

# LE RISQUE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels d'origines très diverses, résultant de la déformation, de la rupture et du déplacement du sol. Ils provoquent mondialement la mort de 800 à 1 000 personnes par an, mais ce chiffre ne prend pas en compte les glissements dus aux séismes, probablement les plus meurtriers.

Les mouvements de terrain constituent généralement des phénomènes ponctuels, de faible ampleur et d'effets limités. Mais par leur diversité et leur fréquence, ils sont néanmoins responsables de dommages et de préjudices importants et coûteux.

Le risque « mouvements de terrain » concerne en France environ 7 000 communes, et cela avec un niveau de gravité fort pour la population dans un tiers des cas.

De nombreux paramètres, naturels ou anthropiques, conditionnent l'apparition et le développement des mouvements de terrain (géologie, hydrogéologie, urbanisation, etc.).

Les mouvements de terrain engendrent des risques pour les personnes, mais également pour les biens et l'économie. Il est possible d'agir sur ces risques de deux manières, en intervenant sur l'aléa ou sur les enjeux. Les mesures de protection mises en place visent à réduire au maximum l'aléa dans les zones menacées. La prévention permet de réduire la vulnérabilité au sein de ces secteurs, par l'information des populations, l'adoption de mesures d'urbanisme ou de mesures constructives, l'étude et la surveillance de mouvements actifs.

## Le phénomène mouvements de terrain

---

Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol sous l'effet d'influences naturelles (agent d'érosion, pesanteur, séisme, etc.) ou anthropiques (exploitation de matériaux, déboisement, terrassement, etc.). Ce phénomène comprend diverses manifestations, lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure.

**Les mouvements lents** entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. Ils regroupent les affaissements, les tassements, les glissements, la solifluxion, le fluage, le retrait-gonflement et le fauchage.

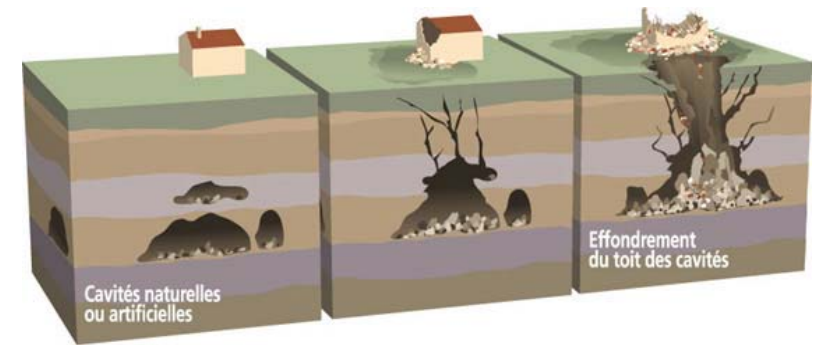
**Les mouvements rapides** se propagent de manière brutale et soudaine. Ils regroupent les effondrements, les chutes de pierres et de blocs, les éboulements et les coulées boueuses.

Les mouvements de terrain, qu'ils soient lents ou rapides, peuvent entraîner un remodelage des paysages. Celui-ci peut se traduire par la destruction de zones boisées, la déstabilisation de versants ou la réorganisation de cours d'eau.

## Différents types de mouvements de terrain

### Les affaissements et les effondrements

Ces phénomènes sont liés à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle (phénomènes de dissolution ou de suffosion favorisés par la circulation souterraine d'eau, notamment dans les matériaux solubles tels le calcaire ou le gypse) ou anthropique (exploitation souterraine dans les marnières, carrières ou mines laissées à l'abandon, creusement de sapes de guerre durant la Première Guerre Mondiale).



### Les affaissements

Ce sont des dépressions topographiques en forme de cuvette dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture. Certains sols compressibles peuvent se tasser sous l'effet de surcharges (constructions, remblais) ou en cas d'assèchement (drainage, pompage). Ce phénomène est à l'origine du tassement de sept mètres de la ville de Mexico et du basculement de la tour de Pise.

### Les effondrements

Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine, rupture qui se propage jusqu'en surface de manière plus ou moins brutale, et qui détermine l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique.

