

Etude de l'instabilité de versant de Cima del Simano (Tessin, Suisse)

Mesures des déformations et modélisations numériques 2D et 3D



Journées Aléas Gravitaires 2022
Montpellier

C. Wolff(1), V. Baumann-Trainé(1), C. Rivolta(2), M.-H. Derron(1),

T. Choanji(1), M. Jabyedoff(1) et A. Pedrazzini

(1) Groupe RISK – Institut des Sciences de la Terre, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

(2) Ellegi Srl – Siège opérationnel et administrative, Milan, Italie

(3) Département géologique – Service cantonal du Tessin, Bellinzona, Suisse

Unil
UNIL | Université de Lausanne
Institute of Earth Sciences

Contact: charlotte.wolff@unil.ch

Introduction

Le canton du Tessin (Alpes suisses) présente des reliefs escarpés, découpés par des vallées relativement étroites et favorables aux aléas gravitaires. L'instabilité de Cima del Simano a un sommet culmine à 2500m et présente de nombreuses fractures importantes par leur ouverture variant de 50cm à 5m, leur profondeur (de 50cm à 10m) et leur longueur (500m pour la plus grande). De plus, le gneiss composant la montagne est très fracturé. À son pied passe une route nationale importante reliant les villes de Blenio au Nord et Biasca au Sud. L'instabilité présente un risque majeur pour les infrastructures dans la vallée, non seulement pour la route mais aussi pour la commune de Acquarossa et les villages situés sur le flanc de la montagne. Sa stabilité a été quantifiée par des modélisations 2D et 3D afin de proposer d'un scénario de glissement rocheux et d'en définir les contours. Le volume est ensuite calculé par la méthode SLBL (Slope Local Base Level). Enfin, sa propagation est simulée et les zones impactées et les zones de dépôt sont estimées.

