

Prévision du risque d'avalanche spécifique à un site, Définitions et recommandations

0. Introduction

L'aléa avalanche peut être estimé à différentes échelles : de l'échelle du manteau neigeux à celle du massif montagneux. Les estimations à ces différentes échelles servent des objectifs et des groupes d'utilisateurs différents. Alors que le bulletin d'estimation du risque d'avalanche produit à l'échelle régionale donne un aperçu général sur une vaste zone, de nombreuses applications demandent une évaluation plus spécifique notamment sur des couloirs d'avalanche connus et bien définis. Ces estimations locales sont essentielles pour la gestion des risques d'avalanche menaçant certains bâtiments, moyens de communications (e.g. routes, chemins de fer) ou d'autres infrastructures, mais aussi certaines activités (professionnelles et récréatives) en terrain exposé aux avalanches.

Les services européens de prévision du risque d'avalanche ¹ (EAWS) coordonnent traditionnellement les services régionaux de prévision des avalanches en Europe. Cependant, certains membres fournissent également des évaluations et des avertissements d'avalanche plus détaillés. Mais il existe aussi beaucoup d'autres services qui fournissent ces évaluations détaillées et qui ne sont actuellement organisés par aucun groupe commun. Par conséquent, l'assemblée générale de l'EAWS a décidé en 2017 de créer un groupe de travail sur la prévision locale du risque d'avalanche. Les objectifs du groupe sont d'établir une vue d'ensemble des méthodes et routines actuelles utilisées dans ce type de service en Europe, d'étudier si et comment les standards EAWS sont appliqués à ces échelles, de trouver une définition concluante de la prévision régionale d'avalanche par rapport à la prévision locale d'avalanche et de suggérer des standards communs pour ces services. Après deux ans, le mandat du groupe de travail a été renouvelé avec l'accent sur les définitions et les recommandations. Ce document présente les conclusions du groupe de travail qui seront soumis à l'approbation de l'assemblée générale en 2022.

Ce document est divisé en deux sections. Dans la section 1, nous donnons une définition de base de la prévision du risque d'avalanche spécifique au site, suivie d'une liste de définitions pour tous les termes et processus couramment utilisés dans cette prévision et celle à l'échelle régionale. Dans la section 2, nous donnons des recommandations sur la façon d'organiser et de fournir des services de prévision d'avalanche spécifique au site.

1. Définitions

Le groupe de travail a consacré beaucoup de temps à la discussion et à l'évaluation d'une définition claire de la prévision locale du risque d'avalanche. Ces discussions, ainsi que les résultats de l'enquête de 2018 (Jaedicke et al., 2018), l'expérience du groupe de travail et des autres membres EAWS, ont servi de toile de fond aux définitions suivantes. Les services de prévision locales ou régionales utilisent souvent des méthodes et procédures de manière assez proche. Par conséquent, nous suggérons une définition basée sur les processus plutôt que sur la

¹ Nous regroupons sous le terme générique de « services de prévision » les vices en charge de la surveillance du manteau neigeux, l'estimation du danger d'avalanche associé (prévision immédiate ou future) et sa communication. En anglais, « avalanche warning services ».

résolution spatiale (comme utilisée précédemment). Dans les discussions EAWS, de nombreuses langues et nuances linguistiques doivent être prises en compte. Le terme « local » ne correspondait pas à l'objectif de notre travail et le groupe de travail suggère donc le terme alternatif « spécifique au site ».

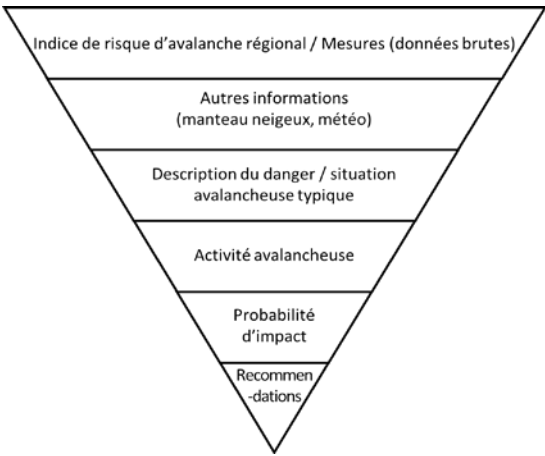
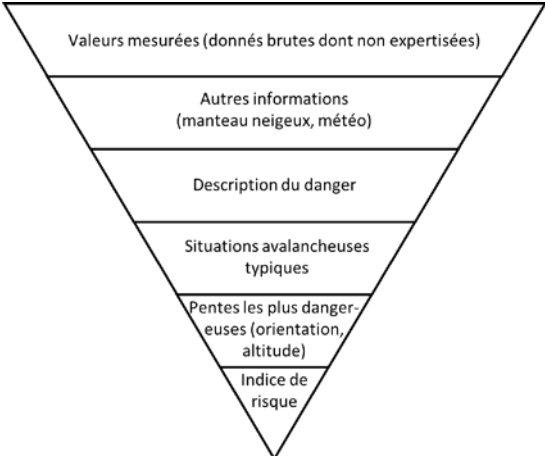
La prévision du risque d'avalanche spécifique à un site estime la probabilité qu'une avalanche se déclenche dans un ou plusieurs couloirs d'avalanche spécifiques et que son écoulement mette en danger des personnes ou des infrastructures (modifié d'après Stoffel, Schweizer, 2008). Les estimations de la probabilité de déclenchement et de la probabilité d'écoulement d'avalanche pour un couloir individuel ont généralement une grande incertitude. Cette incertitude doit être prise en compte lorsque des décisions sur des mesures temporaires sont prises.

Cette définition à elle seule ne fournit pas d'indications sur la façon dont la prévision spécifique à un site est liée à la prévision régionale et sur les méthodes et normes communes utilisées par les membres de l'EAWS. Le groupe de travail fournit donc une liste de relations et de définitions pour établir clairement la différence entre ces deux prévisions.

La définition générale du danger d'avalanche adoptée à l'échelle régionale par les membres de l'EAWS s'applique aussi à la prévision spécifique à un site : le danger d'avalanche dépend de la stabilité du manteau neigeux, de la distribution de fréquence de la stabilité du manteau neigeux et de la taille de l'avalanche pour une zone et une période données.

Prévision d'avalanche spécifique au site	Prévision régionale d'avalanche
Étendue spatiale	
L'aléa avalanche est évalué sur des couloirs d'avalanche sélectionnés et prédéfinis.	La prévision couvre une zone suffisamment grande pour englober une variété de terrains, d'altitudes, de neige et de conditions météorologiques.
Étendue temporelle	
La durée et la régularité du service dépendent d'objectifs d'alerte spécifiques au site. Cependant, l'évolution de la neige et les conditions météorologiques doivent être surveillées depuis le début de la saison hivernale.	Le bulletin régional est produit régulièrement tout au long de la saison hivernale.

Période de validité de la prévision	
La prévision d'avalanche spécifique au site est basée sur une évaluation de la situation actuelle (prévision immédiate) et, pour la plupart des applications, comprend une prévision pour un nombre d'heures défini en fonction des besoins des utilisateurs et des données disponibles.	Les bulletins régionaux d'avalanche décrivent la situation avalancheuses au cours d'une période donnée (prévision immédiate et/ou prévision).
Groupe d'utilisateurs	
La prévision d'avalanche spécifique au site est orientée vers les besoins d'utilisateurs spécifiques et leurs activités.	Les évaluations régionales des dangers d'avalanche ciblent un large groupe d'utilisateurs comme l'administration de la sécurité publique, les professionnels de la montagne et les particuliers.
Échelle européenne de danger d'avalanche	
L'échelle européenne de danger d'avalanche ne doit pas être utilisée pour décrire le danger d'avalanche dans des pentes ou des faces spécifiques d'une montagne ou d'un massif.	L'échelle européenne de danger d'avalanche est utilisée pour résumer le danger d'avalanche dans une zone qui comprend tous les aspects et plusieurs bandes d'élévation. Il comprend une indication sur la stabilité du manteau neigeux, la distribution de fréquence de la stabilité du manteau neigeux et la taille des avalanches pour une zone et une période données.
Les niveaux régionaux de danger d'avalanche, s'ils sont disponibles, peuvent être utilisés comme entrée de l'évaluation spécifique au site.	La prévision d'avalanche spécifique au site, si elle est disponible, peut être utilisée comme une des entrées de la prévision régionale.
La sous-région	
Pour évaluer le risque d'avalanche spécifique au site, une vérification sur place du bulletin régional constitue souvent la première étape. Ce processus peut aboutir à un niveau de danger d'avalanche exprimé selon l'échelle de danger européenne représentant la situation dans la sous-région spécifique où la prévision spécifique au site est en vigueur.	Les observateurs locaux sont généralement invités à fournir un niveau de danger d'avalanche pour leur zone qui ne couvre généralement qu'une fraction de l'ensemble de la région de prévision.

Produit	
<p>Le service de prévision des avalanches fournit une évaluation du danger pour un site spécifique et évalue la probabilité qu'une avalanche se déclenche et atteigne un certain point/objet dans la trajectoire de l'avalanche (probabilité d'impact). La classification des dangers, la sélection et la forme des informations communiquées, les méthodes de communication et les mesures d'atténuation varient en conséquence.</p>	<p>Le danger d'avalanche est décrit sous la forme d'un bulletin qui décrit la situation d'avalanche suivant la pyramide d'information.</p>
Données	
<p>Toutes les données disponibles provenant d'observations, de tests et de stations météorologiques uniques ou multiples sont utilisées pour évaluer le danger d'avalanche dans le site spécifique couvert par le service. En outre, les informations provenant de zones voisines représentatives (par exemple, l'activité avalancheuse spontanée) peuvent être utilisées dans l'évaluation du danger d'avalanche spécifique au site.</p>	<p>Les données <i>provenant de multiples</i> observations et stations météorologiques sont agrégées pour évaluer le danger d'avalanche à l'échelle de toute une région.</p>
Étapes de traitement des données	
 <p>Diagramme de la pyramide de traitement des données (gauche) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Indice de risque d'avalanche régional / Mesures (données brutes) Autres informations (manteau neigeux, météo) Description du danger / situation avalancheuse typique Activité avalancheuse Probabilité d'impact Recommandations 	 <p>Diagramme de la pyramide de traitement des données (droite) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Valeurs mesurées (données brutes non expertisées) Autres informations (manteau neigeux, météo) Description du danger Situations avalancheuses typiques Pentes les plus dangereuses (orientation, altitude) Indice de risque

Situations avalanches typiques	
Les situations avalanches typiques (EAWS) peuvent être utilisées pour décrire la situation avalancheuse dans les pentes individuelles d'une montagne.	Les situations avalanches typiques (EAWS) sont utilisées pour donner une indication sur les situations avalanches prédominantes dans une grande région.
Probabilité d'impact d'avalanche	
Le risque d'avalanche spécifique au site est fonction de l'instabilité du manteau neigeux dans un couloir d'avalanche donné (et non une zone) et de la probabilité qu'une avalanche atteigne un certain objet ou point dans la trajectoire donnée (probabilité d'impact). Graphique 1	Le danger d'avalanche régional ne décrit pas de probabilité d'impact, mais il décrit la probabilité (probabilité attendue) d'occurrence et la taille possible (et leur potentiel de dommages) des avalanches dans une région.

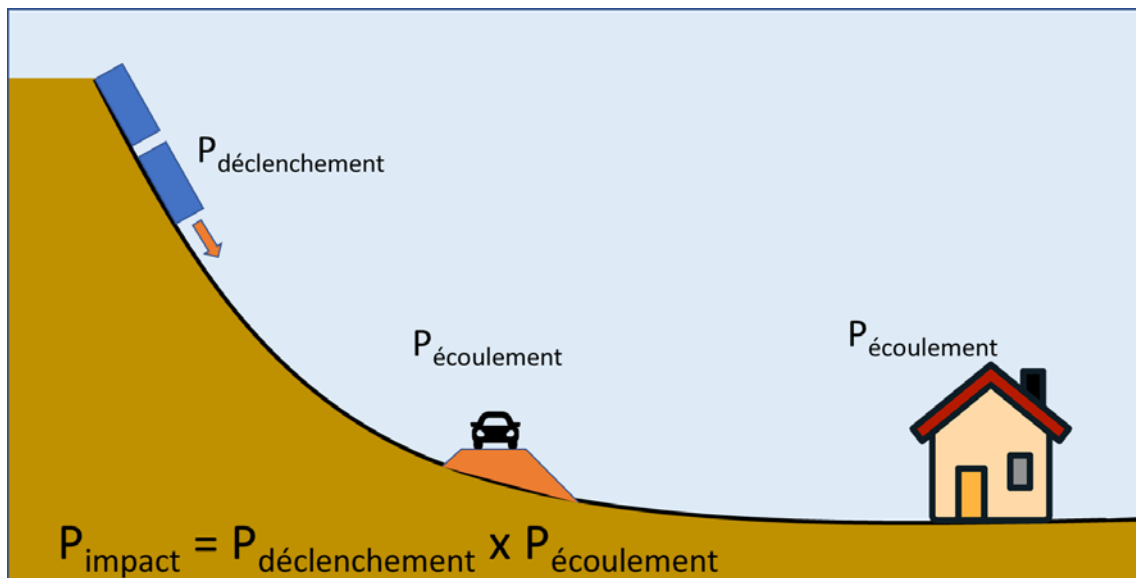
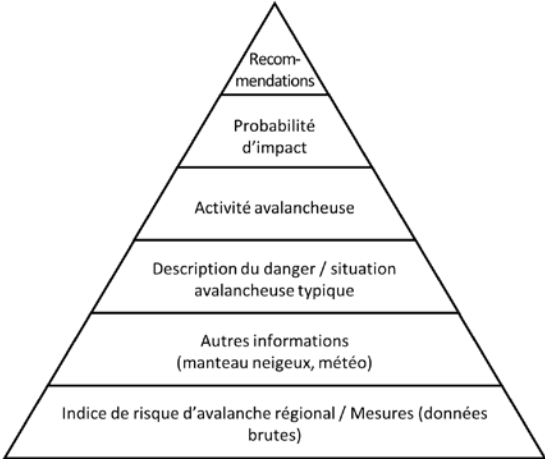
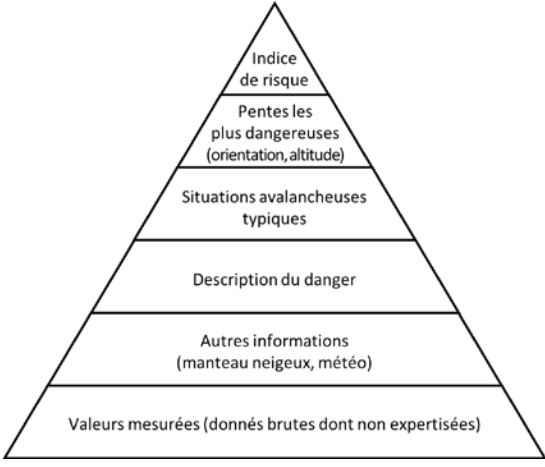


Figure 1 : Illustration de la probabilité d'impact en tant que produit de la probabilité de déclenchement d'une avalanche et de la probabilité d'écoulement d'avalanche. La probabilité d'impact dépend de l'emplacement de l'objet dans la trajectoire d'avalanche et peut être différente pour deux objets alors que la probabilité de déclenchement est la même.

<p>Taille de l'avalanche</p>	
<p>La prévision d'avalanche spécifique au site évalue les tailles possibles d'une avalanche par rapport à l'objet / point exposé dans la trajectoire de l'avalanche.</p>	<p>Les avalanches les plus importantes attendues sont prises en compte dans l'évaluation du danger d'avalanche régional. Cependant, l'emplacement et la taille des avalanches ne peuvent pas être prédits et décrits avec précision.</p>
<p>Présentation de la prévision d'avalanche à l'utilisateur</p>	
	
<p>Autres spécifications</p>	
<p>Les évaluations des risques d'avalanche spécifiques au site effectuées par des professionnels et les observations nivologiques sont une source d'information très précieuse pour l'analyse, l'évaluation et la vérification des dangers régionaux. Par conséquent, l'évaluation du danger spécifique au site peut s'utiliser comme une des briques élémentaires dans la construction de la prévision régionale, mais peut en différer considérablement si la situation spécifique au site s'écarte considérablement de la situation régionale.</p>	<p>Les évaluations régionales des dangers d'avalanche sont des informations utiles au niveau spécifique du site pour encadrer le contexte opérationnel, mais ne sont pas suffisantes pour caractériser de manière adéquate la situation de danger de la trajectoire d'avalanche individuelle.</p>

2. Recommandations pour les services d'alerte d'avalanche spécifiques au site

Les services de prévision d'avalanche spécifique au site peuvent être organisés de plusieurs façons. Il n'existe actuellement pas de norme, de méthode ou de produit commun en Europe. Par conséquent, l'EAWS a rassemblé un ensemble d'exigences essentielles pour un service de prévision d'avalanche spécifique au site moderne et bien organisé.

Les recommandations donnent des lignes directrices sur la façon d'organiser et de documenter un service de prévision d'avalanche spécifique au site (Figure 3). Ces recommandations sont fondées sur les relevés et l'expérience des membres du groupe de travail et représentent une norme minimale pour les services d'avalanche propres à un site. Nous encourageons tous les services qui travaillent à cette échelle à adopter et à adhérer à ces recommandations afin de garantir le professionnalisme des évaluations fournies.

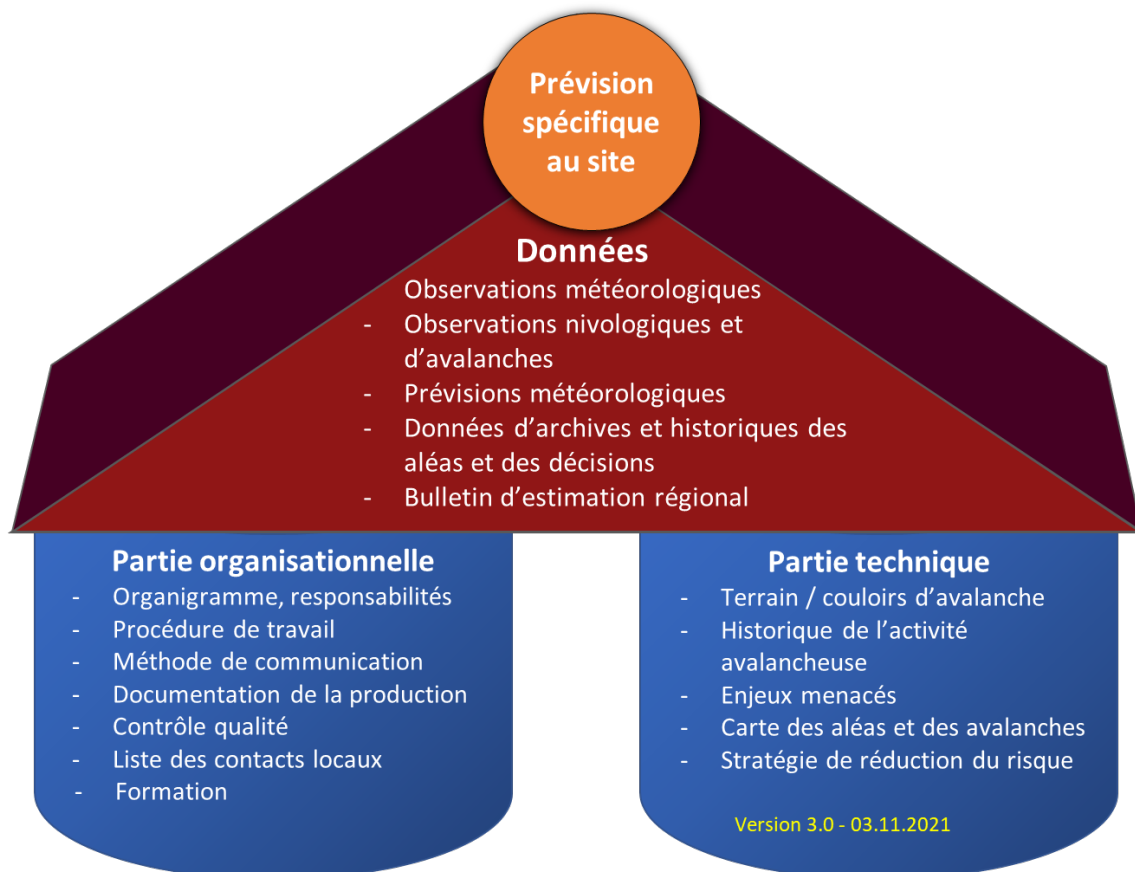


Figure 2 Illustration schématique de la configuration proposée pour un service de prévision d'avalanche spécifique au site

2.1. Organisation du service : partie administrative

2.1.1. Organigramme, responsabilités

Il devrait exister un organigramme qui présente les rôles et les responsabilités dans le service. Toutes les personnes impliquées, leur rôle et leurs responsabilités devraient être énumérées pour s'assurer que tout le monde sait quoi faire et quand. Cela peut inclure le chef, les prévisionnistes, les observateurs, les communicateurs et d'autres rôles impliqués dans le service. Le leader s'assure que tous les rôles et responsabilités sont connus de tous les membres de l'équipe.

2.1.2. Flux de travail

Un flux de travail pour le service d'alerte d'avalanche doit être établi et documenté notamment les données d'entrée, le traitement et la documentation des données, l'évaluation du danger et sa communication. Le travail du service de prévision s'arrête lorsque la prévision d'avalanche et les probabilités d'impact sont transmises au propriétaire du risque. Le propriétaire du risque est donc l'entité administrative qui gère le risque dans une situation donnée en appliquant des mesures visant à réduire le risque pour les personnes et / ou l'infrastructure.

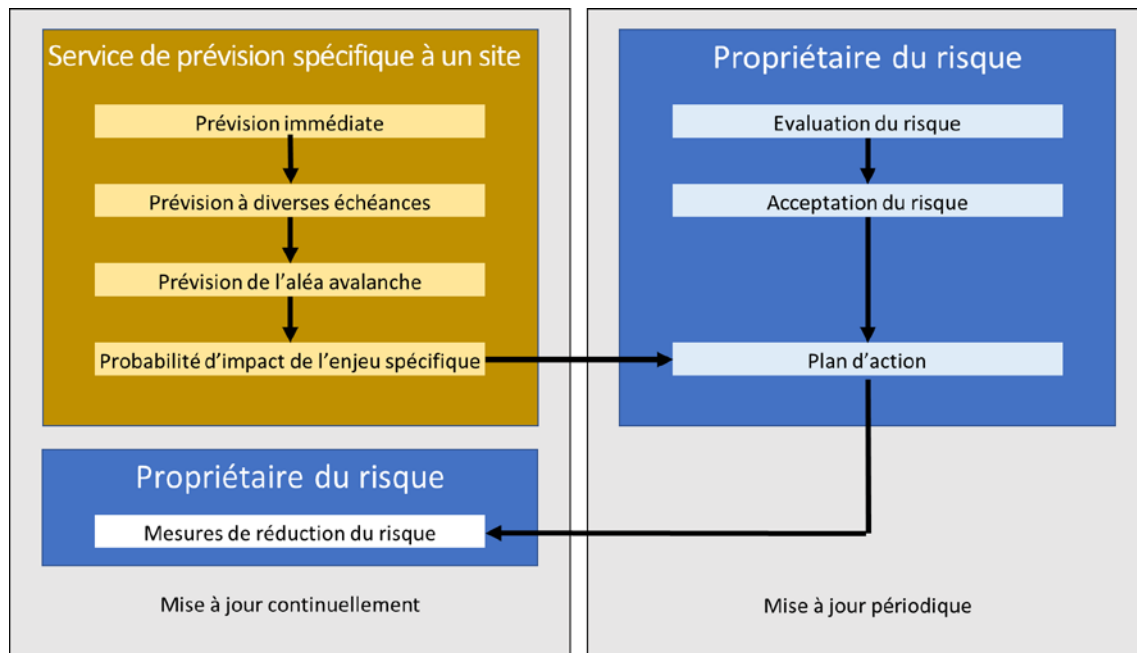


Figure 3 Flux de travail et répartition des responsabilités tels que recommandés par le groupe de travail. Le déploiement de mesures d'atténuation peut être organisé différemment dans certains pays membres où le service d'alerte fait partie du propriétaire du risque. Ici, le propriétaire du risque est l'entité administrative qui gère le risque dans une situation donnée en appliquant des mesures visant à réduire le risque pour les personnes et / ou l'infrastructure.

2.1.3. Plan de communication

Un plan de communication devrait inclure le groupe cible de la prévision et les canaux de communication utilisés pour s'assurer que les utilisateurs appropriés reçoivent et comprennent le message sur le risque d'avalanche.

2.1.4. Système de documentation

Le service devrait disposer d'un système de documentation pour stocker et archiver toute la documentation pertinente pour le service, telle que les informations de base sur la zone surveillée, l'historique des avalanches, etc. En outre, un système d'enregistrement est recommandé pour stocker les données météorologiques, nivologiques et d'activité avalancheuse ainsi que les évaluations et les produits finaux.

2.1.5. Contrôle qualité

Un système interne de contrôle de la qualité et d'évaluation devrait être établi et documenté pour le service. L'exigence minimale est une discussion du produit de prévision par deux experts avant de l'émettre au groupe cible (principe des quatre yeux). Dans les petites exploitations, il doit y avoir au moins une auto-évaluation formelle.

2.1.6. Éducation

Le service doit s'assurer que les experts concernés ont la formation et l'expérience appropriées. Une liste des experts concernés et de leur qualification ou formation devrait être établie.

2.1.7. Liste des contacts locaux

Souvent, les services spécifiques au site ont des contacts locaux, des entrepreneurs ou des sous-traitants. Leurs noms, coordonnées et rôle doivent figurer dans la documentation du service.

2.2. Bases du service : partie technique avalanche

2.2.1. Terrain / chemins d'avalanche

Documentation du terrain surveillé et des trajectoires d'avalanche potentielles ou connues sur des cartes numériques (SIG) ou papier.

2.2.2. Histoire des avalanches

Documentation de l'historique connu des avalanches dans chaque trajectoire surveillée, y compris, le cas échéant, la fréquence et la taille des avalanches observées.

2.2.3. Carte des avalanches ou des dangers

Si possible, une carte des risques d'avalanche (ou une carte d'indication des risques d'avalanche) pour les zones surveillées devrait être utilisée pour appuyer les opérations du service d'alerte.

2.2.4. Objets menacés par les avalanches

Les objets menacés qui sont couverts par le service d'alerte aux avalanches doivent être connus (p. ex. indiqués sur une carte). Le type des objets exposés, leur emplacement et, éventuellement, leurs caractéristiques structurelles doivent être connus pour évaluer la probabilité d'impact d'avalanche pour l'objet.²

² La probabilité d'impact est définie comme la probabilité de un avalanche pour atteindre un certain point dans une trajectoire d'avalanche donnée

2.2.5. Stratégies d'atténuation

Liste des mesures non-permanentes d'atténuation du risque d'avalanche dans la zone surveillée. Par exemple, les évacuations, les fermetures de routes, etc.

Les mesures d'atténuation physiques ou permanentes existantes dans la zone surveillée et les trajectoires d'avalanche devraient être énumérées. Leur état d'entretien et leur efficacité contre les avalanches doivent être évalués régulièrement et documentés.

2.3. Fonctionnement du service

2.3.1. Observations météorologiques

Préciser la source et le type de données utilisées pour les observations météorologiques.

2.3.2. Observations nivologiques et d'avalanches

Précisez la source et le type de données utilisées pour les observations nivologiques.

2.3.3. Prévisions météo

Spécifiez la source et le type de données utilisées pour les prévisions météorologiques.

2.3.4. Bulletin régional comme orientation

Il est recommandé aux services propres au site d'utiliser le bulletin régional pour leur région comme orientation pour l'évaluation propre au site. Si disponible, le niveau de danger régional peut être enregistré avec d'autres informations dans le système de gestion de données.

2.3.5. Documentation / enregistrement des données, niveaux de danger, décisions

Les données météorologiques, nivologiques, les évaluations et les produits finaux d'alerte d'avalanche ainsi que les décisions éventuelles prises sur cette base doivent être consignés en permanence dans un système manuel ou numérique approprié.

2.4. Produit du service

2.4.1. Prévision spécifique au site

Le service devrait viser à fournir une probabilité d'impact d'avalanche³ pour les objets surveillés pendant la période d'alerte, compte tenu des conditions météorologiques et nivologiques et de l'emplacement de l'objet exposé. Le service d'alerte aux avalanches devrait fournir une description des conditions météorologiques et nivologiques et de leur évolution pour la zone surveillée. Cela devrait inclure une estimation de l'incertitude des données appliquées et de l'évaluation des avalanches.

2.4.2. Normes EAWS

La prévision d'avalanche spécifique au site devrait suivre les normes de l'EAWS, telles que la [pyramide d'information](#) modifiée, les [problèmes d'avalanche](#) et la [taille des avalanches](#). L'échelle

³ La probabilité d'impact est définie comme la probabilité qu'une avalanche atteigne un certain point dans une trajectoire d'avalanche donnée

[de danger d'avalanche](#) peut être appliquée pour les sous-régions, suffisamment grandes pour englober une variété de terrains, d'altitudes, de neige et de conditions météorologiques, mais pas pour certaines pentes ou trajectoires d'avalanche uniques.

3. Références prises en compte pour ce travail

- Bakermans, L., Jamieson, J.B., Schweizer, J. and Haegeli, P., 2010. Using stability tests and regional avalanche danger to estimate the local avalanche danger. *Ann. Glaciol.*, 51(54), 176-186.
- Bellaire, S., Jamieson, B., Schweizer, J., 2010. When to dig? thoughts on estimating slope stability. *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW, Lake Tahoe CA, U.S.A., 17- 22 October 2010, International Snow Science Workshop, 424–430.*
- Eckerstorfer M., Vikhamar-Schuler D., Malnes E., Antonsen Y., 2014. Evaluating the local avalanche danger in Tromsø, northern Norway using field monitoring, field investigations and the surfex/isba-crocus snowpack model. *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW, Banff, Alberta CA, September 28- October 3, 2014 .International Snow Science Workshop, 425-431.*
- Jamieson, B., Gauthier, D., 2018. *Planning Methods for Assessing and Mitigating Snow Avalanche Risk, Canadian Avalanche Association.*
- Harvey S., Herwijnen A., Richter B., 2016. Statistical nowcast of avalanche activity at the regional scale. *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW, Breckenridge, 3-7 October, 2016 .International Snow Science Workshop, 1173-1179.*
- Jaedicke, C., Studeregger, A., Monti, F., Dellavedova, P., Stoffel, L., Azzarello, S., Garcia, C., Molné, T., Bellido, G.M., 2018. Local avalanche warning in Europe. *Proc. Int. Snow Sci. Work. 2018, Innsbruck, Austria 5.*
- Schweizer, J., 2010. Predicting the avalanche danger level from field observations. *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW, Lake Tahoe CA, U.S.A., 17- 22 October 2010, International Snow Science Workshop, 162–165.*
- Sharp E., 2014. Avalanche forecast verification through a comparison of local nowcasts with regional forecasts. *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW, Banff, Alberta CA, September 28- October 3, 2014 .International Snow Science Workshop, 475-480.*
- Statham, G., Pascal Haegeli, B., Ethan Greene, B., Karl Birkeland, B., Clair Israelson, B., Bruce Tremper, B., Chris Stethem, B., Bruce McMahon, B., Kelly, J., Hazards, N., 2017. A conceptual model of avalanche hazard. *Nat. Hazards.* <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3070-5>
- Stoffel L., Schweizer J., 2008. Guidelines for avalanche control services: Organisation, Hazard assessment and documentation - An example from Switzerland. *Proc. Int. Snow Sci. Work. 2008, Whistler, Canada.*
- Techel F., Dürr L., Schweizer J., 2016. Variations in individual danger level estimates within the same forecast region. *Proceedings of the International Snow Science Workshop ISSW, Breckenridge, 3-7 October, 2016 .International Snow Science Workshop, 466-471.*
- Vengeon, J.-M., Bolognesi, R., 2021. *Prévision locale du risque d'avalanches pour les routes - Guide méthodologique. Anena Publ. 32.*
- Vengeon, J.-M., Bourgeois, G., Loubet, R., 2021. *Prévision locale du risque d'avalanches pour les routes - Aide à la réflexion pour l'élaboration d'un cahier des charges techniques. Anena Publ. 20.*