

Mise à jour de la cartographie des aléas mouvements de terrain Cartes d'aléas et commentaires



MENDE

Mise à jour de la cartographie des aléas mouvements de terrain

Cartes des aléas et commentaires

date : Mars 2015

auteur : Direction territoriale Méditerranée, Laboratoire d'Aix-en-Provence – Service Géologie Risques Naturels

participants : Claire FRAISSE, Emilie THIEBAUD

résumé de l'étude :

Dans le cadre de la politique de prévention de la population face aux risques naturels majeurs, la Direction Départementale des Territoires de Lozère a confié au CEREMA d'Aix-en-Provence la cartographie des aléas mouvements de terrain sur la commune de Mende. Cette cartographie a été réalisée en 2011, et accompagnée d'un rapport « cartes d'aléas et commentaires ». Depuis, des retours sur le terrain (vérifications de points particuliers) et une stratégie de prise en compte du risque mouvements de terrain dans le département de la Lozère (doctrine départementale décrivant notamment les principes d'urbanisation par rapport aux risques mouvements de terrain) ont été réalisés.

Cette nouvelle version de rapport reprend la méthodologie utilisée pour la réalisation des cartographies d'aléas, tout en intégrant les différentes modifications effectuées à ce jour.

Sur la commune de Mende, ces modifications concernent :

- l'aléa chute de blocs (modification des limites de propagation, notamment au niveau de la bordure du Causse de Mende) ;
- l'aléa effondrement (adaptation de la représentation de l'aléa à la doctrine départementale).

zone géographique : Commune de Mende (département de la Lozère)

nombre de pages : 20 pages (+ annexes)

Destinataire de l'étude : A l'attention de M. GUIRALDENQ Dominique
DDT 48 – Service Sécurité Risques Energie Construction
Unité Prévention des Risques
4 avenue de la Gare
48005 MENDE Cedex

n° chrono	n° version	Description de la révision
H10-368	1	Cartographie des aléas mouvements de terrain dans les bassins de Mende et du Valdonnez – Carte des observations (commune de Mende)
H11-161	1	Cartographie des aléas mouvements de terrain dans les bassins de Mende et du Valdonnez – Cartes des aléas et commentaires (commune de Mende)
H15-070	2	Mise à jour de la cartographie des aléas mouvements de terrain – Cartes des aléas et commentaires (commune de Mende)

Réf : H15-070 Le : 2 mars 2015	Auteur(s) du rapport : Claire FRAISSE
Vérifié par le Responsable Technique :  Pierre AZEMARD	Vu et transmis, La Direction du LAP :  L'adjointe au chef du laboratoire d'Aix-en-Provence Annek TEKATLIAN

n° d'affaire : 015MX0015

SOMMAIRE

1.INTRODUCTION.....	1
1.1.Objet de l'étude.....	1
1.2.Méthodologie employée.....	1
2.LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOUVEMENT DE TERRAIN.....	1
2.1.Les éboulements, les chutes de blocs et de pierres.....	1
2.2.Les glissements de terrain.....	2
2.3.Les effondrements, affaissements et tassements.....	2
3.CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE.....	3
3.1.Contexte géographique.....	3
3.2.Contexte géologique.....	3
3.2.1.Contexte géologique général.....	3
3.2.2.Description des différentes formations géologiques.....	3
3.2.3.Le profil géologique « type » de la commune.....	5
4.CARTE DES OBSERVATIONS.....	6
4.1.Élaboration de la carte.....	6
4.2.Nouveaux éléments par rapport à la première version de carte des observations.....	6
4.3.Les phénomènes connus sur la commune.....	7
4.4.Nouveaux éléments depuis 2011.....	9
5.CARTES DES ALÉAS.....	9
5.1.Notion d'aléa : occurrence et intensité.....	9
5.2.Méthodologie d'évaluation de l'aléa.....	10
5.2.1.L'aléa éboulement, chute de blocs et de pierres.....	10
5.2.2.L'aléa glissement de terrain.....	14
5.2.3.L'aléa effondrement, affaissement et tassement.....	16
Point particulier des dolines.....	17
Point particulier des cavités.....	18
Éléments localisés à titre informatif.....	18
5.3.Carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres ».....	19
5.4.Carte d'aléa « glissement de terrain » de la commune de Mende.....	19
5.5.Carte d'aléa « effondrement / affaissement / tassement » de Mende.....	19
6.CONCLUSION.....	19
6.1.Rappels des objectifs de l'étude.....	19
6.2.Limites d'utilisation.....	19
7.BIBLIOGRAPHIE.....	20

7.1.Guides méthodologiques.....	20
7.2.Autres références générales.....	20
7.3.Sites internet.....	20
7.4.Études techniques particulières aux communes.....	20
ANNEXE 1 : CARTE TOPOGRAPHIQUE.....	21
ANNEXE 2 : CARTE GÉOLOGIQUE.....	23
ANNEXE 3 : CARTE DES PENTES.....	25
ANNEXE 4 : CARTE DES OBSERVATIONS.....	27
ANNEXE 5 : CARTE D'ALÉA « ÉBOULEMENT, CHUTE DE BLOCS ET DE PIERRES ».....	29
ANNEXE 6 : CARTE D'ALÉA « GLISSEMENT DE TERRAIN ».....	31
ANNEXE 7 : CARTE D'ALÉA « EFFONDREMENT / AFFAISSEMENT ».....	33

Index des illustrations

Figure 1: Typologie des instabilités [référence 3].....	2
Figure 2: Mende, vue sur la ville et le Mont Mimat (1900-1919). [référence 20].....	3
Figure 3: Mende, vue sur la ville et le Mont Mimat (2010).....	3
Figure 4: Schéma structural des bassins de Mende et Valdoncez.....	5
Figure 5: log stratigraphique des formations sédimentaires présentes sur le secteur étudié [référence 8, modifié].....	5
Figure 6: Archive de 1883 faisant apparaître la situation de la galerie.....	6
Figure 7: Tracé sur orthophoto de la galerie, Inventaire des Tunnels Ferroviaires de France.....	6
Figure 8: Eboulement de Barjac, 1995 [référence 3].....	10
Figure 9: Définition des seuils de pente à partir desquels des zones de départ potentielles peuvent être présentes.....	11
Figure 10: Principe de la ligne d'énergie et propagation maximale pour les chutes de blocs [référence 15].....	12
Figure 11: Comparaison des zones de propagation définies par la méthode de la ligne d'énergie (CONEFALL), par l'observation des blocs sur le terrain [référence 20] et par des profils trajectographiques (PROPAG)[référence 22].....	13
Figure 12: Niches d'arrachement à l'amont de la RN88, au Sud de la Boissonnade.....	14
Figure 13: Définition des seuils de pente à partir desquels glissements peuvent apparaître, exemple des marnes altérées.....	15
Figure 14: Effondrement sur le lit du Bramont apparu en novembre 2003 (photo DDT 48).....	16
Figure 15: Les différents types de dolines (d'après Waltham & Fookes 2005).....	17
Figure 16: Schémas simplifiés.....	17

Obligation de reproduire ce document sous sa forme intégrale

Mise à jour de la cartographie des aléas mouvements de terrain – Commune de Mende

1.Introduction

1.1.Objet de l'étude

Dans le cadre de la politique de prévention de la population face aux risques naturels majeurs, la Direction Départementale des Territoires de Lozère a confié au CEREMA d'Aix-en-Provence la cartographie des aléas mouvements de terrain dans les bassins de Mende (communes de Mende, Balsièges, le Chastel-Nouvel et Badaroux) et du Valdonnez (communes de Saint-Etienne du Valdonnez, Lanuéjols, Saint-Bauzile et Brénoux). Ces cartographies, réalisées en 2011, étaient accompagnées d'un rapport « cartes d'aléas et commentaires » (H11-161 pour la commune de Mende).

Depuis, suite à des remarques des communes, quelques retours sur le terrain (vérifications de points particuliers) ont été réalisés. Les contours de la carte d'aléa « chute de blocs » ont été modifiés et une stratégie de prise en compte du risque mouvements de terrain a été définie (doctrine départementale décrivant, notamment les principes d'urbanisation par rapport aux risques mouvements de terrain). Ce nouveau rapport reprend la méthodologie utilisée pour la réalisation des cartographies d'aléas, tout en intégrant les différentes modifications effectuées à ce jour.

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

1.2.Méthodologie employée

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

1. la connaissance et la cartographie des phénomènes naturels présents ;
2. la réalisation et le croisement de plusieurs cartes thématiques : carte lithologique, carte des pentes, carte de propagation des blocs, carte de fracturation,... ;
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 n°H10-368 décrivant la carte des observations (étape 1), et au rapport H11-161 décrivant les premières versions des cartographies des aléas et leurs commentaires, 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 Mende.

2.Les différents types de mouvement de terrain

Les mouvements de terrain peuvent être classés en 3 grands types :

- les mouvements avec rupture d'une zone de départ pseudo-verticale et propagation d'éléments rocheux dans le versant : les écroulements, les éboulements, les chutes blocs et les chutes de pierres ;

- les mouvements mobilisant l'ensemble des matériaux d'un versant : les paquets glissés, les glissements, les coulées de boue et la solifluxion (ou reptation)
- les mouvements présentant essentiellement des déplacements verticaux : les effondrements, les affaissements et les tassements.

Dans le cadre de cette étude, 3 aléas mouvements de terrain seront qualifiés :

- l'aléa « éboulement/chute de blocs/chute de pierres »
- l'aléa « glissement »
- l'aléa « effondrement/affaissement/tassement »

Les aléas « coulée de boue » et « tassement par retrait / gonflement » ne sont pas pris en compte. En ce qui concerne l'aléa « coulée de boue », les zones de ravinement seront identifiées car elles peuvent être considérées comme impropres à la construction (érosion rapide, instabilité des versants des ravines,...). En ce qui concerne les phénomènes de tassements par retrait / gonflement, ils ont fait l'objet d'une étude BRGM sur l'ensemble du département de la Lozère [Référence 11].

2.1.Les éboulements, les chutes de blocs et de pierres

Les masses rocheuses, affectées par des systèmes de discontinuités (failles, fractures, joints stratigraphiques, conduit de dissolution), donnent lieu à des instabilités de mécanismes variés : glissement plan, glissement de dièdre, rupture de surplomb, décollement d'écaillage en paroi, basculement ou rupture de pied de colonne (figure 1).

La classification de ce type de mouvement de terrain se fait en fonction du volume total des matériaux mobilisés (VT) (tableau 1) ainsi que des volumes des éléments constituant l'instabilité (VF) (tableau 2) [référence 3].

Types d'instabilités	Volume total mobilisé (VT)
Chutes de pierres et de blocs	$VT < 10m^3$
Éboulements en masse limitée	$10m^3 < VT < 10\ 000m^3$
Éboulements en grande masse	$10\ 000m^3 < VT < 1\ 000\ 000m^3$
Écroulement ou éboulement catastrophique	$VT > 1\ 000\ 000m^3$

Tableau 1 : Les différents types d'instabilités en fonction du volume total mobilisé

Classes d'instabilités	Volume des éléments (VF)
Pierres	$VF < 1dm^3$
Blocs	$1dm^3 < VF < 1m^3$
Gros blocs	$VF > 1m^3$

Tableau 2 : Les différents classes d'instabilités en fonction du volume des éléments constitutifs

Mécanisme d'instabilité	Configuration
Glissement plan (fig. 6a et 6b)	
Glissement plan composé	
Glissement de dièdre (fig. 6c et 6d)	
Rupture de surplomb ou de dalle en toit (fig. 6e et 6f)	
Rupture d'écaille en paroi (fig. 6g)	
Basculement de bloc, de panneau ou colonne	
Rupture de pied de colonne (fig. 6h)	

Figure 1: Typologie des instabilités [référence 3]

2.2. Les glissements de terrain

Les glissements sont des mouvements lents d'une masse de terrain meuble (sols, marnes altérées, alluvions fines, altérites, dépôts de pente ; etc...) sur une pente, le long d'une surface de rupture [référence 1]. On distingue les glissements plans (surface de rupture constituée par une discontinuité) et les glissements circulaires (surface de rupture courbe).

La classification de ce type de mouvement de terrain peut également se faire en fonction de l'épaisseur de terrain mobilisé (tableau 3).

Type de mouvement de terrain meuble	Épaisseur de terrain mobilisé
Solifluxion ou reptation	quelques dm à quelques m
Glissement	quelques m à quelques dizaines m
Glissement de versant	Plusieurs centaines de m

Tableau 3 : Les différents types de mouvement de terrain meuble

2.3. Les effondrements, affaissements et tassements

La présence de vides souterrains (naturels ou anthropiques) peut provoquer :

- la rupture des couches sus-jacentes et mener à la formation d'effondrements ou fontis (dépressions circulaires à bords verticaux) ou ;
- la déformation des couches sus-jacentes et mener à la formation d'affaissements (dépressions topographiques de faible profondeur).

En ce qui concerne les cavités souterraines, la distinction entre les phénomènes liés aux risques naturels et ceux liés aux risques technologiques est ténue.

Sont considérés comme risques technologiques, les phénomènes liés à la présence de :

- tunnels en cours d'exploitation ;
- carrières souterraines en cours d'exploitation ;
- concession minières en cours d'exploitation ou abandonnées.

Sont considérés comme risques naturels, les phénomènes liés à la présence de :

- tunnels abandonnés ;
- carrières souterraines abandonnées ;
- cavités naturelles.

Dans le cadre de cette étude, seuls les aléas naturels, liés à ces derniers éléments, seront évalués. Les zones d'exploitation minières seront localisées uniquement à titre indicatif.

3. Contexte géographique et géologique

3.1. Contexte géographique



Figure 2: Mende, vue sur la ville et le Mont Mimat (1900-1919). [référence 20]

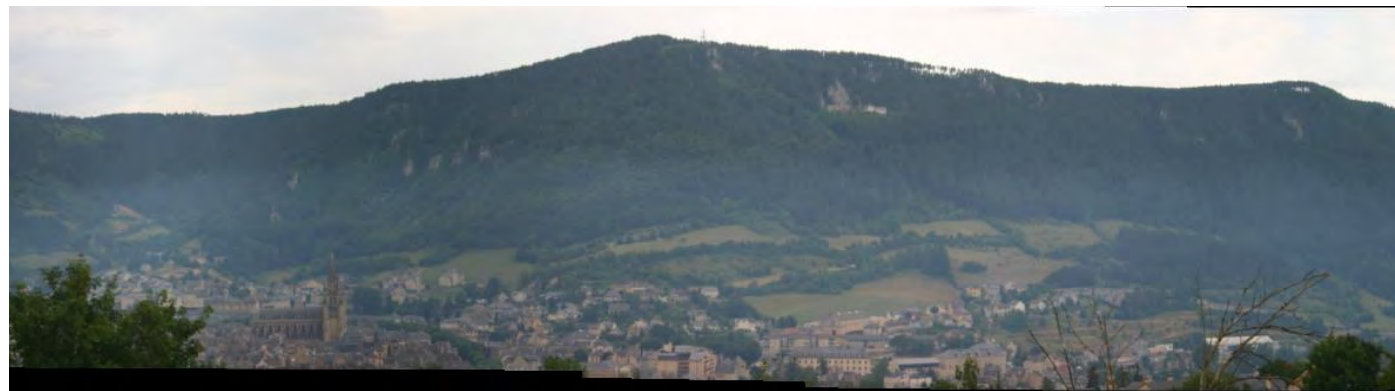


Figure 3: Mende, vue sur la ville et le Mont Mimat (2010)

Le territoire de la commune de Mende s'étend sur (voir annexe 1) :

- la bordure Nord-Nord Ouest et une partie du Causse de Mende ;
- la bordure Nord-Nord-Est du Causse de Changefège ;
- le début du massif de la Margeride au Nord-Ouest ;
- le Causse d'Auge au Nord-Est.

Le Lot circule au pied du Causse de Mende sépare les Causses de Mende et Changefège.

La ville de Mende s'étend depuis le pied des Causses de Mende et de Chanteruejols jusqu'au Causse d'Auge. Les villages principaux sont Chabrits, Chabannes, Bahours, Chanteruejols et Le Mas, qui sont situés sur les contreforts de la Margeride. Deux hameaux sont présents au sein du Rieucros d'Abaisse : Marates et Saint Laurent. Seul un village abandonné, La Chaumette, est présent sur le Causse de Mende.

Le Lot traverse la commune de Mende d'Est en Ouest.

Une zone industrielle est présente en bord de Lot, dans la partie Est de la commune. Une zone d'activité est implantée sur le Causse d'Auge. Les bâtiments de l'aérodrome sont situés sur le Causse de Mende, en limite de commune avec Brénoux.

Comme l'illustrent les figures 2 et 3, la politique de restauration des terrains de montagne a mené à un reboisement volontaire des pentes des Causses, enclenché dès les années 1880.

3.2. Contexte géologique

3.2.1. Contexte géologique général

Sur la commune de Mende, le sous-sol est constitué de formations de socle dans les parties Nord-Est et Nord-Ouest de la commune, et de formations sédimentaires au Sud de la commune (figure 4 et annexe 2).

Les formations de socle sont constituées de quelques falaises de micaschistes qui affleurent à la faveur du découpage tectonique et présentent une schistosité globalement pentée de 20 à 50° vers le sud. Dans le détail, cette schistosité (direction et plongement) est très variable. D'un point de vue tectonique cassante, le socle est affecté par deux systèmes de failles, l'un orienté NW-SE et l'autre orienté SSW-NNE. La plupart de ces accidents de socle se poursuivent dans la couverture sédimentaire [référence 8].

Les couches sédimentaires reposent en discordance sur les micaschistes. D'un point de vue global, elles sont pseudo-horizontales ou légèrement pentées (jusqu'à 15°). Dans le détail, la structure est un peu plus complexe et les couches sédimentaires sont affectées par des plissements d'axe WNW-ESE à grand rayon de courbure pour le Dogger et en plis pincés pour le Lias.

3.2.2. Description des différentes formations géologiques

Ce paragraphe décrit les différentes formations cristallines, sédimentaires et superficielles présentes sur le territoire de la commune de Mende (cf annexe 2).

3.2.2.1. Les formations de socle

Roches plutoniques

- leucogranite à muscovite γ_1

Il s'agit d'une roche plutonique (grenue) claire constituée de quartz, de feldspaths et de muscovites. Ce granite forme des masses ou des filons recoupant le granite de la Margeride.

Ce leucogranite est présent en filons qui recoupent les micaschistes au N du hameau du Mas, directions ENE-WSW.

Roches métamorphiques

- micaschistes quartzeux ζ_{ab}^2 , ζ_{ab}^2 , ζ_G et ζ

Il s'agit de roches métamorphiques d'éclat gris argenté, constituées essentiellement de micas, de quartz et de feldspaths plagioclases. Ces roches sont marquées par une schistosité importante, soulignée par des lamelles de micas et se débitent donc facilement en plaquettes de quelques mm à quelques cm d'épaisseur. Localement, ces roches contiennent du graphite et présentent un aspect charbonneux.

Au sein des micaschistes s'intercalent des quartzites (roches constituées uniquement de cristaux de quartz), des roches de type gneissique (leptynite $\lambda_{ab,mu}$) et des micaschistes chloriteux et sériciteux ($\zeta_{se,cl}^1$)

3.2.2.2. Les formations sédimentaires

L'ensemble des roches sédimentaires présentes sur le secteur étudié sont représentées dans le log lithostratigraphique de la figure 1. Seules les formations présentes sur la commune (de l'Hettangien au Bathonien supérieur) sont décrites dans les paragraphes suivants.

LE LIAS ou JURASSIQUE INFÉRIEUR

- *Rhétien ou Hettangien basal* I_1 : grès et calcaires – 0 à 50m

La base de cet étage, transgressif sur le socle, est constituée de grès grossiers souvent ferrugineux, résultant du remaniement des arènes granitiques (produits d'érosion des granites, cf. § xx). Ils s'accumulent essentiellement dans les zones déprimées du paléorelief, en bordure des failles qui affectent le socle. Leur épaisseur est donc très variable (0 à 30m).

Progressivement, cette formation détritique passe ensuite à un faciès de calcaire gréseux, d'épaisseur également très variable (0 à 20m).

- *Hettangien* I_2 : calcaires jaunâtres magnésiens, 50 à 100m

Il s'agit de bancs réguliers de calcaires parfois de cargneules (roches carbonatées vacuolaires) alternant avec des lits d'argiles et marnes. La partie inférieure (I_{2a}) présente des calcaires en plaquettes et des bancs de marnes épais tandis que dans la partie supérieure (I_{2b}), les calcaires forment des bancs épais et les passées marneuses sont très minces.

- *Sinémurien* I_{3-4} : calcaires, 10 à 15m

Il s'agit de calcaire gris clair, oolithique qui forme une petite corniche topographique. Il est présent à Mende sous la ville et sur le versant du signal de Flagit.

- *Carixien* I_5 : calcaires, 5 à 30m

Il s'agit de calcaires clairs gréseux avec de nombreux débris de fossiles et se débitant en plaquettes. Le Carixien est présent au Sud du Causse de Mende mais il est lacunaire sur le versant Nord du Causse de Mende et de Changefège. Le Carixien est lacunaire sur la commune de Mende.

- *Domérien* I_6 : marnes, 30 à 60m

Il s'agit de marnes grises à bleutées à fossiles de Bélemnites et pouvant contenir par endroits de petits bancs marno-calcaires. Le Domérien est présent en bordure nord des Causses de Changefège et de Mende.

- *Toarcien* I_{7-8} : schistes cartons et marnes, 60 à 100m

Il s'agit de marnes noires à gris-bleu à fossiles d'Ammonites. La transition entre le Domérien et le Toarcien est marquée par la présence d'un niveau plus dur de schistes bitumineux appelés « schistes cartons ». Ces marnes domériennes et toarciennes forment les talus situés au pied des corniches des causses de Mende et de Changefège et sont le siège de nombreux glissements de terrain.

LE DOGGER ou JURASSIQUE MOYEN

- *Aalénien* I_9 : marnes et calcaires, 50 à 120m

Il s'agit de calcaires noduleux dont la base renferme quelques bancs marneux. L'altération des oxydes de fer qu'ils contiennent leur confère une couleur d'altération jaunâtre à rougeâtre caractéristique.

Les calcaires aaléniens forment la partie basse de la corniche des causses.

- *Bajocien inférieur* j_{1a} : calcaires, 10 à 30m

Il s'agit de calcaires oolithiques ou à entroques se présentant en gros bancs. Ce sont ces calcaires qui forment la partie médiane de la corniche des causses.

- *Bajocien supérieur* j_{1b} : dolomies, 40 à 100m

Il s'agit essentiellement de dolomies primaires, formées par précipitation de directe de dolomite. Quelques passées de calcaire peuvent également être présentes. Ces dolomies présentent soit des gros bancs massifs soit une morphologie ruiniforme, résultant de l'érosion chimique le long des fractures. Ce sont ces dolomies qui forment la partie haute de la corniche des causses.

- *Bathonien inférieur* j_{2a} : calcaires, 10 à 30m

Il s'agit de calcaires oolithiques caractérisés par un débit en plaquettes.

- *Bathonien supérieur* j_{2b} : dolomies et calcaires, 40 à 50m

Il s'agit de dolomies cavernueuses se présentant en grande masse sans stratification visible. Contrairement aux dolomies bajociennes, les dolomies bathoniennes sont des dolomies secondaires, formées par remplacement de la calcite par de la dolomie (dolomitisation) lors de la formation du sédiment.

Le phénomène de dolomitisation n'est pas homogène sur l'ensemble du secteur et le Bathonien supérieur peut alors être représenté par des calcaires oolithiques en plaquettes ou en gros bancs (c'est le cas sur le Causse de Mende).

3.2.2.3. Les formations superficielles

- *Formations résiduelles*

Il s'agit des matériaux résultant de l'altération et de la fragmentation sur place des roches, formant une épaisseur non négligeable à la surface des formations de socle.

On distingue :

- les formations résiduelles antéliasiques, résultant d'une phase d'érosion anté-lias (environ -200 millions d'années) et ayant ensuite subi un enfouissement supérieur à 1000 mètres. Seules ces altérites anté-liasiques sont représentées sur les cartes géologiques avec une surcharge (tiretés). Du fait de la surcharge qu'elles ont subie, ces formations sont compactes et sur-consolidées mais restent altérables et se dégradent rapidement sous l'action des agents climatiques.

- les altérites actuelles, formées durant le Quaternaire (-1,8 millions d'années). A la surface des micaschistes présents sur la commune de Mende, les matériaux résultant sont constitués de petits blocs de roche saine dans une matrice essentiellement argileuse.

- *Eboulis de pierrailles (ou clapas), E*

Il s'agit de dépôt de pente de blocs de petite taille, généralement non cimentés et résultant de la dislocation cryoclastique des falaises (succession des périodes de gel et dégel). Ces formations sont représentées sur la carte géologique lorsqu'elles recouvrent entièrement le substratum et sur une épaisseur connue importante. En l'absence de sondages, leur extension cartographique n'est pas toujours fiable.

- *Eboulis de blocaux (écroulis), E_{br}*

Il s'agit cette fois d'accumulation de gros blocs dans les pentes (volume de l'ordre de plusieurs dizaines de m³) par basculement des bordures de plateaux calcaires au dessus des marnes sous-jacentes. Les colluvions, formées après l'écroulement, englobent ensuite les gros blocs (exemple paquet glissé du Truc de Balduc).

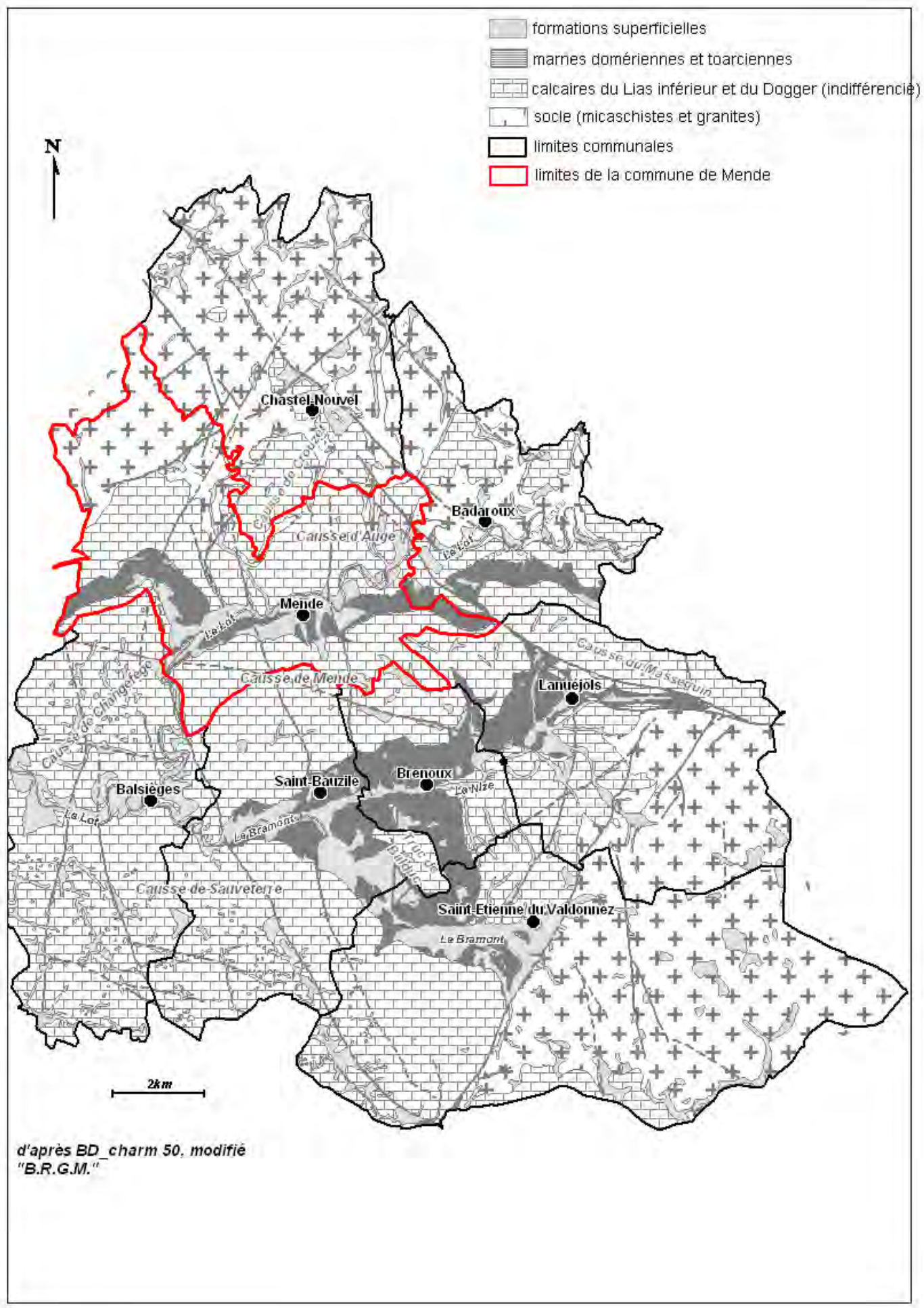


Figure 4: Schéma structural des bassins de Mende et Valdonnez.

- Alluvions fluviatiles, F, F_y et F_z
 Les alluvions sont constituées de galets, graviers et sables, parfois dans une matrice argileuse. Elles sont présentes sur de faibles surfaces autour du Lot. Dans les terrains cristallins, les vallons présentent des bandes étroites d'alluvions.

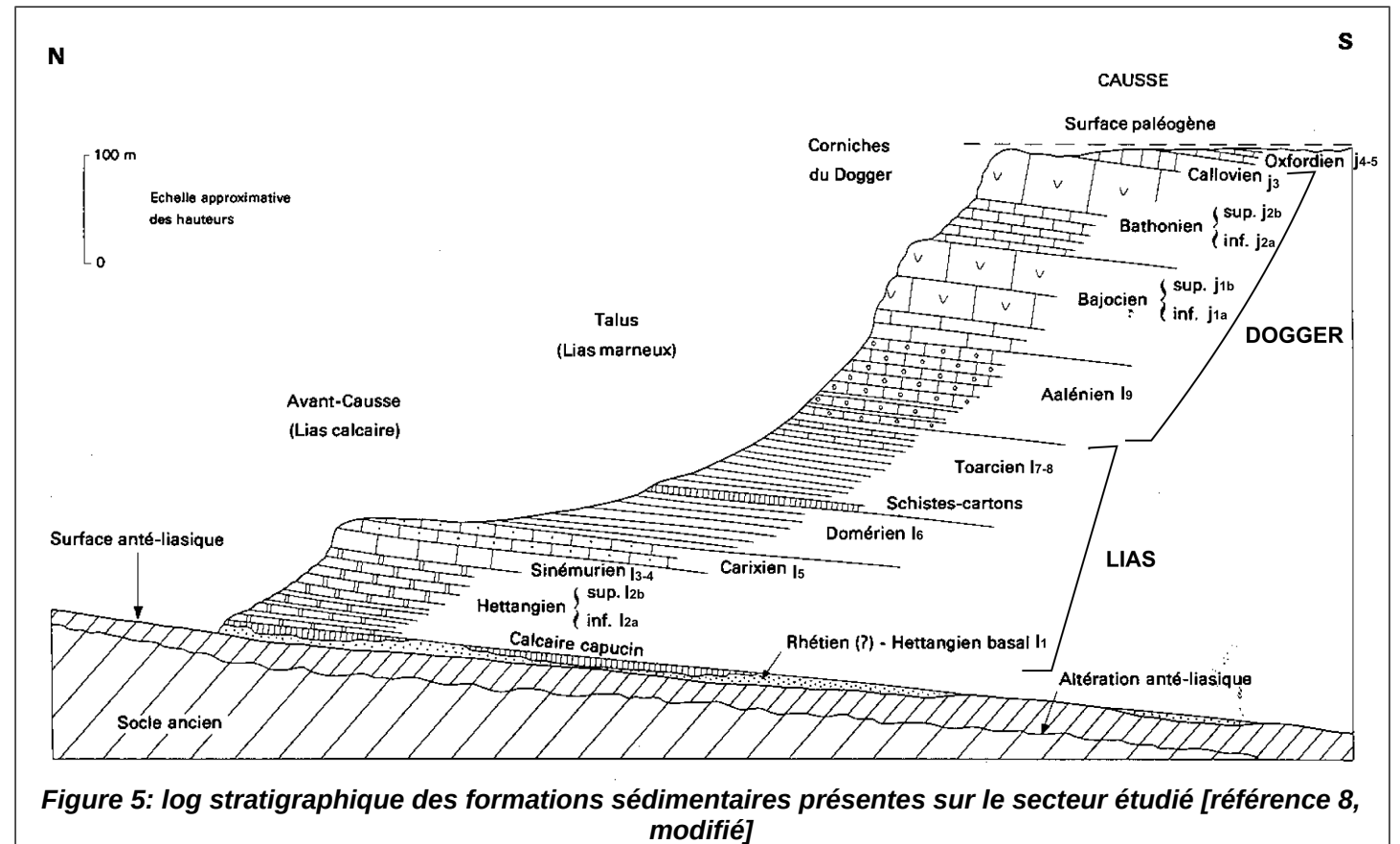


Figure 5: log stratigraphique des formations sédimentaires présentes sur le secteur étudié [référence 8, modifié]

3.2.3. Le profil géologique « type » de la commune

- Le versant Nord du Causse de Mende présente le profil suivant (figure 5) :
- le haut de la corniche du Causse de Mende est constitué des dolomies du Bajocien supérieur, présentant un relief ruiniforme, non continu, susceptible de libérer des instabilités de gros volume ;
 - le bas de cette corniche est constitué des calcaires aaléniens formant quelques falaises pouvant également libérer des blocs mais de volume moins important ;
 - les marnes domériennes et toarciennes forment le pied de la corniche, avec adoucissement de la pente au niveau de la transition de faciès entre Toarcien et Aalénien, siège de glissements de terrain ;
 - les éboulis recouvrent en partie le versant marneux.

Les contreforts du massif de la Margeride présentent des reliefs peu vigoureux, recouverts par endroits par les calcaires rhétiens et hettangiens.

4. Carte des observations

4.1. Élaboration de la carte

La construction de la carte des observations résulte de la synthèse des 4 étapes suivantes :

- **une synthèse bibliographique** : consultation des Archives Départementales, des Archives Municipales de Mende, des archives internes au CETE Méditerranée, des bases de données nationales [références 17 et 18 et référence 9 - texte associé à la référence 18], des cartes géologiques 1/50 000 du BRGM [références 5, 6, 7 et 8].
- **une enquête auprès des acteurs locaux** : mairies, Conseil Général de Lozère (CG 48), Office National des Forêts (ONF) Agence de Mende [référence 10], Comité Départemental de Spéléologie de la Lozère (CDS 48) [référence 12 et 13], Association pour l'Étude et la Protection de l'Environnement (ALEPE) [référence 14].
- **une étude du secteur par photo-interprétation** : les photographies aériennes produites par l'IGN ont permis de repérer les grandes structures tectoniques et les dolines (campagne Couleur au 1/25 000 de 1994) puis d'identifier plus précisément les autres indices de mouvements de terrain (campagne Noir et Blanc au 1/15 000 de 1967, campagne Noir et Blanc au 1/15 000 de 2006 et campagne Noir et Blanc au 1/20 000 de 1977).
- **des observations de terrain** : l'étude terrain a été réalisée entre mai et octobre 2010, sur une durée totale de 26 jours pour l'ensemble des 8 communes. Elle a permis de vérifier l'implantation des informations acquises précédemment et d'acquérir des informations supplémentaires. Cette reconnaissance a consisté à :
 - **analyser le contexte géomorphologique général** : nature lithologique, identification des mouvements de grande ampleur tels que les paquets glissés ou les écroulements anciens, répartition de la fracturation, mode d'altération,...
 - **pour l'aléa « éboulement/chute de blocs/ chute de pierres »** : localiser les zones de départ, les échantillonner pour qualifier leur aléa de départ (probabilité de rupture et évaluation des volumes en jeu), repérer des trajectoires existantes (blocs isolés dans le versant), analyser la morphologie de la zone de propagation.
 - **pour l'aléa « glissement »** : identifier la nature des formations superficielles, localiser les indices de mouvements (niches d'arrachement, moutonnement, indices de mouvements de surface, fissuration des bâtiments ou des routes).
 - **pour l'aléa « effondrement/affaissement »** : décrire la géométrie des dolines, localiser les entrées de cavités souterraines, identifier leur étendue.

La carte des observations, faisant l'objet du rapport n° H10-368 dont la version révisée est en annexe 4, recense les éléments suivants :

- **pour l'aléa « éboulement / chute de blocs / chute de pierres »** : falaises, zones de versant rocheux, chaos granitiques instables, talus routiers et talus de piste, blocs ou masses éboulé(e)s ;
 - **pour l'aléa « glissement »** : paquets glissés, glissements actifs, moutonnements, indices de mouvements de surface ;
 - **pour l'aléa « effondrement/affaissement »** : dolines, cavités naturelles, cavités anthropiques.
- D'autres éléments informatifs ont été représentés sur cette carte : les cours d'eau, les sources, les captages, les axes d'écoulement souterrains, les ravinements, les limites des concessions minières ainsi que les fractures identifiées par photo-interprétation.

4.2. Nouveaux éléments par rapport à la première version de carte des observations

Depuis la réalisation de la carte des observations (décembre 2010), de nouvelles informations ont été acquises : retour sur le terrain au mois d'avril (végétation sans feuille, zones défrichées), accès à de nouvelles bases de données (Inventaire des Tunnels Ferroviaires de France, cartes géologiques 1/50 000 vectorisées...). Sur la commune de Mende, ceci nous a permis de localiser quelques failles supplémentaires et d'ajouter de nouvelles falaises à celle déjà observées. C'est le cas sur le versant Nord du Causse de Mende au dessus de l'entrée Ouest de Mende, et à l'Est de l'Ermitage.

De plus, un glissement nous a été signalé sur la route entre Chanteruéjols et le Mas (observations terrain CETE Méditerranée) : on peut relever sur place des traces de fissuration sur la route. L'Inventaire des Tunnels Ferroviaires de France mentionne l'existence d'une galerie ferroviaire abandonnée au niveau de Fontanilles. Dans ces documents, la localisation de cette galerie est donnée à la fois par des coordonnées géographiques et par le report sur photo aérienne (figures 6 et 7).

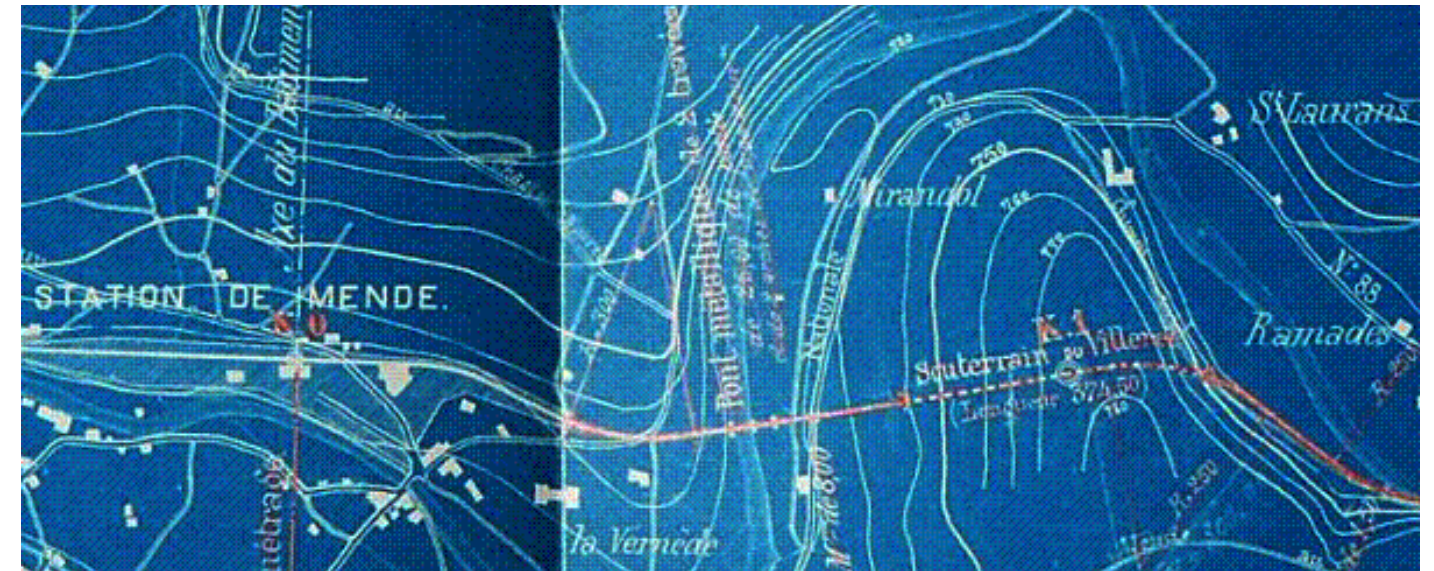


Figure 6: Archive de 1883 faisant apparaître la situation de la galerie



Figure 7: Tracé sur orthophoto de la galerie, Inventaire des Tunnels Ferroviaires de France

Ces éléments ont été ajoutés dans la version révisée de la carte des observations (annexe 4).

4.3. Les phénomènes connus sur la commune

Etiquette	Phénomène	site	date	Source de l'information	Description
	Éboulement/chute de blocs et de pierres	RN88 ente Mende et Badaroux	1989	Etude CETE Méditerranée	Lors de l'élargissement de la RN88, le versant NNW de la route présente une zone d'arrachement rocheux.
12	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Le Martinet	1997 et 1998	Etude CETE Méditerranée	Eboulement rocheux au lieu-dit Le Martinet.
8	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Rieucros la Forêt	2000	Etude CETE Méditerranée	Effondrement sur le chemin qui mène à la cité forestière, volume total de 6 m ³ .
10	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Bordure Nord du Causse de Changefège		Observations de terrain	Blocs isolés (0,5 à 1 m ³) présents au niveau de la piste forestière, sous la falaise Nord du Causse de Changefège.
1d	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Bordure Nord et Est du Causse de Changefège		Etude CETE Méditerranée et entretien avec les services techniques de Mende	Nombreux blocs présents sur le chemin forestier et dans le versant. A l'Ouest du Centre Technique Municipal, un bloc de 0,2 m ³ est tombé dans les années 1980 suite à une coupe de bois.
3a	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Bordure Nord du Causse de Mende		Observations de terrain.	Présence de nombreux blocs (plusieurs m ³) dans la pente.
4c	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Le Chapeliérou		Observations de terrain.	Plusieurs blocs éboulés (0,5 m ³) observés le long d'un chemin à mi-pente.
5	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Saint Laurent, bordure Ouest du Causse du Crouzet		Observations de terrain.	Un bloc éboulé (1 m ³) a été observé dans le versant.
6	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Bordure Est du Causse d'Auge, maison forestière sur la route de la forêt		Observations de terrain.	Bloc éboulé (1 m ³) observé en bord de piste, sous une falaise de calcaires hettangiens.
11	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Bordure Ouest du Causse du Crouzet	2002	Entretien avec le Conseil Général 48.	Un éboulement a eu lieu dans une épingle de la route du Mas, menant à la fermeture de la route (= glissement rocheux).
9	Éboulement/chute de blocs et de pierres	Causse d'Auge, rue des Acacias (Mende)		Observations de terrain.	Présence d'une ancienne carrière à ciel ouvert à l'arrière des maisons. Cette carrière a été sécurisée par un grillage et un fillet plaqué.
	Glissement	Chabrits		Conseil Général	RD 42 présente des déformations, stabilisées par des travaux de drainage.
	Glissement	RN88, PK 52+760	1994	Etude CETE Lyon	Suite à une crue centennale du Lot, désordres sur la RN88, avec un glissement de terrain qui a déstabilisé les enrochements et affaissé la chaussée sur plus d'un mètre.
15c	Glissement	Le Tuf et la Boissonnade	1856	Bulletin de la Société d'Agriculture Sciences et Arts de Lozère	Glissement qui bouleversa une partie des communaux sur le versant du Mont Flagif, glissement entier d'un pré aux environs de la Boissonnade.
15a, 15b et 15c	Glissement	Le Tuf et La Boissonnade	1994		Zone de glissements dans la ZAC des Ramilles. Pour plus de précision, voir le rapport H10-368.

Etiquette	Phénomène	site	date	Source de l'information	Description
18b	Glissement	Bellesagne	2000	Archives Municipales de Mende	Zone de glissement lors de la création de la voie communale en direction du SDIS.
22	Effondrement/ affaissement	Viaduc de Rieucros	2006	Etude CETE Méditerranée	Présence de cavités et fractures karstiques au niveau des piles du viaduc. Pas de plan ni de coupe.
28	Effondrement/ affaissement	Bahours		Archives Départementales de Mende	Concession de la Mine de Bahours. Entrées de mines non visibles actuellement.
19	Effondrement/ affaissement	Valat de la Combette		Entretien Comité Départemental de Spéléologie 48	Grotte de la Briquette. Plan et coupe dans le rapport H10-368.
20	Effondrement/ affaissement	Rieucros de Remenou		Entretien Comité Départemental de Spéléologie 48	Aven du Crouzet. Description dans le rapport H10-368.
21	Effondrement/ affaissement	Nord de Sirvens		Entretien Comité Départemental de Spéléologie 48	Aven de Corsac. Description dans le rapport H10-368.
23	Effondrement/ affaissement	Hôpital de Mende		Archives municipales de Mende, étude géotechnique de 1968.	Présence de cavités identifiées par forage lors de la construction de l'hôpital.
24	Effondrement/ affaissement	La Chaumette et le Sud du Rocher de Moïse		BD Cavités	Deux cavités, dont les entrées se trouvent dans les dolomies du Bajocien supérieur, sont repérées dans la base de données du BRGM. Pas de plan ni de coupe.
25	Effondrement/ affaissement	Bordure Nord du Causse de Mende		BD Cavités	Deux cavités, dont les entrées se trouvent dans les calcaires du Bajocien inférieur, sont repérées dans la base de données du BRGM. Pas de plan ni de coupe.
26	Effondrement/ affaissement	Bordure Nord du Causse de Mende		BD Cavités	Trois cavités, dont les entrées se trouvent dans les marno-calcaires de l'Aalénien, sont repérées dans la base de données du BRGM. Pas de plan ni de coupe.
27	Effondrement/ affaissement	Ramades		Observations terrain CETE Méditerranée en 1996	Cavités présentes dans le talus routier.
29	Effondrement/ affaissement	Fontanilles		Inventaire des Tunnels de France	Galerie d'axe de section réduite a été abandonnée, et refermée après abandon. Présence attestée par des archives, mais introuvable car située dans une zone très modifiée par l'urbanisation.

[voir rapport CF/H10-368 pour plus de détails sur ces phénomènes]

Une concession minière est présente sur la commune de Mende, avec des entrées de galeries situées au niveau du valat de Malaval (étiquette 28). Cette mine, décrite comme la mine de Bahours, est indiquée dans les archives de la DRIRE d'Alès. Les entrées de galeries minières sont localisées à titre indicatif sur la carte d'aléa "effondrement, affaissement, tassement" (annexe 7).

4.4. Nouveaux éléments depuis 2011

Depuis la réalisation de la cartographie des aléas mouvements de terrain (2011), aucun élément nouveau n'a été apporté à cette carte des observations.

5. Cartes des aléas

Modifications depuis 2011 :

Après discussion autour de la méthodologie mise en œuvre pour la cartographie des aléas mouvements de terrain, celle-ci a été modifiée sur plusieurs points :

- Aléa chutes de blocs** : révision de la méthodologie de définition de la zone de propagation des chutes de blocs.
 Lors d'une réunion avec la DDT48 en janvier 2013, il a été soulevé le fait qu'une contradiction pouvait être identifiée entre les angles observés sur les 4 événements réels et les angles appliqués dans la méthodologie. La méthodologie présentée dans le paragraphe 5.2.1.3 décrit cette méthodologie modifiée.
Seul le secteur Sud-Ouest de la commune de Mende est concerné par cette révision de la méthodologie.
- Aléa effondrement** : adaptation de la représentation des niveaux d'aléas de manière à coller à la stratégie de prise en compte du risque mouvements de terrain réalisée pour le département de la Lozère (doctrine départementale définissant les règles de constructibilité). Ainsi les couleurs de représentation de l'aléa effondrement ont été modifiées.
L'ensemble de la commune est concernée par ces modifications.

5.1. 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 4).

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 4 : 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].

5.2.Méthodologie d'évaluation de l'aléa

5.2.1.L'aléa éboulement, chute de blocs et de pierres

5.2.1.1. 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 530m (figure 6) 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.

Sur le secteur étudié, de nombreux écroulis sont présents. Sous l'effet de l'altération par sous-cavage des marnes domériennes et toarciennes, associée à la présence de discontinuités favorables, des pans de falaise formant les bordures de Causses se sont éboulés 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 8]. 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.



Figure 8: Eboulement de Barjac, 1995 [référence 3]

5.2.1.2. Définition de l'aléa de rupture

a) 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, les relevés de terrain ont cherché à être exhaustifs. Cependant, la densité de la végétation sur certains secteurs a pu masquer certaines zones de départ. Afin de pallier à 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, 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 figure 9). Ce traitement statistique résulte du croisement par SIG entre les zones de falaises identifiées sur le terrain et le MNT (maille de 25m). Ainsi, le seuil de pente, à partir duquel des falaises peuvent potentiellement être présentes, a été défini comme correspondant à la valeur de pente pour laquelle 80% des falaises ont été identifiées (exemple pour les calcaires aaléniens en figure 9).

Ce seuil de pente a été défini pour chaque lithologie (tableau 5).

Formation	Seuil de pente (MNT)
Micaschistes	21°
Calcaires du Lias	14°
Calcaires aaléniens	30°
Calcaires et dolomies du Dogger	24°

Tableau 5 : Seuils de pente à partir desquels des falaises peuvent potentiellement être présentes.

Lors de la réalisation de la carte d'aléa « éboulement, chute de blocs et de pierres », ces zones de départ potentielles ont été prises en compte, uniquement dans les zones ne présentant pas d'enjeu significatif.

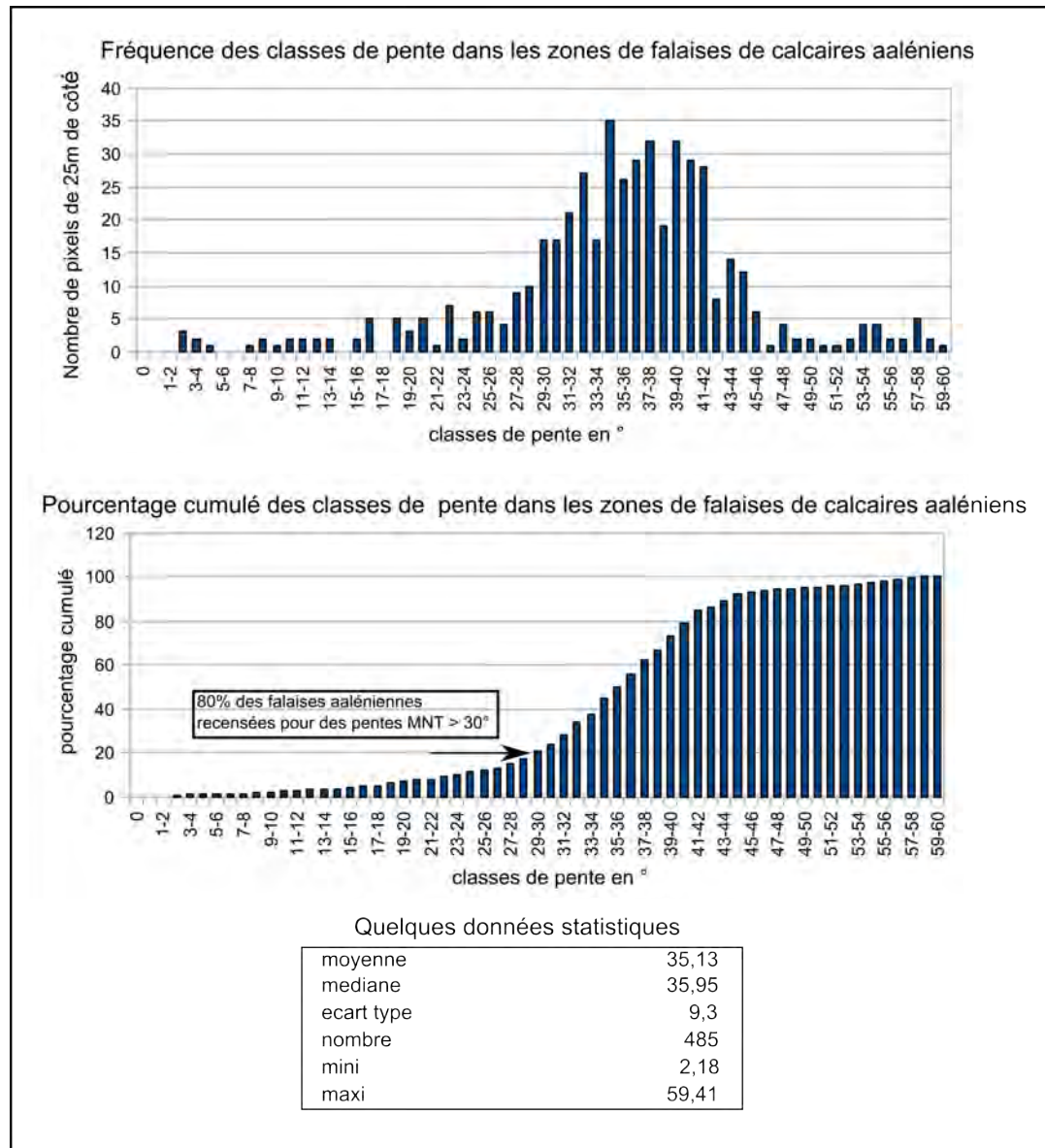


Figure 9: Définition des seuils de pente à partir desquels des zones de départ potentielles peuvent être présentes

b) 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 4.

Intensité (I)		Volume total (VT)		
		VT 1 <1m³	VT2 1m³ < 10m³	Éboulement en masse limitée VT3 >10m³
Volume fragmenté (VF)	VF1 Pierres (<1dm³)	Intensité faible (I1)	Intensité modérée (I2)	X
	VF2 Blocs (1dm³ < 1m³)	Intensité modérée (I2)	Intensité modérée (I2)	Intensité élevée (I3)
	VF3 Gros blocs (>1m³)	X	Intensité élevée (I3)	Intensité élevée (I3)

c) Définition de la probabilité de rupture des instabilités

L'échantillonnage a également permis de définir le mécanisme 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 :

- stratigraphie 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.

d) 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'aplac 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.

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).

5.2.1.3. 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. L'analyse des propagations à l'aide d'un logiciel de trajectographie nécessiterait de disposer d'un fond topographique à une échelle adaptée. La DDT 48 ne disposant que du fond topographique IGN au 1/25 000, l'évaluation des propagations à l'aide de ce type de logiciel reste trop imprécise.

Les limites des zones de propagation ont donc été définies en combinant la méthode de la ligne d'énergie, l'observation de quelques événements réels sur le secteur et les résultats de profils trajectographiques (logiciel PROPAG).

La méthode de la ligne d'énergie est une méthode utilisée (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 15] (figure 10).

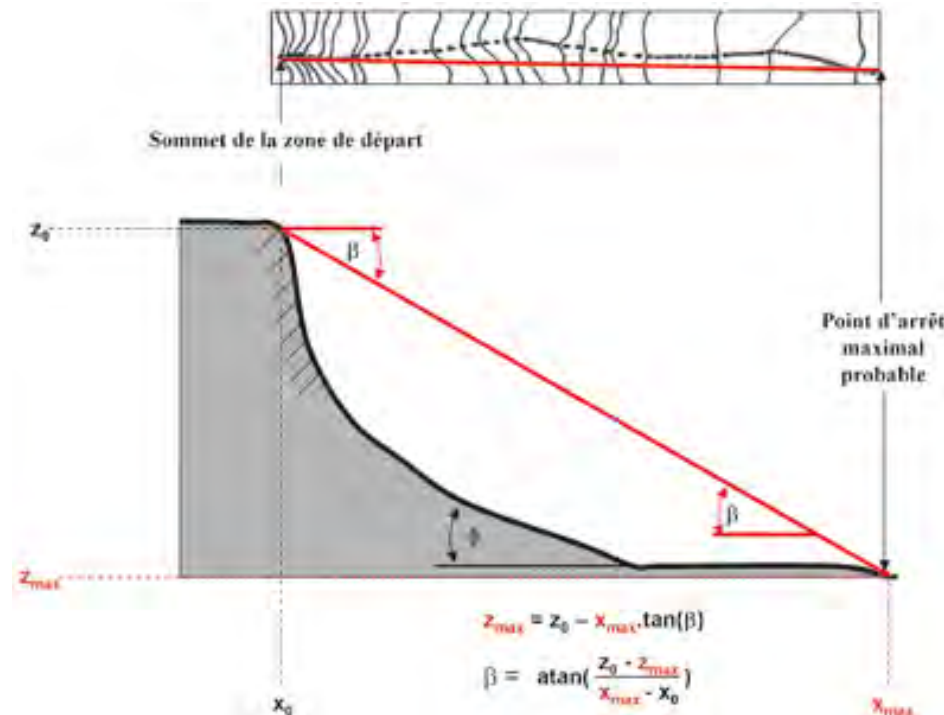


Figure 10: Principe de la ligne d'énergie et propagation maximale pour les chutes de blocs [référence 15]

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. Quatre événements ont eu lieu à proximité, dans un contexte géomorphologique comparable à celui du secteur actuellement étudié (voir tableau 6).

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).

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 (<1m³) et VF1 (<1dm³)	29°
Modérée (I2)	VT1 (<1m³) et VF2 (entre 1dm³ et 1m³)	
	VT2 (entre 1m³ et 10m³) et VF1 (<1dm³) VT2 (entre 1m³ et 10m³) et VF2 (entre 1dm³ et 1m³)	
Élevée (I3)	VT2 (entre 1m³ et 10m³) et VF3 (>1m³)	24°
	VT3 (> 10m³) et VF2 (entre 1dm³ et 1m³)	
	VT3 (> 10m³) et VF3 (>1m³)	

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	5m³		250m³	500 à 800m³
Volume des blocs	5m³	50m³	environ 30m³	10m³
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 6: 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 21] ;
- à la limite de propagation obtenue à partir d'un profil trajectographique réalisé sous PROPAG (profil levé au 1/5000 lors d'une étude CETE Méditerranée [référence 22]).

Les résultats de cette comparaison sont représentés sur la figure 11.

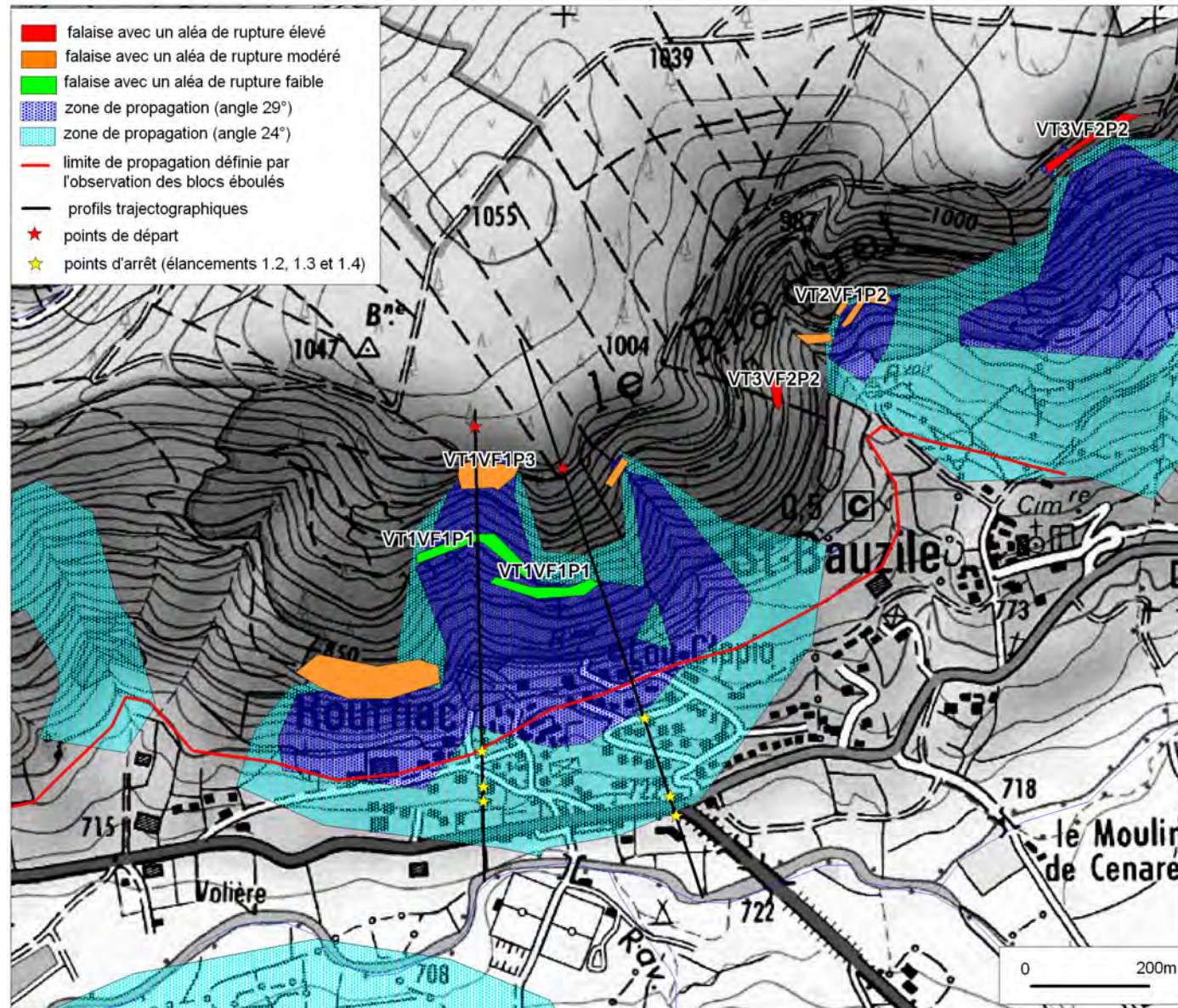


Figure 11: Comparaison des zones de propagation définies par la méthode de la ligne d'énergie (CONEFALL), par l'observation des blocs sur le terrain [référence 20] et par des profils trajectographiques (PROPAG) [référence 22]

Des corrections manuelles sont ensuite réalisées, basées sur nos observations de terrain (prise en compte des replats, des rivières, 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.

Modifications des angles de propagation sur Mende

Par rapport au zonage initial, des modifications ont été apportées par une révision de la méthodologie. Seul le secteur Sud-Ouest de la commune de Mende est concerné par ces modifications.

Localisation	Instabilités potentielles	Angle appliqué dans le zonage initial	Angle à appliquer dans le zonage modifié	Modification
Amont centre technique municipal	VT3VF3	24°	24°	NON
Amont centre commercial et cimetière	VT3VF2	24°	29°	OUI
Amont prison	VT2VF2	Entre 24° et 29° (=jonction progressive)	29°	OUI
Bordure Est du Signal de Flagit	VT3VF3	24°	24°	NON

Après ces modifications, le secteur du centre technique municipal reste en zone d'aléa élevé (VT3VF3) tandis que le secteur du centre commercial (VT3VF2) est quasiment entièrement exclu de la zone d'aléa.

Le contour de la zone d'aléa modéré avait été tracé de façon à faire une jonction progressive avec la zone d'aléa élevé. Ce contour correspond maintenant à un angle de 29°.

La bordure Est du Signal de Flagit ne subit pas de modification puisque les instabilités potentielles ont bien été identifiées VT3VF3 (ajout des étiquettes).

5.2.1.4. 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.

5.2.2.L'aléa glissement de terrain

5.2.2.1. 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 situé à l'entrée Ouest de Mende, entre le lieu dit la Boissonnade et le lieu dit le Tuf et qui affecte des marnes toarciennes altérées, situées à l'aval d'un placage d'éboulis (figure 10).

La surface globale affectée par les désordres est de 0,19km² (soit 19 hectares). La profondeur de la surface de rupture est de l'ordre d'une dizaine de mètres.



Figure 12: Niches d'arrachement à l'amont de la RN88, au Sud de la Boissonnade

Sur le secteur étudié, de nombreux écroulis sont présents. Sous l'effet de l'altération par sous-cavage des marnes domériennes et toarciennes, associée à la présence de discontinuités favorables, des pans de falaise formant les bordures de Causses se sont éboulés en masse. La surcharge ainsi engendrée favorise ensuite les phénomènes de glissement dans les marnes, comme c'est le cas sur la bordure Est du signal de Flagit (commune de Mende). Ce phénomène cyclique est récurrent sur les bordures de Causses durant tout le Quaternaire [référence 8]. 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.

5.2.2.2. 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 ;
- la pente ;
- la présence de circulation d'eau : sources, captages, venues d'eau diffuses, traces d'humidité, végétation hydrophile ;
- la présence d'indices de mouvements avérés : glissement actifs, moutonnement ou indices de mouvements de surfaces superficiels, bâtiments ou infrastructures routières dégradés.

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, arènes granitiques, 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 figure 13). Ce traitement statistique résulte du croisement par SIG entre les zones d'indices de mouvement identifiées sur le terrain et le MNT (maille de 25m).

Deux seuils de pente p1 et p2 ont été définis comme correspondant respectivement aux valeurs de pente pour lesquelles 80% et 50% des indices de glissement ont été identifiés (exemple pour les

marnes altérées en figure 13).

Seules deux lithologies sensibles (marnes altérées et éboulis sur marnes) regroupent suffisamment d'indices de mouvement pour que le traitement statistique ait une signification (nombre d'indices >40) (tableau 7). La pente calculée à partir du MNT est lissée du fait de la résolution de 25m. La pente réelle correspondante peut être approchée à l'aide de la formule suivante [référence 15].

$$\alpha\text{MNT} = \text{areel} \times \text{RES}^{-0,075}$$

Les seuils de pente ainsi obtenus pour ces deux formations sont donnés dans le tableau 6.

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

Les autres formations (micaschistes altérés, éboulis hors marnes, arènes granitiques et alluvions grossières hors contexte granitique) sont moins sensibles aux phénomènes de glissement et des seuils de pente plus élevés leur sont attribués (tableau 6).

Formation	p1 MNT	p1 réelle calculée	p2 MNT	p2 réelle calculée
Marnes altérées	7°	9°	12°	15°
Éboulis sur marnes				
Alluvions fines en contexte granitique				
Micaschistes altérés	12°	15°	17°	21°
Eboulis hors marnes				
Arènes granitiques				
Alluvions grossières hors contexte granitique				

Tableau 7 : Seuils de pente p1 et p2 à partir desquels des glissements peuvent apparaître.

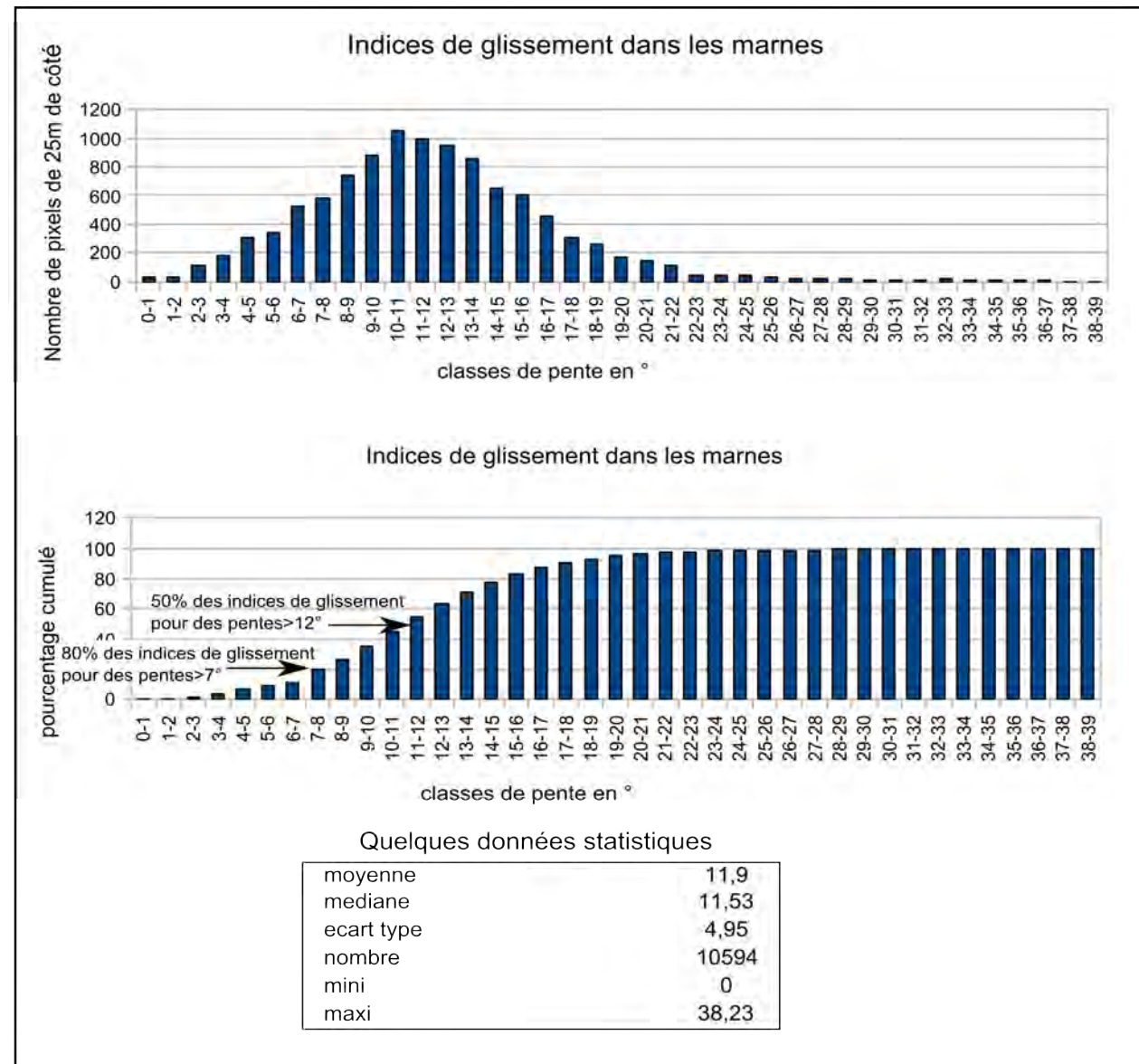


Figure 13: Définition des seuils de pente à partir desquels glissements peuvent apparaître, exemple des marnes altérées

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

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

Cas particuliers :

- Les écoulements :**

Sous l'effet de l'altération par sous-cavage des marnes domériennes et toarciennes associée a la présence de discontinuités favorables, des pans de falaise formant les bordures de Causses se sont éboulés en masse. La surcharge ainsi engendrée et les circulations d'eau dans ces écoulements favorisent les phénomènes de glissement dans les marnes sous-jacentes. Sur ces secteurs, la probabilité d'occurrence a été définie de la façon suivante :

 - probabilité d'occurrence faible au niveau des zones replats ;
 - probabilité d'occurrence modérée au niveau des pentes constituées d'écoulements ;
 - probabilité d'occurrence élevée au niveau du bas de versant marneux situé en pied de ces écoulements.
- 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.

5.2.2.3. 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.

5.2.2.4. 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)

Les zones de ravinement, qui peuvent être considérées comme impropres à la construction, sont uniquement localisées, sans qualification du niveau d'aléa qu'elles représentent.

5.2.3.L'aléa effondrement, affaissement et tassement

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

En ce qui concerne l'aléa « effondrement / affaissement / tassement », l'aléa de référence est le gouffre qui s'est formé dans le lit du Bramont en novembre 2003 suite à une crue du cours d'eau. Il mesurait environ 10m de diamètre et 15m de profondeur, avec des parois très instables. Le Bramont s'est complètement perdu dans ce gouffre (figure 14). Actuellement, la trace du gouffre est toujours visible et le Bramont se perd partiellement à cet endroit.



Figure 14: Effondrement sur le lit du Bramont apparu en novembre 2003 (photo DDT 48).

5.2.3.2. Définition de la probabilité d'occurrence

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

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

A titre informatif, des entrées de galeries de travaux miniers 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
Proba nulle	Surface d'affleurement des formations non karstifiables
Proba faible (P1)	Surface d'affleurement des formations karstifiables
	Surface d'affleurement des formations surmontant les formations karstifiables sur une épaisseur <20m et dominant un axe d'écoulement souterrain (lien hydraulique identifié)
Proba modérément faible (P2)	Surface entourant une zone de fracturation (+ zone tampon de 30m)
	Surface dominant une cavité (naturelle ou anthropique) avec un recouvrement >20m (+ zone tampon de 30 m)
Proba modérée (P3)	Surface dominant une cavité comblée.
	Zone tampon ou zone d'incertitude de doline
Proba élevée (P4)	Bordure de doline (si précisée)
	Fond de doline
	Surface dominant une cavité (naturelle ou anthropique) avec un recouvrement <20m (+ zone tampon de 30 m)
Proba très élevée (P5)	Zone de tampon autour des entrées de cavité pour lesquelles aucune information sur l'étendue et/ou la profondeur ne sont disponibles. Le diamètre de ces zones tampons est égal à la précision de la localisation [référence 17].
	Zone d'effondrement existant (+ zone tampon de 30m)

Les formations karstifiables regroupent l'ensemble des formations carbonatées. Le tableau 8 dresse un bilan des cavités les plus importantes reconnues dans chaque faciès.

Faciès	Cavités reconnues
Hettangien	Grotte de la Briquette et rivière du Truc de Marion
Sinémurien	Cavités identifiées sous l'hôpital de Mende
Carixien	Aven-grotte de Saint-Etienne du Valdonnez, gouffre du Bramont
Aalénien	Pas de cavité identifiée
Bajocien et Bathonien	Aven du Villaret, aven du Falisson, aven de la Bergerie

Tableau 8 : Cavités les plus importantes identifiées dans chaque faciès

Sur l'ensemble du secteur étudié, plusieurs galeries horizontales affectent le Bathonien et se superposent à la stratification à des altitudes respectives de 840m, 1000m et 1050m. Aucun niveau de karstification ne peut donc être clairement identifié, et il s'avère donc impossible d'affiner la qualification de l'aléa effondrement dans les formations karstifiables.

• **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 (figure 15) :

- les dolines d'effondrement (collapse sinkhole) ;
- les dolines de dissolution (solution sinkhole) ;
- les dolines de soutirage ou de suffosion (suffosion sinkhole) ;
- les dolines d'effondrement des formations de couverture (dropout sinkhole) ;
- le cas particulier des dolines formées dans les alluvions surmontant les calcaires qui sont à rapprocher des dolines de soutirage.

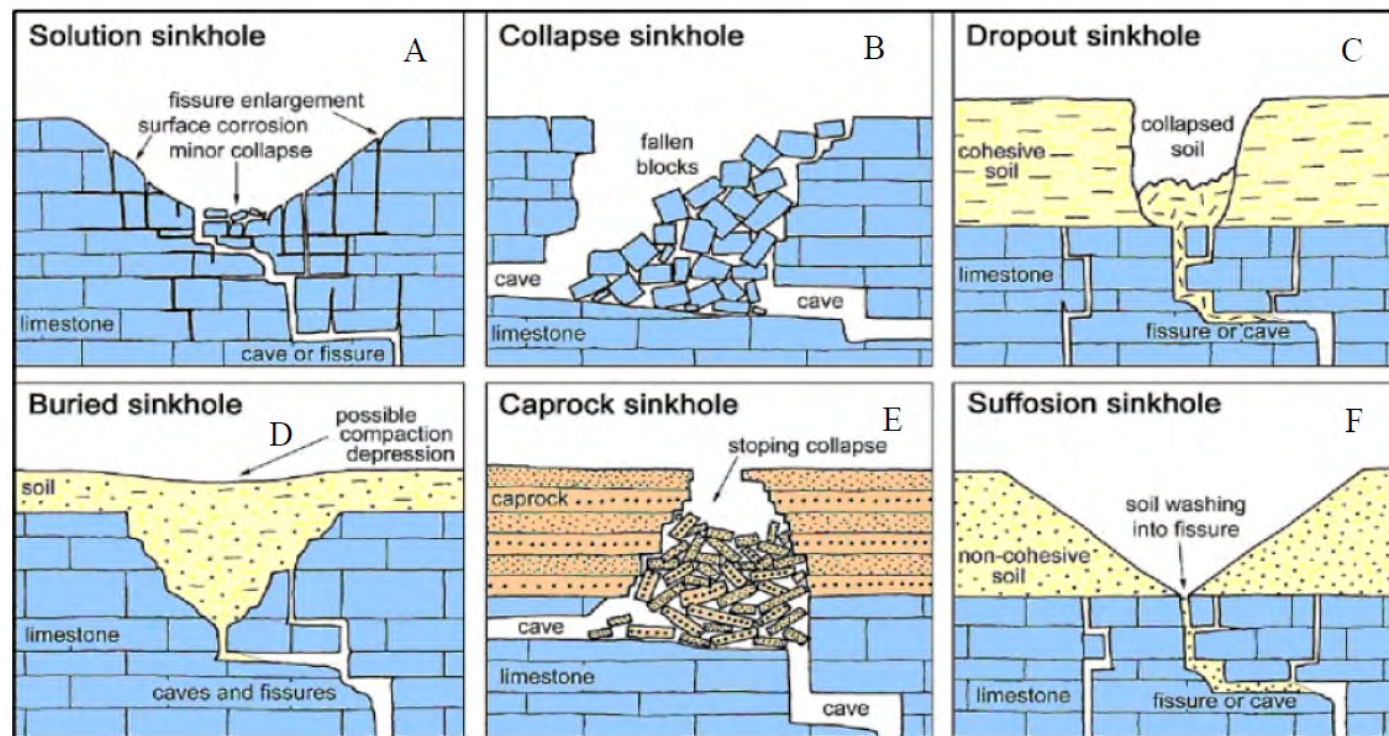


Figure 15: Les différents types de dolines (d'après Waltham & Fookes 2005)

Sur les Causses des 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 et de soutirage, 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 (figure 16).

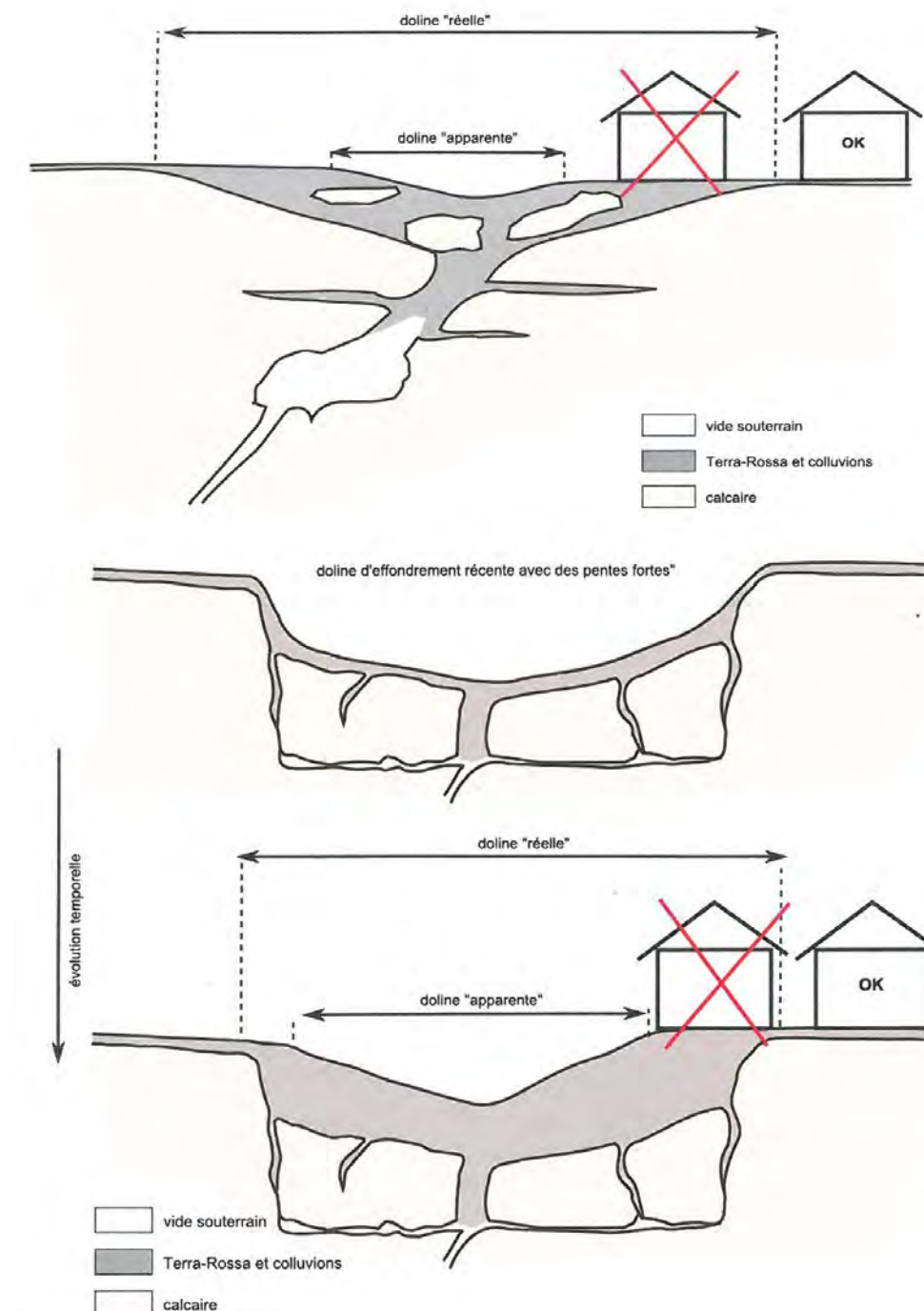


Figure 16: Schémas simplifiés en haut : doline de dissolution / en bas : doline d'effondrement

Cartographie de l'aléa

Pour la cartographie de l'aléa effondrement sur les 4 communes analysées, le choix méthodologique s'est orienté vers l'attribution d'un aléa élevé au niveau du fond des dolines, auquel s'est ajoutée une zone d'extension latérale possible (zone d'influence) d'aléa modéré.

D'après le guide méthodologique du LCPC "Évaluation des aléas liés aux cavités souterraines" [référence 4], la zone susceptible d'être affectée par l'apparition d'un fontis dépend de l'épaisseur et de la nature du recouvrement. Dans le cas des dolines, l'épaisseur de recouvrement est en principe inférieure à 20 mètres. La zone d'aléa modéré autour des dolines a donc été fixée à 30 mètres (zone d'influence de 20 mètres + 10 mètres d'incertitude de tracé).

▪ **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 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 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.

▪ **Éléments localisés à titre informatif**

- **liens hydrauliques**: lorsque des liens hydrauliques ont été identifiés entre deux points, un réseau souterrain s'est vraisemblablement développé à l'aplomb sans que son étendue, son importance et sa profondeur ne puissent être évaluées. Ils sont donc localisés à titre informatif sans qu'un zonage d'aléa ne puisse être tracé.
- **entrées de galeries de travaux miniers**: les entrées de cavités minières, ainsi que les exploitations minières (enveloppe de travaux miniers), sont localisées sur la carte d'aléa "effondrement / affaissement / tassement" à titre informatif.

5.2.3.3. 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 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 » car une solution de confortement reste la plupart du temps envisageable pour un groupe restreint de propriétaires.

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

Du fait de la qualification uniforme de l'intensité, la qualification de l'aléa « effondrement / affaissement » est équivalente à la qualification de la probabilité d'occurrence.

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

L'ensemble de la bordure Nord du Causse de Mende est soumis à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » modéré à élevé. Parmi les enjeux exposés, le lieu-dit Les Couars (avec notamment le centre technique municipal) est soumis à un aléa élevé, avec la qualification suivante : VF3VF3P2 pour l'aléa de rupture des falaises situées sur la bordure du Causse de Mende, et VT3VF3P2 pour les falaises situées sur la bordure du Causse de Changefège. La propagation des blocs se limite à l'amont de la zone commerciale, avec un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » élevé, avec la qualification suivante pour l'aléa de rupture : VT3VF2P2. La partie Sud du centre-ville de Mende est concernée par un aléa modéré, avec la qualification VT2VF2P2 pour l'aléa de rupture.

La bordure du Causse de Changefège est soumise à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » modéré à élevé. Aucun enjeu n'est exposé à cet aléa, hormis la zone des Couars (décrite dans le paragraphe précédent).

Sur le reste de la commune, quelques zones de micaschistes au Nord-Ouest et au Nord-Est sont soumises à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » faible. Parmi les enjeux exposés, le hameau de Rieucros d'Abaisse.

Les zones de calcaires hettangiens représentent un aléa faible. Parmi les enjeux exposés, le hameau de Saint Laurent et une partie de la zone de Sirvens et de Rieucros la Forêt. Le hameau de Rivemale est soumis à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » modéré, avec la qualification suivante pour l'aléa de rupture : VT1VF2P2/3. Une petite zone, à l'Est de Fontanilles, est soumise à un aléa « éboulement / chute de blocs et de pierres » élevé, correspondant à la falaise butonnée dominant la voie ferrée.

5.4. Carte d'aléa « glissement de terrain » de la commune de Mende

L'ensemble des pieds de Causses, constitués de marnes recouvertes en partie par des éboulis, sont soumis à un aléa « glissement » plus ou moins élevé. Parmi les enjeux potentiellement affectés, le village de vacances de la Vacherie est soumis à un aléa faible. Le pied du Causse de Mende, à l'entrée Ouest de Mende, est soumis à un aléa qui va du modéré à l'élevé et qui affecte notamment la zone commerciale. Le sud de la ville de Mende est soumis à un aléa plus ou moins élevé en fonction de la localisation des écroulis. Il en est de même pour les hameaux du Chapelierou et de Bellesagne.

La partie Nord de la commune est constituée de micaschistes dont la schistosité présente un pendage aval sur les versants sud, et un phénomène de fauchage sur les versants nord. Elle est soumise à un aléa « glissement » faible, voire modéré à élevé pour les zones avec des présences d'indices. Seul le hameau de Rieucros d'Abaisse est soumis à cet aléa faible.

5.5. Carte d'aléa « effondrement / affaissement / tassement » de Mende

L'ensemble des secteurs, dont le substratum est constitué de calcaires (haut des corniches, plateaux des Causses et plateaux calcaires), est soumis à un aléa au moins faible et jusqu'à modéré ou élevé si d'autres indices sont connus (cavités, fracturation, dolines).

Parmi les enjeux potentiellement exposés, les hameaux de Bahours, Chanteruejols, Chabrits, Chabannes, Ramade, Gardes et Sirvens sont soumis à un aléa « effondrement, affaissement, tassement » faible à modérément faible. Une partie de la ville de Mende (partie Nord_Nord-Ouest de la ville et Causse d'Auge) et le quartier de Fontanilles sont soumis à un aléa « effondrement, affaissement, tassement » faible à élevé.

6. Conclusion

6.1. Rappels des objectifs de l'étude

Dans le cadre de la politique de prévention de la population 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 dans les bassins de Mende (communes de Mende, Balsièges, le Chastel-Nouvel et Badaroux) et du Valdonnez (communes de Saint-Etienne du Valdonnez, Lanuéjols, Badaroux et Brénoux). 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). La méthodologie mise en œuvre suit les mêmes principes que l'élaboration d'une carte d'aléa préparatoire à un PPR [référence 1].

Les cartes d'aléa obtenues résultent d'un croisement entre la probabilité d'occurrence du phénomène et son intensité potentielle. Elles permettent donc essentiellement d'identifier les secteurs urbanisés, sur lesquels une action de prévention s'avère nécessaire.

6.2. 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 30m (soit 3mm à l'échelle de la carte au 1/10 000).

L'utilisation de ces cartes à une échelle plus fine 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).

7. Bibliographie

7.1. 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.*

7.2. Autres références générales

Référence 5 : Carte géologique de Florac au 1/50 000 (1980). Gèze B., Pellet J., Paloc H., Bambier A., Roux J., Senaud G. *Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM).*

Référence 6 : Carte géologique de Génolhac au 1/50 000 (1988). Guérangé-Lozes J., Pellet J., Magonier J., Van Moort J.C., Fernandez A. *Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM).*

Référence 7 : Carte géologique de Le Belymard au 1/50 000 (1994). Briand B., Combémoré R., Couturié J.P., Bérard P., Vautrelle C. *Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM).*

Référence 8 : 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 9 : Base de données sur les mouvements de terrain en Lozère (2000). Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM), 28p.

Référence 10 : Base de données SIG "Unités d'analyses des forêts domaniales de Mende et du Bramont et sectionale de Nojaret (commune de Badaroux). Agence ONF Lozère. 2010.

Référence 11 : Établissement de Plans de prévention des risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Lozère (2010). Colas B. avec la collaboration de Imbault M.,

Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM), rapport BRGM / RP-58249-FR, 26p.

Référence 12 : Lozère des Ténèbres(1992). Daniel ANDRE. Edition Spéléo Club de la Lozère.

Référence 13 : Grands Causses – Spéléologie. Annales du XI rassemblement des spéléologues caussenards. ECDS 34 (2003).

Référence 14 : Base de données SIG sur les cavités souterraines présentant un intérêt faunistique (2010). Association pour l'Étude et la Protection de l'Environnement (ALEPE).

Référence 15 : 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 16 : La dépression du Valdonnez : un contact par boutonnière entre le Mont Lozère et les Causses de Sauveterre et de Mende. Philippe Martin et Albert Colas. Livret d'excursion géologique.

7.3. Sites internet

Référence 17 : <http://www.bdcavite.net/> : Banque de données nationale des Cavités souterraines abandonnées en France métropolitaine "hors mines". Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) et Fédération Française de Spéléologie (FFS), dernière mise à jour le 26/04/2010.

Référence 18 : <http://www.bdmvt.net/> : Base de Données Nationale Mouvements de Terrain. Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), Restauration des Terrains en Montagne (RTM), dernière mise à jour le 15/05/2010.

Référence 19 : <http://www.prim.net/> : Bouquet de sites pour la prévention des risques majeurs. Direction Générale de la Prévention des Risques.

Référence 20 : <http://www.culture.lozere.fr> : rassemble, fédère des ressources numérisées du patrimoine culturel lozérien. Centre Départemental des Ressources Culturelles.

7.4. Études techniques particulières aux communes

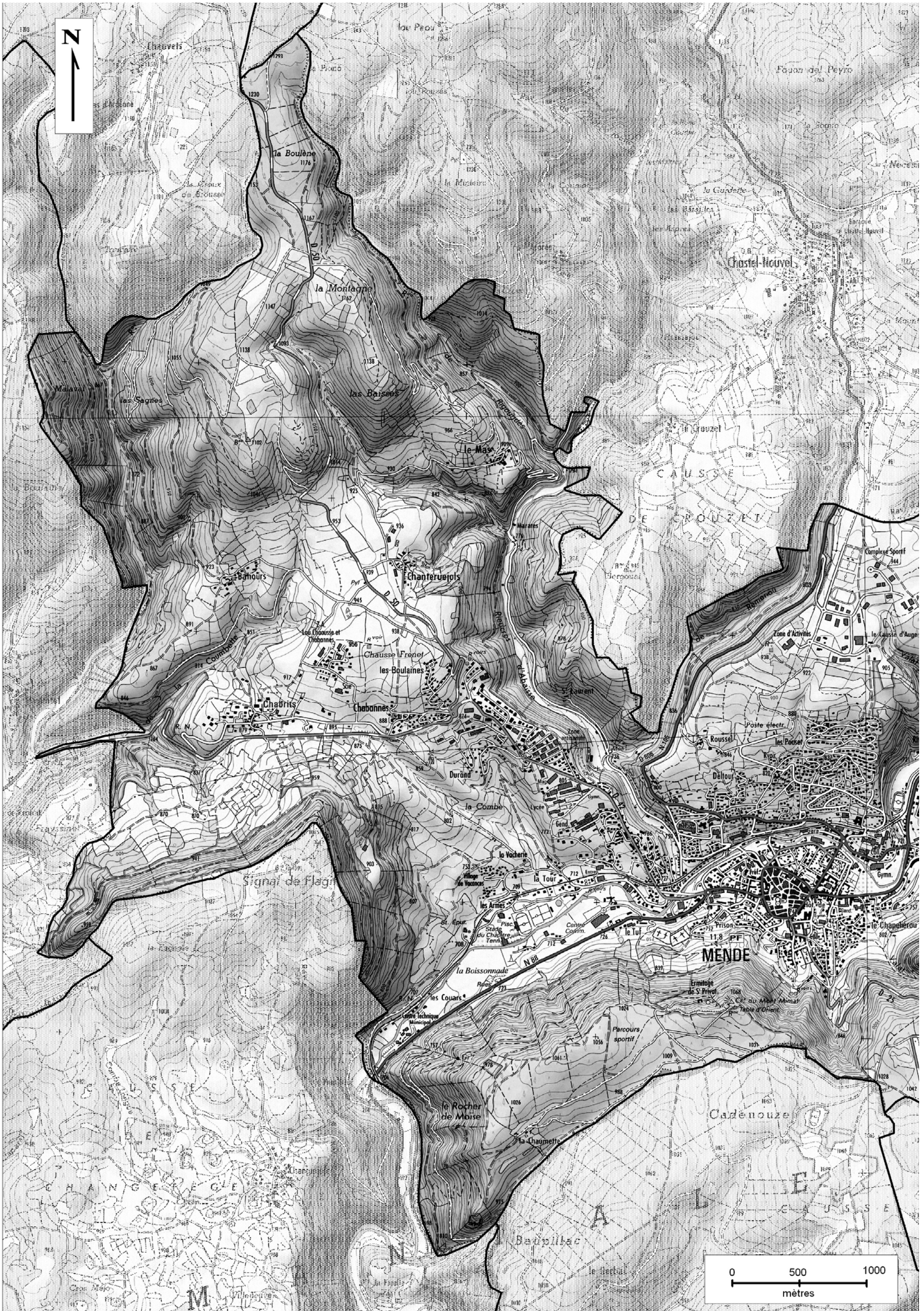
Référence 21 : Saint-Bauzile/Rouffiac – Etude de l'aléa chute de blocs. Rapport CETE Méditerranée H04-119.

Référence 22 : Commune de Saint-Bauzile – Thalweg de Rouffiac- Positionnement et dimensionnement d'un écran pare-blocs – profils trajectographique. Rapport CETE Méditerranée H06-386.

Référence 23 : Cartographie des risques naturels – Plan d'occupation des sols – Commune de Mende (1989). CETE Méditerranée.

Annexe 1 : Carte topographique

Carte topographique de Mende, 1/25 000, scan 25 IGN©

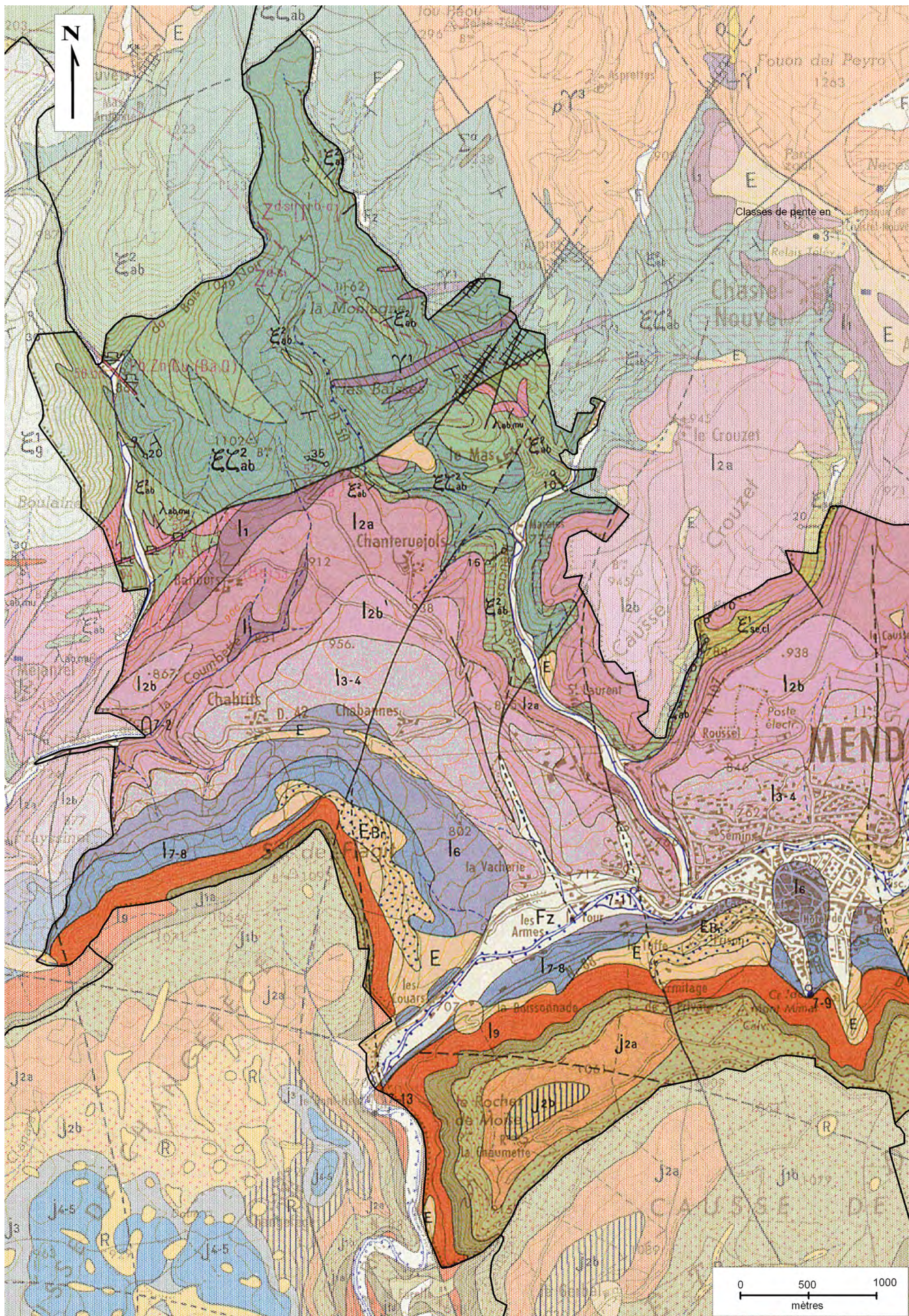




Carte topographique de Mende, partie Est, 1/25 000, scan 25 IGN®

Annexe 2 : carte géologique

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



Carte géologique de Mende, partie ouest, extrait de la carte géologique au 1/50 000 du BRGM®

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

MENDE

Les explorations et les tracés géologiques ont été faits de 1968 à 1974 par :
Bernard Briand, assistant à l'université de Lyon 1 pour les terrains cristallophylliens, avec la collaboration de **Guy Peyretti**, docteur de spécialité.
Jean-Pierre Couturié, assistant à l'université de Clermont-Ferrand, pour les terrains cristallins.
Bernard Gêze, professeur à l'Institut national agronomique (Paris), pour les terrains sédimentaires.
 Les indices métallogéniques ont été reportés par **Jacques Geoffroy**, ingénieur géologue au C.E.A.
 La coordination des contours a été faite par **Bernard Gêze** en 1974.
 Cette feuille a été publiée en 1979

FORMATIONS CONTINENTALES, FLUVIATILES OU RÉSIDUELLES.

F	Fz	F - Alluvions fluviales non différenciées : Arenes granitiques devenant tourbeuses au dessus de 1000 m.
	Fy	Fz - Alluvions récentes Fy - Alluvions anciennes
C		Colluvions et cônes de déjections
E		Eboulis de pierrailles
EB		Eboulis de blocs et brèches de pente
R		Formations résiduelles "Terre du Causse"

TERRAINS SECONDAIRES

J ₁₋₄	Oxfordien (Oxfordien s.s. et Argovien) : calcaire gris clair, marneux.
J ₂	Callovien : calcaire jaune cristallin.
J _{2b}	Bathonien supérieur : dolomie grise, caverneuse 1 - localement calcaire blanc.
J _{2a}	Bathonien inférieur : calcaire blanc, en plaquettes ou gros bancs.
J _{3b}	Bajocien supérieur : dolomie cristalline rose à grise.
J _{3a}	Bajocien inférieur : calcaire blanc-gris, à entroques, en gros bancs, à chailles.
I ₃	Aalénien : calcaire noduleux jaunâtre et bancs marneux grisâtres.
I _{2-a}	Toarcien : marnes noires à gris bleu; "Schistes cartons" à la base.
I ₂	Domérien : marnes grises.
I ₁	Carixien : calcaires clairs, gréseux ou marneux.
I ₃₋₄	Sinemurien : calcaire gris clair, spathique, oolithique.
I _{2b}	I ₂ - Hettangien non différencié: calcaire jaunâtre, magnésien.
I _{2a}	I _{2b} - Hettangien supérieur : bancs avec minces lits marneux.
I _{2a}	I _{2a} - Hettangien inférieur : plaquettes calcaires avec bancs de marnes vertes et bleues.
I ₁	Rhétien ? - Hettangien basal : grès arkosique et "Calcaire capucin" brun, gréseux, dolomitique.
	Dolomitisation.
	Jaspes.
	Altération de la surface posthercynienne (antéliasique).

TERRAINS CRISTALLOPHYLLIENS

Formations micascistieuses

Σ ₁₋₂	Micascistes lamelleux : Σ ₁₋₂ ¹ - à disthène et/ou sillimanite Σ ₁₋₂ ² - à disthène et/ou sillimanite et grenat
Σ ₁₋₂ pl	Micascistes lamelleux et gneiss plagioclastiques associés
Σ ₁₋₂ ab	Micascistes et micascistes quartzeux à albite-quartzites associés
Σ ₁₋₂ ab	Micascistes quartzeux et albitiques-gneiss et quartzites associés
Σ ₁₋₂ am	Micascistes et gneiss amygdalaires
Σ ₁₋₂ g	Micascistes lamelleux à grenat
Σ ₁₋₂ st	Micascistes lamelleux à staurotide-chloritoïde
Σ ₁₋₂ sc	Micascistes chloriteux et sériciteux
Σ ₁₋₂ q	Quartzite noir

Formations gneissiques et leptyniques

Σ ₁₋₂ mu	1 - Gneiss leptyniques et leptynites associées : 1 - Passées oïllées 2 - Faciès banaux
Σ ₁₋₂ mu	Gneiss et leptynites à muscovite
Σ ₁₋₂ mu,a	Leptynite blanche à muscovite et andalousite
Σ ₁₋₂ mu,ab	Leptynite massive
Σ ₁₋₂ mu,ab	Gneiss rubanés oïllés et gneiss amygdalaires
Σ ₁₋₂ mu,ab	Leptynite albitique et sériciteuse
Σ ₁₋₂ mu,ab	Gneiss fin à biotite

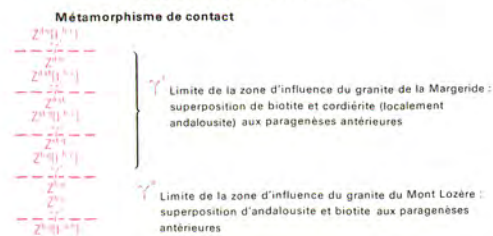
Formations amphiboliques. Roches basiques et ultra-basiques. Complexe amphibolique

Σ ₁₋₂ mu	Gneiss et gneiss leptyniques : leptyniques massives-gneiss amphiboliques associés aux amphibolites
Σ ₁₋₂ mu,ab	Amphibolites feldspathiques
Σ ₁₋₂ mu,ab	Amphibolites massives et termes éclogitiques associés
Σ ₁₋₂ mu,ab	Ortho-amphibolites et métagabbros associés
Σ ₁₋₂ mu,ab	Serpentinite et faciès associés
Σ ₁₋₂ mu,ab	Gneiss à biotite et amphibole (Métadiorites quartziques)
Σ ₁₋₂ mu,ab	Amphibolites et cipolin associés

TERRAINS CRISTALLINS, ROCHES FILONIENNES ET VOLCANIQUES

Σ ₁₋₂ mu	Basalte alcalin à olivine
Σ ₁₋₂ mu	Pegmatites
Σ ₁₋₂ mu	Quartz filonien 1 - Non minéralisé 2 - Minéralisé
Σ ₁₋₂ mu	Granite porphyroïde calco-alcalin à biotite (granite de la Margeride)
Σ ₁₋₂ mu	Granite porphyroïde (faciès sombre) calco-alcalin à biotite
Σ ₁₋₂ mu	Granite calco-alcalin à biotite et cordiérite (adamellite des Laubies)
Σ ₁₋₂ mu	Leucogranite sub-alcalin à muscovite
Σ ₁₋₂ mu	Microgranite
Σ ₁₋₂ mu	Porphyrite
Σ ₁₋₂ mu	Lamprophyre

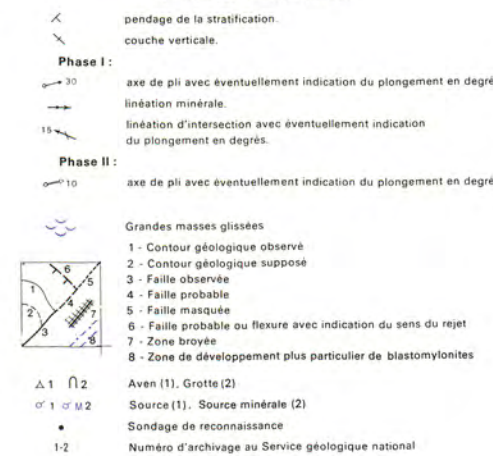
ISOGRADES DE MÉTAMORPHISME



MINÉRALOGIE SYMPTOMATIQUE

a	Andalousite	hm	Hornblende magnésienne
ab	Albite	lv	Hornblende verte
b	Biotite	mu	Muscovite
c	Cordiérite	mi	Microcline
cl	Chlorite	ol	Olivine
ct	Chloritoïde	p	Pyroxène
d	Disthène	pl	Plagioclase
fk	Feldspath potassique	si	Sillimanite
gra	Graphite	se	Séricite
g	Grenat	st	Staurotide

SYMBOLES STRUCTURAUX

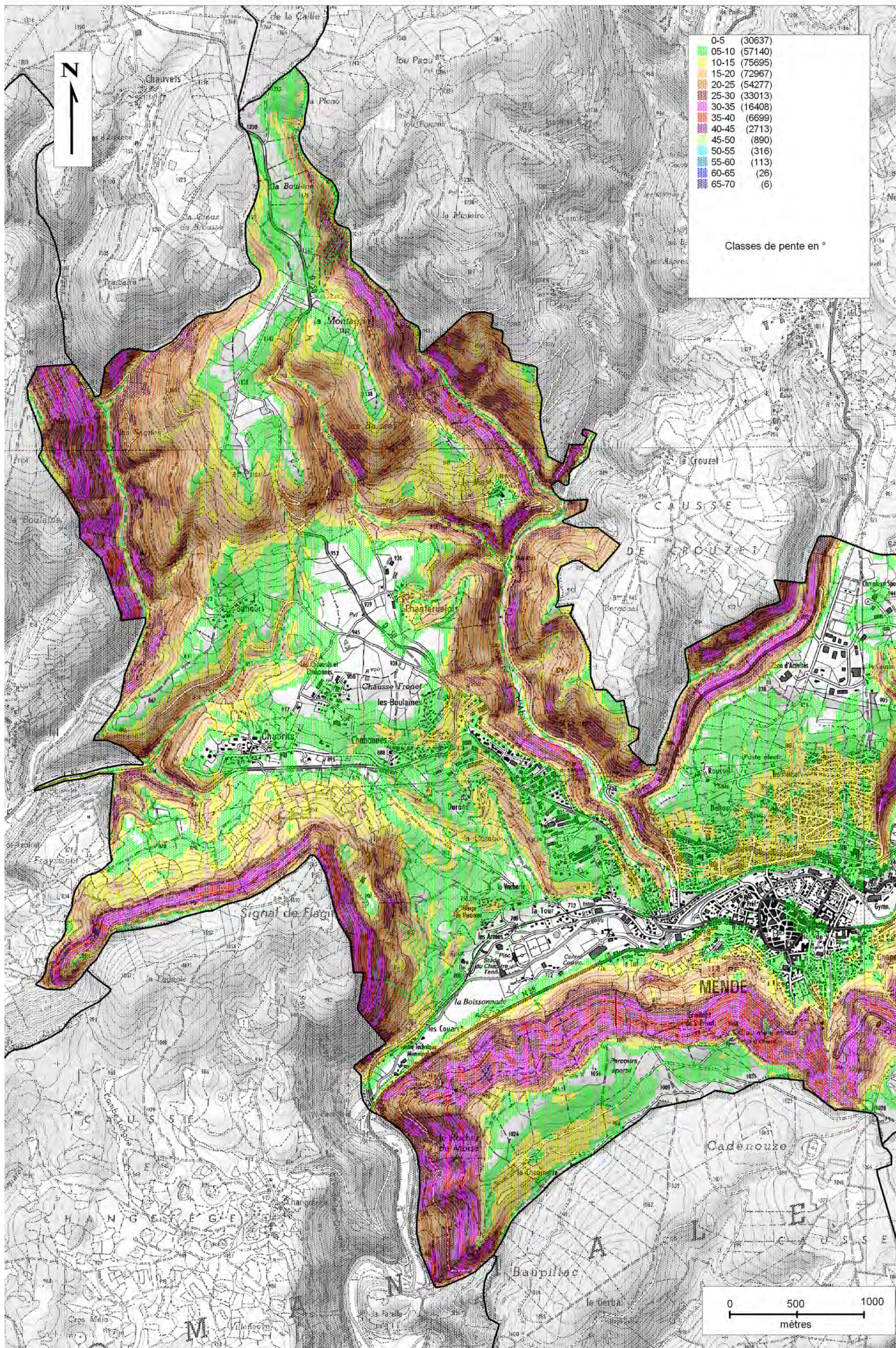


RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

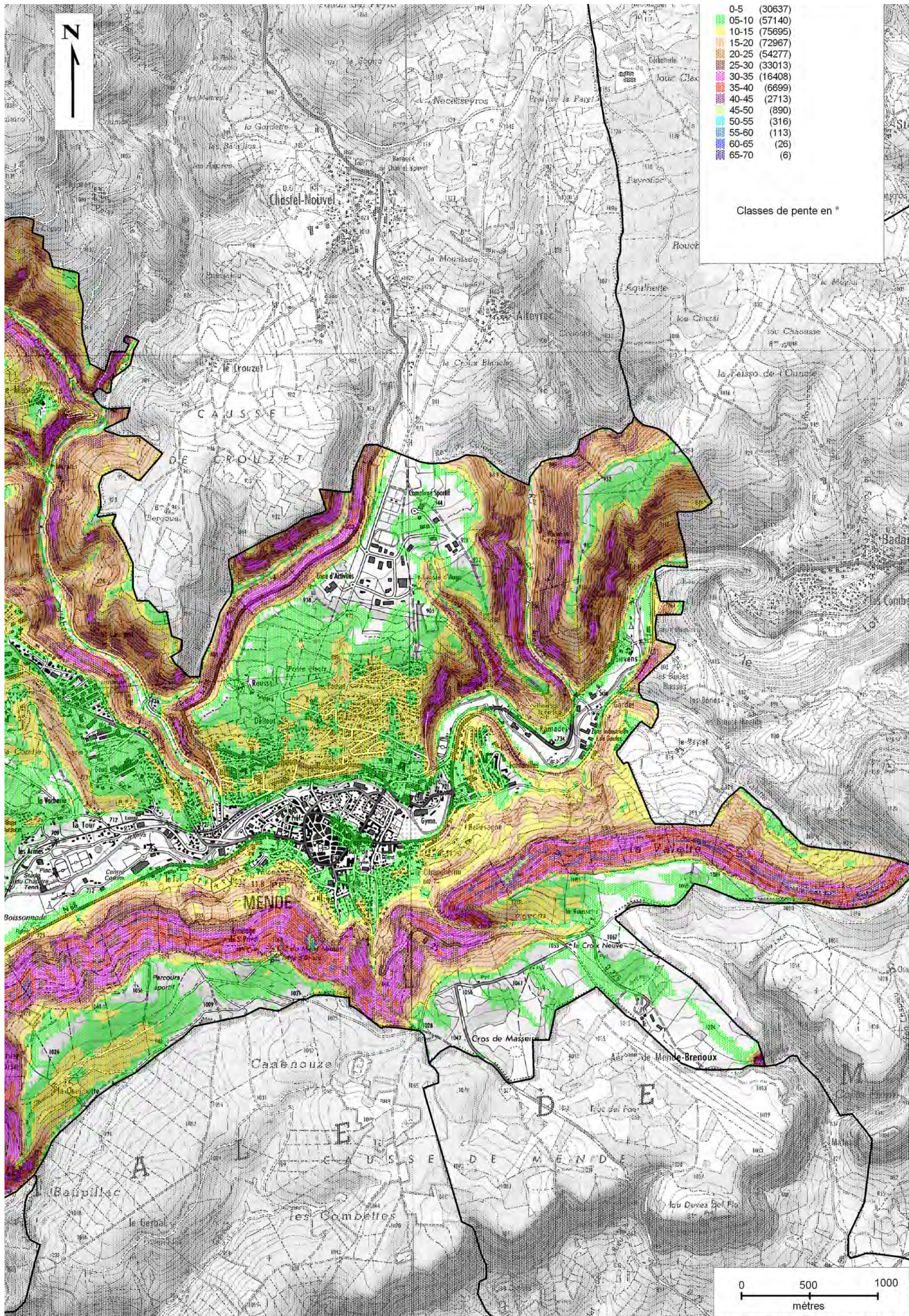
Pb	Galène	As	Arsenic	Ba	Barytine
Zn	Zinc	Bi	Bismuth	Fs	Feldspath
Cu	Cuivre	Mo	Molybdène	Cy	Disthène
W	Wolfram	Fe	Fer	Q	Quartz
U	Autunite	Mn	Manganèse	Ca	Calcaire
Sb	Antimoine	F	Fluorite		
(Ba, Pb)	Fragments minéralisés épars			∇	Carrière à ciel ouvert abandonnée
∇	Indice ou gîte de morphologie non précisée			⊗	Recherches par grattages
∇	Filon minéralisé orienté d'extension réduite			□	Galerie de mine
∇	Filons entrecroisés		⊞	Puits de mine	
∇	Filon minéralisé en vraie grandeur			62	Numéro arbitraire affecté aux gîtes minéraux, renvoyant au tableau de la notice explicative
1	1 - Partie reconnue			Barjac	Nom d'une exploitation importante
2	2 - Extension probable				

Annexe 3 : carte des pentes

Carte des pentes de Mende, 1/25 000, d'après le MNT IGN au pas de 25m



Carte des pentes de Mende, partie Ouest, 1/25 000, d'après le MNT IGN au pas de 25 mètres



Carte des pentes de Mende, partie Est, 1/25 000, d'après le MNT IGN au pas de 25 mètres

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 »

**CETE
Méditerranée**

Département : Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Aix
Service Géologie et Risques Naturels
Pole d'activités - avenue Albert Einstein - CS 70499
13 593 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Tél. : 04 42 24 78 82
Fax : 04 42 24 78 18

www-cete-mediterranee.fr

ain – Cartes des aléas et commentaires – Commune de Mende

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

Direction Territoriale Méditerranée - Pôle d'activités 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499 - 13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76
Siège : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr