



# **Bilan statistique de la campagne 2010/11 de l'Enquête Permanente sur les Avalanches**

Version du 2 Novembre 2011



## **Sommaire**

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>2</b>
<b>PREAMBULE ET MISE EN GARDE</b> .....	<b>2</b>
<b>REDACTION ET CONTACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
<b>1. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES EVENEMENTS</b> .....	<b>3</b>
<b>2. COMPARAISON AVEC LES CAMPAGNES PRECEDENTES</b> .....	<b>4</b>
<b>3. REPARTITION TEMPORELLE DES EVENEMENTS</b> .....	<b>5</b>
<b>4. ETUDE DES PICS D'ACTIVITE</b> .....	<b>6</b>
<b>5. DECLENCHEMENT, PROPAGATION ET INTENSITE DES EVENEMENTS</b> .....	<b>8</b>
<b>6. VICTIMES ET DEGATS</b> .....	<b>10</b>

## **Préambule et mise en garde**

L'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) répertorie les avalanches se produisant sur un nombre défini de sites répartis sur le territoire français. La collecte des informations sur le terrain est assurée par des agents de l'ONF et centralisée par le Cemagref. Le financement est assuré par le Ministère chargé de l'Environnement. L'EPA contient les dates des événements observés ainsi que des informations quantitatives et qualitatives : conditions météorologiques au moment du déclenchement, altitudes de départ et d'arrivée, type d'avalanche, description sommaire des dégâts occasionnés, etc. Les informations les plus anciennes remontent au début du 20<sup>ème</sup> siècle. La première qualité du dispositif est donc la longueur des séries de données et le respect d'un protocole standardisé.

Sur la période 2002-2006, une vigoureuse action de rénovation de l'EPA a été menée afin de mettre à jour le réseau d'observation et la liste des sites suivis. Depuis, tous les sites sont localisés précisément. Des efforts importants de standardisation des méthodes et de formation-équipement des personnels en charge de l'observation ont également été effectués. Désormais, l'effort porte sur la stabilisation du dispositif (réseau d'observation, saisie et archivage des informations) de façon à en assurer la pérennité sur le très long terme. L'ensemble de ces avancées va dans le sens d'un renforcement de la crédibilité de l'information acquise. Néanmoins du fait de la difficulté à assurer un suivi continu exhaustif à une échelle aussi large et dans des conditions parfois difficiles, l'interprétation des données nécessite toujours leur examen critique et une bonne dose de prudence.

Les données ainsi qu'une importante documentation méthodologique et technique peuvent être consultées sur [www.avalanches.fr](http://www.avalanches.fr).

## **Rédaction et contact**

Ce rapport a été rédigé par N. Eckert et M. Deschâtres. Contact : [epa@cemagref.fr](mailto:epa@cemagref.fr).

## Introduction

Ce rapport dresse un bilan statistique de la campagne (c'est-à-dire de l'hiver au sens large) 2010/11 de l'EPA. Les résultats présentés sont basés sur les informations à la disposition du Cemagref au 1<sup>er</sup> octobre 2011. Outre un préambule général, le rapport est constitué de 6 parties analysant les différentes informations recueillies : l'activité avalancheuse et ses variations dans le temps et l'espace, les caractéristiques des événements en termes de conditions d'occurrence, de mode de propagation et d'intensité, puis leurs conséquences pour les enjeux humains et matériels.

### 1. Répartition géographique des événements.

Pour l'ensemble des départements, 751 événements ont été observés durant la campagne 2010/11. Pour la troisième année consécutive, l'activité a été plus forte en PACA (48% des événements) qu'en Rhône-Alpes (36% des événements). Les 17% restants ont été enregistrés dans les Pyrénées. Les événements observés concernent 571 sites. Depuis la fin du toilettage, le nombre de sites de l'EPA a été fixé à environ 3900, de sorte que l'activité par couloir peut être comparée. Au total, la moyenne s'établit à 0,19 événements par site en cours d'observation, chiffre faible, en particulier par rapport aux deux hivers précédents (0,47 événements par site en 2008/09 par exemple).

Au niveau des départements alpins, comme en 2009/10, les Hautes Alpes dominent (29% des événements et 0,28 événements par site). Elles sont suivies par la Savoie (23% des événements), habituelle plus forte contributrice à cause de ses nombreux sites mais où seuls 0,15 événements par site ont été enregistrés en 2010/11. Viennent ensuite les Alpes de Haute Provence et l'Isère, avec respectivement 13% et 10% des événements mais des activités par site très différentes : 0,4 et 0,17 événements par site respectivement. La Haute Savoie a très peu contribué avec seulement 4% des événements et une activité famélique de 0,04 événements par site. Enfin, dans les Alpes Maritimes, l'activité par site a été comparable à celle des Alpes de Haute Provence (0,4 événements par site).

En ce qui concerne les départements pyrénéens, dans les Pyrénées Atlantiques et Hautes ainsi qu'en Haute Garonne, l'activité par site a été significative : de 0,25 à 0,43 événements par site). Elle a été faible à très faible dans les deux autres départements des Pyrénées (Tableau 1.1).

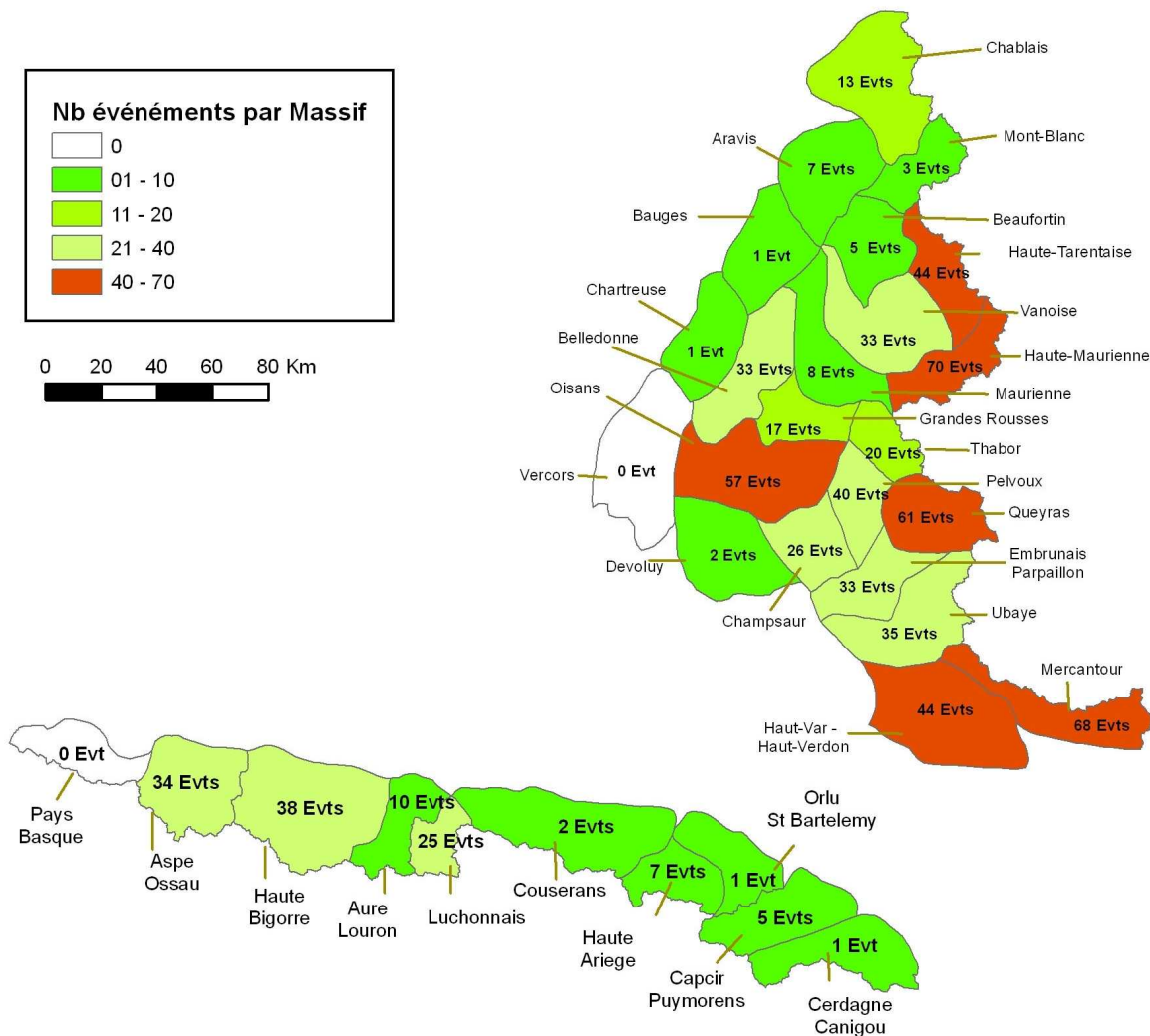
Tableau N°1.1 : Informations par département

	Nombre d'événements		Nombre de sites avec événements		Nombre d'événements par site en cours d'observation
	Effectif	%	Effectif	%	
<b>74</b>	20	3%	20	4%	0,04
<b>73</b>	171	23%	123	22%	0,15
<b>38</b>	78	10%	59	10%	0,17
<b>Rhône-Alpes</b>	269	36%	202	35%	0,13
<b>5</b>	218	29%	177	31%	0,28
<b>4</b>	44	6%	32	6%	0,40
<b>6</b>	96	13%	72	13%	0,40
<b>Provence-Alpes-Côte-d'Azur</b>	358	48%	281	49%	0,32
<b>64</b>	35	5%	22	4%	0,29
<b>65</b>	47	6%	36	6%	0,25
<b>31</b>	26	3%	15	3%	0,43
<b>9</b>	10	1%	9	2%	0,04
<b>66</b>	6	1%	6	1%	0,15
<b>Pyrénées</b>	124	17%	88	15%	0,20
<b>Total</b>	751	100%	571	100%	0,19

Le découpage en massifs de Météo-France pour la prévision du risque d'avalanche (P.R.A.) offre une vision spatiale plus précise. Dans les Alpes, les massifs du Sud et du Centre-Est

ont enregistré une activité significative sans être exceptionnelle (de 17 à 70 événements par massif). Au contraire, dans l'ensemble des massifs des Préalpes ainsi qu'en Maurienne l'activité a été faible à très faible. Dans les Pyrénées, la majeure partie des événements a été enregistrée dans deux massifs de l'Ouest (Aspe Ossau et Haute Bigorre), ainsi que dans le Luchonnais (Graphique 1.1).

Graphique N°1.1 :



## 2. Comparaison avec les campagnes précédentes

Pour situer dans le temps les nombres d'événements observés au cours de la campagne 2010/11, ils ont été comparés à ceux observés durant les campagnes précédentes aux échelles départementales et régionales. Le Tableau 2.1 compare ainsi les nombres d'événements de la campagne aux nombres d'événements recensés au cours des autres campagnes depuis 1965, année à partir de laquelle l'EPA fonctionne de manière relativement stabilisée dans l'ensemble des Alpes et des Pyrénées. Sont proposés également le rang de la campagne par rapport à l'échantillon de comparaison et sa période de retour empirique, c'est-à-dire l'intervalle de temps moyen séparant deux campagnes où au moins autant d'événements ont été enregistrés.

Les résultats obtenus confirment que dans l'ensemble, la campagne 2010/11 est caractérisée par une activité avalancheuse faible, avec le 37<sup>ème</sup> nombre d'événements total enregistré au cours des 46 derniers hivers. Ce résultat global est toutefois le fruit d'une assez forte hétérogénéité régionale puisque la campagne a été ordinaire dans les Pyrénées où le nombre d'événements enregistrés correspondent à celui d'une année moyenne (23<sup>ème</sup>

total enregistré au cours des 46 dernières campagnes), un peu plus intense que la moyenne en PACA, avec le 13<sup>ème</sup> total au cours des 46 derniers hivers, et fortement déficitaire en Rhône-Alpes avec seulement le 41<sup>ème</sup> total au cours des 46 derniers hivers.

A une échelle spatiale un peu plus fine, les résultats indiquent une activité historiquement exceptionnellement faible en Haute Savoie (le précédent minimum est même battu) et à un degré moindre en Savoie et en Ariège, une activité historiquement faible mais plus ordinaire en Isère, une activité historiquement ordinaire dans les Alpes de Haute Provence, et une activité un peu supérieure à la moyenne dans le reste des départements. Ceci corrobore assez bien les résultats obtenus en termes de nombre d'événements et d'événements par site.

Tableau N°2.1 : Comparaison avec les campagnes précédentes

	Nombre d'événements 2010/11	Période de référence	Maximum sur la période de référence	Rang	Période de retour (années)
74	20	1965-2009	438	46	1
73	171	1965-2009	758	41	1,1
38	78	1965-2009	393	34	1,3
<b>Rhône-Alpes</b>	269	1965-2009	1475	41	1,1
5	218	1965-2009	449	14	3,2
4	44	1965-2009	138	23	2
6	96	1965-2009	259	10	4,5
<b>Provence-Alpes-Côte-d'Azur</b>	358	1965-2009	742	14	3,2
64	35	1965-2009	110	17	2,6
65	47	1965-2009	154	14	3,2
31	26	1965-2009	87	9	5
9	10	1965-2009	196	40	1,1
66	6	1965-2009	19	5	9
<b>Pyrénées</b>	124	1965-2009	445	23	2
<b>Total</b>	751	1965-2009	2043	37	1,2

### 3. Répartition temporelle des événements

La date précise à laquelle a eu lieu l'événement peut être inconnue. Elle est alors encadrée par deux dates. Pour l'ensemble des analyses, la seconde date de l'intervalle a été utilisée puisqu'à cette date-là, il est sûr que l'événement s'est produit. Mais du fait des événements pour lesquels l'écart entre les deux dates est important, les analyses doivent être considérées avec prudence.

Sur l'ensemble de la France, il y a eu 87 jours à événements (jours où il s'est produit un ou plusieurs événements) seulement, valeur très inférieure à la moyenne interannuelle. Le nombre moyen d'avalanches par jour à événement a été  $751/87=8,6$ , valeur plus conforme à celle d'un hiver moyen, le faible nombre d'événements total étant compensé par le faible nombre de jours à événements.

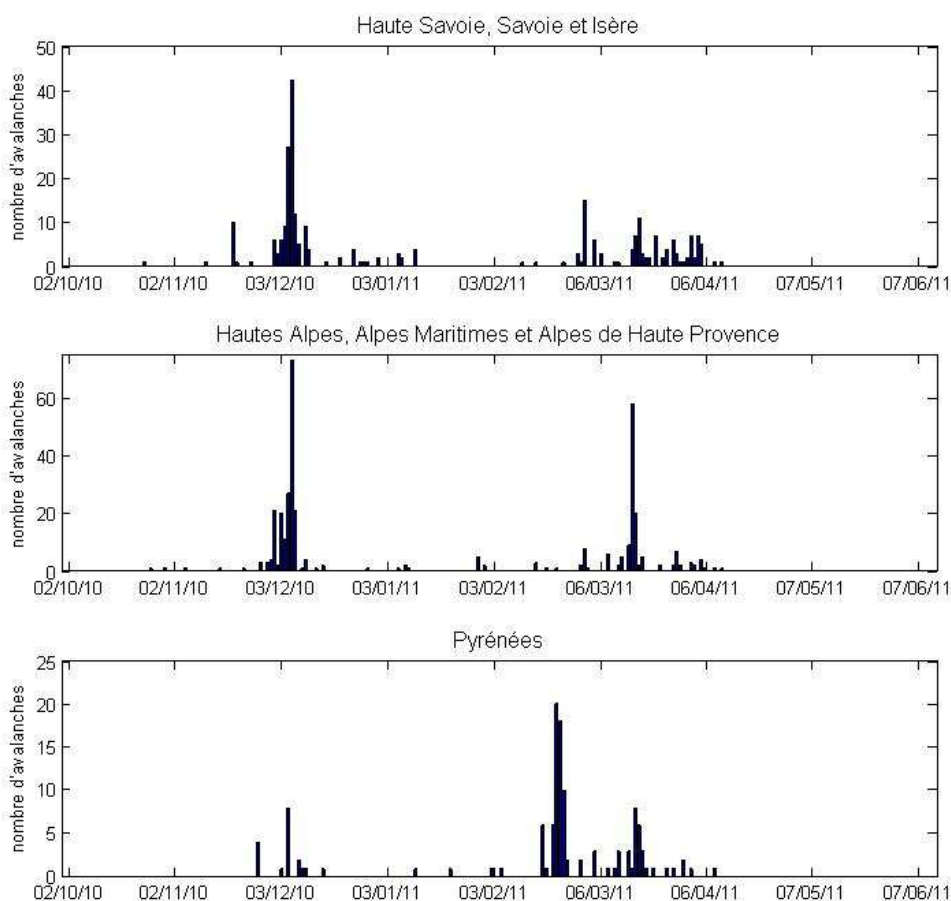
La campagne 2010/11 a donc vu son activité concentrée sur un nombre réduit de jours. L'étude du nombre d'événements par jour et par grande zone géographique le montre très clairement (Graphique 3.1) :

- Dans les Alpes du Nord l'activité a été très faible après le pic survenu autour du 6 décembre 2010 qui correspond au maximum annuel. En particulier, on remarque l'absence quasi totale d'activité en janvier-février 2011, ce qui est très inhabituel, et une activité de fin de saison faible.
- Dans les Alpes du Sud, c'est encore plus spectaculaire : même maximum annuel encore plus marqué que dans les alpes du nord autour du 6 décembre 2010, grand

« creux » jusque début mars avec un second pic d'activité autour du 15 mars 2011, puis activité de fin de saison faible.

- Dans les Pyrénées, après quelques événements au cours de la première semaine de décembre, l'activité s'est concentrée sur la deuxième quinzaine de février et le mois de mars 2011, avec un maximum annuel autour du 21 février 2011 et une activité de fin de saison là aussi faible.

Graphique N°3.1 : Nombre d'événements par jour, campagne 2010/11



#### 4. Etude des pics d'activité

L'étude fréquentielle des pics d'activité, permet la caractérisation de leur rareté. Une définition unificatrice de la notion de crue avalancheuse est utilisée : on considère qu'il s'agit d'une crue avalancheuse lorsque la période de retour empirique du nombre d'avalanches observées à une échelle de temps et d'espace donnée est supérieure à deux ans. Les différentes crues détectées pour trois échelles de temps (décomptes journaliers et cumuls des événements sur 3 et 7 jours) sont résumées dans les Tableaux 4.1 à 4.3.

Au cours de la campagne 2010/11, le seuil de crue a été dépassé lors de trois pics de forte activité, et ce malgré le très faible nombre total d'événements de la campagne, ce qui confirme la forte concentration de l'activité sur un nombre réduit de jours.

Plus précisément :

- Le pic autour du 6 décembre 2010 dépasse le seuil de crue dans les Hautes Alpes pour les trois durées considérées, avec une période de retour maximale sur 7 jours de 21 ans. Il s'est donc agi d'un épisode majeur dans ce département, en intensité comme en durée. Sur des durées de 3 et 7 jours il le seuil de crues est également dépassé dans les deux autres départements des Alpes du Sud et/ou en Isère, mais

avec des périodes de retour nettement plus faibles (2 à 5 ans) indiquant un épisode avalancheux plus ordinaire dans ces départements.

- Le pic d'activité autour du 15 mars 2011 n'atteint le seuil de crue que dans les Alpes Maritimes et de Haute Provence, mais pour toutes les durées considérées. La période de retour est maximale pour le maximum journalier et des événements cumulés sur 3 jours : 4,5 ans, indiquant un épisode moyen en intensité comme en durée pour ces départements.
- Enfin le pic d'activité dans les Pyrénées autour du 23 février 2011 atteint tout juste le seuil de crue, et ce pour une durée de 3 jours seulement. Il s'est donc agi d'un épisode avalancheux tout juste notable.

Tableau 4.1 : Nombre d'avalanches journalier

	Haute-Savoie	Savoie	Isère	Hautes-Alpes	04 06	Pyrénées
Période de référence	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009
Seuil de crue	63	124	125	66	50	65
Max sur la période de référence	29	44	27	36	20	25
Nombre de crues	0	0	0	1	1	0
Date des crues	/	/	/	06/12/2010	15/03/2011	/
Nombre d'événements	/	/	/	54	29	/
Période de retour des crues (ans)	/	/	/	9	4,5	/

Tableau 4.2 : Cumul des événements sur 3 jours

	Haute-Savoie	Savoie	Isère	Hautes-Alpes	04 06	Pyrénées
Période de référence	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009
Seuil de crue	38	74	37	47	29	37
Max sur la période de référence	135	231	136	128	84	106
Nombre de crues	0	0	1	1	2	1
Date des crues	/	/	4 au 6/12/2010	5 au 7/12/2010	4 au 6/12/2010 14 au 16/03/2011	21 au 23/02/2011
Nombre d'événements	/	/	40	88	37 - 41	48
Période de retour des crues (ans)	/	/	2,1	11,3	3,4 - 4,5	2

Tableau 4.3 : Cumul des événements sur 7 jours

	Haute-Savoie	Savoie	Isère	Hautes-Alpes	04 06	Pyrénées
Période de référence	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009	1965-2009
Seuil de crue	56	105	49	60	39	50
Max sur la période de référence	159	266	159	175	101	138
Nombre de crues	0	0	0	1	2	1
Date des crues	/	/	/	1 au 7/12/2010	1 <sup>er</sup> au 7/12/2010 12 au 18/03/2011	17 au 23/02/2011
Nombre d'événements	/	/	/	118	57 - 48	61
Période de retour des crues (ans)	/	/	/	22,5	4,1 - 2,8	2,4

## 5. Déclenchement, propagation et intensité des événements

95% des déclenchements enregistrés pour lesquels la cause est connue sont d'origine naturelle, 1% d'origine humaine involontaire, et 4% d'origine artificielle.

Les données décrivant le déclenchement et l'intensité des événements de la campagne 2010/11 sont comparées aux 5 premières campagnes post toilettage (i.e. 2001/02 à 2005/06) qui fournissent un échantillon témoin certes réduit mais relativement fiable. Seuls les événements pour lesquels les caractéristiques étudiées ne sont pas inconnues ont été pris en compte, ce qui réduit parfois notablement la taille de l'échantillon.

Au niveau des conditions météorologiques précédant le déclenchement, la campagne 2010/11 se caractérise par une nette prédominance de chutes de neige moyennes et faibles au cours des 3 jours précédant l'événement, éventuellement accompagnées de vent fort, redoux et/ou pluie (Graphique 5.1). Par rapport à l'échantillon témoin, on retrouve donc peu de déclenchements suite à des chutes de neige fortes, et aucun suite à des chutes de neige très fortes (Tableau 5.1).

