

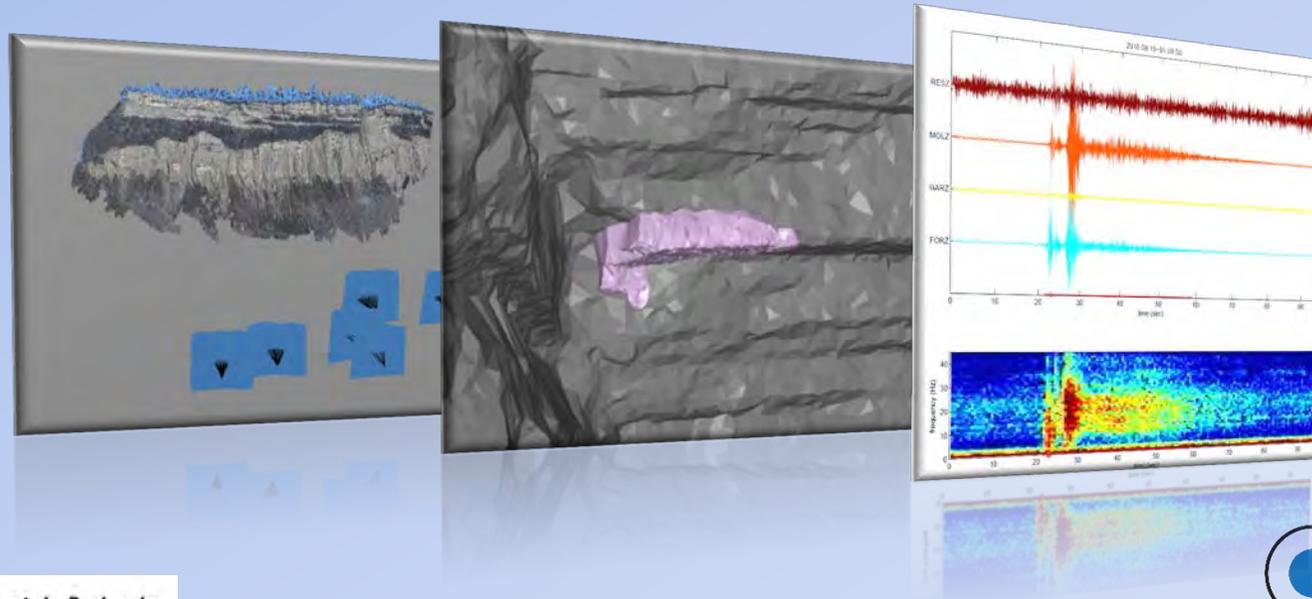


**½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX  
APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION  
ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR  
L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE  
Mardi 8 Mars 2016**



**Détection des éboulements**

David Amitrano, Gaëlle Le Roy, Agnès Helmstetter, Victor Zugmeyer  
**ISterre, Université Grenoble Alpes**



Organisation



**Pôle Alpin d'Etudes et de Recherche  
pour la Prévention des Risques Naturels**



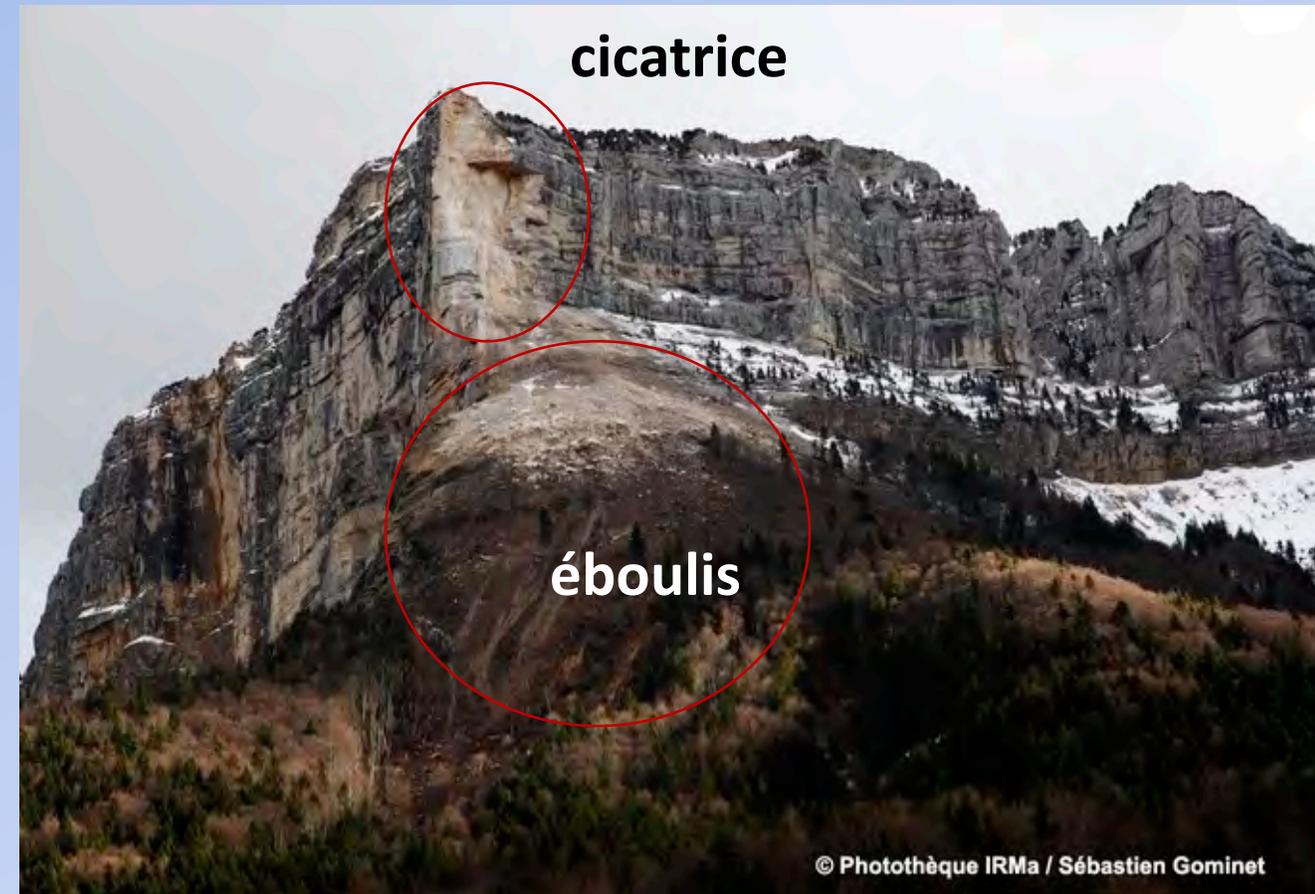
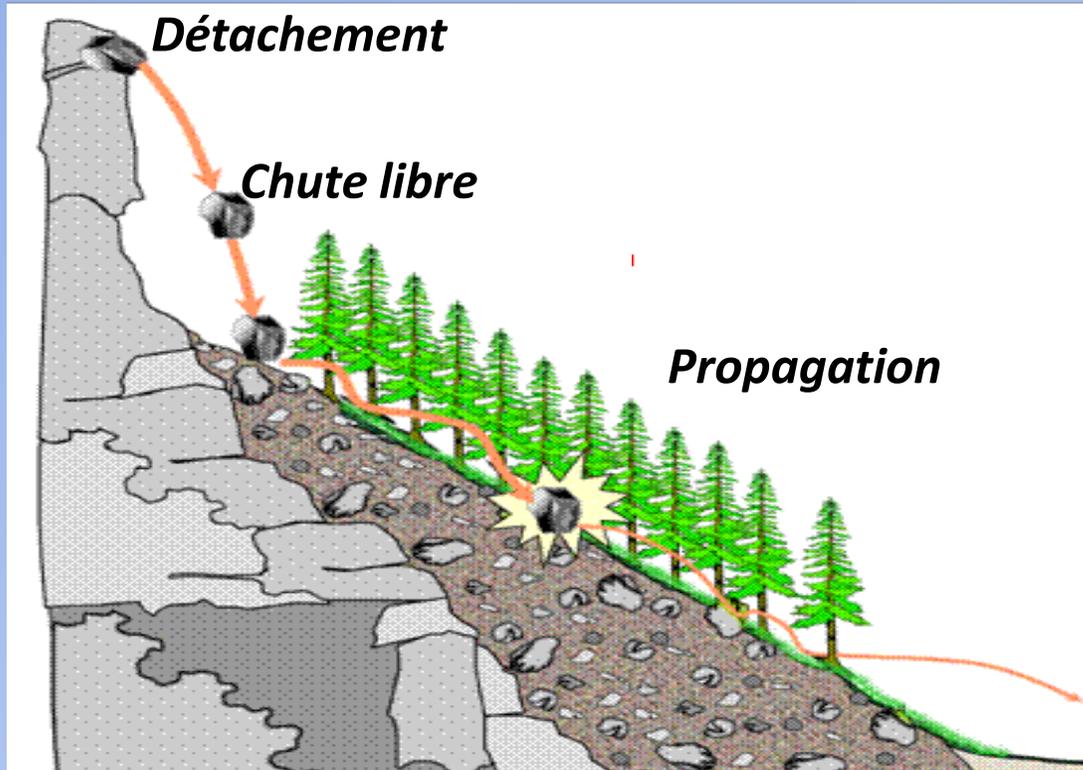
Collaborations scientifiques



# Qu'est-ce qu'un éboulement ?

**Détachement, chute et propagation d'une masse de roche**

*Mont Granier, janvier 2016*



© Photothèque IRMa / Sébastien Gominet

**Causes:**

**Pluie, gel-dégel, séisme, et aussi simplement le vieillissement de la roche**



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques



# Qu'est-ce qu'un éboulement ?

## Détachement, chute et propagation d'une masse de roche

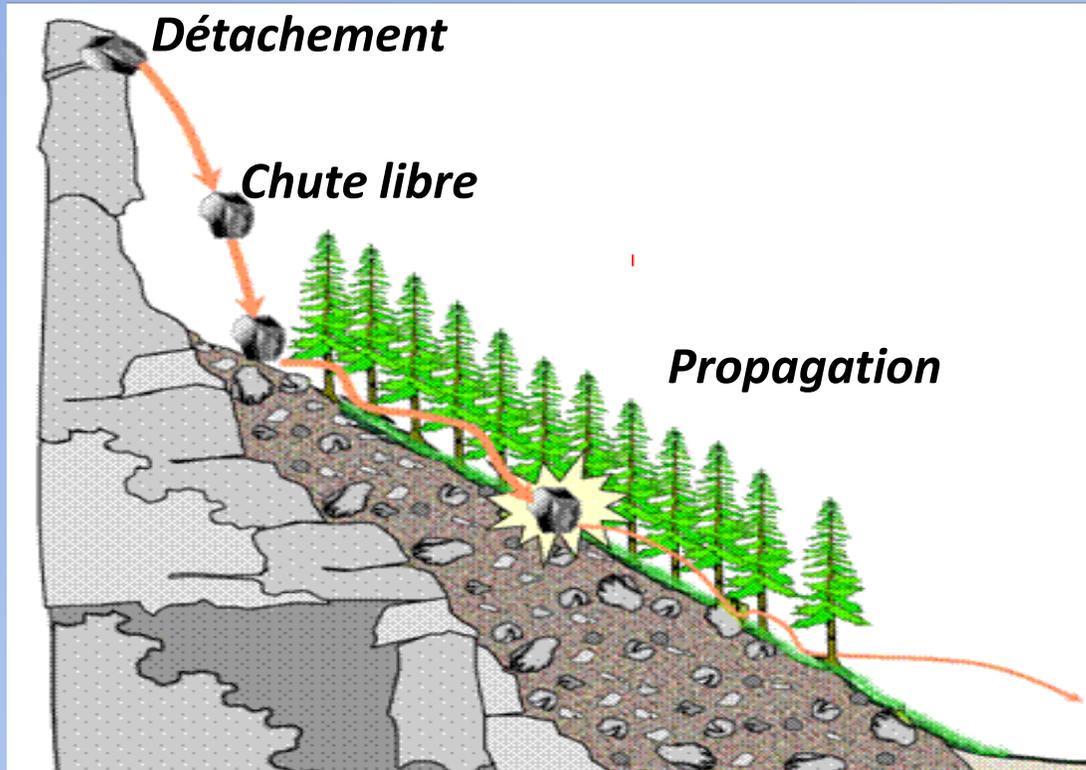
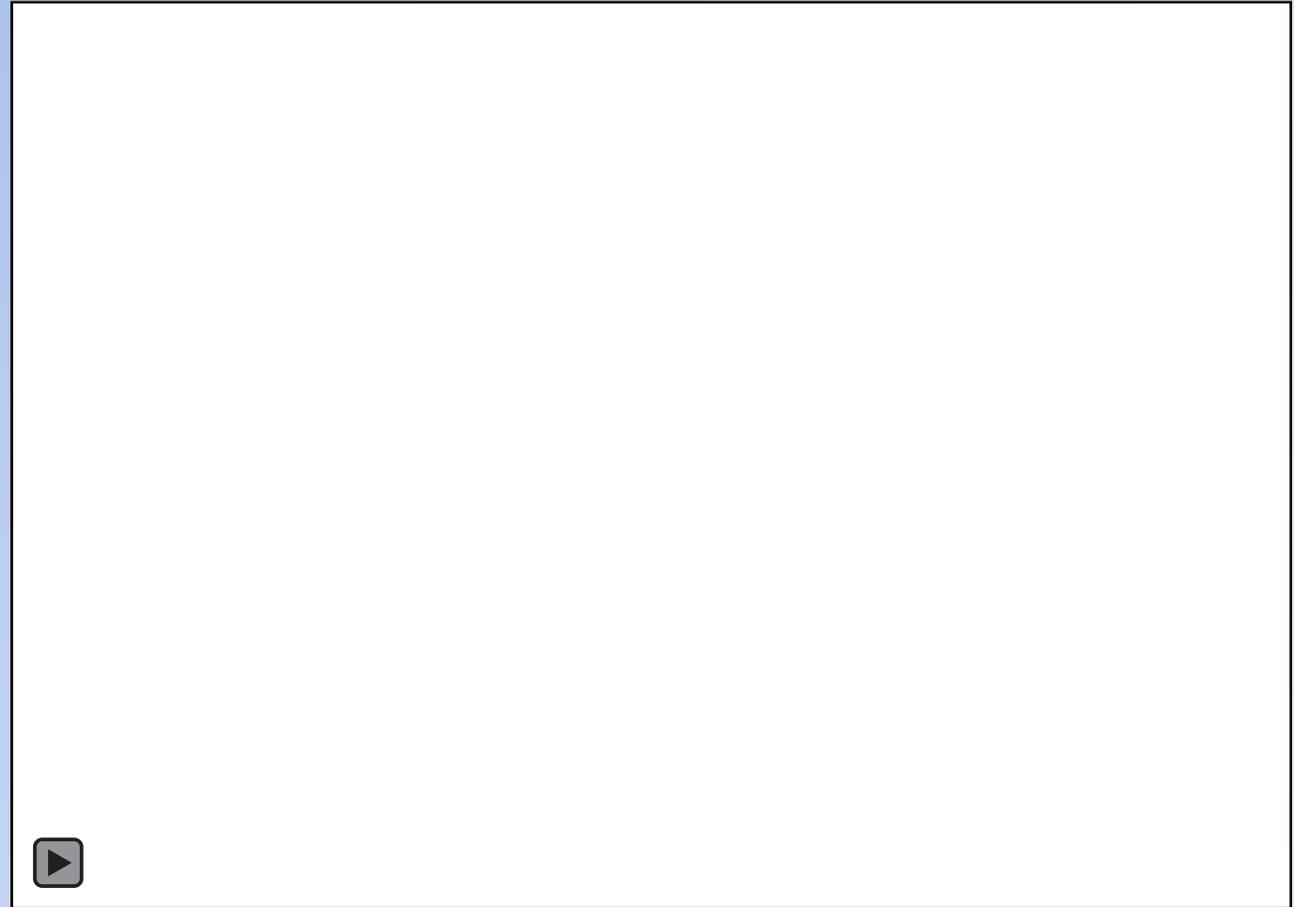
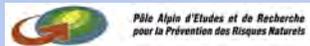


Illustration par le tir du Néron, décembre 2011



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques



# Risque pour les habitants et les infrastructures

Moutier, avril 2015

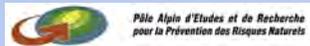


Côte de Laffey



Source IRMa

Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques



# Un phénomène fréquent dans la région grenobloise

**Lumbin, mars 2002**



**Crolles, janvier 2009**



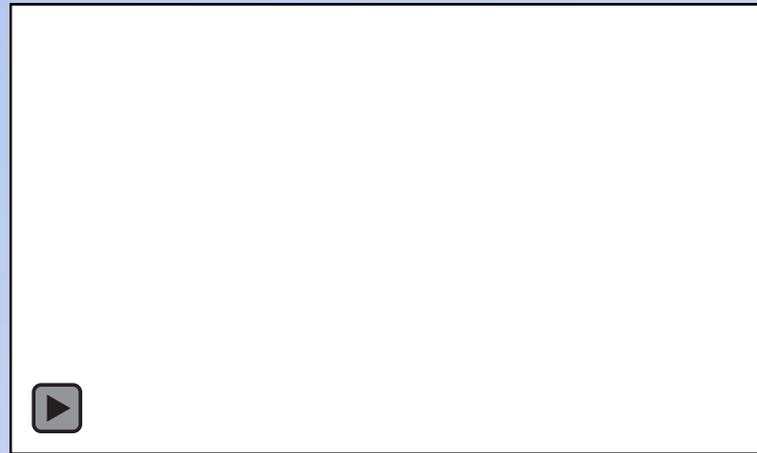
**Dent de Crolles, octobre 2010**



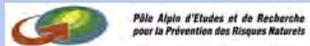
**Néron, Aout 2011**



**St Eynard, avril 2015**



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

**APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE**

Collaborations scientifiques



# Problématiques scientifiques liés aux éboulements

*Où, Quand, Comment*, → Surveillance et Détection

*Pourquoi* → Analyse des conditions géologiques, climatiques ...

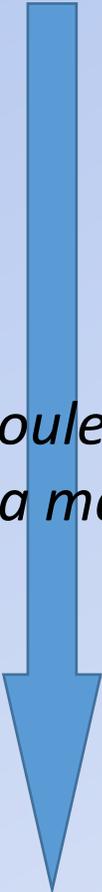
## Transfert vers la société

*Prévoir : le lieu et le moment (fréquence prévisible)*

*Prévenir : zonage du risque*

*Protéger : construction d'ouvrages de protection*

*Déroulement  
de la matinée*



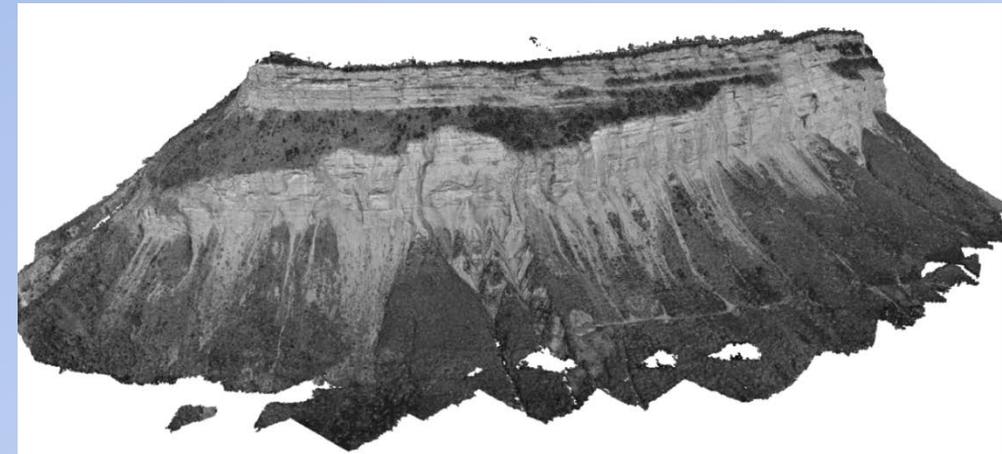
# Détection des éboulements, vers une méthode systématique

## Observatoire des falaises du St Eynard

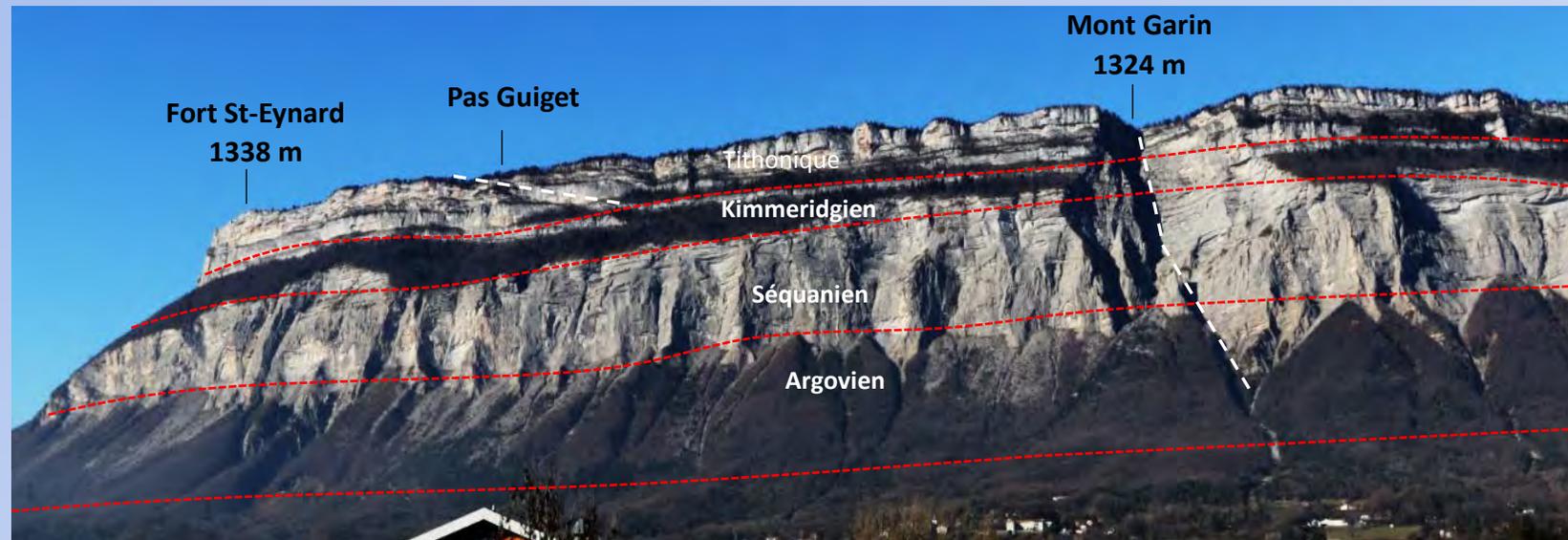
### Localisation



### Reconstruction 3D par photogrammétrie



### Vue générale



### Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

### Collaborations scientifiques

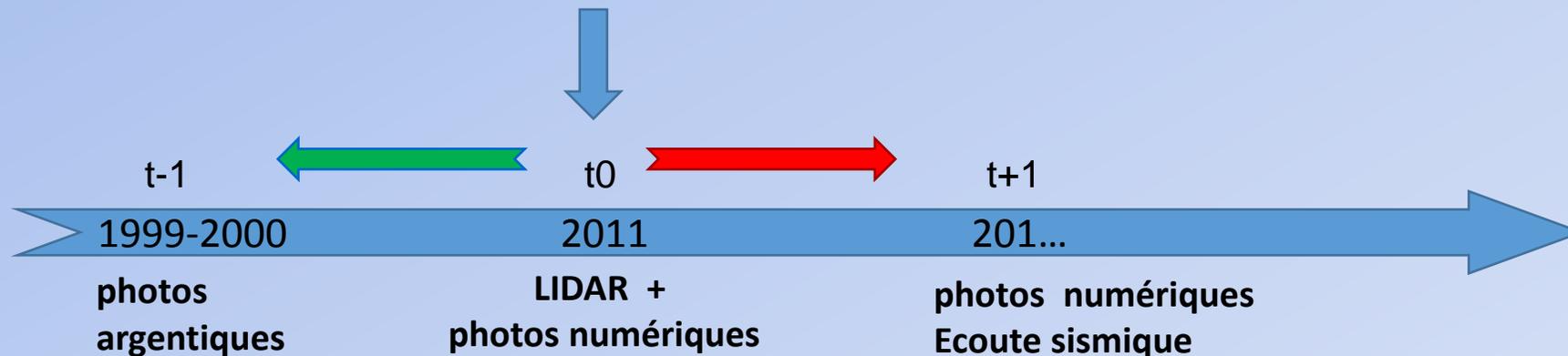


## Objectifs :

- **Produire des catalogues de chutes de blocs** pour progresser dans leur compréhension
- **Faire des mesures de référence du relief** pour l'estimation de l'érosion future (Lidar + photo numériques)
- **Développer des méthodes de mesures internalisables** à moindres coûts (reconstruction du relief par photogrammétrie)

→ **Estimation de l'érosion future (différence Lidar/Photos numériques)**

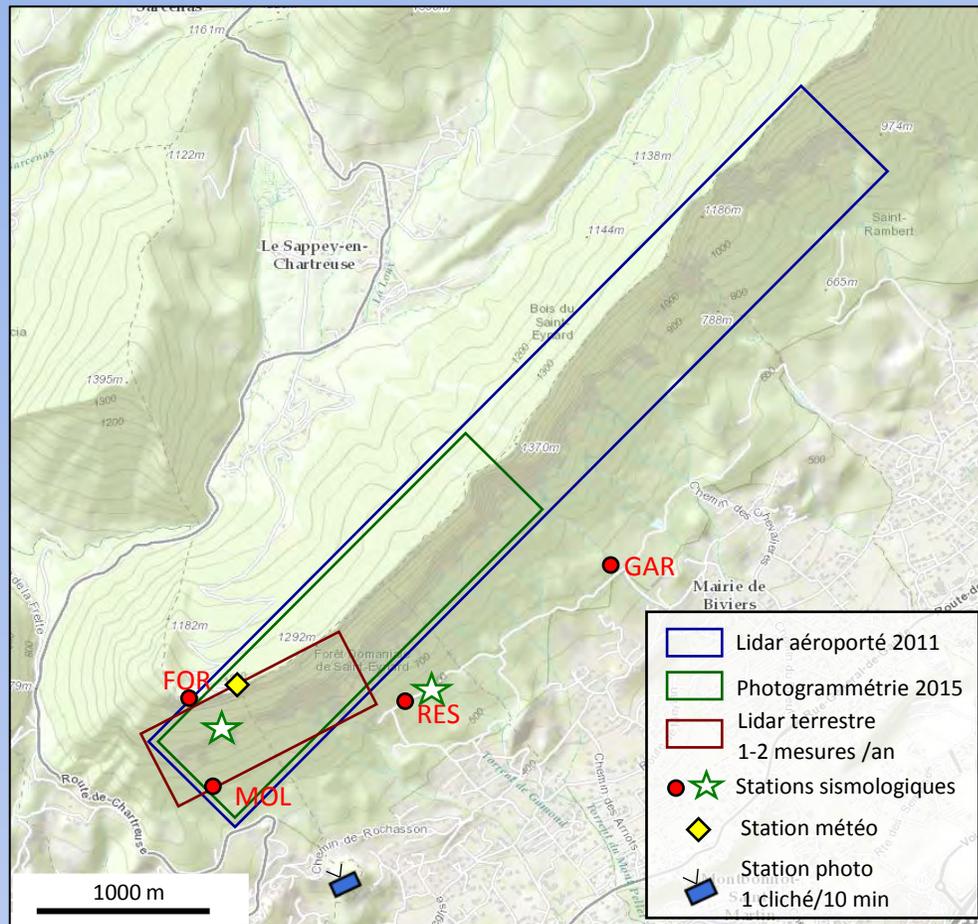
→ **Estimation de l'érosion passée (différence photos argentiques / Lidar)**



# Observatoire des falaises du St Eynard

Association de différentes mesures pour détecter les éboulements

- Relief : Lidar, photos, photogrammétrie → grande précision spatiale, plusieurs campagnes par an
- Signal sismique : Stations sismologiques → grande précision temporelle, fonctionnement permanent



## Données utilisées/produites

1999-2000 : Photos argentiques aéroportées  
Sur l'ensemble des falaises du Y grenoblois

2011 : Lidar et photos numériques aéroportées

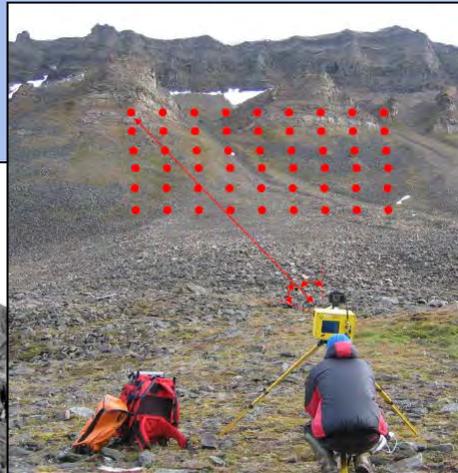
2012 → : Lidar et Photos numériques au fil de l'eau

2013 → : Photos en point fixe  
Écoute sismique en continu

# Techniques de mesure du relief

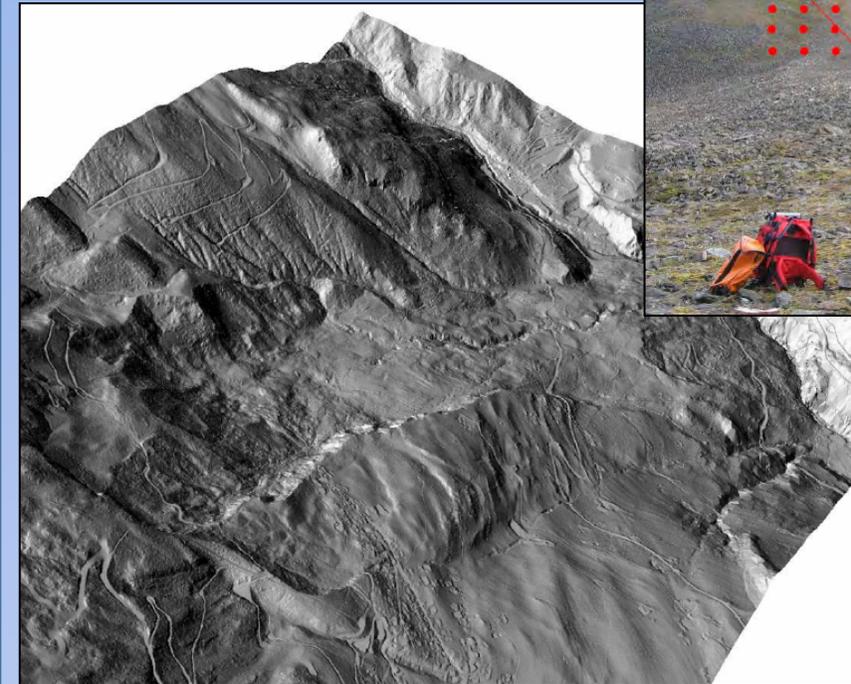
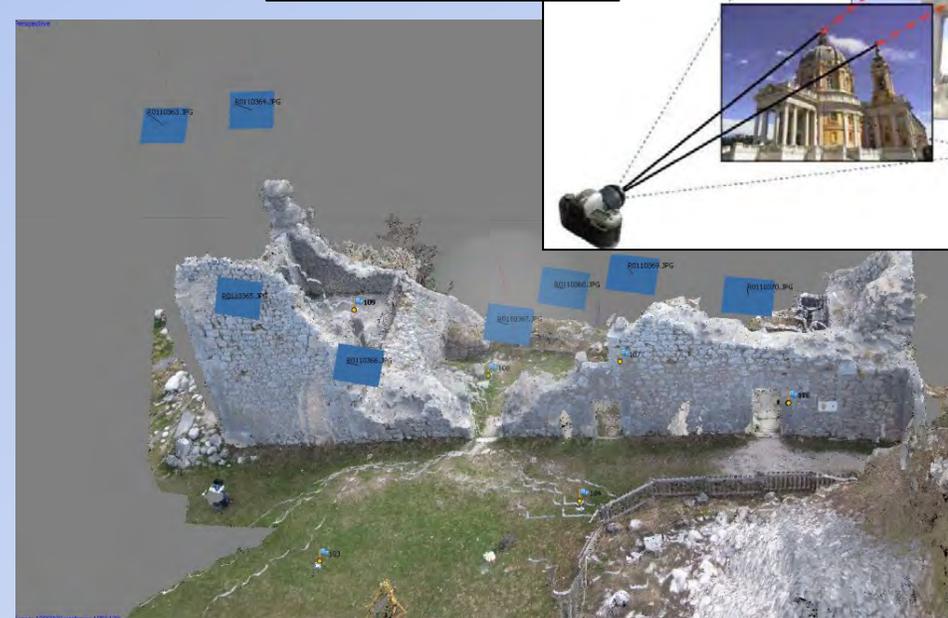
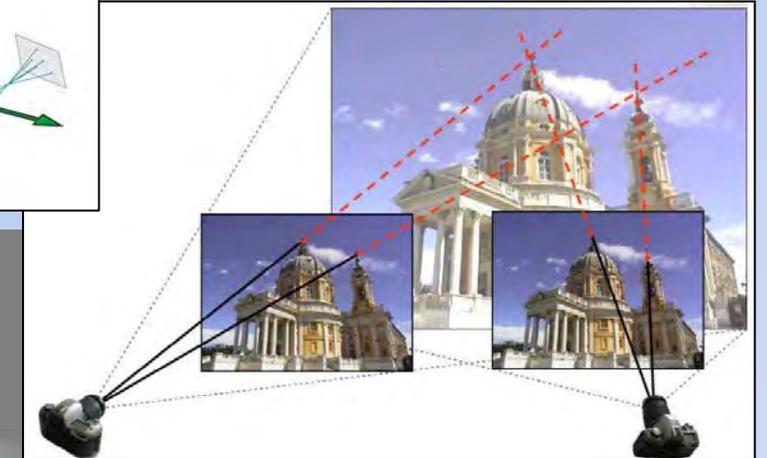
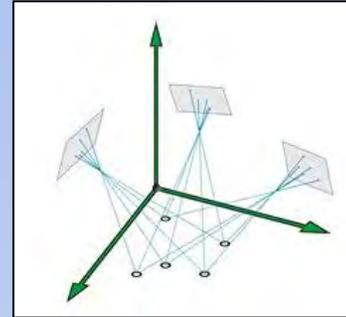
## Lidar

Mesure de distance par laser, balayage de la surface  
Distances + angles → coordonnées 3D



## Photogrammétrie

Recherche de ressemblance entre photos + points de vue différents  
Triangulation des points de ressemblance → Coordonnées 3D



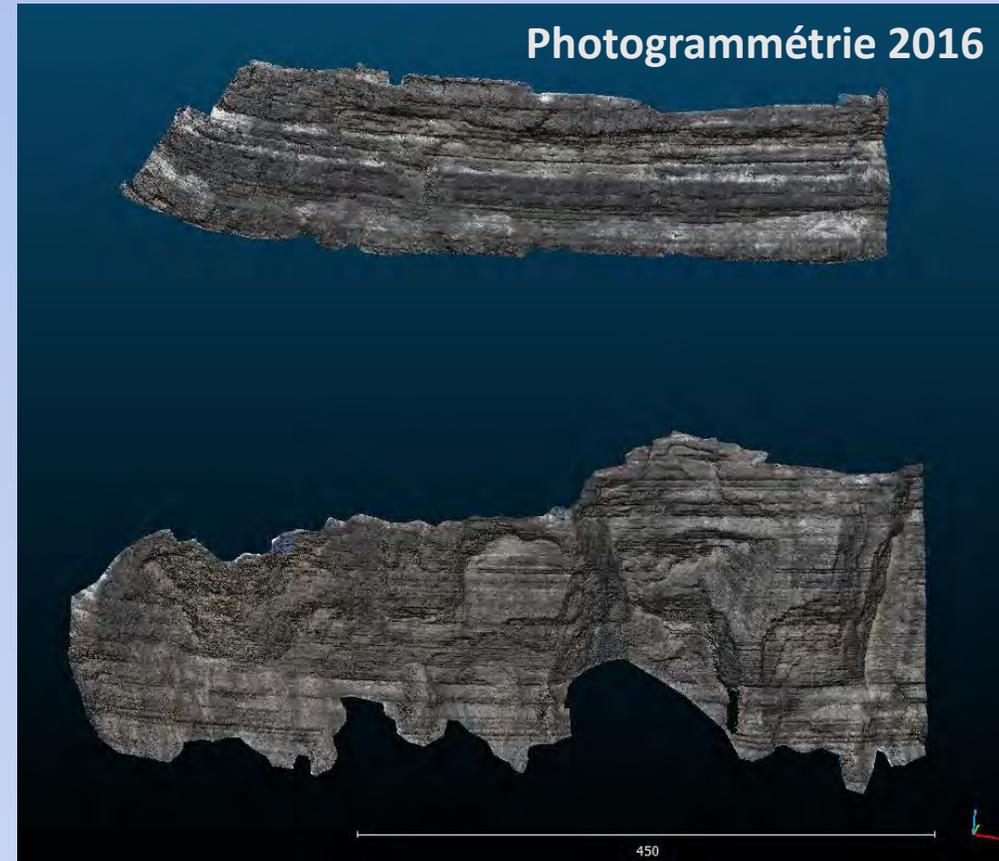
# Recherche des éboulements dans le passé proche

*Et permettre les mesures futures*

Campagnes de mesure Lidar et photos à intervalle régulier

Ou après un éboulement important

## Comparaison du relief entre 2011 et 2016, zone sud



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

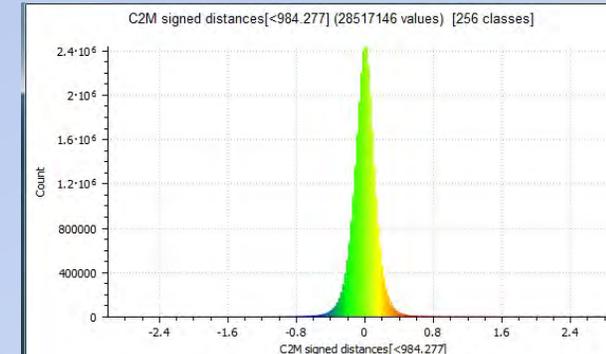
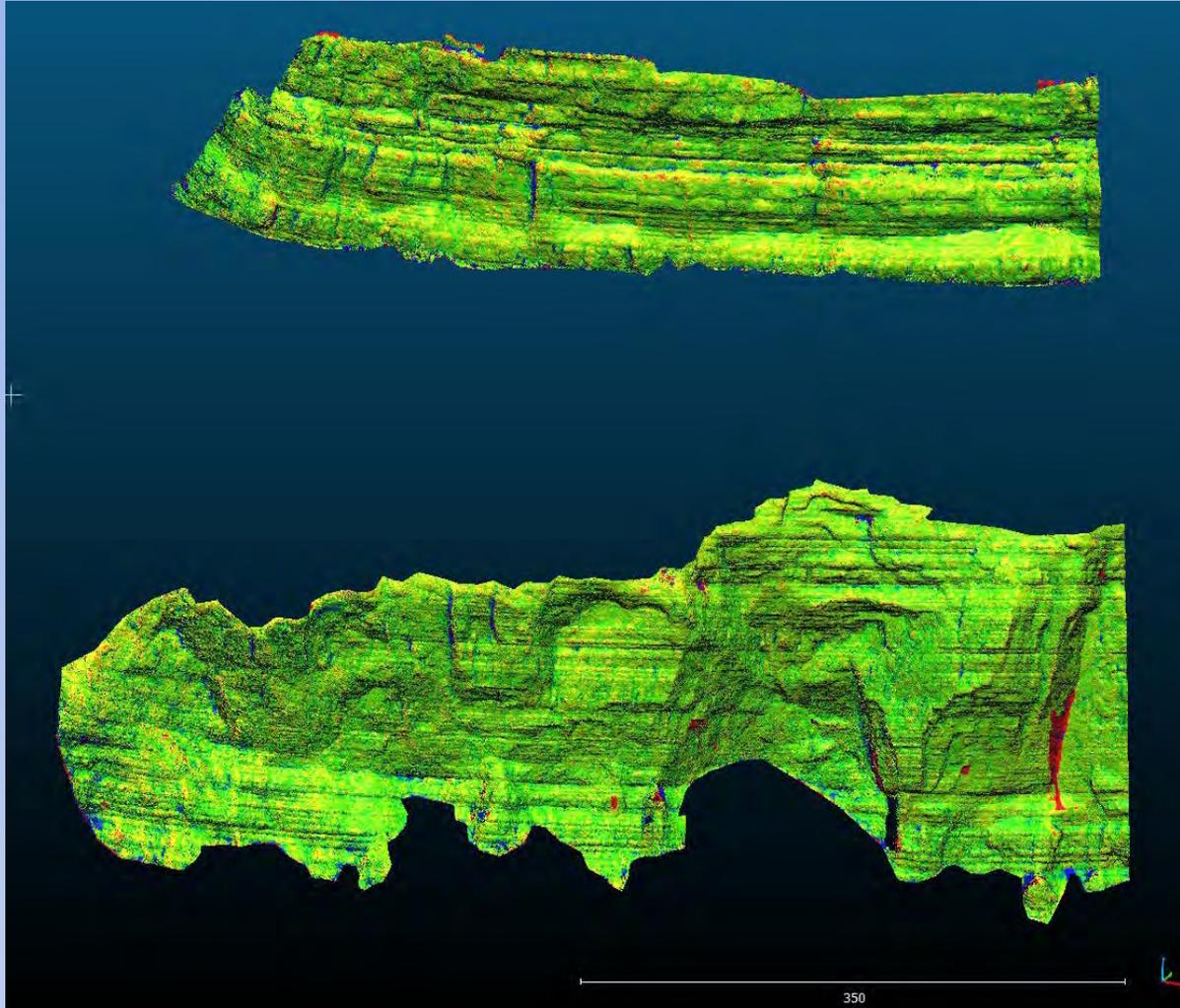
Collaborations scientifiques



# Recherche des éboulements dans le passé proche

## Détection des éboulements

### Différence de relief entre 2011 et 2016, zone sud



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

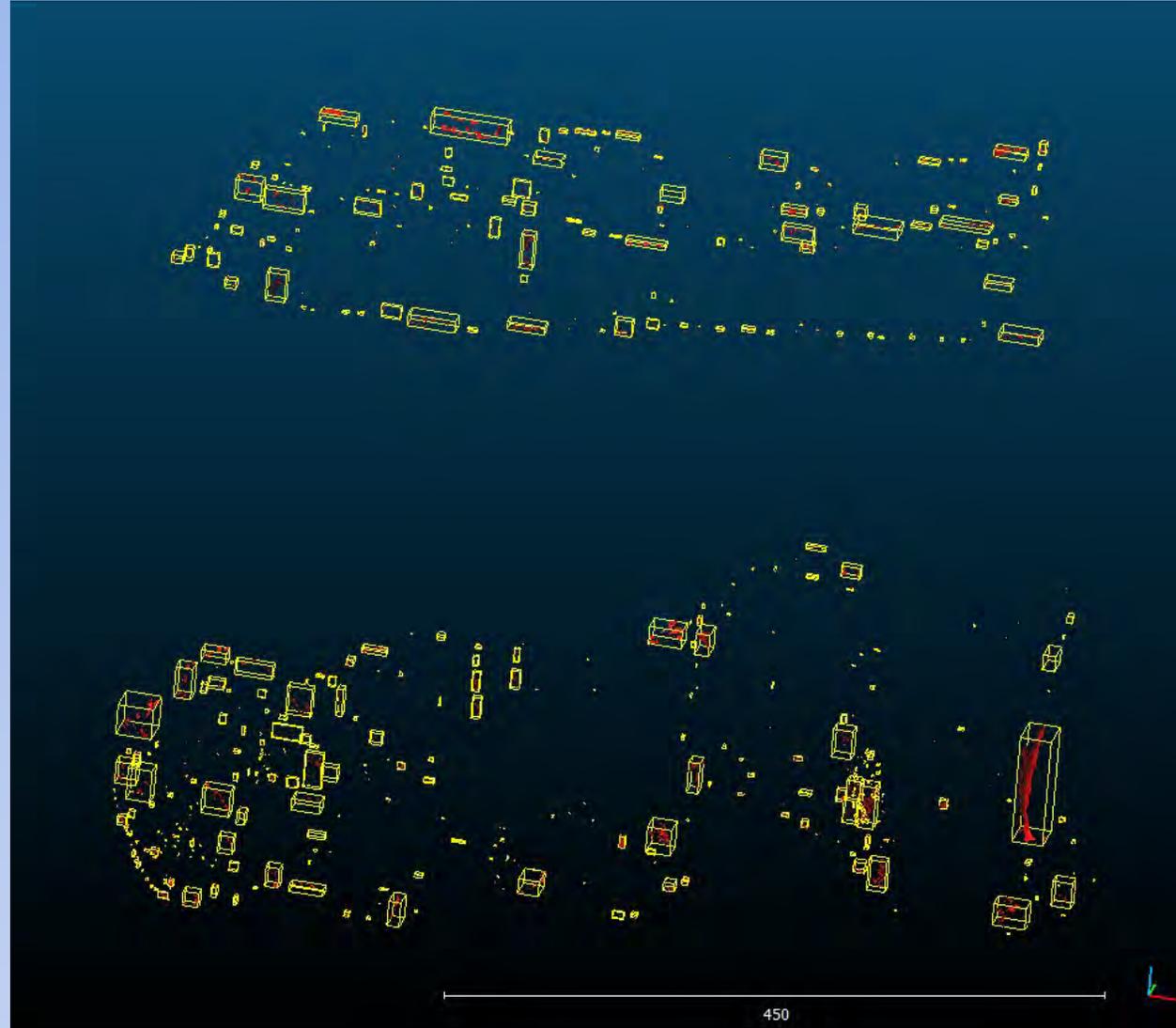
APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques

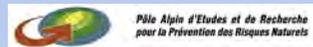


# Recherche des éboulements dans le passé proche

## Détection des éboulements 2011-2016, zone sud



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

**APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE**

Collaborations scientifiques



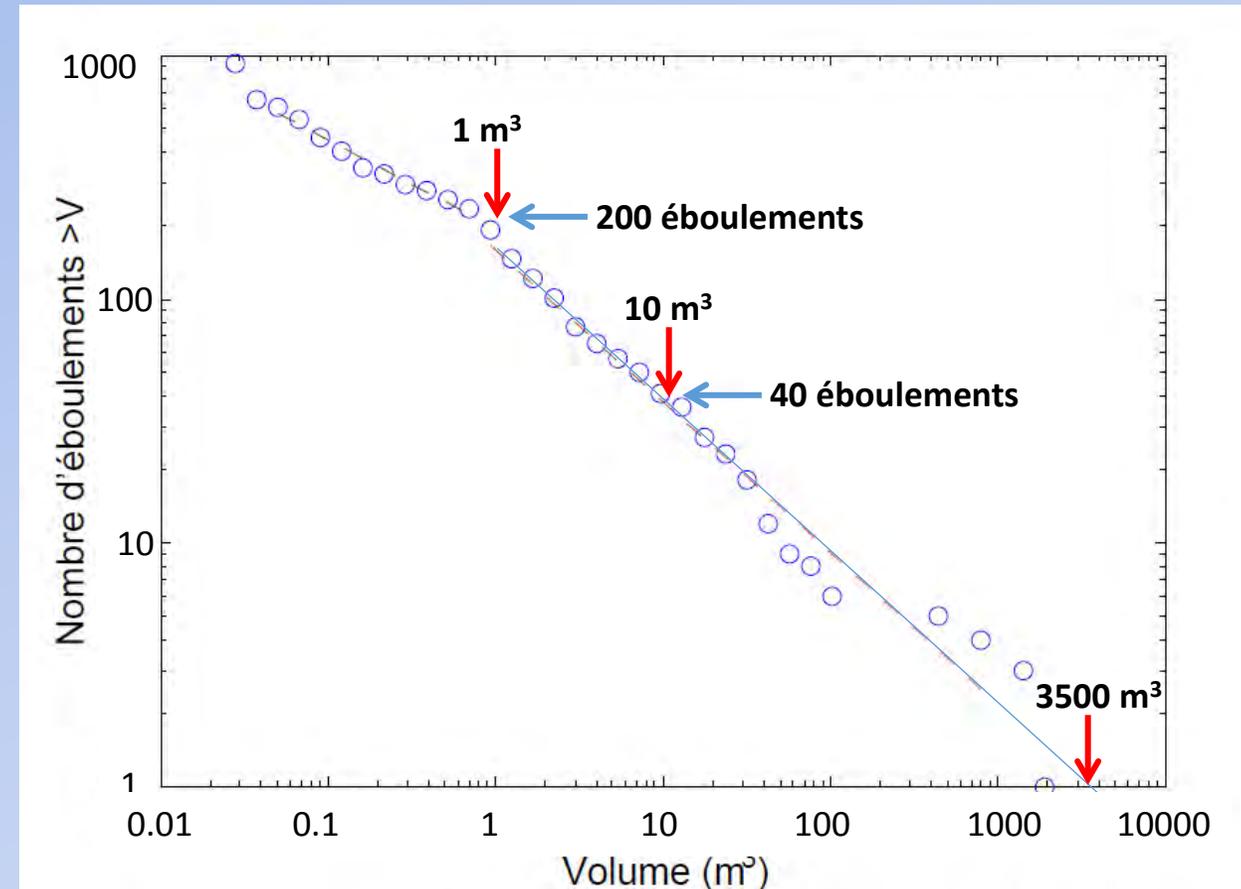
# Recherche des éboulements dans le passé proche

## Recensement des éboulements 2011-2016, zone sud

- 650 éboulements recensés  $V > 0,04 \text{ m}^3$ , sur 5 ans, 750 m de falaise
- Catalogue exhaustif  $V > 0,7 \text{ m}^3$ , 250 éboulements
- Volume total d'éboulement :  $9000 \text{ m}^3 / 140\,000 \text{ m}^2$

### Fréquence des éboulements

- $> 1 \text{ m}^3$  : 1 tous les 7 jours, pour 1 km de falaise  
1 tous les 1,5 jours, pour 5 km de falaise
- $> 10 \text{ m}^3$  : 1 tous les 30 jours, pour 1 km de falaise  
1 tous les 6 jours, pour 5 km de falaise



# Recherche des éboulements dans le passé plus lointain

Appliquer des techniques modernes à des données anciennes (photos argentiques)

## Reconstruction du relief en 2000

Photos argentiques → équivalents numériques : 65 clichés

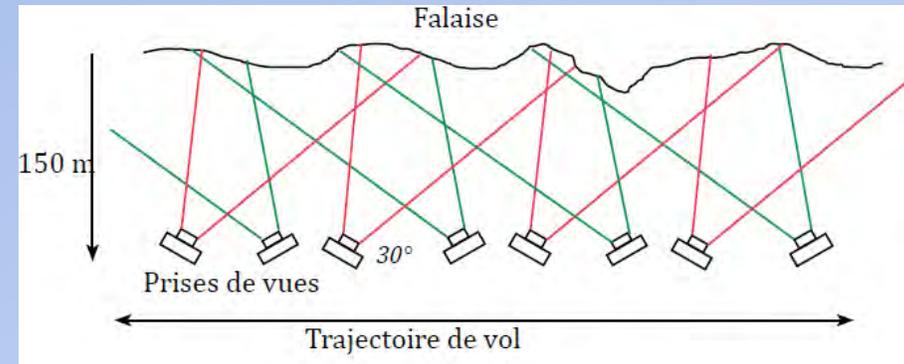
Image brutes



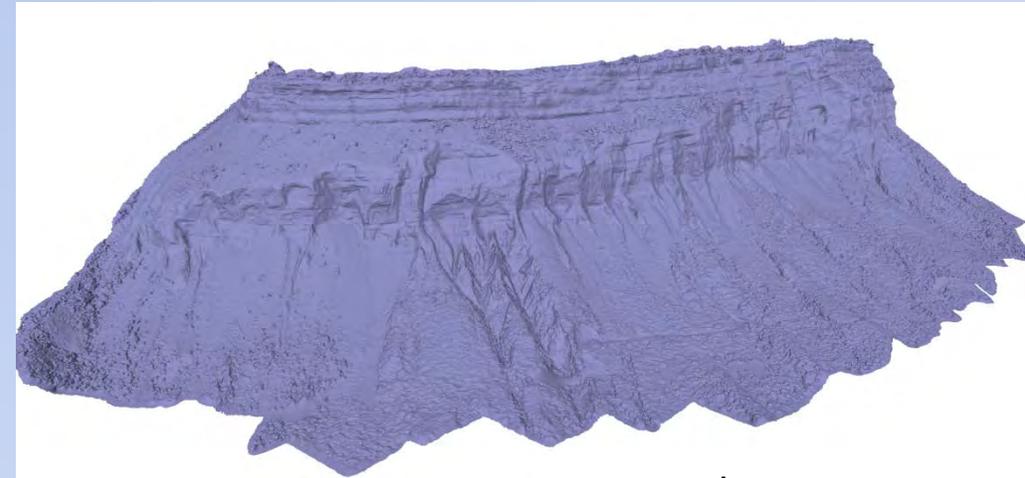
Image découpée le long des marques fiduciaires



Image découpée le long des marques fiduciaires et corrigée de la distorsion

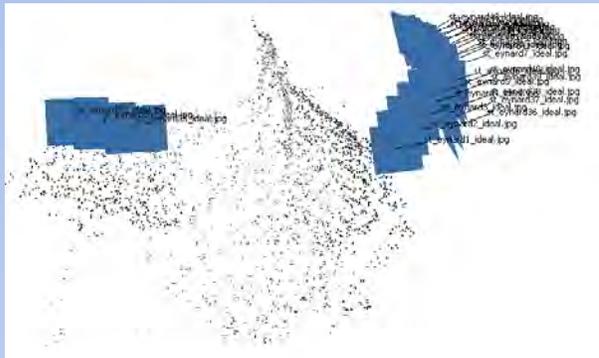


Reconstuction dense : relief en 3D



Densité de points : 5-15 pts /m2

Alignement : Positionnement des photos dans l'espace



# Recherche des éboulements dans le passé plus lointain

*Appliquer des techniques modernes à des données anciennes (photos argentiques)*

## Comparaison du relief entre 2000 et 2011

Photogrammétrie 2000,  
densité ~5-15 pts/m<sup>2</sup>

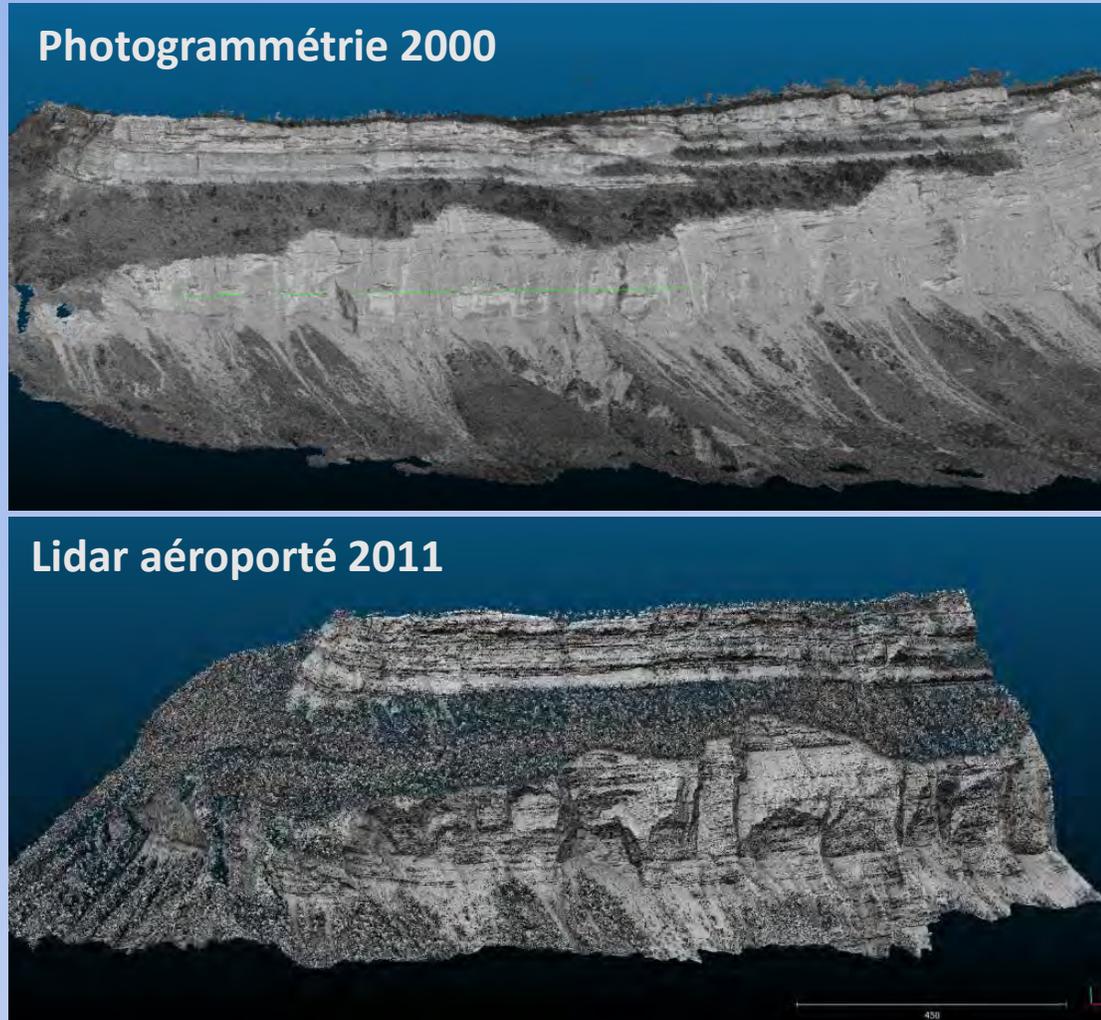


Lidar aéroporté 2011  
densité ~ 15-50 pts/m<sup>2</sup>



# Recherche des éboulements dans le passé plus lointain

## Détection des éboulements = Différence de relief entre 2000 et 2011



### Ecart de relief pour une zone sans érosion

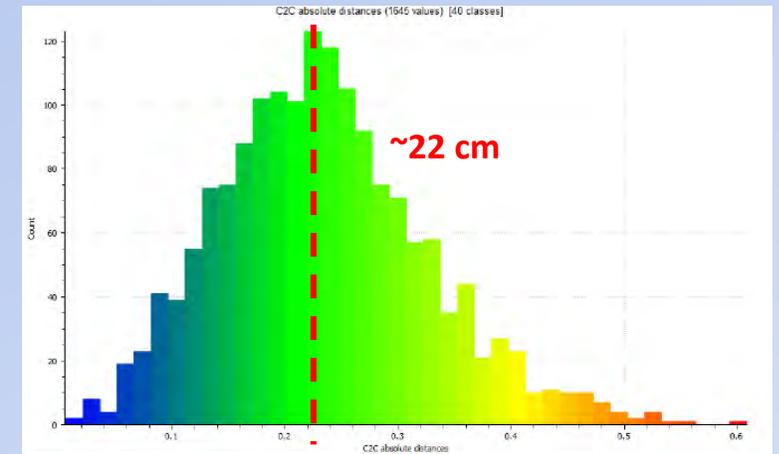
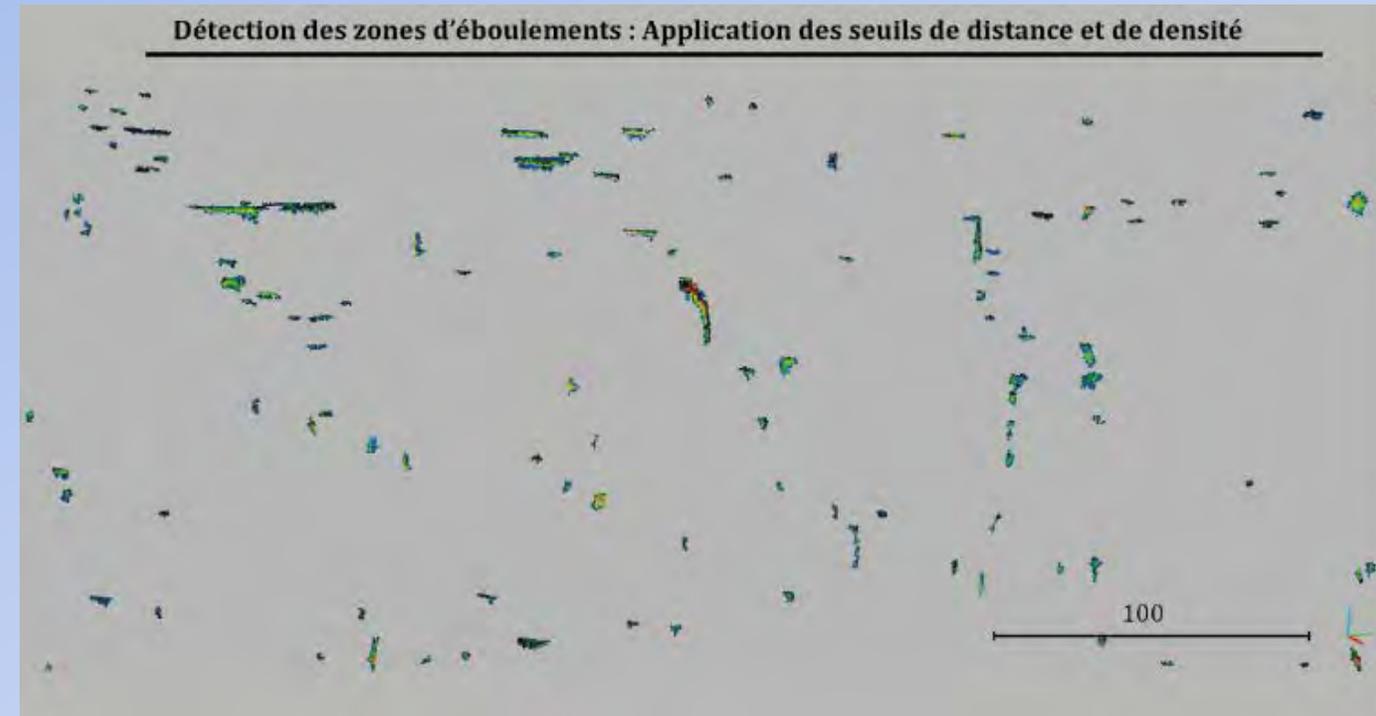
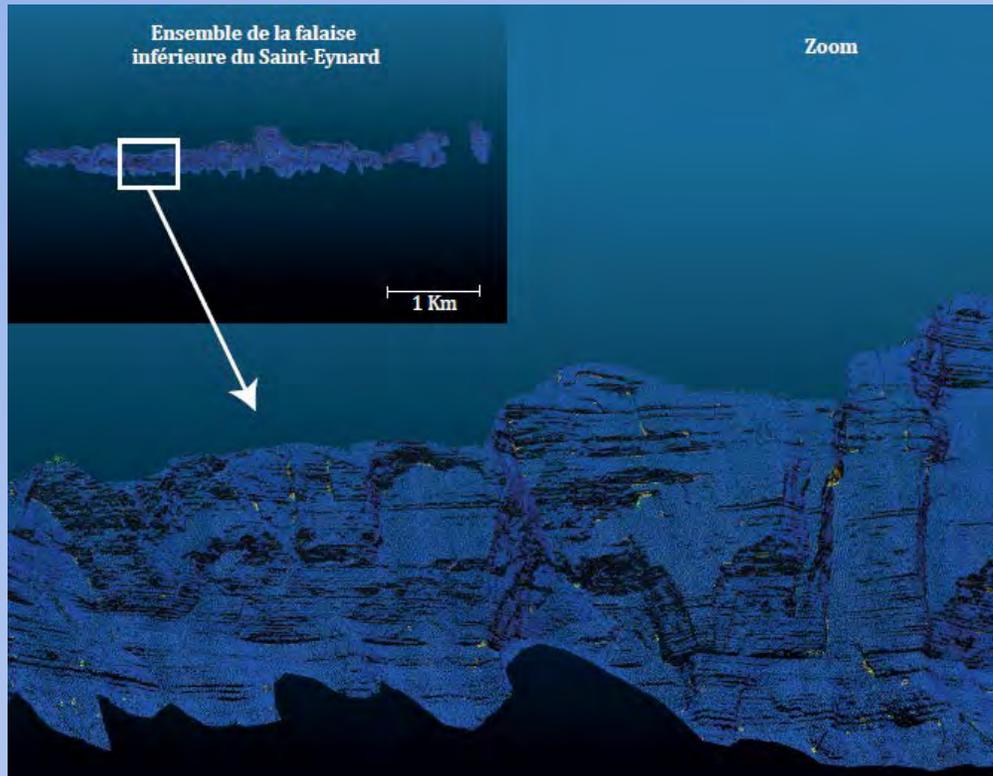


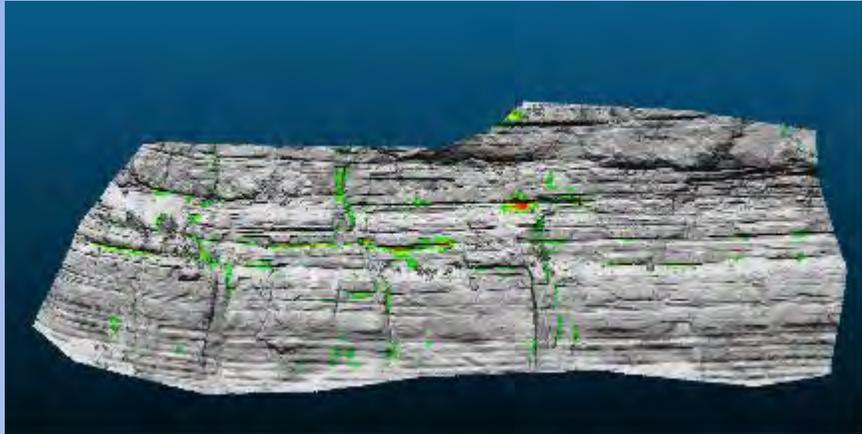
Figure 16: Répartition des écarts sur une zone sans érosion.

## Recensement des éboulements entre 2000 et 2011



## Recensement des éboulements entre 2000 et 2011

Falaise supérieure



Falaise inférieure



# Recherche des éboulements dans le passé plus lointain

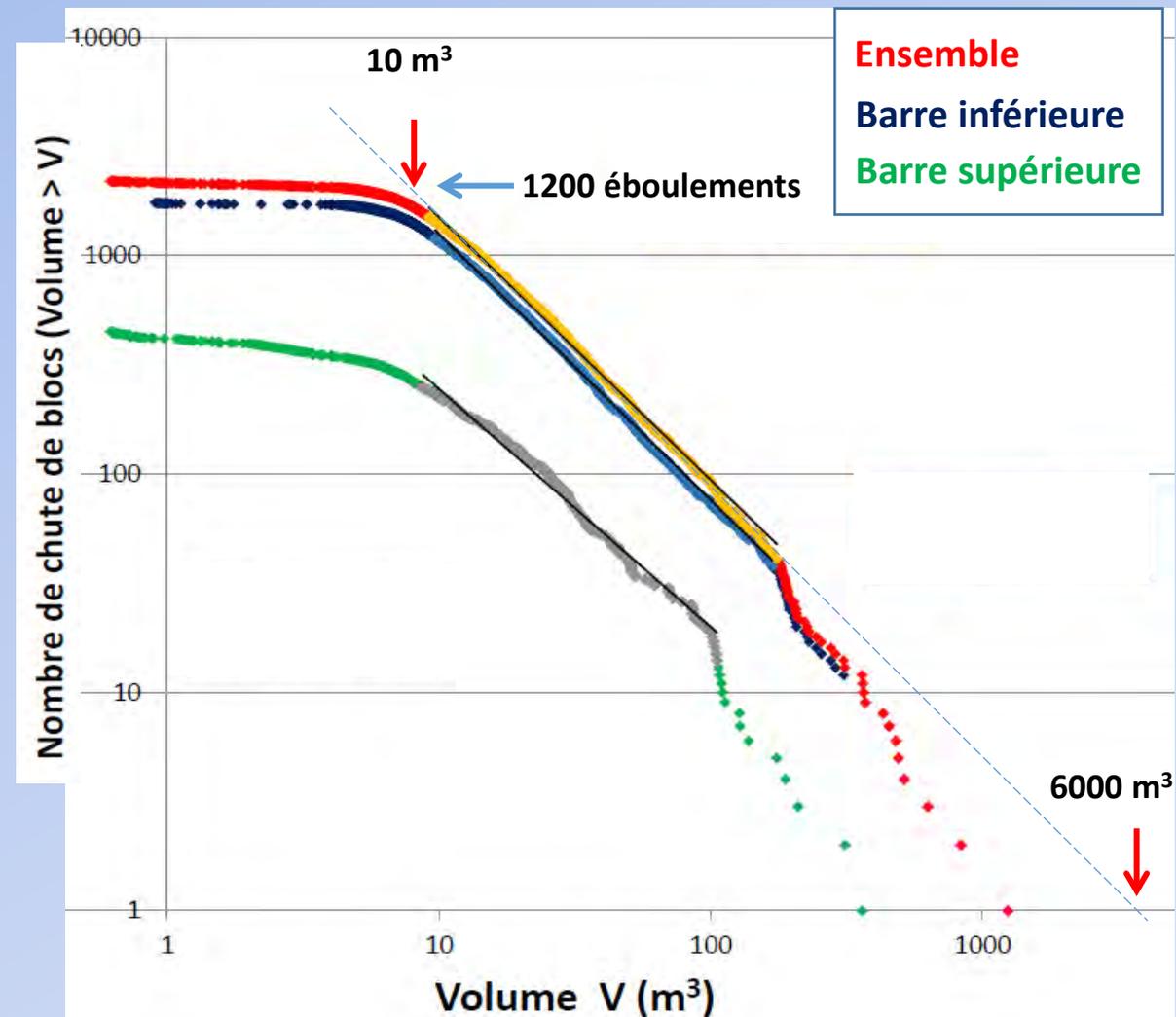
## Recensement des éboulements entre 2000 et 2011

- Catalogue exhaustif  $V > 10 \text{ m}^3$ ,
- 1200 éboulements recensés,  $V > 1 \text{ m}^3$   
5 km de falaise, sur 10 ½ ans

- Falaise supérieure:  $9300 \text{ m}^3 / 262\,500 \text{ m}^2$
- Falaise inférieure :  $47\,500 \text{ m}^3 / 928\,058 \text{ m}^2$

### Fréquence des éboulements

- $> 10 \text{ m}^3$  : 1 tous les 15 jours, pour 1 km de falaise  
1 tous les 3 jours, pour 5 km de falaise

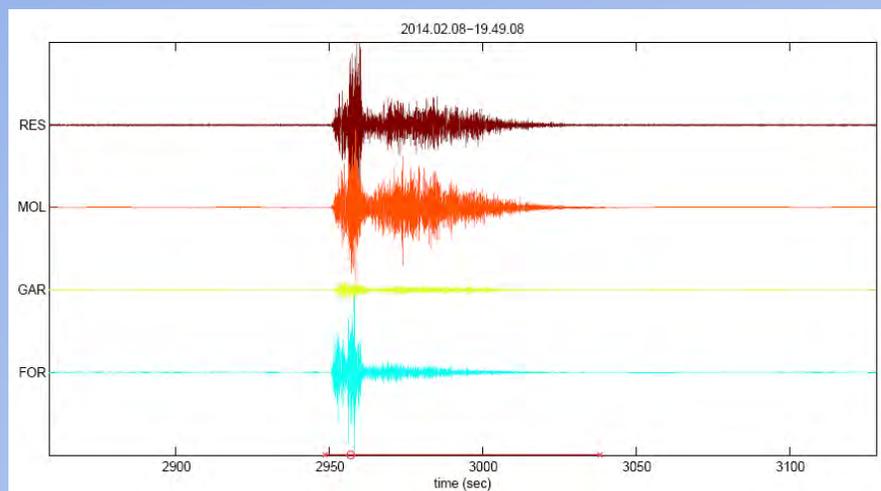


# Association mesure du relief et écoute sismique

## Chaine de détection et caractérisation des éboulements

**Eboulement du 8 février 2014**

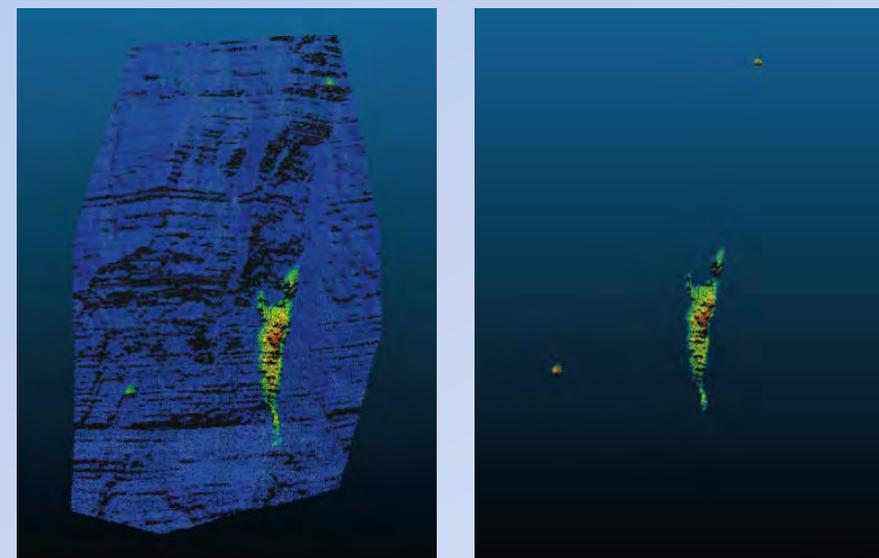
### Détection par surveillance par sismique



### Campagne de photos sur le secteur identifié

↳ Reconstruction du relief par photogrammétrie

↳ Différence Lidar 2011 / photos 2014



100 m

### Repérage par comparaison des photos en point fixe

Avant

Après



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

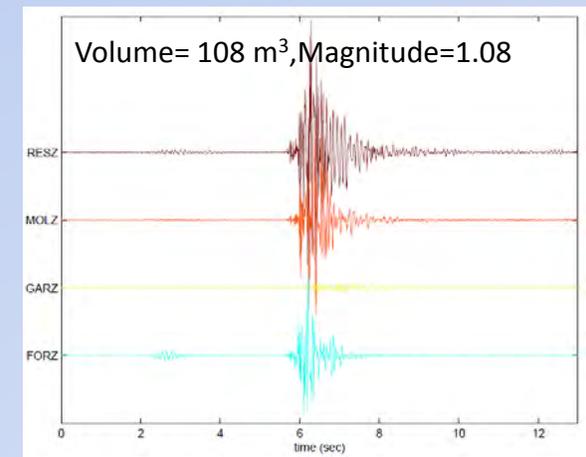
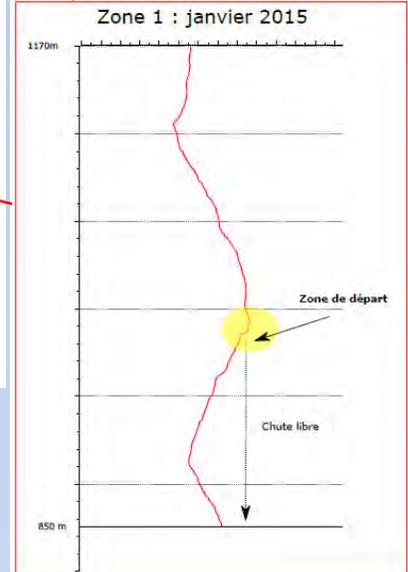
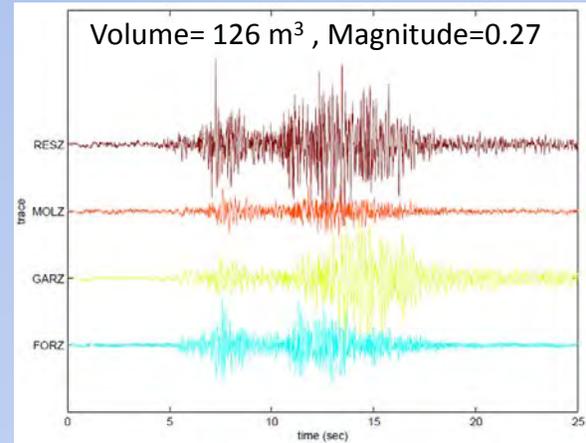
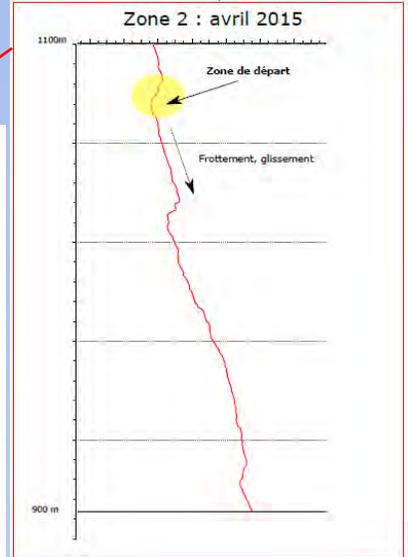
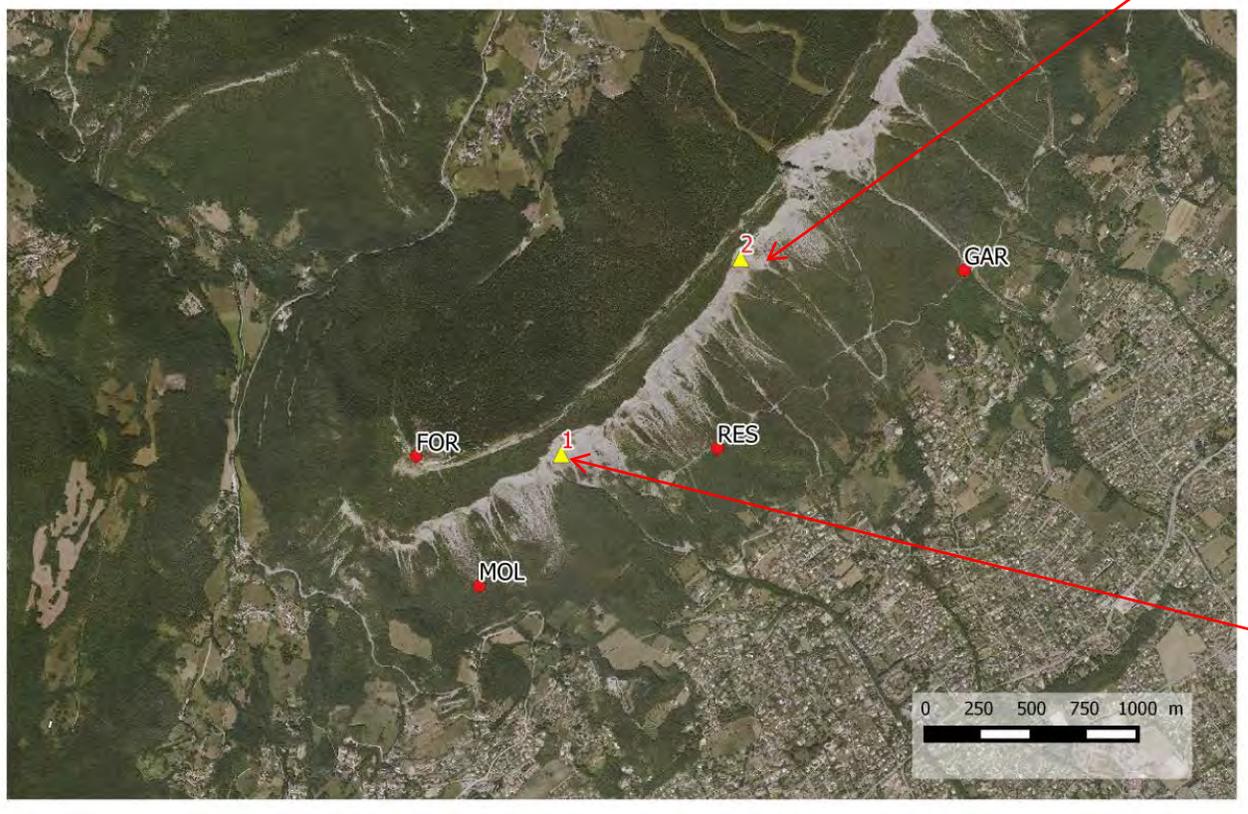
APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques



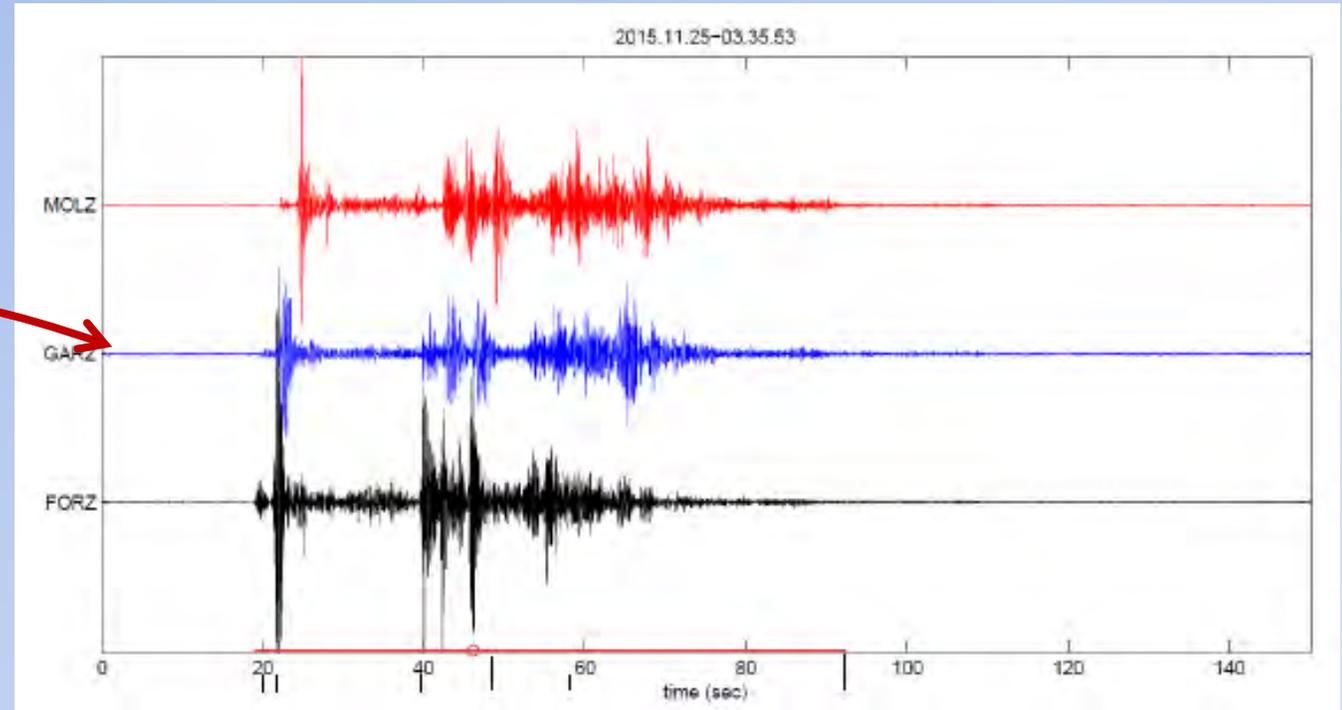
# Association mesure du relief et écoute sismique

## Relation entre signal sismique et profil de chute



# Association mesure du relief et écoute sismique

**Eboulement du 25 novembre 2015**



Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

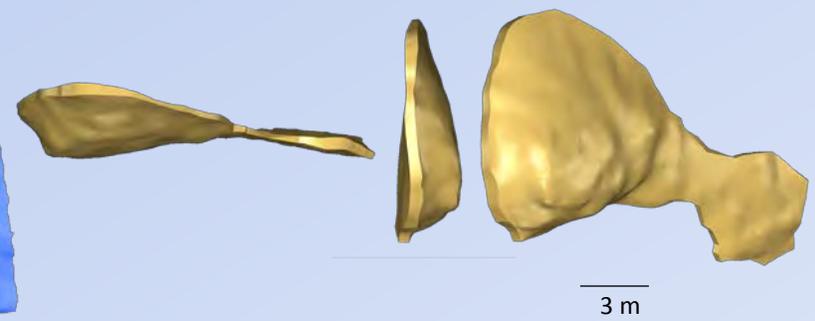
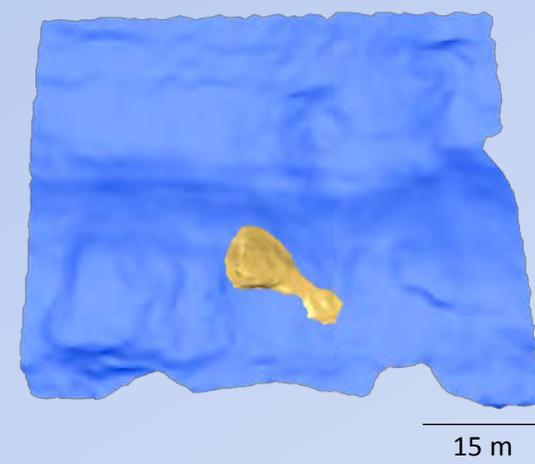
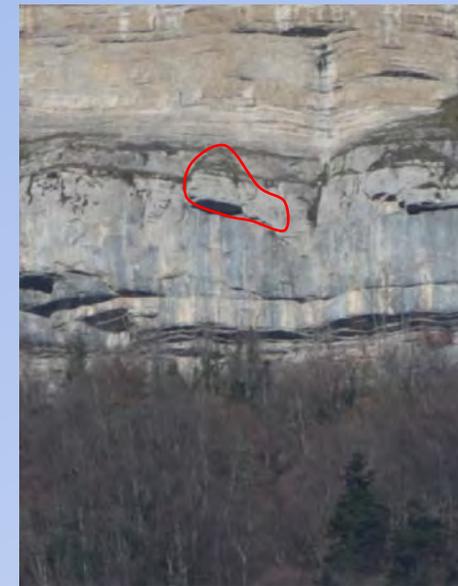
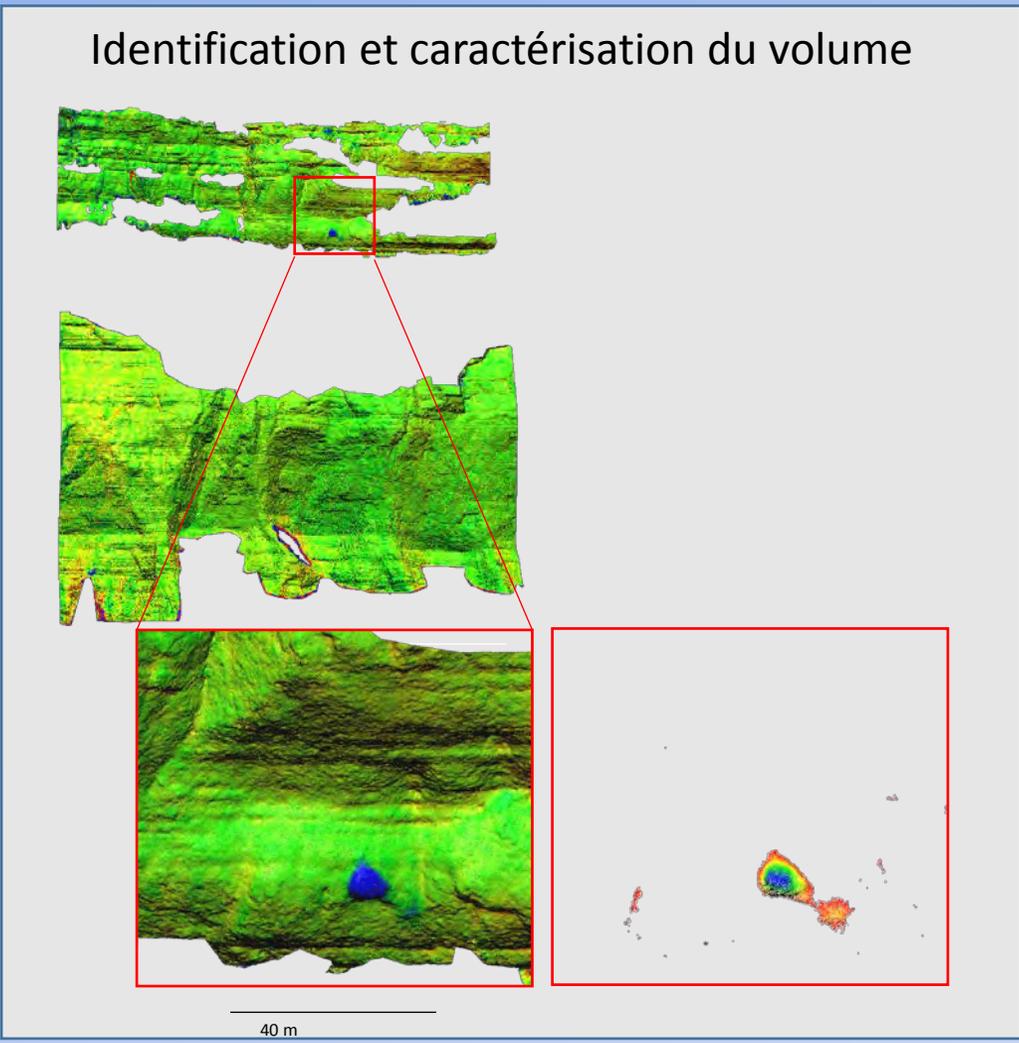
APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques

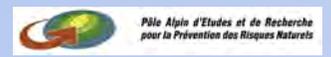


## Eboulement du 25 novembre 2015

Identification et caractérisation du volume



Organisation



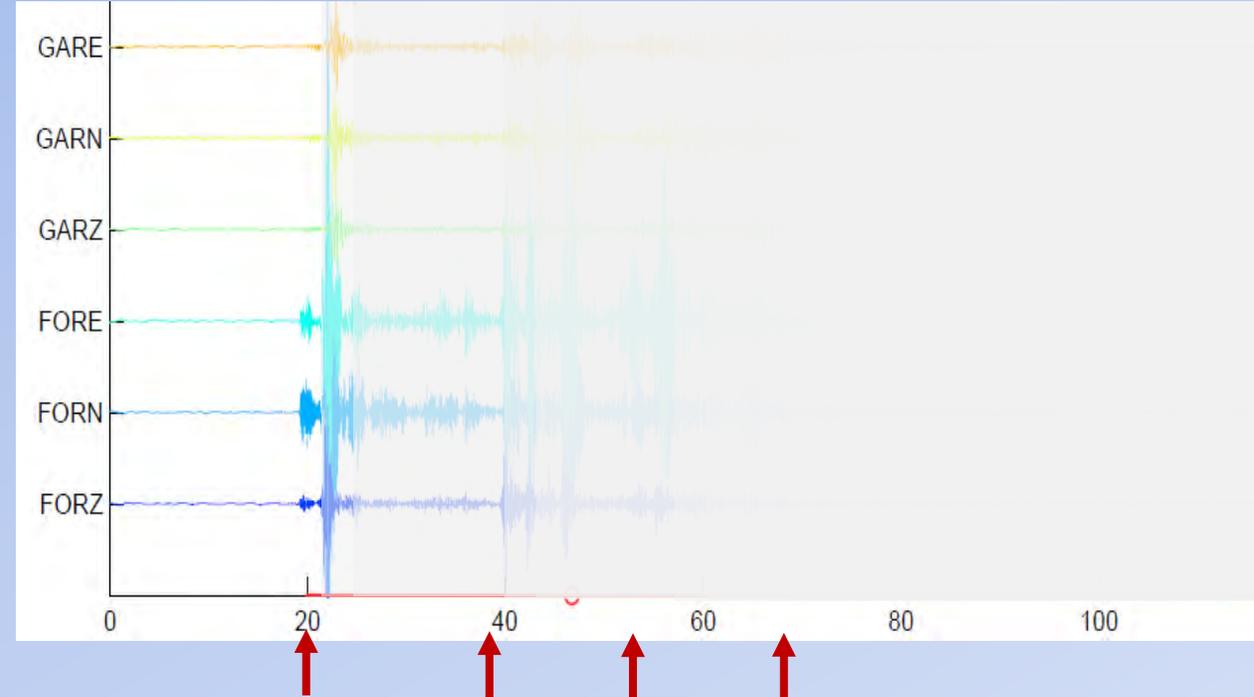
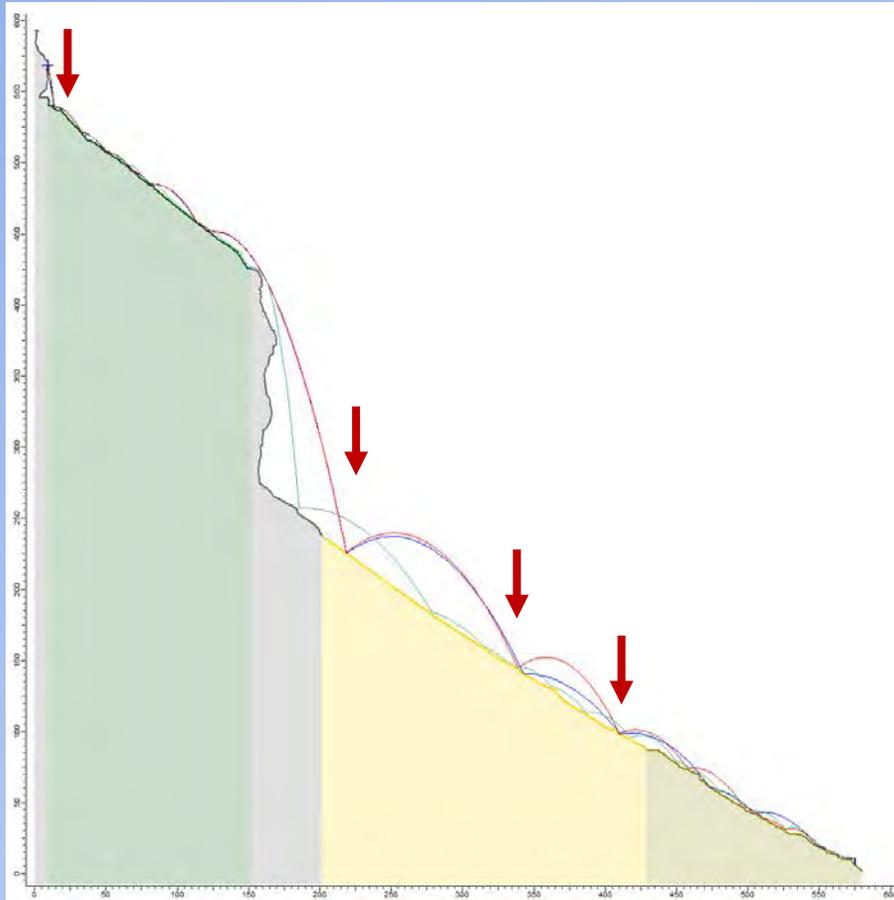
½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques



## Eboulement du 25 novembre 2015



- $\varnothing=0,60$  m / volume =  $0,12$  m<sup>3</sup> / masse = 324 kg
- $\varnothing=1,24$  m / volume =  $1,00$  m<sup>3</sup> / masse = 2700 kg
- $\varnothing=2,48$  m / volume =  $7,99$  m<sup>3</sup> / masse = 21573 kg

Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

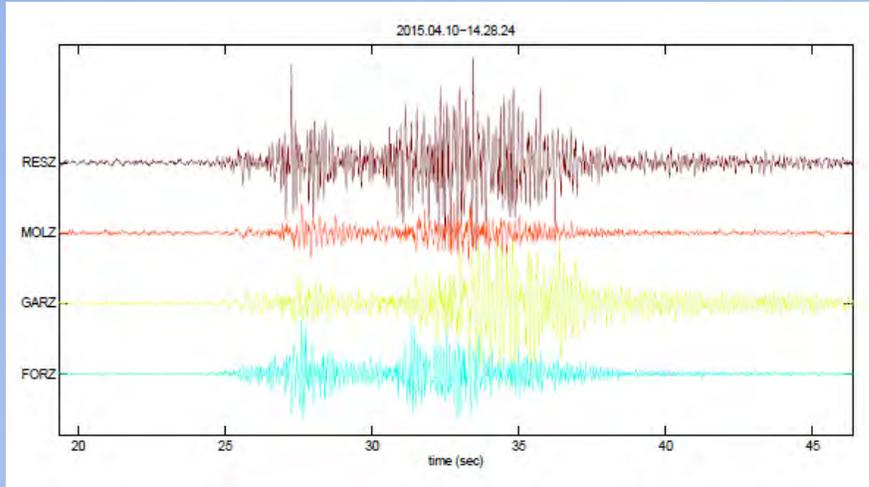
Collaborations scientifiques



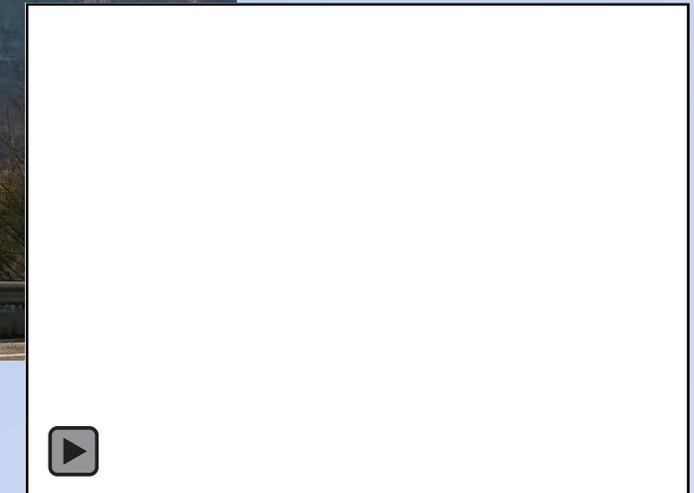
# Besoin d'information pour l'identification des éboulements

**Eboulement du 10 avril 2015**

Détecté par le réseau sismique



Observé par des particuliers  
Discuté sur les réseaux sociaux



***Informations très utiles pour identifier le secteur à re-mesurer  
→ Comment faciliter la collecte de ces informations***

# Le cas du Granier, 9 janvier 2016

*une première expérience de collecte de photos collaborative*

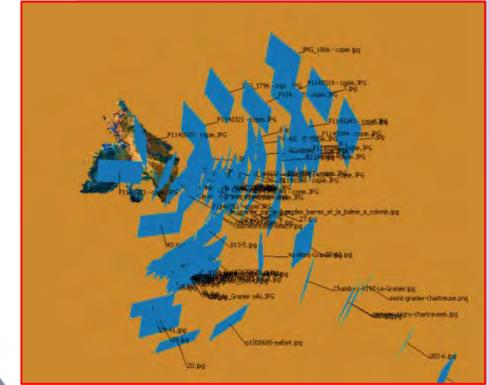
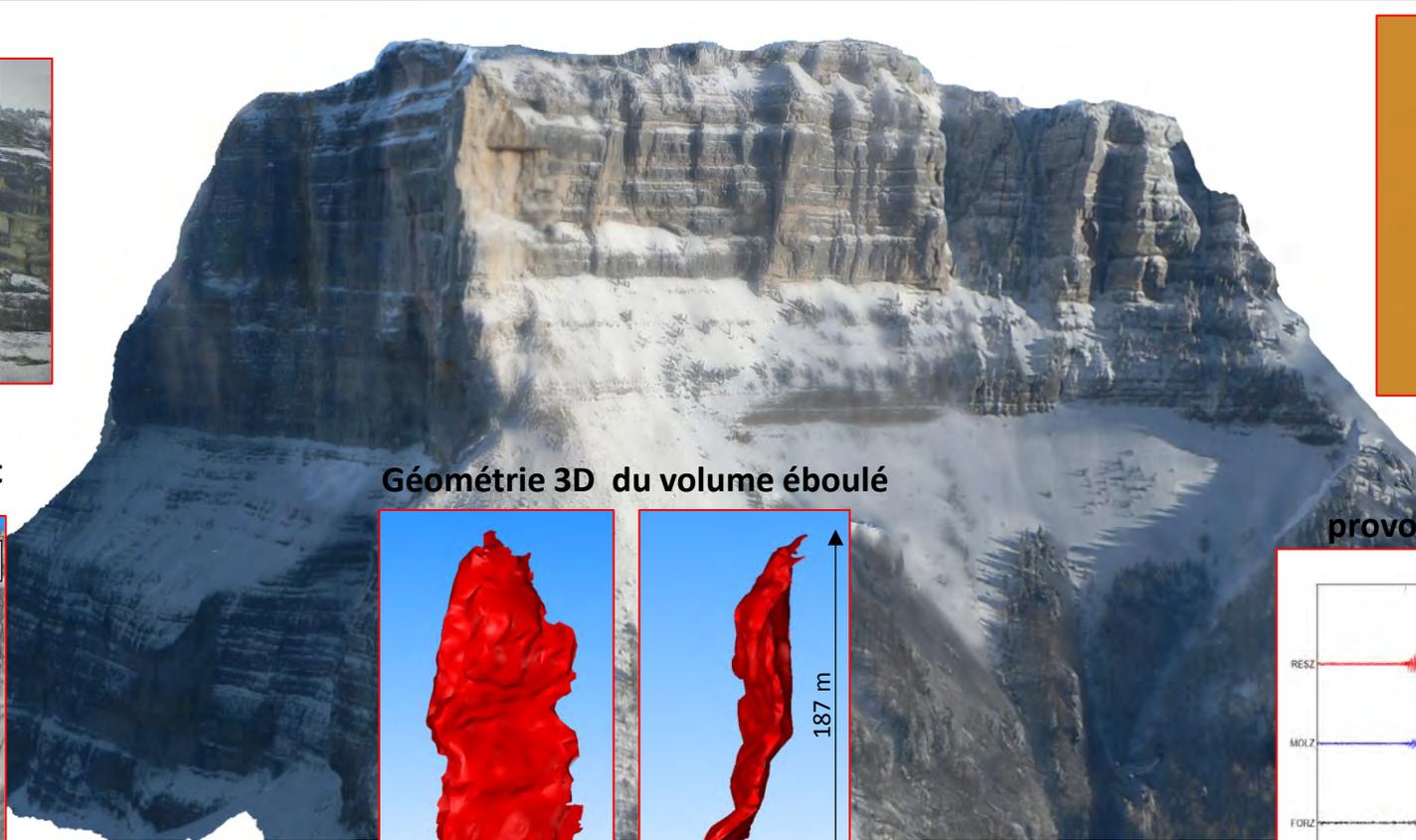
**124 photos collectées, d'origine et de qualité très diverses**

Positionnement des photos utilisées pour la reconstruction 3D avant et après

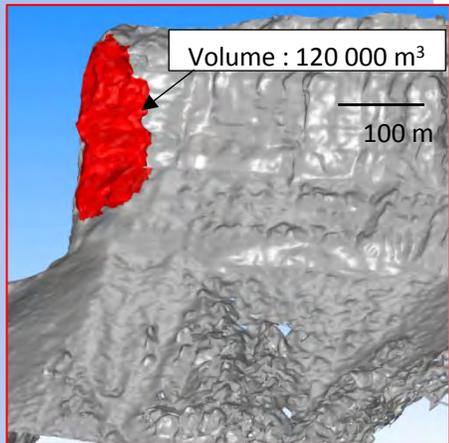
Photographie  
Avant Après l'éboulement



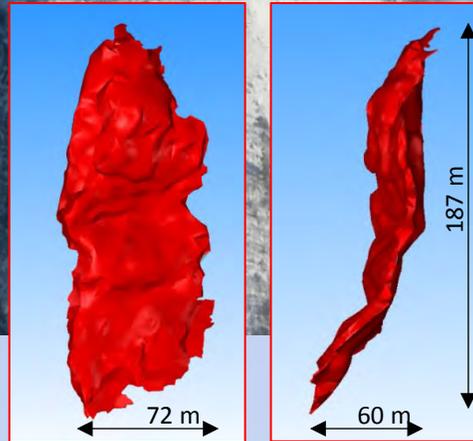
Reconstruction 3D du relief après



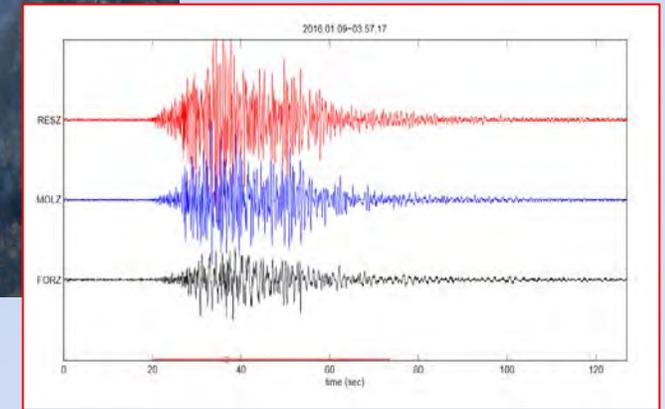
Différence des modèles 3D  
avant et après éboulement



Géométrie 3D du volume éboulé



Signal sismique  
provoqué par l'éboulement (M=2.2)



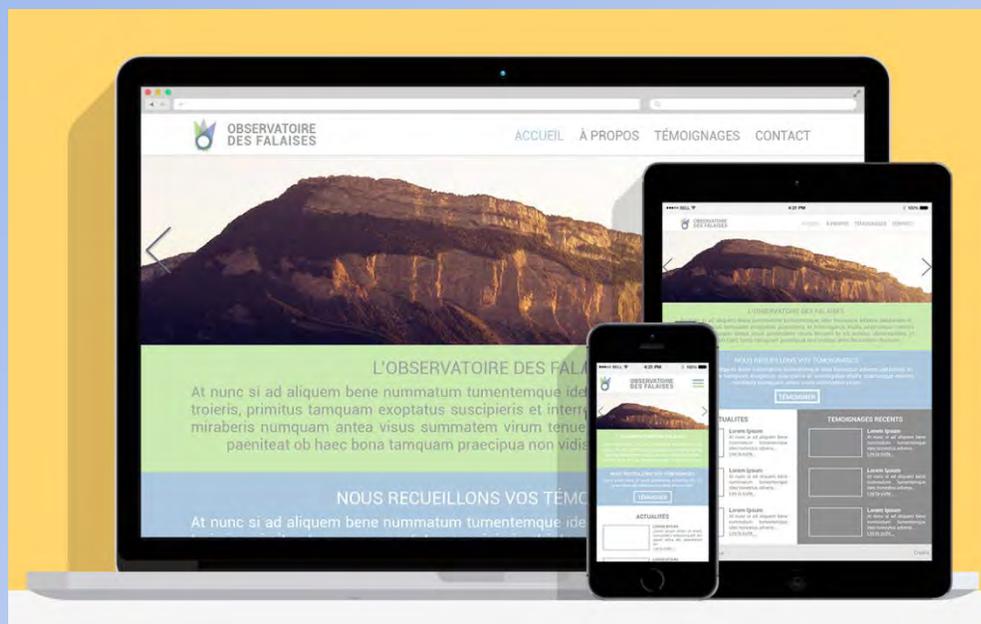
# Collecte des données provenant des particuliers

Site Web collaboratif pour le recueil de témoignages des observateurs du site

- Agents communaux
- Habitants
- Usagers (promeneurs, coureurs, VTTistes, ...)

Partage d'information sur l'activité éboulement

Disponible pour différents supports, ordinateur, tablette, téléphone mobile



Mise en ligne courant avril 2016

## Site web collaboratif

ACCUEIL À PROPOS TÉMOIGNAGES CONTACT

L'OBSERVATOIRE DES FALAISES

At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena salutatum in-troieris, primitus tamquam exoptatus suscipieris et interrogatus multa coactusque mentiri, miraberis numquam antea visus summam virum tenuem te sic enixius observantem, ut paeniteat ob haec bona tamquam praecipua non vidisse ante decennium Romam.

NOUS RECUEILLONS VOS TÉMOIGNAGES

At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena salutatum in-troieris, primitus tamquam exoptatus suscipieris et interrogatus multa coactusque mentiri, miraberis numquam antea visus summam virum.

**TÉMOIGNER**

**ACTUALITES**

Lorem Ipsum  
 At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena...  
[Lire la suite..](#)

Lorem Ipsum  
 At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena...  
[Lire la suite..](#)

Lorem Ipsum  
 At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena...  
[Lire la suite..](#)

**TEMOIGNAGES RECENTS**

Lorem Ipsum  
 At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena...  
[Lire la suite..](#)

Lorem Ipsum  
 At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena...  
[Lire la suite..](#)

Lorem Ipsum  
 At nunc si ad aliquem bene nummatum tumentemque ideo honestus advena...  
[Lire la suite..](#)

Copyright | Réseaux Sociaux Crédits

Organisation



½ JOURNÉE RISQUE ROCHEUX Mardi 8 Mars 2016

APPORTS DE LA SCIENCE À LA COMPREHENSION ET À LA GESTION DU RISQUE ROCHEUX SUR L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE

Collaborations scientifiques



# Conclusions

## Suivi de l'érosion d'une falaise par mesure du relief et écoute sismique

- grande précision géométrique et temporelle
- permet de connaître la fréquence d'occurrence des éboulements

## Progrès des techniques de reconstruction 3D par photos

- permet de mélanger des photos d'origines très diverses
- valorisation de photos fournies par des particuliers
- applicable à des photos argentiques anciennes

## Données acquises en 1999-2000

- valorisable 15 ans plus tard → échelle de temps de la recherche
- données sur le long terme, nécessaire à l'estimation du risque

## Intérêt de la contribution d'usagers des sites

- observation diffuse et fortuite
- aide précieuse à la caractérisation des éboulements

