

PARADE CONTRE UNE CATASTROPHE NATURELLE ANNONCÉE DANS LA VALLÉE DE L'OISANS, A SECHILLENNE

PARADE AGAINST A NATURAL DISASTER ANNOUNCED IN THE VALLEY OF THE OISANS, TO SECHILLENNE

Alban NICOLINI¹, Laurent RENAC², Lionel LORIER³

¹ G.T.S., Saint Priest, France

² Laurent RENAC, GUINTOLI, Saint Priest, France

³ SAGE, Gières, France

RÉSUMÉ – Dans un des sites les plus surveillés en France, le Conseil Général de l'Isère a mis en sécurité la RD 1091 en déviant son tracé sur le versant opposé. Cette parade radicale a impliqué des travaux de terrassement d'envergure pour la réalisation d'un confortement de 47 m de hauteur, soit une paroi clouée de 18 000 m².

ABSTRACT – In one of the sites the most watched in France, the General Council of Isère put in security the RD 1091 by diverting its plan on the opposed hillside. This radical parade implied large-scale earth-movings for the realization of a confortement of 47 m of height, that is a wall nailed by 18 000 m².

1. Introduction : une vallée menacée

Dans un site des plus surveillés de France, le Conseil Général de l'Isère a missionné un groupement d'entreprises afin de sécuriser la vallée de l'Oisans en déviant le tracé de la RD 1091 au droit des Ruines de Séchillienne.

En aval du village, au lieu-dit « L'Île Falcon », entre Vizille et Séchillienne, sur la rive gauche de la Romanche, se trouvent les Ruines de Séchillienne. Il s'agit d'une zone active d'éboulements du Mont-Sec qui forme l'extrême sud de la chaîne de Belledonne.



Figure 1. Cône d'éboulis menaçant (photo G.T.S.)



Figure 2. Vue de la vallée de l'Oisans (photo V Ramet)

Les différents scénarios d'éboulements donnent un volume de 3 millions m³ qui se détacheraient en une ou plusieurs fois de la montagne dans quelques années seulement.

Ce mouvement de grande ampleur formerait un 'barrage naturel' dans la vallée constituant à son tour une menace (catastrophe naturelle) si celui-ci venait à céder sous l'effet de l'érosion rapide.

Diverses parades ont été mises en place dès 1986 ; déviation routière, merlon de protection...

Soucieux du risque majeur, le Conseil Général de l'Isère a prescrit une solution plus radicale par une déviation sur le versant opposé permettant un nouveau tracé sécurisé de la RD 1091. En faisant en sorte que ce nouveau tracé soit au-dessus du niveau de l'éboulement quand il aura lieu.

Pour la réalisation des travaux se sont enchaînés des phases de terrassement, soit un déblai de 300 000 m³ et de confortement afin de descendre une paroi clouée de 18 000 m² sur 47 mètres de haut. Dans un contexte géologique particulièrement complexe, le groupement d'entreprises a géré une forte co-activité en site exigu en adaptant au quotidien le planning des travaux multimétiers dans l'intérêt collectif.

Une autre paroi clouée a été réalisée par G.T.S. selon le nouveau *procédé AD/OC*[®] sur 300 m² au-dessus de la future piste cyclable.

2. Un site sous haute surveillance

Le marché de travaux a été confié par le Conseil Général de l'Isère au groupement d'entreprises composé de : GUINTOLI (mandataire), G.T.S., NGE GC, (filiales NGE), CARRON, BIANCO et du sous-traitant SERFOTEX (NGE). Le mois de mai 2013 a vu le démarrage des travaux qui ont été réceptionnés en août 2015 en comptant les deux trêves hivernales imposées par les conditions climatiques de la région.

La déviation de la RD 1091 hors de la zone d'emprise de l'éboulement impliquait un nouveau tracé rehaussé de 30 m au droit des ruines, sur les flancs du mont Falcon. Cette nouvelle section d'1,3 km comporte un ouvrage hydraulique d'une section de 20 x 5 m permettant de parer une éventuelle inondation, un créneau de dépassement de 600 m le tout accompagné d'un itinéraire cycle.



Figure 3. Ouvrage hydraulique qui relie le nouveau tracé à l'ancien (photo V Ramet)

En février et mars 2009, les campagnes de reconnaissances d'avant-projet et de projet ont consisté en 40 sondages jusqu'à 44 ml, à des tomographies sismiques et des essais en laboratoires sur des échantillons de roche. Le groupement d'entreprises a confié en mai 2012 l'étude d'exécution au bureau géotechnique SAGE qui a analysé dans un premier temps les reconnaissances réalisées en 2009.

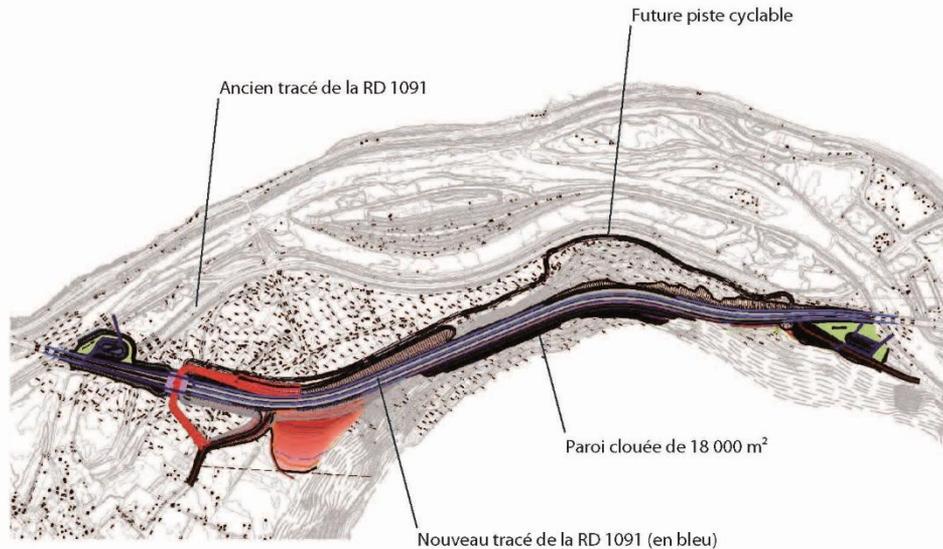


Figure 4. Vue en plan du nouveau tracé

2.1 Investigations complémentaires

L'objectif était de lever les incertitudes résiduelles comme la présence d'un ancien glissement en amont de la zone de déblais et la profondeur des interfaces entre couche superficielle décomprimée/rocher altéré/sain. Compte-tenu de l'ampleur des travaux de déblais et de la fracturation intense des micaschistes associée à très grande hétérogénéité, un programme d'investigations complémentaires a donc été proposé afin d'améliorer le modèle géotechnique et hydrogéologique. Au programme : observations de terrain, 4 tomographies sismiques de 120 m, 5 sondages carottés de 30 à 40 ml, des essais de pompage et de conformité sur clous.

Le nouveau tracé de la RD 1091 recoupe un versant constitué de micaschistes micacés et quartzeux très hétérogènes et fracturés en profondeur. Les relevés effectués sur site au niveau des principaux affleurements et en sondages (par diagraphies) indiquent que la schistosité et la fracturation sont chaotiques, avec des pendages Est et Ouest, dirigés vers l'aval (*défavorable à la stabilité*) ou rentrant (*constituant un découpage du talus*).

2.2 Une géométrie adaptée aux différents horizons

Les résultats des investigations au niveau du versant ont montré une lithologie sous la forme de trois couches :

- 1) sur 3 à 5 m d'épaisseur : des terrains de couverture composés de débris schisteux dans une matrice limoneuse marron
- 2) 5 à 13 m d'épaisseur : des micaschistes gris clair à foncé très fracturés
- 3) au-delà de 5 à 13 m : des micaschistes gris clair fracturés (substratum rocheux)

Des circulations d'eau permanentes d'amplitude variable, ont été confirmées lors des essais de pompage et les mesures piézométriques. Dans l'optique du suivi de chantier, les sondages carottés ont été équipés de tubes inclinométriques. Au démarrage des travaux, des piézomètres ont été réalisés à proximité des inclinomètres et équipés de cellules de mesures avec enregistrement des données en continu.

En pied de versant, les reconnaissances ont mis en évidence la présence d'alluvions (galets et sables) et la présence localisée de lentilles peu compactes reconnues en surface et en profondeur.

