

## **GLISSEMENT ROCHEUX A MORLAIX (LIGNE FERROVIAIRE PARIS-BREST) – GESTION DE CRISE ET RETOUR D'EXPERIENCE**

### **ROCKSLIDE ON MORLAIX (RAILWAY LINE BETWEEN PARIS AND BREST) - CRISIS MANAGEMENT AND FEEDBACK**

Florence BELUT<sup>1</sup>, Laurent TOUDIC<sup>2</sup>, Vivien DARRAS<sup>1</sup>

*1 SNCF, Paris, France*

*2 SNCF, Rennes, France*

**RÉSUMÉ** — Le 25/01/2013, un important glissement rocheux a bloqué les voies de la ligne Paris - Brest, à Morlaix. Après un nouvel éboulement lors du déblaiement et compte tenu des risques résiduels, une seule voie a été rendue à vitesse réduite au bout de 48 h. Une cellule de crise a permis de gérer les conséquences sur l'exploitation et, après deux mois d'études et de travaux (paroi clouée et grillage plaqué ancré), les circulations ont repris. L'ampleur et la soudaineté du phénomène (volume total 3000 m<sup>3</sup>) s'explique par la présence d'une zone très altérée et broyée, à 5 m de profondeur à l'arrière de la paroi, indécélable par l'observation. Ce cas illustre la complexité de la gestion du risque rocheux tant au niveau technique (limite de l'expertise, détection des discontinuités masquées, comportement intermédiaire entre mécaniques des sols et des roches) que socio-économique (gestion de crise, impact sur le plan de transport régional et sur les habitants, prise en compte des aléas à moyen-long terme dans la gestion d'une infrastructure linéaire de transport).

**ABSTRACT** — On the 25th of January 2013, a huge rockslide covered the railway line between Paris and Brest, in Morlaix. During the debris removal, a new rockslide happened. 48 hours later, only one of the three tracks was reopened at low speed, as a consequence of the important remaining risks. Immediately, a crisis team began to deal with the passengers transport plan and the technical works. After two months of investigations and earthworks (soil nailing and anchored wire), traffic resumed. The sudden phenomenon (about 3000 m<sup>3</sup>) can be explained by a weathered area, hidden about 5 m behind the rock-cutting, which could not be seen during expertises. This case shows how complex rockfall hazard and risk management are in both the technical field (limits of expertise, detection of masked discontinuities, behaviour between soil and rock mechanics) and social and economical field (crisis management, consequences on traffic and inhabitants, ways to take into account mid-long term rockfall hazards when managing transport infrastructures).

### **1. Introduction**

Dans le cadre de sa mission de Gestionnaire d'Infrastructure Délégué pour le compte de RFF (Réseau Ferré de France), la Société National des Chemins de Fer Français a notamment pour rôle d'expertiser et surveiller les ouvrages en terre et hydrauliques

du réseau ferré national (30 000 km de lignes) et de définir les confortements ou les aménagements nécessaires pour assurer la sécurité et la régularité des circulations. La tranchée de Morlaix, située sur un axe ferroviaire important (Paris - Brest), permettant de desservir Brest et Roscoff, est un exemple d'ouvrages suivis pour l'aléa rocheux et ses conséquences en cas d'atteinte du système ferroviaire. L'examen des incidents recensés sur le réseau ferré national (base de données interne) montre qu'il s'agit souvent de chutes de blocs, très rarement d'éboulements en masse.

C'est dans ce contexte que le glissement rocheux des 25 et 26/01/2013, dans un secteur de la tranchée peu productif en chutes de blocs, a entraîné l'interruption totale des circulations pendant 48 h puis un retour partiel des circulations sur une voie, avec limitation de la vitesse, jusqu'à la fin des travaux de sécurisation deux mois plus tard. La route départementale en crête a également été interdite et rouverte après travaux sur la demi-chaussée côté habitations.

