

Projet d'achèvement de la mise à 2 x 2 voies
de la liaison Castres - Toulouse par mise en concession



9

Étude de reconnaissance géologique, géotechnique et hydrogéologique (Phase 1)



Mai 2006



Département Infrastructure et Géotechnique
 5 l'Occitane – B.P. 17503
 31675 LABEGE Cedex
 Tel. : 05.62.24.65.80
 Fax. : 05.62.24.57.01

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT DU TARN
SERVICE DES GRANDES INFRASTRUCTURES

ITINERAIRE TOULOUSE - CASTRES, SECTION VERFEIL - SOUAL

RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE
ET GEOTECHNIQUE
PHASE 1

RECONNAISSANCE GENERALE
RAPPORT D'ETUDE

Affaire n° 314/04/0167/E			Document n° 31 / 03371 / 001 / NT / 01 / A				
B	16/01/06	 A. MARCON	Ajout coupe de principe	G. RODRIGUEZ	 G. PETIT	NON	20
A	09/01/06	A. MARCON	1 ^{re} émission	G. RODRIGUEZ	G. PETIT	NON	18
Indice	Date	Etabli par	Modifications	Vérifié par	Approuvé par	Contrôle externe à l'affaire	No pages
				Contrôle interne à l'affaire			
L'indice à être précédé par		0	Indice(s) numérique(s)				
L'authenticité de ce document est garantie par le(s) paraphe(s) origin(aux) dans le cartouche ci-dessus							
Siège social : 10, avenue Newton 92350 Le Plessis-Robinson - Tel. : +33 (0)1 46 01 24 00 - Fax : +33 (0)1 46 32 62 62							

SOMMAIRE

1 -	CONDITIONS D'INTERVENTION	5
2 -	CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE GENERAL	6
2 - 1 -	Les limites de l'aire d'étude	6
2 - 2 -	Contexte géographique	6
2 - 3 -	L'histoire géologique	6
3 -	RESULTATS DES RELEVES	7
3 - 1 -	Les formations molassiques	7
3 - 2 -	Les alluvions anciennes des sommets molassiques	8
3 - 3 -	Les alluvions anciennes du Sor	8
3 - 4 -	Les alluvions de la basse terrasse du Girou	8
3 - 5 -	Les alluvions de la basse plaine du Girou	9
3 - 6 -	Les alluvions et colluvions récentes des fonds de talwegs du réseau hydrographique secondaire	9
3 - 7 -	Les colluvions et éboulis de versant	10
4 -	LES MANIFESTATIONS HYDROGEOLOGIQUES	10
4 - 1 -	La nappe alluviale des basses plaines	10
4 - 2 -	L'hydrogéologie en domaine molassique	11
5 -	CONSTRAINTES GEOLOGIQUES, GEOMORPHOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES	11
6 -	CLASSIFICATION GTR DES DIFFERENTES FORMATIONS GEOLOGIQUES ET POSSIBILITES DE REEMPLOI	12
6 - 1 -	Les matériaux molassiques	12
6 - 1 - 1 -	Les faciès détritiques : argile, grès et conglomérat	12
6 - 1 - 2 -	Les formations calcaires	12
6 - 2 -	Les matériaux alluvionnaires	12
7 -	APPLICATIONS AU PROJET - CONCLUSIONS	12

FIGURES :

1. PLAN DE SITUATION	4
----------------------	---

ANNEXES :

A. CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES	15
B. COUPE GEOLOGIQUE DE PRINCIPE	19



Agence de Toulouse
Voie l'Occitane - 31675 LABEGE
Tel 05 62 24 57 40 - Fax 05 62 24 57 41

Créé le 31/03/06

Dessinateur : A. MARCON

Echelle :

