Bruno Arfib
Université Aix-Marseille
arfib@cerege.fr

Master GERINAT
(Gestion des Risques Naturels et Technologiques)

Les RISQUES NATURELS

Le RISQUE AVALANCHE

Avalanche naturelle de poudreuse atteignant le camp de base à 5000 mètres sur le versant nord du K2 (8611 mètres, au Pakistan). Crédit photo: BEGHIN P.-Cemagref

- La neige
- Les avalanches
- Le risque avalanche
- Les Plans de Prévention des Risques Avalanches

1- Historique de la nivologie

Neige et avalanche = un problème ancestral

Des informations par :

- les conquérants
- les cahiers de raison
- la toponymie
- les Eaux et Forêt (John Coaz, Pierre Mougin)
- 1936-42 : Davos, naissance de l'Institut Fédéral d'Etude de la neige et des Avalanches (IFENA)

En France, catastrophe de Val d'Isère – 39 morts par avalanche dans le bâtiment de l'UCPA le 10 février 1970

1- Historique de la nivologie

En France

Création de l'ANENA : Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches

CEN : Cellule d'Etude de la Neige (Météo France)

CEMAGREF division Nivologie : Centre d'Etude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts)
Devient l'IRSTEA en novembre 2011 Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

RTM : Restauration des Terrains de Montagne

Dernièrement, catastrophe de Montroc à Chamonix, le 9 février 1999, 12 morts, 19 chalets détruit sur une commune dotée d'un PPR…

2- La formation de la neige

Élément constitutif : vapeur d'eau

Passage sous forme liquide puis solide par refroidissement du fait de l'ascendance de la masse d'air

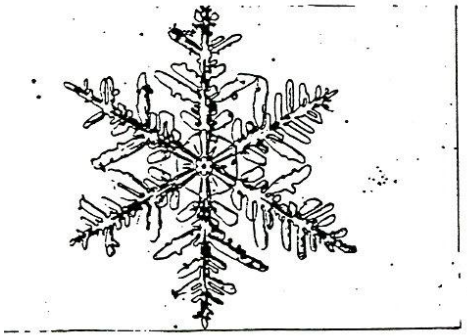
- ascendance orographique
- ascendance frontale

À 20°C, 1 m^3 d'air : jq'à 17,15 g de vapeur d'eau en suspension
À 0°C, 1m3 d'air : jq'à 4,85 g

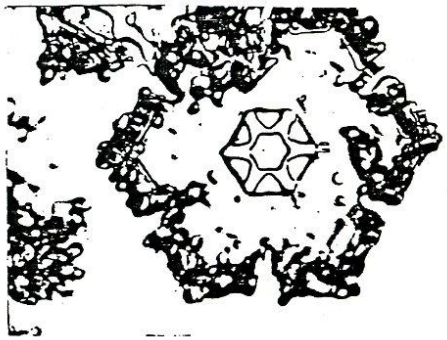
Nécessité de noyaux de condensation et de congélation : particules microscopiques solides

CODE	SYMBOLES GRAPHIQUES	FORMES TYPIQUES	DESIGNATION
1			Plaquettes
2			Etoiles
3			Colonnes
4			Aiguilles
5			Dendrites spatiales
6			"Boutons de manchette"
7			Particules irrégulières
8			Neige roulée
9			Granules de glace
0			Grêle

Fig. 2 – Précipitations solides – Classification Organisation Mondiale de la Météorologie (O.M.M.)



1 – Etoile.



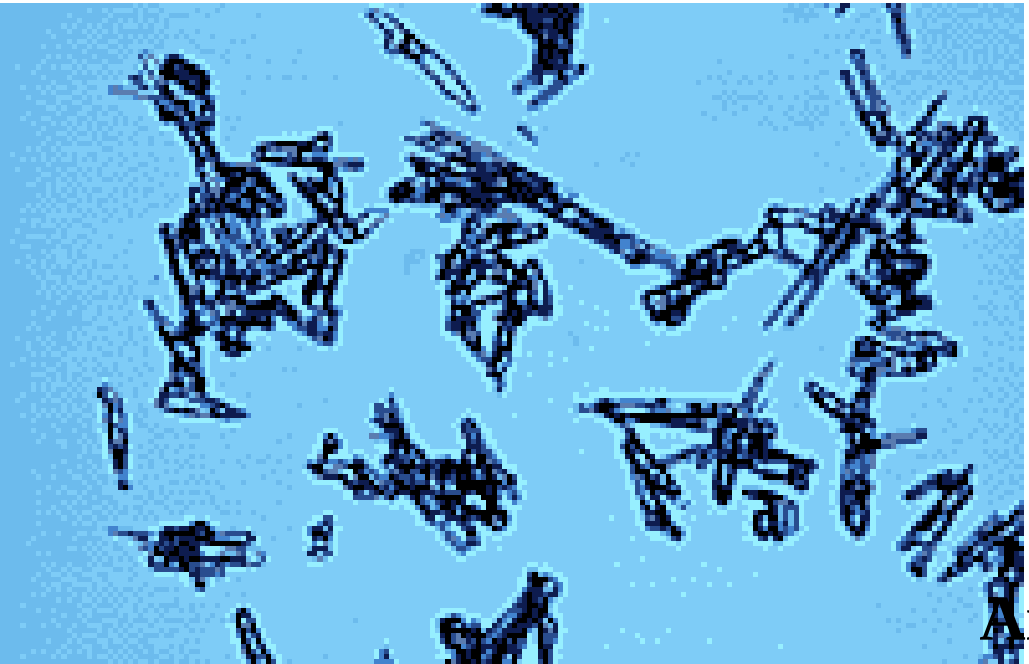
2 – Plaquette.

