

# Cartographie et données historiques sur les avalanches

Sébastien Escande<sup>1</sup>

***Résumé :** Il existe 2 types de cartes d'avalanche. Le premier type de cartographie est du type inventaire des phénomènes passés (ex. : CLPA en France), elles visent à garder la mémoire des phénomènes historiques et sont établies au 1/10000 ou 1/25000<sup>ème</sup>. Le second type correspond aux cartes d'aléas ou de risques (PPR en France, cartes de danger en suisse), impliquant la définition de l'intensité et la fréquence des phénomènes. Ce module présente uniquement les cartes inventaires. Les différentes données prises en comptes à ce stade sont: a) Les témoignages d'avalanches passées remarquables et les dégâts associés. b) Les traces d'avalanches déterminées par photointerpretation et analyse sur le terrain, notamment les dégâts à la végétation. c) les données historiques d'archives, parfois organisés en bases informatiques (type Enquête Permanente Avalanches en France). Le but principal des cartes inventaires est de compiler les phénomènes connus pour éviter que la mémoire et les connaissances locales se perdent. L'évolution des connaissances est assurée par des mises à jours fréquentes. Enfin, la mise en forme de toute cette compilation d'information est assurée par l'utilisation de Système d'Information Géographique (S.I.G.) Nous présentons en annexe de ce module un état des lieux des dispositifs existants en Italie, Espagne et Suisse.*

## Historical data and mapping of avalanches

***Abstract :** There are two main types of avalanche maps. The first type (i.e.: French CLPA) is an inventory of the occurred phenomena, used to preserve the historical memory; the scales used are 1:25.000 or 1:10.000. The second type (hazard maps) implies the determination of the avalanche frequency and intensity. This module is focused on inventory maps and all historical or Geographic's data sources.. The different kind of data considered are the following: a) Information from witnesses about observed and well known events and about damages produced by specific avalanches. b) Information about avalanche evidences, including vegetation damages, obtained by experts by means of photointerpretation and field work. c) Historical data, basically obtained from archives. The main aim of the inventory maps is to compile an inventory of the well known phenomena to prevent the historical memory and existing information to be lost. The inventory maps constitute an open document which is updated when avalanches occur. The best tool to manage this conjunct of avalanche documents and geographical data are Geographical Information Systems (GIS).*

---

<sup>1</sup> Cemagref – Unité de Recherche ETNA

Domaine universitaire BP 76 F38402 Saint Martin d'Hères cedex – mail : [sebastien.escande@cemagref.fr](mailto:sebastien.escande@cemagref.fr)

## 1. Les documents cartographiques existants dans le domaine des avalanches

Il existe 2 types de cartes d'avalanche. Le premier type de cartographie est du type inventaire des phénomènes passés (ex. : CLPA en France), elles visent à garder la mémoire des phénomènes historiques et sont établies au 1/10000 ou 1/25000<sup>ème</sup>. Le second type correspond aux cartes d'aléas ou de risques (PPR en France, cartes de danger en suisse), impliquant la définition de l'intensité et la fréquence des phénomènes. Ce module présente uniquement la carte inventaires et les données y figurant.

Le tableau suivant résume les différents documents cartographiques sur les avalanches dont disposent les différents pays européens (mis à jour en 2010).

<b>PAYS</b>	<b>FRANCE</b>	<b>SUISSE</b>	<b>ITALIE</b>	<b>ESPAGNE</b>
<b>Type de document (fond utilisé)</b>			<b>(Val d'Aoste)</b>	<b>(Catalogne)</b>
	<i>échelle</i>	<i>échelle</i>	<i>échelle</i>	<i>échelle</i>
<b>Base d'inventaire de phénomènes</b>  (topographique)	<b>EPA (Enquête permanente sur les av.)</b> <b>CLPA</b> (Carte de localisation des phénomènes d'av.)  <i>1/25 000</i>	<b>cadastre</b>  <i>1/25 000</i> <i>1/10 000</i>	<b>CRA (cadastre régional des avalanches)</b>  <i>1/25 000</i> <i>1/10 000</i>	<b>MZA (= CLPA) cadastre</b>  <i>1/25 000</i> <i>1/10 000</i>
<b>Carte d'analyse intensité/période de retour</b>  (topographique)	<b>carte d'aléas</b>  <i>1/10 000</i>	<b>carte de danger (utilisation de modèles)</b>  <i>1/10 000</i> <i>1/5000</i>	<b>Cartographie des Espaces inconstructibles (utilisation de modèles)</b>  <i>1/10 000</i>	
<b>zonage réglementaire approuvé</b>  (parcellaire)	<b>PPR (Plan de Prévention des Risques)</b>  <i>1/2000</i>	<b>zonage</b>  <i>1/2000</i>	<b>PRGC</b>  <i>1/2000</i>	

## 2. Les données prises en compte dans les cartes inventaires

### 2.1. Les témoignages d'avalanches passées et les dégâts associés.

La prise en compte de témoignages (oraux, photos ou écrits) d'avalanches remarquables et/ou des dégâts associés nécessite la prise en compte d'indicateurs permettant de caractériser géographiquement le phénomène. Un site avalancheux se découpe en trois grandes zones (départ, écoulement et dépôt), ayant chacune des caractéristiques que l'on cherche à retrouver à travers les témoignages du passé.

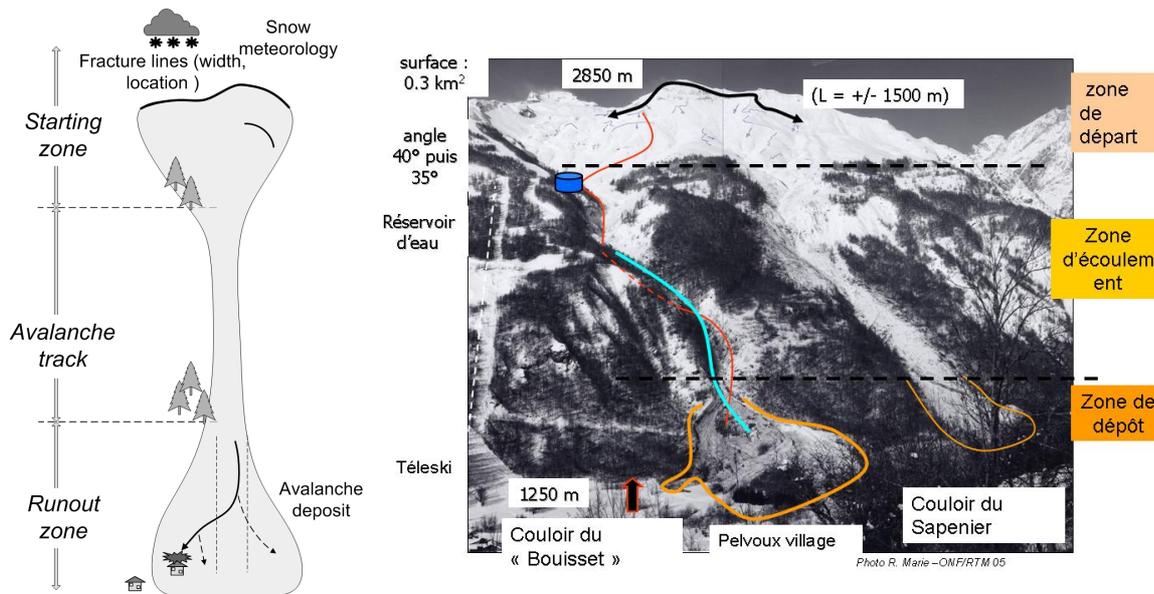


Figure 1 : L'exemple d'avalanche descendue en 2006 dans les Hautes Alpes sur laquelle sont précisés les différents secteurs à analyser ainsi les repères géographiques de base (altitude, lieux dits...)

### Exemple de questionnements à mener pour établir un tracé de type carte inventaire lors d'une visite sur site (ou à partir de photos et de témoignages) :

- pour tout le versant : quelles sont les limites exactes du phénomène? D'un point de vue des altitudes mais aussi les extensions maximum latérales, la limite des effets de souffle si il y a lieu. A quels distances de repères bien visibles sur le terrain (bâtiments, remontées mécaniques, route...) est visible l'avalanche

Lors d'un recueil de témoignages auprès de personnes, il est fondamental de prendre des repères géographiques pour aboutir à un tracé correct. Les perspectives peuvent être trompeuses, il est donc nécessaire de s'appuyer sur un fond topographique correct (à l'échelle du 1/10 000 ou 1/25/000<sup>ème</sup>)

- pour la zone de départ en particulier : y a-t'il ou pas plusieurs panneaux ayant fonctionné ensemble ou dans le même épisode? Y a-t-il un panneau ou un couloir « déclenchant » (détonateur), si oui le matérialiser.

