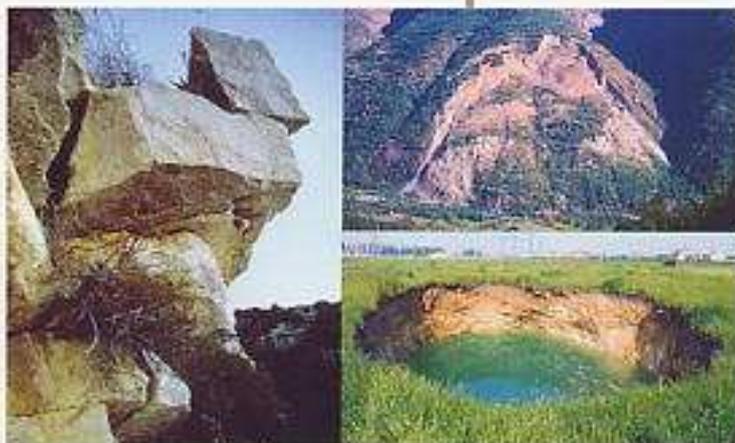


Plans de prévention des risques naturels (PPR)

Risques de mouvements de terrain

guides



GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

▶ **MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT
DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT**
Direction de la prévention des pollutions et des risques
Sous-direction de la prévention des risques majeurs

▶ **MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT**
Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat
et de la construction
Sous-direction de la planification stratégique

Plans de prévention des risques naturels (PPR)

Risques de mouvements de terrain

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Cet ouvrage, réalisé à l'initiative de la direction de la prévention des pollutions et des risques, sous-direction de la prévention des risques majeurs et de la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, sous-direction de la planification stratégique a été rédigé par Liliane Besson (MIRNAT 38), Jean-Louis Durville (LCPC), Gérald Garry et Edmond Graszka (DGUHC), Thierry Hubert et Marcel Toulemont (DPPR).

Plusieurs experts ont été consultés :

Madame Majourau (CETE de Bordeaux), Messieurs Bivert (SDICS du Nord), Forêt (DDE du Var), Leroi (BRGM), Levoy (université de Caen), Lievois (RTM Haute-Savoie), Maquaire (université Louis Pasteur, Strasbourg), Mazet-Brachet (Alp'géorisques), Thorin (IGC de Versailles), Tritsch (INERIS), Villain (CETE de Lyon).

Les auteurs remercient les personnalités qui ont bien voulu relire ce document et faire part de leurs observations et tout particulièrement Liliane Hily qui a patiemment réalisé les multiples versions préalables à la publication.

Photos de couverture : 1. Surplomb rocheux instable, Jean-Louis Durville
2. Glissement de la Clapière (06), Jean-Louis Durville
3. Effondrement de carrière de gypse en Ile-de-France, Marcel Toulemont

En application de la loi du 11 mars 1957 (article 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre.

PRÉFACE

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels d'origines très diverses, résultant de la déformation, de la rupture et du déplacement du sol en masse ou à l'état divisé. Ils présentent parfois un danger pour la vie des personnes. Afin de réduire ces effets et d'éviter des dommages, il est impératif de les prendre en considération le plus tôt possible dans l'aménagement du territoire et les décisions d'urbanisme.

Les documents d'urbanisme, schémas directeurs, POS et plan d'aménagement de zone doivent prendre en compte les risques. Toutefois, le législateur a été conduit à créer des documents spécifiques complémentaires : les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR). Ceux-ci offrent des possibilités plus larges que les instruments bien adaptés à la variété des phénomènes de mouvement de terrain. Ils s'inscrivent en partie dans la perspective du développement durable :

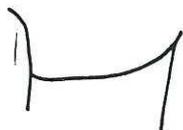
- Ils sont réalisés par bassin de risque, à partir d'une approche globale et qualitative des phénomènes correspondant parfois à une échelle pluricommunale.
- Ils couvrent les domaines de l'utilisation des sols, de la construction, de l'exploitation des sols et de la sécurité publique.
- Ils proposent des mesures appropriées à l'objectif de prévention recherché et proportionnées à l'importance des risques.
- Ils sont conduits par l'État avec une grande transparence, en recherchant la concertation la plus large possible avec l'ensemble des acteurs locaux du risque, en particulier les élus communaux.

Pour accompagner la mise en œuvre des PPR, élaborés sous l'autorité du préfet de département, la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction et la direction de la prévention des pollutions et des risques ont préparé une série de guides méthodologiques avec le concours de représentants des administrations, d'experts et de bureaux d'études. Ces guides comprennent un guide général et des guides spécifiques par risque. Le premier, paru en août 1997, présente les PPR, précise les conditions de leur élaboration et tente de répondre aux nombreuses questions susceptibles d'être posées pour leur mise en œuvre. Les autres, comme ce document consacré aux mouvements de terrain, explicitent la méthode et la démarche proposée pour les différents types de risques.

Ces guides sont principalement conçus pour aider les services déconcentrés de l'État à constituer les pièces techniques et réglementaires des PPR. Ils

s'appuient largement sur la pratique et les acquis de chacun, et seront bien entendu enrichis des retours d'expérience qui découleront de leur application.

Les références techniques et réglementaires sont aujourd'hui disponibles pour traiter des mouvements de terrain. Elles permettent d'engager, avec les PPR, une nouvelle étape en matière de prévention, dont le succès repose désormais sur la mobilisation de toutes les compétences disponibles et sur la force de conviction des préfets et de leurs services.



Paul SCHWACH
Directeur, adjoint au directeur général
de l'urbanisme, de l'habitat
et de la construction



Philippe VESSERON
Directeur de la prévention
des pollutions et des risques,
délégué aux risques majeurs

SOMMAIRE

Description des mouvements de terrain

<u>Les affaissements et effondrements</u>	9
<u>Les tassements par retrait</u>	12
<u>Les éboulements, les chutes de blocs et de pierres</u>	12
<u>Les glissements, coulées de boue associées et fluages</u>	14

Méthodes d'analyse et de cartographie des risques

<u>Principes généraux de la démarche</u>	17
<u>Bassin de risque et périmètre d'étude</u>	18
<u>La connaissance et la cartographie informative des phénomènes naturels</u>	18
<u>Qualification et cartographie des aléas</u>	24
<u>Évaluation des enjeux</u>	33

Élaboration du dossier de PPR mouvements de terrain

<u>Caractéristiques du PPR</u>	37
<u>La note de présentation</u>	39
<u>Le plan de zonage réglementaire</u>	40
<u>Le règlement</u>	46

ANNEXES

<u>Les marnières</u>	55
<u>Le tassement par retrait sous l'effet de la sécheresse</u>	56
<u>Exemples de grilles de caractérisation de l'aléa établies par le RTM de l'Isère</u>	58

Glossaire	61
------------------------	----

Sigles	63
---------------------	----

Principales références bibliographiques	65
--	----

Index des illustrations	67
--------------------------------------	----

INTRODUCTION

Environ 7 000 communes françaises sont menacées par un risque de mouvements de terrain dont un tiers avec un niveau de gravité fort vis-à-vis des populations. La plupart, situées en montagne, sont exposées à divers phénomènes dus à l'instabilité des versants et falaises (éboulements, chutes de blocs, glissements). D'autres, localisées sur des plaines ou des plateaux, connaissent des mouvements liés à l'exploitation ou à la dissolution du sol et du sous-sol.

Ces mouvements de terrain constituent généralement des phénomènes ponctuels, de faible ampleur et d'effets limités. Par leur diversité, leur fréquence et leur large distribution géographique, ils sont néanmoins responsables de dommages et de préjudices importants et coûteux.

Certains phénomènes de grande ampleur, tels que le glissement de la Clapière à Saint-Étienne-de-Tinée (Alpes-Maritimes) ou l'éboulement des « ruines de Séchilienne », près de Vizille (Isère), sont à l'origine d'enjeux socio-économiques et humains qui dépassent largement les possibilités de prévention des collectivités directement concernées.

Un des plus grands phénomènes historiquement connus qui a fait de nombreuses victimes, s'est déroulé au Moyen Âge (1248). C'est l'écroulement du mont Granier (Savoie) : 2 000 à 5 000 morts, 5 villages engloutis. Depuis cette époque des mouvements d'une telle ampleur ont plutôt touché d'autres parties du monde (Colombie, Italie, etc.). Néanmoins, de nombreuses instabilités constituent un danger pour la vie humaine en raison de leur intensité, de la soudaineté et du caractère dynamique de leur déclenchement. En 1970, la forte coulée de boue qui a détruit un sanatorium sur le plateau d'Assy (Haute-Savoie) faisant 40 morts, a renforcé les préoccupations en ce domaine. Cet événement est à l'origine de la mise en œuvre des cartes des zones exposées aux mouvements du sol et du sous-sol (ZERMOS). Plus récemment, en 1994, le glissement de terrain de la Salle-en-Beaumont (Isère) a fait 4 victimes et a détruit plusieurs habitations. Par ailleurs, d'anciennes exploitations de matériaux en sous-sol peuvent également être à l'origine de catastrophes comme à Clamart et Issy-les-Moulineaux en 1961 : 21 morts, 50 blessés.

Ces catastrophes, dont la plupart sont difficilement prévisibles, doivent susciter des moyens de prévention des risques naturels qui permettent d'assurer la sécurité par la gestion permanente du milieu physique. Prévenir les risques est le meilleur moyen de réduire les effets des catastrophes naturelles.

Le plan de prévention des risques, institué par la loi du 2 février 1995 qui modifie la loi du 22 juillet 1987 (décret d'application du 5 octobre 1995), est un des moyens les plus pertinents de prise en compte de l'ensemble de ces phénomènes. Bien entendu, les risques liés aux mouvements de terrain doivent faire l'objet d'une « information préventive » au sens de l'article 21 de la loi du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs (décret d'application du 11 octobre 1990), même dans les cas où la réalisation d'un PPR n'est pas engagée.

Le présent guide a pour but d'aider à l'élaboration de ces plans. Il s'adresse à la fois aux services instructeurs chargés par les préfets de leur réalisation et aux spécialistes (géologues, géotechniciens) auxquels est confiée l'étude technique. Il doit aussi permettre aux élus et aux populations concernées de mesurer les enjeux identifiés par le PPR. Il vise à rendre les différents PPR homogènes dans leur forme et dans leur contenu tout en laissant aux préfets une marge de manœuvre suffisante pour en garantir l'efficacité et répondre à la grande variété de nature des phénomènes.

Dans une première partie, ce guide rappelle les principales caractéristiques des différents phénomènes regroupés sous l'appellation « mouvements de terrain ». Dans la deuxième partie, il présente les méthodes et moyens d'analyse des phénomènes naturels, de cartographie des aléas et d'évaluation des enjeux. Il propose en troisième partie des orientations pour établir le zonage et les prescriptions réglementaires et décrit les documents à produire. Une annexe traite les cas particuliers des marnières et des tassements par retrait sous l'effet de la sécheresse.

D'autres phénomènes, dont l'impact est en général moindre en termes de sécurité publique ou de dommages aux constructions, n'ont pas été abordés dans ce guide. Il s'agit par exemple des érosions vives et ravinements intenses qui affectent certains terrains en climat de type méditerranéen, ou des tassements des sols compressibles sous chargement ou sous l'effet d'un abaissement de la nappe phréatique.

Enfin, les érosions marines, les laves torrentielles, les écoulements chargés et rapides (coulées de boue), les phénomènes de liquéfaction de certains sols sous l'action des séismes, sont ou seront respectivement traités dans les guides PPR concernant les risques littoraux, d'inondations ou sismiques.

DESCRIPTION

DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les mouvements de terrain sont les manifestations du déplacement gravitaire de masses de terrain déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (fonte des neiges, pluviométrie anormalement forte, séisme, etc.) ou anthropiques (terrassment, vibration, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères, etc.).

Ils recouvrent des formes très diverses qui résultent de la multiplicité des *mécanismes initiateurs* (érosion, dissolution, déformation et rupture sous charge statique ou dynamique), eux-mêmes liés à la complexité des *comportements géotechniques* des matériaux sollicités et des conditions de gisement (structure géologique, géométrie des réseaux de fractures, caractéristiques des nappes aquifères, etc.).

Selon la vitesse de déplacement, deux ensembles peuvent être distingués :

- Les *mouvements lents*, pour lesquels la déformation est progressive et peut être accompagnée de rupture mais en principe d'aucune accélération brutale :
 - les *affaissements* consécutifs à l'évolution de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières ou mines), évolution amortie par le comportement souple des terrains de couverture ;
 - les *tassements* par retrait de sols argileux et par consolidation de certains terrains compressibles (vases, tourbes) ;
 - le *fluage* de matériaux plastiques sur faible pente ;
 - les *glissements*, qui correspondent au déplacement en masse, le long d'une surface de rupture plane, courbe ou complexe, de sols cohérents (marnes et argiles) ;
 - le *retrait* ou le *gonflement* de certains matériaux argileux en fonction de leur teneur en eau.
- Les *mouvements rapides* qui peuvent être scindés en deux groupes, selon le mode de propagation des matériaux, *en masse*, ou à *l'état remanié*.

Le premier groupe comprend :

- les *effondrements*, qui résultent de la rupture brutale de voûtes de cavités souterraines naturelles ou artificielles, sans atténuation par les terrains de surface ;

- les *chutes de pierres* ou de blocs provenant de l'évolution mécanique de falaises ou d'escarpements rocheux très fracturés ;
- les *éboulements* ou *écroulements* de pans de falaises ou d'escarpements rocheux selon les plans de discontinuité préexistants ;
- certains *glissements* rocheux.

Le second groupe comprend :

- les *laves torrentielles*, qui résultent du transport de matériaux en coulées visqueuses ou fluides dans le lit de torrents de montagne ;
- les *coulées boueuses*, qui proviennent généralement de l'évolution du front des glissements. Leur mode de propagation est intermédiaire entre le déplacement en masse et le transport fluide ou visqueux.

Seules les quatre familles de phénomènes suivantes sont prises en compte dans ce guide :

- les effondrements et affaissements ;
- les tassements par retrait ;
- les éboulements, écroulements et chutes de pierres ;
- les glissements, coulées de boue associées et fluages.

Les affaissements et effondrements

Définitions

Les *affaissements* sont des dépressions topographiques en forme de cuvette à grand rayon de courbure dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture avec ou sans fractures ouvertes. La composante verticale du mouvement est prépondérante. Des efforts de flexion, de traction et de cisaillement et les tassements différentiels préjudiciables aux structures peuvent se manifester dans les zones de bordure (figure 1). Dans certains cas, les affaissements peuvent être le signe annonciateur d'effondrements.

Les *effondrements* sont des mouvements gravitaires à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon plus ou moins brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine préexistante. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique, dont les dimensions dépendent du volume du vide, de sa profondeur, de la nature géologique du sol et du mode de rupture. Selon ce mode, l'effondrement de surface peut être ponctuel ou généralisé s'il concerne des surfaces importantes (plusieurs hectares). Dans le premier cas, il s'agit du phénomène de fontis dont le diamètre est généralement inférieur à 50 m, et qui s'élargit avec le temps par éboulements successifs des parois (photo 1 et figure 2).

Conditions d'apparition

La présence de cavités souterraines est la cause essentielle d'apparition des désordres de surface : le problème difficile de la recherche de vides mal connus ou dont l'existence est seulement soupçonnée se pose donc fréquemment.

Les vides souterrains peuvent être :

- consécutifs aux travaux de l'homme (carrières abandonnées, sapes de guerre, etc.) : les effondrements dus aux carrières souterraines parfois très anciennes qui ont été exploitées dans certaines régions comme l'Île-de-France, le Bordelais, la Haute-Normandie, etc. et qui sont abandonnées de fait (carrières anciennes, inconnues ou oubliées) ou de droit (procédure régulière d'abandon) peuvent être assimilés à un risque naturel et donc traités comme tel par la procédure du PPR, car leur déclenchement résulte souvent de facteurs naturels (eau, séisme, affaiblissement des caractéristiques mécaniques des matériaux des éléments porteurs, etc.) ;
- liés uniquement à des causes naturelles : il s'agit essentiellement de la dissolution de matériaux solubles (calcaire, gypse, sel) conduisant au phénomène de karstification, avec ouverture d'avens, etc. Dans les terrains salins ou gypseux, la *karstification* peut être rapide en présence d'eaux agressives, compte tenu de la forte solubilité de ces roches : on a pu constater l'apparition de vides d'ampleur dangereuse en quelques dizaines d'années. En terrain calcaire, la dissolution est bien plus lente et n'évolue guère à l'échelle humaine. Citons également l'entraînement de matériau fin par érosion interne dans les sols hétérogènes à granulométrie étalée : c'est le phénomène de *suffosion* (soutirage de fines ou enlèvement local de matières).

Photo 1. Exemple de fontis engendré par l'effondrement d'une carrière souterraine de gypse.



Source : Jean-Louis Durville.

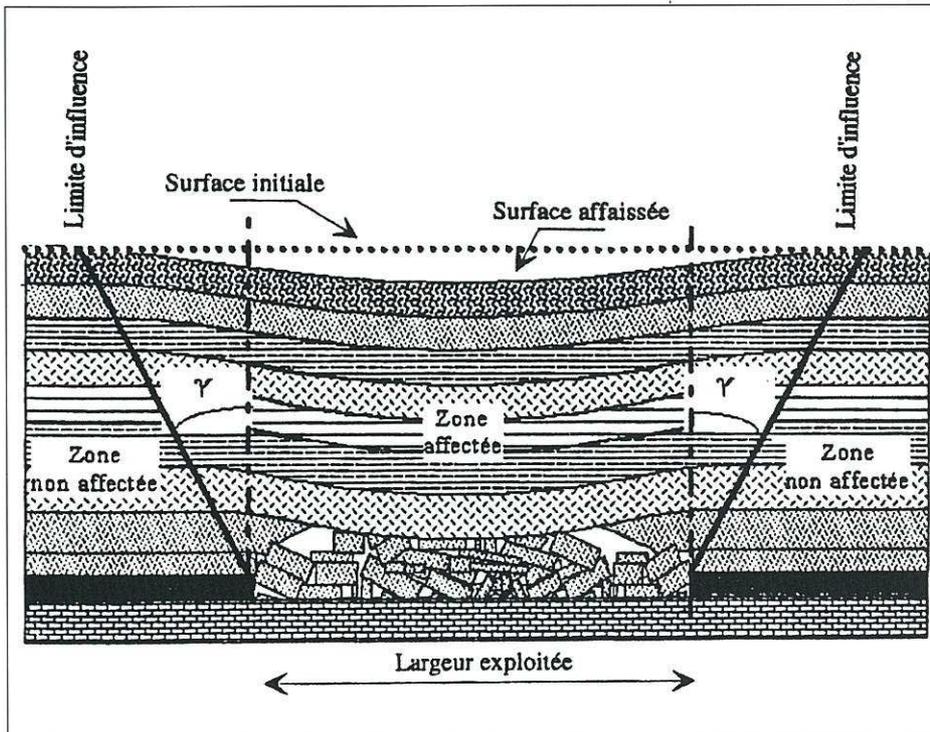


Figure 1.
Affaissement lié à une exploitation ancienne avec un recouvrement d'une centaine de mètres

Source : INERIS.

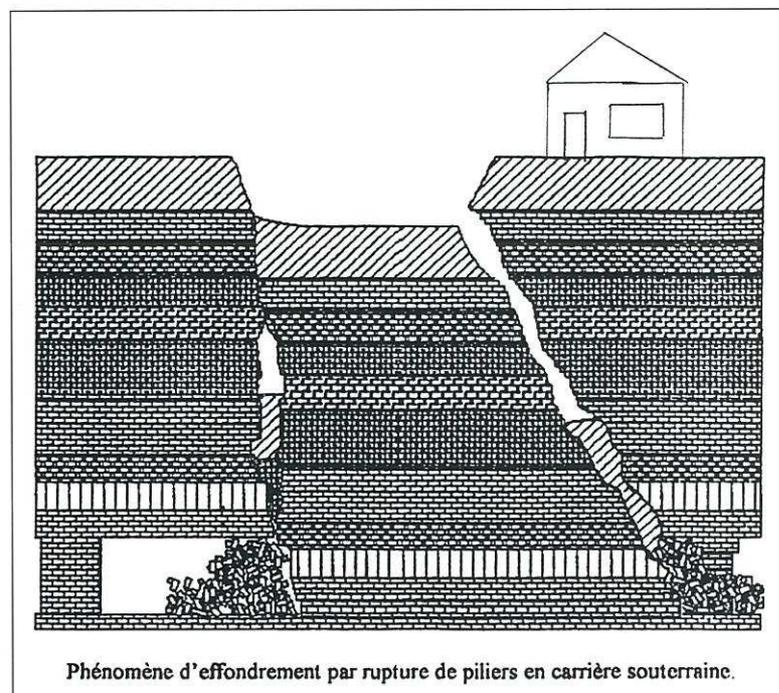


Figure 2. Effondrement en carrière souterraine, avec un recouvrement d'une dizaine de mètres

Source : Labasse, 1973.

Effets et conséquences

Les effondrements brutaux peuvent entraîner la ruine des constructions et causer des victimes. En revanche, les affaissements à grand rayon de courbure, qui affectent les constructions et les ouvrages

(fissuration), présentent rarement un danger pour l'homme.

Il ne faut pas négliger les désordres provoqués par ces phénomènes sur les canalisations enterrées (une fuite d'eau induit en outre une accélération du processus).

Principales techniques de prévention

On distingue les techniques actives, qui interviennent sur les vides souterrains pour éviter l'effondrement, et les techniques passives, qui ont pour objet de protéger les constructions sans agir sur les vides. On pourra se reporter aux documents de références bibliographiques qui présentent un panorama des techniques de prévention ¹ et ².

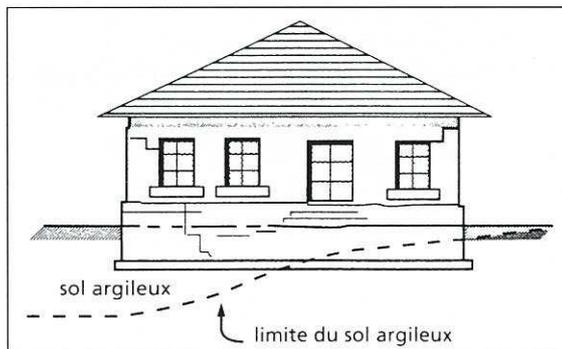
Dans le cas de vides peu profonds, il est impératif de bien maîtriser toutes les infiltrations d'eau (eaux usées, eaux pluviales, eaux de drainage) qui peuvent accélérer la dissolution ou affaiblir la résistance mécanique des matériaux.

Les tassements par retrait

Définition

Le retrait par dessiccation des sols argileux lors d'une sécheresse prononcée et/ou durable produit des déformations de la surface du sol (tassements différentiels). Il peut être suivi de phénomènes de gonflement au fur et à mesure du rétablissement des conditions hydrogéologiques initiales ou plus rarement de phénomènes de fluage avec ramollissement (figure 3).

Figure 3. Désordres sur une construction dus à la variation d'épaisseur du sol argileux sensible



Source : extrait de *Sécheresse et construction : guide de prévention*, 1993.

1. Ministère de l'Environnement, 1987, *Plans d'exposition aux risques : mesures de prévention – mouvements de terrain*, La Documentation française.

2. *Carrières souterraines abandonnées – Risques et prévention*. Séminaire de Nainville-les-Roches, 8-9-10 décembre 1993.

Conditions d'apparition

La nature du sol est un élément prépondérant : les sols argileux sont *a priori* sensibles, mais en fait seuls certains types d'argiles donnent lieu à des variations de volume non négligeables. La présence d'arbres ou d'arbustes au voisinage de constructions constitue un facteur aggravant.

Une sécheresse durable ou simplement la succession de plusieurs années déficitaires en eau sont nécessaires pour voir apparaître ces phénomènes.

Effets et conséquences

La lenteur et la faible amplitude des déformations rendent ces phénomènes sans danger pour l'homme, mais les dégâts aux constructions individuelles et ouvrages fondés superficiellement peuvent être très importants en cas de tassements différentiels. Les dommages dus aux tassements par retrait représentent un coût de l'ordre du milliard de francs par an depuis 1989.

Principales techniques de prévention

Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre : renforcement ou adaptation des structures (fondation, chaînage), maîtrise des rejets d'eau (eaux usées, eaux pluviales, eaux de drainage) et de la végétation arborescente, protection isotherme des fondations ³.

Les éboulements ⁴, les chutes de blocs et de pierres

Définitions

Les chutes de masses rocheuses sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés tels que calcaires, grès, roches cristallines, etc. (figure 4). Ces chutes se produisent par basculement, rupture de pied, glissement banc sur banc, à partir de falaises, escarpements rocheux, formations meubles à blocs (moraines par exemple), blocs provisoirement immobilisés sur une pente.

3. Ministère de l'Environnement, 1993, *Sécheresse et construction : guide de prévention*, La Documentation française.

4. Le terme « écoulement » est parfois utilisé comme synonyme d'éboulement, souvent avec une idée de volume considérable. D'après Larousse, ce terme indique plutôt un mouvement unique vertical (un pont, la voûte d'une cavité s'écroulent) tandis que le terme « éboulement » implique une chute en roulant. Dans ce guide, on considère les deux termes comme synonymes.

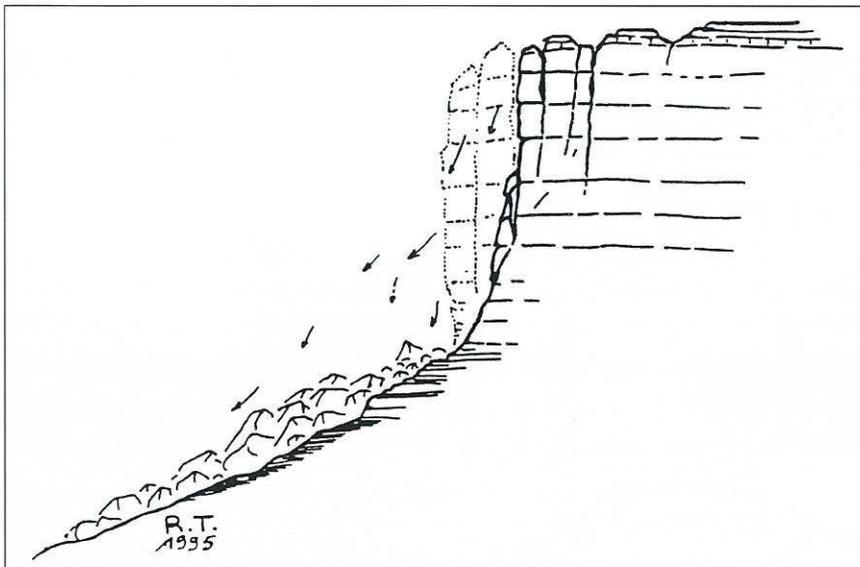


Figure 4. Schéma d'un éboulement rocheux

Source : R.T.

Les blocs peuvent rouler et rebondir, puis se stabiliser dans une zone dite d'épandage. La trajectoire la plus fréquente suit en général la ligne de plus grande pente, mais on peut observer des trajectoires très obliques résultant notamment de la forme géométrique de certains blocs (plaque roulant sur la tranche) et de petites irrégularités du versant. Les distances parcourues sont fonction de la taille, de la forme et du volume des blocs éboulés, de la pente du versant, de la nature du sol, de la densité et de la nature de la végétation.

En ce qui concerne les éléments éboulés, on distingue⁵ :

- les *pierres*, d'un volume inférieur à 1 dm^3 ;
- les *blocs*, d'un volume compris entre 1 dm^3 et 1 m^3 ;
- les *gros blocs*, d'un volume supérieur à 1 m^3 (photo 2).

Suivant le volume total éboulé, on distingue⁵ :

- les *chutes de pierres ou de blocs*, d'un volume total inférieur à la centaine de m^3 ;
- les *éboulements* en masse, d'un volume allant de quelques centaines de m^3 à quelques centaines de milliers de m^3 ;
- les *éboulements* (ou écroulements) *en grande masse*, d'un volume supérieur au million de m^3 .

Certains éboulements de grande ampleur comme ceux qui résulteraient de certains scénarios aux ruines de Séchilienne (Isère) peuvent mobiliser des volumes de matériaux atteignant plusieurs dizaines de millions de m^3 et semblent obéir à des lois de

propagation faisant intervenir des mécanismes complexes. Ces instabilités qui affectent une partie importante du versant peuvent bouleverser le relief de façon notable. Leurs conséquences socio-économiques sont au moins régionales.

Conditions d'apparition

La densité, l'orientation des discontinuités, la structure du massif rocheux et la présence de cavités constituent des facteurs de prédisposition à l'instabilité. La phase de préparation, caractérisée par l'altération et l'endommagement progressifs du matériau et accompagnée d'ouvertures limitées des fractures difficiles à déceler, peut être longue.

Les principaux facteurs naturels déclenchants sont les pressions hydrostatiques dues à la pluviométrie et à la fonte des neiges, l'alternance gel/dégel, la croissance de la végétation, les secousses sismiques, l'affouillement ou le sapement de la falaise.

Effets et conséquences

Étant donné la rapidité, la soudaineté et le caractère souvent imprévisible de ces phénomènes, les instabilités rocheuses constituent des dangers pour les vies humaines, même pour de faibles volumes (chutes de pierres). Les chutes de blocs, et *a fortiori* les éboulements, peuvent causer des dommages importants aux structures pouvant aller jusqu'à leur ruine complète, d'autant plus que l'énergie (fonction de la masse et de la vitesse) des blocs est grande.

5. Ces définitions correspondent approximativement à celles retenues par la norme NF P 95-307.

Photo 2. **Chutes de blocs sur une route.**

Source : Marcel Toulemont.

Principales techniques de prévention

Les parades actives, qui consistent à s'opposer à la manifestation du phénomène, sont appliquées dans la zone de départ (confortement des falaises, purges). Les parades passives sont destinées à protéger une construction ou un site exposé à des trajectoires de blocs par la mise en place d'un écran ⁷.

Ces techniques ne peuvent être utilisées que pour des phénomènes maîtrisables et non pour des mouvements de versants de grande ampleur tel que celui des ruines de Séchilienne (Isère). Pour ces derniers, il n'existe pas de solutions techniques de traitement. Ils ne peuvent faire l'objet que d'une auscultation ou d'une surveillance dans le cadre de la mise en œuvre d'un plan d'évacuation et de secours.

Les glissements, coulées de boue associées et fluages

Définitions

Le *glissement* est un déplacement généralement lent (quelques millimètres par an à quelques mètres

par jour) sur une pente, le long d'une surface de rupture (surface de cisaillement) identifiable, d'une masse de terrain cohérente, de volume et d'épaisseur variables. Cette surface est généralement courbe (glissement circulaire), mais elle peut aussi se développer à la faveur d'une discontinuité préexistante telle qu'un joint de stratification (glissement plan). Les profondeurs des surfaces de glissement sont très variables : de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres (figure 5 et photo 3), voire la centaine de mètres pour certains glissements de versant.

Des indices caractéristiques peuvent être observés dans les glissements de terrain actifs : niche d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, zone de rétention d'eau, etc.

Le *fluage* est un mouvement lent de matériaux plastiques sur faible pente qui résulte d'une déformation gravitaire continue d'une masse de terrain non limitée par une surface de rupture clairement identifiée.

La *coulée de boue* est un mouvement rapide d'une masse de matériaux remaniés, à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Elle prend fréquemment naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain.

6. Ministère de l'Environnement, 1987, *Plans d'exposition aux risques : mesures de prévention – mouvements de terrain*, La Documentation française.

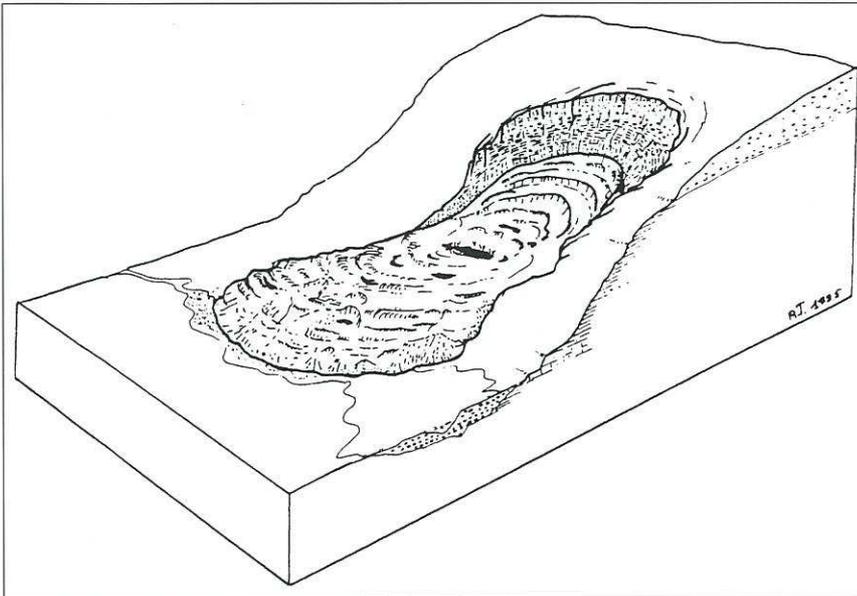


Figure 5. Schéma type d'un glissement de terrain

Source : R.T.

Conditions d'apparition

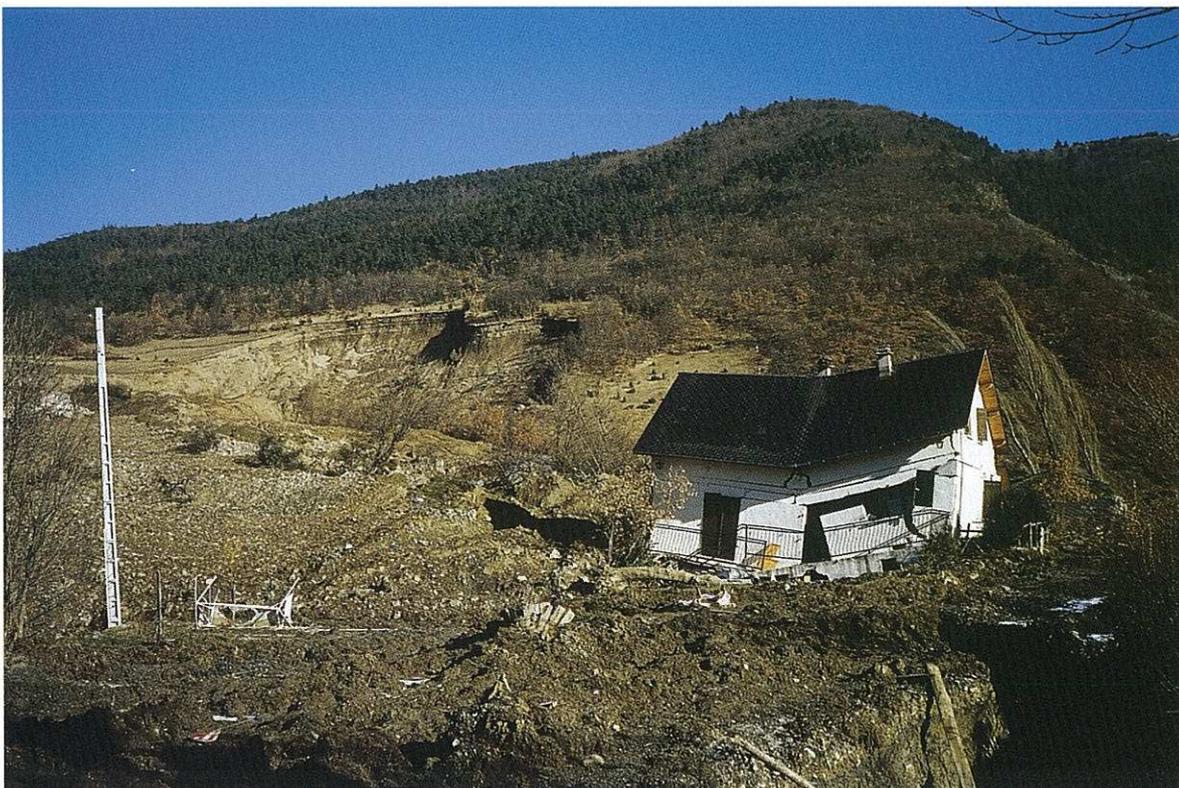
On distingue :

- Les conditions inhérentes au milieu : la nature et la structure des terrains, la morphologie du site, la pente topographique. Les matériaux affectés sont très divers et peuvent concerner :

- soit le substratum : roche marneuse ou schisteuse, roche extrêmement fracturée, lentille d'argile dans les formations molassiques ;

- soit les formations superficielles : colluvions fines, moraines argileuses, couverture d'altération des marnes et des calcaires marneux (produits résiduels argileux).

Photo 3. Exemple de glissement de terrain. La-Salle-en-Beaumont.



Source : Jean-Louis Durville.

- Les facteurs déclenchants qui peuvent être :
 - d'origine naturelle : fortes pluies, fonte des neiges qui entraînent une augmentation des pressions interstitielles, affouillement des berges, effondrement de cavités sous-minant le versant ou séisme, etc. ;
 - d'origine anthropique suite à des travaux : surcharge en tête d'un talus ou d'un versant déjà instable, décharge en pied supprimant une butée stabilisatrice, rejets d'eau, pratique culturale, déboisement, etc.

Effets et conséquences

Du fait des fissures, des déformations et des déplacements en masse, les glissements peuvent entraîner des dégâts importants aux constructions. Dans certains cas, ils peuvent provoquer leur ruine complète (formation d'une niche d'arrachement d'ampleur plurimétrique, poussée des terres incompatible avec la résistance mécanique de leur structure).

L'expérience montre que les accidents de personnes dus aux glissements et coulées sont peu fréquents, mais possibles (cas d'un phénomène relativement rapide et/ou survenant de nuit, comme à la Salle-en-Beaumont en Isère en janvier 1994 : 4 morts).

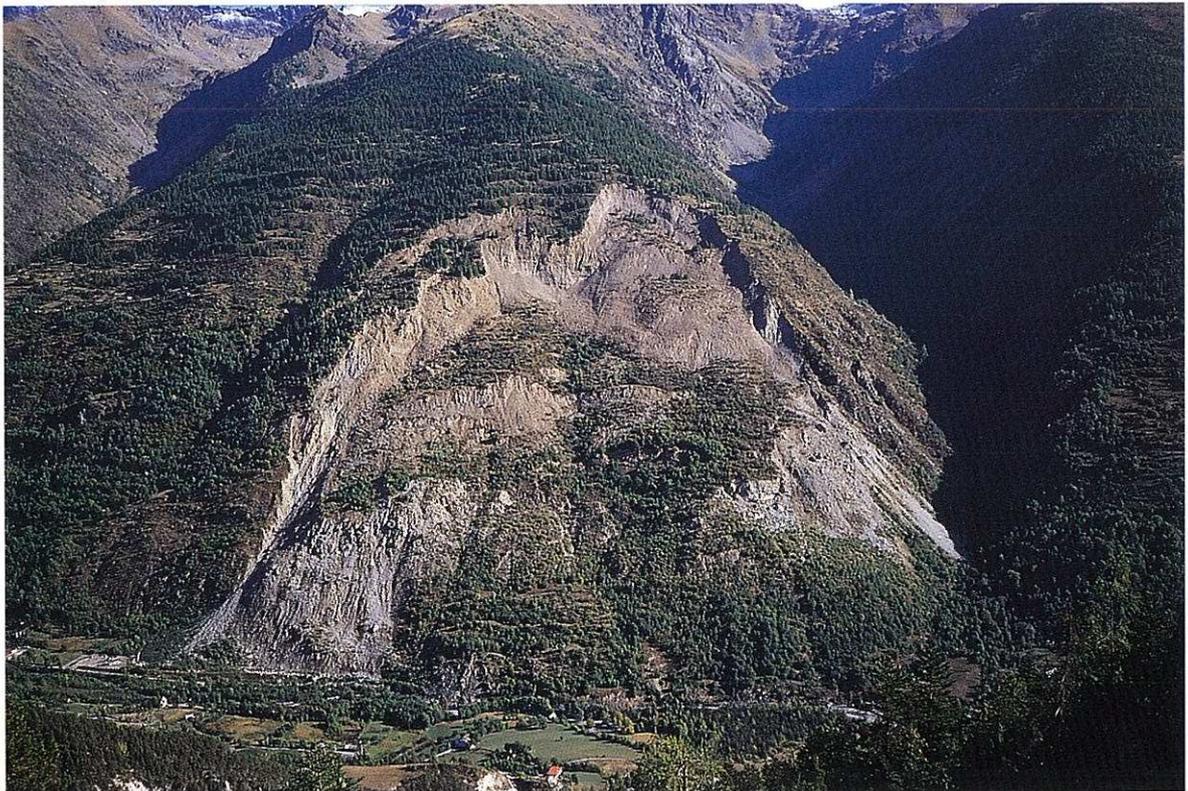
Les fluages peuvent provoquer des dégâts mineurs aux constructions.

Principales techniques de prévention

Le drainage, le remodelage de la pente, le confortement des sols et le renforcement des structures sont les principales méthodes à mettre en œuvre pour traiter les glissements déclarés, d'ampleur maîtrisable.

La prévention consiste à maîtriser tous les rejets d'eau (eaux usées, eaux pluviales, eaux de drainage), à adapter les pratiques agricoles et à éviter tout terrassement susceptible de déstabiliser le terrain. On trouvera dans cet ouvrage une description des principales techniques de prévention.

Photo 4. Exemple de glissement de terrain. La Clapière.



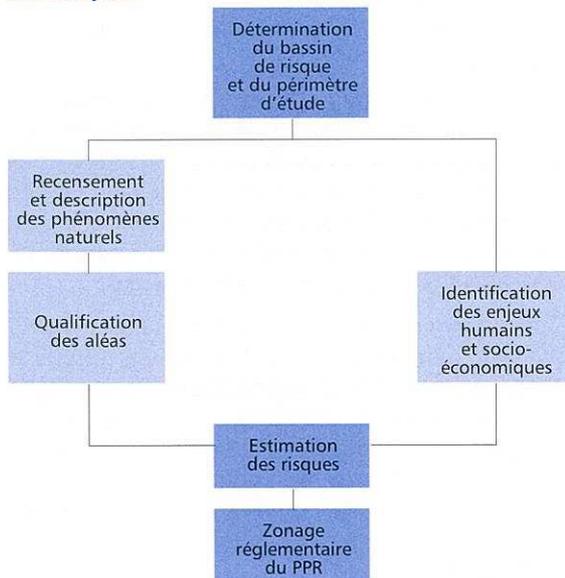
Source : Jean-Louis Durville.

MÉTHODES D'ANALYSE ET DE CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Le zonage réglementaire du PPR repose sur l'estimation des risques qui dépend de l'analyse des phénomènes naturels susceptibles de se produire et de leurs conséquences possibles au plan de l'occupation des sols et de la sécurité publique. Cette analyse comprend quatre étapes préalables au zonage réglementaire :

- la détermination du bassin de risque et du périmètre d'étude ;
- la connaissance des phénomènes naturels historiques et actifs : recensement et description ;
- la qualification des aléas : caractérisation des phénomènes naturels pouvant survenir dans le périmètre d'étude ;
- l'évaluation des enjeux socio-économiques et humains soumis à ces aléas.

Étapes de la méthode de cartographie des risques



Chacune de ces étapes donne lieu à l'établissement de documents techniques ou cartographiques qui, bien que non réglementaires, sont essentiels à l'élaboration et à la compréhension du PPR et doivent nécessairement y être annexés. Ainsi le PPR comporte notamment :

- une carte informative des phénomènes naturels (historiques et actifs) ;

- une carte des aléas ;
- une carte des enjeux.

Après avoir rappelé les principes généraux de la démarche et précisé la délimitation des bassins de risque et des périmètres d'étude, le présent chapitre expose les méthodes et moyens de réalisation de ces divers documents.

Principes généraux de la démarche

Au plan technique, deux principes essentiels encadrent la mise en œuvre des études préalables à l'élaboration du zonage réglementaire :

- La priorité est accordée aux études générales (qualitatives) et à l'analyse en retour des événements historiques. *Les études générales* sont réalisées à partir de l'exploitation des données existantes, de l'analyse en retour des événements passés ou en cours, et des relevés de terrain. *La priorité doit leur être accordée*, conformément à l'article 3 du décret du 5 octobre 1995 qui précise que l'établissement du PPR tient compte de l'état des connaissances du moment. La démarche d'expert est privilégiée par rapport aux études spécifiques qui débordent du cadre du PPR et de la mission dévolue à l'État et ne doivent être réservées qu'à des cas très particuliers, caractérisés notamment par l'existence d'enjeux majeurs au plan humain, socio-économique et d'intérêt public.

Le recueil et le premier traitement des données peuvent éventuellement être réalisés directement par le service instructeur. En revanche, l'analyse de terrain, l'interprétation des phénomènes naturels et la caractérisation des aléas doivent être confiées à un spécialiste – géologue ou géotechnicien – d'un bureau d'études public ou privé. Celui-ci doit expliciter et formaliser sa démarche d'expertise afin d'assurer la nécessaire transparence des résultats et faciliter ainsi l'information et le dialogue local.

- Une formalisation des résultats compatible et facilement transposable aux objectifs du PPR est recherchée. Il est essentiel que les études techniques apportent une réponse adaptée aux objectifs principaux. Ceci peut nécessiter une double analyse de l'aléa considéré, en terme d'urbanisme d'une

part et en terme de sécurité d'autre part, si l'on est en présence de phénomènes géodynamiques à caractère dangereux. Dans les deux cas, le mode de représentation de l'aléa doit permettre une transposition claire et effective en terme de risque. Ceci facilitera l'élaboration du zonage réglementaire du PPR.

Bassin de risque et périmètre d'étude

Bassin de risque

Pour accroître l'information sur les événements historiques et valoriser la démarche d'expertise, il est opportun d'analyser le ou les phénomènes pris en compte sur la totalité de l'unité physique concernée par leur manifestation. Cette unité que l'on peut qualifier de bassin d'aléa ou par extension de bassin de risque peut être définie et délimitée à partir d'un contexte géologique, morphologique et structural où les facteurs d'instabilité, les mécanismes de rupture ou de propagation sont similaires. On peut citer comme exemples :

- les versants marneux de la vallée de la Moselle au nord de Nancy où les glissements sont déterminés par une structure géologique bi-couche et des conditions d'instabilité identiques ;
- les gorges du Tarn et de la Jonte (département de la Lozère) où les phénomènes d'éboulement et de chute de blocs peuvent affecter les falaises calcaires, dans des conditions analogues ;
- les zones d'extension du gypse (Trias de Provence, Lutétien du nord-est de Paris) où des phénomènes de dissolution peuvent entraîner des effondrements de terrain ;
- le massif gypseux de la butte de l'Hautil où des carrières souterraines aujourd'hui abandonnées présentent des similitudes au plan des conditions d'exploitation et des risques.

En zone de plaine, où les mouvements sont de type effondrement, affaissement ou tassement, c'est l'extension des cavités souterraines ou celle des sols solubles, compressibles ou sensibles au phénomène de retrait qui déterminent les bassins de risque.

En zone de relief, les conditions géomorphologiques et géologiques (pente, alternance de formations géologiques de nature et de dureté très différentes, intensité et orientation des plissements, densité et orientation des failles), conduisent à regrouper plusieurs types de phénomènes dans une même unité géographique (versant) voire dans un secteur plus restreint (partie de versant). C'est surtout la relation directe zone de départ du mouvement – enjeux concernés par leur propagation, qui déterminera le périmètre du bassin de risque. Le bassin de risque peut concerner toute une commune, une partie de commune, un ensemble de communes ou un ensemble de parties de communes.

Périmètre d'étude

En dépit du caractère localisé ou diffus de la plupart des mouvements de terrain, il est nécessaire d'adopter un périmètre d'étude permettant de rassembler et de traiter la plus large information possible. Selon les cas, il peut concerner l'ensemble du bassin de risque ou être restreint à une partie de ce bassin, notamment en zone de relief accentué ou de géologie complexe où les instabilités sont variables et essentiellement dépendantes du contexte local. Le choix retenu sera justifié.

Ce périmètre d'étude ne préjuge pas du périmètre qui sera réglementé par le PPR et délimité surtout en fonction des enjeux actuels et futurs.

La connaissance et la cartographie informative des phénomènes naturels

Justification de cette approche

La connaissance des phénomènes historiques ou actifs constitue une étape essentielle et incontournable de la démarche. Au plan technique, elle présente un double intérêt :

- d'une part, celui de dresser un historique des événements, ce qui permet d'avoir une idée de la sensibilité du site concerné vis-à-vis de tel ou tel phénomène ;
- d'autre part, celui d'identifier les conditions d'environnement ayant favorisé l'apparition des phénomènes et, le cas échéant, de bénéficier des analyses géotechniques effectuées dans le cadre de l'expertise ou du diagnostic. Cette approche est donc propice à la détermination des facteurs de prédisposition aux différents phénomènes.

Elle permet en outre de justifier de manière objective les caractéristiques des aléas pris en compte et constitue souvent la meilleure démonstration de la pertinence et de la crédibilité du zonage et des contraintes réglementaires du PPR. En effet, les aléas de référence pris en compte seront le plus souvent basés sur les caractéristiques des événements connus les plus importants ou les plus dommageables.

Recueil des informations

Compte tenu de son importance, le recueil de l'information existante doit être réalisé de la manière la plus complète possible, sans toutefois prétendre à l'exhaustivité, en fonction des moyens pouvant être engagés. On utilisera dans la mesure du possible toutes les sources listées dans le document 1. Les données ainsi obtenues seront toujours

vérifiées et confirmées par l'examen sur le terrain des traces résultant d'événements anciens (blocs éboulés, glissements) ainsi que par l'observation

des indices actuels dans le cas des phénomènes évolutifs (déformations de surface, dommages aux ouvrages).

Document 1

Principales sources d'information

- **Les archives communales**
Documents techniques, délibérations, documents divers, pétitions
Comptes rendus de travaux, d'accidents
- **Les archives paroissiales**
- **Les sources départementales**
Service départemental des archives
Service départemental des carrières
Documents des services de l'équipement, de la DDAF, ONF, RTM, DRIRE, SIDPC
DDRM, DCS, etc.
Diagnostics DCE APS, APD
Services de gendarmerie
- **Documents des bureaux d'études**
BRGM, CETE, LCPC, CEMAGREF, INERIS, etc.
Bureaux géotechniques
Rapports géologiques, études et travaux de génie civil, comptes rendus de visite
- **Ouvrages généraux et travaux de recherche** (articles scientifiques, guides géologiques, monographies, thèses, etc.)
- **Banques de données**
BDSS Banque de données des sols et sous-sol (BRGM)
BDMVT Banque de données des mouvements de terrain (BRGM, RTM, LCPC)
BD cavités Banque de données cavités (BRGM, Inspection des carrières)
- **Plans, cartes, photographies**
Plans parcellaires du cadastre
Cartes topographiques de l'IGN
Cartes géologiques du BRGM
Cartes thématiques : ZERMOS, CRAM.
Photographies aériennes : IGN, IFN, etc. (carte 5)
- **Dossiers catastrophes naturelles (Cat'Nat)** consultables en mairie ou en préfecture.
- **Témoignages oraux – Enquête de terrain**

Cartographie

Les informations recensées et validées seront transcrites sur un support cartographique dont l'échelle dépend de leur nombre, de leur ampleur et de leur degré de précision. (cartes 1, 2, 3 et 4)

On utilisera en général le fond topographique IGN à l'échelle du 1/25 000, éventuellement agrandi au 1/10 000. Dans certains cas particuliers (zone urbaine riche en événements) on pourra utiliser un plan au 1/5 000 s'il existe ou les plans cadastraux.

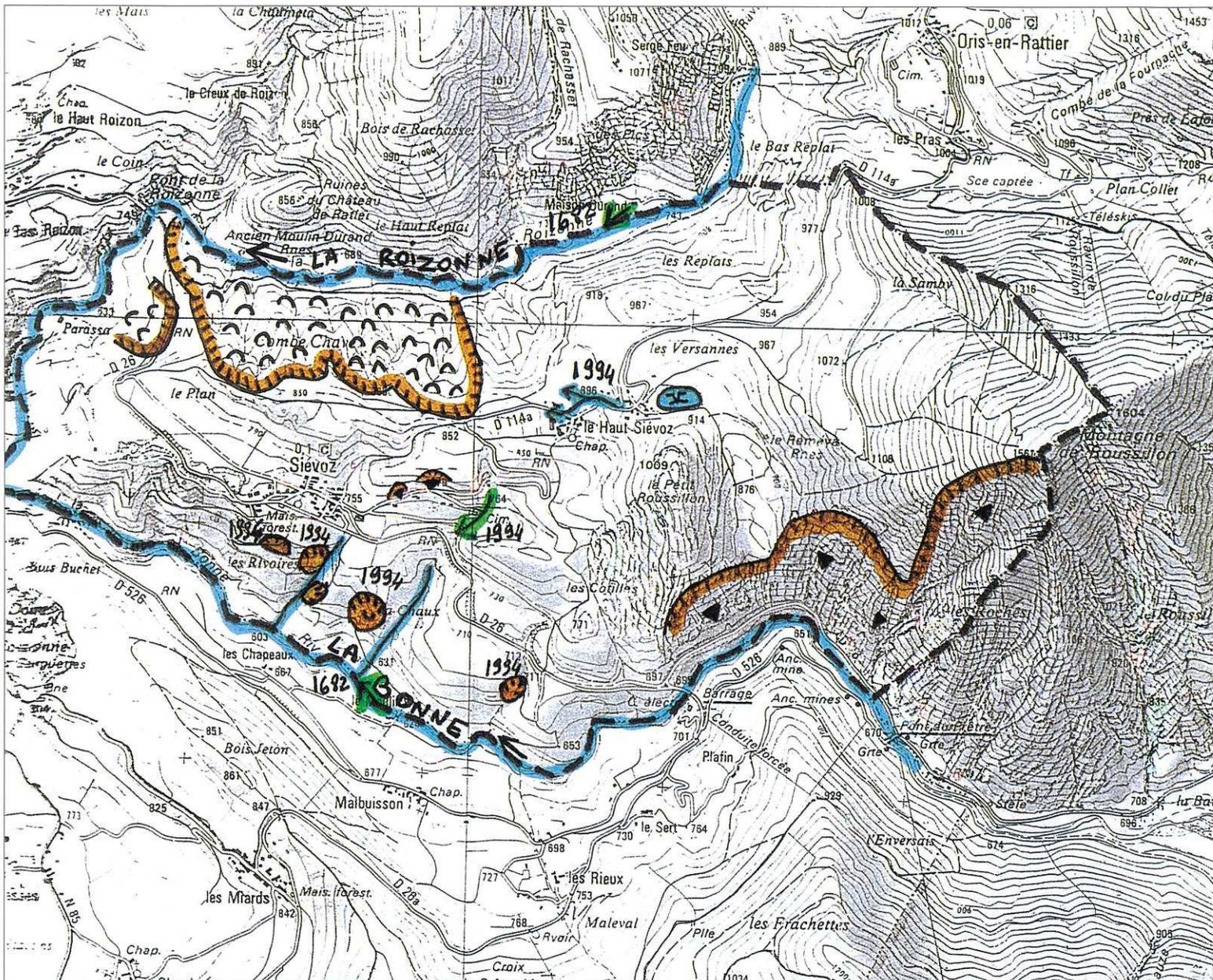
Chaque phénomène pourra être représenté par un symbole ou un contour si son ampleur le permet selon les conventions proposées au tableau 1. Sa date d'apparition y figurera le cas échéant.

Afin d'en soigner la lisibilité, on pourra recourir à un fond topographique atténué et on identifiera autant que possible chaque phénomène par un code de couleur conventionnel. Il conviendra également d'indiquer la date d'établissement de cette carte.

Tableau 1 : Représentation cartographique des différents types de mouvements de terrain

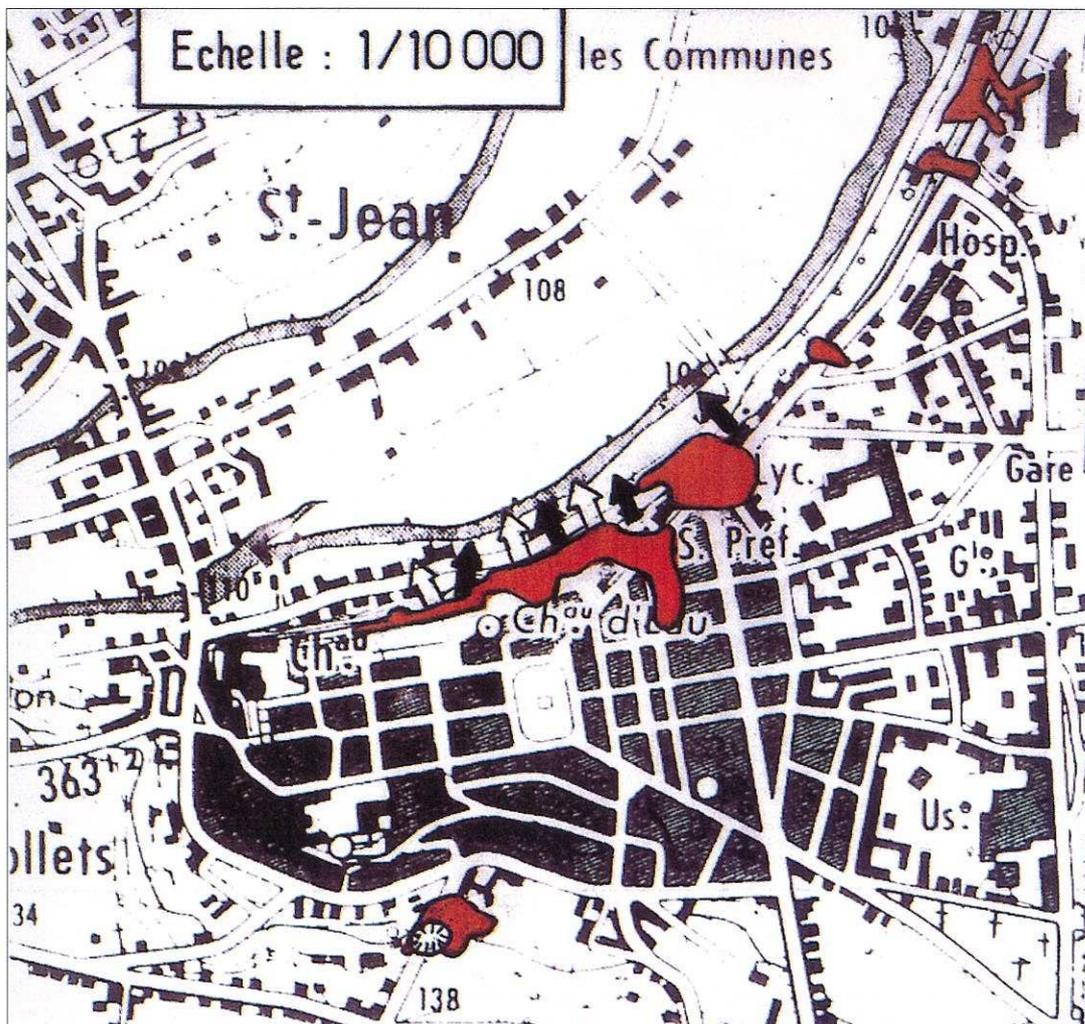
Phénomène	Indice représentatif	Implantation zonale		Ponctuelle
		Limite connue	Limite supposée	
Affaissements	F			○
Effondrements	F			⊗
Tassements par retrait	D			*
Éboulements, chutes de blocs, chutes de pierres	P			▽
Glissements, fluages	G			∪

Carte 1. Carte de localisation des phénomènes : Sievoz (38)



-  Inondation
-  Crues torrentielles
-  Glissements de terrain ou coulées de boue
-  Chutes de pierres
-  Limite de commune

Carte 2. Carte de localisation des phénomènes : Châteaudun (28)



Ancienne carrière souterraine



Effondrement

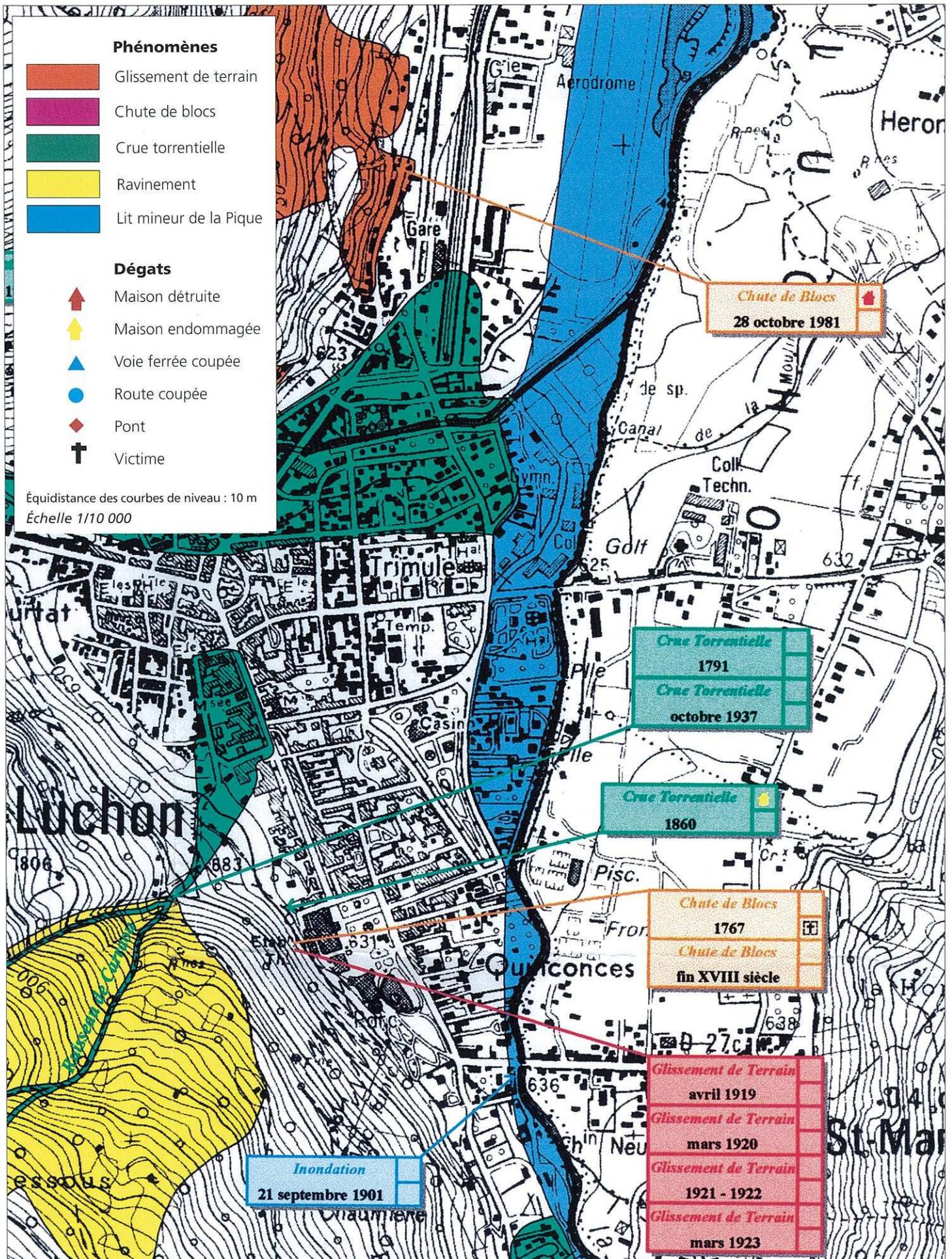


Eroulement de masse rocheuse

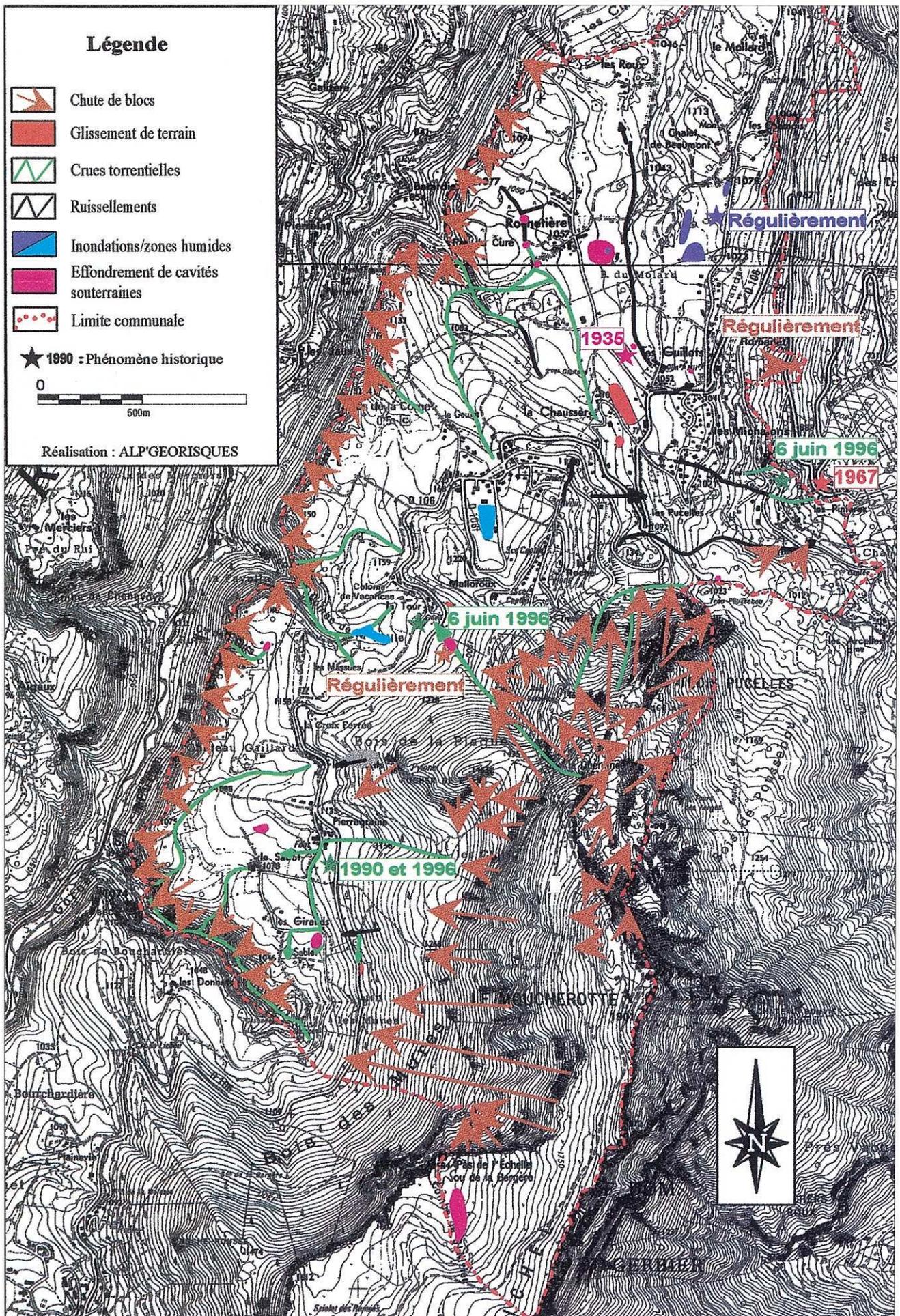


Coulée boueuse

Carte 3. Carte de localisation des phénomènes naturels :
Bagnères-de-Luchon (31)



Carte 4. Carte informative des phénomènes naturels : Sassenage (38)



Qualification et cartographie des aléas

Aléas de référence

La manifestation des mouvements de terrain est variable selon le type de phénomènes. Chaque événement est unique et ne se reproduit pas dans les mêmes conditions. Toutefois les événements connus et constatés constituent des indices essentiels de survenance de phénomènes similaires. En conséquence, pour prévoir au mieux le phénomène qui pourrait se produire et dont il faut protéger les populations et les biens concernés, il convient de déterminer l'aléa de référence pour chaque type de mouvement de terrain dans un secteur homogène donné.

Afin d'atteindre les objectifs essentiels visés par le PPR, cet aléa de référence fixe les seuils qu'il convient de prendre en compte pour réaliser un aménagement durable et préserver la sécurité des personnes et des biens en dehors des phénomènes majeurs à exclure.

Le mouvement prévisible de référence à prendre en compte pour définir le zonage est conventionnellement le plus fort événement historique connu dans le site, sauf si une analyse spécifique

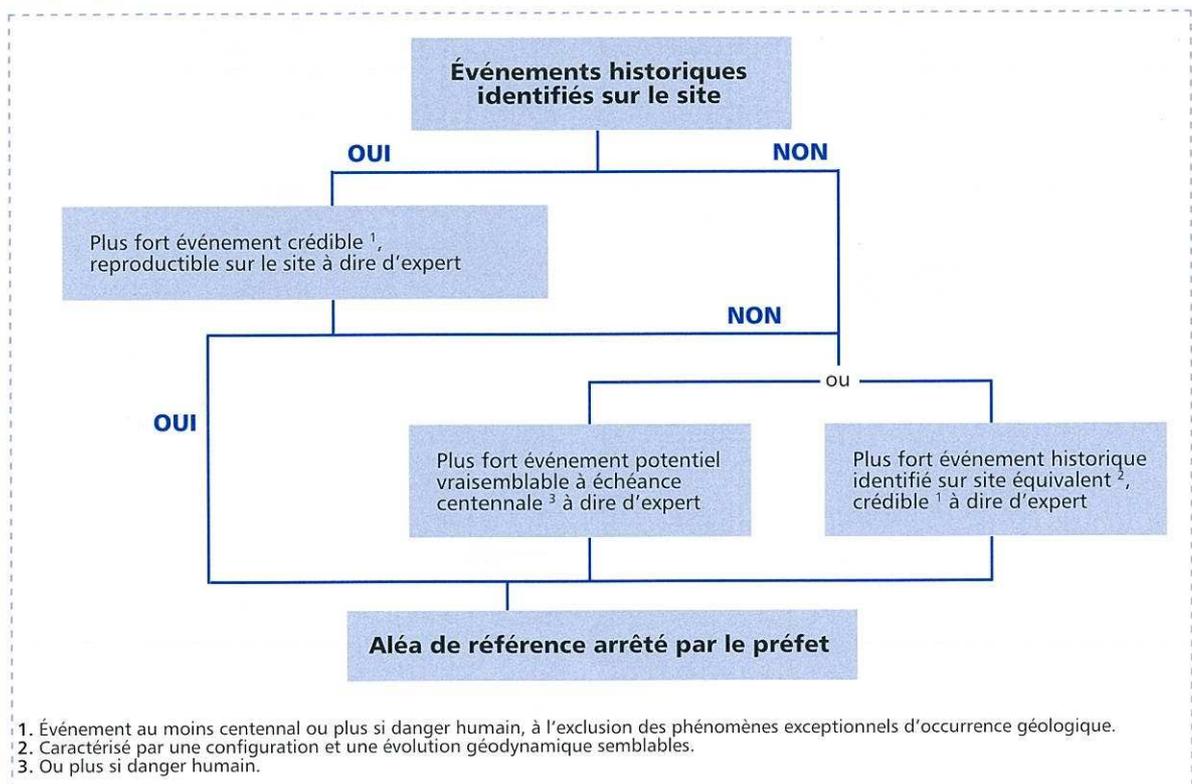
conduit à considérer comme vraisemblable à échéance centennale, ou plus en cas de danger humain, un événement de plus grande ampleur. Toutefois, un événement exceptionnel d'occurrence géologique (type mont Granier, en 1248) n'est pas pris en considération. En l'absence d'antécédents identifiés sur le site considéré, on se basera :

- soit sur le plus fort événement potentiel vraisemblable à échéance centennale ou plus en cas de danger humain ;
- soit sur le plus fort événement historique, observé dans un secteur proche, présentant une configuration similaire au plan géologique, géomorphologique, hydrogéologique et structural.

L'aléa de référence est fixé par le préfet dans le cadre de l'élaboration du PPR à partir de ces principes. Cela suppose qu'un recueil systématique des événements passés soit fait avec l'ensemble des acteurs locaux par un large échange d'informations sur les événements historiques.

De plus, en termes de sécurité publique, on identifiera les mouvements à caractère dynamique susceptibles de présenter un danger humain à court ou moyen terme qui peut justifier la préconisation de mesures de prévention et de sauvegarde prévues par l'article 40-1 de la loi du 22 juillet 1987.

Organigramme de détermination de l'aléa de référence



Principe de la démarche

La prédétermination du niveau des aléas de référence à prendre en compte dans la définition du zonage procède d'un choix conventionnel qui ne repose pas sur les experts. En revanche ceux-ci ont en charge leur localisation, leur identification, leur qualification et leur délimitation qui relèvent d'une analyse plutôt technique.

La démarche de l'expert comprend donc les étapes suivantes :

- délimitation préalable des secteurs géologiquement homogènes ;
- pour chaque secteur ainsi défini, choix des phénomènes pris en compte et définition de l'aléa de référence ;
- qualification des aléas à prendre en compte sur la base de leur intensité ;
- cartographie des aléas retenus en intégrant les marges d'incertitude justifiées en liaison avec le service instructeur pour la détermination des niveaux d'aléas ;
- caractérisation de la gravité pour les mouvements à caractère dynamique susceptibles de présenter un danger humain.

À chacune de ces étapes, il revient au service instructeur d'informer les collectivités locales et les personnalités locales qualifiées dans ce domaine pour recueillir la connaissance dont elles disposent.

La qualification et la délimitation de l'aléa seront faites sur proposition de l'expert par le service instructeur en concertation avec les collectivités locales et les acteurs de la société civile.

Ces échanges d'information et cette concertation doivent être organisés par des réunions et dans des délais qui ne retardent pas le déroulement de la procédure. Il s'agit de rassembler l'information disponible et de rendre transparent les éléments de la décision en confrontant les différents points de vue.

Si plusieurs positions contradictoires s'affirment, le préfet doit trancher et justifier son choix au regard de la prévention des risques.

La délimitation et l'étude des secteurs

La délimitation préalable des secteurs où peuvent être définis les aléas de référence procède d'une approche géologique classique. Il s'agit pour chaque type de mouvements prévisibles, d'identifier des secteurs géologiquement homogènes où ces mouvements sont susceptibles d'intervenir. Cette sectorisation s'effectue à partir de l'élaboration préalable de configurations-types. Elle repose sur une démarche d'expert combinant l'analyse des données existantes et les relevés de terrain. Elle s'appuie notamment sur :

- les documents existants pouvant être utiles à l'objectif recherché : cartes géologiques, hydro-géologiques, cartes des pentes, rapports géotechniques, monographies régionales, photographies aériennes (IGN ou autres), photo-interprétation multitemporelle (carte 5) ;
- les observations de terrain (morphologie, géologie, structure, indices d'instabilité), qui doivent être systématiques et concerner l'ensemble du périmètre d'étude. Ce sont elles, en définitive, qui permettront d'explicitier et de justifier les règles de qualification et de hiérarchisation des aléas et les limites cartographiques adoptées. Cette approche « terrain » exclut normalement toute étude ou investigation spécifique ;
- la connaissance du terrain ou des phénomènes par les acteurs locaux.

Estimation de l'occurrence des phénomènes potentiels

L'approche probabiliste basée sur une analyse fréquentielle n'est possible que pour certains phénomènes tels que les chutes de blocs ou de pierres. Ceci suppose de disposer d'un nombre suffisant de données : ce qui est rare. La plupart des mouvements de terrain n'étant pas des processus répétitifs, contrairement aux séismes et inondations, on est conduit à estimer qualitativement une probabilité de survenance d'un événement sur une période donnée sans référence à des grandeurs numériques.

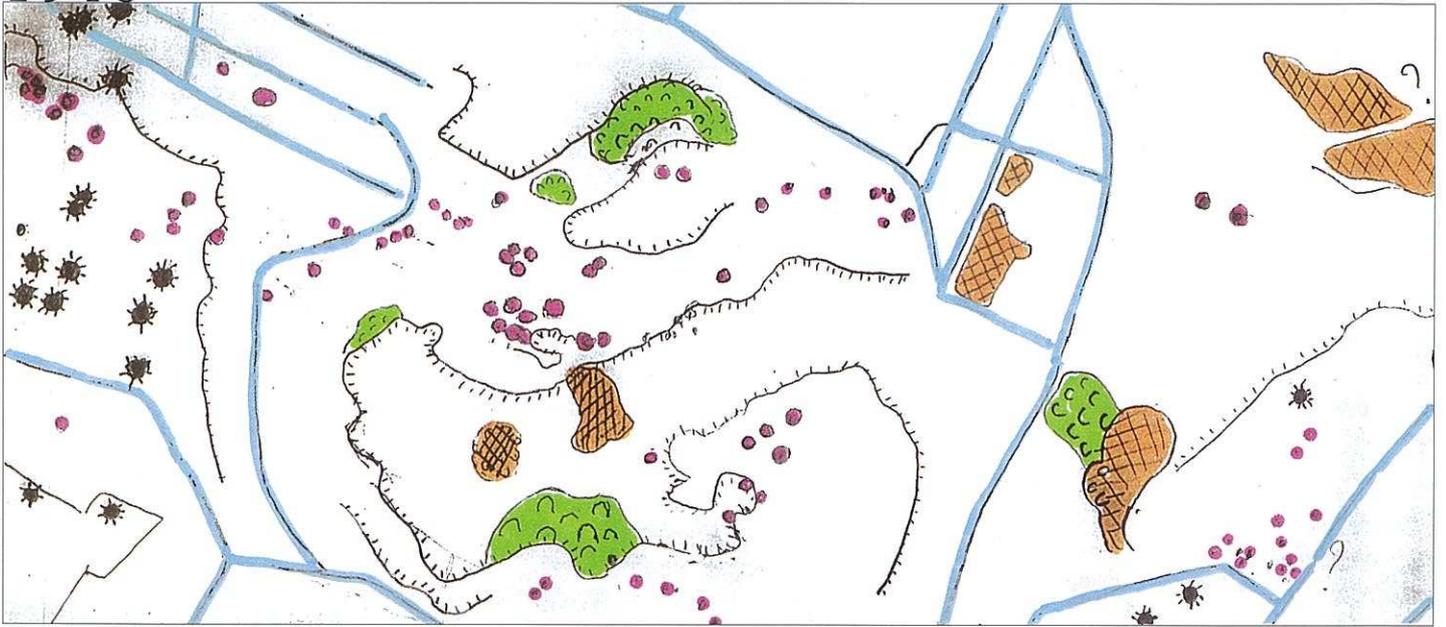
Compte tenu du caractère évolutif des processus générateurs, l'occurrence d'un mouvement de terrain n'est pas indépendante du temps. En conséquence, l'estimation qualitative de la probabilité d'occurrence doit être faite par rapport à un délai donné. Ceci permet d'ailleurs de mieux approcher les problèmes pratiques qui se posent à l'aménageur ou à l'autorité compétente en matière de sécurité. Le délai conventionnel retenu, le siècle ou davantage en cas de forts enjeux (vies humaines exposées), doit être compatible avec les décisions pouvant être prises en terme d'occupation des sols.

Toutefois, l'expert ne doit pas s'interdire de signaler, à titre informatif, les phénomènes qui seraient susceptibles de se produire à échéance plus lointaine, notamment lorsqu'il s'agit de phénomènes de grande ampleur.

À défaut de pouvoir accéder à une évaluation quantitative, en terme de fréquence ou de période de retour, l'estimation de l'occurrence d'un mouvement de terrain donné repose sur la notion de prédisposition du site à produire un événement donné dans un délai retenu. Une telle prédisposition peut être estimée à partir d'une démarche d'expert. Elle consiste, d'une part, à reconnaître les antécédents,

Carte 5. Carte d'analyse des mouvements de terrain par photo-interprétation multidate : Romainville (93)

1945



1954



1956



Carte 5. Carte d'analyse des mouvements de terrain par photo-interprétation multodate : Romainville (93)

Cet extrait d'une étude multodate et faisant appel à des échelles différentes montre toute la richesse des documents photographiques soumis à la photo-interprétation pour réaliser une reconstitution d'un site et donc, pour mieux comprendre et cartographier les aléas.



© IGN, 1954

1945 : les cicatrices des bombardements sont encore présents. Les fontis et affaissements en liaison avec les exploitations souterraines sont nombreux.

1954 : le site a subi une forte évolution au niveau de l'exploitation à ciel ouvert ; on observe de nombreuses zones instables au sein des marnes. De nouveaux fontis de grande dimension sont apparues. Quelques zones sont en cours de remblaiement.

1956 : deux ans plus tard, l'activité de remblaiement s'est fortement poursuivie. Quelques zones glissées sont apparues ainsi que de nouveaux fontis.

NB : Il n'est pas rare de disposer à la photothèque nationale de plusieurs dizaines de missions aériennes à des échelles variables entre le 1/30 000 et le 1/4 000 sur le même site.

les indices précurseurs observables et les symptômes d'évolution et, d'autre part, à identifier et à pondérer le cas échéant, les paramètres favorables au déclenchement des processus d'instabilité. Il s'agit essentiellement des paramètres de site et de structure d'ordre géologique, hydrogéologique, géotechnique, topographique ou morphologique et des facteurs déclenchants ou aggravants du type surcharges pondérales, hydrauliques, conditions météorologiques, sollicitations sismiques, etc. (document 2).

Pour les phénomènes déclarés, caractérisés par des indices significatifs d'activité, la probabilité est maximale. Pour les phénomènes potentiels, elle dépend de la nature et de l'importance des différents

facteurs de prédisposition accessibles. Il existe une part de subjectivité dans le choix et la pondération de ces facteurs. Cette part de subjectivité peut toutefois être réduite par une validation des règles de diagnostic basées sur l'analyse en retour d'événements passés. Précisons que ces règles ainsi que les paramètres à prendre en compte dépendent des phénomènes physiques et du contexte local et ne peuvent être généralisées. Celles-ci sont choisies par l'expert et doivent donc faire l'objet d'une explicitation. Si l'on dispose de nombreuses données, il est possible, par analyse statistique d'affecter un poids objectif aux facteurs d'instabilité, voire de procéder à des calculs simplifiés et répétitifs de stabilité. Cela reste exceptionnel.

Document 2

Estimation de la probabilité d'occurrence : cas des falaises rocheuses instables

La prévision des éboulements de falaise pose le difficile problème de l'analyse probabiliste des phénomènes de rupture, ceux-ci dépendant à la fois de paramètres géotechniques et hydrauliques intrinsèques au massif et de facteurs externes aléatoires. La connaissance de l'ensemble de ces déterminants est pratiquement toujours insuffisante pour évaluer une probabilité de rupture d'autant plus que les mouvements en jeu sont des phénomènes discrets pouvant évoluer imperceptiblement sur de longues périodes avant de subir une accélération soudaine, particulièrement délicate à prévoir.

Sauf dans le cas de chutes de blocs ou de pierres à caractère répétitif où une approche probabiliste est théoriquement possible à partir de l'analyse fréquentielle des événements passés, il faut donc se contenter d'une estimation qualitative. Celle-ci peut être basée sur la prédisposition plus ou moins forte du site à produire le phénomène considéré, abstraction faite des facteurs externes supposés agir de façon similaire à l'échelle du site. Cette prédisposition peut être déduite du croisement de 2 critères caractérisant l'état d'instabilité du massif rocheux par rapport à l'état ultime de rupture : l'activité des mouvements affectant le front rocheux et la sensibilité du site à la rupture.

Le degré d'activité peut être évalué à partir d'indices géomorphologiques visibles : altération, traces mécaniques d'évolution des fractures, de décompression ou de rupture, dégradations passées, déplacements des compartiments rocheux. Ce critère permet de classer le front en catégories distinctes : inactif, dormant ou peu actif, actif.

Le degré de sensibilité à la rupture est estimé à l'aide des paramètres géomécaniques, hydrauliques et structuraux du massif rocheux : pas de fracturation, écartement des fractures, failles, direction et inclinaison des plans de discontinuité structurale par rapport à la pente topographique, venues d'eau, ponts rocheux, rugosité des lèvres de fractures, agencement des compartiments unitaires, surplomb, etc. Plusieurs classes de sensibilité peuvent être définies à partir d'une démarche d'expert, avec ou sans pondération des paramètres. Les analyses en retour d'événements passés constituent de ce point de vue, une source d'information permettant de valider cette démarche.

En matière d'éboulement rocheux, la notion de probabilité de rupture doit elle-même être combinée à l'évaluation des conditions de propagation et d'épandage des blocs et masses libérés du front afin de pouvoir caractériser l'aléa qui en résulte.

Qualification de l'aléa

S'agissant de problème d'aménagement, l'aléa est qualifié par son intensité.

QUALIFICATION DE L'ALÉA EN TERMES D'INTENSITÉ

Compte tenu de la diversité des mouvements de terrain, il est difficile de traduire directement leurs caractéristiques physiques en terme d'intensité, sauf à définir autant d'aléas que de type de mouve-

ments ce qui rendrait le zonage d'aléa difficilement lisible. Il faut donc recourir à des critères plus globaux permettant de les rendre comparables entre eux et d'en faciliter l'utilisation au plan du zonage réglementaire.

Plusieurs voies sont possibles pour estimer un niveau d'intensité représentatif de l'ensemble des phénomènes :

- l'intensité peut être traduite, comme pour les séismes, en termes de potentiel de dommages. Cependant elle dépend non seulement du phénomène

physique, mais également de la vulnérabilité du bâti, ce qui introduit un biais.

- L'intensité peut être évaluée en fonction de l'importance et de l'ordre de grandeur du coût des mesures qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre pour s'en prémunir. Des classes d'intensité croissantes peuvent être identifiées selon que ces mesures sont du ressort d'un propriétaire individuel, d'un groupement de propriétaires, d'un promoteur ou d'un aménageur, ou qu'elles débordent largement le cadre parcellaire et qu'elles nécessitent une intervention et un investissement collectifs.

Le tableau 2 montre que l'importance de ces mesures et notamment les mesures de stabilisation des phénomènes peuvent être directement estimées à partir des caractéristiques des phénomènes physiques et ceci, indépendamment du type d'ouvrage ou de construction à protéger.

Tableau 2 : Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité

Niveau d'intensité	Niveau d'importance des parades	Exemples de mesures de prévention
Faible I1	Supportables financièrement par un propriétaire individuel.	Purge de quelques blocs instables en falaise, confortement d'une petite galerie par pilier maçonné.
Moyenne I2	Supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement).	Comblement d'une cavité souterraine, drainage d'une zone instable.
Forte I3	Intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire et/ou d'un coût très important et/ou techniquement difficile.	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un pan de falaise instable.
Majeure I4	Pas de parade technique.	Phénomène de grande ampleur tel que Séchilienne ou La Clapière.

Cette démarche, qui mesure indirectement l'intensité par la demande de prévention potentielle, nécessite de la part de l'expert non seulement une parfaite connaissance des phénomènes physiques, mais également une bonne pratique des techniques de prévention.

Elle apparaît comme étant la plus appropriée puisque le zonage réglementaire est avant tout fondé sur la notion de constructibilité et sur la nature des mesures de protection et de prévention envisageables.

NIVEAUX D'ALÉAS CORRESPONDANT

L'aléa de référence (considéré comme vraisemblable au moins dans le délai *du siècle*) peut donc être qualifié directement à partir des niveaux d'intensité du tableau 2 (tableau 3).

Tableau 3 : Qualification de l'aléa en fonction de l'intensité du phénomène

Intensité		Aléa	
I1	faible	faible	A1
I2	moyen	moyen	A2
I3	forte	fort	A3
I4	majeure	majeur	A4

Des exemples concrets de grilles de caractérisation de l'aléa établies par le RTM de l'Isère sont présentés en annexe.

Délimitation et cartographie des aléas

Après les avoir définis, qualifiés et hiérarchisés, les aléas doivent être délimités et cartographiés.

La délimitation des aléas résulte de la démarche d'identification et de qualification par un expert. Cette délimitation comprend naturellement des marges variables d'incertitude dépendant de nombreux paramètres de connaissance des aléas. Ces marges d'incertitude devront être explicitées dans le rapport de présentation pour rendre compte des imprécisions inhérentes à ce type d'approche. En présence d'enjeux humains et socio-économiques très forts, il peut être envisagé de mettre en œuvre certaines techniques permettant de préciser l'extension des phénomènes et de réduire ainsi ces marges d'incertitude : analyse trajectographique pour les chutes de blocs, reconnaissance géophysique ou par forage pour la délimitation des emprises de carrières souterraines.

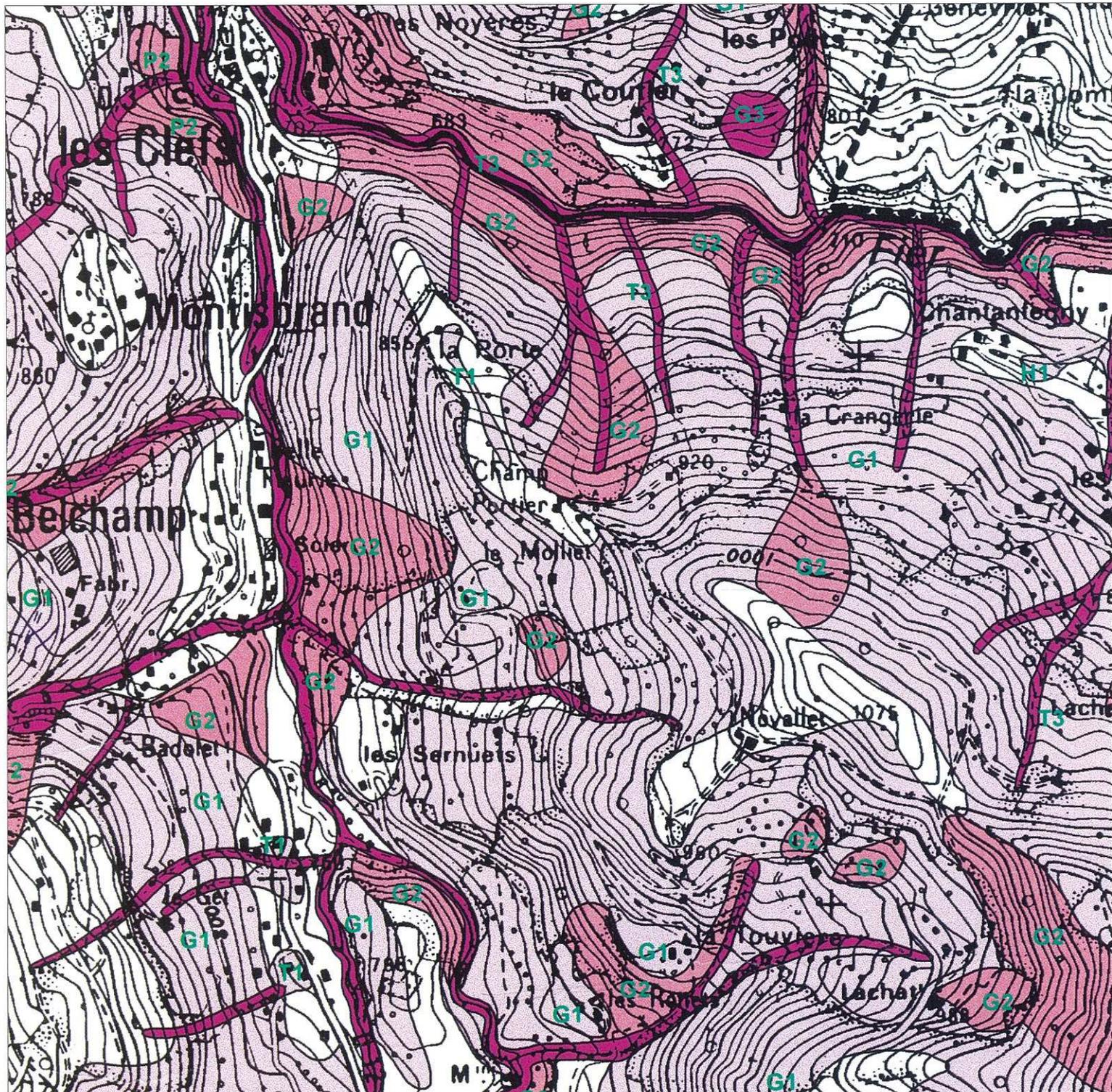
L'aléa doit ainsi être délimité sans tenir compte d'ouvrage de protection.

La réalisation des cartes vise à présenter la synthèse des caractéristiques de l'aléa : définition, qualification, délimitation.

On utilisera en général le fond topographique IGN à l'échelle du 1/25 000 agrandi au 1/10 000. En présence de forts enjeux ou si la précision de l'étude et l'importance des données exploitables le permettent, il est possible de cartographier les aléas sur un plan à l'échelle du 1/5 000.

Leur représentation peut suivre certaines conventions.

Carte 6. Carte des aléas : Les Clefs (74)



Source : RTM 74 (1996)

Type d'aléa :
 A : avalanche
 G : glissement de terrain
 H : zone humide
 P : chute de pierres
 T : crue torrentielle

A3

Degré aléa :
 1 : faible
 2 : moyen
 3 : fort

Équidistance des coupes de niveau : 10 m

Échelle 1/110 000

Chaque zone d'aléa peut être matérialisée par un code de couleurs conventionnel aplat ou en trame-points, dont l'intensité caractérise le niveau d'aléa (carte 6). Cette couleur peut éventuellement être remplacée par un figuré noir et blanc (trame-point) pour les cartes destinées au POS. Chaque zone d'aléa ainsi cartographiée est clairement identifiée par une lettre et un chiffre traduisant respectivement la nature du phénomène potentiel et son niveau d'aléa, selon les conventions suivantes :

Affaissement, effondrement	F
Tassement par retrait	D
Éboulement, écroulement, chute de blocs	P
Glissement, fluage et coulée de boue	G
Aléa faible	1
Aléa moyen	2
Aléa fort	3
Aléa majeur	4

Selon les contextes locaux, des distinctions plus fines pourront être adoptées afin d'éviter toute perte d'information sur la nature et la description des phénomènes.

Lorsqu'il y a superposition de deux aléas liés à deux types de phénomènes, il y a lieu de les identifier par les lettres et les chiffres correspondants, (exemple P3 F2) en ne retenant comme couleur ou représentation cartographique que le niveau d'aléa le plus élevé.

Cette carte d'aléas doit figurer dans le dossier PPR à titre d'information et d'explication et peut être accompagnée de cartes thématiques complémentaires telles que les cartes de facteurs de prédisposition et les cartes de danger. Il convient bien sûr, d'éviter de surcharger inutilement le dossier.

Caractérisation de la gravité

En présence de phénomènes dangereux, il convient d'appréhender également les aléas en terme de gravité au plan humain afin d'identifier les zones où des mesures relatives à la sécurité des personnes pourraient être définies, recommandées ou prescrites.

La gravité d'un mouvement de terrain résulte du caractère soudain et imprévisible de son déclenchement et des effets dynamiques associés. Elle peut être mesurée par référence à une échelle établie en fonction du nombre de victimes directes possibles.

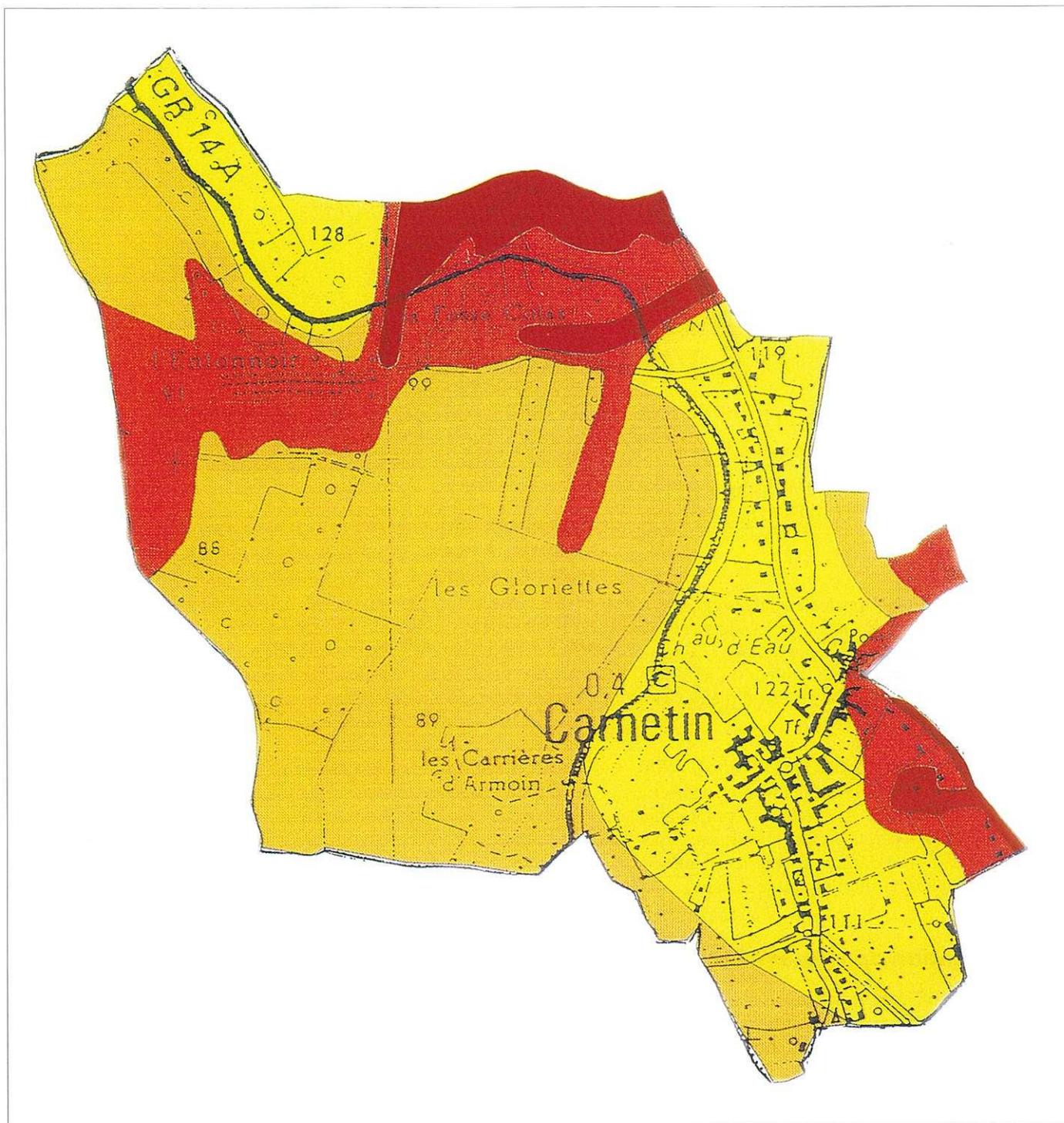
Le tableau 4 établit une corrélation évidente entre la dynamique des phénomènes et leur capacité plus ou moins grande à causer des victimes. La notion de gravité est en grande partie intrinsèque au phénomène physique et indépendante de l'exposition réelle.

Tableau 4 : Échelle conventionnelle de gravité au plan humain

Gravité	Préjudices humains	Exemples de phénomènes
Très faible G1	Pas d'accident	Retrait par dessiccation, tassement, fluage, glissement lent (< 1m/h).
Moyenne G2	Accident isolé	Glissement à paroxysme exceptionnellement rapide (> quelques dam/h), chutes de pierres.
Forte G3	Quelques victimes	Chute de blocs, lave torrentielle, fontis.
Majeure G4	Quelques dizaines de victimes	Éboulement, écroulement, effondrement généralisé de carrière.

Il est opportun de compléter la carte d'aléa par une surcharge (hachurée par exemple) permettant de localiser les phénomènes menaçant la sécurité publique ou, en tant que de besoin, de réaliser une carte spécifique de danger fondée sur l'échelle conventionnelle de gravité du tableau 4.

Carte 7. Carte de l'aléa lié aux cavités souterraines : Carnetin (77)



ALEA

	Très élevé
	Elevé
	Modéré
	Faible

Évaluation des enjeux

Il est nécessaire d'identifier et d'évaluer les enjeux qui sont d'ordre humain, socio-économique et environnemental. Ces enjeux correspondent aux espaces urbanisés, aux infrastructures et équipements de services et de secours et aux espaces non directement exposés aux risques.

Les principaux enjeux qu'il convient de délimiter sont les suivants :

1. Les espaces urbanisés ou d'urbanisation projetée :

- les centres urbains et les zones d'habitation dense ;
- les autres parties actuellement urbanisées ;
- les zones d'urbanisation future ;
- les zones actuellement protégées par des ouvrages ;
- le patrimoine historique ;

2. Les infrastructures et équipements de services et de secours :

- les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou au contraire utilisables pour l'acheminement des secours ou l'évacuation ;

- les établissements recevant du public (hôpitaux, écoles, maisons de retraite, campings, etc.) ;

- les équipements sensibles (centres de secours, centraux téléphoniques, etc.) ;

3. Les espaces non directement exposés aux risques :

- espaces naturels, agricoles et forestiers concourant à la protection des zones exposées.
- espaces urbains dont le développement pourrait aggraver ou provoquer les phénomènes naturels (drainage des eaux).

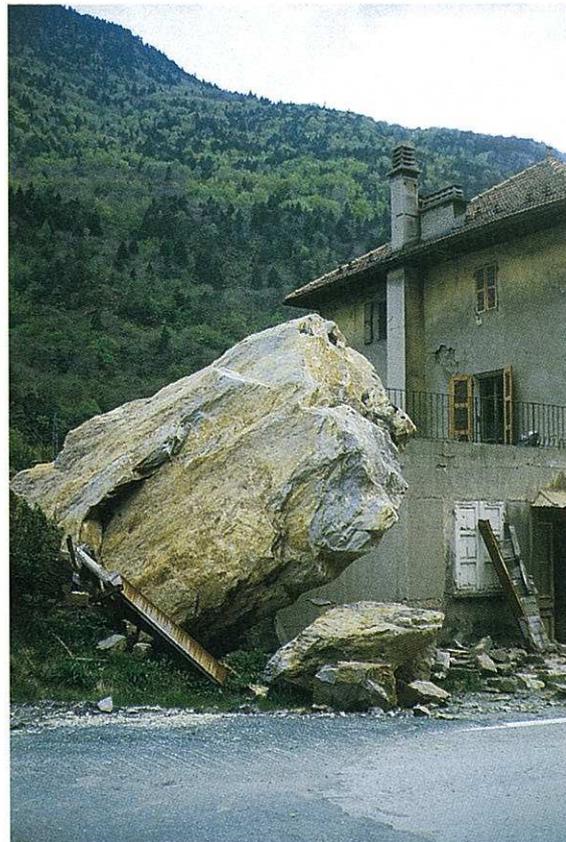
Selon les circonstances, ce recensement peut faire l'objet d'une carte spécifique d'enjeux (carte 8). Ainsi, en présence de phénomènes à caractère dangereux pour la vie humaine, il est nécessaire de localiser dans les zones de danger potentiel les populations effectivement exposées de façon permanente ou temporaire.

C'est à ce stade que le croisement entre les aléas et les enjeux détermine les risques pour les personnes et les biens. La simple superposition de la carte des aléas et de la carte des enjeux permet d'identifier sans les quantifier les principaux risques en présence, qui permettront de justifier la cartographie réglementaire.

Photos 5 et 6. **Éboulement de La Léchère (73).**



Source : Jean-Louis Durville.



Source : Jean-Louis Durville.



Photo 7. **Camion renversé par un glissement de terrain au-dessus d'un quartier pavillonnaire.**



Source : Gérard Colas.

ÉLABORATION DU DOSSIER DU PPR MOUVEMENTS DE TERRAIN

Caractéristiques du PPR

Le PPR est régi par les articles 40-1 à 40-6 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Les modalités d'application de la loi sont définies par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995.

Il a été conçu avec le souci d'un contenu réglementaire rigoureux mais d'une élaboration simple. Ses caractéristiques, sommairement rappelées ici, sont détaillées dans le « guide général »⁸.

Domaine d'intervention

Le PPR a pour objet de délimiter les zones directement exposées à des risques et d'autres zones non directement exposées mais où certaines occupations ou usages du sol pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux (art. 40-1-1 et 2 de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Il y réglemente en premier lieu les projets d'installations nouvelles :

- avec un champ d'application étendu puisqu'il peut intervenir sur tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pour leur réalisation, leur utilisation ou leur exploitation.
- avec des moyens d'action variés allant de prescriptions de toute nature (règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation, etc.) jusqu'à l'interdiction totale.

Le PPR peut également définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques et par les particuliers. Cette possibilité vise notamment les mesures liées à la sécurité des personnes et à l'organisation des secours, et les mesures d'ensemble qui

ne seraient pas associées à un projet particulier (art. 40-1-3 de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Enfin, le PPR peut agir sur l'existant, avec un champ d'application équivalent à celui ouvert pour les projets nouveaux. Toutefois, pour les biens régulièrement autorisés, il ne peut imposer que des « aménagements limités » dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée de ces biens (art. 5 du décret du 5 octobre 1995).

Application du PPR

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique (article 40-4 de la loi du 22 juillet 1987 modifiée). Lorsqu'il porte sur des territoires couverts par un plan d'occupation des sols (POS), il doit lui être annexé, conformément à l'article L. 126-1 du code de l'urbanisme. De même, il doit être annexé au plan d'aménagement de zone (PAZ) lorsqu'il porte sur un territoire couvert par une zone d'aménagement concerté (ZAC) en application de l'article R. 311-10 du code de l'urbanisme, ou au plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV) lorsqu'il porte sur un territoire situé dans un secteur sauvegardé (article R. 311-11 du même code). Les dispositions du POS ou du document d'urbanisme en tenant lieu doivent, le cas échéant, être adaptées pour tenir compte de celles du PPR (cf. *Guide général PPR*).

Par ailleurs, les manquements à l'application des dispositions d'un PPR sont passibles des sanctions pénales mentionnées à l'article 40-5 de la loi du 22 juillet 1987.

Le PPR peut également rendre obligatoire la réalisation, dans un délai maximal de 5 ans, de certaines mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ou de mesures applicables à l'existant. À défaut de mise en conformité dans le délai prévu, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur (article 40-1 de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Enfin, les assureurs ont la possibilité d'appliquer certaines dérogations à l'obligation de garantie des catastrophes naturelles en cas de violation des règles du PPR et des règles administratives de prévention des catastrophes naturelles en vigueur (art. L. 125-6 du code des assurances).

7. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports, 1997, *Plans de prévention des risques naturels prévisibles : guide général*, La Documentation française.

Conditions d'élaboration

Elles sont caractérisées par une procédure simple et efficace (tableau 5). L'élaboration réserve un temps à la concertation, selon les procédures habituelles (consultation des communes et consultation d'autres organismes dans certains cas particuliers, enquête publique). Néanmoins, tous les avis sont réputés favorables dans le délai de deux mois après la consultation. La décision finale revient au préfet à qui la loi confie la responsabilité d'approuver le PPR. Le préfet peut également en cas d'urgence avant l'approbation mais après information des maires, rendre immédiatement opposables certaines mesures du projet de PPR (article 40-2 de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Importance du dialogue local

L'élaboration et l'approbation du PPR sont de la responsabilité de l'État. En fait, ce document vise directement les conditions d'occupation et d'utilisation du sol et concerne des domaines de compétence principalement dévolus aux communes, comme l'urbanisme ou la sécurité publique. Les maires ont en effet, une compétence propre en matière de prise en compte des risques naturels, fondée sur le code général des collectivités territoriales, la loi sécurité civile du 22 juillet 1987 et le code de l'urbanisme. L'élaboration d'un PPR implique donc que soient engagées systématiquement des discussions approfondies avec les élus locaux et qu'une information claire et justifiée parvienne aux populations. Cette information ne se substitue

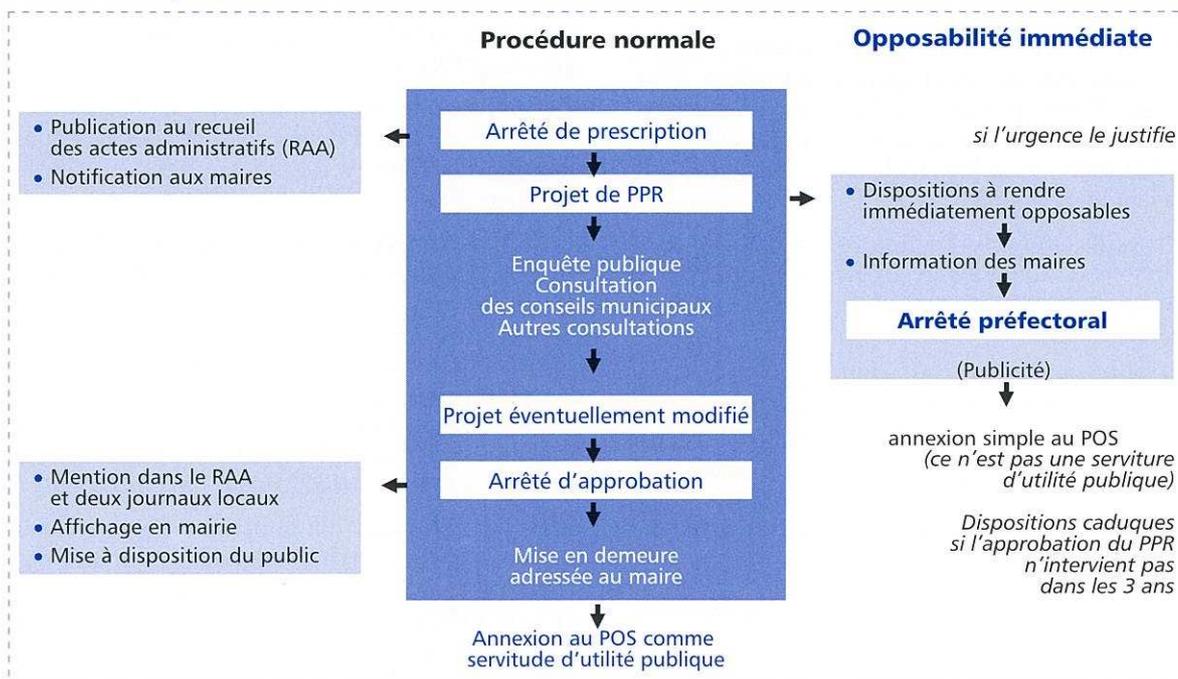
pas à l'obligation faite au préfet d'informer le maire des risques majeurs existants dans la commune, par la voie du DCS, ni à l'obligation faite au maire d'informer la population par la voie du DICRIM. Les structures de coopération intercommunale compétentes en matière d'urbanisme sont également des partenaires obligés.

Un débat doit s'instaurer le plus en amont possible sur les intentions d'établir un PPR. Dans ce débat, le service instructeur doit rappeler fermement les objectifs poursuivis (sécurité des personnes et des biens, développement durable) et afficher clairement les moyens qu'il va mettre en œuvre (expertise, zonage et réglementation). Des échanges avec les élus doivent permettre de partager la connaissance des phénomènes historiques et actifs et d'adapter ou moduler les contraintes générales, sans les dénaturer, à chaque contexte. Les discussions doivent être fondées sur un argumentaire tenant compte des réalités du terrain et guidées par un souci de pragmatisme et d'efficacité.

En fonction des situations locales, il peut être nécessaire d'associer d'autres acteurs publics ou privés, tels que les conseils généraux ou régionaux, les chambres de commerce et d'industrie, les organismes de développement ou d'aménagement touristique, les associations représentatives, etc.

Le dialogue avec les élus et ces autres partenaires doit viser à atteindre un consensus aussi large que possible sur un niveau de risque dont les conséquences éventuelles sur les biens et les personnes sont supportables localement, même si en définitive la responsabilité de la décision incombera à l'État.

Tableau 5 : La procédure



Dossier réglementaire

L'article 3 du décret du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels énumère les pièces réglementaires, donc obligatoires, constitutives du dossier :

1. une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances ;
2. un ou plusieurs documents graphiques délimitant le zonage réglementaire ;
3. un règlement précisant en tant que de besoin :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des zones délimitées par les documents graphiques ;
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, et celles qui peuvent incomber aux particuliers, ainsi que les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur réalisation.

La note de présentation

Elle peut être plus ou moins succincte en fonction des informations disponibles et de la superficie à traiter, et doit présenter clairement :

- les raisons de la prescription du PPR ;
- le secteur géographique et le contexte géologique ;
- les phénomènes naturels connus ;
- le mode de qualification de l'aléa ;
- les enjeux humains socio-économiques et environnementaux ;
- le zonage et le règlement.

Les raisons de la prescription du PPR

Elles résultent principalement de l'existence d'un risque connu et de la probabilité de conséquences pour les populations. Cette prescription peut faire suite à un document d'information préventive (DCS) qui aurait révélé un danger pour la commune.

Si la prescription du PPR a pour objet la révision d'un document antérieur, on justifiera les raisons de la révision (évolution accélérée de certains phénomènes par exemple) et les modifications qui en résultent.

Le secteur géographique et le contexte géologique

Le choix des limites du bassin de risque et du périmètre d'étude sera justifié par une description succincte du contexte naturel (situation, relief) et des entités géographiques, morphologiques, géologiques et hydrologiques homogènes qui le caractérisent.

Le choix des limites du périmètre d'étude sera explicité s'il ne recouvre qu'une partie du bassin de risque, en s'appuyant sur les priorités définies par le préfet en fonction notamment des enjeux locaux (population, occupation du sol, axes de communication, équipements publics, projets d'aménagement, etc.) et des demandes des communes, notamment.

Le bassin de risque et le périmètre du PPR seront situés sur une carte d'échelle adaptée à leur extension.

On évitera d'utiliser un vocabulaire trop spécialisé qui, s'il est indispensable, sera défini dans un lexique. En matière de géologie, il n'est pas utile de citer les noms d'étage des formations géologiques (stratigraphie), mais on privilégiera les informations sur la nature des roches (lithologie).

Les phénomènes naturels connus

Ils seront décrits et localisés sur la carte informative des phénomènes naturels à partir des constats de terrain et du recensement des événements historiques identifiés par leur nature, leur date et leur manifestation.

Le rappel des principaux événements passés, ainsi que les victimes et les dommages qu'ils ont occasionnés, est indispensable pour raviver la mémoire collective, et constitue souvent un des meilleurs moyens de justifier la prescription d'un PPR. Quelques photographies, extraits de presse ou documents d'archives pourront les illustrer.

Le mode de qualification des aléas

La note définira les « règles du jeu » en matière d'aléa en faisant la part des certitudes, des incertitudes, et en explicitant les hypothèses retenues. Elle précisera les concepts et les principes qui ont permis de les qualifier. Elle présentera la ou les cartes d'aléa en rappelant la définition adoptée pour chaque type de phénomène.

Les enjeux humains, socio-économiques et environnementaux

La note décrira l'évaluation des enjeux concernant les biens, les activités et les personnes et commentera la carte.

Le zonage et le règlement

Ils constituent le fondement de la démarche PPR et sont définis au regard des objectifs recherchés pour

la prévention des risques. On accordera beaucoup de soin à :

- expliciter la méthode retenue pour aboutir au zonage (notamment le principe de délimitation à partir de la carte des aléas) et aux mesures réglementaires ;
- justifier et motiver les mesures du règlement en distinguant les prescriptions des simples recommandations d'une part, et les règles d'utilisation des sols des règles de construction d'autre part ;
- indiquer les correspondances entre zones et prescriptions.

Il sera également utile de rappeler que le respect des règles de l'art s'impose partout, y compris pour les projets situés dans les zones d'aléa négligeable.

Une reproduction des cartes techniques (phénomènes naturels, aléas, enjeux) sous un format facilement consultable (A4 ou A3) pourra être incluse dans la note pour une bonne compréhension de la démarche. Enfin, il paraît souhaitable de reproduire en annexe du rapport les extraits de la loi et du décret applicables aux PPR.

Le plan de zonage réglementaire

L'élaboration du zonage réglementaire doit se faire sous la responsabilité directe du service instructeur, avec l'assistance technique du bureau d'études chargé de la qualification des aléas, en tant que de besoin.

Le plan délimite les zones dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes, et/ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Conventionnellement, ces zones sont d'abord définies sur des critères de constructibilité, mais elles peuvent également l'être, dans un second temps, sur des critères de danger. Ceci conduit à considérer deux types de zones ; les unes inconstructibles, dites « rouges », les autres constructibles sous conditions, dites « bleues ».

Principes de délimitation

La délimitation du zonage réglementaire, fondée sur les critères de constructibilité et de sécurité, est effectuée principalement à partir du croisement de l'aléa et des enjeux. Elle distingue trois types de zones :

- les zones exposées ;
- les zones non directement exposées ;
- les zones protégées ou stabilisées.

LES ZONES EXPOSÉES AUX ALÉAS

Les zones d'aléa majeur sont inconstructibles.

Les zones d'aléa fort sont en principe inconstructibles. Dans ces zones sujettes à des phénomènes

de forte intensité ou d'extension débordant largement le cadre parcellaire, les protections sont difficiles techniquement ou très coûteuses.

Ponctuellement, l'étendue des interdictions et des prescriptions pourra être examinée avec les acteurs locaux, notamment les élus, par exemple :

- dans les zones à fort enjeu où le risque peut être maîtrisé de manière satisfaisante, même à des coûts très importants (comblement de cavités souterraines en centre urbain) ;
- lorsqu'une activité agricole ou touristique par exemple, contribuant à la gestion du territoire reste compatible avec le risque, sous réserve que la sécurité des personnes soit garantie.

Les zones d'aléa moyen, où les parades dépassent le cadre de la parcelle et relèvent généralement d'un maître d'ouvrage collectif, peuvent être constructibles sous réserve de pouvoir identifier ce maître d'ouvrage ou sous réserve que ces zones soient déjà protégées. Pour en préciser les conditions, il convient de prendre en compte d'autres critères que l'aléa tels que les enjeux locaux dont les projets envisagés par la collectivité.

Les zones d'aléa faible, où les parades à maîtrise d'ouvrage individuelle sont possibles en raison de coûts économiquement raisonnables, sont *a priori* constructibles.

Dans la plupart des cas, les secteurs non encore urbanisés doivent être préservés de l'urbanisation, sauf si l'aléa est faible et la vulnérabilité des zones déjà urbanisées ne doit pas être augmentée. Dans les zones exposées, la population doit prendre conscience de l'existence du risque et accepter les mesures de prévention prescrites, comme l'entretien des ouvrages de protection ou l'interdiction des rejets d'eau dans le sol.

Dans tous les cas, il est indispensable de faciliter l'application des dispositions nécessaires à la poursuite d'une vie normale prévues par le décret du 5 octobre 1995, et la mise en œuvre des travaux de réduction des risques.

LES ZONES NON DIRECTEMENT EXPOSÉES

Les aménagements ou constructions qui pourraient aggraver le risque ou en créer de nouveaux sur les secteurs voisins doivent faire l'objet d'interdiction ou d'autorisations contrôlées. De même, des mesures de prévention peuvent être préconisées sur l'existant, telles que la maîtrise des rejets d'eaux pluviales ou usées (carte 9).

LES ZONES PROTÉGÉES OU STABILISÉES

Les sites ayant fait l'objet de mesures de protection ou de stabilisation actives ou passives doivent faire l'objet d'une attention particulière. Hormis le cas des cavités souterraines intégralement comblées où les risques résiduels sont pratiquement annulés, les

espaces protégés par des ouvrages construits (digues, merlons pare-blocs, filets de protection, etc.) seront toujours considérés comme restant soumis aux phénomènes étudiés, c'est-à-dire vulnérables. En règle générale, l'efficacité des ouvrages même les mieux conçus et réalisés ne peut être entièrement garantie à long terme notamment si leur maintenance et leur gestion ne sont pas assurées par un maître d'ouvrage. La délimitation de l'aléa doit être établie sans tenir compte de ces ouvrages. Le zonage réglementaire sera établi dans le respect des deux principes suivants :

- la présence d'ouvrages ne doit pas conduire à augmenter la vulnérabilité mais doit viser plutôt à réduire l'exposition des enjeux existants ;
- la constructibilité ne pourra être envisagée que très exceptionnellement si la maintenance des ouvrages de protection est garantie par une solution technique fiable et des ressources financières déterminées.

Pour répondre aux besoins d'habitat, d'emploi, de services, dans un secteur donné au sens de l'article L. 110-1 du code de l'urbanisme, des aménagements au principe de non constructibilité en aléa fort derrière les ouvrages de protection peuvent être envisagés avec les acteurs locaux, notamment les élus communaux, si les trois conditions suivantes sont simultanément réunies :

1. Il n'y a pas d'autres sites d'urbanisation possibles dans des zones voisines non soumises à des risques sur un territoire éventuellement intercommunal.
2. Les ouvrages présentent un niveau de sécurité et de fiabilité garanti avec maîtrise d'ouvrage pérenne.
3. L'aménagement de ces secteurs, notamment en termes d'équilibre social ou d'emploi procure des bénéfices suffisamment importants pour compenser les coûts des ouvrages et de leur maintenance.

Le critère relatif à la sécurité et à la fiabilité des ouvrages sera apprécié en fonction notamment des caractéristiques suivantes :

- la qualité de conception et de réalisation des anciens ouvrages en particulier ;
- l'importance du risque résiduel, qui dépend du dimensionnement de l'ouvrage ;
- l'absence d'effets aggravants, consécutifs par exemple, à un effet de seuil pour certains événements exceptionnels ;
- les garanties de maintenance basées sur des procédures d'entretien, d'auscultation, voire de surveillance bien définies avec un maître d'ouvrage pérenne.

Ce raisonnement peut s'appliquer pour traiter le cas des « dents creuses » ou de certains espaces interstitiels en milieu urbain notamment dans les centres urbains, mais en aucun cas pour les zones vierges. Il est toutefois nécessaire de bien continuer à afficher le type d'exposition au risque du secteur concerné (zone bleue avec un index spécifique par exemple), et de ne nier ni l'existence ni le niveau de l'aléa.

Démarche de zonage

La combinaison des critères précédents est résumée dans le tableau 6. Son application peut conduire à un premier projet de zonage réglementaire « brut » qui doit être confronté avec les particularités du terrain pour s'assurer de leur cohérence. En particulier, les contraintes relatives à la gestion d'un centre urbain (activités, contraintes urbanistiques et architecturales, gestion de l'habitat, etc.) peuvent justifier des adaptations spécifiques.

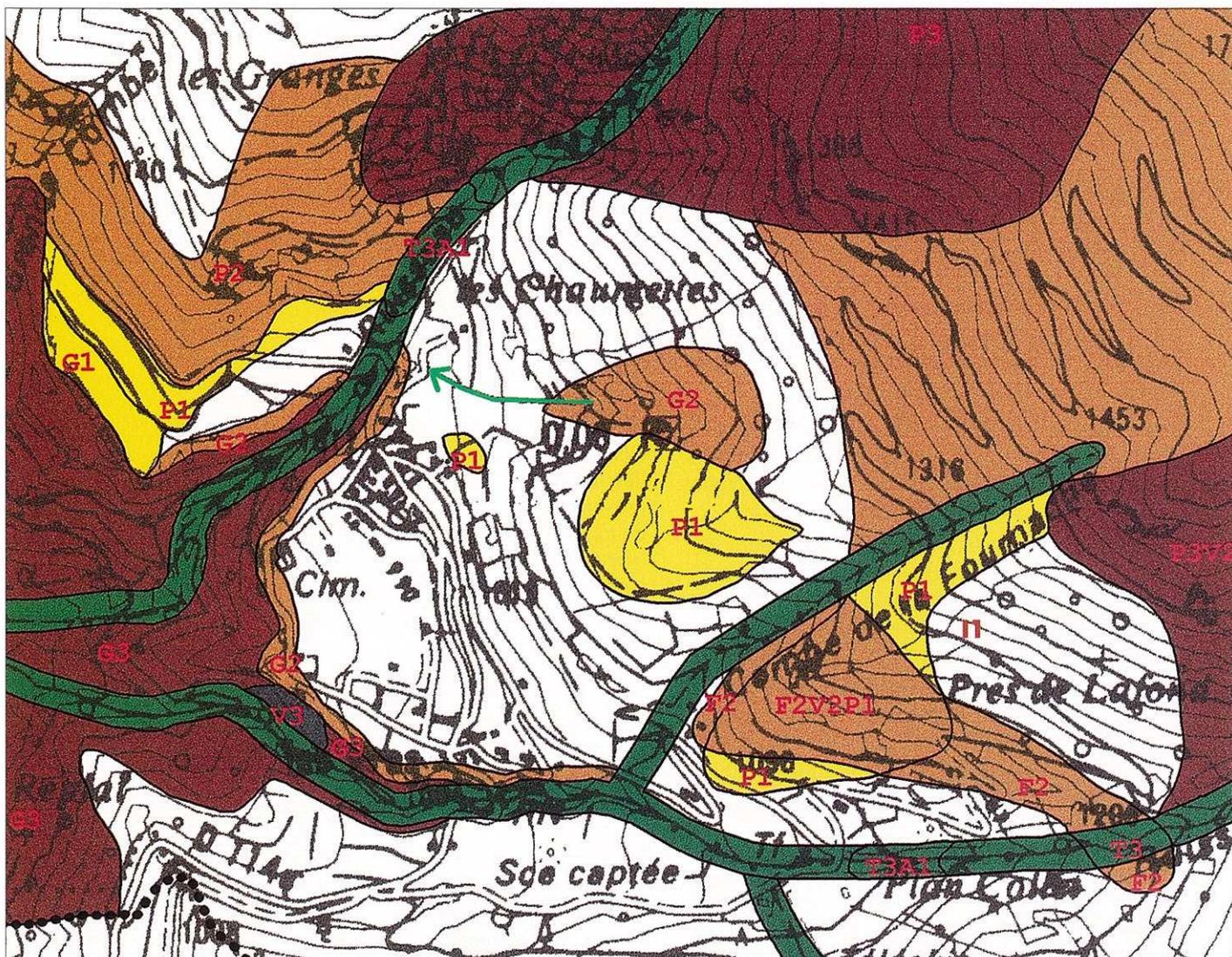
Ce projet peut servir de base aux discussions à engager avec les partenaires locaux.

Tableau 6 : Principes de délimitation et de constructibilité

Aléa	Mesures de prévention	Espaces non urbanisés	Espaces urbanisés	
			non protégés	protégés*
Majeur	Impossibles techniquement.		Inconstructible	
Fort	Difficiles techniquement ou très coûteuses dépassant largement le cadre de la parcelle.	Inconstructible	Inconstructible	Inconstructible (exceptionnellement constructible sous conditions strictes).
Moyen	Dépassant le cadre de la parcelle cadastrale (généralement à maîtrise d'ouvrage collective) ou coûteuse.	Inconstructible	Inconstructible (exceptionnellement constructible sous condition de prise en compte des mesures ou après mise en œuvre de protections et révision du PPR).	Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection.
Faible	Ne dépassant pas le cadre de la parcelle cadastrale (généralement à maîtrise d'ouvrage individuelle) ou d'un coût modéré.	Constructible sous condition de prise en compte des mesures de prévention inconstructible en cas de danger humain.	Constructible sous condition de prise en compte des mesures de prévention.	Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection.

* La prise en compte d'ouvrages de protection inclue la nécessité d'entretien de ces ouvrages.

Carte 9. Carte d'aléas dans les zones non directement exposées : Oris-en-Rattier (38)



Crues des torrents et des rivières torrentielles

Faible	Moyen	Fort
I1	I2	I3

Mouvements de terrain :

Glissements de terrain, solifluxion ou coulées boueuses

G1	G2	G3
P1	P2	P3

Chutes de pierres et de blocs

F2

Effondrement de cavités souterraines



Divagations torrentielles et axes de ruissellement

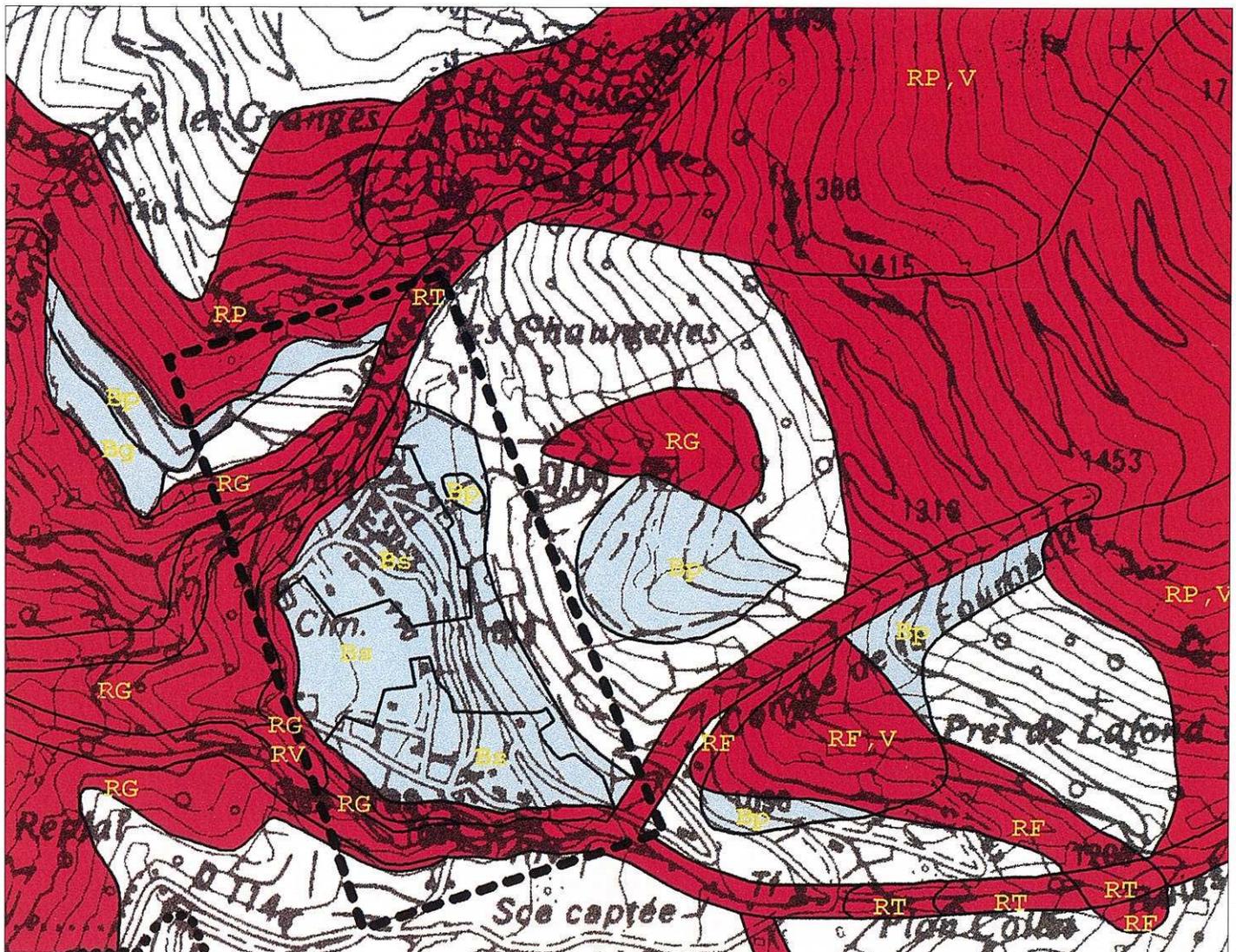
● ● ● ● ● Limite communale

«Le PPR prend en compte les zones non directement exposées mais susceptibles d'aggraver les risques ou d'en provoquer de nouveaux». (Loi 87-565 du 22.07.87 - Art. 40-1-2).

Le chef lieu de cette commune est situé sur un plateau sans aléa mais les pentes bordières sont affectées par de nombreux glissements de terrain et par l'affouillement d'un ruisseau. La carte des aléas n'affiche pas de phénomènes sur le plateau (zone non coloriée).

Le développement urbain envisagé dans le POS doit prendre en compte la maîtrise des rejets d'eau (EP, EU) pour éviter l'aggravation des mouvements de terrain sur le pourtour ; le zonage réglementaire affiche une zone bleue «sensible» sur le plateau pour annoncer la contrainte réglementaire : maîtrise des rejets.

Carte 10. **Projet de délimitation de zonage dans les zones non directement exposées : Oris-en-Rattier (38)**



Niveau de contraintes*

- R** Zones d'interdictions
- B** Zones de contraintes faibles
- Zones sans contrainte spécifique
- Limite communale
- Limite du zonage réglementaire présenté sur fond cadastral au 1/5 000

Nature du risque**

- l,i : crues des fleuves et des rivières
- M,m : marécages
- l',i' : inondations de plaine en pied de versant
- T,t : crues des torrents et des rivières torrentielles
- G,g : glissements de terrain
- P,p,p0 : chutes de pierres

Chaque zone est référencée par deux indices alphabétiques au moins :

* le premier correspond au niveau de contraintes à appliquer.

** le second correspond à la nature du risque (caractère en minuscules pour les zones de faibles contraintes, caractère en majuscule pour les autres cas), éventuellement complété par un indice numérique.

Carte 11. Carte des aléas en cas de travaux de protection : Sassenage (38)

**Inondations :**

Crues des fleuves et rivières

Crues des torrents et des rivières torrentielles

Mouvements de terrain :

Glissements de terrain, solifluxion ou coulées boueuses

Chutes de pierres et de blocs

 Divagations torrentielles
et axes de ruissellement

 Limite communale

Faible

Moyen

Fort

I1

I2

I3

T1

T2

T3

G1

G2

P1

P2

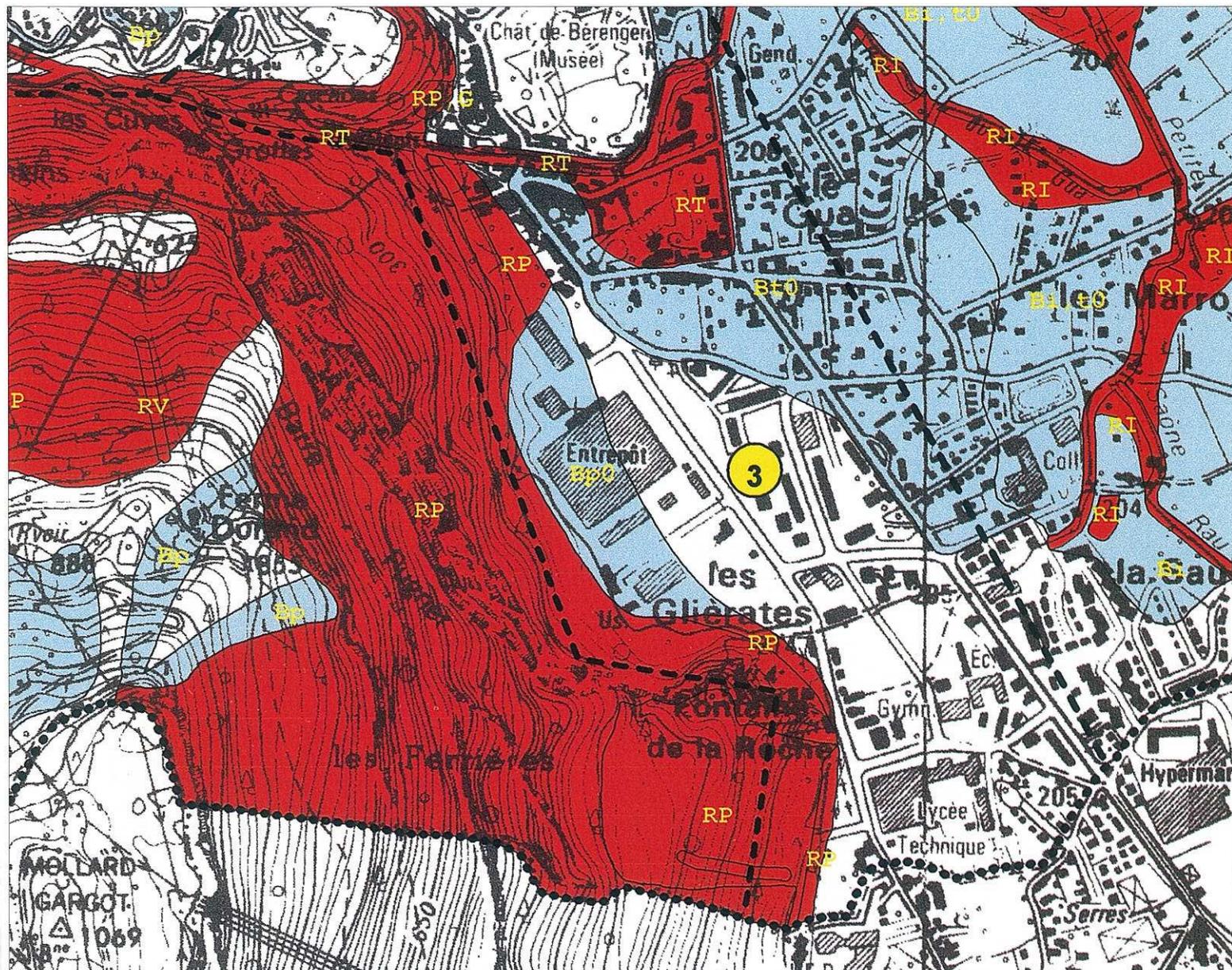
P3

La carte des aléas affiche le phénomène naturel sans tenir compte des protections réalisées.
(Exemple : zone industrielle touchée par une zone d'aléa moyen de chutes de pierres (P2).

Échelle 1/10 000

Source : RTM 38, Alp'Géorisques (1997)

Carte 12. **Projet de zonage réglementaire tenant compte de travaux de protection : Sassenage (38)**



Niveau de contraintes*

- R Zones d'interdictions
- P Zones de contraintes faibles
- Zones sans contrainte spécifique
- ● ● ● ● Limite communale
- — — — — Limite du zonage réglementaire présenté sur fond cadastral au 1/5 000

Nature du risque**

- l,i : crues des fleuves et des rivières
- M,m : marécages
- l',i' : inondations de plaine en pied de versant
- T,t : crues des torrents et des rivières torrentielles
- G,g : glissements de terrain
- P,p,p0 : chutes de pierres

Chaque zone est référencée par deux indices alphabétiques au moins :

* le premier correspond au niveau de contraintes à appliquer.

** le second correspond à la nature du risque (caractère en minuscules pour les zones de faibles contraintes, caractère en majuscules pour les autres cas), éventuellement complété par un indice numérique.

Le zonage réglementaire tient compte des protections réalisées en classant le secteur protégé en zone bleue bp, affectée de l'indice o (ouvrages de protection réalisés) pour afficher la nécessité d'entretenir les ouvrages de protection ; aucune autre contrainte réglementaire n'est imposée dans les zones bleues protégées.

Éléments de cartographie

Le plan, annexé obligatoirement au POS, doit être suffisamment précis et lisible pour être applicable dans les décisions d'urbanisme. Sa lisibilité dépend en particulier du choix de l'échelle du document, de la précision du trait et du mode de représentation cartographique.

Le fond de carte sera retenu en fonction des besoins, carte IGN agrandie au 1/10 000, plus appropriée au bassin de risque ou à la commune, ou fond cadastral réduit au 1/5 000, plus adapté aux zones très urbanisées. Dans ce dernier cas, le passage de la carte d'aléa, en principe dressée sur un fond IGN au 1/10 000, à un document parcellaire, impose un travail de transcription plus ou moins complexe. Il peut être utile alors de faire préciser au spécialiste les limites de l'extension du phénomène sur le plan de zonage réglementaire, en retournant, si nécessaire, sur le terrain.

Une occupation du sol hétérogène notamment en termes d'enjeux, peut conduire à scinder le plan de zonage en plusieurs documents d'échelles différentes.

Les limites de zones s'appuieront presque toujours sur celles des aléas qui sont déterminantes. Lorsque le zonage tient compte des autres critères tels que l'occupation effective des sols, ou la présence de travaux de protection, les limites de zones pourront évidemment s'y référer. Il est déconseillé de déplacer les limites des zones d'aléas lors de la transcription d'un fond topographique sur un fond parcellaire dans le but d'épouser les limites parcellaires. Une telle démarche peut se révéler inadaptée, en particulier dans le cas de grandes parcelles.

Conventionnellement la couleur rouge est adoptée pour les zones inconstructibles et la couleur bleue pour les zones constructibles sous conditions (carte 13).

D'autres couleurs ou des trames en noir et blanc peuvent être utilisées pour des facilités d'édition et de présentation.

Pour éviter toute confusion dans la lecture des couleurs ou des trames, la désignation des zones sera renforcée en ajoutant une lettre (R pour zone rouge et B pour zone bleue, par exemple) et des indices spécifiques numériques (secteurs R_1 , R_2 , B_1 , B_2 , etc.) si des mesures différentes s'appliquent dans les zones bleues ou rouges

Enfin, les zones non directement exposées doivent être explicitement identifiées là où certains aménagements ou constructions peuvent aggraver le risque ou en créer de nouveaux.

Le règlement

Les dispositions réglementaires doivent être simples, claires, efficaces et réalistes pour :

- délimiter sans ambiguïté les zones où les contraintes et les obligations seront éventuellement imposées ;
- être comprises par les utilisateurs du PPR et par les personnes et institutions consultées au cours de la procédure ;
- être facilement applicables.

La clarté et l'efficacité des mesures et non l'exhaustivité doivent être recherchées. Celles-ci peuvent être plus souples pour les constructions nécessaires au bon usage des terrains exposés au risque, telles que les exploitations agricoles. Au contraire, elles peuvent être plus strictes lorsque les projets concernent des centres urbains ou des équipements sensibles, des activités particulièrement vulnérables, telles que maisons de retraites, hôpitaux, écoles maternelles, terrains de camping et autres installations touristiques, etc.

Le règlement précise les mesures applicables à chaque zone du document cartographique, en distinguant les projets nouveaux, l'existant et les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

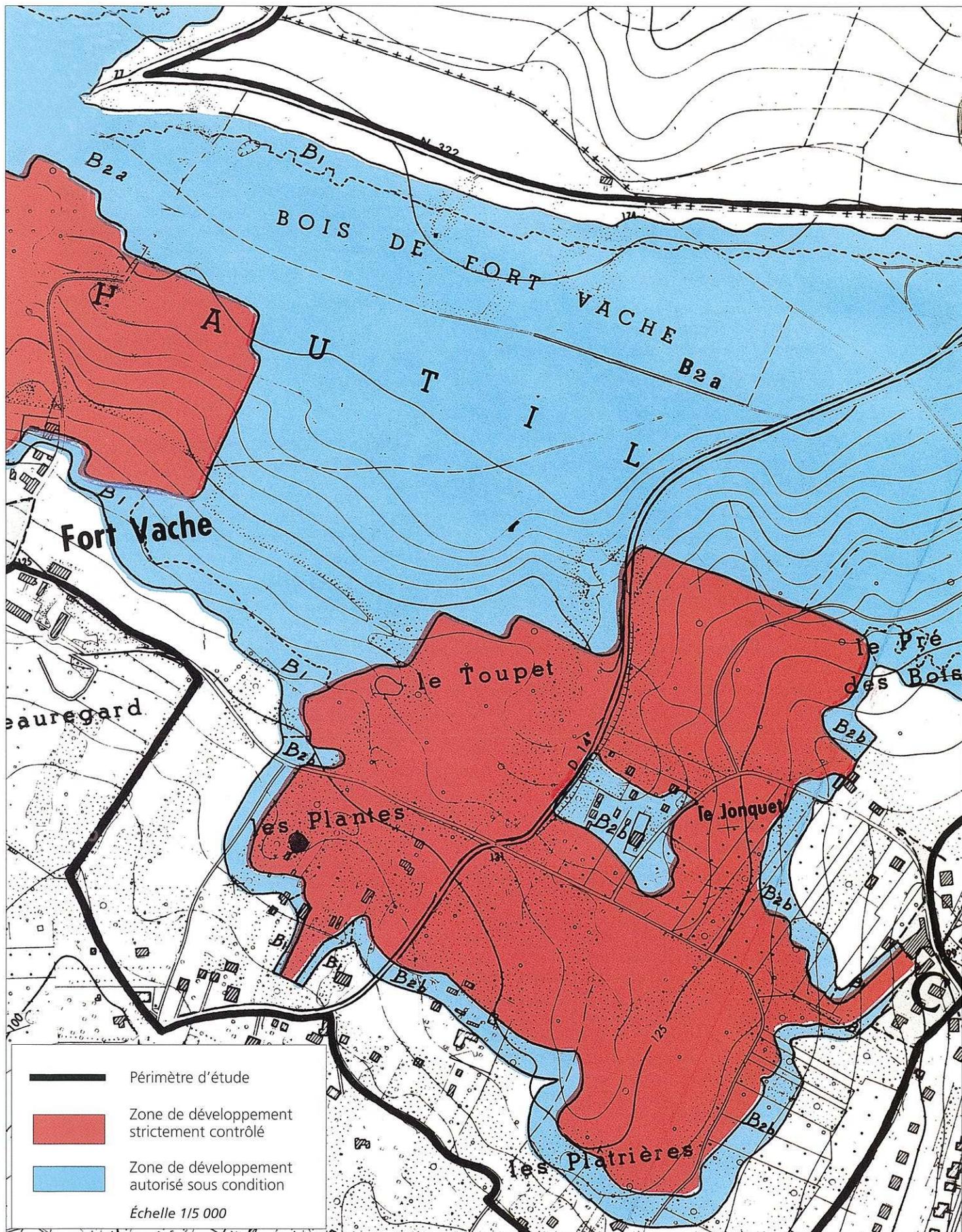
Le « guide général » propose un plan de règlement inspiré des dispositions prévues par le décret relatif aux PPR. Toutefois, le règlement peut être beaucoup plus simple : la structure minimum correspond à un article introductif et à un article unique par type de zone délimité dans les documents graphiques.

Il est également possible de formuler un certain nombre de recommandations visant à diminuer le risque. Celles-ci trouvent leur place dans le règlement au titre des mesures de sauvegarde.

Réglementation des projets nouveaux

Le raisonnement en termes d'inconstructibilité pour la zone rouge et de constructibilité pour la zone bleue concerne d'abord les projets nouveaux. Mais les possibilités du PPR ouvertes par l'article 40-1 1° de la loi du 22 juillet 1987 sont plus larges et visent l'ensemble des occupations et utilisations des sols incluses dans le champ d'application de la loi. Par exemple, dans une zone interdite à la construction, des aménagements, ouvrages, exploitations, etc. peuvent être autorisés (remontées mécaniques dans une zone rouge). Inversement, dans une zone constructible sous réserve, des aménagements, ouvrages, exploitations peuvent être interdits (défrichements en zone bleue).

Carte 13. Plan de zonage réglementaire : massif de l'Hautil, Vaux-sur-Seine (78)



Source : direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement

D'une manière générale, les aménagements qui pourraient augmenter les risques, comme certaines coupes à blanc, les défrichements, (cf. document 6 : le rôle de la forêt vis-à-vis des aléas de mouvement de terrain) les surcharges, les terrassements, les assainissements individuels, doivent être proscrits ou sévèrement encadrés.

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE ROUGE

Les constructions nouvelles y sont interdites, mais des projets peuvent être autorisés comme :

- certaines infrastructures (réseaux de desserte) ;
- les constructions nécessaires au maintien d'activités qui contribuent à la gestion du territoire, spécialement les activités agricoles ou forestières ;
- l'implantation d'équipements : locaux techniques de terrains de sport ou de loisirs, ou certains équipements touristiques (par exemple des remontées mécaniques ou des refuges en montagne) ;
- le fonctionnement d'équipements existants dont l'extension serait refusée ;
- les travaux et les aménagements du bâti et de ses accès permettant de réduire le risque ;
- les extensions mesurées de l'existant, exprimées en valeur absolue ou en pourcentage, dans la mesure où cela n'augmente pas le nombre de personnes exposées.

Dans les secteurs d'aléas moyens où des travaux d'ensemble ont été préconisés, des projets nouveaux ne peuvent être envisagés qu'après réalisation des ouvrages ou des mesures de prévention, modification des PPR et définition des modalités de maintenance et d'entretien par le maître d'ouvrage désigné à cet effet.

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE BLEUE

Des aménagements ou constructions y sont autorisés sous réserve de prendre des mesures adaptées au risque. L'expérience montre qu'il s'agit presque toujours de règles simples (tableau 7). Celles-ci portent fréquemment sur les conditions de construction des ouvrages autorisés : matériaux, fondations, structures, etc. Elles relèvent des « règles particulières de construction » mentionnées à l'article R 126-1 du code de la construction et de l'habitation. Des études (notamment géotechniques) peuvent être prescrites pour déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation des projets autorisés.

Les maîtres d'ouvrage s'engagent à respecter les règles générales de construction lors du dépôt des demandes de permis de construire. Comme les professionnels chargés de réaliser les projets, ils

sont donc responsables de la mise en œuvre de ces dispositions. En conséquence, il n'y a pas lieu d'exiger la production d'une étude à l'appui d'une demande de permis de construire, et encore moins d'en vérifier les résultats, même si le règlement du PPR prescrit ces études. Une telle exigence serait d'ailleurs contraire au principe de l'article R. 421-2 du code de l'urbanisme qui fixe limitativement la liste des pièces à fournir.

Néanmoins, il est nécessaire, lors de la délivrance d'une autorisation (de construire, de lotir, etc.), que l'autorité compétente en la matière rappelle au maître d'ouvrage, par note distincte, les dispositions du PPR qu'il lui appartient de respecter.

Pour ces raisons, mais aussi parce qu'il est impossible de définir *a priori* les mesures les plus appropriées au projet à réaliser, le libellé des règles de construction ne doit pas entrer dans le détail des techniques à mettre en œuvre.

PRISE EN COMPTE D'OUVRAGES DE PROTECTION EXISTANTS

Les zones protégées ou stabilisées sont éventuellement constructibles sous certaines conditions (cf. p. 40). Elles devront être précisées dans le règlement.

Dans les secteurs d'aléas moyens ou forts, où des travaux de protection d'ensemble ont été réalisés (tableau 6), des projets nouveaux peuvent être envisagés de la façon suivante :

- soit ouvrir la zone à l'aménagement sous conditions de fiabilité, d'entretien et de gestion des ouvrages de protection par un maître d'ouvrage clairement désigné ;
- soit déclarer la zone concernée inconstructible, si les ouvrages ne répondent pas aux impératifs de sécurité requis ; cette zone ne pourra être ouverte à l'aménagement qu'à l'occasion de la révision du PPR prenant en compte les études, les travaux complémentaires, la définition d'une procédure de maintenance, d'entretien et la désignation d'un maître d'ouvrage.

Mesures applicables aux biens existants

Elles sont relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan. Elles doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs. Elles peuvent être de nature très diverse, et s'appliquent aux bâtiments, mais aussi à tous types d'aménagement susceptible de subir ou d'aggraver le risque. Elles peuvent être rendues obligatoires en fonction de la nature et de l'intensité du risque.

Tableau 7 : Exemples de clauses réglementaires fréquemment rencontrés

Zone	Type d'aménagement (phénomène)	Règles d'utilisation des sols (prescriptions)	Règles de construction (obligatoires ou recommandées)	Autres mesures
Rouge	Construction	Interdite (sauf exceptions)		
	Exhaussement (glissements et effondrements)	Interdit Sauf dans le cadre de travaux et aménagements de nature à réduire les risques.	Dans ce cas, nécessité d'une étude géotechnique de stabilité (de versant, des cavités).	
Bleue	Construction (glissements, effondrements)	Autorisée sous réserve de : – rejet des eaux usées, pluviales, de drainage, dans les réseaux existants ou dans un exutoire superficiel capable de recevoir un débit supplémentaire sans aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux (document 3). – infiltration sans aggravation du risque d'instabilité (document 3).	Adaptation de la construction à la nature du terrain après étude géotechnique de sol et/ou étude des structures du bâtiment. Dans ce cas l'étude géotechnique devra également porter sur ce point.	Contrôle de l'étanchéité des réseaux existants et des modalités de rejet dans les exutoires de surface et/ou remise en état des installations en cas de contrôle défectueux à définir et à rendre obligatoire le cas échéant.
	Construction (éboulements, chutes de blocs)	Autorisée sous réserve de ménager une distance de sécurité.	Étude de diagnostic de chutes de blocs. Ouvrage à maîtrise d'ouvrage collective : filets, merlons ... ou protection individuelle : adaptation de la construction à l'impact des blocs (protection ou renforcement des façades exposées y compris les ouvertures), accès et ouvertures principales sur les façades non exposées, etc.	Dispositions concernant la sécurité des personnes. Mise en place d'une surveillance
	Exhaussement (glissements, effondrements)	Autorisé sous réserve de ne pas aggraver le risque d'instabilité.	Étude d'incidence (adaptation des remblais et déblais à la nature du terrain, étude de stabilité de versant, etc.).	
Rouge et Bleue	Camping, caravanage	Interdit en cas de risque humain.		Campings existants et autorisés : prescriptions obligatoires d'information de surveillance, d'alerte et d'évacuation.
	ERP	(cf. construction)	(cf. construction)	Étude de risque intégrant le phénomène naturel.
	Ouvrages de protection			Modalité d'entretien à définir et à rendre obligatoires le cas échéant.

Nota bene : Les itinéraires d'évacuation seront autant que possible aménagés à l'opposé de la zone directement exposée.

Dans ce cas, leur coût est limité à 10 % de la valeur des biens si ces derniers ont été construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme (art. 5 du décret du 5 octobre 1995).

Certaines mesures individuelles faciles à mettre en œuvre peuvent être prescrites, dans les zones soumises à des glissements, à des effondrements, ou dans les zones où l'eau est susceptible d'aggraver le risque : collecte des eaux de ruissellement et des eaux usées par un réseau d'assainissement.

Les travaux courants d'entretien et de gestion des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du PPR, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, ne peuvent être interdits, y compris en zone inconstructible, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou s'ils conduisent à une augmentation de la population exposée. Ces principes doivent être mis en œuvre avec le souci de permettre à leurs occupants de mener une vie et des activités normales.

Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Ces mesures d'ensemble ne sont pas directement liées à un projet spécifique. Elles relèvent de la responsabilité des collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ou incombent aux particuliers. Elles sont notamment destinées à assurer la sécurité des personnes et à faciliter l'organisation des secours. Elles doivent être mises en œuvre, en tant que de besoin dans les zones déjà urbanisées ou occupées.

Il peut s'agir de moyens relativement légers ou non-structurels, recommandés aux collectivités qui en auront la charge :

- le suivi périodique par un spécialiste des zones de stabilité douteuse, ou la mise sous surveillance de sites ou d'ouvrages ;
- l'information sur les risques et les précautions à prendre ;
- la signalisation du danger, le contrôle ou la suppression d'accès dans les zones d'effondrement ou d'éboulement ;
- l'élaboration de plans d'évacuation et de secours ;
- l'aménagement d'itinéraires d'accès ou d'évacuation.

Le PPR peut également préconiser des travaux de plus grande envergure :

- travaux de protection (merlons, filets, ancrages, comblements) conçus à l'échelle du site. La réalisation d'ouvrages n'est justifiée que pour la protection des lieux déjà urbanisés ;
- travaux de drainage ou de contrôle des eaux de ruissellement à l'échelle du site. Ils contribuent à atténuer et dans certains cas à stabiliser les glissements, mais aussi à réduire les dégradations à l'origine d'éboulements ou d'effondrements (document 3) ;
- réhabilitation, surveillance et entretien des ouvrages existants. S'il existe des dispositifs ou des ouvrages de protection, il est indispensable de rappeler la nécessité de les entretenir sous peine de perte d'efficacité et d'accroissement corrélatif du risque, (cas des drains ou des pièges à blocs) ;
- maintien du couvert forestier (document 4).

La mise en œuvre de ces mesures peut être rendue obligatoire dans un délai maximal de 5 ans. À défaut de mise en conformité, le préfet peut imposer leur réalisation aux frais du propriétaire, de l'utilisateur et de l'exploitant. Toutefois, cette obligation ne peut être envisagée sans que soient au préalable analysées les conditions dans lesquelles ces mesures pourraient effectivement être réalisées : maîtrise d'ouvrage, financement, procédures d'autorisation comportant éventuellement une déclaration d'utilité publique ou une étude d'impact, etc.

Document 3

Exemple de travaux préconisés – stockage provisoire des rejets d'eau

Une zone d'aléa faible de glissements de terrain peut être définie comme une zone sans glissement actif mais où une instabilité peut être déclenchée lors d'aménagements mal conduits ou lors de phénomènes météorologiques importants (sans être pour autant exceptionnels).

Dans une telle zone, les rejets d'eau dans le terrain risquent de provoquer à la longue les mouvements redoutés ou de rapprocher l'échéance du phénomène naturel. Il est donc nécessaire de bien les maîtriser.

Ces rejets concernent les eaux usées, les eaux pluviales, les eaux de drainage résultant par exemple du drainage périphérique à une construction, les eaux de vidange de piscine.

Si ces rejets ne peuvent être conduits (par un collecteur étanche) à des réseaux faute de leur existence, ils peuvent être infiltrés sous des conditions strictes de débit contrôlé. De même, si les collecteurs existent

mais ne peuvent absorber les débits de pointe des eaux pluviales, un ouvrage de stockage temporaire peut être nécessaire.

Une étude de faisabilité à l'infiltration réalisée par un bureau compétent est alors nécessaire. Elle détermine la perméabilité des sols et les volumes à stocker pour les eaux pluviales en particulier compte tenu des surfaces imperméabilisées (toit, revêtement de voirie etc.) pour permettre une restitution dans le milieu naturel par un débit contrôlé c'est-à-dire selon la perméabilité du sol (ex. de système de stockage provisoire : container en surface, grande tranchée drainante dite d'infiltration, bassin de rétention pour un lotissement, etc.).

L'attention du maître d'ouvrage doit être attirée sur la nécessité d'une telle démarche qui implique de sa part une vigilance lors de la réalisation du dispositif (stockage et infiltration) puis l'assurance d'une maintenance régulière des ouvrages avec vérification périodique de leur fonctionnement.

Document 4

Rôle de la forêt

Le couvert forestier joue un rôle reconnu vis-à-vis de cinq types de phénomène :

1. L'érosion torrentielle : la forêt étale l'onde de crue pour une pluie donnée. Il en résulte une moindre érosion et donc un moindre transport solide.
2. L'érosion météorique de surface : le couvert forestier peut réduire 90 % de ce phénomène sur des terrains tendres comme les marnes noires des Alpes du Sud.
3. Les chutes de pierres et de blocs d'un volume inférieur au mètre cube :

Par expérience sur une pente d'éboulis d'environ 30° et pour une forêt moyenne présentant une surface terrière de 30 m²/ha, (surface cumulée de la section

des arbres à 1,30 m/surface totale de la parcelle) la quasi-totalité des blocs est arrêtée avant 200 mètres de course.

4. Les coulées de boue voient leur énergie réduite par dissipation du flux en forêt.
5. Les glissements de faible profondeur et à dynamique rapide.

Enfin, la forêt n'a pas de rôle reconnu vis-à-vis des effondrements.

Ces constats faits, l'expert doit définir l'aléa en l'absence de la forêt. En revanche, l'estimation du risque et les prescriptions du règlement doivent prendre en compte la présence de la forêt.

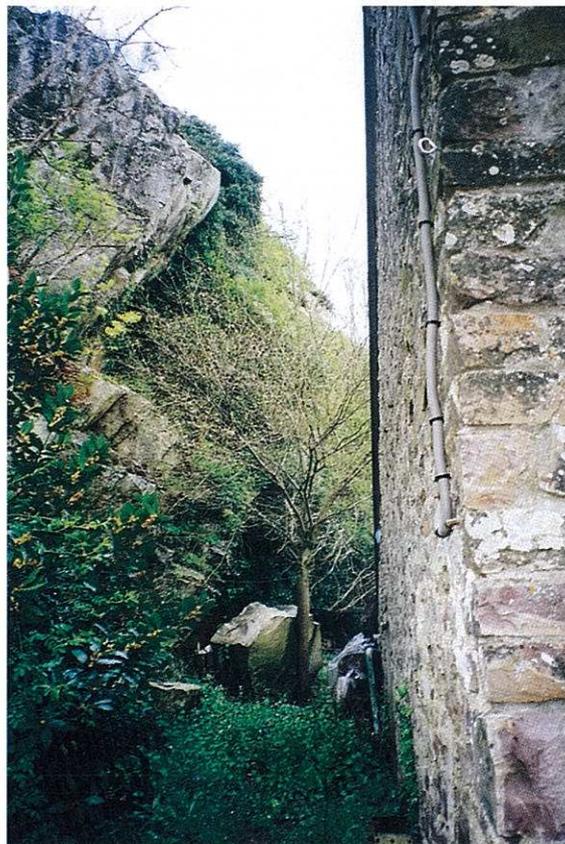
La maîtrise d'ouvrage des travaux de protection, s'ils sont d'intérêt collectif, revient aux communes dans la limite de leurs ressources :

- d'une part, en application des pouvoirs de police que détiennent les maires au titre du code général des collectivités territoriales (CGCT) : « soin de prévenir, par des précautions convenables, et de faire cesser, par la distribution des secours nécessaires », les accidents et risques naturels (art. L. 2212-2-5° du CGCT ; ancien L. 131-2-6° du code des communes).
- d'autre part, en raison de leur caractère d'intérêt général ou d'urgence du point de vue agricole, forestier ou de l'aménagement des eaux (art. L. 151-36 du code rural).

Ces dispositions peuvent aussi s'appliquer à des gestionnaires d'infrastructures publiques et à des associations syndicales de propriétaires (art. L. 151-41).

Outre les contraintes qu'il impose par le PPR, l'État peut aussi intervenir directement pour élaborer des plans de secours spécialisés, prendre des mesures de police lorsqu'elles ont une vocation pluricommunale ou en cas de carence du maire (art. L. 2215-1 CGCT).

Photo 8.
Chute de bloc à proximité d'une habitation.



Source : Thierry Hubert

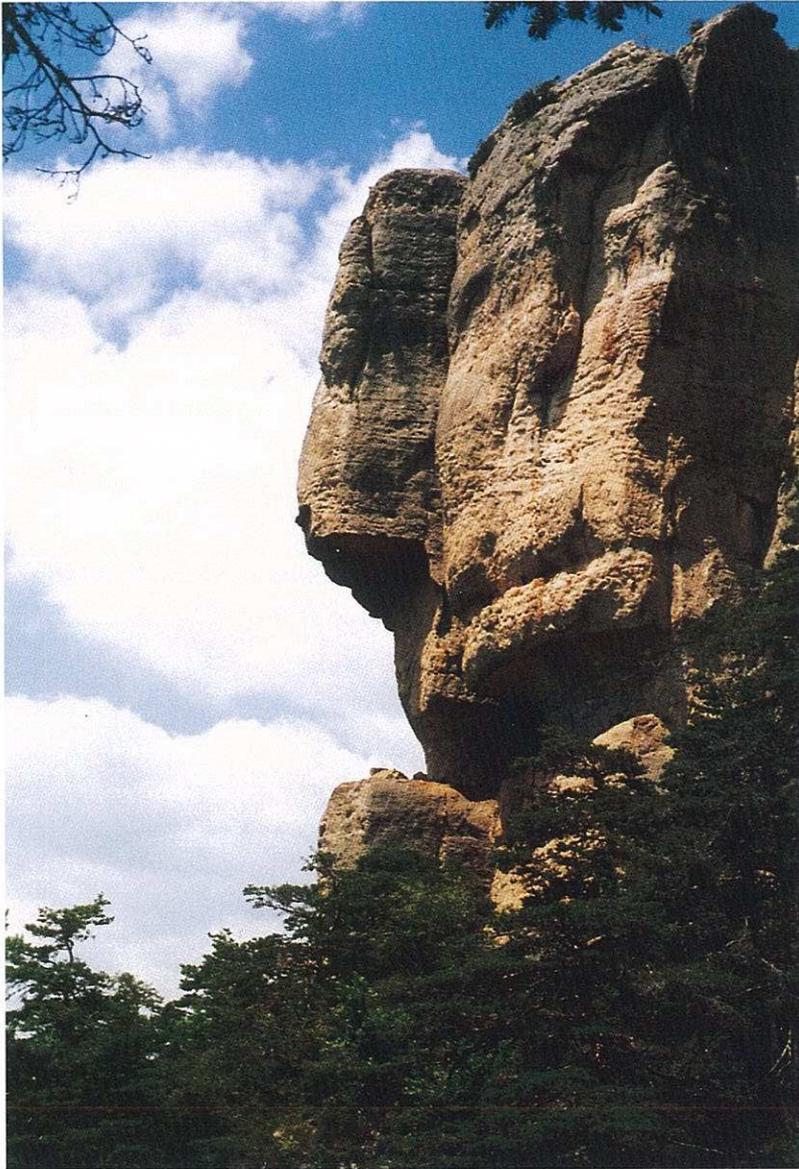


Photo 9.
**Aléa très fort
de chute de blocs
dans les gorges du Tarn.**

Source : *Thierry Hubert.*

ANNEXES

LES MARNIÈRES

Dans certaines régions à vocation agricole telles que la Normandie, de multiples exploitations souterraines (craies, marnes) ont été ouvertes, notamment aux XVIII^e et XIX^e siècles pour l'amendement des sols.

Dénommées « marnières », ces exploitations artisanales abandonnées peuvent, par dégradation naturelle sous l'effet des eaux d'infiltration, générer des effondrements de surface. Les intempéries de l'hiver 1994-1995 ont mis en évidence l'importance du phénomène, notamment en Haute-Normandie : plus de 400 effondrements dans le canton de Fauville (Pays de Caux) dont 49 pour la seule commune de Foucart. L'un de ces effondrements a provoqué l'engloutissement d'une habitation à Mesnil-Panneville (Seine-Maritime) en février 1995.

Le problème est d'importance dans cette région. Il n'est pas rare de dénombrer 150 à 200 exploitations par commune. Les experts évaluent entre 100 000 et 150 000 le nombre de marnières ouvertes dans les deux départements de la Seine-Maritime et de l'Eure. La cartographie de l'aléa et le zonage du risque sont confrontés aux difficultés suivantes : absence fréquente d'archives, plans de situation imprécis ou inexistant, distribution spatiale aléatoire, profondeur importante, pas d'indice permettant de présumer leur existence, absence de prévisibilité temporelle. Il s'agit donc d'un risque ponctuel, mais qui peut affecter des surfaces considérables.

Compte tenu de l'absence de moyens de détection à grande échelle et du coût élevé des investigations ponctuelles, la cartographie doit être basée sur l'exploitation optimum des données existantes, sauf dans les zones à fort enjeu où des recherches spécifiques peuvent être justifiées. Il est donc particulièrement indiqué :

- d'effectuer une analyse approfondie des archives ;
 - de reconstituer avec soin l'historique des événements passés ;
 - de faire réaliser par un spécialiste reconnu en photo-interprétation, l'analyse des photographies aériennes disponibles sur le site ;
 - de recourir systématiquement aux fichiers et banques de données existantes.
- L'ensemble de ces informations peut être valorisé par l'examen des conditions favorables à l'ouverture possible de marnières d'ordre géologique (présence effective d'une couche exploitable), hydrogéologique (absence de nappe phréatique peu profonde), agricole, etc.
- Cette approche qualitative, basée sur une analyse d'expert permet d'élaborer un zonage global d'aléa moyen à faible dans lequel peuvent être délimitées des zones d'aléa fort centrées sur les structures souterraines identifiées et caractérisées par leur densité, leur importance volumétrique, leur état de dégradation historique en tenant compte d'une marge de sécurité basée par exemple sur le rayon maximal de la structure (60 m en Seine-Maritime, variable autour d'une moyenne de 75 m dans l'Eure).
- Sauf dans les zones où un aléa fort est avéré, il paraît réaliste d'autoriser les constructions futures sous réserves de les subordonner à des règles d'urbanisme et de construction du ressort des maîtres d'ouvrage particuliers. Ces règles doivent elles-mêmes être proportionnées à l'occurrence des phénomènes (plus forte à proximité des indices caractérisés, plus faibles dans les zones périphériques). Elles peuvent être de diverses natures :
- diagnostic qualitatif à partir des indices et données existantes ;
 - reconnaissance des sols par sondage ou prospection géophysique (essentiellement pour les immeubles et bâtiments d'activités) ;
 - fondation des habitations sur radier armé ;
 - maîtrise des eaux pluviales et usées (rejet interdit dans les zones à risque).
 - comblement des vides avec ou sans clavage.

LE TASSEMENT PAR RETRAIT SOUS L'EFFET DE LA SÉCHERESSE

Les mouvements de terrain différentiels consécutifs aux deux épisodes de sécheresse de la dernière décennie ont provoqué la fissuration de nombreuses constructions résidentielles individuelles réparties sur plus de 60 départements. Compte tenu de l'importance et de la vulnérabilité du parc immobilier concerné et du coût particulièrement élevé des réparations des dommages (plus d'1 milliard de F par an), il est nécessaire de mettre en œuvre les mesures techniques de prévention qui s'imposent. L'une des solutions les plus efficaces pour les faire connaître et appliquer consiste à réaliser des plans de prévention des risques naturels sur les communes les plus exposées.

Ces PPR peuvent être simplement et rapidement établis, à un coût relativement réduit en raison du nombre de données techniques disponibles, notamment dans les communes ayant fait l'objet d'une ou plusieurs reconnaissances d'un état de catastrophe naturelle au titre des « mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols ».

La démarche d'élaboration est basée sur l'identification des sols superficiels sensibles au phénomène de retrait – gonflement, la cartographie et le règlement.

L'identification des sols superficiels

Elle s'appuie sur la connaissance des sols et l'analyse des événements passés.

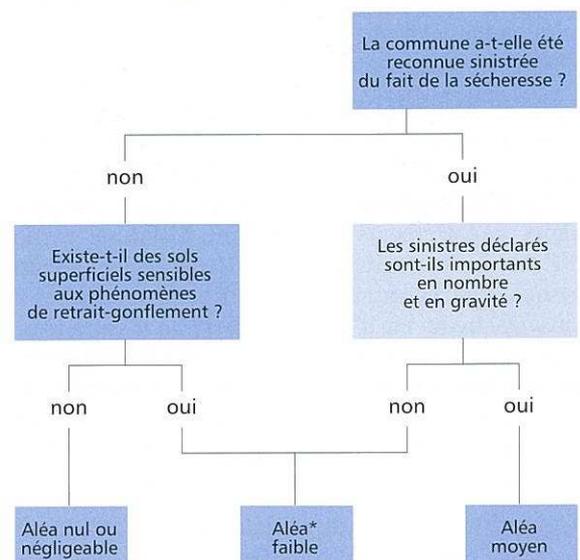
La sensibilité de ces sols ou leur aptitude au retrait-gonflement peuvent être correctement évaluées à partir du croisement des deux sources d'information disponibles au niveau communal, sans recours à des investigations complémentaires :

- le recensement des sinistres déclarés ;
- les diagnostics et expertises géologiques et géotechniques réalisés à différentes échelles (parcelle, lotissement, territoire communal) en vue de la constitution des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

L'analyse en retour des événements et de la pathologie des sinistres permet de distinguer un ou deux degrés de sensibilité ou d'aptitude selon le degré de sinistralité observé et la teneur en argile sensible des sols superficiels. Cette démarche dont

le principe est schématisé ci-après, est applicable aux communes reconnues sinistrées au titre de la loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles. Pour les communes n'ayant pas été affectées par la sécheresse des années passées, mais susceptibles de posséder des sols très sensibles, il conviendrait de procéder à une évaluation classique de l'aléa, fondée sur des critères essentiellement géologiques.

Schéma d'analyse de l'aléa sécheresse



* ou moyen, en présence de sols très sensibles.

La cartographie

L'analyse précédente permet de produire trois cartes :

- une carte de sinistralité démontrant la réalité, la fréquence et l'importance du problème ;
- une carte d'aptitude des sols au retrait-gonflement qui s'appuie sur les cartes géologiques pédologiques ou géotechniques existantes, précisées ou complétées par les informations communales.
- un plan de zonage réglementaire où la constructibilité peut être soumise à conditions (zone bleue), établie directement à partir de la carte d'aptitude des sols sensibles au retrait-gonflement.

Le règlement

Le règlement peut être limité à deux articles :

- un article prescrivant des règles de construction définies par une étude géotechnique préalable pour les projets ;
- un article prescrivant ou recommandant des mesures conservatoires pour l'existant et le futur, selon les dispositions techniques préconisées dans le document *Sécheresse et construction – guide de prévention* publié par la Documentation française (juin 1993).

Tableau 8 : Propositions réglementaires PPR sécheresse

Niveau d'aléa	Moyen	Faible
Existant	prescription	recommandation
	mesures d'atténuation des variations hydriques des sols de fondations (protection isotherme, écran anti-racines, élagage ou abattage d'arbres)	
Projet	prescription	
	règles de construction incluant une étude géotechnique préalable	

Photo 10. Fissuration due à un tassement différentiel modéré d'un angle d'habitation en maçonnerie de meulière et briques avec enduit.



Source : Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs – La Documentation française

EXEMPLES DE GRILLES DE CARACTÉRISATION DE L'ALÉA ÉTABLIES PAR LE RTM DE L'ISÈRE



RTM 38 - 16/05/1997

CHUTES DE PIERRES

En l'absence d'étude spécifique du site

Aléa	Indice	Critères
Aléa fort	P3	<ul style="list-style-type: none"> - Zones exposées à des éboulements en masse et à des chutes fréquentes de blocs ou de pierres avec indices d'activité (éboulis vifs, zone de départ fracturée avec de nombreux blocs instables, falaise, affleurement rocheux) - Zones d'impact - Auréole de sécurité autour de ces zones (amont et aval) - Bande de terrain en plaine au pied des falaises, des versants rocheux et des éboulis (largeur à déterminer, en général plusieurs dizaines de mètres)
Aléa moyen	P2	<ul style="list-style-type: none"> - Zones exposées à des chutes de blocs et de pierres isolées, peu fréquentes (quelques blocs instables dans la zone de départ) - Zones exposées à des chutes de blocs et de pierres isolées, peu fréquentes, issues d'affleurements de hauteur limitée (10 - 20 m) - Zones situées à l'aval des zones d'aléa fort - Pente raide dans versant boisé avec rocher sub-affleurant sur pente > 35° - Remise en mouvement possible de blocs éboulés et provisoirement stabilisés dans le versant sur pente > 35°
Aléa faible	P1	<ul style="list-style-type: none"> - Zone d'extension maximale supposée des chutes de blocs ou de pierres (partie terminale des trajectoires) - Pente moyenne boisée, parsemée de blocs isolés apparemment stabilisés (ex. blocs erratiques) - Zone de chute de petites pierres

Remarque :

La carte des aléas est établie, sauf exceptions dûment justifiées, en ne tenant pas compte de la présence d'éventuels dispositifs de protection. Par contre, au vu de l'efficacité réelle actuelle de ces derniers, il pourra être proposé dans le rapport de présentation un reclassement des secteurs protégés (avec à l'appui, si nécessaire, un extrait de carte surchargé) afin de permettre la prise en considération du rôle des protections au niveau du zonage réglementaire ; ce dernier devra toutefois intégrer les risques résiduels (par insuffisance, voire rupture des ouvrages).



RTM 38 - 16/05/1997

GLISSEMENTS DE TERRAIN

Aléa	Indice	Critères	Exemples de formations géologiques sensibles
Fort	G3	<ul style="list-style-type: none"> - Glissements actifs dans toutes pentes avec nombreux indices de mouvements (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, rétention d'eau dans les contre-pentes, traces d'humidité) et dégâts au bâti et/ou aux axes de communications - Auréole de sécurité autour de ces glissements - Zone d'épandage des coulées boueuses - Glissements anciens ayant entraîné de fortes perturbations du terrain - Berges des torrents encaissés qui peuvent être le lieu d'instabilités de terrain lors de crues 	<ul style="list-style-type: none"> - Couvertures d'altération des marnes et calcaires argileux d'épaisseur connue ou estimée > ou = 4 m - Moraines argileuses - Argiles glacio-lacustres - "Molasse" argileuse - Schistes très altérés - Zone de contact couverture argileuse/rocher fissuré - ...
Moyen	G2	<ul style="list-style-type: none"> - Situation géologique identique à celle d'un glissement actif et dans les pentes fortes à moyennes (à titre indicatif 35° à 15°) avec peu ou pas d'indices de mouvement (indices estompés) - Topographie légèrement déformée (mamelonnée liée à du fluage) - Glissement actif dans des pentes faibles (<15° ou inférieure à l'angle de frottement interne des matériaux ϕ du terrain instable) avec pressions artésiennes 	<ul style="list-style-type: none"> - Couvertures d'altération des marnes et calcaires argileux d'épaisseur connue ou estimée < 4 m - Moraine argileuse peu épaisse - Molasse sablo-argileuse - Eboulis argileux anciens - Argiles glacio-lacustres - ...
Faible	G1	<ul style="list-style-type: none"> - Glissements potentiels (pas d'indice de mouvement) dans les pentes moyennes à faibles (à titre indicatif 20 à 5°) dont l'aménagement (terrassement, surcharge...) risque d'entraîner des désordres compte tenu de la nature géologique du site 	<ul style="list-style-type: none"> - Pellicule d'altération des marnes et calcaires argileux - Moraine argileuse peu épaisse - Molasse sablo-argileuse - ...



RTM 38 - 20/05/1997

EFFONDREMENTS DE CAVITES SOUTERRAINES
AFFAISSEMENTS - SUFFOSION

Aléa	Indice	Critères
Fort	F3	<ul style="list-style-type: none"> - Zones d'effondrements existants - Zones exposées à des effondrements brutaux de cavités souterraines naturelles (présence de fractures en surface) - Présence de gypse affleurant ou sub-affleurant sans indice d'effondrement - Zones exposées à des effondrements brutaux de galeries minières (présence de fractures en surface ou faiblesse de voûtes reconnues) - Anciennes galeries abandonnées, avec circulation d'eau
Moyen	F2	<ul style="list-style-type: none"> - Zone de galeries en l'absence d'indice de mouvement en surface - Affleurements de terrain susceptibles de subir des effondrements en l'absence d'indice (sauf gypse) de mouvement en surface - Affaissement local (dépression topographique souple) - Zone d'extension possible mais non reconnue de galerie
Faible	F1	<ul style="list-style-type: none"> - Zone de galeries reconnues (type d'exploitation, profondeur, dimensions connus), sans évolution prévisible, rendant possible l'urbanisation - Suffosion dans les plaines alluviales et dans les dépôts glacio-lacustres à granulométrie étendue - Zone à argile sensible au retrait et au gonflement

GLOSSAIRE

BD ALTI	Base de données altimétriques numériques de l'IGN
Centre urbain	Zone urbaine historique présentant une forte densité d'occupation du sol, sur une continuité du bâti et une mixité d'usage entre logements, commerces et services
Diaclase	Cassure plane débitant tout ou partie d'un massif rocheux sans déplacement
Faciès	Aspect spécifique d'une roche en fonction de sa composition, de sa structure, de son origine...
Faïlle	Fracture ou zone de fracture séparant deux compartiments de terrain déplacés par cisaillement
Falaise	Escarpeement vertical ou sub-vertical
Flexure	Résultat d'une déformation sans rupture d'un massif rocheux
Granulométrie	Mesure quantitative de la taille et de la proportion de chaque classe de particules constitutives d'un sol (alluvions composées d'argile, sable, galets...)
Intensité	Expression de la violence ou de l'importance d'un phénomène, évaluée ou mesurée par des paramètres physiques (hauteur ou vitesse de submersion par exemple)
Karstification	Formes d'érosion spécifiques dues à la dissolution des massifs calcaires par les eaux souterraines et caractérisées notamment par des galeries souterraines, des grottes, des avens
Lithologique	Nature du matériau constitutif du massif géologique
Maître d'œuvre	Concepteur ou directeur des travaux
Maître d'ouvrage	Propriétaire et financeur de l'ouvrage
Pendage	Inclinaison des couches géologiques par rapport au plan horizontal
Suffosion	Entraînement hydraulique de matériaux fins pouvant générer des cavités ou conduits souterrains

SIGLES

BRGM	Bureau de recherche géologique et minière
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CRAM	Carte de risque des Alpes-Maritimes
DDE	Direction départementale de l'équipement
DDAF	Direction départementale de l'agriculture et de la forêt
DDRM	Dossier départemental des risques majeurs
DCS	Dossier communal synthétique
DICRIM	Dossier d'information communal sur les risques majeurs
DCE	Dossier de consultation d'entreprise
DGUHC	Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction
DIREN	Direction régionale de l'environnement
DRIRE	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
EP, EU	Eaux pluviales, eaux usées
ERP	Établissement recevant du public
IFN	Inventaire forestier national
IGN	Institut géographique national
INERIS	Institut national de l'environnement et des risques
LCPC	Laboratoire central des ponts et chaussées
ONF	Office national des forêts
POS	Plan d'occupation des sols
PPR	Plan de prévention des risques naturels prévisibles
RTM	Service de restauration des terrains en montagne
SDPRM	Sous direction de la prévention des risques majeurs
SIDPC	Service interministériel départemental de protection civile
ZERMOS	Zones exposées à des risques de mouvement du sol et du sous-sol

Anciens documents réglementaires valant PPR :

PER	Plan d'exposition aux risques
PSS	Plan de surfaces submersibles
PZSIF	Plan de zones sensibles aux incendies de forêt
R. 111-3	Périmètre de risque où la construction pouvait, si elle était autorisée, être subordonnée à des conditions spéciales

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Besson L., 1996, *Les risques naturels en montagne, traitement, prévention, surveillance*, éditions Arès-publialp, 437 pages.

Carrières souterraines abandonnées – Risques et prévention, séminaire de Nainville-les-Roches, 8-9-10 décembre 1993.

Direction départementale de l'équipement de l'Eure, février 1999, *Les marnières dans le département de l'Eure*.

Flageollet J.-C., 1998, *Les mouvements de terrain et leur prévention*, éditions Masson, 224 pages.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, laboratoire central des Ponts et Chaussées, février 1999, *L'utilisation de la photo-interprétation dans l'établissement des plans de prévention des risques liés aux mouvements de terrain*, collection Environnement : les risques naturels, édition du laboratoire central des Ponts et Chaussées, 128 p.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports, 1997, *Plans de prévention des risques naturels prévisibles : guide général*, La Documentation française, 76 pages

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports, 1997, *Plans de pré-*

vention des risques littoraux : guide méthodologique, La Documentation française, 56 pages.

Ministère de l'Environnement, 1993, *Sécheresse et construction : guide de prévention*, La Documentation française, 60 pages.

Ministère de l'Environnement, 1987, *Plans d'exposition aux risques : mesures de prévention – mouvements de terrain*, La Documentation française, 529 pages.

Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, ministère de l'Environnement, 1997, *Fonds de plan – études d'aménagement et de prévention des risques*, éditions Villes et Territoires, 64 pages.

Ministère de l'Équipement du Logement et des Transports, ministère de l'Environnement, collection Environnement et aménagement :

- *La carte, de la conception à la réalisation*, 1995, éditions Villes et Territoires, 90 p.

- *L'usage des photographies aériennes*, 1992, éditions du STU, 154 p.

- *Le recueil des données cartographiques*, 1991, éditions du STU, 176 p.

Prévention des mouvements de versant de grande ampleur, séminaire de Nainville-les-Roches, 19-20-21 juin 1991.

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Cartes

Carte 1	Carte de localisation des phénomènes : Sievoz (38)
Carte 2	Carte de localisation des phénomènes : Chateaudun (28)
Carte 3	Carte de localisation des phénomènes naturels : Bagnères-de-Luchon (31)
Carte 4	Carte informative des phénomènes naturels : Sassenage (38)
Carte 5	Carte d'analyse des mouvements de terrain par photo-interprétation multidate : Romainville (93)
Carte 6	Carte des aléas : Les Clefs (74)
Carte 7	Carte de l'aléa lié aux cavités souterraines : Carnetin (77)
Carte 8	Carte des enjeux : Bagnères-de-Luchon (31)
Carte 9	Carte d'aléas dans les zones non directement exposées : Oris-en-Rattier (38)
Carte 10	Projet de délimitation de zonage dans les zones non directement exposées : Oris-en-Rattier (38)
Carte 11	Carte des aléas en cas de travaux de protection : Sassenage (38)
Carte 12	Projet de zonage réglementaire tenant compte de travaux de protection : Sassenage (38)
Carte 13	Plan de zonage réglementaire : Massif de l'Hautil (78)

Documents

Document 1	Principales sources d'information
Document 2	Estimation de la probabilité d'occurrence. Cas des falaises rocheuses instables
Document 3	Exemple de travaux préconisés – stockage provisoire des rejets d'eau
Document 4	Rôle de la forêt

Figures

Figure 1	Effondrement en carrière souterraine, avec un recouvrement d'une dizaine de mètres
Figure 2	Affaissement lié à une exploitation ancienne avec un recouvrement d'une centaine de mètres
Figure 3	Désordres sur une construction dus à la variation d'épaisseur du sol argileux sensible (extrait du guide sécheresse et construction)
Figure 4	Schéma d'un éboulement rocheux
Figure 5	Schéma type d'un glissement de terrain

Tableaux

Tableau 1	Représentation cartographique des différents types de mouvements de terrain
Tableau 2	Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité
Tableau 3	Qualification de l'aléa en fonction de l'intensité du phénomène
Tableau 4	Échelle conventionnelle de gravité au plan humain
Tableau 5	La procédure
Tableau 6	Principes de délimitation et de constructibilité
Tableau 7	Exemples de clauses réglementaires fréquemment rencontrées
Tableau 8	Propositions réglementaires PPR sécheresse

Photos

Photo 1	Exemple de fontis engendré par l'effondrement d'une carrière souterraine de gypse
Photo 2	Chutes de blocs sur une route
Photo 3	Exemple de glissement de terrain. La Salle en Beaumont
Photo 4	Exemple de glissement de terrain. La Clapière
Photo 5	Éboulement de La Léchère (Savoie)
Photo 6	Éboulement de La Léchère (Savoie)
Photo 7	Camion renversé par une coulée de boue au-dessus d'un quartier pavillonnaire
Photo 8	Chute de bloc à proximité d'une habitation
Photo 9	Aléa très fort de chute de bloc dans les gorges du Tarn
Photo 10	Fissuration due à un tassement différentiel modéré d'un angle d'habitation en maçonnerie de meulière et briques avec enduit.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
Description des mouvements de terrain	
<hr/>	
Les affaissements et effondrements	9
Définitions	9
Conditions d'apparition	10
Effets et conséquences	11
Principales techniques de prévention	12
Les tassements par retrait	12
Définition	12
Conditions d'apparition	12
Effets et conséquences	12
Principales techniques de prévention	12
Les éboulements , les chutes de blocs et de pierres	12
Définitions	12
Conditions d'apparition	13
Effets et conséquences	13
Principales techniques de prévention	14
Les glissements, coulées de boue associées et fluages	14
Définitions	14
Conditions d'apparition	15
Effets et conséquences	16
Principales techniques de prévention	16
Méthodes d'analyse et de cartographie des risques	
<hr/>	
Principes généraux de la démarche	17
Bassin de risque et périmètre d'étude	18
Bassin de risque	18
Périmètre d'étude	18
La connaissance et la cartographie informative des phénomènes naturels	18
Justification de cette approche	18
Recueil des informations	18
Cartographie	19

Qualification et cartographie des aléas	24
Aléas de référence	24
Principe de la démarche	25
La délimitation et l'étude des secteurs	25
Estimation de l'occurrence des phénomènes potentiels	25
Qualification de l'aléa	28
Qualification de l'aléa en termes d'intensité	28
Niveaux d'aléas correspondant	29
Délimitation et cartographie des aléas	29
Caractérisation de la gravité	31
Évaluation des enjeux	33

Élaboration du dossier du PPR mouvements de terrain

Caractéristiques du PPR	37
Domaine d'intervention	37
Application du PPR	37
Conditions d'élaboration	38
Importance du dialogue local	38
Dossier réglementaire	39
La note de présentation	39
Les raisons de la prescription du PPR	39
Le secteur géographique et le contexte géologique	39
Les phénomènes naturels connus	39
Le mode de qualification des aléas	39
Les enjeux humains, socio-économiques et environnementaux ...	39
Le zonage et le règlement	39
Le plan de zonage réglementaire	40
Principes de délimitation	40
Les zones exposées aux aléas	40
Les zones non directement exposées	40
Les zones protégées ou stabilisées	40
Démarche de zonage	41
Éléments de cartographie	46
Le règlement	46
Réglementation des projets nouveaux	46
Dispositions applicables en zone rouge	48
Dispositions applicables en zone bleue	48
Prise en compte d'ouvrages de protection existants	48
Mesures applicables aux biens existants	48
Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde	50

ANNEXES

Les marnières	55
Le tassement par retrait sous l'effet de la sécheresse	56
L'identification des sols superficiels	56
La cartographie	56
Le règlement	57
Exemples de grilles de caractérisation de l'aléa établies par le RTM de l'Isère	58
Glossaire	61
Sigles	63
Références bibliographiques	65
Index des illustrations	67

Maquette :
Service graphique de la Documentation française

Mise en page :
Service d'édition électronique de la Documentation française

Imprimerie  Alençonnaise
2, rue Édouard-Belin, 61002 Alençon
Dépôt légal : 3^e trimestre 1999 - N° d'ordre 39745

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels dus à l'instabilité des versants et falaises (éboulements, chutes de bloc, glissements) ou aux conséquences de l'exploitation ou de la dissolution du sol et du sous-sol (affaissements et effondrements). Ils sont parfois responsables de dommages et de préjudices importants et coûteux.

Environ 7 000 communes françaises sont menacées par ces phénomènes dont un tiers connaît un niveau de gravité fort vis-à-vis des populations.

Pour réduire ces effets souvent spectaculaires et assurer la sécurité des populations, il est impératif de les prendre en considération le plus tôt possible dans l'aménagement du territoire et les décisions d'urbanisme dans une perspective de développement durable.

Le plan de prévention des risques naturels institué par la loi du 2 février 1995 qui modifie la loi du 22 juillet 1987 (décret d'application du 5 octobre 1995) et élaboré sous l'autorité du préfet de département, est un des moyens les plus pertinents pour y parvenir.

Afin de faciliter leur réalisation et aider les services déconcentrés de l'État à en constituer les pièces techniques et réglementaires, la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction et la direction de la prévention des pollutions et des risques ont conçu ce guide. Celui-ci expose, en effet, les méthodes et moyens d'analyse des phénomènes naturels, de cartographie des aléas et d'évaluation des enjeux, et propose des recommandations pour établir le zonage et les prescriptions réglementaires.

Il s'adresse également aux spécialistes auxquels est confiée l'étude technique, aux collectivités locales qui doivent intégrer le risque dans leurs documents d'urbanisme. Enfin, les populations concernées pourront y trouver une information sur les phénomènes de mouvements de terrain et les moyens de prévention par le PPR.

Prix : 17 € / 111,51 F
Imprimé en France
DF : 5 4052-8
ISBN : 2-11-004354-7

La Documentation française
29, quai Voltaire
75344 Paris cedex 07
Tél. : 01 40 15 70 00
Télécopie : 01 40 15 72 30

9 782110 043542