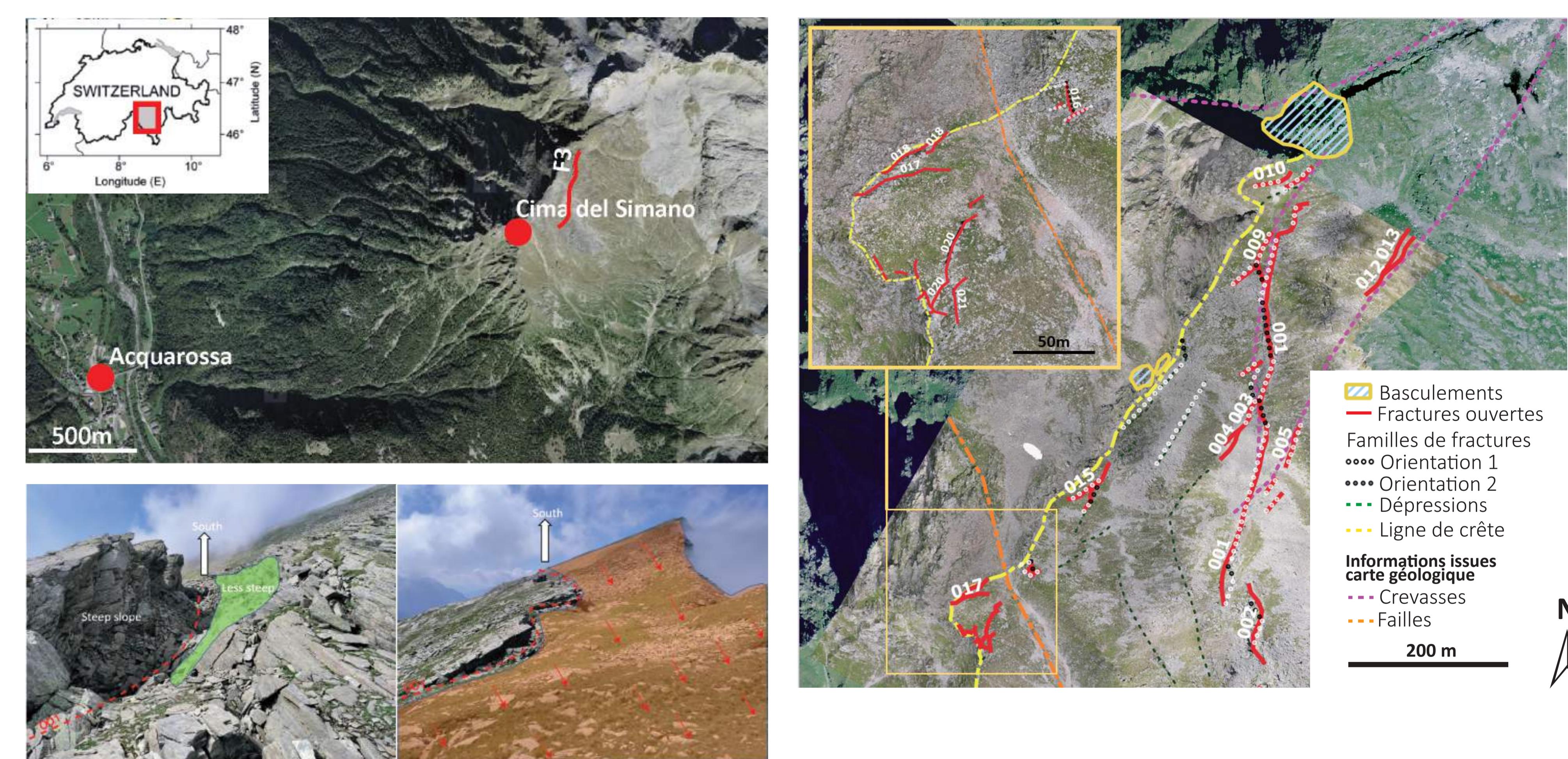
Zone d'étude

Cima del Simano est une instabilité gravitaire connue pour sa fracture majeure (F3) de 500m de long, 10m de large et 10m de profondeur environ. Mais sur le terrain, on peut également cartographier d'autres fractures plus petites, plus proches de la crête. Elles suivent principalement deux orientations, 040° et 157°.

Le gneiss composant la montagne est très fracturé et de nombreux blocs au niveau de la crête présentent un risque de basculement et/ou de glissement. La commune d'Acquarossa et la route cantonale, situées en contrebas, sont des enjeux importants qui justifient l'étude approfondie de l'instabilité.

En effet, la route est déjà sujette à des coulées de boue fréquentes lors de pluies intenses, mais la rupture d'un volume rocheux important au sommet pourrait avoir des conséquences bien plus dramatiques.

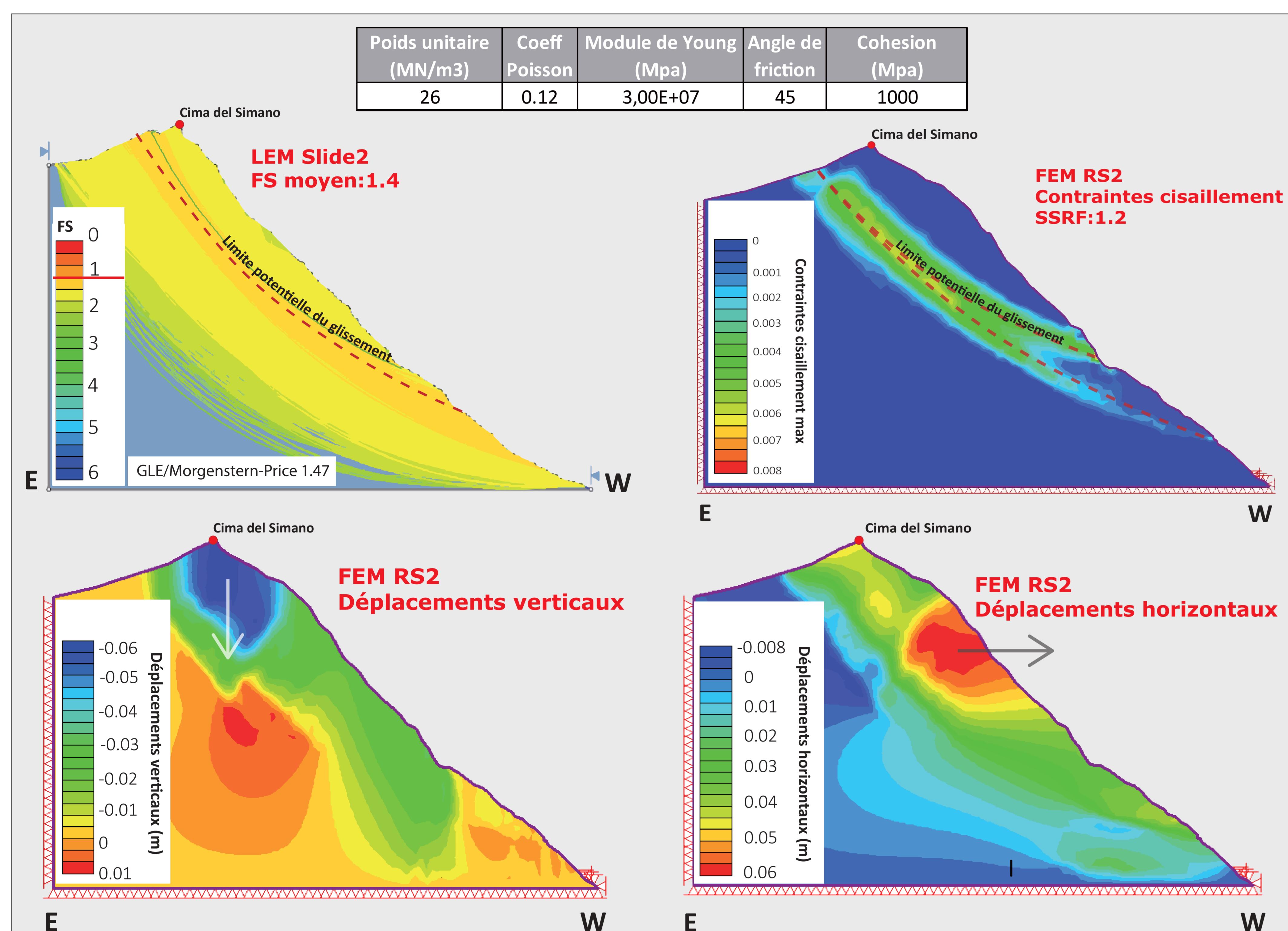
Les photos ci-contre présentent la fracture majeure et donnent une idée des mouvements gravitaires et des larges volumes pouvant être mobilisés en cas de rupture de l'instabilité.



