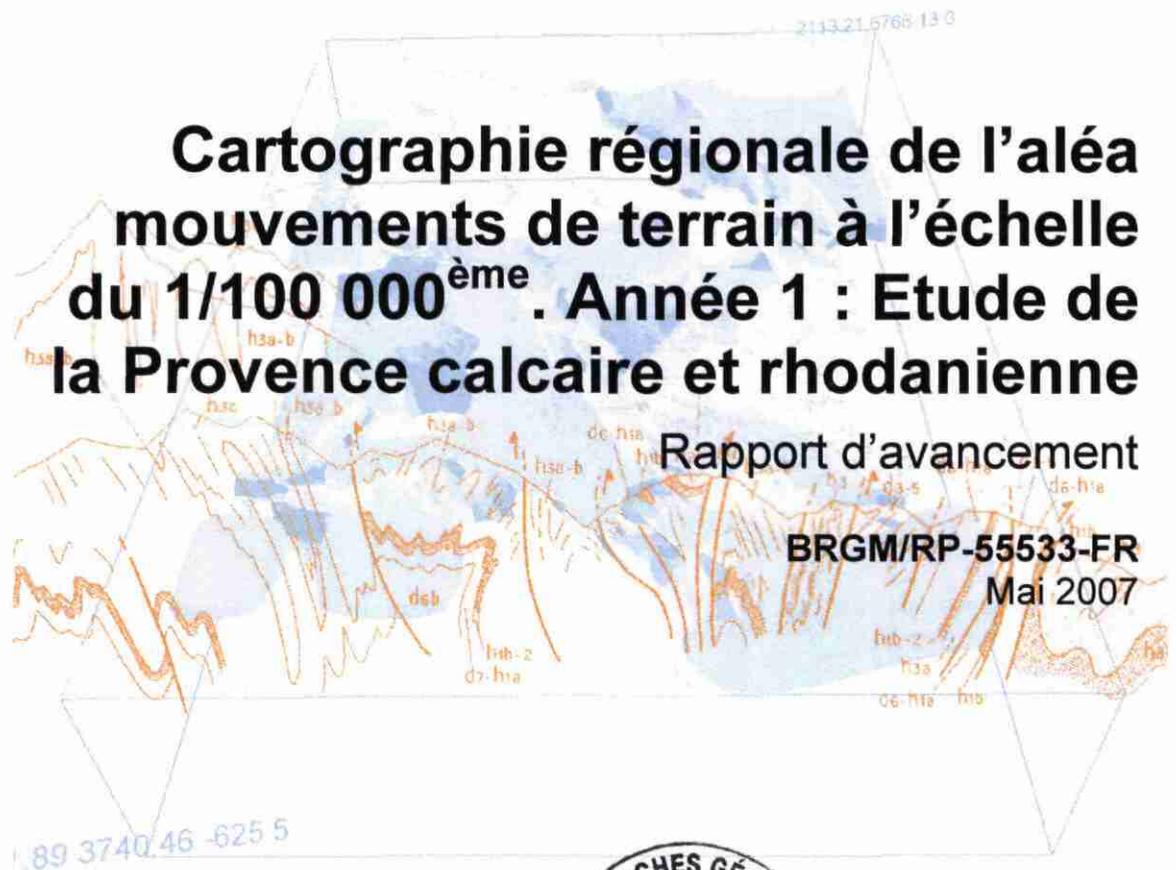


Document public



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<sup>ème</sup>. 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<sup>ème</sup>,

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<sup>ème</sup> – 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<sup>ème</sup>, 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<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> Contrat de Plan Etat-Région.



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Contexte et objectifs de l'opération</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Collecte et mise en forme des données</b> .....	<b>11</b>
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 <sup>ème</sup> .....	11
3.2. DONNEES SUR LES EVENEMENTS.....	13
3.3. MISE EN PLACE D'UNE TYPOLOGIE DETAILLEE.....	16
<b>4. Harmonisation géologique</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Conclusion</b> .....	<b>19</b>
<b>Liste des illustrations</b>	
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 <sup>ème</sup> sur la zone d'étude .....	17
<b>Liste des annexes</b>	
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<sup>ème</sup> puis du 1/25 000<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> au lieu du 1/50 000<sup>ème</sup>, en préalable à des études locales.

La carte régionale à l'échelle du 1/100 000<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> notamment et PPR si nécessaire).

Le programme global proposé pour la cartographie des mouvements de terrain à l'échelle du 1/100 000<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup>, l'interprétation qui peut en être faite est conditionnée par cette échelle.

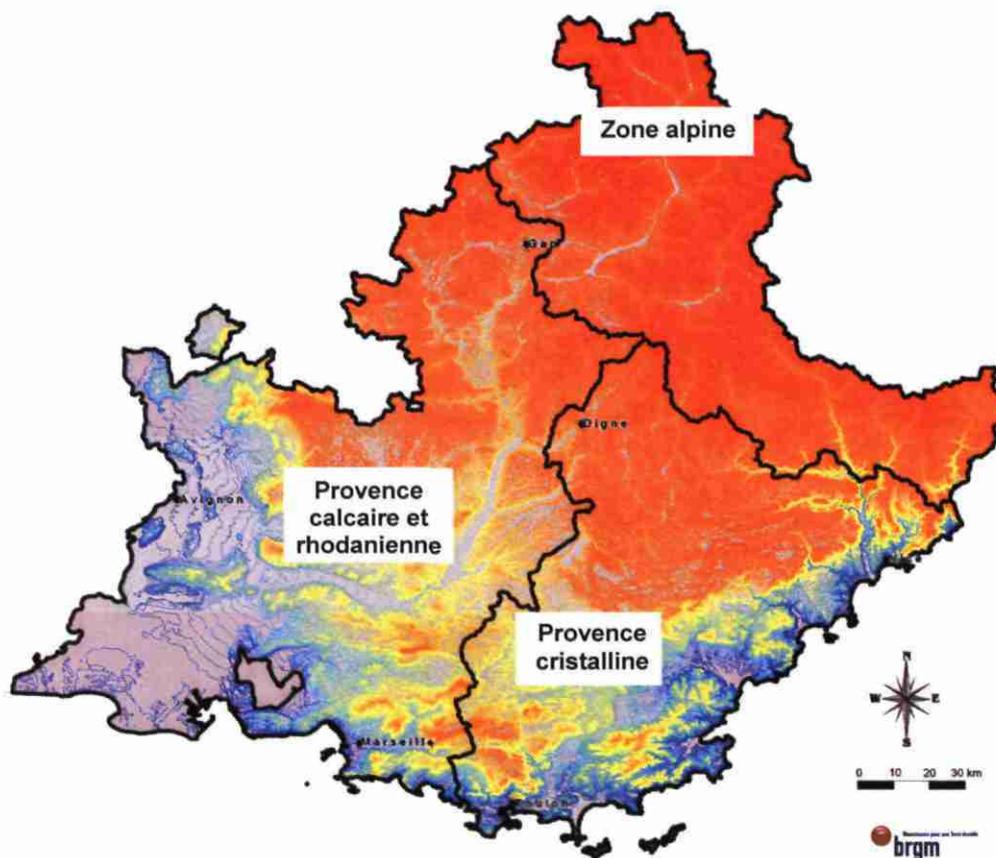


Illustration 1 : Découpage de la région PACA en trois zones

## 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<sup>ème</sup>, 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<sup>ème</sup>

La méthodologie mise en place pour une cartographie d'orientation proposée à l'échelle du 1/100 000<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> (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.

<b>Aléa</b>	<b>= moyen à fort si pente (MNT) &gt; Pente limite</b>
	<b>= nul à faible si Pente(MNT) &lt; Pente limite</b>

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](http://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 km<sup>2</sup>), 1 197 événements mouvements de terrain ont été recensés (Illustration 2).

Origine des données	Nombre d'événements recensés
BD Mvt <a href="http://www.bdmvt.fr">www.bdmvt.fr</a>	678
Cartes géologiques	37
CETE	106
Conseils Généraux	13
DDE	30
PPR	8
Services RTM	185
Observation terrain	140
<b>total</b>	<b>1 197</b>

*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<sup>ème</sup> ayant été jugée inadaptée à l'étude de ce phénomène.

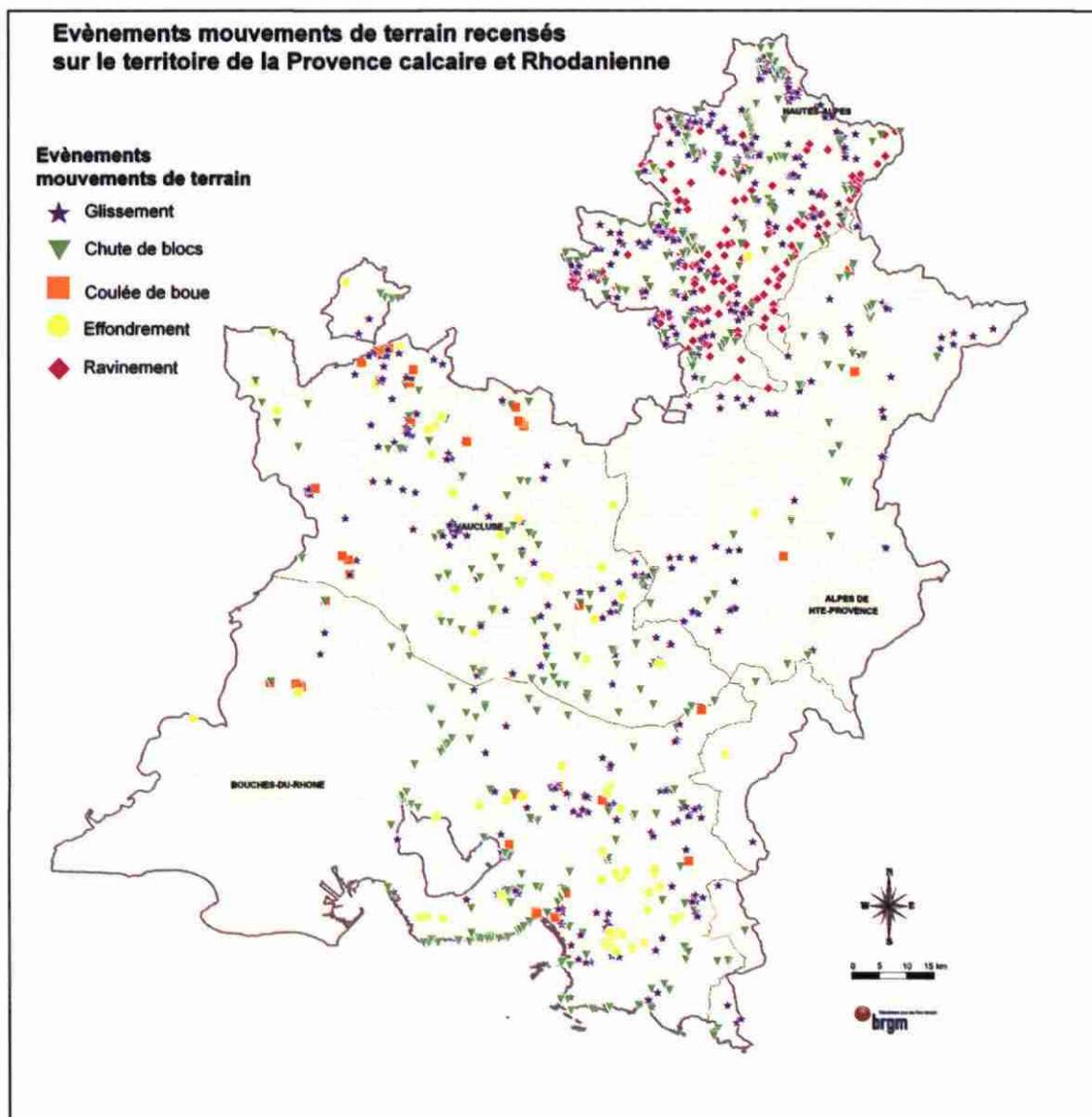


Illustration 4 : Localisation des 1 197 événements mouvements de terrain recensés et étudiés et des 207 ravinelements observés et collectés par les services RTM

### 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<sup>ème</sup>, c'est à dire l'échelle des cartes géologiques du BRGM.

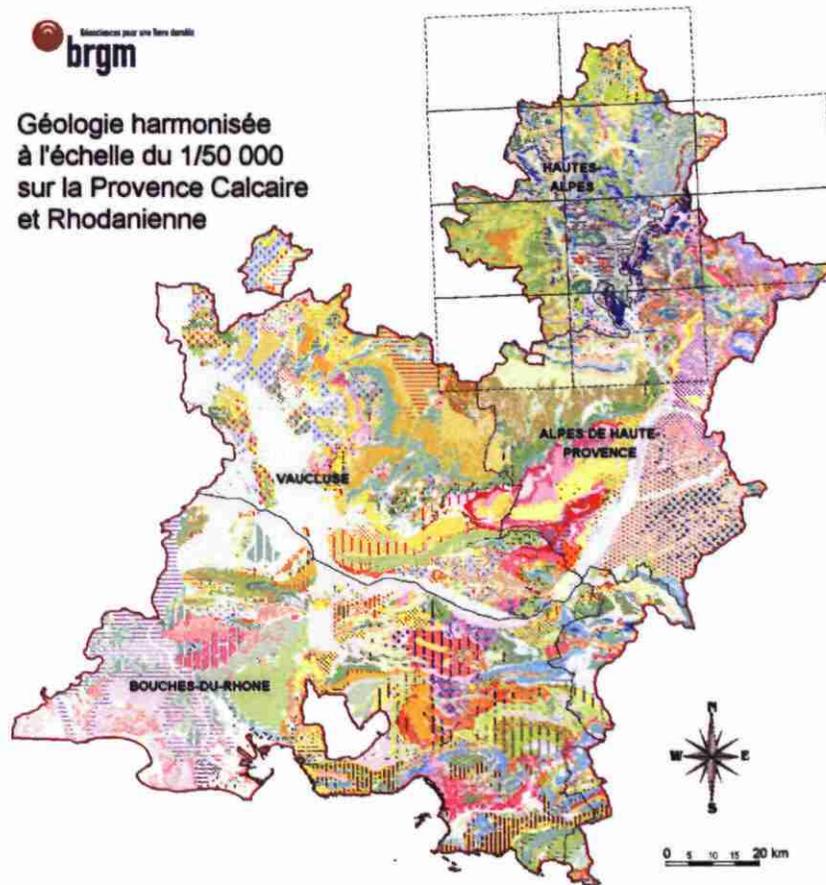


Illustration 6 : Harmonisation des cartes géologiques au 1/50 000<sup>ème</sup> sur la zone d'étude



## 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<sup>ème</sup> 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**



















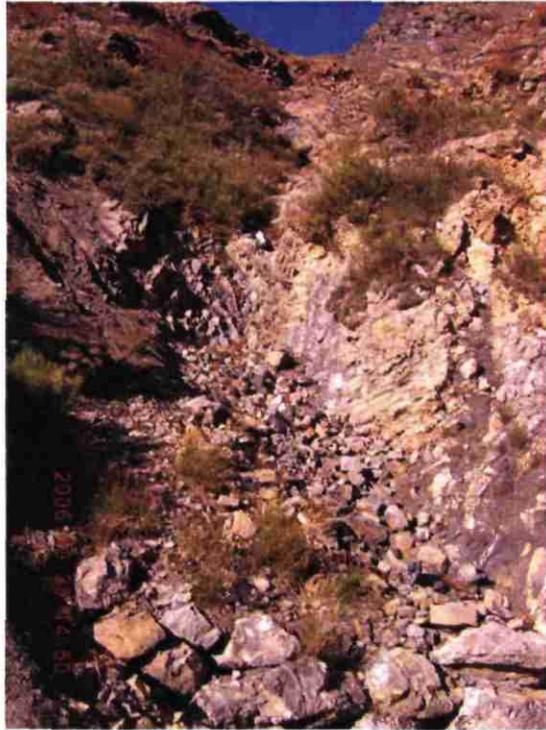
## **Annexe 2 : Typologie des mouvements de terrain**



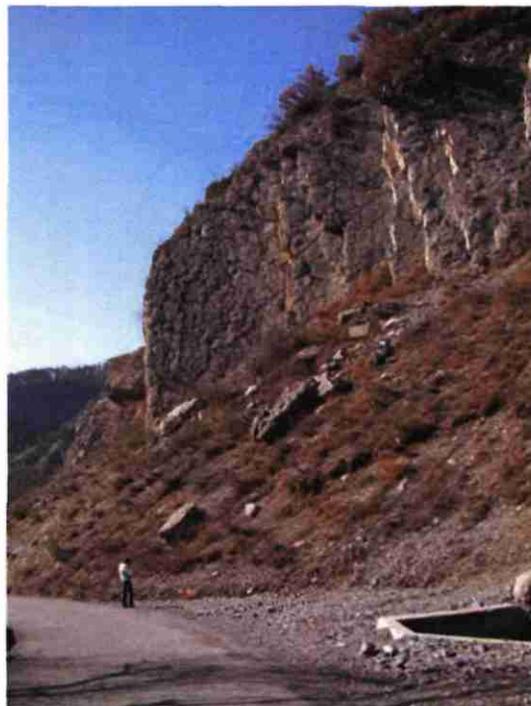
## Typologie illustrée des mouvements de terrain sur la Provence Calcaire et Rhodanienne

### *Classification des types d'événements mouvements de terrain*

A : Charriage



B : Chute de blocs



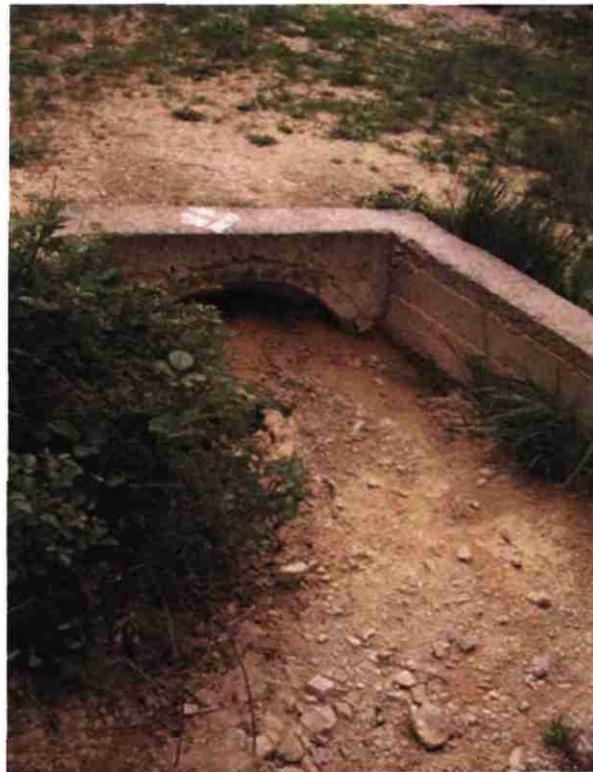
C : Chute de pierres



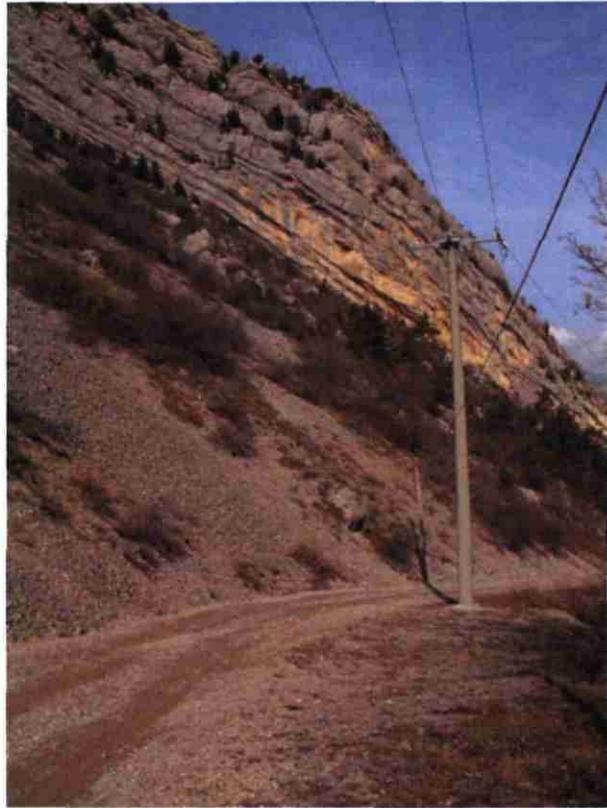
D : Chute de pierres et blocs



E : Coulée de boue



F : Eboulis vifs



G : Ecoulement en masse



H : Effondrement



J : Glissement banc sur banc



K : Glissement complexe



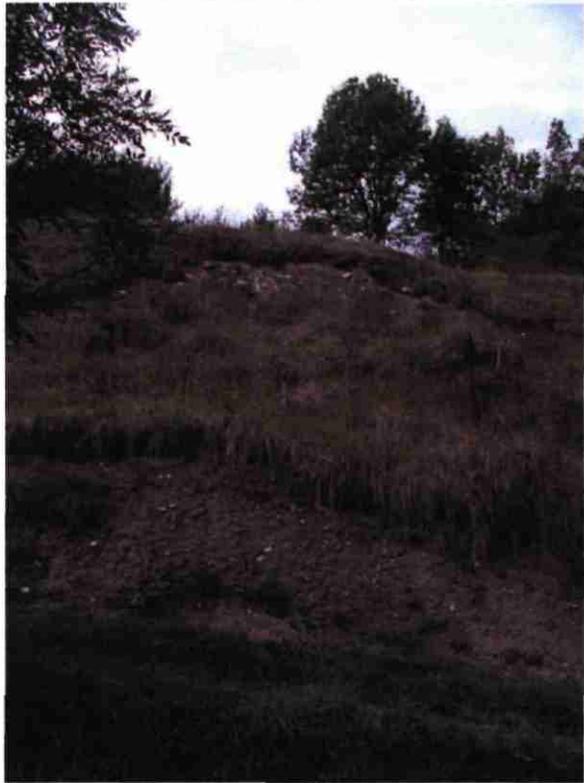
L : Glissement en masse (rapide)



M : Glissement lent (fluage)



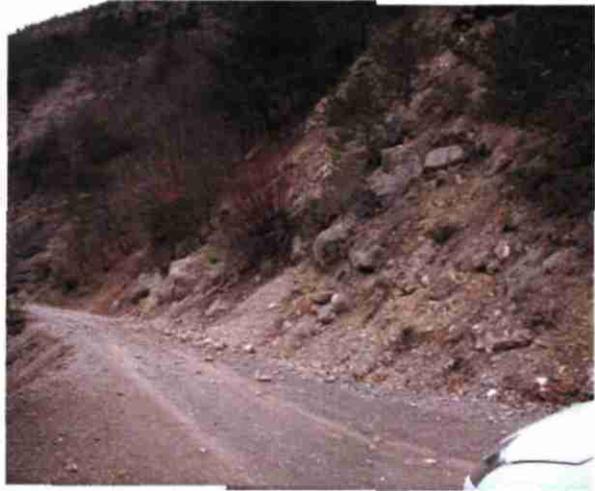
N : Glissement rotationnel (profond)



O : Glissement superficiel



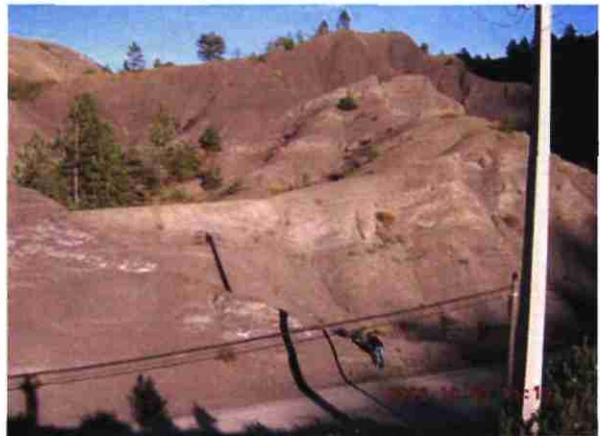
Q : Ravinement (sur glissement) avec mobilisation de pierres



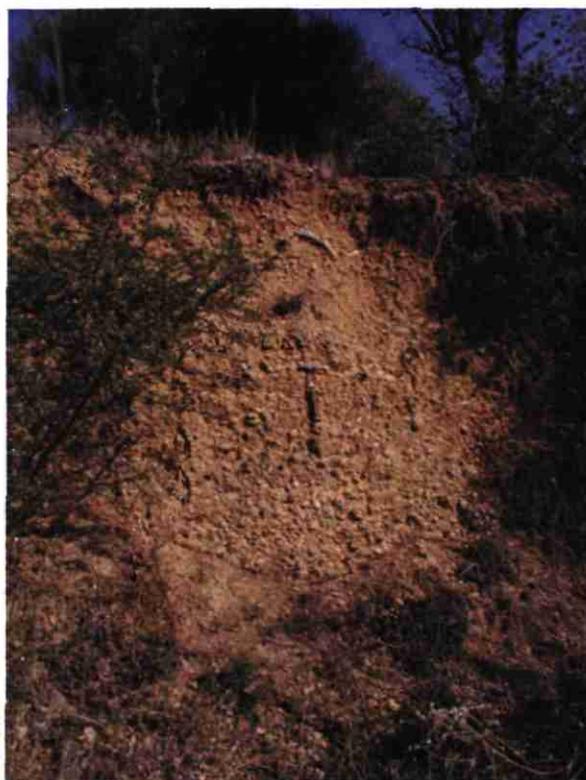
R : Ravinement sur ancienne carrière



S : Ravinement de *Bad-Lands*

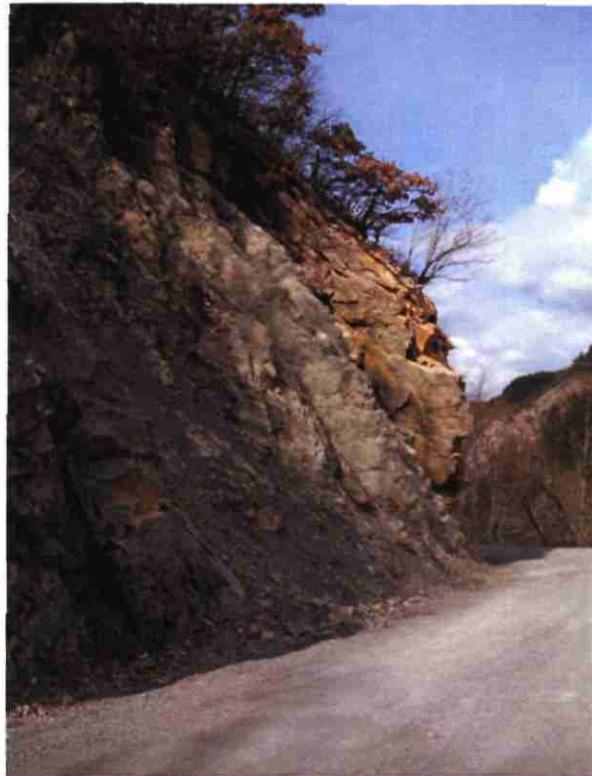


T : Ravinement "autres"



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

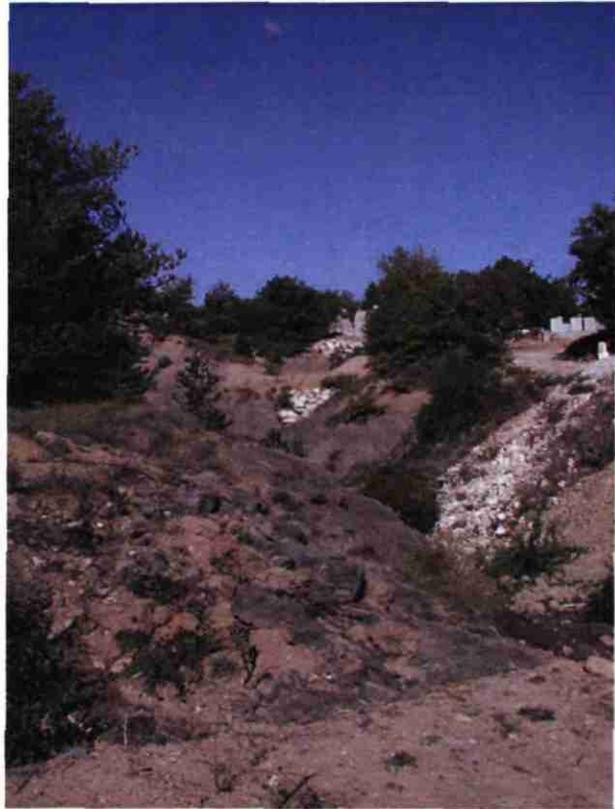
B'-C' : Indices de chute de blocs / de pierres



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