

MARVEJOLS

Cartographies des aléas mouvements de terrain Cartes d'aléas et commentaires



MARVEJOLS

Cartographie des aléas mouvements de terrain

Carte des aléas et commentaires

Historique des versions du document

Version	Date	N° chrono	Commentaire
1	Février 2018	H18-041	Etablissement du document

Affaire suivie par

Claire FRAISSE - Département Laboratoire d'Aix en Provence – Unité Géologie Risques Naturels
Tél. : 04 42 24 77 96
Courriel : claire.fraisse@cerema.fr
Site d'Aix en Provence: Cerema Méditerranée – Pôle d'activités Les Milles – Avenue Einstein – CS70499 – 13593 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Références

N° chrono : H18-041
Cadre d'affaire : C17MX0160
maître d'ouvrage : DDT48 – à l'attention de M. GUIRALDENQ Dominique
PTF H17-134

Résumé de l'étude :

Dans le cadre de la politique de prévention des risques naturels, la Direction Départementale des Territoires de Lozère (DDT48) a confié au Cerema Méditerranée / Laboratoire d'Aix en Provence / Service Géologie Risques Naturels (LAP/SGRN) la cartographie des aléas mouvements de terrain sur 7 communes de Lozère. Cette cartographie ne fera à priori pas l'objet d'un Plan de Prévention des Risques (PPR) mais uniquement l'objet d'un Porter à Connaissance (PAC).

Faisant suite au rapport H17-020 décrivant la carte des observations, ce rapport présente les cartes d'aléa mouvements de terrain (« éboulement / chutes de blocs et de pierre », « glissement » et « effondrement / affaissement / tassement ») sur la commune de Marvejols.

Nombre de pages : **15** + annexes

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	THIEBAUD Emilie		
Avec la participation de	FRAISSE Claire		
Contrôlé par	AZEMARD Pierre		
Validé par	TEKATLIAN Annick		<p>L'adjointe au chef du laboratoire d'Aix en Provence</p>  Annick TEKATLIAN

Table des matières

1 INTRODUCTION	1
2 CONTEXTE DE LA COMMUNE DE MARVEJOLS	1
2.1 Contexte géologique de la commune.....	1
2.2 Nouveaux éléments.....	1
2.3 Carte des observations.....	1
3 NOTION D'ALÉA : OCCURRENCE ET INTENSITÉ	3
4 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA « ÉBOULEMENT, CHUTE DE BLOCS ET DE PIERRES »	4
4.1 Définition de l'aléa « éboulement,... » de référence.....	4
4.2 Définition de l'aléa de rupture.....	4
4.3 Définition de la zone de propagation.....	6
4.4 Aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres » résultant.....	7
5 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA GLISSEMENT	8
5.1 Définition de l'aléa « glissement de terrain » de référence.....	8
5.2 Définition de la probabilité d'occurrence.....	8
5.3 Définition de l'intensité.....	10
5.4 Aléa « glissement de terrain » résultant.....	11
6 L'ALÉA « EFFONDREMENT, AFFAISSEMENT ET TASSEMENT »	11
6.1 Définition de l'aléa « effondrement / affaissement / tassement » de référence.....	11
6.2 Définition de la probabilité d'occurrence.....	12
6.3 Définition de l'intensité.....	14
6.4 Aléa « effondrement / affaissement » résultant.....	14
7 CARTOGRAPHIES DES ALÉAS SUR LA COMMUNE DE MARVEJOLS	15
7.1 Carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres ».....	15
7.2 Carte d'aléa « glissement de terrain ».....	15
7.3 Carte d'aléa « effondrement / affaissement / tassement ».....	15
8 CONCLUSION	15
8.1 Rappels des objectifs de l'étude.....	15
8.2 Limites d'utilisation.....	15
9 BIBLIOGRAPHIE	16
9.1 Guides méthodologiques.....	16
9.2 Autres références ayant servi à l'établissement de la méthodologie.....	16

ANNEXE 1 : CARTE TOPOGRAPHIQUE	18
ANNEXE 2 : CARTE GÉOLOGIQUE	22
ANNEXE 3 : CARTE DES PENTES	26
ANNEXE 4 : CARTE DES OBSERVATIONS	30
ANNEXE 5 : CARTE D'ALÉA « ÉBOULEMENT, CHUTE DE BLOCS ET DE PIERRES »	32
ANNEXE 6 : CARTE D'ALÉA « GLISSEMENT DE TERRAIN »	34
ANNEXE 7 : CARTE D'ALÉA « EFFONDREMENT / AFFAISSEMENT »	36

Index des illustrations

Illustration 1: Eboulement de Barjac, 1995 [référence 3].....	4
Illustration 2: Définition des seuils de pente à partir desquels des zones de départ potentielles peuvent être présentes pour les calcaires aaléniens.....	5
Illustration 3: Niches d'arrachement au niveau du golf de La Canourgue, pendant les années 20008	
Illustration 4: Définition des seuils de pente à partir desquels des glissements peuvent apparaître, exemple des marnes altérées.....	10
Illustration 5: Effondrement sur le lit du Bramont, sur la commune de Saint-Etienne du Valdonnez (novembre 2003) [Photo DDT 48].....	11
Illustration 6: Les différents types de dolines (Jennings, 1985).....	12
Illustration 7: Schéma simplifié : en haut une doline de dissolution et en bas une doline d'effondrement.....	13
Illustration 8: Délimitation spatiale des aléas: principe de détermination de la marge de protection [source: référence 4].....	13

Obligation de reproduire ce document sous sa forme intégrale

Cartographie des aléas mouvements de terrain – Carte des aléas et commentaires – Commune de Marvejols

1 Introduction

Dans le cadre de la politique de prévention des risques et de la protection des populations face aux risques naturels majeurs, la Direction Départementale des Territoires de Lozère a confié au LRPC d'Aix-en-Provence la cartographie des aléas mouvements de terrain sur sept communes de Lozère : Palhers, Saint-Bonnet-de-Chirac, Les Salelles, Saint-Germain du Teil, Marvejols, Montrodat et Bourgs-sur-Colagne.

Par la suite, ce travail ne fera à priori pas l'objet d'un Plan de Prévention des Risques (PPR) mais uniquement d'un Porter à Connaissance (PAC). Cependant, la méthodologie mise en œuvre suit les mêmes principes que l'élaboration d'une carte d'aléa préparatoire à un PPR [référence 1].

L'évaluation de l'aléa mouvement de terrain se fait en 3 étapes :

Etape 1: la connaissance et la cartographie des phénomènes naturels présents ;

Etape 2: la réalisation de plusieurs cartes thématiques et leur croisement : carte lithologique, carte des pentes, carte de fracturation, carte de propagation des blocs etc... ;

Etape 3: la qualification et la cartographie des aléas synthétisant les étapes précédentes. Ce zonage final permet de hiérarchiser l'aléa résultant en trois niveaux : très faible à faible, modéré et élevé à très élevé.

Faisant suite au rapport H17-020 décrivant la carte des observations (étape 1), ce rapport présente l'ensemble de la démarche (étapes 2 et 3) menant à l'établissement des cartes d'aléa mouvements de terrain ("éboulement / chute de blocs / chute de pierres", "glissement" et "effondrement / affaissement / tassement") sur la commune de Marvejols. Le périmètre de cette étude a été établi en concertation avec la DDT48.

Les différents types de mouvements de terrain et leurs mécanismes sont décrits dans le rapport H17-020. Cette description n'est pas reprise ici.

Un première version des cartes provisoires a été transmise à la DDT48 début 2018 (H18-005).

2 Contexte de la commune de Marvejols

2.1 Contexte géologique de la commune

Les contextes géographique et géologique sont décrits de façon détaillée dans le rapport H17-020. En synthèse, Pour la majorité du territoire de la commune de Marvejols, le sous-sol est constitué de formations sédimentaires ainsi que de formations superficielles. Les formations de socle affleurent uniquement aux extrémités Nord et Sud de la commune.

Les couches sédimentaires sont globalement pseudo-horizontales ou légèrement pentées. Dans le détail, la structure est un peu plus complexe et les couches sédimentaires sont affectées par des plissements d'axe Ouest-Nord-Ouest / Est-Sud-Est à grand rayon de courbure pour le Dogger et en plis pincés pour le Lias. Une flexure traverse la commune d'Est en Ouest.

D'un point de vue tectonique cassante, les formations sédimentaires sont affectées par deux systèmes de failles, l'un orienté Nord-Nord-Est / Sud-Sud-Ouest et l'autre orienté Nord-Ouest / Sud-Est. Les failles Nord-Sud constituent l'extrémité du faisceau de failles de Marvejols, structure en distension de grande extension.

2.2 Nouveaux éléments

Les communes ont été sollicitées pour faire remonter d'éventuelles informations suites aux premières réunions de présentation des cartes des observations (novembre 2016 et septembre 2017). Aucun élément supplémentaire n'a été signalé.

2.3 Carte des observations

Les différents éléments observés sur le terrain ont été répertoriés et décrits dans le rapport H17-020. Les principaux événements ayant eu lieu sur la commune de Marvejols sont repris dans le tableau suivant.

