

CARTE D'INVENTAIRE
DES TERRAINS
INSTABLES
NOTICE EXPLICATIVE

Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions
Service des constructions et de l'aménagement

Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts
Service des forêts et de la faune

Fribourg, janvier 2007

Table des matières

1.	Introduction	3
2.	Cadre d'établissement	3
3.	Méthodologie	5
4.	Phénomènes cartographiés	6
4.1	Glissements de terrain	6
4.1.1	Glissements permanents	6
4.1.2	Coulées boueuses, glissements spontanés	7
4.2	Chutes de blocs, pierres et éboulements	7
4.3	Effondrement, tassement	8
5.	Légende et contenu de la carte	9
5.1	Glissements de terrain, coulées boueuses, glissements spontanés, zones de glissement potentiel	9
5.1.1	Glissements de terrain déclarés	9
5.1.2	Coulées boueuses et glissements spontanés	11
5.1.3	Zones de glissement potentiel	11
5.1.4	Profondeur	11
5.2	Chutes de pierres et de blocs, éboulements, écroulements	12
5.2.1	Zone de provenance ou d'alimentation	13
5.2.2	Zone de transit et zone d'accumulation	13
5.2.3	Couloir de transit	13
5.3	Effondrement, tassement	13
5.3.1	Doline ou ensemble de dolines	13
5.3.2	Zone sujette au tassement	13
5.4	Morphologie	14
6.	Utilisation et limites	14
7.	Dépôt, mise à jour	15
	Contact	15
	Références	16

1. INTRODUCTION

Des catastrophes naturelles, de même que des événements naturels de moindre ampleur et peu médiatisés, se produisent périodiquement, que ce soit à l'échelle mondiale ou nationale, ou encore dans le canton de Fribourg. De tels événements peuvent mettre en danger la vie des personnes et occasionner des dégâts aux biens assurés comme aux biens non assurables. Les coûts et problèmes qui en résultent pour les particuliers et les collectivités peuvent être considérables. Face à une telle situation, la mise en place de structures et mesures capables d'exercer une prévention durable et efficace des dangers naturels est nécessaire. Identifier les phénomènes dangereux et déterminer leur localisation sont la condition préalable à toute action de prévention.

La *Carte d'inventaire des terrains instables du canton de Fribourg* (ci-après: la Carte) est l'une des études de base qui peuvent être réalisées dans le domaine des dangers naturels. Un tel inventaire recense pour l'ensemble du territoire cantonal les instabilités de terrain, en indiquant leur répartition géographique, leur extension en surface et en volume, de même que leur degré d'activité.

> Définition

Par *instabilités* ou *mouvements de terrain*, on entend tous les mécanismes entraînant le déplacement vers l'aval, avec ou sans rupture, de masses rocheuses compactes ou désagrégées et/ou de terrain meuble et d'eau, sous l'effet de la gravité. Ils peuvent se produire sous forme de processus brutaux ou lents et progressifs; il s'agit notamment des phénomènes suivants:

- glissements de terrain,
- coulées boueuses et glissements spontanés,
- chutes de pierres et de blocs, éboulements et écroulements,
- phénomènes d'effondrement et de tassement.

> Bases légales fédérales

- loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT)
- loi fédérale du 4 octobre 1991 sur les forêts (LFo) et ordonnance du 30 novembre 1992 sur les forêts (OFo)
- loi fédérale du 21 juin 1991 sur l'aménagement des cours d'eau (LACÉ) et ordonnance du 2 novembre 1994 sur l'aménagement des cours d'eau (OACE)

Le besoin d'identifier de tels processus répond en premier lieu à un besoin objectif, celui de délimiter les secteurs menacés afin d'en tenir compte dans le cadre des activités de construction et de planification (aménagement du territoire). Par ailleurs, la loi fédérale sur l'aménagement du territoire demande aux cantons de désigner les zones menacées par des forces naturelles ou des nuisances. Les lois fédérales sur les forêts et sur l'aménagement des cours d'eau ont renforcé cette exigence et requièrent des cantons l'établissement de cadastres et de cartes de dangers, notamment dans le domaine des mouvements de terrain. La Confédération a édité des recommandations relatives à cette thématique (Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire; OFAT, OFEE, OFEFP; 1997).

Combinée à d'autres données, la Carte sert de base pour l'établissement des cartes des dangers de glissements de terrain et de chutes de pierres.

2. CADRE D'ÉTABLISSEMENT

La *Carte d'inventaire des terrains instables* fait suite à la «Carte préliminaire des glissements de terrain», carte indicative élaborée sur la base d'analyses morphologiques, de photographies aériennes et de cartes existantes, mais sans relevés de terrain. Réalisée en 1974 au 1:25'000 par l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg, cette carte a été publiée au 1:50'000 par la Direction des travaux publics du Canton de Fribourg (DTP,

actuellement Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions DAEC) en septembre 1976, avec un rapport explicatif.

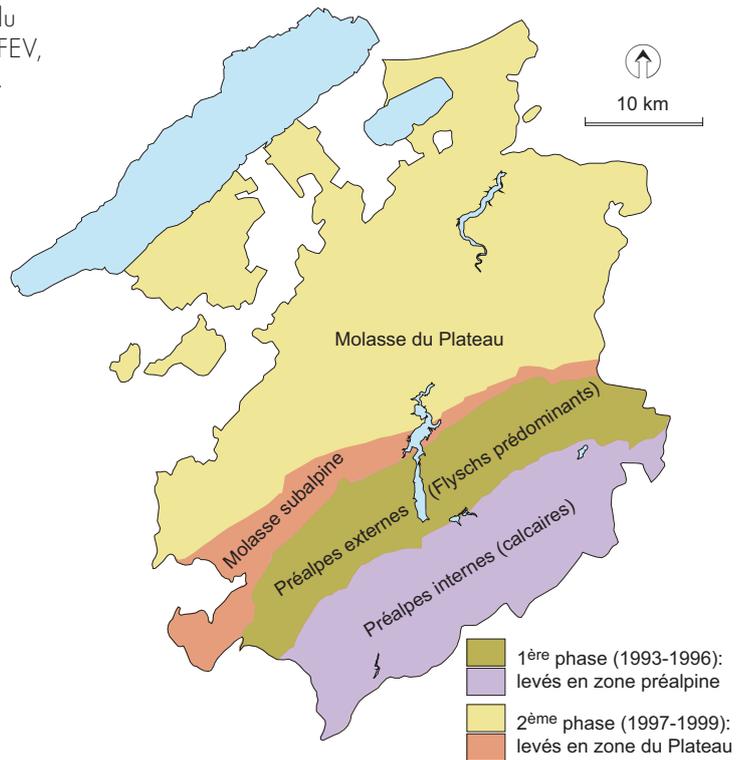
Données cadres relatives à l'établissement de la Carte d'inventaire des terrains instables

- Contenu:
Recensement des glissements de terrain (en fonction de leur activité et de leur profondeur), coulées boueuses et glissements spontanés, chutes de pierres et de blocs, éboulements et écroulements, phénomènes d'effondrement et de tassement.
- Degré de couverture:
La Carte couvre la totalité du territoire cantonal, à l'échelle du 1:10'000 (échelle des levés et de travail).
- Maître d'œuvre (mandant):
Direction des travaux publics (actuellement DAEC) et Etablissement cantonal d'assurance des bâtiments (ECAB).
- Mandataire:
Institut de Géologie de l'Université de Fribourg.
- Coordination:
Commission des dangers naturels.
- Collaborations:
Service des constructions et de l'aménagement (SeCA), Service des forêts et de la faune (SFF), Section lacs et cours d'eau du Service des ponts et chaussées (SLCE).
Le Service hydrologique et géologique national, actuellement incorporé à l'Office fédéral de l'environnement, a contribué à la cartographie dans le cadre d'un projet-pilote (Loup 1994).
- Financement:
Direction fédérale des forêts (actuellement Office fédéral de l'environnement) et ECAB.
- Etude préliminaire:
Réalisation au printemps 1993 d'une étude préparatoire («Pré-étude») en vue d'établir une carte détaillée des instabilités de terrain. Cette étude préliminaire a permis de dresser la liste des besoins et des exigences des futurs utilisateurs de la carte, de comparer les différentes possibilités méthodiques, de fixer un cadre budgétaire et un programme de travail.
- Relevés:
En deux phases, déterminées sur la base d'une analyse des secteurs prioritaires (Figure 1):
 - été 1993 - 1996: ensemble des Préalpes (600 km²); Préalpes externes, constituées essentiellement de Flyschs (définition en marge), et Préalpes internes, surtout calcaires (définition en marge),
 - 1997 à juin 1999: Plateau (1000 km²), constitué de molasses (définition en marge) et de dépôts quaternaires.
- Rédaction:
2^{ème} semestre 1999: rédaction, cartographie, digitalisation.
- Digitalisation:
Bureau d'ingénieurs Philipona & Brügger, à Planfayon.

Molasse: dépôts sédimentaires constitués de grès et marnes, formé dans un bassin marin peu profond d'avant-pays ou en milieu fluvial et plaine d'inondation. Ces dépôts, d'âge Tertiaire (environ 40 à 15 millions d'années), se sont mis en place durant la phase terminale de formation des Alpes. Selon la proportion des interlits marneux ou argileux des différentes formations, les phénomènes d'instabilité rencontrés peuvent se présenter soit sous forme de tassement évoluant en glissement (de moyenne à grande profondeur), soit sous forme de phénomènes instantanés (chutes de pierres ou de blocs, éboulement).

Flysch: alternances monotones et indéfiniment répétées, de grès et marnes en proportions variables et disposées en séquences, auxquels peuvent s'ajouter des conglomérats plus ou moins grossiers et parfois des niveaux calcaires. Ces dépôts, d'âge Crétacé supérieur à Tertiaire inférieur (environ 70 à 40 millions d'années), se sont mis en place durant la phase de formation de la chaîne alpine. Selon l'importance des marnes (en fréquence ou en épaisseur), le flysch constitue un type de faciès particulièrement propice aux mouvements de terrain, généralement lents mais parfois aussi catastrophiques.

Figure 1: Grandes unités tectoniques du canton de Fribourg (selon OFEV, modifié) et phases de relevé.



▼

Préalpes «calcaires». Ce terme assez général recouvre l'ensemble montagneux occupant la partie sud-est du canton. Il englobe surtout la nappe des «Préalpes médianes plastiques» qui en constitue l'essentiel, mais aussi un tronçon de la chaîne des Gastlosen qui appartient déjà aux «Préalpes médianes rigides». Ce regroupement quelque peu artificiel traduit, malgré des appartenances tectoniques différentes, une certaine unité lithologique (types de roches) où prédominent des séries d'âge secondaire (environ 240 à 65 millions d'années) surtout calcaires et marneuses. Ces roches favorisent une structure fortement plissée, déterminant un relief assez accidenté, aux altitudes plus élevées et aux pentes plus fortes, et dont l'élément morphologique dominant est précisément constitué par les puissantes assises calcaires.

3. MÉTHODOLOGIE

La *Carte d'inventaire des terrains instables* est une carte de phénomènes au sens des recommandations fédérales (Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire; OFAT, OFEE, OFEFP; 1997). Une telle carte recense les signes et indicateurs observés sur le terrain («témoins muets») et procède à leur interprétation objective; elle représente les phénomènes liés à des processus dangereux et décrit les secteurs exposés indépendamment du degré de danger.

La méthodologie adoptée et la légende élaborée tiennent compte des expériences faites dans le domaine de la cartographie géomorphologique; elles se sont notamment appuyées sur les travaux suivants:

- «Détection et utilisation des terrains instables DUTI» (1985),
- résultats préliminaires dans le cadre de la «Légende modulable pour la cartographie des phénomènes» (1995),
- résultats préliminaires dans le cadre de «l'Etude-pilote, feuille 1247 Adelboden» (1996),
- résultats préliminaires dans le cadre des recommandations «Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire» (1997).

L'étude des mouvements de terrain dans le cadre de l'établissement d'une carte de phénomènes nécessite une approche pluridisciplinaire qui fait appel principalement à des connaissances géologiques, géomorphologiques, hydrogéologiques, et géotechniques. La *Carte d'inventaire des terrains instables* est basée sur l'étude de la littérature existante, sur l'analyse morphologique des cartes topographiques au 1:25'000 et au 1:10'000, sur l'interprétation de photos aériennes, et sur le levé géologique de terrain (cartographie géomorphologique).

L'intégration et l'interprétation des différents indices de terrain, ainsi que l'évaluation tridimensionnelle des conditions du sous-sol permettent

- de délimiter les zones instables,
- de définir les types de processus,
- et d'estimer la vitesse moyenne et la profondeur des masses en glissement.

Les données quantifiées préexistantes de déplacements ou de profondeurs ont été prises en compte dans la mesure de leur disponibilité; aucune investigation complémentaire (forages, géodésie, etc.) n'a été faite dans le cadre des relevés.

4. PHENOMENES CARTOGRAPHIÉS

4.1 Glissements de terrain

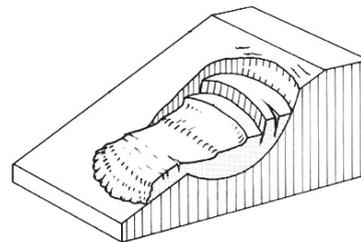
Le processus de glissement est un mouvement de pente vers l'aval, affectant une masse rocheuse et/ou de terrain meuble. Le glissement résulte d'une rupture par cisaillement le long d'une surface continue, circulaire, plane ou quelconque («plan de glissement»); le déplacement peut également se faire de façon discrète, selon une zone de déformation.

Outre la gravité, servant de moteur, l'eau joue un rôle important dans les glissements de terrain, par l'action des pressions interstitielles, des écoulements souterrains ou par des pressions dues aux gonflements des minéraux argileux. De façon générale, la présence d'eau dans les matériaux occasionne une diminution de leur cohésion.

En fonction du mode de déclenchement, des vitesses et de la teneur en eau, plusieurs processus peuvent être distingués, chacun présentant des caractéristiques spécifiques.

4.1.1 Glissements permanents

La vitesse des glissements de terrain peut varier fortement au cours du temps et des phases de tranquillité relative succèdent à des périodes de vitesses plus élevées. Sur le long terme toutefois, le comportement d'un glissement de terrain peut être assimilé à un mouvement constant (glissements dits 'permanents'). Les vitesses à long terme varient entre le millimètre et le mètre par an; dans des cas exceptionnels, la vitesse peut atteindre plusieurs mètres par jour.



Source: irc.nrc-cnrc.gc.ca

Glissement permanent

Glissement de terrain présentant, à long terme, des déplacements continus, avec des phases d'accélération et de réactivation.



Source: SeCA

4.1.2 Coulées boueuses, glissements spontanés

Ces phénomènes sont caractérisés par un mode de rupture subit et des vitesses de déplacement généralement élevées (m/h à m/s). Ils surviennent en principe sur des pentes assez raides (> 25° - 30°).

Les coulées boueuses et arrachements de terrain superficiels (glissements spontanés) sont des phénomènes de taille le plus souvent restreinte. Ils surviennent en dehors du réseau hydrographique et sont généralement provoqués par des résurgences ponctuelles d'eau souterraine ou par une saturation des sols en période de précipitations intenses. Un seul événement pluviométrique peut générer un grand nombre de coulées boueuses et de glissements spontanés sur une même région. Les distances parcourues varient fortement en fonction de la topographie et de la teneur en eau.



Source: SeCA

Coulée boueuse

Mélange de matériaux solides (sol meuble et couverture végétale) et de beaucoup d'eau, sans que se manifeste ou se développe une surface de glissement. Le mouvement décrit par la masse instable correspond à l'écoulement d'un liquide.



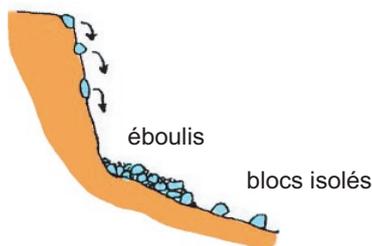
Source: SeCA

Glissement spontané

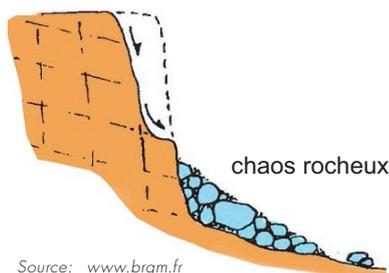
Glissement de terrain se déclenchant de façon subite, avec des vitesses instantanées élevées. La teneur en eau est insuffisante pour conduire à une liquéfaction des matériaux, lesquels gardent une certaine cohésion. Une surface de rupture (plan de glissement) peut en général être observée.

4.2 Chutes de blocs, pierres et éboulements

Chutes de pierres et de blocs



Eboulement



Source: www.brgm.fr

Les chutes de pierres et de blocs, les éboulements et les écroulements sont des mouvements brusques et rapides de masses rocheuses. Les sources les plus communes de tels phénomènes sont les parois et pentes rocheuses. Les pierres et blocs peuvent également provenir des formations meubles (moraine par exemple) ou être remobilisés dans une pente.

Les principaux facteurs responsables du déclenchement d'un phénomène rocheux sont les suivants:

- les conditions géologiques (type de roche, orientation des couches, etc.),
- le degré de fragmentation de la roche (nature et orientation des discontinuités),
- les actions climatiques (variations de températures avec gel et dégel, présence d'eau, pluie, altération, etc.),
- la topographie.

La présence d'arbres peut accélérer ou déclencher de tels processus par leur système racinaire dans les fissures ou par des effets de dislocation.

Les principaux facteurs qui caractérisent les conditions de transit et de dépôt, ainsi que la délimitation de ces zones, sont les suivants:

- les caractéristiques du bloc (type de roche, masse, fragmentation lors de la chute, forme, etc.),
- la topographie (pente, obstacles, etc.),
- la nature des sols (terrain meuble, rocher, etc.),
- le type de mouvement des blocs (rebond, roulement, glissement), de même que les interactions entre les blocs,
- la forme et la densité de la végétation (des arbres peuvent freiner ou stopper la progression des blocs).

Chutes de pierres et blocs

Les chutes de pierre et de blocs sont définies comme un mouvement de chute sporadique de blocs plus ou moins isolés. Ce processus répété n'excède pas un volume de 100 m³ par événement.

On parle:

- de chutes de pierres quand le diamètre est inférieur à 50 cm (soit env. 1/8 m³ ou 300 - 400 kg),
- de chutes de blocs quand le diamètre est supérieur à 50 cm.



Source: www.bdmag.com

Eboulements

Les éboulements correspondent à la rupture de paquets importants de rocher, entre 100 m³ et 100'000 m³, qui se détachent et tombent brusquement. La masse de roche se fragmente plus ou moins et forme un cône.

Les écroulements correspondent à un phénomène comparable, mais avec des volumes beaucoup plus importants (> 1 million de m³), une fragmentation intense des blocs et de très grandes distances parcourues; ils sont très rares en comparaison avec les éboulements.



Source: SeCA

4.3 Effondrement, tassement

D'autres phénomènes, aux conséquences généralement moins dommageables, et caractérisés par une composante verticale du mouvement, sont également recensés dans la *Carte d'inventaire des terrains instables*:

- zones de dissolution et d'effondrement en relation avec le lessivage d'une roche souterraine soluble (p.ex. gypse, cornieule) ou avec des cavités souterraines préexistantes (p.ex. cavités karstiques). Les formes typiques par lesquelles ces phénomènes se manifestent sont les dolines;
- zones de tourbières, dépôts lacustres et palustres, etc., regroupés sous l'appellation de «sols compressibles», sujets aux tassements.

Doline

Une doline est une dépression de terrain généralement circulaire, due à des phénomènes de dissolution des terrains sous-jacents; les dolines mesurent de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres.



Source: www.upp.so-net.ne.jp

5. LÉGENDE ET CONTENU DE LA CARTE

La légende a été élaborée en fonction des besoins et exigences cantonales définies dans l'étude préliminaire de 1993, tout en tenant compte des travaux en cours mentionnés au chapitre 3. Elle présente les processus d'instabilités de terrain en fonction du mécanisme de mouvement (glissement, chute, etc.), de l'activité (vitesse relative à long terme) et de la profondeur.

5.1 Glissements de terrain, coulées boueuses, glissements spontanés, zones de glissement potentiel

Les phénomènes de glissements de terrain, de coulées boueuses et de glissements potentiels sont caractérisés par leur activité et leur profondeur. Le degré d'activité est indiqué par une couleur, la profondeur par une surcharge graphique (lunules, voir point 5.1.4).

5.1.1 Glissements de terrain déclarés

Les glissements déclarés regroupent des terrains présentant les indices et morphologies caractéristiques du mécanisme de glissement.

Un des critères fondamentaux permettant de décrire un glissement de terrain est son degré d'activité; la Carte en distingue quatre, désignés à l'aide de couleurs. L'activité est exprimée en vitesses ou déplacements annuels moyens à long terme (voir point 4.1.1).

Glissement ancien, stabilisé ou substabilisé



Les zones cartographiées en glissement ancien présentent une morphologie irrégulière, témoignant de processus d'activité ancienne. Ces secteurs, qui semblent stabilisés ou substabilisés, peuvent toutefois être réactivés plus ou moins fortement et de manière parfois subite.

Glissement peu actif

(ou très lent; vitesse estimative < 2 cm/an)



Cette catégorie regroupe la majeure partie des glissements latents, qui ne montrent pas de signes d'activité clairement identifiables sur le terrain. Parmi les indices de reconnaissance de cette classe de glissement, on peut noter:

- une morphologie irrégulière,
- des niches d'arrachement peu marquées,
- aucune fissuration marquée à la surface du terrain,
- une végétation peu perturbée, une forêt intacte,
- des venues d'eau diffuses et quelques zones humides ,
- peu de dommages aux infrastructures (bâtiments, routes).

Les glissements peu actifs causent peu ou pas de dégâts aux aménagements de surface, mais s'avèrent problématiques pour des aménagements souterrains, lorsqu'il s'agit de glissements moyennement profonds (2-10 m). Ils sont également sujets à réactivation, par exemple à la suite d'interventions humaines (modification de terrain, excavation, déblais/remblais, etc.).

Glissement actif

(ou lent; vitesse estimative: 2-10 cm/an)

Parmi les indices de reconnaissance de cette classe d'activité, on peut citer entre autres:

- de l'amont vers l'aval, une forme de pente concave puis convexe,
- une tête et un pied de glissement bien marqués, respectivement par des niches d'arrachement et des lobes,
- des signes d'activité modérée dans la niche d'arrachement,
- la présence de fissures dans le sol, parfois recouvertes par la végétation,
- une végétation sensiblement perturbée, avec des arbres inclinés ou présentant une courbure du tronc,
- les berges des cours d'eau présentant des signes d'instabilité,
- de faibles venues d'eau en bordure du glissement et des zones humides temporaires,
- des poteaux électriques ou téléphoniques légèrement inclinés; quelques fissures ou affaissement des chaussées et bâtiments.



Les glissements actifs causent des dégâts à la végétation et aux infrastructures. Ces dernières sont généralement encore viables, mais doivent subir des adaptations constructives et des travaux d'entretien plus ou moins coûteux.

Glissement très actif

(ou rapide; vitesse estimative > 10 cm/an)

Cette catégorie concerne les glissements dont l'activité est entretenue à un niveau élevé, souvent par une érosion basale ou latérale, par des conditions géologiques, hydrogéologiques ou topographiques particulièrement défavorables. C'est dans cette catégorie que l'on retrouve par ailleurs la plupart des glissements ayant subi des réactivations temporaires importantes.



Parmi les critères caractérisant cette catégorie, on peut mentionner:

- une activité importante dans les niches d'arrachement avec des traces récentes d'érosion ou des chutes de pierres,
- une fissuration ou cisaillement du sol, des déformations importantes du sol,
- une végétation perturbée: arbres inclinés ou tombés, racines tendues,
- des venues d'eau, un réseau hydrographique très perturbé, de nombreuses zones humides, des coulées de boue localisées,
- des poteaux électriques et téléphoniques inclinés et déplacés, une tension différentielle des fils; d'importants dommages à la chaussée et aux bâtiments (déformations, fissures).

Constructions et infrastructures sont très menacées à non viables dans les glissements très actifs n'offrant pas de possibilités d'assainissement. L'assainissement est d'autant plus difficile à réaliser que le glissement est profond.

Note sur l'estimation de l'activité

Dans le cadre de la *Carte d'inventaire des terrains instables*, l'estimation de l'activité des glissements résulte de l'examen de terrain. Moyennant une bonne expérience dans ce domaine, elle

peut être déduite de la morphologie (selon indices ci-dessus).

De façon générale, cette estimation peut être complétée, par des mesures de surface quantitatives et objectives (cf. Raetzo, 1997), dont le choix sera fonction de l'objectif de l'étude (degrés de précision très variables); par exemple:

- chevillère,
- nivellement,
- théodolite,
- GPS (positionnement par satellites),
- photogrammétrie,
- etc.

Certains instruments utilisés pour la mesure des déplacements en profondeur (inclinomètres notamment) complètent l'appréciation de l'activité des glissements.

5.1.2 Coulées boueuses et glissements spontanés



Les coulées boueuses et les glissements spontanés sont en principe indiqués de façon individuelle. Lors d'un événement pluviométrique intense, il arrive fréquemment que de très nombreuses coulées ou glissements spontanés de petite dimension surviennent sur une surface relativement restreinte; dans ce cas, l'enveloppe de la zone affectée dans son ensemble est indiquée sur la carte (généralisation).

5.1.3 Zones de glissement potentiel



Sont représentées ici les zones exposées au déclenchement futur possible de glissements de terrain, de coulées boueuses et de glissements spontanés. Au moment du relevé de terrain, aucun indice d'une instabilité antérieure n'a été constaté dans ces zones.

Les critères permettant de délimiter de telles zones sont entre autres:

- la présence, à proximité, d'un glissement de terrain déclaré dont l'emprise pourrait augmenter (par exemple par mouvements régressifs en bordure ou en amont de la niche d'arrachement); dans ce cas, la zone de glissement potentiel correspond à l'extension envisageable d'un glissement déclaré,
- la présence de phénomènes semblables déjà visibles dans la zone considérée,
- la présence de matériaux meubles de couverture à cohésion faible ou modérée,
- la présence d'une forte pente,
- la présence de conditions géologiques et hydrogéologiques défavorables sous l'angle de la stabilité.

5.1.4 Profondeur

Les mouvements de terrain décrits plus haut (paragraphe 5.1.1 à 5.1.3) peuvent également être caractérisés par leur profondeur (ou épaisseur des masses en mouvement). Cette dernière est figurée par une surcharge graphique (lunules), superposée à la couleur de base décrivant le processus et son activité.

Glissement superficiel
(profondeur estimative < à 2 m)

Les glissements superficiels, qui comprennent également les phénomènes de solifluxion, affectent la couche superficielle de zones généralement pentues, constituées de terrains peu cohésifs.



Glissement de profondeur modérée
(profondeur estimative: 2-10 m)

Les glissements de profondeur modérée affectent le plus souvent la couverture meuble ou les parties altérées du rocher sous-jacent, présentant une composante argileuse relativement importante. Il peut s'agir de zones marginales ou annexes de glissements plus profonds.



Glissement profond
(profondeur estimative > 10 m, à plus de 100 m)

Les glissements profonds affectent une masse plus ou moins disloquée et décomposée, y compris parfois le soubassement rocheux. Il s'agit généralement de glissements de grande ampleur, impliquant des versants entiers ou des parties de ceux-ci, et déplaçant des volumes de matériaux considérables.



Note sur l'estimation de la profondeur

Dans le cadre de la *Carte d'inventaire des terrains instables*, l'estimation de la profondeur du plan de glissement est basée sur l'interprétation des données naturelles (géologie, géomorphologie, topographie, critères géométriques, etc).

De façon générale, cette estimation peut être précisée par des mesures quantitatives, souvent complémentaires:

- études géophysiques:
 - VLF-EM (very low frequency-electromagnetic),
 - VLF-R (very low frequency-resistivity),
 - sismique - réflexion,
 - sismique - réfraction,
- forages équipés d'inclinomètres,
- etc.

5.2 Chutes de pierres et de blocs, éboulements, écroulements

Dans le cadre d'un relevé systématique du territoire, l'évaluation des processus de chute se base sur une analyse qualitative sommaire de la lithologie, des discontinuités (stratigraphie/litage, schistosité, fracturations), des structures tectoniques, du contexte morphologique, etc. La détermination de la zone potentielle de provenance se fait sans recours à une analyse structurale (p. ex Rouiller et al., 1996). De même, l'extension de la zone menacée (zones de transit et d'accumulation) est basée sur l'observation des zones de dépôt des phénomènes antérieurs et des zones encore alimentées. Aucune modélisation n'a été réalisée dans ce contexte (méthode des pentes forfaitaires, modélisations trajectographiques 2D ou 3D, etc.). Dans le domaine des chutes de pierres et de blocs, la carte ne comporte ainsi aucun caractère prévisionnel et donne une image partielle de l'exposition réelle aux phénomènes rocheux.

La carte distingue les zones de provenance ou d'alimentation, de transit et d'accumulation du matériel éboulé, de même que les couloirs de transit du matériel.

5.2.1 Zone de provenance ou d'alimentation



Il s'agit des zones donnant lieu à des phénomènes subits de désagrégation, avec chutes répétées de volumes divers de matériaux (chutes de pierre et blocs, éboulements/écroulements).

5.2.2 Zone de transit et zone d'accumulation du matériel éboulé

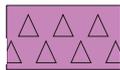
Les zones atteintes par le passé et actuellement alimentées sont répertoriées. On distingue les zones d'accumulation constituées par des chutes de pierres et blocs, de celles formées par des masses ébouées ou écroulées (voir définitions au point 4.2).

Chutes de pierres et blocs



Il s'agit de chutes de pierres (diamètre < 50 cm) et blocs isolés (diamètre > 50 cm) se détachant de manière répétitive de la zone de provenance délimitée. La surface de la zone de dépôt est en général d'extension assez limitée et prend la forme d'un cône ou d'un voile; la zone d'accumulation est d'autant plus grande que la pente est plus forte et sa rugosité plus faible.

Eboulement, écroulement



Ces phénomènes sont distingués des chutes de pierres/blocs par une surcharge graphique.

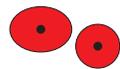
5.2.3 Couloir de transit



Il s'agit du tracé par lequel chemine préférentiellement, sans s'y déposer, le matériel entre la zone de provenance et la zone d'accumulation.

5.3 Effondrement, tassement

5.3.1 Doline ou ensemble de dolines



Les zones de dissolution et d'effondrement sur sous-sol soluble (par ex. gypse) et/ou sur cavité souterraine (par ex. cavité karstique) sont représentées. Les dolines sont cartographiées de manière individuelle. En cas de tendance généralisée à l'effondrement, c'est l'ensemble de la surface concernée qui est reporté.

5.3.2 Zone sujette au tassement sur sous-sol compressible



Les zones de tourbières, de dépôts lacustres et palustres, de marais (drainés ou non drainés) sont regroupées sous cette appellation. Ces secteurs peuvent être affectés par des phénomènes de tassement, notamment suite au pompage d'eau ou à l'application de charges (bâtiments, routes, etc.).

5.4 Morphologie

Quelques signes morphologiques marquants et indicateurs de mouvements de terrain ont été représentés.

Niche d'arrachement

Les niches d'arrachement sont situées en tête du glissement et marquent la limite entre les zones stables et le glissement, ou la limite entre deux masses glissées de caractéristiques différentes. Seules les niches bien typées, actives ou clairement individualisées, ont été cartographiées. En plus d'une structure typique en 'escaliers', les signes d'activité observables sont entre autres la mise à nu du sol, les chutes de pierres et blocs, la présence de fissures de tension ou de racines tendues. Si leur activité est ralentie ou stoppée, elles sont moins marquées sur le terrain et recouvertes plus ou moins entièrement par la végétation.



Source: SeCA

Versant tassé

Il s'agit de secteurs ou portions de versants subissant, dans les roches compactes, des mouvements gravifiques avec une composante principale verticale se développant le long de surfaces de discontinuité ou selon des zones de déformation. Les zones tassées sont souvent situées à l'amont d'un glissement ou sur les crêtes séparant deux glissements. La transition vers un mécanisme de glissement est progressive.



Source: Noverraz, EPFL

Lobe

Ce sont les zones d'accumulation bombées, observables en pied des glissements. Les lobes peuvent se développer au sein de la masse en glissement (compartiments avec vitesses relatives différentes) ou chevaucher les terrains stables situés à l'aval de la masse en mouvement; les lobes sont parfois développés en éventail et forment un vaste cône d'accumulation.



Source: SeCA

6. UTILISATION ET LIMITES

La *Carte d'inventaire des terrains instables* dresse un constat sur l'état de stabilité ou d'instabilité des terrains au moment du levé (1993 – 1999). Les conditions naturelles étant changeantes par définition, un écart entre la situation réelle du terrain et celle décrite dans la Carte pourrait être constaté avec le temps, pour un endroit bien déterminé. L'image globale de la stabilité d'un secteur, telle que décrite par la Carte, reste néanmoins valable sur la durée.

