



**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**



Aléa rocheux : du qualitatif au quantitatif

D. Hantz, Q. Ventroux (ISTerre)

J-P. Rossetti (Alp'géorisques)

F. Berger (IRSTEA)

Organisation



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



Collaborations scientifiques



Méthodologie de gestion du risque rocheux

d'après le Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (ISSMGE, IAEG, ISRM)

Etude d'aléa

Analyse des conséquences
(dommages potentiels humains ou matériels)

Détermination du risque annuel
(humain, économique)

Evaluation du risque
(acceptation ou non)

Gestion du risque

- Surveillance
- Zonage réglementaire
- Réduction de la vulnérabilité
- Réduction de l'aléa



Analyse de l'aléa rocheux

Aléa rocheux



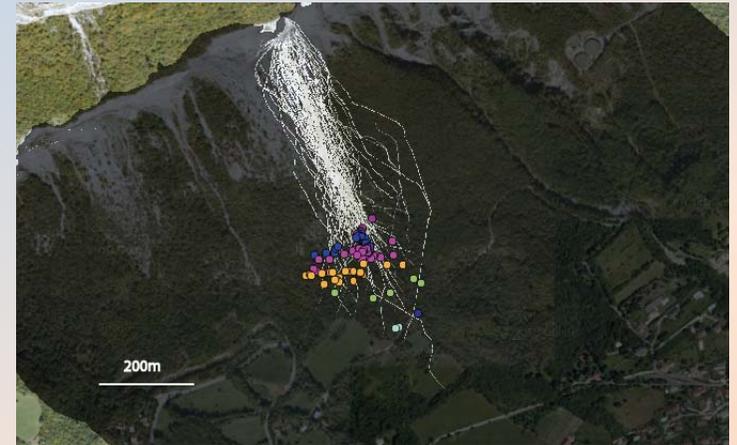
- **Aléa de rupture :**
probabilité ou fréquence de rupture
(en fonction du délai considéré)

- **Aléa de propagation :**
probabilité (conditionnelle) de propagation
jusqu'à un point donné (avec une énergie
cinétique minimale donnée)



Dire d'expert

*Dire d'expert ou
modélisation mécanique*



Analyse de l'aléa rocheux

Aléa rocheux

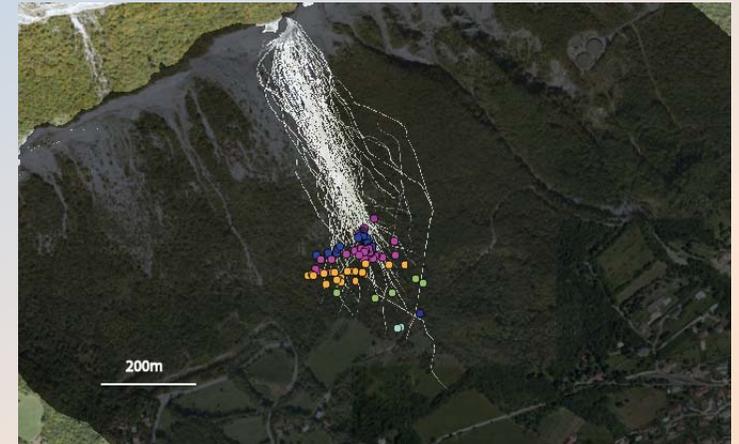


- **Aléa de rupture :**
probabilité ou fréquence de rupture
(en fonction du délai considéré)



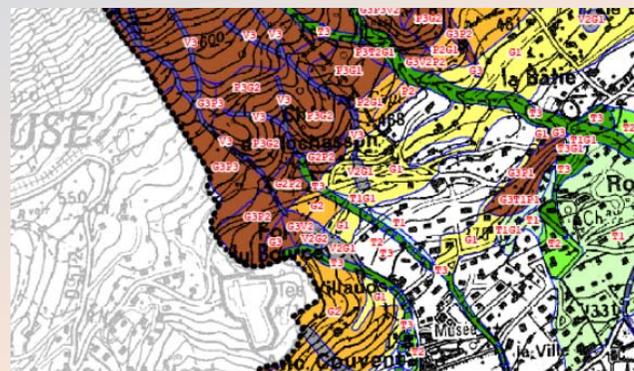
- **Aléa de propagation :**
probabilité (conditionnelle) de propagation
jusqu'à un point donné (avec une énergie
cinétique minimale donnée)

*Dire d'expert ou
modélisation mécanique*



- **Aléa résultant :**
Probabilité ou fréquence d'impact en un
point donné

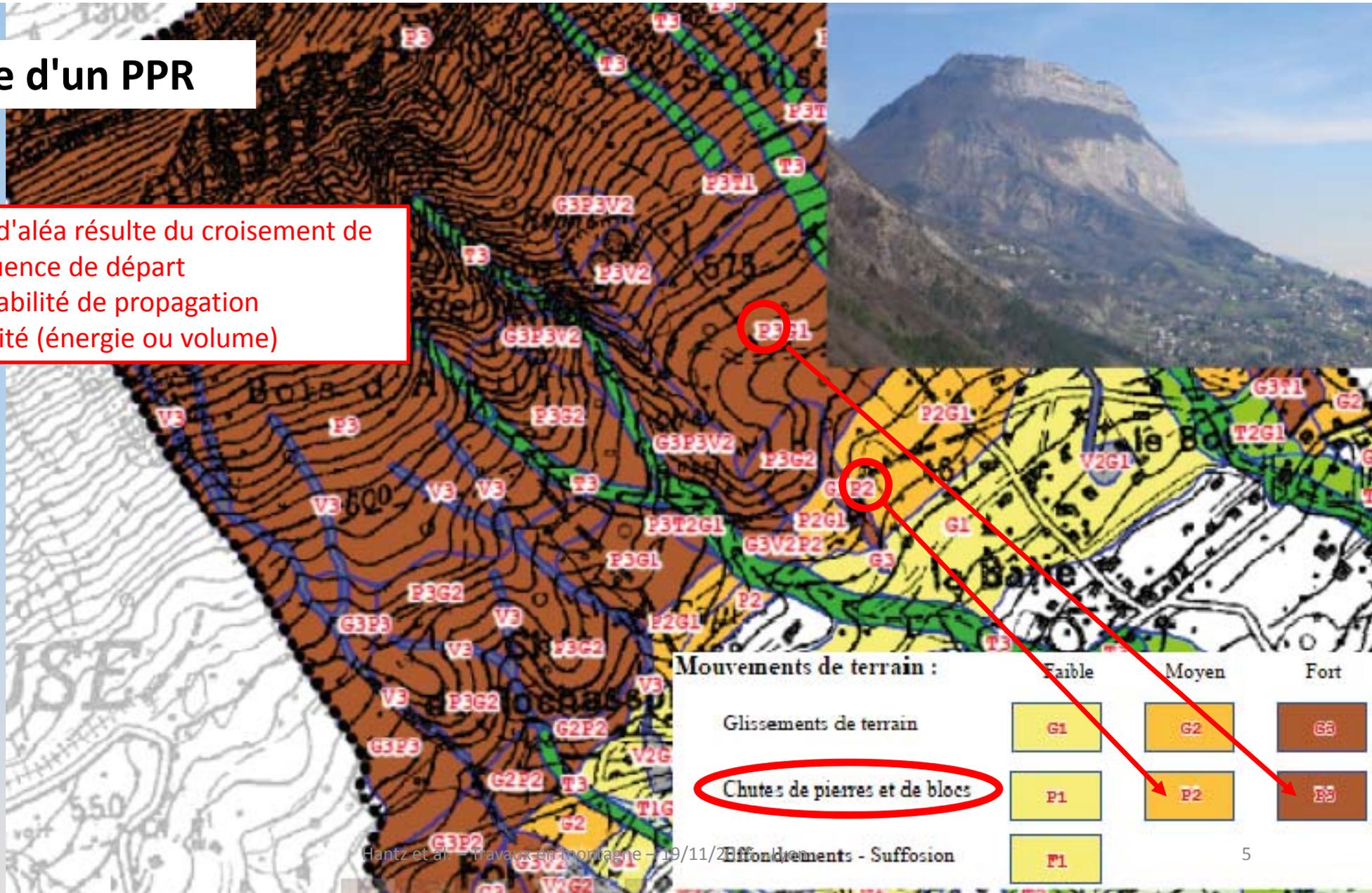
*Forcément qualitatif
et subjectif*



Exemple d'un PPR

Le niveau d'aléa résulte du croisement de

- la fréquence de départ
- la probabilité de propagation
- l'intensité (énergie ou volume)



Objectif : simulation spatio-temporelle d'un aléa

1. Volume total des chutes (par exemple, sur 1000 ans)

2. Distribution en blocs de différents volumes

3. Simulation des trajectoires

4. Fréquence d'impact sur les enjeux
Par exemple : nombre de blocs par m^2
(de volume $> 1m^3$)

*Application
au Mont Saint-Eynard*

1. Volume total des chutes

Chutes détectées par comparaison de modèles numériques de falaise obtenus par scanner laser terrestre
(Exemple: Mont Saint-Eynard)

Critère de détection:
écart > 10 cm

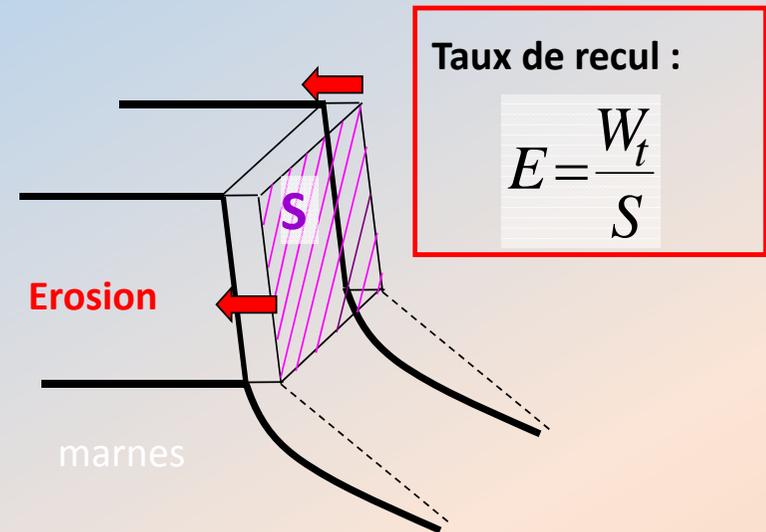
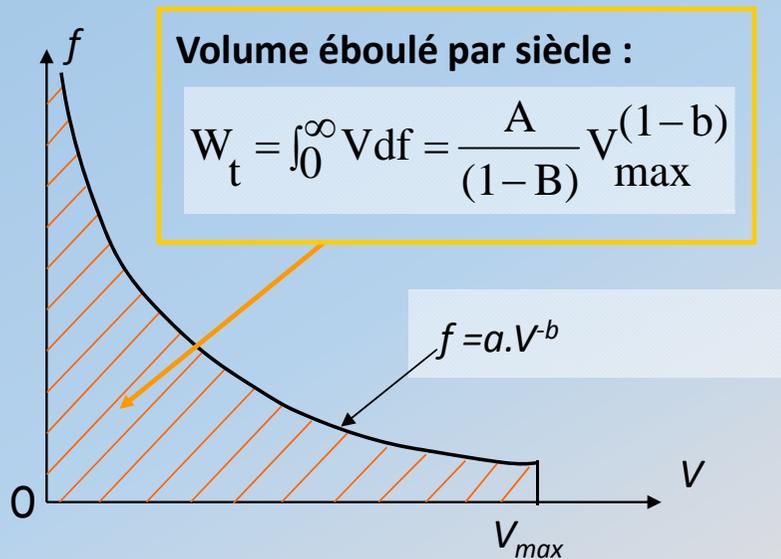
233 chutes > 0.1 m³
détectés entre 2009 et
2012



Inventaire des chutes de plus de 0,1 m³ (100 l) dans différentes falaises de l'agglomération grenobloise
établi par ISTerre et l'UNIL à partir de mesures par scanner laser terrestre

Falaise	Gorgette	St-Eynard inf.	St-Eynard sup	Chabloz	Venosc
Roche	calcaire lité	calcaire lité	calcaire massif	calcaire massif	gneiss massif
Nombre de chutes observées en 3 ans	64	233	3	2	12
Surface (hm ²)	5	13	8	10	37
Fréquence spatio- temporelle (hm⁻².an⁻¹)	3.85	5.57	0.12	0.06	0.10
Exposant (B)	0.64	0.75			0.38