## **2. Objectifs de l'article**

### *2.1. La gestion de crise et les travaux en urgence*

Dans le cadre de la gestion de crise, les missions de l'Ingénierie SNCF ont consisté à expertiser en urgence la zone d'incident, analyser les risques résiduels, dimensionner les travaux de confortement pour sécuriser la tranchée, répondre aux questions techniques des responsables, dans un contexte socio-économique contraint (impacts sur les voyageurs, les habitants des communes de Morlaix et de Sainte Marie des Champs, forte présence de la presse, réactions sur internet).

Pour cela, il a fallu prendre en compte les contraintes propres au contexte ferroviaire à savoir le rétablissement rapide du trafic en garantissant la sécurité des biens et des personnes transportés (contrat entre la SNCF et le voyageur) mais aussi des contraintes spécifiques à ce site (sécurité du personnel, milieu urbain).

### *2.2. Le retour d'expérience*

Une fois l'urgence traitée, il est intéressant d'examiner les enseignements de cet événement du point de vue technique (détermination de l'aléa rocheux, limites de l'expertise, modélisation des massifs rocheux très altérés) que du point de vue socio-économique (gestion de crise, impacts sur le plan de transport, communication (réaction du public), prise en compte des aléas à moyen-long terme dans la gestion d'une infrastructure linéaire de transport).

## **3. Présentation du site**

### *3.1. Généralités*

Sur la ligne de Paris à Brest, la tranchée de Morlaix traverse sur près d'un kilomètre à la sortie de la gare de Morlaix (Km 562.761), les communes de Morlaix et St-Martin-des-Champs. La vitesse maximale des circulations est de 120 km/h et les

voies sont en courbe à gauche (sens de la ligne). La plateforme ferroviaire comporte deux voies principales et une voie de service. De hauteur 17 à 22 m, la tranchée présente une paroi rocheuse schisteuse, pentée entre 80 et 60°, surmontée d'une partie altérée de 3 à 4 m, composée de limons sableux avec cailloutis de schistes puis de schistes altérés, pentée à un peu plus de 1/1. Les pentes sont globalement moins raides côté voie 2 (Nord).

L'environnement est urbain (route ou habitations et jardins) avec notamment en crête au niveau de l'éboulement la RD19.

L'ouvrage présente (figure 1) de nombreux dispositifs de confortement anciens (type perrés, petits ouvrages maçonnés, mur de soutènement) et plus récents (années 1980 : grillages pendus ancrés en tête et en pied, ancrages ponctuels, paroi clouée).

