

Influence du climat sur les éboulements

Didier HANTZ

ISerre, Université Grenoble-Alpes



Influence du climat sur les éboulements

La haute montagne (permafrost)

Ice thawing, mountains falling
Are alpine rock slope failures increasing?

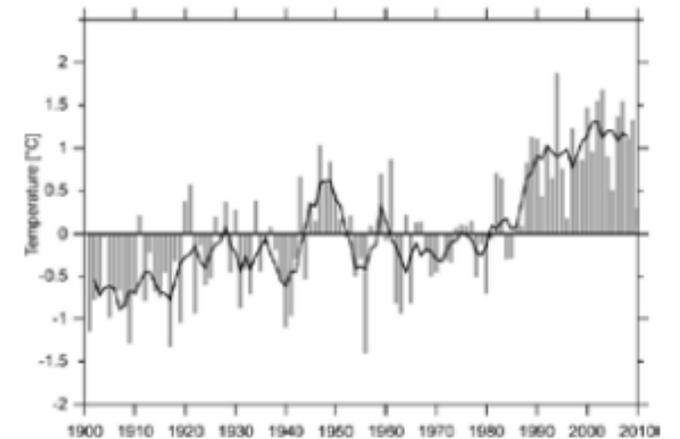
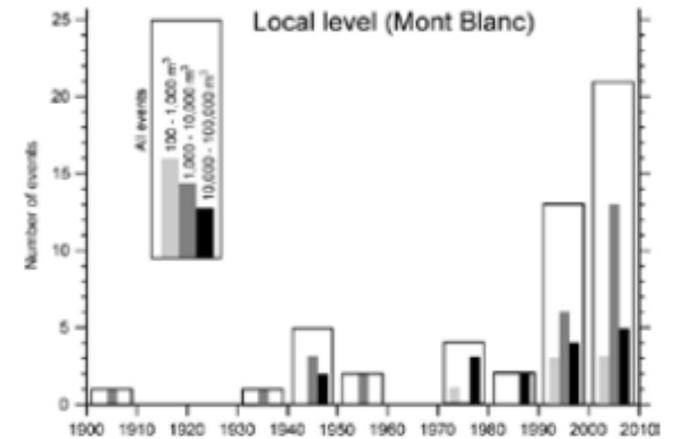
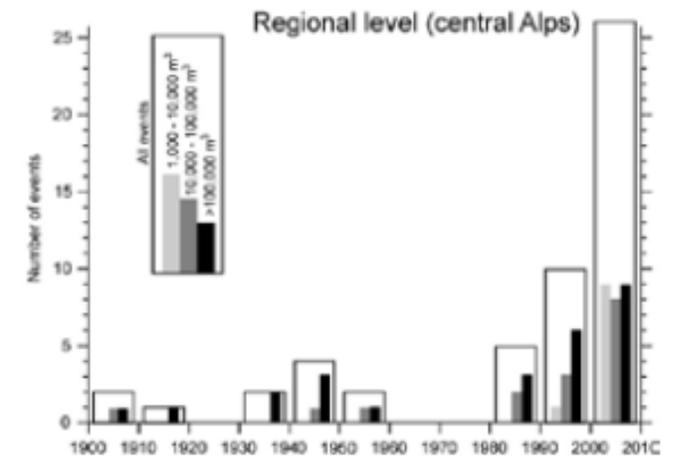
C. Huggel₁, S.

Allen₂, P. Deline₃, L.

Fischer₄, J. Noetzli₁

& L. Ravanel₃

Et la moyenne montagne ?



Influence du climat sur les éboulements

Le site d'étude

- Site : Mont Saint-Eynard (agglomération grenobloise)
- Falaise de calcaire séquanien scannée annuellement sur 800 m de largeur depuis 2009 par l'Université de Lausanne (scanner laser terrestre) et photographiée en continu par un appareil automatique depuis 2013
- **Altitude : 900-1100 m**
- Exposition : Sud-Est
- En 8 ans : 825 chutes > 0,1 m³ ; 123 chutes > 1 m³



