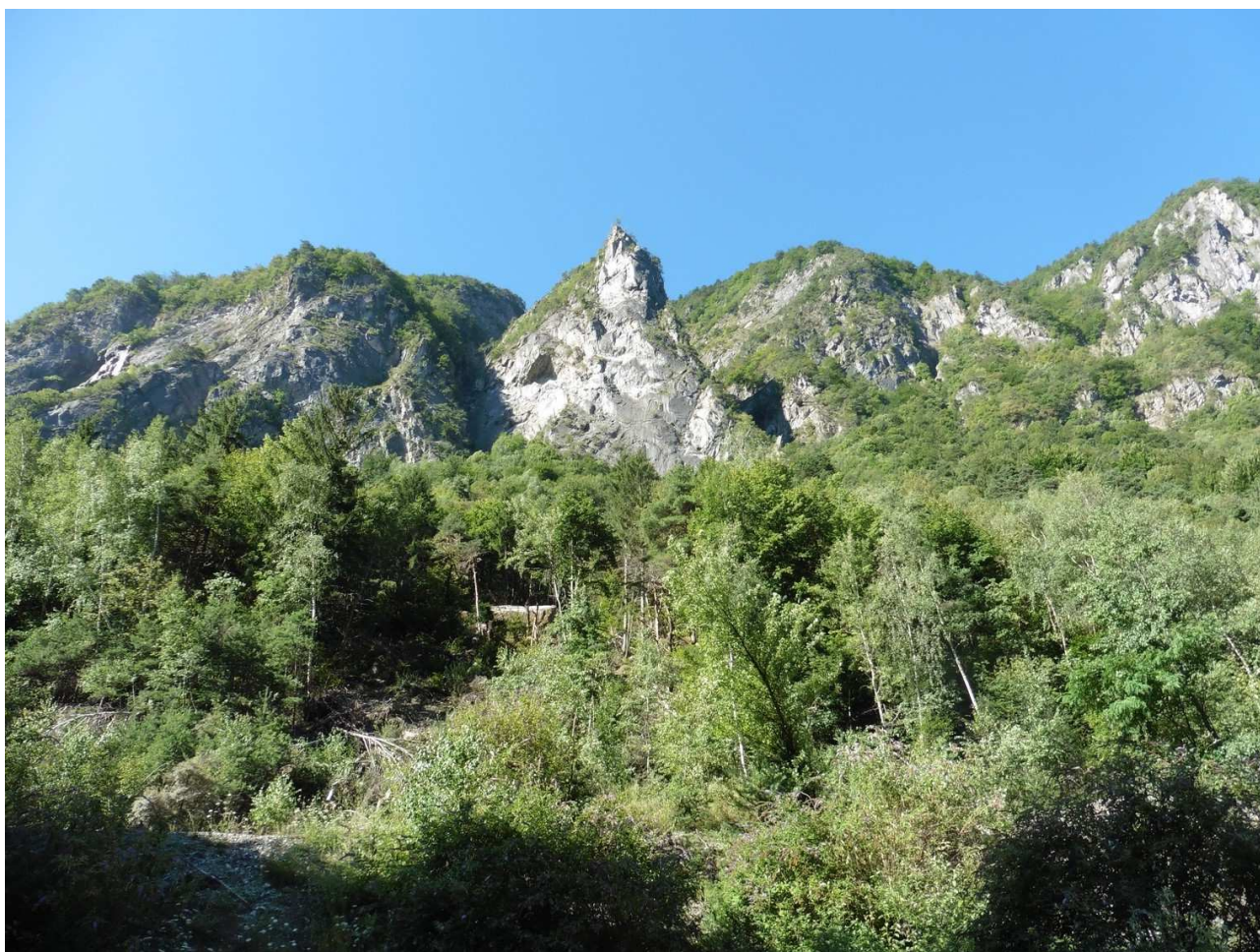


## **RN90. Piles du viaduc de Dagan**

**Risque rocheux. Actualisation des trajectographies.**



**RAPPORT D'ÉTUDE**

**Septembre 2023**

N° NOVA : 23-CE-0037

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport. Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

**Site web :** [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

# RN90. Piles du viaduc de Dagan

## Risque rocheux. Actualisation des trajectographies.

Septembre 2023

Commanditaire : Natacha CHENOT      DIR CE / SREI de Chambéry / DC  
1 rue des Cévennes, BP1106 73011 CHAMBERY Cedex

### Auteur :



**Mathieu MLYNARSKI** – Département Risques Infrastructures et Matériaux

Courrier : mathieu.mlynarski@cerema.fr

Tél. : +33 (0)6 64 49 36 95

Version	Date	Commentaire
V1	25/09/23	Version initiale validée

**Références**      N° d'affaire : 23-CE-0037

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Mathieu MLYNARSKI	DRIM	<b>Auteur principal</b>	25/09/23	
Laurent DUBOIS	DRIM	Contributeur	25/09/23	
Fabrice ROJAT	DRIM	Relecteur		
Cédric GIRARDY	DRIM	Validation		

## Résumé de l'étude

Les piles du viaduc de la RN90 au niveau de Dagan sont situées sous des versants présentant des aléas rocheux dont les volumes de départ dépassent plusieurs centaines de mètres cubes. Au vu du nombre d'aléas présents, la probabilité d'occurrence d'un éboulement de plusieurs centaines de mètres cubes ne peut être écartée à moyen, voire à court terme. Après propagation et fragmentation, le volume unitaire attendu est de l'ordre de 50 m<sup>3</sup> mais pourrait exceptionnellement dépasser la centaine de mètres cubes.

Ces hypothèses sont confirmées par les observations suite à un éboulement survenu le 18 mars 2022.

Les simulations trajectographiques donnent des énergies pouvant aller de 60 000 kJ à plus de 200 000 kJ. Les hauteurs de passage estimées sont elles aussi conséquentes : de 5 à une dizaine de mètres au voisinage des piles.

Outre ces énergies et hauteurs, le site est géométriquement très contraint : **il est techniquement irréaliste de protéger les piles des viaducs des événements les plus extrêmes.**

**Nous proposons de réaliser des merlons ayant les capacités les plus élevées possibles en fonction des contraintes géométriques du site.** Il semble possible de viser des merlons **de 8 à 10 mètres de hauteur**, avec une **largeur en tête de l'ordre de 2 à 3 mètres**. L'implantation visera à respecter par rapport aux piles un angle limite de propagation de 30° par rapport à la ligne de plus grande pente du versant.

Pour la pile A, la DIR CE souhaite réaliser une levée de terre. Nous insistons sur la nécessité d'en raidir la face amont.

## Mots clés à retenir de l'étude

Risque rocheux	Dagan
RN90	Merlon
Piles viaduc	Eboulement

## Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- ☐ Accès libre : document accessible au public sur internet
- ☒ Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- ☐ Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

## SOMMAIRE

1 OBJET DE L'ÉTUDE.....	6
2 DÉFINITION DES ALÉAS.....	8
Études antérieures.....	8
Éboulement du 18 mars 2022.....	8
Observations sur site.....	9
3 TRAJECTOGRAPHIES.....	15
Études antérieures.....	15
Observations : éboulement du 18 mars 2022.....	15
Simulations trajectographiques.....	15
4 CONCLUSION.....	24



# 1 OBJET DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de sa stratégie de protection de la RN90 contre le risque rocheux, la DIR Centre-Est s'interroge sur la protection des piles de certains viaducs, en particulier celui de Dagan.

Ce questionnement a été accentué par l'éboulement survenu le 18 mars 2022 sur ce site : des blocs de plusieurs dizaines de mètres cubes sont arrivés à proximité immédiate d'une pile.

Une protection des piles par merlon est envisagée par la DIR Centre-Est.

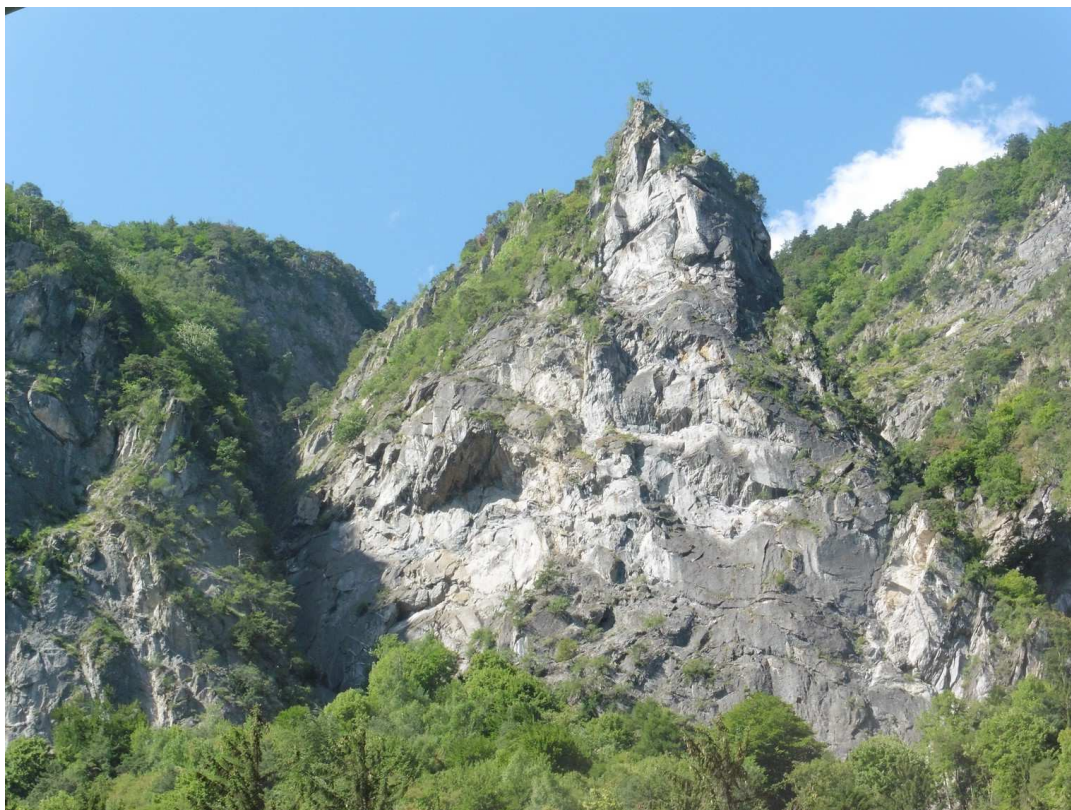
Aussi, cette dernière a demandé au Cerema de préciser les trajectographies existantes sur le secteur.



