

Connaissances de base et méthode de la cartographie du risque avalancheux en Suisse

André Burkard¹

(Traduit de l'allemand par D. Etcheverry)

Résumé. Dans le cadre général de la protection contre les avalanches, la carte des risques d'avalanches représente une mesure de protection passive à long terme. Elle doit contribuer à ce que la Confédération, les Cantons, et les Communes tiennent compte du risque d'avalanches pour des activités d'aménagement du territoire efficaces (acquisition et autorisations de plan d'occupation des sols, planification et construction de bâtiments et installations en tous genres, délivrance d'autorisations ou concessions, octroi de Subvention). Pour les constructions déjà menacées, la carte est la base pour d'éventuelles Opérations de protection, ou pour les actions du Service communal de protection contre les avalanches. Afin que la prise en compte et l'appréciation du risque avalancheux par des critères uniformes réussisse, il faut tenir compte exclusivement de critères scientifiques. Ceux-ci vont être développés dans cet article. Il sera question de délimitation des niveaux de risques, et des exigences minimales à respecter.

Avalanche mapping : basic knowledge and method in Switzerland

Abstract. In general to protect against avalanches, the map of avalanche risks represents a passive measurement of protection for the long run. The map contributes its part to prevent from avalanches. The confederation, the cantons and the communities have to consider the potential threat through avalanches for their land use planning. (Gathering and authorization of the land utilization plan, development and construction of the buildings and installation in all categories, adjusting the authorization rights.) To regulate the risky areas, the map is the fundamental element for the planning of potential protection operations but it also helps the public service to prevent from avalanches. Since the observance and the judgment of the threatening through avalanches are based on general criteria, it's necessary to consider especially the scientific criteria. That will be defined in this article. It mainly considers the delimitation of the different levels of risk and the minimal requirements.

¹ Cours d'eau/neige/avalanches, Bureau d'ingénieurs André Burkard, Sebastiansplatz 1, CH-3900 Brigue
Tel.+41+27 924 54 23, Fax +41+27 924 38 94, e-mail: a.burkard@wasserschneelawinen.ch

1. Introduction

Dans son livre "les avalanches des Alpes suisses" paru en 1881, l'inspecteur forestier J. Coaz écrit :

"Dans les premières décennies de notre siècle, les Alpes suisses, et tout particulièrement les hautes montagnes étaient peu fréquentées, explorées succinctement, et donc relativement inconnues, presque une terra incognita qui surgit directement de nos pays (...). Depuis, les choses ont changé, et tout les êtres ont lieu de petites migrations vers les Alpes, et beaucoup de visiteurs avancent à la recherche de leurs différents desseins dans ces lieux reculés. "

Coaz a vécu le début de l'essor de nos montagnes. Il n'aurait pas pu imaginer l'ampleur de ce développement encore aujourd'hui inachevé. Des stations de cure mondaines ont vu le jour à partir de petits villages étranglés entre deux couloirs d'avalanches. Les terrains agricoles ont été revalorisés en terrains à bâtir. En même temps qu'une active spéculation sur les terrains se produisait, l'aménagement des sols s'est fait sans aucune planification. Il était donc inévitable que de nombreux terrains soient encore de nos jours menacés par les risques d'avalanches.

Cette rapide expansion des villages et des voies de communication a confronté les collectivités à de graves problèmes. La sécurité des habitants est en effet avant tout du ressort des communes, et les cantons sont responsables de la sécurité des usagers des voies de communication en cas de menace avalancheuse.

La situation était devenue vraiment précaire quand ont eu lieu en janvier et février 1951, deux avalanches catastrophiques. Ces deux événements ont été les étincelles déclenchant une politique de base en 1952 (RL1952 EDI). A cette occasion, il a été demandé aux cantons et communes de s'occuper du zonage d'avalanches, mais leurs réactions ont été décevantes (Frutiger, H. 1980). C'est ce qui a incité la Confédération à user en 1965 de son influence en matière de droit forestier (VV 1965 FPG). Conformément l'article 32, "aucun bâtiment ne doit être construit dans une zone exposée aux avalanches. C'est dans cette optique que seront effectués les zonages d'avalanches. La confédération n'apporte aucune contribution pour la protection des bâtiments si il n'y a pas eu de prise en compte du zonage ou du cadastre des avalanches, ou quand ceux-ci n'existent pas, ou quand les avertissements vis à vis du projet de construction sont négligés." Mais il a fallu une seconde avalanche catastrophique (celle de 1968) pour que l'étincelle mette vraiment le feu aux poudres, et pour que les communes fassent lever systématiquement des cartes du risque avalancheux par les administrations forestières cantonales.

Finalement, la loi est mentionnée dans l'aménagement du territoire de 1979 (RPG, SR 700), lequel est un indicateur pour les restrictions d'utilisations en cas de risque d'avalanche.

Les levés de cartes ont été effectués dans toute la Suisse avec des critères et des normes homogènes, grâce à la politique de base de 1984. Les supports juridiques de 1965 et 1979 mentionnés ci-dessus ont servi de base à ce travail.

2. But et objet des cartes de risque avalancheux

Toutes les actions de protection contre les avalanches ont pour but de protéger les personnes et les biens. On peut différencier en principe les mesures de protection à long terme des mesures de protection à court terme (Figure 1). La protection à court terme offre une protection préventive, grâce à la fermeture des voies de communication, à l'évacuation des zones habitées, et grâce aux déclenchements artificiels. La protection à long terme sécurise les zones habitées et les forêts de protection menacées grâce à la construction d'ouvrages sur le site avalancheux. Cependant, le gain de terrains à bâtir ne doit pas être le but de ces opérations, il ne doit être considéré que comme un "sous-produit".

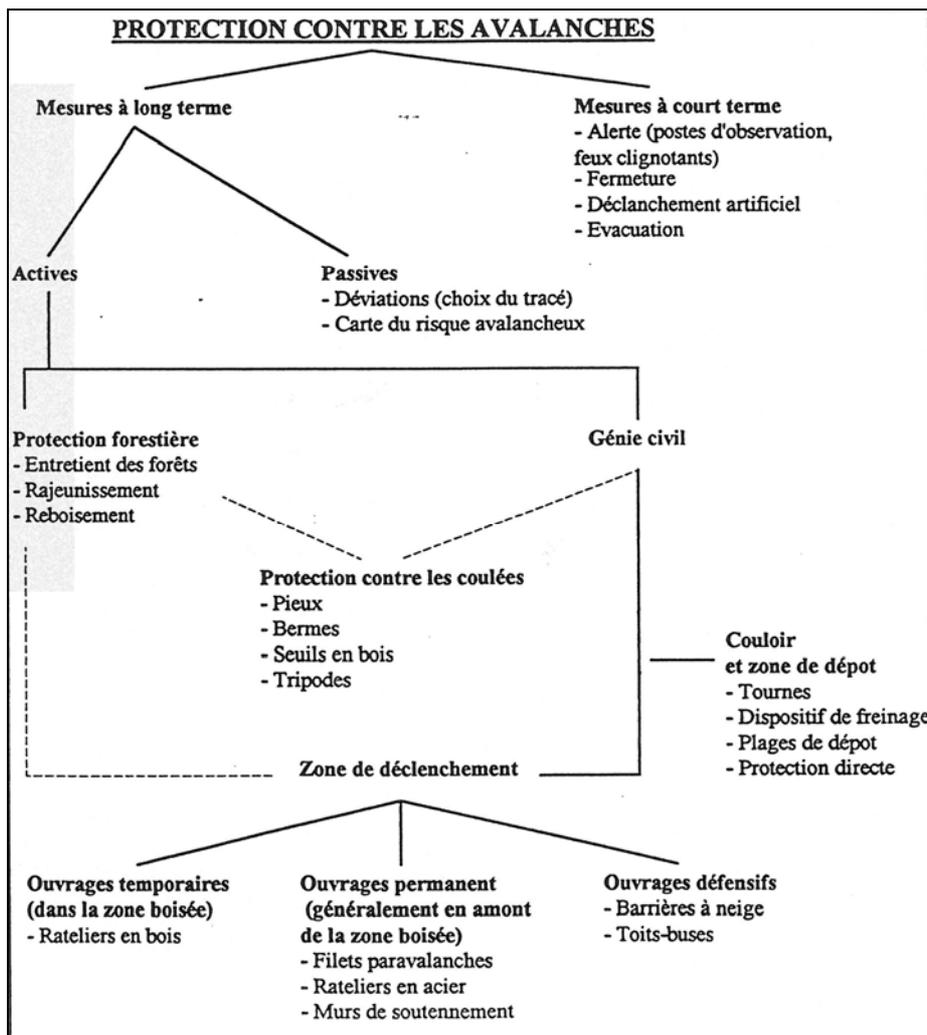


Figure 1: Mesures de protection possibles contre les avalanches sur les voies de communication (voies ferrées et routes) et dans les zones habitées.

Les ouvrages de confortement ont donc pour but principal de corriger les erreurs anciennes -voir introduction-, alors que la carte du risque avalancheux permet d'éviter que de telles erreurs se reproduisent. Elle devrait contribuer à ce que l'Etat, les Cantons et les Communes tiennent compte du risque avalancheux dans les opérations d'aménagement du territoire.

Il faudrait empêcher de plus en plus la construction sur des terrains fortement menacés (zone dite rouge), et accentuer les charges de la police des constructions dans les zones à risque faible (zone bleue).

Pour les bâtiments déjà exposés, la carte du risque avalancheux est la base des ouvrages de confortement et est également utile au Service communal contre les avalanches.

Un autre objectif est d'arriver à une certaine sécurité sur les voies de communication en hiver. La carte du risque avalancheux détermine différents niveaux de risque, et sert de base aux opérations de protection, ainsi qu'au choix des mesures prioritaires.

3. Caractérisation du risque avalancheux

Le risque d'avalanche n'a pas la même signification pour le skieur de randonnée (a), pour les utilisateurs des voies de communication (b), ou pour l'emplacement d'un bâtiment (c). En cas de menace importante, un risque correspondant à la probabilité d'occurrence d'un événement inattendu peut être défini (destruction d'un bâtiment par exemple). Plus précisément, on peut représenter le risque avalancheux pour une situation donnée (a) (b) ou (c), comme le produit de trois probabilités indépendantes. C'est à dire la probabilité d'occurrence w_E (ou risque avalancheux !), la probabilité de causer des dégâts w_s , et l'étendue des dégâts w_A . Ces trois probabilités sont exprimées par un nombre compris entre 0 et 1. 0 signifiant qu'aucun dégât ou accident est à attendre, 1 indiquant qu'un important sinistre est probable (Salm, B. 1986).

Que signifie ce qui précède pour nos trois groupes de risques (a) (b) et (c) ?

Le skieur hors piste s'informe de la possibilité d'être pris dans une avalanche qu'il déclenche le plus souvent lui-même (w_E), et qui l'ensevelira (w_s), le tout ayant lieu sur une pente qu'il aura lui-même choisie. La probabilité de causer des dégâts w_s est donc proche de 1. (Dans ce groupe de risque, il y a eu au cours des 50 dernières années dans les Alpes suisses environ 800 morts, soit en moyenne 1.5 morts par coulée avalancheuse mortelle (Meister, R. 1987).

Pour les utilisateurs de voies de communications, la situation est différente puisqu'ils sont en général touchés par des départs spontanés d'avalanches. La probabilité que quelqu'un se trouve sur les lieux de l'avalanche est souvent très faible. La probabilité de causer des dégâts est donc proche de 0. Dans ce groupe de risque, il y a eu au cours des 50 dernières années dans les Alpes suisses environ 280 morts, soit en moyenne 1.5 morts par coulée avalancheuse mortelle (Meister, R. 1987).

On estime le danger pour un bâtiment grâce à la fréquence à laquelle il est touché par une avalanche au cours d'une certaine durée (par exemple le siècle). Cela ne dépend donc pas du nombre de fois où l'avalanche se déclenche, mais du nombre de fois où elle atteint le bâtiment. En général, ce sont les rares mais grosses avalanches qui atteignent les bâtiments. La probabilité de causer des dégâts dans ces cas rares est très forte, donc proche de 1. Cependant, on peut limiter l'étendue des dégâts w_A par confortement des bâtiments. Au cours des 50 dernières années, il y a eu dans les Alpes suisses 203 morts, soit en moyenne 4.5 morts par coulée avalancheuse mortelle (Meister, R. 1987).

Il existe d'autres dangers en montagne, tels que les chutes de pierres, les effondrements de falaises, ou les torrents. Le risque avalancheux résiduel (après opérations de protection) doit être maintenu suffisamment faible. Il doit être selon les lignes directrices de 1984 "raisonnablement inférieur à la somme de tous les risques résiduels tolérés." 'L'absence de risque avalancheux caractérise le plus souvent une situation dans laquelle le risque est négligeable, mais toutefois non nul.

De nos jours, les personnes prenant volontairement des risques (les skieurs hors-pistes par exemple) acceptent un plus gros risque ou risque résiduel que ceux qui ne s'exposent pas volontairement. En Suisse, le risque de mort par accident de la route est d'environ $1,5 \cdot 10^{-4}$ (risque individuel moyen). Ce risque est pris à 50 % volontairement, et à 50 % involontairement. Les habitants des zones exposées prennent ce risque involontairement. Le risque de mort est ici 100 fois plus faible que pour les accidents de la route. Les réactions du public montrent néanmoins que ce risque n'est pas toléré. En outre les phénomènes naturels entraînant plusieurs victimes sont considérés comme une série de plusieurs phénomènes ayant entraîné une unique victime. C'est ce qu'on appelle l'aversion.

C'est à cause de cet état des choses (involontarisme et aversion) que l'on tient compte en Suisse de phénomènes avalancheux ayant une probabilité de retour allant jusqu'à 300 ans. Comment peut-on maintenant enregistrer des phénomènes aussi rares ?

4. Enregistrement du risque avalancheux

On définit le niveau d'exposition au risque avalancheux dans les secteurs peuplés, d'une part par la menace des avalanches potentielles (intensité), et d'autre part par la durée de retour (fréquence).

La surpression dynamique représente l'effort exercé par une avalanche sur un obstacle plan de grande taille et perpendiculaire à la direction suivie par l'avalanche. Dans un couloir d'avalanche donnée, les avalanches de petite dimension sont plus fréquentes que les grosses (puissance et surface de déclenchement), c'est pourquoi on peut, comme nous allons le voir définir une relation directe entre durée de retour et importance de l'événement. Pour une durée de retour donnée, on peut apprécier les dimensions de l'avalanche. À l'aide de calculs on peut déduire directement la surpression dynamique à partir des dimensions de l'avalanche. La pression en un point est donc liée à la durée de retour.

On peut en principe mesurer et observer la surpression dynamique ainsi que la fréquence. Mais pour l'enregistrement de petites fréquences, il faut de longues périodes d'observation. Par observations directes, on ne peut classer que des avalanches relativement fréquentes. Celles-ci ne posent cependant pas trop de problème pour le zonage. Pour les avalanches plus rares, il faut pouvoir déterminer les fréquences et surpressions par le calcul, en considérant les durées de retour moyennes calculées comme des prévisions, c'est à dire dans notre cas comme des probabilités d'occurrence.

Les avalanches commencent dans la zone de déclenchement, parcourent le couloir d'écoulement, et s'immobilisent dans la zone de dépôt. La distance d'arrêt marque l'extrémité aval de la zone de dépôt, et par cela, l'annulation de la surpression dynamique. La distance d'arrêt et la pression sont approximativement proportionnelles au volume mis en jeu (produit d'une puissance de déclenchement donnée par la surface prévisionnelle de déclenchement, c'est à dire la surface potentielle de déclenchement).

On peut déterminer faiblement les distances d'arrêt à l'aide des volumes de déclenchement, de la topographie du couloir d'écoulement et de la zone de dépôt, et de coefficients de rugosité empiriques. On utilise en Suisse le modèle statistique déterministe de Völlmy amélioré par Salm. Les paramètres mécaniques que l'on utilise sont fonction de la qualité de la neige mixe en jeu, mais sont à peu près équivalents dans le cas d'avalanches extrêmement rares (Buser, O. *et al.* 1985). On peut également facilement déterminer la topographie (pente, rugosité, profil en travers, etc.). La seule donnée qu'il reste à fixer est la puissance de déclenchement d_0 (Figure 2). Elle est le produit de la valeur de base d_0 par le facteur de pente $f(\Psi)$ (Salm, B. *et al.* 1990).

Le facteur de pente $f(\Psi)$ prend en compte la diminution de la stabilité (rapport de la résistance au cisaillement par la tension de cisaillement) avec l'augmentation de la pente. La valeur de base d_0^* est fonction de la durée de retour (T) de chutes de neige intensives pour une région climatique donnée. Elle prend également en compte un facteur régional de la qualité de la neige. La puissance de déclenchement est donc une donnée combinant météorologie, nivo-mécanique, et topographie. Plus la couche de rupture d_0 est épaisse, plus l'avalanche est puissante, et plus la distance d'arrêt est grande.

En général, les grosses avalanches catastrophiques ont lieu à la suite de longues chutes intenses de neige (entre 2 et 4 jours), et c'est le plus souvent la couche récente ou une partie de cette couche qui se met en mouvement (Figure 2).

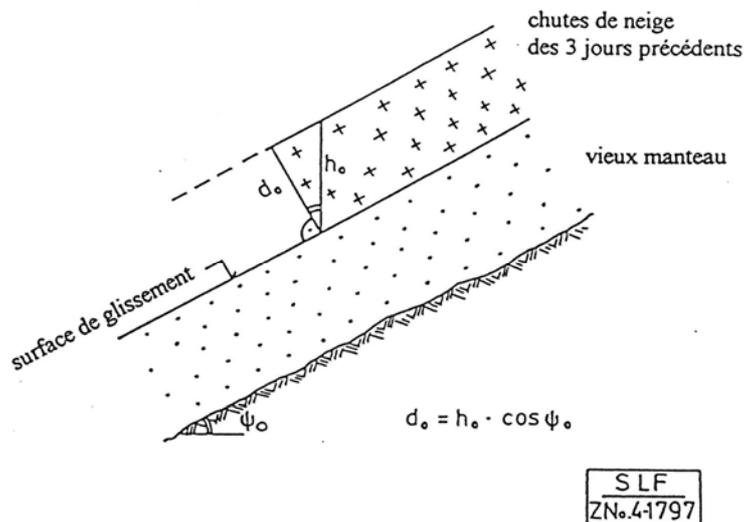


Figure 2 : Détermination de la puissance de déclenchement (Salm, B. et al. 1990)

$$d_0 = d_0^* \cdot f(\Psi) \text{ [m]}$$

d_0^* Valeur de base, dépend du climat régional. Elle prend en compte la croissance probable du manteau neigeux en trois jours, et la période de retour.

$f(\Psi)$ Facteur de pente, donne par la diminution de stabilité (rapport entre la résistance au cisaillement et la tension de cisaillement) avec l'augmentation de la pente.

Pour $\Psi = 28^\circ$ on a $f(\Psi) = 1$ et pour $\Psi = 45^\circ$, $f(\Psi) = 0.52$

Les événements avalancheux à prendre en compte, donc en première ligne ceux dont la durée de retour est de 300 ans, sont liés à des chutes de neige intenses, et donc à des valeurs de bases d_0^* importantes qui sont fonction des différents terrains. On peut s'attendre également à de fortes valeurs de base dans les régions à chutes de neige généralement abondantes (meilleure stabilité du manteau neigeux que dans les régions moins enneigées). Cependant, pour des raisons mécaniques et météorologiques, ces valeurs ne peuvent pas croître à l'infini.

On s'intéresse donc, en vue d'une cartographie objective des risques, à la relation entre une valeur de base maximale sur 3 jours d_0^* , et sa durée de retour dans différentes régions climatiques suisses. De Quervain (1974) a déjà tenu compte de cette relation en 1974.

De nos jours il nous est possible de mettre en place une graduation entre régions pauvres ou riches en neige. De la sorte, on peut utiliser la même échelle des risques dans toutes les cartes grâce à un choix convenable des valeurs de base d_0^* pour différentes régions climatiques des Alpes. Par conséquent, on peut graduer les puissances de déclenchement des avalanches de même durée, de retour pour toutes les régions climatiques, et on peut au sein d'une même région, traiter des avalanches de différentes fréquences.

Si l'on prend pour l'évaluation d'une avalanche une puissance de déclenchement de 1,5 m, il faut qu'une nouvelle couche de neige de 1,5 m s'accumule sur la zone étudiée pour arriver à un déclenchement d'avalanche déterminant.

Si l'on souhaite cartographier les régions A et B (figure 3) dans lesquelles la zone bleue exposée (voir explications plus loin) doit être différenciée de la zone à l'abri des avalanches par la détermination d'une limite de zone qui ne doit pas être atteinte par les avalanches plus d'une fois en moyenne tous les 3 siècles, il faut évaluer la distance d'arrêt dans la région de climat A avec une puissance de déclenchement d_0 de 125 cm, et de 210 cm dans la région B. On considère que les deux régions ont la même pente, c'est à dire $\Psi = 28^\circ$. Dans notre exemple (Figure 3), on trouve un cas limite $d_0 = d_0^*$ en partant de l'hypothèse d'une pente à 28° ($\Psi = 28^\circ$), car le facteur de pente $f(\Psi)$ est défini égal à 1 pour $\Psi = 28^\circ$ (Salm, B. et al. 1990). $f(\Psi)$ diminue quand la pente augmente.

Pour la cartographie, il faut tenir compte également de données autres que les paramètres climatologiques, nivo-mécaniques et de dynamique des avalanches. Le cadastre des avalanches tenu depuis longtemps à jour contient des données supplémentaires précieuses. Il contient la date, une carte de la zone de déclenchement et des zones atteintes, et une liste des dégâts de chaque événement observé. Les traces anciennes dans les forêts, ainsi que les blocs transportés par les avalanches aident à lire dans le passé. Des personnes compétentes résidant sur place peuvent également apporter des renseignements utiles.

