

RN844 Périphérique de Nantes - Culée Sud du Pont de PIVAZ

Diagnostic géotechnique des tassements - suivi 2023

RAPPORT D'ÉTUDE

Septembre 2024

N° NOVA : 23-OU-0636

Produit conçu avec le système de management de la qualité certifié AFAQ ISO 9001

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

RN844 Périphérique de Nantes - Culée Sud du Pont de PIVAZ

Diagnostic géotechnique des tassements - suivi 2023

Septembre 2024

Commanditaire : DIR Ouest - SEM

Auteur : Benjamin LANDRY

Responsable du rapport :

Benjamin LANDRY - AAn - GEM

Tél. : +33(0)2 41 79 13 30

Courrier : benjamin.landry@cerema.fr

Agence d'Angers – 23 Avenue Amiral Chauvin – 49130 Les Ponts de Cé



Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	07/05/24	Version initiale provisoire
1	20/09/24	Compléments et corrections

Références

N° d'affaire : 23-OU-0636 (4786)

Partenaire(s) : DIR Ouest

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
LANDRY	AAn - GEM	Auteur principal	17/09/24	
HERVE	AAn - GEM	Relecteur	20/09/24	
MALGAT	AAn - Direction	Valideur		

Résumé de l'étude

À la demande de la DIR OUEST – SEM, l'Agence d'Angers (AAn) du Cerema Ouest est intervenue pour le suivi des tassements observés au droit du remblai d'accès Sud Pont de la Voie d'Arrière Zone (PIVAZ), RN844 – Périphérique de Nantes.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Pont	Dalle de transition
Tassements	Sols compressibles
Secteur D3	

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- ☐ Accès libre : document accessible au public sur internet
- ☐ Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- ☐ Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

SOMMAIRE

1 PRÉSENTATION.....	6
1.1 Chronologie.....	6
1.2 Documents utilisés.....	6
2 PROBLÉMATIQUE.....	7
3 RECONNAISSANCES SUR SITE.....	8
3.1 Interventions sur site.....	8
3.2 Résultats des sondages.....	8
4 INTERPRÉTATION.....	10
5 PRÉCONISATIONS.....	11
6 SYNTHÈSE – CONCLUSION.....	12

1 PRÉSENTATION

A la demande de M.HUITRIC – DIR Ouest - Service Entretien et Modernisation du Réseau – Pôle Gestion des Ouvrages d'Art, l'Agence d'Angers sur Cerema Ouest est intervenue pour le diagnostic géotechnique de l'ouvrage suivant :

RN844 Périphérique de Nantes

Culée sud du Pont de PIVAZ

La situation de cet ouvrage est donnée en annexe 1 (plan à l'échelle 1 / 25 000). La mission de l'Agence d'Angers comprenait les prestations suivantes :

- carottage de la dalle de transition et mesure des vides ;
- rapport de synthèse.

1.1 Chronologie

Le site d'étude est suivi depuis 2000 après le constat des pathologies suivantes : fort tassement de la dalle de transition et déformation du profil de la chaussée au droit de la culée Sud du Pivaz, constituant l'accès au pont de Cheviré. Des expertises ont été menées sur le site en 2000 et 2013.

Les reconnaissances détaillées dans le présent rapport ont été menées la nuit du 12 au 13 septembre 2023 par l'équipe de sondage de l'Agence d'Angers. Depuis 2013, les travaux engagés au droit de la zone d'étude sont :

2013 : 290T de GB et 160T de BBSG

2014 : rechargement + collectrice vers bretelle 52A et pose d'une GBA en TPC.

2022 : rechargement en extérieur avec 20T de BBSG 0/10 sur 5 mètre linéaire

2023 : rechargement en intérieur et extérieur avec 100T de BBSG 0/14 sur 25 mètre linéaire

1.2 Documents utilisés

- [1] Carte géologique au 1/50 000ème du BRGM « Nantes »
- [2] Rapport d'étude de sols « RN 537 – Remblai d'accès sud au pont sur la voie d'arrière zone – Comportement et confortation » du LRPC d'Angers (juin 2000 – réf. 11.00.44.03-1834)
- [3] Rapport de visite « RN 844 – Périphérique Nantais – Ponts de Cheviré et PIVAZ Sud : assainissement eaux pluviales » de la DIR Ouest SIROA (juillet 2010)
- [4] Rapport « Pont de PIVAZ à Nantes - Auscultation radar de la dalle de transition » - Laboratoire Régional de Saint-Brieuc – Unité Risques Naturels Géophysique (octobre 2011)
- [5] Vues en plan de l'ouvrage (extraits au 1/20 et 1/50) transmises par la DIR Ouest (non datées)
- [6] Avis sur la capacité de la dalle de transition – CETE DIMER Groupe Ouvrages d'Arts (B Poulin 15/05/2012)
- [7] Rapport d'étude de sols « RN 844 – Périphérique de Nantes – Culée Sud du Pont de Pivaz – Diagnostic géotechnique des tassements » DLPCA (juillet 2013 – réf. 42.11.44.113-3178)
- [8] Rapport d'étude de sols « RN 844 – Périphérique de Nantes – PIVAZ gauche (Ouest) – Rapport d'Inspection Détaillée Périodique d'Ouvrage d'Art - Campagne 2020 » Getec, novembre 2020

2 PROBLÉMATIQUE

Les conclusions de la précédente étude de 2013 [7] sont rappelées ci-après :

« Depuis la mise en service du pont sur la voie d'arrière zone en mai 1991 (PIVAZ), le tassement du remblai d'accès Sud, construit sur un sol compressible de 16 m d'épaisseur, a nécessité plusieurs reprofilages de la chaussée. Le tassement du sol support atteignait en effet une valeur de l'ordre de 1,40 m en 2000. Elle est d'environ 1,70 m à la date de la présente étude [2013 NDLR] et continuera d'évoluer à raison de plus de 1 cm par an pendant les prochaines années.

Les désordres de la chaussée consécutifs à ces tassements consistent en :

- *une perturbation générale du profil sur une centaine de mètres à la sortie du PIVAZ. Malgré le troisième rechargement réalisé en 2000, la poursuite des tassements a conduit à une déformation supplémentaire de 5 à 10 cm par rapport à la situation de 2000, qui nécessitait déjà un reprofilage de 15 cm pour rétablir le profil en long à son niveau théorique.*
- *une dégradation localisée de la grave bitume, quasi-désagrégée à la limite chevron / dalle de transition. Cette pathologie est liée aux sollicitations dynamiques du trafic, accentuées par la déformation du profil de la chaussée, mais aussi, vraisemblablement, à la difficulté de compacter les matériaux en limite des structures de l'ouvrage.*

Les investigations [2013 NDLR] ont observé les structures de chaussée sur une épaisseur variant de 0,10 m, au droit du chevron, à 1,10 m à l'extrémité de la dalle de transition. Cette dernière a été reconnue sur une épaisseur de 27 cm sur le corbeau, auxquels s'ajoutent 12 cm de béton de propreté au niveau des remblais contigus.

Un vide de 20 à 25 cm a été mesuré sous la dalle de transition, à la limite du mur garde-grève. Sous ce vide, on note la présence d'un mortier de remplissage, sur 41 cm d'épaisseur, correspond au comblement réalisé en 2000.

*Il ressort de ces observations que les tassements des sols de la culée ont généré une rotation de la dalle de transition, dont la pente actuelle est de **l'ordre de 28 %**, contre 18 % en 2000 et 6 % à la construction. Malgré cette inclinaison importante, la dalle n'a pas glissé de son support constitué par le corbeau. En outre, les structures en béton ne présentent pas de désordres apparents au droit des sondages.*

Les investigations menées en 2012 ne montrent pas de désordres structuraux de la dalle de transition et du corbeau. Le tassement observé sur le profil de la chaussée est conforme à la modélisation du fluage des sols supports, en prenant en compte le rechargement réalisé en 2000. Il est destiné à se poursuivre dans les prochaines années avec des valeurs supérieures à 1 cm/an.

La pente de la dalle de transition a dépassé la valeur limite de 25 % définie en 2000, sans qu'on observe les conséquences potentiellement attendues telles que le glissement de la dalle sur le corbeau et/ou un fluage des couches de chaussée. En outre, compte-tenu du dimensionnement initial de la dalle, calculée en poutre isostatique, celle-ci est en mesure de supporter les charges actuelles de la chaussée, jusqu'à 1,50 m d'épaisseur. »

3 RECONNAISSANCES SUR SITE

3.1 Interventions sur site

Aux implantations présentées en annexe 2, il a été réalisé 10 carottages descendus entre 0,15 m et 2,00 m de profondeur par rapport au niveau de la chaussée. Ceux-ci sont notés :

- campagne 2011 : SC1-2011, SC2-2011, SC3-2011 et SC4-2011
- campagne 2012 : SC1-2012 et SC2-2012
- campagne 2023 : SC1-2023 à SC4 - 2023

Ces sondages ont été réalisés à l'aide de sondeuses BE 50 (2011), Abyss 75 (2012) et Sedidril 500-90 (2023). La réalisation des carottages a nécessité la mise en œuvre d'un carottier double Ø 131 mm et Ø 116, à couronne carbure.

Le niveau « zéro » des sondages correspond à celui de la chaussée à la date de l'intervention (noté m/TN dans la suite du rapport). Les différences d'altimétrie entre les sondages ont été mesurées par nivellement relatif et sont reportées sur le profil en annexe 5.

Les feuilles de résultats, annexées à ce rapport, donnent les renseignements suivants :

- la nature des différentes couches rencontrées ;
- le type des outils de forage ;
- les tubages éventuellement mis en œuvre ;
- le niveau de la nappe quand elle a été observée.

Sauf avis contraire du demandeur, les matériaux issus du carottage de 2023, entreposés à l'agence d'Angers, seront conservés six mois après l'expédition du présent rapport.

3.2 Résultats des sondages

Les résultats détaillés des sondages sont donnés en annexes 3.1 à 3.4 (carottages 2023). Les sondages ont mis en évidence la lithologie suivante, du haut vers le bas :

- **la chaussée**, constituée de béton bitumineux semi-grenu (BBSG) puis de grave bitume (GB). L'ensemble est généralement noté « enrobé » sur les coupes géotechniques présentées en annexes 3. Elle présente une épaisseur totale variant de 0,53 à 1,00 m suivant les sondages ; 53 cm au droit du chevêtre (SC1_2023) et 1 m en extrémité de la dalle de transition (SC4_2023). À noter la présence d'un vide entre la chaussée et la dalle de 2 cm en SC2_2023 et SC3_2023.
- **la dalle de transition** en béton armé (BA) + béton de propreté (BP), observés sur une épaisseur de 43 cm (29 cm BA + 12 cm BP) en SC2_2023, 42 cm (31 cm BA + 11 cm BP) en SC3_2023 et 46 cm en SC4_2023. En SC1_2023, le carottage dans le béton est continu jusque dans le corbeau et le chevêtre, ne permettant pas de distinguer les différentes épaisseurs de ces éléments. A noter la présence d'un vide entre le béton armé et le béton de propreté de 1 à 2 cm en SC2-2023 et SC3-2023.
- **un vide** sous la dalle de transition en SC2_2023 (**8 cm**), SC3_2023 (5 cm) et SC4-2023 (3 cm) ;

Le profil de synthèse en annexe 4 reporte les résultats de ces investigations avec les différences de niveaux entre les sondages.

Il en ressort que la pente actuelle de la dalle de transition est de l'ordre de **28 %**, contre 28 % en 2013 et 18 % en 2000.

