

Christophe Ancey
(coordonnateur)

GUIDE NEIGE ET AVALANCHES

*connaissances,
pratiques, sécurité*



ÉDISUD



Guide Neige et Avalanches
Connaissances, Pratiques, Sécurité

SARL ÉDISUD, LA CALADE, RN 7, 3 120 ROUTE D'AVIGNON
13090 AIX-EN-PROVENCE - FRANCE
Tél. 04 42 21 61 44 / Fax 04 42 21 56 20
www.edisud.com - e.mail : commercial@edisud.com

Nouvelle édition revue et corrigée

ISBN 2-85744-797-3

© Édisud, Aix-en-Provence, 1996, 1998. Tous droits réservés.

OUVRAGE COLLECTIF
Coordonnateur : Christophe ANCEY

Guide Neige et Avalanches
Connaissances, Pratiques, Sécurité

Edisud

AUTEURS :

Christophe ANCEY, *ingénieur*
(Cemagref)

Robert BOLOGNESI, *responsable R&D*
(GESTER)

Claude CHARLIER, *ingénieur*
(Expert indépendant)

Alain DUCLOS, *guide*
(Transmontagne)

Françoise et Charles GARDELLE, *historiens*

Jean-Pierre HERRY, *médecin*
(ENSA)

Olivier MARCO, *ingénieur*
(RTM)

Éric MARTIN, *chef de centre*
(CEN)

Edmond PAHAUT, *ingénieur*
(CEN)

Claude REY, *guide*

Pierre SARRAZ-BOURNET, *juriste*

Claude SERGENT, *ingénieur*
(CEN)

François SIVARDIÈRE, *ingénieur*
(ANENA)

François RAPIN, *ingénieur*
(Cemagref)

Jacques VILLECROSE, *ingénieur*
(Météo-France)

Jean-Paul ZUANON, *chercheur*
(CAF)

COORDONNATEUR :

Christophe ANCEY

Organismes collaborateurs :

le Cemagref

Météo-France

Ouvrage collectif sous le patronage de l'ANENA :



Association Nationale d'Études de la Neige et des Avalanches

ASSOCIATION NATIONALE POUR L'ÉTUDE DE LA NEIGE ET DES AVALANCHES : ENTRE SAVOIR ET FAIRE

Créée en 1971 à la suite des avalanches catastrophiques de l'hiver 1970, l'ANENA a pour objectif de faire progresser la sécurité et la prévention des risques en matière de neige et d'avalanches. Reconnue d'utilité publique en 1976, l'association compte aujourd'hui près de 900 membres dont 150 étrangers. Elle regroupe toutes les personnes ou organismes, publics ou privés, intéressés par les problèmes liés à la neige et aux avalanches, à titre professionnel ou personnel : laboratoires de recherche, élus locaux, stations de sports d'hiver, administrations départementales et centrales, entreprises, professionnels de la neige (guides et accompagnateurs de montagne, moniteurs de ski, pisteurs, secouristes...) et les usagers, skieurs, randonneurs, alpinistes ou pratiquants des nouvelles glisses intéressés par la connaissance de la neige, des avalanches et des moyens d'assurer leur propre sécurité en montagne.

UN LIEU DE CONCERTATION

La nature et la composition de l'ANENA en font un espace de concertation et de coordination de la réflexion sur la sécurité en montagne enneigée, entre ses différents membres. Des groupes de travail et des commissions spécialisées réunissent régulièrement les différents partenaires de la montagne, favorisent les échanges d'expériences et d'idées, encouragent les initiatives de nature à améliorer la sécurité des biens et des personnes en montagne hivernale. L'ANENA coordonne ainsi la réflexion sur les appareils de sauvetage des victimes d'avalanche, sur la prévision du risque d'avalanche (régionale et locale), sur les moyens et modalités de la diffusion de l'information "risque d'avalanche", sur les systèmes de déclenchement artificiel des avalanches, etc. Elle organise et participe à des tables rondes ou des colloques internationaux dans le but de créer des points de rencontre et de discussions entre les théoriciens, les praticiens et les usagers de tous pays.

UN PARTENAIRE POUR LA RECHERCHE

Dans ce domaine, l'ANENA gère des contrats réalisés, le plus souvent en collaboration, par des organismes publics ou privés et des laboratoires. Elle s'attache également à soutenir financièrement des initiatives individuelles mais non moins intéressantes. Si le domaine des "sciences physiques" reste présent (conditions de départ des avalanches de plaques par exemple), les sciences humaines n'en sont pas pour autant oubliées (importance de l'information dans la prévention des accidents de sports d'hiver, analyse du contexte juridique des accidents d'avalanches). Elle a par ailleurs toujours encouragé les applications pratiques (ARVA, avalancheur, etc.). Le savoir-faire français est diffusé grâce à de nombreux contacts avec les spécialistes étrangers. Enfin l'ANENA collecte les informations sur les accidents d'avalanches et en tient un bilan annuel.

UN ORGANISME DE FORMATION

L'ANENA forme les personnels de terrain en matière de sécurité : spécialistes en déclenchement préventif des avalanches à l'aide d'explosif ; servant avalancheur ; maîtres chiens d'avalanches.

Elle intervient également à la demande dans des cycles de formation professionnelle où les aspects liés à la sécurité des pratiquants des sports d'hiver sont traités (vendeurs-loueurs de ski et surf, moniteurs de ski et guides de montagne, etc.).

UN CENTRE D'INFORMATION ET DE DOCUMENTATION

L'information est un souci majeur de l'ANENA. Elle est destinée aux professionnels de tous horizons, ainsi qu'au grand public (adultes et enfants), directement ou via les médias.

L'ANENA édite une revue trimestrielle "Neige et Avalanches" qui permet de suivre l'actualité dans ce domaine : état des connaissances, nouveaux matériels, études en cours. "Neige et Avalanches" est principalement disponible par abonnement. Rédigées avec un réel souci d'être comprises par tous (professionnels ou non), ses rubriques sont très diversifiées (nivologie, science et technique, juridique, reportage, prévention et secours, estimation du risque, environnement hivernal, témoignages et leçons d'accidents, bulletins bibliographiques) pour répondre aux attentes d'un lectorat très varié.

Parallèlement, l'ANENA réalise, édite et diffuse des documents d'information. De la simple brochure au guide très complet, en passant par des livres et fiches écrits en particulier pour les enfants, un montage diapositives, des cassettes vidéo, du matériel d'observation des cristaux de neige, ou une exposition, son catalogue rassemble tous les ouvrages sur la neige, les avalanches et la sécurité en montagne hivernale. Elle dispose également d'un site sur le Web, et le minitel.

L'ANENA organise par ailleurs, ou anime, à la demande, de nombreuses conférences pour tout type de public, ainsi que des stages pratiques d'une ou deux journées, voire plus.

Elle est enfin un interlocuteur privilégié des médias sur tous les aspects liés à la neige et aux avalanches. Interventions explicatives lors d'accidents, articles de fond, ou chroniques préventives lui permettent de diffuser l'information au plus grand nombre.

Association Nationale pour l'Étude de la Neige et des Avalanches

15 rue Ernest Calvat - 38000 GRENOBLE

Tél. 04 76 51 39 39 - Fax 04 76 42 81 66 - www.anena.fr

3615 GOTOWEB*ANENA

Président : Hervé GAYMARD

Directeur : François SIVARDIERE

Documentation : Véronique PLACE

Consultations sur rendez-vous.

Liste complète des publications, vidéos, stages et tarifs disponible sur simple appel téléphonique. Documents vendus à l'ANENA ou par correspondance (frais d'envoi gratuit pour les membres).



Le Cemagref, Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, est un établissement public sous tutelle des ministères chargés de la Recherche et de l'Agriculture. La recherche du Cemagref concerne les eaux continentales, ainsi que les milieux terrestres et l'agriculture. Elle a pour objectif d'élaborer des méthodes et outils d'une part de gestion intégrée des milieux, d'autre part de conception et d'exploitation d'équipements.

Les équipes du Cemagref rassemblent un millier de personnes réparties sur le territoire national. Le groupement de Grenoble s'intéresse plus particulièrement au milieu montagnard, et ce notamment à travers la division Érosion Torrentielle, Neige et Avalanches. L'activité de cette divisions allie à la fois un savoir-faire scientifique (rhéologie, modèles numériques, modèles réduits) et une compétence technique (génie civil, expertise, normalisation).

Chapitre 1 : Le milieu montagnard

1. L'Homme et la neige jusqu'à la révolution du ski	22
1.1. S'adapter aux rigueurs de l'hiver	22
1.2. Subsister	23
2. L'homme face aux avalanches dans le passé	24
2.1. Introduction et géographie du risque	24
2.2. Les types d'avalanche et dégâts	25
2.3. Protection d'un site	25
2.4. Prévention contre les avalanches	26
2.5. Les avalanches dans la vie courante	26
2.6. Un exemple d'accident et de sauvetage	27
2.7. Les accidents sur les voies d'accès	28
2.8. Le cas des alpages	28
2.9. Les avantages tirés des avalanches	29
2.10. L'évolution jusqu'à l'époque actuelle	29
3. L'aventure du ski	29
3.1. Naissance et développement du ski	30
3.2. Développement du ski alpin	30
3.3. D'autres pratiques	31
3.4. Et d'autres formes	32
3.5. L'âge de l'Or Blanc	32

Chapitre 2 : Éléments de météorologie alpine

1. Quelques notions de physique	35
2. L'atmosphère	36
2.1. La composition de l'atmosphère	36
2.2. Champ de pression	36
2.3. Champ de température	37
2.4. Le vent	39
2.4.1. Le vent synoptique	39
2.4.2. Le vent local	39
2.5. Les nuages	40
3. La perturbation	41
3.1. La naissance d'une perturbation	41
3.2. Le voyage d'une perturbation	43
3.3. Vers le chaud	43
3.4. Entre le front chaud et le front froid	45
3.5. Vers le froid	45
4. Quelques phénomènes particuliers aux zones montagneuses	47
4.1. Les brises	47
4.2. Foehn et effet de foehn	48
5. Les chutes de neige	49
5.1. Précipitation de neige	49
5.1.1. Formation dans les nuages	49
5.1.2. Les différents types de cristaux	50
5.2. Influence de la température	51
5.3. Influence du vent	51
5.3.1. Mécanisme de transport par le vent	52
5.3.2. Accumulation de neige par le vent	53
5.3.3. Les différents types de dépôt	53
5.3.4. La répartition des zones d'accumulation et d'érosion	55
5.3.5. Natures de la neige déposée	55

Chapitre 3 : Les métamorphoses de la neige, propriétés physiques et mécaniques

1. Les métamorphoses	57
1.1. La neige sèche	57
1.1.1. Les agents des métamorphoses de la neige sèche	57
1.1.2. Les métamorphoses pendant la chute de neige	60
1.1.3. La métamorphose de faible gradient ($G < 5 \text{ }^\circ\text{C/m}$)	62
1.1.4. La métamorphose de moyen gradient ($G < 20 \text{ }^\circ\text{C/m}$)	62
1.1.5. La métamorphose de fort gradient ($G > 20 \text{ }^\circ\text{C/m}$)	63
1.2. La neige humide	64
1.2.1. Les régimes de la métamorphose de la neige humide	65
1.2.2. La métamorphose de la neige humide	66
2. Propriété de la neige	67
2.1. Les propriétés mécaniques de la neige	68
2.1.1. Généralités	68
2.2. Les propriétés thermiques de la neige	69
2.2.1. Capacité calorifique et chaleur latente	69
2.2.2. Conductivité de la neige	70
2.3. Bilan énergétique du manteau neigeux	70
2.3.1. Le rayonnement solaire	70
2.3.2. Le rayonnement infrarouge	71
2.3.3. Les flux turbulents de chaleur sensible et latente	71
2.3.4. Les précipitations	71
2.3.5. Quelques situations typiques	72

Chapitre 4 : Comment connaître les caractéristiques d'un manteau neigeux ?

1. Connaissance du manteau neigeux	73
1.1. Les paramètres physiques du manteau	73
1.2. Sondages stratigraphique et par battage	74
1.2.1. Principe	74
1.2.2. Représentations d'un sondage	75
1.2.3. Analyse d'un sondage	76
1.2.4. Exemples de sondage stratigraphique	77
1.2.5. Perspectives dans l'utilisation du battage : le pandalp	79
1.2.6. Les limites d'utilisation du sondage stratigraphique	80
2. Les moyens sommaires d'investigation	80
2.1. Profil stratigraphique sommaire	80
2.2. Test de la pelle	81
2.2.1. Méthode de Faarlund	81
2.2.2. Méthode de Munter	81
2.3. Le test du bâton	82
3. États de surface de la neige	82
3.1. Les neiges du skieur	82
3.1.1. Les bonnes neiges	84
3.1.2. Les mauvaises neiges	84
3.2. Hétérogénéité de la surface	85
3.2.1. Irrégularités de la surface	85
3.2.2. Changements superficiels de dureté	85

Chapitre 5 : Les avalanches

1. Définitions	87
1.1. L'avalanche	88
1.1.1. Une première définition	88
1.1.2. Les avalanches dans la tradition alpine	88
1.1.3. Un contre-exemple	89
1.2. Site et zones	90
1.3. Les phases d'une avalanche	91
1.4. Les modes d'écoulement d'une avalanche	92
2. Critères morphologiques et génétiques	93
2.1. Critères morphologiques : examen des phases	93
2.1.1. La phase de départ	93
2.1.2. La phase d'écoulement	96
2.1.3. La phase d'arrêt	96

2.2. Critères génétiques : examen général des causes	98
2.2.1. Les difficultés d'établir une classification génétique	98
2.2.2. Problématique générale liée à la stabilité du manteau neigeux	98
2.3. Les facteurs fixes influant sur la stabilité du manteau	99
2.3.1. La topographie	99
2.3.2. La déclivité	99
2.3.3. Exposition	100
2.3.4. Végétation	100
2.4. Les facteurs variables influant sur la stabilité du manteau	100
2.4.1. Chutes récentes de neige	100
2.4.2. La pluie	102
2.4.3. Le vent	103
2.4.4. Les facteurs thermiques	103
2.4.5. État du manteau neigeux	104
3. Quelques exemples d'avalanche	106
3.1. Avalanche catastrophique au mont Cook	106
3.1.1. Déroulement de l'accident	106
3.1.2. L'avalanche et ses causes présumées	107
3.2. Avalanche accidentelle au Moriond	107
3.2.1. Déroulement de l'accident	107
3.2.2. L'avalanche et ses causes présumées	107
3.3. Chute de corniche dans la combe du Pra	109
3.3.1. Déroulement de l'accident	109
3.3.2. L'avalanche et ses causes présumées	110
4. La stabilité d'un manteau	110
4.1. Quelques définitions utiles	110
4.1.1. Définition de la stabilité	110
4.1.2. Surface de glissement	111
4.2. Une première approximation	112
4.2.1. Bilan local	112
4.2.2. Étude globale : notion de plaque	113
4.3. Une surcharge	115
4.4. Une redistribution des contraintes	115
4.4.1. Cisaillement d'une mince couche fragile	115
4.4.2. Rupture par compression	117
4.4.3. Choc thermique	118
4.4.4. Effet de lubrification	118
4.5. Un état critique	119
4.5.1. Apparition de la cohésion	119
4.5.2. Disparition de la cohésion	122
5. Dynamique de l'écoulement	122
5.1. Avalanche coulante	122
5.2. Aérosol	123
5.3. Avalanche mixte	124

Chapitre 6 : Gestion et prévision du risque d'avalanche

1. L'estimation du risque d'avalanches	127
1.1. Position générale du problème	127
1.2. Aspect subjectif de l'estimation : quelques exemples	128
1.2.1. Élaboration du jugement	128
1.2.2. Erreurs dans le jugement	128
1.3. La prévention et gestion du risque (spatial) d'avalanches sur un site	130
1.3.1. Principes généraux de l'expertise	130
1.3.2. Utilisation des données	133
1.3.3. Utilisation de modèles	134
1.4. La prévision du risque (temporel) d'avalanches sur un massif	135
1.4.1. Principe de réalisation du BRA	135
1.4.2. Informations du BRA	135
1.4.3. Perspectives dans l'élaboration du BRA	135
1.5. Les moyens d'investigation sur le terrain	136
1.5.1. Sondages stratigraphique et par battage	136
1.5.2. Le cadre de cisaillement	136
1.5.3. Les essais de glissement : coin suisse et bloc norvégien	137

1.5.4. L'emploi d'explosifs	141
2. Diagnostic du risque : aide à la décision sur le terrain	141
2.1. L'examen du manteau : principes	141
2.1.1. Les moyens	141
2.1.2. Variantes des blocs de glissement	141
2.2. Les questions que vous vous posez	142
2.3. Le test de la pelle et variantes	146

Chapitre 7 : Prévisions régionale et locale du risque d'avalanches

1. La prévision du risque d'avalanches à l'échelle du massif	149
1.1. La situation en France	149
1.1.1. Du risque d'avalanches	149
1.1.2. A la prévision du risque d'avalanches	150
1.1.3. L'objectif de la PRA	150
1.1.4. L'organisation de la PRA	150
1.1.5. Le dispositif opérationnel	150
2. La prévision locale du risque d'avalanche	156
2.1. Objet de la prévision locale	156
2.2. Principes de la prévision locale	157
2.3. Outils de la prévision locale	159
2.3.1. Instrumentation	159
2.3.2. Modèles de diagnostic	161
2.3.3. Logiciels	161

Chapitre 8 : Génie paravalanche, viabilité hivernale

1. Les problèmes liés à la neige*	165
1.1. Les problèmes et quelques remèdes des temps jadis	165
1.2. La lutte contre les avalanches	166
1.3. Les problèmes actuels	168
2. Protection contre le danger d'avalanche	170
2.1. Position du problème	170
2.2. La défense permanente	171
2.2.1. La défense permanente passive	172
2.2.2. La défense permanente active	173
2.3. La défense temporaire	175
2.3.1. Défense temporaire passive	175
2.3.2. Défense temporaire active	175
2.4. Le zonage	177
2.4.1. Bases d'informations	177
2.4.2. Les plans de zonage	177
2.5. Un exemple : l'aménagement de Taconnaz	178
2.5.1. Le contexte	178
2.5.2. Analyse du risque	178
2.5.3. Les limites du dispositif	180
2.6. Les situations de crise	180
2.6.1. Un exemple : Tignes en février 90	180
2.6.2. Les procédures	181
3. Autres problèmes liés à la neige	181
3.1. Transport de neige par le vent et viabilité	181
3.1.1. Modification du profil de la chaussée, aménagement	181
3.1.2. Les actions de déneigement	184
3.1.3. Transformation de l'environnement	184
3.2. Neige et constructions	184
3.2.1. Nature des problèmes	184
3.2.2. Normes en vigueur	185

Chapitre 9 : Préparation de la course

1. La lecture de la carte et l'orientation (à skis)	187
1.1. Le matériel nécessaire	187
1.1.1. La carte	187
1.1.2. La boussole	187
1.1.3. L'alti mètre	188
1.1.4. Les accessoires	188

1.2. La lecture de carte	188
1.2.1. Apprentissage et entraînement	188
1.2.2. Travail préalable à la course	190
1.2.3. Lecture de la carte sur le terrain	190
1.3. La méthode de l'azimut	190
1.3.1. Principe	191
1.3.2. Relevé d'un angle de marche sur la carte	191
1.3.3. Marche selon un angle sur le terrain	191
1.4. Méthode de la tangente à la courbe de niveau	192
1.4.1. Principe général	192
1.4.2. Exemple pratique	192
1.4.3. Utilisation pratique	193
1.4.4. Limites de la méthode et remèdes à appliquer	193
1.5. Quelques questions au sujet de cette méthode	195
2. Choix de l'itinéraire	197
2.1. S'informer : le bulletin du risque d'avalanche	197
2.1.1. L'échelle européenne de risque d'avalanches	197
2.1.2. Comment s'informer ?	200
2.1.3. Un exemple de BRA	201
2.1.4. Carte et topo-guide	204
2.2. Les dangers objectifs et subjectifs	207
2.2.1. Avalanche et coulée	208
2.2.2. Parcours sur glacier : crevasse et sérac	208
2.2.3. Obstacles naturels et les autres risques	211
2.3. Quelques règles simples	211
2.3.1. Choix du tracé	211
2.4. Composition du groupe	211
2.4.1. Partir seul	211
2.4.2. Partir à plusieurs	212
2.4.3. Partir en collective	212
2.5. L'horaire	212
2.6. Le stationnement	214
2.6.1. Le raid	214
2.6.2. L'abri de fortune	214
3. Le matériel de sécurité	216
3.1. L'ARVA	216
3.1.1. Principes	216
3.1.2. Méthodes de recherche	217
3.1.3. Précautions à prendre	220
3.1.4. Entraînement	220
3.2. Pelles et sondes	221
3.2.1. Une anecdote	221
3.2.2. L'équipement	222
3.3. Le ballon avalanche	222
Chapitre 10 : Conduite de la course	
1. La conduite du skieur à la montée, à la descente	223
1.1. Règles permanentes de sécurité	223
1.1.1. Le port de l'ARVA	223
1.1.2. Conduire une sortie de ski	223
1.2. L'ascension	224
1.2.1. Itinéraire	224
1.2.2. Précautions	224
1.3. La descente	224
1.3.1. Itinéraire	224
1.3.2. Précautions	225
2. L'évaluation du risque d'avalanche	225
2.1. Situations nivologiques	225
2.1.1. Des règles empiriques et leurs nuances	226
2.1.2. Cinq types de manteaux neigeux particulièrement suspects.	228
2.2. Situations météorologiques	232
2.2.1. Précipitations	232
2.2.2. Vent	232

2.2.3. Température de l'air	233
2.2.4. Nébulosité	235
2.3. Situation géographique	235
2.3.1. Altitude	235
2.3.2. Exposition	236
2.3.3. Inclinaison de la pente	236
2.3.4. Situations topographiques	237
2.3.5. Arêtes sommitales	237
2.3.6. Cols	238
2.3.7. Epaulés et talwegs dans le sens de la ligne de pente	239
2.3.8. Convexités et concavités perpendiculaires à la ligne de pente	239
2.3.9. Versant globalement uniforme : zones de reprise et de suraccumulation	240
2.3.10. Barres rocheuses	242
2.4. Les signes précurseurs et les indices	242
2.4.1. Activité avalancheuse observée	242
2.4.2. La neige	242
2.4.3. Les bruits	242
3. Cas traités et exemples	243
3.1. Les différentes erreurs rencontrées	243
3.2. Erreur d'appréciation, facteur humain	243
3.2.1. Perception du danger	243
3.2.2. Diminution de l'attention et excès de confiance	244
3.2.3. La pression	245
3.2.4. Erreur légitime d'appréciation	246
3.2.5. Mauvais point de regroupement	247
3.2.6. Un essai malheureux	248
3.2.7. Un accident imprévisible	249
3.3. Méconnaissance du milieu	250
3.3.1. Collective	250
3.3.2. Quand le danger vient des autres	250
3.3.3. Une tragique erreur d'itinéraire	251
3.3.4. Problème d'ARVA	253
3.3.5. Inexpérience ou fatalité?	254
3.3.6. Deux avalanches consécutives	255

Chapitre 11 : Aspects médicaux

1. Les grands traumatismes	257
1.1. La défaillance cardio-circulatoire (les états de choc)	258
1.1.1. Quels sont les signes extérieurs de l'état de choc?	258
1.1.2. Les précautions	258
1.2. Les traumatismes	258
2. Les lésions traumatiques	259
2.1. Les traumatismes ouverts	259
2.1.1. Les plaies	259
2.1.2. Les hémorragies	260
2.1.3. Les fractures ouvertes	260
2.2. Les traumatismes fermés	260
2.2.1. Les contusions	260
2.2.2. Les entorses	260
2.2.3. Les luxations	261
2.2.4. Les fractures	262
3. Les victimes d'avalanche	263
3.1. Généralités	263
3.2. Victime vivante et consciente	263
3.3. Victime présentant des troubles de la conscience	264
3.4. Victime en état de mort apparente	264
3.4.1. Définitions	264
3.4.2. Victime en état de mort apparente : conduite réalisée par le médecin du secours sur les lieux de l'avalanche	265
4. Les victimes de chute en crevasse	265
5. La pathologie liée au froid	266
5.1. Généralités	266
5.2. Réactions thermorégulatrices de l'organisme exposé au froid	268

5.3. Les gelures	268
5.3.1. Définition	269
5.3.2. Mécanismes	269
5.3.3. Description de la gelure	269
5.3.4. Pronostic	269
5.4. L'hypothermie accidentelle	270
5.4.1. Définition	270
5.4.2. Circonstances de survenue	270
5.4.3. Évolution	271
5.4.4. Le traitement	271
6. La pathologie liée au rayonnement	272
6.1. L'œil et le rayonnement ultraviolet en milieu neigeux	272
6.2. Les brûlures solaires	274
7. La trousse de secours	275
8. Conclusions	275

Chapitre 12 : Le secours en avalanche

1. Quelques chiffres	277
1.1. Les accidents d'avalanche en France depuis 1971	277
1.1.1. Les victimes décédées par accident d'avalanches	277
1.1.2. Répartition par type d'activité	279
1.2. Les chances de survie	279
1.3. Témoignage d'accident par le curé d'Huez, 1944	280
2. Que faire en cas d'accident d'avalanche?	282
2.1. Vous êtes pris dans une avalanche	282
2.1.1. Que faire pendant l'avalanche?	282
2.1.2. Que faire quand l'avalanche s'arrête?	283
2.2. Vous êtes témoin d'un accident d'avalanche	283
2.2.1. Que faire pendant l'avalanche?	283
2.2.2. Que faire quand l'avalanche s'arrête?	283
2.3. La recherche à l'ARVA	285
2.4. L'alerte	286
2.4.1. Décrire avec précision le lieu de l'accident	286
2.4.2. Évaluer avec exactitude la demande de secours	286
2.4.3. Renseignements complémentaires	287
3. L'organisation des secours	287
3.1. Les différents acteurs	287
3.2. Le matériel de recherche de victimes d'avalanche	288
3.2.1. Les yeux et les oreilles	288
3.2.2. Les sondes	288
3.2.3. Les ARVA	289
3.2.4. L'émetteur simple	290
3.2.5. Le Recco	291
3.2.6. Le chien d'avalanche	292
3.2.7. Le ballon avalanche ABS	292
3.3. Déroulement des opérations	293
3.3.1. L'alerte	293
3.3.2. La montée en puissance des moyens de secours	294

Chapitre 13 : Aspects juridiques

1. Les fondements de la responsabilité	297
1.1. La faute pénale	297
1.2. La faute civile	298
1.3. La faute délictuelle ou quasi-délictuelle	298
1.3.1. Définition et nature	299
1.3.2. La procédure - les modes de preuve	299
1.3.3. La force majeure	299
1.4. La faute contractuelle	300
1.4.1. La nature de la faute	300
1.4.2. Obligation de résultat - Obligation de moyens	300
1.5. La théorie du risque accepté	301
2. Les procédures	301
2.1. Procédure pénale	301

2.2. Procédure civile	302
2.3. Procédure administrative	302
3. La jurisprudence	302
3.1. Avalanche au Plan-de-l'Aiguille (Mont-Blanc - 5/2/1978)	302
3.1.1. Les circonstances	302
3.1.2. L'arrêt de la cour	303
3.1.3. Analyse	303
3.2. Accident à l'Ouille Noire (Tarentaise - 14/3/1981)	303
3.2.1. Les circonstances	303
3.2.2. L'arrêt de la cour d'appel	304
3.2.3. Analyse	306
3.3. Accident au Mont-Genèvre (25/3/1978)	306
3.3.1. Les circonstances	306
3.3.2. Le jugement	306
3.3.3. Analyse	306
3.4. Accident de ski de fond hors piste sur la route du Petit Saint Bernard (24/2/1980)	307
3.4.1. Les circonstances	307
3.4.2. L'arrêt	307
3.5. Accident à la Roche-de-Mio (station d'Aime 2000)	309
3.5.1. Les circonstances	309
3.5.2. Le jugement	309
3.5.3. Analyse	310
3.6. Accident à Macot-La Plagne	310
3.6.1. Les circonstances	310
3.6.2. Le jugement	310
3.7. Avalanche à Val-d'Isère (15/1/1988)	312
3.7.1. Les circonstances	312
3.7.2. Le jugement	312
3.7.3. Analyse	312
3.8. Avalanche à Corrençon-en-Vercors (8/3/1988)	312
3.8.1. Les circonstances	312
3.8.2. L'arrêt de la cour d'appel	313
3.8.3. Analyse	313
3.9. Avalanche à Tignes (28/2/1987)	314
3.9.1. Les circonstances	314
3.9.2. Le jugement	314
3.9.3. Analyse	316
3.10. Avalanche à La Grave (31/01/1988)	316
3.10.1. Les circonstances	316
3.10.2. Le jugement	316
3.10.3. Analyse	316
3.11. Avalanche de Sarenne (Alpe-d'Huez)	317
3.11.1. Les circonstances	317
3.11.2. Le jugement	317
3.11.3. L'arrêt de la Cour	317
3.11.4. Analyse	318
3.12. Avalanche de Val-d'Isère du 23 février 1996	319
3.12.1. Circonstances	319
3.12.2. Le jugement	319
3.13. Avalanche à Saint-Sorlin-d'Arves du 16 février 1997	319
3.13.1. Les circonstances	319
3.13.2. Le jugement	320
3.13.3. Analyse	320
4. Conclusion	320
 Glossaire et index	
Utilisation du glossaire	322
Vocabulaire nivo-météorologique, terminologie scientifique	323
Vocabulaire technique	332
Index	333

REMERCIEMENTS

Il me faut remercier en premier lieu tous les responsables, qui ont permis la mise en œuvre des moyens nécessaires à la rédaction de cet ouvrage, tout particulièrement François Lacroix chef de la division Érosion Torrentielle, Neige et Avalanche du Cemagref, François Sivardière, directeur de l'ANENA et Éric Martin chef du Centre d'Études de la Neige de Météo-France. Avant eux, Gérard Brugnot et Jean-Pierre Feuvrier (pour le Cemagref), Jean-Louis Tuillon (pour l'ANENA) et Éric Brun (pour Météo-France) avaient apporté leur concours.

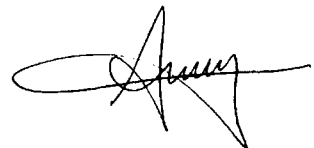
Beaucoup de personnes ont contribué à la rédaction ou ont facilité ma tâche. Mes remerciements vont tout particulièrement au colonel Delawarde, aux chefs de bataillon Acacio et Chastel, et au capitaine Sevezon (27^e DIM), à mes collègues Gilles Borrel, Hugo Martinez, Florence Naaim et François Valla (Cemagref).

Ce livre n'aurait jamais été possible sans la collaboration de plusieurs personnes qui ont participé directement à la rédaction ou qui y ont apporté leurs connaissances en rédigeant des points particuliers : Robert Bolognesi, chef de secteur Recherche & Développement dans le cabinet GESTER, Patrick Bornuat, chef du Centre Départemental de Météorologie de Tarbes, Claude Charlier, l'ancien expert *ès* avalanches du Cemagref, aujourd'hui expert indépendant, Alain Duclos, guide et pisteur à Valfréjus, Françoise et Charles Gardelle, historiens, Jean-Pierre Herry, médecin de l'ENSA et de la FFME, Olivier Marco, chef du service RTM des Hautes-Alpes, Éric Martin, chef du CEN, Edmond Pahaut, ingénieur à Météo-France, François Rapin, l'homme du génie paravalanche au Cemagref, Pierre Sarraz-Bournet, spécialiste des questions juridiques et président honoraire à la cour d'appel de Grenoble, Claude Sergent, ingénieur au CEN, François Sivardière, directeur de l'ANENA, Claude Rey, guide, intervenant au sein de la FFME et président du Syndicat des guides, Jacques Villecrose, prévisionniste au Centre Départemental de Météo-France de l'Isère et Jean-Paul Zuanon, rédacteur-en-chef de la revue *La Montagne et Alpinisme*.

Je sais gré également à Jean-Jacques Thillet de Météo-France, à Véronique Place et Barbara Mayet de l'ANENA. Claude Etchelecou a gracieusement permis la reproduction de ses photographies. Mes remerciements vont également à Gaston Tuillon pour ses critiques. Beaucoup d'autres ont bien voulu porter un regard critique de relecture du manuscrit et je les remercie de cette tâche quelque peu ingrate, notamment Roger Billon (CAF de Romans), Laurent Buisson et Jean-Paul Zuanon.

En dernier lieu, je tiens à citer Charly-Yves Chaudoreille et Françoise Eimecke d'Édisud. Qu'ils en soient vivement remerciés.

Christophe ANCEY,
division Érosion Torrentielle,
Neige et Avalanches (Cemagref)
Grenoble, juillet 1998



PRÉFACES

Le présent ouvrage, patronné par l'ANENA, apporte une analyse complète et précise des risques, basée sur une mine de données et d'exemples. Il donne des conseils précieux, voire vitaux, tirés d'exemples d'accidents vécus, qui illustrent et enrichissent cette étude.

Dans la plupart des cas, les avertissements n'ont pas été suivis. On ne doit pas oublier que si une avalanche s'est déclenchée, c'est que déjà un danger existait. Chaque randonneur a sa part de responsabilité en méprisant les avertissements.

Cet ouvrage est utile et profitable, d'autant plus que le nombre de touristes en montagne ne cesse d'augmenter. Pour diminuer le nombre de victimes, ce manuel donne des conseils et des règles de sécurité pour la conduite des courses, des conseils déduits de situations avalancheuses et de nombreux accidents.

Malgré ces mises en garde, on n'éliminera jamais tous les accidents, mais on tente d'en réduire le nombre. Ce qu'il y a de terrible, c'est que dès qu'il y a un accident d'avalanche, on considère les victimes comme fautives. Il est en général plus facile d'énoncer le danger après coup qu'avant l'avalanche.

André ROCH,
Genève, août 1996

Lorsque notre petit groupe entreprit, il y a 27 ans, d'associer des spécialistes de différentes formations pour créer l'ANENA, nous savions que la nouvelle association aurait à faire face aux immenses problèmes de sécurité posés par l'explosion du tourisme hivernal alpin ou pyrénéen au cours des années soixante.

C'était d'abord, à la charge des services publics, la nécessité d'assurer la protection des équipements permanents, routes et habitat humain. C'était ensuite, au sein de stations de sport d'hiver, le devoir d'assurer la sécurité de leurs clients sur les pistes. Mais il s'agissait aussi, et il s'agit de plus en plus, de la sécurité du simple randonneur pratiquant désormais en toute saison ce qu'on appelait autrefois le *ski de printemps*.

Or le responsable d'une course en montagne ne dispose ni de cartographies des avalanches, ni d'ouvrages de protection, ni de moyens sophistiqués de purger les couloirs qu'il aborde ! Il est seul devant une multitude de décisions à prendre en fonction d'une foule de facteurs dépendant du relief, de la pente, de l'exposition, de l'évolution du manteau neigeux depuis le début de la saison, des précipitations, du vent et des températures constantes localement les jours précédents ou prévus le jour de la course... et des capacités des randonneurs qu'il est en charge d'accompagner !

L'expérience du vieux montagnard ne suffira pas toujours hélas ! à lui éviter des décisions malheureuses. Les connaissances scientifiques les plus approfondies non plus ! Il lui faudra les deux pour faire au mieux !

C'est la gageure qu'a tenté de relever le présent ouvrage : il expose avec beaucoup de clarté et de rigueur les dernières données scientifiques sur la physique de la neige et les avalanches ; il décrit et compare les pratiques couramment uti-