*Localisation (d'après Geoportail)*

## Remarque :

En concertation avec la DIR, seules les piles du viaduc sens Albertville-Moutiers sont concernées par cette étude : les autres, plus au sud, sont moins exposées car essentiellement situées derrière le merlon existant.

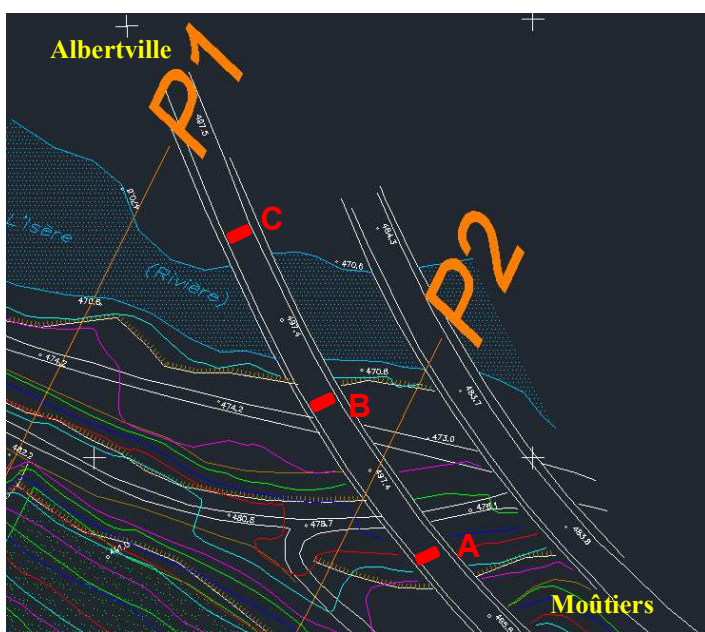


*Principaux versants exposant les piles du viaduc de Dagan*





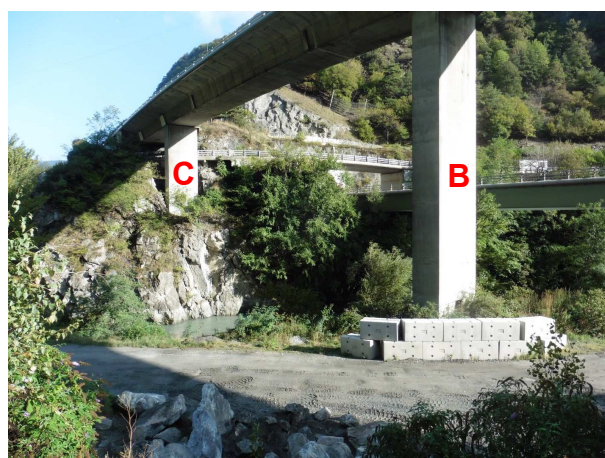
Vue des trois piles du viaduc sens Albertville-Moutiers.



Nomenclature des piles (Pile A, Pile B et Pile C) et des profils trajectographiques (P1 et P2, voir chapitre correspondant).



Pile A



Piles B et C

## 2 DÉFINITION DES ALÉAS

**Remarque préliminaire :** l'objectif de ce chapitre est de fournir un ordre de grandeur des plus gros aléas présents sur le versant et des aléas les plus représentés, afin de définir une énergie maximale et une énergie plus courante et de préciser les parades possibles.

Aussi l'ensemble des éléments observés ou mentionnés dans les études précédentes n'a pas été systématiquement contrôlé. Cela aurait nécessité une phase de terrain à risques non négligeables, et des exploitations de MNT spécifiquement poussées qui sortent du cadre de la présente commande.

### Études antérieures

De nombreuses études ont été réalisées sur le secteur, mais la plupart traitent des versants opposés situés en rive droite de l'Isère (Ponsérand). Nous retiendrons deux études :

Dossier H/15598-1. Janvier 1985.

#### ***Aménagement de la RN90 entre Feissons et Moûtiers. Etude des risques d'éboulement rocheux et des mesures de protection***

Ce dossier précise que « des risques majeurs d'instabilité » existent sur le site de Dagan et « intéressent souvent des masses importantes » : le secteur « présente des risques d'éboulement en masse très élevés (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres cubes) ». En ce qui concerne les mécanismes attendus, « la structure à pendage aval (vers l'Isère) favorise le développement de ruptures par glissement de larges compartiments rocheux suivant des plans ou des dièdres ».

Dossier H/36307. Juillet 2004.

#### ***RN90. Gorges de Pont-Séran. Etude des risques d'éboulement en rive gauche***

Selon cette étude, « une vingtaine de compartiments de volumes initiaux compris entre 100 à 1000 m<sup>3</sup> ont été repérés sur le secteur du Mont Dagan. Après propagation, les volumes unitaires peuvent atteindre 100 m<sup>3</sup>. L'aléa de rupture est qualifié de modéré à court terme à élevé à moyen terme ». En outre, « quatre masses d'un volume supérieur à 1000 m<sup>3</sup> ont été localisées. L'aléa de rupture pour ces compartiments est estimé à long terme ».

### Éboulement du 18 mars 2022

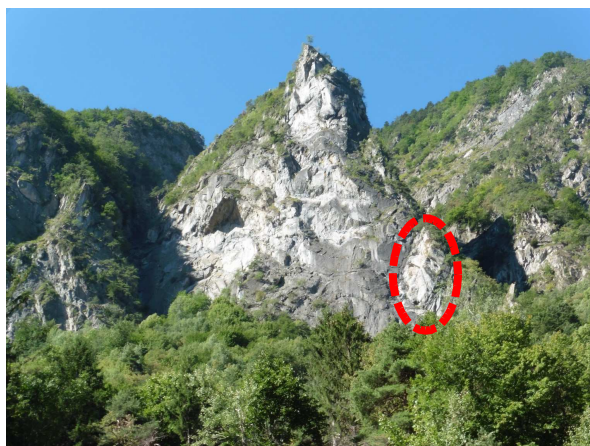
Un éboulement a eu lieu le 18 mars 2022. Selon les observations faites par le RTM, « le volume global de l'évènement est donc vraisemblablement d'au moins 200-250 m<sup>3</sup>. » (volume cumulé des blocs en pied de versant, illustration ci-dessous extraite de l'**avis du RTM** référencé **DE/2.1.2/2022-024** intitulé **Chute de blocs sur la route d'accès à la STEP à Moûtiers, à proximité du viaduc de la RN90**).

***Le compartiment effondré n'avait pas été identifié par l'étude du CETE de Lyon référencée H/36307 de 2004.***

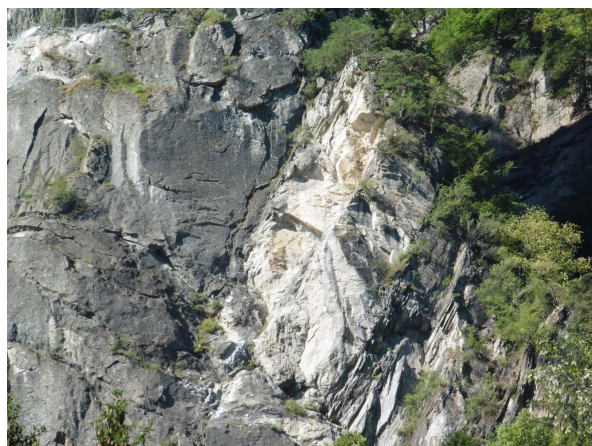




Figure 8 : Relevés des blocs éboulés sur la route communale et dans l'Isère (ONF-RTM, 18/03/2022)



Localisation de la zone de départ



Zone cicatricielle

## Observations sur site

Nous sommes allés à plusieurs reprises sur site, afin de préciser si possible les observations faites lors de l'étude de 2004.

Dans ce cadre, il a été en outre réalisé un Modèle Numérique de Terrain par Lidar aéroporté au printemps 2023 par la société Géolithe, ainsi qu'un Modèle Numérique de terrain par Scan Laser terrestre réalisé par nos soins. Ces MNT permettent de mieux cerner les volumes des aléas potentiels.

