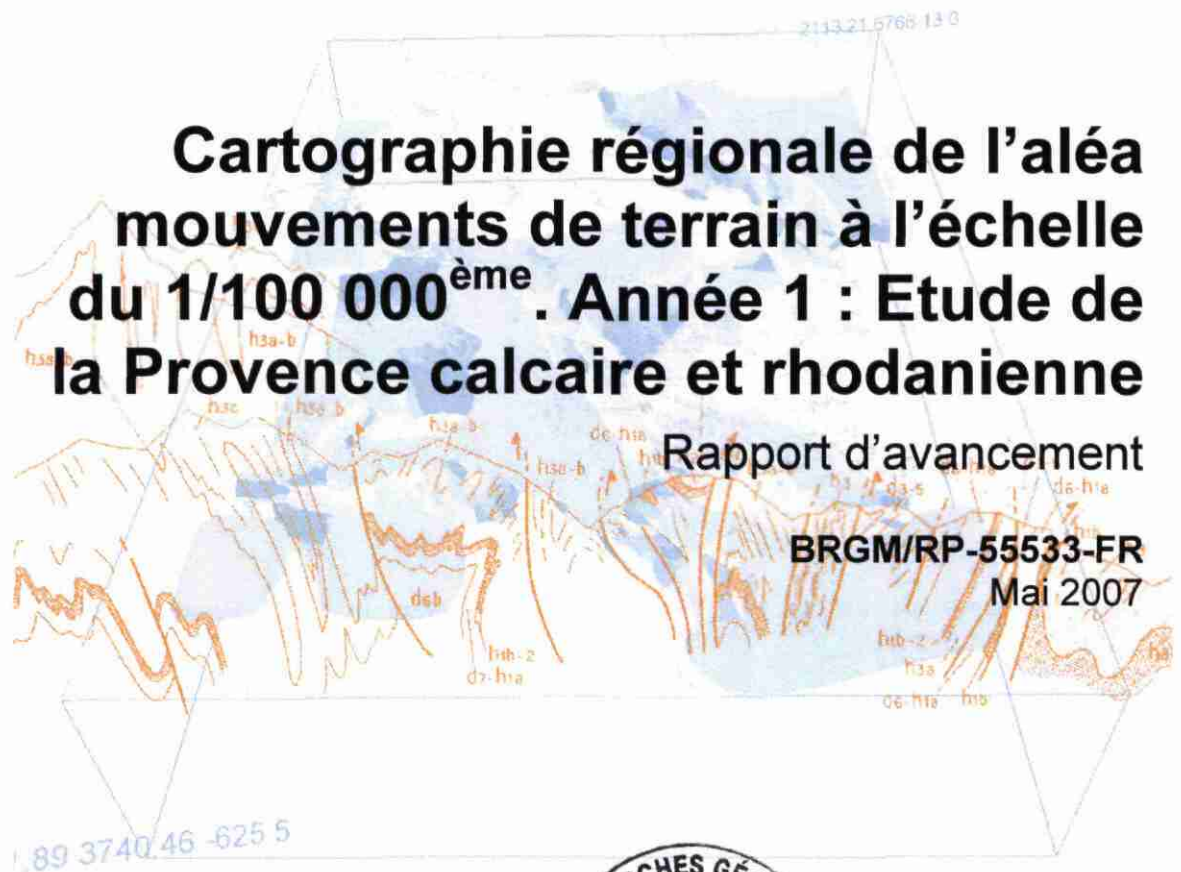


Document public



Cartographie régionale de l'aléa mouvements de terrain à l'échelle du 1/100 000^{ème}. Année 1 : Etude de la Provence calcaire et rhodanienne

Rapport d'avancement

BRGM/RP-55533-FR

Mai 2007



Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Cartographie régionale de l'aléa mouvements de terrain à l'échelle du 1/100 000^{ème}. Année 1 : Etude de la Provence calcaire et rhodanienne

Rapport d'avancement

BRGM/RP-55533-FR
Mai 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2006RISE06

N. Marçot, F. Rivet
Avec la collaboration de
P-A. Brevot

Vérificateur :

Original signé par C. Mathon
Date : 28 mai 2007

Approbateur :

Original signé par Serge Solages
Date : 28 mai 2007

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



Mots clés : cartographie, aléa, mouvements de terrain, région PACA, Provence Calcaire et Rhodanienne, chute de blocs, glissement, effondrement, coulée de boue, 100 000^{ème},

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : N. Marçot, F. Rivet avec la collaboration de P.-A. Brevot (2007) - Cartographie régionale de l'aléa mouvements de terrain à l'échelle du 1/100 000^{ème} – Année 1 : Etude de la Provence calcaire et rhodanienne. Rapport BRGM/RP-55533-FR, 25 p., 6 illustrations, 2 annexes.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude a pour objectif la réalisation de la cartographie régionale homogène de la susceptibilité du territoire aux phénomènes de mouvements de terrain.

La cartographie, réalisée à l'échelle du 1/100 000^{ème}, permettra de disposer d'un document de hiérarchisation, d'information et de sensibilisation sur les risques de mouvements de terrain de l'ensemble de la Région PACA, ainsi que d'un document d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire à l'échelle régionale ou départementale. En outre, ces résultats permettront de fixer des orientations pour la cartographie à 1/25 000^{ème} dans les zones les plus sensibles (échelle adaptée en vue de la réalisation de Plans de Prévention des Risques et la prise en compte des risques mouvements de terrain à l'échelle des documents d'urbanisme).

Schématiquement, la région est constituée de 3 grands domaines géologiques et géographiques : la zone alpine ou le domaine montagneux, la Provence cristalline, la Provence calcaire incluant le delta du Rhône.

Ce rapport d'avancement présente les principes de la méthodologie qui va être utilisée, ainsi qu'un état d'avancement de la collecte des données et de la mise en place d'une typologie de mouvements de terrain propres, dans un premier temps, au contexte de la Provence calcaire et rhodanienne.

Cette opération est cofinancée par le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, la DIREN et le BRGM dans le cadre du IV^{ème} Contrat de Plan Etat-Région.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Contexte et objectifs de l'opération	9
3. Collecte et mise en forme des données	11
3.1. METHODOLOGIE.....	11
3.1.1. Recherche bibliographique.....	11
3.1.2. Méthodologie pour la réalisation de la cartographie à l'échelle du 1/100 000 ^{ème}	11
3.2. DONNEES SUR LES EVENEMENTS.....	13
3.3. MISE EN PLACE D'UNE TYPOLOGIE DETAILLEE.....	16
4. Harmonisation géologique	17
5. Conclusion	19
Liste des illustrations	
Illustration 1 : Découpage de la région PACA en trois zones	10
Illustration 2 : Exemple de tableau d'affectation d'une pente limite de rupture par regroupement lithostratigraphiques pour les glissements et chutes de blocs.....	12
Illustration 3 : Sources de données concernant le recensement des événements mouvements de terrain.....	14
Illustration 4 : Localisation des 1 197 événements mouvements de terrain recensés et étudiés et des 207 ravinements observés et collectés par les services RTM.....	15
Illustration 5 : Typologie détaillée des mouvements de terrain sur le territoire de la Provence calcaire et rhodanienne.....	16
Illustration 6 : Harmonisation des cartes géologiques au 1/50 000 ^{ème} sur la zone d'étude	17
Liste des annexes	
Annexe 1 : Tableau récapitulatif des méthodologies de cartographie de l'aléa.....	21
Annexe 2 : Typologie des mouvements de terrain.....	23



1. Introduction

Cette étude a pour objectif la réalisation de la cartographie régionale homogène de la susceptibilité du territoire aux phénomènes de mouvements de terrain.

Schématiquement, la région est constituée de 3 grands domaines géologiques et géographiques : la zone alpine ou le domaine montagneux, la Provence cristalline, la Provence calcaire incluant le delta du Rhône.

Ce rapport d'avancement présente les principes de la méthodologie qui va être utilisée, ainsi qu'un état d'avancement de la collecte des données et de la mise en place d'une typologie de mouvements de terrain propres, dans un premier temps, au contexte de la Provence calcaire et rhodanienne.

2. Contexte et objectifs de l'opération

En 2002 et 2003, dans le cadre du CPER Etat – Région PACA, l'étude relative à la cartographie des risques mouvements de terrain de la vallée de la Roya réalisée aux échelles du 1/50 000^{ème} puis du 1/25 000^{ème} a permis d'établir une méthodologie de cartographie à deux échelles successives, régionales puis communales. Cette étude a montré l'intérêt d'une cartographie à plus petite échelle, 1/100 000^{ème} au lieu du 1/50 000^{ème}, en préalable à des études locales.

La carte régionale à l'échelle du 1/100 000^{ème} de l'aléa mouvements de terrain doit constituer une information de base pour la prise en compte du risque mouvements de terrain dans la politique d'aménagement régionale ou départementale. Il s'agit aussi d'une base de travail pour fixer les priorités d'études à plus grande échelle (1/25 000^{ème} notamment et PPR si nécessaire).

Le programme global proposé pour la cartographie des mouvements de terrain à l'échelle du 1/100 000^{ème} concerne l'ensemble de la Région PACA. Il est établi sur 3 ans. La région est découpée en 3 grands domaines géologiques et géographiques spécifiques :

- **la Provence calcaire et la plaine rhodanienne**, zones de plaines localement marquées par des reliefs. Il s'agit essentiellement d'une plate forme carbonatée recouverte par endroit par des dépôts conglomératiques marins ou alluvionnaires ;
- **le domaine alpin**, zone montagneuse, constituée de terrains fortement métamorphisés et affectés par des mouvements de terrain récurrents ;
- **la Provence cristalline**, elle correspond à une zone de plaines ou de collines, constituée de terrains cristallophylliens (granites, gneiss) affleurant ou recouverte par des formations triasiques particulièrement sujettes aux instabilités du sous sol (faciès de gypses, cargneules).

Chacun de ces trois domaines doit présenter des caractéristiques spécifiques par rapport à leur susceptibilité aux instabilités de terrain. Le projet global prévoit successivement la cartographie de ces trois domaines régionaux, la première année étant consacrée à la Provence calcaire et rhodanienne.