Influence du climat sur les éboulements

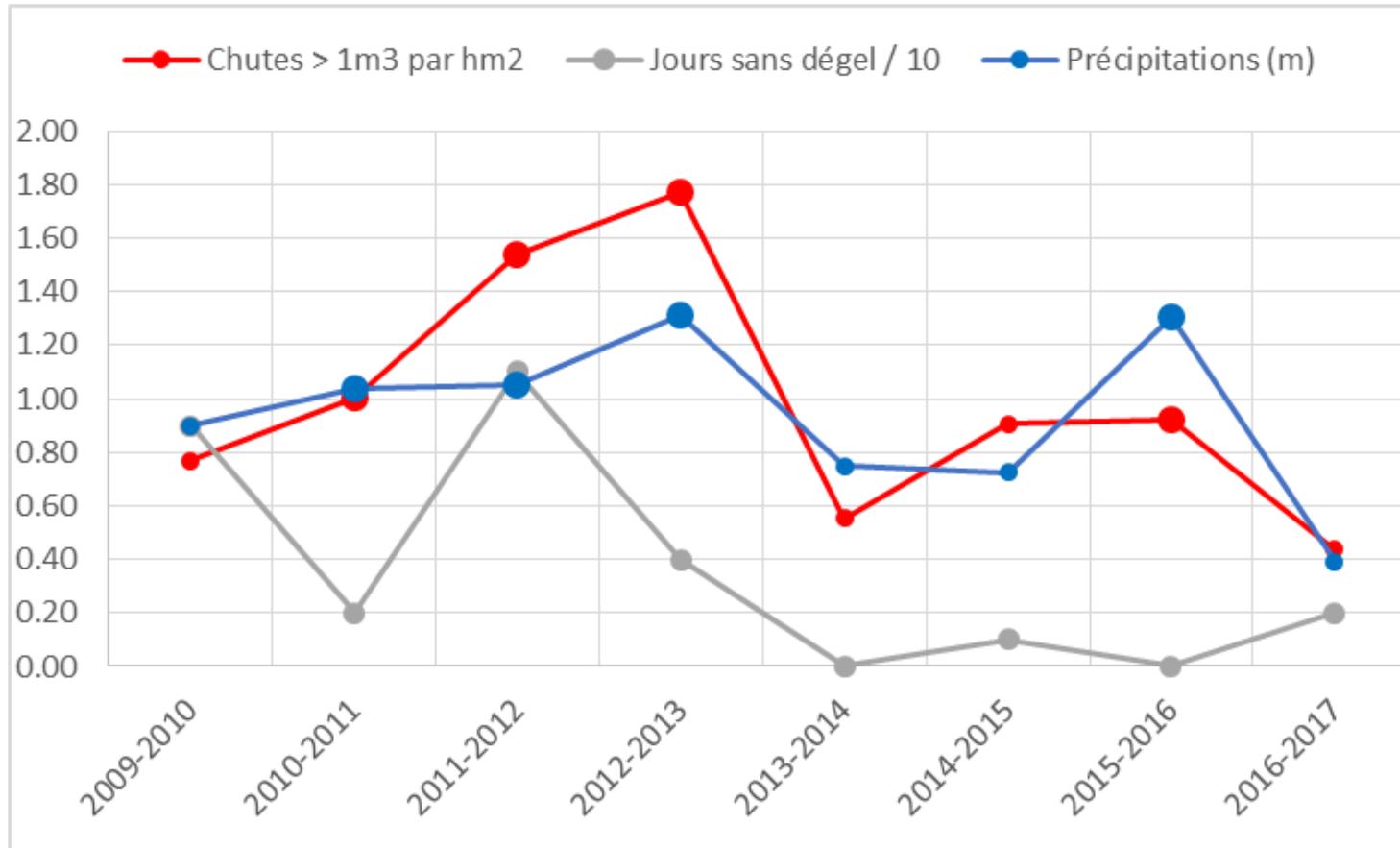
Les analyses effectuées

1. Variations interannuelles de la fréquence : BD de 123 chutes $> 1 \text{ m}^3$, de 2009 à 2017, datés grâce aux scans laser annuels (*analyse sur les chutes $> 1 \text{ m}^3$, pour avoir une résolution homogène sur toute la période, celle-ci étant moins bonne les 2 premières années*)
2. Variations mensuelles de la fréquence : BD de 854 chutes $> 0,002 \text{ m}^3$, en 887 jours de novembre 2012 à avril 2015, datées à partir de photos mensuelles au téléobjectif
3. Variations journalières : BD de 214 chutes $> 0,04 \text{ m}^3$, en 810 jours de février 2013 à avril 2015, datées à partir de photos automatiques au grand angle, prises toutes les 10 mn

