

Morphologie des falaises et Risque d'éboulements

**David Amitrano, Didier Hantz – ISTerre
Thierry Villemin – Edytem**

Contributeurs : Laurent Troubat, Hilary Dyer



Détection et caractérisation des chutes de blocs

Motivation sociétale et scientifique

Chutes de blocs = Risque gravitaire majeur en zone urbaine et péri-urbaine

Détection « a priori » très difficile

Avancées scientifiques bloquées par le manque de base de données fiables et exhaustives

Progrès techniques récents permettent d'améliorer significativement la qualité des données



Catalogues suffisamment complets et systématique

→ avancées significatives dans la compréhension des phénomènes gravitaires

Ex Dussauge et al 2003, Dewez_ al 2009, Tatard et al. 2009, Ravanel et al. 2010

Méthodes actuelles d'élaboration des catalogues de chute de blocs

→ Essentiellement basées sur la recherche documentaire

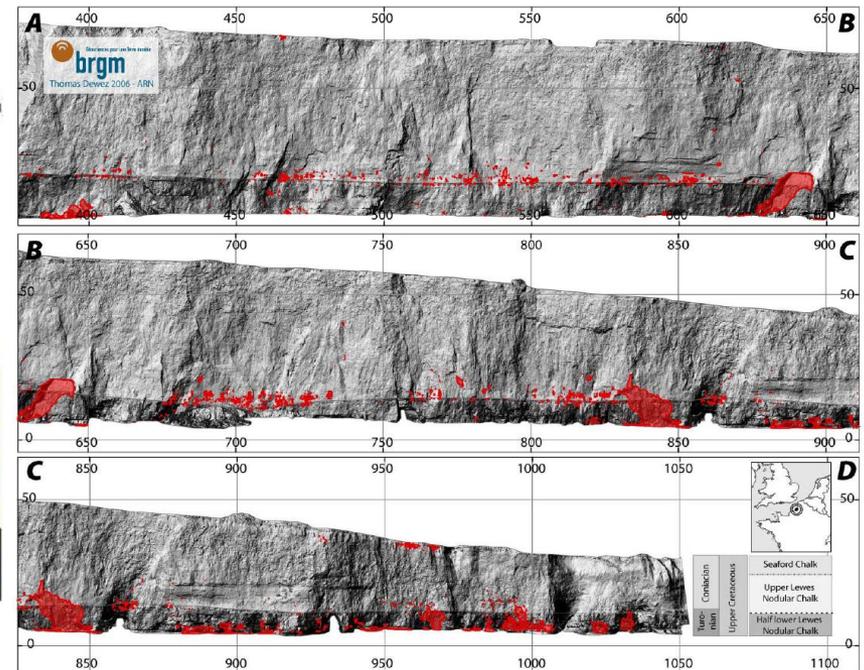
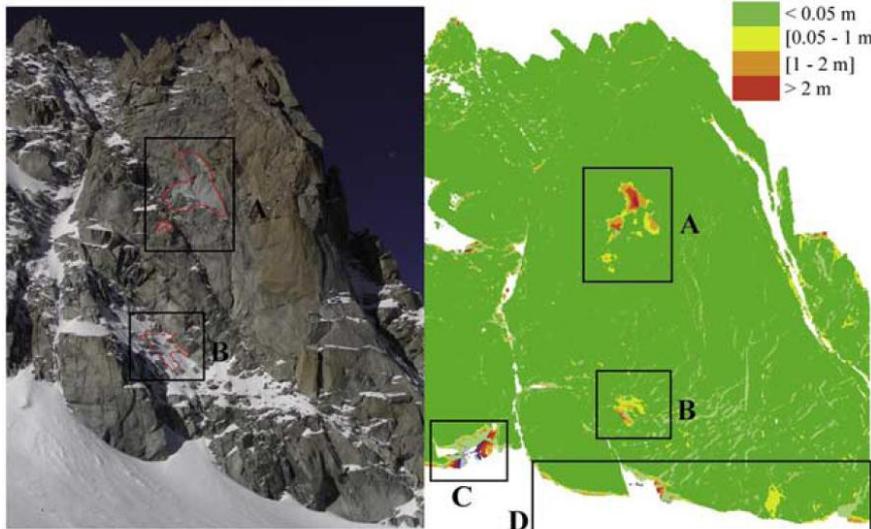
2 biais méthodologiques

- Détection des chutes de blocs
 - impact sur des ouvrages
 - trace visible dans le paysage
 - témoin direct
- Estimation des volumes
 - à partir de la trace de la cicatrice (relation surface/volume ?)
 - à partir du dépôt de la masse éboulée (foisonnement? Épaisseur du dépôt?)



**Nécessité de développer des méthodes
de détection fiables et systématiques pour progresser
dans la compréhension des éboulements rocheux**

Progrès récents dans la détection et caractérisation des chutes de blocs: Méthode différentielle entre 2 Modèles Numériques de Surface (MNS) obtenus par levés Lidar

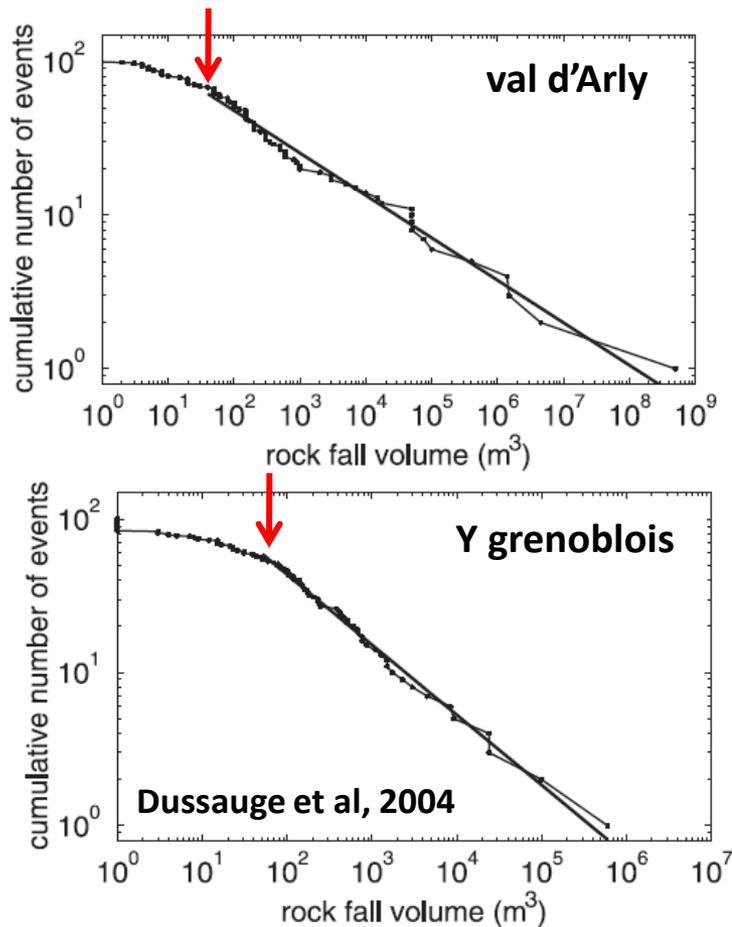


la Tour Ronde, Massif du Mont Blanc (Rabatel et al, 2009).

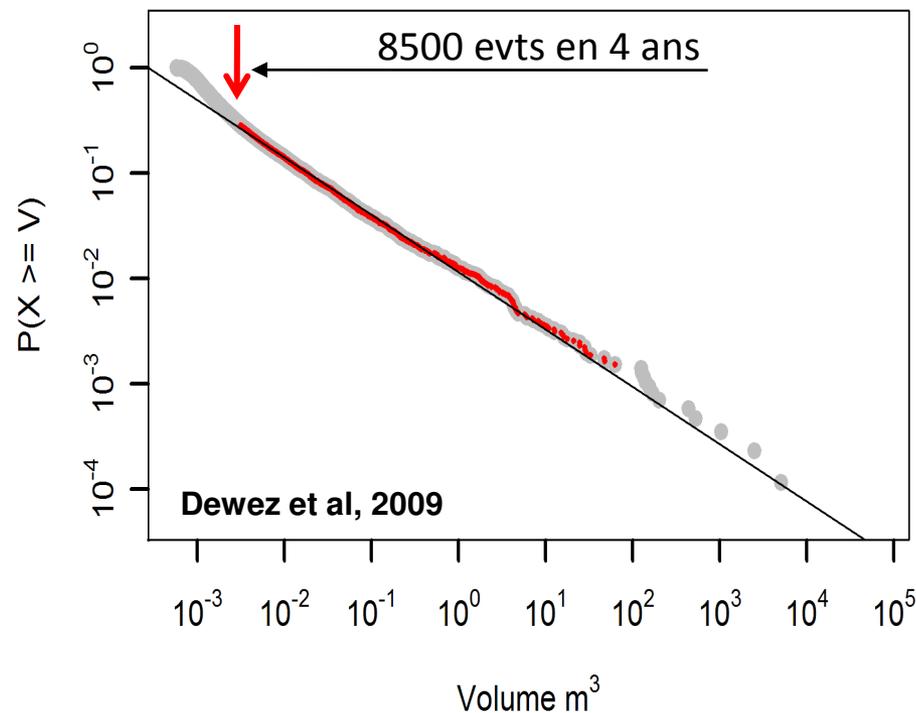
Falaise de côtère de Mesnil Val, Haute-Normandie
(Dewez et al, 2009).

Gain potentiel significatif en terme de détection

Méthode recherche documentaire



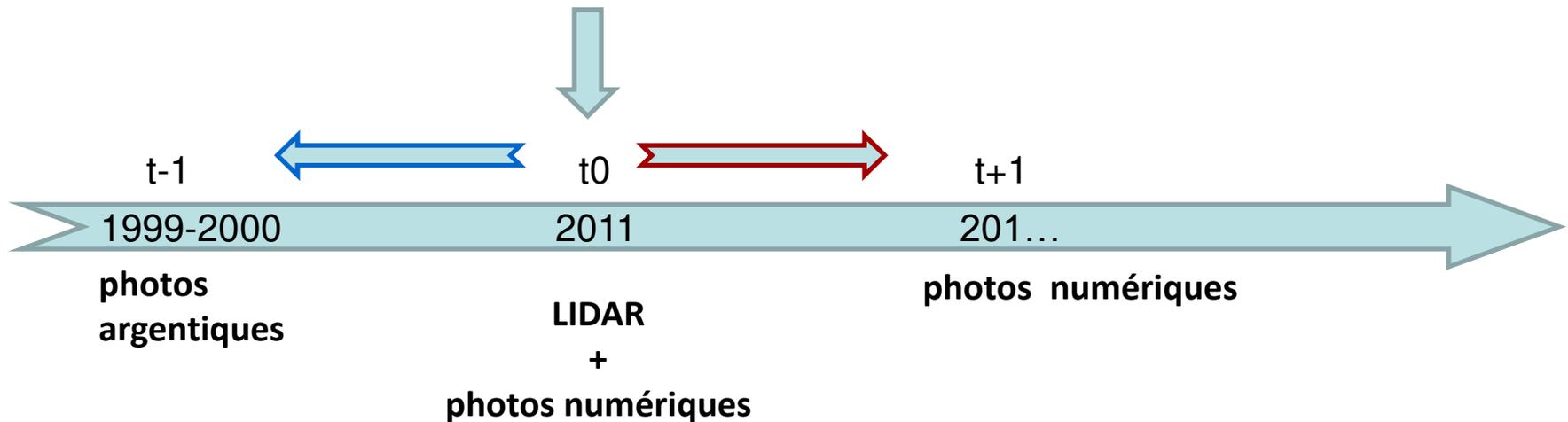
Méthode différentielle entre 2 MNS



**Abaissement significatif du seuil de détection
réduction du biais d'échantillonnage**

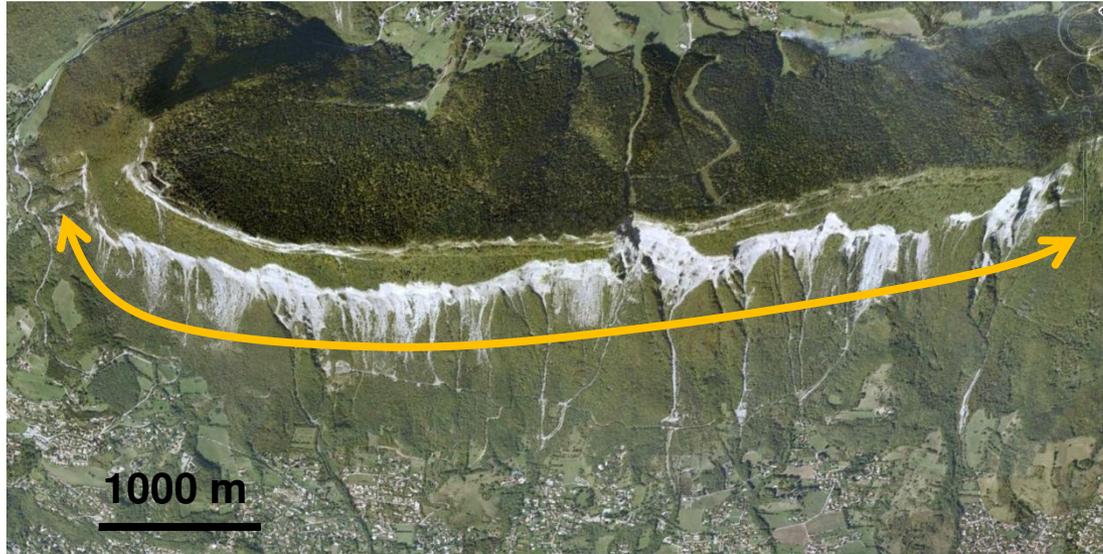
Objectifs du projet :

- **Faire une mesure de référence pour l'estimation de l'érosion future (Lidar + photo numériques) sur un site pilote (St Eynard)**
- **Développer des méthodes de mesures internalisables à moindres coûts (reconstruction du relief par photogrammétrie)**
 - **estimation d l'érosion future (différentiel Lidar/Photo)**
 - **estimation de l'érosion passée (utilisation de clichés argentiques passés)**

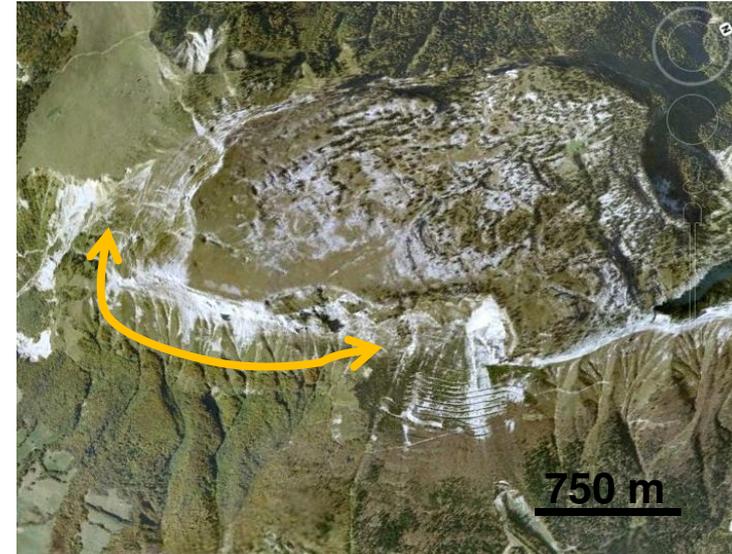


**Mesures de référence (Lidar + photo numériques)
sur le site pilote du St Eynard et la Dent de Crolles**

St Eynard



Dent de Crolles



Mesures réalisées par Sintégra



t0

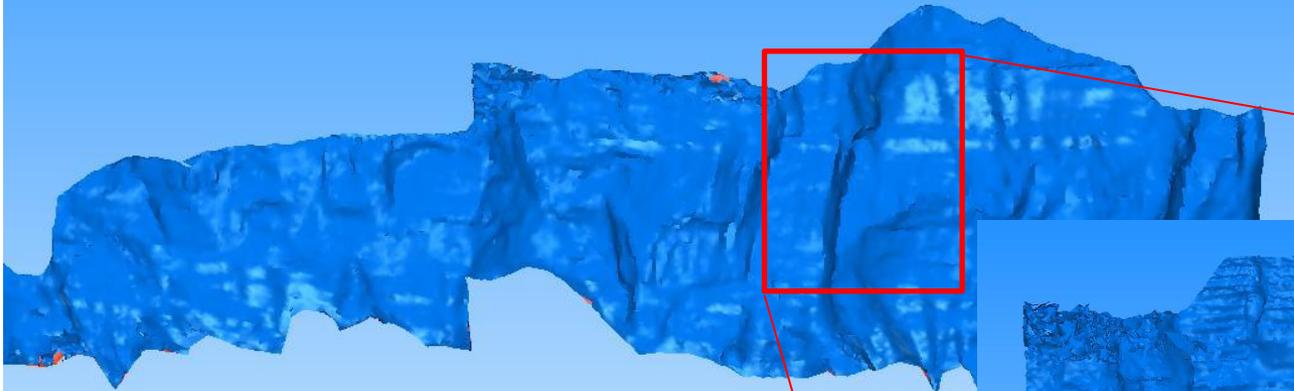


2011

**LIDAR +
photos numériques**

***Mesure de référence (Lidar + photo numériques)
sur le site pilote du St Eynard et la Dent de Crolles***

St Eynard, falaise inférieure, partie sud



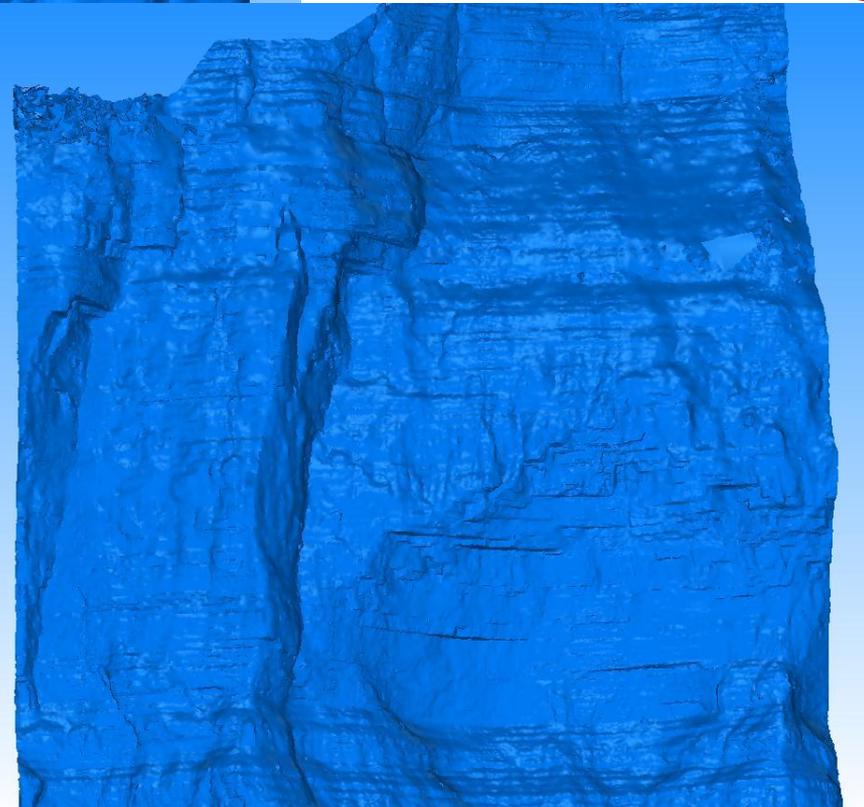
5 km de falaises, 400 m de hauteur
Densité ~ 25 pt / m²



t0

2011

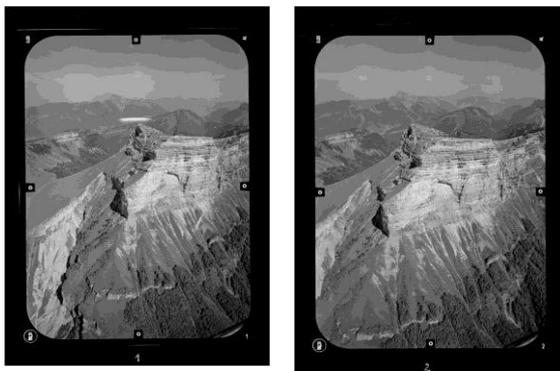
**LIDAR +
photos numériques**



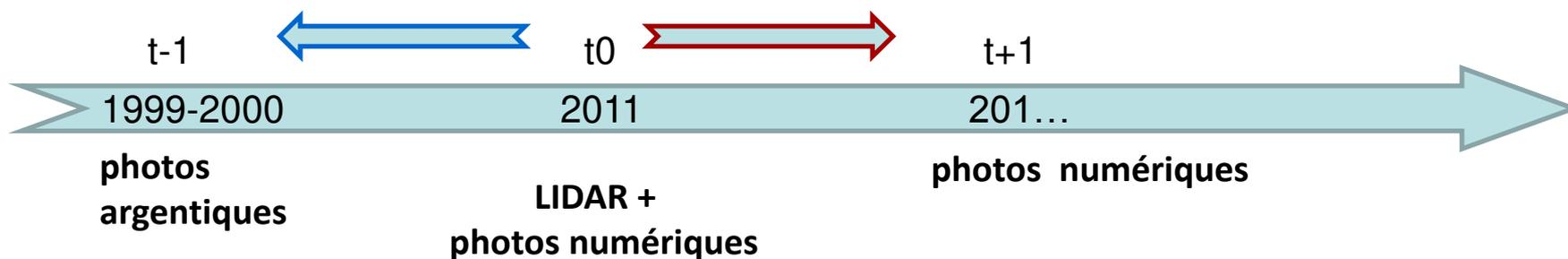
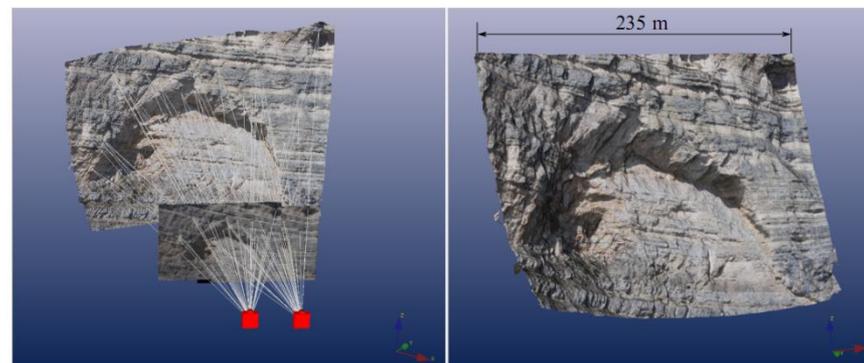
Développement de méthodes de mesures Reconstruction du relief par photogrammétrie

- *estimation d'érosion future (différentiel Lidar/Photo)*
- *estimation de l'érosion passée (utilisation de clichés argentiques passés)*

Campagne aéroporté 1999-2000

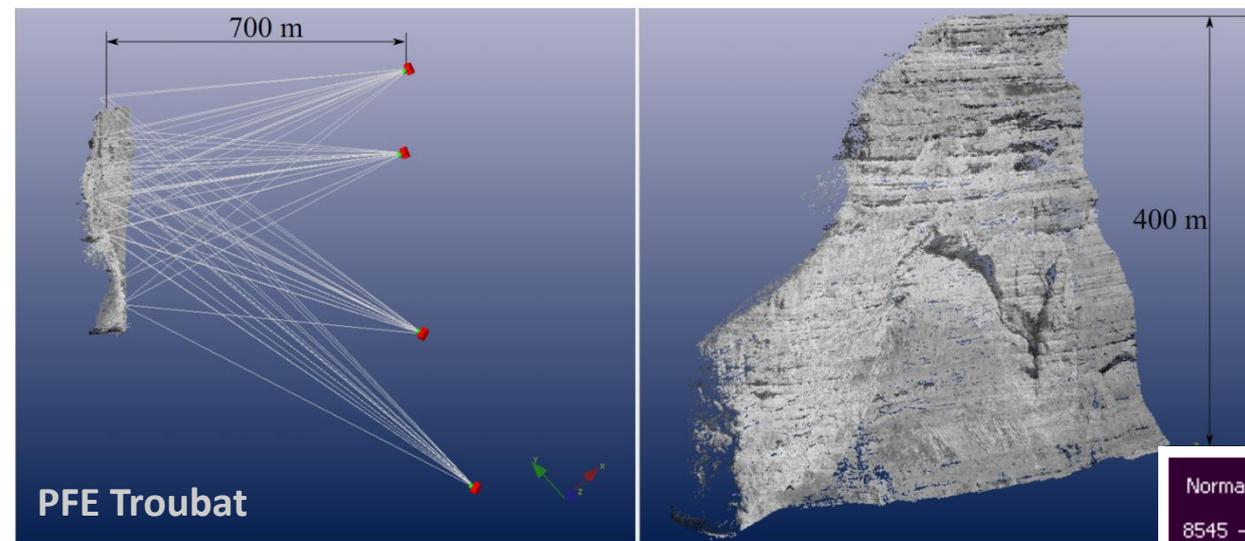


Campagne aéroporté 2011



Développements méthodologiques : Valorisation des photos argentiques

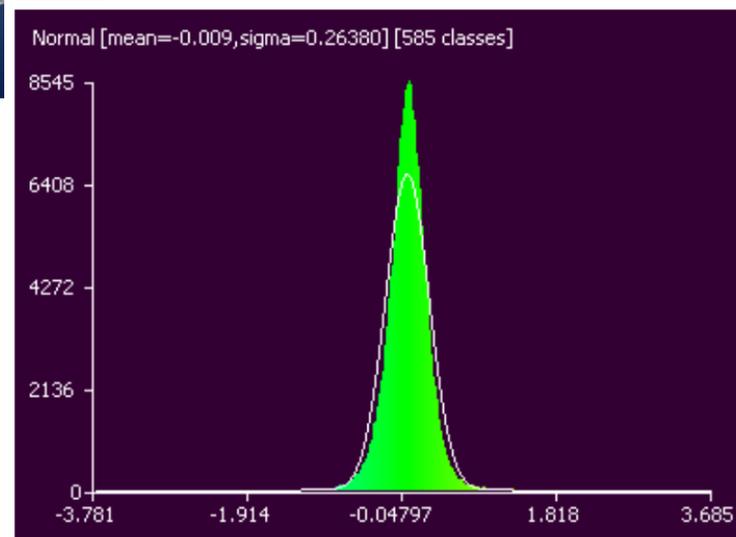
Différentiel Lidar / Photogrammétrie argentique



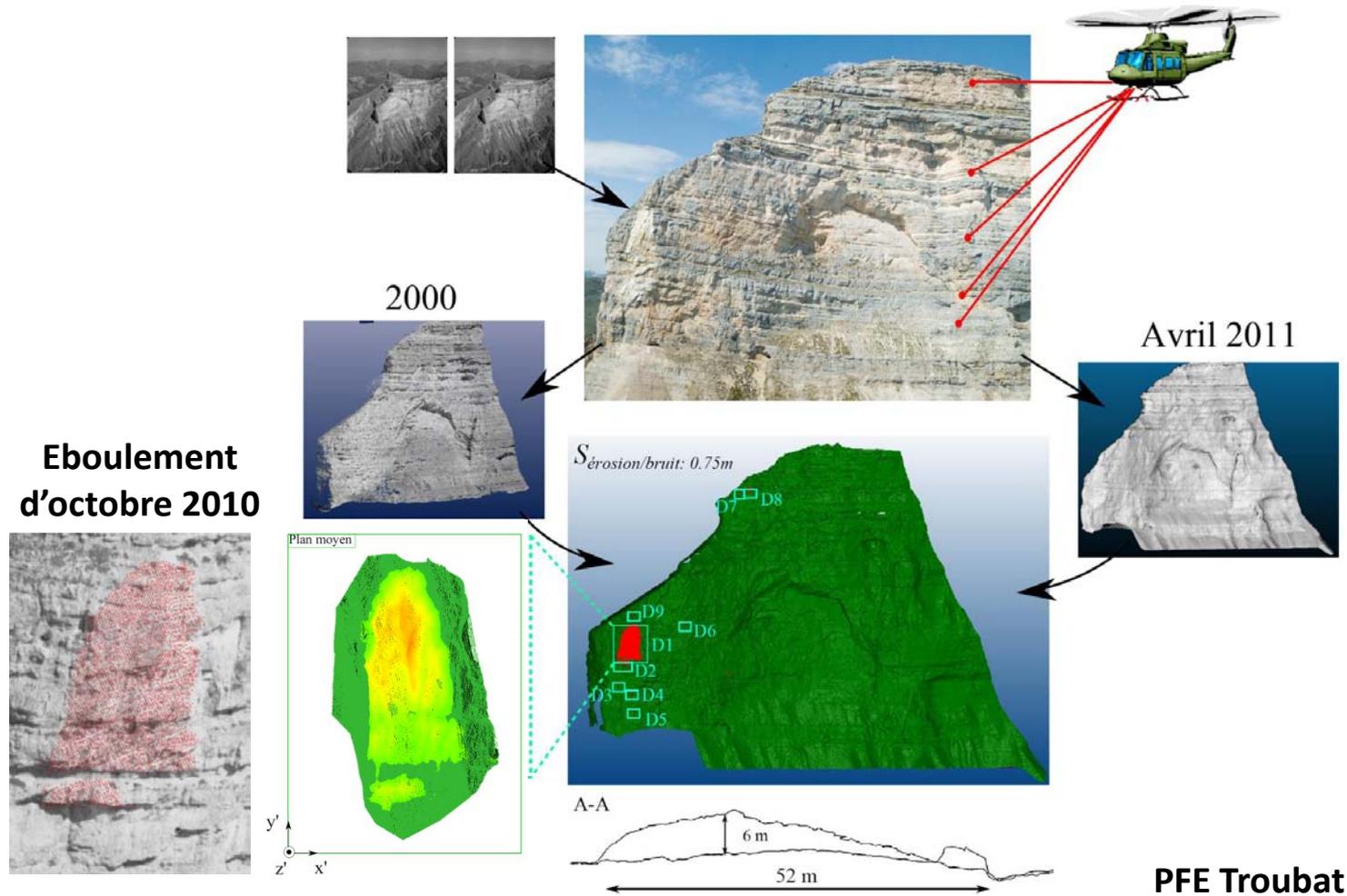
Écarts entre Lidar et photogrammétrie argentique

Moyenne ~ -0.009 m

Écart type ~ 0.26 m

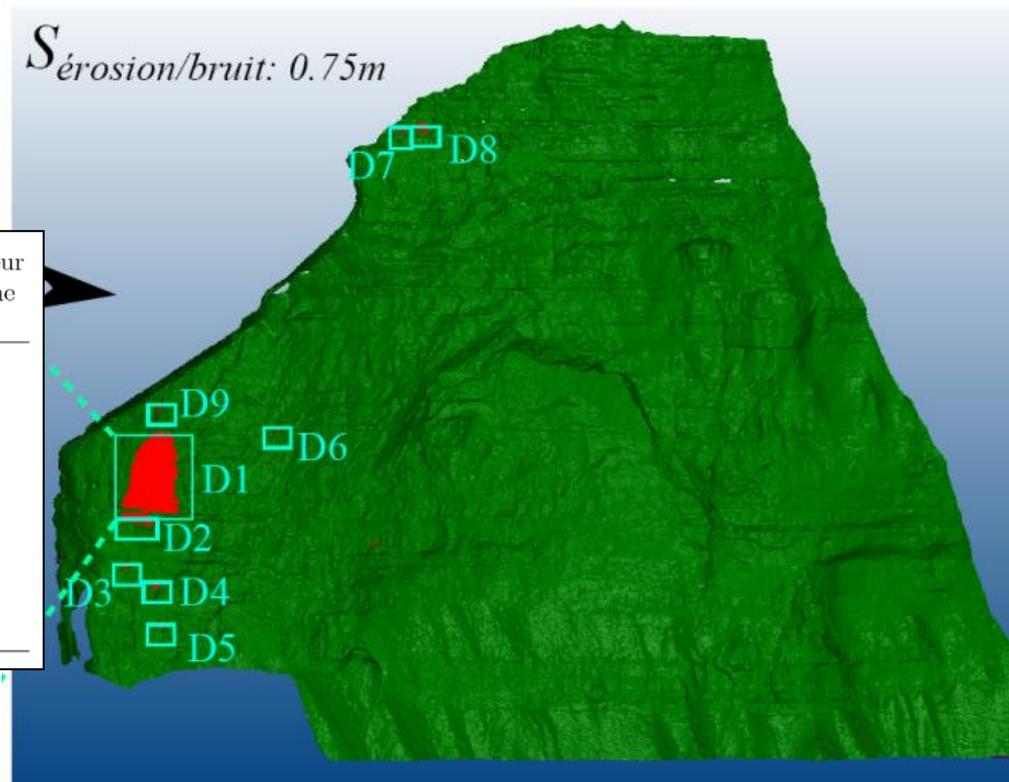


Développements méthodologiques : Différentiel Lidar / Photogrammétrie argentique



Recensement des éboulements 2000/2011: Différentiel Lidar / Photogrammétrie argentique,

ID	Volume (m^3)	Précision volume (m^3)	Surface (m^2)	Périmètre (m)	Épaisseur maxi (m)	Épaisseur moyenne (m)
D1	3865	12	1147	198	8.0	3.4
D2	219	3.4	92	54	4.1	2.3
D3	18	1	9	16	2.5	2.0
D4	25	1.4	16	20	2.1	1.6
D5	16	1.3	13	18	1.7	1.2
D6	6	0.9	7	12	1.4	0.9
D7	3	0.9	7	12	1	0.7
D8	48	1.5	19	28	3.3	2.5
D9	6	1.2	13.5	18	1.2	0.8

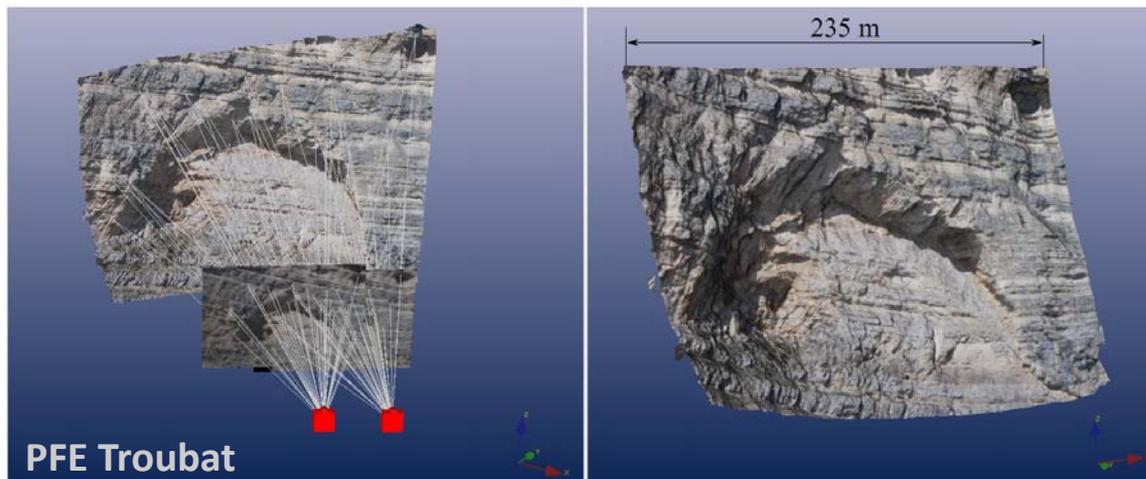


PFE Troubat

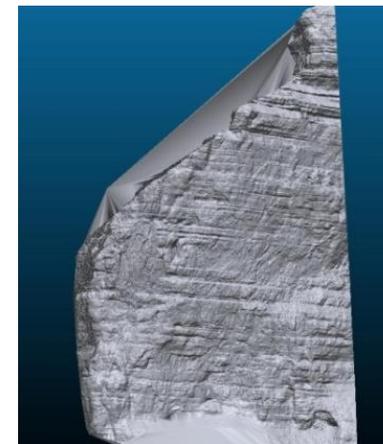


Développements méthodologiques : Comparaison Lidar / Photogrammétrie numérique

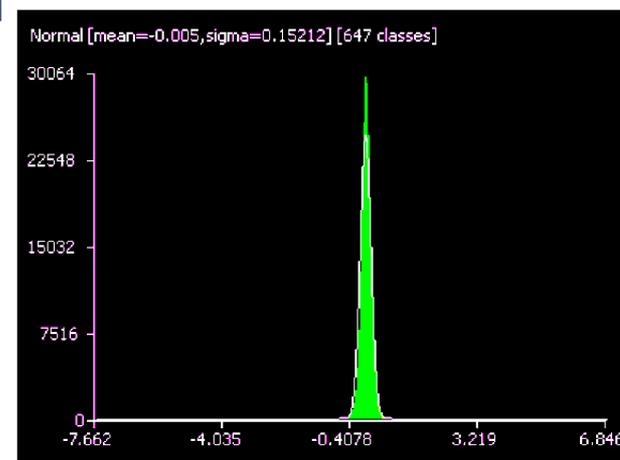
Photos numériques



Lidar



Ecart entre Lidar et photogrammétrie numérique

Moyenne ~ -0.005 mEcart type ~ 0.15 m

t-1

t0

t+1

1999-2000

2011

201...

LIDAR + photos numériques

photos numériques

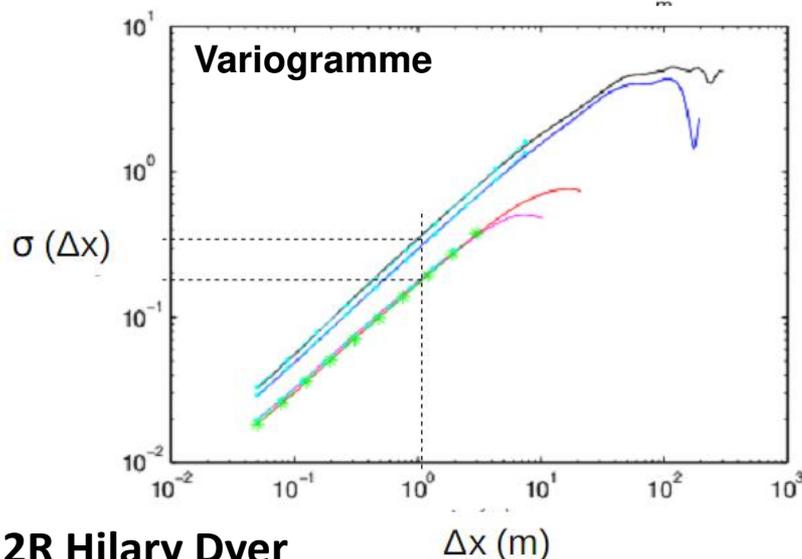
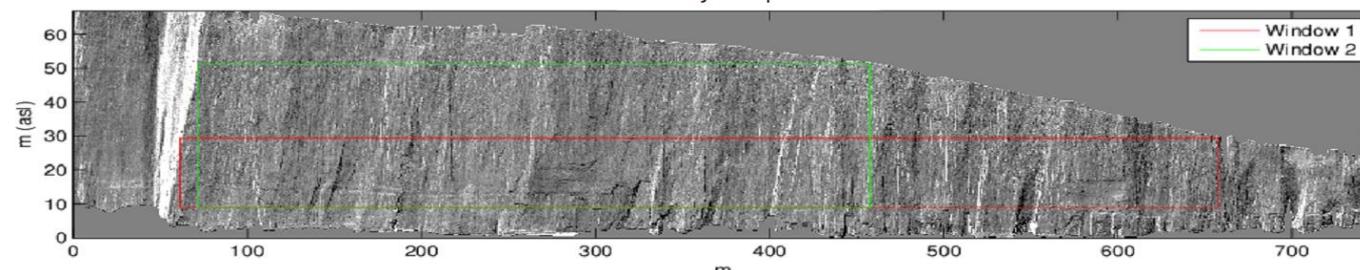
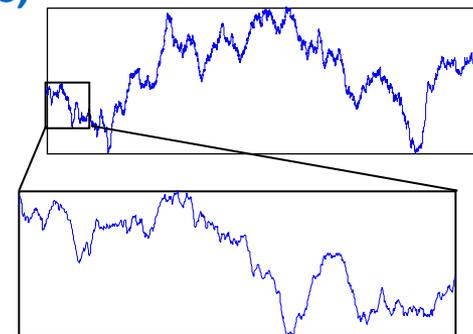
Aspects plus fondamentaux : Propriétés morphologiques des falaises, lien entre la morphologie des falaises et les chutes de blocs

Invariance d'échelle de la rugosité, Auto-affinité

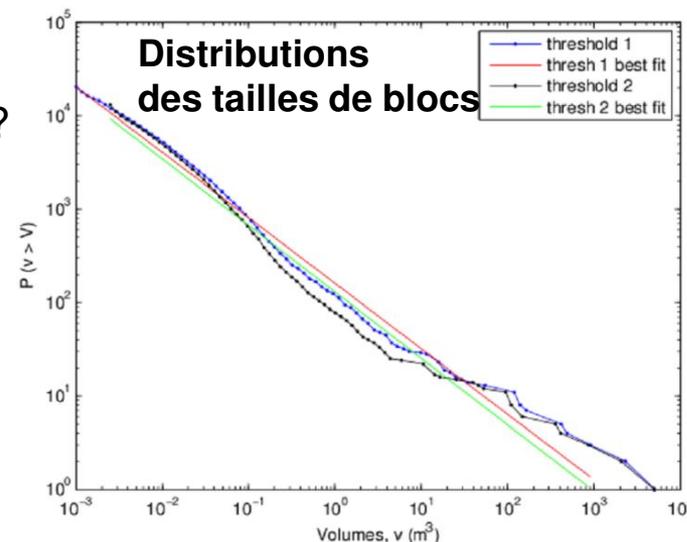
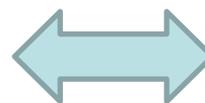
$$h(\lambda x, \lambda y) = \lambda^H h(x, y), \quad H = \text{exposant de Hurst}$$

Propriété universelle des surfaces de ruptures

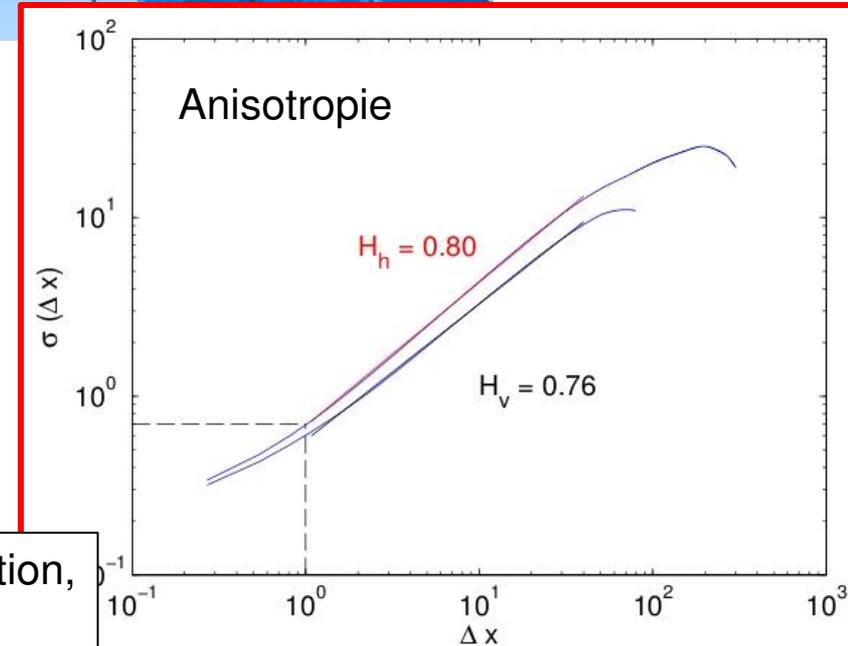
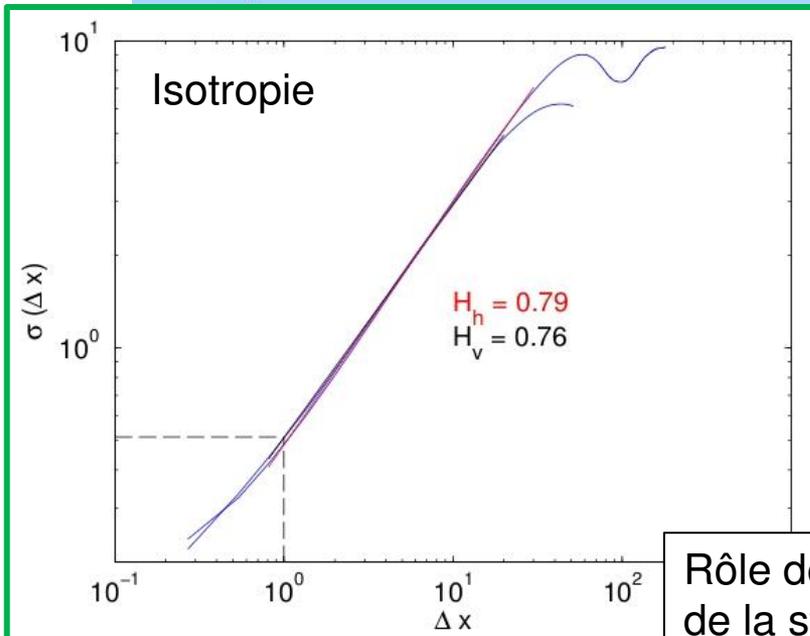
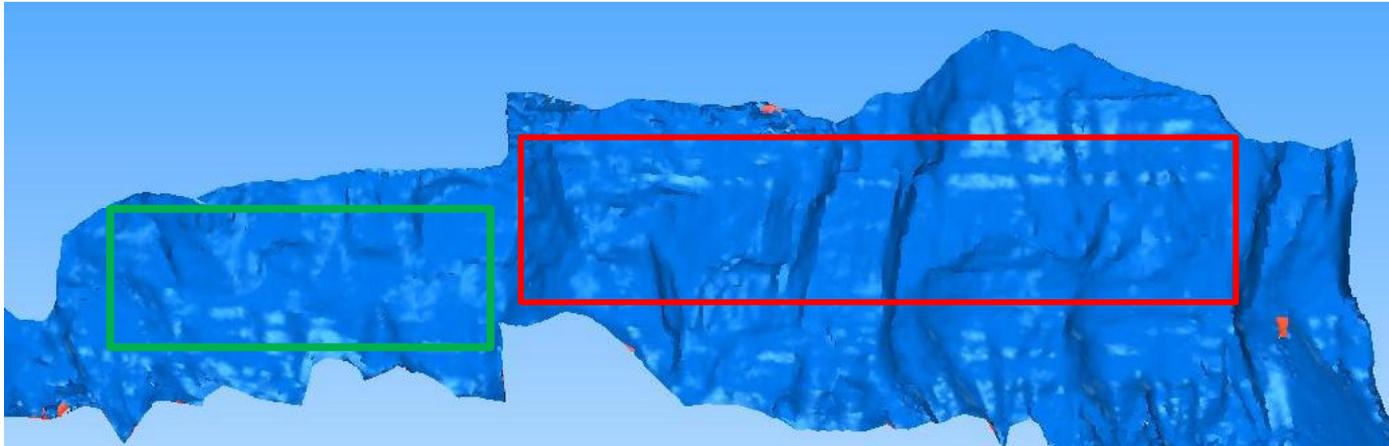
Cas des Falaises, Auto-affinité + anisotropie



Relations ?

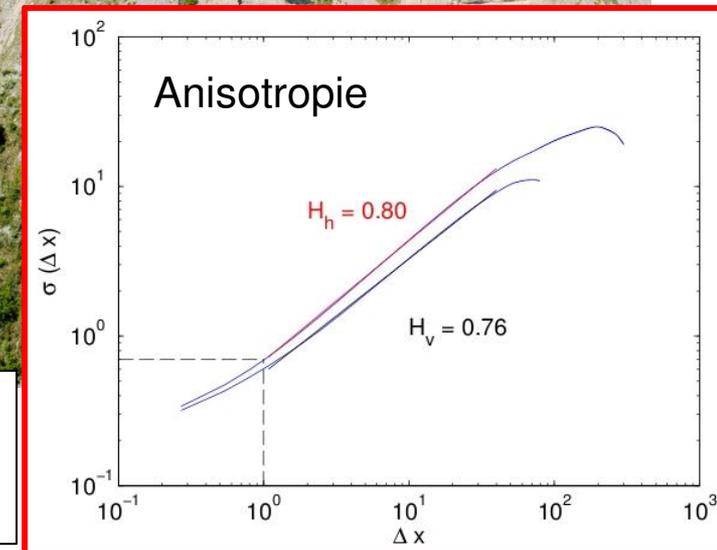
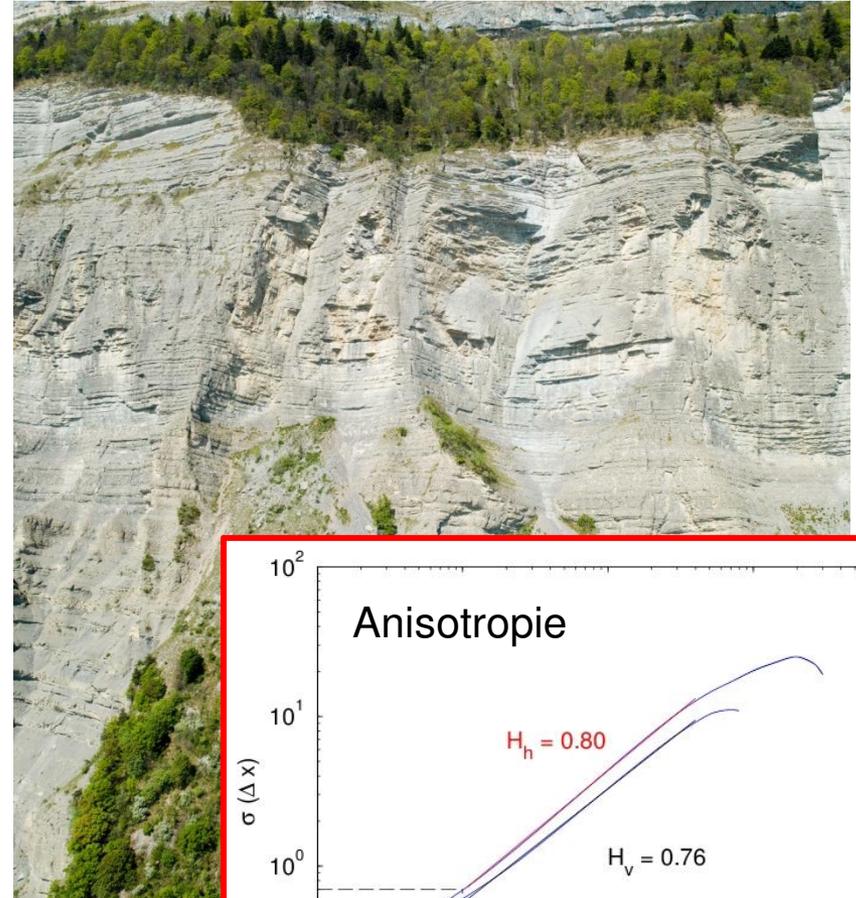
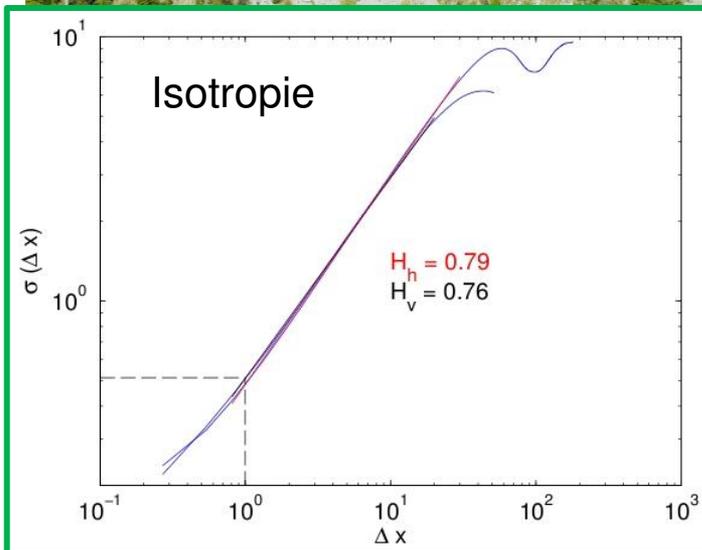
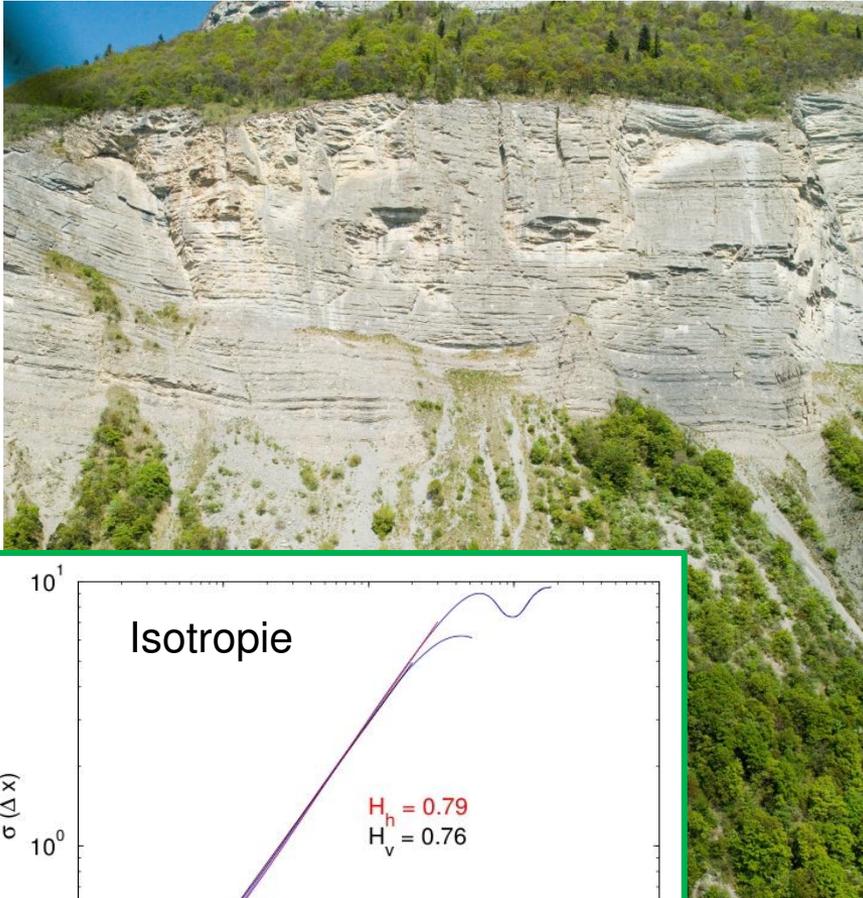


Aspects plus fondamentaux : Propriétés morphologiques des falaises, lien entre la morphologie des falaises et les chutes de blocs



Rôle de la fracturation,
de la structure,
de la tectonique ?

