



Laboratoire d'analyses de matériaux, Études, contrôles de chantier et expertises

Affaire suivie par :

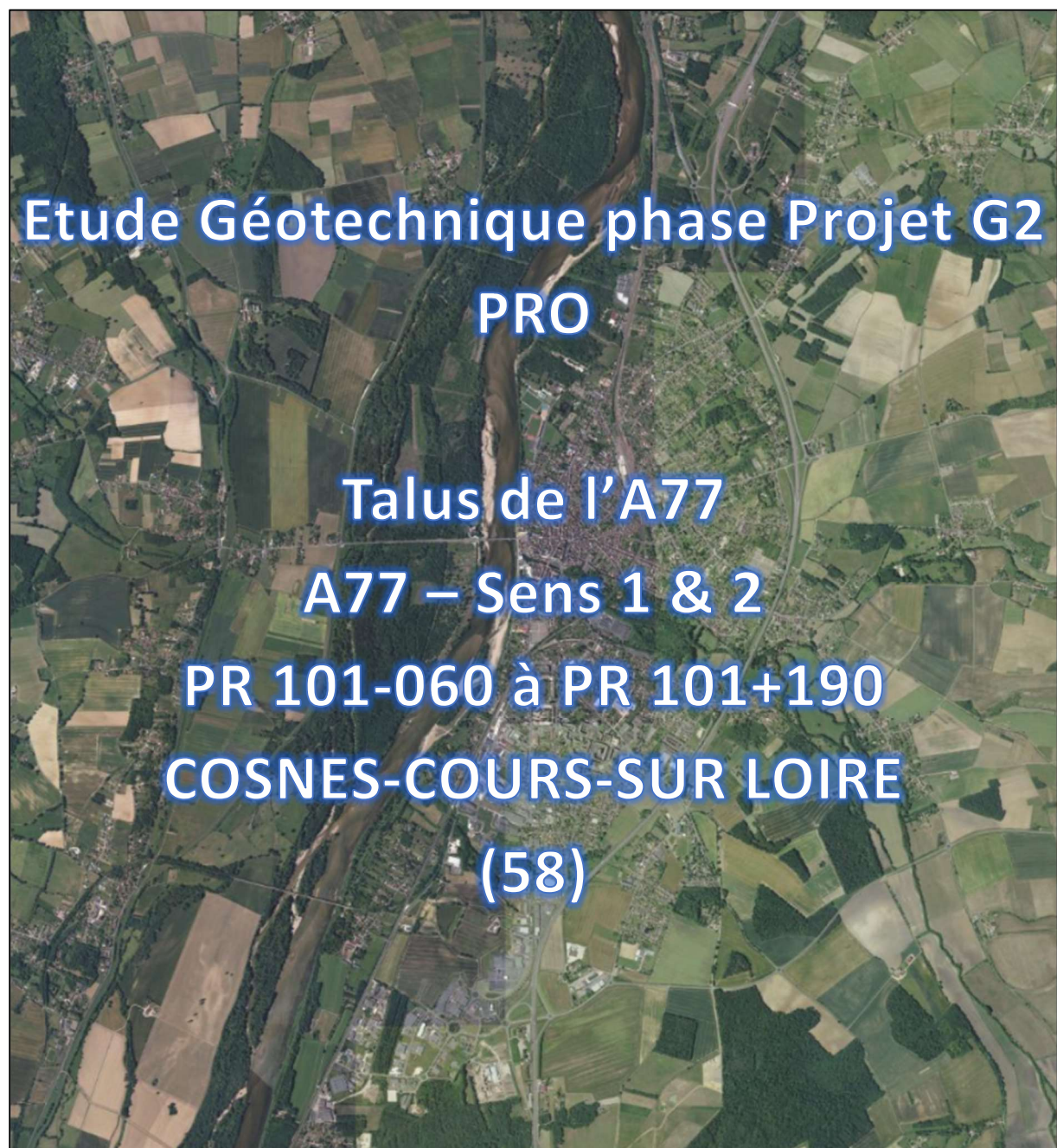
Caroline DISTEFANO
Tél : 06 45 83 55 84
caroline.distefano@labo-exasol.com

À l'attention de :

DIR CE – District de la CHARITÉ
La pointe
58400 LA CHARITE-SUR-LOIRE

réf : DEV240301

À Nevers, le 14/11/2024



Suivi de réalisation de l'étude

Suivi de version du document			
Date	Version	Rédacteur	Superviseur/Approbateur
17/10/2024 14/11/2024	V0	D. MATHE et F. BARCHON	C/V C. DI STEFANO

Diffusion		
Contacts	Organisme	Diffusion
M. RICARDEAU Patrice M. CARIO Rodolphe	Chef de District Adjoint	

