

CEREMA : une étude de faisabilité du rétablissement des accès au tunnel.

Version Italienne https://laguida.it/wp-content/uploads/2021/04/1-it_Etude_Faisa_Tende_Memoire_techique_Version-Provisoire-ita.pdf

Traduction des chapitres 2.2.4.4. à 2.2.4.5

2.2.4.4 Estimation de la chronologie des événements

2.2.4.4.1 Préambule - Construction d'une traversée intubée sur le vallon de La Cà

En préambule, il convient de noter qu'en amont du viaduc sur le ruisseau de La Cà (le dernier achevé), un passage intubé a été réalisé pour permettre la circulation des véhicules entre les deux rives du vallon. Ce passage intubé a également été réaménagé afin d'augmenter sa largeur et ce substantiellement comme le montre la Figure 28 ci-dessous.



Figure 28 Passage intubé sur le ruisseau de La Cà en 2017 et 2020 (IGN©)

Le "petit" passage intubé est devenu une importante plate-forme de manutention.

La largeur du passage intubé en 2017 est d'un peu plus de 6 m; en 2020, elle est de plus de 24 m en frontal. Le "petit" passage intubé est devenu une véritable plate-forme de manutention et éventuellement de stockage. Nous n'avons aucune information sur le dimensionnement de cette plate-forme ni sur la taille du tuyau.

2.2.4.4.1 Observations sur le terrain (17 mars 2021)

[Observations de la zone depuis le départ de la coulée, jusqu'au chantier non traduites]

En continuant la descente vers la confluence entre La Cà et la Roya, on arrive à la zone des viaducs.

Cette zone est caractérisée par de très grands dépôts. Le profil longitudinal " originel " du ruisseau La Cà est en effet marqué par un amoindrissement de la pente au niveau des viaducs ainsi qu'en amont de ceux-ci. La pente était de 15 à 20%, ce qui explique, d'une part, la zone des dépôts observée dans l'illustration précédente et les très grands dépôts observés au niveau des viaducs. Les dépôts sont d'autant plus importants qu'il y avait de nombreuses obstructions (machines de construction, citernes, silos, etc.). La figure 40 ci-dessous montre la zone des grands dépôts dans la zone des viaducs.



Figure 40 Zone de dépôt au niveau du viaduc

Le dépôt très important au niveau des viaducs. La zone de stockage s'étend, bien sûr, dans le lit de La Cà, mais aussi très nettement au-delà des épaules des structures.

Un point intéressant à noter est la rupture du tablier de la structure récente. En effet, celui-ci a tourné autour à un axe vertical sans s'effondrer en aval. Ceci témoigne d'une force horizontale significative au niveau du pont et d'une cinématique de "transport" du tablier pour le faire tourner autour de cet axe. Ce n'est donc pas la destruction des jetées qui a conduit à la destruction du viaduc, mais un effort latéral. La figure 41 montre la modalité de destruction cette structure.



Figure 41 Rupture du plan routier du viaduc sur le Ça

L'illustration montre clairement que la chaussée a tourné autour d'un axe vertical situé généralement au niveau des fers nus et torsadés. On suppose que le plan de route a subi une force horizontale considérable, puis a été déplacé / poussé jusqu'à s'arrêter sur le côté gauche du vallon

Un autre point important à noter est que La Cà n'a pas creusé son lit au niveau des viaducs ; ceci suggère l'absence d'érosion dans les fondations. Dans ce secteur La Cà a déposé beaucoup de matériaux, mais son lit majeur est resté au même niveau altimétrique. En effet, les trois seuils préexistants n'ont pas été détruits lors de l'événement d'octobre 2020, ni les murs placés sous les épaules des deux viaducs. Les illustrations suivantes montrent ces éléments. Ceci est visible dans la

figure 42 et figure 43.



Figure 42 Seuils dans le lit inférieur de La Cà

Le phénomène d'octobre 2020 n'a pas traversé le lit de La Cà. Le torrent coule à la même hauteur qu'avant l'événement.



Figure 43 Murs en aval des viaducs

L'entrelacement, qui permet la canalisation de la Ça sous le dernier viaduc achevé, est toujours visible (cadre bleu), bien qu'il ait probablement légèrement bougé. Même le mur en aval du viaduc historique en maçonnerie n'a pas été déplacé.

[Observations de la zone en aval du chantier non traduites]

2.2.4.4.2 Chronologie des événements

Le 3 octobre 2020, les viaducs étaient encore en place au-dessus du vallon de la Cà et la montée de niveau n'avait pas encore commencé lorsque les photographies ont été prises depuis l'hélicoptère. Lors de la réalisation de ces photographies, le passage intubé laisse passer le flux de La Cà mais est déjà endommagé, comme en témoignent les Illustrations 48 et 49 ci-dessous.



Figure 48 Passage intubé sur le ruisseau de La Cà
 Entre les deux viaducs, on voit le tuyau qui laisse passer le ruisseau Cà. Le flux sortant (visible au niveau de la petite cascade en aval du viaduc en maçonnerie n'est pas très important).



Figure 49 Zoom sur le tube et la plate-forme
 En bleu : Tube presque plein très recouvert, visible en aval.
 En rouge : Corps de la plate-forme présentant des dommages importants. Le revêtement en aval montre un phénomène d'érosion interne. Il y a un trou dans la plate-forme avec une machine de construction à l'intérieur.
 En arrière-plan, le réservoir bleu est bloqué à l'entrée du tuyau.

Ces figures montrent le phénomène d'érosion interne détecté sur la plate-forme. Sous l'action de l'importante inondation du 2 octobre 2020 (pluricentennale), le tuyau, probablement non dimensionné pour les coulées qu'il devait faire passer, s'est certainement rempli assez rapidement. L'eau a dû

s'introduire dans le corps du remplissage (au-dessus ou au-dessous du tube) et commencer à miner le remplissage par érosion interne. Suit la réalisation d'un fontis au niveau du côté aval du remblai, où est tombée un engin de chantier. Lorsque la photo est prise, l'eau circule alors à travers le tube, mais aussi à travers le corps de remplissage. Le remplissage n'est donc plus stable et le moindre stress supplémentaire provoquera sa rupture.

Le côté amont du remblai est déjà saturé de matériaux et d'équipements (citerne, gravier, etc.), la transparence hydraulique (et aussi dans les matériaux) de cette structure est donc plus que fortement compromise. Le scénario de destruction du viaduc peut donc être estimé comme suit.

Tout d'abord, sous l'effet combiné d'une incision de son lit par le Cà (affaiblissement de l'arrêt du pied de une partie de la pente), une forte saturation de la couche de flysch altérés / retravaillés (également une charge de cet ensemble) et une force d'écoulement (plusieurs résurgences) au niveau de la surface de glissement, un éboulement est déclenché dans la partie supérieure de la pente.

Ce glissement de terrain est bloqué au niveau du bassin rocheux, créant ainsi un "barrage" très en amont du versant. L'arrivée de l'eau de La Cà et de multiples résurgences (comme le montre la figure 48) arrive progressivement à charger ce barrage.

L'arrivée de l'eau de la Cà et de multiples résurgences (comme le montre l'illustration 48) vient progressivement à charger ce barrage. Ce barrage se brise (débordement ou autre) sous l'effet de pressions et de coulées hydrostatiques, favorisant l'apparition de débris de lave qui ont un grand volume de matériel à déplacer. La lave torrentielle commence ainsi sa descente vers la vallée " en recouvrant " la rive gauche du vallon et en déposant des matériaux plus grossiers sur la rive droite.

La lave torrentielle arrive sur le passage canalisé au niveau de La Cà qui est déjà fortement encombré par divers objets (engins de construction, citerne, etc.). Le phénomène qui se produit est difficile à évaluer mais c'est probablement un phénomène d'arrêt à faible vitesse et débordement au-dessus du passage entubé. A ce moment, les matériaux mobilisés par la lave torrentielle et les pressions hydrostatiques associées accumulées derrière la plate-forme entubée détruisent la structure et la lave torrentielle déborde sur la plate-forme du chantier. La vitesse de la lave torrentielle devait être assez faible car les dépôts sont très importants au niveau de la plate-forme et sont restés localisés à proximité de celle-ci.

La lave torrentielle et les agrégats transportés, frappent ou exercent une force latérale considérable sur le tablier du viaduc de La Cà et détruisent sa structure. Le viaduc en aval (maçonnerie) ne supporte pas la force de l'impact ou des forces et il est également détruit.

La lave torrentielle, sous l'effet d'un profil longitudinal de la vallée qui redevient plus raide, poursuit son parcours jusqu'à la confluence avec la Roya. À ce stade, la pente s'affaiblit à nouveau et la lave torrentielle s'arrête, formant un dépôt de rochers et de gravier de près de 8 m de haut.

2.2.4.4.3 Dimensionnement du remblai avec passage intubé

Nous analysons ici l'effet des seuls matériaux déplacés par la lave torrentielle et accumulés derrière la plate-forme intubée sans tenir compte des vitesses (considérant donc un phénomène de lave cumulée). Afin de vérifier la justification du remplissage aux forces dues à un glissement de terrain, nous avons modélisé ce dernier avec le logiciel de calcul de la stabilité du versant Talren v5©.

Pour stabiliser le remblai, avec une configuration d'éboulement de 25000 m³, la force à appliquer en aval du remblai est de 1200 tonnes. Ce calcul ne permet qu'une approximation de la force stabilisatrice nécessaire au démarrage du remblai adjacent (c'est une situation d'équilibre initial des

ruptures, le setting géotechnique). Les 25.000 m³ Les 25.000 m³ de matériaux mobilisés pour solliciter le remblai sont considérés comme statiques, c'est-à-dire sans tenir compte des phénomènes dynamiques dus à l'arrivée de débris sur la structure.

Dans ces conditions, le remblai n'était absolument pas dimensionné pour résister à un glissement de terrain et encore moins à la lave torrentielle survenue dans le vallon de La Cà.

2.2.4.5 Conclusion sur le phénomène considéré dans le vallon de La Cà

Le scénario choisi est l'activation d'un glissement de terrain qui s'arrête dans la partie haute du vallon de La Cà. Ce glissement de terrain est dû à la combinaison de plusieurs facteurs : saturation du sol, force d'écoulement à la base du futur glissement de terrain, incision très probable de son lit mineur par La Cà. Ce glissement de terrain constitue donc un barrage situé en haut de la pente.

Les entrées d'eau s'accumulent derrière ce barrage jusqu'à ce qu'il se brise. La lave torrentielle (alimentée par l'eau présente à l'arrière du barrage et des matériaux stockés au même endroit) est créée détruisant une partie du barrage ou, plus probablement, par débordement au-dessus du barrage.

Cette lave torrentielle " descend " tout le vallon " en couvrant " d'abord la rive gauche avec des éléments plus fins et des blocs grossiers déposés sur la crête du remplissage et laissant des éléments plus grossiers sur la rive gauche. Une petite zone d'arrivée des matériaux est créée légèrement en amont des structures et s'appuie à la plate-forme entubée, qui finit par céder à mesure que les matériaux s'accumulent.

La lave torrentielle déborde probablement du passage dentubé, entraînant avec elle d'autres agrégats et, finalement, le même passage lui-même. Elle arrive au niveau du viaduc en amont chargée de divers agrégats et blocs. Elle exerce des forces horizontales très significatives (> 1200 tonnes) sur le tablier du viaduc et y dépose une grande quantité de matériel (plate-forme de travail, route en aval du premier viaduc, etc.) Et détruit le premier viaduc.

Le deuxième viaduc subit le même sort et, grâce à une augmentation de la pente du profil longitudinal de la vallée, la lave torrentielle émerge à la confluence avec le Roya. Il s'arrête peu après la confluence, le profil longitudinal du Roia étant à ce point beaucoup plus faible. Au total, la lave torrentielle s'arrête à environ 175 m après la confluence avec la Roya.

Il s'agit donc en effet de deux phénomènes distincts qui ont conduit à la destruction des deux viaducs; d'abord un glissement de terrain suivi d'une lave torrentielle puis la rupture par glissement de terrain et érosion de la plate-forme intubée.

Les laves torrentielles se forment "normalement" à la faveur de fortes précipitations et d'un stock abondant de matériaux disponibles. Dans notre cas, le stock de matériel disponible a été pourvu par le glissement de terrain et, en l'absence de précipitations, un très important volume d'eau été apporté le cours d'eau de La Cà d'une part, mais aussi par de multiples résurgences d'autre part.