Reposant sur des observations qualitatives de surface, la Carte contient inévitablement une part de subjectivité. L'expérience montre que les incertitudes sur la profondeur des glissements sont plus importantes que celles sur l'activité; les contours des différentes masses instables, de même que la séparation entre les secteurs stables et instables revêtent une précision élevée.

La Carte identifie et décrit des phénomènes d'instabilité de terrain et ne peut pas être immédiatement traduite en termes de

conséquences ou de mesures. Considérée comme une donnée de base au sens de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, elle n'a pas, en tant que telle, de valeur ou d'effets contraignants. Elle représente une première étape dans la démarche qui doit permettre de gérer les dangers naturels dans l'aménagement du territoire et de planifier des mesures. Cette carte sert ainsi de base pour l'établissement des cartes des dangers liés aux mouvements de terrain.

La Carte peut cependant constituer un précieux instrument d'aide à la décision pour les autorités cantonales, régionales et communales en matière de projets et de planifications. Elle fournit également, pour les milieux de la construction et de l'ingénierie (architectes, ingénieurs, géologues, etc.), des indications précieuses pour un dimensionnement des ouvrages adapté aux contraintes de stabilité.

7. DÉPÔT, MISE A JOUR

Les minutes originales de terrain au 1:10'000 sont archivées à l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg; elles constituent le document de référence représentant, pour l'ensemble du Canton, l'état des instabilités de terrain au moment du levé. La Carte peut être consultée dans son ensemble sur Internet («guichet cartographique cantonal»), de même qu'au Service des constructions et de l'aménagement, au Service des forêts et de la faune, et à la bibliothèque de l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg.

Une mise à jour systématique du contenu de la carte n'est pas prévue. En cas de changement majeur des circonstances dans un secteur limité, une adaptation de la carte pourra être faite. Dans ce cas, seule la version informatisée consultable sur Internet sera actualisée. Un historique des mises à jour est consultable sur le site Internet du Service des constructions et de l'aménagement (www.fr.ch/seca/, rubrique «Dangers naturels et géologie» sous «Section Aménagement cantonal»).

CONTACT

Pour toute information complémentaire:

CCDN Commission des dangers naturels
p.a. SeCA, Rue des Chanoines 17, Case postale
1701 Fribourg,
036/305 36 13

SeCA Service des constructions et de l'aménagement
Rue des Chanoines 17, Case postale
1701 Fribourg,
036/305 36 13
www.fr.ch/seca/

RÉFÉRENCES

- Bollinger, D. & Noverraz, F. (1996): Etude pilote/Pilotstudie - Karte der Bodenbewegungsgefahren 1:25'000, Blatt 1247 Adelboden. Service hydrologique et géologique national (SHGN/OFEFP), Rapport géologique 20; Berne.
- Carte préliminaire des glissements de terrain, 1:50'000, avec notice (1976). Direction des travaux publics du canton de Fribourg, Commission cantonale pour l'établissement d'un cadastre des avalanches, Office cantonal de l'aménagement du territoire et Institut de Géologie de l'Université de Fribourg; Fribourg.
- Détection et utilisation des terrains instables DUTI - Projet d'école (1985). Rapport final, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne; Lausanne, 229 p.
- Lateltin, O., Beer C., Raetzo, H. & Caron C. (1997): Instabilités de pente en terrain de flysch et changements climatiques. Rapport final PNR 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich; Zürich, 168 p.
- Légende modulable pour la cartographie des phénomènes, édition 1995 - Recommandations - Série Dangers naturels (1995). Office fédéral de l'économie des eaux OFEE et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP; Berne, 19 p.
- Loup, B. & Caron, C. (1993): Carte d'inventaire des terrains instables du canton de Fribourg - Pré-étude, effectuée à la demande de la Direction des travaux publics du canton de Fribourg. Document inédit; Fribourg, 34 p.
- Loup, B. (1994): Cartographie des instabilités de terrain dans la région de Semsales, Préalpes fribourgeoises. Etude-pilote sur mandat du Service hydrologique et géologique national. Document inédit; Fribourg, 28 p.
- PNR31 - Programme National de Recherche - Changements climatiques et Catastrophes naturelles. Rapport scientifique final, rapports de synthèse, rapports finaux, rapports de travail (1993 - 1998). Georg Genève & vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire - Recommandations - Série Dangers naturels (1997). Office fédéral de l'aménagement du territoire OFAT, Office fédéral de l'économie des eaux OFEE et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP; Berne, 43 p.
- Raetzo-Brühlhart H. (1997): Massenbewegungen im Gurnigelflysch und Einfluss der Klimaänderung. Arbeitsbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich; Zürich, 256 p.
- Rouiller, J.D., Marro, Ch., Jaboyedoff, M., Philipposian, F. & Mamin, M. (1996): Distribution spatiale des discontinuités dans une falaise - Approche statistique et probabiliste. Rapport de travail PNR 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich; Zürich, 90 p.