4 INTERPRÉTATION

Les travaux réalisés au droit du site depuis la dernière expertise de 2013 sont les suivants :

2013 : 290T de GB et 160T de BBSG ;

2014 : Comblement des vides sous dalle par mortier selon les modalités suivantes :

« [Les forages d'injection] sont sur une parallèle à 1,30 m du joint et situés en dehors des bandes de roulement, à savoir:

- n°1: dans l'axe de la voie de gauche
- n°2: sur la ligne d'axe voie de gauche/voie médiane
- n°3: sur la ligne d'axe voie médiane/voie de droite
- n°4: dans l'axe de la voie de droite

La foreuse est descendue à -1,90m (remblai) pour les forages 1; 2 et 4 et à -3,00 m pour le n°3. En chaussée extérieure, les 4 forages étaient aussi aux environs de -2,00 m.

Le mortier a rempli les 3 forages de 1,90 m. Environ 2 à 3 m³. Nous n'avons pas constaté de jonction entre ces forages.

Pour le n°3, le reste du mortier, soit 8 m³ environ, est totalement parti dans la cavité sans que nous voyions une quelconque remontée de béton.

[arrêt] des injections à la fin des 2 toupies, 11 m³ ».

2016 : Mise en service de la voie de sortie 52a en lieu et place de l'ancienne BAU

2022 : rechargement fait par COLAS uniquement en EXT en semaine 18 (1 nuit) avec 20T de BBSG 0/10. Le rechargement s'est fait sur 1 faible longueur, 5 ml seulement

2023 : rechargement fait par EUROVIA en INT et EXT, avec 100T de BBSG 0/14. Le rechargement s'est fait sur une longueur de 25 ml.

Globalement, la modélisation des tassements du site donnée en 2013 [7] est conforme aux observations réalisées par la campagne 2023. Le tassement évalué à ~1 cm/an correspond au vide maximal d'environ 8 cm observé en SC2-2023 qui s'est formé entre le comblement au mortier de 2014 et les reconnaissances de 2023.

En revanche, l'analyse du pendage de la dalle de transition ne montre pas d'évolution significative entre 2013 et 2023, avec une valeur constante mesurée à environ 28 %. Pour rappel, l'analyse de 2013 avait montré une évolution de +10 % entre 2000 et 2013. Cette observation ne trouve pas d'explication évidente dans la modélisation des mouvements du site. Elle pourrait s'expliquer par un pendage transversal différent entre le côté intérieur et extérieur de la RN844, la campagne 2011 ayant été réalisé en intérieur et la campagne 2023 en extérieur.

L'hypothèse d'un tassement plus important dans la zone sud-ouest de la dalle pourrait également expliquer la présence de vides à l'interface entre la dalle en béton armé et le béton de propreté en SC2_2023 et SC3_2023, non observés en 2011 côté intérieur de la RN844. Un phénomène de « torsion » de la dalle pourrait conduire à décoller ces deux couches de rigidités différentes. Cette analyse reste spéculative, et pourrait être vérifiée par une modélisation structurale du comportement de la dalle sous chargement dyssymétrique.

5 PRÉCONISATIONS

L'expertise de 2013 [7] avait émis 2 scénarios de confortement :

« 1) réparation complète de l'ouvrage, avec remplacement des dalles de transition et allègement des remblais [...]

2) reprofilage simple de la chaussée, par reprise et rechargement des couches en place,[...], reprise de la chaussée dans la zone située à l'arrière du mur garde-grève sur une épaisseur de l'ordre de 45 cm [...], rebouchage du vide actuel avec un mortier de remplissage similaire à celui utilisé en 2000 »

Le scénario 2 a été retenu au regard des travaux réalisés depuis 2013 (cf chap 4).

Les résultats de la campagne 2023 ne montrent pas d'évolutions rapides ou préoccupantes impliquant de mener des travaux lourds à court et moyen terme, l'entretien courant peut se poursuivre selon les modalités du scénario 2. Il sera possible d'adapter les opérations de comblement des cavités sous la dalle avec un matériau allégé, type « béton mousse » ou « Misapor », afin de limiter le chargement des sols compressibles.

En raison du caractère continu des mouvements et des rechargements successifs qui les alimente, le scénario 2 ne pourra pas se poursuivre à long terme, et une solution lourde détaillée au scénario 1 devra être envisagée.

Au regard des incertitudes sur le comportement général de la dalle, nous préconisons de mener les études suivantes :

- pose d'une instrumentation pour mesure en continu des mouvements, ou a minima de « regards de visite » d'accès sous la dalle pour un suivi régulier du site. Ces préconisations avaient déjà été émises en 2013 [7] mais se heurtent aux fortes contraintes d'exploitation du site et aux réfections fréquentes qui limitent les possibilités d'instrumentation depuis la chaussée ;
- nouvelle campagne de reconnaissance dans les 5 années à venir. Cette campagne devra s'attacher à caractériser simultanément les voies intérieures et extérieures. Si des tassements transversaux différentiels sont observés, une modélisation structurelle du comportement de la dalle « bi-couche » sous chargement dissymétrique devra être menée. En outre, des carottages doivent être menés à proximité de l'extrémité de la dalle pour identifier les épaisseurs maximales d'enrobés en présence.

6 SYNTHÈSE – CONCLUSION

A la demande de M.HUITRIC – DIR Ouest - Service Entretien et Modernisation du Réseau – Pôle Gestion des Ouvrages d'Art, l'Agence d'Angers sur Cerema Ouest est intervenue pour le diagnostic géotechnique de la culée sud du Pont de PIVAZ sur la RN844 – Périphérique de Nantes.

Cette culée fait l'objet d'un suivi décennal depuis sa mise en service en 1991, en raison de tassements du sol support du remblai d'accès Sud. Les désordres consécutifs sont une perturbation générale du profil sur une centaine de mètres à la sortie du PIVAZ, une dégradation localisée de la grave bitume à la limite chevêtre / dalle de transition, le basculement continu de la dalle de transition et la création de vides en sous-face.

La campagne de reconnaissance 2023 a consisté en 4 carottages SC1_2023 à SC4_2023 implantés sur la voie de sortie 52a, anciennement BAU avant 2016.

Ces investigations ont observé :

- les structures de chaussée sur une épaisseur variable de 0,53 m à proximité du chevêtre à 1,0 m en extrémité de dalle ;
- la dalle de transition en béton armé d'épaisseur 29 cm à 31 cm sur béton de propreté de 11 cm à 12 cm, avec vide centimétrique à l'interface des deux couches
- le vide sous le béton de propreté, de 8 cm à proximité du chevêtre à 3 cm à proximité de l'extrémité de la dalle.

La pente de la dalle est mesurée à 28 %.

Les reconnaissances menées ne font pas état de dégradations significatives depuis la campagne précédente, et restent globalement cohérentes avec la modélisation des mouvements du site estimés à un tassement d'environ 1 cm par an.

Il apparaît toutefois une différence relative entre les tassements observés lors des carottages de 2011 (voie rapide) et ceux de la présente campagne (2023 – voie sortie 52a), qui ne s'explique pas simplement par l'évolution du site, mais peut-être par une configuration initiale différente, un effet de chargement moindre en limite de remblai ou une éventuelle « torsion » de la dalle. Cette différence ne pose pas de problème à ce stade, mais elle devra être suivie et analysée par une nouvelle campagne de reconnaissance dans les 5 ans.

Les modalités actuelles d'entretien de l'infrastructure peuvent être poursuivies à court/moyen terme. À long terme, une solution de réfection lourde de l'ouvrage devra être envisagée.

L'agence d'Angers sur Cerema reste à disposition pour tous compléments d'informations sur les conclusions de la présente étude.

Annexes

- 1 Plan de situation
- 2 Plan d'implantation des sondages
- 3 Coupes des sondages 2023
- 4 Profil en long 2023 « Voie de sortie 52a »

Annexe 1 _Situation



© IGN 2023 - www.geoportail.gouv.fr/mentions-legales

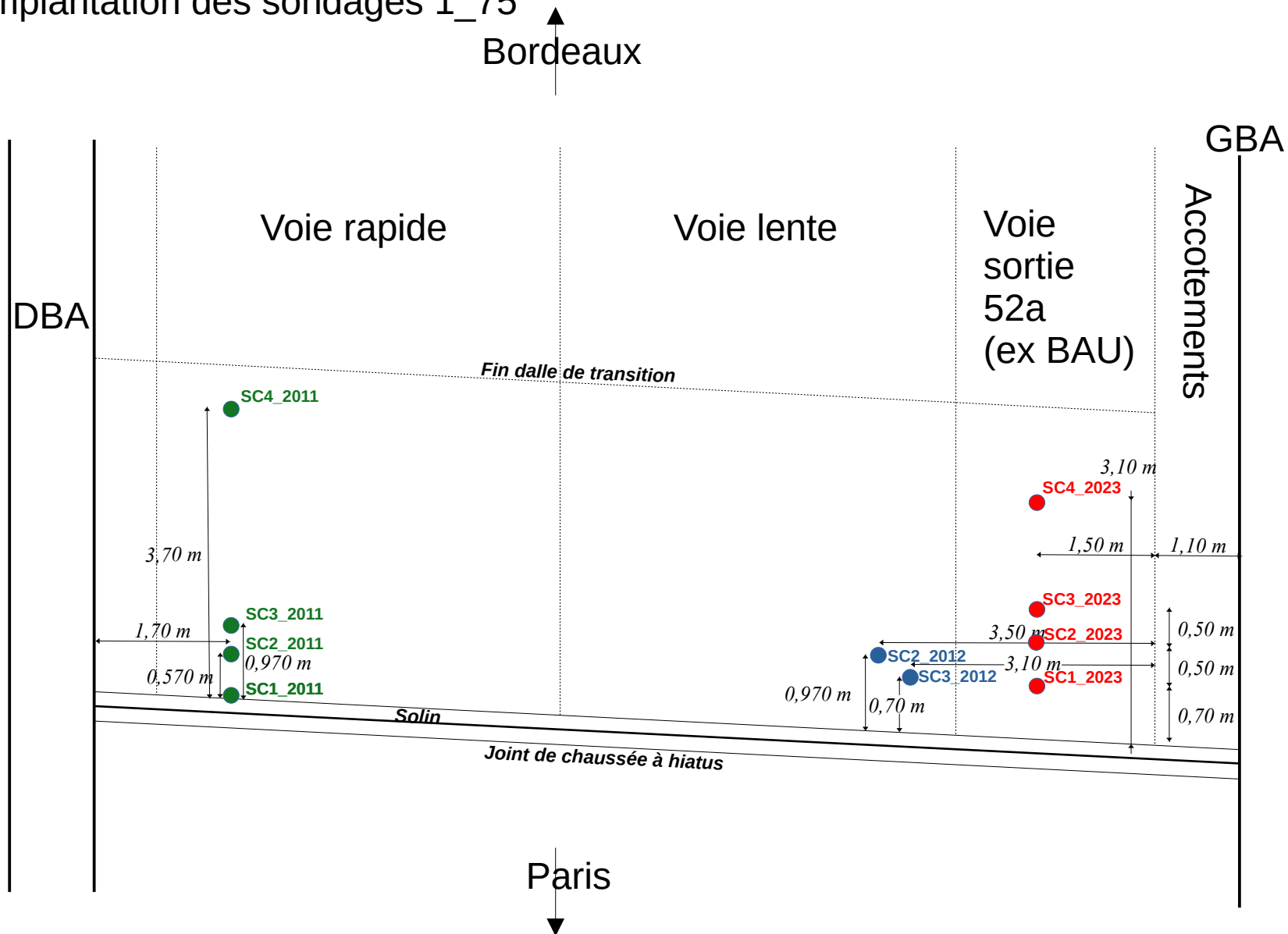
Longitude : 1° 34' 51" W
Latitude : 47° 11' 01" N

1_15000

Annexe 2

RN844 – PIVAZ

Schéma d'implantation des sondages 1_75



Type : **Carotté**

Outil : **Carottier K2 116 mm**

Client : **DIRO - PGOA**

Coordonnées **X :**

Sondeuse : **S500-90**
Y :

Date : **12/09/2023**
Z : **0,16 m**

Echelle : **1 / 9**

Etude : **RN844 Périphérique de Nantes
Culée Sud Ouest PIVAZ
Reconnaitances 2023**

Page : **1 / 1**

/SC4 2023	Description Lithologique	Niveau d'eau	Outils	Tubages	RPM (tr/min)	Carottage (%)	RQD (%)	n° caisse
0.00	Enrobé				400	100 %		
0.53								
	Dalle béton armé - Corbeau - Chevêtre		Carottier K2 116 mm		400	100%		1
-1.0								
1.64								

Observations :

Type : **Carotté**

Outil : **Carottier K2 116 mm**

Client : **DIRO - PGOA**

Coordonnées **X :**

Sondeuse : **S500-90**
Y :

Date : **12/09/2023**

Etude : **RN844 Périphérique de Nantes
Culée Sud Ouest PIVAZ
Reconnaitances 2023**
Z : 0,11 m

Echelle : **1 / 6**

Page : **1 / 1**

/SC4 2023	Description Lithologique	Niveau d'eau	Outils	Tubages	RPM (tr/min)	Carottage (%)	RQD (%)	n° caisse
0.00	Enrobé				400	100 %		
0.59	Vide							
0.61	Dalle béton armé		Carottier K2 116 mm		400	100%		1
0.90	Vide							
0.92	Dalle béton							
1.04	Vide							
-1.0								
1.12								

Observations : Arrêt dans vide à 1,12 m

Type : **Carotté**

Outil : **Carottier K2 116 mm**

Client : **DIRO - PGOA**

Coordonnées **X :**

Sondeuse : **S500-90**
Y :

Date : **12/09/2023**
Z : **0,08 m**

Echelle : **1 / 7**

Etude : **RN844 Périphérique de Nantes
Culée Sud Ouest PIVAZ
Reconnaitances 2023**

Page : **1 / 1**

/SC4 2023	Description Lithologique	Niveau d'eau	Outils	Tubages	RPM (tr/min)	Carottage (%)	RQD (%)	n° caisse
0.00	Enrobé				400	100 %		
0.69	Vide							
0.71	Dalle béton armé			Carottier K2 116 mm	400	100%		1
1.03	Vide							
-1.0	Dalle béton							
1.13	Vide							
1.18								

Observations : **Arrêt dans vide à 1,18 m**

Type : **Carotté**

Outil : **Carottier K2 116 mm**

Client : **DIRO - PGOA**

Coordonnées **X :**

Sondeuse : **S500-90**
Y :

Date : **12/09/2023**
Z : **0,00 m**

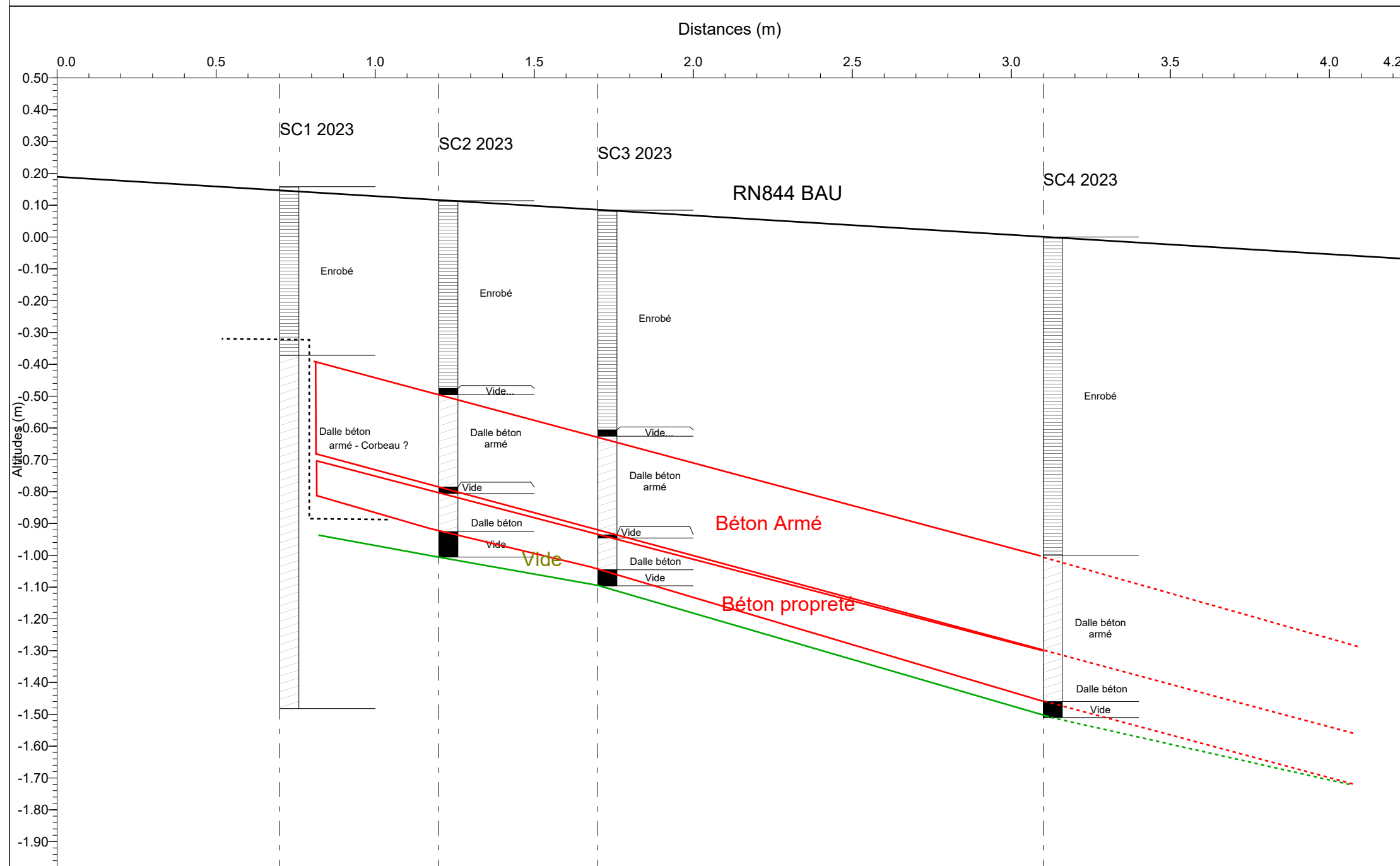
Echelle : **1 / 8**

Etude : **RN844 Périphérique de Nantes
Culée Sud Ouest PIVAZ
Reconnaitances 2023**

Page : **1 / 1**

/SC4 2023	Description Lithologique	Niveau d'eau	Outils	Tubages	RPM (tr/min)	Carottage (%)	RQD (%)		n° caisse
							0	100	
0.0	0.00								
	Enrobé				400	100 %			
			Carottier K2 116 mm						1
-1.0	1.00								
	Dalle béton armé + béton propre				400	100%			
	1.46								
	Vide								
	1.51								

Observations : **Arrêt dans vide à 1,51 m**





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN