

Étude de stabilité de la route panoramique à Cancale

Phase 3 : Diagnostic géotechnique



RAPPORT D'ÉTUDE

Mars 2026

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Étude de stabilité de la route panoramique à Cancale

Phase 3 : diagnostic géotechnique

Mars 2026

Commanditaire : Ville de CANCALE

Responsable du rapport :

Hervé BOZEC – Agence de Saint-Brieuc
Tél. : +33(0)2 96 75 93 66 – Fax : +33(0)2 96 75 93 10
Courriel : hervé.bozec@cerema.fr
Site de Saint-Brieuc : Cerema Ouest – 5 rue Jules Vallès – 22015 SAINT BRIEUC cedex

Historique des versions du document :

Version	Date	Commentaire
1	Mars 2026	

Références

Devis : DE-2024-0038088 du 06/12/2024

Bon de commande : n°20241227102550247 du 27/12/2024, engagement n°2024003310

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Hervé Bozec	24/03/2026	Signé
Contrôlé par	Raphaël Bénot		
Validé par	Régis Soenen		

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	6
1.1. Contexte de l'étude.....	6
1.2. Références bibliographiques.....	7
2 CARACTÉRISATION DU SITE.....	8
2.1. Périmètre d'étude et sectorisation.....	8
2.2. Cadre morphologique.....	10
2.3. Rappel des éléments du contexte historique vue en phase 1.....	16
2.4. Données géologiques.....	17
2.4.1 Informations sur la géologie générale du site.....	17
2.4.2 Données de sondages disponibles dans la bibliographie.....	17
3 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DES ALÉAS LORS DE L'INSPECTION VISUELLE EN PHASE 1.....	20
3.1. Évènements connus au travers de la bibliographie.....	20
3.2. Synthèse de l'inspection visuelle du versant et de l'analyse historique en phase 1.....	24
3.2.1 Secteur 1.....	24
3.2.2 Secteur 2.....	24
3.2.3 Secteur 3.....	25
3.2.4 Secteur 4.....	26
3.2.5 Secteur 5.....	26
3.2.6 Secteur 6.....	27
4 RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES.....	28
4.1. Reconnaissances géotechniques effectuées sur l'ensemble de l'itinéraire.....	28
4.2. Coupes des sondages à la tarière.....	33
4.3. Coupes des sondages carottés.....	35
4.4. Coupes des sondages destructifs au marteau fond de trou.....	37
4.5. Coupes des sondages au pénétromètre dynamique.....	38
4.6. Résultats des essais d'identification en laboratoire et classification des sols.....	40
4.7. Aspect hydrogéologique.....	40
4.8. Essais de cisaillement direct.....	41
4.9. Coupes schématiques de synthèse des investigations géotechniques.....	41
5 DIAGNOSTIC DE STABILITÉ DU VERSANT LITTORAL.....	45
5.1. Secteur 2 – Profil à P.115.....	47
5.1.1 Calculs de stabilité.....	47
5.1.2 Résultats d'étude.....	48
5.2. Secteur 2 – Profil à P.160.....	48
5.2.1 Calculs de stabilité.....	49
5.2.2 Résultats d'étude.....	50
5.3. Secteur 3 – Profil à P.260.....	51
5.3.1 Calculs de stabilité.....	51
5.3.2 Résultats d'étude.....	52
5.4. Secteur 4 – Profil à P.310.....	52
5.4.1 Calculs de stabilité.....	53

5.4.2 Résultats d'étude.....	54
5.5. Secteur 5 – Profil à P.470.....	54
5.5.1 Calculs de stabilité.....	55
5.5.2 Résultats d'étude.....	56
5.6. Recommandations à très court terme et perspectives à plus long terme.....	56
5.6.1 Recommandations suite aux résultats de l'étude de stabilité.....	56
5.6.2 Perspective sur des solutions de pérennisation de la voirie à plus long terme.....	58

- paramètres géotechniques c' et ϕ') ;
- l'évaluation calculatoire de la stabilité naturelle du versant (modélisation géotechnique) en utilisant l'ensemble des résultats d'études géotechniques et avec prise en compte des surcharges routières (VL, PL) ;

La campagne de sondages a été réalisée du 13 au 23 janvier 2026.

Suite à la découverte d'une lacune de matériaux lors du premier sondage carotté à P.160 et en corrélation avec le sondage à la tarière ST2 vers P.153, qui n'a pas remonté le volume de matériaux attendu normalement par l'outil, il a été recommandé de procéder à des compléments d'investigation dans le profil longitudinal et transversal de la voirie entre P.145 et P.165, par réalisation de 5 sondages destructifs au marteau fond de trou afin de vérifier la présence possible d'anomalies de type vide ou matériaux très déconsolidés.

1.2. Références bibliographiques

Études locales :

- Compte rendu de visite sur le site du 2 avril 2021 par le B.E. « Rateau Ingénierie risques naturels » (rapport minute) concernant l'inspection et le suivi de 2 zones de fissurations longitudinales sur l'accotement côté aval de la route panoramique (situé vers le Nord du site d'étude) ;
- Rapport de synthèse daté de février 2016 réalisé par le B.E. « Rateau Ingénierie risques naturels », concernant une étude structurale de stabilité du talus en amont de la route panoramique suite à la survenue d'un éboulement en janvier 2016, mais qui concerne également le suivi de plusieurs zones de fissuration longitudinale sur l'accotement côté aval de la route panoramique (Nord du site d'étude) ;
- Rapport d'expertise géotechnique, daté d'avril 2001 sur l'ensemble de la zone d'étude au niveau des talus amont et aval de la route panoramique, qui dresse un état des lieux général des aléas affectant l'ensemble du versant littoral. A cette occasion, des sondages avec prélèvements et essais géotechniques sur échantillons de sol et de roches ont été effectués, la réalisation d'un plan géomètre, de profils en travers, la pose d'un inclinomètre dans la partie Sud de la zone d'étude avec mesure du déplacement pendant une période de 1 an et 4 mois – B.E FSOL Ingénierie Conseil, ANTEA, RINCENT BTP ; avril 2001 à octobre 2002.
- Diagnostic de risque géotechnique, suite à plusieurs éboulements rocheux et glissements de matériaux meubles depuis le talus rocheux en amont de la route panoramique (secteur Nord du site d'étude), avec préconisations de confortements – Brgm, décembre 2000.

Études générales :

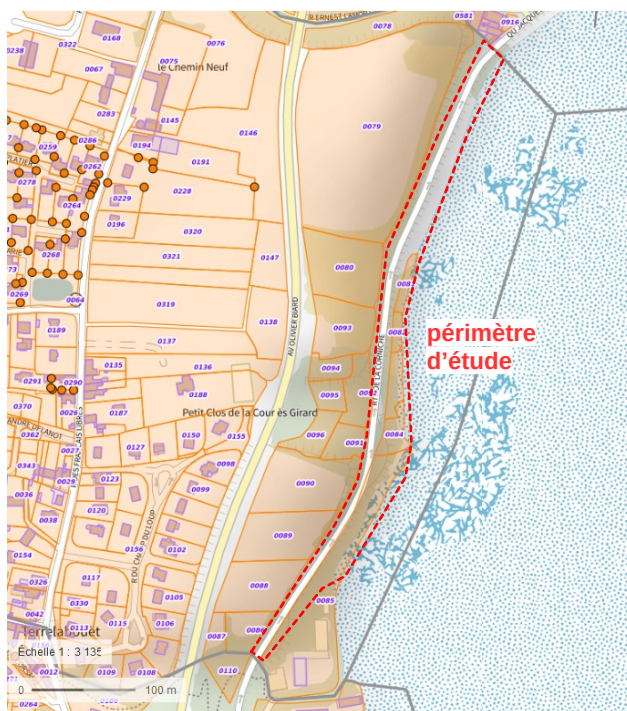
- Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes d'Armor et du Finistère : Phase 1 – Brgm, 2015 ;
- Indicateur National d'Érosion Côtière (INEC) – Cerema 2015 ;
- Étude « Vivre avec l'érosion côtière en Europe : Espaces et sédiments pour un développement durable » base de donnée collaborative européenne – EUROSION 2004.

2 CARACTÉRISATION DU SITE

2.1. Périmètre d'étude et sectorisation

L'étude concerne un versant littoral qui supporte la route panoramique, appelée également route de la corniche, et qui longe la côte Est de la ville de Cancale depuis la pointe des Roches Noires jusqu'au port de la Houle.

Les investigations géotechniques sont réalisées au niveau de la bande de roulement en rive droite de la chaussée, sur le GR34 ou l'accotement herbé.



Localisation du secteur d'étude (plan et cadastre – source Géoportail)



Présentation du linéaire de voirie étudié

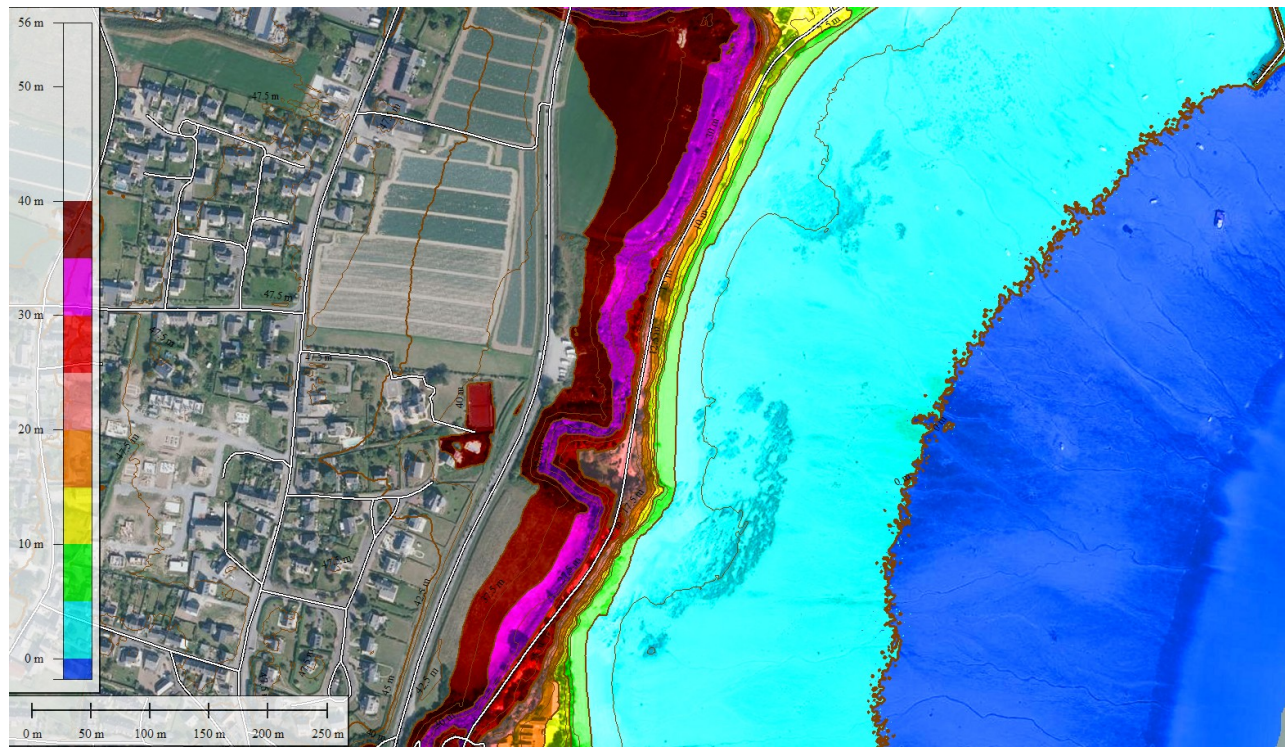
L'ensemble de la route panoramique et du talus aval est découpé en 6 sections globalement homogènes, qui tient compte de plusieurs critères : la morphologie du versant (profil, hauteur du front générateur d'aléas), la structure géologique de la falaise visible à l'affleurement, l'agencement du profil en travers au niveau de la route et notamment sa proximité avec le bord d'escarpement, la présence d'ouvrages de protection de pied.



Sectorisation du site sur l'orthophotographie de 2023 (IGN)

2.2. Cadre morphologique

La hauteur totale du versant, depuis la grève jusqu'au plateau au niveau de la RD76, est d'environ 40 m. La route panoramique qui emprunte l'ancien tracé de la ligne de tramways Saint-Malo – Cancale (au port de la Houle), chemine dans la pente depuis l'altitude d'environ 30 m NGF, soit une hauteur maximale du talus littoral sous la chaussée d'environ 23 m à l'extrémité Sud de la section, pour atteindre l'altitude d'environ 12 m NGF à l'extrémité Nord pour une hauteur du talus littoral sous la chaussée d'environ 5 à 6 m. La route panoramique présente donc une déclivité d'environ 18 m sur l'ensemble de son tracé.



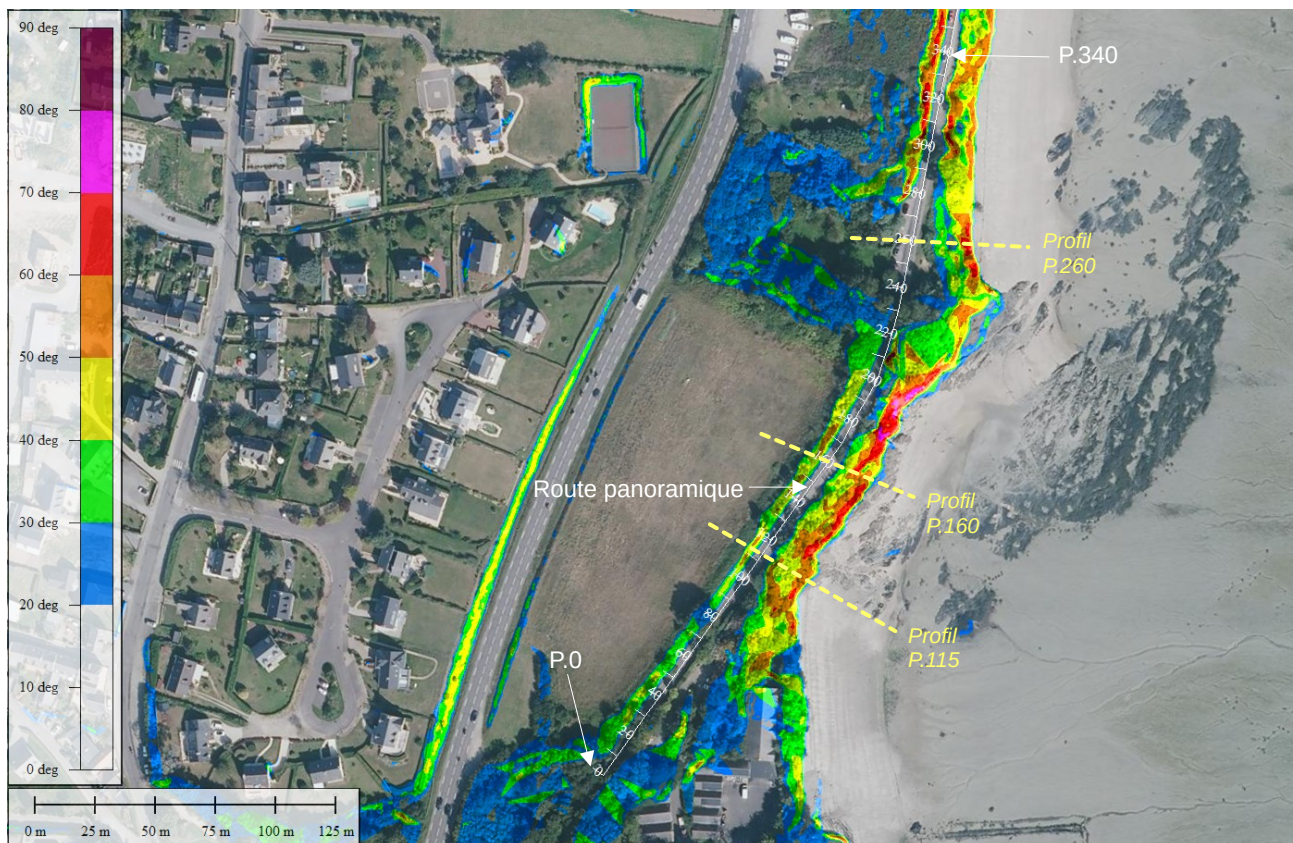
Topographie du versant (données MNT Litto3D – IGN)

La morphologie générale du versant littoral peut être scindée en deux sections :

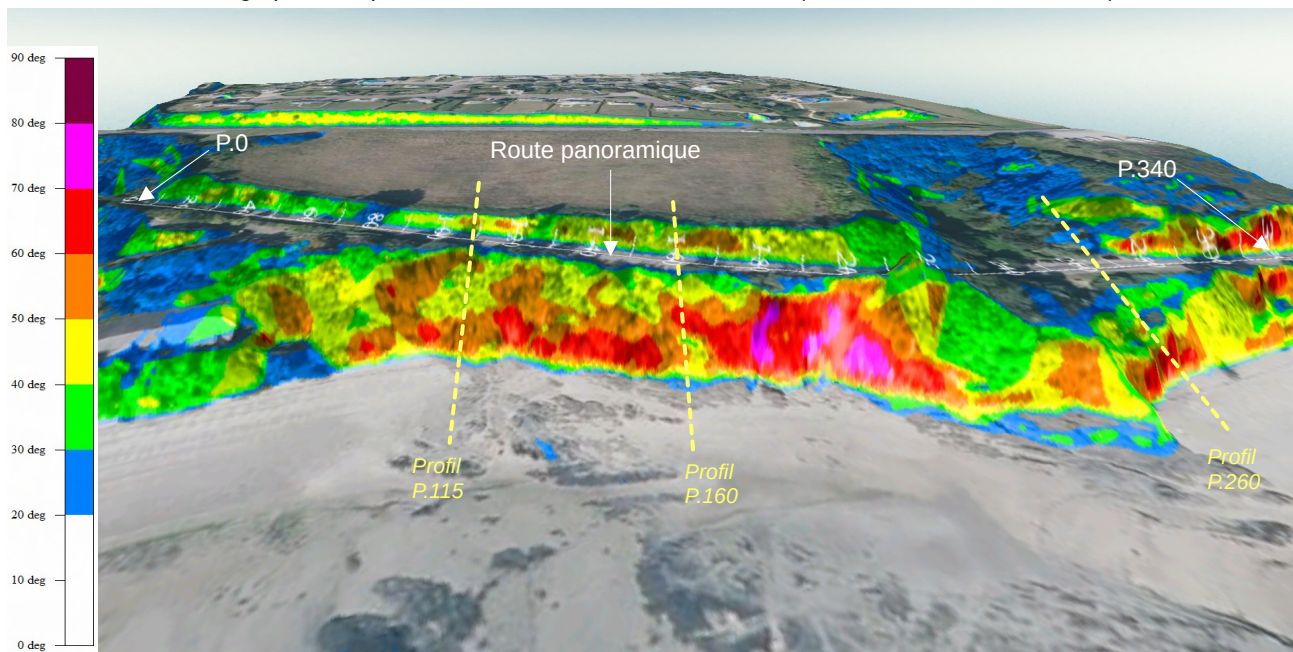
- La section Sud de P.0 à P.280, qui présente une falaise littorale rocheuse affleurante sur 10 à 15 m de hauteur avec une pente d'escarpement forte de 60° à 80°, surmontée d'un sommet à pente plus douce jusqu'à la route ;
- la section Nord de P.280 à P.640, qui présente une falaise à pente plus modérée d'environ 45° depuis la crête jusqu'en pied de talus et sans affleurement rocheux apparent, sauf à la jonction avec la section Sud, où l'on observe des variations de pente (plus redressée au sommet ou à la base), trahissant des alternances de matériaux meubles et d'altérites rocheuses.

Des cartographies de la morphologie des pentes du versant, à partir du Modèle Numérique Terrestre Litto3D (MNT du Shom/IGN de 2018) sont présentées ci-après.

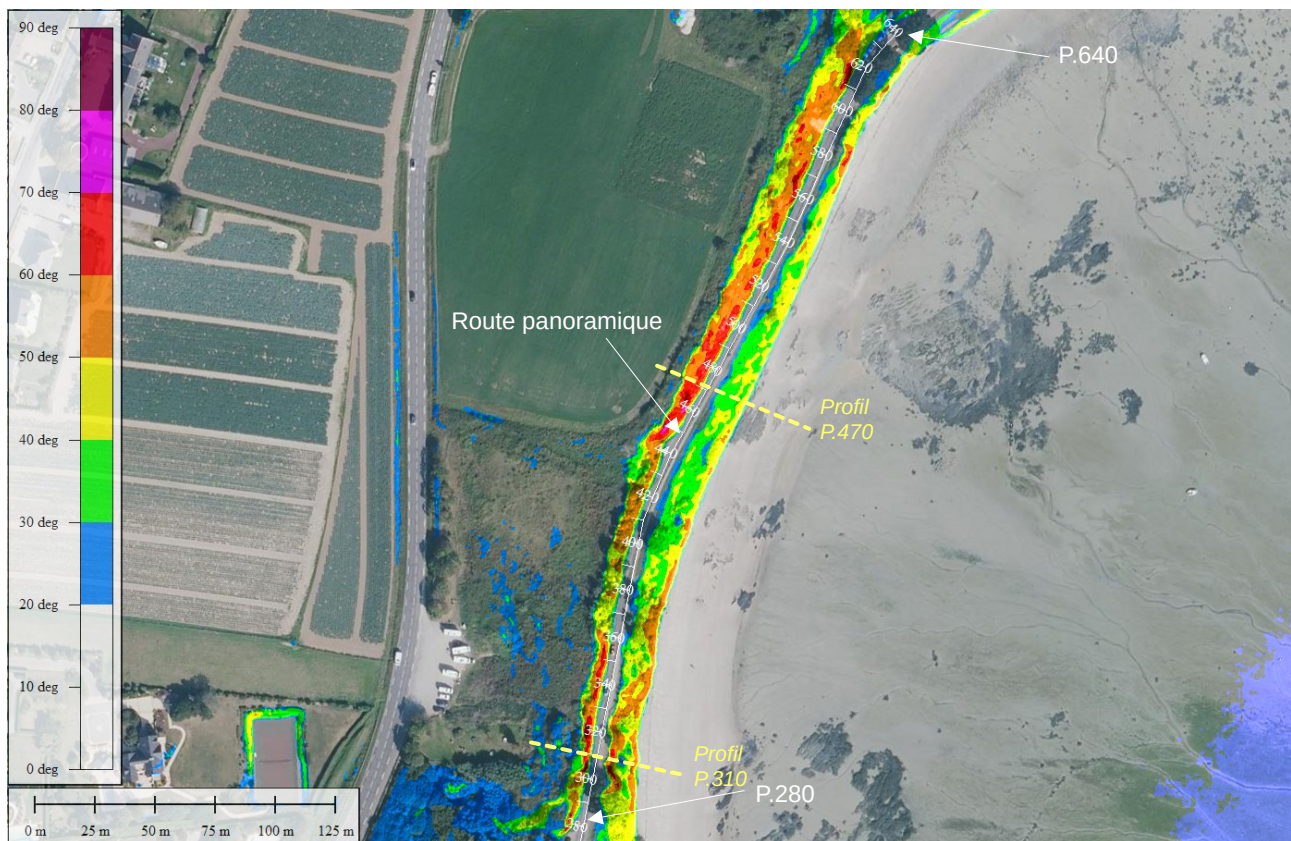
Cinq profils en travers extraits du MNT, établis au droit de sondages à la tarière (ST) ou carottés (SC) à P.115, P.160, P.260, P.310 et P.470 ont été retenus pour l'évaluation de la stabilité du versant par modélisation géotechnique. Ils correspondent pour certains à des secteurs de glissement actif ou ancien (P.160, P.310 et P.470) identifiés dans le diagnostic visuel en phase 1 et sont présentés ci-après.