Tableau N°5.1 : Cumuls de neige au cours des 3 jours précédant les événements

Neige fraîche	Effectif 2010/11	Pourcentage 2010/11	Pourcentage 2001-2005
0 cm	101	18%	27%
1 à 20 cm	153	27%	15%
21 à 50 cm	239	42%	28%
51 à 100 cm	79	14%	25%
> à 100 cm	0	0%	5%
Total observés	572	100%	100%

Pour 663 événements, le mode de propagation a été enregistré. 10% seulement des événements ont présenté un aérosol plus, éventuellement, une phase dense, contre 20% pour l'échantillon témoin. De plus, 15% seulement des avis font état de présence de neige sèche en zone de départ, contre 24% dans l'échantillon témoin. La campagne a donc compté proportionnellement plus d'avalanches purement denses et/ou mobilisant de la neige humide que dans l'échantillon témoin.

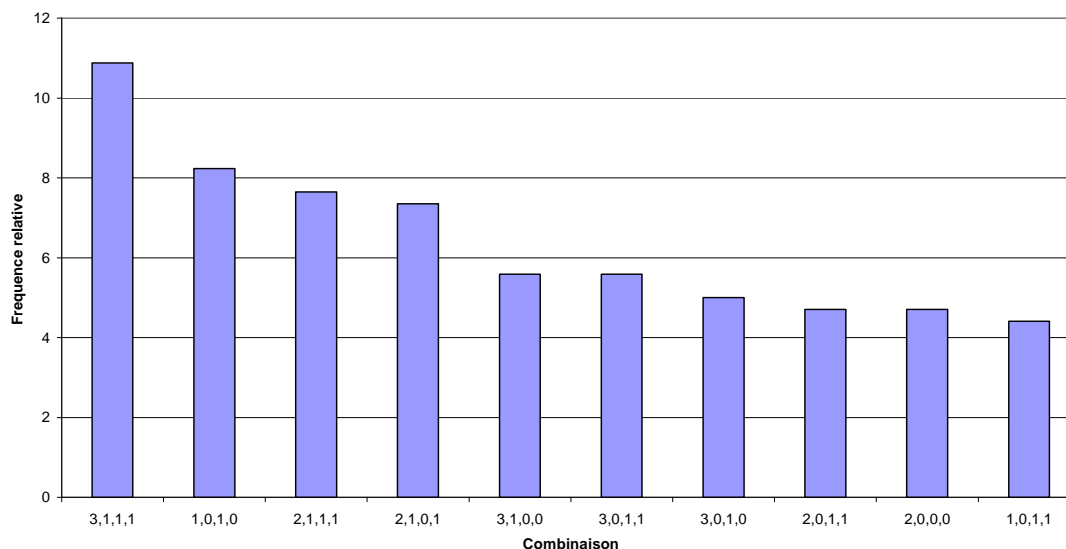
Pour la comparaison inter-site des altitudes d'arrêt observées, un Indice d'Altitude d'Arrêt (IAA) est utilisé. Il est égal à 1 si l'altitude du « fond de vallée » est atteinte et compris entre 0 et 1 sinon, avec une valeur d'autant plus élevée que l'altitude d'arrivée est basse. Si l'on analyse la distribution de l'indice au travers de sa fonction de répartition (Graphique N°5.2, gauche), on constate que la campagne 2010/11 est significativement différente de l'échantillon témoin avec, par rapport aux campagnes 2001-2005, des valeurs nettement inférieures pour des IAA < 0.95, et, au contraire, des valeurs supérieures pour les forts IAA. En particulier seulement 5,6% des événements ont atteint le « fond de vallée » en 2010/11, contre 10% dans l'échantillon témoin. Cela indique pour la campagne 2010/11 des événements d'altitudes d'arrêt plus homogènes que pour l'échantillon de référence, avec proportionnellement plus d'altitudes d'arrêt basses (c'est à dire des distances d'arrêt moyennes à importantes), mais moins d'altitudes d'arrêt très basses, c'est à dire avec des distances d'arrêt très fortes à extrêmes. (Tableau 5.2).

Les volumes de dépôt, approximés grossièrement par le demi-produit des trois dimensions renseignées dans l'EPA fournissent une autre mesure de l'intensité des événements observés. Ils sont disponibles pour 691 événements, avec un maximum annuel de 90 000 m<sup>3</sup>. Etant donnée la forte asymétrie de la distribution des volumes de dépôt, une présentation en coordonnées logarithmique est privilégiée (Graphique N°5.2, droite). Globalement, la répartition des volumes de la campagne est assez nettement inférieure à celles des volumes de l'échantillon témoin. Les événements de la campagne 2010/11 ont donc été relativement peu volumineux, résultat cohérent avec l'enneigement globalement déficitaire de l'hiver (Tableau 5.3).

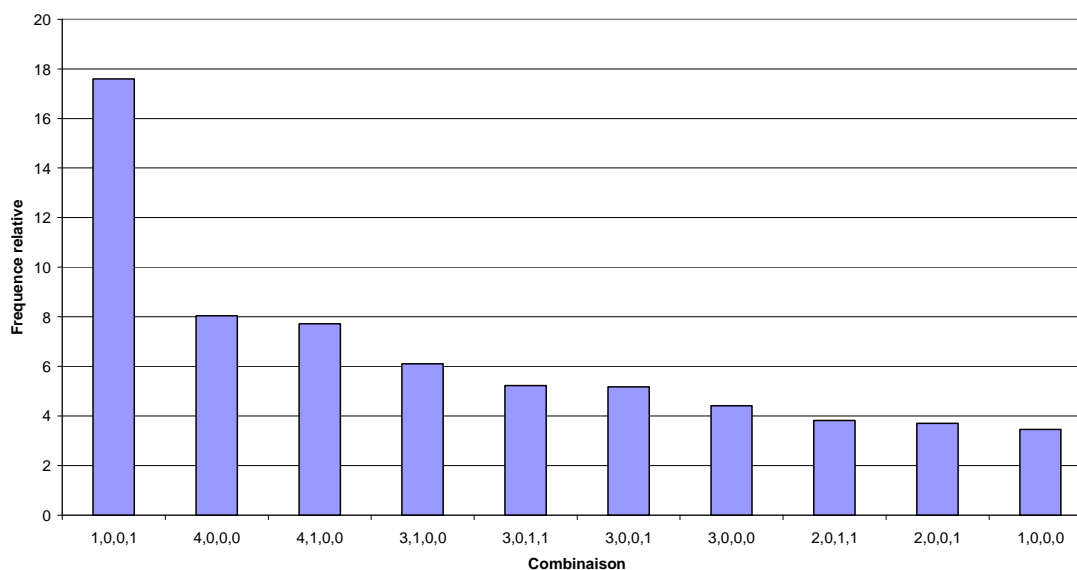


## Graphique N°5.1 : Conditions nivo-météorologiques de déclenchement

Distribution des 10 combinaisons apparaissant le plus lors d'événements dans la campagne 2010/11



Distribution des 10 combinaisons apparaissant le plus lors d'événements dans les campagnes de 2001 à 2005



Les conditions météorologiques au cours des trois jours précédant le déclenchement sont enregistrées grâce à quatre variables catégorielles : le cumul de neige avec 5 modalités (pas de chute:1, faible:2, moyenne:3, forte:4, très forte 5) et les trois autres, i.e. vent fort, redoux et pluie, sous forme de présence (0)/absence(1). Seuls les avis ou toutes les informations sont disponibles sont considérés.

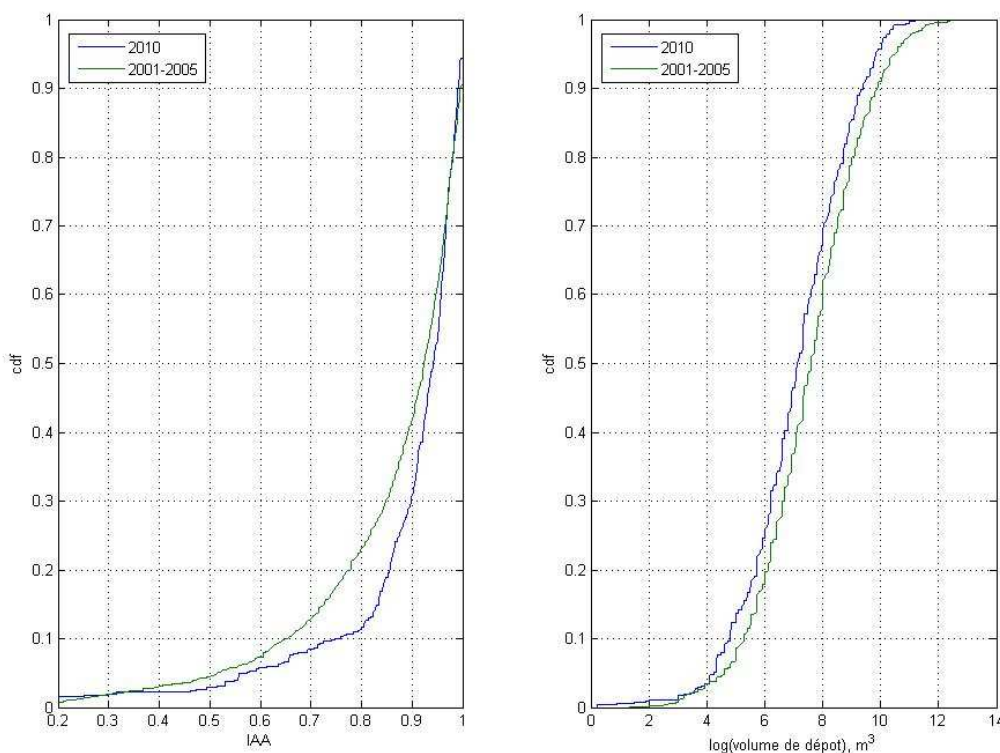
Tableau N°5.2 : Indice d'altitude d'arrêt

	Nombre d'avis	Nombre d'avis retenus (indices cohérents et non vides)	Valeur du quantile			Pourcentage de valeurs égales à 1
			50	75	90	
Campagne 2001-2005	5 669	3936	0,92	0,97	1,00	10%
Campagne 2010/11	751	448	0,94	0,97	0,99	5,6%

Tableau N°5.3 : Volumes de dépôt

	Nombre d'avis	Nombre d'avis retenus (3 dimensions connues)	Valeur du quantile			Maximum
			50	75	90	
Campagne 2001-2005	5 669	3135	2 000	6 000	20 000	900 000
Campagne 2010/11	751	691	1 250	4 500	12 000	90 000

Graphique N°5.2 : Intensité des événements en 2010/ 11



L'Indice d'Altitude d'Arrêt  $x = \frac{1}{e} \times \exp\left(1 - \frac{z_{stop} - z_{min}}{z_{min}}\right)$  est égal à 1 si l'altitude minimale  $z_{min}$  du site est atteinte et compris entre 0 et 1 sinon, avec une valeur d'autant plus élevée que l'altitude d'arrivée  $z_{stop}$  est proche de l'altitude minimale du site. Le volume de dépôt est estimé par le demi produit des trois dimensions du dépôt.

## 6. Victimes et dégâts

La procédure de l'EPA oblige les observateurs à émettre un avis d'avalanche lorsqu'un accident d'avalanche survient dans un site EPA, et ce sans notion de seuil. Pour l'hiver 2010/11, un seul avis d'avalanche mentionne un blessé à Val d'Isère. Il s'agit d'un membre d'un groupe de skieurs hors piste. L'ANENA (<http://www.anena.org/>) a bien enregistré cet accident et l'EPA permet d'en préciser les caractéristiques : une avalanche dense de neige humide survenue en contexte de redoux (Tableau 6.1). Un seul accident enregistré dans l'EPA, c'est heureusement peu, nettement moins par exemple que les deux hivers précédents (5 et 7 accidents en 2008/09 et 2009/10 respectivement), vraisemblablement du

fait de la très faible activité dans les Alpes du Nord où ont en général lieu la majeure partie des accidents.

En termes de dégâts matériels, la rubrique « dégâts ou lieux atteints » de l'avis d'avalanche renseigne grossièrement le type d'enjeux endommagés ou atteints : constructions, forêt, routes et cours d'eau. Pour 2010/11, 99 événements ont atteint et/ou endommagé des routes, constructions et/ou forêts. En particulier, seuls 2 avis mentionnent des constructions atteintes dont un pare-pierre de télécabine, mais sans dégâts. Les dégâts forestiers ont également été peu importants. Par contre, les routes ont été un peu plus touchées, par 57 avalanches, avec des coupures parfois notables (Tableau 6.2).

Ces chiffres sont, comme pour les accidents humains, globalement faibles, tout particulièrement par rapport à 2008/09 où 491 événements avaient atteint et/ou endommagé des routes, constructions et/ou forêts. Ils s'expliquent par un hiver avec peu d'avalanches dont très peu avec de très grandes distances d'arrêt susceptibles d'atteindre des constructions ou de vieux peuplements forestiers, mais avec des avalanches de distances d'arrêt importantes suffisamment nombreuses pour atteindre et couper un nombre significatif de routes.

Tableau N°6.1 : victimes en 2010/11 et recoupement avec les informations de l'ANENA

Département	73
Commune	Val-D'isère
N° site EPA	228
Remarque EPA	7 personnes à ski encadrées par un moniteur, mais une seule a été prise
Date	01/04/2011
Alt. départ	2640
Alt. arrivée	1970
Cassure	en poire/en cône
Neige en zone de départ	humide
Régime d'écoulement	dense
Neige en zone de dépôt	humide
Type de victime	blessé
cause de déclenchement	NA
neige 3J	0 cm
vent fort 3J	non
redoux 3J	oui
Pluie 3J	non
Alerte BD evt	non
Alt. Accident ANENA	NA
Activité ANENA	Hors-piste à Ski
emportés ANENA	1
ensevelis	1
décès ANENA	0
Blessé ANENA	1
Indice BRA d'après ANENA	NA
<b>Concordance EPA/ANENA</b>	<b>oui</b>

Tableau N°6.2 : Dégâts matériels ou enjeux atteints lors de la campagne 2010/11

constructions	2
forêts	40
routes	57