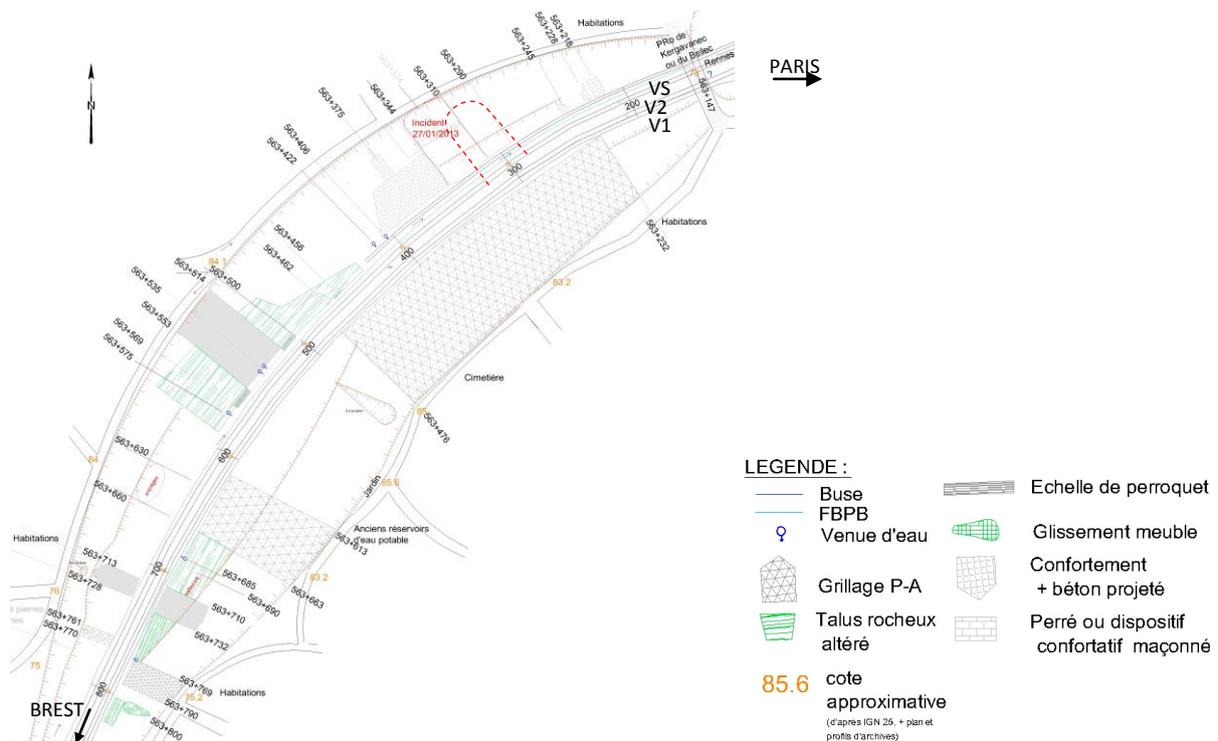


Figure 1 . Vue en plan schématique de la tranchée de Morlaix avant l'incident

### 3.2. Présentation géologique du site

La tranchée est taillée (BRGM, 1981 ; extrait figure 2) dans :

- les formations du Bassin de Morlaix, d'âge Primaire (Stéphanien à Dévonien), constituées par des schistes zébrés (notés H1z) puis par des schistes et grès feldspathiques (notés d5-7G).
- les formations briovériennes du Petit Trégor, représentées ici par des formations du dévonien inférieur, notées d2S, constituées de schistes alumineux carburés.

Les formations du Bassin de Morlaix constituent une unité structurale indépendante et discordante sur les formations briovériennes (notice carte géologique n°240).

Ces formations sont toutes affectées par plusieurs types de discontinuités (failles et schistosités) qui découpent les massifs rocheux en blocs de volumes très variés, de

la plaquette de schiste à des blocs de l'ordre du mètre cube (figure 3 § 4.1). Des venues d'eau sont observées en pied, surtout côté V2 (côté Nord).

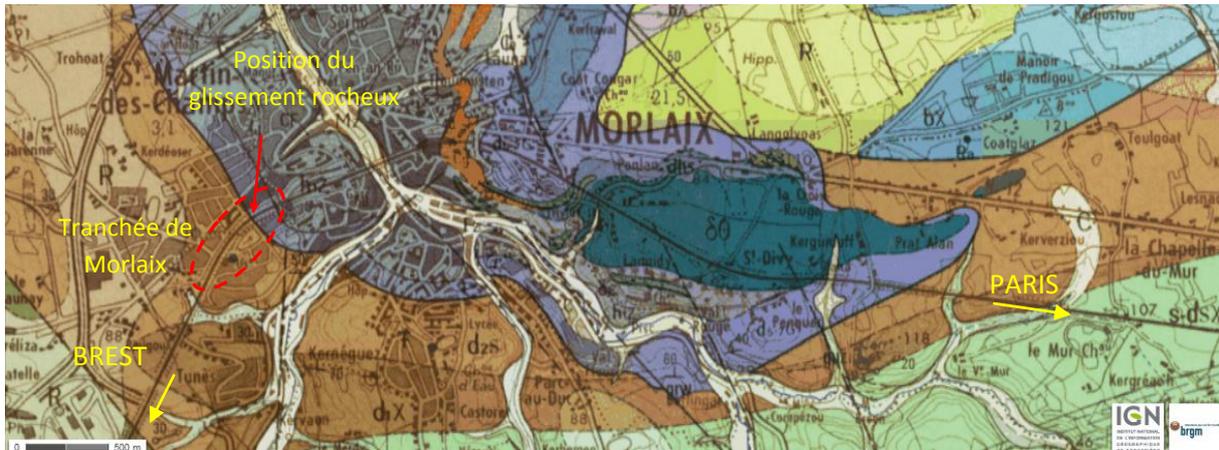


Figure 2 . Extrait carte géologique 1/50000ème de Morlaix (BRGM)

#### 4. Gestion de la crise

##### 4.1. Le glissement rocheux

Le 25/01/2013 à 10h43, le conducteur du TER qui circule voie 1, indique que les voies sont coupées à la sortie de la gare de Morlaix par un éboulement important. Un volume de 1000 à 1500 m<sup>3</sup> est tombé depuis le côté droit (nord) de la tranchée (figure 3). Les caténaires n'ont pas été arrachées mais un portique est fortement endommagé. L'alimentation de la caténaire a alors été coupée. Les circulations sont totalement interrompues entre Brest et Plouaret et un service de substitution par cars est mis en place. La route départementale en crête a été fermée à la circulation par mesure de sécurité. Afin de rétablir le plus rapidement possible les circulations, le terrassement réalisé dans la nuit du 25 au 26/01/2013 a permis d'évacuer 1000 m<sup>3</sup> par train travaux. Mais le 26/01/2013 vers 17h30, un nouvel éboulement recouvre les voies qui étaient dégagées (volume estimé à près de 1000 m<sup>3</sup>).



Figure 3 . Éboulement du 25/01/2013 et évolution du 26/01/2013

La voie 1 est de nouveau dégagée et les matériaux restants mis en butée sur la partie inférieure de la tranchée. Le terrassement est suspendu, la voie 2 restant impraticable.

#### 4.2. Les diagnostics

Le 27/01/2013, une première expertise est réalisée sur site par l'ingénierie SNCF. L'examen de la partie supérieure de la cicatrice de glissement montre qu'il existait, derrière la paroi rocheuse d'aspect extérieur sain, un plan altéré, argileux, très fracturé à environ 5 m de profondeur, indétectable par l'observation (figure 4). Ce plan correspond à une zone broyée qui s'explique par le contact discordant entre les deux unités structurales décrites au § 3.2, le glissement étant situé globalement dans les schistes et grès feldspathiques du bassin de Morlaix. La rupture est probablement due à la lente dégradation de la paroi depuis l'ouverture de la tranchée (altération / décompression). Aucune cause externe telle qu'une fuite d'un réseau en crête n'est identifiée, le plan de rupture était sec le jour de l'expertise. La stabilité des flancs de l'éboulement est incertaine (fractures ouvertes remplies d'argiles) et une incertitude demeure sur la limite inférieure de l'éboulement, masquée par les matériaux en pied.



Figure 4 . Vue de la cicatrice le 27/01/2013

La forte pluviométrie de novembre et décembre 2012 (environ 30% en plus) puis les amplitudes thermiques importantes de janvier (neige, gel, talus exposé côté sud) ont probablement été les facteurs déclenchants de cet événement, rare par son ampleur et sa soudaineté et l'absence de signes avant-coureurs (pas d'indices observés lors des tournées de surveillance réglementaires).

Le jour même, un plan d'action est mis en place après une réunion entre les différents acteurs de la SNCF (Exploitation, Infrastructure, responsables territoriaux, ingénieurs géotechniciens et géologues, signalisation et télécom) et communiqué aux autorités compétentes. Les aléas résiduels élevés à très court terme (évaluation par la méthode LPC, 2004) conduisent à maintenir les restrictions de circulation et

l'interdiction de poursuivre le terrassement tant que la paroi supérieure n'est pas stabilisée (risque pour le personnel et pour les circulations). Une surveillance est mise en place (suivi visuel associé à un suivi topographique télégéré de cibles, implantées sur la cicatrice et ses abords, avec alertes par SMS – réalisé par Terragone, système SolData©). Les suivis indiquent peu de mouvements, sauf sur une ou deux cibles, avec une tendance au ralentissement (figure 5).