## Observations sur site

Plusieurs visites ont été effectuées, afin de permettre des observations du versant rocheux exposant les piles de viaduc. La plupart ont consisté en des observations depuis le versant opposé, à différentes altitudes. En particulier, aucune visite héliportée n'a été faite, et sur le versant même, aucune descente sur corde, à l'exception du sommet de versant, pour avoir une vue des parties hautes des couloirs de propagation.

C'est pourquoi nous ne donnerons pas de qualification de l'aléa dans cette étude (probabilité et délai d'occurrence).

***Ces visites ont permis de repérer la quasi-totalité des aléas identifiés par l'étude du CETE de 2004 : ils sont toujours présents, aucun événement n'a été relaté ou repéré pour ces aléas depuis 2004.***

L'étude de 2004 (H/36307) présente quelques incohérences quant au nommage des compartiments qu'il n'a pas été systématiquement possible de rectifier. Les compartiments observés en 2004 sont présents en 2023. Le compartiment G16, plus végétalisé, n'est pas distinctement repéré.

Quelques exemples sont illustrés ci-dessous.

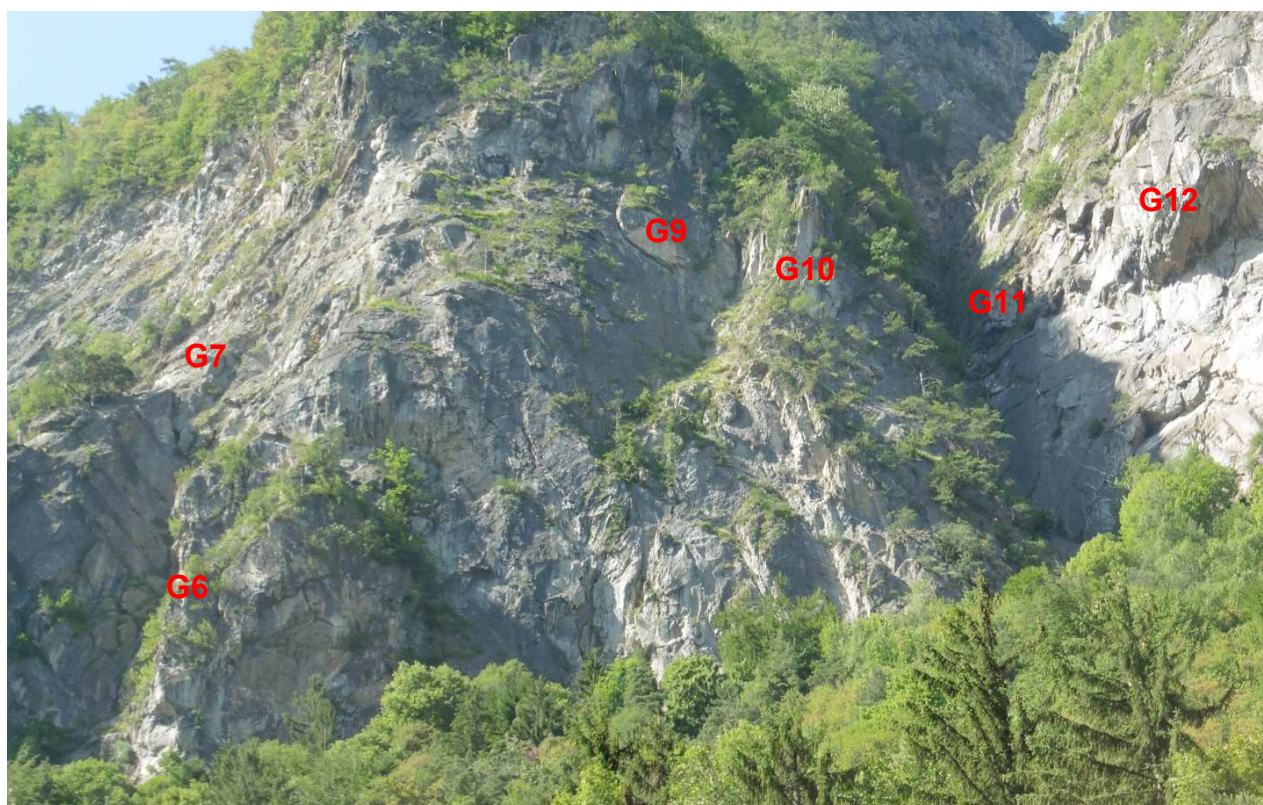


*Compartiments identifiés en 2004 (extrait du rapport H/36307, juillet 2004, nomenclature rectifiée)*





*Partie haute du versant : compartiments repérés en 2023 (image prise le 20 juin 2023)*



*Partie basse du versant : compartiments repérés en 2023 (image prise le 7 juillet 2023)*



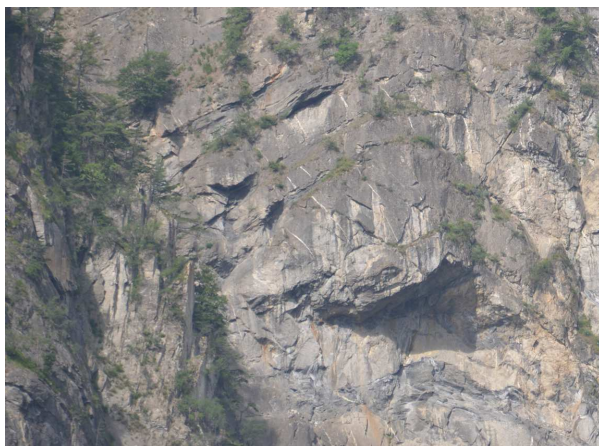


*Vue hors végétation de la partie basse (image du 10 janvier 2023)*

Afin de préciser les estimations des volumes des compartiments réalisées en 2004, nous avons eu recours à un MNT obtenu par scan laser terrestre. Cet outil, non disponible en 2004, permet l'accès aisé aux largeurs et hauteurs des compartiments, mais ne permet pas systématiquement d'estimer leurs épaisseurs de manière satisfaisante.

Par exemple, pour l'écaille G9, le MNT donne précisément hauteur et largeur, mais pas l'épaisseur. L'estimation actuelle permet cependant de préciser que son volume ne dépasse pas 200 m<sup>3</sup>, alors que l'estimation de 2004 était de 400 m<sup>3</sup>.

Pour G12, l'ordre de grandeur du volume a été précisé : 22 m x 12 m x (3 à 5 m), soit un volume de 800 à 1300 m<sup>3</sup>, à comparer aux 2000 m<sup>3</sup> de 2004.

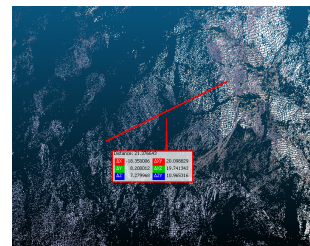
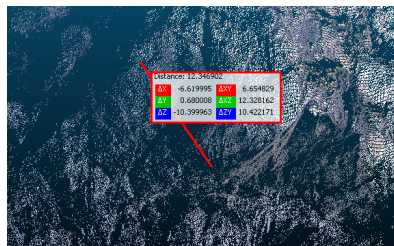
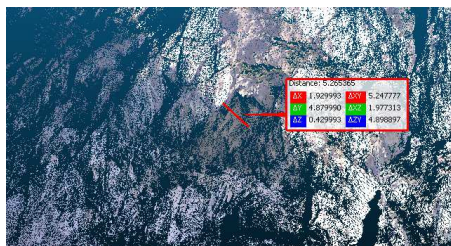


*G12. 20 juin 2023*

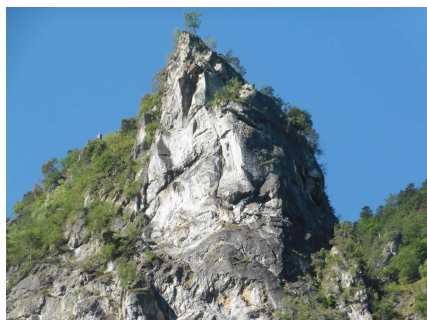


*G11 et G12. 7 juillet 2023*





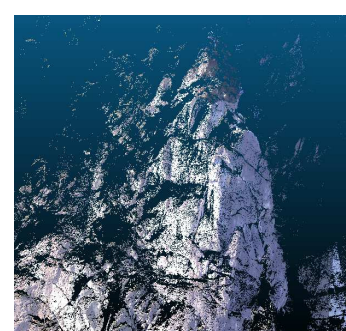
Dimensions de G12 obtenues par scan laser terrestre



G13 : image du 27 juillet 2023



G13, vue latérale, extrait H/36307

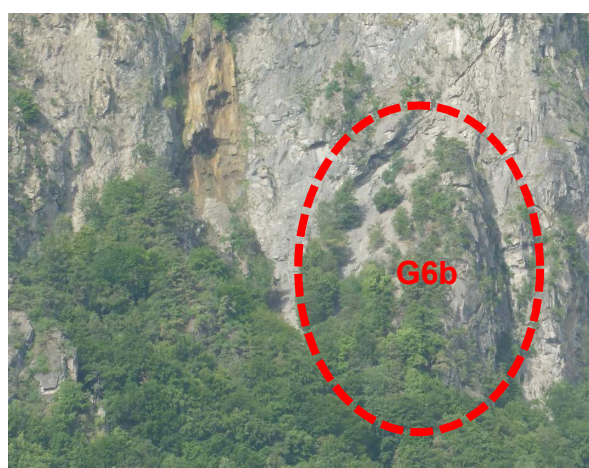


G13, détail du MNT

En ce qui concerne G13, l'étude de 2004 rapportait un volume de plusieurs milliers de m<sup>3</sup> pour l'ensemble de l'éperon). Le MNT donne 3000 à 6000 m<sup>3</sup> selon les hypothèses.

