

DEVIATION DE LA RN 19 A BOISSY-SAINT-LEGER

AUTEURS : ARNAUD JUIGNET, INGENIEUR GEOTECHNICIEN, GEOS INGENIEURS CONSEILS – CELINE LEFEVRE, INGENIEUR PRINCIPAL, GEOS INGENIEURS CONSEILS – YVES LE FLOC'H, DIRECTEUR TRAVAUX, INGEROP – JULIEN KIRMAIER, INGENIEUR HYDROGEOLOGUE, ARCADIS

La réalisation de la déviation de la RN 19 à Boissy-Saint-Léger a pour objectif d'améliorer les conditions de circulation et la sécurité routière dans la traversée de la commune. Les travaux comprennent notamment la construction d'une tranchée (ouverte et couverte), d'un passage supérieur ainsi que des terrassements pour permettre la mise en place de la nouvelle section de route à 2x2 voies. Ils s'inscrivent dans un contexte géotechnique et hydrogéologique délicat, nécessitant des adaptations particulières.



PRESENTATION GENERALE DU PROJET

L'opération de déviation de la RN 19 se situe dans le département du Val-de-Marne (94), sur la commune de Boissy-Saint-Léger, dans sa section comprise entre la RN 406 à Bonneuil-sur-Marne et la RD 94E à Villecresnes. Ce projet constitue la première étape d'un programme global consistant en l'aménagement de la RN 19 en voie express sur la totalité du barreau de liaison entre la RN 406 et la RN 104 (Francilienne).

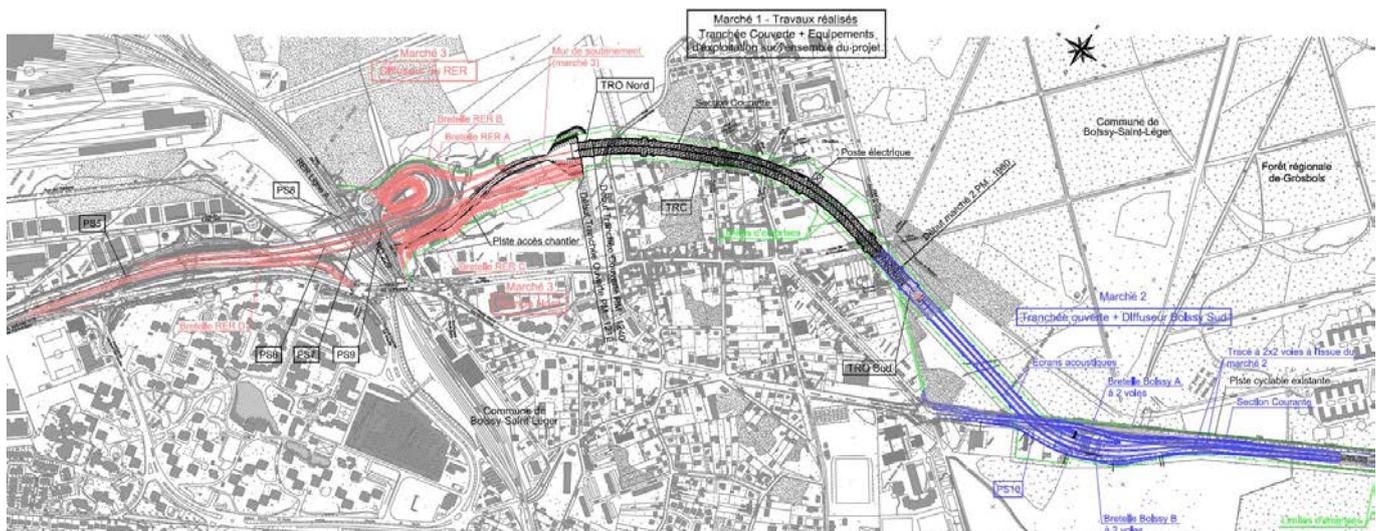
Les caractéristiques actuelles de la RN 19 ne lui permettent pas d'assurer sa fonction de desserte du quart Sud-Est de l'agglomération parisienne de manière fluide, sécuritaire et sans nuire au cadre de vie des communes traversées, notamment Boissy-Saint-Léger. Pour réduire les nuisances que connaît cette commune, le projet de déviation de la RN 19 permet de délester le centre-ville de Boissy-Saint-Léger d'un trafic très important de transit (60 000 véhicules par jour pour les deux sens de circulation cumulés) et de soulager les villes environnantes d'une circulation parasite importante découlant des encombrements actuels de la RN 19. Outre l'optimisation des trajets, l'opération vise à augmenter la sécurité des usagers mais également à améliorer le cadre de vie des riverains par l'éloignement du trafic du centre de Boissy.

Le projet de déviation comprend la réalisation de 3 km de 2x2 voies, partiellement en tranchée couverte et ouverte, avec deux échangeurs (un diffuseur au niveau du croisement avec les voies du RER A et un demi-diffuseur au niveau de l'entrée Sud de Boissy-Saint-Léger). Le projet comporte 1,5 km à 3 voies dans le sens Paris-Provence afin d'intégrer une voie pour véhicules lents.

En phase de réalisation, le projet est scindé en trois marchés de travaux principaux (figure 2) :

- Marché 1 : la tranchée couverte d'environ 760 m et les équipements,
- Marché 2 : la tranchée ouverte d'environ 450 m et le diffuseur de Boissy-Sud,
- Marché 3 : le diffuseur du RER, la section courante et la rampe Nord d'accès à la tranchée.

Les aménagements paysagers font l'objet d'une maîtrise d'œuvre spécifique et donneront lieu à un marché dédié au traitement paysager de l'espace libéré au-dessus de la tranchée couverte et des talus de la rampe Nord.



Le planning des travaux est le suivant :

- Marché 1 : 2014-2017 (génie civil, terrassement et chaussées) / 2018-2020 (équipements en tranchée couverte : ventilation, éclairage, équipements d'exploitation)
- Marché 2 : 2017-2019
- Marché 3 : 2018-2020

La fin des travaux préalables à la mise en service de la déviation de la RN 19 est prévue en décembre 2019, mais des travaux de mise au profil définitif des bretelles des diffuseurs de Boissy-Sud et du RER seront ensuite nécessaires pour achever le projet au premier semestre 2020.

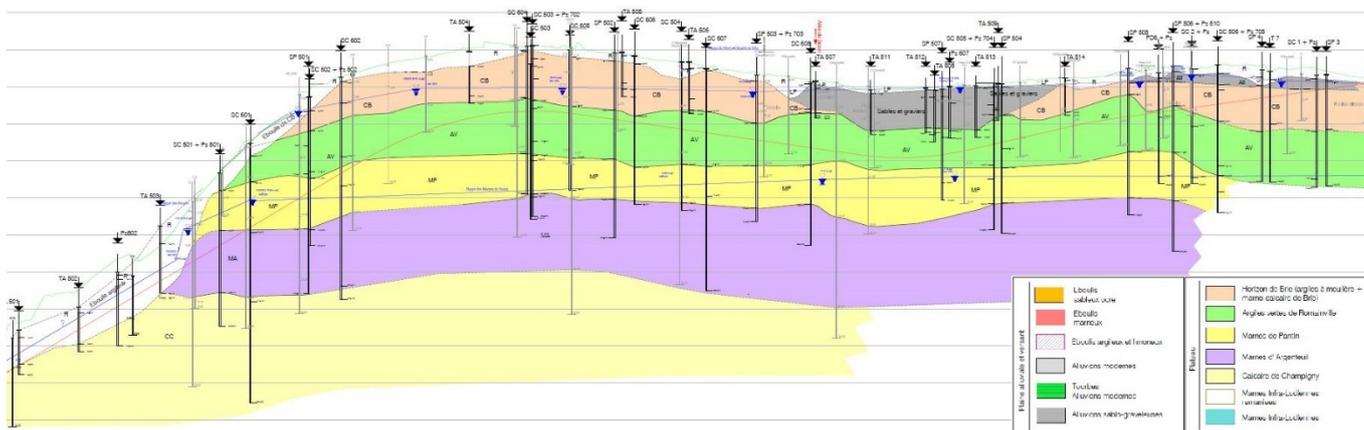
Cet article s'intéresse en particulier aux marchés de travaux 2 et 3 dont les travaux sont actuellement en cours.

CONTEXTE GEOTECHNIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le projet s'inscrit, en partie au bord du plateau de Brie (tranchée) et en partie sur le versant et en pied de celui-ci (rampe et section courante).

La succession géologique au niveau du plateau est la suivante (figure 3) :

- Des formations superficielles : Remblais / Limons des Plateaux, sur une épaisseur comprise entre 1 et 2 m,
- Le Calcaire de Brie, sur une épaisseur pouvant atteindre 7 m,
- L'Argile Verte, sur une épaisseur comprise entre 6 et 8 m,
- Les Marnes de Pantin, sur une épaisseur comprise entre 5 et 7 m,
- Les Marnes d'Argenteuil, sur une épaisseur comprise entre 10 et 12 m,
- Le Calcaire de Champigny.

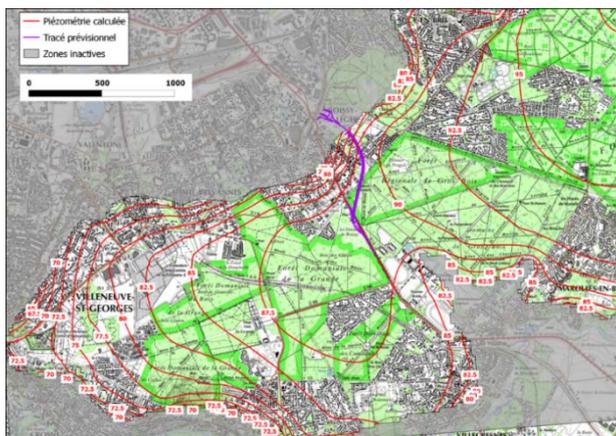


Dans le versant, les reconnaissances ont mis en évidence la présence d'Eboulis de nature sableuse à argilo-marneuse (matériaux glissés mêlant Argile Verte, Calcaire de Brie, Limons des Plateaux) surmontant les Marnes de Pantin, les Marnes d'Argenteuil et le Calcaire de Champigny. Les Eboulis sont progressivement remplacés par des Alluvions dans la vallée de la Marne.

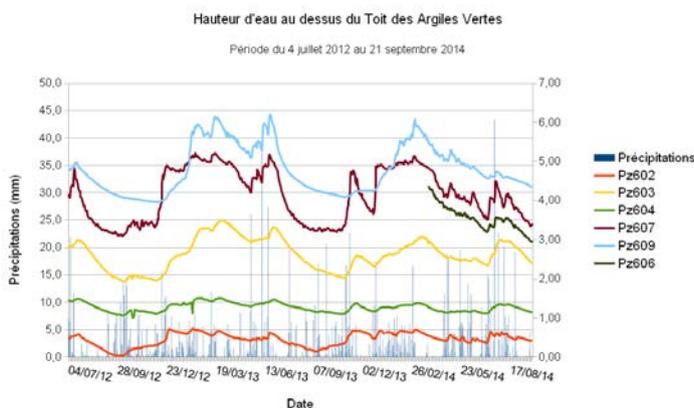
Du point de vue hydrogéologique, les formations en présence contiennent deux nappes distinctes, séparées par l'horizon imperméable de l'Argile Verte :

- Une nappe superficielle dans les Alluvions et le Calcaire de Brie, soutenue par l'Argile Verte,
- La nappe des Marnes de Pantin, soutenue par les Marnes d'Argenteuil.

Le Calcaire de Brie est une formation aquifère contenant une nappe libre alimentée par les précipitations qui circulent dans la porosité de fissures (fractures) de la roche. Cette nappe s'écoule depuis le centre du plateau jusqu'aux coteaux où elle est drainée à l'interface avec l'Argile Verte sous les Eboulis (figure 4a). Ces écoulements étaient autrefois captés par des sources (ex : lavoir de Boissy) que l'urbanisation de la zone a fait disparaître. Le suivi piézométrique étendu en place depuis 1995 a été complété lors des travaux par des piézomètres proches de l'ouvrage dont certains équipés de capteurs automatiques. L'extension de l'urbanisation de la zone a engendré une baisse sensible du niveau piézométrique moyen à long terme sur le plateau. Le suivi automatique révèle une forte réactivité de la nappe après les pluies (figure 4b).



4a



4b

Le Calcaire de Brie a été complètement érodé jusqu'à l'Argile Verte au niveau de l'interface des marchés 1 et 2 sur environ 350 m. Le talweg ainsi créé a été comblé par des Alluvions grossières (sables et graviers).

La formation des Marnes de Pantin est partiellement saturée et n'est pas significativement affectée par le projet, de même que le Calcaire de Champigny.

PROBLEMATIQUES / SOLUTIONS RETENUES

Du Sud vers le Nord, le projet se situe d'abord dans la forêt régionale de Grosbois, puis en zone urbaine avant de rejoindre l'échangeur du RER et le tracé de la RN 19 actuelle vers la RN 406. Afin de limiter les nuisances vis-à-vis des riverains, la partie urbaine est en tranchée couverte. Celle-ci se raccorde à la RN 19 par la rampe au Nord et par la tranchée ouverte au Sud. La ligne rouge du projet atteint une profondeur de l'ordre de 14 m pour la tranchée couverte ainsi que pour la rampe Nord, et de l'ordre de 10 m pour la tranchée ouverte.

Tranchée ouverte

Pour la tranchée, les terrassements concernent les formations superficielles (Remblais et Limons des Plateaux), les Alluvions, le Calcaire de Brie, l'Argile Verte et ponctuellement les Marnes de Pantin, à l'extrémité Nord.

Compte tenu des hauteurs à soutenir et de la présence de la nappe superficielle du Calcaire de Brie, la tranchée a été réalisée en parois moulées, butonnées pour la tranchée couverte (par des butons métalliques définitifs aux extrémités et par la dalle de couverture en partie centrale) et tirantées pour la tranchée ouverte.

Les parois moulées de la tranchée ouverte sont ancrées dans les Marnes de Pantin et les Marnes d'Argenteuil (pour la partie la plus profonde). Les tirants sont constitués de 5 à 7 torons de précontrainte T15,7 ancrés dans les Marnes de Pantin et préchargés afin de limiter les déplacements du soutènement. Leur longueur totale est comprise entre 26 et 42 m du fait de leur inclinaison comprise entre 25 et 45° et de la profondeur des Marnes de Pantin. Le scellement est réalisé par injection de coulis de type IRS (Injection Répétitive et Sélective).

Les sections en parois moulées du projet recoupent complètement l'aquifère du Calcaire de Brie et engendreraient sans dispositions adaptées un effet barrage d'ampleur plurimétrique préjudiciable aux habitations avoisinantes : remontée de la nappe à l'Est de l'ouvrage pouvant inonder les caves, baisse à l'Ouest susceptible d'induire des tassements.

Un dispositif de franchissement passif constitué de tranchées drainantes situées de part et d'autre de l'ouvrage et reliées par des siphons transitant sous la chaussée de la future RN19 permet de rétablir la continuité hydraulique de l'aquifère en phase définitive. Les tranchées drainantes et les collecteurs sont conçus et réalisés pour éviter leur colmatage par la précipitation des carbonates : les tranchées sont remplies de matériaux siliceux, le drain collecteur au fond de chaque tranchée est placé à proximité du sommet de l'Argile Verte afin d'être toujours en eau. Les tranchées drainantes amont et aval sont discontinues de façon à ne pas perturber l'écoulement naturel de la nappe. Les regards de visite et d'entretien sont placés tous les 80 à 100 m environ sans rupture de pente entre deux regards successifs pour faciliter leur entretien ultérieur. Les tirants étant réalisés après les tranchées drainantes, des tubages métalliques sont préalablement mis en place et descendus jusqu'au toit de l'Argile Verte afin de ne pas polluer les matériaux drainants avec les coulis de scellement.

Chacun des neuf siphons qui relie les sections de tranchées drainantes situées à l'amont et à l'aval de l'ouvrage passe sous la chaussée dans un ouvrage cadre ou une buse et remonte au niveau des issues de secours situées en vis-à-vis. Le débit global attendu à travers les siphons est de l'ordre de 10 m³/h et la différence de charge résultante entre Est et Ouest de l'ouvrage reste de l'ordre du battement annuel moyen de la nappe (0,5 m).

En extrémité Sud, les parois moulées ont été prolongées par une paroi au coulis, descendue jusqu'à l'Argile Verte, qui coupe les arrivées d'eau de la nappe du Calcaire de Brie. Cette disposition permet de réaliser les terrassements du déblai de l'extrémité Sud du projet hors d'eau et empêche les arrivées d'eau dans les talus en phase d'exploitation.

Une grande partie de l'arase des terrassements au niveau de la tranchée est constituée par l'Argile Verte. Afin d'éviter des désordres sur les chaussées du fait du gonflement de cette formation sujette à ce phénomène, une géomembrane surmontée d'une couche de matériaux drainants est mise en place sur l'arase avant la couche de forme. Cette disposition permet de capter les eaux de ruissellement résiduelles et de ne pas les mettre en contact avec les Argiles. La couche de forme est réalisée en matériaux du site, traités à la chaux et au liant hydraulique.

Un ouvrage d'art (PS10) est prévu au-dessus la tranchée ouverte pour rétablir l'accès à Boissy-Saint-Léger en provenance de la Province. Il s'agit d'un pont-dalle en béton armé, comportant deux travées d'un peu plus de 23 m de longueur chacune avec un appui intermédiaire (figure 5). Le tablier, de 50,6 m de longueur et de 12,7 m de largeur droite, présente un biais important de 39 grades. Les culées de l'ouvrage sont constituées par les parois moulées de la tranchée surmontées de chevêtres. Trois panneaux de paroi moulée, liaisonnés par une poutre de couronnement, sont réalisés pour établir l'appui intermédiaire (pile sur barrettes de fondation).



5

Une bêche de rétention et une bêche incendie sont prévues, sous la future chaussée, à l'interface entre la tranchée ouverte et la tranchée couverte. La bêche de rétention collecte les eaux de ruissellement de la tranchée ouverte qui sont pompées et refoulées par un réseau spécifique en tranchée couverte jusqu'à un bassin d'assainissement à ciel ouvert. La bêche incendie collecte les eaux de lavage ou d'incendie de la tranchée couverte.

Rampe Nord

Pour la rampe Nord, les terrassements, pouvant atteindre 14 m de hauteur, concernent les Eboulis, les Marnes de Pantin, les Marnes d'Argenteuil et le Calcaire de Champigny et sont en interaction avec les écoulements de versant. Compte tenu de la nature argilo-marneuse des sols et de leurs caractéristiques mécaniques médiocres, les pentes retenues pour les talus situés côté Ouest sont de 3V/1V et, à proximité de la tranchée couverte, de 2H/1V avec mise en place d'un masque poids. Deux à trois niveaux de tranchées drainantes sont exécutés au niveau de risbermes intermédiaires afin de capter les circulations d'eau souterraine. Un soutènement en sol renforcé est réalisé côté Est, afin de limiter les emprises en phase définitive. Celui-ci dispose d'une base drainante et d'un dispositif de drainage amont mis en place à l'interface avec le talus provisoire afin de capter les arrivées d'eau du versant.

Les sols terrassés en déblais sont constitués de sols fins marneux (classe GTR A3 principalement avec également des sols de classes A1, A2, A4 dans de faibles proportions), avec localement des sols plus sableux (classes B2, B5, B6). Les déblais sont réemployés en remblais et en couche de forme après traitement (à la chaux seule en remblais, à la chaux et au liant hydraulique en couche de forme).

Le marché 3 comprend également la réalisation d'un bassin d'assainissement à ciel ouvert dans la boucle du diffuseur du RER.

EXECUTION DES TRAVAUX

Marché 2

La réalisation des travaux du marché 2 a commencé début 2017. Le maintien de la circulation sur la RN 19 induit un phasage complexe avec des basculements de chaussées.

Des sondages de reconnaissance complémentaires ont été réalisés pendant la période de préparation afin d'affiner le maillage antérieur ainsi que les modèles géotechniques à prendre en compte lors des études d'exécution.

À la suite du retour d'expérience du marché 1, au cours duquel des difficultés de forage des parois moulées ont été rencontrées du fait de la présence de blocs de meulière dans le Calcaire de Brie, le groupement d'entreprises titulaire du marché 2 a conduit une campagne de sondages à la tarière sur l'ensemble du linéaire des parois et sur toute la hauteur du Calcaire de Brie. Les murettes-guides pour le forage des parois ont ensuite été mises en place.

Le forage des parois (1100 ml de parois moulées et 500 ml de parois au coulis) a été réalisé par deux ateliers pendant une durée d'environ douze mois (figure 6).



6

Les poutres de couronnement en béton armé ont été exécutées après recépage des parois. Elles comprennent les réservations permettant le forage des tirants et la mise en place des têtes (figure 7). Elles ont pour rôle d'assurer la liaison entre les panneaux de parois moulées et de transmettre aux tirants les efforts liés à la poussée des terres.



7

Les tranchées drainantes ont été réalisées en méthode traditionnelle par havage d'un blindage métallique, puis mise en place du drain et du massif drainant ; un bouchon d'argile surmonté d'une épaisseur métrique de terre végétale recouvre le massif drainant jusqu'à la surface (figures 8a et 8b). Le phasage de réalisation a tenu compte des difficultés de reprise entre passes de réalisation successives et de la profondeur à atteindre pour remplir les contraintes de mise en place du drain (profondeur, pente).



8a



8b

Des puits de pompage et de réinjection asservis au niveau de la nappe ont été mis en place pour la phase travaux afin de limiter l'effet barrage des parois et faciliter localement la réalisation des tranchées drainantes. Le suivi piézométrique indique que la mise en service progressive des tranchées drainantes a permis de ramener l'effet barrage de plus de 2 m à environ 0,5 m.

Préalablement aux travaux des tirants définitifs, six tirants d'essais ont été réalisés afin de confirmer les valeurs de résistance prises en compte lors des prédimensionnements (figure 9a). Les essais à la rupture conduits sur chacun des tirants d'essais (figure 9b) se sont avérés satisfaisants et ont permis de valider l'ancrage dans les Marnes de Pantin.



9a



9b

Le dispositif d'auscultation a été mis en place afin de permettre le suivi des déplacements des parois et la tension dans les tirants au cours des terrassements comprend :

- 12 inclinomètres mis en place dans les parois moulées,
- 18 cales dynamométriques pour le suivi des tirants,
- 64 cibles topographiques, réparties en 32 profils de deux cibles situées en tête et à mi-hauteur des parois.

Les terrassements ont été réalisés en grande masse, avec les points particuliers que sont les passages de nappe et les bâches, qui ont nécessité des surprofondeurs locaux de terrassements (figures 10a et 10b). Des butons métalliques ont été mis en place pour assurer la stabilité des soutènements au niveau des bâches. Le PS10 a été coulé au sol, sur un dallage finement surfacé, puis le terrassement sous l'ouvrage a été effectué « en taupé ».



10a



10b

Marché 3

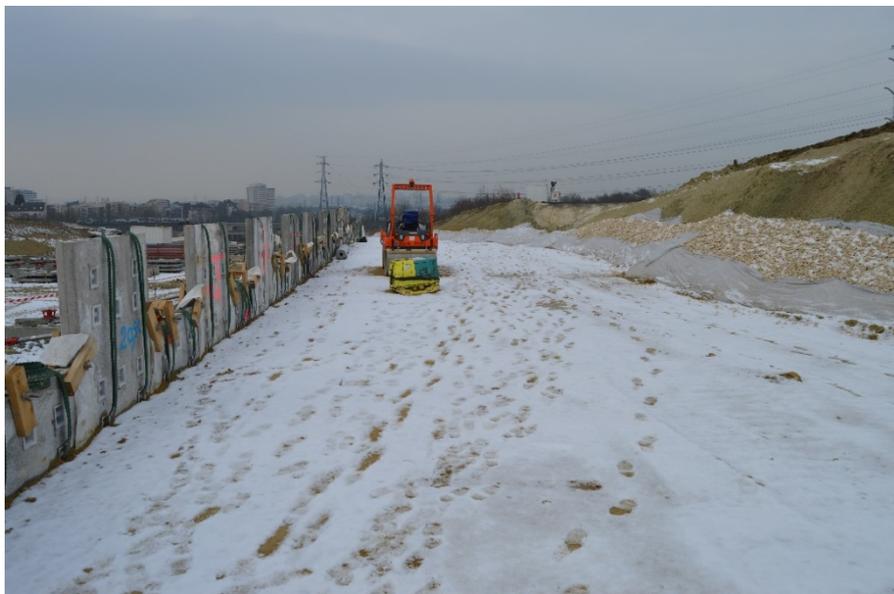
La réalisation des travaux du marché 3 a commencé début 2018. Comme pour le marché 2, le maintien de la circulation sur la RN 19 nécessite un phasage complexe avec des basculements de chaussées.

Des reconnaissances géotechniques complémentaires ont été réalisées, afin notamment de préciser les conditions de réemploi des matériaux de déblai et les formulations de traitement à utiliser. Les formulations, établies sur la base des essais en laboratoire, ont ensuite été validées par des planches d'essais qui ont également permis d'adapter les procédures de compactage des remblais et des couches de forme.



Les travaux ont débuté avec les terrassements en grande masse de la rampe Nord et la réalisation du bassin d'assainissement (figure 11). Le réseau de suivi piézométrique a été complété afin de vérifier le bon fonctionnement des tranchées drainantes du talus Est (rabattement des circulations).

Dans l'objectif d'optimiser le mouvement des terres, différents traitements ont été réalisés sur les sols du site afin de réutiliser les matériaux. En effet, le traitement des arases de terrassement à la chaux pour les améliorer préalablement à la mise en place des couches de forme traitées à la chaux et au liant hydraulique a permis d'obtenir la classe de plateforme requise (PF3). L'Entreprise a également opté pour l'utilisation des déblais traités à la chaux pour la réalisation du remblai en sol renforcé, en les associant à des renforcements en géosynthétiques spécialement adaptés aux sols présentant un pH élevé (figure 12). En complément de ces dispositions, l'Entreprise a contracté la mise en place d'un dépôt définitif sur un terrain adjacent à la RN 19, ce qui a permis d'exécuter les travaux en « circuit fermé », sans recours à des matériaux d'apport et sans évacuation par transport routier.



CONCLUSION

Le projet de la déviation de la RN 19 à Boissy-Saint-Léger fait appel à un large panel de techniques (fondations spéciales, traitements de sols, remblais renforcés, ouvrages hydrauliques...) afin de parfaitement maîtriser le contexte et les conditions géotechniques et hydrogéologiques du site et de réduire les impacts de l'ouvrage en phase définitive (emprises et effet barrage notamment). Les ouvrages géotechniques et hydrogéologiques se comportent actuellement conformément aux prévisions établies lors des phases de conception.

Principaux intervenants

Maîtrise d'ouvrage : DRIEA Ile-de-France – DiRIF – SMR

Maîtrise d'œuvre : INGEROP / ARCADIS

Géotechnique : ARCADIS / GEOS Ingénieurs Conseils

Hydrogéologie : ARCADIS

Entreprises marché 1 : SOGEA TPI / GTM TP / BOTTE FONDATIONS / VINCI CONSTRUCTION TERRASSEMENT / EMULITHE / SDEL / CEGELEC

Entreprises marché 2 : RAZEL-BEC / NGE FONDATIONS / EMULITHE

Entreprises marché 3 : VINCI CONSTRUCTION TERRASSEMENT / GTM TP / WIAME VRD

Principales quantités

Marché 2

Béton pour parois moulées : 13 500 m³

Aciers pour parois moulées : 1 100 tonnes

Coulis pour parois : 2 400 m³

Tirants : 265 u / 8 100 ml

Tranchées drainantes : 800 ml

Déblais : 170 000 m³

Marché 3

Déblais : 250 000 m³

Massif en sol renforcé : 2 000 m² (parement)

Sols traités en arase : 27 000 m²

Couche de forme traitée : 11 000 m³

Tranchées drainantes : 1 300 ml

Légendes et crédits des photos

1 : travaux de parois moulées de la tranchée ouverte – 09/2017 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

2 : vue en plan générale du projet (© INGEROP/ARCADIS)

3 : profil en long géologique du projet (© INGEROP/ARCADIS)

4a : piézométrie avant travaux simulée au niveau du plateau de Boissy-Saint-Léger (© ARCADIS)

4b : fluctuations piézométriques et pluviométrie 2012-2014 (© CEREMA)

5 : ouvrage d'art PS10 – 01/2019 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

6 : forage des parois moulées de la tranchée ouverte – 09/2017 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

7 : poutres de couronnement et tirants en attente de mise en tension – 05/2018 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

8a : tranchée blindée pour la réalisation des tranchées drainantes – 05/2018 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

8b : lit de pose, drain et massif drainant au fond d'une tranchée blindée – 09/2017 (© ARCADIS)

9a : réalisation d'un tirant d'essai – 09/2017 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

9b : essai de tirant à la rupture – 10/2017 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

10a : passage de nappe en cours de réalisation – 01/2019 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

10b : bache de rétention en cours de réalisation – 01/2019 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

11 : terrassements de la rampe Nord – 10/2018 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

12 : montage du remblai en sol renforcé – 01/2019 (© GEOS Ingénieurs Conseils)

Résumé

Le projet de la déviation de la RN 19 à Boissy-Saint-Léger comprend la réalisation d'une tranchée ouverte, d'une tranchée couverte, d'un passage supérieur et de terrassements pour permettre la mise en service de la nouvelle section de route à 2x2 voies qui se développe sur un linéaire d'environ 3 km. Les travaux comportent notamment la réalisation de parois moulées, de tirants d'ancrage, d'un massif en sol renforcé et des traitements de sols pour réemployer les matériaux issus des déblais. Un dispositif de tranchées drainantes longitudinales reliées par des siphons transversaux a été mis en place afin d'assurer la transparence hydraulique de la tranchée qui intercepte l'aquifère du Calcaire de Brie sur toute sa hauteur.