



**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

# Restitution de l'opération CaDoRoc

## Méthodologies des études d'aléas

Stéphanie DETOURBE

10 octobre 2017

# Méthodologies qualification de l'aléa chute de blocs

## *Objectifs :*

Pour 3 types d'études, **PPR, études d'itinéraires, études spécifiques**, comparaison des méthodologies mises en œuvre par CEREMA, recommandations.

- Questionnaire adressé à l'ensemble des services pour décrire leurs méthodologies.
- Analyse des réponses par types d'études (petit groupe/ type d'étude) => mise en évidence des pratiques communes et pratiques divergentes (en mettant en évidence les raisons). Comparaison entre pratiques et guides existants.
- Rédaction de « recommandations » pour la réalisation des différentes études, adaptées aux objectifs et contextes de ces études.

# Méthodologies qualification de l'aléa chute de blocs

Aléa chutes de blocs au CEREMA : une quinzaine de services répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain.

- Questionnaire portait sur : contextes, phénomènes rencontrés par les différents services, nature des études réalisées et méthodologies de qualification de l'aléa chute de blocs mises en oeuvre.

- Analyse des réponses au questionnaire sous deux angles :

- analyse des contextes et des phénomènes rencontrés,

- par petits groupes (un groupe / type d'étude) analyse des méthodologies appliquées, en les comparant notamment avec guides existants :

*Cartographies d'aléa :*

Guide « Plans de prévention des risques naturels – Risques de mouvements de terrain »  
MATE METL 1999

Guide « Versants rocheux – Phénomènes, aléas, risques et méthodes de gestion »  
MEDDE 2014.

Méthodologie d'élaboration du volet « chute de blocs » d'un PPRn – Groupe MEZAP  
MEDDE.

*Etudes spécifiques :* Guide « Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux »  
LCPC 2004.

*Etudes d'itinéraires :* Rapport « Cartographie des risques sur Itinéraires », DGPR/LCPC.

# Questionnaire sur les méthodologies d'études

## 1ère partie : études réalisées et contextes rencontrés

- Contextes géomorphologiques, climatologiques
- Volumes et propagations des phénomènes rencontrés (chutes de blocs et éboulement en masse)
- Description des études réalisées :
  - types d'études
  - étendue géographique
  - échelles de travail/rendu
  - moyens techniques mis en œuvre
  - période d'analyse de l'aléa, délais d'occurrence évalués
  - volumes des instabilités évalués

## 2ème partie : Principes généraux de la méthodologie

Inventaire exhaustif des compartiments instables ? sinon, quels aléas qualifiés ?

Définition de zones d'aléa homogène ? → aléa caractéristique défini ?

Utilisation de la notion de niveau d'aléa ?

Utilisation de la notion d'intensité d'aléa ?

Prise en compte des enjeux ?

# Questionnaire sur les méthodologies d'études

## 2ème partie : description de la méthodologie

Le **départ/la rupture** : termes utilisés, méthode de qualification et définition, qualification en terme de niveaux ? Éléments analysés pour qualifier le départ et moyens mis en œuvre.

La **propagation** : terminologie, qualification en terme de niveaux ? Méthode d'estimation et éléments pris en compte.

**Qualification finale de l'aléa** : terminologie (aléa résultant ?), méthode de qualification et expression.

Représentation graphique éventuelle de l'aléa.

# Méthodologies qualification de l'aléa chute de blocs

## *Groupes d'analyse des réponses*

<b>Cartographies de l'aléa</b>	M. Malascrabes (pilote du groupe) - N. Bérenger / E. Thiébaud - D. Barraud - D. Deslis - S. Detourbe / Y. Guirriec
<b>Etudes d'itinéraires</b>	E. Védie (pilote du groupe) - E. Thiébaud / N. Bérenger - M. Malascrabes - A. Foultier - P. Baro
<b>Etudes spécifiques</b>	E. Thiébaud (pilote du groupe) - N. Bérenger - E. Dimnet - M. Mlynarski - M. Malascrabes - S. Detourbe / Y. Guirriec

