès rive droite du viaduc de la Leuge,
- le remblai R3 (P111 à P115) à l'Est du viaduc de la Leuge.

Compte tenu qu'il s'agit de ruisseaux temporaires, le maintien des écoulements doit être assuré.

Afin d'assurer la traficabilité des engins de terrassements ET la continuité des écoulements hydrauliques, il est nécessaire de purger les matériaux et de les substituer par un matériau rocheux, drainant et insensible à l'eau ($VBs < 0,1$), et ce, sur :

- 2 à 2,5 mètres de hauteur entre P84 et P98,
- 3,5 à 4 mètres de hauteur entre P111 et P115.

Une purge au niveau du remblai R3 entre les profils P102 et P104 pour assurer la traficabilité sera fonction des conditions de stabilité retenues au paragraphe 5.2.4.

- **Talutage**

Sans objet.

- **Stabilité sous remblai**

En règle générale, ces matériaux sont à purger et à substituer par des matériaux rocheux insensibles à l'eau sur toutes leur épaisseur.

Des adaptations à la substitution sont proposées au paragraphe 5.1.2 quand cela est possible.

5.1.5 - Limons sableux à galets

- **Terrassements**

La totalité des limons pourra être extraite aux engins type pelle mécanique (profils P247 à P252, au droit du P113).

- **Caractéristiques géotechniques**

Il n'y a pas eu d'essai sur cette formation.

Ces matériaux sont peu compacts

- **Réemploi en remblai**

Sans objet.

- **Traficabilité**

Rappel : en remblai des fossés profonds de 1 m devront être mis en place en tout début des travaux pour maintenir la plate-forme de terrassement hors d'eau (dispositions constructives de drainage à la base pour permettre l'évacuation des eaux et éviter leur infiltration).

La présence en surface de galets permet d'avoir une bonne traficabilité.

- **Talutage**

Sans objet.

- **Stabilité sous remblai**

Il s'agit d'un ouvrage d'art avec deux remblais contigus de 9 mètres de hauteur. Bien que les deux remblais soient sur forte pente, celle-ci est perpendiculaire à l'axe du projet (donc longitudinale) et ne génère pas d'instabilité particulière pour un remblai construit dans les règles de l'art et conforme au GTR 92.

Le tassement estimé du remblai est de l'ordre du cm.

5.1.6 - Niveau à galets

- **Terrassements**

La totalité de ce niveau pourra être extraite aux engins type pelle mécanique (profils P237 à P245).

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation par rapport aux essais réalisés (1 seul essai – campagne 2007).

Niveau à galets								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%) Wmax	Wnat	% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
C1B4 100 %	8	9,4	8,7	8	0,71	-	-	-

- **Réemploi en remblai**

Il n'y a pas eu d'échantillonnage supplémentaire compte tenu de la difficulté de prélèvement (volume à prélever par rapport au diamètre des galets).

Cependant, par expérience, il n'y a pas de problème particulier quant au réemploi de ces matériaux.

- **Traficabilité**

La forte proportion de galets permet d'avoir une bonne traficabilité. Lors de la campagne 2007, l'IPI était compris entre 20 et 50.

- **Talutage**

Les pentes de talus ne pourront être en aucun cas supérieures à 2/1 (base/hauteur) en remblai et en déblai.

La hauteur de déblai actuelle n'étant pas importante, il n'y a pas lieu de mettre un dispositif en pied de talus retenant les galets.

- **Stabilité sous remblai**

Sans objet.

5.1.7 - Sable limono-argileux gris rouge

- **Terrassements**

La totalité des sables limono-argileux rouges pourra être extraite aux engins type pelle mécanique ou scrappeur.

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation par rapport aux essais réalisés.

Sable limono-argileux gris rouge								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%)		% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
A1 33,3 %	7,8	Wmax 12,1	Wmoy 9,9	38 à 65	1,8 à 2,5	1,93 à 1,98	10,2 à 12	s à m
A2 47,6 %	5,7	20,1	11,5	38 à 73	2,2 à 5	1,94 à 1,98	10,2 à 11,2	s à m
B6 16,7 %	7,6	15	9,7	24 à 98	1,6 à 2,4	-	-	-
B5 2,4 %	-	-	8,5	26	1,4	-	-	-

Les identifications GTR ont été réalisées sur 42 prélèvements et les teneurs en eau sur 129. Les données proctor (OPN) sont issues d'essais réalisés sur les mélanges de prélèvement.

- **Réemploi en remblai**

En fonction de leur état hydrique, la répartition des sables limono-argileux rouges est la suivante pour les deux principaux type de sol (moyenne des teneurs en eau et de l'optimum proctor) :

Sols A1			
État hydrique	Seuil théorique de Wnat	Seuils obtenus de Wnat	Pourcentages
th	Wnat > 1,25 Wopn	Wnat > 14,4 %	0 %
h	1,1 Wopn < Wnat < 1,25 Wopn	12,7 % < Wnat < 14,4 %	0 %
m	0,9 Wopn < Wnat < 1,1 Wopn	10,4 % < Wnat < 12,7 %	50 %
s	0,7 Wopn < Wnat < 0,9 Wopn	8,1 % < Wnat < 10,4 %	43 %
ts	Wnat < 0,7 Wopn	Wnat < 8,1 %	7 %

Sols A2			
État hydrique	Seuil théorique de Wnat	Seuils obtenus de Wnat	Pourcentages
th	Wnat > 1,30 Wopn	Wnat > 13,8 %	10 %
h	1,1 Wopn < Wnat < 1,3 Wopn	12,1 % < Wnat < 13,8 %	20 %
m	0,9 Wopn < Wnat < 1,1 Wopn	9,9 % < Wnat < 12,1 %	50 %
s	0,7 Wopn < Wnat < 0,9 Wopn	7,7 % < Wnat < 9,9 %	15 %
ts	Wnat < 0,7 Wopn	Wnat < 7,7 %	5 %

Le tableau en page suivante montre la répartition des teneurs en eau dans les sables limono-argileux rouges pour l'ensemble des valeurs obtenues :

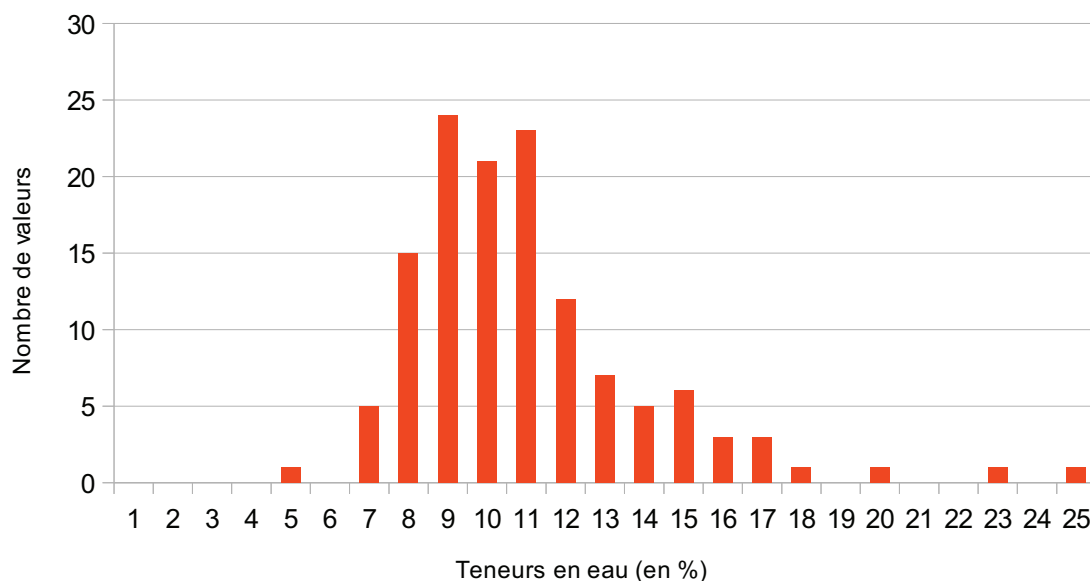


Illustration 7 : Répartition des teneurs en eau dans les sables limono-argileux rouges