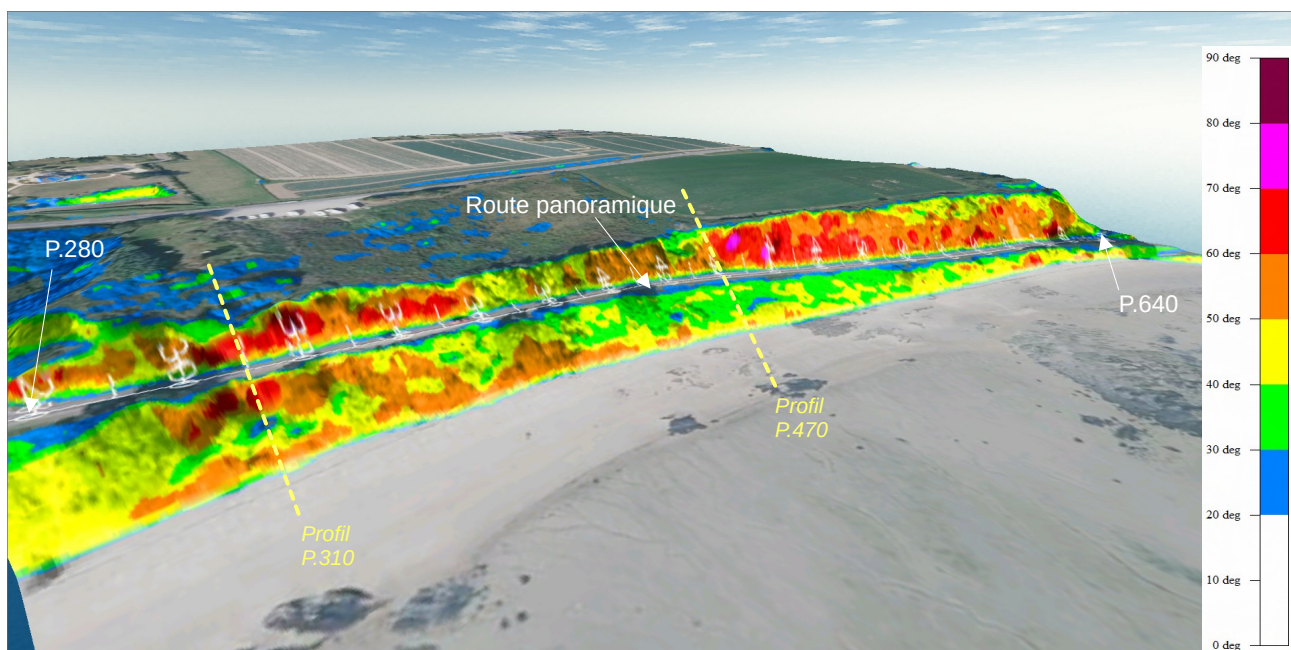
Cartographie des pentes du versant littoral de P.0 à P.340 (données MNT Litto3D – IGN)



Modélisation du versant en élévation avec répartition surfacique des pentes (Litto3D – IGN)



Cartographie des pentes du versant littoral de P.280 à P.650 (données MNT Litto3D – IGN)

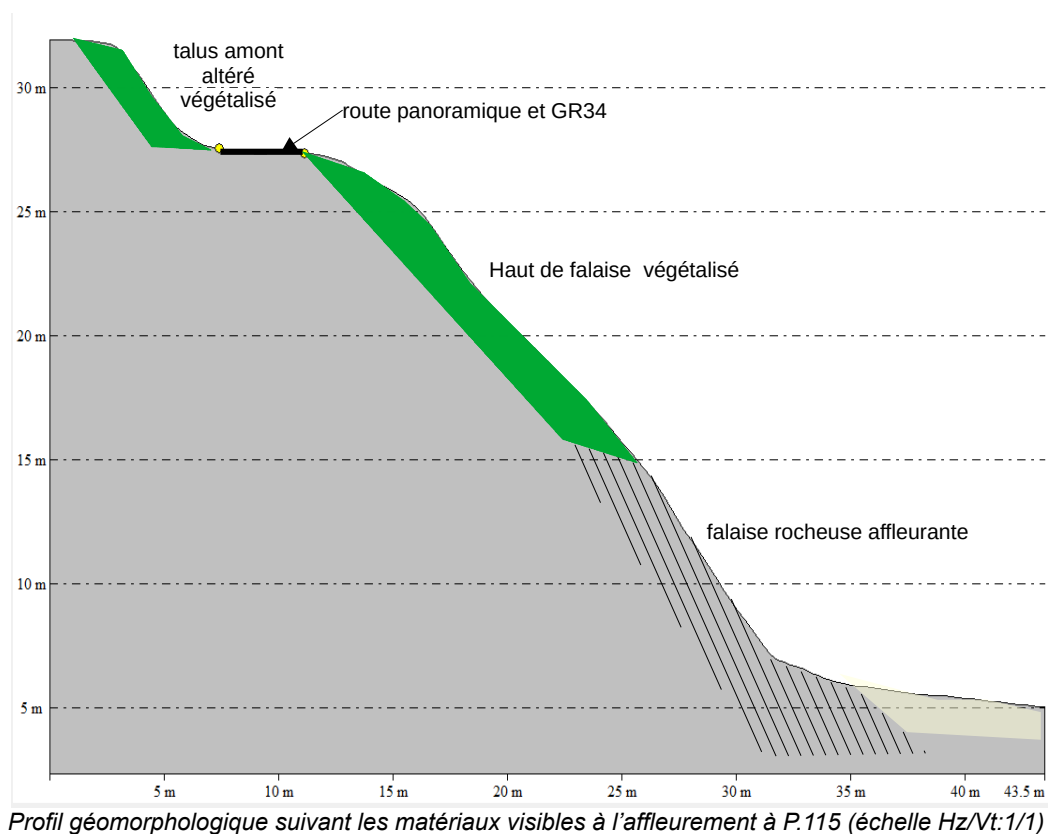


Modélisation du versant en élévation avec répartition surfacique des pentes (Litto3D – IGN)

A P.115, la distance du bord de chaussée jusqu'à la rupture de pente est d'environ 1,9 m, avec une crête du talus aval correspondant à un glacis à pente d'environ 20 à 30° sur une hauteur d'environ 2 m, et qui se prolonge par une falaise inclinée à environ 55° sur 19 m de hauteur. Le substratum rocheux est affleurant en pied de talus et permet un confortement naturel vis à vis de l'érosion marine.

Le talus en amont de la route présente une hauteur d'environ 4,5 m, pour une inclinaison à 50°.

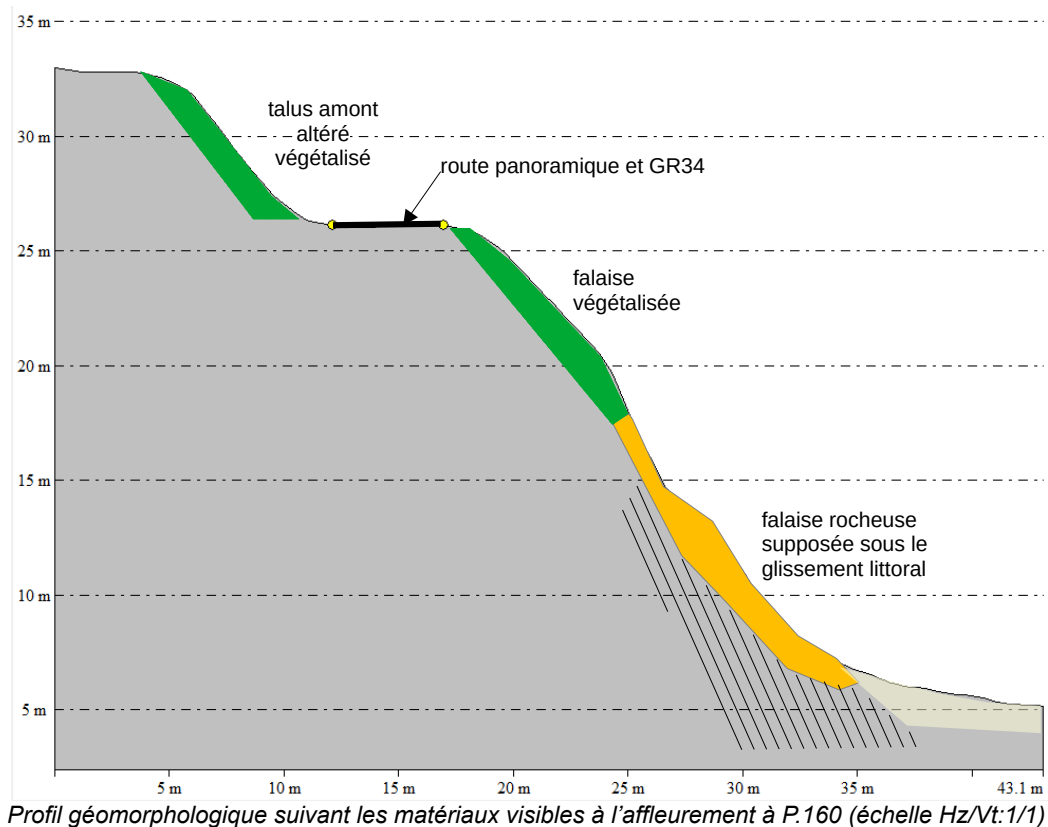
La chaussée montre une largeur d'environ 3 m et un accotement de 1,70 m constituant une piste cyclable/GR34.



A P.160, la distance du bord de chaussée jusqu'à la rupture de pente est d'environ 1 m, et se prolonge ici directement par une falaise inclinée d'environ 50 à 65° sur 18 m de hauteur. Le substratum rocheux est très probablement affleurant en pied de talus mais il est masqué par un glissement de surface du front littoral d'assez grande ampleur.

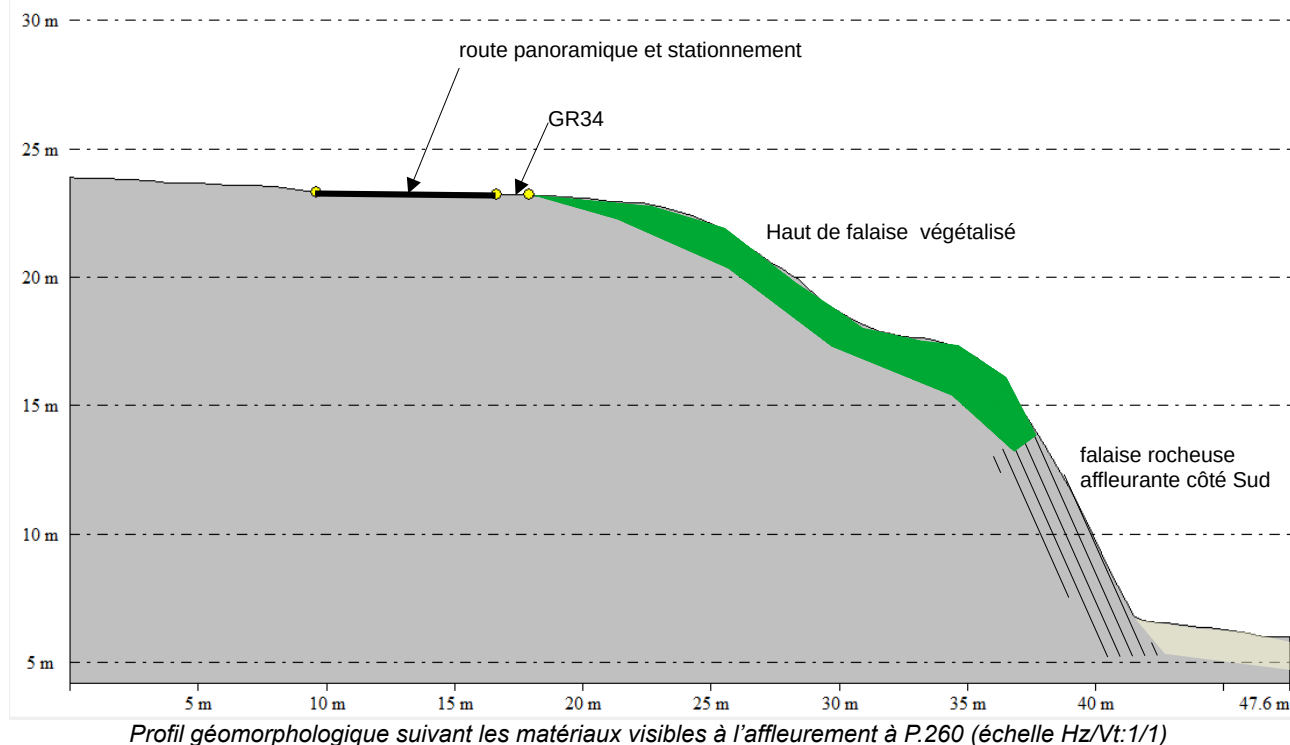
Le talus en amont de la route présente une hauteur d'environ 7 m, pour une inclinaison à 45°.

La chaussée montre une largeur d'environ 3 m et un accotement de 1,70 m constituant une piste cyclable/GR34.



A P.260, la chaussée se situe sur un plateau assez large et est implantée à environ 6 m d'une première rupture de pente le long d'un glacis incliné à 35° sur une hauteur de 5 m et à 18 m de l'escarpement incliné à 60°. Le profil se situe à la limite entre le substratum rocheux affleurant en pied de talus et le massif en enrochement mis en place pour conforter le trait de côte de l'érosion marine.

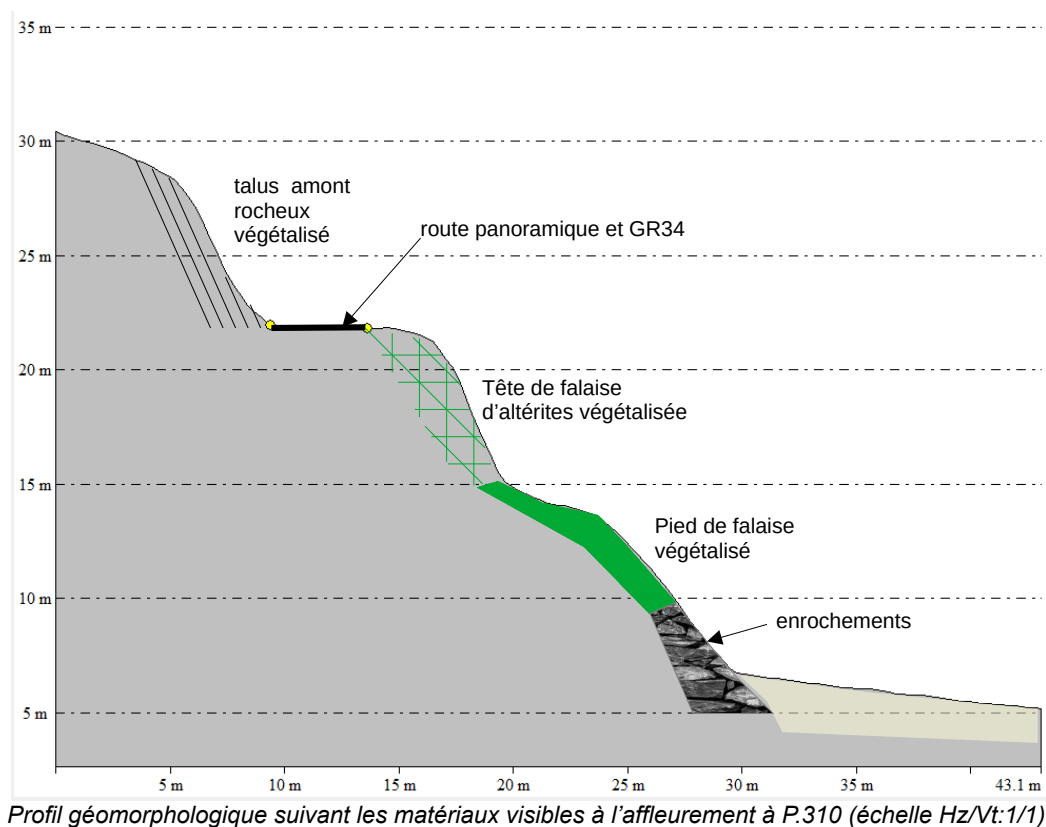
La chaussée montre une largeur d'environ 6 m dont 3 m de stationnement longitudinal et un accotement de 1,30 m constituant le GR34, séparé de la chaussée par une glissière en bois.



A P.310, la distance de la route jusqu'à la rupture de pente est entre 3 à 3,5 m, prolongée par un talus d'altérites végétalisées d'une hauteur d'environ 7 m montrant une pente très raide supérieure à 60°, puis se prolonge par un pied de versant végétalisé à pente d'environ 50 à 55° sur 7 à 8 m de hauteur. La base du talus littoral est fixée par un massif en enrochements pour limiter l'effet de l'érosion marine.

Le talus en amont de la route est rocheux mais très fortement végétalisé et présente une hauteur d'environ 8 m, pour une inclinaison de 55 à 65°.

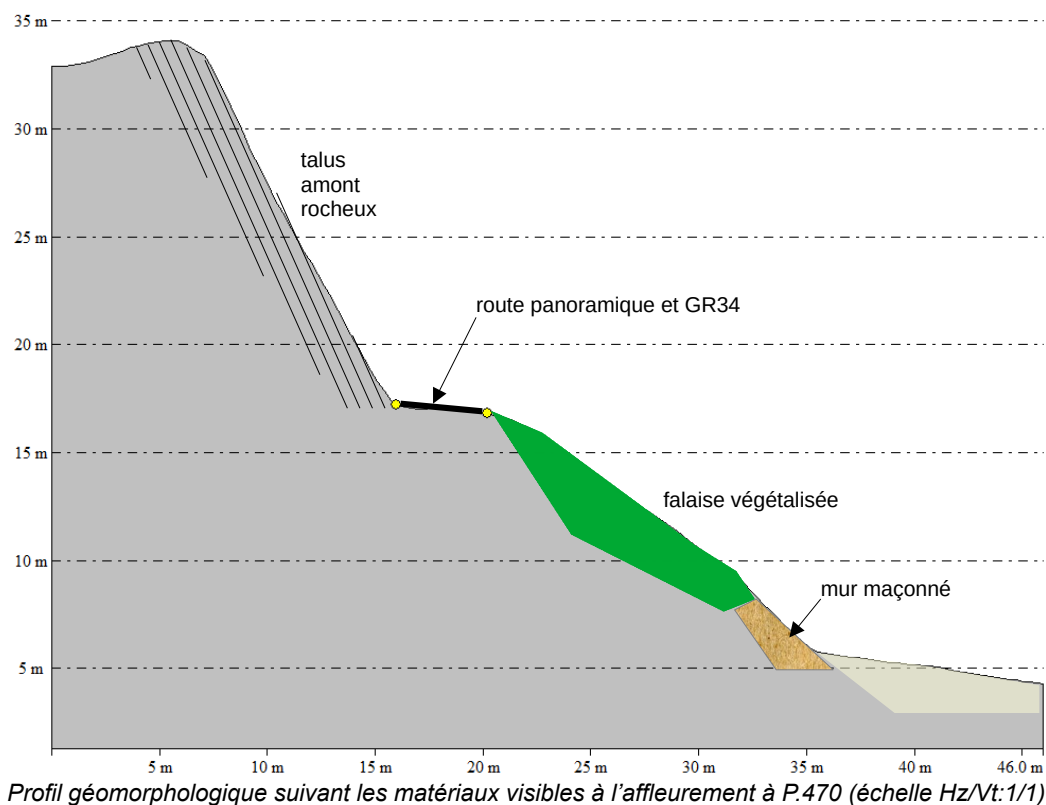
La chaussée montre une largeur d'environ 3,3 m et un accotement de 1,70 m constituant le GR34, séparé de la chaussée par une glissière en bois.



A P.470, la distance de la route jusqu'à la rupture de pente est réduite à environ 1,5 m, prolongée par un talus végétalisé d'une hauteur d'environ 12 m, montrant une pente relativement régulière d'environ 40°. La base du versant littoral est fixée par un mur en maçonnerie jointoyée pour limiter l'effet de l'érosion marine.

Le talus en amont de la route est rocheux et présente une hauteur d'environ 20 m, pour une inclinaison forte de 60 à 70°.

La chaussée montre une largeur d'environ 3,3 m et un accotement de 1,70 m constituant le GR34, séparé de la chaussée par une glissière en bois.



2.3. Rappel des éléments du contexte historique vue en phase 1

➤ La route panoramique et le GR34 actuels correspondent à l'ancien tracé de la ligne de tramway « Paramé – Cancale-La-Houle » construite entre 1888 et 1897 et mise en service en août 1898. Cette ligne reliant St-Malo au port de la Houle a été édifiée sur le front de mer, en raison de la déclivité trop forte entre l'église de Cancale, terminus du tramway à l'époque, et le port.

La ligne sera ensuite électrifiée en 1927 et sera encore exploitée jusqu'en septembre 1947 date de sa fermeture définitive.

Sur cette ligne, l'écartement des rails était métrique, pour permettre une éventuelle interconnexion avec le réseau urbain de la société des Tramways Bretons.

➤ Avant cette époque, les différents plans existants du secteur, la carte de l'état-major (1820-1866) et le cadastre Napoléonien (1827) ne montrent aucune route, chemin ou sentier longeant le trait de côte.

➤ Ainsi, il est très probable que la ligne de chemin de fer ait été taillée directement dans l'ancienne falaise littorale par terrassement du front en déblai/remblai, avec donc, une partie de la route reposant directement sur les matériaux rocheux ou altérés en place, et une frange latérale (accotement et GR34) reposant sur des remblais constitués d'éboulis du front de taille et de matériaux meubles de type dépôts de pente, en place avant l'aménagement de la plateforme.

➤ Enfin, lors de travaux réalisés par la ville en 2020 au niveau du quai Kennedy, qui était alors le terminus de la ligne de tramway, les terrassements ont mis à nu les vestiges de rails et du ballast de l'ancienne voie de chemin de fer, qui était dans la structure routière actuelle (couverture des couches de chaussée directement sur la structure de la voie ferrée sans substitution). Il est donc fort probable que cette situation soit identique tout au long de la route de la corniche, qui n'a fait l'objet d'aucune réfection complète de sa structure de chaussée depuis sa création (informations recueillies auprès des agents de la Ville de Cancale).

Les sondages réalisés dans le cadre de la présente étude ont montré un horizon superficiel de ballast directement sous la chaussée sur 30 à 50 cm, mais sans mettre en évidence la présence des rails ou des traverses.



Plan de la ligne St-Malo – Cancale via l'embranchement depuis la Langotière jusqu'au port de la Houle sur le front de mer



Photographie des rails mis à jour lors de travaux en 2020 quai Kennedy (source Ville de Cancale)

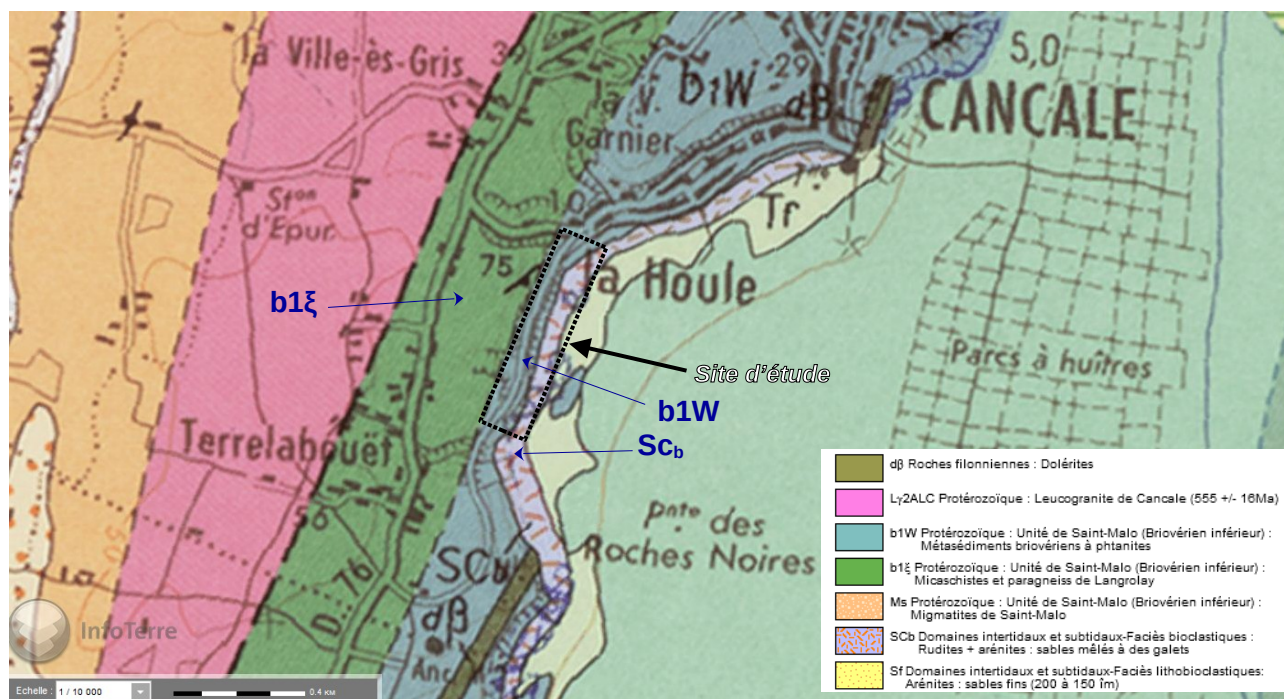
2.4. Données géologiques

2.4.1 Informations sur la géologie générale du site

Les formations géologiques visibles sur le périmètre d'étude se répartissent en deux groupes définis selon leur comportement mécanique :

- les **formations rocheuses** constituant le substratum qui évoluent majoritairement selon des mouvements gravitaires de type **éboulement et chute de blocs** ;
- les **formations superficielles** recouvrant le substratum qui évoluent majoritairement selon des mouvements gravitaires de type **glissement**.

L'extrait de la carte géologique de la baie du Mont-St-Michel présenté ci-dessous montre la répartition des terrains formant le substratum :



Extrait de la carte géologique de la baie du Mont-St-Michel au 1/50 000 du BRGM

(source <http://infoterre.brgm.fr>)

Les roches constituant la totalité du versant littoral appartiennent à la formation de Saint-Malo, composée d'un ensemble sédimentaire métamorphisé, schistosé, et plissé (schistes, grès et wackes en alternances) du Briovérien inférieur. Ces formations occupent la majeure partie du pourtour de la baie du Mont-Saint-Michel, ainsi que son substrat.

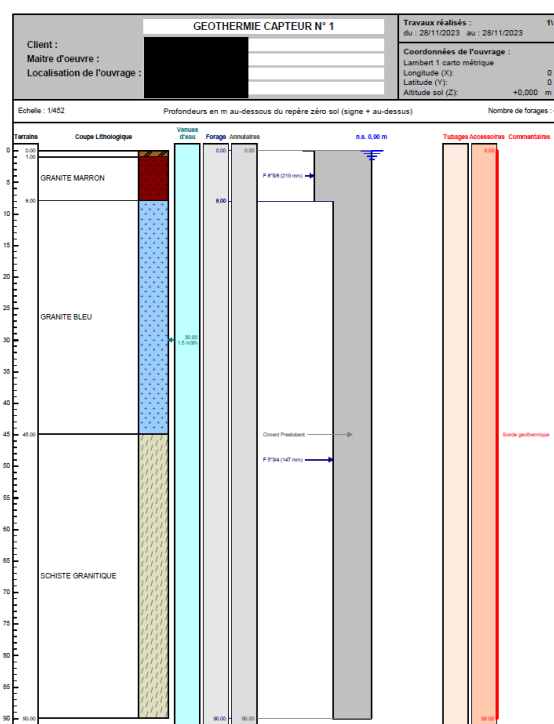
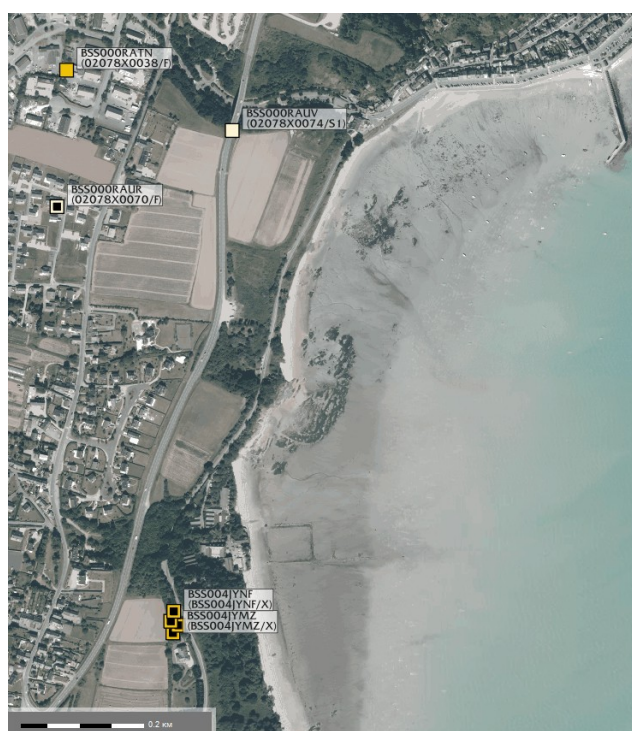
- La base de la falaise littorale et l'estran sont constitués d'alternances schisto-gréseuses (siltites et argilites), décimétriques à plurimétriques, assez déformées mais peu métamorphisées (la variabilité lithologique étant principalement due à la proportion de la matrice argileuse et à la taille des éléments à grains plus ou moins fins). Ces formations géologiques peuvent contenir des intercalations filoniennes sous forme de quartzites sombres, et des lentilles volcano-détritiques (niveaux calco-silicatés) ;
- Le sommet du versant est formé d'une alternance décimétrique à décamétrique de micaschistes et de gneiss à grain fin. Ces roches présentent une texture granoblastique et une foliation très marquée. La taille du grain et l'abondance de feldspath plagioclase différencient les deux types de faciès.

La carte géologique fait état d'une schistosité/foliation de la roche selon une direction N50°E et de pendage à 75°SE au niveau du talus amont, constituant un plan privilégié de débit du massif à l'affleurement.

2.4.2 Données de sondages disponibles dans la bibliographie

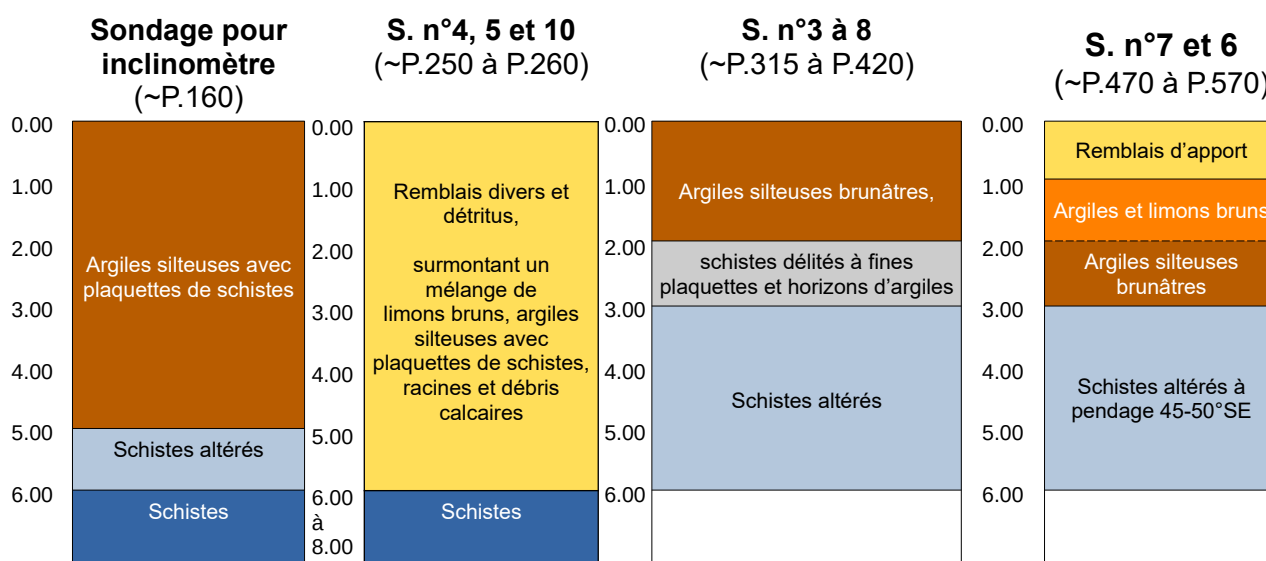
- On mentionne quatre sondages (BSS004J/YMZ, YND, YNF, YNB) issus de la Banque des Données du Sous-Sol (BSS), situés à environ 80 m en amont de P.0 dans une propriété privée le long de la route panoramique, réalisés en novembre 2023 (sondages géothermiques) et qui font état d'un

recouvrement de 1 m de terre végétale, puis de granite marron (arène/altérites rocheuses ?) jusqu'à la profondeur de 8 m, de granite bleu jusqu'à 45 m (siltites et argilites schisto-gréseuses ?) et de schiste granitique (micaschistes ?) jusqu'à 90 m. La nappe est présente à partir de 30 m de profondeur, soit au niveau de la base de la falaise à la limite du haut de plage.



Coupe de sondages réalisés en novembre 2023 à proximité du site d'étude, issue de la BSS
(source <http://infoterre.brgm.fr>)

- Lors de l'étude géotechnique conduite en 2001 (étude FSOL), pour la reconnaissance des aléas sur les talus amonts et avals de la route de la corniche, des sondages ont été réalisés ainsi que des prélèvements d'échantillons de matériaux pour réalisation d'essais en laboratoire (teneur en eau et analyse granulométrique). Un plan indique les zones de prélèvements de matériaux, et par déduction, la localisation des sondages. Aucun log lithologique n'est présent dans le dossier, ni information sur le type de sondage réalisé. Toutefois, on a pu extraire quelques descriptions explicitées dans le rapport d'étude, qui sont identifiées par une localisation linéaire. Ces informations sont résumées dans le tableau suivant :



Coupes lithologiques interprétées de l'étude FSOL de 2001 (descriptifs des sondages rédigés dans le rapport)



Situation approchée des sondages et des prélèvements réalisés en 2001

3 Synthèse de l'évaluation des aléas lors de l'inspection visuelle en phase 1

3.1. Événements connus au travers de la bibliographie

- Les données extraites du site internet Géorisques, site d'information permettant d'évaluer les risques naturels et technologiques sur l'ensemble du territoire national (www.georisques.gouv.fr), dénombre 6 événements connus au droit de la zone d'étude :

N°identifiant Géorisques	Type d'évènement	Date	Référence d'étude
10600207	Chute de blocs / Éboulement	01/2016	ETUDE/n°20162 – Entreprise RATEAU Ingénierie
10600209	Effondrement / Affaissement	01/2016	ETUDE/n°20162 – Entreprise RATEAU Ingénierie
56000157	Glissement	10/2000	BRGM RP-50606-FR – D. Labbey et J. Dubreuilh
56000158	Glissement	11/2000	BRGM RP-50606-FR – D. Labbey et J. Dubreuilh
56000159	Chute de blocs / Éboulement	10/2000	BRGM RP-50606-FR – D. Labbey et J. Dubreuilh
56000160	Chute de blocs / Éboulement	01/1998	



Légende :

Localisation des mouvements de terrain répertorié sur Géorisques (Brgm)

La commune de Cancale a également fait l'objet de 3 arrêtés de CATNAT pour mouvements de terrain les 30/01/1988 et 11/02/1988 (INTE8800166A), ainsi que le 25/12/1999 (INTE9900627A).

- Un rapport d'étude du Brgm de décembre 2000, réalisé suite à plusieurs éboulements rocheux et glissements de matériaux meubles depuis le talus rocheux en amont de la route panoramique (réf. Géorisques n°56000157 à 159) fait état :

« D'un secteur de versant sous la route de la corniche qui a été le siège d'un glissement de terrain important sur environ 10 m de large et dont le pied est conforté par de gros enrochements (au niveau de la plage) ». Il s'agit d'un glissement circulaire du talus aval au niveau du secteur 4 de P.320 à P.330, qui s'est produit dans les années 1980 et qui est nettement visible sur les photographies aériennes anciennes. Ce glissement a fait l'objet d'un confortement au niveau de la cicatrice de rupture en rive de la route, par un ouvrage de type soutènement en béton ancré, vers 2002/2003, suite à la réalisation de l'étude géotechnique FSOL de 2001.

- Dans le rapport d'expertise géotechnique daté d'avril 2001, réalisé par le B.E FSOL Ingénierie Conseil, avec le concours d'ANTEA, et de RINCENT BTP, un certain nombre de zones d'aléas ont été mises en évidence ainsi que des solutions de traitement qui ont été mises en œuvre pour certaines. L'étude identifie :

- d'une part un phénomène de « *fluage des sols (mouvements lents mais chroniques) sur des zones localisées en déblai-remblai et apparentées à des remblais hétérogènes* » ;
- d'autre part, localement des « *phénomènes de solifluxion généralisée des matériaux constitutifs du talus* ».

Il était alors préconisé d'essayer d'agir sur l'écoulement des eaux en amont du versant, de stabiliser certains glissements soliflués par « cloutage » (= inclusions souples par battage de cornières métalliques dans le talus et/ou longrine sur micro-pieux) et de réduire la contrainte admissible sur le sol à 19t (= limitation de tonnage des charges routières).

Dans le détail du document, il est identifié 5 zones de glissement :

- secteur 2, vers P.160 (=aléa E4 selon l'étude), un glissement de type circulaire ou plan sur 15 ml qui affecte la base du talus, mais avec des manifestations de fissures en tête sur l'enrobé. Ce glissement a fait l'objet d'un sondage avec pose d'un inclinomètre suivi pendant 1 an et 4 mois. Il a été constaté un très faible déplacement de 3,3 mm à l'issue du suivi. Cet aléa a fait l'objet d'un confortement sur l'accotement par ancrage vertical et réalisation d'une longrine en béton armé sur micropieux de 8 à 10 m de profondeur ;
 - secteur 3, vers P.257 (=aléa E3), une manifestation de solifluxion sur environ 10 ml, avec fissures de tension en tête de glissement sur l'accotement, mais qui n'affectent pas la chaussée. Il était préconisé de réaliser un « cloutage » (= inclusion souple de profilés métalliques) sur 6 ml ;
 - secteur 4, vers P.325 (=aléa E2), un arrachement ancien qui a entaillé le massif en laissant apparaître le niveau de schiste altéré sur une cicatrice d'environ 10 à 15 ml. La solution préconisée qui a été mise en œuvre était la réalisation d'un mur de soutènement en béton armé ancré ;
 - secteur 5, vers P.420 (=aléa E1), une manifestation de solifluxion sur le talus aval au droit de zones saturées en eau « *proche de la limite de liquidité* ». Un clouage souple du segment par pieux battus aurait été réalisé après l'étude ;
 - secteur 5, vers P.520 (=aléa B3), déformation de l'enrobé avec fissuration parallèle à l'axe de la chaussée. Le glissement s'est manifesté suite à la saturation de la couche superficielle directement au contact des schistes sur 1 à 2 m d'épaisseur. Un clouage souple du segment par pieux battus a été réalisé en mars 2001 après l'étude ;
- Un rapport de synthèse daté de février 2016 réalisé par le B.E. « Rateau Ingénierie risques naturels » (anciennement FSOL), concerne une étude structurale du talus en amont de la route panoramique suite à la survenue d'un éboulement en janvier 2016. L'étude a également porté sur le suivi de la section confortée précédemment vers P.160 et pour lequel le rapport a conclu sur une absence de nouvelle manifestation de solifluxion, et donc à la stabilisation du glissement par le confortement, mais aussi sur le suivi de 2 zones de fissuration longitudinale au niveau de l'accotement de la route sur le secteur 5.

Lors du diagnostic visuel réalisé en juin 2024 par le Cerema, l'observation du confortement par clouage vertical de la longrine à P.160 n'a pas montré de signe de mouvement ou d'une potentielle remobilisation du glissement.



Tête du tube inclinométrique en février 2016
vers P.160 (source Rateau Ing.)



Tête du tube inclinométrique en mai 2024
vers P.160 (Cerema)

Au niveau du secteur 5, vers P.515, il est fait état d'un léger affaissement de l'enrobé en bordure de route (sur le GR34), mais sans trace de solifluxion.



Fissuration du GR34 en février 2016 vers P.515 (source Rateau Ing.)



Evolution de la fissuration du GR34 en juin 2024 vers P.515 (Cerema)

Au niveau du secteur 5, de P.525 à P.535, il est fait état d'un glissement de l'enrobé de faible amplitude en bordure de la route (sur le GR34), mais sans manifestation de solifluxion de la voirie. Il était préconisé la mise en œuvre d'inclusions métalliques de type cornières 50 x 50 x 5 mm de 2 m de profondeur battues au refus.



Fissuration du GR34 en février 2016 entre P.525 et P.535 (source Rateau Ing.)



Evolution de la fissuration du GR34 en juin 2024 entre P.525 et P.535 (Cerema)

- Enfin, un compte rendu de visite du site le 2 avril 2021 (rapport minute) par le B.E. « Rateau Ingénierie risques naturels » concerne l'inspection et le suivi de 2 zones de fissuration longitudinale sur l'accotement de la route.

La première zone se situe sur la section 5 de P.510 à P.535 au droit d'un segment qui avait déjà fait l'objet d'une visite en 2016. Il est question « d'un glissement actif (solifluxion) sur 25 ml, qui évolue lentement vers le décrochement et qui présente un risque pour la chaussée d'être affectée dans le cas d'une rupture globale ». La comparaison des photographies entre 2016 et 2021 soulignait « une nette accentuation du phénomène ».

Il était alors préconisé le « cloutage » en urgence de l'accotement et de la crête de talus sur 200 m² (35 ml x 6 m de largeur par fonçage de cornières métalliques à raison d'une unité tous les 2 m², d'une profondeur de 2 à 3 m) comme réalisé précédemment vers P.160 et P.420. Des inclusions souples ont été mises en œuvre depuis cette date (pieux métalliques visibles dans l'accotement selon un espacement d'environ 2 m en quinconce cf. dossier en phase 1).

La comparaison des photographies entre 2021 et 2024 ne montre pas d'évolution significative.



Fissuration du GR34 en avril 2021 entre P.510 et P.535 (source Rateau Ing.)



Très peu d'évolution perçue de la fissuration en juin 2024 entre P.510 et P.535 (Cerema)

La deuxième zone se situe aussi sur la section 5 de P.573 à P.579, au droit d'un segment qui n'avait pas été repéré lors de la visite de 2016. Il est fait état d'une zone solifluée sur 6 ml avec fissuration ouverte de l'enrobé sur l'accotement.

L'évolution entre 2021 et 2024 n'apparaît pas significative d'un glissement très actif.



Fissuration du GR34 en avril 2021 entre P.573 et P.579 (source Rateau Ing.)



Pas d'évolution perçue de la fissuration en juin 2024 entre P.573 et P.579 (Cerema)

3.2.Synthèse de l'inspection visuelle du versant et de l'analyse historique en phase 1

Le diagnostic en phase 1 a consisté notamment en un examen visuel de la chaussée de circulation, de ses abords et du versant littoral depuis la grève, ainsi qu'à l'analyse de photographies aériennes anciennes. On énumère ici uniquement les désordres de type mouvement de terrain ayant affecté le talus littoral. Les photographies de détails des désordres sont fournies dans le précédent rapport d'étude (phase 1).

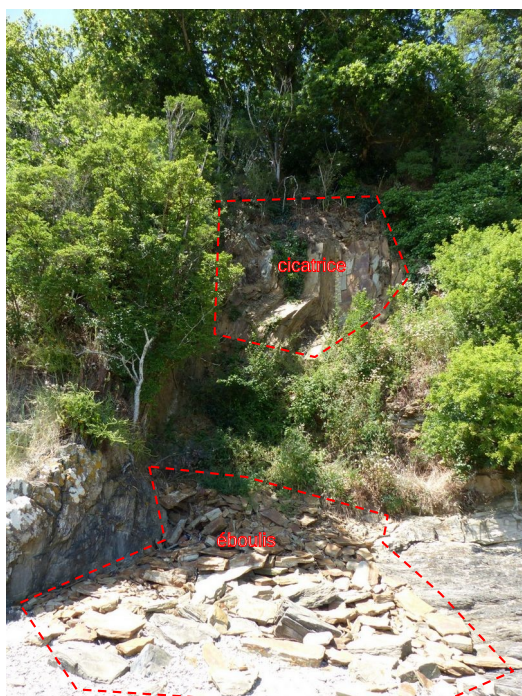
3.2.1 Secteur 1

Cette section de talus s'étend de P.0 à P.100. Il a été uniquement constaté des déformations et des défauts ponctuels de surface de la chaussée de circulation. Aucun désordre n'a été observé au niveau du talus littoral, ni aucune évolution au droit de la parcelle privée hormis l'aménagement de bâtiments pour l'exploitation ostréicole et le développement de la végétation ligneuse autour de la route.

3.2.2 Secteur 2

Cette section de talus s'étend de P.100 à P.185. On y constate des affaissements du sommet à la limite de la ligne d'escarpement, un glissement de grande ampleur qui a déjà fait l'objet d'une surveillance spécifique et d'un confortement sur l'accotement de la chaussée au début des années 2000, ainsi que quelques zones d'éboulements superficiels de matériaux rocheux à la base de la falaise, chutés en pied sur le haut de plage.

- De P.100 à P.150, on observe une série de 3 dépressions pseudo-circulaires avec affaissement de la ligne d'escarpement au niveau de l'accotement végétalisé en rive de la voirie.
- A la base du talus, on observe un éboulement rocheux selon un mouvement de type fauchage vers P.125, qui s'est produit depuis une hauteur d'environ 10 m. Le recul par rapport au front de falaise reste très superficiel et sans relation avec les zones d'affaissement en sommet de talus.
- De P.150 à P.165, on observe un glissement actif à cinétique qui apparaît lente (présence de végétation stabilisée dans le glissement), pseudo-circulaire, d'assez grande ampleur, qui semble mobiliser plusieurs dizaines de m³ de matériaux meubles et rocheux.



Éboulement rocheux vers P.125



Glissement circulaire de P.150 à P.165

Ce glissement correspond à celui identifié en 2001, qui a fait l'objet d'un suivi par inclinomètre, et un confortement par inclusions dans l'accotement. Il n'est pas perceptible sur les photos aériennes historiques.

- A la base de la falaise vers P.180, une faille dans le massif rocheux présente une cavité d'environ 2 à 3 m de profondeur, comblée par des altérites et des colluvions, qui ne présente pas de risque d'instabilité à court terme pour la route.



*Faille avec remplissage d'altérites à P.180
en juin 2024*



Faille à P.180 en janvier 2026

3.2.3 Secteur 3

Cette section de talus s'étend de P.185 à P.280 et présente une première partie où la route est taillée en tranchée dans la falaise rocheuse, et une deuxième partie en remblai recouvrant la falaise rocheuse.

On observe quelques instabilités de falaise au-dessus du haut de plage, mais qui apparaissent trop éloignées de la route pour pouvoir l'impacter à court, moyen ou long terme.

Sur la section en remblai de P.250 à P.280

- On observe une fissuration longitudinale multiple sur 11 m au niveau de l'accotement (GR34). Ce linéaire de fissures avait déjà été observé en 2001 lors de l'étude FSOL. La description faite à l'époque semble très semblable à ses caractéristiques actuelles.
- A la base du talus au droit du massif de protection en enrochements, on constate un affouillement généralisé entre les blocs en arrière de la première ligne de pied sur toute leur profondeur.

Les photos aériennes anciennes ne montrent pas d'évolution du secteur hormis des réaménagements anthropiques de la plate-forme



*Fissuration longitudinale sur le GR34 en mai
2024*

3.2.4 Secteur 4

Cette section de talus s'étend de P.280 à P.355. C'est sur ce secteur que la route a été réduite à une seule voie de circulation dans les années 1980 suite à un glissement circulaire de grande ampleur entre P.320 et P.330, visible sur les photos aériennes anciennes.



Juillet 1982



Novembre 1986

Dès les années 1950, on constate un évènement important dans les matériaux en surface du talus, entre P.300 et P.350 jusque sur le haut de plage, qui peut correspondre à un premier glissement de surface de grande ampleur.



Photographie datée du début des années 1950



Avril 1952

Aujourd'hui, on n'observe pas de nouveau désordre en surface du versant ni en pied, qui est conforté par un massif poids en enrochements. Toutefois, on observe les signes des anciennes instabilités passées :

- On constate que la limite du bord d'escarpement de P.280 à P.320 par rapport à la distance du GR34 se réduit fortement de 5 m à 1,40 m et semble correspondre à la tête d'arrachement du glissement visible sur les photographies des années 1950.
- De P.320 à P.330, la présence d'un ouvrage de soutènement ancré trahit la cicatrice du glissement circulaire survenu au début des années 1980. Cet ouvrage a été réalisé en 2002.
- à la base du talus au droit du massif de protection en enrochements de P.255 à P.280, on constate un affouillement généralisé entre les blocs en arrière de la première ligne de pied et sur toute leur profondeur.

3.2.5 Secteur 5

Cette section de talus s'étend de P.355 à P.610. Il s'agit d'une section qui présente de nombreux désordres en tête du talus sur l'accotement. Plusieurs segments ont fait l'objet de confortement par le passé. Le pied de talus est conforté par un mur de protection en maçonnerie de moellons jointoyés, qui ne présente que

des défauts assez mineurs.

- L'étude FSOL de 2001 identifie une zone de confortement au sommet de talus par clouage de pieux battus vers P.420.
- La bordure de canalisation des eaux de surface ruisselant sur la chaussée s'interrompt à partir de P.455 engendrant un ravinement de l'accotement traversant le GR34, et la formation d'une encoche d'érosion en tête du talus végétalisé.



Érosion sur l'accotement et en sommet de talus à l'extrémité de la bordure de canalisation des eaux de ruissellement

- A partir de P.456, on constate un ensemble de fissures longitudinales côté accotement au droit de l'enrobé sur le GR34 (en arrière de la glissière bois) jusqu'à P.484. Le mur de protection en maçonnerie à la base du talus a fait l'objet de nombreuses barbacanes rapprochées en pied entre P.450 à P.490. Ce segment de talus correspond à une zone de drainage naturelle de l'eau circulant dans le massif rocheux au travers du réseau de fracturation, identifié dès la construction du mur.
- A partir de P.511 jusqu'à P.535, on constate un nouveau réseau de fissures longitudinales côté accotement au droit de l'enrobé sur le GR34. Cette section avait déjà été repérée en 2016, puis de nouveau suivie en 2021 pour faire l'objet d'un confortement par inclusions souples de cornières métalliques dans le talus.
- de P.572 jusqu'à P.580, on constate encore un réseau de fissures longitudinales et circulaires au droit de l'enrobé sur le GR34 qui délimite un affaissement de l'accotement au contact de la berme végétalisée. Ce désordre avait déjà été repéré en 2021 et ne semble pas avoir évolué. Deux drains ont été forés au niveau du mur de protection à la base du talus, en concordance avec ce désordre.

L'observation des photographies historiques semble montrer deux glissements ponctuels au niveau du talus vers P.400 et P.500, perceptibles uniquement sur la photographie de 1963.

3.2.6 Secteur 6

Cette section de talus s'étend de P.610 à P.650. On ne relève pas de défaut en surface du talus. A la base, le massif de protection en enrochement a fait l'objet d'un comblement des interstices par du béton cyclopéen. On constate deux zones d'affouillement sous deux blocs d'enrochements.

On n'observe pas d'évolution notable de morphologie de la route ou du talus aval sur les photos historiques.

4 Résultats des investigations géotechniques

4.1. Reconnaissances géotechniques effectuées sur l'ensemble de l'itinéraire

Le programme d'investigation géotechnique défini initialement a été adapté au cours de la réalisation des sondages en fonction des premiers résultats de reconnaissance (nature des matériaux rencontrés, présence d'horizons déconsolidés avec vides et blocs). Ainsi, plusieurs types de sondages ont été réalisés :

- 9 sondages à la tarière (ST) ;
- 2 sondages carottés (SC) ;
- 7 sondages destructifs au marteau fond de trou (SM) ;
- 12 sondages au pénétromètre (PDG) ;

Deux sondeuses ont été utilisées lors des reconnaissances : une sondeuse tarière-pénétromètre (Mapesol) et une sondeuse lourde (Sédidrill 250) permettant de réaliser les sondages à la tarière hélicoïdale continue de diamètre 150 mm pour prélèvement d'échantillons, les carottages battus de diamètre 100 mm et les sondages destructifs au marteau fond de trou de diamètre 90 mm.

Les sondages sont localisés sur le plan d'implantation et les profils en long pages suivantes. L'ensemble des reconnaissances géotechniques sont présentées dans le tableau suivant :

Secteur	Repérage linéaire (PR en m)	Sondage à la tarière (Profondeur en m)	Sondage marteau fond de trou (Profondeur en m)	Sondage carotté (Profondeur en m)	Sondage au pénétromètre (Profondeur en m)
Secteur 2	P.113	-	-	-	PDG_1 (6,60 m)
	P.115	ST_1 (4,30 m)	-	-	-
	P.132	-	-	-	PDG_2 (5,70 m)
	P.142	-	-	-	PDG_3b (10,70 m)
	P.147	-	-	-	PDG_3 (9,50 m)
	P.153	-	SM_13 (8,00 m)	-	-
	P.154	ST_2 (4,30 m)	-	-	-
	P.158	-	SM_10 (6,00 m)	SC_1 (4,50 m)	-
	P.160	-	SM_11 (6,40 m) SM_14 (4,40 m)	-	-
	P.166	-	SM_12 (4,50 m)	-	-
Secteur 3	P.257	-	-	-	PDG_4 (7,60 m)
	P.260	ST_3 (7,35 m)	-	SC_2 (7,50 m)	-
Secteur 4	P.302	-	-	-	PDG_5b (3,40 m)
	P.310	ST_4 (1,60 m)	-	-	PDG_5 (2,00 m)
	P.313		SM_15 (4,40 m)		
	P.340	-	-	-	PDG_6 (2,40 m)
Secteur 5	P.420	-		-	PDG_7 (5,0 m)
	P.466		SM_16 (2,50 m)		
	P.470	ST_5 (0,40 m)	-	-	PDG_8 (5,70 m)
	P.473	ST_5b (0,30 m)	-	-	-
	P.477	ST_5t (0,40 m)	-	-	-
	P.520	ST_6 (0,50 m)		-	-
	P.520				PDG_9 (1,10 m)
	P.570	ST_7 (0,50 m)		-	-
	P.580	-		-	PDG_10 (1,50 m)

Investigations géotechniques réalisées



Sondage SC_1



Sondage SC_2



Sondage SM_16



Sondage PDG_2



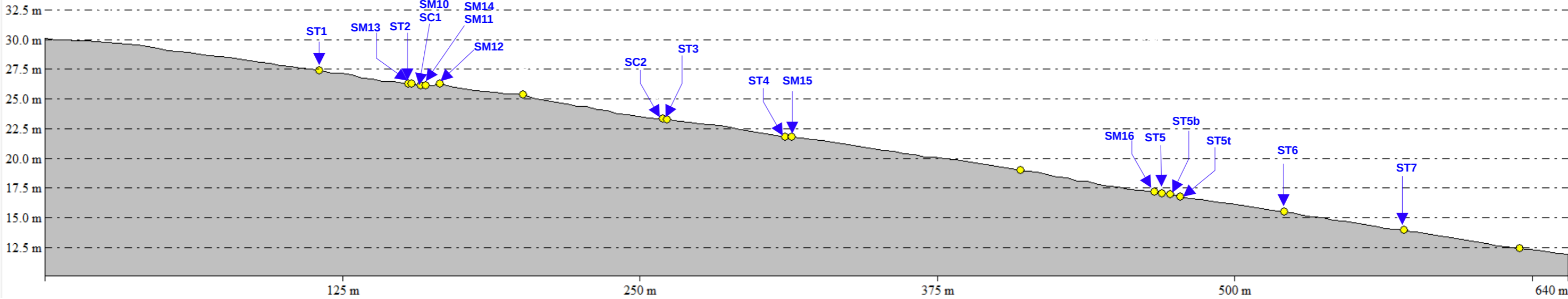
Sondage PDG_6



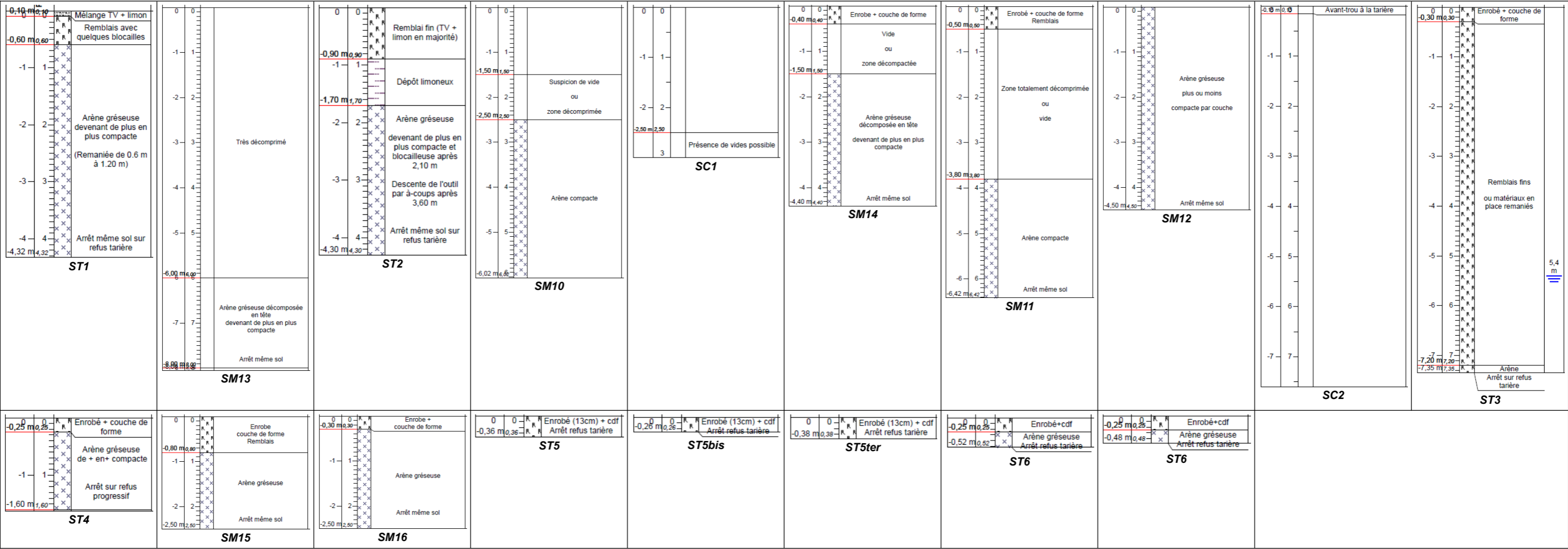
Sondage PDG_8



Implantation des sondages géotechniques

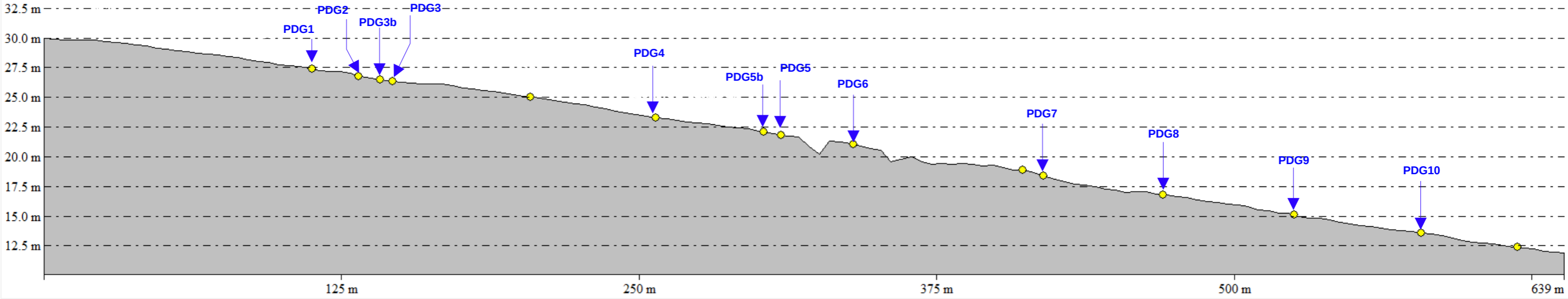


Profil en long de la route panoramique de P.0 à P.640 avec implantation des sondages au niveau de la bande de roulement rive droite

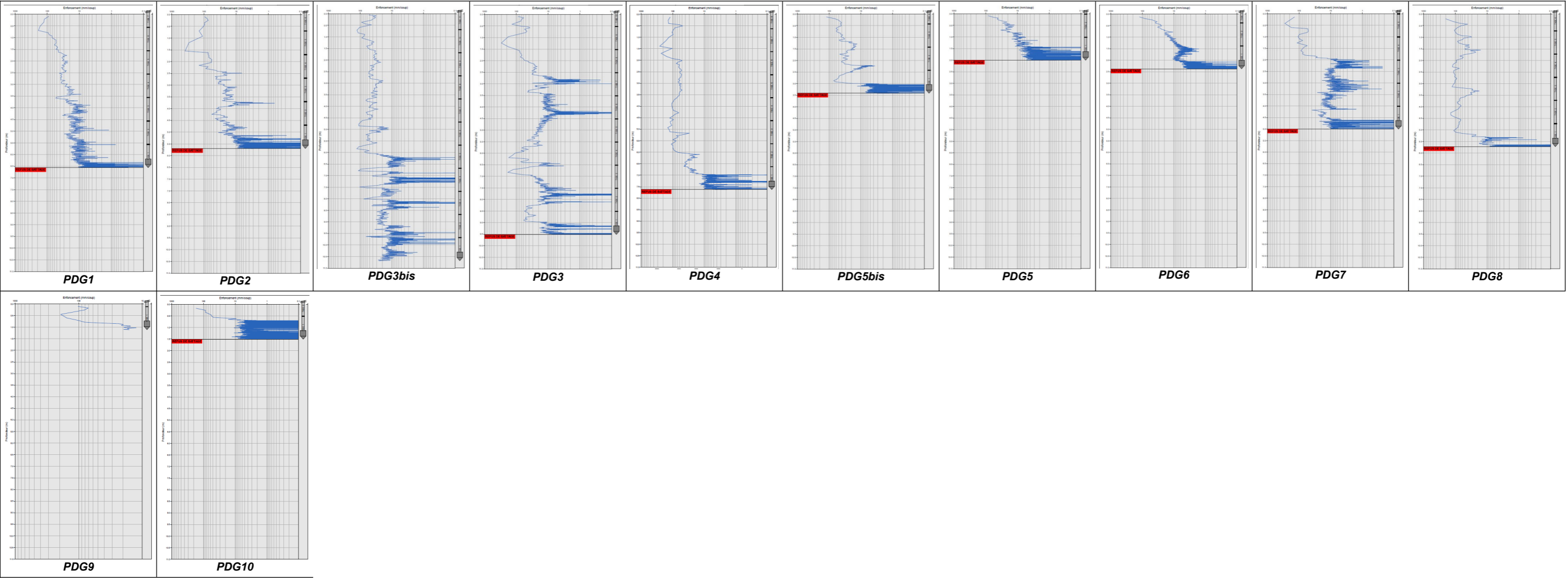


From Pos: 341876.034, 6851306.487

To Pos: 342138.884, 6851878.262



Profil en long de la route panoramique de P.0 à P.640 avec implantation des sondages pénétrométriques au niveau de l'accotement/GR34



L'**annexe 2** présente pour chaque sondage réalisé :

- les résultats des coupes de **sondages à la tarière** sur lesquelles sont reportés les renseignements suivants :
 - nature et niveau des différentes couches de terrain traversées,
 - venues d'eau constatées à l'exécution du forage,
 - paramètres techniques de forage (mode, outil, tubage, équipement),
 - enregistrement des paramètres de forages (Vitesse Instantanée d'Avancement, Pression de Poussée, Couple de Rotation),
 - résultats des essais d'identification en laboratoire (W_n teneur en eau naturelle, VBS valeur au Bleu de Méthylène, analyse granulométrique),
 - classification selon le Guide Technique de Réalisation des remblais et des couches de forme.
- Les résultats des coupes de **sondages carottés** sur lesquelles sont reportés les renseignements suivants :
 - nature et niveau des différentes couches de terrain traversées,
 - venues d'eau constatées à l'exécution du forage,
 - paramètres techniques de forage (mode, outil, tubage, équipement),
 - enregistrement des paramètres de forages (Vitesse Instantanée d'Avancement, Pression de Poussée, Couple de Rotation),
 - passes de carottage et d'échantillonnage (profondeur carottée et hauteur d'échantillon prélevé),
 - pourcentage de carottage,
 - résultats des essais de cisaillement (Cohésion effective c' , angle de frottement interne effectif φ' et masse volumique ρ).
- les résultats des coupes de **sondages au marteau fond de trou** sur lesquelles sont reportés les renseignements suivants :
 - nature et niveau des différentes couches de terrain traversées,
 - venues d'eau constatées à l'exécution du forage,
 - paramètres techniques de forage (mode, outil, tubage, équipement),
 - enregistrement des paramètres de forages (Vitesse Instantanée d'Avancement, Pression de Poussée, Couple de Rotation).
- les résultats des **sondages au pénétromètre**, qui permettent de déterminer les caractéristiques de résistance des sols (battage de tiges avec enregistrement en continu de la résistance de pointe selon l'enfoncement) sur lesquelles sont reportés les renseignements suivants :
 - les informations générales de localisation de l'essai (position suivant le profil routier, type d'ouvrage, coordonnées GPS),
 - enregistrement des paramètres de forage (graphique d'enfoncement en mm/coup, suivant la profondeur de descente),
 - coupe de terrain interprétée suivant la compacité des horizons traversés.

Des échantillons ont été prélevés au droit des sondages à la tarière pour réalisation d'essais d'identification en laboratoire (Détermination de la granulométrie, de la Valeur au Bleu de Méthylène et de la teneur en eau) afin d'en déterminer la classification GTR. L'**annexe 4** rassemble les procès verbaux des essais d'identification réalisés en laboratoire.

Sur les échantillons prélevés au droit des sondages carottés ont été effectués des essais de cisaillement direct en laboratoire, afin de déterminer la cohésion et l'angle de frottement des matériaux rencontrés. Les photographies des échantillons carottés et les procès verbaux d'essai de cisaillement sont présentés en **annexe 3**.

4.2.Coupes des sondages à la tarière

Les sondages à la tarière ont été réalisés suivant le programme défini initialement pour cette étude prospective. Toutefois, à partir de ST4 et jusqu'à ST7, l'arrêt des sondages sur refus de l'outil a été atteint très rapidement, à quelques dizaines de décimètres de profondeur.

Ainsi la tarière ST5 a fait l'objet de 2 autres sondages (ST5bis et ST5ter), décalés de plusieurs mètres dans le profil en long pour vérifier la cohérence des résultats (pas d'arrêt par refus sur bloc isolé).

C'est pourquoi, des sondages destructifs (SM15 et SM16) ont été réalisés en parallèle de ST4 et ST5, afin de s'assurer que le refus de tarière était bien consécutif à l'atteinte du substratum compact.

Le sondage à la tarière ST1 a mis en évidence :

- **un mélange de terre végétale et de limon**, sur 0,10 m d'épaisseur,
- **des remblais avec blocailles**, sur 0,50 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse remaniée**, sur 0,60 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse de plus en plus compacte**, sur 3,10 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol, par refus de la tarière à 4,32 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

Le sondage à la tarière ST2 a mis en évidence :

- **un mélange de terre végétale et de limon en majorité**, sur 0,90 m d'épaisseur,
- **des dépôts limoneux**, sur 0,80 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse de plus en plus compacte, blocailleuse à partir de 2,10 m, et avec présence supposée de vides à partir de 3,60 m (descente par à-coups de l'outil)**, sur 2,60 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol, par refus de la tarière à 4,30 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

Le sondage ST3 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et des matériaux de couche de forme**, sur 0,30 m d'épaisseur,
- **des matériaux fins en place ou remaniés de type sables argileux, de plus en plus argileux à partir de 4,50 m, et avec lit de blocailles schisteuses vers 6,50 m de profondeur**, sur 6,90 m d'épaisseur,
- **de l'arène compacte**, sur 0,15 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol, par refus de la tarière à 7,35 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

Le sondage à la tarière ST4 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et des matériaux de couche de forme**, sur 0,25 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse de plus en plus compacte**, sur 1,35 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol, par refus progressif de la tarière à 1,60 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

Les sondages à la tarière ST5, ST5bis et ST5ter ont mis en évidence :

- **de l'enrobé et des matériaux de couche de forme**, sur 0,35 m d'épaisseur pour ST5, sur 0,25 m d'épaisseur pour ST5bis et sur 0,38 m d'épaisseur pour ST5ter, avec arrêt du sondage par refus de la tarière entre 0,25 et 0,40 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

Le sondage à la tarière ST6 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et des matériaux de couche de forme**, sur 0,25 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse compacte**, sur 0,27 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage par refus de la tarière à 0,52 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

Le sondage à la tarière ST7 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et des matériaux de couche de forme**, sur 0,25 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse compacte**, sur 0,23 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage par refus de la tarière à 0,48 m de profondeur (atteinte supposée du substratum altéré compact avec présence de blocs rocheux).

4.3. Coupes des sondages carottés

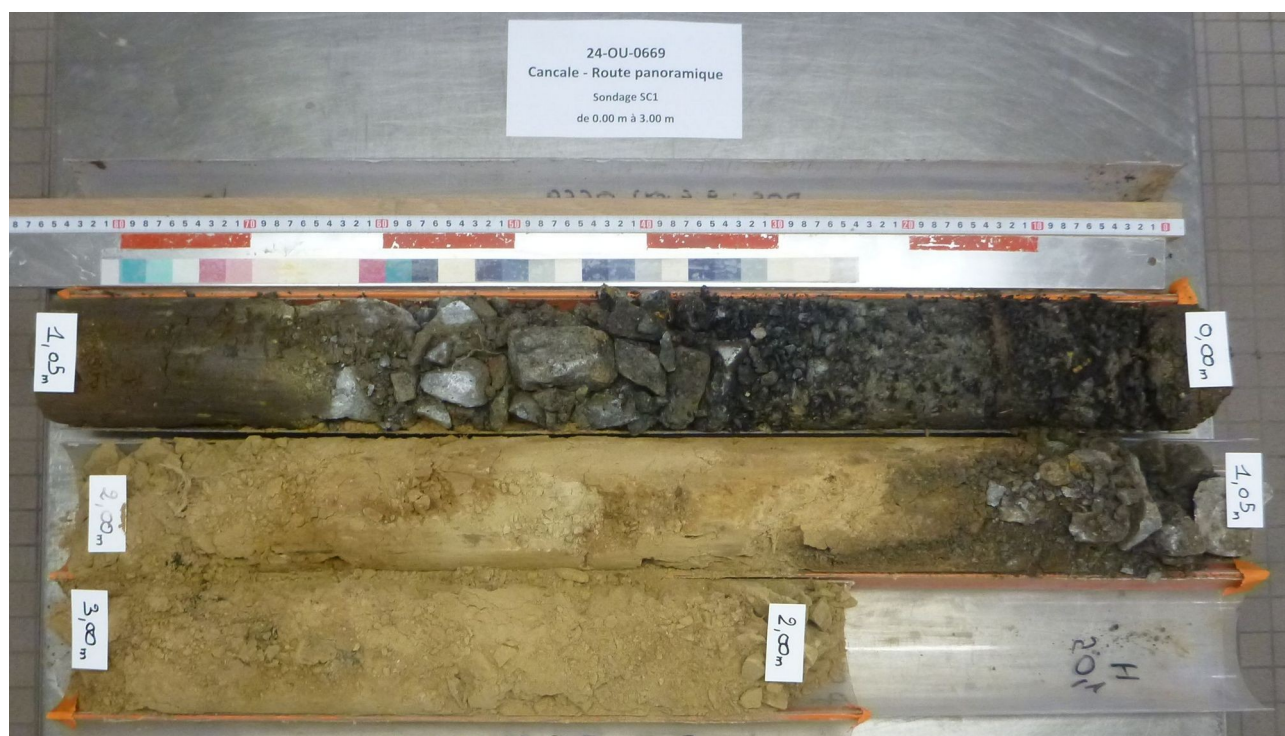
La position des sondages carottés a été revue par rapport au programme d'investigation défini initialement, et après réalisation de l'ensemble des sondages tarière :

- Le carottage SC1 a été réalisé vers P.160, comme prévu initialement au droit de la zone de glissement confortée au début des années 2000.
- En revanche, le carottage SC2 a été réalisé au niveau du secteur 3 (vers P.260 proche de la zone d'écoulement du ruisseau), où le sondage tarière ST3 a montré une grande épaisseur de sols fins.
- Le sondage SC2 (dans sa position initiale en parallèle de ST4) et le sondage SC3 (à ST5) n'ont pas pu être réalisés en raison de la présence du substratum géologique très proche de la surface. Ils ont donc été remplacés par les sondages destructifs SM15 et SM16.

Le sondage carotté SC1 a mis en évidence :

- **un mélange de granulats en couche de forme et de blocailles de type ballast (blocs de schiste gris-bleuté),** sur 0,70 m d'épaisseur,
- **des limons sableux bruns à débris de schiste, cailloutis et graviers,** sur 0,30 m d'épaisseur,
- **des limons sableux beige indurés et pulvérulents à la fois, à débris schisteux, cailloutis et graviers,** correspondant à l'horizon d'arène gréseuse à blocaille de plus en plus compacte décrit suivant les sondages tarière ST1 et ST2, sur 2,00 m d'épaisseur,
- **une lacune de carotte,** sur 1,50 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage à 4,50 m de profondeur après éboulement du trou à la remontée du carottier.

Cet incident de sondage a motivé la réalisation de compléments d'investigation dans le profil longitudinal et transversal de la voirie entre P.145 et P.165, afin de vérifier la présence possible d'anomalies de type vide ou de matériaux très fortement déconsolidés.



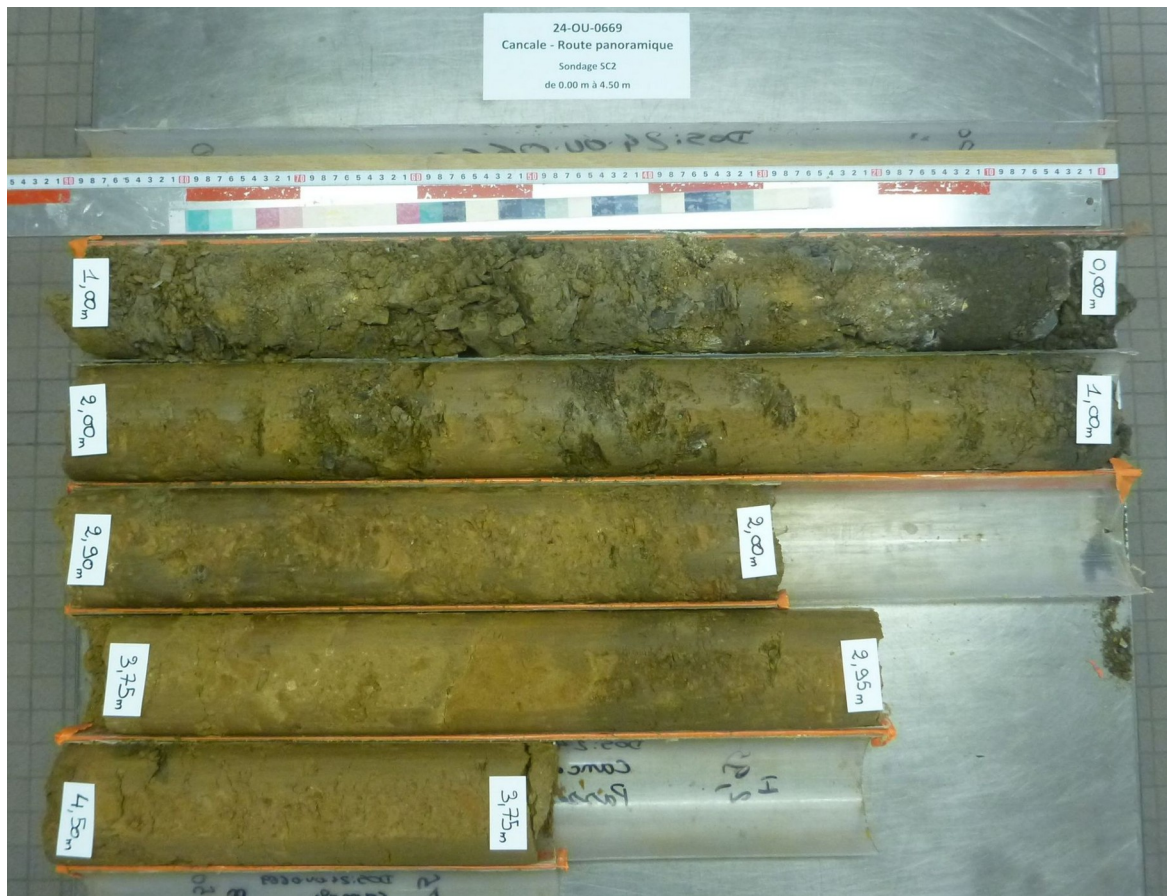
Carotte SC1 de 0 à 3,0 m de profondeur

Le sondage carotté SC2 a mis en évidence :

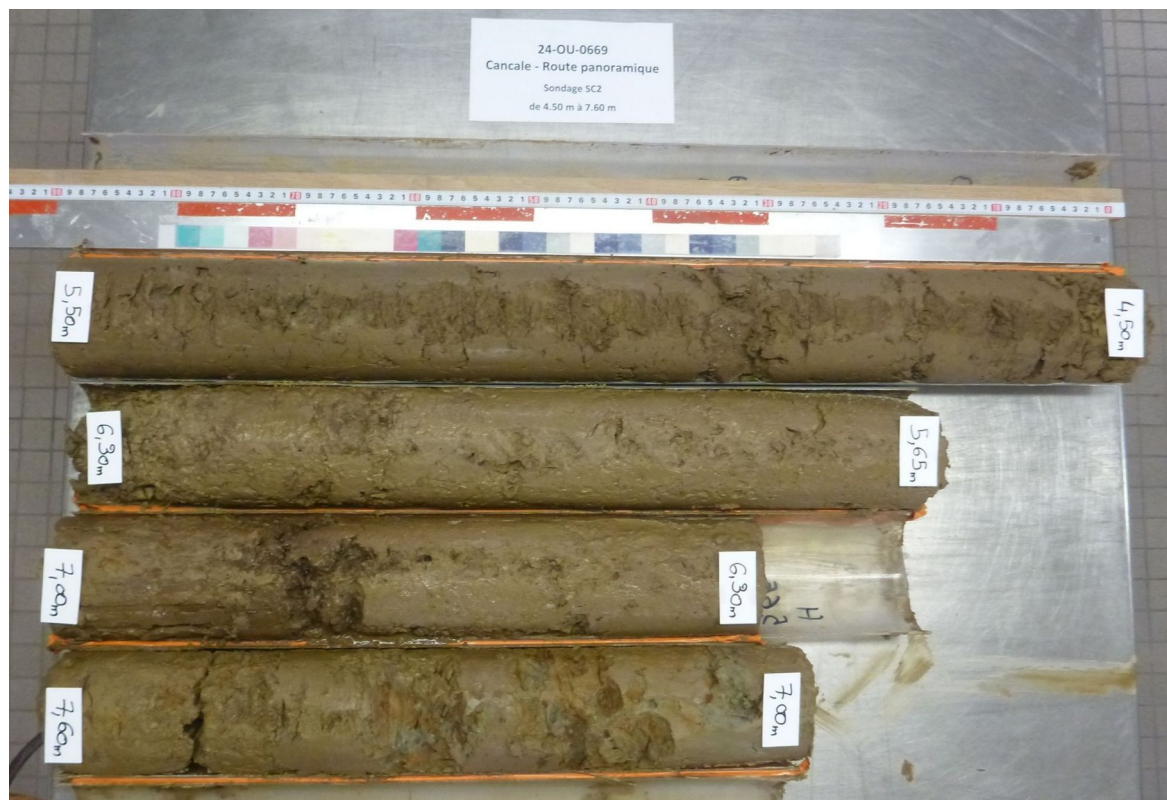
- **un mélange de granulats et de blocailles (petits blocs de schiste gris-bleuté) dans une légère matrice sableuse,** sur 1,0 m d'épaisseur,
- **du sable légèrement argileux brun beige induré, à graviers, cailloutis et cailloux,** sur 2,25 m d'épaisseur,
- **du sable légèrement argileux beige-marron, à graviers, cailloutis et cailloux,** sur 1,25 m d'épaisseur,
- **de l'argile sableuse brune à débris de schiste, cailloutis et graviers,** sur 1,0 m d'épaisseur,
- **de l'argile sableuse brune très humide à forte concentration de débris de schiste,** sur 1,35 m

d'épaisseur,

- **lit de grave schisteuse**, sur 0,05 m d'épaisseur,
- **de l'argile sableuse gris-verdâtre à traces orangeâtres**, très humide, à débris de schiste, cailloutis et graviers, sur 0,70 m d'épaisseur,



Carotte SC2 de 0 à 4,50 m de profondeur



Carotte SC2 de 4,50 à 7,60 m de profondeur

4.4.Coupes des sondages destructifs au marteau fond de trou

Cinq sondages destructifs au marteau fond de trou vers P.160 (SM10 à SM14) ont été réalisés suite à la découverte d'une lacune de matériaux lors du sondage SC1 et après corrélation avec le sondage à la tarière ST2, qui n'a pas remonté le volume de matériaux attendu normalement par l'outil.

Deux sondages destructifs (SM15 et SM16) ont été réalisés en parallèle de ST4 et ST5, afin de s'assurer que l'arrêt des tarières sur refus était bien consécutif à l'atteinte du substratum compact.

La description des coupes de sondage est faite par interprétation croisée des paramètres de forage, des cuttings et de la lithologie des autres sondages à proximité.

Le sondage au marteau fond de trou SM10 a mis en évidence :

- **du remblai ou de l'arène peu compact**, sur 1,50 m d'épaisseur,
- **un horizon correspondant au limon sableux ou arène gréseuse (selon SC1 et ST2) comportant des vides ou totalement décomprimé**, sur 1,00 m d'épaisseur,
- **de l'arène compacte**, sur 3,50 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

Le sondage au marteau fond de trou SM11 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et couche de forme**, sur 0,50 m d'épaisseur,
- **un horizon correspondant au limon sableux ou arène gréseuse (selon SC1 et ST2) comportant des vides ou totalement décomprimé**, sur 3,30 m d'épaisseur,
- **de l'arène compacte**, sur 2,60 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

Le sondage au marteau fond de trou SM12 a mis en évidence :

- **un horizon correspondant au limon sableux ou arène gréseuse (selon SC1 et ST2) plus ou moins compact par couche, et de plus en plus compact à partir de 3,50 m**, sur 4,50 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

Le sondage au marteau fond de trou SM13 a mis en évidence :

- **un horizon très décomprimé correspondant au limon sableux ou arène gréseuse (selon SC1 et ST2)**, sur 6,00 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse décomposée en tête devenant de plus en plus compacte**, sur 2,00 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

Le sondage au marteau fond de trou SM14 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et couche de forme**, sur 0,40 m d'épaisseur,
- **un horizon correspondant au limon sableux ou arène gréseuse (selon SC1 et ST2) comportant des vides ou totalement décomprimé**, sur 1,10 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse décomposée en tête jusqu'à 2,30 m, devenant de plus en plus compacte**, sur 2,90 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

Le sondage au marteau fond de trou SM15 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et couche de forme**, sur 0,80 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse compacte**, sur 1,70 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

Le sondage au marteau fond de trou SM16 a mis en évidence :

- **de l'enrobé et couche de forme**, sur 0,30 m d'épaisseur,
- **de l'arène gréseuse compacte**, sur 2,20 m d'épaisseur, avec arrêt du sondage sur même sol (atteinte du substratum altéré compact).

4.5.Coupes des sondages au pénétromètre dynamique

Les sondages au pénétromètre dynamique ont été réalisés globalement en suivant le programme défini initialement pour cette étude prospective :

- un sondage complémentaire (PDG3bis) a été réalisé vers P.160 suite à la découverte d'une zone de désordres autour des sondages SC1, ST2 et SM10 à 14.
- Le sondage PDG5 a fait l'objet d'un autre sondage (PDG5bis), décalé de quelques mètres pour vérifier la cohérence d'un refus de battage à 2 m de profondeur (pas d'arrêt par refus sur bloc).

La description des coupes de sondage est faite par interprétation de l'enfoncement de la pointe, qui traduit la pénétration de l'outil dans les couches traversées, c'est à dire la compacité des matériaux suivant leur épaisseur.

Le sondage au pénétromètre PDG1 a mis en évidence :

- de 0 à 1,00 m : une descente rapide dans un **sol peu compact** (matériaux décomprimés),
- de 1,0 à 3,40 m : une descente modérée à lente dans un **sol compact**,
- de 3,30 m à 6,30 m : une descente lente dans un **sol compact à horizons de blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 6,30 m à 6,50 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 6,50 m

Le sondage au pénétromètre PDG2 a mis en évidence :

- de 0 à 1,00 m : une descente rapide dans un **sol peu compact** (matériaux décomprimés),
- de 1,0 à 1,60 m : une descente très rapide dans un **sol lâche très décomprimé**,
- de 1,6 à 2,40 m : une descente rapide dans un **sol peu compact** (matériaux décomprimés),
- de 2,4 à 4,40 m : une descente modérée à lente dans un **sol compact avec une zone de blocs ou blocailles vers 3,80 m**,
- de 4,40 m à 5,20 m : une descente lente dans un **sol compact à horizons de blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 5,20 m à 5,70 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 5,70 m

Le sondage au pénétromètre PDG3bis a mis en évidence :

- de 0 à 5,00 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact avec blocs**,
- de 1,0 à 3,40 m : une descente modérée à lente dans un **sol compact**,
- de 3,30 m à 6,30 m : une descente lente dans un **sol compact à horizons de blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 6,30 m à 6,50 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 6,50 m

Le sondage au pénétromètre PDG3 a mis en évidence :

- de 0 à 1,00 m : une descente rapide dans un **sol peu compact**,
- de 1,0 à 1,50 m : une descente très rapide dans un **sol lâche très décomprimé**,
- de 1,5 à 2,00 m : une descente rapide dans un **sol peu compact**,
- de 2,0 à 3,00 m : une descente modérée à lente dans un **sol légèrement plus compact avec une zone de blocs ou blocailles**,
- de 3,0 à 3,50 m : une descente rapide dans un **sol peu compact**,
- de 3,5 à 5,50 m : une descente modérée à lente dans un **sol plus compact avec une zone de blocs ou blocailles entre 4,0 et 4,5 m**,
- de 5,5 à 7,00 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact avec un passage de blocs ou blocailles vers 6,50 m**,
- de 7,0 m à 8,20 m : une descente lente dans un **sol compact à horizons de blocs ou blocailles**,
- de 8,2 à 9,00 m : une descente modérée dans un **horizon peu consolidé**,

- de 9,00 m à 9,50 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 9,50 m

Le sondage au pénétromètre PDG4 a mis en évidence :

- de 0 à 1,00 m : une descente rapide dans un **sol peu compact** (matériaux décomprimés),
- de 1,0 à 2,00 m : une descente très rapide dans un **sol lâche très décomprimé**,
- de 2,0 à 5,20 m : une descente rapide dans un **sol peu compact** (matériaux décomprimés),
- de 5,2 à 6,00 m : une descente modérée dans un **sol légèrement compact**,
- de 6,0 m à 7,00 m : une descente lente dans un **sol compact** (substratum altéré probable),
- de 7,00 m à 7,60 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 7,60 m

Le sondage au pénétromètre PDG5bis a mis en évidence :

- de 0 à 2,20 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact**,
- de 2,2 à 2,50 m : une descente lente dans un **horizon de blocs ou blocailles**,
- de 2,5 à 3,00 m : une descente modérée à rapide dans un **horizon peu consolidé**,
- de 3,00 m à 3,40 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 3,40 m

Le sondage au pénétromètre PDG5 a mis en évidence :

- de 0 à 1,40 m : une descente modérée à lente dans un **sol avec blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 1,4 m à 2,00 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 2,00 m

Le sondage au pénétromètre PDG6 a mis en évidence :

- de 0 à 0,80 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact**,
- de 0,8 à 2,10 m : une descente lente dans un **sol avec passages de blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 2,10 m à 2,40 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 2,40 m

Le sondage au pénétromètre PDG7 a mis en évidence :

- de 0 à 0,80 m : une descente rapide dans un **sol peu compact à décomprimé**,
- de 0,8 à 2,00 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact**,
- de 2,0 à 4,60 m : une descente lente dans un **sol avec passages de blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 4,60 m à 5,00 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 5,00 m

Le sondage au pénétromètre PDG8 a mis en évidence :

- de 0 à 3,20 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact avec passages de blocs ou blocailles**,
- de 3,2 à 5,20 m : une descente rapide dans un **sol peu compact**,
- de 5,20 m à 5,60 m : une descente lente dans un **sol compact à blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 5,60 m à 5,70 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 5,70 m

Le sondage au pénétromètre PDG9 a mis en évidence :

- de 0 à 1,10 m : une descente rapide à modérée dans un **sol peu compact avec passages de blocs ou blocailles**,

- Arrêt du sondage sur incident de stabilité de la machine, déversant vers la pente.

Le sondage au pénétromètre PDG10 a mis en évidence :

- de 0 à 0,60 m : une descente rapide dans un **sol peu compact**,
- de 0,6 à 0,70 m : une descente lente dans un **horizon de blocs ou blocailles** (substratum altéré probable),
- de 0,70 m à 1,50 m : une descente très lente dans le **substratum peu altéré**,
- Arrêt sur refus de battage à 1,50 m

4.6. Résultats des essais d'identification en laboratoire et classification des sols

Des essais d'identification (détermination de la granulométrie, de la Valeur au Bleu de Méthylène et de la teneur en eau) ont été réalisés sur 17 échantillons prélevés au droit des sondages à la tarière.

La classification géotechnique des sols rencontrés est établie en référence au Guide Technique pour la Réalisation des remblais et des couches de forme (G.T.R.), suivant la norme NF EN 16907-2.

La totalité des échantillons étudiés se classent en matériaux I1 et F1 (anciennement B5 et A1 selon la norme NF P11-300).

- Pour le sondage ST1, les essais réalisés ont permis de classer les échantillons en sols fins de classe I1 (B5), pour l'ensemble des échantillons n°1 à 4 (entre 1 m et 4 m de profondeur), qui sont des sols sableux et graveleux avec fines (sables et graves très silteux), peu plastiques avec une proportion de fines assez faible ($25 \% \leq 80 \mu\text{m} \leq 30\%$), variant très rapidement de consistance et donc de comportement avec de faibles variations de teneur en eau. Les matériaux sont à l'état très sec ($w < 6\%$) ;
- Pour le sondage ST2, les essais réalisés ont permis de classer les échantillons également en sols fins :
 - soit de classe F1 (A1), pour l'échantillon n°5 à 1 m de profondeur, qui est un sol fin de type sable fin à limon peu plastique, avec une proportion de fines assez importante ($66 \% < 80 \mu\text{m}$), sensible aux variations de teneur en eau. Les matériaux sont à l'état humide ($w < 18\%$) ;
 - soit de classe I1 (B5), pour l'échantillon n°7 à 3 m de profondeur, qui est un sol sableux et graveleux avec fines (sables et graves très silteux), peu plastique avec une proportion de fines assez faible ($30 \% < 80 \mu\text{m}$). Les matériaux sont à l'état très sec ($w < 4\%$) ;
- Pour les sondages ST3 et ST4, les essais en laboratoire réalisés ont permis de classer ces échantillons en sols fins de classe F1 (A1), pour les échantillons n°10, 12 et 14 aux profondeurs de 2 m, 4 m et 6 m pour ST3 et l'échantillon n°17 à 1 m de profondeur pour ST4. Il s'agit de sols fins à tendance argileuse, peu plastiques, variant de consistance suivant les variations de teneur en eau. Ils sont à l'état humide ($w < 10$ à 20%).

Ainsi, les sols de classe GTR :

- F1 (A1) (sondages ST2 et ST3) sont généralement des sols peu perméables, mais les valeurs VBS obtenues sont relativement faibles (0,46 à 1,43 g/100 g de sol), montrant ainsi une fraction argileuse assez faible et donc une cohésion faible. Ils peuvent aussi devenir instables par imbibition du sol jusqu'à atteinte de leur limite de liquidité, pour un niveau d'humidité assez élevé ;
- I1 (B5) (sondages ST1 et ST2) sont des sols peu cohésifs et perméables montrant une encore plus grande sensibilité à la circulation d'eau interne que la classe F1 et donc plus facilement érodable/lessivable en fonction du niveau d'imbibition (= sensible au risque d'érosion interne).

Ces éléments indiquent que le passage d'eau dans ces formations peut avoir une influence sur leur comportement mécanique par imbibition et lessivage des matériaux, entraînant de l'érosion (perte des fines) et des instabilités (glissement).

Les résultats des essais d'identification en laboratoire sont reportés sur les coupes lithologiques des sondages à la tarière en *annexe 2* et les procès verbaux des essais rassemblés en *annexe 4*.

4.7. Aspect hydrogéologique

Lors des interventions, seul le sondage à la tarière ST3 a présenté un niveau d'eau non stabilisé de la nappe à partir de 5,4 m de profondeur par rapport au niveau du terrain naturel, à la cote d'environ 17,80 m NGF.

Tous les autres sondages se sont quant à eux révélés secs au moment de nos interventions, malgré une période hivernale 2025/2026 particulièrement pluvieuse.

4.8.Essais de cisaillement direct

Ces essais ont été réalisés conformément à la norme NF EN ISO 17892-10, et fournissent les résultats suivants.

Compte tenu de la présence de cailloutis ou graviers, la majorité des échantillons ont dû être écrêtés, la norme n'autorisant pas une granulométrie supérieure à 5 mm.

Sondage	Profondeur (m)	Matériau	Masse volumique ρ (Mg/m ³)	Cohésion c' (kPa)	Angle de frottement interne φ' (kPa)
SC1	2,00 à 2,20	limons sableux beige	2,0 (*)	6 (*)	32,2 (*)
SC2	2,40 à 2,50	sable légèrement argileux brun beige	2,0 (*)	4 (*)	32,5 (*)
SC2	3,85 à 3,95	sable légèrement argileux brun beige	1,863	6	32
SC2	6,10 à 6,25	argile sableuse brune très humide	2,0 (*)	4 (*)	33,6 (*)

Résultats des essais de cisaillement direct

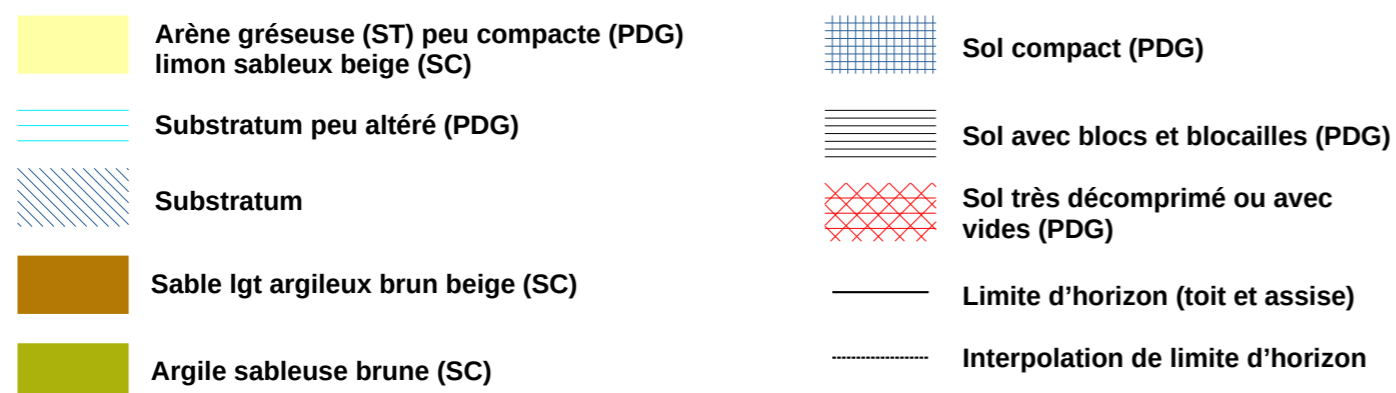
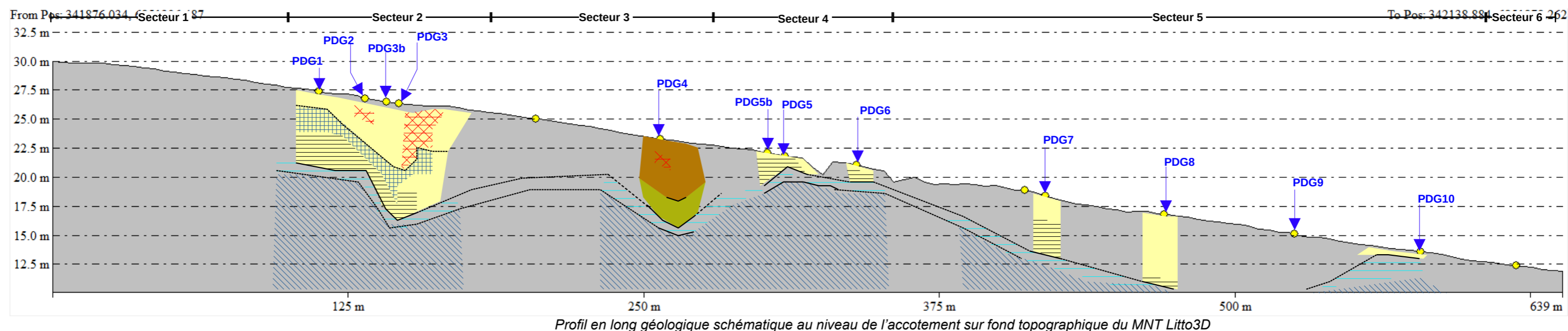
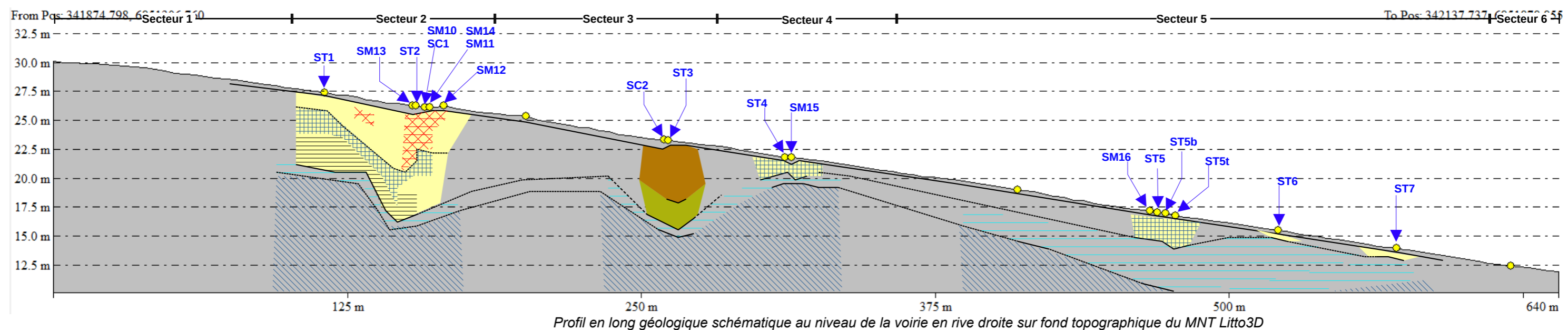
* : matériau écrêté à 5 mm et reconstitué à une masse volumique de 2 Mg/m³

Les résultats des essais en laboratoire sont reportés sur les coupes lithologiques des sondages carottés en **annexe 2** et les procès verbaux des essais rassemblés en **annexe 3**.

4.9.Coupes schématiques de synthèse des investigations géotechniques

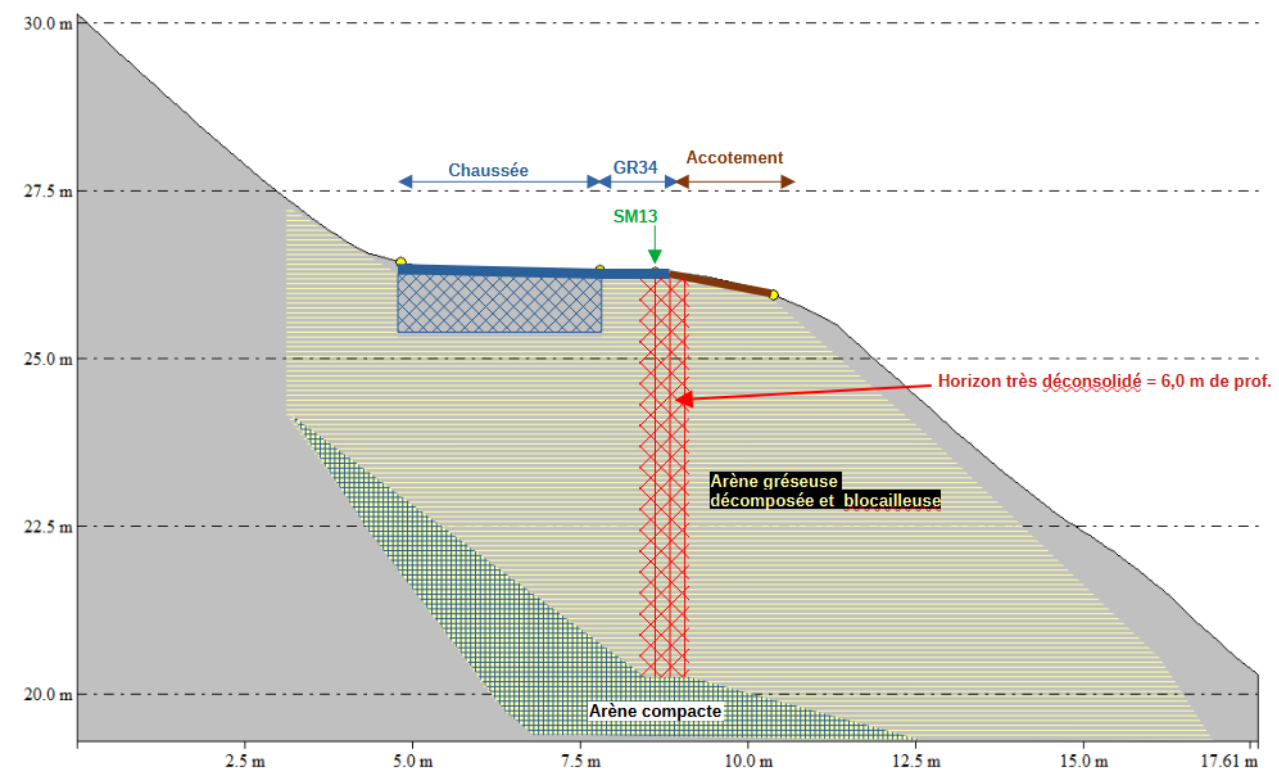
Il est ainsi proposé un modèle géotechnique établi suivant :

- deux coupes schématiques selon le profil en long de la route panoramique au niveau de la voirie et sur l'accotement/GR34,
- quatre coupes schématiques selon des profils en travers entre P.150 et P.160,

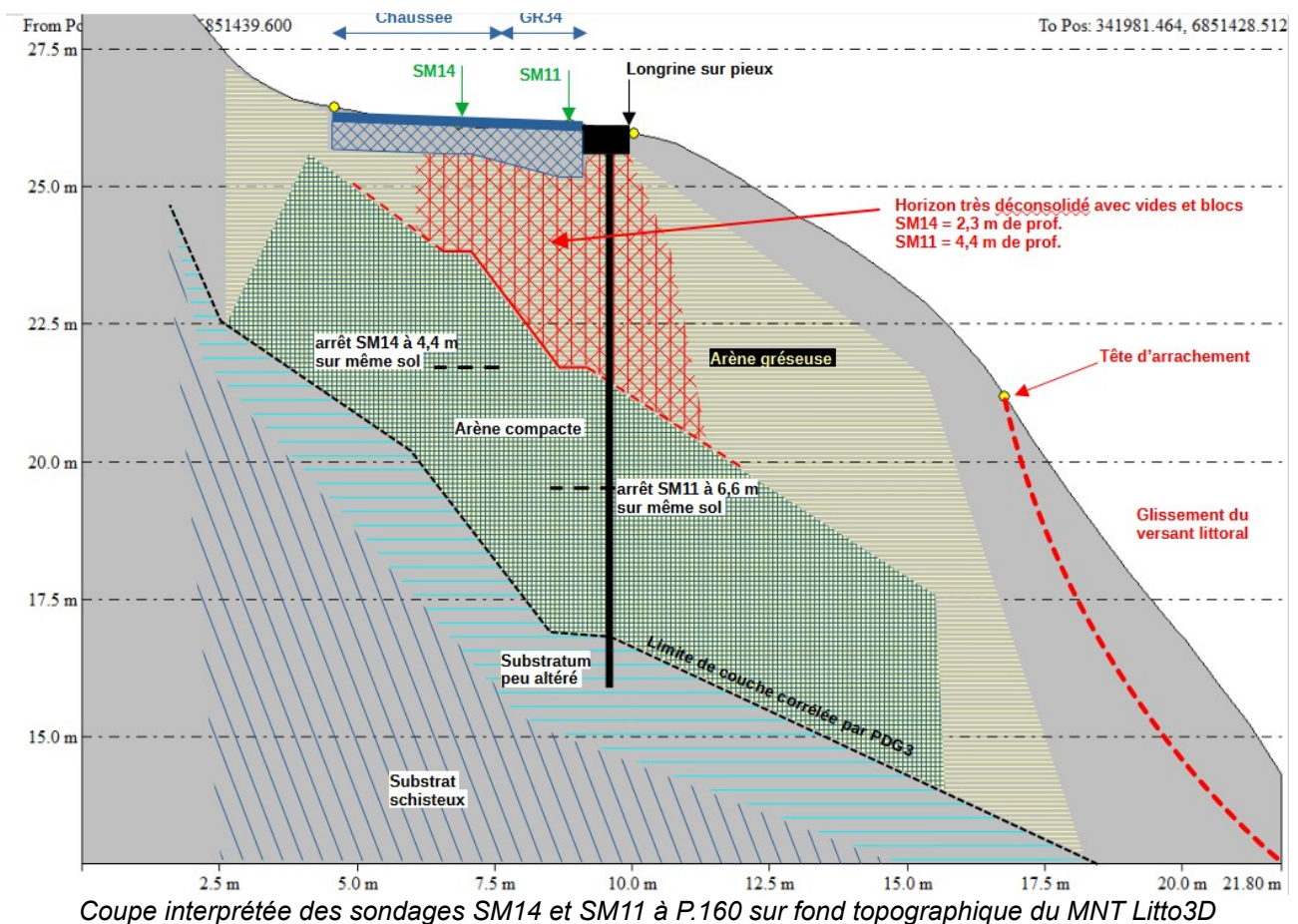
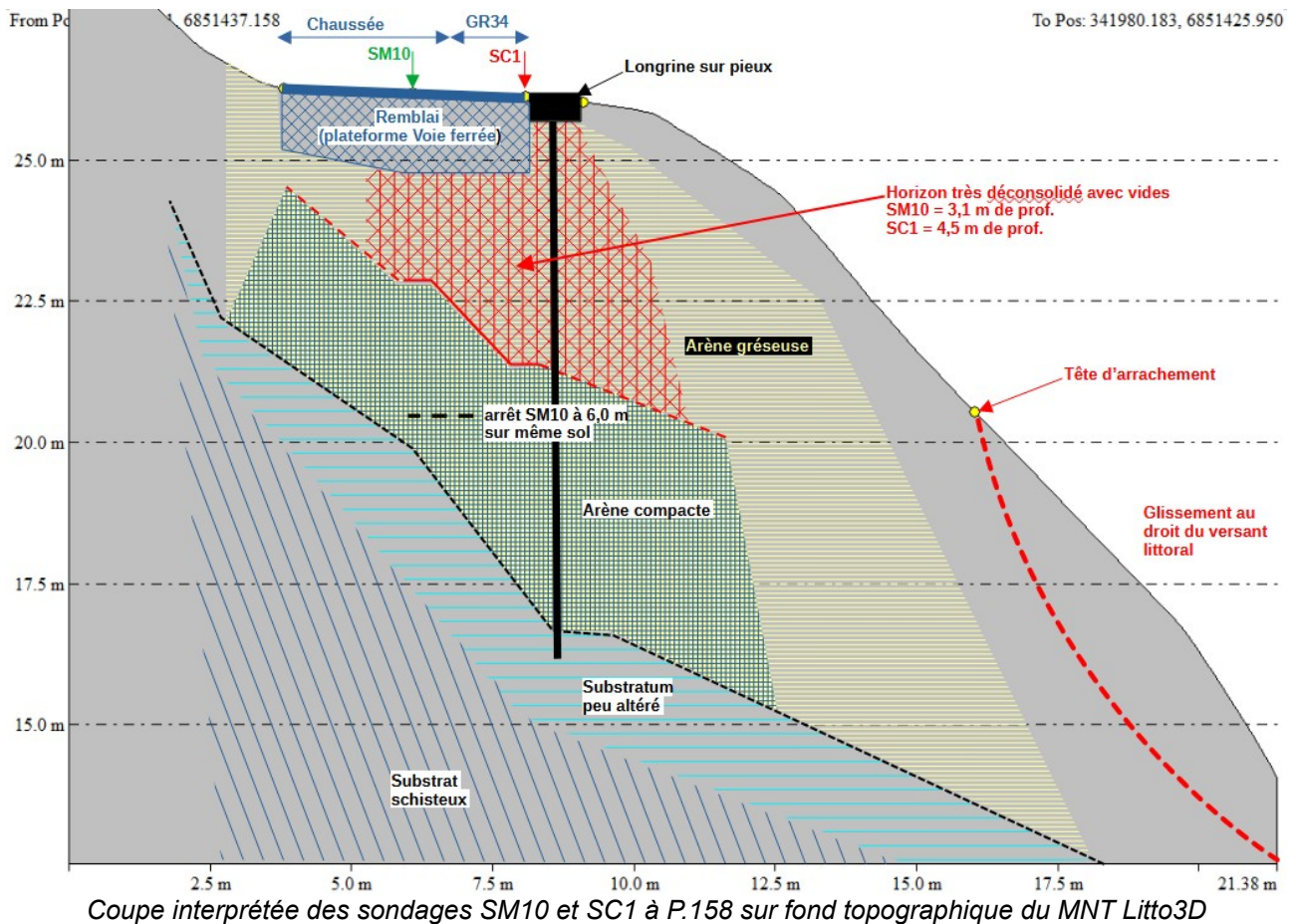


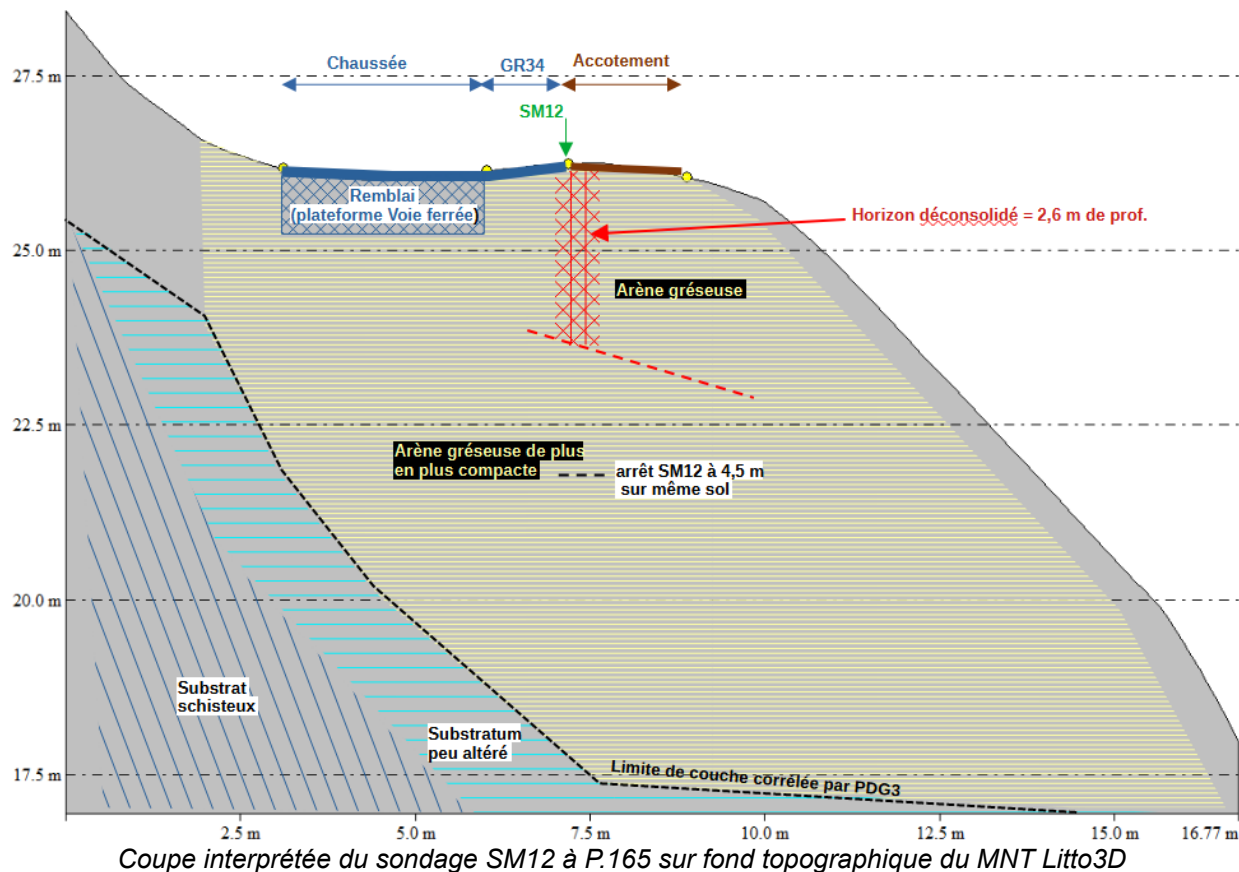


Implantation des sondages réalisés en travers de la plateforme routière de P.140 (PDG3bis) à P.165 (SM12)



Coupe interprétée du sondage SM13 à P.153 sur fond topographique du MNT Litto3D





5 Diagnostic de stabilité du versant littoral

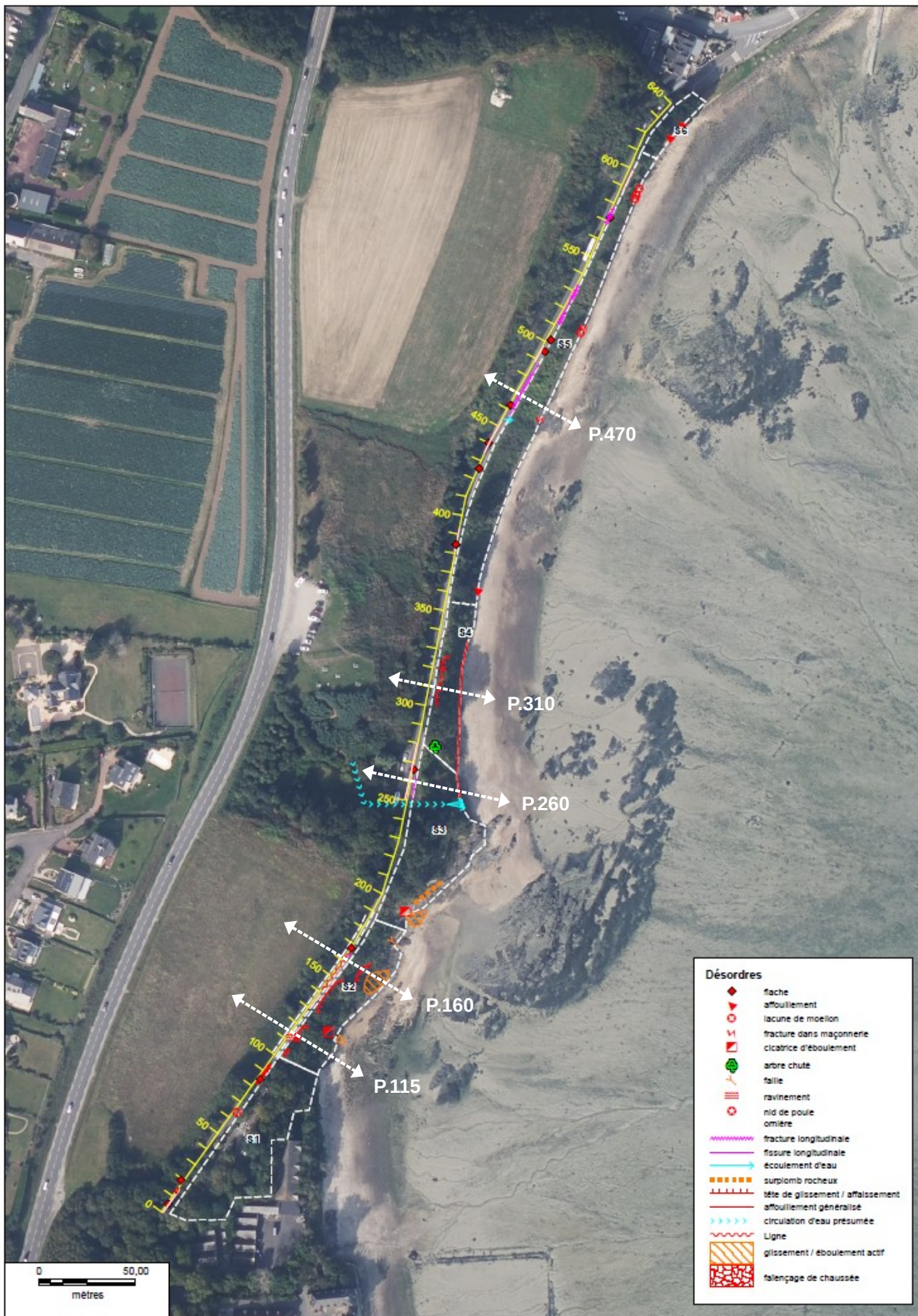
Les analyses de stabilité au glissement sont effectuées en rupture circulaire à l'aide du programme TALREN Version 6 de la société Terrasol, en appliquant la méthode de Bishop.

Les calculs de stabilité sont reportés en **annexe 1**.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- les couches de sol ont été modélisées pour chaque profil par interprétation de l'ensemble des résultats de sondages (tarière, carottés et pénétrométriques).
- la lithologie au droit des sondages au pénétromètre est déduite des résultats d'enfoncement et des sondages réalisés à proximité. Il peut ainsi être difficile de distinguer localement la nature de certains matériaux de faible compacité (limon ? Remblais ?)
- les caractéristiques mécaniques (poids volumique, cohésion et angle de frottement) sont issues de corrélations entre les essais réalisés et notre expérience. Des tableaux récapitulent le modèle de sol appliqué pour chaque profil d'étude.
- les profils en travers sont établis à partir des données topographiques du MNT Litto3D de 2018,
- le jeu des coefficients de sécurité est celui du cas traditionnel en situation définitive. Dans ce cas, la stabilité est tout juste vérifiée lorsque le facteur de sécurité F_s est supérieur à 1.
- l'étude de stabilité considère une surcharge verticale de 10 kPa au droit de la route actuelle, représentant la circulation des véhicules légers, et de 5 kPa au droit du GR34 représentant le passage des piétons.
- une surcharge verticale de 20 kPa est prise en compte dans une autre phase de calculs, pour représenter la circulation de camions ou engins de chantier
- un deuxième cas est aussi vérifié, reprenant l'ensemble des hypothèses précédentes, mais en considérant la présence de circulations d'eau dans les horizons de matériaux meubles au niveau du GR34 à partir de P.240. En effet, les DICT ont montré la présence d'un réseau d'éclairage public au milieu du GR34 sur une profondeur de 60 cm, constituant très probablement une tranchée drainante pour les matériaux en rive du talus.

Cinq profils en travers sont étudiés à P.115, P.160, P.260, P.310 et P.470 (secteurs 2, 3, 4 et 5).

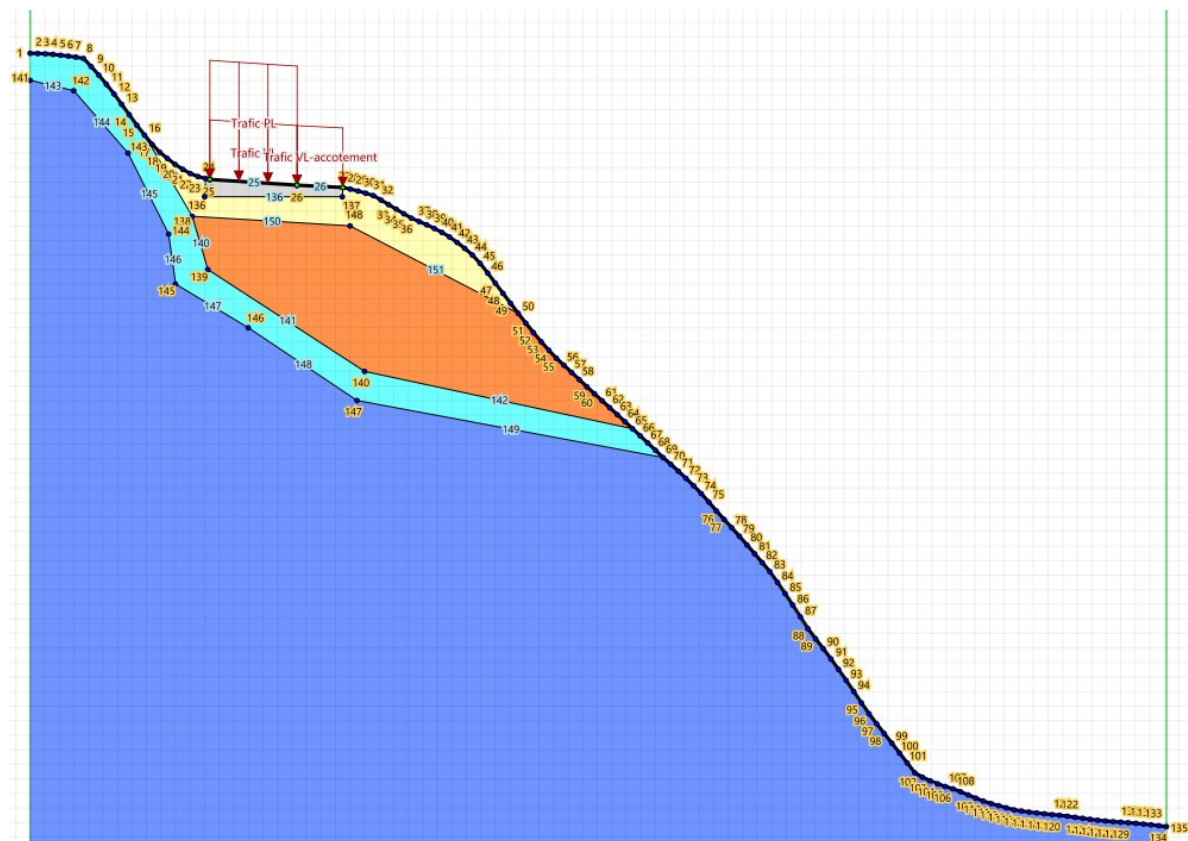


Implantation des profils pour évaluation de la stabilité

5.1. Secteur 2 – Profil à P.115

Ce profil est représentatif de la configuration générale de la plateforme routière et du talus littoral au niveau du secteur 2, montrant une succession de dépressions pseudo-circulaires avec affaissement de la ligne d'escarpement en rive de l'accotement.

- **Profil P.115**



Coupe géotechnique interprétée au droit du profil P.115

Secteur	Sondages concernés	Nature du sol	Profondeur /T.N. au droit des sondages (m)	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
S2	ST1, PDG1, sondages corrélés (PDG2)	Enrobé et couche de forme	De 0 à 0,6	20	20	35
		Arène gréseuse peu compacte	0,6 à 1,2	20	5	32
		Arène gréseuse compacte avec blocs ou blocailles	1,2 à 4,30 (fin de sondage ST1) à 6,20 (PDG1)	20	7	33
		Schistes peu altérés	6,20 à 6,60 (PDG 1)	22	15	28
		Schistes fracturés	> 6,60 (PDG 1)	25	35	30

Caractéristiques mécaniques des sols retenues au droit du profil P.115

5.1.1 Calculs de stabilité

Différents calculs de stabilité au glissement ont été menés selon les surcharges apportées au droit de la route :

- la première phase de calculs correspond à la vérification de la stabilité naturelle du talus sans surcharge,
- la deuxième phase impose au talus une surcharge de 10 kPa correspondant à la circulation/stationnement de véhicules légers s'appliquant à la chaussée et à la piste cyclable en rive,
- la troisième phase de calculs impose au talus une surcharge de 20 kPa s'appliquant à la chaussée

et correspondant à une circulation de poids lourds ; de 10 kPa correspondant au stationnement de véhicules légers s'appliquant à la piste cyclable en rive.

Pour chacune des phases, plusieurs situations sont vérifiées, selon l'importance du glissement étudié, et donc le point de passage des cercles de glissements.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-après et les calculs de stabilité en annexe 1.

• **Facteurs de sécurité obtenus**

Situation	Phase 1 : sans surcharge	Phase 2 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée et piste cyclable	Phase 3 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 10 kPa sur piste cyclable
1	1,25	Pas d'incidence	Pas d'incidence
2	1,51	1,46	1,44
3	1,29	1,28	1,27

Résultats des calculs

5.1.2 Résultats d'étude

La stabilité du talus est assurée ($F_s > 1,20$) vis à vis de toutes les situations de glissement au niveau de l'accotement, de la piste cyclable et de la voie de circulation, avec et sans surcharge.

Toutefois, compte tenu de l'aspect des matériaux prélevés lors des sondages tarière et carottés et après résultats des essais d'identification selon la classification GTR, on considère que ces matériaux fins sont particulièrement sensibles aux variations hydriques, influençant les paramètres géo-mécaniques intrinsèques. C'est pourquoi, il est quand même possible que des glissements apparaissent, plus particulièrement en rive du talus (situation 1), lors d'apport d'eau de ruissellement en provenance de la chaussée, particulièrement en période de forte pluie.

5.2. Secteur 2 – Profil à P.160

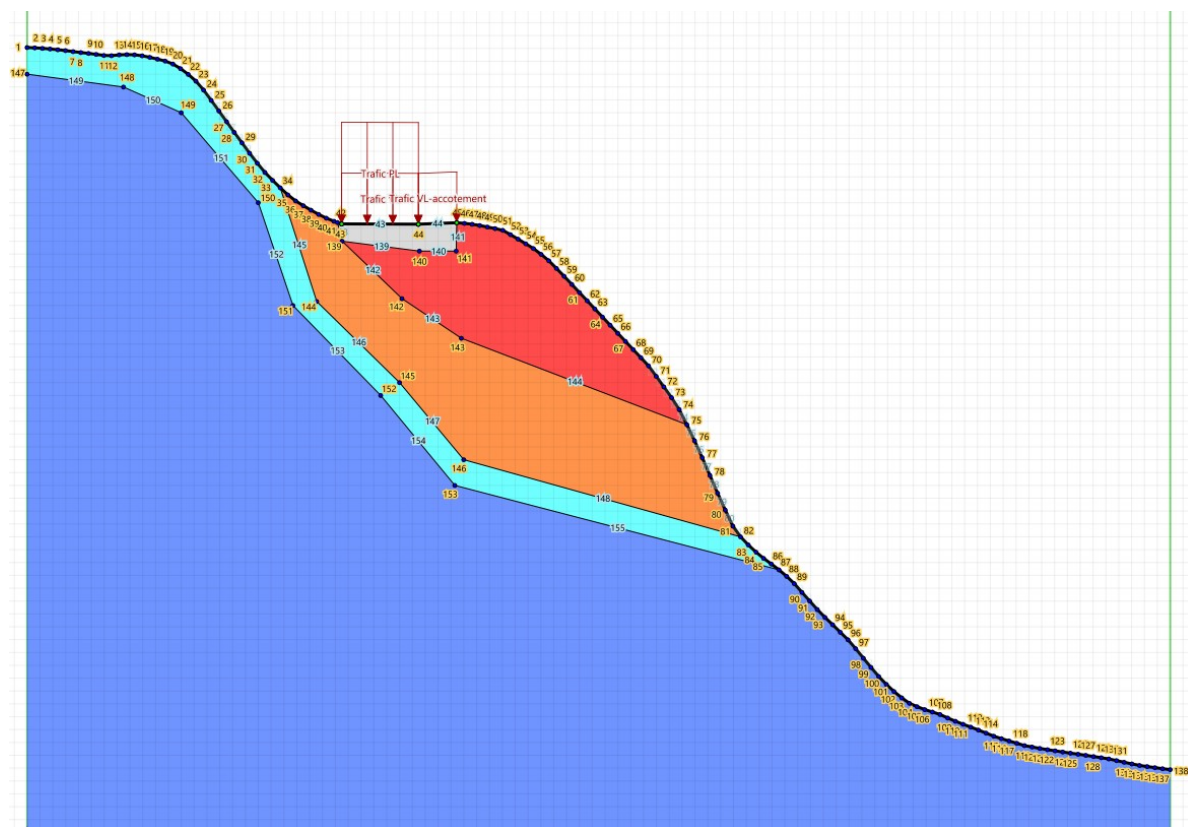
Ce profil correspond à un segment particulier du secteur 2, présentant des d'anomalies de type vide ou matériaux très déconsolidés, qui ont été mis en évidence par un ensemble de sondages entre Pr.150 et Pr.165.

Comme vu précédemment, cette zone a déjà fait l'objet d'un confortement par clouage vertical d'une longrine en stabilisation de l'accotement, suite au glissement de la tête du talus constaté en 2001. Aujourd'hui il est uniquement constaté un glissement actif du talus littoral à cinétique lente sur environ 15 m de long, mais sur une épaisseur de terrain assez superficielle, dont le recul de la tête de glissement n'atteint ni le sommet de talus, ni la plateforme routière.

L'évaluation de la stabilité d'un versant comportant des couches de sol décomprimées avec la présence de vides ou de fissure/fractures n'est pas possible dans les outils de modélisation numérique. C'est pourquoi, il est retenu des paramètres géomécaniques dégradés ($c' = 0$ kPa) pour l'horizon de sol déconsolidé.

Par ailleurs, il n'a pas non plus été intégré le confortement linéaire de la voirie par la longrine clouée verticalement dans le modèle calculatoire, dans la mesure où ce type d'ouvrage ne traite pas les pathologies de type lessivage de matériaux (vide) ou déconsolidation du terrain.

• **Profil P.160**



Coupe géotechnique interprétée au droit du profil P.160

Secteur	Sondages concernés	Nature du sol	Profondeur /T.N. au droit des sondages (m)	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
S2	SC1, SM10, SM14, SM11 sondages corrélés ST2, SM13, SM12, PDG3, PDG3bis	Enrobé et couche de forme	De 0,5 à 0,9	20	20	35
		Arène gréseuse déconsolidée	0,5 à 4,4 m (SM11) et 0,5 à 2,4 (SM14)	20	0	32
		Arène gréseuse compacte avec blocs ou blocailles	De 2,4 à 4,4 (fin SM14 sur même sol et refus ST2), de 4,4 à 6,6 (fin SM11 même sol), de 7 à 9 (PDG3), de 6 à 10 (PDG3bis)	20	7	33
		Schistes peu altérés	De 9,0 à 9,5 (PDG 3)	22	15	28
		Schistes fracturés	> 9,5 (PDG 3)	25	35	30

Caractéristiques mécaniques des sols retenues au droit du profil P.160

5.2.1 Calculs de stabilité

Différents calculs de stabilité au glissement ont été menés selon les surcharges apportées au droit de la route :

- la première phase de calculs correspond à la vérification de la stabilité naturelle du talus sans surcharge,
- la deuxième phase impose au talus une surcharge de 10 kPa correspondant à la circulation/stationnement de véhicules légers s'appliquant à la chaussée et à la piste cyclable en rive,
- la troisième phase de calculs impose au talus une surcharge de 20 kPa s'appliquant à la chaussée et correspondant à une circulation de poids lourds ; de 10 kPa correspondant au stationnement de véhicules légers s'appliquant à la piste cyclable en rive.

Pour chacune des phases, plusieurs situations sont vérifiées, selon l'importance du glissement étudié, et donc le point de passage des cercles de glissements.

• **Facteurs de sécurité obtenus**

Situation	Phase 1 : sans surcharge	Phase 2 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée et piste cyclable	Phase 3 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 10 kPa sur piste cyclable
1	0,82	Pas d'incidence	Pas d'incidence
2	0,91	0,90	Pas d'incidence
3	0,96	0,94	0,94
4	1,15	1,14	1,13

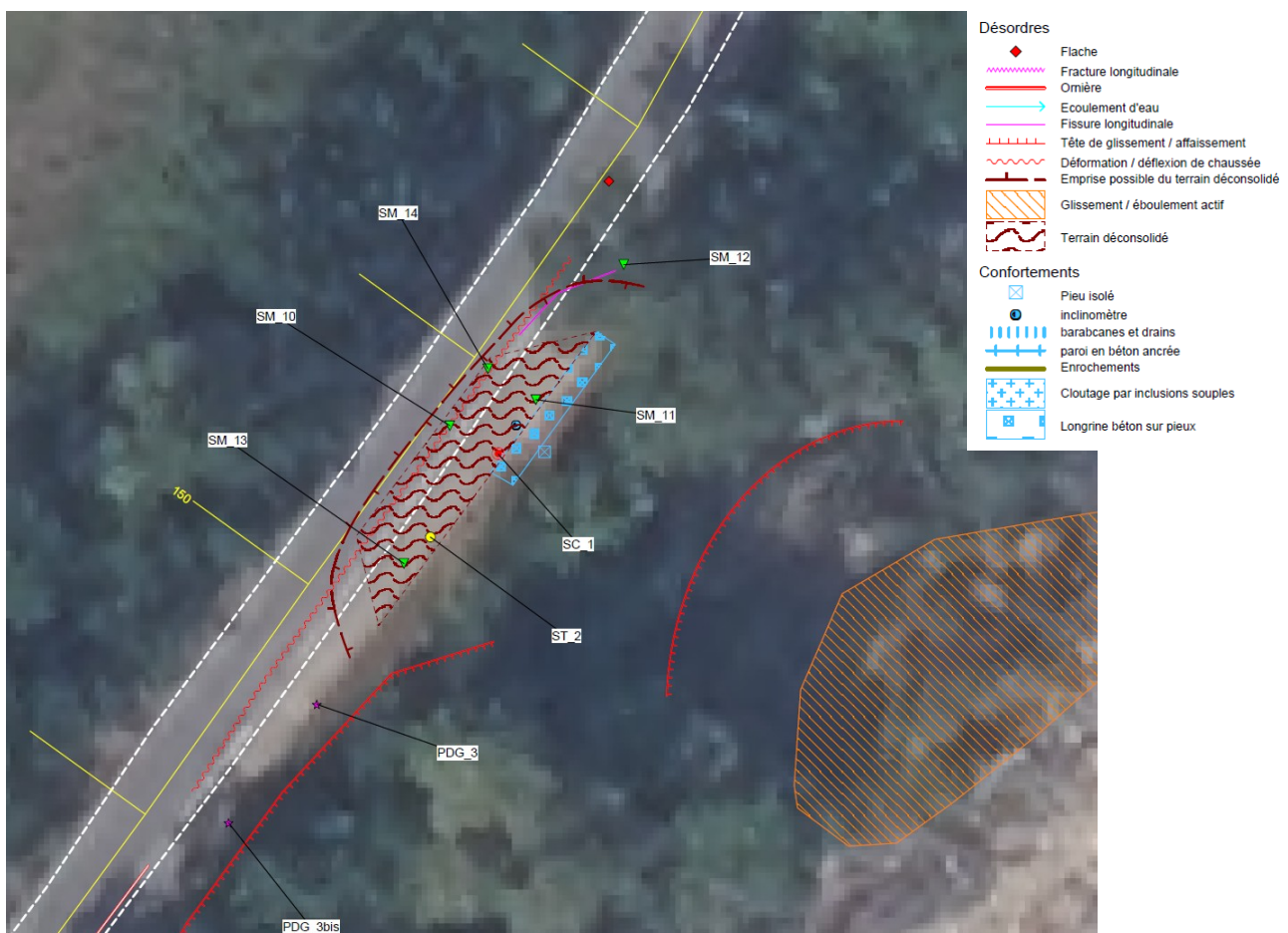
Résultats des calculs

5.2.2 Résultats d'étude

La stabilité du talus n'est ainsi pas assurée ($F_s < 1,0$) vis à vis de l'ensemble des situations de glissement de l'accotement, de la piste cyclable et de la voie de circulation, avec et sans surcharge, au niveau des horizons de sol décomprimé par la présence de vides (représenté par une cohésion = 0 kPa). Seule, la stabilité au glissement circulaire dans la couche de sol plus compacte, surmontant le substratum rocheux, semble assurée, dans la mesure où les éléments fins ne subissent pas aussi un lessivage progressif par infiltration d'eau au travers de la couche déconsolidée sus-jacente.

Ainsi, l'horizon de matériaux déconsolidés se situe à une profondeur comprise globalement entre 1,5 m et 5 m au droit de l'accotement et de la piste cyclable/GR34 (dans l'alignement de la longrine de renfort) et plutôt entre 0,5 m et 3 m au niveau de la bande de roulement en rive droite de la voie de circulation.

La zone déconsolidée semble s'étendre sur une longueur d'au moins 13 m de SM13 à SM11 et peut être jusqu'à environ 20 m entre PDG3 et SM12 (en suivant l'orniérage de la chaussée). L'extension dans le profil en travers de chaussée d'au moins 3 m depuis l'accotement (longrine + GR34 + Bande de roulement rive droite), laissant une largeur disponible d'environ 2,2 m, sans certitude sur la présence de matériaux décomprimés au-delà.



Plan d'implantation des sondages réalisés en estimation de la zone décomprimée suivant le profil en long de la route

Il n'a pas pu être effectué d'autre vérification plus en amont du profil en travers de chaussée au delà de

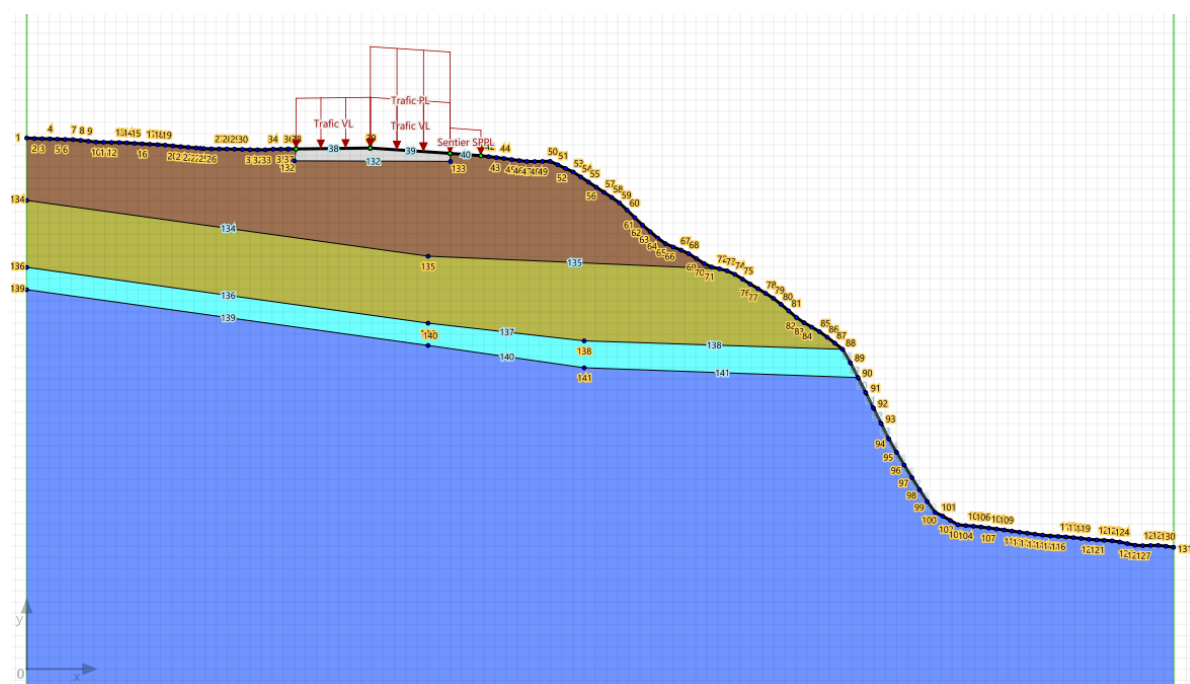
2,30 m de l'accotement, en raison de la présence d'une conduite d'eaux usées, dont le tracé apparaît variable et très incertain selon les DICT.

Lors de la réalisation des sondages SM10, 11 et 14, il a été observé que l'air arrivant du littoral (vent), en s'infiltrant dans le versant aval, soufflait des particules de matériaux au travers des trous de forage et que de fait, ils pourraient communiquer entre eux par cet horizon de matériaux très décomprimé (= présence certaine de vides jusqu'en milieu de chaussée).

5.3.Secteur 3 – Profil à P.260

Ce profil est représentatif de la configuration particulière du secteur 3, après le passage de la route en tranchée dans l'éperon rocheux, qui forme ensuite un plateau au niveau du talweg, où s'écoule un ruisseau canalisé sous la route vers P.250, s'infiltrant au travers du massif rocheux. Cette zone montre une fissuration longitudinale de l'enrobé du GR34 sur environ 11 m.

• Profil P.260



Coupe géotechnique interprétée au droit du profil P.260

Secteur	Sondages concernés	Nature du sol	Profondeur /T.N. au droit des sondages (m)	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
S3	ST3, SC2 PDG4,	Enrobé et couche de forme	De 0,3 à 1,0	20	20	35
		Sable légèrement argileux	1 à 4,5 (SC2)	20	4	33
		Argile sableuse	4,5 à 7,6 (fin de sondage SC2 et ST3) et 6,0 (PDG4)	20	4	34
		Schistes peu altérés	6,0 à 7,50 (PDG4)	22	15	28
		Schistes fracturés	> 7,50 (ST3 et PDG4)	25	35	30

Caractéristiques mécaniques des sols retenues au droit du profil P.260

5.3.1 Calculs de stabilité

Deux cas sont considérés pour cette modélisation numérique :

- absence de nappe d'eau dans le terrain,
- présence d'une nappe d'eau libre (correspondant à l'écoulement du ruisseau au travers du talus) pour un niveau estimé à 5,4 m de profondeur (niveau d'eau mesuré dans ST3).

Différents calculs de stabilité au glissement ont été menés selon les surcharges apportées au droit de la route :

- la première phase de calculs correspond à la vérification de la stabilité naturelle du talus sans surcharge,
- la deuxième phase impose au talus une surcharge de 10 kPa correspondant à la circulation/stationnement de véhicules légers s'appliquant à la chaussée et de 5 kPa au GR34 en rive pour le passage des piétons,
- la troisième phase de calculs impose au talus une surcharge de 20 kPa s'appliquant à la chaussée et correspondant à une circulation de poids lourds ; de 5 kPa au GR34 en rive pour le passage des piétons.

Pour chacune des phases, plusieurs situations sont vérifiées, selon l'importance du glissement étudié, et donc le point de passage des cercles de glissements.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-après et les calculs de stabilité en annexe 1.

• **Facteurs de sécurité obtenus pour la cas « sans présence d'une nappe d'eau »**

Situation	Phase 1 : sans surcharge	Phase 2 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34	Phase 3 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34
1	1,41	Pas d'incidence	Pas d'incidence
2	1,55	1,54	1,53
3	1,37	1,37	Pas d'incidence
4	1,51	1,50	1,49

Résultats des calculs

• **Facteurs de sécurité obtenus pour la cas « avec présence d'une nappe d'eau »**

Situation	Phase 4 : sans surcharge	Phase 5 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34	Phase 6 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34
1	1,07	Pas d'incidence	Pas d'incidence
2	1,19	1,18	1,18
3	1,04	1,04	Pas d'incidence
4	1,15	1,15	1,14

Résultats des calculs

5.3.2 Résultats d'étude

La stabilité du talus est assurée ($F_s > 1,3$) vis à vis de toutes les situations de glissement de l'accotement, du GR34 et de la voie de circulation, avec et sans surcharge, mais sans nappe d'eau dans le talus.

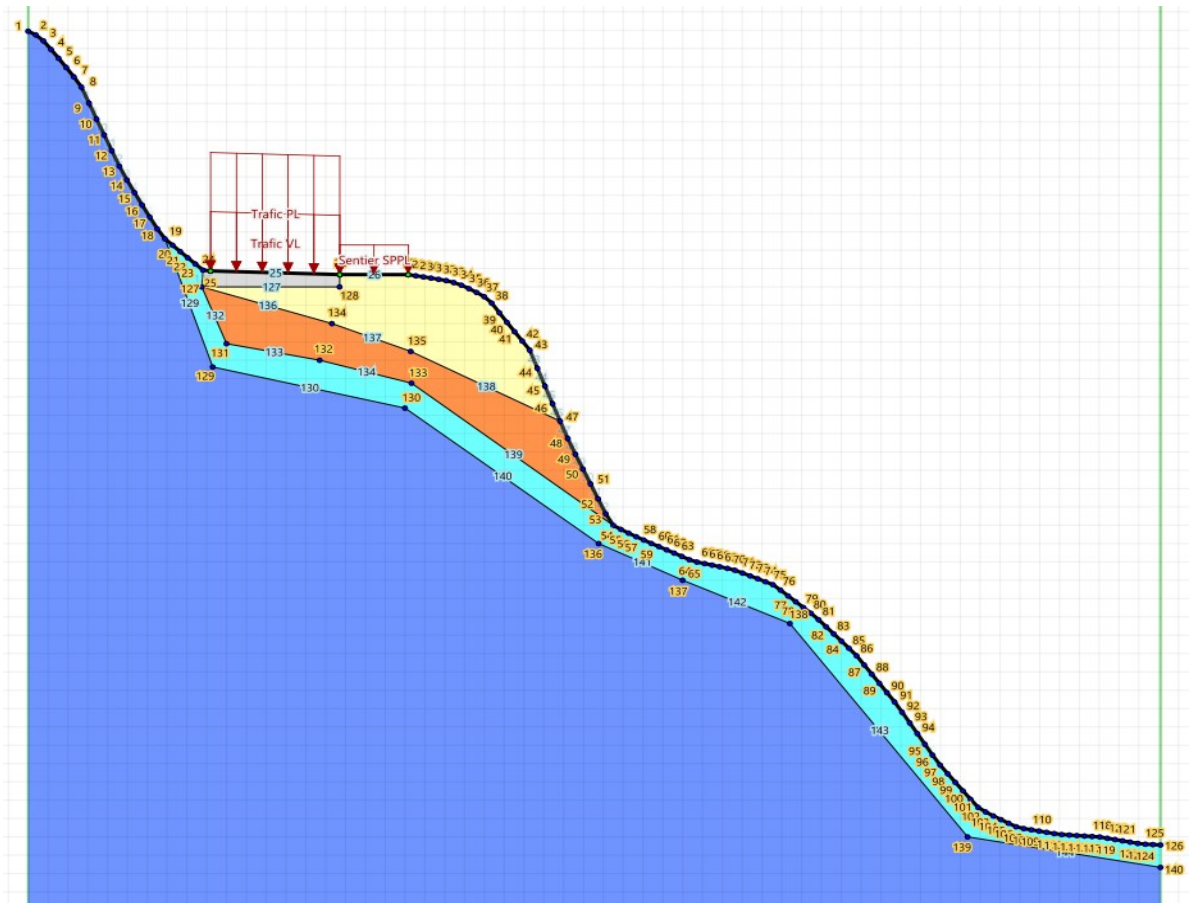
Dans le cas de la présence d'une nappe d'eau, telle que mesurée dans le sondage ST2, la tête du talus jusqu'à l'emprise du GR34 apparaît en limite de stabilité ($1 < F_s < 1,1$). Dans cette situation, c'est le massif rocheux présent à la base de la falaise qui stabilise l'ensemble du talus. La probabilité de survenue d'un glissement dépend alors de l'état géomécanique du substratum rocheux (degré d'altération et de fracturation), mais aussi de l'érosion littorale qui s'applique à la base (pied de talus protégé par un enrochement).

5.4. Secteur 4 – Profil à P.310

Ce profil est représentatif de la configuration générale de la plateforme routière et du talus littoral au niveau du secteur 4, qui a déjà montré par le passé (dans les années 1950 et 1980) au moins deux glissements pseudo-circulaires en rive du talus entre P.280 et P.330, confortés ponctuellement par une paroi en béton clouée.

Sur ce secteur, les DICT ont indiqué la présence d'un réseau d'éclairage public installé en tranchée sous le GR34 à environ 60 cm de profondeur, pouvant constituer une tranchée infiltration des eaux de ruissellement en tête de talus.

- **Profil P.310**



Coupe géotechnique interprétée au droit du profil P.310

Secteur	Sondages concernés	Nature du sol	Profondeur /T.N. au droit des sondages (m)	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
S4	ST4, SM15, PDG5, PDG5bis	Enrobé et couche de forme	De 0,3 à 0,8	20	20	35
		Arène gréseuse peu compacte	0,5 à 1,5 (PDG 5 et refus ST4) et jusqu'à 2,2 (PDG5bis)	20	5	32
		Arène gréseuse compacte avec blocs ou blocailles	1,5 à 2,20 (fin SM15 même sol) à 3,0 (PDG5bis)	20	7	33
		Schistes peu altérés	3,0 à 3,50 (PDG 5bis)	22	15	28
		Schistes fracturés	> 3,50 (PDG 5bis)	25	35	30

Caractéristiques mécaniques des sols retenues au droit du profil P.310

5.4.1 Calculs de stabilité

Deux cas sont considérés pour cette modélisation numérique :

- absence d'eau dans le terrain,
- présence d'une nappe d'eau libre sous le GR34, correspondant à l'infiltration possible des eaux de ruissellement de la route au travers de la tranchée du réseau d'éclairage public.

Différents calculs de stabilité au glissement ont été menés selon les surcharges apportées au droit de la route :

- la première phase de calculs correspond à la vérification de la stabilité naturelle du talus sans surcharge,
- la deuxième phase impose au talus une surcharge de 10 kPa correspondant à la circulation/stationnement de véhicules légers s'appliquant à la chaussée et de 5 kPa au GR34 en

rive pour le passage des piétons,

- la troisième phase de calculs impose au talus une surcharge de 20 kPa s'appliquant à la chaussée et correspondant à une circulation de poids lourds ; de 5 kPa au GR34 en rive pour le passage des piétons.

Pour chacune des phases, plusieurs situations sont vérifiées, selon l'importance du glissement étudié, et donc le point de passage des cercles de glissements.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-après et les calculs de stabilité en annexe 1.

- Facteurs de sécurité obtenus pour la cas « sans présence d'infiltration d'eau »**

Situation	Phase 1 : sans surcharge	Phase 2 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34	Phase 3 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34
0	1,03	Pas d'incidence	Pas d'incidence
1	0,90	0,90	Pas d'incidence
2	0,99	0,98	Pas d'incidence
3	1,13	1,10	1,09
4	1,41	1,36	1,33

Résultats des calculs

- Facteurs de sécurité obtenus pour la cas « avec présence d'infiltration d'eau »**

Situation	Phase 4 : sans surcharge	Phase 5 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34	Phase 6 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34
1	0,71	Pas d'incidence	Pas d'incidence
2	0,75	0,74	Pas d'incidence
3	0,88	0,87	0,86
4	1,16	1,13	1,12

Résultats des calculs

5.4.2 Résultats d'étude

Le talus est instable au niveau de l'accotement ($F_s < 1$) et apparaît en limite de stabilité ($F_s \sim 1$) dans l'emprise du GR34, sans infiltration d'eau, avec et sans surcharge (en concordance avec le glissement de 1982).

Pour ce qui concerne la voie de circulation, la stabilité du terrain est acceptable ($F_s > 1,1$) vis à vis de toutes les situations de glissement, avec et sans surcharge, sans niveau d'eau.

Dans le cas de la présence d'une infiltration d'eau au niveau de la tranchée du réseau électrique, le talus apparaît alors instable ($F_s < 1$) suivant les situations de glissement au niveau de l'accotement, du GR34, et sur la bande de roulement rive droite de la voirie, avec et sans surcharge.

5.5. Secteur 5 – Profil à P.470

Ce profil est représentatif de la configuration générale de la plateforme routière et du talus littoral au niveau du secteur 5, qui montre des fissurations longitudinales multiples au niveau du GR34 sur plusieurs segments de ce secteur.

Comme pour la section précédente, les DICT ont indiqué la présence d'un réseau d'éclairage public installé en tranchée sous le GR34 à environ 60 cm de profondeur, pouvant constituer une tranchée infiltration des eaux de ruissellement en tête de talus.

- **Profil P.470**



Coupe géotechnique interprétée au droit du profil P.470

Secteur	Sondages concernés	Nature du sol	Profondeur /T.N. au droit des sondages (m)	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
S5	ST5 (5bis et 5ter), SM16, PDG8	Enrobé et couche de forme	De 0,3 à 0,5	20	20	35
		Arène gréseuse peu compacte	0,5 à 3,2 (PDG8)	20	5	32
		Arène gréseuse compacte avec blocs ou blocailles	0,5 à 2,5 (fin SM16 même sol) à 5,20 (PDG8)	20	7	33
		Schistes peu altérés	5,20 à 5,80 (PDG8)	22	15	28
		Schistes fracturés	> 5,80 (PDG8)	25	35	30

Caractéristiques mécaniques des sols retenues au droit du profil P.470

5.5.1 Calculs de stabilité

Deux cas sont considérés pour cette modélisation numérique :

- absence d'eau dans le terrain,
- présence d'une nappe d'eau libre sous le GR34, correspondant à l'infiltration possible des eaux de ruissellement de la route au travers de la tranchée du réseau d'éclairage public.

Différents calculs de stabilité au glissement ont été menés selon les surcharges apportées au droit de la route :

- la première phase de calculs correspond à la vérification de la stabilité naturelle du talus sans surcharge,
- la deuxième phase impose au talus une surcharge de 10 kPa correspondant à la

circulation/stationnement de véhicules légers s'appliquant à la chaussée et de 5 kPa au GR34 en rive pour le passage des piétons,

- la troisième phase de calculs impose au talus une surcharge de 20 kPa s'appliquant à la chaussée et correspondant à une circulation de poids lourds ; de 5 kPa au GR34 en rive pour le passage des piétons.

Pour chacune des phases, plusieurs situations sont vérifiées, selon l'importance du glissement étudié, et donc le point de passage des cercles de glissements.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-après et les calculs de stabilité en annexe 1.

- Facteurs de sécurité obtenus pour la cas « sans présence d'infiltration d'eau »**

Situation	Phase 1 : sans surcharge	Phase 2 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34	Phase 3 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34
1	1,36	1,36	Pas d'incidence
2	1,35	1,34	1,33
3	1,40	1,38	1,36
4	1,49	1,46	1,44

Résultats des calculs

- Facteurs de sécurité obtenus pour la cas « avec présence d'infiltration d'eau »**

Situation	Phase 4 : sans surcharge	Phase 5 : Surcharge : 10 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34	Phase 6 : Surcharges : 20 kPa sur chaussée 5 kPa sur GR34
1	Pas d'incidence	Pas d'incidence	Pas d'incidence
2	1,08	1,07	Pas d'incidence
3	1,12	1,10	1,08
4	1,15	1,13	1,12

Résultats des calculs

5.5.2 Résultats d'étude

La stabilité du talus est assurée ($F_s > 1,3$) vis à vis de toutes les situations de glissement de l'accotement, du GR34 et de la voie de circulation, avec et sans surcharge, sans niveau d'eau dans le talus.

La stabilité du talus apparaît plus incertaine ($1,0 < F_s < 1,1$) suivant les situations de glissement dans l'emprise du GR34, ainsi qu'au niveau de la bande de roulement rive droite de la voirie, avec surcharge lorsqu'on simule une infiltration d'eau au niveau de la tranchée du réseau électrique.

5.6. Recommandations à très court terme et perspectives à plus long terme

5.6.1 Recommandations suite aux résultats de l'étude de stabilité

A l'issue de cette étude géotechnique de stabilité de la route de la corniche, les segments 2 et 4 apparaissent plus particulièrement pathogènes :

- Au niveau du secteur 2 (de P.140 à P.270) :

La réalisation des sondages a montré la présence de vides et/ou d'un horizon de sol très fortement décomprimé sur une profondeur comprise entre 1 m et 4,5 m suivant l'implantation des sondages. L'étude de stabilité dans cet horizon (représenté dans le modèle par une cohésion = 0 kPa) montre des glissements de l'accotement, de la piste cyclable et de la voie de circulation vis à vis de l'ensemble des situations étudiées, avec et sans surcharge.

Cette zone a déjà fait l'objet d'un confortement par clouage vertical rigide d'une longrine en stabilisation de

l'accotement suite au glissement de la tête du talus constaté en 2001. Ce confortement n'a pas été intégré dans le modèle calculatoire, dans la mesure où ce type d'ouvrage ne traite pas les pathologies de type vide ou déconsolidation du terrain par lessivage des fines.

On constate encore aujourd'hui un glissement actif du talus littoral sur une épaisseur de terrain assez superficielle, à cinétique lente et sur environ 15 m de long, dont le recul en tête n'atteint pas le sommet de talus.

Pour expliquer ces désordres, on émet à ce stade les hypothèses suivantes :

- la présence d'un accident géologique (de type faille) comme à P.180, qui pourrait avoir engendré au fil du temps un lessivage des colluvions de remplissage au travers du massif rocheux décomprimé. Cette faille serait ainsi masquée par le glissement en front littoral ;
- une décompression des matériaux superficiels (remblais/sol) recouvrant le substratum géologique, engendrée progressivement par le glissement littoral de 2001 avec ouverture de fissures en tête, permettant un lessivage progressif des fines.

Il est également possible qu'en cas de présence des rails de l'ancienne voie ferrée sous la couche de forme de la route, comme vu au niveau des quais du port de la Houle, cela ait pu contribuer à renforcer longitudinalement la chaussée, masquant l'apparition de signes de dégradation plus remarquables au niveau de la voirie.

- **Ainsi, il est recommandé de ne plus faire circuler de véhicules (VL et PL) sur ce segment et de réduire le passage des piétons sur une bande de 2 à 3 m depuis le pied du talus amont supérieur (= limité à la bande de roulement côté gauche).**

- Au niveau du secteur 4 (de P.280 à P.350) :

On constate que l'accotement enherbé est instable et que l'emprise du GR34 apparaît en limite de stabilité naturelle vis à vis du glissement, sans surcharge.

- **Ainsi sur ce secteur, le GR34 devrait faire l'objet d'une surveillance attentive régulière afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'apparition de signe évocateur de mouvement (fissuration dans le terrain, déformation linéaire/circulaire), la section ayant déjà été marquée par au moins deux glissements de grande ampleur visibles par le passé (1950 et 1982).**

Pour ce qui concerne l'emprise de la voie de circulation, la stabilité du terrain semble assurée vis à vis de toutes les situations de glissement, sans infiltration d'eau au niveau de l'accotement. Toutefois, dans le cas où l'eau de ruissellement peut s'infiltrer au travers de la tranchée du réseau électrique, le talus apparaît alors instable depuis l'emprise du GR34, jusqu'à la bande de roulement en rive droite de la voirie, avec et sans surcharge.

On observe actuellement la présence d'une bordure de canalisation des eaux de ruissellement depuis P.315 jusqu'à P.450 entre les secteurs 4 et 5, mais aucun dispositif en amont sur les secteurs 3 et 4, entre P.240 et P.315. Ainsi, il semblerait nécessaire de prévoir un système de collecte et de drainage de la chaussée sur les secteurs 3, 4 et 5 ou à minima :

- **la mise en œuvre d'une bordure de canalisation de l'eau tout au long du cheminement routier, afin d'éviter au maximum les infiltrations d'eau de ruissellement en tête du talus dans le GR34 et l'accotement enherbé, avec évacuation au niveau du quai vers un point non érodable en rive.**

- Au niveau du secteur 5 (de P.350 à P.610) :

Malgré plusieurs zones de fissures ouvertes longitudinalement, visibles actuellement le long du GR34, l'étude de stabilité semble plutôt indiquer un bon équilibre naturel du talus, notamment en raison de la pente régulière et modérée du profil de tête, mais il pourrait quand même être soumis à un phénomène de reptation à cinétique lente. En effet, la stabilité du talus apparaît diminuée dans l'emprise du GR34, jusqu'à la bande de roulement rive droite de la voirie, lorsqu'on simule une infiltration d'eau au niveau de la tranchée du réseau électrique, avec surcharge.

- **C'est pourquoi, sur ce secteur aussi, la maîtrise des eaux de ruissellement tend à plus de sécurité pour une stabilisation du GR34 et de la voie de circulation.**

- Au niveau du secteur 3 (de P.240 à P.280) :

La présence d'une nappe d'eau induite par l'écoulement du ruisseau au travers du massif rocheux n'engage pas la stabilité de la route, ni du GR34.

5.6.2 Perspective sur des solutions de pérennisation de la voirie à plus long terme

Comme vu dans le rapport d'étude en phase 1, pour diminuer un risque on dispose de différents modes d'actions relevant de trois types de stratégie :

- une stratégie de prévention par anticipation des phénomènes consistant notamment à surveiller les aléas, (surveillance renforcée du GR34, de la route et du talus aval, notamment après les périodes de forte pluie et pendant la saison hivernale, avec instrumentation des zones de fissuration le cas échéant) ;
- une stratégie de protection « passive » se focalisant plutôt sur la protection des enjeux et les facteurs à l'origine des désordres, d'une part par évitement en limitant les charges routières (restriction de circulation des VL et PL sur la chaussée, qui serait laissée uniquement au passage des piétons), d'autre part par la gestion des eaux de surface et l'entretien de la végétation en tête de talus ;
- une stratégie de protection « active » s'opposant à la manifestation des phénomènes (travaux de consolidation de la route au niveau du secteur 2 et possiblement du secteur 4 selon son évolution future).

Ainsi, compte tenu des désordres détectés sous la route et le GR34/piste cyclable au niveau du secteur 2 de P.140 à P.170 (vides et horizons de sols très décomprimés et instables) et du secteur 4 dans le cas d'une pression d'eau interstitielle dans les matériaux de tête du talus :

- L'interdiction définitive de circulation à l'ensemble des véhicules légers et lourds sur tout l'itinéraire depuis le secteur 1 jusqu'au secteur 6, pour ne conserver que le cheminement des piétons et des cyclistes dans une emprise d'environ 2 à 3 m, au pied du talus amont sur la chaussée actuelle, permettrait de supprimer tout risque pour les usagers en cas d'instabilité du talus littoral.

Par ailleurs, il semble que les eaux continentales peuvent avoir un rôle déterminant dans la mobilisation des mouvements en tête du talus littoral, plus particulièrement sur la zone 4 et dans une moindre mesure sur la zone 5. Ainsi, un état des lieux complet de l'écoulement des eaux de surface serait à entreprendre, notamment sur l'état des tranchées (matériaux encaissants) pour le passage des réseaux longitudinaux en amont et en aval de la voirie (réseau E.U en pied de talus amont et réseau d'éclairage public sous le GR34), et de mettre en œuvre :

- un dispositif de drainage et de recollement des eaux de surface en provenance du talus amont, de la chaussée et du GR34 afin de limiter les infiltrations en tête du talus aval.

Toutefois, même en optimisant la gestion des eaux superficielles de ruissellement, les phénomènes de glissements ne pourront pas être complètement enrayés en raison de circulations d'eau plus profondes drainées par le réseau de fractures du massif rocheux amont, qui s'écoulent à l'interface des matériaux meubles et rocheux, et jusqu'à la base de la falaise littorale.

C'est pourquoi, il est évoqué plusieurs solutions techniques pour le traitement de la zone de désordres étendus au niveau du secteur 2, comportant des horizons de sol décomprimés et des vides.

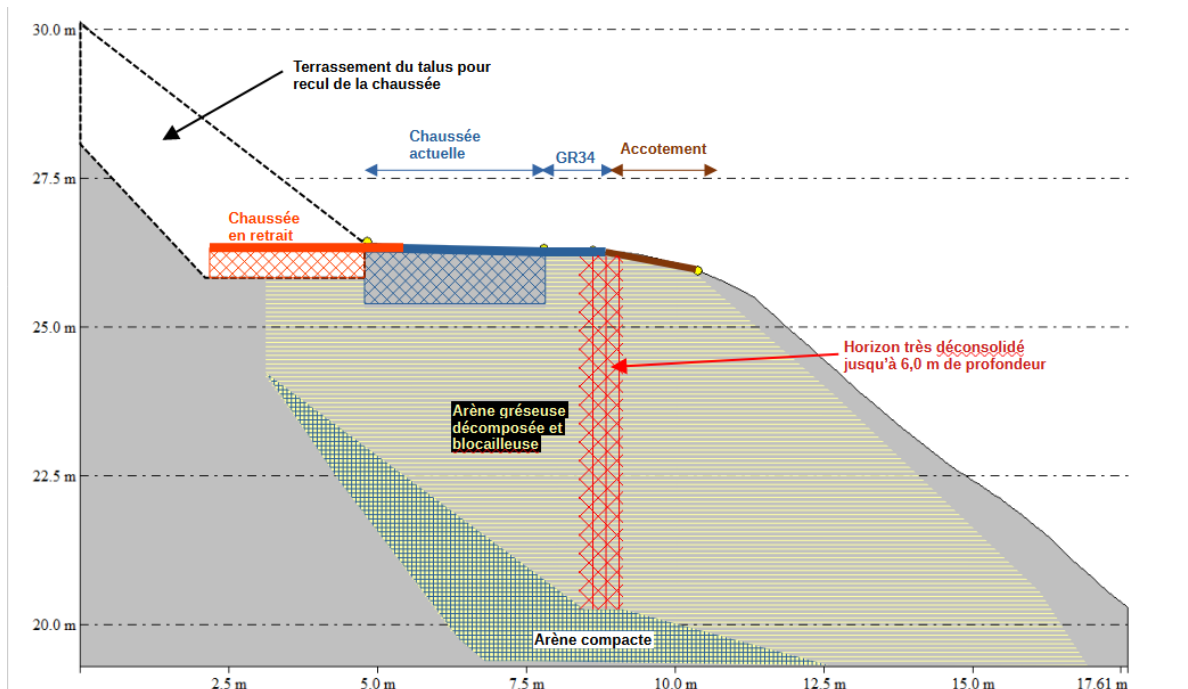
Le choix d'une méthode de stabilisation résulte de la prise en compte de :

- l'analyse des paramètres du site (adéquation entre l'action du confortement et la cause des désordres, maîtrise des risques à très court terme en phase chantier et à long terme en phase de vie de l'ouvrage et du site),
- la connaissance des techniques de stabilisation (progressivité d'application des moyens, contraintes de réalisation, pérennité des techniques et possibilités d'entretien ultérieur),
- les impératifs technico-économiques (rapport efficacité/coût, urgence des travaux, emprises foncières, degré de stabilisation recherché/menace d'extension du phénomène),

La méthode retenue devra être le fruit d'un compromis entre ces différents aspects.

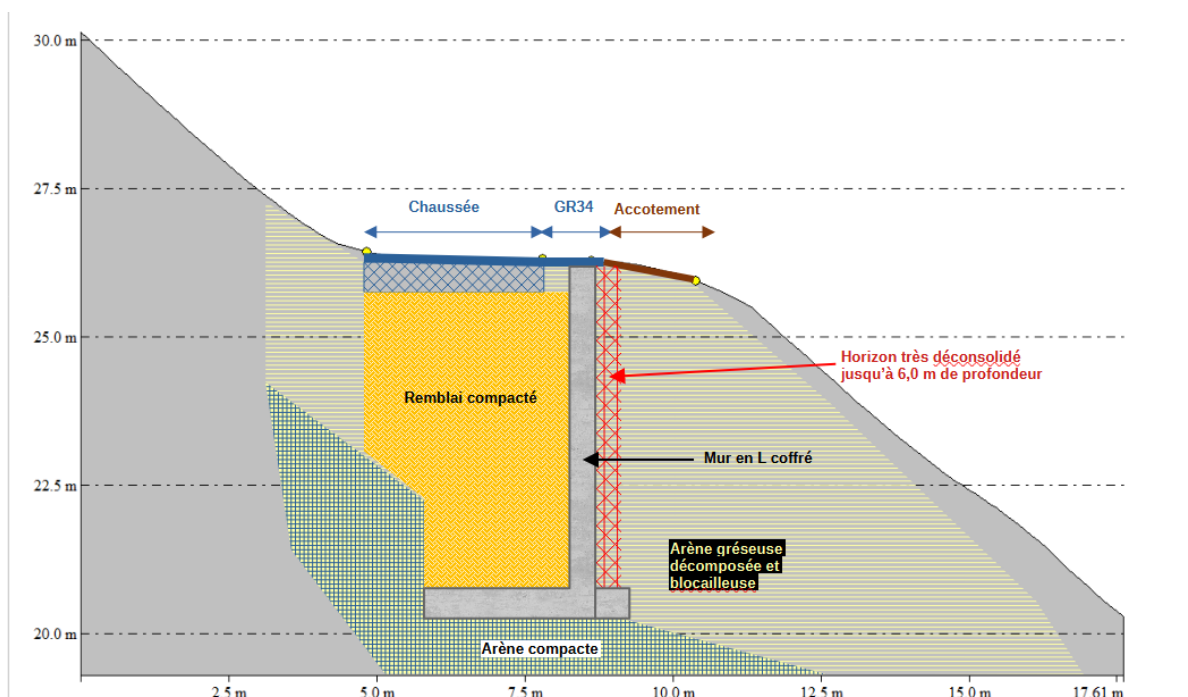
Les solutions qui apparaissent adaptées au site :

- le recul de la voie de circulation permettant de la soustraire de la bande d'instabilité, par le terrassement du talus amont sur une hauteur d'environ 6 m, une largeur d'au moins 3 m, et un linéaire d'environ 50 m, suivant un profil général d'environ 1/1 proche de la pente actuelle.



Cette solution nécessitera probablement une modification des emprises foncières (acquisition foncière du talus et d'une frange du terrain amont), ainsi qu'une étude géotechnique de projet à réaliser dans les parcelles amont, pour déterminer les moyens de réalisation du terrassement, les matériaux de l'assise routière et les conditions de stabilité du talus final.

- La mise en œuvre d'un mur de soutènement en « L » sous la voie de circulation actuelle après décaissement des matériaux sous la couche de forme, sur une hauteur à définir d'environ 4 à 6 m et sur 15 à 25 m de longueur, suivant l'état des horizons déconsolidés et sous réserve d'un fond de fouille (niveau de fondation) correct.



Cette solution nécessite une étude géotechnique détaillée au stade projet, pour définir l'emprise précise de la zone à traiter (profils géophysiques longitudinaux et transversaux, couplés à un maillage de sondages resserrés) établissant aussi la profondeur de terrassement et un niveau portant suffisant pour la fondation du mur. La réalisation de cet ouvrage doit se faire par plots de faible largeur, afin de limiter le risque d'accélération du mouvement ou de déstabilisation de la fouille. Un drainage en arrière du mur est également indispensable au bon fonctionnement de ce type d'ouvrage.

Les solutions qui sont écartées à priori, en raison des contraintes techniques de mise en œuvre du site :

- la réalisation d'une paroi ancrée en soutènement de la voie de circulation, en raison de la difficulté à terrasser et stabiliser le talus littoral au fur et à mesure de sa réalisation par phase, compte tenu de la grande hauteur et du profil très raide du front littoral ;
- le battage ou vibro-fonçage de palplanches en soutènement de la voie de circulation, en raison des hétérogénéités du sol (risque de refus sur blocs ou sur zones de plus forte résistance) et par ailleurs, du risque de déstabilisation du glissement actif en phase chantier (surcharge de l'atelier de battage et vibrations dans le sol) ;
- la réalisation d'inclusions rigides de type pieux juxtaposés ou colonnes ballastées, en raison du risque de déstabilisation du glissement actif en phase chantier (surcharge des engins de mise en œuvre et vibrations dans le sol) ;
- la réalisation d'injections en comblement des vides et amélioration du sol, en raison d'une connaissance insuffisante du volume nécessaire à injecter et d'une maîtrise très incertaine avec un risque de fuite en tête du front littoral.



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN