



Ingénierie des Mouvements de Sol
et des *Risques Naturels*

Réduction du risque de chute de blocs dans les gorges de la Bourne

Julien Lorentz



Présentation CFMR 18 Octobre 2012

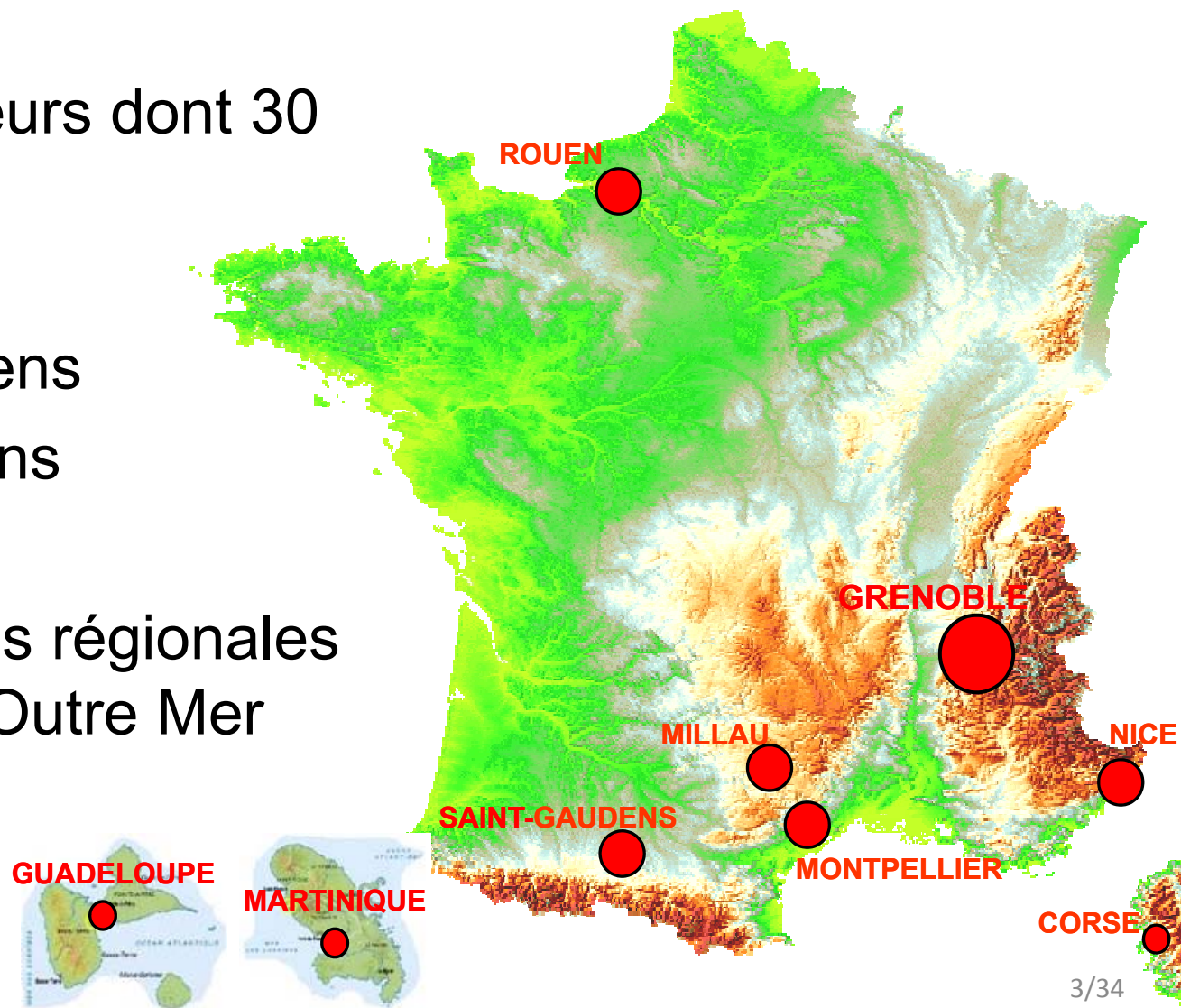


Plan de la présentation

1. Le bureau IMSRN
2. Les outils IMSRN appliqués aux chutes de blocs
3. Définition d'un risque moyen de chute de blocs à la Bourne
4. Application sur un secteur de la Bourne

L. Implantation nationale

- 60 collaborateurs dont 30 ingénieurs :
 - Géologues
 - Géotechniciens
 - Géophysiciens
- 9 implantations régionales en France et Outre Mer
- CA 7,3 M€



L. Présentation IMS

- Activités:

- Risques naturels
- Infrastructures
- Bâtiments
- Tourisme et patrimoine
- Carrière et mine



- Compétences:

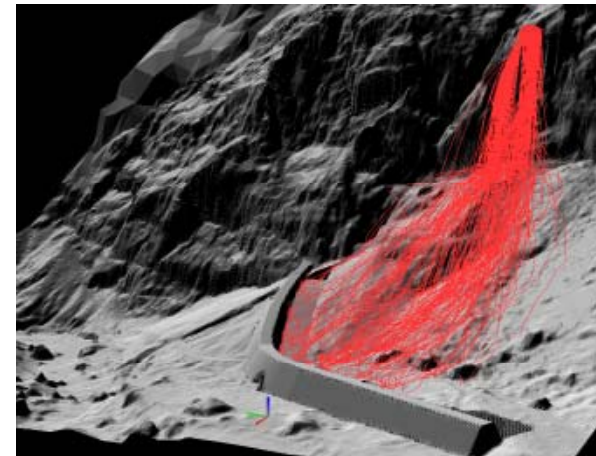
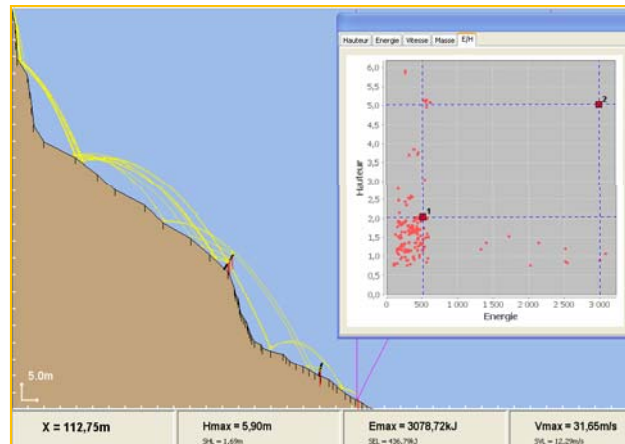
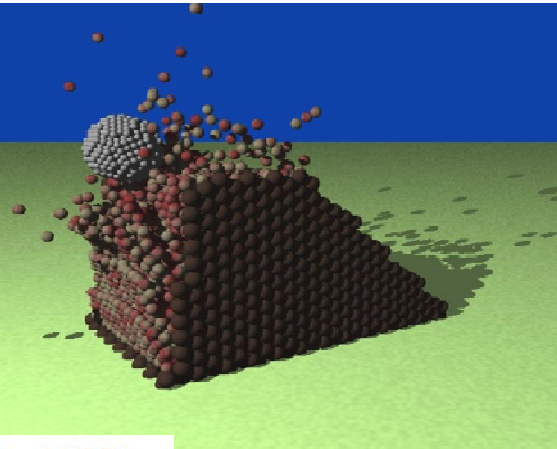
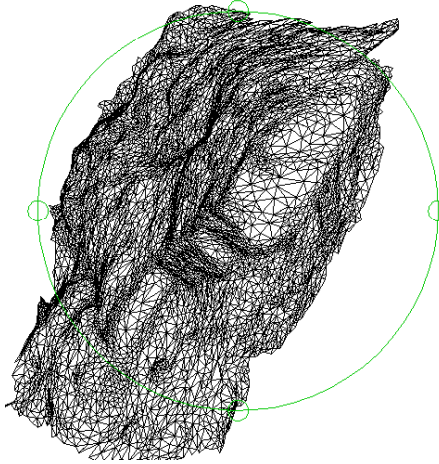
- Géotechnique/Forage
- Chute de blocs/trajectographie
- Géophysique
- Instrumentation
- **Modélisation**
- Géologie,
- Parasismique



2. Les outils IMSRN appliqués aux chutes de blocs

2. Chute de blocs/Trajectographie

- Cordistes qualifiés (IRATA)
- Etude de trajectographie
- Dimensionnement d'ouvrages
- Maitrise d'œuvre/expertise



2. Auscultation de masses rocheuses

- Système de suivi automatique en temps réel des déplacements
 - Autonomie avec panneaux solaires
 - Transmission GSM
- Auscultation géo-radar



2. Kayass 2D

Logiciel interne: Kayass 2D.V5

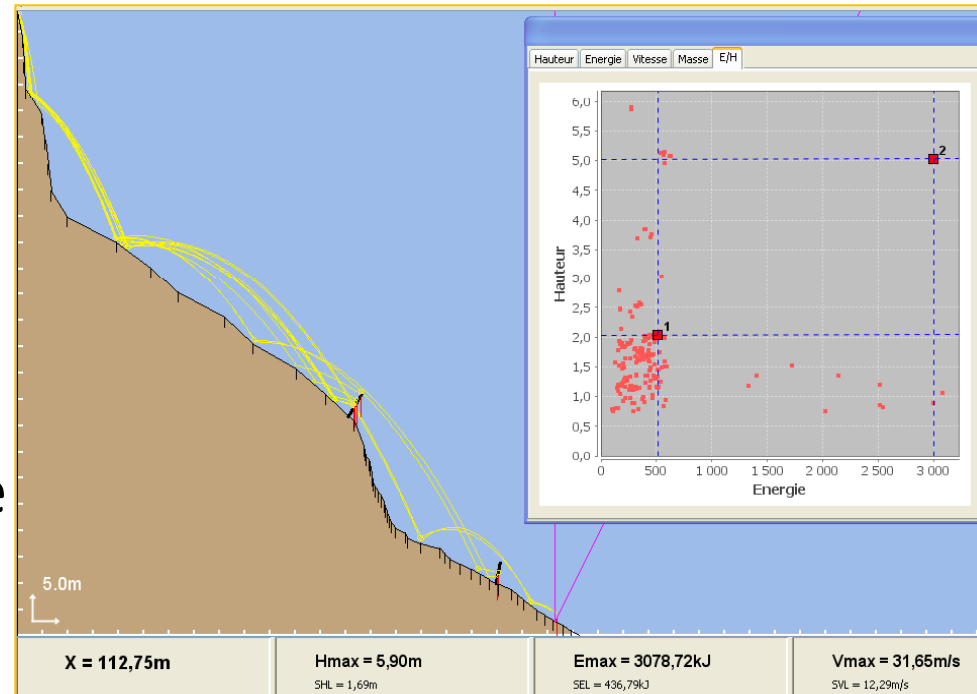
Modélisation de rebonds successifs

Analyse statistique des trajectoires:

Modèle probabiliste uniforme

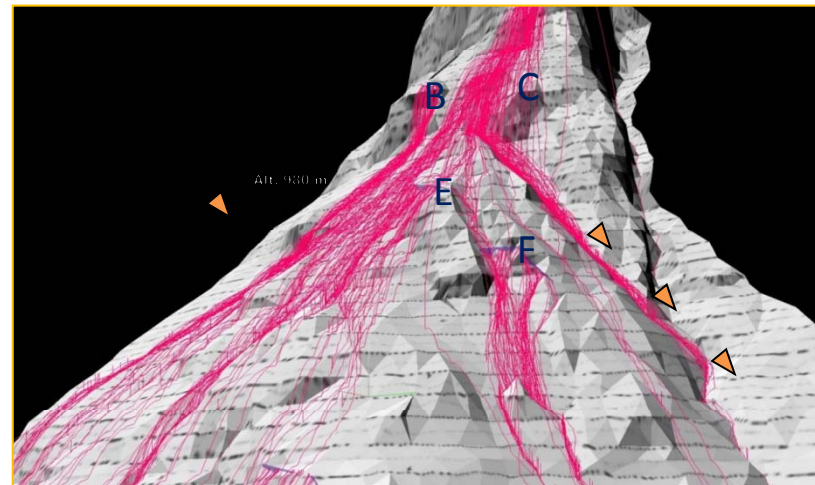
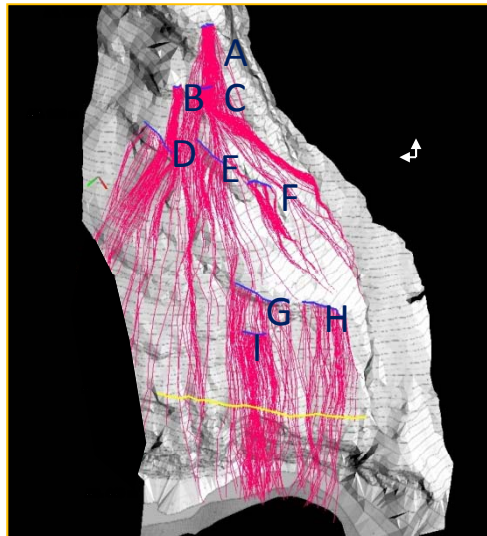
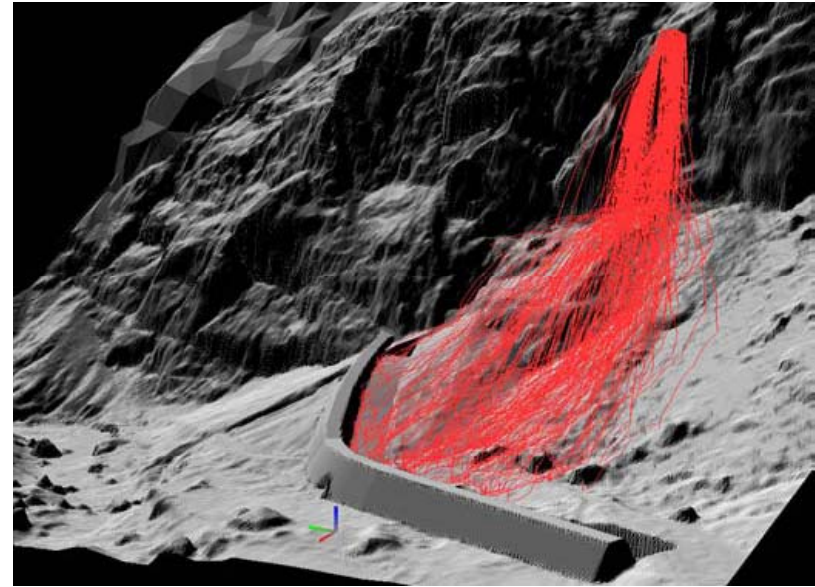
- Analyse de la propagation

- Hauteur de passage et énergie cinétique



2. Kayass 3D

- Logiciel interne: Kayass 3D.V5
- Similaire à la 2D
- Support MNT, maillage triangulaire
- Multi départs

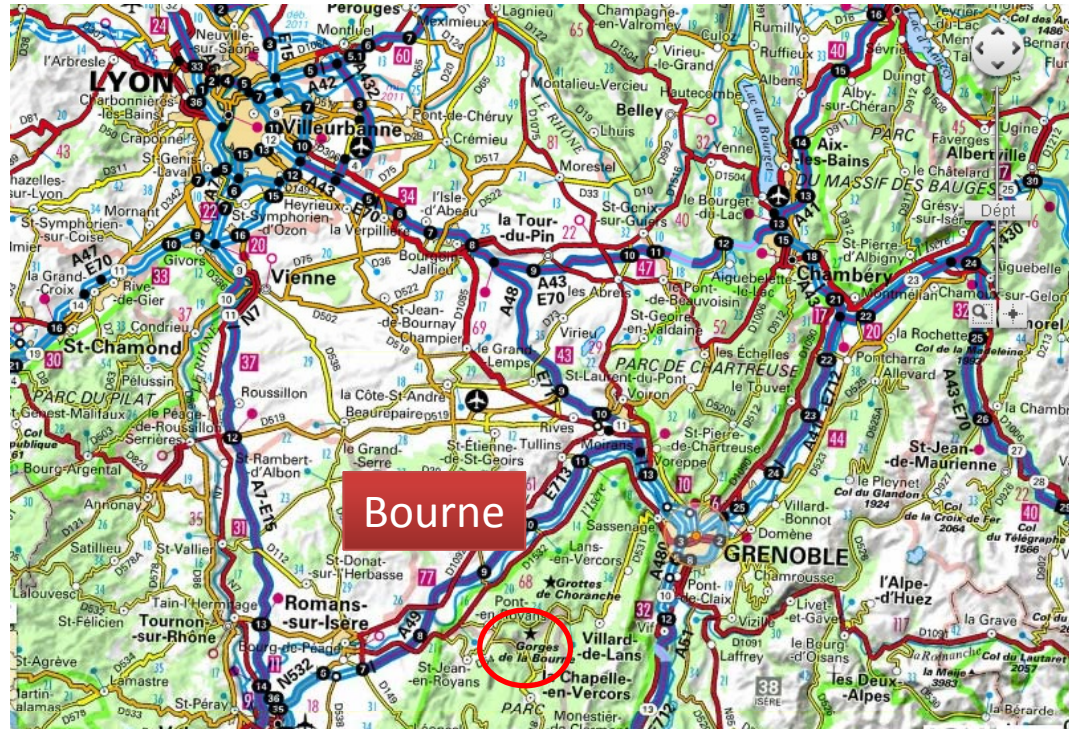




3. Définition d'un risque moyen de chute de blocs à la Bourne

3. Gorges de la Bourne

- Département de l'Isère, Vercors
- Canyon reliant Pont en Royans à Villard de Lans
- 2004 - 2007 - 4 morts



3. Gorges de la Bourne

14 ans de travaux estimé à 15 M€ en 2004

Linéaire 22 km : 3 sections (risque très élevé sur la majorité de l'itinéraire)

Début 2008

Fin 2014



3. Contexte marché

Section 1 réalisée en 2007

Section 2 en cours

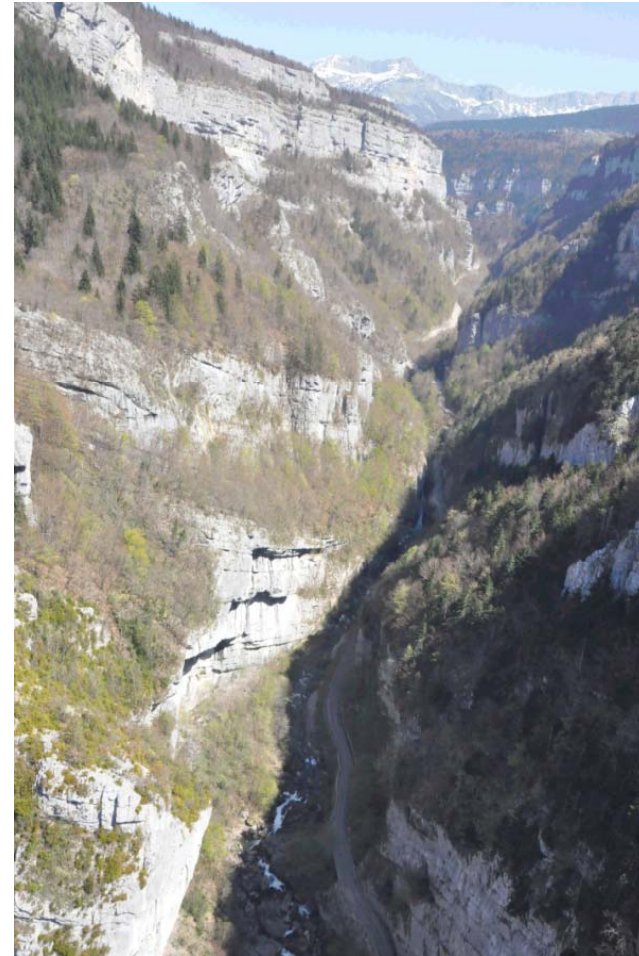
- Maitre d'ouvrage: CG38



2009: Appel d'offre pour maitrise d'œuvre

Missions:

- Diagnostic-Etude préliminaire
- Etude de projet
- Mise au point du marché travaux
- Suivi de travaux en MO



3. Documents de référence

Pas de normes: guides techniques

- Plans de prévention des risques naturels, Risques de mouvements de terrains, Guide méthodologique, 1999
- Parades contre les instabilités rocheuses – LCPC, Mai 2001
- Les études spécifiques d'aléa liés aux éboulements rocheux, LCPC, Juin 2004,

Imminent	i	Prise en compte immédiate (le délai se compte en heures,
Très court terme	tct	2 ans environ
Court terme	ct	10 ans environ
Moyen terme	mt	De l'ordre de 30-50 ans
Long terme	lt	De l'ordre de 100-150 ans

Échelle qualitative de probabilité d'occurrence

Très élevée (te)	L'occurrence du phénomène est normale. Sa non-occurrence serait exceptionnelle	La probabilité est appréciée en fonction des facteurs déterminants (présence et/ou intensité)
Élevée (e)	L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence	
Modérée (m)	L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence	
Faible (f)	La non-occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence	
Très faible (tf)	La non-occurrence du phénomène est normale. Son occurrence serait exceptionnelle	

3. Absence de grille nationale

France: Pas de prise en compte explicite de l'énergie

Implicite (classe, vulnérabilité des enjeux)

Suisse: Energie prise en compte, seuils: 30, 300 kJ

Andorre: Energie prise en compte, seuils: 500, 10 000 kJ

Chaque bureau d'étude peut avoir son interprétation de la définition du risque

- Définition d'un niveau d'exposition à partir de modèle de trajectographie

- Méthode ADRGT (France): seuils 1%, 10^{-2} % et 10^{-4} %

- Méthode Eurobloc (Andorre): seuils 10%, 1%, 10^{-2} %

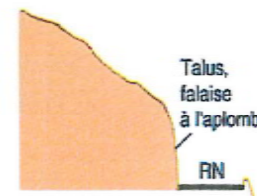
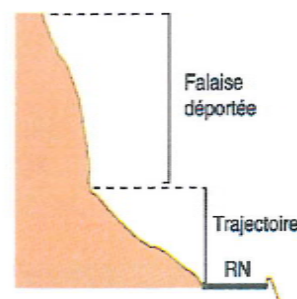
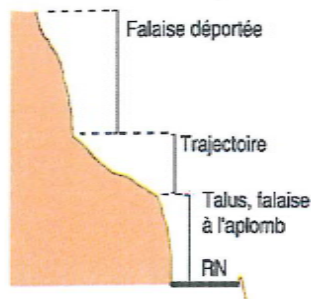
3. Différences entre les marchés

Certains marchés: pas de grille de risque imposée

Le bureau d'étude doit donc proposer sa méthode

D'autres marchés imposent des grilles de risques

Exemple de grille



Occurrence	Notation	Période de retour
Faible	f	Supérieure à 100 ans
Moyenne	m	De l'ordre de 10 à 100 ans
Elevé	é	De l'ordre de 0 à 10 ans

Propagation
Faible : versant à effet stop
Moyen : versant à effet frein
Elevé : versant à effet neutre

3. Exemple de grille

	aléa de départ								
période de retour	0-10 ans			10-100 ans			>100 ans		
	pierre	bloc	masse et écoulement	pierre	bloc	masse et écoulement	pierre	bloc	masse et écoulement
blocométrie									
Propagation									
versant à effet stop									
versant à effet frein									
versant à effet neutre									

aléa résultant négligeable	
aléa résultant faible	
aléa résultant moyen	
aléa résultant élevé	
aléa résultant très élevé	

catégorie	Niveaux d'enjeu
4ème	enjeu faible
2ème et 3ème	enjeu modéré
1ère	enjeu élevé
Structurant	enjeu très élevé

		Aléa résultant				
		Négligeable	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Enjeu	Faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen
	Modéré	Risque très faible	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé
	Elevé	Risque faible	Risque moyen	Risque élevé	Risque élevé	Risque très élevé
	Très élevé	Risque faible	Risque moyen	Risque élevé	Risque très élevé	Risque très élevé

3. Définition du risque à la Bourne

• Aléa résultant (BE):

- ✖ • Aléa de rupture
- Aléa de propagation

• Définition du risque
(Maitre d'ouvrage)

- ✖ • Aléa résultant
- Vulnérabilité



3. Aléa de rupture IMS

Rupture défini pour une classe d'instabilité:

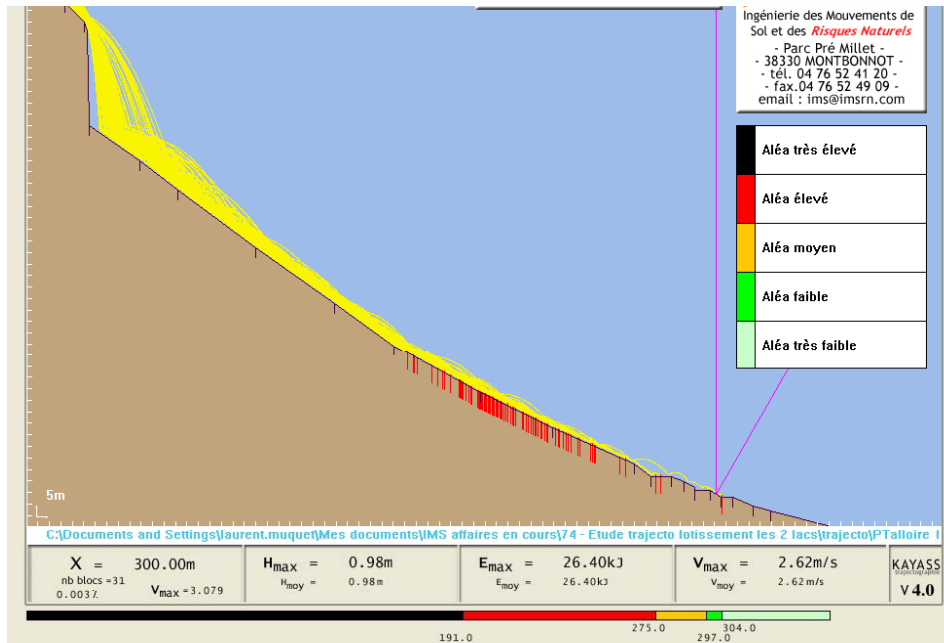
- Occurrence,
- Délais,
- Définition de 5 niveaux d'aléa de rupture
 - Très faible,
 - Faible,
 - Moyen,
 - Élevé,
 - Très élevé



3. Aléa de propagation IMS

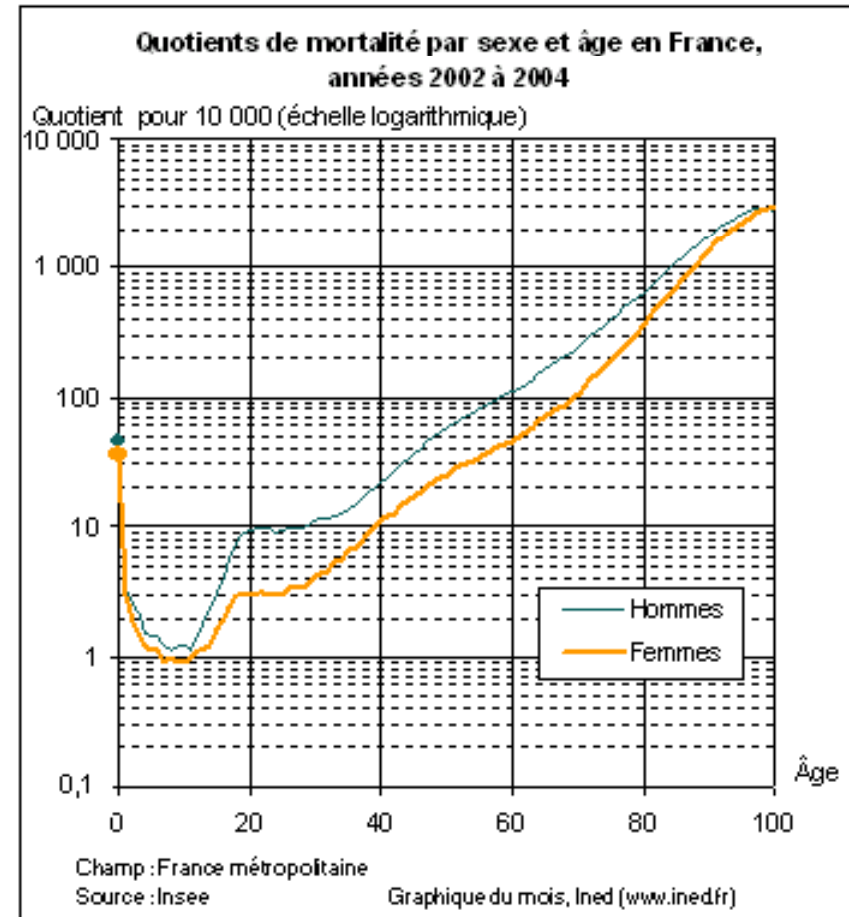
Aléa de propagation: probabilité d'atteindre l'enjeu

- Défini à dire d'expert
- Défini à l'aide de modélisation de trajectographie
- 5 niveaux



3. Définition d'un risque moyen?

- Marché Gorges de la Bourne :
risque résiduel moyen
- Validation de ce qu'est un risque
moyen
- Quels classes/enjeux? (routes,
usagers)





4 Application sur un secteur de la Bourne

4. Secteur 3

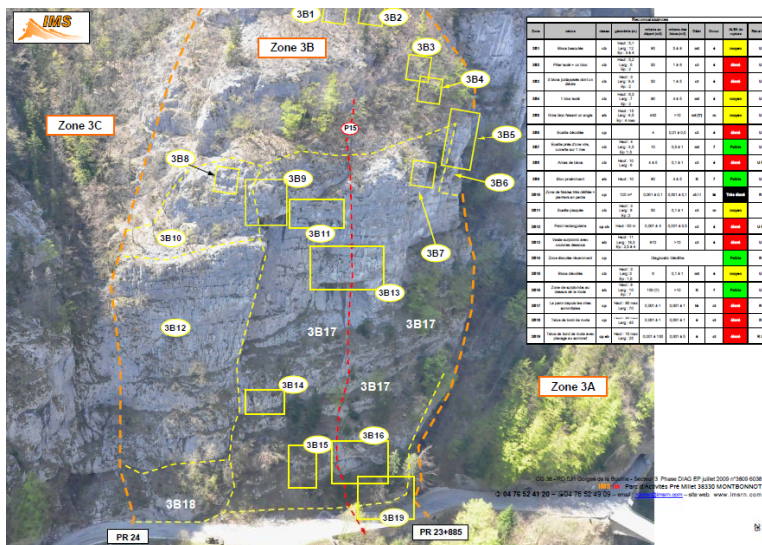
- Secteur 3 découpé en 10 zones morphologiquement et d'aléa résultant homogène
- Pour chaque secteur: Définition de l'aléa résultant



4. Diagnostic

Reconnaitances de terrain pour évaluer l'aléa résultant:

- Aléa de rupture



- Détermination de l'aléa de rupture dominant

Classe	Aléa de rupture généralisé à la zone étudiée	Aléa de rupture dominant retenu pour caractériser la zone 3G
Chutes de pierres	Elevé	
Chutes de blocs	Elevé	Elevé
Eboulement en masse limitée	Elevé	Elevé
Eboulement en masse	Moyen	

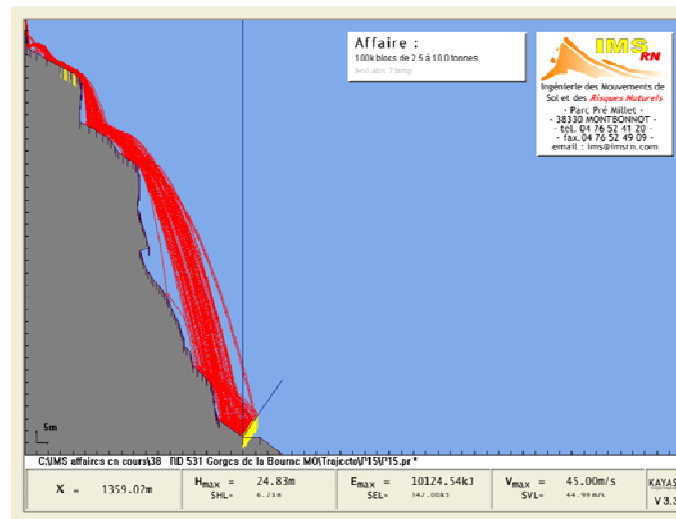
4. Diagnostic

- Aléa de propagation:

- Modèle de terrain + reconnaissances de terrain
- Simulation de trajectographie
- Détermination de l'aléa de propagation et donc l'aléa résultant



		Aléa résultant
Aléa de rupture dominant	Elevé	Elevé
Aléa de propagation (couloirs C3 / C4)	Elevé	



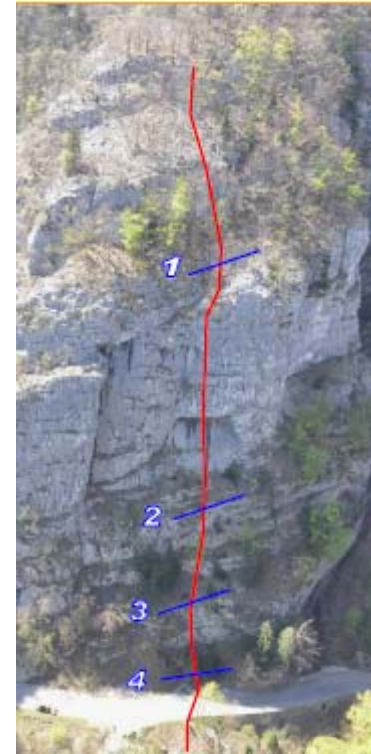
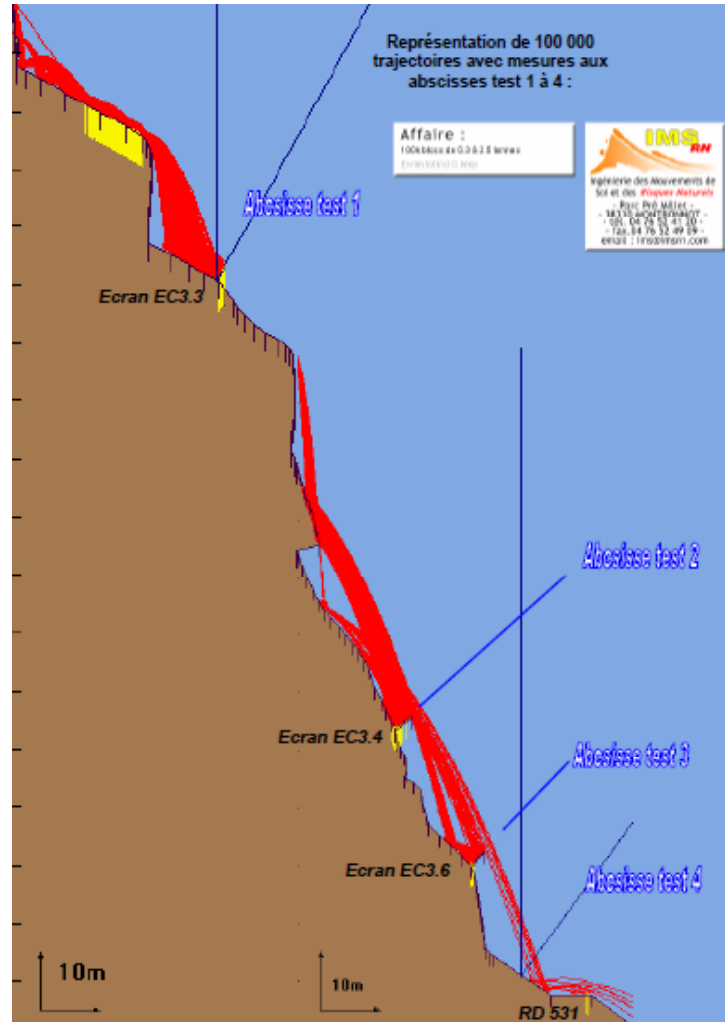
4. Etude préliminaire

- Définition des parades pour obtenir un aléa résiduel de moyen
- Si secteur en aléa résultant moyen: pas de travaux
- Sinon travaux:
 - Parades actives pour les zones pouvant donner un aléa résultant élevé
 - Gestion des trajectoires pour les parades passives

<u>Aléa résiduel de propagation après travaux :</u> Défini à partir du profil de trajectographie P14				
Nombre de trajectoires atteignant la route* avant travaux	100%	Probabilité d'atteinte de la route après travaux < à 1%		Aléa de propagation résiduel Moyen
Nombre de trajectoires atteignant la route* après travaux	0,011%			

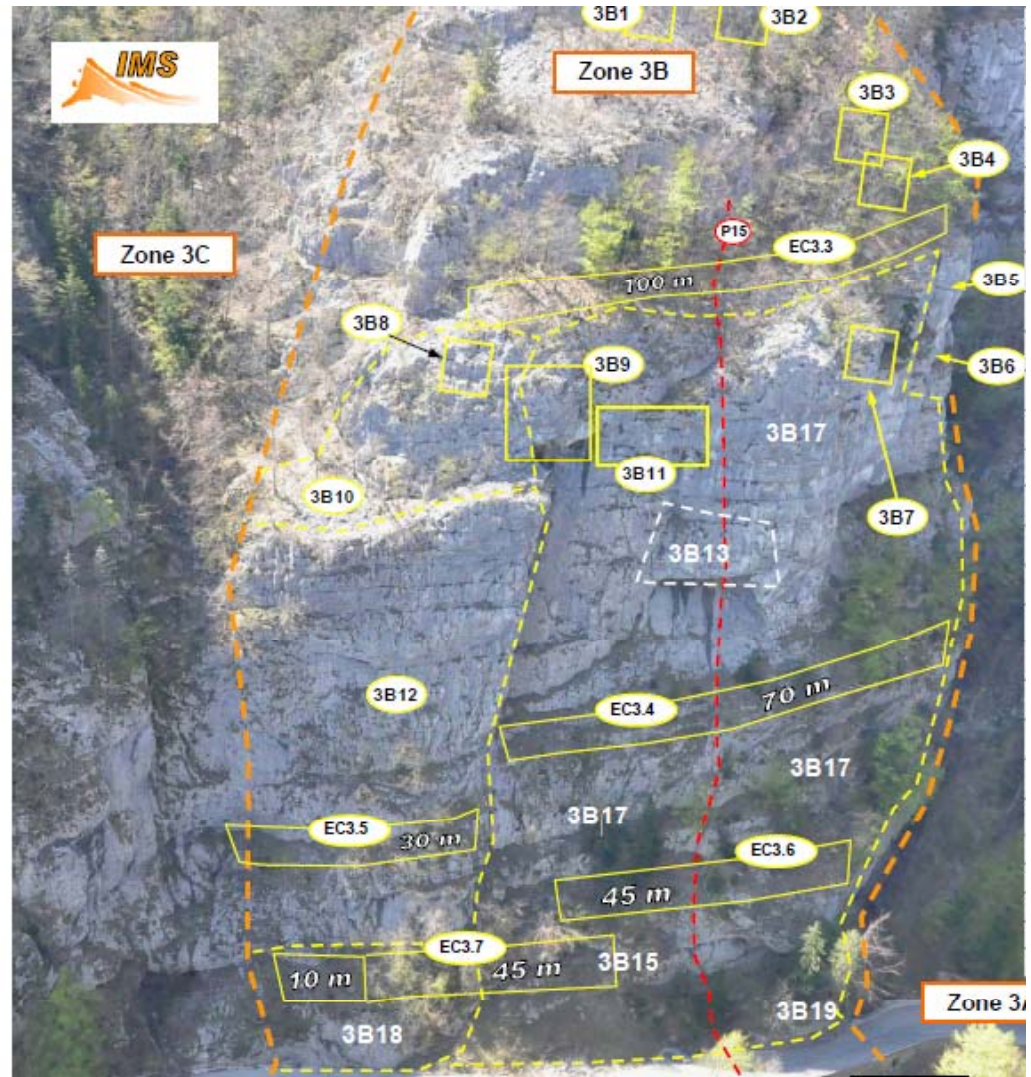
4. Etude préliminaire

- Superposition de 3 systèmes de protection
- Optimisation des ouvrages en hauteur et énergie pour optimiser la protection
- Aléa résiduel après travaux: **Moyen**



4. Projet

- Implantation des ouvrages de protection
- Dimensionnement des ouvrages
- Chiffrage des travaux



4. Projet

- 7 millions €
- Réalisation d'un marché à bon de commande
- Montant 7 M€
- 4 ans de travaux
- 2 périodes de travaux par an



4. Exemple d'ouvrages de protection



4. Protection de chantier

- Gestion du risque de chute de blocs/pierres pour les ouvriers
- Définition d'ouvrage provisoire pour le chantier



4. Vue depuis le terrain



**Gorges de la Bourne
(Isère)**

Secteur 3B - zone 3B12

**Reconnaitances et
implantation des travaux**



Ingénierie des Mouvements de Sol
et des *Risques Naturels*

Julien Lorentz
Bureau d'étude IMS RN
Parc Pré Millet
Rue Aristide Bergès
38330 MONTBONNOT
France

tel : 33 (0)4 76 52 41 20
fax : 33 (0)4 76 52 49 09

julien.lorentz@imsrn.com