Modélisation 2D : Slide2 et RS2

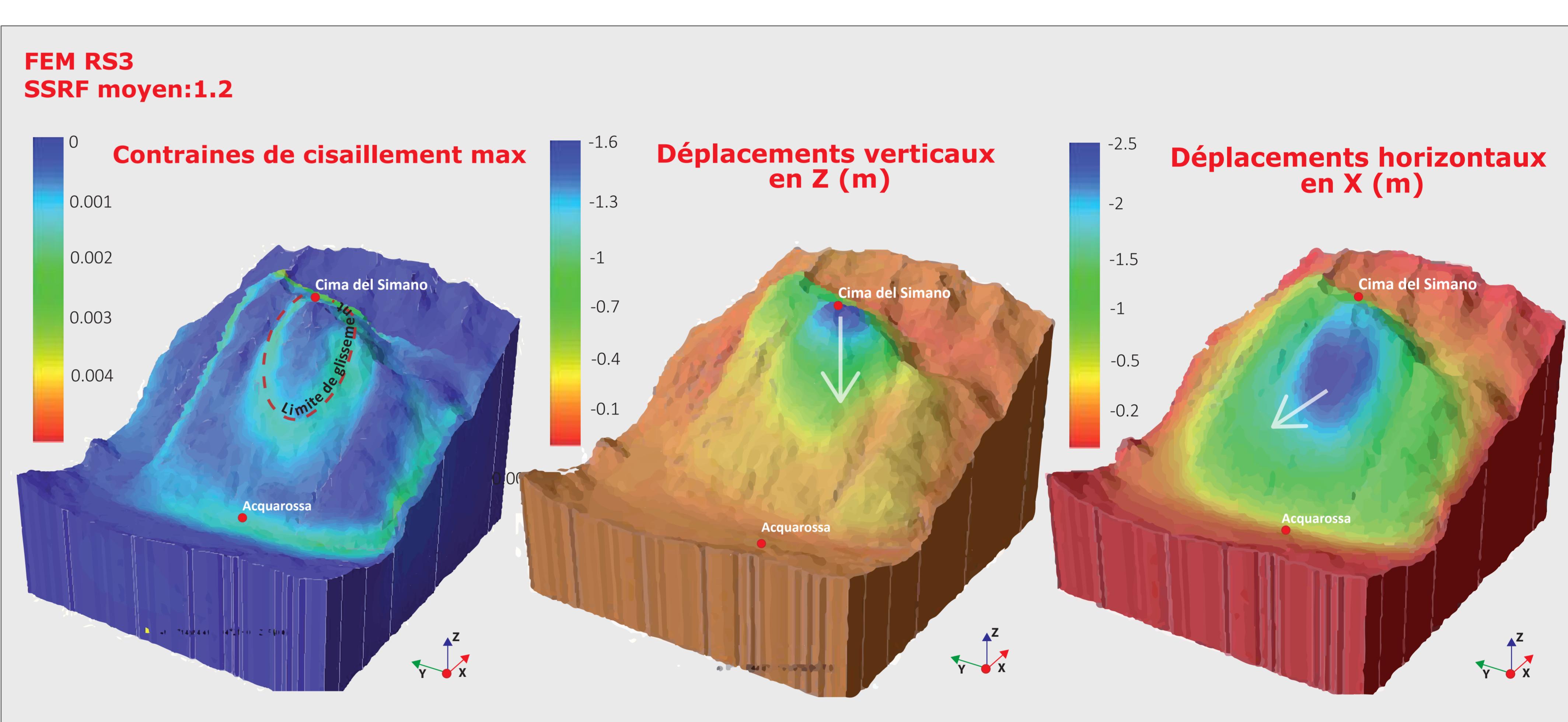
La stabilité du versant est quantifiée par modélisation numérique 2D avec les méthodes d'équilibre limite (LEM, Slide2 Rocscience) et des éléments finis (FEM, RS2 Rocscience). Un nuage de points est réalisé par un levé Lidar terrestre (Riegl VM6000) et par photogrammétrie SFM d'images de drone (Mavic Pro, Pix4Dmatic) afin d'en extraire les profils de pente. Les paramètres géotechniques utilisés pour le gneiss sont ceux issus de l'étude du glissement de terrain de Campo Valemaggia (Tessin).

Slide2 calcule sur différentes surfaces de glissement un Facteur de Sécurité (FS) et sa valeur moyenne sur tout le profil. La valeur 1 correspond à l'équilibre limite de stabilité. RS2 modélise les contraintes de cisaillement et les déplacements. Il estime également un facteur de sécurité par la méthode de réduction des contraintes de cisaillement (SSRF) dont la valeur 1 à un correspond à l'équilibre limite de stabilité.



Modélisation 3D : RS3

Un maillage simple de la montagne est obtenu à partir de Cloud Compare et la modélisation 3D de l'instabilité est réalisée avec RS3 Rocscience (FEM). On obtient un SSRF et une modélisation des contraintes de cisaillement et des déplacements sur la surface du maillage.



Comparaison des modèles 2D et 3D

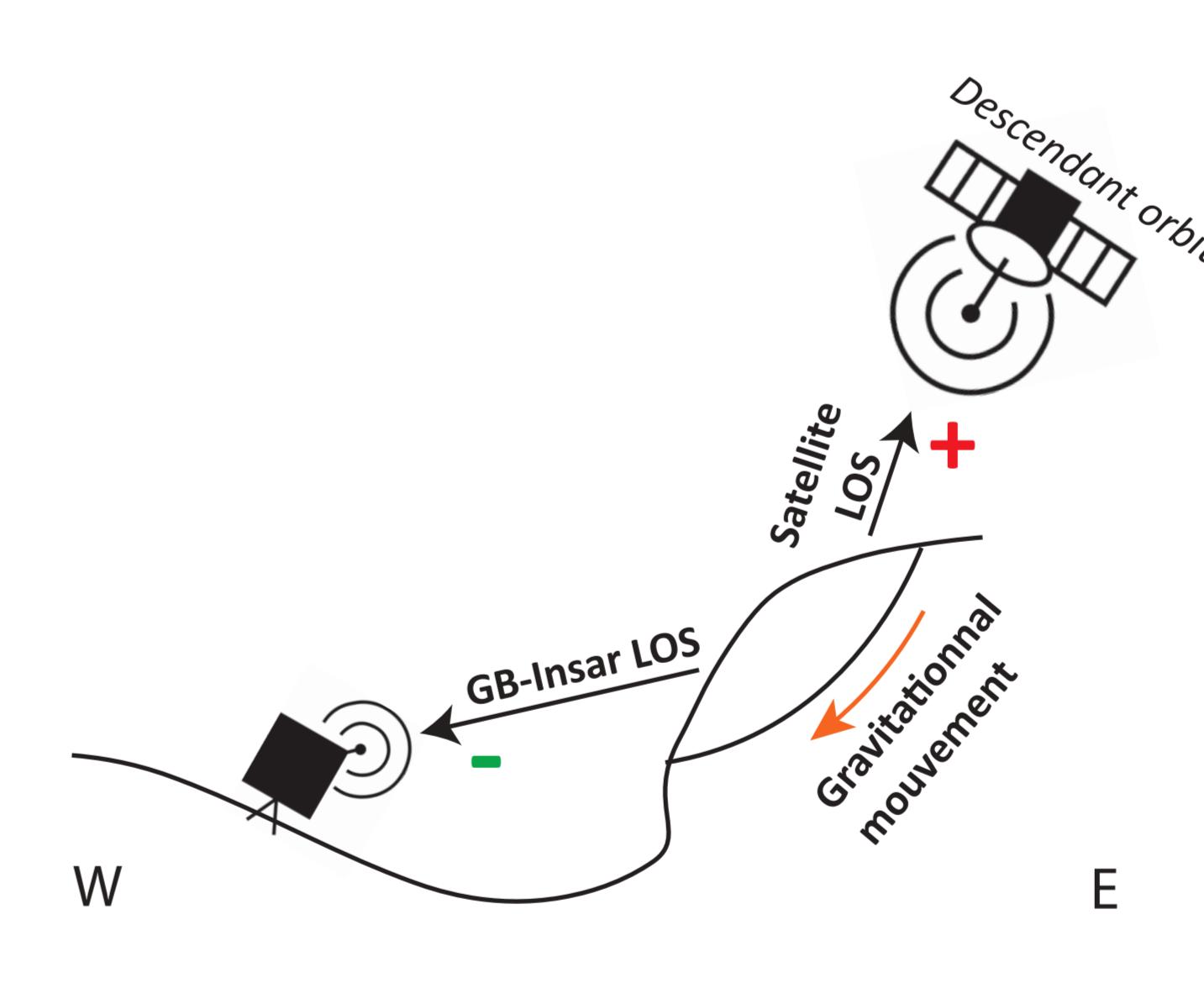
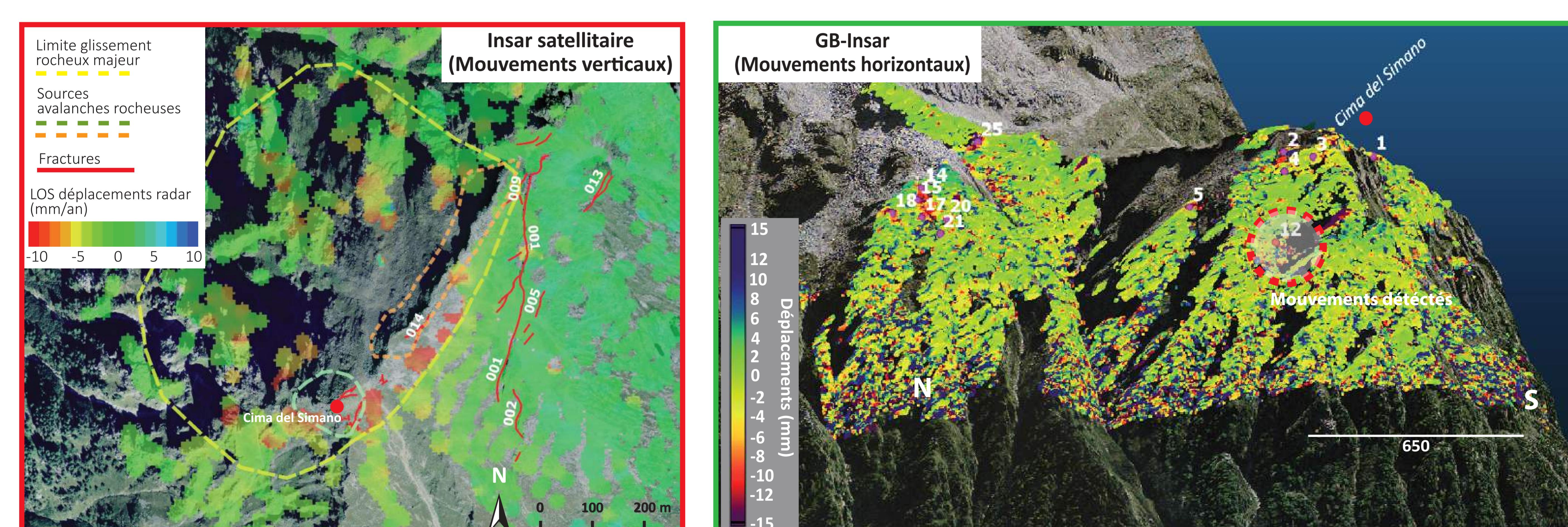
Le modèle 2D avec Slide2 met en évidence une surface circulaire de plus grande fragilité. Cette surface se retrouve dans le modèle RS2, caractérisée par une plus forte contrainte de cisaillement. Elle affleure au sommet, où des fractures importantes sont visibles sur le terrain. Les modélisations 2D et 3D montrent également des mouvements verticaux vers le bas au niveau du sommet, et des mouvements horizontaux en-dessous.

Les facteurs de sécurité calculés sont respectivement 1.4, 1.2 et 1.2 pour Slide2 (LEM 2D), RS2 (FEM 2D) et RS3 (FEM 3D). Ces valeurs sont proches de la valeur limite de stabilité. Une rupture de l'instabilité est donc envisageable en cas d'intervention d'un facteur externe (pluies intenses ou charge sismique par exemple).

La modélisation 3D des contraintes maximales de cisaillement permet de définir un scénario de glissement rocheux et d'en délimiter les contours, dont le volume est ensuite calculé par SLBL et la propagation simulée avec Dan3D.

Validation par mesure des mouvements

Les mouvements sub-verticaux de l'instabilité sont mesurés par InSAR satellitaire (méthode PSI) à partir des images Sentinel1. Un GB-InSAR est installé près d'Acquarossa, mesurant les déplacements sub-horizontaux entre Juin et octobre 2021 (4 mois).

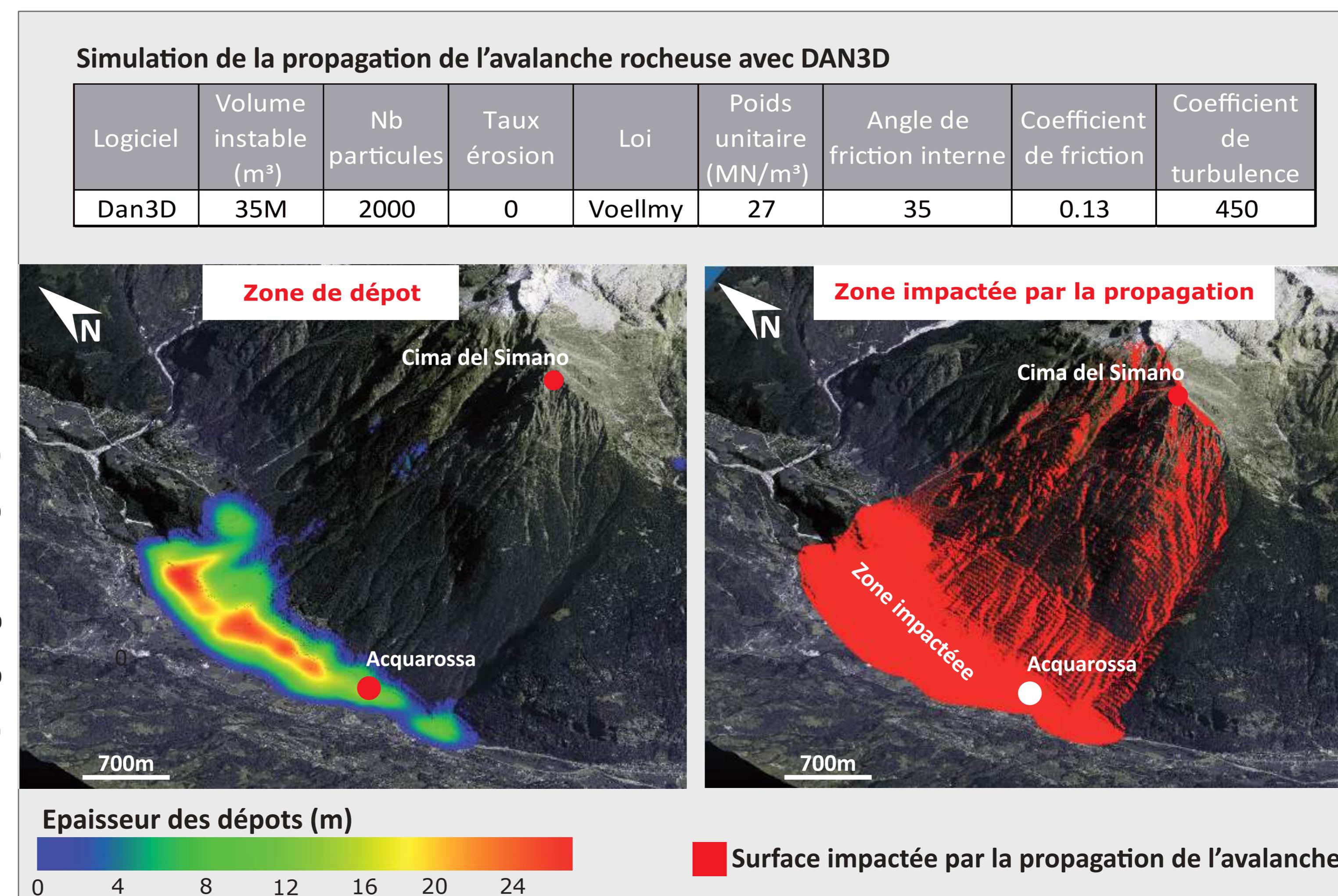
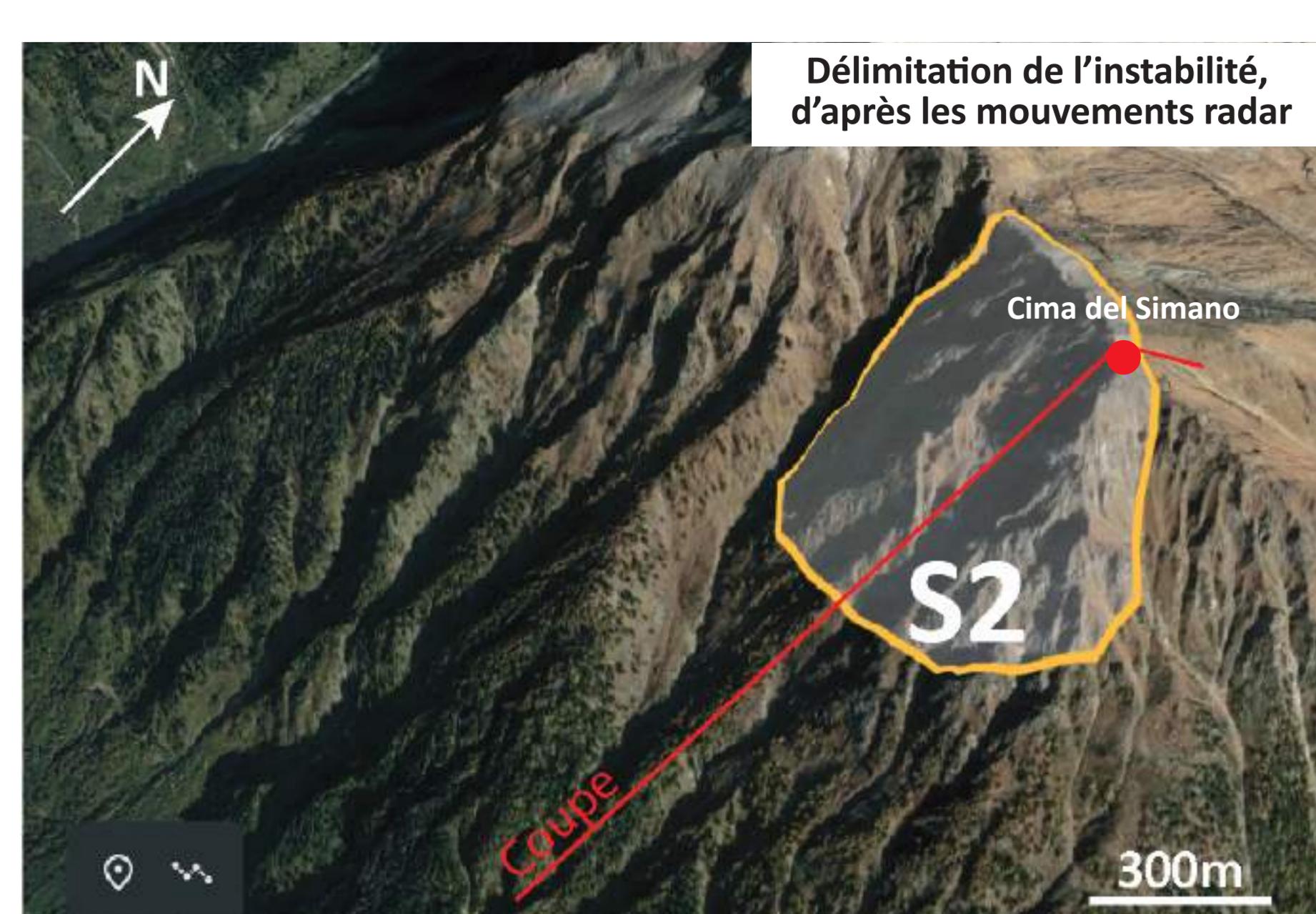


Le GB-InSAR détecte quant à lui des mouvements sub-horizontaux vers l'ouest, de la partie située dans la pente raide de l'instabilité, en dessous du sommet, mouvements de l'ordre de 6mm en 4 mois (18mm/an). La zone détectée est très petite, une nouvelle campagne de mesure en 2022 devra permettre de confirmer que ces mouvements sont à mettre en relation avec une glissement rocheux profond ou s'il s'agit uniquement de mouvements de surface.

Ces mouvements sub-verticaux et sub-horizontaux (à confirmer par une nouvelle campagne de mesure) démontrent une instabilité de type glissement rocheux profond circulaire et corroborent les modélisations numériques réalisées.

Scénario de rupture et de propagation

Le volume de l'instabilité rocheuse est estimé avec la méthode SLBL et à partir des résultats de la modélisation et des mouvements radar. Le volume estimé est de 35M m³, pour une épaisseur maximale de 200m. La propagation de la rupture de ce volume est ensuite simulée avec Dan3D afin de déterminer les zones potentiellement impactées.



Conclusion

Les modélisations de Cima del Simano par différentes méthodes mettent en évidence une zone de plus forte fragilité. Les données radar montrent des mouvements aux mêmes endroits que ceux issus de la modélisation confortant les modèles. Ces zones de mouvement permettent de délimiter une surface de rupture et un volume de 35Mm³ qui se propagerait dans la vallée jusqu'à Acquarossa, entraînant des dommages importants.

Ce scénario est peu probable, d'autant que le gneiss composant le sommet est très fracturé. Les scénarios de chute de blocs de plus petit volume sont plus probables. Néanmoins, ces modèles justifient la surveillance permanente de la montagne et de ses potentiels mouvements.

Bibliographie

- Bonzanigo, L., Eberhardt, E., Loew, S., Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock. Geological and hydromechanical factors controlling the Campo Valemaggia landslide (2007), Canadian Geotechnical Journal, 44, 1157-1180.
- Hammah, R. E., Yacoub, T. E., Corkum, B. C., Curran, J. H., The shear strength reduction method for the generalized New-Brown criterion (2005), ARMA/USIMS 05-810.
- Jiang, H. D., Lee, C. F., Zhu, D. Y., Generalized framework of limit equilibrium methods for slope stability analysis (2003), Geotechnique, 53(4): 377–395.
- Jiang, H. D., Lee, C. F., Zhu, D. Y., Two numerical models for landslide dynamic analysis (2009), 35(5):978-992.
- Weigüller, U., Werner, C., Strozzi, T., Wiesmann, A., Frey, O., Santoro, M., Support in the GAMMA Software (2016), Procedia Computer Science, 10: 1305-1312.