Les dimensions de cette excavation dépendent des conditions géologiques, de la taille et de la profondeur de la cavité ainsi que du mode de rupture.

Ce phénomène peut être ponctuel ou généralisé et dans ce cas concerner des superficies de plusieurs hectares.

S'il est ponctuel, il se traduit par la création de dolines plus ou moins importantes, dont le diamètre est généralement inférieur à cinquante mètres.

### Les éboulements et les chutes de pierres et de blocs

L'évolution naturelle des falaises et des versants rocheux engendre des chutes de pierres et de blocs ou des éboulements en masse.

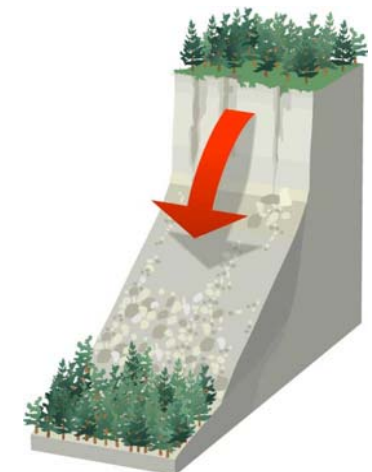
Les blocs isolés rebondissent ou roulent sur le versant, tandis que dans le cas des éboulements en masse, les matériaux « s'écroulent » à grande vitesse sur une très grande distance.

La forte interaction entre les éléments rend la prévision de leurs trajectoires et rebonds complexe, et donc leur modélisation difficile.

**Chutes de pierres** : volume inférieur à  $1 \text{ dm}^3$

**Chutes de blocs** : volume supérieur à  $1 \text{ dm}^3$

**Éboulements en masse** : volume pouvant atteindre plusieurs millions de mètres cubes



Ces phénomènes sont la résultante de paramètres :

- **naturels** : le pendage des couches géologiques, leur état de fracturation, d'altération, leur perméabilité ; les circulations et la rétention d'eau au sein des formations ; l'alternance du gel et du dégel de l'eau présente dans les terrains ; les séismes...
- **anthropiques** : le développement des activités humaines (habitations, parkings, voiries, etc.) entraîne une imperméabilisation du sol qui peut conduire à une concentration des écoulements d'eau dans des zones sensibles.

Les rejets d'eau, le rabattement des nappes par pompage, ainsi que les canalisations souterraines cassées sont également des facteurs aggravants. Les opérations de tracé des routes en montagne peuvent entraîner un raidissement de la pente conduisant à l'apparition de chutes de pierre. Dans le cas d'utilisation d'explosifs pour les travaux, les vibrations occasionnées peuvent déstabiliser des ensembles de blocs.

## Les glissements de terrain

Il s'agit du déplacement lent d'une masse de terrain cohérente le long d'une surface de rupture. Cette surface a une profondeur qui varie de l'ordre du mètre à quelques dizaines voire quelques centaines de mètres dans des cas exceptionnels.

Les volumes de terrain mis en jeu sont alors considérables. Les vitesses d'avancement du terrain peuvent varier jusqu'à atteindre quelques décimètres par an. Lorsqu'il y a rupture, ces vitesses peuvent atteindre quelques mètres par jour durant la période la plus active.

Les paramètres influençant l'aléa sont naturels et anthropiques :

- les caractéristiques mécaniques d'un matériau, sa perméabilité, son état d'altération conditionnent la pente limite d'équilibre et l'occurrence du mouvement.
- l'importance de la pente de terrain va permettre le développement de certains types de glissement. Une pente faible sera suffisante pour le déclenchement de phénomènes de **solifluxion** ou de **fluage**. La couverture végétale joue également un rôle dans la stabilité, la propagation et le déclenchement des glissements de terrain. Ce rôle peut être bénéfique ou néfaste selon le cas. Ainsi, les racines des végétaux renforcent la cohésion des sols, mais en cas de vent, l'effet de levier peut déraciner les arbres, ouvrant ainsi des brèches dans le sol et favorisant les infiltrations d'eau.
- outre les phénomènes d'infiltration, les circulations d'eau en surface contribuent aux instabilités des masses de sol, par un phénomène d'entraînement des matériaux.
- les séismes : la mise en vibration des éléments du sol et la modification des conditions de pesanteur peuvent être à l'origine de la déstabilisation des masses en place.
- la modification de l'hydrologie par une activité humaine peut créer des zones à risques nouvelles.
- la modification du relief : lors des chantiers de construction, les opérations de terrassement peuvent entraîner la suppression d'une butée de pied stabilisatrice d'une masse de terrain, ou bien augmenter la pente d'un versant composé de matériaux pas assez cohérents pour cette nouvelle topographie. Le remblaiement engendre une surcharge pouvant déclencher ou aggraver un glissement. De même, il entraîne un tassement du sol et ainsi une diminution de la perméabilité, amplifiant l'instabilité.



**Le fluage** est un mouvement lent et irrégulier sur des pentes faibles. Il affecte essentiellement les argiles et entraîne des tassements locaux.

**La solifluxion** est un phénomène d'écoulement des sols en surface sur des pentes très faibles. Il est dû à l'alternance gel/dégel, au passage d'animaux, à l'action des racines.

## Les évènements historiques en France

Date	Localisation	Type	Conséquences
1248	Mont Granier, Savoie	Éboulement en grande masse	Entre 300 et 500 millions de m <sup>3</sup> mobilisés recouvrent plusieurs villages, faisant 5 000 morts
1442	Claps de Luc-en-Diois, Drôme	Éboulement et glissement rocheux	1,1 million de m <sup>3</sup> de matériaux. Création de deux lacs (le plus grand couvrait plus de 300 ha)
24 novembre 1926	Roquebillière, Alpes-Maritimes	Glissement de terrain	28 victimes
13 novembre 1932	Colline des Balmes, Lyon, Rhône	Glissement de terrain	40 victimes dans le quartier Saint-Jean
8 mai 1932	Lyon, Rhône	Glissement de terrain	30 victimes au cours d'Herbouville
1 juin 1961	Clamart, Hauts-de-Seine	Effondrement	8 ha surplombant une carrière de craie s'effondrent. 21 victimes
16 avril 1970	Plateau d'Assy, Haute-Savoie	Coulées boueuses	71 victimes dans le sanatorium de Praz-Coutant
1980	Grand-Ilet, cirque de Salazie, La Réunion	Glissement de terrain et coulées boueuses	10 victimes
27 août 1987	Modane, Savoie	Coulées boueuses	Environ 80 000 m <sup>3</sup> de matériaux déversés dans la ville, entraînant 6 millions d'€ de dégâts
1989-1992	Ensemble du territoire métropolitain	Sécheresse géotechnique	Phénomène de retrait-gonflement dans les sols argileux sensibles causant 2 milliards d'€ de dommages
9 janvier 1994	La Salle-en-Beaumont, Isère	Glissement de terrain	1,3 million de m <sup>3</sup> de matériaux détruit 9 maisons et cause la mort de 4 personnes
Avril 2000	Remire-Montjolly, Guyane	Glissement de terrain	10 victimes du glissement de la colline Cabassou
Mars-Avril 2001	Féterne, Haute-Savoie	Glissement de terrain	50 bâtiments endommagés ou détruits
2003	Ensemble du territoire métropolitain	Sécheresse géotechnique	8 000 communes concernées. 1,8 milliards d'€ perçus par les sinistrés



## Le risque mouvements de terrain dans le Doubs

---

Les principales formations affleurant dans le Doubs sont datées du Jurassique et sont réparties dans deux grands types de zones :

- les terrains marneux qui ont été mis à jour par érosion des couches calcaires supérieures,
- le relief de corniches et de falaises calcaires, avec présence de plateaux qui sont le lieu de développement des karsts.

Le département du Doubs est fortement exposé aux risques de mouvements de terrain, de trois grands types.

**1/ Les glissements de terrain** se produisent dans les coteaux constitués par des marnes recouvertes d'argiles et d'éboulis, qui se trouvent déstabilisés par une modification des circulations d'eaux souterraines ou de l'état hydrique des sols. On distingue les glissements anciens (indices observés dans le relief mais sans désordres récents) et les glissements actifs (mouvements actuels ou récents).

Il s'agit de sols très instables pouvant être mis en mouvement spontanément (précipitations) ou sous l'effet de faibles modifications de l'état initial (altération du sol, aménagement en surface...).

Les risques concernent aussi des terrains, stables dans les conditions naturelles, mais susceptibles de glisser par suite de l'intervention de l'homme (réalisation de tranchées, de talus, de remblai ou mauvais écoulement des eaux de surface...) :

- marnes en pente ;
- éboulis sur versant marneux ;
- moraines glacières, groises, éboulis ou dépôts superficiels en pente sur versants non marneux

**2/ Les chutes de pierres et de blocs et les éboulements**, liés aux falaises et aux versants rocheux très pentés, sont dus aux phénomènes naturels de dissolution par les eaux météoriques, au développement du système racinaire des végétaux et à l'action des cycles de gel-dégel.

La taille des blocs dépend du degré de fracturation du massif et de la possibilité ou non de se disloquer pendant la chute. L'étendue de la zone susceptible de recevoir des blocs en provenance d'une falaise dépend de la grosseur des blocs, de la hauteur de chute, de la pente du versant et de la nature du couvert végétal.

**3/ Les effondrements** ont pour origine la remontée en surface de vides naturels ou artificiels qui existent à l'intérieur du sol. Le phénomène peut être lent (formation de dolines en forme de cuvette) ou rapide (apparition d'un fontis, d'un gouffre ou d'un aven).

Les risques d'effondrement résultant de l'évolution de cavités karstiques sont relativement importants (zones de plateaux calcaires, dans les dépressions topographiques fermées où leur développement est favorisé par l'infiltration des eaux).

D'autres risques sont liés à d'anciennes exploitations minières par puits et galeries (minerai de fer dans le Pays de Montbéliard).

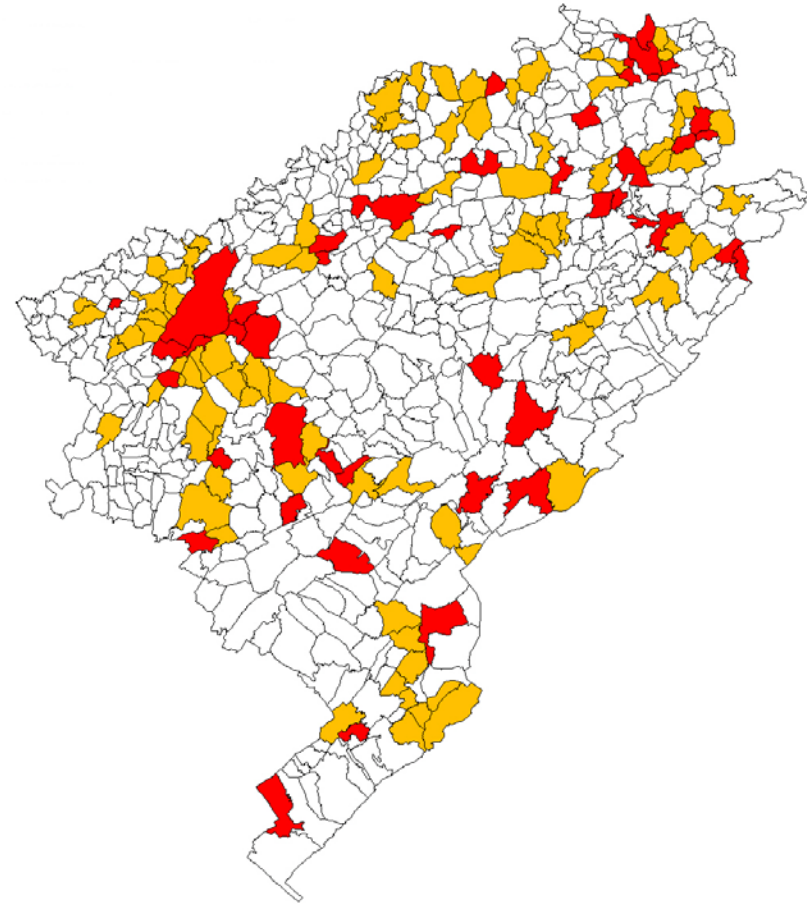
## Les communes du Doubs dans lesquelles des zones urbanisées sont exposées à un risque de mouvements de terrain

### ▲ Aléa fort

Accolans, Amondans, Arbouans, Audeux, Avanne-Aveney, Bart, Baume-les-Dames, Besançon, Bethoncourt, Beure, Bief, Brey-et-Maison-du-Bois, Busy, Châtelblanc, Clerval, Colombier-Fontaine, Cusance, Exincourt, Fessevillers, Feule, Fournet-Luisans, Goumois, Grand'Combe Châteleu, Hérimoncourt, Hyemondans, La Cluse-et-Mijoux, La Longeville, Laissey, Lods, Loray, Meslières, Montbéliard, Montfaucon, Morre, Nans-sous-Sainte-Anne, Ornans, Pont-de-Roide, Reugney, Roches-les-Blamont, Roulans, Sainte-Suzanne, Saint-Hippolyte, Saône, Solemont, Sombacour, Vuillafans.

### ▲ Aléa moyen

Abbenans, Abbevillers, Aïsey, Amagney, Anteuil, Arguel, Aubonne, Autechoux-Roide, Auxon-Dessous, Bavans, Belvoir, Blamont, Blussans, Bondeval, Bournois, Byans-sur-Doubs, Cademène, Chalezeule, Chantrans, Châtillon-le-Duc, Chemaudin, Cubrial, Dannemarie-sur-Crête, Deluz, Devecey, Dung, Ecurcey, Epeugney, Eternoz, Fontain, Foucherans, Franey, Franois, Geney, Gondenans-Montby, Gouhelans, Grand-Charmont, Granges-Narboz, Hyèvre-Paroisse, Jougne, Landresse, Larnod, Lavernay, Les Alliés, Les Hôpitaux-Neufs, Les Longevilles-Mont d'Or, Maïche, Maison-du-Bois-Lièvreumont, Malans, Malbuisson, Merrey-sous-Montrond, Mesandans, Métabief, Miserey-Salines, Montandon, Montgesoye, Montlebon, Montmahoux, Montperreux, Mouthier-Haute-Pierre, Nans, Onans, Oye-et-Pallet, Pirey, Plaimbois-du-Miroir, Pont-les-Moulins, Pouilley-les-Vignes, Pouligney-Luisans, Pugey,



Rahon, Remondans-Vaivre, Remoray-Boujeons, Rosureux, Rougemont, Rurey, Saint-Antoine, Saint-Julien-les-Montbéliard, Sancey-le-Grand, Sancey-le-Long, Seloncourt, Serre-les-Sapins, Sochaux, Soye, Tarcenay, Tournans, Trevillers, Vaufrey, Vernois-les-Belvoir, Vieux-Charmont, Villers-sous-Montrond, Vorges-les Pins.

## Principaux évènements survenus dans le département

---

### Glissement de Deluz dans la vallée du Doubs, 1969

Un important glissement de terrain est survenu en 1969 et a entraîné la destruction de la voie Strasbourg-Vintimille et de la RD 266. La masse a avancé d'une quinzaine de mètres dans le lit du Doubs.

### Glissement de Goumois, 1986

Le 15 mars 1986, les circulations d'eau à travers les calcaires karstiques du relief ont provoqué une déstabilisation du terrain sur la pente de plus de 40°. Une véritable avalanche de blocs et de terre argileuse a soudainement recouvert la RD 437 B située en contrebas. La terre ne cessa de glisser qu'à la fin de l'année 1986.

### Glissement de Laissey, 1991

C'est un glissement ancien (terrains marno-calcaires) qui s'est réactivé courant 1991 endommageant gravement plusieurs maisons et affectant la voie SNCF. La surface du glissement a 12 mètres de profondeur, avec une vitesse de progression du glissement de 4mm/mois. Depuis 1993, les mouvements se sont affaiblis, mais le secteur reste très instable.



### Eboulement rocheux à Ornans à la Roche Fognèche, 1995

Un éboulement de grande ampleur s'est produit en 1995, provoquant la chute de 3000 m<sup>3</sup> de matériaux sur la RD 492. La circulation a été interrompue pendant plusieurs jours, mais le phénomène n'a provoqué heureusement aucune victime.

### Glissement de terrain dans la côte de Saules sur la RD 492, 1999

Un glissement de terrain a provoqué un effondrement de la chaussée de la RD 492 de 4 mètres de hauteur en juin 1999. La circulation a été interrompue pendant plusieurs mois.

### **Chute de pierres à Besançon, faubourg Rivotte, 2000**

Le 3 novembre 2000, une chute de blocs de pierre, qui se sont détachés de la falaise dominant le Faubourg Rivotte, a provoqué le déraillement du train de la ligne Le Locle-Besançon. Le déraillement du train côté amont a permis d'éviter tout dommage aux personnes et aux biens.



### **Eboulement d'un pan de falaise à Montbéliard, 2006**

A la fin du mois de mars 2006, un important éboulement d'une falaise marno-calcaire s'est produit, entraînant d'importantes chutes de blocs tombés jusqu'au pied d'une maison d'habitation. Cet événement est la résultante d'une importante circulation d'eau comme en témoignent les nombreuses traces de karstification.

### **Coulées de débris et de matériaux rocheux, Feule, 2007**

A la suite de fortes précipitations, une coulée de débris et de matériaux rocheux s'est formée dans le lit d'un cours d'eau temporaire qui débouche sur une cascade de 80 m de dénivelé. En butant contre une habitation située au pied de la cascade, la coulée a déposé 50 m<sup>3</sup> de matériaux lourds, les éléments les plus fins se sont déposés dans le rez-de-chaussée de l'habitation et sur la RD située en contrebas.

### **Eboulement d'une falaise, source du Dessoubre, Cirque de Consolation, 2008**

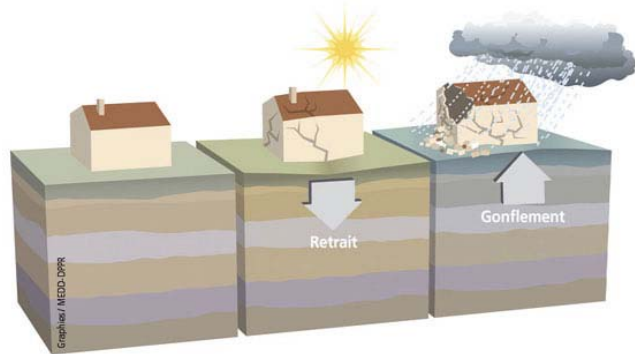
Un éboulement de blocs rocheux d'un volume estimé à 20 m<sup>3</sup> s'est produit, le 30 novembre 2008, sur la falaise surplombant le site de la source du Dessoubre. La constitution calcaire de cette falaise ainsi que les chocs thermiques dus à l'alternance des périodes de gel et dégel est à l'origine de cet éboulement. Compte tenu des risques de nouvelles chutes de blocs, le site a été fermé au public.



*L'ensemble des phénomènes connus sur le département est répertorié sur le site [www.bdmvt.net](http://www.bdmvt.net)*

## Phénomène retrait-gonflement des sols argileux

Le phénomène retrait-gonflement se manifeste dans les sols argileux et est lié aux variations en eau du terrain. Lors des périodes de sécheresse, le manque d'eau entraîne un tassement irrégulier du sol en surface : on parle de *retrait*. À l'inverse, un nouvel apport d'eau dans ces terrains produit un phénomène de *gonflement*. Des tassements peuvent également être observés dans d'autres types de sols (tourbe, vase, loess, sables liquéfiés, etc.) lors des variations de leur teneur en eau.



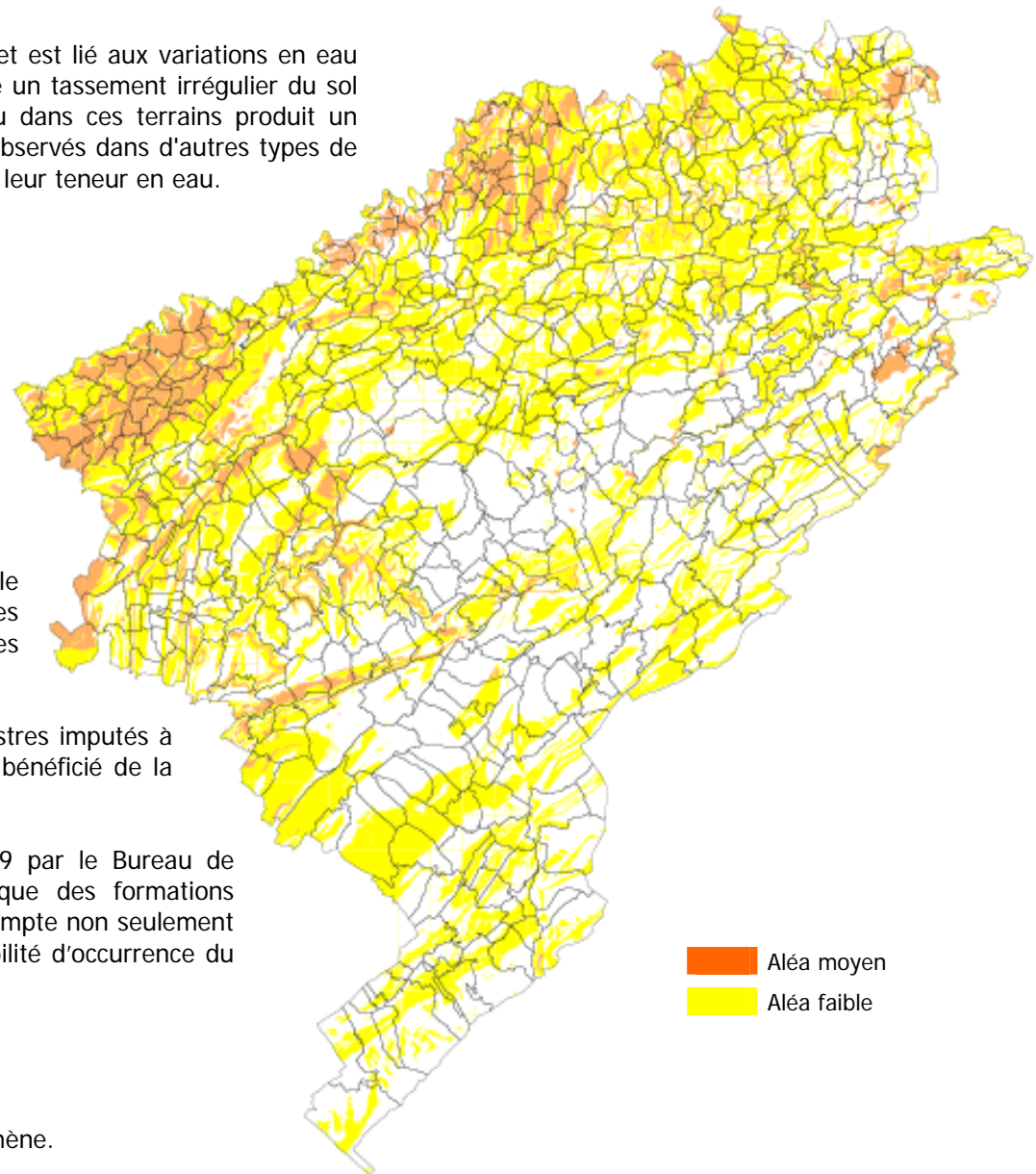
La lenteur et la faible amplitude du phénomène retrait-gonflement le rendent sans danger pour l'Homme mais des conséquences importantes sur les bâtiments à fondations superficielles sont susceptibles d'apparaître.

Le Doubs est concerné par le phénomène puisqu'une centaine de sinistres imputés à la sécheresse de l'été 2003 y ont été recensés et 10 communes ont bénéficié de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

La carte d'aléa retrait-gonflement des argiles a été établie, en 2009 par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses, après hiérarchisation de celles-ci en tenant compte non seulement de la susceptibilité des formations identifiées, mais aussi de la probabilité d'occurrence du phénomène.

Il ressort de cette carte que :

- 7,15 % du département a été classé en aléa moyen,
- 39,65 % en aléa faible,
- 53,20 % du territoire n'est *a priori* pas concerné par le phénomène.



### Atlas des risques de mouvements

Un inventaire aussi exhaustif que possible des zones potentielles ou avérées d'instabilité de terrain sur l'ensemble du département a été réalisé en 2000, sous la forme d'un atlas de cartes au 1/25000<sup>ème</sup>, et à partir de l'analyse des couches géologiques, de reconnaissances de terrain et de recensement des évènements passés.

Selon le type de phénomène en cause, ces zones ont été hiérarchisées selon trois niveaux d'aléas :

- Aléa fort : zones instables où des mouvements de terrain peuvent se produire spontanément et dont l'occurrence est difficile à anticiper (glissements actifs et anciens, falaises et secteurs à risque associées, chutes de pierre et éboulement, zone d'effondrements karstiques et de forte densité de dolines).
- Aléa moyen : terrains stables dans les conditions naturelles mais pouvant être le siège de glissement suite à l'intervention de l'homme (marnes en pente, éboulis sur versant marneux).
- Aléa faible à moyen : comme le niveau précédent, mais à la différence près que la nature de la structure géologique rend les terrains moins sensibles aux risques (moraines, groises, éboulis sur versant non marneux).

### Plan de Prévention des risques de mouvement de terrain

Les communes de Saint-Hippolyte et de Morre étant particulièrement exposées à des risques de mouvements de terrain (glissements de terrain, marnes en pente, éboulis, chutes de pierres, phénomènes karstiques...), il a été nécessaire de prescrire un plan de prévention des risques naturels.

Le PPR mouvements de terrain, comme le PPR inondation, a pour objectif de déterminer les conditions d'occupation et d'utilisation du sol (urbanisme, sécurité publique) en délimitant les zones directement exposées aux risques, ainsi que les zones non directement exposées mais où certaines occupations ou usages du sol pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux.

Il régleme les projets d'installations nouvelles et définit les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par la collectivité et par les particuliers, mesures liées à la sécurité des personnes et à l'organisation des secours.

## Exemples de travaux de protection réalisés par l'Etat ou les collectivités locales

### Commune d'Avanne-Aveney

Pose de grillage en 1997 protégeant les sites les plus exposés aux chutes de pierre sur la commune d'Avanne-Aveney, plusieurs habitations étaient concernées.

### Route Nationale 83, Larnod

Les éboulements rocheux s'y produisent de façon chronique. L'Etat réalise depuis plusieurs années des programmes de protections (grillages, purges ...)

### Communes de Beure et Arguel

Pose d'écran de filet pare-blocs en 2000 permettant de protéger des maisons d'habitation des éboulements rocheux.



## Travaux réalisés par le Conseil Général à l'automne 2009



### Route Départementale 131

Montbenoit : Confortement d'un mur de soutènement par la mise en place d'une paroi berlinoise sur 25 mètres de longueur

La Longeville : Confortement aval par une paroi berlinoise de 60 mètres de longueur et confortement amont par une paroi clouée de 70 mètres de longueur.

### Route Départementale 464

Fournet Blancheroche – Implantation de 60 mètres de gabions métalliques protégeant la route de la chute de pierres.

### Route Départementale 492

Nans sous Sainte Anne – 320 mètres de barrières grillagées et 1000 m<sup>2</sup> de grillages plaqués.



## Conseils de comportement

---

### AVANT

#### Prévoir les équipements minimums :

- radio portable avec piles ;
- lampe de poche
- eau potable
- papiers personnels
- médicaments urgents
- couvertures, vêtements de rechange
- matériel de confinement

#### S'informer en mairie :

- des risques encourus
- des consignes de sauvegarde
- du signal d'alerte
- des plans d'intervention (PPI)

#### Organiser :

- le groupe dont on est responsable
- discuter en famille des mesures à prendre si une catastrophe survient (protection, évacuation, points de ralliement)

#### Simulations :

- y participer ou les suivre
- en tirer les conséquences et enseignements

### PENDANT

**S'informer** : écouter la radio : les premières consignes seront données par Radio-France  
Informez le groupe dont on est responsable  
Ne pas aller chercher les enfants à l'école

### APRES

S'informer : écouter et suivre les consignes données par la radio et les autorités  
Informez les autorités de tout danger observé  
Apporter une première aide aux voisins ; penser aux personnes âgées et handicapées  
Se mettre à la disposition des secours  
Évaluer :

- les dégâts
- les points dangereux et s'en éloigner.