3- Les différents types de cristaux et grains de neige

3.1. Les cristaux de neige fraîche

Plaquette

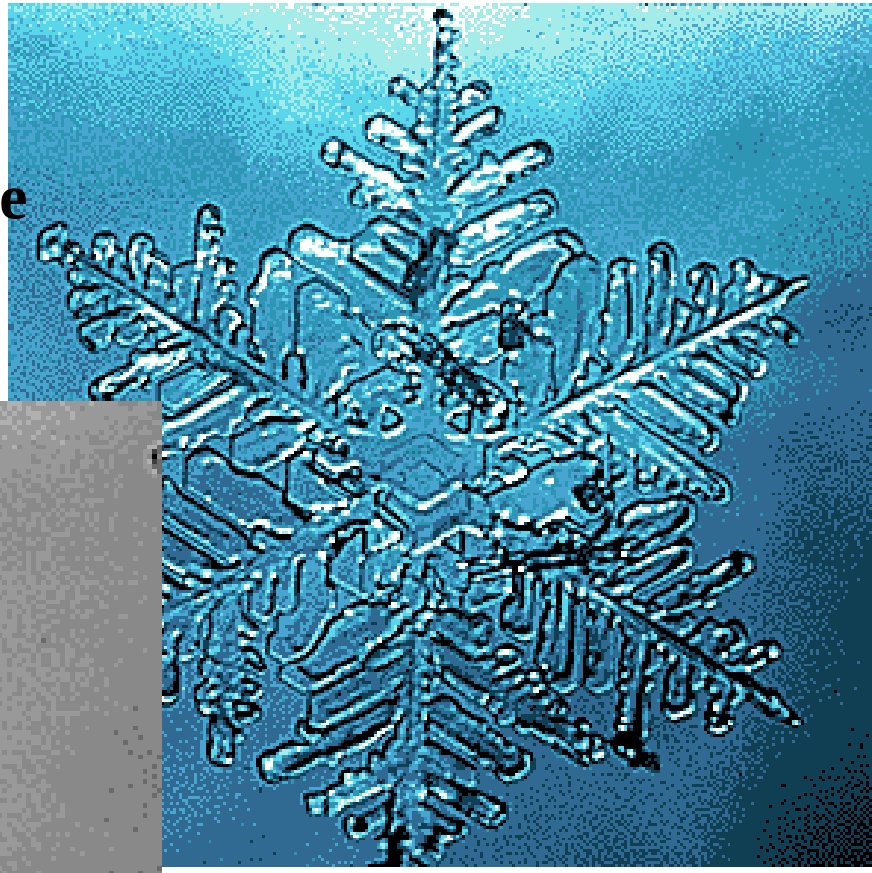
Etoile

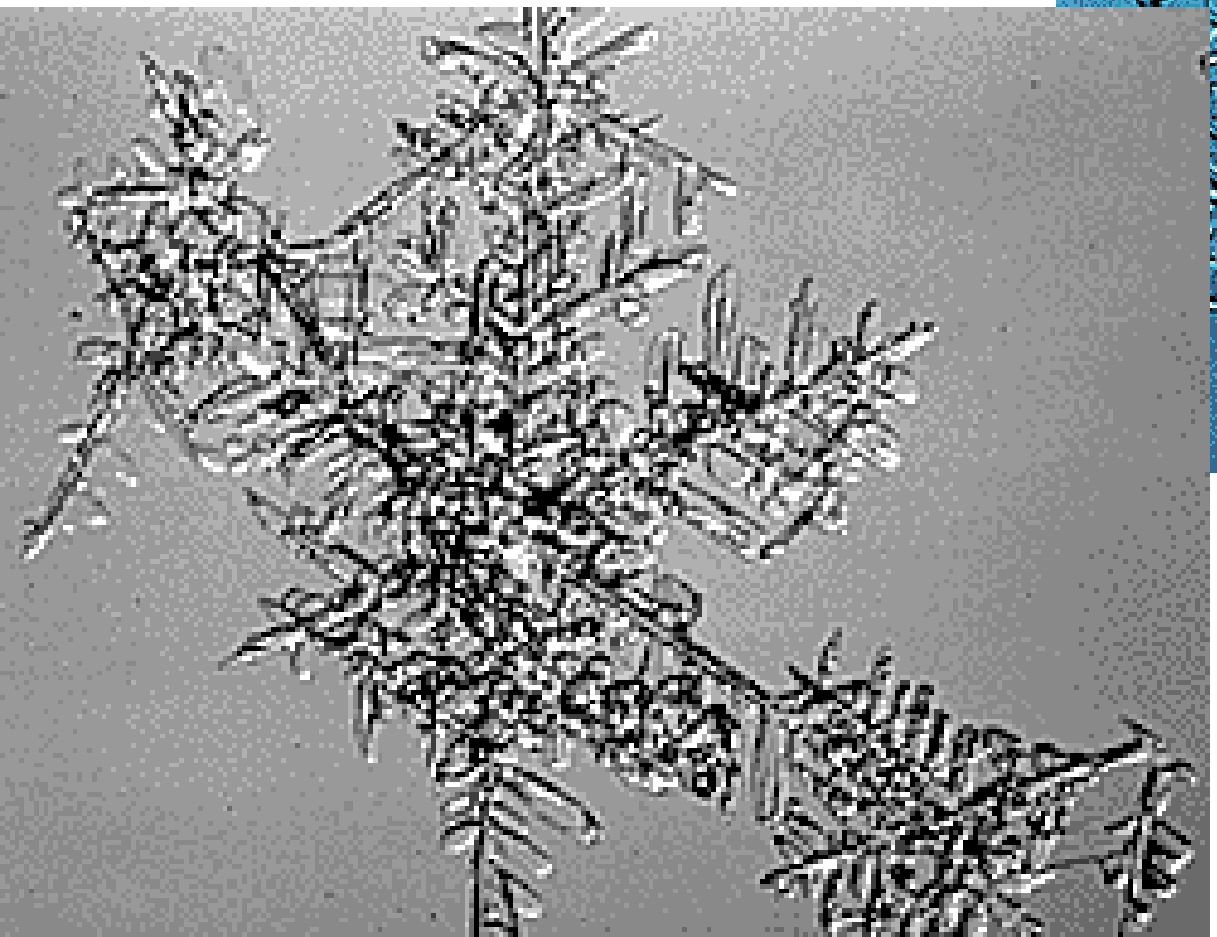


Aiguilles ou colonnes

3.1. **Les cristaux de neige fraîche**

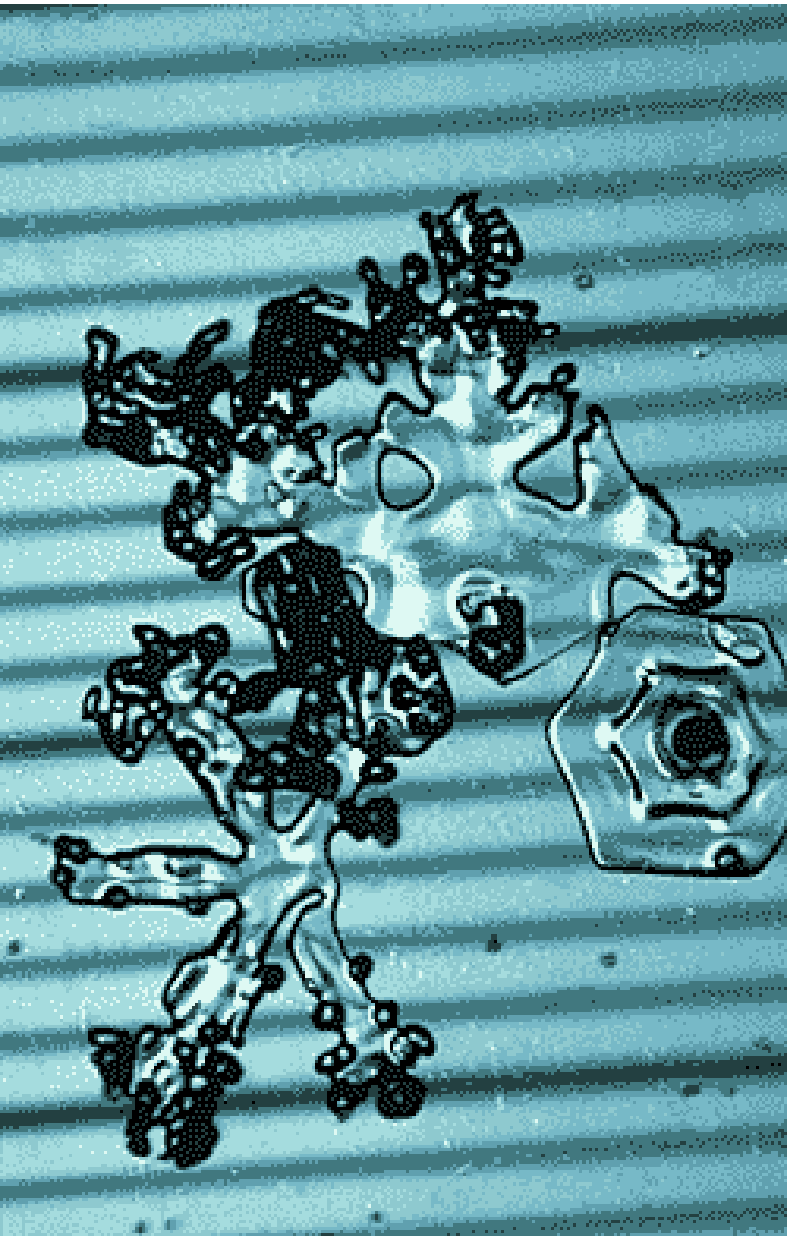
Etoile

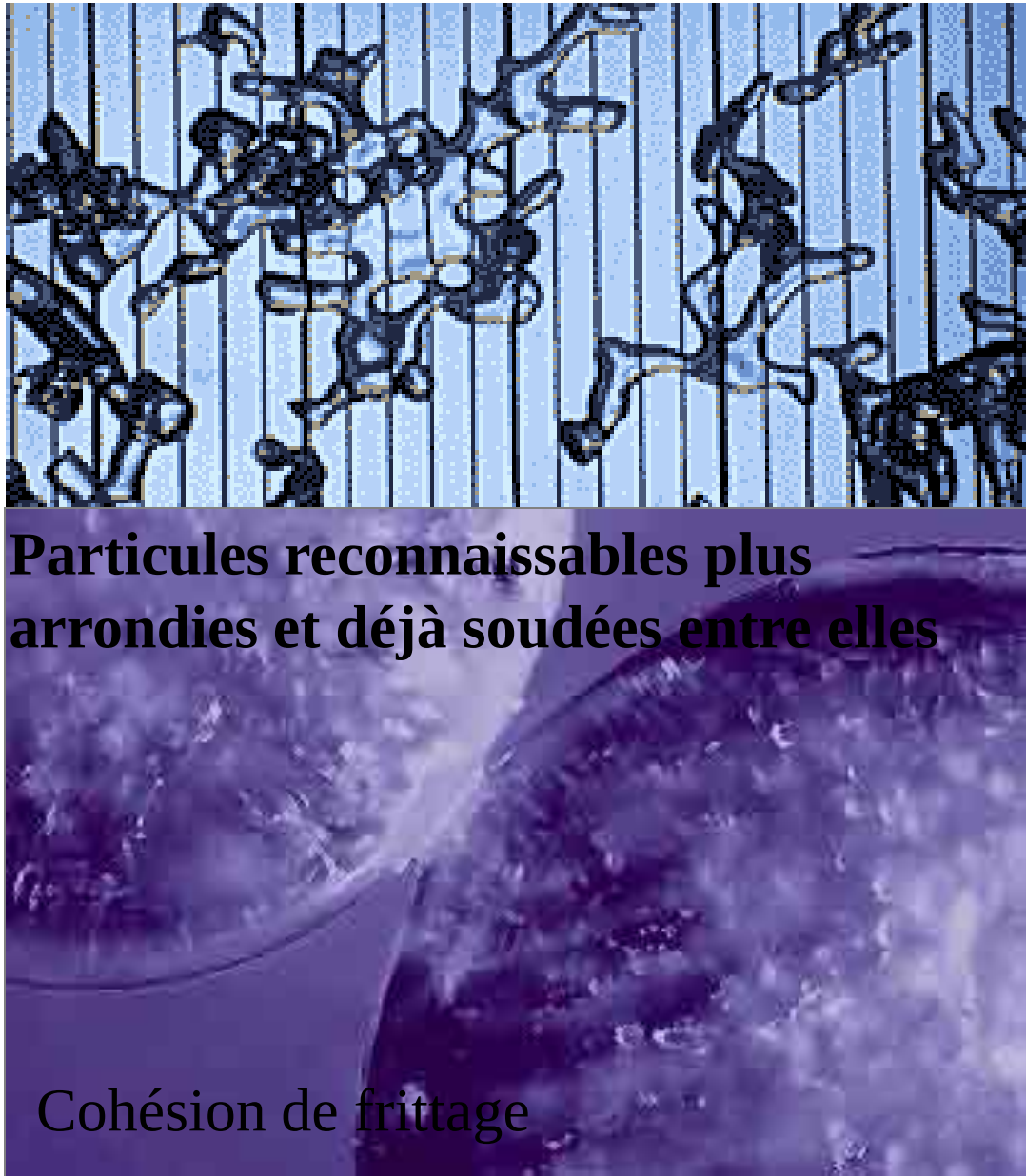




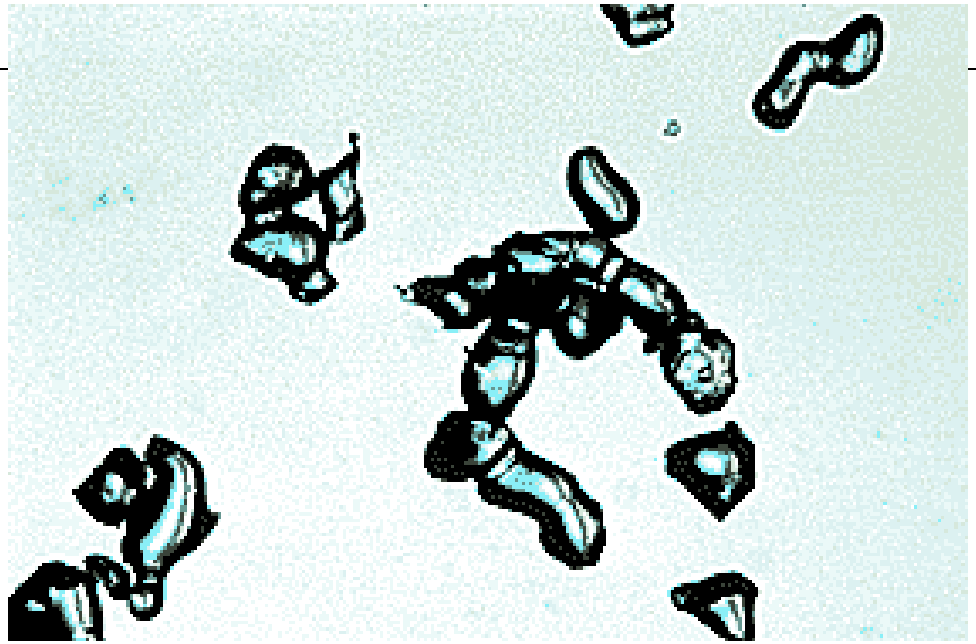
Cohésion de feutrage

3.2. **Les particules reconnaissables**

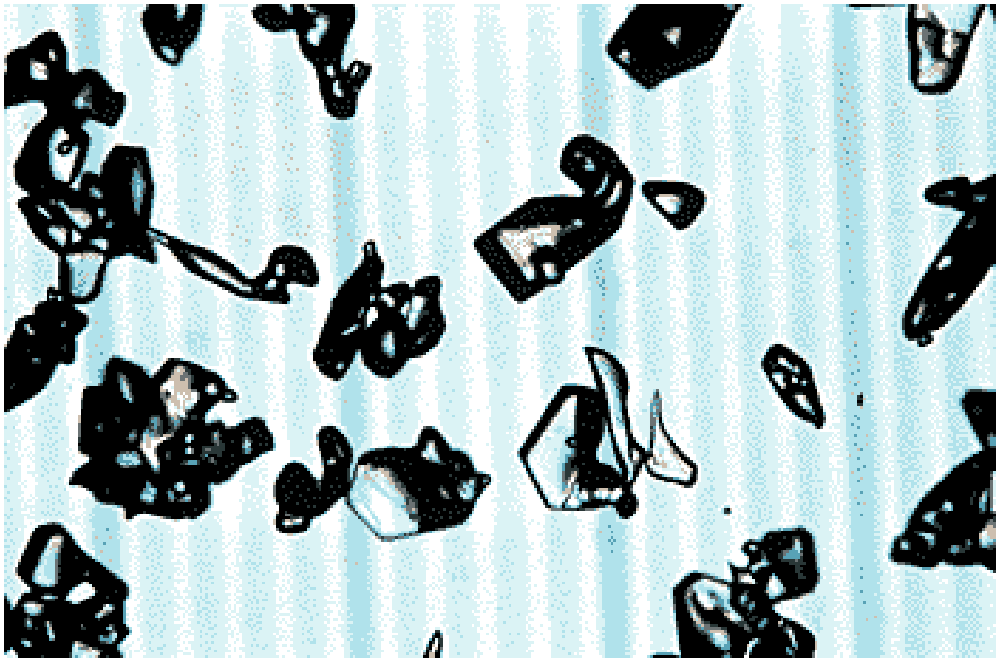




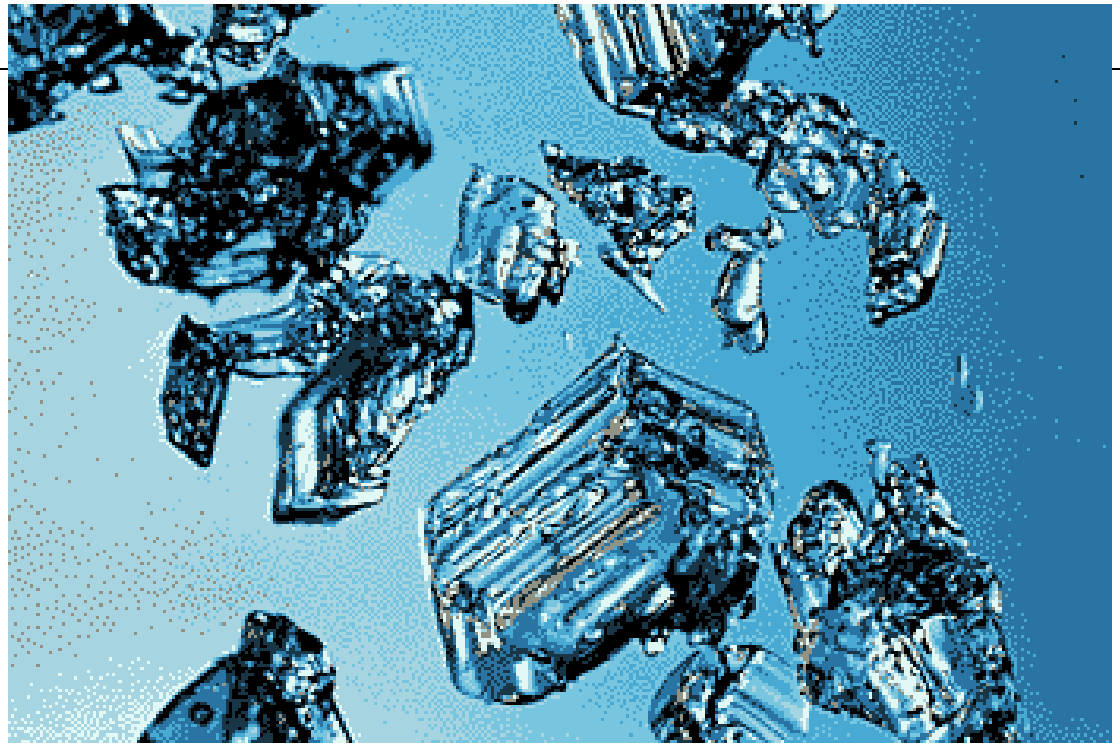
3.3. Les grains fins



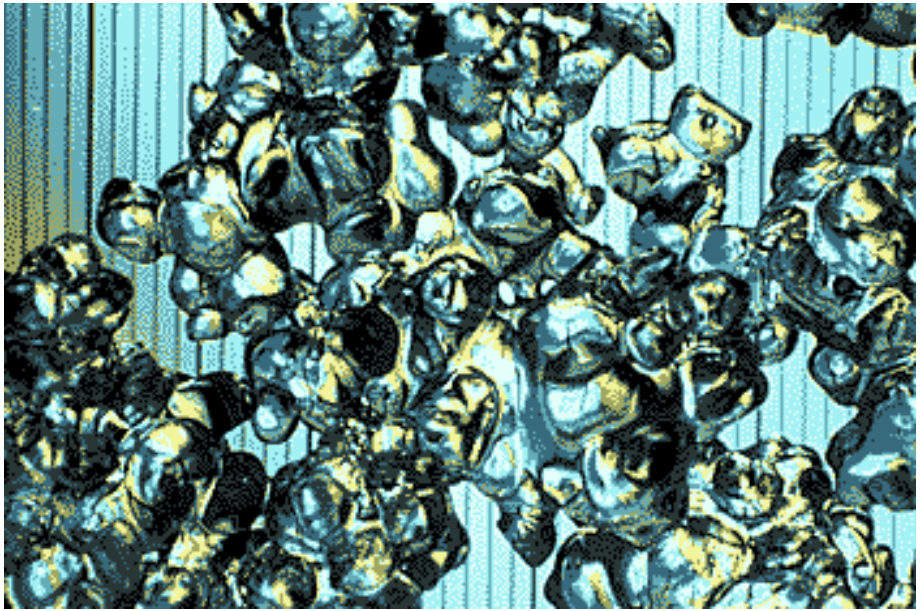
3.4 Les grains à face plane



3.5. Les gobelets



3.6. Les grains ronds

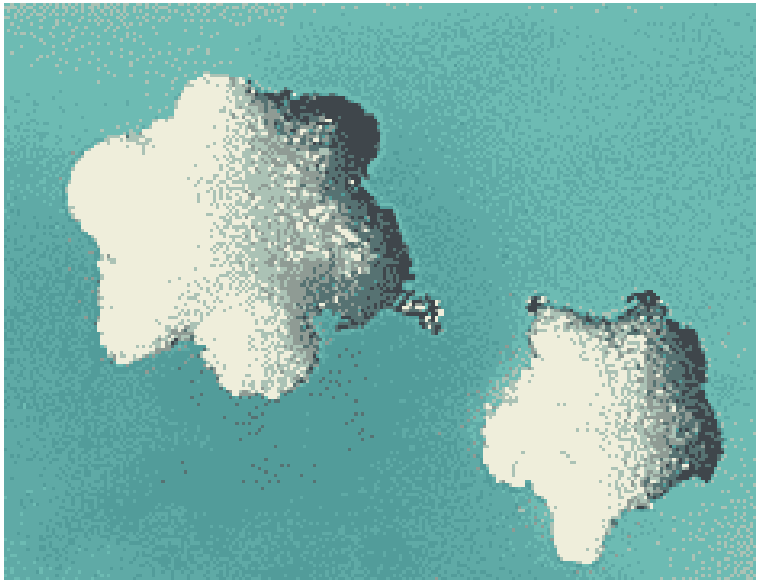


3.7. Les autres précipitations solides

Givre de surface

Givre opaque

Le grésil = neige roulée



4- Métamorphoses de la neige

Manteau neigeux = matériau hétérogène = somme des différentes strates accumulées lors des chutes de neige successives

Strates aux caractéristiques physiques et mécaniques différentes
Caractéristiques dépendent principalement des types de cristaux qui la compose

Transformations (métamorphoses) des cristaux initiaux sous l'influence d'effets thermodynamiques (température) et mécaniques (poids des couches supérieures, vent)

4- Métamorphoses de la neige

Neige = mélange d'air et de glace = matériau poreux de température inférieure ou égale à 0°C

• Neige sèche : mélange d'air et de glace uniquement, température négative. Métamorphoses par la phase vapeur

• Neige humide : mélange d'air avec vapeur d'eau, de glace et d'eau liquide. Trois phases de l'eau en équilibre thermodynamique ➔ température = 0°C. Métamorphoses par la phase liquide

➔ Métamorphoses de neige sèche, Métamorphoses de neige humide
➔ Evolution des nomenclatures des métamorphoses

• cas particulier de la métamorphose destructive

4- Métamorphoses de la neige

4.1. La neige sèche

4.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche

➔ Phénomènes thermodynamiques où n'interviennent que deux phases de l'eau : solide et gazeuse

• <u>L'effet de rayon de courbure</u>

L'air ne peut contenir qu'une quantité limitée de vapeur d'eau (tension maximale de vapeur saturante), dépendant de la température et de la forme de la surface de glace à proximité

Rayon de courbure (RC) = forme de la surface

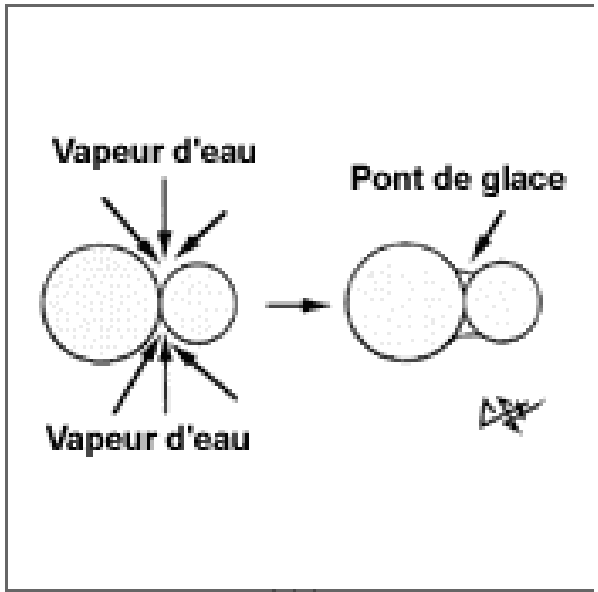
- <u>Convexe</u> (pointes, bosses) : faible RC
- Forme <u>plane</u> : RC infini
- <u>Concave</u> (creux) : RC négatif, valeur absolue d'autant plus petite que le creux est prononcé

4.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche

A une température donnée

- Tension maximale de vapeur saturante plus élevée au voisinage des convexités qu'au voisinage des concavités
- Déséquilibre. Flux de vapeur des zones convexes vers les zones concaves (transfert de masse).
- Zones proches des convexités : sous-saturation ➔ sublimation d'une partie de la forme convexe
- Zones proches des concavités : sur-saturation ➔ condensation solide dans le creux.

Diffusion de vapeur des zones convexes vers concaves entretient le phénomène ➔ adoucissement des contours, disparition des plus petits grains, arrondissement des cristaux



Conséquence de l’effet de rayon de courbure : la cohésion de frittage

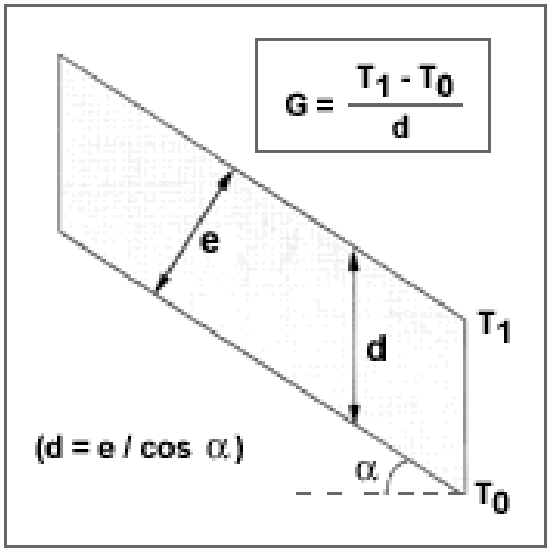
La vapeur d'eau a donc naturellement tendance à se condenser autour du point de contact, créant ainsi un pont de glace entre les deux grains. Il y a cohésion de frittage entre les deux grains.

La rapidité de formation et l'importance des ponts de glace sont d'autant plus grandes que les grains de neige sont petits.

Les neiges sèches constituées de petits grains (< 0,3/0,4 mm) auront donc une bonne cohésion de frittage, tandis que celles constituées de grains plus gros auront une faible cohésion de frittage

4.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche

• Le gradient vertical de température



Gradient vertical de température d'une couche de neige = répartition verticale de la température dans cette couche

base du manteau neigeux = température proche de 0°C
en surface, lorsque la neige est sèche, température atteignant -20 à -30°C.

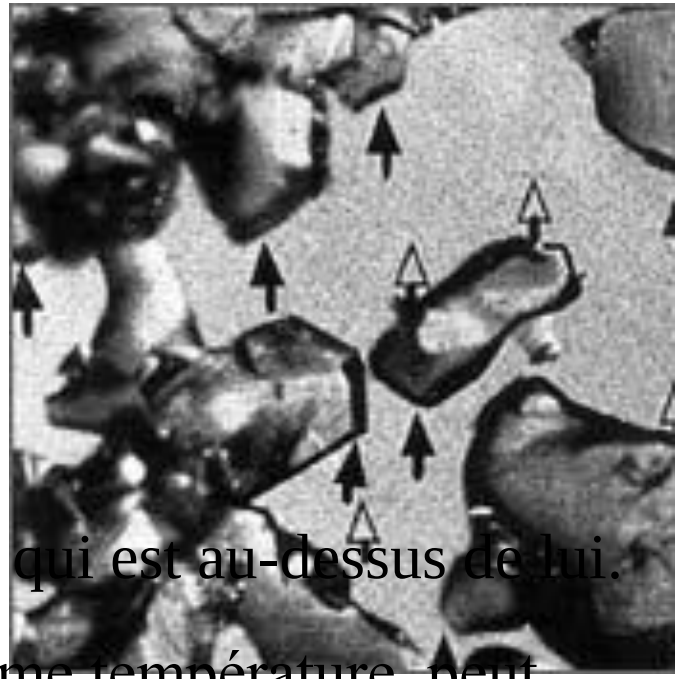
gradient vertical de température = rapport entre la différence de température entre deux niveaux et la distance verticale qui sépare ces deux niveaux

4.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche

Gradient lié à la qualité d'isolant de la neige
= fonction de la quantité d'air qu'elle contient
=fonction de sa masse volumique.

- Forts gradients dans les couches de surface, généralement constituées de neiges récentes et peu épaisses,
- Plus faibles gradients en profondeur, les neiges étant plus denses
- Lorsqu'une couche de neige est humide, la présence d'eau liquide implique une température uniforme de 0°C, et par conséquent un gradient nul

4.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche



Dans une couche de neige sèche soumise à un gradient vertical non négligeable :

- chaque grain de neige est plus chaud que celui qui est au-dessus de lui.

- A son voisinage immédiat, l'air qui est à la même température, peut contenir plus de vapeur d'eau que celui du grain supérieur.

-Transfert de vapeur du grain le plus chaud vers le grain le plus froid.

- Sublimation du grain le plus chaud

-Condensation solide du grain au dessus plus froid

- Caractérisé par l'apparition d'angulosités (cristallisation dans le système hexagonal). On dit aussi que ce dernier subit un givrage .

4.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche

- La température

Dans le cas de la neige sèche, la température a un rôle important sur les métamorphoses car elle les freine ou les accélère. La quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut y avoir au voisinage d'un grain de neige est fortement liée à la température de l'air environnant.

- Effet du rayon de courbure

- Effet du gradient de température

C'est la valeur du gradient de température qui va réguler le type de transformation

4.1.2. **La métamorphose de faible gradient (G < 5°C/m)**

L'effet de rayon de courbure l'emporte sur l'effet de gradient ➔ arrondissement des grains

Neige fraîche ➔ particules reconnaissables ➔ grains aux formes arrondies nommés grains fins (diamètres de 0,1 à 0,4 mm).

La rapidité des transformations dépend de la température de la neige.

Neige fraîche ➔ particules reconnaissables : rapide (quelques jours) ➔ grains fins (plus long)

Exemple, gradient de 3°C/m et température moyenne de la couche de neige de - 3,5°C : une dizaine de jours pour obtenir un mélange particules reconnaissables/grains fins.

4.1.2. **La métamorphose de faible gradient (G < 5°C/m)**

Cette métamorphose =

Disparition des formes dendritiques ➔ rapprochement des grains ➔ augmentation du nombre des points de contact autour desquels le frittage se produit

Tassement général de la couche de neige, augmentation de la masse volumique (qui atteint alors 200 à 300 kg/m3)

Passage de la cohésion de feutrage (imbrication des dendrites) à la cohésion de frittage.

Au début de la perte de cohésion de feutrage : instabilités sur les pentes les plus raides, ensuite la prise de cohésion de frittage confère à la strate une meilleure stabilité.

Cette cohésion de frittage est d'autant meilleure que les grains sont petits puisque les points de contact sont nombreux. Seul problème, ce type de neige manque de plasticité et supporte mal les contraintes.

4.1. **3. La métamorphose de moyen gradient (**5°C/m < G < 20°C/m)

L'effet de gradient l'emporte sur l'effet de rayon de courbure

La cristallisation de la vapeur d'eau aux points froids, caractérisée par l'apparition d'angulosités, est plus rapide que la sublimation liée à l'effet de rayon de courbure.

Au début de la métamorphose : effet de courbure provoque la sublimation des petits grains et des branches les plus fines.

Résultat global = apparition d'un grain anguleux comportant des facettes faisant des angles à 120° (cristallisation dans le système hexagonal = grain à faces planes

4.1. **3. La métamorphose de moyen gradient (**5°C/m < G < 20°C/m)

➔ affecte la neige fraîche et les particules reconnaissables (avec tassement important de la couche de neige lié à la disparition rapide des structures dendritiques) et les grains fins.

Exemple : gradient 15°C/m : environ 10 jours pour qu'une neige fraîche se transforme en un mélange de particules reconnaissables et de grains à faces planes

grains à faces planes :
- masses volumiques de l'ordre de 250 à 350 kg/m3.
- tailles de 0,4 à 0,6 mm de diamètre (plus élevées que grains fins)

4.1. **3. La métamorphose de moyen gradient (**5°C/m < G < 20°C/m)

grains à faces planes :
- masses volumiques de l'ordre de 250 à 350 kg/m3.
- tailles de 0,4 à 0,6 mm de diamètre (plus élevées que grains fins)

➔ diminution du nombre de points de contact, ➔ diminution de la cohésion de frittage : perte de cohésion de la strate de neige (= couche fragile), source d'instabilité lorsqu'elle est recouverte par d'autres chutes de neige.

Ce n'est pas irréversible : si couche de grains à faces planes soumise à un faible gradient➔ retour vers des formes arrondies par l'effet de rayon de courbure, et cohésion de frittage

4.1. **4. La métamorphose de fort gradient (G > 20°C/m)**

Fort gradient de température ➔ flux de vapeur intenses

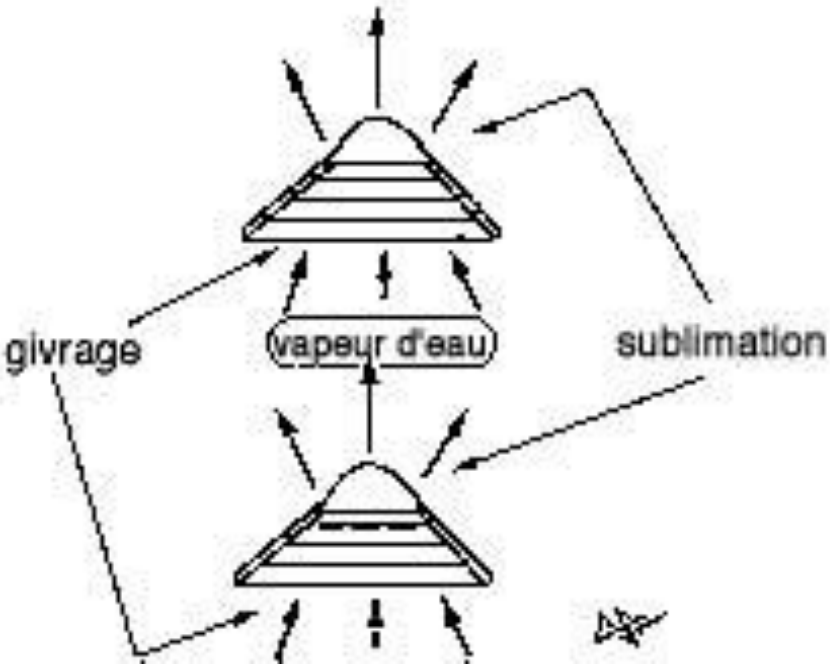
1- apparition rapide de grains à faces planes accompagnée d'un tassement notable pour ce qui concerne la neige récente

2- Peu à peu, chaque grain voit sa base croître par condensation de la vapeur d'eau provenant du grain inférieur.

Condensation sous la forme de marches de glace. Sublimation de la partie supérieure donnant un aspect plus arrondi et plus lisse.

➔ grain = forme pyramidale striée très caractéristique : gobelet.

Dimensions importantes : 0,6 à 2 mm, jusqu'à 4 mm et plus



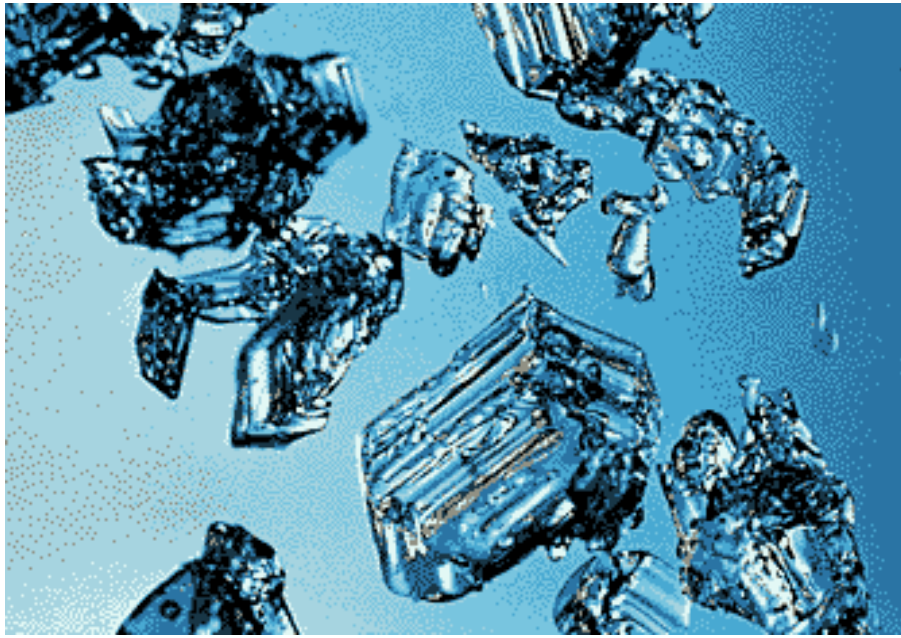
4.1. **4. La métamorphose de fort gradient (G > 20°C/m)**

Grains de grande dimension ➔ très faible cohésion de frittage

Comportement caractéristique de la strate de gobelets : comme du gros sel, coule dans la main quand on essaye de la manipuler

Masse volumique, peu différente de celle des faces planes varie entre 250 et 400 kg/m3.

Au sein du manteau neigeux ➔ couche qui induit une instabilité latente importante.



4.1. **4. La métamorphose de fort gradient (G > 20°C/m)**

Croissance des gobelets nécessite :
- des échanges de vapeur d'eau de grain à grain
-densité de la neige initiale pas trop élevée (< 350 kg/m^3 , si > juste grains à faces planes difficilement)

Gobelets = stade final d'évolution : même avec le rétablissement d'un faible gradient, les gobelets ne peuvent plus être transformés et la strate gardera sa faible cohésion.

Seule une humidification notable pourra transformer les gobelets.

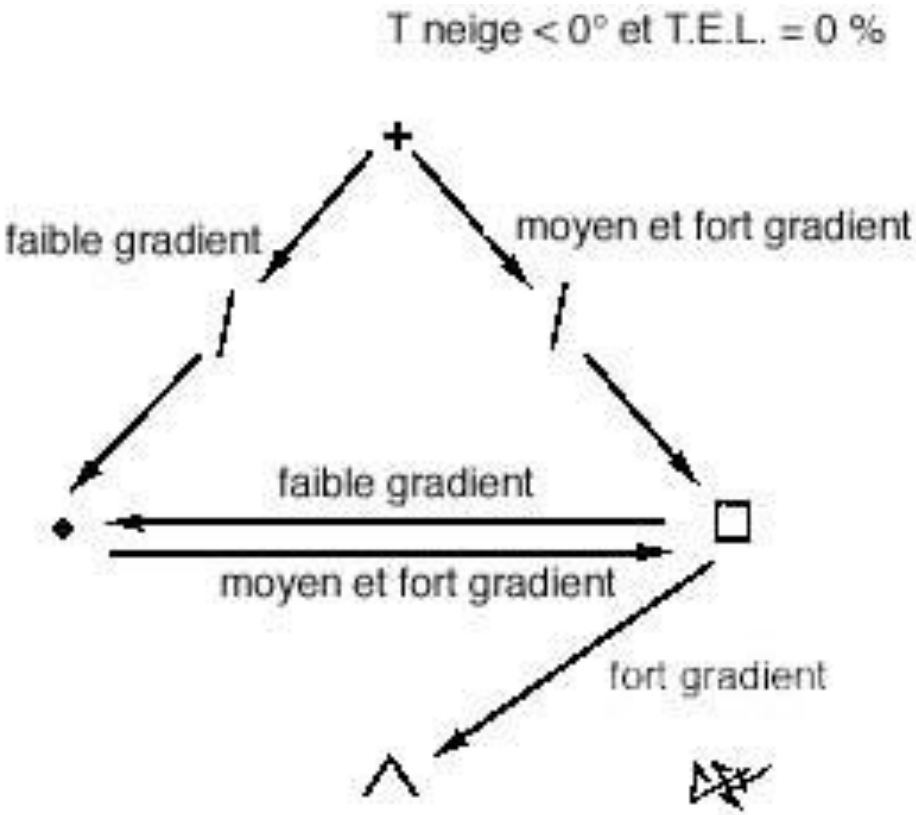
Exemple : grains fins d'une densité de 260 kg/m3, gradient de l'ordre de 55°C/m ➔ couche de gobelets de tailles moyenne 2 mm au bout de 26 jours.

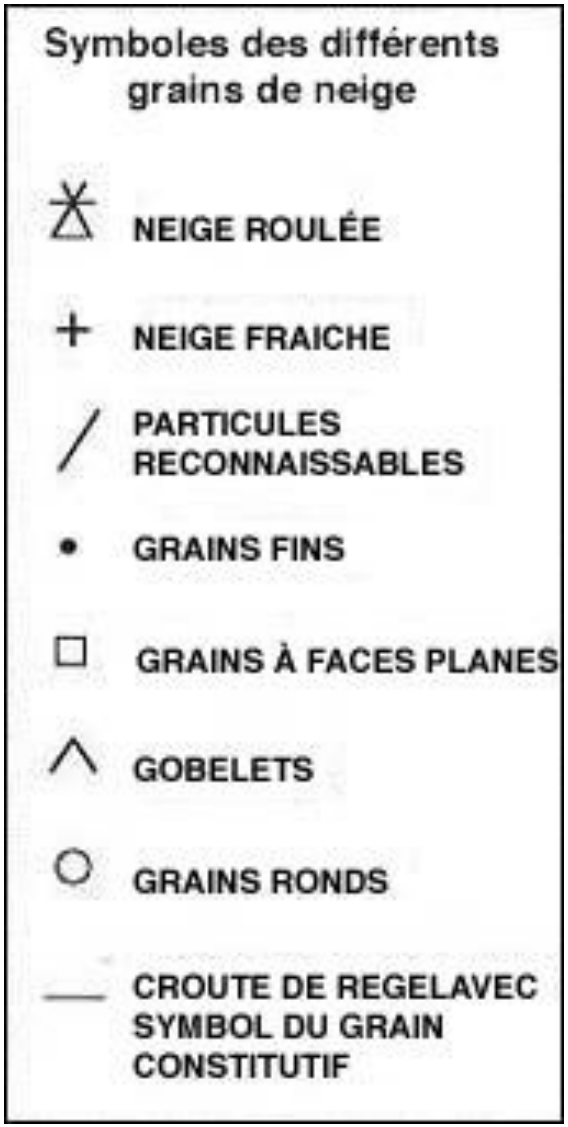
4.1. **4. La métamorphose de fort gradient (G > 20°C/m)**

Exemple classique : faible chute de neige (10 cm) sur un manteau neigeux humidifié, suivie d'un refroidissement avec des températures de surface de -10°C

➔ gradient 100°C/m (base de la couche à 0°C) : en deux jours, des grains à faces planes peuvent apparaître et, avec le tassement, constituer une couche fragile de l'ordre de quelques centimètres très dangereuse pour l'avenir.

4.1. 5. Schéma synthétique des métamorphoses de la neige sèche





4.2. La Neige humide

= eau liquide présente dans la neige

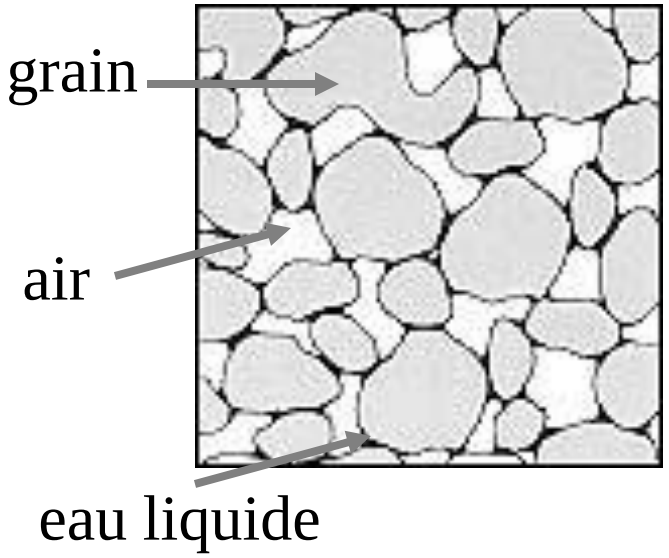
Température d'équilibre entre les trois phases de l'eau (solide, liquide et gazeuse) = 0°C

Deux régimes de transformation liés à la quantité d'eau liquide présente ou teneur en eau liquide (TEL) : faible et forte TEL

4.2.1. Les régimes de la métamorphose de la neige humide

- Le régime des faibles TEL < 2%

Sous l'effet des forces de capillarité, eau liquide se loge :
- autour des points de contact, formant ainsi des ménisques d'eau entre les grains,
- dans les creux des grains



➔ grossissement des grains est assez lent (plus rapide lorsque la TEL augmente).

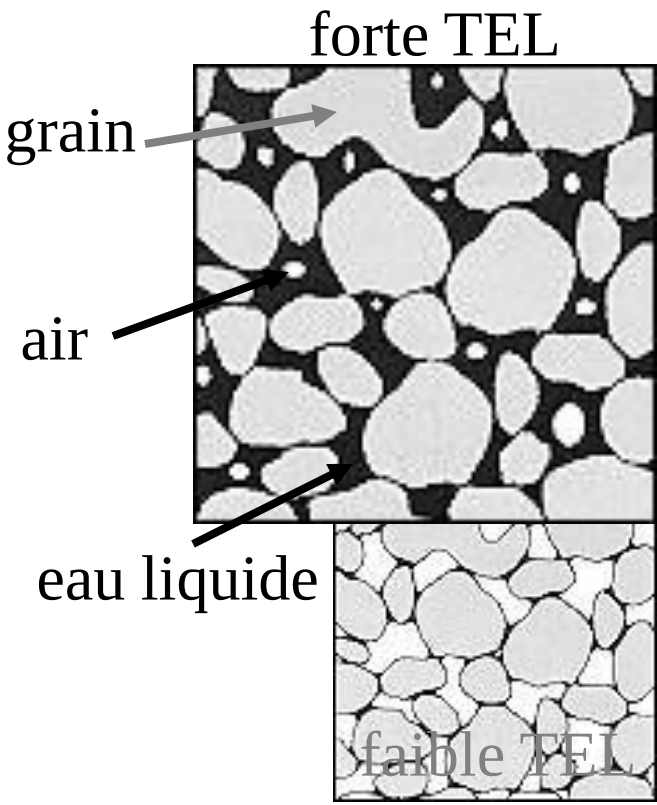
➔arrondissement et grossissement global des grains

➔ fortes pressions capillaires entre les grains maintient une assez bonne cohésion d'ensemble

4.2.1. Les régimes de la métamorphose de la neige humide

- Le régime des fortes TEL

TEL >12% : phase liquide continue ➔ les interfaces glace/air n'existent plus ou très peu ➔ les transformations sont plus efficaces : flux de chaleurs dus aux changements de phase se font facilement entre les grains par la phase liquide, sa conduction thermique étant nettement supérieure à celle de l'air.



➔densification rapide avec arrondissement et grossissement des grains

➔disparition des liaisons entre les grains ➔ diminue fortement la cohésion globale.

4.2.2. métamorphose de la neige humide

Humidification de la neige essentiellement par la surface du manteau neigeux, par :

- fusion de surface du manteau neigeux sous l'effet d'un bilan énergétique positif des échanges neige/atmosphère (air chaud, fort rayonnement solaire

-apport direct d'eau liquide (pluie).

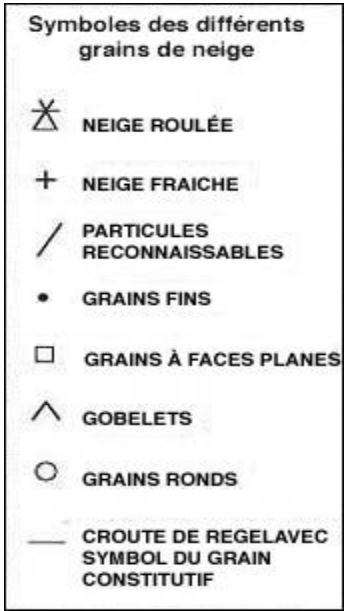
Drainage de l'eau liquide dès que la capacité de rétention en eau de la neige est dépassée,
dépend de sa densité avant humidification :
12% en masse pour densité de l'ordre de 250 kg/m3, 7% pour densité de l'ordre de 500 kg/m3.

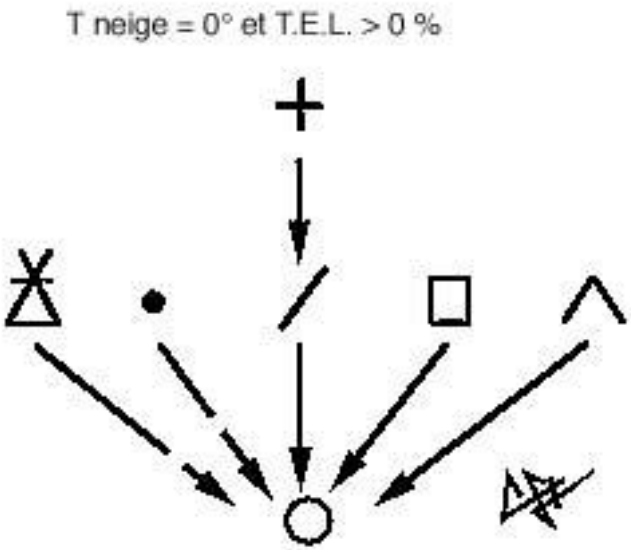
4.2.2. métamorphose de la neige humide

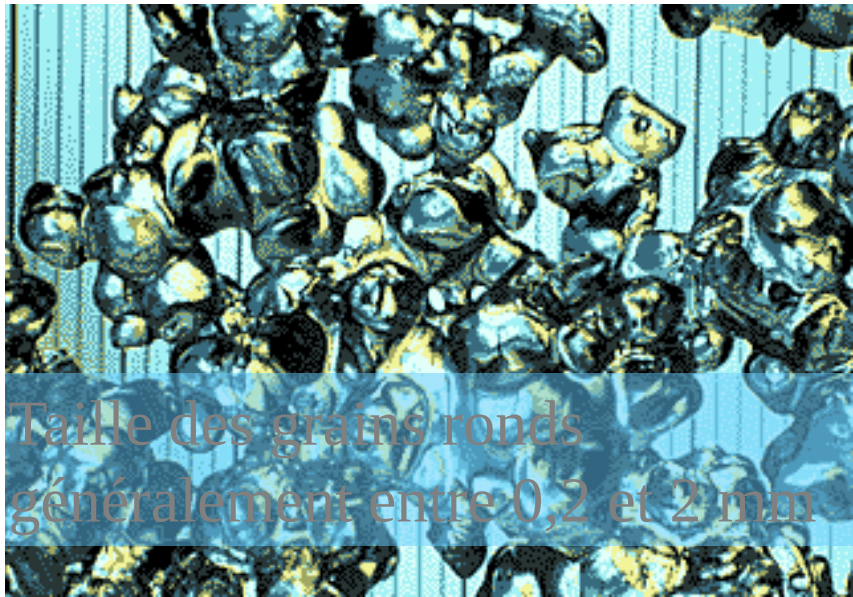
Métamorphose = arrondissement rapide des grains, apparition de grains ronds

Grossissement : très lent pour les basses TEL, plus rapide avec les TEL proches de la valeur de rétention.

Exemple : neige récente soumise à une humidification pendant 16 jours ➔ neige de grains ronds, diamètres environ 0,2 mm avec une TEL massique de l'ordre de 2%, et 0,6 mm si la TEL est de 10%.







4.2.2. métamorphose de la neige humide

Cohésion

- Bonne aux faibles valeurs de TEL mais diminue si la TEL augmente

- Très faible si couche saturée en eau ➔ avalanche de neige humide = avalanche de fonte

- Excellente cohésion de regel : lors d'un refroidissement, l'eau liquide gèle créant de solides liaisons de glace entre les grains ronds

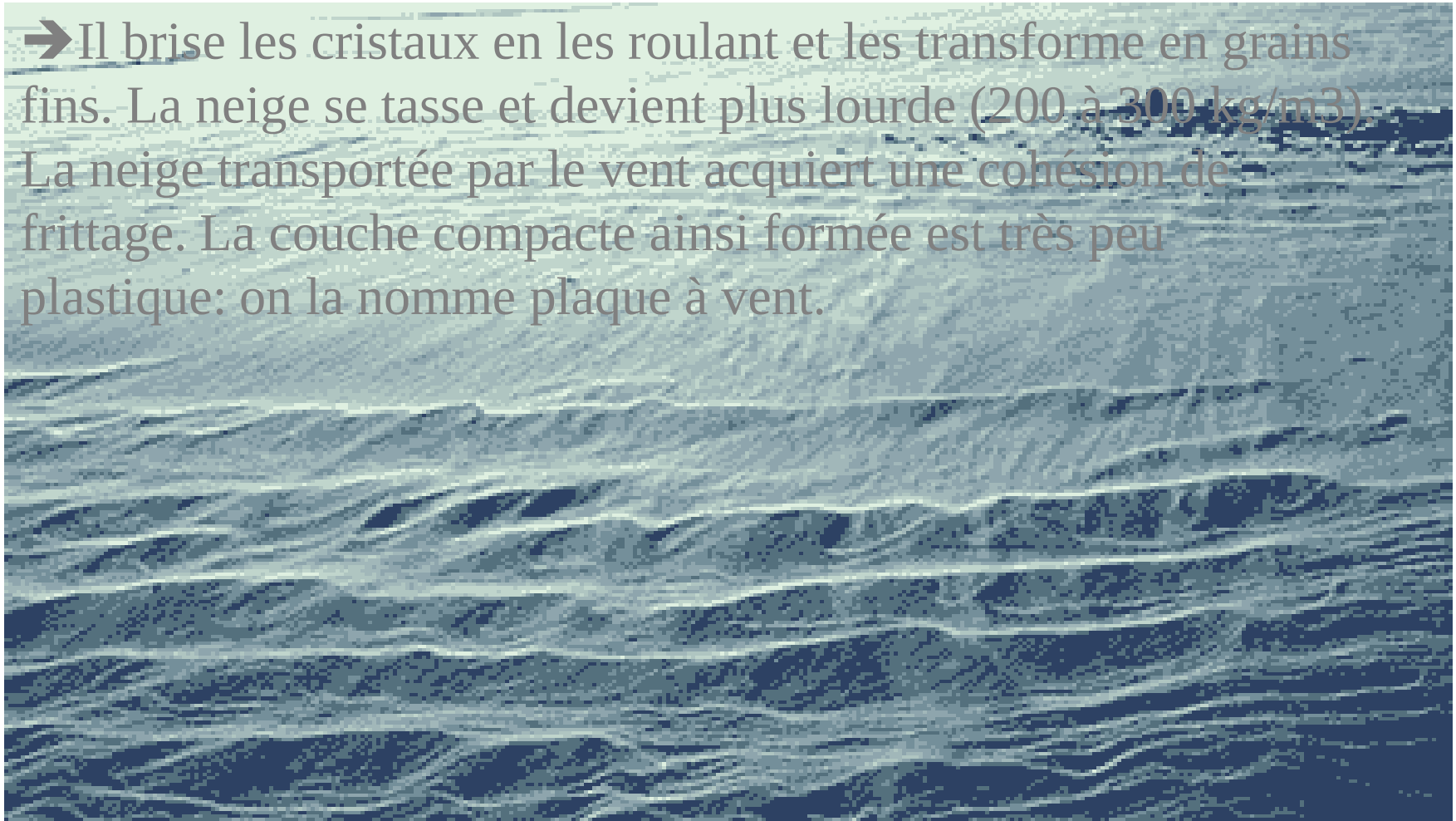
- Des grains tels que les gobelets et la neige roulée ne peuvent être transformés qu'en grains ronds par humidification. Au coeur de l'hiver, un fort réchauffement accompagné de pluie peut donc être salutaire pour l'avenir d'un manteau neigeux fragilisé par la présence de telles strates.

5- Action du vent sur le manteau neigeux

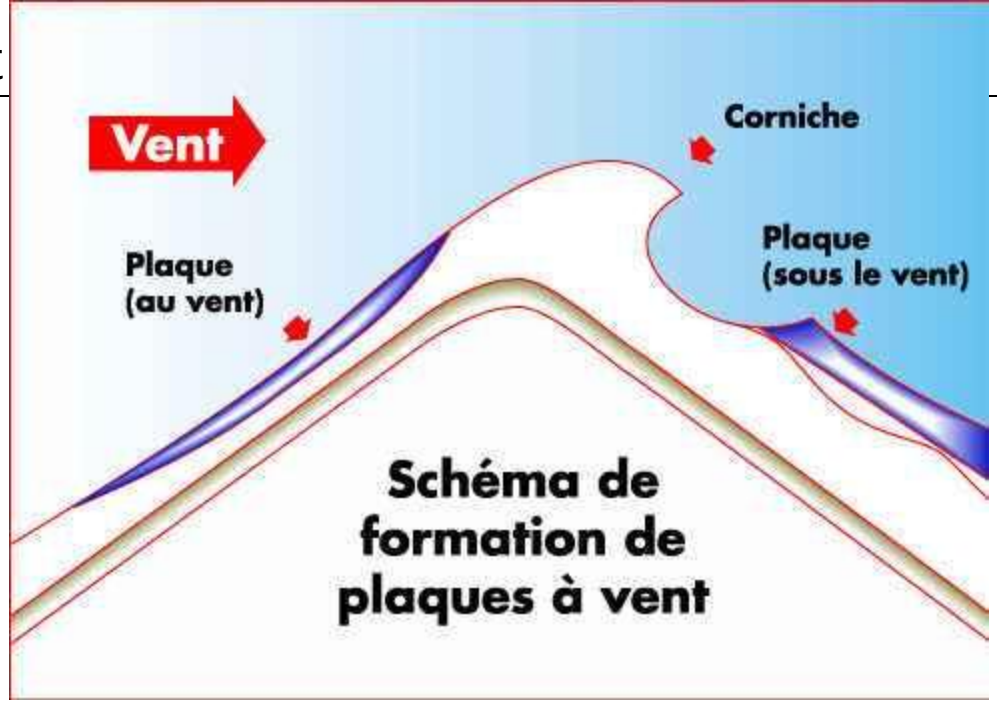
➔modifie les caractéristiques initiales de la neige

➔ Le vent accélère les échanges thermiques, érode, transporte, accumule, dépose, a un pouvoir de refroidissement.

➔Il brise les cristaux en les roulant et les transforme en grains fins. La neige se tasse et devient plus lourde (200 à 300 kg/m3). La neige transportée par le vent acquiert une cohésion de frittage. La couche compacte ainsi formée est très peu plastique: on la nomme plaque à vent.



5- Action du vent



• la plaque au vent : plaque de compression due à la poussée du vent

• la plaque sous le vent : très mal ancrée à la sous-couche, sous laquelle subsiste un véritable coussin d'air.

En cas de rupture, air chassé en un «soupir» ou parfois dans un bruit de tonnerre bref et sourd. Dans la plaque, tout effort local se transmet instantanément à l'ensemble de la couche, qui se brise dans la zone de plus faible résistance.

5- Action du vent

Facteur de refroidissement éolien

Effet Windchill

Le refroidissement éolien désigne une sensation ressentie directement par le corps d'un être vivant à sang chaud.

http://www.power-kiteshop.ch/blog/2011/01/21/refroidissement-eolien/

The metric formula for *windchill* is:

$$T_{wc} = 13.112 + 0.6215\ T_a - 11.37\ V^{0.16} + 0.3965\ T_a\ V^{0.16}$$

where

T_{wc} is the windchill,

V is in the wind speed in kilometres per hour, and

T_a is the ambient air temperature in degrees Celsius.

http://www.islandnet.com/~see/weather/life/windchill.htm

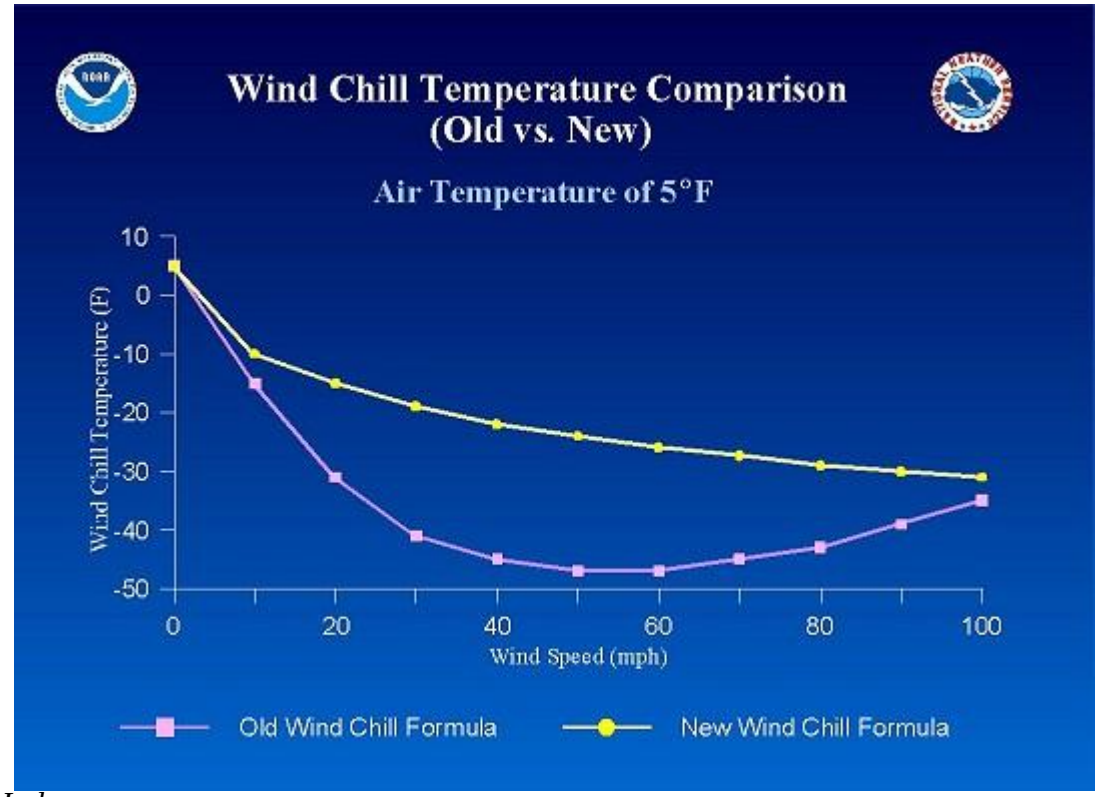
Tableau de calcul du refroidissement éolien

Vitesse du vent (km/h)	Température (°C)										
	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53
10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57
15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60
20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62
25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64
30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65
35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66
40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68
45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69
50	-2	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69
55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70
60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71
65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73
80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74
100	-3	-11	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76

Facteur de refroidissement éolien

Effet Windchill

Révision en 2001



•Specifically, the new *Windchill Temperature Index*:

•uses calculated wind speed at an average height of 1.5 m (5 ft), the typical height of an adult human face determined from readings at the standard anemometer height of 10m (33 ft);

•is based on a human face model;

•incorporates modern heat transfer theory to determine heat loss from the face to its surroundings, during cold and breezy/windy conditions;

•lowers the "calm" wind threshold to 4.8 km/h (3 mph), the normal walking speed of a pedestrian across an intersection;

•uses a consistent value for skin tissue resistance; and

•assumes no impact from the sun (i.e. clear night sky).

http://www.islandnet.com/~see/weather/life/windchill.htm

http://www.nws.noaa.gov/om/windchill/

6- Les propriétés physiques mécaniques de la neige

6.1. Résistance à la compression

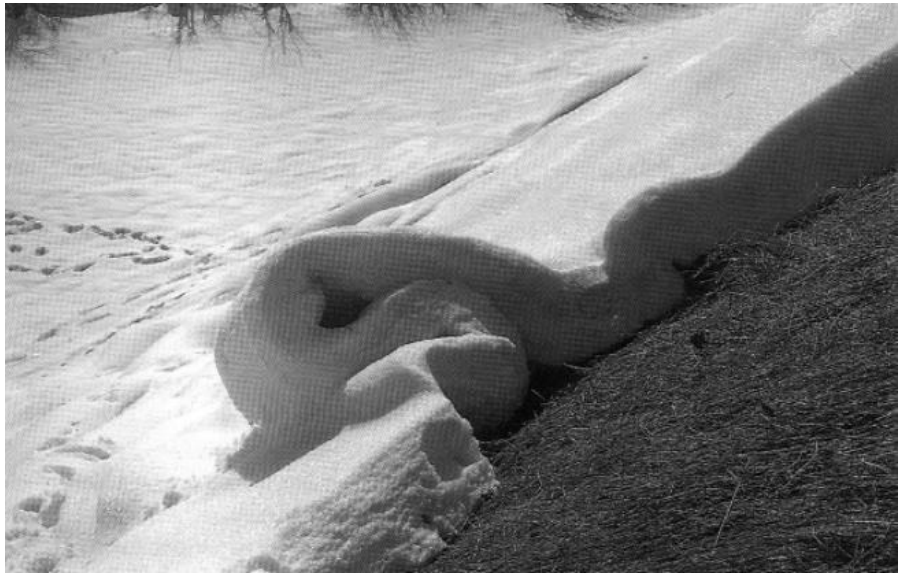
6.2. Résistance à la traction

6.3. Cohésions

-Feutrage
-Frittage
-Capillaire
-De regel

6.4. Viscoplasticité

6.5. Angles de frottement

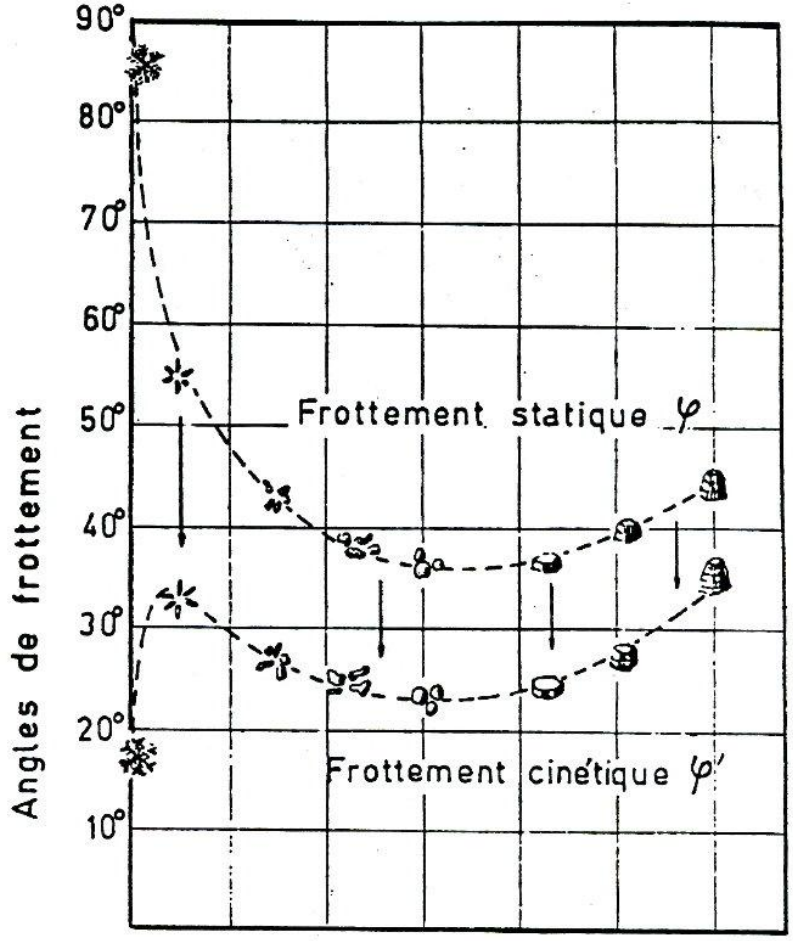


6- Les propriétés phy

6.5. Angles de frottement

Comme tout matériau granulaire (ex. le sable), la neige mise en mouvement, posséde un angle de talus naturel ; c'est son angle de **frottement cinétique**, toujours inférieur à l'angle de frottement statique.

Le graphique ci-dessous, d'après A. ROCH (nivologue et alpiniste suisse), illustre bien la relation entre les angles de frottement statique et cinétique de plusieurs types de cristaux de neige.

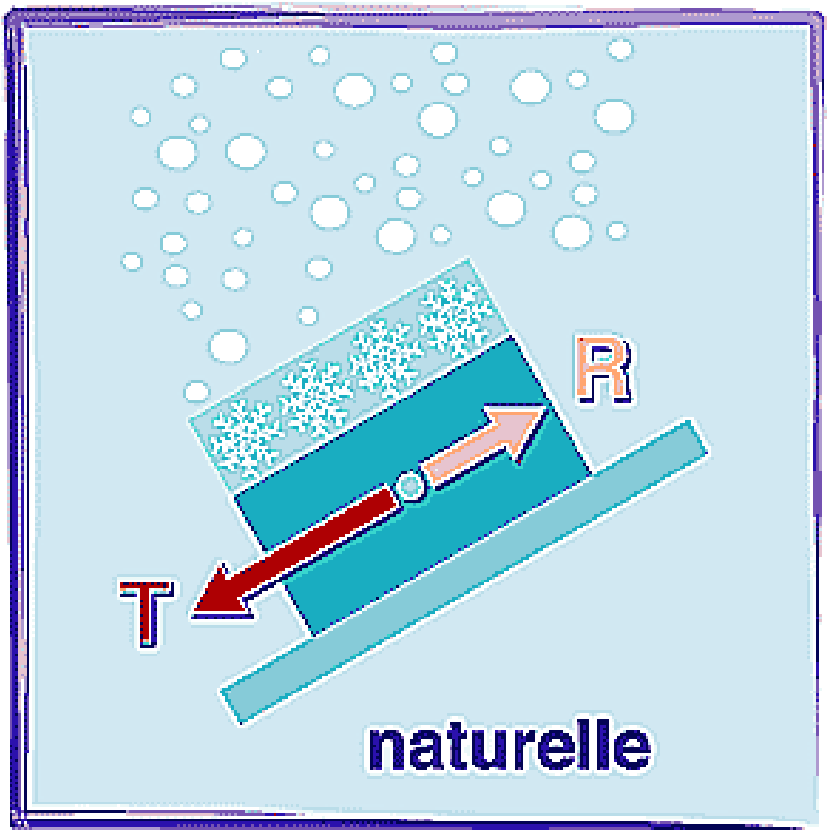


= neige fraîche
= grains fins
= grains à faces planes
= particules reconnaissables
= grains grossiers
= ~~givre de profondeur~~ gobelet

7- Les avalanches

7.1. Introduction : Stabilité et instabilité du manteau neigeux

manteau neigeux = corps en équilibre sur un plan incliné.
deux types de forces : T =celles qui l'attirent vers le bas, et R=celles qui le maintiennent en place

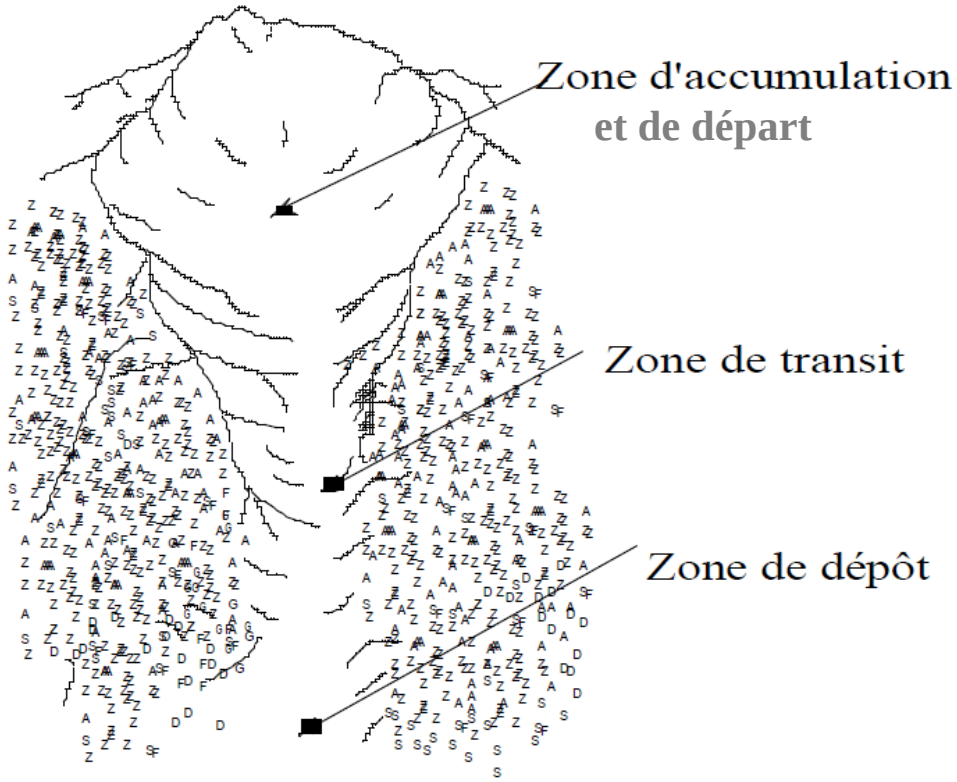


R = T : équilibre, stabilité
R < T : instabilité

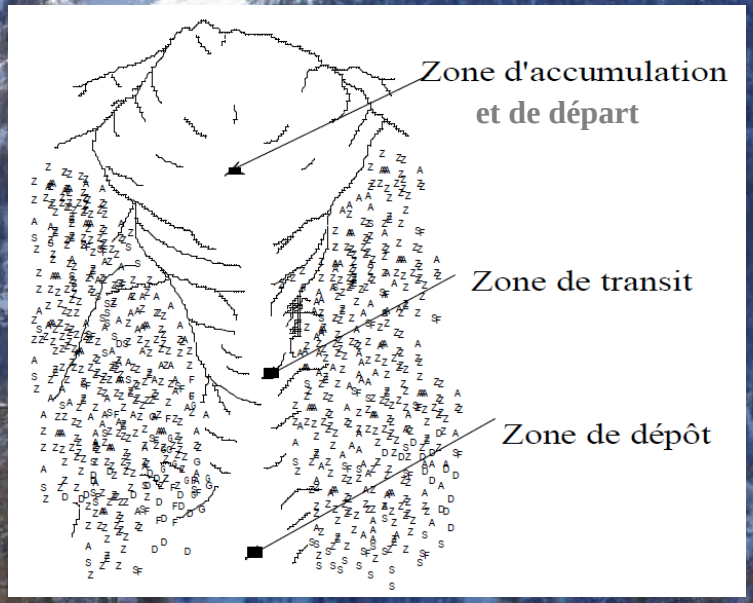
7.2. Classification des avalanches

avalanche = masse de neige qui se détache et dévale le versant d'une montagne .
= rupture d'équilibre dans le manteau neigeux, entraînant le glissement à une certaine vitesse d'une masse de neige plus ou moins importante sur une pente, sous l'effet de son propre poids.

7- Les avalanches



Panorama de Molines en Queyras



cliché du 12/01/2010

Fond de la vallée : piste de ski de fond

7.2. Classification des avalanches

7.2.1- Multiples critères de classification des avalanches :

<u>la cause du départ</u> :

• évolution interne du manteau neigeux : avalanche spontanée due à la perte de cohésion

• surcharge "non humaine » : avalanche spontanée (qui part toute seule, sans intervention de l'homme) ;

• surcharge d'origine humaine volontaire (déclenchement à l’explosif) : avalanche artificielle ;

• surcharge d'origine humaine involontaire : avalanche accidentelle ;

7.2. Classification des avalanches

Multiples critères de classification des avalanches :

<u>la forme de la zone de départ</u> :

- **départ ponctuel : avalanche à départ ponctuel ;**

- **cassure linéaire : avalanche de plaque :**
Spectaculaire, fracture très nette du manteau neigeux, se développe très rapidement sur un front de plusieurs centaines de mètres. Elle peut atteindre une hauteur de plusieurs mètres.

7.2. Classification des avalanches

Multiples critères de classification des avalanches :

<u>la qualité de la neige dans la zone de départ :</u>

- **avalanche de neige humide ou de neige sèche ;**

- **avalanche de neige avec cohésion (= avalanche de plaque) ou sans cohésion (= avalanche à départ ponctuel) ;**

7.2. Classification des avalanches

Multiples critères de classification des avalanches :

<u>le niveau de glissement :</u>

- **l'avalanche glisse sur une couche de neige sous-jacente : avalanche de surface ;**

- **l’avalanche entraîne la totalité du manteau neigeux : avalanche de fond ;**

7.2. Classification des avalanches

Multiples critères de classification des avalanches :

<u>L’écoulement :</u>

• avalanche de neige coulante (ou neige dense) : l'écoulement se fait en restant en contact avec le terrain, comme une lave, en suivant la ligne de plus grande pente ;

• avalanche en aérosol : l'écoulement se fait en présence d'un nuage de neige qui peut parfois mesurer plusieurs dizaines de mètres de haut et qui s'écoule selon une trajectoire quasi-rectiligne, de façon presque indépendante du terrain.

7.2.2- Détail sur la typologie basée sur le mode d'écoulement :

Avalanche dense = un écoulement de neige se déplaçant à la surface du sol en empruntant les dépressions du relief (couloirs, ravins, talwegs) ou les lignes de plus grande pente dans les versants.

vitesse < 80 km/h

effet destructeur dû aux poussées développées par la masse de neige dense sur les obstacles (plusieurs centaines de kilopascals (dizaines de tonnes/m2

Cas particulier : l'avalanche de fonte

7.2. Classification des avalanches

Détail sur la typologie basée sur le <u>mode d'écoulement :</u>

<u>Avalanche dense</u> : Cas particulier : l'avalanche de fonte

Neige humide à mouillée
Rupture de la cohésion capillaire ou de regel
Vitesse lente : < 40 km/h, qqfois jusqu'à 10-15 km/h
D = 450 kg/m3, à l'arrêt : d= 700 kg/m3 (=culot d'avalanche)

Descend généralement chaque année dans les mêmes couloirs, les mêmes pentes.

Attention : quand l'avalanche ralentie, elle s'élargie ➔ incidence sur les tunnels paravalanches…

Peut-être associée à une avalanche de fond capable d'arracher la terre, les pelouses, les arbres…

7.2. Classification des avalanches

Détail sur la typologie basée sur le <u>mode d'écoulement :</u>

<u>Avalanche en aérosol</u> = écoulement très rapide (vitesse peut atteindre 400 km/h)

Nuage résultant du mélange de l'air et des particules de neige.

Faible densité qui lui permet de s'affranchir du relief au point de remonter une pente.

L'effet destructeur est dû à un important effet de souffle, consécutif à la très forte pression développée au front de l'avalanche.

Avalanche en aérosol

Conditions : neige fraîche, sèche, très peu dense (d=0,08), cohésion de feutrage

Départs observés sur pentes 35° minimum

Départ car perte de cohésion de feutrage. En quelques dizaines de mètres : aérosol où rouleau de turbulence soulevant la neige (nuage neige-air)

Grande partie de l'avalanche en l'air + à la base : neige plus lourde se déplaçant au sol

Hauteur aérosol = qqes dizaines de mètres à 400 m

7.2. Classification des avalanches

Avalanche de poudreuse et développant un nuage d'aérosol qui coupe une route. Crédit photo: VALLA F.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Avalanche de poudreuse. Crédit photo: CASTELLE T.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Avalanche naturelle de poudreuse atteignant le camp de base à 5000 mètres sur le versant nord du K2 (8611 mètres, au Pakistan). Crédit photo: BEGHIN P.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Avalanche naturelle de poudreuse dans la face nord du Tilicho (7000 mètres, au Népal) suite à une forte chute de neige. Crédit photo: BRAUN K.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Avalanche de plaque friable consécutive à des fortes chutes de neige. Crédit photo: VALLA F.-Cemagref

7.2. Classification des avalanches

Avalanche de plaque déclenchée par des skieurs. Crédit photo: DAOLIO D.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Avalanche de neige dense, suite à un redoux hivernal ayant détruite un chalet. Crédit photo: VALLA F.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Chalet totalement détruit par une avalanche de poudreuse exceptionnelleCrédit photo: VALLA F.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

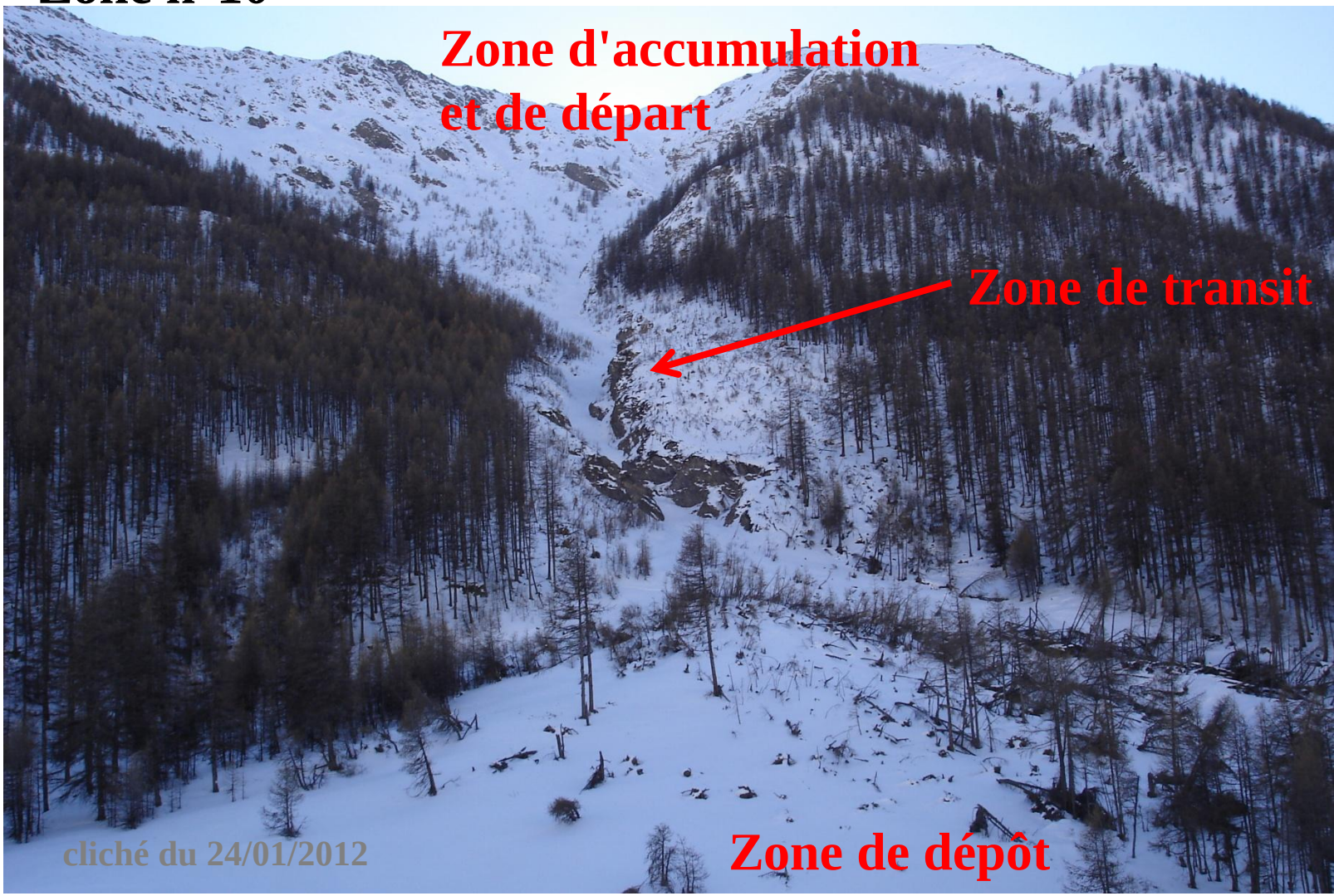
Vue générale d'une avalanche ayant ensevelie une demi-douzaine de chalets. Crédit photo: RAPIN F.-Cemagref.

7.2. Classification des avalanches

Avalanche à départ ponctuel

Molines en Queyras - Fontgillarge (05) Queyras

Zone n°10



8- La gestion du risque avalanche

Risque = Aléa + Enjeu

Gestion du risque : mesures prises pour réduire au maximum les conséquences des avalanches :

- cartographie
- ouvrages de protection paravalanches,
- prévision du risque à l'échelle régionale et locale,
- déclenchement artificiel des avalanches à titre préventif,
- réglementation,
- information,
- formation et encadrement des pratiquants des sports d'hiver,
- organisation des secours,
- …

8.1. Les acteurs

Gestion spatiale (localisation probable des avalanches) ➔ services de l'Etat :

- domaine de la recherche et de l'expertise : l'IRSTEA (Cemagref),

- domaine opérationnel : les services RTM (Restauration des terrains en montagne de l'ONF).

Gestion temporelle (prévoir en un lieu donné, à un temps donné, le risque de départ d'une avalanche) :

- à l'échelle régionale : Météo France (prévision du risque d'avalanche)

- a l'échelle locale : responsabilité des maires ou des préfets, et souvent mise en oeuvre par les services de sécurité des pistes des stations de ski ou, dans le cas des routes, par les directions départementales de l'équipement.

8.1. Les acteurs

Secours : sous la responsabilité des préfets, par les gendarmes et les CRS de haute-montagne ainsi que les médecins du secours en montagne, avec, dans certains départements, les pompiers.

Sur les domaines skiables, les premiers intervenants sont la plupart du temps les pisteurs-secouristes, qui interviennent pour le compte du maire.

Des actions de prévention, d'information et de formation : effectuées par les professionnels, en stations de ski, par les clubs de pratiquants (CAF, FFME, etc), et par l'ANENA, qui réalise et diffuse également des documents pour tout type de public.

8.2. LA GESTION SPATIALE DU RISQUE D'AVALANCHE

➔ connaissance du lieu où une avalanche peut se produire

➔ préalable indispensable à toute action de protection

➔ connaissance fondée sur la cartographie du risque.

cartographie du phénomène d'avalanche = **CLPA** (carte de localisation des phénomènes d'avalanche, anciennement carte de localisation probable des avalanches)

+ EPA : enquête permanente sur les avalanches

= enregistrements des savoirs locaux, basées sur **l'observation des sites d'avalanches** et sur **le recueil de témoignages**.

8.2. LA GESTION SPATIALE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.2.1. Historique

Fin du XIXe siècle : arbres abattus, constructions endommagées, routes coupées, morts…

➔ Paul Mougin, Ingénieur des Eaux et Forêts, lance l'idée d'un **système général d'observation des avalanches**.

-1900 : Savoie : enquête permanente sur les avalanches (EPA)

= chronique des événements avalancheux

- années 20 : Hautes-Alpes

- depuis 1965 : ensemble des massifs des Alpes et des Pyrénées

➔ EPA seul **dispositif régulier** d'observation des avalanches en France = **inventaire** des avalanches ayant eu lieu sur les sites observés

8.2. LA GESTION SPATIALE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.2.1. Historique

10 Février 1970 : Val d'Isère, une avalanche tue 39 adolescents dans un centre UCPA (Union des centres de plein air), sous tutelle de l'Etat.

A l'heure de l'essor des sports d'hiver, cette catastrophe bouleverse l'opinion publique. Le gouvernement doit réagir.

Une **carte inventaire** de tous les sites d'avalanche est mise en place sur décision du Conseil des Ministres :

carte de localisation des phénomènes d'avalanche (CLPA)

(anciennement appelée Carte de localisation Probable des Avalanches)

Fond de carte au 1/25000, les emprises maximales des avalanches connues sont reportées.

Attention, la CLPA n'est pas une carte d'Aléa

8.2.2. Commanditaires et prestataires

Pérénité de l'EPA et de la CLPA confirmée en 2002 pour une rénovation jusqu'en 2006 :

engagement du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD) dans une perspective à long terme.

Depuis 2007, le dispositif se poursuit au travers de conventions annuelles dans le prolongement des mesures décidées et mises en place précédemment.

source : http://avalanches.irstea.fr/historique/ (consulté le 16/01/13)

8.2.2. Commanditaires et prestataires

Le MEDD confie la réalisation de l'EPA et de la CLPA à deux exécutants :

1- Services de terrain de l'ONF (Office national des forêts) : RTM (Restauration des Terrains de Montagne).

Tâche : recueillir les informations sur les nouveaux événements survenant, et les consigner.

2- Unité de recherche de l'IRSTEA : division ETNA ou ETGR (Erosions torrentielles, neige et avalanches) basée à Grenoble.

Tâches : coordonner et centraliser les informations récoltées pour mettre à jour les bases de données. Et réalise, actualise les cartes et diffuse les informations.

8.2.2. Commanditaires et prestataires

EPA : MEDD finance :

1- le fonctionnement permanent (observation de nouveaux événements),
2- la rénovation jusqu'en 2006 du dispositif de l'EPA (mise à jour de la liste des sites observés, localisation sur cartes, mise sur Internet des résultats…).

CLPA : Le MEDD alloue un budget pour :

1- la mise à jour annuelle de la CLPA,

2- la réalisation d'une enquête approfondie tous les dix ans. A cette occasion, les cartes sont réactualisées et les départements et les régions concernés sont sollicités pour participer au financement.

8.2.3. Principe et méthodes : L’EPA

Nombre de sites limité

Choisis à l'origine en fonction des dégâts occasionnés en forêt.

Aujourd'hui, enjeux humains et connaissance scientifique privilégiés

Environ 4 200 **sites EPA**, reportés sur les **cartes d'observation** de l'EPA (carte où zones observées et endroits depuis lesquels les événements sont observés)

Fiches de site EPA et **photographies des sites** EPA (informations mises à jour chaque année)

8.2.3. Principe et méthodes : L’EPA

Agents de terrain de l'ONF (RTM) notent les caractéristiques de l'événement dans leur **carnet d'avalanche**, chaque fois qu'une avalanche a lieu sur un site EPA:

date, enneigement, altitude de départ, d'arrivée, type d'avalanche…

Informations reportées sur un avis d'avalanche, envoyé au Cemagref.

Constitution d’une base de données (Plus de 70 000 événements aujourd'hui disponibles) :

www.avalanches.fr

http://avalanches.irstea.fr/

8.2. LA GESTION SPATIALE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.2.3. Principe et méthodes : L'EPA

www.avalanches.fr

Index de ftp://avalanchesftp.grenoble.cemagref.fr/epaclpa/EPA_listes_evenements/ - Mozilla Firefox

Fichier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils ?

ftp://avalanchesftp.grenoble.cemagref.fr/epaclpa/EPA_listes_evenements/

Index de ftp://avalanchesftp.grenoble.cem...

Index de ftp://avalanchesftp.grenoble.cemagref.fr/epaclpa/EPA_listes_evenements/

Vers un rép. de plus haut niveau

Nom	Taille	Dernière modification	
EPA_04_ListeEvenement.pdf	4193 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_05_ListeEvenement.pdf	23462 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_06_ListeEvenement.pdf	6134 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_09_ListeEvenement.pdf	4944 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_31_ListeEvenement.pdf	1574 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_38_ListeEvenement.pdf	13228 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_64_ListeEvenement.pdf	3103 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_65_ListeEvenement.pdf	3491 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_66_ListeEvenement.pdf	387 KB	28/11/2012	10:30:00
EPA_73_ListeEvenement.pdf	53665 KB	28/11/2012	10:31:00
EPA_74_ListeEvenement.pdf	30623 KB	28/11/2012	10:30:00

8.2. LA GESTION SPATIALE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.2.3. Principe et méthodes : L'EPA

www.avalanches.fr

EPA_05_ListeEvenement.pdf (Objet application/pdf) - Mozilla Firefox

Fichier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils ?

ftp://avalanchesftp.grenoble.cemagref.fr/epaclpa/EPA_listes_evenements/EPA_05_ListeEvenement.pdf

EPA_05_ListeEvenement.pdf (Objet applicat...

MEDDTL - ONF - Cemagref

EPA

Liste des événements d'après la base de données
Information non diffusable

Commune : 05001 - ABRIES

N° site : 001 Pour information, nom actuel du site LA FOURCHE

Nombre total d'événements : 64

Historique :

Dates				Altitudes			Dépôt			Caractéristiques						Météo 3 jours précédents					Météo 4h précédentes							Causes				Victimes			Dégâts ou lieux atteints						Constat			
date 1	date 2	heure	tranche horaire	altitude départ	altitude arrivée	versant opposé	zone plane	longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	A	B	C	D	E	F	hauteur de neige	vent fort	direction vent	redoux	pluie	neige	pluie	vent fort	ciel clair	nuages	brouillard	naturelle	involontaire	artificielle	inconnue	indemne	blessés	morts	indemne	construction	poteaux	forêt	routes	cours d'eau	visibilité	alerte bd évènt	date	Observation
03/05/12 13:00	04/05/12 08:00			Inconnue (A)	1600			100	30	1.5	4	3	2	2	5	2	0			X					X			X				X			X						B	N	07/05/12	Non diffusable
Remarques: coulée de neige transformée par le redoux																																													
15/03/11 19:30	16/03/11 09:00			Inconnue (A) 1900 (B)	1565		X	100	150	3.0	9	9	2	2	2	2	21-50	X	E	X	X	X	X			X	X	X				X								X	BS	O	16/03/11	Non diffusable
Remarques: Altitude d'arrivée située berge rive droite du Guil																																													
05/12/10 18:00	06/12/10 15:00			Inconnue (A) Inconnue (B)	1610			30	15	1.0	9	5	2	2	2	2	1-20			X	X		X	?		X	X	X				X			X						BS	N	07/12/10	Non diffusable
Informateur: non diffusable																																													
25/02/10 12:00	26/02/10 12:00			2300 (A) 2250 (B)	1570		X	100	80	1.5	9	9	2	2	2	2	1-20			X	X	X					X	X				X			X						BS	O	26/02/10	Non diffusable
Remarques: arrivée piste de ski de fond inferieure, n'a pas atteind le lit mineur du Guil.																																													
01/04/09 00:00	02/04/09 00:00				1580		X	80	60	1.5	4	2	2	2	2	2	21-50			X	X	X				X		X				X						X			B	O	03/04/09	Non diffusable
Remarques: Distance d'arrêt sur le plat : 300m.																																													
16/12/08 00:00	17/12/08 00:00				1600	X		300	80	6.0	9	4	1	2	5	1	>100					X									X	X				X	X	X	X	B	O	22/12/08	Non diffusable
Remarques: Intérim du triag d'Abriès. L'évènement n'a pu être constaté durant plusieurs jours en raison de la fermeture de la route entre Abriès et Ristolas. L'avalanche a traversé la route et remonté par l'autre versant.																																													
04/03/06 00:00	06/03/06 00:00				1900			100	30	1.5	0	2	2	2	2	2	0	X	O		X				X			X				X			X						B	err	06/03/06	Non diffusable
Remarques: Petites coulées ayant atteint le seuil.																																													

Mise à jour du: 27/11/2012

1 / 2029

1/ 6

8.2.4. Principe et méthodes : CLPA

carte de localisation des phénomènes d'avalanche (CLPA) : étude des événements passés

➔ **emprises des avalanches =** extensions maximales des événements connus.

➔ mise à jour chaque année. Tous les dix ans, une enquête récapitulative de mise à jour plus approfondie est menée.

➔ informations collectées selon deux processus indépendants :

- **photo-interprétation** réalisée à partir de **stéréophotographies** prises en été

- **recueil de témoignages ou enquête-terrain**

8.2.4. Principe et méthodes : CLPA

Tracé sur un fond de **carte IGN 1/25 000**,

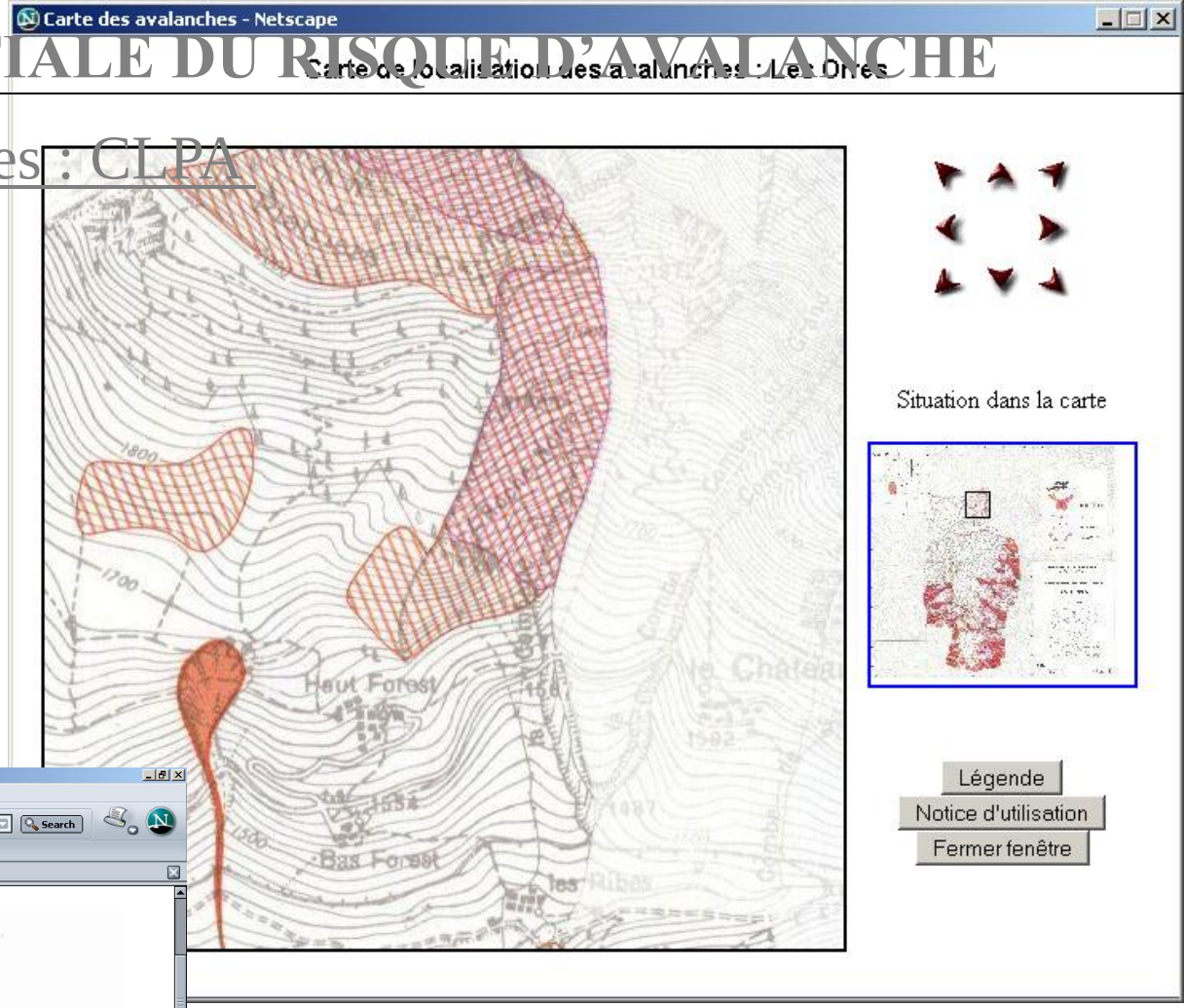
couleurs différentes pour les limites provenant de l'interprétation des événements passés (orange) ou grâce au recueil de témoignage (rose).

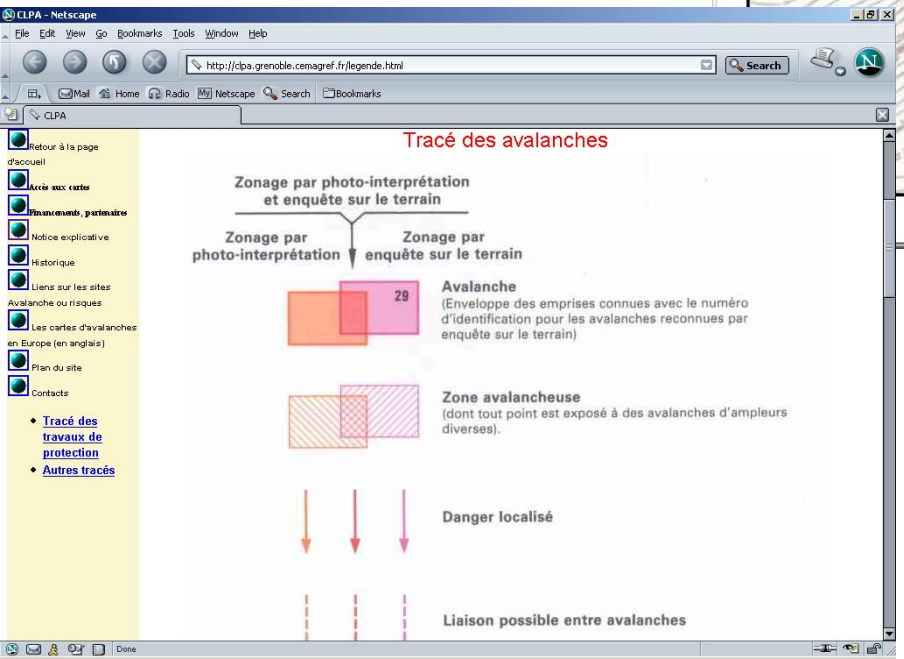
+ indication des **dispositifs fixes de protection paravalanches**.

8.2. LA GESTION SPATIALE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.2.4. Principe et méthodes : CLPA

3- Représentation

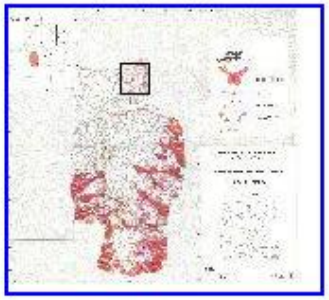




Carte des avalanches - Netscape

Carte de localisation des avalanches : Les Orres

Situation dans la carte



Légende

Notice d'utilisation

Fermer fenêtre

Tracé des avalanches

interprétation
le terrain

Zonage par
enquête sur le terrain

29 **Avalanche**
(Enveloppe des emprises connues avec le numéro d'identification pour les avalanches reconnues par enquête sur le terrain)

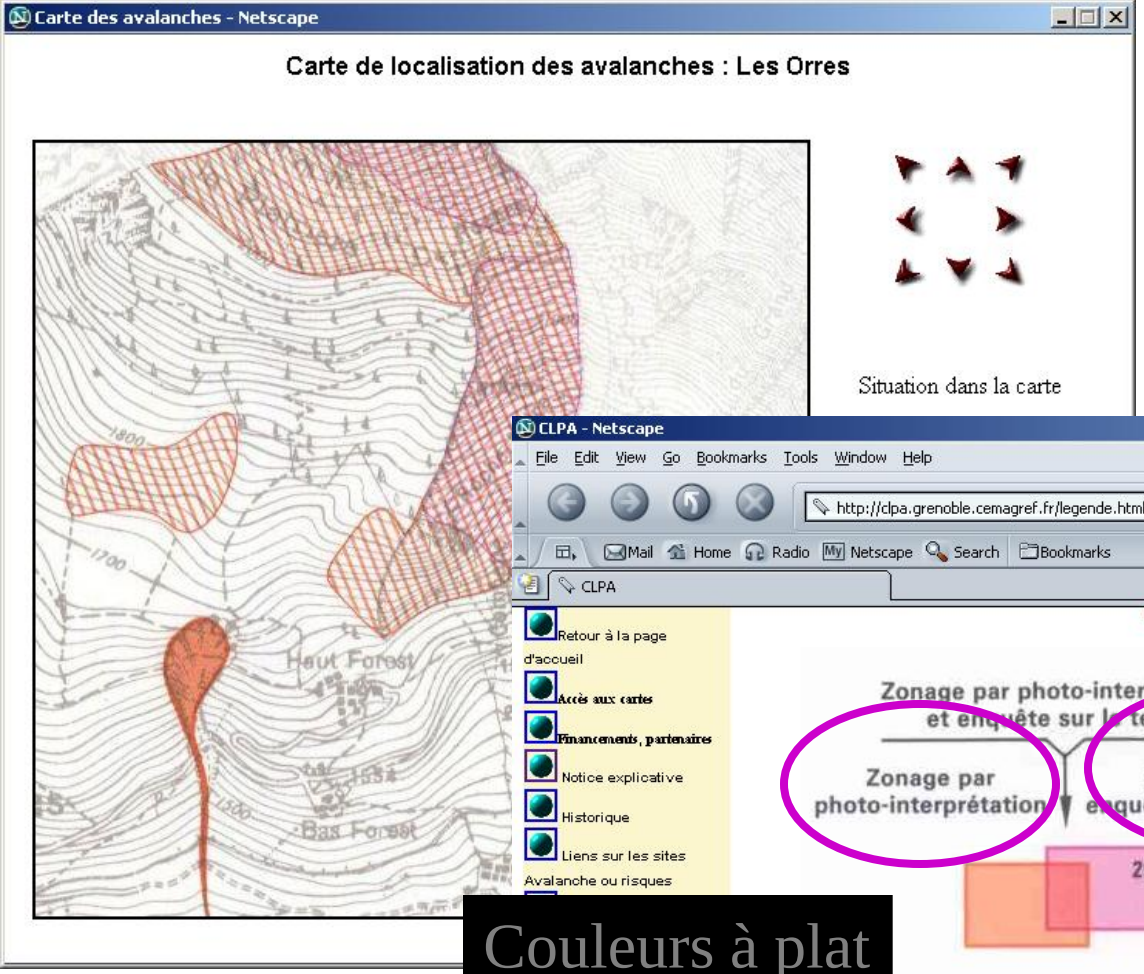
Zone avalancheuse
(dont tout point est exposé à des avalanches d'ampleurs diverses).

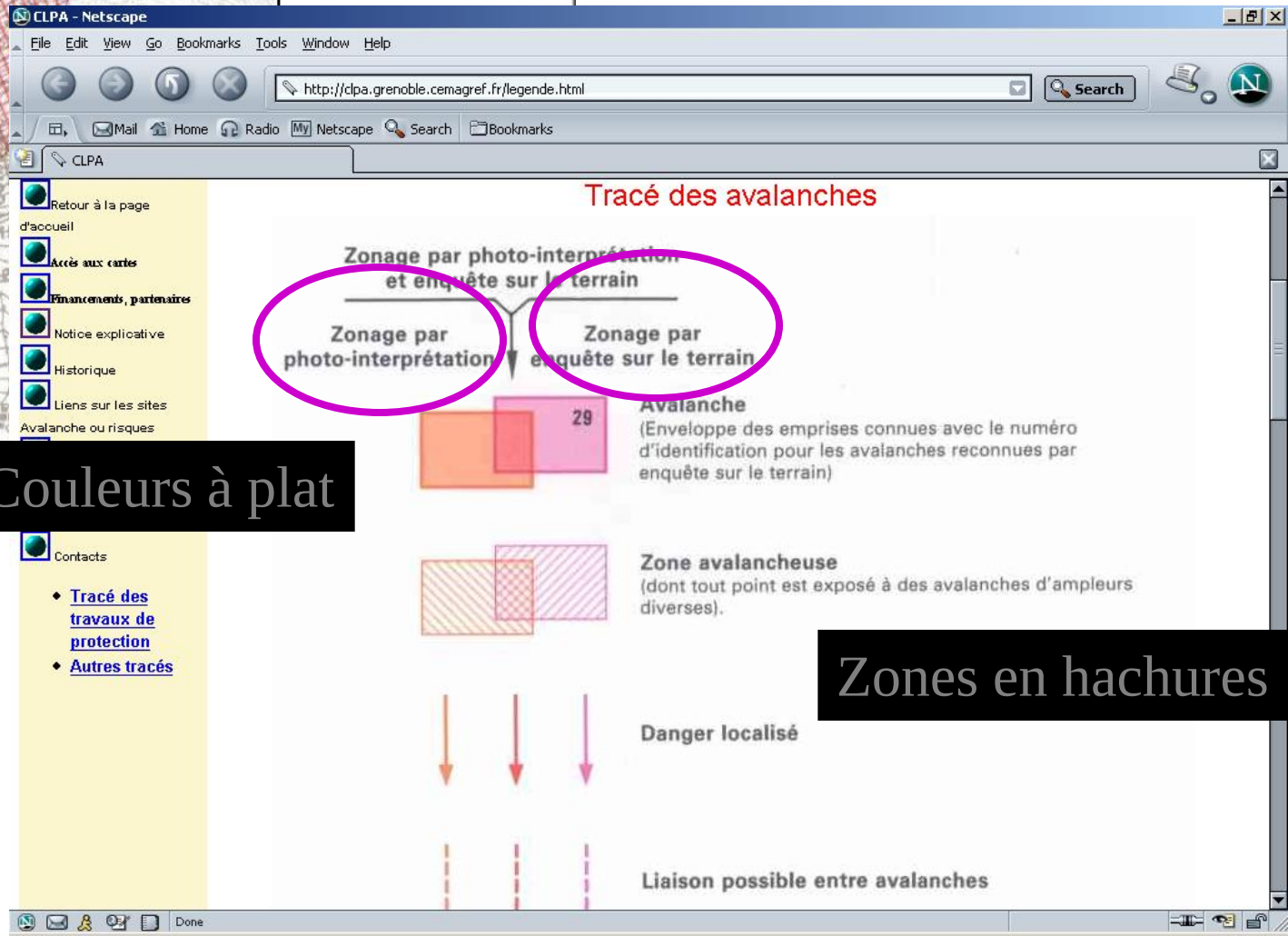
Danger localisé

Liaison possible entre avalanches

- Tracé des travaux de protection
- Autres tracés

www.avalanches.fr
cemagref





Couleurs à plat

Zones en hachures

Attention : il n'existe aucune classification hiérarchisée entre ces différentes représentations.

Voir le power-point : Lire une CLPA

CLPA – Saint Véran La Chalp (05) Queyras

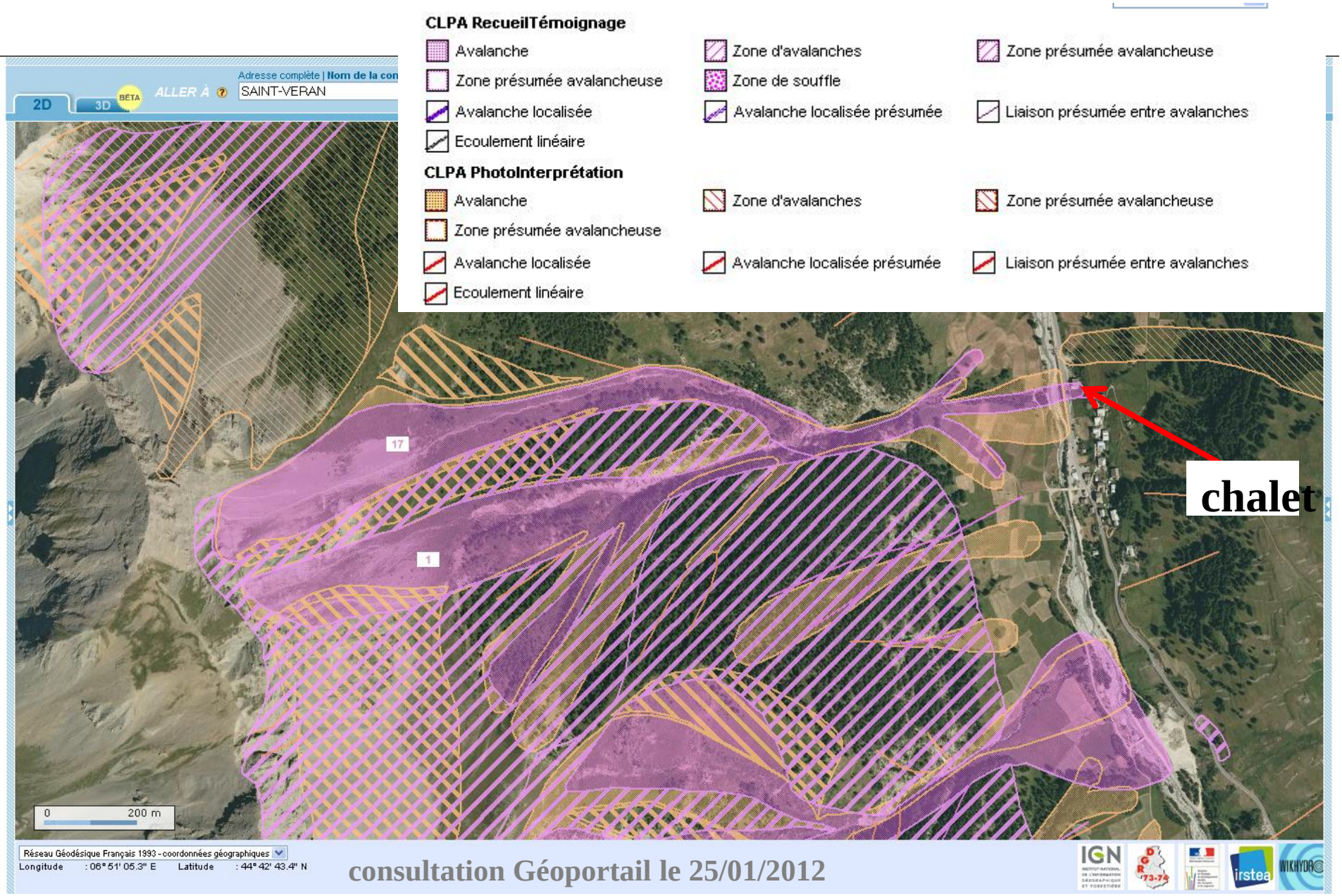
Mur de protection paravalanche du chalet

clichés du 24/01/2012

CLPA – Saint Véran La Chalp (05) Queyras

cliché du 24/01/2012

CLPA – Saint Véran La Chalp (05) Queyras



consultation Géoportail le 25/01/2012

http://www.geoportail.fr/administrations/visu2DLegendes.do?idcouche=Avalanches&profil=decouverte&territoire=metrop

Informations sur la couche

Avalanches

Avalanches

Propriétaires de cette couche

MEDAD

CEMAGREF

Description

Cette couche nous montre les données sur les avalanches.

> **Cliquez-ici pour consulter d'autres risques.**

> **Cliquez-ici pour plus d'informations sur cette couche.**

Légende de cette couche

1:8000

CLPA RecueilTémoignage

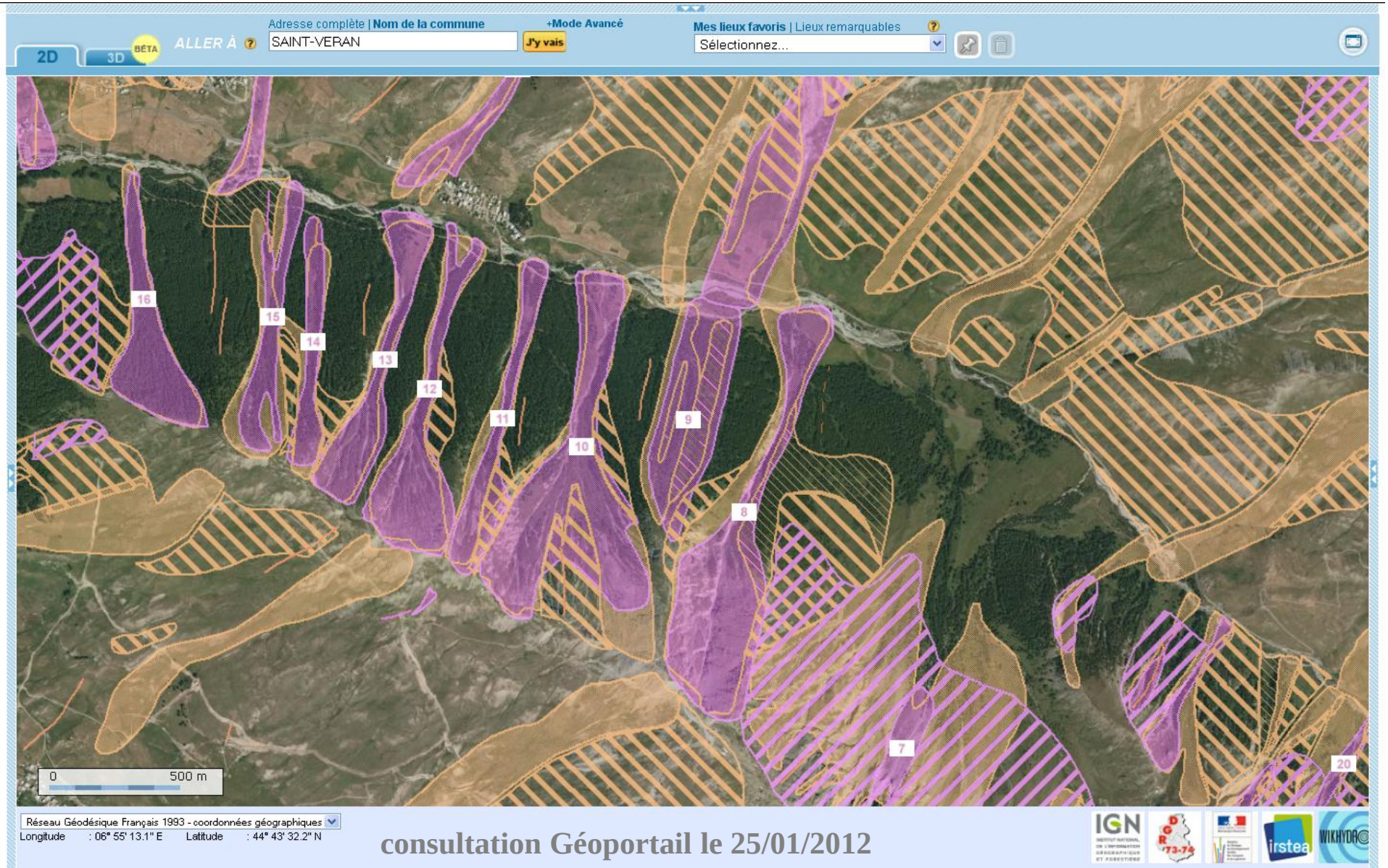
- Avalanche
- Zone d'avalanches
- Zone présumée avalancheuse
- Zone présumée avalancheuse
- Zone de souffle
- Avalanche localisée
- Avalanche localisée présumée
- Liaison présumée entre avalanches
- Ecoulement linéaire

CLPA PhotoInterprétation

- Avalanche
- Zone d'avalanches
- Zone présumée avalancheuse
- Zone présumée avalancheuse
- Avalanche localisée
- Avalanche localisée présumée
- Liaison présumée entre avalanches
- Ecoulement linéaire

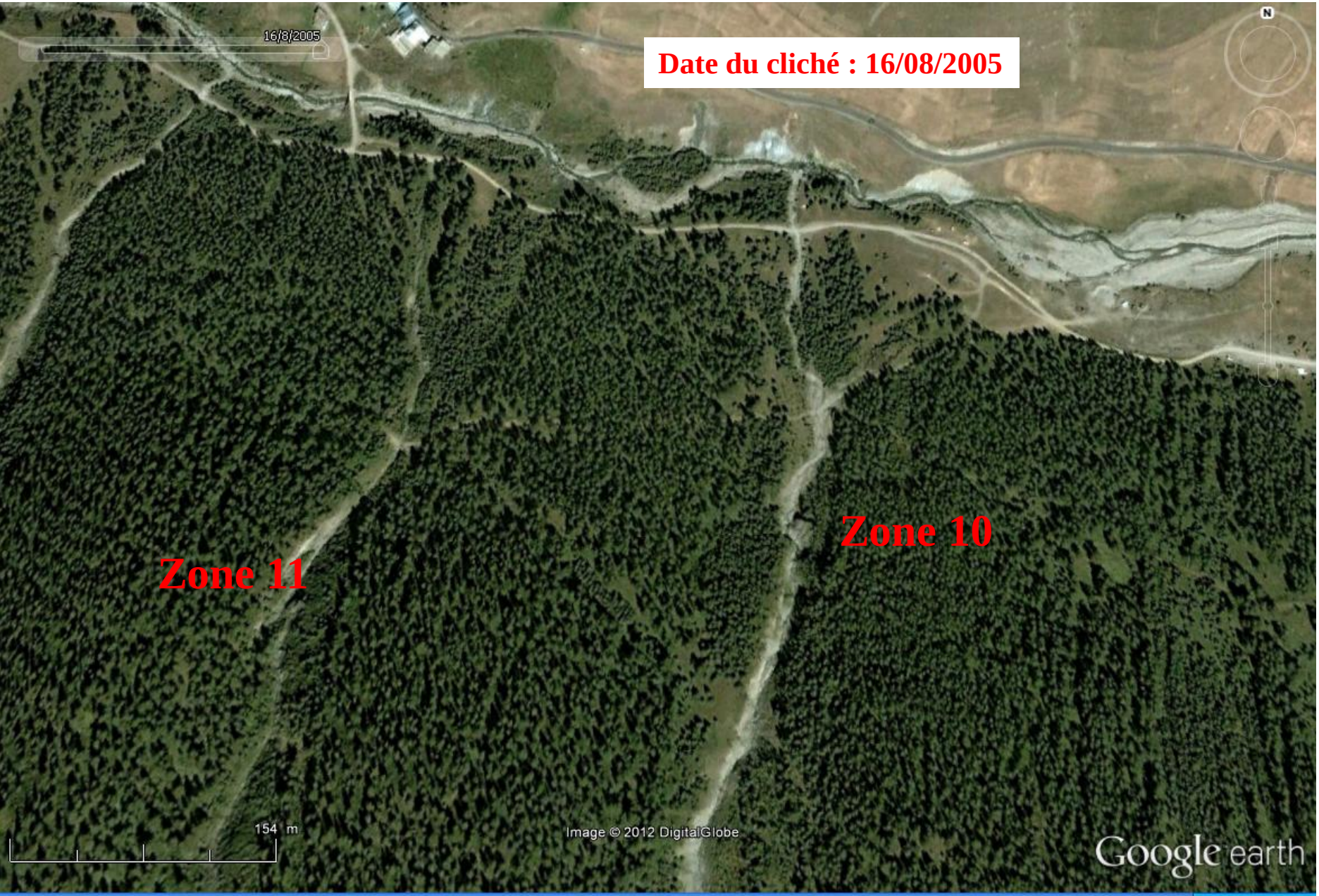
- Zone sans enquête

CLPA – Molines en Queyras - Fontgillarge (05) Queyras

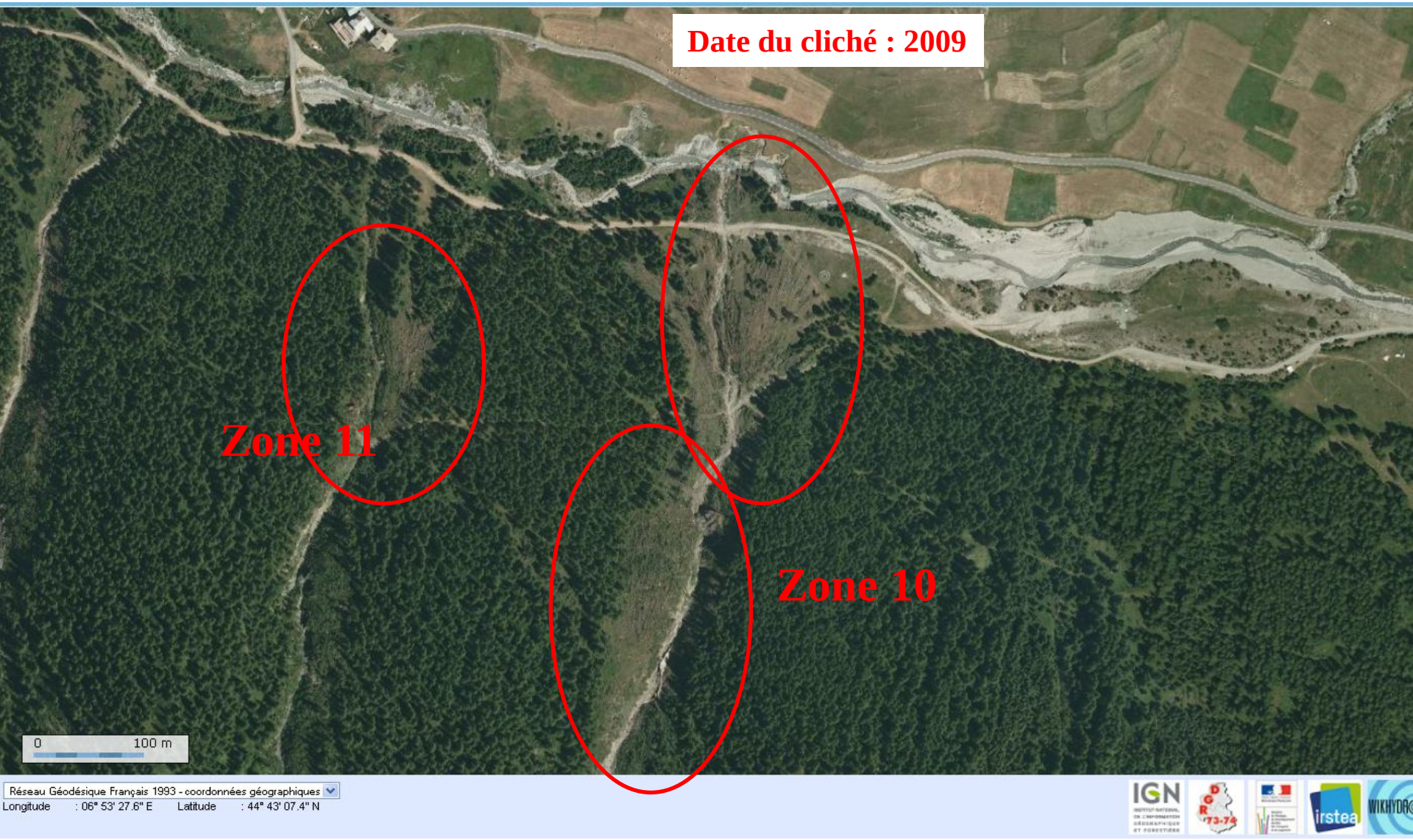


consultation Géoportail le 25/01/2012

CLPA – Molines en Queyras - Fontgillarge (05) Queyras

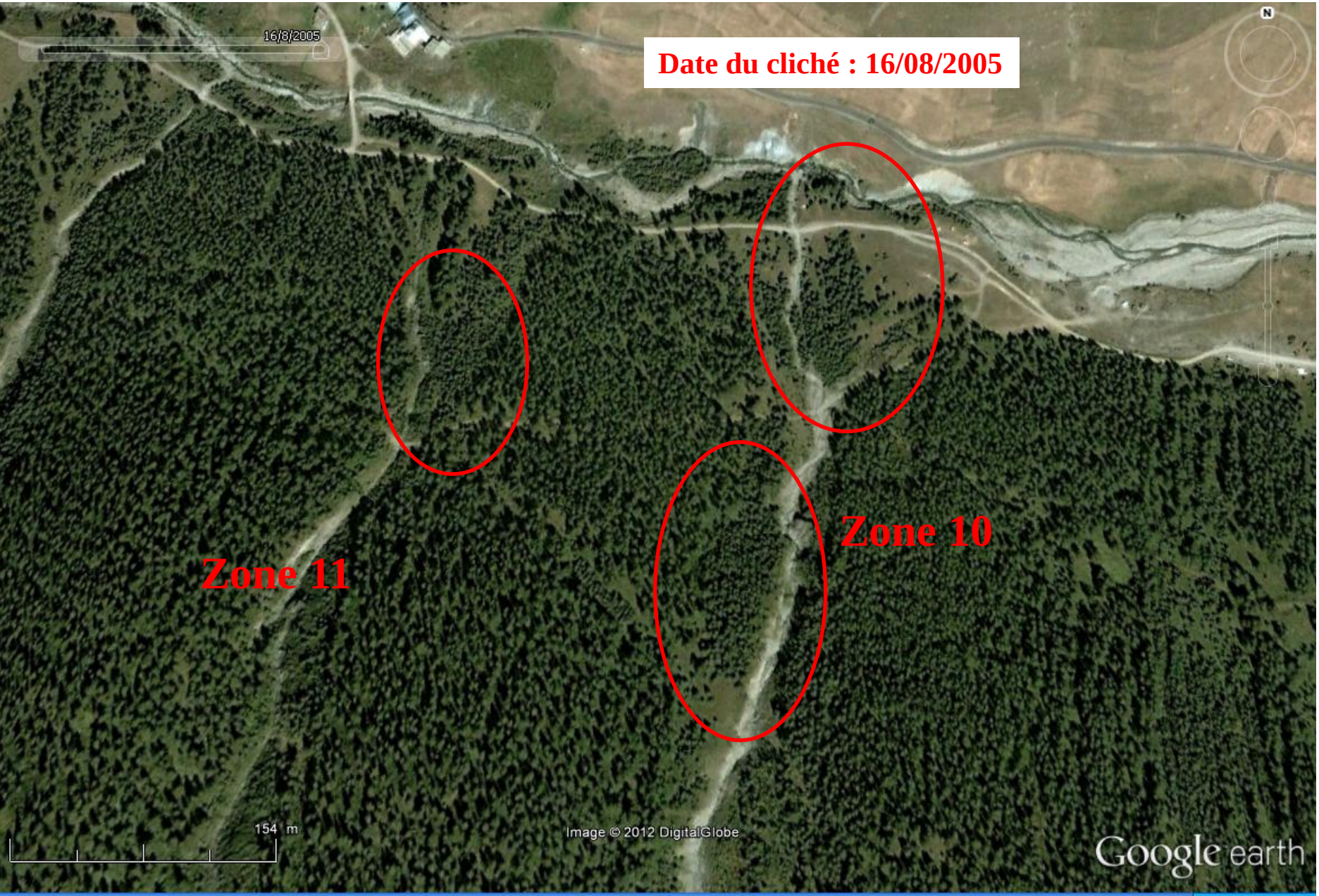


CLPA – Molines en Queyras - Fontgillarge (05) Queyras



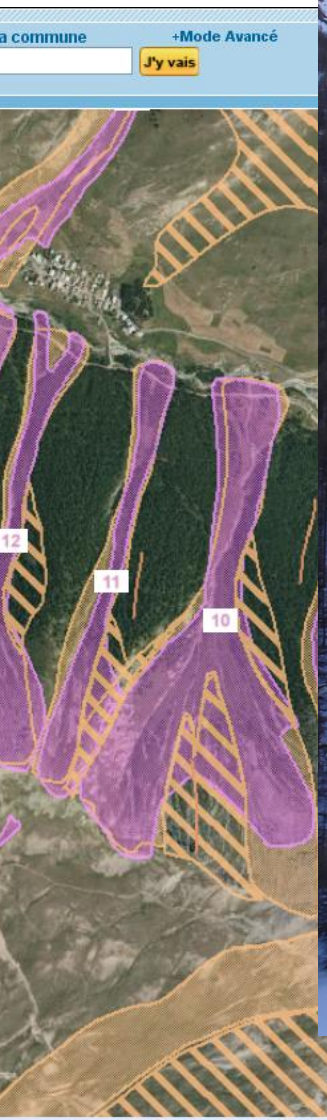
consultation Géoportail le 25/01/2012

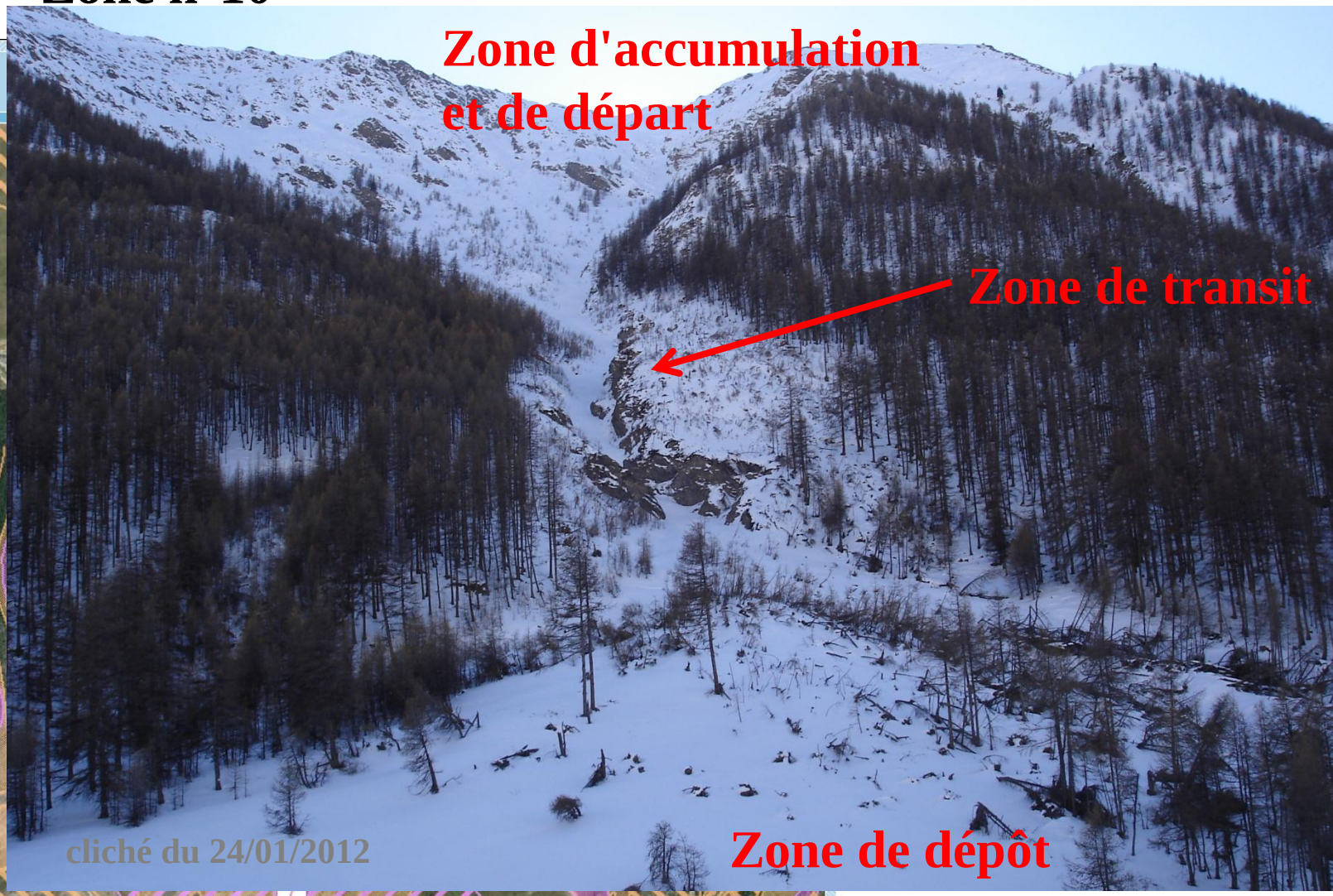
CLPA – Molines en Queyras - Fontgillarge (05) Queyras



CLPA – Molines en Queyras - Fontgillarge (05) Queyras

Zone n°10





consultation Géoportail le 25/01/2012

8.2.4. Principe et méthodes : CLPA

CLPA et PPR (Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles) :

- CLPA ne peut pas être utilisée directement comme une carte d'aléa

(carte d'aléa requiert le dessin d'un document différent où fréquence et intensité du phénomène sont prises en compte)

- insérée dans le dossier PPR au titre de "carte informative des phénomènes naturels [avalanches]"

- contours de la CLPA au 1/25 000 trop imprécis pour PPR (plan cadastral 1/5 000)

8.2.4. Principe et méthodes : CLPA

CLPA et EPA (Enquête Permanente sur les Avalanches) :

- site EPA : zone géographique définie, **puis observation de** tous les événements qui s'y produisent.

- emprise CLPA : **représente les limites** les plus larges d**es événements** les plus étendus que l'on connaisse.

➔ **Les sites EPA sont choisis alors que les emprises CLPA sont constatées.**

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

= mesures prises temporairement, lors de certaines périodes, pour diminuer les risques d'accidents d'avalanche

➔ Prévision temporelle du risque d'avalanche :

➔ nécessite des connaissances nivo-météorologiques pour interpréter l'évolution de la neige

(rappel : stabilité du manteau neigeux dépend des conditions météorologiques passées et présentes, qui déterminent l'évolution interne de la couverture de neige)

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

Prévision temporelle du risque d'avalanche :

➔ partenariat :

- stations de sport d'hiver : observation
- Météo-France : prévision et diffusion de l'information.

8.3.1. Observer et mesurer

Réseau nivo-météorologique :

140 postes d'observations, entre 1000 et 2500m d'altitude

Pisteurs-secouristes, deux fois par jour : vent, température, épaisseur et qualité de la neige fraîche, phénomènes de chasse-neige sur les crêtes, avalanches observées etc.

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.3.1. Observer et mesurer

Relevé hebdomadaire de l'évolution du manteau neigeux en stations de ski ➔ Sondage – battage

Battage = évaluation de la résistance de la neige à l'aide d'une sonde et d'un poids

Stage montagne GM GR – Mars 2010
Station de Vars (05)

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.3.1. Observer et mesurer

Relevé hebdomadaire de l'évolution du manteau neigeux en stations de ski ➔ Sondage – battage

Stage montagne GM GR – Mars 2010
Station de Vars (05)

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.3.1. Observer et mesurer

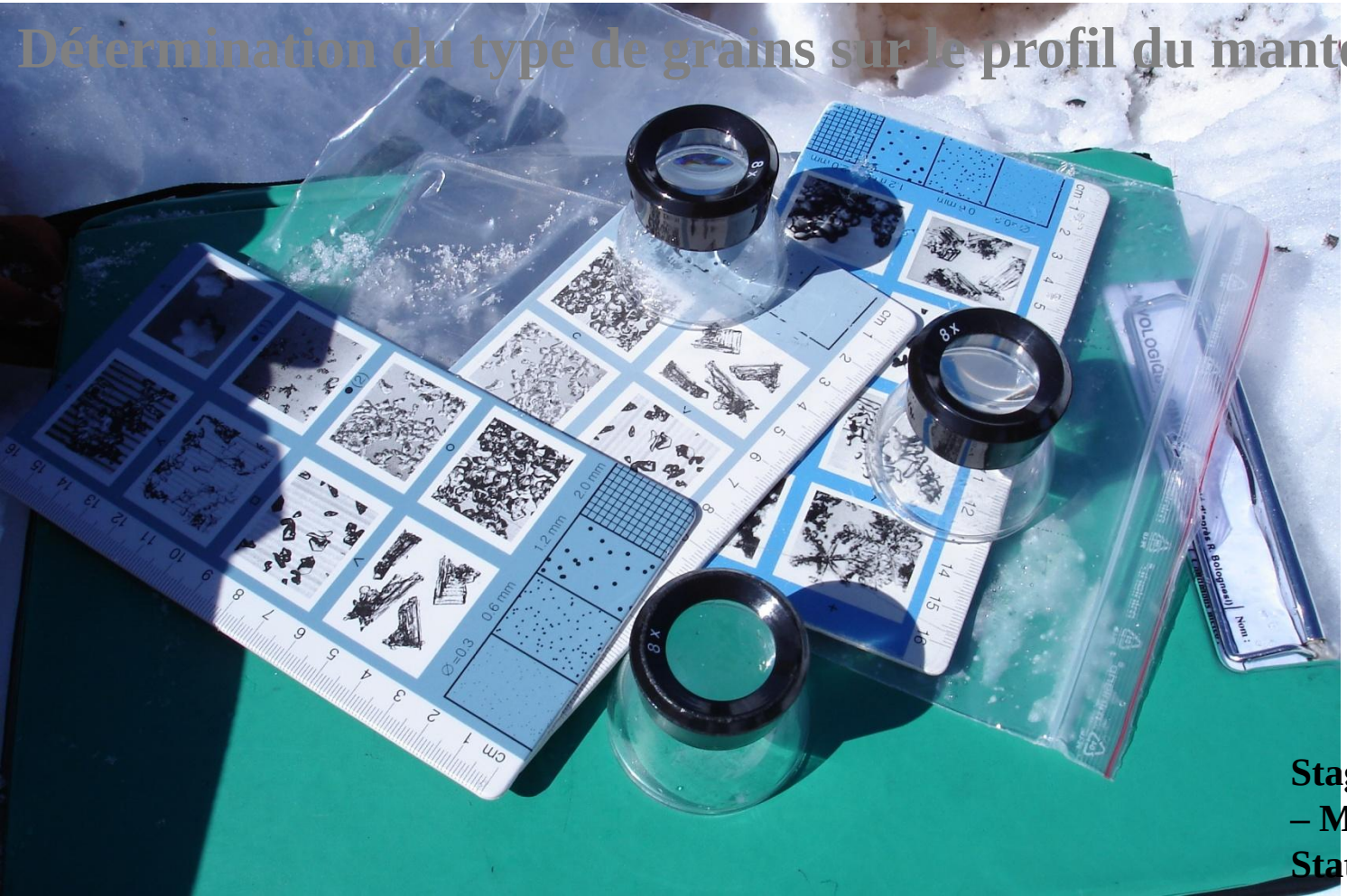
Relevé hebdomadaire de l'évolution du manteau neigeux en stations de ski ➔ Sondage – battage

Sortie Risque Avalanche GR – Fév 2009
Station des Orres (05)

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

8.3.1. Observer et mesurer

Relevé hebdomadaire de l'évolution du manteau neigeux en stations de ski ➔ Sondage – battage



Stage montagne GM GR – Mars 2010
Station de Vars (05)

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

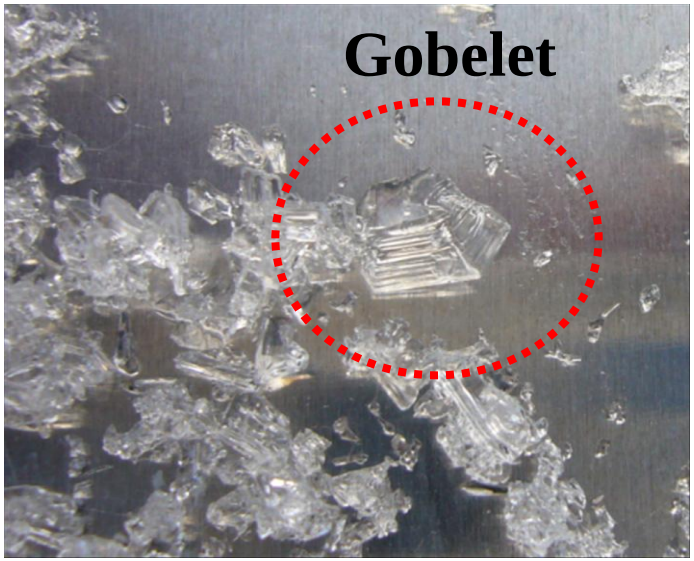
8.3.1. Observer et mesurer

Relevé hebdomadaire de l'évolution du manteau neigeux en stations de ski ➔ Sondage – battage

Résistance des couches de neige sur le profil du manteau neigeux

Stage montagne GM GR – Mars 2010
Station de Vars (05)

Détermination à l'oeil



Détermination à la loupe

Carottage

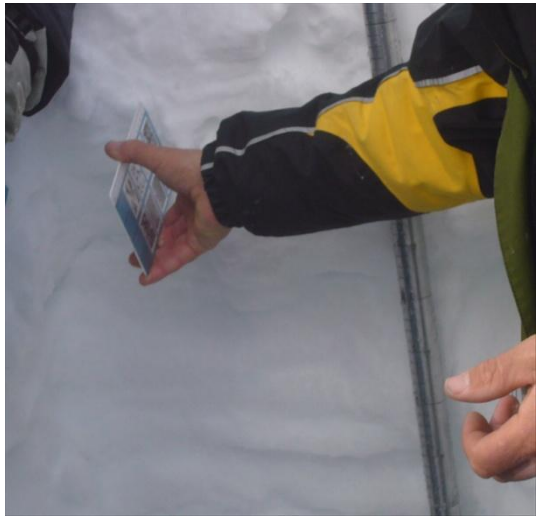
Pesée

Sortie Risque Avalanche GR – Fév 2009 - Station des Orres (05) – Diapositive de P. Rissler

Sortie Risque Avalanche GR – Fév 2009 - Station des Orres (05) – Diapositive de P. Rissler

Repérage *des strates*

Dureté



Température

Sortie Risque Avalanche GR – Fév 2009 - Station des Orres (05) – Diapositive de P. Rissler

8.3.2. Analyser, prévoir et diffuser l'information

9 centres départementaux montagne de Météo-France:

- Chamonix (74),
- Bourg-Saint-Maurice (73),
- Saint-Martin-d'hères (38),
- Briançon (05 et 04),
- Nice (06 et 04),
- Ajaccio (20),
- Perpignan (66 et Andorre),
- Toulouse (31 et 09),
- Tarbes (65 et 64).

➔collectent et analysent les données, puis élaborent et diffusent l'information

" neige et avalanche",

dont les bulletins d'estimation du risque d'avalanche (BRA) sur les massifs de leur département.

8.3.2. Analyser, prévoir et diffuser l'information

La chaîne "**Safran-Crocus-Mepra**" (Modèles numériques) :

➔fournir aux prévisionnistes avalanches départementaux de Météo-France :

- un suivi des conditions météorologiques,
- nivologiques
- et des évaluations des risques d'avalanches naturels et accidentels à l'échelle du massif.

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

Safran = Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Atmosphériques pour la Nivologie

➔ reconstitue les champs météorologiques au voisinage de la surface des massifs montagneux

➔ calcule au pas horaire par versants et tranches d'altitudes :
température,
humidité,
vent,
précipitations et leur phase,
nébulosité,
rayonnements solaires direct et diffus,
rayonnement atmosphérique.

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

Crocus : reçoit les informations du modèle SAFRAN

➔ crée, fait évoluer puis disparaître le manteau neigeux.
➔ un modèle unidimensionnel.
➔ originalité : simule l'évolution (ou métamorphose) des différents types de neige composant le manteau neigeux.

Mepra : en fin de chaîne,

➔ évalue les risques d'avalanches, de types naturels ou accidentels, que peut présenter le manteau neigeux ainsi simulé.

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

SAFRAN-CROCUS-MEPRA :

- utilisation routinière pour la PRA
- modèles de recherches pour études hydrologique, climatique et biologique.
- pour études fondamentales sur le manteau neigeux.

8.3.3. Échelle européenne du risque d'avalanche

➔ public pratiquant la montagne hors des pistes balisées et ouvertes

INDICE DU RISQUE	STABILITÉ DU MANTEAU NEIGEUX	PROBABILITÉ DE DÉCLENCHEMENT
1 . FAIBLE	Le manteau neigeux est bien stabilisé dans la plupart des pentes.	Les déclenchements d'avalanches ne sont en général possibles que par forte surcharge sur de très rares pentes raides. Seules des coulées ou de petites avalanches peuvent se produire spontanément.
2 . **LIMITÉ**	Dans quelques pentes suffisamment raides, le manteau neigeux n'est que modérément stabilisé. Ailleurs, il est bien stabilisé.	Déclenchements d'avalanches possibles surtout par forte surcharge et dans quelques pentes généralement décrites dans le bulletin. **Des départs spontanés d'avalanches de grande ampleur ne sont pas à attendre**.
3 . **MARQUÉ**	Dans de nombreuses pentes suffisamment raides, le manteau neigeux n'est que modérément à faiblement stabilisé.	Déclenchements d'avalanches possibles parfois même par faible surcharge et dans de nombreuses pentes, surtout dans celles généralement décrites dans le bulletin. Dans certaines situations, **quelques départs spontanés d'avalanches de taille moyenne**, et parfois assez grosse, sont possibles.
4 . FORT	Le manteau neigeux est faiblement stabilisé dans la plupart des pentes suffisamment raides.	Déclenchements d'avalanches probables même par faible surcharge dans de nombreuses pentes suffisamment raides. Dans certaines situations, de **nombreux départs spontanés d'avalanches de taille moyenne**, et parfois grosse, sont à attendre.
5 . TRÈS FORT	L'instabilité du manteau neigeux est généralisée.	**De nombreuses et grosses avalanches se produisant spontanément sont à attendre y compris en terrain peu raide.**

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE

Bulletin Risque Avalanche (BRA) :

- **s'adresse à tous ceux qui vont hors des pistes balisées et ouvertes**

- **donne un niveau de risque par massif**

- **rubrique « stabilité » : altitudes et orientations des pentes où les conditions sont estimées les plus douteuses (ou les plus sures), et évolution du risque en cours de journée**

- **outil d'aide à la décision**

- **comportement en fonction du niveau d'expérience de chaque utilisateur**

Il est recommandé :
- de ne pas se fixer un seuil chiffré pour unique critère de décision, du type "en risque 2, je vais partout, en risque 4 je ne sors pas !"

Zones Alpes, Pyrénées et Corse couvertes par les BRA

Savoie (73)
4. Bauges
5. Beaufortin
6. Haute-Tarentaise
7. Maurienne
8. Vanoise
9. Haute-Maurienne

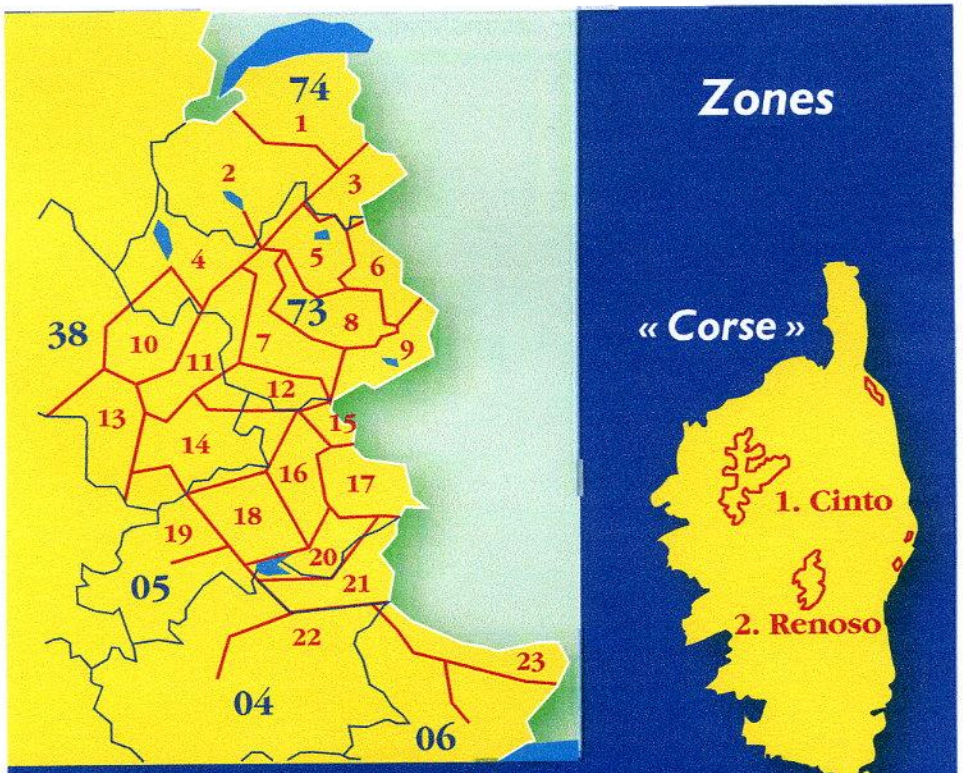
Haute-Savoie (74)
1. Chablais
2. Aravis
3. Mont-Blanc

Isère (38)
10. Chartreuse
11. Belledonne
12. Grandes-Rousses
13. Vercors
14. Oisans

Alpes-de-Haute Provence (04)
21. Ubaye

Hautes-Alpes (05)
15. Thabor
16. Pelvoux
17. Queyras
18. Champsaur
19. Dévoluy
20. Embrunais-Parpaillon

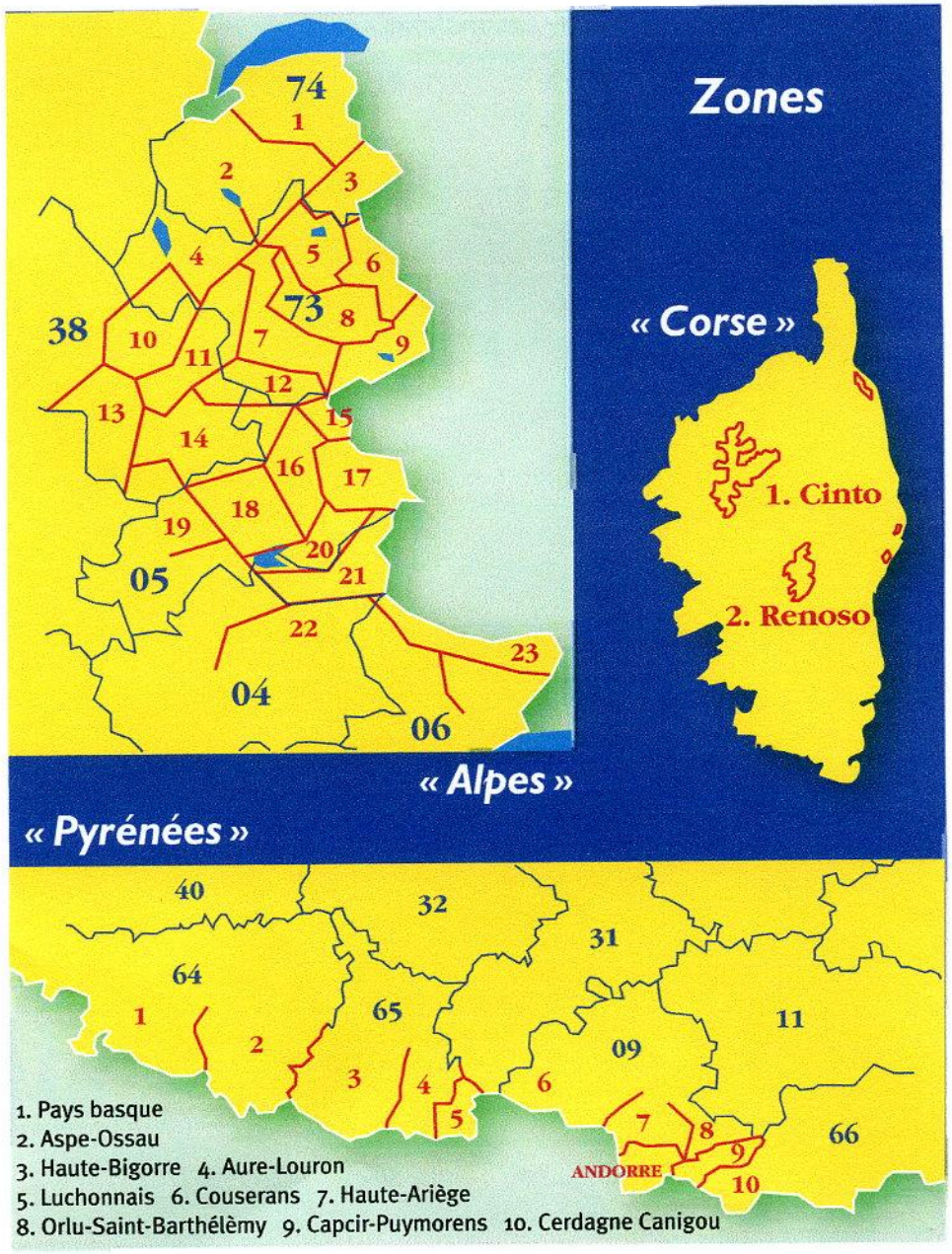
Alpes-Maritimes (06)
22. Haut-Var - Haut-Verdon
23. Mercantour



2. Aravis
3. Mont-Blanc

21. Ubaye

23. Mercantour



8.3.4. Déclenchement artificiel des avalanches à titre préventif : le PIDA

➔ déclenchement volontaire artificiel préventif des avalanches à l'aide d'explosifs

- services de sécurité des pistes des stations de ski

- DDE

➔ Choix du moment où l'avalanche aura lieu

➔ mesures de sécurité (absence de personnes dans les zones d'écoulement et d'arrêt probables)

➔ avalanches moins importantes (dès 20 à 30 cm de neige fraîche

8.3.4. Déclenchement artificiel des avalanches à titre préventif

Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches (PIDA)

PIDA = outil réglementaire

Tirs pour le déclenchement préventif d'une avalanche doit obligatoirement avoir lieu dans le cadre d'un PIDA.

PIDA définit par la circulaire du 24 juillet 1980,

+ Arrêté du 3 mars 1982 relatif au contrôle de l'emploi des produits explosifs

Le maire établit le PIDA et publie un arrêté municipal auquel il est annexé

8.3.4. Déclenchement artificiel des avalanches à titre préventif

Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches (PIDA)

PIDA = carte

- sites où peuvent être déclenchées des avalanches (points de tirs)

- limites précises des avalanches à déclencher

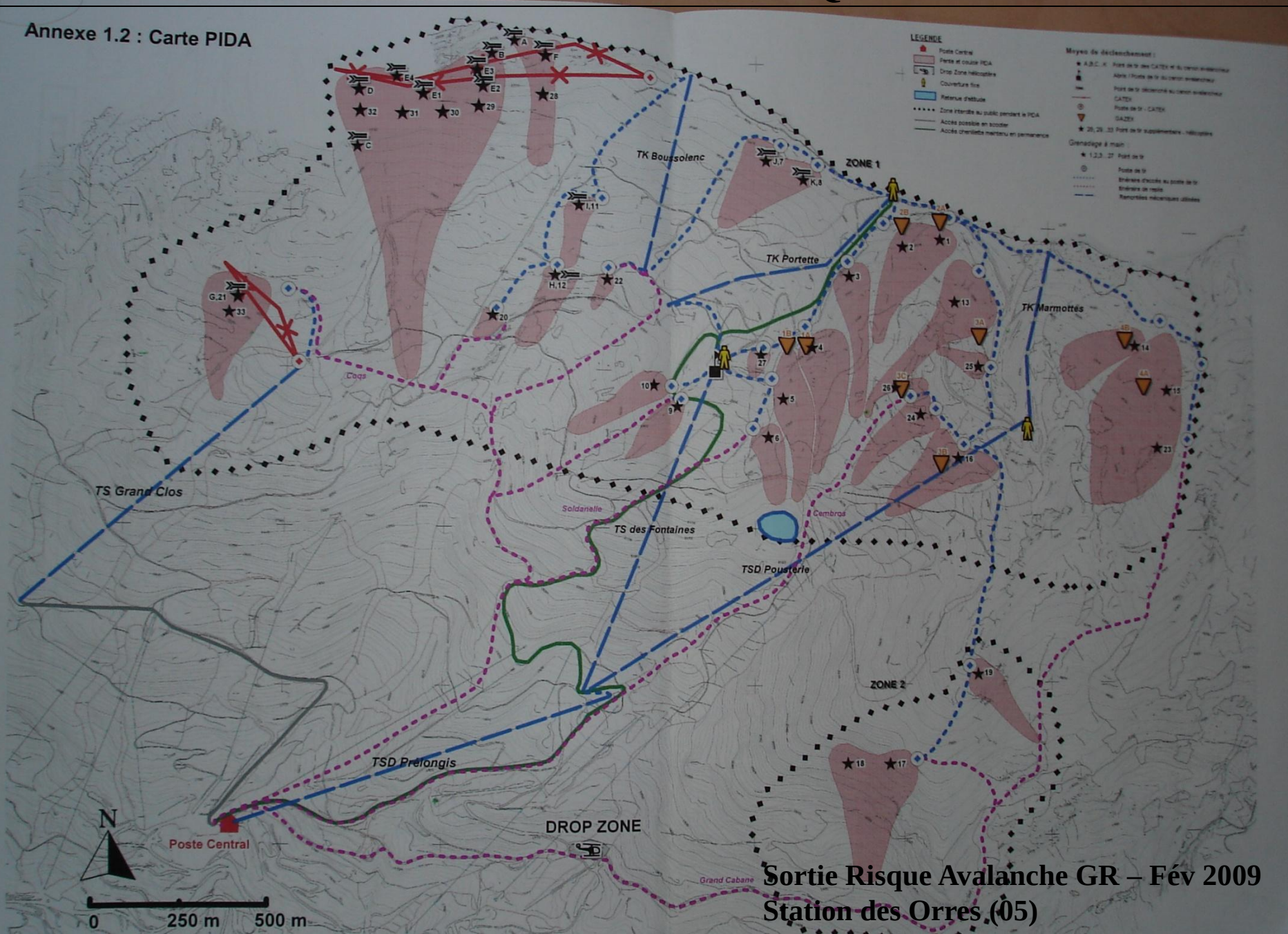
- extension maximale prévisible de l'avalanche

- zone interdite au public pendant l'opération de déclenchement

- l'itinéraire aller-retour des équipes de déclenchement

- les emplacements des installations fixes …

8.3. LA GESTION TEMPORELLE DU RISQUE D'AVALANCHE



Sortie Risque Avalanche GR – Fév 2009
Station des Orres (05)

8.3.4. Déclenchement artificiel des avalanches à titre préventif

Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches (PIDA)

Document :

- personnes impliquées dans les opérations de déclenchement, avec leurs responsabilités et leurs qualifications.

- quantités maximales de produits explosifs à utiliser dans chaque cas et, s'il s'agit d'un déclenchement à distance, le type d'installation utilisé.