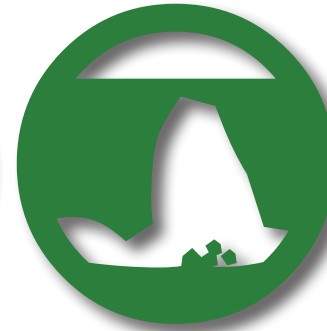


Le risque mouvements de terrain

LE PHÉNOMÈNE

Le mouvement de terrain est un déplacement **plus ou moins brutal** du sol et du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et plusieurs millions de mètres cubes. Les déplacements de matière peuvent être **lents** (quelques millimètres par an) ou **rapides** (quelques centaines de mètres par jour).



On distingue plusieurs types de mouvements de terrain :

Les mouvements lents et continus :

- les tassements et les affaissements de sols ;
- le retrait-gonflement des argiles ;
- les glissements de terrains le long d'une pente ;

Les mouvements rapides et discontinus :

- les effondrements de cavités souterraines naturelles et artificielles (carrières et ouvrages souterrains) ;
- les écroulements et les chutes de blocs ;
- les coulées boueuses et torrentielles ;

L'érosion du littoral ou des berges des fleuves et cours d'eau.

Pour en savoir plus :
vous pouvez
consulter le Dossier
d'information
«Les mouvements de
terrain»

réalisé par le MEDDE

© DDT 12
Éboulement de falaise à Salle la Source

LES ENJEUX ET CONSÉQUENCES

Les grands mouvements de terrain étant souvent **peu rapides**, les victimes sont, fort heureusement peu nombreuses. En revanche, ces phénomènes sont souvent très destructeurs, car les aménagements humains y sont très sensibles et les dommages aux biens sont considérables et souvent irréversibles.

Les bâtiments, s'ils peuvent résister à de petits déplacements, subissent **une fissuration intense** en cas de déplacement de quelques centimètres seulement. Les désordres peuvent rapidement être tels que la sécurité des occupants ne peut plus être garantie et que la démolition reste la seule solution.

Les mouvements de terrain rapides et discontinus (effondrement de cavités souterraines, écoulement et chute de blocs, coulée boueuse), par leur caractère soudain, augmentent la vulnérabilité des personnes. Ces mouvements de terrain ont des conséquences sur les infrastructures (bâtiments, voies de communication...), allant **de la dégradation à la ruine totale** ; ils peuvent entraîner des pollutions induites lorsqu'ils concernent une usine chimique, une station d'épuration, etc.

Dans des cas exceptionnels, les éboulements et chutes de blocs peuvent entraîner **un remodelage des paysages**, comme l'obstruction d'une vallée par les matériaux déplacés engendrant la création d'une retenue d'eau pouvant rompre brusquement et entraîner une vague déferlante dans la vallée.



© DDT 12

Écroulement d'un garage sur la commune de Bozouls le 29 juillet 2013



GÉOLOGIE LOCALE

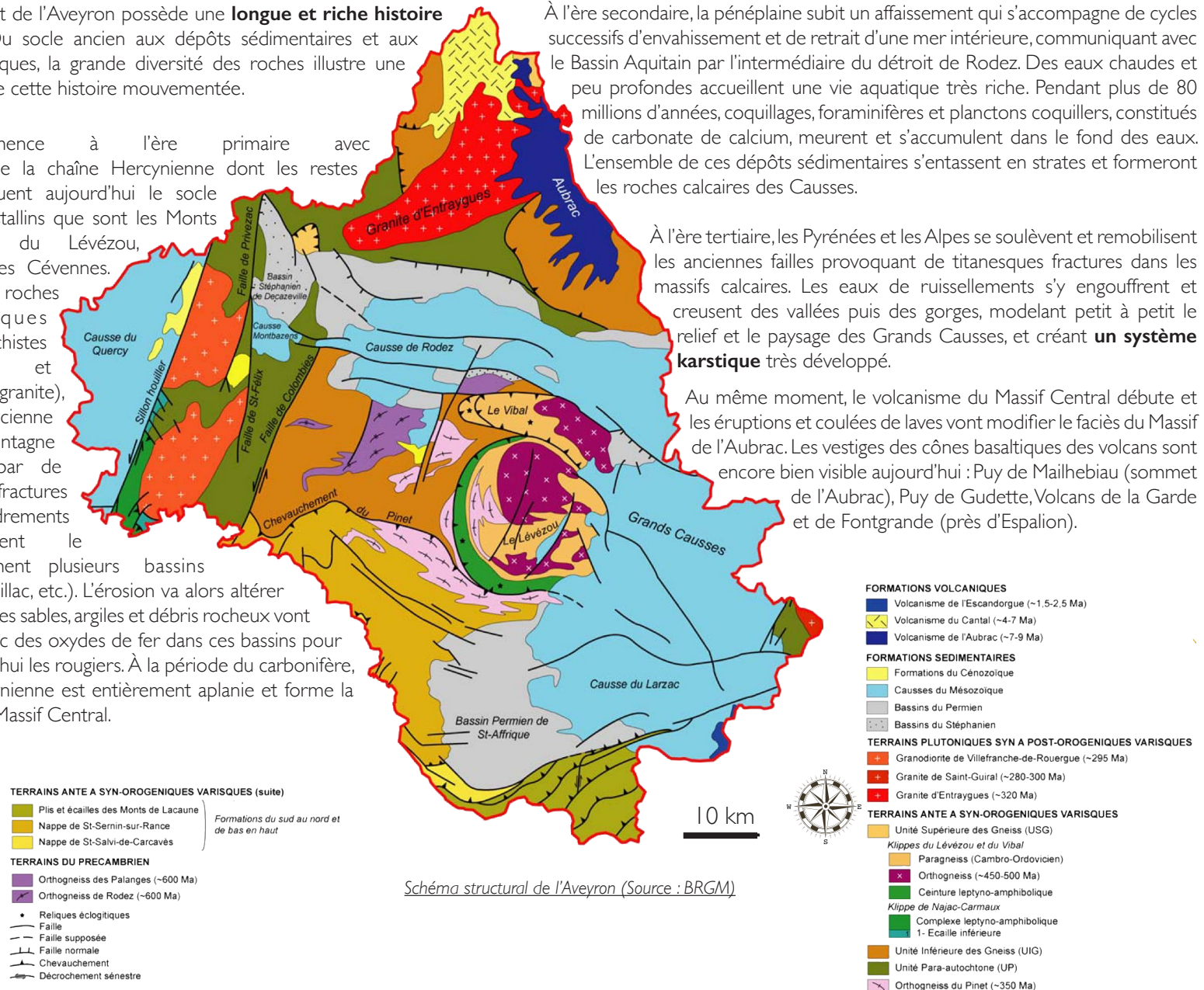
Le département de l'Aveyron possède une **longue et riche histoire géologique**. Du socle ancien aux dépôts sédimentaires et aux coulées volcaniques, la grande diversité des roches illustre une bonne partie de cette histoire mouvementée.

Tout commence à l'ère primaire avec la formation de la chaîne Hercynienne dont les restes érodés constituent aujourd'hui le socle des massifs cristallins que sont les Monts de Lacaune, du Lévézou, d'Aubrac et des Cévennes. Constituée de roches métamorphiques (gneiss, micaschistes et schistes) et plutoniques (granite), cette ancienne chaîne de montagne est affectée par de grandes fractures et effondrements qui disloquent le socle et forment plusieurs bassins (Camarès, Marcillac, etc.). L'érosion va alors altérer les roches, puis les sables, argiles et débris rocheux vont s'accumuler avec des oxydes de fer dans ces bassins pour former aujourd'hui les rougiers. À la période du carbonifère, la chaîne Hercynienne est entièrement aplanie et forme la pénéplaine du Massif Central.

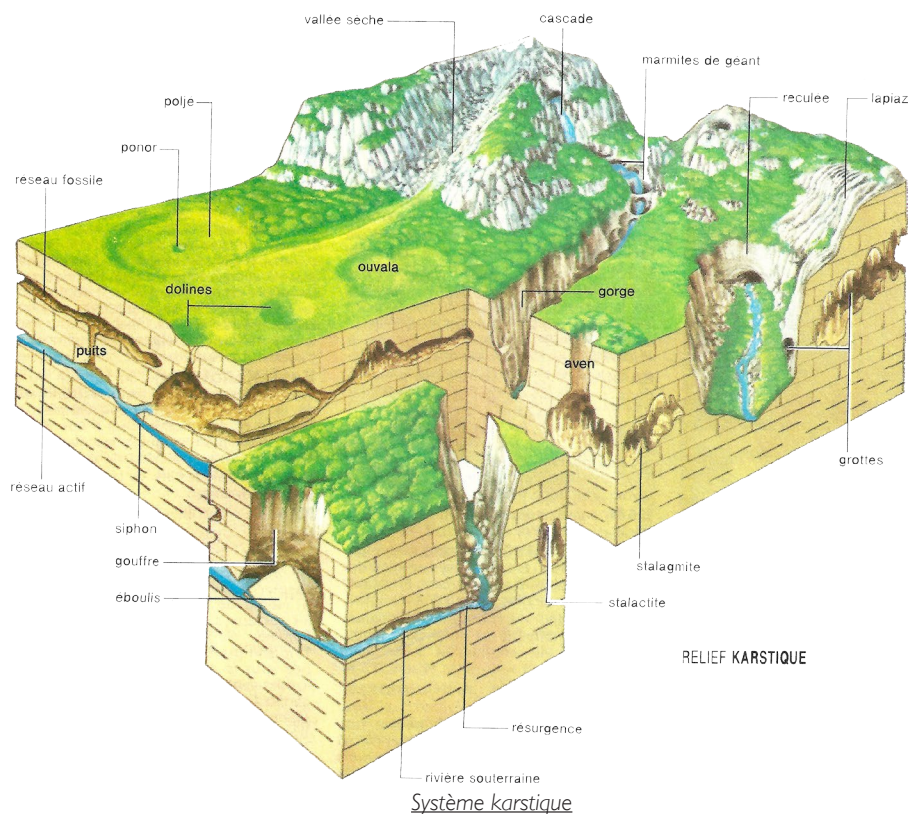
À l'ère secondaire, la pénéplaine subit un affaissement qui s'accompagne de cycles successifs d'envahissement et de retrait d'une mer intérieure, communiquant avec le Bassin Aquitain par l'intermédiaire du détroit de Rodez. Des eaux chaudes et peu profondes accueillent une vie aquatique très riche. Pendant plus de 80 millions d'années, coquillages, foraminifères et planctons coquillers, constitués de carbonate de calcium, meurent et s'accumulent dans le fond des eaux. L'ensemble de ces dépôts sédimentaires s'entassent en strates et formeront les roches calcaires des Causses.

À l'ère tertiaire, les Pyrénées et les Alpes se soulèvent et remobilisent les anciennes failles provoquant de titanesques fractures dans les massifs calcaires. Les eaux de ruissellements s'y engouffrent et creusent des vallées puis des gorges, modelant petit à petit le relief et le paysage des Grands Causses, et créant **un système karstique** très développé.

Au même moment, le volcanisme du Massif Central débute et les éruptions et coulées de laves vont modifier le faciès du Massif de l'Aubrac. Les vestiges des cônes basaltiques des volcans sont encore bien visible aujourd'hui : Puy de Mailhebau (sommet de l'Aubrac), Puy de Gudette, Volcans de la Garde et de Fontgrande (près d'Espalion).



Plus tard, le volcanisme caussenard est apparu et de nombreux petits volcans ont laissé échapper des laves qui se sont épanchées dans d'anciennes vallées et ont recouvert quelques plateaux (Azinière, Eglazine, Saint-Jean-d'Alcapiès, etc.).



Enfin, l'ère quaternaire, a vu la dernière grande glaciation. Les glaciers recouvraient l'Aubrac sur une épaisseur de 200 m. Cela a entraîné la formation de vallées en U, de moraines, blocs erratiques, et certains surcreusements aujourd'hui occupés par des lacs et tourbières. Lors de la fonte de ces glaciers, la débâcle a accéléré l'érosion des vallées et des boraldes, courtes gorges étroites qui dévalent vers le Lot et la Truyère.

LE RISQUE MOUVEMENTS DE TERRAIN EN AVEYRON

Un inventaire des mouvements de terrain dans le département de l'Aveyron a permis de recenser **327 évènements**, intégrés à la base de données mouvements de terrain (disponible sur le site internet www.georisques.gouv.fr).

L'analyse des mouvements de terrain recensés indique que les **2/3 des évènements sont des glissements de terrain**, et que le tiers restant se partage équitablement entre des éboulements et chutes de blocs et l'érosion des berges. On recense par ailleurs anecdotiquement quelques effondrements et coulées de boue.

Dans le département de l'Aveyron, **seules la région de Millau et la commune de Salle-la-Source sont dotées d'un plan de prévention du risque mouvements de terrain** (glissement et chute de bloc).





LE RETRAIT - GONFLEMENT DES ARGILES

LE PHÉNOMÈNE

Les phénomènes de retrait-gonflement se manifestent dans les **sols argileux** et sont liés 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 derniers terrains produit un phénomène de **gonflement**.

Des tassements peuvent également être observés dans d'autres types de sols (tourbe, vase, loess, sables liquéfiables, etc.) lors des variations de leur teneur en eau.

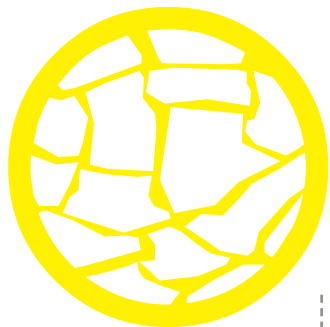
Le retrait-gonflement intervient majoritairement dans des **argiles particulières** (smectites et interstratifiées), relativement **sensibles à la teneur en eau**. Il est influencé par :

- les variations climatiques et météorologiques (nappes souterraines, précipitations, sécheresses, etc.) ;
- la végétation qui en fonction de sa densité va plus ou moins pomper l'eau contenue dans les sols ;
- les actions humaines : modification de l'hydrologie, imperméabilisation des sols, etc.

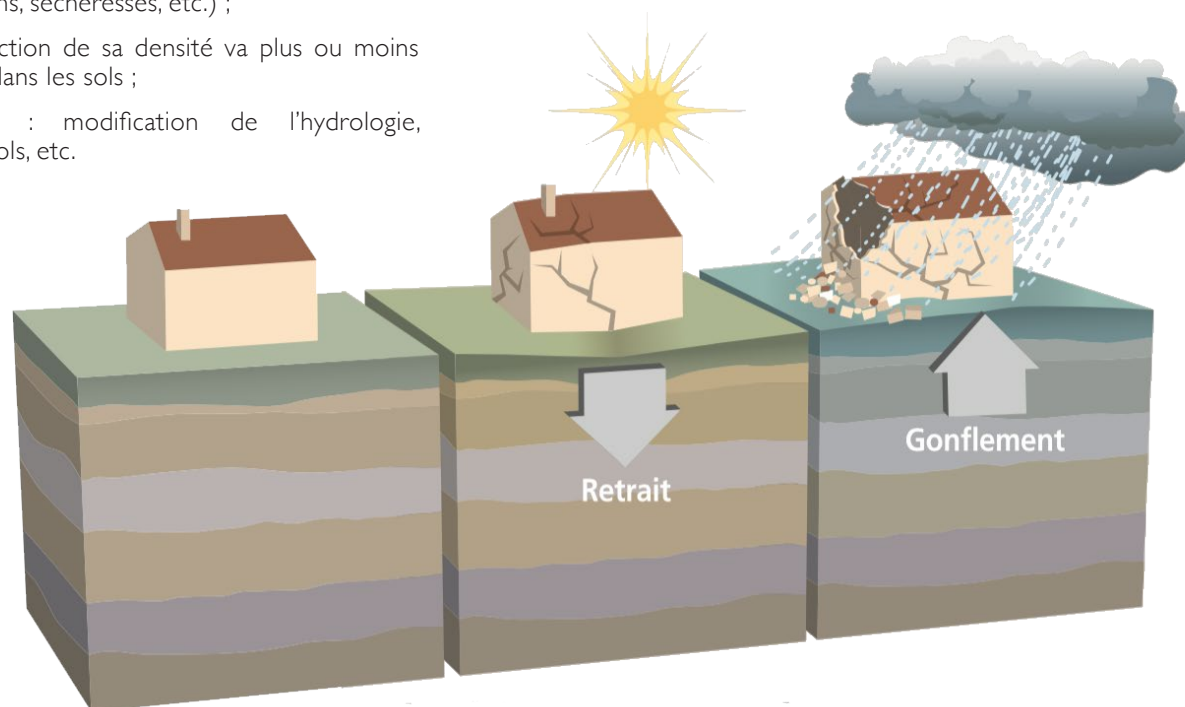


L'été 2003, qui fut extrêmement chaud avec un épisode de canicule exceptionnel lors de la première quinzaine d'août, causa plus de **1,2 milliard d'euros d'indemnisation** pour la réparation des maisons fissurées par le phénomène de retrait-gonflement.

La lenteur et la faible amplitude du phénomène de retrait-gonflement des argiles le rendent **sans danger pour l'homme**. Néanmoins, l'apparition de tassements différentiels peut avoir des conséquences importantes sur les bâtiments à fondations superficielles et les réseaux, faisant de ce phénomène essentiellement un risque économique.



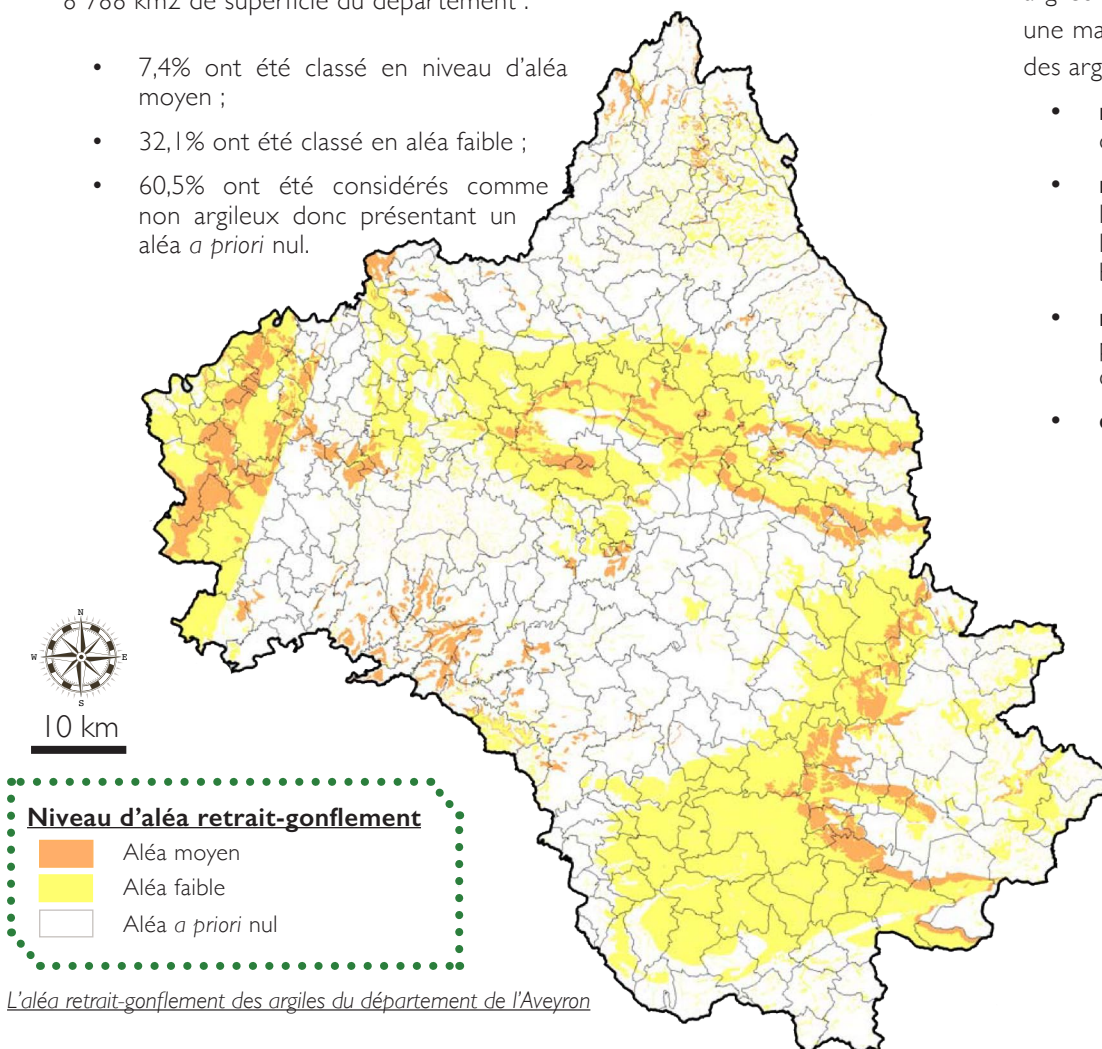
Le risque retrait - gonflement des argiles est le deuxième risque le plus coûteux en France.



QUEL RISQUE EN AVEYRON ?

L'étude menée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) démontre que le département de **l'Aveyron ne possède aucune zone classée en aléa fort**. Deux niveaux d'aléa ont été déterminés sur les formations argileuses et marneuses vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Sur les 8 788 km² de superficie du département :

- 7,4% ont été classés en niveau d'aléa moyen ;
- 32,1% ont été classés en aléa faible ;
- 60,5% ont été considérés comme non argileux donc présentant un aléa *a priori* nul.

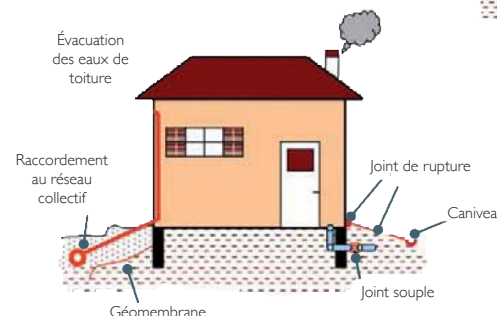
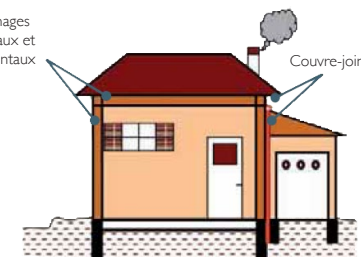
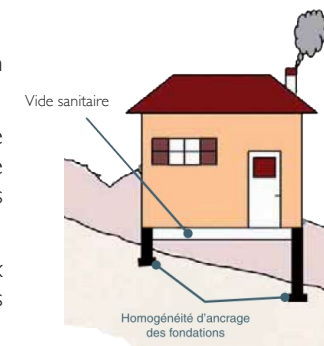


LES MESURES PRÉVENTIVES

Les constructions les plus vulnérables sont les maisons individuelles, avec un simple rez-de-chaussée et des **fondations de faibles profondeurs**.

S'il est techniquement possible de construire sur tout type de sol argileux, des mesures simples sont à respecter avant de construire une maison, pour limiter par la suite le risque de retrait-gonflement des argiles :

- **réaliser une étude géotechnique** avant la construction afin d'adapter le projet ;
- **respecter les mesures constructives** comme l'approfondissement des fondations, ou la rigidification de la structure par chaînage pour limiter les dommages sur les bâtiments ;
- **maîtriser et éloigner les rejets d'eau dans le sol** (eaux pluviales, et eaux usées) pour réduire les variations et les concentrations d'eau et donc l'intensité du phénomène ;
- **éloigner les plantations** d'arbres et d'arbustes des bâtiments.



Le coût moyen des réparations d'un sinistre dû au risque RGA est de 10 000 € (pouvant varier de 1 000 € à 70 000 €).



AFFAISSEMENT ET EFFONDREMENT DE CAVITÉS SOUTERRAINES

LE PHÉNOMÈNE

Les **affaissements** sont des dépressions topographiques en forme de cuvette dues aux **fléchissements lents et progressifs** des terrains de couverture.

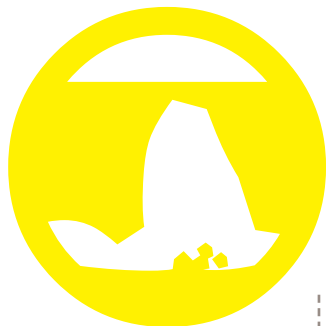
Les **effondrements** résultent de la **rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine**, rupture qui se propage jusqu'en surface de manière plus ou moins brutale, et qui détermine l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique. Les dimensions de cette excavation dépendent des conditions 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 fontis plus ou moins importants, dont le diamètre est généralement inférieur à cinquante mètres.



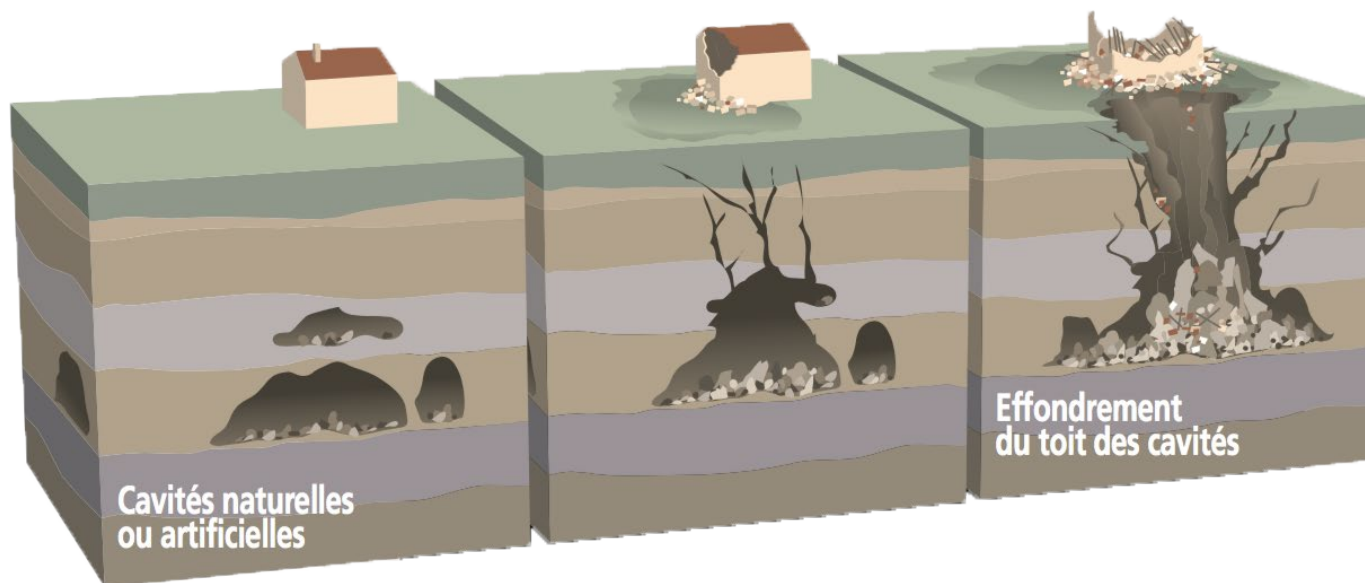
Les **effondrements** présentent un **caractère soudain** et augmentent ainsi la vulnérabilité des personnes. Ces dernières années, en France, un à deux décès par an ont été causés par des phénomènes d'effondrement.

Les ouvrages demeurent très vulnérables à ce risque ; les effondrements de terrain entraînent le plus souvent leur destruction. Les coûts dus aux réparations et / ou à l'arrêt des activités du secteur concerné font aussi du risque d'effondrement un risque économique.

Les **affaissements** sont des **mouvements lents et progressifs**. S'ils ne présentent en général pas de risque pour les populations, ils peuvent avoir des conséquences sur les terrains et ouvrages en surface, allant de la simple déformation du terrain nu, à la fissuration et la destruction complète du bâtiment.



L'inventaire des cavités souterraines du département est consultable sur le site internet : www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines

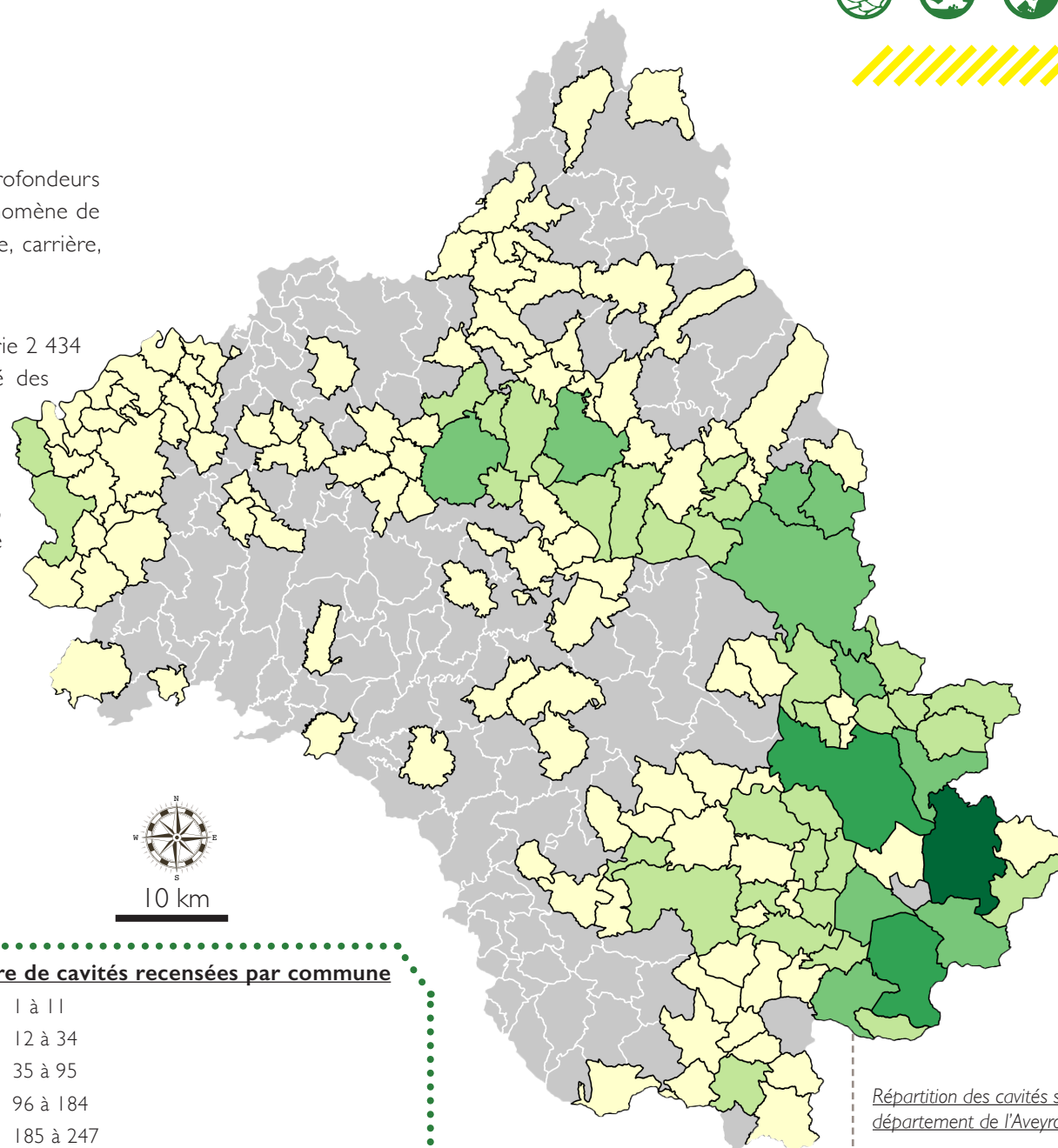




QUEL RISQUE EN AVEYRON ?

Les cavités souterraines sont des vides ou des parties creusées à des profondeurs plus ou moins variables. Elles peuvent être d'origine naturelle (phénomène de dissolution ou de suffusion) ou artificielle (exploitation souterraine, carrière, sape de guerre).

Le travail de recensement des cavités, réalisé par le BRGM, répertorie 2 434 cavités sur l'ensemble du département de l'Aveyron. La majorité des cavités renseignées (97%) sont d'origine naturelle et issues de la circulation d'eau souterraine dans les matériaux solubles comme le calcaire. Les zones de susceptibilité aux effondrements sont donc relativement étendues et intéressent l'ensemble des causses, notamment les secteurs fortement karstifiés (cause Noir et cause du Larzac en particulier).



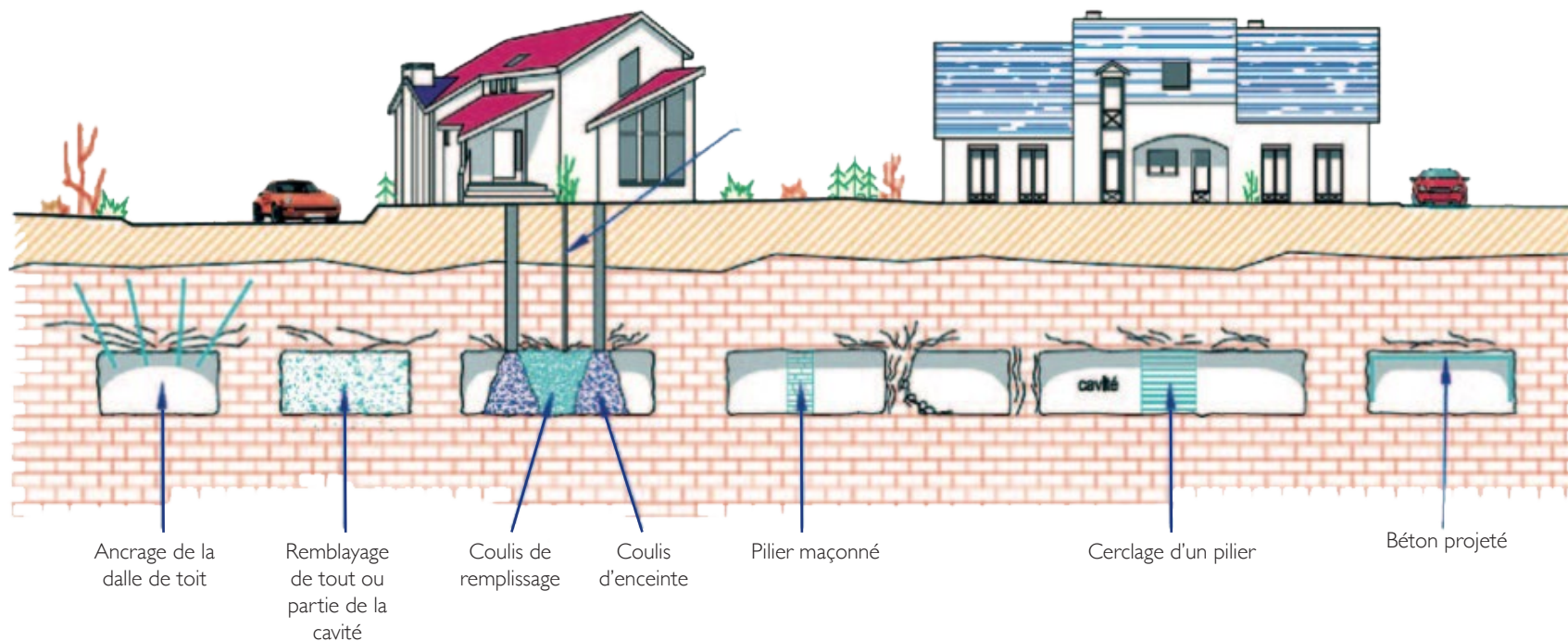
LES MESURES PRÉVENTIVES

Il existe différents moyens techniques pour réduire le risque d'effondrement. Cependant, il y a deux méthodes particulières pour procéder. Soit on agit sur la cavité elle-même pour la consolider ou la combler afin de réduire l'aléa effondrement. Soit on agit sur les aménagements déjà présents (bâtiments, réseaux), à l'aplomb ou aux abords des cavités souterraines, afin de réduire leur vulnérabilité.

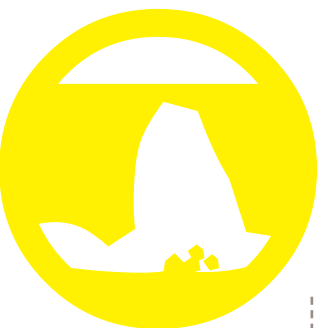
L'alliance des deux méthodes est souvent la solution la plus pérenne et efficace.

Pour réduire l'aléa, on peut :

- consolider la cavité :
 - en ancrant ou boulonnant le toit et les piliers, pour maintenir sa cohérence et éviter sa dislocation ;
 - en réalisant des éléments de maçonnerie de soutènement pour limiter les déformations des parois et du toit ;
 - en créant de nouveaux piliers artificiels pour consolider certains piliers délabrés ou en complément de ces derniers ;
- combler la cavité.



Les différents types de réduction de l'aléa effondrement de cavité souterraine.



Pour en savoir plus :
consultez le Guide
méthodologique
«Plan de prévention
des risques naturels
Cavités souterraines
abandonnées»

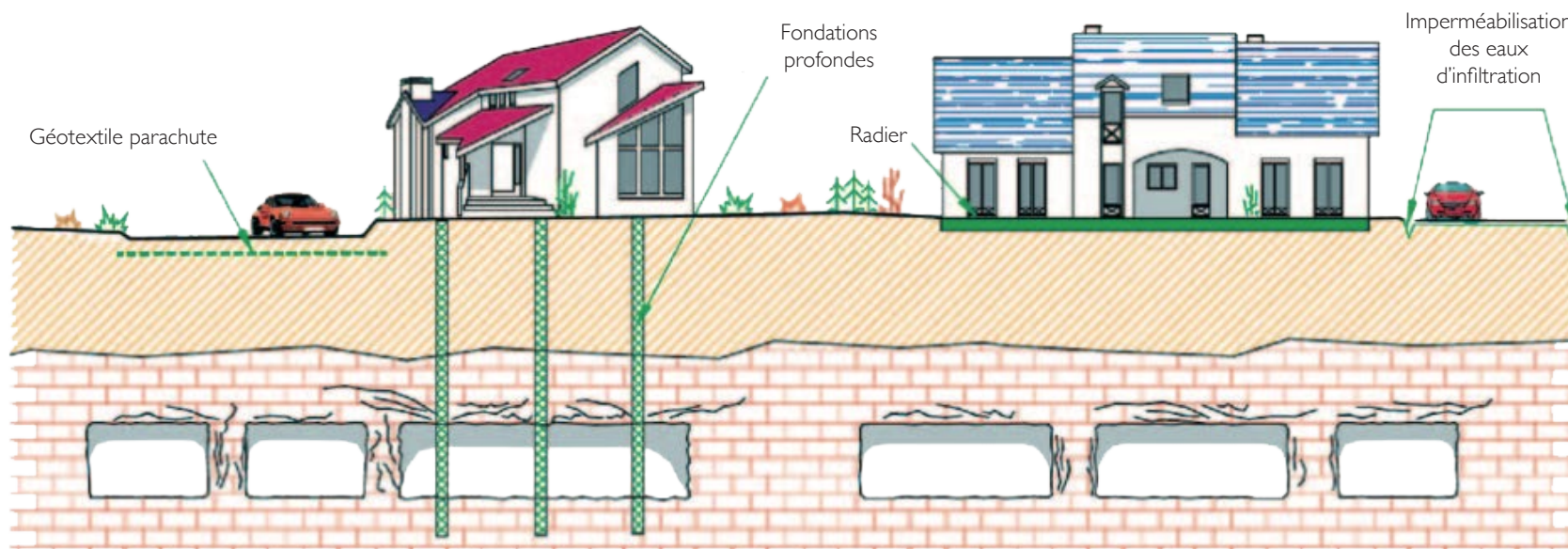
réalisé par le MEDDE

Pour réduire la vulnérabilité des infrastructures, on peut :

- mettre en place un géotextile parachute sous les voiries et les zones de stationnement,
- réaliser un radier ou un chaînage à la base de la construction pour rigidifier la construction,
- installer des fondations profondes reposant sur une couche saine, sous les cavités,
- imperméabiliser les zones à forte infiltration pour limiter l'érosion aux abords des cavités.



Voute maçonnée pour soutenir et consolider la cavité.



Les différents types de réduction de la vulnérabilité face au risque d'effondrement de cavité souterraine.

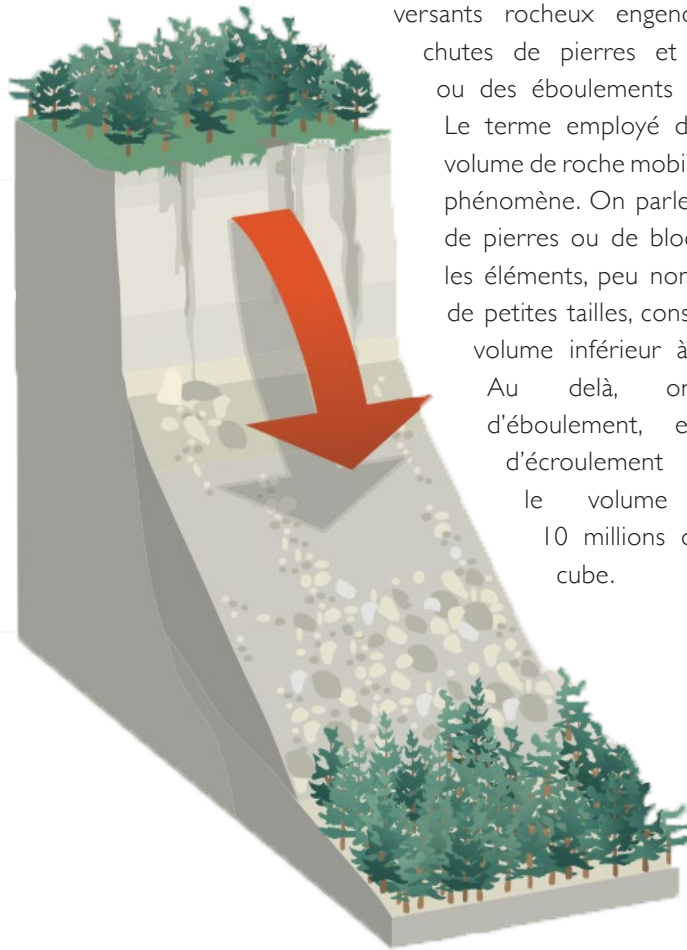


ÉBOULEMENT ET CHUTE DE PIERRES ET DE BLOCS

LE PHÉNOMÈNE



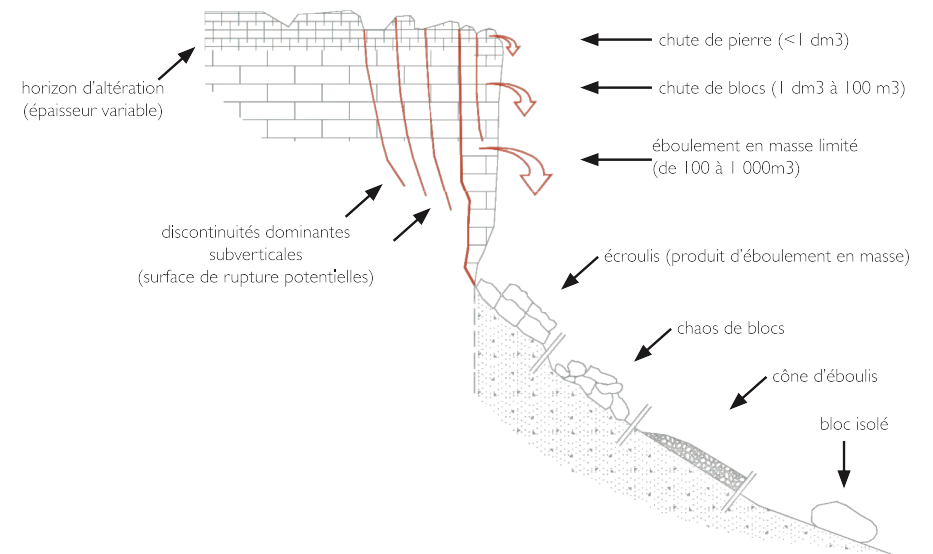
Schéma de l'éboulement d'un pan de versant



L'évolution naturelle des falaises et des versants rocheux engendrent des chutes de pierres et de blocs ou des éboulements en masse. Le terme employé dépend du volume de roche mobilisé lors du phénomène. On parle de chute de pierres ou de blocs lorsque les éléments, peu nombreux, et de petites tailles, constituent un volume inférieur à 100 m³. Au delà, on parle d'éboulement, et même d'éroulement lorsque le volume dépasse 10 millions de mètres cube.

Le phénomène de chute dépend de plusieurs facteurs, naturels et anthropiques :

- **la géologie** : le pendage des couches géologiques, leur état de fracturation, d'altération, leur perméabilité sont autant de paramètres conditionnant l'occurrence et l'intensité des chutes de blocs et des éboulements.
- **l'hydrogéologie** : la circulation et la rétention d'eau au sein des formations entraînent des phénomènes d'érosion et d'altération. Le phénomène de gélifraction participe également à cette altération.
- **les séismes** font vibrer les éléments du sol et peuvent être à l'origine de chutes de blocs ou d'éboulements.
- **les travaux** réalisés dans le cas de développement des activités (habitations, voiries, parkings, réseaux, etc.) entraînent une imperméabilisation des sols et possiblement une raidification des pentes conduisant à une concentration des écoulements d'eau dans les zones sensibles et à la possible déstabilisation des roches en place.



Fonctionnement d'un éboulement et caractérisation des volumes éboulés

Les risques engendrés par les éboulements et les chutes de pierres et de blocs sont particulièrement importants par leur caractère soudain et destructeur.

Ils sont dangereux aussi bien pour les personnes que pour les installations. Les mouvements de terrain impactent les ouvrages, allant de leur dégradation partielle à leur destruction totale. Indirectement, cela impacte l'économie et la vie locale.

QUEL RISQUE EN AVEYRON ?

En Aveyron, les zones de susceptibilité aux éboulements et aux chutes de blocs sont réparties essentiellement sur les escarpements rocheux et falaises affleurant sur les flancs des vallées encaissées, notamment celle du Tarn, de la Dourbie et de la Truyère.

LES MESURES PRÉVENTIVES

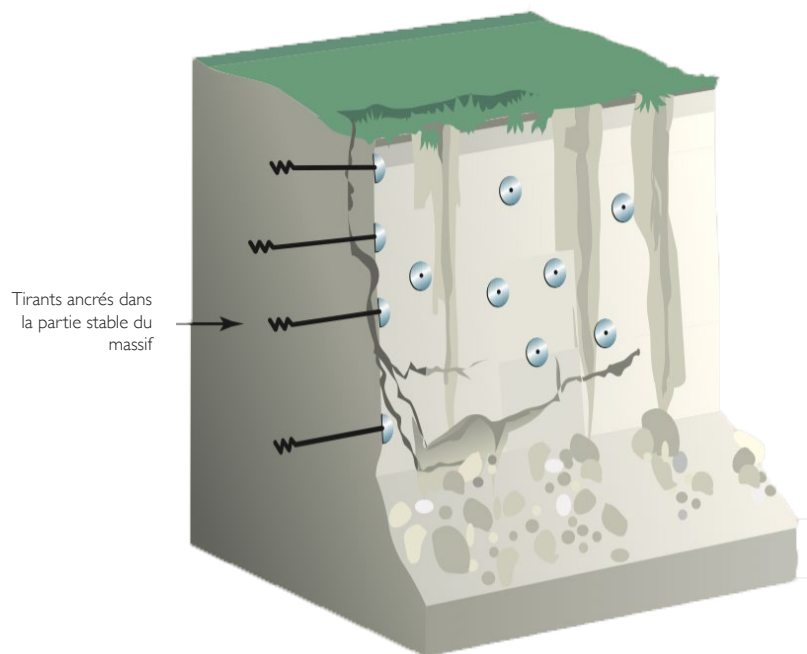
On distingue deux modes de protection principaux :

LA PROTECTION ACTIVE, vise à empêcher les blocs et les pierres de se détacher des parois. Elle consiste à :

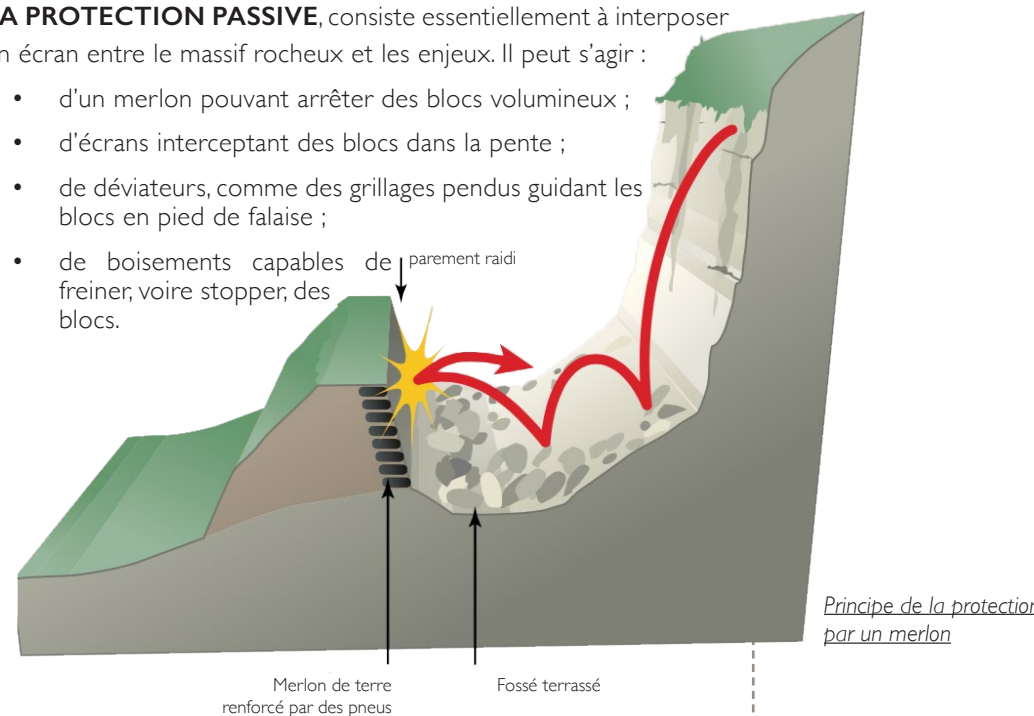
- poser des filets ou grillages plaqués, permettant d'arrimer les blocs à la paroi ;
- conforter les parois par massif bétonné ou par béton projeté empêchant le décrochement de blocs ;
- clouer les parois, limitant le départ d'éléments rocheux par des ancrages reprenant une partie des efforts de cisaillement et de traction, ou des tirants qui introduisent un effort de compression sur le massif rocheux.

LA PROTECTION PASSIVE, consiste essentiellement à interposer un écran entre le massif rocheux et les enjeux. Il peut s'agir :

- d'un merlon pouvant arrêter des blocs volumineux ;
- d'écrans interceptant des blocs dans la pente ;
- de déviateurs, comme des grillages pendus guidant les blocs en pied de falaise ;
- de boisements capables de freiner, voire stopper, des blocs.



Principe de la protection par ancrage du rocher



Principe de la protection par un merlon



GLISSEMENT DE TERRAIN

LE PHÉNOMÈNE

Les glissements de terrain sont généralement des déplacements lents 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 vitesses de glissement du terrain restent variables, mais peuvent atteindre quelques centimètres par an. Lorsqu'il y a rupture, les terrains peuvent glisser très rapidement, surtout lorsqu'ils sont saturés en eau.

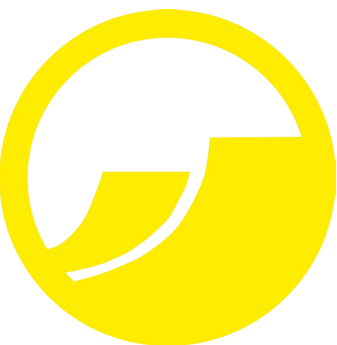
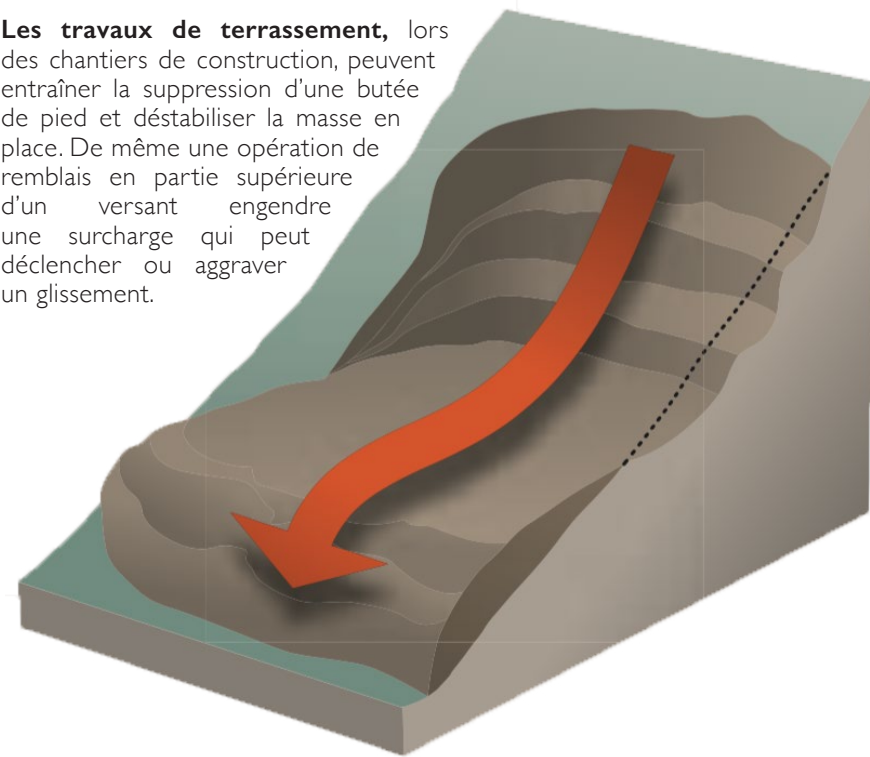
On distingue plusieurs types de glissement de terrain :

- La **solifluxion** : c'est un phénomène d'écoulement des sols en surface sur des pentes très faibles ; il est dû à l'alternance gel / dégel, au passage des animaux ou à l'action des racines.
- Le **fluage** : c'est un mouvement lent et irrégulier sur des pentes faibles.
- Les **coulées boueuses** : elles correspondent à la mise en mouvement de matériaux à l'état visqueux et peuvent résulter de l'évolution de glissements sous l'action de l'eau.

Les glissements de terrain trouvent leur origine dans des phénomènes naturels principalement, mais peuvent aussi être favorisés par l'action de l'homme.

Ils sont influencés par :

- **La géologie** : les caractéristiques mécaniques d'un matériau, sa perméabilité, son état d'altération conditionnant la pente limite d'équilibre et l'occurrence du mouvement.
- **La géomorphologie** : l'importance de la pente du terrain influence le développement de certains types de glissement. Une pente faible sera suffisante pour déclencher des phénomènes de solifluxion ou de fluage.
- **La végétation** : la couverture végétale joue un rôle majeur dans la stabilité des pentes et donc des glissements de terrain superficiels. Cependant, la végétation peut avoir un rôle inverse et, associée au vent, l'effet de levier peut déraciner les arbres et créer des brèches dans le sol favorisant l'infiltration et les mouvements de terrain.
- **Les séismes** peuvent déclencher des glissements en déstabilisant les masses en place à cause des vibrations du sol.
- **Les travaux de terrassement**, lors des chantiers de construction, peuvent entraîner la suppression d'une butée de pied et déstabiliser la masse en place. De même une opération de remblais en partie supérieure d'un versant engendre une surcharge qui peut déclencher ou aggraver un glissement.



L'inventaire des mouvements de terrain du département est consultable sur le site internet : www.georisques.gouv.fr/dossiers/mouvements-de-terrain



Les glissements de terrain peuvent être localement très meurtriers et causer des dommages importants sur les ouvrages et les infrastructures. Dans le cas de mouvements lents et continus, seules les infrastructures sont menacées, et les dégâts sont principalement matériels et économiques. Cependant, lors de déclenchement soudain et à grande ampleur, le risque pour les populations est très important du fait de la mise en mouvement de grandes quantités de matériaux, à une vitesse importante et du caractère imprévisible de l'évènement.

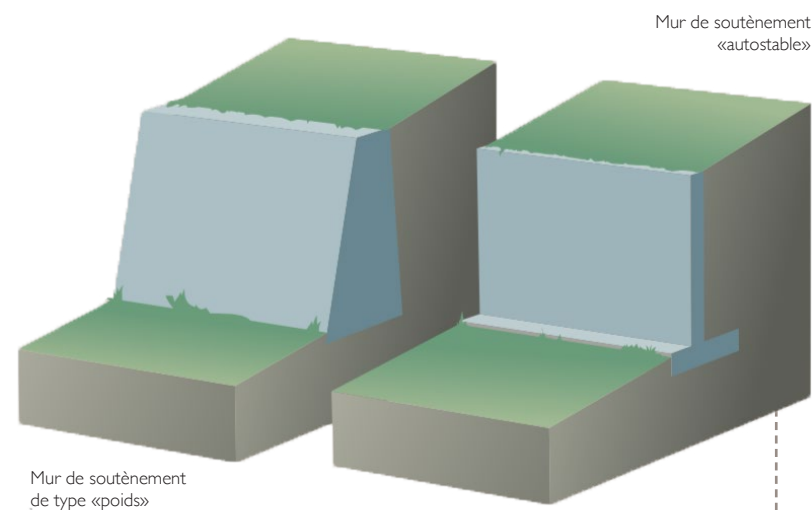
QUEL RISQUE EN AVEYRON ?

Dans le département de l'Aveyron, les zones les plus susceptibles aux glissements de terrain et aux coulées de boues concernent la plupart des ensembles morphologiques du département, sauf les plaines. Elles se développent principalement sur les fortes pentes de nature argileuse ou marneuse formant notamment les avant-causses et les collines du Rougier.

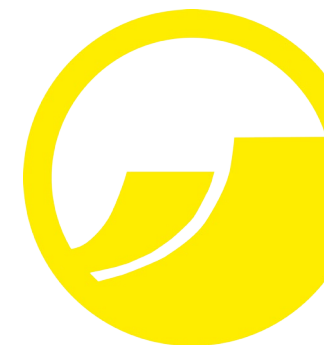
LES MESURES PRÉVENTIVES

Il n'est pas possible de maîtriser les conséquences des glissements de terrain majeurs vu les grandes quantités de matériaux mise en jeu. Il existe cependant quelques aménagements possibles pour lutter contre les glissements de faible ampleur.

- la réalisation d'un système de drainage pour limiter l'infiltration d'eau, généralement responsable du déclenchement du glissement ;
- la mise en place d'un mur de soutènement en pied de glissement limite leur développement ;
- la végétalisation des versants réduit la quantité de matériaux mobilisés lors d'une coulée de boue, et donc son intensité.



Murs de soutènement pour stabiliser les versants et limiter les glissements de terrain.





LES CONSIGNES INDIVIDUELLES DE SÉCURITÉ



LES BONS RÉFLEXES EN CAS DE MOUVEMENTS DE TERRAIN



CONSEILS À LA POPULATION

Avant

S'ORGANISER ET ANTICIPER

- **s'informer des risques** encourus et des consignes de sauvegarde
- **alerter les autorités** lorsqu'une cavité présente des signes inquiétants d'instabilité et éviter de pénétrer dans les lieux
- **clôturer les terrains effondrés** ou les accès et signaler le danger.

Pendant

METTRE EN ŒUVRE LES MESURES CONSERVATOIRES ET ...

- fuir perpendiculairement au sens de l'éboulement
- gagner au plus vite les hauteurs les plus proches
- s'éloigner du point d'effondrement et ne pas revenir sur ses pas
- ne pas entrer dans un bâtiment endommagé

Après

RESPECTER LES CONSIGNES ÉMISES PAR LES AUTORITÉS ET SERVICES DE SECOURS ...

- évaluer les dégâts et les dangers
- informer les autorités de tout danger
- aider les personnes sinistrées ou à besoins spécifiques
- empêcher l'accès au public dans un périmètre deux fois plus étendu que la zone d'effondrement
- se mettre à disposition des secours