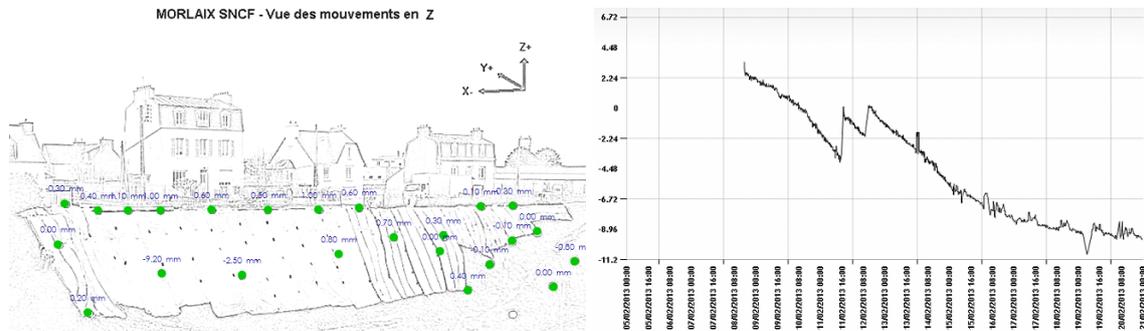


Figure 5. Extrait du suivi télégéré (déplacement vertical, détail sur cible la plus active)

Une cellule de crise (figure 6) est rapidement montée pour coordonner les différents acteurs, suivre l'avancement des différentes tâches (téléconférences hebdomadaires), communiquer aux autorités compétentes et au public les mesures mises en place pour gérer la crise et les délais avant retour à la normale, avec une forte contrainte de la branche Exploitation (rétablir les circulations dans les deux sens pour le week-end de Pâques, pour les « trains de neige » en direction des Alpes).

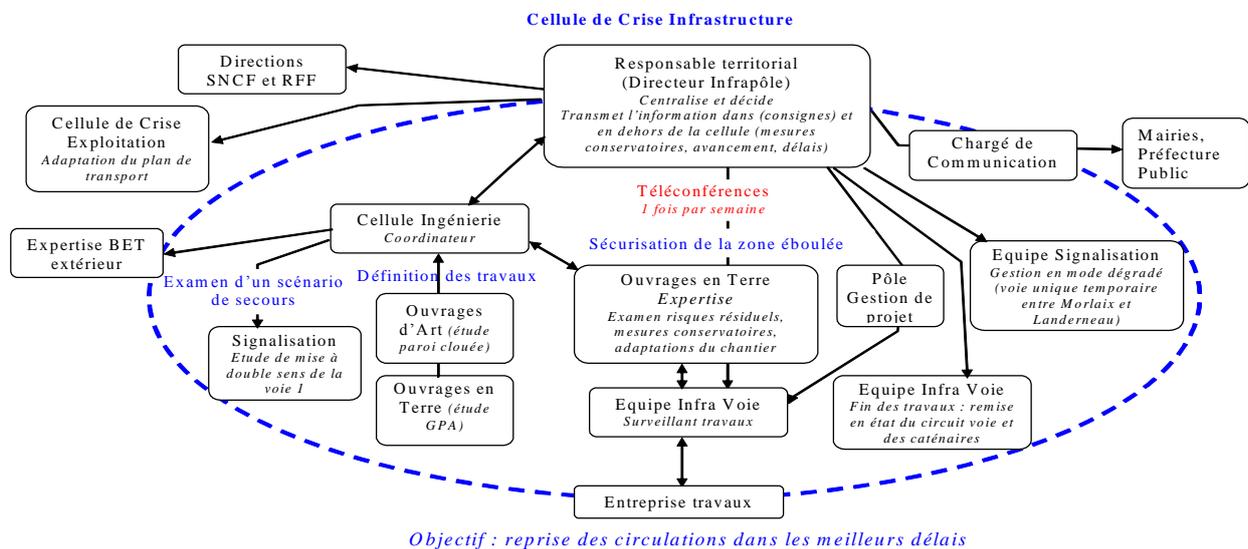


Figure 6 . Représentation schématique de la cellule de crise

Début février, les investigations et les études du confortement de la zone sont lancés tandis qu'une entreprise travaux est consultée sur la base de la solution technique envisagée (paroi clouée au niveau de la cicatrice, grillage plaqué ancré dans les zones encadrantes). Un scénario de remplacement est étudié en parallèle au cas où

il se révélerait plus rapide à mettre en place (étude par le service signalisation de la mise en ITCS (installation temporaire de contre-sens) de la voie 1).

Compte tenu des enjeux, un second diagnostic est demandé au CEREMA de Lyon. Son avis (rapport du 28/02/2013) rejoint les conclusions de la première expertise sur les risques résiduels et le type de confortement ; il apporte un éclairage sur le comportement structural (massif très altéré et fracturé : roche schisto-gréseuse friable à la main, localement argilo-gréseuse, zone faillée avec figures tectoniques significatives : grands plans de frottement et zones totalement déstructurées).

#### 4.3. Travaux de confortement en urgence

##### 4.3.1. Investigations et dimensionnement

Un levé topographique a été réalisé ainsi que 3 sondages pressiométriques de 20 m de profondeur avec enregistrement de paramètres, au niveau de la route en crête. Compte tenu de l'aspect très altéré des matériaux (sablo argileux avec présence localement de kaolinite) et de la géométrie de la surface de rupture, il a été choisi de dimensionner le confortement en utilisant les règles de la mécanique des sols selon les règles de l'art (Philipponnat et al, 2008), à l'aide du logiciel TALREN 4©. En l'absence d'essais en laboratoire spécifiques (essais triaxiaux notamment), le profil géotechnique (figure 7) a été modélisé à partir des sondages, en calant les valeurs de  $c'$  et  $\phi'$ , par rétro-analyse, à partir de l'état initial non effondré et en adoptant pour l'état après éboulement un coefficient de sécurité légèrement supérieur à 1,00. Aucune nappe n'a été modélisée à ce stade (aspect du talus sec) malgré les niveaux d'eau (peu précis) détectés vers 10 m de profondeur. Cette hypothèse a été jugée acceptable, le dimensionnement étant basé sur un gain par rapport au calage initial. Les valeurs de frottement latéral  $q_s$  ont été déterminées à partir des essais pressiométriques (recommandations Clouterre, abaques p. 150-152).

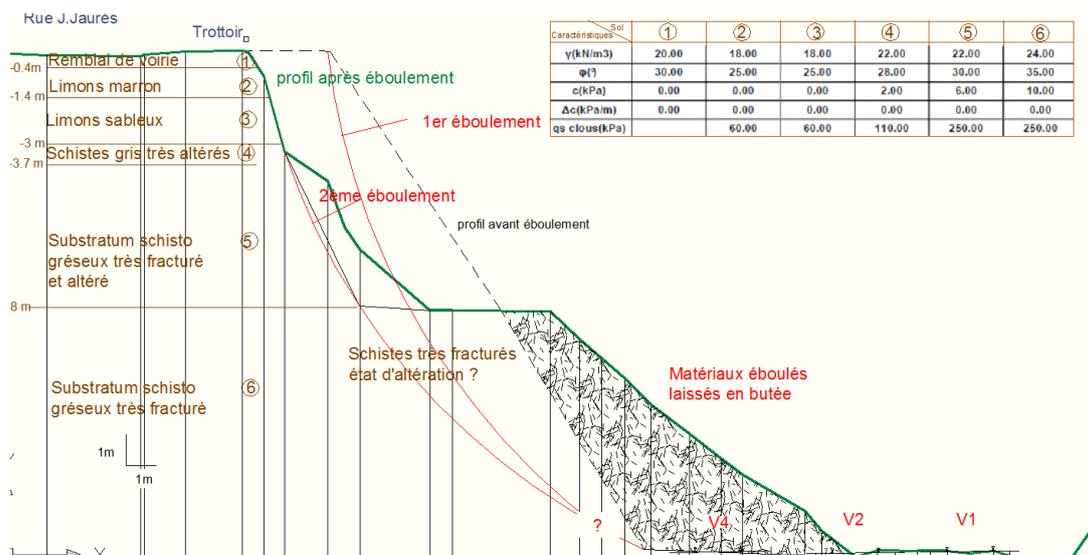


Figure 7 . Profil géotechnique de la zone éboulée

Le dimensionnement a ensuite été vérifié conformément à l'Eurocode 7 (vérifications de la stabilité mixte et générale suivant l'approche de calcul 3 - norme NF P 94-270, annexe C, articles C.2, C.3, C4 et C.6 et article 12.5) sur la base d'une paroi clouée en partie supérieure puis, après dégagement des matériaux, en partie inférieure (maillage de 2x2m de clous ( $\varnothing$  forage 100mm + barre  $\varnothing$ 25mm) de longueur 9 ml, parement d'épaisseur 30 cm en béton projeté). Compte tenu des incertitudes sur le caractère altéré en partie inférieure (sondages réalisés à 5 m de la crête), une vérification a été faite avec des caractéristiques réduites (schistes très altérés sur toute la hauteur). Par analogie, il a été retenu sur les abords de la zone glissée le même dimensionnement (préventif) de clous, avec un parement de grillage et câbles.

#### 4.3.2. Les travaux

Les travaux, effectués par MARC SA sur la base des études techniques fournies par la SNCF, se sont déroulés du 25/02/2013 au 25/03/2013. Ils ont été réalisés en suivant un phasage adapté au risque identifié avec clouage de la partie supérieure et béton projeté, puis des parties encadrantes, déblaiement partiel des matériaux présents en pied pour expertise par l'Ingénierie SNCF et validation du phasage et du dimensionnement puis poursuite du clouage en partie inférieure. L'expertise a montré que le glissement avait concerné toute la hauteur de la tranchée (matériaux broyés, déplacés vers la voie de service). Après essartage de la paroi aux abords du glissement, la découverte d'une discontinuité cachetée de ciment, masquée jusqu'ici par la terre végétale (figure 7) a conduit à rallonger le confortement côté Paris.



Figure 7 . Discontinuité cachetée de ciment côté Paris

Par ailleurs, afin de s'adapter aux contraintes d'exploitation, le béton projeté prévu initialement en partie inférieure a été remplacé par un confinement par grillage et câbles de placage, plus rapide à mettre en œuvre, plus facile à déposer pour le confortement définitif. Au final, 34 ml ont été confortés en paroi clouée et 20 ml côté Paris et 12 ml côté Brest par GPA avec clous de 9 m tous les 4 m<sup>2</sup> (figure 8).



Figure 8 . Photo des travaux finis

Le 29/03/2013, soit 2 mois après l'incident, la voie 2, après rétablissement du circuit de voie et de la caténaire, a été remise en service avec une limitation de vitesse. La vitesse a été relevée à 60 km/h début juin 2013 sur les deux voies (du fait de l'état de la plate-forme, polluée par l'éboulement) et la circulation est restée interdite sur la voie de service (gabarit non restitué) et jusqu'à fin 2013, sur la moitié côté talus de la D19 (circulation limitée aux véhicules légers après pose d'une glissière de sécurité). Les travaux définitifs sont prévus cette année (mur de soutènement tiranté, réfection de la plate-forme et des caténaires), tandis que des investigations sont prévues sur tout le linéaire de la tranchée pour traiter l'ensemble des aléas rocheux et mieux identifier les zones potentiellement concernées par l'aléa éboulement en masse.

## 5. Discussion – retour d'expérience

### 5.1. Difficultés techniques ;

L'absence de signe avant-coureur, le caractère indétectable visuellement de zones altérées derrière un massif d'aspect sain montrent les limites de l'expertise pour la détection d'aléas d'éboulement en masse, notamment. La maîtrise du phénomène nécessite beaucoup de moyens (débroussaillage total et investigations), avec un coût non négligeable. Les techniques d'investigation sont complexes à mettre en œuvre et induisent un long travail d'analyse technique et scientifique à la limite de la recherche (solutions innovantes, non opérationnelles).

D'autre part, se pose la question du dimensionnement et des reconnaissances adéquates dans un milieu dont le comportement est à la limite entre mécanique des roches et des sols. Dans le cas présenté, les sondages pressiométriques ont montré leur limite, d'autant qu'ils ont été faits à 5 m de la crête (risque pour le personnel, présence de réseau en crête). Ils ont cependant permis de fournir rapidement un ordre de grandeur des caractéristiques mécaniques des terrains. De même, la nature rocheuse des matériaux peut remettre en cause la pertinence de l'utilisation de la mécanique des sols pour le dimensionnement. Cependant, l'altération (matrice argilo-sableuse), la forte fracturation et le comportement observé lors de l'éboulement permettent d'utiliser cette méthode avec une bonne approximation, tout en restant simple et rapide à mettre en œuvre. Les investigations réalisées depuis

ont confirmé le caractère très fracturé et altéré des terrains, donc le choix d'un dimensionnement par la mécanique des sols.

## **5.2. Impacts sociaux et économiques ;**

Du point de vue économique, le bilan se chiffre à 3 M€ pour les travaux en urgence (déblaiement, surveillance, sondages, travaux...), sans compter le coût de mise en place des bus de substitution, les indemnités, etc (impacts économiques indirects non connus avec précision. Les travaux définitifs sont estimés à 1.6 M€ sans compter les investigations prévues pour évaluer l'aléa éboulement en masse sur toute la tranchée et traiter préventivement les zones qui le nécessitent.

Du point de vue social, les conséquences ont été lourdes pour les voyageurs (allongement du temps de trajet d'1h entre Brest et Rennes pendant 2 mois), pour les habitants de Morlaix (augmentation du trafic routier, fermeture de la route en crête). L'éboulement met également en évidence la difficulté du public de se confronter au risque naturel (réactions sur le site du Télégramme de Brest, journal régional), ce qui a nécessité un effort de communication important pour expliquer la gestion du risque (priorité pour la sécurité), décrire les actions menées et donner des réponses claires sur les délais d'intervention.

## **6. Conclusion**

Ce retour d'expérience illustre la difficulté de la gestion du risque rocheux, dans un contexte économique contraint, en particulier pour l'éboulement en masse dont l'occurrence est souvent à moyen-long terme, avec une incertitude souvent forte et des conséquences importantes sur la sécurité et la disponibilité des installations (travaux souvent longs et coûteux). L'actualité du début d'année 2014 en est d'ailleurs l'illustration (nombreux éboulements dans le sud-est suite aux intempéries). En tant que gestionnaire d'infrastructure, RFF et SNCF mettent en place une démarche pour mieux appréhender ce type d'événement. Une analyse à l'échelle du réseau ferré national est en cours, sur la base d'événements similaires recensés. Après une phase de recherche pour mieux caractériser ces massifs (couplage de méthodes géophysiques et investigations) en partenariat avec un bureau d'étude extérieur, les méthodes développées seront, selon le résultat, étendues aux sites identifiés. Des solutions alternatives de traitement sont examinées (détection, confortement...). En parallèle, une réflexion globale est menée sur la gestion du risque (acceptable, indésirable, inacceptable, ISO Guide 73).

Enfin, ce type d'événement est à l'origine de l'implication de la SNCF dans le projet national C2R2OP (Changement Climatique : Risques rocheux et Ouvrages de Protection), actuellement en cours de montage.

## **Remerciements**

Les auteurs remercient l'ensemble des acteurs qui ont permis le retour à la normale.

## **Références bibliographiques**

Cabanis B., Chantraine J., Dadet P., Herrouin Y ; (1981). Carte géologique de Morlaix (n°240) au 1/50000ème et sa notice, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 45p.

<http://www.letelegramme.fr> : 24/03/2013

ISO Guide 73 (2009). Management du risque – Vocabulaire.

Laboratoire des ponts et chaussées (2004). Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux, Paris, Laboratoire central des ponts et chaussées, 143 p.

Norme nationale NF EN 1997-1 (2005). Eurocode 7 et Annexe Nationale - Calcul géotechnique, 174p.

Norme nationale NF P 94-270 (2009). Calcul géotechnique Remblais renforcés et massifs en sol cloué, 186 p.

Recommandations Clouterre (1991). Projet National Clouterre, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 267p.

Philipponnat. G., Bertrand. H. (2008). Fondations et ouvrages en terre, Chap. 7, Eyrolles, 547p.

Terrasol (2011). Logiciel TALREN 4©, v2.0.4