# Contextes : milieux étudiés

- **Massifs montagneux** (anciens et récents, basse, moyenne et haute montagne) : Pyrénées, Massif Central, Alpes, Jura, contre-forts vosgiens, Ardennes, Corse.
- **Falaises « littorales »** : côtes de la Manche, Atlantique (Bretagne, Loire Atlantique, Charente, Pays Basque), Méditerranée, Corse et Réunion.
- **Falaises « fluviales »** : Picardie, Normandie, Bretagne, Pays de la Loire, Bassin Aquitain, Midi-Pyrénées.
- **Corniches et bordures de plateau** : Picardie, Lot-et-Garonne, Lozère, Bouches du Rhône, Bourgogne, Franche-Comté.
- **Fronts anthropiques** : carrières à ciel ouvert (anciennes, en réhabilitation ou en activité), talutages et déblais (routiers) : Picardie, Bretagne, Pays de la Loire, Charente, Dordogne, Midi-Pyrénées, Bourgogne, Franche-Comté.

# Contextes : hauteurs des fronts

**Falaises littorales, fluviales, corniches, bordures de plateaux et fronts artificiels → quelques m à plusieurs dizaines de m :**

- jusqu'à 20 m corniches calcaires du Lot-et-Garonne,
- 50-60 m falaises littorales bretonnes et falaises fluviales normandes,
- 80-100 m et plus pour autres régions et autres types de falaises.

**Montagne → une à plusieurs centaines de m de hauteur.**

# Contextes : volume des phénomènes

- Chutes de blocs isolés : volumes des blocs (de départ et unitaires) indépendants du contexte géomorphologique et de la région.

<b>Volumes totaux initiaux</b> (avant éboulement)		
Courants	Moins de 1 m <sup>3</sup> à quelques m <sup>3</sup> , jusqu'à 10 m <sup>3</sup>	Tous contextes
Maximaux	Une à quelques dizaines de m <sup>3</sup> Jusqu'à 100 m <sup>3</sup>	Tous contextes Milieux montagneux, littoral, fluvial et dans plusieurs régions
<b>Volumes unitaires des blocs</b> (après éboulement)		
Courants	Autour de 1 m <sup>3</sup> partout	Tous contextes et régions
Maximaux	Quelques m <sup>3</sup> jusqu'à 10 m <sup>3</sup> Jusqu'à 100 m <sup>3</sup>	Tous contextes et régions Falaises fluviales picardes et normandes

→ nécessité d'une analyse plus fine pour dégager une relation entre faciès géologique et volume des phénomènes.

# Contextes : volume des phénomènes

- **Eboulements en masse :**

Volumes courants → **une à plusieurs centaines de m<sup>3</sup>** (plusieurs régions).

Volumes moindres dans quelques régions (Bretagne, Dordogne, Franche Comté, intérieur des terres en Picardie) → **quelques dizaines de m<sup>3</sup>** (courants) et jusqu'à **plusieurs centaines de m<sup>3</sup>** (max.).

Volumes maximaux → **plusieurs milliers de m<sup>3</sup>** (plusieurs régions et contextes).

2 milieux présentent volumes maximaux supérieurs :

- littoraux (Nord – Pas de Calais – Normandie – Réunion) → **plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup>**,
- phénomènes majeurs alpins → **dizaines, voire centaines de millions de m<sup>3</sup>**.

# Contextes : dénivellations de propagation

- **Quelques m à quelques dizaines de m** : littoral Atlantique, falaises fluviales normandes, bretonnes et des Pays de la Loire, certaines corniches et bordures de plateaux, fronts artificiels.
- **Une à quelques centaines de m** : littoral méditerranéen, corse et réunionnais, falaises fluviales en Midi-Pyrénées et Lot-et-Garonne, certaines corniches et bordures de plateaux.
- **Plusieurs centaines de m** : massifs montagneux (hormis Ardennes), **jusqu'à 1000 m** dans les Alpes.

# Contextes : distances de propagation

- **12-15 m** : fronts rocheux en Pays de la Loire (littoral, fluvial ou artificiel).
- **Quelques dizaines de m** : certains littoraux,  
30-50 m : corniches et bordures de plateaux,  
50-60 m : falaises bretonnes, falaises fluviales de Midi-Pyrénées (courant dans les Alpes maritimes et Corse).
- **100-150 m** : Ardennes, Bourgogne et Franche-Comté, Normandie (falaises fluviales et littorales), corniches du Lot-et-Garonne.
- **Plusieurs centaines de m** : montagne (Pyrénées, Alpes),  
800 m : Massif Central, Alpes maritimes, Corse (*3 km en Suisse*).  
500 m : Lozère, bordures de plateaux des Bouches-du-Rhône.