TABLE DES MATIERES

I -	Présentation de l'étude	4
II -	Localisation des talus étudiés	5
III -	Relevés topographiques et profils :	6
IV -	Site d'étude (rappel)	7
V -	Données bibliographiques (rappel) :	7
V.A -	Contexte géologique succinct :	7
V.B -	Aléas géotechniques :	8
	Reconnaissance de l'état de catastrophes naturelles sur la Commune.....	Erreur ! Signet non défini.
	Aléa retrait-gonflement des argiles	9
VI -	Etudes G5	10
VII -	Etude de stabilité des talus :	11
	Préambule	11
	Données géotechniques	11
	Données hydrauliques	11
	Surcharges	11
	Méthode de calcul	11
VII.A -	Profil n°2 (sens 2) :	12
VII.B -	Profil n°7 (sens 1 & 2) :	13
VII.C -	Sujétions Profil n°14 (sens 2) :	13
VIII -	Préconisations :	14
VIII.A -	Traficabilité en phase chantier	14
VIII.B -	Terrassabilité des matériaux	14
VIII.C -	Drainage / gestion de l'eau	14
VIII.D -	Réalisation des remblais	15
VIII.E -	Talus	16
VIII.F -	Matériaux	16
VIII.G -	Continuité de la mission	16
IX -	Annexes	17
IX.A -	Descriptif des missions Géotechnique G1 et G2	17
IX.B -	Profils géométriques relevés	17

I - Présentation de l'étude

À la demande de la DIR Centre Est, le laboratoire EXASOL est chargé de la réalisation d'une mission géotechnique de type G2 PRO, afin de stabiliser et de sécuriser l'ensemble des talus de l'A77 pour donner suite à des affaissements des talus extérieurs détériorant la chaussée, les murs anti bruit et support. Ces talus se situent approximativement entre les PR 101 – 060 et 101+ 190.

La mission a consisté à :

- Etudier la stabilité de 3 nouveaux profils de talus (en plus des 2 précédents),
- Vérifier et valider les solutions de confortement proposées dans la mission G5 précédente,
- Fournir les recommandations générales appropriées au site...

Il s'agit d'une mission de type G2 PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013. Elle fait suite à la mission G5 du 10/01/2024 (DEV230904).

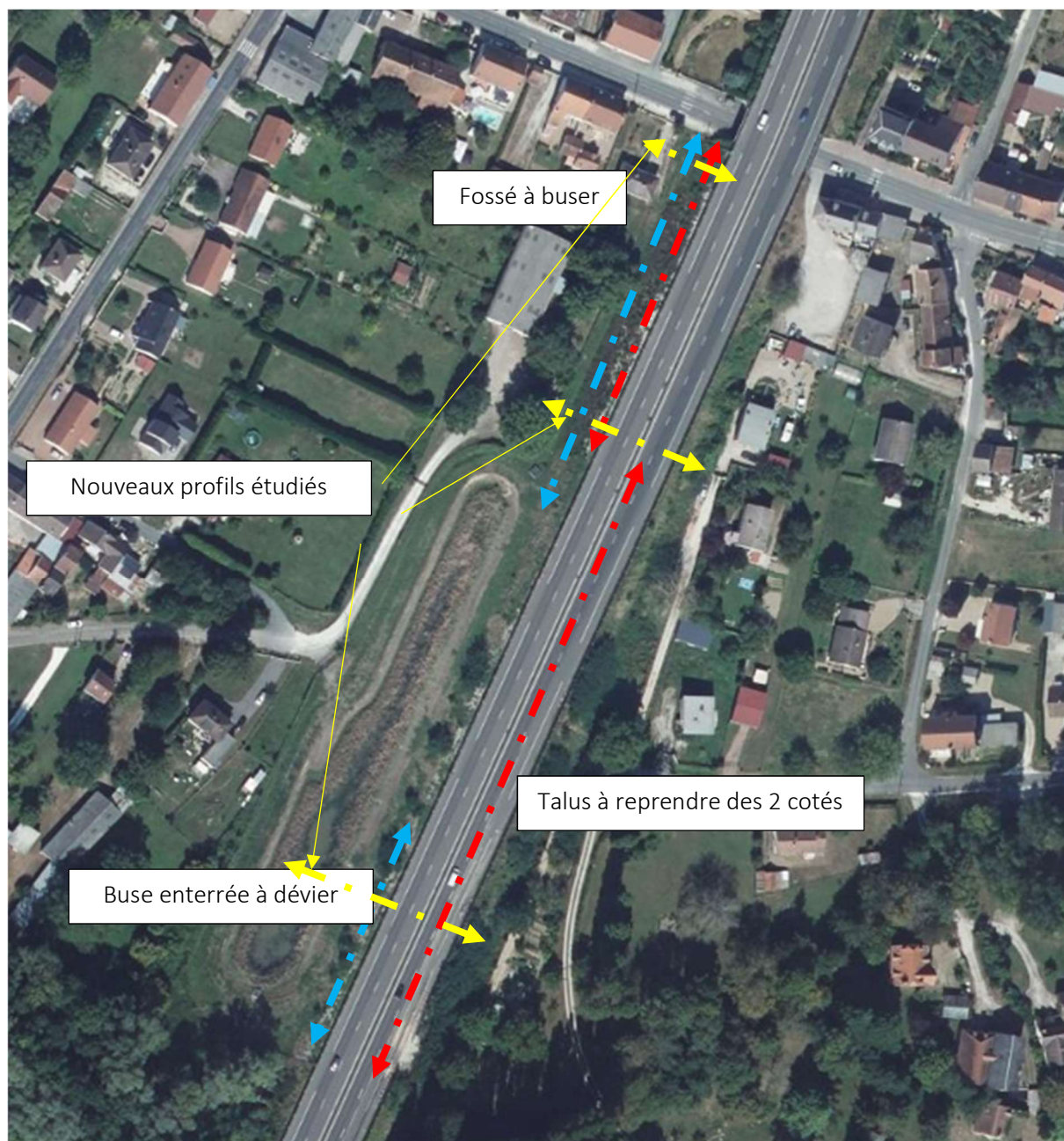
Cette mission ne concerne pas :

- le diagnostic de pollution éventuelle du site,
- l'étude hydrogéologique (évolution de la présence d'eau, suivi des nappes, etc.),
- toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques.

La mission a été réalisée en tenant compte des plans fournis lors de la demande d'étude :

- Etude G5 sens 1 & 2,
- Plan topographique et profils,
- Coupe type GBA + écran acoustique,
- Courriel technique du 07/10/2024.

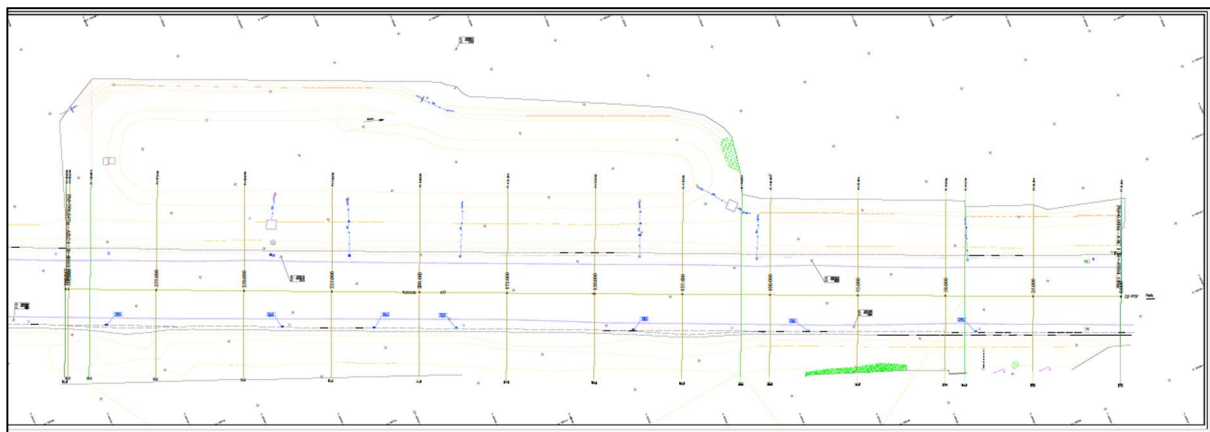
II - Localisation des talus étudiés



A l'étude de stabilité et de confortement de 3 talus, il est intégré au Nord le fossé à buser et la déviation de la buse au Sud.

III - Relevés topographiques et profils

Dans le cadre de la mission G2 PRO, il a été demandé de réaliser l'étude sur les talus sens 1 & 2 dans le cadre nouvellement défini (cf. figure ci-dessous) :

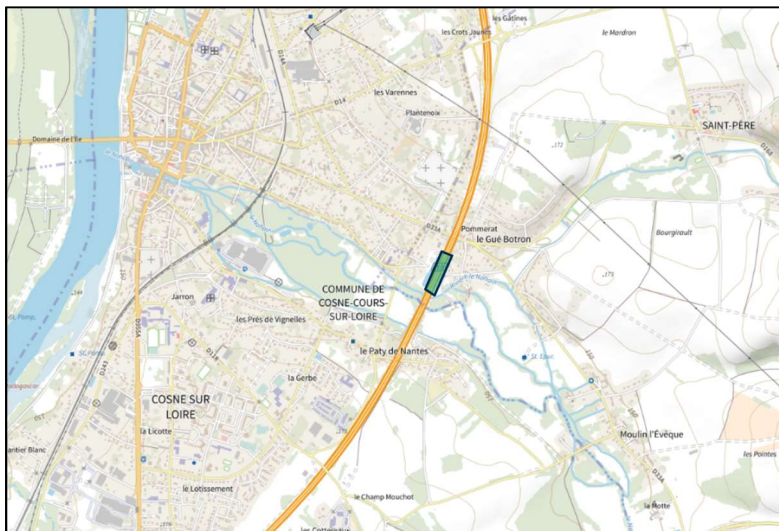


Il a été réalisé 17 relevés profils topographiques. Nous retiendrons pour le calcul de stabilité les profils n°2, n°7 et n°14.

Les profils sont joints en annexes.

IV - Site d'étude (rappel)

Localisation du site :



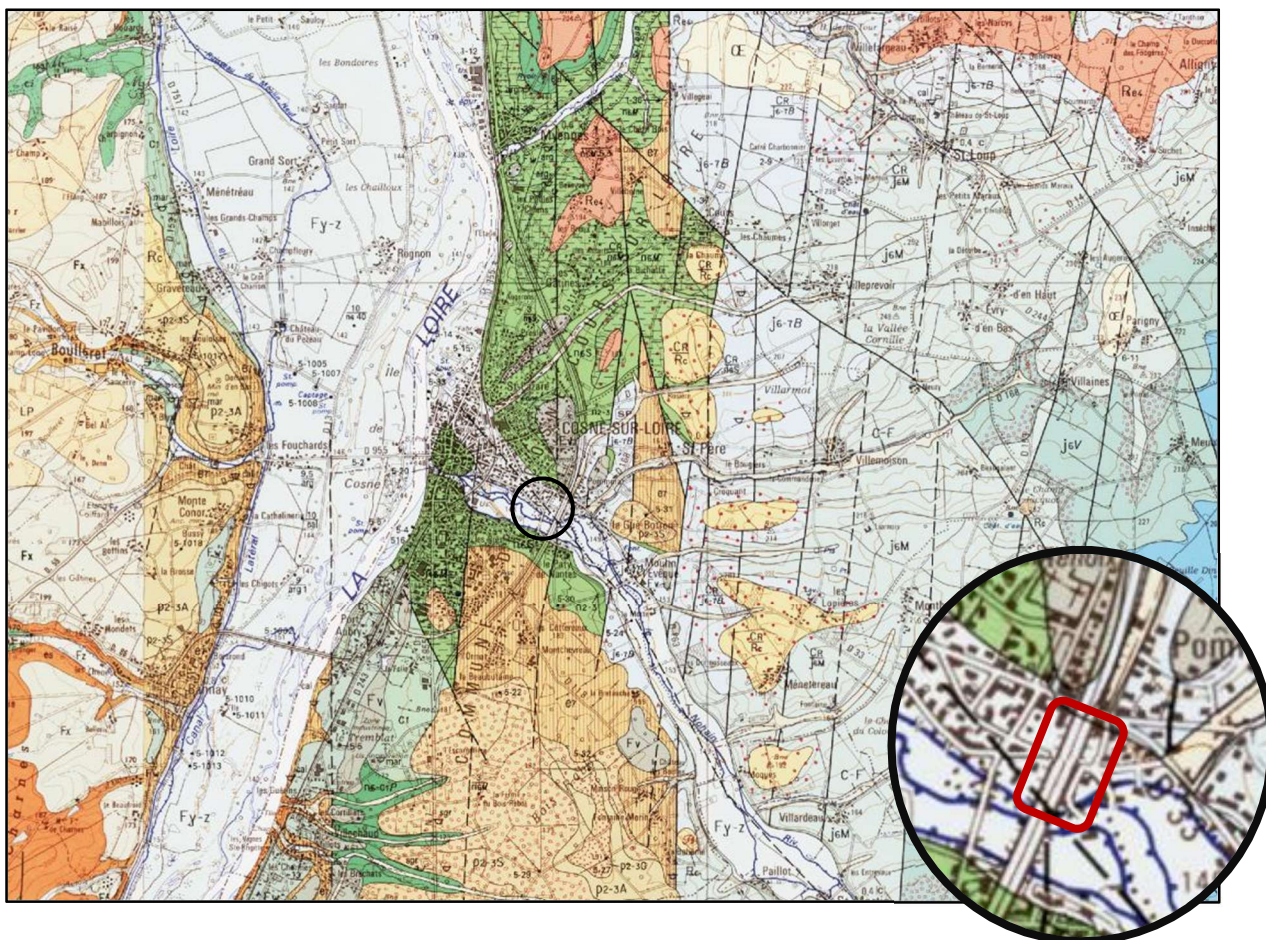
V - Données bibliographiques (rappel)

V.A - Contexte géologique succinct

La zone concernée est située sur la feuille de Cosne-Cours-sur-Loire, qui s'étend essentiellement sur le Nord-Ouest du Nivernais. La succession des terrains et leur disposition générale est le résultat de l'histoire sédimentaire et tectonique de la région qui fait partie intégrante de celle du bassin de Paris. Le substratum de la région est constitué majoritairement par des terrains marins de l'ère secondaire. Le lit majeur, assez étroit au Sud de Cosne-sur-Loire (1,5 km), s'élargit ensuite pour atteindre 4 à 5 km. Il est installé dans un fossé tectonique de direction subméridienne où se sont accumulées les alluvions récentes du fleuve, alluvions sablo-graveleuses localement très exploitées.

Les formations susceptibles d'être rencontrées sur le site sont les suivantes :

- En blanc, **Fy-z** désigne Alluvions de la Loire, du Nohain, et de leurs affluents. Les alluvions Fy-z sont rarement observables faute de coupes. Elles comportent des alternances de niveaux sablo-graveleux et caillouteux avec des passées plus fines argileuses. En surface, les horizons tourbeux sont très fréquents dans la vallée du Nohain.
- En gris clair, **Fv** désigne les anciennes alluvions de la Loire et du Nohain, composées de limons, de sables fins à grossiers, et des galets.
- En vert, **n6-c1** désigne les Sables de la Puisaye, principalement fins et argileux.
- En bleu pale, **j6-7** désigne les calcaires du Barrois. Ces calcaires très argileux alternent avec des marnes noires.
- En jaune, **e7** sont représentés les calcaires lacustre de Gien, présente également des calcaires, mes marnes et des argiles.






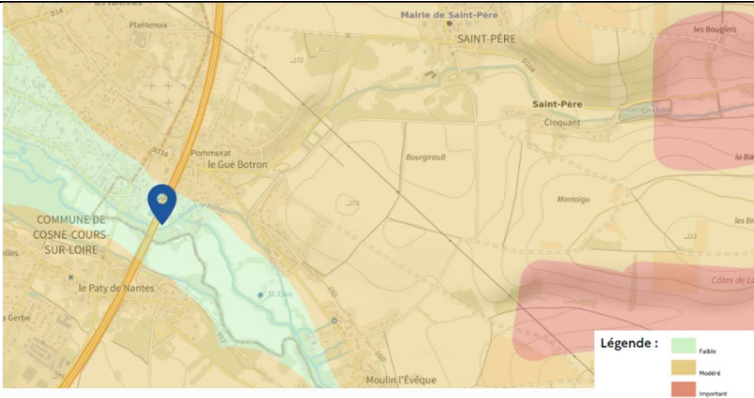



V.B - Aléas géotechniques

Les éléments ci-après sont issus des données du site officiel **GÉORISQUES**

Informations générales relatives à la Commune

Ce site fait état de **3 risques naturels** et **2 risques technologiques** :

Risques Naturels		Classification ou éléments recensés
	Risque d'inondation	Risque existant 3 Cat 'Nat' recensées à ce jour, la dernière en 2001.
	Risque de séisme	Zone 2 : risque faible Mouvement du sol compris entre 0.7 m/s ² et 1.6 m/s ²
	Risque de Retrait gonflement des argiles	Risque Faible sur le site Risque existant important sur la commune : 4 Cat 'Nat' sécheresses recensées dont 3 de 2019 à 2021

		
	Radon	Risque Faible
Risques Technologiques		Classification ou éléments recensés
	Pollution des sols	Risque existant 2 anciens sites industriels ou activités de service à moins de 500 m.
	Risque Nucléaire	1 installation(s) nucléaire(s) à 20km

Aléa retrait-gonflement des argiles

Le site est situé en aléa retrait gonflement **faible à moyen**, au sens de la cartographie « BRGM ».

Carte de l'aléa « retrait-gonflement » :



VI - Etudes G5

Les 2 études G5 (sens 1 & 2 – au droit de désordres constatés), sur la base de sondages, d'essais géotechniques et d'une étude bibliographique ont conclu aux faits suivants :

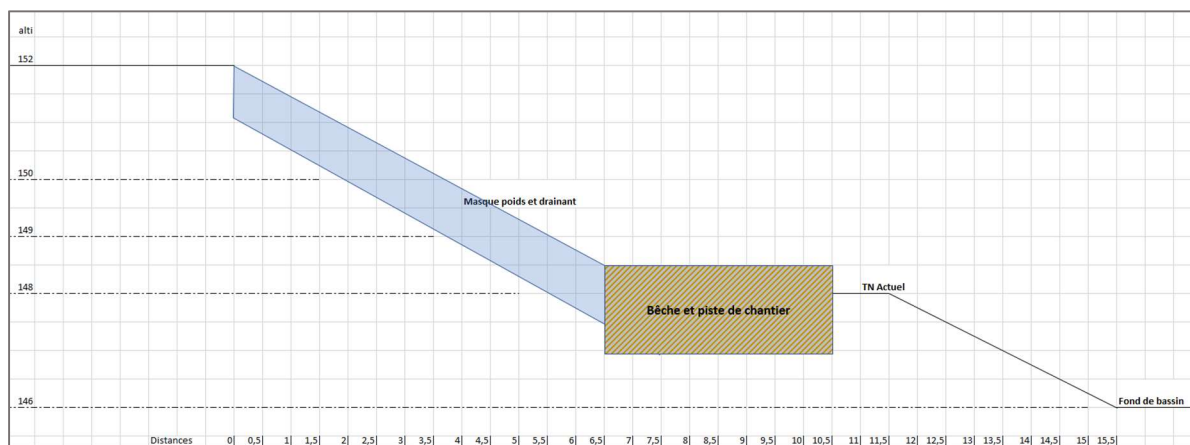
- Les talus de l'A77 sont constitués de couverture géologique de nature et d'épaisseur différente et hétérogène, reposant sur une argile très plastique et très sensible au phénomène de retrait-gonflement. Les propriétés mécaniques des talus sont très moyennes à moyennes dans l'ensemble.
- Le sol support des talus de l'A77 est constitué d'alluvions et de limons, peu sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement des faciès argileux. Il présente des propriétés mécaniques faibles sur plusieurs mètres.
- L'avis sur l'origine des désordres et des tassements du remblai de l'A77 réside en plusieurs phénomènes liés :
 - l'extension des talus (élargissement de l'A77 d'une part),
 - le retrait gonflement des faciès argileux,
 - les tassements – assèchement des alluvions (période de sécheresse),
 - la rupture de liaison des conduites EP,
 - la surcharge à terme de la GBA et des écrans acoustiques.

Pour finir, il n'y a pas d'homogénéité ni dans la structure des talus, ni dans le sol naturel.

Ces mouvements ont déjà donné lieu à la mise en place d'un masque rocheux au niveau d'un affaissement antérieur.

- La solution proposée (la plus économique en matériaux) consiste à réaliser une butée de pied de talus pour empêcher les glissements et la mise en œuvre d'un masque poids drainant pour éviter les ravinements et glissements superficiels.
- La solution schématique proposée est la suivante :

Butée de pied servant de piste de 4 m (l) x 1.5 m (h) avec masque d'épaisseur verticale 1 m (pouvant être évasé en pied (1.5 m, continuité de la butée) et se réduire en tête).



Coupe type de principe appliqué

VII - Etude de stabilité des talus

Préambule

Dans ce chapitre, nous avons modélisé les talus tels que relevé par le géomètre.

Des incertitudes sont présentes néanmoins quant aux hypothèses géotechniques à prendre en compte comme la nature des remblais, les épaisseurs, la géométrie, etc...

Les hypothèses prises en compte pour les calculs sont présentées ci-après.

Données géotechniques

Les caractéristiques suivantes ont été retenues (données prises dans les missions G5) :

N° de sol	Sol	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
1	Remblais argileux	20	30	2
2	Remblais de surface - voirie	20	10	20
3	Argiles sableuses	20	10	28
4	Couche surface talus	20	6	20
5	Enrochements - Gabions	20	30	10
7	Sables de la digue	20	0	30

Données hydrauliques

Il n'a pas été pris en compte de nappe. L'eau de ruissèlement sur l'A77 ne peut être matérialisée.

Surcharges

Une surcharge de 10 kPa évaluée à la présence de la voirie et 35 kPa ont été pris en compte pour la GBA surmonté du mur anti-bruit.

Méthode de calcul

Les calculs de stabilité du talus sont menés selon des surfaces de rupture potentielles circulaires, selon la méthode de BISHOP, à l'aide du logiciel TALREN 6.

Les calculs de stabilité sont menés en prenant en compte les coefficients de sécurité partiels de la norme XP P94-240 – combinaison fondamentale – ouvrage de courant (cf. tableau page suivante).

Les coefficients de pondération utilisés lors des calculs TALREN sont les suivants :

Facteurs partiels		Symbole	Unitaire	Approche3 ELU fondamental
Actions	Charges permanentes	γ_{Gsup}	1	1
		γ_{Ginf}	1	1
	Charges variables	γ_{Qsup}	1	1,3
		γ_{Qinf}	1	0
Paramètres du sol	Angle de frottement	$\gamma_{tan} \phi'$	1	1,25
	Cohésion effective	$\gamma_{c'}$	1	1,25
	Cohésion non drainée	ϕ_{cu}	1	1,4
	poids volumique	γ	1	1
Limite d'élasticité (fy)	Clous	γ_{M0}	1	1
Interaction terrain-clou qs		γ_{M1}	1	1,80 (abaques)
Résistances mécaniques		γ_{M2}	1	1,25
Facteur de modèle		$\gamma_R ; d$	1	phase définitive : 1,1 phase provisoire : 1,0

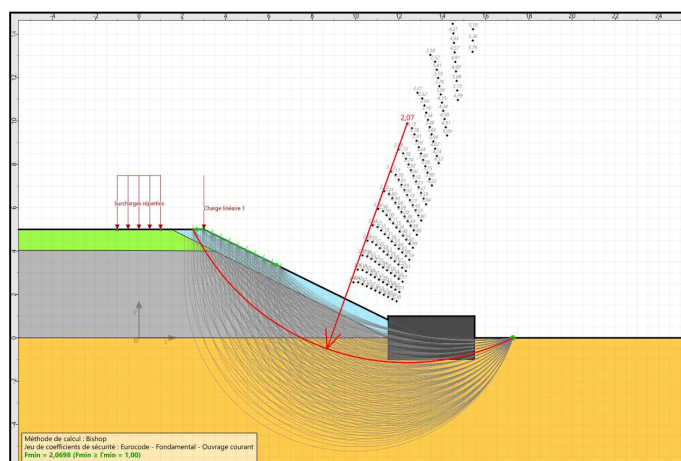
Étant donné la pondération des différents paramètres selon les coefficients de l'Eurocode, le coefficient de sécurité recherché est supérieur ou égal à 1.

VII.A - Profil n°2 (sens 2)

La synthèse des calculs de stabilité est décrite ci-dessous.

Situation 1 : (simulation avec point de passage imposé en tête de talus et sortie après l'ouvrage poids) : on constate que le coefficient de sécurité est supérieur à 1.0.

La butée de pied de talus sera rentrée de 1.5 m dans le talus.



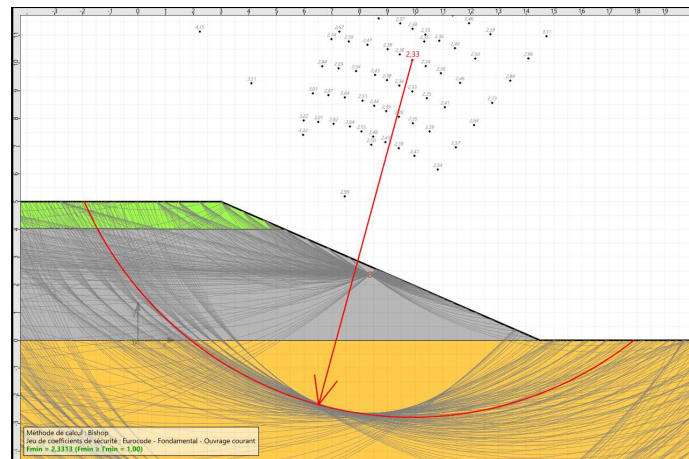
Sur ce profil (tronçon du chemin), la canalisation qui remplacera le fossé en pied de talus sera en diamètre 800. Le fil d'eau amont est 147.11 m NGF, le fil d'eau aval est 146.36 m NGF.

Un calcul avec un terrassement de l'ordre de 1.0 m de profondeur par 1 m de large pour remplacer le fossé actuel par une canalisation en pied de talus actuel montre un coefficient de sécurité est supérieur à 1.0.

VII.B - Profil n°7 (sens 1 & 2)

Dans les 2 sens, la pente des talus est faible ne laissant pas craindre d'un risque de grand glissement (vérifié par le calcul de stabilité).

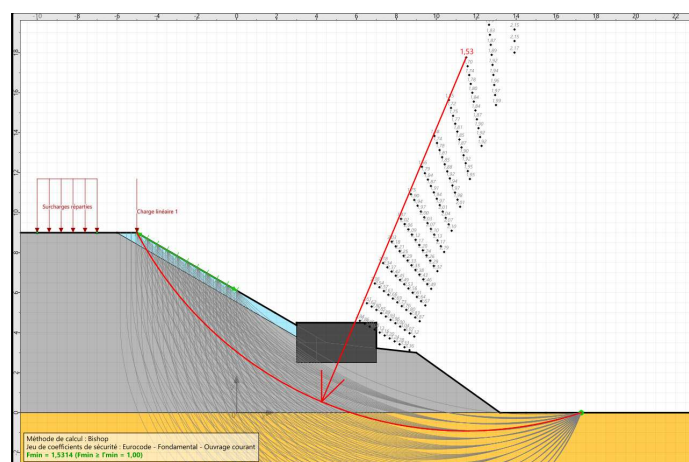
Le coefficient de sécurité en l'état est supérieur à 1.0 (sens 2).



VII.C - Sujétions Profil n°14 (sens 2) :

La synthèse des calculs de stabilité est décrite ci-dessous. .

Dans le sens 1, il a été modélisé la pente du talus et la présence du bassin sous-jacent. En l'état et avec le renforcement de la butée de pied de talus, il n'est pas craint le risque de grand glissement.



Un calcul avec un terrassement de l'ordre de 1.0 m de profondeur par 1 m de large pour déplacé la buse actuel n'implique pas de risque particulier.

VIII - Préconisations

VIII.A - Traficabilité en phase chantier

Compte tenu de la classification des sols identifiés, les sols sont sensibles à l'eau.

En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, cet état hydrique est susceptible de varier sensiblement, les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent, par conséquent, évoluer fortement.

Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

VIII.B - Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les formations de remblais et de sables argileux ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Les terrassements de la butée de pied/piste se feront par tronçon de 10 m au maximum x 1.5 m de haut. Le début de la butée sera rentré de 1.5 m dans le talus.

VIII.C - Drainage / gestion de l'eau

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec. Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître depuis la voirie. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

La qualité médiocre des sols superficiels nécessite de prévoir une évacuation des EP en cas de forte intempéries, dès le démarrage du chantier (rigoles, épis, épuisement périphérique, etc...), d'autant plus pour assurer la traficabilité des engins.

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

La bonne continuité des collecteurs existants situés en partie haute de talus (en bord de voirie) devra être vérifiée, soit par leur dégagement lors du terrassement, soit par un passage caméra pour vérification.

La remise en œuvre d'un système efficace de gestion des eaux météoriques de l'impluvium routier est également un impératif quant au bon fonctionnement futur de l'ouvrage.

Des dispositifs souples supportant de légères déformations (canalisations courtes à emboitements) devront être privilégiés par rapport à des dispositifs très rigides (comme ceux coulés en place par exemple).

VIII.D - Réalisation des remblais

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations « Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations » du L.C.P.C. de 1980.

Sans essais spécifiques, les conditions d'utilisation des matériaux du site en remblais ne peuvent être définies.

L'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé.

Un contrôle régulier sera nécessaire au fur et à mesure de l'avancement de l'élévation du remblai. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport, et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la plaque Ø 60 cm, conformément à la norme NF P94-117-1, devront être :

- un module $EV2 \geq 50$ MPa,
- $EV2/EV1 \leq 2$.

Il pourra être adapté le protocole suivant à titre d'exemple :

- Remblaiement en trois couches de matériaux 0/300 mm (ou 50/300 si trop de fines) et compactage des couches de façon à combler chaque plot terrassé dans la journée de son terrassement.
- Réalisation de la totalité de la butée de pied avant reprise du talus
- Terrassement et mise en œuvre du masque par plot d'une longueur à définir sur site mais également vraisemblablement de l'ordre de 10 mètres linéaires.
- La butée devra avoir les dimensions suivantes 4.0 m (Long) x 1.5 m (hauteur). Il conviendra de s'assurer que la largeur de 4 m de la butée soit réalisable. La butée pourra être de niveau actuel ou surélevé de 0.5 m.
- Le masque aura une épaisseur de 1.0 m tout au plus et viendra « mourir » de 1.0 m en haut du talus (n'affectant pas ni le caniveau extérieur, ni la fondation du mur GBA)

Dans le sens 2 (Nevers – Paris), une surconsommation locale de GNT pourra avoir lieu proche du cours d'eau, le talus sera renforcé jusqu'au niveau du portail qui clos le bout de l'impasse du champ de la forge.

Les évacuations d'eaux pluviales existantes au talus seront conservées (travail avec soin autour).

A noter qu'en tête de talus, la conduite des eaux pluviales sera réparée et contrôlée.

VIII.E - Talus

Hors mitoyenneté, les talus **provisoires** des fouilles pourront être dressés avec une pente de 1H/1V, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane par exemple soigneusement fixées, des cunettes étanches en tête de talus.

Il est demandé de faire suivre les travaux de terrassements par un géotechnicien (G4).

VIII.F - Matériaux

Les recommandations pour les matériaux sont les suivantes :

Butée/piste :

- 0/300 mm avec VBS < 0.15g/100g ou 50/300 mm si granulométrie contenant trop de fines – fines totales < 1%
- LOS et MDe < 45
- Matériaux non gélifs (F2 au sens de la 1367-1)

Masque poids/drainant :

- 0/150 mm avec granulométrie continue
- VBS < 0.15g/100g
- LOS et MDe < 45
- Matériaux non gélifs (F2 au sens de la 1367-1)

VIII.G - Continuité de la mission

Il est demandé d'établir les plans et schémas de terrassements et phasage de terrassements / remblaiement / vérification des réseaux / construction de la GBA + voiries et de les soumettre à un géotechnicien (mission G3) afin de ne pas affecter tel poste ou d'interférer avec un autre lors des travaux.

Un suivi des travaux et de contrôles par géomètre avec cibles / relevés est demandé.

Il est également à noter qu'un suivi d'exécution en phase travaux de type G3 (du ressort de l'entreprise) et/ou G4 (pour le compte du maître d'ouvrage) est conseillé.

IX - Annexes

IX.A - Descriptif des missions Géotechnique G1 et G2

IX.B - Profils géométriques relevés

Missions d'ingénierie géotechnique.
Classification et spécifications.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.