Les valeurs de teneur en eau ont été obtenues à partir de sondages réalisés en janvier et février 2016. Pour rappel, d'après le site de Météo France, le mois de décembre 2015 a été le plus chaud en France depuis 1900 et « la pluviométrie a également présenté un caractère exceptionnel : les cumuls ont été extrêmement faibles pour cette période de l'année sur l'ensemble du pays comme le nombre de jours de pluie significative (cumul quotidien supérieur ou égal à 1 mm). Seuls le sud de la Bretagne et la Loire-Atlantique ont présenté un déficit moins important. En moyenne sur la France et sur le mois, la pluviométrie, déficitaire de plus de 70 %, a été la plus faible enregistrée en décembre sur la période 1959-2015 ».

Compte tenu des seuils A1/A2 définissant l'état hydrique, 75 % des valeurs de teneur en eau sont comprises en les états sec et moyen (s et m) pour des sondages réalisés en période sèche.

Dans ces conditions, la quasi-totalité des sables limono-argileux rouges peut être réutilisée.

Le mode de terrassement (extraction frontale, scrappeur....) selon les conditions météorologiques va déterminer le pourcentage de réemploi.

- **Traficabilité**

Rappel : en remblai des fossés profonds de 1 m devront être mis en place en tout début des travaux pour maintenir la plate-forme de terrassement hors d'eau (dispositions constructives de drainage à la base pour permettre l'évacuation des eaux et éviter leur infiltration).

Les sables limono-argileux rouges sont classés essentiellement A1 et A2. Ils sont très sensibles aux conditions hydriques et sujets au matelassage en cas de condition météorologique défavorable.

La courbe IPI du déblai P127/P151 est présentée en page suivante. Ce graphique montre le comportement des matériaux (portance) selon leur teneur en eau.

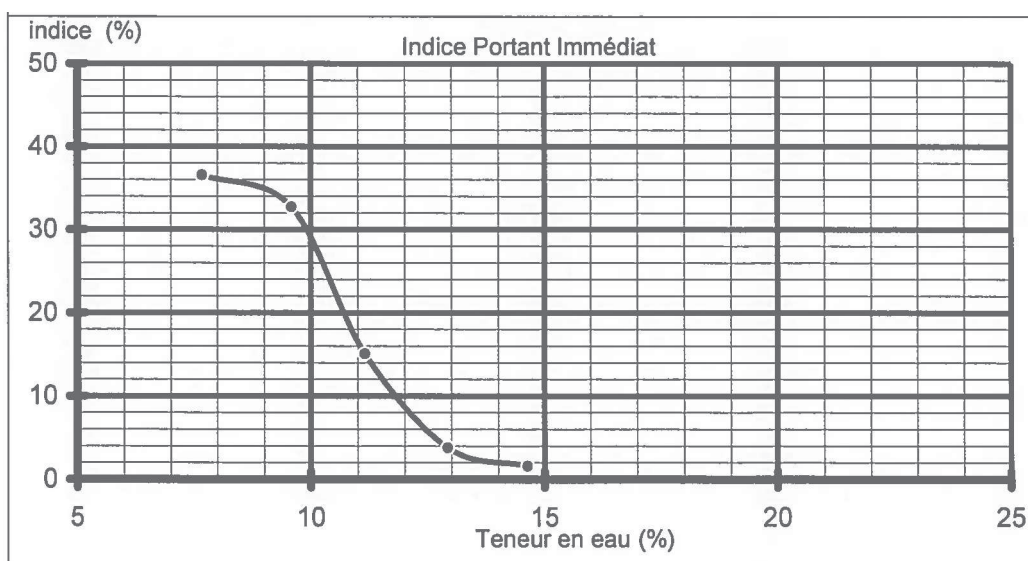


Illustration 8 : Extrait de l'essai PN avec CBR du mélange SP49/51/52/54

L'extrême sensibilité à l'eau de ces matériaux est mise en évidence. De la qualité de gestion des eaux météoriques et de plate-forme dépendra la traficabilité du chantier.

- **Talutage**

Les pentes de talus ne pourront être en aucun cas supérieures à 2/1 (base/hauteur).

En déblai, au droit des venues d'eau des masques ou des éperons drainants pourront être mis en place.

Des venues d'eau ont été identifiées en sondage entre les P127 et P150.

- **Stabilité sous remblai**

En l'absence de venue d'eau, de pente en travers et dans le respect des règles de l'art et du GTR 92, il n'y a pas de problème de stabilité à attendre pour la stabilité sous remblai.

Compte tenu des valeurs de module pressiométrique dans les sondages pressiométriques, il n'y a pas de tassement attendu.

5.1.8 - Argile limoneuse blanchâtre

- **Terrassements**

La totalité de l'argile limoneuse blanchâtre pourra être extraite aux engins type pelle mécanique (profil rasant au niveau du plateau des Combes).

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation par rapport aux essais réalisés.

Argile limoneuse blanchâtre								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%) Wmax	Wmoy	% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
A2 83,3 %	13,2	19,1	16,1	55 à 91	2,8 à 4,8	-	-	-
B6 17,6% (1 valeur)	-	-	8,5	16	1,4	-	-	-

Les identifications GTR ont été réalisées sur 6 prélèvements et les teneurs en eau sur 14.

- **Réemploi en remblai**

Sans objet.

- **Traficabilité**

Rappel : en remblai des fossés profonds de 1 m devront être mis en place en tout début des travaux pour maintenir la plate-forme de terrassement hors d'eau (dispositions constructives de drainage à la base pour permettre l'évacuation des eaux et éviter leur infiltration).

L'argile limoneuse blanchâtre est essentiellement A2. Elle est très sensible aux conditions hydriques et sujets au matelassage en cas de condition météorologique défavorable.

De nombreuses venues d'eau ont été rencontrées en sondages. Les IPI effectués sur les prélèvements de la campagne 2016 donnent essentiellement des valeurs faibles inférieures à 5.

Malgré les fossés permettant d'évacuer une partie des eaux, au point bas topographique du projet, il sera nécessaire a minima de réaliser une base rocheuse insensible à l'eau en purgeant le premier mètre.

- **Talutage**

Sans objet.

- **Stabilité sous remblai**

Le remblai étant de faible hauteur, il n'y a pas de problème de stabilité à attendre. Seuls des problèmes liés à la portance, à la gestion des eaux et à la traficabilité sont attendus.

5.1.9 - Sable induré à nodules calcaires

- **Terrassements**

La totalité des sables indurés pourra être extraite aux engins type pelle mécanique.

- **Caractéristiques géotechniques**

Le tableau ci-dessous permet de préciser les principales caractéristiques géotechniques de cette formation par rapport aux essais réalisés.

Argile limoneuse blanchâtre								
Classe GTR + %	Wmin	Wnat (%) Wmax	Wmoy	% fines	Vbs	γ_d (t/m ³)	W _{OPN} (%)	État hydrique
A2 100 %	14,3	15,1	14,7	55 à 61	2,2 à 3,0	1,75 à 1,83	-	-

Les identifications GTR ont été réalisées sur 2 prélèvements.

- **Réemploi en remblai**

Compte tenu des résultats, à rapprocher des sables limono-argileux rouges.

- **Traficabilité**

Les sables indurés sont classés A2 au sens du GTR92. Ils sont très sensibles aux conditions hydriques et sujet au matelassage en cas de conditions météorologiques défavorables.

Les IPI effectués sur un prélèvement de la campagne 2016 et sur le sondage SP76 donnent des valeurs supérieures à 13.

- **Talutage**

Sans objet.

- **Stabilité sous remblai**

Le remblai étant de faible hauteur, il n'y a pas de problème de stabilité à attendre. Seuls des problèmes liés à la portance, à la gestion des eaux et à la traficabilité sont attendus en cas de conditions météorologiques défavorables. La stabilité sous le remblai R8 entre les profils P246 et P262 est traité au paragraphe 5.1.2.

5.1.10 - Remblai

Il s'agit de matériaux de remblai meubles divers rencontrés au droit des voies de circulation (route, chemin).

5.2 - Stabilités des déblais et des remblais

5.2.1 - Stabilité interne des remblais

Il s'agit de la stabilité intéressant uniquement le corps du remblai. Elle est vérifiée pour une hauteur à partir de 10 mètres.

Le remblai R1 côté Lempdes sur Allagnon (P1 à P31) mesure 10 mètres de hauteur. Il est situé au niveau d'un point bas topographique.

Le remblai R3 au Nord de la Leuge (P85 à P99) mesure jusqu'à 9,5 mètres de hauteur. Il est situé sur un écoulement temporaire de sub-surface.

La stabilité interne des remblais est assurée à partir de la mise en œuvre de matériaux du site dans le respect des règles de l'art et conformément aux prescriptions du GTR92 (état hydrique, compactage...) pour une pente de 2/1 (b/h) et pour un remblai ne dépassant pas 10 mètres de hauteur. Selon l'état hydrique des matériaux, un traitement à la chaux est possible.

5.2.2 - Stabilité externe des remblais – pente en travers

Il n'y a pas de remblai sur pente en travers sur le projet.

5.2.3 - Stabilité externe des remblais – pente longitudinale

Deux remblais, respectivement d'une hauteur maximale de 8 et 9 mètres, sont situés sur une forte pente

longitudinale.

Il s'agit des remblais situés :

- au Sud de la Leuge pour monter à l'échangeur d'Arvant (R3 - 2 remblais entre les profils P113 et P127),
- au niveau de l'échangeur de Largelier pour l'ouvrage PI13 (R8 - profils P245 à P252).

L'assise de ces remblais devra faire l'objet de redans d'ancrage en déblai.

5.2.4 - Stabilité externe des remblais – pente transversale

La stabilité externe est vérifiée pour les remblais « non courants » sur sol compressible (s.l.) uniquement. Un remblai dit « courant » mis en œuvre selon les règles de l'art et conformément au GTR92 et en matériaux du site, ne doit pas présenter d'instabilité.

Les pentes de talus de remblai sont de 2/1 (b/h) à partir des matériaux du site (traités ou non).

Sur les fortes pentes (supérieures à 15 %), les redans d'ancrage sont réalisés entièrement en déblai. Leurs dimensions sont fonction de la géologie, des circulations d'eau, des géométries du site et du projet... Une base drainante est à prévoir sur les redans même en l'absence de venues d'eau. Elle permettra, entre autre, d'assurer une transparence hydraulique et un bon ancrage des remblais.

Rappel : des fossés profonds devront être exécutés en début de chantier en pied de remblai et le long des profils rasants. Ils sont à réaliser en amont ET en aval du tracé afin d'empêcher toute circulation d'eau dans l'ouvrage (conservation de la portance, forte sensibilité à l'eau des matériaux...).

Ce paragraphe ne traite pas des stabilités d'ouvrages (fondations, murs en retour, etc...).

• **Remblai P0-P32 (R1)**

Il s'agit du premier remblai côté Lempdes sur Allagnon. Il permet le franchissement de la voie ferrée (PI1).

Les investigations ont montré que seule la couche de surface possède une faible portance (IPI des limons orange < 5). Dans les sables limono-argileux rouges, l'IPI est supérieur à 13 au jour des sondages.

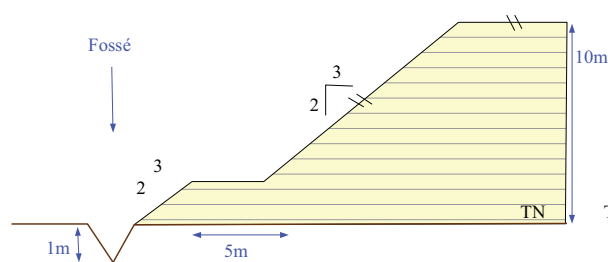
Le remblai fini aura une hauteur maximale de 10 mètres au droit de l'ouvrage (par rapport au TN).

La nécessité de fossés de part et d'autre du remblai pour la réalisation de la plate-forme augmente sa hauteur de 1 mètre, soit 11 mètres. Cela rend la réalisation de redans nécessaire afin d'assurer sa stabilité. Deux solutions sont possibles pour sa réalisation :

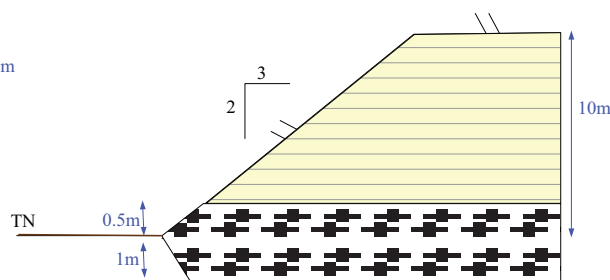
- mise en place directe sur le sol support (sans décapage de la terre végétale) des matériaux du projet. La portance étant faible en surface, la première couche mise en œuvre pourrait être de forte épaisseur (conformément au GTR92) et sera sans doute soumise au phénomène de matelassage. Un redan (5 mètres de largeur – en partie basse du remblai) et des fossés (1 mètre de profondeur) devront également être réalisés (côtés amont et aval). L'exutoire des fossés devra faire l'objet d'une attention particulière ;
- purge puis substitution sur 1 mètre sous la base du remblai et base drainante rocheuse sur 0,50 mètre à sa base. Les matériaux de substitution devront être drainants afin de permettre la transparence hydraulique (en lieu et place de fossés). Dans ces conditions, le remblai ne dépassant pas 10 mètres de hauteur, il n'est pas nécessaire de réaliser un redan.

Les schémas page suivante explicitent ces propositions.

└



**Illustration 9 : Schéma de principe : redan + fossés
(uniquement matériaux du site)**



**Illustration 10 : Schéma de principe : base drainante
rocheuse (matériaux du site + apport extérieur)**

Les matériaux purgés peuvent être réutilisés en corps de remblai sous réserve d'un mélange homogène.

- **Remblai – P83-P99 (R3a – côté Ouest de la Leuge – accès culée C0)**

Ce remblai de presque 500 mètres de longueur assure la transition entre la RD192 (cote TN) et le viaduc de la Leuge (remblai de 10 mètres de hauteur). La quasi-totalité du remblai repose sur un ancien ruisseau d'après le cadastre napoléonien (et ruisseau temporaire d'après le SCAN25 de l'IGN). En sondages, il a été mis en évidence des matériaux de mauvaise qualité géotechnique (portance, matière organique) et des venues d'eau dans les matériaux de surface (matériaux de bas-fond/zone humide). Ces observations sont concordantes avec l'analyse des photographies aériennes.

Il est recommandé de purger et de substituer les matériaux de surface par des matériaux rocheux drainants et insensibles à l'eau, sur une hauteur moyenne de 1,5 mètres (ponctuellement 2,5 mètres entre les profils 85 et 88), compte tenu de :

- la faible épaisseur de remblai (surtout côté Ouest),
- la présence d'écoulement (transparence hydraulique à maintenir),
- la présence de matière organique (matériau évolutif),
- les faibles valeurs de résistance de pointe q_d (valeurs < 2 MPa) et de portance.

Une vérification de la stabilité externe du remblai devra être effectuée lors de l'étude d'exécution G3 une fois les paramètres de sols connus.

Une attention particulière sera à avoir au niveau de l'exutoire des eaux.

Les matériaux purgés sont à mettre en dépôt définitif ou à réemployer et aménagement paysager de faible hauteur (sous conditions).

Dans ces conditions, le réemploi des matériaux du site est possible dans le respect des règles de l'art et conformément aux prescriptions du GTR92 (état hydrique, compactage...).

- **Remblai – P102-P105 (R3b – accès culée C3)**

Il s'agit du remblai d'accès à la culée C3 du viaduc de la Leuge. Sa hauteur maximale est de 10,5 mètres. Il se situe en partie au droit de l'ancien lit de la Leuge. Localement les matériaux présentent de mauvaises caractéristiques jusqu'à une profondeur de 6 mètres par rapport au terrain naturel.

À signaler que l'épaisseur de terre végétale peut atteindre 1,5 mètre par endroit. Un ouvrage de décharge (OAH5) est également prévu dans ce remblai.

La présence de l'ancien lit crée une hétérogénéité de portance forte. Entre les sondages réalisés au droit de la culée C3 et ceux de l'OAH5, il y a un écart de plus de 35 cm de tassement. La zone n'est pas exactement cernée mais n'intéresse pour l'instant que les sondages PR21A, PR21B (peut être PR21) et PD16 (au droit de l'OAH5).

Afin de mettre en œuvre le remblai courant dans des conditions de stabilités suffisantes, les solutions suivantes sont proposées au choix :

- une purge de la zone (à cerner en phase travaux). L'épaisseur de purge et l'évolution des tassements ne sont pas définies ;
- un préchargement entre les profils P103 et P104. L'équipement du site en tassomètres et cellules de pressions interstitielles permettra de contrôler l'évolution des tassements dans le temps et de définir le moment de mise en œuvre du remblai d'accès de la culée C3 ;
- un poinçonnement du sol support à l'aide de blocs jusqu'au refus. La quantité de blocs à mettre en œuvre est difficilement estimable. Cependant, si la zone de faible portance est d'extension réduite, cela peut être intéressant (après évacuation de la terre végétale). L'évolution des tassements n'est pas définissable.

La solution retenue devra être compatible avec l'existence du PPRi (Plan de Prévention des Risques Inondation) de la Leuge ainsi qu'avec la réalisation de l'OAH5. Cependant, la solution préférentielle est le pré-chargement avec suivi tassométrique : elle permettra de contrôler l'évolution des tassements avant de réaliser l'ouvrage OAH5. La base du remblai sera rocheuse et insensible à l'eau sur une hauteur équivalente aux PHE+50 cm définie dans le PPRi.

Pour cerner la zone de l'ancien lit de la Leuge, il est recommandé de réaliser une campagne de sondages pénétrométriques (à maillage serré) et carottés (avec prélèvements d'échantillons intacts pour essais oedométriques).

Une étude complémentaire a été menée au droit de ce remblai d'accès pour définir l'importance des tassements. Ces conclusions feront l'objet d'un autre rapport.

Les stabilités au poinçonnement et à la rupture n'ont pas été calculées avec les matériaux en place.

• **Remblai – P105-P127 (R3c – côté Est de la Leuge – hors Lou Maris et accès culée C3)**

Il s'agit d'un remblai de 8 mètres de hauteur maximum posé sur une forte pente longitudinale. La couche de surface (limons argileux orange) possède une portance variable (IPI proche de 5 dans les points bas et supérieur à 13 ailleurs).

La pente longitudinale est de l'ordre de 10 %.

Compte tenu de la géométrie du remblai (forte épaisseur du remblai pour un IPI faible et faible épaisseur du remblai pour un IPI fort), il n'est pas utile de purger ou de réaliser des redans.

• **Remblai – P112-P115 (R3d – Lou Maris)**

Il s'agit d'un remblai de 8 mètres de hauteur posé sur un talweg peu marqué mais avec des traces d'écoulements importants (rase, photographies aériennes, venues d'eau en sondage) et des résultats pressiométriques et pénétrométriques faibles jusqu'à 3,5 mètres de profondeur.

Les tassements attendus (hors ouvrage) sont compris entre 4 et 18 cm.

Afin de garantir la stabilité du remblai et les fondations de l'ouvrage PI7, les solutions suivantes sont proposées (au choix) :

- une purge de la zone sur 3,5 mètres de profondeur avec substitution par un matériau drainant insensible à l'eau. Le volume est estimé à 10.000 m³. Une purge partielle n'est guère envisageable en raison de la construction du PI7 (incompatibilité des tassements résiduels avec l'ouvrage). La hauteur de la substitution (base rocheuse) est de 50 cm au-dessus du TN (terrain naturel) ou des PHE (plus hautes eaux) connues.
- un préchargement entre les P112 et P115. L'équipement du site en tassomètres et cellules de pressions interstitielles permettra de contrôler l'évolution des tassements dans le temps et de définir le moment de mise en œuvre du remblai complet et de l'ouvrage PI7. La base du préchargement devra être soit réalisée en matériaux rocheux insensibles à l'eau, soit reposer elle-même sur des tranchées drainantes, afin de garantir la transparence hydraulique du site et ne pas générer d'effet « barrage ».

Les deux solutions sont compatibles avec la réalisation du PI7.

Les stabilités au poinçonnement et à la rupture n'ont pas été calculées.

Une étude complémentaire a été menée au droit de ce remblai pour définir l'importance des tassements. Ces conclusions feront l'objet d'un autre rapport.

- **Remblai – P242-P253 (R8)**

Il s'agit de deux remblais atteignant 9 mètres de hauteur (accès au PI13) reposant sur presque 1 mètre de terre végétale puis des limons sableux à galets. La présence de galets au sein des limons sableux les rends très portants.

Géométriquement, ces remblais reposent sur une forte pente longitudinale mais sans pente en travers. Ils sont bloqués entre le terrain naturel et l'ouvrage.

La terre végétale devra être purgée (mentionnée ici, car de forte épaisseur). La substitution interviendra soit par une base rocheuse, soit par les matériaux du site (traités ou pas) en absence d'eau.

La hauteur des remblais (avec purge) ne dépassant pas 10 mètres de hauteur, leur stabilité est assurée avec des matériaux du site, sans redans, dans le respect des règles de l'art et conformément aux prescriptions du GTR92 (état hydrique, compactage...) pour une pente de 2/1 (b/h).

- **Remblais d'accès aux culées des ouvrages PS9, PS10 et PS12**

Ces remblais permettent l'accès aux ouvrages PS9, PS10 et PS12. Ils reposent respectivement sur l'argile limoneuse blanchâtre pour PS9 et PS10 et sur les sables limono-argileux rouges pour PS12.

L'ensemble des résultats de sondage et essais de laboratoire donnant un sol support de qualité moyenne, il n'y a pas de problème d'assise des remblais.

En cas de présence d'eau (notamment PS10), une base rocheuse drainante et insensible à l'eau devra être réalisée sur 1 mètre d'épaisseur à partir du terrain naturel. Une substitution pourrait intervenir en cas de dégradation de la qualité des matériaux en cas de présence d'eau.

Plus généralement, dans les points bas topographiques, il est recommandé de mettre en œuvre une base rocheuse drainante insensible à l'eau.

5.2.5 - Stabilité des déblais

Dans ce paragraphe, les zones de déblais concernées sont :

- du P34 et P57 (D2),
- du P69 au P83 (franchissement du Gizaguet - D2),
- du P127 au P151 (D4),
- du P237 au P246 (D7).

- **Déblai – P34-P57**

Il s'agit de la première partie du déblai D2. Il intéresse les sables limono-argileux rouges, les arènes gneissiques et le gneiss très altéré (meuble). Le caractère plus sableux des arènes gneissiques et du gneiss très altéré est localement présent au sein des sables limono-argileux rouges (classe GTR B5). Les 300 derniers mètres du tracé longé par l'amont une voie ferrée, elle-même en déblai.

Le déblai mesure 700 mètres de longueur pour 4,5 mètres de hauteur maximale. Une seule venue d'eau a été rencontrée en sondage lors de la campagne de 2007 (aucune en 2016). Le suivi piézométrique réalisé sur les sondages de la campagne 2016 corrobore l'information de 2007 : il est possible de rencontrer des écoulements de sub-surface à partir d' 1,5 mètre de profondeur.

La faible hauteur du déblai (moins de 5 mètres) ne pose pas de contrainte majeure quant à sa stabilité sous réserve de respecter une pente de talus de déblai à 2/1 (b/h).

Une attention accrue devra être portée si des arrivées d'eau sont rencontrées. Celles-ci nécessiteront des confortements type masque (amont). Un engazonnement rapide devrait permettre de s'affranchir du risque de ravinement.

Au niveau du profil P46, un écoulement d'eau temporaire est visible dans le fossé du chemin. Il correspond à l'exutoire d'un étang artificiel situé à 200 mètres à l'amont, lui-même récoltant les eaux d'un bassin versant plus en amont et des eaux de chaussée de l'A75. Cet écoulement saisonnier est traité par un fossé en tête spécifique. Les photographies ci-dessous illustrent cet écoulement.



Illustration 11 : Exutoire de l'étang dans le chemin (vers P46 - amont du projet)



Illustration 12 : Passage de l'écoulement temporaire sous un ouvrage SNCF (au droit du profil P51)

- **Déblai – P69-P83**

Il s'agit de la deuxième partie du déblai D2. Elle intéresse les sables limono-argileux rouges et les arènes gneissiques. Ce déblai franchit :

- le ruisseau du Gizaguet (OAH2),
- la RD192 (PS3).

L'ensemble du déblai longe par l'amont une voie ferrée, elle-même en déblai.

Le déblai mesure 500 mètres de longueur pour 5,2 mètres de hauteur maximale. Aucune venue d'eau n'a été rencontrée en sondage mais le suivi piézométrique réalisé sur les sondages de la campagne 2016 montre des niveaux d'eau au droit du Gizaguet et à proximité.

La faible hauteur du déblai (moins de 6 mètres) ne pose pas de contrainte majeure quant à sa stabilité sous réserve de respecter une pente de talus de déblai à 2/1 (b/h).

Une attention accrue devra être portée sur les arrivées d'eau. Celles-ci nécessiteront des confortements type masque. À proximité immédiate du Gizaguet la présence d'eau peut se faire sous forme de nappe (associé au Gizaguet). Le confortement type masque pourra être généralisé sur le linéaire du talus amont. Un engazonnement rapide devrait permettre de s'affranchir du risque de ravinement.

Le rabattement de la nappe du Gizaguet peut générer un réarrangement des grains du matériau. Ceci peut induire un tassement au sein des sables limono-argileux rouges à proximité immédiate des zones rabattues. La voie ferrée en aval étant déjà équipée de drains subhorizontaux, le rabattement engendré par le tracé ne devrait pas avoir d'impact sur la voie.

- **Déblai – P127-P151**

Il s'agit du déblai principal (échangeur d'Arvant). Il est situé à l'Est d'Arvant et intègre également les rétablissements associés à cet échangeur. Il intéresse les sables limono-argileux rouges (classe GTR A1 et A2 essentiellement) pouvant devenir plus compacts et plus gréseux côté Sud. En surface, localement, une argile sableuse orange a été rencontrée jusqu'à 2 mètres de profondeur.

Il mesure 700 mètres de longueur pour une hauteur maximale de 7,8 mètres pour la section courante.

L'eau n'a que peu été rencontrée en sondages, cependant le relevé piézométrique fait état d'une nappe comprise entre 2 et 4 mètres de profondeur des profils P128 à P132.

La hauteur du déblai ne pose pas de contrainte majeure quant à sa stabilité sous réserve de respecter une pente de talus de déblai à 2/1 (b/h). En présence d'eau, des mesures confortatives type masque drainant (arrivée d'eau ponctuelle) ou éperons drainants (niveau d'eau continu) seront à prendre quel que soit le talus de déblai (section courante ou échangeur).

- **Déblai – P237-P246**

Il s'agit d'un déblai de faible hauteur à la fin du projet, côté Brioude. La partie supérieure du déblai est constitué d'alluvions (nombreux galets dans une matrice sablo-argileuse) surmontant des sables argileux blanchâtres indurés. À proximité immédiate du projet, un soutènement constitué d'alvéoles béton est visible. Son existence semble liée à une nécessité de raidir le talus.

Le déblai mesure 180 mètres de longueur pour une hauteur maximale de 3,2 mètres.

Aucune venue d'eau n'a été rencontrée en sondages.

La hauteur du déblai ne pose pas de contrainte majeure quant à sa stabilité sous réserve de respecter une pente de talus de déblai à 2/1 (b/h).

6 - Classe d'arase et couche de forme de la couche de forme

6.1 - Généralités

Les structures de chaussées sont construites sur un ensemble appelé « plate-forme support de chaussées » (PF) constitué :

- d'un sol support (déblai ou remblai) désigné dans sa zone supérieure de 1 mètre par le terme de PST (Partie Supérieure des Terrassements) et dont la surface constitue l'arase terrassement (AR) ;
- d'une couche de forme qui remplit 3 fonctions essentielles :
 - protéger le sol support des intempéries tout en supportant le trafic chantier ;
 - supporter la chaussée et à ce titre influencer sur les sollicitations mécaniques des couches de chaussées ;
 - assurer la protection thermique de la chaussée.

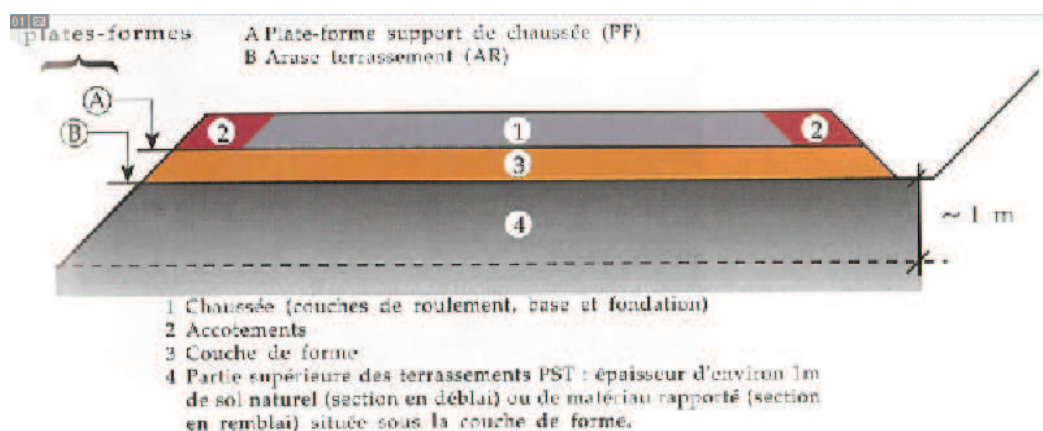


Illustration 13: Définition des différents termes (source : GTR92)

6.2 - Partie supérieure des terrassements

Sur ce projet, le sol support au niveau de la PST étant relativement homogène, il n'y a pas lieu de prévoir de couche d'arase spécifique (hors zone de purge).

Ces matériaux devront subir l'action conjuguée des conditions climatiques (pluie, gel...) et d'une circulation lourde de chantier (transport des matériaux de la PST et de la couche de forme).

Le tracé étudié recoupe uniquement des formations meubles.

L'objectif de plate-forme initialement fixé sur ce projet est une PF2 (50 MPa).

Compte tenu des matériaux en présence, il n'est pas possible a minima d'obtenir une PF2 à partir d'une PST1 AR1. Il faut obtenir a minima une PST2 AR1. De la qualité de gestion des eaux météoriques et de plate-forme du chantier dépendra l'obtention d'une PST2 AR1. Un exutoire devra être mis en place pour évacuer les eaux recueillies.

Lors de la réalisation des sondages, le climat était sec bien qu'en hiver. Par conséquent, les matériaux étaient dans un état hydrique moyen de s à m.

En période plus pluvieuse, l'état de matériaux pourrait se décaler vers un état hydrique plus humide de m à h (voire th). Dans ces conditions, un traitement à la chaux des matériaux est envisageable.

6.2.1 - Fonds de déblais

Les sols en place rencontrés en arase terrassement sont des formations meubles :

- arène d'origine gneissique,
- gneiss décomposé,
- sables limono-argileux,
- argile limoneuse blanchâtre,
- sable induré à nodule calcaire.

Dans ces zones, les caractéristiques de portance seront directement liées à l'état hydrique des matériaux au moment des travaux.

Des fossés profonds (1 mètre de profondeur) devront être réalisés de part et d'autre du tracé dans les zones de déblais pour garantir la portance des matériaux, conformément au GTR92.

Le tableau suivant précise -pour les déblais- les prescriptions à mettre en œuvre pour obtenir a minima une **PST2 AR1** à partir de l'existant.

Fonds de déblai					
Sols rencontrés	Données d'entrée				Dispositions constructives
	Classe GTR	État hydrique	Classe de PST	Classe d'arase	
Gneiss décomposé/arène	A1/B5	m	PST2	AR1	Si rabattement de nappe suffisant, cas de PST3
		h	PST1	AR1	Purge ou traitement
Dépôts sédimentaires	A1/A2 B5	m	PST2	AR1	Si rabattement de nappe suffisant, cas de PST3
		h	PST1	AR1	Purge ou traitement

L'état des matériaux actuels (essai de janvier 2016) se classe essentiellement s et m. Dans ces conditions et avec rabattement de nappe, il est possible d'avoir une PST2 AR1.

Une mauvaise gestion des eaux de chantier et/ou des conditions météorologiques défavorables pourraient décaler les états hydriques en m et h.

De plus, les sondages et les relevés piézométriques réalisés entre les profils P127 et P150 ont mis en évidence la présence d'eau probablement sous forme d'écoulements ponctuels. L'évacuation de cette eau sera nécessaire compte tenu de l'extrême sensibilité des matériaux.

6.2.2 - Remblais

Le tableau suivant précise -pour les remblais- les prescriptions à mettre en œuvre pour obtenir a minima une **PST2 AR1** à partir des matériaux réutilisés.

La classe PST3 (remblai) est équivalente à la classe PST2 (déblai).

Dans le cas d'une PST1 AR1, il est nécessaire de traiter les matériaux afin d'obtenir une PST3 AR1 (Cf. déblai).

Des fossés profonds (1 mètre de profondeur) seront à réaliser de part et d'autre du remblai afin de garantir la portance à long terme.

Remblais					
Sols rencontrés	Données d'entrées				Dispositions constructives
	Classe GTR	État hydrique	Classe de PST	Classe d'arase	
Gneiss décomposé/arène	A1/B5	m	PST3	AR1	Utilisable sans disposition particulière
		h	PST1	AR1	Amélioration de la PST par traitement ou granulaire des 50 derniers cm
Dépôts sédimentaires	A1/A2 B5	m	PST3	AR1	Utilisable sans disposition particulière
		h	PST1	AR1	Amélioration de la PST par traitement ou granulaire des 50 derniers cm

6.3 - Couche de forme

Comme énoncé précédemment, il sera nécessaire d'obtenir a minima une PST2 AR1. Il peut être mis en œuvre soit une couche de forme granulaire, soit une couche de forme traitée à la chaux + liant hydraulique.

6.3.1 - Description des matériaux pour solution granulaire

Les principales caractéristiques pour qu'un matériau granulaire soit utilisable en couche de forme sont :

- dureté de la roche (LA et MDE),
- homogénéité du massif,
- propreté du massif,
- non gélivité des matériaux,
- non évolutivité des matériaux,
- granulométrie étalée.

Il n'y a pas de matériau sur site correspond à ces critères. Toute solution granulaire interviendra par un apport extérieur.

6.3.2 - Description des matériaux pour solution traitement à la chaux + liant hydraulique

La couche de forme peut également être réalisée à partir du traitement des matériaux du site. Bien que le traitement dépende du type de matériaux et de leur état hydrique, il est à prévoir un traitement à la chaux et au liant hydraulique en place.

Une étude spécifique de traitement permettra de définir les pourcentages de chaux et de liant hydraulique à incorporer selon les produits proposés.

Une étude de traitement chaux (1 %) + ciment (5 %) a été réalisée sur les matériaux prélevés entre les profils P127 et P150 (résultats dans le livret IV).

Dans le cas présent et selon le GTS, pour un traitement en place le prélèvement est classé en zone 4, ce qui permet de déterminer une classe mécanique 5 pour ce matériau. À partir d'une PST2 AR1 et avec 35 cm de sol traité chaux + ciment, la classe de plate-forme obtenue est PF3.

Une classe de plate-forme PF2qs ou PF3 permettra une optimisation des couches de chaussée.

6.3.3 - Dimensionnement de la couche de forme

Plusieurs niveaux de couche de forme sont possibles selon les matériaux et les épaisseurs mis en œuvre. Du niveau de couche de forme dépendra le dimensionnement des couches de chaussées.

La classe de plate-forme a été fournie en mars 2018 (PF2 50 MPa).

Les tableaux suivants récapitulent les solutions pouvant être mise en œuvre selon le type de couche de forme.

Pour une couche de forme PF2 (50 MPa) sur une AR1					
Type de couche de forme	Nature matériau mis en œuvre	Talus	Classe de PST initiale	Épaisseur	Observations
Granulaire	R61	Déblai	PST1	60 cm	-
			PST2	50 cm	-
		Remblai	PST3	40 cm	-
Traitée chaux + liant hydraulique	Matériaux du site	Déblai	PST1	35 cm	AR1 à 35 MPa obligatoire*
			PST2	35 cm	-
		Remblai	PST3	35 cm	-

* Habituellement l'AR1 est à 20 MPa

Pour une couche de forme PF2qs (80 MPa) sur une AR1					
Type de couche de forme	Nature matériau mis en œuvre	Talus	Classe de PST initiale	Épaisseur	Observations
Granulaire	R61	Déblai	PST1	75 cm à 1 m	Drainage impératif
			PST2	65 à 75 cm	-
		Remblai	PST3	55 à 65 cm	-
Traitée chaux + liant hydraulique	Matériaux du site	Déblai	PST1	-	Non réalisable
			PST2	45 cm	AR1 à 35 MPa obligatoire*
		Remblai	PST3	35 cm	-

* Habituellement l'AR1 est à 20 MPa

Pour une couche de forme PF3 (120 MPa) sur une AR1					
Type de couche de forme	Nature matériau mis en œuvre	Talus	Classe de PST initiale	Épaisseur	Observations
Granulaire	R61	Déblai	PST1	80 cm	L'épaisseur supplémentaire revient à améliorer la PST
			PST2	80 cm	
		Remblai	PST3	80 cm	-
Traitée chaux + liant hydraulique	Matériaux du site	Déblai	PST1	-	Non réalisable
			PST2	45 cm	AR1 à 35 MPa obligatoire*
		Remblai	PST3	50 cm	En 2 couches

* Habituellement l'AR1 est à 20 MPa

6.3.4 - Contraintes de dimensionnement de la couche de forme

Conformément au catalogue des structures de chaussées neuves sur réseau routier RN (1998), le dimensionnement de la structure chaussées-terrassement sur le réseau RN102 est établi sur une durée de 30 ans avec protection au Gel.

- **Section courante**

Pour la section courante, la vérification au Gel est validée pour :

- une classe de trafic TC5-30,
- un indice de référence de 240 (station du Puy en Velay),
- une PST peu gélive (hypothèse),
- une couche de forme granulaire PF2 (50 MPa) de 40 cm d'épaisseur minimale,
- une structure de chaussée $GB3=0.13m + BBSG=0.06m + BBTM=0.025m$.

La gélivité de la PST est à vérifier par un essai au Gel. En l'absence de vérification, une hypothèse basse est à considérer (PST gélive). Dans ces conditions, à partir d'une PST gélive, l'épaisseur de couche de forme en matériaux granulaire est de 65 cm.

- **Bretelles échangeurs**

Pour les bretelles/échangeurs, la vérification au Gel est validée pour :

- une classe de trafic TC4-30,
- un indice de référence de 240 (station du Puy en Velay),
- une PST peu gélive (hypothèse),
- une couche de forme granulaire PF2 (50 MPa) de 40 cm d'épaisseur minimale,
- une structure de chaussée $GB3=0.12m + GB3=0.11m + BBM=0.04m + BBTM=0.025m$.

La gélivité de la PST est à vérifier par un essai au Gel. En l'absence de vérification, une hypothèse basse est à considérer (PST gélive). Dans ces conditions, à partir d'une PST gélive, l'épaisseur de couche de forme en matériaux granulaire est de 65 cm.

- **Giratoire Lempdes + Nord Arvant**

Pour les giratoires de Lempdes et du Nord d'Arvant, la vérification au Gel est validée pour :

- une classe de trafic TC5-30,
- un indice de référence de 240 (station du Puy en Velay),
- une PST peu gélive (hypothèse),
- une couche de forme granulaire PF2 (50 MPa) de 40 cm d'épaisseur minimale,
- une structure de chaussée $GB3=0.15m + GB3=0.14m + BBSG=0.06m$.

La gélivité de la PST est à vérifier par un essai au Gel. En l'absence de vérification, une hypothèse basse est à considérer (PST gélive). Dans ces conditions, à partir d'une PST gélive, l'épaisseur de couche de forme en matériaux granulaire est de 65 cm.

- **Giratoire Cohade + Sud Arvant**

Pour les giratoires de Cohade et du Sud d'Arvant, la vérification au Gel est validée pour :

- une classe de trafic TC4-30,
- un indice de référence de 240 (station du Puy en Velay),
- une PST peu gélive (hypothèse),
- une couche de forme granulaire PF2 (50 MPa) de 40 cm d'épaisseur minimale,
- une structure de chaussée $GB3=0.13m + GB3=0.13m + BBSG=0.06m$.

La gélivité de la PST est à vérifier par un essai au Gel. En l'absence de vérification, une hypothèse basse est à considérer (PST gélive). Dans ces conditions, à partir d'une PST gélive, l'épaisseur de couche de forme en matériaux granulaire est de 65 cm.

7 - Aménagements hors section courante

7.1 - RD17 Sud

L'étude du nouveau tracé de la RD17 n'a pas été réalisée lors de l'étude de tracé de la RN102. Il n'y a donc aucune investigation spécifique à ce jour sur ce tracé.

Les paragraphes suivants sont rédigés à partir des informations obtenues lors de l'étude de la section courante de la liaison A75-Brioude afin de faciliter la réalisation des travaux de la RD17 Sud.

Il s'agit de la déviation de la RD17 Sud suite à la réalisation du viaduc franchissant la Leuge. Le tracé de la nouvelle RD17 Sud franchi, a priori, plusieurs fois l'ancien ruisseau de la Leuge. Les résultats pénétrométriques et pressiométriques obtenus sur certains sondages de la section courante montre localement un sol support (matériaux de bas-fond) de très mauvaise qualité géotechnique (portance)

De plus, autour de la Leuge, la terre végétale peut être rencontrée jusqu'à 1,5 mètre de profondeur dans certains sondages.

En absence de reconnaissances spécifiques, quelques sondages pénétrométriques complémentaires ont été réalisés aux extrémités du projet de RD17 Sud lors de l'étude de sols compressibles au droit du viaduc de la Leuge.

Le projet de RD17 Sud est en profil rasant afin de ne pas modifier les écoulements (zone inondable de la Leuge). Lors des terrassements, en cas de matériaux peu portants, il est recommandé de purger au maximum sur 1 mètre d'épaisseur puis de substituer par des matériaux rocheux insensibles à l'eau. Ceux-ci seront poinçonnés dans le sol support jusqu'au refus de pénétration.

Il est recommandé de réaliser ces travaux en période estivale ou automnale, à l'étiage. En aucun cas ils ne devront descendre au-delà de 2 mètres de la surface, profondeur à laquelle l'eau a été rencontrée (nappe de la Leuge).

7.2 - Échangeurs

Des sondages pelle ont été réalisés au droit des échangeurs. Les paragraphes suivants sont des généralités rédigées à partir de ces sondages et des informations obtenues sur la section courante. Il n'y a pas eu d'étude spécifique.

7.2.1 - Échangeur de Lempdes sur Allagnon

L'échangeur de Lempdes sur Allagnon est à la fois en déblai (côté Nord) et en remblai (côté Sud).

Les sondages réalisés montrent que les terrains sont toujours des sables limono-argileux gris-rouges. Au jour des sondages, il n'y a pas de venue d'eau.

La stabilité des déblais du projet d'échangeur est assurée pour une pente de 2/1 (b/h).

L'extraction et le réemploi des matériaux sont similaires à ceux de la section courante.

7.2.2 - Échangeur d'Arvant

L'échangeur d'Arvant est en majeure partie en déblai.

Les sondages réalisés montrent que les terrains sont toujours des sables limono-argileux gris-rouges.

La stabilité des déblais du projet d'échangeur est assurée pour une pente de 2/1 (b/h).

L'extraction et le réemploi des matériaux sont similaires à ceux de la section courante.

7.2.3 - Échangeur de Cohade

L'échangeur de Cohade est en déblai côté Ouest et en remblai côté Est. A l'extrémité Est, à proximité immédiate de la RD14 le raccordement est en léger déblai.

Les matériaux constituant le sol support sont de nature alluvionnaire : argile sableuse à galets (diamètre 200 mm).

Sur la parcelle ZV72 vers Cohade, le sol support est coiffé d'un remblai d'une hauteur maximale de 2 mètres. Il est constitué (au droit des sondages) d'argile sableuse à blocs. Ponctuellement, un sondage a mis en évidence des croûtes de goudron. Aucun déchet ménager n'a été rencontré.

L'étude multi-date par photographies aériennes (source IGN) montre que cette parcelle a été active entre les années 1968 et 1975 (dépôt de matériaux).

8 - Conclusions

À la demande de la DREAL Auvergne Rhône Alpes - service Mobilité Aménagement Paysages (MAP/OO), le Département Laboratoire de Clermont-Ferrand du Cerema Centre-Est est intervenu pour réaliser une étude géotechnique concernant l'aménagement de la RN102 au niveau de la liaison A75-Brioude.

Il s'agit de réaliser une étude géologique et géotechnique de tracé niveau G2 PRO et un pré-dimensionnement des ouvrages d'art de niveau G2 AVP (à partir de sondages de niveau G2 PRO).

Le livret I présente l'étude de tracé, le livret II l'étude des fondations des ouvrages d'art.

Le tracé recoupe les communes de Lempdes sur Allagnon, St Géron, Bournoncle-St Pierre et Cohade. Le secteur d'étude intéresse les formations sédimentaires et alluviales meubles.

Le projet traverse 3 points bas topographiques : côté Lempdes sur Allagnon, au niveau de la rivière la Leuge et au niveau du hameau des Combes. Dans ces zones, il est possible d'avoir d'importantes concentrations d'eau. De la gestion des eaux de plate-forme (quelle qu'en soit l'origine) dépendra en partie la traficabilité des matériaux.

Le projet longe et traverse la voie ferrée en plusieurs endroits. Des contraintes liées au compactage (niveau de vibrations) sont attendues (réduction de la puissance des engins ...).

L'ensemble des matériaux se classe en majorité en A2 et A1 au sens du GTR92. Ils pourront être extraits aux engins types pelle mécanique.

Les matériaux de purge et de substitution devront faire l'objet d'un apport extérieur. Aucun matériau du site ne présente les caractéristiques nécessaires.

En terme de réemploi, la réutilisation des matériaux du site est possible en l'absence d'eau. Pour une mise en remblai, un traitement à la chaux pourra être nécessaire selon leur état hydrique et/ou pour améliorer leur portance. Le réemploi en couche de forme peut être possible sous réserve d'un traitement chaux+liant hydraulique.

En ce qui concerne la stabilité des terres, elle sera assurée avec une pente de 2/1 (b/h), hors contraintes spécifiques mentionnées dans le présent rapport (présence d'eau, sol support...). En cas de venues d'eau dans le talus, des confortements type masque rocheux pourront être mis en place.

Les fondations d'ouvrage seront soit sur fondations superficielles (PI1, OAH2, OAH4, OAH6, PI7, PI8, OAH11, PS12 et PI13) soit sur fondations profondes (PS3, Viaduc, PI9 et PS10). Des contraintes liées à la présence d'eau sont possibles (batardeau, pompage, substitution...) quel que soit le mode de fondation.

Enfin, une attention particulière est à apporter :

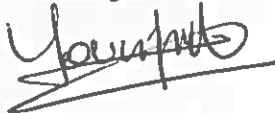
- au franchissement de la Leuge, avec des matériaux peu portants pouvant générer des tassements importants,
- à la présence de matériaux anthropiques, en dehors de la section courante, vers l'échangeur de Cohade.



Le Département Laboratoire de Clermont-Ferrand reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Rédigé le 04/05/2018

La chargée d'Affaire



Stéphanie SOUVIGNET

Vu et vérifié, le 15/05/2018

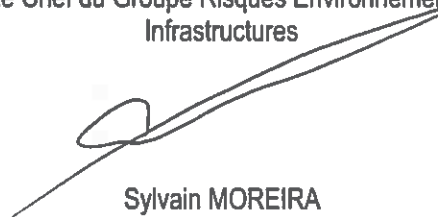
Le Chef de l'Unité Géotechnique : Terrassements et
Risques



Benoît NAGEL

Vu et approuvé, le 24/05/2018

Le Chef du Groupe Risques Environnement
Infrastructures



Sylvain MOREIRA



Connaissance et prévention des risques – Développement des infrastructures – Énergie et climat – Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé – Mobilités et transports – Territoires durables et ressources naturelles – Ville et bâtiments durables

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Département Laboratoire de Clermont-Ferrand - ZI du Brézet - 8 à 10, rue Bernard-Palissy - 63 017 CLERMONT-FERRAND CEDEX 2 - +33 (0)4 73 42 10 10

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

Établissement public - Siret 130 018 310 00115 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr