



NIVOLOGIE PRATIQUE

■ COMPRENDRE ET RECONNAÎTRE
LES SITUATIONS AVALANCHEUSES
TYPIQUES ■

Association Nationale
pour l'Étude de la Neige
et des Avalanches
www.anena.org



Nivologie Pratique

Le manteau neigeux, facteur d'incertitude dans la prise de décision.

La variabilité des conditions météorologiques, du terrain (topographie et nature du sol) et les métamorphoses de la neige engendrent un manteau neigeux variable dans le temps et dans l'espace :

le manteau neigeux n'est pas figé dans le temps. Les caractéristiques de la neige au sol évoluent constamment (métamorphoses) en fonction des situations météorologiques. De fait, la stabilité du manteau neigeux varie dans le temps, en quelques semaines ou quelques jours, parfois en quelques heures seulement ;

- ↳ **verticalement** : en un point donné, un manteau neigeux est un empilement de couches qui présentent des caractéristiques différentes. Selon la qualité de ces couches et leur arrangement vertical, la structure est plus ou moins stable mécaniquement ;
- ↳ **horizontalement** : l'endroit où repose le manteau neigeux, à grande échelle ou à l'échelle du microrelief, influence son évolution. Altitude, orientation au soleil, exposition au vent, raideur de la pente, type de végétation ou de sol, etc. impactent ses transformations.

La stabilité du manteau neigeux varie donc dans l'espace, parfois à seulement quelques mètres de distance.

Dès lors, des trois facteurs sur lesquels s'appuie la prise de décision – facteur humain, facteur terrain et facteur nivo-météorologiques – ce dernier est sans doute celui qui comporte le plus d'incertitudes.

Cependant, des connaissances élémentaires, associées à un bon sens de l'observation, peuvent permettre de réduire ces incertitudes. Comprendre comment « fonctionne » une avalanche, connaître les situations typiques qui peuvent mener au déclenchement et savoir les repérer, à la maison et sur le terrain, peuvent nous faire adopter un comportement adapté et, peut-être, éviter l'accident.



1. POURQUOI UN SAUVETAGE EN AUTONOMIE LORS D'UNE AVALANCHE ? p.02

Édition : ANENA

15 rue Ernest Calvat

38000 Grenoble - Tel : 04 76 51 39 39

2. EN CAS D'ACCIDENT p.04

- 2.1. L'alerte p.04
- 2.2. Conduite à tenir pour le sauvetage p.05
- 2.3. Rôle du leader et des sauveteurs p.06
- 2.4. Prise en charge des victimes p.06
- 2.5. Accueil des secouristes professionnels p.07

Rédaction : Frédéric JARRY : ANENA ;

Mise en page : Célia DUCROS : ANENA ;

Illustrations : Manuel GENSWEIN ;

Frédéric JARRY.

Photos : ANENA, Couverture -

T. SENF/Archive MAMMUT p.1 -

D.DAHER p.2 - H. HECKMAIR/ORTO-

VOX p.4, p.12, p.19 - CRS 38, p7 -

ARVA, p.8 - A. SCHÖNHERR/PIEPS,

p.16 - M. VON SNOWL/Archive MAM-

MUT, p.13 ; p.18.

3. TECHNIQUE DE RECHERCHE, DE LOCALISATION ET DE DÉGAGEMENT p.08

- 3.1. Recherche du signal p.08
- 3.2. Recherche approximative p.11
- 3.3. Recherche fine p.11
- 3.4. Sondage p.12
- 3.5. Multi-ensevelissement p.14
- 3.6. Dégagement et évacuation p.16

Impression : Imprimerie du Pont

de Claix - 9 chemin de la Plaine -

38640 Claix.

4. UTILISATION ET CONTRÔLES p.19

- 4.1. DVA = appareil électronique p.19
- 4.2. Piles p.19
- 4.3. Port du DVA p.20
- 4.4. Contrôle « émission/recherche » p.20

ISBN : à renseigner

Dépôt Légal : septembre 2017

© 2017 ANENA





1

AVALANCHES : UN BREF APERÇU

Classiquement, une avalanche se définit comme un écoulement gravitaire rapide d'une masse de neige sur une pente de montagne.

Les avalanches peuvent prendre des formes variées. Ainsi, les critères officiels de classification proposés par l'UNESCO en 1981 laissent plus de 4 000 possibilités de combinaison. On peut cependant se contenter de quelques critères essentiels pour déterminer, sur le terrain, à quel type d'avalanche on a affaire. Cause(s) de départ, type de départ et type d'écoulement suffisent généralement pour décrire assez bien, mais de manière brève, une avalanche.

1.1. Les causes de départ

1.1.1. Les avalanches provoquées

L'avalanche est provoquée par un élément extérieur au manteau neigeux. C'est une surcharge brutale et ponctuelle (artificielle ou naturelle) qui déclenche le mécanisme de son départ : passage d'un skieur, explosion dans le cadre du déclenchement préventif (avalanches artificielles), mais également chute de corniche ou de sérac, passage d'animal (avalanches naturelles), etc.



Départ provoqué par le passage du skieur.
Crédit photo : Dom Daher®.





1.1.2. Les avalanches spontanées

Une avalanche est dite spontanée lorsqu'aucun agent extérieur au manteau neigeux n'intervient dans son départ. Celui-ci est lié à une modification progressive des propriétés physiques du manteau neigeux : perte de cohésion de couches de neige, rupture de l'équilibre d'une structure de plaque en cas de surcharge générale et progressive (chute de neige, accumulation due au vent), perte de cohésion entre le manteau neigeux et le sol (présence d'eau liquide), etc. Cette fragilisation est strictement due aux effets liés aux conditions météorologiques, ce sont des avalanches naturelles.



Départ spontané dû à la neige accumulée par le vent.
Crédit photo : ANENA - S. Escande ©.

1.2. Les types de départ

1.2.1. Les départs ponctuels

Un volume de neige part d'un point puis entraîne la neige à l'aval et s'étale en largeur lors de son écoulement. Il en résulte une forme de poire caractéristique. Ces avalanches sont typiques de départs spontanés dus à une perte de cohésion de la ou des couches de neige située(s) en surface.



Départ ponctuel suite à une importante humidification. Photo : ANENA ©



Départs ponctuels suite à une chute de neige.
Crédit photo : D. Goetz ©.



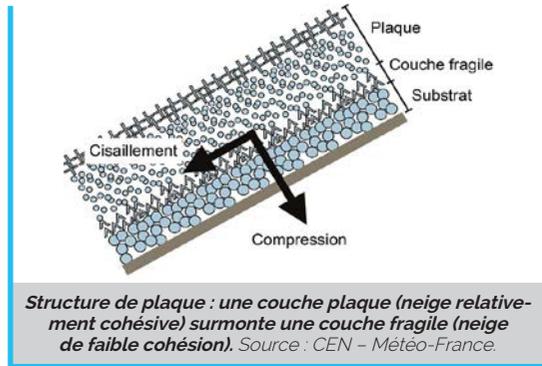


Départ en plaque suite à une accumulation de neige par le vent.

Crédit photo : ANENA - S. Escande ®.

1.2.2. Les départs en plaque

Un volume de neige part sous la forme d'une plaque (de plus ou moins grande surface et épaisseur) puis s'écoule dans la pente. Il en résulte une cassure linéaire visible dans la zone de départ. Ce type de déclenchement nécessite la présence d'une structure de plaque dans le manteau neigeux (couche fragile et couche plaque) et fait appel à un mécanisme de déclenchement aujourd'hui relativement bien expliqué.



✘ Mécanisme de déclenchement des plaques

➔ Étape 1 : initiation d'une rupture dans la couche fragile

Suite à une surcharge brutale ou progressive du manteau neigeux ou encore à une modification physique de ses propriétés, une rupture peut être initiée dans la couche fragile.

Dans le cas d'une avalanche provoquée (ex. : passage d'un skieur, explosion, chute de corniche), les ruptures initiées au niveau des grains de la couche fragile sont concentrées et s'organisent quasi immédiatement en une fissure de taille suffisante pour se propager.

Dans le cas d'un départ spontané (ex. : charge d'une nouvelle chute de neige, réchauffement), la déformation est plus lente et les ruptures au niveau des grains de la couche fragile mettent quelques minutes à quelques heures pour s'organiser en une fissure de taille critique.



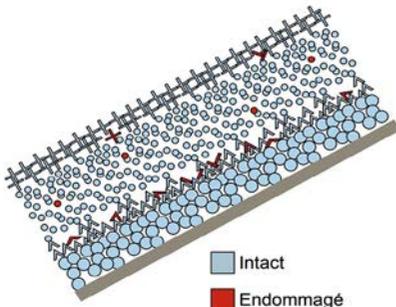


➔ Étape 2 : propagation de la rupture de la couche fragile

Dès que la fissure atteint une taille critique (plusieurs dizaines de centimètres à plusieurs mètres), la rupture se propage d'elle-même dans la couche fragile. La propagation est alors pilotée par le poids des couches situées au-dessus (plaque) et non pas par l'élément initiateur. Cette rupture peut se propager sur de très grandes surfaces, tant que la couche fragile reste homogène et que la plaque, posée au-dessus, ne se rompt pas.

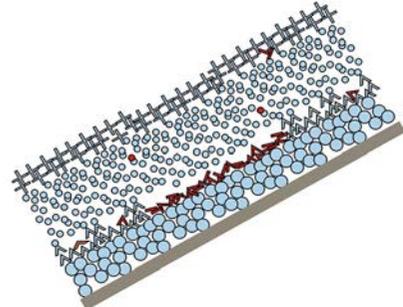
➔ Étape 3 : rupture et glissement de la plaque

Si la pente est assez forte, les forces de friction à l'interface entre la couche fragile rompue et la plaque sont insuffisantes pour retenir la plaque, cette dernière se rompt et glisse dans la pente.

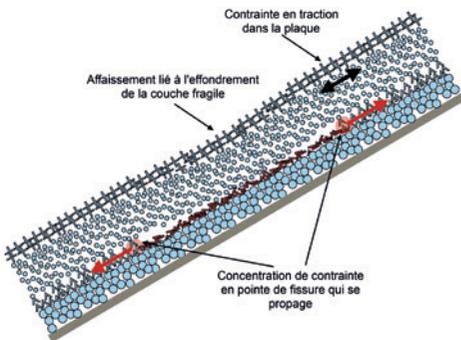


Étape 1. Initiation d'une rupture dans la couche fragile : ruptures diffuses, dans le cas d'un départ spontané par exemple. Celles-ci peuvent s'organiser pour former une rupture macroscopique.

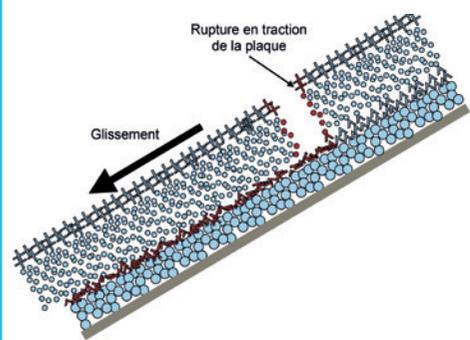
Source : CEN – Météo-France.



Étape 1. Propagation de la rupture dans la couche fragile : le poids de la plaque pilote la propagation de la rupture. Source : CEN – Météo-France.



Étape 2. Initiation d'une rupture dans la couche fragile : création d'une fissure macroscopique lorsque des ruptures diffuses s'organisent. Source : CEN – Météo-France.



Étape 3. Rupture et glissement de la plaque : la plaque glisse et laisse derrière elle une cassure linéaire. Source : CEN – Météo-France.



A SAVOIR

Plaque... quelques éléments de réflexion pour les skieurs... et les autres

Lorsqu'un skieur ou un raquetiste est victime d'une avalanche, il s'agit dans 95 % des cas d'une structure de plaque, qu'il a, le plus souvent lui-même déclenchée (96 % des cas). En tant que pratiquant, il paraît donc essentiel de s'intéresser au phénomène, à son mécanisme et aux conditions météorologiques et nivologiques qui y conduisent.

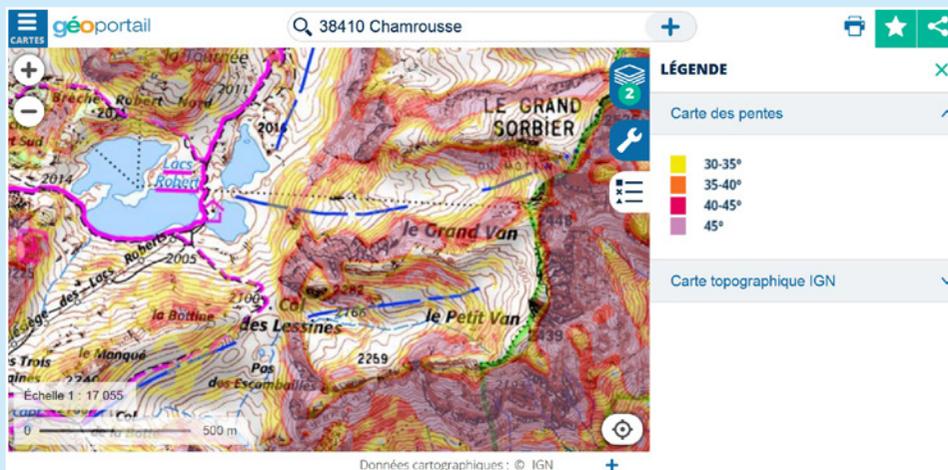
Pour qu'il y ait avalanche de plaque, il est nécessaire que le manteau neigeux présente une structure de plaque. Reconnaître et prendre en compte les conditions météorologiques qui peuvent conduire à ce type de manteau neigeux aide à la prise de décision sur le choix d'une sortie ou sur le choix de la trace. Les récentes études sur le mécanisme de déclenchement des plaques apportent certains éléments de réflexion supplémentaires pour le pratiquant.

✘ Peu de chances de s'échapper

Dans la couche fragile, la rupture se propage dans toutes les directions et à grande vitesse. De fait, le skieur se retrouve souvent au milieu de la plaque qu'il a déclenchée et qui l'emporte. Avec une vitesse de propagation de la rupture allant de près de 40 km/h jusqu'à 110 km/h (10 à 30 m/s), les chances de s'échapper du piège sont minces.

✘ Pentes raides à très raides

Dans la très grande majorité des cas, les départs de plaque surviennent dans des pentes d'inclinaison comprise entre 30° et 45°, avec un pic situé aux alentours de 38°. L'IGN en France et SwissTopo en Suisse proposent des cartes topographiques sur lesquelles les pentes à plus de 30° sont colorées. Ces cartes supplémentaires sont une aide pour la préparation des sorties. Sur le terrain, il est essentiel de savoir évaluer l'inclinaison maximale des pentes autour et sur lesquelles on évolue.





✘ Déclenchement à distance

La couche fragile se rompant essentiellement du fait des contraintes en cisaillement, plus la pente est forte, plus il est aisé d'initier une rupture dans ladite couche et plus le déclenchement d'une plaque sera facilité. Cependant, un déclenchement depuis une zone plate ou peu inclinée est tout à fait possible : le skieur ou le randonneur à raquette initie la rupture dans la couche fragile, sur le plat.

La rupture se propage dans la pente qui le domine jusqu'à atteindre des zones d'inclinaison supérieure à 30°, dans lesquelles la plaque pourra se rompre et partir en avalanche.



Départ provoqué à distance par le skieur.

Crédit photo : © J. Zijp.

✘ Enfouissement de la couche fragile

Plus une couche fragile est profondément enfouie dans le manteau neigeux, plus il est difficile à la contrainte exercée par le skieur d'atteindre ladite couche. On estime qu'au-delà de 80-100 cm d'enfouissement, la charge d'un skieur ne peut plus vraiment initier la rupture dans la couche fragile. Cependant, il est important sur le terrain de prendre en compte la variabilité d'épaisseur du manteau, notamment lorsque celui-ci a été travaillé par le vent : une couche fragile peut être enfouie sous 2 m de neige en un point A mais seulement sous 50 cm en un point B très peu distant. La plaque pourra alors être déclenchée à partir du point B et l'épaisseur de la cassure linéaire variera de 50 cm à 200 cm.

✘ Plaque dure et plaque friable

Plus la plaque est dure, plus il sera difficile d'initier une rupture dans la couche fragile : la contrainte exercée par le skieur est alors répartie sur une plus grande surface de la plaque, par effet de pont. Au contraire, plus la plaque est friable, plus la contrainte exercée par le skieur est concentrée ponctuellement et plus il devient facile d'initier une rupture dans la couche fragile.

Par contre, s'il y a initiation de rupture dans la couche fragile, la surface de la plaque qui se détachera risque d'être plus grande si la plaque est dure. En effet, plus la plaque est dure, plus sa rupture en traction est difficile, et plus la rupture de la couche fragile peut se propager sur une grande surface avant que la plaque se rompe. Au contraire, les plaques friables, qui présentent une faible résistance à la traction, ont tendance à se rompre plus facilement et donc à stopper plus rapidement la propagation de la rupture de la couche fragile, d'où une surface et un volume généralement moindres.





1.3. Le type d'écoulement

C'est essentiellement la qualité de la neige mise en mouvement qui détermine la forme d'écoulement.

1.3.1. Les avalanches denses

Plus la neige mise en mouvement est dense, plus elle a tendance à s'écouler en restant au contact avec le sol.

La trajectoire des avalanches denses suit les points bas du relief. Leur vitesse varie de quelques km/h à plus d'une centaine de km/h. Leur pouvoir destructeur est lié à la masse de neige mise en mouvement (la pression exercée peut atteindre 100 t/m²).



Avalanche avec écoulement dense. © Melmoux.

1.3.2. Les avalanches aérosol

Une avalanche aérosol est caractérisée par un nuage de neige qui se développe lorsque la neige mise en mouvement est très peu dense et la pente d'écoulement suffisamment inclinée et longue pour qu'un mouvement turbulent puisse se mettre en place.

La vitesse d'écoulement d'une avalanche aérosol varie entre environ 100 km/h et 350 km/h. L'écoulement peut traverser des zones planes, voire remonter dans les versants opposés sur plusieurs centaines de mètres de dénivelé. Son pouvoir destructeur est lié au souffle que ces écoulements provoquent du fait de leur vitesse très élevée. Il est généralement moindre que celui de l'écoulement dense mais l'aérosol peut atteindre des zones inaccessibles à un écoulement dense.

L'aérosol précède le plus souvent une partie plus dense de l'écoulement. On parle d'avalanche mixte. La trajectoire de la partie aérosol de l'avalanche peut être différente de celle de sa partie dense.



Avalanche avec écoulement aérosol. © Service des pistes d'Abriès.





2

LES SITUATIONS AVALANCHEUSES TYPIQUES



Certaines situations nivologiques sont propices aux départs d'avalanche. L'EAWS (European Avalanche Warning Services – www.avalanches.org) donne cinq situations avalancheuses typiques : neige fraîche, neige ventée, sous-couche fragile persistante, neige humide et avalanche de fond. Lors de la préparation d'une sortie et sur le terrain, l'appréhension de ces situations est un préalable essentiel à leur analyse, à la prise de décision et à l'adoption d'un comportement adéquat. Seules les quatre premières situations typiques sont présentées ci-après, car ce sont elles qui représentent la quasi-totalité des situations accidentelles.

2.1. Situation de neige fraîche

Une nouvelle chute de neige entraîne bien souvent une élévation du danger d'avalanche :

- la quantité de neige fraîche supplémentaire implique une surcharge générale et progressive sur le manteau neigeux en place ;
- une structure de plaque peut se former au sein de la nouvelle couche de neige fraîche ou en lien avec l'ancien manteau neigeux.

Une grande majorité des accidents d'avalanche (75 %) se produisent dans les trois jours qui suivent des précipitations neigeuses.

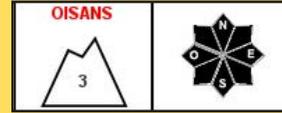




Exemple d'un BRA typique d'une situation de neige fraîche

MASSIF OISANS (rédigé le 21 février 2015 à 15h)

Estimation du risque jusqu'au dimanche 22 février au soir



Risque marqué

Indices de risque : 5 très fort - 4 fort - 3 marqué - 2 limité - 1 faible

En noir : les pentes les plus dangereuses

Déclenchement skieurs : plaques friables en formation

Départs spontanés : coulées ou avalanches de neige fraîche en pente raide

✳ Stabilité du manteau neigeux

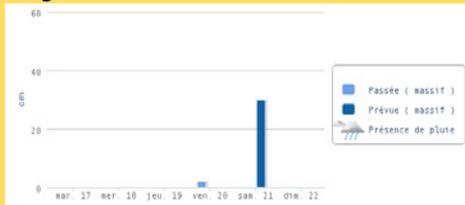
Nouvelle instabilité **liée aux chutes de neige fraîche et au vent qui les accompagne.**

Formation de **plaques friables d'apparence poudreuse** sous l'effet du vent de nord. Attention donc en coupant les pentes vierges abritées. Des **ruptures peu épaisses** devraient fréquemment se produire au passage du skieur **dans la couche de neige fraîche**, ces départs emmenant plus de neige dans les secteurs à l'ombre où **les sous-couches souvent fragiles peuvent s'affaïsser.**

Les journées de beau temps de cette semaine et le fort vent du sud de samedi matin ont généralement **stabilisé les sous-couches** des pentes sud. **Le risque de plaque existe mais concerne essentiellement la neige récente.**

Activité naturelle : **des coulées ou petites avalanches peuvent se produire naturellement** dans les pentes les plus raides .

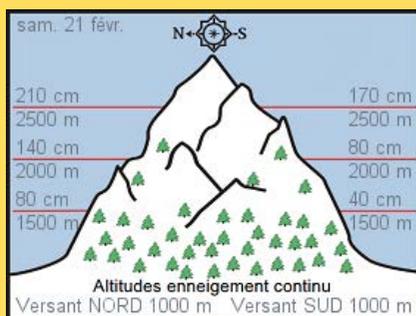
Neige fraîche à 1800 m



Qualité de la neige

Bon enneigement, skiable dès les basses altitudes, notamment en orientation nord. Avec les nouvelles chutes de neige les conditions de ski se sont modifiées. Neige poudreuse ou travaillée par le vent... Plaques dures sur les crêtes et les sommets.

Épaisseur de neige hors piste



Tendance ultérieure du risque

- lundi 23 ↗
- mardi 24 →

Éléments à relever dans le BRA pour comparaison sur le terrain :

- de terrain (orientations, altitudes, expositions au vent, localisation, etc.)
- nivologiques (signes d'instabilité, quantités et qualité de neige, etc.)





2.1.2. Observations sur le terrain

L'observation générale des conditions est assez facile : neige éblouissante en surface, anciennes traces recouvertes, arbres encore chargés de neige, « plâtrage » des faces rocheuses, neige plus ou moins meuble, trace de progression plus ou moins profonde, etc.

En cas de chute de neige, il est essentiel d'observer autour de la trace et dans les versants dominants :

- ➔ **La quantité de neige fraîche** présente (enfonce-ment du bâton, profondeur de la trace à ski ou à pied, etc.). D'une manière générale, plus la quantité de neige mobilisable est importante, plus la situation est défavorable.
- ➔ **La présence de vent et son intensité** pendant (et peu après) la chute de neige. Plus la chute est accompagnée de vent, plus la nouvelle couche prend de la cohésion qui lui donne les caractéristiques d'une plaque. Des variations dans l'intensité du vent pendant la chute de neige peuvent créer des structures de plaque : la neige d'abord non ventée aura le comportement d'une couche fragile, la neige ensuite ventée celui d'une plaque. Il n'est pas nécessaire d'avoir un vent très fort pour créer une plaque. Celle-ci n'est alors pas dure mais friable.



Situation de neige fraîche : les arbres sont encore chargés. Crédit photo : © ANENA - F. Jarry

- ➔ **La température et ses évolutions** pendant la chute de neige. Indépendamment des effets du vent, plus la température est proche de 0°C, plus la nouvelle couche subit un tassement et une prise de cohésion favorable à la formation d'une couche plaque. Au contraire, plus la température est négative (< -5°C environ), plus la neige reste légère et conserve les caractéristiques d'une couche fragile. Des variations importantes de la température pendant un épisode de neige peuvent générer une structure de plaque : « froid » (⇒ couche fragile) puis « chaud » (⇒ plaque).



Enfoncement du bâton dans une accumulation de neige fraîche. © ANENA - F. Jarry

- ➔ **La surface sur laquelle s'est déposée la nouvelle chute de neige.** Les surfaces régulières de neige ancienne meuble (couche fragile persistante), un manteau neigeux humidifié (cf. encart « gradient important »), sont défavorables. Au contraire, la situation est plus favorable lorsque la neige se dépose sur des surfaces travaillées (vent, nombreuses traces de skis, etc.).





Schéma (à faire) :

Quantités Critiques de Neige Fraîche

Repères utiles pour l'ajustement du BRA sur le terrain (ou en cas d'absence de BRA)

10-20 cm = quantité critique lorsque conditions défavorables :

- vent fort (> 50 km/h)
- surfaces régulières de neige meuble ou de neige humide (0°C)
- pente peu skiée
- chute sous température fortement négative (inf. -5°C) puis proches de 0°C

20-30 cm = quantité critique lorsque conditions moyennes (mélange de conditions favorables et défavorables).

30-50 cm = quantité critique lorsque conditions favorables :

- vent faible à modéré
- surface du manteau neigeux travaillée
- pente très skiée
- chute sous température proches de 0°C puis fortement négative (inf. -5°C)

2.1.3. Signes d'instabilité

Les déclenchements spontanés de neige fraîche sont un signe d'instabilité qui doit conduire à une mise en vigilance.

2.1.4. Localisation du danger

S'agissant de précipitations, toutes les orientations sont concernées, sur de grandes zones. Cependant, si la chute est accompagnée de vent, certains secteurs à l'abri sont plus dangereux que d'autres (apport local de neige plus important). Ces effets sont plus marqués en altitude. La situation commence à l'altitude de la limite pluie-neige. En-dessous, on peut être confronté à des problèmes d'humidification du manteau neigeux par la pluie (voir page XX).

2.1.5. Types d'avalanches attendus

Déclenchements skieurs : les départs provoqués liés à la présence de neige fraîche prennent plutôt la forme de plaques friables.

↳ La structure de plaque peut se mettre en place au sein d'une même couche de neige fraîche, lorsque les conditions atmosphériques varient au moment de l'épisode neigeux (vent, température : cf. page précédente).

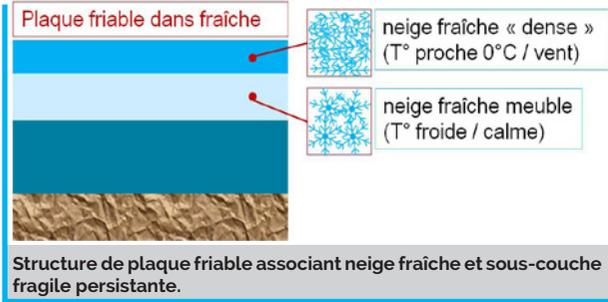
Exemple : l'épisode commence par une température fortement négative. La neige qui se dépose présente alors peu de cohésion et s'apparente à une couche fragile. Puis la température remonte vers 0 °C. La neige qui se dépose dès lors présente plus de cohésion et s'apparente à une couche plaque. L'aspect général peut sembler encore poudreux, cependant une structure de plaque est en place.



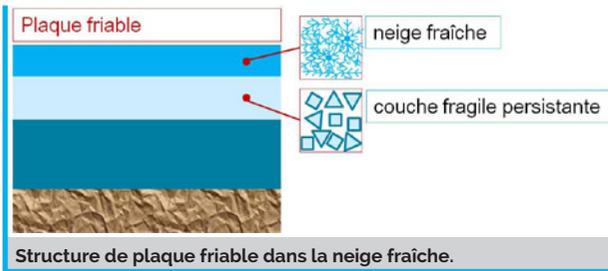


Ce type de structure est éphémère car la couche fragile constituée de neige fraîche va en général se tasser rapidement et prendre de la cohésion sous l'effet du poids de la couche supérieure, jusqu'à se lier à celle-ci.

- ➔ La structure de plaque peut également se mettre en place lorsque la neige fraîche se dépose sur une vieille neige meuble (le plus généralement constituée de grains anguleux). On est alors confronté à une situation de sous-couche fragile persistante. Ce cas est fréquent lorsqu'un épisode neigeux fait suite à une période anticyclonique (beau temps) plus ou moins longue.



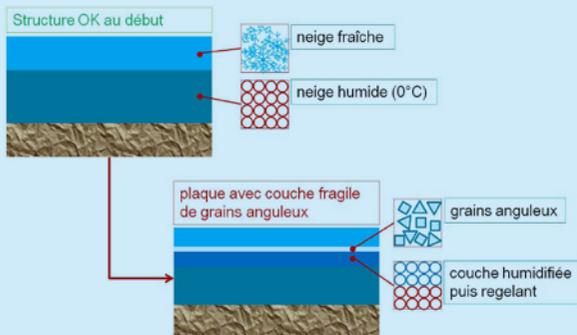
- ➔ Si le manteau neigeux présentait déjà une structure de plaque avec une couche fragile persistante, la nouvelle chute de neige accroît fortement de danger d'avalanche par la surcharge qu'elle représente.



A SAVOIR

Neige froide sur neige à 0 °C

Lorsque de la neige fraîche se dépose sur un manteau neigeux qui a été humidifié par le soleil ou par la pluie (neige à 0°C avec humidification), il peut se créer, à l'interface entre les deux couches, une fine strate de grains anguleux (faces planes), très fragile.



On est alors en présence d'une structure de plaque, associant couche de neige récente et couche de neige plus ancienne humidifiée (qui regèlera ensuite).





A SAVOIR

La neige roulée

La neige roulée est une forme de neige fraîche particulière.

Au sein de masses nuageuses turbulentes, les cristaux subissent un fort givrage : des microgouttelettes d'eau sur-fondue entrent en contact avec les cristaux sur lesquels elles congèlent. Le cristal est alors plus ou moins enrobé d'une coque de gouttelettes gelées. La neige roulée peut être mêlée à de la neige fraîche « normale » ou constituer à elle seule une couche.



Couche de neige roulée, à l'aspect de petites billes de polystyrène. © ANENA - F. Jarry



Neige roulée sous la loupe : on distingue encore la forme d'un cristal en étoile, enrobé de microgouttelettes congelées. © CEN - Météo-France

Les couches de neige roulée présentent très peu de cohésion. Elles peuvent donc constituer une couche fragile. Ce risque est cependant le plus souvent localisé car ces couches sont rarement homogènes et régulières.

En France, elles sont très peu souvent en cause dans les structures de plaque déclenchées accidentellement (sauf dans les massifs les plus méridionaux).

✘ Départs spontanés

On peut s'attendre à une activité avalancheuse naturelle pendant et juste après les chutes de neige, ainsi que plus tard lorsque les rayons du soleil atteignent pour la première fois cette neige nouvellement déposée. Cette activité peut prendre la forme de départs ponctuels spontanés (perte de cohésion de la neige fraîche en surface) ou linéaires provoqués naturellement (départs de plaques dus à la charge supplémentaire que crée le poids de la couche de neige récente).

La neige étant souvent poudreuse, les écoulements peuvent être accompagnés d'un aérosol, plus ou moins important et puissant, selon les quantités mises en mouvement et la longueur de la pente permettant la reprise de neige.





2.1.6. Conduite à tenir

Lorsque les quantités critiques de neige fraîche sont atteintes, il est nécessaire d'adopter un comportement défensif :

- ➔ éviter les versants raides concernés et leurs pieds de pente, même en forêt ;
- ➔ mettre en œuvre des règles de déplacement permettant de limiter le risque (espacements, îlots de sécurité, bornage de la trace).

Si aucune sous-couche fragile persistante (constituée de grains anguleux) n'est présente dans le manteau neigeux, la situation ne reste généralement défavorable que pendant quelques heures à quelques dizaines d'heures.



Neige fraîche accompagnée de vent, les quantités critiques sont atteintes : le groupe prend des distances
© ANENA – S. Escande

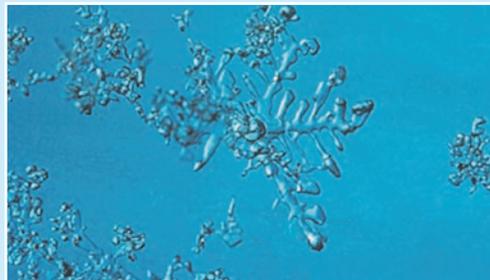
A SAVOIR

Observation d'une couche de neige fraîche dans le manteau neigeux



Neige fraîche à l'œil nu : cristaux et particules reconnaissables givrés. © ANENA – F. Jarry.

Une couche de neige fraîche est constituée de cristaux (étoiles, plaquettes, aiguilles, etc.), avec souvent déjà des particules reconnaissables. On y distingue donc des cristaux entiers et des grains de forme allongée (de parfois quelques millimètres), aux contours souvent aigus et peu épais.



Neige fraîche sous la loupe : mélange de cristaux de neige fraîche et de particules reconnaissables. © CEN – Météo-France.

La couche est bien blanche, souvent étincelante en surface. Plutôt située en surface du manteau neigeux ou proche de celle-ci, elle présente généralement peu de cohésion. On peut y enfoncer le poing ou quatre doigts.





2.2. Situation de neige ventée



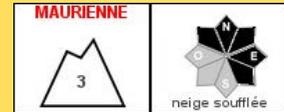
Le vent transporte la neige pendant ou après sa chute, l'accumule dans les zones abritées et lui confère de la cohésion. Des structures de plaques « à vent » peuvent se former : la couche plaque est composée de la neige transportée, tandis que la couche fragile est composée de la neige abritée, qui n'a pas subi l'action du vent.

Environ les deux tiers des accidents d'avalanche se produisent suite à un épisode de transport de neige par le vent.

Exemple d'un BRA typique d'une situation de neige ventée

MASSIF MAURIENNE

Estimation du risque jusqu'au lundi 15 février au soir



Risque Marqué

Déclenchement skieurs : plaques dans la neige récente soufflée

Départs spontanés : quelques purges, coulées ou plaques

✘ Stabilité du manteau neigeux

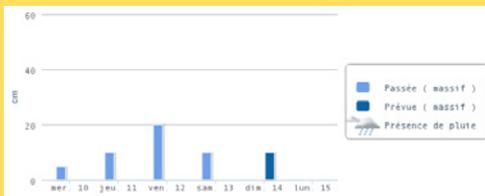
Le fort vent d'W a formé des plaques friables fragiles en poudreuse mate, parfois même loin en contrebas des crêtes, à mi-pentes, dans des secteurs qui peuvent paraître anodins. Se méfier des bombés et ruptures de pentes. Des billes de neige roulée enfouies sont un facteur aggravant, on en trouve surtout dans le tranche d'altitude 2 000/2 700 m (couche fragile).

→ en pentes raides exposées N à E, un départ en escalier reste possible avec une cassure épaisse.

→ les pentes éclairées par quelques heures de soleil peuvent présenter un risque temporairement accru.

Grande prudence requise en secteurs qui n'ont pas été skiés depuis une semaine. Certains secteurs d'altitude sont en neige cartonnée par le vent, rares plaques dures épaisses possibles.

Neige fraîche à 1 800 m



Qualité de la neige

Manteau neigeux hétérogène. Le vent d'W ou SW a soufflé fort ces derniers temps (crêtes soufflées et accumulations dans les combes).

On peut chausser ski ou raquettes dès 1000 m, mais la sous-couche reste maigre plus bas que 1400 m. Neige poudreuse ou soufflée voire cartonnée près des crêtes. Localement matée par le brouillard. Plus bas que 1 800/2 000 m croûte cassante.

Éléments à relever dans le BRA pour comparaison sur le terrain :

- de terrain (orientations, altitudes, expositions au vent, localisation, etc.)
- nivologiques (signes d'instabilité, quantités et qualité de neige, etc.)





2.2.1. Observations sur le terrain

D'une manière générale, lors d'un épisode de transport de neige par le vent, il est essentiel d'observer :

➔ **la force du vent : plus le vent est fort**

- ➔ plus la neige va être facilement transportée et en grandes quantités ;
- ➔ plus la neige redéposée sera dense et compacte, cohésive, présentant les caractéristiques d'une couche plaque ;
- ➔ plus les zones de redéposition de la neige seront éloignées des crêtes et des cols.

➔ **les caractéristiques de la neige transportée.**

La neige fraîche ou récente est plus facilement transportable qu'une vieille neige meuble. Les neiges compactes sont nettement plus difficilement transportables ;

➔ **l'exposition de la pente au vent local :**

- ➔ les zones soumises au vent, face au vent, sont globalement des zones d'érosion. Le danger d'avalanche y est donc en général moindre. Attention toutefois : lorsque le vent souffle faiblement, les pentes face au vent peuvent présenter des zones d'accumulation en certains endroits, comme les replats, l'arrière des buttes, les thalwegs, etc. ;
- ➔ les zones à l'abri du vent, sous le vent, sont des zones d'accumulation de la neige ; des structures de plaque (« à vent ») peuvent s'y mettre en place.

➔ **la neige de surface sur laquelle le vent dépose la neige**, qui pourra dans certains cas jouer le rôle de couche fragile ;

➔ **le relief éolien créé** : variations d'épaisseur, dunes, congères, corniches, crêtes de coq (sastrugis), sillage, etc. Ces indices dus au vent donnent des indications sur sa direction et sa force ; ils laissent entrevoir où se situent les zones d'érosion et celles d'accumulation.

✘ **Du vent pendant une chute de neige**

Observations :

➔ **quantités critiques de neige fraîche** : il est important d'observer si, selon les conditions, la quantité critique de neige fraîche est atteinte (force du vent, surface des dépôts, etc.) ;

➔ **variations d'épaisseur** : durant la trace, il est nécessaire d'observer les différences d'épaisseur d'un endroit à l'autre. Cependant, zones d'érosion et zones d'accumulation sont parfois difficiles à distinguer, notamment lorsque le vent est modéré : le dépôt de la neige par le vent pendant la chute est assez uniforme. Les accumulations peuvent rapidement être importantes.

➔ **plâtrage** : les rochers, les arbres sont-ils très « plâtrés » ?

➔ **relief éolien** : des dunes et des corniches se forment-elles ?



Vent modéré pendant une chute de neige. La neige reste poudreuse mais acquiert suffisamment de cohésion pour dessiner des corniches et former des plaques « friables ». © ANENA - F. Jarry.





✘ **Du vent sans précipitations**

Observations :

- ➔ **variations d'épaisseur** entre zones d'érosion et zones d'accumulation ;
- ➔ **phénomène de « chasse-neige »** : les crêtes fument-elles, des corniches se forment-elles ?
- ➔ **indices de surface :**
 - ↳ zones érodées : crêtes et croupes déneigées, sastrugis, traces de progression en relief, etc.
 - ↳ zones accumulées : aspect lisse et mat des accumulations, dunes, congères, sillage côté sous le vent des obstacles (rochers, végétation), etc.
 - ↳ arbres et rochers déneigés, etc.

Ces indices de surface donnent des indications quant à la direction du vent et à la localisation probable des accumulations. Cependant, il est souvent difficile de dater leur formation (une corniche peut demeurer pendant de longues semaines) et ces indices de surface ne sont pas forcément signe d'instabilité.



Épisode de vent par beau temps : à l'aller, traces de raquettes dans une neige compactée par le vent. Au retour, ces anciennes traces sont comblées par la neige transportée. © ANENA – F. Jarry.





← Effets de sillage et chasse-neige sur la crête pendant un épisode de transport de neige par le vent suite à une chute de neige. Direction locale du vent : de droite à gauche.

© ANENA – F. Jarry.



← « Crêtes de coq », sastrugis. Direction locale du vent : du coin bas gauche vers le coin haut droit. La pente située derrière le collet a été accumulée et « plaquée ».

© ANENA – F. Jarry.



← Corniche et « crêtes de coq ». Direction locale du vent : du coin bas droite vers le coin haut gauche. Les pentes situées sous la corniche ont été accumulées, mais on ne sait pas quand.

© ANENA – F. Jarry.





2.2.2. Signes d'instabilité

Il existe de nombreux signes témoignant que le manteau neigeux est instable :

- ↳ départs naturels provoqués par les accumulations dues au vent ;
- ↳ fissures dans la neige cohésive autour de la trace, témoin de la présence d'une couche « plaque » ;
- ↳ bruits sourds d'effondrement (« whumpfs »), qui témoignent de la présence d'une structure de plaque ;
- ↳ ruptures à distance, parfois.

2.2.3. Localisation du danger

Les zones d'accumulation, à l'abri du vent local, sont celles susceptibles de receler des structures de plaque.

- ↳ neige ventée pendant une chute de neige : le danger est plutôt généralisé, notamment si le vent est modéré. Plus le vent sera fort, plus le danger sera localisé à certaines expositions ou configurations topographiques ;
- ↳ neige ventée sans précipitations : le danger est surtout localisé dans les pentes abritées. Il est même très localisé lorsqu'il s'agit d'un transport de vieille neige.

Les pentes situées sous les cols et les crêtes sont des zones privilégiées d'érosion et d'accumulation. Mais plus le vent est fort, plus le danger se présente dans des pentes situées loin à l'aval, dans la totalité du versant. Un vent transversal par rapport à un versant peut créer des accumulations tout le long des combes et des couloirs. Les plateaux, les grandes pentes, sont des zones privilégiées de reprise de la neige par le vent.

2.2.4. Types d'avalanches attendues

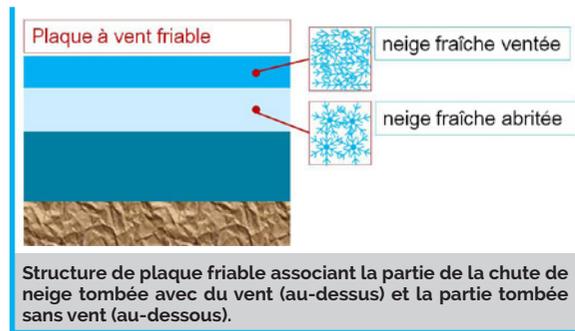
Les avalanches prennent la forme de plaques, provoquées ou spontanées. La neige transportée par le vent prend de la cohésion et peut se déposer sur une surface présentant moins de cohésion. Des structures de plaque se mettent en place dans les zones abritées : la couche plaque est constituée de la neige transportée et déposée par le vent, la couche fragile est constituée de la neige restée en place.

Les cassures présentent généralement des variations d'épaisseur, qui peuvent être importantes, ce qui témoigne des effets d'accumulation par le vent. Plus le vent est fort, plus la neige transportée prendra de la cohésion et plus la plaque créée sera dure.

✘ Déclenchements skieurs

➔ Neige ventée pendant une chute de neige

Des structures de plaques peuvent se créer dans la neige fraîche issue du même épisode neigeux. La neige tombée sans vent en début d'épisode peut former une couche fragile tandis que, si le vent se lève par la suite, la neige soufflée pendant la chute, plus cohésive, forme la couche plaque.





Il est alors possible de provoquer accidentellement des avalanches de plaque friable. Dans ce cas, le danger disparaît au bout de quelques heures à quelques dizaines d'heures : la couche fragile de neige fraîche se tasse et les deux couches, jusqu'alors distinctes, n'en forment plus qu'une.

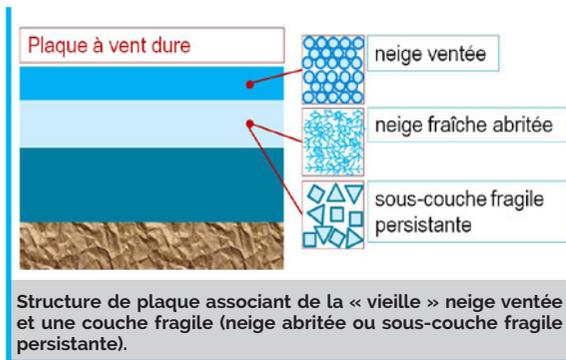
➔ Neige ventée sans précipitations

Le vent peut transporter la neige de surface quelque temps ou longtemps après un épisode neigeux. Selon la qualité de la neige transportable et la force du vent, la neige soufflée se redépose avec plus ou moins de cohésion :

- ➔ plus la neige est fraîche et le vent faible, plus la couche de neige redéposée est friable ;
- ➔ plus la neige est ancienne et le vent fort, plus la couche de neige redéposée est dure.

Là encore, des structures de plaque peuvent se mettre en place lorsque l'accumulation repose sur une neige présentant les caractéristiques d'une couche fragile (neige récente peu transformée et non ventée, sous-couche fragile persistante).

Selon la couche fragile, le danger de déclenchement provoqué peut perdurer de quelques heures (couche fragile temporaire) à plusieurs semaines (sous-couche fragile persistante).



✘ Départs spontanés

Dans cette situation de neige soufflée, des départs spontanés de plaques, par surcharge due aux accumulations, peuvent avoir lieu.



Départ spontané d'une plaque épaisse accumulée par le vent. La variation d'épaisseur au niveau de la casure dénote le travail du vent. © J. Descombes-Sevoie.





2.2.5. Conduite à tenir

Dans une situation de neige ventée, le danger est plutôt localisé aux zones accumulées. Il faut donc préférer les versants exposés au vent, les croupes, les zones visiblement érodées et éviter les zones d'accumulation.

La vigilance doit être renforcée et des mesures de prévention doivent être adoptées dans les zones abritées qui pourraient présenter des structures de plaque (espacement, îlots de sécurité, etc.).

Ces zones abritées sont :

- ↳ les versants protégés du vent ;
- ↳ les abords de crêtes et des cols (plus bas et plus loin en cas de vent fort) ;
- ↳ les sorties ou parties évasées des couloirs ;
- ↳ les ruptures de pentes ;
- ↳ les combes et couloirs lorsque le vent est perpendiculaire.

En cas de neige soufflée pendant une chute de neige, la méfiance est accrue en pied de versant et parfois à distance.



Au passage de la crête, dans la face « accumulée », le groupe prend des distances pour aborder les pentes plus raides. © ANENA – S. Escande.





A SAVOIR

Observation d'une couche de neige ventée dans le manteau neigeux

Les couches de neige ventée ont souvent un aspect bien blanc, mat.
Une couche de neige soufflée est caractérisée par sa cohésion (cohésion de frittage) qui lui donne les propriétés d'une plaque.

Les grains de neige qui la compose peuvent encore avoir des formes allongées (particules reconnaissables), s'il s'agit d'une neige soufflée pendant une chute de neige par vent modéré. La couche de neige déposée est alors encore friable (dureté 4 doigts, par exemple).

Plus la neige transportée est ancienne et plus le vent est fort, plus les grains de neige qui se sont redéposés sont petits et arrondis (grains fins) avec une bonne cohésion de frittage (couche dure à très dure, 1 doigt/1 crayon).



Neige ventée sous la loupe : les grains sont petits, plutôt arrondis et collés les uns aux autres, donnant à la couche sa cohésion. © CEN - Météo-France.

2.3. Situation de sous-couche fragile persistante



Souvent, les longues périodes de beau temps favorisent la création de grains anguleux (faces planes, gobelets) ou de givre de surface. Enfouies, ces couches, qui présentent très peu de cohésion, jouent le rôle de couche fragile. Persistantes, elles conservent leur fragilité pendant des jours, des semaines, voire des mois. Ces situations sont une cause très fréquente d'accidents d'avalanche.





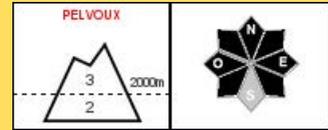
Exemple d'un BRA typique d'une situation de sous-couche fragile persistante

MASSIF PELVOUX (rédigé le 25 janvier 2015 à 15 h)

Estimation du risque jusqu'au lundi 26 janvier au soir

Au-dessus de 2 000/2 200 m : Risque marqué.

En-dessous : Risque limité.



Indices de risque : 5 très fort - 4 fort - 3 marqué - 2 limité - 1 faible - En noir : les pentes les plus dangereuses

Déclenchement skieurs : Plaques à vent très fragiles au dessus de 2000/2200 m.

Départs spontanés : Rares.

✘ Stabilité du manteau neigeux

En-dessous de 2000/2200 m, les pluies et le redoux des semaines passées ont bien consolidé le manteau. Le risque de déclenchement par surcharge est limité à quelques pentes raides en versants froids.

Au-dessus de 2000/2200 m, les récentes chutes de neige masquent souvent des strates plus anciennes, composées de grains sans cohésion. La probabilité de déclencher une plaque dure, ou friable d'aspect poudreux, est très présente dans la plupart des versants froids, parfois loin des sommets. Il faut également être prudent dans les versants ensoleillés à l'approche des crêtes de haute altitude où des instabilités sont aussi présentes. Le passage d'un seul randonneur peut suffire à provoquer une avalanche comme en témoignent les récents déclenchements signalés. De gros volume de neige peuvent être mobilisés.

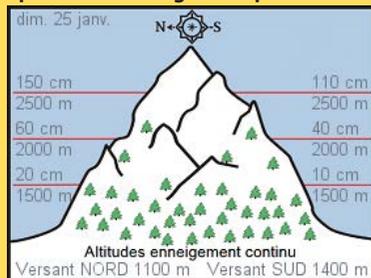
Neige fraîche à 1800 m



Qualité de la neige

L'enneigement est faible pour la saison en dessous de 2200 m, mais devient correct à plus haute altitude. En surface, la neige récente est présente à toute altitude, le plus souvent légère et poudreuse, mais parfois cartonnée par le vent. Les cailloux sont souvent visibles sur les crêtes.

Épaisseur de neige hors piste



Tendance ultérieure du risque

- mardi 27 →
- mercredi 28 →

Éléments à relever dans le BRA pour comparaison sur le terrain :

- de terrain (orientations, altitudes, expositions au vent, localisation, etc.)
- nivologiques (signes d'instabilité, quantités et qualité de neige, etc.)





2.3.1. Observations sur le terrain

En surface, une couche de grains anguleux est facilement identifiable : il s'agit d'une neige encore meuble, sèche et froide alors que la dernière chute de neige date de plusieurs jours. Il est impossible de faire une boule de neige en la serrant, elle glisse entre les doigts, comme du sucre en poudre ou du gros sel. C'est ce qu'on appelle parfois de la « vieille poudre ».

Une fois enfouie, son observation est plus difficile et la situation dangereuse n'apparaît pas de manière évidente. Il est nécessaire de réaliser une coupe du manteau neigeux ou des tests de stabilité.

Cependant, sa présence peut être suspectée moyennant un suivi régulier des conditions nivo-météorologiques locales. **En effet, ces couches de grains anguleux se forment essentiellement :**

- pendant les périodes de beau temps (ciel dégagé) peu venté ;
- plutôt dans les pentes à l'ombre (secteur nord, plus ou moins large selon la saison) et d'altitude ;
- dans de la neige sèche pas trop dense (non humidifiée ni regelée) ;
- dans les couches de surface (voire dans tout le manteau neigeux si celui-ci est peu épais).

Si l'historique local du manteau neigeux est inconnu, les informations tirées du BRA deviennent particulièrement importantes.

On peut donc généralement suspecter la présence de couches fragiles persistantes au sein du manteau neigeux dans ces situations typiques :

- en début d'hiver lorsque l'enneigement est encore faible (enchaînement typique : chutes de neige assez peu importantes en novembre, puis anticyclone durant quelques semaines, enfin chutes de neige en décembre) ;
- durant les hivers froids et peu enneigés (alternance de faibles chutes de neige et de longues périodes de beau temps) ;
- après chaque nouvelle chute de neige succédant à une longue période de beau temps froid ;
- après un nouvel épisode de transport de neige par le vent succédant à une période de beau temps ;
- après qu'une chute de neige froide ait recouvert un manteau neigeux humidifié en surface (refroidissement accompagné de chutes de neige après un temps doux ou de la pluie).



Vieille poudreuse en surface : il n'a pas neigé depuis deux semaines. Il s'agit d'une épaisse couche fragile persistante (constituée de grains anguleux de type faces planes et/ou gobelets). © ANENA - F. Jarry.





2.3.2. Signes d'instabilité

À moins que la situation ne soit combinée à une autre situation avalancheuse (neige fraîche, neige ventée, ou humidification) qui donne lieu à des départs spontanés, il y a peu de signes visuels directs d'instabilité.

On peut cependant parfois noter :

- ↳ des whumpfs, qui témoignent de la propagation d'une rupture dans la sous-couche fragile persistante ;
- ↳ des déclenchements de plaque à distance.



Environ 60 cm sous la surface se trouve une couche de neige de quelques centimètres d'épaisseur très tendre (on y enfonce facilement le poing) et dont les grains glissent entre les doigts comme du sucre en poudre : il s'agit d'une sous-couche fragile persistante, recouverte d'une couche de neige ventée. © ANENA - F. Jarry.

2.3.3. Localisation du danger

Selon les conditions nivologiques et météorologiques locales, cette situation peut être :

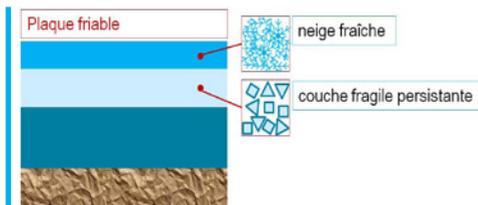
- ↳ généralisée, par exemple dans le cas d'un hiver froid et peu enneigé ;
- ↳ localisée, spécialement dans les zones de secteur nord (à l'ombre, selon la saison) et les versants d'altitude (plus souvent au-dessus de 1 800 m).

2.3.4. Types d'avalanches attendues

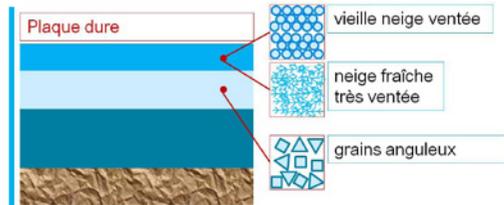
Les situations de sous-couche fragile persistante donnent lieu à des déclenchements de plaque, provoqués ou spontanés. Le type de plaque et le type d'écoulement dépendent de la qualité de la neige de la couche plaque. Dès lors qu'une sous-couche fragile persistante est recouverte d'une nouvelle couche de neige (neige fraîche ou neige transportée par le vent), une structure de plaque est créée. La structure de plaque perdure tant que la couche fragile ne disparaît pas (humidification permettant la transformation de la couche fragile, déclenchement de la plaque).



Déclenchement de plaque à distance. La rupture dans la couche fragile s'est propagée du plat jusqu'à la pente dominant la trace, d'où la plaque s'est décrochée. © J. Zijp.

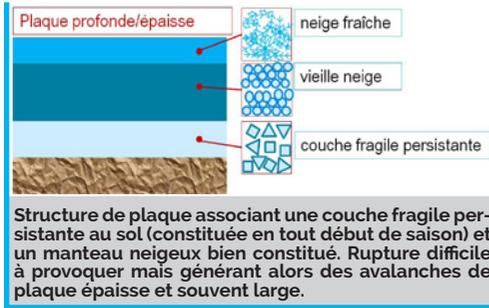


Structure de plaque associant de la neige fraîche et une couche fragile persistante.



Structure de plaque associant de la neige ventée (fraîche ou ancienne) et une couche fragile persistante.





La couche fragile peut être plus ou moins enfouie au sein du manteau neigeux selon les conditions météorologiques qui prévalent après sa formation. Le faible enfouissement de la couche de grains anguleux favorise les déclenchement de plaque (initiation de sa rupture facilitée). Au contraire, plus elle est profondément enfouie, plus il sera difficile d'initier sa rupture. Mais une initiation de la rupture génère, dans ce cas,

des plaques épaisses et souvent larges. La couche fragile profondément enfouie peut être en outre « réactivée » en fin de saison, lorsqu'une partie du manteau neigeux a fondu et qu'elle se retrouve à nouveau proche de la surface.

✘ **Déclenchements skieurs**

➔ **Grandes dimensions** : si la couche de grains anguleux est homogène sur de grandes surfaces, au niveau d'un versant entier par exemple, des plaques de grandes dimensions peuvent se rompre : cassure de plusieurs centaines de mètres, déclenchement à distance de pentes apparemment sans lien.



Avalanche de plaque provoquée par des skieurs de randonnée à la montée, dans une face nord d'altitude. Situation de neige ventée et de sous-couche fragile persistante au sol. La cassure est large (plus de 200 m) et d'épaisseur variable (de 40 cm à 120 cm). © F. Albasini.





➔ **Plaques épaisses** : l'initiation par un skieur d'une rupture dans la couche fragile persistante n'est possible qu'aux endroits où celle-ci est n'est pas trop enfouie (moins d'1m sous la surface). La rupture d'une couche fragile persistante située en profondeur peut cependant être initiée par un skieur à partir d'endroits où le manteau neigeux est moins épais. Dans ce cas, les plaques déclenchées sont épaisses. C'est le cas notamment lorsque les couches qui reposent sur la couche de grains anguleux présentent une épaisseur inégale du fait des effets du vent qu'elles ont subi.

➔ **Déclenchements à distance** : lorsqu'une sous-couche fragile persistante est présente de façon homogène sur un versant, des déclenchements à distance sont probables. Le danger est alors également présent dans les pentes faibles ou sur les plats dominés par des pentes raides.

✘ **Départs spontanés**

Les départs spontanés sont rarement liés à une simple situation de sous-couche fragile persistante. Ils sont en réalité la conséquence d'une combinaison avec d'autres situations typiques : neige fraîche, neige ventée ou neige humide.

La surcharge généralisée et progressive qu'occasionne une nouvelle couche de neige (nouvelle chute ou neige accumulée par le vent) peut permettre l'initiation d'une rupture de la sous-couche fragile et donner lieu à des départs spontanés.

2.3.5. Conduite à tenir

En cas de situation de sous-couche fragile persistante, il est nécessaire d'adopter un comportement très défensif dès que l'on aborde des pentes inclinées à 30° ou plus.



Test de compression réalisé afin de mettre en évidence une sous-couche fragile persistante suspectée. © ANENA - F. Jarry.

D'une manière générale, il est recommandé :

- ➔ d'éviter les secteurs a priori concernés (orientations, altitudes) ;
- ➔ d'imaginer plus grand : penser que la plaque peut dépasser la taille à laquelle on pourrait s'attendre et concerner en réalité un versant entier ;
- ➔ d'être vigilant dans les zones de transition entre manteau neigeux épais et manteau neigeux peu épais ;
- ➔ de s'éloigner des pieds de versant dans certaines conditions, les déclenchements à distance étant possibles ;
- ➔ d'adopter d'une manière générale les règles de déplacement standards (espacement, îlots de sécurité, etc.) ;
- ➔ de confirmer la présence de la sous-couche fragile par une coupe rapide du manteau neigeux ou par un test de stabilité.





A SAVOIR

Observation d'une sous-couche fragile persistante dans le manteau neigeux
Grains à faces planes, gobelets : ces grains de neige sont dits « anguleux » et présentent très peu de cohésion.

Couche de grains à faces planes :

En phase de transformation, mélangés à des grains fins, les grains à faces planes peuvent être parfois difficiles à distinguer. Ces grains possèdent des angles caractéristiques, ne sont pas très gros (d'un diamètre le plus souvent compris entre 0,4 et 0,7 mm) et sont plans. Cependant, lorsqu'ils constituent une couche à eux seuls, c'est l'aspect de celle-ci qui permettra de les reconnaître : la couche a une dureté généralement faible (on y enfonce les 4 doigts, parfois le poing) et sa couleur est terne, voire grisâtre.

Sur une plaquette, il est facile d'isoler quelques grains, leur cohésion étant faible. Cette « vieille poudre » coule un peu entre les doigts, comme du sucre fin.

Les grains à faces planes peuvent se transformer en grains fins ou en grains ronds dès que les conditions météorologiques sont propices (élévation de la température, fort tassement, humidification de la couche).

Faces planes sous la loupe : les grains sont dissociés et présentent des angles © CEN – Météo-France.

Couche de gobelets :

L'un des grains de neige le plus facile à reconnaître. Ils présentent des angles, comme les grains à faces planes, mais aussi des stries, en plus ou moins grand nombre selon leur degré de transformation. Ils sont également le plus souvent creux, en forme de pyramide. Ce sont de gros grains (en moyenne de 1 à 2 mm, jusqu'à 5 mm). Une couche de gobelets présente très peu de cohésion, sa dureté est très faible (on y enfonce souvent le poing, parfois seulement les quatre doigts). Les grains coulent de la main comme du sucre ou du gros sel.

Ces grains sont persistants : ils ne peuvent se transformer qu'en cas d'humidification (fonte, pluie).

Gobelets à l'œil nu : les grains coulent du gant comme du sucre ou du gros sel. © ANENA – F. Jarry.

Gobelets à l'œil nu : les grains sont gros, ils présentent des angles et des stries, voire une forme pyramidale. © ANENA – F. Jarry.

Gobelets sous la loupe : les grains présentent des angles, des stries voire une forme pyramidale. © CEN – Météo France.





Couche de givre de surface :

Le givre de surface diffère des faces planes et des gobelets par son processus de formation. Il se forme lorsque le ciel est dégagé mais l'atmosphère humide et qu'il n'y a pas de vent. Par de telles conditions, selon la température de la surface du manteau neigeux, une partie de la vapeur d'eau se condense sous forme solide au contact de la surface de la neige plus froide que l'air et crée des cristaux de givre.

Le givre peut prendre la forme de fines paillettes ou plumes, parfois de bâtonnets.

En surface, une couche de givre est facilement reconnaissable (aspect de verre pilé, scintillement, bruit caractéristique).

Couche de givre de surface. © ANENA – F. Jarry.

Les couches de givre enfouies sont fines (le plus souvent moins de 1 cm), d'aspect grisâtre et présentent une très faible cohésion. Elles constituent des couches fragiles qui peuvent persister quelques semaines. Dans les massifs français, elles ne sont que très rarement généralisées, étant le plus souvent localisées dans des zones où l'humidité de l'air peut être importante (à moyenne altitude dans les clairières et à proximité des ruisseaux).

2.4. Situation de neige humide

L'apport d'eau liquide dans le manteau neigeux, par la pluie ou la fonte de surface, transforme les grains et modifie les propriétés des couches, notamment leur cohésion.

Plus la quantité d'eau liquide présente est importante, plus la cohésion des couches concernées s'affaiblit. À quantités d'eau liquide égales, la première humidification a généralement plus d'impact, négatif, sur la cohésion que les humidifications suivantes. La pluie surcharge en outre le manteau neigeux. Cela entraîne essentiellement des départs spontanés d'avalanches coulantes, mais les départs provoqués sont également facilités. Ces situations génèrent peu d'accidents car elles sont plus facilement anticipées et observables.



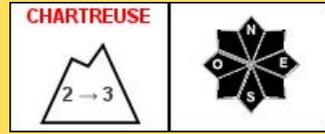


Exemple d'un BRA typique de situation de neige humide

BRA « Pluie »

MASSIF CHARTREUSE (rédigé le 29 mars 2015 à 14 h)

Estimation du risque jusqu'au lundi 30 mars au soir
Risque limité évoluant en Risque marqué



Indices de risque : 5 très fort - 4 fort - 3 marqué - 2 limité - 1 faible

En noir : les pentes les plus dangereuses

Déclenchement skieurs : neige lourde

Départs spontanés : avalanches de neige lourde (pentes encore chargées)

✘ Stabilité du manteau neigeux

DES AVALANCHES DE NEIGE LOURDE AVEC LES FORTES PLUIES

Les fortes pluies jusqu'à 1 700 m environ cette nuit puis 1 800 à 2 000 m lundi vont "pourrir" le manteau neigeux à moyenne altitude. Une activité avalancheuse spontanée va se produire avec l'humidification de plus en plus en profondeur du manteau neigeux. Des avalanches de taille moyenne à grosse se déclencheront dans les pentes raides encore chargées, en nord principalement. Très localement ces avalanches pourront emporter tout le manteau neigeux notamment dans des pentes herbeuses.

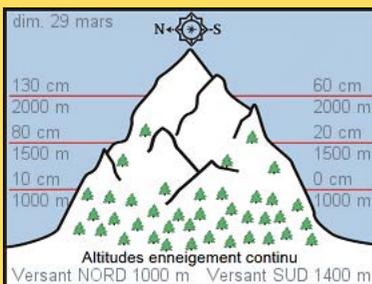
Neige fraîche à 1800 m



Qualité de la neige

Les fortes pluies attendues jusqu'à 1700m environ cette nuit puis 1800 à 2000 m lundi vont "pourrir" le manteau neigeux restant à moyenne altitude. A proximité des plus hauts sommets, on trouvera une petite couche de neige fraîche le matin recouvrant des surfaces souvent très dures, cette neige s'humidifiant en journée avec le redoux.

Épaisseur de neige hors piste



Tendance ultérieure du risque

- mardi 31 ↘
- mercredi 1 ↘





BRA « Fonte »

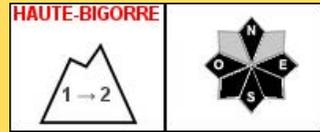
MASSIF HAUTE-BIGORRE (rédigé le 21 mars 2016 à 15 h)

Estimation du risque jusqu'au mardi 22 mars au soir

Risque faible évoluant en Risque limité.

Indices de risque : 5 très fort - 4 fort - 3 marqué - 2 limité - 1 faible- **En noir** : les pentes les plus dangereuses - **Déclenchement skieurs** : plaques enfouies en Nord, en pente raide en Sud

Départs spontanés : de neige humide au soleil, rares plaques de fond



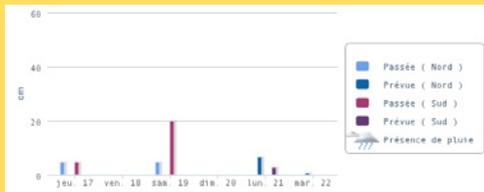
✳ Stabilité du manteau neigeux

Le manteau neigeux en place est maintenant tassé, humidifié dans la plupart des pentes jusqu'à 2000 à 2300m. Le temps frais avec éclaircies qui se met en place pour la nuit prochaine va permettre au manteau de ressaisir aux basses altitudes, regeler efficacement au-delà de 1800m. En journée de demain mardi, au gré des éclaircies les versants au soleil vont dégeler et s'humidifier encore un peu plus, les pentes restant à l'ombre ne vont pas évoluer.

Le risque de départs spontanés est ainsi faible le matin; le manteau neigeux ressaisi ou regelé ne bougera pas, tout au plus on peut s'attendre à de petites coulées de neige récente s'humidifiant dans les versants Est à Sud. Au cours de la journée, avec les éclaircies, les pentes raides en Sud à Ouest prenant bien le soleil se purgeront, donnant lieu à des coulées de neige humide, très rarement et localement au départ d'une plaque de fond de taille moyenne.

Le risque de déclenchements provoqués est également faible le matin, possible par forte surcharge en pentes Est à Sud au soleil. Il devient limité en journée quand il devient facile pour un skieur ou randonneur de déclencher une avalanche de neige humide en coupant une pente raide ensoleillée. Dans le secteur Nord, les plaques encore en place sont enfouies et maintenant difficilement sollicitables.

Neige fraîche à 1800 m



Qualité de la neige

L'enneigement est encore bon pour la saison, dans la moyenne vers 1800 m, excédentaire en haute montagne. Ce mardi matin, on trouvera quelques centimètres de fraîche et de neige roulée, reposant sur un manteau tassé, humide et croûté en dessous de 1800 m, regelé et

dur au-dessus. Peu d'évolution à attendre en journée en versants restant ombragés, tandis que les versants prenant le soleil dégèleront, la neige récente s'humidifiant rapidement au soleil.

Épaisseur de neige hors piste

Tendance ultérieure du risque

- mercredi 23 →
- jeudi 24 ↗

Éléments à relever dans le BRA pour comparaison sur le terrain :

- de terrain (orientations, altitudes, expositions au vent, localisation, etc.)





2.4.1. Observations sur le terrain

Lors d'une hausse de température ou d'un rayonnement solaire important, qui entraîne une humification importante de la neige en surface, ou lors d'un épisode de pluie, on observe graduellement :

- les arbres qui se déchargent ;
- une neige qui permet les boules et qui « mouille » plus ou moins les gants ;
- un enfoncement à ski ou à pied plus ou moins important ;
- du ruissellement, qui crée des rigoles ou un effet de matelassage en surface du manteau ;
- la formation d'escargots dans les pentes ;
- des départs spontanés ponctuels, parfois linéaires.



Une neige humide permet de faire de grosses boules de neige... © K. Volontar.



Sillons dus à l'écoulement de l'eau de pluie sur une couche de neige fraîche en surface. © ANENA - Jarry.

Il est essentiel, pour la prise de décision, d'évaluer le degré d'humidification du manteau, afin de pouvoir ensuite estimer la dangerosité des pentes abordées.

Un peu d'eau liquide en surface du manteau neigeux n'accroît pas le danger d'avalanche. Au contraire, cela peut donner des conditions idéales de glisse (neige décaillée, moquette, etc.). Mais plus la neige est détrempée, pourrie, plus les conditions deviennent dangereuses. La situation peut évoluer rapidement.

En cas de pluie, il est essentiel d'observer :

- l'intensité et la durée des précipitations ;
- la limite pluie-neige ;
- le moment où il pleut : le danger est plus important en début d'épisode ;
- le manteau neigeux sur lequel tombe la pluie : les neiges meubles sont plus déstabilisées par la pluie. Par ailleurs, étant plus perméables que les neiges dures, elles facilitent l'humidification en profondeur.





En cas de fonte (rayonnement / températures positives), on observera particulièrement :

- ↳ l'épaisseur et la qualité de la couche de surface (neige meuble / neige dure) ;
- ↳ l'épaisseur de la croûte de regel (dans un cycle gel/dégel) : plus elle est épaisse, plus l'humidification des couches profondes sera ralentie ;
- ↳ le moment de la fonte et l'orientation de la pente.

2.4.2. Signes d'instabilité

Ils sont évidents et doivent mettre en vigilance :

- ↳ enfoncement à pied important ;
- ↳ « escargots » dans les pentes ;
- ↳ petites coulées ponctuelles et spontanées.

2.4.3. Localisation du danger

La localisation du danger diffère selon les conditions d'humidification.

→ En cas de pluie :

S'agissant de précipitations, toutes les orientations sont concernées, jusqu'à l'altitude de la limite pluie-neige.

→ En cas de fonte :

La localisation du danger (orientations et altitudes) dépend de la période de l'année, de l'heure du jour et de l'inclinaison des pentes. Plus on avance dans la saison, plus le nombre de pentes susceptibles d'être concernées par une humidification augmente.

Typiquement, lors d'une journée de printemps, l'humidification affecte en premier les pentes orientées à l'est, puis celles au sud et enfin, en dernier, celles orientées ouest.

A contrario, au cœur de l'hiver (décembre, janvier), seules les pentes raides de secteur sud seront réellement concernées. Les pentes nord subissent une humidification plutôt à partir de mai, lorsque le soleil est déjà haut dans le ciel.



« Escargots » liés à l'humidification en surface du manteau neigeux. Les avalanches spontanées ne devraient plus tarder... © ANENA - F. Jarry.

2.4.4. Types d'avalanches attendus

L'apport d'eau liquide dans le manteau neigeux modifie les propriétés de la neige et notamment diminue sa cohésion dans des proportions qui dépendent de l'importance de l'humidification.

✘ Départs spontanés

Les situations de neige humide engendrent essentiellement des départs spontanés. L'eau liquide réduit la cohésion entre les grains de neige jusqu'à ce que l'équilibre du manteau neigeux dans la pente soit rompu.





- ➔ **Départs ponctuels** : la neige en surface perd sa cohésion et s'écoule dans les pentes très raides. Ces départs spontanés ponctuels sont favorisés près des rochers ou des arbres qui concentrent la chaleur, en cas de fonte.
- ➔ **Départs en plaque** : l'eau pénètre à l'intérieur du manteau neigeux et vient affaiblir la résistance d'une couche fragile préexistante ou vient s'accumuler juste au-dessus d'une couche moins perméable (croûte de regel par exemple) ou jusqu'au sol, pour jouer le rôle d'une couche fragile. En cas d'épisode pluvieux, l'eau liquide apportée augmente en outre la contrainte sur le manteau neigeux et peut conduire à la rupture d'une structure de plaque préexistante.



Départ spontané de plaque dû à l'humidification par la pluie. Cette avalanche, dont l'écoulement traverse la forêt, a touché un couple de randonneurs à raquettes sur le chemin forestier. © PGM Morez



Départ spontané de plaque dû à l'humidification par fonte. Cette avalanche, en face ouest, a touché plusieurs randonneurs à raquettes vers 17 h. © PGHM 65.





❖ **Déclenchements skieurs**

L'humidification diminuant la résistance des couches, notamment fragiles, les déclenchements de plaques humides provoqués par les skieurs sont facilités.

Les écoulements sont denses, plus ou moins chargés en eau liquide, et donc plus ou moins fluides et rapides (en fonction de la pente). Certains écoulements s'apparentent à des laves torrentielles, tandis que d'autres s'écoulent à des vitesses très faibles.

Généralement, les coulées ponctuelles s'arrêtent dans la pente ou en pied de pente. Les écoulements issus d'un départ de plaque humide peuvent par contre s'écouler sur de grandes distances, selon la quantité d'eau liquide présente dans le manteau neigeux et la masse de neige mise en mouvement.

2.4.5. Conduite à tenir

Au cours d'une situation de neige humide, la vigilance doit être renforcée dans les pentes raides mais également dans les zones dominées par de telles pentes, même en forêt. La situation est généralement plus critique en début de situation et la perte de stabilité peut être rapide :

- ↳ lorsque l'isotherme 0 °C atteint pour la première fois de la saison des altitudes élevées pour le massif (par exemple, la première fois où l'isotherme 0°C atteint 2 500 m-3 000 m d'altitude dans les Alpes) ;
- ↳ au début de l'épisode de pluie.

Dès que les facteurs météorologiques qui ont conduit à une situation de neige humide cessent, le danger diminue très rapidement. Lorsque la surface du manteau neigeux retrouve une température inférieure à 0°C, l'eau contenue dans les couches de surface regèle pour former une croûte de regel. Si cette dernière est suffisamment épaisse, tout risque d'avalanche est écarté tant qu'elle demeure en surface et qu'elle n'est pas à nouveau humidifiée.

En cas de pluie, lorsque la quantité d'eau apportée est importante et « pourrit » en grande partie ou tout le manteau neigeux, il est préférable d'attendre la fin de l'épisode.

En cas de fonte due au rayonnement solaire (situation printanière notamment), il est nécessaire de choisir les orientations et altitudes selon le moment de la journée. Si le regel nocturne a été bon (nuit claire après humidification la veille), les conditions sont propices le matin puis se dégradent au fur et à mesure de la journée et de l'augmentation de la fonte de surface. Les pentes orientées à l'est sont les premières affectées par l'humidification, puis celles au sud et enfin celles à l'ouest. Plus on avance dans la saison, plus l'humidification intervient tôt dans la journée.

En cas de ciel couvert et de températures douces durant la nuit (après humidification la veille), la neige pourra ne pas avoir regelé en surface. Dans ces conditions, la situation est critique dès le matin.

D'une manière générale, plus la quantité d'eau liquide présente dans le manteau neigeux est





A SAVOIR

Observation d'une couche de neige humide dans le manteau neigeux

Une couche de neige humide est caractérisée par la présence d'eau liquide, en plus ou moins grande quantité, qui entoure les grains. Tous les types de grains de neige vont alors se transformer, jusqu'à atteindre la forme de grains ronds. Lorsque ceux-ci sont bien formés, ces grains sont distinguables à l'œil nu : arrondis, assez gros (0,4 à 1 mm, voire plus), translucides.

Grains ronds sous la loupe. © CEN – Météo-France.

Croûte de regel et grains ronds à l'œil nu. © ANENA – F. Jarry.

Une couche de grains humidifiés présente plus ou moins de cohésion selon la quantité d'eau liquide présente : la cohésion est encore assez bonne lorsque la quantité d'eau reste faible (neige peu humide à humide), mais elle devient faible voire très faible en cas de neige mouillée contenant beaucoup d'eau liquide.

On peut déterminer le degré d'humidification par un test rudimentaire, à faire avec une main gantée :

- neige sèche : il est impossible de faire une boule de neige ;
- neige peu humide : le gant reste sec en faisant une boule ;
- neige humide : la boule humidifie le gant ;
- neige mouillée : de l'eau suinte en serrant la boule ;
- neige très mouillée : soupe, mélange d'eau et de neige.

Dès que la température de la neige atteint de nouveau des valeurs inférieures à 0°C, l'eau liquide regèle et permet la formation d'une croûte. Une telle couche est caractérisée par sa dureté et une cohésion forte à très forte (selon la quantité d'eau liquide présente avant regel). La couche est souvent d'aspect grisâtre, translucide, cassante, les grains ne peuvent être séparés.





3

RECHERCHER DES SIGNES D'INSTABILITÉ

importante, plus il devient nécessaire d'adopter un comportement défensif et des règles de déplacement (espacement, îlots de sécurité, etc.).

3.1. Observations et tests de surface

Certaines observations et tests sont simples à réaliser et apportent des informations sur la qualité de la neige en surface et en profondeur, voire sur l'instabilité latente du manteau neigeux.





➔ **Enfoncement à ski, à raquette ou à pied**

L'observation de la profondeur d'enfoncement lors du déplacement donne une information sur la qualité de la neige de surface, notamment sa cohésion (couche plaque possible, neige pourrie par la fonte ?) et la variation d'épaisseur (effets du vent ?).

➔ **Fissuration du manteau en surface**

Des fissures en surface du manteau neigeux témoignent de la présence d'une couche suffisamment cohésive pour se fissurer. L'un des éléments d'une structure de plaque est présent : la couche plaque.

➔ **« Whumpfs » :**

Ce bruit sourd traduit la rupture d'une couche fragile au sein du manteau neigeux et l'affaissement des couches situées au-dessus. Une structure de plaque est en place à l'endroit où le whumpf s'est fait entendre.

➔ **Activité avalancheuse récente**

Il s'agit sans doute du signe d'instabilité le plus évident. En relevant quand (a priori) la ou les avalanches ont eu lieu et où (altitude, orientation au soleil, exposition au vent, inclinaison de la pente), on peut extrapoler aux pentes qui présentent les mêmes caractéristiques.

➔ **Test du bâton**

Ce test, rudimentaire mais très rapide à effectuer, permet de multiplier les observations sur l'itinéraire. Il permet de relever essentiellement :

- ➔ la cohésion de la neige en surface ;
- ➔ l'existence d'accumulations (variations d'épaisseur, quantité, qualité) et donc les effets éventuels du vent (création de couches plaques) ;
- ➔ l'existence d'une couche fragile au sein du manteau neigeux, mais seulement si celle-ci n'est pas trop profondément enfouie et si elle est suffisamment épaisse et distincte des couches sus-jacentes pour être détectée. Le test du bâton ne détecte donc pas toutes les couches fragiles.

✘ **Comment procéder ?**

Il suffit d'enfoncer le bâton tenu à l'envers dans le manteau neigeux et de tester la résistance des couches. Les informations délivrées restent sommaires et rudimentaires : par exemple, des couches fragiles fines ne peuvent être détectées, de même que des structures de plaque dans des couches peu cohésives (plaques friables dans de la neige récente).

3.2. Observations et tests en profondeur

Creuser, réaliser un profil stratigraphique, même simplifié, et/ou effectuer un ou plusieurs tests de stabilité du manteau neigeux apporte des informations plus précises sur la structure et la stabilité du manteau neigeux en un endroit donné. Ces informations peuvent venir compléter ou valider des observations de surface.

Cependant, leur réalisation nécessite des connaissances, de l'expérience et du temps. Cela est nécessaire lorsque l'on ne dispose d'aucune information nivologique en amont (pas de BRA,





absence d'indices de surface, notamment), ou lorsque l'on souhaite confirmer l'évaluation de la situation que l'on a déjà faite, ou à de pures fins pédagogiques.

Les avalanches de plaque étant à l'origine de l'immense majorité des accidents d'avalanche, une série de tests de stabilité doit permettre de mettre en lumière une éventuelle structure de plaque et sa capacité à être déclenchée (initiation et propagation de la rupture dans la couche fragile).

De nombreux tests ont été développés au fil du temps : Rutschblock, test de Faarlund, Stuffblock, test en compression (compression test), test de propagation à la scie (propagation saw test), test de la colonne étendue (extended column test), etc.



Dégagement d'un mur de neige « professionnel ». © ANENA – F. Jarry.

Certains sont aujourd'hui jugés plus informatifs et fiables que d'autres... et plus rapides à mettre en œuvre.

3.2.1. Où creuser ?

Pour des raisons évidentes de sécurité, le trou utilisé pour l'observation ne peut être réalisé dans la pente que l'on suspecte. Il est donc nécessaire de choisir un endroit représentatif :

- ↳ même orientation ;
- ↳ même altitude ;
- ↳ épaisseur du manteau neigeux comparable ;
- ↳ même configuration topographique (proche d'une crête, etc.) ;
- ↳ pas forcément incliné à plus de 30° (les résultats seront les mêmes sur une pente plus faible mais moins éloquentes).

Il n'est pas nécessaire de creuser jusqu'au sol si ce que l'on redoute est un déclenchement par un skieur. On peut, dans ce cas, se contenter d'un profil de 100-120 cm de profondeur maximum.

3.2.2. Rechercher les points faibles du manteau neigeux

Une fois le mur de neige dégagé, on peut essayer de détecter, sans instrument, les fragilités dans le manteau neigeux : présence d'une couche fragile et présence d'une structure de plaque.

Un test développé par Jürg Schweizer et Bruce Jamieson permet d'estimer la fragilité du manteau à partir de six critères de faiblesse portant sur une couche et son association avec la couche posée au-dessus.

Critères de faiblesse pour une couche :

- ↳ on peut y enfoncer le poing (couche de faible cohésion, poudreuse ou meuble),





A SAVOIR

Comment estimer la dureté des couches de neige sans instrument ?

Un test rudimentaire, à réaliser avec une main gantée, permet d'évaluer la dureté des différentes couches de neige. Il s'agit de déterminer s'il est possible d'y enfoncer, horizontalement :

- **le poing** : couche très tendre,
- **4 doigts** : couche tendre,
- **1 doigt** : couche mi-dure,
- **1 crayon** : couche dure,
- **1 lame de couteau** : couche très dure.

- ↪ les grains mesurent au moins 1 mm (neige fraîche, vieille poudreuse ou givre de surface),
- ↪ ils sont anguleux (vieille poudreuse ou givre de surface).

Critères de faiblesse entre les deux couches :

- ↪ l'une est nettement plus dure que l'autre (enfoncement poing contre enfoncement 1 doigt, par exemple),
- ↪ la taille des grains est nettement différente (de plus d'1 mm) entre les deux couches,
- ↪ la structure défavorable se situe à moins de 100 cm de la surface.

Pour chaque critère relevé au sein d'une couche et entre les deux couches adjacentes, on compte 1 point. Plus le nombre de points est élevé, plus la structure en question est jugée instable :

- ↪ 0, 1 ou 2 critères notés : structure plutôt stable,
- ↪ 3 ou 4 critères : présence d'une faiblesse qui peut s'avérer critique,
- ↪ 5 ou 6 critères : faiblesse critique de la structure.

3.2.3. Tester la stabilité du manteau neigeux

Il existe de nombreux tests de stabilité. Dans tous les cas, le principe est le même : à partir du mur de neige dégagé, on isole une colonne du reste du manteau et on teste la capacité de rupture (initiation et éventuellement propagation) d'une couche fragile.

Deux tests, assez rapides à réaliser (entre 10 et 15 minutes, une fois le mur dégagé), offrent une assez bonne fiabilité quant aux résultats : le test de compression (associé à l'aspect de la rupture) et le test de compression étendu.

>> **3.2.3.1. Le test de compression (compression test - CT)**

Description du test :

➔ Préparation :

- ↪ Avec la pelle et une scie à neige ou une cordelette, isoler du reste du manteau neigeux une colonne verticale de neige de section carrée de 30 cm de côté, sur une hauteur maximale de 100-120 cm (en pratique, sur un peu plus que la hauteur de neige susceptible de présenter une ou des instabilités).
- ↪ Poser le godet de la pelle sur la colonne.





➔ Réalisation :

↳ Solliciter la colonne jusqu'à provoquer une rupture en son sein, en tapant sur la pelle

Score	Description	Stabilité
très facile	rupture lorsque la colonne est isolée du manteau neigeux	plutôt instable
facile	rupture lors des coups 1 à 10	
modéré	rupture lors des coups 11 à 20	moyennement stable
difficile	rupture lors des coups 21 à 30	plutôt stable
pas de fracture	aucune rupture	

successivement de la manière suivante :

- ➔ 1 à 10 coups mobilisant uniquement la main (mouvements initiés depuis le poignet, en laissant tomber la main) ;
- ➔ 1 à 10 coups mobilisant l'avant-bras (mouvements initiés depuis le coude, en laissant tomber l'avant-bras) ;
- ➔ 1 à 10 coups mobilisant le bras (mouvements initiés depuis l'épaule, en laissant tomber le bras).

Score	Caractéristiques de la rupture	Stabilité
Rupture Soudaine et Plane (SP)	La rupture se produit très rapidement en une étape de compression sur toute la superficie de la colonne et le bloc supérieur glisse facilement sur la couche fragile. La surface de glissement est plane.	Plutôt défavorable : la rupture se propage facilement dans la couche fragile
Effondrement Soudain de la couche fragile (SC)	La rupture se produit très rapidement en une étape de compression sur toute la superficie de la colonne, produisant un affaissement notable de la couche fragile.	
Rupture Résistante et Plane (RP)	La rupture nécessite plusieurs étapes de compression pour se propager sur toute la superficie de la colonne et/ou le bloc supérieur ne glisse pas facilement sur la couche fragile. La surface de glissement est plane ou presque.	Plutôt favorable : la rupture se propage difficilement dans la couche fragile
Effondrement Progressif de la couche fragile (PC)	La rupture se produit généralement sur toute la superficie de la colonne en une étape de compression, puis la couche fragile s'effondre progressivement lors des étapes de compression suivantes.	
Non plane (B)	La surface de la rupture est irrégulière (en marche d'escalier, par exemple).	





➔ Résultats :

- ➔ Arrêter les coups dès qu'une rupture est initiée et noter :
 - ➔ le nombre de coups qu'il a fallu donner pour occasionner la rupture,
 - ➔ la profondeur à laquelle elle s'est produite,
 - ➔ ses caractéristiques (aspect du plan de rupture, nature de la couche fragile).

➔ Analyse :

Résultats du test et interprétation :

Le test de compression seul ne délivre qu'une information sur la capacité d'initiation de la rupture dans la couche fragile et non sur sa capacité à se propager. Pour répondre à la question de la propagation, il est nécessaire d'y associer une observation de la qualité de la rupture.

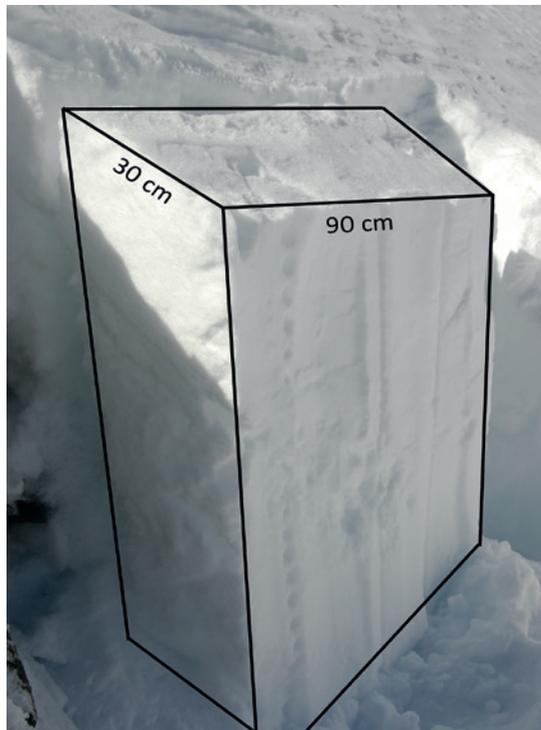
Aspect de la rupture et interprétation :

>> 3.2.3.2. Le Test de Compression Étendu (Extended Column Test - ECT)

Description du test :

➔ Préparation :

- ➔ Avec la pelle et une scie à neige ou une cordelette, isoler du reste du manteau neigeux une colonne verticale de neige de section rectangulaire (90 cm perpendiculairement à la ligne de pente X 30 cm parallèlement à la ligne de pente), sur une hauteur maximale de 100-120 cm (en pratique, sur un peu plus que la hauteur de neige susceptible de présenter une ou des instabilités).
- ➔ Poser le godet de la pelle à une extrémité de la colonne.



Colonne de neige isolée pour conduire un test de compression étendu. © ANENA - F. Jarry.

➔ Réalisation :

- ➔ Solliciter la colonne jusqu'à provoquer une rupture en son sein, en tapant sur la pelle successivement de la manière suivante :
 - ➔ 1 à 10 coups mobilisant uniquement la main (mouvements initiés depuis le poignet, en laissant tomber la main) ;
 - ➔ 1 à 10 coups mobilisant l'avant-bras (mouvements initiés depuis le coude, en laissant tomber l'avant-bras) ;
 - ➔ 1 à 10 coups mobilisant le bras (mouvements initiés depuis l'épaule, en laissant





score	description	stabilité
ECTPV	une rupture est initiée et se propage à travers toute la colonne lorsque l'on isole la colonne	plutôt défavorable : la propagation de la rupture dans la couche fragile est probable
ECTP# / ECTP#+1	une rupture est initiée et se propage à travers toute la colonne après n# coups ou une rupture est initiée après n# coups puis se propage à travers toute la colonne au coup suivant n#+1	
ECTN	une rupture est initiée mais ne se propage pas ou se propage après n#+2 coups ou plus	plutôt favorable : la propagation de la rupture dans la couche fragile est improbable
ECTX	aucune rupture n'est initiée après un total de 30 coups	

tomber le bras).

➔ Résultats :

- Dès qu'une rupture est initiée, noter :
 - ➔ si elle s'est propagée ou non à l'ensemble de la colonne.
 - ➔ le nombre de coups qu'il a fallu pour occasionner l'initiation puis la propagation,
 - ➔ la profondeur à laquelle elle s'est produite,
 - ➔ ses caractéristiques (aspect de la rupture, nature de la couche fragile).

➔ Analyse :

L'observation clé est de noter si oui ou non une fracture est initiée et se propage facilement ou non au sein de la couche fragile, sur toute la largeur de la colonne.

Résultat du test et interprétation :

>> 3.2.3.3. Li-

mites des tests de stabilité

Les surfaces testées (30x30 ou 30x90 cm) sont petites et ne sont par conséquent pas forcément représentatives de la pente. Pour cette raison, il est préférable de réaliser deux, voire trois, tests de stabilité sur un même site (pas près du même trou), et de moyennner ensuite les résultats obtenus.

Les tests de stabilité :

- ne sont valables que pour de la neige sèche ;
- fonctionnent difficilement pour des structures de plaque friable ;





snowsat

Gestion professionnelle des pistes

PistenBully

SNOWsat

Jusqu'à
15%
de coûts en
moins

15%
de neige
produite
en moins

8%
de carburant
en moins

5%
de temps
de travail
en moins

Toute la neige à portée de main !

Avec l'apport de plus de 45 années d'expérience dans le damage grâce à PistenBully, SNOWsat est parvenu en quelques saisons à hisser la préparation des pistes à son plus haut niveau de performance : mesure centimétrique de la hauteur de neige, localisation rigoureuse de la flotte d'engins de damage, affichage des données en direct sur l'écran, assistance à la conduite.

Un meilleur service clients...

- + Amélioration de la qualité des pistes
- + Prolongation de la saison
- + Information des skieurs sur l'état du domaine

des coûts réduits...

- + Production de la neige au plus juste
- + Préparation efficace des pistes
- + Utilisation économique du matériel
- + Meilleure gestion des ressources humaines

... et un environnement préservé.

- + Diminution des consommations en eau, en énergie et en carburant
- + Réduction des émissions nocives
- + Préservation des terrains naturels

www.pistenbully.com

BLUEIQ

Un avenir responsable