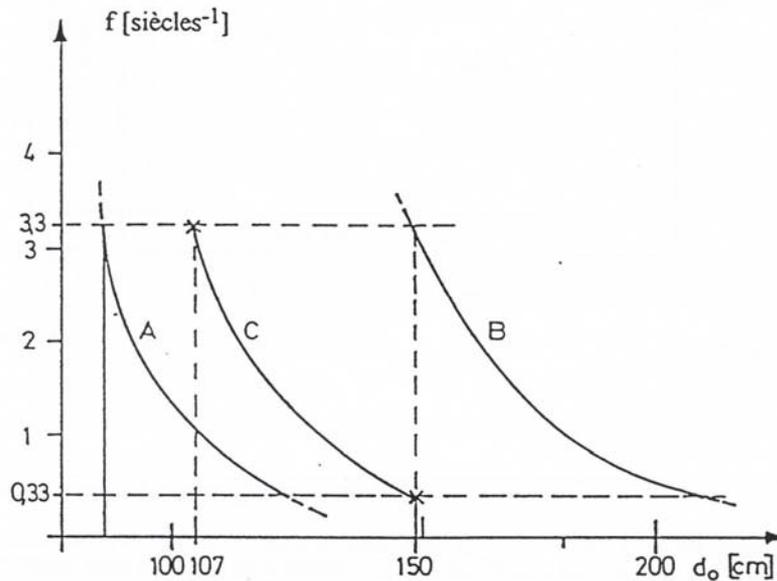


Figure 3 : Nombre de chutes de neige par siècle dans les régions climatiques A, B et C, qui entraînent une augmentation de d_0^* ou plus de l'épaisseur de neige dans une zone de déclenchement de pente $\gamma_0=28$

Pour $\Psi = 28^*$ on a : $d_0^* = d_0$ (Salm, B. *et al.* 1990)

Région climatique A (une partie de l'Engadin par exemple)

$f=3.3$ (T = 30 y): $d_0^* = 90$ cm

$f = 0.33$ (T = 300 y): $d_0^* = 125$ cm

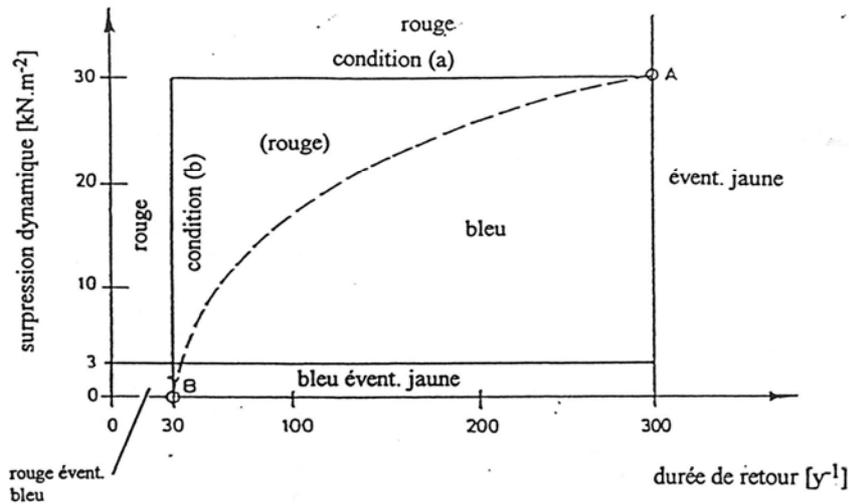
Région climatique B (secteur du Gotthard par exemple)

$f = 3.3$ (T = 30 y): $d_0^* = 150$ cm

$f = 0.33$ (T = 300 y): $d_0^* = 210$ cm

5. Les niveaux de risques et les exigences minimales conseillées

Le niveau d'exposition aux risques diminue régulièrement au long d'une zone de dépôt potentielle. Il est donc impossible de séparer les zones à l'abri des avalanches des zones exposées. C'est pourquoi on insère souvent une zone bleue et éventuellement une zone jaune entre les zones rouge (risque avalancheux important), et blanche (zone à l'abri des avalanches).



Avalanche coulante

| | | | | |
|--------------------|---------|-------|---------|--------|
| Intensité | forte | 9 | 8 | 7 |
| | moyenne | 6 | 5 | 4 |
| | faible | 3 | 2 | 1 |
| | | haute | moyenne | faible |
| Probabilité | | | | |

Avalanche poudreuse

| | | | | |
|--------------------|---------|-------|---------|--------|
| Intensité | forte | 9 | 8 | 7 |
| | moyenne | 6 | 5 | 4 |
| | faible | 3 | 2 | 1 |
| | | haute | moyenne | faible |
| Probabilité | | | | |

Figure 4 : Critères des zones de risques en haut (RL 1984 BFF/SLF) ;
 Degré de danger : combinaison de l'intensité et de la probabilité d'occurrence en bas (1994, Suisse) .

Les deux conditions (a) et (b) matérialisent la zone rouge (points A et B). L'analyse technique des avalanches montre qu'un terrain situé au dessus de la courbe A-B (qui est fonction dans le détail des conditions locales), peut appartenir si nécessaire à la zone rouge. Il est donc exclu qu'un terrain en zone bleue soit exposé une fois en trente ans à une surpression dynamique de 30 kN.m⁻². Dans le cas (b), on peut avoir de très faibles surpressions pour les avalanches denses. Par contre, pour les avalanches de poudreuse (pression inférieure à 3 kN.m⁻²), le terrain considéré peut être classé en zone bleue.

En Suisse, on organise les zones comme suit (Figure 4) :

Zone rouge :

Risque important. On peut s'attendre à une surpression dynamique de 30 kN.m⁻² et plus, avec une durée de retour de 30 à 300 ans (condition (a)). On peut également avoir une surpression plus faibles avec une durée de retours inférieurs à 30 ans (condition (b)).

Restrictions : Construction de bâtiments d'habitation ou de séjour interdite.

Zone bleue :

Risque minime. Surpression dynamique inférieure 30 kN.m^{-2} et durée de retour comprise entre 30 à 300 ans (limite extérieure: courbe reliant l'avalanche tri-centennale à une surpression nulle).

Restrictions : Interdiction de construire des bâtiments accueillant un grand nombre de personnes (écoles, hôpitaux, hôtels etc.). Pour les constructions des particuliers, les murs doivent être renforcés, les fenêtres et les toits (GVA Kt. GR, 1979) étudiés contre les avalanches. Obligation d'évacuation en période à haut risque. Limitation de la circulation.

Zone jaune

Risque résiduel pour les avalanches denses ou poudreuses avec durées de retour (T) supérieures à 300 ans. Passage à la zone bleue pour les terrains favorisant les avalanches de poudreuses.

Restrictions : En général pas de restriction pour les constructions. Avertissements pour les séjours en dehors des bâtiments.

Zone blanche :

Zone à l'abri des avalanches. Risque résiduel négligeable.

Pas de restrictions.

Les restrictions de la zone bleue ne sont pas uniquement contraignantes pour les habitants de cette zone, mais également pour les autorités responsables, car les mesures relatives à l'organisation (limitation du trafic routier, évacuation) supposent le sérieux des Services d'observation, d'alerte, et de barrage des voies de communications.

Pour les voies de communications, le critère de fréquence est souvent le seul dont on tienne compte. Les durées de retour critiques sont souvent diminuées de façons notables. Dans la pratique, on utilise souvent l'échelle des risques d_0 suivante $G_1 : 1 < T \leq 10 \text{ y}$, $G_2 : 10 \text{ y} < T \leq 30 \text{ y}$, et $G_3 : 30 < T \leq 60 \text{ à } 100 \text{ y}$, dans laquelle $G_{1,2,3}$ représentent les niveaux de risque. Le risque avalancheux et les opérations à prévoir sont donnés par la fréquence du trafic qui détermine la probabilité de causer des dégâts.

6. De la carte du risque avalancheux au plan d'occupation des sols

La carte du risque avalancheux (1/10 000^{ème}, équidistance 10 m) levée de façon objective est un document qui n'a pas force de loi. Elle sert de base technique au plan de zonage des avalanches qui est intégré au plan d'occupation des sols (1/2 000^{ème} ou éventuellement 1/5 000^{ème}) du plan communal. Le plan d'occupation des sols régleme la localisation et le dimensionnement des différentes catégories d'exploitations autorisées (zone d'habitation, zone à risque etc.). Il est en général arrêté par les communes. Le plan d'occupation des sols est une contrainte pour tous, en particulier pour les propriétaires terriens, et peut entraîner des restrictions de propriétés. Cela se traduit en zone rouge par une interdiction générale de construire, et en zone bleue par des confortements des bâtiments et des mesures relatives à l'organisation.

7. Rajustement de la carte du risque avalancheux et perspectives

Il faut mettre à jour la carte, que ce soit à la suite de risques nouvellement reconnus ou récemment apparus (par exemple dégradation d'une forêt protectrice), ou à la suite d'une diminution du risque (construction de paravalanches, boisement dans la zone de déclenchement etc.). Il est cependant souvent difficile d'estimer l'ampleur de l'augmentation ou de la diminution du risque. C'est souvent dans le cas d'un déclassement d'une zone qu'il y a hésitation. Après construction d'un ouvrage paravalanches, une zone rouge n'est qu'exceptionnellement déclassée en zone blanche. Des zones rouges ou bleues ne sont modifiées que de façon responsable, et en tenant compte de l'expérience. Pour cela, la dite "analyse de risques" peut être un soutien très utile (Gubler, H. 1986).

Par la suite se pose un problème juridique quand la carte se trouve intégrée au plan d'occupation des sols et quelle acquière force de loi. Elle ne peut dans ce cas être modifiée sans conséquences, et c'est souvent (malheureusement) au niveau politique qu'il faut alors discuter.

On fait observer enfin que les restrictions de propriétés sont le résultat de circonstances naturelles. Elles ne s'appuient pas sur une décision d'un organe politique. Cela ne procure aucun droit à dédommagement ni dans ce cas, ni dans le cas où des terrains construits sont couverts d'une interdiction de construire. C'est pourquoi les zones doivent être définies en toute âme et conscience. Les meilleures armes se trouvent pour cela dans les données d'observation, l'expérience, la connaissance des avalanches, et dans la maîtrise des techniques de calcul. C'est pourquoi l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches propose tous les deux ans un cours compact sur les avalanches. Un rapport météorologique est publié tous les deux ans.

L'Eidgenössische Technische Hochschule de Zürich (Ecole Supérieure Technique Confédérale) propose un cours sur la neige, les avalanches, et la protection contre les avalanches (Salm, B. *et al.* 1988), et sur la physique de la neige (Gubler, H.). Cet Institut donne des conseils sur les pratiques et la législation dans tous les problèmes de neige et d'avalanches. Des conseils et expertises techniques sont également donnés. Bien entendu, l'institut pour l'Etude de la Neige et des Avalanches est la plus haute instance de recours helvétique autorisée en priorité à lever les cartes de risque avalancheux. La politique de base pour le calcul des avalanches (Salm, B. *et al.* 1990) donne des principes de base détaillés pour faciliter la levée des cartes du risque avalancheux.

Bibliographie

Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (RPG 1979, SR 700).

BUSER, O.; FOEHN, P.; GOOD, W.; GUBLER, H. ET SALM, B..1985 :

Different methodes fot the assessment of avalanche (« Différents méthodes pour la compréhension des avalanches »). Cold Region Science and Technology. 10. pp. 214-217

COAZ, J. 1881 :

Die Lawinen der Schweizeralpen (« Les avalanches des Alpes suisses »). Bern.

DE QUERVAIN, M. 1974 :

Die Berücksichtigung der Lawinenhäufigkeit in der Lawinengefahrenkarte. Eine grundsätzliche Betrachtung (« Prise en compte de la fréquence des avalanches dans la cartographie du risque avalancheux. Données de base »). Winterbericht Nr.37, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, CH-7260 Weissfluhjoch/Davos, S.157-162

FRUTIGER, H. 1980 :

Rechtliche Aspekte der Nutzungsbeschränkung des Grundeigentums wegen Lawinegefährdung (« Aspects juridiques des restrictions de propriété es cas d'exposition aux avalanches »). Internationales Symposium Interprävent, Bad Ischl, Band 1, S.33-48.

GUBLER, H. 1986 :

Temporäre und permanentente Lawinenschutzmassnahmen für touristische Anlagen (« Mesures temporaires et permanentes de protection conter les avalanches pour les installations touristiques »). Mitteilung Nr. 45, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, CH-7260 Weissfluhjoch/Davos, S.10

MEISTER, R. 1987 :

Lawinenniedergänge mit Todesopfer in der Schweiz. Eine statistische Zusammenstellung der Ereignisse in den 50 Jahren 1936-1937 bis 1985-1986 (« Avalanches mortelles en Suisse. Etude statistique des événements survenues entre 1936-1937 et 1986-1986 »). Winterbericht Nr. 50, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, CH-7260 Weissfluhjoch/Davos, S. 195-206

Richtlinien betreffend Aufforstungs- und Verbauungsprojekte in lawinengefährdeten Gegenden vom 17. Juni 1952 (« Politique de base du 17 juin 1952 relative aux reboisements et projets de construction dans des zones exposées aux avalanches »). (RL 1952 Eidgen. Departement des Inneren).

Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten (« Politique de base pour la prise en compte du risque avalancheux dans l'aménagement au territoire ») Bundesamt für Forstwesen und Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung. EDMZ, CH-3000Bern, 1984, (RL 1984 BFF/SLF).

SALEM, B. 1986 :

Möglichkeiten und Grenzen bei der Einschätzung des Lawinenrisikos (« Possibilités et limites dans l'estimation du risque avalancheux »). Sicherheit im Bergland Jahrbuch. Oestereichische Kuratorium für alpine Sicherheit, Wien. S. 161-180.

SALEM, B. und BURKARD, A. 1990 :

Berechnung von Fließlawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen (« Calcul pur les avalanches denses. Pour pratiquants avec exemples »). Mitteilung Eidgen. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, CH-7260 Weissfluhjoch/Davos

Méthode et pratiques du zonage réglementaire du risque d'avalanches en France

Stéphane Roudnitska¹

***Résumé.** Depuis 1995, les zonages réglementaires du risque d'avalanches sont mis en œuvre dans le cadre des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles. Largement inspirés des premiers zonages des années 70, ces documents ont bien évolué ces dernières années, notamment grâce à la parution d'un projet de guide national dédié aux PPR avalanches.*

Cet article rappelle l'ensemble de la démarche que les chargés d'étude et les services instructeurs sont invités à suivre aujourd'hui pour élaborer ces PPR avalanches. Cela commence par une évaluation experte des phénomènes de référence, grâce à l'exploitation des données existantes, au recueil de témoignages et à une analyse prospective du terrain. Cette évaluation peut être complétée par des simulations numériques bien maîtrisées. En fonction de critères d'intensité et de probabilité préétablis, ces phénomènes sont ensuite transcrits en aléas forts, moyens ou faibles, complétés parfois d'un aléa maximal vraisemblable, et cartographiés sur fond topographique. Ces cartes « naturalistes » débouchent ensuite sur un zonage des risques à visée plus politique, sur fond cadastral, où l'on distingue, en fonction du type d'aléa et de l'occupation du sol, des zones rouges inconstructibles, des zones bleues constructibles sous conditions, des zones jaunes réservées à la sauvegarde des personnes et des zones vertes d'entretien des forêts à fonction de protection. Toutes ces zones sont assorties de règles destinées à renforcer les biens existants et futurs et/ou de mesures destinées à protéger les personnes. Une telle réglementation, souvent contraignante, ne peut être efficace et acceptée du plus grand nombre qu'au prix d'une réelle concertation avec les élus, habitants et professionnels de la montagne.

¹Office National des Forêts - Restauration des Terrains en Montagne, service départemental de la Savoie, 42, quai Charles Roissard, F-73026 Chambéry Cedex
Tel : +33 (0)4 79 69 96 05 ; fax : +33 (0)4 79 96 31 73 ; e-mail : stephane.roudnitska@onf.fr

Methods and practices for avalanche hazard regulation in France

Stéphane Roudnitska²

Abstract. Since 1995, the statutory zonings of the avalanches risk are operated with the programme for the prevention of natural disaster (PPR). Widely inspired by the first zonings of the 70s, these documents evolved well these last years, in particular thanks to the publication of a project of national guide dedicated in PPR avalanches. This article reminds the whole approach which the engineers and the services instructors are invited to follow today to elaborate these PPR avalanches. It begins with an expert evaluation of the reference phenomena, thanks to the exploitation of the existing data and memories, and to a analysis of the ground. This evaluation can be completed by well mastered numeric simulations. According to criteria of intensity and probability pre-established, these phenomena are then transcribed in strong, average or low natural hazards, sometimes completed by a very exceptional event, and mapped on topographic bottom. These "naturalists" maps are translated then in political zoning of the risks, in a cadastral bottom, where we distinguish, according to the type of natural hazard and the land use, no building zones, building under conditions zones, zones reserved for security of persons and zones of forests protection. All these zones are accompanied by a regulation intended to strengthen the existing and future possessions and by measures intended to protect the persons. Such a regulations, often binding, can be effective and accepted by the largest number only with a real dialogue with the elected representatives, the inhabitants and the professionals of the mountain.

²Office National des Forêts - Restauration des Terrains en Montagne, service départemental de la Savoie, 42, quai Charles Roissard 73 026 Chambéry Cedex
Tel : +33 (0)4 79 69 96 05 ; fax : +33 (0)4 79 96 31 73 ; e-mail : stephane.roudnitska@onf.fr

1. Origine et contexte législatif du zonage réglementaire des risques naturels en France

Les premiers zonages réglementaires du risque d'avalanche apparaissent en France dans les années 60, en application de l'article R. 111-3 du Code de l'urbanisme. Ces cartes vont se généraliser suite à l'avalanche de l'UCPA qui fit 39 victimes dans le centre de Val d'Isère en février 1970. A partir de 1974 s'ajouteront les Plans des Zones Exposées aux Avalanches (PZEA). Ces documents préfigurant déjà les zonages actuels sont rendus imposables par leur annexion au Plan d'Occupation des Sols (POS) de la commune. Dix ans plus tard apparaissent les Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles (PER). Le respect des prescriptions du PER édictées par l'Etat doit conditionner la possibilité pour l'assuré de bénéficier de la nouvelle indemnisation « catastrophe naturelle ». Peu suivie, cette procédure est abrogée en 1995 par la loi « Barnier » et son décret d'application qui instituent les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR). Ce nouvel outil se veut plus efficace et de portée plus large que les anciens PER. Il doit permettre de limiter, dans une perspective de développement durable, les conséquences économiques mais aussi humaines des catastrophes naturelles. Pour cela, il définit les aléas de référence puis les zones de risques directs ou indirects sur lesquelles doivent être édictés des principes d'interdiction, de réglementation, d'incitation ou de protection, en vue d'améliorer la sécurité des personnes et de réduire la vulnérabilité des biens et des activités.

Une fois approuvés par arrêté préfectoral, les PPR constituent une servitude d'utilité publique et sont annexés au Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune.

Les ministères concernés apportent un premier cadrage technique dès 1997 avec l'édition du guide PPR général. Deux ans plus tard, l'avalanche de Chamonix - Montroc qui fit 12 morts en zone habitée conduit l'Inspection Générale de l'Environnement à proposer la rédaction d'un guide spécifique aux PPR avalanches pour améliorer et homogénéiser les pratiques en la matière. Une version toujours provisoire de ce guide a été mise à disposition des services de l'Etat en 2004. C'est sur cette base que s'articule la suite de l'exposé.

2. Démarche experte pour l'évaluation des phénomènes de référence

L'analyse des phénomènes avalancheux et l'établissement des cartes d'aléas d'avalanches sont assurés en France par les services RTM et quelques bureaux d'études spécialisés. L'évaluation des phénomènes de référence sur un périmètre d'étude préétabli nécessite d'abord de collecter et d'organiser les données disponibles.

2.1. Collecte des données existantes

2.1.1. Données historiques

Les données historiques nous renseignent notamment sur l'origine et la fréquence des phénomènes connus, leur dynamique, leur emprise maximale observée et leur impact prévisible sur les enjeux. Ces données peuvent être tirées de l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA), des Cartes de Localisation des Phénomènes d'Avalanches (CLPA) et de leurs fiches signalétiques, de la base de donnée RTM sur les événements passés, de rapports d'accidents naturels, d'articles de presse, de photos d'archives, d'études antérieures mais aussi de témoignages d'observateurs locaux (habitants, professionnels...).

2.1.2. Données nivo-météorologiques

Les données nivo-météorologiques locales permettent de mieux cerner les conditions associées ou favorables aux principales avalanches étudiées, et éventuellement d'estimer l'épaisseur de neige mobilisée par l'avalanche de référence. Les relevés quotidiens de précipitations neigeuses sur les postes climatiques les plus proches, les cumuls centennaux de neige fraîche sur 3 jours et sur l'épisode perturbé, les bulletins neige et avalanche de Météo France, les données des balises automatiques Nivoses, les sondages de battages... sont autant de sources exploitables.

2.1.3. Données spatiales

Enfin, il existe souvent des données spatiales, issues ou non d'analyses géomorphologiques antérieures, qui nous renseignent sur l'évolution du site avalancheux dans le temps (recul des glaciers, reboisement, modification du relief, développement des enjeux...) et sur les zones de départ, d'écoulement et de dépôt ayant déjà fonctionné (traces d'écoulement en forêt, localisation des biens endommagés...). Il peut s'agir de photos aériennes comparatives, de vieux fonds IGN ou cadastraux, d'éléments descriptifs sur les dispositifs paravalanches réalisés, de la couche photo interprétée de la CLPA, d'études ou zonages antérieurs, du Plan d'Intervention et de Déclenchement des Avalanches (PIDA)...

L'utilisation désormais systématique d'un SIG permet de géoréférencer et superposer toutes ces couches, pour un travail de grande précision.

Toutes ces données factuelles sur les avalanches passées sont généralement synthétisées dans les PPR sous forme d'une carte de localisation des phénomènes historiques, basée sur la CLPA lorsqu'elle existe.

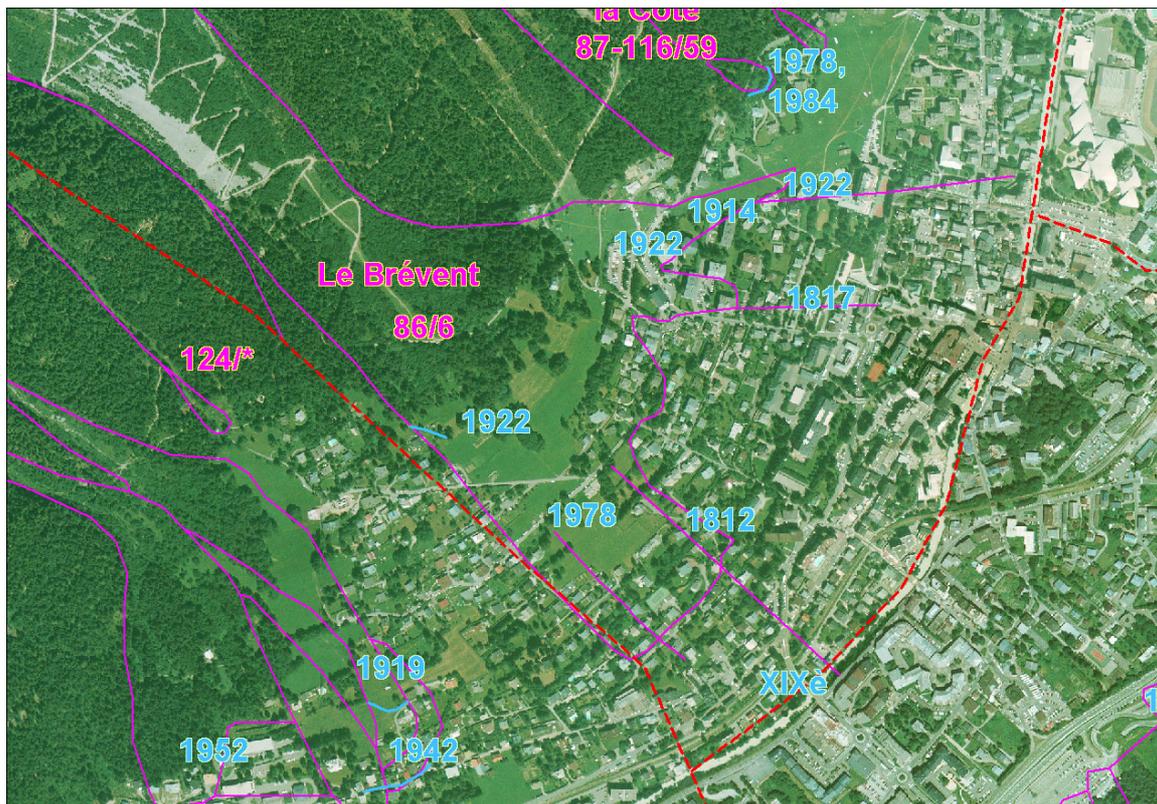


Figure 1 : extrait de la carte des phénomènes du PPR de Chamonix (74) sur le secteur du Brévent, avec les n° d'emprise CLPA et les dates des avalanches historiques.

Cet éclairage doit systématiquement être complété par une observation détaillée du terrain. Cela permet d'une part de vérifier la cohérence des données préexistantes et d'autre part d'affiner l'analyse fonctionnelle des avalanches.

2.2. Analyse prospective du terrain

2.2.1. Photo-interprétation et visite du site

L'observation en relief de différentes campagnes de photos aériennes couplée à une visite de l'ensemble du site avalancheux permet d'identifier et décrire toutes les zones de départ menaçantes, ainsi que les trajectoires et extensions liées, au delà de celles déjà connues. Il s'agit plus précisément de délimiter les panneaux déclencheurs et les zones de reprise de neige en fonction de leur pente, de leur rugosité, de leur position par rapport aux crêtes et vents dominants... et d'estimer ensuite les surfaces totales mobilisables au cours d'un même événement.

En fonction du profil en long des trajectoires connues, du degré de canalisation des écoulements, d'un possible lissage du couloir par des avalanches préalables et de la dynamique du phénomène (poudreuse, coulante humide...), des zones de débordement exceptionnel ou des changements de trajectoire peuvent être détectés.

Il est ensuite possible de délimiter les zones d'atteinte extrêmes suivant différents scénarios et différents niveaux de probabilité, de distinguer les dépôts denses des zones de souffle et d'estimer les volumes et épaisseurs moyennes de neige qui peuvent s'y déposer. Ces paramètres physiques et leurs effets prévisibles sur les enjeux bâtis ou forestiers peuvent enfin conduire le chargé d'étude à proposer une gamme de pressions d'impact pour chaque scénario, notamment grâce à l'échelle d'intensité des avalanches développée en 2003 pour le ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

2.2.2. Prise en compte des dispositifs de protection

Cette analyse géomorphologique doit-elle tenir compte des dispositifs paravalanches existants, notamment ceux réalisés ou mis en place postérieurement aux dernières grosses avalanches connues ? A notre sens oui, car ils influencent toujours plus ou moins la fréquence, l'intensité et/ou la trajectoire des avalanches. La question est alors de savoir si leur nature, leur dimensionnement et leur pérennité sont susceptibles de modifier le phénomène de référence sur le long terme et donc le niveau de l'aléa à l'aval ? Une tourne ou une plage de dépôt par exemple, lorsqu'elle a été clairement dimensionnée vis à vis d'une avalanche exceptionnelle, offre davantage de garanties qu'un réseau de râteliers vieillissants ou qu'un système de déclenchement préventif. Par ailleurs, certains versants volontairement stabilisés par des reboisements paravalanches mûres, couvrant l'ensemble des zones de départ et régulièrement entretenus, ne semblent aujourd'hui pas plus dangereux que bon nombre de versants raides naturellement boisés, où l'on a jamais observé d'avalanche.

2.3. Définition de scénarios de référence

Jusque là, nous avons parlé d'avalanches historiques et de scénarios plus ou moins probables. Parmi tous ceux là, il faut ensuite faire le choix d'un scénario de référence qui conduira au zonage des risques du PPR.

Historiquement, et par analogie avec la doctrine relative au risque d'inondation, cette référence correspond « à l'avalanche centennale ou au plus fort événement connu s'il est plus rare ». Sont toutefois exclues les avalanches antérieures à la fin du Petit Age glaciaire (milieu du XIXème siècle) dont les proportions ont pu être aggravées par des conditions climatiques révolues. En revanche, l'actuel réchauffement climatique, pourtant de plus en plus sensible sur les montagnes françaises depuis un quart de siècle, n'intervient pas dans le choix du phénomène de référence, faute de pouvoir encore démontrer sa réelle influence sur des avalanches rares.

Les réflexions menées dans le cadre du projet de guide PPR avalanches ont fait récemment évoluer cette doctrine, à l'image de ce qui se faisait déjà en Suisse, en distinguant le niveau de risque acceptable pour les biens du niveau de risque acceptable pour les personnes. Même si ce principe n'est pas encore officiellement validé par l'Etat,

de plus en plus de services déconcentrés de l'Etat chargés de l'instruction des PPR retiennent désormais deux scénarios de référence :

- ▶ le scénario centennal ou le plus fort événement connu s'il est plus rare, vis à vis de la protection des biens ;
- ▶ un scénario environ tricentennal (ou exceptionnel) pour la protection des personnes, sachant que les avalanches sont des phénomènes brutaux, donc dangereux, et que notre société tolère bien moins les victimes que les dégâts matériels en zone réputée sécurisée.

2.4. Apport complémentaire de la modélisation numérique

Lorsque l'importance des enjeux exposés, la complexité du site ou des divergences d'analyse le justifient, les paramètres physiques du ou des phénomènes de référence peuvent être affinés/confirmés par simulation numérique.

Il convient d'abord de bien choisir le modèle, en fonction du type d'écoulement attendu (avalanche coulante ou aérosol) et du type de résultat souhaité (modèle 1D sur profil en long, avec ou sans possibilité de faire varier les paramètres d'écoulement, modèle 2D sur maillage numérique du terrain...). Il est ensuite nécessaire de caler ce modèle sur un événement bien renseigné, en réduisant au maximum l'incertitude sur les valeurs d'entrée et les valeurs résultantes (en particulier celles mesurables sur le terrain comme la surface de la zone de départ, la hauteur de neige mobilisée et reprise, la hauteur des dépôts...). On peut ensuite faire évoluer certains paramètres pour se placer dans les conditions de l'avalanche de référence (d'où l'intérêt de pouvoir disposer de valeurs moyennes centennales / tricentennales par massif). Il est important de tester leur influence respective sur la distance d'arrêt, la hauteur de dépôt et la vitesse d'écoulement, et mesurer ainsi la fiabilité des résultats.

L'analyse experte du site doit aussi permettre de proposer une valeur cohérente pour la masse volumique de la neige en écoulement dans la zone d'arrêt. Cette valeur sera en effet déterminante pour le calcul de la pression dynamique de référence perçue par un obstacle de la taille d'un bâtiment, dont dépend l'intensité du phénomène et donc le niveau d'aléa (cf. ci-après).

Cette pression dynamique d'impact est aussi proportionnelle au coefficient de traînée (C_d) lié à la viscosité de l'avalanche et à la forme de l'obstacle : $P_{impact} = C_d \times \frac{1}{2} \rho v^2$ (avec ρ = masse volumique de l'écoulement et v = vitesse de l'écoulement).

Au vu des propositions communes Cemagref – DTN RTM de 2007, on peut retenir, pour un obstacle de type façade de bâtiment :

- $C_d =$
- 2 pour les aérosols
 - 2 à 3 pour les avalanches coulantes de neige sèche (régime le plus fréquent pour l'avalanche coulante de référence)
 - 4 pour les avalanches coulantes de neige humide.

La vraisemblance et la justification des valeurs retenues doivent être recherchées, tout comme l'analyse critique des résultats, pour ne pas se laisser aveugler par le modèle et par souci de transparence auprès des non spécialistes.

3. Transcription des scénarios d'avalanches en niveaux d'aléas

3.1. Caractérisation des aléas de référence pour la protection des biens

Le scénario de référence retenu exprime, en un lieu donné, un phénomène d'intensité donné pouvant se reproduire avec la fréquence / probabilité retenue. En regroupant les valeurs d'intensité en trois classes (forte, moyenne et faible), on obtient également trois niveaux possibles d'aléas.

Voici à quoi correspondent traditionnellement ces niveaux d'aléas, en fonction de différents critères d'intensité auxquels font souvent référence les chargés d'études :

| Critères d'intensité | Aléa fort | Aléa moyen | Aléa faible |
|---|--|---|---|
| Endommagement prévisible du bâti | Même renforcés, les bâtiments exposés peuvent subir des dommages structurels lourds et la sécurité de leurs occupants ne peut être garantie. | Correctement renforcés selon des techniques classiques, les bâtiments exposés ne peuvent subir que des dommages mineurs, ne compromettant pas la sécurité de leurs occupants. | Même non renforcés, les bâtiments exposés ne peuvent subir que des dommages mineurs, ne compromettant pas la sécurité de leurs occupants. |
| Pression dynamique d'impact calculée ou estimée | ≥ 30 kPa | < 30 kPa et ≥ 3 kPa | < 3 kPa |
| Type de phénomène | Avalanches coulantes en zone d'écoulement et début de zone d'arrêt, emprises majenta des avalanches coulantes sur la CLPA. | Avalanches coulantes de neige sèche en fin de zone d'arrêt, phase aérosol seule, petites coulées de neige. | Fin d'aérosol (dispersion), purges de petits talus. |

A noter que l'intensité de certains phénomènes n'est guère dépendante de leur fréquence. C'est le cas par exemple de purges de talus et pentes très raides qui ne peuvent accumuler une grande épaisseur de neige au cours d'un épisode perturbé. Cela donne des écoulements calibrés qui peuvent ainsi conserver, en un lieu donné, le même niveau d'intensité, quelque soit la fréquence de référence. Dans ce cas, il convient de pondérer l'intensité du phénomène par sa fréquence réelle. Ainsi, un bâtiment impacté par des coulées de neige d'intensité modérée tous les 5 à 20 ans sera classé en aléa fort, même s'il résiste depuis plus d'un siècle au phénomène. C'est alors la probabilité d'accident sur les personnes et les nuisances répétées qui doivent guider le choix de l'aléa.

3.2. Caractérisation de l'aléa maximal vraisemblable pour la protection des personnes

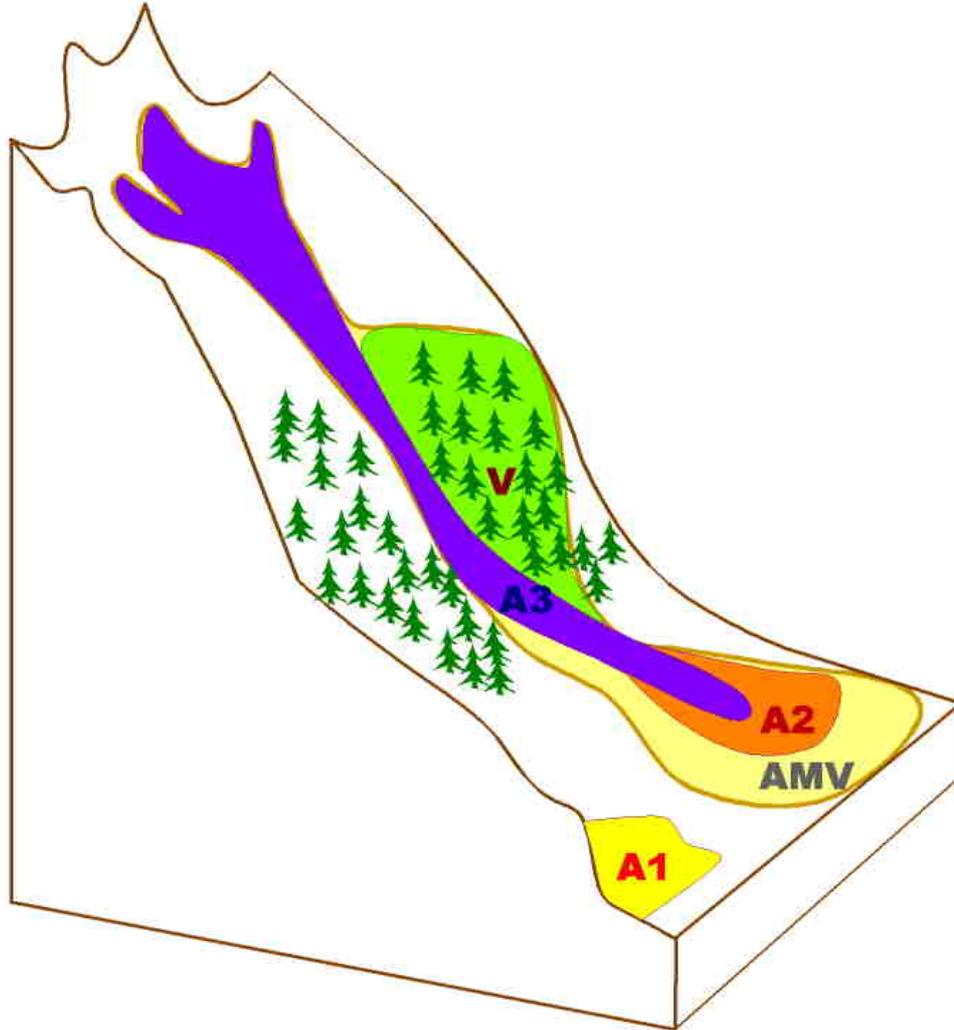
Un scénario de très faible probabilité peut être retenu pour la protection des personnes, notamment sur les zones d'enjeux forts. Ce scénario est souvent difficilement quantifiable, compte tenu des fortes incertitudes qui lui sont associées. Il est donc recommandé de ne retenir qu'un seul niveau d'aléa (l'Aléa Maximal Vraisemblable).

Cet AMV peut correspondre à un événement historique extrême antérieur à 1850 (Petit Age glaciaire), à un événement très ancien dont l'existence et l'extension paraissent douteuses (témoignages contradictoires, parcours difficilement compréhensible...), à une avalanche théorique tricentennale issue de la modélisation numérique, aux zones qui seraient exposées aux avalanches si elles n'étaient protégées par la forêt, ou encore à certaines zones anciennement exposées mais jugées aujourd'hui très efficacement protégées sur le long terme par des paravalanches.

3.3. Caractérisation des forêts à fonction de protection

L'objectif des PPR étant aussi de recenser les zones non concernées par des aléas mais qui pourraient induire un risque en cas de mauvaise gestion, il apparaît souhaitable d'identifier et décrire les zones boisées où il n'y a pas d'événement mais où le contexte topographique peut alerter sur la possibilité de survenue ou d'extension d'avalanche dans l'hypothèse de la disparition du boisement.

Les différentes zones d'aléas avalanche



- Aléa de référence centennale : A3 fort**
- A2 moyen**
- A1 faible (talus, coulées secondaires)**
- Aléa Maximal Vraisemblable (AMV)**
- Zone verte non exposée mais source d'aléa : V**

Figure 2 : schéma illustrant les différents types d'aléas, extrait du projet de guide PPR avalanche.

Ces zones d'aléas sont cartographiés généralement sur fond topographique de l'IGN, à une échelle souvent comprise entre le 1/10 000 ème et le 1/5000 ème.

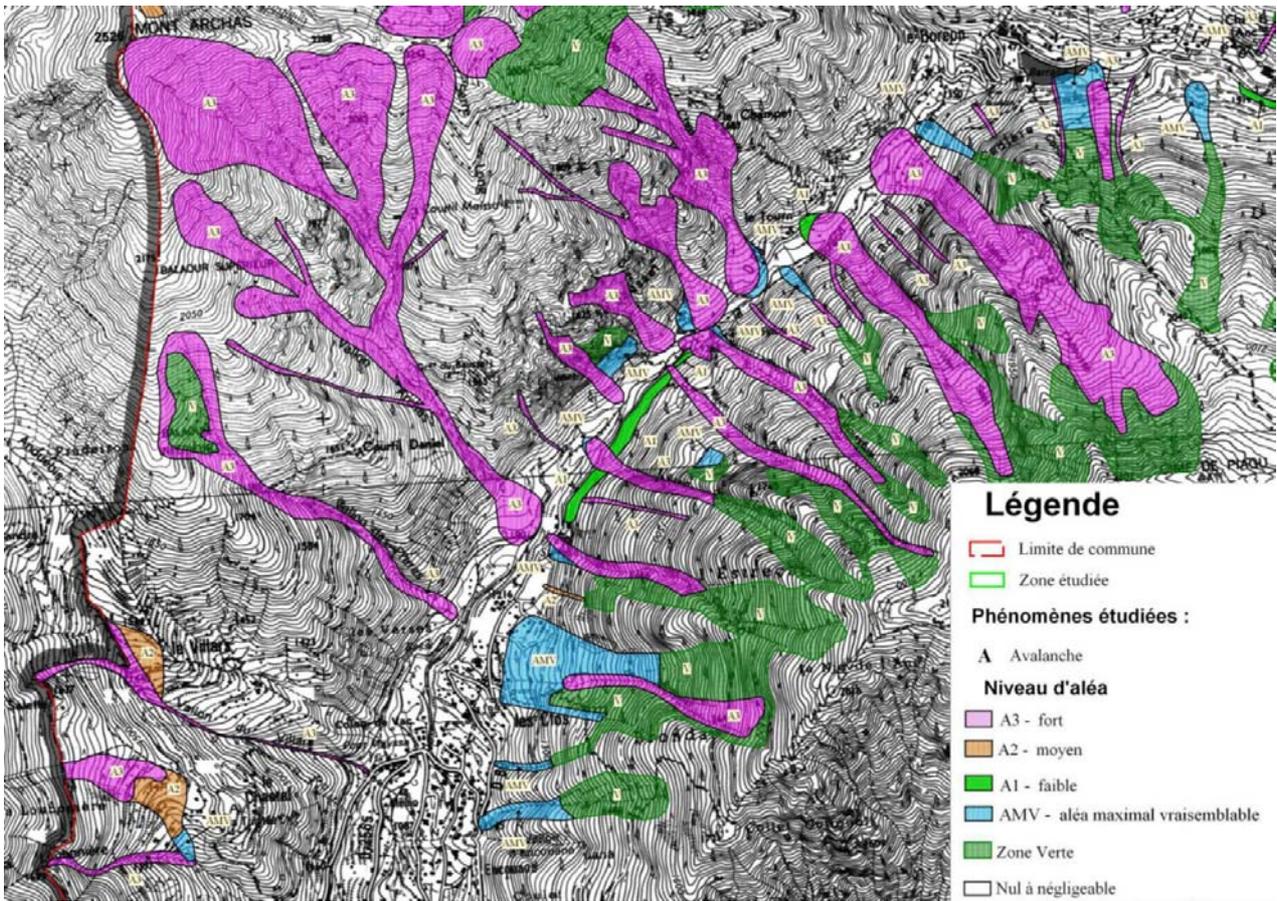


Figure 3 : extrait réduit de la carte des aléas avalancheux du PPR de St Martin Vésubie (06) établie en 2007, au 1/10 000ème. Noter la cartographie des forêts de protection (zone verte) et de l'AMV.

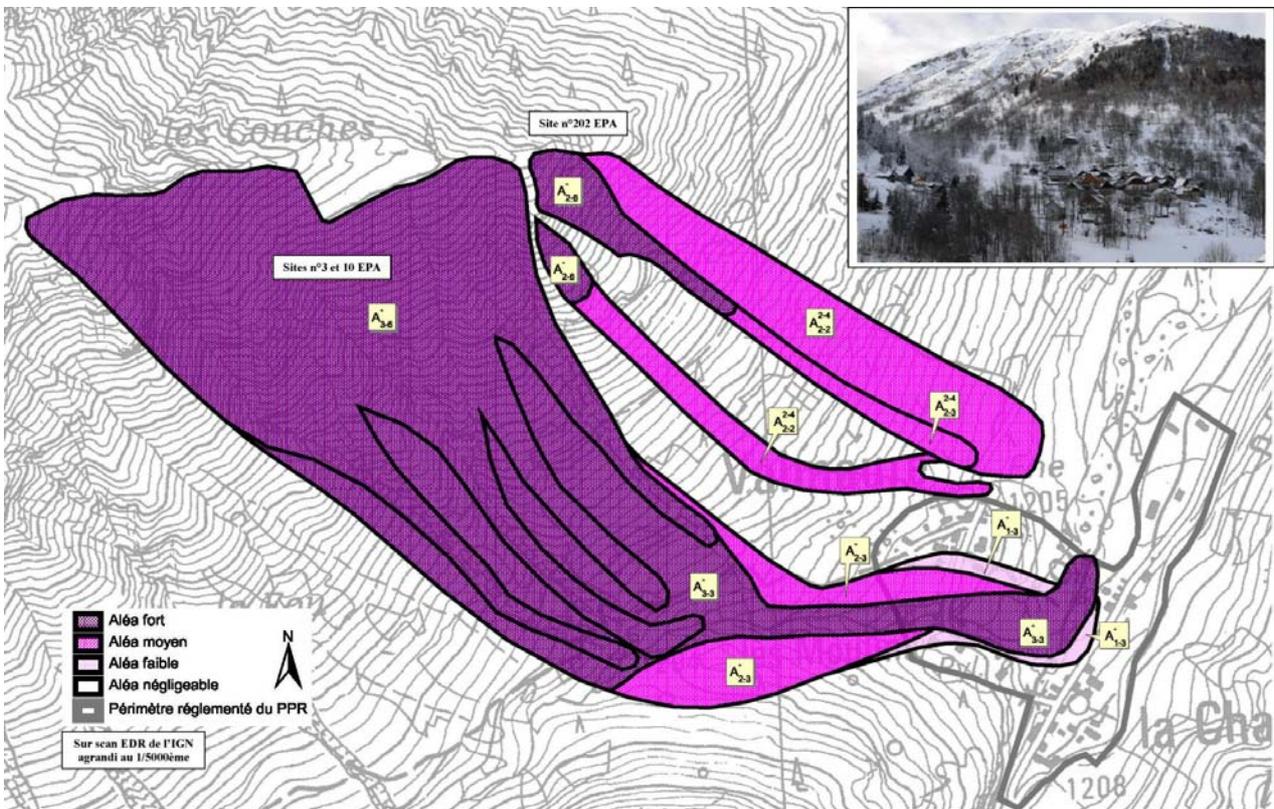


Figure 4 : extrait réduit de la carte des aléas avalancheux du PPR de St Colomban des V. (73) établie en 2009, au 1/5000ème. Noter le double affichage : niveau d'aléa et couple « intensité – fréquence ».

Ces cartes d'aléas s'accompagnent, dans le rapport de présentation du PPR, de fiches ou tableaux dans lesquels sont précisés : le secteur concerné, la nature du phénomène, les références de l'avalanche (nom du couloir, n° d'emprise CLPA, n° de site EPA), les caractéristiques de la zone avalancheuse, les événements marquants, les protections existantes et leur efficacité présumée, ainsi que le ou les phénomènes de référence retenus et leurs conséquences sur les enjeux menacés.

4. Traduction des aléas en termes d'aménagement et de gestion du territoire

La notion charnière entre aléas et prévention des risques, c'est la notion d'enjeux. Là où il n'y a pas d'enjeu, il n'y a pas de risque. C'est pour cela que les périmètres réglementés des PPR avalanches se limitent souvent aux fonds de vallées, ou plus exactement aux zones urbanisées et susceptibles de l'être à moyen terme (hors réglementation des ouvrages et forêts de protection). Par ailleurs, les zones déjà urbanisées ne peuvent être traitées tout à fait de la même manière que les zones naturelles ou agricoles, à niveau d'aléa équivalent. Dans le premier cas, il s'agira de trouver des solutions équilibrées pour maintenir une qualité de vie et un niveau d'activité économique satisfaisants, tout en cherchant à réduire au maximum la vulnérabilité des personnes et des biens. Dans le second cas, des mesures beaucoup plus strictes pourront être prises pour ne pas créer de risque là où il n'y en a pas encore. Pour cela, les enjeux existants peuvent être pris en compte au travers d'une carte spécifique où apparaissent les zones urbanisées, les voies de circulation, les établissements sensibles, les camping, les dispositifs de protection... Ils peuvent aussi donner lieu à un zonage et une réglementation spécifique.

Par souci d'équité et de transparence vis-à-vis des personnes concernées par le PPR, il est important que la transcription des aléas en zones réglementaires, en fonction des enjeux existants, soit clairement affichée et appliquée.

Le zonage réglementaire est réalisé sur fond cadastral, le plus souvent au 1/2000^{ème}. Il fait apparaître des zones de risque direct ou indirect, colorées suivant leur destination en terme d'aménagement et de gestion du territoire.

4.1. Zones de réglementation de l'urbanisation (zones rouges et bleues)

- *Zone rouge* : elle correspond à l'aléa fort ainsi qu'à l'aléa moyen en zone non urbanisée. Sur cette dernière, la zone rouge englobe aussi les terrains avalancheux protégés par un dispositif paravalanche, quelque soit le niveau de l'aléa résiduel.

En zone non urbanisée, toute construction est interdite (hors quelques exceptions très particulières comme les ouvrages de protection, certaines installations d'intérêt général ne pouvant être réalisées ailleurs, non habitées et n'aggravant pas les risques, ainsi que des équipements à usage agricole, sportif, de loisirs..., sous réserve là encore qu'ils n'augmentent pas les risques).

En zone déjà bâtie, tout nouveau projet est interdit mais l'entretien du bâti existant et certains aménagements / extensions limitées sont possibles, sous réserve que ces travaux améliorent globalement la sécurité des occupants dont le nombre ne peut être augmenté. D'autre part, des travaux paravalanches peuvent être prescrits dans un délai maximum de 5 ans à compter de la date d'approbation du PPR, pour réduire l'exposition des enjeux existants. Ils bénéficient alors d'une subvention de l'Etat.

- *Zone bleue* : elle correspond à l'aléa faible ainsi qu'à l'aléa moyen en zone urbanisée. Sur cette dernière, la zone bleue peut aussi englober les terrains avalancheux protégés par un dispositif paravalanche, à condition que l'aléa résiduel n'y soit plus fort. Cette zone est constructible sous conditions de protection du bâti. Des mesures plus contraignantes peuvent être imposées aux Etablissements Recevant du Public (ERP).

4.2. Zone réservée à la seule sauvegarde des personnes (zone jaune)

Les périodes avalancheuses sont généralement assez prévisibles car associées à des conditions nivo-météorologiques particulières. Il est donc envisageable d'assurer la sauvegarde des personnes exposées par des mesures d'alerte, de confinement ou d'évacuation. Ces mesures sont évidemment nécessaires en zones rouges et bleues mais peuvent être élargies aux zones uniquement concernées par un Aléa Maximal Vraisemblable. Des zones "jaunes" peuvent donc apparaître sur les cartes réglementaires du PPR, afin de rappeler aux élus locaux qu'elles doivent être intégrées au Plan Communal de Sauvegarde. Toujours en vue de protéger les personnes, il est possible aussi d'y interdire les équipements nécessaires à la gestion d'une crise avalancheuse et de réglementer les conditions de réalisation des ERP. En revanche, aucune prescription ne doit porter sur l'urbanisation classique et la protection des biens.

4.3. Zone de gestion des forêts à fonction de protection (zone verte)

Les zones boisées qualifiées de "forêt à fonction de protection" méritent d'apparaître sur les cartes réglementaires du PPR sous forme de zones vertes, classées inconstructibles comme les zones rouges, et assorties de certaines règles de gestion sylvicole qui peuvent être imposées, au titre du Code Forestier. Il peut s'agir d'interdictions de défrichement et coupe à blanc au delà d'une certaine surface / dimension, de la conservation de souches d'au moins 1 m de haut..., mais aussi d'incitations à une sylviculture jardinée par bouquets avec mélange d'essences, d'éclaircies en collectifs...

Ces incitations apparaissent de plus en plus dans les PPR depuis quelques années mais restent encore peu suivies d'effet, par manque de financement spécifique.

Zonage réglementaire

Principe de délimitation, de constructibilité et de gestion

| Aléa | Espaces non urbanisés | Espaces urbanisés | |
|---------------------------------------|--|--|---|
| | | non protégés | protégés |
| Fort A3 | Inconstructible | Inconstructible + limitation des arbres | Inconstructible (exceptionnellement constructible sous conditions strictes) + limitation des arbres |
| Moyen A2 | Inconstructible | Inconstructible (exceptionnellement constructible sous conditions de mise en oeuvre des mesures de prévention) + limitation des arbres | Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection + limitation des arbres |
| Zone non exposée source d'aléa | Inconstructible + Sylviculture pour une forêt à fonction de protection | Constructible sous condition de prise en compte de mesures individuelles de prévention | Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection |
| Faible A1 | Sylviculture pour une forêt à fonction de protection | Constructible sous condition de prise en compte de mesures individuelles de prévention | Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection |
| AMV | Constructible avec une réglementation pour les équipements nécessaires à l'organisation des secours | | |
| Négligeable ou nul mais accès menacés | Constructible avec une réglementation pour les équipements nécessaires à l'organisation des secours | | |

Pour l'ensemble des zones: mise en oeuvre d'un plan de surveillance, d'alerte et d'évacuation

Figure 5 : schéma de synthèse pour la transcription des aléas en zones réglementaires, extrait du projet de guide PPR avalanche.

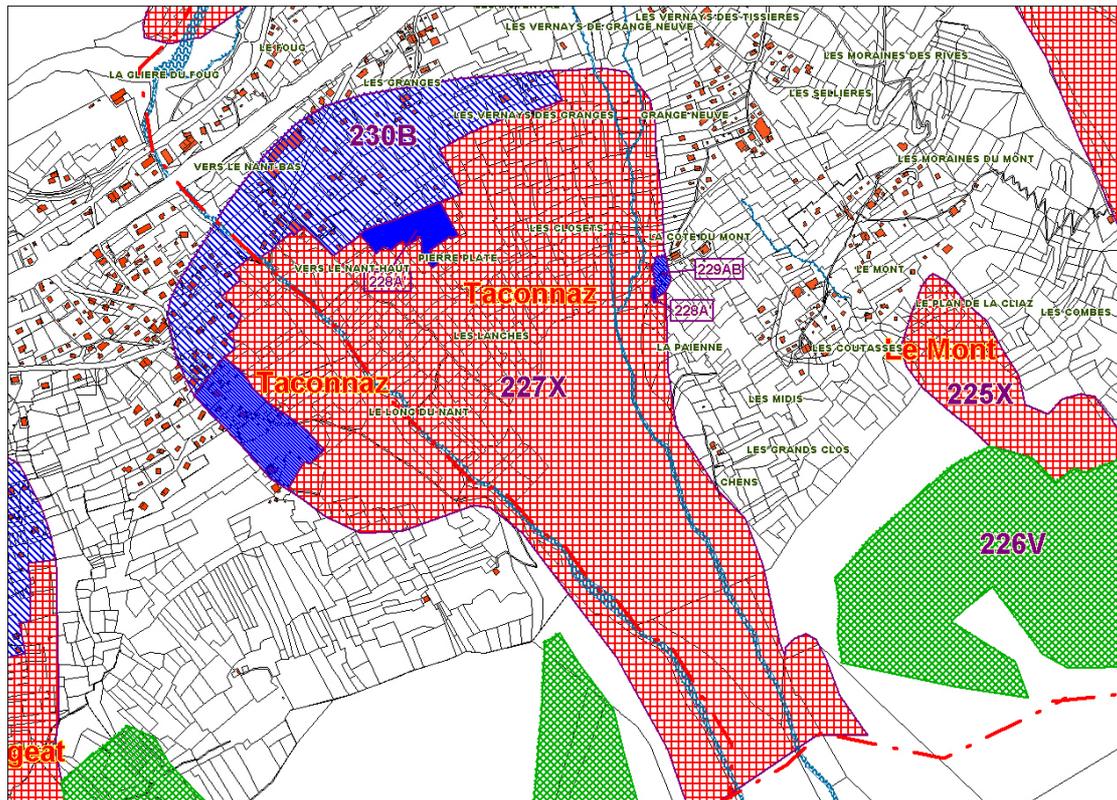


Figure 6 : extrait du zonage réglementaire du PPR de Chamonix (74) sur le secteur de Taconnaz. Noter l’affichage des zones vertes mais l’absence de zone jaune sur la carte réglementaire.

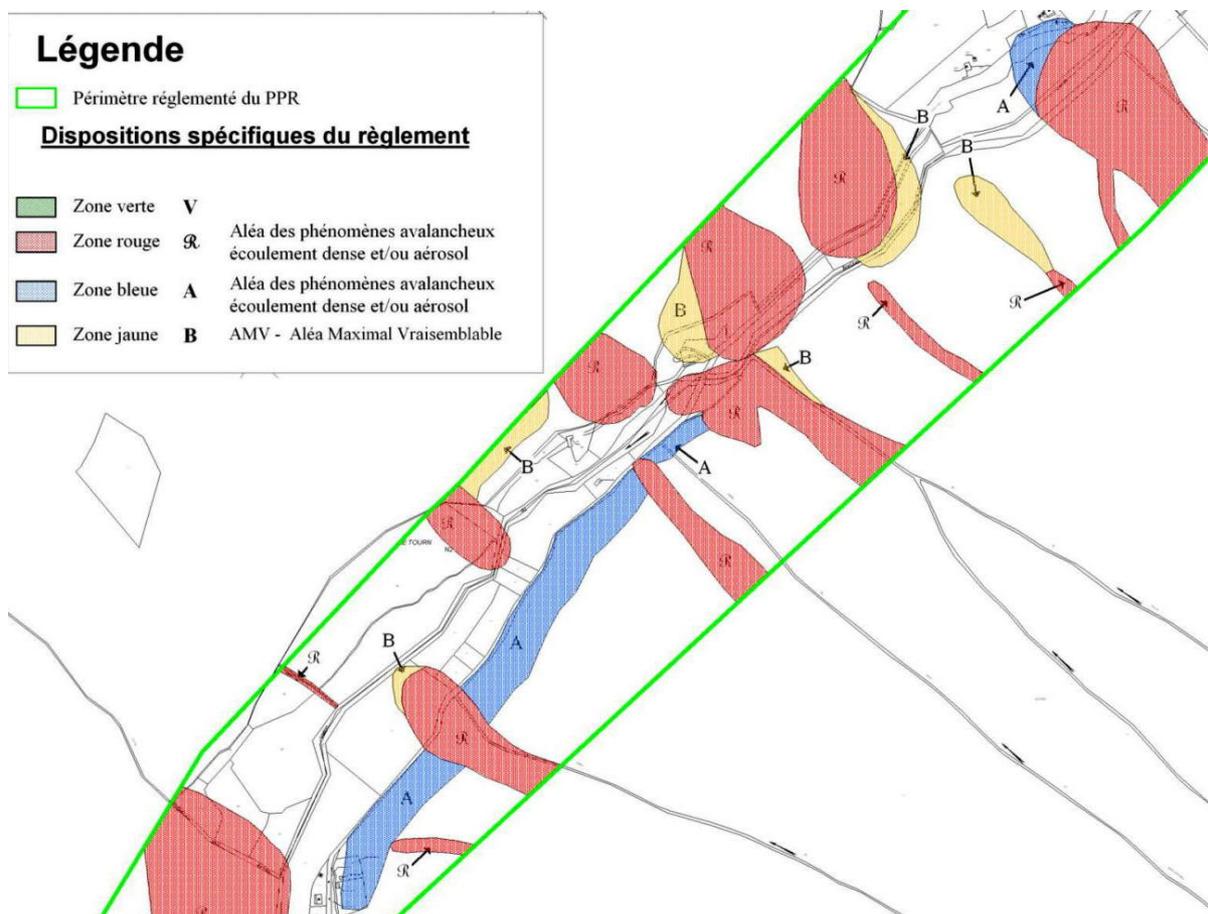


Figure 7 : extrait du zonage réglementaire (volet avalanches) du PPR de St Martin Vésubie (06). Noter l’affichage de zones jaunes à l’aval des zones vertes et pour les extensions exceptionnelles.

5. Contenu des règlements PPR en zones avalanches

5.1. Réglementation des projets nouveaux en zone bleue

Les façades et toitures les plus directement exposées doivent résister à une pression forfaitaire issue de l'analyse du phénomène de référence (généralement 30 kPa, parfois seulement 5, 10 ou 20 kPa dans le cas d'aérosol par exemple). Il s'agit implicitement de la pression dynamique d'impact, puisqu'elle est appliquée telle qu'elle par le constructeur. Cette résistance doit être atteinte sur une hauteur donnée (souvent 4 m à compter du sol, parfois beaucoup plus pour les aérosols). Elle s'accompagne généralement d'un aveuglement de façade sur la même hauteur. La moitié de cette pression de référence est souvent retenue pour le renforcement des façades latérales, moins exposées, où des ouvertures également protégées sont possibles. La plupart des règlements proposent en alternative la réalisation d'une étude nivologique individuelle qui précisera ces renforcements à l'échelle du projet.

Il est souvent demandé que les façades les plus exposées ne présentent pas d'angle rentrant susceptible d'augmenter les surpressions, ni d'entrée principale non protégée. Le règlement doit veiller à bien distinguer les règles d'urbanisme contrôlées par l'Etat des règles de construction qui restent de la responsabilité du propriétaire.

5.2. Réglementation des biens et activités existants

Il est illusoire de vouloir imposer le renforcement des structures existantes hors projet d'aménagement ou d'extension. En revanche, le règlement du PPR peut prescrire la pose de volets protecteurs sur les ouvertures des façades exposées.

Il est parfois demandé d'élaguer les arbres de plus de 8 m situés à proximité des enjeux. Enfin, le camping – caravanage est systématiquement interdit l'hiver en zone avalancheuse.

5.3. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Les mesures de prévention concernent notamment l'obligation communale d'information régulière des citoyens sur les risques naturels et la réalisation d'études pour l'amélioration des connaissances.

Les mesures de protection portent essentiellement sur l'entretien permanent des ouvrages et dispositifs de protection existants. De nouvelles protections déportées peuvent être recommandées, au même titre qu'une urbanisation organisée où les bâtiments se protègent mutuellement.

Enfin, les mesures de sauvegarde se résument souvent à rappeler au maire l'obligation de mise en oeuvre d'un Plan Communal de Sauvegarde dans les 2 ans suivant l'approbation du PPR, et à imposer aux chefs d'établissement la définition des conditions d'alerte et de mise en sécurité des occupants dans les ERP.

Il incombe donc aux élus locaux de définir les seuils d'alerte, les zones à évacuer, les zones de confinement possible et de prendre toutes les mesures nécessaires. Cette lourde tâche et cette prise de responsabilité nécessite des outils d'aide à la décision et des moyens financiers que les maires ont parfois bien du mal à obtenir. Et l'extension du PCS aux zones jaunes ne va pas simplifier les choses...

6. Dialogue et concertation autour des PPR

A chaque étape du zonage réglementaire des risques, l'expérience montre tout l'intérêt d'un dialogue avec les acteurs du territoire, qu'ils soient élus, habitants ou professionnels de la montagne. C'est par cet échange que l'on peut améliorer la connaissance des phénomènes, vérifier la bonne prise en compte des enjeux locaux dans le zonage réglementaire et faciliter l'appropriation des risques par la population.

Les services chargés de piloter les PPR avalanches (DDT, RTM) animent cette concertation autour de nombreuses étapes, certaines facultatives, d'autres réglementaires :

- ▶ 1^{ère} rencontre avec le maire pour présenter l'instructeur du PPR, le chargé d'étude, les grandes étapes de la procédure, pour apprécier les enjeux communaux et pour avoir une liste de personnes ressources sur la commune ;
- ▶ réunion ou rencontres sur le terrain avec les acteurs locaux et les habitants pour leur connaissance des phénomènes ; consultation des archives communales ;
- ▶ réunion avec les élus communaux pour une présentation de l'avant projet de carte des aléas et pour évoquer le futur zonage réglementaire ;
- ▶ réunion avec les élus communaux pour une présentation de l'avant projet de PPR complet, avec le règlement ;
- ▶ courrier du service instructeur répondant aux remarques de la commune et présentant les éventuelles modifications avant édition du projet de PPR ;
- ▶ réunion publique animée par le service instructeur pour présenter le projet de PPR aux habitants avant l'enquête publique ;
- ▶ consultation officielle de la commune (2 mois) et enquête publique dans la foulée (1 mois) ;
- ▶ rencontre avec les élus et les habitants ayant formulé des observations lors de l'enquête ;
- ▶ courrier du service instructeur répondant aux remarques de la commune et du public et présentant les éventuelles modifications avant édition du PPR définitif ;
- ▶ après approbation, service après-vente du service instructeur pour aider la commune dans l'application du PPR sur certains projets particuliers.

Bibliographie

- [1] BERNARD J-M., (2008), *"Aléa exceptionnel – éléments de méthode"*, DPPR/SDPRM/BRN.
- [2] DDT 06 – RTM 06, (2007), *"Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de Saint Martin Vesubie"*, pour la Préfecture des Alpes Maritimes.
- [3] LIEVOIS J., (2004), *"Le guide méthodologique français pour la prise en compte des avalanches dans les PPR"*. Article pour l'Université Européenne d'Eté sur les avalanches à Courmayeur - 2004.
- [4] LIEVOIS J., (2005 à 2009), Diverses présentations Power Point sur les PPR avalanches et le PPR de Chamonix. RTM 74.
- [5] MARCO O., (2008), *"Zones jaunes – Note sur les pratiques départementales des Alpes et des Pyrénées à l'attention du MEDAD"*.
- [6] MARCO O., (2009), *"Protection active paravalanche et augmentation de l'aléa"*. Note technique de la DTN RTM pour diffusion au MEEDDM et aux SRTM.
- [7] MATE, METL, (1997), *"Guide général pour les PPR"*.
- [8] MEDD, METLTM, MAAPAR, MISILL, (2004), *"Projet de guide méthodologique pour les PPR avalanches"*.
- [9] MEDD, (2006), *"Cahier de recommandations sur le contenu des PPR"*.
- [10] NAAIM M., (2007), *"A propos de la pression dans le zonage de l'aléa avalanche"*. Cemagref – UR ETNA pour la DN RTM.
- [11] RAPIN F., GUILLANDE R., (2003), *"Une nouvelle échelle d'intensité pour les avalanches"*. Article pour le comité de rédaction ingénierie EAT – commande du MEDD.
- [11] RAPIN F., (2004), *"L'expertise du risque d'avalanche"*. Article pour l'Université Européenne d'Eté sur les avalanches à Courmayeur - 2004.
- [12] REQUILLARD J-P., (2007), *"Propositions de modifications principales aux guides PPR et construire avalanches"*. Note de travail interne pour la DN RN - RTM.
- [13] ROUDNITSKA S., (1997), *"Les méthodes de cartographie réglementaire des risques naturels – enquête sur trois départements des Alpes du Nord"*, Mémoire de DEA de l'Institut de Géographie Alpine – Grenoble 1 – Cemagref - RTM.
- [14] ROUDNITSKA S., et LIEVOIS J. (2010), Présentation Power Point *"Le praticien du zonage des risques d'avalanches à la croisée des éclairages : archives, terrain, modèles et dialogue"*, DTN RTM pour la réunion SHF du 01/04/2010 à Grenoble.
- [15] MIRNAT 38, (2004), *"Règlement PPR type"*, pour RTM / DDAF / DDE de l'Isère.
- [16] RTM 74, (2003), *"Compte rendu d'expertises multiples réalisées en mai 2003 sur les couloirs avalancheux du Morclan – commune de Châtel (74), pour l'établissement d'un projet de zonage révisé du PPR"*.
- [17] RTM 65/64, (?), *"Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de Cauterets"*, pour la Préfecture des Hautes Pyrénées.
- [18] RTM 73, (2009), *"Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de Saint Colomban des Villards"*, pour la Préfecture de Savoie.