

Document public

Cartographie de susceptibilité aux mouvement de terrain de la région Languedoc-Roussillon

Echelle 1/250 000

CPER 2007-2013
Observatoire Régional des Risques Naturels

Rapport final
BRGM/RP-56409-FR
Juin 2009



Cartographie de susceptibilité aux mouvement de terrain de la région Languedoc-Roussillon

Echelle 1/250 000

CPER 2007-2013
Observatoire Régional des Risques Naturels

Rapport final
BRGM/RP-56409-FR
Juin 2009

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM PSP05LRO25

B. Colas, L. Baillet

Vérificateur :

L. Closset

Approbateur :

M. Audibert



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



Mots clés : cartographie, risques naturels, susceptibilité, aléa, mouvements de terrain, région Languedoc-Roussillon, glissements, chutes de blocs, effondrements, 1/250 000.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Colas B., Baillet L. (2009) - Cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain dans la région Languedoc-Roussillon - Echelle 1/250 000. Rapport BRGM/RP-56409-FR, 148p., 96 ill., 4 cartes hors texte, 7 ann., 1 CD-Rom.

© BRGM, 2009, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de sa mission de service public, le BRGM collecte et met à disposition des outils et des données nécessaires aux politiques publiques en matière de prévention des risques naturels et d'aménagement du territoire. L'absence actuelle de connaissance continue et homogène de la susceptibilité aux mouvements de terrain sur la région Languedoc-Roussillon constitue un manque pour la mise en œuvre d'actions de prévention et de communication sur ces phénomènes ainsi que pour l'évaluation de l'impact potentiel de ces phénomènes sur la politique d'aménagement du territoire.

A cet égard et dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région Languedoc-Roussillon 2007-2013 et de l'Observatoire Régional des Risques Naturels, une cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain à l'échelle du 1/250 000 a été menée sur l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon. Cette action est initiée et cofinancée conjointement avec la DIREN et la Région Languedoc-Roussillon.

Les phénomènes pris en compte dans la cartographie régionale sont les glissements de terrain, les chutes de blocs et éboulements, les affaissements et effondrements de cavités souterraines (hors mine). Les phénomènes de retrait-gonflement des argiles et d'affaissement / effondrement de cavités minières sont traités par ailleurs dans le cadre de programmes nationaux.

Ce programme permet de faire un bilan sur la connaissance régionale des mouvements de terrain et de définir une typologie adaptée à l'ensemble du territoire. Il expose la méthodologie et les outils permettant de cartographier la susceptibilité aux mouvements de terrain, propose une cartographie lithostratigraphique de la région Languedoc-Roussillon harmonisée à l'échelle du 1/250 000 et fournit les cartes régionales des susceptibilités par phénomène et par intensité.

Pour les phénomènes glissement de terrain et chutes de blocs, le principe majeur de la cartographie proposée consiste à hiérarchiser la susceptibilité en fonction de l'intensité des phénomènes. Pour le phénomène effondrement, seule la susceptibilité liée à la présence de cavités naturelles est hiérarchisée, la connaissance des travaux souterrains d'origine anthropique (mines, carrières, ouvrages civils ...) est matérialisée en surcharge sur la carte de susceptibilité.

Les résultats montrent que à des niveaux d'intensité variable, près de 75% du territoire régional est concerné par ces phénomènes de mouvement de terrain et près de 30% par des susceptibilités qualifiées de moyenne à élevée.

La répartition géographique des secteurs concernés est centrée autour des zones de reliefs dans des contextes géologiques particuliers : vallée du Lot, Cévennes schisteuses, gorges du Tarn et de la Jonte, flancs de Causses au sens large, Lodévois, arc de Saint-Chinian, Corbières, hautes-vallées de l'Aude, de la Têt et du Tech, sud de la Cerdagne, Vallespir et sud des Albères notamment.

Les perspectives de valorisation de ce programme sont multiples en fonction des objectifs recherchés : communication et vulgarisation sur les mouvements de terrain à

l'échelle de la région essentiellement, déclinaison à l'échelle départementale d'un outil d'aide à la révision des DDRM, analyse de risque préliminaire à l'échelle de bassins identifiés par superposition des zones d'enjeux à une échelle de travail compatible par exemple.

Enfin, ces évaluations des susceptibilités aux mouvements de terrain, homogènes sur l'ensemble du territoire régional, doivent servir de base à la réflexion sur la construction des indicateurs de risque définis dans le cadre de l'Observatoire des Risques Naturels (O.R.N.) de la région Languedoc-Roussillon.

Sommaire

1. Introduction.....	13
2. Contexte général du programme.....	15
2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	15
2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET CLIMATIQUE	18
2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE	20
2.4. RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN : ETAT DES LIEUX DE L'INFORMATION PREVENTIVE	25
2.4.1. Arrêtés de catastrophe naturelle	25
2.4.2. DDRM	26
2.4.3. DCS / DICRIM	27
2.4.4. R111.3 / PER / PPR.....	28
3. Méthodologie générale.....	31
4. Collecte et structuration des données de base	39
4.1. GEOLOGIE	39
4.2. MOUVEMENTS DE TERRAIN	40
4.3. CAVITES SOUTERRAINES	42
4.4. MORPHOLOGIE.....	52
4.5. OCCUPATION DU SOL.....	53
5. Carte lithostratigraphique harmonisée de la région Languedoc- Roussillon au 1/250 000	55
5.1. HARMONISATION DES CONTOURS.....	55
5.1.1. Cartes 1/250 000 existantes	55
5.1.2. Création des caissons depuis les cartes 1/50 000.....	56
5.2. HARMONISATION DES LEGENDES.....	56
5.3. CARTE REGIONALE.....	57
6. Typologie régionale des mouvements de terrain	61

6.1. CLASSIFICATION DES MOUVEMENTS DE TERRAIN	62
6.2. FACTEURS D'INSTABILITE	63
6.2.1. Facteurs permanents ou très lentement variables (de prédisposition) ..	64
6.2.2. Facteurs variables dans le temps (de déclenchement)	65
6.3. GLISSEMENTS DE TERRAIN	68
6.3.1. Descriptif	68
6.3.2. Fiches descriptives des mécanismes observés.....	69
6.3.3. Intensité des phénomènes.....	71
6.4. CHUTES DE BLOCS / EBOULEMENTS	74
6.4.1. Descriptif	74
6.4.2. Fiches descriptives des mécanismes observés.....	75
6.4.3. Intensité des phénomènes.....	76
6.5. EFFONDREMENTS / AFFAISSEMENTS	79
6.5.1. Descriptif	79
6.5.2. Fiches descriptives des mécanismes observés.....	81
6.5.3. Intensité des phénomènes.....	81
6.6. COULEES BOUEUSES	85
6.7. SYNTHESE DES TYPES DE MOUVEMENTS CARTOGRAPHIES	86
6.7.1. Phénomènes cartographiés	86
6.7.2. Intensités cartographiées.....	87
7. Evaluation de la susceptibilité aux mouvements de terrain	89
7.1. GLISSEMENTS	89
7.1.1. Formations sensibles au phénomène	90
7.1.2. Classes d'intensité par formation.....	91
7.1.3. Classes de pentes sensibles (MNT)	92
7.1.4. Probabilité relative d'occurrence spatiale par formation	94
7.1.5. Hiérarchisation de la susceptibilité au « glissement de terrain »	101
7.1.6. Restitution à l'échelle 1/250 000	102

7.1.7. Synthèse régionale – Glissements de terrain.....	105
7.1.8. Proposition de cartographie synthétique de la susceptibilité aux glissements de terrain	107
7.2. CHUTES DE BLOCS	111
7.2.1. Formations sensibles au phénomène	111
7.2.2. Classes d'intensité par formation	112
7.2.3. Classes de pentes sensibles (MNT).....	112
7.2.4. Probabilité d'occurrence spatiale par formation	115
7.2.5. Hiérarchisation de la susceptibilité aux chutes de bloc.....	118
7.2.6. Synthèse régionale – Chutes de blocs.....	120
7.2.7. Proposition de cartographie synthétique de la susceptibilité aux chutes de blocs.....	122
7.3. AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS DE CAVITES.....	127
7.3.1. Méthodologie.....	127
7.3.2. Formations susceptibles de contenir des cavités naturelles (F_{Cav})	128
7.3.3. Formations susceptibles d'être affectées par des mouvements	129
7.3.4. Susceptibilité d'effondrement	132
7.3.5. Synthèse régionale – Affaissement et effondrement de cavités	138
8. Valorisation des résultats	141
8.1. PREAMBULE.....	141
8.2. LIMITES ET VALORISATIONS	141
8.2.1. Limites du programme.....	141
8.2.2. Valorisations.....	142
9. Conclusion	145
10. Bibliographie	147

Liste des illustrations

illustration 1 – Carte administrative de la région Languedoc-Roussillon.....	15
illustration 2 – Cadre géomorphologique (d'après le MNT de l'IGN au pas de 50 m) de la région Languedoc-Roussillon	16
illustration 3 – Carte des grands ensembles géographiques du Languedoc-Roussillon	18
illustration 4 – Carte des principaux cours d'eau de la région Languedoc-Roussillon.....	20
illustration 5 – Carte géologique de la région Languedoc-Roussillon (extrait de la carte au 1/1 000 000-©BRGM)	21
illustration 6 – Carte des communes ayant fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle « mouvements de terrain » (source : base Gaspar)	26
illustration 7 – Carte des communes concernées par les mouvements de terrain dans les DDRM (source : base Gaspar)	27
illustration 8 – Carte des communes concernées par un DCS et/ou un DICRIM (source : base Gaspar)	28
illustration 9 – Carte des communes où la cartographie du risque « mouvements de terrain » a été prescrite et/ou approuvée (source : base Gaspar).....	29
illustration 10 – Organigramme de base proposé pour le projet	34
illustration 11 – Données géologiques utilisées pour la cartographie régionale	39
illustration 12 – Répartition des évènements mouvements de terrain de la région Languedoc-Roussillon par département.....	41
illustration 13 – Champs de la base de données régionale Languedoc-Roussillon.....	41
illustration 14 – Répartition par type de mouvement des évènements recensés sur le territoire régional (sources : www.mouvementsdeterrain.fr BRGM, RTM, LCPC et complément 2008).....	42
illustration 15 – Répartition des cavités souterraines de la région (sources : www.bdcavite.net + complément).....	43
illustration 16 – Exemples de carrières souterraines en Languedoc-Roussillon.....	44
illustration 17 – Exemples de mines en Languedoc-Roussillon	46
illustration 18 – Répartition des concessions minières de la région (GEODERIS)	48
illustration 19 – Exemples de canaux souterrains en Languedoc-Roussillon	49
illustration 20 – Exemples d'habitations troglodytiques en Languedoc-Roussillon.....	49
illustration 21 – Exemples de phénomènes karstiques en Languedoc-Roussillon	50
illustration 22 – Exemple de dissolution active du gypse en Languedoc-Roussillon	51
illustration 23 – Exemple de suffosion en Languedoc-Roussillon	51
illustration 24 – Modèle Numérique de Terrain et carte des pentes de la région (IGN©)	52
illustration 25 – Localisation des barres rocheuses (d'après scans à l'échelle 1/100 000 © IGN).....	53
illustration 26 – Occupation du sol simplifiée (CORINE Land Cover©).....	54
illustration 27 – Travail d'harmonisation des cartes existantes à l'échelle 1/250 000 (Montpellier, Valence, Marseille, Catalogne)	55

illustration 28 – Secteurs concernés par la création des polygones manquants au 1/250 000.....	56
illustration 29 – Champs de la table des formations lithostratigraphiques du Languedoc-Roussillon	57
illustration 30 – Extrait de la table attributaire de la carte lithostratigraphique de la région Languedoc-Roussillon et exemples illustrés	58
illustration 31 – Carte lithostratigraphiques de la région Languedoc-Roussillon harmonisée à l'échelle 1/250 000.....	59
illustration 32 – Fiche type des mécanismes observés dans la région.....	63
illustration 33 – Synthèse des principaux facteurs d'instabilité aux mouvements de terrain	67
illustration 34 – Répartition des causes naturelles et anthropiques pour les glissements de terrain (d'après base nationale www.mouvementsdeterrain.fr)	69
illustration 35 – Exemple de fiche descriptive de mécanisme de mouvement	70
illustration 36 – Représentation schématique du volume total des matériaux glissés.....	71
illustration 37 – Répartition spatiale des évènements recensés, selon le volume total des matériaux glissés, dans la région Languedoc-Roussillon	72
illustration 38 – Distribution et répartition en classes des volumes totaux (VT) des glissements de terrain recensés dans la région Languedoc-Roussillon	73
illustration 39 – Récapitulatif des classes d'intensités pour les glissements de terrain susceptibles de se produire dans la région Languedoc-Roussillon	74
illustration 40 – Répartition des causes naturelles et anthropiques pour les chutes de blocs et éboulements (d'après base nationale www.mouvementsdeterrain.fr)	75
illustration 41 – Représentation schématique du volume total et du volume unitaire des matériaux éboulés	76
illustration 42 – Répartition spatiale des évènements recensés, selon le volume total et unitaire des matériaux éboulés, dans la région Languedoc-Roussillon.....	77
illustration 43 – Distribution et répartition en classes des volumes totaux (VT) et unitaires (VU) des chutes de blocs recensées dans la région Languedoc-Roussillon	78
illustration 44 – Récapitulatif des classes d'intensités pour les chutes de blocs et les éboulements susceptibles de se produire dans la région Languedoc-Roussillon	79
illustration 45 – Causes de présence de cavités souterraines pour les affaissements et effondrements recensés (d'après base nationale www.mouvementsdeterrain.fr)	80
illustration 46 – Répartition des types de causes naturelles ou anthropiques pour les affaissements et effondrements de cavités	81
illustration 47 – Représentation schématique du diamètre effondré (D), de la profondeur de vide (P) et du volume de vide (V) d'un effondrement de cavité	82
illustration 48 – Répartition spatiale des effondrements et affaissements recensés, selon le diamètre, la profondeur et le volume de vide dans la région Languedoc-Roussillon	83
illustration 49 – distribution et répartition en classes des volumes totaux des effondrements et affaissements recensés dans la région Languedoc-Roussillon	83

illustration 50 – Récapitulatif des classes d'intensités pour les effondrements et affaissements susceptibles de se produire dans la région Languedoc-Roussillon.....	84
illustration 51 – Classe d'intensité en fonction des diamètres et des profondeurs d'effondrements	85
illustration 52 – Répartition des causes naturelles et anthropiques pour les coulées boueuses.....	86
illustration 53 – Exemple de glissement ayant évolué en coulée boueuse (marnes noires feuilletées du Toarcien (Généralgues, Gard)	86
illustration 54 – Classes d'intensité cartographiées par phénomène	88
illustration 55 – Distribution des formations selon le nombre de glissements recensés	90
illustration 56 – Exemple de détermination de I_p / I_{max}	91
illustration 57 – Exemple d'analyse de seuil de pente naturel pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts continentaux tertiaires : molasses, marnes et conglomérats)	93
illustration 58 – Exemple d'analyse de seuil de pente MNT pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts continentaux tertiaires)	93
illustration 59 – tableau des seuils de pentes MNT, seuils de pentes naturelles et formations associés pour les glissements de terrain	94
illustration 60 – Sensibilité aux glissements de terrain des lithologies exprimées	95
illustration 61 – Exemple d'attribution des surfaces sensibles aux glissements par formation	96
illustration 62 – Probabilité d'occurrence spatiale selon le pourcentage de lithologie sensible des formations aux glissements de terrain	96
illustration 63 – Variation de la probabilité d'occurrence spatiale selon l'intensité (glissements).....	98
illustration 64 – Rétro-analyse de l'intensité la plus probable à partir de l'histogramme du nombre d'évènements en fonction de la classe d'intensité	98
illustration 65 – Exemple de variation de la probabilité d'occurrence spatiale selon l'intensité (glissements).....	99
illustration 66 – Codification de la probabilité relative d'occurrence spatiales selon l'intensité	100
illustration 67 – Carte de susceptibilité à l'apparition des glissements de terrain	101
illustration 68 – Méthodes proposées pour le passage d'un modèle maillé au pas de 50 m à un modèle maillé au pas de 250 m.....	103
illustration 69 – Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain par intensité	104
illustration 70 – Tableau récapitulatif des superficies et du nombre de formations exposées selon les classes de susceptibilité (phénomène glissement).....	105
illustration 71 – Proposition de combinaison des susceptibilités de glissement par intensité.....	107
illustration 72 – Proposition de cartes de susceptibilité de glissement de terrain	109
illustration 73 – Distribution des formations selon le nombre de chutes de blocs et éboulements.....	111

illustration 74 – Exemple d’analyse de seuil de pente naturel pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts carbonatés du jurassique).....	113
illustration 75 – Exemple d’analyse de seuil de pente MNT pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts carbonatés du Jurassique).....	114
illustration 76 – Tableau des seuils de pentes MNT, seuils de pentes naturelles et formations associés pour les chutes de blocs et éboulements.....	114
illustration 77 – Sensibilité aux chutes de bloc des lithologies exprimées.....	115
illustration 78 – Exemple d’attribution des surfaces sensibles aux glissements par formation.....	116
illustration 79 – Probabilité d’occurrence spatiale selon le pourcentage de lithologie sensible des formations aux chutes de blocs.....	116
illustration 80 – Carte de susceptibilité des formations à l’apparition des chutes de blocs.....	118
illustration 81 – Cartographie de la susceptibilité aux chutes de blocs par intensité.....	120
illustration 82 – Tableau récapitulatif des superficies et du nombre de formations exposées aux chutes de blocs et éboulements.....	120
illustration 83 – Proposition de combinaison des susceptibilités de chutes de blocs.....	123
illustration 84 – Proposition de cartes de susceptibilité de chutes de blocs et éboulements....	125
illustration 85 – Carte des formations susceptibles de contenir des cavités naturelles.....	128
illustration 86 – Schématisation des potentialités de soutirage.....	129
illustration 87 – Délimitation des formations tampon (F_{Tamp}).....	130
illustration 88 – Carte de susceptibilité des formations à l’apparition d’effondrements / affaissements de terrain (d’origine naturelle).....	131
illustration 89 – Mode d’évaluation de l’indice de tenue IGt pour F_{Cav}	132
illustration 90 – Carte de susceptibilité aux affaissement / effondrement de cavités naturelles.....	133
illustration 91 – Carte de susceptibilité des formations « tampon », phénomène affaissement et effondrement de cavités naturelles.....	134
illustration 92 – Exemple de cartographie de la susceptibilité à l’effondrement / affaissement.....	135
illustration 93 – Evaluation régionale de la susceptibilité d’affaissement / effondrement lié à la présence de cavités naturelles.....	136
illustration 94 – Carte des zones potentiellement exposées au phénomène affaissement et effondrement de cavités anthropiques.....	137
illustration 95 – Cartographie régionale de synthèse de la susceptibilité aux affaissements / effondrements de cavités naturelles.....	138
illustration 96 – Tableau récapitulatif des superficies et du nombre de formations exposées potentiellement aux phénomènes d’affaissement et effondrement de cavités.....	139

Liste des annexes

- Annexe 1 Extrait de la base de données régionale « mouvement de terrain »
- Annexe 2 Quelques cas remarquables de mouvements de terrain dans la région Languedoc-Roussillon
- Annexe 3 Fiches descriptives des mouvements de terrain (21 fiches)
- Annexe 4 Planches photographiques illustrant les différentes classes d'intensité des phénomènes mouvements de terrain de la région Languedoc-Roussillon
- Annexe 5 Tableau de la susceptibilité aux glissements de terrain par formation lithostratigraphique
- Annexe 6 Tableau de la susceptibilité aux chutes de blocs et éboulements par formation lithostratigraphique
- Annexe 7 Tableau de la susceptibilité aux affaissements / effondrements par formation lithostratigraphique

Liste des documents hors-texte

- Carte hors-texte n°1 Carte litho-stratigraphique de la région Languedoc-Roussillon
- Carte hors-texte n°2 Phénomènes glissements de terrain
Cartes de susceptibilité par intensité
- Carte hors-texte n°3 Phénomènes de chutes de blocs
Cartes de susceptibilité par intensité
- Carte hors-texte n°4 Carte de susceptibilité aux phénomènes d'affaissement et d'effondrements liés aux cavités souterraines

CD-Rom Rapport au format *.pdf
Fichiers numériques des cartographies de susceptibilité produites

1. Introduction

Dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région Languedoc-Roussillon 2007-2013 et de l'Observatoire régional des Risques Naturels, la Région Languedoc-Roussillon, la DIREN et le BRGM ont conjointement initié la réalisation d'une cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain à l'échelle du 1/250 000 sur l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon.

L'absence actuelle de connaissance continue de l'aléa mouvement de terrain à l'échelle de la région Languedoc-Roussillon constitue un manque quant à la mise en œuvre d'actions préventives et d'actions de communication sur ces phénomènes. La volonté de la Région Languedoc-Roussillon et de la DIREN est de disposer de documents de synthèse homogènes et continus sur le territoire concernant la susceptibilité aux mouvements de terrain.

Cette action a pour objectif d'établir, à l'échelle régionale, un zonage homogène de la susceptibilité aux mouvements de terrain. Cette action vise à repérer et à cartographier les secteurs exposés aux principaux types de mouvements de terrain susceptibles de se produire sur le territoire régional. Les objectifs de la définition de cette susceptibilité sont multiples, essentiellement axés autour des aspects de communication sur les phénomènes « mouvement de terrain » dans le cadre de l'information préventive sur le risque associé.

Les phénomènes pris en compte dans cette cartographie à l'échelle du 1/250 000 sont les glissements de terrain, les chutes de blocs et éboulements et les affaissements et effondrements de cavités souterraines.

Le principe majeur de cartographie repose sur une hiérarchisation de la susceptibilité aux mouvements de terrain en fonction de l'intensité des phénomènes et de sa probabilité d'occurrence spatiale. Ce rapport expose :

- la méthodologie employée et les données exploitées pour la cartographie ;
- la typologie des mouvements de terrain susceptibles d'être rencontrés sur le territoire régional en fonction du comportement mécanique des matériaux ;
- la cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain par phénomène et en fonction de leur intensité à l'échelle du 1/250 000 ;
- une proposition de cartographie multi-phénomène de la susceptibilité aux mouvements de terrain à l'échelle régionale.

L'ensemble des cartographies sont réalisées à l'échelle du 1/250 000 (échelle de travail).

2. Contexte général du programme

2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Située au cœur de l'arc méditerranéen, la région Languedoc-Roussillon s'étend sur 27 376 km². Elle est composée de 1 545 communes réparties sur cinq départements : l'Aude (11), le Gard (30), l'Hérault (34), la Lozère (48) et les Pyrénées-Orientales (66). Elle compte plus de 2 401 000 habitants.

La région est bordée au sud par l'Espagne, Andorre et la mer Méditerranée (le golfe du Lion), à l'est par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, au nord par les régions Rhône-Alpes et Auvergne et à l'ouest par la région Midi-Pyrénées.

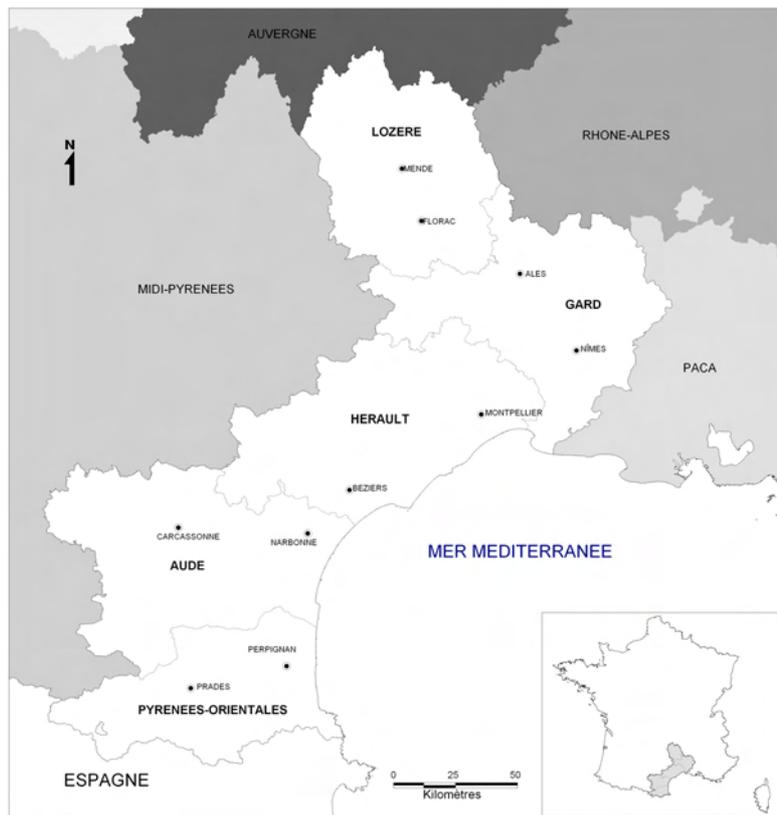


illustration 1 – Carte administrative de la région Languedoc-Roussillon

La région Languedoc-Roussillon comporte une véritable mosaïque de paysages. Les zones de plateaux et de gorges des Causses contrastent avec les hauts reliefs des Pyrénées. Les côtes rocheuses alternent avec les plages de sables et les étangs du littoral. Plusieurs éléments naturels limitent la région, les principaux étant la chaîne pyrénéenne, le seuil du Lauragais, les Cévennes et le fleuve Rhône.

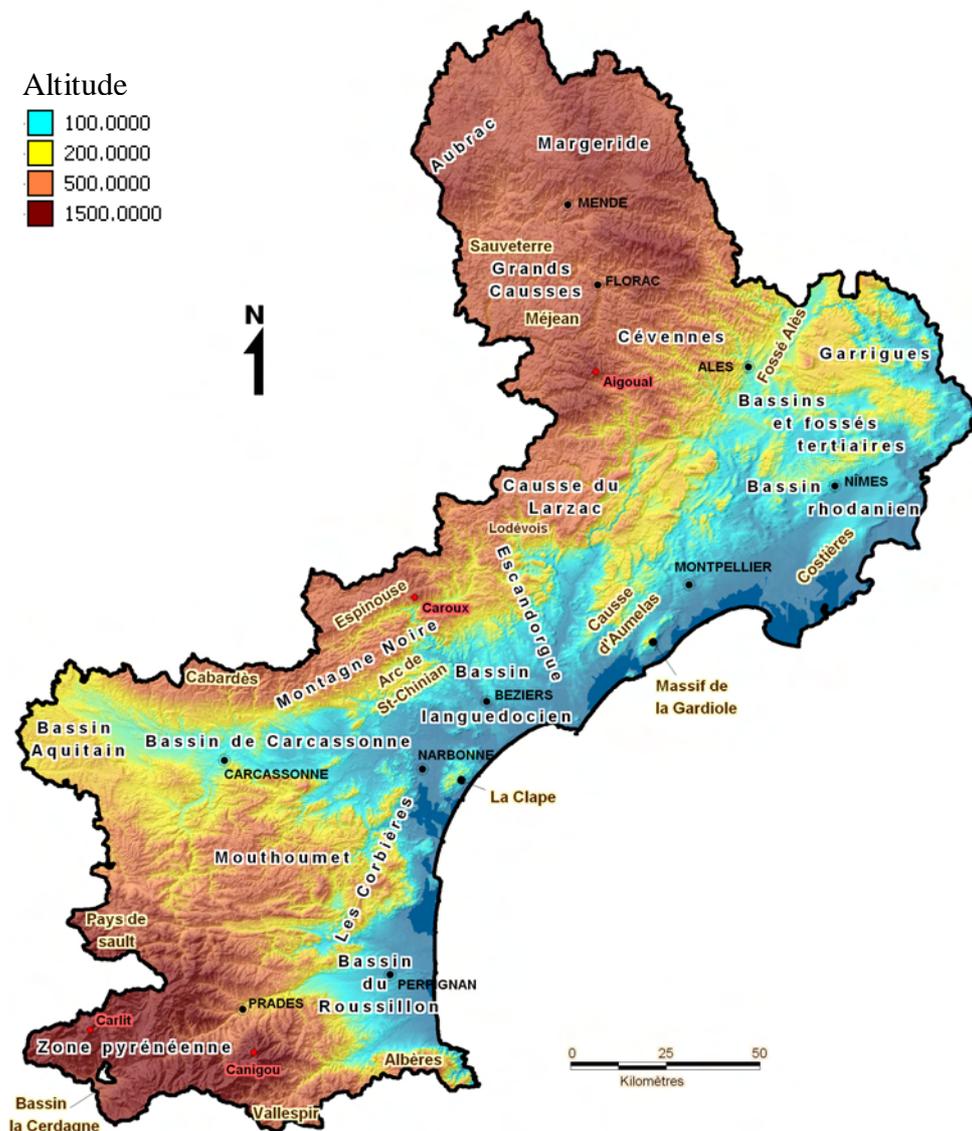


illustration 2 – Cadre géomorphologique (d'après le MNT de l'IGN au pas de 50 m) de la région Languedoc-Roussillon

Le Languedoc-Roussillon peut être divisé en grands ensembles géographiques, présentés sur l'illustration 3 :

Les reliefs associés au Massif Central

Au nord de la région, se trouvent les derniers reliefs du Massif central. Le point culminant est le Mont Lozère (1 699 m). Ces reliefs s'étendent sur la totalité du département de la Lozère, sur le nord-ouest du Gard, le nord de l'Hérault et l'extrême nord de l'Aude. Ils se composent :

- des plateaux de la Margeride et de l'Aubrac, au nord de la Lozère ;
- des Grands Causses (Causse de Sauveterre et Causse Méjean) entaillés par les gorges du Tarn, à l'ouest de la Lozère ;

- des Cévennes des serres et des valats (crêtes et vallées) où culmine l'Aigoual à 1 565 m d'altitude, au sud de la Lozère et au nord du Gard et de l'Hérault ;
- du Causse du Larzac, de ses contreforts (Iodévois) et des gorges de la Vis, au nord de l'Hérault et au nord-ouest du Gard ;
- des reliefs de l'Escandorgue et de la Montagne Noire (l'Espinouse, le Caroux et le Cabardès), au nord de l'Aude et au nord-ouest de l'Hérault.

Les garrigues et les bassins tertiaires

Vers le sud-est (Gard et est de l'Hérault), l'altitude et les reliefs s'abaissent pour laisser place aux garrigues et aux bassins de sédimentation tertiaire. Au pied des reliefs du Massif central et en amont des grandes plaines alluviales et littorales, s'étend une zone d'altitude intermédiaire (200-400 m) : les garrigues. Les paysages des garrigues, plateaux arides et de vallées encaissées, et les paysages de collines des bassins tertiaires se côtoient et s'imbriquent alors que les plaines du bassin rhodano-languedocien les incisent par endroit.

La plaine littorale des bassins rhodano-languedocien et du Roussillon et le delta du Rhône

Les bassins post-rift (rhodano-languedocien et du Roussillon) sont composés de collines et de plaines littorales jalonnées d'étangs. Ils s'étendent du Petit Rhône dans le Gard jusqu'au pied des Albères, dans les Pyrénées-Orientales. Ces bassins comprennent environ 180 km de plages sableuses et 40 km de côtes rocheuses. La région est limitée à l'est par le Rhône et son delta

Le bassin de Carcassonne et le bassin aquitain

A l'ouest, la région s'étend sur le bassin de Carcassonne, et l'extrémité du bassin aquitain. Le bassin de Carcassonne compose la majeure partie de l'Aude. Il s'étend de la montagne d'Alaric au seuil du Lauragais. Ce seuil correspond à la ligne de partage des eaux entre l'océan Atlantique et la mer Méditerranée et sépare le bassin de Carcassonne et le bassin aquitain. Ces deux bassins sont composés de plaines et de vallées alluvionnaires (Aude, Fresquel, etc.) ainsi que de collines (la Piege, le Quercorb, le Lauragais, le Bas-Minervois et le Razès). Ils sont séparés de la zone pyrénéenne par le massif du Mouthoumet aux reliefs anciens et arrondis.

La zone pyrénéenne

Au sud-ouest de la région, apparaissent les premiers contreforts puis la zone axiale de la chaîne pyrénéenne. Elle est bordée, au nord-est, par le bassin du Roussillon. Le bassin de la Cerdagne, au sud-ouest, s'individualise au niveau de la zone centrale. Au sud de l'Aude et au nord des Pyrénées-Orientales s'étend le massif des Corbières (du Pays de Sault à l'arc de Saint-Chinian). Dans l'Hérault subsistent quelques vestiges du soulèvement pyrénéen (causse d'Aumelas et le massif de la Gardiole). Dans les Pyrénées-Orientales, au nord de la vallée du Têt, le relief culmine à 2 921 m (pic Carlit) et, au sud de cette vallée, à 2 784 m (le Canigou). La haute vallée du Têt forme la Cerdagne. Enfin, au sud du Vallespir et de la haute vallée du Tech, se dresse le massif des Albères (1 256 m) au contact avec la frontière espagnole.

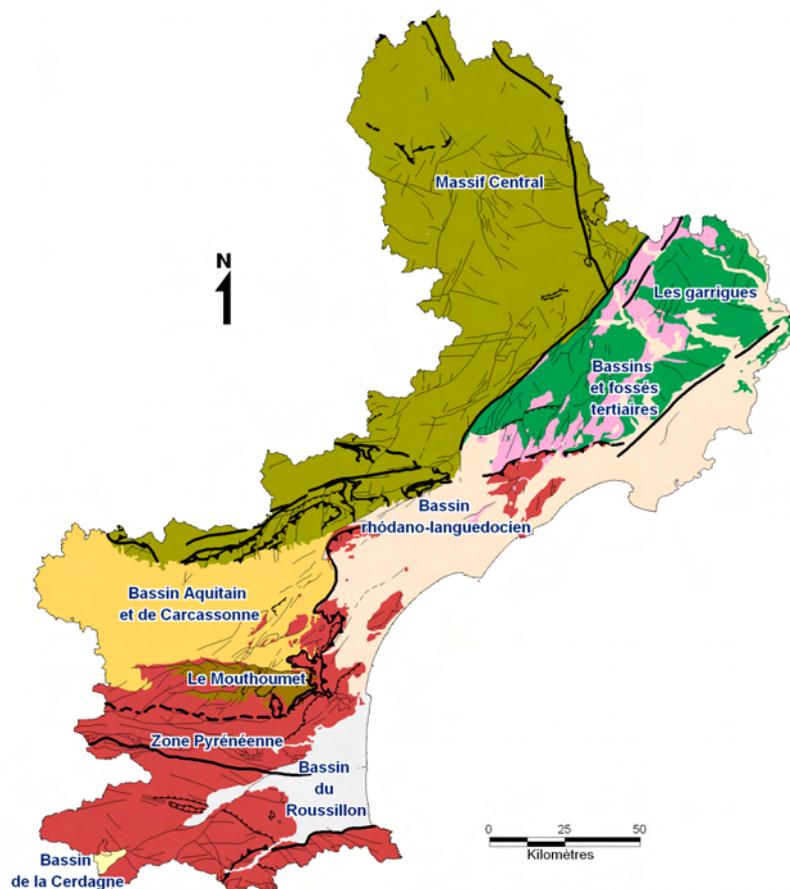


illustration 3 – Carte des grands ensembles géographiques du Languedoc-Roussillon

2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET CLIMATIQUE

La région Languedoc-Roussillon est traversée par de nombreux fleuves souvent éponymes des départements qu'ils traversent. La majorité des cours d'eau prend sa source dans les zones montagneuses (Pyrénées, Montagne Noire, Cévennes, ...) avec un chevelu très dense et se jette dans la mer Méditerranée. C'est notamment le cas des principaux fleuves :

- le Gard ou Gardon (source dans les Cévennes) ;
- l'Hérault (source au mont Aigoual, Cévennes) ;
- l'Orb, (source aux Monts de l'Escandorgue) ;
- l'Aude (source au Mont Carlit, Pyrénées-Orientales) ;
- le Tech et la Têt (sources dans les Pyrénées) ;
- l'Agly (source dans les Corbières).

Le Rhône limite la région à l'est. D'autres cours d'eau moins importants ont pour exutoire la Méditerranée. Dans l'Hérault, on trouve l'Orb, le Vidourle, le Lez et le Libron et dans l'Aude, la Berre.

Certaines rivières sont des affluents de cours d'eau au débit plus important. On peut citer la Cèze, affluent du Rhône, prenant sa source en Lozère et traversant le Gard, le Grand Hers, affluent de l'Ariège, le Tarn et le Lot, affluents de la Garonne et les rivières traversant les reliefs de la Montagne Noire et affluents de l'Aude comme l'Orbieu, l'Argent-Double et la Cesse.

Le régime des cours d'eau de la région est la plupart du temps irrégulier, avec des débits très faibles voire nuls pendant de longues périodes (essentiellement en été) et en crue, des débits considérables, pouvant provoquer l'inondation des vallées et des basses plaines.

On peut noter le passage, dans la région, du canal du Midi reliant la Méditerranée à la Garonne. Il commence à Marseillan près de Sète (Hérault), traverse le département de l'Aude et le seuil de Naurouze (ou du Lauragais) correspondant à la ligne de partage des eaux entre l'Atlantique et la Méditerranée. Ce canal est prolongé à l'est par le canal du Rhône à Sète reliant l'étang de Thau (vers Sète) au Rhône et traversant les départements du Gard et de l'Hérault.

La majeure partie de la région est sous l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs où les précipitations deviennent rares voire inexistantes et des hivers doux et humides. Ces caractéristiques méditerranéennes sont largement partagées par les reliefs pyrénéens. La douceur des hivers rend la neige très rare sur le littoral, mais l'arrière-pays montagneux, à plus haute altitude, est soumis à un climat plus froid et peut connaître des chutes de neige quelquefois abondantes en hiver.

Le climat méditerranéen présente une autre caractéristique : les précipitations sont très importantes sur des périodes très courtes (régime d'averse) et essentiellement aux intersaisons. Les Cévennes qui forment la barrière montagneuse sud des reliefs du Massif central en sont régulièrement le siège. Il peut se déverser brutalement de fortes pluies (l'équivalent de la moitié de la lame d'eau annuelle moyenne peut s'abattre en une journée) durant plusieurs jours sur des sols secs, ravinant et provoquant souvent de graves inondations dans les plaines et des mouvements de terrains dans les zones montagneuses. Ces pluies appelées « épisodes cévenols » sont dues aux vents de sud à sud-est chargés d'humidité venant de la Méditerranée provoquant des pluies orographiques et en plaine au pied des reliefs. Les principaux départements affectés par ces pluies sont le Gard, l'Hérault et la Lozère. Des phénomènes similaires, dus aux vents provenant de la Méditerranée, aux abords des zones montagneuses peuvent être observés dans l'Aude, au pied de la Montagne Noire, et dans les Pyrénées-Orientales (les Aiguats).

Certaines parties de la région reçoivent d'autres influences climatiques. Ainsi, les Causses, les Cévennes et les Pyrénées sont aussi sous l'influence du climat continental, l'Aubrac et le Lauragais sous l'influence du climat océanique et la Margeride sous l'influence du climat semi-continental.

Les vents locaux, liés à la présence de couloirs et de reliefs, sont nombreux et assez violents. On peut citer le mistral (vent du nord) et la tramontane (vent du nord-ouest).

**Carte géologique
de la région
Languedoc-Roussillon
Echelle 1/1 000 000**

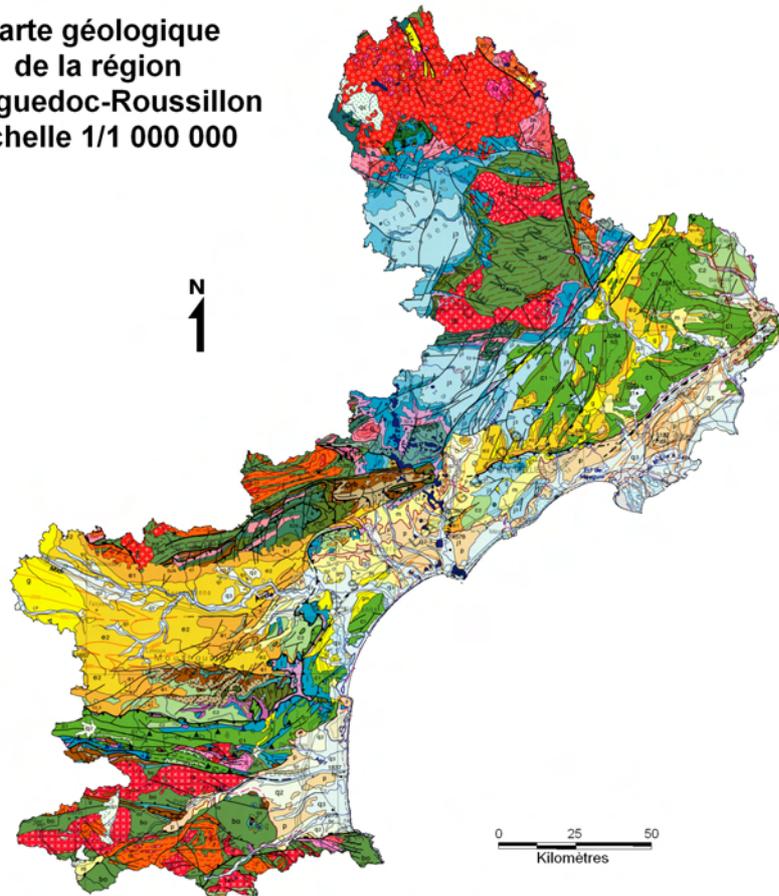


illustration 5 – Carte géologique de la région Languedoc-Roussillon (extrait de la carte au 1/1 000 000-©BRGM)

L'histoire géologique régionale peut être décomposée en deux cycles principaux :

- Le cycle hercynien du Néoprotérozoïque à la fin du Paléozoïque (600 à 245 Ma) : dépôts océaniques, convergence des plaques continentales, collision, naissance de la Pangée et surrection de la chaîne hercynienne.
- Le cycle Alpin à partir du mésozoïque (245 Ma) à aujourd'hui : zone de transition où les roches ont une origine téthysienne, avec une mise en place liée à l'ouverture de l'Atlantique et une configuration actuelle relative à l'évolution oligocène et plio-quadernaire.

Le cycle hercynien du Néoprotérozoïque à la fin du Paléozoïque (600 à 245 Ma)

De nos jours, cette chaîne est souvent masquée par des dépôts ou a été érodée par des événements plus récents. Elle constitue tous les massifs anciens des Pyrénées (Albères, Aspres, Canigou, Agly ...) et la majeure partie du domaine du Massif Central avec la Montagne Noire, l'Albigeois-Rouergue et les Cévennes. En Bas-Languedoc, elle est également présente sous les terrains secondaires et tertiaires comme en témoignent le massif du Mouthoumet et le cœur de la Montagne d'Alaric. De manière

générale les terrains apparaissent en grands ensembles qui se succèdent en se chevauchant vers le Sud.

Ces ensembles ont subi un certain nombre de transformations, sous des conditions extrêmes de pression et de température, avec le développement de schistosité (Cévennes et l'Albigeois) qui donne aux roches leur aspect feuilleté. C'est le métamorphisme qui provoque des recristallisations partielles ou totales des composants de la roche et les transforme en micaschistes, gneiss jusqu'à des roches proches des granites (Rouergue et Nord des Cévennes).

Au **Briovérien** : dans la région on ne sait que très peu de choses. Il existait des reliefs continentaux, comprenant notamment des granites.

Au **Cambrien inférieur** : dépôts détritiques de plate-forme et laves acides (Blaviérites) puis installation d'une sédimentation carbonatée (calcaires et dolomies).

Au **Cambrien moyen et à l'Ordovicien** : apports détritiques et passage d'un milieu de plate-forme à celui de bassin.

A **l'Ordovicien supérieur et au Silurien** : lacune d'importance variable (influence lointaine de l'orogénèse calédonienne). Les dépôts ne sont représentés qu'exceptionnellement dans la région de Cabrières (Est de la Montagne Noire) et dans les Monts de Lacaune (Murasson).

Au **Dévonien** : nouvelle plate-forme carbonatée (marbres rouges et roses de St-Pons en Minervois et Villefranche-de-Conflent, marbres noirs de Laurens et marbres griottes).

Au **Carbonifère inférieur** : creusement d'un sillon où se déposent les premiers produits de l'érosion de la chaîne hercynienne. Dans la région, le maximum de déformation, du à la chaîne hercynienne, est atteint à la fin du carbonifère inférieur avec de grandes nappes de charriage. Les dépôts sont de type "flysch", fins puis grossiers (accélération du soulèvement).

Au **Carbonifère supérieur ou " Houiller"** : érosion des reliefs en voie de surrection, favorisée par un climat subtropical à précipitations violentes. Naissance de grands décrochements et de la plupart des grands accidents régionaux (Failles des Cévennes, faille de Mazamet, Faille des Aires). Apparition de petits bassins d'effondrement avec accumulations très rapides des produits de l'érosion et des débris végétaux (charbons d'Alès de Graissessac et Decazeville)

Au **Permien** : période de transition distensive qui se traduit par de grandes ruptures de la Pangée et l'amorce d'ouvertures de nouveaux espaces océaniques comme l'Atlantique Nord. Rejeux en faille normale des grandes cassures et installation de larges bassins d'effondrement (bassins de Lodève, Gabian, St Affrique et Rodez). Les premiers dépôts sont encore riches en horizons à matière organique (pétrole à Gabian, Uranium à Lodève). Le climat évolue progressivement vers des conditions subtropicales à saisons alternées et aridité croissante : conditions oxydantes du milieu de dépôt et érosion des sols rouges tropicaux entraînés dans les bassins ("Rougier" à St Affrique, ou "Ruffes" à Lodève). Ces couches fines à stratification très régulière ont permis une conservation remarquable de traces telles que des impacts de gouttes de pluie, des fentes de dessiccation, des traces d'organismes fouisseurs et des

empreintes de pas d'amphibiens ou de reptiles. A la fin du Permien, la chaîne hercynienne est considérablement aplanie.

Le cycle Alpin du mésozoïque (245 Ma) à aujourd'hui

Ce cycle se décompose en quatre grandes phases :

- **La phase téthysienne** du Trias à la fin du Crétacé (245 à 65 Ma) : ouverture de la Téthys ligure et de l'Atlantique. Le Languedoc-Roussillon occupe la position d'une marge passive nord-occidentale de l'océan ligure en extension. Amorce de rifting rhéto-hettangien caractérisé par la mise en place de blocs basculés dans les chaînes ibériques et catalanes et par l'émission de tufs à la limite Rhétien-Hettangien.

Au **Trias** : retour progressif de la mer. Dépôts de puissantes séries de grès sur le littoral et dépôt de puissantes séries d'argilites à bancs de gypse et de sel à l'intérieur du bassin.

Au **Jurassique** : du Lias au Dogger (Jurassique inférieur et moyen), dépôts essentiellement marins et argilo-carbonatés avec un maximum d'approfondissement de la sédimentation entre le Domérien et le Toarcien. L'Hettangien est peu structuré avec d'importants dépôts dolomitiques depuis la marge ardéchoise jusqu'à la plate-forme languedocienne, les causses et la zone pyrénéenne. A partir du Sinémurien supérieur la plate-forme carbonatée liasique se structure de façon progressive d'est en ouest. Le Malm (Jurassique supérieur) se caractérise par des séquences de comblement et des dépôts argilo-carbonatés.

Au **Crétacé** : début du Crétacé marqué par une sédimentation argilo-carbonatée marine dans le bassin vocontien. Dès la fin du Crétacé inférieur, émergence quasi générale et naissance d'un profond sillon sur l'emplacement de la zone nord-pyrénéenne qui se remplit d'une importante série de flysch (alternance monotone de grès et d'argiles sur plusieurs milliers de mètres). Plus à l'est, vers les Corbières, dépôts moins profonds avec des grès et des calcaires intercalés dans des marnes. Du Languedoc à la Provence, mise en place d'un haut-fond : l'Isthme durancien, la sédimentation devient continentale, les sédiments jurassiques et crétacés sont le siège d'une karstification et la bauxite se forme (lessivage de la couverture pédologique en climat tropical et accumulation d'altérites dans les karsts). La collision de la plaque apulienne (Italie) avec la plaque européenne entraîne la fermeture définitive de l'océan ligure par subduction puis obduction et la formation des Alpes.

- **La phase pyrénéo-provençale** du Paléocène à l'Eocène (65 - 34 Ma) : surrection de la chaîne pyrénéenne.

La convergence et la collision de l'Ibérie contre l'Europe conduit à la surrection de la chaîne pyrénéenne au cours du Crétacé supérieur et de l'Eocène. Cette chaîne de direction est-ouest s'étend depuis l'Atlantique (Golfe de Gascogne) jusqu'au Golfe du Lion. Le mouvement des chevauchements est vers le Nord dans le Languedoc et la Provence, et vers le nord-ouest dans les Corbières. Cette tectonique compressive met un terme à la période de sédimentation marine généralisée du bassin vocontien.

Au début du **Paléocène** : la mer revient par l'ouest, en provenance de l'Atlantique, dans une nouvelle gouttière allongée au pied des Pyrénées.

A l'**Eocène inférieur et moyen** : dépôts des marnes marines dans les Corbières et dépôts de calcaires marins dans les monts du Minervois. La fin du golfe marin se situe plus à l'est vers Cessenon. Plus à l'est encore, dépôts de calcaires lacustres et palustres.

- **La phase méditerranéenne** de l'Oligocène au Miocène (34 - 6 Ma) : ouverture de la Méditerranée à l'Oligocène.

A l'**Oligocène et à l'Aquitainien** : "rifting" associé à la rotation du bloc Corso-Sarde vers l'est et à sa séparation de l'Europe qui conduira à l'ouverture du bassin Provençal et à la formation de la marge du Golfe du Lion. Dès cette époque, La disposition actuelle des reliefs en paliers jusqu'à la mer est acquise, en Languedoc Roussillon.

Il y a création des principaux fossés d'effondrement : fossés d'Alès, de Montoulieu, de l'Hérault, de Portel et de Tuchan. Dans ces fossés du bassin rhodano-languedocien, les dépôts de sédiments sont essentiellement détritiques continentaux et hétérogènes. En ce qui concerne le bassin du Roussillon, les premiers dépôts sont datés du Miocène. Il faut aussi signaler dans la région de Montpellier à Montferrier et à Grabels, un volcanisme actif daté de cette époque.

Au **Miocène** : dépôts de sables, argiles et calcaires dans une mer peu profonde. Maximum d'extension marine atteint au Miocène moyen puis régression dès le Tortonien pour s'amplifier au Tortonien supérieur à la suite de deux événements importants : la compression alpine et la crise de salinité messinienne. A cette période, l'affrontement des plaques Afrique et Europe entraîne une rotation antihoraire du bloc Corso-Sarde et de l'Italie et engendre une compression nord-ouest/sud-est : c'est la phase de surrection paroxysmale des Alpes.

- **Le plio-quatenaire** (6 Ma à aujourd'hui) : période Messinienne, (assèchement temporaire de la Méditerranée), volcanisme, remplissage plio-quatenaire et formation des morphologies et des paysages typiques de la région.

Au **Messinien** (5,8 Ma à 5,35 Ma) : soulèvement des massifs montagneux et assèchement partiel de la Méditerranée suite à la fermeture du détroit de Gibraltar au Tortonien. Ceci produit un abaissement du niveau marin de l'ordre de 1500 m. Formation de profonds canyons par érosion fluviale sur les bordures de la Méditerranée (Rhône Cèze, Hérault, Orb, Cesse, Agly, Têt, Tech).

Au **Pliocène** : transgression marine avec envahissement de la mer dans les vallées transformées en rias étroites et profondes. Dépôts synchrones d'argiles bleues à grises (Plaisancien) et de sables jaunes de l'Astien sous forme de Gilbert deltas. A la fin du Pliocène, large épandage de cailloutis et d'argiles continentales (Villafranchien) résultant de l'érosion des reliefs.

Au **milieu du Pliocène et au début du Quaternaire** : importante activité volcanique (l'Escandorgue, Agde). Elle a la particularité d'être de plus en plus jeune en descendant vers le sud.

Au **Quaternaire** : les massifs montagneux continuent de se soulever. Alternance des phases de creusements et d'alluvionnements conditionnées par les phases de glaciation. Au Pléistocène, les dépôts d'alluvions sont grossiers (galets, graviers). A l'Holocène, le niveau de la mer remonte ce qui diminue l'intensité de l'érosion continentale.

2.4. RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN : ETAT DES LIEUX DE L'INFORMATION PREVENTIVE

Les mouvements de terrain liés au retrait-gonflement des sols argileux (tassements différentiels liés à la sécheresse et réhydratation) ne sont pas intégrés à la cartographie régionale et ne sont par conséquent pas intégrés aux synthèses sur l'information préventive qui suivent. En effet, la prise en compte de cet aléa a fait l'objet de cartographies d'aléa à l'échelle départementale par le BRGM pour l'Hérault, le Gard et l'Aude. Ces cartographies doivent déboucher sur la réalisation de PPR sur les communes les plus concernées par ces phénomènes. Les départements de la Lozère et des Pyrénées Orientales seront couverts fin 2009.

L'ensemble des données présentées est compilé depuis la base Gaspar accessible depuis le site du MEDDAAT (www.prim.net – avril 2008).

2.4.1. Arrêtés de catastrophe naturelle

La loi n° 82-600 modifiée du 13 juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (art. L.125-1 à L.125-6 du code des assurances) a pour but l'indemnisation des biens assurés suite à une catastrophe naturelle par un mécanisme faisant appel à une solidarité nationale. L'indemnisation des catastrophes naturelles est possible dans le cas où celles-ci font l'objet d'un arrêté ministériel de catastrophe naturelle publié au journal officiel.

Selon le MEDDAAT (base Gaspar du site www.prim.net), 284 arrêtés de catastrophes naturelles relatifs au phénomène « mouvements de terrain » ont été publiés. Entre 1983 et 2003, 257 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sur la région Languedoc-Roussillon. Ces arrêtés sont une information fragmentaire sur la localisation des phénomènes et ne donne aucune information précise sur leur nature.

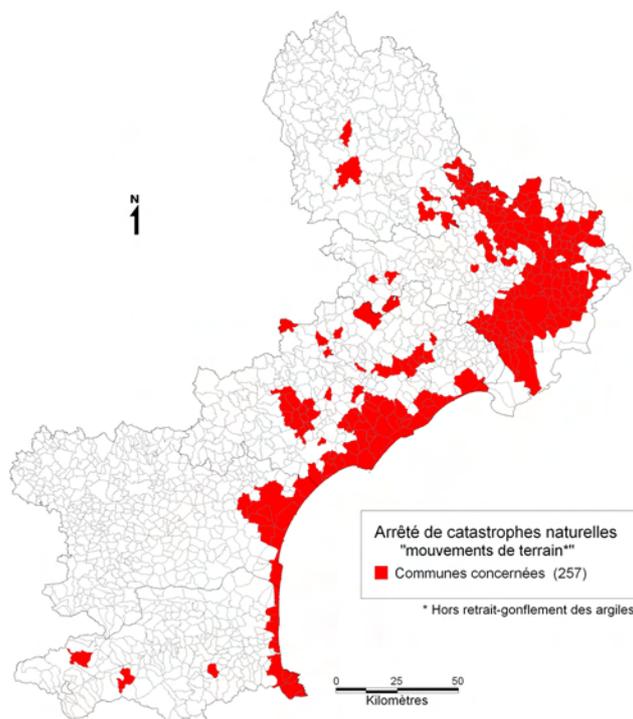


illustration 6 – Carte des communes ayant fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle « mouvements de terrain » (source : base Gaspar)

2.4.2. DDRM

La loi du 13 août 2004, au terme de l'article 1 « *La sécurité civile a pour objet la prévention des risques de toutes natures, l'information et l'alerte les populations ainsi que la protection des personnes, des biens et de l'environnement contre les accidents, les sinistres et les catastrophes.* », est venue parachever un processus engagé depuis le début des années 2000 tendant à moderniser fondamentalement la sécurité civile. La loi de modernisation de la sécurité civile vient ainsi compléter la loi du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels, et prévoit dorénavant que l'information fait partie intégrante de la sécurité civile.

Dans ce cadre le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) constitue la contribution des services de l'Etat à la connaissance des risques. Ce recueil de données, établi par le préfet, est destiné à partager l'information avec les élus, les acteurs de terrain et les citoyens pour une meilleure prévention des risques. Il est consultable en mairie, à la préfecture et en sous-préfecture. La région Languedoc-Roussillon compte 343 communes concernées par les mouvements de terrain dans les DDRM (base Gaspar, www.prim.net).

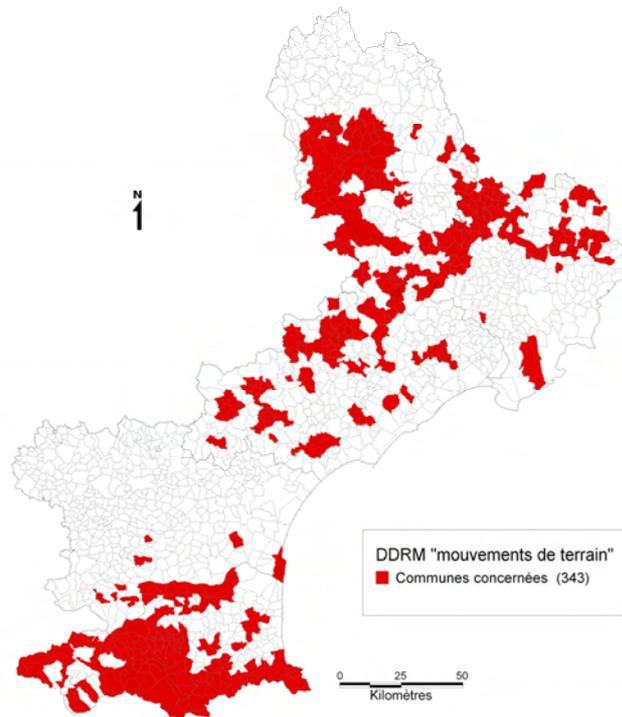


illustration 7 – Carte des communes concernées par les mouvements de terrain dans les DDRM
(source : base Gaspar)

2.4.3. DCS / DICRIM

Le Dossier communal synthétique des risques majeurs (DCS) est un document réglementaire qui présente les risques naturels et technologiques encourus au sein d'une commune. Il a pour objectif d'informer et de sensibiliser les citoyens. Il est consultable en mairie.

Le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) est un document réalisé par le maire dans le but d'informer les habitants de sa commune sur les risques naturels et technologiques qui les concerne. Il comporte les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mise en œuvre ainsi que les moyens d'alerte en cas de survenance d'un risque. Il vise aussi à indiquer les consignes de sécurité individuelles à respecter, consignes qui font également l'objet d'une campagne d'affichage, organisée par le maire et à laquelle sont associés les propriétaires de certains bâtiments (locaux à usage d'habitation regroupant plus de quinze logements par exemple). L'ensemble des dispositions réglementaires concernant le DICRIM est aujourd'hui codifié au Code de l'Environnement (CE), articles R125-9 à R125-14. Elles sont complétées par le décret n°2005-233 du 14 mars 2005 relatif à l'établissement des repères de crues et par le décret n°2005-1156 du 13 septembre 2005 relatif au plan communal de sauvegarde.

Dans la région Languedoc-Roussillon, 15 communes sont concernées par un DICRIM et 89 par un DCS comportant au moins un mouvement de terrain, (données de la base Gaspar, www.prim.net).

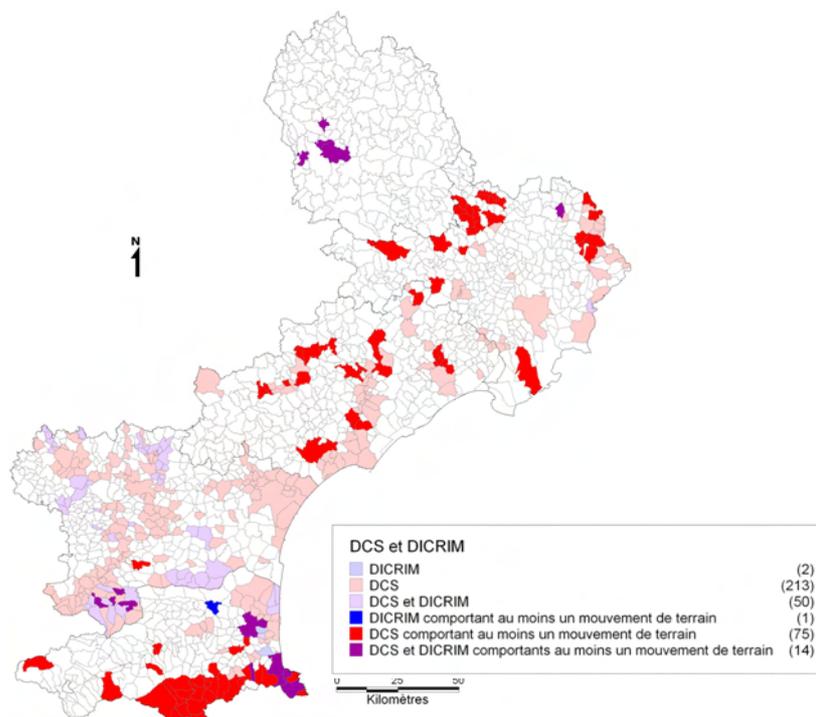


illustration 8 – Carte des communes concernées par un DCS et/ou un DICRIM (source : base Gaspar)

2.4.4. R111.3 / PER / PPR

La cartographie de l'aléa lié aux mouvements de terrain s'est développée en France entre 1969 et 1970 après de dramatiques événements liés à des phénomènes naturels et faisant de nombreuses victimes (catastrophes du Plateau d'Assy et de Val d'Isère). A l'époque, les pouvoirs publics ne disposaient que de textes très généraux comme le code de l'Urbanisme dont l'article R111.3 stipulait « *La construction sur des terrains exposés à un risque tel que : inondation, érosion, affaissement, éboulement, avalanche peut, si elle est autorisée, être soumise à des conditions spéciales. Ces terrains sont délimités par arrêté préfectoral...* ». Dès 1967, une cartographie innovante par commune, s'appliquant aux mouvements de terrain et aux aléas hydrauliques et nivologiques (Isère), fut lancée en application de l'article R111.3.

C'est toutefois la loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles, qui va généraliser la cartographie des risques naturels dans la pratique administrative. Cette loi repose sur deux principes, la solidarité nationale et la responsabilisation des intéressés. L'Etat met alors en place l'élaboration des Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles (PER) à l'échelle communale couvrant quatre types d'aléas (sismique, hydrologique, nivologique et de mouvements de terrain). Assez peu de PER ont été réalisés.

Enfin, la législation a évolué avec la loi du 2 février 1995 relative à la protection de l'environnement. Avec cette loi, se crée les Plan de Prévention des Risques naturels (PPR). La loi instaurant les PPR n'est plus une loi d'assurance mais une véritable loi de sécurité civile et d'aménagement du territoire.

Sur l'ensemble de la région, 5 cartographies de l'aléa mouvement de terrain ont été menées en application de l'article R111.3 du code de l'Urbanisme. 12 PER et 68 PPR « mouvements de terrain » ont été prescrits et/ou approuvés (base Gaspar, www.prim.net).

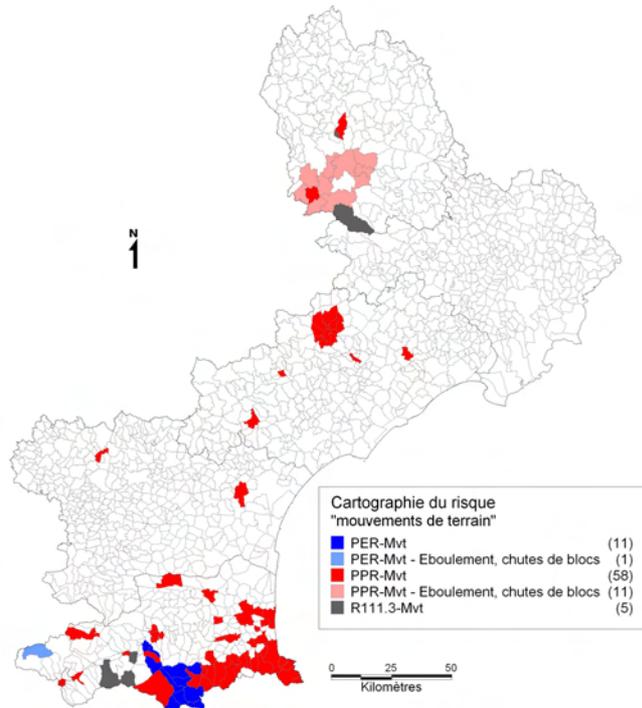


illustration 9 – Carte des communes où la cartographie du risque « mouvements de terrain » a été prescrite et/ou approuvée (source : base Gaspar)

3. Méthodologie générale

Le programme vise à établir une cartographie régionale de la susceptibilité aux mouvements de terrain à l'échelle du 1/250 000. Cette cartographie représente un outil fondamental d'aide à la décision pour la programmation d'action de prévention des phénomènes mouvements de terrain. Les moyens d'accéder à ce résultat sont variables en fonction du niveau de restitution souhaité en termes de zonage cartographique.

Il existe trois grands types d'approches cartographiques de l'aléa :

- l'expertise : méthode la plus utilisée reposant sur l'expérience de l'expert qui se base sur des observations de terrain et l'analyse des évènements passés. Elle permet le passage de l'approche globale à l'observation réelle de terrain et réciproquement. Dans certain cas, l'expertise peut s'appuyer sur des critères explicites simples (facteurs déterminants) et sur des croisements de type SIG ;
- l'approche déterministe : méthode utilisée pour des évènements simples et reposant sur des analyses mécaniques (modèles de stabilité pour les glissements de terrain). Ce type d'approche est utilisée pour l'étude de cas mais est inapplicable en cartographie à grande échelle en raison de la qualité ou de la validité des données généralement disponibles – ou des moyens dont il faudrait disposer pour les acquérir ;
- l'approche probabiliste ou statistique : le choix des critères dépend de l'analyse en retour des évènements historiques. Elle permet, par exemple, de définir une échelle de hiérarchisation des facteurs de prédisposition. Cette méthode requiert une grande quantité de données évènementielles fiables.

La démarche retenue pour ce programme conjugue à la fois l'expertise et l'approche probabiliste. L'approche probabiliste sert, dans ce projet, à caractériser l'intensité des phénomènes (analyse de la distribution des volumes des évènements passés) et l'expertise vient combler le manque au niveau du nombre de données évènementielles (de la base de données mouvements de terrain) pour certaines formations géologiques ou compléter l'analyse existante.

De façon générale, l'aléa est défini comme « *la probabilité d'apparition d'un phénomène donné, d'intensité donnée, sur un territoire donné, dans une période de référence donnée* ». Cette définition peut être décomposée de la façon suivante :

- un phénomène donné : cela comprend le type de phénomène (glissement, chute de blocs, éboulement, affaissement, effondrement) ;
- une intensité donnée : intensité de ce phénomène (glissement de grande ampleur ; chute de bloc isolée, éboulement en masse, ...) permettant de moduler l'aléa. Dans ce projet, l'intensité va être représentée par le volume des matériaux mis en jeu (volume de la masse glissée, volumes total de l'éboulement et volume unitaire des blocs le composant, ...) ;
- un territoire donné : c'est la composante spatiale de l'aléa. L'aléa s'applique sur une zone que l'on va délimiter. Dans l'étude, la composante spatiale est appréhendée à

partir de la lithologie (nature des matériaux) et de la morphologie (pente) des zones cartographiées ;

- une période de référence donnée : c'est la composante temporelle de l'aléa qui définit la possibilité, plus ou moins grande, d'occurrence temporelle du phénomène. Cette notion est très difficile à appréhender à l'échelle locale. Les analyses locales préconisent la notion de « probabilité d'occurrence dans un délai fixé » mais à l'échelle d'une région entière, il est impossible de prendre en compte ce paramètre car il dépend des facteurs locaux.

