



1
© GUINTOLI

SÉCURISATION DES ANCIENNES CARRIÈRES DE LA CORNICHE DES FORTS À ROMAINVILLE

AUTEURS : MARIANNE AGUIE, INGÉNIEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE -
AUDREY DELAUNAY, RESPONSABLE ADJOINTE D'EXPLOITATION FRANCE NORD, SOLETANCHE BACHY FRANCE

UN GROUPEMENT DE CINQ ENTREPRISES MENÉ PAR SOLETANCHE BACHY EST INTERVENU À ROMAINVILLE (93) POUR RÉALISER LES TRAVAUX DE SÉCURISATION DES ANCIENNES CARRIÈRES DE GYPSE DE LA CORNICHE DES FORTS, ENTRE OCTOBRE 2018 ET SEPTEMBRE 2019. DEUX TECHNIQUES ONT ÉTÉ EMPLOYÉES : LE REMPLISSAGE DES GALERIES PAR INJECTION AU MORTIER DE COMPLEMENT ET LA MISE EN ŒUVRE DE GÉOSYNTHÉTIQUES DE RENFORCEMENT EN SURFACE APRÈS REMBLAIEMENT DES FONTIS VENUS À JOUR.

CONTEXTE

La Corniche des Forts est un espace de 62 ha qui chevauche les villes de Romainville, des Lilas, de Noisy-le-Sec et de Pantin. Sa partie centrale, constituée de 28 ha situés sur la commune de Romainville, a été exploitée pour l'extraction du gypse dès le début du XIX^e siècle jusqu'à la fermeture des carrières au début des années 1960 (figure 2).

Les Marnes et Caillasses ont été exploitées sur 3 niveaux cartographiés par l'Inspection Générale des Carrières (figure 3), jusqu'à environ 60 m de profondeur.

Depuis l'arrêt de l'exploitation du gypse, le site est intégralement fermé au public, en raison des multiples galeries non sécurisées qui le sous-minent. La parcelle ayant été laissée à l'abandon, des bois ont poussé à sa surface

et, en l'absence de remblaiement des galeries, plusieurs fontis atteignant des diamètres de plus de 20 m ont vu le jour. La région Île-de-France, propriétaire du terrain, a mené une réflexion à partir des années 1990 pour repenser le site et rouvrir la Corniche des Forts au public. En 2015, le marché de sécurisation des anciennes galeries est attribué au groupement Soletanche Bachy France (mandataire) / Guintoli / Sefi-Intrafor /

**1- Vue
d'ensemble.**

**1- General
view.**

Les travaux d'injections ont concerné les deux premières masses de gypses :

- La première, située à environ 20 m de profondeur, et dont les galeries peuvent atteindre 12 m de vide ;
- Ainsi que la deuxième, accessible par un puits préexistant, située à environ 35 m de profondeur, et dont les galeries font environ 5 m de haut.

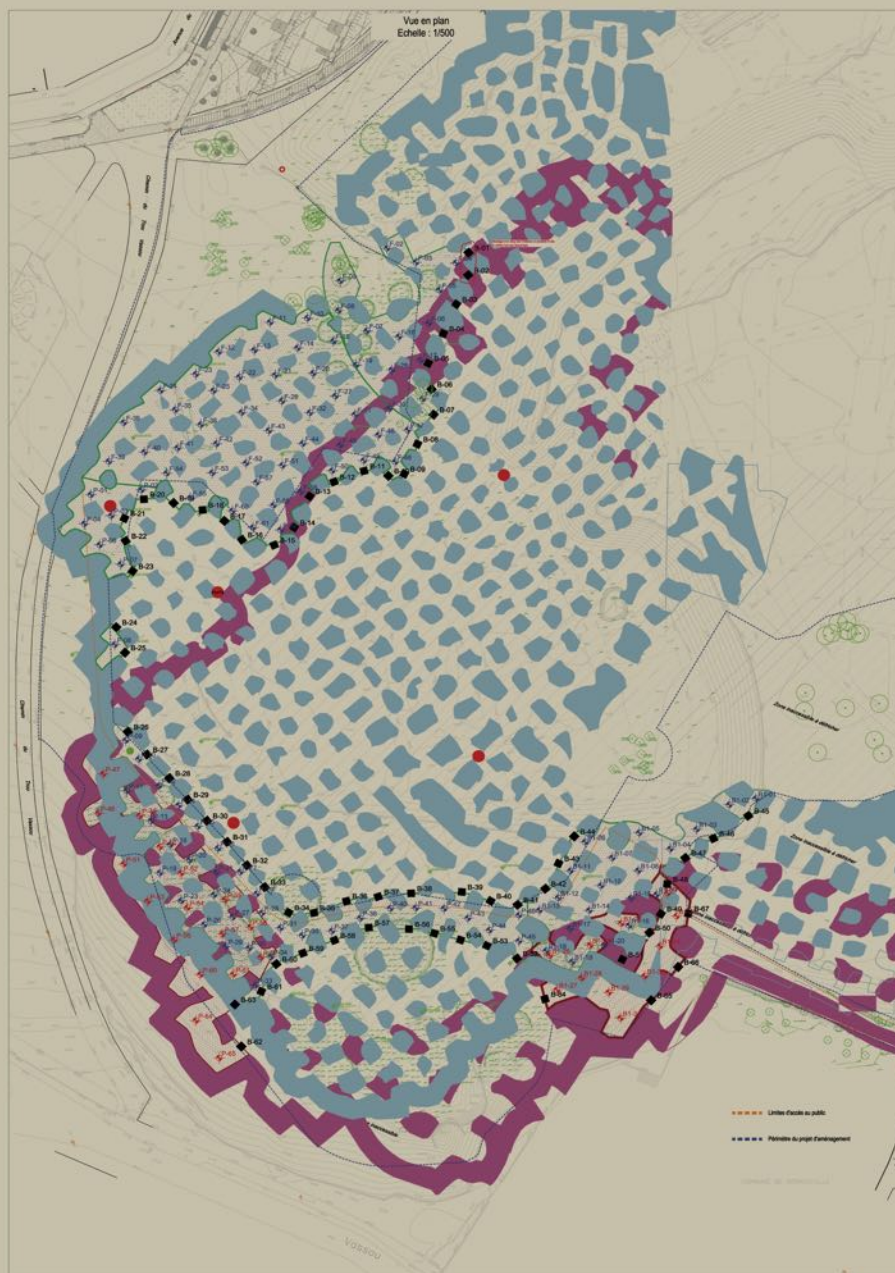
Le comblement des carrières ne portant pas sur l'ensemble des zones exploitées (figure 4), la première étape des travaux a consisté à réaliser des murs de barrage à travers les galeries vides, afin d'empêcher le mortier de s'épandre hors des zones à sécuriser. Dans les parties inaccessibles, ceux-ci ont été mis en œuvre de façon classique au moyen de grave-ciment injectée à travers des forages depuis la surface, afin de former des cônes à travers les galeries. Dans les parties accessibles, une méthode moins conventionnelle a été imaginée pour les besoins de ce chantier : les barrages étaient constitués de sacs en géotextile, mis en place et remplis au mortier de remplissage directement dans les galeries, formant des murs-poids à travers les galeries vides.

ÉLABORATION DE LA MÉTHODE DE RÉALISATION DES BARRAGES

L'objectif des barrages était de fermer des galeries dont les dimensions en coupe étaient en moyenne de 5 m de hauteur par 5 m de large. Le projet d'aménagement exigeait la réalisation de 67 barrages, quantité importante comparée aux quantités rencontrées classiquement sur les chantiers de comblement de carrières parisiens, sur lesquels le nombre de galeries à barrer dépasse rarement la dizaine. Ce nombre important demandait une réflexion sur la méthode d'exécution, afin de respecter des délais et un budget raisonnables.

Lors de la réponse à l'appel d'offres, partant de l'hypothèse que les barrages ne pouvaient être faits que depuis la surface, la solution proposée par le groupement consistait à réaliser des forages tubés de diamètre 800 mm jusqu'en ciel de carrière - le nombre de forages étant à adapter en fonction de la largeur de la galerie à barrer - puis à déverser des déblais issus des mouvements de terre du site depuis la surface, ceux-ci formant dans les carrières un cône barrant la galerie visée. Cette solution présentait l'avantage de permettre le réemploi d'une partie des déblais du chantier en lieu et place de

EXTRAIT DU PLAN D'IMPLANTATION



4

© SOLETANCHE BACHY



5

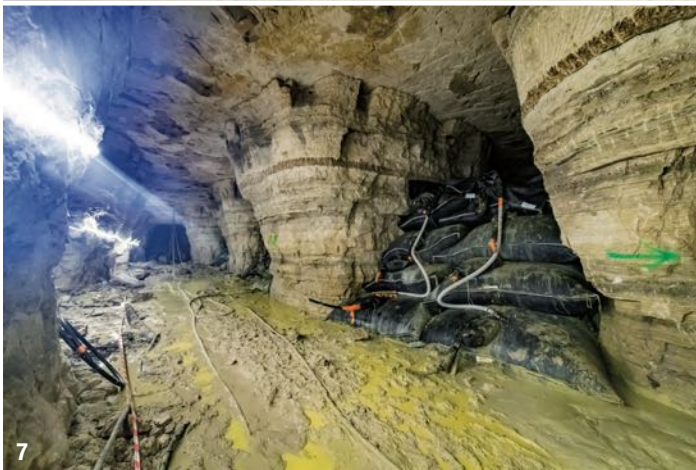
© SOLETANCHE BACHY

4- Extrait du plan d'implantation.
5- Prise de vue des galeries pendant l'état des lieux préalable.

4- Excerpt from the layout plan.
5- Shot of the galleries when performing a preliminary review of the existing situation.



© CÉDRIC HELSLY
6



© CÉDRIC HELSLY
7



© CÉDRIC HELSLY
8

6- Colmatage des interstices restant dans un barrage en Geotubes®.

7- Barrage en Geotubes® en cours de réalisation.

8- Barrage en Geotubes® terminé.

9- Schéma de principe d'un barrage en Geotubes®.

6- Stopping up the remaining interstices in a Geotubes® barrier.

7- Geotubes® barrier being executed.

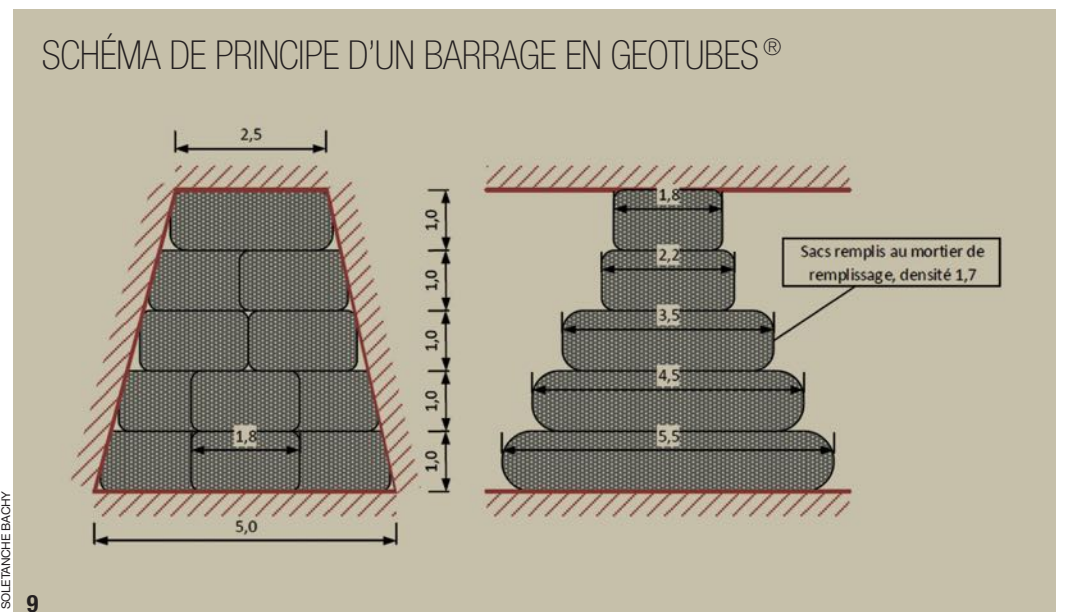
8- Completed Geotubes® barrier.

9- Schematic diagram of a Geotubes® barrier.

la grave-ciment usuellement utilisée pour les barrages en carrières. Cependant, les travaux étant réalisés "en aveugle" dans la carrière, la méthode rendait le contrôle de la qualité des barrages mis en œuvre difficile et ne permettait pas de fiabiliser leur effica-

cité contre les divagations de mortier dans les galeries. Pendant la période de préparation des travaux de sécurisation, une descente dans les galeries de la 2^e masse a été organisée pour faire un état des lieux aussi complet que possible des galeries

à barrer. Les conclusions de cet inventaire étaient les suivantes :
→ Une partie des barrages était en zone inaccessible, localisés dans des zones éboulées dont les hauteurs de vide étaient donc inférieures à 5 m ;





10

© CÉDRIC HELSLY

→ La majorité des barrages se situait dans des zones circulables par du personnel, moyennant la délimitation de cheminements piétons définis et sécurisés (figure 5).

Considérant ces nouvelles données, une solution depuis l'intérieur des carrières, permettant de fiabiliser la qualité des barrages accessibles et de les exécuter dans un délai raisonnable, a été recherchée. Après plusieurs essais et un travail de conception avec le fournisseur TenCate Geosynthetics, une solution basée sur l'utilisation de Geotubes® (voir reportage dans *Travaux n°957 Spécial Innovation de janvier-février 2020*) a été proposée et acceptée par les acteurs du projet. Deux contraintes organisationnelles s'ajoutaient aux objectifs techniques :

→ Les seuls accès à la carrière étaient des puits de descente de 1,20 m de diamètre au maximum. Les conséquences étaient l'impossibilité de descendre des engins de levage dans les galeries, et la nécessité de n'employer que du matériel que le personnel pouvait manutentionner sans aide ;

→ La méthode devait être adaptable de façon simple aux différentes géométries rencontrées.

La méthode utilisée consistait à empiler des Geotubes® de même diamètre, mais de longueurs variables, afin qu'ils forment un mur-poids épousant les contours de la galerie à barrer, selon le schéma en figure 9. Six longueurs

de tubes ont été définies, allant de 7 m pour les tubes en base de barrage jusqu'à 2 m pour les tubes utilisés au sommet. Les Geotubes® étaient descendus dans les galeries vides et enroulés, afin que les équipes puissent les déplacer sans difficulté. Pour chaque barrage, le premier niveau de sacs (de longueur 6 m ou 7 m) était déroulé au sol au droit du mur à réaliser, puis rempli de mortier de remplissage fabriqué par la centrale en surface, au moyen de flexibles d'injection

10- Vue d'un fontis avant son remblaiement.

11- Forages au plus près des arbres conservés.

10- View of a subsidence cavity before backfilling.

11- Drill holes very close to protected trees.

descendus en carrière à travers des forages (figure 7).

Le niveau suivant était déroulé et injecté après une période de séchage de 24 h environ ; ainsi de suite jusqu'à atteindre le ciel de carrière. L'adaptation du nombre de sacs sur chaque niveau a permis d'épouser au mieux les formes des piliers, et les quelques interstices restants ont été comblés à la main (figure 6).

Par la suite, lors des injections de remplissage, l'accès aux galeries ayant



11

© CÉDRIC HELSLY



© CEDRIC HELSLY

12

été rouvert pour les barrages, une surveillance de ces derniers a pu être menée afin de détecter et colmater rapidement les points de fuite du mortier, et ainsi éviter les surconsommations de mortier dans des zones qui n'étaient pas à sécuriser.

INJECTIONS DE REMPLISSAGE

Après la mise en œuvre des barrages, les zones à sécuriser ont été comblées par injection gravitaire de mortier de remplissage.

Dans un premier temps, des forages ont été réalisés selon un maillage 7 m x 7 m sous les futures pistes de chantier, et 12 m x 12 m dans les autres zones (figure 11). Le diamètre des forages était de 250 mm ; ils étaient forés depuis la surface

jusqu'à atteindre le niveau de carrière visé (1^{re} ou 2^e masse), puis poursuivis jusqu'à 1 m dans le sol de carrière, compact. Ils étaient ensuite équipés en tubes PVC de diamètre 140 mm.

Chaque forage a ensuite été injecté au moyen de mortier de remplissage fabriqué par une centrale montée sur le chantier (figure 12). Le mortier

12- Centrale de fabrication de mortier de comblement.

12- Filling mortar production plant.

est composé de sable 0/2 mm en majorité, de liant géotechnique dosé à 125 kg/m³ et d'eau, afin de répondre à un objectif de résistance en compression de 1,5 MPa à 28 jours.

Les cadences d'injection importantes demandées par le contrat (650 m³ de mortier par jour) ont nécessité de monter une centrale de fabrication à haut rendement Skako, et de prendre plusieurs mesures organisationnelles afin d'assurer un approvisionnement suffisant en matières premières. Ainsi, le sable a fait l'objet d'une mise en stock préalable sur le site de l'ensemble de la quantité prévue pour le chantier, soit 32 000 m³. Le débit d'approvisionnement en eau devant être au minimum de 50 m³/h, un puits de pompage de 102 m de profondeur a été réalisé sur le chantier, pour puiser l'eau dans l'Yprésien.

Les injections de remplissage ont duré 4 mois, avec une cadence journalière moyenne de plus de 700 m³/jour. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

BARRAGES : 67 unités dont 32 en Geotubes®

FORAGES : 250 unités totalisant 9 300 m

INJECTION DE MORTIER DE COMPLEMENT : 60 574 m³

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Région Île-de-France

MAÎTRE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉ : Grand Paris Aménagement

MAÎTRE D'ŒUVRE :

groupe Ilex (mandataire) / Egis Structures & Environnement / Egis Ville & Transport

ENTREPRISES TRAVAUX :

groupe Soletanche Bachy (mandataire) / Guintoli / Sefi-Intrafor / Razel-Bec / Nge Fondations

ABSTRACT

IMPROVING SAFETY FOR THE FORMER QUARRIES OF CORNICHE DES FORTS AT ROMAINVILLE

MARIANNE AGUIE, SOLETANCHE BACHY - AUDREY DELAUNAY, SOLETANCHE BACHY

A consortium of five companies led by Soletanche Bachy performed work at Romainville for the Ile-de-France Region to improve the safety of the former gypsum quarries of Corniche des Forts. Two techniques were used: filling the galleries by grouting with filling mortar and the laying of reinforcing geosynthetic clay liners on the surface after backfilling of subsidence cavities rising to the surface. Barriers of the Geotubes® type, filled with mortar, were installed in the galleries, before filling them by grouting with mortar through the drill holes executed from the surface. □

AFIANZAMIENTO DE LAS ANTIGUAS CANTERAS DE LA CORNICHE DES FORTS, EN ROMAINVILLE

MARIANNE AGUIE, SOLETANCHE BACHY - AUDREY DELAUNAY, SOLETANCHE BACHY

Un consorcio de cinco empresas dirigido por Soletanche Bachy ha intervenido en Romainville (departamento francés nº93) para realizar, por encargo de la Región de Île-de-France, las obras de afianzamiento de las antiguas canteras de yeso de la Corniche des Forts. Se han utilizado dos técnicas: el relleno de las galerías por inyección de mortero y la aplicación de geosintéticos de refuerzo en superficie, previo terraplenado de las subsidencias aparecidas. Se han instalado barreras de tipo Geotubes® rellenas de mortero en las galerías, previamente al llenado de las mismas por inyección de mortero desde los orificios perforados desde la superficie. □