

Annexe 1 : caractérisation des aléas mouvements de terrain ¹

- Aléas glissements de terrain et coulées de boues :

Rappel de la définition du phénomène

Mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur, coulée boueuse, fluage d'une pellicule superficielle, etc.

Critères de caractérisation de l'aléa [G]

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu dans le site ou dans un secteur similaire (sur les plans géologique, géomorphologique, hydrogéologique et structural) ou, lorsqu'il lui est plus fort, le plus fort des événements potentiels résultant de scénarios jugés possibles au cours des 100 prochaines années. Le choix des scénarios utilisés est précisé et motivé par le rapport d'étude, ainsi que la date et les caractéristiques du plus fort événement connu.

L'aléa glissement de terrain est défini en analysant et décrivant notamment les éléments suivants et en précisant l'origine de leur connaissance :

- géologie du sous-sol,
- pente du terrain,
- dénivelée de la zone concernée,
- présence plus ou moins importante d'indices de mouvements (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, ondulations).
- présence de circulation d'eaux souterraines ou résurgentes,
- type (glissement plan lent ou rapide, glissement profond circulaire ou complexe, coulées de boues, solifluxion, etc.) et caractéristiques (ordres de grandeur de superficie d'extension, de volume, de vitesse, etc.) des phénomènes de glissement jugés possibles au vu des éléments ci-dessus.

Exemple d'identification des différentes zones liées aux aléas de glissements :

Gp = profond, Gsup = superficielle, Gsol = solifluxion, Gc = coulées boueuses, Ga = zones d'extension en aval des zones de départ, Go = zones hors aléa en amont de zones de départ, où des interventions inappropriées ou des rejets d'eau pourraient aggraver la probabilité d'occurrence.

Les secteurs d'aléa où le facteur déclenchant ne peut être que d'origine anthropique, c'est-à-dire suite à des travaux (par exemple surcharge en tête d'un talus ou d'un versant déjà instable, décharge en pied supprimant une butée stabilisatrice, mauvaise gestion des eaux), sont identifiés en tant que tels par le rapport d'étude et la cartographie.

Le rapport d'étude fournit, pour chaque zone unitaire classée en zone de glissement de terrain, l'ensemble des données listées ci-dessus et la motivation de la qualification retenue en tant que nature et en tant que niveau. Il est rappelé que l'absence d'indice de mouvement de terrain décelé n'est pas une justification de l'absence d'aléa mouvement de terrain.

Qualification des niveaux d'aléas

Pour les zones hors aléa en amont de zones de départ où des travaux pourraient aggraver la probabilité d'occurrence, il n'y a pas lieu d'y distinguer de niveaux d'aléa.

Les zones d'aléa où le facteur déclenchant ne peut être que d'origine anthropique sont classées **en aléa faible (G1)**.

¹ Cette annexe s'appuie sur les travaux de la doctrine Risques Mouvements de Terrain, élaborée par DDT de l'Isère (service sécurité et risques) avec la collaboration du Service RTM de l'Isère. Elle a été complétée par le BRGM dans le cadre de son appui méthodologique à la DDT 69. La méthode et la caractérisation des aléas a été jugée adaptée aux caractéristiques du département du département du Rhône.

Dans les autres cas, le niveau d'aléa est qualifié à partir de la détermination de la probabilité d'occurrence et de l'intensité.

La **probabilité d'occurrence** est définie par le tableau suivant :

| Probabilité d'occurrence | Description |
|--------------------------|---|
| Forte (go3) | Glissement actif avec traces de mouvements récents, ou Glissement ancien ou Glissement potentiel (sans indice), avec facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente supérieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience. |
| Moyenne (go2) | Glissement potentiel (sans indice) avec absence de facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente supérieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience, ou Glissement potentiel (sans indice), avec facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente légèrement inférieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience. |
| Faible (go1) | Glissement potentiel (sans indice), sans facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente légèrement inférieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience. |

La probabilité d'occurrence est considérée de même classe pour les zones de départ, d'arrivée et les auroles de sécurité (zones déstabilisées en périphérie à court et moyen terme).

L'**intensité** est par ailleurs établie selon la logique suivante :

| Faible (gi1) | Modérée (gi2) | Élevée (gi3) |
|--|---|---|
| Dommmages limités, non structurels, sur un bâti standard | Dommmages structurels au bâti standard. Pas de dommmages au bâti adapté à l'aléa | Destruction du bâti standard. Dommmages structurels au bâti adapté à l'aléa moyen. |

Le choix de l'intensité par rapport à ces critères sera étayé pour chaque zone unitaire classée à partir du type et des caractéristiques du glissement et de l'expérience du chargé d'étude, s'appuyant autant que possible sur des exemples de cas concrets de dommmages.

Les zones de départ et d'extension des coulées boueuses sont classées en considérant l'**intensité élevée**.

La **qualification de l'aléa** en trois niveaux est obtenue par application du tableau suivant :

| Intensité \ Probabilité d'occurrence | Faible (gi1) | Modérée (gi2) | Élevée (gi3) |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|
| Faible (go1) | Faible (G1) | Moyen (G2) | Fort (G3) |
| Moyenne (go2) | Moyen (G2) | Fort d'intensité modérée (G3im) | Fort (G3) |
| Forte (go3) | Moyen (G2) | Fort d'intensité modérée (G3im) | Fort aggravé (G4) |

- Aléa chutes de blocs :

Rappel de la définition du phénomène

Chutes d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques centimètres cubes et quelques mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est inférieur à une centaine de mètres cubes. Au-delà, on parle d'éroulements en masse, pris en compte seulement lorsqu'ils sont facilement prévisibles.

Critères de caractérisation de l'aléa [P]

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu (en excluant les phénomènes exceptionnels d'occurrence correspondant à l'échelle des temps géologiques), dans le site ou dans un secteur similaire (sur les plans géologique, géomorphologique, hydrogéologique et structural) ou, lorsqu'il lui est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios jugés possibles au cours des 100 prochaines années. Le choix des scénarios utilisés est précisé et motivé par le rapport, ainsi que la date et les caractéristiques du plus fort événement connu.

La possibilité de phénomènes de chutes de blocs résulte de la présence de zones de départ potentiel (présence de falaises ou de blocs dispersés dans des pentes), à identifier sur une carte à établir par le titulaire.

Un travail de détermination des scénarios de référence est fait pour chaque zone de départ ainsi définie. Il doit traiter des aspects suivants :

- ordre de grandeur de la taille unitaire maximale des blocs et des différentes classes de tailles unitaires de blocs pouvant provenir de la zone de départ
- extension de la zone d'aléa en aval et en amont de la zone de départ, la zone en amont correspondant au recul estimé sur une durée de cent ans
- ordre de grandeur de la dénivellation entre zone de départ et zone d'arrêt potentielle
- estimation de la fréquence des chutes
- possibilité de chutes par paquets fracturables ou non (volume de paquet inférieur à 100 mètres cubes) et, si oui, importance des paquets et taille des blocs après fracturation
- possibilité d'éboulement (volume supérieur à 100 mètres cubes) d'occurrence centennale et, si oui, ordre de grandeur du volume.

Il s'appuie notamment sur les phénomènes historiques et les indices relevés sur le terrain dans les zones de départ et dans les zones d'arrêt potentielles.

Les zones d'aléas correspondant au recul prévisible des parois au cours des cent prochaines années sont identifiées spécifiquement sur la carte des aléas. Elles sont qualifiées en **aléa fort P3r**.

Les zones non exposées à l'aléa, mais où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux, seront identifiées de même et qualifiées **P0**, une qualification de niveau d'aléa y est sans objet.

L'extension des phénomènes en aval des zones de départ sera basée sur la méthode dite des « cônes », ou des méthodes équivalentes.

La méthode des cônes permet de cartographier l'extension prévisible de l'aléa rocheux en aval des zones de départ par le choix de valeurs d'angle variables en fonction de singularités locales de la topographie.