Étiquette de la carte des observations	Phénomène	Site	Date	Source de l'information	Description
1a / 1b / 1c / 1d	Chutes de blocs et de pierres	Versant du Ranquet	2003 ?	Observations de terrain Étude antérieure Cartographie POS	Plusieurs niveaux de falaises sont présents dans le versant du Ranquet. Plusieurs éboulements ont affecté ce secteur dont le plus important d'un volume total de 5 m ³ avec des volumes élémentaires de l'ordre de 1 m ³ a atteint le mur d'un bâtiment (éboulement daté de 2003 ?) Dans le secteur du complexe sportif du Ranquet, le secteur a fait l'objet de travaux de mise en sécurité.
2a / 2b	Chutes de blocs et de pierres	Versant du Ranquet	1994 ?	Observations de terrain Étude antérieure Cartographie POS	Dans la continuité de la zone précédente, des falaises, marquées par une érosion différentielle formant des surplombs, sont présentes. Un éboulement de plusieurs 100 ^{aines} de m ³ , datant a priori de 1994, est décrit ainsi : « <i>[cet éboulement] s'est produit après un important épisode pluvieux, a affecté le bas du versant. Il a obstrué la rivière et provoqué l'inondation du quartier d'habitations en rive opposée</i> ».
3a / 3b / 3c	Chutes de blocs et de pierres	Ancien moulin de Gratisse		Observations de terrain	Une falaise d'environ 2 m de haut est présente sur ce secteur. Des masses éboulées sont visibles principalement au niveau du replat présent à son pied mais un bloc de 0,7 m ³ a continué sa course jusqu'en bordure de clairière située à l'aval.
6	Chutes de blocs et de pierres	Abattoirs Hôtel des Rochers		Observations de terrain Étude antérieure Cartographie POS	Une falaise de gneiss, présente le long de la D809-N9, est marquée par des instabilités de gros volumes (volume total jusqu'à 15 m ³ et même une colonne de 100 m ³ identifié par une étude sur itinéraire datant de 2005)
7	Chutes de blocs et de pierres Glissement	Pont Pessil	Années 1990	Observations de terrain BD mvt Entretien CD48	Un talus rocheux a du faire l'objet d'une stabilisation.
10	Chutes de blocs et de pierres	Vallée du Merdaric RD809		Entretien CD48	Le CD48 a indiqué la présence régulière de chute de blocs et pierres le long de la route.
11a / 11b	Glissement	Vallée de la Jourdane RD808-N108		BD mvt	2 événements éboulements sont répertoriés dans la BD mvt le long de la RD808-N108
14	Effondrement	Ruisseau du Piou		Entretien spéléo-club Lozère	Des zones de perte sont présentes le long du ruisseau du Piou.

[voir étude H17-020 pour plus de détails sur ces phénomènes]

Sur la commune de Marvejols, deux zones sont marquées par des anciennes exploitations minières :

- deux entrées de mines sont présentes en bordure du ruisseau de Rieussens (étiquettes 12a et 12b) ;
- un puits et des galeries sont présentes au niveau du lieu-dit la Grange (étiquette 13).

Ces informations ont été localisées à titre informatif sur la carte d'aléa « effondrement, affaissement, tassement » (annexe 7).

3 Notion d'aléa : occurrence et intensité

L'aléa résulte du croisement entre, d'une part, la probabilité d'occurrence d'un phénomène et, d'autre part, son intensité [référence 2].

Contrairement aux aléas sismique ou inondation, la probabilité d'occurrence d'un mouvement de terrain ne peut pas se quantifier en se basant sur l'exploitation de séries statistiques (sauf cas particuliers). Cette dernière ne peut donc être approchée que qualitativement ; pour un délai fixé à 100 ans dans le cadre de cette étude.

Dans le cas présent, pour lequel l'objectif est de guider l'aménagement du territoire et d'en définir la constructibilité, la seule probabilité d'occurrence ne permet pas de hiérarchiser les secteurs présentant des aléas de différentes natures. Il sera donc nécessaire de définir l'intensité potentielle de chaque aléa, en respectant au mieux la grille ci-dessous (tableau 1).

Niveau d'intensité (I)	Niveau des mesures de prévention nécessaires	Exemples de mesures de prévention
Faible (I1)	Moins de 10% de la valeur vénale d'une maison individuelle moyenne	Purge de quelques blocs instables en falaise, confortation d'une cave par pilier maçonné
Modérée (I2)	Parade financièrement supportable par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement)	Réalisation d'un merlon de terre en protection contre les chutes de blocs, comblement d'une carrière souterraine, drainage de faible ampleur dans une zone instable
Élevée (I3)	Parades spécifiques, intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire, et d'un coût très important	Stabilisation d'un glissement de terrain de grande ampleur, confortement d'un pan de falaise instable
Majeure (I4)	Pas de parade sûre qui soit techniquement et économiquement envisageable	Phénomène exceptionnel tel que Séchillienne (Isère) ou La Clapière (Alpes-Martimes), impliquant plusieurs dizaines de millions de m ³

Tableau 1 : Définition de quatre niveaux d'intensité pour les mouvements de terrain, basée sur la « Demande de Prévention Potentielle » (DPP) [référence 2]

Dans le cadre de cette étude, le croisement entre ces 2 paramètres respectera la grille ci-dessous, privilégiant la prise en compte de l'intensité et donc le coût et la faisabilité de la prévention.

Intensité (I)	Probabilité d'occurrence (P)		
	Faible (P1)	Modérée (P2)	Élevée (P3)
Faible (I1)	Aléa faible	Aléa faible	Aléa modéré
Modérée (I2)	Aléa modéré	Aléa modéré	Aléa modéré
Élevée (I3)	Aléa modéré	Aléa élevé	Aléa élevé
Majeure (I4)	Aléa élevé	Aléa élevé	Aléa élevé

La méthodologie retenue pour définir la probabilité d'occurrence et l'intensité de chaque type d'aléa est décrite dans les paragraphes suivants.

De plus, afin de prévoir au mieux le phénomène susceptible de survenir sur le secteur étudié, il convient de définir l'aléa de référence pour chaque type de mouvement de terrain. Le mouvement prévisible de référence à prendre en compte est conventionnellement le plus fort événement historique connu sur le secteur étudié. Les événements exceptionnels d'occurrence géologique (ex : le Mont Granier en 1248) ne sont pas pris en considération [référence 1].

Ces niveaux d'intensité, liés à la vulnérabilité, sont traduits plus loin pour chaque aléa en paramètres physiques (par exemple la taille des blocs).

4 Méthodologie d'évaluation de l'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres »

4.1 Définition de l'aléa « éboulement,... » de référence

En ce qui concerne l'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres », l'aléa de référence est l'éboulement en masse limitée de Barjac, qui a eu lieu le 19 octobre 1995. Plusieurs gros blocs (jusqu'à 50m³) se sont détachés de la barre sommitale, constituée des dolomies ruiniformes du Bajocien supérieur. Les blocs se sont propagés sur une distance maximale de 530 mètres (illustration 1) et l'un d'eux a détruit une habitation et provoqué le décès de son habitante. Le contexte géomorphologique de cet événement est comparable au contexte de bordure de Causses, présent sur les communes faisant l'objet de cette étude.



Illustration 1: Eboulement de Barjac, 1995 [référence 3]

Sur le secteur étudié, de nombreux éboulis sont présents. Sous l'effet de l'altération par sous-cavage des marnes toarciennes, associée à la présence de discontinuités favorables, des pans de falaise formant les bordures de Causses se sont déplacés en masse. Ce phénomène cyclique est récurrent, à l'échelle du Quaternaire (-1,81 millions d'années à aujourd'hui), sur les bordures de Causses [référence 5]. L'occurrence de ces phénomènes de grande ampleur dépasse le délai fixé à 100 ans pour cette étude et ils ne sont donc pas considérés comme aléa de référence.

4.2 Définition de l'aléa de rupture

4.2.1 Définition des zones de départ

Chaque falaise, identifiée sur le terrain ou par photo-interprétation, est une zone de départ avérée. Au droit des zones avec un enjeu significatif, l'identification sur le terrain des zones de départ a cherché à être exhaustive.

Cependant, la densité de la végétation sur certains secteurs a pu masquer certaines zones de départ. Afin de pallier cette éventuelle lacune, des zones de départ potentielles ont été définies à partir d'un traitement SIG.

Pour chaque lithologie susceptible de former des falaises (micaschistes, grès, gneiss, granites et métadiorites quartziques, calcaires du Lias, calcaires et dolomies du Dogger, calcaires aaléniens), est réalisé un histogramme de répartition des pentes contenues dans les zones de falaises (exemple pour les calcaires aaléniens en illustration 2).

Ce traitement statistique résulte du croisement par SIG entre les zones de falaises identifiées sur le terrain et le MNT (maille de 5m). Ainsi, le seuil de pente, à partir duquel des falaises peuvent potentiellement être présentes, a été défini comme correspondant à la valeur de pente au dessus de laquelle 80% des falaises ont été identifiées (exemple pour les calcaires aaléniens en illustration 2).

Ce seuil de pente a été défini pour chaque lithologie (tableau 2).

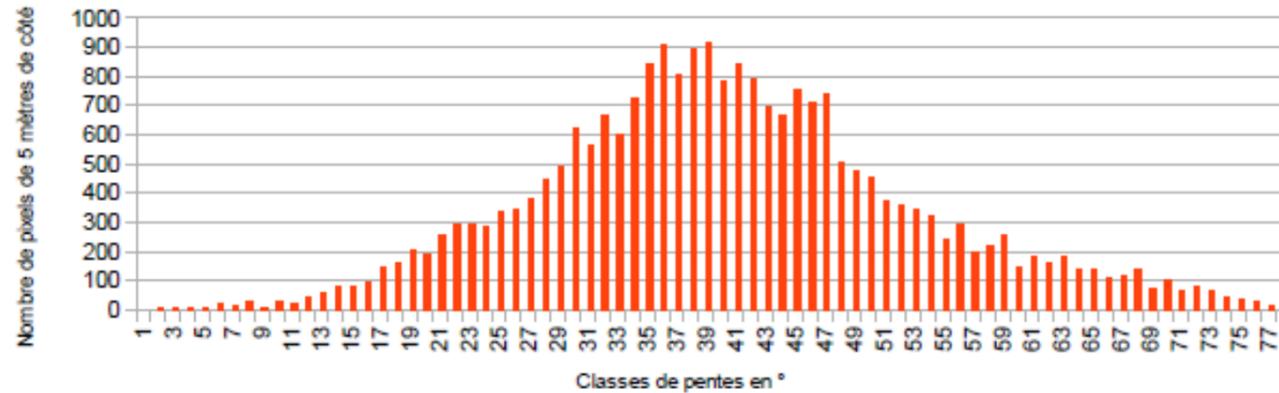
Formation	Seuil de pente (MNT)
Micaschistes	16°
Grès et pélites	12°
Socle	17°
Calcaires du Lias	18°
Calcaires aaléniens	29°
Calcaires et dolomies du Dogger	22°

Tableau 2 : Seuils de pente à partir desquels des falaises peuvent potentiellement être présentes.
NB : Statistiques établies à partir des données de 19 communes : Mende – St Etienne du Valdonnez – Lanuéjols – Brénoux – Badaroux – St Bazile – Chastel Nouvel – St Bazile – Grèzes – Banassac – La Canourgue – Chanac – Palhers – Saint Bonnet de Chirac – Les Salelles – Saint Germain du Teil – Marvejols – Montrodat – Bourgs sur Colagne

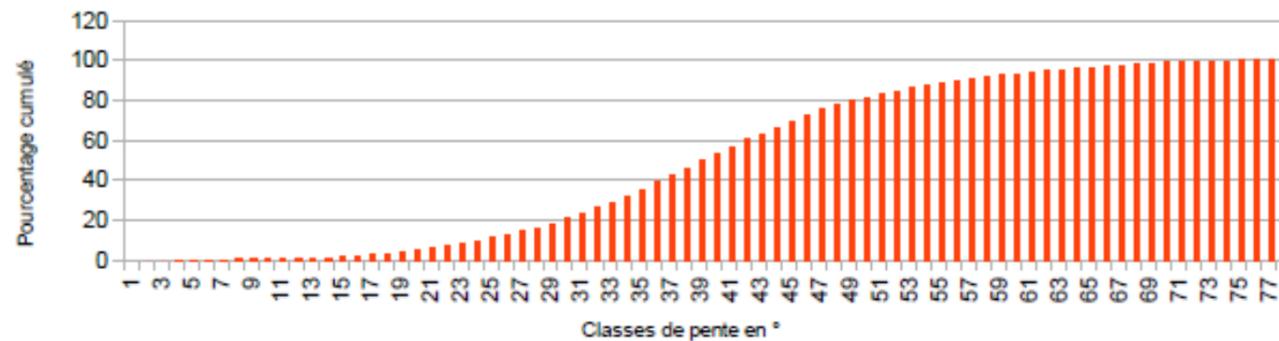
Pour les zones à enjeux (urbanisées et potentiellement urbanisables) telles qu'établies en partenariat avec la DDT48, les zones de départ potentielles identifiées par cette approche ont fait l'objet de relevés de terrain complémentaires les plus exhaustifs possibles.

Pour les zones sans enjeux, ces zones de départ potentielles ont été prises en compte telles qu'issues du traitement SIG.

Fréquence des classes des pentes sur les zones de falaises de calcaires



% cumulés des classes de pente dans les zones de calcaires aaléniens



Quelques données statistiques	
Moyenne	39,13
Médiane	38
Ecart type	12,44
Nombre	23701
Mini	1
Maxi	76

4.2.2 Définition de l'intensité des instabilités

Lors de la phase de reconnaissance sur le terrain, un échantillon de falaise de chaque lithologie, dans chaque contexte géomorphologique a été décrit, en privilégiant les secteurs situés à l'amont d'une zone d'enjeu actuel ou futur.

Cet échantillonnage a permis d'identifier le volume total des instabilités (VT) et d'estimer le volume probable élémentaire après fragmentation (VF) (estimation basée sur l'observation du découpage du massif rocheux par les discontinuités).

L'intensité des instabilités rocheuses résulte du croisement entre ces 2 paramètres VT et VF en respectant la grille ci-dessous.

Cette évaluation de l'intensité des instabilités reste en concordance avec le tableau 1.

Intensité (I)	Volume total (VT)		
	VT 1 <1m ³	VT2 1m ³ < 10m ³	Éboulement en masse limitée VT3>10m ³
VF1 Pierres (<1dm ³)	Intensité faible (I1)	Intensité modérée (I2)	X
VF2 Blocs (1dm ³ < 1m ³)	Intensité modérée (I2)	Intensité modérée (I2)	Intensité élevée (I3)
VF3 Gros blocs (>1m ³)	X	Intensité élevée (I3)	Intensité élevée (I3)

4.2.3 Définition de la probabilité de rupture des instabilités

L'échantillonnage a également permis de définir le mécanisme¹ et la probabilité de rupture de chaque type d'instabilité. L'évaluation de la probabilité de rupture dans un délai de 100 ans a été faite de manière qualitative, en se basant sur l'observation des paramètres suivants :

- stratification ou schistosité
- orientation, fréquence et ouverture des discontinuités ;
- présence de végétation ;
- présence de circulation d'eau ;
- cicatrices de rupture ;
- blocs éboulés observés dans la pente.

4.2.4 Définition de l'aléa de rupture

Pour les falaises qualifiées sur le terrain, l'aléa de rupture résulte du croisement entre l'intensité des instabilités identifiées et leur probabilité de rupture, en respectant la grille ci-dessous. Lorsque plusieurs types d'instabilités sont présentes, le niveau d'aléa le plus élevé est retenu.

Sur la carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres » (annexe 5), l'aplatissement de couleur des zones de départ correspond au niveau de l'aléa et des lettres précisent les paramètres VT, VF et P ayant mené à la qualification de cet aléa.

¹ Les différents types de mécanismes de rupture sont décrits dans les rapports des cartes d'observations, paragraphe 2.1.

Aléa rupture		Probabilité rupture		
		P1 Faible	P2 Modérée	P3 Élevée
Intensité (I)	Faible (I1)	Aléa faible	Aléa faible	Aléa modéré
	Modérée (I2)	Aléa modéré	Aléa modéré	Aléa modéré
	Élevée (I3)	Aléa modéré	Aléa élevé	Aléa élevé

Pour les falaises repérées sur le terrain mais n'ayant pas l'objet d'une qualification précise, le niveau d'aléa attribué est celui de la falaise échantillonnée la plus proche et correspondant à un contexte géomorphologique comparable (même orientation, même formation géologique).

4.3 Définition de la zone de propagation

Sur le secteur étudié, le bas des versants est occupé soit par des champs cultivés soit par des zones urbanisées. Les blocs éboulés sont donc la plupart du temps retirés et il s'avère impossible de définir les limites de propagation à partir de l'observation de la position de ces blocs.

Les limites des zones de propagation ont été définies en combinant la méthode de la ligne d'énergie, l'observation de quelques événements réels sur le secteur.

La méthode de la ligne d'énergie est une méthode utilisée (ex-CEMAGREF, CREALP, ...) pour déterminer, dans une première approche, les limites de propagation. « Le principe de cette méthode repose sur le fait qu'un bloc ne peut progresser sur une pente que si celle-ci est suffisamment raide. Ainsi, si la pente est supérieure à un angle limite β , il accélère. Si elle est inférieure à β , il ralentit. En partant de ce constat, un bloc peut aller d'une zone de départ A jusqu'à B, point d'intersection du relief avec une ligne imaginaire partant du point de départ et formant un angle β avec l'horizontal » [référence 7] (figure 1).

La bibliographie donne des valeurs de l'angle β , basées sur l'expérimentation, comprises entre 22 et 41°, en fonction de la dimension des blocs et de la nature du versant. Pour cette étude, les angles ont été choisis à partir de quatre événements qui ont eu lieu à proximité, dans un contexte géomorphologique comparable à celui du secteur actuellement étudié (voir tableau 3).

Des angles de 29° ont été obtenus pour des événements ayant mobilisé des blocs de l'ordre de 10m³ (Ispagnac et Florac) et des angles de 24° pour des événements ayant mobilisé des blocs de plusieurs dizaines de m³ (Barjac et Quézac).

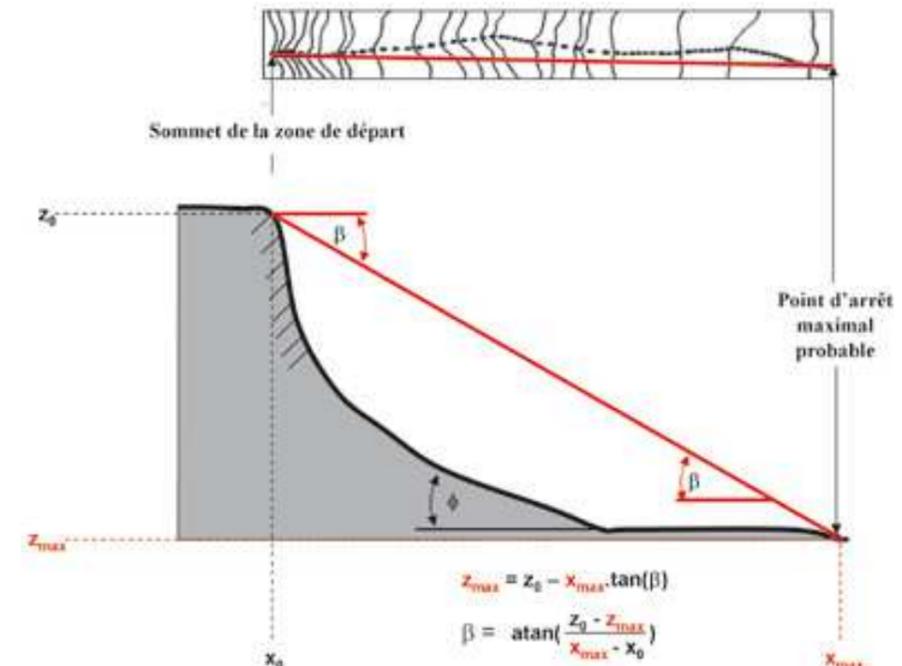


Figure 1: Principe de la ligne d'énergie et propagation maximale pour les chutes de blocs [référence 7]

Il a donc été choisi d'utiliser ces 2 valeurs de β pour définir les zones de propagation (voir tableau ci-dessous) :

- $\beta = 24^\circ$ pour VT3 / VF3 ;
- $\beta = 29^\circ$ pour tout le reste.

Intensité des instabilités potentielles	Croisement VT et VF	Valeur de l'angle β
Faible (I1)	VT1 (<1m ³) et VF1 (<1dm ³)	29°
Modérée (I2)	VT1 (<1m ³) et VF2 (entre 1dm ³ et 1m ³)	
	VT2 (entre 1m ³ et 10m ³) et VF1 (<1dm ³) VT2 (entre 1m ³ et 10m ³) et VF2 (entre 1dm ³ et 1m ³)	
Élevée (I3)	VT2 (entre 1m ³ et 10m ³) et VF3 (>1m ³)	
	VT3 (> 10m ³) et VF2 (entre 1dm ³ et 1m ³)	
	VT3 (> 10m ³) et VF3 (>1m ³)	

Commune	Ispagnac	Barjac	Quézac	Florac
Lieu-dit	Rocher de la Table	Boutarrottes	Le Buisson	Château de Florac
Date	avril 2001	octobre 1995	19/11/95	12/12/06
Volume total	5m ³		250m ³	500 à 800m ³
Volume des blocs	5m ³	50m ³	environ 30m ³	10m ³
Nature de la falaise éboulée	calcaires du Bajocien inférieur	calcaires du Bajocien supérieur	calcaires du Bathonien	Calcaires du Bathonien
Nature du versant	- calcaires aaléniens - marnes domériennes et toarciennes - éboulis sur marnes - écroulis	- calcaires du Bajocien inférieur - calcaires aaléniens - éboulis sur calcaires aaléniens - éboulis sur marnes	- calcaires du Bajocien - calcaires aaléniens - alluvions sur calcaires aaléniens	- calcaires du Bajocien - calcaires aaléniens - marnes domériennes et toarciennes - calcaires du Lias
Pentes moyennes du versant	- haut du versant : 30-35° - rupture de pente - bas du versant : 15°	- haut du versant : 40° - diminution progressive de la pente - bas du versant : 10°	- haut du versant : 35° - rupture de pente - bas du versant : 10° -plaine alluviale du Tarn	
Distance parcourue	400m	575m	325m	550m
Dégâts occasionnés	RAS	une maison, une victime	Une grange	RD16
Valeur de l'angle β	29°	24°	23,5°	29

Tableau 3: définition de l'angle de la ligne d'énergie β pour 4 événements de la région

Le calcul des zones de propagation avec ces 2 valeurs d'angle a été réalisé sur SIG avec l'aide du logiciel CONEFALL (développé par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne).

Afin de valider cette méthodologie, les limites obtenues avec CONEFALL ont été comparées, sur la commune de Saint-Bauzile :

- à la limite de propagation basée sur l'observation précise des blocs sur le terrain [référence 8] ;
- à la limite de propagation obtenue à partir d'un calcul trajectographique réalisé avec le logiciel PROPAG (profil levé au 1/5000 lors d'une étude CETE Méditerranée [référence 9]).

Les résultats de cette comparaison sont représentés sur la figure 2. La limite obtenue par la méthode de la ligne d'énergie (angle 29°) est globalement cohérente avec les points d'arrêts obtenus avec le logiciel PROPAG (élançement 1,2) et la limite définie à partir de l'observation des blocs éboulés.

Des corrections manuelles sont ensuite réalisées, basées sur nos observations de terrain (prise en compte des replats, des rivières et des blocs observés sur le terrain, ...). L'angle de déviation latérale a été corrigé manuellement et fixé à 15° par rapport à la ligne de plus grande pente.

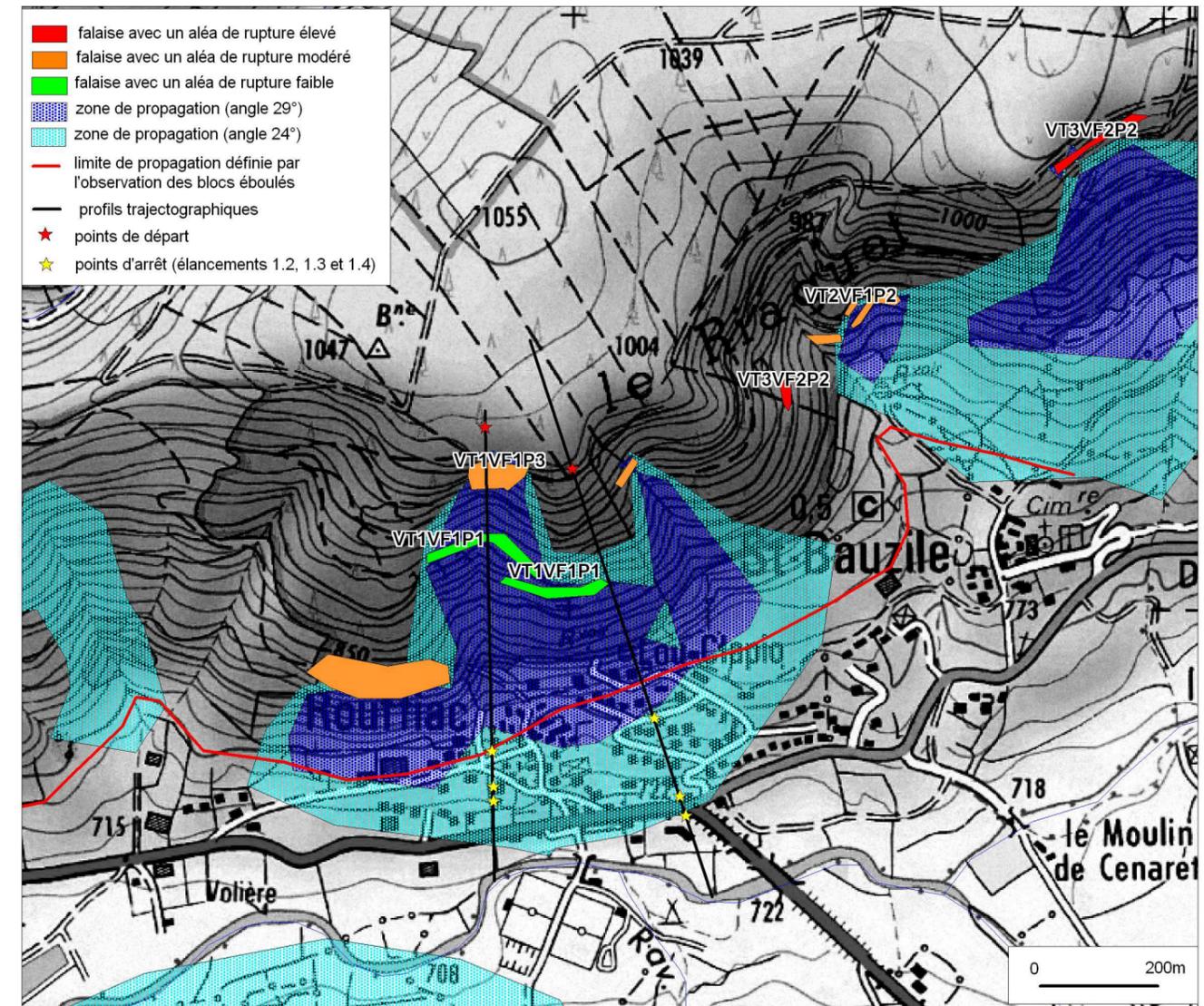


Figure 2: Comparaison des zones de propagation définies par la méthode de la ligne d'énergie (CONEFALL), par l'observation des blocs sur le terrain [référence 8] et par des profils trajectographiques (PROPAG) [référence 9]

4.4 Aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres » résultant

En ce qui concerne les zones de falaises identifiées sur le terrain, le niveau d'aléa dans les zones de propagation correspond au niveau de l'aléa de rupture de la zone de départ située à l'amont. En ce qui concerne les zones de falaises potentielles (définies par traitement SIG), ces dernières ne sont pas représentées sur la carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres » (annexe 5). Il a été choisi d'attribuer aux zones de propagation situées sous ces zones de falaises potentielles un aléa inférieur d'un niveau par rapport aux zones définies à proximité.

5 Méthodologie d'évaluation de l'aléa glissement

5.1 Définition de l'aléa « glissement de terrain » de référence

En ce qui concerne l'aléa « glissement de terrain », l'aléa de référence est le glissement du golf de La Canourgue, situé au Sud du village le long de la RD998. Il affecte des marnes toarciennes altérées, situées à l'aval d'un placage d'éboulis (illustration 3).



Illustration 3: Niches d'arrachement au niveau du golf de La Canourgue, pendant les années 2000

5.2 Définition de la probabilité d'occurrence

La probabilité d'occurrence de l'aléa glissement a été définie à partir de 4 critères :

- la lithologie : sensible ou non sensible (« litho ») ;
- la pente (« p ») ;
- la présence de circulation d'eau : sources, captages, venues d'eau diffuses, traces d'humidité, végétation hydrophile (« eau ») ;
- la présence d'indices de mouvements avérés : glissement actifs, moutonnement ou indices de mouvements de surfaces superficiels, bâtiments ou infrastructures routières dégradés (« indices »).

La première étape a consisté à définir les seuils de pente pour lesquels des glissements peuvent apparaître. Pour chaque lithologie sensible à l'aléa glissement (marnes altérées, micaschistes altérés, pélites fines et grossières, arènes granitiques, métadiorites quartziques altérées, gneiss altérés, éboulis, alluvions), est réalisé un histogramme de répartition des pentes, présentes au sein des zones d'indices de mouvement identifiées sur le terrain (exemple pour les marnes altérées en illustration 5). Ce traitement statistique résulte du croisement par SIG entre les zones d'indices de mouvement identifiées sur le terrain et le MNT (maille de 5m).

Deux seuils de pente p1 et p2 ont été définis comme correspondant respectivement aux valeurs de pente au dessus desquelles 80% et 50% des indices de glissement ont été identifiés (exemple pour les marnes altérées en illustration 5).

Sur l'ensemble des 19 communes² de Lozère ayant fait l'objet de ce type d'études, seules deux lithologies sensibles (marnes altérées et éboulis sur marnes) regroupent suffisamment d'indices de mouvement pour que le traitement statistique ait une signification (tableau 4). La pente calculée à partir du MNT est lissée du fait de la résolution de 5m. La pente réelle correspondante peut être approchée à l'aide de la formule suivante [référence 9] :

$$\alpha_{\text{MNT}} = \alpha_{\text{réel}} \times \text{RES}^{-0,075}$$

avec RES : résolution du MNT en mètres

α_{MNT} : pente du MNT en degrés

$\alpha_{\text{réel}}$: pente réelle en degrés

Les seuils de pente ainsi obtenus pour ces trois formations sont donnés dans le tableau 4.

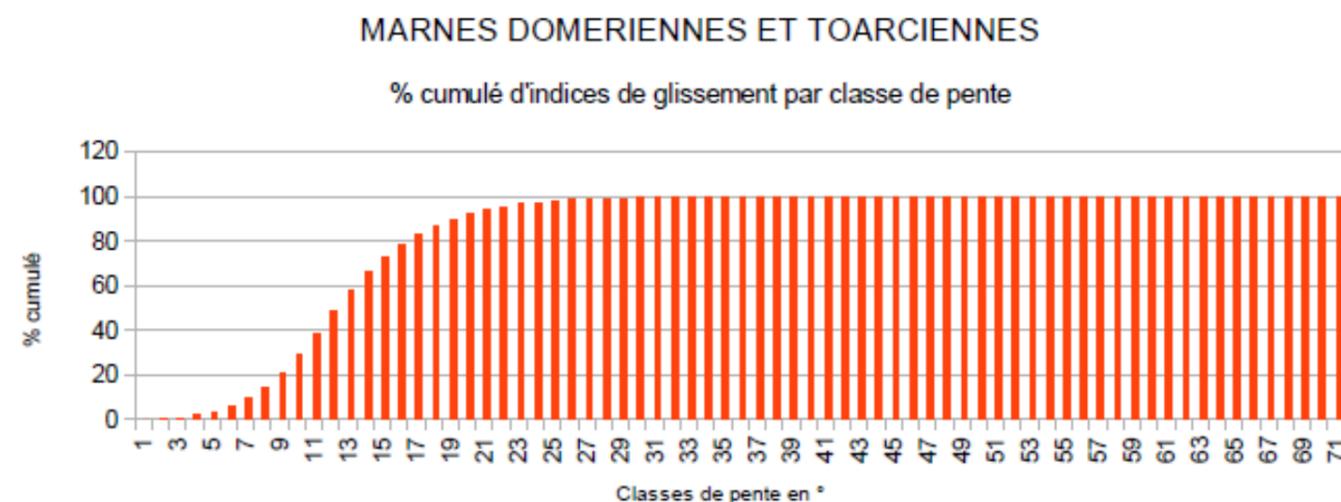
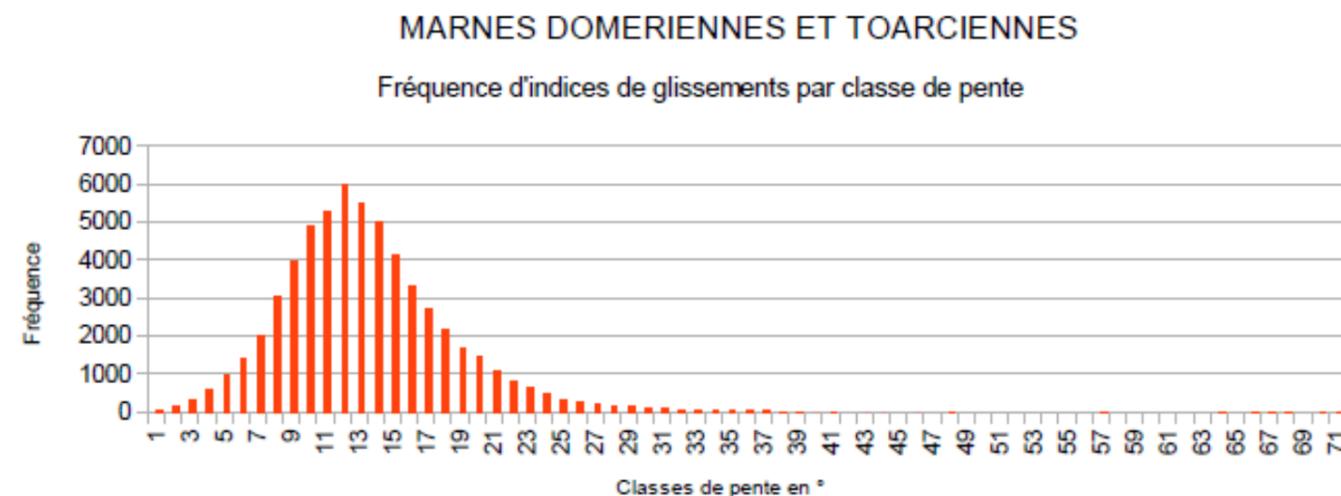
Les mêmes seuils de pente ont été attribués aux alluvions, présentant des caractéristiques géotechniques proches des marnes altérées.

Les autres formations (micaschistes altérés, éboulis hors marnes, arènes granitiques, métadiorites quartziques altérées, gneiss altérés, pélites fines et grossières) sont moins sensibles aux phénomènes de glissement et des seuils de pente plus élevés leur ont été attribués (tableau 4).

² Liste des communes de Lozère ayant fait l'objet de ce type d'études : Mende – St Etienne du Valdonnez – Lanuéjols – Brénoux – Badaroux – St Bazile – Chastel Nouvel – St Bazile – Grèzes – Banassac – La Canourgue – Chanac – Palhers – Saint Bonnet de Chirac – Les Salelles – Saint Germain du Teil – Montrodat – Marvejols – Bourgs sur Colagne

Formation	p1 MNT - 5m	p1 réelle calculée	p2 MNT - 5m	p2 réelle calculée
Marnes altérées	9°	10°	13° ³	15°
Éboulis sur marnes				
Alluvions sur marnes				
Pélites fines et grossières	10°	11°	14°	16°
Micaschistes altérés	13°	15°	17°	19°
Eboulis hors marnes				
Alluvions grossières hors contexte granitique				
Arènes granitiques				

Tableau 4: Seuils de pente p1 et p2 à partir desquels des glissements peuvent apparaître.



Quelques données statistiques	
Moyenne	12,10
Médiane	11,37
Ecart type	5,06
Nombre	59329
Mini	0
Maxi	71

³ Les formations des marnes altérées, des éboulis sur marnes et des alluvions sur marnes ont été regroupées. Les seuils de pente P2 obtenus pour chacune de ces formations sont les suivants :
 • marnes altérées = 8° (cf illustration 4)
 • éboulis sur marnes = 9°
 • alluvions sur marnes = 13°
 Le seuil global retenu a été de 13°.

Illustration 4: Définition des seuils de pente à partir desquels des glissements peuvent apparaître, exemple des marnes altérées

La probabilité d'occurrence de l'aléa « glissement » est ensuite définie en respectant la grille

suivante :

Probabilité d'occurrence (P)	Litho + p<P1	Litho + p<P1 + indices de surface	Litho + P1<p<P2	Litho + P1<p<P2 + 1 facteur	Litho + p>P2	Litho + P1<p<P2 + 2 à 3 facteurs	Litho + p>P2 + 1 à 3 facteurs	Glissement avéré (niches d'arrachement, bourrelet de pied)
Nulle (P0)	x							
Faible (P1)		x	x					
Modérée (P2)				x	x			
Elevée (P3)						x	x	x

Les facteurs sont les suivants :

- présence d'eau
- érosion de berge
- indices de surface

Cas particuliers :

- Les zones de micaschistes :
La probabilité d'occurrence a été définie avec une grille légèrement différente, prenant en compte la présence d'une schistosité favorable aux phénomènes de glissement « banc sur banc »:

Probabilité d'occurrence (P)	Litho + p>p2	Litho + p2>p>p1 + schisto favorable	Litho + p>p2 + schisto favorable	Indices
Faible (P1)	x	x		
Modérée (P2)			x	
Élevée (P3)				x

- Les érosions de berges :
Lorsque des phénomènes d'érosion de berges sont possibles en bas de versant (partie concave d'un méandre), la probabilité d'occurrence de l'aléa « glissement » est augmentée d'un niveau.

5.3 Définition de l'intensité

L'intensité des glissements potentiels dépend essentiellement de la profondeur de la surface de rupture potentielle (contact marnes saines / marnes altérées par exemple). Seules des données de forage permettent d'accéder à cette information. Dans cette première approche, l'intensité de l'aléa « glissement » ne peut donc pas être évaluée.

5.4 Aléa « glissement de terrain » résultant

L'intensité de l'aléa « glissement » ne pouvant être évaluée par cette première approche, l'aléa « glissement » cartographié correspondra donc uniquement à une probabilité d'occurrence (annexe 6)

6 L'aléa « effondrement, affaissement et tassement »

6.1 Définition de l'aléa « effondrement / affaissement / tassement » de référence

Pour l'aléa "effondrement, affaissement et tassement", l'aléa de référence est le gouffre qui s'est formé en novembre 2003 sur la commune de Saint-Etienne du Valdonnez, à proximité du lieu-dit Molines. Ce gouffre, qui s'est formé dans le lit du cours d'eau du Bramont à la suite d'une crue, mesurait environ 10 mètres de diamètre et 15 mètres de profondeur, avec des parois très instables.

Le Bramont s'est complètement perdu dans ce gouffre (illustration 5).

Actuellement, la trace de ce gouffre est encore visible et le cours d'eau se perd partiellement à cet endroit.



Illustration 5: Effondrement sur le lit du Bramont, sur la commune de Saint-Etienne du Valdonnez (novembre 2003) [Photo DDT 48]

6.2 Définition de la probabilité d'occurrence

Plusieurs types d'éléments sont rencontrés sur la commune de Marvejols:

- des cavités naturelles et leurs galeries (source: base de données BD Cavités, entretiens avec le Spéléo-Club de Lozère, observations de terrain...);
- des dolines (source: études et observations de terrain);
- des failles, avérées ou supposées (source: BRGM, études ou photo-interprétation).

A titre informatif, des entrées de cavités d'origine anthropique seront localisées sur la carte d'aléa "effondrement, affaissement, tassement".

La probabilité d'occurrence de l'aléa "effondrement, affaissement, tassement" pour ces différents éléments peut être évaluée en fonction du contexte géologique, hydrogéologique et historique (cavités anthropiques), en respectant la grille ci-dessous:

Probabilité (P)	Critères	Zone de tampon (regroupant l'incertitude de tracé + une zone d'influence autour des différents éléments)
Probabilité nulle	Surface d'affleurement des formations non karstifiables	x
Probabilité faible (P1)	Surface d'affleurement des formations karstifiables	Tampon de 50 mètres
Probabilité modérément faible (P2)	Surface entourant une zone de fracturation (failles)	tampon de 30 mètres
	Surface dominant une cavité ou une galerie naturelle avec un recouvrement supérieur à 20 mètres	tampon de 30 à 200 mètres, selon l'incertitude de localisation de la cavité
Probabilité modérée (P3)	Bordure des dolines	données de terrain (présence ou non d'une bordure)
Probabilité élevée (P4)	Fond des dolines	x
	Surface dominant une cavité ou une galerie naturelle avec un recouvrement inférieur à 20 mètres	tampon de 30 à 200 mètres, selon l'incertitude de localisation de la cavité
	Effondrements ou sous-tirages	tampon de 30 mètres

Les formations karstifiables regroupent l'ensemble des formations carbonatées. Le tableau 5 dresse un bilan des cavités les plus importantes reconnues dans chaque faciès.

Faciès	Cavités reconnues
Lias	Aven de Boutcho Baouri
Aalénien	Cavités dans les falaises de la Cham de Palheret et du Truc de Saint Bonnet
Bajocien et Bathonien	Aven du Truc du Midi, Grotte des Fées

Tableau 5 : Cavités les plus importantes identifiées dans chaque faciès sur les 7 communes (Palhers, Saint Bonnet de Chirac, Les Salelles, Saint Germain du Teil, Montrodat, Marvejols, Bourgs-sur-Colagne)

L'ensemble des formations karstifiables est affecté par des cavités plus ou moins développées sans qu'un niveau de karstification ne puisse être clairement identifié. Il s'avère donc impossible d'affiner la qualification de l'aléa effondrement dans ces formations karstifiables.

6.2.1 Point particulier des dolines

Les différents types de dolines et leur évolution

Dans la littérature, plusieurs types de dolines ont été identifiés en fonction de leur mode de formation (illustration 6) :

- les dolines d'effondrement (collapse doline) ;
- les dolines de dissolution (solution doline) ;
- les dolines de soutirage ou de suffosion (subsidence doline) ;
- les dolines d'effondrement des formations de couverture (subjacent collapse doline) ;
- le cas particulier des dolines formées dans les alluvions surmontant les calcaires (alluvial streamsink doline).

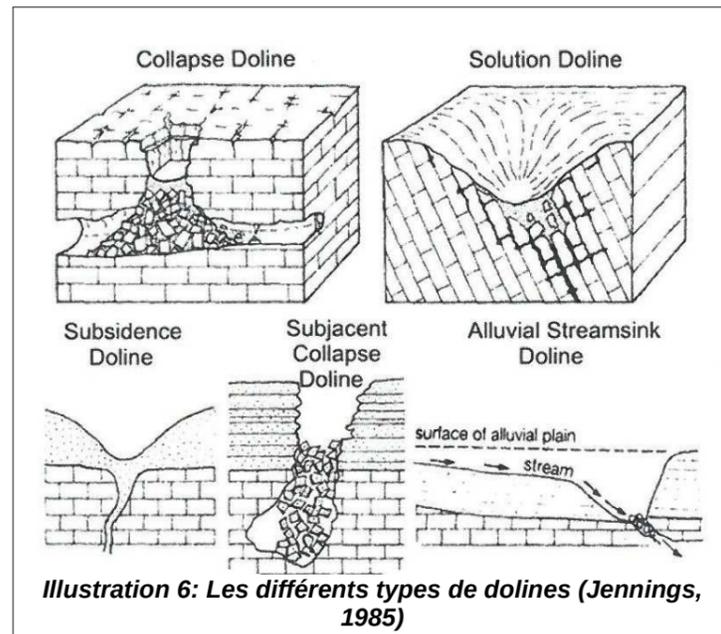


Illustration 6: Les différents types de dolines (Jennings, 1985)

Sur les communes étudiées, les calcaires sont surmontés de formations résiduelles, appelées « Terra Rossa », résultant de la désagrégation des calcaires et constituées principalement d'argiles de décalcification (résidus de la dissolution chimique du calcaire). Les dolines sont, soit des dolines

de dissolution, soit des dolines d'effondrement :

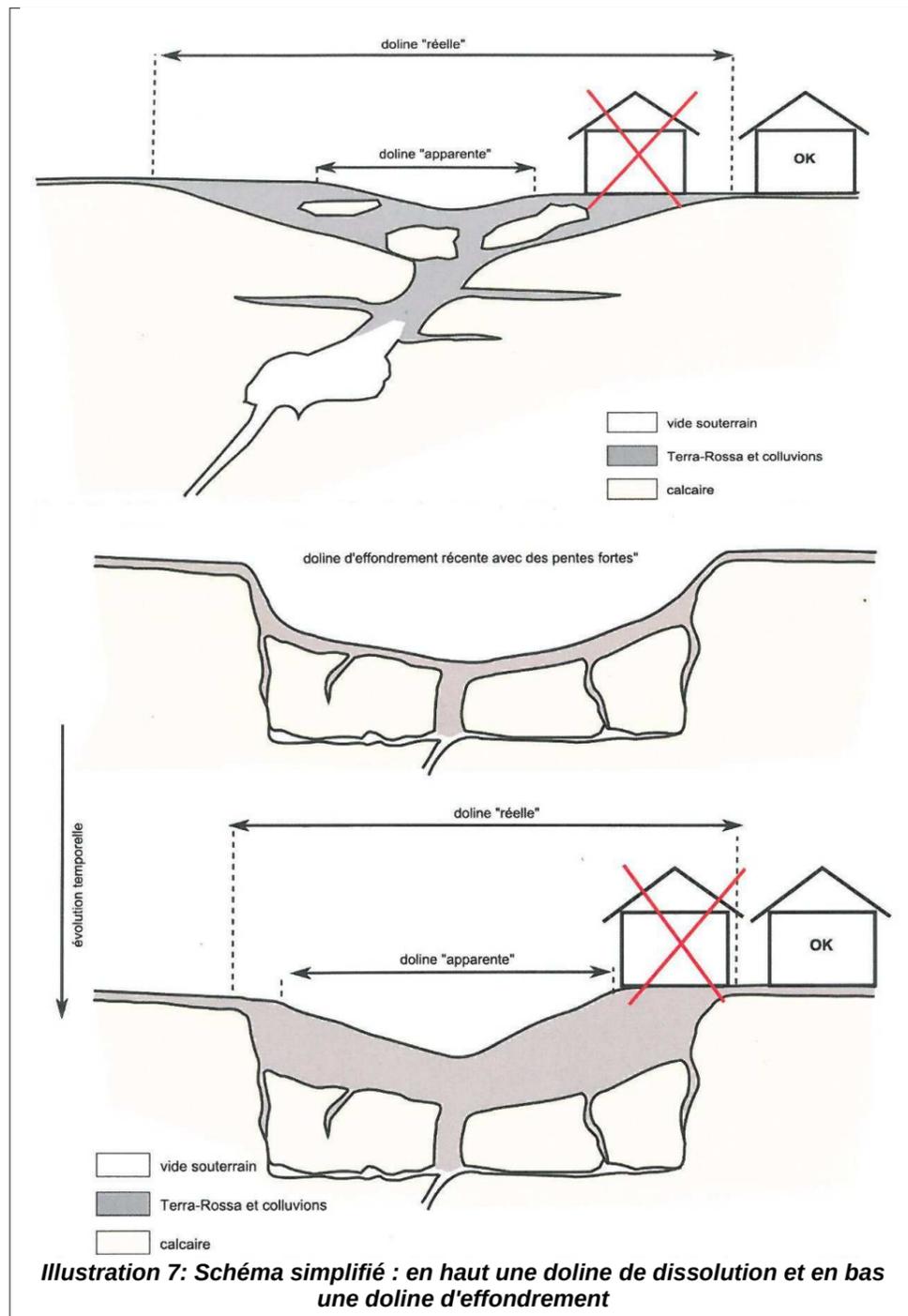
- les dolines de dissolution se sont formées de manière progressive, au fur et à mesure de la dissolution des calcaires, de l'élargissement des fissures et de la formation de galeries karstiques dans le sous-sol ; les pentes de la dépression formée en surface sont relativement douces ;
- les dolines d'effondrement se sont formées par effondrement brutal du toit d'une cavité karstique présente en profondeur ; les pentes de la dépression sont relativement fortes mais évoluent rapidement vers des pentes plus douces sous l'effet de l'érosion et de la sédimentation superficielles.

Ces deux types de dolines ont ensuite été comblées par la Terra-Rossa et leur forme actuelle en surface ne permet plus de les distinguer. Dans les deux cas, la présence d'une dépression en surface est inévitablement liée à une zone de dissolution préférentielle, dont l'activité actuelle est difficile à évaluer.

En ce qui concerne les dolines de dissolution, elles peuvent continuer à évoluer lentement par élargissement progressif des fissures, pouvant mener à un soutirage de la Terra-Rossa et un élargissement / approfondissement de la dépression en surface.

En ce qui concerne les dolines d'effondrement, le remplissage, constitué de chaos de blocs et de formations superficielles, a plus de probabilité d'être déstabilisé par entrainement des fines, réajustement du remplissage voir même réajustement de la paroi latérale rocheuse.

Quel que soit le type de doline (dissolution ou effondrement), le phénomène le plus probable reste tout de même le soutirage et la zone d'influence potentielle dépend donc essentiellement de la géométrie de la couverture superficielle (illustration 7).

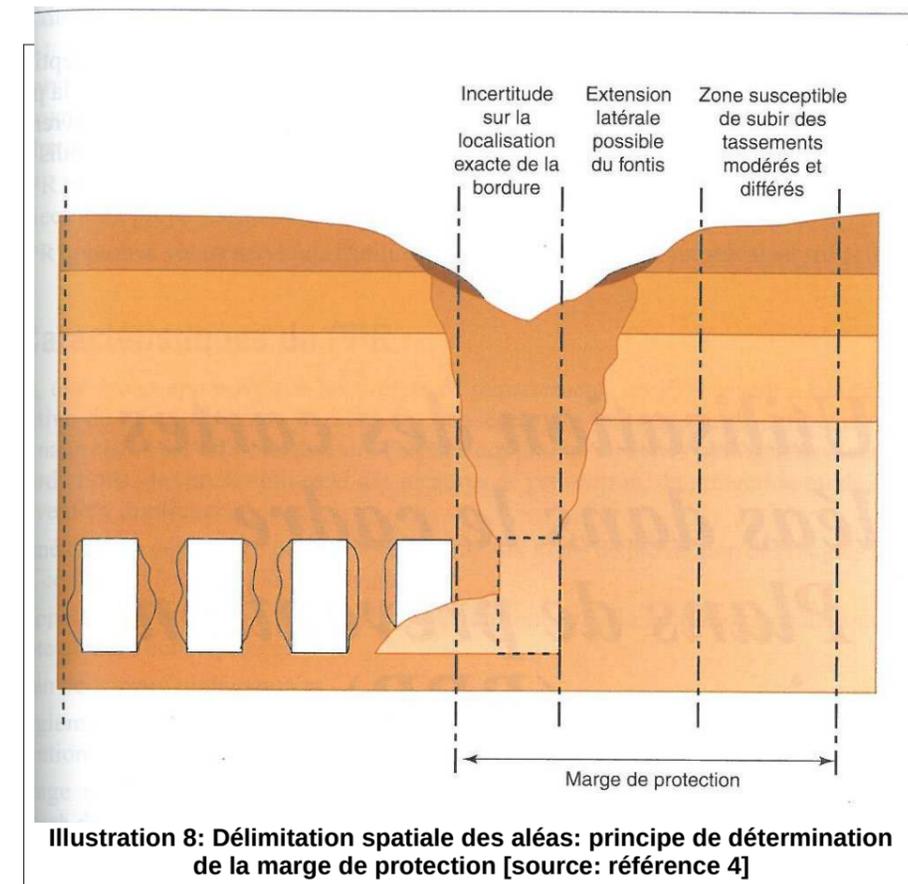


Cartographie de l'aléa

Pour la cartographie de l'aléa effondrement sur les communes analysées, le choix méthodologique s'est orienté vers l'attribution d'un aléa élevé au niveau du fond des dolines, auquel s'est ajouté une zone d'aléa intermédiaire (entre élevé et modéré) pour les bordures des dolines et leur zone d'influence.

Dans le guide national « Evaluation des aléas liés aux cavités souterraines » (référence 4), il est précisé p.115 que pour les fontis, « en pratique, pour une hauteur de recouvrement inférieure à 20 m, on pourra délimiter la zone dangereuse par une bande de terrain large de 20 m à la périphérie des galeries ».

Ainsi, les cartes d'aléa « effondrement » ont été réalisées en appliquant une zone tampon de 30 m (autour des zones de failles, des cavités ou des dolines), correspondant à la zone d'influence potentielle de 20 m à laquelle ont été ajoutés 10 m permettant de prendre en compte l'imprécision de la localisation de ces éléments.



Compte tenu des enjeux spécifiques au territoire considéré, une analyse fine est construite avec plusieurs cas de figure, selon les informations recueillies sur le terrain:

- On dispose uniquement du tracé du fond de la doline. On prend une zone tampon de 30 mètres (zone d'influence de 20 mètres + 10 mètres d'incertitude de tracé).
- On dispose du tracé du fond et de la bordure complète de la doline. On prend une zone tampon de 20 mètres à partir de la bordure haute de la doline.
- On dispose du tracé du fond et d'une grande partie de la bordure (supérieure à la moitié). On complète la bordure existante en se basant sur la distance moyenne de la bordure, et on ajoute une zone tampon de 20 mètres.
- On dispose du tracé du fond et d'une petite partie de bordure (inférieure à la moitié). On prend la distance maximale de la bordure à laquelle on rajoute 20 à 30 mètres (selon l'importance de la bordure).

NB : Ces distances sont en limite d'acceptabilité vis à vis des limites d'utilisation (30 mètres

environ) explicité au 8.2.

6.2.2 Point particulier des cavités

De la même façon, pour les cavités naturelles ou anthropiques, la zone d'influence a été fixée à 20 mètres.

Plusieurs cas de figures sont également possibles pour les cavités:

- Cavité avec un plan disponible et localisée sur le terrain. On prend un tampon de 30 mètres (20 mètres de zone d'influence et 10 mètres d'incertitude de tracé).
- Cavité avec un plan disponible non localisée sur le terrain. On prend un tampon de 40 mètres (20 mètres de zone d'influence et 20 mètres d'incertitude de tracé).
- Cavité sans plan, localisée sur le terrain. On prend un tampon de 30 mètres (20 mètres de zone d'influence et 10 mètres d'incertitude de tracé).
- Cavité non localisée sur le terrain provenant de la base de données BD Cavités. On prend comme zone de tampon l'incertitude de localisation indiquée dans la base de données, avec un minimum de 30 mètres.

6.2.3 Éléments localisés à titre informatif

Entrées de cavités anthropiques et enveloppes de travaux miniers: les entrées de cavités anthropiques, ainsi que les exploitations minières (enveloppe de travaux miniers), sont localisées sur la carte d'aléa "effondrement / affaissement / tassement" à titre informatif, car n'entrant pas dans la définition de l'aléa naturel (aléa minier).

6.3 Définition de l'intensité

Les vides souterrains présents sur le secteur sont de 2 types :

- verticaux : avens, zones de perte, dolines
- horizontaux : galeries naturelles et artificielles

La même intensité peut être attribuée à ces différents éléments (les galeries sont de relativement grande extension et les avens peuvent être à l'origine de la formation de fontis profonds et d'apparition brutale...).

Une intensité modérée est affectée de manière uniforme à l'aléa « effondrement / affaissement » pour lequel une solution de confortement reste la plupart du temps envisageable pour un groupe restreint de propriétaires compte tenu du contexte de calcaire subaffleurant.

6.4 Aléa « effondrement / affaissement » résultant

L'aléa « effondrement / affaissement » correspond au croisement entre la probabilité d'occurrence (P) et l'intensité potentielle du phénomène (I), en respectant la grille ci-dessous :

Intensité	Probabilité d'occurrence
-----------	--------------------------

	Faible (P1)	Modérément faible (P2)	Modérée (P3)	Élevée (P4)	Très élevée (P5)
Modérée (I2)	Aléa faible	Aléa modérément faible	Aléa modéré	Aléa élevé	Aléa très élevé

7 Cartographies des aléas sur la commune de Marvejols

7.1 Carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres »

Le versant calcaire du Ranquet est soumis à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » faible à élevé. Sur ce secteur, les aménagements du complexe sportif du Ranquet sont concernés par un aléa élevé.

Les versants calcaires de Pont Pessil-Gimels et celui de la route en direction de Pahlers est

soumis à un aléa faible à modéré et aucun enjeu n'est concerné par cet aléa.
Les versants constitués de formation du socle sont soumis à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » faible à modéré et aucun enjeu n'est concerné par cet aléa.
Un aléa élevé est présent le long de la D809-N9.

7.2 Carte d'aléa « glissement de terrain »

Les versants constitués de formation altérée du socle sont soumis à un aléa « glissement » faible à modéré et élevé au niveau des zones d'érosion de berges. Quelques habitats dispersés sont concernés par un aléa modéré : la Sagne, le Lignon, le Grenier.

7.3 Carte d'aléa « effondrement / affaissement / tassement »

Une bonne partie de la surface de la commune de Marvejols, dont le substratum est constitué de calcaires liasiques, est soumise à un aléa « effondrement / affaissement / tassement » au moins faible et jusqu'à modéré ou élevé si d'autres indices sont connus (cavités, fracturation, dolines). Très peu d'enjeux sont atteints par des aléas modéré et élevé.
NB : des anciennes exploitations minières ont été identifiées vers le ruisseau de Rieussens et au lieu-dit la Grange mais n'ont pas fait l'objet d'une qualification de l'aléa effondrement puisqu'elles ne peuvent pas être considérées comme relevant de la problématique risque naturel.

8 Conclusion

8.1 Rappels des objectifs de l'étude

Dans le cadre de la politique de prévention des risques et de la protection des populations face aux risques naturels majeurs, la Direction Départementale des Territoires de Lozère a confié au Cerema Méditerranée / LAP / SGRN la cartographie des aléas mouvements de terrain sur sept communes de Lozère (Palhers, Saint-Bonnet de Chirac, Les Salelles, Saint-Germain du Teil, Montrodât, Marvejols et Bourgs sur Colagne).

La méthodologie mise en œuvre suit les principes de l'élaboration d'une carte d'aléa préparatoire à un PPR [référence 1].

Par la suite, ce travail fera l'objet, selon le choix de la Direction Départementale des Territoires, soit d'un Plan de Prévention des Risques (PPR), soit d'un Porter à Connaissance (PAC).

Les cartes d'aléa obtenues résultent d'un croisement entre la probabilité d'occurrence du phénomène et son intensité potentielle lorsque celle-ci est qualifiable. Elles permettent donc essentiellement d'identifier les secteurs urbanisés et aussi pouvant être urbanisés, sur lesquels une action de réduction de la vulnérabilité (protection) s'avère nécessaire.

8.2 Limites d'utilisation

La localisation de certains phénomènes (notamment les glissements) résulte d'une analyse géomorphologique ne permettant pas de déterminer la position exacte de leurs contours.

De plus, les différentes cartes d'aléa ont été réalisées en reportant les observations sur la carte topographique de l'IGN au 1/25 000, agrandie au 1/10 000.

Ainsi, les limites des cartes d'aléa sont donc localisées avec une précision d'environ 30 m (soit 3 mm à l'échelle de la carte au 1/10 000).

L'utilisation de ces cartes à un zoom plus fin que 1/10 000 reste donc délicate et les précisions annoncées ci-dessus sont à prendre en considération.

L'acquisition des données bibliographiques et de terrain se veut la plus exhaustive possible. Cependant, certains éléments ont pu être omis du fait de la surface importante à couvrir, de la présence d'une couverture végétale relativement dense ainsi que de la possible évolution des versants au cours du temps (apparition d'indices).

9 Bibliographie

9.1 Guides méthodologiques

Référence 1: Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques de mouvements de terrain – Guide méthodologique (1999). Besson L, Durville J.L., Garry G. et Graszek E. *Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement / Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. La Documentation française, Paris, 71p.*

Référence 2 : Guide technique pour la caractérisation et la cartographie de l'aléa dû aux mouvements de terrain. Collection Environnement – Les risques naturels (2000). Antoine P., Cojean R., Durville J.L., Landry J., Marie J., Pothérat P., Toulemont M., Villain J. *Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Comité Français de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement (CFG) et Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), 91p.*

Référence 3 : Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux – Guide technique – Collection Environnement – Les risques naturels (2004). Effandianz L., Guillemain P., Rochet L., Pauly J.C., Payany M. *Ministère de l'Écologie et du Développement durable, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées d'Aix-en-Provence et de Lyon, 86p.*

Référence 4 : Évaluation des aléas liés aux cavités souterraines – Collection Environnement – Les risques naturels (2002). Tritsch J.J., Toulemont M., Durville J.L., Pothérat P. *Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), 130p.*

9.2 Autres références ayant servi à l'établissement de la méthodologie

Référence 5 : Carte géologique de Mende au 1/50 000 (1979). Briand B.G., Peyretti G., Couturié J.P., Geffroy J., Gèze B. *Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM).*

Référence 7: New GIS developments in mountain protection forests zoning against snow avalanches and rockfalls. Clouet N. and Berger F. Actes du colloque Interpraevent 2010, p382-390.

Référence 8: Saint-Bauzile/Rouffiac – Etude de l'aléa chute de blocs. Rapport CETE Méditerranée H04-119.

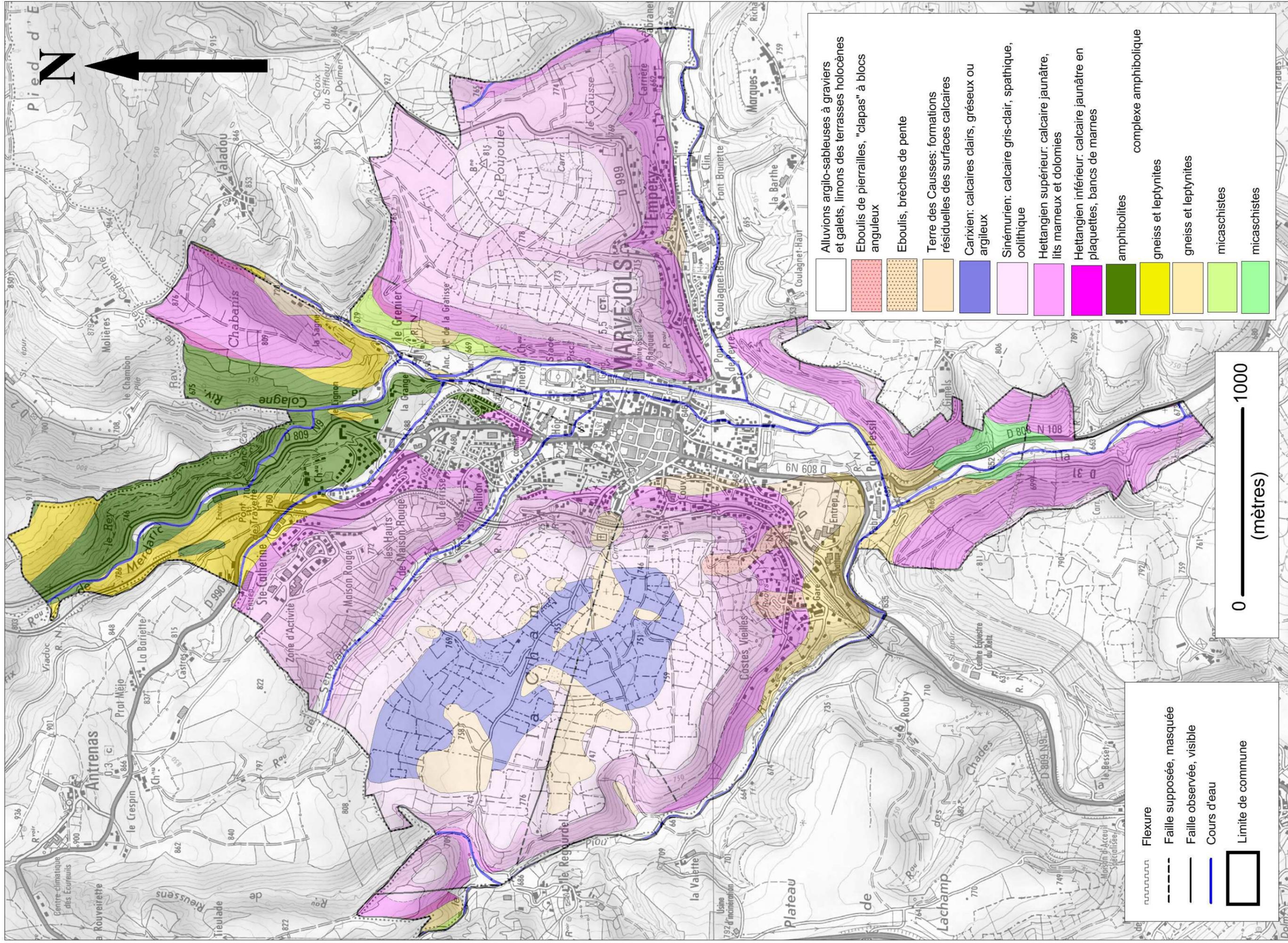
Référence 9: Commune de Saint-Bauzile – Thalweg de Rouffiac- Positionnement et dimensionnement d'un écran pare-blocs – profils trajectographique. Rapport CETE Méditerranée H06-386.

Annexe 1 : carte topographique

Carte topographique de Marvejols, zoom d'après le scan 25 IGN©

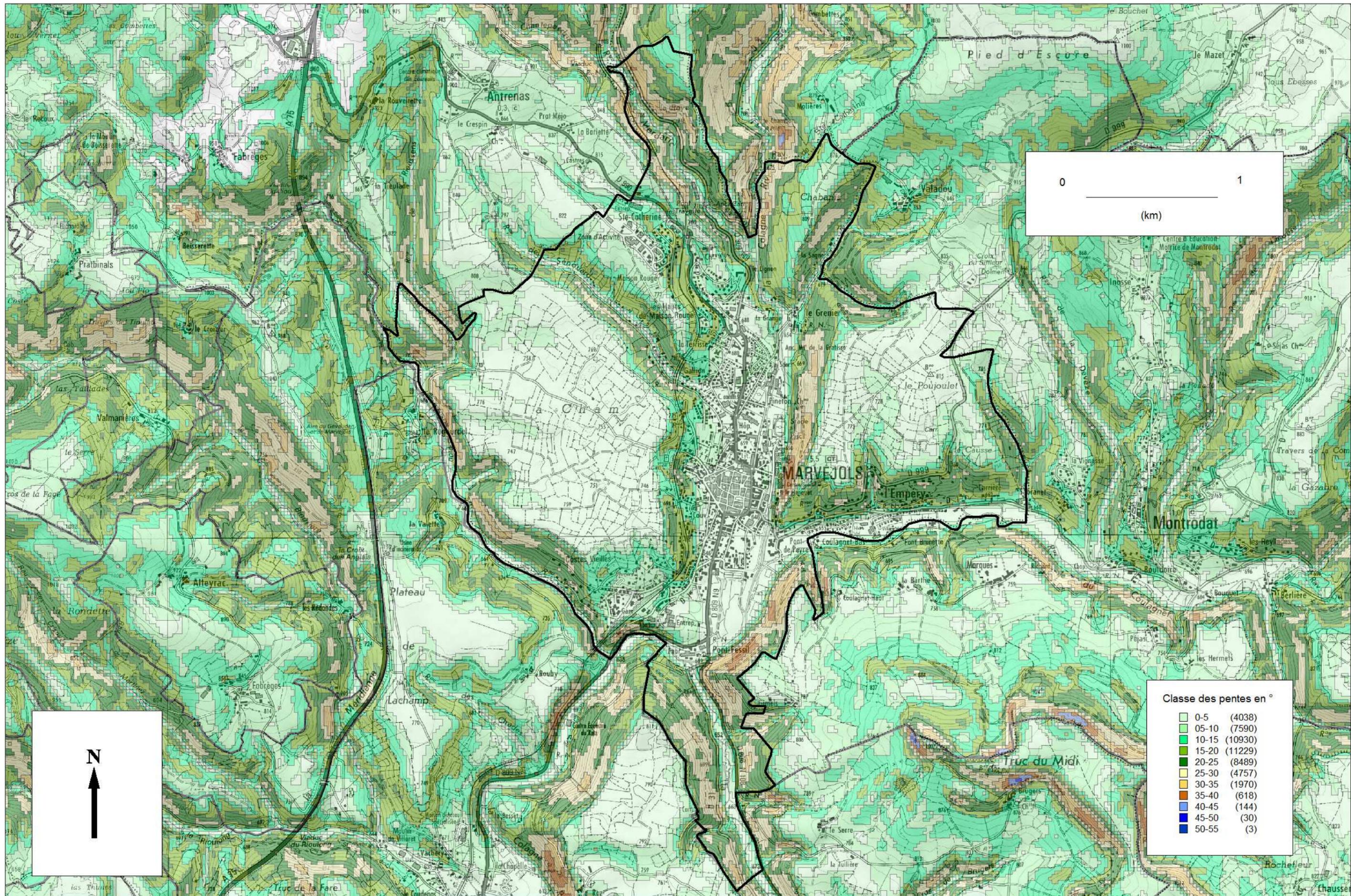
Annexe 2 : carte géologique

Carte géologique de Marvejols, extrait de la carte géologique au 1/50 000 du BRGM©



Annexe 3 : carte des pentes

Carte des pentes de Marvejols, zoom d'après le 1/25000 du MNT IGN au pas de 5m



Annexe 4 : carte des observations

Annexe 5 : carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres »

Annexe 6 : carte d'aléa « glissement de terrain »

Annexe 7 : carte d'aléa « effondrement / affaissement »

