

TROISIEME SORTIE NORD DE BRAZZAVILLE ENTRE TALANGAI ET KINTELE

PROJET D'ENVERGURE DANS LE LIT DU FLEUVE CONGO

THIRD NORTH ROAD OF BRAZZAVILLE FROM TALANGAI TO KINTÉLÉ

Rémy MATTRAS¹, Ibrahim BOUSSARI², Oscar OTOKA³

1 Egis Géotechnique, remy.mattras@egis.fr

2 Egis International, ibrahim.boussari@egis.fr

3 Délégation Générale des Grands Travaux du Congo

RÉSUMÉ — Le groupe Egis a réalisé fin 2013 la conception de la Troisième Sortie Nord de Brazzaville, itinéraire routier neuf de type 2x2 voies de 9 kilomètres de longueur entre le quartier de Talangai et la commune de Kintélé, où se trouve le futur complexe sportif de Brazzaville. Le tracé emprunte le lit majeur du fleuve Congo, très étendu en rive droite du Pool de Stanley, et comprend près de 7000 mètres de viaducs pour le franchissement des zones marécageuses. Les reconnaissances géotechniques qui ont été programmées, financées, supervisées et interprétées par le bureau Egis, ont été adaptées aux contraintes d'accès dans les zones marécageuses, qui n'avaient jamais fait l'objet de reconnaissances jusqu'à ce jour, tout en respectant les délais très serrés de production des études. Plusieurs techniques complémentaires ont ainsi été employées : sondages carottés et essais pressiométriques dans les zones faciles d'accès, sondages au pénétromètre dynamique de type B dans les zones boisées, zones de jardins et marécages, et prospection continue par panneau électrique sur l'ensemble du tracé. Le contexte géotechnique mis en évidence lors des reconnaissances, avec une forte épaisseur de terrains de couverture limoneux puis sableux lâches, a conduit vers un choix de fondations profondes sur pieux ancrés dans le substratum gréseux sous-jacent, avec traitement par préchargement des remblais d'accès et des culées. Le dossier de consultation des entreprises a été soumis fin décembre 2013 à la Délégation Générale des Grands Travaux du Congo, Maître d'Ouvrage de l'opération, pour un objectif de début des travaux début 2014.

ABSTRACT — Egis group has made by the end of the year 2013 the design of the Third North Road of Brazzaville, which is a 2x2 lane road of nine kilometers long from Talangai district to the future Kintélé stadium. The road layout crosses the large flood plain of Congo river, on the northern part of the Stanley pool, and implies a 7000 meters long viaduct over large swamp areas. Ground investigations which have been programmed, paid, supervised and analyzed by Egis, have been adapted continuously to local access conditions in order to respect global study time schedule. Several complementary technics have been used such as Cored Boreholes and

Pressuremeter Boreholes for good access conditions, Heavy Dynamic penetrometer for hard access conditions, and a continuous electrical tomography has been performed all along the viaduct layout. The ground investigations have allowed defining a global geotechnical model, with a superficial metric layer of mud and clayey silts, significant thickness of weak silty sand, led to choose deep foundations for viaduct piers, with preloading on abutment access fills. The tender documents have been transmitted to the DGGT, owner of this project (General Delegation of Great Works of Congo), by the end of December 2013. The field works are planned to start at the beginning of 2014.

1. Introduction

Dans le cadre de l'organisation des Jeux Africains de 2015, l'état congolais projette la réalisation d'une route d'accès d'une longueur de 9km entre le Nord de Brazzaville et le futur stade de Kintélé.

La Délégation Générale des Grands Travaux du Congo, Maître d'Ouvrage, a confié au bureau Egis, implanté à Brazzaville, une mission de conception complète de cet accès, incluant également les prestations de topographie, tracé, et reconnaissances géotechniques nécessaires à l'étude des ouvrages.

La densité de population a contraint le bureau Egis à proposer un tracé dans le lit majeur du fleuve Congo, en rive droite du Pool de Stanley, vaste zone de delta interne de plus de 30km de diamètre formée par le fleuve Congo en amont des villes de Brazzaville et Kinshasa.



Figure 1 : Photo aérienne de localisation du Pool de Stanley et de la zone étudiée

2. Contexte géologique du projet

2.1. Cadre géologique général de l'Afrique centrale

La région de Brazzaville est située au Sud-Ouest de l'ancienne zone orogénique, appelé craton du Congo, au sein du grand bassin sédimentaire intracontinental du Congo.

Cette vaste dépression est délimitée au Nord, à l'Est et à l'Ouest par des reliefs (Massif de Chaillu, Monts de Cristal et Monts Mitumba), d'âge Précambrien, constitués de roches cristallines, cristallophylliennes et sédimentaires.

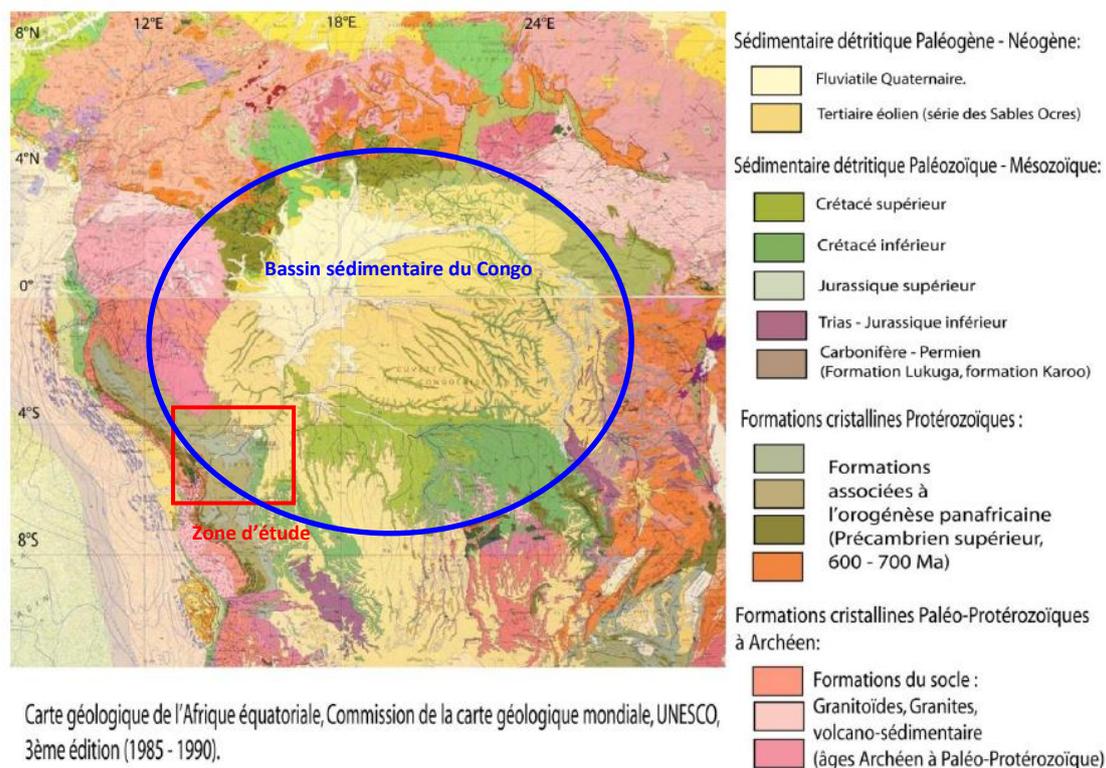


Figure 2 : Géologie du bassin du Congo

2.2. Contexte géologique local du Pool de Stanley

Le cadre géologique de l'étude est illustré par l'extrait des cartes géologiques de Brazzaville et Kinshasa au 1/500 000 :

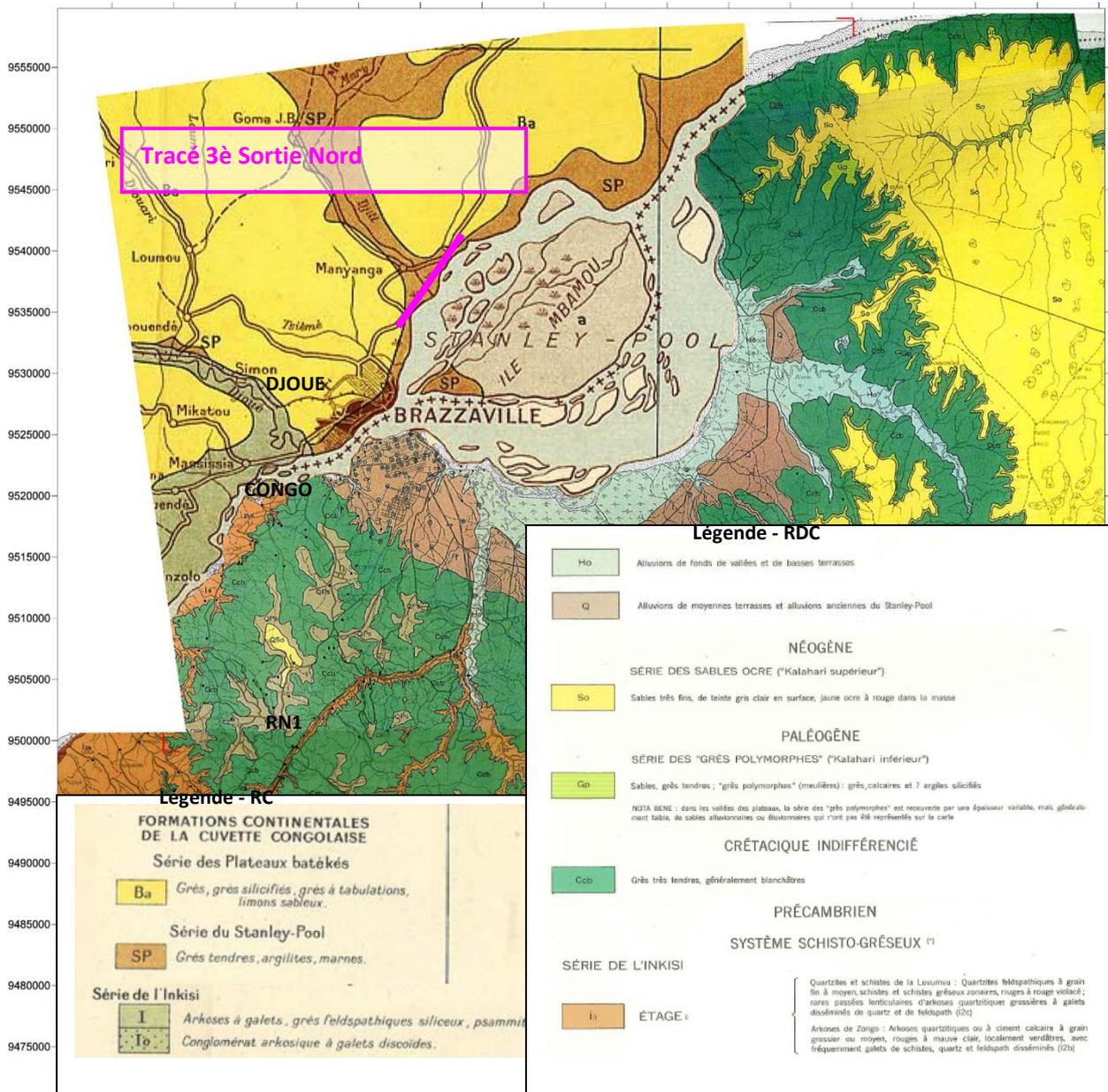


Figure 3 : Géologie du Pool de Stanley : régions de Brazzaville et Kinshasa

Bien que la zone n'ait jamais fait l'objet de reconnaissances spécifiques, les conditions géologiques attendues sont décrites dans la carte géologique de Brazzaville.

Le substratum est constitué sur la zone étudiée par la série du Stanley Pool : alternance de bancs gréseux tendres, d'argilites et de marnes, en bancs horizontaux. Le substratum est ensuite recouvert sur les plateaux par la formation Batéké : en majorité constituée de sables fins (visibles au niveau du raccordement de Kintélé)

A proximité du fleuve, les sables ont été érodés, et ont été remplacés par des alluvions sablo-argileuses, d'épaisseur variable, pouvant renfermer des niveaux vaseux ou tourbeux, et recouverts de zones de marécages, ou de zones de jardins potagers à proximité de Brazzaville.

Les grès compacts et rosés de l'Inkisi, nettement plus anciens et affleurant en aval de l'embouchure du Djoué, ne sont pas attendus sur le secteur étudié du fait de la couverture très importante de grès tendres.

3. Conception géotechnique des ouvrages

3.1. Ouvrage projeté

Le projet concerne la réalisation entre le quartier de Talangai et le futur complexe sportif de Kintélé d'un tracé neuf de 9 km, dont plus de 7km de viaduc de type VIPP franchissant le lit majeur du fleuve Congo.

Une vue de l'ouvrage projeté, réalisée par Egis dans le cadre de l'étude de projet, figure ci-dessous :



Figure 4 : Photomontage du futur ouvrage d'art

3.2. Reconnaissances géotechniques effectuées

La campagne de reconnaissances géotechnique a été adaptée aux contraintes d'accès dans les zones marécageuses, et aux délais de réalisation très courts. Réalisée en 3 mois entre Octobre et Décembre 2013, au commencement de la période des pluies qui a eu pour conséquence d'inonder en partie les zones à investiguer, elle est basée sur les reconnaissances suivantes, réalisées par la société RCT, sous la supervision d'Egis :

- 7 Sondages carottés et pressiométriques lorsque l'accès est possible, d'une profondeur de 30m.
- 30 Sondages au pénétromètre dynamique de type B, et menés jusqu'au refus sur le toit du grès tendre. Ces sondages sont situés dans l'axe du tracé, et espacés régulièrement afin de couvrir au mieux l'ensemble du projet. Ce matériel léger, facilement démontable et transportable manuellement par l'équipe de sondeur, a permis d'accéder aux zones difficiles d'accès partiellement inondées lors des reconnaissances.
- 7000ml de panneaux électriques ont permis la reconnaissance continue du tracé de viaduc, et ainsi d'interpoler la lithologie entre points de sondages mécaniques. Les panneaux électriques ont permis une mise en œuvre rapide dans des conditions d'accès très complexes.

Un premier calage des paramètres de résistivité des sols a été effectué au droit des sondages carottés et pressiométriques, par la réalisation d'un sondage électrique vertical jumelé avec deux panneaux électriques en croix centré sur ce point.

Ce calage a permis de définir les fourchettes de résistivité électrique des différents terrains : 20 à 50 Ohm.m pour la terre végétale de surface, 100 à 200 Ohm.m pour les sables limoneux immergés, et au-delà de 500 Ohm.m pour les grès tendres immergés, altérés en surface.

Les images ci-dessous illustrent les conditions d'accès et de réalisation des reconnaissances géotechniques.



Figure 5 : utilisation du pénétromètre dynamique de type B dans les zones marécageuses



Figure 6 : Végétation dense et zones marécageuses qui recouvrent le tracé à reconnaître

3.3. Conception des ouvrages

3.3.1. Etablissement du modèle géologique et géotechnique du projet

Les reconnaissances préliminaires effectuées fin 2013 ont permis de définir le modèle géotechnique global sur l'ensemble du tracé du viaduc et des remblais d'accès, ainsi que les deux ouvrages d'art courants associés.

Deux ensembles géotechniques et morphologiques majeurs ont ainsi été identifiés :

- La zone de plaine et marécage, située à une altitude moyenne de 270m à 272m, correspond au lit majeur inondable du Congo. Elle présente en surface 2 à 3m de sols limoneux bruns de faibles caractéristiques mécaniques mesurées (définies par

une résistance de pointe au pénétromètre dynamique proche de 0), puis environ 10m de sols sableux fins de caractéristiques moyennes (pression limite $PI \approx 1.5 \text{ MPa}$, module pressiométrique $Em \approx 10 \text{ à } 15 \text{ MPa}$, résistance au pénétromètre dynamique $q_d = 10 \text{ à } 20 \text{ MPa}$). Ensuite figure au-delà de 13 à 15m de profondeur le substratum gréseux tendre crétacé qui présente des propriétés pressiométriques élevées (pression limite $PI > 5 \text{ MPa}$, module pressiométrique $Em > 100 \text{ MPa}$, refus franc au pénétromètre dynamique), mais sa faible cimentation ne permet pas un carottage efficace.



Figure 7 : Résultats des carottages au sein des grès tendres

- La zone de plateau de Kintélé, qui surmonte la rive droite du fleuve au Nord du tracé, est recouverte de sables fins limoneux appartenant à la formation des sables Batékés. Classés B5/A1 selon le guide Setra de Réalisation des Remblais et Couches de forme, ce niveau a une épaisseur de 10 à 15m, et présente des caractéristiques mécaniques in situ faibles à moyennes (pression limite $PI \approx 0.5 \text{ MPa}$, module pressiométrique $Em \approx 5 \text{ MPa}$, résistance au pénétromètre dynamique $q_d = 2 \text{ à } 10 \text{ MPa}$).

3.3.2. Conception géotechnique des ouvrages

Les conditions géotechniques mises en évidence par les reconnaissances géotechniques ont conduit aux prescriptions techniques suivantes pour la réalisation des ouvrages.

Les ouvrages d'art, dont le viaduc principal d'une longueur de 7000mètres, soit 180 travées de 40m de longueur, seront en intégralité fondés sur fondations profondes en raison des très faibles caractéristiques mécaniques au sein des matériaux rencontrés sur les quinze mètres supérieurs.

Les pieux seront forés et ancrés dans le substratum gréseux situé au-delà de 15m de profondeur afin de reporter les charges des ouvrages. En raison de la très faible cimentation au sein de cette formation, les grès sont assimilés à des sables

compacts pour la détermination des paramètres de dimensionnement de pieux (facteur de portance).

Au niveau des rampes d'accès aux ouvrages, qui peuvent présenter des hauteurs maximales de 8m, les tassements au cours des travaux, estimés selon la méthode pressiométrique, sont de l'ordre de 20 à 30cm. La stabilité au poinçonnement étant vérifiée sous les remblais, ces derniers seront instrumentés afin d'assurer un suivi des tassements lors du chantier. Toutefois, l'ampleur significative des tassements des blocs techniques va imposer un phasage pour la réalisation des culées afin de ne pas engendrer d'efforts parasites sur les pieux de fondation (frottement négatif et poussées latérales). Un préchargement sera donc réalisé sur la zone et les fondations profondes des culées ne seront construites qu'une fois l'ensemble des tassements consommés. La nature essentiellement sableuse des terrains lâches laisse présager de tassements relativement rapides.

En cas de présence de poches localisées de sols médiocres et fortement compressibles (argiles/vases/tourbes), des solutions de substitution, drainage vertical sont envisagées.

Un programme de reconnaissances géotechniques complémentaires complet a été intégré au marché de travaux, associé d'une mission de conception géotechnique de niveau G3 au sens de la norme NFP94-500, afin de valider les hypothèses géotechniques issues de l'étude d'APD, et permettre le dimensionnement des ouvrages en phase exécution.

4. Conclusion

Avec l'implication de ses différentes sociétés spécialisées (Egis international, Egis Géotechnique et Egis JMi), et de son prestataire sondeur RCT, le groupe Egis a su relever le défi de la conception complète d'un ouvrage d'art d'envergure dans des délais très serrés.

Le dossier de consultation des entreprises a pu être soumis à la Délégation Générale des Grands Travaux du Congo, pour un objectif de début des travaux dès 2014.

L'adaptation des moyens de reconnaissances géotechniques aux conditions d'accès, l'interprétation et les ajustements réalisés en temps réel par le bureau d'études de géotechnique directement intégré à l'équipe de conception d'Egis, ont grandement contribué au respect des délais impartis.

Remerciements

Les auteurs remercient l'état congolais et plus particulièrement la Délégation Générale des Grands Travaux qui a donné les moyens de mener à bien ce projet d'infrastructure hors du commun dans un site grandiose, ainsi que les riverains et maraîchers qui ont permis l'accès aux différents sites de sondage.

Références bibliographiques

J Cosson (1955). Carte géologique du Congo, feuille de Brazzaville, Echelle 1/500 000. Direction des Mines et de la Géologie de l'AEF

J Cosson (1955). Notice de la carte géologique du Congo, feuille de Brazzaville, Echelle 1/500 000.
Direction des Mines et de la Géologie de l'AEF.

S Sekirsky et al (1963). Carte géologique du Congo, feuille de Léopoldville, Echelle 1/200 000, Service
Géologique du Congo.

UNESCO (1985-1990). Carte géologique de l'Afrique équatoriale, Commission de la carte géologique
mondiale, 3ème édition.