# Nature des études / typologie

Cartographies d'aléa : connaissance de l'aléa pour porter à connaissance ou gestion de l'aménagement, de l'urbanisme à moyen/long terme.

- **PPR** : aléa chutes de blocs dans **PPR MVT** (quasiment toutes régions), **PPR chutes de blocs**

→ échelle communale ou pluri-communale généralement, bassin de risque sur plusieurs communes, sélection sur une zone de la commune, plusieurs km de linéaire (PPR chutes de blocs).

- **Cartographies d'aléa** : Retours d'expérience, cartographies d'événements historiques, cartes d'aléas → *objectifs* : connaissance du territoire, identification de zones soumises à l'aléa et maîtrise des risques, gestion de l'aménagement, priorisation des études locales, gestion post-crise

→ échelle pluri-communale, communale, infra-communale ou départementale : atlas de sensibilité au phénomène, cartographies des aléas MVT (pour PAC), impact de constructions, d'aménagements situés en amont

- **Sentiers littoraux** : Cartographies de l'aléa (ou recul potentiel) sur sentier en vue de mises en sécurité

# Nature des études / typologie

**Etudes spécifiques** : pratiquées dans tous les contextes et régions

→ *objectif* : **gestion d'un problème de sécurité manifeste.**

- Expertises, diagnostics (en urgence notamment) de stabilité de paroi, talus rocheux suite éboulement → évaluation de l'aléa, à court terme en général, et le risque vis à vis d'un enjeu.

(peut s'agir aussi d'affiner l'aléa d'un PPR sur un secteur donné).

- Etudes spécifiques destinées à définir/dimensionner des solutions de réduction du risque, mises en sécurité.

→ *étendues* : une à quelques dizaines de m, jusqu'à quelques centaines de m de linéaire, voire plusieurs km, ou l'échelle d'un versant/d'une vallée (Alpes).

- Surveillance et suivi de l'évolution de versants rocheux confortés.
- Études de stabilité de sentiers littoraux, d'aménagements ou de protection (objectif de non recours à des moyens lourds de confortement).

# Nature des études / typologie

**Etudes d'itinéraires** : tous les massifs de haute montagne, gorges en Midi-Pyrénées.

→ *Objectifs* : diagnostic préliminaire (plus ou moins approfondi selon les approches) de l'état de parois rocheuses le long de linéaires plus ou moins long d'infrastructures (routières et ou ferroviaires) afin d'aider les gestionnaires à entretenir leur réseau, à prioriser les actions à mener .

→ *étendues* : quelques km, plusieurs dizaines de km (la plupart du temps), jusqu'à 150 km.

Côte méditerranéenne : études d'itinéraires sur sentiers littoraux → *objectifs* : amener éléments de connaissance sur l'aléa (incluant recul du trait de côte) pour choix d'un tracé.

# Etudes spécifiques : méthodologie

## Moyens mis en œuvre :

- **Recherche documentaire**, y compris historique :
  - articles de journaux
  - archives départementales, communales, paroissiales
  - témoignages : gestionnaires d'infrastructures, usagers, habitants/riverains, mairies/élus
  - archives locales du CEREMA ou du MOa : études scientifiques (thèses, publications ...) ou techniques antérieures, dossiers de recollement
  - photos et cartes postales anciennes
  - cartes géologiques, IGN
  - Bases de données : BD MVT, BD RTM
  - Internet : Géorisque
- **Utilisation des photos :**
  - ortho-photo (IGN)
  - photos aériennes obliques (hélicoptère notamment, drone)
  - photos de terrain

*Utilisation du logiciel Geoview pour visualisation 3D photos aériennes*

# Etudes spécifiques : méthodologie

## Moyens mis en œuvre :

- **Reconnaitances de terrain :**

- à pied (pied de versant, dans le versant et versant opposé)
- nacelles
- sur cordes
- hélicoptère
- drone

- **Topographie :**

- utilisation des MNT disponibles, BD Topo, BD Alti, Litto3D, données Lidar,
- levés topo et/ou profils : par un géomètre éventuellement, avec télémètre et clinomètre, station topographique, scanner laser, DGPS, photogrammétrie.

- **Simulations trajectographiques :**

Logiciels : Propag, Rockpro3D (lorsque nécessaire).

Propagation évaluée très souvent par le dire d'expert.

Méthode de la ligne d'énergie également utilisée.

- Echelle de travail et de rendu : 1/200 à 1/1000

# Etudes spécifiques : méthodologie

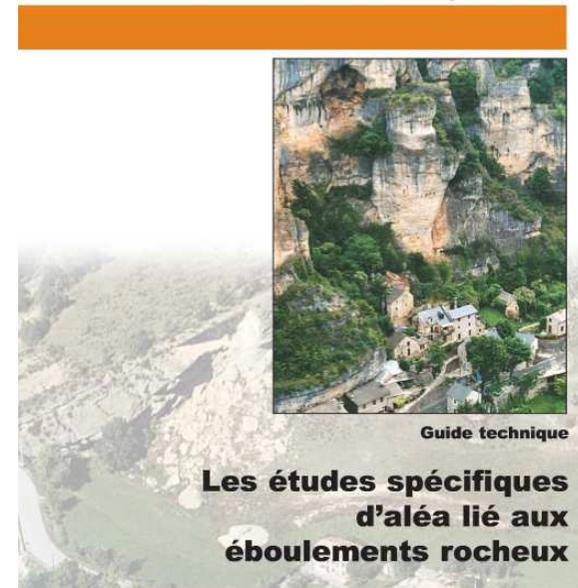
Méthodologie mise en œuvre généralement basée sur guide LCPC « *Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux* » - 2004

- **Prise en compte des enjeux :**
  - Enjeux peuvent être cartographiés.
  - Généralement définis en début d'étude par le MOa.
  - Aléa qualifié indépendamment de la présence d'enjeux. Toutefois, la probabilité de propagation jusqu'à un enjeu (donc probabilité d'atteinte de l'enjeu) est souvent évaluée.
- Diagnostic des conséquences sur l'amont (recul, volume perdu, évolution régressive)
- Quand données disponibles, prise en compte de la récurrence du phénomène → notion d'activité de falaise



ISSN 1101-1516

COLLECTION ENVIRONNEMENT  
Les risques naturels



# Etudes spécifiques : méthodologie

- **Exhaustivité du diagnostic ?** : L'exhaustivité est recherchée.

Elle peut être limitée par :

- l'accessibilité (propriétés privées)
- la végétation
- l'étendue du front (au regard des moyens financiers).

→ qualification de l'aléa concentrée sur instabilités majeures.

→ analyse en première approche (volumes maximaux, délais les plus courts, zones non protégées par parade passive). Puis, exhaustivité si parade active envisagée, ou bien analyse ciblée si parade passive/mixte envisagée.

Etudes en urgence → analyse souvent ciblée sur aléas immédiats.

Identification de secteurs homogènes caractérisés par un aléa :

- volumes les plus importants (éventuellement dans les délais les plus courts ou dans une laps de temps défini),
- énergie maximale susceptible d'être rencontrée dans une période définie,
- phénomène ayant la plus grande probabilité de se produire dans une période définie.

# Etudes spécifiques : méthodologie

L'aléa défini par la caractérisation de la classe d'instabilité, et du couple probabilité/délai d'occurrence.

- **Classes d'instabilité** : caractérisées par le volume total des matériaux mis en jeu et la taille des éléments unitaires
  - **chutes de pierres** : petit nombre d'éléments de volumes unitaires inférieurs à quelques  $\text{dm}^3$
  - **chutes de blocs** : petit nombre d'éléments de volumes unitaires atteignant quelques  $\text{m}^3$  (formations massives, certains gros blocs peuvent atteindre voire dépasser la centaine de  $\text{m}^3$ )
  - **éboulements en masse** : plusieurs centaines de milliers de  $\text{m}^3$ . Eboulements en masse limitée inférieurs à quelques milliers de  $\text{m}^3$ . Eboulements en grande masse allant de plusieurs dizaines de milliers à plusieurs centaines de milliers de  $\text{m}^3$
  - **éboulements catastrophiques** : volumes de l'ordre du million de  $\text{m}^3$  ou plus (propagation répondant à des processus particuliers).

# Etudes spécifiques : méthodologie

- Probabilités d'occurrence :

Très élevée	L'occurrence du phénomène est normale. Sa non-occurrence serait exceptionnelle
Elevée	L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence
Modérée	L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence
Faible	La non-occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence
Très faible	La non-occurrence du phénomène est normale. Son occurrence serait exceptionnelle

# Etudes spécifiques : méthodologie

- **Délais probables d'occurrence** : délai à l'intérieur duquel le praticien estime que le phénomène peut se produire selon la probabilité estimée

Imminent	Prise en compte immédiate (le délai en heures, jours, semaines ou mois)
Très court terme	2 ans environ
Court terme	10 ans environ
Moyen terme	De l'ordre de 30-50 ans
Long terme	De l'ordre de 100-150 ans

- Niveau d'aléa (de départ/rupture) qualifié à partir d'une matrice de croisement délai/probabilité → échelle de 3 à 5 niveaux
- *Nota* : notion d'aléa nul n'est généralement pas utilisée

# Etudes spécifiques : méthodologie

- Propagation :

→ **Ouvrages** pris en compte au cas par cas, aux conditions suivantes :

- en fonction de la connaissance du dimensionnement,
- si vérification de l'adéquation du dimensionnement avec l'aléa
- si vérification de l'état,
- si MOA est identifié pour assurer pérennité.

→ **Forêt** généralement non prise en compte dans propagation (problème de pérennité). Dans certaines régions, prise en compte éventuellement de la végétation si elle est dense.

- Aléa résultant défini par un volume (de départ et après fragmentation), un type de phénomène/mécanisme, une probabilité et un délai d'occurrence, une propagation. Niveau d'aléa (3 à 4 niveaux) défini par le croisement de ces éléments.

- Intensité définie (non systématique) à partir des volumes, de l'énergie, l'endommagement potentiel, délais/probabilité/fragmentation/propagation

# Etudes spécifiques : conclusions

- Particularités des méthodologies sont liées :
  - au contexte morphologique : étendue/hauteur des fronts
  - surtout aux objectifs de l'étude et aux moyens financiers, au regard de l'étendue→ moyens mis en œuvre et méthodologies adaptées
- Nécessité de poursuivre l'analyse pour établir éventuellement des compléments de recommandations au guide de 2004, notamment sur les matrices de croisement des niveaux d'aléa, l'intensité.

# Itinéraires de risques : historique

- Nombreuses études d'itinéraires (multi-aléa) réalisées par les CETEs/CEREMA (depuis les années 1970). 5 services principalement : Laboratoire d'Aix, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Lyon, Nice et Toulouse
- Une action nationale (convention DGPR-LCPC) a contribué à la rédaction en 2010 d'un guide/document méthodologique (non publié néanmoins) sur les schéma d'itinéraire : concernait 5 phénomènes/aléas dont le risque rocheux.

# Itinéraires de risques : synthèse (en cours...)

- Prestations réalisées et échelle de travail (1/10 000 le plus souvent) identiques
- Méthode commune principalement basée sur celle des guides spécifiques au risques rocheux avec néanmoins des adaptations pertinentes selon les contextes et la sensibilité globale du linéaire
- Analyse des méthodes réalisée en comparant avec les étapes préconisées par le « guide 2010 »

# Itinéraires de risques : limites de l'analyse/comparaison

- Difficile de faire un retex pertinent en raison de la diversité des objectifs/finalités visés par chaque étude d'itinéraire, du temps consacré et du contexte.
- Besoin d'un échange plus précis et direct avec les auteurs des études (amélioration de la restitution)
- Un retex des gestionnaires serait utile : l'étude a-t-elle été utilisée ? l'est-elle encore ? Faut-il l'actualiser ? l'améliorer ?...

# Itinéraires de risques : perspectives

- Des études d'itinéraires sont encore en cours de réalisation, ou débutent (multi-aléa le plus souvent)
- Au delà du seul risque rocheux, la méthode permettant d'étudier des itinéraires mériterait d'être consolidée pour permettre d'être adaptée aux attentes des gestionnaires et aux nouvelles techniques d'analyse/acquisition.
- Un guide/document actualisé permettrait de donner plus de souplesse à ce type d'approche et de renvoyer plus systématiquement vers les guides spécifiques récemment publiés (action prochaine hors Cadoc ?).



**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

**Merci**

Stéphanie DETOURBE  
stephanie.detourbe

Emeric Védie  
emeric.vedie@cerema.fr