

Saint-Denis, le 10 Novembre 2017

Le Président

Madame Elisabeth BORNE
Ministre auprès du ministre d'État,
ministre de la Transition écologique,
chargée des Transports
Hôtel Le Play
40, rue du Bac
75007 Paris

Madame la Ministre,

Un incident majeur est survenu le 30 octobre 2017 sur le chantier des travaux EOLE à la Porte Maillot à Paris.

La priorité a été donnée, dans un premier temps, à la mobilisation des équipes, de manière à permettre la réparation provisoire du dommage à l'infrastructure de la RATP et la reprise du trafic de la ligne du RER A dans les meilleurs délais, ce qui a été permis le 2 novembre au matin grâce aux efforts de tous les acteurs.

Au-delà, il s'avérait indispensable de comprendre et d'analyser ce qui s'est passé rapidement et de déterminer les conditions pour qu'un tel incident ne puisse plus se reproduire.

A cette fin, j'ai décidé dès le 2 novembre la mise en place d'une commission d'experts indépendants, composée de Messieurs Gilles Cartier, Francis Guittonneau et Marc Panet.

J'ai demandé un premier rapport sous 8 jours portant sur :

- l'analyse, sur le plan technique et organisationnel, de l'incident ;
- l'évaluation de la pertinence des processus en place sur le chantier de la Porte Maillot ;
- la formulation d'un avis sur la reprise du chantier EOLE de la Porte Maillot en proposant le cas échéant des dispositions complémentaires.

Comme suite à votre demande, vous trouverez ci-joint le rapport remis ce jour par la commission d'experts.

Je vous transmets également le rapport de la maîtrise d'œuvre assurée par EGIS (au sein du groupement qu'il forme avec SETEC et l'agence Duthilleul), ainsi que celui du groupement d'entreprises Bouygues TP (mandataire) - DTP Terrassement - Eiffage TP - Eiffage TP Fondation – Razel Bec – Sefi Intrafor.

Ces trois rapports confirment la cause première de l'incident du 30 octobre, à savoir la réalisation d'un forage d'essai décidé par le seul groupement d'entreprises, sans l'autorisation préalable, pourtant nécessaire, du maître d'œuvre. La responsabilité du groupement d'entreprises est donc pleinement engagée, ce que je lui avais d'ailleurs indiqué par courrier dès le 31 octobre.

Compte tenu des constats et conclusions du rapport de la commission d'experts, je retiens comme conditions préalables à la reprise du chantier de la Porte Maillot :

- la nécessité d'un renforcement de la chaîne de contrôle interne au groupement, avec une surveillance renforcée et à la hauteur des enjeux par la maîtrise d'œuvre, et vérification régulière par le maître d'ouvrage ;
- la prise en compte des recommandations techniques des experts, en particulier la clarification entre le maître d'œuvre et l'entreprise, sous le contrôle du maître d'ouvrage, de la nécessité ou non de traiter préalablement les terrains accueillant la paroi de la future gare, coté ligne 1.

Sur les sujets des contrôles internes, du respect des procédures en vigueur et de la définition technique précise des méthodes de réalisation des travaux, un rappel strict au groupement d'entreprises de ses obligations et engagements contractuels sera effectué.

J'ai par ailleurs décidé de confier à une commission d'experts une mission d'appui permanent à la maîtrise d'ouvrage du projet EOLE de façon à permettre de renforcer la maîtrise des risques liés aux travaux souterrains pendant la phase de réalisation du projet, en particulier s'agissant des risques vis-à-vis des infrastructures de la RATP et des immeubles avoisinants.

Enfin, j'ai demandé à mes équipes de maîtrise d'ouvrage un suivi renforcé et tout particulier pour le projet EOLE et pour les travaux réalisés en sous-sol.

Je vous prie de croire, Madame la Ministre, à l'assurance de ma haute considération.



Patrick JEANTET

**EOLE – PROLONGEMENT DU RER E VERS L'OUEST
SNCF – MAITRE D'OUVRAGE**

**EXPERTISE SUR LA MAITRISE DES RISQUES
DES TRAVAUX EN SOUTERRAIN**

Premier rapport suite à l'incident de chantier du 30 octobre 2017

Gilles CARTIER, Francis GUITTONNEAU, Marc PANET

Consultants

10 novembre 2017

I. RAPPEL DU PROJET EOLE ET PRESENTATION DE LA MISSION D'EXPERTISE DE LA MAITRISE DES RISQUES DES TRAVAUX SOUTERRAINS.

1. Le projet de prolongement vers l'ouest parisien du RER E comprend dans les 8 km de sa partie souterraine :

- 6,1 km de tunnel foré au tunnelier entre Hausmann - Saint Lazare (HSL) et La Défense,
- Des portions réalisées en traditionnel dans les secteurs de Saint Lazare et La Défense,
- Des tranchées couvertes et ouvertes sur le secteur de Nanterre La Folie,
- Trois gares nouvelles à la Porte Maillot (GPM), La Défense-CNIT et Nanterre La Folie.

Ces travaux sont réalisés dans le cadre de quatre marchés de travaux principaux, deux concernant la Défense (Déf1 et Déf2), celui relatif au tunnel principal et englobant la Gare Porte Maillot (GC-TUN) et enfin celui relatif à l'entonnement Hausmann – Saint Lazare (GC-HSL).

La maîtrise d'ouvrage (désignée MOA dans le rapport) de l'ensemble du projet est assurée par SNCF Réseau (EOLE) qui a désigné le groupement SED comme maître d'œuvre de la partie souterraine avec SETEC TPI, EGIS et DUTHILLEUL (désigné MOE dans le rapport). Cette association de sociétés d'ingénierie et d'architecture reconnues est, a priori, un gage de professionnalisme et de sérieux pour le bon déroulement du projet.

Le présent rapport concerne plus spécifiquement le secteur de la Gare Porte Maillot (GPM) qui est située dans un environnement complexe du fait de l'existence de différentes infrastructures ainsi qu'en témoigne le plan qui suit :

- Le RER C de la SNCF,
- La station Porte Maillot de la ligne 1 du métro (RATP),
- Le tunnel du RER A de la RATP,
- Le tunnel Grand Maillot (ville de Paris),
- Le parking du Palais des Congrès.

Le projet a fait l'objet d'études de conception de 2012 à 2014 qui ont associé tous les acteurs externes concernés et des experts.

SNCF Réseau – EOLE a choisi un groupement Bouygues Travaux Publics (mandataire), Razel-Bec, Eiffage Génie Civil, SEFI-Intrafor et Eiffage Fondations (le GE dans ce qui suit) pour la réalisation de ces travaux compris dans le lot GC-TUN.

Le 30 octobre 2017 vers 13h, un forage d'essai à la boue de bentonite réalisé par le GE a perforé le revêtement de la voûte du tunnel du RER A constitué de voussoirs caissons en béton armé à environ 30m de profondeur. Le trafic voyageur du RER A a dû être interrompu entre les stations Auber et La Défense. Il a repris le 2 novembre 2017 au matin après que le GPE a réalisé une réparation jugée sécuritaire pour l'exploitation ferroviaire.

C'est dans ce cadre que le Président de SNCF Réseau a diligenté une commission d'experts afin de juger de la maîtrise des risques des travaux souterrains du projet EOLE avec un éclairage particulier sur l'incident du 30 novembre.

Gilles CARTIER, Francis GUITTONNEAU et Marc PANET, tous trois consultants indépendants, ont été sollicités dans le cadre de la lettre de mission reproduite en annexe. Elle prévoit un premier avis pour le 10 novembre portant essentiellement sur les conditions de l'incident et sur des recommandations en vue de la reprise des chantiers.

L'échéance suivante permettra de balayer, sur la globalité du projet en souterrain, l'ensemble des processus et des risques, notamment en relation avec les infrastructures existantes, afin d'évaluer la pertinence des méthodes et de faire des propositions d'amélioration tant organisationnelles que techniques.

A ce stade de la rédaction du présent rapport, la commission a rencontré :

- Les représentants de la MOA le 6 novembre 2017 afin de prendre connaissance des principales données contractuelles, organisationnelles et techniques du projet et de recueillir son point de vue global,
- Les représentants de la MOE le 6 novembre 2017 afin de recueillir toutes informations concernant l'organisation des chantiers et l'incident du 30 novembre,
- Les représentants du GE le 7 novembre 2017 afin de prendre connaissance de son point de vue sur l'incident et d'en mieux comprendre les aspects techniques.

Un rendez-vous est pris à très brève échéance avec les représentants de la RATP afin de recueillir leurs commentaires pour la suite de la mission qui, au-delà de l'incident, portera plus largement sur la gestion des risques vis-à-vis des infrastructures existantes.

Les avis et recommandations émis par la commission reposent essentiellement sur les renseignements communiqués en séances et dans les rapports fournis par les intervenants (MOA, MOE, GE). Dans le délai imparti pour la rédaction de ce rapport, les experts ont reçu quelques documents complémentaires mais n'ont pas pu les analyser de manière approfondie à ce stade.

II. ANALYSE DE L'INCIDENT DU 30 OCTOBRE 2017

II.1 Bref rappel des faits :

Le 30 octobre 2017, le GE réalise un forage d'essai à la boue de bentonite proche des essais 16 à 18 déjà réalisés en juillet dernier au titre d'une campagne d'essais préalable à la mise au point des processus de réalisation en sécurité des parois moulées à grande profondeur.

Vers 13h, le train de tiges (tiges de diamètre 114 et tricône de diamètre 200) atteint 27 m de profondeur et perce un voussoir de revêtement de la voûte du RER A.

Une arrivée d'eau de la nappe phréatique de fort débit et avec des venues de fines a rapidement été signalée dans le tunnel ce qui a conduit à interrompre la circulation des trains.

Les parties s'accordent pour dire, qu'après quelques heures, un écoulement d'eau claire s'en est suivi et que le volume des fines retrouvées sur les voies est d'environ 40 à 50 m³ (des prélèvements de fines ont été réalisés et la commission a demandé de les caractériser par analyse minéralogique).

Après intervention des services de la RATP et consignation électrique des caténaires, le GE a tenté dans la nuit de bloquer la venue d'eau par mise en place classique d'un bouchon de bois depuis le tunnel, évitant ainsi de remonter le train de tiges ce qui présentait un risque. Cette opération, qui a été retardée par des dégagements de H²S qui ont nécessité l'intervention des pompiers, n'a finalement pas permis d'arrêter la venue d'eau.

Dans la journée du 31 octobre, en utilisant des moyens plus lourds, le trou a été fermé à l'aide d'une plaque métallique d'obturation. Alors, des injections en intrados ont finalement permis d'arrêter la venue d'eau en début de matinée du 1^{er} novembre et de remonter avec précautions le train de tiges.

Des injections successives et mesurées, réalisées depuis la surface, ont alors permis de combler les vides laissés en arrière de la voûte par le soutirage de fines pendant que 6 plaques métalliques étaient vissées aux voussoirs (les volumes injectés sont estimés à 40 à 45 m³)¹.

On notera que le vide a été estimé par sondage comme un cône d'environ 1m d'épaisseur en sous-face des Calcaires Grossiers et ayant un point bas au droit du désordre.

Le GE a procédé à des calculs de vérification de la stabilité de l'ouvrage, au moment du désordre puis à l'état final après comblement du vide, qui ont permis de confirmer la pertinence de la réparation. En outre, des moyens d'auscultation et de surveillance (géométrie et venues d'eau) ont été installés.

Le MOE a validé le rapport édité pour expliciter l'incident, la réparation et la justification de la stabilité puis les services de l'ingénierie de SNCF et le MOA ont approuvé ces dispositions.

¹ Ces volumes ne peuvent toutefois certainement pas être comparés aux volumes de sable recueillis sur la plateforme comme on le verra en II.2

II.2 Avis sur l'intervention et la réparation

1. L'intervention en tunnel a nécessité la présence de différents acteurs du GE, de la MOE, de SNCF et de la RATP. Les témoignages recueillis en séances ont donné à la commission le sentiment d'une très forte mobilisation et d'un grand professionnalisme de chacun.

Le GE a tout d'abord cherché, entre le 30 octobre et la nuit du 30 au 31, à utiliser une technique simple mais éprouvée dans les ouvrages souterrains. Elle présentait l'avantage de pouvoir être mise en œuvre sans gros moyens spécifiques et sans prendre le risque de remonter le train de tiges. Les forts débits n'ont malheureusement pas permis d'aboutir et il a fallu avoir recours à une technique plus lourde qui a été mise en œuvre à partir du 31. Elle a été efficace et n'appelle pas de remarque de notre part.

La commission a examiné le phasage des travaux entre la mise en place des plaques en tunnel, les injections de résine en tunnel puis les injections de coulis depuis la surface et enfin les forages de contrôle. Elle en conclut que le GE s'est bien mobilisé et que les délais de réparation sont tout à fait raisonnables.

2. La perforation du tunnel a provoqué une venue d'eau importante accompagnée d'un débouillage de sables et de fines au contact du Calcaire Grossier et des Sables de Cuise. Un sondage fait après l'accident a montré que le débouillage avait créé, sous le banc inférieur du Calcaire Grossier, un vide ayant une épaisseur de l'ordre de 1 m. Si on considère un vide de 1m d'épaisseur et un volume de l'ordre de l'ordre de 40 à 50 m³, l'extension latérale du vide derrière le revêtement du tunnel du RER n'est pas négligeable.

La commission estime qu'il conviendrait de vérifier que les injections faites lors de la réparation ont bien rempli ce vide à l'extrados des voussoirs. De même, on cherchera utilement à caractériser le sable par analyse minéralogique et à essayer de corrélérer les quantités de matériaux recueillies avec celles injectées.

3. Les mesures de surveillance et d'auscultation décidées avant la remise en exploitation n'appellent pas de remarques. Il conviendra toutefois de finaliser la réparation selon les préconisations du gestionnaire d'infrastructure dès que la programmation des travaux le permettra.

En revanche, il conviendra de s'interroger sur la nécessité d'une procédure d'alerte plus réactive entre le chantier et l'exploitant RATP. La commission s'est en effet étonnée que l'équipe de sondeurs n'ait été prévenue qu'avec un délai de l'ordre d'une heure du désordre dans le tunnel.

II.3 Les conditions de décision et de réalisation du forage d'essai

1. Les explications orales et les rapports fournis par le MOE et le GE convergent pour dire que le forage incriminé a été réalisé par le GE à son initiative et sans partage d'information avec la maîtrise d'œuvre.

La commission a également noté que, de fait, les contrôles intérieurs au GE n'ont pas été activés.

2. Le GE aurait décidé de réaliser le forage à proximité du contre-rideau comme lors de la campagne de juillet dernier parce qu'il connaissait ce secteur et qu'il était accessible. Ce choix aurait cependant dû s'accompagner de précautions particulières puisque l'immédiate proximité en plan du tube du RER A était connue et que les forages se situaient seulement à 1m du piedroit du tunnel, ce qui constitue une distance de sécurité vraiment très faible.

On assiste alors à une série d'erreurs puisque, d'une part, le sondage a été implanté sans recours à un contrôle topographique pouvant repérer l'aplomb du tunnel et, d'autre part, il a été décalé de 1,30 m vers le nord par rapport à la position des sondages de juillet ce qui ne lui permet pas d'éviter la voûte du tunnel, même sans déviation d'outil.

Le choix de la profondeur de ce forage d'essai peut interpeler. En fait, la logique de ces différentes campagnes était de préciser la capacité du terrain à supporter les travaux à la boue des futures parois moulées de grande profondeur (40 à 57m) sans risque majeur et il était donc pertinent de réaliser ces essais jusqu'aux Sables de Cuise, soit vers 30m de profondeur. Mais alors, on comprend mal pourquoi le choix s'est porté sur un site en directe interférence avec le tunnel du RER A et où les parois moulées à réaliser sont limitées à une quinzaine de mètres de profondeur.

II. 4 Le contexte contractuel et organisationnel du forage

Les pièces du marché qui traitent des rôles respectifs du MOE et du GE semblent tout à fait classiques et adaptées au contexte du projet, autant que le temps imparti pour cette première phase d'examen a permis de le constater.

Pour autant, on ne peut pas affirmer, en l'état, que le processus de contrôle aurait détecté l'interférence entre l'axe du forage et la trace du tunnel.

Par ailleurs, le risque d'une action non concertée, non contrôlée et non validée devra être traitée pour la suite des chantiers.

II.5 Le contexte technique du forage

Les rapports produits par le MOE et par le GE détaillent les raisons techniques qui ont conduit à ces différents essais à la boue.

Sans revenir sur leur enchaînement précis, on peut retenir que la mise au point des études d'exécution prévue au marché a conduit le GE dès le mois de février 2007 à réaliser plusieurs campagnes de forages :

- Une campagne de reconnaissance géotechnique complémentaire aux études fournies dans le marché, dans le cadre de la mission G3 du GE,
- Des forages d'essai à la boue de bentonite décidés début juin suite à la réalisation des plots d'essai de traitement de terrains par injections et jet-grouting, qui avaient mis en évidence des pertes de boue jugées anormales par le GE. Ce sont 9 forages d'essai qui sont réalisés mi-juillet à 28m de profondeur dans l'emprise de la future gare à ciel ouvert.
- Afin de parfaire la connaissance de ce phénomène de perte de boue et de juger s'il concerne l'ensemble du secteur (incluant le puits de maintenance et le contre-rideau), le MOE et le GE décident de compléter ces 9 forages par 8 nouveaux forages répartis sur l'ensemble du secteur. Ils sont réalisés fin juillet.

En synthèse, on peut dire que ces différentes campagnes de forages ont mis en évidence des pertes de boue que le GE a jugé suffisamment difficiles à gérer pour proposer, dès le 7 août 2017, un prétraitement de tout le volume de terrain dans l'emprise de la paroi moulée.

Le 4 septembre, la MOE a considéré qu'il revenait au GE d'adapter ses installations pour disposer de grandes capacités d'apport immédiat de boue en cas de perte brutale et d'envisager un prétraitement du terrain à définir et valider.

C'est en réunion du 25 octobre que le MOE (qui avait écrit le 20 octobre qu'il fallait distinguer les pertes de boue partielles et donc gérables de celles plus brutales et pouvant mettre en péril la stabilité de l'excavation) a refusé le prétraitement systématique jugeant qu'il ne disposait pas de justification suffisante en regard des conditions énoncées au marché pour envisager une modification du forfait à la charge du GE.

Ce point de désaccord, tant technique que contractuel, entre les deux parties a conduit le GE à décider seul d'un forage complémentaire dont on a déjà parlé, alors que le MOE demandait de procéder à la réalisation d'un premier panneau de paroi moulé du puits travaux permettant des constats de comportement en vraie grandeur (l'échéance contractuelle de début des travaux de parois était fixée au 8 novembre).

La commission n'a pas le temps, ni les moyens, de proposer des éléments d'arbitrage de ce différend technique à ce stade. Elle constate toutefois que les campagnes réalisées depuis plusieurs mois sur ce thème sont fondamentales puisqu'elles visent à sécuriser les conditions de réalisation des parois moulées qui seront déterminantes pour réduire et annuler les risques sur l'environnement et donc sur les infrastructures existantes dont celles de la RATP (en ce sens, le forage incriminé n'aurait jamais dû être décidé dans les circonstances décrites mais sa finalité intrinsèque n'était pas en soi critiquable).

En l'état de nos informations, il n'a pas été possible de définir avec précision les niveaux stratigraphiques où se produisent les pertes de boue. Si, sur d'autres sites en Région Parisienne, elles ont souvent été observées dans les Marnes et Caillasses et au contact du Calcaire Grossier et des Sables de Cuise, elles ne l'ont été, à notre connaissance, dans le Calcaire Grossier que sous des versants où des instabilités de pente avaient créé des fractures très ouvertes dans les bancs calcaires.

La commission recommande donc de finaliser rapidement la prise de décision concernant d'éventuels traitements du terrain préalablement à tous travaux de parois moulées, sous l'égide du MOA.

Pour ce faire, le GE et le MOE doivent tirer le meilleur parti des rapports d'essais existants et entreprendre rapidement une reconnaissance complémentaire (sondages carottés doublés d'essais de boue mettant bien en évidence les phénomènes, d'une part dans le Calcaire Grossier et, d'autre part, au contact des Sables de Cuise).

III. ANALYSE DES PROCESSUS EN PLACE SUR LES CHANTIERS DE LA PORTE MAILLOT

1. La commission a rapidement pris connaissance des principales pièces du marché.

Elle a constaté que les dispositions contractuelles mises en place entre les acteurs du chantier sont classiques pour ce type de grande opération. S'agissant de travaux en souterrain, on constate également une prise en compte des particularités de ces chantiers qui est conforme aux pratiques habituelles et aux recommandations et règles de l'art.

Un point d'attention est soulevé par le GE en matière de délai de visa des plans. Il conviendra que le MOA vérifie ce point (grâce aux possibilités offerte par la GED) qui sera à traiter dans la suite de la mission.

2. La caractérisation des risques revêt une importance toute particulière pour les chantiers en souterrain à proximité d'infrastructures sensibles. Si le marché en prévoit un management spécifique, il reste à vérifier que tous les outils du management des risques sont en place et vivent avec le chantier. Ce sera l'objet de la suite de la mission.

A la demande de la commission, les trois acteurs ont proposé des mesures de sécurisation complémentaires dans les zones à risque devant faire prochainement l'objet de travaux. Le temps imparti n'ayant pas permis de finaliser ces mesures, il conviendra de le faire très rapidement.

L'entrevue prochaine avec la RATP permettra également de recueillir ses commentaires en la matière.

3. Les questions de surveillance et d'alerte semblent également couvertes par les procédures évoquées avec les acteurs. Il restera, là également, à expertiser la pertinence de leur contenu dans la suite de la mission.

IV. AVIS SUR LA REPRISE DU CHANTIER GPM

IV.1 Les travaux concernés en interférence avec des ouvrages RATP en exploitation

Il s'agit de :

- La fin des travaux d'injection autour de l'ouvrage de la station Porte Maillot M 1,
- La réalisation du puits de travaux qui permettra l'exécution de la partie Est de GPM.

IV.2 Les travaux d'injection autour de l'ouvrage de la station Porte Maillot M1

La station Porte Maillot a été réalisée en 1935 au moment du prolongement de la ligne 1 à Pont de Neuilly. Elle a servi de terminus provisoire et comporte quatre voies. Ces voies sont réparties en deux stations ordinaires voûtées à quais latéraux, la faible profondeur du tunnel ayant exclu la construction d'un terminus sous voûte unique. Les ouvrages se développent dans l'horizon géologique des Marnes et Caillasses. Ils sont très sensibles à d'éventuels mouvements de terrain. La stabilité des voûtes est dépendante de la capacité des piédroits à encaisser les fortes poussées qu'elles exercent sur eux.

La structure de la station de la ligne M1 est donc particulièrement vulnérable à des déplacements notamment horizontaux du fait de voûtes de grande portée, très surbaissées, de son implantation à faible profondeur dans les Marnes et Caillasses (MC), de son mode d'exploitation (circulation dense de trains sans conducteur, trafic de voyageurs élevé).

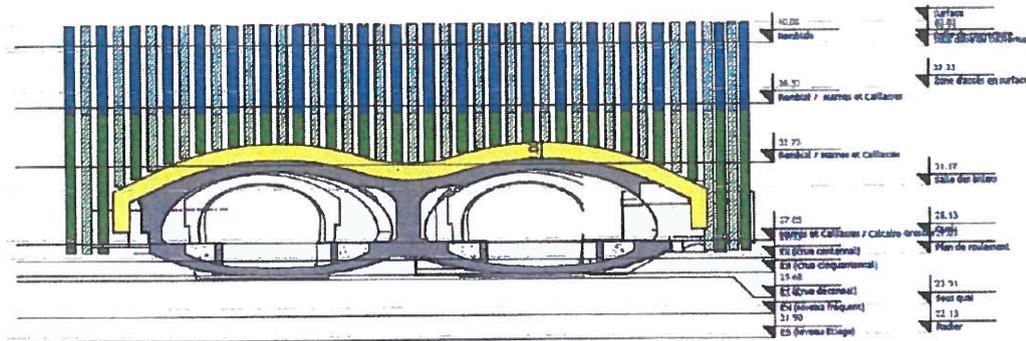
En conséquence, la RATP a imposé, pour les déplacements autorisés de ces structures, des limites qui ont été prises en compte dans la conception du projet et dans les marchés de travaux.

Le MOE qui était chargé des études a pris des dispositions de nature à satisfaire ces spécifications sur la base de caractéristiques géotechniques prudentes et de modélisations numériques.

Les dispositions prises sont :

- Injections des Marnes et Caillasses en voûte et en piédroits de la station Porte Maillot ligne M1,
- Paroi Sud de GPM constituée d'éléments en T et de grande inertie,
- Mise en œuvre de tirants provisoires entre la tête de la paroi moulée Sud de GPM et un contre rideau situé de l'autre côté de la station Porte Maillot de la ligne M1.

Ces dispositions sont de nature à apporter les garanties nécessaires tant pour l'ouvrage définitif que pour les différentes phases de creusement de la fouille à l'intérieur des parois moulées.



Vue en coupe des forages au-dessus de la station Porte Maillot ligne M1

La phase de réalisation des parois moulées peut être plus critique, puisque le contrôle des déplacements horizontaux des piédroits ne repose que sur l'efficacité des injections des Marnes et Caillasses.

Il conviendrait, avant de démarrer l'exécution des parois moulées, de préciser les modalités de contrôle des résultats de la campagne d'injection en cours et de définir le module de déformation des Marnes et Caillasses injectées à atteindre.

Dans la zone située entre le piédroit Nord et le futur emplacement des parois moulées, des essais, dont le programme est à établir, permettront de vérifier en particulier que la valeur du module de déformation des Marnes et Caillasses injectées autorisent le démarrage des travaux de parois moulées de GPM.

Un autre facteur important est celui du phasage de réalisation des panneaux de la paroi. Il conviendra de vérifier que lors de la foration d'un panneau, les panneaux voisins n'ont pas été exécutés ou qu'ils ont été bétonnés depuis un temps suffisant pour avoir une prise du béton.

Les préconisations concernant les procédures d'exécution à établir pourraient être déduites des considérations techniques qui précèdent.

IV.3 L'exécution du puits qui permettra la réalisation de la partie Est de GPM

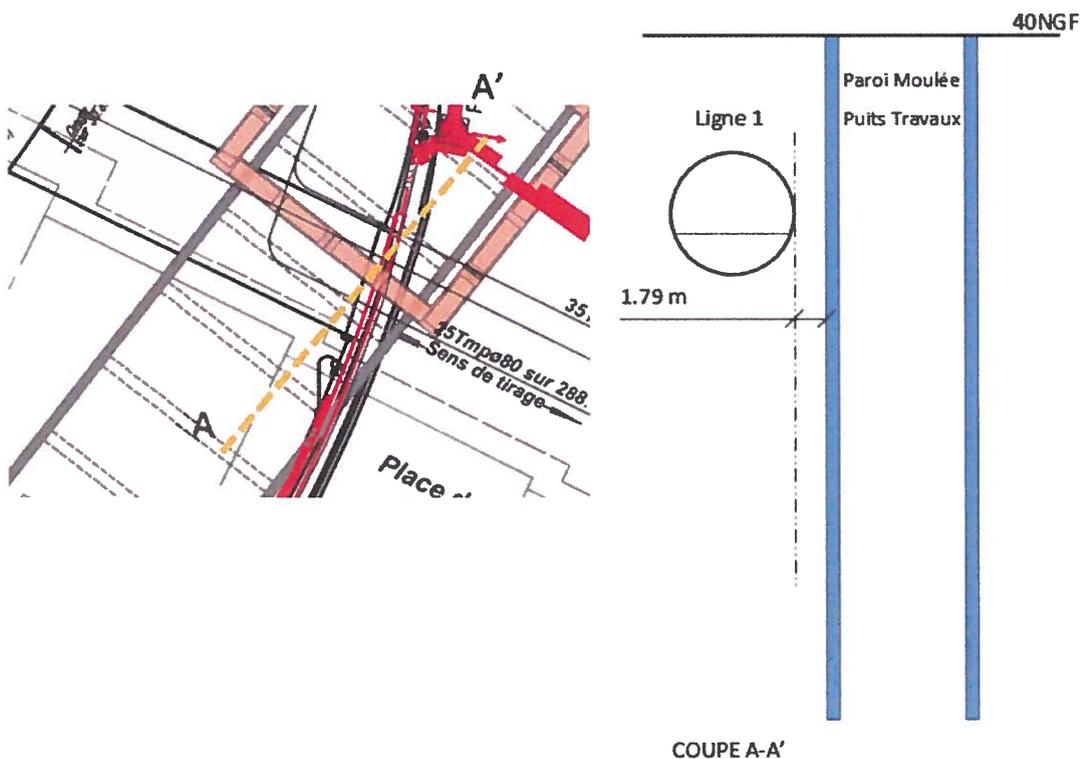
Le puits de travaux est situé près de l'extrémité Est de la future Gare Porte Maillot. Les ouvrages de la partie Est de GPM seront exécutés en méthode traditionnelle à l'avancement à partir de galeries subhorizontales se développant dans le Calcaire Grossier. Le puits permet d'atteindre ce niveau pour commencer les galeries.

Il sera exécuté en parois moulées. Ses contraintes d'implantation sont telles qu'il va se situer proche des ouvrages d'entrée de la station Porte Maillot ligne M1 (elle-même située dans les Marnes et Caillasses).

Les risques de mauvaise exécution des parois moulées ont été identifiés et des mesures de traitement sont définies et seront mises en place.

La commission note qu'il n'a pas encore été possible de réaliser une polygonale pour implanter dans un même référentiel les ouvrages existants de la ligne 1 et les parois moulées du puits. Cette implantation apparaît indispensable pour lever les incertitudes actuelles sur la distance qui sépare les deux ouvrages. Les plans actuellement utilisés indiquent une valeur de 1,79 m, donc très réduite en tout état de cause.

Il importe également de bien connaître l'ouvrage existant de la ligne 1 pour s'assurer de sa stabilité pendant les travaux. Le merlon situé entre le tunnel de la ligne 1 et la paroi moulée est constitué de Marnes et Caillasses. Il convient de bien définir quel processus de réalisation sera retenu et s'il est nécessaire de consolider la zone de Marnes et Caillasses par des injections avant la foration des parois pour éviter un désordre dans le tunnel existant.



Situation du puits de travaux (L'ouvrage de la ligne 1 est représenté schématiquement par un cercle. L'ouvrage réel n'a pas cette section)

V. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'incident du 30 octobre 2017, qui s'est traduit par la perforation de la voûte du tunnel du RER A, entraînant d'importantes venues d'eau accompagnées d'un débouillage de sables et de fines, a conduit à l'arrêt des circulations dans le tunnel du RER A jusqu'au 2 novembre au matin.

Le forage d'essai qui a provoqué ce sinistre a été décidé par le seul GE, sans information préalable du MOE et donc, a fortiori, sans approbation de celui-ci. Lors de l'implantation du forage au droit du futur contre-rideau (et donc à faible distance de l'aplomb du piédroit Sud du tunnel), l'absence d'intervention d'un géomètre s'est traduit par une erreur d'implantation qui a suffi pour conduire à l'accident.

La commission a noté une grande réactivité de l'ensemble des acteurs pour réaliser la réparation dans les meilleures conditions. L'opération technique est satisfaisante et les délais de réparation sont apparus tout à fait raisonnables.

La commission recommande de vérifier que les injections réalisées ont bien rempli tout le vide à l'extrados des voussoirs et de finaliser la réparation dès que possible.

Cet incident s'est produit dans un environnement contractuel et organisationnel classique et adapté à un grand chantier de travaux souterrains, mais il faudra tenir compte de l'erreur à l'origine de l'incident pour renforcer la sécurisation des opérations.

Le forage d'essai à la boue, réalisé par le GE le 30 octobre, fait suite à une série de campagnes d'essais destinées à évaluer les risques lors de la phase de réalisation des parois moulées et tout particulièrement en lien avec le risque de perte de boue dans différents horizons stratigraphiques.

En l'état des discussions, il subsiste un débat technique et contractuel entre le MOE et le GE quant à la nécessité de traiter les terrains préalablement à la réalisation des parois. La commission recommande de parfaire la décision sur ce sujet, sous l'égide du MOA, en utilisant les résultats des essais existants et en réalisant une reconnaissance complémentaire avant d'autoriser la poursuite des opérations correspondantes.

Les dispositions contractuelles existantes sont adaptées au contexte de travaux souterrains. Il restera à s'assurer que le management des risques prévu est effectivement en place, qu'il est pertinent et qu'il vit avec l'avancement du chantier.

La commission a suggéré d'approfondir l'analyse des risques pour préciser un éventuel renforcement de certaines mesures de sécurisation. Dans le même esprit, l'examen des procédures relatives à la surveillance et à l'alerte, tout particulièrement en relation avec les infrastructures existantes, va se poursuivre dans la suite de la mission.

Concernant la reprise prochaine des travaux (injections autour de la station Porte Maillot M1 et parois moulées du puits travaux à l'Est de GPM), la commission recommande de préciser les

modalités de contrôle des résultats de injections et de confirmer que les parois seront réalisées par « pianotage » afin de limiter les effets de décompression.

La réalisation du puits travaux va solliciter le tunnel de la ligne M1. Il convient de terminer l'implantation fine des deux ouvrages dans un même référentiel et de préciser et contrôler le processus de réalisation qui sera retenu, notamment en termes d'un éventuel traitement de la zone des Marnes et Caillasses. Ce point sera suivi par la commission.

Ces différents sujets feront l'objet d'un approfondissement dans la suite de la mission qui sera étendue à l'ensemble du projet EOLE en souterrain.

Gilles CARTIER

Francis GUITTONNEAU

Marc PANET

Saint-Denis, le 6 novembre 2017

Lettre de mission pour la commission d'experts travaux souterrains EOLE

Composition de la commission : Gilles Cartier, Francis Guittonneau, Marc Panet

Objectif général : auditer le processus de pilotage et de traitement des travaux EOLE en souterrain et préciser les mesures utiles pour renforcer la sécurité de leur réalisation future, en particulier pour ce qui est des risques vis-à-vis des infrastructures de transport souterraines RATP et SNCF, des réseaux et des constructions avoisinantes.

Périmètre : l'ensemble de la chaîne MOA/MOE/entreprises sur l'ensemble du projet EOLE (section nouvelle).

Déroulé de la mission et échéances :

Sous 8 jours (remise du rapport le 10/11) :

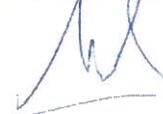
- Analyser, sur le plan technique et organisationnel, l'incident survenu le 29/10 sur le chantier d'EOLE porte Maillot et ayant conduit à l'arrêt de l'exploitation du RER A, notamment sur la base des différents rapports produits,
- Evaluer la pertinence des processus en place sur le chantier de la porte Maillot,
- Donner un avis sur la reprise du chantier en proposant le cas échéant des dispositions complémentaires, pour la phase en cours et pour les phases de travaux des 2 mois à venir.

Sous un mois après la remise du premier rapport :

- Analyser l'ensemble des incidents survenus sur les différents chantiers d'EOLE,
- Evaluer la pertinence des processus en place,
- Faire des recommandations d'amélioration et de dispositions complémentaires pour l'ensemble des phases de travaux souterrains à venir des chantiers de la section nouvelle d'EOLE (des approfondissements ultérieurs pourront être prévus).

Personnes à rencontrer : MOA Réseau, MOE, entreprises, RATP, ...

Frédéric MICHAUD
 Directeur des Grands Projets



SNCF RÉSEAU - 15/17, rue Jean-Philippe Rameau - CS 80001 - 93418 LA PLAINE SAINT DENIS CEDEX
 RCS BOBIGNY 412 280 737 20375

TUNNEL AU TUNNELIER ET GARE PORTE MAILLOT

RAPPORT D'INCIDENT RER A PORTE MAILLOT DU 30/10/2017

Maîtrise d'œuvre SED

Marché GC-TUN

| | | | |
|---|---|--|---|
| Etabli par : Equipe SED Maillot | Vérifié par : MESNIER Vincent | Validé par : BULTEL Frédéric | Approuvé par : SAMAMA Laurent |
| Visé le : 06/11/2017 | Visé le : 07/11/2017 | Visé le : 07/11/2017 | Visé le : 07/11/2017 |

| Indice | Date | Modifications |
|--------|------------|---|
| A | 07/11/2017 | Première diffusion externe – VERSION DEFINITIVE |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

| Entité émettrice | Nb de pages |
|------------------|-------------|
| Egis Rail | 16 |

| Emetteur | Type de Doc | Domaine | Phase | Discipline | Code Géographique | Encartage | Numéro Doc | Indice | Statut |
|----------|-------------|---------|-------|------------|-------------------|-----------|------------|--------|--------|
| 402 | ERT | INF | REA | GCV | MAI | 006 | 10641 | A | 1 |

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

| <i>Diffusion des documents validés</i> | |
|--|---|
| Pour application : | MOA/DP, MOA/DA, MOA/D NEXT, MOA/D MR, MOA/D TN, AMO/RR, MOA/Dos, MOEs |
| Pour information : | |

TABLE DES MATIERES

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | RAPPEL DE L'INCIDENT..... | 3 |
| 2. | CADRE ET NATURE DES TRAVAUX A L'ORIGINE DE L'INCIDENT RER A..... | 3 |
| 2.1. | LES INTERVENANTS | 3 |
| 2.2. | LES OUVRAGES A REALISER..... | 3 |
| 2.3. | SITUATION DE L'INCIDENT PAR RAPPORT AUX TRAVAUX..... | 5 |
| 2.4. | LES FORAGES DE RECONNAISSANCE | 5 |
| 2.4.1. | Reconnaitances géotechniques complémentaires (mission G3)..... | 5 |
| 2.4.2. | Forages supplémentaires..... | 7 |
| 3. | LE SONDAGE AYANT OCCASIONNE L'INCIDENT..... | 10 |
| 4. | PROCESSUS DE DECISION ET DE VALIDATION DES FORAGES D'ESSAI A LA BOUE DE BENTONITE | 10 |
| 5. | CONCLUSION..... | 11 |
| 6. | ANNEXES..... | 12 |

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

1. RAPPEL DE L'INCIDENT

Le 30 Octobre 2017 vers 13h, la voûte du tunnel du RER A a été perforée, provoquant une arrivée d'eau et de sable à fort débit sur les voies du tunnel.

Cet incident s'est produit au droit du chantier de construction de la gare Porte Maillot réalisée dans le cadre de l'extension vers l'ouest du RER E depuis la Gare St Lazare.

Il a été provoqué par un forage d'essai à la boue de bentonite (ou boue bentonitique) réalisé par le groupement en charge de la construction de la gare Porte Maillot. L'outil de forage d'un diamètre de 200 mm a perforé le revêtement du tunnel constitué de voussoirs caissons en béton armé à environ 30 m de profondeur. La perforation est située à mi-hauteur du tunnel côté Sud.

Le trafic voyageur du RER A a été interrompu entre les stations Auber et la Défense jusqu'au 02 Novembre 2017 à 05h15.

Comme suite à l'Ordre de Service n°70 notifié le 02 Novembre 2017, la présente note a pour objet de fournir le rapport circonstancié et détaillé du Maître d'œuvre comprenant notamment le cadre et la nature des travaux à l'origine de l'incident ayant conduit au percement de la voûte du tunnel du RER A, ainsi que le processus de décision et de validation interne et externe de ces travaux.

2. CADRE ET NATURE DES TRAVAUX A L'ORIGINE DE L'INCIDENT RER A

2.1. LES INTERVENANTS

Sur le Tronçon St-Lazare / Nanterre La Folie, le groupement Bouygues Travaux Publics, Razel-Bec, Sefi-Intrafor, Eiffage Génie Civil et Eiffage Fondations, dénommé GC-TUN, est titulaire du marché de travaux de génie civil du tunnel et de la gare Porte Maillot.

SNCF Réseau est le Maître d'Ouvrage.

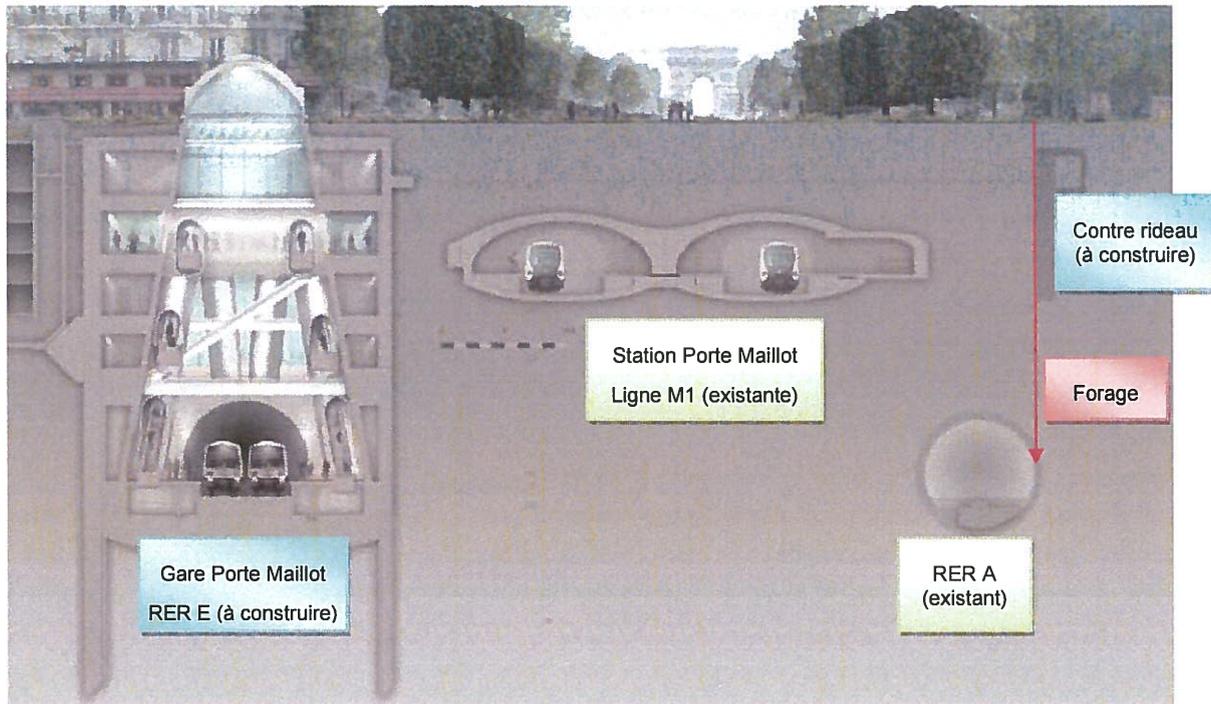
Le groupement Setec Egis Duthilleul, dénommé MOE SED, est en charge de la maîtrise d'œuvre de ces travaux.

2.2. LES OUVRAGES A REALISER

La Gare Porte Maillot est constituée de plusieurs ouvrages présentés ci-après et dont les travaux sont fortement interfacés entre eux et avec des ouvrages existants :

- la partie à ciel ouvert de la gare, d'une longueur d'environ 155 m, positionnée entre le tunnel du Grand Maillot à l'Ouest, le parking Porte Maillot Indigo au Nord et la station de la ligne de métro Ligne 1 au Sud, et dont les extrémités ont une emprise sous voirie ;
- le contre-rideau situé au Sud de la station de métro ligne 1 et du tunnel du RER A. Cet ouvrage est constitué d'une paroi moulée liaisonnée avec la paroi sud de la partie à ciel ouvert par des tirants et d'une galerie de visite. L'ouvrage assure un rôle d'ancrage et permet de bloquer en tête les déplacements de la paroi moulée sud dès les premières phases de terrassement. Les tirants sont prévus d'être détendus après réalisation de l'ensemble du génie civil intérieur de la gare.

2.3. SITUATION DE L'INCIDENT PAR RAPPORT AUX TRAVAUX



Le forage qui a occasionné l'incident a été réalisé au droit du futur contre-rideau situé au sud de la station Porte Maillot ligne M1 et au sud du RER A, tel que représenté sur la figure ci-avant.

2.4. LES FORAGES DE RECONNAISSANCE

Préalablement à la réalisation des ouvrages, plusieurs forages de reconnaissance ont été menés dans le cadre de ce marché. Cela concerne les campagnes suivantes :

- Reconnaissances géotechniques complémentaires (mission G3) ;
- Plots d'essais de traitement de terrains ;
- Forages d'essai à la boue bentonitique préalables aux travaux de parois moulées.

2.4.1. RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES COMPLEMENTAIRES (MISSION G3)

Une campagne de reconnaissances géotechniques complémentaires nécessaire aux études d'exécution de la Gare Porte Maillot a été définie par le groupement.

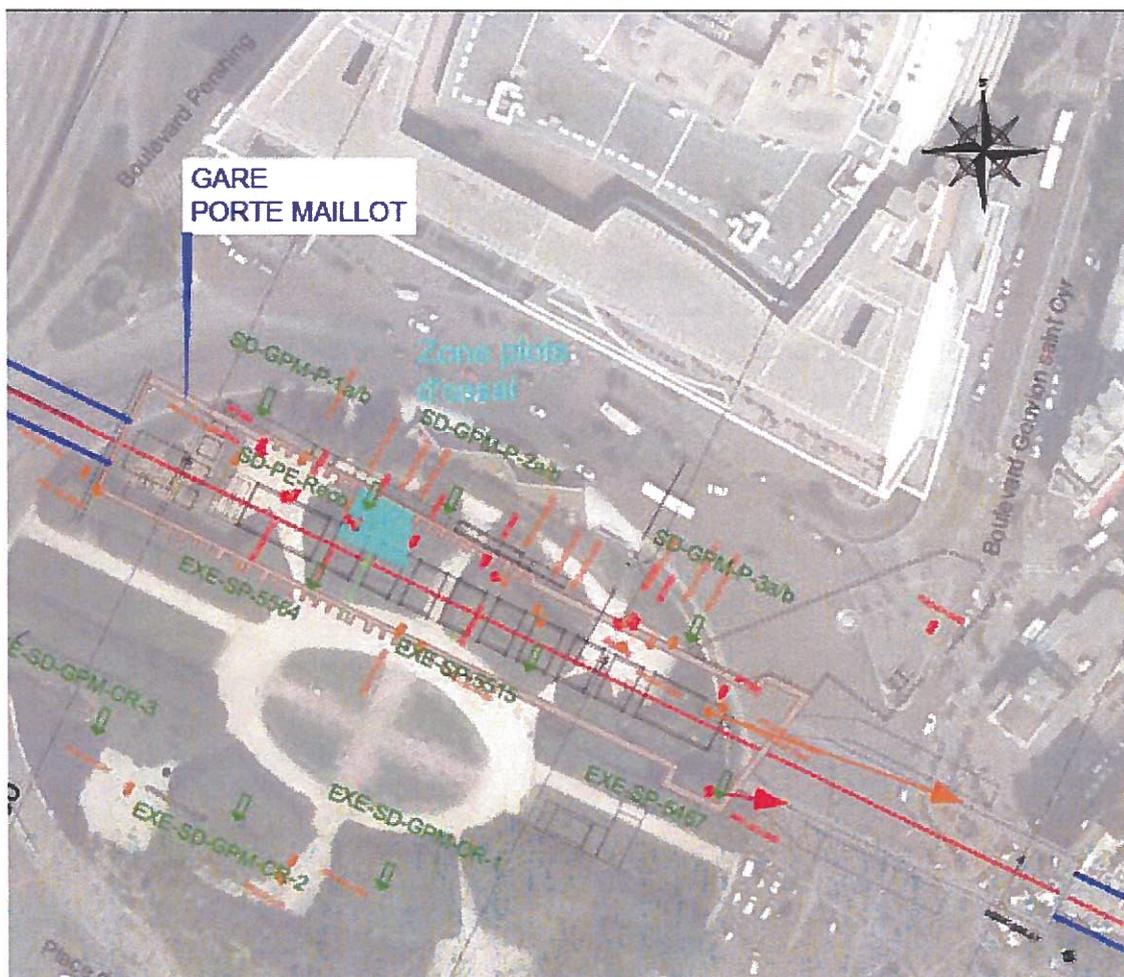
Cette campagne s'inscrit dans le cadre de la mission G3 « *Etude géotechnique d'exécution* » au sens de la norme AFNOR NF P94-500.

Le programme de reconnaissances de cette campagne a été défini dans la note technique 446-ENT-INF-EXE-GEO-HSN-074-32000. Le Groupement GC-TUN a soumis le 24/02/2017 l'indice A du document qui a fait l'objet d'observations de la MOE SED le 22/03/2017. L'indice B a été soumis le 28/04/2017 et a été validé « Vu sans avis » par la MOE SED le 07/05/2017.

Le plan d'implantation des sondages référencé 446-ENT-INF-EXE-GEO-HSN-074-33020 a été soumis à l'indice A par le groupement le 03/07/2017 et validé « Vu sans avis » par la MOE SED le 04/08/2017.

Nota : Comme précisé au chapitre 4 ci-après, les termes « Vu sans avis » ou « Vu avec avis » sont des termes génériques de la GED Fusionlive sur laquelle est effectué le contrôle des documents de forages de reconnaissance déposés par le Groupement GC-TUN en vue de la validation du Maître d'œuvre SED.

Au voisinage de l'incident, trois sondages destructifs de la campagne géotechnique, référencés EXE-SD-GPM-CR-1, EXE-SD-GPM-CR-2, EXE-SD-GPM-CR-3 ont été réalisés le 23/03/2017, d'une longueur de 15 m, en vue de caractériser les terrains sur la profondeur du futur contre-rideau.



Ces trois sondages ont fait l'objet de rapports référencés 446-ERT-INF-EXE-GEO-MAI-087-32057, 446-ERT-INF-EXE-GEO-MAI-087-32058 et 446-ERT-INF-EXE-GEO-MAI-087-32059 diffusés le 20/09/2017.

Cette campagne de reconnaissances géotechniques s'est bien passée et n'a pas fait l'objet de remarque particulière par rapport aux études d'exécution du Groupement.

2.4.2. FORAGES SUPPLEMENTAIRES

Dans le cadre des plots d'essais de traitement de terrains, le Groupement a établi un programme de reconnaissances, défini dans le document référencé 446-ENT-INF-EXE-GEO-HSN-074-32000, qui fait référence à des procédures d'exécution particulières pour la réalisation des sondages à effectuer pour chaque type de traitement de terrain (injections des Marnes et Caillasses, injections du Calcaire grossier et jet-grouting dans les Sables de Cuise).

Lors de la réalisation des plots d'essai des injections et de jet grouting, des pertes de boues ont été constatées.

Des forages d'essai à la boue de bentonite ont été décidés lors d'une réunion technique en date du 02/06/2017 (cf. compte-rendu en annexe 1 et extrait relatif à la réalisation des parois moulées ci-après).

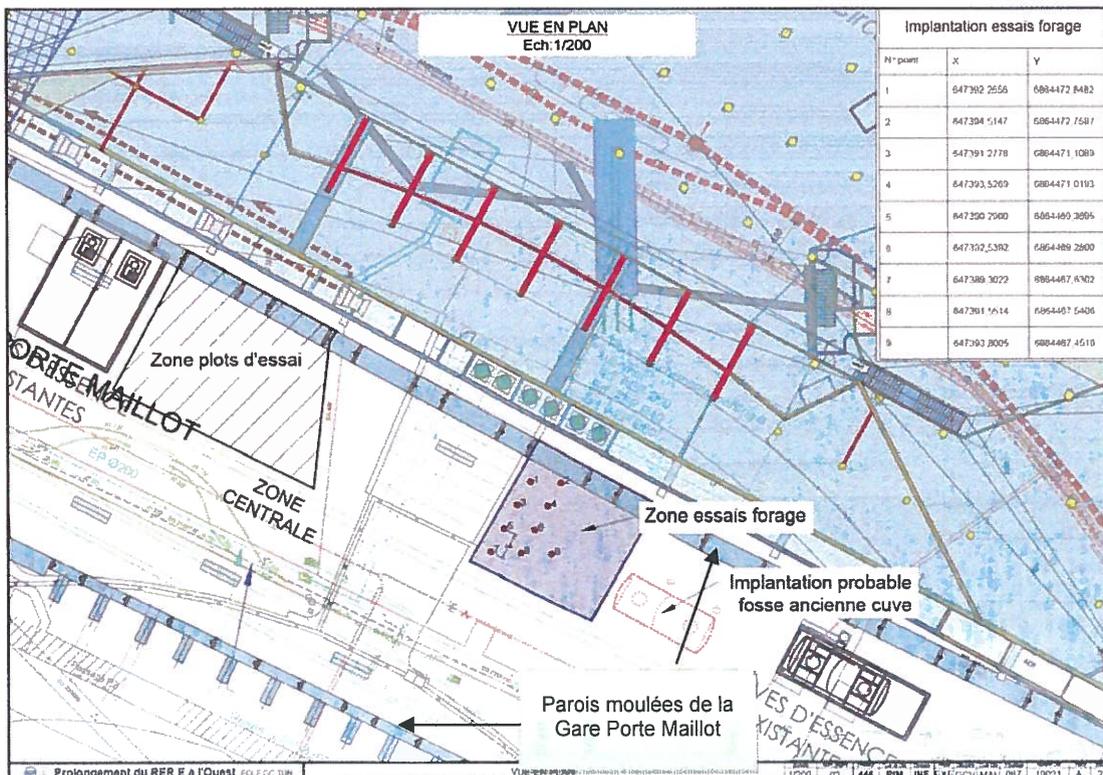
« Le Groupement alerte sur la réalisation des parois moulées sur le site Maillot. Le fluide de forage (eau) a été perdu pour plusieurs forages. Les forages réalisés dans le marché POM-MAI, réalisés à la boue bentonitique, ont aussi rencontré sur quelques forages des pertes de fluide.

La fracturation du calcaire grossier peut en outre être mise en évidence par les grands volumes de coulis passés lors des injections.

Par rapport à l'interrogation de GC-TUN sur l'exécution des parois moulées, la MOE SED propose que le Groupement procède à l'essai suivant : réaliser un forage D200, et tester l'éventuelle perte de boue (boue avec caractéristiques analogues à une boue pour excavation de paroi moulée). »

Plot d'essai des forages à la boue bentonitique

Le 03/07/2017, le groupement GC-TUN produit une procédure d'exécution et de contrôle, référencée 446-DSE-INF-EXE-GCV-MAI-087-91017 « Dossier de suivi d'exécution – Forage à la bentonite – Plot d'essai – Gare Porte Maillot ». Cette procédure prévoit 3 forages d'essais pour chacune des 3 formulations de coulis proposées (B1, B2, B3) soit 9 forages à 28 m de profondeur situés dans l'emprise de la gare à ciel ouvert au nord du rond-point Porte Maillot (cf. zone identifiée dans le plan ci-dessous qui est un extrait du plan 446-PIM-INF-EXE-GCV-MAI-087-19021-A).



| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

Le 06/07/2017, la MOE SED émet une fiche d'observations sur cette procédure (Vu avec avis).

Le 10/07/2017, GC-TUN réalise les premiers 3 forages B1-F1, B1-F2 et B1-F3.

Le 11/07/2017, GC-TUN réalise les 3 forages suivants B2-F1, B2-F2 et B2-F3.

Le 12/07/2017,

- Lors de la réunion de chantier GPM n°16, il est consigné au compte rendu : « *Suite aux pertes de fluides de forages constatées lors de la réalisation du plot d'essais d'injections et de jet grouting, GC-TUN réalise au nord de la future gare 9 essais de forages à la boue bentonitique. A ce jour, 6 forages sur 9 prévus ont été réalisés. MOE SED propose à GC-TUN de réaliser d'autres forages répartis sur le tracé des parois moulées. GC-TUN va regarder où positionner de nouveaux forages.* »
- GC-TUN réalise les 3 forages B3-F1 (démarré le 11/07), B3-F2 et B3-F3 dans la zone du plot d'essai.

Forages à la boue de bentonite complémentaires en dehors de la zone du plot d'essai

Le 20/07/2017,

- GC-TUN diffuse en même temps le plan d'implantation référencé 446-PIM-INF-EXE-GCV-MAI-087-19021 à l'indice A (9 forages) et à l'indice B (18 forages) en annexe 3. Les neuf forages d'essai complémentaires, prévus d'une longueur de 28 m comme les 9 premiers forages d'essai, sont disposés de la façon suivante :
 - o un sur la paroi moulée Nord de la partie à ciel ouvert,
 - o deux sur la paroi moulée Sud,
 - o deux sur la paroi moulée Est,
 - o un sur la paroi moulée du puits de maintenance lourde / puits travaux de la partie souterraine et
 - o trois sur la paroi moulée du contre-rideau (F16, F17, F18 sur les plans, mais indiqués F17, F18 et F19 par la suite dans les rapports d'essais).
- GC-TUN réalise les 2 forages B3-F18 et B3-F19 situés au droit du contre-rideau.

Le 21/07/2017, GC-TUN procède à la réalisation du forage B3-F17 (13,38 m) situé au droit du contre-rideau.

Le 24/07/2017,

- GC-TUN diffuse l'indice B de la procédure d'exécution 446-DSE-INF-EXE-GCV-MAI-087-91017 ;
- GC-TUN réalise 2 forages B3-F13 et B3-F15.

Le 25/07/2017, GC-TUN procède à la réalisation du forage B3-F16.

Le 26/07/2017, GC-TUN procède à la réalisation du forage B3-F11.

Le 28/07/2017,

- Lors de la réunion de chantier GPM n°17, il est porté au compte rendu : « *Les 9 forages initialement prévus ont été réalisés et 7/8 des forages supplémentaires ont aussi été réalisés. Le rapport d'analyse de ces forages sera remis à MOE SED pour le 04/08.* »

Le 07/08/2017, GC-TUN diffuse le rapport d'essai, référencé 446-DSE-INF-EXE-TSP-MAI-087-91019 « *Essais de forage à la boue* » à l'indice A et à l'indice B qui conclut à la nécessité de réaliser un prétraitement de tout le volume de terrain dans l'emprise de la paroi moulée.

Le 09/08/2017, GC-TUN procède à la réalisation du forage B3-F12.

Le 16/08/2017, GC-TUN diffuse l'indice C du rapport d'essai, référencé 446-DSE-INF-EXE-TSP-MAI-087-91019 « *Essais de forage à la boue* ».

| | |
|--|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|  <small>prolongement du RER A vers l'Ouest</small> |  |
|  |  |
| |  <small>architecture urbanisme</small> |

Cette campagne de forages d'essai à la boue de bentonite s'est bien passée sans incidence sur les ouvrages tiers. On peut ici noter que les 3 sondages réalisés à proximité du RER A, ont été réalisés à une distance de 1 m environ de l'extrados du tunnel ; ce qui apparaît tout à fait compatible avec le niveau d'incertitude (déviation) d'un sondage vertical (réalisé avec un diamètre de 200 mm et un train de tige de 100 mm) dans le contexte géologique rencontré.

Contexte du nouveau forage d'essai à la boue bentonitique du 30/10/2017

Le 04/09/2017, à la suite de la publication de ce rapport d'essai, une réunion technique est organisée. Le compte-rendu de cette réunion (cf. annexe 2) indique :

« Bien que les conditions d'essais en forage diffèrent de celles en forage au cutter (conditions surfaciques et dynamiques), les conditions de pertes gravitaires constatées en forage sont a priori pertinentes et peuvent être considérées comme hypothèses crédibles.

Il appartient donc au groupement GC TUN, de prévoir des actions préventives.

a) Réflexion sur une modification des installations conventionnelles du circuit de boue pour disposer d'un apport immédiatement efficace en cas de perte brutale. Utilisation d'épaississant pour neutralisation de la perte et rejet de la boue traitée en cas de situation extrême ;

b) Prétraitement du terrain selon maillage et méthodes à valider. »

Le 27/09/2017, GC-TUN diffuse l'indice A la note référencée 446-ENT-INF-EXE-TSP-MAI-087-91079 « Note d'analyse technique - Nécessité des traitements des MC et CG ».

Le 16/10/2017, la MOE SED finalise ses avis sur la procédure d'exécution référencée n°446-DSE-INF-EXE-GCV-MAI-087-91017-B (Vu sans avis) et sur le plan d'implantation référencé 446-PIM-INF-EXE-GCV-MAI-087-19021 (Vu avec avis dont les observations portent sur une mise en cohérence du plan avec l'indice B de la procédure et une mise en adéquation de la numérotation des forages).

Le 20/10/2017, la MOE SED émet un avis (Vu avec Avis) sur le rapport d'essais référencé 446-DSE-INF-EXE-TSP-MAI-087-91019-C « Essais de forage à la boue » en recommandant de reformuler les conclusions qui, du point de vue de la MOE SED, doivent être développées en faisant une distinction entre les pertes de boue partielles, constituant une condition gérable en apport de boue en continu, et la détection de pertes de boues non gérables pouvant se traduire par une perte de boue brutale, mettant en péril la stabilité de l'excavation (cf. interprétation des essais).

Le 25/10/2017, une réunion technique est tenue afin d'aborder d'une part, les travaux d'injections en cours et, d'autre part, la note relative à la nécessité de traitements des MC et CG (compte-rendu en cours d'établissement).

Compte tenu des résultats des injections en cours, l'argumentaire fourni dans la note 446-ENT-INF-EXE-TSP-MAI-087-91079-A ne permet pas de mettre en évidence des conditions géologiques et géotechniques si différentes de celles prévues au marché. Le prétraitement systématique des volumes de parois moulées, que le Groupement présente avec un retard de planning et une demande de rémunération complémentaire, n'est pas accepté en l'état. Sans justification complémentaire des écarts par rapport au marché, le MOE SED demande que le Groupement prenne en compte ces prétraitements dans le cadre de son forfait. Sinon, compte tenu de la planification prochaine des parois moulées du puits Travaux, la MOE SED propose de démarrer le premier panneau de paroi moulée sans injection préalable, mais en mettant en œuvre un suivi renforcé du fluide de forage, avec apport de polymère de colmatage et capacité à produire un volume de boue suffisant permettant de compenser une perte éventuelle.

Le 27/10/2017, lors de la réunion de chantier GPM n°29, GC-TUN n'accepte pas de réaliser un essai de parois moulées au cutter mais propose de réaliser un essai avec 3 pieux sécants dans le périmètre du puits Travaux ou de la Gare à ciel ouvert. La réalisation d'un nouveau forage d'essai à la boue de bentonite n'est pas évoquée en réunion.

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

3. LE SONDAGE AYANT OCCASIONNE L'INCIDENT

Le **30/10/2017**, le groupement GC-TUN procède à un nouveau forage d'essai à la boue de bentonite au niveau de la zone du contre-rideau.

La MOE SED n'est pas informée au préalable de ce forage supplémentaire. Aucun plan d'implantation ni procédure d'exécution ne sont établis par le groupement et soumis pour avis au MOE SED.

L'annexe 4 synthétise sur une vue en plan et une coupe transversale les différents forages réalisés au voisinage du contre-rideau.

Nota : Les forages représentés en vert clair correspondent aux sondages géotechniques, ceux en vert foncé aux forages d'essai à la boue bentonitique de la campagne de l'été 2017 et ceux en noir aux forages réalisés le 30/10 ou lors des phases 1 et 2 pour les injections de comblement du vide derrière les voussoirs (FE1 et FE2 pour la phase 1 et FC.1 à 4 pour la phase 2).

L'implantation du forage ayant provoqué l'incident du RER A est décalée vers le nord par rapport à l'axe des 3 forages d'essai à la boue de bentonite réalisés en juillet 2017 ; le forage se situe alors à l'aplomb du tunnel du RER A comme illustré sur la coupe AA de l'annexe 4.

Nota : sur le plan en annexe 4, le contre-rideau a été positionné selon le plan d'implantation de la paroi moulée référencé 446-EPE-INF-EXE-GCV-MAI-088-33000-C ; sa position est décalée de 60 cm vers le nord par rapport au plan d'implantation des forages d'essai à la boue bentonitique présenté en annexe 3.

4. PROCESSUS DE DECISION ET DE VALIDATION DES FORAGES D'ESSAI A LA BOUE DE BENTONITE

L'article 8.2.3 du CCAP du marché GC-TUN stipule qu'« En application de l'article 40.3 du CCCG, il est précisé que tous les documents d'exécution (plans et spécifications et notes de calculs) sont soumis au visa du Maître d'œuvre. Il est rappelé que le visa du Maître d'œuvre ne dégage pas la responsabilité de l'entreprise. ».

Par ailleurs, selon les règles de l'art, tout acte de construction, quel que soit ce que l'on réalise (ouvrages définitifs, ouvrages provisoires, reconnaissances, etc.), doit faire l'objet de documents (procédures, plans d'exécution, implantation, etc.) pour justifier la pertinence et pour décrire les travaux à réaliser, et ces documents doivent être validés avant travaux selon un processus à deux niveaux :

- D'abord, au sein de l'entreprise avec un contrôle intérieur (contrôle interne et contrôle externe) ;
- Puis, avec un Visa ou une validation du Maître d'œuvre (mission VISA de la loi MOP) selon la nature des ouvrages ou des documents d'exécution à contrôler.

Pour le projet EOLE et selon la répartition définie à l'article 18 du CCAP du marché GC-TUN, la Maîtrise d'œuvre vérifie les documents d'exécution avec les mentions suivantes :

| | Vérification du MOE | Codification Fiche D'observations | Codification GED Fusionlive |
|---|----------------------------|--|--|
| 1 | Visa Sans Observation | VSO | Acceptée (VSO-F) |
| 2 | Visa Avec Observation | VAO | Visée avec réserves (VAO-S) |
| 3 | REFusé | REF | Refusé (R-AO-D) |
| 4 | VU sans observation | VUS | Vu-sans avis |
| 5 | VU avec observation | VUO | Vu-avec avis |

Comme les sondages ne sont pas des ouvrages définitifs, le Maître d'œuvre SED a contrôlé les documents d'exécution correspondants avec les codes « Vu-sans avis » et « Vu avec avis ».

Ce processus de validation des forages d'essai à la boue de bentonite a été appliqué pour la campagne effectuée à l'été 2017 selon l'historique présenté au chapitre 2.4 ci-avant qui précise aussi les décisions prises pour ces travaux de reconnaissances.

En revanche, ce processus n'a pas été appliqué par le Groupement GC-TUN pour le forage d'essai à la boue bentonitique supplémentaire du lundi 30 octobre 2017 car le forage ayant occasionné l'incident, n'a fait l'objet d'aucun document préalable à l'exécution des travaux soumis à la validation du MOE.

5. CONCLUSION

Le présent rapport du Maître d'œuvre SED montre que la campagne de forages d'essai à la boue de bentonite réalisée sans impact sur les tiers a respecté le processus de validation des documents d'exécution (procédures, plan d'implantation) préalablement aux travaux.

Par contre, le forage d'essai à la boue bentonitique supplémentaire du 30 octobre 2017, ayant généré l'incident du RER A, n'a pas respecté la phase de validation du Maître d'œuvre qui n'avait pas non plus été informé de son exécution.

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

6. ANNEXES

Annexe 1 : Compte-rendu de la réunion technique du 02/06/2017 sur les résultats du plot d'essai de traitements de terrain à Maillot - CR-09-GC-TUN-RTEC-402-020617 -

Annexe 2 : Compte-rendu de la réunion technique du 04/09/2017 sur les résultats du plot d'essai de traitements de terrain et des forages d'essai à la boue bentonitique à Maillot - CR-10-GC-TUN-RTEC-402-040917

Annexe 3 : « Plan d'implantation – Essais de forage à la bentonite – Gare Porte Maillot » - 446-PIM-INF-EXE-GCV-MAI-087-19021-B

Annexe 4 : Interface entre les forages au droit du contre-rideau EOLE et le RER A - Vue en plan et coupe AA

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

Annexe 1

Compte-rendu de la réunion technique du 02/06/2017
sur les résultats du plot d'essai
de traitements de terrain à Maillot
CR-09-GC-TUN-RTEC-402-020617

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

Annexe 2

**Compte-rendu de la réunion technique du 04/09/2017
sur les résultats du plot d'essai de traitements de terrain
et des forages d'essai à la boue bentonitique à Maillot
CR-10-GC-TUN-RTEC-402-040917**

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

Annexe 3

Plan d'implantation – Essais de forage à la bentonite

Gare Porte Maillot

446-PIM-INF-EXE-GCV-MAI-087-19021-B

| | |
|---|--|
| MOA | Maîtrise d'Œuvre des infrastructures souterraines |
|   |    |

Annexe 4

Interface entre les forages au droit du contre-rideau EOLE et le RER A - Vue en plan et coupe AA



SNCF RESEAU
15/17, Rue Jean Philippe Rameau
CS 80001
93418 LA PLAINE SAINT DENIS Cedex
A l'attention de Monsieur P. JEANTET

Courbevoie, le 07 Novembre 2017

N/Réf. : PHV/cb/12.01/2017.403

Objet : Commande n° 00119-0000000200 – Marché de Travaux de Génie Civil du Tunnel et de la Gare Porte MAILLOT (GC TUN)
Travaux du RER E à la Porte Maillot à Paris - Perforation du tunnel du RER A

Monsieur le Président,

Je fais suite à vos courriers en date du 31 octobre 2017, puis du 02 novembre 2017 concernant les travaux réalisés menant à la perforation du tunnel du RER A et à l'interruption de la circulation voyageurs à compter du 30 octobre après midi.

Nous avons immédiatement mobilisé toutes les énergies des entreprises du groupement auprès de vos équipes et de celles de la RATP pour mettre en œuvre une solution de réparation dans les meilleurs délais. Ces efforts ont permis une reprise de l'exploitation du RER A le jeudi 2 novembre tôt le matin.

Nous avons également procédé à une analyse des causes menant aux dommages provoqués.

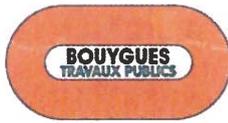
Vous trouverez, ci-joint, le rapport d'incident demandé, accompagné de ses annexes. Des circonstances de chantier défavorables ont malheureusement conduit à une erreur humaine d'implantation du forage ayant entraîné le percement du tunnel.

Conscient de l'importance de cet incident et de la gêne engendrée aux clients de la RATP et au nom du Groupement dont nous sommes mandataire, nous vous présentons nos plus sincères excuses. Nous proposerons un plan d'action afin d'éviter à l'avenir de tels dysfonctionnements.

Nous nous tenons bien entendu entièrement à votre disposition pour vous apporter toutes les informations que vous jugerez nécessaires à la poursuite du projet en toute sécurité.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'assurance de ma haute considération.

Jean-Philippe TRIN
Mandataire du Groupement
Président de Bouygues Travaux Publics



Eole Marché GC-TUN

Rapport circonstanciel sur les évènements à l'origine de l'arrêt du RER A le 30 octobre 2017

Contexte :

La conception de la gare Porte Maillot prévoit notamment une enceinte réalisée en parois moulées variant environ de 40 m à 57 m de profondeur (cf. annexe 1 vue 3D du sous-sol Porte Maillot).

En avril 2017, le Groupement réalise des planches d'essais de traitement de terrain (injection de coulis et jet grouting). Ces planches d'essai mettent en évidence des pertes de matériaux (boues de forages et spoils) dans le terrain révélant une fracturation significative du calcaire grossier et/ou des vides à l'interface calcaire/sable de Cuise, interface située à environ -26m par rapport au terrain naturel (cf. annexe 2 coupe géologique).

Ce risque est identifié au Plan de Management du Projet, porté par le Maître d'Ouvrage, mais à un niveau plus faible qu'il ne semble en réalité se présenter. Ce constat entraîne des échanges entre le Groupement et le Maître d'œuvre sur le niveau réel du risque encouru et, le cas échéant, sur la façon de traiter ces vides ou fracturations. En effet, des pertes de boue lors de la réalisation des parois moulées peuvent être extrêmement préjudiciables pour la sécurité des équipes et du matériel, la qualité de l'ouvrage, avec des conséquences coût et délais potentiellement importantes.

Pour prémunir le Projet de ce risque, le Groupement propose en juin 2017 au Maître d'œuvre de réaliser des injections de prétraitement du terrain dont l'objectif est de remplir les fissures et combler les vides.

Pour caractériser le niveau du risque et calibrer l'éventuelle future campagne d'injection, en concertation avec le Maître d'œuvre, le Groupement réalise 17 essais en 2 phases en juillet 2017. Préalablement à ces travaux, le Groupement soumet le plan d'implantation des forages et la procédure de réalisation en juillet 2017. Ces documents font l'objet de réponses par visa avec approbation jusqu'au 17/10/2017 (cf. annexe 3 plan d'implantation, et annexe 4 son visa, annexe 5 procédure et annexe 6 son visa).

Lors d'une réunion dédiée entre le Groupement et le Maître d'œuvre le 4 septembre 2017, le risque est jugé pertinent et crédible. Au cours de cette même réunion, la nécessité technique d'un traitement par injection est confirmée, son étendue restant néanmoins à convenir (cf. annexe 7 présentation Groupement et annexe 8 compte rendu de réunion).



Eole Marché GC-TUN

Circonstances de l'accident :

Lors d'une seconde réunion le 25 octobre 2017, il n'y a pas de décision d'exécuter les prétraitements par injection préconisés par le Groupement. Les quantités de traitement sont jugées excessives au regard de leur impact coût et délai (4 m€ et 3 semaines). Cette réunion n'a pas encore fait l'objet de compte rendu.

Or, le premier panneau de paroi moulée est programmé le 8 novembre 2017.

Au cours de cette réunion, le Maître d'œuvre demande au Groupement de se servir finalement du premier panneau comme essai grandeur nature.

Pour préparer et sécuriser au mieux cet essai sur le panneau de paroi moulée, le Groupement juge nécessaire de vérifier la capacité de son système de production à faire face aux pertes de boue qui vont inmanquablement survenir en l'absence des traitements requis. Le groupement programme donc un forage de reconnaissance complémentaire et semblable à ceux réalisés en Juillet 2017. L'objectif de ce forage est plus étendu que les précédents : il s'agit de qualifier les volumes de boue perdue notamment à l'interface des Calcaires Grossiers/Sable de Cuise et de confronter ces données à ses capacités de production de boue (vitesse de perte de la boue, stabilisation des pertes par saturation du terrain et production de boue suffisante).

Ce forage doit avoir lieu entre les dates du 25 octobre et du 8 novembre pour respecter le planning.

Le Groupement programme ce nouveau forage dans le principe de ceux réalisés précédemment : la zone du puits travaux où doit être réalisé le panneau de paroi moulée test étant occupée par des travaux de purges préliminaires aux parois moulées, le Groupement décide de retenir un emplacement proche des essais 16, 17, 18 réalisés en juillet.

Cette zone de 100 m² était connue grâce aux forages précédemment exécutés. Le nouveau sondage est réalisé par les personnels connaissant le site compte-tenu de leur expérience de juillet, sous la supervision de l'équipe en charge des travaux de Jet Grouting et de Travaux Spéciaux, qui fixe l'emplacement précis du forage sans nouvelle implantation topographique, ni nouveau plan méthodes. Or ce nouveau forage se trouve décalé de 1,3 m par rapport à l'axe des forages du mois de juillet.

Le 30/10 en début d'après-midi, le forage perce le RER A à environ 27 m de profondeur par rapport au terrain naturel (cf. annexe 9 implantation du forage incriminé par rapport aux 3 forages de juillet).



Eole Marché GC-TUN

Premières conclusions et actions à mener :

Il apparaît un certain nombre de dysfonctionnements :

Sur le traitement du risque soulevé par le Groupement :

- traitement trop long.
- conclusion qui ne lève finalement pas le risque à 10 jours des travaux.

Sur le contrôle interne :

- travaux menés sans attendre le visa du maître d'œuvre.
- travaux menés dans une zone sensible sans le contrôle interne adéquat, en particulier les implantations.

Sur le contrôle extérieur :

- visa postérieur à la réalisation des travaux.
- pas de contrôle extérieur des implantations.

Ces dysfonctionnements font l'objet d'un plan d'action qui devra traiter :

- Le processus décisionnel de Direction des travaux entre la maîtrise d'œuvre et le Groupement en fonction des risques identifiés, et corrélé au planning général.
- Mener une analyse des travaux sensibles en interface avec les tiers, qui devront faire l'objet d'un double contrôle interne et de points d'arrêts extérieurs.
- La nécessité pour le Maître d'œuvre de viser les documents avant réalisation des travaux, et pour le Groupement de ne pas exécuter sans visa, quand bien même le planning est engagé.
- Les changements organisationnels devant assurer la cohérence des actions et le respect des procédures.

Pièces Jointes : Annexes 1 à 9 mentionnées.



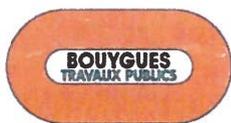
Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 1 – VUES 3D DE LA GARE PORTE MAILLOT



Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 2 – COUPE GEOLOGIQUE ANNOTEE



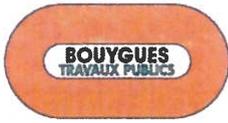
Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 3 – PLAN D'IMPLANTATION DES FORAGES



Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 4 – VISA MOE SUR PLAN D'IMPLANTATION DES FORAGES



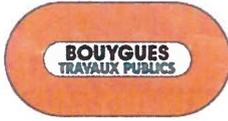
Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 5 – PROCEDURE DE REALISATION DES FORAGES



Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 6 – VISA MOE SUR PROCEDURE DE REALISATION DES FORAGES



Eole Marché GC-TUN

**ANNEXE 7 – REUNION DU 4/9/2017
PRESENTATION DU GROUPEMENT**



Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 8 – REUNION DU 4/9/2017 – COMPTE-RENDU



Eole Marché GC-TUN

ANNEXE 9 – IMPLANTATION DU FORAGE INCIRMI NE PAR RAPPORT AUX 3 FORAGES DE JUILLET 2017