Aspects plus fondamentaux : Propriétés morphologiques des falaises, lien entre la morphologie des falaises et les chutes de blocs



Rôle de la fracturation,
de la structure,
de la tectonique ?

Retombées attendues :

Relation entre l'activité d'érosion et les évolutions récentes du climat

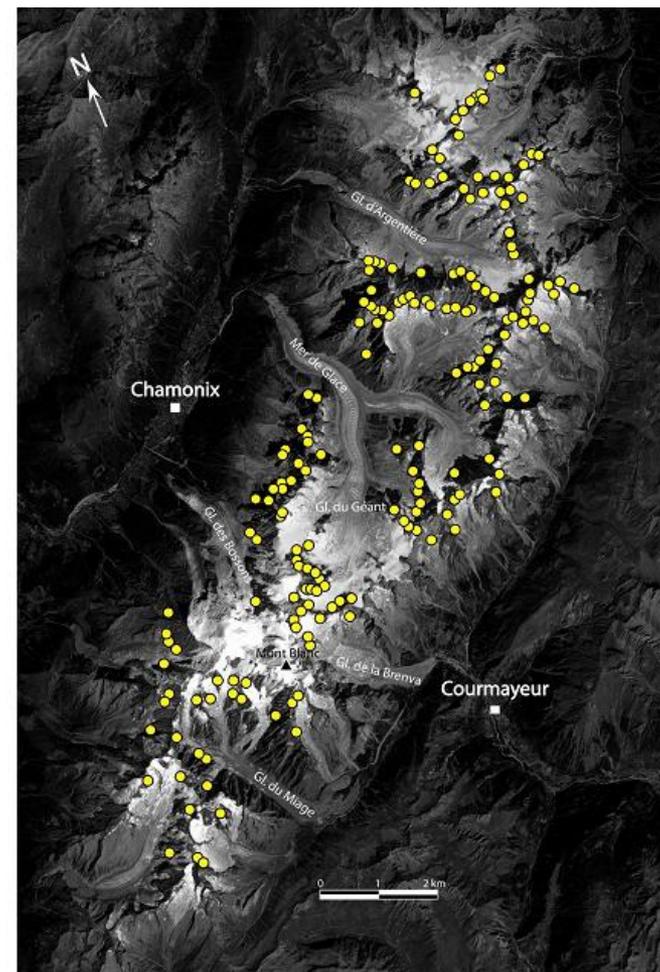
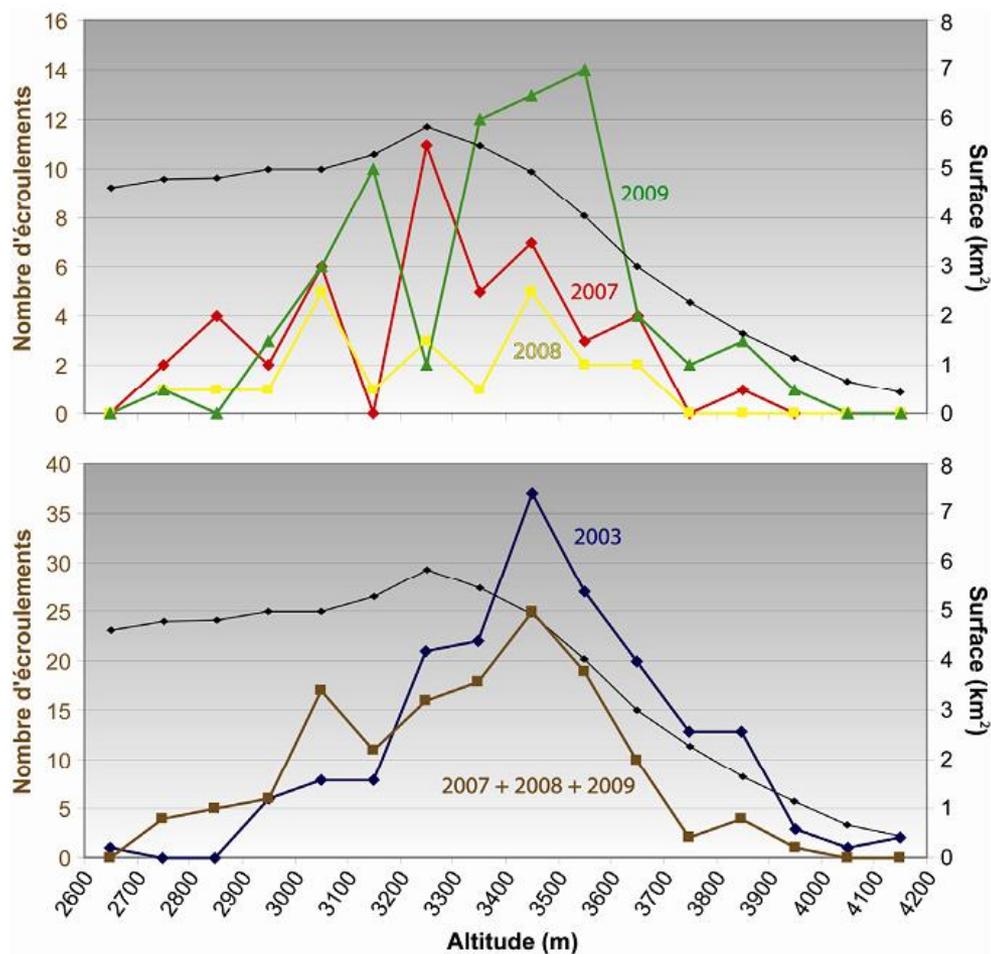
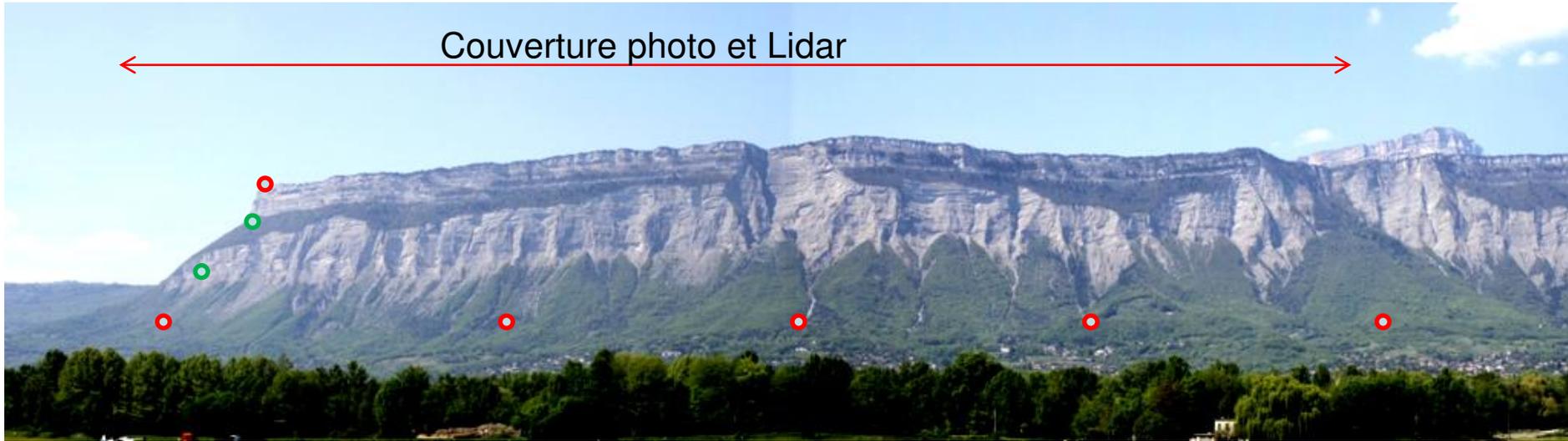


Fig. 8.14 – Position des 182 écoulements de 2003 sur un secteur de l'image satellite SPOT-5 panchroma 051/257 du 23 août 2003 (10 h 50 TU). Position of the 182 rockfalls of 2003 on a sector of the panchrom SPOT-5 satellite image 051/257 of the 23 August 2003 (10:50 GMT).

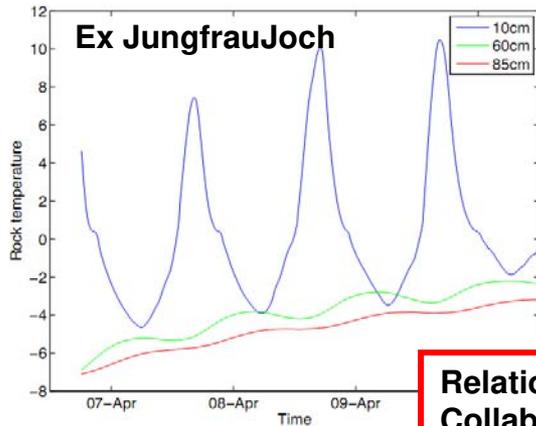
Perspectives :

Développement possible vers un observatoire des falaises

Couverture photo et Lidar



- Station météo, température de la roche à différentes profondeurs

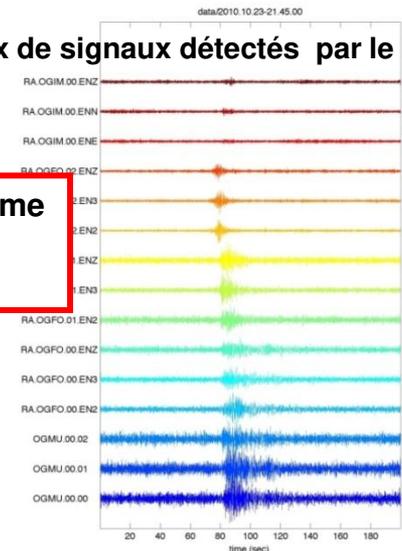


Relation avec le climat
Collab. Univ. Zurich, S. Gruber

- Détection sismologique des chutes de blocs

Relation énergie sismique/volume
Technique en développement
sur Séchilienne

Ex de signaux détectés par le RAP



Conclusion :

Réalisation d'un état 2011 de la morphologie pour deux sites rocheux de l'Y grenoblois
- possibilité d'estimer précisément l'érosion dans le futur

Mise au point d'une méthodologie associant photogrammétrie argentique, numérique
et Lidar

- valorisation de clichés argentiques et/ou numériques
- possibilité d'estimer l'érosion passée sur une dizaine d'années

Mise en œuvre

- éboulement de la dent de Crolles d'octobre 2010
- en cours: éboulement du Néron (aout et décembre 2011) ,
éboulement de Crolles (15 janvier 2012)

Prolongement

Atelier d'observation (soutenu par l'OSUG)

La question des coûts:

2010-2011: Budget PGRN (9500 euros) + fonds propres (ISTerre), reliquats (DA)

Investissement 2010-2011:

Logiciel commercial :	2500 euros
Appareil Photo:	1600 euros

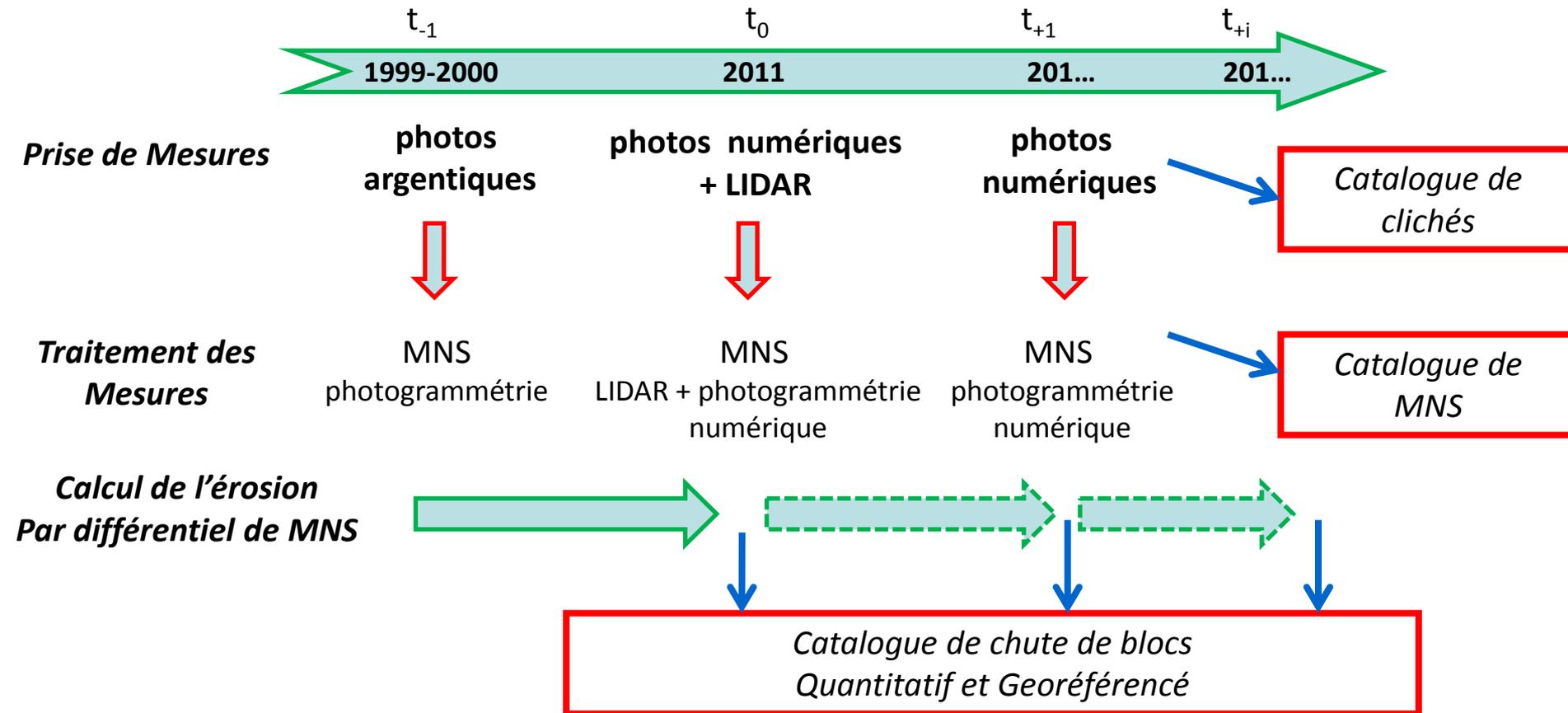
Fonctionnement 2010-2011:

Stagiaire INSA (6 mois, Photogrammétrie, mise au pont de la chaine de traitement) **3000 euros**
missions : **500 euros**

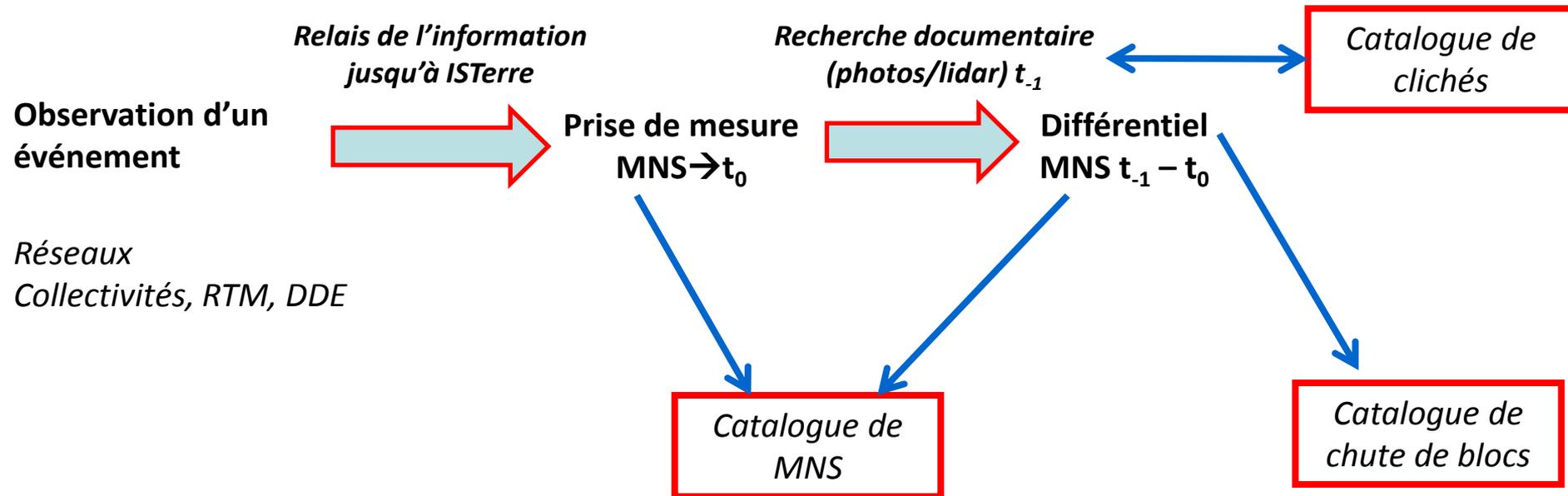
t-1 : scan photogramétrique de photographies argentiques :

30 euros / photos: 600 euros pour la dent de Crolles

t0 : Mission Lidar+ Photo numérique HR St Eynard + Dent de Crolles : **12500 euros**

OMIV- Observatoire des falaises**Schéma d'intervention périodique à intervalle régulier (Y grenoblois)**

Partenariat : Edytem, Symme, Université de Savoie (mesures Lidar, photogrammétrie, catalogues Savoie/Haute Savoie)
 BRGM (différentiels Lidar, falaises côtières Normandie)
 Membres du groupe OMIV (catalogues de clichés)

Observatoire des falaises**Schéma d'intervention sur des événements exceptionnels**

Partenariat : RTM, DDE, collectivités territoriales (relais d'information)

Réseaux RAP et SISMALP (Détection sismologique des chutes de blocs majeurs)

Membres du groupe OMIV (relais d'information)