



HYDROGEOTECHNIQUE NORD ET OUEST

INGENIERIE GEOTECHNIQUE, GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUEE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT.
SONDAGES – ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

CONSEIL DEPARTEMENTAL LOIRE-ATLANTIQUE

Direction des Infrastructures - Sous Direction des Travaux
Service Études et Travaux n°2

SAINT ETIENNE DE MONTLUC (44)
RD 17
Déviation SUD-EST

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
Investigations géotechniques et Missions G1 & G2 AVP

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par :
C.13.32144	0	25/07/2016	E. DELAERE	J. ANDRE	J.M. CUINET

Sont annexés à ce rapport :

- Annexe 1 : Compte rendu factuel d'investigations,
- Annexe 2 : Classification des missions type d'ingénierie géotechnique,
- Annexe 3 : Maquette géotechnique.

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

Direction Régionale Pays de la Loire
ZA de Vias – 79, rue des Sables - 44860 PONT-SAINT-MARTIN – Tél. 02.40.40.76.57 - Fax 02.72.00.31.45
E-mail : paysdeloire@hydrogeotechnique.com

SARL au capital de 60 980 Euros – Site : www.hydrogeotechnique.com - Qualifications OPQIBI : 1001 – 1002 – 1106 – 1201
SIEGE SOCIAL : 28 / 30 avenue Jacques Anquetil, BP 90226, 95192 GOUSSAINVILLE CEDEX - R.C.S. Pontoise B 440 317 717 –
SIRET 440 317 717 00013 - APE 71.12.B TVA FR 82 440 317 717 - TVA SUR ENCAISSEMENTS

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
1.1. MISSION	4
1.2. RÉFÉRENTIELS.....	6
1.3. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION	7
2. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE SITE	10
2.1. SITOLOGIE.....	10
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL	13
2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL	15
2.4. RISQUES NATURELS RÉPERTORIÉS SUR LES DOCUMENTS EN NOTRE POSSESSION.....	15
2.5. ALÉAS PROPRES AU SITE D'ÉTUDE.....	20
3. PROGRAMME SPECIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN OEUVRE.....	23
3.1. PROGRAMME SPECIFIQUE	23
3.2. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES.....	26
3.3. COMPTE RENDU FACTUEL D'INVESTIGATIONS.....	26
4 PROFIL RASANT -1-.....	27
4.2 INVESTIGATIONS.....	27
4.3 CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES & GÉOTECHNIQUES	28
4.4 HYDROGÉOLOGIE.....	35
4.5 SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	36
4.6 PRINCIPES GENERAUX D'ADAPTATION DE L'OUVRAGE N°1 - PROFIL RASANT ..	37
5 DEBLAI -3-	43
5.2 INVESTIGATIONS.....	43
5.3 CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES & GÉOTECHNIQUES	44
5.4 HYDROGÉOLOGIE.....	51
5.5 SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	53
5.6 PRINCIPES GENERAUX D'ADAPTATION DE L'OUVRAGE N°3 - DEBLAI	54
6 REMBLAI -4-.....	60
6.2 INVESTIGATIONS.....	60
6.3 CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES & GÉOTECHNIQUES	61
6.4 HYDROGÉOLOGIE.....	67
6.5 SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	69
6.6 PRINCIPES GENERAUX D'ADAPTATION DE L'OUVRAGE N°4 - REMBLAI	70

7	PROFIL RASANT / DEBLAI -5-	76
7.2	INVESTIGATIONS.....	76
7.3	CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES & GÉOTECHNIQUES	77
7.4	HYDROGÉOLOGIE.....	82
7.5	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	83
7.6	PRINCIPES GENERAUX D'ADAPTATION DE L'OUVRAGE N°5 – PROFIL RASANT / DEBLAI	84
8	DEBLAI -6-	90
8.2	INVESTIGATIONS.....	90
8.3	CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES & GÉOTECHNIQUES	91
8.4	HYDROGÉOLOGIE.....	96
8.5	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	97
8.6	PRINCIPES GENERAUX D'ADAPTATION DE L'OUVRAGE N°6 - DEBLAI	98
9	PROFIL RASANT -7-	105
9.2	INVESTIGATIONS.....	105
9.3	CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES & GÉOTECHNIQUES	106
9.4	HYDROGÉOLOGIE.....	110
9.5	SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE.....	111
9.6	PRINCIPES GENERAUX D'ADAPTATION DE L'OUVRAGE N°7 - PROFIL RASANT	112
10	INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES AU STADE G2 PROJET.....	119

1. INTRODUCTION

1.1. MISSION

A la demande et pour le compte du **Conseil Départemental de Loire-Atlantique**, dans le cadre du marché à bons de commande n°A 203 NC, la Direction Régionale Pays de la Loire du Bureau d'Etudes géotechniques HYDROGÉOTECHNIQUE NORD ET OUEST a été chargée de réaliser les investigations géotechniques et l'enchaînement des missions G1 ES/PGC et G2 AVP préalables à la réalisation de **la déviation Sud-Est de la RD17 sur la commune de SAINT ETIENNE DE MONTLUC (44)**.

Ces missions s'inscrivent dans le cadre de la norme NFP 94-500 de Novembre 2013 des missions types d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG, qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir (en gras les missions effectuées) :

- **ÉTAPE 1 : études géotechniques préalables (G1)**
 - **Phase Etude de Site (ES),**
 - **Phase Principes Généraux de Construction (PGC).**
- **ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)**
 - **Phase Avant-Projet (AVP),**
 - Phase Projet (PRO),
 - Phase Assistance aux Contrats de Travaux (ACT) / Dossier de Consultation des Entreprises (DCE).
- **ÉTAPE 3 : exécution des ouvrages géotechniques**
 - Etude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - phase étude / - phase suivi
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - phase supervision de l'étude d'exécution / - supervision du suivi d'exécution
- **Étude d'éléments spécifiques géotechniques**
 - Diagnostic géotechnique (G5).

Les hypothèses prises en compte lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme.

Ces missions se terminent à la remise de ce rapport. Elles s'appuient sur des prestations d'investigations géotechniques réalisées par notre société en décembre 2013 et juin 2014. Les missions G1 ES/PGC et G2AVP doivent être suivies par une mission G2 – Phase projet, puis une mission G2 DCE/ACT, et par une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution. La mission G3 étant à réaliser par l'entreprise chargée de travaux.

Cet itinéraire comporte différents ouvrages d'art (Passage Inférieur au lieu dit « Les Tourterelles », Passage Supérieur au niveau des voies ferrées de la ligne Tours – St-Nazaire n°515.000, deux OH de franchissement du ruisseau le Moulinet et deux OH de franchissement du ruisseau du Berliquet), qui ont déjà fait l'objet d'études géotechniques.

Les objectifs de cette étude sont :

- l'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- la présentation des principes généraux de construction des ouvrages géotechniques, à savoir :
 - les conditions de terrassements (extraction, réemploi des matériaux, stabilité des ouvrages en terre (déblais, remblais)),
 - les points principaux relatifs au drainage,
 - la définition des PST / classe d'arase,
 - la nature et les épaisseurs des matériaux constitutifs des couches de forme sous voirie.

Cette étude est strictement de type géotechnique. Elle ne porte pas sur :

- la caractérisation de la présence d'une pollution,
- la caractérisation de la présence et de l'extension de vestiges enterrés éventuels,
- le diagnostic archéologique ou pédologique.

Cette étude a été menée conformément à notre proposition technique et financière N° D.12.32324. Elle a été réalisée par **Eli DELAERE**, Ingénieur Géologue – Géotechnicien, Master de Géologie de l'institut polytechnique Lasalle Beauvais, avec le contrôle interne de **Jérémie ANDRE**, Ingénieur Géotechnicien – Géologue – Master de Géologie Appliquée, et le contrôle externe de **Jean-Michel CUINET**, Ingénieur Géologue - Géotechnicien Expert, DESS en Géologie Appliquée de l'Université de Besançon.

1.2. RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages suit les normes et documents français et plus particulièrement :

- **DTU 11-1** : cahier des charges applicables aux travaux de sondages,
- **NFP 94-115** : sondage au pénétromètre dynamique type B,
- **NF P 94-202** : prélèvement des sols et des roches.

Les investigations en laboratoire sont réalisées selon les normes suivantes :

- **NF P 94-050** : teneurs en eau naturelle par étuvage,
- **NFP 94-051** : détermination des limites d'Atterberg,
- **NF P 94-056** : analyse granulométrique,
- **NF P 94-068** : essai au bleu de méthylène,
- **NF P 94-078** : Indice Portant Immédiat ou CBR,
- **NF P 94-093-1** : essai PROCTOR Normal,
- **NF P 94-100** : Matériaux traités à la chaux et/ou au liant hydraulique,
- **NF P94-074-2** : essais de cisaillement triaxial de type CU+u,
- **NF P94-090-1** : essais de compressibilité oedométrique.

Le rapport de sol s'appuie sur tous les documents et réglementations en vigueur dans le domaine de la construction et plus particulièrement :

- **NF P 11.300 – Guide Technique pour les Remblais et les couches de forme (G.T.R.)** [– SEPTEMBRE 1992] : Exécution des terrassements ; Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières (GTR),
- **Guide Technique pour le Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (G.T.S.)** : Application à la réalisation des remblais et des couches de formes.

1.3. **DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION**

Nous ont été fournis par le Maître d’Ouvrage :

Documents	Références documents	Date
Plan synoptique	216_DCE_SYN_2012-10-10_à partir VP SDE CC47.dwg	oct.-12
Implantation des sondages	216_GEO_VP_2013-07-26Implantation des sondages.dwg (1 fichier)	juil.-13
Position des sondages	216_GEO_VP_2013-07-26Implantation des sondages_distance chemin de fer	juil.-13
Planches cadastrales	216-CAD_VP_2012-01-10_ST ETIENNE_CC47(version2007Grisé).dwg (1 fichier)	janv.-12
Périmètre d'accès	Arrete 2011 06 28 Périmètre	juin.-11

Le projet prévoit la création de la déviation de la RD17 au Sud-est de SAINT ETIENNE DE MONTLUC (44). Elle se décompose en deux sections :

- Une section neuve de contournement de la commune au Sud-ouest entre le giratoire existant de la RD93 et le futur giratoire de « La Clunais »,
- Une section de reprofilage de la RD17 existante au Sud-est de la commune, entre les futurs giratoires de « La Clunais » et de « La Martinais ».

Suivant l'adaptation du projet par rapport au Terrain Naturel (TN), les sections détaillées ci-dessous ont été étudiées, sur la base du profil en long établi à l'axe du projet :

Sections	Ouvrages élémentaires	Distances cumulées	Ecart TN / Ligne rouge Projet	Sondages
Déviation	Profil rasant -1-	940 ml	-0,5m à +1,7m	PM2+Pd2; PM16+Pd16; PM40+Pd40; PM45+Pd45
Déviation	Remblai -2-	400 ml	-5,0m à +0,0m	SC53; ST55+Pd55; SC51; SC55; SC62; CPT50; CPT53; CPT55; CPT59; CPT62; CPT64
Déviation	Déblai -3-	680 ml	+0,0m à +2,9m	PM68+Pd68; SC71+Pd71+Pz; ST87+Pd87; PM98+Pd98
Déviation	Remblai -4-	630 ml	-4,0m à +0,0m	PM112+Pd112; SC120+Pd120; SP3+Pz; SP2; SP1; PM129+Pd129
Reprofilage RD17	Profil rasant / Déblai -5-	530 ml	-0,2m à +1,6m	RD17-PM3+Pd3; RD17-PM26+Pd26
Reprofilage RD17	Déblai -6-	195 ml	+0,0m à +3,0m	RD17-PM36
Reprofilage RD17	Profil rasant -7-	395 ml	-0,8m à +1,8m	RD17-PM43+Pd43; RD17-ST60+Pd60

La section de contournement de la commune s'étend sur une distance d'environ **2650ml**, et la section de reprofilage de la RD17 existante s'étend sur **1120ml** environ.

Par souci de clarté, pour la suite du présent rapport, nous traiterons successivement de façon distincte chacun des ouvrages élémentaires définis précédemment, en tablant sur **une arase terrassement (PST) calée à la cote de la ligne rouge projet -1m** pour tenir compte des terrassement associés à la mise en œuvre des couches de forme et structures de chaussée.

Nous développons ci-après les investigations réalisées au droit des différentes parties du tracé étudié, les données géologiques, géotechniques, hydrogéologiques, et nous détaillons nos préconisations ouvrage par ouvrage.

Nous avons convenu, sur le plan météorologique, que :

- la **situation “=”** représente une situation transitoire semblable aux conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de sondages de Décembre 2013,
- qu'une **situation “-”** correspond à la période estivale, générant une diminution moyenne de -4 pts de la teneur en eau par rapport à la situation météo “=”,
- qu'une **situation “+”** correspond à une période hivernale, traduisant une augmentation de +4 pts de la teneur en eau par rapport à la situation météo “=”,

Les critères de réception de la voirie ne nous ont pas été communiqués. On tablera sur une plateforme de type PF2 avec une réception à $EV2 \geq 50$ MPa (à confirmer par le maître d'ouvrage / d'œuvre) pour l'ensemble du tracé.

D'après les informations fournies, les ouvrages étudiés seront a priori classés en **catégorie géotechnique 2 :**

Catégorie géotechnique*	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simples et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calcul
2	CC2	Simples	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simples ou complexes	

* Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.

L'ensemble des résultats et conclusions est repris sur la maquette géotechnique annexée au présent rapport (annexe 3).

Le remblai situé entre les Profils en Travers PT47 et PT66 (ouvrage élémentaire n°2) a été étudié indépendamment dans notre rapport référencé C.14.35017. **Cet ouvrage n'est pas traité dans le présent rapport.**

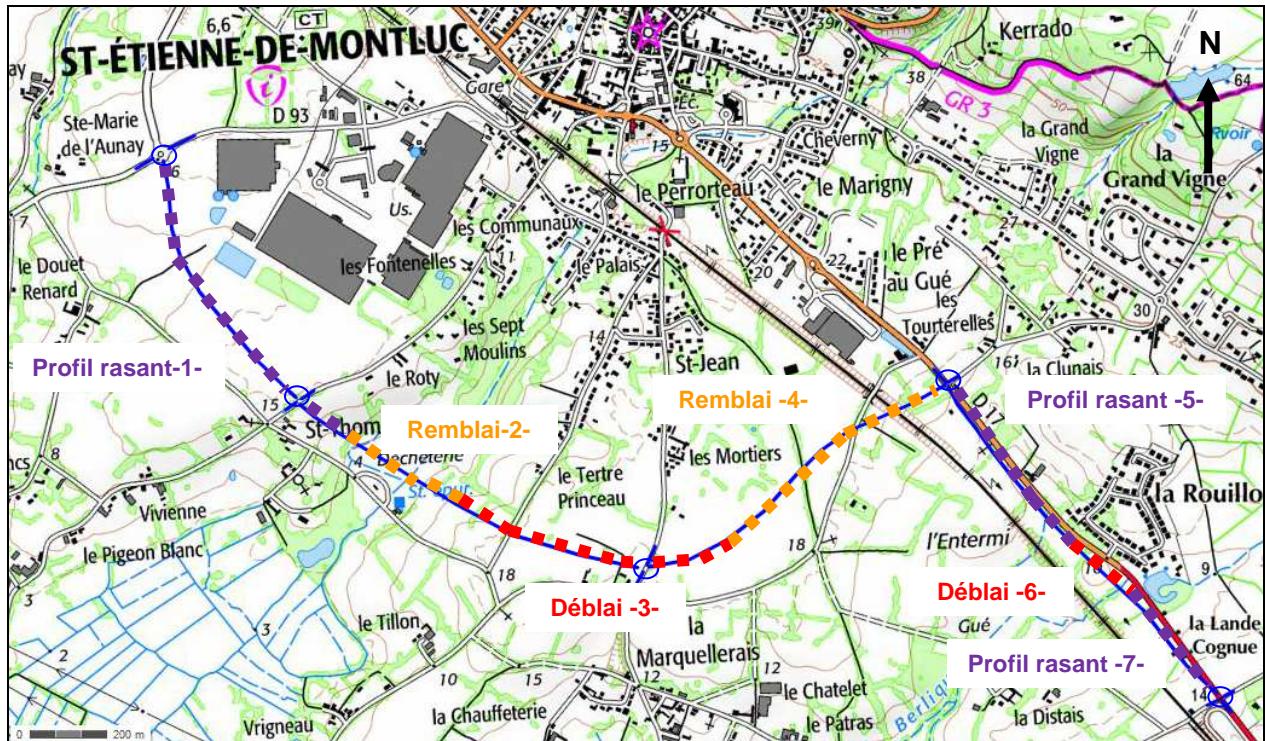
NOTA : changement d'implantation, modification du projet

Tout changement d'implantation ou d'importance des caractéristiques du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport d'étude doit nous être communiqué, ces changements pouvant modifier les conclusions de notre étude.

2. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE SITE

2.1. SITOLOGIE

La déviation de la RD17 doit permettre le contournement du centre ville de la commune de SAINT ETIENNE DE MONTLUC (44).



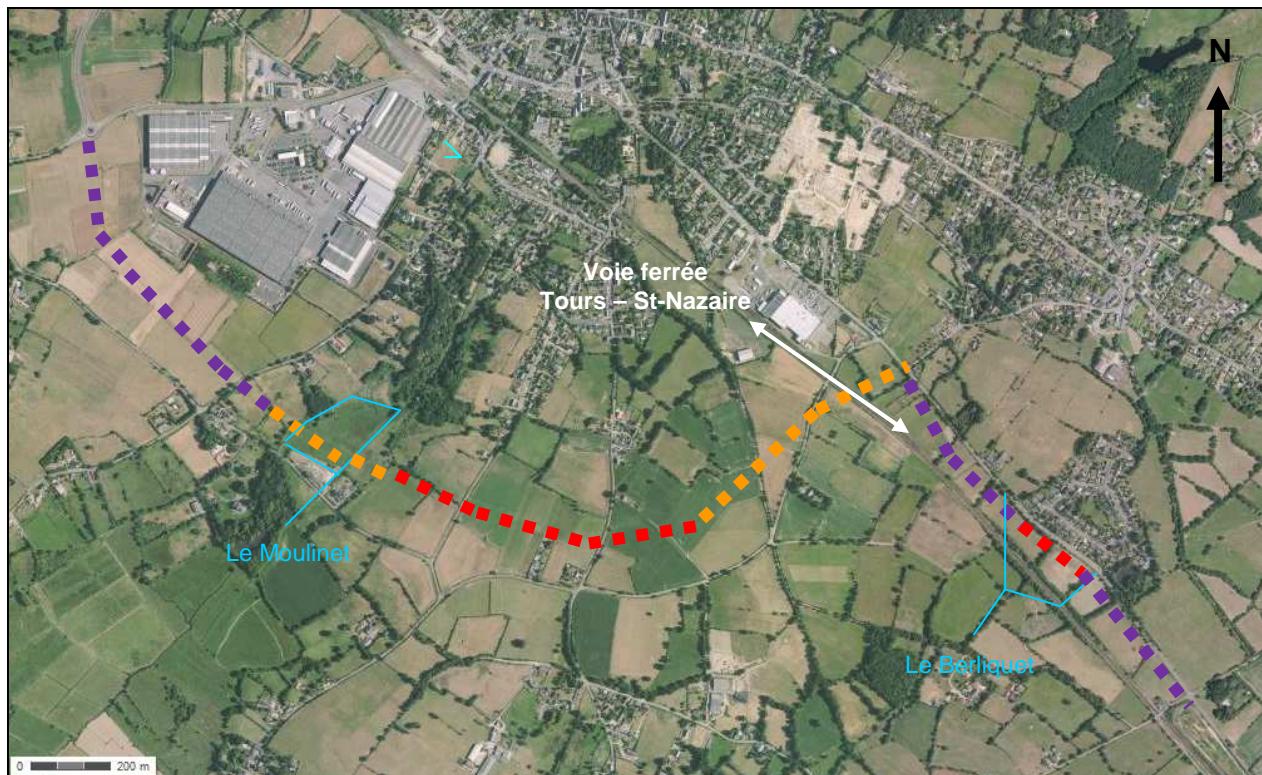
Extrait de la carte IGN – Source Géoportail

Elle est composée d'une première section de contournement au Sud-ouest, reliant le giratoire existant de la RD93 à proximité du lieu dit « L'Aunay » à la RD17 existante au Sud-est, au niveau du futur carrefour giratoire de « La Clunais ». La seconde section de reprofilage de la RD17 existante au Sud-est relie les futurs carrefours giratoires de « La Clunais » et de « Martinais ».

Du point de vue hydrologique, on note que des ruisseaux sont recoupés par le projet:

- Le ruisseau du Moulinet à deux reprises (Remblai n°2),
- L'affluent du Berliquet (Profil rasant / déblai n°5),
- Le ruisseau du Berliquet (Profil rasant n°7).

Du point de vue occupation des sols, le tracé impacte essentiellement des prairies ou des cultures. Une zone marécageuse est recoupée au niveau du remblai 2 (vallée du Moulinet).



Photographie aérienne – Source Géoportail

On constate également la présence d'une voie ferrée existante (ligne Tours – St-Nazaire n°515.000) recoupée par la déviation au Sud-ouest du giratoire de « La Clunais » (remblai n°4 – Profil en Travers 127).

A noter que des voiries communales sont recoupées (Route de la Baie VC8, Rue du Tertre Princeau, Route de la Marquellerais) ainsi que des chemins ruraux liés à l'exploitation des parcelles agricoles.

L'analyse des photographies aériennes anciennes indique qu'aucun ouvrage majeur n'a existé sur les parcelles agricoles actuelles qui sont recoupées par le tracé. La RD17 actuelle ainsi que la voie ferrée qui correspond aujourd'hui à la ligne Tours – St Nazaire sont des ouvrages qui occupent le site d'étude depuis 1945 au moins. Notons que ces informations sont à prendre avec précaution, car elles sont issues de l'examen de photographies aériennes anciennes de faible définition en noir et blanc.



Vue aérienne du site d'étude en 1945 (extrait Géoportail)

Hormis les informations tirées de l'analyse des vues aériennes, aucune autre activité n'a été portée à notre connaissance concernant l'historique du site d'étude.

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

D'après la carte géologique de NANTES au 1/50000^{ème} éditée par le B.R.G.M. dont un extrait est présenté ci-dessous, les formations présentes au droit du projet devraient correspondre, sous les remblais, formations de couverture et formations remaniées non mentionnés par le document, à :

Formations superficielles

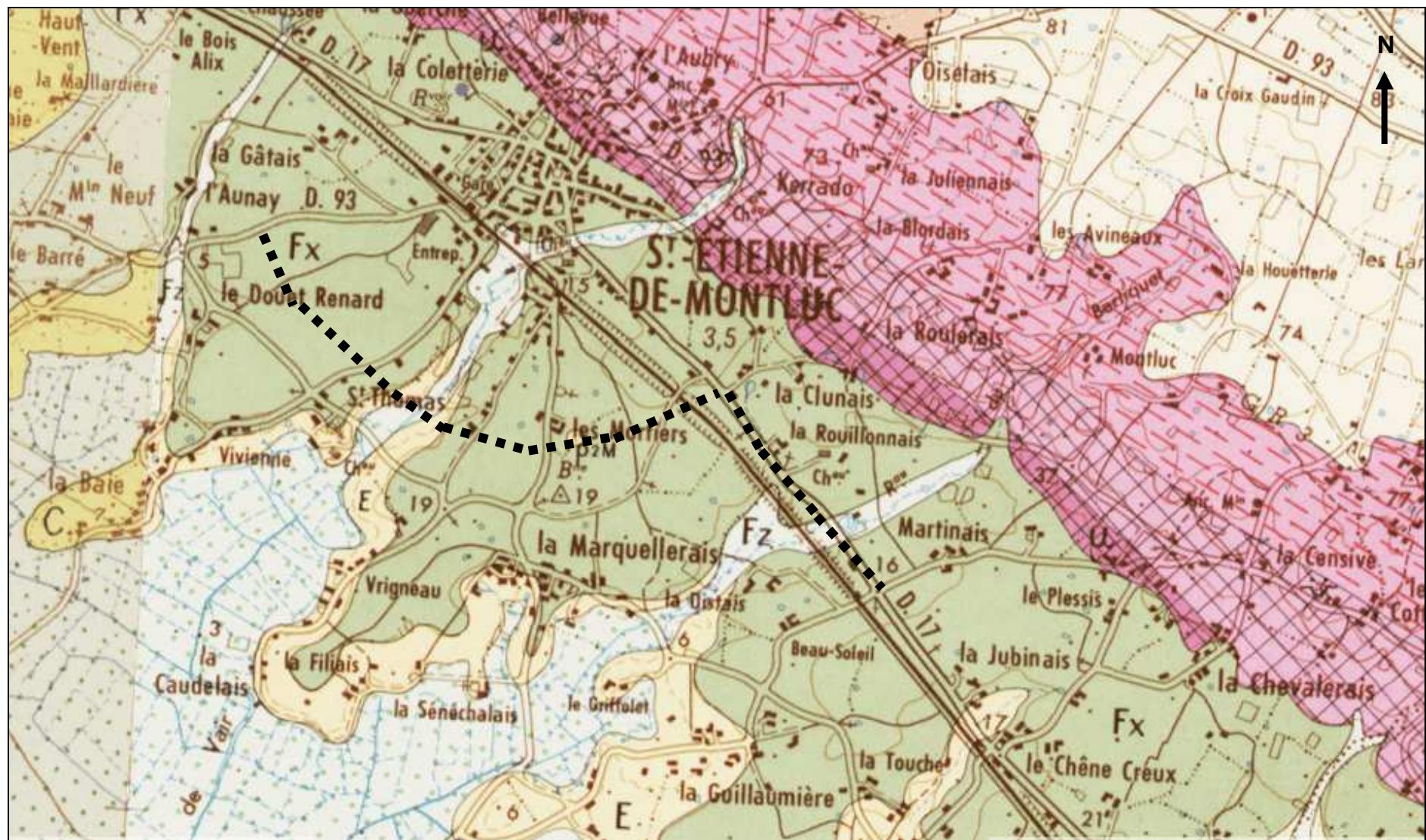
- Des **alluvions fluviatiles modernes (Fz)** composées de vases et de sables en relation avec les ruisseaux le Moulinet, le Berliquet et son affluent,
- Des **dépôts de pente (E)** constitués de matériaux sableux et limoneux présents essentiellement sur les versants des dépressions topographiques,
- Des **alluvions fluviatiles anciennes (Fx)** en relation avec la Loire présente au Sud-ouest et correspondant à des sables fins ou graveleux avec des passages argileux.

Substratum

Le substratum n'affleure pas au niveau de la zone d'étude. Cependant, il est probable de rencontrer sous les formations superficielles les terrains suivants :

- Des **granites à deux micas (γ¹)**, pouvant comporter en tête une frange d'altération limono-sableuse à sablo-caillouteuse sur une épaisseur variable (arène),
- Des **micaschistes et gneiss à deux micas (ζ2)**, pouvant montrer en tête une frange d'altération limono-sableuse à limono-caillouteuse sur une épaisseur variable.

On note qu'en raison du placage alluvionnaire, la nature du substratum au droit du tracé est difficile à préciser.



Extrait de la carte géologique de NANTES au 1/50 000^{ème}

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

Dans ce contexte, plusieurs types d'aquifères pourraient être présents :

- Des nappes au sein des alluvions modernes / anciennes et colluvions, en relation avec les conditions hydrauliques des ruisseaux recouvrant le projet,
- Une nappe de rétention contenue dans la frange d'altération du substratum, évoluant en relation avec les conditions météorologiques, et alimentée lors de situations météorologiques défavorables,
- Une nappe de fracturation, éventuellement en charge, au sein du substratum et probablement en relation avec la nappe sus-jacente. Les circulations d'eau au sein de ce substratum se font à la faveur de la fracturation et de la fissuration,
- Une nappe pédologique se formant en surface et sur les quelques premiers décimètres de sol, lors de situations météorologiques défavorables.

2.4. RISQUES NATURELS RÉPERTORIÉS SUR LES DOCUMENTS EN NOTRE POSSESSION

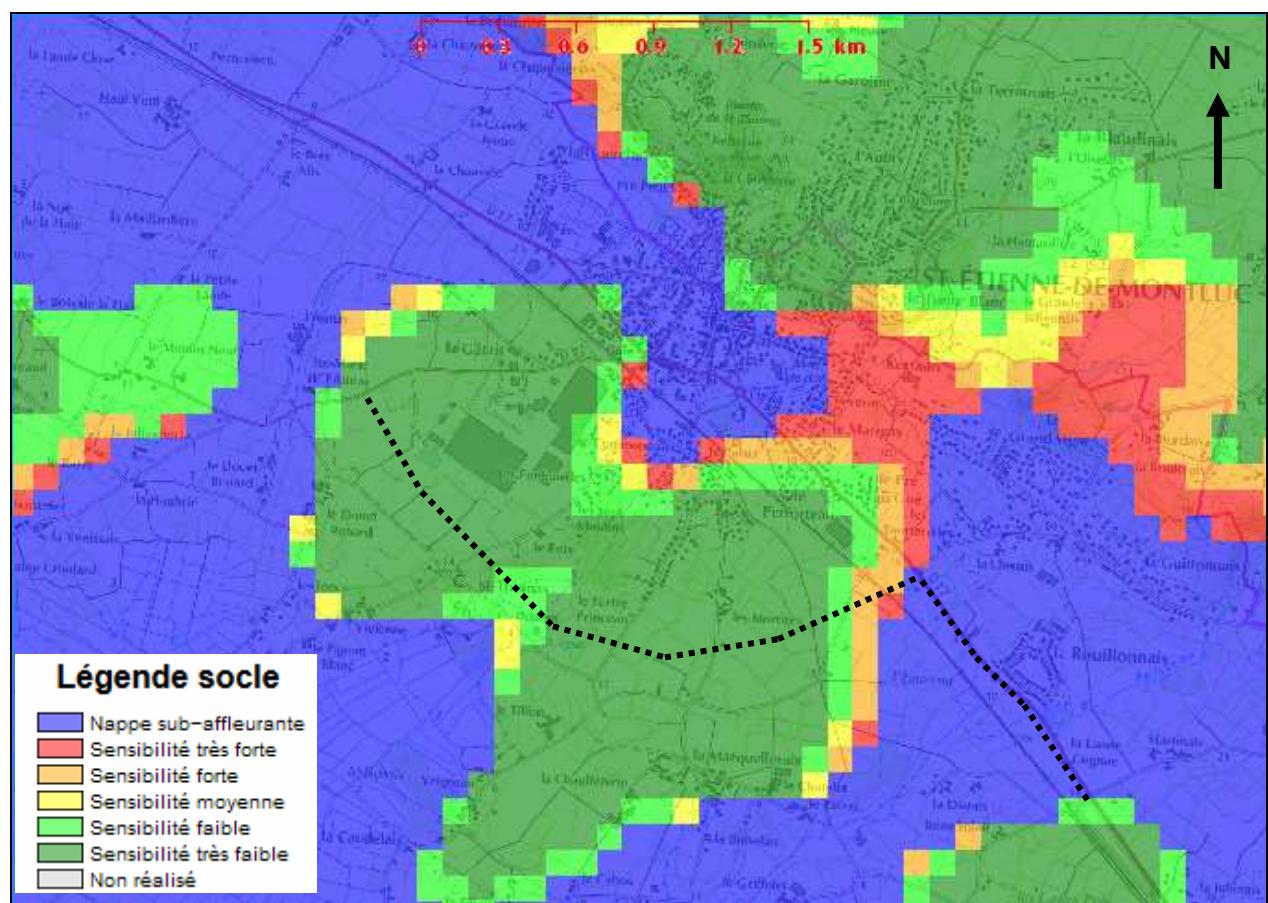
Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Écologie, du développement durable, et de l'énergie, les arrêtés de catastrophe naturelle pris sur la commune sont les suivants :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	23/07/2000	23/07/2000	30/11/2000	17/12/2000
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/2010	28/02/2010	11/03/2010	13/03/2010

2.4.1. Aléa inondation lié aux remontées de nappes

D'après la carte d'aléa du MEDAM-BRGM sur les Remontées de nappe, Débordements, Ruissellements, Inondations, Crues (<http://www.inondationsnappes.fr>), le site se trouve, en zone de socle, vis-à-vis de l'aléa inondation par remontées de nappes montrant :

- Une nappe potentiellement sub-affleurante entre les futurs giratoires de « La Clunais » et de « La Martinais » sur la section de reprofilage de la RD17 existante (Profil rasant / Déblai n°5, Déblai n°6, et Profil rasant n°7),
- Une sensibilité forte à très forte au niveau de la voie ferrée Tours – St-Nazaire (Remblai n°4),
- Pour le reste du tracé, les zones recoupées sont de sensibilité faible à très faible.

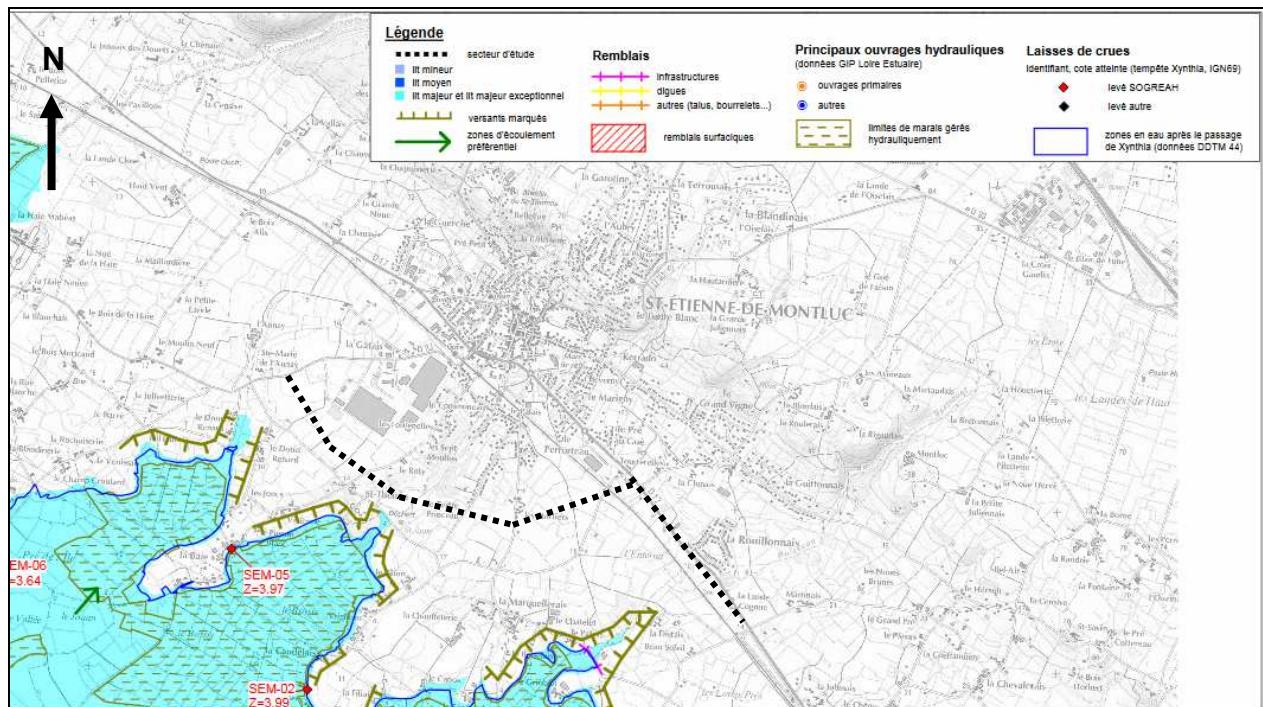


Extrait de la cartographie du risque de remontées de nappes en zone de socle

La cartographie de l'aléa inondation par remontées de nappes en zone sédimentaire n'a pas été réalisée au droit du projet. Cependant, on gardera à l'esprit que la nappe des alluvions fluviatiles modernes et anciennes associée aux ruisseaux (le Berliquet et le Moulinet) peut être sub-affleurante, notamment dans la zone marécageuse du Moulinet (remblai n°2).

2.4.2. Risque d'inondation par submersion

Le site d'étude se situe en dehors des préconisations vis-à-vis du risque d'inondation par submersion de la Loire d'après l'Atlas des Zones Inondables (AZI) de l'Estuaire de la Loire.



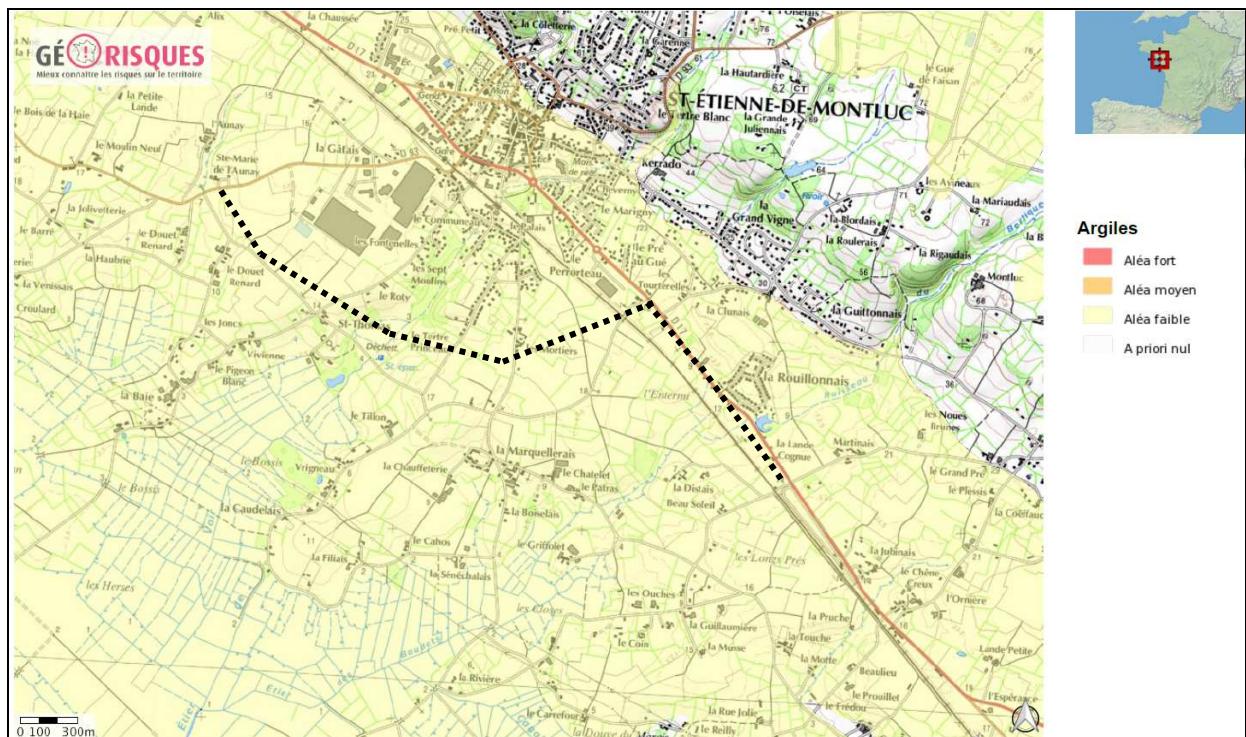
Extrait de l'atlas des zones inondables de l'Estuaire de la Loire (Carte 8)

En ce qui concerne la Loire, des niveaux de hautes eaux sont donnés, avec un niveau maximum à +3.99 NGF à proximité du site d'étude. Il n'est pas indiqué si ce niveau correspond aux plus hautes eaux connues (PHEC) de la Loire dans le secteur.

Nous ne disposons pas d'information concernant les plus hautes eaux connues des ruisseaux « Le Moulinet » et « Le Berliquet ».

2.4.3. Phénomènes de retrait – gonflement des sols argileux

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait – gonflement, dont un extrait est présenté ci-après, classe l'ensemble du tracé en zone **d'aléa faible** au droit du placage alluvionnaire.



Extrait de la cartographie de l'aléa retrait – gonflement des sols argileux (Source : www.argiles.fr/)

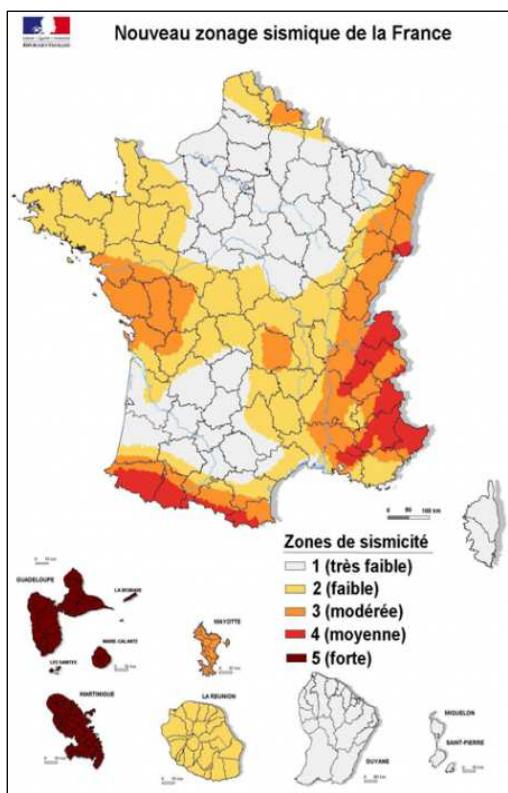
2.4.4. Base de données des cavités souterraines

Aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM au droit de la zone d'étude.

2.4.5. Risque de glissements de terrain

La zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.4.6. Risque sismique



Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets [n° 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [n° 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Le site est classé en **zone de sismicité 3 (aléa modéré)** selon la réglementation parasismique applicable depuis le 1^{er} Mai 2011, dans laquelle $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$.

2.5. ALÉAS PROPRES AU SITE D'ÉTUDE

Les aléas propres au site d'étude sont en relation, entre autre, avec :

La géologie

- aléas liés aux variations d'épaisseurs des différentes couches, les amplitudes de variations peuvent être plus importantes que celles mises en évidence par nos sondages ponctuels,
- aléas liés à la fracturation et la blocostométrie des différentes couches, notamment pour les granites ainsi que leur frange d'altération, où cette blocostométrie peut être grossière,
- aléas liés à l'hétérogénéité en nature et compacité de la frange d'altération, conditionnée par le degré d'altération du substratum, avec la rencontre potentielle de pointements ou de niveaux indurés,
- aléas liés aux alluvions (couches 10, 11 et 12), potentiellement hétérogènes en nature, compacité et blocostométrie, pouvant renfermer des horizons organiques (bois, tourbes,...) avec une plasticité fluctuante ou des niveaux riches en cailloux par exemple,
- aléas liés à l'orientation, au pendage, ou à la foliation du rocher qui n'ont pu être visualisés par les forages en petit diamètre.

L'hydrogéologie

- aléas liés à la présence de nappes en association avec les ruisseaux recoupés dans les talwegs, nappes sujettes à des fluctuations saisonnières, et pouvant être calées proche de la surface,
- aléas liés à la cartographie du risque d'inondation par remontée de nappe donnant une nappe potentiellement sub-affleurante au droit de la section de reprofilage de la RD17 existante (Profil rasant / Déblai n°5, Déblai n°6, et Profil rasant n°7), et une sensibilité forte à très forte au niveau de l'intersection du tracé avec la voie ferrée Tours-St Nazaire (Remblai n°4),
- aléas liés aux ruisseaux « Le Moulinet » et « Le Berliquet » et leur nappe d'accompagnement s'écoulant dans les fonds de talweg, et dont les PHEC sont inconnues,

- aléas liés au développement d'une nappe pédologique dans la terre végétale et les horizons de labours (couche 0TV), en situation météorologique défavorable,
- aléas liés à une nappe parasite dans les remblais des voiries communales recoupées en situation météo défavorable,
- aléas liés aux arrivées d'eau parasites possibles dans toutes les couches en période pluvieuse, notamment à l'interface entre les formations de recouvrement et le substratum,
- aléas liés à une nappe profonde au sein du substratum, éventuellement en charge et sujette à fluctuations.

La nature des matériaux

- aléas liés à la sensibilité à l'eau et au remaniement des matériaux fins (couches 10, 11 et 12 notamment),
- aléas liés à la sensibilité des sols argileux aux phénomènes de retrait-gonflement, en ce qui concerne la couche 11,
- aléas liés à la présence d'alluvions, renfermant des horizons très riches en cailloux, pouvant contenir des horizons organiques (tourbe, bois,...),
- aléas liés à la présence potentielle de cailloux et de blocs dans les alluvions et la frange d'altération, en fonction du degré d'altération du substratum, et dont la blocostatique pourrait se révéler supérieure à celle mesurée par nos sondages ponctuels,
- aléas liés à la présence éventuelle de blocs, d'horizons indurés, évolutifs ou pollués dans les remblais des voiries recoupées par le tracé, qui pourraient nécessiter une étude spécifique de pollution pour définir les conditions de mise en décharge.

L'environnement du site

- aléas liés aux voiries communales recoupées par le tracé qui seront déconstruites au préalable de la réalisation de la déviation, et dont les structures n'ont pas été reconnues et qui pourraient renfermer des matériaux pollués, amiantés,...
- aléas liés aux fossés de drainage, réseaux et tranchées associées, qui bordent les voiries recoupées,

- aléas liés à la présence possible d'ouvrages enterrés, ouvrages creux désaffectés ou vestiges à l'aplomb du projet,
- aléas liés à la voie ferrée recoupée par le tracé au Sud-ouest du futur carrefour giratoire de « La Clunais » (Remblai n°4).

Le risque naturel

- aléas liés à la prise en compte du risque sismique en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage.

80808080808080