Influence du climat sur les éboulements

Variations interannuelles de la fréquence

Fréquence des éboulements de plus de 1 m³ dans la falaise du Mont Saint-Eynard (en nombre de chutes par hm² et par an), données météo ROMMA

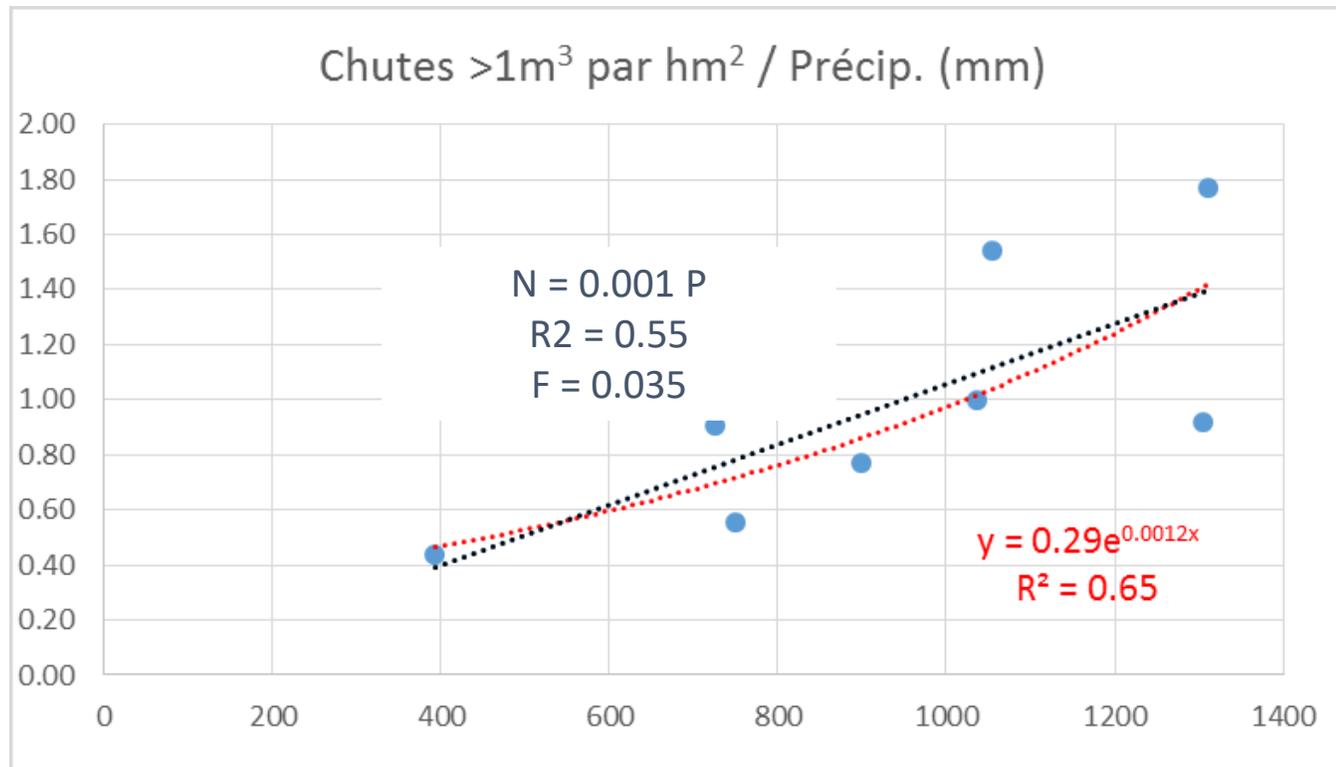


Les 4 années les plus actives correspondent aux 4 années de plus fortes précipitations

Influence du climat sur les éboulements

Variations interannuelles de la fréquence

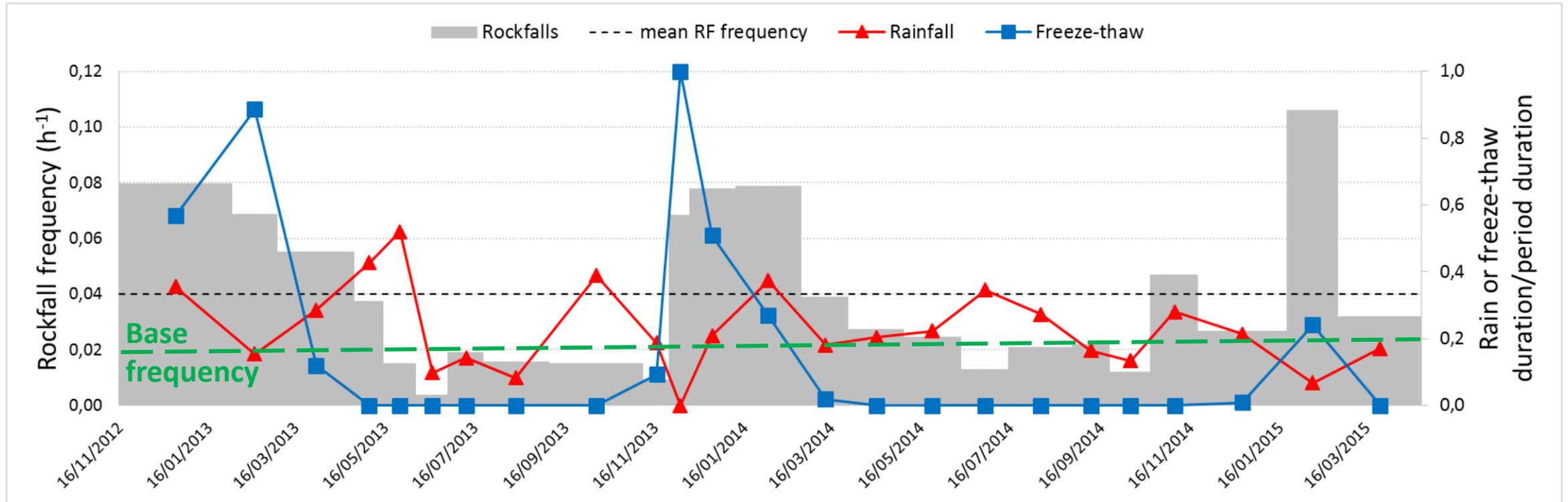
Corrélation entre le nombre de chutes de plus de 1 m^3 par hm^2 au Mont Saint-Eynard et le cumul des **précipitations**



- $F = 0.035$ au test de Fisher (la probabilité que la corrélation observée soit due au hasard est de 3.5%)
- Une régression linéaire multiple avec les précipitations et le **nombre de jours sans dégel** comme variables explicatives donne un coefficient de détermination de 0,67 contre 0,55 avec les précipitations
- Une loi exponentielle est plus réaliste car des chutes peuvent se produire sans précipitation ni gel-dégel

Influence du climat sur les éboulements

Variations "mensuelles" de la fréquence



Les 7 périodes avec la proportion de gel-dégel la plus grande donnent les fréquences les plus élevées

L'influence de la pluie n'est pas évidente

50% de la variabilité peut être expliquée par le gel-dégel et la pluie

50% des chutes se produisent sans gel-dégel ni pluie (fréquence de base)

La fréquence de base est multipliée par 7 en période de gel-dégel

Influence du climat sur les éboulements

Variations fines de la fréquence

	Duration (h)	Number of rockfalls	Rockfall frequency (h ⁻¹)	Amplification
Complete period	19440	98	0.0050	
Rainfall episods	4282	51	0.0119	4.7
Freeze-thaw episodes	2084	14	0.0067	2.7
No meteorological factor	13107	33	0.0025	1

