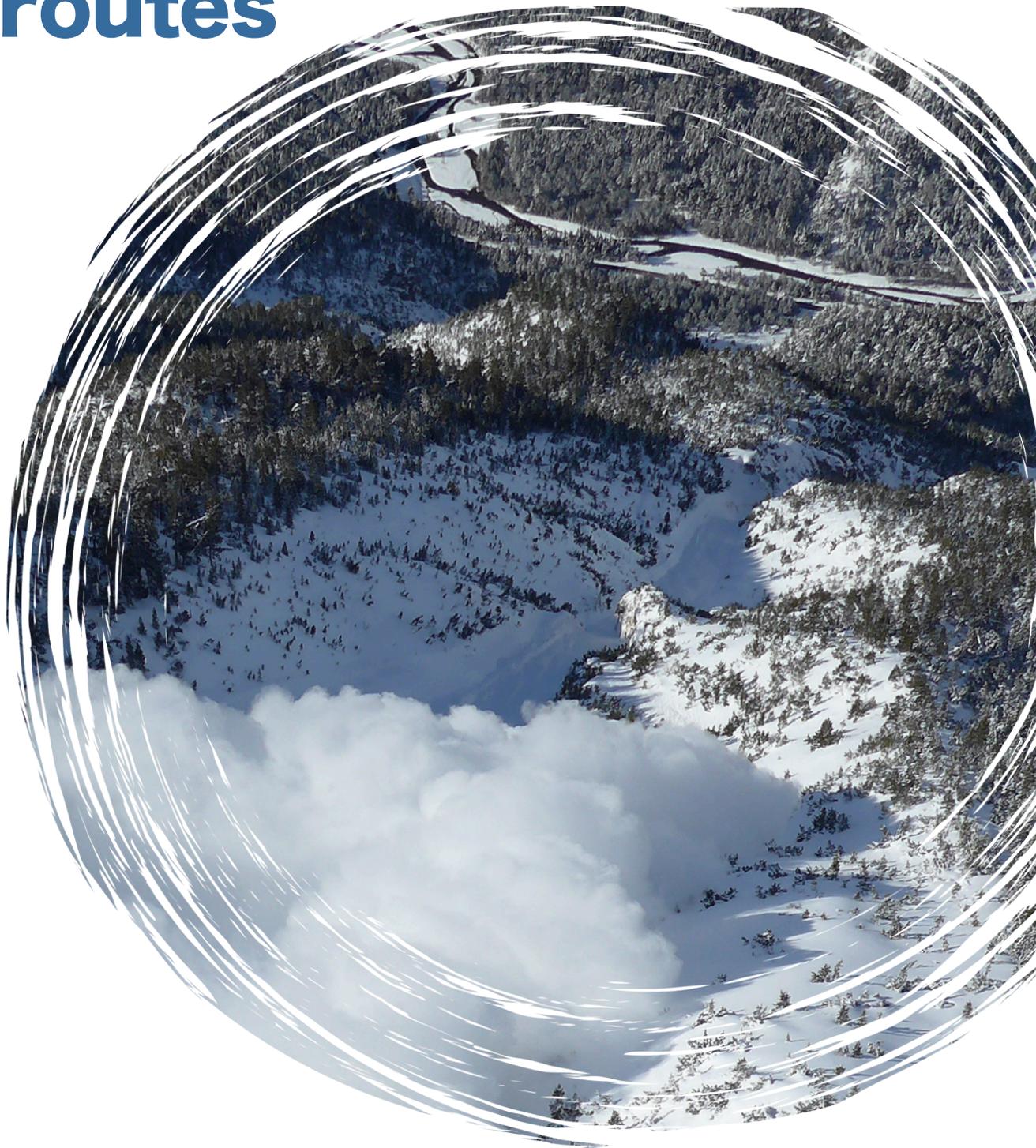


Prévision locale du risque d'avalanches pour les routes



Guide méthodologique

Juin 2021



Pôle Alpin Risques Naturels



**AGENCE NATIONALE
DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**



Impressum

Prévision Locale du Risque d'Avalanches pour les routes (PLRA) Guide méthodologique - Version juin 2021

Coordinateur

Jean-Marc Vengeon (PARN), Dr ingénieur et guide de haute montagne, référent avalanche au PARN, formateur à l'ENSA.

Rédacteur principal

Robert Bolognesi (Meteorisk), Dr EPFL et pisteur-secouriste, actif dans le domaine de la nivologie depuis 1982 ; concepteur de méthodes, de logiciels et d'instrumentation pour la prévision des avalanches ; chargé de PLRA pendant de nombreuses années pour diverses routes dans les Alpes.

Contributeurs principaux, par ordre alphabétique

Cécile Coléou (Météo-France), responsable de la Cellule Montagne et Nivologie ; participe à la prévision opérationnelle du risque avalanche depuis 35 ans et coordonne cette activité au niveau national depuis 2005, après avoir mené pendant 20 ans des travaux de recherche sur la neige, les outils et les méthodes de prévision appliqués aux échelles locales et régionales.

Grégory Coubat (ALEA), guide de haute montagne et pisteur-secouriste, chargé de PLRA sur 3 départements alpins depuis 2010.

Alain Duclos (ALEA), Dr IGA, guide de haute montagne et pisteur-secouriste, chargé de PLRA depuis près de 30 ans pour les routes de 3 départements alpins dont la Savoie depuis 1998, avec veille permanente hivernale et assistance à la gestion de crises.

Anne Dufour (Météo-France), ingénieure de recherche sur la microstructure de la neige, membre de la cellule Montagne et Nivologie, participe à la prévision opérationnelle du risque avalanche depuis 2010.

Pascal Hagenmuller (Météo-France), chercheur en mécanique de la neige depuis 2014 au Centre National de Recherches Météorologique/Centre d'Étude de la Neige.

Nadia Hassine (ONF-RTM), ingénieure chargée de PLRA pour les routes dans les Hautes Pyrénées et les Pyrénées-Atlantiques depuis 2013.

Stéphane Nouguier (ONF-RTM), ingénieur chef du service des Pyrénées-Orientales, représentant l'équipe en charge de PLRA pour les routes de l'Ariège et des Pyrénées Orientales.

Autres contributeurs, par ordre alphabétique

Laetitia Chomette, indépendante en étude sur la neige et les avalanches.

Sébastien Escande, guide de haute montagne, conseiller technique et chargé de formation ANENA, ancien chargé d'études PLRA.

Xavier Pasquier, accompagnateur en montagne, chargé de formation ANENA et ancien chargé d'études PLRA.

Édition et diffusion

ANENA, 15 rue Ernest Calvat, 38000 Grenoble. www.arena.org

Photo de couverture : © Luc Pascal.

Préface

Depuis sa création en octobre 1971, en réaction à la terrible avalanche du 10 février 1970 qui causa la mort de 39 personnes dans un chalet à Val d'Isère, l'Association Nationale pour l'Étude de la Neige et des Avalanches (ANENA, www.anena.org) anime les efforts des professionnels de la montagne pour la prévention de ce risque.

En concertation étroite avec les communes, l'association assure le lien entre la pratique et les avancées de la connaissance scientifique, contribue au développement des Plans d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches (PIDA) et à la formation des artificiers et des maîtres-chiens d'avalanche.

Par ailleurs, l'ANENA propose également des formations aux pratiquants des sports hivernaux en terrain non sécurisé, ainsi qu'aux professionnels exposés à ce risque. Par ailleurs, l'ANENA assure une mission de prévention et de sensibilisation au travers de conférences, d'événements dédiés et de son magazine Neige&Avalanches.

De son côté, l'association Pôle Alpin Risques Naturels (PARN, risknat.org) regroupe depuis 1988 neuf organismes (dont l'ANENA) qui ont des activités d'étude et de recherche sur les risques naturels en montagne. Les objectifs, à sa création, étaient les suivants :

- ▶ rassembler les organismes ayant une activité d'étude et de recherche dans le domaine des risques naturels, de façon à mettre en place des programmes coordonnés et à remédier ainsi à la dispersion des efforts ;
- ▶ développer des outils scientifiques et techniques performants, et les mettre à la disposition des pouvoirs publics et des services opérationnels afin d'améliorer la prévision et la prévention des risques naturels.

Le PARN anime depuis 2010 la communauté des territoires alpins engagés dans une politique innovante de Gestion Intégrée des Risques Naturels. Celle-ci vise à promouvoir les approches multirisques et à décroiser les politiques territoriales en donnant à la question des risques naturels une position transversale afin de mieux la prendre en compte dans les divers projets.

Pour ce faire, le PARN assure l'animation du réseau alpin Science Décision Action (qui regroupe scientifiques, techniciens et élus) et facilite le montage de projets de recherche. Ces actions s'inscrivent dans le cadre de la Convention Interrégionale de Massif Alpin (CIMA) qui lie les Régions AURA et SUD ainsi que l'Etat (ANCT) et bénéficient du soutien de l'Union Européenne (POIA).

Il était donc naturel que l'ANENA et le PARN joignent leurs efforts pour répondre à l'appel qu'a lancé la présidente de l'Association Nationale des Elus de Montagne (ANEM) lors des Assises Nationales des Risques Naturels en 2015 pour plus de clarté et d'homogénéité dans la Prévision Locale du Risque d'Avalanche sur les réseaux routiers.

L'Etat, poursuivant ses objectifs d'harmonisation des pratiques, de partage des outils et méthodes, de clarification des rôles entre prévisionniste et gestionnaire routier, a alloué des moyens financiers à l'ANENA.

C'est dans ce contexte que l'ANENA a enquêté en 2017 et 2018 auprès des opérateurs PLRA dans les Pyrénées et les Alpes, pendant que le PARN menait une enquête miroir auprès des gestionnaires routiers qui sont les donneurs d'ordre de la PLRA.

Cette phase d'enquêtes s'est conclue le 8 novembre 2018 à Grenoble par un séminaire regroupant opérateurs et donneurs d'ordre de la PLRA, lors duquel ont émergé trois pistes d'amélioration :

- ▶ réaliser le présent guide méthodologique, dont l'ambition est de formaliser un savoir-faire en préconisant des méthodes et des moyens afin de garantir une certaine qualité des prévisions ;
- ▶ partager des réflexions et des recommandations entre donneurs d'ordre au sujet des cahiers des charges ;
- ▶ organiser des réunions thématiques entre acteurs de la PLRA.

L'Etat a ensuite accompagné ces trois actions financièrement (via l'Agence Nationale de la Cohésion des Territoires) et techniquement au travers de l'implication de ses opérateurs publics notamment Météo-France (prévision du risque avalanche) et les Services ONF - RTM (prévention et gestion des risques naturels en montagne).

Cette démarche concertée des acteurs de la montagne a permis la réalisation de ce guide méthodologique dont l'ambition est de répondre aux attentes des prévisionnistes PLRA et des gestionnaires de réseaux routiers.

Jean-Pierre Rougeaux
Maire de Valloire et Président de l'ANENA



Philippe Gueguen
Président du PARN



Avant-propos

Le premier Guide méthodologique pour la prévision locale du risque d'avalanche a été élaboré de 2002 à 2004. A l'époque, la rédaction de ce document, coordonnée par Jacques Villecroze (†) de Météo-France, avait été confiée à Robert Bolognesi de Meteorisk et à des responsables de la prévision locale des avalanches en station de ski : Jorge Cardoso et Philippe Maniglier (†) de Flaine, Jean-Marc Daultier de l'Alpe d'Huez et Claude Schneider de La Plagne ; participait également Serge Riveill de Domaines Skiabiles de France. Des représentants des services des pistes de Chamrousse, Tignes et Val d'Isère avaient aussi pris part à certaines réunions du groupe de travail.

Ces personnes et organismes figuraient alors parmi les pionniers français de la prévision locale du risque d'avalanche. Celle-ci était née, dans quelques stations de ski des Alpes au début des années 1980 sous l'impulsion d'André Martzolf et de Christian Reverbel notamment, mais aussi à l'initiative de Jean-François Meffre en charge de la sécurité du chantier du barrage de Grand'Maison et de Robert Bolognesi qui débutait alors ses recherches dans ce domaine, à la division nivologie du CEMAGREF en collaboration avec le service des pistes de l'Alpe d'Huez. Dans les Pyrénées, les services RTM de l'ONF mettaient en place, au même moment, une première organisation de surveillance et d'alerte en Ariège pour sécuriser la route d'accès à l'Andorre, sous la conduite de Didier Fertin.

Ce premier guide méthodologique avait été réalisé sous l'égide de l'ANENA, au sein de la commission Prévision du Risque d'Avalanche. Il résumait alors l'état de l'art en la matière, et concernait plus particulièrement les domaines skiables. Ce document n'a connu qu'une diffusion confidentielle.

Aujourd'hui, deux décennies plus tard, son propos reste souvent d'actualité : celui-ci sera ainsi parfois partiellement repris dans les pages suivantes.



© A. Prud'homme

Sommaire



Avertissements	11
Introduction	13
<i>i.1. Objectifs et limites du document</i>	13
<i>i.2. Destinataires du document</i>	13
<i>i.3. Principes généraux</i>	13
1. Méthode	16
1.1. Étude préalable	16
1.1.1. Données historiques	16
1.1.2. Données topographiques	16
1.1.3. Données climatologiques	16
1.2. Collecte des données	17
1.2.1. Mesures et observations	17
1.2.2. Informations complémentaires	20
1.3. Analyses des données	21
1.3.1. Utilisation des informations régionales	21
1.3.2. Prévision locale à court terme	22



1.3.3. Prévision locale à moyen terme	24
1.4. Transmissions de l'information	24
1.4.1. Mise en forme	24
1.4.2. Canaux de diffusion	25
2. Moyens	26
2.1 Moyens matériels	26
2.1.1. Instrumentation	26
2.1.2. Logiciels	27
2.2. Moyens humains	27
2.2.1. Effectifs	27
2.2.2. Qualifications	28
2.2.3. Organisation	29
Conclusion	30
Glossaire	31
Annexes	31

Avertissements



La PLRA connaît un fort développement depuis une dizaine d'années et on y recourt maintenant pour sécuriser de nombreuses routes. Cependant la PLRA reste une stratégie à adopter lorsqu'aucun aménagement paravalanche n'est réalisable ou pour réduire un risque résiduel peu préoccupant. La PLRA ne doit donc pas être systématiquement préférée à des protections permanentes telles que des reboisements ou des digues par exemple : elle est à mettre en oeuvre seulement s'il est avéré qu'elle constitue la meilleure solution pour sécuriser la route, compte tenu des contraintes techniques et des ressources disponibles.



La PLRA vise à prévoir un aléa local : la connaissance des particularités locales est donc tout à fait primordiale et l'étude détaillée du site constitue un préalable incontournable à tout projet de PLRA. Ce travail initial doit être effectué avec soin ; il peut être réalisé par un tiers et, dans ce cas, les opérateurs PLRA devront consulter cette étude préalable de façon approfondie.



La PLRA demande des reconnaissances de terrain, des relevés fréquents et réguliers et, dans certains cas, des opérations d'installation et de maintenance d'instruments de mesure en altitude. Les opérateurs PLRA peuvent donc être amenés à se déplacer en montagne, en zone non sécurisée, et à prendre place dans un hélicoptère, ce qui n'est pas sans danger. La sécurité de ces opérateurs demande donc certaines pratiques et certains moyens.



Parmi les pratiques sécuritaires à adopter, on peut préconiser :

- ▶ des sorties en binôme, planifiées et annoncées ;
- ▶ des déplacements selon les itinéraires les plus sûrs ;
- ▶ le respect systématique des distances de sécurité lors de la progression.



Parmi les moyens devant être mobilisés, on peut recommander :

- ▶ le matériel de sauvetage D.V.A./pelle/sonde, éventuellement sac ABS ;
- ▶ les E.P.I. de circonstance (par exemple : casque, baudrier, etc.) ;
- ▶ la radio ou tout autre moyen de communication fiable.

Les recommandations formulées dans ce guide méthodologique n'engagent pas la responsabilité des auteurs et contributeurs. Par ailleurs, elles n'ont pas valeur de directive, ni de réglementation.

Enfin, elles sont sujettes à évolution, notamment à l'occasion de découvertes scientifiques ou d'innovations technologiques majeures. Elles seront complétées, actualisées ou révisées si besoin, sur le site Internet de l'ANENA, à l'adresse suivante : www.anena.org puis onglet "Gérer le risque" puis onglet "Élus et gestionnaires du risque".

Introduction

i.1. Objectifs et limites du document

Le présent document a pour objectifs :

- ▶ d'exposer une méthode de prévision locale des avalanches concernant les routes et répondant à certaines exigences en termes de fiabilité, régularité et continuité.
- ▶ d'indiquer les moyens à mobiliser pour mettre en oeuvre cette méthode avec efficacité.

Cependant, la prévision locale des risques d'avalanches (PLRA) pour les réseaux routiers ne peut être rigoureusement normalisée, tant les situations sont diverses : il s'agit parfois de sécuriser une piste de chantier à haute altitude, parfois un axe routier situé en fond de vallée, parfois une route desservant une station de ski...

Les situations socio-économiques sont tout aussi variées que les conditions naturelles, avec des enjeux et des moyens pouvant être très différents selon les cas. Aussi, ce document indique des principes plutôt qu'un mode opératoire strict, afin d'être applicable à la plupart des contextes ; il ne mentionne pas de technologies spécifiques, qu'il s'agisse d'instrumentations ou de logiciels, afin de pouvoir intégrer de futures innovations.

Ce guide n'est donc pas un recueil de recettes à suivre à la lettre, mais plutôt un ensemble de bonnes pratiques résumant l'état de l'art français en 2020, à adapter au contexte local.

i.2. Destinataires du document

Ce document s'adresse aux personnes qui doivent produire la PLRA ou qui en sont destinataires :

- ▶ les prévisionnistes locaux, en premier lieu, qui ont pour mission d'estimer l'aléa ;
- ▶ les gestionnaires de réseaux routiers qui sont chargés de mettre en oeuvre les mesures de sécurité ;
- ▶ les maires et conseillers municipaux des communes de montagne, qui pourront s'informer sur les potentiels et limites de la PLRA, ainsi que sur les moyens à mobiliser pour la mettre en oeuvre.

Ces différents acteurs, qui travaillent habituellement en étroite collaboration, devraient trouver dans ce guide des réponses à leurs questions relatives aux méthodes et aux moyens permettant d'assurer une mission de PLRA dans de bonnes conditions, dans la plupart des contextes.

i.3. Principes généraux

On considère ici que la PLRA consiste à prévoir les avalanches pouvant atteindre une portion de route donnée durant un certain laps de temps (les prochaines 6, 12, 24 ou 48 h), si possible en précisant leurs caractéristiques (type, taille...), et éventuellement en indiquant la confiance à accorder à cette prévision.

Il s'agit donc de prévoir et de caractériser des aléas menaçant des enjeux identifiés (des tronçons routiers dans le cas présent) ; des recommandations relatives aux mesures de sécurité à prendre (fermeture de la route, déclenchements préventifs, confinement, évacuation, etc.) peuvent être formulées mais, en principe, cela n'est pas du ressort d'un prévisionniste.

La PLRA demande la surveillance des conditions nivo-météorologiques afin de prévoir le déclenchement et l'écoulement des avalanches. Cette surveillance doit être continue et, du fait que ces conditions peuvent évoluer sensiblement d'un jour à l'autre, elle doit être quotidienne.

Le "produit final" issu de la PLRA est, a minima, une information régulière sur l'éventualité qu'une avalanche atteigne un tronçon de route donné.

La PLRA est complémentaire à la prévision régionale du risque d'avalanche diffusée par Météo-France. Elle demande une surveillance quotidienne des conditions nivo-météorologiques, avec des relevés quantitatifs (mesures) et qualitatifs (observations) effectués selon un protocole à définir en fonction du contexte local.

De plus, la PLRA demande une prévision météorologique locale ou régionale, car il est nécessaire d'anticiper pour prendre les mesures de sécurité à temps.

La prévision des avalanches se base toujours sur la séquence suivante :

1. Observer/Mesurer
2. Analyser/prévoir
3. Formuler/Informer

Cependant, il existe plusieurs formes de prévision des avalanches, qui se différencient selon l'étendue de la zone à sécuriser et selon l'enjeu concerné :

- ▶ La prévision régionale ;
- ▶ La prévision locale.

La prévision régionale ou "prévision par massif" est établie quotidiennement, pour le territoire national, par Météo-France. Elle couvre des zones étendues, dont la superficie est de l'ordre de la centaine de kilomètres carrés. Elle se formalise par deux principales productions : la vigilance météorologique et un bulletin spécifique quotidien par massif, pour les zones non sécurisées, émis en fin de journée et valable jusqu'au lendemain.

Cette prévision concerne toute la population (les bulletins sont en libre accès), en particulier les pratiquants de la montagne (amateurs et professionnels), les gestionnaires de domaines skiables, ainsi que les responsables de la sécurité communaux et départementaux. Elle renseigne sur l'aléa avalanche à l'échelle du massif en précisant les altitudes et les orientations les plus dangereuses et utilise l'Echelle Européenne des Risques d'Avalanches, conçue à cet usage.

La prévision régionale ne permet pas de déterminer directement la probabilité d'atteinte d'une route donnée. Ce présent document ne concerne donc pas cette forme de prévision effectuée par Météo-France.

La prévision locale couvre des zones restreintes dont la superficie varie de quelques hectares à quelques kilomètres carrés. Elle peut concerner des domaines skiables ou des routes. Dans ce dernier cas - celui auquel on s'intéresse ici -, la prévision ne s'adresse qu'aux autorités, ne s'exprime pas nécessairement par un bulletin et ne se réfère pas à l'Echelle Européenne des Risques d'Avalanches.

Elle renseigne sur le danger concernant seulement quelques tronçons routiers bien identifiés.

Elle suppose que les relevés nivo-météorologiques soient effectués à proximité immédiate des sites avalancheux pour être les plus significatifs possible, dans le but d'établir un diagnostic le plus fiable possible. Ceci constitue l'essence même de la prévision locale, désignée ici par l'acronyme PLRA.

Ce présent document traite spécifiquement de cette forme de prévision, appliquée à la sécurisation des routes.

Si la prévision doit concerner un réseau routier étendu (le réseau de tout un département par exemple), on peut éventuellement limiter le nombre de points de relevés pour optimiser la collecte des données, en ne retenant que ceux qui paraissent les plus significatifs.

La représentativité de ces points de mesures doit alors être vérifiée avec soin ; cette optimisation, qui peut nécessiter le recours à des méthodes statistiques sophistiquées et à des campagnes de validation minutieuses, n'est pas abordée dans ce guide. Celui-ci ne traite pas ce cas particulier dont les contraintes et les méthodes se rapprochent de celles de la prévision régionale, même s'il s'agit d'établir des diagnostics locaux.

De façon générale, la PLRA se définit par :

- ▶ des diagnostics locaux, concernant des enjeux précis (des tronçons routiers dans le cas présent) ;
- ▶ la superficie réduite de la zone considérée : généralement quelques kilomètres carrés ;
- ▶ la collecte de données effectuée à proximité immédiate des sites dangereux pour avoir la meilleure perception possible des conditions nivo-météorologiques locales.

On notera qu'il est possible d'activer des synergies entre ses diverses prévisions. En particulier, on peut partager :

- ▶ des formations générales sur la neige et les avalanches ;
- ▶ des données : observations et relevés ;
- ▶ des expériences, connaissances, analyses et avis ;
- ▶ des ressources techniques (stations de mesures automatiques notamment) et humaines.

1. Méthode

1.1. Étude préalable

On rappelle que l'étude détaillée du site constitue un préalable incontournable à tout projet de PLRA, et que les opérateurs PLRA doivent avoir en mémoire les résultats de cette étude. Les connaissances à rassembler concernent principalement l'histoire, la topographie et la climatologie des lieux.

1.1.1. Données historiques

Pour prévoir de futures avalanches sur un site donné, il est évidemment utile de connaître les avalanches qui s'y sont produites dans le passé. Pour cela, on dispose de plusieurs sources d'information (liste non exhaustive) :

- ▶ les documents officiels, notamment la CLPA avec ses fiches signalétiques, l'EPA et le PPR avec sa carte des aléas, sont des documents très instructifs. S'ils sont disponibles pour la zone concernée, il est très utile de les consulter. La CLPA délimite l'emprise des avalanches constatées : elle constitue une base de travail fiable. L'EPA permet d'évaluer plus ou moins précisément la périodicité des avalanches ; elle contient également des informations (type et taille des avalanches) pouvant aider, en première approche, à identifier les situations dangereuses et parfois à caractériser les écoulements.
- ▶ les documents des services de déneigement ou des services techniques communaux, qui recensent parfois les avalanches ayant atteint les routes. En général, ils complètent fort efficacement l'EPA.
- ▶ les témoignages des habitants qui empruntent la route régulièrement et ceux des sociétés de transport de personnes ou de marchandises.

Cette enquête historique doit permettre de cerner la périodicité et, dans une moindre mesure, l'ampleur des phénomènes. Elle doit également permettre d'identifier les sites les plus problématiques (ceux qui connaissent le plus souvent des avalanches), ce qui aidera à déterminer l'emplacement des points de mesure.

Enfin, elle permet parfois de caractériser les conditions nivo-météorologiques favorables au départ des avalanches.

1.1.2. Données topographiques

L'analyse topographique, et plus généralement l'analyse dite naturaliste, est également très utile pour se représenter les phénomènes pouvant survenir. En principe, elle conforte et complète l'enquête historique. Elle permet d'imaginer des phénomènes encore jamais observés (ou oubliés), notamment des modifications de trajectoire, des débordements de digue, des étalements imprévus en cas de sur-avalanche, etc.

L'analyse topographique est très utile pour "imaginer le pire" et donc pour ne pas se faire surprendre.

1.1.3. Données climatologiques

Les données climatologiques sont précieuses pour préciser la périodicité des avalanches. Elles permettent de conforter ou relativiser l'enquête historique, et de lier l'activité avalancheuse passée à des conditions nivo-météorologiques typiques (l'étude de la climatologie locale n'est toutefois possible que si l'on dispose d'une longue série de mesures représentatives des conditions locales).

Les données-clés concernent les précipitations (pluie et neige), les températures, les vents, l'ensoleillement et l'enneigement. Elles permettent d'estimer la fréquence des situations météorologiques qui peuvent créer le danger.

L'étude préalable du site est indispensable à la mise en oeuvre de la PLRA

Elle doit permettre d'identifier les couloirs les plus dangereux. Elle doit aussi permettre de caractériser les situations nivo-météorologiques qui sont propices au déclenchement de ces avalanches. Elle peut se formaliser, par exemple, par une carte des avalanches susceptibles de toucher la route, indiquant les emprises, les périodicités et les situations météorologiques alarmantes, pour chaque couloir à surveiller.

1.2. Collecte des données

Selon les principes généraux exposés en introduction, la PLRA nécessite la collecte et l'archivage de données nivo-météorologiques qui doivent permettre d'évaluer d'une part l'instabilité du manteau neigeux, d'autre part l'ampleur des éventuelles avalanches. Il s'agit en effet d'estimer la probabilité que la route soit atteinte par une avalanche, et pas seulement la probabilité de rupture du manteau neigeux.

De façon générale, l'aléa avalanche menaçant une route est évalué à partir de données nivo-météorologiques locales (mesures et observations), éventuellement complétés par des informations régionales.

Les variables locales utiles à la PLRA comportent :

- ▶ des données nivo-météorologiques ;
- ▶ des données nivologiques ;
- ▶ des données décrivant l'activité avalancheuse.

La collecte des données doit être effectuée selon une procédure garantissant leur homogénéité, en se référant aux usages dans le domaine. L'archivage des données (avec sauvegardes multiples, régulièrement actualisées) doit garantir leur pérennité.

1.2.1. Mesures et observations

Le jeu de données permettant d'établir de bonnes prévisions dépend des particularités climatiques et géographiques locales. Cependant, certains relevés apparaissent quasi indispensables, dans tous les cas.

Données nivo-météorologiques

Il convient de mesurer ou d'estimer régulièrement au moins les paramètres nivo-météorologiques suivants :

- ▶ les précipitations : cumuls (neige et pluie) en 6, 12 ou 24 h ;
- ▶ les températures de l'air : instantanée, minimale et maximale sur 24 h ;
- ▶ les vents : directions et vitesses ;
- ▶ la nébulosité (ou l'ensoleillement) ;
- ▶ le transport de neige par le vent.
- ▶ la hauteur totale de neige au sol ;
- ▶ la hauteur de la couche superficielle sans cohésion ;
- ▶ l'épaisseur de la couche superficielle regelée, le cas échéant ;
- ▶ la masse volumique de la couche superficielle ;

Où faire les relevés ? Ces diverses données devraient être collectées en un lieu suffisamment représentatif des zones de départ des avalanches. L'altitude, l'orientation et l'exposition aux courants météorologiques dominants devraient être plus ou moins similaires, sauf cas parti-

culier. Cependant, on ne peut pas mesurer convenablement, en un même lieu, le vent et les chutes de neige du fait que le vent, qui accompagne souvent les précipitations en montagne, transporte la neige. On recommande donc de définir un lieu pour la mesure du vent et éventuellement du transport de neige, et un autre lieu pour la mesure des précipitations et des autres paramètres nivo-météorologiques ; si on doit ne retenir qu'un seul site de mesure, on privilégiera un lieu qui permet de relever correctement les précipitations (donc peu venté) et on effectuera une estimation du vent ou du transport de neige en altitude.

Quand faire les relevés ? Les conditions nivo-météorologiques varient sans cesse : ces données doivent donc être collectées régulièrement, du début à la fin de la période hivernale. Dans l'idéal, les relevés doivent être quotidiens et effectués à heure fixe (pour pouvoir calculer des cumuls significatifs notamment), de préférence le matin pour pouvoir être analysés aussitôt. Cependant, en cas de situation jugée particulièrement dangereuse, les relevés peuvent être plus fréquents (toutes les 3 ou 6 heures).

Données nivologiques

Il est utile de compléter les relevés nivo-météorologiques quotidiens par des relevés nivologiques internes, permettant d'observer régulièrement la structure interne du manteau neigeux, dans le but d'y détecter d'éventuelles faiblesses (couches fragiles en particulier) :

- ▶ des tests de stabilité ;
- ▶ des sondages par battage avec profil stratigraphique ou/et des profils nivologiques rapides.

Les tests de stabilité révèlent directement une éventuelle instabilité, tandis que les sondages par battage avec profil stratigraphique et les profils nivologiques rapides dévoilent la constitution du manteau neigeux, ce qui permet non seulement de déceler des fragilités, le cas échéant, mais aussi de prévoir l'évolution des couches de neige à court terme.

Ces différents relevés sont utiles, s'ils sont effectués en des lieux représentatifs des zones à analyser et à condition d'être répétés (si possible) pour être confirmés.

Où faire les relevés ? Le choix d'un point de relevé pertinent est très délicat car la constitution du manteau neigeux varie considérablement d'un lieu à l'autre, y compris sur un même versant. Les données nivologiques internes devraient être collectées... dans les zones de départ des avalanches ! C'est évidemment impossible car trop dangereux.

Mais on peut souvent obtenir des renseignements précieux en collectant ces données à proximité des zones de départ, dans des pentes présentant à peu près la même orientation et une déclivité de 25° environ, situées à une altitude voisine, et exposées au vent de façon similaire. Le choix d'un site de mesure adéquat demande une grande expérience de terrain et devra être validé par une série d'observations simultanées. Moyennant ces précautions, ces sondages, profils et tests apporteront des informations très intéressantes.

Quand faire les relevés ? Les relevés nivologiques peuvent être effectués de façon occasionnelle, car la structure interne du manteau neigeux évolue assez lentement en l'absence de perturbations météorologiques majeures.

En pratique, ils peuvent être réalisés une fois par semaine, et si possible juste avant l'arrivée d'une perturbation active ou lors d'un changement de temps très marqué (redoux, pluie, épisode de vent fort par exemple)

Ils doivent être effectués par un opérateur qualifié et expérimenté, capable d'évaluer leur représentativité, sous peine d'être peu pertinents et donc inexploitable. Comme déjà mentionné, les relevés peuvent être plus fréquents en cas de situation jugée particulièrement dangereuse.

Données décrivant l'activité avalancheuse

L'activité avalancheuse locale est un bon indicateur de l'aléa. On pourra observer, quotidiennement :

- ▶ le nombre d'avalanches ;
- ▶ la taille des avalanches ;
- ▶ le cas échéant, les enjeux atteints et les dommages causés.

On peut compléter ces observations minimales sur les avalanches en indiquant leur type (neige sèche ou humide, rupture en plaque ou ponctuelle), leur mode de déclenchement (spontané ou provoqué) et d'écoulement (avec ou sans aérosol) et leur localisation (notamment altitude et orientation).

Où faire les relevés ? Ces observations doivent être faites depuis un lieu offrant une vision complète du site à surveiller ou par des reconnaissances aériennes. Ces observations peuvent être enrichies par des photographies. L'observation visuelle de l'activité avalancheuse n'est possible que par bonne visibilité.

Les systèmes automatisés (radars, détecteurs sismiques ou acoustiques ou autres...) apportent, a priori, une information plus fiable car celle-ci peut être collectée même par mauvais temps. Mais ces systèmes doivent être validés localement avant de pouvoir être effectivement utilisés pour la PLRA.

Quand faire les relevés ? L'observation de l'activité avalancheuse doit être quotidienne, et même continue (si possible) en période de crise ou lorsque l'instabilité augmente rapidement comme lors des épisodes de précipitations intenses par exemple.

Le recueil et l'archivage des données décrivant l'activité avalancheuse est indispensable à la PLRA, notamment pour améliorer sa fiabilité par des analyses rétroactives, mais aussi pour capitaliser et transmettre l'expérience. Par ailleurs, l'activité avalancheuse du moment est souvent un bon indicateur de l'activité avalancheuse des quelques heures à venir.

Remarques sur la localisation des lieux de mesure et d'observation :

Les lieux où sont collectées les données nécessaires à la PLRA doivent être choisis avec le plus grand soin, en veillant à ce que les données soient le plus significatives possible pour la zone placée sous surveillance : la fiabilité de la PLRA en dépendra directement.

Les critères de localisation des lieux de mesure sont les suivants :

- ▶ la sécurité des opérateurs et des tiers ;
- ▶ la représentativité pour la zone placée sous surveillance ;
- ▶ la garantie d'homogénéité des données ;
- ▶ l'accessibilité par tous temps (pour les postes demandant des relevés manuels) ;
- ▶ la possibilité de disposer d'énergie et de réseau téléphonique ;
- ▶ la complémentarité avec d'autres réseaux de mesures.

NB : les trois premiers critères doivent impérativement être respectés.

Les localisations à éviter sont :

- ▶ les zones pouvant être atteintes par des avalanches, laves torrentielles, chutes de pierres ou de séracs, etc. ;
- ▶ les terrains instables : moraines, marais, zones humides et tourbières ;
- ▶ les rives de torrents et rivières ;
- ▶ les zones très fréquentées (abords immédiats de parking par exemple) ;
- ▶ les lisières de forêts ;
- ▶ les zones urbanisées ou en cours d'aménagement ;
- ▶ les fonds de thalweg, cols et terrains accidentés ;
- ▶ les réserves naturelles et autres zones de protection de la faune et de la flore.

Il est souvent utile de définir deux points de mesure distincts, l'un pour la mesure du vent et éventuellement du transport de neige, l'autre pour la mesure des précipitations et des autres paramètres ; si on ne peut retenir qu'un seul lieu de mesure, on privilégiera celui qui permet de relever correctement les précipitations (donc peu venté) et on effectuera une estimation du vent ou du transport de neige en altitude.

Installer une station de mesures automatiques du vent à haute altitude et un poste de mesures "manuelles" à moyenne altitude constitue souvent une solution efficace. Un troisième lieu devra encore être choisi pour l'observation de la structure interne du manteau neigeux.

De multiples reconnaissances de terrain sont nécessaires pour choisir judicieusement l'emplacement des points de mesures. Selon les cas, il peut être utile de délimiter l'emplacement des champs de mesure afin qu'il ne soit pas perturbé.

1.2.2. Informations complémentaires

Internet, avec ses sites, ses blogs et ses réseaux sociaux, délivre continuellement une grande quantité d'informations, données ou/et prévisions, pouvant compléter les relevés "traditionnels".

Informations issues de sources institutionnelles ou assimilées :

- ▶ bulletin d'estimation du risque d'avalanche (BERA) ;
- ▶ carte de vigilance météorologique et bulletin de suivi avalanche ;
- ▶ données mesurées, provenant de postes manuels ou de stations automatiques ;
- ▶ bulletins météorologiques ;
- ▶ sorties de modèles météorologiques.

Informations issues d'autres sources :

- ▶ témoignages de professionnels (guides de montagne, moniteurs de ski, pisteurs, gardiens de refuges, etc.) ;
- ▶ images (webcams, photos et séquences vidéo postées sur les blogs et réseaux sociaux) ;
- ▶ témoignages de pratiquants (freeriders, randonneurs, etc.).

L'intérêt du partage via Internet est évident : l'information disponible est décuplée par l'action collaborative. Le revers de la médaille est tout aussi évident : l'information - gratuite -, n'est pas toujours vérifiée. Elle peut être tout à fait fiable comme totalement erronée.

Moyennant les précautions d'usage (identification des sources, recoupements/confirmeries, vérifications, etc.), on pourra utiliser avantageusement cette source d'information, notamment pour prendre connaissance de l'activité avalancheuse quotidienne aux alentours de la zone à surveiller ou pour obtenir des prévisions météorologiques. Il convient de ne retenir que les sources d'information fiables et régulièrement actualisées.

Des liens utiles et régulièrement actualisés sont indiqués sur le site de l'ANENA (rappel) : www.anena.org puis onglet "Gérer le risque" puis onglet "Élus et gestionnaires du risque".

Les personnes chargées ou responsables de la PLRA peuvent exploiter des données provenant d'Internet mais elles pourraient aussi y diffuser de l'information (données, analyses, prévisions ou alertes), bien que cela ne soit pas sa vocation première.

Il leur faut être conscient du fait que la responsabilité des personnes (physiques et morales) qui diffusent publiquement des avis et prévisions peut être engagée. Par ailleurs, il leur faudra s'assurer qu'aucune confusion ne soit possible avec la prévision régionale exprimée par le BERA.

Moyennant ces précautions, la mise en réseau des divers acteurs locaux et régionaux de la prévision des avalanches peut permettre des échanges d'informations et de connaissances profitables à tous, et contribuer ainsi à une amélioration des prévisions.

1.3. Analyse des données

La PLRA est établie en analysant les facteurs de risque (précipitations, vents, etc.) et en considérant les indicateurs du risque (activité avalancheuse). La PLRA et le BERA permettront de prendre les décisions de circonstances.

1.3.1. Utilisation des informations régionales

Parmi les missions qui lui sont confiées au travers de son décret fondateur, Météo-France est chargé de la "surveillance du manteau neigeux", d'en "prévoir les évolutions" et de "diffuser les informations correspondantes". La prévision du risque d'avalanche se traduit aujourd'hui par deux productions spécifiques dans les Alpes (24 massifs), les Pyrénées (11 massifs) et la Corse (2 massifs) : le bulletin d'estimation du risque d'avalanche et la prise en compte du phénomène "avalanches" dans le cadre de la vigilance météorologique.

Il s'agit d'outils d'aide à la décision, permettant à des utilisateurs très divers d'inscrire dans leur processus de décision (concernant une randonnée à ski, la sécurisation d'un domaine skiable, l'ouverture/fermeture d'un axe routier, etc.) une information pertinente concernant l'aléa avalancheux. Cette information doit toujours être complétée, en fonction de l'enjeu, par des observations, des données et des analyses locales.

Le BERA ainsi que la carte de vigilance et les bulletins de suivi associés constituent donc des informations de base, publiques, à consulter quotidiennement. Ils sont disponibles sur www.meteo.fr

Le Bulletin d'Estimation du Risque d'Avalanches

Il est élaboré par les prévisionnistes de Météo-France à l'échelle d'un massif et diffusé quotidiennement de début novembre à mi-juin. Il est émis vers 16h et il est valide jusqu'au lendemain soir, en dehors des pistes balisées et ouvertes. Les sites régulièrement soumis à des déclenchements préventifs peuvent présenter un manteau neigeux différent des sites naturels : le BERA ne s'y applique donc pas directement.

La première information du BERA est l'indice de risque d'avalanche ; c'est une synthèse de la situation prévue jusqu'au lendemain. Cet indice suit l'échelle européenne du risque d'avalanche utilisée depuis l'hiver 1993-1994 qui comporte 5 niveaux. Chaque niveau intègre l'éventualité d'avalanches spontanées et provoquées, en faisant référence au nombre, à la taille et à la probabilité de déclenchement d'avalanches qui peuvent survenir dans une zone donnée (cf. <https://meteofrance.com/sites/meteofrance.com/files/files/editorial/EchelleRisqueAvalanche.pdf>).

L'indice de risque résume, par un seul chiffre, l'aléa (sous tous ses aspects) qui est prévu jusqu'au lendemain à l'échelle du massif. Sa déclinaison à l'échelle d'une pente ou d'un couloir n'aurait pas de sens selon la définition de l'échelle européenne du risque d'avalanche.

Pour la PLRA, il ne suffit pas de prendre connaissance de l'indice de risque : il est recommandé de lire le bulletin complètement, notamment les informations (textes et graphiques) qui précisent les processus et facteurs à prendre en compte : le prévisionniste local les interprétera en fonction des conditions observées localement, et en se référant aux caractéristiques des sites relevées lors de l'étude préalable (altitudes, orientations, localisations dans le massif, types d'avalanches pouvant atteindre les enjeux, etc.). Il pourra ainsi extraire les éléments du BERA qui sont pertinents pour la PLRA.

A noter : une attention particulière doit être portée aux informations sur les départs spontanés.

Le bulletin fournit de nombreuses informations pouvant être utiles à la PLRA :

- ▶ Le cartouche précise les altitudes et les orientations les plus dangereuses et présente un résumé de l'aléa en distinguant les départs spontanés des déclenchements provoqués. Il permet souvent de déterminer les actions à entreprendre pour suivre la situation locale.

- ▶ La rubrique suivante, "Stabilité du manteau neigeux", contient systématiquement :
 - une description de la situation avalancheuse selon la terminologie européenne standardisée (neige fraîche, neige ventée, neige humide, sous-couche fragile persistante et avalanche de glissement) ;
 - un paragraphe sur les départs spontanés indiquant le nombre, la taille et le type d'avalanches attendues, ainsi que leur localisation (altitudes et orientations les plus concernées) et les facteurs météorologiques déclencheurs (chutes de neige, pluie, vent) avec leur chronologie prévue ;
 - un paragraphe sur les déclenchements provoqués par les skieurs. Il est également informatif pour la PLRA, notamment lorsque les sites sont occasionnellement fréquentés par des skieurs-randonneurs où s'ils font l'objet de déclenchements préventifs;
- ▶ Une rubrique décrit la qualité de la neige, indique la limite d'enneigement et résume les conditions nivo-météorologiques des 7 derniers jours. Ces informations, à interpréter localement, sont souvent précieuses pour la PLRA.
- ▶ Un aperçu météorologique présente l'évolution du temps prévue, avec une description du contexte global. Dans l'idéal, il doit être complété par des prévisions météorologiques plus détaillées, notamment lors des situations évolutives pouvant entraîner une augmentation du risque. Les bulletins destinés au grand public ne sont pas toujours suffisants pour la PLRA : il peut être utile de s'abonner à des services de météo-surveillance pour professionnels.

Carte de vigilance météorologique et bulletin de suivi avalanche

Le phénomène avalanche fait partie des phénomènes couverts par la carte de vigilance météorologique depuis 2001. Le niveau de vigilance est présenté sur une carte, par une couleur, par département. Il est diffusé, pour les avalanches, sur la même période que celle des BERA. Le niveau de vigilance orange ou rouge est employé lorsqu'une situation avalancheuse critique est attendue dans les prochaines 24 ou 48h. Il correspond en général à des prévisions de fort ou de très fort risque d'avalanche avec des départs pouvant menacer des infrastructures, des secteurs routiers ou des habitations. Dans ces cas, des bulletins de suivi sont émis pour décrire la situation dans les massifs concernés et son évolution.

Ces bulletins sont émis plusieurs fois par jour pendant la période de niveau orange ou rouge. Ils sont diffusés sur tous les supports de Météo-France et le site grand public dédié à la vigilance : <https://vigilance.meteofrance.fr/fr>. Ils fournissent des éléments détaillés sur la qualification de la situation par rapport au passé, sur les conséquences à attendre et la chronologie des événements (parfois à une échelle infra-massif). Ces éléments pourront alerter le prévisionniste local sur le caractère exceptionnel de la situation attendue.

Il faut noter que la gestion de ces situations fait l'objet de dispositions particulières de la part des services de la Sécurité Civile. Au niveau départemental, ils organisent le suivi et l'alerte, par exemple en envoyant des bulletins de vigilance aux communes concernées et en organisant des réunions auxquelles les acteurs de la PLRA peuvent être conviés. Lors de ces situations de crise, le partage rapide des informations sur l'activité avalancheuse en cours peut être une contribution importante de la PLRA.

1.3.2. Prévision locale à court terme

Elle consiste à évaluer l'aléa pour la journée en cours (habituellement pour les 6 ou 12 heures à venir); on parle aussi "d'estimation" locale du risque d'avalanche ou de "nowcasting".

L'analyse de l'aléa local comporte schématiquement 3 phases successives :

- ▶ la production des données clés ;
- ▶ la caractérisation de la situation ;
- ▶ l'estimation de l'instabilité et de l'ampleur des éventuelles avalanches.

Production des données clés

Il s'agit de sélectionner et vérifier les données brutes disponibles. Cette toute première étape doit permettre de disposer de données fiables. La vérification des données consiste à contrôler la cohérence et la vraisemblance des valeurs, ainsi que leur validité spatiale et temporelle.

Elle peut déboucher sur la correction, voire l'élimination, de données douteuses. Ce traitement préliminaire doit toujours être appliqué, aux données manuelles comme aux données automatiques. En effet, la qualité des données conditionne la qualité de l'analyse.

Lorsque l'on dispose des données décrivant convenablement la situation du moment, on peut produire des données "élaborées" : cumuls, moyennes, écarts aux valeurs extrêmes, indices d'activité avalancheuse, etc. Les données élaborées comme le cumul des précipitations en 72h ou l'intensité des chutes de neige sont souvent très utiles.

Caractérisation de la situation

La situation locale peut être caractérisée, à partir des données clés, selon divers critères, l'un d'entre eux paraissant incontournable : l'exceptionnalité des conditions. En effet, il est nécessaire d'identifier les situations rares et exceptionnelles au cours desquelles on peut assister à des avalanches inhabituelles, et qui justifient, a priori, des mesures de surveillance ou de sécurité renforcées.

A noter toutefois que l'aléa avalanche étant multifactoriel, la non-exceptionnalité d'une donnée clé (comme le cumul des précipitations par exemple) ne signifie pas nécessairement que la situation est ordinaire et sûre. Il est également utile de distinguer les situations en fonction du type d'avalanche qu'elles génèrent ; les pluies, les chutes de neige, les vents soutenus donnent lieu à des avalanches aux caractéristiques très différentes en ce qui concerne leur déclenchement comme leur écoulement.

Estimation de l'instabilité et de l'ampleur des avalanches

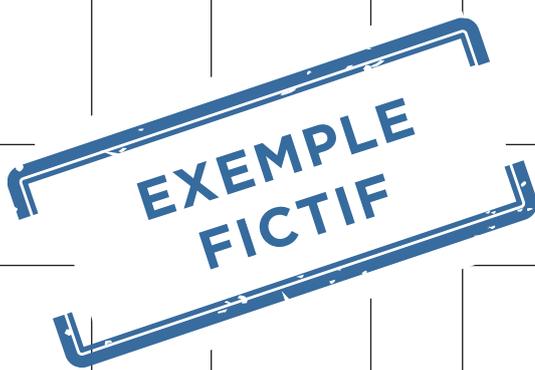
Cette phase demande une grande expérience, mais aussi une certaine rigueur méthodologique. On peut utiliser des méthodes et outils divers, des plus simples aux plus évolués.

► Une grille d'analyse, basée sur une caractérisation de la situation, constitue un outil des plus simples. Chaque cellule de la grille énumère les tronçons routiers qui pourraient être atteints par une avalanche; ces indications sont fondées sur les études préalables (cf. § 1.1.) : données historiques et climatologiques, analyse naturaliste ou encore modélisations.

La grille, qui doit être actualisée périodiquement, résume donc une connaissance empirique locale ; elle est spécifique à chaque route, les critères définissant les situations rares et exceptionnelles pouvant différer d'un secteur à un autre.

Si elle est élaborée avec soin et à partir de données précises et nombreuses, une grille d'analyse est un outil plus performant qu'il n'y paraît, et qui présente l'avantage de pouvoir être rapidement disponible. Au fil du temps, la grille d'analyse peut être affinée considérablement jusqu'à devenir très efficace.

	Tronçons routiers menacés par les avalanches <i>en cas de...</i>					
	<i>...chute de neige</i>	<i>...vent</i>	<i>...pluie</i>	<i>...redoux</i>	<i>...</i>	<i>...</i>
Situation exceptionnelle Les valeurs des données-clés sont proches des extrema locaux	Virage n°3, 4, 5 Pont de bois					
Situation rare Les valeurs des données-clés sortent de l'ordinaire	Virage n°3					
Situation courante Les valeurs des données-clés ne sont pas remarquables	/					



▶ Les bases de données constituent un autre outil d'aide à la prévision, beaucoup plus puissant qu'une grille d'analyse. Un SGBD (Système de Gestion de Base de Données) permet en effet d'extraire des cas précédemment enregistrés ayant connus des avalanches afin de les comparer à la situation à analyser. L'usage de ce type d'outil demande un travail préalable assez important : conception de la structure de la base, programmation de requêtes et, bien sûr, actualisation continue des fichiers. L'exposé de ce travail dépasse le cadre de ce guide méthodologique.

▶ Enfin les modèles constituent également de puissants outils d'aide à l'analyse. Il existe différents types de modèles, statistiques, experts ou hybrides ; l'utilisation de ces logiciels demande également un travail préalable non négligeable : conception de la structure de la base de données, installation, paramétrisations et actualisation continues des fichiers. Ces systèmes demandent souvent une formation spécifique.

Ces divers outils doivent toujours être considérés comme des aides à l'analyse : en effet, le prévisionniste PLRA doit également développer son expérience, de façon à pouvoir confronter les informations issues de ses outils à sa propre perception du risque, pour finalement établir ses diagnostics.

1.3.3. Prévision locale à moyen terme

Elle consiste à évaluer l'aléa pour le lendemain ou même le surlendemain, afin que les autorités aient le temps de préparer ou de mettre en œuvre les mesures de protections nécessaires (convocation de la commission de sécurité, fermeture de route, déviation de trafic, interdiction de stationnement, évacuations et confinements de population, information des usagers, déclenchements préventifs, etc.).

Il s'agit bien de prévision ou "forecasting" demandant des prévisions météorologiques locales en plus des relevés du jour. Ces prévisions météorologiques doivent fournir des valeurs et des tendances pour les principaux facteurs de risque : les précipitations en premier lieu, mais aussi les températures, vents et ensoleillement.

La prévision consistera alors à produire des analyses (cf. § précédent) sur la base des valeurs observées mais aussi des valeurs prévues, en considérant éventuellement plusieurs scénarios. Elle pourra être assortie d'un indice de confiance afin de faciliter les prises de décision.

1.4. Transmission de l'information

Les conclusions de la PLRA constituent une information sensible : en effet, elle concerne la sécurité de la population en général, et des usagers et agents d'entretien de la route en particulier. Il convient de bien définir, en concertation avec les autorités concernées, son niveau de confidentialité, sa mise en forme et ses canaux de diffusion.

1.4.1. Mise en forme

La mise en forme de la PLRA est à établir selon les besoins et désirs du destinataire (autorités communales, gestionnaire du réseau routier, etc.)

Plusieurs options peuvent s'envisager, de la plus sophistiquée à la plus simple :

- ▶ le bulletin quotidien PLRA : il est émis chaque jour, à une heure convenue, du début à la fin de l'hiver. Son contenu est à définir en fonction des besoins locaux, mais on recommande de faire figurer les données clés, le diagnostic, les mesures préconisées et un résumé du BERA ;
- ▶ le bulletin PLRA occasionnel : il est identique au bulletin quotidien mais il est émis seulement lorsque les conditions le demandent (la surveillance s'effectuant quotidiennement, selon le même protocole). Cette option est convenable si elle est complétée par un contact téléphonique régulier ;
- ▶ un message bref formaté. Le contenu doit être facilement déchiffrable pour le destinataire ;
- ▶ le simple message ou appel téléphonique journalier.

Dans tous les cas, les bulletins ou messages doivent indiquer :

- ▶ la date d'émission ;
- ▶ la durée de validité ;
- ▶ la (ou les) zone(s) géographique(s) concernée(s) ;
- ▶ l'identité du service rédacteur.

On doit éviter tout risque de confusion avec le BERA. En particulier, la PLRA ne doit en aucun cas indiquer un niveau de risque local en se référant à l'Echelle Européenne des Risques d'avalanches.

1.4.2. Canaux de diffusion

Les canaux de diffusion sont nombreux et variés.

- ▶ Les bulletins complets peuvent être envoyés par emails ou via des systèmes de messageries divers ; ils peuvent aussi être mis à disposition sur un site Internet dédié.
- ▶ Les messages et alertes peuvent être envoyés sur téléphones mobiles par SMS, MMS ou encore via des applications de messagerie comme WhatsApp.

En général et sauf dispositions contraires, les bulletins et messages PLRA sont transmises par l'opérateur PLRA au(x) maire(s) et au gestionnaire(s) du réseau routier. Ces derniers peuvent transmettre toutes ces informations aux autorités supérieures si nécessité.

Les acteurs de la PLRA doivent être informés du degré de confidentialité des informations, et ne pas perdre de vue que, sauf cas particulier, la PLRA pour les routes ne s'adresse pas au grand public.

2. Moyens

2.1. Moyens matériels

La PLRA demande certains moyens matériels : pour collecter les données, pour les archiver, pour éventuellement les partager, pour les analyser et enfin pour transmettre le résultat des analyses.

2.1.1. Instrumentation

Il s'agit principalement des instruments permettant de collecter les données. Il est possible d'effectuer les mesures de manière manuelle ou automatique (pour certaines d'entre elles).

Les mesures manuelles restent précieuses pour au moins trois raisons : elles permettent de collecter des données qu'on ne peut pas obtenir au moyen de capteurs automatiques (masse volumique de la neige ou épaisseur de regel par exemple), elles sont fiables car un observateur ne note pas de donnée aberrante (mais peut tout de même faire des erreurs de saisie), et enfin elles permettent d'acquérir une bonne connaissance des conditions locales.

Les mesures automatiques présentent, elles, un atout considérable : elles fournissent des données en continu et en temps réel, collectées en des lieux peu accessibles. Ces deux modes de collecte de données sont donc d'actualité et complémentaires.

En général, la PLRA devrait se baser sur des relevés manuels **et** des mesures automatiques.

Instrumentation manuelle

Dans le réseau Météo-France, les relevés manuels sont effectués à des postes de mesure comportant habituellement une perche à neige, un pluviomètre, une planche à neige et un abri ventilé contenant les appareils utiles aux relevés quotidiens. De tels postes peuvent être utilisés pour la PLRA. Cependant, à haute altitude, on pourra se contenter d'un poste réduit, dépourvu d'abri (qui résiste mal aux tempêtes hivernales), en utilisant une instrumentation portative et en renonçant à certaines mesures (températures mini/maxi).

Les équipements et instruments suivants sont nécessaires dans la plupart des cas :

- ▶ thermomètre ;
- ▶ thermomètre mini-maxi ou thermomètre enregistreur ;
- ▶ thermomètre à sonde ;
- ▶ pluviomètre, avec balance ou éprouvette ;
- ▶ anémomètre, avec girouette ou boussole ;
- ▶ perche à neige graduée ;
- ▶ planche(s) à neige et réglet ;
- ▶ carottier, sachet et peson ;
- ▶ pelle à neige ; cordelette ou scie ;
- ▶ formulaires d'observation ou autre moyen pour noter les relevés ;
- ▶ appareil photo ou smartphone ;

et, éventuellement :

- ▶ abri ventilé ;
- ▶ driftomètre manuel ;
- ▶ sonde de battage ou instrument équivalent ;
- ▶ plaquette d'observation et loupe.

Rappel : on prendra soin de délimiter le parc de mesure incluant abri, pluviomètre, perche à neige et planche à neige, à l'aide d'une corde tendue entre des jalons.

Remarque : les précipitations doivent être mesurées avec un pluviomètre (à grand collecteur) et à l'aide d'une planche à neige, selon les usages en vigueur. Cependant, l'équivalent en eau des chutes de neige pourra s'évaluer à partir de la masse volumique de la neige fraîche.

Instrumentation automatique

Les instruments de mesures automatiques utiles sont les suivants :

- ▶ anémomètre avec girouette ;
- ▶ thermomètre pour la mesure de la température de l'air ;
- ▶ thermomètre pour la mesure de la température de la surface de la neige ;
- ▶ capteur de hauteur de neige. et, éventuellement :
- ▶ capteur de rayonnement reçu/émis ;
- ▶ capteur de transport de neige ou capteurs de hauteur de neige couplés ;
- ▶ capteur d'activité avalancheuse (sismique, acoustique, radar ou autres).

Les appareils de mesure évoluent et se perfectionnent constamment. On ne peut donc pas recommander un type ou un modèle d'appareil en particulier. En revanche on suggère de s'assurer que les matériels utilisés, capteurs et loggers, soient fiables et suffisamment robustes pour fonctionner en autonomie durant toute la durée de l'hiver, et dans les conditions parfois difficile de l'environnement montagnard.

Noter que l'instrumentation à déployer varie selon les cas, notamment en fonction de la possibilité d'accéder à des points de mesures représentatifs ou en fonction des ressources humaines disponibles.

2.1.2. Logiciels

On n'imagine plus, aujourd'hui, se passer de l'outil informatique pour la prévision locale des avalanches. Il existe de nombreux logiciels permettant de stocker et de traiter les données, soit des logiciels généralistes (SGBD principalement), soit des logiciels dédiés.

Tout comme les instruments de mesures, les logiciels évoluent rapidement et on pourra se renseigner sur leurs fonctionnalités auprès de leurs concepteurs ou distributeurs. On pourra toutefois recommander de garder la maîtrise et la propriété des données, et d'assurer des sauvegardes régulières et multiples.

La PLRA exige certains moyens matériels, principalement des instruments de mesures et des logiciels. Pour autant, il est possible d'effectuer une PLRA d'excellente qualité avec des moyens matériels relativement modestes.

2.2. Moyens humains

La PLRA demande des personnels qualifiés, expérimentés et motivés. En effet, cette tâche exige des compétences approfondies en nivologie et en météorologie, mais aussi une bonne expérience de terrain. Enfin, elle réclame une surveillance continue du début à la fin de l'hiver, et donc une grande disponibilité.

2.2.1. Effectifs

La PLRA ne peut être confiée à une personne unique du fait qu'elle demande une présence continue, tous les jours de l'hiver, et que, comme toute mission de sécurité, elle doit être assu-

rée sans défaillance. Il faut donc toujours constituer une équipe, dont les membres pourront se relayer. De plus, en cas de crise, un renfort sera disponible.

Pour la PLRA, on peut recommander de **former une équipe comportant au moins 2 personnes**. Pour les grands réseaux routiers, l'effectif de cette équipe sera plus élevé.

Les tâches peuvent être réparties. Ainsi, l'équipe PLRA peut être composée :

- ▶ d'observateurs réguliers (pour environ 30 mn de travail par jour)
- ▶ d'observateurs occasionnels (pour environ 2 h de travail par semaine)
- ▶ d'opérateurs pour la saisie des données (pour environ 30 mn de travail par jour)
- ▶ de prévisionnistes (pour environ 1 h de travail par jour)

Mais une seule et même personne peut également prendre en charge ces divers travaux, sauf ceux qui supposent des déplacements sur le terrain, ces derniers devant être effectués en binôme par sécurité (sauf cas particulier).

Pour la surveillance d'un secteur de quelques kilomètres carrés, la charge de travail demande environ 0.25 EPT concentré sur 6 mois (soit 2 postes à quart temps pendant 6 mois). Mais il s'agit là d'un ordre de grandeur pouvant varier en fonction du contexte (nombre de sites à surveiller, étendue de la zone concernée, climatologie locale, fréquence et forme de l'information à fournir, etc.) et ne tenant pas compte des temps de déplacement (avec véhicule, remontées mécaniques ou hélicoptère) vers les sites de mesures et d'observation. Chaque cas demandera donc une évaluation spécifique des ressources humaines nécessaires.

2.2.2. Compétences

La PLRA est une tâche qui réclame :

- ▶ des connaissances sur les processus d'évolution et les conditions de stabilité du manteau neigeux ;
- ▶ une expérience de terrain concernant les avalanches ;
- ▶ une bonne perception de l'environnement montagnard en général,
- ▶ une connaissance approfondie des particularités géographiques et nivo-météorologiques du secteur sous surveillance, acquise notamment lors de l'étude préalable.
- ▶ des capacités d'organisation ;

Par ailleurs, la PLRA demande également :

- ▶ l'aptitude à formuler des synthèses concises, décrivant clairement les situations nivo-météorologiques et les risques qui en découlent ;
- ▶ la capacité à rédiger des bilans nivo-météorologiques bien documentés, pour archivage ;
- ▶ certaines compétences de base dans le domaine scientifique (physique, statistique, météorologie, etc.) et dans le domaine technique (instrumentation, télécommunication, informatique, etc.).

Ces compétences "annexes" peuvent toutefois se perfectionner en cours de mission et ne constituent pas un prérequis strict.

L'expérience professionnelle acquise dans la gestion des risques hivernaux sera un atout supplémentaire - mais non indispensable -, que pourront faire valoir, par exemple, les guides et accompagnateurs en montagne, les pisteurs-secouristes (notamment les artificiers et observateurs nivo-météorologistes) ou encore les chefs de secteur et directeurs de service des pistes des stations de ski.

2.2.3. Organisation

Un service de PLRA doit s'appuyer sur :

- ▶ un cahier des charges pour chaque intervenant ;
- ▶ un organigramme, indiquant tous les acteurs avec leurs liens hiérarchiques, leurs missions et prérogatives, et leurs coordonnées.

Le cahier des charges doit indiquer précisément les travaux à accomplir par chaque intervenant de la PLRA, en précisant toutes les modalités permettant leur bon accomplissement en toute sécurité. Il doit être établi par le donneur d'ordre et signé par toutes les parties. Enfin, il doit être actualisé dès que nécessaire.

L'organigramme précise les relations hiérarchiques entre les divers intervenants de la PLRA. Il garantit un bon fonctionnement du service en toute circonstance. Il définit donc les prérogatives (et donc, plus ou moins explicitement, les responsabilités) des uns et des autres. Comme le cahier des charges, il doit être établi par le donneur d'ordre, signé par toutes les parties et actualisé dès que nécessaire.

Conclusion

Depuis la fin des années 1970, la PLRA s'est développée dans les Alpes sous l'impulsion d'un petit groupe de personnes du secteur privé (stations de ski et bureaux d'études) et, dans les Pyrénées, à l'instigation du RTM. En 2020, l'intérêt de la PLRA a été clairement reconnu et formulé par des élus de la montagne, en particulier pour sécuriser les routes.

Dans ce contexte, il était utile et même nécessaire de placer quelques repères, à partir de l'expérience acquise au cours de 40 années de pratique, pour faciliter la mise en place de services chargés d'assurer une mission de PLRA. Toutefois, il s'agit d'indications générales, et non de directives. Chaque cas est particulier et demande donc des dispositions particulières.

Ce guide doit donc rester un recueil de suggestions, sans jamais devenir un document rigide et contraignant. Il pourra évoluer au gré des innovations techniques et des avancées scientifiques, et selon les usages adoptés dans d'autres pays dans une démarche de benchmarking.



© Nadia Hassine, RTM

Glossaire

ANEM :	Association Nationale des Élus de la Montagne
ANENA :	Association Nationale pour l'Étude de la Neige et des Avalanches
BERA :	Bulletin d'Estimation des Risques d'Avalanches
CGET :	Commissariat Général à l'Égalité des Territoires
CLPA :	Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux
DDE :	Direction Départementale de l'Équipement
DSF :	Domaines Skiables de France
ENSA :	École Nationale de Ski et d'Alpinisme
EPA :	Enquête Permanente sur les Avalanches
ONF :	Office National des Forêts
PLRA :	Prévision Locale du Risque d'Avalanche
PPR :	Plan de Prévention des Risques
RTM :	Restauration des Terrains en Montagne
SGBD :	Système de Gestion de Base de Données

Annexes

Des annexes régulièrement actualisées sont à disposition sur le site Internet de l'ANENA à l'adresse : www.anena.org puis onglet "Gérer le risque" puis onglet "Élus et gestionnaires du risque".

On y trouvera notamment des informations pratiques sur :

- ▶ le sondage par battage avec profil stratigraphique ;
- ▶ le profil nivologique rapide ;
- ▶ les tests de stabilité.