Toutes ces informations ont permis à la Maitrise d'ouvrage et au groupement d'entreprises d'élaborer une synthèse technique afin de définir une nouvelle géométrie (différente de celle du projet) du talus de déblais adaptée aux différents horizons. Ainsi les principes constructifs retenus ont été les suivants, définis de l'amont vers l'aval :

Dans les couches 1 (terrains de couverture meubles) et 2 (rocher très fracturé) :

- Une berme de hauteur variable (maximum 9 m), inclinée à 1H/5V. Cette berme est calée au niveau des entrées en terre du projet.
- Une seconde berme de 9 m de hauteur, inclinée à 1H/5V, avec une risberme en tête de 3 m de largeur.

Dans la couche 3 (rocher massif) :

- 1 à 2 bermes de 9 m de hauteur maximum (*condition sur la hauteur liée à la faisabilité du minage*), inclinée à 1H/10V, avec en tête une risberme de 4,5 m de largeur (*pour conserver une pente globale de 60° telle que définie au projet*).

3. Terrassement de 300 000 m³ de déblais rocheux

La création de la plate-forme routière qui se raccorde aux deux ouvrages actuels franchissant la Romanche par l'intermédiaire de rampes (environ 5%), a nécessité un terrassement d'environ 300 000 m³ de déblais rocheux dont 230 000 m³ extraits à l'explosif. Ces déblais ont été réutilisés, à hauteur de 240 000 m³, en remblais de hauteur variable afin de constituer les deux rampes de raccordement. Ces zones en remblais pouvant être soumises à de forts aléas hydrauliques, des dispositions constructives particulières ont été prédéfinies.

Le corps de remblais comporte une importante base drainante, un noyau composé par les matériaux jugés potentiellement évolutifs type R62-63, des remblais latéraux (4 m de large) en matériaux insensibles à l'eau type R61, une PST de granulométrie 0/100 fermant ainsi l'encagement. Une protection des talus en enrochement avant mise en œuvre de terre végétale est nécessaire vis-à-vis de l'érosion que pourrait provoquer une crue exceptionnelle de la Romanche.

L'ensemble des matériaux nécessaires à la création de ces remblais provient du déblai, les matériaux sont triés et élaborés sur place.

3.1 Un planning travaux adapté au quotidien dans l'intérêt collectif



Figure 6. 3000 000 m³ de déblai rocheux dont 230 000 m³ de minage (photo L Tavares)

La réalisation des déblais confortés était la principale difficulté de cette opération d'envergure. Dans un 1^{er} temps, des pistes d'accès ont été créées afin d'accéder en tête du déblai culminant à 50 m de haut. Les extrémités des premières passes ont nécessité

la création de micro plateformes en remblais (20 à 30 m de hauteur) afin de permettre l'évolution du matériel de confortement.

La nature des matériaux et la morphologie du déblai ont imposé un redécoupage sur 9 m de haut par plot, avec minage du carreau associé (1 tir tous les deux jours, 370 g/m³ soit environ 90 t d'explosif au total).

Pour limiter les hors profils, Les pendages défavorables et la nature de la roche ont généré un terrassement par plot et par passes de 1,5 m devant la paroi et par passe de 3 m environ en largeur en conciliant l'évolution des accès et des pistes.

Un dressement à l'aide de petits matériels (mini pelle équipée de BRH) a été obligatoire pour éviter des surconsommations excessives de béton et ce malgré le pré découpage.

Dans un contexte géologique particulièrement complexe, le groupement d'entreprises a géré une forte co-activité en site exigu par l'adaptation au quotidien du planning des travaux multimétiers dans l'intérêt collectif. Par sa composition, le groupement a su optimiser la mutualisation des moyens notamment entre le confortement et le minage.



Figure 7. Adaptation du planning au quotidien dans l'intérêt collectif (photo V Ramet)

Les remblais ont été réalisés exclusivement avec les matériaux du site, les matériaux des strates supérieures dégradables par altération ont été dans un premier temps stockés pour être mis en œuvre en noyau après réalisation de la base drainante. Les matériaux plus sains en partie inférieure du déblai permettent de réaliser l'encagement. Le minage a été adapté dans les sur-largeurs dans les parties inférieures du déblai pour élaborer les 10 000 m³ d'encrochement de blocométrie 0,5/3 t.

4. La paroi clouée de grande hauteur : clé du phasage travaux

4.1 Une paroi au design esthétique

Les études géologiques complémentaires avaient mis en évidence une hétérogénéité du massif et une proportion importante de sols meubles et de rocher très altéré. Le design de la paroi (nature du parement, forme de l'ouvrage) a donc dû être adapté au terrain, pour aboutir au final à cinq risbermes de neuf mètres de hauteur et de 3 à 5 m de large chacune.

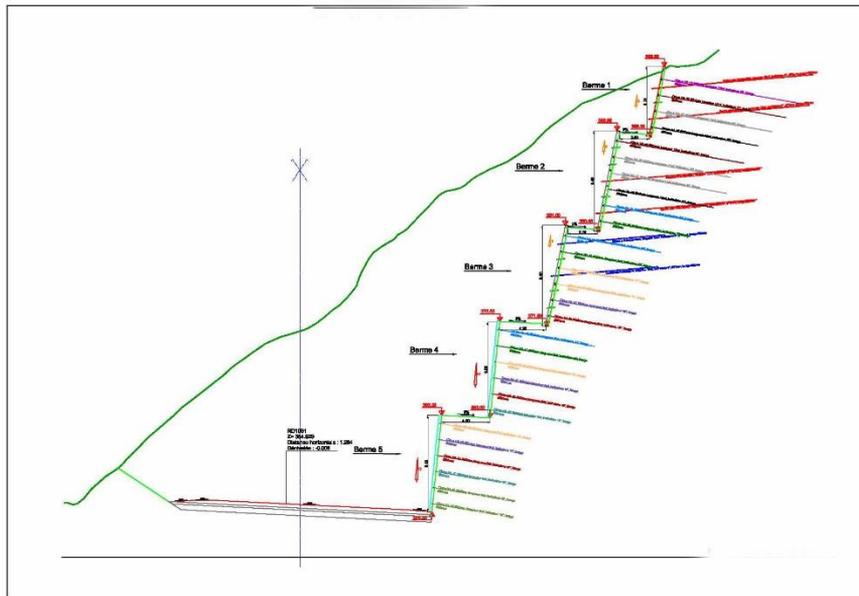


Figure 8. Coupe de la paroi de 47 m de hauteur composée de 5 risbermes

L'organisation de la phase travaux a été proportionnelle à l'envergure de la paroi. Au démarrage du chantier, la tête de la paroi, située à 50 m de hauteur, a été techniquement difficile à atteindre, du fait d'une piste d'accès unique, inclinée à 17%. Au final, le haut de la paroi clouée suit le dénivelé naturel du terrain d'où sa forme en bosses de « dromadaire », une caractéristique qui ne manque pas d'esthétique.

Une autre paroi de confortement de 300 m² a été dimensionnée selon le nouveau *concept AD/OC*[®] au niveau de la piste cyclable en contre bas du futur tracé de la RD 1091. Ce nouveau concept de paroi clouée a été développé par le Département R&D de G.T.S. en collaboration avec l'INSA et l'IFSTTAR de Lyon. L'objectif est d'améliorer considérablement la mise en œuvre de la paroi clouée classique en béton projeté. Composée d'écailles préfabriquées en béton, *la Paroi AD/OC*[®] offre une véritable alternative à la paroi clouée traditionnelle grâce à ses avantages prouvés : parement autodrainant, délais optimisés, matricage pour intégration paysagère...



Figure 9. La PAROI AD/OC[®] en écailles béton préfabriquées (photo V Ramet)

4.2 Intervention simultanée des différents métiers

L'avancement de la paroi clouée déterminait l'essentiel de l'organisation du chantier. Le groupement d'entreprises a su garantir une efficacité simultanée des différents postes de travail : minage, terrassement, ferrailage, bétonnage, forage et injection.

Plusieurs phases de minage réalisées par SERFOTEX (pré-découpage de chaque berme sur neuf mètres de haut puis abattage par passes de 4.50 mètres de haut), permettaient de réaliser une plateforme de travail pour les équipes de G.T.S. Les forages de minage étaient réalisés à l'aide de machines équipées de marteau hors de trou.

Plusieurs ateliers de forage étaient positionnés face à la paroi, précédemment équipée d'une première nappe de ferrailage recouverte d'une couche de béton projeté. En fonction des horizons de sols rencontrés, les forages étaient réalisés en méthode marteau hors trou, marteau fond de trou et même parfois en méthode tubée.



Figure 10. 18 000 m² de paroi clouée (photo V Ramet)

Chaque forage (jusqu'à 20 m de longueur) a été ensuite équipé d'une barre d'ancrage de diamètre 40 mm ou 32 mm selon les zones.

Le coulis d'injection était préparé dans des centrales d'injection, munies d'un bac de fabrication (500 l), d'un bac de reprise (250 l) et d'une presse d'injection. Le rapport ciment/eau était égal à 2. Deux centrales étaient utilisées simultanément : un atelier était approvisionné avec sacs de 35 kg. Le deuxième atelier était constitué d'une centrale automatisée sur pesons, alimentée par un mini-silo et une vis. Pour ce 2^{ème} atelier, le ciment était approvisionné en big bag. Le coulis de scellement était ensuite injecté depuis le fond de l'ancrage en remontant vers la tête de celui-ci (à l'aide d'une canule d'injection).

Une fois l'injection des ancrages achevée, les têtes d'ancrages étaient mises en œuvre. Une projection de béton spécifique était alors réalisée, avant matage de la plaque d'ancrage dans le béton frais, par serrage d'un écrou.

Puis ensuite, une seconde phase de ferrailage et de béton projeté venait finir le confortement. Pour la passe sommitale de chaque berme, le coffrage était façonné pendant le ferrailage de la 2^{ème} nappe de treillis soudé. Ce coffrage permettait d'obtenir des arêtes sommitales et latérales parfaitement rectilignes.

Un drainage profond au niveau des zones de scellement des ancrages était assuré par la réalisation de drains subhorizontaux (leur longueur pouvait atteindre 25 m pour les bermes supérieures).

Le drainage du parement était assuré par des barbacanes d'une part et des bandes de géo-composites drainants d'autre part, qui étaient raccordées à un drain de pied d'ouvrage.

L'exutoire de l'ensemble de ces éléments de drainage était assuré au niveau de chaque berme, puis in fine par un raccordement en pied d'ouvrage sur le réseau d'assainissement de la future chaussée.

4.3 Une force de production grâce à une mobilisation des moyens

Pendant la majeure partie de la réalisation de l'ouvrage, la forte co-activité et des accès exigus ont été une caractéristique constante. Seules les bermes inférieures ont offert un espace de travail confortable pour les équipes de chantier. Lors de cette phase, les équipes disposaient de trois accès, une efficacité maximale des différents ateliers a alors pu être constatée. Les cadences de production ont été alors majorées, pour atteindre au paroxysme de la production 1 200 m² de surface confortée par mois.

Des moyens humains et matériels ont été déployés en conséquence sur ce chantier, soit 40 personnes en permanence dédiées au minage, au terrassement et au confortement. Le site a compté jusqu'à quatre ateliers de forage pour le minage et le forage des ancrages, deux ateliers d'injection et deux ateliers de projection. Pour le forage en zones d'accès difficiles situées aux extrémités de la paroi, G.T.S. a déployé des ateliers supplémentaires spécifiquement adaptés : pelles hydrauliques de 13 t à 25 t dotées de glissière de forage, permettant de réaliser toutes les méthodes de forage précitées.

5. Conclusion

En aval du village, au lieu-dit « L'Île Falcon », entre Vizille et Séchilienne, sur la rive gauche de la Romanche, se trouvent les Ruines de Séchilienne. Cette zone forme un couloir d'éboulement actif depuis plus de 20 ans à l'origine de fréquentes chutes de blocs sur la RD 1091 passant en pied de versant. Soucieux du risque majeur, le Conseil Général de l'Isère a prescrit une solution radicale par une déviation sur le versant opposé permettant un nouveau tracé sécurisé de la RD 1091.

Pour la réalisation des travaux, s'enchaîneront des phases de terrassement, soit un déblai de 300 000 m³, de génie civil et de confortement afin de descendre une paroi clouée de 45 mètres de haut, unique en France.

Le confortement pour la création de la piste piétons et cycle sera réalisé selon le nouveau concept de *paroi clouée AD/OC*[®] développé par G.T.S. en collaboration avec l'INSA de Lyon et l'ISFTTAR.

Cette opération d'envergure qui marque l'histoire de la vallée est associée à une autre parade hydraulique menée en parallèle pour conforter les digues de la Romanche.