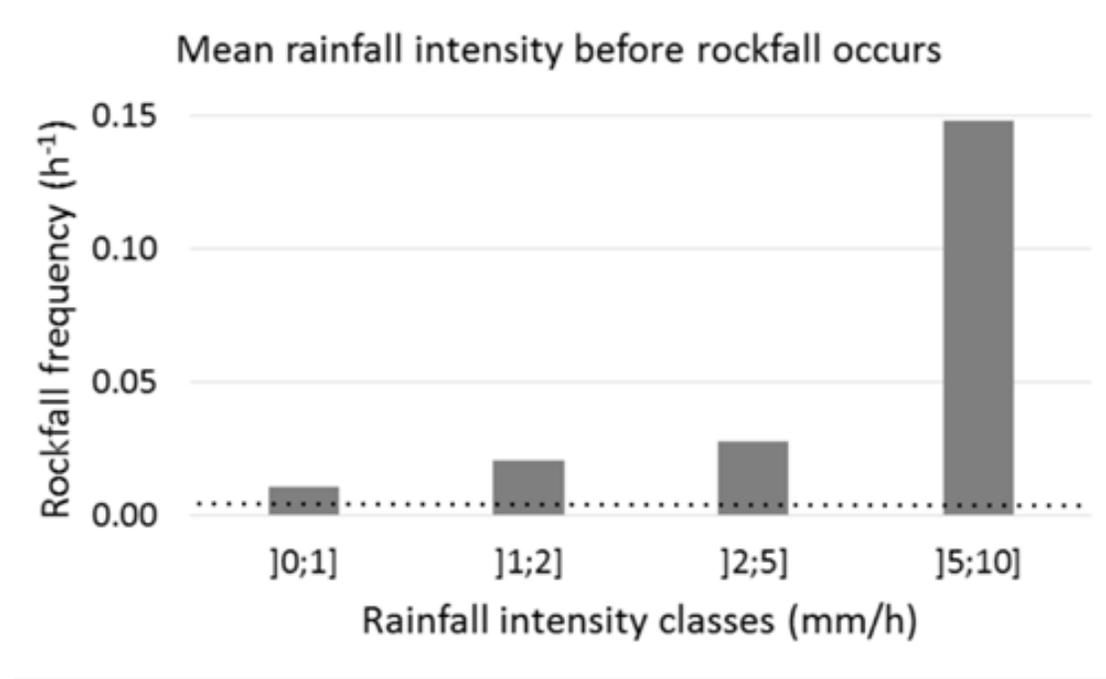
Effet du changement climatique

- 50% des chutes se produisent pendant un épisode pluvieux
- 15% pendant un épisode de gel-dégel
- 35% hors gel-dégel et précipitations
- Aucune influence de la température



Influence du climat sur les éboulements

Variations fines de la fréquence



- Durant un épisode pluvieux, la fréquence de chute est multipliée par 4 en moyenne
- Mais elle est plus importante encore lors de certains épisodes pluvieux, notamment lorsque l'intensité moyenne (depuis le début de l'épisode) dépasse 5 mm/h (amplification de 30)

Influence du climat sur les éboulements

Variations fines de la fréquence

	Duration (h)	Number of rockfalls	Rockfall frequency (h ⁻¹)	Amplification
Complete period	19440	98	0.0050	
Rainfall episodes	4282	51	0.0119	4.7
Freeze-thaw episodes	2084	14	0.0067	2.7
No meteorological factor	13107	33	0.0025	1
Negative cooling periods	846	2	0.0024	1
Negative warming periods	374	2	0.0053	2.1
Thawing periods	864	10	0.0116	4.6

- Durant un épisode de gel-dégel, la fréquence de chute est multipliée par 3 en moyenne
- Mais elle est plus importante encore pendant les périodes de réchauffement (à température négative ou positive)

Influence du climat sur les éboulements

Proposition d'une échelle de "risque" d'éboulement

- **Fréquence de base du site** : aucune pluie ou épisode de gel-dégel depuis au moins 24 h
- **Fréquence élevée (facteur d'influence > 4)** : réchauffement à température négative, dégel (défini à partir du potentiel de gel) ou si la pluie cumulée dépasse 30 mm (depuis le début de l'épisode pluvieux)
- **Fréquence très élevée (facteur d'influence > 16)** : intensité de pluie moyenne supérieure à 5 mm/h depuis le début d'un épisode pluvieux de plus d'une heure

Influence du climat sur les éboulements

Conclusion

- Aucune influence des fortes températures
- La pluie est le facteur déclenchant principal (en fréquence annuelle et ponctuelle), notamment les intensités fortes sur plusieurs heures
- Le gel-dégel est le second facteur déclenchant
- Il est envisageable de prévoir l'augmentation du risque en fonction des prévisions météo

