

Journée Scientifique et Technique

21 mars 2017 – FRTP (Lyon)



Chutes de Blocs
Risques **R**ocheux
Ouvrages de **P**rotection

Modélisation quantitative du risque rocheux pour le zonage réglementaire



Manon FARVACQUES
IRSTEA



Action R.3.1.2 : Modélisation quantitative du risque rocheux pour le zonage réglementaire

■ Description de l'action

Pilote : Nicolas ECKERT (Irstea, UR ETNA)

Objectifs:

- Développement/amélioration des méthodologies d'évaluation quantitative du risque pour le zonage réglementaire.
- Couplage modèles d'aléa et modèles de vulnérabilité/coût.
- Méthodologies appliquées pour les bâtiments d'habitation et leurs occupants, extension à des systèmes à risque différents et/ou plus complexes.

■ Phases prévisionnelles de l'action

- Revue et choix des modèles de vulnérabilité/coût (rétro-analyses d'événements réels, analyses de laboratoire, expériences numériques).
- Travail de couplage débouchant sur des formules de calcul de risque individuel et collectif.
- Prise en compte de parades « types » induisant une modification du risque et du zonage réglementaire.
- Implémentation sur quelques cas d'études réels ou semi-réels traités par le projet.

Bilan des travaux réalisés en tranche 1

■ **Réflexion générique / transposition**

Article multi-risque : « Repenser les fondements du zonage réglementaire des risques en montagne récurrents », par N. Eckert, M. Naaim, F. Giacona, P. Favier, A. Lavigne, D. Richard, F. Bourrier, E. Parent.

Article en révision, publication prochaine. Composante chute de blocs importante et C2ROP explicitement mentionné dans les remerciements.

■ **Partenariats/données**

Rassemblement et centralisation des données existantes sur les Alpes Françaises :

- Partenariats acquis : CD06, CD38, CD73, Métropole Nice, Délégation Nationale RTM.
- Partenariats en cours de développement : CD04, CD05, CD74, BRGM, SNCF.

■ **Recherche de co-financement**

Bourse de thèse complète de la région Auvergne Rhône obtenue grâce au fort soutien de C2ROP et d'INDURA. Intitulé : « Évaluation quantitative du risque rocheux : de la formalisation à l'application sur les zones urbanisées et les linéaires ». Démarrée au 1^{er} octobre 2016.

■ **Travail de thèse**

Réalisation d'une première synthèse bibliographique spécifique à l'évaluation quantitative du risque rocheux.

Prévisions pour la tranche 2

■ Budget tranche 2

- Budget total : 50 k€
- Subvention C2ROP : 4 k€

■ Résultats attendus

- Finalisation des partenariats et de l'assemblage des données des Alpes Française avec les conseils départementaux, la SNCF et le BRGM (inscrite dans l'action A.2.2).
- Transposition au cas des chutes de blocs du calcul de risque pour différents types de modèles d'aléa et de coût.
- Application au zonage sur la base du risque individuel.

Synthèse bibliographique (rapport de tranche 1)

Évaluation quantitative du risque rocheux : principes & méthodes

Chutes de blocs : aléa majeur dans les départements Alpins.

- Évaluation du risque incontournable pour l'aménagement des territoires de montagne et le choix des mesures de mitigation.

Pratiques actuelles : lacunes dans les connaissances et absence d'une méthode formalisée homogénéisant les approches des différents services.

- Nécessité de développer une approche qui permet d'évaluer le risque rocheux sur des bases mathématiques solides.

Quantitative Risk Assessment (QRA) : technique d'évaluation quantitative du risque issue de la littérature technique et scientifique.

- Les composantes de l'équation du risque (aléa, dommage, exposition) sont quantifiées.
- Multiplication par la valeur monétaire des enjeux.
- Risque exprimé comme une perte monétaire annuelle moyenne .
- Unités semblables pour toutes approches de ce type, inter-comparaison facile et réflexion de type coût/bénéfice directe.
- Cadre de travail générique en théorie du risque.

Application pratique d'une QRA (1)

■ Composante « ALÉA »

Fréquence annuelle :

Représente la productivité du phénomène.

Approches qui permettent de définir les fréquences annuelles de chute de blocs :

- Détermination statistique à partir des cadastres d'évènements (plus courant)
- Études dendrogéomorphologiques; Relevés Lidar (télé-détection par laser); Lichénométrie
- Loi puissance (corrèle la distribution des volumes avec leurs fréquences cumulées)

Limites : Suivis continus, données perdues, étude au cas par cas, etc.

Probabilité d'atteinte :

Représente l'emprise du phénomène dans le système.

Déterminée grâce aux approches numériques par les simulations trajectographiques :

- 2D (ex.: Rocfall)
- 3D (Rockyfor3D, Rotomap) – Méthode la plus avantageuse

Limites : Formes des blocs, nombre de simulations minimum, etc.

Application pratique d'une QRA (2)

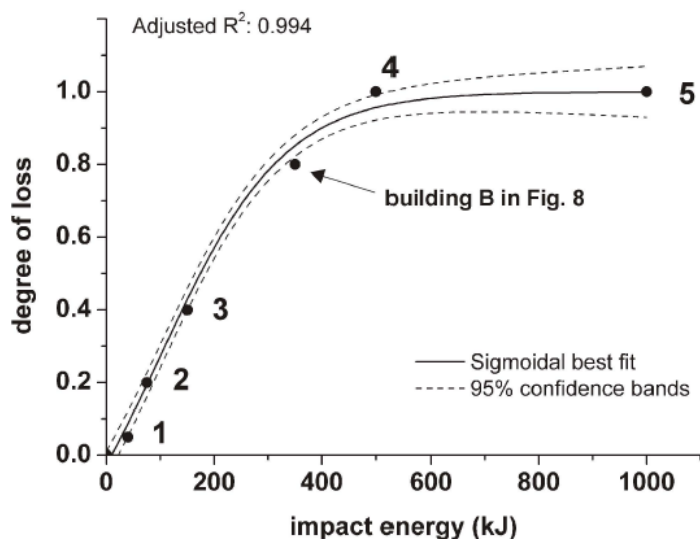
Composante « DOMMAGE »

Représente la gravité du phénomène sur les enjeux du système.

Important manque d'études scientifiques spécifiques (retours d'expériences).

Quelques études menées :

- Taux de dommage des bâtiments en fonction de l'énergie d'un bloc incident sur la base d'une rétro-analyse d'un événement chute de blocs – Étude réalisée en 2004
- Taux de dommage des bâtiments en béton armé en fonction de l'énergie cinétique (applicable pour des blocs de faibles incidences énergétiques) – Étude réalisée en 2010
- Probabilité de décès d'une personne face aux événements rocheux – Étude réalisée en 1996



		Vulnerability of a person		
Location	Description	Data range	Recommended value	Comment
Open space	Struck by rockfall	0.1-0.7	0.5	May be injured but death unlikely
Vehicle	Vehicle is buried/crushed	0.9-1	1	Death almost certain
	Vehicle is damaged only	0-0.3	0.3	High chance of survival
Building	Building collapse	0.9-1	1	Death almost certain
	Debris strikes the building	0-0.1	0.05	Virtually no danger

Application pratique d'une QRA (3)

■ Composante « EXPOSITION »

Représente l'occupation des enjeux dans le système.

- Terme d'exposition pour les bâtiments égale à 1.
- Terme d'exposition plus difficile à déterminer pour les linéaires (mouvement permanent) mais qui peut se ramener à la portion de tronçon occupée par le ou les enjeux.
- Terme d'exposition pour les personnes résidentes exprimé par le temps d'occupation moyen dans les différentes composantes du système (ex.: au domicile ou au travail).

■ Méthode de calcul du risque rocheux

$$R_w \approx \sum_{z \in W} q(z_w) z_w \sum_v f(v) p_z(v) \sum_{e_c} D_z(e_c)$$

R_w Perte monétaire annuelle moyenne pour le système w

$f(v)$ Fréquence annuelle d'un événement de volume v

$p_z(v)$ Probabilité d'atteinte sur l'élément z pour un volume v

$D_z(e_c)$ Dommage moyen de l'élément z déduit de la distribution des énergies e_c enregistrées sur l'enjeu z

$q(z_w)$ Exposition de chaque élément z

z_w Valeur monétaire annualisée

Action R.3.1.2 : Modélisation quantitative du risque rocheux pour le zonage réglementaire

Évaluation quantitative du risque rocheux : principes & méthodes

■ Conclusions

- La QRA permet de définir le risque comme une perte monétaire annuelle moyenne (€/an). Il peut être exprimé aussi comme :
 - ✓ Un taux annuel de décès (humains)
 - ✓ La probabilité annuelle d'avoir un accident (linéaires)
 - ✓ Le degré de perte annuelle suite à un événement rocheux (bâtiments)
- Équation peut être complexifiée par l'introduction d'un terme de mitigation, offrant une approche « coût/bénéfice » généralisée à l'ensemble des aléas potentiels.
- Approche récente et novatrice aux retombées significatives pour la gestion du risque rocheux.
- Applicable sous condition d'approfondir les composantes du risque (concerne davantage les composantes vulnérabilité/dommage).
- Adoption d'un schéma et développement d'outils pour l'évaluation du risque rocheux.