- pour la zone d'écoulement : l'avalanche a-t-elle suivi le relief (fond de combe ou couloir) ou a-t-elle eu des trajectoires différentes (liées à la vitesse de l'écoulement et le type de

neige ou à un obstacle déviant l'écoulement). Quelle largeur fait l'écoulement? Y a-t-il des replats dans le versant favorisant un étalement de la neige?

- pour la zone de dépôt : la configuration du terrain oriente-t-elle ce dernier vers une rive? Peut-on observer un étalement ou au contraire un confinement (et une grande hauteur de neige) du dépôt? Peut-on identifier une extension (de type langue ou limite d'aérosol) loin en aval du dépôt principal ?

La zone d'arrivée d'une avalanche étant celle où se situent la plupart des enjeux, une précision accrue du relevé y est nécessaire. Lors d'un relevé manuel il est bon de respecter la distance aux enjeux (bâtiments, routes, réseaux...) dessinés sur le fond topographique. Lors de l'utilisation de relevés GPS, le report sur la carte nécessite un regard critique à proximité de zones d'enjeux, eux même étant représentés par de la symbolique (et non à l'échelle).

### L'utilisation d'archives

Lors de l'établissement d'une carte inventaire, une archive doit être interprétée pour essayer de déceler les informations factuelles, descriptives (à préférer celles où des repères géographiques identifiables sont nommés), d'éventuelles interprétations de son auteur, spécialiste ou pas.

### Cas particulier des documents très anciens (gravures, croquis, récits...)

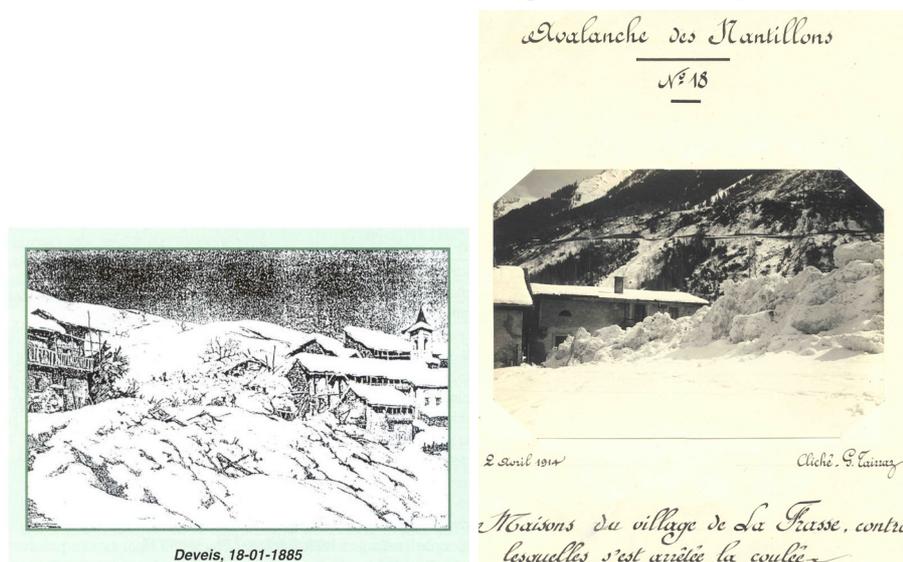


Figure 2 : Deux archives difficiles à interpréter: une gravure à gauche, une photo à droite montrant un dépôt contre un bâtiment. Dans ce dernier cas, l'ampleur globale du dépôt n'est pas déterminable à partir de cette vue rapprochée

Nous avons parfois la possibilité d'utiliser de vieilles iconographies, leur interprétation reste délicate du fait de leur imprécision (dans les noms de lieux notamment) mais aussi parce les repères géographiques pouvaient largement différer à l'époque (routes, chemin, lisières forestières...). Si la traduction directe sur une carte inventaire n'est pas toujours

possible, leur prise en compte ultérieure pour la reconstitution des avalanches de référence s'avère indispensable.

## 2.2. Analyse sur le terrain

L'analyse des dégâts sur la végétation est d'un grand recours pour le cartographe. Souvent, il est possible de distinguer dans un versant des peuplements plus jeunes (ou d'essences différentes, colonisatrice par exemple) dans un versant forestier qui délimitent bien l'emprise habituelle des avalanches.

Pour les événements avalancheux maximum, il est nécessaire d'avoir recours à de l'analyse de photos aériennes (photo-interprétation), qui permet un travail plus fin d'interprétation des trajectoires d'avalanches. Ce travail, basé sur l'utilisation en stéréoscopie d'un couple de photo aérienne permet de comparer des périodes historiques, la végétation évoluant différemment en fonction notamment de la fréquence des phénomènes avalancheux (et autres) qui s'y produisent.

L'étude stéréoscopique permet ainsi un examen minutieux de la topographie et la recherche de divers indices géomorphologiques favorables au déclenchement des avalanches : pentes fortes (30 à 50°), de dénivelée suffisante, spécialement celles de profil longitudinal convexe, terrain lisse (éboulis fin, dalles, glacier, herbe couchée...), présence de sources ou de végétation arbustive (rhododendron...).

*Cette analyse permet de caractériser essentiellement le trajet et parfois la zone d'arrêt des avalanches, mais pas de "fermer" leur contour sur la carte, particulièrement pour les zones de départ.*

Enfin, le travail se voit systématiquement complété d'une analyse sur le terrain où le cartographe trouvera des nouveaux indices ou confirmera son analyse à partir des photos.



Figure 3 : Travail de photo-interprétation à l'aide d'un stéréoscope (à droite : vue rapprochée d'un cliché)

Les principales traces physiques laissées par un passage d'avalanches sont :

- les dépôts (éboulis, blocs traînés, moraines nivales...),

- les marques dans la végétation : trouées en forêt, selon la ligne de plus grande pente, zones plus clairsemées ou de mélézin, lignes d'arbres semblant plus jeunes (taille différente de celle des plantes environnantes) ou partiellement arrachés, zones d'arbustes (aulnes, bouleaux plus ou moins buissonnants, sorbiers...),
- et les traces de destruction (arbres cassés, parfois ruines d'habitations...).

**Utilisation de la dendrochronologie ?**

La dendrochronologie est applicable aux avalanches pour l'interprétation des extensions maximum et même leur datation, uniquement sur des peuplements forestiers de résineux (comptage des cernes quasi impossible sur les feuillus). Le principe de la méthode consiste à échantillonner des arbres vivant ou morts impactés par les avalanches. L'échantillonnage reste très délicat dans la plupart des cas et l'obtention d'un résultat demande beaucoup de temps de travail. Par ailleurs, peu de sites s'y prêtent, compte tenu du boisement initial et des aménagements. De ce fait, cette technique d'analyse reste peu opérationnelle pour reconstituer des historiques d'avalanche, les développements actuels concernent le milieu de la recherche.

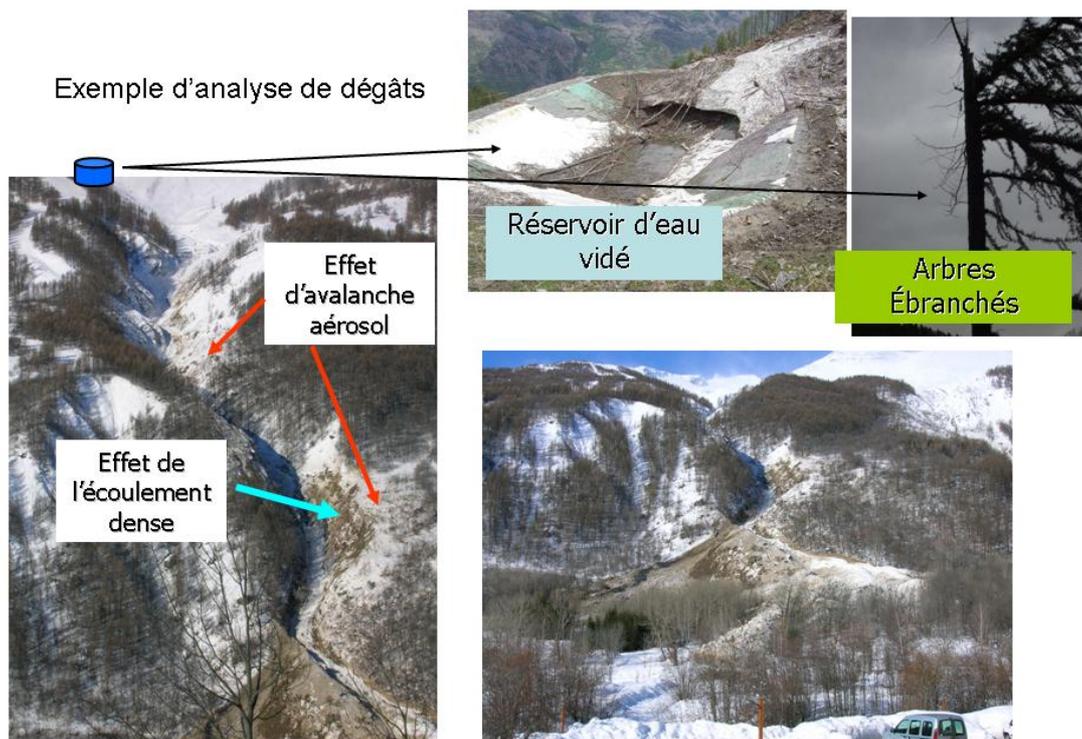


Figure 4 : Avalanche du Sapenier (Pelvoux – 2006) : clichés montrant des dégâts spécifiques identifiés

**2.3. L'inventaire des ouvrages et dispositifs de protection**

Lors des investigations pour la réalisation d'une carte inventaire des phénomènes, il sera bon de relever l'existence de dispositifs de protections et leur état d'efficacité.

Dans des secteurs de domaine skiable, le remodelage des versants (pour les pistes) peut jouer un rôle déterminant dans la dynamique (de déclenchement ou d'écoulement) des



Son établissement ne fait l'objet d'aucune analyse prospective. La CLPA ne porte aucune appréciation sur l'intensité ou la fréquence du phénomène dans les zones étudiées.

### 3.1.2. Principes de réalisation

#### **L'interprétation des événements passés**

La photo-interprétation consiste en l'étude stéréoscopique de couples de photographies aériennes en noir et blanc d'été, généralement disponibles à l'échelle du 1/30 000 et a pour objet de mettre en évidence les traces physiques laissées par les avalanches passées (voir chapitre précédent).

Enfin, le photo-interprète ne peut souvent faire appel qu'à son expérience pour "arrêter" les avalanches à l'aval, en l'absence fréquente de traces évidentes.

La photo-interprétation permet de relever soit des manifestations évidentes du phénomène étudié, soit d'établir de simples présomptions. Elle permet de retrouver des phénomènes anciens sortis des mémoires et prend toute son importance dans les secteurs peu ou pas connus. Un de ses grands avantages réside dans son indépendance vis-à-vis de toute contrainte humaine, économique ou politique. Cet avantage ne peut malheureusement masquer les insuffisances et la subjectivité de l'interprétation des clichés aériens, plus particulièrement dans les zones d'arrêt.

C'est pourquoi ce travail est désormais complété par un parcours soigneux du terrain, effectué de préférence par l'auteur de la photo-interprétation, afin de préciser cette dernière par la recherche de détails qui auraient pu passer inaperçus à l'examen des photographies aériennes. L'observation de terrain a pour but, outre le contrôle de la validité de la photo-interprétation, la recherche d'indices supplémentaires manifestes que cette dernière n'aurait pas fait apparaître, tels que les branches cassées sur les côtés d'un couloir, les troncs brisés isolément, des dégâts sous couvert forestier, l'existence de microreliefs ou d'altérations très localisées du couvert végétal ou du sol, par exemple.

Cet apport de données complémentaires prend toute son importance lorsque le secteur étudié est mal connu, donc le recueil de témoignages vraisemblablement insuffisant ou peu fiable. S'agissant de données "interprétées", elles figurent sur la carte dans la couche de l'interprétation des événements passés (couleur orange, voir fig. 5).

#### **Le recueil de témoignages**

L'étude par photo-interprétation reste toutefois incomplète, tout n'étant pas décelable sur les photos ni même après un examen complémentaire du terrain. C'est pourquoi le recours à la mémoire des habitants des zones concernées et des professionnels de la montagne se révèle indispensable, tout comme les apports de textes pouvant préciser les événements du siècle passé.

L'enquête menée sur place comporte donc le recueil de témoignages (services de Restauration des Terrains en Montagne, de sécurité des pistes, de l'Équipement, bergers,

guides, personnes âgées...) (figure 6) et le dépouillement d'archives facilement accessibles et signalées par ces témoins.



*Figure 6 : Phase de recueil de témoignages auprès d'un habitant*

Tous les renseignements obtenus auprès de ces personnes, au cours d'une confrontation au terrain, grâce à un parcours systématique (au moins visuel) en leur présence de toute la zone à étudier sont analysés, recoupés autant que faire se peut. Les témoignages rassemblés auprès des informateurs ou connaisseurs jugés les plus dignes de confiance sont fidèlement rapportés. Rien de plus que ce que les témoins ont bien voulu communiquer n'est exprimé. Il en est de même des documents d'archives éventuels qu'ils pourront mettre à disposition ou indiquer, lorsqu'ils sont exploitables. Aux avalanches s'ajoutent tous les ouvrages de protection fixes réalisés dans la zone de travail.

Ce type d'enquête apporte un complément indispensable et des assurances dont on ne pourrait se passer.

Lors de l'enquête, les informations données par les témoins sont consignées dans des fiches signalétiques décrivant les conditions d'occurrence et rappelant les informations historiques marquantes du site.

Malheureusement, elle ne permet pas de renseigner correctement la carte dans les zones peu fréquentées. A proximité des lieux habités, les couloirs sont plus nettement individualisés et délimités par les témoins, leurs manifestations d'activité ayant eu des effets particulièrement faciles à préciser sur un territoire dans lequel les repères sont nombreux et les impacts remarquables de tous. En revanche, il est parfois beaucoup moins aisé d'y obtenir des informations de la part de ceux qui sont le plus directement concernés. Cependant, une évolution nette des mentalités face à la mise en évidence de l'existence des zones d'avalanche a été notée au cours des dernières années : la CLPA est

maintenant considérée comme un outil indispensable à la gestion du territoire, plutôt que comme une pesante contrainte.

### **Présentation du projet de document avant diffusion officielle**

Lorsque les travaux d'enquête et de cartographie sont terminés, et avant diffusion officielle de la CLPA, le projet est présenté au(x) Maire(s), aux services techniques concernés et aux personnes que le(s) Maire(s) a (ont) associées.

Les personnes présentes sont alors invitées à exprimer leurs observations, en particulier sur la partie « recueil de témoignages », que le Cemagref prendra en compte. Le Cemagref reste le seul responsable de l'édition définitive de la CLPA.

#### 3.1.3. Représentation des avalanches

##### 3.1.3.1. Échelle et précision

La CLPA est un document à l'échelle du 1/25 000, qui correspond à celle de la carte de base française. Cette carte donne une représentation simplifiée de la réalité ; les éléments de planimétrie (bâtiments, routes...) ne sont pas toujours à la position exacte qu'ils occupent sur le terrain. Cet état de fait, la précision des limites des traces que la photo-interprétation met en évidence, ainsi que la précision des renseignements conservés dans la mémoire des habitants, ne permettent pas une résolution très fine. **L'incertitude moyenne sur les limites des phénomènes reportés semble être de 20 à 50 mètres**, en général plus importante latéralement et surtout dans la zone de départ. Elle peut y atteindre la centaine de mètres, à cause des difficultés d'observation des sommets de pentes, souvent invisibles à cause de conditions météorologiques généralement défavorables en période avalancheuse.

Compte tenu de ces incertitudes, **un agrandissement simple de la carte ne peut donc être admis** dans le cadre d'élaboration de documents à plus grande échelle. Cette opération nécessite une étude complémentaire approfondie. Contrevenir à ce qui précède reviendrait à donner une fausse impression de précision, alors que les erreurs initiales n'auraient pas été réduites.

La CLPA est une carte dite thématique. Sur un fond de référence (ici, la carte de base française au 1/25 000 éditée par l'IGN) sont représentés des thèmes : les avalanches et les dispositifs de protection contre ces dernières, **organisées en trois couches : interprétation des événements passés, résultat du recueil de témoignages, dispositifs de protection** (cf. la légende de la carte). On utilise deux types de symboles pour figurer les avalanches : des zones et des lignes. Les dispositifs de protection sont représentés par des zones, des lignes ou des symboles ponctuels.

Les informations provenant de la photo-interprétation et de l'observation de terrain sont portées en orange ; celles provenant du recueil de témoignages, en magenta (rose violacé). Les zones de superposition des deux types d'information concernant les avalanches apparaissent en rouge brique.

Les dispositifs de protection sont reportés en noir.

### 3.1.3.2. Représentation des avalanches

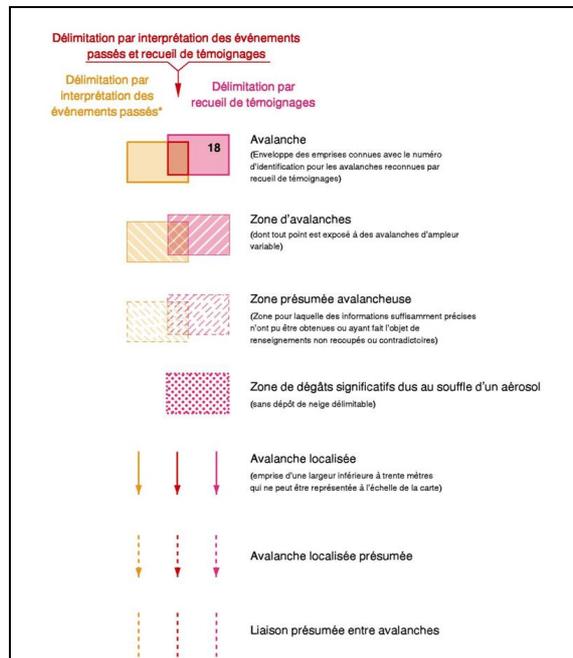


Figure 7 : Légende actuelle de la CLPA

Les avalanches sont reportées à l'aide de symboles surfaciques ou linéaires :

- a. Les avalanches dont l'emprise maximale connue est représentable à l'échelle en respectant son extension réelle figurent sous formes de zones, figurées en 4 niveaux.
  - a.1. des zones de couleur en aplat (coloris uniformes) dans le cas des avalanches dont l'emprise maximale est bien individualisée,
  - a.2. des zones de couleur identiques aux précédentes mais hachurées finement en blanc, lorsque la zone regroupe plusieurs avalanches mal individualisées (c'est souvent le cas sur de grands versants entièrement soumis à des phénomènes d'ampleur diverse...),
  - a.3. des zones de tiretés lorsque les renseignements obtenus sont contradictoires ou trop vagues pour permettre de fixer avec précision les limites du phénomène. Ce dernier symbole peut parfois être utilisé pour reporter des données extraites des archives, mal localisées par la description qui en est faite et non recoupées par des témoignages oraux ou dont les limites précises ne peuvent être extraites de photographies ou plan corrects.
  - a.4 des zones en pointillés lorsqu'on a pu constater des dégâts significatifs (dommages aux habitations, gros arbres brisés...) dus au "souffle" d'une avalanche de type aérosol (encore appelée "poudreuse"), sans que pour autant on ait pu délimiter clairement le phénomène au sol grâce à un dépôt de neige notable.
- b. Celles dont l'emprise au sol est trop étroite (inférieure à environ 30 m de large) pour être représentées exactement à l'échelle figurent sous forme de flèches ou de simples lignes :
  - b.1. continues, lorsque le phénomène est bien déterminé,

b.2. en tirets interrompus, lorsque les renseignements obtenus sont contradictoires ou trop vagues pour permettre de fixer avec précision la trajectoire du phénomène. Ce peut être le cas lorsque les archives ne mentionnent qu'un point précis, atteint sans description de l'emprise du phénomène.

*Attention, il n'existe aucune classification hiérarchisée entre ces différentes représentations. Certaines d'entre elles, bien que figurant sous formes de flèches ou de zones mal délimitées correspondent à des phénomènes très dangereux, se manifestant sur plusieurs centaines de mètres de dénivelée.*

### 3.1.3.2. Représentation des dispositifs de protection

Les ouvrages de protection figurent en surcharges lorsqu'il s'agit de dispositifs fixes.

Les symboles ponctuels sont utilisés lorsqu'il s'agit de représenter un ouvrage isolé, non reportable à l'échelle compte tenu de ses dimensions réelles trop faibles (inférieures à 50m).

### 3.1.3.3. Numérotation et fiches signalétiques

Les numéros attribués aux avalanches concernent les témoignages qui sont figurés en aplat. La numérotation se fait par commune, déterminée au point le plus haut de la zone de départ. Chaque numéro renvoie à une *fiche signalétique* où sont consignés des renseignements concernant le site :

- localisation (commune, lieu-dit, versant...),
- dates du recueil de témoignage, des événements majeurs éventuellement,
- références des documents consultés (Enquête Permanente sur les Avalanches, rapports et articles divers...)
- type habituel d'activité (avalanche de neige coulante, froide ou humide, avalanche de plaque),
- éventuels dégâts occasionnés,
- aménagements paravalanches en place le cas échéant,
- nom de l'enquêteur et des personnes consultées,
- remarques diverses.

Dans les toutes dernières éditions, les fiches sont mises à jour et donnent certains renseignements complémentaires permettant de mieux comprendre le comportement des avalanches du site. Leur saisie informatique simplifiera les mises à jour et les impressions à la demande.

### 3.1.4. Consultation des données.

La CLPA est désormais diffusée sous la forme d'un ensemble de feuilles A3, référencées selon une grille régulière et unique pour les Alpes et les Pyrénées (figure 8), afin d'en faciliter la mise à jour. La CLPA est aujourd'hui systématiquement accompagnée du plan d'assemblage des feuilles par département (figure 8), du guide d'utilisation concernant sa

réalisation, son usage et ses limites d'emploi, ainsi que d'une notice descriptive de la situation rencontrée dans la zone étudiée en ce qui concerne les avalanches, appelée "notice par massif" en référence aux massifs délimités par Météo France pour la prévision du risque d'avalanches (PRA). La CLPA se présente ainsi sous la forme d'atlas regroupant l'ensemble de ces documents. Ces atlas sont largement diffusés dans les Mairies concernées et les services techniques chargés de la gestion du risque d'avalanche.

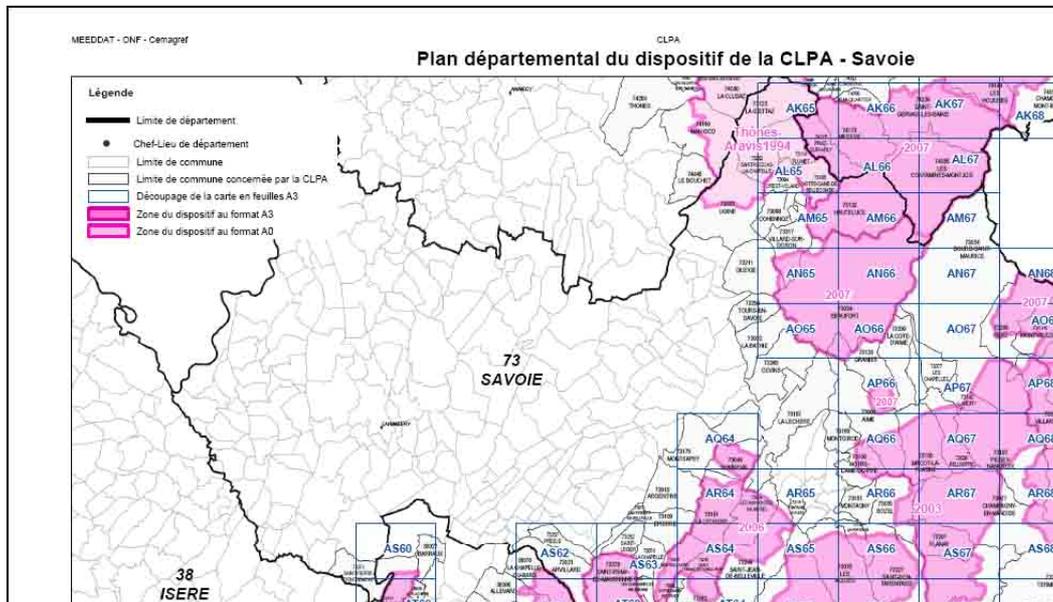


Figure 8 : Extrait du plan d'assemblage de la Savoie et aperçu de la grille régulière unique

Les données géographiques de la CLPA ont été géo référencées et recalées sur un fond topographique de référence unique et la présentation des données, contenues dans les tables attributaires où sont conservés les renseignements complémentaires des simples objets géo référencés, a été standardisée.

Le contenu des fiches descriptives des emprises d'avalanches numérotées sur la carte a été précisé et est actuellement numérisé ; les fiches existantes ont été informatisées, et les renseignements qu'elles comportent intégrés dans la nouvelle présentation du document.

L'ensemble des cartes et fiches signalétiques sont actuellement disponibles sous forme d'images et de données SIG sur le site internet [www.avalanches.fr](http://www.avalanches.fr). Les autres documents de la CLPA (guide d'utilisation, légende, notices par massif, plans d'assemblage...) sont également visibles sur le site.

Les informations cartographiques sont reprises pour alimenter des données correspondantes sur le site <http://cartorisque.prim.net/> dédié à l'information préventive et dans la couche « zones à risques » du géoportail <http://www.geoportail.fr/>.



Par souci d'homogénéité des relevés, l'observateur doit respecter une consigne qui définit notamment qu'une avalanche doit faire l'objet d'un relevé dès lors qu'elle franchit une limite d'altitude. Cette notion de seuil d'observation est explicitée dans la légende de la figure 10.

Lors de l'observation, différentes informations sont notées : date, altitudes de départ et d'arrivée, caractérisation du phénomène (type de neige, de départ, d'écoulement, de dépôt). Leur formalisation a longtemps consisté en un simple carnet mais depuis les années 1980 a évolué en un avis plus complet (voir exemples figure 11).

Aujourd'hui, les avis correspondant aux relevés sont saisis directement en ligne par les agents au retour du terrain, les envois papiers sont ainsi limités et la vérification des données par les administrateurs de la base est facilitée.

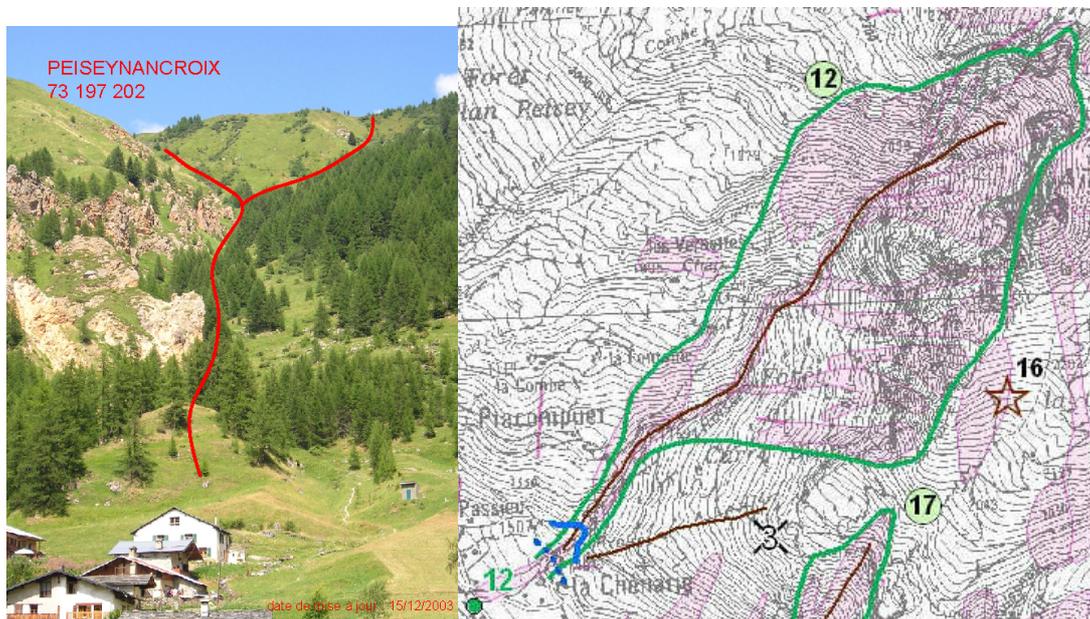


Figure 10 : Représentation d'un site sur la carte et en photo. Pour chaque site, outre son contour (en vert) et son n°, sont portés des seuils, en bleu seuil d'observation et en bleu tireté un seuil d'alerte

Commune de Isabagnan n° 1 Avalanche de Lautant

Année	Date et heure de l'avalanche	Cause de l'avalanche de fond ? de fond ? superficielle ? de glacier ?	Altitude du point de départ		Le point de départ est		Renseignements sur l'avalanche :
			point de départ	point d'arrivée	à l'aval	à la suite	
1901	12 Avril à 14 h	de fond					1- Durée ; 2- Dégâts aux forêts, aux constructions. 3- Nombre de personnes ou de têtes de bétail en sevelles ; 4- Indication des routes, voies ferrées ou rivières interceptées ; 5- Dimension du choc fourni par l'avalanche.
1902	31 11 à 14 h		1200	1400	55		
1911	10 mai de 15 h à 16 h	superficielle	1900	1600	55		

AVIS D'AVALANCHE

Identification de l'événement	Département . . . .		N° d'ordre d'expédition (par commune)				
	Commune d . . . .		CAMPAGNE 20 . . . . - 20 . . . .				
Site EPA N° . . . .							
Événement entre Jour . . . . Mois . . . . Heure . . . . . et Jour . . . . Mois . . . . Heure . . . . .							
Description de l'événement	Départ	altitude (m.) par branche . . . . .					
	Arrivée	altitude (m.) par branche . . . . .		Versant opposé <input type="checkbox"/> Zone plane <input type="checkbox"/>			
	Dépôt	Longueur maximale . . . . . m.	largeur moyenne . . . . . m.	Hauteur moyenne . . . . . m.			
Caractéristiques : A . . . . B . . . . C . . . . D . . . . E . . . . F . . . .							
Météo zone de départ	3 j. précédant l'événement	Neige fraîche 0 cm <input type="checkbox"/>	1 à 20 <input type="checkbox"/>	21 à 50 <input type="checkbox"/>	51 à 100 <input type="checkbox"/>	+ de 100 <input type="checkbox"/>	Inconnu <input type="checkbox"/>
	4 h. précédant l'événement	Neige <input type="checkbox"/>	Pluie <input type="checkbox"/>	Vent fort <input type="checkbox"/>	Ciel clair <input type="checkbox"/>	Nuages <input type="checkbox"/>	Brouillard <input type="checkbox"/>
Cause déclenchement	Naturelle <input type="checkbox"/>	Humaine involontaire <input type="checkbox"/>	Artificielle <input type="checkbox"/>	Inconnu <input type="checkbox"/>			
Victimes	Néant <input type="checkbox"/>	Blessés <input type="checkbox"/>	Morts <input type="checkbox"/>				
Dégâts ou lieux atteints	Néant <input type="checkbox"/>	Constructions <input type="checkbox"/>	Poteaux <input type="checkbox"/>	Forêt <input type="checkbox"/>	Routes <input type="checkbox"/>	Cours d'eau <input type="checkbox"/>	
Visibilité lors du constat	Bonne <input type="checkbox"/>	Bonne sauf zone de départ <input type="checkbox"/>	Incomplète <input type="checkbox"/>			Oui	Non
	Alerte « BD événement - CLPA »						<input type="checkbox"/>
Nom Qualité informateurs							
Remarques :							
	Nom de l'observateur : . . . . .						
						Date de constat . . . . / . . . . / . . . .	

Exemplaire à renvoyer au Cemagref Grenoble EPA

Figure 11 : 2 générations de relevés, vieux carnet en haut (ils sont tous scannés et accessibles dans la base de donnée) et avis de relevé d'avalanche actuel. Les caractéristiques A, B, C, D, E et F correspondent à des critères descriptifs d'avalanche (de la zone de départ à la zone d'arrivée).

### 3.2.3. Intégration dans une base de données nationale, consultation et utilisation

Les données, anciennes et nouvelles, se trouvent actuellement rassemblées et stockées sur support informatique, dans la même base. Des extraits de celle-ci sont accessibles à tout utilisateur sur [www.avalanches.fr](http://www.avalanches.fr).

Ainsi, à partir du fichier de la base de donnée, on peut obtenir, par exemple : l'édition des listes par commune des événements d'avalanches signalés, ainsi qu'une liste des événements définitive en fin de saison correspondant à tout ce qui s'est produit dans une commune (voir figure 12).

la consultation d'une base de données à l'aide de laquelle des renseignements utiles sont disponibles, pour une expertise, des travaux...;

le développement d'études scientifiques recherchant la prédétermination des événements d'avalanches au moyen d'expertises, de corrélations statistiques, de modèles mathématiques,



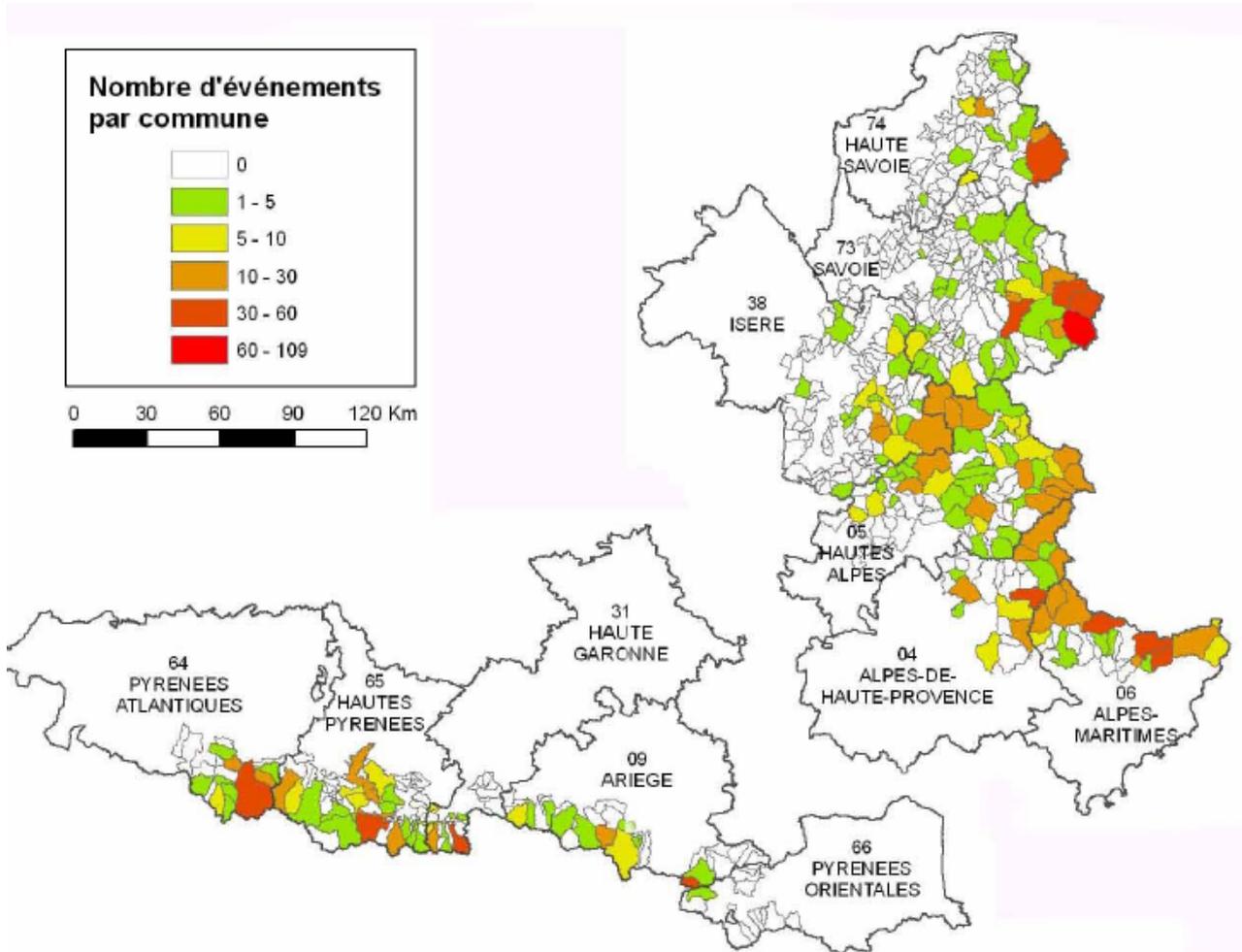


Figure 13 : Répartition géographique des avalanches sur la saison 2008-2009

Cela permet une amélioration des connaissances des sites en matière d’expertise, constituant une base essentielle de travail sur les territoires alpins et Pyrénéens. Des développements statistiques de ces données sont réalisées permettant en croisant notamment avec des données météorologiques (voir figure 14) et enfin, certains critères relevés servent de données d’entrée de modélisations numériques d’avalanches.

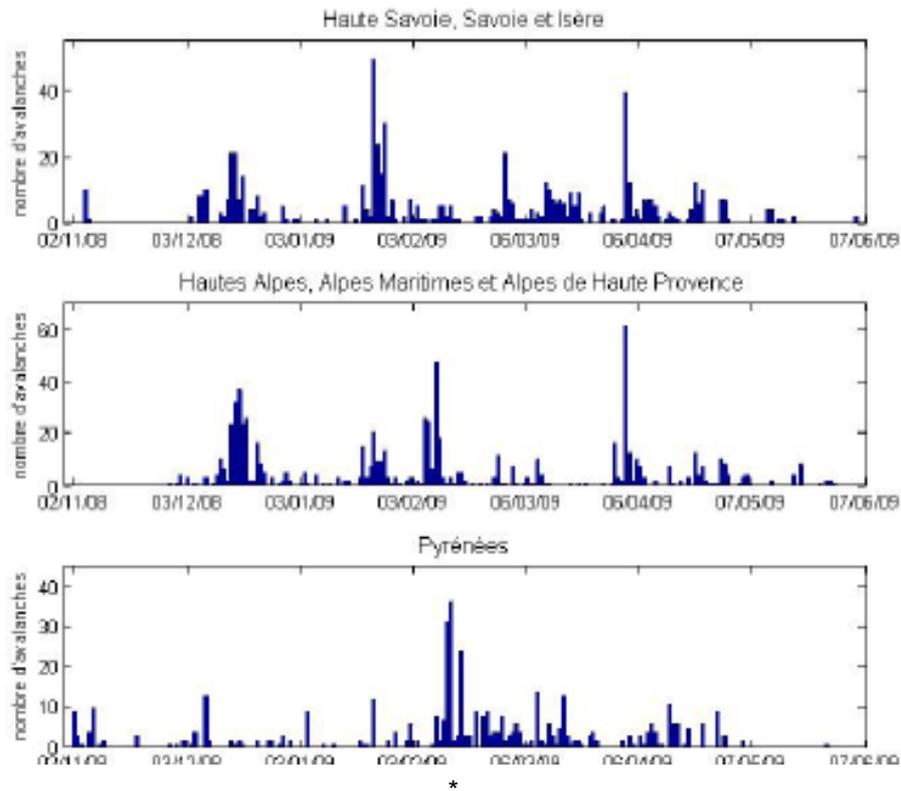


Figure 14 : Comparaison temporelle des avalanches à partir des données EPA de l'hiver 2008-2009.  
Des crues ou pics avalancheux ressortent nettement, à différentes périodes selon les massifs

#### 4. Pour conclure

Toutes les données historiques et de d'interprétation de terrain, brutes ou formalisées à travers des cartes inventaires ou dans une base de donnée comme l'EPA doivent, pour une bonne utilisation, être analysées avec un regard expert. Un questionnement systématique sur leur fiabilité doit précéder toute utilisation.

Selon notre finalité (expertise pour l'implantation d'un dispositif de protection, zonage...), certaines des données de base présentées dans ce module auront plus d'importance, à l'expert d'en juger.

En annexe, nous présentons, grâce à la collaboration de Gloria Furdada (Espagne - Catalogne), Valério Ségor (Italie- Val d'Aoste) et André Burckard (Suisse – Valais), un rapide panorama des dispositifs relatifs aux données historiques en Italie, Espagne et Suisse.

#### Bibliographie Internet :

##### En France

<http://www.avalanches.fr/> (portail des bases de données avalanches en France)

<http://www.anena.org/>

<http://www.prim.net/>

**En Italie**

<http://www.aineva.it/>

<http://www.aineva.it/pubblica/neve46/barbolini.html>

<http://www.regione.vda.it/gestione/riviweb/templates/aspx/environnement.aspx?pkArt=748>

**En Suisse**

<http://www.crealp.ch/>

<http://gis.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap964/p964.htm>

<http://www.wsl.ch/>

<http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00244/00432/00434/index.html?lang=fr>

(document à télécharger en français, italien ou anglais : « recommandation - aménagement du territoire et danger naturel »)

**En Espagne**

<http://www.icc.es/allaus/cartografia.html>

# **Annexes Module 5**



## **ANNEXE 1 : Les pratiques en Val d'Aoste, du cadastre aux documents réglementaires**

RELEVEMENT DES AVALANCHES par le Bureau des Avalanches.

**Source : Valerio Ségor**

L'importance des zones alpines dans le cadre de l'économie ne cesse de s'accroître et ça est dû à la fois à l'augmentation du nombre de personnes qui utilisent la montagne et à la hausse vertigineuse des crédits qui y sont investis.

Aussi l'étude, la localisation et le classement des avalanches ainsi que les actions de protection deviennent-ils toujours plus importants aux fins de l'essor des régions de montagne.

La Vallée d'Aoste a commencé à gérer ces activités d'une façon systématique, suite à l'institution du Bureau des Avalanches (1970). Ensuite, en 1978, après avoir considéré toutes les données dont on disposait, a été promulgué la première loi (L.R. 14/78) qui pose des limites à l'édification dans les zones à risque.

C'est en 1983 que la Vallée d'Aoste, avec les autres régions et Provinces autonomes de l'arc alpin italien, a adhéré à la fondation de l'A.I.Ne.Va (Associazione Interrégionale Neve e Valanghe) pour coordonner les activités dans ce domaine. Enfin, à partir de cette date, le Bureau des Avalanches a entraîné des activités d'études, de formation et d'information au sujet des avalanches et des risques qui en dérivent.

Aujourd'hui le Bureau des Avalanches est encadré dans l'Assessorat régional du Territoire, de l'Environnement et des Ouvrages Publics, Direction des Bassins Versants de Montagne et de la Protection du Sol.

Parmi les activités du Bureau est fondamentale la collecte des données, qui est entraînée soit à travers le relevé des avalanches tombées, soit avec des analyses de l'état du manteau neigeux.

Les informations sur les avalanches sont très importantes pour l'évaluation du risque, soit directement, soit à travers les modèles de simulation, lesquels nécessitent de données expérimentales pour être correctement tarés et validés. En effet les processus de formation et la dynamique des avalanches sont liés à beaucoup de paramètres, qui sont bien influents dans les calculs et très variables par rapport aux conditions météo, à l'exposition des versants, aux caractéristiques du terrain et de la végétation, etc. C'est pour cela que les calculs doivent être basés sur des données expérimentales et confrontés avec toutes sortes de données dont on dispose; parfois encore, surtout dans les cas d'avalanches aux parcours très longs et quand il y a une fraction de l'avalanche suspendue dans l'air (souffle), les relevés expérimentales sont plus significatifs des modélisations.

La base de données plus importante et complète, aujourd'hui, est constituée par le cadastre des avalanches. Créé en 1970 sur la base de documents historiques et des

cartes militaires existantes, le cadastre des avalanches constitue un véritable répertoire des avalanches. Il se compose d'une partie graphique, établie sur une carte technique de la région au 1/10.000e, ainsi que de dossiers descriptifs (1.000 sites suivis, correspondants à 1.000 avalanches classées) et de dossiers de mise à jour contenant toute la documentation relative à chaque événement (presque 8.000 événements). Les dossiers de mise à jour sont un résumé des fiches, remplies en partie directement par le Bureau et, la plupart, par les postes forestiers; la validation des données est faite avant de leur insertion définitive dans les dossiers.

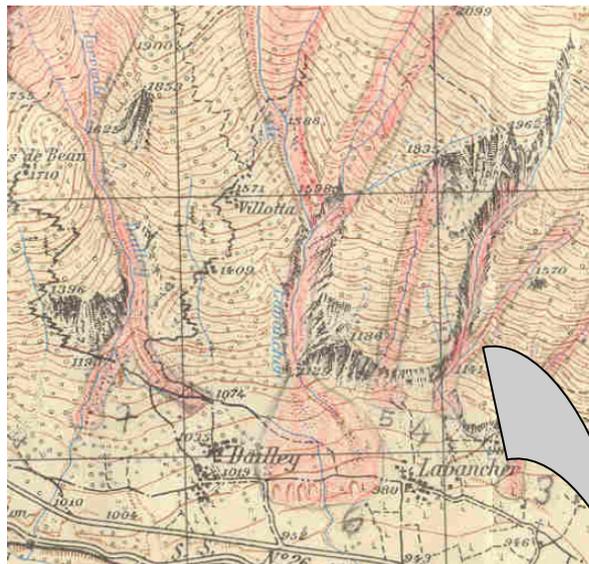
Tous les secteurs urbanisés ont désormais été classés et l'on travaille maintenant à achever l'inventaire des zones en altitude (domaines skiables, alpages, etc.). Chaque fois qu'il y a un événement nouveau on procède à une estimation du type de neige, des volumes de neige mouvementés, de la zone de déclenchement, des zones intéressées par l'avalanche et des dégâts.

Toute la documentation est consultable par le public dans le Bureau des Avalanches.

Quelques observations :

- des 74 Communes de la Vallée d'Aoste 71 sont intéressées par des avalanches: on a la plus haute concentration d'avalanches à Courmayeur (120, dont 60 en Val Ferret et 60 en Val Veny), mais bien sûr ça ne signifie pas que toute la commune est en danger;
- des 1.000 avalanches censées environ 25% intéressent des routes ou des bâtiments: dans la majorité des cas il s'agit de structures qui ne sont pas utilisées pendant l'hiver ou de phénomènes qu'on a limités avec des œuvres de protection;
- Parmi les avalanches censées, la plus grande est celle du Pavillon, qui, ayant un parcours de 4.160 m et une dénivelée de 1.915 m, a atteint en 1991 un volume de 800.000 mètres cubiques (ce qui correspond approximativement à 80.000 camions!); elle a aussi été l'avalanche plus catastrophique, causant 12 victimes;
- . la majorité des victimes des avalanches sont normalement les skieurs hors-pistes, qui parfois sont les causes même du déclenchement.

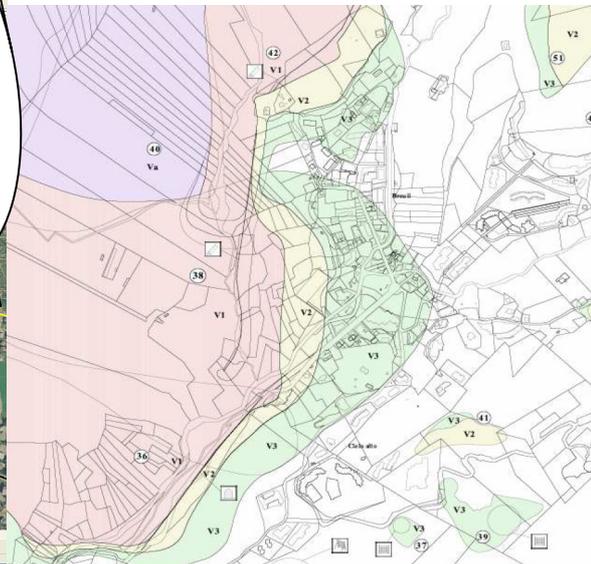
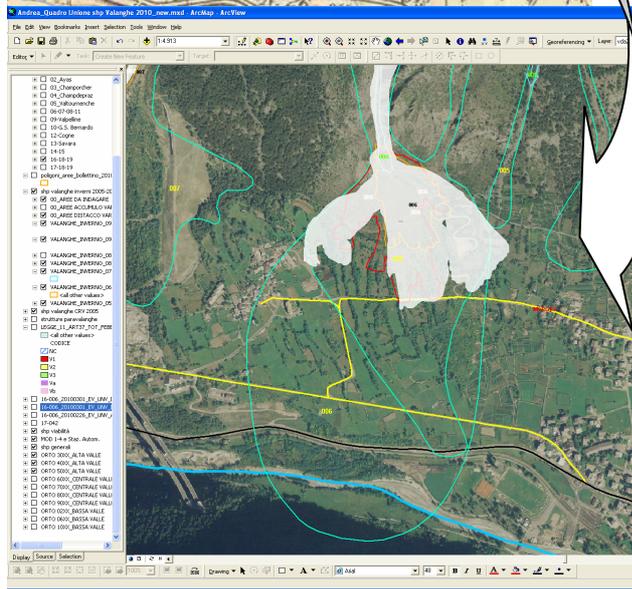
Les données du Cadastre sont utilisées pour l'étude des avalanches, principalement pour arriver à une évaluation du risque dans les projets particuliers et dans le cadre des activités urbanistiques et de aménagement du territoire, pour évaluer et dimensionner les interventions de protection et bien sûr aussi comme source historique tout court. Aujourd'hui la loi régionale n. 11/98 (la loi cadre) prévoit que toutes les communes rédigent une cartographie des zones intéressées par les avalanches, visant à empêcher ou contrôler l'installation d'infrastructures et activités humaines où il y a des risques; cette cartographie, qui à ce moment a été rédigée par 5 communes, sera une autre source locale de données, enrichie, par rapport au Cadastre, par une recherche historique plus détaillée et par les résultats de la simulation effectuée à l'ordinateur.



A gauche : évolution du cadastre régional d'avalanches (CRA) en Val d'Aoste de 1970 à aujourd'hui. La mise en forme utilise le SIG et des orthophotoplans

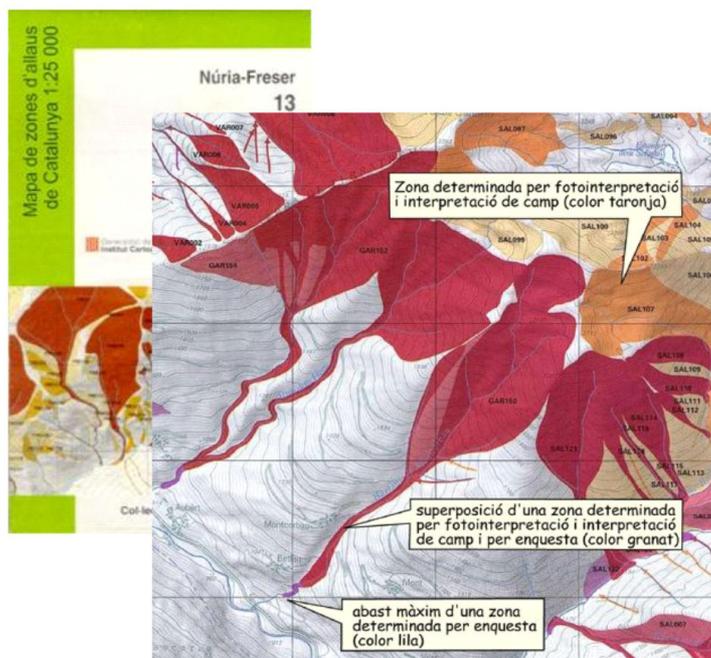
Ci-dessous : exemple de cartographie des terrains inconstructibles

(source Valério Ségor)

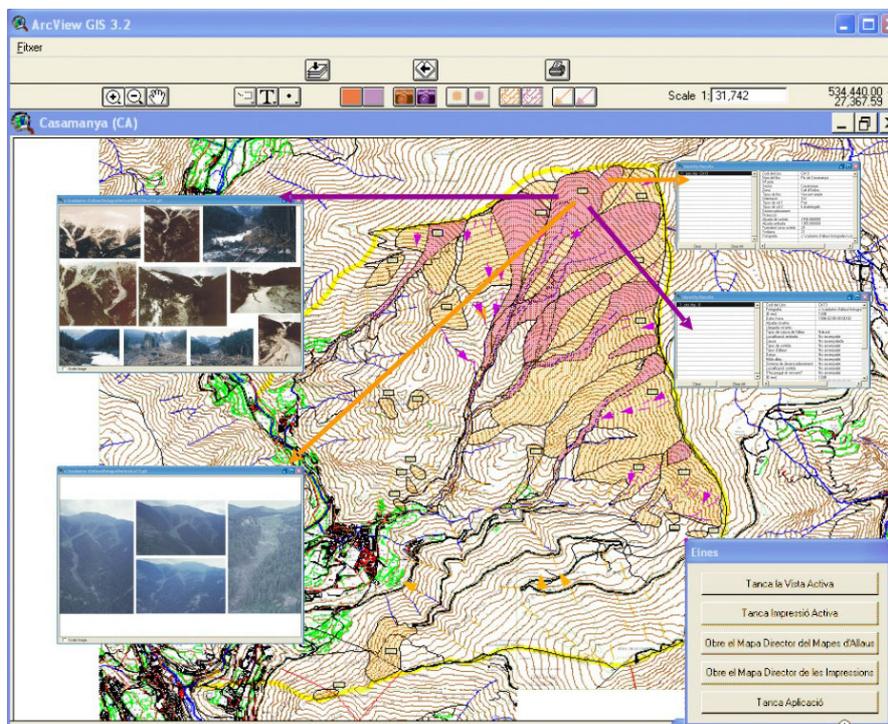


## ANNEXE 2 : Les cartes inventaires espagnoles (Catalogne) et en Andorre. Source : Gloria Furdada

Comme montré dans le tableau introductif de ce module, les pratiques catalanes et andorranes sont proches, concernant l'inventaire des avalanches, des pratiques française : la MZA correspond à la CLPA tandis que le cadastre Andorran rappelle la logique de l'EPA française



Fuente ICC: <http://www.icc.es/allaus/cartografia.html>



Cadastre Digital d'Allaus d'Andorra

## ANNEXE 3 : le Cadastre Suisse des Avalanches. Source : André Burckard

Le cadastre suisse correspond à une cartographie du type recueil de témoignages de la CLPA à laquelle sont annexés des événements historiques dans un tableur Excel.



1	Datum	PQ_Name	PQNr	Detaillierte Beschreibung
2	1478			Gotthard, über 80 tote Soldaten Giomico
3	17.04.1778			Laut feigt einen Teil des Gotthard- Hospizes weg
4	24/04/1905			Gotthardpassstrasse div. Lawinen
5	Jan./April 1944			Viele Lawinen im Gotthardtäl
6	1961- 1963			Gotthardstrasse Schnee- und Lawinenuntersuchungen Geologe Schneider
7				
12				
13	April 1917	Wannellenlaur; LK 19		Schneise ob Pflanzgarten angefangen
14	13/03/1918			Ein Arm bis Dependance Meierhof, ein Arm Richtung Pflanzgarten, 8ha Aufforstung zerstört
15				
16	1923			Erweitert Schneise
17	15/11/1924			
18	16/02/1925			Oberlaur, 88.6m <sup>3</sup> Waldschaden
19	09/05/1929			Aus Oberwannellen
20	20/03/1931			Wirft 60.4m <sup>3</sup> Wald
21	16/02/1935			Vergrössert die Lawinenschneise Richtung Pflanzgarten vonn 1917, wirft 109m <sup>3</sup> Holz
22	14/02/1936			1500 bis 2020 m.ü.M.
23	30/01/1938			Staublaur von Oberwannellen und Girenstäfel
24	12+16.04.1945			Gross, ohne Waldschaden
25	20/01/1951			Geht von Spitzenstein ins Gotthard- Reusstobel ohne Schaden
26				
31				
32	29/04/1935	Alpetlibrunnen		Bis Talboden Gams
33				
36				
37	11/01/1935	Gamslaur; LK 15		Bis Talgrund ob Gotthardstrasse, 50m breit
38	11/04/1944	Steibentallaur; LK15		Im Gotthardtäl
39				
50				
51	11.04.1944	Gamssteg; LK16		Im Gotthardtäl
52				
62				
63	02.05.1973	Ochsenbüel; LK 13		Bis Strasse
64				