L'observation et la mesure d'angles sur plusieurs phénomènes permettent par ailleurs de présenter des plages statistiques de valeurs permettant une **quantification de la probabilité d'atteinte** (cf. tableau ci-après de plages de valeurs indicatives de l'angle correspondant à la limite inférieure d'une zone de probabilité d'atteinte).

| Probabilité d'atteinte d'un point | Intervalle d'angles de la méthode des cônes |
|-----------------------------------|---|
| Très forte | 35° et plus |
| Forte | 33° – 35° |
| Moyenne | 30° – 33° |
| Faible | 26° – 30° |

Le choix de la valeur d'angle au sein des intervalles indiqués est pratiqué et justifié par le chargé d'étude en fonction de sa connaissance du site, de son expérience sur des sites équivalents et éventuellement de modélisations trajectographiques permettant une comparaison avec une situation ou un site servant de référence.

Les aléas sont qualifiés sans prendre en compte la forêt, en considérant que sa pérennité, et donc son éventuel effet, n'est pas assurée (par exemple en cas d'incendie ou de maladie des arbres). Les zones de forêts jouant un rôle réducteur du risque pour des zones urbanisées ou des infrastructures existantes sont néanmoins identifiées dans la cartographie pour permettre la mise en place d'une politique de leur préservation autant que possible.

Pour aboutir à la qualification du niveau d'aléa, il est nécessaire de déterminer, en complément de la probabilité d'atteinte, d'abord l'indice d'activité, dont on déduit la probabilité d'occurrence, puis l'intensité du ou des scénarios de référence pris en considération.

L'indice d'activité traduit pour un scénario la probabilité de départ des blocs pris en compte estimée à partir des traces de départ visibles et du nombre des blocs observés dans la pente, elle peut aussi être appréciée par les observations faites dans des contextes similaires (géologie, topographie...). D'autres méthodes sont par ailleurs apparues récemment : par exemple, sur le pourtour de l'agglomération grenobloise, l'enregistrement des vibrations générées par les chutes de blocs ou le repérage et le cubage des volumes tombés à partir de levés topographiques spécifiques.

L'indice d'activité résulte de l'application du tableau suivant :

| Indice d'activité par zone homogène | Description |
|-------------------------------------|--|
| Faible | De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 100 ans |
| Moyen | De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 10 ans |
| Fort | De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les ans |

La **probabilité d'occurrence** est obtenue en croisant **probabilité d'atteinte** et **indice d'activité** tel que précisé par le tableau ci-après :

| Probabilité d'atteinte \ Indice d'activité | Faible | Moyenne | Forte | Très Forte |
|--|---------|---------|--------|-------------|
| Faible | Faible | Modérée | Élevée | Très élevée |
| Moyen | Modérée | Modérée | Élevée | Très élevée |
| Fort | Modérée | Élevée | Élevée | Très élevée |

L'**indice d'intensité** est défini par le volume du bloc du scénario de référence :

| Indice d'intensité | Description | Potentiels de dommages |
|--------------------|--|---|
| Faible | Le volume unitaire pouvant se propager est inférieur à 0,25 m ³ | Pas de dommage au gros œuvre, peu ou pas de dommages aux éléments de façade |
| Modéré | Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 0,25 m ³ mais inférieur à 1 m ³ | Dommage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée |
| Élevé | Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 1 m ³ mais inférieur à 10 m ³ | Dommage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause |
| Très élevé | Le volume unitaire pouvant se propager dépasse 10 m ³ | Destruction du gros œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle |

Le **niveau d'aléa** est qualifié en tout point de la zone d'étude en utilisant la matrice suivante :

| Intensité \ Probabilité d'occurrence | Faible | Modérée | Élevée | Très élevée |
|--------------------------------------|--------------------------|---|---|------------------------|
| | Bloc <0.25m ³ | 0.25m ³ < Bloc < 1m ³ | 1m ³ < Bloc < 10m ³ | Bloc >10m ³ |
| Faible | Faible (P1) | Moyen (P2) | Fort (P3) | Fort (P3) |
| Modérée | Faible (P1) | Moyen (P2) | Fort (P3) | Fort (P3) |
| Élevée | Moyen (P2) | Fort (P3) | Fort (P3) | Fort aggravé (P4) |
| Très élevée | Fort (P3) | Fort (P3) | Fort aggravé (P4) | Fort aggravé (P4) |

Ouvrages de protection contre les chutes de blocs pris en compte et modes spécifiques de qualification de l'aléa :

Les seuls ouvrages de protection pris en compte sont les **merlons** avec face raidie côté amont. Un merlon est considéré comme un moyen efficace de suppression de l'aléa en aval (par rapport au sens de propagation des blocs), sous réserve qu'il soit correctement dimensionné et géré par un maître d'ouvrage public administrativement et financièrement pérenne

Dans ce cas, une carte des aléas « avec prise en compte des protections », distincte de la carte d'aléas principale et pouvant être limitée aux parties du territoire concernées peut être établie. Elle met alors en évidence la localisation des ouvrages, avec un numéro associé à chaque ouvrage, et, par un jeu de hachures, celle des zones protégées, avec report de la numérotation du ou des ouvrages correspondants.

En cas de doute sur l'efficacité des merlons, ils ne sont pas pris en compte au titre de l'aléa. C'est notamment le cas en l'absence d'étude spécifique de dimensionnement permettant de juger de leur performance ou en l'absence de gestion par un maître d'ouvrage public pérenne.

La connaissance des ouvrages de protection recensés sur le territoire étudié sera précisée par divers renseignements, notamment : type de dispositif, principales caractéristiques géométriques et de performance, maître d'ouvrage, gestionnaire, enjeux présents dans la zone d'effet. Il sera fourni dans la mesure du possible des plans précis des ouvrages.

3 - Règles de représentation cartographique des aléas :

La carte des aléas est établie sans prendre en compte la présence d'éventuels dispositifs de protection.

Chaque zone représentée sur la carte des aléas est identifiée par une limite et par un remplissage en couleur traduisant le type et le niveau d'aléa intéressant la zone.

Lorsque plusieurs types d'aléas se superposent sur une zone, la couleur appliquée est celle correspondant à un des aléas présents du niveau le plus fort. L'ensemble des aléas présents sont signalés par la mention des lettres et indices les décrivant.

Tous les aléas potentiellement présents doivent donc être recherchés et affichés sur un même support cartographique, la perception directe de la présence de plusieurs aléas sur un même territoire permettant une meilleure prise en compte.

Pour un type d'aléa donné, il peut être nécessaire de considérer plusieurs scénarios de référence. Par exemple, les différentes classes de blocs pouvant provenir d'une paroi peuvent conduire à des scénarios dont le niveau d'aléa est variable d'une classe à l'autre. En chaque point du territoire, le niveau d'aléa retenu sera celui le plus fort obtenu au titre des différents scénarios considérés.

Les plages d'incertitude et les éventuelles marges de sécurité sont indiquées dans la partie du rapport d'étude relatif à la qualification de l'aléa de façon à ce qu'elles soient traitées en connaissance de cause dans l'affichage de l'aléa et lors de ses utilisations ultérieures.

En général :

- la plage d'incertitude relative à la position de la limite entre zone d'aléa fort susceptible de mettre en danger la vie humaine, de détruire le bâti standard ou de causer des dégâts structurels à du bâti adapté à l'aléa, et zone d'aléa moyen ou faible pour un même type d'aléa est intégrée par sécurité en zone d'aléa fort compte tenu de l'importance des conséquences potentielles d'une erreur de qualification
- la plage d'incertitude relative à la position de la limite entre zone d'aléa faible d'intensité faible et zone où l'aléa est absent ou négligeable pour un même type d'aléa soit ne fait pas l'objet d'un affichage de l'aléa, soit fait l'objet d'un affichage spécifique de l'aléa qui permettra une prise en compte par des mesures allégées ou supprimées suivant les projets par rapport à l'aléa faible hors zone d'incertitude.

Une légende-type de la cartographie est proposée ci-après :

| Niveau | Faible | Moyen | Fort (2) | Fort aggravé |
|--|--------|-------|-----------|--------------|
| Type | | | | |
| Glissements de terrain ou coulées de boues | G 1 | G 2 | G 3 | G 4 |
| Chutes de blocs | P 1 | P 2 | P 3 (P3r) | P 4 |

(1) : Zones non directement exposées aux aléas, mais où des projets ou des modes d'exploitation pourraient aggraver l'aléa ou en créer de nouveaux.

(2) : Chutes de blocs : aléa P3r affiché pour les zones de recul prévisibles des falaises et corniches rocheuses.

La structuration et le rendu des données cartographiques sous format SIG sont fournies en **annexe 6**