Dans le cadre du projet, l'aléa est traduit comme une **échelle relative de susceptibilité des formations à l'apparition d'un phénomène donné, d'une intensité donnée, dans un contexte géomorphologique donné pour des périodes équivalentes**. Ces périodes peuvent être considérées de l'ordre de la durée de vie des enjeux présents. A ce titre, les cartes proposées finalement sont intitulées « cartes de susceptibilité ».

Cette notion est également justifiée par le fait que certains phénomènes ne se déclenchent qu'une fois dans un endroit donné (cas d'un glissement de terrain par exemple). Leur probabilité de survenance ne correspond donc pas à une période de retour, mais à l'existence de conditions favorables au déclenchement.

L'approche retenue intègre à la fois l'expertise, l'analyse des événements passés et une synthèse cartographique par SIG. Elle se base sur une analyse de la susceptibilité des faciès géologiques, c'est-à-dire sur les facteurs dits permanents (ou de prédisposition) comme la lithologie et la morphologie (pentes). La méthode ne prend pas en compte les facteurs de déclenchements des phénomènes qui sont, soit locaux (travaux, surcharge, ...) et ne peuvent pas être pris en compte à l'échelle de travail, soit généraux (pluie, gel-dégel, ...) qui affectent une grande partie des formations en même temps sans distinction fiable d'une zone géographique à une autre.

La définition des phénomènes retenus pour la cartographie est établie à partir de la typologie des mouvements de terrain dans la région Languedoc-Roussillon (§ 6).

Dans ce programme, les grands types de phénomènes retenus pour la cartographie régionale sont :

- les glissements de terrain ;
- les chutes de blocs et éboulements ;
- les affaissements et effondrements de cavités.

Les phénomènes exclus de la cartographie sont :

- les mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse et la réhydratation des sols (cf. § 2.4) ;
- les coulées boueuses, le charriage torrentiel, le ravinement et les érosions de berges car trop attachés à des phénomènes locaux difficilement cartographiable à l'échelle de la région ;
- les phénomènes littoraux (érosions et submersions marines) dépendant de paramètres comme les marées, les tempêtes, les variations du niveau marin,

La méthodologie générale employée peut être représentée dans un organigramme comme le montre l'illustration 10.

La méthode repose sur les actions suivantes :

Collecte et structuration des données de base

Les données de base sont composées de données cartographiques (numériques ou non), d'inventaires et de bases de données. Ces données se trouvent sous plusieurs formes : tableau de données Microsoft Excel®, base de données Microsoft Access®, ou table MapInfo®. La première tâche à réaliser est de collecter, d'actualiser et de structurer ces bases de données, en vérifiant leur représentativité à l'échelle régionale.

Carte lithostratigraphique harmonisée de la région au 1/250 000

Il n'existe pas de carte géologique harmonisée de la région à l'échelle du projet (1/250 000). La deuxième étape consiste donc à harmoniser, du point de vue lithologique et stratigraphique, les données géologiques brutes collectées. Cette carte harmonisée est la base cartographique de toutes les cartes produites de ce projet.

Cette harmonisation comprend une phase d'harmonisation des contours et des légendes des cartes existantes : couverture partielle à l'échelle 1/250 000, 1/100 000 et 1/50 000 (§ 4.1). Le résultat est une base de données cartographique (SIG) développée sous MapInfo (§ 5).

Typologie régionale des mouvements de terrain

L'analyse de la typologie des mouvements de terrain est le préalable fondamental à la cartographie des susceptibilités puisque elle détermine les conditions d'apparition des phénomènes.

La définition de la typologie des mouvements de terrain consiste à répondre aux questions : quels types de mouvements de terrain sont susceptibles de se produire dans la région ? Quels sont les facteurs permanents et déclencheurs de ces mouvements à l'échelle de travail ? De quelles intensités sont les mouvements de terrain régionaux ?

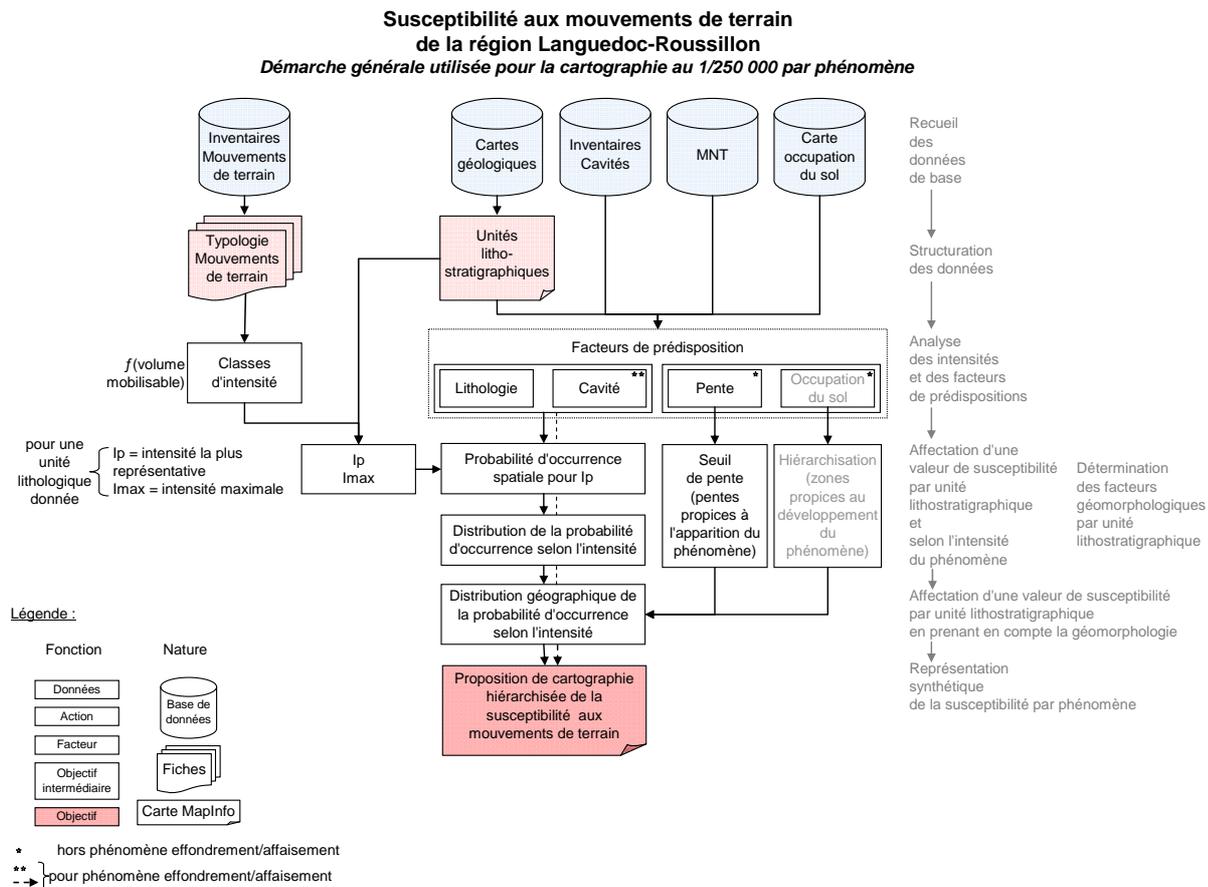


illustration 10 – Organigramme de base proposé pour le projet

Cette typologie est basée sur les inventaires départementaux des mouvements de terrain (www.mouvementsdeterrain.fr), complétés par les inventaires départementaux des cavités souterraines (www.bdcavite.net) pour le phénomène affaissement/effondrement, et sur la connaissance régionale des phénomènes.

La typologie régionale est présentée par grand types de mouvements de terrain (glissement, chutes de bloc/éboulement et affaissement /effondrement). Elle comprend notamment :

- des fiches classées par sous-types liés aux mécanismes de rupture mis en jeu ;
- une analyse sommaire de l'intensité des phénomènes (et des volumes concernés) ;
- les principaux facteurs permanents et déclencheurs.

Cartographie de la susceptibilité par phénomène

La cartographie de la susceptibilité par phénomène est réalisée à partir de l'analyse des données événementielles des mouvements de terrain, de l'expertise géologique régionale et à l'aide de traitements SIG.

La méthode consiste à hiérarchiser les formations lithostratigraphiques vis-à-vis des facteurs permanents définis par la typologie pour chaque type de phénomène. A l'échelle proposée, les facteurs intégrés sont :

- la géologie : lithologie et stratigraphie ;
- la morphologie : pentes des terrains, zones rocheuses, occupation du sol ;
- la présence ou non de cavités souterraines (phénomène « affaissement et effondrement »).

La méthodologie développée est différente d'une part pour les phénomènes glissement et chute de blocs/éboulement et d'autre part pour les affaissement/effondrement. Les phénomènes affaissement et effondrement ne sont pas influencés par la morphologie des terrains (pente) et prennent en compte d'autres paramètres comme la présence de cavités souterraines.

La hiérarchisation de la susceptibilité des formations aux phénomènes est donc réalisée selon le double critère « géologie-pente » pour les glissements et chutes de blocs et selon le double critère « géologie-cavité » pour les effondrements.

En ce qui concerne les phénomènes de glissements et de chutes de blocs, un premier travail consiste à classer l'information sur les mouvements de terrain par formations géologiques sur base de données afin de hiérarchiser les formations :

- identification des formations géologiques sensibles aux phénomènes en fonction des mouvements recensés et de la lithologie des formations ;
- caractérisation de l'intensité des phénomènes pour chaque formation : définition de I_p , intensité jugée représentative, et de I_{max} , intensité maximum, pour chaque formation. Ces intensités sont caractérisées par expertise en s'appuyant sur les intensités des mouvements effectivement recensés. A cette étape, on peut répondre à la question : quel phénomène et quelle intensité est-on susceptible de trouver au sein de telle formation ;
- détermination des probabilités d'occurrence spatiale selon l'intensité des phénomènes en fonction des intensités jugées représentatives de chaque formation et de son pourcentage de surface affleurante des lithologies sensibles au phénomène ;
- détermination des conditions d'apparition des phénomènes en fonction de la morphologie (seuil de pente naturel et MNT par formation géologique et type de phénomène). Cette analyse s'appuie en partie sur l'inventaire évènementiel ;
- codification de la susceptibilité selon l'intensité pour chaque formation.

Sur la base de cette codification, la cartographie est réalisée sous plate-forme SIG (MapInfo© et ArcGis©) :

- gestion et structuration des données cartographiques en modèle maillé (raster) au pas de 50 m compatible avec le MNT de l'IGN.
- analyse spatiale lithologie-pente. A cette étape, on peut répondre aux questions : oui ou non peut-on avoir tel type de mouvements de terrain au sein de tel secteur et quelle probabilité a-t-on de trouver tel phénomène de telle intensité, au sein de telle formation, en fonction du contexte géomorphologique régional ;

- cartographie de susceptibilité par phénomène et par intensité sous un modèle maillé au pas de 50 m ;
- restitution à l'échelle 1/250 000 par le passage à un raster à résolution réduite. Deux méthodes d'agrégation sous SIG (ArcGis©) sont testées : agrégation maximum et agrégation médiane (§ 7.1.6). Le choix s'est porté sur le couplage des deux méthodes : méthode « médiane » enrichie par la méthode « maximum » pour les zones où la susceptibilité médiane est nulle alors que la susceptibilité défini au pas de 50 m est non nulle.
- cartographie de la susceptibilité par phénomène et par intensité à l'échelle du 1/250 000.
- Proposition de cartographie de la susceptibilité par phénomène intégrant les différentes intensités retenues à l'échelle du 1/250 000.

Pour le phénomène affaissement et effondrement de cavités **naturelles** (karsts et évaporites), les étapes permettant la détermination de la susceptibilité sont :

- identification des formations susceptibles de contenir des cavités naturelles (karsts et évaporites) ;
- identification des formations susceptibles d'être affectées par des mouvements. En effet, il est à noter que les formations affectées par de tels mouvements ne sont pas nécessairement celles contenant des cavités (qu'elles soient naturelles ou anthropiques). Ceci implique un raisonnement en termes de séquence lithostratigraphique. Un effondrement de cavité en profondeur peut affecter l'ensemble de la colonne de sol sus-jacente. La propagation de cet effondrement vers la surface dépend directement de la nature des terrains de recouvrement. Il a donc été choisi d'évaluer également la susceptibilité dans les zones proches des formations susceptibles de contenir des cavités naturelles ;
- caractérisation géologique des formations jugées susceptibles vis-à-vis de deux critères : compétence et teneur en vides à partir des données d'inventaire notamment ;
- évaluation de la susceptibilité des formations susceptibles de contenir des cavités par analyse croisée des facteurs de prédisposition ;
- évaluation de la susceptibilité des formations de recouvrement à proximité des zones contenant des cavités en fonction des vides potentiels affectant la formation contenant des cavités et la nature de la formation de recouvrement ;
- cartographie et restitution à l'échelle 1/250 000.

Pour les phénomènes d'affaissements et d'effondrements **anthropiques** (carrières et ouvrages civils), les étapes sont :

- recensement des indices de cavités. Ils correspondent aux éléments d'origine anthropique (mines, carrières, ouvrages civils ...) recensés dans la base de données cavités souterraines et auprès de GEODERIS pour les mines ;
- cartographie des zones potentiellement exposées au phénomène affaissement et effondrement anthropique aux abords des zones de travaux souterrains recensés.

Cette représentation n'intègre ni la géologie des formations, ni la géométrie des cavités recensées. La cartographie résultante est une carte des zones potentiellement exposées au phénomène affaissement et effondrement anthropique.

Validation des méthodes et des résultats, correction éventuelles

La validation des cartographies par type de phénomène s'effectue :

- par rétro-analyse sur les données collectées, densité par faciès, occurrences, ... et en fonction de l'expertise du BRGM ;
- par comparaison avec la connaissance actuelle de l'aléa « mouvement de terrain » au niveau des documents d'information préventive existants ;
- par vérification sur secteur « vierges » (sans événements recensés) ;
- par avis et analyses des documents produits par le Groupe de Travail « Mouvements de Terrain » de l'Observatoire Régional des Risques Naturels de la Région Languedoc-Roussillon.

En fonction de ces analyses, des corrections éventuelles soit par évolution des méthodes d'analyses ou de traitement SIG, soit par modification locale sur la susceptibilité de telle ou telle formation à tel ou tel phénomène ont été apportées.

Les résultats du travail mené ont été approuvés par le Groupe de Travail « Mouvement de terrain » rassemblant, outre les représentants des donneurs d'ordre (DIREN et Conseil Régional) et du BRGM, des représentants du Service de Restauration des Terrains de Montagne (ONF-SRTM), des Conseils Généraux de l'Hérault et de l'Aude, du Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement et de la Direction Départementale de l'Equipement de la Lozère :

- Conseil Régional : Service Eau et Prévention des Risques Naturels – Chargée de projet "Observatoire régional des risques naturels", chargée d'étude "Réduction de la vulnérabilité aux risques naturels"
- DIREN Languedoc-Roussillon – Chargé de prévention des risques naturels
- Conseil Général de l'Aude : Service Ressource en Eau et Géologie – Géologue
- Conseil Général de l'Hérault : Service Espaces Naturels et Domaines Départementaux – Géologue
- DDE de la Lozère : Service des Politiques de Prévention et d'Aménagement – Chef de la Cellule Environnement
- CETE : Antenne CETE LR – Ingénieur Géologue / Docteur en Hydrogéologie / Chargé d'études géologie, terrassement et risques naturels
- SDRTM des Pyrénées-Orientales – Chef du Service Départemental, géologue
- BRGM : Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon – Ingénieur géotechnicien / chargé de mission risques géologiques

Les objectifs de ce groupe de travail auquel les documents produits ont été présentés à l'avancement des travaux ont été en particulier :

- afficher les limites et les perspectives de valorisation du programme réalisé et notamment d'identifier les secteurs pour lesquels la susceptibilité aux mouvements

de terrain est sous-évaluée ou surévaluée au regard des connaissances de chacun des participants (cf. § 8.2.1) ;

- de recueillir les avis sur le mode de diffusion du programme (cf. § 7.1.8 : type de carte, cartes d'intensité ...) ;
- proposer et retenir une représentation des résultats par phénomène qui fasse consensus au niveau de l'affichage.

4. Collecte et structuration des données de base

4.1. GEOLOGIE

Les données géologiques de bases acquises ou disponibles au BRGM dans le cadre du programme sont :

- cartes géologiques vectorielles à l'échelle 1/250 000 (feuille Montpellier, Valence et Marseille) ©BRGM ;
- carte géologique vectorielle de la Catalogne à l'échelle 1/250 000 ©IGC (Institut Geologic de Catalunya) ;
- cartes géologiques vectorielles harmonisées à l'échelle 1/50 000 des départements de l'Aude (11), du Gard (30), de l'Hérault (34) et de la Lozère (48) ;
- cartes géologiques au format papier ou au format numérique (scans) à l'échelle 1/50 000 de la région et notices géologiques associées ;
- synthèse cartographique à l'échelle 1/100 000 du Massif des Corbières et des formations cénozoïques du bassin du Roussillon.

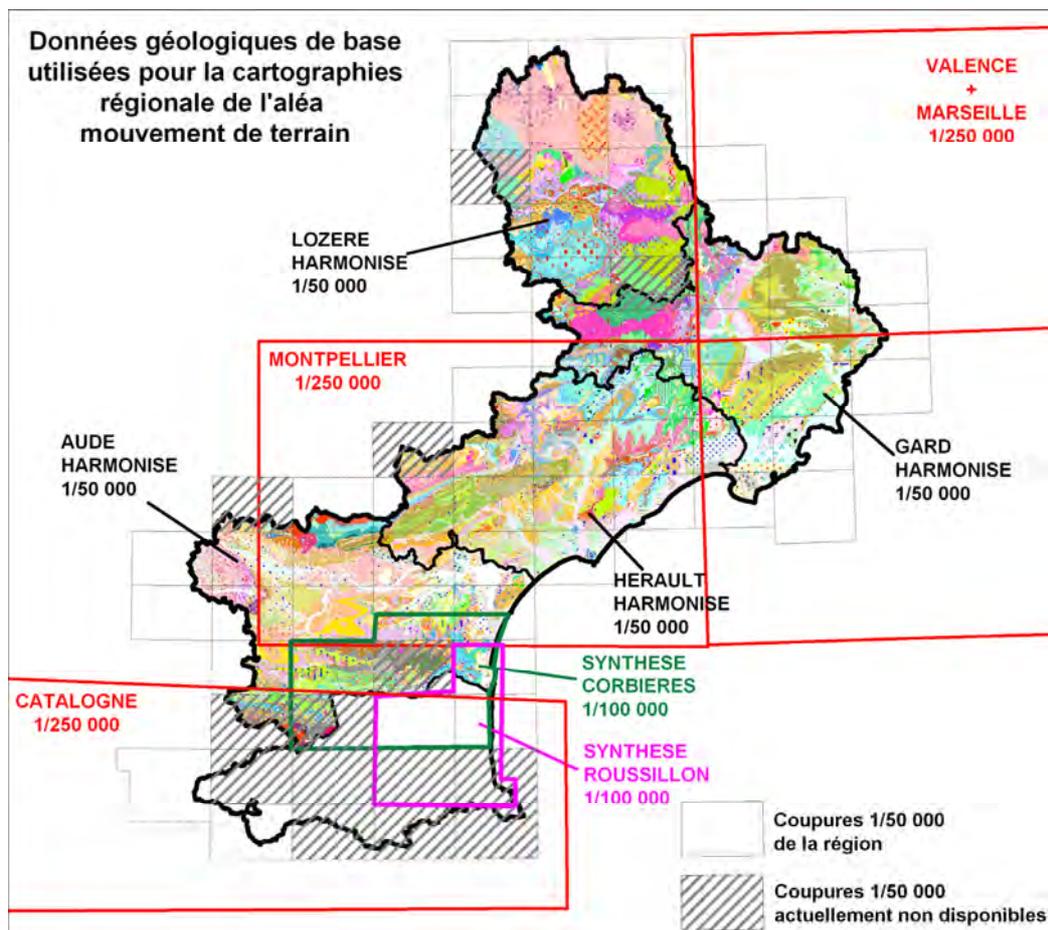


illustration 11 – Données géologiques utilisées pour la cartographie régionale

C'est la synthèse et l'harmonisation (développée dans le § 5) de ces données qui ont servi de base pour le traitement cartographique de la susceptibilité aux mouvements de terrain.

4.2. MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les évènements « mouvement de terrain » collectés viennent en majeure partie de la base de données nationale sur les mouvements de terrain (www.mouvementsdeterrain.fr – MEEDDAT / BRGM / RTM / LCPC). Cette base rassemble les résultats des inventaires départementaux (MEEDDAT, BRGM/RTM), les compléments d'inventaires (MEEDDAT, BRGM) ainsi que les données issues d'inventaires plus ponctuels (MEEDDAT, BRGM/LCPC). En ce qui concerne la région Languedoc-Roussillon, cette base référence **2015 évènements** « mouvements de terrain » provenant :

- des inventaires départementaux des mouvements de terrain de l'Aude et du Gard (BRGM, 2003) et de leurs compléments (BRGM, 2007) ;
- de l'inventaire partiel des mouvements de terrain de la Lozère (BRGM, 2000) ;
- du déversement des données mouvements de terrain de l'Hérault (LCPC/BRGM) ;
- de l'inventaire départemental des Pyrénées-Orientales (RTM).

Dans le cadre du projet, ces données ont été complétées par les évènements récents connus et non intégrés à la base de données BdMvt. Ainsi, **314 données** « mouvement de terrain » ont été rajoutées dont 296 chutes de blocs/éboulements, 7 glissements, 9 effondrements et 2 coulées boueuses. Ces mouvements répertoriés seront à intégrer à la base nationale dans le cadre de projets d'enrichissement des données.

Au total, ce sont **2329 mouvements de terrain** qui ont servi de base à l'étude, dont :

- 1340 chutes de blocs/éboulement soit environ 57 % des cas ;
- 783 glissements soit environ 34 % des cas ;
- 137 affaissements/effondrements soit environ 6 % des cas ;
- 69 coulées boueuses soit environ 3 % des cas.

La répartition par département des évènements collectés dans la région est représentée sur l'illustration 12. Ces données ne sont bien sûr pas exhaustives mais sont considérées comme caractérisant la grande majorité des contextes géomorphologiques concernés par des phénomènes observés dans la région.

Ces 2329 données ont été structurées en base de données et cartographiées sous SIG par grand type de phénomène. Un extrait de la base de données (Excel©) est présenté en annexe 1. Cette base de données complète, les tables et cartes MapInfo© fournies au format numérique dans le CD-ROM accompagnent ce rapport.

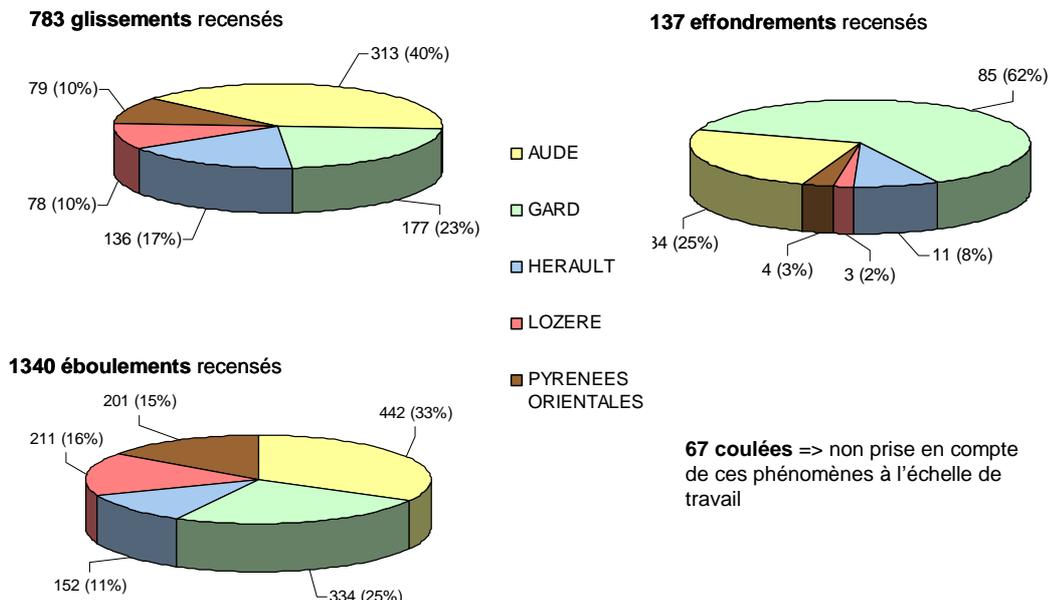


illustration 12 – Répartition des évènements mouvements de terrain de la région Languedoc-Roussillon par département

La base de données Excel© et la table MapInfo© comprennent les champs suivants :

ID_MVT	Numéro d'identifiant du mouvement
ORGANISME	Organisme qui a recensé le mouvement
DEP	Département où se localise le mouvement
NUM_INSEE, COMMUNE, LIEU_DIT	Numéro INSEE de la commune, commune, lieu-dit et commentaire sur le lieu où se localise le mouvement
XCOORD, YCOORD, PREC_XY	Coordonnée géographique (Lambert II carto) et précision des coordonnées du mouvement
TYPE_MVT, FIABILITE	Type du mouvement (1 : glissement, 2 : chute de blocs, 3 : coulée boueuse, 4 : effondrement) et sa fiabilité
DATE_DEB_MVT, PREC_DATE_DEB	Date à laquelle le mouvement a vraisemblablement commencé et sa précision
CAUSE_NAT, CAUSE_ANT	Mouvement causé par un évènement naturel / anthropique
COM_GEOLOGIE, AGE, NOTATION, LITHO	Commentaires et détails sur la géologie de la zone affectée par le mouvement (âge stratigraphique, notation géologique, lithologie)
EXIST_DOMMAGE_BIEN	Existence de dommage aux biens
VOLUME, DIAMETRE	Paramètres de la géométrie du mouvement (selon le type de phénomène)
COMMENTAIRE	Commentaire général sur le mouvement

illustration 13 – Champs de la base de données régionale Languedoc-Roussillon

La répartition sur le territoire régional des mouvements selon leur type est représentée sur l'illustration 14.

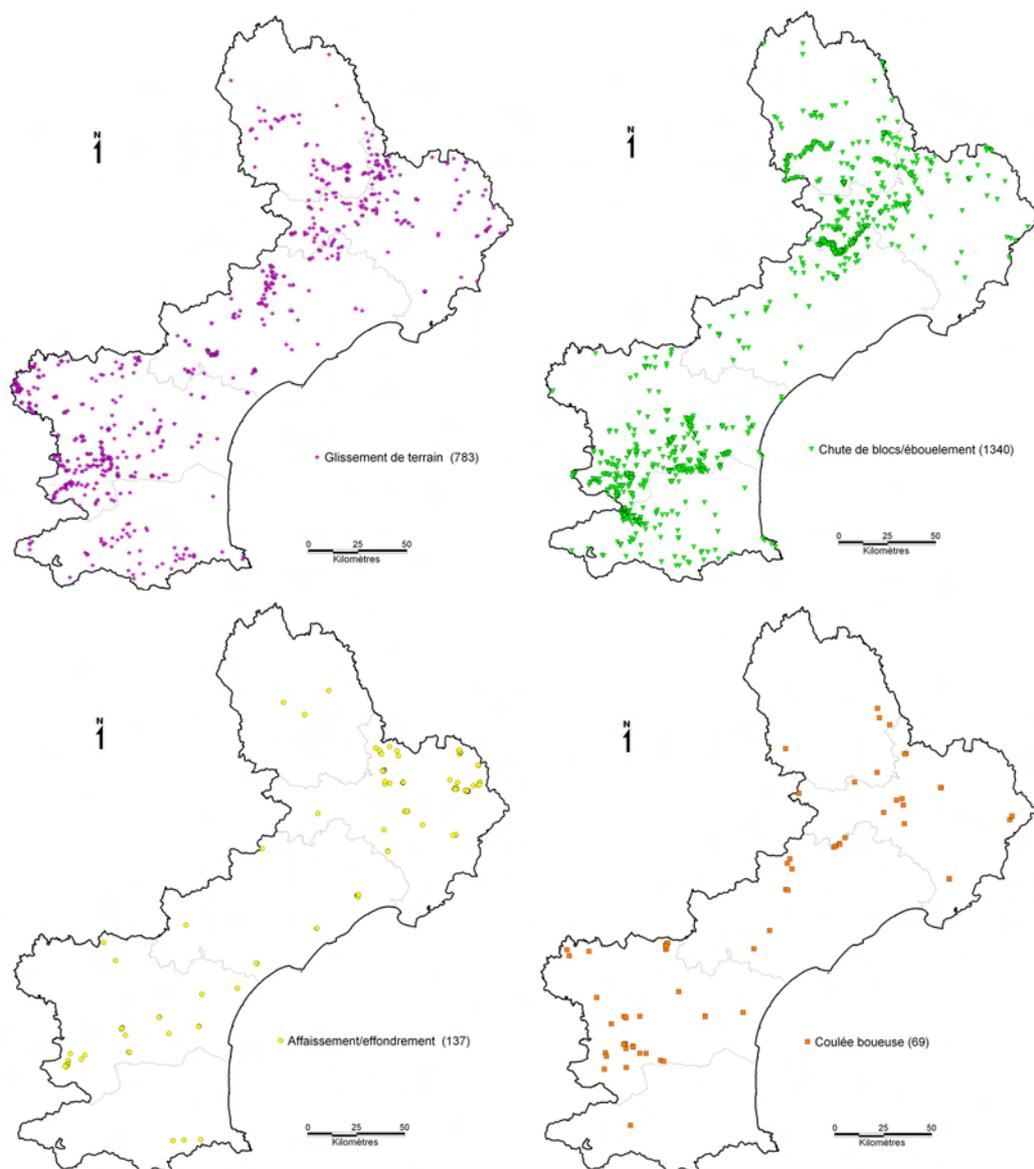


illustration 14 – Répartition par type de mouvement des évènements recensés sur le territoire régional (sources : www.mouvementsdeterrain.fr BRGM, RTM, LCPC et complément 2008)

4.3. CAVITES SOUTERRAINES

Afin de réaliser la cartographie de susceptibilité aux phénomènes d'affaissement / effondrement de cavités, il est nécessaire de connaître les formations susceptibles de contenir des cavités souterraines, d'origine naturelles ou anthropiques (carrières souterraines). Les données de base concernant ces cavités proviennent de la base de données nationale des cavités souterraines abandonnées « hors mine » (www.bdcavite.net, MEEDDAT / BRGM - INERIS). Cette base recense les cavités issues des inventaires départementaux dans le cadre de programmes pluriannuels. Cette base comporte la localisation des cavités :

- d'origine naturelle : les phénomènes karstiques provenant de la dissolution des carbonates (grotte, perte, source, ...), très répandus dans la région et certains effondrements et affaissements (aven, gouffre, dolines, ...), 11128 cas ;
- d'origine anthropique : carrières souterraines et ouvrages civils, 550 cas.

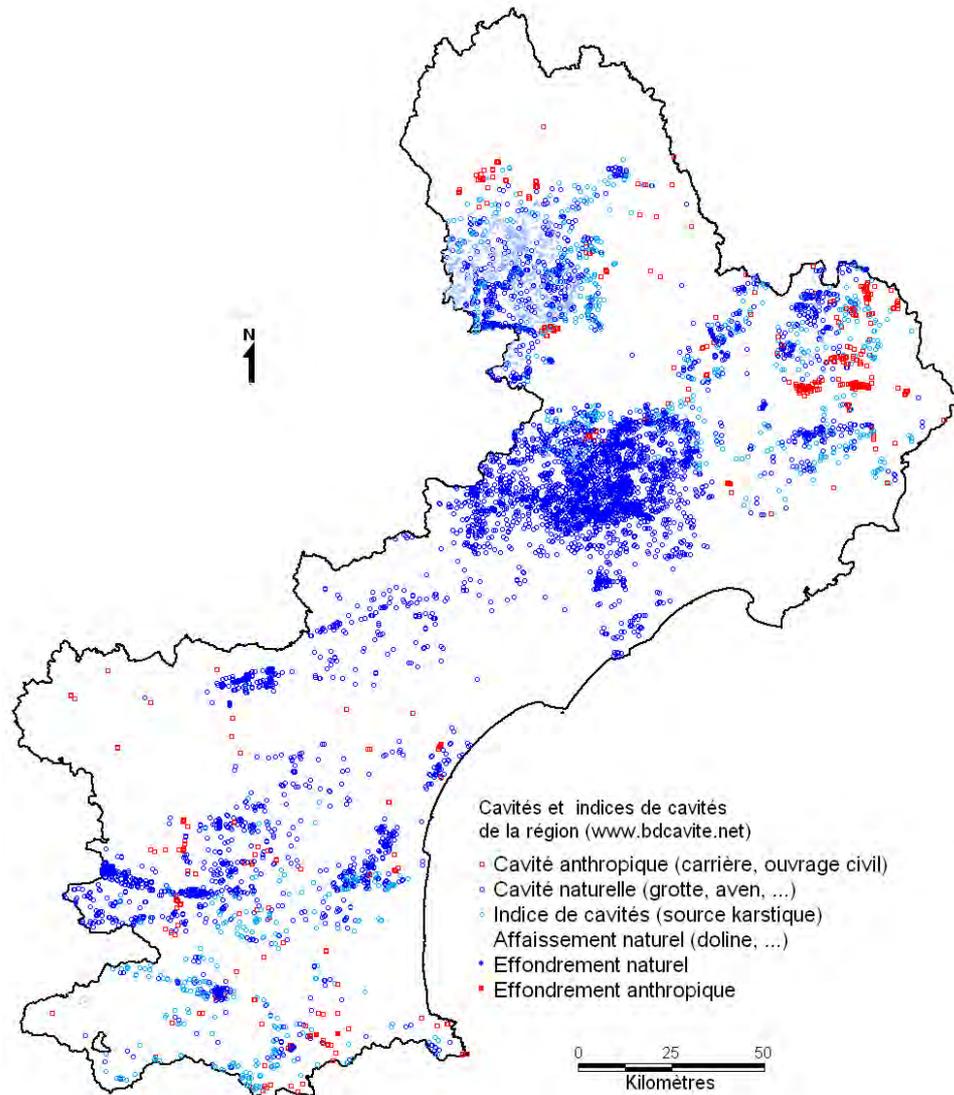


illustration 15 – Répartition des cavités souterraines de la région (sources : www.bdcavite.net + complément)

Les principaux types de cavités recensées dans la région Languedoc-Roussillon sont :

Les cavités anthropiques :

- les carrières souterraines

L'exploitation des matériaux a été de tous temps une source de développement économique pour les régions possédant ces richesses. La profondeur habituelle des exploitations est généralement comprise entre 5 et 50 mètres.

Les carrières souterraines sont accessibles soit par un puits ou une descenderie, dans le cas des carrières implantées sur un plateau, soit par une entrée à flanc de coteau dite entrée en cavage, depuis les fonds de vallées ou depuis un front de taille marquant la fin d'une première phase d'extraction à ciel ouvert.

Les carrières abandonnées, lorsqu'elles ne sont plus surveillées et confortées, peuvent parfois s'effondrer localement ou en masse du fait de la lente dégradation du toit (plafond), des parois, des piliers ou du mur (plancher) de l'exploitation.

Le Languedoc-Roussillon dispose de substances minérales variées, réparties sur l'ensemble du territoire et utilisées pour la construction, les routes, l'industrie et l'agriculture. Citons en particulier les carrières souterraines d'argile (Uzégeois : Serviers-et-Labaume, Saint-Victor-des-Oules), de gypse (Monoblet, Générargues) ou de calcaire coquillier (Aigues-Vives).

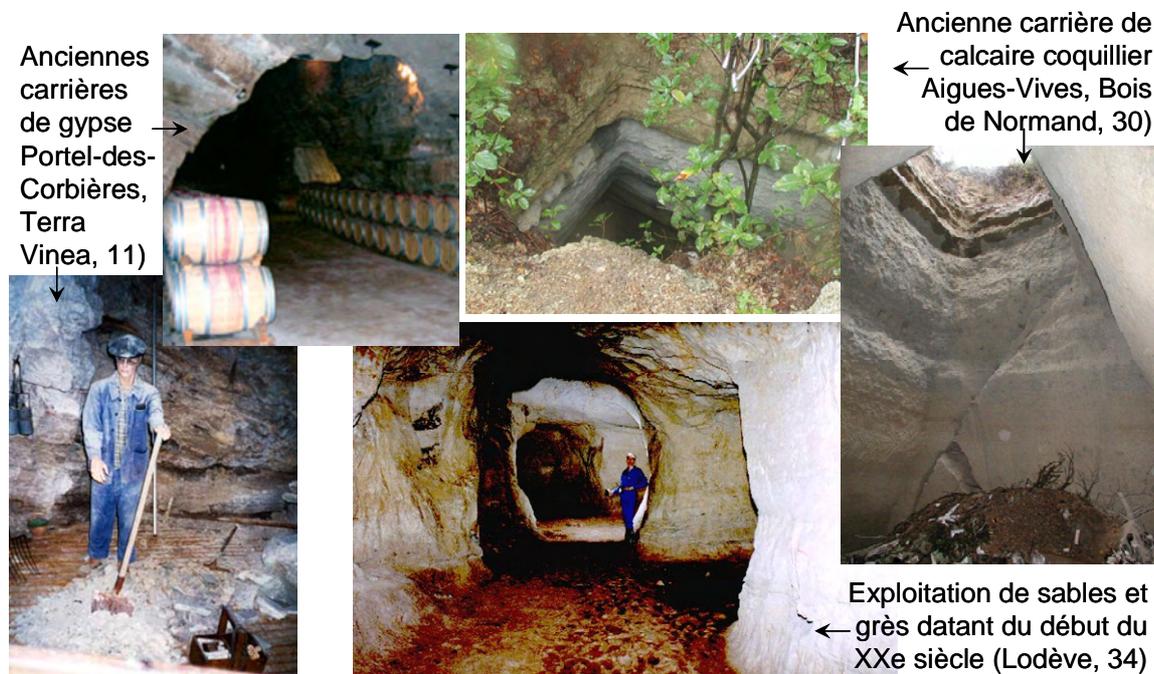


illustration 16 – Exemples de carrières souterraines en Languedoc-Roussillon

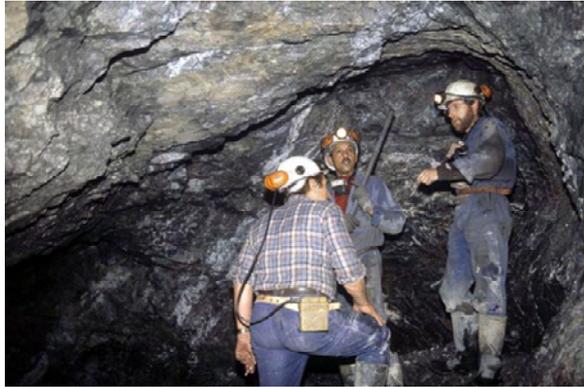
- les Mines

Selon l'article 2 du Code Minier, les mines sont des exploitations de substances d'intérêt national (charbon, or, uranium, etc.) dites « concessibles ». Depuis le moyen-âge, la région a été le siège de nombreuses exploitations minières. On peut citer les exploitations de houille (charbonnages de France) dans les bassins d'Alès (La-Grand-Combe) et les exploitations actuelles de sel à Vauvert (plus de 1 000m de profondeur), celle de calcaire asphaltique à Saint-Jean-de-Maruejols mais aussi celles de minerais métalliques tels que le plomb, le zinc, le fer, le manganèse, le cuivre, l'antimoine ou de métaux (or et argent) et enfin la bauxite exploitée à Loupian et Villeveyrac.

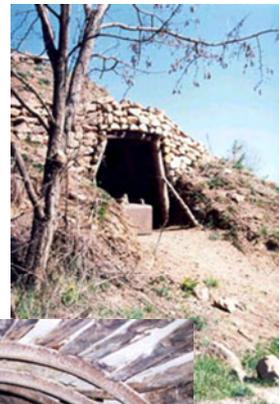


Mine de bauxite (Combe rouge-Marinesque, Loupian, 34)

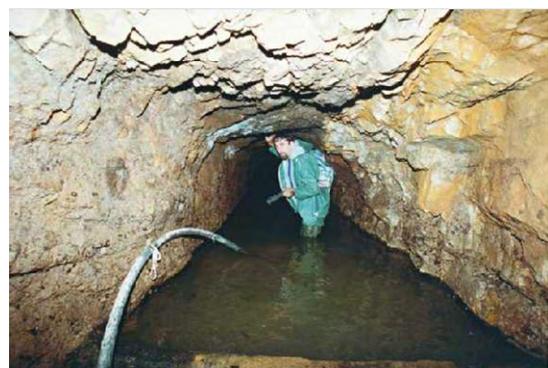
Mine d'or, Salsigne, 11)



Ancienne mine
de fer
Etat entre 1998
et 2002 (Escaro,
66)



Ancienne mine de barytine des
Balmelles (Pied-de-Borne, 48)



Ancienne mine de cuivre
de l'Horte (Taussac-la-Billièrre, 34)



Mine pb-zn des
Malines
(St-Laurent-le-
Minier, 30)



Mine de bauxite
fermée en 1988
(Bédarieux, 34)



Ancienne exploitation
pb-zn
(col de montmirat, 48)

illustration 17 – Exemples de mines en Languedoc-Roussillon

L'instabilité potentielle des terrains situés au dessus des anciens travaux d'exploitation minière engendre des dangers en cas de présence d'enjeux en surface. Il est par conséquent nécessaire d'identifier les sites concernés et de préciser la nature et l'importance des instabilités potentielles des terrains concernés.

A ce titre, et à l'échelle nationale, a été initié le projet « Scanning des sites miniers français » piloté par GEODERIS (GIP crée en 2001 associant le BRGM et l'INERIS dont une des deux antennes nationales est située à Alès). L'objectif de ce programme est de passer en revue l'ensemble des sites miniers du territoire métropolitain français afin d'extraire les sites présentant les aléas résiduels d'instabilité de terrain les plus importants couplés à des enjeux de surface. Toutes les exploitations de substances concessibles en référence à l'Article 2 du code minier sont concernées.

Le principe de la méthodologie de sélection est d'éliminer à chaque étape les sites en fonction de l'information disponible et de ne rechercher que l'information indispensable sur les sites retenus. Elle repose sur :

- un classement des sites : cette première étape valorise les informations disponibles dans la base de données « Sites miniers » développée par GEODERIS. Le croisement des données minières disponibles dans la base et des enjeux visibles sur le SCAN25 © IGN, permet d'effectuer un premier tri en écartant les sites dont l'information disponible actuellement met en évidence qu'ils sont : éloignés des zones à enjeux, ou sans aléa « mouvement de terrain » ;

- une sélection des sites prioritaires : l'ensemble des sites ayant été retenus selon les critères spécifiques du projet, à savoir proches des zones à enjeux, actuels ou futurs, ou avec des travaux miniers estimés conséquents, font l'objet d'une recherche d'informations complémentaires concernant les données minières et les données des enjeux présents ou futurs. Les sites retenus font l'objet de l'analyse d'aléa de la deuxième phase. Le choix de ces sites prioritaires se fait avec les DRIRE concernées ;
- un examen simplifié des aléas : un examen simplifié des aléas mouvements de terrain est réalisé sur les zones d'emprise des travaux miniers. L'objectif est de qualifier le type d'aléa (fontis, affaissements...), de caractériser son niveau et de le localiser de manière globale. On recherche principalement à localiser les zones où des phénomènes potentiellement dangereux sont susceptibles de se produire. Les informations recueillies lors de cet examen préliminaire et simplifié d'aléas permettent d'établir un classement des sites par « dangerosité » et devant être l'objet d'études prioritaires d'aléa détaillées.

En conclusion de ces études, les trois types de priorité suivants sont attribués à chacun des sites étudiés :

- P1 : dans le cadre de la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM), réalisation d'une étude d'aléa détaillée prioritaire ;
- P2 : dans le cadre de la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM), réalisation d'une étude d'aléa détaillée non prioritaire ;
- P3 : simple porté à connaissance des Services de l'Administration et en Mairies.

Les "Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM)", documents inspirés des "Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN)" établis à la demande de l'État sur des zones et pour des risques bien définis, sont destinés à constituer, dans l'avenir, les outils de base de la gestion de l'usage du sol dans les anciennes zones minières où subsistent des risques résiduels.

Le planning du projet Scanning prévoit le traitement de l'ensemble des sites miniers français (> 4 000 sites) début 2009. La région Languedoc-Roussillon est naturellement intéressée au premier chef par ce programme et les résultats de ces travaux viendront enrichir les résultats du présent rapport. A ce titre, des études d'aléas sont en cours sur les sites de Bize (11), la Tave (30), Les Malines (30-34), Villeveyrac (34), la Caunette (34) et Vernet-Sahorre (66).

Selon la base de données « Sites miniers », on recense dans la région 274 concessions et 53 permis d'exploitation (illustration 18).

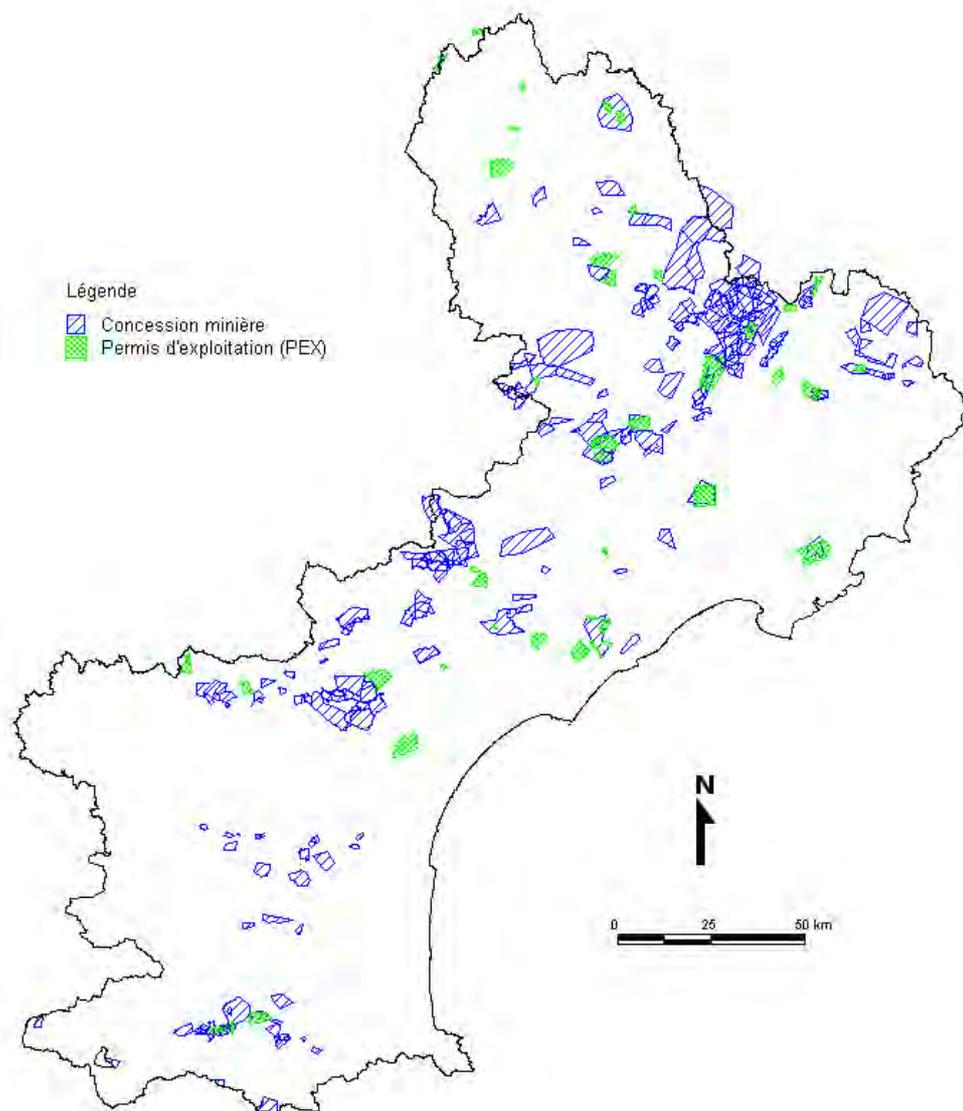


illustration 18 – Répartition des concessions minières de la région (GEODERIS)

- les Canaux / tunnels

Cette catégorie rassemble les cavités à usage d'adduction et de transport (aqueducs, tunnels routiers, tunnels ferroviaires, souterrains pour les piétons ...), ainsi que les souterrains et abris refuges.

L'état de conservation de ces ouvrages abandonnés peut être très médiocre dans la mesure où les soutènements ne sont plus entretenus. A ce titre, leur éventuel effondrement peut provoquer des désordres importants en surface selon les dimensions et la position de la cavité. Ces ouvrages civils se retrouvent sur l'ensemble du territoire régional et dans des formations géologiques diverses.

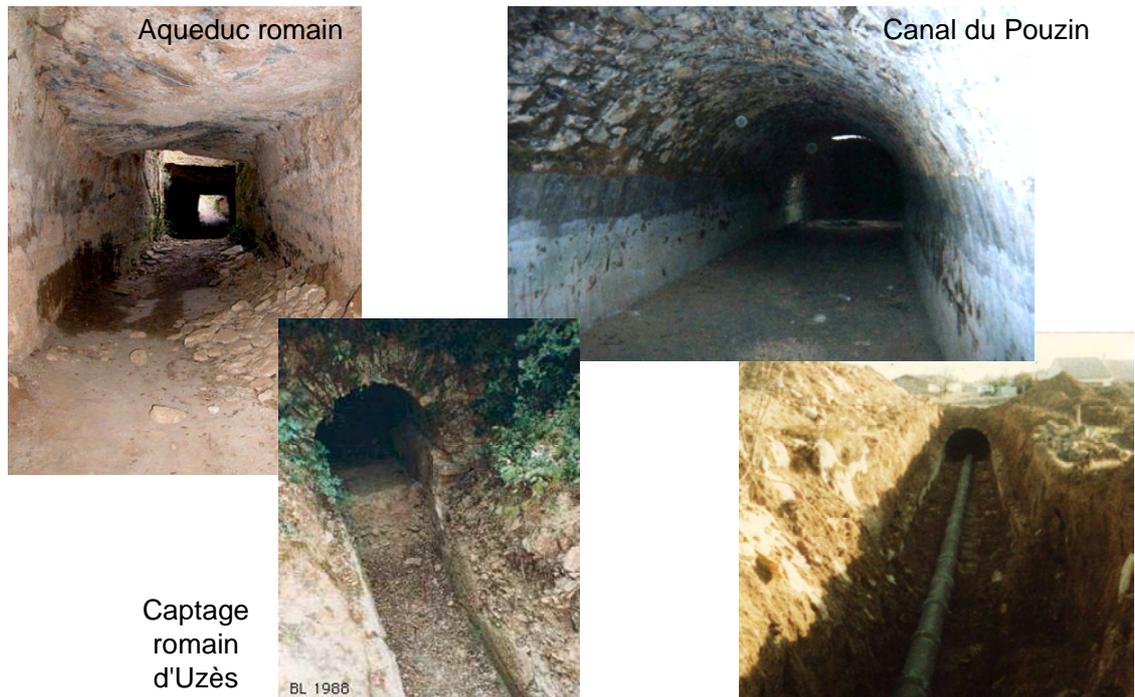


illustration 19 – Exemples de canaux souterrains en Languedoc-Roussillon

- les caves et habitations troglodytiques

Creusées dans des roches tendres, l'usage principal était soit le remisage ou le stockage, soit une activité industrielle ou agricole (champignonnière), soit l'habitat. Les cavités situées en site urbanisé ou en périphérie des agglomérations, en particulier les carrières souterraines abandonnées, sont très souvent réutilisées. Ce type de cavité est rare dans la région.

Saint Martin-le-Vieil (11)



illustration 20 – Exemples d'habitations troglodytiques en Languedoc-Roussillon

Les cavités naturelles :

phénomènes karstiques

Liées à la dissolution des carbonates (calcaires, dolomies), par des circulations d'eau au sein de la roche, ces cavités sont principalement situées dans les formations secondaires (Crétacé et Jurassique). La dimension de ces cavités est très variable, les karsts (vides laissés par la dissolution), se développant lentement selon des réseaux pouvant être plurikilométrique. La hauteur des salles peut atteindre plusieurs dizaines de mètres, et leur extension plusieurs dizaines de mètres carrés. Les karsts peuvent être vides, noyés ou obstrués/comblés par des sédimentations secondaires.



Causse Sauveterre, 48 :



illustration 21 – Exemples de phénomènes karstiques en Languedoc-Roussillon

Signalons que certains de ces sites sont de renommée touristique importante (Grottes de Clamouse, Gouffre de Bramabiau, Aven Armand, Gouffre de Cabrespine, ...).

par dissolution des sulfates (évaporites : gypse, anhydrite)

Ces cavités sont liées à des circulations d'eau au sein des formations gypseuses (comme le Trias supérieur notamment). Dans le gypse, la vitesse de dissolution reste significative (échelle humaine) et une cavité est susceptible d'évoluer rapidement.

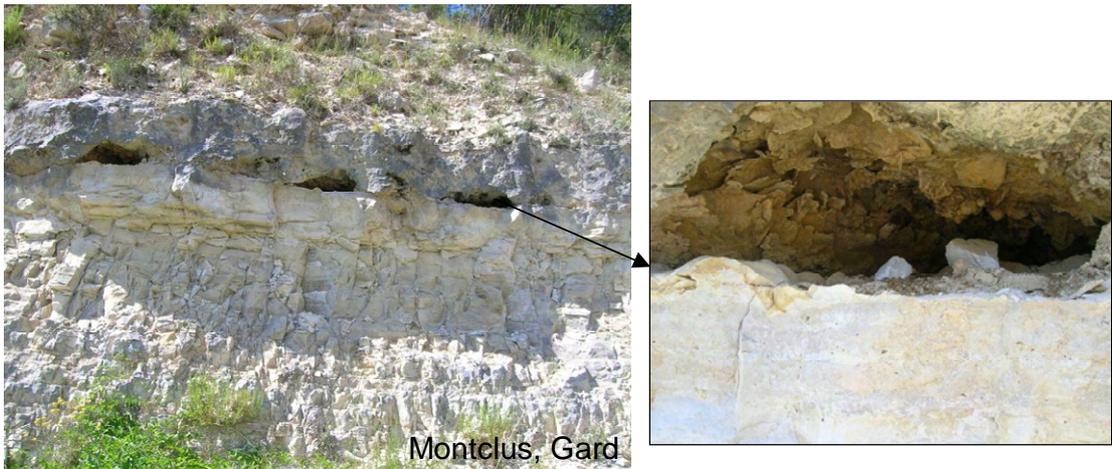


illustration 22 – Exemple de dissolution active du gypse en Languedoc-Roussillon

- par suffosion

Ce phénomène d'érosion interne est engendré par des circulations d'eau souterraine. Dans les formations meubles, comme la formation récente du Pliocène (sables de Montpellier) ou les altérites des schistes au voisinage d'accidents tectoniques, des écoulements d'eau souterraine peuvent dans certains cas provoquer l'entraînement des particules les plus fines (sables fins et silts), favorisant ainsi le développement de vides très instables, de petites dimensions, mais pouvant parfois atteindre plusieurs mètres cubes. Les matériaux entraînés sont évacués soit par les fissures ouvertes d'un horizon rocheux proche, soit dans une cavité voisine (vide karstique, cave, ouvrage d'assainissement fuyard, ...).



illustration 23 – Exemple de suffosion en Languedoc-Roussillon

4.4. MORPHOLOGIE

Les données morphologiques sont issues du Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 50 m et des fonds topographiques à l'échelle 1/250 000, 1/100 000 et 1/25 000 de l'IGN©. Ces données ont plusieurs fonctions :

- le MNT, par traitement SIG, est la base de la cartographie des pentes permettant de définir les zones potentiellement exposées aux phénomènes de mouvements de terrain (illustration 24) ;
- les scans IGN© 1/250 000 contribuent au rendu final des cartes régionales de susceptibilité aux mouvements de terrain ;
- les données des scans IGN© 1/100 000 ont été valorisées pour isoler les principales barres rocheuses de la région. Lors de la validation des cartes (cf. § 3), ces données ont superposées à la carte de susceptibilité aux chutes de blocs et éboulements afin de vérifier au mieux la cartographie initiée. Les barres rocheuses sont des zones propices à l'apparition de ce phénomène (illustration 25).

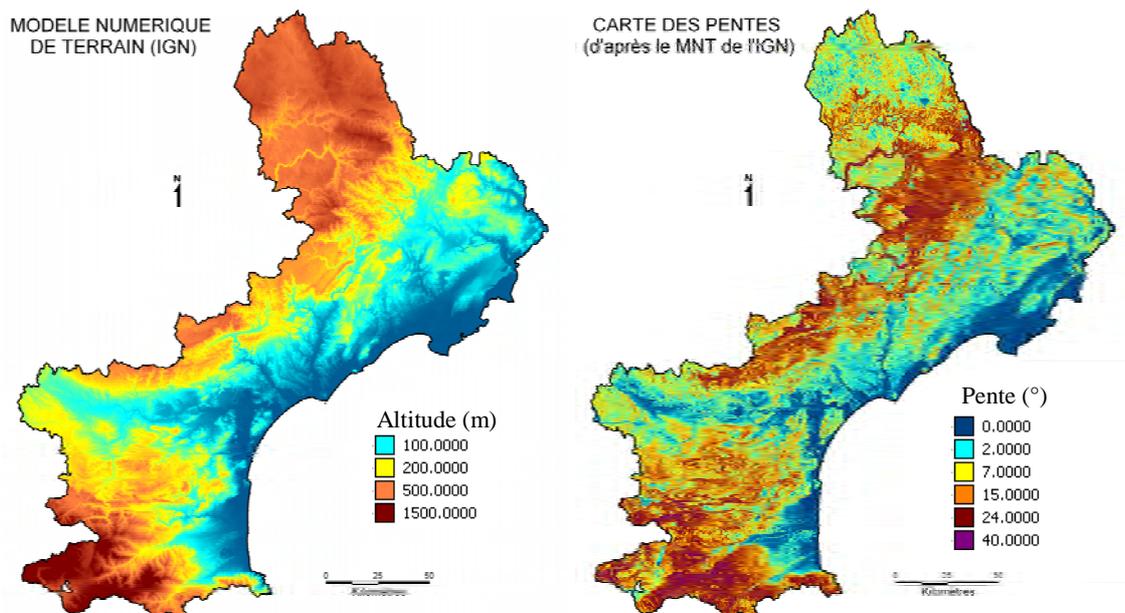


illustration 24 – Modèle Numérique de Terrain et carte des pentes de la région (IGN©)

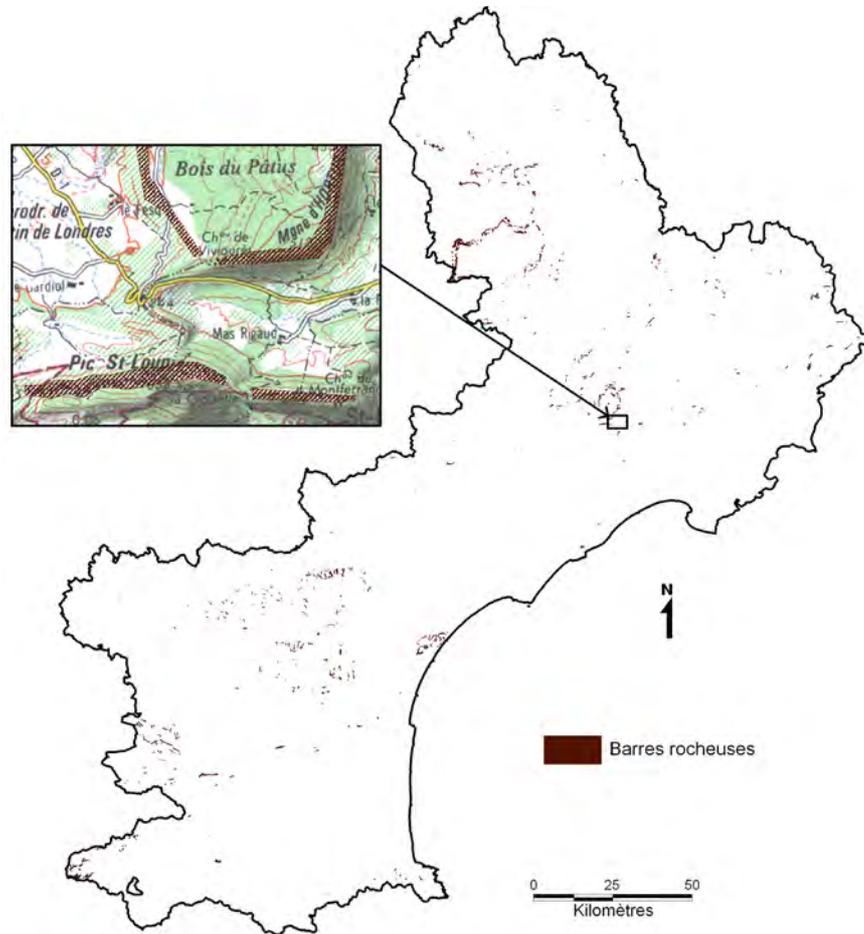


illustration 25 – Localisation des barres rocheuses (d'après scans à l'échelle 1/100 000 © IGN)

4.5. OCCUPATION DU SOL

Les données d'occupation du sol sont issues de la base de données géographiques CORINE Land Cover (Ifen, 2000). Elle a été réalisée à l'échelle 1/100 000 à partir d'images satellitaires de l'année 2000. Le travail a consisté à extraire de la base l'occupation du sol régionale et à synthétiser les données (illustration 26).

Occupation du sol
Corine Land Cover 2000

- ▨ Zones urbanisées
- Plantations et agriculture
- Arbustes, landes et végétations sclérophytes
- Cours d'eau et lacs
- Espaces vets
- Forêts de conifères
- Forêts de feuillus
- Forêts mixtes
- Lagunes côtières et marécages
- Prairie et pâturages
- Plages, dunes et sables
- Rizicultures
- Roches nues
- Routes, réseaux ferroviaires et terres associées
- Secteurs brûlés ou peu végétalisés
- Vignobles

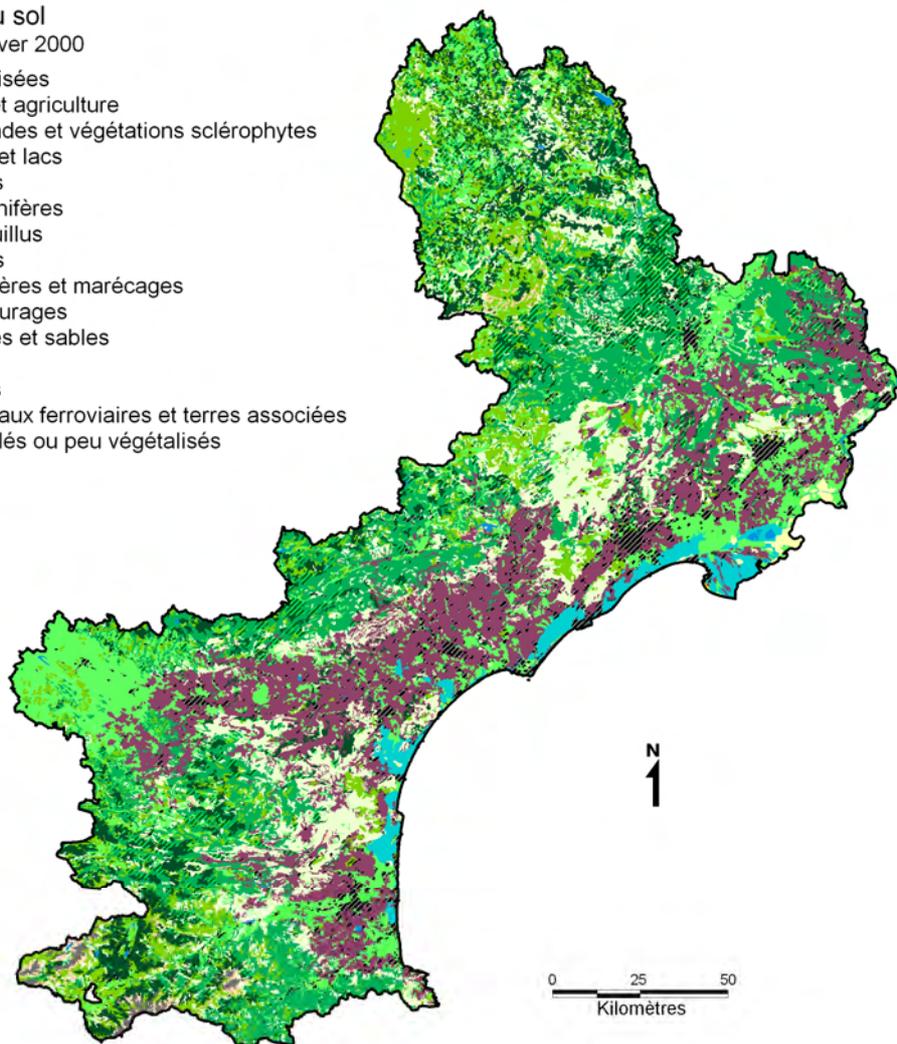


illustration 26 – Occupation du sol simplifiée (CORINE Land Cover©)

Les données d'occupation du sol synthétisées et structurées sur l'ensemble de la région n'ont pas été valorisées dans le cadre de ce projet mais pourraient sans doute l'être dans le cadre de développements futurs compte tenu de la compatibilité d'échelle des données. Ces valorisations pourraient sans doute porter sur une meilleure perception des aléas en fonction de l'occupation du sol (zones de forêts ou zones dénudées) ou sur une pré-analyse de risque (zones urbanisées, infrastructures).

5. Carte lithostratigraphique harmonisée de la région Languedoc-Roussillon au 1/250 000

A l'échelle du projet (1/250 000), il n'existe pas de cartes géologiques ou lithostratigraphiques de l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon. Afin d'aboutir à une cartographie homogène et cohérente de la susceptibilité aux mouvements de terrain, un préalable est la nécessité d'une cartographie harmonisée des formations géologiques de la région. Ce travail a été effectué sous plate-forme SIG MapInfo®.

5.1. HARMONISATION DES CONTOURS

5.1.1. Cartes 1/250 000 existantes

A l'échelle du projet, quatre cartes géologiques sont disponibles sur le territoire régional : Montpellier, Valence, Marseille et la Catalogne. Le premier travail a consisté à harmoniser les contours des cartes existantes. Il a notamment été nécessaire de retranscrire les unités lithologiques de la carte catalane en termes de notation géologiques françaises. Au total, 315 caissons géologiques ont été harmonisés.

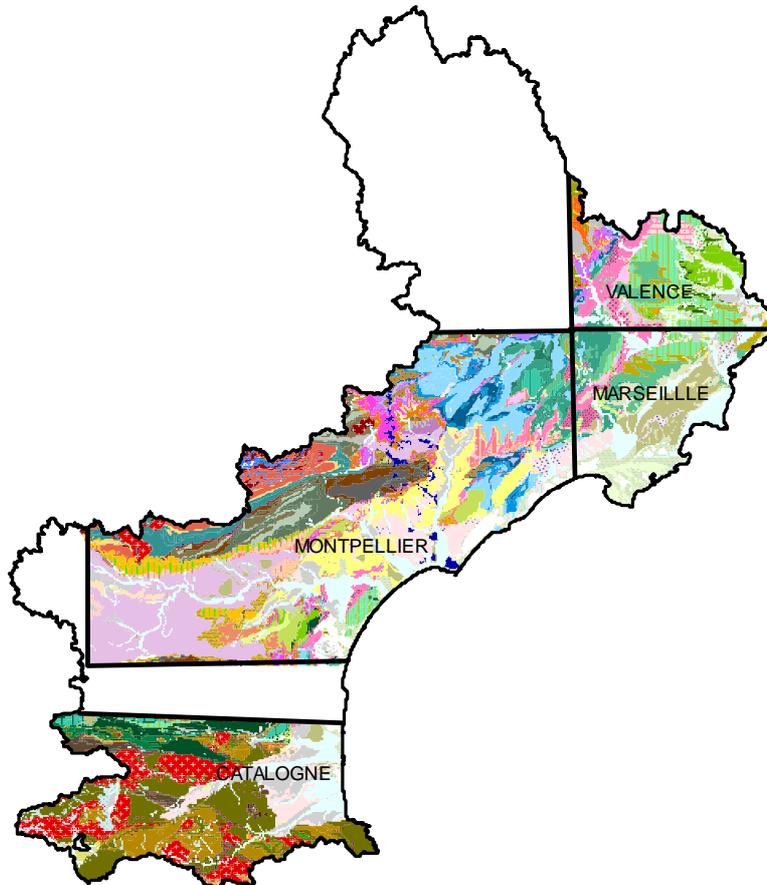


illustration 27 – Travail d'harmonisation des cartes existantes à l'échelle 1/250 000 (Montpellier, Valence, Marseille, Catalogne)

5.1.2. Création des caissons depuis les cartes 1/50 000

Dans les secteurs sans données géologiques à l'échelle du 1/250 000, il a fallu recréer des polygones à partir des cartes géologiques au 1/50 000 et 1/100 000 existantes (cf. § 4.1). Ce travail a consisté dans un premier temps à harmoniser des contours des cartes au 1/250 000 puis à simplifier et à regrouper les formations des cartes au 1/50 000 et 1/100 000 où l'information est toujours manquante. Au total, 1666 polygones ont été créés.

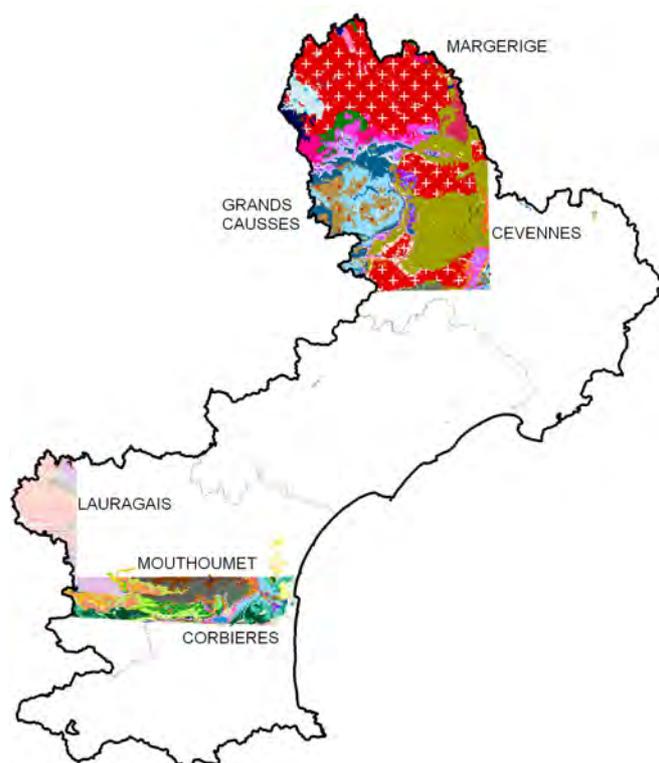


illustration 28 – Secteurs concernés par la création des polygones manquants au 1/250 000

5.2. HARMONISATION DES LEGENDES

Au final, 127 formations lithostratigraphiques ont été définies dont chacune est représentée par les champs suivants :

CODE_Harm, CODELeg_Harm	Codes triant les formations de la carte lithostratigraphique de la plus récente à la plus ancienne
NOTATION_Harm	Notation des formations lithostratigraphiques
DESCRIPTION_Harm	Description des formations lithostratigraphiques
Ld, Ls1, Ls2, Ls3	Lithologies dominante et secondaires des formations lithostratigraphiques
ERE, SYSTEME, SERIE, ETAGE	Âge de dépôts des formations lithostratigraphiques
AGE_META	Age du métamorphisme pour les formations métamorphiques
ENVIRONNEMENT	Environnement de dépôts des formations lithostratigraphiques
Type_Geol	Type de géologie des formations lithostratigraphiques

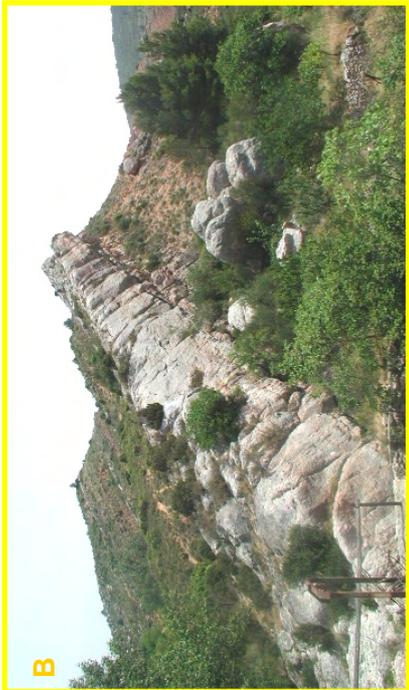
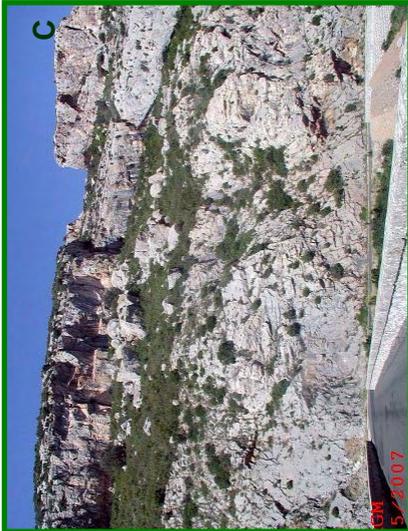
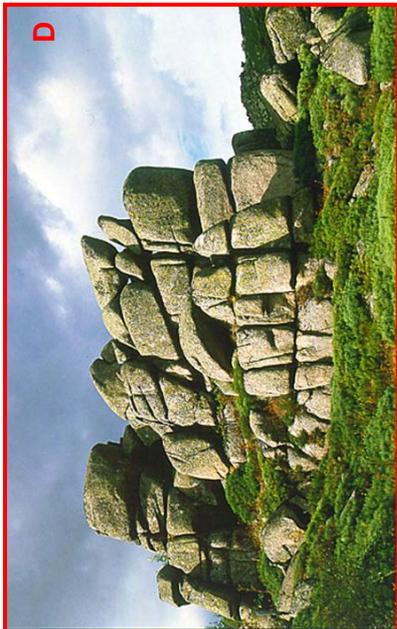
CODE_250	Code équivalent à la formation de la carte géologique au 1/250 000 (Montpellier, Valence, Marseille ou Catalogne)
NOTATION_250	Notation équivalente à la formation de la carte géologique au 1/250 000 (Montpellier, Valence, Marseille ou Catalogne)
DESCRIPTION_250	Description équivalente à la formation de la carte géologique au 1/250 000 (Montpellier, Valence, Marseille ou Catalogne)
DOMAINE_250	Domaine géographique de la formation de la carte géologique au 1/250 000 (Valence ou Marseille)
CARTE_250	Nom de la carte géologique au 1/250 000 équivalente (Montpellier, Valence, Marseille ou Catalogne)

illustration 29 – Champs de la table des formations lithostratigraphiques du Languedoc-Roussillon

L'illustration 30 présente un extrait de la table attributaire de la carte lithostratigraphique ainsi que des exemples illustrés sur la lithologie des formations.

5.3. CARTE REGIONALE

La carte lithostratigraphique de la région Languedoc-Roussillon à l'échelle 1/250 000 est présentée sur l'illustration 31 ainsi que sur la carte hors-texte n°1. Elle comporte 127 unités lithostratigraphiques allant du Briovérien (Néoprotérozoïque, 560 Ma) aux formations actuelles (formations quaternaires, 1,8 Ma à aujourd'hui). Cette carte présente notamment les grands éléments structuraux de la région comme le Front Nord Pyrénéen, la faille de Nîmes ou la faille des Cévennes.

NOTAT	CODE	DESCRIPTION	Harm	Ld	Ls1	Ls2	Ls3	ERE	SYSTEME	SERIE	ETAGE	AGE_MET.	ENVIRONNEMENT	Type_Geol
E	5	Eboulis et cônes de déjection : blocs, graviers, sables et limons		Blocs	Graviers	Sable	Limons	Cénozoïque	Quaternaire	(vide)	(vide)	(vide)	Continental	Formations superficielles
mC	18	Molasse : limons, conglomérats et grès		Molasse	Limons	Conglomérats	Grès	Néozoïque	Néogène	Miocène	(vide)	(vide)	Continental fluvial	Couverture sédimentaire
e4-6	32	Molasse de Carcassonne : conglomérats, marnes et sables gréseux		Molasse	Conglomérats	Marnes	Sable	Cénozoïque	Paléogène	Eocène	Yprésien-	(vide)	Continental fluvial	Couverture sédimentaire
e3-4M	42	Marnes bleues marines et intercalation calcaires		Marnes	Calcaire	Grès	(vide)	Cénozoïque	Paléogène	Eocène	Thanétien	(vide)	Marin-Intermédiaire	Couverture sédimentaire
c6-e3	47	Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès		Argile	Conglomérats	Grès	Calcaire	Mésozoïque-C	Crétacé-Palé	Crétacé	Maastrich	(vide)	Continental fluvial	Couverture sédimentaire
c1C	56	Calcaires à Préalvélaines		Calcaire	(vide)	(vide)	(vide)	Mésozoïque	Crétacé	Crétacé	Cénomani	(vide)	Marin	Couverture sédimentaire
n5-6Mt	59	Marnes, grès et calcaires gréseux plus ou moins métamorphisés		Marnes	Grès	Calcaire	(vide)	Mésozoïque	Crétacé	Crétacé	Aptien-All	pyrénéen	Marin	Couverture sédimentaire
n4-5U	63	Calcaires à facès urgonien : calcaires massifs et marnes intercalées		Calcaire	Marnes	(vide)	(vide)	Mésozoïque	Crétacé	Crétacé	Barrémien	(vide)	Marin	Couverture sédimentaire
j5-7	72	Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux		Calcaire	Dolomie	(vide)	(vide)	Mésozoïque	Jurassique	Jurassiq	Oxfordien	(vide)	Marin	Couverture sédimentaire
j3-7D	74	Dolomies		Dolomies	Calcaire	(vide)	(vide)	Mésozoïque	Jurassique	Jurassiq	Bathonien	(vide)	Marin	Couverture sédimentaire
t3-7a	85	Argiles versicolores, évaporites, grès et facès carbonatés		Argile	Evaporite	(vide)	(vide)	Mésozoïque	Trias	Trias m	Anisien-R	(vide)	Continental-Inter	Couverture sédimentaire
t23	88	Pelites, argillites rouges et conglomérats		Pelites	Argillites	Grès	Calcaire	Paléozoïque	Permien	Saxonie	(vide)	(vide)	Continental	Couverture sédimentaire
h5	92	Houiller : schistes, grès, charbons, conglomérats et argiles		Schiste	Conglomérats	(vide)	(vide)	Paléozoïque	Carbonifère	Carbonif	Stéphanien	(vide)	Continental fluvial	Couverture sédimentaire
â	101	Volcanisme pilo-quaternaire : basaltes et tufs volcaniques associés		Basalte	Tuf	(vide)	(vide)	Cénozoïque	Pilo-quaternaire	(vide)	(vide)	(vide)	Volcanique	Complexe volcanique
TNS	109	Schistes et micaschistes des Cévennes		Schiste	(vide)	(vide)	(vide)	Paléozoïque	Cambrien-Or	(vide)	(vide)	(vide)	Hercynien -	Métamorphique
10æ	117	Orthogneiss de la zone axiale de la Montagne Noire		Gneiss	(vide)	(vide)	(vide)	Protéozoïque-	Néoprécrotz	Briovérien	(vide)	(vide)	Hercynien -	Métamorphique
3a	123	Granites et granodiorites		Granite	Granodiorite	(vide)	(vide)	Paléozoïque	Carbonifères	(vide)	(vide)	(vide)	Plutonique	Socle cristallin et métamo
														Massif et socle cristallin

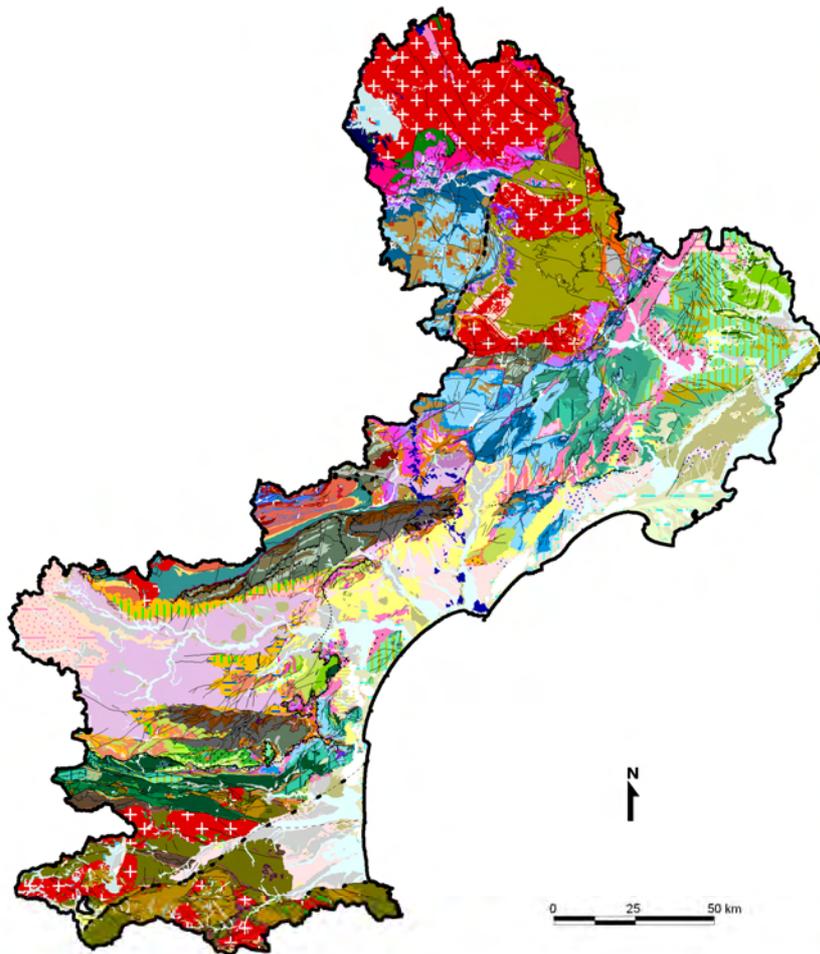
illustration 30 – Extrait de la table attributaire de la carte lithostratigraphique de la région Languedoc-Roussillon et exemples illustrés



CARTE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA REGION LANGUEDOC-ROUSSILLON

élaborée à partir des cartes géologiques :

- à l'échelle 1/250 000 : feuilles MONTPELLIER, VALENCE, MARSEILLE (c) BRGM
- à l'échelle 1/250 000 : CATALOGNE (c) Institut Geologic de Catalunya, IGC
- à l'échelle 1/50 000 : cartes géologiques vectorielles harmonisées LOZERE, GARD, AUDE (c) BRGM



Unités lithostratigraphiques

1	M1 - Cordon littoral sableux récents - sables, galets limons, sables vaseux locaux et aménagements anthropiques litt.
2	LM - Vases et limons des étangs sales et salins littoraux
3	LK - Limons lacustres et paludiques
4	CC - Colluvions éolico-marines - limons, sables et graviers
5	E - Eboulis et cônes de déjection - blocs, graviers, sables et limons
6	EGP - Dépôts glaciaires - moraines
7	OC - Laves
8	R - Dépôts résiduels des plateaux calcaires - "Terra Rossa"
9	Tu - Tufs et travertins
10	FT - Alluvions tourbeuses
11	F2 - Alluvions récentes - galets, cailloux, sables et limons
12	F1a - Alluvions des bords terrasses - limons, sables, graviers et galets
13	F1b - Alluvions des hautes terrasses - Cailloux et limons
14	FP - Formation fluviatile des plateaux - argiles à graviers
15	pc - Dépôts continentaux fluviatiles - marnes, grès et conglomérats
16	pc1 - Calcaires littoraux et lacustres
17	pc2 - Argiles et sables marins et littoraux
18	nc - Marnes, limons, conglomérats et grès
19	nm - Marnes et molasses marno-sablonneuses marnes
20	ms4 - Dépôts continentaux - argiles, grès et conglomérats
21	ms4 - Marnes sablonneuses
22	mi-2 - Calcaires et grès molassiques
23	mi1C - Calcaires et marnes banchées
24	g - Marnes, argiles, grès, pouddingues et calcaires
25	gc - Conglomérats dominants, brèches, grès et marnes
26	g1 - Grès de Gênes
27	g1-g10 - Grès rouges à matrice argileuse
28	g1-g10M - Marnes, molasses et calcaires
29	g1-g10C - Calcaires et marnes localement gypsifères
30	g7 - Calcaires lacustres et marnes
31	ag - Marnes, conglomérats et calcaires
32	agC - Calcaires lacustres
33	ag4 - Molasse de Carcassonne - conglomérats, marnes et sables gréseux
34	ag5 - Marnes intra-lusitaneuses
35	agC - Calcaires lacustres de Verrières
36	ag2M - Calcaires à alvéoles et marnes
37	agM - Marnes et calcaires à juses
38	ag2C - Conglomérats, grès et marno-calcaires
39	agOr - Graviers d'essai - graviers, sables et limons
40	ag2 - Grès, calcaires plus ou moins gréseux, marnes et conglomérats
41	ag2 - Formation d'Argentan - argiles, conglomérats et grès
42	ag4 - Argiles de St-Florent
43	ag4M - Marnes vaseuses marnes et intercalation calcaires
44	ag4 - Sables, grès, pouddingues, argiles et calcaires
45	ag10C - Calcaires lacustres et marnes
46	agB - Brèches de Béziers
47	ag1-11 - Brèches volcaniques
48	ag5-8 - Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès
49	ag5-8 - Marnes, grès, calcaires et conglomérats
50	ag5 - Grès de Lussac-de-Camp
51	ag4M - Marnes, calcaires et grès
52	agC - Calcaires
53	ag1-4 - Grès, sables et calcaires gréseux
54	ag1-2 - Argiles à lignites, grès et calcaires
55	ag1-2C - Calcaires et marno-calcaires
56	ag1-2D - Grès dominants, marnes et calcaires plus ou moins gréseux
57	ag1-2C - Calcaires à Pradolès
58	ag5M - Grès et marnes glauconieuses, calcaires
59	ag5-8 - Sables, marnes, grès et calcaires
60	ag5-8M - Marnes, grès et calcaires gréseux plus ou moins métamorphosés
61	agM - Marnes et marno-calcaires
62	ag2C - Marnes et calcaires
63	ag5 - Grès verts
64	ag5-8 - Calcaires à facies urgonnes - calcaires massifs et marnes intercalés
65	ag - Calcaires et calcaires argus
66	ag3 - Marno-calcaires
67	ag2 - Calcaires massifs
68	ag2 - Marnes et calcaires
69	ag1-8M - Calcaires et marnes plus ou moins métamorphosés
70	ag1-2C - Calcaires
71	ag1-2 - Calcaires et calcaires argus
72	ag1 - Brèches
73	ag7 - Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux
74	ag4 - Marnes et calcaires marneux
75	ag3-7D - Dolomies
76	ag7 - Calcaires et dolomies
77	ag4 - Calcaires et dolomies dominants et marnes
78	ag4 - Marnes feuilletées
79	ag3 - Calcaires, calcaires gréseux et marno-calcaires
80	ag1-3 - Calcaires, marnes et dolomies
81	ag1-3 - Sables dominants, grès, dolomies et calcaires
82	ag1 - Dolomies, calcaires, calcaires dolémités, et marnes rares
83	ag1-3 - Dolomies, calcaires, grès et marnes
84	ag5-8 - Facies gréseux dominants, sables et intercalations d'argilles et de calcaires
85	ag5-7b - Argiles vermiculaires, grès, conglomérats, calcaires et dolomies
86	ag5-7a - Argiles vermiculaires, maripolites, grès et facies carbonates
87	ag1 - Dolomies et calcaires
88	ag1-4 - Grès, sables argileux et conglomérats
89	ag1-3 - Pelites, argiles rouges et conglomérats
90	ag2 - Grès, conglomérats et argiles rouges
91	ag1 - Grès, conglomérats, sables noirs et dolomies
92	ag1 - Grès, pelites et argilles
93	ag5 - Houiller - schistes, grès, charbons, conglomérats et calcaires
94	ag1-3 - Series hydrothermales schisto-gréseuses à conglomérats, argiles et hydromines
95	agH1 - Calcaires à grottes, calco-pelites et dolomies
96	ag - Calcaires et dolomies
97	ag - Schistes noirs, pelites, calcaires et grès
98	ag4 - Schistes, grès et conglomérats locaux
99	ag - Schistes - séries grès-pelitiques
100	ag4-5 - Dolomies, calcaires et rares schistes
101	ag1-3 - Schistes - série grès-pelitique de Marcorry et schistes lutiteux locaux
102	ag - Volcanisme post-quaternaire - basaltes et tufs volcaniques associés
103	ag - Volcanisme oligo-miocène - basaltes et basaltites
104	ag - Matériaux volcaniques cambro-ordovicien - basaltes, tufs volcaniques et porphyres andésiques
105	ag - Matériaux volcaniques cambro-ordovicien - mylonites
106	ag - Schistes, quartzites, conglomérats et calcaires du groupe du "Roc Suzadour"
107	ag - Orthogress de Peyriès
108	ag - Cornéennes et schistes tachetés - métamorphisme de contact
109	ag - Schistes et mica-schistes - série grès-pelitique, intercalations de marnes et terrilles micro-conglomérates
110	ag - Schistes et mica-schistes des Cevennes
111	ag - Quartzites
112	ag - Marnes
113	ag - Unité supérieure des grès - Orthogress, leptinites
114	ag - Marnes
115	ag - Orthogress de la Colonne et leptinites
116	ag - Grès au sein des "Schistes des Cevennes"
117	ag - Grès et andalites provenant des grès
118	ag - Orthogress de la zone assise de la Montagne Noire
119	ag - Unité inférieure des grès - Schistes à minéraux, mica-schistes, grès et quartzites
120	ag - Groupe de La Barrière - grès, schistes, grès, marnes et graphites
121	ag - Groupe de St-Florens - Grès, mica-schistes et marnes
122	ag - Groupe de St-Florens Calcaires - schistes, grès, quartzites et marnes
123	ag - Migmatites - orthogress, leptinites, mica-schistes et quartzites
124	ag - Brèches ortho-migmatites
125	ag - Laves
126	ag - Laves et tufs
127	ag - Conduits pyroclastiques
128	ag - Rives - Rives littorales

Éléments structuraux majeurs

- Chenaux (faillites) ou failles normales récentes
- Chenaux (faillites) ou failles normales récentes saturées
- Failles décroissantes majeures
- Failles décroissantes mineures
- Failles inclinées normales
- Failles échelonnées normales
- Failles normales récentes
- Failles normales récentes saturées

illustration 31 – Carte lithostratigraphiques de la région Languedoc-Roussillon harmonisée à l'échelle 1/250 000

6. Typologie régionale des mouvements de terrain

Le terme « mouvement de terrain » manifeste un déplacement, plus ou moins brutal de la surface sol. Ce terme regroupe une grande variété de phénomènes dont la typologie de base se détermine d'abord à partir du phénomène physique à l'origine de l'évènement.

Les principales grandes classes de mouvement de terrain sont donc :

- les glissements de terrain ;
- les chutes de blocs et éboulements de masses rocheuses ;
- les affaissements et effondrements de cavités ;
- les coulées boueuses ;
- le retrait-gonflement des formations argileuses ;
- les fluages.

Chacune de ses grandes classes de mouvements peut cependant encore être qualifiée à l'aide des caractéristiques suivantes, cette liste n'étant cependant pas forcément exhaustive :

- l'origine des terrains (naturel, remanié ou anthropique) ;
- de la nature des matériaux déplacés (lithologie) ;
- du comportement mécanique des matériaux ;
- de la morphologie ou géométrie des terrains (pente) ;
- de la géométrie de la zone glissée ;
- des caractéristiques géométriques et mécaniques de la surface de rupture ;
- des mécanismes de rupture ou de déplacement des matériaux ;
- des volumes mis en jeu ;
- des vitesses de déplacement des masses de terrain ;
- des facteurs de prédisposition et de déclenchement du phénomène (naturels ou anthropiques).

La région Languedoc-Roussillon a de tout temps été soumise aux phénomènes de mouvements de terrain, le plus ancien phénomène recensé remontant à l'an 580 (en tout cas date antérieure au X^{ème} siècle) dans les gorges du Tarn (Pas de Soucis). Actuellement, ces phénomènes sont encore bien présents. En 2007, 12 mouvements de terrain notables ont été recensés dans la région. Afin de mieux appréhender les phénomènes susceptibles se produire sur le territoire régional, quelques cas remarquables sont présentés en annexe 2.

La typologie est basée sur l'analyse des 2329 mouvements de terrain recensés, collectés lors des inventaires et de leur compléments (cf. § 4.2), et des documents qui

leurs sont associés (photographie, description, coupure de presse, etc.). Cette analyse a été enrichie par l'expertise du BRGM et les documents réglementaires et méthodologiques.

L'analyse des événements recensés a amené à diviser la typologie en quatre principaux types de mouvements de terrain :

- les glissements de terrain ;
- les chutes de blocs et éboulements ;
- les affaissements et effondrements de cavités ;
- les coulées boueuses (succinctement décrites).

6.1. CLASSIFICATION DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Si l'analyse des événements recensés a amené à diviser la typologie en quatre familles de mouvements de terrain, il est important de préciser que la classification des mouvements de terrain doit également intégrer un critère relatif à la vitesse de déplacement des masses de sols. A cet égard on peut distinguer deux ensembles principaux :

- les mouvements « lents » provoquant des déformations progressives dans le temps et des conséquences pour la sécurité des personnes faibles à nulles :
 - les affaissements à l'aplomb de cavités naturelles ou artificielles ;
 - les tassements des sols compressibles (tourbes, argiles) et le retrait et gonflement de certains sols argileux ;
 - certains glissements des terrains argileux ou marneux de type fluage notamment.
- les mouvements « rapides » : ruptures brusques avec conséquences possibles pour les personnes :
 - les effondrements (déplacement vertical de sol) : rupture brutale de voûtes de cavités souterraines naturelles ou artificielle
 - les éboulements rocheux : chutes de pierres ou de bloc ou de masses rocheuses ;
 - les glissements de terrain meubles ou rocheux ;
 - les coulées boueuses provenant généralement de l'évolution de glissements saturés en eau et les laves torrentielles résultant du transport de matériaux en terrain montagneux.

Pour les trois grands types de mouvement de terrain identifiés dans la région Languedoc-Roussillon faisant objet de la cartographie régionale (glissement, éboulements / chutes de blocs et affaissement / effondrement), une trame commune descriptive a été élaborée comprenant :

- une description générale du phénomène ;
- une analyse sommaire des causes d'apparition identifiées au niveau de la base de données nationale sur les mouvements de terrain (www.mouvementsdeterrain.fr) ;
- des fiches détaillées par mécanisme de mouvement les plus fréquemment mis en jeu comprenant (illustration 32 et annexe 3) :

- une partie générale (orange) comprenant une description et un schéma du mécanisme observé, les principales formations lithostratigraphiques et les principaux secteurs géographiques régionaux concernés par le phénomène ainsi que les principaux facteurs permanents et déclencheurs du mécanisme ;
- une partie locale (bleu) comportant un ou deux exemples régionaux représentatifs, observés lors des inventaires départementaux mouvements de terrain ou lors de diverses études BRGM sur les mouvements de terrain de la région.

Enfin, et afin de hiérarchiser les facteurs d'instabilité, une synthèse des facteurs permanents et variables dans le temps est proposée pour les quelques types de mouvements de terrain identifiés en région (illustration 33).

Type phénomène	MECANISME OBSERVE		FICHE X
DESCRIPTION DU MECANISME :		EXEMPLES REGIONAUX :	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100%;"> <p style="text-align: center;">Schéma du mécanisme</p> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100%;"> <p style="text-align: center;">Photo exemple 1</p> </div>	
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p>		<p>Formations : Lieu : Causes : Volume total = X m³</p>	
<p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNES :</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100%;"> <p style="text-align: center;">Photo exemple 2</p> </div>	
<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p>		<p>Formation : Lieu : Causes : Volume total = X m³</p>	

illustration 32 – Fiche type des mécanismes observés dans la région

6.2. FACTEURS D'INSTABILITE

L'analyse des mouvements de terrain permet de mettre en évidence certaines conditions de site favorables à l'apparition de tel ou tel phénomène d'instabilité. On peut classer ces facteurs d'instabilités en deux catégories :

- les facteurs permanents : ou très lentement variables, caractérisant la prédisposition d'un site aux instabilités (relief, nature géologique ...) ;
- les facteurs variables dans le temps (séismes, modifications anthropiques), pouvant jouer le rôle de déclencheur des mouvements.

La présence d'eau dans les sols est, par elle-même, un facteur d'instabilité. En général sa présence est permanente dans les formations sujettes aux mouvements de terrain. Par contre sa quantité dans les formations varie en fonction du climat et cette variation constitue un facteur déclenchant.

Il est à noter que seuls les facteurs permanents et les facteurs qui varient sur de courtes périodes (variation saisonnière de la présence d'eau dans les formations impliquées par exemple) sont pris en compte dans la cartographie d'aléa.

6.2.1. Facteurs permanents ou très lentement variables (de prédisposition)

Les principaux facteurs permanents (inhérents au milieu) sont :

- la pesanteur qui constitue le moteur essentiel des mouvements de terrain qualifiés souvent d'ailleurs de « mouvements gravitaires » ;
- l'eau : qui joue plusieurs rôles et dont l'action affecte de manière variable le comportement des terrains soumis à son action :
 - action mécanique : par ruissellement entraînant les particules de sols sous l'effet du ruissellement de surface (ravinement, érosion) ou circulation souterraine (suffosion), par création de pressions interstitielles au sein des sols ou des massifs rocheux (cas de fractures en charge, présence de nappes sub-affleurante...) modifiant l'équilibre mécanique des versants par diminution de la résistance au cisaillement des sols dans le cas de glissement ou encore par saturation des terrains augmentant le poids moteur des mouvements ;
 - action physico-chimique : altération des roches (hydrolyse conduisant à la formation d'argiles) régissant la modification du comportement mécanique des terrains superficiels, saturation progressive de terrains induisant une diminution des paramètres mécaniques (diminution de la cohésion des terrains saturés par exemple) ;
 - action chimique : remarquable dans la dissolution des sols gypsifères notamment puisque à l'échelle humaine (quelques dizaines d'années) des cavités importantes peuvent se former son l'effet de circulations d'eaux souterraines ou beaucoup plus lente (plusieurs milliers d'années) dans le cas de la dissolution des carbonates (formation des réseaux karstiques – karst) ;
- lithologie et l'agencement des matériaux au sein des formations. Les lithologies des terrains régissent assez directement leur susceptibilité vis-à-vis des mouvements de terrain : marne, argile, substratum schisteux, alternance de matériaux tendres et rocheux (molasses par exemple), formations superficielles (colluvions, éboulis, moraines, produits d'altération) seront sensibles aux glissements de terrain alors que calcaires, dolomies, marbres granites (roches dites compétentes) seront pour leur part sensibles aux éboulements et chutes de blocs par exemple. La granulométrie des matériaux est également prépondérante pour l'évolution de masses glissées en coulée de boues ou pour que le soutirage vers un karst soit possible ;
- la structure des terrains : que ce soit à l'échelle de l'empilement des formations géologiques (contact entre les marnes du Toarcien et les dolomies du Bajocien) ou à l'échelle de l'affleurement de talus routier (alternance de bancs de calcaires décimétriques et joints argileux centimétriques), la structure des terrains joue un rôle

essentiel dans la prédisposition à tel ou tel type de mouvement de terrain. Au-delà de ces séquences stratigraphiques (dépôts successifs des couches géologiques), les discontinuités d'origine tectonique (failles, fractures, fissures) affectent l'ensemble des formations et conditionnent également leur prédisposition à l'apparition de mouvements de terrain. La densité de fracturation, l'orientation et le pendage des couches conditionnent le type de mouvement et les volumes susceptibles de s'ébouler par exemple ;

- la présence de cavités souterraines : d'origine anthropique (ou naturelle) conditionne en grande partie tous les phénomènes d'affaissement / effondrement, mais peut également être un facteur de prédisposition à l'apparition de glissement de terrains. La taille, la profondeur des cavités et le mode d'exploitation pour les carrières souterraines sont autant de critères à prendre en compte, mais la géométrie et le comportement des terrains de couverture (lithologie) et la présence de nappes (eau dans le sol) par exemple sont autant de facteurs essentiels à l'apparition de désordres en surface ;
- la morphologie des terrains puisque la gravité est le moteur principal : la morphologie conditionne en grande partie l'apparition de mouvements de terrain (hors retrait-gonflement des sols argileux). La pente est essentielle dans la stabilité d'un versant puisqu'elle régit directement l'équilibre des efforts mécaniques (moteurs et résistants). A cet égard, dans le cas des glissements de terrain on note fréquemment un optimum de valeurs de pentes favorables à l'apparition du mouvement : des pentes plus faibles sont stables et des pentes plus fortes n'existent pas (plus car déjà glissées). Il faut cependant se garder de toute analyse systématique et garder à l'esprit l'importance des mécanismes mis en jeu : certains glissements de terrain comme le fluage des sols argileux par exemple peuvent affecter les terrains de très faibles pentes ;
- le couvert végétal : la présence de couverture végétale peut assurer un rôle de protection contre les mouvements ou au contraire contribuer à leur possible apparition. En effet, la présence de végétation, selon son type peut contribuer ou non à favoriser le ruissellement de surface et donc à limiter l'infiltration d'eau dans le sol, et par conséquent influencer sur le facteur permanent majeur identifié qu'est la présence d'eau dans le sol. De même, par action mécanique, les racines profondes peuvent fixer les sols et les couches superficielles favorisant la stabilité des terrains argileux par exemple, mais à l'inverse elles peuvent s'insinuer au sein des fractures rocheuses d'un versant et contribuer à sa déstabilisation. Enfin signalons l'effet bénéfique, sans la surestimer toutefois, de la présence d'arbres en versant contre la propagation des blocs rocheux – de petite taille – dans les pentes.

6.2.2. Facteurs variables dans le temps (de déclenchement)

Ces principaux facteurs variables dans le temps déclenchent l'instabilité ou provoquent une accélération marquée des mouvements conduisant à la rupture. On distingue :

- les précipitations : de nombreux évènements se produisent suite à des épisodes pluvieux intenses ou suite à des périodes humides. La pluie n'est pas directement responsable du mouvement mais elle agit sur le facteur permanent qu'est l'eau dans le sol (§ 6). Cette action, caractérisée par la pluie efficace (c'est-à-dire la part de la pluie s'infiltrant dans le sol) se concrétise par l'augmentation des pressions interstitielles ou la mise en charge de cavités souterraines par exemple.

Il est important de remarquer également que cette action est différée d'autant plus que les phénomènes à l'origine des mouvements se trouvent à grande profondeur. C'est ainsi que les précipitations ont des effets souvent instantanés sur les mouvements de terrains les plus superficiels (glissement superficiels, chute de blocs, et l'on amalgame les précipitations avec les effets qu'elles ont dans les formations géologiques) alors que ces actions sont souvent différées et doivent être cumulatives pour que les mouvements ayant des causes plus profondes (glissement profonds et de grande ampleurs notamment) se concrétisent.

La neige – et en particulier son action pendant la période de fonte – doit également être considérée dans son action sur les pressions interstitielles..

La part de ruissellement des précipitations est également à considérer de par son action érosive locale (ravinement, érosion différentielle) mais également par les phénomènes d'érosion de berges sapant les pieds de versant plusieurs kilomètres en aval des zones effectivement soumises aux précipitations.

- la température : et surtout ses variations. Il est admis que les contrastes de température accentuent le déclenchement de chutes de pierres et de blocs par les dilatations différentielles qu'ils provoquent. Les périodes de gel-dégel contribuent également à l'apparition de phénomènes par augmentation des contraintes mécaniques des zones gélives. En relation avec ces points, on peut noter dans certaines zones, une différence des fréquences de mouvements selon l'orientation des versants (§ 0), les versants orientés vers le sud subissant des contrastes journaliers élevés et des évènements en général plus fréquents que ceux exposés vers le nord. La fonte des neiges, contribuant à l'apport d'eau aux sols, est également bien entendu directement liée à ce paramètre de température.
- les séismes : les vibrations provoquées par les séismes peuvent être responsables du déclenchement de glissements, éboulements ou effondrements de terrains, soit par action directe (accélération de sol affectant le sol et modifiant l'équilibre statique des pentes), soit par action indirecte en modifiant les écoulements souterrain et les pressions interstitielles par exemple (tarissement / apparition de source).

- l'action humaine : peut être considérée comme un des facteurs principaux de déclenchement des phénomènes d'instabilités quels qu'ils soient. On peut notamment signaler :
 - les modifications de la morphologie des versants naturels par les travaux de terrassement (talutage en pied de versant supprimant l'effet mécanique de butée naturelle de pied, création et reprofilage de talus routier, surcharge en remblai dans les pentes ...) ;
 - la présence d'excavations souterraines anthropiques (carrières, mines) dont la vétusté des installations peut vite évoluer (dégradation des systèmes de soutènements, altération des massifs accélérée autour des excavations...) ;
 - les modifications des conditions de circulations d'eau dans le sol : fuite des réseaux d'adduction en eau potable, des rejets d'eaux pluviales, pompages...
 - ébranlements provoqués par les tirs de mines provoquant des chutes de pierres et de blocs.
- d'autres facteurs, peuvent favoriser plus indirectement les instabilités des terrains et en particulier les incendies qui modifient le couvert végétal, la mise en culture des terrains ou le déboisement, et plus marginalement le fousissement d'animaux participant à l'érosion des sols et la remobilisation de blocs en versant.

6.3. GLISSEMENTS DE TERRAIN

6.3.1. Descriptif

Dans la région, ce phénomène représente environ un tiers des évènements recensés. Le glissement est un déplacement de vitesse très variable (quelques millimètres par an à quelques mètres par jour, plusieurs mètres par minute à la rupture) sur une pente, le long d'une surface de rupture (surface de cisaillement) souvent identifiable, d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables.

Cette surface est généralement courbe (glissement circulaire), mais elle peut aussi se développer à la faveur d'une discontinuité préexistante telle qu'un joint de stratification (glissement plan). Les profondeurs des surfaces de glissement sont très variables : de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, voire la centaine de mètres pour certains glissements de versant.

La répartition des causes naturelles ou anthropiques des glissements de terrain dans la région est présentée sur l'illustration 34. Il est important de faire remarquer que les causes listées sont directement issues de la base de données nationale des mouvements de terrain (www.mouvementsdeterrain.fr). Lors de la constitution de cette base, la liste des causes présumées ou avérées des évènements n'a pas fait l'objet d'une classification rationnelle. Ainsi, peuvent être mélangées des causes qui sont à l'origine du phénomène (présence d'une cavité minière par exemple pour les effondrements par exemple) et des causes qui sont à l'origine du déclenchement du phénomène (tel qu'un séisme).

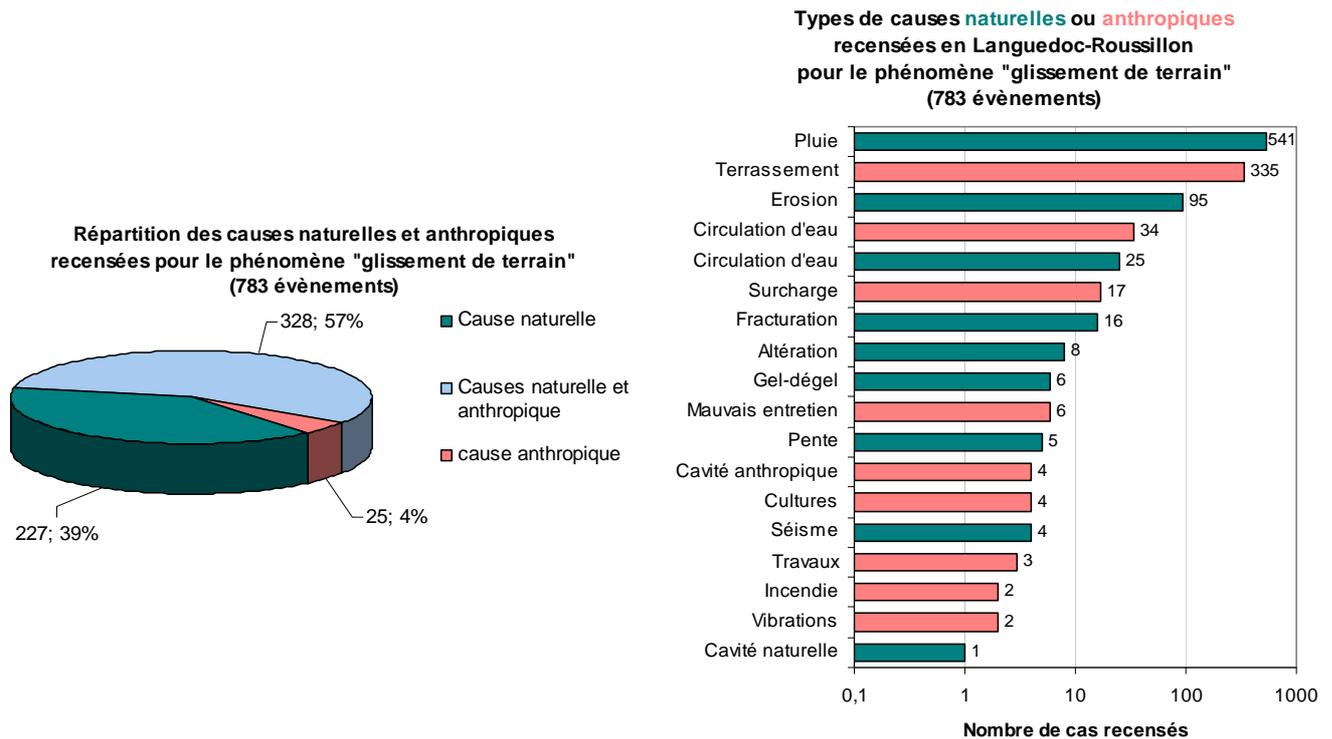


illustration 34 – Répartition des causes naturelles et anthropiques pour les glissements de terrain (d'après base nationale www.mouvementsdeterrain.fr)

Des indices caractéristiques peuvent être observés dans les glissements de terrain actifs: niche d'arrachement, fissures, replats, bourrelets, arbres basculés, zone de rétention d'eau, etc. La terminologie « glissement » est large et s'applique aussi bien aux matériaux meubles qu'aux matériaux rocheux (glissement plan, complexe ...). A cet égard, certains glissements affectant des roches pourraient également être considérés comme des éboulements.

6.3.2. Fiches descriptives des mécanismes observés

La synthèse des événements observés dans la région permet de dresser une liste des mécanismes principaux qualifiés de glissements de terrain. Cette liste n'est forcément pas exhaustive mais reflète les phénomènes connus à ce jour. Afin de synthétiser les données collectées, le phénomène « glissement de terrain », est présenté suivant 7 fiches descriptives selon le mécanisme du mouvement associé :

- glissement plan (Fiche 1) ;
- glissement rocheux ou mixte (Fiche 2) ;
- glissement circulaire ou rotationnel (Fiche 3) ;
- glissement composite ou complexe (Fiche 4) ;
- glissement superficiel (Fiche 5) ;
- glissement-coulée (Fiche 6) ;
- fluage (Fiche 7).

Un exemple est donné sur l'illustration 32 (fiche 1), l'ensemble des fiches est présenté en annexe 3.

Glissement	GLISSEMENT PLAN	FICHE 1
EXEMPLES REGIONAUX :		
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Glissement d'une masse de terrain bien délimitée, avec rupture par défaut de résistance au cisaillement sur une surface le long de laquelle les déformations se localisent. La surface de rupture est plane et peut être un joint stratigraphique, un plan de faille, une surface de schistosité ou de foliation ou une interface entre formation de pente ou altérite et bedrock (roche "en place"). La nature des matériaux est le plus souvent rocheuse.</p> <p>Ce mécanisme du rupture peut générer des éboulement en masse. Ce phénomène peut donc parfois être classé comme "chutes de blocs et éboulement".</p>	 <p>Année 1995</p> <p>Glissement de la chaussée sur 40 mètres de longueur environ Formations : Schistes et micaschistes des Cévennes (1nS) + remblai Lieu : RD451, Pontails-et-Bressis, Gard Causes : pluie, terrassement et plan de schistosité suivant la pente</p>	 <p>Zone tectonisée, glissement selon le plan de fracturation</p> <p>Formation : Argiles, grès, conglomérats, calcaires et dolomies (t3-7b) Lieu : RD50, Majencoules, Mialet, Gard Causes : pluie, terrassement et fracturation Volume total = 200 m³</p>
A L'ECHELLE REGIONALE :		
PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :		
<p>Toutes formations rocheuses présentant une stratigraphie clairement identifiée (pélites du Permien, formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé), formations métamorphiques présentant une schistosité avérée (schistes des Cévennes, schistes pyrénéens, formations paléozoïques de la Montagne Noire) et toutes formations intersectées par des accidents tectoniques (faille, fracture majeure).</p>		
PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :		
<p>Cévennes Zone Pyrénéenne Montagne Noire Lodévois Causses et Garrigues</p>		
PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :		
<ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse - plan de glissement parallèle à la pente - <i>ferrassement, pluie, séisme</i> 		

illustration 35 – Exemple de fiche descriptive de mécanisme de mouvement

6.3.3. Intensité des phénomènes

L'intensité d'un glissement de terrain peut être appréciée notamment par l'ampleur des dommages qu'il occasionne (coût des réparations ou préjudice corporel) ou plus simplement par l'ampleur du phénomène. Pour ce projet, et compte tenu des données disponibles, l'intensité des glissements a été appréciée à partir des volumes totaux mobilisés (VT).

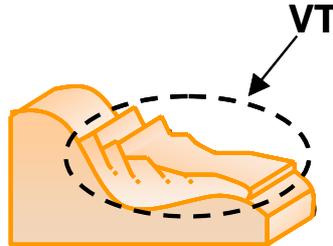


illustration 36 – Représentation schématique du volume total des matériaux glissés

La classification des niveaux d'intensité est basée sur la distribution des volumes totaux (VT) des glissements répertoriés dans la région. Les données d'inventaire fournissent 482 volumes renseignés sur les 783 glissements de terrain recensés (62%). Ces volumes sont très variables, ils s'étalent de 1.5 m³ (glissement de talus) à 8 000 000 m³ (glissement de versant majeur et historique).

La répartition spatiale des événements recensés selon le volume total des matériaux glissés est représentée sur l'illustration 37. On remarque que la majorité des glissements de volume important (supérieur à 1 000 m³) se concentre dans les secteurs définis par des contextes géologiques particuliers (transition Crétacé terminal/Paléocène, transition Lias/Hettangien, Trias terminal évaporitique) :

- au sud-ouest de l'Aude, dans la zone accidentée des Corbières, au contact entre les formations du crétacé de la zone nord pyrénéenne, les formations tertiaires du bassin de Carcassonne et les lambeaux évaporitiques triasiques ;
- au nord de l'Hérault, dans le lodévois et sur la bordure cévenole, au contact entre les formations argileuses du Trias et carbonatées du Lias et du Jurassique ;
- au nord-ouest de l'Hérault, sur la bordure de la montagne noire dans les formations marneuses du Maastrichtien.

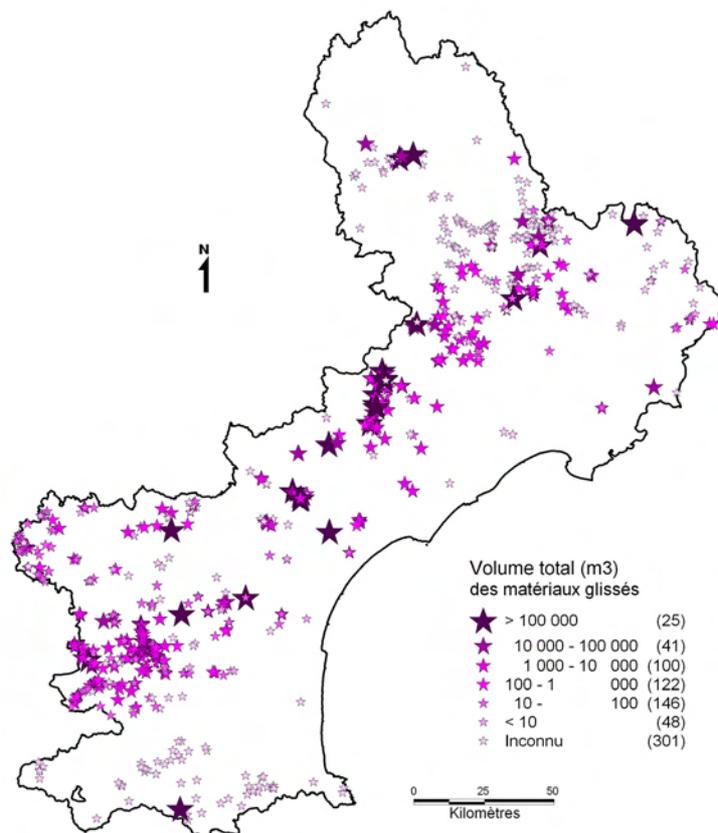


illustration 37 – Répartition spatiale des évènements recensés, selon le volume total des matériaux glissés, dans la région Languedoc-Roussillon

A partir de ces données, six classes de volumes totaux (VT1 à VT6) ont été définies (illustration 38) :

- **VT1** : volume total des matériaux glissés inférieur à 10 m³ ;
- **VT2** : volume total des matériaux glissés compris entre 10 m³ et 100 m³ ;
- **VT3** : volume total des matériaux glissés compris entre 100 m³ et 1 000 m³ ;
- **VT4** : volume total des matériaux glissés compris entre 1 000 m³ et 10 000 m³ ;
- **VT5** : volume total des matériaux glissés compris entre 10 000 m³ et 100 000 m³ ;
- **VT6** : volume total des matériaux glissés supérieur à 100 000 m³.

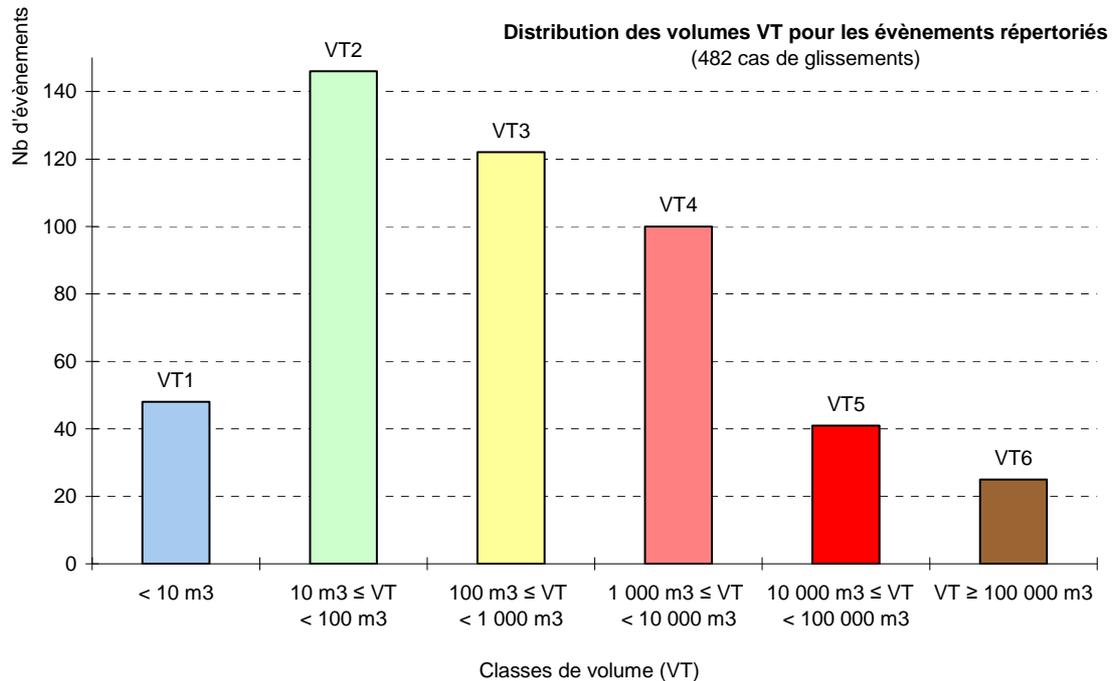


illustration 38 – Distribution et répartition en classes des volumes totaux (VT) des glissements de terrain recensés dans la région Languedoc-Roussillon

A partir de ces classes de volume, cinq niveaux d'intensité ont été définis pour l'ensemble des glissements de terrain de la région (illustration 39). Chaque classe d'intensité caractérise des événements avec une possible superposition des valeurs de volumes mis en mouvements, ainsi qu'une appréciation sur les mécanismes généraux des mouvements (de versant, fluage, superficiels) :

- l'**intensité 1** correspond à des glissements de terrain de très faible ampleur et superficiels affectant les talus ou la couverture d'altération. Les volumes totaux sont inférieurs à 10 m³ (VT1) ;
- l'**intensité 2** correspond aux glissements de terrain de faible ampleur ou superficiel, affectant souvent les talus. A cette intensité, le fluage commence à apparaître. Les volumes sont inférieurs à 1 000 m³ avec une prédominance des volumes inférieurs à 100 m³ (VT2) ;
- l'**intensité 3** correspond aux glissements de moyenne ampleur, parfois superficiels et affectant généralement les versants. Les volumes ne dépassent pas 10 000 m³ et sont généralement compris entre 100 et 1 000 m³ (VT3) ;
- l'**intensité 4** correspond à des glissements de versant de grande ampleur et rarement superficiel. A cette intensité, les phénomènes de fluage sont importants. Les volumes sont généralement compris entre 1 000 et 10 000 m³ (VT4) et rarement entre 10 000 et 100 000 m³ (VT5) ;
- l'**intensité 5** correspond aux glissements de versant de très grande ampleur. Ces phénomènes sont exceptionnels et peuvent être fossiles, historiques ou actuels (lents, continus et pouvant être réactivés brutalement). Généralement

ces phénomènes sont accompagnés de glissements superficiels des talus et de phénomènes de fluage. Les volumes concernés sont supérieurs à 100 000 m³ (VT6).

	Volumes totaux	Type glissement
Intensité 1	Volumes totaux <10m³	Glissement superficiel affectant les talus ou la couverture d'altération. Pas de fluage à cette échelle.
Intensité 2	Volumes totaux < 1 000m ³ avec une prédominance des volumes totaux <100m³	Glissement superficiel ou de faible ampleur affectant généralement les talus. Peu de phénomène de fluage.
Intensité 3	Volumes totaux <10 000m ³ avec une prédominance des volumes totaux compris entre 100 et 1 000m³	Glissement de moyenne ampleur pouvant être superficiel et affectant généralement les versants. Phénomène de fluage.
Intensité 4	Volumes totaux <100 000m ³ avec une prédominance des volumes totaux compris entre 1 000 et 10 000m³	Glissement de grande ampleur et rarement superficiel , affectant très majoritairement les versant. Phénomène de fluage important.
Intensité 5	Volumes totaux >100 000m³	Glissement de versant de très grande ampleur. Phénomène majeur souvent fossile, historique ou lent et continu, pouvant être réactivé brutalement. Généralement ce phénomène est accompagné de glissements superficiels des talus et de fluage important sur le versant.

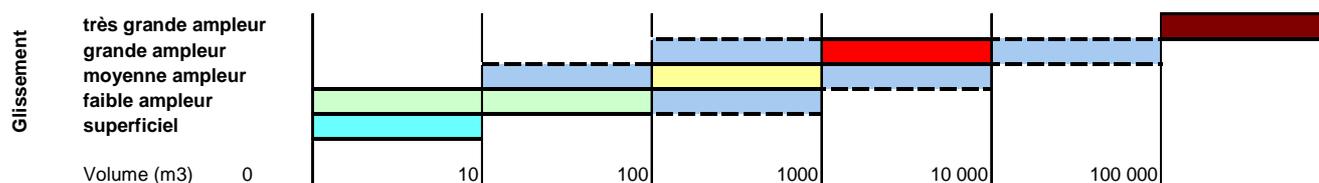


illustration 39 – Récapitulatif des classes d'intensités pour les glissements de terrain susceptibles de se produire dans la région Languedoc-Roussillon

Les planches 1 et 2 de l'annexe 4 illustrent ces différentes classes d'intensités pour les glissements de terrain avec des exemples concrets d'évènements régionaux.

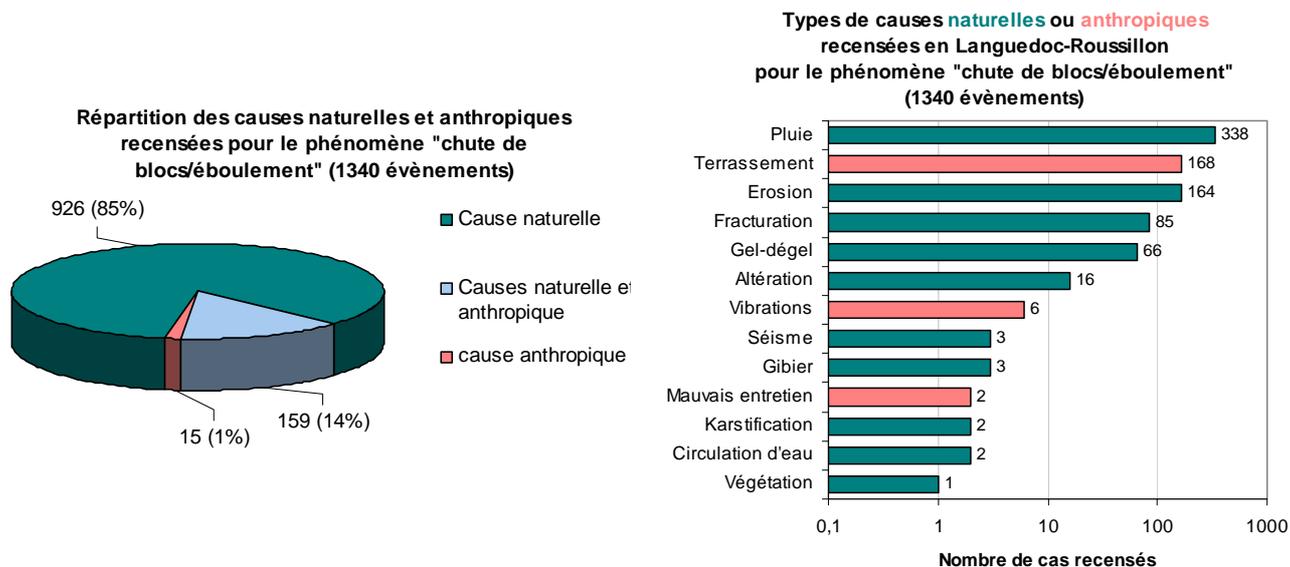
6.4. CHUTES DE BLOCS / EBOULEMENTS

6.4.1. Descriptif

Les chutes de blocs et éboulements sont le type de phénomène le plus fréquemment rencontré dans la région. Ils représentent plus de la moitié (57%) des évènements recensés. Il s'agit de mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés tels que calcaires, grès, roches cristallines, etc. Ces chutes se produisent par divers mécanismes de rupture (basculement, rupture de pied, glissement banc sur banc) à partir de falaises, d'escarpements rocheux ou de formations meubles à blocs (moraines, colluvions) par remobilisation d'éléments rocheux dans une pente.

Lors d'une rupture, les blocs issus d'une « zone de départ » peuvent se propager vers l'aval (rouler ou rebondir), puis se stabiliser dans une zone dite d'épandage (ou d'atterrissement). La trajectoire la plus fréquente suit en général la ligne de plus grande

penne, mais on peut observer des trajectoires très obliques résultant notamment de la forme géométrique de certains blocs (plaque roulant sur la tranche) et des irrégularités du versant. Les distances parcourues sont fonction de la taille, de la forme et du volume des blocs éboulés, de la pente du versant, de la nature du sol, de la densité et de la nature de la végétation, etc. La répartition des causes d'instabilités recensées



dans la région est présentée sur l'illustration 40.

illustration 40 – Répartition des causes naturelles et anthropiques pour les chutes de blocs et éboulements (d'après base nationale www.mouvementsdeterrain.fr)

6.4.2. Fiches descriptives des mécanismes observés

La présentation des fiches concernant les chutes de blocs et éboulements est identique à celle des glissements de terrain (cf. § 6.3.2).

Les fiches (8 à 17 – annexe 3) liées au phénomène « chute de blocs/éboulement » sont au nombre de 10 et décrivent les mécanismes suivants :

- glissement de dièdre (Fiche 8) ;
- rupture de dalle en toit (Fiche 9) ;
- rupture par érosion différentielle (Fiche 10) ;
- rupture d'écaillage en paroi (Fiche 11) ;
- basculement de blocs, panneau ou colonne (Fiche 12) ;
- rupture de pied de colonne (Fiche 13) ;
- remobilisation de blocs dans les pentes (Fiche 14) ;
- panneau translaté (Fiche 15) ;
- rupture de chandelle - relief ruiniforme (Fiche 16) ;
- cône et couloir d'éboulis (Fiche 17).

6.4.3. Intensité des phénomènes

Comme pour les glissements de terrain (6.3.3), l'intensité des phénomènes chutes de blocs et éboulements a été appréciée à partir des volumes éboulés, mais en distinguant les volumes totaux mobilisés (VT) des volumes unitaires maximum des blocs éboulés (VU), pour les évènements recensés dans la région.

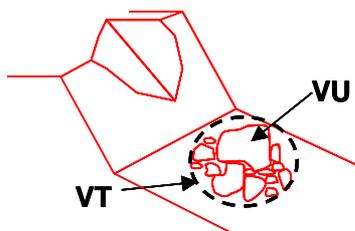


illustration 41 – Représentation schématique du volume total et du volume unitaire des matériaux éboulés

Les données d'inventaire fournissent sur la région 229 volumes unitaires et 196 volumes totaux renseignés sur les 1340 chutes de blocs et éboulements recensés. Il faut noter que le recensement des chutes de blocs du Languedoc-Roussillon intègre l'inventaire des zones d'éboulis (zones d'épandages ou d'atterrissements des chutes de blocs) dont les informations quantitatives (date-volume) ne sont souvent pas connues (707 évènements). Les évènements recensés s'étalent de la chute d'un petit bloc isolé (ou « chute de pierres » d'un volume total et unitaire de 0.01m^3) ou chute de pierres à l'écroulement rocheux historique (volume total de $1\,500\,000\text{m}^3$ et volume unitaire maximal de $1\,000\text{m}^3$).

La répartition spatiale des évènements selon le volume total ou unitaire des matériaux éboulés est représentée sur l'illustration 42. Cette répartition montre que la majorité des chutes de blocs et des éboulements d'ampleur se situent dans les zones montagneuses ou de relief marqué :

- au nord de l'Hérault et à l'ouest de la Lozère, dans les formations calcaires du Jurassique des Causses et plus précisément dans les gorges (Vis et Tarn) ;
- au sud de l'Aude et dans les Pyrénées-Orientales, sur le massif des Corbières et la chaîne pyrénéenne (granites, roches métamorphiques et calcaires du Dévonien et du Crétacé) ;
- au sud de la Lozère et au nord-ouest du Gard, dans les formations schisteuses des Cévennes ;
- dans les formations karstiques du crétacé inférieur (n2-5C et n4-5U) au sud-ouest de l'Aude (Zone-Nord-Pyrénéenne) et dans le Gard (Garrigue) ainsi que du Dévonien de l'Aude (Mouthoumet) ;
- dans les formations Tertiaires des bassins et particulièrement le Pliocène (Montpellier) pour les phénomènes peu volumineux de suffosion ;
- dans les formations quaternaires de recouvrement sur l'ensemble de la région.

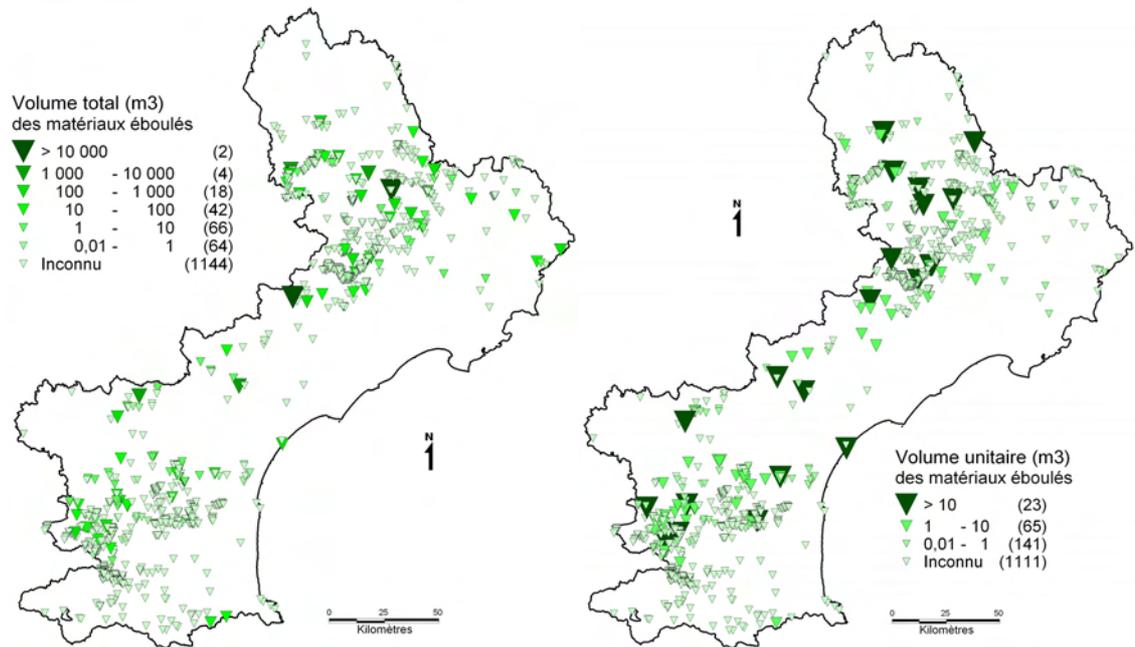


illustration 42 – Répartition spatiale des évènements recensés, selon le volume total et unitaire des matériaux éboulés, dans la région Languedoc-Roussillon

A partir de ces données, six classes de volumes totaux (VT1 à VT6) ont été définies :

- **VT1** : volume total des matériaux éboulés inférieur à 1 m^3 ;
- **VT2** : volume total des matériaux éboulés compris entre 1 m^3 et 10 m^3 ;
- **VT3** : volume total des matériaux éboulés compris entre 10 m^3 et 100 m^3 ;
- **VT4** : volume total des matériaux éboulés compris entre 100 m^3 et $1 000 \text{ m}^3$;
- **VT5** : volume total des matériaux éboulés compris entre $1 000 \text{ m}^3$ et $10 000 \text{ m}^3$;
- **VT6** : volume total des matériaux éboulés supérieur à $10 000 \text{ m}^3$.

ainsi que trois classes de volumes unitaires (VU1 à VU3) (illustration 43) :

- **VU1** : volume unitaire maximum des blocs éboulés inférieur à 1 m^3 ;
- **VU2** : volume unitaire maximum des blocs éboulés compris entre 1 m^3 et 10 m^3 ;
- **VU3** : volume unitaire maximum supérieur à 10 m^3 .

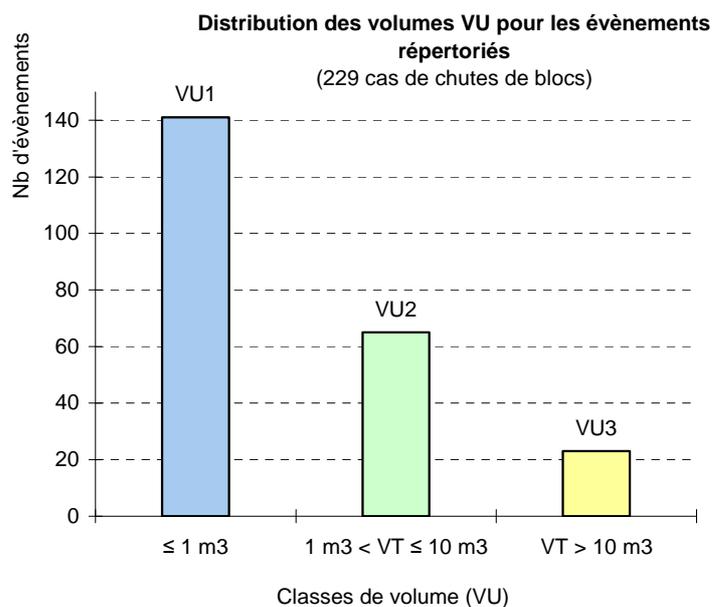
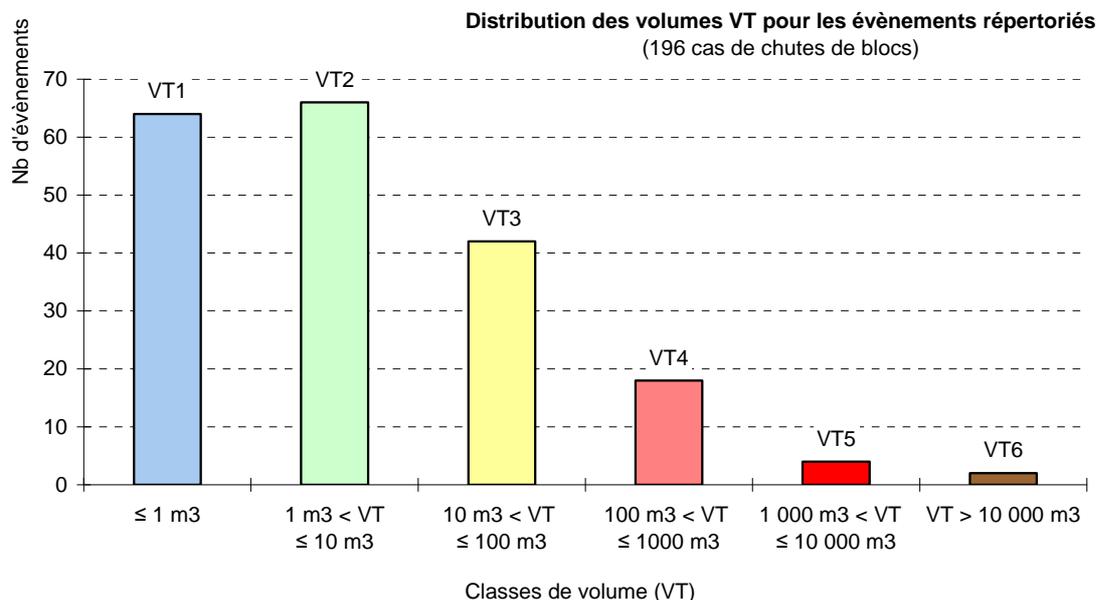


illustration 43 – Distribution et répartition en classes des volumes totaux (VT) et unitaires (VU) des chutes de blocs recensées dans la région Languedoc-Roussillon

A partir de ces classes de volumes, trois niveaux d'intensité ont été définis pour les chutes de blocs isolés et les éboulements de la région (illustration 44) :

- **l'intensité 1** correspond aux chutes isolées de blocs ($\leq 1 \text{ m}^3$) et parfois de gros blocs ou aux éboulements en masse très limitée de pierres, de blocs et parfois de gros blocs. Les volumes totaux concernés sont inférieurs à 10 m^3 et majoritairement inférieurs à 1 m^3 . Les volumes unitaires ne dépassent jamais 1 m^3 ;

- l'**intensité 2** correspond généralement aux chutes isolées de gros blocs (entre 1 m³ et 10 m³) ou aux éboulements en masse limitée de gros blocs. Les volumes totaux sont inférieurs à 1 000 m³ avec une prédominance des volumes compris entre 1 et 100 m³. Les volumes unitaires sont majoritairement compris entre 1 et 10 m³ ;
- l'**intensité 3** correspond aux chutes isolée de très gros blocs (> 10 m³), aux éboulements en masse de gros blocs ainsi qu'aux éboulements en masse, limitée ou non, de très gros blocs. Les volumes totaux sont majoritairement supérieurs à 100 m³ et les volumes unitaires à 10 m³.

La planche 3 de l'annexe 4 illustre les différentes classes d'intensités pour les chutes de blocs et les éboulements avec des exemples concrets d'évènements survenus dans la région.

	VOLUMES		Chute isolée	Eboulement
	Volumes totaux	Volumes unitaires		
Intensité 1	Volumes totaux <10m3 avec une prédominance des volumes totaux < 1m3.	Volumes unitaires majoritairement <1m3 (blocs)	Chute isolée de blocs et de gros blocs	Eboulement en masse très limitée de blocs et gros blocs et chute de pierres
Intensité 2	Volumes totaux < 1000m3 avec une prédominance des volumes totaux compris entre 1 et 100m3	Volumes unitaires très majoritairement < 10m3 (gros blocs) avec une prédominance des gros blocs (> 1m3)	Chute isolée de gros blocs et de blocs	Eboulement en masse limitée de gros blocs et/ou de blocs
Intensité3	Volumes totaux majoritairement >100m3	Volumes unitaires majoritairement >10m3	Chute isolée de très gros blocs	Eboulement en masse de gros blocs et de très gros blocs et éboulement en masse limitée de très gros blocs

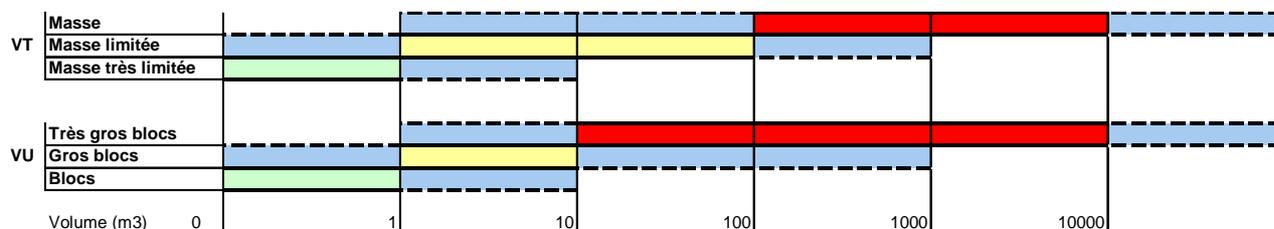


illustration 44 – Récapitulatif des classes d'intensités pour les chutes de blocs et les éboulements susceptibles de se produire dans la région Languedoc-Roussillon

6.5. EFFONDREMENTS / AFFAISSEMENTS

6.5.1. Descriptif

Ces phénomènes sont relativement faiblement représentés sur le territoire (5% des évènements recensés, 137 évènements). Compte tenu de l'importance des formations calcaires fortement karstifiées, notamment dans les Causses, il est possible que ce faible pourcentage s'explique en partie par le fait que le recensement s'effectue auprès de la population et que les évènements possibles se trouvent majoritairement en pleine nature, loin des zones urbanisées.

Les effondrements sont des mouvements gravitaires à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon brusque. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine préexistante. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique, dont les dimensions dépendent du volume du vide, de sa profondeur, de la nature géologique du sol et du mode de rupture. Selon ce mode, l'effondrement de surface peut-être ponctuel (fontis) ou qualifié de généralisé dans le cas d'une rupture globale de cavité. En mine, on parle en particulier d'effondrement généralisé pour dire que les piliers notamment, initialement laissés pour procurer un soutènement, n'ont pas résisté. Pour des cavités naturelles, cette classification est moins fréquente.

Les affaissements sont des mouvements lents du sol de surface liés également à la présence de vides en profondeur. Les figures caractéristiques de manifestation de ces phénomènes sont des dépressions topographiques en forme de cuvette à grand rayon de courbure dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture avec ou sans fractures ouvertes. La composante verticale du mouvement est prépondérante. Des efforts de flexion, de traction et de cisaillement et les tassements différentiels préjudiciables aux structures peuvent se manifester dans les zones de bordure. Dans certains cas, un affaissement peut être le signe annonciateur d'effondrements.

Ce n'est pas uniquement la taille des cavités qui fait la différence entre effondrement et affaissement mais plutôt le mode de rupture des terrains de couverture : rupture fragile (sans ou peu de déformations préalable) ou rupture plastique (avec déformations progressives).

L'analyse des causes d'apparition de mouvements est réalisée d'abord sur la présence de cavités, où l'on note que les cavités naturelles, pourtant largement représentées à l'échelle régionale (cf. § 4.3) ne sont majoritairement pas à l'origine des mouvements observés :

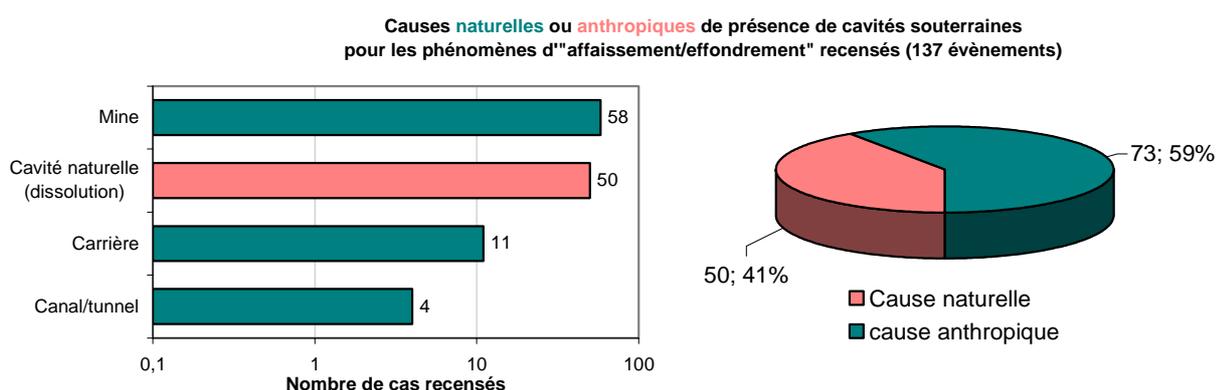


illustration 45 – Causes de présence de cavités souterraines pour les affaissements et effondrements recensés (d'après base nationale www.mouvementsdeterrain.fr)

Et par ailleurs, comme pour les autres phénomènes, les causes des mouvements, telles que reportées au sein de la base de données nationale sont présentées sur l'illustration 46.

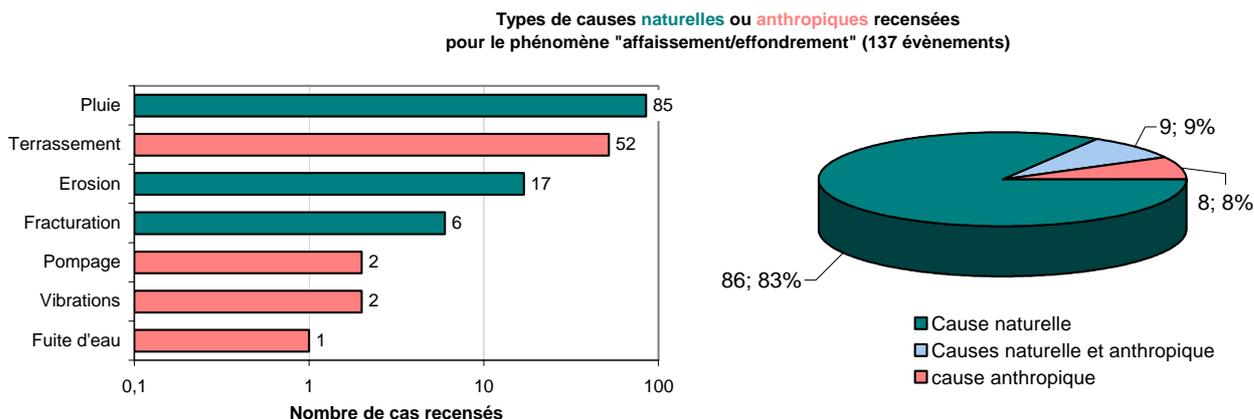


illustration 46 – Répartition des types de causes naturelles ou anthropiques pour les affaissements et effondrements de cavités

Il est à noter que les formations affectées par de tels mouvements ne sont pas nécessairement celles contenant des cavités (qu'elles soient naturelles ou anthropiques). En effet, un effondrement de cavité en profondeur peut affecter l'ensemble de la colonne de sol sus-jacente. La propagation vers la surface de cet effondrement dépend directement de la nature des terrains de recouvrement (alluvions, formations tertiaires, ...).

6.5.2. Fiches descriptives des mécanismes observés

La présentation des fiches concernant les effondrements et affaissements est identique à celle des glissements de terrain (cf. § 6.3.2).

Les fiches (18 à 21 – annexe 3) liées au phénomène « effondrement et affaissement de cavités » sont au nombre de 4 et décrivent les mécanismes suivants :

- affaissement ou doline (Fiche 18) ;
- fontis ou effondrement localisé (Fiche 19) ;
- effondrement généralisé (Fiche 20) ;
- suffosion (Fiche 21).

6.5.3. Intensité des phénomènes

Compte tenu du faible nombre d'évènements recensés dans la région pour le phénomène « effondrement et affaissement de cavités » (137 cas), l'analyse de l'intensité des phénomènes n'a pas été pris en compte pour la détermination de la susceptibilité.

En effet, le nombre de données qui permet l'analyse ne semble pas suffisant pour attribuer une intensité représentative des évènements susceptibles de se produire au sein de chaque formation lithostratigraphique sensible au phénomène, comme cela pourra être fait pour les glissements et les chutes de blocs et éboulements.

Cette analyse permet donc seulement d'apprécier les évènements susceptibles d'apparaître dans la région et de mieux appréhender les phénomènes. L'intensité des

phénomènes effondrements a été appréciée à partir des volumes de vide résultant (indépendamment de toute considération sur la vitesse du phénomène) à partir des données renseignées dans la base de données nationale : diamètre effondré (D) et profondeur de vide (P) (illustration 47) :

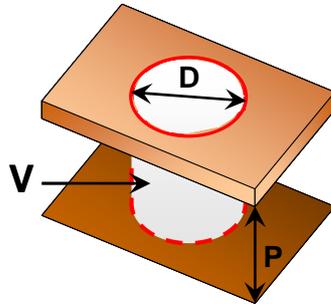


illustration 47 – Représentation schématique du diamètre effondré (D), de la profondeur de vide (P) et du volume de vide (V) d'un effondrement de cavité

Les données renseignées concernent 83 événements (P et D). Le calcul des volumes associés s'effectue sur l'hypothèse d'effondrement cylindrique. Les volumes de vide s'étalent de 0.01 m³ (suffosion) à plus de 100 000 m³ (karst, gypse ou mine).

La répartition spatiale des événements selon le volume total ou unitaire des matériaux éboulés est représentée sur l'illustration 48. On remarque que la majorité des événements recensés se situent :

- dans les zones de concessions minières : à l'est du Gard, mines de lignites dans les formations du crétacé supérieur (c1-2 et c1-4) et de la transition Eocène/Oligocène (e7-g1C). Au nord du Gard, mines de charbons dans la formation du Carbonifère supérieur (h5). Dans l'Hérault, mines de bauxites dans les formations du Campanien-Maastrichtien (c5-6) ;
- dans les zones exploitées en carrières souterraines : phosphates à Salazac au nord-est du Gard (n5-6), marbre ("pierre d'Armissan") au nord-est de l'Aude (m1C) et sépiolite à Salinelles à l'ouest du Gard (g) ;
- dans les formations gypseuses du Trias : au nord-est du Gard sur la bordure Cévenole, sur la bordure des Corbières (Aude) et dans les Pyrénées-Orientales, aussi bien dans les zones de carrières (Bizanet, Aude) et de mines que dans les zones naturelles.

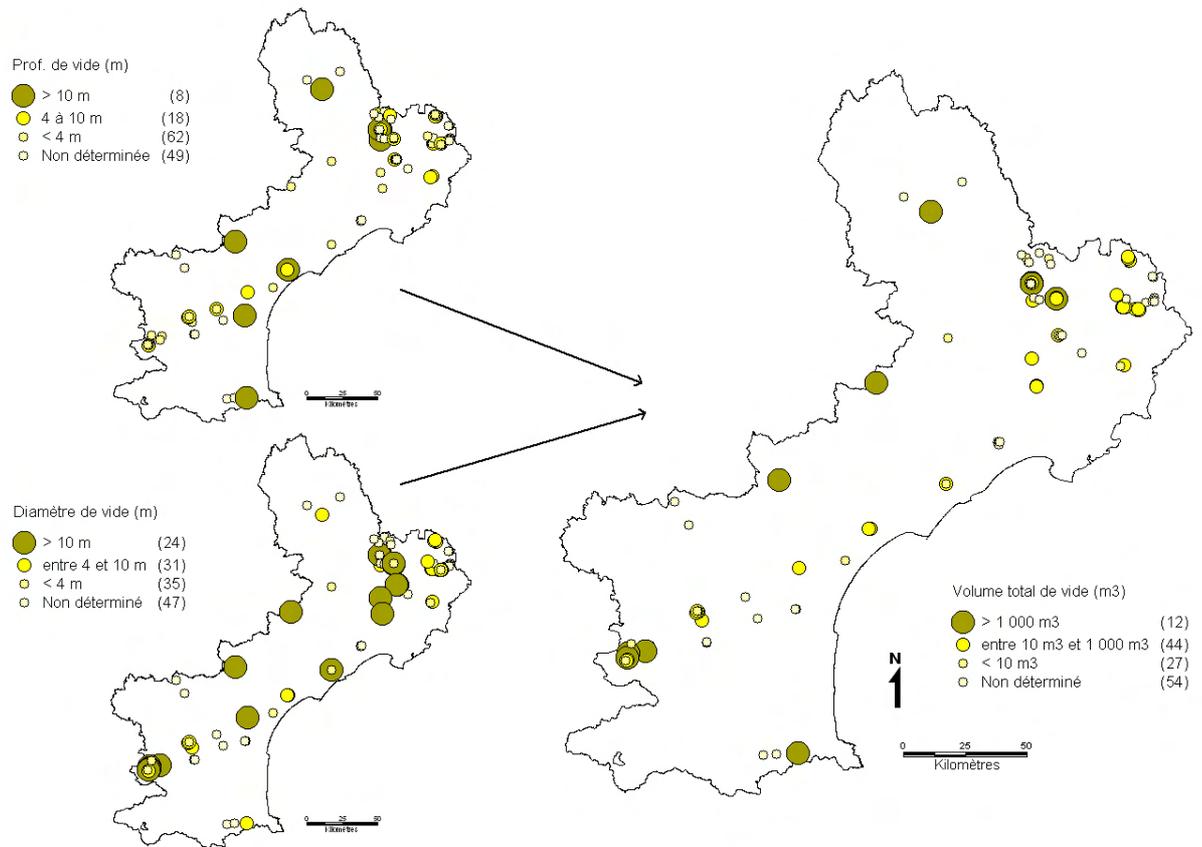


illustration 48 – Répartition spatiale des effondrements et affaissements recensés, selon le diamètre, la profondeur et le volume de vide dans la région Languedoc-Roussillon

Dans un deuxième temps, la distribution des volumes recensés est analysée afin de définir les grandes classes de volumes totaux et unitaires des effondrements et des affaissements susceptibles de se produire dans la région (illustration 49).

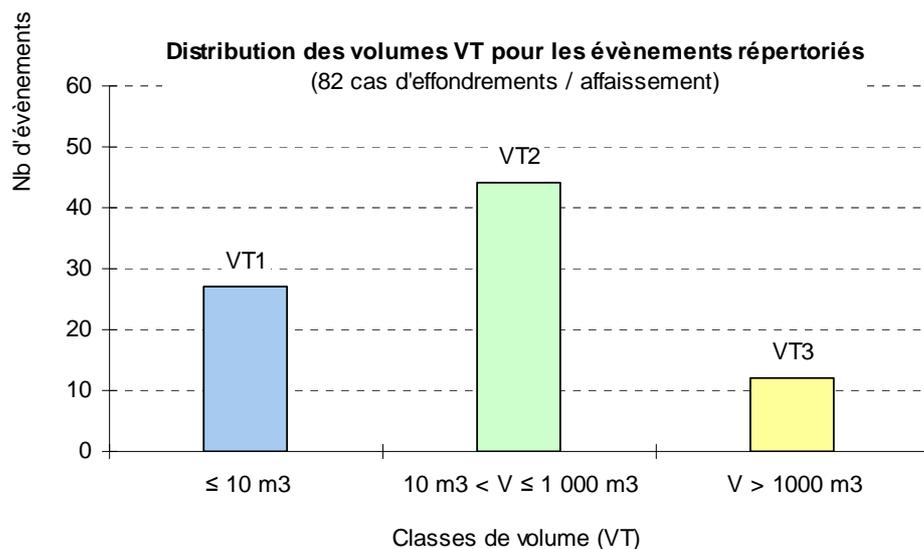


illustration 49 – distribution et répartition en classes des volumes totaux des effondrements et affaissements recensés dans la région Languedoc-Roussillon

A partir de ces données trois classes de volumes totaux (VT1 à VT3) ont été définies (illustration 49) :

- **VT1** : volume total des matériaux effondrés inférieur à 10 m³;
- **VT2** : volume total des matériaux effondrés compris entre 10 m³ et 1 000 m³ ;
- **VT3** : volume total des matériaux effondrés supérieur à 1 000 m³.

A partir de ces classes de volume, trois niveaux d'intensité ont été définis pour les effondrements et affaissements de la région (illustration 50) :

- l'**intensité 1** correspond aux affaissements et aux effondrements de faible ampleur et très localisés. Les volumes totaux concernés sont inférieurs à 10 m³ ;
- l'**intensité 2** correspond aux affaissements et aux effondrements localisés de moyenne ampleur. Les volumes totaux sont compris entre 10 et 1 000 m³ ;
- l'**intensité 3** correspond aux affaissements et aux effondrements généralisés de grande ampleur. Les volumes totaux sont supérieurs à 1 000 m³.

	Volumes totaux	Type effondrement/affaissement
Intensité 1	Volumes totaux <10m ³	Affaissement de faible amplitude ou fontis de petite taille
Intensité 2	Volumes totaux compris entre 10 et 1 000m ³	Affaissement ou effondrement localisé de moyenne ampleur
Intensité 3	Volumes totaux >1 000m ³	Affaissement ou effondrement généralisé de grande ampleur

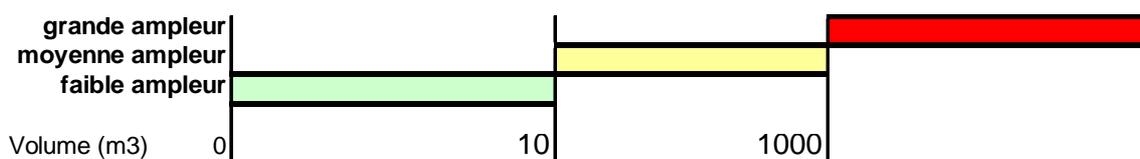


illustration 50 – Récapitulatif des classes d'intensités pour les effondrements et affaissements susceptibles de se produire dans la région Languedoc-Roussillon

Remarque importante :

Dans le domaine des aléas miniers (et par extension pour la cartographie du risque lié à la présence de cavités souterraines), la vitesse des phénomènes a une importance considérable, puisqu'à priori les événements de type affaissement (lents) n'induisent généralement qu'un risque économique en ne mettant en péril « que » les constructions. Les effondrements par contre, phénomènes brutaux par excellence, peuvent mettre des vies en péril et sont donc considérés dans une autre classe d'intensité.

Ce distinguo n'a volontairement pas été introduit dans le cadre du projet en raison de l'échelle de travail notamment et de la non prise en compte des mouvements de terrains liés à la présence des mines. Mais il va de soit que à une autre échelle et selon les secteurs concernés, cette différence d'intensité au sens large du terme mériterait d'être prise en compte, et cartographiée de manière distincte.

La planche 4 de l'annexe 4 illustre les différentes classes d'intensités pour les affaissements et les effondrements de cavités avec des exemples concrets d'évènements survenus dans la région. L'illustration 51 définit les classes d'intensité selon le diamètre et la profondeur d'effondrement.

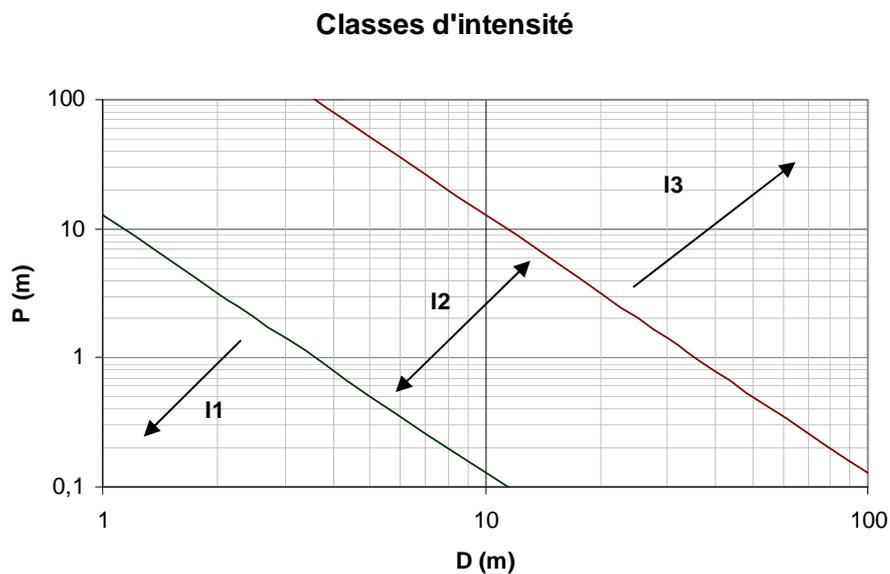


illustration 51 – Classe d'intensité en fonction des diamètres et des profondeurs d'effondrements

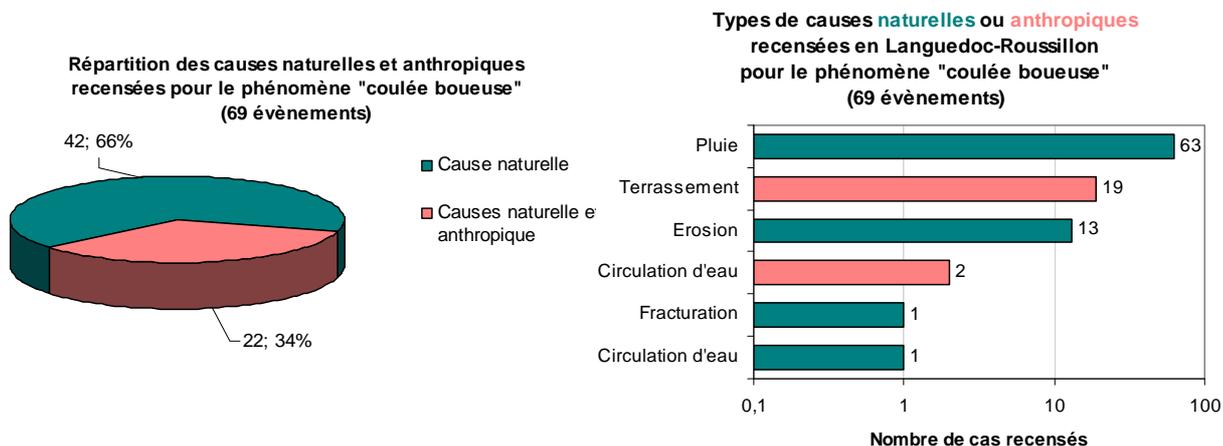
6.6. COULEES BOUEUSES

Le phénomène « coulée boueuse » est peu recensé dans la région. En effet, il représente seulement 3% des phénomènes identifiés. Lors du recensement, ce type de phénomène peut parfois être confondu par la population avec d'autres types comme les glissements de terrain, le ravinement ou le charriage torrentiel, voire l'inondation. Cette confusion terminologique est très largement entretenue par les médias notamment.

La coulée boueuse est un mouvement rapide d'une masse de matériaux remaniés, à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Elle prend fréquemment naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain. L'apparition de coulées boueuses résulte d'une combinaison de facteurs tels que la pente, la teneur en eau des masses glissées et la vitesse d'écoulement de l'ensemble

Les morphologies de talweg favorisent la concentration des matériaux sous forme de coulée et les exutoires de ces talwegs sont fréquemment le siège de dommages importants en cas d'apparition du phénomène.

Les principales causes recensées pour les 69 événements recensés dans la région sont reportées sur l'illustration 52, d'après les données de la base de données nationale). A ces causes il faut ajouter, même si elles ne sont pas explicitées dans la base de données : l'état de surface et surtout la nature du couvert végétal (et les phénomènes qui l'altère : déboisement, feux ...) qui joue un grand rôle dans le



développement de ces phénomènes.

illustration 52 – Répartition des causes naturelles et anthropiques pour les coulées boueuses

Les principales formations concernées par ce phénomène sont les formations schisteuses du Groupe de St-Pons Cabardès et des Cévennes, les marnes noires du Toarcien, les formations argilo-marneuses du Maastrichtien, les marnes et molasse de Carcassonne et les argiles du Pliocène.

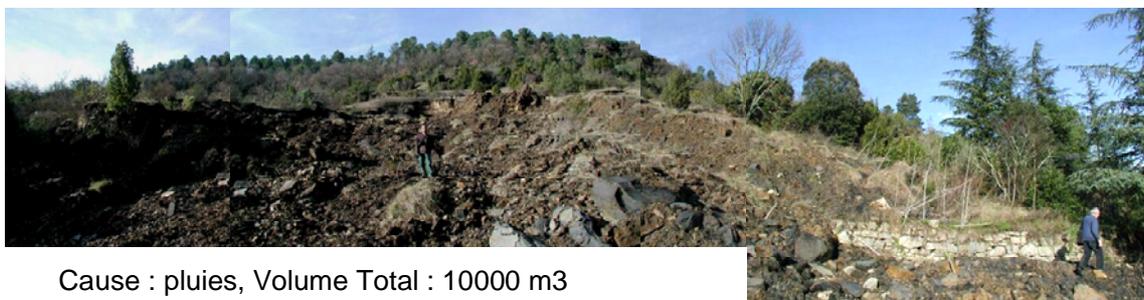


illustration 53 – Exemple de glissement ayant évolué en coulée boueuse (marnes noires feuilletées du Toarcien (Généralgues, Gard))

6.7. SYNTHÈSE DES TYPES DE MOUVEMENTS CARTOGRAPHIÉS

6.7.1. Phénomènes cartographiés

Dans le cadre du projet, les types de phénomènes concernés par la cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain selon l'intensité des phénomènes sont :

- les glissements de terrain ;

- les éboulements et chutes de blocs ;
- les affaissements et effondrements.

6.7.2. Intensités cartographiées

Pour les glissements de terrains, pour faciliter la compréhension et l'analyse, seules trois classes d'intensité sur les cinq décrites dans le paragraphe 6.3.3 sont cartographiées en termes de susceptibilité. Les classes d'intensité 1 et 2, correspondant aux glissements de terrain de très faible et de faible ampleur, sont regroupées en une seule classe. La classe d'intensité 5 n'est pas représentée en terme de susceptibilité par formation géologique vu l'exceptionnalité des phénomènes. Cette « simplification » n'est opérée qu'en fin de traitement analytique en amont immédiat de la cartographie des résultats (cf. § 7.1.4).

Pour les chutes de blocs, trois niveaux sont cartographiés correspondant aux trois classes définies paragraphe 6.4.3.

Concernant les affaissements et effondrements, il n'est pas fait de distinguo en terme d'intensité et on a volontairement réalisé une cartographie de susceptibilité englobant indifféremment les deux types de phénomènes (cf. § 6.5.3).

La synthèse des classes d'intensités cartographiées par phénomène, ainsi qu'un rappel des volumes concernés et des grands types de mouvements considérés est représentée sur l'illustration 54 :

GLISSEMENTS DE TERRAIN		Volumen concernés		Type glissement	Classes d'intensité définies initialement
Classes d'intensité cartographiées					
intensité 1	Volumes totaux < 1 000m ³ avec une prédominance des volumes totaux < 100 m ³	Glissement superficiel ou de faible ampleur affectant les talus ou la couverture d'altération. Peu ou pas de phénomène de fluage à cette échelle.		Intensité 1	
intensité 2	Volumes totaux < 10 000m ³ avec une prédominance des volumes totaux compris entre 100 et 1 000 m ³	Glissement de moyenne ampleur pouvant être superficiel et affectant généralement les versants. Phénomène de fluage.		Intensité 2	
intensité 3	Volumes totaux < 100 000m ³ avec une prédominance des volumes totaux compris entre 1 000 et 10 000 m ³ *	Glissement de grande ampleur et rarement superficiel, affectant très majoritairement les versants. Phénomène de fluage important.		Intensité 3	
	* : les glissements de très grande ampleur connus seront pointés sur la carte d'aléa				

ÉBOULEMENTS ET CHUTES DE BLOCS

Classes d'intensité cartographiées	Volumen concernés		Type de chute de blocs
intensité 1	Volumes totaux < 10 m ³ avec une prédominance des volumes totaux < 1 m ³	Volumes unitaires majoritairement < 1 m ³ (blocs)	Chute isolée de blocs et de gros blocs
intensité 2	Volumes totaux < 1 000 m ³ avec une prédominance des volumes totaux compris entre 1 et 100 m ³	Volumes unitaires très majoritairement < 10m ³ (gros blocs) avec une prédominance des gros blocs (> 1m ³)	Chute isolée de gros blocs et de blocs
intensité 3	Volumes totaux majoritairement > 100 m ³	Volumes unitaires majoritairement > 10 m ³	Chute isolée de très gros blocs
			Éboulement en masse de gros blocs et de très gros blocs et éboulement en masse limitée de très gros blocs

AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS

Classes d'intensité cartographiées	Volumen concernés		Type mouvement	Classes d'intensité définies initialement
Pas de hiérarchisation d'intensité	Volumen de vides totaux < 10 m ³		Affaisssement de faible ampleur	intensité 1
	Volumen de vides totaux compris entre 10 et 1 000 m ³		Affaisssement de moyenne ampleur (fontis)	intensité 2
	Volumen de vides totaux > 1 000 m ³		Affaisssement de grande ampleur	intensité 3
			Effondrement localisé de taille réduite (petit fontis)	
			Effondrement localisé de moyenne ampleur (fontis)	
			Effondrement localisé de grande ampleur (gros fontis)	

illustration 54 – Classes d'intensité cartographiées par phénomène

7. Evaluation de la susceptibilité aux mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est régi par deux types de facteurs : les facteurs permanents (lithologie, morphologie du terrain, etc.) qui marquent l'aptitude naturelle d'un terrain à glisser et les facteurs déclencheurs (pluies, actions anthropiques, etc.) qui provoquent le mouvement. Dans ce projet à grande échelle, seuls les facteurs permanents (ou de prédisposition) sont utilisés afin de caractériser la susceptibilité. A l'échelle régionale, les facteurs permanents, considérés comme principaux et intégrés à l'analyse de l'aléa, sont la lithostratigraphie (âge et nature) des formations, la pente des terrains et, dans une moindre mesure, l'occupation du sol (zones rocheuses dénudées propice aux chutes de blocs). En ce qui concerne les effondrements et affaissements, le principal facteur permanent est la présence de cavités souterraines.

A l'échelle régionale, cette évaluation repose sur une méthode qualitative basée sur le jugement d'expert appuyé sur une analyse des événements passés. Cette évaluation permet d'estimer si un phénomène d'intensité donnée est susceptible de se produire dans tel ou tel secteur dans une période donnée. Cela permet d'établir une hiérarchisation de l'apparition potentielle des phénomènes d'un secteur donné à un autre.

L'évaluation est réalisée pour chaque formation de la carte lithostratigraphique (§ 5) et pour chaque grand type de phénomène (glissement, chute de blocs/éboulement et affaissement/effondrement). Pour les phénomènes glissements et chute de blocs / éboulement, une carte de susceptibilité à quatre niveaux de probabilité d'occurrence (nulle à négligeable, faible, moyenne ou forte) est établie pour trois niveaux d'intensité. Pour le phénomène affaissement/effondrement, une seule carte est produite traduisant les zones potentiellement exposées au phénomène (selon la présence potentielle ou avérée de cavités et les caractéristiques des formations de recouvrement).

En ce qui concerne les coulées boueuses, insuffisamment recensées et faiblement caractérisées, il a été décidé de ne pas cartographier la susceptibilité associée à cette échelle de travail.

L'échelle 1/250 000 apporte une vision globale et régionale de la répartition des secteurs susceptibles d'être concernés par des phénomènes d'intensité donnée. Cette carte est destinée à orienter les décisions pour l'aménagement du territoire et sert à la sensibilisation et à l'information sur le risque régional mouvements de terrain.

7.1. GLISSEMENTS

L'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain est réalisée selon les étapes suivantes :

- identification des formations sensibles aux glissements de terrain ;
- caractérisation des classes d'intensité susceptibles de se produire pour chaque formation lithostratigraphique ;

- évaluation des classes de pentes sensibles aux glissements de terrain pour chaque formation et à l'aide d'une valeur de pente seuil ;
- détermination de la probabilité relative d'occurrence spatiale (pour une période donnée) des phénomènes glissements de terrain selon leur intensité et pour chaque formation ;
- évaluation de la susceptibilité en fonction de ces critères selon l'intensité des phénomènes.

7.1.1. Formations sensibles au phénomène

L'identification des formations sensibles aux glissements de terrain est réalisée à partir de :

- l'analyse de la répartition des évènements recensés par formations lithostratigraphiques en partant du principe qu'une formation ayant subi des évènements est susceptible d'en connaître à nouveau.

Au total, les glissements de terrain recensés se répartissent sur 75 des 127 formations lithostratigraphiques identifiées (59 %). Les principales formations concernées par ces évènements sont les schistes et micaschistes des Cévennes : 1ñS (74 évènements), les marnes, molasses et calcaire : e7-g1M localisées au nord-ouest de l'Aude (67 évènements) et les argiles évaporitiques : t3-7a (63 évènements). Ces formations représentent à elles seules 26% des 783 glissements de terrain recensés ;

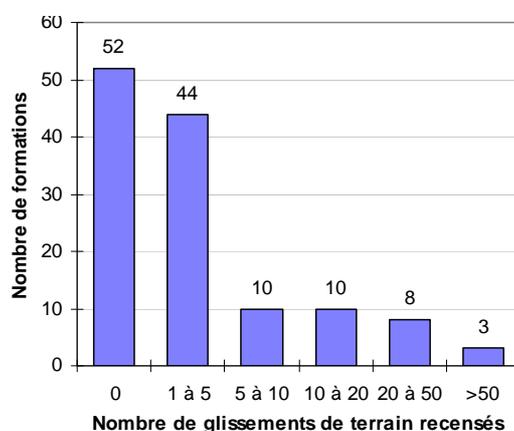


illustration 55 – Distribution des formations selon le nombre de glissements recensés

- l'identification, par une démarche d'expert, des formations lithostratigraphiques sensibles aux glissements de terrain, selon leur lithologie. Au total, 107 formations, (dont les 75 affectées d'évènements historiques) présentent des lithologies sensibles au phénomène. Les principales lithologies sensibles sont les argiles, les marnes, les schistes, les limons et les molasses au sens large.

Au final, 84 % des formations présentes dans la région peuvent potentiellement être concernées par le phénomène « glissement de terrain ». Les principales formations sensibles sont les argiles et marnes (Paléogène/Crétacé/Trias), les schistes (Cambro-ordovicien) et les formations quaternaires. L'intégralité des formations considérées comme sensibles sont énumérées dans le tableau de l'annexe 5.

7.1.2. Classes d'intensité par formation

A ce stade les formations lithostratigraphiques sensibles aux glissements de terrain sont identifiées (§ 7.1.1). Pour chaque formation identifiée comme sensible, la distribution des volumes mobilisés par évènement est évaluée. L'analyse de cette distribution permet de définir :

- **I_p** : intensité du phénomène jugée la plus représentative pour une formation donnée ;
- **I_{max}** : intensité maximum potentielle du phénomène pour une formation donnée.

Ces deux intensités (§ 6.3.3) sont définies par jugement d'expert appuyé par les données des volumes des évènements recensés. En cas de lacune ou d'insuffisance de données quantifiées sur les volumes, l'analyse réalisée a favorisé le regroupement de contextes lithostratigraphiques similaires en partant du principe que des faciès identiques étaient susceptibles d'engendrer des mouvements d'intensités similaires. Il est à noter que l'intensité maximale affectée (I_{max}) peut être définie comme supérieure à celle qui a déjà été observée.

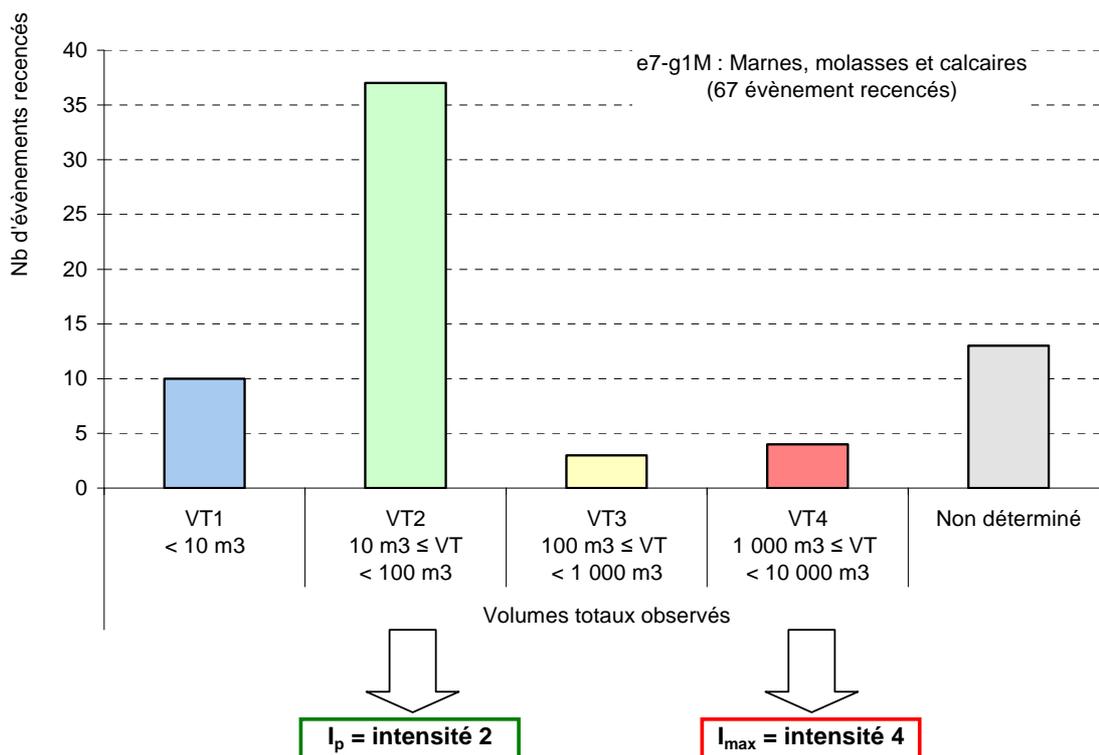


illustration 56 – Exemple de détermination de I_p / I_{max}

Au final, sur les 107 formations, 64 sont caractérisées par des glissements d'intensité I_p très faible à faible, 39 formations par des glissements d'intensité I_p moyenne et 4 formations par des glissements d'intensité I_p forte et très forte :

- les calcaires et marnes localement gypsifères de la transition Eocène-Oligocène (e7-g1C). Les terrains gypseux ont une grande sensibilité aux mouvements ;
- les grès, calcaires plus ou moins gréseux, marnes et conglomérats de l'Eocène (e4G). Cette formation est localisée dans une zone de contact géologique majeur : le front nord-pyrénéen. C'est la zone de chevauchement des terrains secondaires sur les terrains Eocène avec pincement de niveaux d'argiles gypsifères triasiques en écailles ;
- les marnes feuilletées toarciennes (I3-4) ;
- une formation est caractérisée par des glissements d'intensité très forte : les argiles versicolores, évaporites, grès et faciès carbonatés du trias (t3-7a).

La liste complète des formations et leur intensité représentative (Ip) est présentée sur le tableau de l'annexe 5.

7.1.3. Classes de pentes sensibles (MNT)

Pour chaque formation lithostratigraphique, en fonction de leur lithologie, une évaluation de la pente au-delà de laquelle les formations sont susceptibles d'être soumises à un glissement est effectuée.

L'approche menée est double en distinguant les pentes réelles ou « naturelles » (à l'échelle du mouvement des pentes MNT, différentes de celles observées sur le terrain en raison de l'effet de lissage engendré par la création d'un modèle maillé au pas de 50 m (taille du pixel élémentaire) de la topographie.

Les seuils de pentes naturelles sont définis à partir :

- des valeurs observées réellement pour chaque formation sur la base des informations de la base de données nationale (www.mouvementsdeterrain.fr) ;
- des valeurs théoriques moyennes correspondant aux pentes limites de stabilité définies à partir de la littérature et correspondant sensiblement à un angle de frottement interne « équivalent » à l'échelle d'une formation. Ces valeurs sont des fourchettes définies par expertise compte tenu du contexte régional.

Ces seuils sont déterminés, formation par formation, à partir de regroupements lithologiques. Ces pentes ne sont pas valorisées directement pour la cartographie mais permettent d'orienter les regroupements de formations pour la cartographie réalisée à partir des pentes MNT, seule donnée continue spatialement à l'échelle régionale.

On note sur l'exemple de l'illustration 57 que les pentes effectivement recensées sont peu qualifiées (ce qui est généralement le cas pour l'ensemble des données disponibles), et que la valeur de seuil de pente se base par conséquent essentiellement à vue d'expert en fonction de la nature lithologique de l'ensemble (marnes / conglomérats / sables et grès / molasses => seuil naturel de 30°). L'ensemble des données par formation est fournie en annexe 5.

NOTATION_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_Gl recensés	Classe pente recensée	Seuil naturel
mC	Molasse : limons, conglomérats et grès	58 km ²	Oui	1		30
m3-6	Dépôts continentaux : argiles, grès et conglomérats	27 km ²	Oui	1		30
g	Marnes, argiles, grès, poudingues et calcaires	407 km ²	Oui	7	50-60	30
e6	Marnes, conglomérats et calcaires	98 km ²		0		30
e4-6	Molasse de Carcassonne : conglomérats, marnes et sables gréseux	1395 km ²	Oui	43		30
e4b	Formation d'Assignan : argiles, conglomérats et grès	60 km ²	Oui	2		30
e1-4	Sables, grès, poudingues, argiles et calcaires	15 km ²		0		30

illustration 57 – Exemple d'analyse de seuil de pente naturelle pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts continentaux tertiaires : molasses, marnes et conglomérats)

Les seuils de pente MNT sont définis directement à des valeurs de pentes MNT à l'aplomb des évènements recensés et localisés avec précision. Le principe a été, à partir des distributions de pentes MNT des évènements répertoriés par groupe de formations jugées homogènes litho-stratigraphiquement, de définir une valeur de pente à partir de laquelle la majorité (en général seuil de l'ordre de 80% à 90%) des évènements était survenue.

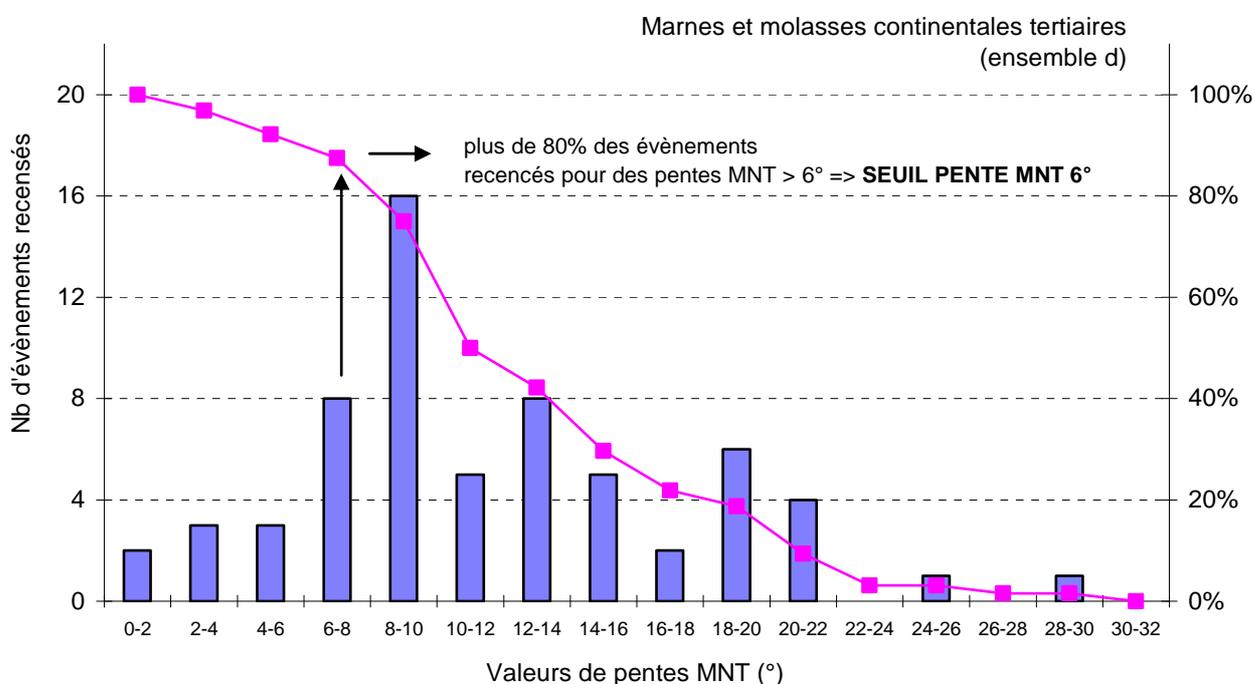


illustration 58 – Exemple d'analyse de seuil de pente MNT pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts continentaux tertiaires)

Il n'est pas mis en évidence de corrélation évidente entre les seuils de pente MNT et les seuils de pentes naturelles exprimées. Si le lissage du MNT peut être tenu pour principalement responsable, il va de soit que d'autres facteurs contribuent à ces différences de seuil de pentes (Seuil « MNT » < Seuil « Naturel »). L'analyse de l'influence relative de ces facteurs, telle que la présence d'une nappe souterraine par exemple, à partir de cas particuliers serait sans doute très riche quant à l'analyse des facteurs conditionnant les phénomènes mais dépasse ici le cadre du projet.

Les seuils des pentes sensibles, naturelles et MNT, sont présentés sur le tableau de l'annexe 5 pour chaque formation lithostratigraphique. En ce qui concerne les glissements de terrain, les formations sont finalement classées selon sept seuils de pentes MNT sensibles présentés dans le tableau de l'illustration 59.

Seuils pentes naturelles	Seuil pentes MNT	Formations associées
de 20 à 30° prédominance : 20°	2°	Formations récentes quaternaires : limons lacustres et palustres, loess et alluvions.
de 20 à 30° prédominance : 25-30°	4°	Formations littorales quaternaires, formations argilo-marneuses mio-pliocènes, marnes et molasses de la transition Eocène-Oligocène.
de 20 à 45° prédominance : 30°	6°	Formations détritiques fluviatiles tertiaires (marnes, molasses, grès, conglomérats, calcaires) et colluvions.
de 20 à 40° prédominance : 30°	8°	Formations tertiaires argilo-marneuses à intercalations calcaires, formations détritiques et argilo-marneuses du Crétacé supérieur, formations sableuses du Crétacé inférieur, marnes liasiques et argiles triasiques.
de 20 à 55° prédominance : 35-45°	10°	Eboulis et moraines quaternaires, formations gréseuses tertiaires et du Crétacé supérieur, formations métamorphiques du Crétacé inférieur, pélites et grès du Permien et formations schisteuses du Primaire (Carbonifère, Silurien, Ordovicien, Cambrien).
de 30 à 55° prédominance : 35-55°	12°	Calcaires lacustres à intercalations marneuses tertiaires et du Crétacé supérieur, marno-calcaires du Crétacé inférieur et du Jurassique et formations métamorphiques mixtes (schistes et gneiss).
de 35 à 55° prédominance : 55°	14°	Grès, sables et calcaires du Crétacé inférieur, du Lias et du Trias, calcaires et dolomies du Dévonien et du Cambrien, formations gneissiques et formations plutoniques (granites).

illustration 59 – tableau des seuils de pentes MNT, seuils de pentes naturelles et formations associés pour les glissements de terrain

7.1.4. Probabilité relative d'occurrence spatiale par formation

A ce stade, les formations sensibles aux glissements de terrain sont identifiées. Pour chaque formation sensible, les intensités représentative (I_p) et maximale (I_{max}) sont définies et le seuil de pentes MNT au-delà duquel les formations sont susceptibles de glisser est défini.

La probabilité relative d'occurrence spatiale de glissements est évaluée, pour chaque formation lithostratigraphique, en fonction du pourcentage de surface affleurante des lithologies sensibles de la formation.

Ce parti pris est particulièrement judicieux pour les phénomènes de faible ampleur (les glissements affectant notamment les intercalations marneuses au sein d'ensembles calcaires). Il peut cependant être discuté pour les mouvements de grande ampleur, puisque la présence de faibles superficies sensibles en surface peut engendrer des glissements de versant de l'ensemble de la séquence sus-jacente par développement en profondeur des horizons sensibles. On touche ici à une limite de ce type de cartographie par entité litho-stratigraphique.

Cependant, en fonction de la connaissance régionale, on a intégré de façon artificielle ces séquences particulières. Citons par exemple la transition Trias supérieur / Lias où les formations du Lias (calcaires et dolomies) ont été affectées d'une potentialité de glissement alors que intrinsèquement la formation ne présente pas de faciès favorables à l'apparition de ce type de phénomène.

Selon la lithologie

La probabilité d'occurrence spatiale et pour l'intensité jugée représentative (I_p) est évaluée à l'échelle des formations identifiées selon le pourcentage de surface affleurante des lithologies sensibles aux glissements (et ce indépendamment du facteur morphologique dans un premier temps).

Chaque formation a été qualifiée du point de vue lithologique (§5.3) en précisant une lithologie dominante si elle existe, et au plus trois lithologies secondaires. Chacune de ces lithologies représente un pourcentage de la formation (qui se traduit en % d'affleurement). A partir de l'ensemble des lithologies cités, un classement des lithologies « sensibles » ou « peu ou pas sensibles aux glissements » a été entreprise (illustration 60) :

Lithologies sensibles aux glissements		Lithologies peu ou pas sensibles aux glissements	
Argile	Marnes	Anatexite	Gneiss
Argilites	Matériaux anthrop.	Andésite	Granite
Blocs	Mixte	Basalte	Granodiorite
Cailloutis	Molasse	Basanite	Grès
Evaporite	Pélites	Brèches	Leptynite
Galets	Sable	Calcaire	Marbre
Graviers	Schiste	Conglomérats	Migmatite
Gypse	Silt	Cornéenne	Quartzite
Lignite	Tourbe	Diorite	Rhyolite
Limons	Vases	Dolomies	Travertins
		Gabbros	Tufs

illustration 60 – Sensibilité aux glissements de terrain des lithologies exprimées

Les matériaux sensibles aux glissements sont des matériaux meubles (argiles sables et graviers par exemple), ou rocheux s'ils sont sensibles à l'altération ou s'ils présentent un débit possible en feuillets ou plaquettes (schistes, pélites).

Le passage au pourcentage de surface sensible par formation s'effectue à partir de la répartition des lithologies descriptives, le cas échéant corrigé par expertise en posant quelques préceptes :

- la lithologie dominante représente au moins 50 % de la formation ;
- les lithologies secondaires ne sont pas hiérarchisées ;
- la lithologie « mixte » induit une équirépartition des lithologies secondaires.

L'avis d'expert est important car il valide et enrichit la distribution des lithologies vis-à-vis du phénomène considéré. Par exemple (illustration 61), les marnes infra-lutésiennes, théoriquement à 50% de surface exposée aux glissements du point de vue des répartitions strictes sont classées comme possédant 80% de surface exposée en raison de la connaissance locale des faciès associés. De même, les granites présents en zone cévenole présentent des altérites parfois développées qui laissent présumer de glissements superficiels et dans ce cas aussi l'avis diffère du pourcentage calculé (illustration 61).

NOTATION_Harm	DESCRIPTION_Harm	Sup.	% surface potentiellement affectée	Avis d'expert sur le % exprimé	%Ld	Ld	%Ls1	Ls1	%Ls2	Ls2	%Ls3	Ls3
e7-g1M	Marnes, molasses et calcaires	480 km ²	75	75	50	Marnes	25	Molasse	25	Calcaire		
e7-g1C	Calcaires et marnes localement gypsifères	73 km ²	50	50	50	Calcaire	25	Marnes	25	Gypse		
e7	Calcaires lacustres et marnes	53 km ²	20	20	80	Calcaire	20	Marnes				
e4-5	Marnes infra-lutésiennes	37 km ²	50	80	50	Marnes	20	Conglo.	15	Calcaire	15	Grès
3ā	Granites et granodiorites	3132 km ²	0	10	80	Granite	20	Granodiorite				

--- ► "correction manuelle" : large dominante marneuse des marnes infra-lutésiennes / prise en compte des altérations des granites

illustration 61 – Exemple d'attribution des surfaces sensibles aux glissements par formation

Le passage du pourcentage de superficie exposée ainsi défini à la probabilité d'occurrence est présenté sur l'illustration 62.

% surface de la formation sensible au phénomène du point de vue lithologique	Probabilité d'occurrence spatiale	
< 50 %	la non occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence	Faible
50%	l'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence	Moyenne
> 50%	l'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence	Elevée

illustration 62 – Probabilité d'occurrence spatiale selon le pourcentage de lithologie sensible des formations aux glissements de terrain

Le choix d'une probabilité « moyenne » pour une distribution de 50% de surface sensible relève du jugement d'expert et une partie des ajustements réalisés manuellement sur les surfaces exposées (illustration 61) relèvent de cette démarche.

L'ensemble de ces caractérisations, pour toutes les formations identifiées, sont reportées en annexe 5. Les formations qui, du point de vue lithologique, sont les plus sensibles à l'apparition de glissement (probabilité élevée) sont les formations récentes (Cénozoïque) à dominantes argileuses, marneuses, limoneuses et alluvionnaires, les formations argileuses du Crétacé supérieur, les formations gypseuses du Trias ainsi que les formations à aspect feuilleté (marnes du Toarcien, pélites du Permien et schistes paléozoïques). Ces formations sont au nombre de 38 (36% des formations sensibles aux glissements).

Les formations qui présentent une probabilité d'occurrence moyenne sont les formations du Cénozoïque à composition lithologique mixte (alternance de marnes, calcaires, grès, sables, molasses, etc.), les marno-calcaires du Crétacé inférieur, les formations à dominante gréseuses du Trias et les formations à composition mixte du Paléozoïque (schistes, grès, pélites, gneiss, argiles, calcaires). Ces formations sont au nombre de 24 (22% des formations sensibles aux glissements).

Enfin, les formations qui présentent une probabilité faible sont les formations à dominante calcaire ou gréseuse de tout âge ainsi que les formations paléozoïques à dominante gneissique ou granitique. Ces formations sont au nombre de 45 (42% des formations sensibles aux glissements).

Selon l'intensité

Chaque formation lithostratigraphique est caractérisée par une probabilité relative d'occurrence spatiale pour l'intensité jugée représentative de la formation (I_p). Mais selon l'intensité des phénomènes, la probabilité d'occurrence variera inévitablement, les phénomènes de forte intensité étant globalement moins fréquents que les « petits » événements.

Il a été considéré que de façon générale, la probabilité d'occurrence d'évènements d'intensité supérieure à I_p , si elle paraît possible, sera nécessairement plus faible ou très ponctuellement équivalente. A l'inverse, la probabilité d'occurrence d'évènements d'intensité inférieure à I_p sera équivalente à celle définie pour les événements d'intensité I_p .

Par exemple, pour une formation, si un glissement d'intensité 2 est considéré comme le plus probable et que sa probabilité d'occurrence est moyenne, les glissements d'intensité 1 ont une probabilité d'occurrence moyenne et les glissements d'intensité 3 ont une probabilité d'occurrence faible ou nulle.

Il faut noter que l'intensité d'un phénomène n'est jamais supérieure à l'intensité maximale définie dans le paragraphe 7.1.2. Ces possibles variations de la probabilité d'occurrence spatiale selon l'intensité sont représentées sur l'illustration 63.

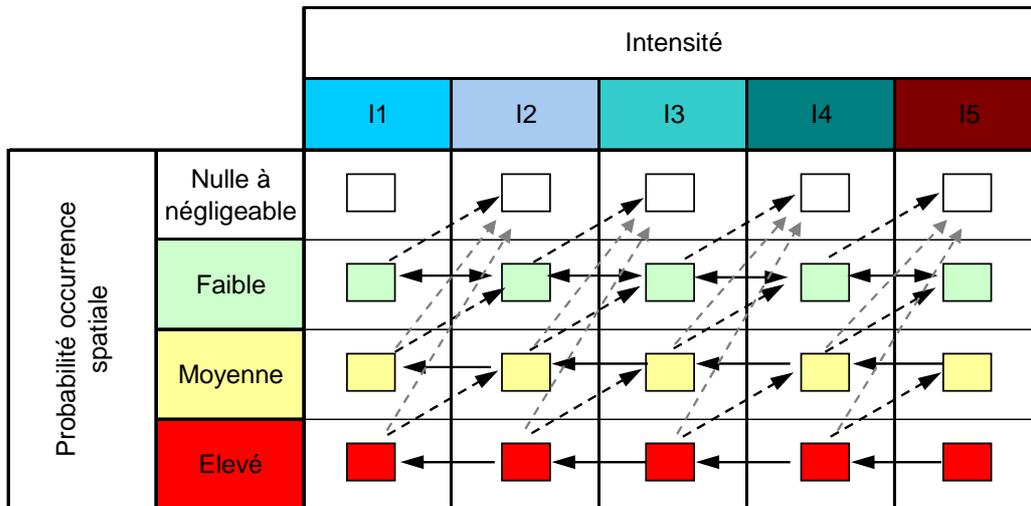


illustration 63 – Variation de la probabilité d'occurrence spatiale selon l'intensité (glissements)

Cette considération ne repose pas sur une analyse fine de l'influence de l'intensité des phénomènes sur le nombre d'évènements survenus par formation, en dehors de l'analyse sur I_p / I_{max} réalisée (cf. § 7.1.2.). En revanche, l'observation globale des intensités d'évènements relativement aux classes d'intensité (I1 à I5 décrites § 6.3.3) montre une assez bonne validation du schéma proposé :

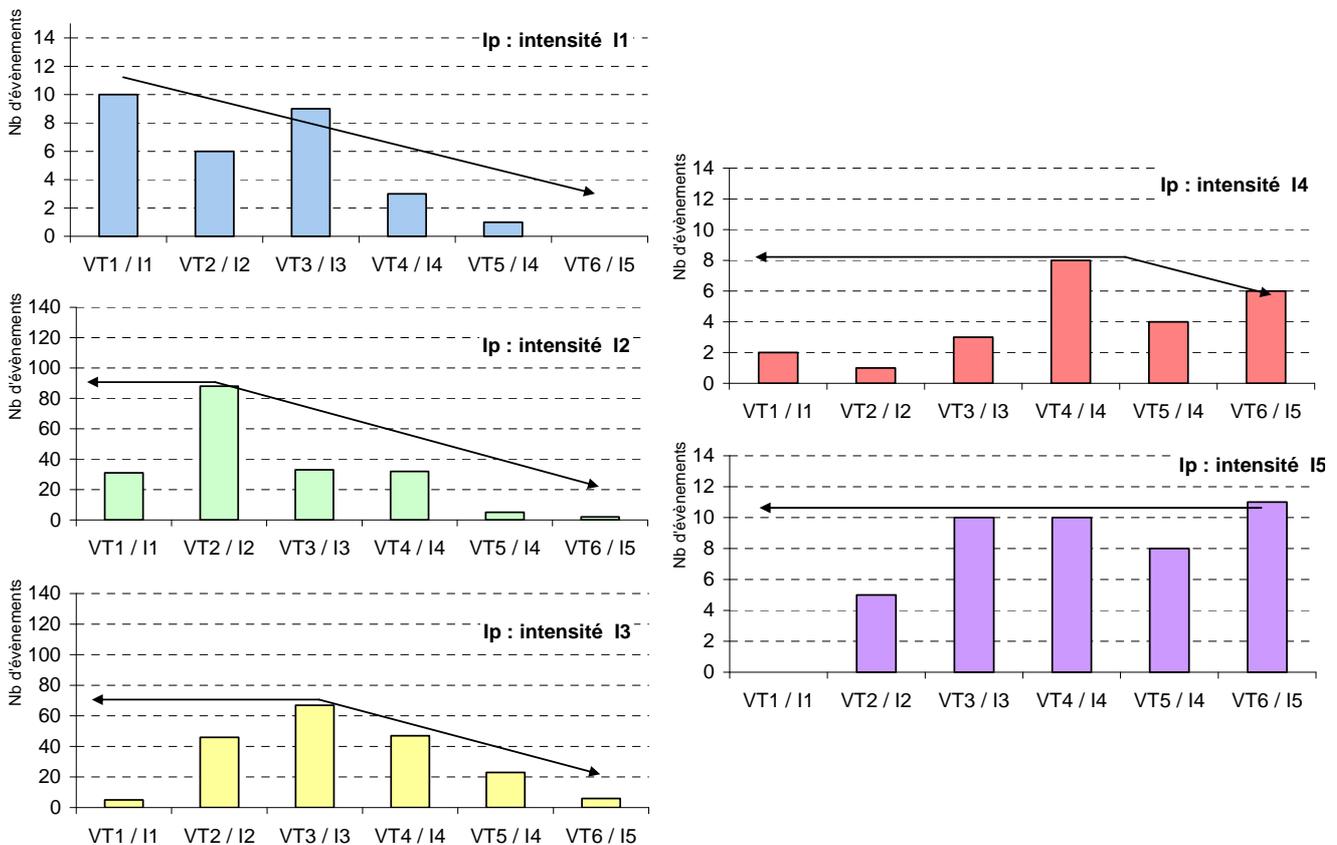


illustration 64 – Rétro-analyse de l'intensité la plus probable à partir de l'histogramme du nombre d'évènements en fonction de la classe d'intensité

On note sur ces diagrammes que l' I_p retenu représente bien le type d'évènement le plus représenté, et une diminution des évènements pour des intensités supérieures à I_p . Pour des intensités inférieures à I_p , les diagrammes mettent en évidence une décroissance du nombre d'évènements. Cette divergence par rapport au principe adopté (équivalence des probabilités d'occurrence pour des intensités inférieures à I_p) repose à notre sens sur une sous-estimation des évènements de faible ampleur (I1 et I2) lors des inventaires, ces mouvements disparaissant rapidement des paysages (et des mémoires).

		Intensité				
		I1	I2	I3	I4	I5
Probabilité occurrence spatiale	Nulle à négligeable					
	Faible					
	Moyenne					
	Elevé					

illustration 65 – Exemple de variation de la probabilité d'occurrence spatiale selon l'intensité (glissements)

L'exemple ci-dessus illustre la démarche pour une intensité $I_p = I2$ élevée : possibilité de I1 à la même probabilité (élevée) ; possibilité de I3 à probabilité inférieure (moyenne) et non possibilité de I4, la lithologie de la formation ne le permettant a priori pas.

Afin de simplifier les résultats et de rendre lisible à l'échelle du 1/250 000 l'analyse réalisée, les classes d'intensités finalement cartographiées sont I2, I3 et I4 (cf. § 6.7.2 et illustration 54). Les évènements d'intensité I1 (faible) étant associés sans distinction aux évènements d'intensité I2 et les évènements d'intensité I5 connus pouvant être régis par d'autres facteurs (mais concernant les mêmes formations). Enfin chaque probabilité relative d'occurrence est codifiée selon l'intensité du phénomène. La somme des codes indique les phénomènes susceptibles de se produire (illustration 66).

Dans l'exemple fourni le code formation est de 23 :

- Intensité 3 = probabilité nulle à négligeable ;
- Intensité 2 = moyenne (2) ;
- Intensité 1 = élevée (3),

et chaque code représente donc l'ensemble des phénomènes susceptibles de se produire pour chaque formation lithostratigraphique (illustration 66).

		Intensité				
		I1	I2	I3	I4	I5
Probabilité occurrence spatiale	Nulle à négligeable	□	0	0	0	□
	Faible	□	1	10	100	□
	Moyenne	□	2	20	200	□
	Elevé	□	3	30	300	□

I1 + I2 + I3 = Code formation glissement (exemple : 23)

illustration 66 – Codification de la probabilité relative d'occurrence spatiales selon l'intensité

A ce stade, pour chaque formation lithologique, sont identifiés :

- les différentes intensités de glissements susceptibles de se produire (§ 7.1.2) et leur probabilité relative d'occurrence (§ 7.1.4) ;
- le seuil de pente MNT au-delà duquel les formations sont susceptibles de glisser (§ 7.1.3).

Selon la morphologie

Les probabilités d'occurrence spatiale de chaque intensité de phénomène sont hiérarchisées et caractérisées pour l'ensemble des formations lithostratigraphiques définies. Cependant, la totalité de la surface des formations n'est pas soumise aux glissements de terrain. En effet, on a montré qu'il existait, formation par formation, ou par groupe de formations, des seuils de pente à partir desquels la probabilité d'apparition du phénomène doit être considérée. Ce seuil de pente induit un comportement binaire à l'échelle de la formation :

- au delà du seuil de pente défini, on considère qu'il peut y avoir mouvement et dans ce cas les probabilités relatives de chaque niveau d'intensité possible s'appliquent ;
- en dessous de seuil, on considère que la susceptibilité est nulle à négligeable en terme de hiérarchisation spatiale.

Il est à noter que le seuil de pente MNT (pente de « déclenchement ») est indépendant de l'intensité des phénomènes. Ceci constitue une hypothèse forte en grande partie dictée par l'échelle de travail et le cahier des charges du programme. Elle n'est pas forcément en accord avec la réalité, mais a priori sécuritaire en terme de cartographie, puisque on peut admettre que les évènements d'ampleur affectent plutôt les zones les plus pentées.

A une autre échelle de restitution, l'analyse des distributions d'intensités de phénomènes par classes de pentes (et par formation) pourrait apporter des informations pertinentes en terme d'évaluation de l'aléa puisque en particulier elle devrait pouvoir permettre de décliner la probabilité d'occurrence de chaque classe d'intensité en fonction de la morphologie.

Le travail de cartographie au sens strict, impliquant une dimension géographique, commence uniquement à ce stade. Il consiste pour chaque formation à identifier les zones de pentes supérieures aux pentes MNT définies (illustration 67). Cette action se réalise sous SIG à partir de modèles maillés de pentes au pas de 50 m.

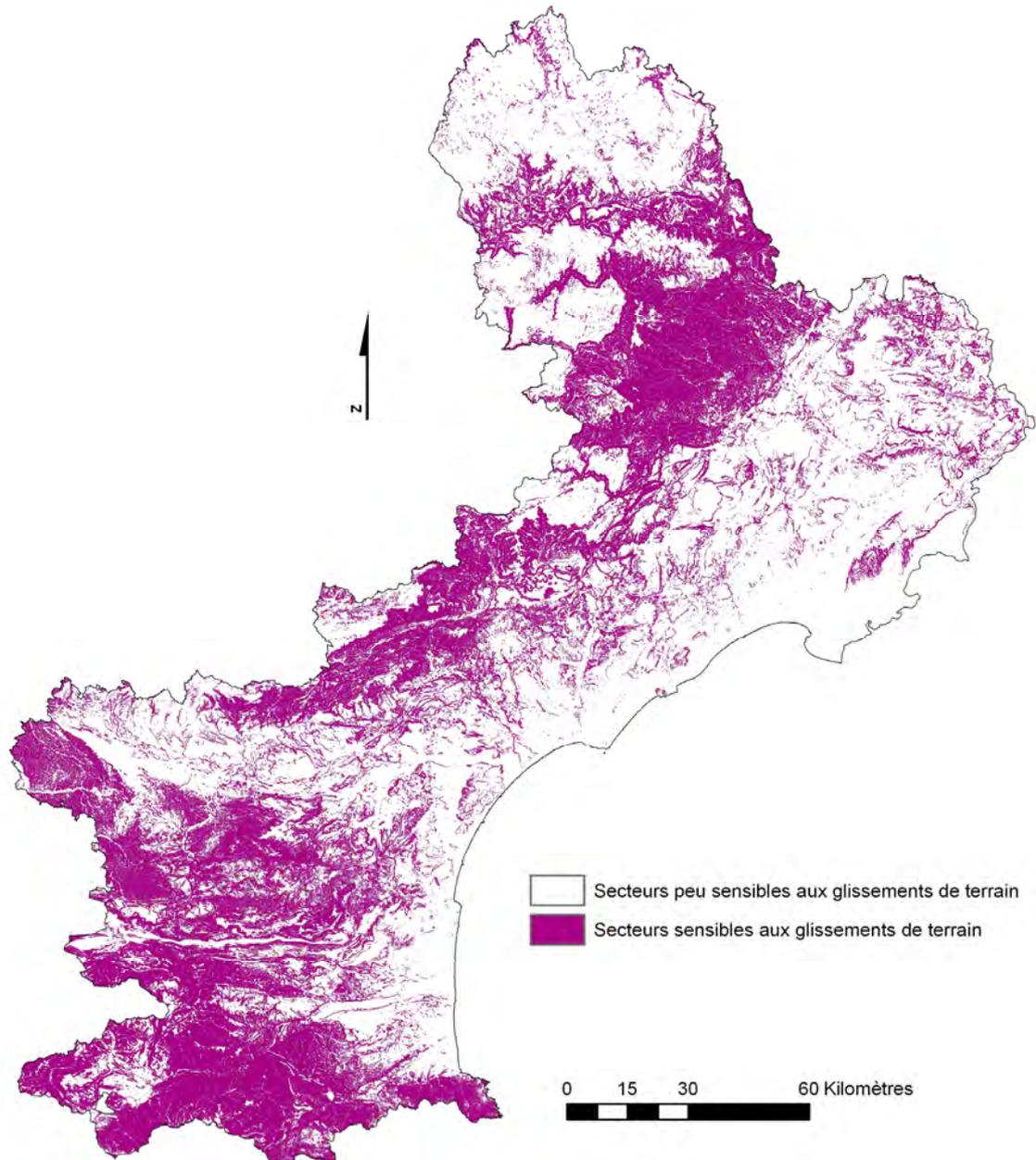


illustration 67 – Carte de susceptibilité à l'apparition des glissements de terrain

7.1.5. Hiérarchisation de la susceptibilité au « glissement de terrain »

Le niveau de susceptibilité est défini pour chaque formation géologique sensible au phénomène :

- selon l'intensité du phénomène ;

- par rapport au pourcentage de surface affleurante des lithologies sensibles au phénomène de la formation => notion de probabilité relative d'occurrence spatiale ;
- sur les secteurs où la pente est propice au départ des glissements de terrain.

Pour obtenir les cartes de susceptibilité aux glissements de terrain, il suffit d'affecter aux zones sensibles aux glissements selon la pente (illustration 67), la codification des probabilités relatives d'occurrence spatiale selon l'intensité définies paragraphe 7.1.4. Afin d'intégrer la différence d'échelle entre les données géologiques (1/250 000) et morphologiques (pentes /à1/50 000), la production finale des cartes de susceptibilité par intensité implique un traitement complémentaire sur les modèles maillés produits.

7.1.6. Restitution à l'échelle 1/250 000

Les cartes par intensité sont restituées à l'échelle 1/250 000 par le passage à un raster à résolution réduite. Deux méthodes d'agrégation sous SIG (ArcGis©) ont été testées : agrégation maximum qui garde la valeur maximale des cellules du raster d'entrée englobées dans la cellule du raster de sortie et agrégation médiane qui prend la valeur médiane (calculée à partir de la distribution des fréquences) des cellules du raster d'entrée englobée dans la cellule du raster de sortie (illustration 68) ;

Ces méthodes d'agrégation ont toutes les deux des avantages et des inconvénients. La méthode d'agrégation médiane a pour inconvénient de sous-estimer le degré de susceptibilité sur une partie du territoire. Par contre cette méthode a pour avantage d'être réaliste et proche des données morphologiques au maillage 50 m. En ce qui concerne l'agrégation maximum, elle a pour avantage de ne pas sous-estimer la susceptibilité, par contre, la surestimation est beaucoup plus importante.

Le choix d'agrégation s'est porté sur le couplage des deux méthodes : méthode « médiane » enrichie par la méthode « maximum » pour les zones où l'agrégation médiane conduit à un niveau « nul à négligeable » alors que la susceptibilité définie au pas de 50 m est « faible », « moyen » ou « élevé ».

Après plusieurs phases de test, et afin de rester cohérent avec le travail effectué en amont, la définition de **la susceptibilité des zones où la méthode médiane fournit un niveau « nul à négligeable »** (majorité des mailles 50 m concernées sur une maille de 250 m) est établi comme suit :

- si susceptibilité maximum est « élevée » => niveau final moyen ;
- si susceptibilité maximum est « moyen » ou « faible » => niveau faible.

Ainsi, aucune zone au pas de 50 m n'est omise dans la carte finale au pas de 250 m. Les cartes par intensité obtenues sont présentées en carte hors texte n°2 et sur CD-Rom (illustration 69).

La liste complète des formations et leur note de susceptibilité est présentée sur le tableau de l'annexe 5. La synthèse des résultats de la susceptibilité aux glissements de terrain, selon l'intensité du phénomène, est présentée dans le § 7.1.6 par formation et par zone géographique.

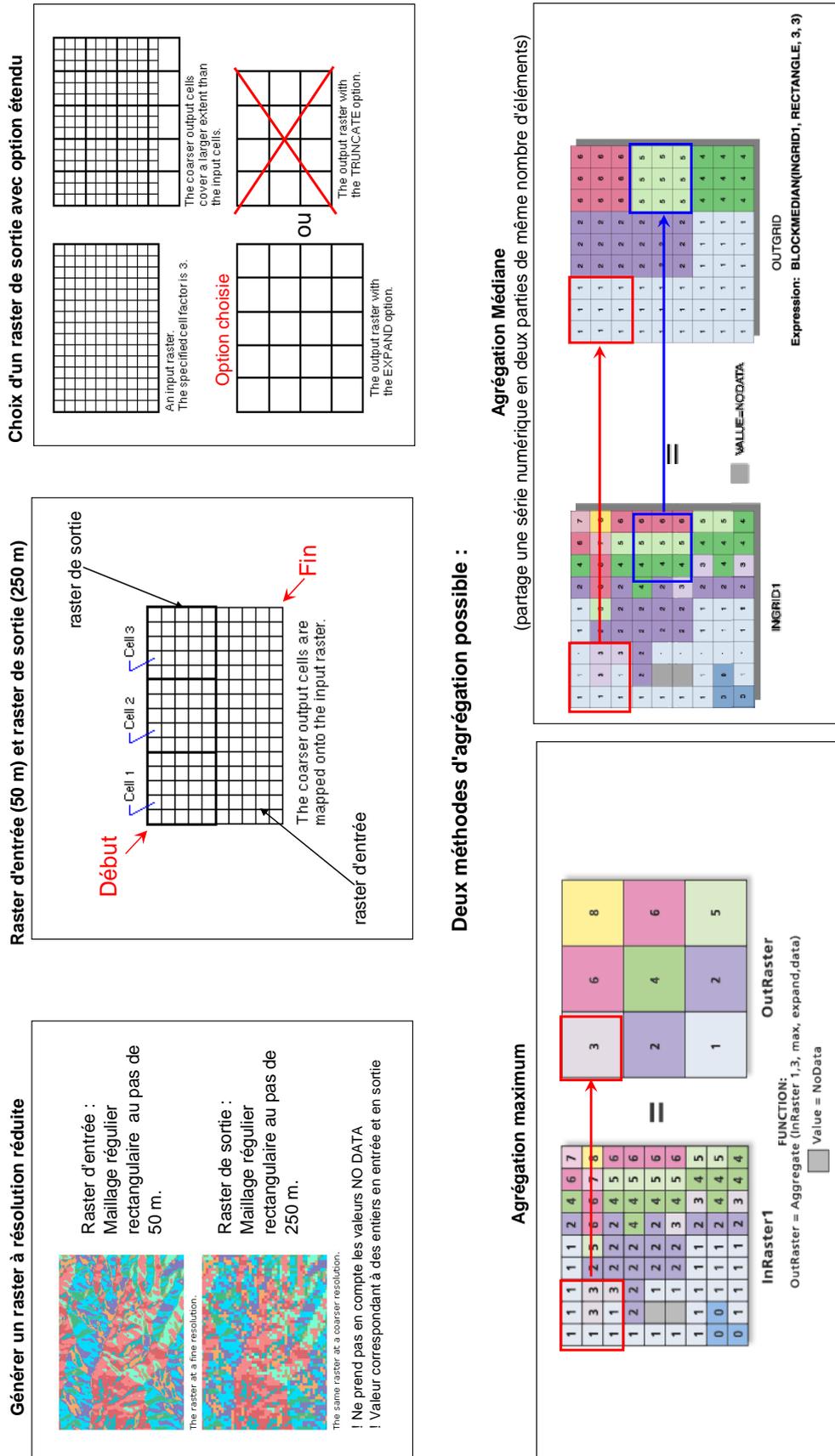


illustration 68 – Méthodes proposées pour le passage d'un modèle maillé au pas de 50 m à un modèle maillé au pas de 250 m

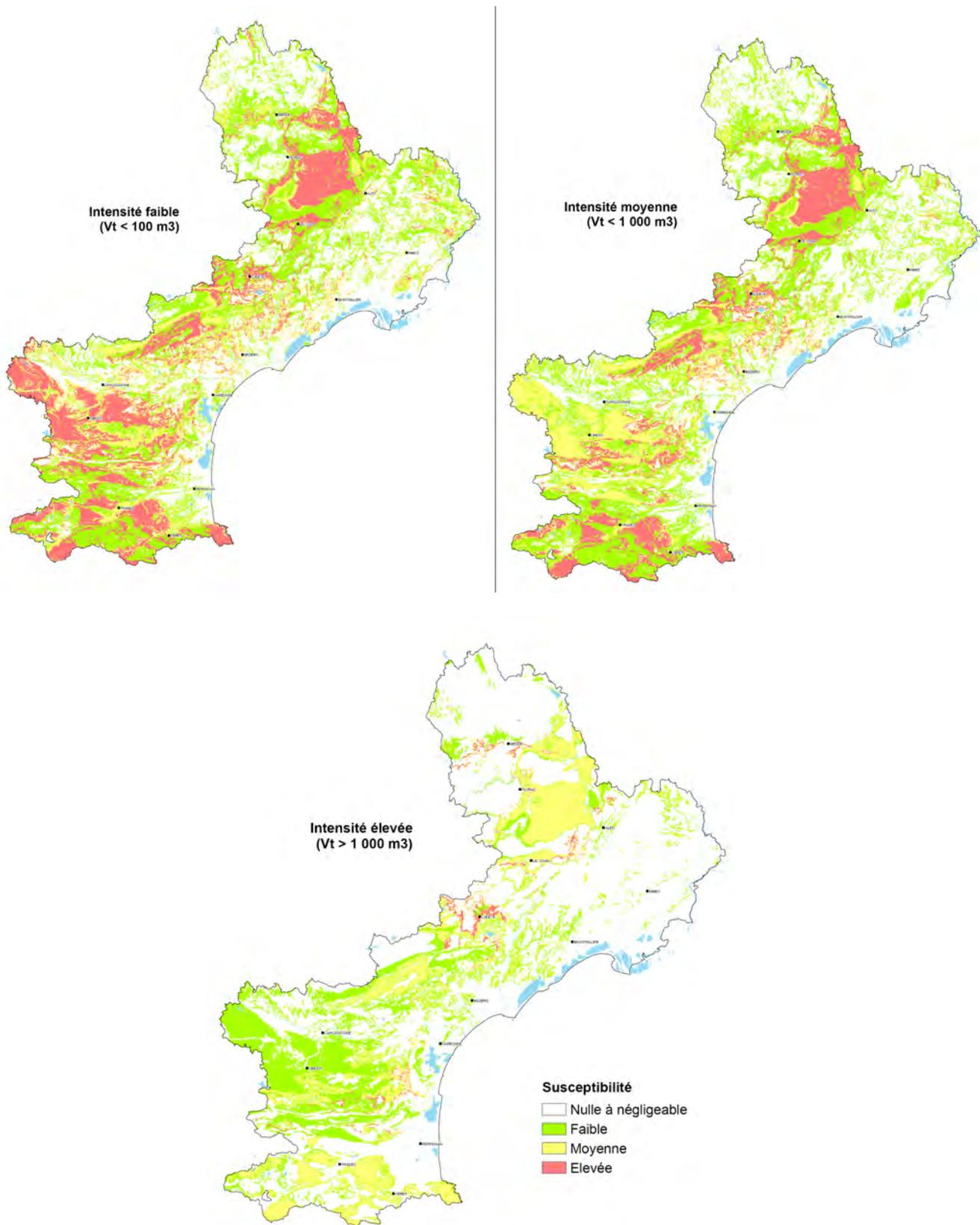


illustration 69 – Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain par intensité

7.1.7. Synthèse régionale – Glissements de terrain

Les superficies et pourcentages de superficie potentiellement exposées aux glissements de terrain par intensité de phénomène sont présentés sur l'illustration 70.

	SUSCEPTIBILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN												Total non nulle		
	nulle à négligeable			faible			moyenne			élevée			Superficie* (km²)	% superficie*	Nb formations
	Superficie* (km²)	% superficie*	Nb formations	Superficie* (km²)	% superficie*	Nb formations	Superficie* (km²)	% superficie*	Nb formations	Superficie* (km²)	% superficie*	Nb formations			
Intensité 1 (faible) vt < 1 000 m ³ , prédominance vt < 100 m ³	10 941	39	20	7 761	28	50	3 972	14	25	5 359	19	32	17 092	61	107
Intensité 2 (moyenne) vt < 10 000 m ³ , prédominance vt entre 100 et 1 000 m ³	11 628	41	31	8 910	32	51	3 811	14	25	3 684	13	20	16 405	59	96
Intensité 3 (élevée) vt > 1 000 m ³ , prédominance vt entre 1 000 et 10 000 m ³	18 351	65	85	5 606	20	20	3 767	13	20	309	1	2	9 682	35	42

vt = volumes totaux

* : superficie calculée à partir du maillage des cartes finales raster

Région LRO :

28033	100	127
-------	-----	-----

illustration 70 – Tableau récapitulatif des superficies et du nombre de formations exposées selon les classes de susceptibilité (phénomène glissement)

On remarque que plus de la moitié du territoire régional est potentiellement concerné par l'apparition de glissements de terrain d'intensité faible (dont 19% présente une susceptibilité élevée) et d'intensité moyenne (dont 13% présente une susceptibilité élevée). Les glissements de terrain d'intensité élevée concernent potentiellement 35% de la région dont seul 1% correspond à des secteurs de susceptibilité qualifiée d'élevée. Il est à noter que les zones de susceptibilité faible sont toujours majoritaires en termes de superficie, quelque soit l'intensité du glissement.

Les principales formations potentiellement concernées par les glissements de terrain **d'intensité faible** sont :

- Susceptibilité élevée :

Molasse de Carcassonne et du Lauragais (bassins de l'Aude), micaschistes des Cévennes et des Pyrénées-Orientales, molasses marines miocènes (bassin languedocien), marnes oligocènes (Corbières et Gard), argiles de la transition Crétacé terminal/Eocène (bordures Montagne Noire et bassin de Carcassonne) et argiles du Trias supérieur (Corbières, Lodévois, bordure cévenole), schistes cambro-ordoviciens (Montagne Noire, Mouthoumet), marnes feuilletées du Lias (Corbières, Causses), colluvions ;

- Susceptibilité moyenne

alluvions quaternaires, Pliocène fluviatile (bassins du Roussillon, rhodano-Languedocien), limons des étangs littoraux, marno-calcaires du Crétacé inférieur (Gard), schistes du groupe de St-Pons Cabardès (Montagne Noire), séries flyschoides du Carbonifère inférieur (Montagne Noire, Mouthoumet et Pyrénées-Orientales) ;

- Susceptibilité faible

Granites de Lozère et des Pyrénées-Orientales, calcaires et dolomies du Jurassique (Corbières, Causses) et du Dévonien (Mouthoumet, Montagne Noire), faciès Urgonien du Crétacé (Corbières, Gard), gneiss (Montagne Noire, Pyrénées-Orientales). Les glissements se produisent généralement dans les altérites de ces formations.

Les principales formations potentiellement concernées par les glissements de terrain **d'intensité moyenne** sont :

- Susceptibilité élevée :

Micaschistes des Cévennes et des Pyrénées-Orientales, molasses marines miocènes (bassin languedocien), argiles de la transition Crétacé terminal/Eocène (bordures Montagne Noire et bassin de Carcassonne) et argiles du Trias supérieur (Corbières, Lodévois, bordure cévenole), marnes feuilletées du Lias (Corbières, Causses), schistes cambro-ordoviciens (Montagne Noire, Mouthoumet) ;

- Susceptibilité moyenne

Molasse de Carcassonne et du Lauragais (bassins de l'Aude), Pliocène fluviatile (bassins du Roussillon, rhodano-Languedocien), marnes métamorphiques du Crétacé inférieur (Corbières), marnes oligocènes (Corbières et Gard), séries flyschoides du Carbonifère inférieur (Montagne Noire, Mouthoumet et Pyrénées-Orientales), colluvions ;

- Susceptibilité faible

Granites de Lozère, des Pyrénées-Orientales et de la Montagne Noire, calcaires et dolomies du Jurassique (Corbières, Causses) et du Dévonien (Mouthoumet, Montagne Noire), alluvions quaternaires, marno-calcaires du Crétacé inférieur (Gard), gneiss (Montagne Noire, Pyrénées-Orientales).

Les principales formations potentiellement concernées par les glissements de terrain **d'intensité élevée** sont :

- Susceptibilité élevée :

Marnes feuilletées du Lias (Corbières, Causses), argiles du Trias supérieur (Corbières, Lodévois, bordure cévenole) ;

- Susceptibilité moyenne

Micaschistes des Cévennes et des Pyrénées-Orientales, molasses marines miocènes (bassin languedocien), argiles de la transition Crétacé terminal/Eocène (bordures Montagne Noire et bassin de Carcassonne), marnes jurassiques (Causses), schistes cambro-ordoviciens (Montagne Noire, Mouthoumet) ;

- Susceptibilité faible

Molasse de Carcassonne et du Lauragais (bassins de l'Aude), marnes métamorphiques du Crétacé inférieur (Corbières), marnes oligocènes (Corbières et Gard), séries flyschoides du Carbonifère inférieur (Montagne Noire, Mouthoumet et Pyrénées-Orientales), schistes du groupe de St-Pons Cabardès (Montagne Noire), colluvions.

7.1.8. Proposition de cartographie synthétique de la susceptibilité aux glissements de terrain

Une carte résultante à l'échelle régionale peut être élaborée à partir de la combinaison des cartes par intensité de l'illustration 69. Le principe, afin de garantir une lisibilité des résultats et la possible superposition des susceptibilités vis-à-vis de phénomènes de différente nature (glissement, chutes de blocs, effondrements) est d'affecter pour chaque maille de 250 m une classe de susceptibilité représentative sur la base de matrices simples.

Afin d'illustrer le caractère interprétatif de cette démarche, deux analyses différentes sont proposées :

- une cartographie mettant l'accent sur les phénomènes d'intensité élevée (4 classes de susceptibilité résultante) proposée par le BRGM dans le cadre de sa mission, carte « prime à l'intensité » distribuée en 4 classes ;
- une cartographie résultant des réflexions des membres du groupe de travail « Mouvement de terrain » de l'Observatoire des Risques Naturels (cf § 3, p. 37) :
 - hiérarchisation en 5 classes de susceptibilité ;
 - signification des zones de forte pente en surcharge ;
 - report des évènements connus ;
 - représentation graphique bicolore graduée.

Le reclassement des susceptibilités par intensités est représenté pour les deux propositions sur l'illustration 71. Les deux cartographies résultantes sont représentées sur l'illustration 72.

		Intensité des phénomènes			Proposition de reclassement	
		Forte	Moyenne	Faible	Prime à l'intensité	Réflexions GT ORN
Susceptibilité		Nul.	Nul.	Faible	Faible	Très faible
		Nul.	Nul.	Moyenne	Faible	Faible
		Nul.	Faible	Faible	Faible	Très faible
		Nul.	Faible	Moyenne	Faible	Faible
		Nul.	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
		Nul.	Moyenne	Elevée	Faible	Faible
		Faible	Faible	Faible	Modérée	Faible
		Faible	Faible	Moyenne	Modérée	Faible
		Faible	Moyenne	Faible	Modérée	Faible
		Faible	Moyenne	Moyenne	Modérée	Moyenne
		Faible	Moyenne	Elevée	Modérée	Moyenne
		Moyenne	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
		Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
		Moyenne	Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne
		Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
		Moyenne	Moyenne	Elevée	Moyenne	Moyenne
	Moyenne	Elevée	Elevée	Moyenne	Forte	
	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Très forte	

illustration 71 – Proposition de combinaison des susceptibilités de glissement par intensité

Il est important de rappeler que ces cartes demeurent qualitatives et que la notion de susceptibilité élevée ou moyenne n'est pas une notion absolue, car en partie basée sur l'expertise. On notera que cette notion de subjectivité dans le rassemblement de classes de susceptibilité est lissée dès que l'on compare les résultats en terme de hiérarchisation.



Carte de susceptibilité aux mouvements de terrain

Phénomènes de glissement de terrain

Propositions de cartes de synthèse établie à partir des cartes par intensités

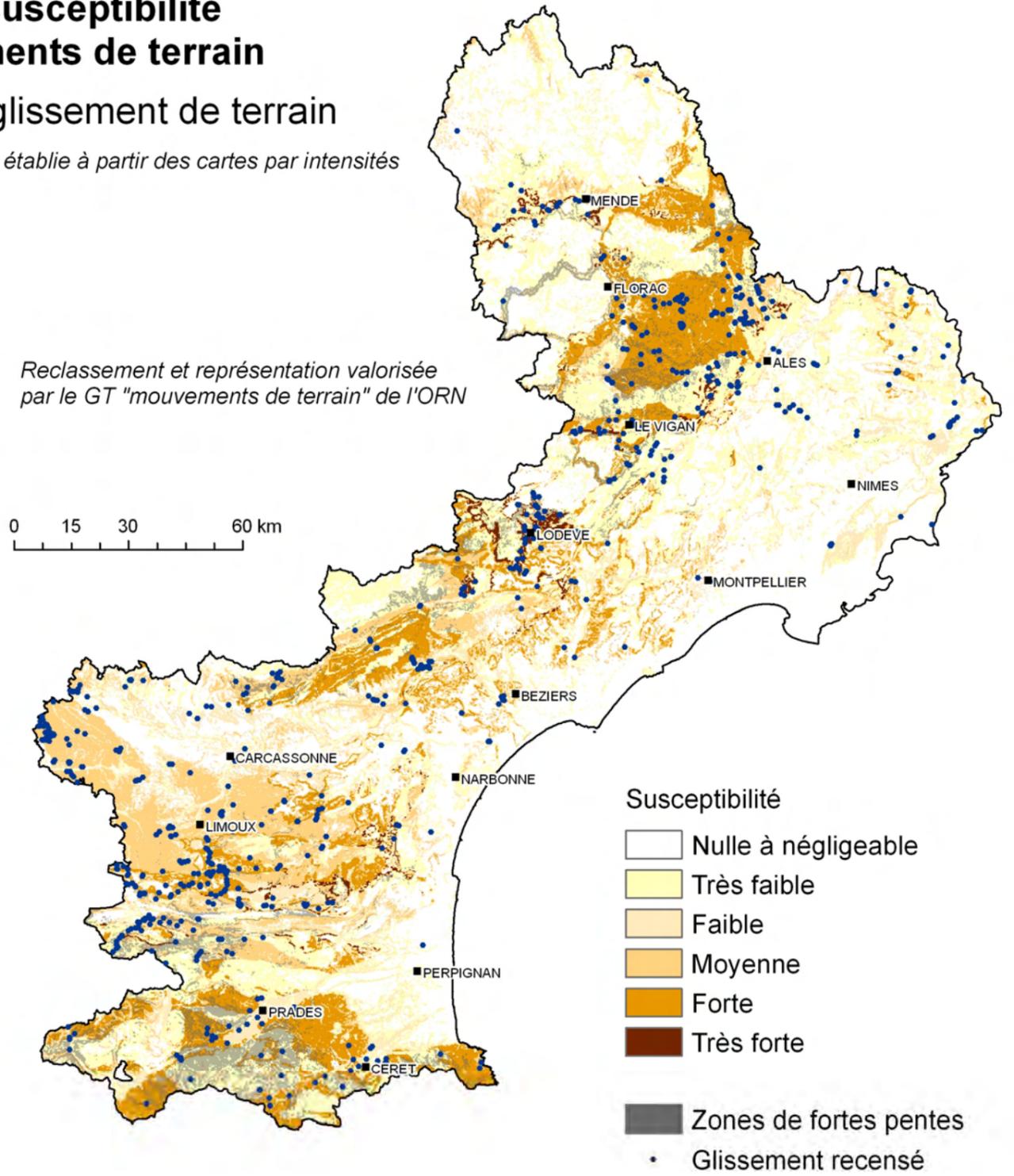
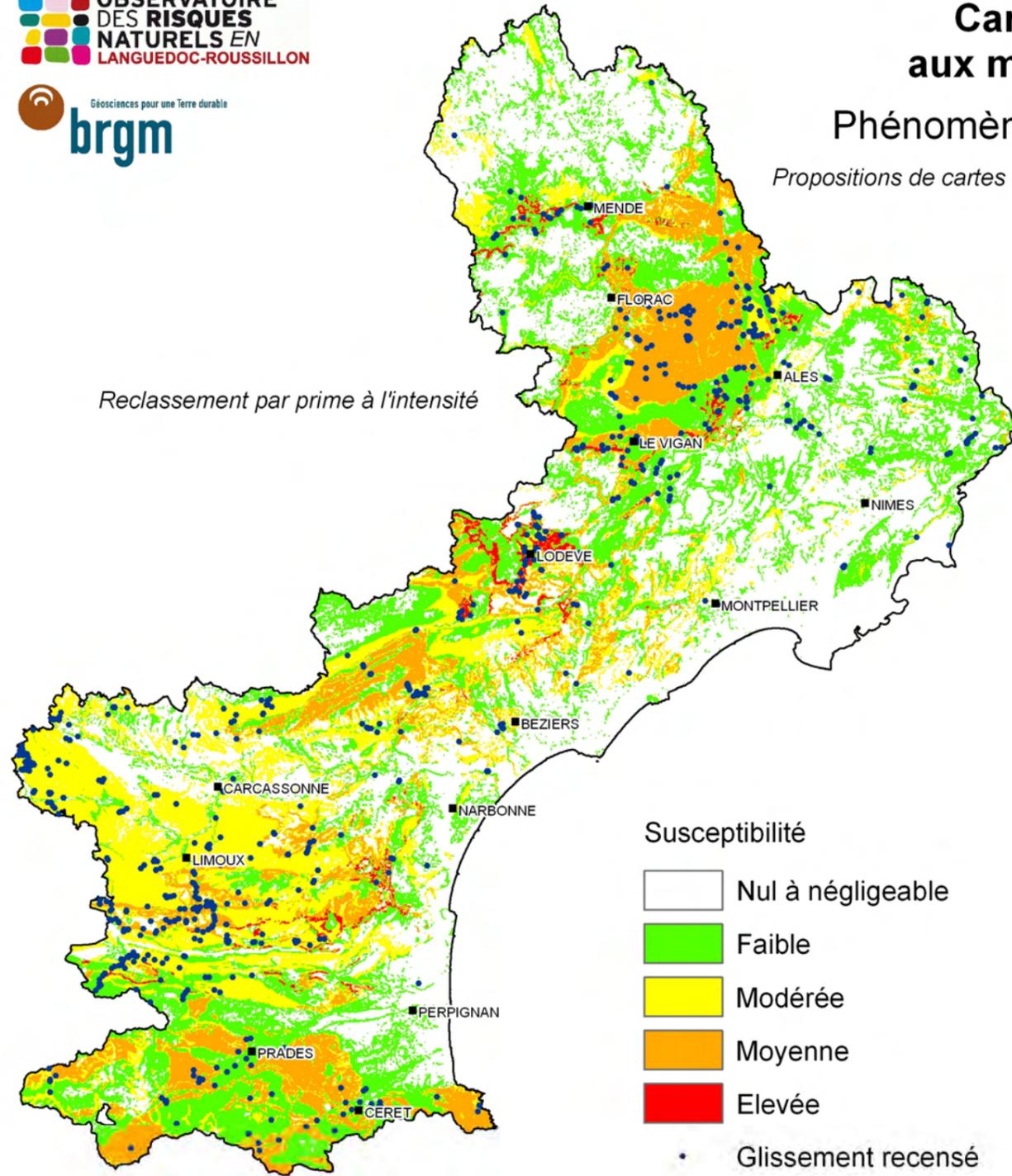


illustration 72 – Proposition de cartes de susceptibilité de glissement de terrain

7.2. CHUTES DE BLOCS

L'évaluation de la susceptibilité aux chutes de blocs et éboulements est réalisée selon une méthode similaire à celle déployée pour le phénomène glissement de terrain. La cartographie comprend les étapes suivantes :

- identification des formations sensibles aux chutes de blocs et éboulements ;
- caractérisation des classes d'intensité susceptibles de se produire pour chaque formation lithostratigraphique ;
- détermination de la probabilité d'occurrence spatiale des chutes de blocs et éboulements par formation, selon la lithologie, l'intensité et la morphologie ;
- évaluation des classes de pentes sensibles aux chutes de blocs et éboulements pour chaque formation et à l'aide d'une valeur de pente seuil ;
- évaluation de la susceptibilité aux chutes de blocs et éboulements selon l'intensité du phénomène.

7.2.1. Formations sensibles au phénomène

L'identification des formations sensibles aux chutes de blocs et éboulements est réalisée à partir de deux études :

- l'analyse de la répartition des événements recensés par formations lithostratigraphiques. Au total, les chutes de blocs et éboulements se répartissent sur 77 des 127 formations lithostratigraphiques identifiées (60 %). Les principales formations concernées par ces événements sont les calcaires et dolomies du Jurassique supérieur : j5-7 (209 événements) et du Jurassique moyen : l4-j5 (102 événements), localisés principalement dans les Causses et les granites et granodiorites : 3ã, localisées dans la Lozère et les Pyrénées Orientales (156 événements). Ces formations représentent à elles seules 35% des 1340 événements recensés ;

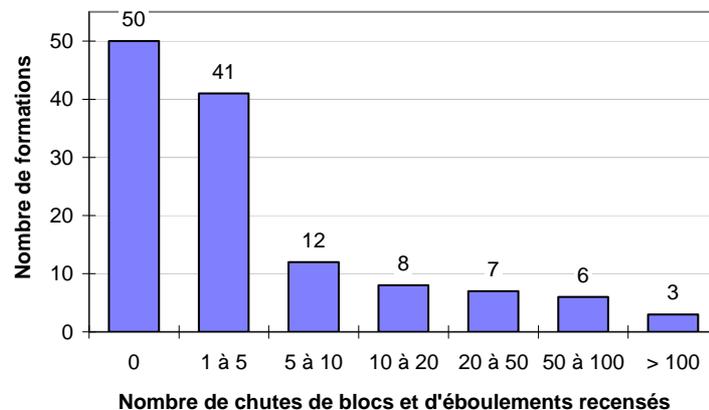


illustration 73 – Distribution des formations selon le nombre de chutes de blocs et éboulements

- l'identification, par une démarche d'expert, des formations lithostratigraphiques sensibles aux chutes de blocs et éboulements, selon leur lithologie. Au total, 117

formations, dont les 76 affectées d'évènements historiques, admettent des lithologies sensibles au phénomène. Les principales lithologies sensibles sont les calcaires, dolomies, grès, conglomérats, gneiss, schistes et granites.

Au final, 92 % (117 formations) de la totalité des formations peuvent être concernés par le phénomène chute de blocs et éboulement. Les principales formations sensibles sont les formations carbonatées du Mésozoïque (Crétacé et Jurassique), les formations Cénozoïque à alternance de calcaires, grès, conglomérats et marnes, les formations métamorphiques (schistes, gneiss, etc.), volcaniques (basaltes) et plutoniques (granites, etc.) L'intégralité des formations considérées comme sensibles sont énumérées dans le tableau de l'annexe 6.

7.2.2. Classes d'intensité par formation

A ce stade les formations lithostratigraphiques sensibles aux chutes de blocs et aux éboulements sont identifiées (§ 7.2.1). Pour chaque formation identifiée comme sensible, la distribution des volumes unitaires et totaux mobilisés est évaluée. L'analyse de cette distribution permet de définir :

- **Ip** : intensité du phénomène jugée la plus représentative pour une formation donnée (caractérisée par VTP, volume total, et VUp, volume unitaire, les plus représentatifs de la formation) ;
- **Imax** : intensité maximum du phénomène pour une formation donnée (caractérisée grâce à VTM, volume total, et VUM, volume unitaire, maximum observés).

Ces deux intensités sont définies par jugement d'expert appuyé par les données des volumes totaux et unitaires des évènements recensés. En cas de lacune de données quantifiées sur les volumes, l'analyse favorise le regroupement de contextes lithostratigraphiques similaires.

Au final, sur les 117 formations, 55 sont caractérisées par des phénomènes d'intensité Ip faible, 60 formations par des phénomènes d'intensité Ip moyenne et 2 formations par des phénomènes d'intensité Ip forte : les schistes et micaschistes (1^{er} S et 2nd S) des Pyrénées et des Cévennes. Les terrains schisteux, de part leur nature feuilletée et fracturée (plans de fracturation différents du plan de schistosité), sont souvent le siège d'éboulements en masse.

La liste complète des formations et leur intensité représentative (Ip) est présentée sur le tableau de l'annexe 6.

7.2.3. Classes de pentes sensibles (MNT)

Pour chaque formation lithostratigraphique, en fonction de leur lithologie, une évaluation de la pente au-delà de laquelle les formations sont susceptibles d'être soumises aux chutes de blocs et éboulements, est effectuée.

L'approche menée est double en distinguant les pentes réelles ou « naturelles » (à l'échelle du mouvement des pentes MNT, différentes de celles observées sur le terrain

en raison de l'effet de lissage engendré par la création d'un modèle maillé au pas de 50 m (taille du pixel élémentaire) de la topographie.

Les seuils de pentes naturelles sont définis à partir :

- des valeurs observées réellement pour chaque formation sur la base des informations de la base de données nationale (www.mouvementsdeterrain.fr) ;
- des valeurs théoriques moyennes correspondant aux pentes limites de stabilité définies à partir de la littérature et correspondant sensiblement à un angle de frottement interne « équivalent » à l'échelle d'une formation. Ces valeurs sont des fourchettes définies par expertise compte tenu du contexte régional.

Ces seuils sont déterminés, formation par formation, à partir de regroupements lithologiques. Ces pentes ne sont pas valorisées directement pour la cartographie mais permettent d'orienter les regroupements de formations pour la cartographie réalisée à partir des pentes MNT, seule donnée continue spatialement à l'échelle régionale.

On note sur l'exemple de l'illustration 74 que, comme pour les phénomènes de glissement, les pentes effectivement recensées sont peu qualifiées (ce qui est généralement le cas pour l'ensemble des données disponibles), et que la valeur de seuil de pente se base par conséquent essentiellement à vue d'expert en fonction de la nature lithologique de l'ensemble considéré. L'ensemble des données par formation est fournie en annexe 6.

NOTATION_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_CB recensés	Classe pente recensée	Seuil naturel
j5-7	Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux	1252 km ²	Oui	209	90	55
j3-7D	Dolomies	578 km ²	Oui	42		55
j1-7	Calcaires et dolomies	10 km ²	Oui	16	30-85	55
l4-j5	Calcaires et dolomies dominants et marnes	504 km ²	Oui	102		55
l2-3	Calcaires, calcaires gréseux et marno-calcaires	230 km ²	Oui	5		55
l1-3	Calcaires, marnes et dolomies	71 km ²	Oui	13		55
l1	Dolomies, calcaires, calcaires dolomitiques, et marnes rares	440 km ²	Oui	22	90	55

illustration 74 – Exemple d'analyse de seuil de pente naturel pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts carbonatés du jurassique))

Les seuils de pente MNT sont définis directement à des valeurs de pentes MNT à l'aplomb des événements recensés et localisés avec précision. Le principe a été, à partir des distributions de pentes MNT des événements répertoriés par groupe de formations jugées homogènes litho-stratigraphiquement, de définir une valeur de pente à partir de laquelle la majorité (en général seuil de l'ordre de 80%) des événements était survenue.

Comme pour les glissements, il n'est pas mis en évidence de corrélation évidente entre les seuils de pente MNT et les seuils de pentes naturelles exprimées. Si le lissage du MNT peut être tenu pour principalement responsable, il va de soit que d'autres facteurs contribuent à ces différences de seuil de pentes (Seuil « MNT » < Seuil « Naturel »). L'analyse de l'influence relative de ces facteurs dépasse le cadre du projet.

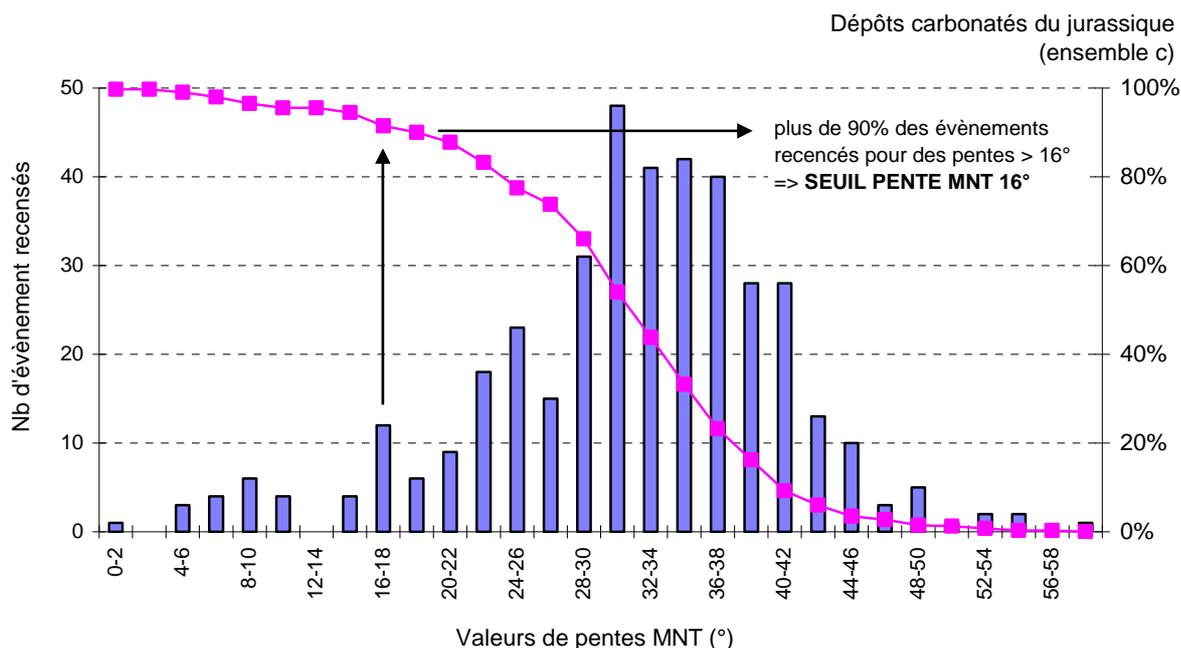


illustration 75 – Exemple d'analyse de seuil de pente MNT pour un groupement de formations lithostratigraphiquement homogènes (dépôts carbonatés du Jurassique)

Les seuils des pentes sensibles, naturelles et MNT, sont présentés sur le tableau de l'annexe 6 pour chaque formation lithostratigraphique. En ce qui concerne les chutes de blocs, les formations sont finalement classées selon six seuils de pentes MNT sensibles présentés dans le tableau de l'illustration 76.

Seuils pentes réelles	Seuil pentes MNT	Formations associées
de 20 à 45° prédominance : 30°	8°	Formations du Cénozoïque et du Crétacé supérieur à alternance de marnes, grès, conglomérats, calcaires, sables ou limons et les colluvions.
de 30 à 25°	10°	Eboulis et moraines quaternaires, formations argileuses du Trias
de 20 à 55° prédominance : 40-45°	12°	Alternances de marnes, grès, calcaires et sables du Crétacé, marno-calcaires du Crétacé inférieur et marnes plus ou moins indurées du Jurassique supérieur et inférieur
de 25 à 55° prédominance : 40°	14°	Formations calcaires (souvent lacustres) du Cénozoïque, formations gréseuses et sableuses du Trias et du Lias et formations gréseuses et pélitiques du Permien
de 35 à 55° prédominance : 55°	16°	Calcaires et calcaires argileux du Crétacé, calcaires et dolomies du Jurassique et du Trias, formations schisteuses du Paléozoïque et formations plutoniques (granite)
de 35 à 55° prédominance : 55°	18°	Formations métamorphiques du Crétacé inférieur, calcaires et dolomies du Dévonien et du Cambrien, formations volcaniques et formation gneissiques

illustration 76 – Tableau des seuils de pentes MNT, seuils de pentes naturelles et formations associés pour les chutes de blocs et éboulements

7.2.4. Probabilité d'occurrence spatiale par formation

A ce stade, les formations sensibles aux chutes de blocs et aux éboulements sont identifiées. Pour chaque formation sensible, les intensités représentative (I_p) et maximale (I_{max}) sont définies et le seuil de pentes MNT au-delà duquel les formations sont susceptibles de s'ébouler est défini. La probabilité d'occurrence spatiale est déterminée, pour chaque formation lithostratigraphique, selon l'intensité du phénomène et par rapport au pourcentage de surface affleurante des lithologies sensibles au phénomène des formations.

Selon la lithologie

Chaque formation a été qualifiée du point de vue lithologique (§5.3) en précisant une lithologie dominante si elle existe, et au plus trois lithologies secondaires. Chacune de ces lithologies représente un pourcentage de la formation (qui se traduit en % d'affleurement). A partir de l'ensemble des lithologies cités, un classement des lithologies « sensibles » ou « peu ou pas sensibles aux chutes de blocs » à été entrepris (illustration 77) :

Lithologies sensibles aux chutes de blocs		Lithologies peu ou pas sensibles aux chutes de blocs	
Anatexite	Granodiorite	Argile	Limons
Andésite	Grès	Argilites	Marnes
Basalte	Leptynite	Cailloutis	Matériaux anthrop.
Basanite	Marbre	Evaporite	Sable
Blocs	Migmatite	Galets	Silt
Brèches	Mixte	Graviers	Tourbe
Calcaire	Molasse	Gypse	Vases
Conglomérats	Pélites	Lignite	
Cornéenne	Quartzite		
Diorite	Rhyolite		
Dolomie	Schiste		
Gabbros	Travertins		
Gneiss	Tufs		
Granite			

illustration 77 – Sensibilité aux chutes de bloc des lithologies exprimées

Les matériaux sensibles aux chutes de blocs et aux éboulements sont soit résistants (calcaires, dolomies, gneiss, grès) et provoquent des chutes de blocs et des éboulements, soit friables et se débitent en plaques fines (schistes, pélites, etc.) et provoquent des éboulements en masse.

Le passage au pourcentage de surface sensible par formation s'effectue à partir de la répartition des lithologies descriptives, comme pour les glissements. Comme pour le cas des glissements, l'avis d'expert est important car il valide et enrichit la distribution des lithologies vis-à-vis du phénomène considéré (illustration 78).

NOTATION_Harm	DESCRIPTION_Harm	Sup.	% surface potentiellement affectée	Avis d'expert sur le % exprimé	%Ld	Ld	%Ls1	Ls1	%Ls2	Ls2	%Ls3	Ls3
m3-4	Marnes sableuses	5 km ²	25	25	50	Marnes	25	Sable	25	Grès		
e4Gr	Graviers d'Issel : graviers, sables et limons	14 km ²	0	0	50	Graviers	25	Sable	25	Limons		
c1-2	Argiles à lignites, grès et calcaires	67 km ²	30	50	50	Argile	20	Lignite	15	Grès	15	Calcaire
n4-5U	Calcaires à faciès urgonien : calcaires massifs et marnes intercalées	708 km ²	80	80	80	Calcaire	20	Marnes				
j5-7	Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux	1252 km ²	100	100	80	Calcaire	20	Dolomie				
t3-7b	Argiles versicolores, grès, conglomérats, calcaires et dolomies	32 km ²	50	60	50	Argile	20	Grès	15	Conglomérats	15	Calcaire
o5-6	Schistes, grès et conglomérats locaux	9 km ²	100	100	50	Schiste	25	Grès	25	Conglomérats		

---> "correction manuelle"

illustration 78 – Exemple d'attribution des surfaces sensibles aux glissements par formation

Le passage du pourcentage de superficie exposée ainsi défini à la probabilité d'occurrence est présenté sur illustration 79 (même analyse que pour les glissements).

% surface de la formation sensible au phénomène du point de vue lithologique	Probabilité d'occurrence spatiale	
< 50 %	la non occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence	Faible
50%	l'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence	Moyenne
> 50%	l'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence	Elevée

illustration 79 – Probabilité d'occurrence spatiale selon le pourcentage de lithologie sensible des formations aux chutes de blocs

L'ensemble de ces caractérisations, pour toutes les formations identifiées, sont reportées en annexe 6. Les formations qui, du point de vue lithologique, sont les plus sensibles à l'apparition de chute de blocs sont les formations tertiaires à dominante calcaire, gréseuse ou conglomératique, les éboulis et travertins quaternaires, les alternances de grès, calcaires et marnes du crétacé, les grès, les calcaires massifs et les formations métamorphisées du Crétacé inférieur, les formations carbonatées du Jurassique, du Trias, les formations paléozoïques carbonatées, plus ou moins schisteuses, les formations volcaniques, les gneiss, les marbres et les granitoïdes. Ces formations sont au nombre de 80 (68% des formations sensibles aux chutes de blocs et éboulements).

Les formations qui ont une probabilité d'occurrence moyenne sont les formations continentales détritiques du Cénozoïque à alternance de marnes, calcaires, grès, sables, molasses, etc., les formations argileuses ou marneuses à intercalations gréseuse et calcaires et marno-calcaires du Crétacé, les marnes plus ou moins feuilletées du Lias, les formations triasiques et les pélites et grès du Permien. Ces

formations sont au nombre de 28 (24% des formations sensibles aux chutes de blocs et éboulements).

Enfin, Les formations qui présentent une probabilité faible sont les formations récentes du Cénozoïque à dominante argileuses ou marneuses et à intercalations calcaires ou sableuses, les colluvions et moraines quaternaires. Ces formations sont au nombre de 9 (8% des formations sensibles aux chutes de blocs et éboulements).

Selon l'intensité

Chaque formation lithostratigraphique est caractérisée par une probabilité relative d'occurrence spatiale pour l'intensité jugée représentative de la formation (I_p). Mais selon l'intensité des phénomènes, la probabilité d'occurrence varie inévitablement, les phénomènes de forte intensité étant globalement moins fréquents que les « petits » évènements.

L'analyse menée est similaire à celle développée pour les glissements (§ 7.1.4). Il a été considéré que de façon générale, la probabilité d'occurrence d'évènements d'intensité supérieure à I_p , si elle paraît possible, sera nécessairement plus faible ou très ponctuellement équivalente. A l'inverse, la probabilité d'occurrence d'évènements d'intensité inférieure à I_p sera équivalente au moins à celle définie pour les évènements d'intensité I_p .

Comme pour les glissements, afin de simplifier le travail de cartographie SIG, chaque probabilité d'occurrence est codifiée et représentée par un chiffre, selon l'intensité du phénomène. Pour une formation donnée, il suffit d'additionner les chiffres correspondant aux phénomènes susceptibles de se produire (cf. explications § 7.1.4). Chaque code représente donc l'ensemble des phénomènes susceptibles de se produire pour chaque formation lithostratigraphique.

A ce stade, pour chaque formation sont identifiés (annexe 6) :

- les différentes intensités de chutes de blocs et d'éboulements susceptibles de se produire (§ 7.2.2) et leur probabilité d'occurrence relative (§ 7.2.4) ;
- le seuil de pentes MNT au-delà duquel les formations sont susceptibles de s'ébouler (§ 7.2.3).

Selon la morphologie

Les probabilités d'occurrence spatiale de chaque intensité de phénomène sont hiérarchisées et caractérisées pour l'ensemble des formations lithostratigraphiques définies. Cependant, la totalité de la surface des formations n'est pas soumise aux chutes de blocs. En effet, on a montré qu'il existait, formation par formation, ou par groupe de formations, des seuils de pente à partir desquels la probabilité d'apparition du phénomène doit être considérée. Ce seuil de pente induit un comportement binaire à l'échelle de la formation :

- au delà du seuil de pente défini, on considère qu'il peut y avoir mouvement et dans ce cas les probabilités relatives de chaque niveau d'intensité possible s'appliquent ;
- en dessous de seuil, on considère que la susceptibilité d'éboulement est nulle à négligeable en terme de hiérarchisation spatiale.

Il est à noter que, comme pour les glissements, le seuil de pente MNT (pente de « déclenchement ») est indépendant de l'intensité des phénomènes. Le travail de cartographie au sens strict de la susceptibilité, impliquant une dimension géographique, commence uniquement à ce stade. Il consiste pour chaque formation à identifier les zones de pentes supérieures aux pentes MNT définies (illustration 80). Cette action se réalise sous SIG à partir de modèles maillés de pentes au pas de 50 m.

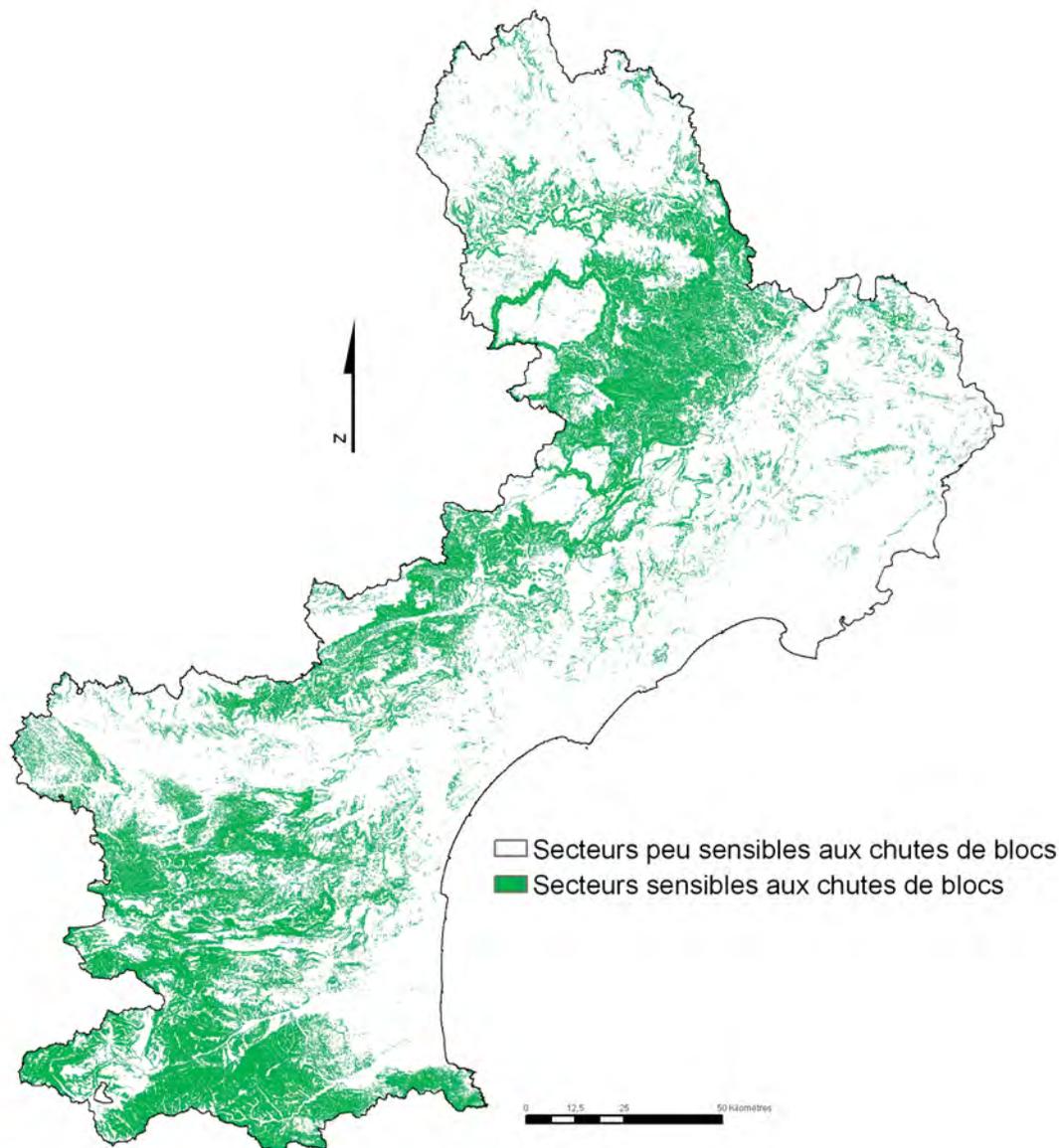


illustration 80 – Carte de susceptibilité des formations à l'apparition des chutes de blocs

7.2.5. Hiérarchisation de la susceptibilité aux chutes de bloc

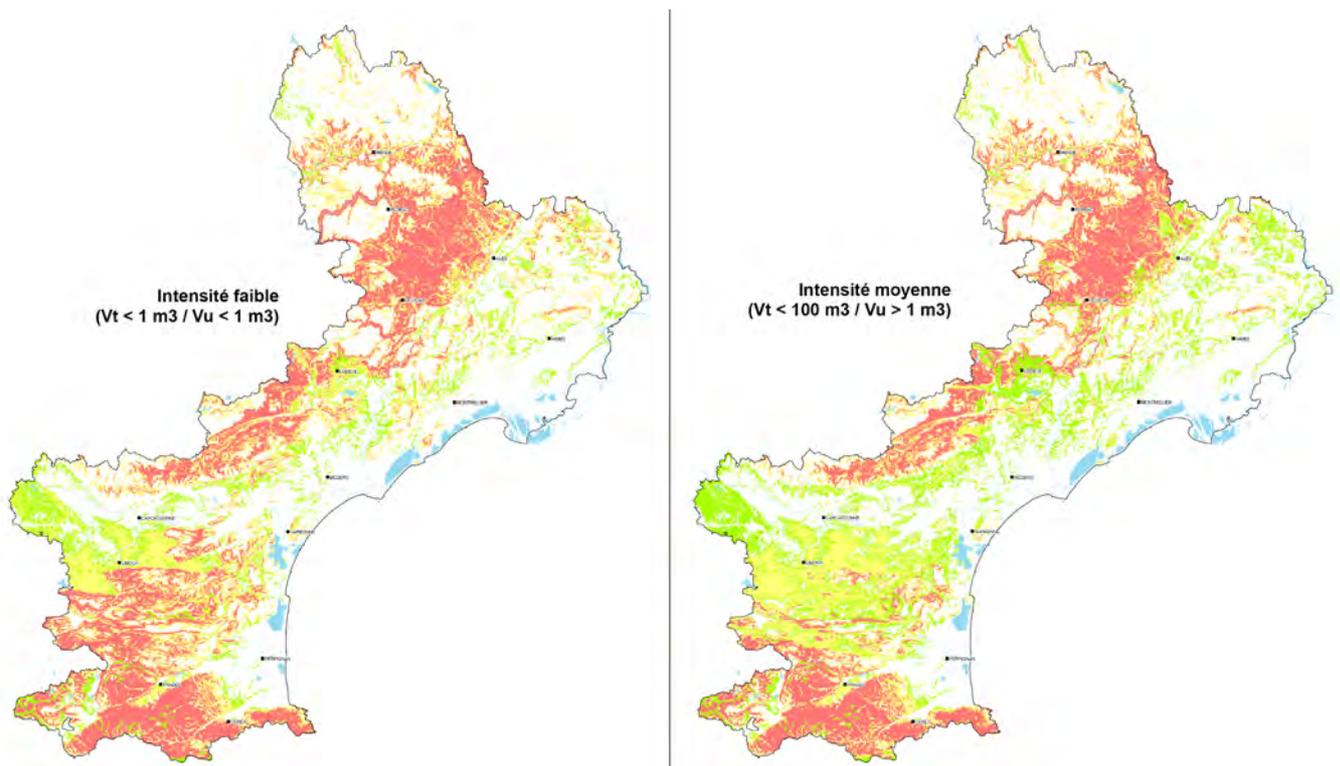
Le niveau de susceptibilité est défini pour chaque formation géologique sensible au phénomène :

- selon l'intensité des chutes de blocs et éboulements ;

- par rapport au pourcentage de surface affleurante des lithologies sensibles au phénomène de la formation => notion de probabilité relative d'occurrence spatiale ;
- sur les secteurs où la pente est propice au départ (et à la propagation) des chutes de blocs et éboulements.

Pour évaluer la susceptibilité aux chutes de blocs et éboulements, il suffit d'affecter aux zones sensibles selon la pente (illustration 80), la codification des probabilités relatives d'occurrence spatiale selon l'intensité définies paragraphe 7.2.4. Comme pour les glissements, la restitution à 1/250 000 est réalisée par passage à résolution réduite, suivant la même méthode d'agrégation médiane enrichie dans les zones de susceptibilité nulle (cf. § 7.1.6).

Les cartes par intensité obtenues sont présentées en carte hors texte n°3 et sur CD-Rom (illustration 81). La liste complète des formations et leur note de susceptibilité est présentée sur le tableau de l'annexe 6. La synthèse des résultats de la susceptibilité aux chutes de blocs, selon l'intensité du phénomène, est présentée dans le paragraphe 7.2.6 par formation et par zone géographique.



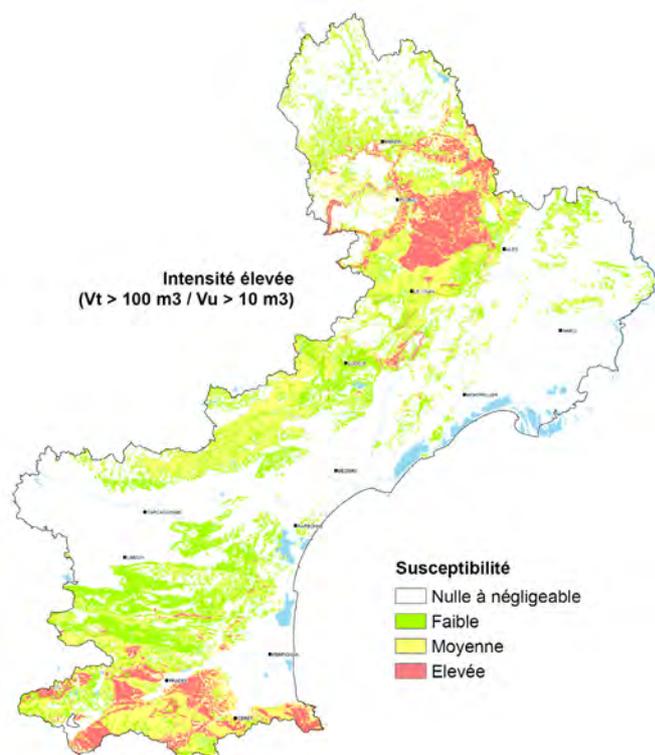


illustration 81 – Cartographie de la susceptibilité aux chutes de blocs par intensité

7.2.6. Synthèse régionale – Chutes de blocs

Les superficies et pourcentages de superficie potentiellement exposés aux chutes de blocs et éboulements, par niveau d'intensité, sont présentés sur l'illustration 82. On remarque que la moitié du territoire régional (48%) est concerné par les chutes de blocs et éboulements de faible intensité (dont 22% présente une susceptibilité élevée) et de moyenne intensité (dont 18% présente une susceptibilité élevée). Les phénomènes d'intensité élevée concernent 37% de la région dont 7% correspond à des zones de susceptibilité élevée.

	SUSCEPTIBILITE AUX CHUTES DE BLOCS ET EBOULEMENTS												Total non nulle		
	nulle à négligeable			faible			moyenne			élevée			Superficie* (km²)	% superfic*	Nb formations
	Superficie* (km²)	% superfic*	Nb formations	Superficie* (km²)	% superfic*	Nb formations	Superficie* (km²)	% superfic*	Nb formations	Superficie* (km²)	% superfic*	Nb formations			
Intensité 1 (faible) vt < 10 m ³ , prédominance vt < 1 m ³ et vu < 1 m ³	14 577	52	10	1 882	7	9	5 431	19	28	6 143	22	80	13 456	48	117
Intensité 2 (moyenne) vt < 1 000 m ³ , prédominance vt entre 1 et 100 m ³ et vu 1 et 10 m ³	14 578	52	11	3 514	13	21	5 024	18	53	4 917	18	42	13 455	48	116
Intensité 3 (élevée) prédominance vt > 100 m ³ et vu > 10 m ³	17 600	63	59	4 678	17	26	3 916	14	38	1 839	7	4	10 433	37	68

vt = volumes totaux
vu = volumes unitaires

* : superficie calculée à partir du maillage des cartes finales raster

Région LRO : **28033** **100** **127**

illustration 82 – Tableau récapitulatif des superficies et du nombre de formations exposées aux chutes de blocs et éboulements

En ce qui concerne les chutes de blocs d'intensité faible et moyenne, il est à noter que la majorité des formations produisent des petites chutes de blocs récurrentes sur l'ensemble de leur surface : susceptibilité élevée majoritaire (il suffit généralement d'un talus). Les éboulements en masse sont quant à eux plus localisés : susceptibilité faible majoritaire (rassemblement d'un plus grand nombre de facteurs).

Les principales formations concernées par les chutes de blocs et éboulements **d'intensité faible** sont :

- Susceptibilité élevée

Formations massives : granites de Lozère, des Pyrénées-Orientales et de la Montagne Noire, calcaires et dolomies du Jurassique (Corbières, Causses) et du Dévonien (Mouthoumet, Montagne Noire), calcaires du Crétacé inférieur (Corbières, Gard), gneiss (Montagne Noire, Pyrénées-Orientales).

Formations métamorphiques : micaschistes des Cévennes et des Pyrénées-Orientales, séries flyschoides du Carbonifère inférieur (Montagne Noire, Mouthoumet et Pyrénées-Orientales), schistes (Montagne Noire).

Formations à alternances : marno-calcaires, grès et conglomérats de la transition Crétacé terminal/Eocène (bordures Montagne Noire et bassin de Carcassonne), éboulis.

- Susceptibilité moyenne

Formations à alternances : marno-calcaires du crétacé inférieur (garrigues gardoises), molasse de Carcassonne et du Lauragais (bassins de l'Aude), marno-calcaires, grès et conglomérats oligocènes (Corbières et Gard), du Trias supérieur (Corbières, Lodévois, bordure cévenole) et du Pliocène (bassins du Roussillon, rhodano-Languedocien).

- Susceptibilité faible

Formations quaternaires à blocs : colluvions, moraines ; argiles et marnes sableuses localement indurées tertiaires (bassins du Roussillon, rhodano-Languedocien).

Les principales formations concernées par les chutes de blocs et éboulements **d'intensité moyenne** sont :

- Susceptibilité élevée

Formations massives : granites de Lozère, des Pyrénées-Orientales et de la Montagne Noire, calcaires et dolomies du Jurassique (Corbières, Causses) et du Dévonien (Mouthoumet, Montagne Noire), calcaires du Crétacé inférieur (Corbières, Gard), gneiss (Montagne Noire, Pyrénées-Orientales) mais aussi formations métamorphiques : micaschistes des Cévennes et des Pyrénées-Orientales, schistes (Montagne Noire), éboulis.

- Susceptibilité moyenne

Formations à alternances : marno-calcaires et marnes métamorphiques du crétacé inférieur (garrigues gardoises, Corbières), molasse de Carcassonne (bassin de l'Aude), marno-calcaires, grès et conglomérats de la transition Crétacé terminal/Eocène (bordures Montagne Noire et bassin de Carcassonne), marno-calcaires jurassiques (Causses) et séries flyschoides du Carbonifère inférieur (Montagne Noire, Mouthoumet et Pyrénées-Orientales).

- Susceptibilité faible

Formations quaternaires à blocs : colluvions, moraines ; formations à alternances : molasse du Lauragais (bassin aquitain), argiles et marnes sableuses localement indurées tertiaires (bassins du Roussillon, rhôdano-Languedocien), marno-calcaires, grès et conglomérats oligocènes (Corbières et Gard), du Trias supérieur (Corbières, Lodévois, bordure cévenole).

Les principales formations concernées par les chutes de blocs et éboulements **d'intensité élevée** sont :

- Susceptibilité élevée

Calcaires et dolomies du Jurassique moyen (Causses) et micaschistes des Cévennes et des Pyrénées-Orientales.

- Susceptibilité moyenne

Calcaires massifs du Crétacé inférieur (Corbières, Gard), du Jurassique supérieur et inférieur (Causses, Corbières) et du Dévonien (Mouthoumet, Montagne Noire), granites de Lozère, des Pyrénées-Orientales et de la Montagne Noire, gneiss (Montagne Noire, Pyrénées-Orientales), schistes (Montagne Noire), éboulis.

- Susceptibilité faible

Formations à alternances : marno-calcaires, grès et conglomérats de la transition Crétacé terminal/Eocène (bordures Montagne Noire et bassin de Carcassonne) et du Trias supérieur (Corbières, Lodévois, bordure cévenole), marno-calcaires jurassiques (Causses), marnes métamorphiques du crétacé inférieur (garrigues gardoises, Corbières).

7.2.7. Proposition de cartographie synthétique de la susceptibilité aux chutes de blocs

Comme pour les glissements de terrain, une cartographie synthétique de la susceptibilité aux chutes de blocs peut être proposée à partir de la combinaison des cartes par intensité de l'illustration 81. Comme pour les glissements, et par afin d'illustrer le caractère interprétatif de cette démarche, deux analyses différentes sont proposées :

- une cartographie mettant l'accent sur les phénomènes d'intensité élevée (4 classes de susceptibilité résultante) proposée par le BRGM dans le cadre de sa mission, carte « prime à l'intensité » distribuée en 4 classes ;
- une cartographie résultant des réflexions des membres du groupe de travail « Mouvement de terrain » de l'Observatoire des Risques Naturels (cf § 3, p. 37) :
 - hiérarchisation en 5 classes de susceptibilité ;
 - signification des zones de forte pente en surcharge ;
 - report des évènements connus ;
 - représentation graphique bicolore graduée.

Le reclassement des susceptibilités par intensités est représenté pour les deux propositions sur l'illustration 83. Les deux cartographies résultantes sont représentées sur l'illustration 84.

	Intensité des phénomènes			Proposition de reclassement	
	Forte	Moyenne	Faible	Prime à l'intensité	Réflexions GT ORN
Susceptibilité	Nul.	Nul.	Faible	Faible	Très faible
	Nul.	Faible	Faible	Faible	Très faible
	Nul.	Faible	Moyenne	Faible	Faible
	Nul.	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
	Nul.	Moyenne	Elevée	Faible	Faible
	Faible	Faible	Faible	Modérée	Faible
	Faible	Faible	Moyenne	Modérée	Faible
	Faible	Moyenne	Faible	Modérée	Moyenne
	Faible	Moyenne	Moyenne	Modérée	Moyenne
	Faible	Moyenne	Elevée	Modérée	Forte
	Moyenne	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
	Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Moyenne	Moyenne	Elevée	Moyenne	Forte
	Moyenne	Elevée	Elevée	Moyenne	Forte
	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Très forte

illustration 83 – Proposition de combinaison des susceptibilités de chutes de blocs

Le reclassement proposé par le GT de l'ORN est particulièrement intéressant en terme de représentation et de valorisation potentielle des cartes par intensités produites. En effet, la proposition de reclassement en susceptibilité « forte » de zones de à la fois :

- de susceptibilité faible aux éboulements de forte intensité,
- de susceptibilité élevée aux éboulements d'intensité qualifiée de faible,

illustre la prise en compte d'une notion de « dangerosité » des phénomènes chutes de blocs. En effet, y compris pour des intensités faibles, les dommages associés aux éboulements sont rapidement dramatiques. Cette perception des susceptibilités, faisant globalement consensus au sein du GT, intègre, parfois inconsciemment, des enjeux humains et leur vulnérabilité extrême aux chutes de blocs, et traduit de fait plutôt une notion de risque.

Il est ici important de rappeler que ces cartes demeurent qualitatives et que la notion de susceptibilité élevée ou moyenne n'est pas une notion absolue, car en partie basée sur l'expertise.

Carte de susceptibilité aux mouvements de terrain

Phénomènes d'éboulement / chute de bloc

Propositions de cartes de synthèse établie à partir des cartes par intensités

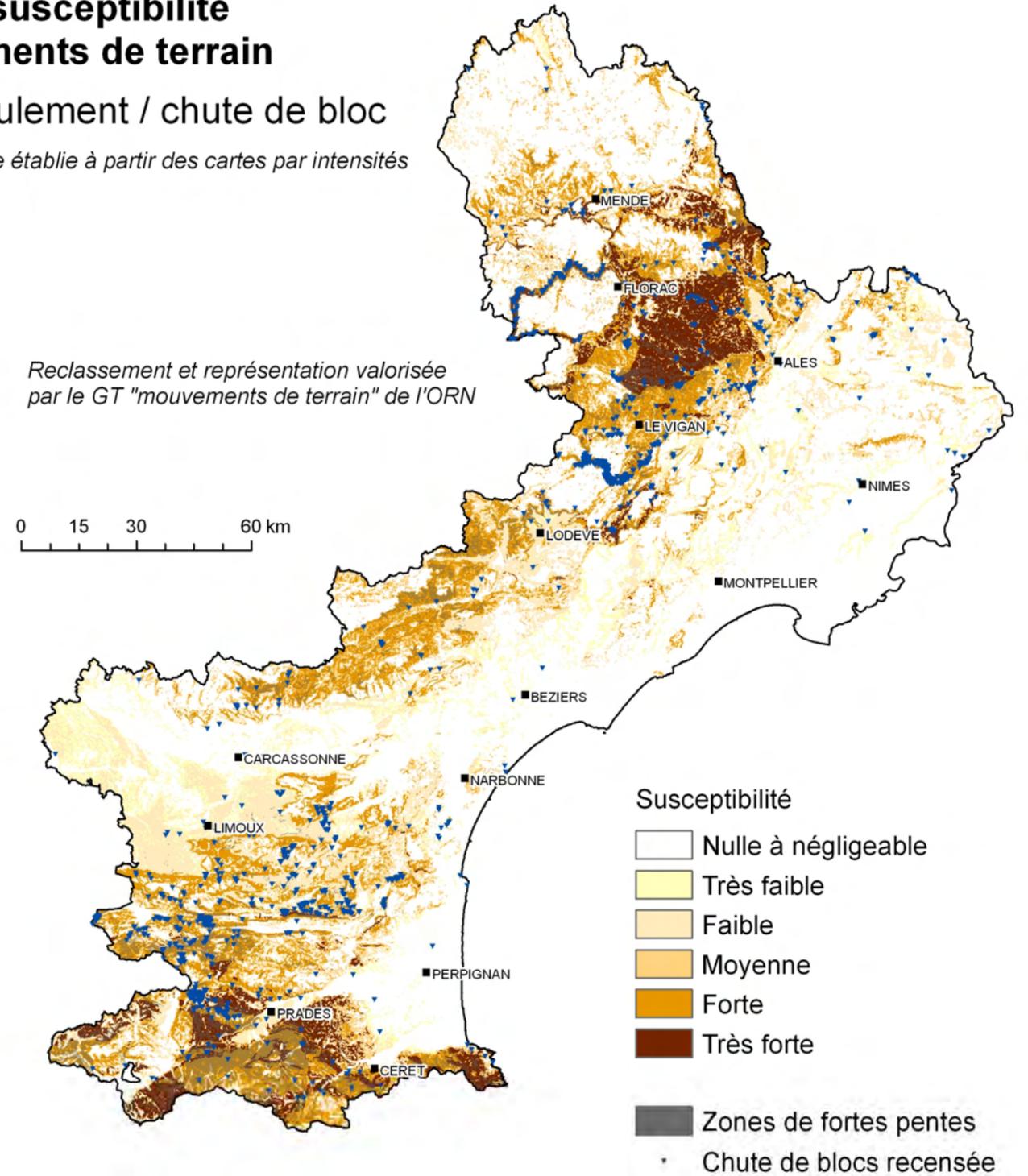
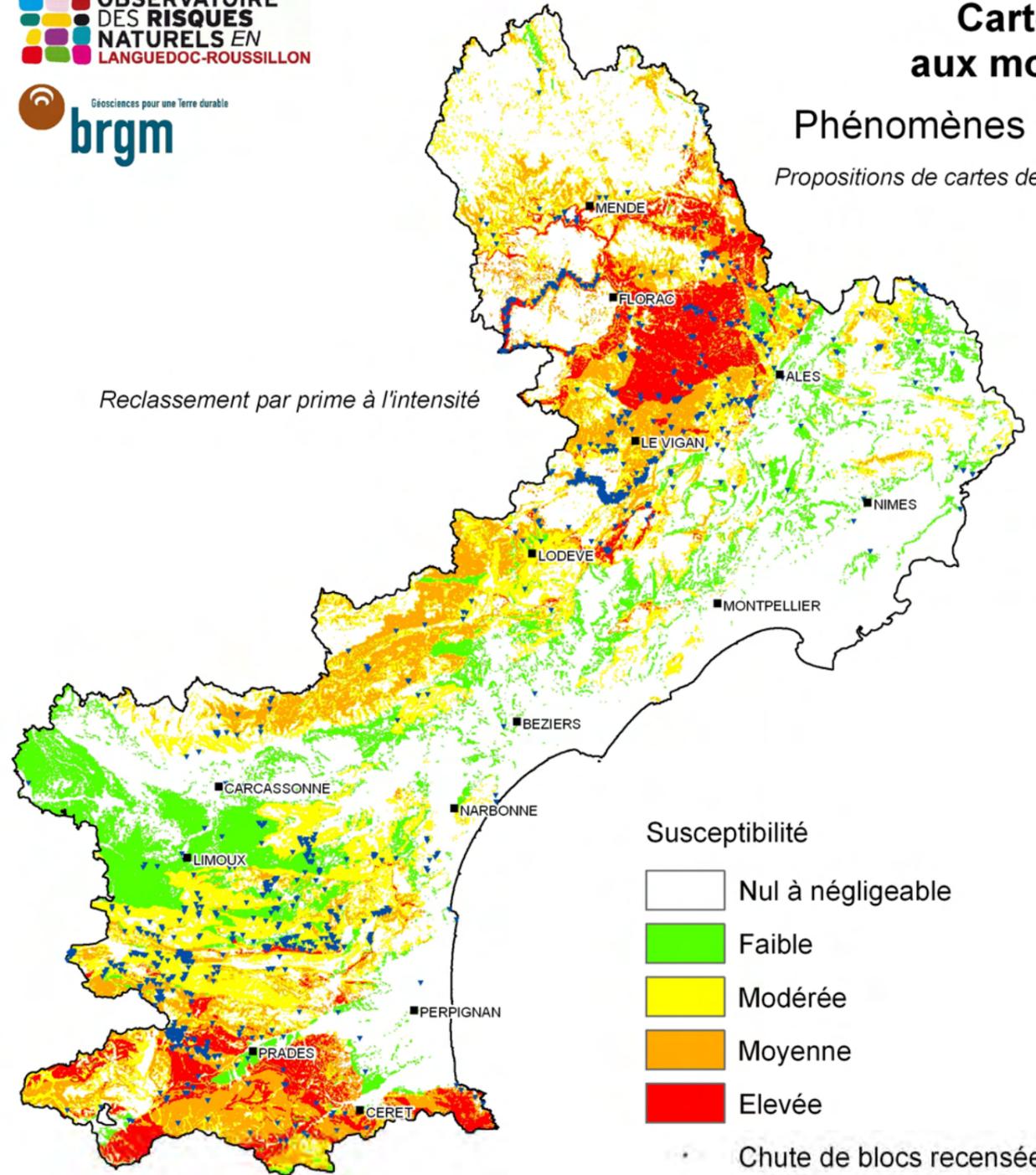


illustration 84 – Proposition de cartes de susceptibilité de chutes de blocs et éboulements

7.3. AFFAISSEMENTS ET EFFONDEMENTS DE CAVITES

Le phénomène affaissement et effondrement de cavités est traité différemment des phénomènes glissement de terrain et chute de blocs et éboulement pour raisons principales suivantes :

- ce phénomène n'est pas influencé par la morphologie des terrains (pente) ;
- il prend en compte la présence de cavités souterraines ou d'indices de cavités ;
- l'analyse de l'intensité des phénomènes n'est pas prise en compte pour la détermination de la susceptibilité (cf. § 6.5.3) ;
- l'origine des cavités influence l'approche de la susceptibilité aux effondrements :
 - les effondrements naturels concernent potentiellement les formations sensibles dans leur globalité car ces mouvements sont en partie liés à la nature (lithologie) et au potentiel karstique ou de dissolution de ces formations ;
 - les effondrements anthropiques, même si leur occurrence est liée à tel ou tel faciès (par exemple, les marnes à lignites du Crétacé ou les terrains houillers du Carbonifère sont potentiellement exposés aux effondrements puisque exploités), concernent des zones très localisées : emprise des carrières, concessions minières ou passage d'ouvrages souterrains.

Il est donc plus réaliste de cartographier les zones potentiellement exposées aux affaissements et effondrements anthropiques, grâce aux données de mouvements, de cavités d'origine anthropiques et de concessions minières, que l'ensemble des formations concernées. La limite de cette analyse contraint l'évaluation de cette susceptibilité à la seule présence de vides anthropiques connus. En outre, il faut noter que la probabilité qu'un effondrement d'origine anthropique se produise dépend de facteurs très locaux comme l'état, l'entretien, le comblement des travaux souterrains et la présence d'eau (galerie noyée) difficilement cartographiable à l'échelle du projet.

7.3.1. Méthodologie

La cartographie de la susceptibilité aux affaissements et effondrements de cavités souterraines est réalisée selon les étapes suivantes :

Effondrements liés à des cavités naturelles

- identification des formations susceptibles de contenir des cavités naturelles : karsts et évaporites (F_{Cav}) ;
- identification des formations susceptibles d'être affectées par des mouvements :
 - formations susceptibles de contenir des cavités (F_{Cav}) ;
 - formations de recouvrement des formations susceptibles de contenir des cavités pouvant s'effondrer. Ces formations sont situées en bordure des formations F_{Cav} , elles sont identifiées comme formation « tampon », F_{Tamp} ;
- pour les **formations** F_{Cav} , susceptibles de contenir des cavités :
 - caractérisation géologique de chaque formation à partir de 2 indices décrivant de façon simple :

- sa tenue mécanique vis-à-vis d'effondrement (IGt) ;
 - la présence de vides potentiels (IGv) liés aux phénomènes de karstification ou de dissolution ;
 - estimation de la probabilité d'occurrence du phénomène en fonction des indices IGt et IGv et répartition des valeurs d'occurrence en trois classes de susceptibilité (faible, moyen et élevée) ;
- pour les **formations** F_{Tamp} , susceptibles d'être affectées indirectement par des effondrements :
- caractérisation géologique décrivant de façon simple leur tenue mécanique vis-à-vis d'effondrement en profondeur (IGt) ;
 - estimation de la susceptibilité pour les formations F_{Tamp} en fonction de leur tenue (IGt) et du potentiel de vide de la formation sous-jacente (F_{Cav}) à l'origine potentielle de phénomènes d'effondrement ;
- synthèse des susceptibilités pour l'ensemble des formations F_{Cav} et F_{Tamp} ;

Effondrements liés à des cavités anthropiques

- cartographie des zones potentiellement exposées aux phénomènes affaissement et effondrement à partir de la connaissance actuelle et ponctuelle des ouvrages souterrains (carrières et des ouvrages civils) ;
- cartographie des concessions minières, correspondant a priori à l'enveloppe maximale des travaux souterrains associés.

7.3.2. Formations susceptibles de contenir des cavités naturelles (F_{Cav})

Les formations susceptibles de contenir des cavités naturelles correspondent aux formations karstiques et évaporitiques (gypse). L'identification de ces formations est réalisée par expertise géologique régionale. Elle s'appuie entre autres sur la lithologie des formations et les données des cavités naturelles recensées. Au total, **31 formations sont considérées comme sensibles** (illustration 85 – cf. annexe 7) :

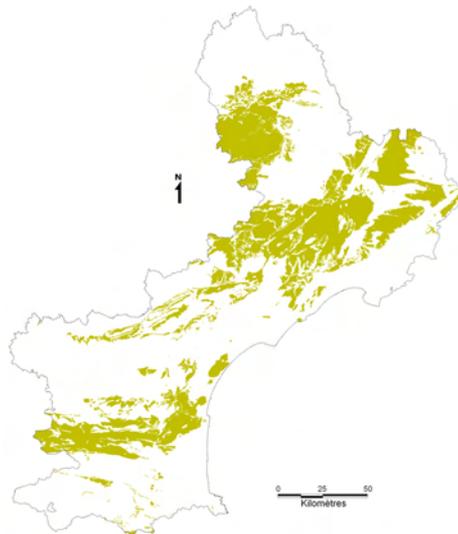


illustration 85 – Carte des formations susceptibles de contenir des cavités naturelles

Ce sont :

- les calcaires lacustres de l'Eocène (e1-3C et e5C) ;
- les calcaires du Crétacé : Cénomaniens, Turoniens, Coniaciens (c1-2C, c1-2G et c3C) ;
- les calcaires plus ou moins massifs du Crétacé inférieur dont les calcaires à faciès urgonien (n4-5U) ;
- les calcaires et dolomies massifs du Jurassique ;
- les calcaires et dolomies du Trias terminal (t7-l1) ;
- les calcaires et dolomies du Dévonien (d et d-h1) et du Cambrien (k1-5) ;
- les marbres (2C et 3C) ;
- les formations des plateaux calcaires en contact direct avec les formations karstiques des Causses (R et FP) ;
- les formations gypseuses Eocène/Oligocène (e4M, e7-g1C) et du Trias (t3, t3-7a).

7.3.3. Formations susceptibles d'être affectées par des mouvements

Les formations susceptibles d'être affectées par des mouvements de type affaissement ou effondrement sont :

- les formations susceptibles de contenir des cavités souterraines d'une part (définies ci-dessus – F_{Cav}) ;
- les formations reposant sur des formations F_{Cav} pour lesquelles des mouvements souterrains (au sein de F_{Cav}) pourraient avoir des effets en surface. Ces formations ont été définies comme « tampon » (F_{Tamp}), car de façon générale, et pour des raisons géométriques, situées en limite des formations susceptibles de contenir des cavités.

Ces formations susceptibles d'être affectées par des mouvements de type remontée de fontis depuis des cavités présentes en profondeur sont représentées pour l'essentiel par des terrains de couverture meuble dont la lithologie (marne, argile, alluvions, ...) est favorable à l'apparition d'affaissement, voire d'effondrements. Elles sont géographiquement présentes en bordure des formations dites à cavités.

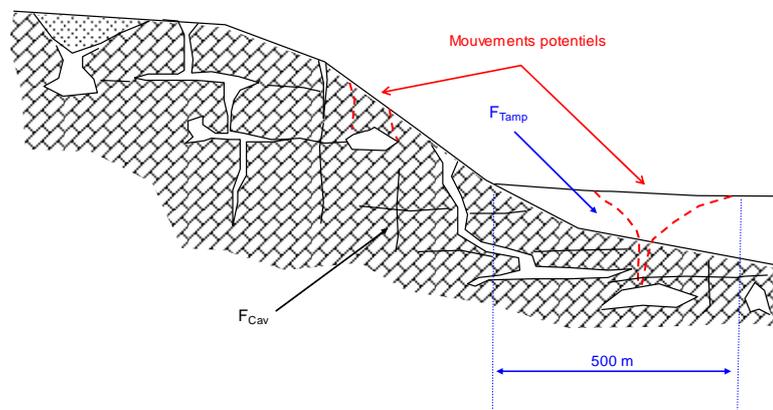


illustration 86 – Schématisation des potentialités de soutirage

Ce type d'analyse permet donc de prendre en compte diverses séquences stratigraphiques et surtout d'intégrer de façon simplifiée les phénomènes de soutirage des formations superficielles par les formations karstiques sous-jacentes.

Le principe est de définir une zone tampon autour de chaque formation susceptible de contenir des cavités pour identifier ces formations de « bordures ». Idéalement, ce genre d'évaluation devrait utiliser un modèle géologique qui permettrait d'évaluer les épaisseurs de ces formations tampons. Ce type de modèle géologique n'étant pas disponible à l'échelle de la région, pour contourner ce manque d'information, nous avons, après plusieurs essais (1 km, 500 m et 250 m) retenu le choix d'un tampon de 500 m autour des formations F_{Cav} (illustration 87). Cette zone prend en compte 97 % des cavités naturelles et 76 % des effondrements naturels identifiés.

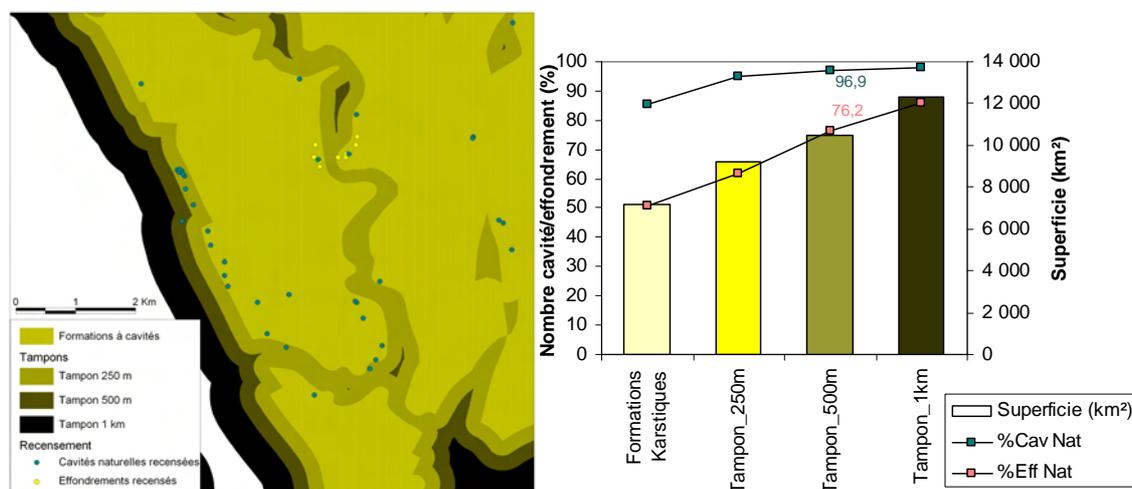


illustration 87 – Délimitation des formations tampon (F_{Tamp})

Dans ces zones tampons, seules les formations meubles sont conservées pour la cartographie. Au total, **63 formations sont englobées dans les tampons** : formations superficielles quaternaires (alluvions, colluvions, éboulis, ...), formations tertiaires argilo-marneuses, marnes du Crétacé et du Jurassique, sables liasiques et triasiques et formations schisteuses paléozoïques (annexe 7).

En ce qui concerne l'interaction des zones tampons avec les formations susceptibles de contenir des cavités (une formation sensible peut avoir un tampon qui chevauche la formation sensible voisine), deux possibilités ont été définies pour ce projet :

- les formations karstiques n'ont aucune influence entre-elles (un calcaire karstique sous un autre n'augmente pas la susceptibilité car les épaisseurs de ces formations sont souvent importantes) ;
- les formations gypseuses (formations meubles) recouvrant des formations karstiques ont une influence sur la susceptibilité si celle-ci est d'âge plus récent (empilement normal des couches stratigraphiques).

Les limites de l'étude sont donc ainsi posées et il est entendu que toutes les successions stratigraphiques ne sont pas intégrées (car non intégrables à cette échelle). Ces limites ne concernent que les zones « tampons » qui représentent un faible pourcentage des zones susceptibles.

L'illustration 88 rend compte, comme pour les phénomènes de glissement et de chutes de blocs, de l'emprise des zones potentiellement soumises à des effondrements / affaissements de terrain (d'origine naturelle).

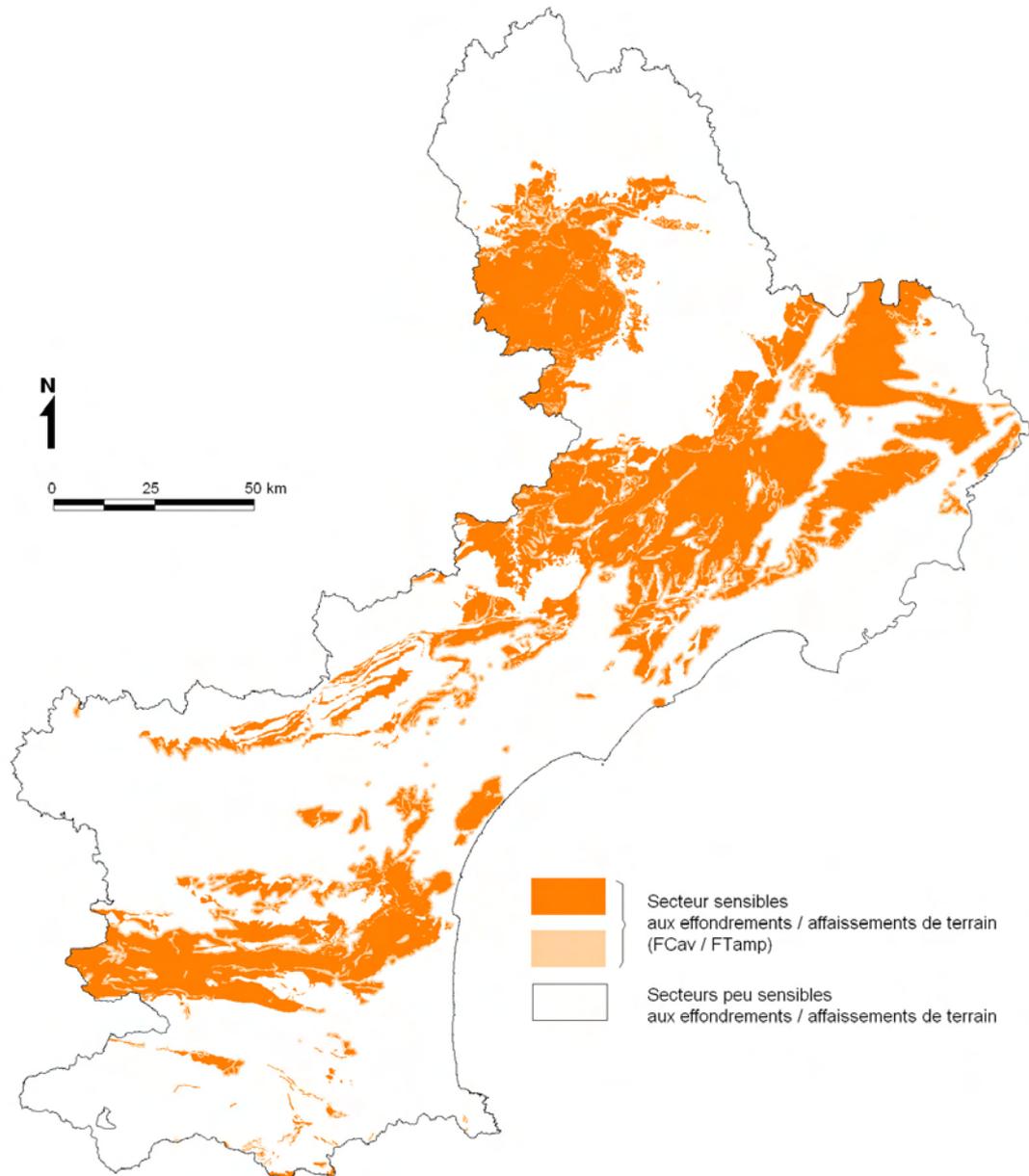


illustration 88 – Carte de susceptibilité des formations à l'apparition d'effondrements / affaissements de terrain (d'origine naturelle)

Indice géologique de tenue (IGt)

Les paramètres qualifiant la nature du sous-sol ont été exploités distinctement.

L'**indice géologique IGt** (« tenue ») correspond au niveau de compétence d'une formation et il est déterminé à partir du pourcentage de matériaux meubles. Plus une formation est meuble, plus l'indice est élevé. IGt est déterminé pour chaque formation susceptible d'être affectée par des mouvements (F_{Cav} et F_{Tamp}). Les indices sont bâtis sur la lithologie de la formation et les valeurs s'étalent de 1 à 3 :

1	$0\% \leq \% \text{ meuble} < 33\%$	marno-calcaires, calcaires et grès tertiaires, marno-calcaires et grès du Crétacé supérieur, calcaires et dolomies du Jurassique, calcaires et marbres du Dévonien
2	$33\% \leq \% \text{ meuble} < 66\%$	alternances marno-calcaires du Crétacé inférieur et du Jurassique inférieur
3	$66\% \leq \% \text{ meuble}$	marnes et calcaires localement gypsifères d'âge Eocène et Oligocène, argiles versicolores, évaporites, grès et calcaires du Trias supérieur

illustration 89 – Mode d'évaluation de l'indice de tenue IGt pour F_{Cav}

La même analyse est menée pour les formations « tampon ». L'ensemble des caractérisations est fournie annexe 7.

Indice géologique de vide (IGv)

L'**indice géologique IGv** (« vides ») correspond au potentiel de karstification ou de dissolution (teneur en vide) de la formation. Il est déterminé à partir du jugement d'expert étayé sur des connaissances régionales et sur le nombre de cavités (grottes, avens ...), indices de cavités (sources karstiques, bouldou ...) et mouvements liés à des cavités naturelles (dolines, effondrements) recensées par formation. IGv est évalué uniquement pour les formations susceptibles de contenir des cavités naturelles.

Plus une formation contient de vides potentiels, plus l'indice IGv est élevé. Les valeurs de IGv varient de 1 à 3 :

- 1 : calcaires lacustres éocènes, calcaires et marno-calcaires du Crétacé, calcaires et dolomies du Trias, calco-pélites, dolomies, marbres du Dévonien ;
- 2 : formations gypseuses, calcaires et dolomies du Jurassique inférieur et moyen et du Cambrien ;
- 3 : calcaires massifs et faciès urgoniens du Crétacé inférieur, dolomies du Jurassique, calcaires du Jurassique supérieur et du Dévonien.

7.3.4. Susceptibilité d'effondrement

Pour les formations F_{Cav}

La susceptibilité aux effondrements / affaissements est déterminée pour chaque formation susceptible de contenir des cavités naturelles (F_{Cav}), en fonction des notes IGt et IGv, paramètres indépendants, où très schématiquement IGv représente une probabilité de présence de vide et IGt une probabilité d'effondrement.

La susceptibilité à la rupture (A) est évaluée comme suit :

$$AF_{cav} = IGt \times IGv$$

Les résultats (qui varient de 1 à 6) sont alors répartis en 3 classes de susceptibilité (faible, moyenne et élevée). Les limites choisies sont :

- $AF_{cav} \leq 2$: **susceptibilité faible** (20 formations) ;
- $2 < AF_{cav} \leq 4$: **susceptibilité moyenne** (8 formations)
calcaires et dolomies du Dévonien, du Jurassique et calcaires urgoniens du Crétacé inférieur ;
- $AF_{cav} > 4$: **susceptibilité forte** (3 formations)
marnes et argiles à gypse de l'Eocène et du Trias.

La liste complète des formations et leur note de susceptibilité est présentée sur le tableau de l'annexe 7. La carte de susceptibilité au phénomène affaissement et effondrement de cavités naturelles est représentée sur l'illustration 90.

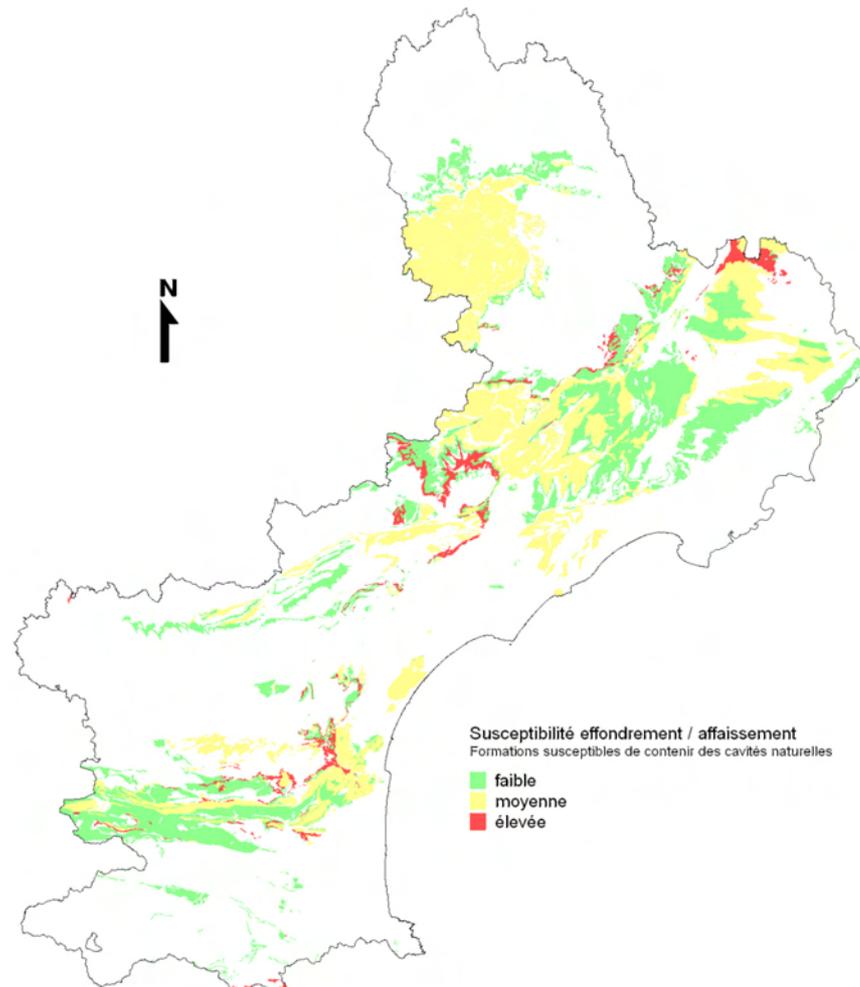


illustration 90 – Carte de susceptibilité aux affaissement / effondrement de cavités naturelles

Pour les formations F_{Tamp}

En ce qui concerne les formations des zones « tampon » (F_{Tamp}), la probabilité d'occurrence est déterminée sur la base d'un raisonnement similaire à celui valorisé pour les formations F_{Cav} . Pour chaque zone tampon, l'indice de tenue (IGt) de la formation de recouvrement est croisé avec l'indice de vide maximal (IGv) de la formation supposée sous-jacente :

$$AF_{Tamp} = IGt_{Tamp} \times IGv_{Cav Max}$$

Cette notion de croisement permet, même si elle induit localement une surestimation de la susceptibilité, la bonne prise en compte des phénomènes de soutirage des formations meubles par les formations karstiques sous-jacentes. En quelque sorte, on se place dans l'hypothèse que les cavités supposées sont situées au toit de la formation sous-jacente (illustration 86).

La hiérarchisation en 3 classes, faible, moyenne et élevée est la même que celle établie pour les formations susceptibles de contenir des cavités. La carte de susceptibilité au phénomène d'affaissement / effondrement de cavités naturelles pour les zones « tampon » est représentée sur l'illustration 91.

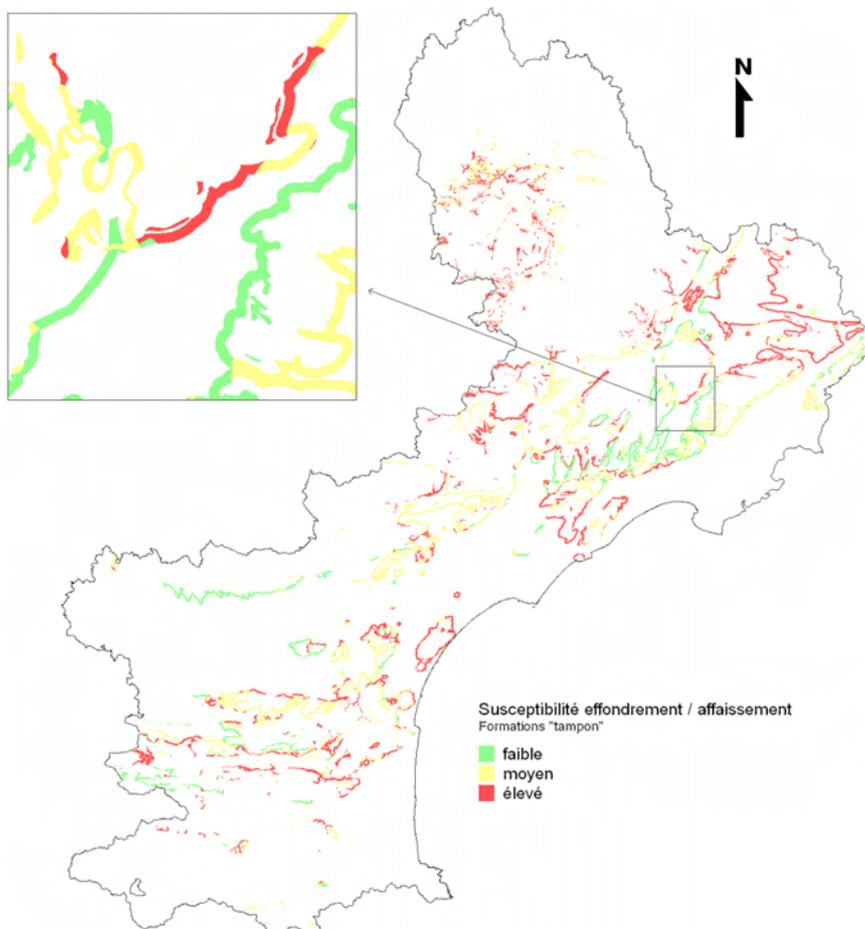


illustration 91 – Carte de susceptibilité des formations « tampon », phénomène affaissement et effondrement de cavités naturelles

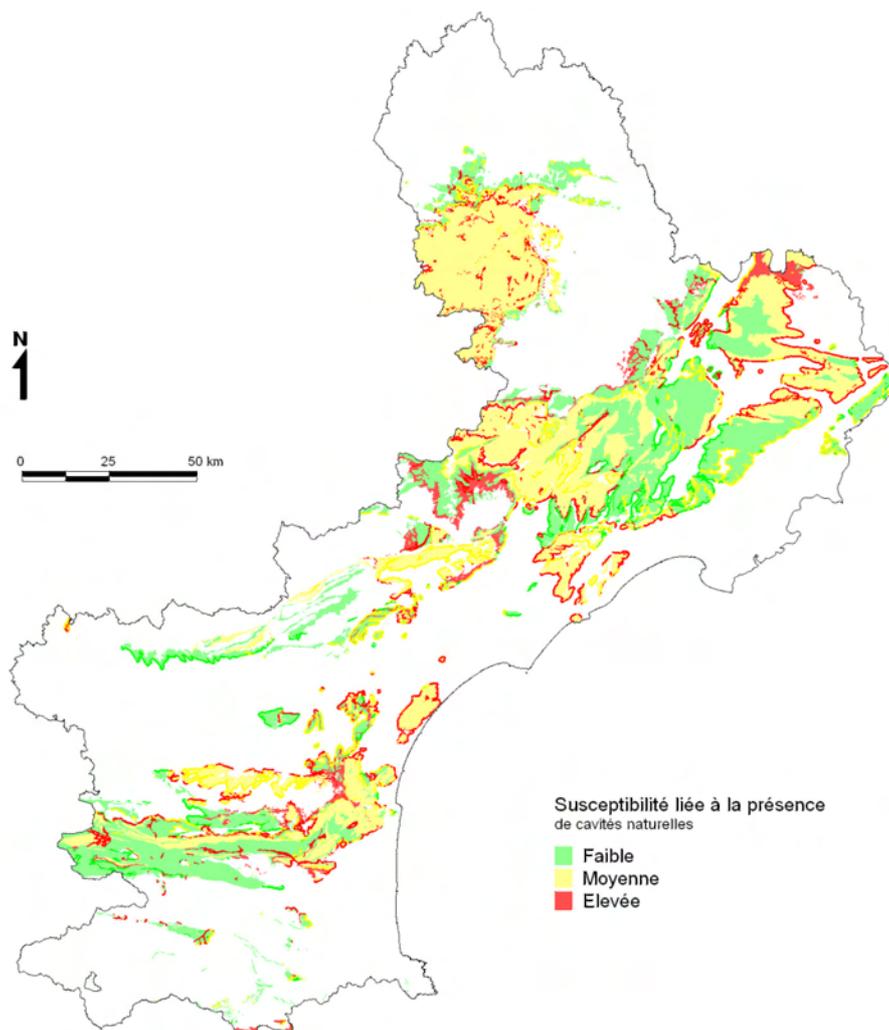


illustration 93 – Evaluation régionale de la susceptibilité d’affaissement / effondrement lié à la présence de cavités naturelles

Affaissements et effondrements de cavités anthropiques

La cartographie des zones potentiellement exposées au phénomène affaissement et effondrement de cavités anthropiques est réalisée sur la base de la connaissance régionale des travaux souterrains.

Compte tenu de l’échelle de restitution et des travaux en cours sur ces sujets (inventaires de cavités souterraines, évaluation des aléas liés aux travaux miniers), les zones définies, reconnues comme abritant des ouvrages souterrains (carrières, mines, ouvrages civils), sont des zones où des effondrements sont possibles, sans préjuger de leur probabilité d’occurrence.

Les données de base valorisées par cette approche sont :

- la base de données des cavités souterraines (www.cavites.fr) pour la collecte des informations relatives aux cavités abandonnées hors mine (carrières souterraines, ouvrages civils) ;

- les données du projet SCANNING mené par GEODERIS (§ 4.3).

Le principe est de délimiter l'enveloppe des travaux souterrains. Le choix de représentation a été de créer autour de chaque zone de travaux identifiée et localisée (entrée de carrière souterraine, galerie, puits, enveloppe de travaux miniers présumée...) une zone tampon de 250 m (échelle du projet).

Concernant les travaux miniers, le report des titres (concessions et permis d'exploitation) précise, dans la grande majorité des cas, la limite potentielle d'extension de travaux souterrains éventuels.

Il est à noter que la cartographie ainsi demeure limitée à la connaissance régionale actuelle des zones d'emprises de ces travaux souterrains. Enfin, il est rappelé que l'ampleur potentielle des mouvements éventuels associés à la présence de ces vides n'est pas abordée à cette échelle.

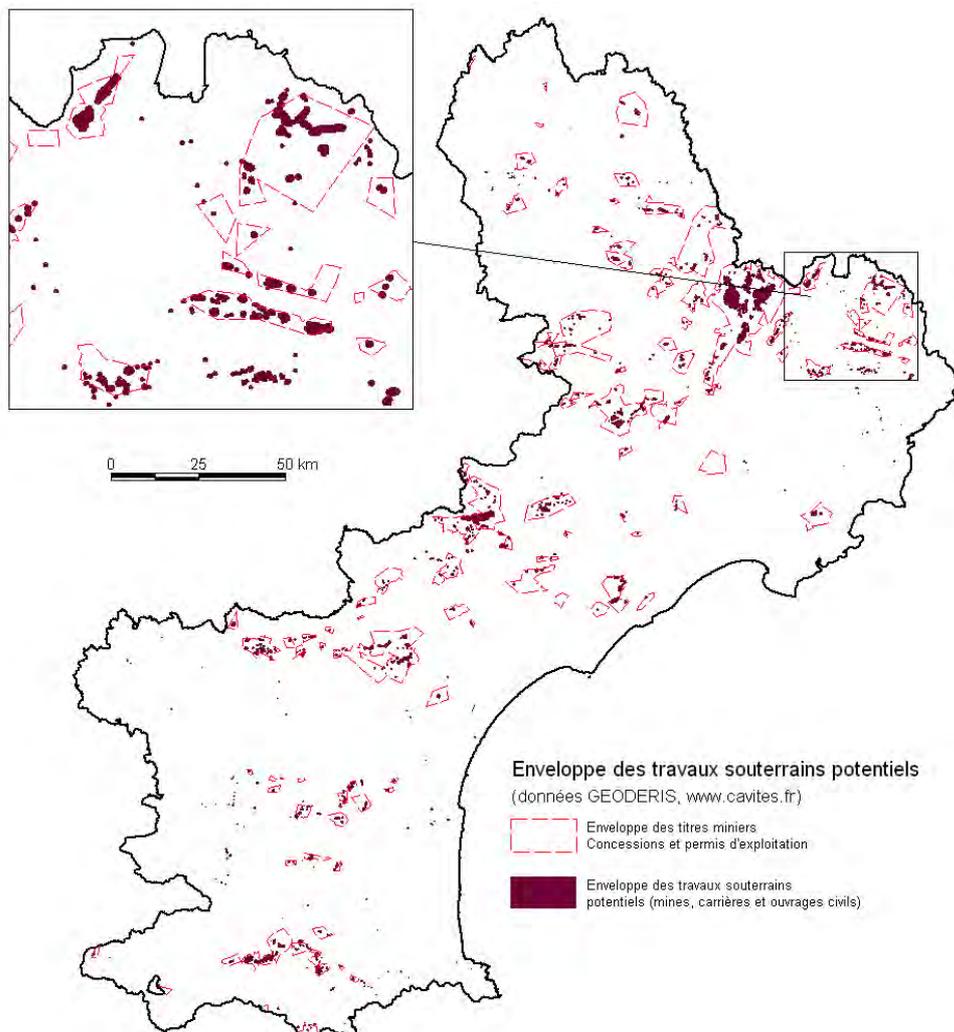


illustration 94 – Carte des zones potentiellement exposées au phénomène d'affaissement et d'effondrement de cavités anthropiques

7.3.5. Synthèse régionale – Affaissement et effondrement de cavités

La synthèse proposée (illustration 95) résulte de la superposition de l'évaluation de la susceptibilité d'affaissement / effondrement de cavités naturelles et des zones exposées potentiellement aux affaissements et effondrements de cavités anthropiques.

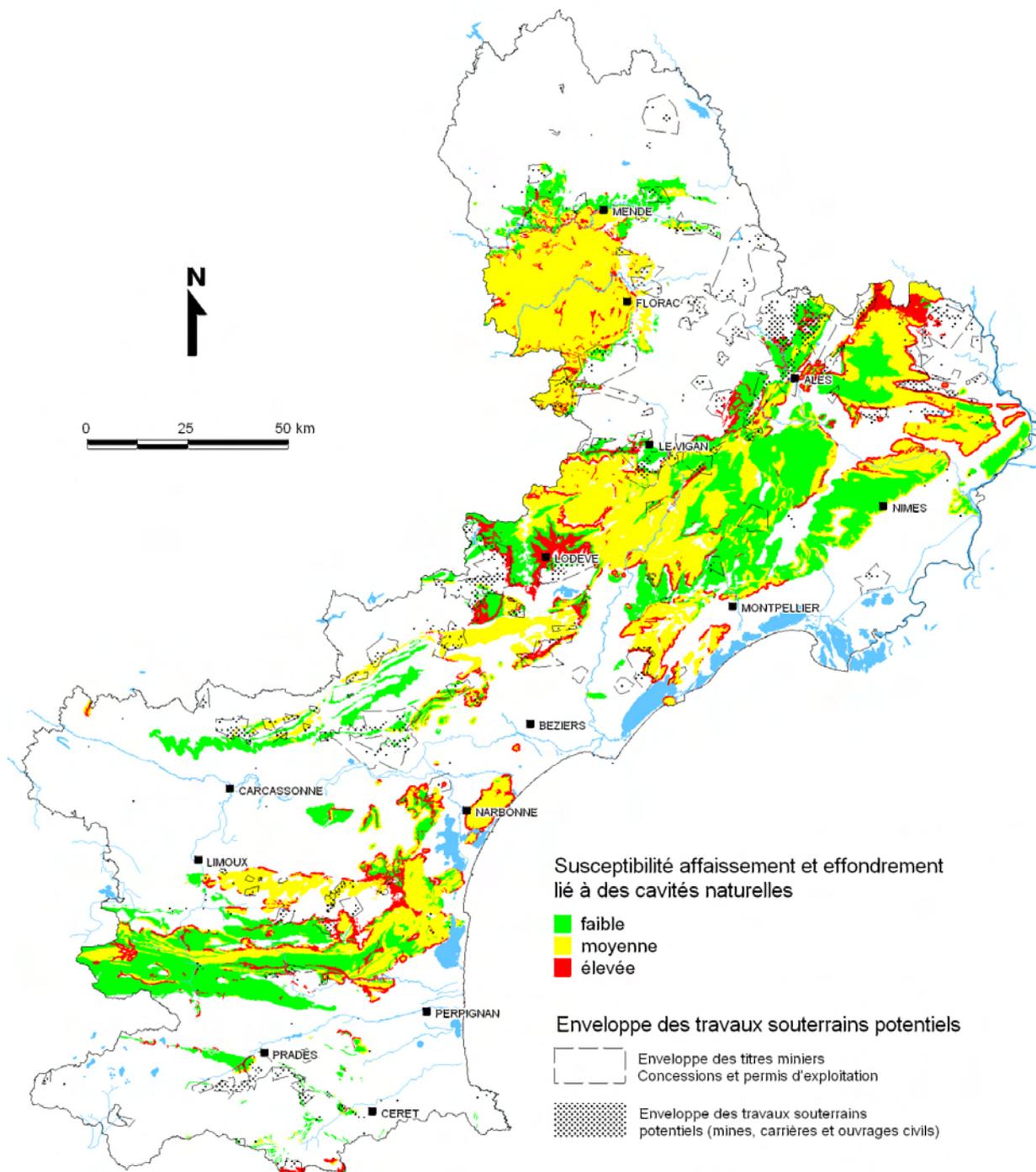


illustration 95 – Cartographie régionale de synthèse de la susceptibilité aux affaissements / effondrements de cavités naturelles

Les superficies considérées comme susceptibles aux affaissements et effondrements de cavités sont présentées sur l'illustration 96. On remarque que 32% du territoire régional est concerné par les affaissements et effondrements naturels (dont 4% présente une susceptibilité élevée : formations gypseuses). Il est à noter la susceptibilité qualifiée de « moyenne » est majoritaire en termes de superficie (karsts des Causses) malgré le nombre restreint de formations concernées.

L'emprise des travaux souterrains connus, mines et carrières confondus, y compris zones de tampons considérées représente 2% de la superficie régionale. L'emprise des concessions minières recensées représentent, quant à elles, 9% de la superficie de la région.

	SUSCEPTIBILITE AFFAISSEMENT ET EFFONDREMENT DE CAVITES												Total non nulle		
	nulle à négligeable			faible			moyenne			élevée			Superficie (km ²)	% superficie	Nb formations
	Superficie* (km ²)	% superficie*	Nb formations	Superficie* (km ²)	% superficie*	Nb formations	Superficie* (km ²)	% superficie*	Nb formations	Superficie* (km ²)	% superficie*	Nb formations			
affaissement et effondrement liés à des cavités naturelles	18 950	68	/	3 383	12	/	4 508	16	/	1 192	4	/	9 083	32	31
emprise affichée des travaux souterrains présumés (mines, carrières ...)													557	2.0	
concessions minières répertoriées													2 539	9	

* : superficie calculée à partir du maillage des cartes finales raster

Région LRO :

28033	100	127
-------	-----	-----

illustration 96 – Tableau récapitulatif des superficies et du nombre de formations exposées potentiellement aux phénomènes d'affaissement et effondrement de cavités

Vis-à-vis des phénomènes d'affaissement / effondrement, les principales formations contenant des cavités naturelles susceptibles d'engendrer des effondrements / affaissement de terrain sont :

- Susceptibilité élevée :

Formations évaporitiques du Trias supérieur notamment mais également celles de l'Eocène (Corbières, Lodévois, bordure cévenole) ;

- Susceptibilité moyenne :

Calcaires et dolomies karstiques des Causses et des Corbières (jurassiques et crétacé inférieur), des garrigues gardoises (Urgonien), du Mouthoumet et de la Montagne Noire (Dévonien) ;

- Susceptibilité faible

Marno-calcaires du Crétacé inférieur (garrigues gardoises, Corbières), Lias dolomitique de la bordure de Causses, calcaire et dolomies du Cambrien et du Dévonien (Pyrénées-Orientales).

Les principales formations ne recensant pas de cavités naturelle et susceptibles d'être concernées par des affaissements et effondrements liés à du soutirage sont :

- les alluvions quaternaires et les colluvions ;

- les marnes jurassiques intercalées avec les formations karstiques jurassiques (Causses, Corbières) ;
- les marnes miocènes du bassin Languedocien, les marnes oligocènes des fossés tertiaires, les marnes de la transition Crétacé terminal/Eocène des bordures de la Montagne Noire et des Corbières.

Le niveau de susceptibilité d'effondrement associé à ces formations « de bordure » est variable, fonction des caractéristiques de la formation « sous-jacente », définie comme susceptible de contenir des cavités.

Comme pour les phénomènes de glissements et de chutes de blocs, la cartographie finale est reproduite sous un format raster de maille identique de 250 m en vue de la superposition des éventuelle des cartographies (cf. § 7.1.6). La carte obtenue est présentée sur fond topographique scan250 © IGN à l'échelle 1/300 000 en planche hors texte n°4.

8. Valorisation des résultats

8.1. PREAMBULE

Les perspectives de valorisation des travaux réalisés sont multiples en fonction des objectifs recherchés. En effet, selon ces objectifs, telle ou telle représentation devra être favorisée en conservant bien à l'esprit l'échelle de travail de 1/250 000 et les contraintes qu'elle engendre (cf. § 8.2.1). En terme de diffusion des résultats notamment, cette notion est fondamentale.

Quelque soit la perspective de valorisation des documents présentés, il est nécessaire de bien intégrer les limites d'utilisation des documents produits. Ce document demeure un document de synthèse à grande échelle et sa valorisation doit se faire en tenant compte de ces réserves.

8.2. LIMITES ET VALORISATIONS

8.2.1. Limites du programme

La réunion du groupe de travail « mouvement de terrain » de l'Observatoire Régional des Risques Naturels de la Région Languedoc-Roussillon (cf. § 3.) rassemblant, outre les représentants des donneurs d'ordre (DIREN et Conseil Régional), des représentants du Service de Restauration des Terrains de Montagne (ONF-RTM), du Conseil Général de l'Hérault, du Conseil Général de l'Aude, du Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement (CETE) et de la Direction Départementale de l'Equipement de la Lozère a participé à la validation et aux perspectives de valorisation des résultats du programme.

La cartographie réalisée a notamment profité de la connaissance locale des membres du Groupe de Travail pour pointer certaines zones ponctuelles ne reflétant pas précisément la perception des susceptibilités aux différents phénomènes (sous-évaluation ou sur-évaluation locale de la susceptibilité). Ce constat a permis de mettre en évidence les limites de la cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain à l'échelle considérée.

Ces différences de qualification reposent pour leur quasi-totalité sur le choix d'échelle de représentation à 1/250 000 et sur le fond géologique valorisé pour cette cartographie. Deux exemples remarquables sont mis en avant pour expliquer les sous et sur-évaluations locales de susceptibilité :

Formations pliocènes de la Plaine du Roussillon :

L'ensemble de la formation est cartographiée de manière similaire : « ensemble détritico-argilo-graveleux à passées conglomératiques » avec une susceptibilité aux glissements de grande intensité ($> 1\ 000\ m^3$) qualifiée de faible si le contexte morphologique le permet.

Localement, un fluage de grande ampleur (glissement de Los Masos) est observé dans ces formations et la cartographie n'intègre pas ce secteur comme tel. La cartographie est homogène pour l'ensemble de la formation et ne prend pas en compte des changements locaux de faciès, ce qui justifie pleinement la susceptibilité qualifiée de « faible ». A titre indicatif, la cartographie géologique à l'échelle 1/50 000 du secteur délimite un ensemble franchement argileux daté également du Pliocène au niveau de la zone de fluage identifiée, si bien que le changement d'échelle garantirait *a priori* la prise en compte de ce type de variation locale de faciès dans une évaluation plus fine de la susceptibilité.

Formations de transition Trias (Keuper) / Lias (Hettangien)

Selon les données sources valorisées pour la carte lithostratigraphique à l'échelle 1/250 000 servant de base à l'évaluation des susceptibilités, l'association des faciès argileux du Trias et des faciès carbonatés du Lias est ou non réalisée :

- dans le Lodévois, ou sur la bordure cévenole les faciès sont distingués et la cartographie résultante fournit un bon reflet de la réalité terrain dans l'évaluation de la susceptibilité aux glissements et aux chutes de blocs ;
- dans les Fenouillèdes ces faciès sont associés et la cartographie résultante induit une sur-évaluation de la susceptibilité intégrant ponctuellement la présence de lambeaux triasiques reconnus comme particulièrement susceptibles aux glissements.

Enfin, un autre point noté par les membres du groupe de travail relève de la non prise en compte de contextes morphologiques locaux défavorables tels que la présence de falaises (falaises du Soler ou de Laroque). La donnée morphologique valorisée est la valeur de pente dérivée du numérique de terrain (MNT) au pas de 50 m. Les zones de falaise de faible hauteur (10 à 15 m en l'occurrence) n'induisent pas nécessairement des gradients de pente suffisants pour être cartographiables. De même que précédemment, un analyse à échelle plus fine (1/50 000), valorisant également le report des zones de départ de chute de bloc sur fond 1/25 000, garantirait la mise en évidence de ces zones réputées sensibles.

8.2.2. Valorisations

En dépit de ces remarques, les perspectives de valorisation des cartes proposées sont multiples en fonction des objectifs recherchés. En effet, selon ces objectifs, telle ou telle représentation devra être favorisée et valorisée en conservant bien à l'esprit l'échelle de travail de 1/250 000. Cette contrainte interdit par exemple toute exploitation des seules cartes proposées pour la prescription de PPR mouvement de terrain ou pour la visualisation des dangers à l'échelle d'une parcelle.

Les objectifs du travail engagé sont multiples, essentiellement axés autour des aspects de communication sur les phénomènes « mouvement de terrain » dans le cadre de l'information préventive sur le risque associé.

Un des objectifs affichés de la cartographie engagée est de fournir un appui à la construction et à l'enrichissement des indicateurs mouvements de terrain mis en œuvre dans le cadre de l'Observatoire des Risques Naturels. A ce titre, les cartographies établies, fournissant une connaissance continue des susceptibilités des

formations géologiques de la région aux différents phénomènes de glissements, chutes de blocs et effondrement est particulièrement intéressante.

Une des pistes de valorisation pourrait être la réalisation d'une carte de susceptibilité « multi-phénomènes », même si ce type de document est théoriquement réservé aux analyses de risques et rarement aux susceptibilités ou aux aléas. En effet, ces combinaisons n'ont d'intérêts que si les enjeux considérés sont équivalents et situés aux mêmes endroits, ce qui est rarement le cas. Il sera par conséquent biaisé de tenter tout croisement d'une carte multi-phénomènes avec la présence d'enjeux par exemple.

Néanmoins une telle représentation aurait pour avantage de constituer un document unique à l'échelle de l'ensemble de la région vis-à-vis des mouvements de terrain (considérés dans leur ensemble au regard de la typologie définie). Il est à noter que ce type de représentation demeure très subjectif puisque selon le mode d'agrégation des résultats, les cartographies peuvent évoluer fortement. Si par exemple, il était souhaité d'intégrer une notion de danger pour les personnes, une pondération positive des chutes de blocs, phénomènes rapides et ponctuels (et des effondrements par exemple) par rapport aux glissements pourrait être envisagée.

Si les cartographies réalisées constituent certes un résultat en elles-mêmes, la perspective de valorisation des travaux engagés sur les aspects « typologie des mouvements de terrain » ou « structuration des données événementielles » par exemple semblent tout aussi importants pour des approches de type vulgarisation sur les mouvements de terrain et de type communication sur le risque à l'échelle de la région.

Par ailleurs, à l'échelle départementale les documents produits pourront servir de support à la révision des DDRM, puisque à ce jour il n'existe pas de document de cartographie homogène de la susceptibilité aux mouvements de terrain à cette échelle pour l'ensemble des départements de la région.

Enfin, des premières analyses de risques devraient pouvoir être engagées (à l'échelle du 1/250 000), sur la base de la couverture d'occupation du sol à une échelle homogène par exemple. Ces travaux devraient permettre de dégager des bassins de risques pour lesquels la prise en compte du risque mouvement de terrains apparaît prioritaire et des diagnostics des aléas plus précis envisagés.

9. Conclusion

Cette cartographie régionale de la « susceptibilité aux mouvements de terrain » à l'échelle 1/250 000, s'intègre au Contrat de Plan Etat-Région Languedoc-Roussillon 2007-2013 et à l'Observatoire régional des Risques Naturels. Elle a pour objectif de donner à la DIREN et à la Région Languedoc-Roussillon les éléments nécessaires en vue d'actions préventives et d'actions de communication sur les phénomènes de mouvements de terrain ainsi que la prise en compte des mouvements de terrain dans le cadre de l'aménagement du territoire. Les phénomènes concernés par cette cartographie sont les glissements de terrain, les chutes de blocs et éboulements et les affaissements et effondrements de cavités souterraines.

Ce projet a permis, du point de vue régional, de faire un bilan sur la connaissance de ces phénomènes, de structurer et d'enrichir la base de données mouvement de terrain et de définir une typologie adaptée à l'ensemble de la région. Cette typologie régionale décrit les différents types de mouvements et les mécanismes observables, les facteurs permanents et déclencheurs des différents phénomènes ainsi que les différentes intensités de mouvements susceptibles de se produire dans la région.

La méthodologie employée pour les glissements de terrain et les chutes de blocs / éboulements consiste à hiérarchiser la susceptibilité selon l'intensité des phénomènes et de leur probabilité d'occurrence spatiale en se basant sur des critères lithologiques et géomorphologiques. Pratiquement, et compte tenu des observations réalisées, chaque formation identifiée est caractérisée par les intensités de mouvements qu'elle est susceptible de générer, et ce indépendamment du contexte morphologique. La probabilité d'occurrence est évaluée à partir des lithologies affleurantes de chaque formation. Puis le facteur morphologique (pente) est considéré comme binaire : au-delà d'un seuil défini pour chaque formation, par expertise appuyée sur l'historique des événements, il est considéré que le déclenchement du phénomène est possible pour la probabilité déterminée. Ce découplage des intensités, probabilités d'occurrence spatiale et critères morphologiques est original et permet de bien dissocier les facteurs prédisposants à chaque type de phénomène.

La méthodologie employée pour les affaissements et les effondrements de cavités souterraines (hors mines) consiste à caractériser, à l'échelle de chaque formation géologique identifiée à l'échelle 1/250 000, une potentialité de présence de cavités souterraines et de qualifier, à partir des lithologies considérées, un potentiel de résistance à l'effondrement des terrains sur ces cavités. En complément, une simulation élémentaire des phénomènes de soutirage karstique, assez fortement représentés dans la région, est proposée. Enfin, les données relatives aux travaux miniers sont reportées sur les différents documents produits.

Les évaluations des susceptibilités par type de phénomène et par intensité sont fournies sur support cartographique et sous format SIG.

Il est rappelé que la connaissance des susceptibilités ne constitue qu'une partie de l'analyse des risques liés aux mouvements de terrain. Des perspectives de valorisation des différents documents élaborés à l'échelle 1/250 000 sont formulées en synthèse de ce rapport.

10. Bibliographie

Antoine P., Cojean R., Durville J.L., Landry J., Leroi E., Marie R., Pothérat P., Toulemont M., Villain J. (2000) – Caractérisation et cartographie de l'aléa dû aux mouvements de terrain – Guide technique – LCPC.

Calvino A., Dumont P., Durville J.L., Dussauge C., Effendiantz L., Evrard H., Guillemin P., Pauly J.C., Rochet L. (2001) – Parades contre les instabilités rocheuses – Guide technique – LCPC.

Colas B., Sedan O. (2003) – Cartographie départementale de l'aléa mouvement de terrain, Corse du Sud (2A). Rapport BRGM/RP-52097-FR, 23 pages, 9 planches cartographiques annexées.

Colas B. (2003) – Inventaire départemental des mouvements de terrain de l'Aude. Rapport BRGM/RP-52711-FR. 35 p., 13 fig., 3 tab., 3 annexes, 1 carte A0.

Colas B. (2003) – Inventaire départemental des mouvements de terrain du Gard. Rapport BRGM/RP-52710-FR. 35 p., 13 fig., 5 tab., 3 annexes.

Colas B., avec la collaboration de Baillet L. (2007) – Inventaire départemental des mouvements de terrain de l'Aude – Complément. Rapport BRGM/RP-55565-FR. 45 p., 31 ill., 3 ann., 1 carte h.-t.

Colas B., avec la collaboration de Baillet L. (2007) – Inventaire départemental des mouvements de terrain du Gard – Complément. Rapport BRGM/RP-55566-FR. 43 p., 29 ill., 4 ann., 1 carte h.-t.

Colas B., avec la collaboration de D. Chopin (2005) – Inventaire départemental des cavités souterraines du Gard (30). Rapport final. BRGM/RP-54176-FR. 59 p., 30 ill., 2 ann., 1 carte h.-t.

Colas B. (2005) – Inventaire départemental des cavités souterraines de la Lozère (48). Rapport final. BRGM/RP-54177-FR.

Delpont G., Rucquoi S., Thiry J. (2006) – Cartographie de la prédisposition aux mouvements de terrain du département du Tarn. Rapport BRGM/RP-52259-FR / LCPC n°20-81-129-2004/20-155.

Ecole nationale des ponts et chaussées (2005) – Evaluation et gestion des risques liés aux carrières souterraines abandonnées – Séminaire de restitution et de valorisation des travaux INERIS – Réseau des LPC – LCPC.

Effendiantz L., Guillemin P., Pauly J.C., Payany M., Rochet L. (2004) – Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux – Guide technique – LCPC.

Giot D., Leprêtre J.P., Nédellec J.L., Bouchut J., Trouillard C. (2003) – « Cartographie de l'aléa global relatif à la présence de cavités souterraines et de

désordres de surface concernant le département du Loiret ». BRGM/RP-52491-FR. 31 p. ; 7 fig. ; 8 photo. ; 7 tab. ; 19 cartes dont 2 libres.

Marçot N. (2007) – Cartographie des mouvements de terrain dans la vallée du Bas Buëch - Laragnais – Hautes-Alpes (05) Phase 1 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain au 1/50 000 – Rapport BRGM RP-55184-FR/ IVème Contrat de Plan Etat Région "Risques naturels et nuisances - Action : Données, information, évaluation sur les risques naturels"

Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1997) – Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) – Guide général. *Edit. La Documentation Française, Paris.*

Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1999) – Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques de mouvements de terrain – Guide méthodologique. *Edit. La Documentation Française, Paris.*

Nguyen D. (2005) – Inventaire des cavités souterraines abandonnées du département de l'Aude. Rapport final. Rap. BRGM/RP-54054-FR, 45 p., 27 ill., 3 ann. (dont annexe 3 sur CD).

Nguyen D., Colas B. (2003) – Base de données sur les cavités souterraines naturelles de l'Hérault. Rap. BRGM/RP-52113-FR. 29 p., 1 fig., 1 tab., 2 ann. (annexe 2 sur cédérom).

Pothérat P. (2005) – « Carrières souterraines abandonnées » Localisation, diagnostic de stabilité, gestion – Rapport de synthèse – LCPC.

Rivet F., avec la collaboration de C. Mathon, P.-A. Brevot (2007) – Cartographie régionale de l'aléa mouvements de terrain au 1/100 000 – Année 1 : Etude de la Provence calcaire et rhodanienne. Rapport BRGM/RP-55710-FR, 97 p., 84 illustrations, 1 annexe, 12 cartes hors-texte.

Sedan O., Terrier M., avec la collaboration de C. Mirgon (1999) – Cartographie 1/1 000 000 de l'aléa aux mouvements de terrain de la région PACA (Provence – Alpes – Côte d'Azur). Rapport BRGM R40702, 22 p., 8 fig., 1 annexe.

Tritsch J.J., Durville J.L., Pothérat P., Toulemont M. (2002) – Evaluation des aléas liés aux cavités souterraines – Guide technique – LCPC.

Zornette N., Nédellec J.L. et Vincent M. (2002) avec la collaboration de P. Le Strat – Projet PACTES. Module : Cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » dans le bassin versant de l'Hérault. BRGM/RP-51923-FR, 107 p., 47 fig., 7 ann.

Carte géologique de la France à 1/250 000 – feuilles Montpellier, Valence, Marseille – BRGM.

Carte géologique de la Catalogne à 1/250 000 – IGC (Institut Geologic de Catalunya).

Annexe 1

Extrait de la base de données régionale « mouvement de terrain »

IDENTIFICATION		SITUATION							TYPE		DATE	
ID_MVT	ORGANISME	DEPARTEMENT	INSEE	COMMUNE	LIEU_DIT	XCOORD	YCOORD	PREC_XY	TYPE_MVT	FIABILITE	DATE	PRECISION
61100106	BRGM	AUDE	11175	ISSEL	Les Hières	571900	1818785	Hectomètre	3	Fort		Inconnue
22300546	LRPC / LCPC	HERAULT	34178	MURVIEL-LES-BEZIERS	MURVIEL	664676	1829575	Commune	3	Fort	1984-11-1	Mois
51000014	BRGM	HERAULT	34205	LES PLANS	Quartier Les Canalettes (parcelle cadastrale n°41), à l'est du bourg, en contrebas de la RD 35 E	676142	1861634	Décamètre	3	Fort	1997-12-18	Jour
11300192	BRGM	LOZERE	48051	LE COLLET-DE-DEZE	Sortie du Collet-de-Dèze (nord). RN 106 - PR 6.730	726389	1917576	Hectomètre	1	Moyen		Inconnue
22000004	LRPC / LCPC	HERAULT	34245	SAINT-CHINIAN	Site dit "Le glissement fossile", RN112-PR95,630	650260	1824460	Décamètre	1	Fort	1968-1-1	Décennie
22000007	LRPC / LCPC	HERAULT	34245	SAINT-CHINIAN	RD20E1- PR 0,100 route de la cave coopérative.	649431	1824931	Décamètre	1	Fort	1993-1-1	Année
36603725	RTM	PYRENEES-ORIENTALES	66049	CERET	Lac Riutec	635076	1721767	Hectomètre	1	Moyen	2003-6-16	Jour
36603726	RTM	PYRENEES-ORIENTALES	66049	CERET		634763	1719565	Commune	1	Moyen	1930-1-1	Année
36603727	RTM	PYRENEES-ORIENTALES	66009	ARLES-SUR-TECH	Rue de la Forge	624222	1717110	Hectomètre	1	Moyen	2003-12-4	Jour
36603728	RTM	PYRENEES-ORIENTALES	66160	REYNES	Saint Paul	631554	1721562	Hectomètre	1	Moyen	2000-12-1	Mois
51000021	BRGM	HERAULT	34142	LODEVE	9 km au nord de Lodève, RD 149, viaduc de Pégairolles de l'Escalette	679417	1866790	Décamètre	1	Fort		Année
61101101	BRGM	AUDE	11113	CUCUGNAN	Grau de Maury	622099	1759674	Décamètre	2	Fort	1999-1-1	Récurrent
61101118	BRGM	AUDE	11152	FONTJONCOUSE		640179	1782386	Décamètre	2	Fort		Inconnue
61101129	BRGM	AUDE	11271	PALAIRAC	Concession de Serre Mijane et Las Coupes	625818	1775042	Hectomètre	2	Fort		Inconnue
61101131	BRGM	AUDE	11127	ESCOULOUBRE		583083	1745864	Hectomètre	2	Fort	2004-3-7	Jour
63000154	BRGM	GARD	30058	LA CADIERE-ET-CAMBO	RD 296 entre PR 0 et 2.000	718110	1886730	Décamètre	2	Fort		Inconnue
63000195	BRGM	GARD	30129	GENERARGUES	RD129 entre le PR 2.85 et 2.95	731870	1897930	Décamètre	2	Fort		Inconnue
63000196	BRGM	GARD	30129	GENERARGUES	RD129 PR 2	731830	1897660	Décamètre	2	Fort		Inconnue
63000230	BRGM	GARD	30171	MOLIERES-SUR-CEZE	Voie ferrée	745151	1919623	Décamètre	2	Fort	1998-5-28	Jour
61100244	BRGM	AUDE	11235	MISSEGRE	Sortie nord du village - RD54	602735	1778130	Décamètre	4	Fort	2002-4-12	Jour
61100245	BRGM	AUDE	11235	MISSEGRE	Las Bourgados	602240	1777600	Hectomètre	4	Fort	1970-1-1	Décennie
63000067	BRGM	GARD	30142	LAVAL-PRADEL	Malbosc	737300	1911390	Décamètre	4	Moyen		Inconnue
63000041	BRGM	GARD	30127	GAUJAC	Cabourlet	780180	1900530	Décamètre	4	Fort		Inconnue

IDENTIFICATION		CAUSE		GEOLOGIE				DESCRIPTION			
ID_MVT	ORGANISME	CAUSE NATURELLE	CAUSE ANTHROPIQUE	COMMENTAIRE GEOLOGIE	AGE	NOTATION	LITHOLOGIE	DOMMAGES	VOLUME	DIAMETRE	COMMENTAIRE
61100106	BRGM	Oui			Inconnu		?				/ Ravinement et charriage de terres => coulées de boue très fluides
22300546	LRPC / LCPC				Inconnu		?				/
51000014	BRGM	Oui		Eboulis de pente (jusqu'à 10 m d'épaisseur) reposant sur un versant constitué d'argilites et de grès du Trias (avec fins niveaux dolomités)	Holocène	E	grave, blocaille, cailloutis	Oui			/
11300192	BRGM			Lever géologique non disponible.	Inconnu						Coulée de gravats. Phénomène en cours. /
22000004	LRPC / LCPC	Oui		Formation du Campanien constitué de marnes à interlits de bancs de grès et des conglomérats.	Mésozoïque		marne	Oui	50000		eaux souterraines /
22000007	LRPC / LCPC	Oui	Oui	Marnes du Campanien.	Mésozoïque		marne	Oui	2400		
36603725	RTM				Inconnu						
36603726	RTM				Inconnu						
36603727	RTM				Inconnu			Oui			
36603728	RTM				Inconnu						
51000021	BRGM	Oui		Eboulis de pente masquant des argiles à évaporites du Trias moyen et supérieur (argilites bariolées avec minces couches dolomitiques intercalées)	Holocène	E		Oui	250000		Glissement du versant sud de la Lergue mettant en compression l'ouvrage de franchissement (ancien tracé de la RN 9). La berge sud de la Lergue est en cours de reboisement. /
61101101	BRGM	Oui	Oui	Hettangien. Dolomies et calcaires à jointures marneuses.	Hettangien		calcaire				
61101118	BRGM	Oui		Maastrichtien. Grès.	Maastrichtien		grès		1		
61101129	BRGM	Oui		Dévonien moyen à supérieur. Faciès carbonatés.	Dévonien moyen		calcaire				Entrée de galerie (0,4*0,4 m) partiellement obstruée par un éboulement. /
61101131	BRGM	Oui		Carbonifère supérieur. Socle cristallin. pluton de Quérigut, monzogranite du Puch.	Silésien		monzogranite		0.01		Bloc de 30 kg. /
63000154	BRGM	Oui	Oui	Chutes de blocs des calcaires à délit feuilleté.	Sinémurien		calcaire	Oui			Chute de blocs du talus routier sur la chaussée. /
63000195	BRGM	Oui	Oui		Bajocien		calcaire	Oui			Chute sur la chaussée de blocs en provenance du talus routier. Longueur concernée environ 80 mètres. Hauteur du dénivelé vertical env. 8 mètres. Phénomène récurrent. /
63000196	BRGM	Oui	Oui		Bajocien		calcaire	Oui			Chute sur la chaussée de blocs en provenance du talus routier. Longueur concernée : environ 300 mètres. Phénomène récurrent. /
63000230	BRGM	Oui	Oui	Calcaire bleu à chailles du Sinémurien supérieur.	Sinémurien		marno-calcaire	Oui			Chute de blocs sur la voie ferrée. Hauteur de chute entre 5 à 10 mètres. /
61100244	BRGM	Oui	Oui	Débouillage probable de karst : ensemble de la zone sensible aux effondrements (au moins 5 sinistres sur 400 m de route départementale)	Quaternaire	F		Oui		10	Effondrement diamètre 1 m le vendredi, ouverture de diamètre 4 à 5 m le samedi à 5 h du matin / Effondrement le long d'un forage de "perte" établi pour reconstituer une ancienne perte naturelle du ruisseau condamnée : création le long des parois du fo
61100245	BRGM	Oui		Zone de contact faillé présumé	Quaternaire	F				10	Réseau karstique /
63000067	BRGM	Oui			Quaternaire	F	sables et graviers	Oui		30	/
63000041	BRGM		Oui	Anciennes mines de lignite Exploitation des lignites intercalées dans les marno-calcaires	Cénomaniens		calcaire				Puit remblayé "Jeu", tassé de 1 m / Ancienne mines de lignite Remblai de puits peu compacté

Annexe 2

Quelques cas remarquables de mouvements de terrain dans la région Languedoc-Roussillon

Date	Site	Type	Observations
8 au 12 octobre 1421	Capcir (66)	Glissement / éboulement	le chemin allant d'Olette au Capcir est emporté
20 mai 1868	Moligt-Les Bains (66)	Chute de blocs	un mort suite à la chute d'une rocher sur une cabane
29 septembre 1913	Cerbère (66)	?	14 personnes ensevelies après l'écroulement de maison
17 octobre 1940	Prats de Mollo (66)	Glissement	évènement majeur causé par la crue : glissement de la Baillanouse estimé à 1 million de m ³
19 juin 1856	Montferrer (66)	Eboulement	2 personnes ensevelies dans une maison détruite par un éboulement
28 juin 2006	Canaveilles (66)	Eboulement	RN116, face au centre de rééducation de Thuès les Bains : 2 zones d'éboulements et 250 voitures bloquées entre ces 2 évènements, déviation
09 janvier 1976	Canaveilles (66)	Chute de blocs	RN116 : véhicule écrasé par un bloc rocheux : 1 mort
07 août 2007	Fontpedrouse (66)	Eboulement	Plusieurs éboulements le long de la RN116 lors de la nuit jusqu'à Bourg-Madame
16 janvier 1996	Roquefère (11)	Chute de blocs	1000 m³ sur la route départementale coupant la circulation
14 janvier 2001	Rennes les Bains (11)	Chute de blocs	100 t de roches éboulées au cœur du village
Automne 1999	Bizanet (11)	Effondrement	Fontis de 15 m de diamètre et 4 m de profondeur lié à d'anciennes exploitation de gypse en souterrain : dommages au bâti, réalisation d'un PPR mouvement de terrain
6 mars 2004	Fontanès de Sault (11)	Chute de blocs	1 mort suite à l'atterrissement d'un bloc sur une voiture circulant
6 mars 2004	Saint-Pierre-de-la-Fage (34)	Chute de blocs	Bloc de plusieurs tonnes écrase une voiture ... pas de victime : un miracle !
18 novembre 2003	Saint-Etienne du Valdonnez (48)	Effondrement	Effondrement karstique dans le lit de la rivière Bramont : perte totale de l'écoulement
8 octobre 1995	Barjac (48)	Chute de blocs	Eboulement depuis le Causse de Changefège : 1 mort, importants travaux de protection et réalisation d'un PPR mouvement de terrain
An 580 ?	Gorges du Tarn, Pas de Soucy (48)	Eboulement	Eboulement en masse dans le Tam dont les causes seraient un séisme ?? ...
Février 1896	La Grand-Combe « Le gouffre » (30)	Glissement	Evènement historique majeur d'un volume estimé entre 5 et 8 millions de m ³ ... route et voie ferrée emportée, Gardon en partie comblé pendant plusieurs semaines, dommages considérables
23 janvier 1996	Molières-Cavaillac (30)	Glissement	Glissement de Lasfont en rive gauche de l'Arre, emportant la RD999, déviation par l'ancienne voie ferrée en rive droite
Années 1950 ?	Lodève (34)	Glissement	Glissement du versant Est du Cervel, volume estimé supérieur à 1 million de m ³ , ensemble du Lodévois particulièrement sensible
22 décembre 1929	Béziers (34)	Glissement	Glissement situé sous la cathédrale, Boulevard d'Angleterre (rampe des Moulins), volume estimé à 800 m ³ : 4 morts et 11 blessés
27 septembre 2002	Barre-des-Cevennes (48)	Eboulement	RN106, face à Maillautier bloquée, volume estimé à 10000 m ³
1900 ?	Saint-Germain-de-Calberte (48)	Eboulement	Le volume mis en jeu est approximativement 1,5 millions de m ³ . Certains blocs rocheux peuvent atteindre 1000 m ³ . L'écroulement rocheux présent en rive gauche du Gardon est un mouvement de versant chronique dont l'origine semble ancienne (chute de blocs depuis le début du siècle).

Annexe 3

Fiches descriptives des mouvements de terrain (21 fiches)

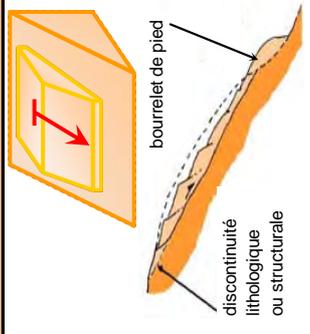
Glissement

GLISSEMENT PLAN

FICHE 1

DESCRIPTION DU MECANISME :

Glissement d'une masse de terrain bien délimitée, avec rupture par défaut de résistance au cisaillement sur une surface le long de laquelle les déformations se localisent. La surface de rupture est plane et peut être un joint stratigraphique, un plan de faille, une surface de schistosité ou de foliation ou une interface entre formation de pente ou altérée et bedrock (roche "en place"). La nature des matériaux est le plus souvent rocheuse.



Ce mécanisme du rupture peut générer des éboulement en masse. Ce phénomène peut donc parfois être classé comme "chutes de blocs et éboulement".

A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :

Toutes formations rocheuses présentant une stratigraphie clairement identifiée (pélites du Permien, formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé), formations métamorphiques présentant une schistosité avérée (schistes des Cévennes, schistes pyrénéens, formations paléozoïques de la Montagne Noire) et toutes formations intersectées par des accidents tectoniques (faille, fracture majeure).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :

- Cévennes
- Zone Pyrénéenne
- Montagne Noire
- Lodévois
- Causse et Garrigues

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie rocheuse
- plan de glissement parallèle à la pente
- *terrassement, pluie, séisme*

EXEMPLES REGIONAUX :



Année 1995

Glissement de la chaussée sur 40 mètres de longueur environ

Formations : Schistes et micaschistes des Cévennes (1nS) + remblai

Lieu : RD451, Pontetis-et-Bressis, Gard

Causes : pluie, terrassement et plan de schistosité suivant la pente



Zone tectonique, glissement selon le plan de fracturation

Formation : Argiles, grès, conglomérats, calcaires et dolomies (t3-7b)

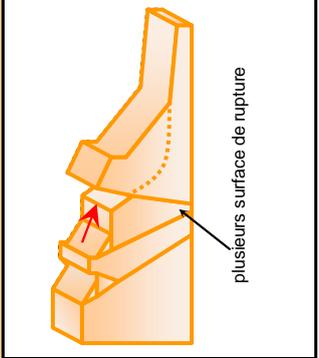
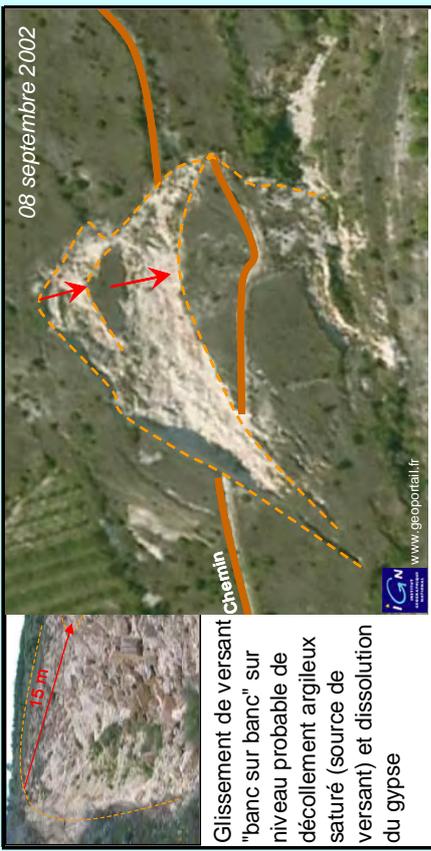
Lieu : RD50, Majencoules, Mialet, Gard

Causes : pluie, terrassement et fracturation

Volume total = 200 m³

Glissement	GLISSEMENT ROCHEUX (MIXTE)		FICHE 2
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Glissement d'une masse de terrain (matériaux meubles et rocheux) le long de surfaces de rupture. Les roches peuvent se fragmenter et le glissement initial se transforme en un éboulement de blocs rocheux englobés dans une matrice plus ou moins argilo-marneuse.</p> <div data-bbox="279 1126 593 1489" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>blocs ou débris de roche</p> <p>surface de rupture</p> </div>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p> <div data-bbox="279 241 738 929" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Octobre 2002</p> <p>Fluage probable des marnes saturées sous le poids des colluvions</p> </div> <p>Formations : Marnes, calcaires et grès (c3-4M) + Colluvions (blocs 0,5 m³) Lieu : sentier GR, Bugarach, Aude Causes : pluies et terrassement Volume total = 15 m³</p>		
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :</p> <p>Toutes formations de lithologie hétérogène (mixte type alternance argile et conglomérats par exemple) : majorité des formations tertiaires, quaternaire graveleux, formations du Crétacé supérieur, du Trias et du Carbonifère supérieur.</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :</p> <p>Bassins et fossés tertiaires (Carcassonnais, fossé d'Alès) Bassin crétacé (bassin de Camp, Garrigues)</p>	<div data-bbox="869 566 1412 1086" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Année 2003</p> <p>Formation : Marnes, grès, calcaires et conglomérats (c5-6) Lieu : D118, Quillan, Aude Causes : pluies et terrassement Volume total = 200 m³</p> </div>		
<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie hétérogène - fracturation - pluie, terrassement 			

Glissement	GLISSEMENT CIRCULAIRE OU ROTATIONNEL		FICHE 3
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Glissement d'une masse de terrain bien délimitée, avec rupture par défaut de résistance au cisaillement sur une surface plus ou moins circulaire. Le mouvement est caractérisé en général par l'existence d'une zone de départ nette (niche d'arrachement) et par un bourrelet de pied plus ou moins marqué.</p> <p>Le remaniement interne dépend de la nature des terrains et de l'importance du déplacement. Sous l'effet de fortes pluies, les masses glissées peuvent évoluer en coulées de boue.</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>23 janvier 1996 Formation : Argiles versicolores, évaporites, grès et faciès carbonatés (t3-7a) Lieu : RD999, Lastfont, Molieres-Cavaillac, Gard Cause : pluies Volume total = 15 000 m³</p>	 <p>Glissement de versant bien marqué par un arrachement circulaire</p> <p>Formation : Marnes, calcaires et grès (c3-4M) Lieu : Les Gascous, Bugarach, Aude Cause : pluies Volume total = 3 000 m³</p>	
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p> <p>Toutes formations meubles assez homogènes, à dominante argilo-marneuse : formations argileuses du Trias supérieur, formations marseuses du Lias et Jurassique moyen et supérieur, formations argilo-marneuses du Crétacé supérieur et formations argileuses tertiaires (argiles rutilantes du Vitrollien, marnes bleues de l'Yprésien, ...).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :</p> <p>Corbières Bordure des Cévennes et des Causses Lodevois Zone Nord Pyrénéenne</p>	<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie cohérente, meuble et homogène - pente marquée - pluie, infiltration d'eau 		

Glissement	GLISSEMENT COMPOSITE OU COMPLEXE		FICHE 4
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Glissement d'ampleur d'une masse de terrain pour lequel la (ou les) surface(s) de rupture de forme généralement convexe passe(nt) au travers de différents niveaux de faiblesse du massif.</p> <p>Cette structure peut résulter de mouvements emboîtés successifs, avec des niveaux actuels d'activité différents.</p>	 <p>plusieurs surfaces de rupture</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>16 janvier 1996</p> <p>Glissement de versant complexe et mixte, actif par régression amont</p> <p>Formation : Groupe de St-Pons Cabardès - schistes, grès, quartzites et marbres (1S) - forttement tectonisé</p> <p>Lieu : RD9, Carrayrals, Roquefère, Aude</p> <p>Causes : pluies et terrassement,</p> <p>Volume total = 2 000 m³</p>	
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :</p> <p>Principalement les formations secondaires et tertiaires, cohérentes ou compétentes, et les formations paléozoïques affectées par des événements tectoniques majeurs (Lias mameux, schistes cambro-ordoviciens) ou concernées par des phénomènes de dissolution actifs (Trias évaporitique, Eocène gypseux).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :</p> <p>Zone pyrénéenne Montagne Noire Cévennes Causse Lodévois</p>	 <p>08 septembre 2002</p> <p>Glissement de versant "banc sur banc" sur niveau probable de décollement argileux saturé (source de versant) et dissolution du gypse</p> <p>Formation : Calcaires et marnes localement gypsifères (e7-g1C)</p> <p>Lieu : Valat de Costerine, Montclus, Gard</p> <p>Cause : pluies (600 mm de précipitations en 24 heures)</p> <p>Volume total = 100 000 m³</p>		
<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - fracturation et tectonique - pluie et infiltration d'eau, séisme 			

Glissement	GLISSEMENT SUPERFICIEL		FICHE 5
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Glissement généralement de faible ampleur de type plan ou circulaire des horizons superficiels. Ils sont caractérisés par une surface de rupture peu profonde. La profondeur limite théorique admise entre glissement "profond" (voir autres fiches glissement) et superficiel est de 3 à 5 m.</p> <p>Ces phénomènes affectent généralement les talus ou les versants à forte pente. Ils progressent par érosion régressive vers l'amont et érosion progressive vers l'aval, de l'horizon superficiel. Dans la région, la majorité des glissements superficiels ont des volumes totaux compris entre 10 et 100 m³.</p> <p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p> <p>La quasi-totalité des formations quaternaires : sol, remblai, formations de pente (colluvions, éboulis et moraines). Toutes les formations à composante argilo-marneuse. Les formations d'altération des faciès métamorphiques (schistes, argilites), plutoniques (granites) et dans une moindre mesure carbonatés (marnes indurées).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :</p> <p>La majorité du territoire régional du point de vue lithologique</p> <p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présence de formations superficielles, altérabilité des formations - pente forte - absence de couvert végétal - terrassement, pluie 	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>Glissement superficiel de talus caractéristique</p> <p>Janvier 2003</p> <p>Formations: Molasse de Carcassonne - conglomérats, marnes et sables gréseux (e4-6) + colluvions Lieu: chemin communal Le Rietou, Ajac, Aude Causes: pluies et terrassement Volume total = 10 m³</p>	 <p>Formation: Conglomérats dominants, brèches, grès et marnes (gCo) Lieu: Quilhau, Gard Causes: pluies, terrassement et mauvais entretien de l'ouvrage maçonné Volume total = 50 m³</p>	

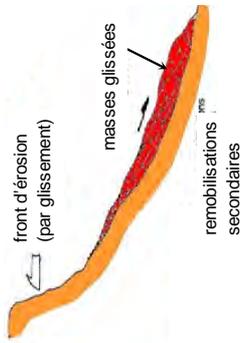
Glissement

GLISSEMENT-COULEE

FICHE 6

DESCRIPTION DU MECANISME :

La majorité des glissements de terrain dans les sols marneux ou argileux peuvent, par saturation des terrain en eaux, évoluer sous la forme de coulée boueuse (perte totale de cohésion). En dévalant la pente, les débris entraînent sur leur passage d'autres éléments (remobilisations secondaires de blocs, cailloux, sol, arbres, ...). Au fur et à mesure, le volume des matériaux augmente, ce qui accentue la force destructrice de ce phénomène.



De conséquence similaire, les phénomènes de ravinement peuvent être associés à ce type de mouvement même si aucune surface de rupture n'existe (érosion progressive et régressive).

A L'ECHELLE REGIONALE :**PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :**

Toutes les formations argileuses ou marneuses quaternaires, tertiaires, secondaires et triasiques (colluvions limoneuses, argiles pliocènes, molasse de Carcassonne éocène, marnes bleues yprésiniennes, marnes liasiques).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :

Bassins et fossés tertiaires (Carcassonnais, fossés gardois, vallées pyrénéennes)
Plaines alluviales et formations de piedmont
Bordure des Causse,
Lodévois et Cévennes

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie argileuse ou marneuse
- morphologie de talweg et zone de pente forte
- forte *précipitation*

EXEMPLES REGIONAUX :

08 septembre 2002

Glissement superficiel et coulée de boue jusqu'à l'ancienne RD (fermée définitivement)

Formation : Calcaires et calcaires argileux (n4)

Lieu : ancienne route départementale de Seynes, Les Angostrines, Brouzet-les Alès, Gard

Causes : pluies et érosion

Volume total = 100 m³



Ensemble de la zone très instable : ravinement, glissements et coulées à répétition, sous-cavage suite au ravinement et éboulements

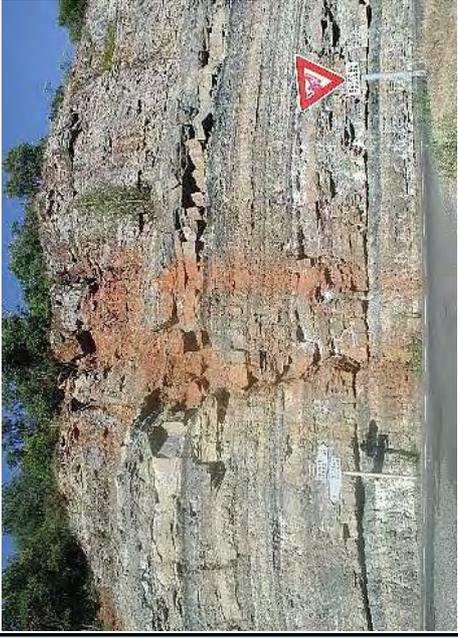
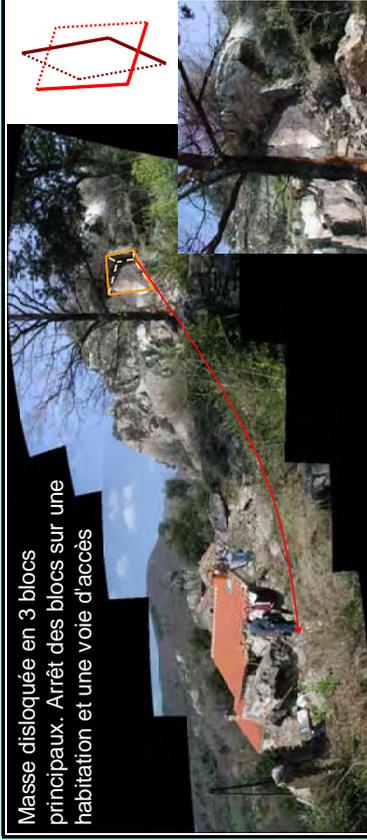
Formation : Molasse de Carcassonne - conglomérats, marnes et sables (e4-6)

Lieu : Pet de Lour, Espéraza, Aude

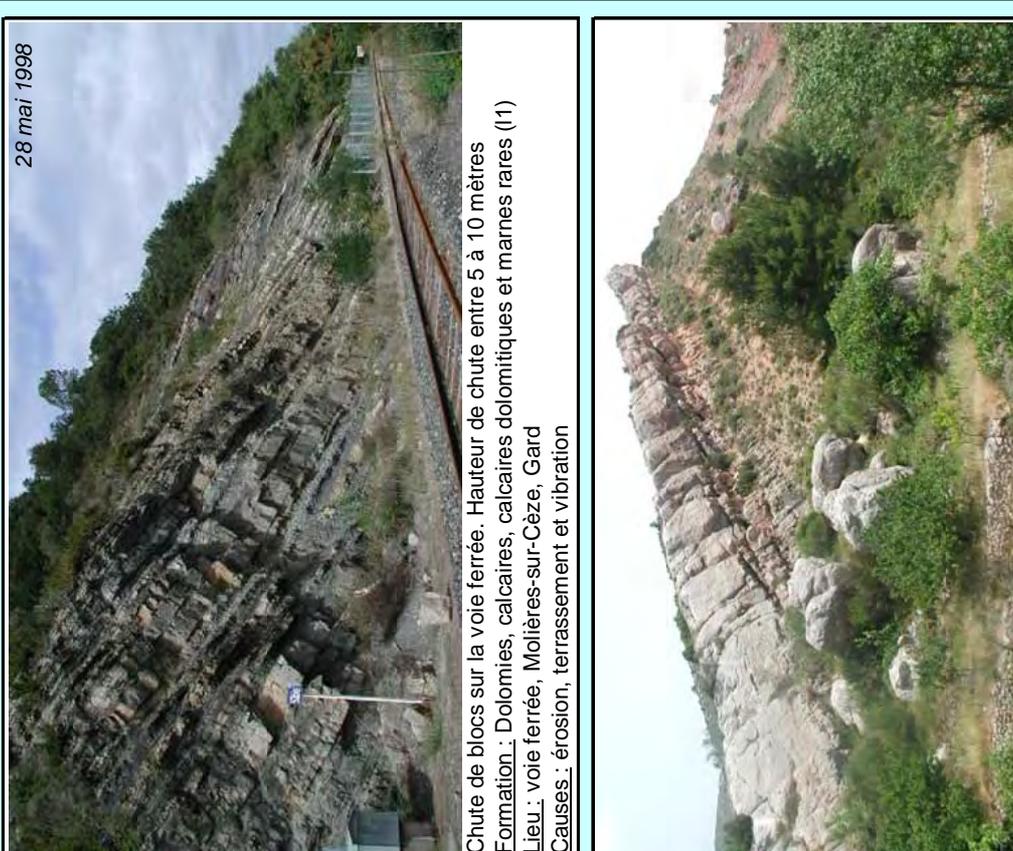
Causes : pluies et érosion

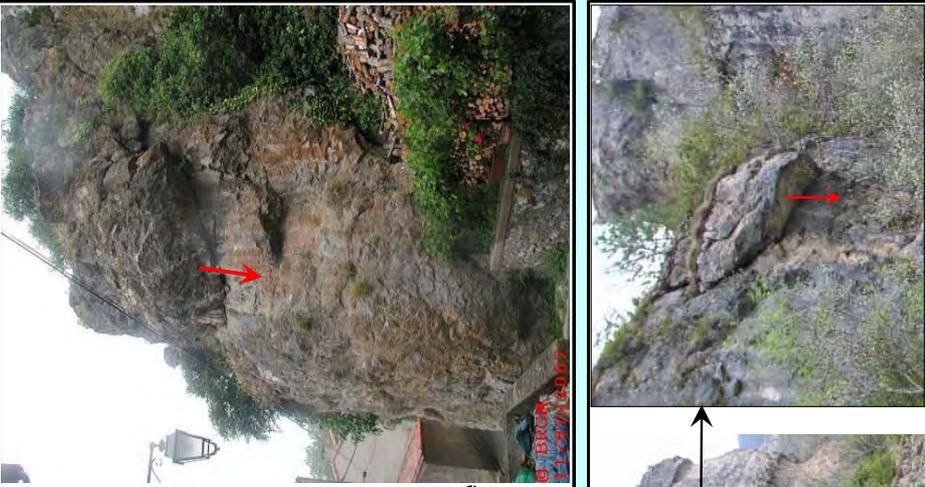
Volume total = 1 000 m³

Glissement	FLUAGE		FICHE 7
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Mouvement lent de matériaux plastiques sur pente pouvant être faible sous l'effet de la gravité. La masse des terrains mobilisés n'est pas limitée par une surface de rupture clairement identifiée.</p> <p>L'amplitude des déformations peut varier entre quelques décimètres et plusieurs dizaines de mètres. L'épaisseur des terrains mis en mouvement peut atteindre une dizaine de mètres dans les cas extrêmes.</p> <p>Une morphologie avec bourrelets (moutonnement) et parfois déchirures du tapis végétal est caractéristique. Dans la région, la majorité des phénomènes de fluage ont des volumes totaux compris entre 1 000 et 10 000 m³.</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>Glissement lent, plusieurs arrachements emboîtés avec peu de déplacement horizontal</p> <p>Formation : Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès (c6-e3) Lieu : RD 120, Rivel, Aude Causes : pluies et terrassement Volume total = 300 m³</p>	 <p>Moutonnement actif (niche d'arrachement visible) et réactif plusieurs fois. Du à la dissolution du gypse, aux circulations d'eau souterraines actives (présence de cavités) et aux petits effondrements localisés dans les argiles.</p> <p>Année 1998, 1999 et 2002</p> <p>Formation : Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès (c6-e3) Lieu : La Calmette, Rivel, Aude Causes : pluies, circulations d'eau naturelles ou anthropiques et dissolution Volume total = 500 m³</p>	
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p> <p>Tous les sols superficiels argileux (formations d'altération ou formation de pentes), certaines formations argileuses ou marneuses (marnes du Crétacé terminal et transition paléocène, marnes feuilletées du Toarcien et les marnes et argiles du Keuper).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :</p> <p>Lodévois Bordure des Causse Contreforts du Mouthoumet et Monts d'Alaric Bordure des Cévennes</p>	<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie argileuses ou marneuses, zone de dissolution - surcharge naturelle (séquence Toarcien/Bajocien et Keuper/Hettangien) ou anthropique - infiltration d'eau 		

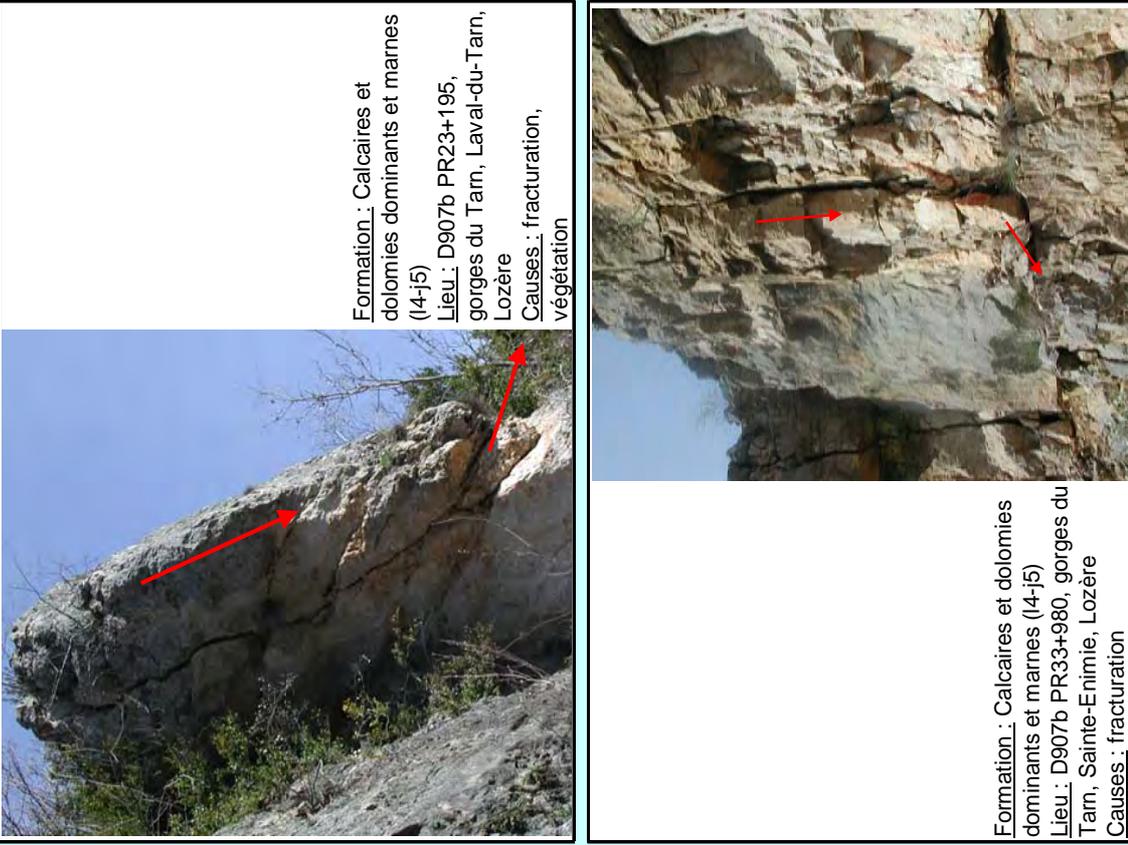
Chute de blocs/éboulement	GLISSEMENT DE DIEDRE	FICHE 8	
DESCRIPTION DU MECANISME :			EXEMPLES REGIONAUX :
<p>Mouvement de translation d'une masse rocheuse sur deux discontinuités formant un dièdre, avec rupture lorsque les forces motrices dépassent la résistance au cisaillement des discontinuités.</p> <p>Les processus physiques sont la perte de cohésion et la mobilisation de frottement. Ce mécanisme est progressif avec des signes prémonitoires difficilement visibles comme l'ouverture de fissures arrière et latérales.</p> <p>Ce mécanisme génère aussi bien des chutes de blocs isolées que des éboulements en masse.</p>			 <p style="text-align: right; font-size: small;">09 septembre 2002</p> <p>Deux plans de fracturation plus ou moins perpendiculaires</p>  <p>Bancs calcaires sub-horizontaux fracturés d'épaisseur décimétrique Formation : Dolomies, calcaires, calcaires dolomitiques, et marnes rares (1) Lieu : intersection D907/D284a, Thoiras, Gard Causes : pluies et terrassement</p>
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p> <p>Ensembles des formations rocheuses fracturées (calcaires et dolomies du Jurassiques, calcaires du Crétacé, marbres, gneiss, ...).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :</p> <p>Causse Cévennes Garrigues Montagne Noire Zone pyrénéenne, Mouthoumet</p> <p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse - fracturation - pluie, gel-dégel, séisme 			 <p style="text-align: right; font-size: small;">02 avril 2007</p> <p>Masse disloquée en 3 blocs principaux. Arrêt des blocs sur une habitation et une voie d'accès</p> <p>Formation : Orthogneiss de la zone axiale de la Montagne Noire (10æ) Lieu : Trémoulèdes, Saint Vincent d'Olargues, Hérault Causes : pluies et fracturation Volume total = 15 m³, volume unitaire maximum : 10 m³</p>

Chute de blocs/éboulement	RUPTURE DE DALLE EN TOIT	FICHE 9
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Rupture par traction d'une masse rocheuse (dalle) au toit d'un surplomb, limitée par un plan de décollement (souvent une discontinuité stratigraphique).</p> <p>Ce mécanisme est contrôlé par la résistance à la traction des matériaux (plan de décollement et zone d'encastrement) et par la résistance à la compression dans les zones de fracture (pont rocheux).</p> <p>C'est un mécanisme généralement rapide et imprévisible.</p> <p>Ce mécanisme est majoritairement attaché au phénomène chute isolée de blocs et génère peu d'éboulement en masse.</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p> 	<p>Chutes de dalle en toit, protection active par ancrage qui consiste à empêcher le décollement des dalles le long des discontinuités en les fixant au massif stables</p> <p>Formation : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-J5)</p> <p>Lieu : D907b PR30+730, gorges du Tarn, Sainte-Enimie, Lozère</p> <p>Cause : cavités</p>
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p> <p>Formations rocheuses calcaires en bancs pluridécimétriques à métrique (Dévonien, Jurassique et Crétacé inférieur).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :</p> <p>Causse Zone pyrénéenne Garrigues Montagne Noire</p>	<p>Années 1975, 1994 et 1997</p>  <p>Chutes de dalle en toit et éboulements dièdres, événement récurrent</p> <p>Formation : Calcaires massifs (n2-5C)</p> <p>Lieu : RD107, Joucou, Aude</p> <p>Causes : gel-dégel, pluies et terrassement</p> <p>Volume total = 4 m³</p>	
<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse - fracturation, discontinuité stratigraphique - morphologie de surplomb ou cavité (naturelle ou anthropique) - gel-dégel, vibration 		

<p>Chute de blocs/éboulement</p>	<p>RUPTURE PAR EROSION DIFFERENTIELLE</p>	<p>FICHE 10</p>
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>On appelle érosion différentielle l'inégale résistance des matériaux d'une formation vis à vis des processus d'érosion mécanique (érosion hydraulique ou éolienne). Le résultat est la mise en relief de la roche dure au détriment de la roche tendre. Les niveaux indurés sont ainsi déséquilibrés par la réduction d'appui (résistance à la traction) et la perte de cohésion (entraînement des fines et déconsolidation). La rupture s'effectue par traction.</p> <p>Ce mécanisme est majoritairement attaché au phénomène chute isolée de blocs et génère peu d'éboulement en masse.</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>28 mai 1998</p> <p>Chute de blocs sur la voie ferrée. Hauteur de chute entre 5 à 10 mètres Formation : Dolomies, calcaires, calcaires dolomitiques et marnes rares (1) Lieu : voie ferrée, Molières-sur-Cèze, Gard Causes : érosion, terrassement et vibration</p> <p>Formation : Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès (c6-e3) Lieu : Albas, Aude Causes : érosion et fracturation</p>	<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :</p> <p>Formations hétérogènes présentant des alternances de niveaux tendres et indurés : formations molassiques et dépôts détritiques tertiaires (molasse de Carcassonne), alternance marno-calcaires du Jurassique et formations triasiques.</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :</p> <p>Bassins et fossés tertiaires Bordures des Causses et des Cévennes Contrefort du Mouthoumet et de la Montagne Noire, Monts d'Alaric</p> <p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - fracturation - alternance de matériaux réagissant différemment à l'érosion - agents atmosphériques (écoulements d'eau, érosion éolienne, gel-dégel)

Chute de blocs/éboulement	RUPTURE D'ÉCAILLE EN PAROI	FICHE 11	
DESCRIPTION DU MECANISME :			EXEMPLES REGIONAUX :
<p>Glissement par gravité d'une écaïlle rocheuse souvent limitée par une discontinuité (fracture, faille, plan de schistosité, ...). Ce mécanisme est contrôlé par la poussée exercée par les matériaux de remplissage des fractures arrière.</p> <p>L'évolution est progressive et l'ouverture des fissures est potentiellement observable puis le processus s'accélère à la fin.</p> <p>Ce mécanisme de rupture proche du glissement plan produit seulement des chutes de blocs isolées. NB : écaïlle si hauteur/largeur < 2, colonne si hauteur/largeur > 2</p>			<p>Années 90</p>  <p>Phénomène récurrent <u>Formation</u> : Séries flyschoides schisto-gréseuses à conglomérats, calcaires et lydennes (h1-3) <u>Lieu</u> : village, Laroque-de-Fa, Aude <u>Causes</u> : érosion, fracturation et pluies <u>Volume total</u> = 1 m³</p> <p><u>Formation</u> : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-I5) <u>Lieu</u> : D907b PR25+270, gorges du Tarn, Sainte-Enimie, Lozère <u>Cause</u> : fracturation</p>
A L'ECHELLE REGIONALE :			
PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :			
<p>Ensembles des formations rocheuses fracturées (calcaires et dolomies du Jurassiques, calcaires du Crétacé, marbres, gneiss, schistes ...).</p>			
PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :			
<p>Causse Cévennes Garrigues Montagne Noire Zone pyrénéenne, Mouthoumet</p>			
PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :			
<ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse - fracturation - végétation (racines), gel-dégel, vibration 			

Chute de blocs/éboulement	BASCULEMENT DE BLOC, PANNEAU OU COLONNE	FICHE 12
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Processus progressif de déplacement du centre de gravité d'une colonne, d'un panneau ou d'un bloc, sous l'effet de la gravité ou d'une chute de résistance du pied (fluage, érosion, etc.). Ce mécanisme est contrôlé par la résistance à la traction de la base encastrée ou à la compression de l'appui (voir fiche 13). L'évolution est progressive et des indices sont observables (ouverture de fractures, déformation de l'ensemble, fissuration à la base). A la fin, le processus s'accélère.</p> <p>Ce mécanisme produit majoritairement des chutes isolées de blocs, de panneau ou de colonne. Cependant, en chutant, ces éléments peuvent se disloquer et générer des éboulements en masse limitée.</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>Basculement de blocs dans un banc de calcaire lacustre, phénomène récurrent</p> <p><u>Formation</u> : Molasse de Carcassonne - conglomérats, marnes et sables gréseux (e4-6)</p> <p><u>Lieu</u> : les Frénettes, Jonquières, Aude</p> <p><u>Causes</u> : pluies, fracturation et érosion</p> <p>Volume total = 10 m³, volume unitaire maximum : 6 m³</p>	 <p>Colonne (hauteur/largeur > 2)</p> <p><u>Formation</u> : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-J5)</p> <p><u>Lieu</u> : D907b PR24+350, gorges du Tarn, Sainte-Enimie, Lozère</p> <p><u>Causes</u> : érosion, fracturation</p>
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :</p> <p>Formations rocheuses massives (calcaires lacustres éocènes, calcaires et dolomies du Jurassique et calcaires du Crétacé inférieur).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :</p> <p>Causse Monts d'Alaric Garrigues</p>	<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse - morphologie ruiniforme - fracturation - <i>végétation (racines), gel-dégel, pluie, vibration</i> 	

Chute de blocs/éboulement	RUPTURE DE PIED DE COLONNE	FICHE 13
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>Rupture avec glissement vers l'extérieur de la base d'une colonne. Ce mécanisme, contrôlé par la résistance à la compression de la base de la colonne, est du à une chute de résistance du pied (altération, érosion, etc.). L'évolution est progressive et des indices sont observables (déformation de l'ensemble, fissuration à la base). A la fin, le processus s'accélère.</p> <p>Dans la majorité des cas, ce mécanisme crée des chutes de blocs isolés mais les volumes souvent importants conduisent à de la fragmentation.</p> <p>NB : écaillage si hauteur/largeur < 2, colonne si hauteur/largeur > 2</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>Formation : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-J5) Lieu : D907b PR23+195, gorges du Tarn, Laval-du-Tarn, Lozère Causes : fracturation, végétation</p> <p>Formation : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-J5) Lieu : D907b PR33+980, gorges du Tarn, Sainte-Enimie, Lozère Causes : fracturation</p>	<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :</p> <p>Ensembles des formations rocheuses massives et fracturées (calcaires et dolomies du Jurassiques, calcaires du Crétacé et du Dévonien, marbres, gneiss, ...).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :</p> <p>Causse Garrigues Montagne Noire Zone pyrénéenne Mouthourmet</p> <p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse - fracturation - morphologie de falaise - végétation (racines), agents climatiques (gel-dégel), vibration

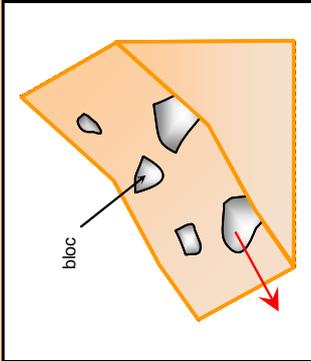
Chute de blocs/éboulement

REMOBILISATION DE BLOCS DANS LES PENTES

FICHE 14

DESCRIPTION DU MECANISME :

Lorsque la matrice des formations superficielles (colluvions, éboulis, moraines, ...) n'est pas encore indurée/consolidée, celle-ci s'érode facilement. Des blocs peuvent alors se détacher sous l'effet de la gravité, si la pente du terrain est favorable. Ce mécanisme est contrôlé par l'imbrication des blocs et la cohésion des matériaux meubles. L'évolution est progressive et l'érosion des matériaux meubles est observable. A la fin, le processus s'accélère.



A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :

Formations superficielles meubles à blocs : éboulis, colluvions non consolidés, moraines.
Zones d'épandages et/ou d'atterrissements de blocs pas nécessairement cartographiées.

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :

Zones d'épandages et/ou d'atterrissements de blocs
Causse, Cévennes
Garrigues
Montagne Noire
Zone pyrénéenne, Mouthoumet, ...

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie meuble à blocs
- pente forte
- pluie, ravinement, érosion superficielle et interne des sols, gibier, terrassement, végétation, incendie

EXEMPLES REGIONAUX :



Formations : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-J5) + colluvions
Lieu : D996 PR17+470, gorges de la Jonte, Meyrueis, Lozère
Causes : érosion et terrassement
Volume unitaire maximum = 1 m³



Formations : Calcaires et dolomies dominants et marnes (I4-J5) + colluvions
Lieu : D996 PR15+960, gorges de la Jonte, Meyrueis, Lozère
Causes : érosion et terrassement
Volume unitaire maximum = 10 m³

Chute de blocs/éboulement

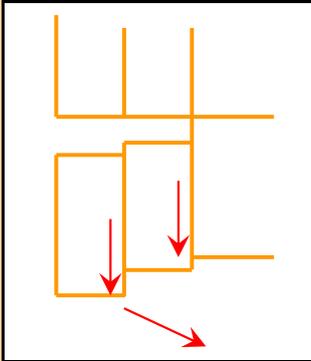
PANNEAU TRANSLATE

FICHE 15

DESCRIPTION DU MECANISME :

Déplacement horizontal de bloc délimités par des plans de fracturation ou de stratification par déconfinement général du massif rocheux. Ce mécanisme est régi principalement par les interactions banc sur banc (cohésion d'imbrication) s'opposant à la décompression du panneau.

L'évolution est progressive et des indices sont observables (déformation de l'ensemble, blocs translatisés). A la fin, le processus s'accélère.



Ce mécanisme génère aussi bien des chutes de blocs isolées que des éboulements en masse. Il s'accompagne en général de chutes de dièdres et d'éboulements de colonnes.

A L'ECHELLE REGIONALE :**PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :**

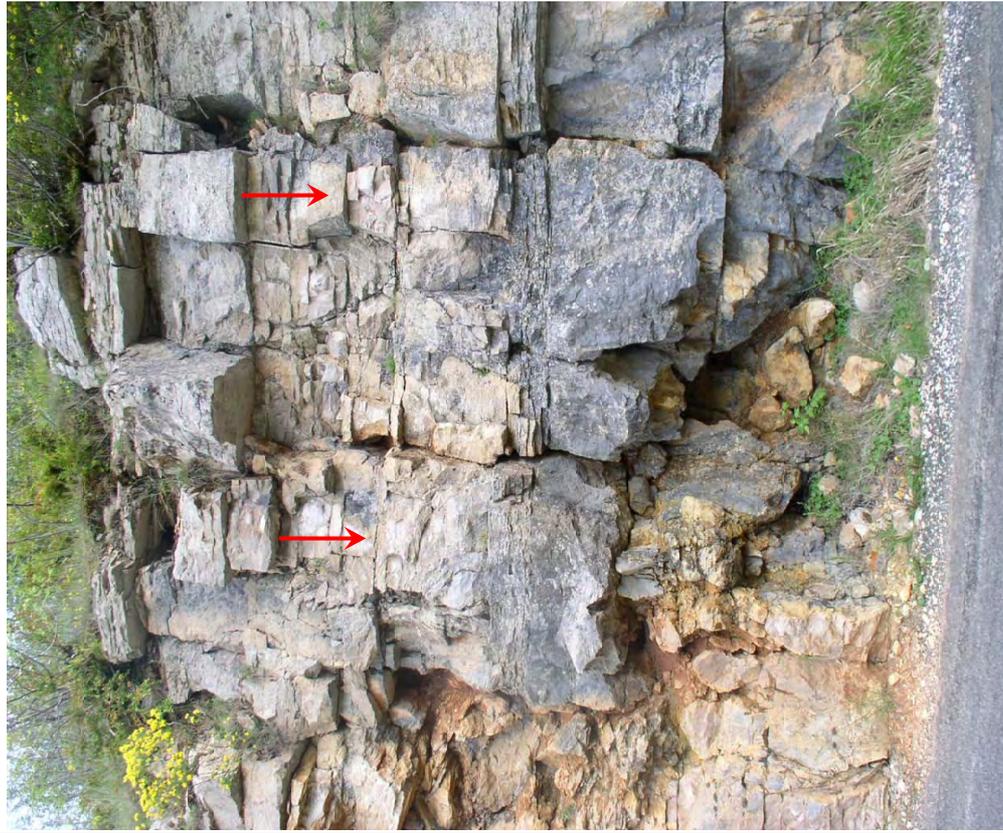
Ensembles des formations rocheuses carbonatées régulièrement fracturées (calcaires et dolomies du Jurassiques, calcaires du Crétacé, calcaires du Dévonien et du Cambrien).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :

Causse
Zone pyrénéenne
Garrigues
Montagne Noire

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie rocheuse
- fracturation, discontinuité stratigraphique
- morphologie de falaise
- gel-dégel, vibration, végétation, tassement, surcharge des terrains arrière

EXEMPLES REGIONAUX :

Formations : Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux (J5-7)

Lieu : D43 PR15+775, gorges du Tam, La Malène, Lozère

Causes : fracturation, végétation, tassement, (cavité ?)

Chute de blocs/éboulement	RUPTURE DE CHANDELLE - RELIEF RUINIFORME		FICHE 16
<p>DESCRIPTION DU MECANISME :</p> <p>La présence de relief ruiniforme engendre des géométries particulières comme les chandelles ou les chaos de blocs. Ces paysages résultent de l'altération, de la dissolution et du lessivage des roches par les eaux suivant les réseaux de discontinuités. Ces agents érosifs isolent du massif rocheux les parties les plus résistantes. Les ruptures observées sont du type rupture en compression/traction d'une tête de chandelle ou basculement d'un bloc sommital de chaos.</p> <p>Ce mécanisme produit des chutes de blocs et de gros blocs isolées.</p>	<p>EXEMPLES REGIONAUX :</p>  <p>Chaos granitique Formations : Granites et granodiorites (3ã) Lieu : Mont Lozère, Lozère Causes : altération, érosion, pluies et fracturation</p>	 <p>Formations : Dolomies (j3-7D) Lieu : D63 PR21+510, gorges de la Jonte, Saint-Pierre-des-Tripiers, Lozère Causes : érosion et fracturation</p>	
<p>A L'ECHELLE REGIONALE :</p> <p>PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :</p> <p>Toutes formations granitiques et dolomitiques (granites paléozoïques, dolomies du Jurassique).</p> <p>PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :</p> <p>Cévennes Margeride Causse Zone pyrénéenne</p>	<p>PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lithologie rocheuse hétérogène (différence de dureté, dolomitisation imparfaite) - fracturation - circulation d'eau, agents climatiques (pluie, vent) 		

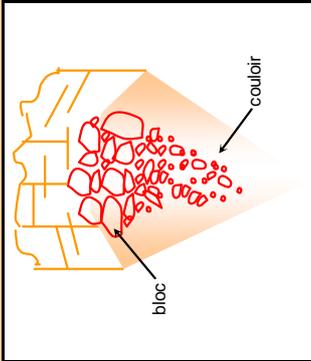
Chute de blocs/éboulement

CÔNE ET COULOIR D'ÉBOULIS

FICHE 17

DESCRIPTION DU MECANISME :

Accumulation dans les versants de fragments rocheux (blocs). Les conditions de propagation de ces éléments (issus de zones d'arrachement identifiées) sont liées aux caractéristiques des pentes concernées (morphologie, géologie, végétation). Ces formes d'accumulation constituent selon les cas des cônes d'éboulis (forme en "V") ou des couloirs d'éboulis (forme en "I"). Les éboulis actuels sont dits "vifs" (sans cohésion).



La présence de ces cônes ou couloirs traduit généralement le caractère récurrent des phénomènes de chutes de blocs associés (quelque soit le mécanisme de rupture initial).

A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :

Ensembles des formations rocheuses fracturées (calcaires et dolomies du Jurassiques, calcaires du Crétacé, marbres, gneiss, schistes ...).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :

- Bordure des Caussees et gorges (Tarn, Vis, ...)
- Cévennes
- Garrigues
- Montagne Noire
- Zone pyrénéenne, Mouthoumet

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- les facteurs permanents et déclencheurs de rupture sont ceux associés au type de rupture. La propagation dans les versants est liée à :
 - la lithologie des zones d'atterrissement
 - la pente et la présence, la nature ou l'absence de végétation

EXEMPLES REGIONAUX :



Couloirs d'éboulis

Formations : Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux (j5-7)
Lieu : D907 PR27, gorges du Tarn, Sainte-Enimie, Lozère
Causes : érosion, pluies, fracturation, morphologie de talweg



Cônes d'ébouilis

Formations : Gneiss et anatexites provenant des gneiss (3æ)
Lieu : Chauches, Fontpédrouse, Pyrénées Orientales
Causes : érosion, pluies, fracturation, absence de végétation

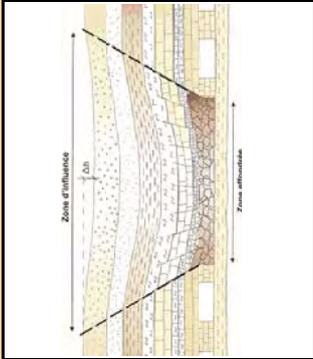
Affaissement/effondrement

AFFAISSEMENT OU DOLINE

FICHE 18

DESCRIPTION DU MECANISME :

Il s'agit d'une déformation souple sans rupture et progressive de la surface du sol, se traduisant par une dépression topographique en forme de cuvette généralement à fond plat et bords fléchis en " s " (pas de crevasse marquée sur les bords).
Ce type de désordre se développe parfois sur plusieurs hectares au droit de travaux souterrains profonds. C'est aussi un phénomène récurrent dans les karsts.



Les affaissements peuvent générer des désordres sur les constructions mais provoquent peu de victimes physiques en raison de la progressivité du phénomène (phénomène "lent" permettant d'évacuer l'édifice).

A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNÉES :

Toutes formations karstiques (calcaires et dolomies du Jurassique, calcaires du Crétacé, du Dévonien et du Cambrien, calcaires lacustres de l'Eocène, marbres), gypsifères (Trias, Eocène), formations exploitées en mines ou en carrières souterraines (argiles à lignite du Crétacé supérieur, gypses du Trias, charbon du Stéphanois, ...).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNÉS :

- Causse
- Montagne Noire
- Zone pyrénéenne, Corbières
- Garrigues
- Lodévois, bordures des Causse et des Cévennes
- Basins houillers (Graissessac, Alès - La Grand-Combe)

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie meuble sur lithologie rocheuse fracturée, karstique ou évaporitique
- présence de cavités naturelles ou anthropiques
- fracturation
- *précipitation, circulation d'eau, variation piézométrique, surcharge*

EXEMPLES REGIONAUX :



Formations : Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux (J5-7) + remplissage argileux
Lieu : Causse Méjean, Lozère
Causes : cavités naturelles



Formations : Calcaires massifs (n2-5C) + alluvions des hautes terrasses
Lieu : Prat d'en Peyre, Espezel, Aude
Causes : cavités naturelles, pluies
Diamètre = 30 m, profondeur d'affaissement = 1,5 m

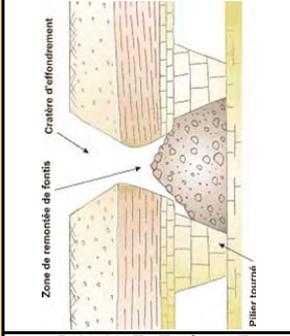
Affaissement/effondrement

FONTIS OU EFFONDREMENT LOCALISE

FICHE 19

DESCRIPTION DU MECANISME :

Le fontis correspond à un effondrement brutal mais localisé se manifestant sous la forme d'un entonnoir ou d'un cratère. Il est le plus souvent provoqué par la rupture progressive du toit d'une cavité, une cloche remontant plus ou moins lentement vers la surface jusqu'au développement brutal d'un cratère. Les fontis présentent souvent une géométrie pseudo-circulaire dont le diamètre et la profondeur du cône peuvent aller jusqu'à plusieurs mètres.



Ce type de phénomène peut être à l'origine de dégâts importants aux ouvrages et est associé à un risque élevé de victimes physiques en raison la rapidité et des dimensions du phénomène.

A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :

Toutes formations karstiques (calcaires et dolomies du Jurassique, calcaires du Crétacé, du Dévonien et du Cambrien, calcaires lacustres de l'Éocène, marbres), formations gypsifères, formations exploitées en mines ou en carrières souterraines (argiles à lignite et à bauxite du Crétacé supérieur, Gypses du Trias, charbon du Stéphanien, ...).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :

- Causse
- Montagne Noire
- Zone pyrénéenne, Corbières
- Garrigues
- Lodévois, bordures des Causse et des Cévennes
- Bassins houillers (Graissessac, Alès - La Grand-Combe)

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie meuble sur lithologie rocheuse fracturée, karstique ou évaporitique, de faible recouvrement, présence de cavités naturelles ou anthropiques,
- *précipitation, circulation d'eau, variation piézométrique, surcharge, soutirage souterrain*

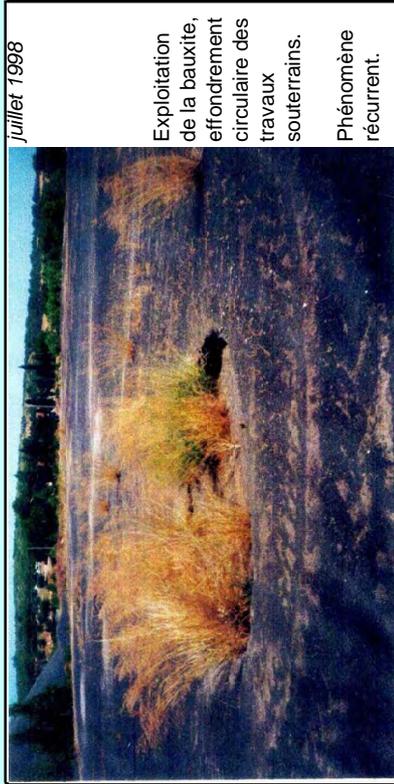
EXEMPLES REGIONAUX :



mars 2002

Effondrement s'alignant avec d'autres fontis (présence probable de galerie).
Mine orpheline

Formations : Argiles à lignites, grès et calcaires (c1-2)
Lieu : Ricatât, Pognadorresse, Gard
Causes : pluies, terrassement et cavités anthropiques (Mines)
Diamètre = 2 m, profondeur d'affaissement = 1,5 m



juillet 1998

Exploitation de la bauxite, effondrement circulaire des travaux souterrains.
Phénomène récurrent.

Formations : Marnes, grès, calcaires et conglomérats (c5-6) + alluvions
Lieu : Combe rouge-Marinesque, Loupian, Hérault
Causes : Circulations d'eau, cavités anthropiques
Diamètre = 3 m, profondeur d'affaissement = 0,5 m

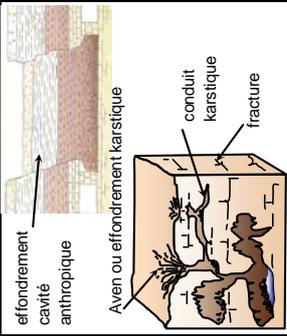
Affaissement/effondrement

EFFONDREMENT GENERALISE

FICHE 20

DESCRIPTION DU MECANISME :

Ce phénomène se traduit par un abaissement à la fois violent et spontané de la surface sur parfois plusieurs hectares et plusieurs mètres de profondeur, tout le terrain au dessus de la cavité s'effondrant d'un coup. La zone effondrée est limitée par des fractures subverticales. Généralement associé aux grandes carrières, ce phénomène est le plus souvent initié par une rupture en chaîne des piliers de l'exploitation, le toit (plafond) descendant alors en masse.



Ce type de phénomène peut générer des dégâts considérables aux constructions (y compris aux plus importantes) et provoquer un risque important de victimes physiques en raison la rapidité et de l'importance du phénomène.

A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :

Toutes formations karstiques (calcaires et dolomies du Jurassique, calcaires du Crétacé, du Dévonien et du Cambrien, calcaires lacustres de l'Éocène, marbres), formations gypsifères, formations exploitées en mines ou en carrières souterraines (argiles à lignite du Crétacé supérieur, Gypses du Trias, charbon du Stéphaniens, ...).

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :

- Causse
- Montagne Noire
- Zone pyrénéenne, Corbières
- Garrigues
- Lodévois, bordures des Causse et des Cévennes
- Bassins houillers (Graissessac, Alès - La Grand-Combe)

PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie meuble sur lithologie rocheuse fracturée, karstique ou évaporitique
- présence de cavités naturelles ou anthropiques de grandes dimensions
- fracturation
- *précipitation, circulation d'eau, surcharge, séisme*

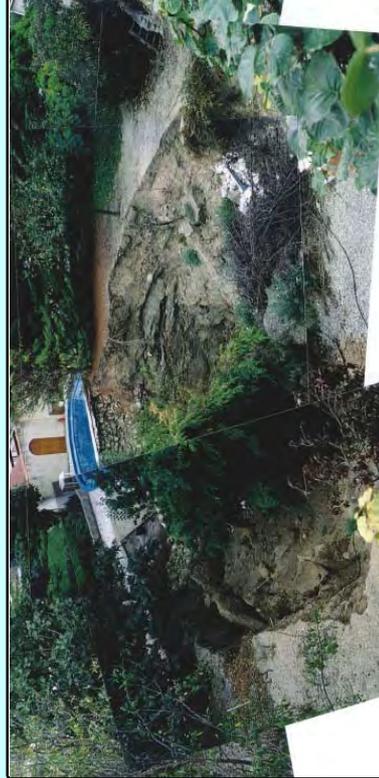
EXEMPLES REGIONAUX :

18 novembre 2003



Effondrement du lit de la rivière "Bramont" dans un conduit karstique naturel

Formations: (3-4) + alluvions récentes
Lieu: 300 m en amont pont de Moline (RN106), Saint-Etienne-du-Valdonnez, Lozère
Causes: pluies et cavités naturelles



Formations: Argiles versicolores, évaporites, grès et facies carbonatés (t3-7a) + colluvions
Lieu: propriété rue Case à Majoux, Bizanet, Aude
Causes: carrière souterraine abandonnée de gypse
 Diamètre = 15 m, profondeur d'affaissement = 4 m

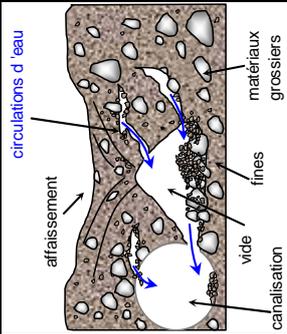
Affaissement/effondrement

SUFFOSION

FICHE 21

DESCRIPTION DU MECANISME :

Il s'agit d'un phénomène d'érosion interne qui affecte principalement les sables et limons. Les particules (d'abord assez fines) de sol sont entraînées par les circulations d'eau interstitielle. Le terrain est alors soustrait d'une partie de sa matrice fine développant de véritables conduits (de diamètre généralement modéré). La création de ces vides nécessite un exutoire représenté par des cavités souterraines. En milieu urbain, les canalisations fuyardes peuvent constituer cet exutoire.



Lorsque la taille de ces vides devient trop importante, des effondrements brutaux de terrain peuvent localement survenir entraînant souvent des désordres en surface.

A L'ECHELLE REGIONALE :

PRINCIPALES FORMATIONS CONCERNEES :

Toutes formations récentes meubles et peu cohérentes (alluvions, remblais du Quaternaire, argiles et sables du Pliocène, limons du Miocène, Molasse de Carcassonne de l'Eocène, ...)

PRINCIPAUX SECTEURS CONCERNEES :

- Bassins tertiaires (Carcassonnais)
- Bas Languedoc
- Zones urbaines

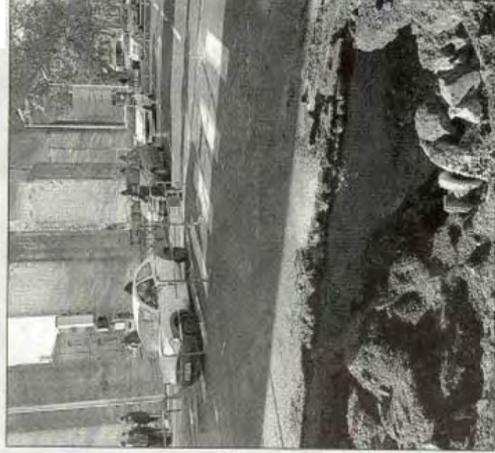
PRINCIPAUX FACTEURS PERMANENTS ET DECLENCHEURS :

- lithologie meuble et peu cohérente
- cavités naturelles ou anthropiques
- pluie, circulation d'eau, travaux

EXEMPLES REGIONAUX :

Arceaux Et plouf au fond du trou !

14 décembre 2005



C'est le genre d'incident qui serait de nature à influencer le regard que la Ville porte sur les effondrements de sols affectant le quartier des Arceaux depuis plusieurs années (un rapport géologique a été réalisé à ce sujet). Il est plutôt cocasse, il est vrai... Voilà déjà un certain temps que les riverains du boulevard des Arceaux rapportaient le tranquille affaissement de la chaussée au niveau du carrefour du boulevard avec la rue Saint-Louis. Et se demandaient quand un trou finirait par apparaître. Lundi, entendant les autos "taper" dans le creux formé dans le bitume, un commerçant voisin appela la mairie. Laquelle délégua sur place, mercredi matin, ouvriers et matériaux pour réparer - « rabibocher », préféra un habitant des Arceaux - cette artère très passante. Ils coulent un goudron pour niveler la rue et le camion, peut-être pour le tasser ou le tasser, s'en va roulant dessus. Pas de chance, la chaussée sous le poids s'ouvrit en deux, entraînant une partie de l'enjamb vers le fond et brisant, semble-t-il, une canalisation d'eau. Hier, une seule voie était disponible en direction du Plan-Cabanès. Le trou, lui, était en cours de rebouchage. ● Photo Jean-Michel MARY

Un réseau enterré, caniveau basculé et canalisation d'eau coupée. 20 affaissements de sols recensés sur 20 Ha dont 8 sites d'effondrements notables. Du à l'érosion interne des sols sous l'effet d'écoulements d'eau souterrains dans les "Sables de Montpellier" (Astien) jaunâtres, plus ou moins gréseux (cimentation secondaire) recouvert par des limons et des marnes jaunâtres superficiels

Formations : Argiles et sables marins et littoraux (pM)

Lieu : Carrefour bd des Arceaux et rue St-Louis, Les Arceaux, Montpellier, Hérault

Causes : érosion, circulation d'eau

Annexe 4

Planches photographiques illustrant les différentes classes d'intensité des phénomènes mouvements de terrain de la région Languedoc- Roussillon

PLANCHE 1 - GLISSEMENTS DE TERRAIN

Intensité 1



Causes : pluies + terrassement
VT= 6 m3

05-08-2007
13:08/2007

Années 2000, glissement de talus
e7-g1M : Marnes, molasses et calcaires (Villautou, Claret Bas RD 625, Aude)



Causes : pluies + terrassement
VT= 6 m3

Années 2000, profil mixte déblai/remblai, glissement de talus
e4-6 : Molasse de Carcassonne : conglomérats, marnes et sables gréseux (Ajac, Le Rietou, Aude)

Intensité 2



Causes : pluies + terrassement
VT= 50 m3

Automne 2002, Fluage probable des marnes saturées sous le poids des colluvions

c3-4M : Marnes, calcaires et grès + colluvions (Bugarach, Sentier GR, Aude)



Causes : pluies + terrassement
VT= 50 m3

Printemps 2003

3â : Granites et granodiorites (Arphy, Les Mattes, Gard)

Intensité 3



Causes : pluies + terrassement + circulations d'eau
VT= 200 m3

Avril 2002, sources actives en talus et glissements superficiels

h1-3 : Séries flyschoides schisto-gréseuses à conglomérats, calcaires et lydiennes + colluvions (Sainte-Colombe-Sur-Guette, RD 17, Aude)



Causes : pluies + érosion
VT= 500 m3

Erosion probable en pied de versant au niveau du méandre du ruisseau

c3-4M : Marnes, calcaires et grès (Bugarach, La Hille, Aude)

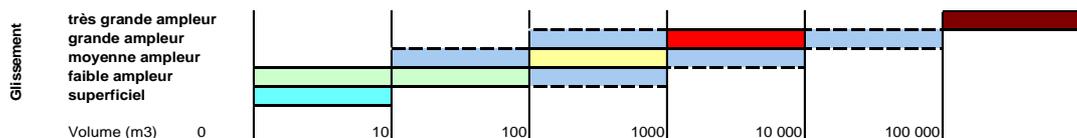


PLANCHE 2 - GLISSEMENTS DE TERRAIN (SUITE)

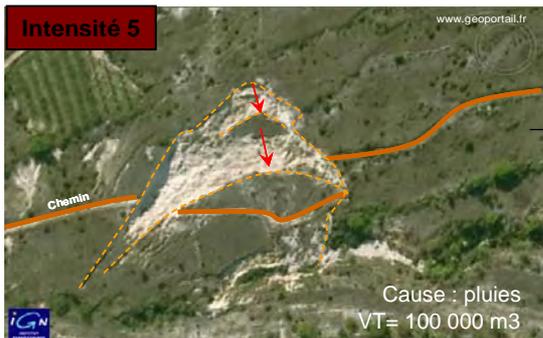
Intensité 4



Causes : pluies + séisme
VT= 10 000 m³

Décembre 1996, ouverture de fissures suite au séisme de St-Paul (1996) et glissement rotationnel suite aux pluies de décembre c6-e3 : Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès + colluvions (Luc-sur-Aude, Aude)

Intensité 5



Cause : pluies
VT= 100 000 m³



08 septembre 2002, glissement de versant avec rejet horizontal de 15 m. 600 mm de précipitations en 24 heures e7-g1C : Calcaires et marnes localement gypsifères (Montclus, Gard)

Intensité 5



Cause : pluies
VT= 1 000 000 m³



3æ : Gneiss et anatexites provenant des gneiss (Prats-de-Mollo-la-Preste, La Baillanouse, Pyrénées-Orientales)

18 Octobre 1940, du à la crue du 17 octobre. Obstruction du lit mineur du Tech et lac temporaire

Causes : pluies + fracturation
VT= 8 000 000 m³



t3-7a : Argiles versicolores, évaporites, grès et faciès carbonatés (La Grand-Combe, Le Gouffre RD 286, Gard)

Evènement majeur historique : glissement de versant actif pendant plusieurs semaines (du 5 au 23 février 1896), dommages considérables

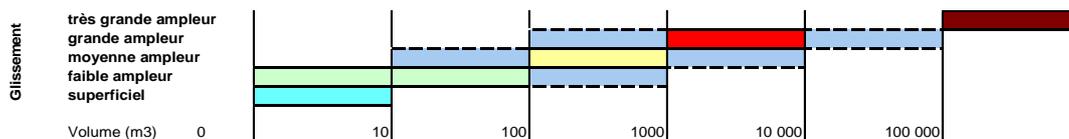


PLANCHE 3 - CHUTES DE BLOCS ET EBOULEMENTS

Intensité 1



Causes : pluies + érosion
VT= 1 m³, VU= 1 m³



Années 1990, phénomène récurrent, dû à l'érosion différentielle
m1C : Calcaires et marnes blanchâtres
(RD 205, Route de Fraïsse, Sigean, Aude)



Causes : pluies + fracturation
VT= 2 m³, VU= 0,5 m³

30 septembre 2001, chutes de blocs isolé, rupture de bancs dans les dolomies, fermeture temporaire de la RN 106
t3-7b : Argiles versicolores, grès, conglomérats, calcaires et dolomies (La Pomarède, Les-Salles-du-Gardon, Gard)

Intensité 2



Causes : altération + fracturation
VT= 20 m³
VU= 8 m³



06 mars 2004, une automobiliste coincée dans sa voiture sous un bloc, fermeture temporaire de la RD 25
j1 : calcaire (Saint-Pierre-la-Fage, Hérault)

Intensité 3



Causes : pluies + fracturation
VT= 40 m³
VU= 15 m³

15 septembre 2007, 2 blocs de 15m³, fermeture temporaire de la RD 983

I1-3 : Calcaires, marnes et dolomies (Hameau de Nozières, Saint Laurent de Trèves, Lozère)



LA MONTAGNE S'EST EFFONDREE SUR LA RN 106

Cause : pluies
VT= 10000 m³

27 septembre 2002, fermeture temporaire de la RN 106

1ñS : Schistes et micaschistes des Cévennes (RN106, face à Maillautier, Barre-des-Cévennes, Lozère)

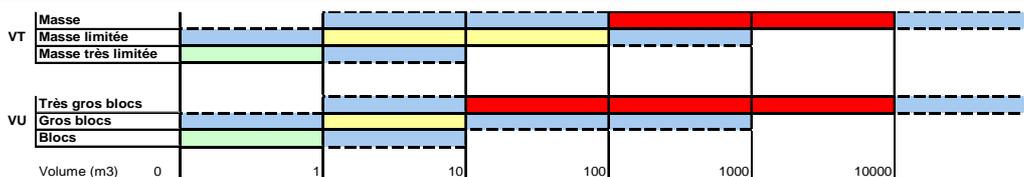
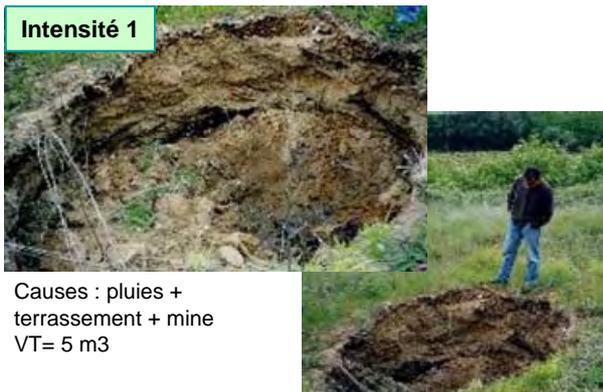


PLANCHE 4 - EFFONDREMENTS ET AFFAISSEMENTS

EFFONDREMENTS

Intensité 1



Causes : pluies + terrassement + mine
VT= 5 m3

Mars 2002, effondrement s'alignant avec d'autres fontis (présence probable de galerie) / Mine orpheline

c1-2 : Argiles à lignites, grès et calcaires (Ricafat, Pognadoresse, Gard)

Intensité 2



VT= 314 m3, D=10m et P=4m
Causes : pluies + cavités + fuite d'eau anthropique

12 avril 2002, déboufrage probable de karst. Effondrement D=1m le vendredi, ouverture D=4-5m le samedi / Effondrement le long d'un forage de "perte" établi pour reconstituer une ancienne perte naturelle du ruisseau condamnée. Réseau karstique

d : Calcaires et dolomies + alluvions (Sortie nord du village - RD54, Missègre, Aude)

Intensité 3



Causes : pluies + cavités
VT= 1178 m3, D=10m et P=15m

18 novembre 2003, effondrement du lit de la rivière "Bramont" dans un conduit karstique naturel

l2-3 : Calcaires, calcaires gréseux et marno-calcaires + alluvions (Saint-Etienne-du-Valdonnez, Lozère)

AFFAISSEMENTS



Causes : pluies + cavités naturelles
VT= 2 m3

Année 2000, série d'affaissements similaires sur la zone, dans un rayon de 100 m (3 repérés sur site) / Réseau karstique

n2-5C : Calcaires massifs + alluvions (Segalasses, Espezel, Aude)



Causes : pluies + cavités naturelles
VT= 314 m3, D=20m et P=1m

Perte du ruisseau associée. Affaissement actif = vaste doline / réseau karstique

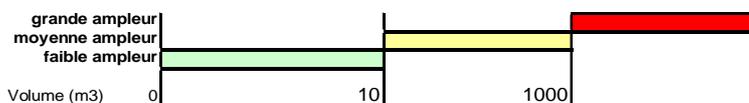
n2-5C : Calcaires massifs + alluvions (Segalasses, Espezel, Aude)



Cause : pluies + cavités
VT= 4909 m3, D=50m et P=2,5m

Années 2000, récurrent. Affaissement actif / Perte associée à l'effondrement. Réseau karstique

n5-6Mt : Marnes, grès et calcaires gréseux plus ou moins métamorphisés + alluvions (Centenière, Coudons, Aude)



Annexe 5

Tableau de la susceptibilité aux glissements de terrain par formation lithostratigraphique

CODE Harm	NOTATION Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recense ment_BdMvt	Nb_GI recensés	Densité_GL / 100km²	R *	XCE *	Forma tion_GI	Ip (Avis)	Avis %surface_GI	Occ Litho	Code_FORM	I1	I2	I3	I4	I5	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
1	Ma	Cordons littoraux sableux récents : sables, galets limons, sables vaseux locaux et aménagements anthropiques littoraux	170,1		0				Oui	I2	50	Moyenne	2	Moyenne	Moyenne				30	4
2	LM	Vases et limons des étangs salés et saumâtres littoraux	415,3		0				Oui	I1	100	Elevée	2	Elevée	Moyenne				20	2
3	LK	Limons lacustres et palustres	87,8	Oui	1	1			Oui	I1	100	Elevée	2	Elevée	Moyenne				20	2
4	C	Colluvions limoneuses : limons, sables et graviers	357,1	Oui	1	0			Oui	I2	100	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		25	6
5	E	Eboulis et cônes de déjection : blocs, graviers, sables et limons	83,1	Oui	3	2		2	Oui	I2	50	Moyenne	12	Moyenne	Moyenne	Faible			30	10
6	EGP	Dépôts glaciaires : moraines	293,8	Oui	4	1			Oui	I2	70	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		30	10
7	OE	Loess	36,3	Oui	5	14			Oui	I2	100	Elevée	23	Elevée	Elevée	Moyenne			20	2
8	R	Dépôts résiduels des plateaux calcaires : "Terra Rossa"	33,2		0				Oui	I2	100	Elevée	23	Elevée	Elevée	Moyenne			20	10
9	U	Tufs et travertins	11,6		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
10	FT	Alluvions tourbeuses	10,2		0				Oui	I1	100	Elevée	12	Elevée	Moyenne	Faible			20	2
11	Fz	Alluvions récentes : galets, cailloutis, sables et limons	1876,1	Oui	35	2		1	Oui	I1	100	Elevée	12	Elevée	Moyenne	Faible			30	2
12	Fx-y	Alluvions des basses terrasses : limons, sables, graviers et galets	854,8	Oui	6	1			Oui	I1	70	Elevée	12	Elevée	Moyenne	Faible			25	2
13	Fu-w	Alluvions des hautes terrasses : Cailloutis et limons	470,3	Oui	3	1			Oui	I1	60	Elevée	12	Elevée	Moyenne	Faible			25	2
14	FP	Formation fluviale des plateaux : argiles à graviers	2,7		0				Oui	I2	100	Elevée	23	Elevée	Elevée	Moyenne			20	10
15	pC	Dépôts continentaux fluviaux : marnes, grès et conglomérats	699,7	Oui	13	2			Oui	I3	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne	Moyenne			20	6
16	pCl	Calcaires littoraux et lacustres	37,4		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
17	pM	Argiles et sables marins et littoraux	153,8	Oui	19	12		4	Oui	I2	80	Elevée	23	Elevée	Elevée	Moyenne			20	4
18	mC	Molasse : limons, conglomérats et grès	57,7	Oui	1	2			Oui	I3	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne	Moyenne			30	6
19	mM	Marnes et molasses marno-sableuses marines	680,0	Oui	11	2			Oui	I3	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		25	4
20	m3-6	Dépôts continentaux : argiles, grès et conglomérats	27,0	Oui	1	4			Oui	I3	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne	Moyenne			30	6
21	m3-4	Marnes sableuses	5,1	Oui	4	79		1	Oui	I3	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		25	4
22	m1-2	Calcaires et grès molassiques	87,7		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
23	m1C	Calcaires et marnes blanchâtres	38,4		0				Oui	I3	33	Faible	11	Faible	Faible	Faible			40	12
24	g	Marnes, argiles, grès, poudingues et calcaires	407,1	Oui	7	2		1	Oui	I2	60	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		30	6
25	gCo	Conglomérats dominants, brèches, grès et marnes	154,4	Oui	1	1			Oui	I2	15	Faible	11	Faible	Faible	Faible			45	6
26	g1	Grès de Celas	96,8	Oui	5	5			Oui	I2	20	Faible	11	Faible	Faible	Faible			45	10
27	e7-g1G	Grès rouges à matrice argileuse	0,8		0				Oui	I2	35	Faible	11	Faible	Faible	Faible			45	10
28	e7-g1M	Marnes, molasses et calcaires	480,4	Oui	67	14	2	9	Oui	I2	75	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		30	4
29	e7-g1C	Calcaires et marnes localement gypsifères	73,3	Oui	4	5			Oui	I4	50	Moyenne	222	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	30	8
30	e7	Calcaires lacustres et marnes	52,7		0				Oui	I2	20	Faible	11	Faible	Faible	Faible			40	12
31	e6	Marnes, conglomérats et calcaires	97,5		0				Oui	I3	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne	Moyenne			30	6
32	e5C	Calcaires lacustres	148,5	Oui	2	1			Oui	I2	20	Faible	11	Faible	Faible	Faible			40	12

* R = nombre de glissements recensés dans les altérites. X, C, E = nombre de glissements recensés dans des remblais, des colluvions ou des éboulis

CODE Harm	NOTATION Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recense ment_BdMvt	Nb_GI recensés	Densité_GL / 100km²	R *	XCE *	Forma tion_GI	Ip (Avis)	Avis %surface_GI	Occ Litho	Code_FORM	I1	I2	I3	I4	I5	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
33	e4-6	Molasse de Carcassonne : conglomérats, marnes et sables gréseux	1395,4	Oui	43	3		3	Oui	I2	80	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		30	6
34	e4-5	Marnes infra-lutésiennes	36,5		0				Oui	I3	80	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		30	8
35	e4C	Calcaires lacustres de Ventenac	75,8	Oui	1	1			Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			40	12
36	e4CM	Calcaires à alvéolines et marnes	175,7	Oui	1	1			Oui	I3	20	Faible	111	Faible	Faible	Faible	Faible		40	12
37	e4M	Marnes et calcaires à gypse	11,3		0				Oui	I3	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible	30	12
38	e4Co	Conglomérats, grès et marno-calcaires	17,1		0				Oui	I2	15	Faible	1	Faible	Faible				40	6
39	e4Gr	Graviers d'Issel : graviers, sables et limons	14,3		0				Oui	I2	50	Moyenne	12	Moyenne	Moyenne	Faible			40	6
40	e4G	Grès, calcaires plus ou moins gréseux, marnes et conglomérats	23,3	Oui	7	30			Oui	I4	50	Moyenne	222	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	45	10
41	e4b	Formation d'Assignan : argiles, conglomérats et grès	60,1	Oui	2	3	1		Oui	I2	65	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		30	6
42	e4a	Argiles de St-Papoul	12,2		0				Oui	I2	80	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		25	8
43	e3-4M	Marnes bleues marines et intercalation calcaires	157,6	Oui	18	11		4	Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		30	8
44	e1-4	Sables, grès, poudingues, argiles et calcaires	14,8		0				Oui	I3	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne	Moyenne			30	6
45	e1-3C	Calcaires lacustres et marnes	118,6	Oui	5	4	1	2	Oui	I3	25	Faible	111	Faible	Faible	Faible	Faible		40	12
46	eBr	Brèches de Baixas	3,4		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
47	e1-2(1)	Brèches vitrolliennes	13,8	Oui	1	7			Oui	I2	10	Faible	111	Faible	Faible	Faible	faible		30	6
48	c6-e3	Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès	237,7	Oui	32	13		1	Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible	20	8
49	c5-6	Marnes, grès, calcaires et conglomérats	307,2	Oui	28	9	2		Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible	20	8
50	c5G	Grès de Labastide de Camps	18,9	Oui	2	11			Oui	I2	10	Faible	1	Faible	Faible				55	10
51	c3-4M	Marnes, calcaires et grès	40,2	Oui	17	42		1	Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		30	8
52	c3C	Calcaires	11,9		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
53	c1-4	Grès, sables et calcaires gréseux	205,4	Oui	5	2		1	Oui	I2	35	Faible	1	Faible	Faible				45	10
54	c1-2	Argiles à lignites, grès et calcaires	67,2		0				Oui	I3	70	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		30	8
55	c1-2C	Calcaires et marno-calcaires	5,4	Oui	1	19			Oui	I2	20	Faible	11	Faible	Faible	Faible			40	12
56	c1-2G	Grès dominants, marnes et calcaires plus ou moins gréseux	78,1	Oui	5	6		1	Oui	I2	25	Faible	111	Faible	Faible	Faible	Faible		45	10
57	c1C	Calcaires à Préalvéolines	3,4		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
58	n6GM	Grès et marnes glauconieux, calcaires	25,8	Oui	2	8		1	Oui	I3	33	Faible	111	Faible	Faible	Faible	Faible		45	14
59	n5-6	Sables, marnes, grès et calcaires	65,3	Oui	2	3			Oui	I1	50	Moyenne	11	Moyenne	Faible	Faible			40	8
60	n5-6Mt	Marnes, grès et calcaires gréseux plus ou moins métamorphisés	447,8	Oui	28	6	3	3	Oui	I2	60	Elevée	123	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible		45	10
61	n5M	Marnes et marno-calcaires	14,6		0				Oui	I1	50	Moyenne	1	Moyenne	Faible				35	12
62	n5MC	Marnes et calcaires	11,3		0				Oui	I2	50	Moyenne	12	Moyenne	Moyenne	Faible			40	12
63	n5G	Grès verts	4,7		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
64	n4-5U	Calcaires à faciès urgonien : calcaires massifs et marnes intercalées	707,8	Oui	2	0		1	Oui	I2	20	Faible	1	Faible	Faible				55	12
65	n4	Calcaires et calcaires argileux	177,9	Oui	1	1	1	1	Oui	I2	20	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	12
66	n3	Marno-calcaires	406,3	Oui	6	1			Oui	I2	50	Moyenne	12	Moyenne	Moyenne	Faible			40	12
67	n2-5C	Calcaires massifs	265,8		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
68	n2	Marnes et calcaires	436,5	Oui	1	0			Oui	I1	50	Moyenne	1	Moyenne	Faible				35	12

* R = nombre de glissements recensés dans les altérites. X, C, E = nombre de glissements recensés dans des remblais, des colluvions ou des éboulis

CODE Harm	NOTATION Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_GI recensés	Densité_GL / 100km²	R *	XCE *	Formation_GI	Ip (Avis)	Avis %surface_GI	Occ Litho	Code_FORM	I1	I2	I3	I4	I5	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
69	n1-6Mt	Calcaires et marnes plus ou moins métamorphisés	97,7	Oui	3	3	2	1	Oui	I2	20	Faible	1	Faible	Faible				55	10
70	n1-3C	Calcaires	7,7		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
71	n1-2	Calcaires et calcaires argileux	80,9		0				Oui	I2	20	Faible	1	Faible	Faible				55	12
72	j7-n1	Brèches	1,1		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
73	j5-7	Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux	1252,5	Oui	5	0	3	2	Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	12
74	j4-5	Marnes et calcaires marneux	278,1		0				Oui	I3	70	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		40	12
75	j3-7D	Dolomies	577,7		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
76	j1-7	Calcaires et dolomies	9,5		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
77	l4-j5	Calcaires et dolomies dominants et marnes	504,2	Oui	10	2		5	Oui	I2	33	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	12
78	l3-4	Marnes feuilletées	153,3	Oui	23	15	2	3	Oui	I4	100	Elevée	333	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	25	8
79	l2-3	Calcaires, calcaires gréseux et marno-calcaires	230,2	Oui	2	1		1	Oui	I2	25	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	12
80	l1-3	Calcaires, marnes et dolomies	70,7	Oui	1	1			Oui	I2	33	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	12
81	l1S	Sables dominants, grès, dolomies et calcaires	23,4	Oui	1	4			Oui	I3	33	Faible	111	Faible	Faible	Faible	Faible		45	14
82	l1	Dolomies, calcaires, calcaires dolomitiques, et marnes rares	439,8	Oui	10	2	2	5	Oui	I2	15	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	12
83	t7-l1	Dolomies, calcaires, grès et marnes	26,2		0				Oui	I2	15	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
84	t5-7G	Faciès gréseux dominants, sables et intercalations d'argilites et de calcaires	7,0		0				Oui	I1	50	Moyenne	11	Moyenne	Faible	Faible			55	14
85	t3-7b	Argiles versicolores, grès, conglomérats, calcaires et dolomies	31,9	Oui	4	13			Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible	25	8
86	t3-7a	Argiles versicolores, évaporites, grès et faciès carbonatés	330,1	Oui	63	19	1	1	Oui	I5	70	Elevée	333	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	25	8
87	t3	Dolomies et calcaires	2,8		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
88	t1-4	Grès, sables argileux et conglomérats	20,7	Oui	5	24			Oui	I1	50	Moyenne	11	Moyenne	Faible	Faible			55	14
89	r2-3	Pélites, argilites rouges et conglomérats	91,2	Oui	2	2			Oui	I3	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		25	10
90	r2	Grès, conglomérats et argilites rouges	10,8		0				Oui	I3	33	Faible	11	Faible	Faible	Faible			45	10
91	r1b	Grès, conglomérats, pélites noires et dolomies	0,7	Oui	1	148			Oui	I3	15	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	10
92	r1a	Grès, pélites et argilites	50,8	Oui	2	4			Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		40	10
93	h5	Houiller : schistes, grès, charbons, conglomérats et argiles	98,4	Oui	20	20	7	4	Oui	I3	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible		35	10
94	h1-3	Séries flyschoides schisto-gréseuses à conglomérats, calcaires et lydienes	351,3	Oui	10	3		2	Oui	I3	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible		35	10
95	d-h1	Calcaires à griottes, calco-pélites et dolomies	119,9	Oui	12	10	2	7	Oui	I3	25	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
96	d	Calcaires et dolomies	277,2	Oui	2	1	1		Oui	I3	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
97	s	Schistes noirs, pélites, calcaires et grès	68,9	Oui	2	3			Oui	I2	50	Moyenne	12	Moyenne	Moyenne	Faible			35	10
98	o5-6	Schistes, grès et conglomérats locaux	8,6		0				Oui	I3	60	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		35	10
99	k-o	Schistes : séries grésopélitiques	464,0	Oui	15	3	3	3	Oui	I3	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		35	10
100	k1-5	Dolomies, calcaires et rares schistes	180,7	Oui	7	4	2		Oui	I3	25	Faible	11	Faible	Faible	Faible			35	14

* R = nombre de glissements recensés dans les altérites. X, C, E = nombre de glissements recensés dans des remblais, des colluvions ou des éboulis

CODE Harm	NOTATION Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_GI recensés	Densité_GL / 100km²	R *	XCE *	Formation_GI	Ip (Avis)	Avis %surface_GI	Occ Litho	Code_FORM	I1	I2	I3	I4	I5	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
101	k1-3	Schistes : série grésopélitique de Marcory et schistes tuffacés locaux	214,0	Oui	6	3			Oui	I3	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne		35	10
102	â	Volcanisme plio-quadernaire : basaltes et tufs volcaniques associés	117,8		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
103	âm	Volcanisme oligo-miocène : basaltes et basanites	72,1		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
104	V(k-o)	Matériaux volcaniques cambro-ordovicien : basaltes, tufs volcaniques et porphyres andésitiques	18,1		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
105	ó(k-o)	Matériaux volcaniques cambro-ordovicien : rhyolites	1,1		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
106	2S	Schistes, quartzites, conglomérats et calcaires du groupe du "Roc Suzadou"	13,5		0				Oui	I3	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible		35	12
107	2oæ	Orthogneiss de Peyrolles	10,8	Oui	3	28			Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
108	KS	Cornéennes et schistes tachetés : métamorphisme de contact	106,7	Oui	7	7			Oui	I3	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible		35	12
109	2ñS	Schistes et micaschistes : série grésopélitique, intercalations de marbres et lentilles micro-conglomératiques	1089,2	Oui	35	3			Oui	I3	70	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible	35	10
110	1ñS	Schistes et micaschistes des Cévennes	1243,5	Oui	74	6	4	3	Oui	I3	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Faible	35	10
111	û	Quartzites	10,1		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
112	2C	Marbres	27,3		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
113	1oæí	Unité supérieure des gneiss : Orthogneiss, leptynites	117,4	Oui	1	1			Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
114	3C	Marbres	1,1		0				Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/
115	2oæí	Orthogneiss de la Cezarenque et leptynites	73,5	Oui	3	4			Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
116	2æ	Gneiss au sein des "Schistes des Cévennes"	9,0		0				Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
117	3æ	Gneiss et anatexites provenant des gneiss	477,9	Oui	12	3			Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
118	1oæ	Orthogneiss de la zone axiale de la Montagne Noire	278,7		0				Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
119	2æñ	Unité inférieure des gneiss : Schistes à minéraux, micaschistes, gneiss et quartzites	136,9	Oui	1	1			Oui	I3	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible		35	12
120	1æ	Groupe de La Salvetat : gneiss, schistes, grès, marbres et graphites	61,5		0				Oui	I2	25	Faible	11	Faible	Faible	Faible			35	12
121	1æñ	Groupe de St-Pons : Gneiss, micaschistes et marbres	56,7	Oui	1	2			Oui	I2	33	Faible	11	Faible	Faible	Faible			35	12
122	1S	Groupe de St-Pons Cabardès : schistes, grès, quartzites et marbres	299,1	Oui	22	7	5	2	Oui	I3	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible		35	12
123	M	Migmatites : orthogneiss, leptynites, micaschistes et quartzites	115,4		0				Oui	I2	15	Faible	11	Faible	Faible	Faible			35	12
124	3ã	Granites et granodiorites	3132,1	Oui	15	0	8		Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
125	3ë	Diorites	28,8		0				Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
126	2ë	Gabbros et diorites	2,8		0				Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
127	2ã	Granites paléozoïques	98,0		0				Oui	I2	10	Faible	11	Faible	Faible	Faible			55	14
999	hydro	Réseau hydrologique	349,8						Non	/	0	Nul à négligeable	0						/	/

* R = nombre de glissements recensés dans les altérites. X, C, E = nombre de glissements recensés dans des remblais, des colluvions ou des éboulis

Annexe 6

Tableau de la susceptibilité aux chutes de blocs et éboulements par formation lithostratigraphique

CODE Harm	NOTATION Harm	DESCRIPTION Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_CB recensés	Densité_CB / 100km²	Formation_CB	Ip (Avis)	Avis %surface_CB	Occ Litho	Code_Form	I1	I2	I3	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
1	Ma	Cordons littoraux sableux récents : sables, galets limons, sables vaseux locaux et aménagements anthropiques littoraux	170,1	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
2	LM	Vases et limons des étangs salés et saumâtres littoraux	415,3	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
3	LK	Limons lacustres et palustres	87,8	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
4	C	Colluvions limoneuses : limons, sables et graviers	357.067	Oui	1	0	Oui	I2	25	Faible	11	Faible	Faible		25	8
5	E	Eboulis et cônes de déjection : blocs, graviers, sables et limons	83.1045	Oui	1	1	Oui	I2	70	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	30	10
6	EGP	Dépôts glaciaires : moraines	293,8	Oui	6	2	Oui	I2	40	Faible	111	Faible	Faible	Faible	30	10
7	OE	Loess	36,3	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
8	R	Dépôts résiduels des plateaux calcaires : "Terra Rossa"	33,2	Non	0	0	Oui	I1	10	Faible	1	Faible			20	12
9	U	Tufs et travertins	11,6	Non	0	0	Oui	I1	80	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	14
10	FT	Alluvions tourbeuses	10,2	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
11	Fz	Alluvions récentes : galets, cailloutis, sables et limons	1876,1	Non	1	0		/	0	Nul à négligeable	0				/	/
12	Fx-y	Alluvions des basses terrasses : limons, sables, graviers et galets	854,8	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
13	Fu-w	Alluvions des hautes terrasses : Cailloutis et limons	470,3	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
14	FP	Formation fluviatile des plateaux : argiles à graviers	2,7	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
15	pC	Dépôts continentaux fluviatiles : marnes, grès et conglomérats	699,7	Oui	6	1	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		20	8
16	pCl	Calcaires littoraux et lacustres	37,4	Oui	2	5	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	14
17	pM	Argiles et sables marins et littoraux	153,8	Oui	3	2	Oui	I1	20	Faible	11	Faible	Faible		20	8
18	mC	Molasse : limons, conglomérats et grès	57,7	Oui	1	2	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		30	8
19	mM	Marnes et molasses marno-sableuses marines	680,0	Oui	1	0	Oui	I1	20	Faible	11	Faible	Faible		25	8
20	m3-6	Dépôts continentaux : argiles, grès et conglomérats	27,0	Oui	1	4	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		30	8
21	m3-4	Marnes sableuses	5,1	Oui	1	20	Oui	I1	25	Faible	111	Faible	Faible	Faible	25	8
22	m1-2	Calcaires et grès molassiques	87,7	Non	0	0	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	8
23	m1C	Calcaires et marnes blanchâtres	38,4	Oui	7	18	Oui	I1	60	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	40	8
24	g	Marnes, argiles, grès, poudingues et calcaires	407,1	Oui	3	1	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
25	gCo	Conglomérats dominants, brèches, grès et marnes	154,4	Non	0	0	Oui	I1	65	Elevée	23	Elevée	Moyenne		45	8
26	g1	Grès de Celas	96,8	Non	0	0	Oui	I1	80	Elevée	23	Elevée	Moyenne		45	8
27	e7-g1G	Grès rouges à matrice argileuse	0,8	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		45	8
28	e7-g1M	Marnes, molasses et calcaires	480,4	Oui	1	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
29	e7-g1C	Calcaires et marnes localement gypsifères	73,3	Non	0	0	Oui	I1	60	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	30	8
30	e7	Calcaires lacustres et marnes	52,7	Non	0	0	Oui	I1	80	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	8
31	e6	Marnes, conglomérats et calcaires	97,5	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
32	e5C	Calcaires lacustres	148,5	Non	0	0	Oui	I1	80	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	14
33	e4-6	Molasse de Carcassonne : conglomérats, marnes et sables gréseux	1395,4	Oui	34	2	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		30	8
34	e4-5	Marnes infra-lutétiennes	36,5	Non	0	0	Oui	I2	33	Faible	11	Faible	Faible		30	8
35	e4C	Calcaires lacustres de Ventenac	75,8	Non	0	0	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	14
36	e4CM	Calcaires à alvéolines et marnes	175,7	Oui	2	1	Oui	I1	80	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	40	14
37	e4M	Marnes et calcaires à gypse	11,3	Non	0	0	Oui	I2	25	Faible	11	Faible	Faible		30	8
38	e4Co	Conglomérats, grès et marno-calcaires	17,1	Non	0	0	Oui	I1	85	Elevée	23	Elevée	Moyenne		40	8
39	e4Gr	Graviers d'Issel : graviers, sables et limons	14,3	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/
40	e4G	Grès, calcaires plus ou moins gréseux, marnes et conglomérats	23,3	Non	0	0	Oui	I1	85	Elevée	23	Elevée	Moyenne		45	8
41	e4b	Formation d'Assignan : argiles, conglomérats et grès	60,1	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
42	e4a	Argiles de St-Papoul	12,2	Non	0	0	Oui	I2	20	Faible	11	Faible	Faible		25	8
43	e3-4M	Marnes bleues marines et intercalation calcaires	157,6	Oui	7	4	Oui	I1	60	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	30	8

CODE Harm	NOTATION Harm	DESCRIPTION Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_CB recensés	Densité_CB / 100km²	Formation_CB	Ip (Avis)	Avis %surface_CB	Occ Litho	Code_Form	I1	I2	I3	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
44	e1-4	Sables, grès, poudingues, argiles et calcaires	14,8	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
45	e1-3C	Calcaires lacustres et marnes	118,6	Oui	2	2	Oui	I1	75	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	40	8
46	eBr	Brèches de Baixas	3,4	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
47	e1-2(1)	Brèches vitrolliennes	13,8	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	8
48	c6-e3	Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès	237,7	Oui	34	14	Oui	I1	60	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	20	8
49	c5-6	Marnes, grès, calcaires et conglomérats	307,2	Oui	9	3	Oui	I1	60	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	20	8
50	c5G	Grès de Labastide de Camps	18,9	Oui	1	5	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	12
51	c3-4M	Marnes, calcaires et grès	40,2	Oui	10	25	Oui	I1	60	Elevée	23	Elevée	Moyenne		30	12
52	c3C	Calcaires	11,9	Non	0	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
53	c1-4	Grès, sables et calcaires gréseux	205,4	Oui	4	2	Oui	I1	65	Elevée	23	Elevée	Moyenne		45	12
54	c1-2	Argiles à lignites, grès et calcaires	67,2	Oui	2	3	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	12
55	c1-2C	Calcaires et marno-calcaires	5,4	Non	0	0	Oui	I2	80	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	40	16
56	c1-2G	Grès dominants, marnes et calcaires plus ou moins gréseux	78,1	Oui	19	24	Oui	I1	75	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	45	12
57	c1C	Calcaires à Préalvéolines	3,4	Oui	3	87	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
58	n6GM	Grès et marnes glauconieux, calcaires	25,8	Oui	7	27	Oui	I1	66	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	45	12
59	n5-6	Sables, marnes, grès et calcaires	65,3	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		40	12
60	n5-6Mt	Marnes, grès et calcaires gréseux plus ou moins métamorphisés	447,8	Oui	56	13	Oui	I1	80	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	45	18
61	n5M	Marnes et marno-calcaires	14,6	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		35	12
62	n5MC	Marnes et calcaires	11,3	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		40	12
63	n5G	Grès verts	4,7	Non	0	0	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		45	12
64	n4-5U	Calcaires à faciès urgonien : calcaires massifs et marnes intercalées	707,8	Oui	56	8	Oui	I2	80	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
65	n4	Calcaires et calcaires argileux	177,9	Oui	2	1	Oui	I1	80	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	55	16
66	n3	Marno-calcaires	406,3	Oui	7	2	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		40	12
67	n2-5C	Calcaires massifs	265,8	Oui	27	10	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
68	n2	Marnes et calcaires	436,5	Oui	2	0	Oui	I2	50	Moyenne	22	Moyenne	Moyenne		35	12
69	n1-6Mt	Calcaires et marnes plus ou moins métamorphisés	97,7	Oui	23	24	Oui	I1	80	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	55	18
70	n1-3C	Calcaires	7,7	Non	0	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
71	n1-2	Calcaires et calcaires argileux	80,9	Non	0	0	Oui	I1	80	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	55	16
72	j7-n1	Brèches	1,1	Non	0	0	Oui	I1	50	Moyenne	12	Moyenne	Faible		30	12
73	j5-7	Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux	1252,5	Oui	209	17	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
74	j4-5	Marnes et calcaires marneux	278,1	Oui	81	29	Oui	I1	70	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	40	12
75	j3-7D	Dolomies	577,7	Oui	42	7	Oui	I2	100	Elevée	333	Elevée	Elevée	Elevée	55	16
76	j1-7	Calcaires et dolomies	9,5	Oui	16	168	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
77	l4-j5	Calcaires et dolomies dominants et marnes	504,2	Oui	102	20	Oui	I2	66	Elevée	333	Elevée	Elevée	Elevée	55	16
78	l3-4	Marnes feuilletées	153,3	Oui	2	1	Oui	I2	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Faible	25	12
79	l2-3	Calcaires, calcaires gréseux et marno-calcaires	230,2	Oui	5	2	Oui	I2	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
80	l1-3	Calcaires, marnes et dolomies	70,7	Oui	13	18	Oui	I2	66	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
81	l1S	Sables dominants, grès, dolomies et calcaires	23,4	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Faible	45	14
82	l1	Dolomies, calcaires, calcaires dolomitiques, et marnes rares	439,8	Oui	22	5	Oui	I2	85	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
83	t7-11	Dolomies, calcaires, grès et marnes	26,2	Oui	3	11	Oui	I2	85	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
84	t5-7G	Faciès gréseux dominants, sables et intercalations d'argilites et de calcaires	7,0	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Faible	55	14
85	t3-7b	Argiles versicolores, grès, conglomérats, calcaires et dolomies	31,9	Oui	10	31	Oui	I1	60	Elevée	123	Elevée	Moyenne	Faible	25	10
86	t3-7a	Argiles versicolores, évaporites, grès et faciès carbonatés	330,1	Oui	19	6	Oui	I1	50	Moyenne	112	Moyenne	Faible	Faible	25	10
87	t3	Dolomies et calcaires	2,8	Oui	1	35	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
88	t1-4	Grès, sables argileux et conglomérats	20,7	Oui	1	5	Oui	I2	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Faible	55	14
89	r2-3	Pélites, argilites rouges et conglomérats	91,2	Oui	1	1	Oui	I1	50	Moyenne	112	Moyenne	Faible	Faible	25	14
90	r2	Grès, conglomérats et argilites rouges	10,8	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Faible	45	14
91	r1b	Grès, conglomérats, pélites noires et dolomies	0,7	Non	0	0	Oui	I2	50	Moyenne	122	Moyenne	Moyenne	Faible	55	14
92	r1a	Grès, pélites et argilites	50,8	Oui	1	2	Oui	I1	50	Moyenne	112	Moyenne	Faible	Faible	40	14
93	h5	Houiller : schistes, grès, charbons, conglomérats et argiles	98,4	Oui	5	5	Oui	I1	85	Elevée	23	Elevée	Moyenne		35	16

CODE_Harm	NOTATION_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie	Recensement_BdMvt	Nb_CB recensés	Densité_CB / 100km²	Formation_CB	Ip (Avis)	Avis %surface_CB	Occ Litho	Code_Form	I1	I2	I3	Seuil pente naturelle	Seuil pente MNT
94	h1-3	Séries flyschoides schisto-gréseuses à conglomérats, calcaires et lydiennes	351,3	Oui	17	5	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		35	16
95	d-h1	Calcaires à griottes, calco-pélites et dolomies	119,9	Oui	51	43	Oui	I2	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
96	d	Calcaires et dolomies	277,2	Oui	25	9	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
97	s	Schistes noirs, pélites, calcaires et grès	68,9	Oui	2	3	Oui	I2	80	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	16
98	o5-6	Schistes, grès et conglomérats locaux	8,6	Oui	3	35	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	moyenne	35	16
99	k-o	Schistes : séries grésopélitiques	464,0	Oui	5	1	Oui	I2	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	16
100	k1-5	Dolomies, calcaires et rares schistes	180,7	Oui	5	3	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
101	k1-3	Schistes : série grésopélitique de Marcory et schistes tuffacés locaux	214,0	Oui	15	7	Oui	I2	75	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	16
102	â	Volcanisme plio-quatenaire : basaltes et tufs volcaniques associés	117,8	Oui	1	1	Oui	I1	80	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
103	âm	Volcanisme oligo-miocène : basaltes et basanites	72,1	Non	0	0	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
104	V(k-o)	Matériaux volcaniques cambro-ordovicien : basaltes, tufs volcaniques et porphyres andésitiques	18,1	Non	0	0	Oui	I1	66	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
105	ó(k-o)	Matériaux volcaniques cambro-ordovicien : rhyolites	1,1	Non	0	0	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
106	2S	Schistes, quartzites, conglomérats et calcaires du groupe du "Roc Suzadou"	13,5	Oui	2	15	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
107	2oæ	Orthogneiss de Peyrolles	10,8	Oui	3	28	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
108	KS	Cornéennes et schistes tachetés : métamorphisme de contact	106,7	Oui	9	8	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
109	2ñS	Schistes et micaschistes : série grésopélitique, intercalations de marbres et lentilles micro-conglomératiques	1089,2	Oui	55	5	Oui	I3	80	Elevée	333	Elevée	Elevée	Elevée	35	16
110	1ñS	Schistes et micaschistes des Cévennes	1243,5	Oui	67	5	Oui	I3	100	Elevée	333	Elevée	Elevée	Elevée	35	16
111	û	Quartzites	10,1	Oui	1	10	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
112	2C	Marbres	27,3	Oui	1	4	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
113	1oæí	Unité supérieure des gneiss : Orthogneiss, leptynites	117,4	Oui	1	1	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
114	3C	Marbres	1,1	Non	0	0	Oui	I1	100	Elevée	23	Elevée	Moyenne		55	18
115	2oæí	Orthogneiss de la Cezarenque et leptynites	73,5	Oui	6	8	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
116	2æ	Gneiss au sein des "Schistes des Cévennes"	9,0	Non	0	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
117	3æ	Gneiss et anatexites provenant des gneiss	477,9	Oui	11	2	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
118	1oæ	Orthogneiss de la zone axiale de la Montagne Noire	278,7	Oui	1	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	18
119	2æñ	Unité inférieure des gneiss : Schistes à minéraux, micaschistes, gneiss et quartzites	136,9	Oui	3	2	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
120	1æ	Groupe de La Salvetat : gneiss, schistes, grès, marbres et graphites	61,5	Non	0	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
121	1æñ	Groupe de St-Pons : Gneiss, micaschistes et marbres	56,7	Oui	2	4	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
122	1S	Groupe de St-Pons Cabardès : schistes, grès, quartzites et marbres	299,1	Oui	12	4	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
123	M	Migmatites : orthogneiss, leptynites, micaschistes et quartzites	115,4	Oui	4	3	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	35	18
124	3ã	Granites et granodiorites	3132,1	Oui	156	5	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
125	3ê	Diorites	28,8	Oui	9	31	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
126	2ê	Gabbros et diorites	2,8	Non	0	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
127	2ã	Granites paléozoïques	98,0	Non	0	0	Oui	I2	100	Elevée	233	Elevée	Elevée	Moyenne	55	16
999	hydro	Réseau hydrologique	349,8	Non	0			/	0	Nul à négligeable	0				/	/

Annexe 7

Tableau de la susceptibilité aux affaissements / effondrements par formation lithostratigraphique

CODE_Harm	NOTATIO_N_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie_Form (km²)	Form_cavité	Form_Tampon	Form_Karst	Form_Evaporite	Form_CavAnt	Nb_Indic_Cav	Nb_cav_Nat	Densité_cavNat /100km²	Nb_cav_Ant	Densité_cavAnt /100km²	Nb_Aff_Inv_Mvt	Nb_Aff_Inv_Cav	Nb_Aff_Tot	Nb_Eff_Inv_Mvt	Nb_Eff_Inv_Cav	Nb_Eff_Tot	Avis_Litho_tenuue	IGt	IGv	Classe_Susc.
1	Ma	Cordons littoraux sableux récents : sables, galets limons, sables vaseux locaux et aménagements anthropiques littoraux	170	0	1	0	0	0		1	0.6	0	0.0			0			0	100	3	0	/
2	LM	Vases et limons des étangs salés et saumâtres littoraux	415	0	1	0	0	0	2	8	1.9	1	0.2			0			0	100	3	0	/
3	LK	Limons lacustres et palustres	88	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	100	3	0	/
4	C	Colluvions limoneuses : limons, sables et graviers	264	0	1	0	0	0	37	21	8.0	6	2.3	1		1	4		4	100	4	0	/
5	E	Eboulis et cônes de déjection : blocs, graviers, sables et limons	176	0	1	0	0	0	21	11	6.2	0	0.0		1	1			0	100	4	0	/
6	EGP	Dépôts glaciaires : moraines	294	0	1	0	0	0	8	3	1.0	2	0.7		8	8			0	100	3	0	/
7	OE	Loess	36	0	1	0	0	0	2	2	5.5	1	2.8			0			0	100	3	0	/
8	R	Dépôts résiduels des plateaux calcaires : "Terra Rossa"	33	0	1	0	0	0		12	36.2	0	0.0		28	28			0	100	4	0	/
9	U	Tufs et travertins	12	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	0	1	0	/
10	FT	Alluvions tourbeuses	10	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	100	3	0	/
11	Fz	Alluvions récentes : galets, cailloutis, sables et limons	1876	0	1	0	0	0	40	90	4.8	10	0.5			0	6	4	10	100	4	0	/
12	Fx-y	Alluvions des basses terrasses : limons, sables, graviers et galets	855	0	1	0	0	0	5	16	1.9	2	0.2			0			0	100	4	0	/
13	Fu-w	Alluvions des hautes terrasses : Cailloutis et limons	470	0	1	0	0	0	6	2	0.4	2	0.4	7		7	4		4	100	3	0	/
14	FP	Formation fluviatile des plateaux : argiles à graviers	3	0	1	0	0	0		1		0	0.0		1	1			0	100	4	0	/
15	pC	Dépôts continentaux fluviatiles : marnes, grès et conglomérats	700	0	1	0	0	0	4	6	0.9	1	0.1			0	1	1	2	50	2	0	/
16	pCl	Calcaires littoraux et lacustres	37	0	1	0	0	0		2	5.4	0	0.0			0			0	0	1	0	/
17	pM	Argiles et sables marins et littoraux	154	0	1	0	0	0	1		0.0	0	0.0			0	5		5	65	2	0	/
18	mC	Molasse : limons, conglomérats et grès	58	0	1	0	0	0	4		0.0	0	0.0			0			0	45	2	0	/
19	mM	Marnes et molasses marno-sableuses marines	680	0	1	0	0	0		20	2.9	1	0.1			0	4		4	65	2	0	/
20	m3-6	Dépôts continentaux : argiles, grès et conglomérats	27	0	1	0	0	0	1		0.0	0	0.0			0			0	50	2	0	/
21	m3-4	Marnes sableuses	5	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	65	2	0	/
22	m1-2	Calcaires et grès molassiques	88	0	1	0	0	1	4	2	2.3	15	17.1			0			0	0	1	0	/
23	m1C	Calcaires et marnes blanchâtres	38	0	1	0	0	0		1	2.6	1	2.6			0			0	33	1	0	/
24	g	Marnes, argiles, grès, poudingues et calcaires	407	0	1	0	0	1	1	20	4.9	18	4.4	1		1	3		3	50	2	0	/
25	gCo	Conglomérats dominants, brèches, grès et marnes	154	0	1	0	0	0	7	7	4.5	0	0.0			0			0	15	1	0	/
26	g1	Grès de Celas	97	0	1	0	0	0	2	1	1.0	0	0.0			0			0	0	1	0	/
27	e7-g1G	Grès rouges à matrice argileuse	1	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/

CODE_Harm	NOTATIO_N_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie_Form (km²)	Form_cavité	Form_Tampon	Form_Karst	Form_Evaporite	Form_CavAnt	Nb_Indic_Cav	Nb_cav_Nat	Densité_cavNat /100km²	Nb_cav_Ant	Densité_cavAnt /100km²	Nb_Aff_Inv_Mvt	Nb_Aff_Inv_Cav	Nb_Aff_Tot	Nb_Eff_Inv_Mvt	Nb_Eff_Inv_Cav	Nb_Eff_Tot	Avis_Litho_tenuue	IGt	IGv	Classe_Susc.
28	e7-g1M	Marnes, molasses et calcaires	480	0	1	0	0	0				5	1.0			0			0	63	2	0	/
29	e7-g1C	Calcaires et marnes localement gypsifères	73	1	0	0	1	0	7	1	1.4	3	4.1		3	3	7		7	75	3	2	Elevé
30	e7	Calcaires lacustres et marnes	53	0	1	0	0	0		2	3.8	3	5.7			0			0	20	1	0	/
31	e6	Marnes, conglomérats et calcaires	98	0	1	0	0	0	1	9	9.2	0	0.0			0			0	50	2	0	/
32	e5C	Calcaires lacustres	149	1	0	1	0	0		52	35.0	0	0.0			0			0	20	1	1	Faible
33	e4-6	Molasse de Carcassonne : conglomérats, marnes et sables gréseux	1395	0	1	0	0	0	2	29	2.1	2	0.1		2	2	1		1	55	2	0	/
34	e4-5	Marnes infra-lutésiennes	37	0	1	0	0	0		22	60.2	0	0.0			0			0	50	2	0	/
35	e4C	Calcaires lacustres de Ventenac	76	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
36	e4CM	Calcaires à alvéolines et marnes	176	0	1	0	0	0		13	7.4	0	0.0			0			0	20	1	0	/
37	e4M	Marnes et calcaires à gypse	11	1	0	0	1	0				1	8.9			0			0	100	3	2	Elevé
38	e4Co	Conglomérats, grès et marno-calcaires	17	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	0	1	0	/
39	e4Gr	Graviers d'Issel : graviers, sables et limons	14	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	65	2	0	/
40	e4G	Grès, calcaires plus ou moins gréseux, marnes et conglomérats	23	0	1	0	0	0		2	8.6	0	0.0			0			0	15	1	0	/
41	e4b	Formation d'Assignan : argiles, conglomérats et grès	60	0	1	0	0	0		2	3.3	1	1.7			0			0	65	2	0	/
42	e4a	Argiles de St-Papoul	12	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	65	2	0	/
43	e3-4M	Marnes bleues marines et intercalation calcaires	158	0	1	0	0	0		5	3.2	1	0.6			0			0	50	2	0	/
44	e1-4	Sables, grès, poudingues, argiles et calcaires	15	0	1	0	0	1	3	1	6.8	6	40.6			0			0	65	2	0	/
45	e1-3C	Calcaires lacustres et marnes	119	1	0	1	0	0	1	21	17.7	0	0.0	1		1			0	25	1	1	Faible
46	eBr	Brèches de Baixas	3	0	1	0	0	0		3	88.6	0	0.0			0			0	0	1	0	/
47	e1-2(1)	Brèches vitrolliennes	14	0	1	0	0	0		2	14.5	0	0.0			0			0	0	1	0	/
48	c6-e3	Argiles et marno-calcaires rouges, conglomérats et grès	238	0	1	0	0	0	3	33	13.9	8	3.4			0	1		1	50	2	0	/
49	c5-6	Marnes, grès, calcaires et conglomérats	307	0	1	0	0	0		28	9.1	1	0.3			0	1		1	50	2	0	/
50	c5G	Grès de Labastide de Camps	19	0	0	0	0	0	1	1	5.3	0	0.0			0			0	0	0	0	/
51	c3-4M	Marnes, calcaires et grès	40	0	1	0	0	0	4	5	12.4	0	0.0			0			0	50	2	0	/
52	c3C	Calcaires	12	1	0	1	0	0	1	6	50.2	0	0.0			0			0	0	1	1	Faible
53	c1-4	Grès, sables et calcaires gréseux	205	0	1	0	0	1	14	4	1.9	41	20.0	2		2	3		3	33	1	0	/
54	c1-2	Argiles à lignites, grès et calcaires	67	0	1	0	0	1	11		0.0	38	56.6	2		2	21		21	65	2	0	/

CODE Harm	NOTATIO N_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie_Form (km²)	Form_cavité	Form_Tampon	Form_Karst	Form_Evaporite	Form_CavAnt	Nb_Indic_Cav	Nb_cav_Nat	Densité_cavNat /100km²	Nb_cav_Ant	Densité_cavAnt /100km²	Nb_Aff_Inv_Mvt	Nb_Aff_Inv_Cav	Nb_Aff_Tot	Nb_Eff_Inv_Mvt	Nb_Eff_Inv_Cav	Nb_Eff_Tot	Avis_Litho_tenuue	IGt	IGv	Classe Susc.
55	c1-2C	Calcaires et marno-calcaires	5	1	0	1	0	0		7	130.4	0	0.0			0	2		2	20	1	1	Faible
56	c1-2G	Grès dominants, marnes et calcaires plus ou moins gréseux	78	1	0	1	0	0	2	44	56.3	2	2.6		1	1			0	25	1	1	Faible
57	c1C	Calcaires à Préalvéolines	3	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
58	n6GM	Grès et marnes glauconieux, calcaires	26	0	1	0	0	0		2	7.7	0	0.0			0			0	33	1	0	/
59	n5-6	Sables, marnes, grès et calcaires	65	0	1	0	0	1	19	1	1.5	46	70.4			0	8		8	65	2	0	/
60	n5-6Mt	Marnes, grès et calcaires gréseux plus ou moins métamorphisés	448	1	0	1	0	0	45	137	30.6	6	1.3	1	5	6			0	33	2	1	Faible
61	n5M	Marnes et marno-calcaires	15	0	1	0	0	1	1		0.0	3	20.6			0			0	33	1	0	/
62	n5MC	Marnes et calcaires	11	0	1	0	0	0		11	97.5	0	0.0			0			0	33	1	0	/
63	n5G	Grès verts	5	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
64	n4-5U	Calcaires à faciès urgonien : calcaires massifs et marnes intercalées	708	1	0	1	0	0	46	382	54.0	19	2.7	1	113	114	3	1	4	0	1	3	Moyen
65	n4	Calcaires et calcaires argileux	178	1	0	1	0	0	20	23	12.9	0	0.0		10	10			0	20	1	1	Faible
66	n3	Marno-calcaires	406	1	0	1	0	0	44	48	11.8	1	0.2			0			0	33	2	1	Faible
67	n2-5C	Calcaires massifs	266	1	0	1	0	0	11	417	156.9	4	1.5		14	14			0	0	1	3	Moyen
68	n2	Marnes et calcaires	436	1	0	1	0	0	12	105	24.1	0	0.0	1		1			0	33	2	1	Faible
69	n1-6Mt	Calcaires et marnes plus ou moins métamorphisés	98	1	0	1	0	0	5	49	50.2	2	2.0		1	1		2	2	20	1	1	Faible
70	n1-3C	Calcaires	8	1	0	1	0	0	2	49	637.3	0	0.0			0			0	0	1	2	Faible
71	n1-2	Calcaires et calcaires argileux	81	1	0	1	0	0	4	82	101.4	0	0.0		3	3			0	20	1	2	Faible
72	j7-n1	Brèches	1	0	1	0	0	0		4	362.9	0	0.0			0			0	0	1	0	/
73	j5-7	Calcaires dominants, dolomies et calcaires marneux	1252	1	0	1	0	0	40	1986	158.6	0	0.0		1320	1320			0	0	1	3	Moyen
74	j4-5	Marnes et calcaires marneux	278	0	1	0	0	0	20	436	156.8	1	0.4		83	83			0	65	2	0	/
75	j3-7D	Dolomies	578	1	0	1	0	0	32	421	72.9	0	0.0		675	675		1	1	0	1	3	Moyen
76	j1-7	Calcaires et dolomies	10	1	0	1	0	0		1		0	0.0			0			0	10	1	3	Moyen
77	l4-j5	Calcaires et dolomies dominants et marnes	504	1	0	1	0	0	73	498	98.8	2	0.4		482	482			0	33	2	2	Moyen
78	l3-4	Marnes feuilletées	153	0	1	0	0	0	16	52	33.9	1	0.7		1	1	1		1	65	2	0	/
79	l2-3	Calcaires, calcaires gréseux et marno-calcaires	230	1	0	1	0	0	17	99	43.0	3	1.3		28	28	1		1	25	1	2	Faible
80	l1-3	Calcaires, marnes et dolomies	71	1	0	1	0	0	40	23	32.6	7	9.9		1	1			0	33	2	2	Moyen
81	l1S	Sables dominants, grès, dolomies et calcaires	23	0	1	0	0	0	1	1	4.3	0	0.0			0			0	33	1	0	/

CODE_Harm	NOTATIO_N_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie_Form (km²)	Form_cavité	Form_Tampon	Form_Karst	Form_Evaporite	Form_CavAnt	Nb_Indic_Cav	Nb_cav_Nat	Densité_cavNat /100km²	Nb_cav_Ant	Densité_cavAnt /100km²	Nb_Aff_Inv_Mvt	Nb_Aff_Inv_Cav	Nb_Aff_Tot	Nb_Eff_Inv_Mvt	Nb_Eff_Inv_Cav	Nb_Eff_Tot	Avis_Litho_tenuue	IGt	IGv	Classe_Susc.
82	l1	Dolomies, calcaires, calcaires dolomitiques, et marnes rares	440	1	0	1	0	1	44	207	47.1	16	3.6	2	3	5	9		9	15	1	2	Faible
83	t7-11	Dolomies, calcaires, grès et marnes	26	1	0	1	0	1	18	9	34.4	10	38.2		1	1		1	1	15	1	2	Faible
84	t5-7G	Faciès gréseux dominants, sables et intercalations d'argilites et de calcaires	7	0	1	0	0	0				0	0.0			0			0	33	1	0	/
85	t3-7b	Argiles versicolores, grès, conglomérats, calcaires et dolomies	32	0	1	0	0	0				1	3.1			0			0	50	2	0	/
86	t3-7a	Argiles versicolores, évaporites, grès et faciès carbonatés	330	1	0	0	1	1	11	105	31.8	11	3.3	3		3	6	1	7	90	3	2	Elevé
87	t3	Dolomies et calcaires	3	1	0	1	0	1	1	1	35.2	1	35.2			0			0	0	1	1	Faible
88	t1-4	Grès, sables argileux et conglomérats	21	0	0	0	0	0				1	4.8			0			0	0	0	0	/
89	r2-3	Pélites, argilites rouges et conglomérats	91	0	0	0	0	0		8	8.8	0	0.0			0			0	0	0	0	/
90	r2	Grès, conglomérats et argilites rouges	11	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
91	r1b	Grès, conglomérats, pélites noires et dolomies	1	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
92	r1a	Grès, pélites et argilites	51	0	0	0	0	0		8	15.8	0	0.0			0			0	0	0	0	/
93	h5	Houiller : schistes, grès, charbons, conglomérats et argiles	98	0	1	0	0	1		10	10.2	0	0.0	5		5	3		3	35	2	0	/
94	h1-3	Séries flyschoides schisto-gréseuses à conglomérats, calcaires et lydiennes	351	0	1	0	0	0		35	10.0	7	2.0			0			0	25	1	0	/
95	d-h1	Calcaires à griottes, calco-pélites et dolomies	120	1	0	1	0	0	12	67	55.9	1	0.8			0			0	0	1	2	Faible
96	d	Calcaires et dolomies	277	1	0	1	0	0	6	292	105.3	6	2.2			0	10	1	11	0	1	3	Moyen
97	s	Schistes noirs, pélites, calcaires et grès	69	0	0	0	0	0	10	12	17.4	0	0.0			0			0	0	0	0	/
98	o5-6	Schistes, grès et conglomérats locaux	9	0	0	0	0	0	2		0.0	0	0.0			0			0	0	0	0	/
99	k-o	Schistes : séries grésopélitiques	464	0	0	0	0	0		39	8.4	6	1.3			0			0	0	0	0	/
100	k1-5	Dolomies, calcaires et rares schistes	181	1	0	1	0	0	10	159	88.0	10	5.5			0	2		2	12	1	2	Faible
101	k1-3	Schistes : série grésopélitique de Marcory et schistes tuffacés locaux	214	0	1	0	0	0	14	71	33.2	0	0.0			0			0	25	1	0	/
102	â	Volcanisme plio-quaternaire : basaltes et tufs volcaniques associés	118	0	0	0	0	0		16	13.6	0	0.0			0	1		1	0	0	0	/
103	âm	Volcanisme oligo-miocène : basaltes et basanites	72	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
104	V(k-o)	Matériaux volcaniques cambro-ordovicien : basaltes, tufs volcaniques et porphyres andésitiques	18	0	0	0	0	0		3	16.6	3	16.6			0			0	0	0	0	/
105	ó(k-o)	Matériaux volcaniques cambro-ordovicien : rhyolites	1	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
106	2S	Schistes, quartzites, conglomérats et calcaires du groupe du "Roc Suzadou"	14	0	1	0	0	0		1	7.4	0	0.0			0			0	25	1	0	/
107	2oæ	Orthogneiss de Peyrolles	11	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
108	KS	Cornéennes et schistes tachetés : métamorphisme de contact	107	0	0	0	0	0	1	1	0.9	0	0.0			0			0	0	0	0	/

CODE_Harm	NOTATIO_N_Harm	DESCRIPTION_Harm	Superficie_Form (km²)	Form_cavité	Form_Tampon	Form_Karst	Form_Evaporite	Form_CavAnt	Nb_Indic_Cav	Nb_cav_Nat	Densité_cavNat /100km²	Nb_cav_Ant	Densité_cavAnt /100km²	Nb_Aff_Inv_Mvt	Nb_Aff_Inv_Cav	Nb_Aff_Tot	Nb_Eff_Inv_Mvt	Nb_Eff_Inv_Cav	Nb_Eff_Tot	Avis_Litho_tenue	IGt	IGv	Classe_Susc.
109	2ñS	Schistes et micaschistes : série grésopélitique, intercalations de marbres et lentilles micro-conglomératiques	1089	0	1	0	0	1	76	33	3.0	20	1.8		10	10	1		1	25	1	0	/
110	1ñS	Schistes et micaschistes des Cévennes	1244	0	1	0	0	1	25	9	0.7	17	1.4			0	1	1	2	30	1	0	/
111	û	Quartzites	10	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
112	2C	Marbres	27	1	0	1	0	0	5	16	58.7	3	11.0			0			0	0	1	1	Faible
113	1oæí	Unité supérieure des gneiss : Orthogneiss, leptynites	117	0	0	0	0	1	2		0.0	19	16.2			0			0	0	0	0	/
114	3C	Marbres	1	1	0	1	0	0				0	0.0			0			0	0	1	1	Faible
115	2oæí	Orthogneiss de la Cezarenque et leptynites	74	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
116	2æ	Gneiss au sein des "Schistes des Cévennes"	9	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
117	3æ	Gneiss et anatexites provenant des gneiss	478	0	0	0	0	0	29	7	1.5	2	0.4		2	2			0	0	0	0	/
118	1oæ	Orthogneiss de la zone axiale de la Montagne Noire	279	0	0	0	0	0		3	1.1	0	0.0			0			0	0	0	0	/
119	2æñ	Unité inférieure des gneiss : Schistes à minéraux, micaschistes, gneiss et quartzites	137	0	1	0	0	0	1	1	0.7	10	7.3			0			0	25	1	0	/
120	1æ	Groupe de La Salvetat : gneiss, schistes, grès, marbres et graphites	61	0	0	0	0	0		1	1.6	0	0.0			0			0	0	0	0	/
121	1æñ	Groupe de St-Pons : Gneiss, micaschistes et marbres	57	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
122	1S	Groupe de St-Pons Cabardès : schistes, grès, quartzites et marbres	299	0	0	0	0	0		2	0.7	1	0.3	1		1			0	0	0	0	/
123	M	Migmatites : orthogneiss, leptynites, micaschistes et quartzites	115	0	0	0	0	0				1	0.9			0			0	0	0	0	/
124	3ã	Granites et granodiorites	3132	0	0	0	0	1	49	9	0.3	13	0.4		2	2			0	0	0	0	/
125	3ë	Diorites	29	0	0	0	0	0	4		0.0	0	0.0			0			0	0	0	0	/
126	2ë	Gabbros et diorites	3	0	0	0	0	0				0	0.0			0			0	0	0	0	/
127	2ã	Granites paléozoïques	98	0	0	0	0	0		2	2.0	0	0.0			0			0	0	0	0	/
999	hydro	Réseau hydrologique	350	0	0	0	0	0	1	3	0.9	1	0.3			0			0	0	0	0	/