Figure n°1 -

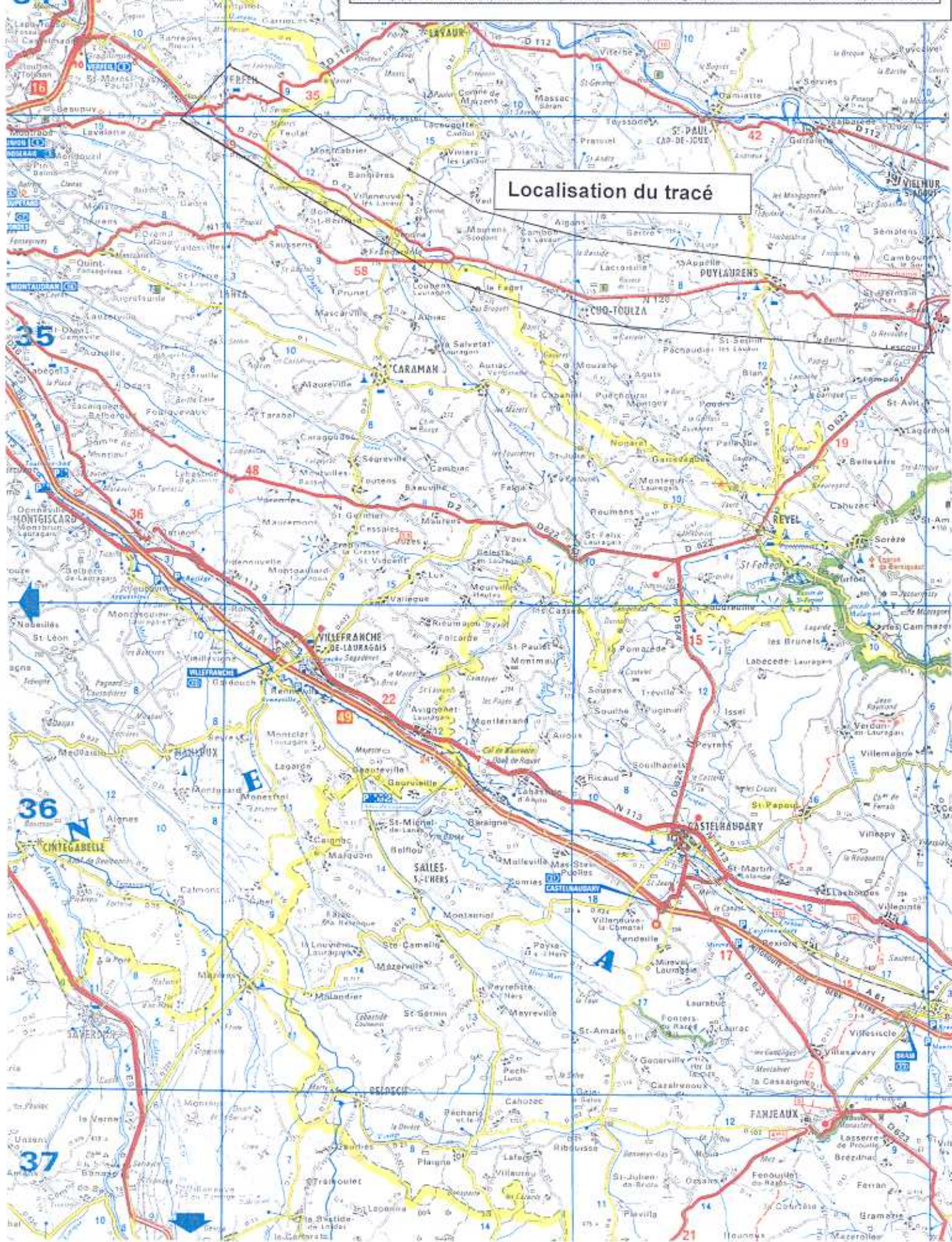
Verfeil / Soual

Ingénieur : A. MARCON

Affaire : 314/04/0167/E

Dossier : 31/03371

Document protégé : propriété exclusive de ARCADIS, ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers sans autorisation. Reproduction intégrale ou partielle sans autorisation strictement interdite sous peine de poursuites pénales et civiles.



1 - CONDITIONS D'INTERVENTION

La présente étude a été réalisée à la demande et pour le compte de la DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT DU TARN, Service des Grandes Infrastructures, et fait suite à notre proposition technique référencée 314/04/0167/P du 19 mai 2004. Elle a trait au projet de la mise en voie express de l'axe Toulouse – Castres, section Verfeil Soual.

Cette étude liée à l'APS du projet comprend deux phases :

- une phase de reconnaissance générale de l'aire d'étude devant mener à définir et retenir plusieurs fuseaux de variantes,
- une phase de prédimensionnement le long des différents fuseaux de variantes définis et retenus suite à la première phase.

Le présent rapport constitue le document de synthèse de la première phase de reconnaissance générale. Il s'appuie sur la réalisation de relevés géologiques et hydrogéologiques détaillés de toute l'aire d'étude définie par la DDE et aborde les points suivants :

- la description détaillée du contexte géologique, hydrogéologique et géomorphologique de l'aire d'étude,
- l'établissement d'une carte géologique permettant de définir les extensions des différentes formations,
- la description du contexte hydrogéologique,
- la description des différentes formations géologiques (alluvions du Girou, substratum molassique, colluvions, etc...),
- les caractéristiques géotechniques prévisibles par formations géologiques homogènes (classification GTR, caractéristiques intrinsèques),
- la localisation des zones pouvant présenter des difficultés de franchissement : sols compressibles, remblais sur versant, glissements de terrains avérés et potentiels, etc...),
- le ou les points de franchissement privilégiés du Girou et ses principaux affluents.

Ces points ont été étudiés à l'aide d'une étude sur carte en bureau et d'une reconnaissance pédestre du tracé à l'exclusion de tout sondage.

Ces relevés sont synthétisés sur une carte géologique, à l'échelle de 1/10.000 et référencée 31/03371/001/PG/02/A, faisant apparaître les extensions des différentes formations identifiées.

Notre mission est de type G11 (études préliminaires géotechniques) conformément à la classification des missions géotechniques types, à leur schéma d'enchaînement (norme NF P 94-500) et aux conditions générales des missions géotechniques joints en annexe A.

Pour mener à bien cette étude, il nous a été fourni un plan topographique de l'aire d'étude au 1/25.000.

2 - CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE GENERAL

2 - 1 - Les limites de l'aire d'étude

L'itinéraire actuel permettant de relier Toulouse à Castres emprunte la RD 20 au Sud de Verfeil, puis la RD 42 et enfin, la RN 126 à partir de Scopont. L'accès à la RD20 s'effectue soit par la RD126 en provenance de Toulouse, soit par l'A680 qui relie l'A68, à partir de l'échangeur de Castelmaurou, à Verfeil.

L'aire d'étude s'étend de Verfeil à l'extrémité Est de la déviation de Soual, sur une bande de 4 à 5 km centrée sur l'itinéraire actuel.

Il a été noté que :

- Un tronçon de tracé neuf permet le prolongement de l'A680 à partir du carrefour avec la RD112, jusqu'à la RD20 en contournant Verfeil par le Sud,
- Le projet de contournement de Puylaurens par le Sud est proche de sa phase de réalisation.

2 - 2 - Contexte géographique

L'itinéraire Toulouse / Castres est inscrit au sein des paysages typiques du Lauragais caractérisés par des collines « molles » taillées au sein de formations rocheuses tendres et découpées par un réseau hydrographique dense et arborescent.

Jusqu'à Puylaurens qui constitue le point haut du tracé, l'itinéraire remonte la vallée du Girou jusqu'à sa source située au Sud de l'agglomération ; il est alors établi sur les terrasses inférieures de la rivière (principalement sur la basse terrasse et épisodiquement sur la basse plaine) jusqu'à Cadix, puis il s'éloigne du cours du Girou dont il traverse les terrasses supérieures. Au-delà de Puylaurens, la RN126 descend rapidement vers les terrasses de la vallée du Sor dont le cours est franchi au centre de Soual.

L'itinéraire évite donc de recouper les coteaux qui bordent les plaines alluviales, à l'exception du franchissement de la ligne d'interfluve occupée par l'agglomération de Puylaurens, ce qui explique son tracé peu accidenté et très rectiligne.

2 - 3 - L'histoire géologique

L'aire d'étude se situe dans le vaste domaine molassique Nord-Pyrénéen qui occupe la majeure partie du bassin Aquitain.

Le terme de molasse désigne des formations sédimentaires se situant chronologiquement en fin de cycle tectonique ; on parle généralement de dépôts finis à post tectoniques qui correspondent à la sédimentation des produits d'altération et d'érosion des premiers reliefs d'une chaîne montagneuse en fin de structuration. Dans le domaine Nord-Pyrénéen, les molasses correspondent en majeure partie à des formations détritiques (argiles, sables et conglomérats) d'origine fluviale mis en place par un réseau hydrographique dense parcourant des reliefs peu marqués et sous climat chaud et humide. On observe classiquement un granoclassement des dépôts fluviaux, avec des formations de plus en plus fines et argileuses au fur et mesure que l'on s'éloigne des zones sources en relief (Pyrénées et Massif Central).

Des bancs de calcaire d'origine lacustre ou palustre arment régulièrement les accumulations fluviales ; ils constituent généralement des niveaux repères au sein de la monotonie des faciès détritiques. Des niveaux discontinus de marnes calcaires d'origine pédologique soulignent les arrêts de sédimentation sur les plaines d'inondation.

La sédimentation molassique pyrénéenne débute à l'Eocène moyen et s'étend très progressivement vers le Nord. Dans le Lauragais, elle s'achève à l'Oligocène moyen.

Sur l'aire d'étude, les formations molassiques sont de plus en plus anciennes en se déplaçant vers l'Est en même temps que l'on se rapproche du substratum primaire du Massif Central. Nous rencontrons ainsi de l'Ouest vers l'Est :

- Les molasses du Stampien moyen jusqu'à Cadix,
- Les molasses du Stampien inférieur jusqu'à Puylaurens,
- Les molasses du Stampien basal et de l'Eocène terminal sur les versants Est de la butte de Puylaurens,
- Les molasses de l'Eocène supérieur jusqu'à Soual.

De la fin de l'Oligocène au Plio-quatenaire l'absence de sédimentation masque l'évolution géologique et ce jusqu'à ce que s'établisse le réseau hydrographique moderne avec notamment les réseaux hydrographiques de la Garonne et du Tarn qui entaillent profondément les formations molassiques en déposant des alluvions structurées en terrasses étagées successives. Cette distribution géométrique des alluvions traduit le soulèvement progressif auquel est soumise la région. Le cours actuel du Tarn, bordé et enserré entre de hautes berges taillées dans les alluvions récentes et les molasses sous-jacentes, montre clairement que les lents mouvements verticaux en élévation de la région sont toujours actifs.

3 - RESULTATS DES RELEVES

Les résultats des relevés détaillés de l'aire d'étude sont synthétisés sur la carte géologique au 1/10.000 sur laquelle apparaissent les différentes formations géologiques.

Les formations géologiques sont présentées et décrites dans l'ordre chronologique.

3 - 1 - Les formations molassiques

Les dépôts molassiques, de constitution majoritairement argilo-sableuse, représentent des formations particulièrement monotones ; de par leur origine fluviale, les variations latérales de faciès sont rapides et il est donc généralement difficile de corréler les observations entre des affleurements proches. En outre, comme il s'agit de roche tendre, aisément altérable et sensible à l'érosion, les affleurements sont rares et de qualité médiocre. Toutefois, comme nous l'avons vu plus haut, les niveaux calcaires, et dans une moindre mesure les intercalations gréseuses, moins sensibles à l'altération et à l'érosion, constituent des niveaux repérables dans le paysage ; ils arment le plus souvent les crêtes et replats sommitaux des buttes molassiques.

Sur notre carte géologique, nous n'avons pas fait de distinction entre les molasses de différents âges (molasses de plus en plus anciennes en se déplaçant vers l'Est – voir le chapitre 2-2) ; nous avons en revanche porté les faciès observés sur les principaux affleurements en figurant les calcaires, les grès et les argiles.

Nos observations permettent toutefois de mettre en évidence les tendances suivantes :

1 – de Verfeil à Cadix, les molasses sont essentiellement argileuses avec des niveaux de grès disposés en chenaux, et de rares bancs de marnes calcaires, d'origine pédologique pour l'essentiel, à la continuité incertaine ;

2 – de Cadix à Puylaurens, les sommets des buttes et des arêtes sont très généralement armés par des bancs calcaires et calcaréo-marneux d'origine palustre, d'épaisseur plurimétrique à décamétrique (voir les soubassements de Cuq-Toulza, Lacroisille, les Bruges-Hautes, etc) ; les niveaux gréseux sont également plus fréquents (Cambon les Lavaur) ;

3 – à l'est de Puylaurens, les molasses sont essentiellement gréseuses et argilo-gréseuses avec de fréquentes intercalations de grès grossiers et de microconglomérats.

3 - 2 - Les alluvions anciennes des sommets molassiques

Entre Verfeil et Puylaurens, les replats sommitaux ainsi que les replats intermédiaires qui «cassent» la monotonie des versants, correspondent généralement à de très anciennes terrasses alluviales car il est possible d'identifier des dépôts résiduels d'alluvions graveleuses. Les épaisseurs sont le plus souvent très faibles, moins d'un mètre ; parfois, les seuls vestiges de ces terrasses sont des galets épars abandonnés par l'érosion du fait de leur taille.

La dimension des galets, de 5 à 8 cm, suggère que la compétence de l'ancêtre du Girou était bien supérieure à celle du cours d'eau actuel.

3 - 3 - Les alluvions anciennes du Sor

Les alluvions argilo-caillouteuses rencontrées entre St-Germain-des-Prés et Soual ont été attribuées à des terrasses anciennes du Sor. Les épaisseurs maximales de ces dépôts sont de l'ordre de 2 à 3 m selon les observations faites sur les déblais de la RN126. Les dimensions maximales des galets, suivant les niveaux d'alluvions, sont de l'ordre de 50 à 80 mm.

3 - 4 - Les alluvions de la basse terrasse du Girou

Sur son haut cours, et jusqu'en amont de Cadix, le Girou développe de larges basses terrasses, particulièrement en rive gauche ; ces basses terrasses se situent une vingtaine de mètres environ au-dessus du cours de la rivière.

En revanche, entre Cadix et le confluent avec le ruisseau de Geignes, la vallée du Girou perd de la largeur et les basses terrasses sont quasi inexistantes.

Au-delà de Scopont, les basses terrasses réapparaissent, larges et continues, plus particulièrement en rive droite du Girou.

Les affleurements dans ces terrains sont rares. Il s'agit sur les 2 à 3 premiers mètres de limons à cailloutis 0/30 à 0/50 mm. Les épaisseurs de ces dépôts sont probablement de l'ordre de 3 à 6 m mais restent à préciser.

Il est possible que des dépôts lenticulaires plus ou moins vasards puissent subsister au sein de ces alluvions.

3 - 5 - Les alluvions de la basse plaine du Girou

Il s'agit des dépôts alluvionnaires actuels de la rivière dont l'aire d'extension correspond globalement à la zone inondable de la vallée du Girou.

Ces alluvions correspondent à des argiles et limons plus ou moins sableux ; des horizons à graviers sont probables à leur base. Ces formations récentes sous consolidées sont susceptibles de contenir des lentilles de dépôts vasards, tout particulièrement dans le haut cours étroit de la rivière dès lors que la basse plaine est délimitée par des ressauts alluviaux hauts et relativement pentus comme c'est le cas en amont de la confluence avec le ruisseau de Geignes.

Les épaisseurs de ces alluvions sont variables :

- Le long du cours d'eau avec des épaisseurs globalement croissantes de l'amont vers l'aval ; en toute hypothèse, 3 à 4 m en amont de Cadix à 6 / 8 m en approchant de Verfeil ;
- Transversalement à l'axe de la vallée, avec, par exemple en aval de Scopont, 6 / 8 m dans l'axe de la vallée à 2 / 3 m en bordure du ressaut délimitant la basse plaine de la basse terrasse.

3 - 6 - Les alluvions et colluvions récentes des fonds de talwegs du réseau hydrographique secondaire

Le développement d'un réseau hydrographique arborescent est typique des régions molassiques de l'Aquitaine.

Les talwegs et vallées secondaires peuvent généralement se subdiviser en trois tronçons d'inégale longueur :

- le court amont ou tête de talweg : très court et large, ce tronçon souvent multilobé, correspond à la zone de ruissellement des eaux pluviales qui convergent vers l'axe du talweg. Les colluvions qui recouvrent ces têtes de talwegs sont généralement peu épaisses, 1,50 à 2 m tout au plus.
- le cours moyen qui représente en fait la majeure partie du talweg : quand le cours est pérenne, une source marque son amorce. Il se caractérise par l'étroitesse de la plage d'alluvionnement et il ravine le plus souvent le substratum molassique. Les épaisseurs des dépôts, qu'il est généralement difficile de prévoir, sont extrêmement variables d'un talweg à l'autre mais probablement comprises entre 2 et 6 m.
- la zone de confluence avec un talweg d'ordre supérieur ou une vallée principale. Quand la confluence se réalise en domaine molassique, on observe un élargissement du talweg avec une augmentation probable de l'épaisseur des alluvions.

Compte tenu de la brièveté du transport subi par les matériaux déposés, ceux-ci sont directement issus de l'érosion des formations molassiques environnantes et des alluvions anciennes des hautes terrasses. Il s'agit pour l'essentiel de dépôts limono-argileux brun à brun-noir emballant soit de petits éléments rocheux peu émoussés issus des barres calcaires, soit des graviers et galets quartzeux empruntés aux alluvions anciennes.

Ces dépôts alluvionnaires des fonds de talwegs généralement sous consolidés peuvent contenir peu ou prou des niveaux riches en matière organique leur conférant un caractère compressible.

3 - 7 - Les colluvions et éboulis de versant

Les longs versants taillés dans les formations molassiques argileuses, sont uniformément recouverts par des colluvions et localement par de véritables éboulis lorsque le sommet du relief correspond à une barre calcaire ou gréseuse. Ces terrains superficiels, dont les épaisseurs sont le plus souvent inférieures à 1,50 mètres, mais pouvant localement atteindre 3 à 6 m, n'ont pas été cartographiés car ils masquent la totalité des aires molassiques. Ils représentent toutefois une contrainte géotechnique forte car leur stabilité est souvent précaire et ils sont sujets à des glissements spontanés lors d'épisodes pluvieux importants ou suite à des terrassements sans précautions.

La première phase de relevés in situ n'a pas conduit à mettre en évidence des glissements de versant de grande ampleur. Toutefois nous avons représenté sur la carte géologique des zones qui par l'allure désorganisée des courbes de niveau, peuvent receler des glissements actifs quoique probablement de faible épaisseur. L'existence ou non de ces phénomènes devra être vérifiée, autant que possible (zones souvent boisées d'accès difficile), lors de la seconde phase d'investigation pédestre le long du fuseau d'étude.

4 - LES MANIFESTATIONS HYDROGEOLOGIQUES

4 - 1 - La nappe alluviale des basses plaines

Les principaux ruisseaux recoupant l'aire d'étude entretiennent une nappe de type alluvial de façon quasi permanente au sein de leurs alluvions récentes des basses plaines. Outre le Girou, il s'agit, d'Est en Ouest, des ruisseaux suivants (tous affluent du Girou) :

- La Port-Long
- Le Razillou (ou Le Thiers)
- L'Algans
- Le Geignes
- Le Peyrencou
- Le Messal
- Le Vendinelle
- L'Herle
- Le Nadalou
- Le Dagour
- La Balerme

Le long des talwegs affluents de ces ruisseaux, il est probable que les nappes phréatiques ne soient que temporaires et s'assèchent au plus fort de la période estivale.

Ces nappes, pérennes ou temporaires, sont alimentées par l'impluvium sur le bassin versant, mais également par les micro-nappes contenues dans les lentilles et chenaux sableux et conglomératiques, et dans une moindre mesure les bancs calcaires, des formations molassiques. En période de fortes pluviométries, les niveaux de nappes remontent en général à la cote du terrain naturel.

Les basses terrasses des rivières les plus importantes, tel le Girou, sont également susceptibles de contenir des nappes alluviales permanentes. Toutes ces dernières ne sont pas alimentées par le cours d'eau lui-même, et de fait, les variations de niveau en saison humide et saison sèche sont importantes ; en période estivale, la nappe se réduit généralement à une fine tranche d'eau s'écoulant au toit du substratum molassique des alluvions.

4 - 2 - L'hydrogéologie en domaine molassique

Dans leur ensemble, les formations molassiques sont imperméables du fait d'une lithologie à dominante argileuse. Toutefois, il est possible de rencontrer des aquifères, généralement à très faibles débits, liés :

- aux lentilles et chenaux sablo-graveleux parcourant les formations argileuses. Ces intercalations grossières moyennement perméables sont d'autant plus susceptibles de contenir une micro-nappe qu'elles se situent à un niveau altimétriquement bas, et en particulier en pied de versant. Une végétation hydrophile dense marque généralement les arrivées d'eau masquées par des colluvions de versant. Si les débits offerts par ces lentilles gréseuses et gravelo-gréseuses sont faibles, voire insignifiants, ils peuvent toutefois avoir une influence notable sur les conditions de stabilité des talus de déblais qui les recouperaient du fait d'éventuelles surpressions interstitielles ;
- les barres calcaires au sein desquelles un réseau karstique peut se développer le long des discontinuités naturelles de la roche, réseau pouvant constituer un aquifère. Pour ce qui concerne les formations calcaires comprises dans la zone d'étude, leur caractère relativement massif, l'absence de discontinuités répétitives ainsi que leur position élevée dans le relief sont des éléments peu propices à la formation d'un réseau karstique significatif.

5 - CONTRAINTES GEOLOGIQUES, GEOMORPHOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES

Les contraintes géotechniques seront différentes selon que le tracé se situera dans le fond de la vallée du Girou, sur les basses plaines et basses terrasses, ou bien qu'il recoupera les reliefs molassiques qui bordent la vallée de cette rivière.

Pour les tronçons parcourant les terrasses inférieures très peu accidentées du Girou on notera comme difficulté géotechnique potentielle le franchissement des basses plaines avec :

- Le caractère possiblement compressible des alluvions récentes du Girou et ses affluents,
- La nécessité de concevoir des projets en remblais car les basses plaines sont généralement inondables jusqu'au pied du ressaut qui les délimitent,
- Le déficit probable en matériaux de remblais du fait la morphologie plane des terrasses alluviales,
- Les fondations des ouvrages de franchissement du Girou et de ses principaux affluents (voir chapitre 4.1) qui seront a priori de type profond du fait de l'épaisseur importante des alluvions peu compactes des basses plaines.

Au travers des collines molassiques à la morphologie accidentée, tout particulièrement entre Scopont et Cadix, impose de concevoir un tracé où se succèdent les profondes tranchées et les hauts remblais. Dans un tel contexte, les contraintes géotechniques résident dans :

- les conditions de stabilité des grands déblais liées à la lithologie majoritairement argileuse des formations traversées et aux conditions hydrogéologiques (détermination des pressions interstitielles régnant au cœur du massif molassique). Les pentes de stabilité à adopter pour ces grands déblais sont de 2H/1V à 3H/1V ;

- les conditions de stabilité des remblais sur les alluvions des basses plaines et des fonds des talwegs secondaires. Il conviendra alors d'établir les caractéristiques géotechniques de ces dépôts potentiellement compressibles pour chacune des vallées ou chacun des talwegs franchis afin de déterminer les conditions de stabilité des remblais aussi bien en phase définitive qu'en phase de construction (phasage avec paliers de consolidation, accélération de la consolidation par drainage des alluvions, préchargement, etc),
- la constitution des remblais à l'aide des matériaux du site dont le réemploi est classiquement très délicat (sols plastiques, roches tendres évolutives, etc. – voir le chapitre suivant). Tout remblai dont la hauteur excédera 10 m devra être considéré comme un ouvrage exceptionnel appelant une étude spécifique concernant sa stabilité propre. Les conditions de réemploi des différents types de matériaux disponibles sur le site devront être très précisément définies,
- la stabilité des remblais construits sur les versants à la stabilité souvent précaire. Il conviendra dans chaque cas de vérifier les épaisseurs des dépôts qui masquent le substratum molassique et de préciser le contexte hydrogéologique propre du versant.

Nous n'avons pas établi de carte des contraintes géotechniques car la carte géologique permet d'identifier clairement ceux-ci avec par formation :

- *les risques liés aux sols compressibles* correspondant aux alluvions des basses plaines et fonds des talwegs secondaires
- les risques liés aux instabilités potentielles de versant correspondant aux colluvions et éboulis

6 - CLASSIFICATION GTR DES DIFFERENTES FORMATIONS GEOLOGIQUES ET POSSIBILITES DE REEMPLOI

6 - 1 - Les matériaux molassiques

Les formations molassiques, majoritairement argileuses, représentent la principale source de matériaux disponibles pour la constitution des remblais. Du fait de leur forte surconsolidation, les faciès molassiques sains en place sont à classer dans les familles des roches tendres de la classe R3 et R4.

6 - 1 - 1 - Les faciès détritiques : argile, grès et conglomérat

Les matériaux détritiques émergent dans la classe R3 du GTR pour les faciès fins – argiles et limons – et en classe R4 pour les terrains grossiers – grès et microconglomérats..

Après les diverses opérations de terrassements (extraction, transport, mise en remblais et compactage), les roches les plus tendres et fragmentables des sous classes R34 et R43, qui en première approche devraient représenter une très forte proportion des faciès détritiques, évolueront en des sols fins respectivement de classes A et B.

La première difficulté réside dans l'existence de niveau rocheux peu fragmentables à l'extraction mais dégradables, c'est à dire évolutifs (sous classe R31 et R32). Les blocs rocheux extraits et introduits dans un remblai sont susceptibles d'évoluer et donc d'induire des désordres s'ils sont présents en grande quantité.

Les matériaux rocheux durs et non évolutifs (des classes R33 et R42) de bonne qualité ne devraient pas être présents en proportion suffisante pour justifier un tri sélectif.

Les matériaux molassiques détritiques nécessitent donc des moyens d'extractions qui favorisent au maximum la fragmentation en fines.

Les matériaux fins résultants se distribueront dans les classes de sols plus ou moins plastiques, c'est à dire des classes A2 et A3, voire ponctuellement A4. Ces matériaux présentent une nette propension au gonflement par imbibition, et plus particulièrement si le compactage s'effectue côté sec de l'OPN.

La conception des grands remblais à l'aide de ces matériaux potentiellement évolutifs et gonflants devra donc faire l'objet d'une attention particulière. Il sera notamment nécessaire d'envisager le traitement à la chaux d'une partie des matériaux constitutifs des remblais et de prévoir des dispositions constructives annulant les risques d'imbibitions (tapis drainants, traitement particulier des transitions déblais / remblais, etc...).

6 - 1 - 2 - Les formations calcaires

Les matériaux calcaires se distribuent en classe R2 du GTR. Leur comportement devra être qualifié à l'aide de l'essai Micro-Deval. Pour les plus tendres ($MDE > 45$) il sera nécessaire de vérifier leur caractère potentiellement évolutif par des essais de gélimité, de fragmentabilité et de dégradabilité propres à la classe de roche R3.

En l'état, il conviendra de rechercher s'il existe des gisements suffisamment continus et étendus de roches de densité moyenne (de classe R22) pouvant être exploités pour produire des matériaux nobles.

6 - 2 - Les matériaux alluvionnaires

Les alluvions des basses plaines seront a priori peu susceptibles d'être concernées par une extraction en déblais. De plus ils sont très probablement hétérogènes, sous nappe une bonne partie de l'année et peuvent contenir des dépôts vasards. Aussi leurs possibilités de réemploi se limitent à des aménagements paysagés ;

Le réemploi des alluvions des basses terrasses est en revanche envisageable, particulièrement en période de basses eaux (entre juin et novembre). Il s'agira pour l'essentiel de matériaux fins de type A1/A3 et B5/B6. Les conditions de ces sols sensibles à l'eau seront fixées en fonction de leur état hydrique et des conditions météorologiques au moment de leur extraction.

7 - APPLICATIONS AU PROJET - CONCLUSIONS

Les enseignements de cette première phase d'étude ont permis de mettre en évidence les 3 principales contraintes géotechniques et géomorphologiques de l'aire d'étude, difficultés somme toute classiques dans les régions molassiques ; il s'agit :

- Du caractère potentiellement compressible des alluvions des basses plaines et fonds de talwegs du réseau hydrographique,
- De la morphologie accidentée des collines molassiques,
- Des conditions de réemploi délicat des matériaux molassiques du site.

De ce constat, il ressort, sur les seuls aspects géotechniques, que l'on recherchera à établir un tracé se maintenant au maximum sur les basses terrasses du Girou et les terrasses anciennes du Sor, ce qui est le cas de la majeure partie de l'itinéraire actuel.

Une telle option est aisément envisageable à l'exception du secteur compris entre la confluence du ruisseau de Geignes et Cadix où les basses terrasses sont quasi inexistantes ; il conviendra alors soit de pénétrer les collines molassiques soit, plus probablement, d'établir le projet sur la basse plaine du Girou. Dans ce cadre, le contournement de Cadix représente un point singulier car il conviendra de choisir entre soit un contournement par le Sud en franchissant le Girou et ses alluvions compressibles, soit un contournement par le Nord au travers d'un versant haut et particulièrement raide. En première approche, un contournement par le Sud semble plus aisé.

La contrepartie à un projet qui évite les collines molassiques en se maintenant sur les terrasses inférieures des rivières, est le déficit probable en matériaux de remblai, et donc la nécessité de rechercher des zones d'emprunt.

Cette première phase basée uniquement sur des observations de terrain devra être complétée par la phase 2. Cette deuxième phase permettra d'étudier les variantes et de compléter avec plus de précision le contexte géologique lors de reconnaissances complémentaires sur une bande d'étude plus restreinte.

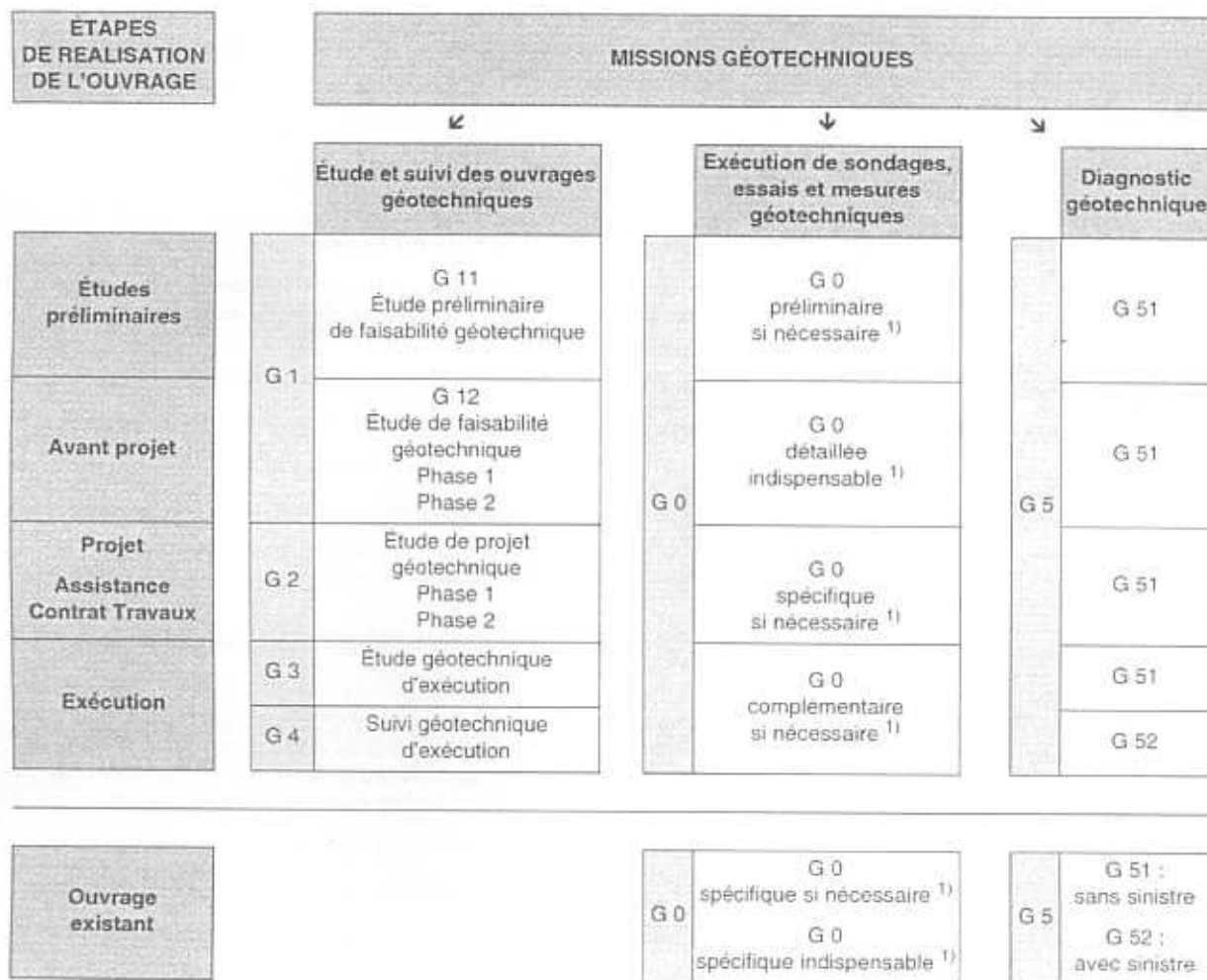
ANNEXE A

**CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES
SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES
CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES**

Tableau 1 – page 8 de la norme NF P 94-500
Classification des missions géotechniques types

<p>L'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. Les missions G 1, G 2, G 3, G 4 doivent être réalisées successivement. Une mission géotechnique ne peut contenir qu'une partie d'une mission type qu'après accord explicite entre le client et le géotechnicien.</p>
<p>G 0 Exécution de sondages, essais et mesures géotechniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Exécuter les sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire selon un programme défini dans des missions de type G 1 à G 5 ; — Fournir un compte rendu factuel donnant la coupe des sondages, les procès verbaux d'essais et les résultats des mesures. <p><i>Cette mission d'exécution exclut toute activité d'étude ou de conseil ainsi que toute forme d'interprétation.</i></p>
<p>G 1 Étude de faisabilité géotechnique</p> <p><i>Ces missions G 1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entre dans le cadre exclusif d'une mission d'étude de projet géotechnique G 2.</i></p> <p>G 11 Étude préliminaire de faisabilité géotechnique :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et préciser l'existence d'avoisinants ; — Définir si nécessaire une mission G 0 préliminaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Fournir un rapport d'étude préliminaire de faisabilité géotechnique avec certains principes généraux d'adaptation de l'ouvrage au terrain, mais sans aucun élément de prédimensionnement. <p><i>Cette mission G 11 doit être suivie d'une mission G 12 pour définir les hypothèses géotechniques nécessaires à l'établissement du projet.</i></p> <p>G 12 Étude de faisabilité des ouvrages géotechniques (après une mission G 11) :</p> <p>Phase 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir une mission G 0 détaillée, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Fournir un rapport d'étude géotechnique donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification du projet, et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants). <p>Phase 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Présenter des exemples de prédimensionnement de quelques ouvrages géotechniques types envisagés (notamment : soutènements, fondations, améliorations de sols). <p><i>Cette étude sera reprise et détaillée lors de l'étude de projet géotechnique (mission G 2).</i></p>
<p>G 2 Étude de projet géotechnique</p> <p><i>Cette étude spécifique doit être prévue et intégrée dans la mission de maîtrise d'œuvre.</i></p> <p>Phase 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si nécessaire une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, fondations, dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants), avec certaines notes de calcul de dimensionnement, une approche des quantités, délais et coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques. <p>Phase 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel) ; — Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.
<p>G 3 Étude géotechnique d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si nécessaire une mission G 0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivi, contrôle). <p><i>Pour la maîtrise des incertitudes et aléas géotechniques en cours d'exécution, les missions G 2 et G 3 doivent être suivies d'une mission de suivi géotechnique d'exécution G 4.</i></p>
<p>G 4 Suivi géotechnique d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre et adapter si nécessaire l'exécution des ouvrages géotechniques, avec définition d'un programme d'auscultation et des valeurs seuils correspondantes, analyse et synthèse périodique des résultats des mesures ; — Définir si nécessaire une mission G 0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.
<p>G 5 Diagnostic géotechnique</p> <p><i>L'objet d'une mission G 5 est strictement limitatif, il ne porte pas sur la totalité du projet ou de l'ouvrage</i></p> <p>G 51 Avant, pendant ou après construction d'un ouvrage sans sinistre :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si nécessaire une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Étudier de façon approfondie un élément géotechnique spécifique (par exemple soutènement, rabattement, etc.) sur la base des données géotechniques fournies par une mission G 12, G 2, G 3 ou G 4 et validées dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans les autres domaines géotechniques de l'ouvrage. <p>G 52 Sur un ouvrage avec sinistre :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir une mission G 0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ; — Rechercher les causes géotechniques du sinistre constaté, donner une première approche des remèdes envisageables. <p><i>Une étude de projet géotechnique G 2 doit être réalisée ultérieurement.</i></p>

Figure 1 - page 9 de la norme NF P 94-500

SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES


1) À définir par le géotechnicien chargé de la mission.



CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES (version du 27/06/2000)

1. Cadre de la mission

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

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

- les missions G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- une mission type G0 engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'oeuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

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

2. Recommandations

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

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

3. Rapport de la mission

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

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

ANNEXE B

COUPE GEOLOGIQUE DE PRINCIPE

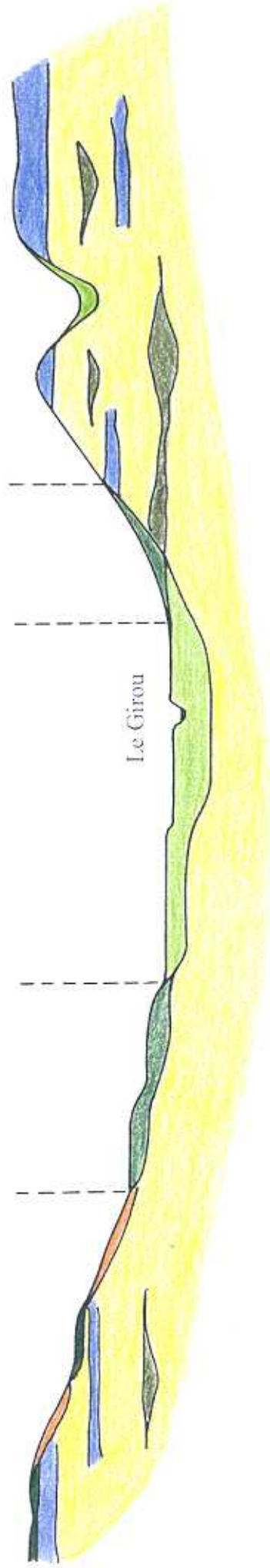
TOULOUSE – CASTRES

Mise à 2×2 voies

Section Verfeil – Soual

Coupe géologique de principe

Basse terrasse Basse plaine Basse terrasse



Légende :



- Alluvions très anciennes
- Alluvions récentes basses plaines
- Alluvions moyennes basses terrasses
- Colluvions
- Molasses
- Molasses calcaires
- Molasse gréseuses