Les objectifs visés à l'avancement des travaux sont :

Cartographie d'aléa

- inventorer les mouvements de terrain affectant le territoire (utilisation de la BDMVT réalisée pour le MEDD complétée par une collecte au sein des services concernés par les mouvements de terrain (services de Restauration des Terrains en Montagne (RTM), Division Départementale de l'Équipement (DDE), Atlas des Risques naturels du CETE) ;
- définir la typologie des mouvements recensés et les facteurs déterminants leur occurrence ;

- établir la susceptibilité des terrains aux types de mouvements identifiés ;
- qualifier l'aléa par zonage, en fonction des facteurs définis.

Cartographie des enjeux

- recenser les principaux enjeux : occupation des espaces, réseaux de communication, agglomérations ;
- hiérarchiser les enjeux, en concertation avec les services concernés.

Première appréciation globale du risque « mouvements de terrain »

- qualifier le risque, en fonction des facteurs définis, par superposition de l'aléa aux enjeux principaux identifiés ;
- orienter les priorités d'études à plus grande échelle.

Remarque : la cartographie présentée est réalisée par traitement numérique à l'échelle du 1/100 000^{ème}, l'interprétation qui peut en être faite est conditionnée par cette échelle.

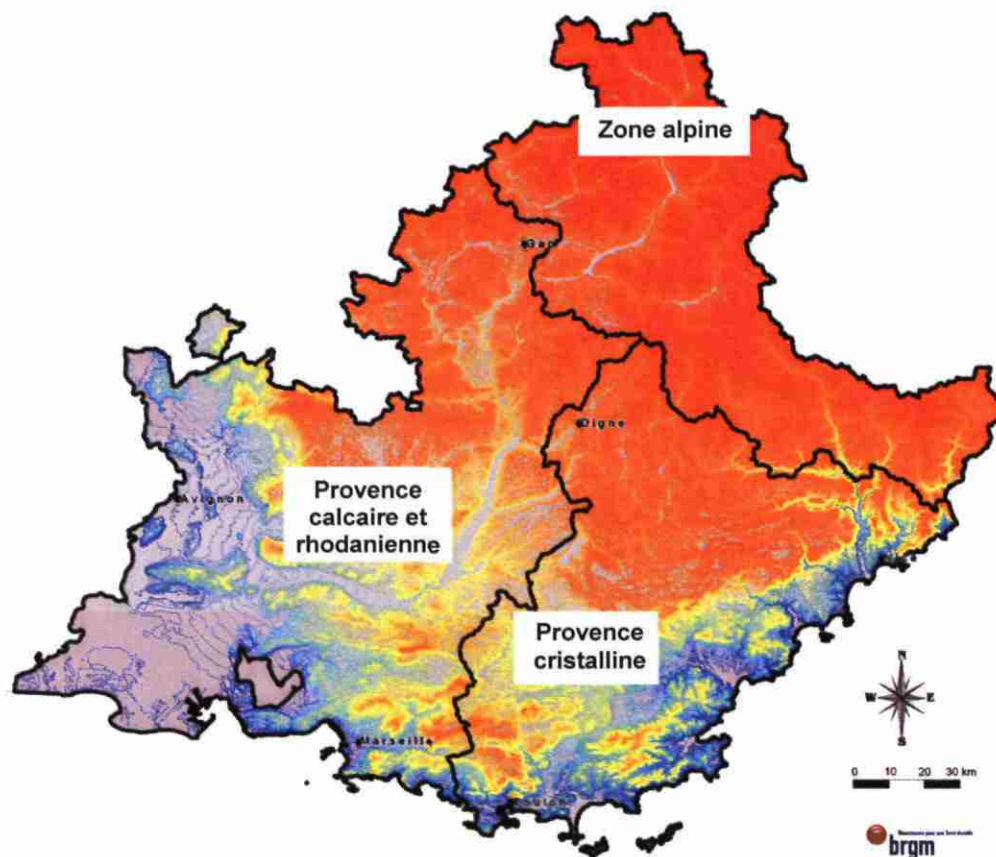


Illustration 1 : Découpage de la région PACA en trois zones

3. Collecte et mise en forme des données

3.1. METHODOLOGIE

3.1.1. Recherche bibliographique

Une part importante du travail a porté sur l'établissement de la méthodologie la plus adaptée à la réalisation de cartographies d'aléa à l'échelle du 1/100 000^{ème}, dans le contexte de la région PACA et plus particulièrement de la Provence calcaire et rhodanienne.

Le tableau en annexe présente les différentes références bibliographiques sur la problématique de cartographie de l'aléa mouvements de terrain.

3.1.2. Méthodologie pour la réalisation de la cartographie à l'échelle du 1/100 000^{ème}

La méthodologie mise en place pour une cartographie d'orientation proposée à l'échelle du 1/100 000^{ème} est la suivante :

- **Inventaire** des événements mouvements de terrain anciens, historiques, déclarés et des indices d'instabilités (à partir d'observation in-situ, des photos aériennes) tels que fissurations, moutonnement, cicatrices d'arrachements, cônes d'éboulements etc... Construction d'une **table événement** complétée par des observations de terrain :

Mvt / Date / Type / Sous-type / Volume / Géologie / Morpho – pente / Réurrence

- **Typologie** illustrée et détaillée à partir des événements observés, schémas types (conditions d'apparition, dynamique du mouvement), en affinant la description des phénomènes et la diversité des mouvements ;
- **Harmonisation** géologique par rapport aux connaissances acquises dans le contexte géologique et la typologie, et regroupement des formations similaires quand cela est possible tout en conservant la description géologique initiale ;
- **Définition** de l'aléa par phénomène :

Pour les **glissements de moyenne et faible ampleur** : analyse *litho/pente** (une pente limite affectée à chaque formation géologique) croisée avec la carte des pentes issue du Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 50 m ;

Pour les **chutes de blocs** : digitalisation des barres rocheuses à l'échelle du 1/25 000^{ème} (lignes simples) et analyse *litho/pente** pour les formations calcaires qui ne

forment pas forcément des falaises (ex : alternances marno-calcaires), puis croisement de la *litho/pente** avec la carte des pentes issue du MNT.

*analyse *litho/pente* : dans un premier temps les formations géologiques sont regroupées selon leur sensibilité lithologique aux glissements ou aux chutes de blocs. Pour chaque groupe ainsi constitué, une évaluation théorique de la pente minimum à partir de laquelle les formations sont susceptibles d'être soumises à un glissement est réalisée (exemple Illustration 2). L'indice ainsi mis en évidence correspondant à la limite de pente est un indice objectif et opérationnel. Cette valeur de pente s'utilise de telle manière que lorsque la pente de la formation géologique est au-dessus, sa susceptibilité au glissement ou aux chutes de blocs est moyenne à forte, et lorsque la pente de la formation géologique est en-dessous, sa susceptibilité est nulle à faible.

Regroupement litho-stratigraphique	Pente limite pour les glissements (+/- 5°)	Regroupement litho-stratigraphique	Pente limite pour les chutes de blocs (+/- 5°)
Argiles, marnes vases et limons du Quaternaire	10°	Molasse du Miocène inférieur	60°
Moraine	15°	Calcaire et marno-calcaires du Crétacé inférieur	55°
Marnes et argiles du miocène	20°	Calcaire et poudingues du Jurassique supérieur	70°
...		...	

Illustration 2 : Exemple de tableau d'affectation d'une pente limite de rupture par regroupement lithostratigraphiques pour les glissements et chutes de blocs.

L'aléa est issu du croisement de la pente limite avec la carte des pentes obtenue à partir du MNT au pas de 50 m.

Aléa	= moyen à fort si pente (MNT) > Pente limite
	= nul à faible si Pente(MNT) < Pente limite

Pour les *écroulements* : mise en évidence les hautes falaises (croisement pente et hauteur de falaises à partir de la digitalisation des falaises) puis propagation à partir du logiciel Bora (logiciel d'aide à la cartographie).

Pour les **coulées de boue**, on utilisera le modèle de drainage qui sera ensuite croisé avec la pente.

Pour les **effondrements**, on prendra en compte 3 types de phénomènes liés à la dissolution de gypse, à la formation de karst, et à l'activité anthropique (carrières souterraines, caves,...). La base de données cavités www.bdcavite.fr doit confirmer la sensibilité lithologique ainsi mise en évidence. La susceptibilité sera évaluée selon 2 cas :

- phénomène vraisemblable ;
 - phénomène quasi invraisemblable.
- **Synthèse** : superposition de l'ensemble des cartes par type de phénomène et croisement avec les enjeux (hiérarchisés) pour obtenir une hiérarchisation de l'aléa.

3.2. DONNEES SUR LES EVENEMENTS

La cartographie de l'aléa mouvements de terrain se base, en ce qui concerne la connaissance des phénomènes, sur un important travail de recueil de données sur les événements qui se sont produits dans la zone étudiée.

Ainsi, sur la zone de la Provence calcaire et rhodanienne (14 300 km²), 1 197 événements mouvements de terrain ont été recensés (Illustration 2).

Origine des données	Nombre d'événements recensés
BD Mvt www.bdmvt.fr	678
Cartes géologiques	37
CETE	106
Conseils Généraux	13
DDE	30
PPR	8
Services RTM	185
Observation terrain	140
total	1 197

Illustration 3 : Sources de données concernant le recensement des événements mouvements de terrain

La base de données BD Mvt a donc été la principale source d'information en ce qui concerne le recensement des événements. Néanmoins, seuls les départements du Var, des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse disposaient d'un inventaire des mouvements de terrain récent. Les Alpes de Haute-Provence et les Hautes-Alpes n'ont pas fait l'objet d'inventaire mouvements de terrain récent, les données existantes sont actuellement aux Services RTM, qui nous les ont fournis pour l'étude.

Enfin, un important travail de terrain a permis d'une part de valider un certain nombre d'événements recensés, d'autre part, d'inventorier des événements supplémentaires.

Les 1 197 événements répertoriés se répartissent comme le montre l'illustration 3.

Sur cette carte figurent également les ravinelements observés lors de visites sur le terrain et collectés par les services RTM. Néanmoins, l'aléa ravinement n'est pas traité dans le cadre de cette étude, l'échelle du 1/100 000^{ème} ayant été jugée inadaptée à l'étude de ce phénomène.

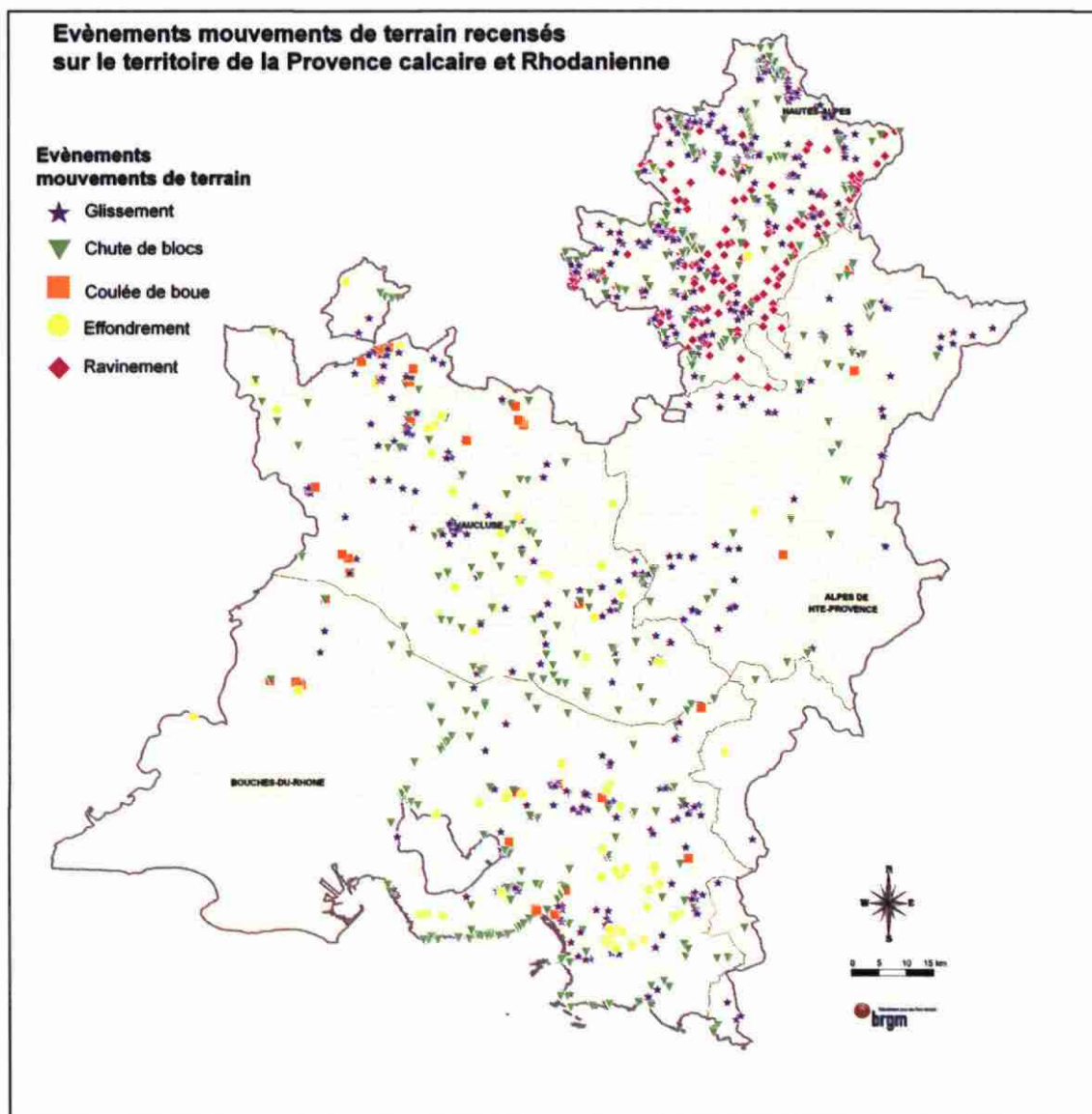


Illustration 4 : Localisation des 1 197 événements mouvements de terrain recensés et étudiés et des 207 ravinelements observés et collectés par les services RTM

3.3. MISE EN PLACE D'UNE TYPOLOGIE DETAILLEE

A partir de l'inventaire des événements réalisés sur l'ensemble de la zone d'étude auprès de différents services, nous avons pu établir une typologie précise des mouvements de terrain rencontrés.

Nous distinguerons d'une part les événements proprement dits, et d'autre part les indices de survenance d'un événement.

Ainsi, 18 catégories de mouvements de terrain ont été distinguées et décrites (Illustration 5).

Typologie détaillée des mouvements de terrain

Evénements	
A	Charriage
B	Chute de blocs
C	Chute de pierres
D	Chute de pierres et blocs
E	Coulée de boue (résultant de ravinement)
F	Eboulis vifs
G	Ecroulement en masse
H	Effondrement
J	Glissement banc sur banc
K	Glissement complexe
L	Glissement en masse
M	Glissement lent (fluage)
N	Glissement rotationnel profond
O	Glissement superficiel
P	Ravinement (sur glissement) avec mobilisation de pierres
Q	Ravinement sur ancienne carrière
R	Ravinement sur Bad lands
S	Ravinement "autres"
Indices d'instabilités	
B'	Chute de blocs
C'	Chute de pierres
J'	Glissement
Q'	Ravinement

Illustration 5 : Typologie détaillée des mouvements de terrain sur le territoire de la Provence calcaire et rhodanienne

Des photographies illustrant chacun des types de mouvements de terrain sont présentées en annexe 2.

La cartographie de l'aléa sera déclinée par grand type de mouvements de terrain, à savoir : les glissements de terrain, les éboulements / chute de pierre et blocs, les effondrements et les coulées de boue.

4. Harmonisation géologique

La réalisation d'une carte d'aléa mouvements de terrain nécessite de disposer d'une harmonisation des contours géologiques sur l'ensemble de la zone étudiée. A cette fin, nous avons réalisé à partir des cartes géologiques du BRGM vectorisées, une harmonisation sur l'ensemble de la zone d'étude. Les départements des Bouches-du-Rhône, du Vaucluse et des Alpes de Haute-Provence disposaient déjà d'une harmonisation géologique, en revanche, les jonctions entre les départements ainsi que la zone située dans les Hautes-Alpes ont du être harmonisées pour l'étude (Illustration 6). L'échelle de validité de la carte géologique harmonisée de la Provence calcaire et rhodanienne est donc l'échelle du 1/50 000^{ème}, c'est à dire l'échelle des cartes géologiques du BRGM.

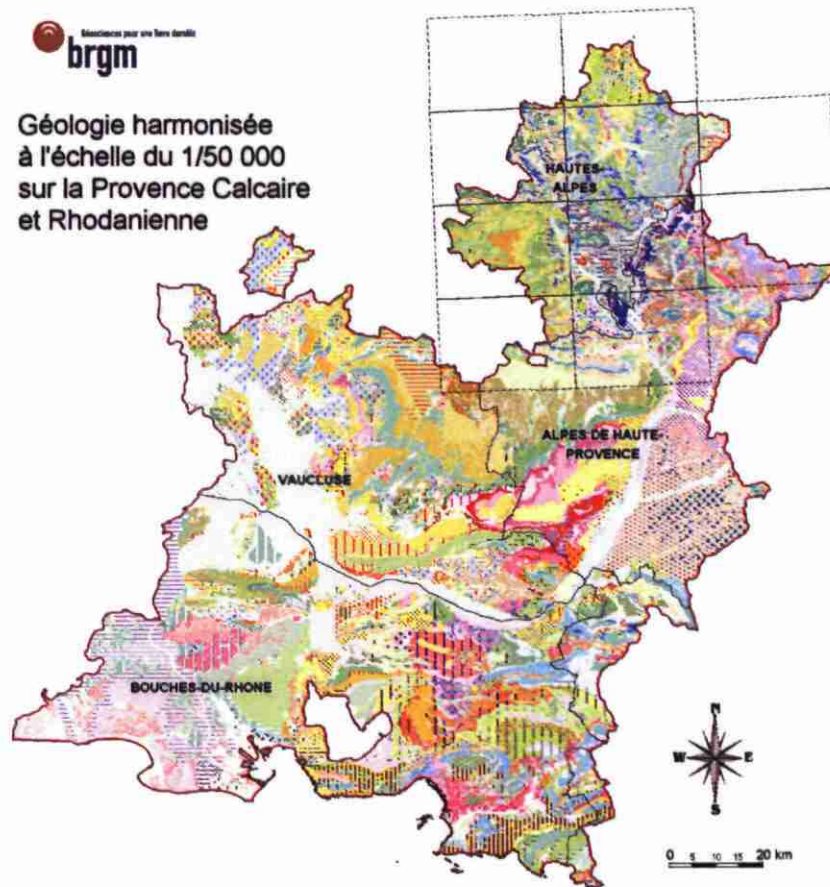


Illustration 6 : Harmonisation des cartes géologiques au 1/50 000^{ème} sur la zone d'étude

5. Conclusion

Schématiquement, la région est constituée de 3 grands domaines géologiques et géographiques : la zone alpine ou le domaine montagneux, la Provence cristalline et la Provence calcaire incluant le delta du Rhône.

Le présent rapport est consacré à la Provence calcaire et rhodanienne.

Ce rapport d'avancement a présenté les principes de la méthodologie qui va être utilisée dans la suite de l'étude, ainsi qu'un état d'avancement de la collecte des données et de la mise en place d'une typologie de mouvements de terrain propres au contexte de la Provence calcaire et rhodanienne.

Il est prévu en fin d'étude de restituer sous la forme d'un SIG, les documents cartographiques à l'échelle équivalente à 1/100 000^{ème} ayant permis la réalisation de la cartographie de l'aléa régional mouvements de terrain. Une proposition d'une hiérarchisation des communes en fonction du risque de mouvements de terrain et l'établissement d'un rapport expliquant la démarche de cartographie seront également fournis.

Cette cartographie sera associée à la base de données « mouvements de terrain » instruite conjointement par le BRGM et les services RTM et le Laboratoire des Ponts et Chaussées (LCPC).

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des méthodologies de cartographie de l'aléa

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés													Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa						Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000						
			Glissement - GI	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eboulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Liberation de "boules"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Eroulement - Fontis	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices in-situ	Couvert végétal et Occupation du Sol			Calculs de propagation	Points positifs	Points négatifs				
Cartographie de l'aléa MVT de la région PACA	1/1 000 000	juil-99																								Rapport	BRGM	La méthodologie employée est simple, claire, concise, et n'est pas trop approfondie compte tenu de l'échelle de travail. L'échelle de 1/1 000 000 ne nécessite pas d'intervention sur le terrain, si ce n'est un minimum d'expérience pour l'attribution de notes de susceptibilité lithologiques aux formations géologiques	A cette échelle, seuls les critères Pente et Susceptibilité lithologiques ont été pris en compte	
Cartographie de l'aléa MVT de Haute-Corse	1/100 000	2002																									Rapport	BRGM	Typologie des aléas bien détaillée : pour chaque aléa le phénomène ainsi que les facteurs de prédisposition sont expliqués. La méthodologie générale d'élaboration des cartes d'aléa est présentée clairement (schéma synthétique) puis il en est de même pour chacun des 3 types d'aléa considérés. Première approche de l'analyse du risque en fin de rapport.	Manque d'explications concernant le choix de certains seuils (critères déterminants). Aucune prise en compte de la susceptibilité lithologique concernant la carte de l'aléa Coulées boueuses et charriages.
Cartographie de l'aléa MVT de Corse du Sud	1/100 000	mars-03																									Rapport	BRGM	Typologie des aléas bien détaillée. Pour chaque type d'aléa : description du phénomène et des facteurs de prédisposition, déclenchants et aggravants. La méthodologie pour les 4 aléas considérés est claire et expliquée facilement à l'aide de schémas. Première approche de l'analyse du risque en fin de rapport.	Le cheminement de la méthodologie de réalisation de carte pour chaque type d'aléa est clair, cependant manque un minimum d'explications concernant le choix et le croisement des critères retenus.
Cartographie des aléas naturels de l'île de la Réunion	1/100 000	juin-01																									Rapport	BRGM	La typologie de l'aléa mouvements de terrain est bien développée : chute de blocs, glissement et coulées de boue associées, érosion, effondrement de cavités (tunnels de lave).	L'aléa MVT est pris dans son ensemble, aucune différenciation des différents types d'aléa MVT dans la cartographie. Les facteurs de prédisposition pris en compte sont trop réduits (pente, morphologie, formations géologiques actives, événements). A l'échelle de 1/100 000 il aurait été nécessaire de considérer des critères plus fins (cf. Corse-du-Sud).
Cartographie de l'aléa MVT dans le bassin versant de la Roya (Alpes-Maritimes)	1/50 000	juil-02																									Rapport	BRGM	La typologie est claire et bien expliquée. Les facteurs déterminants sont listés.	La méthodologie de cartographie pour chaque type d'aléa se résume à un schéma synthétique. Il aurait été préférable d'avoir des explications quant aux choix des critères retenus et de leurs combinaisons.
Cartographie de l'aléa MVT dans la vallée du Bas Buëch-Laragnais (Hautes-Alpes)	1/50 000	janv-07																									Rapport	BRGM	Typologie claire et complète. La méthodologie générale d'élaboration de la carte d'aléa MVT est bien présentée et expliquée en détails. La méthodologie pour chaque type d'aléa est ensuite expliquée de façon logique et détaillée (outils utilisés, facteurs déterminants, opérations de combinaison amenant la sensibilité à la susceptibilité à l'aléa).	Comme pour la plupart des rapports BRGM, l'occurrence temporelle n'est pas prise en compte dans l'aléa. Par ailleurs ici l'étude des aléas ravinement et effondrement n'a pas conduit à des cartes d'aléa, mais uniquement à des cartes de susceptibilité.
Cartographie de l'aléa MVT dans le bassin versant de la Roya (Alpes-Maritimes)	1/25 000	oct-03																									Rapport	BRGM	Approche de l'évaluation de l'aléa plus analytique (calculs mathématiques).	L'explication de la méthodologie reste très superficielle.
Inventaire pour la cartographie des risques du département des Bouches-du-Rhône et Cartographie des aléas naturels et des éléments exposés du bassin de risque de l'Arc (3 Volumes)	1/25 000	nov-95																									Rapport	BRGM		Aucune explication dans la méthodologie d'évaluation de l'aléa. Pourtant le projet devait amener à élaborer une méthodologie type de cartographie des aléas naturels
Prise en compte de la problématique des risques liés aux falaises cotières dans l'aménagement du territoire en PACA. Année 1 : Bilan des connaissances, définition des instabilités et qualification de l'aléa	1/25 000	janv-04																									Rapport	BRGM		La méthodologie porte essentiellement sur l'aléa chute de blocs (et tous ses dérivés). L'aléa glissement de terrain est brièvement abordé. Les critères retenus sont toutefois peu poussés (3 pages) et surtout adaptés au contexte de falaises cotières. Raccourci employé : intensité du phénomène = niveau d'aléa
L'érosion hydrique des sols en France	Nationale 1/10 000 000	nov-02																									Rapport	IFEN / INRA		L'échelle étant très petite, les critères d'évaluation de l'aléa Erosion des Sols restent très simplistes (5 facteurs) et sont basés sur des données peu précises (couvertures d'échelle nationale)
La spatialisation de l'aléa Erosion des Sols en Nouvelle-Calédonie. (Méthodologie définie sur 3 communes)	1/500 000	sept-06																									Rapport	INP TOULOUSE / ENSAT	Modélisation de l'aléa suivant plusieurs scénarii.	Evaluation basée sur une analyse multi-critères de l'aléa Erosion des Sols (surfaces drainées, courbure horizontale, courbure de profil, géologie, occupation du sol, pentes, pistes).

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés													Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa					Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000							
			Glissement - GI	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eboulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boules"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Eroulement - Fontis	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices <i>in-situ</i>			Couvert végétal et Occupation du Sol	Calculs de propagation	Points positifs	Points négatifs				
Carte ZERMOS_Note explicative de la carte des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol à 1/20 000	1/20 000	1975																								Carte + Notice	BRGM	Cartographie assez précise de l'aléa, même si basée sur 5 critères seulement. Des figurés ont été surimposés dans le but de renseigner sur des déstabilisations locales (actives ou passées).	Pas d'approche de la susceptibilité des terrains (hormis la notion de reptation)	
Carte ZERMOS_Note explicative de la carte des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol à 1/25 000	1/25 000	1976																									Carte + Notice	BRGM	Carte un peu plus précise (6 niveaux de risque) + ajout de lettres indiquant la nature d'un mouvement potentiel sur une zone donnée.	Dans la notice, les formations géologiques sont décrites, cependant aucun critère de cartographie des risques n'est énoncé (aucune donnée sur la méthodologie employée)
Cartographie de l'aléa MVT : principes, méthodes et exemples	Communale	oct-05																									Présentation ppt	CETE de l'Est / DDE Meurthe-et-Moselle	2 arbres logiques décrivant la méthodologie de qualification des aléas glissements de terrain et chute de blocs : présentation et croisement des critères d'évaluation amenant à chaque niveau d'aléa. 3 types de critères pour chacun des 2 types d'aléa.	
Elaboration d'un SIG pour la gestion des zones à risque de GL dans le quartier de Villatina Medellín, Colombie	< 1/10 000	févr-03																									Mémoire	Université de Genève	Un schéma synthétique présente la méthode utilisée pour cartographier l'aléa glissement de terrain : 3 critères (géologie, pente, zone de propagation).	L'application reste cependant très limitée à 2 classes de pente, 1 classe géologique et 1 parcours.
Etude et analyse critique des méthodes d'évaluation des risques naturels par l'exploitation des SIG. Application au bassin versant d'Avançon (Aigle, Vaud, Suisse)	Multi-échelle	sept-03																									Rapport	Université Paris I / EPFL		Seules les notions de risques et de dégâts sont abordées. Aucune donnée concernant l'évaluation de l'aléa. Cependant la notion de cartographie multi-échelle (suivant objectifs et besoins) est abordée.
Evaluation et cartographie par SIG du risque GL. Application aux Alpes du Sud.	1/10 000	2006																									Article scientifique	CNRS	La méthodologie d'évaluation de la susceptibilité aux aléas MVT est abordée, par un modèle probabiliste (théorie de l'évidence) basé sur 3 hypothèses (non validables en réalité). Il en ressort 4 classes de susceptibilité.	
Matterock : une méthodologie d'auscultation des falaises et de détection des instabilités rocheuses.	Echelle de la falaise																										Article scientifique	CREALP	Dans un premier temps la détermination des secteurs potentiellement instables est réalisée par analyse de l'agencement structural des discontinuités du massif par rapport à la topographie locale. Dans un deuxième temps la probabilité de rupture de ces instabilités est estimée. C'est une méthodologie de terrain	Concerne uniquement l'aléa chute de blocs. Les instabilités sont caractérisées par : des facteurs intrinsèques, des processus d'évolution, et des facteurs délançants.
Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale. Exemple du département de l'Aisne.	Départementale	2004																									Article scientifique	INRA Orléans	Aléa Erosion des Sols = Sensibilité des sols à l'érosion (occupation du sol, battance, érodibilité, pente+surface drainée) + Informations météorologiques (intensité et hauteur des précipitations).	
Observation spatiale et SIG : des outils pour cartographier les zones sensibles aux MVT.	1/160 000 (exmple)	mars-94																									Article scientifique	BRGM	L'observation d'orthophotos et leur traitement informatique permettent de mettre en évidence certains critères : densité du drainage, classes de pentes, discontinuités géologiques, niches d'arrachement, zones glissées, faciès lithologiques et carte des zones sensibles aux MVT.	La méthodologie est ici uniquement portée sur l'utilisation de l'imagerie spatiale.
Etude sur les aléas naturels et leurs enjeux.	Multi-échelle	oct-05																									Rapport	Inspection Générale des Finances / CG des Ponts et Chaussées / Inspection Générale de l'EvI.		Uniquement des généralités, des définitions et des exemples connus.
Spécificité des grands MVT face aux risques.	Multi-échelle	oct-04																									Présentation ppt	Laboratoire de mécanique des sols / EPFL		La méthodologie est décrite globalement (2 diapositives dont un schéma synthétique), de façon superficielle, sans rentrer dans les détails. Elle reste uniquement qualitative et aucun critère déclenchant ou aggravant n'est vraiment énoncé.
Analyse multi-aléas et risques naturels dans le département du Choco (NW Colombie)	Départementale et municipale (ex 1/800 000)	2002																									Thèse	Université de Genève - Dpt de minéralogie	3 types d'aléas sont étudiés dans cette thèse, dont l'aléa Instabilités de terrains. La méthode de cartographie utilisée est bien expliquée, les différents types de MVT, les critères choisis, ainsi que toute la méthodologie utilisée (quelques tableaux et 2 arbres logiques bien explicatifs) pour réaliser la carte de la susceptibilité aux instabilités de terrain.	

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés												Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa								Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000				
			Glissement - G1	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eboulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boulés"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Eroulement - Fontis	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices in-situ	Couvert végétal et Occupation du Sol	Calculs de propagation			Points positifs	Points négatifs			
Analyse spatiale et mise en place de systèmes d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagne face aux risques naturels.	?	oct-00																								Thèse	Université Joseph Fourier - Grenoble I	Présentation des différents types de MVT, puis réduction à 3 pour les zones de montagne. Seul l'aléa chute de blocs est décrit (dont un arbre logique présentant les 3 principaux éléments de cet aléa).	Eboulement de falaise et glissement sont juste énoncés. La méthodologie utilisée n'est pratiquement pas décrite, de même que les critères décisionnels.
Apport de la logique floue à l'évaluation de l'aléa MVT des sites géotechniques : propositions pour une méthodologie générale.	Echelle de l'affleurement (exemple)	mars-99																								Thèse	Institut National Polytechnique de Lorraine	De nombreuses méthodes d'évaluation de l'aléa ou du risque (en général ou parfois sur des domaines bien précis) sont présentées (bibliographie). La méthodologie ensuite retenue est issue d'une approche établie par l'Ineris concernant une falaise dans la région de Pontoise. Cette méthodologie est très bien expliquée : critères décisionnels (avec indices), la qualification de l'intensité, puis la probabilité d'occurrence, et enfin l'aléa.	La méthodologie décrite concerne uniquement l'aléa chute de blocs.
Evaluation de l'aléa relatif aux coulées de boue, glissements de terrain et éboulements rocheux. Définition et chiffrage de solutions de mise en sécurité pour le lotissement et la route départementale. Les Egravats, commune du Mont-Dore (63)	Communale	oct-04																								Rapport	BRGM / CETE de Lyon / Cemagref	Plusieurs principes méthodologiques énoncés, voire expliqués.	Aucune réelle méthodologie de cartographie de l'aléa MVT. Pour les 3 types d'aléa il ne s'agit que de considérations qualitatives et de conclusions basées sur des modélisations et des retours d'expérience. Il en résulte quelques estimations quantitatives de possibles événements futurs, mais aucune réelle cartographie avec des niveaux d'aléa. Les modélisations sont effectuées à partir de logiciels et d'équations mathématiques complexes ainsi que des aspects géotechniques.
Etude et quantification des risques naturels du bassin de l'Avançon.	du Bassin Versant	sept-02																								Rapport	EPFL - LASIG / ENAC / INTER	2 grandes méthodologies d'évaluation des aléas naturels (inondation, glissement, avalanche) sont présentées en détails. Elles sont par la suite comparées et appliquées au bassin de l'Avançon (cartes des risques). La notion de période de retour est abordée (3 intervalles).	La méthodologie décrite est très lourde de compréhension (nombreux sigles + sous-notions de risque et de danger). On a tendance à se perdre dans les explications. Par ailleurs le risque et le danger sont bien plus abordés que l'aléa, de ce fait aucun critère décisionnel n'est énoncé.
Méthodologie pour la connaissance et l'identification des risques de MVT	PPR	avr-96																								Rapport	INERIS	Les mécanismes des phénomènes considérés sont très bien expliqués (même si trop focalisés). La partie appréhension des risques (par observations de terrain) est bien complète, mais aurait pu être plus claire si synthétisée sous forme de tableau.	Document relatif aux risques de MVT liés uniquement aux carrières souterraines et aux falaises (typologie non exhaustive). Méthodologie élaborée dans le but de réalisation de PPR (échelle trop grande pour de l'évaluation de l'aléa au 1/100 000 par exemple). Aucune quantification des critères énoncés dans la partie "Appréhension du risque". L'aléa et sa cartographie ne sont pratiquement pas abordés (3 pages en fin de rapport).
Cartographie des aléas naturels (MVT, ER) dans le territoire de Nouvelle-Calédonie. Zone de Tontoua	1/25 000	déc-99																								Rapport	BRGM	5 niveaux d'aléa MVT. Bonne typologie des MVT.	La carte d'aléa MVT présente l'aléa dans sa globalité : pas de distinction des différents types d'aléa. La méthodologie est vaguement présentée (documents de base, outils) : les critères décisionnels ne sont pas détaillés, de même que leurs combinaisons.
Une méthodologie de cartographie des zones potentiellement instables. Application à la région d'Al Hoceima (Maroc)	≈ 1/50 000	1998																								Article scientifique	CNRC Canada	La méthodologie est simple et très très bien expliquée. 6 facteurs pris en compte. 5 degrés de risque au final. Un exemple d'application est ensuite présenté. La méthodologie est ensuite comparée à d'autres types de cartographie (ZERMOS et carte d'aléas préparatoire aux PER).	Les facteurs déterminants retenus ont tous le même poids.
Une approche quantitative de la cartographie des risques naturels : application expérimentale au patrimoine bâti de la Martinique.	Départementale	2004																								Article scientifique	Geomorphologie : relief, processus, environnement	Le principe de cartographie de l'aléa MVT est très bien expliqué et très bien resitué dans la démarche amenant à la carte des risques. Très bon document en termes de généralités et définitions.	Aucune typologie des MVT. Aucun critère énoncé. La méthodologie de cartographie de l'aléa MVT est survolée ; aucun détail.
Les glissements de type écoulement dans les marnes noires des Alpes-du-sud. Morphologie, fonctionnement et modélisation hydro-mécanique.	-	2003																								Article scientifique	Université Louis Pasteur-Strasbourg	L'étude concerne l'utilisation de modélisations et simulations numériques dans la prédiction du Glissement de type Ecoulement.	Pas de typologie ni de critères. Aucune méthodologie détaillée. Seuls différents types de modélisations et simulations sont énoncés.

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés														Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa					Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000						
			Glissement - GI	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eroulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boules"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Eroulement - Fontis	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices in-situ	Couvert végétal et Occupation du Sol			Calculs de propagation	Points positifs	Points négatifs				
Les Mouvements de terrain.	-	juin-05																									Mensuel	Institut des Risques Majeurs	Différents thèmes abordés : définition et typologie des MVT, définition de l'aléa MVT (démarche d'expert), études techniques visant à préciser l'aléa, apport de la recherche dans évaluation aléa chute de blocs.	Document pour le grand public → peu de détails, aucune méthodologie de cartographie de l'aléa expliquée en détails. Informations généralistes et trop superficielles.
Elaboration d'un outil d'estimation qualitative du risque naturel à moyenne échelle.	Bassin versant	janv-03																									Présentation ppt	EPFL / LaSIG		Seules les notions de danger, dégat et risque sont présentées. La méthodologie correspondante est globalement évoquée. Rien concernant l'évaluation et la cartographie des aléas
Méthodologie pour le diagnostic morphopédologique visant l'identification des zones de risque à l'érosion à Sao Pedro (Sao Paulo, Brésil).	-	?																									Acte de colloque	Laboratoire de Pédologie de Sao Paulo		Quasiment aucune approche de l'aléa, quelques critères sont évoqués. La méthodologie n'est que trop survolée
Plan de Prévention des Risques Naturels de MVT pour l'île-de-Cayenne. Communes de Cayenne, Rémire-Montjoly, Matoury.	1/2 000	févr-00																									Rapport	BRGM	Les critères retenus sont expliqués (pente, précipitations, orientation des versants, formations géologiques superficielles).	Aucune typologie des MVT. La méthodologie d'évaluation de l'aléa est brièvement expliquée, cependant pas assez en détails compte tenu de l'échelle de travail (1/2 000). Les règles de combinaison des différents critères ne sont pas du tout expliquées. Il manque toutes les opérations entre la caractérisation des critères et la carte finale.
Projet PACTES : module Cartographie de l'aléa MVT dans le bassin versant de l'Hérault.	1/50 000	oct-02																									Rapport	BRGM	La méthodologie retenue est justifiée et expliquée. Typologie des MVT assez complète. Présentation des facteurs de prédisposition et de déclenchement. Présentation de la méthode d'évaluation de la susceptibilité des formations géologiques à chacun des 4 types de MVT retenus.	Les critères retenus sont trop peu nombreux et pas suffisamment expliqués. La méthodologie générale de cartographie de l'aléa MVT n'est que globalement présentée ; le cheminement et les règles de détermination des niveaux d'aléa ne sont pas présentés en détails.
PICOREF : Piégeage du CO ₂ dans les réservoirs géologiques en France. Cartographie de l'aléa MVT.	1/250 000	avr-06							2																		Rapport	BRGM	Les aléas liés à la présence de cavités et liés aux mouvements de masse sont étudiés. La méthodologie employée pour la cartographie de chacun des 2 types d'aléa est expliquée clairement. Elle découle d'une part du croisement entre la susceptibilité de présence d'une cavité et la susceptibilité aux désordres, et d'autre part du croisement entre les facteurs pente et géologie.	Les critères retenus sont insuffisants (pente, géologie, historicité) et quasiment uniquement qualitatifs. La carte de susceptibilité de présence de cavités a été réalisée à partir de l'extrapolation d'une partie du secteur à l'ensemble de la zone test. La carte des zones sensibles aux mouvements de masse a été réalisée à partir d'un faible nombre de MVT recensés (statistiques biaisées).
Contribution à l'élaboration du PPR MVT sur la commune de Saint-Denis (La Réunion). Notice de présentation des cartes à 1/25 000 et à 1/5 000 et projet de zonage réglementaire.	1/25 000 et 1/5 000	déc-00																									Rapport	BRGM	2 échelles sont traitées (1/25 000 et 1/5 000). Bonne typologie des phénomènes MVT. Approche intéressante de représentation cartographique des aléas au 1/5 000, évitant la surcharge d'information (tableau final).	Typologie pas prise en compte dans la carto. au 1/25 000 (3 niveaux d'aléa, méthodologie uniquement qualitative), contrairement à la cartographie au 1/5 000 (4 types de MVT, 5 niveaux d'aléa). La démarche de cartographie au 1/5 000 n'est malheureusement pas beaucoup plus précise que celle au 1/25 000.
PPRN pour les vallées de la Largue et du Traubach (88) : cartographie de l'aléa MVT.	1/25 000 (1/10 000)	déc-00																									Rapport	BRGM	3 niveaux d'aléa. Prise en compte d'une zone de neutralisation (amont et aval -schéma final) dans la cartographie, pour palier à certaines imprécisions du MNT.	Pas de différenciation des types de MVT dans la carte d'aléa. Les critères restent peu nombreux pour un PPR (pente, géologie, indices in-situ, hydrogéologie).
Contribution à l'élaboration du PPR MVT sur la commune de Cilaos (La Réunion). Notice et présentation de la cartographie à l'échelle du 1/10 000 et projet de zonage réglementaire.	1/10 000	déc-00																									Rapport	BRGM	Typologie des MVT explicite et complète. Approche intéressante de représentation cartographique des aléas au 1/5 000, évitant la surcharge d'information (tableau final).	Typologie pas prise en compte dans la carte d'aléa (1/10 000). La méthodologie est globalement expliquée et presque uniquement qualitative.
Expertise de l'aléa MVT du territoire de la commune de Farébersviller (Moselle).	Communale	sept-03																									Rapport	BRGM	Une distinction entre affaissement d'origine profonde ou superficielle est faite. Carte finale : 4 niveaux d'aléa affaissement, 2 niveaux d'aléa glissement	Seuls les glissements et les affaissements sont étudiés. Les critères sont trop restreints (pente, géologie, hydrogéologie, historicité). Aucune susceptibilité lithologique prise en compte pour l'aléa glissement. La méthodologie utilisée est peu expliquée (car fait en grande partie référence à un précédent rapport).
PPRN de la vallée de la Largue (Haut-Rhin). Evaluation et cartographie de l'aléa MVT.	1/25 000	sept-00																									Rapport	BRGM	Typologie correcte (+ prise en compte de l'aléa anthropique : anciennes carrières et ouvrages militaires).	Critères peu nombreux (géologie, pente, hydrogéologie, historicité). La pente topographique semble avoir un poids trop important face aux autres critères. Carte finale : niveaux d'aléa en fonction de la pente et les types de MVT sont regroupés par catégorie de pentes.

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés														Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa					Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000				
			Glissement - Gf	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eboulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boules"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Eroulement - Fontis	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices in-situ	Couvert végétal et Occupation du Sol			Calculs de propagation	Points positifs	Points négatifs		
Evaluation et cartographie de l'aléa MVT dans la région de Ribeaupillé (68) : étude détaillée.	1/25 000 (1/10 000)	déc-02																							Rapport	BRGM	Prise en compte de la sismicité. Prise en compte de zones de neutralisation en pied et tête de versant. Carte finale : 3 niveaux de l'aléa MVT.	Typologie un peu légère. Carte finale : aucune distinction des différents types de MVT. Les facteurs choisis restent trop cantonnés à la topographie (pentes >8° dans formations sédimentaires superficielles, pentes >20° dans formations granitiques et gneissiques).
Evaluation et cartographie à l'échelle du 1/10 000 de l'aléa MVT dans le Cirque de Mafate (La Réunion).	1/10 000	juin-01																							Rapport	BRGM	Les différents niveaux d'aléa retenus sont (qualitativement) expliqués, niveau par niveau. La carte peut être agrandie jusqu'à 1/10 000 (où reconnaissance de terrain approfondie).	Méthodologie quasiment uniquement qualitative. La carte finale ne distingue pas les différents types de MVT. Les critères retenus sont peu nombreux (pente, morphologie, géologie) et pas expliqués clairement.
Cartographie des formations superficielles et des aléas MVT en Nouvelle-Calédonie, Massif du Mont-Dore.	1/10 000	2001	2																						Rapport	BRGM	Rappels et définitions en début de rapport. Un très gros travail a été réalisé concernant l'étude des MVT passés et traces d'instabilités (nombreuses observations de terrain).	Carte finale : les aléas MVT n'ont pas été distingués suivant leur type, mais suivant les 2 grands ensembles géologiques qu'ils affectent ("massifs miniers" et "schistes du substratum"). La méthodologie de cartographie de l'aléa reste superficielle et ne prend en compte que quelques facteurs (pente, altération, géologie et historicité). Il aurait fallu des critères plus spécifiques à chaque type de MVT, et plus quantifiables.
Cartographie à 1/10 000 de l'aléa MVT du bassin de risque "Koungou, Mamoudzou, Dzaoudzi-Labattoir, Pamandzi" (Mayotte).	1/10 000	févr-01																							Rapport	BRGM		Typologie légère et critères vite évoqués. La caractérisation des niveaux d'aléa est quasiment uniquement qualitative. Carte finale : pas de distinction des différents types de MVT.
Cartographie de l'aléa Erosion des sols à la Réunion. Phase 2 : caractérisation et cartographie (1/100 000 à 1/50 000) de l'aléa Erosion.	1/100 000 à 1/50 000	oct-02																							Rapport	BRGM / APR	Méthodologie d'évaluation et de cartographie de l'aléa érosion très complète et très bien présentée. Utilisation d'un arbre décisionnel afin de faciliter la combinaison des différents critères retenus pour finalement aboutir à un niveau d'aléa. Critères utilisés : nature du substratum, occupation du sol (dont végétation), saison (fraîche, orageuse, cyclonique), topographie, pluviométrie, zones d'érosion actives (+ tampon de 100m), limites sensibles des bassins versants, action anthropique (infrastructures modifiant le profil d'équilibre naturel des cours d'eau), érosion périglaciaire (h>2 500m), zones d'atterrissement. Tous ces facteurs ont été soit additionnés soit superposés pour réaliser la carte finale de l'aléa Erosion (saison cyclonique car la plus extrême). Cette dernière a ensuite été intégrée par USI (Bassins versants unitaires de 10, 100 et 1 000 ha), puis par commune et par occupation du sol agricole pour une meilleure représentativité (et mise en évidence de la vulnérabilité).	Seul l'aléa Erosion des Sols est étudié. Plus ou moins bonne précision de l'interprétation possible de la carte finale du fait de l'ancienneté et de l'imprécision relative voire l'absence de certaines données intervenant dans la chaîne des processus morphogéniques (arbre décisionnel). L'érosion ici étudiée n'est que l'érosion hydrique. La Réunion est également soumise aux érosions éolienne et cotière ⇒ non exhaustivité de la carte d'aléa si on considère le phénomène érosif dans sa totalité.
Atlas communal des risques naturels. Commune de Gourbeyre (Guadeloupe).	1/25 000 et 1/10 000	févr-98																							Rapport	BRGM	L'échelle de la carte finale en permet une utilisation précise. L'influence possible d'une sollicitation sismique est prise en compte dans l'évaluation de l'aléa glissement	Méthodologie quasiment uniquement qualitative. Mise à part la pente, les critères sont tous qualitatifs. La carte finale présente les types de MVT de façon confondue (malgré une distinction dans la partie Typologie).

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés											Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa							Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000						
			Glissement -GI	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boulés"	Coulée de boue	Effondrement- Affaissement - Eroulement - Fontils	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices <i>in-situ</i>			Couvert végétal et Occupation du Sol	Calculs de propagation	Points positifs	Points négatifs			
QUANTERRA_ International Independent center of climate change impact on natural risk analysis in mountainous area. Identification des versants rocheux partiellement instables.	Multi-échelle	janv-03																								Article scientifique	CREALP / EPFL	L'aléa chute de blocs et ses dérivés sont ici étudiés. Toute la méthodologie repose sur le fait qu'étudier l'aléa chute de blocs revient à l'assimiler à un système érosif affectant un massif rocheux. Pour cela on effectue des détections multicritères sur les facteurs intrinsèques (topographie, perméabilité, morphologie, structures, indices, niveau phréatique, relations géométriques des discontinuités) et externes (précipitations, altération, gravité, actions anthropiques, séismes, infiltration, gel-dégel) retenus. Plusieurs types de méthodes de détection des instabilités sont présentés : méthodes simples (analyse des pentes, analyse des discontinuités structurales, zones de charnière de plis et zones de grandes failles : le tout appuyé par le cadastre des événements s'il en existe mais surtout par les observations de terrain), méthodes automatiques multicritères (ex des instabilités causées par les constructions humaines, notamment les routes ; procédures standards sur SIG), méthodes probabilistes (Matterock : basé sur l'analyse des agencements structuraux à l'intérieur du massif rocheux fractur	A petite échelle seuls les facteurs externes (car affectant des superficies plus grandes) sont considérés. Méthodes quasiment uniquement qualitatives. Elles nécessitent par ailleurs un important travail d'observations et de relevés de terrain, qui implique d'y consacrer bcp de temps, temps qui n'est pas forcément disponible suivant l'échelle de travail du projet.
Caractérisation et cartographie de l'aléa dû aux MVT.	PPR (1/10 000 à 1/5 000)	2000																								Guide méthodologique	MEDD / LCPC / CFGL	Très bonnes généralités et définitions de l'aléa MVT. Les facteurs (permanents et variables) sont nombreux et bien expliqués. L'échelle temporelle (probabilité d'occurrence) est abordée. Quatre grands types de méthodologie sont présentés : jugement qualitatif d'expert (critères qualitatifs, expérience de terrain), méthode par pondération des facteurs (plus analytique, utilisation de facteurs déterminants auxquels sont attribuées des notes que l'on combine ensuite entre elles), étude statistique (analyse statistique entre facteurs retenus et occurrence des événements), calculs systématiques de stabilité (réalisés par informatique, sur des critères intrinsèques préalablement choisis => coefficients de sécurité directement relié à l'aléa).	Les différentes méthodologies présentées sont très bien expliquées, cependant elles sont accompagnées de très peu d'exemples, qui permettraient de visualiser leurs applications à des cas concrets. Au final les facteurs et principes de base sont énoncés, mais aucune précision n'est donnée quant au choix de valeurs seuils, de taux d'occurrence, de densités de fracturation, etc... (cela dit ces paramètres restent relativement propres au contexte géologique et géomorphologique local).
Les mouvements de terrain et leur prévention	-	1989																								Livre	-	Toute la partie généralités et définitions est assez exhaustive et très bien abordée. La dendrogéomorphologie est présentée comme méthode d'analyse des processus géomorphologiques d'un versant. La vulnérabilité et le risque sont aussi abordés.	Les principes et la démarche globale de la méthodologie de cartographie de l'aléa MVT sont expliqués, cependant aucun détail n'est donné, aucune quantification des critères n'est proposée. Ce n'est pas un guide méthodologique, mais simplement un ouvrage de présentation au grand public des connaissances et méthodes de l'époque (1989).
Méthodologie de la cartographie des risques naturels liés aux MVT. Région de Taounate-Rif (Nord Maroc)	1/25 000	1994																								Article scientifique	Laboratoire de géologie structurale et appliquée.	Méthodologie simple et concise. Deux méthodes d'évaluations du risque (ici plutôt considéré comme de l'aléa) sont comparées : méthodes arithmétique et probabiliste. La méthode probabiliste est finalement retenue car donne une idée relativement précise sur l'action conjointe des facteurs par la probabilité d'apparition spatiale du risque.	Critères utilisés : simples et généraux (pente, lithologie, géomorphologie).
La cartographie des risques naturels liés aux MVT et aux séismes. Application en France à l'élaboration des PER.		1983																								Article scientifique	Hydrogéologie, Géologie de l'Ingénieur		La méthodologie générale d'élaboration d'une carte des risques (plutôt ici considérée comme une carte d'aléas) est présentée, cependant aucun détail n'est énoncé quant à la classification des facteurs d'insatbilité, la détermination des niveaux d'aléa, etc...

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés													Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa							Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000					
			Glissement -GI	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eboulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boules"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Eroulement - Fontis	Ravinement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.	Données structurales	Données historiques et indices in-situ	Couvert végétal et Occupation du Sol	Calculs de propagation			Points positifs	Points négatifs				
Cartographie des aléas naturels du bassin de risques de Roubion-Jabron (Drôme).	1/100 000 et 1/25 000	janv-97																									Rapport	BRGM	La méthodologie de cartographie de l'aléa MVT s'articule autour de 2 grandes phases : (1) cartographie automatique sous SIG (lithologie, pente, occupation du sol) puis (2) observations de terrain et étude des photos aériennes pour compléter la première trame automatique. La considération d'une cinquantaine de profils topographiques dans la caractérisation in-situ des facteurs d'instabilité est une très bonne idée pour mettre en évidence les conditions de stabilité des différentes situations géomorphologiques.	La méthodologie pour les 2 grandes phases est globalement expliquée, cependant manque de détails.
Etude des aléas liés aux cavités souterraines de la Communauté d'Agglomération de Châlons-en-Champagne (Marne).	1/10 000 à 1/2 500	juil-00																									Rapport	BRGM	La méthodologie de cartographie de l'aléa Cavités Souterraines est toute autre que celle employée habituellement pour l'aléa MVT. Il s'agit d'une approche qualitative de l'aléa, par hiérarchisation de critères d'exploitation relatifs soit à des cavités supposées, soit des cavités visitées et présentant des vitesses d'évolution différentes.	
Projet PACTES : module Cartographie du risque potentiel de MVT.		nov-01																									Rapport	BRGM	Ce rapport précède le RP-51923-FR (étudié dans ce tableau). La démarche méthodologique est judicieusement choisie, claire et bien expliquée (démarche d'expert composée de 4 étapes successives).	Ce rapport n'étant qu'un document préliminaire, la méthodologie est bien expliquée dans son ensemble, mais la partie quantification des facteurs de causalité n'est pas abordée. Cette partie est à aborder en pratique dans le rapport suivant (Mise en application sur la Zone test).
Propositions d'études méthodologiques des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol (Zermos).																												BRGM	Document de présentation du projet ZERMOS (2 pages).	
Cartographie à 1/100 000 des communes du département de la Marne exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol.	1/100 000	mars-90																									Rapport	BRGM	Très bonne typologie (diversifiée). La méthodologie paraît adaptée à l'échelle de travail.	La méthodologie employée est peu explicitée, même si les critères d'instabilités sont abordés.
MVT. Synthèse préliminaire de l'expérience acquise et des méthodes d'études et d'intervention du BRGM.		juin-86																										BRGM	La première partie du rapport concerne uniquement l'élaboration de la typologie des MVT et les différents facteurs d'instabilité qui existent. Ces derniers sont d'ailleurs remarquablement bien expliqués et quasiment exhaustifs.	Aucune donnée concernant la méthodologie de cartographie de l'aléa MVT dans la première partie du rapport.
La cartographie des MVT. Des ZERMOS aux PER.	1/25 000 et 1/5 000	1987																									Bulletin de liaison	LCPC	La méthodologie globale d'élaboration des cartes ZERMOS est rappelée. Les quelques problèmes pour ensuite passer aux PER sont abordés.	La méthodologie d'élaboration des PER n'est cependant pas reprise. Seuls les points problématiques de transition sont évoqués.
Méthodes d'analyse des risques liés aux glissements de terrain.		1987																									Bulletin de liaison	LCPC	Approche méthodologique très géotechnique et mécanique : états de contraintes, angles de frottement, mesures de gauchissement, pressions interstitielles, etc...	Méthodologie inadaptée
Perfectionnement de la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité et du risque sur les PER MVT.	PER	mars-93																									Rapport	BRGM	Ce document est un essai d'amélioration de l'évaluation de la vulnérabilité et du risque liés à des MVT par l'utilisation du SIG, déjà effectuée par des méthodes "classiques" sur 3 sites distincts (PER). Chacune des 3 méthodes employées dans les rapports correspondant sont tout d'abord critiquées puis soumises à une éventuelle reprise par du SIG pour améliorer la qualité de l'évaluation. La dernière des 3 méthodes reprises se base sur des facteurs pertinents et quantifiés dans des algorithmes propres à chaque type d'aléa MVT. Ils sont ensuite tous combinés pour qu'il en résulte un aléa global.	Les 2 premières méthodes prises en compte et critiquées sont peu explicites. Dans la dernière des 3 méthodes, la formule de combinaison des différents aléas n'est pas complètement expliquée (aucun détail sur le choix des facteurs pondérateurs).
Prévision de trajectoire de blocs rocheux lors de l'effondrement d'une masse rocheuse et détermination du périmètre d'exposition au risque.	Versant	janv-86																									Rapport	BRGM	Ce document présente deux grandes méthodes (Daper, Trajec) de modélisation de la trajectoire d'un bloc rocheux lors d'un effondrement, puis étudie des cas concrets vécus. Les deux méthodes abordées restent très mathématiques dans leur explication et leur utilisation.	

Titre de la référence	Echelle du rendu cartographique	Année d'édition	Typologie des mouvements de terrain étudiés												Critères généraux utilisés dans la cartographie de l'aléa				Type de document	Organisme Entreprise	Remarques sur la méthodologie utilisée par rapport aux cartographies d'aléa type 1/100 000, 1/50 000 ou 1/25 000						
			Glissement - G1	Glissement superficiel	Glissement pelliculaire	Fluage	Eboulement - Eroulement en masse	Eboulement de falaise	Libération de "boulés"	Coulée de boue	Effondrement - Affaissement - Ecoulement - Fontis	Revirement - Erosion - Erosion de Berges	Arrachements	Liquéfaction	Laves torrentielles	Données topographiques	Données géologiques	Données climatiques, hydro. & hydrogéol.			Données structurales	Données historiques et indices in-situ	Couvert végétal et Occupation du Sol	Calculs de propagation	Points positifs	Points négatifs	
Réflexions sur la cartographie ZERMOS et bilan des expériences en cours.	1/20 000 et 1/25 000	1977																						Article scientifique	BRGM	Deux grandes méthodes d'estimation du degré de risque (ici plutôt aléa) sont énoncées : addition de tous les événements recensés (risque global par zone géographique), ou probabilité d'occurrence d'un phénomène donné sur une zone donnée.	Ce document présente très peu d'intérêt du point de vue de la méthodologie de cartographie de l'aléa MVT. Il s'agit surtout de discussions sur l'intérêt et l'usage final de telles cartes et sur leur harmonisation (notamment la représentation cartographique).
La cartographie ZERMOS. Modalités d'établissement des cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol.	1/20 000 et 1/25 000	1977																						Article scientifique	BRGM		Aucun intérêt du point de vue méthodologique. Il ne s'agit ici que d'un document explicant des généralités sur la carte ZERMOS (origines, buts, légende, etc...).
Carte des zones exposées à des glissements, écoulements, effondrements et affaissements de terrain en France à 1/1 000 000.	1/1 000 000	1983																						Notice de carte	BRGM	L'échelle de la carte permet une vue globale des phénomènes de MVT sur l'ensemble du territoire. La typologie est tout de même différenciée sur cette carte.	S'agissant d'une notice de carte, le document n'apporte aucune information détaillée concernant la méthodologie employée. Seuls les principes de base sont énoncés et la légende commentée.
Cartographie des risques géologiques. Cartographie de l'aléa MVT. Bassin de la rivière Langevin. Commune de St-Joseph.	1/25 000	1997																						Rapport	BRGM		Les grandes lignes de la méthodologie sont exposées. Cependant aucun détail énoncé (liste exhaustive des facteurs d'instabilité, pentes seuils, règles de combinaison des facteurs, etc...).
Cartographie des aléas géologiques du Bassin des risques de Montceau-les-Mines (71).	1/25 000	1997																						Rapport	BRGM	Trois aléas sont ici étudiés : MVT, hydrogéologique, sismique. L'aléa MVT est subdivisé en zones de possibles (1) fontis et (2) retrait gonflement des sols argileux, (3) zones de remblais et (4) périmètres des plans d'eau aménagés par l'homme et entourés de remblais (et non berges naturelles).	Aucun facteur d'instabilité n'est énoncé. La typologie présentée n'a rien à voir avec les typologies proposées habituellement par le BRGM. Elle est ici insuffisamment renseignée.
Inventaire départemental des phénomènes naturels majeurs et des principaux enjeux. Département des Pyrénées Atlantiques. Cartographie de l'aléa pour le bassin de risques : la vallée d'Ossau.	1/100 000 et 1/25 000	août-96																						Rapport	BRGM	Deux échelles de travail : (1) département : 1/100 000, (2) vallée d'Ossau : 1/25 000.	Aucune méthodologie d'évaluation de l'aléa n'est expliquée. Seuls les phases de collecte de l'information pour constitution d'une base de données sont expliquées.
Inventaire départemental des phénomènes naturels majeurs et des principaux enjeux. Département des Pyrénées Atlantiques. Cartographie de l'aléa pour le bassin de risques : la vallée d'Ossau.	1/100 000	août-96																						Rapport	BRGM		La méthodologie n'est pas plus expliquée en détail. Plusieurs facteurs permanents et déclenchants sont énoncés, ainsi que des exemples célèbres de MVT remarquables. Présences également de cartes de localisation des MVT et des cavités naturelles recensées.
Inventaire départemental des phénomènes naturels majeurs et des principaux enjeux. Département des Pyrénées Atlantiques. Cartographie de l'aléa pour le bassin de risques : la vallée d'Ossau. Annexe 4 : Cartographie de la vallée d'Ossau	1/25 000	août-96																						Rapport	BRGM	La représentation cartographique finale met en évidence un système binaire d'évaluation de l'aléa (OUI ou NON) pour différents types d'aléa MVT, ainsi que pour les systèmes de protection installés.	Des détails sont donnés quant aux glissements remarquables et zones particulièrement exposées de la vallée. Les principes généraux de la méthodologie sont ensuite trop brièvement abordés.
Ile de Mayotte : Programme d'inventaire des phénomènes naturels dangereux. Cartographie d'orientation à 1/50 000.	1/50 000	sept-96																						Rapport	BRGM	Typologie adaptée au contexte géoclimatique local : Glissements, Glissements pelliculaires, libération de "boulés", chutes de blocs et éboulements. Les seuils de pentes retenus se basent tout de même sur l'expérience de terrain.	La méthodologie employée reste trop superficielle et se base sur trop peu de critères pour une cartographie au 1/50 000. Seuls la lithologie et la pente ont servi à évaluer l'aléa MVT (ou plutôt Présomption spatiale d'apparition de tel ou tel phénomène). L'approche satellitaire, même vérifiée a posteriori par du terrain, n'est pas suffisante pour une cartographie à cette échelle ; de même que la hiérarchisation de l'aléa en seulement 2 niveaux d'intensité.
Cartographie des risques géologiques. Cartographie de l'aléa MVT. Commune de Salazie (La Réunion).	1/25 000	oct-96																						Rapport	BRGM	Typologie diversifiée et adaptée au contexte local.	Les critères décisionnels pris en compte restent uniquement qualitatifs et la méthodologie employée n'est expliquée que globalement.

Annexe 2 : Typologie des mouvements de terrain

Typologie illustrée des mouvements de terrain sur la Provence Calcaire et Rhodanienne

Classification des types d'événements mouvements de terrain

A : Charriage



B : Chute de blocs



C : Chute de pierres



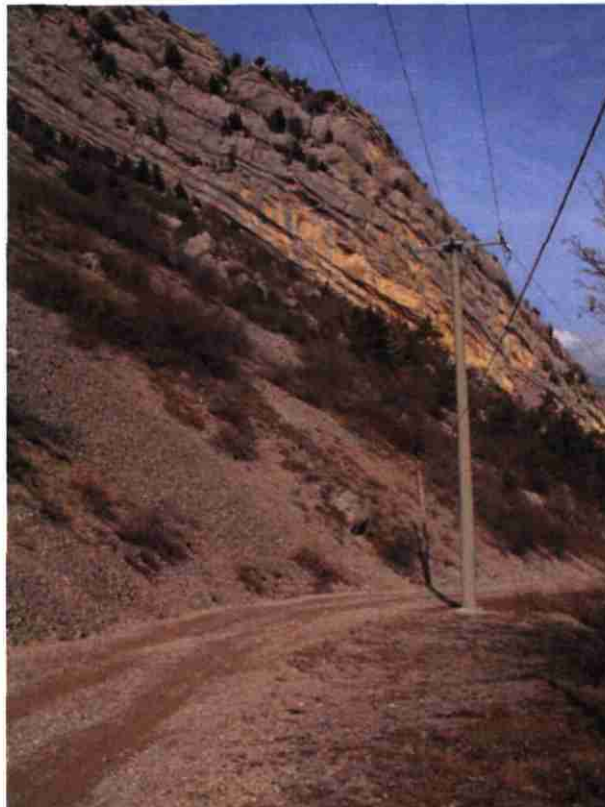
D : Chute de pierres et blocs



E : Coulée de boue



F : Eboulis vifs



G : Eroulement en masse



H : Effondrement



J : Glissement banc sur banc



K : Glissement complexe



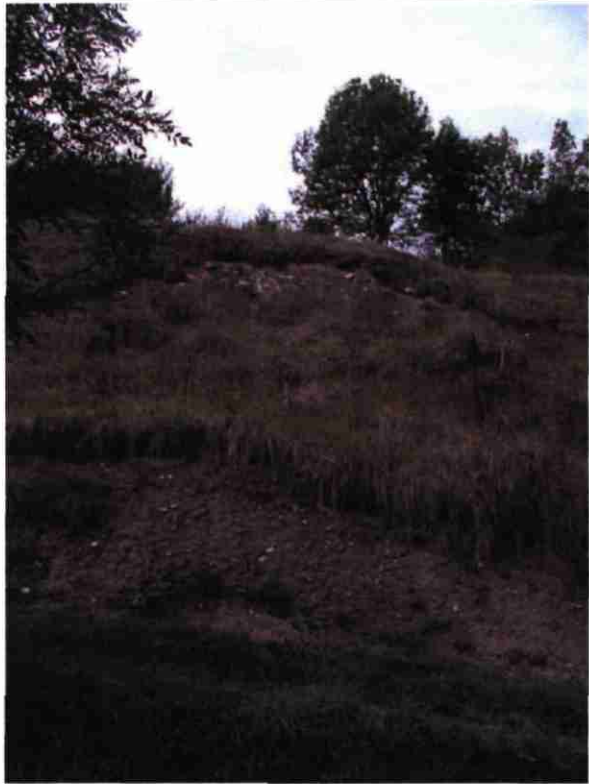
L : Glissement en masse (rapide)



M : Glissement lent (fluage)



N : Glissement rotationnel (profond)



O : Glissement superficiel



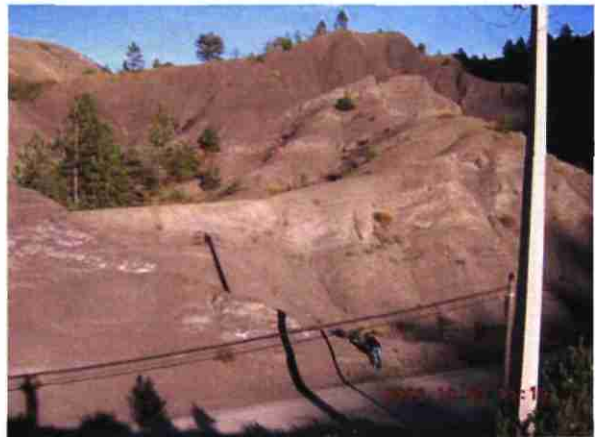
Q : Ravinement (sur glissement) avec mobilisation de pierres



R : Ravinement sur ancienne carrière



S : Ravinement de *Bad-Lands*

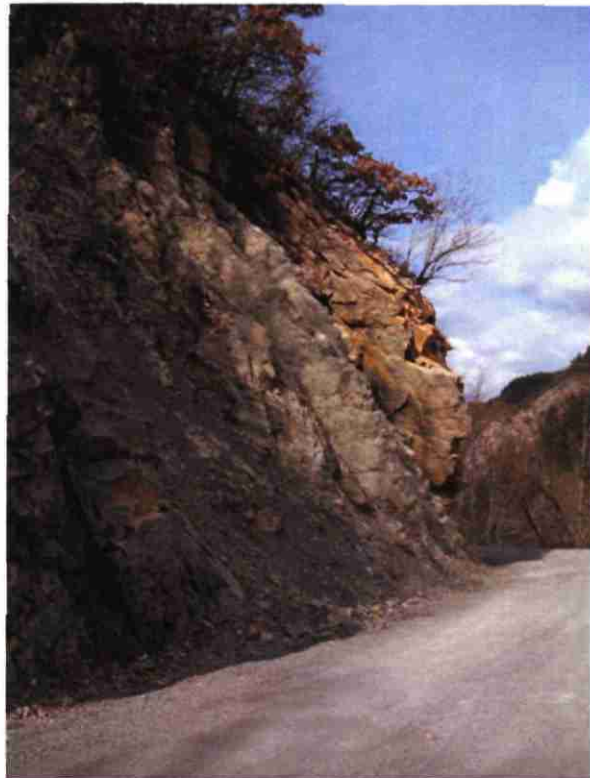


T : Ravinement "autres"



Classification des types d'indices d'événements mouvements de terrain

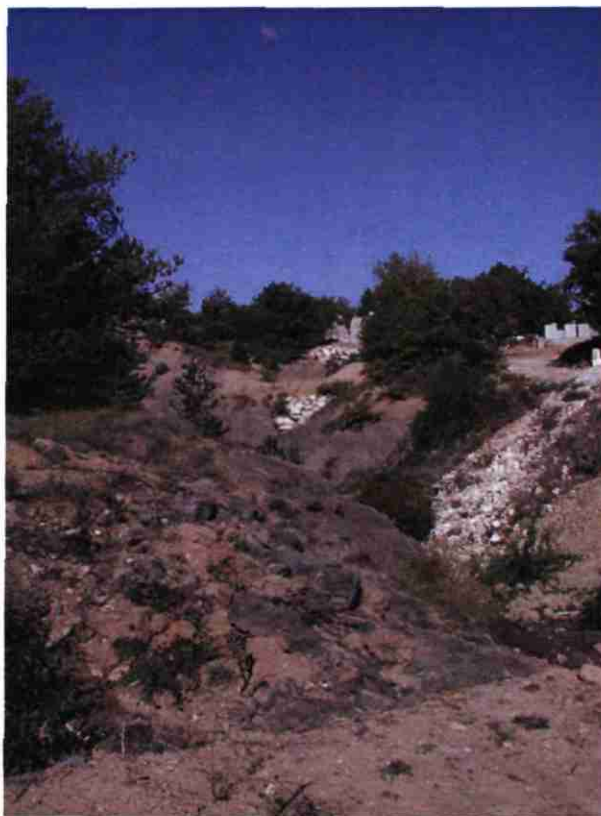
B'-C' : Indices de chute de blocs / de pierres



J' : Indices de glissement



J' : Indices de ravinement





Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Provence-Alpes-Côte
d'Azur**
117 avenue de Luminy BP168
13 276 – Marseille cedex 09 - France
Tél. : 04 91 17 74 77