1. Volume total des chutes

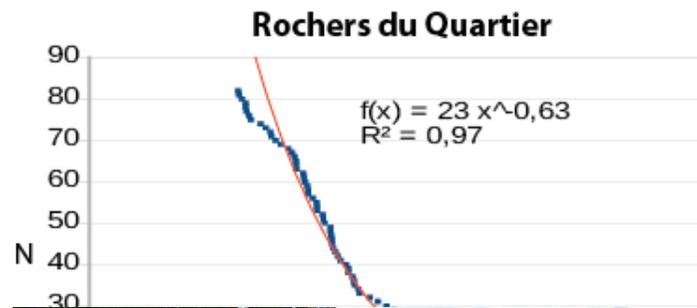
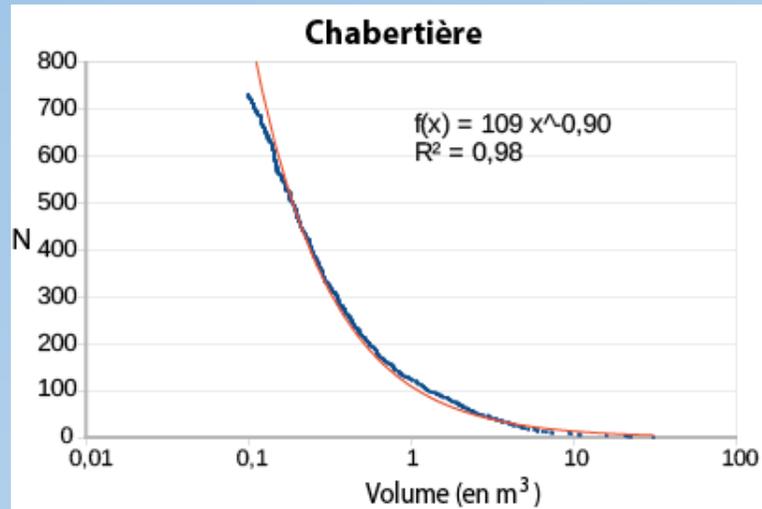


Cas du Mont Saint-Eynard (falaise inférieure)

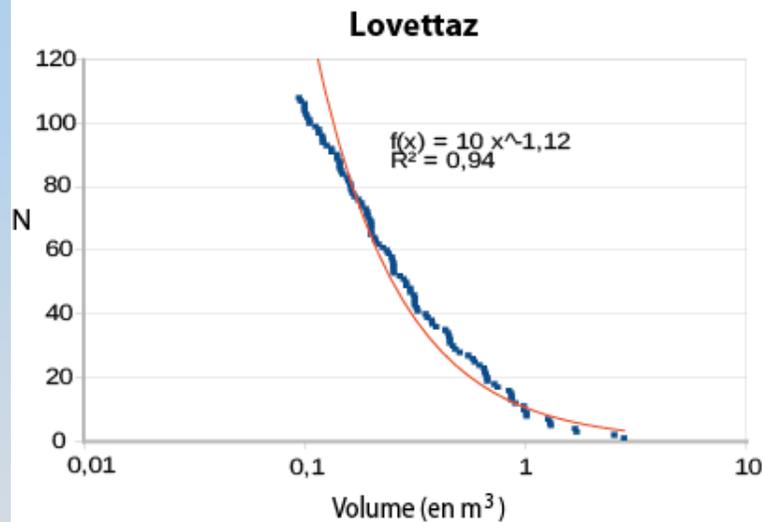
$$A = 10^{-4} \text{ an}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} ; B = 0,7 ; V_{max} = 10^6 \text{ m}^3 ; W = 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

La falaise recule de 2 m par siècle

2. Distribution en blocs de différents volumes



$$n = av^{-b}$$



2. Distribution en blocs de différents volumes

Le volume total éboulé est relié aux paramètres de la loi de distribution des volumes de blocs :

$$W = \frac{a}{(1-b)} v_{max}^{(1-b)}$$

a : nombre de blocs > 1m³

b : paramètre caractéristique du massif rocheux, reflétant la distribution entre petits et gros blocs

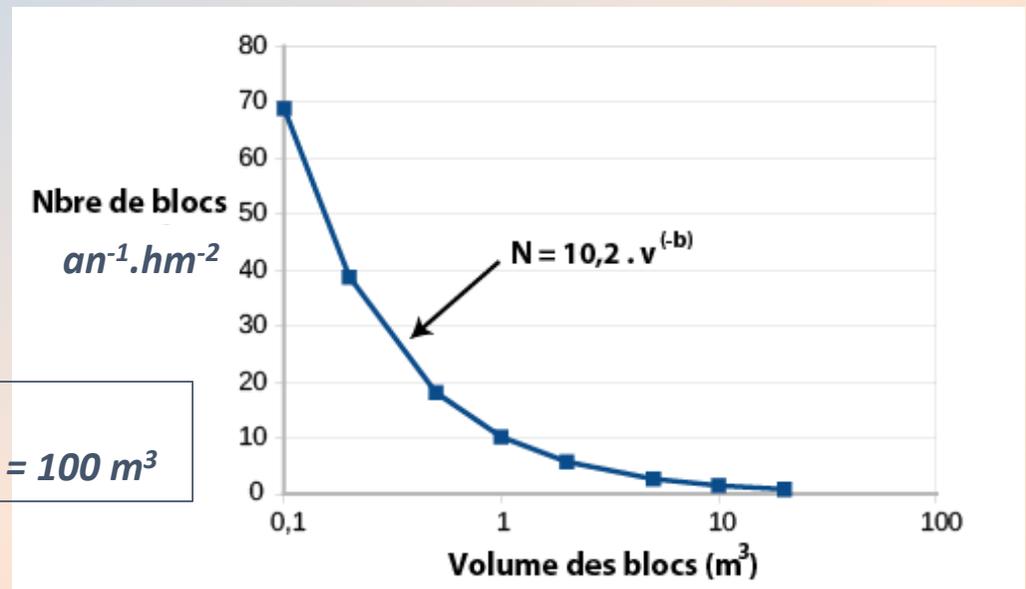
v_{max} : volume maximal d'un bloc

Connaissant W, b et v_{max} , on peut déterminer a, et connaître ainsi le nombre de blocs de différentes tailles

$$a = \frac{(1-b)W}{v_{max}^{(1-b)}}$$

Ca s du Mont Saint-Eynard

$W = 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$; $b = 0,83$; $v_{max} = 100 \text{ m}^3$



3. Simulation des trajectoires

Simulation des chutes
des blocs tombant du
Saint-Eynard sur 1000 ans

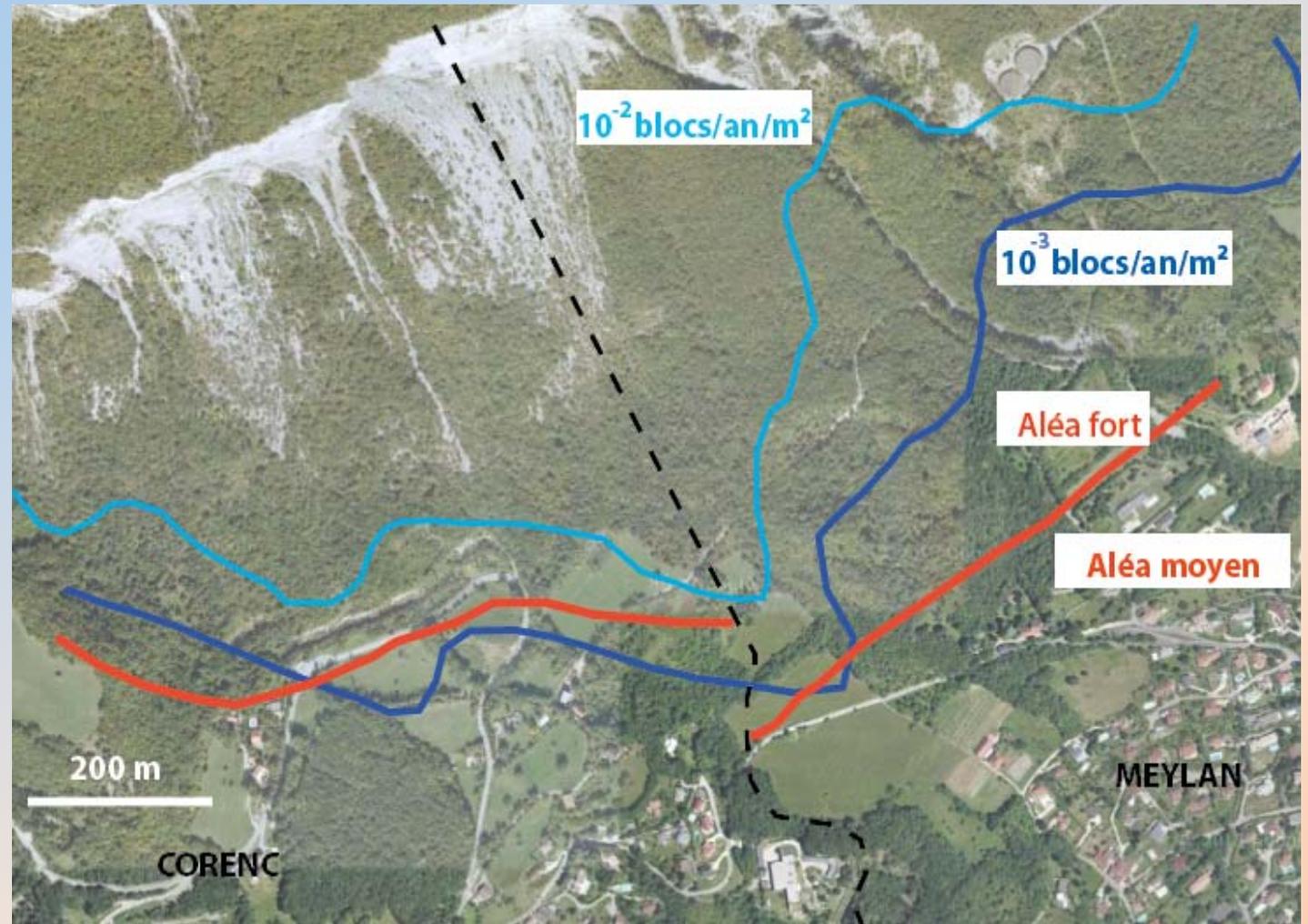
Logiciel Rockyfor3D
(*Dorren et Berger, 2012*)



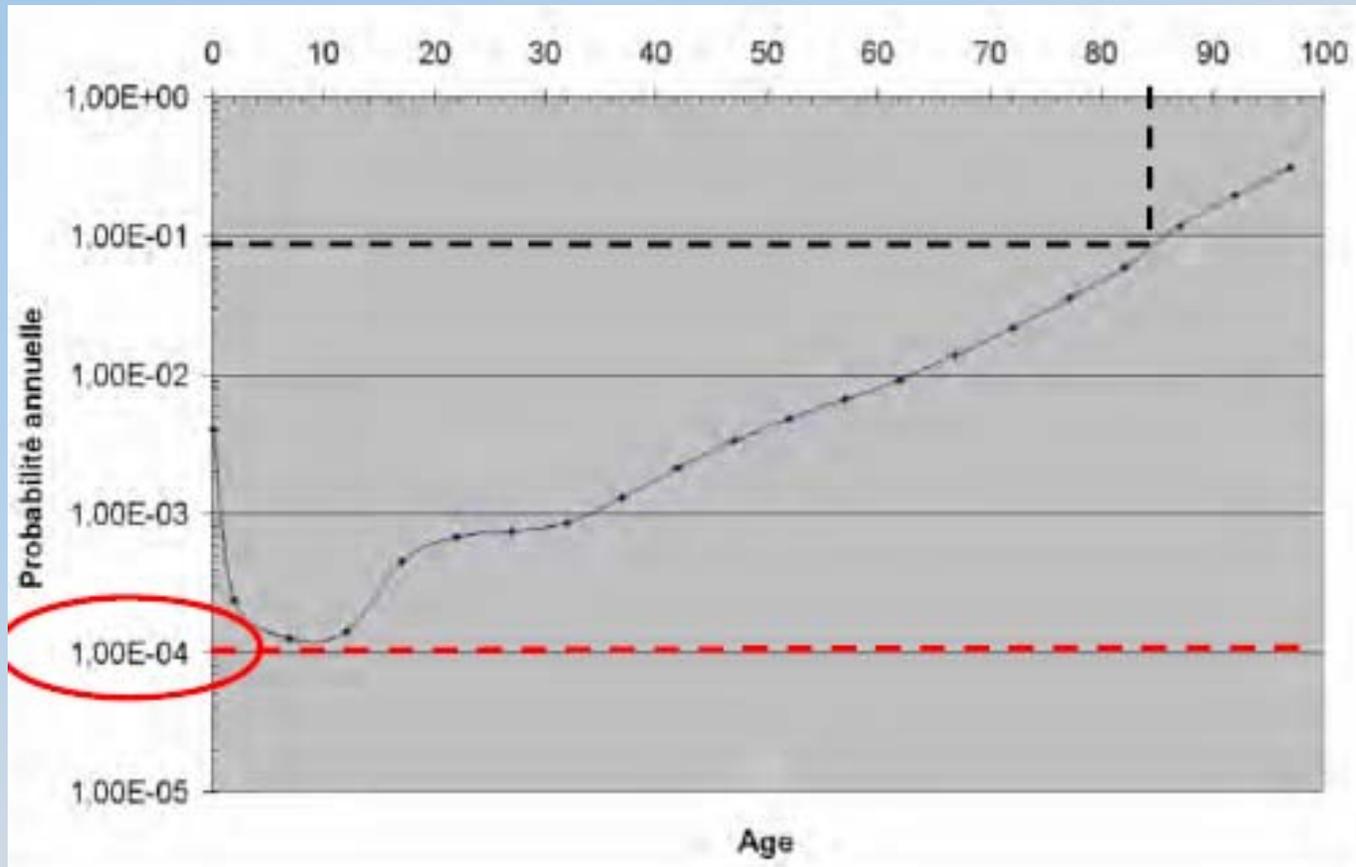
4. Fréquence d'impact sur les enjeux

Mont Saint-Eynard

Fréquence d'impact des blocs $>1\text{m}^3$



Probabilité annuelle de décès en France



Taux de mortalité annuelle en France :

- à 65 ans : 10^{-2}
- à 35 ans : 10^{-3}
- à 10 ans : 10^{-4}

Conclusion

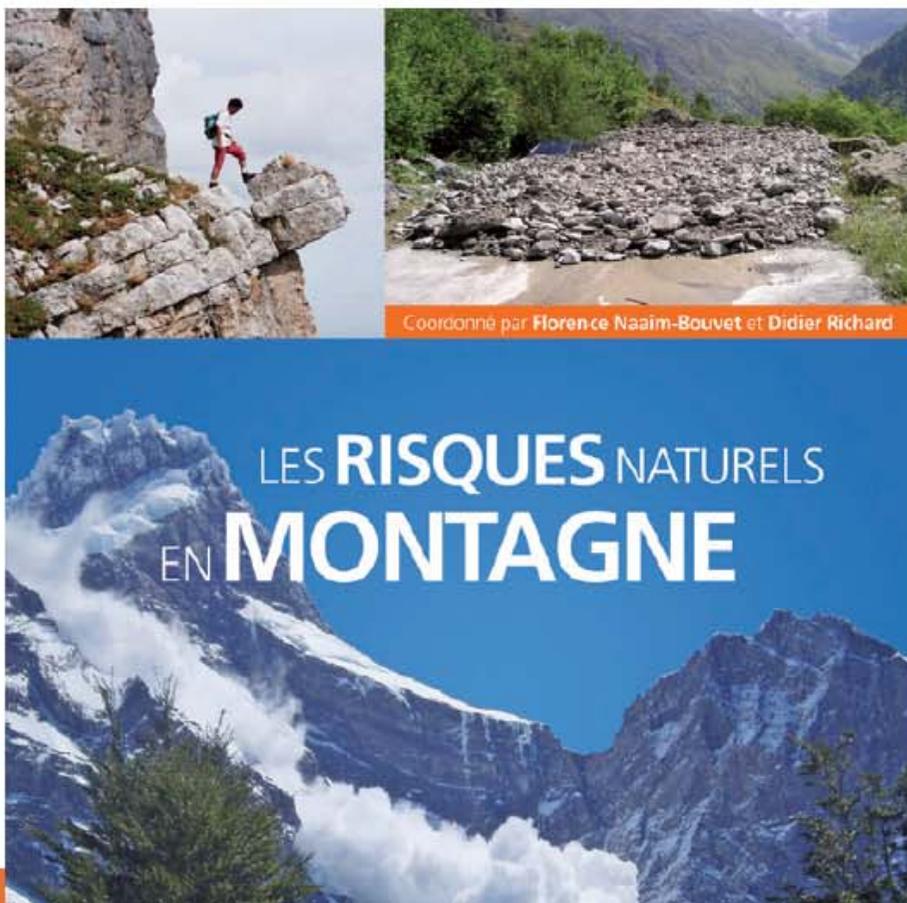
Aléa rocheux : du qualitatif au quantitatif

Yes we can!

MAIS

- Meilleure connaissance des fréquences de départ (ou des vitesses de recul)
- Meilleure connaissance de la fragmentation des masses rocheuses en blocs

Un livre des Éditions Quæ



Les risques naturels en montagne

Florence Naaim-Bouvet, Didier Richard, coord.
2015, Éditions Quæ

Hors collection

392 pages

ISBN 978-2-7592-2386-2, référence 02493

44,00 euros

Disponible au format numérique sur www.quae.com



Merci de votre attention

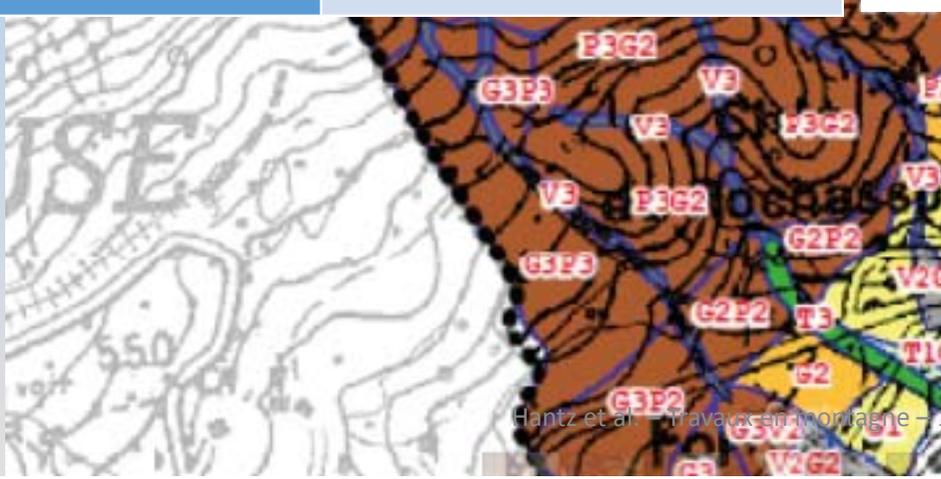
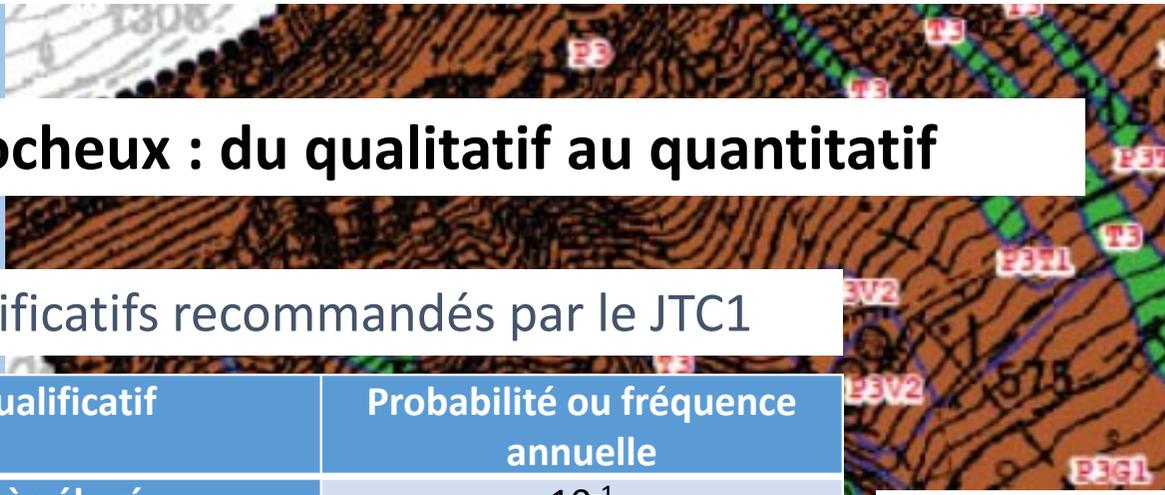
Aléa rocheux : du qualitatif au quantitatif

Qualificatifs recommandés par le JTC1

Qualificatif	Probabilité ou fréquence annuelle
très élevé	10^{-1}
élevé	10^{-2}
moyen	10^{-3} à 10^{-4}
faible	10^{-5}
très faible	$< 10^{-6}$ →

} Taux de mortalité annuel

Risque humain acceptable par l'Office Fédéral des Routes



Mouvements de terrain :

	Faible	Moyen	Fort
Glissements de terrain	G1	G2	G3
Chutes de pierres et de blocs	P1	P2	P3
Effondrements - Suffosion	F1		

1. INTRODUCTION de l'aléa au risque

selon le Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (Fell et al., 2008)