### Remarque G6b

A l'est du secteur, un compartiment de 5000 m<sup>3</sup> a été identifié en 2004 : G6b. L'estimation actuelle, à partir du MNT, serait plus proche de 7500 m<sup>3</sup>. Ce compartiment n'est pas situé à l'amont des piles, et un léger thalweg devrait conduire la plupart des éléments issus de l'éboulement sur le merlon existant. Des éléments isolés peuvent cependant arriver jusqu'aux piles de viaduc.

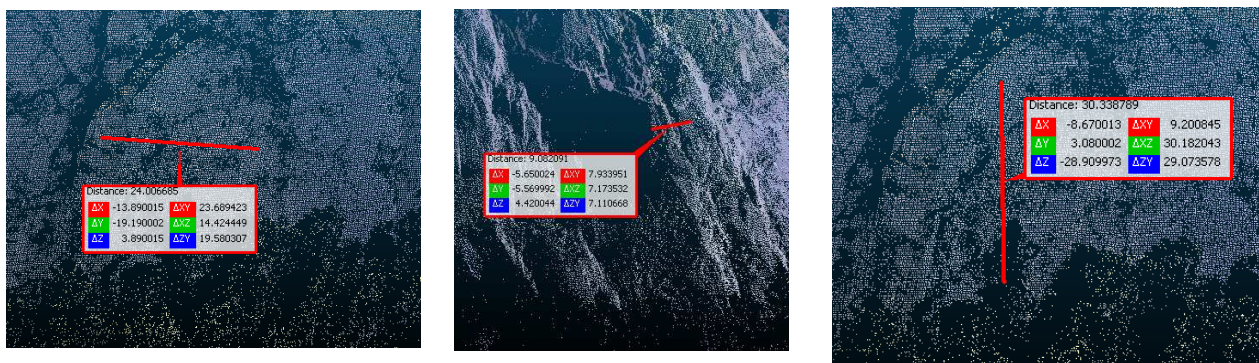


G6b : 20 juin 2023

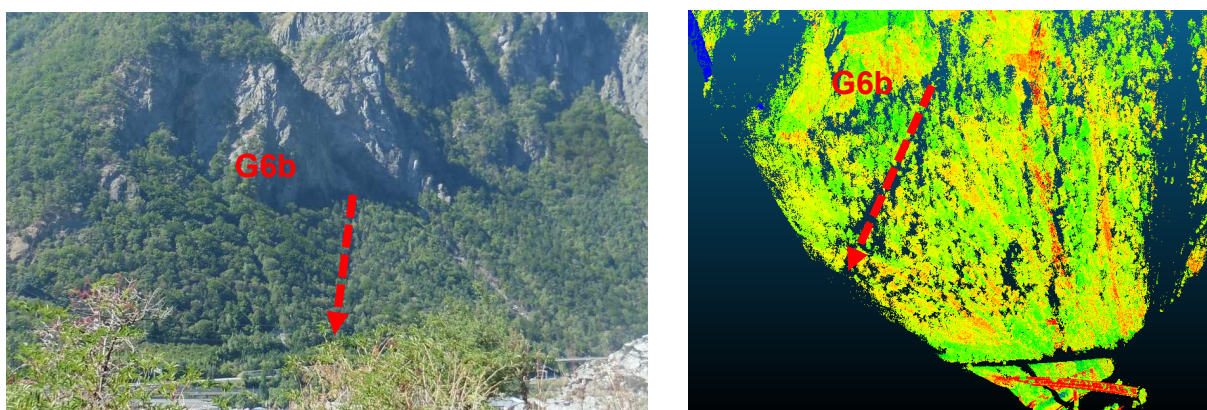


H/36307 : ensemble désorganisé, fracture arrière bien marquée, volume total estimé à 5000 m<sup>3</sup>





Dimensions de G6b obtenues par scan laser terrestre



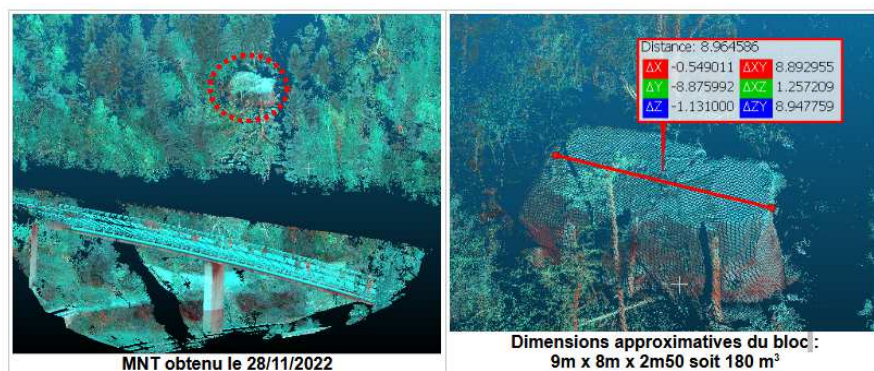
Thalweg canalisant (partiellement) les éventuels éléments de G6b.

## Conclusions

De multiples aléas sont observés sur les versants situés en amont des piles du viaduc de Dagan. Les volumes de départ peuvent dépasser le millier de mètres cubes.

Les probabilités et délais d'occurrence de ces aléas ne sont pas précisés dans cette étude, mais, au vu du nombre de compartiments observés, **la probabilité d'un événement semblable à l'éboulement du 18 mars 2022 ne peut être exclue à moyen terme.**

Les compartiments sont assez fracturés, et **le volume unitaire le plus représentatif est de l'ordre de 50 m<sup>3</sup>**, bien que des éléments plus massifs ne puissent être exclus (un compartiment de 180 m<sup>3</sup> est observé en pied de versant, note préliminaire du Cerema du 13 décembre 2022, extrait ci-dessous).



Extrait de la note du Cerema du 13 décembre 2022



# 3 TRAJECTOGRAPHIES

## Études antérieures

L'étude H/36307 de 2004 du CETE de Lyon fournit un profil trajectographique à proximité des piles du viaduc (profil 201). Pour ce profil, les vitesses atteignent 50 m/s en pied de versant, et les hauteurs de passage dépassent 8 mètres, voire 10 mètres pour une des trajectoires.

« Les masses les plus fréquentes ont un volume de 10 à 100 m<sup>3</sup>. La plupart de ces compartiments instables sont massifs et la fragmentation est faible. L'aléa de rupture pour ces masses est qualifié d'élevé à moyen terme à élevé à court terme ». « Plusieurs compartiments de volumes initiaux compris entre 100 à 1000 m<sup>3</sup> ont été repérés sur le secteur du Mont Dagan. Après propagation, les volumes unitaires peuvent atteindre 100 m<sup>3</sup>. L'aléa de rupture de ces masses est qualifié de modéré à court terme à élevé à moyen terme ». Sur le secteur intéressant les piles du viaduc, « trois masses d'un volume supérieur à 1000 m<sup>3</sup> ont été repérées. Il s'agit des compartiments G6B, G12 et G13. L'aléa de rupture pour ces compartiments est estimé à long terme ».

En combinant les volumes après fragmentation et les vitesses en pied de versant, cette étude aboutit à des énergies pouvant atteindre de « 70 000 à 100 000 kJ pour un bloc de référence de 50 m<sup>3</sup> ». « Dans le cas le plus défavorable (bloc de 100 m<sup>3</sup> et vitesse maximale de 50 m/s, les énergies peuvent atteindre 325 000 kJ ».

## Observations : éboulement du 18 mars 2022

Lors de l'éboulement du 18 mars 2022, des blocs de plus de 10 m<sup>3</sup> ont atteint l'Isère, en passant de part et d'autre des piles du viaduc. **La susceptibilité d'atteinte des piles A et B du viaduc est donc avérée.** Une dizaine de blocs ont été observés par le RTM en bas de versant, avec environ une moitié dans l'Isère et une moitié restée sur la route communale : le replat constitué par la route communale et ses abords (plateforme) a fortement contribué au ralentissement des blocs : les vitesses en pied de versant n'étaient vraisemblablement pas aussi élevées que les estimations de 2004. Cependant, le départ des blocs a eu lieu depuis le pied des falaises : pour un départ plus haut, les vitesses seraient certainement plus en rapport avec les estimations de 2004.

Le plus gros bloc mentionné par le RTM a un volume de 50 à 60 m<sup>3</sup>.

Cet éboulement n'apporte pas d'élément supplémentaire quant aux hauteurs de passage.

## Simulations trajectographiques

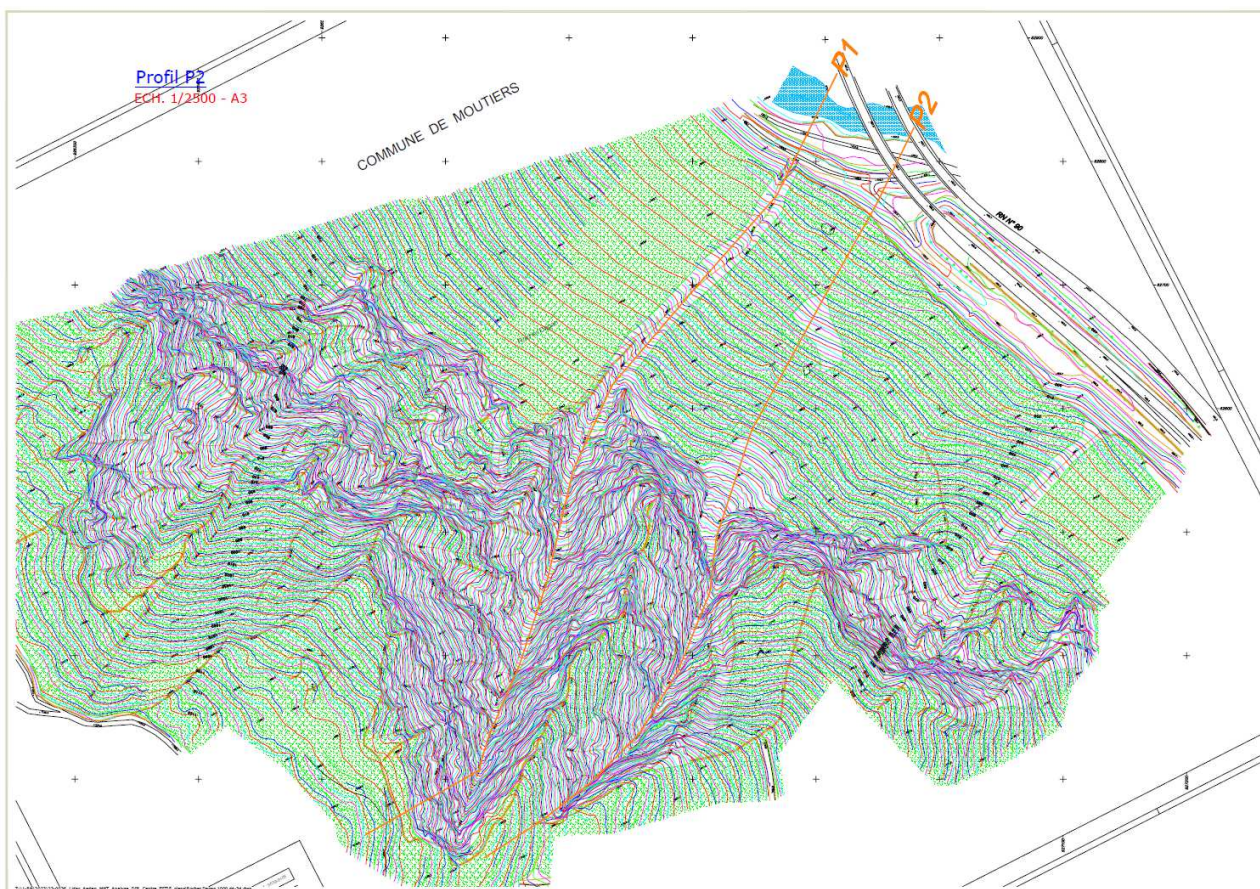
### Méthodologie

#### Profils

Un premier jeu de simulations a été réalisé en décembre 2022, à partir de profils issus d'un MNT obtenu par scan laser terrestre (Cerema). Ce MNT n'ayant pas subi de traitement spécifique (déforestation virtuelle entre autres), les résultats sont très approximatifs et ne sont pas retenus dans cette présente étude.

Un MNT a été réalisé en 2023 par la société Geolithe, par Lidar Aéroporté, mais sa localisation, en bordure du couloir principal de propagation, ne permet pas une étude au niveau des piles de viaduc. Nous avons par conséquent eu recours à un plan obtenu par la photogrammétrie en 2000 par la société Sintégra. Les versants n'ont pas évolué de manière significative depuis la réalisa-

tion de ce plan, et, sa précision étant largement suffisante, nous avons extrait deux profils correspondant aux fonds des couloirs de propagation principaux, situés de part et d'autre de l'éperon constitué par le compartiment G13. En cas de départ en partie haute de versant, ces couloirs canaliseront les trajectoires : les profils sont donc très représentatifs de ce qui est attendu en terme de propagation.



*Localisation des profils trajectographiques*






Les profils directement issus de ce plan sont trop précis pour une utilisation directe dans le logiciel PROPAG : des micro reliefs entraînent des rebonds non réalistes. Nous avons dans un premier temps lissé ces profils (moyenne glissante sur un intervalle de 2 à 3 mètres), puis ensuite sous échantillonné pour obtenir un point tous les 2 mètres environ, ce qui nous semble suffisant pour simuler des trajectoires de blocs de 50 à 100 m<sup>3</sup>. Enfin, pour le bas du profil 1, nous avons effectué un lever manuel afin de prendre en compte la pile C située en rive droite de l'Isère.

### **Nature des terrains / volumes des blocs**

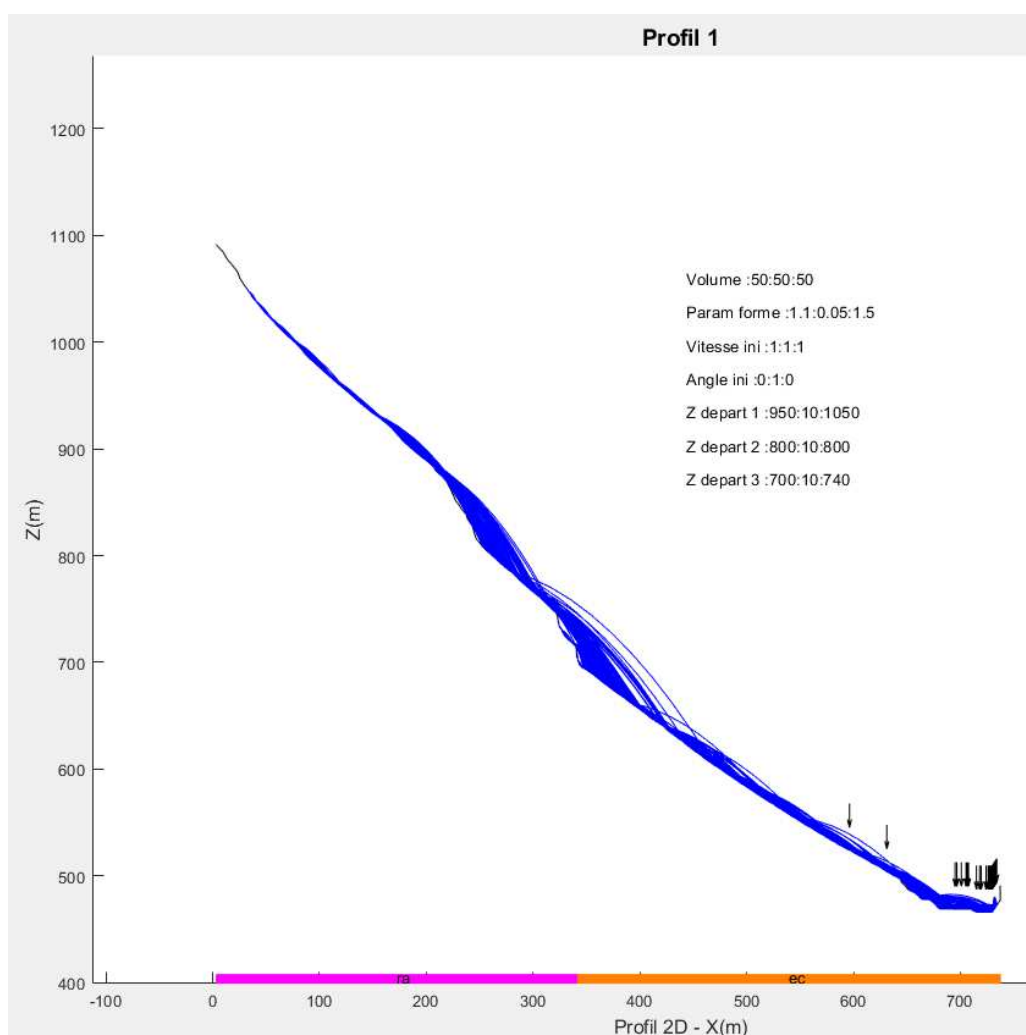
Le volume des blocs n'a pas d'incidence sur les résultats des simulations trajectographiques obtenus par le Logiciel PROPAG (hormis distances d'arrêt). Afin de mieux prendre en compte l'interaction sol/bloc (l'interaction d'un gros bloc avec le sol concerne des profondeurs plus importantes), nous avons recours à un artifice : nous modifions la nature des terrains et donc leurs paramètres de rebond. Vu les forts volumes des aléas présents, nous avons ici eu recours à des terrains plus résistants que ceux observés en surface. Les résultats sont légèrement modifiés mais les conclusions générales en terme de parade ne sont pas influencées.

Nous avons également essayé de recalibrer ces paramètres à partir de l'éboulement de mars 2022. Quelques simulations ont été effectuées avec des départs correspondant à la cicatrice de l'éboulement du 18 mars 2022 : deux jeux de terrain ont été testés, un avec des terrains volontairement assez compacts, l'autre avec des terrains moins compacts. Comme la plupart des blocs issus de l'éboulement sont arrivés en pied de versant sur une zone d'extension très restreinte : nous n'avons pas de critère de comparaison suffisamment prégnant pour aboutir à un résultat univoque. Par conséquent, les simulations seront présentées par la suite avec la plupart du temps les deux jeux de paramètres de terrain.

#### Nomenclature des terrains retenus pour PROPAG :

Terrain meuble	
Eboulis meubles	
Eboulis compacts	
Rocher altéré	
Rocher sain	

#### Résultats : Profil 1



*Trajectoires  
obtenues pour le  
profil 1.  
Jeu de terrains  
« compacts »*

*Les flèches in-  
diquent l'arrêt de  
blocs*



Pour le profil 1, l'enjeu est la pile C, installée en rive droite de l'Isère, sur le versant opposé.

En pied de versant, un chemin goudronné permet d'accéder aux ouvrages de protection de la route communale. Il a été demandé par la DIR de maintenir ce chemin goudronné. Ce dernier peut induire des rebonds défavorables et quelques trajectoires s'en trouvent surélevées ; mais de manière globale, la présence de ce chemin influence assez peu les hauteurs et vitesses maximales.

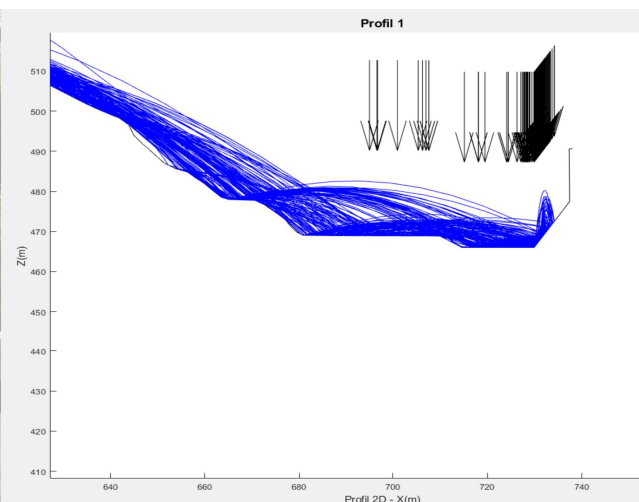
Les graphes suivants présentent les vitesses et hauteurs le long du profil 1, à proximité de la pile C. En pied de versant, la géométrie est peu régulière : chemin, versant plus ou moins raide, plateforme, Isère. Cette hétérogénéité entraîne une forte incertitude sur les modélisations dans ces zones. Il est assez illusoire dans ces conditions d'interpréter l'ensemble des simulations de manière précise, mais pour la pile C, ces incertitudes n'ont pas d'influence sur les conclusions.

En effet, la pile C est située sur un éperon rocheux, à une hauteur d'une dizaine mètres par rapport à la plateforme de pied de versant. Les trajectoires les plus élevées arrivent à mi-hauteur de cet éperon rocheux. Même en prenant les plus gros compartiments rocheux potentiels, **la probabilité d'atteinte de la pile C est très faible.**

**Aussi, nous ne préconisons aucune mesure particulière quant à cette pile C.**



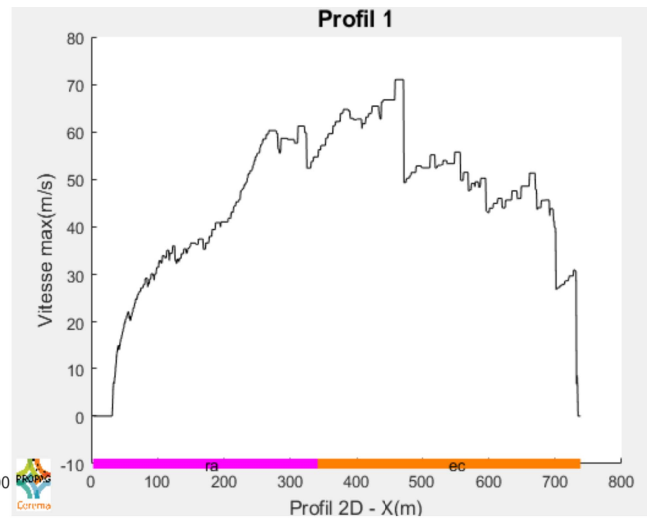
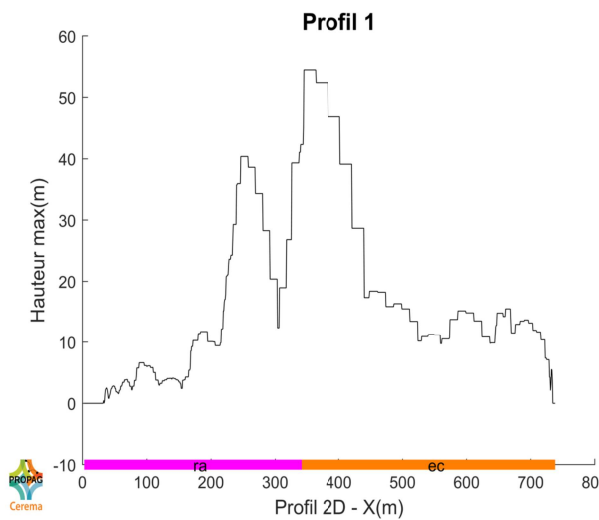
*Eperon rocheux sous la pile C*



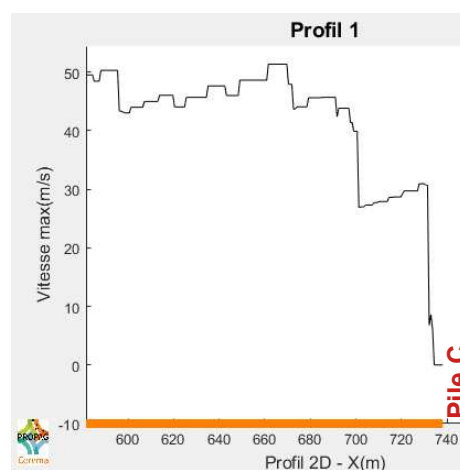
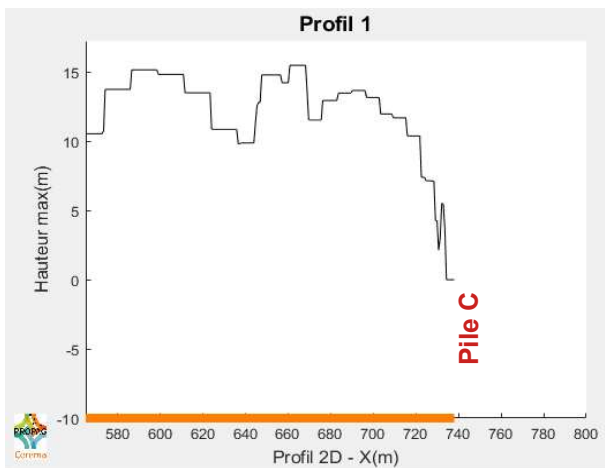
*Profil 1. Zoom. Jeu de terrains « compacts »*

#### **Remarque :**

Nous présentons en page suivante les vitesses et hauteurs de passage le long du profil 1. Comme aucune protection n'est proposée le long du profil 1, ces éléments sont simplement informatifs.

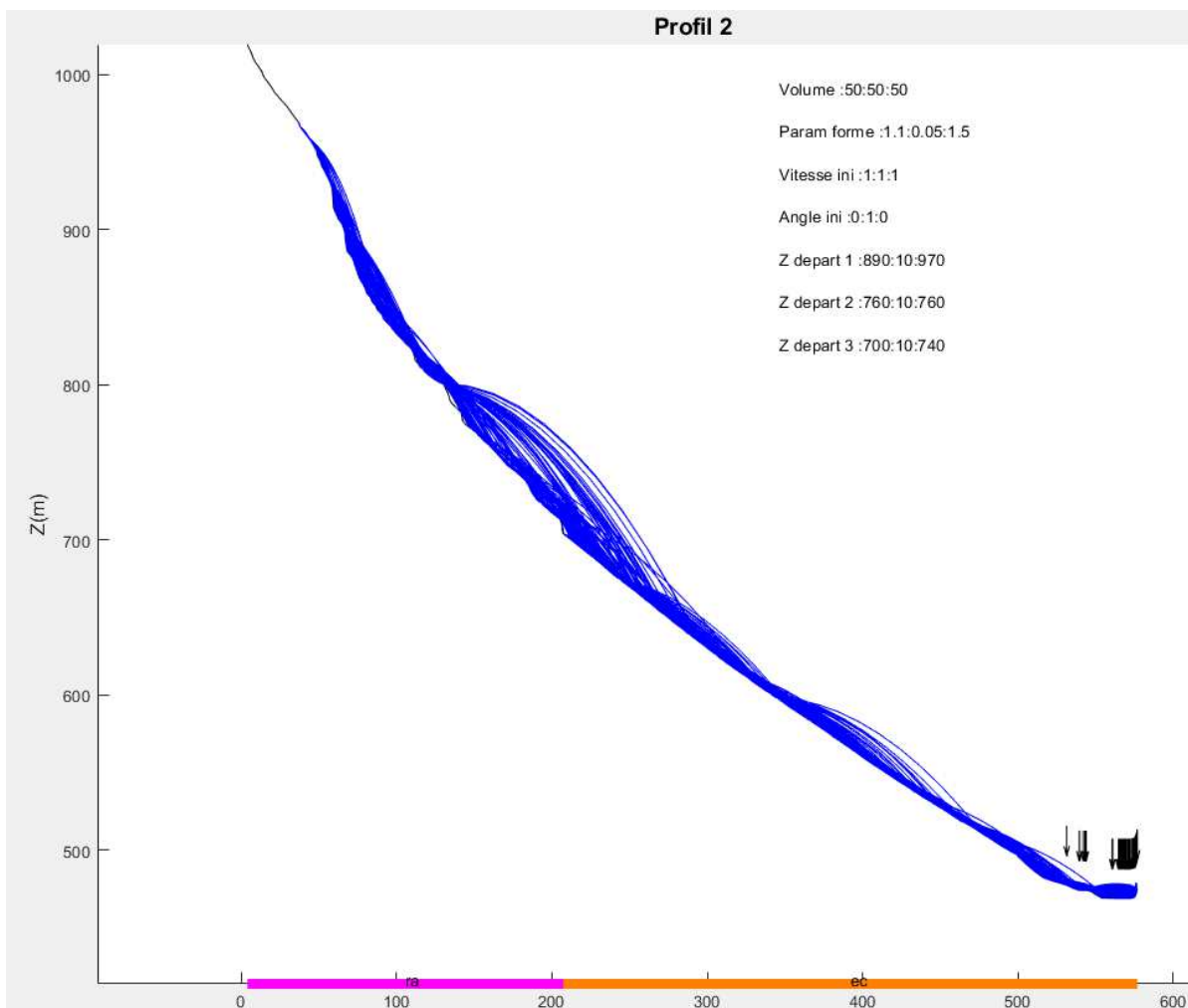


*Hauteurs et vitesses pour le profil 1. Jeu de terrains « compacts »*



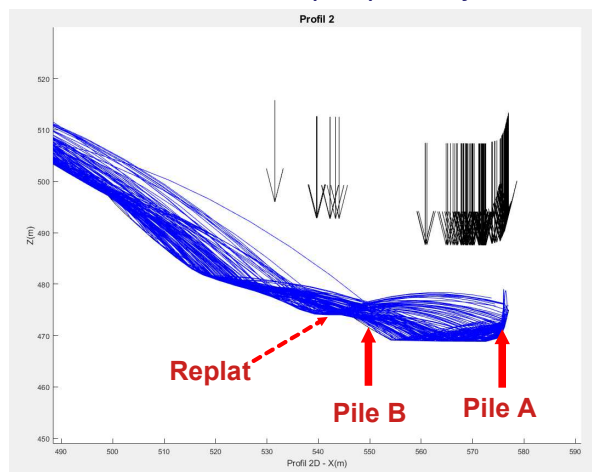
*Zoom : hauteurs et vitesses en pied de versant pour le profil 1. Jeu de terrains « compacts »*

## Résultats : Profil 2



*Trajectoires obtenues pour le profil 2. Jeu de terrains « compacts ».  
 Les flèches indiquent l'arrêt de blocs*

En pied de versant se trouvent, juste à l'amont de la plateforme, des chemins qui permettent d'accéder aux ouvrages de protection de la route communale et de la DIR CE. Ils peuvent induire des rebonds défavorables et quelques trajectoires s'en trouvent surélevées.



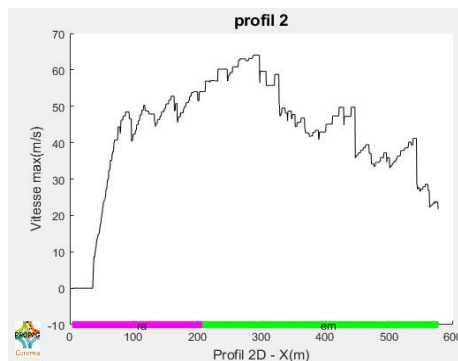
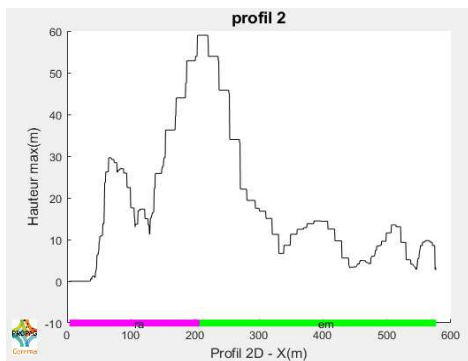
Pour l'accès aux merlons protégeant la route communale, le chemin doit rester en l'état. Pour l'accès aux ouvrages de la DIR CE, un accès par l'autre extrémité des ouvrages est possible : il a été proposé de retaluter la zone afin d'éviter les rebonds défavorables en pied de versant. Le profil 2 a été réalisé en tenant compte de ces hypothèses.

*Profil 2 : pied de versant (terrains compacts)*

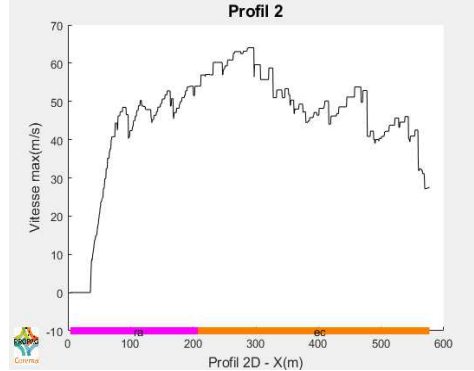
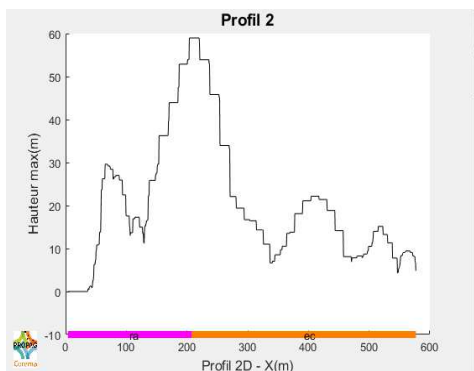


Les simulations trajectographiques donnent une forte probabilité d'atteinte des piles A et B, quelles que soient les hypothèses retenues : plus de 90 % des trajectoires atteignent les emplacements des piles A et B et des merlons potentiels. Les hauteurs et les vitesses de passage sont conséquentes sur l'ensemble du pied de versant.

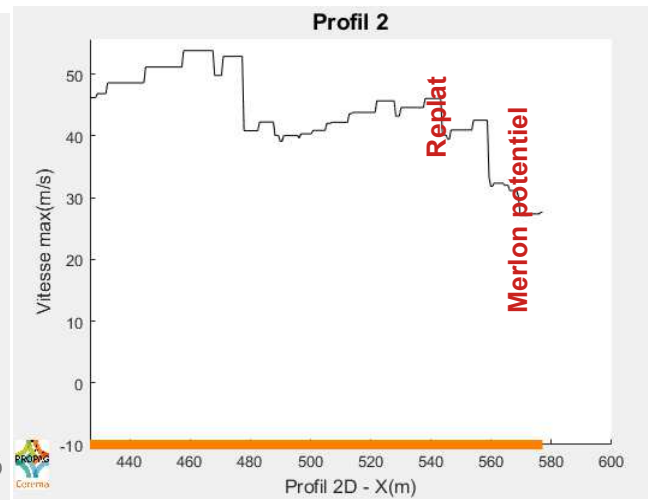
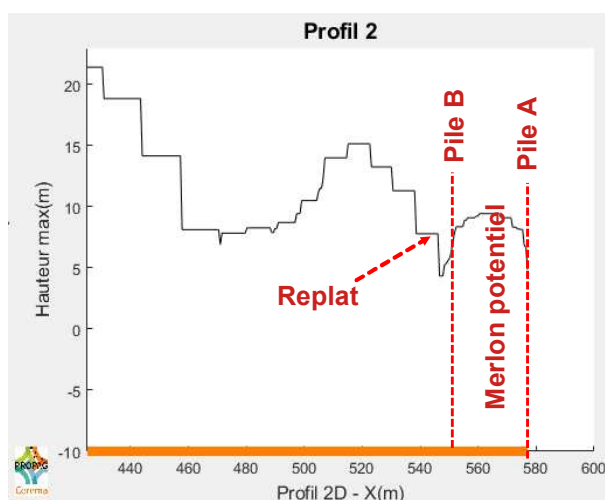
Les graphes suivants présentent les vitesses et hauteurs le long du profil 2. Comme pour le profil 1, pour les mêmes raisons et malgré le « lissage » du chemin de la DIR CE, il reste assez illusoire d'interpréter l'ensemble des simulations de manière précise : nous nous bornerons à donner des ordres de grandeurs et non des hauteurs et vitesses « absolues ».



*Hauteurs et vitesses pour le profil 2. Jeu de terrains « meubles »*



*Hauteurs et vitesses pour le profil 2. Jeu de terrains « compacts »*



*Zoom : hauteurs et vitesses en pied de versant pour le profil 2. Jeu de terrains « compacts »*

Au voisinage des piles, les hauteurs de passage maximales sont d'une dizaine de mètres. Les vitesses de passage sont de l'ordre de 30 m/s au niveau des piles, et de 40 m/s vers le replat à proximité de la pile B.



*Replat à l'amont de la pile A*



*Plateforme au niveau de la pile B  
« merlon potentiel »*

Au niveau des protections envisagées (« replat » et « merlon potentiel ») :

- les hauteurs de passage sont de 9 mètres au plus, auxquelles doivent s'ajouter les plus grandes demi-dimensions des blocs potentiellement attendus à ce niveau, à savoir 2 à 5 mètres.
- les vitesses de passage sont de 30 m/s au niveau du merlon potentiel et de 40 m/s au niveau du replat.

Pour les blocs les plus probables (moins de 50 m<sup>3</sup>), une hauteur de protection d'une dizaine de mètres peut être considérée satisfaisante, pour une énergie attendue de l'ordre de 60 000 kJ à 100 000 kJ. Pour des blocs de 100 m<sup>3</sup>, la hauteur de protection devrait être de 12 mètres au moins, et l'énergie en jeu serait de l'ordre de 120 000 kJ à 200 000 kJ.

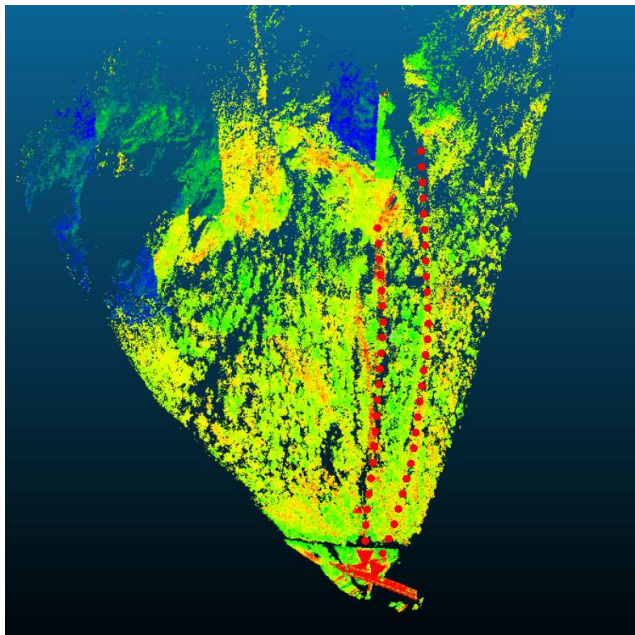
### ***Simulations trajectographiques : proposition de parades***

Les hauteurs et vitesses de passage au niveau des parades envisagées sont conséquentes. **Pour les blocs les plus probables (moins de 50 m<sup>3</sup>), ces hauteurs et vitesses impliquent une hauteur de protection d'une dizaine de mètres au minimum, pour une énergie attendue de l'ordre de 60 000 à 100 000 kJ .** Pour des blocs de 100 m<sup>3</sup>, la hauteur de protection devrait être de 12 à 15 mètres au moins, et l'énergie en jeu serait de l'ordre de 120 000 à 200 000 kJ.

Pour la pile B, nous proposons de réaliser un merlon de protection à proximité immédiate de la pile. Pour la pile A, le site est plus contraint. Une plateforme existe, localement déjà surélevée, et , aussi la **DIR envisage une protection par levée de terre** sur cette plateforme : le risque pour cette solution est que les blocs passent par-dessus, **nous proposons donc de raidir la face amont de cette levée de terre afin de pallier ce risque (65° minimum).**

Outre les énergies et hauteurs précitées, le site est géométriquement très contraint : **il est techniquement irréaliste de protéger les piles des viaducs des événements les plus extrêmes en terme de hauteur de passage et d'énergie d'impact.**

## Implantation des protections



Le versant au-dessus des piles est composé :

- en partie basse : d'un talus d'éboulis régulier, de pente de l'ordre de  $35^\circ$ ,
- en partie haute : de falaises et versants rocheux plus redressés.

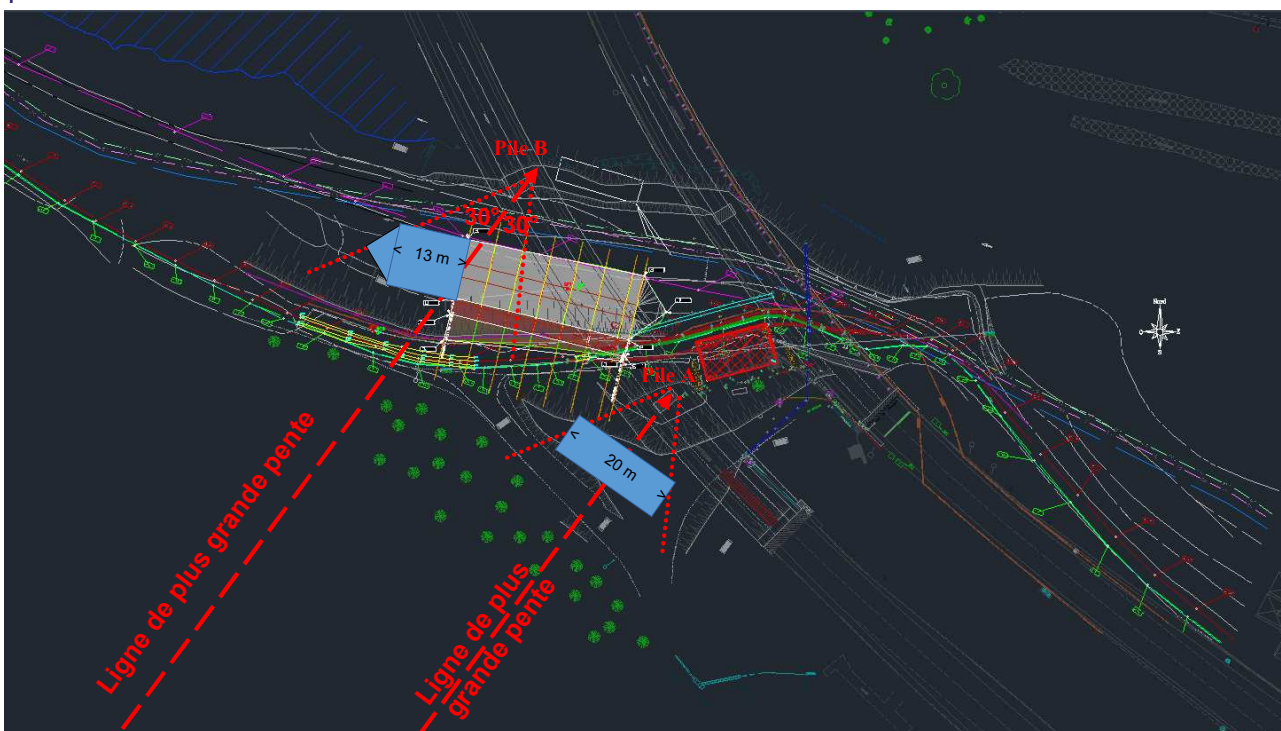
Les aléas sont situés en partie haute. La propagation sur ces falaises irrégulières est délicate à appréhender ; les thalwegs ont un rôle prépondérant. Les directions de propagations sont peu modifiées sur les éboulis en partie basse.

La prise en compte d'un angle de dispersion de  $30^\circ$  de part et d'autre de la ligne de plus grande pente nous semble sécuritaire en regard de ces considérations.

La dispersion lors de l'éboulement de 2022 était largement moindre.

*Traces de trajectoires observées :  
peu de dispersion latérale*

Sous ces hypothèses, **le merlon proposé pour protéger la pile B aurait une longueur de 45 mètres**, soit 13 mètres de plus que les premières estimations de la DIR CE. Il est possible par ailleurs de décaler le merlon vers le nord, et ainsi de réduire sa longueur totale. Maintenir la limite sud proposée par la DIR CE a l'avantage de diminuer la probabilité d'atteinte des piles du viaduc sens Moutiers-Albertville, bien que l'estimation de cette probabilité d'atteinte soit déjà faible sans protection.



**Proposition d'implantation de merlon : + 13 mètres par rapport aux estimations de la DIR CE.**  
**La levée de terre a une longueur de 20 mètres.**



## 4 CONCLUSION

Les piles du viaduc de la RN90 au niveau de Dagan sont situées sous des versants présentant des aléas rocheux dont les volumes de départ dépassent plusieurs centaines de mètres cubes. Au vu du nombre d'aléas présents, la probabilité d'occurrence d'un éboulement de plusieurs centaines de mètres cubes ne peut être écartée à moyen, voire à court terme. Après propagation et fragmentation, le volume unitaire attendu est de l'ordre de 50 m<sup>3</sup> mais pourrait exceptionnellement dépasser la centaine de mètres cubes.

Ces hypothèses sont confirmées par les observations suite à un éboulement survenu le 18 mars 2022.

Les simulations trajectographiques donnent des énergies pouvant aller de 60 000 kJ à plus de 200 000 kJ. Les hauteurs de passage estimées sont elles aussi conséquentes : de 5 à une dizaine de mètres au voisinage des piles.

Outre ces énergies et hauteurs, le site est géométriquement très contraint : **il est techniquement irréaliste de protéger les piles des viaducs des événements les plus extrêmes.**

**Nous proposons de réaliser des merlons ayant les capacités les plus élevées possibles en fonction des contraintes géométriques du site.** Il semble possible de viser des merlons **de 8 à 10 mètres de hauteur**, avec une **largeur en tête de l'ordre de 2 à 3 mètres**. L'implantation visera à respecter par rapport aux piles un angle limite de propagation de 30° par rapport à la ligne de plus grande pente du versant.

Pour la pile A, la DIR CE souhaite réaliser une levée de terre. Nous insistons sur la nécessité d'en raidir la face amont.

VERSION PROVISOIRE, NON VALIDEE





**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Cerema**

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN