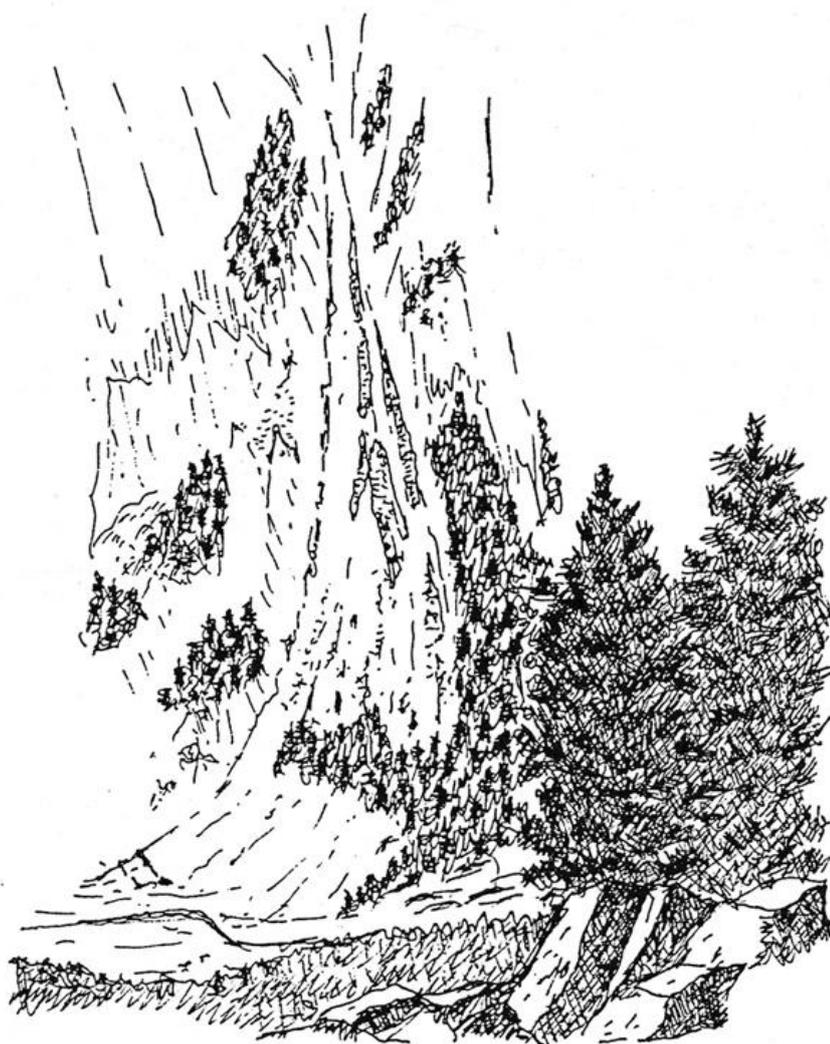


LIBR 95

risques naturels



ANDORRA



Fontverd i la Canal de la Gella
des de la Rata de Perafita - JBR 91.

L'ANDORRE MUTATIONS D'UNE ÉCONOMIE MONTAGNARDE

JEAN BECAT - ICRESS

LIVRE 1 - ORIGINALITÉ ET BANALITÉ DE L'ANDORRE

**LIVRE 2. LA SOCIÉTÉ ET L'ORGANISATION
TRADITIONNELLES DE L'ANDORRE**

**LIVRE 3 - L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE EN
ANDORRE**

**LIVRE 4 - LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU
TERRITOIRE**

LIVRE 5 - LA GESTION CONTEMPORAINE DES FORÊTS

**LIVRE 6 - LES INCIDENCES SUR LE CADRE
INSTITUTIONNEL**

**LIVRE 7 - BIBLIOGRAPHIE, ILLUSTRATIONS, LEXIQUES
ET DOCUMENTS**

Note : Cet ouvrage est la reproduction sans modifications de la thèse de Doctorat d'État préparée sous la direction du professeur Jean Le Coz et du professeur Pierre Carrière, et présentée et soutenue publiquement par Jean Becat le 18 décembre 1993 à l'Université Paul Valéry Montpellier III sous le titre : *Les Pyrénées méditerranéennes, mutations d'une économie montagnarde : le cas de l'Andorre.*

SOMMAIRE DE LA THÈSE

LIVRE 1 - ORIGINALITÉ ET BANALITÉ DE L'ANDORRE

- 1.1 - Une *comarca* pyrénéenne catalane gérée par ses habitants
- 1.2 - Un micro-État européen
- 1.3 - Isolement et ouverture
- 1.4 - Le cadre physique et ses contraintes
- 1.5 - Documents annexes
- 1.6 - Bibliographies thématiques
- 1.7 - Cartes et documents hors texte

LIVRE 2. LA SOCIÉTÉ ET L'ORGANISATION TRADITIONNELLES DE L'ANDORRE

- 2.0 - Introduction. Un système intégré
- 2.1 - La vie pastorale
- 2.2 - L'organisation, la fonction et la gestion de l'espace montagnard
- 2.3 - L'organisation sociale
- 2.4 - L'organisation politique
- 2.5 - Conclusion. Un système cohérent
- 2.6 - Documents annexes
- 2.7 - Bibliographies thématiques
- 2.8 - Cartes et documents hors texte

LIVRE 3 - L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE EN ANDORRE

- 3.1 - L'économie, la société et les institutions andorranes actuelles
- 3.2 - Les communications
- 3.3 - L'urbanisation
- 3.4 - Les aménagements locaux ou ponctuels: les routes en montagne, les stations de ski
- 3.5 - L'évolution de l'économie pastorale et des cultures
- 3.6 - Conclusion. Les concepts ont changé
- 3.7 - Documents annexes
- 3.8 - Bibliographies thématiques
- 3.9 - Cartes et documents hors texte

LIVRE 4 - LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

- 4.0 - Introduction. Les orientations de l'étude

- 4.1 - La notion de risque naturel
- 4.2 - Les risques pris en compte en Andorre et le bilan des études: les avalanches, les inondations, les formes d'instabilité des versants
- 4.3 - Vers une politique globale
- 4.4 - Documents annexes
- 4.8 - Bibliographie thématique
- 4.9 - Cartes et documents hors texte

LIVRE 5 - LA GESTION CONTEMPORAINE DES FORÊTS

- 5.1 - Une longue absence de gestion
- 5.2 - La progression des forêts et ses limites
- 5.3 - Les alertes
- 5.4 - Vers une gestion des forêts
- 5.5 - Documents annexes
- 5.6 - Cartes et documents hors texte

LIVRE 6 - LES INCIDENCES SUR LE CADRE INSTITUTIONNEL

- 6.1 - Le cadre institutionnel andorran et son évolution: réforme ou constitution?
- 6.2 - Les changements dans la structure institutionnelle de l'Andorre
- 6.3 - La constitution andorrane et la reconnaissance internationale de l'Andorre
- 6.4 - Documents annexes

LIVRE 7 - BIBLIOGRAPHIE, ILLUSTRATIONS, LEXIQUES ET DOCUMENTS

- 7.1 - Bibliographie
- 7.2 - Illustrations, tableaux, schémas dans le texte
- 7.3 - Lexiques thématiques
- 7.4 - Documents annexes
- 7.5 - Cartes et documents hors texte
- 7.6 - Sommaire

LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

SOMMAIRE DU LIVRE 4

Sommaire détaillé	6
Introduction. Les orientations de l'étude	11
1 - La notion de risque naturel	13
1.1 - Les risques naturels	
Risque naturel	
Risque naturel et aléa	
L'évaluation du risque	
L'évaluation du risque en Andorre	
1.2 - L'évolution des risques naturels en Andorre	
1.3 - La prise de conscience de risques naturels	24
Les catastrophes récentes	
Les initiatives administratives	
Les nécessités de la nouvelle image touristique	
1.4 - Les limites de la politique territoriale	
2 - Les risques pris en compte en Andorre et le bilan des études	33
2.1 - Les avalanches	34
21.1 - Les études du risque d'avalanche en Andorre	40
Les premières études	
L'avalanche du Pas de la Casa	
L'avalanche de Soldeu	
Le Centre d'Études Andorranes de l'Université de Perpignan	
Les demandes et les objectifs	
La méthodologie	
Le souci de l'adaptation à la situation andorrane	
Les moyens utilisés	
Les observations de terrain	

Les cartes de risque d'avalanche	
Les autres études.	
Vers une gestion de la neige et du risque d'avalanches	76
Les premiers objectifs et la levée des obstacles	
Le cadre légal	
Un système informatique pour gérer la neige et les avalanches	
L'inventaire et le fichier des zones et des départs d'avalanches	
Le premier bilan et les perspectives	
21.2 - Les types d'avalanches. Les facteurs favorables en Andorre	81
La neige et l'évolution du manteau neigeux	
Les types d'avalanches	
Les facteurs dûs au relief et aux modelés	
Les facteurs à la végétation et à l'action anthropique	
21.3 - Les types de zones à risques et les types d'avalanches en Andorre	96
Avalanches et zones d'avalanches	
Comment lire la cartographie CLPA d'Andorre	
La cartographie CLPA réalisée en Andorre	
- Les types de situations à risque d'avalanches en Andorre	
21.4 - Le bilan	131
2.2 - Les inondations et les <i>aiguats</i>	134
22.1 - Le risque d'inondation et ses effets en Andorre	
22.2 - <i>L'aiguat</i> de 1937	137
Les caractères généraux	
La situation météorologique	
Les régions affectées	
Les dommages en Andorre	
22.3 - <i>L'aiguat</i> de 1982	148
Situer l'événement	
La situation météorologique	
La crue et le tremblement de terre d'Oliana	
La dynamique fluviale et torrentielle et les effets de <i>l'aiguat</i> en Andorre	
Le bassin de la Valira del Nord	
Les bassins de la Valira d'Orient et du Madriu	
Le Gran Valira	
L'inventaire des zones sensibles en Andorre	
<i>L'aiguat</i> de 1982 hors d'Andorre	

22.4 - La politique de protection	219
2.3 - Les formes d'instabilité des versants	232
23.1 - La réalité du risque	
23.2 - Les études sur la stabilité des versants	
23.3 - Quelques types de situations en Andorre	235
Les formes de solifluxion diverses	
Les <i>tarteres</i> et les <i>pedruscalls</i>	
Les glissements de terrain	
Les glissements de terrain localisés	
Les grands glissements de terrain	
3 - Vers une politique globale	258
3.1 - Les autres risques à prendre en compte	
Le risque sismique	
L'évolution de la végétation et son contrôle. Le risque d'incendie	
La déstabilisation des talus et des versants par les infrastructures	
et par les constructions	
Les autres risques anthropiques	
3.2 - L'Andorre et les autres régions pyrénéennes	
3.3 - Vers des PER andorrans?	280
L'évolution des attitudes	
Les questions à résoudre	
4 - Livre 4, 2^{ème} partie, documents annexes : Les types d'avalanches	
et les facteurs favorables en Andorre	284
5 - Livre 4, 3^{ème} partie, documents annexes : <i>L'aiguat</i> des 7 et 8 novembre	
1982 en Andorre, la dynamique torrentielle et fluviale	289
6 - Livre 4, 4^{ème} partie, documents annexes : Risques naturels et gestion	
du territoire	293
7 - Bibliographie thématique: les risques naturels	298
8 - Cartes et documents hors texte. Risques naturels et gestion du territoire.	314
8.1 - La première cartographie CLPA réalisée en Andorre (15 planches)	
8.2 - L'inventaire des zones d'avalanches. La couverture systématique de	
l'Andorre: les secteurs des études CLPA (26 documents)	

Bref sommaire	316
----------------------	-----

SOMMAIRE : LIVRE 4, deuxième partie

Sommaire général	4
-------------------------	---

4 - Document annexe : LES TYPES D'AVALANCHES ET LES FACTEURS FAVORABLES EN ANDORRE

4.1 - Types d'avalanches et de zones avalancheuses	12
4.2 - Facteurs favorables	24
4.3 - Types de situations en Andorre	57
4.4 - Activités et biens menacés en Andorre	79
44.1 - Forêts et risque d'avalanche	81
44.2 - Ski et risque d'avalanche	84
44.3 - Bordes et risque d'avalanche	86
44.4 - Circulation, urbanisation et risque d'avalanche	87
44.5 - P.E.R. et risque d'avalanche	92

SOMMAIRE : LIVRE 4, troisième partie

Sommaire général	3
-------------------------	---

5 - Document annexe : L'AIGUAT DES 7 ET 8 NOVEMBRE 1982 EN ANDORRE, LA DYNAMIQUE TORRENTIELLE ET FLUVIALE

5.1 - Le bassin de la Valira del Nord	8
La vallée de la Valira del Nord en amont de la Massana	11
La vallée du Riu de Pal	12
La vallée du Riu d'Arinsal	21
La Valira del Nord entre la Massana et Engordany	34
5.2 - Le bassin de la Gran Valira	40
Andorra la Vella	42
La vallée du Riu d'Os de Civis	51

Sant Julià de Lòria	61
-------------------------------	----

SOMMAIRE : LIVRE 4, quatrième partie

Sommaire général	3
----------------------------	---

6 - Documents annexes : LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

6.1 - Les premières études d'avalanches: <i>l'Allau del Pas de la Casa</i>	8
6.2 - Les premières études d'avalanches: <i>l'Allau de Soldeu</i>	20
6.3 - La première cartographie systématique du risque d'avalanche; 1980	35
6.4 - Les cartes CLPA: exemples de traitement d'un secteur	48
6.5 - Les autres études d'avalanches	65
6.6 - Vers une gestion du risque d'avalanche	83
6.7 - La difficile action publique	91
6.8 - La réglementation sur les terrains affectés par les avalanches	105
6.9 - L'inventaire des zones d'avalanches	109
6.10 - <i>Aiguat</i> : les zones sensibles et la politique de protection en Andorre.	115
6.11 - <i>L'esllavissada</i> de La Grella, 1987	127



Les risques naturels et la gestion du territoire

Introduction : les orientations de l'étude

L'angle d'approche sera celui de la relation entre les risques naturels et l'utilisation du territoire andorran. Cela suppose une définition du risque dans la Principauté, un regard sur ses implications économiques et politiques et, surtout, son étude: quel est le risque, comment se manifeste-t-il, quels sont les facteurs favorables et quel est le bilan de la situation en Andorre? Chaque fois, nous précisons quelle fut la méthodologie utilisée et quelles en furent les limites. Nous ferons aussi le bilan des diverses études réalisées sous notre direction ou dans d'autres cadres. Nous éviterons autant que possible de théoriser sur les risques naturels, car il existe une bibliographie abondante sur ce thème, grâce aux études modernes de géomorphologie ou d'écologie et, en France, grâce à la législation mise en place à la faveur des P.E.R., les plans d'exposition aux risques¹.

Plus que dans les États voisins, les études et la gestion des risques naturels en Andorre ont une forte incidence -ou composante- politique et institutionnelle. Cet aspect sera surtout développé dans le chapitre 3, mais nous signalerons ces incidences sur le cadre institutionnel chaque fois que ce sera nécessaire ou démonstratif, tout en laissant les analyses et les interprétations pour plus tard.

Aujourd'hui la question des risques naturels prend une acuité toute particulière dans la Principauté. En effet, son évolution économique implique à la fois l'utilisation estivale et hivernale de l'ensemble de la haute montagne et de l'espace si limité des vallées, donc une confrontation permanente avec les risques jusqu'aux limites acceptables, et l'usage de ces territoires à risques à n'importe quel moment de l'année par une quantité massive de personnes de moins en moins bien préparées. Sous cet

¹ - Voir en particulier: les volumes 1 (*Geologia*), 3 (*Recursos naturals i sòls*) et 7 (*Vegetació*) de l'*Història Natural dels Països Catalans*; l'article de J. Becat: "Els recursos naturals, usos i malgastaments, i els riscs naturals als Països Catalans", dans les actes du premier congrès de géographie des Pays Catalans, Barcelone, 1992; les publications de la Documentation Française pour le compte du Ministère

angle l'Andorre constitue un laboratoire très intéressant et un exemple à suivre de près par les régions et les États voisins. Le contact avec les risques, ceux qui existaient déjà ou ceux qui se sont révélés, devient plus fréquent que dans le passé à cause de l'extension de l'espace urbanisé, de l'impact des travaux publics, des modifications ou des altérations corrélatives du milieu et des conditions d'équilibre physique et biogéographique.

Depuis *l'aiguat* de 1982 et la manifestation plus fréquente du risque d'avalanche, il est devenu évident qu'il y a une forte incidence du risque sur l'économie et sur l'utilisation actuelles du territoire andorran. Il implique des coûts supplémentaires, que l'on ait une politique de prévention ou que l'on attende sa manifestation, et des limitations dans l'utilisation du territoire. Avec la réparation des dégâts de *l'aiguat* et la cartographie de localisation probable d'avalanches, on a pu percevoir les changements que la prise en compte du risque apporte aux usages et au droit. Il implique aussi une redéfinition des compétences et des stratégies politiques. Il a amené à changer les priorités des investissements publics, en mobilisant une forte partie du budget pendant toutes les années quatre-vingts. Il a fait évoluer les comportements de la société et les attitudes de l'opinion publique vis à vis de l'aménagement du territoire.

D'une manière plus ou moins explicite, les responsables et une partie de l'opinion publique ont pris conscience qu'il était nécessaire de conjuguer trois éléments. D'abord il faut désormais gérer le territoire, pour éviter des abus ou de futurs problèmes. Ensuite on s'est aperçu que les meilleurs espaces étaient déjà occupés et qu'il fallait les ordonner, les restructurer, en particulier dans les zones urbaines, et qu'il fallait mieux gérer les espaces encore libres. Enfin il est devenu évident que les risques naturels impliquaient des limitations d'usage du territoire et des surcoûts qu'il fallait accepter, ainsi que des altérations de l'image de l'Andorre à l'extérieur qu'il fallait contrôler.

1 - La notion de risque naturel et l'Andorre

1.1 - Les risques naturels

Risque naturel

Bien que l'expression risque naturel soit très utilisée, bien qu'il existe en France depuis le début des années quatre-vingts une réglementation concernant les plans d'exposition aux risques et une Délégation aux Risques Naturels Majeurs au sein du Ministère de l'Environnement (Secrétariat d'État selon les gouvernements), la notion de risque naturel demeure très ambiguë. Dans les milieux administratifs, scientifiques ou universitaires, elle est souvent corrigée par un énoncé en apparence plus précis: risques naturels majeurs, ou risques naturels et technologiques.

En réalité cela ne rend la définition ni plus commode ni plus claire. Dans le cadre des P.E.R., l'adjectif majeur, qui signifie normalement le plus grand, le plus important ou le plus considérable, arrive à qualifier des risques auxquels il peut être remédié par des travaux modestes. Ce sont les cas, cités en exemple, d'un renforcement des piliers de la cave d'une maison, d'une saignée de drainage sur un talus de route pour éviter un glissement local, en ce qui concerne le risque naturel majeur "mouvements de terrain" avec un niveau d'aléa faible ou moyen². Évidemment, lorsque le risque entre dans une réglementation et dans un système d'assurances, il faut bien placer un seuil à un niveau suffisamment bas pour que les dommages matériels puissent être pris en compte. Mais, pour l'opinion publique comme pour les personnes averties, il subsiste toujours une confusion qui vient du vocabulaire utilisé et, en fin de compte, des concepts eux-mêmes car ils ne sont pas encore assez clarifiés.

Les P.E.R. incluent principalement dans les risques naturels majeurs les mouvements de terrain (éboulements et chutes de rochers, ravinements, coulées boueuses, laves torrentielles, instabilités des terrains et des versants), les inondations et les avalanches. Dans la définition de la vulnérabilité à ces risques majeurs, c'est-à-dire

² - La Documentation Française: *Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs*, 1990, p.21.

de l'exposition au risque et du dommage prévisible, on commence par des événements modestes pour aller jusqu'aux catastrophes les plus meurtrières. Entrent donc dans la nomenclature des risques naturels majeurs des phénomènes naturels mineurs tels que les chutes de blocs d'une falaise, l'éboulement d'un talus routier ou l'inondation avec une laisse inférieure au mètre. Sans que ce soit dit explicitement dans la bibliographie ni dans la réglementation consultées, il semble que majeur ne soit pas utilisé dans son sens propre, mais comme synonyme de courant, commun ou habituel.

D'autres réserves peuvent s'appliquer à l'expression risques naturels et technologiques. Elle laisse entendre que les risques naturels ont des causes ou des éléments dûs aux hommes, ce qui est vérifié dans la plupart des cas. Elle oriente vers les risques dûs à l'industrie et aux autres activités productrices, y compris l'agriculture, vers les contaminations et les pollutions permanentes ou occasionnelles. Dans tous les cas cités dans la littérature spécialisée il s'agit de risques technologiques civils (les incidences constatées ou prévisibles d'événements militaires ne sont guère évoqués), mais, souvent, on n'y comprend pas les pollutions habituelles, continuées et supportables -ou supportées- des zones urbaines, de l'atmosphère, des sols, des nappes phréatiques. On y compte plus systématiquement les altérations du milieu marin. À partir de quels niveaux ou de quels dommages soudains ou de manifestation progressive deviennent-ils un risque? Et comment apprécier et quantifier ces seuils?

Par contre, il est de plus en plus habituel d'inclure dans les risques naturels et technologiques toutes les évolutions régressives de la végétation ainsi que les incendies des régions méditerranéennes. Sont-ils risque naturel ou risque technologique? Peut-on même parler de risque? Évidemment la technologie y est pour beaucoup, à travers l'artificialisation séculaire ou actuelle du milieu. Mais si les conséquences sont parfois désastreuses (destruction de formations végétales et d'écosystèmes, érosion des sols, appauvrissement de la faune, victimes humaines...) et si les incendies obligent les pouvoirs publics à mobiliser des moyens d'intervention et de protection coûteux, s'agit-il d'un risque naturel? Compte tenu des mutations socio-économiques et de la situation de la végétation méditerranéenne, souvent abandonnée à elle-même après une forte artificialisation, ne doit-on pas les interpréter comme des évolutions normales et continues, donc les exclure des risques naturels?

En dépit de toutes les coquetteries que l'on peut avoir, l'expression risque naturel est aujourd'hui admise par tout le monde, mais elle doit être modulée car peu de risques sont seulement naturels. Il y a presque toujours une composante anthropique dans les risques qui nous affectent, qu'il s'agisse des causes, des dynamiques ou de l'amplification des effets et des dommages. C'est un élément suffisamment établi pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister. Les risques que nous étudions en Andorre en apportent de multiples exemples. L'impact de *l'aiguat* de novembre 1982 fut amplifié par un mauvais aménagement des fonds de vallée et la charge des eaux, donc leur

capacité de transport, augmentée par tous les déblais et dépôts mobilisables. L'effondrement rocheux de la Grella a sa cause autant dans la présence d'une carrière que dans les facteurs géologiques et dans les pluies d'automne. La mortalité et le jaunissement des pins en 1978 sont dûs tout autant à la sécheresse prolongée qu'à la progression non contrôlée des forêts après l'abandon rapide de l'économie traditionnelle.

Risque naturel et aléa

Quand peut-on parler de risque? Il y a risque naturel chaque fois que des personnes, des biens, des productions ou des richesses exploitables se trouvent exposés à un phénomène naturel de caractère aléatoire. Si la délimitation du risque n'implique pas des mesures administratives ni des champs d'assurance -ce qui a toujours une conséquence réductrice sur le contenu sémantique- il vaut mieux élargir au maximum l'interprétation des deux composantes de notre définition. D'une part, il y aura risque chaque fois qu'un dommage est prévisible, y compris lorsque le bien affecté n'est pas pris en compte par le calcul économique de la richesse (par exemple, au-delà d'une évolution normale, une altération du milieu ou une érosion qui entraîne des sols). D'autre part le champ d'étude du phénomène naturel, qui devient risque lorsqu'il nous affecte, ne doit pas se voir imposer de limites, en particulier lorsque les manifestations ou les dommages sont localement modestes. Nous présenterons une application systématique de cette approche à propos des études du risque d'avalanches et d'une mortalité des forêts en Andorre (chapitres 21 et 33).

Dans la pratique, il faut surtout distinguer le risque du phénomène naturel proprement dit et de l'aléa. Le risque est toujours lié à un dommage potentiel pour l'homme, pour ses biens et ses activités ou pour les ressources qu'il peut mobiliser, par exemple les forêts, les sols ou les nappes phréatiques. Sans que le risque ni l'aléa ne soient définis directement -mais peut-être cela tombe-t-il sous le sens- mais par leurs manifestations ou par leurs conséquences, c'est ce que décrivent les ouvrages sur les risques naturels majeurs, édités par le Ministère de l'Environnement français pour guider les réalisateurs de P.E.R. Suivant une démarche très pragmatique, on passe directement, sans théoriser, à la cartographie, aux échelles d'intensité, graduées selon des effets observables (chutes de blocs, glissement localisé entre 2 et 6 mètres, etc.) et selon les travaux de prévention à effectuer, puis aux conditions d'existence de l'aléa. Il en est de même pour l'aléa inondation. Dans les calculs de vulnérabilité aux risques, il est recommandé de délimiter des zones d'aléas³, qui sont ensuite comparées aux zones

³ - id., point 2, p.25 et ss, "Qualification et cartographie de l'aléa mouvement de terrain": les manifestations du risque sont énumérées et classées, les éléments d'expertise sont précisés ainsi que les coûts des protections éventuelles, mais la notion d'aléa/risque est utilisée sans définir ce qu'on entend par là.

bâties ou urbanisables, aux tracés des voies de communication et aux espaces utilisés par les activités productives, pour en déduire des classes de vulnérabilité actuelle ou future.

La plupart des dictionnaires et des vocabulaires de géographie ou de géomorphologie, tout comme les manuels universitaires français jusqu'à une date très récente ne définissaient pas les notions de risque ou de risque naturel, et rarement l'aléa ou l'occurrence. Cependant, le volume 3 de l'*Història Natural dels Països Catalans*, dans son chapitre "*Recursos i riscos geològics*" commence par une "*Introducció al concepte de risc geològic*". Elle est claire et bien enlevée, mais elle ne définit pas le risque: elle sensibilise, elle note les progrès de la connaissance, puis on passe à la typologie. La relation risque-biens ou personnes est explicite, mais peu théorisée: "*Aquests processos segueixen unes determinades lleis i són originats per mecanismes que, a poc a poc, són identificats i entesos. No és correcte, doncs, el catastrofisme resignat amb què moltes vegades s'intenta descriure els riscos naturals, tot titllant-los d'imprevisibles. Aquesta posició amaga un comportament que pretén defugir de les responsabilitats d'una manca de previsió per a protegir els béns i les persones. (..) Cal previament entendre els processos naturals i els mecanismes que els regulen, tot intentant avaluar el grau de risc geològic que ofereixen*"⁴.

L'évaluation du risque

Aujourd'hui, l'aménagement du territoire comme l'information et la protection des habitants et des touristes demandent une connaissance globale des risques naturels. La prise en compte du risque implique à son tour une hiérarchisation des risques et des interventions publiques. Il faut donc établir une typologie des risques, puis définir la vulnérabilité des biens et recenser quelles sont les activités menacées ou limitées. Cela débouche forcément sur la définition de la responsabilité et, par voie de conséquence, sur la question de l'assurabilité, donc de la définition des champs respectifs des assurances et des pouvoirs publics.

La définition d'un risque naturel, sous l'angle de la gestion et de l'aménagement du territoire semble donc assez simple: il y a risque naturel chaque fois que des personnes ou des biens sont menacés par un phénomène naturel, ou encore, quelles que soient ses causes ou ses mécanismes, lorsqu'il met en jeu des éléments naturels. Une grande avalanche dans une montagne inhabitée du grand nord n'est pas un risque naturel. De même, un grand couloir d'avalanche dans le massif du Canigou ou dans la haute vallée du Madriu (zones sans routes ni équipements de sports d'hiver) est-il

⁴ - Fundació Gran Enciclopèdia Catalana: *Història Natural...*, volume 3, ch.4 - *Els riscos geològics*, par Jordi Corominas, p.227 et suivantes. Barcelone, 1985.

vraiment un risque naturel? Il ne le devient que lorsque ces hauts massifs sont fréquentés par des randonneurs ou bien lorsque l'avalanche menace des forêts de production. Par contre une avalanche plus modeste, comme celle de Soldeu, est un risque naturel considérable parce qu'elle menace à tout moment de l'hiver une route à grande circulation.

Dans cette optique, la question la plus délicate n'est donc pas la localisation ni l'étude scientifique du risque mais bien l'évaluation du risque dans le cadre de mesures administratives ou de couvertures d'assurance. Il est donc nécessaire de mettre en place des critères objectifs ou, à défaut, des observations empiriques mais mesurables pour définir le risque par le biais de la vulnérabilité. Cela suppose que l'on soumettra très strictement l'appréciation du risque à l'importance des dommages sur les biens, sur les activités ou sur les personnes et non pas, comme on le ferait dans une recherche fondamentale, à des critères descriptifs ou de causalité liés au phénomène naturel qui provoque le risque. Bien entendu, quelles qu'en soient ses causes, c'est privilégier une approche anthropique ou réglementaire au détriment d'une approche scientifique du risque lui-même, que cette dernière soit analytique (causes, mécanismes, effets, fréquence) ou taxonomique, selon des critères qui ne prendraient en considération que le phénomène étudié (taille des avalanches, importance des débits, etc.).

Dans cet examen de la notion de risque naturel nous noterons au passage que nous n'abordons pas de front des questions essentielles pour la gestion du risque. Entre autres: qui prend le risque? dit d'une autre manière, peut-on laisser quelqu'un prendre un risque, même si la personne affectée ou le propriétaire du bien menacé en est d'accord? quel est le champ de l'action des pouvoirs publics, ou, si l'on préfère, jusqu'où leur responsabilité est-elle engagée ?

L'évaluation du risque en Andorre

Si les études de risque commencent à être abondantes en Andorre, il faut reconnaître que la réflexion sur les aspects que nous venons d'évoquer n'est pas aussi avancée. Peut-être est-ce parce que beaucoup d'études n'entraient pas dans un schéma général ni dans une typologie des risques fixés réglementairement au préalable, comme en France. Peut-être les études n'ont-elles pas assez tenu compte des besoins des actions d'aménagement qui en découleraient. En Andorre, il se-rait nécessaire de casser les schémas de réflexion habituels des chercheurs, car ils provoquent un compartimentage trop hermétique entre les études et les propositions opérationnelles réalisables.

Quels critères choisir afin de préparer une hiérarchie adaptée à l'aménagement? On peut peut-être avancer en répondant à quelques questions.

- Faut-il faire une hiérarchie et une typologie selon les risques qui, objectivement, menacent le pays, thème par thème? C'est le plus simple, si on peut facilement mobiliser des spécialistes et des groupes d'étude pour chacun des risques à envisager. C'est le chemin qui a été suivi en Andorre, faute d'avoir un gouvernement qui ait les compétences et le poids politique nécessaires pour pouvoir fixer un cadre législatif global préalable. Nos études entrent dans cette ligne, comme pratiquement toutes celles que nous serons amenés à évoquer. On obtient rapidement des résultats utilisables ou des inventaires thématiques. C'est le cas de la couverture CLPA, de la cartographie des forêts ou de l'inventaire des risques d'instabilité des versants commandés par le gouvernement andorran.

- Faut-il faire une hiérarchie selon la dimension et la situation des espaces affectés par tel ou tel risque? Ce serait déjà une approche plus utile pour l'aménagement du territoire, avec un classement allant du général au ponctuel, qui facilite la décision politique.

- Faut-il faire une hiérarchie selon l'utilisation du territoire, c'est-à-dire selon les propriétés, les activités, les utilisateurs et les biens? Par exemple, il serait possible de déterminer quels sont les risques qui affectent les zones urbanisées ou l'habitat isolé, les routes principales ou les routes secondaires, les pistes et les chemins, les cultures, les forêts, les zones de montagnes fréquentées, selon les saisons. Ensuite, avec des critères semblables à ceux des P.E.R., il s'agirait de déterminer pour chaque espace le degré d'utilisation: nombre d'utilisateurs, intensité, fréquence, concentration ou dispersion, etc., et le type de public concerné: a-t-il connaissance du pays et du risque, est-il sensibilisé au risque, quel est sa capacité d'éducation?

- Faut-il faire une hiérarchie selon les priorités de l'intervention, ou selon le coût de la prévention et de la protection? Dit d'une autre manière, devant la difficulté à réaliser rapidement les actions de prévention et d'aménagement de l'ensemble du territoire actuellement utilisé, pour des raisons budgétaires et de délais, quelles sont les zones où il serait le plus urgent de lancer des études et des interventions, tous risques confondus? On peut noter que cette approche demande une étude globale des risques et relation avec l'utilisation du territoire et non des études risque par risque. C'est un angle proche de celui des P.E.R. en France.

Il est clair que les priorités et les approches seront très différentes selon qu'on s'adressera soit à des scientifiques ou à des ingénieurs de diverses branches, soit à des administratifs ou à des politiques. Ces derniers sont davantage confrontés à la nécessité de trouver des solutions, par la pression de l'opinion publique dès qu'un risque se manifeste ou par la question de la responsabilité civile ou morale. Et, à l'inverse, ils sont limités par les contingences de l'action: il faut définir des priorités et adapter les travaux aux budgets mobilisables, il faut juger du niveau de pression budgétaire que l'opinion

publique acceptera pour lutter contre des risques qui n'affectent pas tout le monde, il faut s'attendre à se voir demander des comptes sur le rendement des investissements et sur l'opportunité des travaux réalisés, etc.

Les premiers, chercheurs et techniciens, essaieront toujours de mettre en avant des études analytiques ou des typologies risque par risque, afin de se situer sur un terrain connu. Cela ne les empêche pas d'insister constamment sur la nécessité de l'interdisciplinarité. Il est inutile de souligner la difficulté des échanges entre sciences, qui n'est dépassée que par la difficulté à mobiliser les souvenirs des témoins et des propriétaires à propos des risques lorsque des intérêts concrets sont en jeu. Il ne faut pas négliger non plus le prestige et l'influence des personnalités scientifiques et des experts sur les hommes politiques, et leur grande habileté à dévier n'importe quelle étude vers leurs préoccupations et leurs compétences.

L'étude de n'importe quel risque naturel pose la question, toujours évoquée mais difficile à résoudre dans la pratique, de la mobilisation de divers spécialistes et du dialogue entre les différentes disciplines, même voisines ou se partageant un même champ d'étude. En effet, il faut analyser et faire converger l'ensemble des facteurs qui interviennent, lithologiques, physiques et géomorphologiques, et surtout économiques et humains et, en particulier, les comportements, la sensibilité au risque ou les réticences à accepter des contraintes. De plus, la connaissance d'un risque n'a de sens que si elle est liée à une action future, ou du moins à une attitude volontariste de sensibilisation ou de prévention. C'est alors qu'interviennent d'autres critères qu'il faut aussi étudier, politiques, comme la décision d'utiliser ou non un espace, ou économique-politiques, comme le coût: combien coûtera un risque si on n'agit pas (dommages économiques ou humains, responsabilités), combien coûtera la limitation ou l'interdiction d'usage des espaces menacés, combien coûtera la prévention ou la correction du risque, avec la question annexe: le propriétaire ou la collectivité locale peuvent-ils les assumer? Interviennent alors les économistes et les juristes.

Plus que par les contenus des études, les seconds seront toujours plus intéressés par les critères qui leur faciliteront la décision politique et l'aménagement sans complications du territoire. Ils devraient donc être plus sensibles aux hiérarchies qui se basent sur la taille des espaces affectés par les risques, sur l'utilisation et sur le coût des interventions. L'étude ou l'analyse du risque n'en est pas marginalisée pour autant: elle est un préalable; elle doit accepter de s'intégrer dans un cadre différent.

À propos de l'Andorre, suivant la méthodologie des études de P.E.R., à titre d'exemple voici deux inventaires à propos du risque d'avalanche: bien menacés et activités menacées ou limitées, avec chaque fois une liste de questions techniques ou politiques à résoudre.

B - Activités menacées ou limitées par le risque d'avalanche et quelques problèmes à résoudre.

Les activités menacées ou limitées:

- 1 - Toutes les activités de sport d'hiver, et en particulier:
 - * Le ski de piste dans les zones contrôlées des stations de ski alpin.
 - * Le ski hors-piste.
 - * Le ski de fond dans les zones contrôlées de stations de ski nordique.
 - * Le ski de randonnée.
- 2 - La circulation routière:
 - * sur les routes du domaine public de l'État ou des collectivités locales.
 - * sur les voies privées.
- 3 - Les campings-caravanings aménagés pour l'hiver.

Quelques problèmes à résoudre:

- 1 - La définition des dommages.
 - * Dommages aux personnes.
 - * Dommages aux véhicules.
- 2 - La définition de la responsabilité.
- 3 - Le champ de l'assurance (ou assurabilité). Dans quelle mesure:
 - * le risque est-il connu?
 - * la vulnérabilité est-elle définie?
 - * les dommages sont-ils quantifiables?
 - * la responsabilité peut être définie?
- 4 - La définition du champ de l'action des pouvoirs publics:
 - * Information.
 - * Prévention.
 - * Gestion du risque.
- 5 - La possibilité d'utiliser les espaces soumis au risque d'avalanche:
 - * en été,
 - * en hiver en dehors des périodes de risque: comment assure-t-on l'information des usagers? comment gère-t-on le risque?

1.2 - L'évolution des risques naturels en Andorre

Les risques naturels ont changé en fonction des modifications du milieu, de l'évolution de l'économie et du changement d'utilisateurs. Le milieu montagnard est artificialisé depuis des siècles et, surtout depuis un millénaire, par une action permanente et profonde de l'homme et de ses troupeaux: répartition des espaces boisés, des pacages et des cultures, présence des espèces forestières dominantes ou secondaires, avec le corollaire de la progression de certaines espèces et la raréfaction d'autres, modification des limites supérieure, inférieure et interne des forêts, types de prairies alpines et de formes de modelés favorisés ou modifiés par la gestion des estives, sans compter l'incidence directe de l'action humaine sur certaines formes d'érosion ou d'accumulation (terrasses, lits majeurs ou mineurs, versants, couloirs, etc.).

Cette artificialisation est très profonde en Andorre, car tout le territoire fut utilisé "*pam a pam*" pendant des siècles par une société nombreuse et très adaptée à la montagne, dans le cadre de la vie agro-pastorale traditionnelle que nous avons déjà présentée. Dans cette partie des Pyrénées, c'est peut-être en Andorre que ces formes de vie et de gestion du territoire ont réussi à atteindre les degrés les plus élevés d'organisation et d'utilisation maximales des possibilités du milieu. Ce qui est certain, c'est que ces formes traditionnelles d'organisation se sont prolongées jusqu'à nos jours. Il n'est donc pas possible d'étudier un quelconque risque naturel en Andorre sans se référer à cette situation si proche. Par exemple, une des difficultés des études d'avalanches réside dans la rapide et récente évolution de la végétation et des activités humaines, dont le rythme est souvent inférieur au temps de retour du risque, qu'il soit pluri-décennal ou même parfois seulement décennal.

Objectivement, on peut considérer que le risque est en train de croître en Andorre. Non pas que les conditions géomorphologiques ou climatiques aient fondamentalement changé, mais parce que d'autres facteurs se trouvent modifiés. L'un des plus évidents réside dans les nombreuses altérations locales du milieu: par exemple l'ouverture de routes avec déblais et remblais, la modification des profils des versants et des talus, ou encore le comblement des lits majeurs. Il y a aussi la construction d'habitats permanents et l'utilisation hivernale d'espaces de haute montagne qui ne connaissaient auparavant que des utilisations temporaires estivales. Mais la cause principale est certainement l'utilisation croissante de la montagne par des personnes qui n'y sont pas préparées, qui ne connaissent pas le pays ni les risques. Parmi elles nous comptons la plupart des andorrans des jeunes générations. Cela rend plus difficile le rôle de l'État andorran, dont les administrations et les collectivités concernées par les risques n'avaient pas toujours les pleines compétences en la matière, ou bien n'étaient pas encore en mesure de les assumer pleinement en 1992. Nous pensons en particulier à la

protection civile et à l'ordre public, à l'aménagement du territoire, au registre de la propriété, aux relations internationales et à la possibilité de participer directement à des organismes supranationaux, pour ne citer que quelques domaines en relation directe avec les risques naturels.

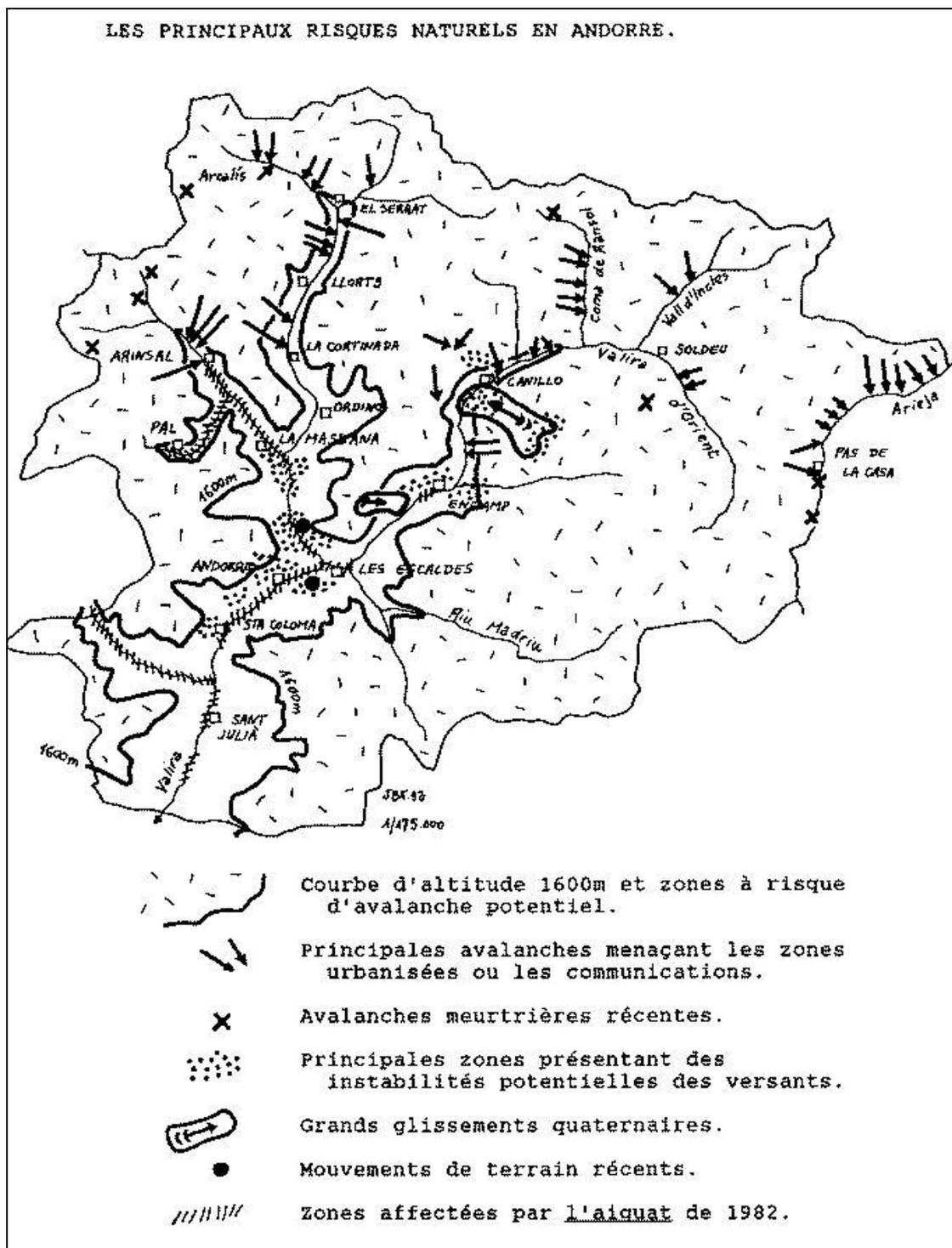
De plus, en Andorre comme dans les pays voisins, les usagers acceptent de plus en plus mal d'assumer eux-mêmes les risques naturels ou les limitations qu'impose le milieu. Ils demandent à l'État et aux autorités locales de les assumer à leur place ou de les éliminer, en agissant et en investissant sur le budget collectif, ou bien de les dédommager des pertes et des conséquences avec de l'argent public. Nous retombons sur la notion de risque et sur la question des limites entre la responsabilité individuelle et la responsabilité collective. Cela va plus loin, car nous avons souvent observé que les citoyens confondent la volonté politique (ou la nécessité économique) d'aménager le territoire et la responsabilité de l'organisme aménageur, lorsqu'un risque naturel se manifeste. L'exemple le plus élémentaire est celui des accidents sur des routes ou des pistes dangereuses en montagne: la responsabilité incombe-t-elle à celui qui décide l'ouverture de la piste ou à celui qui l'emprunte?

Actuellement on dispose pour l'Andorre d'un ensemble d'études important mais dispersé. Il arrive que certaines études soient hors de portée des organismes qui devraient en être les premiers utilisateurs, c'est-à-dire la *Conselleria de Serveis Públics* et les *comuns* des paroisses concernées. Elles furent réalisées par les entités les plus diverses. Certaines sont andorranes: les cabinets d'étude privés ou publics de *Serveis Públics*, quelques *comuns* comme Andorra la Vella, Ordino, Encamp ou Canillo, des sociétés privées chargées de préparer des projets d'aménagement pour les sports d'hiver (Arcalís ou Claror par exemple), l'*Institut d'Estudis Andorrans* par le biais de son centre de l'Université de Perpignan. D'autres sont des entités étrangères comme le CEMAGREF de Grenoble ou l'Office National français des Forêts, ou des experts français ou espagnols contractés au forfait. Presque toujours ces études furent réalisées à la demande de l'Andorre, qu'il s'agisse de sociétés privées, de collectivités ou du gouvernement. Il n'y a guère que certains travaux universitaires ou les ouvrages de synthèse sur l'ensemble des pays catalans qui échappent à cette règle. Par contre il y a un manque de coordination évident, qui est la conséquence de la faiblesse de la structure de l'État andorran lui-même.

Quels sont les risques étudiés? Ils concernent les principaux risques naturels qui affectent la Principauté:

- Inondations, action des eaux sur les versants: études universitaires, rapports à

l'occasion de *l'aiguat* des 7 et 8 novembre 1982⁵, études techniques de protection au cours des années qui suivirent.



⁵ - Voir le chapitre 2.2 sur les inondations, et les documents annexes correspondants.

- Avalanches: les études et la cartographie de localisation probable d'avalanches sont très avancées en Andorre. Avec les forêts, c'est un des thèmes qui a été traité depuis dix ans avec le plus de continuité et de coordination⁶. Actuellement les deux tiers de l'Andorre sont couverts par une cartographie CLPA, réalisée par les entités les plus variées, à l'initiative du *Consell General*, puis du Gouvernement, et de certaines paroisses. Il faut y rajouter les travaux d'Henri Péjouan sur les Pyrénées catalanes et ariégeoises⁷.

- Instabilité des versants: il existe des études locales sur La Massana, sur Canillo (El Forn) et sur Andorra la Vella-Les Escaldes (Solana d'Andorra et la Grella). Ce sont des études ponctuelles sur des thèmes divers⁸. En 1990 une étude systématique des instabilités potentielles des versants et des zones inondables a été demandée par la *Conselleria de Serveis Públics*, pour usage interne, à une équipe de l'Université Polytechnique de Catalogne⁹.

- On peut mentionner le cas particulier des forêts. Elles ne sont pas directement liées à un risque, mais elles sont un élément déterminant dans l'étude de la dynamique des versants et de la plupart des risques naturels. Une cartographie systématique au 1/10.000e a été réalisée entre 1983 et 1988. Une étude sur la mortalité de 1979 l'avait précédée¹⁰.

- À notre connaissance il n'y a pas encore eu en Andorre d'étude systématique du risque sismique.

1.3 - La prise de conscience des risques naturels

La situation semble mûre en Andorre pour une politique de gestion et de prévention des risques naturels. Dans l'opinion publique, comme en général chez les responsables politiques de tous niveaux, il y a conscience de la présence des risques et de la nécessité d'y faire front. La volonté d'agir, et de moins laisser faire la nature ou les hommes, s'est imposée aussi par l'émergence d'une nouvelle génération mieux informée

⁶ - On se reportera au chapitre 2.1 - Les avalanches.

⁷ - Henri Péjouan, *Neige et avalanches...* Ouvrage cité en bibliographie.

⁸ - Voir le chapitre 2.3 - Les formes d'instabilité des versants.

⁹ - Volumineux rapport non édité, réalisé sous la direction de Jordi Corominas, Escola Superior d'Enginyers de Port i Camins de l'UPC. Conselleria de Serveis Públics del Govern d'Andorra.

sur ces thèmes et plus consciente de la responsabilité collective que la Principauté assumait vis à vis des touristes, des acheteurs de chalets ou d'appartement, comme des andorrans eux-mêmes.

Cette attitude est à mettre en relation avec les traumatismes provoqués par la manifestation en quelques années de chacun des principaux risques naturels qui existent en Andorre: inondations de 1982, glissement de terrain de la Grella en 1987, série d'accidents mortels par avalanche au cours des années quatre-vingts. Il y eut des dommages importants et, au total, près d'une trentaine de victimes, ce qui fit ressurgir des mémoires les manifestations antérieures de ces mêmes risques: inondations de 1937, *esllavissada* dels Feners, avalanches.

À l'occasion de ces drames les médias ont contribué à cette sensibilisation. Ils n'ont pas manqué de soulever les problèmes de fond: connaissance du risque, prévention, responsabilités et compétences. En Andorre même, le rôle des médias fut alors très critiqué, parce qu'ils cherchèrent le sensationnalisme. Il est souvent répété avec un humour désabusé qu'une bonne nouvelle n'est pas une information. Par contre, lorsqu'un risque naturel se manifeste, comme ce fut le cas en Andorre, il occupe aussitôt les titres des journaux et des informations audiovisuelles. L'événement en est grossi au-delà de son importance réelle et les images, prises sous l'angle le plus spectaculaire, créent des traumatismes dans l'opinion.

C'est ce qui s'est passé en Andorre plusieurs fois en moins de dix ans. De plus, les médias de l'étranger, télévisions et quotidiens français, catalans et espagnols furent critiqués parce qu'ils présentèrent une image très négative du pays et de sa gestion, faisant retomber la pleine responsabilité sur les institutions andorranes de l'intérieur (qui en avaient effectivement une grande part), mais négligeant de souligner le chaos des compétences en matière de protection civile, d'ordre public et d'aménagement du territoire, et le blocage de la réforme des institutions, donc la part de responsabilité considérable -bien que moins évidente- qui incombait aux Coprinces et à leurs services. Pour beaucoup d'andorrans cette responsabilité retombait en fin de compte sur la France et sur l'Espagne, qui semblaient bloquer, à travers les Coprinces, une évolution interne du pays afin de préserver des avantages politiques ou économiques. On comprend mieux cette amertume.

Ces événements dramatiques eurent cependant des aspects positifs, car ils révélèrent les insuffisances du fonctionnement et de l'action des administrations et des autorités locales ou nationales, ainsi que l'ampleur des besoins de sécurité à satisfaire. Si les critiques et la pression de l'opinion rendent toujours plus délicate l'action immédiate, car les médias et les assurances cherchent des responsables, elles facilitent l'action à

¹⁰ - Voir le livre 5 sur les forêts, en particulier les chapitres sur les alertes et sur la gestion des forêts.

moyen et long terme. C'est ce qui se produit en Andorre, puisque le Gouvernement et le *Consell General* en sortirent renforcés face aux Coprinces et aux paroisses.

La sensibilité de l'opinion publique andorrane semble plus ou moins forte selon les risques. Elle est très forte pour les inondations et certaines formes d'instabilité des versants (glissements localisés, chutes de rochers), et elle donne beaucoup de marge d'action aux autorités, ainsi que la possibilité de mobiliser des budgets importants. Elle est moins forte pour les autres formes de mouvements de terrain, comme les mouvements de masse, la mobilité des éboulis ou des *tarteres* déstabilisés par des routes ou des excavations à leur base, l'érosion torrentielle, les coulées boueuses, etc. Curieusement, elle est également moins forte pour les avalanches, peut-être parce que ce risque est davantage intégré dans la conscience collective andorrane, et parce que traditionnellement on considérait que c'est à chacun à connaître et à assumer ce risque, qu'il s'agisse de la construction d'une *borda*, de l'achat d'un terrain à bâtir ou d'une randonnée hivernale à skis. La sensibilité est faible ou nulle pour les autres risques comme la sismicité et ses effets indirects (déstabilisation des versants sensibles et des *tarteres*), pourtant présents en Andorre comme dans les Pyrénées voisines.

Les catastrophes récentes

Les inondations de 1982 marquent le début d'un cycle ponctué par la manifestation répétée des risques naturels. À la suite de fortes pluies d'automne des inondations exceptionnelles affectent tout le bassin du Sègre, en Cerdagne, en Urgellet et en Andorre. Le Pallars est également touché. À la Seu d'Urgell on enregistre sur le Sègre le débit le plus fort du siècle, avec 1.000 m³/seconde. L'Andorre est très affectée par cet *aiguat*, à la fois parce que le massif du Coma Pedrosa est probablement un des secteurs où les pluies furent les plus intenses, mais aussi parce que ses effets furent amplifiés par des aménagements faits en dépit du bon sens -et du sens commun- et par la forte urbanisation des vallées, réalisée sans prendre les précautions les plus élémentaires.

En Andorre les pertes matérielles s'élevèrent à deux milliards de *pessetes*, auxquelles il faut rajouter plus de six cent millions pour les travaux les plus urgents de remise en état et un milliard trois cent millions de plus pour la canalisation des rivières dans les années qui suivirent, soit en tout un coût total estimé à quatre milliards de *pessetes* (environ deux cent dix millions de francs)¹¹. On compta officiellement neuf victimes, en réalité peut-être davantage, car l'inondation surprit des véhicules sur les routes et, dans un camping, des caravanes où logeaient des travailleurs immigrés.

¹¹ - Selon une enquête publiée par le *Diari d'Andorra*, 12/01/1992, pages 10-11.

Le choc émotionnel fut très violent. L'économie en souffrit mais se rétablit très vite. Il en resta une peur du-rable et le sentiment que le système économique andorran était fragile, que l'aménagement désordonné du territoire de-mandait des correctifs, que la protection des personnes et des biens devait être une priorité. Des travaux d'endiguement des cours d'eau furent entrepris aussitôt et durent encore. Une loi sur la protection civile fut votée en 1984 et soumise aux Coprinceps, dont c'était la compétence.

Les hivers des années soixante-dix et quatre-vingts sont ponctués par des avalanches mortelles, que nous avons déjà évoquées, et dont nous verrons les caractères plus loin, dans le chapitre 2.1, consacré au risque d'avalanche. Elles affectent les stations de ski alpin comme les skieurs de randonnée.

- Le 20 février 1971, après une forte chute de neige, une avalanche se détache de la crête voisine du Port d'Envalira, parcourt tout le versant et arrive au coeur du Pas de la Casa, emportant deux chalets et l'infirmier, faisant une victime.
- Le 5 février 1972, dans le domaine skiable de la station de Soldeu, il y a trois victimes, dont un moniteur, à la suite d'une avalanche de neige fraîche.
- Le 17 décembre 1975, un CRS de montagne français est pris par une avalanche de plaque au Coll del Isards, près du Pas de la Casa.
- Le 10 mars 1980, sous la Portella de Sanfons, une grande avalanche de plaque emporte des skieurs français et fait une victime.
- En 1984, par deux fois à trois semaines d'intervalle, le 5 et le 26 février, des avalanches de neige fraîche font des victimes dans le massif du Coma Pedrosa. Chaque fois il s'agit de skieurs confirmés connaissant le pays. La première eut un grand retentissement car la victime était le jeune responsable de la Sécurité Sociale andorrane, président du Club alpin andorran.
- En 1990, le 30 janvier, un moniteur de ski de la station d'Ordino-Arcalís est enseveli par une avalanche près du Port de Rat, alors qu'il parcourait la Coma del Forat après une chute de neige récente. La prévention et le contrôle du risque d'avalanche devint une préoccupation des responsables des stations de ski et des autorités andorranes, en particulier pour les voies de communications et les zones urbaines ou urbanisables.

En octobre 1987, après un épisode pluvieux, une *esllavissada* se produisit dans les gorges entre Engordany et La Massana, à la Grella près du pont et des tunnels de Sant Antoni. L'éboulement mobilisa un assez grand volume rocheux, et ensevelit deux voitures, faisant trois victimes, dont un jeune andorran. La circulation fut coupée pendant plusieurs semaines, laissant les vallées du nord isolées. Malgré la purge du versant instable -et rendu encore plus dangereux par une carrière- la sécurité ne pouvait être garantie. Il fallut protéger la route par un tunnel de béton sur les deux cents mètres

menacés et consolider les talus voisins par des grillages de protection et par des ancrages systématiques.

Les initiatives administratives

Dès le début des années soixante-dix, après l'avalanche meurtrière du Pas de la Casa, les premières initiatives sont prises afin de mieux connaître et de prévenir les risques naturels. Il s'agit d'abord d'impulsions du Délégué permanent du Coprince français, soucieux de maintenir l'ouverture et la sécurité de la route qui relie la France à l'Andorre. À la demande des paroisses ou à son initiative, des études sont effectuées ou proposées par les services publics français, au Pas de la Casa et à Soldeu (à cause de la fameuse *allau de Soldeu*).

Vinrent ensuite des initiatives plus clairement andorranes, émanant des paroisses ou du *Consell General*, toujours liées à des cas concrets à résoudre ou à éluder pour un temps. Il s'agit de l'affaire du lotissement de Les Salines, près del Serrat (paroisse d'Ordino), traversé par trois couloirs d'avalanches actifs, qui amena la première cartographie d'avalanches puis, pour les mêmes raisons et avec les mêmes effets, pour des lotissements à Arinsal et à Arans (paroisses de La Massana et d'Ordino). C'est alors que, sur la proposition du Gouvernement, le *Consell General* adopta un décret rendant obligatoire sur tout le territoire la cartographie de localisation probable d'avalanches.

Nous avons vu que l'*aiguat del 82* avait amené une politique de protection contre les inondations par l'endiguement des cours d'eau dans les agglomérations. On peut considérer que l'étude systématique de la stabilité des versants demandée à l'*Escola Tècnica Superior d'Enginyers de ports i camins* de l'Université Polytechnique de Catalogne et l'achèvement de la route Canillo-Ordino par le Coll d'Ordino sont la conséquence directe de l'*esllavissada* de Sant Antoni de la Grella.

En 1990, on en arrive à l'énoncé très explicite d'une orientation politique des risques naturels. Dans le premier discours de programme présenté au *Consell General* par le nouveau Chef du gouvernement Oscar Ribas Reig, prononcé à l'occasion du vote d'investiture le 6 février 1990, on peut lire, à propos des risques naturels:

"Es potenciaran els estudis i les obres de protecció que evitin o reduixin al màxim el risc de catàstrofes naturals. La canalització i defensa de rius i torrents front a les revingudes extraordinàries, les proteccions contra les allaus i la caiguda de pedres, i l'arranjament de la problemàtica derivada de diversos riscos geotèrmics, tindran, entre altres, el màxim suport del Govern."

Bien que réduite à un paragraphe, c'est l'annonce d'une politique globale de prévision et de gestion des risques naturels. On notera cependant que l'on utilise le

terme de catastrophes et non de risques. Si les études sont mentionnées, il est surtout question des ouvrages de protection ou de réduction des risques, tels que canalisation des rivières et protection contre les avalanches. Pour la première fois en Andorre est citée "la problématique dérivée des risques géothermiques", ce qui est un élargissement du champ des risques jusqu'alors envisagé en Andorre. La sensibilité aux risques est évidente, comme aussi la volonté d'agir dans les trois domaines des inondations exceptionnelles, des avalanches et des instabilités de versants, qui correspondent exactement aux événements qui ont endeuillé la Principauté pendant la décade précédente.

En dehors de quelques études et de la poursuite des travaux déjà en cours, ce programme n'a pas été mis en pratique. Il faut éviter de porter à ce sujet des jugements de valeur trop sévères, car l'action gouvernementale s'est trouvée paralysée jusqu'en 1992 pour deux raisons. D'une part un changement dans les équilibres entre la majorité et la minorité au sein du *Consell General*, par le biais de transfuges, a mis le gouvernement en minorité sans que la nouvelle majorité ne puisse le renverser par une motion de censure¹². Outre le blocage de beaucoup d'initiatives législatives ou parlementaires, cela a empêché le vote du budget, avec une incidence directe sur les travaux concernant la protection contre les risques. D'autre part, le début des négociations tripartites entre les Coprinces et le *Consell General*, afin d'aboutir à une constitution écrite, a fait différer toutes les lois ou initiatives qui pourraient perturber ce processus en soulevant des problèmes de compétences entre les parties en présence. Mais la question de la gestion globale des risques naturels avait été posée. Elle sera forcément abordée dans le cadre des nouvelles institutions.

Les nécessités de la nouvelle image touristique

Dans les efforts récents pour prévenir les risques naturels, il ne faut pas négliger la volonté de développer un tourisme de qualité, surtout en hiver, et de l'étendre à toute l'Andorre, ce qui suppose une plus grande sécurité. Il semble qu'une nouvelle stratégie se soit développée, qui consiste à ne plus pratiquer la politique de l'autruche et de s'en remettre à la providence, mais à admettre le risque naturel comme une composante normale de toute région de haute montagne. Il s'agit alors de mieux le connaître et de sécuriser les usagers. Cette connaissance permet de prendre des mesures dont on peut faire publicité et, au passage, de préciser au plus juste les zones affectées par le risque, donc de récupérer du terrain utile. Cette nouvelle attitude était d'autant plus nécessaire qu'il fallait diversifier l'économie andorrane après l'entrée de l'Espagne dans le Marché

¹² - Selon la réforme de 1981, il suffit de la majorité absolue pour mettre en place un gouvernement, mais pour le renverser il est nécessaire de mobiliser les votes des deux tiers des *Consellers* des Vallées.

Commun, le premier janvier 1986. On pouvait s'attendre à des difficultés pour le commerce transfrontalier. Pour compenser par avance cette possible récession, il n'y avait guère que la possibilité de développer le tourisme proprement dit.

Or nous avons vu tout le tort porté à l'Andorre par les accidents et par l'utilisation médiatique qui en fut faite, précisément ces années là. Ce sont les avalanches meurtrières, parce qu'elles se répétaient presque chaque année, et le glissement de la Grella, par son côté spectaculaire et l'isolement de toute une vallée avec trois stations de ski pendant la saison de sports d'hiver, qui eurent l'impact le plus grand. Par leur attitude et par un évident embarras devant la presse et la télévision régionale française et catalane, qui ne les épargnèrent guère, autant que par l'absence d'un service de presse et de relations publiques, les autorités firent une très mauvaise impression hors de l'Andorre. Il fallait compenser cette impression de vide législatif, d'insécurité, d'impréparation des autorités à faire face aux événements que ces faits divers laissaient dans les principaux bassins fournisseurs de touristes de long séjour et de sports d'hiver.

Changer l'image de l'Andorre devint l'objectif de la nouvelle *Conselleria* de Tourisme, avant même la mise en ordre et la coordination de l'offre. D'une image dégradée (souk commercial, risques naturels, absence de contrôle, de protection et de moyens d'intervention...) il fallait passer à une autre image plus valorisante (espaces accueillants, qualité du milieu, contrôle des risques et sûreté). Le risque existe, comme ailleurs, mais il est contrôlé. Dans les conversations des promoteurs de cette nouvelle ligne touristique on note une référence constante à la Suisse, à un modèle suisse certainement mythifié.

1.4 - Les limites de la politique territoriale

Les facteurs limitants de la politique territoriale et de risques naturels en Andorre, à l'heure actuelle comme depuis une quinzaine d'années, ou les causes de son absence d'émergence claire résident dans une série d'antagonismes et de rapports tendus. Il s'agit au fond d'une lutte de compétences entre les paroisses et l'État d'une part, entre l'État andorran et ses Coprinces d'autre part.

Devant l'absence d'une législation générale votée par le *Consell General*, qui imposerait la notion de volonté nationale au-dessus des décisions locales, juridiquement, les rivalités entre État et paroisses sur des questions territoriales sont à l'avantage des secondes. Mais les conflits latents sont rarement portés sur ce plan car, d'une part, il n'existait pas jusqu'à une date récente de tribunal administratif qui puisse recevoir les

contentieux et trancher (il fallait s'en remettre aux Coprinces par le biais du *recurs en queixa*) et, d'autre part, c'est l'État qui peut mobiliser les moyens financiers les plus importants puisque c'est lui qui encaisse les taxes sur les importations.

Par l'action des services de l'état et par les décisions réglementaires ou budgétaires du *Consell General*, il y a donc eu un grignotage sur les compétences des paroisses, qui en étaient réduites à pratiquer une stratégie de résistance passive et de blocages ponctuels. Pour elles c'était un point essentiel, celui de la perte de pouvoir de décision sur leur propre territoire, même si cela se faisait au nom du bien public. Ces paroisses, surtout les plus hautes qui sont aussi les plus affectées par les risques naturels, moins peuplées et fortunées, avaient déjà vu depuis un demi-siècle diminuer d'autres compétences. Dans la pratique elles avaient perdu leur capacité de contrôle des personnes et de leur population au profit des *Veguers*, ainsi que les grandes décisions concernant leur développement au profit du *Consell General* qui octroyait les financements. Souvent ce conflit n'affrontait pas directement la paroisse au *Consell General*, mais les *Consellers Generals* de la paroisse -qui s'appuyaient sur des alliances avec les élus des autres paroisses- et le *Comú*, surtout s'il ne s'agissait pas des mêmes groupes politiques ou d'intérêts.

Il y a aussi des rapports concurrentiels, qui se traduisent par des affrontements à travers des cas ponctuels ou par des débordements de compétences réciproques entre les Coprinces, par le biais des viguiers, et l'état. Ils se sont multipliés surtout depuis la constitution d'un gouvernement dont les pouvoirs sont essentiellement administratifs, donc davantage orientés sur les questions de gestion de l'économie et du territoire, sur les interventions concrètes qui font surgir alors des problèmes de compétences ou d'interprétation des usages traditionnels.

En Andorre, du fait de l'indéfinition des attributions entre les institutions et de l'impossibilité de les définir et de les adapter aux nouvelles circonstances économiques, faute de réforme ou de textes constitutionnels, ces questions se traduisent par des problèmes très concrets qui peuvent bloquer ou retarder des initiatives utiles. Par exemple, la sécurité appartenant aux viguiers, où s'arrête la gestion du risque? Cette gestion, dans la perspective des accidents et de l'organisation des secours, doit-elle incorporer l'organisation et la mobilisation des secours, ou peut-elle prévoir les plans d'évacuation des immeubles et des lieux menacés. Si oui, c'est une compétence qui échappe aux viguiers. Si non, c'est une limitation dans l'efficacité de l'action des services de l'état qui suscitent les études et mettent en place la législation ou la réglementation correspondantes.

À ce propos, nous devons signaler la situation des années soixante et soixante-dix où, avec bonne conscience et paternalisme, il y avait mainmise des services des Coprinces sur les relations extérieures de l'Andorre, même lorsqu'elles concernaient des

thèmes d'aménagement du territoire ou de protection, comme par exemple la formation des techniciens, la prévision, la coordination des interventions sur le territoire andorran, etc. Avec ou sans information des corporations locales, il y avait des interventions en Andorre des services étrangers, surtout de la part de la France. Elles étaient justifiées par l'attitude des paroisses qui s'adressaient à tout propos au Délégué permanent français pour résoudre ces questions, et par la position politique du *Consell General* qui recevait des "suggestions", les admettait sans s'y opposer ni revendiquer ses propres compétences, et s'efforçait de les éluder afin d'éviter l'affrontement en "faisant l'Andorran", c'est-à-dire en tergiversant et en les enterrant, dans l'attente du changement de préfet des Pyrénées-Orientales ou de viguier français. Les exemples des études et interventions à propos des avalanches de Soldeu et du Pas de la Casa, que nous verrons dans ce chapitre, sont plus que démonstratifs.

Nous avons signalé les débats qui avaient passionné l'opinion et la presse andorrane après *l'aiguat* de 1982, à propos de la sécurité civile et des compétences respectives des services des Coprinceps et du Gouvernement dans ce domaine. On peut remarquer qu'en dehors de la politique migratoire et de la question de la légalisation des syndicats, les conflits de compétences concernent pour une bonne part les domaines de la politique territoriale et de l'aménagement, ainsi que les relations extérieures qui en découlent nécessairement.



2 - Les risques pris en compte en Andorre et le bilan des études

Actuellement, en Andorre, quels sont les risques naturels pris en compte dans les actions d'aménagement réalisées par les pouvoirs publics et par les collectivités territoriales? Quels sont les risques qui y font l'objet d'une législation ou de mesures administratives afin d'en limiter les dommages ou d'en connaître l'importance et la localisation? Trois risques affectent essentiellement ce pays: l'avalanche, l'inondation et l'instabilité des versants. Nous les verrons successivement dans ce chapitre. Pour chacun d'eux, nous ferons le point sur leur importance relative en Andorre, ainsi que le bilan des études réalisées ou en cours: méthodologie, résultats et critique. Nous nous efforcerons de cerner les motivations des demandeurs et de voir les conséquences pratiques de ces études, en particulier dans les domaines de leur application dans l'aménagement, de la prévention et dans les mesures réglementaires.

Mais on commence aussi à prendre en compte en Andorre le risque sismique, comme le prouve la récente publication, par la *Conselleria d'Obres Públiques* du gouvernement andorran, de fascicules destinés aux architectes et aux promoteurs concernant les normes des constructions antisismiques recommandées pour la Principauté. Ce même gouvernement a décidé d'entrer dans un réseau d'observation de la sismicité mis en place par la *Generalitat* de Catalogne et couvrant tout spécialement les Pyrénées et le littoral méditerranéen, c'est-à-dire les zones qui présentent le plus de risque dans cette région.



2.1 - Les avalanches

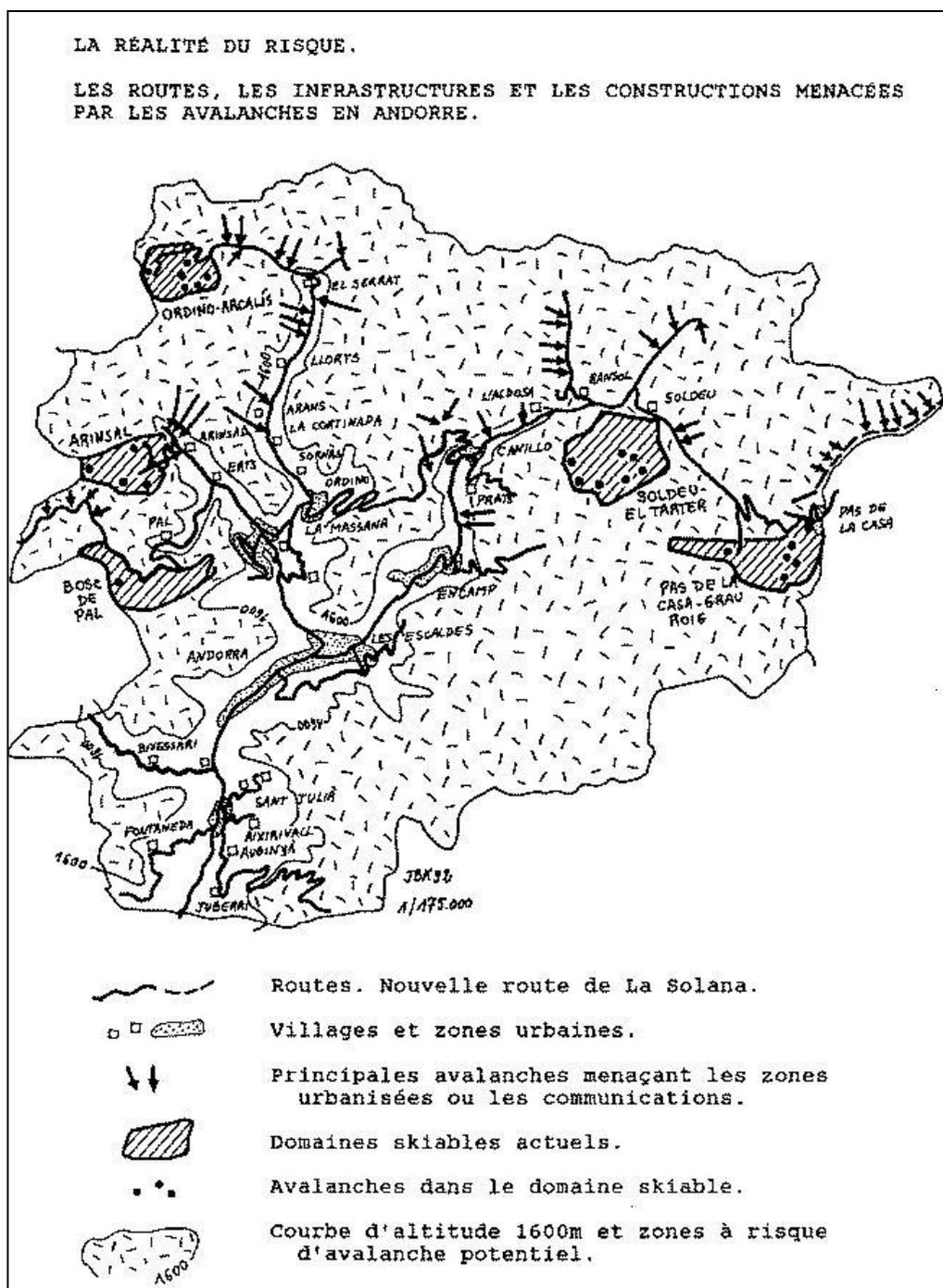
C'est le risque le plus banal en Andorre, le plus quotidien et, par-là, celui qui surprend le moins la population, celui pour lequel elle est le mieux préparée à accepter des contraintes. Compte tenu des activités actuelles de la Principauté et du nombre considérable de personnes non prévenues, c'était aussi le risque le plus urgent à traiter.

Dans l'économie traditionnelle, les habitants étaient moins confrontés qu'aujourd'hui au risque d'avalanche: la haute montagne n'était pas utilisée pendant l'hiver et la plupart des routes d'altitude étaient fermées, en dehors de celle passant par le Port d'Envalira, d'ailleurs très souvent fermée en hiver. Quant aux villages et aux hameaux, ils évitaient soigneusement les zones dangereuses.

L'économie actuelle, basée sur le tourisme d'hiver, qui provoque une urbanisation croissante dans les hautes vallées, et sur le commerce, avec la nécessité d'une circulation permanente pendant toute l'année, pour l'approvisionnement comme pour les acheteurs, impliquent la confrontation croissante avec le risque d'avalanche. Les stations de ski sont nombreuses en Andorre; elles donnent accès par leurs remontées mécaniques à de très larges espaces où l'on pratique couramment le ski hors-piste et la randonnée. Pour beaucoup d'amateurs de sports d'hiver, la méconnaissance du pays ou de la neige, et les sentiments de confiance en soi et de liberté que donnent la pratique de ce sport augmentent leur vulnérabilité. Pour éviter l'accroissement des accidents, qui risqueraient d'altérer l'image touristique de l'Andorre, autant que pour assurer la sauvegarde des personnes, ce risque était le premier à prendre en compte.

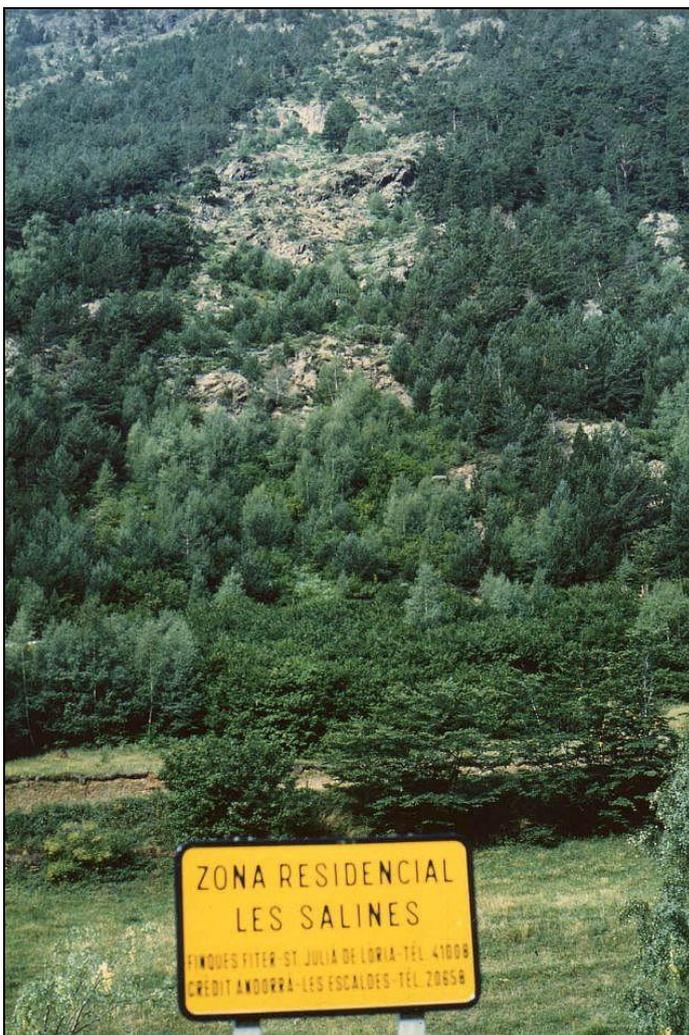
Mais, alors que la prise de conscience commençait à se faire, il fallait aussi gérer les situations matérielles existantes et celles qui étaient en cours de réalisation. Beaucoup d'aménagements déjà réalisés, routes, infrastructures, stations de ski, constructions diverses étaient d'ores et déjà menacées par ce risque. De là vint l'urgence, dans les années quatre-vingts, de traiter cette question à fond; il y allait de la responsabilité des élus, qui hésitaient de plus en plus à autoriser des demandes de constructions et d'équipements dans les zones menacées. Des accidents plus nombreux défrayaient alors la chronique. Certains responsables commençaient aussi à concevoir que la politique de l'autruche ne menait nulle part: plutôt que de nier la réalité du risque, mieux valait le gérer et donner de l'Andorre l'image d'un pays plus sûr. De là, et toujours parce que l'on butait localement sur un problème concret, sortirent les premières cartes

de localisation probable d'avalanches. Puis, après l'émergence de ces nouvelles attitudes, vinrent la systématisation des études, puis la loi et la gestion du territoire.



LA RÉALITÉ DU RISQUE

ORDINO, EI SERRAT: LE LOTISSEMENT DE LES SALINES



Ordino, El Serrat: un des couloirs de Les Salines.

Photo. Jean Becat, 28/09/1980.

Trois couloirs fonctionnels aboutissent au lotissement de Les Salines, qui occupe toute la base du versant. Il s'agit ici du couloir central, recensé dans le fichier d'avalanches comme *zona d'allaus del Bosc de Les Salines*. Très rectiligne, et, note d'humour noir probablement involontaire, situé dans l'axe du panneau annonçant le lotissement, c'est un couloir parcouru par des avalanches de poudreuse ou de neige fraîche. Étroit, mais très bien dessiné sur le versant, il fut un des points de divergence entre l'étude réalisée par le CEA de Perpignan, qui insistait sur le risque lié tout autant à la brutalité de l'avalanche qu'à sa faible fréquence (donc à la minoration du risque par les usagers), et l'étude de l'expert recruté par le promoteur, qui ne mentionnait pas ce couloir. Cette affaire, de laquelle est issue toute la cartographie CLPA d'Andorre, sera évoquée plus loin (point 21.4, le bilan, et document annexe : La difficile action publique).

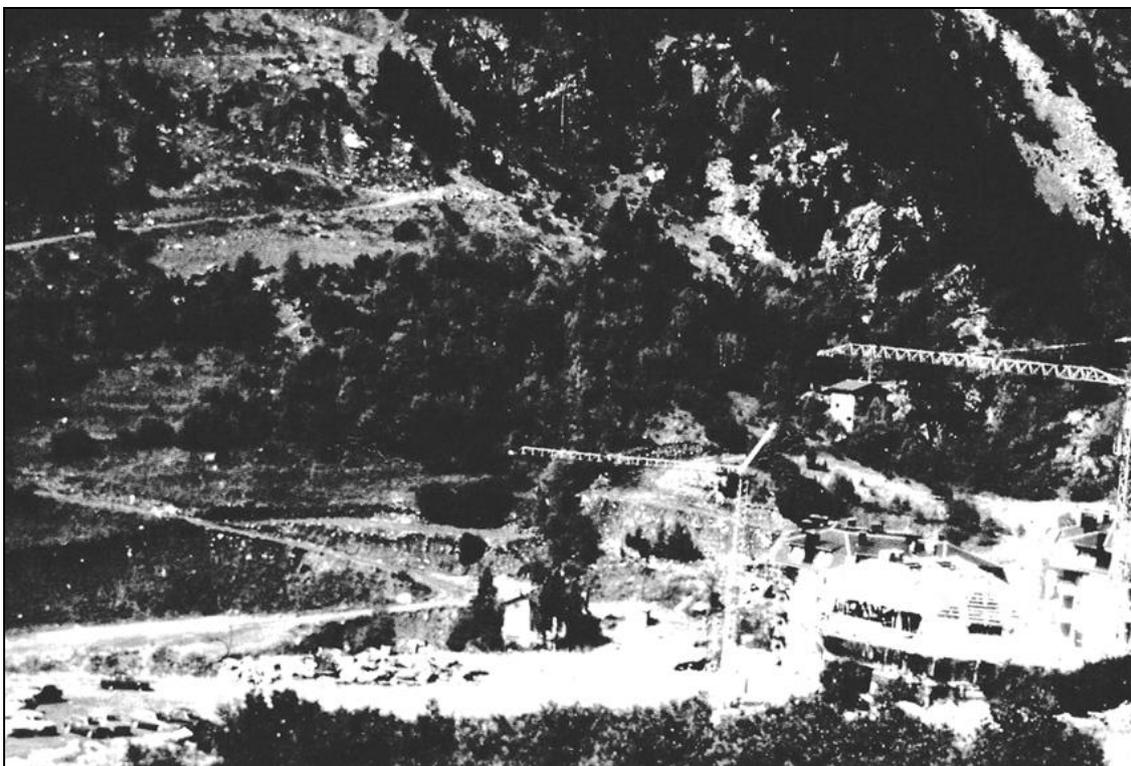
LA RÉALITÉ DU RISQUE
ORDINO, LA CORTINADA: LA PLETA DES BORDES D'ARANS



Ordino: La Canal del Cresp et la Pleta de les Bordes d'Arans.
Photographie d'Alain Lerouge, 04/07/1988.

Un lotissement récent, menacé par les avalanches, est situé sur un cône de déjection à l'extrémité d'un ensemble torrentiel fonctionnel (torrentialité et avalanches) de mille mètres de dénivelé. Les avalanches de neige de printemps arrivent jusqu'aux prés du sommet du cône, qui servent de zone d'étalement. Il n'y a pas de témoignages mentionnant que les avalanches arrivèrent jusqu'à la route, ni faisant état d'avalanches de poudreuse. Mais, à moins d'un kilomètre en aval, il y a la preuve que des couloirs plus modestes ont fonctionné avec ces types d'avalanches jusqu'à la route et au-delà. On peut raisonnablement penser que ce lotissement construit dans l'axe de ce couloir d'avalanche fonctionnel est menacé, et qu'il faudrait se préoccuper de sa protection. La carte CLPA est réalisée depuis 1990; depuis deux ans, elle est arrêtée par ce point délicat au stade de l'enquête publique.

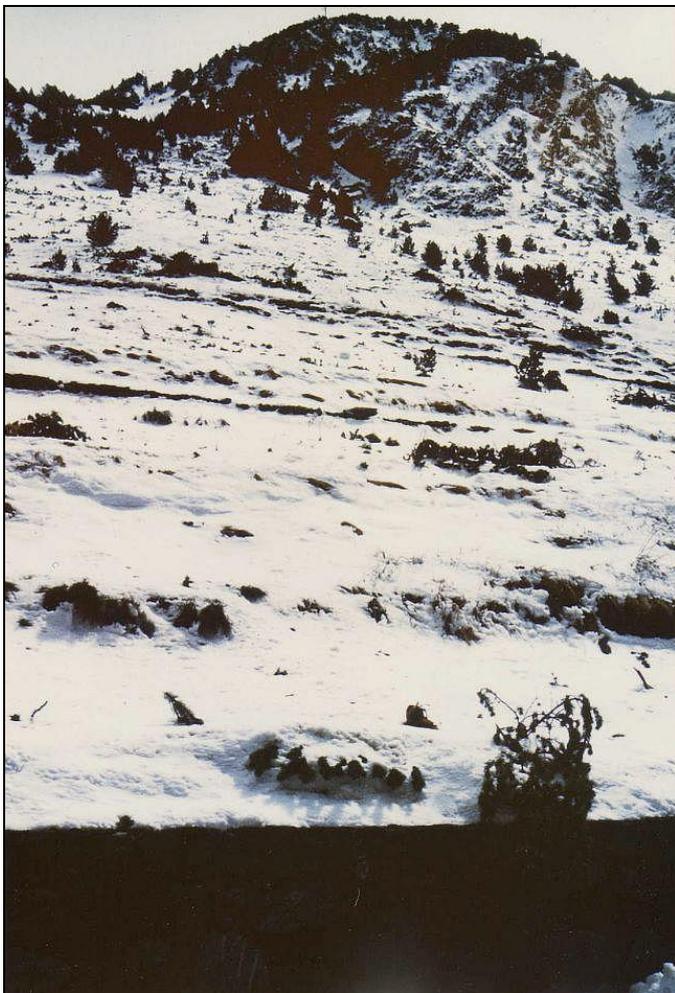
LA RÉALITÉ DU RISQUE
LA MASSANA, ARINSAL: L'AVALANCHE DU TORRENT RIBAL



La Massana, Arinsal: zone d'étalement de l'avalanche du Torrent Ribal.
Photographie Jean Becat, 14/08/1984.

Une zone conflictuelle à Arinsal, avec une menace sur le parking de la station de ski et sur une partie d'une zone urbanisée. L'avalanche, une des plus puissantes d'Andorre selon Henri Péjouan, vient du cirque de Les Fonts et emprunte le Torrent Ribal. Elle aboutit de temps en temps dans la vallée et remonte sur le versant opposé, à l'emplacement du parking. Nous sommes au sommet du cône de déjection, au débouché du couloir. À droite, les édifices les plus menacés, en limite et dans la zone d'étalement, ont été construits pendant la réalisation de l'étude et l'enquête publique. Les responsables de la société promotrice sont de la vallée et ne peuvent ignorer une situation de notoriété publique. Le *quart* d'Arinsal s'est violemment opposé aux résultats de l'étude préalable lors de l'enquête publique mais, avec quelques retouches de détail qui ne concernaient pas ce secteur, la carte CLPA a été finalement approuvée.

LA RÉALITÉ DU RISQUE CANILLO: L'AVALANCHE DE SOLDEU



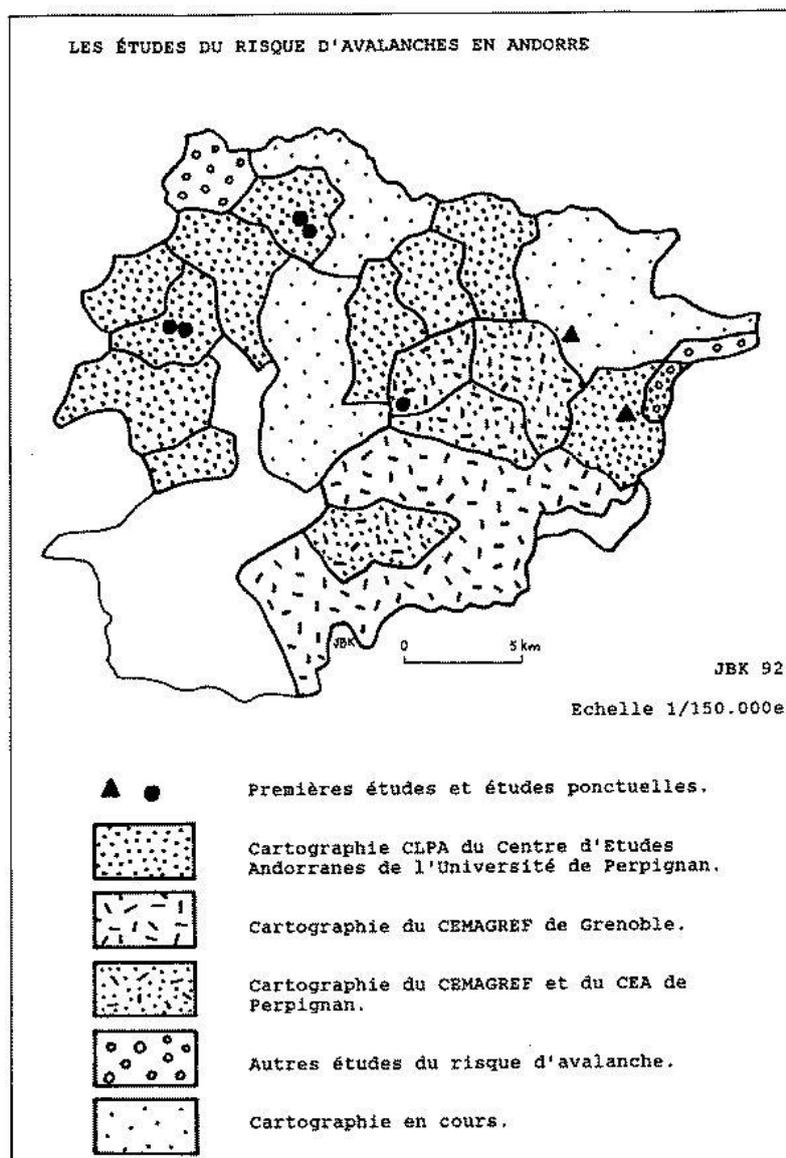
Canillo, Soldeu: l'avalanche de Soldeu.

Photographie Jean Becat,
11/05/1991.

Après une grosse *nevada* tardive les 8 et 9 mai, de neige lourde de printemps, beaucoup de couloirs d'avalanches ont fonctionné dans les Pyrénées orientales, en particulier en Andorre, dans la vallée de l'Ariège et à Porté. Ici, dans son secteur ouest, la fameuse avalanche de Soldeu s'est déclenchée à partir de surcharges et d'instabilités dans des rochers et des petits couloirs herbeux, les Canals Negres. Bien qu'elle ait mobilisé la neige du versant et qu'elle ait sauté par-dessus la route, tordant au passage la glissière métallique de sécurité et arrachant quelques jeunes pins, elle ne fit aucune victime car la circulation avait été momentanément interdite. Elle est souvent bien plus spectaculaire, inattendue et dangereuse.

21.1 - Les études du risque d'avalanches en Andorre

Nous verrons chronologiquement les étapes successives des nombreuses études d'avalanches en Andorre, qui est devenue probablement le pays pyrénéen le mieux connu sous cet angle. Nous avons déjà esquissé quelles furent les préoccupations qui y portèrent. Mais nous devons constamment insister sur les conflits qui, en réalité, motivèrent le choix des priorités.



Presque toujours ce furent des demandes d'autorisation de bâtir inacceptables et

pourtant présentées, ou des conflits entre *comuns* et promoteurs, parfois originaires de la paroisse elle-même, ou encore des oppositions larvées entre paroisse et *quarts*, ou enfin des questions de responsabilité et de compétences entre services centraux, paroisses et promoteurs. Devant un problème concret, chacun renvoie la balle à un partenaire afin d'éviter de prendre une décision moralement ou politiquement délicate, et on finit par proposer la réalisation d'une étude scientifique et donc supposée neutre du secteur en litige. C'est du temps de gagné (la non-décision fut ici pendant longtemps une technique de gestion et un style politique), et chacun peut ensuite s'abriter derrière les résultats. Ce fut le cas pour les cartes del Serrat, d'Arinsal, de la Cortinada, de Montaup, de la Vall del Riu, des Cortals d'Encamp ou de la Coma de Ransol.

Les premières études

Elles concernent l'axe de communication avec la France et les problèmes ponctuels à résoudre après des accidents. Chronologiquement, il s'agit des études précédant, puis accompagnant, l'ouverture hivernale de la route l'Hospitalet-Pas de la Casa-Soldeu par le Port d'Envalira, puis des études sur l'avalanche de Soldeu et, enfin, des rapports réalisés après l'avalanche meurtrière de 1971 au Pas de la Casa. Dès cette date les services français de l'agriculture prenaient l'initiative de proposer une cartographie d'avalanche sur Canillo et sur Encamp, les deux paroisses à travers lesquelles passe la route qui va vers la France.

Pour toutes ces études ou rapports d'expertise, le scénario est toujours le même. Ce sont les services techniques français qui en sont chargés par le Délégué permanent du Coprinco français, à la demande du *Consell General*. Dans la pratique, bien qu'agissant en principe au nom du Coprinco, le Préfet des Pyrénées-Orientales ordonne aux services périphériques de l'État dans son département, qu'il coordonne et supervise, d'effectuer ces travaux afin que la liaison de l'Andorre avec la France soit assurée sans entraves. Les documents d'archives consultés le montrent bien, car certains fonctionnaires français peu au courant du statut de la Principauté s'adressent au Préfet sans faire mention de l'Andorre ni des autorités qui sont censées être les commanditaires.

La facture des frais de mission et d'expertise est ensuite passée pour règlement au Conseil des Vallées. À propos d'une localisation du risque d'avalanches, une note datée du 14/02/1972 et émanant de la division nivologie du CERAFER de Grenoble dit: "...avait été soulevé le problème de la réalisation d'une carte de localisation probable des avalanches intéressant une partie des territoires des communes de: Encamp, Canillo, Soldeu. Nous nous y étions montrés très favorables dans la mesure où le financement ne serait pas obtenu à partir des crédits du Ministère de l'Agriculture, lesquels sont affectés

par priorité à la couverture des sites les plus urgents à traiter en France."

Ces rapports sont succincts, mais précis quant à l'analyse et à la localisation; ils sont réalisés par les Directions départementales de l'Agriculture ou de l'Équipement de Perpignan, agissant comme experts, mais sous-traitant souvent l'étude à des centres de recherche centraux dépendant de leur propre ministère.

L'avalanche du Pas de la Casa

Les premiers rapports des services des Ponts et Chaussées concernaient l'ouverture hivernale du Port d'Envalira et les problèmes de logistique et de matériel qu'elle impliquait. En 1968 un plan d'intervention est proposé au préfet des Pyrénées-Orientales, Délégué permanent du Coprinco français, par la Direction départementale de l'Équipement, afin d'améliorer l'accès à l'Andorre par la route nationale n° 20 (Cerdagne-Ariège) et par sa bretelle vers le Pas de la Casa, la Nationale n° 20B. Il était prévu un renforcement du déneigement avec l'installation ou le renforcement de bases d'intervention à Porté, à l'Hospitalet et au Pas de la Casa, avec un réseau de radiotéléphones.

L'avalanche meurtrière du 20 février 1971 au Pas de la Casa fut un choc pour l'opinion publique comme pour les responsables français ou andorrans. Il n'y eut pas de mesures rapides d'étude ou de protection, puisque la cartographie d'avalanche ne fut entreprise qu'en 1980. Quant aux travaux sur la route et les protections paravalanches au Port d'Envalira, ils ne furent réalisés que plus tard encore, en 1982 et 1989. Mais elle est le point de départ d'une sensibilisation au risque et d'initiatives qui s'étendront ensuite à l'ensemble de l'Andorre: étude de l'avalanche de Soldeu, puis cartographie systématique du territoire. On se reportera aux documents annexes 44.421/1 - Les premières études d'avalanches: *l'Allau del Pas de la Casa*.

L'avalanche de 1971 se produisit pendant la nuit du 19 au 20 février. La veille et pendant la nuit il était tombé une importante couche de neige fraîche, de l'ordre de 60 cm à un mètre d'épaisseur, peu adhérente à la couche inférieure. Avec le vent, les corniches qui se formaient en permanence à la limite des *plans* s'étaient renforcées. Celles qui sont au nord du col, donc au-dessus des derniers lacets de la route et qui menacent l'agglomération du Pas de la Casa elle-même, n'étaient jamais purgées ni contrôlées, à cette époque comme jusqu'en 1989.

La rupture de deux de ces corniches à 3h du matin, au lieu-dit la Font de la Gavatxa, provoqua une avalanche qui dévala jusqu'au Pas, mettant en mouvement la neige de ce long versant. Elle recoupa en six endroits les lacets de la route, elle détruisit et emporta deux chalets alors sans occupants, ne laissant que les socles en béton, et elle

aboutit au coeur du Pas de la Casa où elle détruisit le centre médical. C'était une construction préfabriquée; la victime fut une des deux personnes qui y dormaient. Depuis, la partie inférieure de cette trajectoire a été urbanisée, du bord de la route où étaient situés les deux chalets jusqu'au front de l'avalanche de 1971, c'est-à-dire à l'aire de départ des premières remontées mécaniques. On se reportera ci-après à la photographie aérienne du secteur et à son interprétation, ainsi qu'au chapitre 42 (Le ski: la station du Pas de la Casa).

À cette époque l'opinion publique française était aussi très sensibilisée au risque d'avalanches, après des accidents survenus dans les Alpes, et les Ministères français de l'Intérieur, de l'Équipement et de l'Agriculture lançaient une action d'inventaire des zones avalancheuses, essentiellement dans les Alpes. La circulaire aux préfets concernés, qui précisait la procédure à suivre, date en effet du 24 août 1971. Dès le mois de mars le préfet des Pyrénées-Orientales, en relation avec la Viguerie française en Andorre, propose l'envoi de spécialistes et l'implantation d'une station nivométéorologique au Pas de la Casa. C'est le service de la Llavanera à Perpignan qui sera chargé de superviser l'opération et de traiter les données recueillies, dans le cadre d'un réseau sur les Pyrénées-Orientales, puisque d'autres postes semblables étaient prévus au Coll de Pimorent, à Font-Romeu et aux Angles.

L'objectif était de pouvoir donner l'alerte dans l'hypothèse d'une nouvelle situation dangereuse. Le préfet en demanda le financement au Conseil Général de son département, qui éluda la question en la reportant au budget suivant. La station du Pas de la Casa sera finalement installée mais, en 1974, le chef de la station météorologique de Perpignan signalait que le fonctionnement du poste, confié à la paroisse d'Encamp, était seulement passable. Certaines années, faute de personnel, il ne fonctionnera pas.

Toujours en 1971 et à l'initiative du préfet Gilbert Carrère, la réalisation d'une carte d'avalanches est proposée. Il prend contact avec l'Institut Géographique National français, qui réalisait alors une étude semblable sur Besines en Ariège, et avec le responsable pour les Pyrénées de la division nivologie du ministère de l'agriculture. Pendant l'été des visites de terrain aboutissent à un projet d'étude pour établir une carte inventaire des avalanches autour du Pas de la Casa, portant sur environ 5.000 hectares. Compte tenu du caractère prioritaire des sites français des Alpes, une participation financière est demandée à l'Andorre. Par ailleurs un expert du Centre d'étude de la neige de Grenoble conseille la réalisation d'ouvrages paravalanches ou de terrassettes. Comme s'il s'agissait d'un territoire français, il pense que les études et les travaux incombent au ministère de l'agriculture et à son service du CERAFER, lui aussi grenoblois.

Pour information et suggestions le plan d'action est communiqué au Viguiet français en Andorre et au "mairie" d'Encamp. Il ne semble pas que le *Consell General* des Vallées d'Andorre ni la paroisse de Canillo aient été alors informés. Il était

recommandé à la paroisse d'Encamp d'interdire de construire des habitations dans les zones à risque d'avalanche tant qu'une cartographie n'était pas établie, ce qui n'empêcha pas la construction dans le couloir d'avalanche lui-même, comme on peut le constater sur la photographie aérienne que nous présentons plus loin, prise en mars 1981. En dehors de la station nivométéorologique, tout restera à l'état de projets.

En 1976, dans le cadre de la lutte contre les avalanches, le ministre de l'intérieur français propose aux préfets les services des militaires afin d'effectuer des tirs préventifs de déchaînement d'avalanches à l'aide de canons de 75 sans recul. La station andorrane du Pas de la Casa fut prévue dans cette campagne mais, le plan de bataille n'ayant pas de suite dans les Pyrénées-Orientales, elle échappa à ce pilonnage salutaire.

Cette fois, à l'initiative des andorrans eux-mêmes, les réalisations sur le versant du Pas de la Casa commenceront réellement une dizaine d'années après, sur décision et sur financements du *Consell General* puis *Conselleries* compétentes du Gouvernement. L'élargissement de la route qui mène au Port d'Envalira, ainsi que son dédoublement sur un tronçon (avec abandon de l'ancienne route près du versant, qui devenait ainsi une grande banquette), ne résolvait pas la question des corniches et des départs potentiels d'avalanches, mais atténuait au moins leur impact et limitait l'effet d'entraînement sur le versant. Une carte de localisation probable d'avalanches fut décidée par le *Consell General* en 1980, confiée au Centre d'Etudes Andorranes de Perpignan et soumise à l'enquête publique en 1981. Enfin, en 1989, il fut procédé à la mise en place d'ouvrages de défense active dans les zones de départ (filets et râteliers paravalanche). Mais, en ce qui concerne la circulation, c'est la perforation du tunnel sous le Port d'Envalira (1992-1994) qui permettra de fermer la route plus souvent lorsqu'il y a du danger, et non pas de jouer avec le risque, comme c'est parfois le cas aujourd'hui.



L'ALLAU DEL PAS DE LA CASA



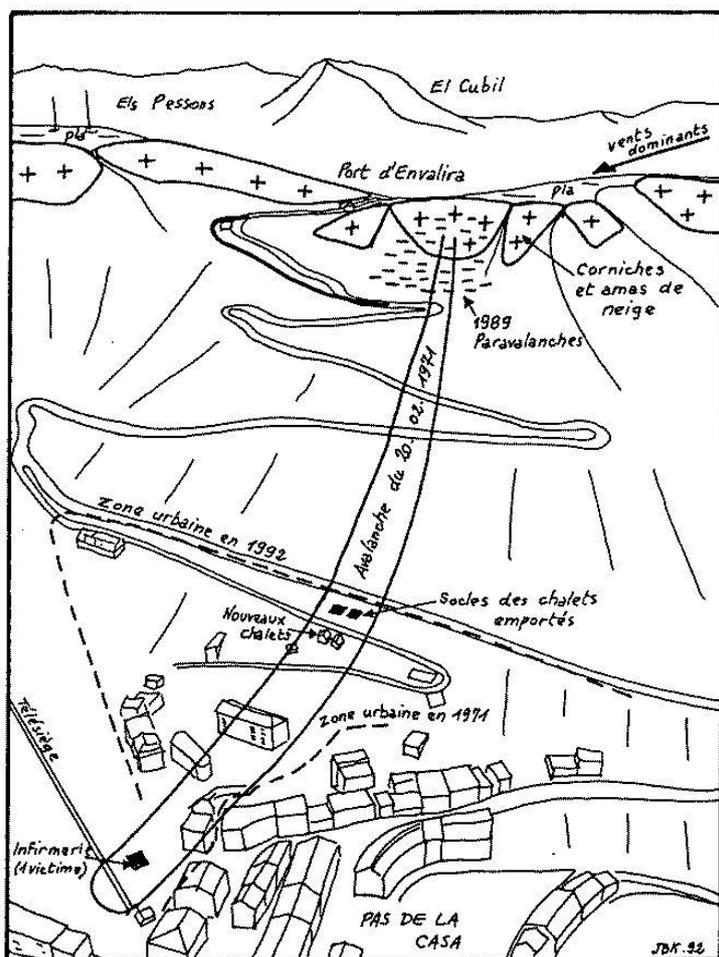
Encamp: le Pas de la Casa et le Port d'Envalira.

Vol hélico du 18/04/1981, de J. Becat et A. Lerouge.

Photo.: A. Lerouge.

Les emplacements des corniches apparaissent, en particulier à droite du col, où le versant qu'elles dominent entre le *pla* et les deux premiers lacets a des rochers et de la *gespa* glissante. Dix ans après les socles des deux chalets emportés sont encore visibles. Les immeubles en contrebas ont été construits depuis l'avalanche de 1971, sans que rien n'ait changé quant aux éléments favorables au risque. Depuis, l'urbanisation a progressé encore, puis une protection a été mise en place, qui atténue le risque dans la zone urbaine.

L'ALLAU DEL PAS DE LA CASA



Encamp: le Pas de la Casa et le Port d'Envalira.

Croquis d'interprétation de la photographie précédente, avec la localisation de l'avalanche du 20 février 1971, la localisation des travaux effectués: dédoublement de la route à l'avant-dernier lacet et travaux de défense active paravalanche. Les limites de l'extension de la zone urbaine en 1971, au moment de l'avalanche destructrice, et en 1992 sont indiquées par des tirets.

L'avalanche de Soldeu

Après les premières initiatives afin d'élaborer une cartographie, sans suites concrètes, chronologiquement, la première étude de risque d'avalanche réalisée en Andorre est celle de l'avalanche la plus connue de la Principauté, *l'Allau de Soldeu*. C'est l'ouverture permanente de la route de France qui posait avec acuité le problème de cette avalanche, car elle menaçait à tout moment la circulation sur la *carretera general* à cinq cents mètres en amont de Soldeu. On se reportera éventuellement au document annexe : Les premières études d'avalanches: *l'Allau de Soldeu*.

Le 9 avril 1974, le *Consell General* confia à *l'Oficina de Treballs Públics*¹³ une étude sur la protection du secteur de route menacé par *l'Allau de Soldeu*. Celle-ci, par la voie du *Síndic* (octobre 1974) et du Délégué permanent du Coprince français, demanda l'aide de techniciens qualifiés de l'ONF Midi-Pyrénées. L'Office National français des Forêts accepte et prépare une convention à signer entre "la République d'Andorre" et lui-même, "pour l'étude de l'avant-projet des travaux de paravalanches (défense active par stabilisation du manteau neigeux)" entre le Riu Xic et le Roc del Rocatell. Le coût est de vingt mille francs. Après rectification des titres, traduction, et en-tête de "*Treballs Públics del M.I. Consell General*", la convention sera signée le 6 octobre 1975. L'étude, accompagnée d'un bilan chiffré et d'une carte de localisation des ouvrages et des travaux, fut livrée le 26 août 1976¹⁴.

Elle prévoyait une défense active sur trois niveaux. Au sommet, au-dessus des rochers et des couloirs de départ, là où la pente était plus douce et convexe, on établirait une ligne de toits-buse puis une zone de barrières à vent vers le nord-ouest, c'est-à-dire face aux vents dominants qui provoquent le surenneigement des zones de départ des avalanches, et vers l'est des banquettes larges. On équiperait les rochers et les zones de départ des râteliers paravalanches plus ou moins denses, associés localement à des banquettes étroites ou à des gradins. Quant au versant d'éboulis qui mène à la route, il était prévu son façonnement systématique en banquettes, larges en bas, étroites en haut, selon la pente. La zone devrait être clôturée afin d'éviter le passage des animaux et de permettre un reboisement partout où cela serait possible. Bref, un équipement classique de défense active destiné à protéger une crête à corniches ou à congères et un versant

¹³ - Il s'agit d'un bureau d'études privé à qui sont confiés systématiquement des études et des travaux pour le compte du *Consell General*, entre autres la réalisation de la couverture cartographique d'Andorre. Lors de la création d'un gouvernement et d'une administration, une partie de ses employés constituera l'ossature de la *Conselleria de Serveis Públics*.

¹⁴ - C'est le scénario classique, que l'on peut transposer dans d'autres domaines: pas d'administration propre andorrane alors que l'importance de l'économie et la masse de population le demanderaient; utilisation onéreuse des services privés et des administrations françaises ou espagnoles.

avalancheux.

Il ne s'agissait pas d'empêcher l'avalanche, mais d'éviter autant que possible sa formation et d'en limiter les effets. Le coût total des travaux était estimé à quatorze millions de francs, une somme finalement assez proche du coût d'un tunnel paravalanche¹⁵.

Le projet n'eut pas de suite. Le bureau d'études privé andorran réalisa (c'est-à-dire fit réaliser) d'autres études concernant la réalisation d'un tunnel et la déviation de la route par le versant opposé, donc à *l'obac*. Après consultation du *Comú* de Canillo, qui s'orientait vers la déviation, solution qui ne convenait pas au *Quart* de Soldeu qui préférait la couverture du secteur à risque, le 31 juillet 1980 la *Junta de Serveis Públics* (commission ad-hoc du *Consell General*) ne se prononça pas. Elle renvoya l'affaire au *Comú*, mais elle se chargea de prendre contact avec les propriétaires affectés. Selon des communications postérieures il semble que ceux-ci n'aient jamais pu être réunis en totalité, ce qui empêcha toute décision, puisque la procédure d'expropriation pour cause d'intérêt public n'existait pas alors.

En 1993 la question reste encore posée, bien qu'une installation CATEX de défense active ait été réalisée. *L'Allau de Soldeu* est toujours fidèle à sa réputation. Elle est encore descendue le 10 mai 1991, coupant la route, emportant quelques arbres et faisant de menus dégâts aux équipements routiers, mais sans victimes.

Même après les grands travaux entrepris pour éviter le franchissement hivernal du Port d'Envalira, *l'allau de Soldeu* menacera toujours la route puisqu'elle est située bien après la sortie du tunnel. L'élargissement prévu dans ce secteur, pour porter la chaussée à trois voies, ne résoudra pas la question car il n'est pas possible de décaler la route hors de la zone. Les seules solutions possibles restent les suivantes, pour l'essentiel semblables à celles qui furent envisagées il y a vingt ans:

- L'installation de défenses actives dans la zone de départ et sur le versant, avec des purges artificielles chaque fois que cela s'avèrerait nécessaire, comme dans les stations de ski pour les versants dangereux. C'est la seule solution adoptée depuis peu, avec un câble CATEX. Bien que ne résolvant pas le problème, c'était une des mesures transitoires d'urgence, d'ailleurs suggérée par les premières études.
- L'installation de systèmes de détection déclenchés par l'avalanche lorsqu'elle se produit, bloquant la circulation par des feux tricolores ou par des barrières. Mais le

¹⁵ - L'avalanche de Soldeu avait fonctionné plusieurs fois jusqu'à la route au cours de chaque hiver entre 1970 et 1974. En 1976 le coût d'un tunnel-galerie était de 18.000 francs le mètre, soit pour les 900 mètres menacés un coût total de 16,2 millions de francs.

parcours bref de l'avalanche et la largeur assez importante du couloir rendent ce procédé peu sûr, car des véhicules peuvent se trouver déjà engagés.

- La construction d'une galerie paravalanche. Bien que coûteuse, c'est la solution la plus fiable, qui mettrait la route définitivement hors de danger.

- La construction dans ce secteur d'une nouvelle route passant par *l'obac*, donc sur l'autre rive de la Valira, et rejoignant la route actuelle avant Soldeu, ou après, au niveau du Grau d'Incles. C'est aussi une solution coûteuse, qui aurait le mérite de raccourcir et de simplifier le trajet vers Andorra la Vella, mais qui provoquerait un grand impact sur le paysage et une gêne évidente pour la station de Soldeu.

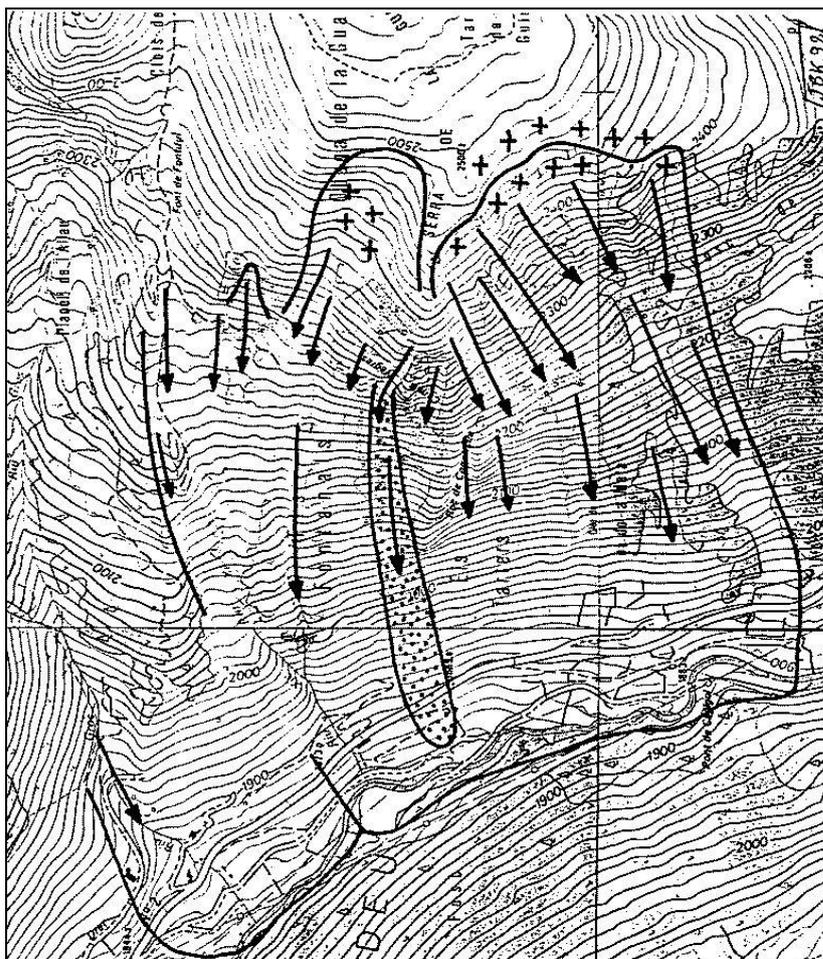
L'ALLAU DE SOLDEU



Canillo, Soldeu:
l'avalanche de
Soldeu.
Photographie Jean
Becat, 11/05/1991.

Au premier plan nous avons le chalet construit en limite de la zone d'avalanche du Riu Gros, qui vient du Planell de l'Allau. *L'Allau de Soldeu* proprement dite est au second plan. En haut, à 2.500 m d'altitude une surface sommitale couronne la Serra de la Guardiola, avec une suralimentation sous le vent, dans les rochers et les couloirs herbeux qui dominent la route. Les départs ont lieu dans ces chenaux mais aussi dans le versant. L'avalanche du 9 mai 1991, ponctuelle, est partie du couloir au centre des Canals Negres, gauche de la photographie.

L'ALLAU DE SOLDEU



surcharge par une trame et des rochers sous le *pla* de la Serra de la Guardiola. Les flèches soulignent les couloirs les plus actifs. L'avalanche passe parfois le Valira et remonte sur l'autre versant. Bien que le plus souvent de neige fraîche ou de neige lourde, *l'Allau de Soldeu* peut aussi prendre la forme de poudreuse. Le secteur du Riu Gros, du Riu Xic et dels Fontanals, également avalancheux, est moins actif.

Un extrait de la carte au 1/10.000e Valls d'Andorra avec, en surcharge, la zone d'avalanche dite de *l'Allau de Soldeu*. Le secteur le plus dangereux est celui dont les départs se font à partir des Canals Negres (l'avalanche de neige lourde du 09/05/1991 a été indiquée en

Le Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan

Ce centre est créé en 1977, à la suite d'une convention entre une entité andorrane qui naît au même moment, *l'Institut d'Estudis Andorrans*, et l'Université de Perpignan. Pendant plus d'une dizaine d'années il fonctionne en relation avec les départements concernés de cette université, pour s'en éloigner ensuite. À l'origine, il s'agissait, d'une part, de donner une impulsion aux études sur l'Andorre dans les domaines des sciences sociales et juridiques et, d'autre part, de participer au programme d'andorranisation de l'enseignement dans la Principauté, qui ne bénéficiait alors que d'un enseignement français et d'un enseignement espagnol. Un centre d'étude semblable était créé en même

temps à Barcelone, qui eut longtemps une activité réduite. Le comité directeur de *l'Institut*, présidé par le Syndic des Vallées d'Andorre, semble avoir été constamment marqué par la présence et par l'influence des Coprinceps.

Si les études sociales et de population furent en général peu programmées par ce comité¹⁶, et si les orientations vers l'aide à la pédagogie andorranes semblent avoir souffert d'une certaine ambiguïté et de difficulté dans les rapports avec les enseignements dominants alors en place en Andorre, il n'en fut pas de même en ce qui concerne les orientations vers l'archéologie et la montagne. Les études sur le risque d'avalanches en bénéficièrent.

Cela se matérialisa par des demandes de prestations de services en 1978, à propos du dépérissement et de la mortalité des forêts andorranes, puis par des travaux sur contrats concernant la cartographie d'avalanches à partir de 1980. C'était une évolution vers un centre d'études techniques, que confirmaient les campagnes de fouilles effectuées sur le site préhistorique de la Margineda, plus que l'extension à l'enseignement supérieur de l'andorranisation pourtant prévue par les statuts de *l'Institut*.

La première demande d'étude du risque d'avalanche en Andorre, en 1980, couvrait trois secteurs: El Serrat, la vallée moyenne du Riu Madriu et l'ensemble de la station du Pas de la Casa-Grau Roig et de ses environs. Le secteur de *l'Allau de Soldeu* en fut expressément exclu car il possédait déjà une étude. Le groupe de géographie du CEA de l'Université de Perpignan présenta un projet, qui fut mis en concurrence avec celui du STGREF (plus tard CEMAGREF) par les services compétents andorrans. Des éléments du rapport comparant ces projets et la décision du Consell General sont dans le document annexe 6.3: la première cartographie systématique du risque d'avalanches. Le projet perpignanais fut préféré car moins coûteux, plus détaillé et plus complet.

Appuyée par une intervention du préfet des Pyrénées-Orientales, Délégué

¹⁶ - Sur cette question voici l'extrait d'un article de J. Becat, "*Introducció als moviments migratoris i evolució de la població andorrana.*", *Els moviments migratoris a Andorra*, éditions Maià, Andorra la Vella, 1991, page 16:

"Quan, al final dels anys setanta es van proposar -i començar a elaborar- estudis sobre població i societat a Andorra, sobre les necessitats socials i la inserció, es van censurar i rebutjar. S'ha de reconèixer que, en el seu temps, l'IEA va descartar les propostes sobre aquests temes. Des d'aleshores queda aquest buit.

La mateixa institució de recerca andorrana (única fins ara), encapçalada pels dos coprinceps, pel Consell General i pel govern d'Andorra -finançada pels dos últims citats- no ha fomentat cap estudi sobre uns temes bàsics per a Andorra: Estat, poders i reforma (quan s'ha publicat sobre nacionalitat no va ser per foment sinó que es va assumir la publicació d'un estudi, molt ben fet, realitzat en un altre marc); necessitats socials; població; migracions i implicacions de les migracions; sociolingüística i problemes lingüístics; llengua i modalitats del parlar andorrà; mitjans de comunicació (no es va voler assumir un estudi sobre les ràdios a Andorra); sistema educacional i conseqüències socials; economia i necessitats laborals.(...) Tots aquests temes estan per conrear."

Permanent du Coprinco français, la collaboration des services départementaux et de la CRS 58 fut sollicitée, avec des succès divers.

La Direction de l'Équipement fut assez directe, rappelant à l'ordre le préfet lui-même: cette étude sur l'Andorre, décidée par des services de la Principauté et confiée à un organisme andorran, fut interprétée comme un empiètement sur les compétences des services français. La lettre du 19 novembre 1980 dit textuellement: "Je me dois d'attirer votre attention sur le fait que le service compétent en la matière est la Direction Départementale de l'Agriculture, qui dispose à l'échelon national d'un organisme spécialisé à savoir la division nivologie du CTGREF à Grenoble." Cet organisme était celui qui présentait par ailleurs un projet concurrent. Comme on peut s'en douter, la coopération postérieure ne fut guère exemplaire.

Heureusement, il en fut autrement avec les CRS de montagne de la compagnie de Perpignan. Pendant tout l'hiver 1980-1981 les CRS-sauveteurs en poste au Pas de la Casa observèrent et notèrent l'évolution du manteau neigeux et les avalanches dans l'ensemble de la haute vallée. Le groupe d'étude put aussi profiter de leur parfaite connaissance et de leur expérience de ce secteur. Il est certain que leur amour de la montagne et leur souci de la sécurité des skieurs et des randonneurs compta autant que les ordres donnés par leur supérieur pour les CRS en poste au Pas, qui firent un travail précis et fiable¹⁷. Il en fut de même avec le directeur de la station du Pas de la Casa-Grau Roig.

Les demandes et les objectifs

Ces travaux de cartographie et d'inventaire d'avalanches connurent plusieurs phases successives. Les premières commandes concernaient deux zones où se posaient des questions délicates, au lotissement de Les Salines pour la carte del Serrat et au Pas de la Casa lui-même. La Vall del Madriu fut rajoutée sur les conseils du groupe d'étude. La commande de la cartographie d'Arinsal et du massif du Coma Pedrosa était liée aux zones urbanisables dans cette station. Elle fut étendue à Pal à cause de la création de la station du Bosc de Pal et des projets d'extension du domaine skiable d'Arinsal vers Setúria. Celle de l'Angonella et de La Cortinada dérivait des demandes de permis de construire dans des zones qui semblaient être menacées par les avalanches. Celles des vallées du nord de Canillo visaient à couvrir des zones urbanisables dans l'étage des *bordes* et les *solans* de la vallée principale, où étaient situés les villages et la route

¹⁷ - Le commandant Cointepas donna une forte impulsion à cette collaboration et ouvrit les archives de sa compagnie, qui avait fait dans le passé la quasi-totalité des interventions de secours en Andorre. Le capitaine Saboya, qui dirigeait le groupe de montagne, nous accompagna et nous aida dans les travaux de terrain.

principale. La demande de couverture de la zone centrale est liée aux projets d'extension des stations de ski existantes et au projet des Cortals d'Encamp; comme la couverture réalisée entre temps par le CEMAGREF de Grenoble ne semblait pas suffisante, une nouvelle étude nous fut demandée. Les derniers projets sont différents, puisqu'ils sont la conséquence de la mise en place d'une législation faisant obligation d'une couverture CLPA sur tout le territoire andorran concerné par le risque d'avalanche.

On voit donc quels sont les objectifs réels qui existent toujours derrière ces demandes successives: chaque fois il y a un problème concret et ponctuel à résoudre, caché derrière la cartographie de tout un secteur. Par contre, les nouvelles stations de ski ont échappé à cette stratégie, puisqu'elles ont toujours bénéficié d'études spéciales placées hors des enquêtes publiques. Le Centre d'Etudes Andorranes de Perpignan a été l'instrument de cette politique d'aménagement du territoire, mais sa limitation et son ambiguïté ont toujours résidé dans le manque de moyens spécialisés et de personnel technique compétent. Il y avait cependant des aspects positifs, car ce Centre de Perpignan était en relation étroite avec les autorités andorranes qui le contrôlaient, puisqu'il en était l'émanation; mais surtout, il donnait au groupe d'étude une tranquillité et une indépendance d'esprit qui lui venait de son appartenance à l'Université de Perpignan et de la désignation de ses membres par le Conseil de Faculté, en particulier dans l'hypothèse d'éventuelles pressions lors des études et des enquêtes publiques.

Les objectifs assignés aux études apparaissent clairement dans les documents annexes 6.3 : La première cartographie systématique du risque d'avalanche (demande initiale, rapport, *acord* du *Consell General* de décembre 1980). Derrière les premières demandes et la continuité des études, il y a le rôle déterminant de quelques personnes: le *Conseller* Simó Duró et le *Comú* d'Ordino pour les premières études, la ténacité des responsables administratifs et techniques, Francesc Areny et Ramon Cereza, puis Joan Estradé, qui réalisèrent progressivement une cartographie exhaustive du risque d'avalanche. Il y a surtout les *Consellers d'Agricultura* et *d'Indústria*, et tout particulièrement Josep Vidal Martí, Lluís Molné Armengol et Jaume Bartumeu Cassany, qui proposèrent et qui couvrirent ces études, avec beaucoup de rigueur et une grande fermeté lors la phase de présentation des résultats et de l'enquête publique.

La méthodologie

Le souci de l'adaptation à la situation andorrane

Comme pour la cartographie des forêts, et pour les mêmes raisons, la méthodologie est une création, à la fois sur le plan des observations, de l'utilisation de la télédétection et de la cartographie. Elle mobilise des éléments et des techniques qui sont

tous bien connus. L'originalité vient de leur assemblage et de la cartographie à l'échelle du 1/10.000e, des cartes géomorphologiques et de la végétation proposées simultanément, et de l'utilisation des photographies de repérage avec leur interprétation dans le dossier destiné à l'enquête publique.

Pourquoi une cartographie qui est davantage un document d'aménagement et de support à des décisions administratives qu'un premier document de localisation? Nous avons eu le souci d'éviter deux cartographies successives à deux échelles différentes: avec l'excellente couverture andorrane au 1/10.000e, il était possible d'obtenir des cartes de risque précises qui permettaient de couvrir en une seule fois l'ensemble du territoire. Seules, les zones urbaines peuvent demander ensuite, si c'est nécessaire, une cartographie plus détaillée à l'échelle des plans urbains: 1/500e, 1/1.000e ou 1/2.000e. Mais, même dans ce cas, l'essentiel des zones d'avalanche et des limites seront déjà connues et permettront de prendre des décisions dans bien des cas et, par conséquent, de limiter les situations d'attente.

Il y eut aussi le souci constant, dans les rapports qui accompagnent la cartographie, d'être proche des habitants et des décideurs politiques: par l'utilisation systématique de photographies, avec leur interprétation et des croquis explicatifs, par les commentaires et la nomenclature qui reprennent le vocabulaire et les repères connus de tous.

Les moyens utilisés

La phase d'étude s'étend en principe sur une année afin de pouvoir réaliser deux campagnes d'observation en hiver et en été, ainsi que des observations complémentaires au printemps sur les dernières neiges, sur l'emplacement des corniches et des accumulations de neige, sur les secteurs les plus rapidement déneigés et sur les culots d'avalanches. Bien qu'elle puisse sembler aller de soi et banale, cette continuité de l'observation sur un secteur donné, ainsi que la mobilisation des observations antérieures, couvrant parfois une décennie, sont une des originalités des études en Andorre par rapport aux méthodes classiques appliquées en France. En effet, que ce soit à cause de l'importance des surfaces à couvrir en peu de temps, ou des facteurs humains et budgétaires, le suivi sur le terrain et la vérité-terrain avant ou après la photo-interprétation sont toujours des facteurs limitants.

En France, comme plus récemment en Catalogne, une étude de ce genre comprend une photo-interprétation et une cartographie de localisation à l'échelle du 1/20.000e ou du 1/25.000e, suivies d'une rapide enquête de terrain¹⁸. C'est le processus

¹⁸ - C'est la méthodologie utilisée par le CEMAGREF sur l'Andorre, ces conditions d'étude étant

inverse qui a été choisi par notre groupe, avec une étude fouillée du terrain, qui permettait aussi de réaliser une carte de géomorphologie détaillée et un inventaire des facteurs favorables, avec une observation la plus continuée possible accompagnées d'une photo-interprétation. La qualité de l'excellent fond de carte andorran au 1/10.000e fut pour beaucoup dans le choix de la méthodologie; il eût été aberrant et peu sérieux de ne pas mettre à profit cette opportunité, que n'offrent malheureusement pas les couvertures françaises.

Dans la pratique, il y eut toujours une convergence de moyens et de procédés mobilisés simultanément. On utilisa la télédétection, dont la photo-interprétation classique de couvertures aériennes verticales, mais par le biais de couvertures obliques de diapositives couleur ou infra-rouge couleur prises depuis un hélicoptère. Chaque carte a bénéficié d'une couverture spéciale d'été et parfois d'hiver. Les photographies verticales de 1948, 1972, 1982 et 1986 permirent de voir l'évolution de la végétation et du couvert forestier et, bien entendu, le dessin des cartes. Les photographies obliques par rapport à l'horizontale offrent l'inestimable avantage en montagne d'être perpendiculaires au versant et de mettre en évidence, à peu de frais, grâce aux diapositives en infrarouge, la qualité et le rôle du substrat et de la végétation, ainsi que les traces des avalanches antérieures.

Le reste est pure routine, afin d'accumuler les éléments utiles: levés de géomorphologie et de végétation, terrain et suivi hivernal, état du manteau neigeux, bilan des hivers précédents et archives diverses, enquêtes auprès des utilisateurs traditionnels et actuels de la montagne. Les témoignages sont toujours confrontés aux études et aux observations qui précisent l'utilisation locale de la montagne depuis un siècle, la situation et l'évolution des modelés et de la végétation, l'analyse des traces laissées par les avalanches, l'empreinte du manteau neigeux sur la végétation.

La composition du groupe d'étude a changé selon les contrats, mais elle a toujours réuni des personnes ayant des compétences variées: géographie, cartographie, botanique, spécialistes de la neige, de la photographie, et des personnes connaissant bien le terrain, andorranes ou non. Les chercheurs ou spécialistes ayant participé à la totalité des études sont Henri Péjouan, Alain Lerouge et l'auteur de cette thèse, qui assura toutes les synthèses et les rédactions.

En se gardant de s'en étonner, il faut cependant souligner la difficulté des enquêtes auprès des habitants ou des personnes concernées par la cartographie du risque d'avalanche: propriétaires ou usagers, responsables locaux, agents économiques, etc. Il y a souvent méfiance et rétention de l'information. Rarement nous avons obtenu

précisées par contrat. Bien que l'Andorre possédât un excellent fond topographique au 1/10.000e, l'IGN, qui fit la photo-interprétation, et le CEMAGREF, qui assura la livraison, produisirent une cartographie au 1/20.000e.

spontanément des informations complètes et fiables. C'est habituel dans ce genre d'étude, d'autant que pendant longtemps il n'existait pas en Andorre de législation qui puisse imposer les résultats ni de procédure d'enquête publique qui obligeât les personnes en disconformité avec la cartographie à manifester leurs remarques.

C'est pour cela que toute enquête a été précédée d'une étude approfondie du terrain et des témoignages laissés par les avalanches, afin de déterminer les couloirs, les facteurs favorables et, si possible, les types d'avalanches et leur fréquence. Avec ces éléments, même incomplets, les enquêtes ont toujours été plus fructueuses, et souvent très approfondies: il n'était plus nécessaire de se taire, mais au contraire de collaborer afin de préciser au mieux les limites et les types d'avalanches (qui impliquent des dynamiques, donc des fronts différents), voire d'influencer l'enquêteur afin que, dans le doute, il n'ait pas la tentation d'exagérer les zones d'étalement pour se protéger.

Ces dix années de contacts humains très riches nous ont montré que les utilisateurs traditionnels de la montagne, éleveurs ou agriculteurs, ne connaissaient guère la montagne en hiver. Il en va de même pour la plupart des personnes qui pratiquent le ski ou qui fréquentent les stations de sports d'hiver. Les contrebandiers étaient mieux informés par leur expérience, mais seulement le long des itinéraires classiques. C'est parmi les andorrans amateurs de ski de randonnée en hiver et d'excursions en été que nous avons rencontré la meilleure connaissance du pays et la collaboration la plus spontanée.

Les observations de terrain

Les observations de terrain en hiver concernent essentiellement la localisation, autant que faire se peut, d'une part, des facteurs favorables aux avalanches et, d'autre part, des éléments qui permettront d'apprécier la dynamique du manteau neigeux. Lors de la chute comme dans les jours qui suivent, selon les types de neige et les vents qui la mettent en mouvement, il s'agit de localiser les zones de déflation, les zones d'accumulation, les corniches et leur orientation, les versants favorables à la formation des plaques à vent. Il est également important de repérer les versants qui connaissent un déneigement précoce, ou des successions d'enneigement et de fusion pendant un même hiver, ou encore des versants en exposition sud qui, tout en restant enneigés, sont favorables à une métamorphose rapide du manteau neigeux.

Bien entendu, lorsqu'elles ont lieu pendant l'hiver de l'année d'étude, les avalanches qui se produisent dans le secteur concerné sont observées et fichées. Mais, comme la plupart des couloirs n'ont pas un fonctionnement annuel, ou bien n'utilisent pas toute leur zone potentielle, l'essentiel des efforts ne se porte pas sur le phénomène avalancheux mais sur les éléments favorables qui peuvent être cartographiés avec

sécurité¹⁹.

Le travail de terrain en dehors de la saison hivernale est essentiel, car il permet de retrouver les traces des avalanches et leur empreinte dans la végétation. Par l'analyse des impacts et des traumatismes sur les arbres, ainsi que par l'observation du dessin et des limites des couloirs, on peut en déduire souvent le type d'avalanche qui les a affectés ainsi que la fréquence. Évidemment la cartographie des formes de modelé et de la végétation se fait surtout pendant cette période.

En mai et juin la haute montagne andorrane reste encore très enneigée. Les dernières chutes de neige ne sont pas très anciennes ou se produisent encore. Elles sont provoquées habituellement par des perturbations méditerranéennes accompagnées par des vents de sud-est, alors que les enneigements d'hiver se font avec des situations météorologiques différentes et des vents des secteurs nord et nord-ouest. C'est donc une période propice à l'observation des effets des divers types d'enneigements, des formations ou des restes de corniches, de la déflation, des déneigements précoces et des accumulations dues aux avalanches (en dehors bien sûr des avalanches de poudreuse).

Au cours de l'été l'observation porte surtout sur les arbres et les landes affectés par les avalanches et par la reptation du manteau neigeux, sur les pelouses et sur les microformes de modelé. Dans certains cas, heureusement peu fréquents, on peut avoir des difficultés pour faire la différence entre les effets produits par les avalanches, par la reptation du manteau neigeux ou par la solifluxion.

Sur les versants affectés par la solifluxion les jeunes arbres sont retenus par leurs racines dès qu'elles sont assez fortes et profondes, alors que le mouvement superficiel du sol les entraîne vers le bas. De là vient la forme coudée si caractéristique de la base des troncs de tous les arbres du versant, que l'observateur peu averti peut confondre avec l'effet des avalanches. Cette confusion peut être renforcée par la présence de branches brisées vers l'amont, voire de jeunes arbres étêtés par le passage du bétail, des skieurs ou pour toute autre raison. Dès que les arbres sont assez forts et enracinés ils se fixent et se redressent pour pousser ensuite plus droits; résistant au glissement superficiel, il peut se former en amont au contact de leur tronc un bourrelet qui ne doit évidemment rien aux avalanches.

Le plus souvent on peut faire la part des choses, en particulier grâce à une observation systématique de tous les spécimens du secteur et par la convergence

¹⁹ - Sur onze années d'étude en Andorre, une seule fois, en 1988-1989, l'enneigement a été trop faible et aléatoire pour permettre des observations suffisamment fiables. La réalisation définitive de certaines cartes en cours a dû être repoussée d'un an afin de pouvoir renouveler les observations.

d'autres éléments: géomorphologie et micro-modelés, facteurs favorables ou non aux avalanches, etc. Le passage d'une avalanche brise les arbres une même année et n'affecte que ceux qui résistaient; il y a une périodicité que l'on peut mesurer. Par contre la solifluxion est plus générale et permanente. Il n'y a guère que dans les semis de jeunes arbres en limite supérieure des forêts ou dans les progressions forestières sur les versants très affectés par la solifluxion que la différenciation des effets des deux phénomènes est délicate.

La reptation du manteau neigeux a les mêmes effets sur les jeunes arbres: troncs coudés, voire jeunes plants écrasés et plaqués dans le sens de la pente, branches dirigées vers l'amont retournées et brisées. Sur les arbustes et buissons isolés cette reptation effectue une sorte de peignage vers l'aval. Cette reptation de fait lorsque la couche de neige est importante, sur des versants pentus avec une faible couverture forestière, nous avons là des facteurs qui sont également favorables aux avalanches. Dans certains cas il est impossible de déterminer s'il s'agit d'une reptation ou d'avalanches, par exemple dans les versants sud réguliers, en limite supérieure de la forêt dans une estive moins pacagée, avec un piquetage de jeunes pins. C'est le cas à la Costa del Lloser de Naudi (Canillo: Mereig) ou au Llempto (Canillo: Montaup / Vall del Riu).

Malgré cela, en règle générale la confusion n'est pas possible, car sur ces versants affectés par des avalanches de neige lourde ou de plaques, le passage des avalanches se traduit aussi par des blessures répétées que l'on peut reconnaître. Lorsque la forêt grandit et se densifie sur un versant affecté par la reptation du manteau neigeux, celle-ci est ralentie et même peut cesser. Alors, au milieu des arbres adultes dont la base du tronc est coudée, les jeunes arbres poussent plus droits.

Chaque type d'avalanche laisse des marques différentes. Les avalanches de poudreuse cassent net les arbres à une certaine hauteur, souvent à un ou deux mètres, quel que soit leur âge. Des remous et de fortes turbulences se produisant dans l'avalanche, celle-ci n'a pas le même impact sur tout son trajet et il est courant qu'elle respecte certains arbres ou même des bouquets, ce qui peut faire douter de son passage. Elle coupe menu les branches et les feuillages dont les brisures sont répandues sur une surface importante à l'arrivée: on ne retrouve pas de front ni d'amas caractéristiques des autres formes d'avalanches. Par contre les couloirs de poudreuse que nous avons observés en Andorre et qui aboutissent en forêt ont des limites assez nettes et surtout très rectilignes, indifférentes aux formes et aux accidents topographiques de détail.

Les avalanches de plaques, donc neige sur neige, cassent aussi les arbres à une certaine hauteur, car la base du tronc est prise et protégée par la neige de la couche inférieure. Mais alors la cassure ou le ploiement des troncs sont systématiques sur tout le secteur affecté.



Les avalanches de neige de printemps ou avalanches de fond ont un effet de bulldozer sur la végétation. Elles ploient et écrasent les buissons et les arbres jeunes ou assez flexibles. Elles brisent ceux qui sont plus résistants, ne laissant que la base du tronc, souvent couchée ou à demi arrachée. Habituellement, s'il reste malgré tout une couronne de branches, l'une d'elles se redressera et prendra la place de la flèche brisée, jusqu'à ce qu'une nouvelle avalanche ne l'emporte à son tour. Par l'observation systématique de ces arbres et des jeunes arbres encore non affectés par l'avalanche, et par le comptage des années -puisque chaque année la flèche et les branches progressent d'un segment nouveau- il est possible d'évaluer la fréquence du phénomène.

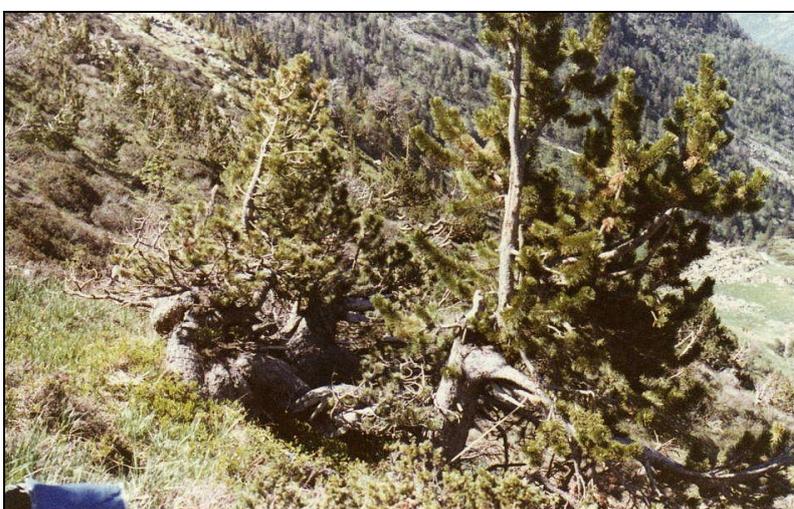


**AVALANCHES,
MÉTHODOLOGIE :
VÉGÉTATION**

**ORDINO: ZONE
D'AVALANCHE A
LA RABASSA DE
RIALB**

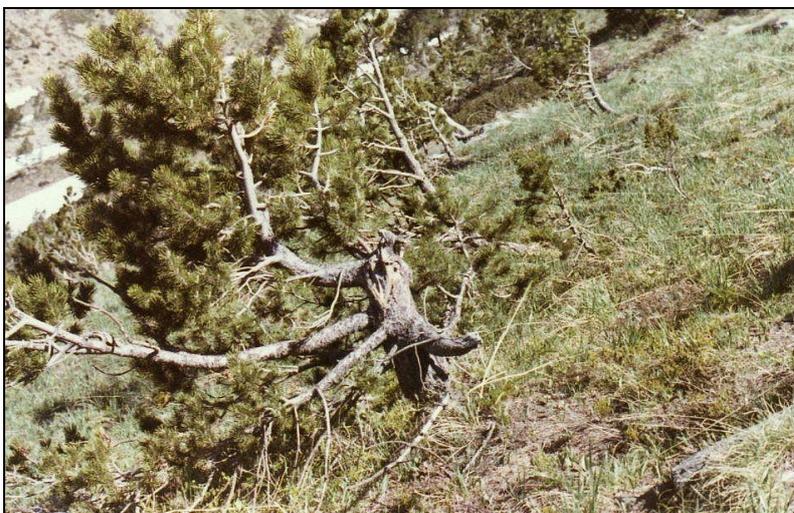
Ordino: pins des
couloirs d'avalanches,
dans la Costa de Font
Freda, à la Rabassa de
Rialb.

Photographies Jean
Becat, 12/06/1981.



On peut ainsi observer couramment des souches très vieilles et très puissantes (par exemple plus que centenaires et d'un diamètre supérieur à quarante ou cinquante centimètres), prostrées sur le sol vers l'aval, dont les branches nouvelles redressées peuvent faire penser à de jeunes arbres.

AVALANCHES, MÉTHODOLOGIE : VÉGÉTATION
ORDINO: ZONE D'AVALANCHE A LA RABASSA DE RIALB



Ordino: pins des couloirs d'avalanches, dans la Costa de Font Freda, à la Rabassa de Rialb.

Photographie Jean Becat, 12/06/1981.

Le versant est régulièrement parcouru par des avalanches de neige fraîche, après les fortes chutes d'hiver, donc sur une couche de neige déjà stabilisée, ce qui a pour effet de malmener les arbres, de briser les branches de l'amont, voire de briser les troncs à une certaine hauteur. Au printemps, les avalanches de fond courbent les arbres, parfois seulement retenus par quelques racines, brisent les branches les plus fortes et emportent les souches qui offrent trop de résistance. De là les formes caractéristiques que l'on observe sur ces trois photographies. Ces arbres peuvent être très âgés, souvent prostrés, ne vivant que par quelques branches qui se redressent et qui seront un jour brisées ou ployées à leur tour.

Si les arbres résistent trop, ils sont déracinés et emportés. Parmi les troncs avalants dans les couloirs ou dans la zone d'étalement, dont les racines sont toujours vers l'amont, on rencontre le plus souvent ce genre d'arbres et des troncs plus droits qui ont été enlevés sur les marges des couloirs. En effet, les limites sont toujours très nettes; il y a comme un calibrage du couloir en forêt, qui va parfois jusqu'à respecter certains troncs en bordure tout en brisant leurs branches qui poussaient côté avalanche, qui ont tendance à s'étaler davantage parce qu'elles ont plus d'espace et de lumière.

Le chenal d'une avalanche de printemps épouse toujours les formes de relief. Cette neige lourde et plus lente accentue les courbures des couloirs, remontant sur le versant concave. Elle est sensible aux obstacles qui la freinent: rugosité du chenal, verrous rocheux, coudes prononcés. Dès que la pente diminue et que le couloir s'élargit, par exemple sur un cône de déjection torrentiel ou sur un replat, l'avalanche de neige lourde perd de la vitesse et s'étale, puis s'arrête, laissant un amas de neige qui peut être considérable, mêlé de troncs que la fusion amoncellera sur le sol.

Des témoignages font état, à Arinsal ou dans des couloirs de la vallée de la Valira del Nord, de masses de neige de huit à dix mètres de haut et de véritables cimetières de troncs. Lors de la dernière manifestation de l'avalanche de Les Fonts-Torrent Ribal, qui aboutit au parking d'Arinsal, il y eut assez de bois pour tout le village pour plus d'une année.

S'il n'y a pas de zones d'étalement et de réception suffisantes, l'avalanche peut remonter sur le versant opposé, ou suivre un temps le fond de la vallée principale. Dans les documents annexes 5 nous présentons plusieurs photographies de ces couloirs particuliers et des forêts caractéristiques des zones d'avalanches.

Dans l'étage alpin les formes de micro-modélé et les types de pelouses sont en relation étroite avec l'épaisseur et la permanence du manteau neigeux. Selon que le manteau neigeux est abondant et durable, ou que sa fusion est rapide après chaque chute de neige, exposant le sol à de plus nombreuses alternances de gel-dégel, ou que la déflation mette le sol à nu ou accumule des congères, nous avons des pelouses différentes ou des ports particuliers des buissons.

Par exemple les landes ou les landines des versants nord indiquent clairement l'épaisseur moyenne du manteau neigeux et les effets du vent car tous les rameaux ce qui ne sont pas protégés par la neige se nécrosent et meurent. Parmi les pelouses alpines, les combes à neige et les secteurs de réception d'avalanches ont des plaques de *gespa* (*Festuca eskia*). Les landines de callune remplacent la pelouse ou la prairie sur les croupes au vent. Les pins isolés peuvent indiquer la hauteur habituelle du manteau neigeux par divers éléments: branches basses bisées par la reptation, branches nécrosées par la réflexion du soleil sur la neige au-dessus du niveau moyen de l'enneigement, écorce polie face aux vents dominants par le choc des particules de neige gelée que le vent transporte sur la surface enneigée.

Il est inutile d'insister car ces phénomènes géomorphologiques et ces effets physiologiques sur les plantes sont bien connus. Lorsque les avalanches se produisent dans la zone supraforestière, ces observations, croisées avec les levés pendant l'hiver, deviennent essentielles car on ne peut plus s'appuyer sur l'observation des arbres et des couloirs.

AVALANCHES, MÉTHODOLOGIE : VÉGÉTATION
ORDINO, EL SERRAT: ZONE D'AVALANCHE DE LES TALLADES



Ordino, El Serrat: tronc avalant dans le couloir principal de la zone d'avalanche de Les Tallades. Photographie Jean Becat, 12/06/1981.

Au premier plan, un caractéristique tronc avalant, avec les racines vers l'amont, arraché dans la forêt du haut versant, en bordure d'un couloir, et transporté dans la vallée par une avalanche de printemps. Au second plan les jeunes pins, âgés de dix à vingt ans, recolonisent le versant; les plus grands portent la marque du passage d'une ou deux avalanches. La photographie a été prise lors de l'étude de terrain systématique, pour la carte del Serrat; le personnage est Henri Péjouan, spécialiste des avalanches dans les Pyrénées de l'est.

AVALANCHES, MÉTHODOLOGIE : VÉGÉTATION
LA MASSANA, ARINSAL: ZONE D'AVALANCHE DE LES FONTS



La Massana: l'aspect d'une forêt dans une zone d'avalanches de plaques ou d'avalanches de printemps.

Photographie Jaume Riba, juillet 1982.

La vue est prise dans la partie inférieure du cirque de les Fonts. Les avalanches de fonte peuvent se produire sur tous les versants, facilitées par l'exposition sud et par les terrassettes à grandes fêtuques. Pendant l'hiver, les grandes avalanches de plaques dévalent du secteur ouest, sur la gauche de la photographie, et couchent les arbres ou les brisent à environ un mètre et demi de hauteur, car leur base est prise dans la couche de neige inférieure. Cette formation est assez dense et basse, constituée d'arbres adultes dont les nombreuses branches qui se redressent ensuite font penser, de loin, à une progression forestière. Les personnages sont Francesc Areny, responsable des études d'avalanches du Département d'Industrie du Gouvernement andorran, et l'auteur. Ces avalanches s'arrêtent le plus souvent ici, mais parfois elles empruntent le couloir du Torrent Ribal, jusqu'au parking d'Arinsal.

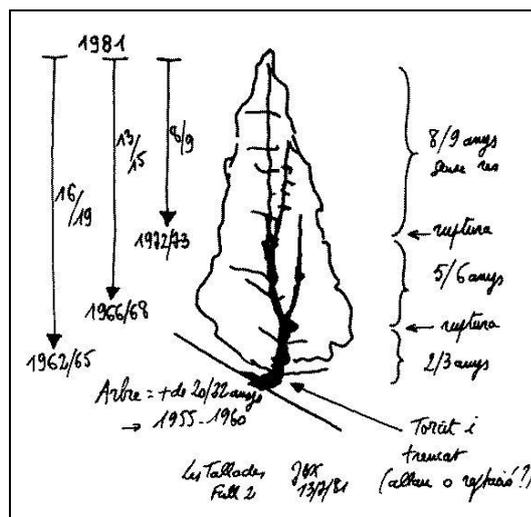
AVALANCHES, MÉTHODOLOGIE: VÉGÉTATION ORDINO, EL SERRAT: ZONE D'AVALANCHE DE LES TALLADES



Photographie Jean Becat,
13/07/1981.

Croquis de terrain après examen de ce jeune pin situé dans le bas du couloir. En apparence il est sain et régulier, mais en réalité il a déjà été affecté au moins deux fois par une avalanche.

Quel que soit leur âge, les plus grands pins du couloir ont trois mètres de hauteur. Ils sont assez droits à partir de la base, mais plusieurs fois étêtés, ou coudés par l'avalanche. Les plus jeunes pins ont grandi par familles d'âge. Les cassures semblent correspondre à quelques épisodes, les premiers rapprochés et cassant souvent les arbres, les derniers espacés et brisant les troncs moins bas: succession d'avalanches de fond puis de neige fraîche ou de poudreuse?



Les cartes de risque d'avalanche

En 1991, l'Andorre possédait 59,7% de son territoire (28.010 hectares sur les 46.800 hectares du pays) couvert par une cartographie de risque d'avalanches, à des échelles différentes, avec parfois des recoupements entre les diverses études. Les 40,3% restants, soient 18.790 hectares, se répartissent entre 27,9% dont la cartographie CLPA est programmée ou en cours et 12,4% seulement dont la cartographie n'est pas envisagée (13.100 ha et 5.690 ha respectivement). Cette dernière partie concerne l'Andorre basse et les zones urbaines centrales où la question des avalanches ne se pose guère.

Sur cet ensemble, le Groupe de Recherche Géographie du Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan a couvert à l'échelle du 1/10.000e un total de 16.910 hectares, soit 36,1% du territoire andorran en 14 secteurs dont la localisation et les dates de réalisation, de mise à l'enquête publique et de publication sont précisées dans la carte et le tableau qui suivent. Ce sont les seuls documents cartographiques, accompagnés de livrets de commentaires, qui soient passés à l'enquête publique. Cette cartographie est reproduite en hors texte: 46.421 - Les cartes de localisation probable d'avalanches; la première cartographie CLPA réalisée en Andorre (15 planches).

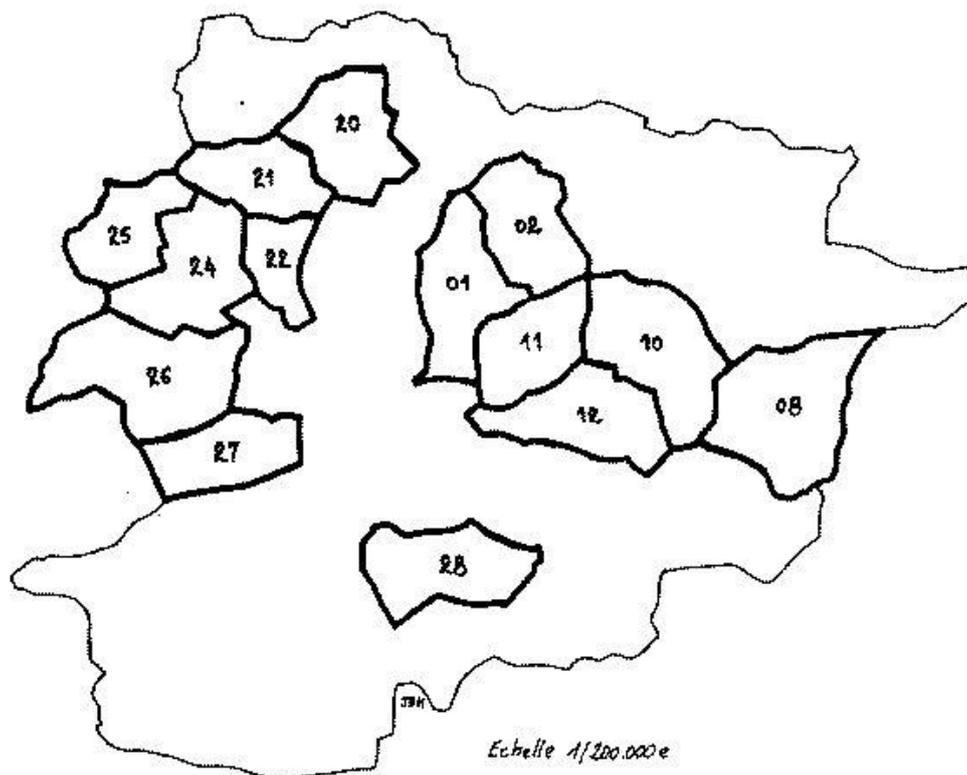
On pourra aussi se reporter aux documents annexes 44.421/4 : Les cartes CLPA; exemples de traitement d'un secteur. Ces deux exemples concernent, sur la paroisse d'Ordino, la Vall de l'Avier (L'Angonella) et la Canal del Tabanell (Sobre els Camps de La Cortinada). La Vall de l'Avier est une petite vallée glaciaire affluente de l'Angonella, dominée par des *plans* sommitaux, sans habitat permanent ni temporaire. Quant à la Canal del Tabanell, c'est un ensemble torrentiel inscrit dans le versant d'auge de la Valira del Nord, dont les chenaux sont empruntés par des avalanches qui arrivent jusqu'à la vallée, et qui s'étalent sur le cône de déjection, dans la zone urbanisable. Chaque exemple comporte des extraits des cartes de risque d'avalanche, de géomorphologie, des forêts et les pages correspondantes du fascicule de commentaires. Il s'agit des documents destinés à l'enquête publique et présentés en automne 1989.



LES CARTES DE RISQUE D'AVALANCHE : C.L.P.A.

Bilan récapitulatif 1991 des secteurs couverts par le Groupe de recherches Géographie dans le cadre du Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan.

Responsable: Jean Becat.



Secteurs du fichier central d'avalanches, date de l'enquête publique et date de la publication:

- 01 - Montaup-Mereig, 07/1990, 06/1992.
- 02 - Vall del Riu, 06/1988, 07/1990.
- 08 - Pas de la Casa-Grau Roig, 10/1981, 05/1983.
- 10 - Soldeu-El Tarter-El Cubil, 07/1990, 06/1992.
- 11 - Rep-El Forn-Encampadana, 07/1990, 06/1992.
- 12 - Cortals d'Encamp-Les Deveses, 07/1990, 06/1992.
- 20 - El Serrat, 10/1981, 05/1983.
- 21 - L'Angonella, 07/1988, 06/1992.
- 22 - Sobre els Camps de la Cortinada, 07/1988, 06/92.
- 24 - Arinsal, 11/1985, 09/1987.
- 25 - Coma Pedrosa, 11/1985, 09/1987.
- 26 - Pal-Saturia, 11/1985, 09/1987.
- 27 - Sispony, 11/1985, 09/1987.
- 28 - Vall del Madriu, 10/1981, 05/1983.

LES CARTES DE RISQUE D'AVALANCHE : C.L.P.A. ET LES AUTRES ETUDES DE RISQUE D'AVALANCHES

Bilan récapitulatif des travaux réalisés dans le cadre du Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan par le Groupe de recherches Géographie.

Responsable: Jean Becat. Bilan présenté le 08/04/1989.

*ESTUDIS SOBRE EL RISC D'ALLAU A ANDORRA : Bilans recapitulatiu, 08/04/89.
Realitzats en el marc del Centre d'Estudis Andorranos de Perpinyà (IEA),
pel Grup Geogràfic. Responsable: Joan BECAT.*

Mapes o informes	Demanda, i autitat sol·licitant	Proposta o projecte	Contracte, o encàrrec de l'estudi	Mapes i informes tramissos per enquesta pública	Documents definitius (després consultats d'autoritat)	Escala dels mapes, i nombre d'exemplars	Superfície aproximada
- Pas de la Coma / Gran Rinc - El Serrat - Vall del Llestrin	Setembre 1970 (entrevista) 15.1 Junta Serveis Públics	27 octubre 1970 (projecte J. Becat)	23 novembre 1970 (informe H.1. Junta LG) 23 desembre 1970 (H.1. Junta LG)	octubre 1971 octubre 1971 octubre 1971	maig 1973 maig 1973 maig 1973	1/10.000 100 exempl.	1.750 ha 1.300 ha 1.250 ha
- Encamp (Recurs en gestió)	Recur: 13 febrer 1976 Requeriment: 2 juny 1976 (Dilig. Reconstrucció)	—	2 juny 1976	—	10 juliol 1976	1/10.000 - 2 ex.	50 ha
- El Serrat (Recurs en gestió)	Recur: 23 setembre 1976 Requeriment: 2 juny 1976 17.6. 1976. Reconstrucció	—	2 juny 1976	—	10 juliol 1976	1/10.000 - 2 ex.	100 ha
- La Massana - La Massana, ampliació	21 octubre 1973 (Cons. Serveis Públics) 20 abril 1973 (Cons. Serveis Públics)	17 novembre 1973 (projecte J. Becat) 6 juliol 1973	8 febrer 1973 setembre 1973	novembre 1975	setembre 1977	1/10.000 - 16 exempl.	2.350 ha 2.600 ha
- Solana d'Arinsal	9 juliol 1973 (Cons. Serveis Públics)	—	—	—	22 octubre 1973	1/10.000 - 2 ex.	300 ha
- Prat de Sobirans (Arinsal)	4 setembre 1974 (Cons. de la Massana)	—	—	—	28 setembre 1974	1/10.000 - 2 ex.	50 ha
- Les Salines	13 desembre 1975 (Cons. Serveis Públics)	—	—	—	6 maig 1976 21 juliol 1976	1/10.000 - 2 exempl.	200 ha
- Angouilla / La Cortinada - Montaup, Vall del Riu, Ansolet - Centre (CEEM, Soldeu, Cortals)	37 juny 1976 (Cons. Aj. Com. Ind.) 17 setembre 1977 - demanda amb nous elements (Cons. Aj. Com. Ind.)	33 setembre 1976 (1 ^a projecte J. Becat) 2 octubre 1977 (2 ^a projecte J. Becat)	— 30 juliol 1978 (16 maig 1978 - data CEMAGREF presentant una relació)	previsions: juliol 1979 i novembre 1979	X	1/10.000 - 16 exempl.	1.600 ha 4.000 ha 3.900 ha

Les autres études

Les autres travaux ont été réalisés pour le compte de la *Conselleria d'Indústria* pour ses besoins internes ou en relation avec des projets d'extension du domaine skiable, mais sans présentation publique; ils ne sont donc pas opposables aux tiers. Il s'agit cependant de travaux qui permettent une connaissance et une gestion du risque, tout comme ceux que nous avons réalisés dans le cadre des études de CLPA.

Le CEMAGREF de Grenoble a couvert en cartographie au 1/20.000e un total de 15.760 hectares, soit 33,6% du territoire andorran, en 1984 et 1985. Ces travaux ont été réalisés directement par cet organisme d'étude, sur contrat, ou par le biais de ses ingénieurs ou chercheurs. Pour la plus grande partie, qui couvre le sud et le centre de l'Andorre, il fut procédé selon la méthode rapide utilisée habituellement en France sur le fond de la carte au 1/25.000e: photo-interprétation en cabinet par l'IGN

français, puis passage rapide sur le terrain et cartographie manuelle donnée sans documents complémentaires. On peut supposer que l'échelle du 1/20.000e, obtenue par réduction de la couverture andorrane au 1/10.000e, fut choisie afin de se rapprocher des fonds habituellement traités en France. Cette réduction ne permit pas de situer certains secteurs avalancheux avec la netteté que rendait possible la finesse de la carte d'origine, ce qui amena le Gouvernement andorran à demander au CEA de Perpignan une nouvelle cartographie de certains secteurs déjà couverts par le CEMAGREF. Cette double couverture concerne 5.060 hectares, essentiellement dans la partie centrale de l'Andorre.

L'étude préalable de l'implantation de la station d'Arcalís comporta une observation des avalanches pendant trois hivers et une cartographie de localisation du risque d'avalanche, entre 1982 et 1984. Comme nous l'avons vu dans le chapitre sur les stations de ski, compte tenu du risque potentiel d'avalanches, il fallut une deuxième étude et un rapport du *Departament d'Indústria*, ainsi que des mesures de correction dans le domaine skiable, avant d'autoriser l'ouverture de la station.

Une station de ski est envisagée à Claror et Perafita, au sud de l'Andorre. L'étude préalable comporte une cartographie des avalanches, mais elle est hors d'accès public. Il ne m'a pas été possible de la consulter, ni même d'avoir confirmation de son existence.

L'étude du tracé de la nouvelle route de la Solana d'Andorra est accompagnée d'une excellente étude du risque d'avalanche réalisée par J. F. Meffre en 1987. Sur ses 810 hectares, 80 sont en France et 730 en Andorre, dont 330 hectares sur le Pas de la Casa, dans un secteur déjà couvert par une étude du CEA publiée en 1983.

Pour tous ces travaux, on se reportera aux documents annexes 44.421/5 - Les autres études d'avalanches: étude CEMAGREF, station d'Arcalís, route de la Solana d'Andorra.

Au début des années quatre-vingt, la principale limitation résidait dans l'absence de législation dans ce domaine, que ce soit à propos des avalanches et, d'une manière plus large, des risques naturels, ou bien à propos des enquêtes publiques et de l'approbation de documents opposables aux tiers. Il y avait un caractère volontariste dans ces initiatives courageuses demandant la réalisation d'études qui ne pouvaient déboucher sur des documents ou des décisions assis sur des textes réglementaires. Cela impliquait, dès la remise de la première carte, qu'il faudrait imposer ensuite à tous les intéressés cette cartographie de risque d'avalanches. Cela supposait aussi que l'ensemble des entités et des personnes impliquées (*Consell General, Comuns, Quarts*, propriétaires, promoteurs -et les banques et les sociétés qui les soutenaient) en accepteraient les résultats. Sauf de rares exceptions ce fut le cas, ce qui démontre le haut niveau de maturité et de conscience de l'opinion publique andorrane, des élus

et des agents économiques.

Il y eut en effet quelques exceptions notoires, par exemple celle du *Quart* d'Arinsal, probablement poussé par le principal promoteur affecté, ou encore comme celle du promoteur du lotissement de les Salines, soutenu par la principale banque andorrane, le *Crèdit Andorrà*. Les premiers ont eu la naïveté ou la maladresse de s'en prendre à la fiabilité de l'étude elle-même. C'était pour eux sans espoir car, que l'on conteste ou non les limites des couloirs ou la compétence des auteurs, on ne peut nier l'existence des avalanches.

Les deux derniers ne s'y sont pas trompés, puisque c'est la décision du *Comú* d'Ordino d'interdire les constructions dans les parcelles situées dans les couloirs d'avalanches qu'ils ont attaqué en justice, non pas parce qu'ils niaient l'existence des avalanches (parallèlement ils faisaient faire une contre-expertise très complaisante pour eux et assez scandaleuse sur les plans scientifique et moral), mais parce qu'ils niaient la validité de la cartographie réalisée et la décision qui en découlait, parce qu'elles ne s'appuyaient pas sur des textes légaux ou réglementaires. Si nous laissons de côté les jugements de valeur que tout un chacun pourra porter sur la légèreté et le cynisme de personnes qui vendent et font construire des parcelles dans des couloirs d'avalanche notoirement connus, il faut reconnaître que ce cas mettait en lumière le vide légal et le caractère volontariste de ces premières actions administratives, que nous avons déjà souligné.

Malgré tout, peu à peu, la cartographie se mettait en place. En octobre 1981 les trois premières cartes étaient terminées et passaient à l'enquête publique. Pour chacune d'elles, on pouvait craindre que leur approbation ne soulevât des réticences. La carte du Pas de la Casa-Grau Roig couvrait le domaine de la principale station de ski d'Andorre et l'extension urbaine du Pas de la Casa. Celle del Serrat possédait la zone urbanisable de les Salines qui, nous venons de le voir, posait alors le problème le plus épineux. Quant à la Vall del Madriu, cette cartographie pouvait être un obstacle à la réalisation d'une route alors en projet. Aucun des *Comuns* concernés ne s'y opposa et, la cartographie terminée, le responsable de la station du Pas de la Casa collabora spontanément à sa vérification.

Curieusement, ce ne furent pas les résultats qui posèrent problème (on peut supposer qu'il n'y avait pas de surprise majeure, les zones d'avalanches étant connues, et que l'on était prêt à en accepter les conséquences), mais la procédure de consultation des affectés. Comme il n'existait pas de procédure d'enquête publique, d'un commun accord, les services administratifs, le *Consell General* et les *Comuns* acceptèrent la formule ambiguë mais pragmatique de la consultation des élus, la *consulta d'autoritats*. Mais cela demanda deux années et demi avant l'acceptation et la publication définitive des cartes. Depuis lors, un système d'enquête publique a été mis en place, qui fut appliqué pour les cartes suivantes.

Mais, pendant ce temps, d'autres études étaient lancées, qui couvraient de grands espaces sur la paroisse de la Massana (réalisées par le CEA de Perpignan) et sur toute la partie centrale et méridionale de l'Andorre (confiées au CEMAGREF de Grenoble). Les couvertures suivantes, demandées en 1986 et 1987, passèrent sans encombre, dans la plus grande normalité. Elles portaient sur les vallées du nord, ainsi que sur la partie centrale de l'Andorre, pourtant déjà couverte par le CEMAGREF. Elles furent demandées au CEA de Perpignan car les documents fournis précédemment ne semblaient pas assez précis ni fiables dans certaines zones délicates, en particulier dans les espaces urbanisables et le long des voies de communication.

Le cadre légal

Les années soixante-dix avaient connu des accidents dûs aux avalanches dans les stations de ski, au Pas de la Casa et à Soldeu et, pendant que se réalisait la cartographie, d'autres avalanches faisaient des victimes dans le massif du Coma Pedrosa. L'opinion publique en fut émue, et les directeurs et les responsables de la sécurité des stations de ski étaient très sensibilisés au risque, car très soucieux de la sécurité des usagers et de l'image de marque de leur domaine skiable. Le contexte était donc favorable.

Entre temps, les deux tiers de l'Andorre avaient été couverts par des cartographies variées, dont certaines étaient rendues publiques et utilisées par les services d'urbanisme et de sécurité. Le point de non-retour était atteint, comme l'avaient voulu ceux qui, *Consellers Generals*, responsables administratifs et ministres, avaient lancé le mouvement. Le décret de 1989 vient couronner cette étape et avalise les actions antérieures en leur donnant un cadre légal. Il implique aussi une nouvelle étape, puisqu'il faut de toute urgence couvrir tout le reste de l'Andorre avec une cartographie CLPA, en commençant par priorité par les voies de communication et par les secteurs urbains ou urbanisables.

Un système informatique pour gérer la neige et les avalanches

Parallèlement, en 1989 et en 1990, une initiative originale et novatrice était mûrie par le Département d'Industrie du *Govern d'Andorra*. Il s'agissait de concevoir, de mettre en place et de nourrir un fichier informatique destiné à couvrir toute l'Andorre, afin de gérer l'évolution hivernale du manteau neigeux et le risque d'avalanches, à la fois globalement et secteur par secteur. Il fut mis en place en 1991 et son essai eut lieu pendant l'hiver 1991-1992, avec l'introduction des domaines skiables des cinq stations andorranes et de sept secteurs CLPA, couvrant La Massana et une partie d'Ordino.

<p>Casa de la Vall, 8 de juny de 1989 <i>El Cap de Govern</i></p> <p>Decret</p> <p><i>sobre règim jurídic de l'ocupació, la utilització i la construcció de terrenys afectats per allaus</i></p> <p>Preàmbul</p> <p>El M.I. Consell General, en data 26 de juny de 1980, acordà efectuar una normativa específica que regulés la construcció d'habitatges en els llocs afectats per les allaus, els despenaments i els torrents.</p> <p>Ensems, acordà la realització d'un inventari dels llocs afectats per aquests fenòmens naturals atès que el coneixement de la localització previsible d'aquests fenòmens constitueix l'estri inicial per a la prevenció dels riscos relacionats amb l'ocupació i la utilització del sòl.</p> <p>Atenent la configuració geogràfica andorrana, la problemàtica derivada del risc d'allaus, ha estat objecte d'un interès preponderant per part de l'Administració, la qual ha impulsat des de l'any 1981 la realització de la cartografia de localització probable d'allaus, que cal acabar per tal que cobreixi la totalitat del territori del País.</p> <p>A més d'ésser necessària la cartografia de localització probable d'allaus (C.L.P.A.), apareix com a indispensable la realització dels plans de les zones exposades a les allaus (P.Z.E.A.) ja que constitueixen documents que determinen amb detall les zones exposades i les tècniques de prevenció segons la importància del risc i la vulnerabilitat dels béns existents o futurs. Especialment els P.Z.E.A. indicaran les mesures destinades a prevenir el risc o a reduir-ne les conseqüències i determinaran les ocupacions i les utilitzacions del sòl compatibles amb l'existència d'aquest risc.</p> <p>Als efectes d'establir convenientment els P.Z.E.A., el Govern prendrà contacte amb les Corporacions Locals.</p> <p>Menre no estiguin elaborats els P.Z.E.A., vista la necessitat de promulgar una legislació que prengui en consideració els interessos legítims de particulars de cara a bastir o equipar les seves pro-</p>	<p>pietats i l'obligació de l'Administració de vetllar per la seguretat dels futurs usuaris.</p> <p>El Govern, fent ús de les competències reglamentàries que té institucionalment atribuïdes, ha aprovat les presents normes referents al règim jurídic de l'ocupació, la utilització i la construcció en terrenys afectats per allaus.</p> <p>D'acord amb allò que disposa la Llei d'Organització de l'Administració General i a proposta de la Consellera de Serveis Públics i del Conseller d'Agricultura, Comerç i Indústria,</p> <p>Decreto</p> <p>Article 1</p> <p>Als efectes d'aquest Decret, es consideraran zones de risc d'allaus els terrenys específicament delimitats com a tals en la Cartografia de Localització Probable d'Allaus (C.L.P.A.).</p> <p>Article 2</p> <p>Amb caràcter general es prohibeix l'ocupació, la construcció d'immobles i la realització d'obres i/o instal·lacions de qualsevol mena, en terrenys corresponents a una zona de risc d'allaus delimitada en la C.L.P.A. i més concretament a les zones establertes per la cartografia amb color vermell.</p> <p>Article 3</p> <p>El Govern, a més d'utilitzar la C.L.P.A., elaborarà els Plans de Zones Exposades a Riscos d'Allaus (P.Z.E.A.) que contindran:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Les zones sotmeses a risc d'allaus b) Les tècniques de prevenció o minorració del risc c) Les zones de compatibilitat de risc i ocupació d) Les zones de prohibició absoluta de construcció e) Els graus d'utilització de les zones compatibles <p>Article 4</p> <p>Com a tràmit previ a l'aprovació governativa dels P.Z.E.A., es posaran en coneixement de les Corporacions Locals a fi que manifestin el que estimin més convenient per als legítims interessos parroquials.</p>
---	---

Voici un extrait du texte imposant en Andorre la prise en compte du risque d'avalanche et, par voie de conséquence, l'étude et l'approbation de documents opposables aux tiers, ainsi que, pour les demandeurs, la prévision de mesures de protection systématiques s'ils souhaitent pouvoir construire dans des zones à risques.

Il y a obligation d'être couvert par une assurance privée.

Très clairement la construction d'immeubles et d'installations est interdite dans les zones rouges de la CLPA.

Constatant que le système informatique et le programme fonctionnaient, pendant l'été 1992 on introduisit, avec quelques ajustements, quatre autres secteurs situés sur les paroisses d'Ordino, Canillo, Encamp et Andorra-Les Escaldes. Au total, la gestion informatisée de la neige et du risque d'avalanches concernait alors quelques 13.000 hectares. L'introduction dans le fichier de quatre autres secteurs est prévue pour l'hiver 1992-1993. À ce moment-là plus de 17.000 hectares seront gérées, soit

36% du territoire andorran. Mais, en réalité, plus de la moitié des secteurs soumis au risque d'avalanches seront contrôlés, ainsi que la plus grande partie des zones fréquentées par les skieurs en hiver.

Lorsque ce projet fut conçu, en septembre 1989, il n'existait pas de système semblable en Europe. Dans les Alpes françaises quelques stations de sports d'hiver venaient d'être équipées d'un programme informatique destiné à gérer les informations sur la situation de la neige et le risque d'avalanches. Il avait été conçu et mis en place par l'entreprise savoyarde DISAM, de Longefoy sur Aime. Ce sont ces concepteurs qui furent contactés en juin 1990 par les services andorrans, afin qu'ils adaptent leur programme à la situation andorrane. D'une part il fallait interconnecter dans un même fichier toutes les stations de ski et, d'autre part, il fallait étendre les fichiers et les prévisions à l'ensemble du territoire et des zones à risques d'avalanche inventoriées par la cartographie CLPA.

Par son ampleur et par ses caractères, cette adaptation en faisait un programme nouveau. Elle fut l'oeuvre d'Eduardo Garreaud, glaciologue, qui proposa la réalisation de deux fichiers séparés, qui pouvaient ensuite être interconnectés pour permettre les prévisions de risques. Le premier fichier, sous notre responsabilité, devait inventorier les sites exposés au risque d'avalanches, avec une quinzaine de critères de localisation et de description. Le second, à charge du Département d'Industrie, était un fichier descriptif des avalanches observées et de la situation du manteau neigeux. La gestion fut confiée au *Centre Nacional d'Informàtica* du Gouvernement andorran, qui collabora au projet dès son origine. Outre la *Conselleria* et notre groupe d'étude perpignannais, les observateurs prévus étaient les responsables des stations de ski, les *banders* (gardes de montagne), les pompiers et policiers qui interviennent en montagne et, dans un deuxième temps, les clubs excursionnistes.

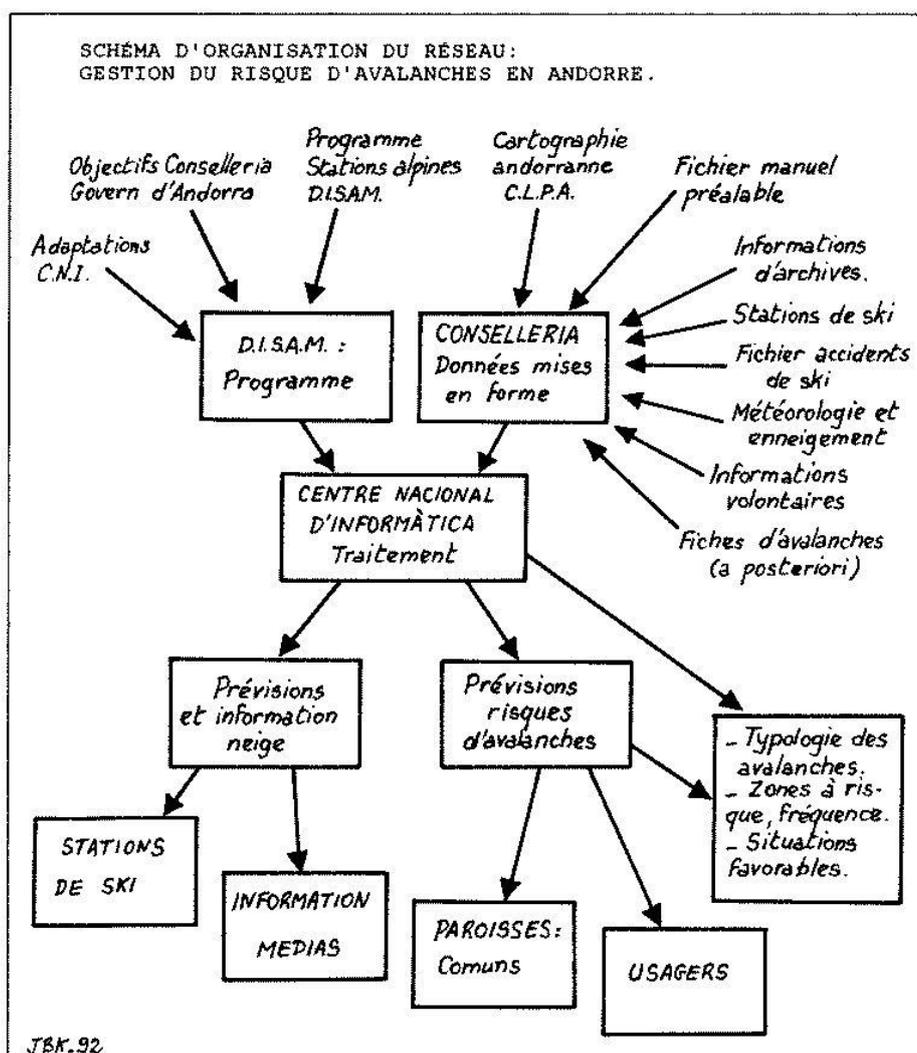
Le thème de la sécurité en matière d'avalanches et ce réseau informatique furent abordés par le *Cap de Govern* andorran dans son discours programme lu devant le *Consell General* en février 1989²⁰. En novembre 1991, lorsque le programme devint opérationnel, il fut rendu public lors d'une présentation à la presse²¹.

²⁰ - "Més enllà de la vessant pròpiament economico-empresarial, el Departament d'Indústria del Govern té al seu càrrec diferents serveis de control i inspecció en matèria de seguretat i transport. En aquest àmbit convindrà també vetllar per una progressiva adaptació a la reglamentació comunitària.

D'altra banda, cal intensificar les relacions amb les estacions d'esquí per millorar l'oferta qualitativa de les instal·lacions mecàniques i dels dominis esquiables.

Caldrà també crear una xarxa informàtica entre les es-tacions d'esquí i el Departament d'Indústria, amb la finalitat de facilitar la comunicació de les informacions de la climatologia hivernal de la muntanya i la prevenció del risc d'allaus." (Discours programme du Cap de Govern d'Andorre, 6 février 1990, p.14.)

²¹ - Un article du *Diari d'Andorra*, "Un nou sistema informàtic permetrà preveure el risc d'allaus al Principat." du 22 novembre 1991, est reproduit dans les documents annexes: Vers une gestion du



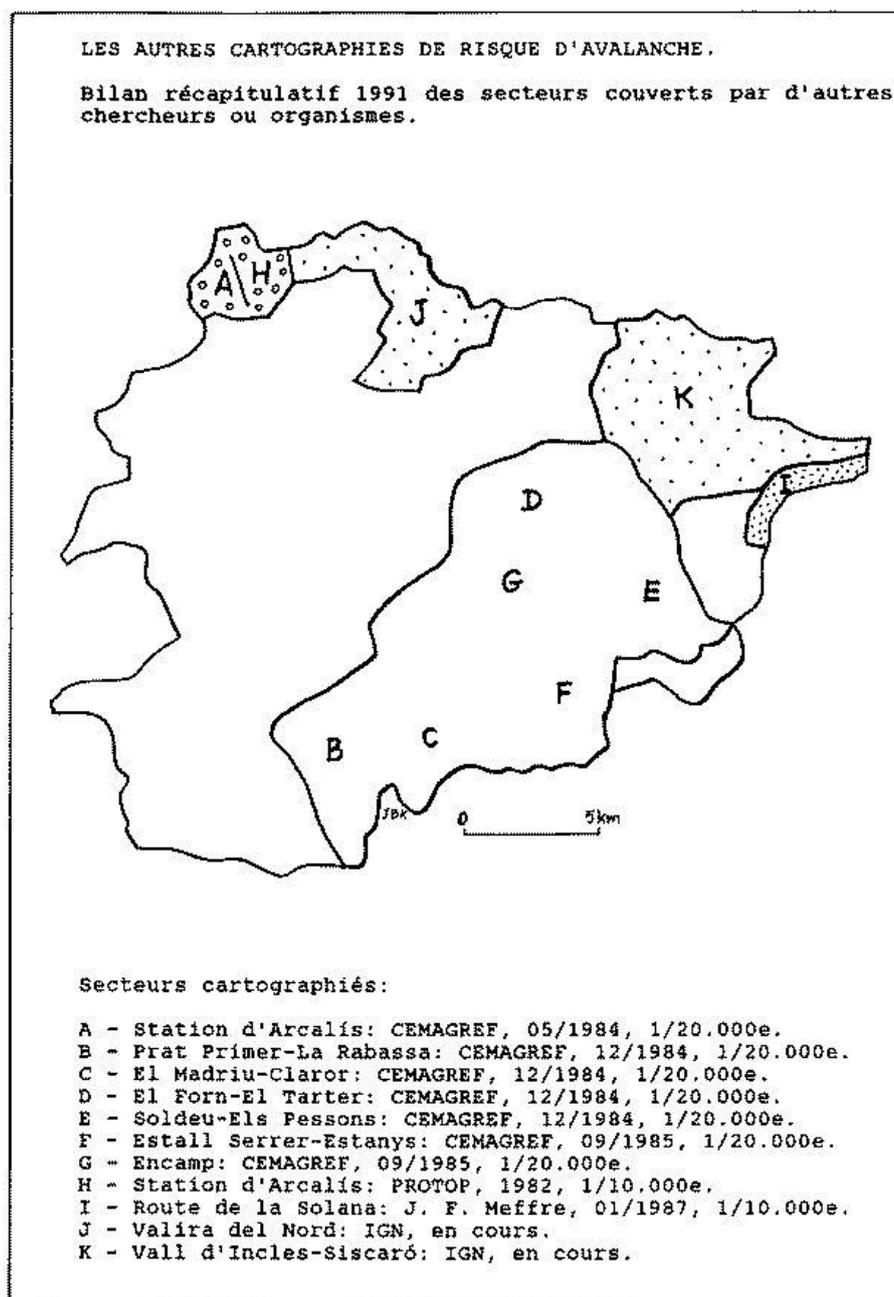
L'inventaire et le fichier des zones et des départs d'avalanches

Dès les premières commandes de cartographie du risque d'avalanches en Andorre, en 1980, nous avons élaboré un découpage systématique de l'ensemble de la Principauté en trente-sept secteurs. Il s'agissait d'une proposition de planification des études à venir²² car, dès les premiers travaux, les responsables andorrans indiquèrent leur intention de poursuivre cet effort de connaissance. Toujours dans le souci d'anticiper sur les demandes et de stocker les résultats des études par zones d'avalanches, nous avons conçu et commencé un fichier manuel des zones à risques et

risque d'avalanches.

²² - Document hors texte : Inventaire des zones d'avalanches, contient la reproduction de la carte élaborée en 1980, dès les premières commandes, prévoyant un découpage systématique de l'Andorre en zones d'étude du risque d'avalanches.

des avalanches²³. Les cartes d'avalanches étaient découpées en petits sous-secteurs homogènes, chacun d'eux bénéficiant d'une description, d'une carte de situation, d'un extrait des cartes d'avalanches et de géomorphologie, d'une photographie d'ensemble et des fiches signalétiques d'avalanches éventuellement élaborées.



²³ - Il concernait les secteurs del Serrat, de la Vall del Madriu et du Pas de la Casa. Il fut repris et intégré dans le fichier définitif réalisé entre 1990 et 1992.

Vers une gestion de la neige et du risque d'avalanche

Depuis 1980 on constate en Andorre une volonté évidente de mieux appréhender le risque d'avalanche. Le résultat de cette décennie d'action continue place aujourd'hui la Principauté très en avant par rapport à la situation des autres régions des Pyrénées françaises, catalanes ou espagnoles, puisqu'aujourd'hui les trois quarts de son territoire sont couverts par une cartographie du risque, et qu'un fichier informatisé de gestion est mis en service pendant l'hiver 1991-92.

Les premiers objectifs et la levée des obstacles

En 1980, il s'agissait avant tout de connaître le risque afin de mieux gérer l'espace urbanisable dans les vallées et le long des routes. Nous avons vu que les premières demandes de cartographie systématique étaient en relation avec des urbanisations, afin d'éviter, sur la base d'éléments difficiles à réfuter, les aberrations (les *disbarats*, selon l'expression utilisée en Andorre dans les conversations privées) qui consistaient à laisser construire dans des zones d'avalanches et de s'en laver les mains. De toute évidence, il y avait un très fort sentiment de responsabilité de la part de ces élus ou de ces services administratifs.

À la demande du *Departament d'Indústria* du *Govern d'Andorra* nous établîmes le découpage définitif en 1990 pour les besoins du programme informatique. C'était la planification définitive du territoire sous l'angle de la gestion du risque d'avalanches. Les trente-cinq secteurs codifiés prenaient en compte la cartographie CLPA déjà faite. Elle prévoyait aussi un découpage du reste du territoire afin de remobiliser les autres cartographies réalisées pour le compte de la *Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria* dans un cadre homogène. Enfin, elle délimitait les secteurs encore à étudier pour couvrir la totalité de l'Andorre; ils reprenaient à peu près le premier découpage.

Le nouveau fichier manuel s'inspira de l'ancien, à ceci près qu'il comprenait aussi des extraits de la carte des forêts, réalisée entre-temps, et une fiche d'avalanche pour chaque couloir et pour chaque départ potentiel. Ces fiches codifiées servirent à l'entrée des données dans le programme informatique²⁴. Chaque zone d'avalanche reçut un numéro de code et un nom qui permettaient de les identifier par l'informaticien comme par l'informateur. Il y a souvent plus d'une fiche par zone d'avalanche afin de tenir compte des divers lieux de départ possibles qui aboutissent

²⁴ - Les documents annexes : L'inventaire des zones d'avalanches, présentent la fiche informatique, la grille de codification des entrées et le modèle de fiche d'avalanche.

dans le même couloir, des zones composites et des divers types de fonctionnement avalancheux de certains couloirs.



Afin de pouvoir mieux gérer dans l'avenir le risque d'avalanches, l'accent est mis sur la zone de départ: altitude, pente, type de modelé, orientation, type de sol et

de végétation, ainsi que sur la protection éventuelle et les risques présentés par l'avalanche: circulation, constructions, ski, forêt, réseaux de distribution divers. Ce fichier manuel illustré doit servir à faciliter la localisation des avalanches par les informateurs. En même temps, il servira de cadre d'archivage des fiches descriptives rédigées chaque fois qu'une avalanche sera signalée. Faute de coordination et d'organisation matérielle, ce dernier objectif n'a pas été mis en pratique jusqu'à présent.

Le premier bilan et les perspectives

En très peu de temps, le Département d'Industrie, qui contrôle les stations de ski et les transports (ce qui inclut la sécurité des routes et des transports par câble, donc les remontées mécaniques), a donc installé un système innovant de contrôle de la neige. Dès la première année, il a permis d'affiner les informations données aux stations de ski et aux professionnels quant au risque d'avalanche et à l'évolution du manteau neigeux.

Si l'expérience est poursuivie et si les fichiers sont régulièrement alimentés, dans un délai relativement bref de quelques années il sera possible, selon les types de situations et d'avalanches, de donner l'alerte lorsque un risque se présentera, avec l'indication précise des couloirs dangereux à ce moment-là. Dans ce domaine nouveau l'Andorre a été pionnière. C'est l'aboutissement d'une volonté politique constante de plus de dix ans, sous divers gouvernements, qui visait à couvrir tout le territoire sensible d'une cartographie du risque d'avalanches. La couverture devenant complète, il était tentant d'utiliser cet instrument de localisation pour la gestion et le contrôle du risque. C'est ce qui fut fait et qui ressemblait, au départ, à une véritable gageure. En effet il n'y avait aucune garantie que ce projet ambitieux fut réalisable puisque, comme nous l'avons déjà souligné, il n'existait pas de modèle de référence, comparable au projet andorran.

Les résultats sont très encourageants. Il a été possible de constituer les fichiers et de les faire fonctionner dès le premier hiver. L'incorporation des événements ne pose pas de problèmes spécifiques, autres que les questions habituelles du coût, assez modéré, du fonctionnement du service. Comme il fallait s'y attendre, l'aspect à améliorer c'est la régularité de la collecte de l'information sur les avalanches et l'entrée de ces données.

En réalité cette lacune partielle ne met pas en péril la gestion des fichiers ni la fiabilité des résultats. Ces informations écrites peuvent être stockées et entrées toutes ensemble après la saison. Il s'agira ensuite de mettre en parallèle les observations sur la neige et les avalanches signalées. Pour ce travail a posteriori qui doit permettre, au fil des années, une prévision plus fine du risque d'avalanche, il n'est pas nécessaire

d'avoir le fichage de toutes les zones d'avalanches qui ont fonctionné pendant l'hiver - ce serait l'idéal-, mais simplement un échantillonnage suffisant. Or il existe grâce à la collaboration régulière des stations de ski, qui s'est avérée très précieuse. Elles y ont vu aussitôt leur intérêt et elles ont envoyé régulièrement leurs informations pendant toute la première saison expérimentale: hauteurs de neige, état du manteau neigeux, sondages, observations météorologiques, etc. Pour rendre l'entrée des données plus agile, c'est le responsable de la sécurité de chaque station ou le chef de piste qui entre directement depuis la station les données dans le programme grâce à un ordinateur connecté avec celui du service central du gouvernement. Trois stations ont payé elles-mêmes cet équipement. Deux autres, qui avaient des limitations budgétaires, furent équipées par le gouvernement.

Le fichier des sites exposés au risque d'avalanches, que nous avons réalisé pour le compte du Département d'Industrie andorran prévoyait initialement une première tranche avec les secteurs CLPA suivants:

- Secteur 01 MONTAUP-MEREIG (1.200 ha).
- Secteur 02 VALL DEL RIU (1.100 ha).
- Secteur 08 PAS DE LA CASA-GRAU ROIG (1.760 ha).
- Secteur 20 EL SERRAT. (1.300 ha).
- Secteur 21 L'ANGONELLA. (950 ha).
- Secteur 22 SOBRE ELS CAMPS DE LA CORTINADA. (630 ha).
- Secteur 24 ARINSAL. (1.370 ha).
- Secteur 25 COMA PEDROSA. (900 ha).
- Secteur 26 PAL-SETURIA. (1.800 ha).
- Secteur 27 SISPONY. (800 ha).
- Secteur 28 VALL DEL MADRIU. (1.250 ha).

Cette première tranche expérimentale couvrait 13.060 hectares soit le quart de la superficie de l'Andorre. En effet, il fallait une quantité de données assez grande pour pouvoir tester réellement le programme. C'était donc un ensemble déjà considérable, qui comprenait treize villages ou zones urbanisées (Canillo, El Vilar, L'Aldosa, Els Plans, Pas de la Casa, El Serrat, Llorts, Arans, La Cortinada, Arinsal, Mas de Ribafeta, Xixerella et Pal) et trois stations de ski sur cinq (Pas de la Casa-Grau Roig, Arinsal et Bosc de Pal). Les deux autres stations furent introduites avec un découpage provisoire en zones d'avalanches. Neuf autres secteurs font l'objet d'une seconde tranche, comprenant le reste des lieux habités des paroisses de Canillo, Encamp, Ordino et La Massana, et la station de ski de Soldeu-El Tarter.

Dans les documents hors texte nous présentons l'inventaire des secteurs CLPA. Pour chacun d'eux, nous reproduisons la carte de localisation avec la délimitation des sous-secteurs et la liste exhaustive des zones d'avalanches et des départs recensés qui furent entrés dans le fichier informatisé.

Le bilan de la réalisation de ces onze premiers secteurs est proche des estimations initiales. Avec les responsables du projet nous avons estimé qu'il pouvait y avoir entre 600 et 800 zones d'avalanches en Andorre, et le programme fut pensé pour un millier. Les onze premiers secteurs réalisés donnent le bilan que nous présentons dans le tableau qui suit. Nous avons localisé 218 zones d'avalanches et inventorié 622 départs potentiels. Cela donne une moyenne de vingt zones d'avalanches et de soixante départs par secteur CLPA. En extrapolant, on obtiendrait 700 zones d'avalanches et environ 2000 départs pour toute l'Andorre. Ce sera probablement plus près de 600 zones et de 1500 départs car certains secteurs qui restent à couvrir sont peu avalancheux, par exemple dans les zones de moindre altitude.

Secteur	Superficie	Nombre de sous-secteurs	Nombre de zones d'avalanches	Nombre de départs inventoriés
01	1.200 ha	10	38	107
02	1.100 ha	9	22	70
08	1.760 ha	8	20	79
20	1.300 ha	14	26	58
21	950 ha	13	22	57
22	630 ha	6	6	19
24	1.370 ha	8	14	38
25	900 ha	7	14	57
26	1.800 ha	14	16	35
27	800 ha	8	9	23
28	1.250 ha	10	31	79
Total des 11 secteurs	13.060 ha	107	218	622
Moyenne	1.190 ha	10	20	60

21.2 - Les types d'avalanches. Les facteurs favorables en Andorre

Avant de présenter une typologie des zones à risque d'avalanche en Andorre, à partir des exemples concrets que nous avons étudiés et cartographiés lors de la réalisation de la couverture CLPA, il nous semble nécessaire de définir d'abord ce que nous entendons par avalanche, puis d'établir un classement des types d'avalanches qui se produisent dans la Principauté. Cela nous permettra de faire une liste de facteurs favorables à leur déclenchement. Par la suite, nous présenterons un bilan, forcément provisoire, des situations à contrôler et des zones à risque dont la gestion est la plus préoccupante.

Le dossier de documents annexes 5 présente une cinquantaine de photographies terrestres ou aériennes illustrant tous ces aspects: types d'avalanches et de zones d'avalanches, facteurs favorables, principaux types de situations en Andorre, ainsi que la notion de risque et les forêts, le ski, l'urbanisation et la circulation. En ce qui concerne les stations de ski, on se reportera au chapitre antérieur: 42.4- les stations de ski et les risques naturels, qui comporte des illustrations et une carte du risque d'avalanches dans chacune des stations andorranes.

Dans cette étude, nous serons amenés à passer au peigne fin toute la géographie du risque d'avalanche en Andorre si bien que nous pouvons laisser une impression de risque exagérée. Aussi, mettons-nous en garde le lecteur non averti contre toute vision trop catastrophique qu'il pourrait en retirer. Il n'y a pas davantage de situations d'avalanches et de zones à risques en Andorre que dans les régions pyrénéennes voisines. Si, dans les ouvrages ou dans les documents administratifs des pays voisins, celles-ci sont moins mentionnées, c'est parce que les études et la protection y sont moins poussées. Les faits divers de l'actualité hivernale nous en donnent des exemples chaque année. Par contre, il est vrai que la fréquentation massive des routes et des stations de ski, et que les nombreuses constructions dans l'étage subalpin accroissent le risque et la vulnérabilité des biens et des usagers, en Andorre comme dans les diverses stations pyrénéennes et sur leurs accès. Cela rend encore plus urgente, sur le modèle andorran, la réalisation, en France comme en Catalogne, d'études et de programmes de gestion du risque d'avalanches.

La neige et l'évolution du manteau neigeux

Nous rappellerons ici quelques éléments sur la neige et sur son évolution; nous suivrons l'excellent ouvrage d'Henri Péjouan et les bulletins de l'ANENA et

Neige et Avalanches. Plus que d'une mise au point ou d'un développement sur la neige, il s'agit d'un bref rappel qui nous permettra d'asseoir la description des avalanches en Andorre.

Selon les conditions météorologiques locales et selon l'origine des perturbations qui les provoquent, les chutes de neige ont des caractères différents. Il peut s'agir de neige poudreuse, froide et légère, peu cohérente, de neige humide, plus adhérente, ou de neige mouillée, souvent qualifiée de neige lourde ou de neige de printemps.

Cette qualité de la neige lors de son dépôt, sa densité et son adhérence à la couche inférieure (ou sous-couche) sont des facteurs à prendre en compte. D'une part ces caractères peuvent être à l'origine d'instabilités et d'avalanches aussitôt après la chute: purges, coulées, avalanches de neige fraîche ou de poudreuse, avalanches de plaques, etc. D'autre part les différences entre les couches (densité, type de neige, air interstitiel) ont tendance à se maintenir longtemps, voire à durer toute la saison, l'évolution interne du manteau neigeux se faisant, pour chaque couche, à partir du matériau de départ.

De là l'intérêt des sondages et des coupes ou profils que l'on réalise dans les stations de ski et dans les points d'observation, afin de déceler les disharmonies, les discordances et les évolutions internes du manteau neigeux. Cela permet de localiser les faiblesses potentielles et de déterminer les périodes au cours desquelles peuvent se produire des avalanches.

Avec le temps, les cristaux de neige subissent une métamorphose, sous l'action du poids, de la température, de la circulation de l'air et de la vapeur d'eau dans la masse neigeuse, ainsi que des alternances de fusion et de regel. Ils passent de l'état de cristaux à celui de particules plus irrégulières, de grains, puis de gobelets et de gros grains ronds, que l'on sent au toucher. Ces dernières formes donnent peu de cohérence au manteau neigeux et agissent comme de véritables roulements à billes. C'est l'évolution caractéristique du printemps. Quant à la neige soufflée par le vent et déposée en plaques, elle a des caractères particuliers, car elle est plus lourde et plus compacte, laissant des vides en-dessous d'elle (souvent plus par la rigidité de la plaque et par le tassement différentiel de la sous-couche que par les conditions au moment du dépôt).

D'autres éléments sont aussi à tenir en compte, sur lesquels il ne paraît pas utile d'insister ici, comme l'existence ou non de gel en surface lors de la chute, la formation de givre et de croûtes, l'action des vents chauds, ou encore la chute de pluie sur un manteau neigeux.

Les types d'avalanches

Qu'est-ce qu'une avalanche?

Bien que tous les auteurs soient d'accord sur le concept d'avalanche, c'est-à-dire une descente plus ou moins rapide et violente d'une masse de neige sur un versant, les définitions varient assez entre elles, ce qui rend les études et les applications pratiques beaucoup plus délicates. Les différences entre les énoncés viennent de l'absence ou de l'existence de seuils artificiellement fixés par l'auteur, qui concernent la masse de neige mise en mouvement, la vitesse du déplacement ou la puissance développée.

Pour achever de compliquer une notion pourtant simple au départ, comme les types de situations amenant des mises en mouvement de la neige, comme les dynamiques des écoulements et les manifestations des avalanches sont assez variés, les divers auteurs et organismes qui s'occupent de la montagne, de la neige et des sports d'hiver ont été amenés à définir divers types d'avalanches dont les définitions ne coïncident pas toujours entre elles. En effet on parle rarement d'une avalanche, sans autre précision, mais d'une avalanche de poudreuse, d'une avalanche de plaque, d'une avalanche de fonte ou d'une avalanche de corniche (c'est-à-dire provoquée par la rupture d'une corniche), quand on n'introduit pas des expressions spécifiques comme purges, coulées ou écoulements.

La seule définition que l'on peut écarter dès le départ, car trop imprécise et romantique, voire inexacte, c'est celle des dictionnaires généraux: "Masse de neige qui se détache des hautes montagnes et qui roule avec fracas dans les vallées"²⁵; "Masse de neige qui se détache des flancs d'une montagne et qui dévale avec une grande vitesse, entraînant des boues et des pierres"²⁶. On peut remarquer que ces définitions s'apparentent assez à la vision que l'on pouvait avoir de la montagne au siècle dernier.

De son côté, la *Gran Enciclopèdia Catalana* nous dit²⁷: "*allau: geomorf. Massa de neu que es desprèn i es precipita muntanya avall amb violència, principalment en llocs de relleu pronunciat. La seva formació depèn: de la quantitat de neu (com més neu acumulada més facilitat hi ha que l'allau es produeixi), del tipus de neu (la neu compacta i mullada facilita el despreniment), de la inclinació o pendent de la muntanya, de la llisor de la superfície sobre la qual es diposita la neu o del clima de l'època de l'any.*" Il y a toujours l'idée de violence, qui ne cadre pas avec certains

²⁵ - Définition ancienne citée par H. Péjouan, *Neige et Avalanches...*, page 13.

²⁶ - *Dictionnaire encyclopédique pour tous: Petit Larousse*.

²⁷ - *Gran Enciclopèdia Catalana*, volume 1: A-Ami, Barcelone, 1970.

types d'avalanches ou de glissements, mais la définition est plus complète et plus géographique.

Dans son ouvrage sur la neige et les avalanches dans les Pyrénées orientales, Henri Péjouan donne deux définitions très générales dont nous nous sommes inspiré. Selon la première, "l'avalanche désigne, en général, toute masse de neige qui se détache d'un point pour descendre plus bas, même si la chute est modeste"²⁸. La seconde est ainsi formulée: "L'avalanche est la rupture du manteau neigeux entraînant le déséquilibre et la chute d'une masse de neige"²⁹. Ces deux définitions ne font donc aucune référence à la masse de neige mise en mouvement ni à la vitesse. La première précise cependant qu'il ne faut pas considérer le dénivelé; on peut donc parler d'avalanche pour des plaques qui glissent sur quelques dizaines de mètres. La seconde introduit deux notions intéressantes quant aux mécanismes ou à la typologie des avalanches, celles de la rupture du manteau neigeux et celle du déséquilibre d'une masse de neige.

Dans le cadre de la réalisation des PER, plans d'exposition aux risques, la Délégation aux Risques Majeurs du Ministère de l'Environnement (ou, selon la conjoncture politique, du Secrétariat d'Etat à l'Environnement et aux Risques majeurs) a été amenée à faire préciser, entre autres risques, la définition de l'avalanche. Dans le recueil sur les avalanches publié en 1988 par la Documentation Française pour le compte de ce ministère, on lit: "On entendra par avalanche un déplacement rapide, à une vitesse supérieure à 1 m/s d'une masse de neige sur une pente"³⁰. Plus loin on affine: "Le terme avalanche possède un sens précis: il s'agit d'un déplacement rapide (chute) d'une grande masse de neige"³¹. Cette définition est plus restrictive, et cela ne doit pas nous étonner.

En effet, dans le cadre de la mise en place des PER et de la législation corrélative, sur les assurances qui couvriront dorénavant les risques naturels, il s'agit de préciser des limites et de quantifier deux critères: tout d'abord la vulnérabilité au risque, ce qui conditionnera le niveau de la couverture, des prestations ... et des cotisations, et ensuite l'assurabilité elle-même, c'est-à-dire à la fois ce qui est assurable et l'événement qui mobilisera l'assurance. On comprend que la définition doive être précise. On comprend aussi qu'il y ait intérêt à la rendre restrictive, afin d'en écarter les dommages qui seraient provoqués par des coulées limitées de neige, ou par la reptation du manteau neigeux sur les pentes, surtout quand on sait qu'elles peuvent occasionner des dommages importants à des équipements, à des clôtu-res, à

²⁸ - Henri Péjouan, *Neige et Avalanches...*, page 13.

²⁹ - idem.

³⁰ - La Documentation Française: *Mesures de prévention. Avalanches*. Collection PER, Ministère de l'Environnement, Paris, 1988, page 19.

³¹ - idem, annexe 1, page 30.

des constructions, à des aménagements récréatifs, à des véhicules sur des routes ou sur des parkings, voire à des personnes.

Bien que la finalité soit en fin de compte la même, c'est-à-dire la connaissance du risque pour une meilleure prévention et une protection plus efficace du milieu, des biens et des personnes, les objectifs des chercheurs ou des spécialistes des études de risque ne sont pas semblables à ceux des responsables administratifs ou économiques. En France, du fait de la législation préalable fixant le cadre réglementaire, et de la prise en mains quasi exclusive des études elles-mêmes par les services techniques des administrations de l'État, il semble que les critères des seconds se soient imposés aux premiers. En Andorre il en était autrement puisque les études se sont développées pendant plusieurs années dans un vide légal absolu. Ces contraintes n'existaient donc pas.

C'est plutôt l'inverse qui s'est produit, puisque la recherche a été libre de choisir ses critères, qui se sont imposés ensuite aux collectivités et aux administrations par le biais de l'approbation des cartes d'avalanches soumises à l'enquête publique. De plus, par sa simplicité, la législation actuelle andorrane évite le piège de ces définitions administratives trop rigides. Ce qu'elle exige, c'est la réalisation d'une cartographie qui localise le risque (l'intitulé de la cartographie est "évolution du manteau neigeux et risques d'avalanches", ce qui n'écarte par les coulées dangereuses) puis, de la part des intéressés, l'indication des mesures et des précautions qu'ils comptent prendre pour l'éviter ou pour le limiter.

Ayant la responsabilité du groupe de recherche et la tâche - parfois délicate mais toujours très concrète - d'assumer seul pour le compte du groupe toutes les enquêtes publiques et toutes les relations postérieures avec les administrations, avec les *quarts* et les paroisses, ayant également assumé la rédaction des fascicules de commentaires qui accompagnent les cartes d'avalanches, cela nous a amené à préciser pour notre propre usage ce que nous entendions par avalanche, ainsi que les diverses formes d'avalanches que l'on pouvait observer en Andorre. Sans avoir la prétention de créer un nouveau vocabulaire ou une nouvelle terminologie, puisque tout est emprunté au vocabulaire déjà existant, voici les définitions et les termes que nous avons utilisés. Nous avons suivi, le plus souvent, les conceptions d'Henri Péjouan, lui-même membre du groupe d'étude.

Nous parlerons d'avalanche chaque fois que nous constaterons un glissement soudain ou une rupture du manteau neigeux, indépendamment de sa masse, de sa vitesse ou du dénivelé du parcours. Nous considérons donc qu'il y a dans notre étude non seulement les avalanches, selon la définition de la DRM, mais aussi les purges locales, même modestes, qui se produisent dans les couloirs et sur les pentes après une chute de neige, ainsi que les diverses coulées de neige superficielles. L'expression "glissement soudain" est introduite pour éliminer de notre champ de

recherche appliquée les reptations lentes du manteau neigeux³². Evidemment, faute de glaciers, nous n'avons pas à envisager les conséquences des chutes de séracs, un des risques naturels qui s'apparentent aux avalanches et qui parfois les déclenchent.

Lorsque nous ferons une différence entre avalanche et coulée de neige il s'agira davantage d'une question de dimensions que d'une différence de mécanismes. La coulée ne concerne que quelques dizaines, voire une ou deux centaines de mètres cubes de neige, déplacées sur une courte distance, souvent de quelques dizaines de mètres. Au-delà, les auteurs et les nivologues parlent d'avalanches proprement dites, qui peuvent atteindre en Andorre jusqu'à 50.000 m³ et plus. Nous suivrons cette habitude. Bien que peu importantes et souvent négligées, les coulées peuvent présenter un danger pour les personnes lorsqu'elles surprennent un promeneur, ou lorsqu'elles se produisent sur une pente qui domine une route transitée ou une zone de stationnement de véhicules.

La reptation lente du manteau neigeux se produit dès qu'il y a une pente, surtout si la surface du sol offre peu d'adhérence, comme c'est le cas pour des éboulis fins ou des affleurements rocheux polis par les anciens glaciers, et surtout lorsque l'on a affaire à des prairies alpines ou à des versants couverts de longues fétuques (*gespa* ou *gèspit* en Andorre) qui se couchent dans le sens de la pente avec le poids de la neige. Cette reptation a des effets mécaniques importants sur tout ce qui s'oppose à sa progression, murettes et murs de clôture des parcelles cultivées des *bordes*, clôtures et barrières diverses, et bien entendu sur les jeunes arbres du versant qui sont ployés, voire déracinés par cette progression.

Dans les Pyrénées orientales, selon Henri Péjouan, les avalanches peuvent se produire à partir de 1600 mètres d'altitude. C'est également l'altitude à partir de laquelle nous avons pu constater en Andorre les départs d'avalanches les plus bas, à Canillo, à Arinsal, à La Cortinada ou à la Vall del Madriu. Selon l'importance de la zone d'alimentation et la disposition des couloirs, les avalanches peuvent descendre exceptionnellement jusqu'à 1300 mètres. Mais les zones les plus avalancheuses ont leurs départs vers 2000 mètres d'altitude et au-delà.

Les types d'avalanches

En schématisant au maximum, nous pouvons classer les avalanches dans trois catégories, qui peuvent elles-mêmes avoir des variantes ou des types plus divers:

³² - Les avalanches et la reptation ne sont pas les seuls mouvements du manteau neigeux, puisqu'il y a le tassement et son évolution interne, évidemment ici hors de notre propos.

1 - **Les avalanches de neige poudreuse**, ou avalanches de poudreuse, avec ou sans aérosol. Bien que présentant des différences, nous y incorporerons aussi les avalanches de neige fraîche d'hiver, si fréquentes dans les Pyrénées, ainsi que les purges et les coulées de neige froide qui se produisent après les chutes de neige, et les cascades de neige qui se déclenchent sur les versants rocheux.

2 - **Les avalanches de plaques**, c'est-à-dire neige sur neige, qu'il s'agisse de plaques dues à la non-adhérence d'une nouvelle couche de neige ou au vent.

3 - **Les avalanches de fond**, c'est-à-dire de neige mouillée et lourde. Elles sont aussi désignées sous le nom d'avalanches de fonte ou d'avalanches de printemps.

Dans leurs publications récentes, la DRM et ses organismes alpins vont plus loin dans la simplification, puisqu'ils classent les avalanches en deux catégories, l'avalanche poudreuse et l'avalanche dense. Certains auteurs parlent d'avalanches d'hiver (donc de neige fraîche ou de neige poudreuse) et d'avalanches de printemps (donc de fonte ou de neige mouillée). Ce dernier classement est malcommode en Andorre et prête à confusion, car des avalanches de neige dite de printemps peuvent se produire en janvier sur les hauts versants sud, où l'évolution interne de la neige peut être rapide certaines années; de plus il n'est pas toujours commode d'y insérer les avalanches de plaques.

Les avalanches de neige poudreuse sont plus fréquentes qu'on ne le croit en Andorre et dans les Pyrénées orientales. La neige poudreuse est une neige d'hiver, froide, légère, sans cohésion, qui se fixe mal et dont les grains ne s'agglomèrent que très difficilement³³. Elle est donc très instable et peut provoquer des avalanches dès que la chute de neige dépasse quelques dizaines de centimètres, surtout en versant nord (mais il y a aussi de spectaculaires avalanches de poudreuse sur les hauts versants sud du Pla de l'Estany et de Montmantell). A partir de départs ponctuels (purges locales, chutes de rochers, passages, vibrations, etc.) l'avalanche s'élargit. Accompagnée parfois d'un aérosol, rapide et violente, d'une grande capacité destructrice, elle descend droit en respectant parfois certains arbres. Elle casse les troncs nettement, à une hauteur d'un ou deux mètres, plus qu'elle ne les arrache, et elle projette des débris menus sur une grande surface à son arrivée. S'il n'y a pas de dommages matériels (arbres ou forêts, habitat, infrastructures, véhicules) ni de témoignages, il est aussi difficile de déceler une avalanche de poudreuse que de la cartographier avec certitude: elle est assez imprévisible, elle éparpille les débris et elle ne laisse pas d'accumulations de neige.

Sur des versants nord et ouest, nous avons les témoignages ou la marque dans la végétation d'avalanches de poudreuse (peut-être confondues avec des avalanches

³³ - H. Péjouan, *Neige et Avalanches...*, page 20.

de neige fraîche), dont les départs sont à moins de 2.000 mètres d'altitude. En haute montagne, elles sont souvent méconnues des gens du pays, qui ne fréquentaient guère ces parages en hiver. Comme ces avalanches laissent peu de traces, nous avons connu le cas d'un éleveur qui mettait en doute la fonctionnalité d'un couloir de poudreuse évident situé en forêt parce qu'en bas il n'y avait jamais vu de culot de neige ni d'amas de troncs, lorsqu'il se rendait dans sa *borda* au printemps.

Les avalanches de neige fraîche sont très courantes en hiver dans la haute montagne andorrane, dans tous les couloirs et sur tous les versants supraforestiers. Il s'agit de neige récente, froide, encore non stabilisée. Elle peut donner **des coulées** même sur de faibles pentes, mais, en général, elle donne de multiples **purges locales**, dès qu'il y a surcharge sur les hauts versant rocheux et sur les fortes pentes. Une avalanche de neige fraîche peut mettre ensuite en mouvement sur le versant une avalanche de plaque ou de fond.

Les avalanches de plaques sont les plus dangereuses pour les skieurs hors-piste. Les **plaques** peuvent se détacher lorsqu'il y a des couches de neige superposées, de densité différente, et sans ancrages ni cohérence entre elles. A l'origine, la formation et l'abondance de ces plaques dépend des conditions de dépôt de la neige, des séquences d'enneigement et des phases d'évolution hivernale de la neige. Les sondages et les coupes peuvent déceler ces discontinuités. Mais, en Andorre, c'est surtout le vent et la déflation de la neige, pendant ou après la *nevada*, qui donne d'abondantes **plaques à vent**, avec de la neige soufflée (ce sont soit des **plaques au vent** ou, bien plus dangereuses, des **plaques sous le vent**). Les plaques sont toujours formées de neige compacte et lourde, peu adhérente avec la sous-couche: Elles donnent une cassure nette, provoquée localement par le passage d'un skieur ou d'un animal, mais qui se propage vite latéralement pour donner une ligne de fracture³⁴. L'épaisseur de la plaque qui se détache est couramment de quarante à quatre-vingt centimètres. Les avalanches de plaques sont de dimensions variées, et parfois considérables, comme celle de la Portella de Sanfons, le 10 mars 1980, qui se détacha sur deux cents mètres de largeur, ou celles qui mobilisent de temps en temps des plaques de plusieurs centaines de mètres de large à la Pala de Coll Carnisser ou à la Costa del Cubil d'Ercs, puis qui peuvent descendre sur de grands dénivelés jusqu'à la vallée d'Arinsal.

Les avalanches de fond, sont des **avalanches de fonte**, ou de **neige mouillée**. Elles se produisent au printemps, lorsque la température de la neige approche et atteint 0°C, lorsque la neige "pourrit" selon l'expression imagée des nivologues. Mais elles peuvent également avoir lieu à l'occasion d'un **redoux** pendant l'hiver, en particulier sur les hautes *solanes* où l'évolution de la neige est plus rapide. En général il s'agit d'avalanches de fond, c'est-à-dire qui entraînent tout le manteau

³⁴ - idem, page 27.

neigeux, jusqu'au sol, emportant souvent aussi de la terre et des pierres et, bien sûr, entraînant et arrachant les arbres et les obstacles qui s'y trouvent pris ou qui résistent trop. Mais elles peuvent aussi mobiliser neige sur neige, en particulier si la pente est assez forte, coucher les arbres et les buissons et les étêter.

La formation de gobelets et de grains ronds à la base du manteau neigeux, le poids spécifique très élevé de cette neige lourde, et le mauvais ancrage sur le substrat sont les conditions qui facilitent l'avalanche de printemps, même sur une pente moyenne ou relativement faible (30° ou moins)³⁵. On peut remarquer qu'un manteau neigeux stable pendant tout l'hiver peut se mettre en mouvement au printemps, la résistance et l'angle critique évoluant en même temps que la métamorphose de la neige. Ces avalanches sont assez lentes, mais très puissantes, capables d'ouvrir leur chemin dans un couloir forestier. Bien que provoquant souvent des dégâts, les avalanches de printemps sont les plus prévisibles, avec des localisations précises et constantes, car elles dépendent de facteurs que l'on peut assez facilement caractériser et cartographier.

La formation de **corniches** sur les crêtes, ou juste en contrebas sous le vent, est un phénomène très courant en Andorre. Ce sont les vents du nord et du nord-ouest, *tramontana* et *mestral*, qui construisent les corniches les plus constantes et les plus préoccupantes. Elles surplombent les versants sud où l'évolution de la neige est plus rapide, où l'on constate les plus fortes suralimentations neigeuses, surtout lorsque la crête est arrondie ou plane. Mais, à la fin de l'hiver et au printemps, portées par des vents du sud-est et alimentées par les dépressions méditerranéennes, les abondantes chutes de neige humide et lourde créent aussi des corniches orientées vers le nord, instables et menaçantes, qui inquiètent aussitôt tous les responsables de la sécurité dans les stations de ski. C'est le poids même et le déséquilibre des corniches, dont la largeur peut dépasser la dizaine de mètres, qui font que se détachent des blocs qui s'écroulent et qui roulent sur les pentes inférieures ou dans les couloirs, l'avalanche de corniche provoquant souvent des avalanches de neige fraîche, de plaques ou de neige de printemps.

Faute d'un réseau d'observation et d'un suivi permanent, il est actuellement impossible d'établir en Andorre la proportion de chaque type d'avalanches³⁶. La seule systématisation qu'il serait possible de faire, et qui est en passe d'être réalisée avec le fichier informatique andorran, c'est l'inventaire des zones à risque avec, pour chacune,

³⁵ - *ibid.*, page 28.

³⁶ - Citée par H. Péjouan, *Neige et Avalanches...*, page 292, une statistique effectuée dans les Pyrénées après l'hiver 1981-1982, à partir des avalanches signalées, montre que 37 % sont des avalanches de neige récente (dont 12 % de neige sèche et froide), 25 % des avalanches de fonte, 11 % des avalanches de plaques et 4 % des avalanches dûes à plusieurs causes à la fois. Les 23 % restant se répartissent entre 13 % de coulées de neige, ce qui est loin d'être négligeable, 7 % de déclanchements artificiels et 2 % pour d'autres causes ou pour des raisons inconnues.

le ou les types d'avalanches qui l'affectent. Avec le temps, il permettra de déterminer les avalanches les plus fréquentes et les plus dangereuses.

Toutes les avalanches présentent toujours des dangers. Cependant, l'observation empirique et les témoignages en Andorre, tout comme les études statistiques faites en France à partir des avalanches qui ont fait des victimes, montrent que ce sont les avalanches de plaques, même limitées, qui causent le plus d'accidents, essentiellement au cours du ski hors-piste et du ski de randonnée³⁷. Par contre, pour les bâtiments, pour les infrastructures et pour les routes, ce sont les avalanches de neige fraîche et de poudreuse qui sont les plus à craindre. Quant aux avalanches de neige lourde, au printemps ou lors d'un redoux, elles sont prévisibles et, lorsqu'elles menacent les zones urbaines et les voies de circulation, elles empruntent en général des couloirs connus et bien délimités. Si elles causent parfois des destructions et des victimes, en particulier celles qui ont un temps de retour plus que décennal, c'est toujours dû à une faute humaine, par imprévoyance et par témérité.

Les facteurs dûs au relief et aux modelés

Plus que d'une étude exhaustive, il s'agit ici de mettre en évidence les facteurs les plus courants qui prédisposent aux avalanches, c'est-à-dire à leur genèse, à leur déclenchement, à leur développement ou à leur canalisation.

Malgré l'aspect spectaculaire de quelques couloirs torrentiels en haute montagne, qui canalisent des avalanches comme celle de la fameuse Canal de l'Alt sous le Pic de Coma Pedrosa, **les modelés torrentiels** se développent surtout dans la montagne moyenne et basse. C'est dans l'étage subalpin, donc dans la zone forestière et dans sa limite supérieure, que les modelés torrentiels sont le facteur le plus favorable aux avalanches et le plus fréquent au moment d'établir l'inventaire cartographique. Il est courant de voir un chenal torrentiel fonctionner en hiver comme couloir d'avalanches, et de voir le bassin de réception, ou du moins ses couloirs convergents, parcourus chaque hiver par des avalanches diverses, de neige fraîche ou de neige de printemps.

Dans la cartographie de localisation probable d'avalanches, il faut toujours avoir présent à l'esprit que toute forme torrentielle, même actuellement bloquée par la forêt et non fonctionnelle, peut devenir une zone d'avalanches si cette protection disparaît. Inversement, nous avons souvent constaté que des bassins torrentiels sans

³⁷ - Henri Péjouan, *Neige et Avalanches...*, page 457. Sur dix ans d'observation dans les Alpes, les Pyrénées et la Corse, entre 1970 et 1980, sur 329 avalanches ayant fait des victimes, 34 % étaient dues à des plaques à vent, 23 % à des plaques, 21 % à des avalanches de neige fraîche ou de poudreuse, 21 % à des avalanches de neige lourde et 1 % seulement à des ruptures de corniches.

avalanches en avaient connu dans le passé, jusqu'à des altitudes très basses (pratiquement jusqu'à la limite inférieure de l'enneigement habituel d'hiver), simplement parce que le couvert forestier n'existait pas ou était bien moins dense.

Les couloirs d'avalanches qui arrivent le plus bas dans les vallées sont toujours des **chenaux torrentiels** dont le bassin de réception, situé parfois à une altitude de mille mètres au-dessus, est dans des pelouses ou des landes supraforestières, ou bien dominé par des crêtes arrondies ou des *plans* qui permettent la suralimentation neigeuse et la formation de corniches qui alimentent les départs. Dans ces cas, les avalanches se prolongent dans les chenaux torrentiels, mobilisant le manteau neigeux qui s'y trouve, souvent avec une neige plus évoluée et plus lourde, et ouvrant des couloirs parfois assez larges qu'il est difficile de protéger.

BASSINS TORRENTIELS ET ZONES D'AVALANCHES A ORDINO, EL SERRAT: AVALANCHES DEL BROSSOS ET DE LES SALINES.



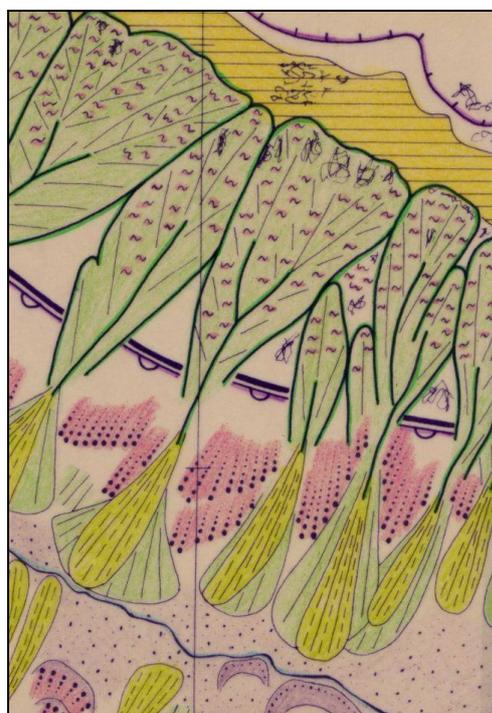
Les bassins de réception sont toujours des zones d'avalanches ou des zones potentielles, que ce soit l'ensemble du bassin lorsqu'il est supraforestier, avec alors tous les types d'avalanches possibles selon l'exposition et l'enneigement (neige fraîche, coulées, plaques, corniches, neige de printemps), ou du moins les chenaux et les sillons qui l'incisent lorsqu'il est boisé. En effet, **ravinements et incisions torrentiels** sont autant de couloirs potentiels d'avalanches, dont la rugosité et les courbures peuvent jouer un rôle dans le cas des avalanches de neige humide ou de

neige lourde. Celles-ci sont plus lentes, mais aussi plus sensibles aux obstacles, et elles ont tendance à exagérer les courbes, montant sur le versant concave où elles sont déportées. Cet aspect, ainsi que le chenal toujours net et sans arbres épargnés, permet de savoir avec sécurité si on a affaire à des avalanches de printemps.

Lorsqu'ils sont atteints par l'avalanche, **les cônes de déjection** servent de zone d'étalement et d'accumulation, où l'avalanche perd sa force et dépose la neige et les troncs transportés. Si les avalanches sont fréquentes, et surtout s'il s'agit d'avalanches de printemps qui transportent et déposent beaucoup de débris, de terre et de matériaux, un **cône d'avalanche** peut se superposer au cône de déjection torrentiel. C'est le cas pour de nombreux appareils de la vallée moyenne du Madriu.

VALL DEL MADRIU

Extraits de la carte de risques d'avalanches et de la carte géomorphologique



Les modelés glaciaires offrent de nombreux facteurs favorables aux avalanches. En moyenne montagne et dans les grandes vallées ils n'agissent qu'indirectement, par la raideur des versants d'auge. Nous avons vu qu'au-dessus de 30° la pente est un facteur décisif, surtout si l'ancrage du manteau neigeux est mauvais, ou encore si l'exposition amène une métamorphose rapide de la neige. En effet, la raideur du versant permet l'installation des ravinements et des ensembles torrentiels, dont nous venons de voir qu'ils sont le facteur favorable le plus commun à ces altitudes. Les replats et les épaulements glaciaires utilisés par les *bordes* sont des sites qui, parfois, peuvent se révéler favorables: coulées sur les espaces défrichés, décrochements au niveau des

ruptures de pentes ou des formes convexes.

Mais c'est en haute montagne que les modelés glaciaires conditionnent le plus les sites d'avalanches. **Les cirques rocheux** voient continûment des avalanches de neige fraîche ou de poudreuse, des purges après les chutes de neige, des cascades de neige et des avalanches mixtes, de rochers et de neige. C'est parce qu'ils offrent des sites favorables avec leurs couloirs et leurs incisions, avec des pentes où alternent des rochers, des éboulis actuels souvent fins et des plaques de pelouses ou de *gespa* en forte pente. **Les cônes d'éboulis** qui atténuent le bas de leurs pentes sont propices aux coulées et aux avalanches de fond au printemps. **Les bonys** et les secteurs aux rochers polis par les anciens glaciers, bien que moins spectaculaires, sont souvent favorables aux départs d'avalanches, ou bien, par la faible adhérence du manteau neigeux et par leurs formes convexes, ils facilitent une relance de l'avalanche venant de plus haut. Sont aussi favorables les secteurs où affleurent des **rochers lisses**, surtout si la disposition des couches ou la schistosité facilitent le dégagement de surfaces régulières, quelle que soit leur dimension.

Les hauts versants d'auge et les épaulements, en zone supraforestière, ainsi que **les versants supraglaciaires** réguliers sont a priori des sites favorables aux départs et au développement des avalanches, quelle que soit leur exposition. Les versants sud sont les plus dangereux car à la pente et au profil s'ajoutent l'exposition favorable qui fait évoluer plus vite la neige et la présence, jusqu'à 2700 ou 2800 mètres d'altitude, des terrassettes à grandes fétuques qui diminuent l'adhérence.

Les modelés périglaciaires agissent par le biais de la solifluxion, des couloirs et des cônes d'éboulis, comme nous venons de le voir. Cependant les *tarteres* formées de macrogé-lifraacts et la base des cônes à éboulis grossiers donnent un bon ancrage du manteau neigeux et peuvent freiner les avalanches. Cette atténuation du phénomène avalancheux est souvent renforcée par la présence, au pied des éboulis, de moraines de cirque ou de multiples petits arcs morainiques, datant des phases de retrait des glaciers ou de la dernière période glaciaire. Ils freinent ou arrêtent les avalanches; ils servent aussi de zones d'accumulation. Toujours dans l'étage alpin, **les versants réglés**, quelle que soit leur exposition, du fait de leur pente et, souvent, de leur végétation de *gespa*, peuvent générer des avalanches: plaques et plaques à vent, mise en mouvement du manteau neigeux au printemps ou par suite de la rupture de corniches, par exemple.

Quels que soient les reliefs qu'ils dominent, et même lorsque les dénivelés ne sont pas importants, **les plans sommitaux et les crêtes douces ou arrondies** sont toujours entourés de zones qui sont parmi les plus avalancheuses. Elles sont d'autant plus traîtresses qu'elles n'impressionnent pas les skieurs et qu'elles les attirent. Très abondantes en Andorre, ces hautes surfaces sont des zones de réception de la neige et de déflation, par vents du nord et du nord-ouest comme par vents du sud et du sud-est.

Elles occasionnent des suralimentations neigeuses sur les versants sous le vent, elles sont fréquemment bordées de corniches et, sur les pentes voisines, se forment des plaques à vent.

Enfin, tous **les versants irréguliers** qui ne sont pas protégés par les forêts présentent un danger potentiel d'avalanches. Les replats et les secteurs en moindre pente peuvent accumuler de la neige qu'une avalanche venue de la partie supérieure pourra mettre en mouvement. Les décollements sont fréquents dans les secteurs convexes, surtout s'ils possèdent des affleurements rocheux lisses ou des secteurs couverts de guirlandes de *gespa*.

Les facteurs dûs à la végétation et à l'action anthropique

Parmi les zones les zones très avalancheuses, nous avons toujours les hauts versants des ***solans couverts de gespa*** (ou *gèspit*). Ce sont des zones à pentes moyennes ou fortes où se développent des terrassettes et des guirlandes de solifluxion entravées par de fortes touffes de fétuques, la *gespa* (*Festuka eskia* ou *Festuca durissima* selon les sols). Ces grandes graminées, aux tiges et aux feuilles dures, arrondies et lisses, si elles ne sont pas broutées, forment de véritables toboggans lorsque le poids et la reptation de la neige les couche dans le sens de la pente. Ces *pales de gespa* sont d'autant plus avalancheuses qu'elles sont souvent dominées par des corniches et suralimentées en neige par les vents du secteur nord ou nord-ouest. Par contre, quand elles ne sont pas gagnées et recouvertes par de la *gespa* non pâturée, les nombreuses stries de parcours sur un versant améliorent l'ancrage du manteau neigeux.

Les touffes encore plus grandes du ***sudorn*** (*Festuca paniculata*), qui atteignent fréquemment plus d'un mètre de hauteur, et dont les feuilles sont plus larges et plates, mais toujours très lisses et glissantes, favorisent aussi les départs d'avalanches. Dans l'étage subalpin et au début de l'étage alpin, le *sudorn* affectionne les sommets des cônes d'éboulis aux matériaux plus fins, les hauts versants qui possèdent un sol meuble ou une roche altérée et, tout comme la *gespa*, les bassins de réception torrentiels, c'est-à-dire des zones de départ potentiel d'avalanche.

Sur une pente, même modeste, toutes **les zones de pâturages et de prairies alpines non pacagées** sont un facteur favorable au décollement du manteau neigeux, surtout au printemps. C'est un cas courant dans la zone supraforestière et dans les clairières et couloirs des prés-bois subalpins. Parce que les herbes hautes se couchent et sont peignées par la reptation, parce que la surface devient plus lisse et qu'il y a de l'air emprisonné dans le matelas végétal sous la neige, ce qui facilite sa métamorphose, l'adhérence diminue. Donc, nous pouvons ajouter comme facteurs qui contribuent à

l'augmentation du risque: le sous-pâturage, par les refus qu'il multiplie dans les lieux les plus pentus, l'absence de pâturage et également l'abandon des pratiques traditionnelles des *cremats*, ces **feux pastoraux** contrôlés, multiples et relativement limités, qui brûlaient les refus, les buissons et les *gespes*.

Les pentes avec des **landes** à rhododendrons ou de genêts purgatifs (*Cytisus purgans*) et, sur les hauts *obacs*, les landines à *Vaccinium uliginosum*, permettent un ancrage du manteau neigeux si celui-ci n'est pas épais. Avec de fortes accumulations, les buissons sont écrasés et ployés dans le sens de la pente et améliorent le glissement. De plus l'air emprisonné dans les arbustes facilite l'évolution de la neige.

Une **forêt claire** ou une **progression récente de la forêt** ne sont pas une protection réelle. Elles n'empêchent pas la reptation du manteau neigeux qui ploie les jeunes arbres et, souvent, elles ne constituent pas un ancrage suffisant. De multiples coulées ou départs ponctuels peuvent se produire entre les arbres, qui peuvent déclencher une avalanche s'ils mettent en mouvement la neige du versant inférieur. C'est le cas de l'Abarsetar de l'Hortell, à *l'obac* del Serrat.

Si **les forêts denses** et les forêts de densité moyenne, mais avec des arbres puissants, sont effectivement un obstacle aux avalanches et protègent de ce fait les versants inférieurs, il n'est aucune forêt qui ne résiste à une forte avalanche de poudreuse, de plaques ou de neige de printemps: sans que rien y prédispose, si ce n'est le risque d'avalanche en amont, en Andorre même, de **larges couloirs** sont ouverts à travers la forêt, par exemple au Bosc del Barrer d'Areny (Arinsal), à Laverdú ou à Les Allaus (El Serrat). Même si l'avalanche ne se produit que tous les vingt ou quarante ans, elle est capable de ramoner chaque fois son couloir, quand bien même une forêt dense et d'âge moyen y aurait repoussé. En fait, tout dépend de ce qui se passe au-dessus: s'il y a des espaces supraforestiers amples, capables de générer de grandes avalanches grâce à des facteurs favorables (pentes, substrat, accumulations de neige et évolution du manteau neigeux), les forêts ne résisteront guère.

Les forêts ne sont efficaces que lorsqu'elles peuvent couvrir tout le versant jusqu'aux crêtes, ou bien lorsque l'espace supraforestier ne peut générer que des avalanches modestes ou moyennes. Ceci n'est possible, bien sûr, que si la forêt est saine et bien entretenue, et si des **coupes abusives** ne viennent pas faire disparaître la protection pour quelques décades. On a vu des couloirs d'avalanche nouveaux se former sur des versants qui n'avaient d'autres facteurs favorables que la pente, l'enneigement et, bien entendu, le déboisement. C'est le cas dans une récente coupe à blanc au Bosc de Vilar (Llorts), ou encore dans un versant déboisé il y a un demi-siècle à la Beçosa, près del Serrat.

21.3 - Les types de zones à risques en Andorre

Avalanches et zones d'avalanches

Comme pour toute cartographie de localisation probable d'avalanches, il est essentiel de faire la différence entre la zone d'avalanche que l'on délimite sur le terrain ou sur la carte et les avalanches qui s'y produisent. Chaque avalanche est unique; elle possède des caractères particuliers et dépend des conditions qui l'ont favorisée.

Dans un même couloir, deux avalanches du même type peuvent avoir des limites et des comportements différents. De plus, il n'est pas dit que toute la largeur de la zone cartographiée soit régulièrement parcourue par l'avalanche, chaque fois qu'elle se produit. Elle peut affecter une partie du couloir, parfois une autre, ou parfois sa totalité. De même, comme pour un cône de déjection torrentiel, la zone d'étalement à la base d'un couloir peut être parcourue partiellement et de forme aléatoire par une avalanche de neige de printemps ou de neige fraîche. La cartographie indique les limites extrêmes plus que le trajet. Ce n'est que ponctuellement, lorsqu'il est possible de le déterminer, que notre cartographie indique les trajets les plus habituels suivis par les avalanches, par des flèches en surcharge sur les couleurs rouge ou bleue.

Dans une même zone à risque, il faut tenir compte également que, selon les périodes et les conditions climatiques de l'hiver, ou selon les années, des avalanches de type différent peuvent se produire. Il est courant qu'un couloir soit parcouru pendant un même hiver par une avalanche de neige fraîche ou de poudreuse, puis par une avalanche de fonte (ce fut le cas en 1991 pour les Canals del Castellà et d'Aigua Vella dans la Coma de Ransol), ou bien qu'il connaisse habituellement des avalanches de neige fraîche ou des purges dans sa partie amont et, certaines années, des avalanches de poudreuse qui atteignent le fond de vallée.

Il est également habituel qu'une avalanche change de type pendant son trajet. Au départ, on aura par exemple une chute de corniche qui provoquera ensuite une rupture de plaque sur le versant. Ou bien une avalanche ou une purge de neige fraîche déstabilisera en aval un manteau neigeux déjà évolué, sur un replat ou sur un épaulement, et se convertira en une puissante avalanche de fond qui, le long d'un versant d'auge glaciaire, ramonera un couloir inutilisé depuis quelques décennies; c'est le scénario qui se produit tout les vingt ans dans les couloirs qui traversent la route entre El Serrat et la station d'Ordino-Arcalís, ou encore au Solà d'Arinsal.

Comment lire la cartographie CLPA d'Andorre

Malgré la précision de la cartographie CLPA et des commentaires qui l'accompagnent, il y eut des interprétations tendancieuses qui, négligeant le texte et la légende, se basaient uniquement sur le dessin de la carte. Elles rendirent nécessaire la rédaction d'une page d'explications et de mise au point qui, depuis 1989, précède tous les dossiers d'enquête publique ainsi que leurs versions définitives. En effet, dans certains cas, les services administratifs chargés d'attribuer les permis de construire ou les propriétaires des terrains à urbaniser faisaient une interprétation volontairement limitative, en particulier dans le cas des flèches et des zones bleues. La flèche indique un couloir ou une zone d'avalanche fonctionnels, mais dont on n'a pu délimiter la largeur ni la zone d'étalement. Dans la pratique, tous les espaces qui n'étaient pas exactement sur la flèche étaient considérés par ces personnes comme hors de risque, ce qui était évidemment excessif. Quant à la zone bleue, il était possible qu'elle ne fut pas considérée par certains comme zone à risque.

Voici le texte de cette note explicative:

1- ADVERTIMENT:

Aquest quadern de descripcions de cada u dels sectors amb risc d'allaus, amb comentaris i explicacions sobre els factors favorables, acompanya tres mapes: un mapa de geomorfologia, un mapa de formacions forestals i un mapa de localització probable de les zones amb risc d'allau. Els quatre documents són indissociables.

Aquests mapes i quadern inclouen estudis, observacions, enquestes i comprovos anteriors al ... (data de realització de la cartografia). En el marc de la C.L.P.A. es van presentar a l'enquesta pública per l'edecte de Govern d'Andorra del ... (data de l'edecte), i posteriorment aprovar.

2- NOTA EXPLICATIVA SOBRE LA CARTOGRAFIA DE RISC D'ALLAU.

Per aquest mapa, com per tota cartografia d'allaus ja realitzada, els mapes integren uns determinats elements, explicats a continuació. Sobre els plànols observarem les zones d'allaus de colors vermells i blaus amb contorns ben definits; també s'observen corredors o localitzacions linears marcats per fletxes de colors vermell o blau. Tenen el significat següent:

2.1- Colors.

- Color vermell: són zones d'allaus on s'han pogut recollir testimoniatges (terreny, persones, arxius).*
- Color blau: són zones d'allaus on no s'han pogut recollir testimoniatges, però on els elements favorables a les allaus estan reunits.*
- Color taronja: s'han recollit testimoniatges d'allaus en el passat, però l'existència*

actual de bosc impedeix avui dia el desprendiment d'allaus.

2.2- Fletxes.

- *Dins una zona amb contorns definits, indiquen els corredors més freqüents.*
- *Les fletxes soles indiquen l'eix d'una zona d'allaus, però amb els elements recollits no s'han pogut definir amb exactitud els límits laterals i inferiors.*

3- LIMITACIONS D'AQUESTA CARTOGRAFIA.

Són degudes, en part, a les mancances o a la retenció de la informació durant les enquestes; doncs es poden millorar. Però sobretot es poden produir modificacions de la situació actual, positives (progressió del bosc) i negatives (desaparició del bosc, acció humana).

No consten en la cartografia les esllavissades locals o reptacions de neu que es produeixen cada vegada que hi ha pendents de 30% i més, i un terreny favorable, per tant petit que sigui, com: prats, matolls, tarteres fines i pedruscalls, roques llises. No s'han integrat perquè són elements de sentit comú, coneguts i habituals a qualsevol muntanya amb mantell nival important, i que cal tenir en compte per les construccions i vies de comunicació.

La cartographie CLPA réalisée en Andorre

Pour ce chapitre, on se reportera aux cartes hors texte: Les cartes de localisation probable d'avalanches; la première cartographie CLPA réalisée en Andorre (15 planches). Ces cartes, toutes au 1/20.000e, sont la réduction en couleur des cartes originales au 1/10.000e: soit les cartes qui ont servi à l'enquête publique, soit le document CLPA approuvé et publié. Elles couvrent 15.650 ha, soit le tiers de la superficie de l'Andorre.

Les cartes hors texte présentées sont les suivantes:

- Montaup-Mereig, secteur 01 (carte pour l'enquête publique).
- Vall del Riu, secteur 02 (carte pour l'enquête publique).
- Pas de la Casa-Grau Roig, secteur 08 (document CLPA).
- Soldeu-El Tarter-El Cubil, secteur 10 (carte pour l'enquête publique).
- Rep-El Forn-Encampadana, secteur 11 (carte pour l'enquête publique).
- Cortals d'Encamp-Les Deveses, secteur 12 (carte pour l'enquête publique).
- El Serrat, secteur 20 (carte pour l'enquête publique, et document CLPA).
- L'Angonella-Sobre els Camps de la Cortinada, secteurs 21 et 22 (carte pour l'enquête publique).
- Arinsal, Coma Pedrosa, Pal-Seturia, Sispony, secteurs 24, 25, 26 et 27 (documents CLPA).

- Vall del Madriu, secteur 28 (carte pour l'enquête publique, et document CLPA).

Pour quelques-unes de ces cartes hors texte, voici la description des principaux caractères des vallées étudiées et des zones d'avalanches inventoriées, avec la reproduction en couleurs d'un extrait de chacune d'elles.

LA VALL DEL RIU (carte CLPA n° 02).

=====

Caractères du secteur:

C'est une vallée glaciaire suspendue, dont l'auge est bien dessinée mais souvent sans limite supérieure marquée. Elle commence à l'Orri Amagat, où le glacier rassemblait les apports des cirques d'amont et elle s'achève au bout de deux kilomètres, par une gorge de raccordement vive et profonde qui dévale vers la Valira. Les prés des *bordes* utilisent les dépôts morainiques du maximum glaciaire, qui couvrent le fond d'auge et les épaulements. Au-dessus s'étendent des versants supraglaciaires réguliers, tous favorables à la naissance d'avalanches, comme Les Canals, la Costa Gran et surtout La Costa del Bony Roig.

Quatre cirques perchés entourent la vallée. À l'ouest le cirque de la Borda de Llècsia est peu profond, en entonnoir, dominé par de hautes superficies planes ou arrondies très favorables à la formation de congères et de corniches. Dans la haute vallée trois cirques bien excavés sont dominés par des crêtes qui culminent entre 2.600 et 2.900 mètres. Face au sud, les deux petits cirques jumeaux de la Comarqueta d'Incles et de Les Fonts sont en forme de demi-bol. Leurs versants très pentus sont couverts d'éboulis fins très favorables au départ des avalanches et de *tarteres* issus de la gélifraction des pentes supérieures. Les crêtes sont formées par recouplement de versants supraglaciaires, avec des formations de corniches par vent du nord-ouest. Le cirque des Estanys est ample, avec un fond régulier et de courts versants abrupts où se localisent les seuls secteurs à risques.

Le Solà de l'Aldosa et dels Plans appartient à l'auge de la Valira d'Orient, avec un fond étroit, suivi par un versant d'auge pentu et accidenté. Sa limite supérieure est marquée par un épaulement net avec, au-dessus, le versant supraglaciaire de la Pala de Torradella, couvert de terrassettes et de guirlandes de *gespa* favorables aux départs d'avalanches de fond.

Principales zones d'avalanches:

* Les Solans de l'Aldosa et dels Plans ont connu dans le passé des avalanches

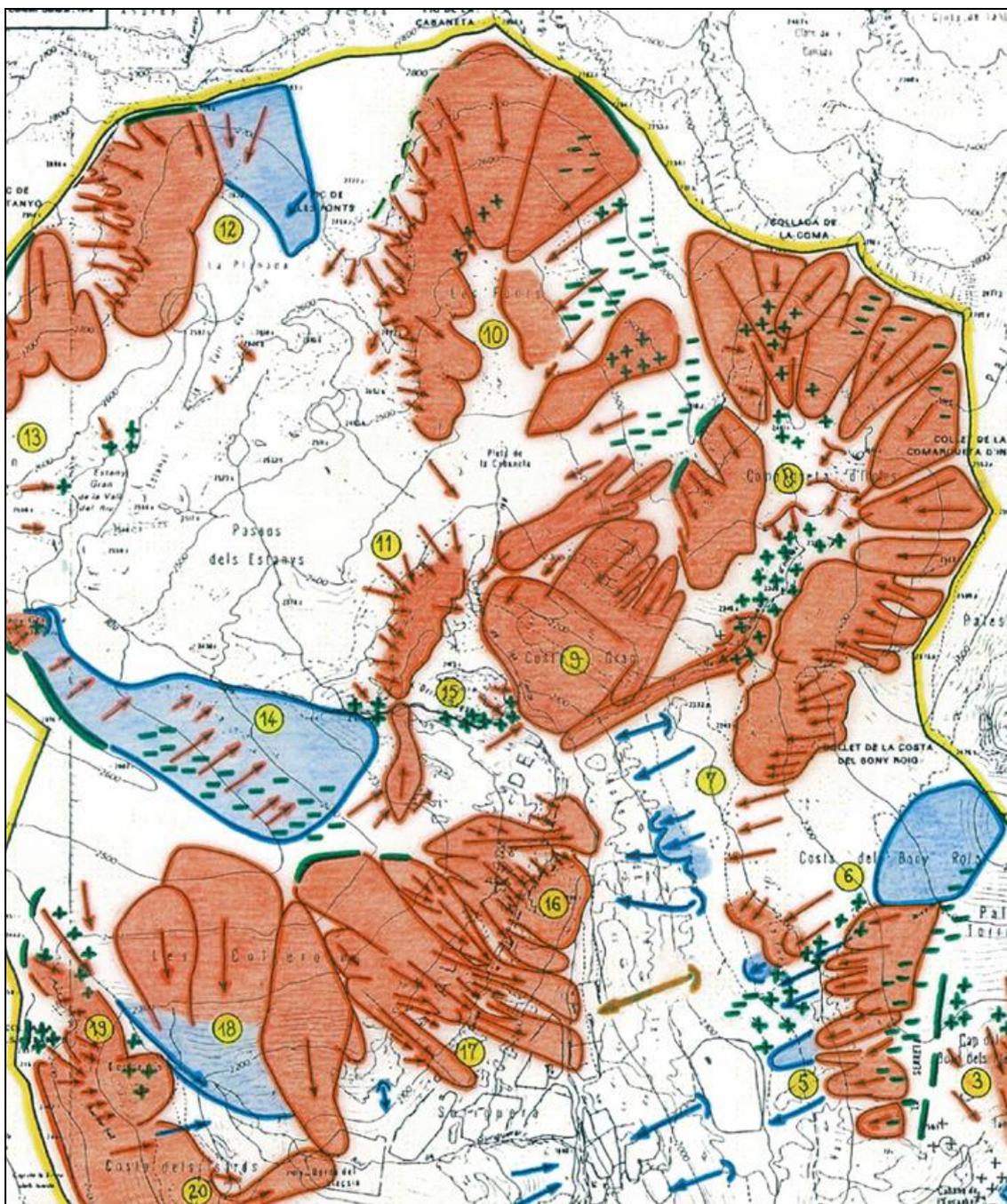
importantes, qui arrivèrent jusqu'à la Valira (zone 2). Aujourd'hui les avalanches affectent essentiellement la partie supraforestière (zones 1 et 3). Mais la fragilité et la minceur de la frange de forêt, les landes de genêts qui progressent constituent des facteurs préoccupants. En effet il y a un grave risque d'incendie qui pourrait faire disparaître cette forêt de protection, d'ailleurs vieillie et en mauvais état. Dans le bas versant on observe de temps en temps des coulées et de petites avalanches dans les prés, entre les rochers, dans les couloirs des *bonys* ou dans les *canals*, près de l'Aldosa ou à La Trava, dont certaines concernent de nouveaux lotissements et la route nationale (zone 4).

* L'auge de la Vall del Riu présente quatre secteurs avalancheux très dissemblables. La Costa del Bony Roig est très ventée, donc peu enneigée. Mais, par fortes chutes de neige avec vents de sud-est, sur les pentes herbeuses du haut versant se produisent des coulées qui s'arrêtent avant le replat. Au-dessous la forêt de pins à crochets s'est densifiée et les anciens couloirs ne fonctionnent plus (zones 5 et 6). En face, les versants de L'Artic de Capell et de Les Flamies ont la protection de la forêt, avec seulement quelques petits couloirs dans les rochers, qui se purgent en cas de surcharges (zone 21). Mais les avalanches de printemps des pentes de *gespa* de l'Orri, certes peu fréquentes, peuvent affecter les Canals de Les Flamies (zone 22). Les Canals de la Vall del Riu (zones 16 et 17) strient un versant rocheux dominé par des pales de *gespa* sous le vent et par une crête arrondie. Cet ensemble de conditions en font le secteur le plus avalancheux de la vallée: fréquentes purges et avalanches de neige fraîche après les chutes de neige et surtout avalanches de neige lourde ou de printemps. Des avalanches de poudreuse sont possibles dans les plus grands couloirs. En fond d'auge, en exposition sud, la Costa Gran connaît régulièrement le passage des avalanches de neige fraîche à partir des rochers et de neige lourde à partir de n'importe quel point du versant. En bas, les arbres portent la marque de leur passage continu (zone 9).

* Les cirques de la Comarqueta d'Incles et de Les Fonts ont les mêmes types de situations. Tous leurs versants sont avalancheux, selon les types de neige et l'orientation des vents, avec des secteurs à déflation, des formations de corniches et d'importantes accumulations locales. Il y a des avalanches de neige fraîche et, lorsque la neige a évolué, des avalanches de fond, qui s'arrêtent toutes dans les cordons morainiques des cirques (zones 7, 8 et 10). Malgré les pentes modestes, dans le fond même de la Comarqueta, une avalanche se détache quand les accumulations deviennent trop importantes, mettant à profit d'autres facteurs favorables: verrou rocheux lisse, *gespa* et formes convexes.

* Le cirque dels Estanys n'est avalancheux que sur son pourtour, avec des couloirs actifs après les *nevades* et des pentes raides dont les avalanches s'arrêtent au pied du versant (zones 12, 13 et 14). Le cirque lui-même est sûr, avec seulement des purges et de petits couloirs fonctionnels dans le fond d'auge de L'Orri Amagat (zones 11 et 15).

Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
LA VALL DEL RIU (carte CLPA n° 02)



(Note : le nord est en haut de la carte)

* Le cirque de la Borda de Llècsia possède deux secteurs avalancheux. En solà, Les Collerols sont un long versant à gradins de fétuques et des affleurements rocheux ou

des éboulis schisteux, donc avec des conditions favorables à l'évolution rapide du manteau neigeux et à son instabilité (zone 18). En exposition nord-est, la Costa dels Isards connaît des glissements locaux. Une avalanche de neige lourde emporte de temps en temps des troncs jusqu'aux prés de la *borda* (zones 19 et 20).

MONTAUP-MEREIG (carte CLPA n° 01).

=====

Caractères du secteur:

Ce sont les versants sud et est du massif du Casamanya, des crêtes à la Valira d'Orient. Les couches géologiques sont disposées transversalement par rapport aux vallées glaciaires de Montaup et de Mereig, qui les traversent avec indifférence: les adaptations à la lithologie sont toujours locales. Les formes de relief dérivent des modelés glaciaires, avec des formes torrentielles sur les versants de la Valira.

En amont on observe un ensemble de cirques étagés aux formes variées. Ils ont des verrous rocheux résiduels, des roches apparentes, des éboulis abondants parmi les pelouses alpines et des formes périglaciaires abondantes, donc de nombreux éléments favorables au risque d'avalanches. On rencontre des *plans* sommitaux étendus et spectaculaires: l'Alt de Montaup s'étend sur 700 mètres de longueur à plus de 2.700 mètres d'altitude, le Pla de Ferrerols couvre 50 hectares et des *plans* plus étroits ou des crêtes arrondies séparent Montaup de la Vall del Riu. Toutes ces formes ont une très forte incidence sur la répartition du manteau neigeux et favorisent le phénomène avalancheux.

Dans la partie moyenne deux vallées glaciaires, plus étroites dans les calcaires, plus ouvertes ensuite, sont suspendues 400 mètres au-dessus de l'auge principale de la Valira. A leur débouché elles possèdent des replats bien marqués qui constituent le terroir des *bordes*. Les gorges de raccordement sont très vives, avec des phénomènes de ravinement et des instabilités dans les matériaux meubles.

Principales zones d'avalanches:

* Les versants d'auge de la Valira ont une seule avalanche très préoccupante, la fameuse "*allau d'Aina*", du nom de la colonie de vacances qu'elle menace (zone 2). En dehors de ce cas, il n'y a que des avalanches modestes et des purges dans les couloirs rocheux ou dans les chenaux torrentiels (zones 1, 19 à 22, 33 à 38), seulement en cas de très fortes chutes de neige.

* Les bordes de Montaup ont des zones d'avalanches bien localisées, qui peuvent

devenir dangereuses si l'on ouvre la nouvelle route Canillo-Ordino en hiver. L'avalanche du Prat d'en Patxeta (zone 5) fonctionne souvent, avec des départs dans les *pales de gespa* à mi-versant et dans des affleurements calcaires lisses. Elle arrive jusqu'à la rivière, en s'étalant dans les prés. Ce couloir et celui du Clot d'Aixades, encore plus connu et préoccupant, ont amené un changement dans le tracé de la route, initialement prévu en fond de vallée, desservant toutes les *bordes* et propriétés. L'ensemble du Clot d'Aixades (zone 15) est formé d'un cirque en entonnoir, pentu, avec des alternances de secteurs à longues fétuques et de rochers lisses avec des couloirs. Sous la crête douce se forment des congères et des corniches, et l'exposition sud favorise l'évolution rapide de la neige. Tout est favorable à de fortes avalanches de neige lourde ou de printemps, qui traversent la rivière et renversent les murs des prés. Autrefois, elle emportait souvent le ponton. Le couloir du Barranc de la Font del Rauca a moins d'ampleur. On construisit autrefois contre la partie amont de la Borda del Jarca, pour la protéger, un éperon formé d'une accumulation de pierres sèches. Actuellement le large coude de la route servira de zone d'étalement. Les autres secteurs avalancheux (zones 4, 6, 16 et 18) sont moins actifs ou limités par une mince forêt de protection, mise en défens en 1893.

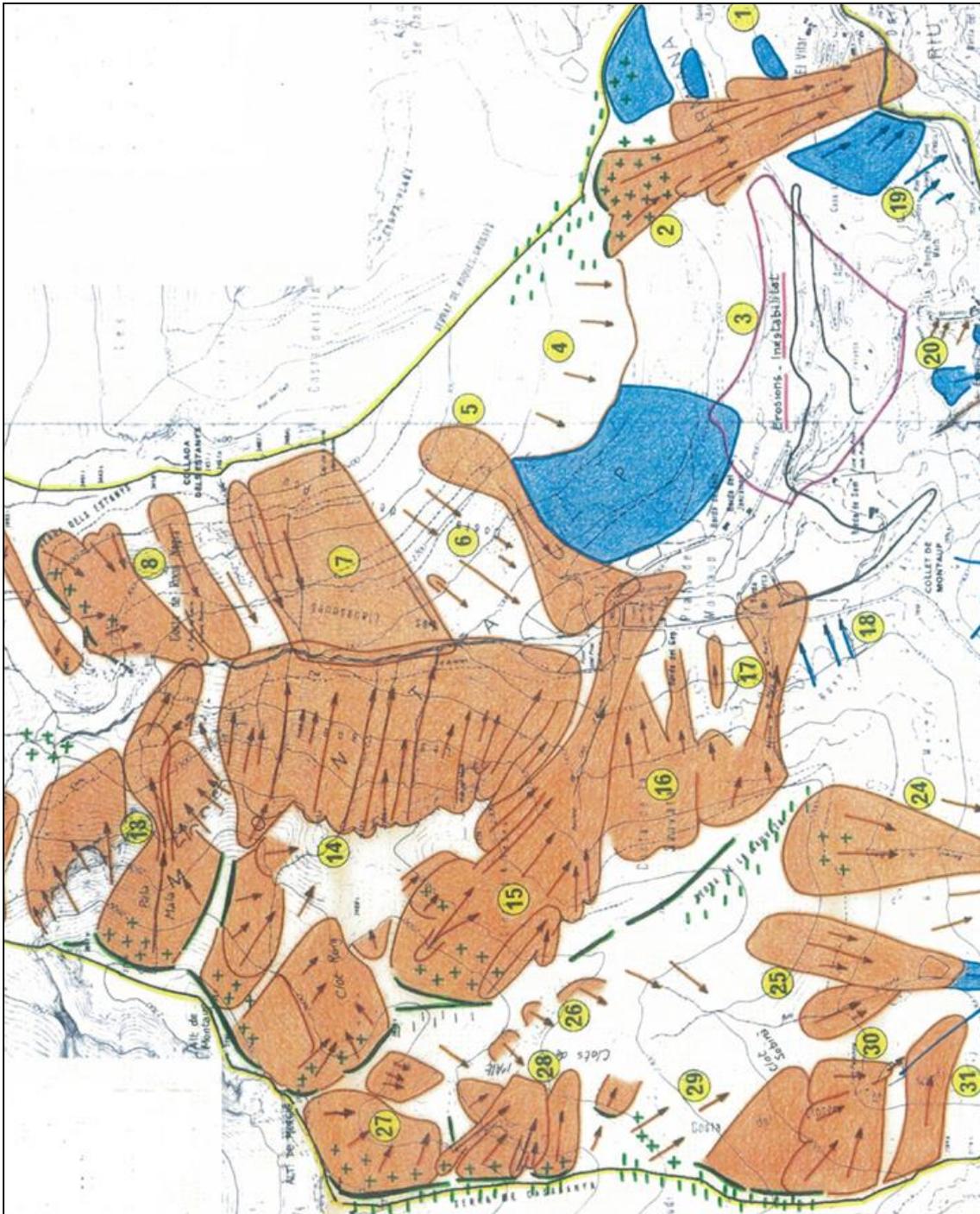
* La vallée moyenne de Montaup, aux versants d'auge très abrupts, où alternent des éboulis, des roches apparentes et des pelouses, est constamment parcourue par des avalanches (zones 7, 8 et 14). Des incisions torrentielles les canalisent à Les Canals. C'est un passage très dangereux en hiver. Le Clot Roig, avec de très importantes corniches en limite du *pla* de l'Alt de Montaup, connaît de fréquentes avalanches qui ne vont pas au-delà du fond de ce cirque perché.

* Les cirques d'amont, entre 2.300 et 2.800 m d'altitude ont les zones d'avalanches habituelles dans les couloirs et sur les versants couverts d'éboulis fins schisteux ou de *gespa* (zones 9 à 13). Mais il faut noter la forte suralimentation neigeuse et la formation d'importantes congères et corniches à partir des grands *plans* qui les entourent, responsables des avalanches d'hiver (poudreuse et neige fraîche) et de printemps (à cause de l'exposition sud et des mauvais ancrages). La haute vallée de Montaup est réputée pour avoir toujours beaucoup de neige et d'avalanches.

* La vallée de Mereig a trois secteurs différents. En amont, sous le Pic du Casamanya (zones 26 à 28), les cirques ont des versants à *gespa* (*Festuca durissima*) et des éboulis fins très propices aux décrochements du manteau neigeux. Les crêtes douces et les *plans* provoquent des corniches et une suralimentation neigeuse sous le vent. Plus bas, en limite de forêt, avec des pentes il y a peu surpâturées, la Costa del Lloser de Naudí est favorable à la reptation généralisée du manteau neigeux et à des avalanches locales, jusqu'au bas du versant (zones 25 et 29 à 31). Les Planells de Mereig ne connaissent qu'une avalanche gênante, toujours citée à Canillo, dans le Bosc et le Barranc de Mereig (zone 24). C'est une avalanche de printemps, qui décroche sous une crête douce, en limite supérieure de forêt, et qui utilise un bassin de réception torrentiel. Elle traverse

la route actuelle jusqu'aux prés des *bordes*, dont elle renverse les murs tous les dix ou quinze ans.

**Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
MONTAUP-MEREIG (carte CLPA n° 01)**



(Note : le nord est à gauche de la carte)

COMA PEDROSA (carte CLPA n° 25).

=====

Caractères du secteur:

Il s'agit du massif du Coma Pedrosa proprement dit, ou du moins de sa partie andorrane, car les vallées et versants occidentaux sont en Catalogne, dans le Pallars. Le Pic de Coma Pedrosa (2.942m) est plus haut sommet d'Andorre; c'est une pyramide massive avec, du côté nord, le cirque glaciaire bien dessiné du Forat de Malhiverns et, du côté sud, la Pala del Ruf, un long versant rocheux de sept cent mètres de dénivelé, coupé de ressauts rocheux et de pentes à *gespa*.

Deux courtes vallées glaciaires enveloppent le massif pour former par leur confluence la vallée d'Arinsal, après Aigües Juntes.

Au sud la vallée du Riu de Coma Pedrosa prend naissance dans un large fond d'auge entouré de petits cirques ou d'amorces de cirques perchés: l'Estany Negre, les Canyonques, la Costa de la Font dels Miquelets, la Portella de Sanfons, tous très propices aux avalanches. Au niveau de l'Estany de les Truites, logé derrière un verrou qui barre la vallée, ce premier secteur (en fait une vallée-cirque) est suspendu au-dessus de la seconde partie qui plonge vers le confluent. C'est la zone la plus avalancheuse, en particulier tout le grand versant nord de l'Obaga de Coma Pedrosa.

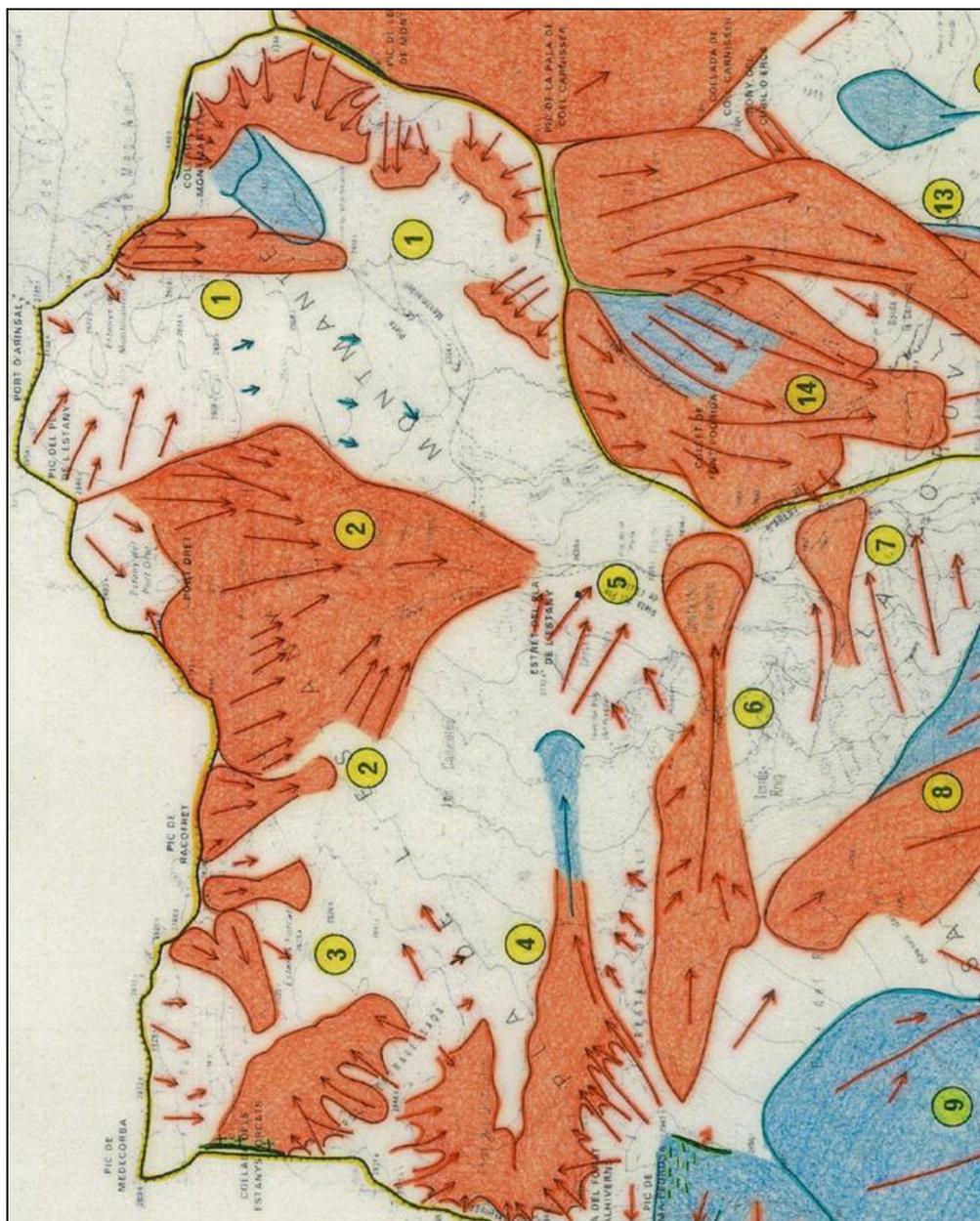
À l'est, la vallée du Pla de l'Estany naît dans un fond d'auge profond, dominé et menacé par la Canal de l'Alt, un chenal torrentiel et d'avalanches qui descend directement du Pic de Coma Pedrosa avec neuf cent mètres de dénivelé. Tout autour il y a des cirques perchés de dimensions diverses, tous bien dessinés: le cirque de Malhiverns déjà cité, le cirque dels Estanys Forcats, le petit cirque du Port Dret et le cirque plus ample de Montmantell. Ils sont dominés par des crêtes aiguës de recoupement glaciaire, situées entre 2.650m pour les cols les plus bas et plus de 2.900m pour les sommets. Bref un ensemble de modelés glaciaires classiques de la haute montagne pyrénéenne.

Principales zones d'avalanches:

* Les cirques de Montmantell et du Pla de l'Estany, en exposition sud-est, sud ou sud-ouest, ont les types d'avalanche habituels de la haute montagne aux modelés glaciaires, localisés sur les hauts versants et strictement dans les cirques (zones 1 à 4). En dehors des corniches qui se forment sous les Collades de Montmantell et dels Estanys Forcats, il s'agit de purges et d'avalanches de neige fraîche qui suivent les couloirs des parois de cirque et qui sont bloquées dans les cordons morainiques ou dans les étangs. En

exposition sud, elles ne se prolongent au-delà que sous le Roc de Montmantell et surtout au Bancal Vedeller et à la Costa del Congost (zone 2), où tout le secteur est avalancheux (poudreuse, neige fraîche et plaques). Des accidents mortels s'y sont produits, le dernier en 1984. Suivant les incisions dans le verrou de l'Estret del Pla de l'Estany (zone 5), après les fortes chutes de neige, se produisent des purges et des avalanches de poudreuse dont une endommagea en 1987 le refuge, particulièrement mal situé.

**Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
COMA PEDROSA (carte CLPA n° 25)**



(Note : le nord est à gauche de la carte)

* La Canal de l'Alt et les Canals Males strient le versant est du Pic de Coma Pedrosa. La Canal de l'Alt est la plus dangereuse, par son ampleur et parce qu'elle menace directement la vallée (zone 6). Elle est aussi sur le trajet des skieurs de randonnée qui traversent le massif. Très fréquente (neige poudreuse ou neige fraîche, plaques à vent), cette avalanche a tué un skieur en février 1984. Le versant rocheux des Canals Males et de la Canal del Terror Roig est plus court et strié de chenaux torrentiels qu'empruntent des avalanches de neige fraîche ou des avalanches de fond, jusqu'à la rivière et au pied du versant opposé (zone 7).

* Les cirques amont et les haut versants de Coma Pedrosa ont des secteurs avalancheux nombreux, mais strictement limités aux versants, laissant le fond d'auge hors de danger (zones 10 à 13). Les secteurs les plus préoccupants sont les pentes sous les Portelles de Sanfons et de Comallempla (zones 12 et 13), où se forment d'importantes plaques à vent, que le passage des skieurs met en mouvement. C'est ce qui se produisit en mars 1980, lorsqu'une plaque se détacha sur 200 mètres de largeur sous la Portella de Sanfons et ensevelit des randonneurs, dont un mourut. Ces cols sont sur les trajets de randonnée classiques, accessibles à partir des remontées de la station d'Arinsal.

* L'Obaga de Coma Pedrosa est un passage très dangereux pendant tout l'hiver car sur ce large versant des avalanches de différents types peuvent se produire n'importe où: avalanches de neige fraîche et de poudreuse au coeur de l'hiver après chaque chute de neige, ruptures de corniches après les *nevades* venant du sud-est, avalanches de fond lorsque évolue la neige des haut versants supraforestiers (zone 14). Le fond de vallée reçoit aussi l'impact des avalanches venant du *solà*, du Sudornar et des Basses del Ruf (zone 8). C'est ce qui explique que les trajets habituels des randonneurs évitent ce secteur et traversent les flancs du Pic de Coma Pedrosa... et la Canal de l'Alt.

ARINSAL (carte CLPA n° 24).

=====

Caractères du secteur:

La carte CLPA d'Arinsal couvre la vallée glaciaire du Riu d'Arinsal en amont d'Erts, c'est-à-dire de son confluent avec le Riu de Pal, ainsi que les cirques et vallons glaciaires latéraux, suspendus au-dessus de l'auge principale, au *solà* comme à *l'obac*. Cette portion de vallée s'urbanise rapidement car elle accueille la station de ski d'Arinsal. Or elle concentre quatre des plus importantes zones d'avalanches d'Andorre, dont trois menacent directement les routes ou les zones urbaines.

En amont la vallée est étroite, avec des versants d'auge pentus striés de chenaux torrentiels qui sont autant de couloirs d'avalanches. Au Solà, la forêt arrive à protéger,

sauf lorsque les départs se produisent sur les versants supra-glaciaires situés au-dessus de la limite de la forêt, comme à la Pala de Coll Carnisser.

Dans la partie moyenne, où furent construits le village d'Arinsal et les urbanisations nouvelles, l'auge principale est plus ouverte, avec des versants assez abrupts couverts de forêts et incisés par quelques chenaux torrentiels. Trois à quatre cents mètres plus haut, au-dessus d'un épaulement bien marqué utilisé par tout un étage de *bordes*, s'étendent des cirques et des vallons glaciaires supraforestiers assez amples, avec des pelouses alpines et, au Solà, de longs versants à *gespa* glissante, très enneigés en hiver.

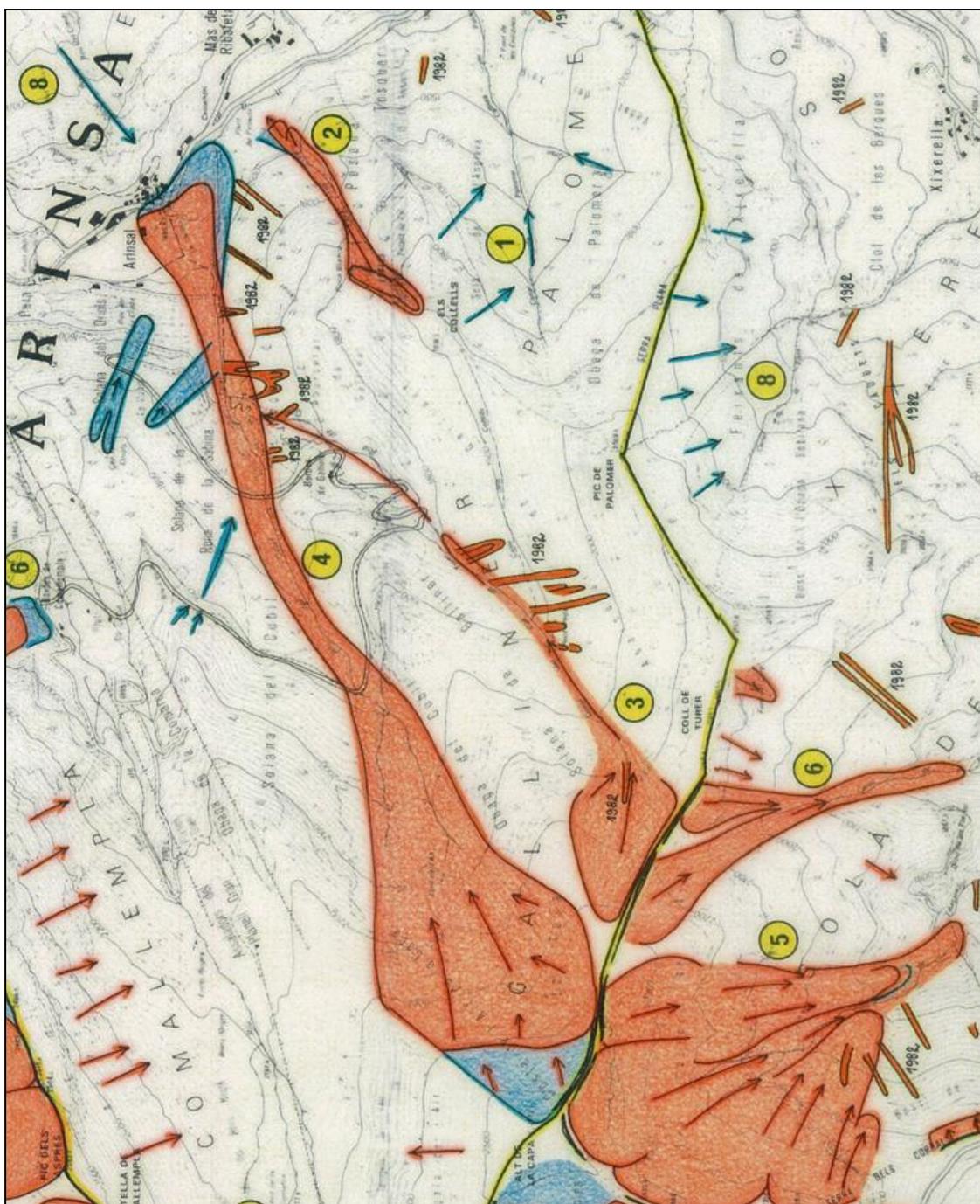
Entre Arinsal et Erts, les flancs de l'auge sont modelés par des appareils torrentiels, dont les plus importants, le Riu del Cubil et le Riu del Galliner, sont aussi des couloirs d'avalanches.

Principales zones d'avalanches:

* La vallée en amont de la zone urbaine possède trois secteurs avalancheux principaux. À *l'obac*, à la Canal Gran, le flanc d'auge est parcouru par des avalanches qui décrochent des rochers et qui suivent une batterie d'incisions torrentielles et d'anciens couloirs d'éboulis, chaque fois qu'il y a des surcharges (zone 7). Au *solà*, le versant qui domine les Bordes de la Coruvilla est parcouru par des avalanches de neige fraîche et, moins souvent, par des avalanches de fond qui peuvent parfois glisser au-delà du replat vers la rivière (zone 14). Mais le couloir le plus important est celui du Bosc del Barrer d'Areny et de la Pala de Coll Carnisser, connu en Andorre comme l'un des secteurs les plus riches en avalanches de plaques (zone 13). Les hautes pentes, très régulières, ont de la *gespa*, sous une crête douce où se forment de grandes corniches. Tous les cinq à dix ans de grandes plaques s'y détachent, parfois sur les deux-tiers de la Pala, soit plus de trois cents mètres, et ouvrent dans la forêt du versant un couloir de la même largeur, traversant la piste jeepable, jusqu'à la rivière.

* Le Solà d'Arinsal possède trois autres secteurs avalancheux très préoccupants, qui posèrent des problèmes avec la Quart d'Arinsal lors de la confection de la carte CLPA (zones 9, 10 et 11). La moins importante, celle qui pourrait être contrôlée, l'avalanche de la Canal de l'Avier arrive jusqu'au *pla* des Bordes de Percanela. Mais le chenal du Torrent de Ribassols porte la marque de passages anciens (zone 9). La zone 10, dite dels Prats Nous voit de grandes avalanches de neige fraîche ou de neige de printemps, plus rarement de poudreuse, arriver jusqu'au replat des *bordes*. Mais l'une d'elles, en 1954, emporta une *borda* et, par le Torrent del Ruider, arriva jusqu'aux prés d'Arinsal. La zone 11 est la plus préoccupante. Le cirque de Les Fonts voit des avalanches de neige fraîche ou poudreuse et, souvent, des avalanches de plaques ou de printemps qui, environ tous les vingt ans, arrivent dans la vallée aujourd'hui urbanisée.

Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
ARINSAL (carte CLPA n° 24)



(Note : le nord est à gauche de la carte)

* La station d'Arinsal occupe aujourd'hui deux espaces très différents à tous points de vue. La vallée perchée de Comallempa accueille les premières installations et ne présente guère de dangers (zones 5 et 6). Les avalanches qui se produisaient en amont,

sous le Port Vell et sous le Pic Nègre sont contrôlées. Par contre, l'extension nouvelle, au Galliner, englobe les zones de réception et les couloirs de deux zones avalanches spectaculaires, de 1.100 m de dénivelé, que leur utilisation rendra peut-être moins dangereuses (zones 3 et 4). Les avalanches de neige poudreuse ou fraîche sont parfois arrivées jusqu'aux maisons du village, l'une d'elles, à la fin des années soixante, recouvrant une *borda* utilisée aujourd'hui comme discothèque. Avec une fréquence pluridécennale, il s'y produit des avalanches de plaques ou de neige de printemps qui s'étalent sur le cône de déjection du Riu del Cubil.

* En aval, les bassins torrentiels du Palomer, du Solà d'Erts et du Mas de Ribafeta sont entièrement boisés, et tout risque d'avalanche a disparu, du moins tant que le couvert forestier sera maintenu en bon état (zones 1 et 8). Il n'y a que quelques modestes couloirs potentiels dans les chenaux, et un couloir actif à La Pesada (zone 2).

L'ANGONELLA-LA CORTINADA (cartes CLPA n° 21-22).

Caractères du secteur:

L'Angonella est une vallée glaciaire orientée vers l'est, suspendue au-dessus de l'auge de la Valira del Nord. La partie supérieure, sous le Pic de Cataperdís (.2804m) est un grand cirque, formé lui-même de cirques élémentaires coalescents ou étagés, où se logent trois *estanys* dans des cuvettes de surcreusement. La partie moyenne est une auge glaciaire, avec une forte opposition entre *l'obac* et la *solana*, tant pour les formes de modelé que pour la végétation ou les avalanches. La partie inférieure est une gorge de raccordement d'un kilomètre de longueur pour trois cents mètres de dénivelé entre les Bordes de la Mollera et la Valira, près du village de Llorts.

Le secteur de Sobre els Camps de La Cortinada est tout simplement une partie du versant droit de l'auge de la Valira, avec des versants supraglaciaires et les torrents qui s'y inscrivent. En amont le commandement est de 1.200m au droit du village d'Arans, et des ensembles torrentiels importants deviennent en hiver des couloirs d'avalanches toujours menaçants pour la vallée. En aval l'altitude des crêtes décroît rapidement, le dénivelé est moindre (400 à 600m), les bassins torrentiels sont plus modestes, réduits souvent à des incisions sur le versant d'auge.

Principales zones d'avalanches:

* L'obac de l'Angonella a trois zones successives très différentes. La Canal del Castell est un petit bassin torrentiel dont la forêt se densifie, aujourd'hui sans danger (zone 1). La vallée de l'Avier est une vallée-cirque assez profonde, aux hautes pentes rocheuses

ou à *gespa* glissante, entourées de crêtes douces et de *plans* favorables à la formation de congères. Des avalanches de neige fraîche ou de printemps parcourent toute la vallée, arrivant exceptionnellement jusqu'au Riu de l'Angonella (zone 2). Le versant supraglaciaire dels Obacs (zones 3, 4 et 5) est parcouru souvent par des avalanches de neige fraîche ou de poudreuse. Les avalanches de fond traversent la rivière et continuent leur course sur deux cents mètres au pied de l'autre versant.

* Les cirques qui enveloppent les Estanys de l'Angonella ont des zones avalancheuses habituelles sur les versants, jusqu'aux replats ou aux cordons morainiques (zones 6, 7 et 8). Le *solà* voit les avalanches arriver plus bas car les facteurs sont plus favorables: corniches et suralimentation neigeuse en hiver, pentes raides avec des alternances d'éboulis schisteux, de rochers et de guirlandes de *gespa* où l'adhérence du manteau neigeux est mauvaise (zones 9, 10 et 11). Les Basers de l'Angonella ont des purges fréquentes dans les abrupts rocheux, mais un ensemble de moraines datant du dernier épisode glaciaire les bloque au pied du versant (zone 12). Mais, à la Bassa del Racó, les avalanches sont plus amples car le versant rocheux est prolongé par des pentes gazonnées, puis par un petit replat et par de nouveaux couloirs jusqu'à la rivière (zone 13). Le fond de cirque lui-même est peu avalancheux, en dehors de quelques purges ou petites coulées dans les incisions des verrous rocheux (zones 14 et 15).

* Le solà de l'Angonella possède sous la Serra d'Arcalís deux petits cirques avec des zones avalancheuses limitées (zones 17 et 18). Les longues pentes à *gespa* du cirque en entonnoir d'Aiguarebre, en exposition sud, surmontées de crêtes arrondies sous le vent, avec des formations de corniches et de plaques, sont favorables aux avalanches qui aboutissent au Planell d'Aiguarebre (zones 19 et 20). Le versant d'auge, assez boisé, n'a que de petits couloirs qui suivent des incisions torrentielles; la plupart ne sont pas fonctionnels (zones 16, 21 et 22).

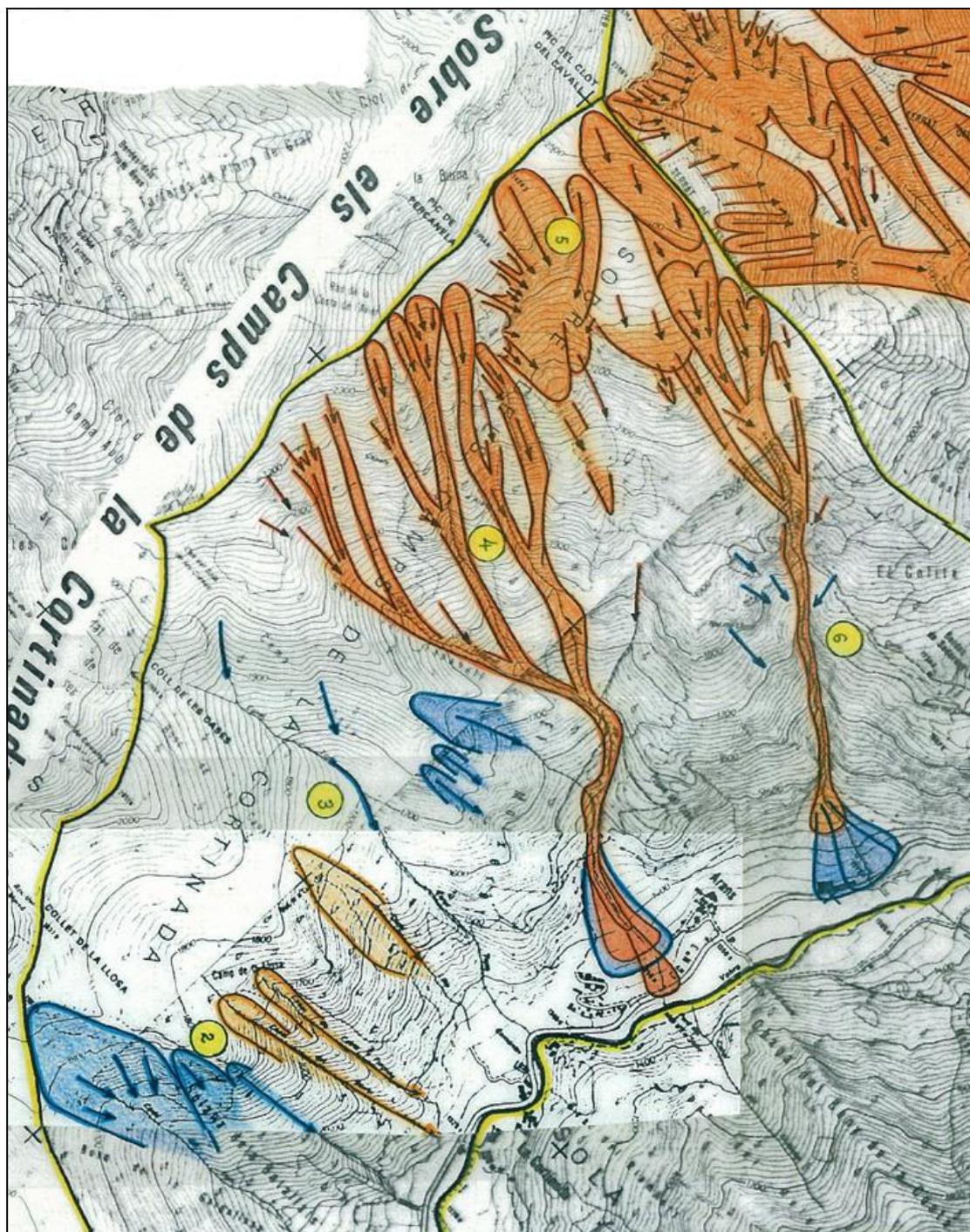
* La Canal del Cresp et la Canal del Tabanell sont deux couloirs fonctionnels dont les avalanches atteignent la vallée, jusqu'à la route nationale (zones 4 et 6). Les départs ont lieu dans la zone supraforestière, où l'exposition sud-est, les fortes pentes à *gespa* et les *plans* sommitaux sont autant de facteurs favorables. Les avalanches de neige fraîche, de poudreuse ou de fond s'arrêtent en général à mi-versant ou sous la Plana del Grau. Mais, tous les dix à vingt ans, des avalanches de printemps arrivent dans la vallée et s'étalent sur les cônes de déjection. En cas d'avalanche de poudreuse dans la Canal del Cresp, un nouveau lotissement construit au droit du couloir pourrait être menacé. Un petit cirque perché, le Clot del Cavall a des purges sur les versants et des avalanches limitées au cirque lui-même (zone 5). Pour cet ensemble on se reportera à l'extrait de carte.

* Le versant d'auge entre La Cortinada et Sornàs ne présente aujourd'hui aucun risque d'avalanches car la forêt assure une protection. Mais les *canals* qui le strient furent avalancheuses au siècle dernier (zones 1 à 3), avant que l'on ne prît la décision de mettre

tout le versant en défens. Nous avons recueilli des témoignages d'avalanches de neige fraîche ou de poudreuse empruntant les Canals de Coma Pregona et del Barrer jusqu'au maisons du village, sur le versant opposé (zone 2: voir l'extrait de carte ci-après).

Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:

LA CORTINADA (carte CLPA n° 22)



(Note : le nord est en haut de la carte)

EL SERRAT (carte CLPA n° 20).

Caractères du secteur:

L'auge glaciaire de la Valira del Nord est formée par la confluence, à El Serrat, des langues glaciaires de la vallée du Riu de Tristaina et de l'ensemble Rialb-Sorteny. Le secteur étudié englobe ces trois auges dans un rayon de trois kilomètres autour del Serrat, avec leurs versants jusqu'aux crêtes. Au nord del Serrat les versant d'auge sont réguliers, boisés et peu incisés par les torrents. Ils sont surmontés d'un replat bien marqué, le Pla de Besalí, puis par les pentes à *gespa* ou rocheuses des Basers de Besalí. À *l'obac*, les versants de l'Hortell sont plus continus, avec un replat modeste, El Planellet, et des conditions très favorables aux avalanches. En aval del Serrat quelques ensembles torrentiels s'inscrivent dans les flancs d'auge; ils sont autant de zones d'avalanches actives.

Principales zones d'avalanches:

* La zone del Brossós-Les Salines possède quatre couloirs d'avalanche actifs qui aboutissent dans un lotissement. Nous avons vu que c'est ce problème qui amena la réalisation de la première cartographie d'avalanche d'Andorre. Les départs se font dans les rochers et dans les couloirs herbeux près de la crête, en limite de forêt, où la moindre surcharge sur des pentes fortes provoque l'avalanche car le manteau neigeux n'a pas de bonne adhérence. De plus la crête douce du Cap del Brossós et du Planell de la Guàrdia favorise la formation d'accumulations sous le vent. La Canal del Seig (zone 1) voit souvent des coulées et des avalanches de neige fraîche qui arrivent jusqu'au cône de déjection et aux maisons dont la construction fut arrêtée. Dans le Bosc de les Salines il y a un couloir très net dans le versant, ouvert par des avalanches de poudreuse qui décrochent d'une masse de rochers abrupts, après de très fortes *nevades* (zone 2). Elle est peu fréquente, mais elle est parfois arrivée jusqu'à la Valira. L'avalanche principale est celle de Les Salines (zones 3 et 4). Au sommet elle utilise les couloirs d'un bassin de réception torrentiel. Avec une fréquence quasi annuelle des avalanches de neige fraîche arrivent jusqu'au sommet du cône. Avec une fréquence de dix à vingt ans, d'importantes avalanches de printemps s'étalent sur ce cône et atteignent le Va-lira et les prés sur l'autre rive.

* L'Hortel est un grand *obac* de huit cents mètres de dénivelé, parcouru chaque hiver par des avalanches de neige fraîche ou de fond (zones 5 à 9). Les décrochements se produisent dans la forêt claire ou dans des pelouses et des éboulis supraforestiers, puis mobilisent la neige du versant. Ces avalanches sont très fréquentes sur tout le versant et,

avec une fréquence décennale, certaines arrivent jusqu'au Riu de Tristaina. Fort heureusement ce versant est hors des itinéraires de randonnée et peu accessible.

* Sous le Pic et la Portella de Besalí s'inscrivent quatre zones avalancheuses de grande ampleur et quelques secteurs moins dangereux (zones 10 à 15). Les couloirs d'avalanche de Laverdú et de Les Allaus (zones 10 et 11) ont la même structure. Les départs se font dans de larges pentes inclinées à plus de 45°, face au sud, couvertes de terrassettes de *gespa* et de *sudorn* glissants, au-dessus de la forêt. Tout est réuni pour que l'instabilité soit forte et pour que le manteau neigeux évolue vite. Un replat arrête les avalanches au niveau du Roc de Bruna Roja mais, environ tous les dix ans, elles dévalent jusqu'à la route qui mène à la station d'Arcalís et au-delà jusqu'à la rivière, suivant d'anciens chenaux torrentiels. Le couvert forestier est ouvert par de larges couloirs sans qu'il puisse bloquer ces avalanches de neige fraîche ou de neige de printemps. Les deux zones de Puntal, 14 et 15, sont différentes. Si les conditions de départ sont semblables, le Pla de Besali est suffisant pour les stocker. Peu souvent les avalanches débordent et, mobilisant la neige du versant inférieur, arrivent jusqu'à la route actuelle et aux Bordes de Puntal.

* Au débouché de la vallée de Sorteny il y a quelques couloirs et petits chenaux d'avalanches (purges et surcharges après les fortes chutes de neige) qui seraient sans importance si certains ne traversaient pas la piste qui mène au Pla de Sorteny (zones 16 et 17).

* Le versant de Les Tallades et de La Beçosa présente deux situations différentes. À Les Tallades, un ensemble torrentiel de huit cents mètres de dénivelé s'inscrit sous le *pla* incliné de la Pala de Coma Obaga (zone 20). Les conditions sont très favorables aux avalanches de neige fraîche ou de neige de printemps, qui s'étalent sur le cône de déjection, mobilisant au passage la neige du versant voisin. Exceptionnellement elles atteignent la route et le parking de l'Hôtel del Serrat. À La Beçosa et au Bosc de Vilar, une mauvaise gestion de la forêt a amené la création de zones avalancheuses sur des versants autrefois boisés (zones 21, 22, 23 et 26): de fortes coupes dans les années quarante, suivies d'incendies ponctuels, ont déboisé le haut versant où la forêt n'a pu se reconstituer. Une mince frange de forêt empêche jusqu'à présent les coulées d'atteindre la base du versant. Au Bosc de Vilar il s'agit d'une coupe à blanc qui fut pratiquée en 1979.

* La Solana de Coma Obaga a des zones avalancheuses actives qui empruntent des vallons glaciaires pentus. Des accumulations importantes et des plaques se forment en amont, sous les *plans* et les crêtes arrondies. Les avalanches de neige fraîche, de plaques ou de neige de printemps arrivent au maximum à La Passera, six cents mètres avant la vallée principale (zones 24 et 25).

Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
EL SERRAT (carte CLPA n° 20)



(Note : le nord est à gauche de la carte)

LA VALL DEL MADRIU (carte CLPA n° 28).

=====

Caractères du secteur:

La vallée moyenne et inférieure du Madriu est une vallée glaciaire relativement étroite, en forme d'auge caractéristique, dont les versants sont très pentus. Son orientation est-ouest amène une grande opposition entre le versant au *solà*, peu boisé, strié d'appareils torrentiels dont les bassins de réception, couvert de *gespa* et d'éboulis, sont de zones où le manteau neigeux évolue vite et adhère mal, et *l'obac*, aujourd'hui très boisé, où les phénomènes avalancheux sont limités à quelques cirques et couloirs. Situés entre 2.400 et 2.600 mètres d'altitude, des *plans* sommitaux continus dominent les deux versants.

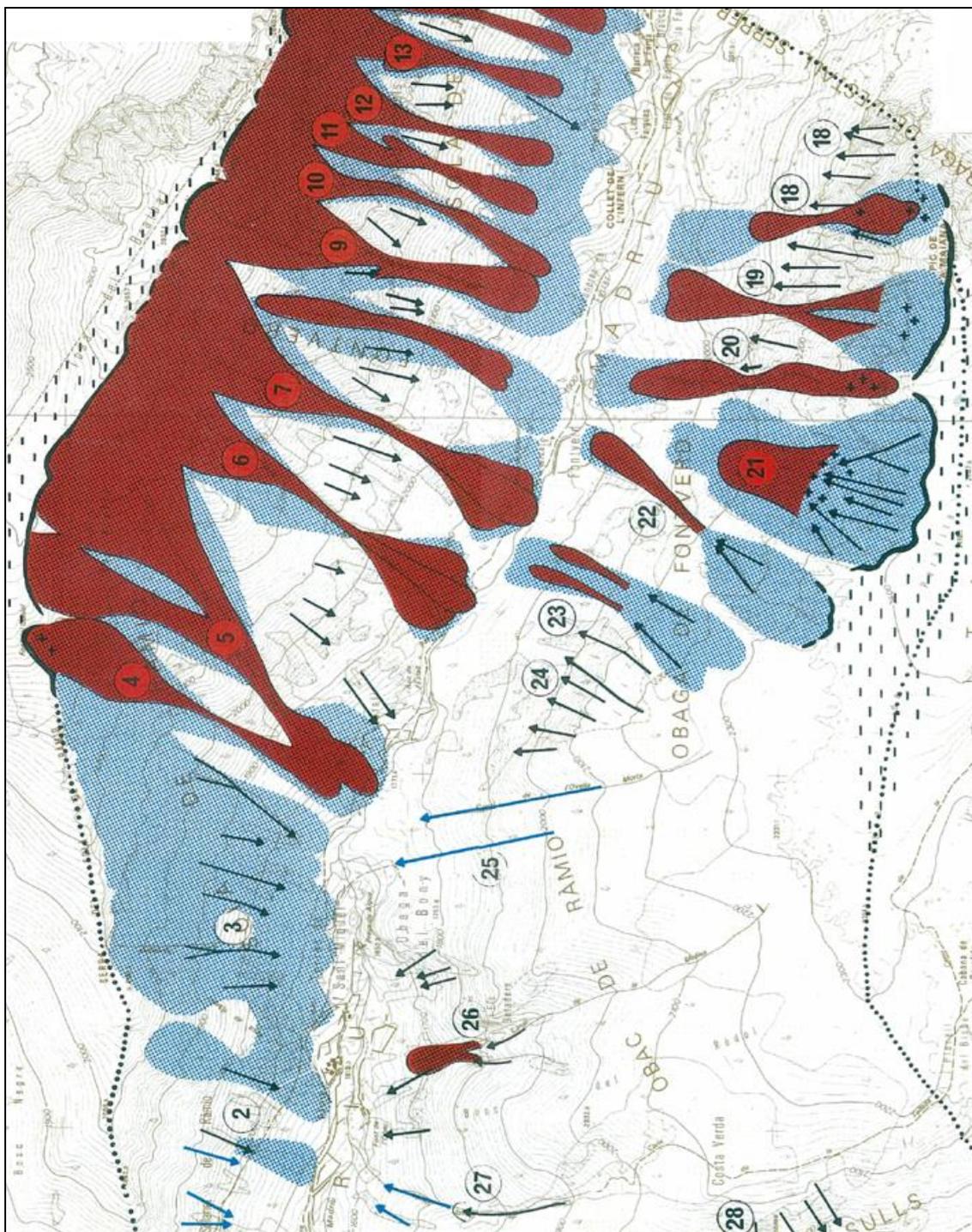
À Entremesaigües la vallée du Riu de Claror rejoint celle du Madriu. C'est une auge plus étroite et plus pentue, avec des abrupts rocheux à mi-pente et des éboulis continus au pied des versants. Les hauts versants en rive gauche ont quelques amorces de cirques à Els Graus et les modelés torrentiels l'emportent dans la *comarca* de l'Hospital.

Principales zones d'avalanches:

* Le Solà d'Entremesaigües et le Solanet de Ràmio, dans la vallée inférieure du Madriu, sont très rocheux, avec des incisions dans le versant, des couloirs qui alimentèrent des cônes d'éboulis. L'altitude est modeste (1.700-2.000m pour les crêtes), ce qui explique que cette zone ne connaisse que des coulées de neige et des purges dans les couloirs jusqu'au pied des éboulis après les fortes *nevades* (zones 1 et 2).

* Les Solans de Ràmio, de Fontverd et de la Farga ont une succession continue de couloirs d'avalanches (zones 3 à 17), dont les zones d'alimentation coïncident avec chacun des bassins torrentiels et dont la zone d'étalement recouvre les cônes et passe parfois la rivière. Ils connaissent des avalanches de neige fraîche, mais surtout des avalanches de fond ou de neige lourde qui peuvent se produire même en hiver, car l'exposition sud et les mauvais ancrages les favorisent. Le *pla* de la Tosa del Braibal, de près de deux kilomètres de longueur, permet la suralimentation neigeuse des zones de départ et la formation d'importantes corniches. Les avalanches sont très fréquentes et, à l'Estall, à Fontverd et à la Farga, elles ont construit des cônes superposés aux cônes torrentiels.

Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
LA VALL DEL MADRIU (carte CLPA n° 28)



(Note : le nord est à gauche de la carte)

* L'Obaga de Fontverd est dominée par le large *pla* de la Rasa de Perafita. Elle possède

trois petits cirques glaciaires logés sous le *pla*, avec des départs dans les rochers et les couloirs dès qu'il y a surcharge, et la formation de corniches au printemps, lors des chutes de neige avec vents du sud-est. Il y a des purges dans les hauts versants rocheux, qui sont vite bloquées par des cordons morainiques. Les avalanches de neige fraîche s'arrêtent le plus souvent dans les fonds de cirque ou sont bloquées par la forêt. Cependant deux couloirs voient les avalanches arriver jusqu'au fond d'auge, à Fontverd (zones 18 à 22). En aval de Fontverd, le versant *obac* a moins d'ampleur. Il a quelques modestes formes torrentielles et des incisions dans des rochers, qui sont autant de couloirs d'avalanches (zones 23 et 24). Mais ils n'ont rien de comparable avec les précédents ou avec ceux du *solà*.

* L'Obac de Ràmio est un versant plus long et moins pentu. Autrefois malmenée par une forte exploitation, la forêt a reconquis tout cet *obac* jusqu'à la crête. Il n'y a pas de risque d'avalanche en dehors de quelques coulées limitées aux chenaux torrentiels, qui ne semblent pas devoir atteindre la vallée (zones 25 à 27).

* La vallée du Riu de Claror i Perafita présente trois secteurs différents. Dans les rochers du Solà dels Sulls on observe toute une série de petits couloirs qui se purgent après chaque chute de neige (zone 28). Dans le versant opposé, à Els Graus, quelques chenaux d'avalanches suivent les couloirs torrentiels et des purges se produisent dans les Basers de Coll Pa (zone 29). En fait il n'y a qu'un couloir important, de 650 mètres de dénivélé, la Canal de l'Astrell (zone 30), qui va du cirque, avec des corniches et des pentes à *gespa* sans adhérence, jusqu'au-delà de la rivière, à la Pleta dels Graus. Il fonctionne régulièrement, surtout en avalanches de neige fraîche ou de poudreuse, plus rarement en avalanches de printemps. À l'Hospital et dans la basse vallée le risque d'avalanche disparaît, en dehors d'éventuelles coulées dans les Canals.

SISPONY (carte CLPA n° 27).

=====

Caractères du secteur:

Orientée ouest-est, la vallée des Cortals de Sispony est affluente de la Valira del Nord. C'est une petite vallée fluviale creusée dans des schistes, entourée de sommets qui n'atteignent pas 2.400 mètres *d'altitude*. Le *solà* est strié par une série de petits ravins torrentiels, et la partie inférieure du versant est matelassée de dépôts colluviaux qui sont le terroir des *bordes* et des *cortals* du village voisin de Sispony. En amont, sous le Pic del Cubil, la partie haute de la Solana dels Llampells peut être interprétée comme une encoche glaciaire.

Les versants *obac* est très différent et original. Sous la crête, armée dans des granits, se logent cinq cirques glaciaires de dimensions modestes, mais bien modelés, aux versants abrupts (de là leur nom de Clots), dont le plancher est à seulement 1.900 mètres d'altitude. Ils ont alimenté des langues morainiques abondantes, formées de matériaux presque exclusivement rocheux, qui arrivent jusqu'au fond de la vallée. Chacun des cirques est une zone parcourue par de fréquentes avalanches, que les bourrelets morainiques arrivent en général à bloquer, alors que le reste du versant est protégé par une forêt dense. Une seule incision torrentielle, la Canal de l'Alt située sous le Pic de Carroi, est aussi un couloir d'avalanches.

Principales zones d'avalanches:

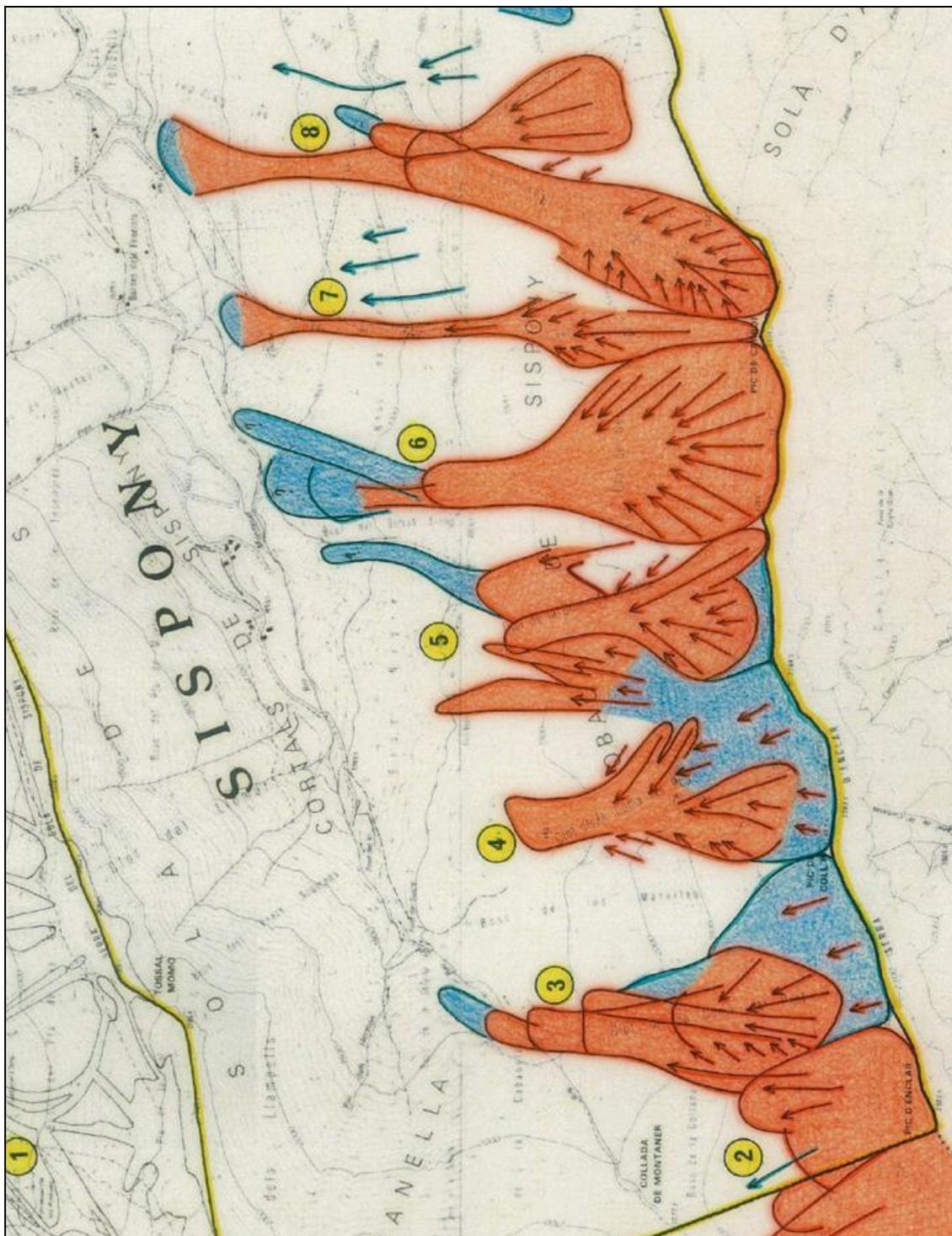
* Le Solà de Sispony n'a pas de risque d'avalanches. Cependant les *plans* du Pic del Cubil et du Planell de la Tossa sont des surfaces à déflation de la neige, qui alimentent des congères sous la crête de la haute Solana dels Llampells. La niche d'érosion glaciaire peut connaître des coulées limitées jusqu'en lisière de forêt (zone 1).

* Sous le Pic d'Enclar, de part et d'autre de la frontière andorrane, un versant régulier et de pente moyenne, sans arbres, constitue une zone d'accumulation en versant nord, entre 2.380 et 2.200m. Il s'y produit des décrochements et des coulées locales jusqu'à 2.100 mètres d'altitude (zone 2). La forêt, assez claire et formée d'arbres âgés, joue encore un rôle de protection.

* Les trois cirques d'amont présentent une situation proche (zones 3, 4 et 5). Le Clot de la Coma del Prat (zone 3) et le Clot de la Coma del Pou (zone 4) sont des ensembles simples formés d'une surface de réception avec des pelouses et des rhodoraies, sous une crête arrondie, suivies d'un cirque bien marqué et incisé de couloirs, puis d'un fond de cirque allongé où s'arrêtent la plupart des avalanches, derrière des moraines en arc de cercle. Une crête douce et de hauts versants doux amènent une suralimentation neigeuse par vents du sud-est. Le Clot de la Coma de la Sella (zone 5) est en forme de demi-bol avec des avalanches qui se limitent au fond du cirque. À partir de couloirs et d'incisions dans les versants contigus, des avalanches pénètrent la forêt.

* Le Clot del Gel et le Clot de la Rectoria sont les ensembles les plus importants (zones 6 et 8). La raideur des pentes des cirques rocheux, les éboulis qui couvrent la base des parois et qui prolongent les couloirs, et, certaines années, un fort enneigement sont des éléments favorables aux purges, aux avalanches de neige fraîche ou, grâce à la bonne conservation du manteau neigeux jusqu'au printemps, aux avalanches de neige lourde qui débordent sur les moraines du versant. Le Clot del Gel (zone 6) a une forme de demi-bol avec des pentes de cirque d'un dénivelé de 350 mètres, striées de couloirs qui sont tous fonctionnels.

**Extrait de la carte de localisation probable d'avalanches:
SISPONY (carte CLPA n° 27)**



(Note : le nord est à gauche de la carte)

Les éboulis lui donnent une forme d'entonnoir; ils sont souvent colonisés par la *gespa*, ce qui facilite les glissements. Les premiers bourrelets morainiques ne peuvent freiner les avalanches de neige fraîche qui débordent dans la blocaille des moraines rocheuses, où les pins sont souvent brisés. Le Clot de la Rectoria (zone 8) est l'ensemble le plus important, avec deux zones de départ différentes, l'une dans les parois du cirque et l'autre dans des ravinelements sur le versant voisin. Le profil général (versants de cirque, éboulis, fond de cirque peu marqué, moraines sur le versant inférieur) est très tendu. Les avalanches de neige fraîche arrivent à mi-versant, au niveau des premiers arcs morainiques, mais, exceptionnellement, elles atteignent le fond de la vallée.

* La Canal de l'Alt est un ensemble torrentiel de 850 mètres de dénivelé sur à peine plus d'un kilomètre de distance, très rectiligne (zone 7). Le petit bassin de réception a des accumulations de neige instable en hiver, et génère des avalanches de neige fraîche et de poudreuse qui suivent le couloir déboisé jusqu'au Riu Montaner. Le reste du versant, protégé par une forêt qui s'est densifiée, n'a pas de risque d'avalanche, si ce n'est un risque potentiel dans les chenaux torrentiels du Bosc de les Carboneres, si le couvert forestier venait à disparaître (zone 9).

Les types de situations à risque d'avalanche en Andorre

Pour illustrer cette typologie, nous avons inclu systématiquement dans le document annexe 4 "Les types d'avalanches et les facteurs favorables" des photographies commentées ou interprétées de chacune des situations que l'on rencontre en Andorre. Elles seront indiquées dans ce texte par la référence: "DA 4 n°..".

1 - Les incisions et les ensembles torrentiels de l'étage subalpin

Au-dessus de 1.600 mètres d'altitude, tous les ravinelements et toutes les incisions torrentielles peuvent canaliser des coulées ou des purges de neige fraîche, voire des avalanches, dès qu'il y a une surcharge. Habituellement, ces zones sont indiquées sur les cartes réalisées par une flèche. Il en est de même pour les couloirs dans les zones rocheuses.

Il s'agit ensuite des ensembles torrentiels de taille modeste ou moyenne, avec bassin de réception et chenal d'écoulement, qui se développent sur les versants des vallées principales. Le plus souvent, seuls les couloirs et les chenaux sont avalancheux s'il n'y a pas de protection de la forêt. La mise en défens et la progression forestière peuvent changer la situation et en éliminer le risque.

En voici quelques exemples dans les diverses paroisses, la liste n'étant pas exhaustive:

- Canillo: Racons (DA 421/7 n° 8). Roc de l'Areny. Roc dels Batallassos. Roc del Quer.
- Canillo, El Vilar: Costa dels Avellaners.
- Canillo, L'Aldosa: Visanseny. La Trava: Canal del Duc, Canal del Coll de la Cauba, Canal del Roc del Sastre (DA 421/7 n° 47).
- Canillo, Vall del Riu: Artic de Capell. Canals de les Flamies.
- Encamp: La Bor. Lloset.
- Encamp, Els Cortals: Rocs Negres. Bosc del Tosquer. Bosc de les Allaus.
- Ordino, La Cortinada: Canal del Forn. Canal del Barrer. Canal de Coma Pregona (DA 421/7 n° 46). Canal Torta.
- Ordino, El Serrat: Bosc de Matet. Canal de la Coma-Les Sobiranes.
- Ordino, Sorteny: Roc del Quer-Grau de la Llosa. Veda de Sorteny.
- La Massana, Arinsal: Les Obagues (DA 421/7 n° 51). Canal Pregona. Canal del Racó. Canals del Mas de Ribafeta. Canal del Coll de les Cases-Allau del Mas.
- La Massana, Arinsal, Puiol del Piu: La Pesada (DA 421/7 n° 19). Canal de la Llosa. Canal de Palomer.
- La Massana, Pal: Canal de la Font del Llop.
- La Massana, Xixerella: Feixants de Xixerella.
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Bony de Comascura. Canal del Boïgot-Canal del Pont. Roc d'Esquers. Canal Fosca. Solà d'Entremasaigües. Solanet de Ràmio. Canal Serradora.
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Canal de la Font del Cuc. Canals dels Maians. Canals del Riu de l'Avier.
- Sant Julià de Lòria: Francolí. Rubials-Els Llaurers-Canal del Coll de Vista.

2 - Les ensembles torrentiels avec bassin de réception dans l'étage supraforestier

Ce sont parmi les zones avalancheuses les plus spectaculaires et les plus dangereuses pour les vallées (espaces urbanisables et circulation). C'est aussi parmi elles que l'on rencontre les plus grosses avalanches car elles peuvent mobiliser beaucoup de neige, dans le bassin de réception comme dans le chenal lui-même, les dénivelés totaux atteignant couramment de 500 à plus de 1.000 mètres. Ces zones cumulent les facteurs favorables: bassin de réception pentu, non forestier, strié de chenaux, forts dénivelés et pentes fortes; selon l'exposition il y a suralimentation neigeuse, corniches et plaques, ou évolution rapide de la neige et *gespa* (sud), ou possibilité de poudreuse (nord). Il est pratiquement impossible de les dominer ou de les limiter, compte tenu de leur ampleur et des conditions des secteurs de départ.

Souvent ces zones ont des avalanches très fréquentes et de types variés dans leur

partie supérieure (surcharges, neige fraîche, poudreuse, plaques, neige lourde au printemps). Plus rarement mais avec certitude, tous les vingt à cinquante ans, de grandes avalanches arrivent jusqu'à la vallée: selon les témoignages recueillis et la vérité-terrain, ce sont en général des avalanches de printemps (ou qui, quel que soit leur style au départ, finissent en avalanche de neige lourde) qui s'étalent sur le cône de déjection. Plus rarement ce sont des avalanches de neige fraîche ou de poudreuse.

Voici la liste quasi complète de ces ensembles, dont plusieurs sont reproduits et analysés en annexe:

- Canillo, Coma de Ransol: Riu de les Obagues. Canals de Torradella.
- Ordino: Riu de Casamanya. Riu de l'Enfreu.
- Ordino, La Cortinada: Canal del Tabanell. Canal del Cresp (DA 421/7 n° 24).
- Ordino, El Serrat: Les Tallades (DA 421/7 n° 34).
- La Massana, Arinsal: Allau del Cubil (DA 421/7 n° 49). Canal del Coll del Turer (DA 421/7 n° 49).
- La Massana, Pal: Costes de l'Alt: Canal de l'Assalador de Rei, Canal de les Boïgues (DA 421/7 n° 45).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Solans de Ràmio, de Fontverd, de la Farga (DA 421/7 n° 9, 10).
- Sant Julià de Lòria: Els Fenerals.

3 - Les grands couloirs composites

Ce sont aussi de grands ensembles de 700 à 1.000m de dénivelé, spectaculaires et dangereux, peu nombreux et très connus des andorrans, qui auraient pu être classés avec le type précédent. Leur fonctionnement est semblable, ainsi que les types d'avalanches qu'ils connaissent et leur fréquence.

Mais leur structure réunit des éléments un peu différents: des cirques glaciaires supraforestiers au sommet, avec fréquemment de grandes *pales de gespa* glissante et des *plans* sommitaux, des auges pentues (cirque-vallée) ou des replats qui arrêtent les avalanches les plus fréquentes, mais qui peuvent parfois leur donner un nouveau départ, mobilisant alors de grandes masses de neige, puis des chenaux amples, qui peuvent aussi bien suivre un couloir torrentiel que s'ouvrir un passage dans la forêt. Voici ceux que nous avons rencontrés, exclusivement localisés sur Canillo et sur Ordino:

- Canillo, Coma de Ransol: Canal de la Pleta dels Llacs (DA 421/7 n° 41). Canal d'Aigua Vella. Canal del Castellà.
- Ordino, Llorts: Vall de l'Avier.
- Ordino, El Serrat: Laverdú. Les Allaus. Canal de les Fonts.

4 - Les versants d'auge de l'étage subalpin supérieur

Voici une situation très commune: un versant d'auge abrupt ou très pentu, strié d'incisions ou de couloirs, avec des verrous (*bonys*) latéraux ou des roches apparentes accompagnées d'éboulis. De brefs épaulements ou replats créent des formes convexes favorables aux décrochements du manteau neigeux. Une forêt claire ou moyenne n'arrive pas à protéger efficacement tout le versant, en particulier sa partie supérieure: limites forestières en altitude, effet de crête, espace pastoral d'estive en prés-bois, etc. Bref, beaucoup de facteurs favorables sont réunis pour créer des couloirs localisés et précis sur des versants qui restent dans leur ensemble assez bien protégés. C'est l'environnement classique des hautes vallées subalpines et des *bordes*. Parfois ces couloirs sont plus larges ou coalescents, créant toute une zone dangereuse, par exemple aux Canals de la Vall del Riu ou à la fameuse Allau de Soldeu. Les types d'avalanches observés y sont variés, avec surtout des avalanches de neige fraîche, dues à des surcharges après de fortes chutes de neige. Selon les facteurs locaux, des plaques à vent ou des redoux peuvent en être la cause. Nous donnons l'inventaire presque complet de ces secteurs:

- Canillo, Incles: Riu de la Font dels Comellassos (DA 421/7 n° 32). Els Colells.
- Canillo, Coma de Ransol: Canal de la Font del Condal (DA 421/7 n° 33).
- Canillo, Montaup: Canal del Prat del Patxeta (DA 421/7 n° 20).
- Canillo, Soldeu: Solà de Soldeu, El Tarter-Solà d'Envalira-Falconeres.
- Canillo, Vall del Riu: Canals de la Vall del Riu (DA 421/7 n° 39, 40).
- Ordino, Rialb: Canals de Falcobí. Canals de la Rabassa-Costa de Font Freda (DA 421/7 n° 29).
- Ordino, El Serrat: Les Salines-El Brossós (DA 421/7 n° 52).
- Ordino, Sorteny: Allau del Planell dels Beços. Canals de la Pleta del Lloamar.
- La Massana, Arinsal: Canal Gran (DA 421/7 n° 22).
- La Massana, Coma Pedrosa: Canals Males et Canals dels Tarrer Roig (DA 421/7 n° 23).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Els Graus. L'Hospital. Solà dels Sulls. Obaga de Fontverd.

5 - Les hauts versants rocheux ou ravinés, avec de grands couloirs d'avalanches

Les grands versants rocheux sont fréquents dans les étages alpin et subalpin supérieur; ils portent souvent le nom de Basers ou d'Aspres en Andorre. Ils sont plus fréquents en exposition nord. Ils sont striés de longs couloirs torrentiels élémentaires, avec des départs d'avalanches dans des rochers ou dans des ravinements. Ces couloirs

ont toujours des fonctionnements multiples: couloirs d'éboulis et d'avalanches, ou couloirs d'éboulis, torrentiels et d'avalanches. Leurs noms sont souvent évocateurs: Pala Mala. Canal Carnissera, Canal Gran, Canal de l'Alt. Beaucoup de couloirs que sillonnent les versants des grands cirques en exposition nord (voir en 7) auraient pu être classés ici: Ensagents, les Pessons, la haute vallée du Madriu, le cirque de l'Estanyó, Juclar, la haute Coma de Ransol et, avec une exposition différente, le cirque supérieur de Tristaina et les environs des Pics de Font Blanca et de la Serrera. Les avalanches qui s'y produisent sont surtout de neige fraîche, de poudreuse, ou de neige humide au premier redoux. Selon les conditions locales les ruptures de corniches ou de plaques à vent peuvent provoquer des départs. Les purges s'y font assez rapidement.

Exemples:

- Canillo, Montaup: Les Canals. Pala Mala (DA 421/7 n° 7).
- Canillo-Encamp: Rep.
- Encamp: El Cubil. Canal Gran de la Coma dels Llops.
- Ordino, El Castellar: Basers d'Arcalís.
- Ordino, Rialb: Canal Carnissera.
- Ordino, Sorteny: Canal Gran de la Serrera. Canal Fonda de la Serrera (DA 421/7 n° 6). Canals de l'Estanyó.
- La Massana, Coma Pedrosa: Canal de l'Alt (DA 421/7 n° 25).
- La Massana, Sispony: Canal de l'Alt (DA 421/7 n° 35).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Canal Gran del Bony de la Pica d'Enclar (DA 421/7 n° 25). Roques Negres.
- Sant Julià de Lòria: Clots dels Gravaders-Torrent de la Peguera.

6 - Les petits cirques glaciaires de l'étage subalpin

Peu nombreux et presque tous en exposition nord, ils forment des secteurs avalancheux limités au cirque lui-même et à son exutoire, dans des versants le plus souvent boisés et protégés. Il s'agit des cirques suivants:

- Ordino, La Cortinada: Clot del Cavall (DA 421/7 n° 24).
- La Massana, Pal: Clot de la Comellada.
- La Massana, Sispony: Clot de la Coma del Prat. Clot de la Coma del Pou. Clot de la Coma de la Sella. Clot del Gel. Clot de la Rectoria (DA 421/7 n° 35, 36).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Obaga de Fontverd. Els Astrells.

7 - Les solans composites des étages subalpin et alpin.

En dehors des *solans* d'Arinsal, c'est une situation qui ne se présente que dans la

vallée de la Valira d'Orient. Elle associe un versant supraglaciaire dans l'étage alpin, couvert de *gespa*, avec éventuellement des ressauts rocheux et un épaulement qui freine ou qui limite localement les avalanches, et un versant d'auge dans l'étage subalpin avec des villages ou des *bordes* que protège une mince frange de forêt (que les grandes avalanches peuvent éventuellement ouvrir), dont le maintien en bon état est une question cruciale pour les habitants de la vallée. Ce sont les *solans* suivants:

- Canillo, El Vilar: L'Armiana (DA 421/7 n° 54, 55).
- Canillo, L'Aldosa: Solans de l'Aldosa i dels Plans (DA 421/7 n° 47).
- Canillo, Incles: Cabana Sorda-Escobar d'Incles (DA 421/7 n° 18).
- Canillo, El Tarter: Solà del Tarter.
- La Massana, Arinsal: Solans d'Arinsal (DA 421/7 n° 51).

8 - Les cirques de l'étage alpin en exposition nord

Si nous mettons de côté les cirques ouverts ou en van, les cirques glaciaires de la haute montagne andorrane présentent des caractères et des formes d'avalanches différents selon leur exposition, nord ou sud.

En exposition nord les abrupts rocheux et les couloirs sont plus fréquents, ce qui donne des purges et des avalanches de neige fraîche fréquentes chaque hiver. Dans les couloirs amples ou au sommet des éboulis peuvent se former des plaques à vent. Au printemps les fortes chutes de neige lourde avec vent de sud-est créent des corniches qui surplombent les couloirs. La base de leurs versants est souvent une succession de cônes d'éboulis quasi coalescents, et leur fond de cirque est encombré d'arcs morainiques datant du dernier épisode glaciaire, souvent multiples et formés de matériaux grossiers. En dehors de rares cas particuliers, les éboulis et les moraines servent de zones d'étalement et de stockage des avalanches, qui ne vont pas plus loin.

Exemples:

- Canillo, Coma de Ransol: Clots de la Llosa, Clots de la Collada, Clots d'Embolcar (DA 421/7 n° 43).
- Canillo, Incles: Canals Roges. El Siscar. Juclar.
- Encamp, Pas de la Casa: Clot de les Valletes (DA 421/7 n° 4, 48).
- Encamp: Clots de l'Aspra (El Griu). Emportona. Les Agols. Coma dels Llops.
- Ordino, El Castellar: Cap de la Coma del Forat.
- Ordino, Rialb: Clots de l'Abarsetar.
- La Massana, Coma Pedrosa: Forats dels Malhiverns. Estanys Forcats (DA 421/7 n° 1, 27).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Clots de Prat Primer. Clot del Port Negre. Clots de la Tora.

9 - Les cirques de l'étage alpin en exposition sud

L'exposition sud implique quelques caractères communs. Ils sont sous le vent dominant, la tramontane, et pour peu qu'il y ait au-dessus une crête douce ou un *pla*, même limité, ou tout simplement un col, il se forme de grandes corniches. Ils bénéficient d'une suralimentation neigeuse: congères, accumulations sur les versants, neige soufflée et possibilité de formation de plaques (il est courant aussi que la neige fonde superficiellement puis glace, ce qui rend l'adhérence d'une nouvelle couche très aléatoire). De plus, du fait de leur exposition, la neige y connaît une métamorphose rapide, qui peut donner des avalanches de neige lourde même en hiver et, bien sûr, au printemps. Les éboulis fins et les versants réglés (assez fréquents) sont affectés par la solifluxion superficielle et souvent végétalisés par de la *gespa* - *Festuca eskia*. Nous avons vu que c'étaient des facteurs favorables aux avalanches. Les cirques en versant sud sont souvent plus avalancheux, en particulier en dehors des *nevades*, que ceux qui sont en versant nord.

Exemples:

- Canillo, Coma de Ransol: Estany dels Meners de la Coma.
- Canillo, Incles: Estany de Cabana Sorda.
- Canillo, Montaup-Mereig: Clots de l'Alt de Mereig. Clots d'Encarners. Clot Dolç. Clot Fondo.
- Canillo, La Portella: La Comarqueta.
- Canillo, Vall del Riu: Les Fonts (DA 421/7 n° 37). Comarqueta d'Incles.
- Ordino, El Castellar: Tristaina. Coma del Mig. Coma de Varilles.
- Ordino, Rialb: Estanyons de Banyell.
- Ordino, Sorteny: Clots del Forn. La Cebollera.
- La Massana, Arinsal: La Burna (DA 421/7 n° 51). Les Fonts (DA 421/7 n° 51).
- La Massana, Coma Pedrosa: Montmantell (DA 421/7 n° 38). Les Canyonques. Estany Negre.
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Estany Blau.

10 - Les cirques ouverts ou peu excavés

Ce sont des formes assez répandues en Andorre centrale et méridionale. Au nord il n'y a que deux cirques de ce type, l'un est à l'Angonella et l'autre est le cirque dels Estanys de la Vall del Riu, dont le fond ample est une superficie d'érosion glaciaire avec des roches moutonnées. Les autres entrent dans deux familles: les cirques pyrénéens en van des régions granitiques, et les cirques ouverts et peu profonds inscrits dans les *plans* du centre de l'Andorre. Dans les deux cas les avalanches sont le plus souvent limitées

aux bordures des cirques, sans connexions avec les vallées et les espaces inférieurs. En dehors des purges et des avalanches de neige fraîche dans les couloirs des versants les plus abrupts, quel que soit leur commandement, les relations avec les crêtes et les *plans* sommitaux sont déterminantes dans la genèse du phénomène avalancheux.

En Andorre, voici les cirques qui entrent dans ces critères:

- Canillo: Clots de l'Os. Clots de Massat. Clots de Moscatosa.
- Canillo: Riba Escorjada. Els Espiolets. Solana del Forn.
- Canillo, Vall del Riu: Els Estanys.
- Encamp, Grau Roig: Clots de la Menera (DA 421/7 n° 11, 12). Els Colells. Els Pessons.
- Encamp: Ensagents. Gargantillar. Montmalús.
- Ordino: L'Angonella: Clots de l'Estany de Més Avall.
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Perafita. Clots de la Raconada de la Maiana (DA 421/7 n° 28). Els Estanyons. Clots de la Portella de Setut. La Portelleta.

11 - Les *pales de gespa* et les versants supraglaciaires.

Les *solanes* de l'étage alpin, si fréquentes en Andorre, possèdent des versants inclinés et réguliers couverts de terrassettes et de guirlandes de solifluxion entravée par de la *gespa* (*Festuka eskia* et, dans les terrains calcaires, *Festuca durissima*): dans le vocabulaire pastoral, ils sont désignés par le nom de *pales*, expression qui souligne leur ampleur et leur forme régulière et plane. Ce sont des versants supraglaciaires (les deux Costa Gran de Canillo ou Torradella), ou les pentes de cirques très ouverts ou en entonnoir (Aiguarebre, Les Fonts, Besalí ou les Clots d'Aixades), ou des surfaces d'érosion sommitales basculées (Solana de Caborreu ou Coma Obaga).

L'évolution de la neige en exposition sud, les plaques à vent, la suralimentation et les corniches fréquentes, et surtout la présence de la *gespa* font de ces plans inclinés des toboggans où se produisent toujours des avalanches de neige lourde ou de plaques, dont certaines sont parmi les plus puissantes et spectaculaires d'Andorre (Les Fonts, Pala de Coll Carnisser, Besalí).

Voici les principaux secteurs qui correspondent à ces critères:

- Canillo, Coma de Ransol: Costa Gran.
- Canillo, Incles: Entor. Pales de les Basses de les Salamandres.
- Canillo, Montaup: Clots d'Aixades (DA 421/7 n° 21).
- Canillo, Els Plans: Pala de Torradella (DA 421/7 n° 47).
- Canillo, Vall del Riu: Costa Gran (DA 421/7 n° 31). Les Colleroles.
- Ordino, L'Angonella: Aiguarebre (DA 421/7 n° 30). Costa de l'Estany de Més Amunt.

- Ordino, El Serrat: Laverdú. Besalí. Pala et Solana de Coma Obaga.
- La Massana, Arinsal: Pala de Coll Carnisser (DA 421/7 n° 5). Les Fonts. La Burna (DA 421/7 n° 51).
- La Massana, Coma Pedrosa: solà de Coma Pedrosa-Pala del Ruf.
- Sant Julià de Lòria: Solana et Clots de la Caüllà. L'Escobet. Els Quatre Rocs. Solana de Caborreu-El Cubil.

12 - Les hauts versants homogènes en exposition nord

Ce sont des versants d'auge ou/et des versants supraglaciaires en exposition nord, à la limite supérieure de l'étage subalpin, qui n'ont pas vu se développer des cirques glaciaires. Tout au plus on y observe parfois des amorces de cirques ou d'encoches de névé, des incisions ou des chenaux torrentiels peu prononcés, et des replats modestes qui ne peuvent servir de blocage ou de stockage pour la neige des avalanches. On se reportera aux DC 421/7 n° 42 et 44: Obacs de Coma Pedrosa, de l'Angonella et de Coma Pedrosa.

Entrent dans ce type les secteurs suivants:

- Canillo, Vall del Riu: Obac dels Estanys.
- Canillo, Coma de Ransol: Basers del Prat del Quart (DC 421/7 n° 43).
- Ordino, L'Angonella: Obacs de l'Angonella (DC 421/7 n° 42).
- Ordino, L'Ensegur: Aspres de l'Ensegur.
- Ordino, Rialb: Basers de Font Blanca-solà de Rialb.
- Ordino, El Serrat: L'Abarsetar de l'Hortell
- La Massana, Coma Pedrosa: Obaga de Coma Pedrosa (DC 421/7 n° 44).

13 - Les grands versants nord composites

A une autre échelle, les ensembles élémentaires que nous avons recensés jusqu'à présent dans l'étage alpin se regroupent parfois en grands ensembles composites, grandes *solanes* ou grands *obacs*, qui ont en commun leur exposition ainsi que les caractères et l'évolution de leur manteau neigeux. Nous avons recensé une douzaines de *solanes* qui, pour la plupart, sont aussi des *cortons* traditionnels à moutons, et ces deux grands *obacs*:

- Canillo, Coma de Ransol: *obac* de l'alta Coma de Ransol (DC 421/7 n° 43).
- La Massana, Coma Pedrosa: *obac* de la vall de Coma Pedrosa (DC 421/7 n° 44).

14 - Les grandes *solanes* de l'étage alpin

Nous en présentons plusieurs exemples dans les documents annexes. Ces grandes *solanes* sont souvent composites, avec des formes de relief et des secteurs d'avalanches divers. Les pentes y sont habituellement irrégulières, avec des alternances d'abrupts rocheux, d'éboulis, de zones à *gespa*, de rochers lisses, de replats et de versants convexes. En règle générale, l'altitude et le pacage (et souvent le surpâturage et les feux pastoraux dans les *cortons*) y ont éliminé les derniers arbres et même les landes. Ce sont les ensembles suivants:

- Canillo: La Portella.
- Canillo, Coma de Ransol: Les Rebes-Coms de Jan-Clots de Caraup.
- Canillo, Incles: Anrodat. Solana de Juclar.
- Canillo-Encamp: Costa Rodona-El Maià (DA 421/7 n° 13). La Solana.
- Encamp, Els Cortals: Les Deveses.
- Encamp: Engaït.
- Ordino, L'Angonella: Basers et Pleta de l'Angonella (DA 421/7 n° 17).
- Ordino, El Castellar: Les Planes (DA 421/7 n° 16).
- La Massana: Setúria.
- La Massana, Coma Pedrosa: Solana del Pla de l'Estany (DA 421/7 n° 1, 38).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Costa del Bou Mort et Claror.

15 - Les *plans*, les crêtes douces et leur pourtour.

Les surfaces d'érosion sommitales sont nombreuses en Andorre. Nous en avons recensé une cinquantaine de toutes dimensions. Les crêtes douces ou arrondies sont aussi très fréquentes. Ces formes impliquent une dynamique particulière de la neige sous l'effet du vent, que nous avons évoquée plus haut. Leur pourtour est toujours sujet au risque d'avalanche. Malgré un environnement peu impressionnant pour les skieurs de piste et pour les randonneurs - et même un certain attrait pour ces espaces ouverts - ce sont toujours des zones dangereuses dans certaines circonstances: après les chutes de neige, après les forts vents, ou lors des redoux.

Quelques exemples:

- Canillo: plans du Port d'Envalira au Pic del Maià et à la Tosa d'Incles.
- Canillo-Encamp: plans de la Solana del Pas de la Casa (DA 421/7 n° 2). plans de Concòrdia: Empriu et Tosa de la Llosada, Collada de les Solanelles, Collada d'Enradort.
- Canillo-Ordino: Pla de Ferreroles. Alt de Montaup.
- Encamp: Cap de la Coma dels Llops. Crestes de Gargantillar.

- Ordino: Pic de l'Hortell (DA 421/7 n° 14, 30).
- Andorra la Vella-Les Escaldes: Rasa de Parafita. Tosa Plana. Port de Perafita.
- Andorra la Vella-Les Escaldes-Sant Julià de Lòria: Camp de Claror.
- Sant Julià de Lòria: Camp Ramonet-Camp Borrut.

21.4 - Le bilan

Il est très positif puisqu'en 1991 60% des 468 km² que compte le territoire andorran étaient couverts par une cartographie d'avalanches. Sur ce total, 36% entraient dans la cartographie CLPA, donc dans le cadre de la loi, avec opposition aux tiers des documents passés par l'enquête publique. Pour les 40% restant la plus grande partie était alors en projet ou en commande. Restaient 12% environ qui n'étaient pas programmés, essentiellement sur les paroisses d'Andorra la Vella et Sant Julià de Lòria, dans des secteurs sans risque d'avalanche. On peut considérer que d'ici deux ans l'ensemble du territoire soumis au risque sera couvert. C'est un bilan d'autant plus remarquable que l'ensemble du processus depuis de la première prise de décision ponctuelle, à propos du cas del Serrat, s'est fait en l'espace d'une dizaine d'année seulement.

Il reste à gérer les situations à risques dans les zones urbaines ou urbanisables et le long des voies de communications. Les zones les plus préoccupantes ont été localisées sur la carte qui ouvre ce chapitre. Si certaines ont déjà été prises en compte par le biais d'un zonage ou de travaux de protection, par exemple à La Cortinada et à Les Salines (Ordino), ou au Pas de la Casa (Encamp), d'autres couloirs menacent toujours des constructions, à Arinsal (La Massana) et à Canillo, ou des routes fréquentées à El Serrat et à Arcalís (Ordino), à Soldeu (Canillo) et à Meritxell (Canillo et Encamp). En particulier, quelles mesures seraient-elles à prendre dans les zones menacées et déjà édifiées

Comme ailleurs, en France ou en Catalogne, il faut souligner la difficulté de l'action publique, qui se heurte souvent à l'opposition des propriétaires ou des sociétés civiles ou anonymes affectées et, d'autre part, aux tentatives de blocage de certaines corporations locales. Le procès de Les Salines pour le premier cas, l'opposition du quart d'Arinsal à la carte CLPA pour le second en sont des exemples parfaits. On se reportera au document annexe 44.421/8 - La difficile action publique: affaire de Les Salines; opposition du Quart d'Arinsal à la carte soumise à l'enquête publique.

L'affaire de Les Salines est liée à un lotissement approuvé par le *Comú* d'Ordino et par les services du *Consell General*. Sur près de cinq cent mètres de longueur il couvre le pied d'un versant d'auge parcouru par trois couloirs d'avalanches. Entre les

couloirs il y avait déjà un groupe de *bordes*, et il restait assez d'espace pour des constructions nouvelles car les avalanches suivaient des trajets toujours identiques et bien délimités. Le promoteur parcella tout l'espace disponible et vendit les lots. Le problème se posa lorsque le nouveau *Comú* d'Ordino arrêta la construction de deux chalets situés dans un des couloirs d'avalanches. Malgré le risque évident et notoirement connu, la décision fut contestée et portée en justice. Pour se protéger, une étude de tout le secteur avait été demandée par le *Comú* et par le *Consell General* au Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan. Le promoteur et la banque andorrane qui le soutenait demandèrent une contre-étude à un ingénieur espagnol³⁸ et présentèrent un *recurs en queixa* devant les Coprinces. Retenant les conclusions que nous présentâmes et validant de ce fait la première cartographie de risque d'avalanches réalisée en Andorre (c'est la carte del Serrat reproduite en hors texte), les autorités tranchèrent en faveur du *Comú* d'Ordino.

Dans le cas d'Arinsal la situation fut plus dure encore, puisque lors de l'enquête publique, en 1987, le *Quart* d'Arinsal rejeta la totalité de l'étude présentée. Les arguments furent variés, plus ou moins de bonne foi, l'objectif essentiel étant probablement d'empêcher la publication de la carte de risque d'avalanche, au moins le temps nécessaire pour que les constructions situées dans les zones litigieuses fussent construites ou engagées³⁹. On demandait pourquoi il était procédé à une étude de La Massana alors que d'autres paroisses avaient des zones plus dangereuses. La cartographie était qualifiée de peu fiable et d'une imprécision considérable. Après un échenillage du texte du rapport, les conclusions du *Quart* étaient claires:

- pourquoi le *Consell General* ne faisait-il pas l'étude de la zone d'Aina (Canillo: avalanches) et du Solà d'Enclar (Andorra la Vella: chute de pierres)?
- des avalanches importantes n'étaient pas indiquées⁴⁰;
- des avalanches indiquées n'existaient pas et d'autres avaient un parcours insuffisant sur la carte⁴¹;
- la réalisation de l'étude était "*sense coneixement de causa, poc professional*,

³⁸ - Cette contre-étude n'indiquait que deux couloirs d'avalanches sur trois, qu'elle qualifiait de "*flujos de nieve*" (flux de neige) et non "*d'aludes*" (avalanches) comme cela aurait été normal. Elle conseillait une protection par un reboisement de la zone de réception (située dans une zone rocheuse supraforestière!) et concluait bien sûr à la possibilité de construire dans les zones en litige. Indépendamment des problèmes moraux et déontologiques qui ne semblaient pas s'être posés, cela mettait en évidence l'absence de cadre légal ou réglementaire concernant les urbanisations et les infrastructures en zones à risques.

³⁹ - On se reportera à la présentation de la station de ski d'Arinsal et à l'étude du risque d'avalanches dans cette station (4.2 - Les stations de ski).

⁴⁰ - Elles n'étaient pas indiquées, et pour cause, puisque lors des entrevues de terrain qui suivirent ce réquisitoire elles ne purent être désignées ou constatées.

⁴¹ - Les précisions n'étaient pas données. Dans la seconde partie de l'enquête publique des retouches de détail furent apportées mais aucune zone d'avalanche ne fut infirmée ni supprimée.

*absolutament imprecís, creant molts dubtes i poca fiabilitat*⁴².

On ne pouvait être plus dur. On invoquait aussi les conséquences graves d'une telle cartographie, qui pouvait affecter le prestige touristique de l'Andorre. Bref, si nous mettons de côté les attaques personnelles contre les auteurs, il s'agissait d'un mélange d'allégations peu fondées et de considérations sur l'opportunité de la cartographie. Grâce à la fermeté du *Conseller d'Indústria i Comerç* la carte fut approuvée. Il est possible que cet affrontement soit à l'origine du décret de juin 1989 qui instaura l'obligation de la cartographie CLPA et qui précisa le "*règim jurídic de l'ocupació, la utilització i la construcció de terrenys afectats per les allaus*".

Malgré ces ombres, il faut insister sur une évidence: l'Andorre bénéficie d'une gestion et d'un niveau d'études avancés, qui en font d'ores et déjà une des régions pyrénéennes où le risque d'avalanche est le mieux connu, en voie d'être le mieux contrôlé. Si des actions de protection ou des plans d'évacuation appropriés sont décidés pour les points noirs, si l'effort de gestion se poursuit et surtout si l'information passe auprès du public et des professionnels concernés, l'Andorre peut devenir très vite une région de montagne modèle quant à la gestion de la neige et du risque d'avalanches.



⁴² - Cela n'empêcha pas la *Conselleria* concernée et le Gouvernement d'approuver la cartographie et de la publier, ni de confier à la même équipe de nouvelles cartographies de risque d'avalanches.

2.2 - Les inondations et les *aiguats*

En catalan le vocabulaire abonde pour désigner ce risque, comme c'est toujours le cas chaque fois qu'un pays est affecté fortement par un risque naturel. Les noms utilisés selon les circonstances et les caractères de la crue marquent des nuances et des degrés: *una crescuda*, *una inundació*, *una avinguda* ou *una revinguda*, *una riuada* ou *una riada*, *una torrentada*, *un aiguat*.

La *crescuda* est la crue, c'est-à-dire la montée des eaux d'un cours d'eau au-dessus de son niveau moyen, sans que cela suppose forcément une situation exceptionnelle, ni une inondation du lit majeur, ni même une sortie du lit mineur. L'*inundació* a le même sens qu'en français le terme inondation, et désigne le débordement d'une rivière en crue hors de son lit mineur: "Invasion d'un territoire par les eaux, généralement due à une crue inondante. Par débordement, les eaux de la rivière envahissent le lit majeur."⁴³

L'*avinguda* (traduction textuelle: l'avenue) est une crue subite et brutale d'un cours d'eau. Le terme est employé le plus souvent lorsqu'il s'agit de cours d'eau relativement modestes ou de petits fleuves côtiers méditerranéens. Le nom *revinguda* (textuellement: la revenue) est utilisé souvent comme synonyme d'*avinguda*, pour les régions d'aval, ou bien désigne une crue forte mais habituelle, ou une crue débordante de fréquence pluriannuelle.

Par contre la *riuada*, ou *riada*, est toujours une crue brutale, avec une montée rapide des eaux. Ce nom commun est un dérivé de *riu* (rivière). Si nous pouvons nous permettre un néologisme, la traduction textuelle serait une riviéraie. Cela implique un gros débit, rapide, hors des normes des crues habituelles, avec inondation et souvent des dommages locaux. C'est la crue méditerranéenne classique, brève et violente, qui fait grossir les torrents des moyennes montagnes (on parle alors aussi de *torrentada*, augmentatif de torrent) et les petits cours d'eau littoraux après les forts orages de printemps ou d'été, ou encore ce sont les coups de chasse qui se produisent avec les forts abats d'eau de l'automne. Dans ce cas, s'il y a un étalement dans le temps, par exemple sur quelques jours, on parlera plutôt de *crescuda*, d'*avinguda* ou de *revinguda*.

⁴³ - Pierre George, Dictionnaire de la Géographie, p. 236.

Un *aiguat* est une crue très importante et même exceptionnelle, au sens propre de cet adjectif. *L'aiguat* va au-delà des fortes crues et des inondations qui sont certes hors de la norme, mais somme toute assez habituelles, comme par exemple celles qui se produisent avec une fréquence de dix ou vingt ans. *L'aiguat* a un toujours un fort impact sur le territoire et des effets spectaculaires, qui peuvent être catastrophiques: il a donc par définition un caractère hors du commun et par là mémorable. D'ailleurs on ne parle jamais *d'aiguat* en général, mais toujours de tel ou tel *aiguat*, bien identifié et personnalisé. En Andorre il s'agit de *l'aiguat del 37* ou de *l'aiguat del 82*, pour les deux derniers. En Catalogne Nord on parlera de *l'aiguat del 40* ou de *l'aiguat de Sant Bartomeu*, qui eut lieu en 1842. Les autres fortes inondations qui se produisirent depuis plus d'un siècle, bien que localement destructrices et spectaculaires, ne méritèrent pas un nom ni d'être fixées dans la mémoire collective pour les générations futures.

On peut aller jusqu'à parler d'une mythification de certains *aiguats*. Ce n'est pas le cas de celui de 1982 en Andorre, mais cela s'est produit en Catalogne Nord avec celui de 1940. L'article contracté "*del*", abréviation de l'expression "*de l'any*" (de l'année), c'est-à-dire la forme habituelle pour dater tout événement remarquable, devient "*d'en*" comme s'il était attribué à une personne. Il est aussi courant, sinon plus, de dire "*l'aiguat d'en 40*" plutôt que "*l'aiguat del 40*". Il ne faut donc pas négliger les impacts très durables sur les habitants et sur leurs mentalités. *L'aiguat* de 1940 a donc marqué les nord catalans plus encore que le précédent, celui de Sant Bartomeu: les destructions et les dommages matériels considérables, le nombre élevé de morts et de disparus (plus de deux cents entre la Catalogne Nord et la région empordanaise et gironine), la brutalité et la dimension de la crue elle-même, tout a contribué à créer un sentiment d'impuissance et de peur. On comprend qu'un tel *aiguat* puisse rester gravé pour des décades, voire pour des siècles dans le conscient et dans l'inconscient collectifs. Il acquiert une personnalité propre, comme un être humain. Il n'est plus une quelconque *riuada* exceptionnelle: que ce soit à cause de ses caractères ou de ses agissements, *l'Aiguat d'en 40* est personnifié. Dans ce cas il n'est pas exagéré de parler de mythe.

22.1 - Le risque d'inondation et ses effets en Andorre

C'est un risque habituel en Andorre, dont l'histoire récente est marquée par trois fortes crues qui provoquèrent des inondations en 1936, 1957 et 1979, et par deux *aiguats* en 1937 et en 1982. A des degrés divers, ce risque s'est donc manifesté cinq fois en cinquante ans. *L'aiguat* de 1940, si violent en Catalogne Nord et dans les *comarques* gironines, ne s'est pas traduit en Andorre par des pluies exceptionnelles ni par des inondations mémorables. Réciproquement, les *aiguats* de 1937 et de 1982 n'ont affecté que les Pyrénées intérieures catalanes et n'ont donné, en Catalogne Nord et dans les

Pyrénées orientales, que des pluies plus fortes que la moyenne, mais sans excès.

On retrouve ici un des caractères des pluies méditerranéennes d'automne ou de printemps, dont la localisation et la fréquence sont toujours irrégulières. Le plus souvent un secteur précis subit les plus gros abatements d'eau, avec une exaspération des pluies dès qu'elles abordent de front un versant montagneux méridional. En 1937 *l'aiguat* se concentra sur les Pyrénées centrales, en Ribagorça et dans le Pallars; l'Andorre fut aussi affectée, mais marginalement. En 1940 ce fut le massif du Canigó et ses environs qui connurent les pluies les plus importantes jamais enregistrées en Europe depuis qu'il y existe des observations météorologiques régulières; l'Andorre, pourtant proche, fut alors épargnée. En 1982 les plus forts abatements d'eau se concentrèrent sur les Pyrénées situées entre le Ripollès et le Pallars, l'Andorre étant cette fois-ci au coeur de la zone la plus affectée.

La configuration du relief et les formes de modelé font que les inondations et les *aiguats* provoquent en Andorre des dommages sur des secteurs précis, toujours les mêmes. Au total, il s'agit d'espaces limités sur certains versants et dans les fonds de vallées, mais ils sont très sensibles car ils concentrent l'essentiel de l'économie et de l'habitat actuels. Ce n'est pas original: c'est un caractère commun à toutes les montagnes. Mais, en Andorre, ce risque acquiert une dimension toute particulière du fait de la progression considérable et désordonnée de l'urbanisation dans les fonds de vallées, et parce que l'on a récemment utilisé systématiquement les lits majeurs et les cônes de déjection torrentiels, alors que l'habitat traditionnel les évitait soigneusement. De même, les zones basses et inondables au bord des cours d'eau étaient habituellement transformées en prairies de fauche. Cela avait un double avantage: d'une part les herbages permanents s'accommodaient de ces sols plus humides, parfois compacts et mal drainés, mais toujours arrosables grâce à une petite dérivation de la rivière; d'autre part, en cas d'inondation, la prairie protégeait les sols, qui n'auraient pas manqué d'être emportés s'il y avait eu des champs labourés.

Il est inutile d'insister sur un autre élément caractéristique de la géographie des montagnes, l'effet de domination. Pourtant il surprit beaucoup de gens en Andorre en 1982, et il avait été systématiquement négligé dans les aménagements urbains et routiers antérieurs. Par exemple, dans le lotissement de Pal ou à Aixovall, on avait oublié qu'il s'agissait de cônes de déjection de cours d'eau torrentiels. Un peu partout en Andorre, et surtout à Andorra la Vella, on n'avait pas assez pris en compte la brutalité de la concentration des eaux dans les bassins de réception montagnards et la rapidité du temps de réponse de *l'aiguat* dans les vallées où, fait aggravant, l'urbanisation avait réduit ou modifié les lits majeurs. Il semble que l'avertissement de *l'aiguat* de 1982 ait été salutaire car, depuis, la protection contre les inondations est devenue la préoccupation majeure de la *Conselleria de Serveis Públics* dans les zones urbaines.

22.2 - L'aiguat de 1937

Les caractères généraux

Ce furent de fortes inondations d'automne qui provoquèrent des dommages surtout à Encamp et aux Escaldes. Outre les témoignages que nous avons recueillis, précis quant aux dommages et aux zones affectées, mais moins concrets quant aux circonstances et aux événements météorologiques, nous possédons un bref, mais excellent, mémoire d'Eduard Fontserè et Ferran Galceran sur ces inondations dans l'ensemble des Pyrénées catalanes, publié par le *Servei Meteorològic de la Generalitat de Catalunya*⁴⁴, et un recueil de douze photographies jusqu'alors inédites, publiées en introduction d'un numéro monographique de l'hebdomadaire *Andorra 7* sur l'*Aiguat del 82*⁴⁵.

Les inondations eurent lieu les 26, 27 et 28 octobre 1937. Elles affectèrent surtout les cours d'eau des Pyrénées centrales, où les dégâts furent localement considérables. Comme dans la plupart des épisodes de fortes pluies méditerranéennes d'automne, il y eut un secteur de cinquante à cent kilomètres de largeur où se situa l'épicentre du phénomène, avec probablement près de 500mm de précipitations totales, enveloppé de zones relativement moins affectées. Vers l'est, l'Andorre, l'Urgellet et la Cerdagne sont dans cette position périphérique. Cependant l'Andorre est seulement à 25 km du riu Flamicell et de Cabdella, la zone où l'on constata les plus fortes précipitations et les dégâts les plus spectaculaires, et l'on y enregistra des précipitations totales supérieures à 200 mm. Bien que les données soient limitées, on peut supposer que l'ascension des masses d'air méditerranéennes chargées d'humidité exacerba les précipitations sur les massifs andorrans qui leur faisaient front, comme cela se produisit immédiatement à l'ouest dans les massifs d'Aigüestortes, dels Encantats et de la Maladetta.

L'aiguat fit grossir les cours d'eau des *comarques* pyrénéennes de la Ribagorça, de la Vall d'Aran (la haute Garonne), du Pallars, de l'Andorre, de la Cerdagne et, en aval, il alimenta les fortes inondations des deux Noguera et du Sègre dans la plaine intérieure catalane. Mesuré à Lleida sur cet épisode de trois jours, le débit moyen journalier du Sègre fut estimé à 2.900 m³/s, avec une pointe de 3.500 m³/s pendant six

⁴⁴ - Eduard Fontserè et Ferran Galceran: *Les inundacions d'octubre del 1937 a l'Alt Pirineu*. Servei Meteorològic de la Generalitat de Catalunya...

⁴⁵ - *Andorra 7. L'aiguat del 1982 i tres precedents: 1937, 1957, 1979. Premsa. Fotos. Entrevistes. Comunicats. ...*

heures le 29 octobre au matin⁴⁶. A titre de comparaison, mesuré sur vingt ans, le débit moyen journalier du Sègre était alors de 139 m³/s, avec un seul maximum de 1368 m³/s entre 1915 et 1937.

La situation météorologique

L'aiguat de 1937 fut provoqué par une situation habituelle chaque fois que, sur un des pays de la Méditerranée nord-occidentale, il y a de fortes précipitations automnales. La situation météorologique évoluera au cours des trois jours, avec trois pics de précipitations au cours de chacune des trois nuits.

Le 25 octobre une dépression se formait sur le Portugal et sur l'Andalousie à partir d'un appendice méridional de très basses pressions centrées sur les Iles Britanniques, en Ecosse et en Irlande. Cette dépression méridionale se déplacera ensuite vers la Méditerranée, envoyant vers les Pyrénées un courant d'air chaud de SSE. Au même moment, un anticyclone stable occupait l'intérieur de l'Europe, jusqu'à la mer Adriatique. Les cartes météorologiques montrent des courbes isobares de direction nord-sud qui allaient des Pays-Bas à l'Algérie centrale et à la Tunisie: cet anticyclone freinera la progression de la dépression vers l'est, permettant son stationnement sur la Méditerranée occidentale. Par le gradient élevé, il renforçait le flux d'air chaud, qui se chargeait d'humidité sur la mer. Pendant trois jours, il maintenait un système favorable aux pluies orographiques sur les Pyrénées. De plus, l'air froid émanant de l'Europe du nord, entre l'anticyclone et la dépression britannique, pénétrait vers le nord de la péninsule ibérique par le centre et par l'ouest de la France. Le contraste entre les deux masses d'air s'accroissait pendant la nuit du 25 au 26 octobre, avec la présence d'un front froid sur l'Aragon⁴⁷.

Sous ce flux de SSE, la température enregistrée à Barcelone s'était élevée, avec peu de différences entre le jour et la nuit (21 et 19 degrés respectivement) et un degré hygrométrique de 90%⁴⁸. Au cours des trois jours de *l'aiguat d'en 40* en Catalogne Nord, tous les témoins insistent aussi sur ce caractère qui les surprit: il ne faisait pas froid, même la nuit, alors qu'il avait neigé une dizaine de jours auparavant, et ces pluies diluviennes étaient tièdes.

La nuit du 25 au 26 octobre 1937, alors que la dépression était située sur le sud-

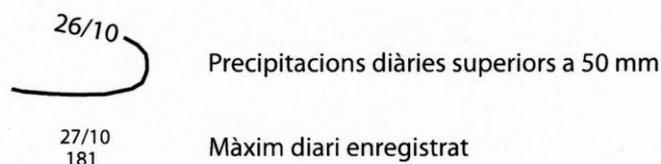
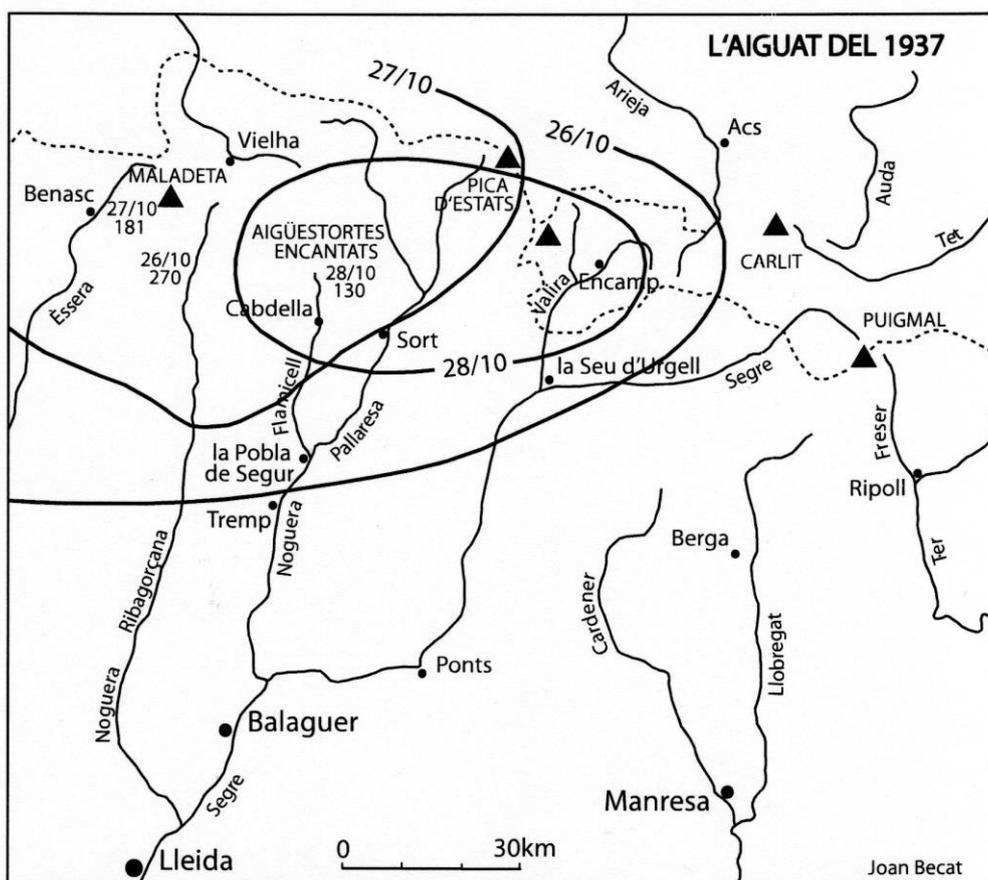
⁴⁶ - Eduard Fontserè et Ferran Galceran: *Les inundacions d'octubre del 1937...*, p. 13.

⁴⁷ - id., p. 5. Le 25 octobre, en 24 heures, la température était descendue de 2° à l'ouest du front, alors qu'elle montait de 4° à l'est. Il y avait une différence de 10 à 12° de température entre l'Aragon et la Catalogne.

⁴⁸ - ibid., p. 4.

ouest de la péninsule ibérique, le flux chaud et humide donnait des pluies sur la Catalogne intérieure et sur l'Aragon, avec un maximum sur les faces sud des massifs des Encantats et de la Maladeta. La crue dévastatrice du Flamicell et la destruction de la centrale électrique de Cabdella avaient lieu à ce moment-là. Sous le vent, la Vall d'Aran avait moins de pluies, et les vents descendants sur le versant nord des Pyrénées provoquaient un effet de foehn sur le bassin aquitain⁴⁹.

L'AIGUAT DE 1937 DANS LES PYRÉNÉES CATALANES



(segons E. Fontserè i F. Galceran: Les inundacions d'octubre del 1937)

⁴⁹ - *ibid.*, p. 6. Eduard Fontserè et Ferran Galceran signalent à Toulouse une brusque montée de 7° des températures, accompagnée de seulement 2 mm de pluie.

La nuit du 26 au 27 octobre la même situation demeurait, avec des pluies généralisées sur les Pyrénées centrales, mais relativement moins importantes. La dépression s'était déplacée vers la Méditerranée. Le contraste entre masses d'air était toujours aussi important. Les pluies reprenaient de l'intensité sur les Pyrénées pendant la nuit du 27 au 28, tout en se généralisant sur l'ensemble de la Catalogne. La zone de précipitations maximales s'était rapprochée de l'Andorre. A ce moment-là, la dépression était centrée sur les Iles Baléares, bloquée dans sa progression vers l'est par l'anticyclone centre-européen. Le flux était passé au sud-est puis à l'est, frappant toujours le front montagneux pyrénéen. On reconnaît une seconde situation habituelle lors des épisodes pluvieux d'automne, avec une dépression sur la Méditerranée nord-occidentale alimentant un retour d'est.

L'épisode pluvieux cessera ensuite car la dépression méditerranéenne s'affaiblira et remontera vers le nord-ouest pour se fondre avec la dépression dont elle était issue⁵⁰.

Les régions affectées

La Ribagorça enregistra les hauteurs d'eau les plus importantes, entre 450 et 500 mm, surtout au cours des deux premières nuits. Vient ensuite le Pallars, où le massif des Encantats et les vallées de la haute Noguera reçurent entre 300 et 450 mm de précipitations. A l'Estany Gento, dans la haute vallée du Flamicell, affluente de la Noguera Pallaresa, 160 mm furent recueillis à l'issue de la première nuit et 430 mm sur les trois jours. Bien que soumise à de forts abatements d'eau, l'Andorre fut moins affectée, avec des totaux de 120 à 200 mm, dont la moitié le 26 octobre, selon Fontserè et Galceran, de 250 à 300 mm selon Salvador Llobet⁵¹. Compte tenu de la disposition du relief et des vallées andorranes, d'orientation générale plein sud, il est probable, comme dans les Encantats, que les précipitations furent supérieures dans les massifs.

Les crues les plus fortes affectèrent les cours d'eau pyrénéens: le Cinca en Aragon, les deux Noguera et le Sègre en Catalogne. Les débits mesurés ou estimés au niveau des barrages ou des installations hydroélectriques de *l'Unió Elèctrica de Catalunya*⁵² montrent une crue brutale dès le 26 octobre, avec un décalage de douze heures entre la montagne et la ville de Lleida.

Le débit du Sègre à Lleida atteint des niveaux exceptionnels, dignes d'un *aiguat*.

⁵⁰ - *ibid.*, p. 9.

⁵¹ - Octobre 1937: 252,3 mm à Ransol, 298,5 mm à Engolasters et 292,9 mm aux Escaldes. Salvador Llobet, *El medio y la vida...*, pp. 79-80.

⁵² - Cités par E. Fontserè et G. Galceran, avec les courbes et les tableaux correspondants, pages 11-13 de leur article.

Il passe de moins de 100 m³/s le 26 au matin à 1.000 m³/s à midi. Il dépasse les 3.000 m³/s entre six heures du soir et minuit, avec un premier maximum de 3.250 m³/s. Après deux creux relatifs à 2.250 m³/s le 27 octobre et 1.750 m³/s le 28 octobre, deux autres pointes se produisirent pendant la nuit du 27, avec 3.300 m³/s, et surtout au matin du 29 octobre, alors que les pluies venaient de cesser sur les Pyrénées, avec une longue période de débits supérieurs à 3.500 m³/s. Tous les affluents pyrénéens apportèrent alors leurs forts débits et la montagne dégorgeait. Le débit décroîtra ensuite rapidement pendant la fin de la journée, mais il restera supérieur à 750 m³/s pendant deux jours encore.

C'est à Ponts, en aval de La Seu d'Urgell, que l'on possède la courbe des débits enregistrés les plus proches d'Andorre. Elle est semblable à celle de Lleida mais, évidemment, avec des débits inférieurs, car ce sont surtout la Noguera Pallaresa et la Noguera Ribagorçana, dont le confluent avec le Sègre est en aval de Ponts, qui connurent les plus grosses crues. Les débits sont cependant considérables, avec une première pointe à 650 m³/s l'après-midi du 26 octobre (pour un débit inférieur à 50 m³/s le jour précédent), puis une seconde à 750 m³/s l'après-midi du 27 octobre, et enfin une longue période de vingt heures au cours de laquelle le Sègre dépassera à nouveau les 750 m³/s, les 28 et 29 octobre. Il évacua plus de 1.000 m³/s pendant dix heures au cours de cette même nuit⁵³. Encore aujourd'hui, c'est un des débits les plus importants enregistrés dans cette localité.

Comme cela arrive souvent, un secteur très localisé voit les précipitations s'exacerber pendant quelques heures, et *l'aiguat* y prend des proportions extraordinaires. Ce fut le cas en 1940, en Vallespir, dans la haute vallée du Tech, de la Parcigola et de la Comalada (Catalogne Nord). En 1937, en pleine exposition sud dans le massif des Encantats, alors que le flux était du SSE, donc avec un effet orographique maximum, c'est la haute vallée du Flamicell qui batit les records. Elle connut une crue exceptionnelle et brève dans la nuit du 25 au 26 octobre. À son confluent avec la Noguera Pallaresa, à La Pobla de Segur, on estima le débit de ce torrent à plus de 250 m³/s pendant douze heures le 26 au matin, avec une pointe supérieure à 750 m³/s⁵⁴.

En amont, à Cabdella, le Flamicell emporta la route et les bâtiments. Il y ravagea aussi la centrale électrique, la rendant inutilisable, recouverte d'une couche de matériaux torrentiels grossiers. Sans atteindre ces proportions, les dégâts furent également notables dans les autres vallées, avec les centrales hydroélectriques et les infrastructures endommagées, avec des constructions affectées dans la haute vallée de la Garonne et dans toutes les vallées du versant sud, dont celle de la Valira en Andorre.

⁵³ - id., p. 11.

⁵⁴ - ibid., p. 10-11.

Les dommages en Andorre

Il n'y eut pas de victimes, et on ne signala de maisons emportées qu'à Encamp et aux Escaldes. Dans les autres vallées et paroisses, à notre connaissance il n'est pas fait mention de dommages importants, autres que des inondations sans grandes conséquences, avec les habituels dommages à la végétation et des pertes agricoles. Il y eut inondation des lits majeurs et des zones basses des vallées, qui n'étaient pas encore construites. On peut noter que des maisons ne furent détruites que dans deux des rares endroits où des constructions avaient été faites en limite ou dans le lit majeur, sans murs de protection.

Salvador Llobet signale des débits moyens pendant cet épisode de 90 m³/s à Ransol et de 150 m³/s aux Escaldes, avec des écoulements de pointe de 1.205 et de 1.013 m³/s⁵⁵. Comme référence, signalons que la Valira avait à cette époque, à la prise de Ransol, un débit moyen annuel de 2,8 m³/s et un étiage de 0,8 m³/s.

Il ne semble pas que *l'aiguat* de 1982 ait été notablement plus important que celui de 1937, alors que les dommages furent bien plus considérables. Cela laisserait donc supposer que leur importance serait dûe davantage à des causes anthropiques qu'à *l'aiguat* proprement dit: altérations locales du milieu en montagne, modifications des lits fluviaux, occupation des lits majeurs et parfois du lit mineur, aménagements urbains mal planifiés, infrastructures non protégées ou mal situées, réactions humaines inappropriées lors de la crue⁵⁶, etc.

Encamp.

En octobre 1937, c'est à Encamp que l'impact fut le plus fort. C'est l'exemple qui revient toujours lorsque l'on évoque cet *aiguat* avec des andorrans. On peut reconstituer ce qui s'est passé avec le croquis interprétatif et les deux photographies qui suivent.

À l'entrée dans l'ombilic d'Encamp de sa vallée glaciaire, la Valira d'Orient en crue exagéra un méandre. Par sapement et par érosion de sa base, il provoqua l'affaissement d'un talus en rive concave. Il s'agissait des matériaux meubles d'une terrasse et de la base de cônes d'éboulis coalescents (ici du Torrent del Segalars et du Torrent dels Actics) qui occupaient le pied du versant d'auge du Solà d'Encamp. Que ce soit comme conséquence de ce glissement rotationnel ou par sa dynamique propre, la

⁵⁵ - Salvador Llobet, *El medio...*, page 79.

⁵⁶ - Pour fuir la crue, certains résidents partirent de La Massana en voiture vers l'aval, à travers les gorges de la Valira, où ils se noyèrent car la rivière recouvrait et emportait la route. Pendant ce temps on nous

Valira d'Orient établit un nouveau train de méandres, décalés par rapport aux précédents et plus exagérés. Sur la rive gauche, il emporta toute une série de maisons bâties en limite de son ancien lit, sur plus de cinquante mètres. La *Casa del Comú* fut éventrée et en partie emportée, avec toutes ses archives, ce qui eut pour conséquence indirecte de rendre insolubles - à moins d'une entente à l'amiable qui favoriserait Encamp - tous les différents territoriaux avec la paroisse de Canillo, puisque l'on peut toujours argumenter qu'il manque les documents d'une des parties, qui faisaient foi de ses droits.

AIGUAT DEL 1937. ENCAMP



La route nationale et la place d'Encamp avant *l'aiguat*. Photo. Claverol (publiée dans *L'Aiguat del 82, Andorra 7, Andorra la Vella, 1982, p.8*).

La vue est prise vers l'amont: la Valira est sur la gauche, derrière des immeubles récents. Au fond, on devine les pentes déboisées de Rep et dels Losers. La place est un élargissement de la route qui traverse l'agglomération; les maisons sur la droite existent encore aujourd'hui. La *Casa del Comú* est au centre de la photographie, reconnaissable à son mur aveugle en pierre apparente. Rebâti sur le même

emplacement, puis surélevé par la suite, ce bâtiment fut le siège du *Comú* de la paroisse d'Encamp jusqu'en 1989. *L'aiguat* d'octobre 1937 emporta tous les immeubles aux façades blanches entre le *Comú* et la gauche de la photographie, ainsi que la moitié de la chaussée, et, plus en aval, des maisons sur la droite.

signala le cas d'Andorrans cherchant refuge en amont à Ordino.

AIGUAT DEL 1937. ENCAMP



Le lit de la Valira et la Casa del Comú après *l'aiguat del 37*.
Photo. Claverol (publiée dans *L'Aiguat del 82, Andorra 7*, Andorra la Vella, 1982, p.9).

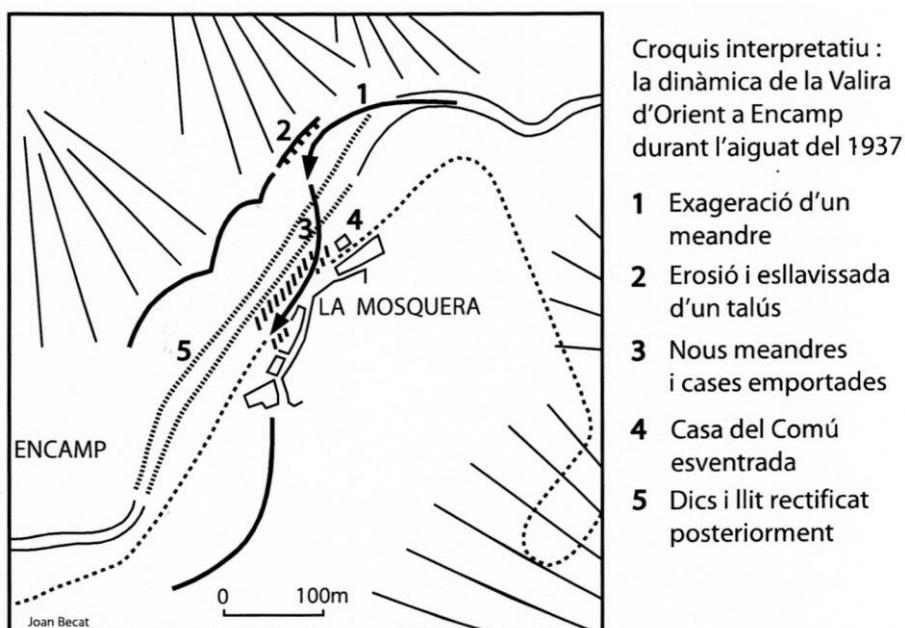
La photographie a été prise aussitôt après la crue: la Valira vient de rentrer dans son lit. Au second plan des terrasses de culture colonisent les cônes d'éboulis. On aperçoit le talus ravivé en deux endroits, avec encore à son pied des matériaux éboulés que la Valira n'a pu évacuer et, au milieu du cours d'eau, un

peuplier taillé en têtard qui marque l'emplacement de la rive droite du lit d'avant la crue. Au premier plan on reconnaît la *Casa del Comú*, avec sa façade en pierres apparentes sur la droite et, à gauche, son angle éventré. Un fragment de mur marque l'emplacement des façades côté route des maisons qui ont disparu. On s'affaire pour récupérer quelques poutres et des planches. La photographie est prise depuis le centre de la place, sous le même angle que la vue précédente.

AIGUAT DEL 1937. ENCAMP

Nous reproduisons ci-contre un extrait de la carte Valls d'Andorra, n° 10, publiée en 1976. On notera le secteur endigué après *l'aiguat* de 1937, entre Les Bons et Encamp, au droit de La Mosquera.





Par la suite, de solides murs de protection de trois à quatre mètres de hauteur furent construits pour protéger le secteur sinistré, avec un financement de la France. On en profita pour redresser le cours de la Valira, qui devint plus rectiligne entre ces endiguements. Le quartier emporté fut rebâti et densifié, ainsi que l'espace gagné sur le lit majeur en rive droite, de l'éboulement vers le pont d'Encamp.

Ces travaux de protection et des améliorations postérieures firent leur office en canalisant l'aiguat de 1982. Le niveau de l'inondation dépassa cette digue, qui maintint cependant le flux principal dans le lit. Mais, en bonne logique, la Valira en crue emporta alors une portion de la route nationale située dans la rive concave d'un des méandres qui suivait immédiatement ce secteur de lit endigué. Aujourd'hui, de nouveaux murs de protection protègent cette zone sinistrée, jusqu'en limite de l'espace bâti.

Les Escaldes

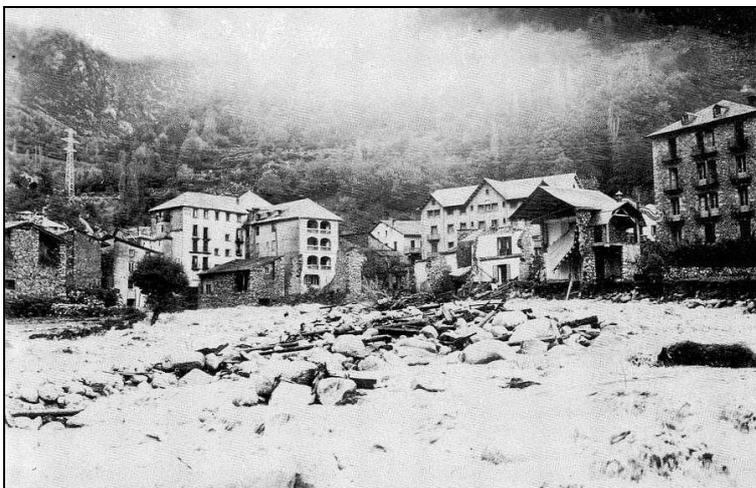
Il y eut aussi des maisons emportées aux Escaldes, à la suite d'une défluviation de la Valira d'Orient dans sa vallée alluviale. Les destructions furent moins importantes qu'à En-camp, car il n'y avait pas encore beaucoup de constructions exposées. Ces changements de lit dans la large vallée entre Les Escaldes et Santa Coloma, ou plutôt la réutilisation d'anciens lits le temps d'une crue ou d'un *aiguat*, étaient monnaie courante, au point que l'on savait d'avance où le Valira d'Orient et le Gran Valira (ainsi nommé après son confluent avec la Valira del Nord) sortiraient de leur lit et quel trajet ils emprunteraient à travers les prés. Les limites des parcelles, les files d'arbres dans la plaine, les chemins et, aujourd'hui, certaines rues, soulignent parfaitement ces anciens

bras et ces anciens lits que l'on retrouve sur les photographies aériennes depuis les premières, prises en 1948.

La Valira d'Orient changea de lit aussitôt après son entrée dans l'ombilic d'Andorra-Escaldes, après avoir reçu les eaux du Riu Madriu. La pente y était encore forte et quelques maisons récentes, qui s'étaient hasardées dans le lit d'inondation, furent éventrées ou emportées. Le reste du fond de vallée n'était pas urbanisé et ne subit aucun dommage grave, mais la plaine alluviale fut inondée entre Les Escaldes et Andorra la Vella.

Après cet avertissement, des endiguements furent conduits par le *Quart* d'Escaldes, d'abord dans la partie haute où avait eu lieu la défluviation, pour protéger un début d'urbanisation, puis dans la plaine alluviale jusqu'au confluent avec la Valira del Nord. Solidement endigué par des murs maçonnés, le lit fut rectifié et coupé de seuils destinés à éviter l'alluvionnement et son comblement. Cet endiguement protégea efficacement le territoire des Escaldes lors des inondations postérieures, même lors de *l'aiguat* de 1982 (ce sont les eaux du versant et un débordement du Riu Madriu qui envahirent l'artère commerciale principale des Escaldes).

AIGUAT DEL 1937. LES ESCALDES



Le lit de la Valira et Les Escaldes après *l'aiguat del 37*.

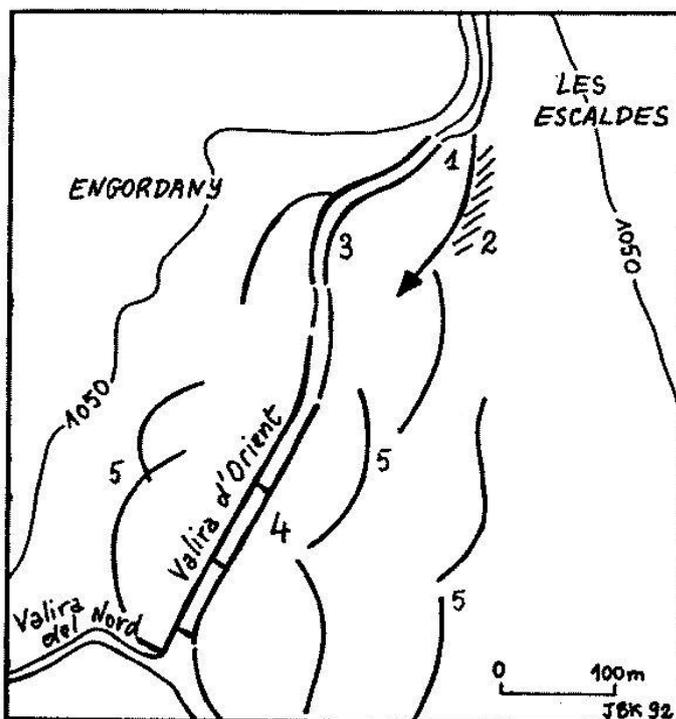
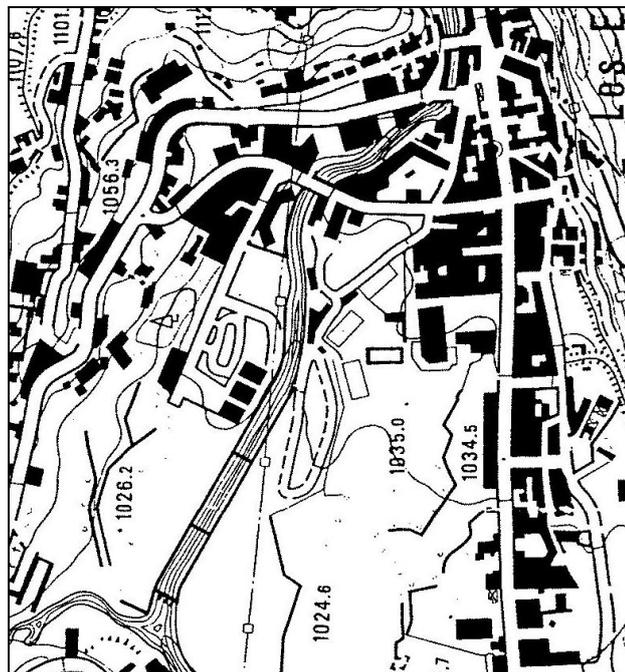
Photo. Claverol (publiée dans *L'Aiguat del 82, Andorra 7, Andorra la Vella, 1982, p.11*).

La photographie a été prise aussitôt après la crue. La Valira a formé deux bras: l'un, à gauche, est l'ancien lit de la rivière, où on la ramènera ensuite par des endiguements; l'autre est un nouveau lit, sur la droite de la photographie. La Valira d'Orient vient de la gauche, au pied des granges. Il a accentué un

méandre, emportant ou éventrant quelques maisons et créant un petit talus de rive concave dans ses anciennes alluvions. Les bâtiments les plus importants et de facture plus moderne sont des hôtels construits près de la route nationale à l'entrée amont des Escaldes. Au second plan, à demi masquées par la brume, on devine à gauche la vallée du Madriu et, à droite, les *feixes* de l'Obaga de Les Escaldes.

AIGUAT DEL 1937. LES ESCALDES

Nous reproduisons ci-contre un extrait de la carte Valls d'Andorra, n° 14, publiée en 1976. On notera le secteur endigué après l'aiguat de 1937, en aval du noyau ancien des Escaldes.



Croquis interprétatif: la dynamique du Valira d'Orient aux Escaldes pendant l'aiguat del 37.

- 1 - Défluviation.
- 2 - Localisation des principaux dommages.
- 3 - Endiguements postérieurs.
- 4 - Lit rectifié et seuils.
- 5 - Anciennes rives de méandres.

Mais, en aval, les secteurs affectés par l'aiguat de 1937 furent à nouveau inondés en 1957, avec quelques bâtiments emportés près du pont, où l'urbanisation commerciale commençait le long de la route qui reliait Andorra la Vella aux Escaldes. A nouveau, ce

même secteur était en partie inondé en 1979. En effet, les travaux de protection n'avaient pas été poursuivis en aval des Escaldes, alors que la zone inondable se construisait à bon train. C'est dans ces mêmes secteurs sans endiguements que *l'aiguat* de 1982 fit des ravages. Entre temps tout avait été urbanisé, sans prévoir la défluviation habituelle, et surtout sans lui laisser un exutoire entre les immeubles de l'avenue principale, afin qu'elle puisse regagner le lit normal en aval. Abstraction faite de la ville nouvelle construite entre temps, dans ce secteur, *l'aiguat* de 1982 n'est que la reproduction de celui de 1937.

22.3 - *L'aiguat* de 1982

Situer l'événement

Par la hauteur des précipitations, par les dommages qu'il provoqua dans le pays et, plus encore, par son impact psychologique sur la population et sur les autorités, *l'aiguat* de 1982 en Andorre est un événement important. On peut dire qu'il y a deux périodes, avant et après *l'aiguat* de 1982, que ce soit pour l'aménagement du territoire, pour la politique des risques naturels (déjà timidement commencée en 1980 pour les avalanches) ou pour le contrôle de la sécurité. Le glissement de terrain meurtrier de 1987 ne viendra que renforcer cette évolution. Depuis le changement économique de l'après-guerre et les quarante années de croissance et de prospérité qui ont suivi, c'est le premier avertissement sérieux qui rappelle la présence permanente du milieu physique et des risques, que l'on avait négligés ou minorés au cours de ces quatre décades de surprenante tranquillité des éléments naturels. La mortalité des forêts en 1978 avait été aussi un avertissement, mais elle affectait moins directement l'économie et les personnes.

L'aiguat de novembre 1982 se traduit par l'isolement du pays, avec des voies de communications détruites ou endommagées, par une douzaine de morts et de disparus, par les dégâts matériels les plus importants qu'ait jamais connus la Principauté - ils furent évalués alors à quatre milliards de *pessetes*⁵⁷ - et, sur une dizaine d'années, par un effort financier et matériel considérable afin de tout remettre en état et de mieux protéger les zones sensibles. Malgré ces effets spectaculaires, nous ne devons pas perdre de vue que cet *aiguat* a été inférieur, en Andorre même, à celui de 1937 et à celui de 1940 dans les Pyrénées orientales. Il donne la maille pour les aménagements actuels,

⁵⁷ - Selon une étude et des estimations du gouvernement andorran, publiées dans la presse en décembre 1982, les dégâts étaient de 822 millions de *pessetes* pour les routes, 160 millions pour les travaux annexes et les remises en état (ponts, barrières, réfections des abords...), 65 millions pour les lignes téléphoniques, 900 millions pour les autres pertes et dommages, ainsi qu'une évaluation à 2 milliards de *pessetes* des pertes des particuliers et des entreprises privées.

mais il faut prévoir que des *aiguats* encore plus importants peuvent se produire en Andorre.

L'impact de celui de 1982 a été grossi en Andorre pour des raisons anthropiques, à cause des erreurs et des négligences de l'aménagement urbain et territorial. En effet, les torrents et les cours d'eau n'ont fait que ce qu'ils devaient faire: rien d'exceptionnel dans la dynamique des eaux, dans les mécanismes ni dans les impacts. Nous avons observé des glissements de terrain ponctuels et des coulées boueuses locales, des érosions superficielles dues au ruissellement et le ramonage de certains chenaux torrentiels, des cônes de déjection qui devinrent momentanément actifs, des exagérations ou des migrations de méandres, voire la mise en place d'un nouveau train de méandres, l'occupation du lit d'inondation par la crue, quelques rares défluviations, beaucoup de sapements de berges et de recalibrages des lits, et des dépôts dans les zones d'étalement ou d'eaux plus calmes. Rien d'exceptionnel dans tout cela et, malgré la surprise de beaucoup, rien d'inprévisible. Un rapport rédigé quelques jours après *l'aiguat* le soulignait déjà, alors que l'Andorre n'était reliée à l'extérieur que par un pont aérien d'hélicoptères militaires français ou espagnols.

Comme toujours lorsque se produit un événement de cette ampleur, il suscite des études ou des publications. Le travail le plus complet est un ouvrage publié par le Servei Geològic de la *Generalitat de Catalunya*⁵⁸, qui couvre l'ensemble pyrénéen affecté. Il analyse les causes et il réalise un inventaire des zones sinistrées dans la communauté autonome de Catalogne, avec une très belle cartographie de la vallée du Sègre. L'Andorre n'y est pas incluse, mais cette étude est essentielle car elle permet de remettre *l'aiguat* de 1982 dans son contexte. En Andorre même il existe une série de travaux et de publications. Une plaquette illustrée que nous avons déjà signalée à propos de *l'aiguat del 37*, intitulée *L'aiguat del 82*, a été aussitôt publiée par l'hebdomadaire *Andorra 7*⁵⁹, ainsi qu'un recueil photographique, *Andorra novembre 1982*⁶⁰. Un premier bilan des inondations catastrophiques, remis par l'auteur de cette thèse aux autorités andorranes une semaine après *l'aiguat*, couvre l'ensemble du pays, décrit et analyse les situations⁶¹. Nous l'utiliserons dans ce chapitre. Plusieurs mémoires de maîtrise exploitèrent ensuite l'événement⁶². La *Conselleria de Serveis Públics* lança aussitôt des

⁵⁸ - Servei Geològic, Departament de Política territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya: *Efectes geomorfològics des aiguats del novembre de 1982*. Barcelone, 1983.

⁵⁹ - Cf supra, note 3: *Andorra 7*...

⁶⁰ - *Andorra novembre 1982*, éditions Expansió, Andorra la Vella, 1982.

⁶¹ - Joan Becat: *Andorra. Aiguat del 8/11/82. Primer informe*: trois rapports de 47, 51 et 62 pages, novembre 1982.

⁶² - En particulier Martine Landé: *Les effets sur les versants des inondations andorranes de novembre 1982*, Centre de Perpinyà de l'Institut d'Estudis Andorrans, 1984. Mémoire soutenu à l'Université de Paris X.

études techniques afin d'effectuer les travaux les plus urgents. Elle confia récemment à l'*Universitat Politècnica de Catalunya* une étude de synthèse de l'ensemble des risques naturels en Andorre, autres que le risque d'avalanches.

La situation météorologique⁶³

Les 6, 7 et 8 novembre 1982, avec une exacerbation pendant la nuit du 7 au 8, de fortes pluies et des inondations affectèrent les *comarques* des Pyrénées catalanes et l'Andorre. Cet épisode pluvieux a concerné toute la Catalogne, depuis le versant sud du massif le plus oriental, celui du Canigó-Carança, jusqu'au massif de la Maladeta. Les régions les plus touchées se répartissent à l'est entre Camprodon et la haute vallée du Ter et, à l'ouest, la haute Ribagorça. A l'intérieur de ce large espace (en général les fortes pluies méditerranéennes d'automne affectent des zones plus réduites), les précipitations se répartirent de manière très irrégulière, avec des totaux qui vont de 70 mm à 556 mm à La Molina, en Cerdagne.

Les hauteurs maximales supérieures à 150 mm, recueillies au cours de la journée la plus pluvieuse, furent constatées dans neuf zones différentes, dont l'Andorre, réparties dans tout cet espace. Il s'agit des régions suivantes avec, pour chacune d'elles, la localisation, la *comarca* et, pour une ou deux stations, les hauteurs d'eau recueillies le 7 octobre et les précipitations totales de l'épisode⁶⁴:

- Le haut Freser et le haut Ter, dans le Ripollès. Ribes de Freser: 201 et 258 mm; Ripoll: 165 et 197 mm.
- La vallée du Querol et le massif de la Tossa d'Alp, en Cerdagne. La Molina: 342 et 556 mm.
- Les environs de Berga, dans le Berguedà. L'Espunyola: 201 mm; Cercs: 217 et 257 mm.
- La haute vallée du Llobregat, également dans le Berguedà. La Pobla de Lillet: 266 et 340 mm.
- Le massif du Coma Pedrosa, en Andorre. Il n'y a pas de station dans ce massif. Aux Escaldes: 150 et 177 mm.
- Un secteur de la vallée moyenne du Sègre, dans l'Alt Urgell. Organyà: 153 et 233 mm.
- Le versant sud du massif des Encantats, en particulier la haute vallée du Flamicell,

⁶³ - Nous utiliserons l'étude du Servei Geològic de Catalunya (note n° 17), dont les chapitres sur le cadre atmosphérique, l'hydrométrie et les phénomènes sismiques sont signés par Javier Martín Vide et Josep Miquel Raso i Nadal, de l'Université de Barcelone, par Enric Banda i Tarradellas, du Servei Geològic de la Generalitat et par Carme Olivera i Lloret, de l'*Institut d'Estudis Catalans*. Nous y apporterons des éléments complémentaires pour l'Andorre.

⁶⁴ - Servei Geològic de Catalunya: *Efectes geomorfològics...*, p. 15, tableau 2.1.

comme pour *l'aiguat* de 1937, dans le Pallars Sobirà. Cabdella: 252 et 323 mm.

- La haute vallée de la Garonne, dans la Vall d'Aran. Viella: 169 et 209 mm.

- La haute Noguera Ribagorçana, dans l'Alta Ribagorça. Vilaller: 178 et 237 mm.

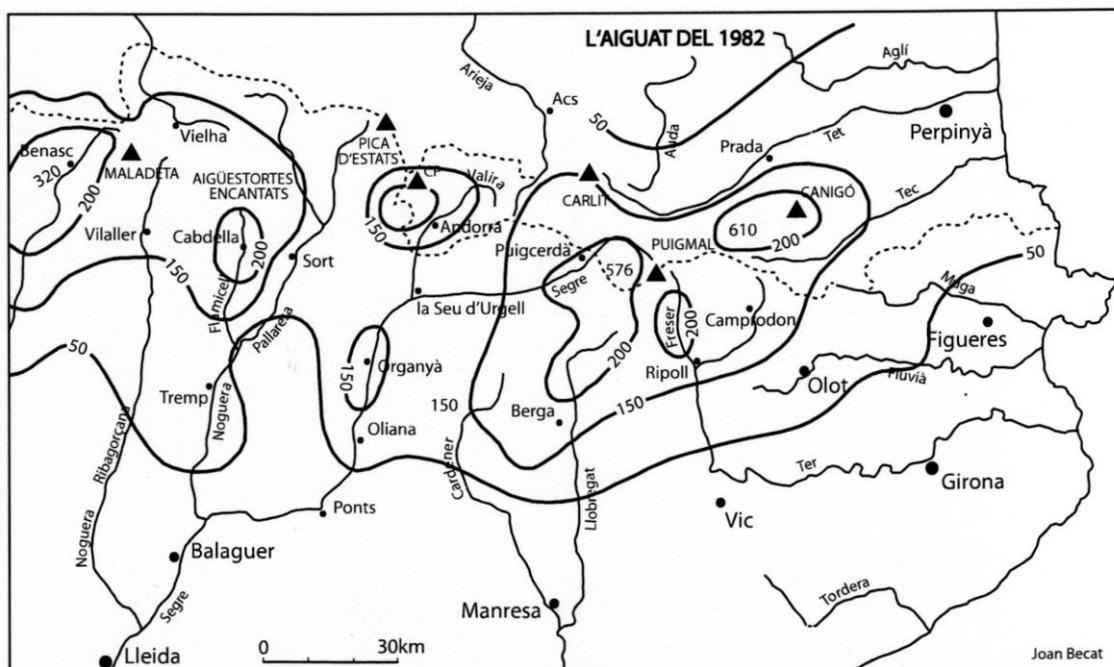
Si certaines zones sont de hauts versants sud, où il est normal que des pluies orographiques soient exacerbées lorsqu'ils sont abordés par un flux de sud ou de sud-est, comme la haute Ribagorça, le Flamicell, le haut Freser ou le massif andorran du Coma Pedrosa, il est apparemment insolite de constater que d'autres soient en orientation ouest ou nord-ouest, comme La Molina ou la Vall d'Aran, et que d'autres enfin soient dans des vallées moyennes ou dans les pré-Pyrénées, comme les environs d'Organyà ou de Berga.

Elles sont séparées par des zones où les pluies furent moins importantes, où certes les cours d'eau grossirent, mais sans même sortir de leur lit mineur. Ce fut le cas de la vallée de la Noguera Pallaresa, alors que de part et d'autre le Flamicell et le Sègre connaissaient de véritables *aiguats*. C'est une répartition très différente de celle des pluies d'octobre 1940, qui s'abattirent pendant trois jours sur un seul secteur très localisé, et des pluies d'octobre 1937 dont nous avons vu qu'elles frappèrent surtout un secteur, qui se déplaça un peu au cours des trois journées, mais qui demeura un épicycle unique, situé sur la face sud de hautes montagnes, entouré de part et d'autre de zones moins affectées. Cette répartition irrégulière en 1982, et le fait que les fortes pluies aient touché des massifs habituellement sous le vent et des vallées, incitent à rechercher des mécanismes différents.

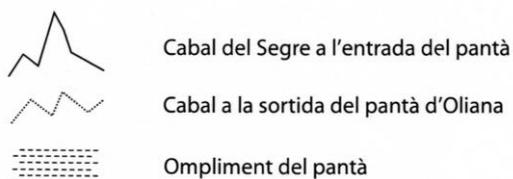
Les zones à fortes précipitations correspondent à des points d'observation météorologiques et à des effets géomorphologiques ou à des dommages remarquables, sauf en Andorre. En effet, alors l'on relève pour le 7 novembre des hauteurs de 151 mm à Ransol, de 135 mm à Engolasters et de 140 mm aux Escaldes, on constate des effets géomorphologiques et des débits importants dans le massif du Coma Pedrosa et dans ses vallées méridionales, sans commune mesure avec ce que pourraient donner ces précipitations. Il nous faut donc admettre que le massif du Coma Pedrosa fut un des épicycles de *l'aiguat*, avec des précipitations journalières comparables aux autres secteurs, c'est-à-dire supérieures à 200 ou à 250 mm, alors que les vallées andorranes de la Valira d'Orient et du Madriu étaient moins affectées⁶⁵. Ce n'est pas une hypothèse hasardeuse, car nous venons de signaler des situations semblables en Catalogne, corroborées par des relevés météorologiques.

⁶⁵ - Localement les précipitations peuvent aller au-delà. Ainsi, à Esterrí d'Àneu, dans le Pallars, les précipitations totales des 6 et 7 novembre furent de 189 mm, alors que dans la station d'altitude d'Espot elles furent de 402mm. Dans l'étude des coulées de boue du torrent de Jou et de La Guingueta, les auteurs calculèrent qu'il fallait des précipitations de 450 mm afin de saturer les formations superficielles (Servei Geològic de Catalunya: *Efectes geomorfològics...*, p.122-135). Il est possible que l'on ait eu des valeurs proches de celles-ci sur le versant sud de l'Alt de la Capa en Andorre: Pal et Setúria.

L'AIGUAT DE 1982 DANS LES PYRÉNÉES CATALANES



(segons J. Martin Vide i J.M. Raso : Efectes geomorfològics..., M.C. Llasat : Les inundacions de 1940..., i adaptacions per Andorra)



(Corba establerta amb les dades del quadre estadístic p.39 de l'estudi d'E. Banda i C. Olivera, Efectes geomorfològics..., SGC. Font: Comisariade Agua del Ebro) JBK

La situation météorologique est assez simple et se produit souvent en automne: un anticyclone sur l'Europe et, sur la Méditerranée, une dépression secondaire qui s'efface, alors qu'arrive une puissante dépression venant de l'Atlantique. Celle-ci est accompagnée d'un front froid très actif qui prend en écharpe les Pyrénées et qui passe lentement, laissant tout le temps nécessaire pendant presque une journée pour que la barrière orographique provoque une ascension des masses d'air méditerranéennes et de fortes pluies. Localement ces mouvements ascendants sont exacerbés et nous avons les impacts les plus forts.

Avant cet épisode pluvieux, il y avait une instabilité générale. Une dépression était installée en Méditerranée. Dans l'Atlantique nord une dépression plus importante se rapprochait, accompagnée de fronts actifs, de pluies et de tempêtes. En altitude, une vallée se dessinait, qui descendait jusqu'à l'Espagne. Elle se creusa le 6 novembre, en se

déplaçant vers l'est.

Le 7 novembre, lorsque se produisirent les pluies de *l'aiguat*, la dépression principale était centrée sur l'Islande, avec un centre secondaire entre l'Irlande et le golfe de Gascogne. Le front froid prenait en écharpe l'ouest de la France, les Pyrénées, et coupait l'Espagne en deux. Il avait été précédé le 6 novembre par un front chaud, avec des précipitations généralisées mais dans l'ensemble modestes. Le centre dépressionnaire du golfe de Gascogne était très actif, avec un fort gradient au sol et une forte ascension des masses d'air. Le 7 novembre, lors de son passage sur les Pyrénées, le front froid très actif était parallèle à une branche remontante du courant-jet situé en altitude, ce qui accentua la pénétration des masses d'air humides et très nuageuses venues de la Méditerranée et leur mouvement d'ascendance au passage des Pyrénées⁶⁶.

Comme toujours lors du passage de dépressions attirant des flux d'air chaud méridionaux, la barrière pyrénéenne suscite des pluies orographiques abondantes. C'est la présence de la montagne qui est l'élément essentiel, qui provoque les grands abats d'eau. Mais J. Martín Vide et de J. M. Raso Nadal supposent que c'est le parallélisme du courant jet et du front froid qui exagéra l'ascension de ces masses d'air sur le versant sud des Pyrénées. Par un effet d'appel, il permit aussi, toujours selon ces auteurs, leur pénétration dans les vallées transversales (ce qui expliquerait pourquoi certaines zones en apparence sous le vent aient reçu de fortes précipitations) et de forts mouvements de convection locaux dans les vallées moyennes, accompagnés de puissants cumulo-nimbus.

Ils supposent aussi -ce qui est une hypothèse raisonnable- que les mouvements de convection les plus importants, accompagnés des pluies les plus torrentielles, se produisirent lorsque les vallées se rétrécissaient, ou bien lorsque les masses d'air s'élevaient rapidement dans les vallées adossées à des massifs montagneux élevés, face au sud⁶⁷. Les mouvements de convection s'en trouvaient exagérés, alors que la rugosité du relief et le ralentissement de la progression dans l'entonnoir du fond de vallée laissaient tout le temps nécessaire pour décharger de grands abats d'eau sur ces espaces assez localisés.

Le premier type de situation correspond aux fortes pluies enregistrées, dans les pré-Pyrénées, dans les trois zones des gorges du Sègre à Organyà, des gorges de la Noguera Pallaresa à Terradets et de la région de Berga. Le second type de situation, plus classique, est celui de la vallée du Flamicell et des hautes vallées du Pallars, du Coma Pedrosa en Andorre, de la vallée du haut Llobregat à La Pobla de Lillet et du Riu Freser

⁶⁶ - Selon l'analyse de J. Martín Vide et de J. M. Raso Nadal, pages 20-21 de l'ouvrage du *Servei Geològic de Catalunya: Efectes geomorfològics dels aiguats de novembre de 1982*.

⁶⁷ - id, pages 30-31.

à Ribes de Freser.

La crue et le tremblement de terre d'Oliana

À la Seu d'Urgell le Sègre eut un débit de 1.000 m³/s le 8 novembre. C'est le débit maximal qu'il ait atteint au cours du XX^e siècle⁶⁸. En haute Cerdagne, le Querol et le Sègre furent en crue, avec des hauteurs d'eau de 2,10 et de 1,70 mètres à Puigcerdà, mais l'inondation n'y fut pas très grave. C'est la vallée entre Bellver et la Seu d'Urgell qui fut ravagée et, plus en aval, après la confluence avec le Va-lira. Dans la vallée du Querol les impacts les plus notables se produisirent sur les versants, avec des ravinements, des cônes de déjection actifs, en particulier dans la station de Portè-Pimorent, et des coulées boueuses localisées dans la forêt, probablement à partir de glissements en planche provoqués par le poids des arbres et par la suralimentation du sol à partir de dépôts superficiels perméables (éboulis, etc), situations que nous étudierons en Andorre.

Nous avons une preuve indirecte de l'importance des abats d'eau en Andorre avec les hauteurs maximales pendant la crue, mesurées au-dessus de l'étiage. À la Seu d'Urgell elles étaient de 5,10 mètres pour le Sègre le 8 novembre à une heure du matin, et de 6,10 mètres pour la Valira la même nuit à une heure trente⁶⁹. Cela coïncide avec les témoignages oraux, qui placent les pluies maximales dans les montagnes andorranes et les plus gros dégâts aux alentours de minuit.

En aval, cumulant les apports de Cerdagne, d'Andorre et les gros abats d'eau de la région d'Organyà, le Sègre atteignit 13,70 mètres à Organyà à 3 heures du matin. Sans qu'il n'y ait de fortes pluies, les régions d'aval virent arriver une crue brutale, qui porta le Sègre à 7,77 mètres à Balaguer, une ville qui fut très affectée par les inondations, et à 6,40 mètres à Lleida, où la crue inonda toute la ville basse, comme en 1937 et en 1907. Le Cinca, qui évacuait les eaux du massif de la Maladetta et de la région de Benasc, atteignit 5,50 mètres de hauteur dans la plaine, à Fraga, avec toujours une seule pointe le 8 novembre, en milieu de journée, soit une douzaine d'heures après les grands abats d'eau en montagne. Le Llobregat provoqua des inondations dans les agglomérations de son cours moyen, en particulier à Gironella, et de son cours inférieur, dans son delta, alors que les pluies y étaient faibles.

Au barrage d'Oliana, à l'aval immédiat d'Organyà et des zones les plus arrosées, en quelques heures, le Sègre passa d'un débit d'entrée de 16 m³/s, le 7 à 4 heures du

⁶⁸ - *Història Natural dels Països Catalans*, volume 3, page 259. Tableau et carte: les principaux avingudes enregistrades als rius dels Països Catalans en el present segle XX.

⁶⁹ - Servei Geològic de Catalunya: *Efectes geomorfològics...*, page 38.

matin, à 426 m³/s à midi et à plus de 1.000 m³/s après 18 heures. Il maintint ses apports au-dessus de ce débit pendant 22 heures consécutives. Le barrage et la retenue d'Oliana écrêtèrent la crue pendant une douzaine d'heures au cours de l'après-midi et de la soirée du 7 novembre, avec des entrées qui culminèrent à 1.886 m³/s à onze heures du soir, puis, à partir d'une heure du matin, le barrage laissa filer autant d'eau qu'il en recevait. À partir du 8 octobre à midi, il évacua des débits supérieurs à ceux qu'il recevait en amont afin de décharger un peu la retenue. La crue diminua ensuite lentement pendant les trois jours suivants, et le Sègre retrouva un débit plus normal après le 12 octobre.

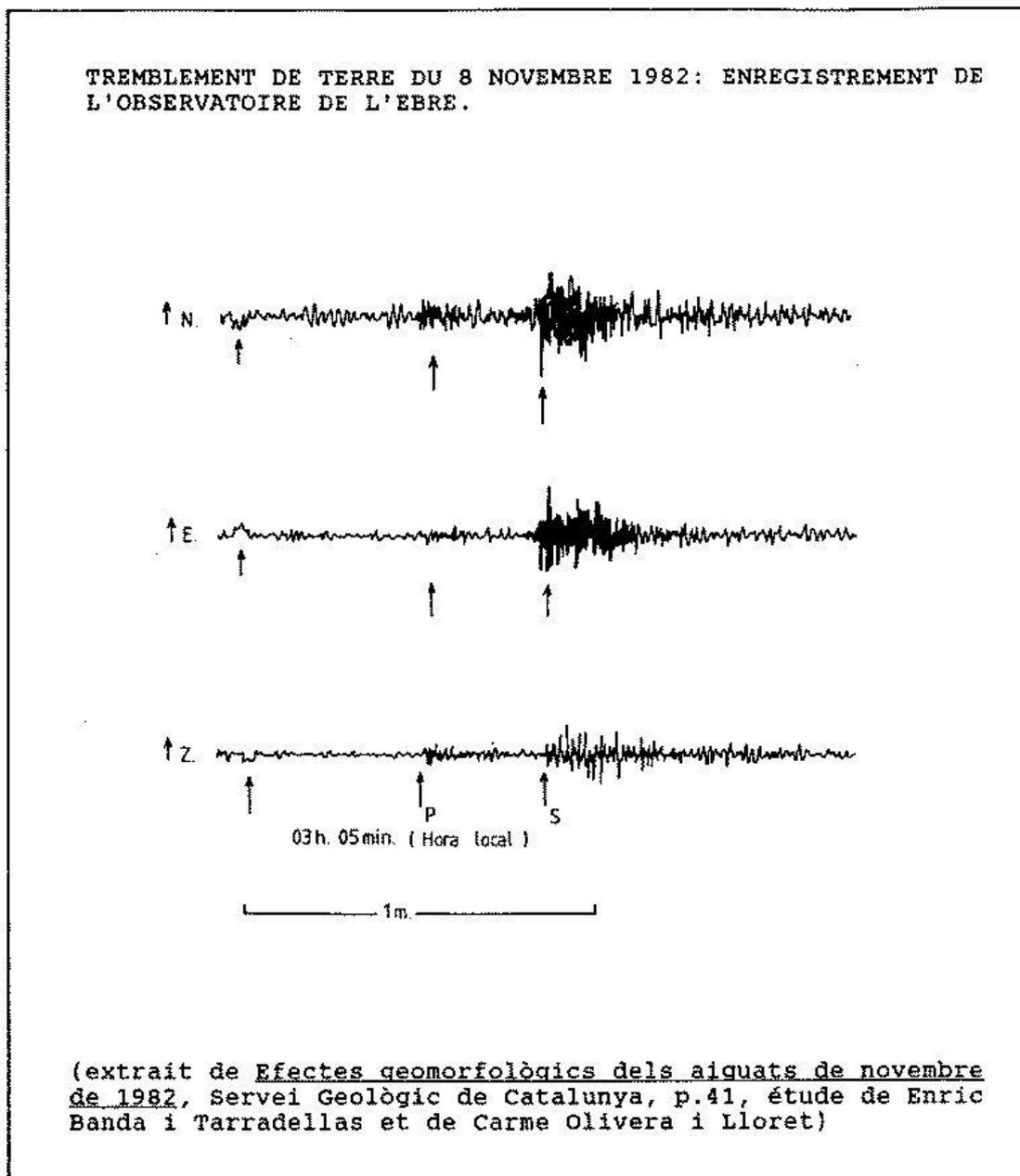
Le 8 octobre 1982 à 2h 58 du matin, donc au maximum de la crue, un tremblement de terre fut perçu par les habitants d'Oliana, avec des manifestations (vibrations et balancement des ampoules au plafond) qui permettent de lui donner une intensité de 2,5 ou 3 sur l'échelle de Mercalli modifiée⁷⁰. Il fut enregistré par les sismographes des stations d'observation de Moulis, dans les Pyrénées françaises, et du delta de l'Ebre, en Catalogne. L'épicentre était superficiel et, faute de pouvoir utiliser les enregistrements de l'Observatoire de Barcelone, on ne put localiser le séisme plus précisément. Il semblait situé dans la région d'Oliana et, de plus, il ne fut perçu nulle part ailleurs.

Ce séisme superficiel est la conséquence directe du remplissage rapide du barrage et de la retenue d'Oliana lors de *l'aiguat*: c'est un tremblement de terre induit par la grande masse d'eau qui s'accumula en quelques heures et qui exerça une pression sur les roches de la vallée immergée et sur les versants. En effet, le graphique ci-après montre que pendant tout le début de l'épisode pluvieux, du 7 novembre à 9 heures du matin jusqu'au maximum atteint le même jour à onze heures du soir, le barrage d'Oliana se remplit et joua un rôle d'écrêteur de crue. En particulier, entre 13 h et 23 h, la différence entre les débits d'entrée et de sortie est constamment de 500 à 700 m³/s, que le barrage stocke. La retenue d'Oliana, à moitié vide la veille, accumula au cours de l'après-midi et de la soirée du 7 novembre un volume de 30 millions de mètres cubes d'eau en douze heures. Le séisme se produisit deux heures après, moment indiqué par une flèche sur la courbe des débits.

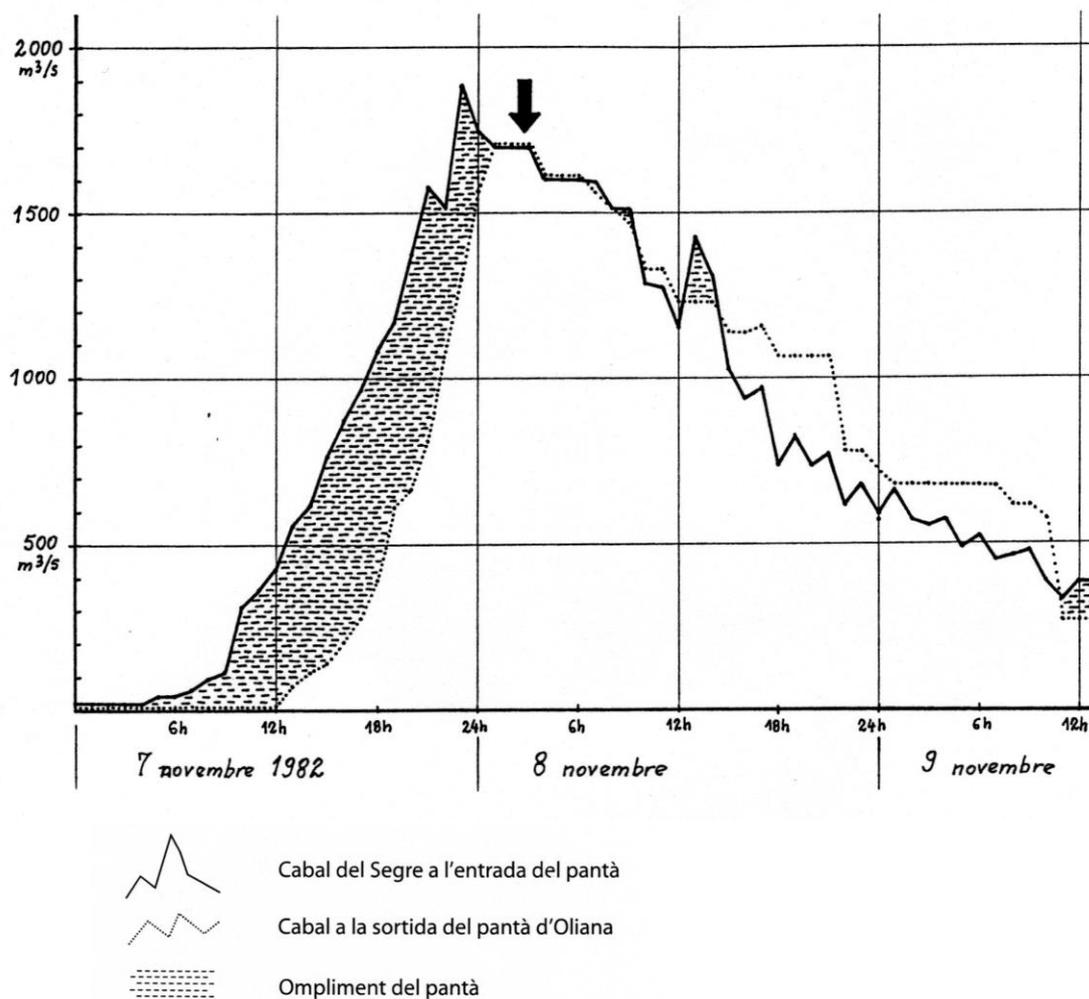
À partir d'une heure du matin le 8 octobre le barrage est plein et, jusqu'à dix heures, il laisse sortir autant d'eau qu'il en reçoit: l'inondation gagne la vallée inférieure du Sègre. Lorsque la crue s'atténue, les 8 et 9 novembre, on videra en partie la retenue, avec des débits de sortie plus importants de 100 à 200 m³/s que ceux d'entrée. *L'aiguat* de 1982 démontre clairement, si c'était nécessaire, le rôle des barrages comme écrêteurs de crue, car les trois barrages successifs sur le cours moyen de la Noguera Pallaresa

⁷⁰ - Ce phénomène sismique curieux, conséquence directe de la brutalité de *l'aiguat* de novembre 1982 est étudié par Enric Banda i Tarradellas et par Carme Olivera i Lloret dans *Efectes geomorfològics dels aiguats de novembre de 1982*, Servei Geològic de Catalunya, pages 40-46. Nous y empruntons nos éléments de description.

atténuèrent beaucoup *l'aiguat*: les dommages dûs aux inondations sont essentiellement localisés le long du cours du Sègre.



DÉBITS DU SEGRE À L'ENTRÉE ET À LA SORTIE DE LA RETENUE D'OLIANA, DU 7 AU 9 NOVEMBRE 1982



(Corba establerta amb les dades del quadre estadístic p.39 de l'estudi d'E. Banda i C. Olivera, Efectes geomorfològics..., SGC. Font: Comisariade Agua del Ebro) JBK

La dynamique fluviale et torrentielle et les effets de *l'aiguat* en Andorre

L'importance des dommages, les nombreux impacts sur les versants et surtout dans les fonds de vallées ne doivent pas masquer la simplicité de l'interprétation et de la typologie. Malgré les abats d'eau considérables et le traumatisme que *l'Aiguat del 82* a laissé en Andorre (impact que l'on peut mesurer à la hauteur du budget affecté sans défaillances sous trois gouvernements successifs à la protection contre les inondations), les eaux de ruissellement ou infiltrées dans le sol, les torrents et les rivières ont agi selon des dynamiques connues et habituelles dans ces circonstances. Secteur par secteur, cas

par cas, pour chaque événement et pour chaque dommage que nous avons observé en Andorre, il y avait une explication simple et toujours conforme à la théorie, qu'il s'agisse de mouvements de terrain, de cônes de déjection actifs, de calibrages de lits, d'érosions des rives concaves des méandres, de déplacement du lit en fonction des obstacles rencontrés, des dépôts alluviaux, etc. Ces phénomènes et leurs mécanismes sont bien connus des géographes et il semble inutile de les décrire ou de les rappeler ici.

L'aiguat de 1982 en Andorre n'apporte rien de nouveau à ce sujet, si ce n'est la confirmation d'un fait souvent souligné par les scientifiques: même en période de crue exceptionnelle, les cours d'eau obéissent aux règles habituelles de la dynamique fluviale et torrentielle. L'impact est d'autant plus grand que les abats d'eau sont considérables, que le point de saturation est atteint dans les sols, que la crue est brutale et que la situation de domination des secteurs d'amont peut s'affirmer avec plus de rapidité et d'ampleur. Surtout, la crue est d'autant plus destructrice que les aménagements humains et que les utilisations du territoire sont en contradiction avec ces dynamiques.

C'est ce qui s'est produit en Andorre. Réalisé sur la base d'une rapide étude de terrain et d'une couverture photographique partielle des fonds de vallée à partir d'un hélicoptère, trois jours après *l'aiguat*, puis remis le 15 novembre aux autorités andorranes, un premier rapport "à chaud" soulignait déjà ce point:

"Si es reflecteix una mica i si no es considera massa l'aspecte espectacular del que ha passat, en la vall més ampla d'Andorra-Escaldes (un ombilic de vall glacial), es constata que l'esdeveniment meteorològic excepcional no va provocar cap anomalia de funcionament del sistema torrencial o fluvial. La dinàmica fluvial va funcionar amb una gran lògica i el que no havia d'ésser tocat no ho va ser. El riu va actuar com era previsible, fins i tot en situació d'excepció. Per exemple el fet major que va ésser la desfluvació del Valira en límit dels territoris d'Andorra i de Les Escaldes s'ha produït exactament al lloc d'un antic llit del Valira. Va respectar un petit bony de l'antiga riba d'un metre i mig d'altura, sense desviar lateralment de més de cinc metres! Es pot observar el mateix fenomen a tot arreu.

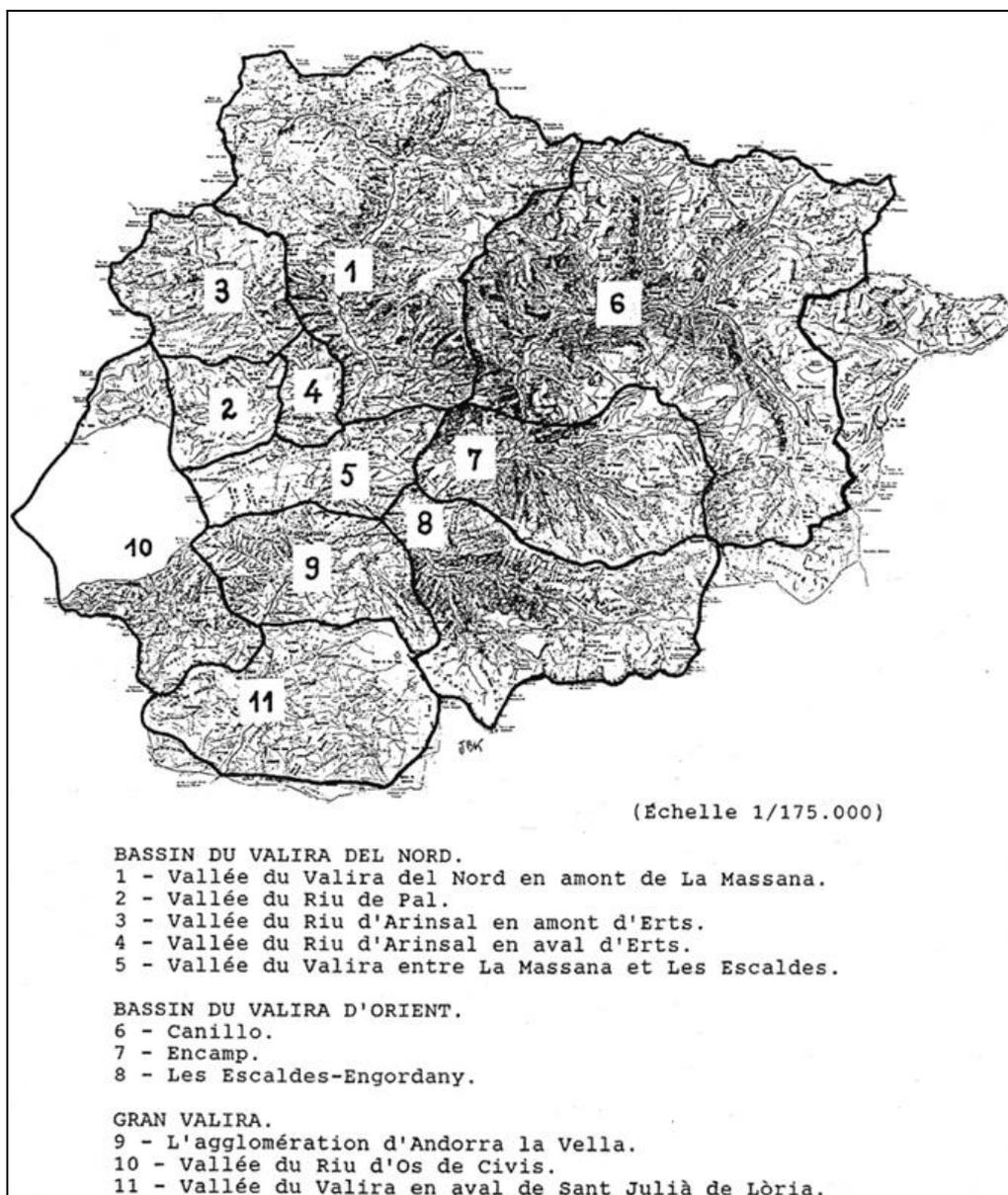
Dit d'una altra manera, tots els fets ja potencialment inscrits en la situació anterior (i doncs observables i fàcils d'estudiar en temps normal), s'han produït en el lloc i de la manera previsible. Nomès canvia la importància segons les circumstàncies normals o excepcionals. Malgrat les destrosses, aquest fet és esperançador per l'esdevenidor puix que possibilita la comprensió i l'acció, doncs la gestió i la previsió.

Fins i tot un esdeveniment de primera importància i de freqüència pluridecennal o secular no s'allunya de la lògica escrita en el medi i en la seva evolució. El pes de les herències físiques i humanes, de llurs modificacions actuals, és determinant. I aquestes dades permanents o en evolució es poden

*observar i es poden repertoriar i entendre.*⁷¹

LES EFFETS DE L'AIGUAT DEL 1962

Carte de situation des secteurs présentés



Dès ce premier rapport, on insistait aussi sur l'importance de l'effet de domination, souvent négligé aujourd'hui dans les aménagements ponctuels comme dans les plans urbains et qui venait de se rappeler avec force en Andorre:

⁷¹ - Joan Becat. Andorra. *Aiguat del 8/11/82. Primer informe, 2a part*, novembre 1982, p. 49.

*"Dependència de la part situada en avall, respecte a la part situada en amunt, de les valls respecte al conjunt de les muntanyes. Tota la situació de fet en alta i mitjana muntanya, tota evolució de la utilització de la muntanya, tot endegament provoquen unes conseqüències per les valls situades més avall. La noció de solidaritat és evidenciada, tal com la de gestió i d'ordenació del territori. Aquesta (..) constatació també ha de servir per una acció futura."*⁷²

Quels furent les effets de *l'aiguat* en Andorre? Une description vallée par vallée apportera des témoignages et des interprétations, qui nous permettront ensuite de faire une typologie des zones sensibles et d'en tirer des enseignements quant à l'aménagement du territoire. Pour chaque exemple, il s'agit de voir quelles en furent les causes, les mécanismes, les effets et de déterminer chaque fois que c'est possible le rôle de la dynamique fluviale, de l'héritage géomorphologique, de l'action humaine et de la végétation.

Le bassin de la Valira del Nord

C'est dans le bassin de la Valira del Nord, dont l'orientation méridionale est favorable aux pluies orographiques provoquées par les dépressions méditerranéennes, que l'on peut situer les plus grands abats d'eau et où l'on observe les effets les plus remarquables de la crue. Cependant tout le bassin hydrographique ne fut pas affecté avec la même intensité.

La Vallée de la Valira del Nord en amont de La Massana ne connut pas de gros dommages. Il semble que les pluies n'y aient pas été aussi intenses qu'à Pal ou à Setúria. Mais il faut souligner aussi que l'absence d'aménagements importants et la faible urbanisation dans le lit majeur ont atténué l'impact de *l'aiguat* dans la vallée d'Ordino.

La vallée du Riu de Pal et la vallée contiguë du Riu d'Arinsal en amont d'Erts sont probablement un des épicentres des pluies exceptionnelles de la nuit du 7 au 8 novembre 1982. Tous les cônes de déjection furent actifs. On compta par dizaines les glissements, les coulées et les érosions sur les versants. Les vallées virent les cours d'eau éroder dans tous les méandres et modifier leur lit en fonction des obstacles qu'ils rencontraient.

En aval d'Erts la vallée du Riu d'Arinsal fut bouleversée par les changements de méandres et par le calibrage du lit majeur. L'agglomération de La Massana connut quelques problèmes. La vallée de la Valira entre La Massana et Les Escaldes subit aussi des dommages, en particulier dans les gorges de la Grella où la route fut emportée à

⁷² - idem, p.49.

plusieurs endroits.

a) La vallée de la Valira del Nord en amont de La Massana

Elle ne connut pas de crue traumatisante. Si les ch-naux torrentiels furent actifs, aucun cône de déjection ne fonctionna dans la vallée. On ne nota pas de phénomènes importants sur les versants, si ce n'est quelques incisions et des chemins malmenés par les eaux de ruissellement concentrées. Il faut y voir une preuve indirecte d'une moindre hauteur de précipitations, car cette vallée possède des secteurs très favorables aux glissements de terrains, dans des argiles et dans des schistes, qui ont connu des ravinements et des coulées dans le passé. C'est le cas dans le bassin du Riu del Querol et sur les versants del Saquet, en face d'Arans et de Llorts, ainsi que dans la vallée de l'Angonella où une coulée de boue issue des versants de l'Avier suivit autrefois le cours du Riu de l'Angonella et emporta l'ancienne église, le cimetière et quelques maisons du village de Llorts.

La Valira inonda les prés du lit majeur mais ne fit pas de dégâts notables, car il put occuper tout son lit d'inondation sans rencontrer d'obstacles. En effet il n'y avait à ce moment-là aucune construction récente en limite du lit mineur, et le lit majeur commençait à peine à être comblé artificiellement par des dépôts afin de l'exhausser. La route ne fut touchée qu'en trois points entre Sornàs et Ordino⁷³. Il s'agit d'érosions de berges dans la rive concave de méandres, qui affectèrent partiellement la route. Chaque fois, l'élargissement de la chaussée avait amené à empiéter sur le lit mineur, avec des matériaux rapportés qui n'étaient protégés ni par des murs ni par des enrochements.

b) La vallée du Riu de Pal

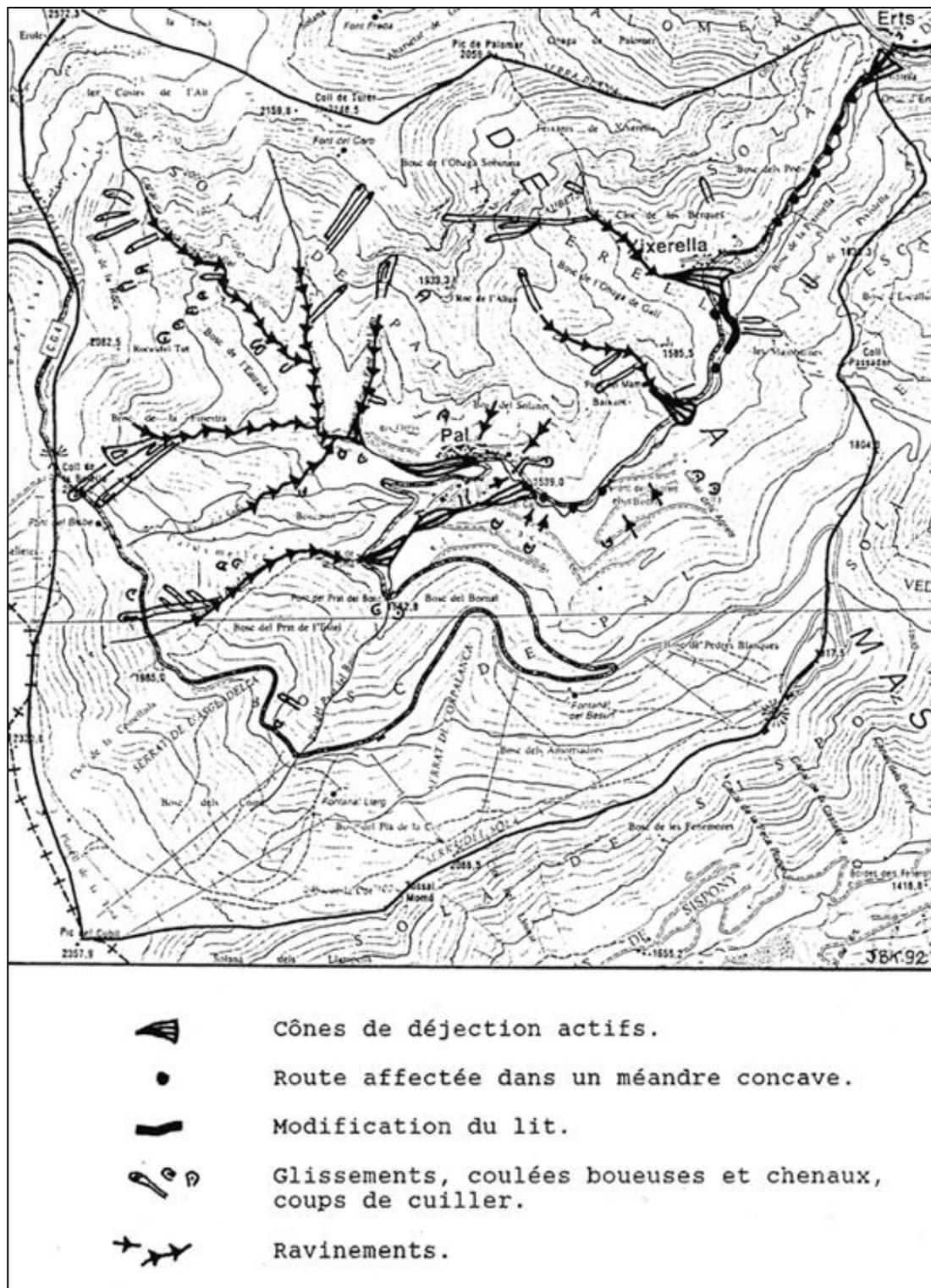
Le bassin du Riu de Pal et le bassin contigu du Riu d'Os de Civis ont été les plus touchés par *l'aiguat*: les cônes de déjection torrentiels furent actifs; le Riu de Pal eut une action énergique sur ses berges et sur son lit majeur; on observa de multiples impacts sur les versants. Nous présenterons successivement ces trois aspects.

La vallée du Riu de Pal: les cônes de déjection actifs.

Cette vallée possède cinq cônes de déjection de dimensions diverses. Tous ont été actifs pendant la nuit du 7 au 8 novembre 1982.

⁷³ - On se reportera à la photographie n° 2 des documents annexes: *L'aiguat* de 1982 en Andorre.

L'AIGUAT DEL 82 DANS LA VALLÉE DU RIU DE PAL
Carte de situation.



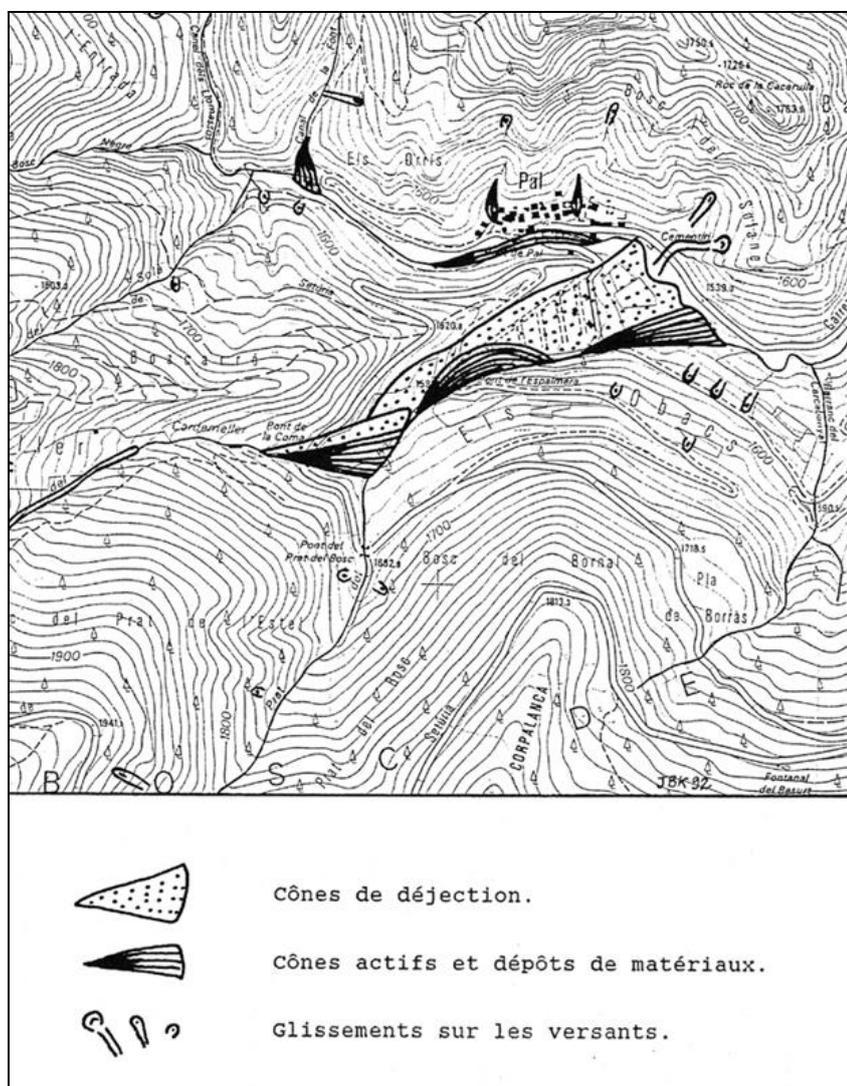
(Fond : carte Valls d'Andorra, feuille 9, MICG)

* Le petit cône de la Canal de la Font del Llop a vu s'étaler les dépôts d'une coulée boueuse, avec terre, rochers et troncs. Mais la plupart de ces débris furent évacués par le Riu de Pal ainsi que ceux, plus abondants, des coulées et de coups de cuiller sur les versants des bassins de réception du Riu del Solà, de la Canal de l'Assalador del Rei et de la Canal de les Boïgues. On les retrouve aussitôt en aval, dans le village de Pal, où le modeste pont sur le torrent fut obstrué, ainsi que le lit mineur. Que ce soit à cause de cet obstacle provoquant un petit embâcle, ou parce que le profil à l'amont immédiat de Pal est moins pentu, le torrent a alluvionné, le fond de vallée se comportant en cône de déjection étroit et allongé. Le village traditionnel de Pal est perché sur le versant du Solà, protégé par un abrupt calcaire et une frange de forêt. Mais, à cause de l'important débit du cours d'eau et de l'exhaussement du lit, la partie basse du village, c'est-à-dire les maisons construites au bord de la route et du torrent, a connu l'inondation.

**L'AIGUAT DEL
82 DANS LA
VALLÉE DU
RIU DE PAL:**

**CÔNES DE
DÉJECTION
ACTIFS**

(Fond : carte Valls
d'Andorra, feuille 9,
MICG)



* Le Riu del Cardameller déposa des matériaux sur son cône, qui recouvre la partie

haute du cône plus important du Riu del Prat del Bosc. Le petit pont de la Coma fut recouvert de matériaux et un cône actif commença à la route elle-même. Le cône ancien du Riu del Prat del Bosc fut épargné car le torrent qui l'avait incisé resta dans son chenal. Le lotissement de Pal, qui occupe la plus grande partie de ce cône de déjection réincisé, resta hors d'eau, sauf les parcelles au contact immédiat du torrent. Après le Pont del Camp, le Riu del Prat del Bosc a construit un petit cône de déjection, inscrit dans le cône plus ancien, qui fut fonctionnel pendant la nuit du 7 au 8 novembre. On se reportera aux photographies aériennes du document annexe 5 (3^{ème} partie).

L'AIGUAT DEL 82 DANS LA VALLEE DU RIU DE PAL

Cône de déjection et glissements à Pal.

Vol hélico du
11/11/1982, de J.
Becat et A.
Lerouge. Photo. A.
Lerouge.



La vue est prise en direction du sud, juste avant le village de Pal. Au premier plan à gauche on distingue la zone d'arrachement d'un glissement de terrain en paquets, puis la large traînée de matériaux qui fluèrent, décrivant une courbe qui suit la pente jusqu'à la rivière. Après le glissement, la partie amont a été ravinée et les dépôts de l'aval étalés sur un petit cône et lessivés. En amont, donc sur la droite, on aperçoit l'extrémité de la zone où le Riu de Pal alluvionna, au niveau du village. Au second plan l'important cône de déjection ancien du Riu del Prat del Bosc fut épargné dans ce secteur, avec seulement quelques érosions superficielles. Il est limité par le Riu de Pal, qui éroda dans les rives concaves des méandres, au détriment du cône, des prés ou de la route. Le Riu del Prat del Bosc construisit un cône à son débouché, à gauche de la photographie.

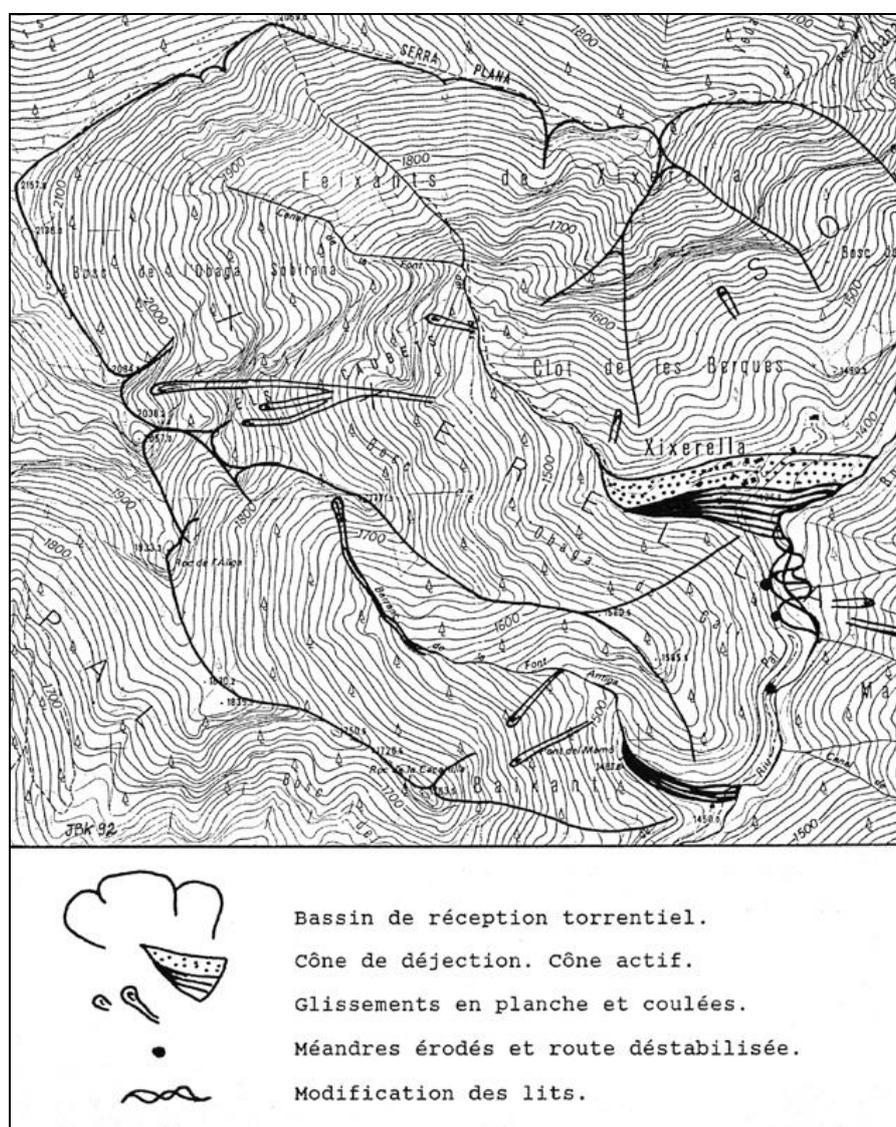
Ces deux cônes ont été actifs et les torrents mobilisèrent des matériaux alors que l'ensemble de cet *obac* de Pal était très boisé. Deux éléments ont pu jouer: d'abord les coulées et les glissements locaux, dont les matériaux se retrouvent dans les cônes, avec ceux qui furent arrachés par le ruissellement aux parcelles cultivées du Cardameller; ensuite la réincision ou le ramonage des chenaux torrentiels eux-mêmes, la route de Pal au Coll de la Botella facilitant la concentration des eaux de ruissellement; enfin,

localement, la création de nouveaux chenaux en aval de la route.

* Le Barranc de la Font Antiga est un court chenal qui rassemble les eaux de ruissellement d'un petit bassin de réception torrentiel de seulement 35 hectares de superficie mais de 610 mètres de dénivelé, aujourd'hui très boisé. Trois glissements en planche provoquent des ouvertures dans la forêt: les troncs et la couche de terrain superficielle s'accumulèrent dans le cône très allongé, obstruant le pont, recouvrant la route et surélevant le lit du torrent de plusieurs mètres.

BASSINS TORRENTIELS DE LA FONT ANTIGA ET DE XIXERELLA

Carte d'interprétation.



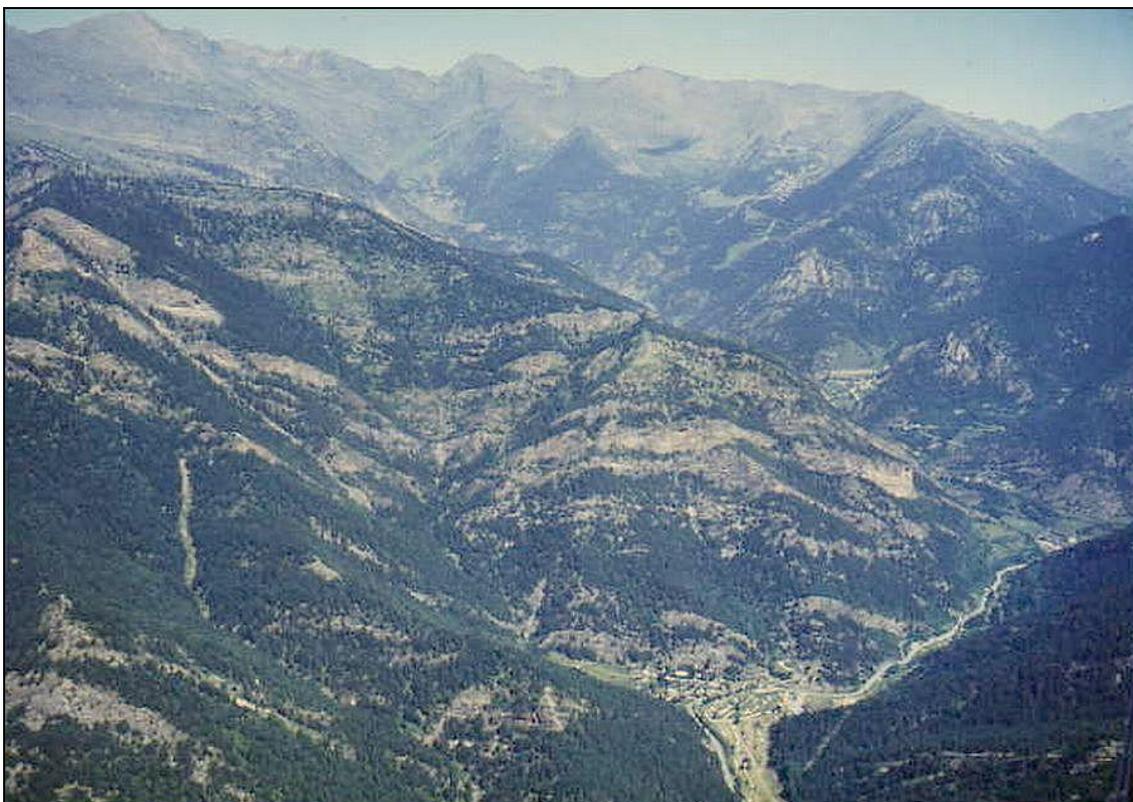
(Fond : carte Valls d'Andorra, feuille 9, MICG)

* L'ensemble torrentiel de Xixerella comporte un large bassin de réception, avec des secteurs importants non boisés et un fort dénivelé (750 mètres sur un kilomètre et demi de distance). Le chenal d'écoulement est très bref et aboutit à un cône de déjection ouvert, assez large et peu pentu. C'est la seule zone assez ouverte dans la vallée étroite du Riu de Pal en amont d'Erts: le cône étant peu actif, on y avait construit un lotissement de chalets individuels, la confluence et la zone inondable devenant un camping utilisé en été.

Ce secteur fut certainement un de ceux qui reçurent les plus gros abats d'eau. Plusieurs glissements se produisirent sur le versant des Caubets, dont les matériaux furent transportés par la Canal de la Font del Boix jusqu'au cône où ils s'étalèrent. Tout le cône fut actif et la plus grande partie du lotissement se trouva au milieu des eaux et des dépôts. Malgré l'inondation, aucune maison ne fut emportée ni gravement endommagée. Au cours de cet épisode bref, le débit du torrent de Xixerella fut assez fort pour gêner l'écoulement du Riu de Pal à leur confluence, ce qui amena des changements de position des méandres immédiatement en amont et une exacerbation des érosions sur les berges. On se reportera aux illustrations des pages suivantes et aux documents annexes.



L'ENSEMBLE TORRENTIEL DE XIXERELLA



Vue générale des Feixants de Xixerella.

Vol hélico du 20/07/1990, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La vue est prise en direction du nord: l'ascendance orographique s'est produite sur ce front montagneux. Au premier plan à gauche, dans le petit bassin torrentiel du Barranc de la Font Antiga, une des trois coulées boueuses qui l'affectèrent en 1982 ouvre le couvert forestier avec toujours la cicatrice du glissement en planche. Au second plan l'ensemble torrentiel de Xixerella, strié de bancs calcaires (les couches d'un synclinal perché ancien), présente une alternance d'abrupts, d'éboulis et de fortes pentes dans des calcaires marneux: les Feixants de Xixerella. Ce grand entonnoir de 750 mètres de dénivelée reçut plus de 200mm de pluie lors de *l'aiguat*. Un des glissements est visible à gauche, aux Caubets. Inondation et dépôts recouvrirent en partie le lotissement de chalets qui occupe tout le cône de déjection actif. Entre route et rivière, la zone inondable très altérée par *l'aiguat* a été remblayée et aplanie; c'est à nouveau un camping. À l'arrière-plan on distingue le Pic de Coma Pedrosa (à gauche, 2.942m) et la vallée d'Arinsal.

L'ENSEMBLE TORRENTIEL DE XIXERELLA



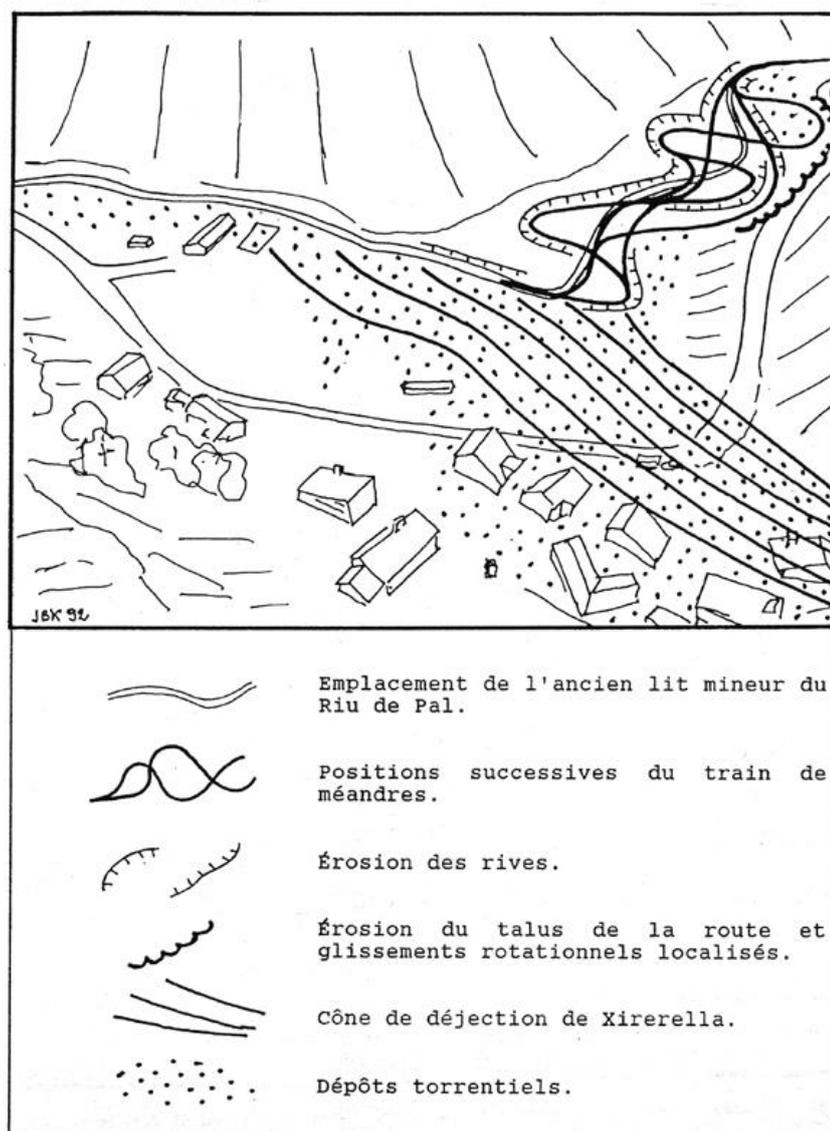
Cône de la Canal de la Font del Boix et le Riu de Pal à Xixerella.
Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La partie basse du cône de déjection de Xixerella et la zone inondable occupée par le camping et le Riu de Pal sont pris en direction du sud-est, trois jours après *l'aiguat*. On se reportera à la photographie précédente pour situer ces éléments dans leur contexte. A gauche et au centre les dépôts torrentiels sont surtout formés des matériaux des glissements et des coulées des versants, que le Riu de Pal étala vers l'aval, en direction de la piscine et des bâtiments du camping. Réciproquement, le blocage momentané du Riu de Pal par son affluent torrentiel provoqua le déplacement latéral et l'exaspération de l'érosion latérale des méandres situés immédiatement en amont (en haut et à droite de la photographie), et le sapement du talus de la route, qui s'effondra en partie.

L'ENSEMBLE TORRENTIEL DE XIXERELLA

Cône de la Canal de la Font del Boix et le Riu de Pal à Xixerella

Croquis
d'interprétation.



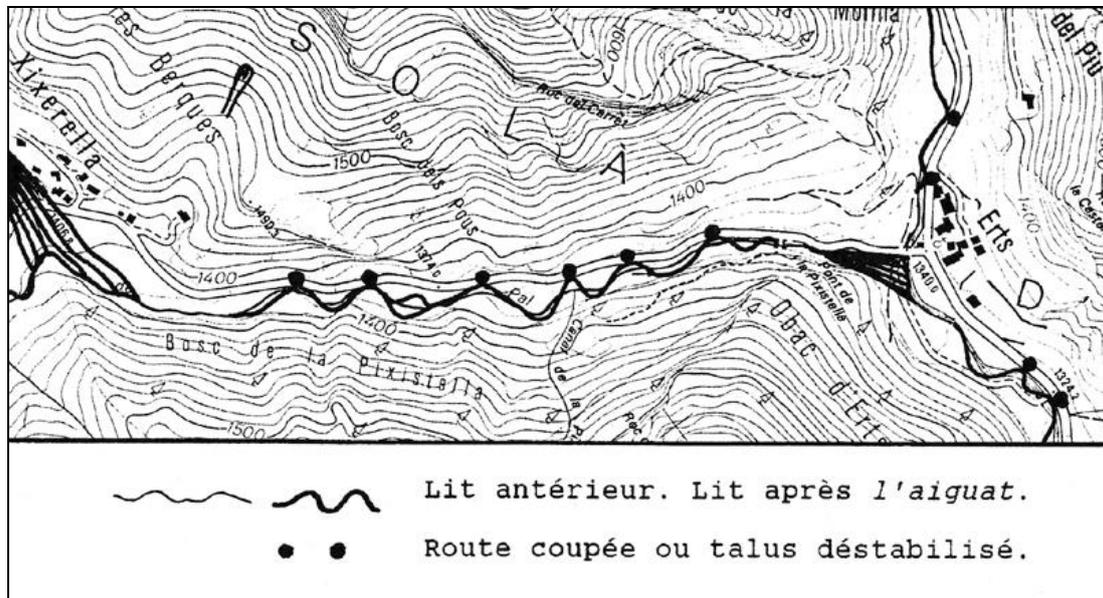
La vallée du Riu de Pal: les modifications du lit

Il s'agit surtout d'une érosion systématique des rives concaves des méandres. Entre le village de Pal et le cône actif du Riu del Prat del Bosc, le Riu de Pal a érodé vivement deux rives concaves, probablement parce que les apports du torrent affluent ont gêné son écoulement et provoqué un balancement latéral du flux de crue.

Entre Pal et Xixerella la rivière est encaissée; elle a érodé les rives des méandres mais la route ne fut guère affectée car elle était construite sur le versant. Malgré cela, en trois endroits le sapement d'une rive concave sous la route amena des glissements ponctuels et la fragilisation de la partie de la chaussée construite sur les remblais.

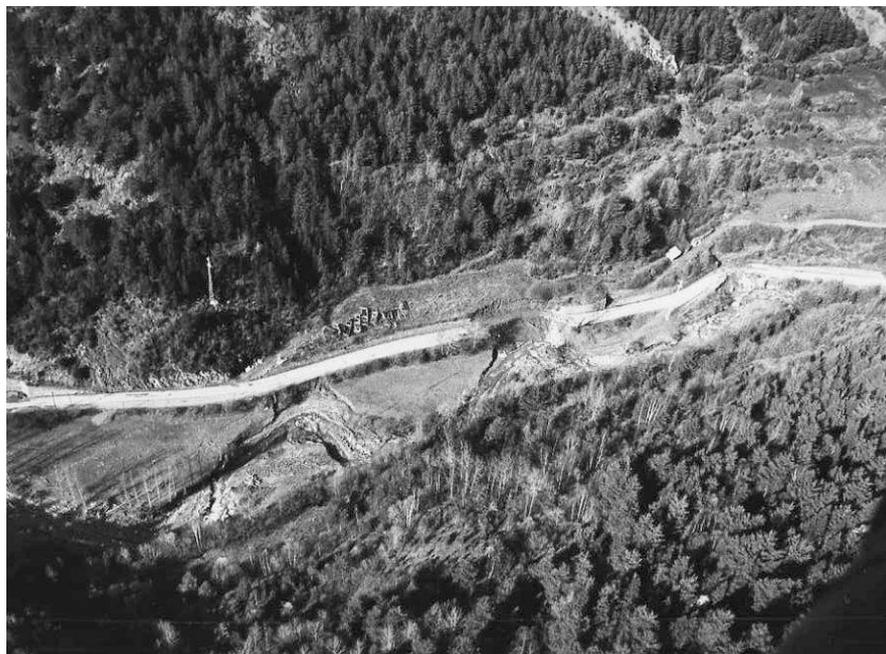
LA VALLÉE DU RIU DE PAL DE XIXERELLA À ERTS

Fond : carte au 1/10.000^e MICG.



LA VALLÉE DU RIU DE PAL DE XIXERELLA À ERTS

Vol hélico du
11/11/1982, de
J. Becat et A.
Lerouge. Photo.
A. Lerouge.



À l'amont immédiat d'Erts, le Riu de Pal éroda les rives concaves des méandres, qui furent ici très exagérés. Bien que la vallée soit encore isolée, une réparation provisoire de la route a déjà été réalisée à partir d'Erts.

En amont de Xixerella, lorsque le fond de vallée s'élargit un peu, le Riu de Pal changea plusieurs fois de lit pendant la crue, déplaçant un train de méandres mobiles et emportant la majeure partie de sa terrasse. À la fin de *l'aiguat* il avait dessiné un nouveau lit mineur, encaissé dans un lit majeur qu'il avait élargi et bordé de berges abruptes⁷⁴. Cette exaspération du flux principal ainsi que la capacité de la crue qui inonda la terrasse et éroda le talus de la route, pourtant hors du lit de crue habituel, sont à mettre en relation avec le véritable barrage d'eau, de boue et de matériaux divers du cône de Xixerella qui gêna momentanément l'écoulement du Riu de Pal. Dans un premier temps celui-ci élargit son lit majeur en sapant les berges de part et d'autre; c'est alors qu'il fragilisa le talus de la route sur une soixantaine de mètres. Dans un second temps, les apports du torrent de Xixerella (la Canal de la Font del Boix) étant moins abondants, il incisa un nouveau train de méandres, qui migra pendant la crue, laissant la marque de ses tracés successifs.

Entre Xixerella et sa confluence avec le Riu d'Arinsal, le Riu de Pal coule à nouveau dans une vallée étroite et assez encaissée. À peine surélevée, la route suit le cours d'eau et souvent ses remblais utilisent une partie du lit majeur. Nulle part elle n'était protégée par des murs ni par des enrochements. Dans cette portion de son cours, la rivière a érodé toutes les rives concaves de ses méandres. En rive droite cela n'affecta que quelques prés et le bas des versants du Bosc de la Pixistella, mais en rive gauche la route fut emportée en partie ou en totalité en six endroits, c'est-à-dire chaque fois qu'elle longeait le torrent car, comme c'est habituel, le creusement du méandre s'accompagna d'un effet de soutirage et de glissements locaux. Les petits chenaux torrentiels du versant du Bosc del Pous, qui aboutissent sur la route, favorisèrent le décapage et les mouvements rotationnels des talus. Les rives convexes furent recouvertes par la crue mais non érodées, avec le dépôt de larges plaques de graviers, de blocs et de débris végétaux.

À Erts, après le Pont de Pixistella, le Riu de Pal inonda les prés et déposa des matériaux, ébauchant un cône de déjection torrentiel à son débouché dans la vallée principale du Riu d'Arinsal.

La vallée du Riu de Pal: les versants

Dans le bassin du Riu de Pal on compta une vingtaine de glissements sur les versants, qui se prolongèrent souvent par des coulées de boue et par des trouées dans le manteau forestier. Au départ il s'agissait de mouvements rotationnels dans des terrains meubles, dans des dépôts de versants ou dans des schistes et des calcschistes, ou de

⁷⁴ - idem: photographie n° 8.

glissements en planche et de décollements au niveau du substrat lorsque les roches [souvent des calcaires] étaient recouvertes par des sols minces.

Certains glissements furent à l'origine de ravinements concentrés, dont un nouveau chenal sous la route du Coll de la Botella, qui rejoignit le Riu du Cardemeller. Au départ il se produisit un glissement au-dessus de la route, avec un mouvement rotationnel dans le talus instable que l'ouverture de la plateforme de la chaussée avait créé. Les matériaux éboulés obstruèrent la route et les eaux de ruissellement déjà concentrées et canalisées en amont par la chaussée dévalèrent et ouvrirent un ravin nouveau dans les remblais et dans le versant inférieur. Sous le Coll de la Botella se produisirent deux importants glissements par paquets. Mais les glissements les plus nombreux se localisèrent sur les versants calcaires du Solà de Pal et de Xixerella. On se reportera aux feuilles correspondantes des cartes des forêts et de risque d'avalanches, où ces impacts sur les versants sont tous cartographiés⁷⁵.

Les formes plus modestes furent très nombreuses et généralisées. Il s'agit de multiples décapages et ravinements superficiels dans les champs et dans les espaces ouverts; des glissements superficiels et de la solifluxion affectèrent les pâturages et les landes; les coups de cuiller ou les petits glissements d'ordre métrique se comptèrent par dizaines dans les talus et dans les secteurs les moins végétalisés.

Partout les ravins et les chenaux torrentiels furent ravivés, surtout ceux qui étaient en exposition sud et sud-est. Localement se produisirent de petits embâcles de troncs, en particulier en aval des glissements les plus importants. Dix ans après, la plupart des impacts sont encore visibles et mal cicatrisés.

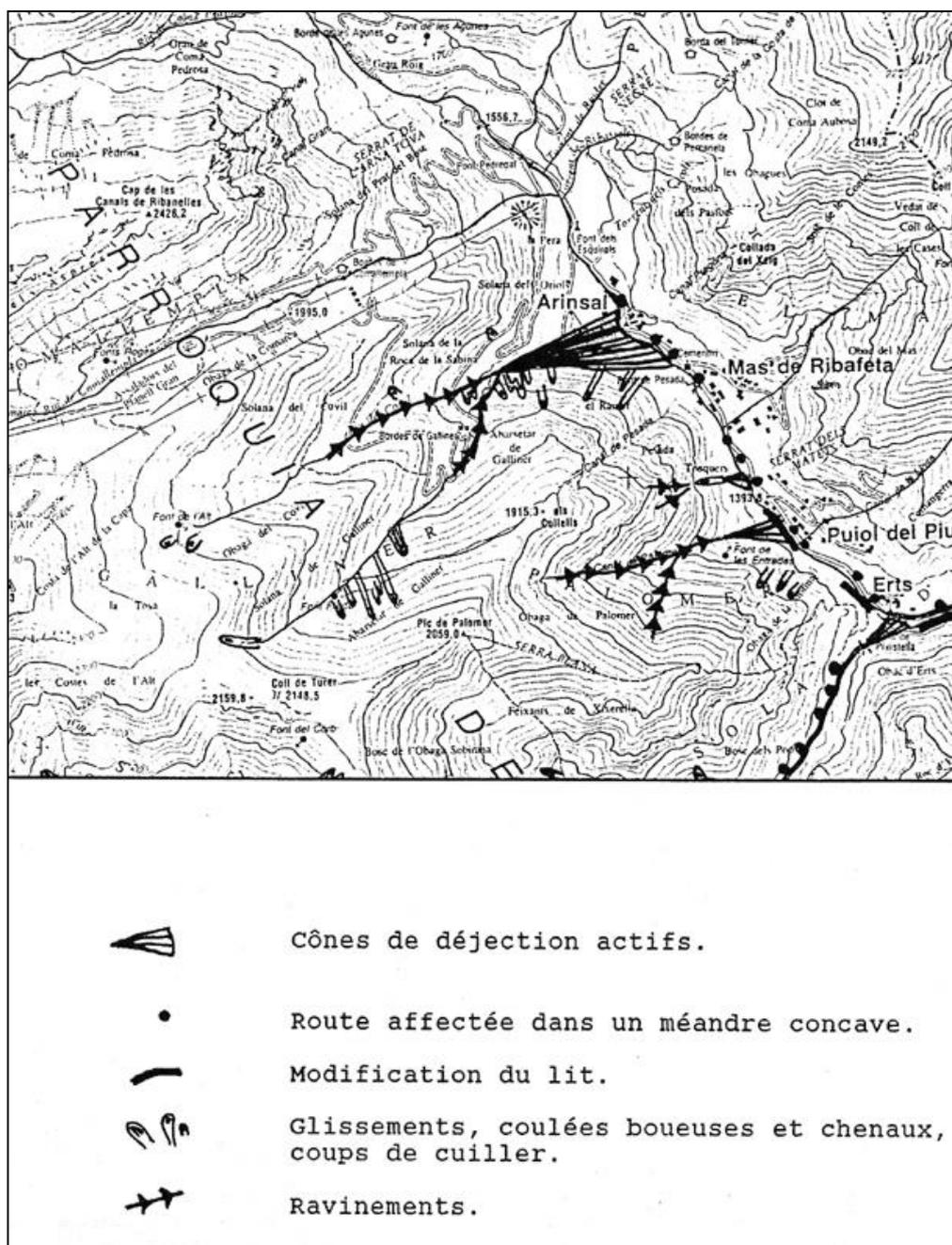
c) La vallée du Riu d'Arinsal en amont d'Erts.

En amont d'Arinsal nous n'avons constaté rien de particulier, si ce n'est ce qui se produit lors des forts abats d'eau: les effets de forts ruissellements sur les pentes et sur les pistes ouvertes au bulldozer, et l'activité de tous les chenaux torrentiels, qui emportèrent la végétation qui les avait envahi et qui transportèrent beaucoup de troncs et de débris, dont certains entassés depuis longtemps au pied des couloirs d'avalanches.

⁷⁵ - Feuilles n° 5 et 9 de la couverture *Bosc Andorrà, Espècies dominants*, par Joan Becat, 1984-1986: chapitre 54.1 - Gestion des forêts. Carte de risque d'avalanche La Massana, secteurs Arinsal et Pal-Seturia, dessinée par J. Becat, 1985-1987: chapitre 2.1 - Les avalanches. Voir les documents annexes ainsi que les cartes hors textes.

L'AIGUAT DEL 82 DANS LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL

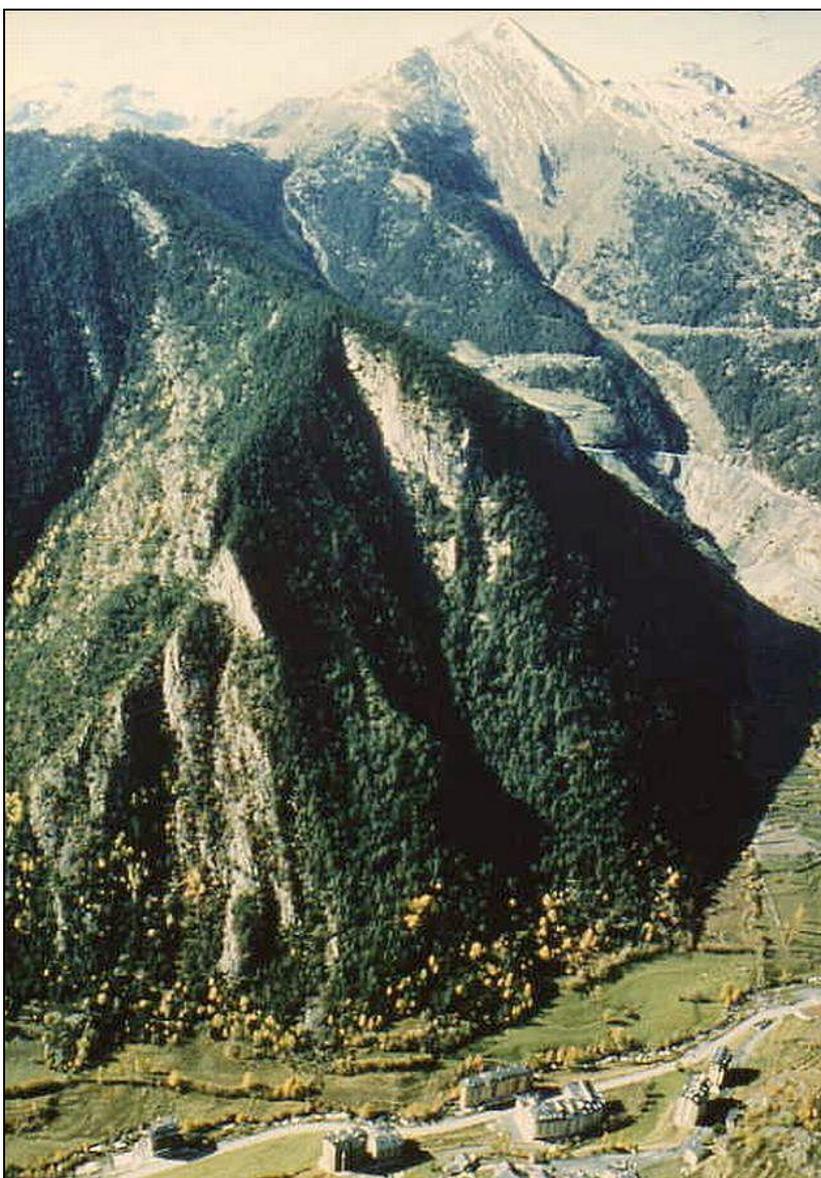
Carte de situation.



Les versants de la vallée d'Arinsal furent moins affectés par les glissements et les coulées que celle de Pal. Les impacts se concentrèrent sur les versants de *l'obac* d'Arinsal, dans l'Abarsetar del Galliner, au Ramer et au Palomer, avec surtout des glissements en planche sur le substrat calcaire. La minceur des formations superficielles, les fortes pentes et le poids des arbres facilitèrent ces décollements. Les

cônes de déjection des ensembles torrentiels de *l'obac* furent tous fonctionnels, avec l'étalement ou le transit des matériaux fournis par ces glissements de terrain et par les infrastructures routières. À *l'obac* comme sur tout le *solà*, les *canals*, les ravins et les incisions sur des versants partout abrupts fonctionnèrent comme des chenaux torrentiels malgré le couvert forestier quasi continu jusqu'aux crêtes.

LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL



L'ensemble
torrentiel del Cubil
et le Mas de
Ribafeta avant
l'aiguat.

Vol hélico
26/10/1982, de J.
Becat et A.
Lerouge. Photo. A.
Lerouge.

Cette vue a été prise dix jours avant *l'aiguat*, dans le cadre d'une étude du risque d'avalanche. Dominé par le pic Alt de la Capa (2.572m) le bassin torrentiel du Riu del Cubil est aussi une des zones d'avalanches les plus spectaculaires d'Andorre. Menée sans précautions la route qui monte vers la station de ski d'Arinsal a fourni les matériaux que le torrent apporta sur le cône. À gauche, le bassin de réception du Palomer, malgré son boisement jusqu'à la crête, alimenta un cône de déjection qui fut actif le 7 novembre. On comparera l'aspect souriant et bucolique du

fond de cette vallée avec la photographie du même secteur prise après *l'aiguat* et reproduite à la page suivante.

LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL



Le cône de déjection del Cubil et le Mas de Ribafeta après *l'aiguat*.
Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La vue est prise trois jours après *l'aiguat*. Au premier plan le cône de déjection du Riu del Cubil a été actif, avec une phase où le torrent a débordé et étalé quelques dépôts sur la droite, où était situé son chenal antérieur, suivie d'une phase de paroxysme où il a répandu beaucoup de matériaux, édifiant un cône au droit de son couloir, face au village d'Arinsal, sur la gauche. Il a réincisé ces dépôts en fin de crue. Ses apports ont repoussé le Riu d'Arinsal vers l'autre rive où celui-ci emporta une partie de la route; puis, avec des balancements successifs, la rivière exagéra les méandres suivants aux dépens de la chaussée.

LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL

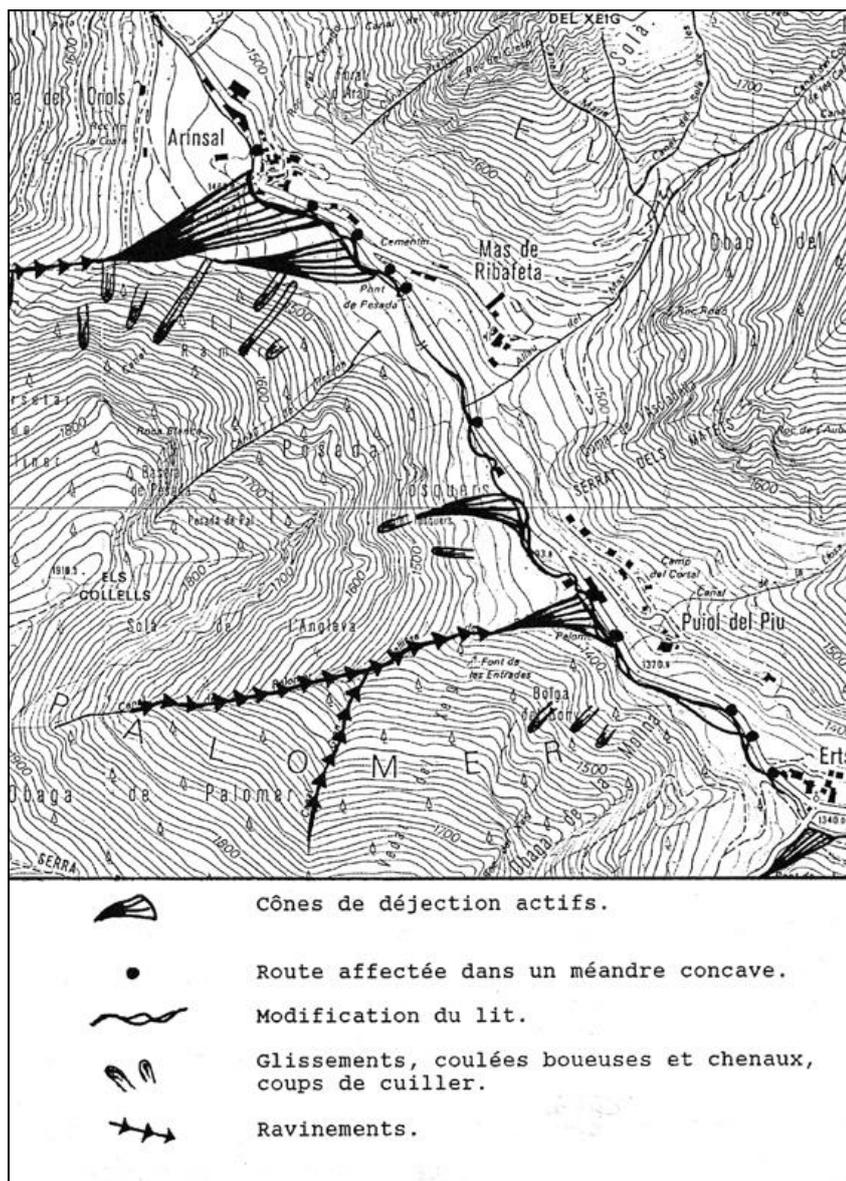


Le fond de vallée au Puiol del Piu.

Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

Au pied du Puiol del Piu un hôtel avait été édifié en rive gauche du Riu d'Arinsal, en limite du lit mineur, tout comme le mur qui protégeait les remblais du parking. Au cours de *l'aiguat*, le cône de déjection du Palomer (la Callissa de Palomer) a fonctionné, étalant les dépôts en aval de l'hôtel, à gauche de la photographie. En amont, le courant de crue du Riu d'Arinsal, contrarié par l'obstacle de cette construction dans son lit majeur, a érodé davantage, exagérant un méandre. Ensuite le mur de l'hôtel a renvoyé le flux principal sur l'autre rive où la route a été emportée et des bâtiments menacés.

LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL EN AMONT D'ERTS



La partie basse du village d'Arinsal connut l'inondation, mais sans dommages matériels ni humains. Le cône de déjection du Riu del Cubil fut actif; le bassin de réception était dénudé et la route en construction qui montait vers la station de ski de Comallempa a fourni, avec les glissements dans les versants, les dépôts qui le recouvrirent.

En aval d'Arinsal, route fut coupée ou endommagée à onze endroits et des immeubles furent menacés ou pris dans les eaux. Chaque fois il s'agissait de l'érosion de rives concaves de méandres. Deux éléments ont accentué ces balancements. D'une part les cônes de déjection du Riu del Cubil et de tous les petits torrents affluents du Riu d'Arinsal furent très actifs lors du paroxysme des pluies: ils repoussèrent chaque fois la

rivière en crue vers l'autre rive et l'amènèrent à exagérer un ou plusieurs méandres successifs. D'autre part il y eut un élément anthropique important, avec la présence de constructions dans le lit majeur, en limite même du lit mineur qu'elles rétrécissaient. Elles constituèrent des obstacles qui changèrent la dynamique du cours d'eau, provoquant des agressions sur les rives de l'autre berge. Nous en présentons des exemples ci-dessous; on consultera les documents annexes.

À Erts la route a été coupée par le Riu d'Arinsal en deux endroits, au village lui-même. Chaque fois il s'agissait de rives concaves de méandre au contact direct de la chaussée, élargie avec des remblais rapportés, dont le talus n'avait pas été protégé par un mur.

d) La vallée du Riu d'Arinsal entre Erts et La Massana

La vallée est plus large, avec les méandres du lit mineur inscrits dans les alluvions d'un lit majeur souvent inondé. C'est pour cette raison que ce secteur de vallée, pourtant facilement urbanisable, n'a pas de constructions, en dehors de la Borda Raubert et de bâtiments industriels à l'Escalluquer (des entrepôts et la briqueterie qui exploitait les argiles d'un remplissage fluvio-glaciaire latéral). La route est installée sur la rive gauche du Riu d'Arinsal, dans le lit majeur ou sur sa limite. Elle suit très souvent le lit mineur, en particulier lorsque les méandres se rapprochent de la base du versant *solà*.

Pendant *l'aiguat*, le Riu d'Arinsal a calibré son lit majeur, réalisant systématiquement des migrations de méandres, voire des changements complets de position d'un train de méandres, comme en aval de la Borda Raubert. Il n'a eu aucun mal à saper les berges et à inscrire de nouveaux chenaux, puisqu'il coule dans ses propres alluvions. Bien qu'un peu surélevée par rapport au lit mineur, la route n'était pas un obstacle car elle était construite sur des terrains meubles ou sur des déblais lorsqu'elle longeait la rivière. Nulle part elle n'avait des murs de protection ou des enrochements. Il n'est pas surprenant qu'elle ait été si souvent affectée par *l'aiguat*. Tout au long de la vallée alternent des secteurs où le Riu d'Arinsal a tantôt érodé ou tantôt alluvionné. Les photographies aériennes reproduites dans les documents annexes illustrent ces mécanismes et couvrent presque toute cette portion de vallée.

Les couloirs torrentiels et les cônes des versants de la vallée furent actifs, en particulier celui du torrent de l'Escalluquer. Mais aucun n'eut les comportements violents que nous avons décrits en amont. De plus, Nous n'avons pas rencontré les nombreux glissements dans les versants et les coulées boueuses caractéristiques des bassins supérieurs, à Pal et à Arinsal. On peut avancer deux observations qui peuvent expliquer ce changement de comportement: d'une part, pour peu que ce soit, nous nous éloignons de la zone qui reçut le maximum de précipitations et, d'autre part, les versants

Au départ il y avait une imprudence incroyable: l'installation dans une zone à forts risques naturels d'un important dépôt de gaz destiné à alimenter le réseau public. Il était exactement situé au point d'impact de la sortie d'un méandre très prononcé, en amont de La Massana. Un mur insuffisant, par sa structure et par sa construction et, qui plus est, construit sur des terrains meubles, protégeait deux cuves aériennes situées au bord du cours d'eau, presque au même niveau que le lit. L'installation avait reçu un agrément et était conforme aux normes de sécurité, mais son emplacement n'avait pas fait l'objet d'une étude administrative de risque ni d'une enquête publique. Et pour cause, puisqu'il y avait un vide réglementaire: nulle part en Andorre avant 1980, date à laquelle le Comú d'Ordino refusa des permis de construire dans un couloir d'avalanche et arrêta les travaux déjà commencés, jamais un projet n'avait fait l'objet d'un blocage ou d'une étude pour cause de risques naturels. Les nombreux immeubles construits à même le lit majeur ou la carrière ouverte dans les terrains instables de La Grella en sont quelques exemples. Quant aux enquêtes publiques, nous avons vus dans un chapitre précédent qu'elles ont été mises en place à propos des premières cartes d'avalanches en 1983 et 1984.

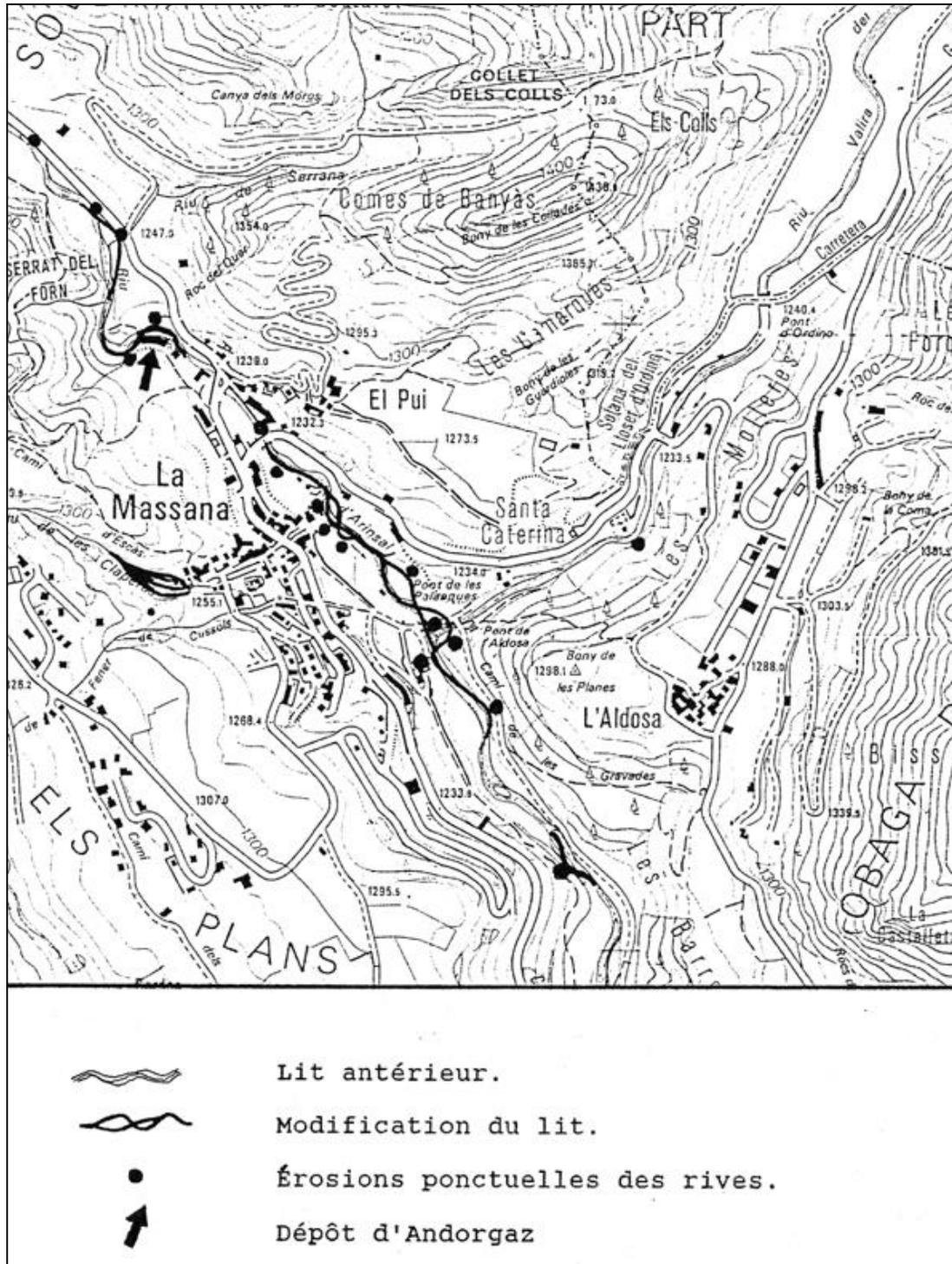
Dès l'après-midi du 7 novembre 1982, c'est-à-dire bien avant le maximum de *l'aiguat*, le Riu de Pal emporta le mur et érôda la berge à la sortie du méandre, comme c'était prévisible. Le choc des matériaux flottants et des rochers roulés par le flot de crue sur les cuves et sur les conduits des branchements éventra une canalisation qui se mit à fuir. Un court-circuit, probablement provoqué par les fils électriques d'une ligne à haute tension qui brinquebalait, enflamma le gaz (un des pylônes, tout près, était lui aussi placé au bord de la rivière dans une zone sensible et subissait les effets déstabilisateurs de la crue). L'odeur du gaz qui envahit l'agglomération de La Massana et la lueur de l'incendie dans la nuit provoquèrent la panique que nous avons évoquée.

Le pire put être évité car dans ce secteur la crue ne continua pas son érosion et ses destructions, en dehors d'une petite cuve de gaz qui partit à vau-l'eau en fuyant et brûlant. Grâce aux efforts de techniciens qui travaillèrent pendant que *l'aiguat* sévissait [dont le propriétaire des installations qui décéda le lendemain à la suite des brûlures] les canalisations qui allaient vers la ville purent être isolées puis fermées et une torchère de sécurité fut allumée, qui permit d'arrêter l'incendie et de vider les dépôts dans des camions citernes. Les documents annexes présentent des vues de La Massana et des témoignages dans la presse andorrane de novembre 1982.

À La Massana le Riu d'Arinsal érôda quelques berges et emporta une partie du terrain de football, construit sur un remblaiement du lit d'inondation. Bien que particulièrement étroit et encore rétréci par le support en béton d'un pylône électrique, le pont de la route nationale résista, mais un de ses soutènements fut très affouillé par le flot de crue.

LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL À LA MASSANA

Carte d'interprétation.



LA VALLÉE DU RIU D'ARINSAL



Le méandre d'Andorgaz à La Massana.

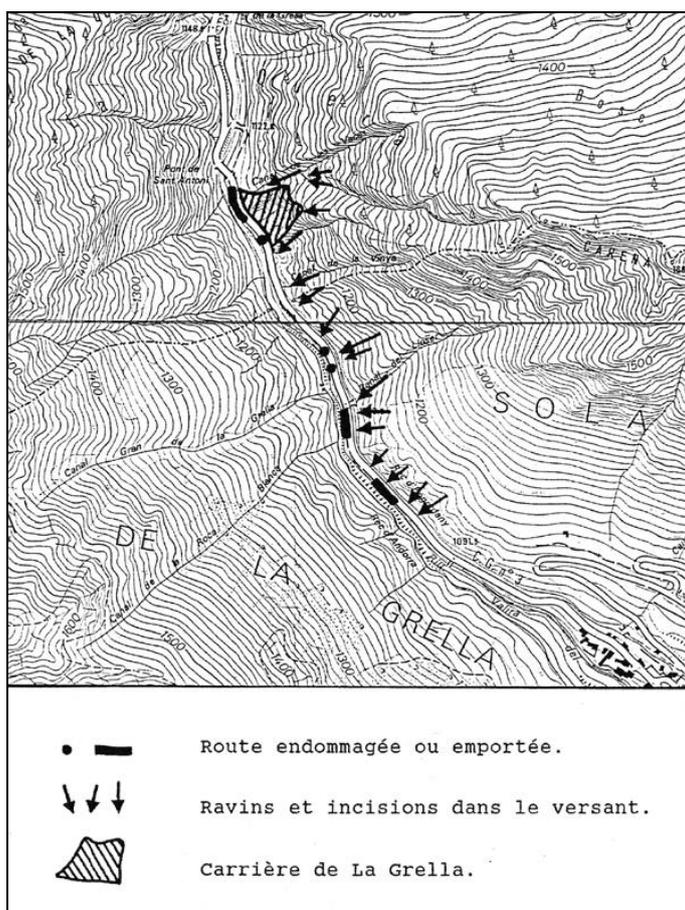
Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

Avant d'entrer à La Massana, le Riu d'Arinsal décrit deux méandres très prononcés, probablement parce que la vallée fluviale est rétrécie par un verrou et parce que la rivière contourne le cône de déjection du torrent de Serrana (au second plan à droite et au centre). Les installations d'Andorgaz sont en bordure du Riu d'Arinsal, au contact des premières maisons. Il s'agit des hangars et des deux cuves aériennes de propane bien visibles à la sortie du premier méandre. Le cours d'eau érode dans ses rives concaves, cherchant à déplacer vers l'aval son point d'impact, donc en direction des deux cuves dont le mur de protection fut emporté. Cette érosion fut d'autant plus efficace que le lit avait été rétréci par le comblement artificiel de la partie convexe du méandre, rétrécissant le lit d'inondation et rejetant le flux de crue sur l'autre rive.

e) La vallée de la Valira del Nord entre La Massana et Engordany

Dans sa traversée du bassin de La Massana la Valira del Nord éroda quelques rives, surtout après sa confluence avec le Riu d'Arinsal dont le débit était plus important que le sien. Les accentuations de méandres les plus notables sont au niveau du village d'Anyós. La Valira put occuper tout son lit d'inondation, bordé de prés et de champs, sans aucun obstacle ni construction. Comme dans la vallée d'Ordino, c'est probablement pour cette raison que son action érosive y fut si modérée.

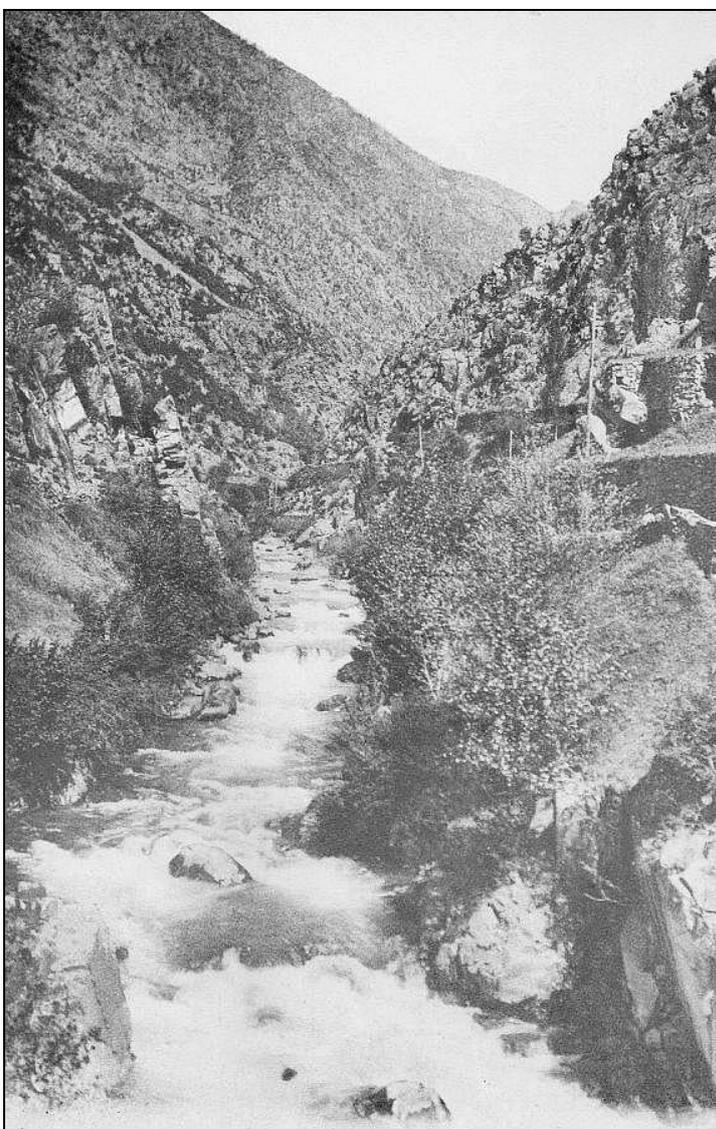
LA VALIRA DEL NORD À LA GRELLA



Par contre il fut d'une grande violence dans les gorges de La Grella, sur les deux kilomètres qui séparent le bassin de La Massana des Escaldes-Engordany. Il n'y a plus de lit d'inondation et les eaux de crue doivent s'engouffrer dans un lit étroit et rocheux. De plus la chaussée de la route a mordu très souvent sur ce lit, le rétrécissant encore, surtout depuis son élargissement réalisé au cours de la décade précédente. Pour éviter de trop creuser le versant, à la fois pour élargir au moindre coût et pour éviter de trop toucher un versant formé de roches très fissurées et instables, on avait choisi de mordre sur le lit de la Valira, en particulier dans les endroits difficiles, qui coïncidaient en général avec la courbure d'un méandre au passage d'une échine rocheuse. Des murs

avaient été construits, mais souvent la route n'était protégée que par un enrochement formé par les blocs arrachés au versant et poussés dans la rivière au bulldozer, puis sommairement disposés à la pelle mécanique.

Dans ces gorges la route a été touchée à plusieurs endroits, dont deux secteurs où la moitié de la chaussée a été emportée. Mais la circulation a pu être rétablie aussitôt après *l'aiguat*. La localisation de ces points d'impact montre que la Valira del Nord a simplement attaqué les rives concaves des méandres, aussi peu prononcés qu'ils soient, ainsi que les secteurs où son lit avait été rétréci. Nous avons noté également le travail préalable des eaux des *canals* qui strient le versant qui domine la route: faute d'un drainage au pied du versant, elles s'infiltraient en permanence dans la chaussée, dont les matériaux rapportés étaient virtuellement fragilisés et prêts à fluer si le mur ou l'enrochement de protection venaient à disparaître.



LA VALIRA DEL NORD À LA GRELLA

Les gorges de la Grella en 1906.

Photo. Labouche, 1906.
Collection Terra Nostra.

Les gorges de La Grella ou gorges de Sant Antoni, du nom d'une chapelle romane construite à leur entrée, telles qu'elles étaient au début de ce siècle. On appréciera l'étroitesse du lit et la difficulté du passage. Après les dernières feixes cultivées d'Engordany, à droite de la photographie, le franchissement n'était possible que par un étroit chemin muletier. Les versants étaient très dénudés et servaient de pacages au troupeau communal de chèvres. Quelques pins sylvestres, bouleaux et peupliers bordent les talus et la Valira del Nord.

LA VALIRA DEL NORD À LA GRELLA



Le même secteur le 11/11/1982.

Photographie A. Lerouge.

On reconnaît l'allure et la silhouette des versants. La végétation est un peu plus abondante, surtout près de la rivière. On constate que la route a davantage empiété sur le lit de la Valira qu'elle n'a gagné sur le versant. La technique de construction est mise en évidence par les ablations de la rivière en crue: déblais rocheux sur lesquels on a tassé quarante centimètres de graviers, que l'on a ensuite asphaltés. La crue a emporté la terre et les blocs de petite taille, laissant les plus gros sur place ou les abandonnant au milieu du lit après les avoir roulés quelque temps. Le soir du 7 novembre, le niveau de la Valira dépassait de trente centimètres celui de la chaussée, qui avait été en partie emportée. C'est à cet endroit que deux voitures tombèrent dans la Valira avec leurs sept occupants.

Le bassin de la Valira d'Orient et du Madriu

Toute la partie à l'est de l'Andorre connut certes une très forte inondation et des abats d'eau exceptionnels, il y eut des routes coupées et un glissement de terrain à Engolasters, mais les dommages et l'impact de *l'aiguat* furent moins importants que dans le bassin de la Valira del Nord et dans les vallées en aval de la confluence de trois cours d'eau qui forment la Gran Valira.

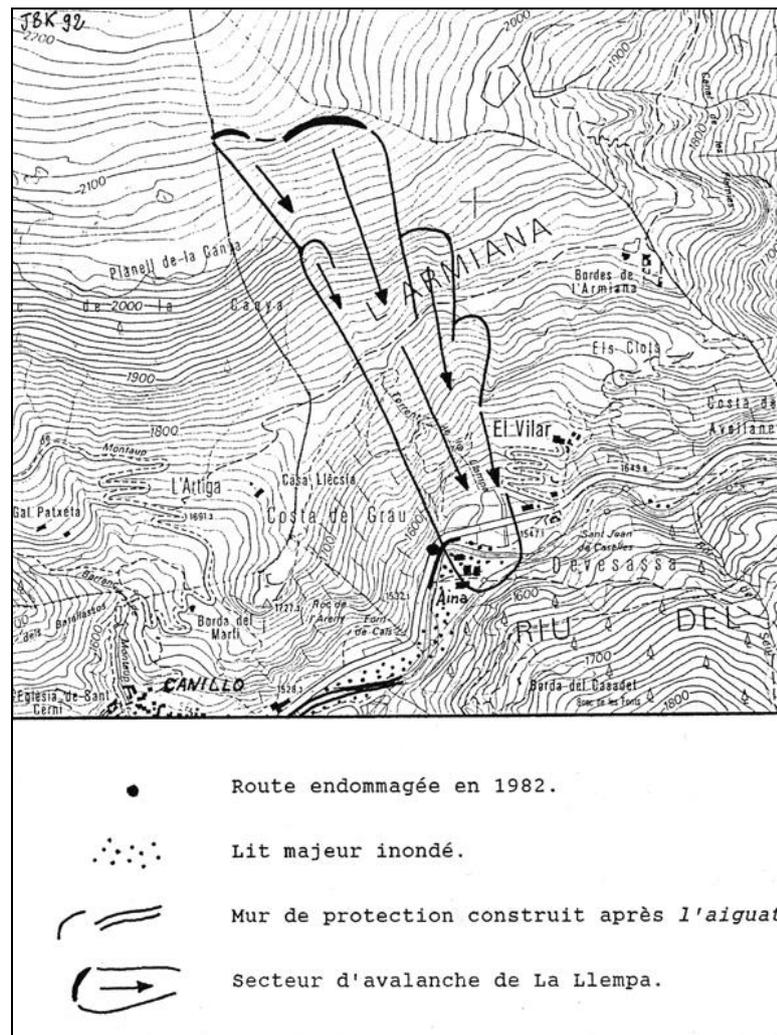
a) La paroisse de Canillo

En amont de Canillo la route fut coupée seulement en deux endroits et la circulation fut rapidement rétablie. Pendant *l'aiguat*, la chaussée fut systématiquement envahie par les torrents et par les eaux des *canals* qui incisaient les versants, avec le contingent habituel de talus éboulés, de petits ravinements localisés et de dépôts grossiers répandus par endroits sur la chaussée, transformée par moments en véritable torrent.

La route nationale fut en partie emportée et coupée à Soldeu. Des voitures furent prises en charge par la Valira et abandonnées plus en aval. La petite prise de Ransol fut entièrement engravée. En effet, afin de dériver l'eau de la Valira d'Orient vers un canal qui l'amènera, à flanc de montagne, jusqu'à l'Estany d'Engolasters, la chambre de charge de la centrale électrique des Escaldes, un mur barre le lit mineur: il créa une zone de calme relatif favorable à un alluvionnement qui combla et régularisa le lit majeur sur une soixantaine de mètres en amont.

Plus en aval, la route fut à moitié coupée entre Sant Joan de Caselles et Canillo, dans la partie concave du méandre d'Aina. Mais la circulation y fut possible avec précautions. Dans les années qui suivirent, la consolidation de cette rive de méandre fut un des travaux prioritaires. On édifia un long et puissant mur de béton, dont le parapet dépasse le niveau de la route d'un mètre et demi. On en profita pour élargir la chaussée et pour réaliser un petit parking entre la chaussée et la rivière, protégé par ce mur. Il s'agissait à la fois d'endiguer ce secteur sensible et d'atténuer l'impact de l'avalanche de la Llempa, connue à Canillo sous le nom *d'allau* d'Aina. Assez rare, mais menaçante et imparable dans les conditions actuelles d'aménagement, cette avalanche arrive jusqu'à la Valira et parfois jusqu'au pied du versant opposé. Si la prochaine avalanche n'est pas exceptionnelle, on peut penser que l'élargissement de la route et le parking seront une zone de zone de stockage de la neige, et que le haut parapet bétonné du mur d'endiguement servira de buttoir.

CANILLO: LE MÉANDRE D'AINA



b) La paroisse d'Encamp

La route fut également coupée à Encamp et à demi emportée sur une centaine de mètres, dont une grande ouverture béante de plus de quarante mètres dans cette zone urbaine. Il n'y eut pas de maison affectée ni de victimes. La Valira éroda la rive concave d'un méandre et ouvrit la brèche dans le talus à onze heures du soir, le 7 novembre. La portion de chaussée restante était très instable et dangereuse. Le passage y fut interdit temporairement.

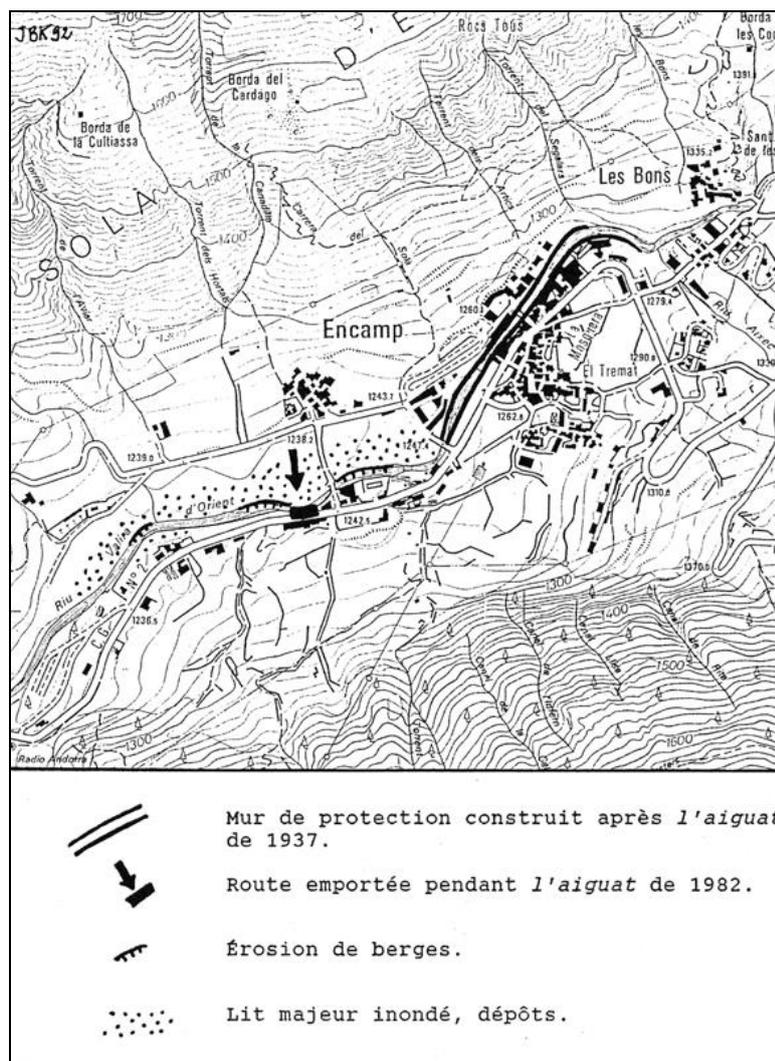
Il s'agit du deuxième méandre en aval du secteur rectifié et protégé par des murs après *l'aiguat* de 1837. La route était protégée au niveau du premier méandre, en rive gauche, par des immeubles construits à ras du lit mineur, avec leur soubassement bétonné face à la Valira. Ils renvoyèrent le flux principal sur l'autre rive, érodant la rive droite et inondant un camping installé sur la basse terrasse [le lit d'inondation exceptionnel].



Puis la Valira revint sur la rive gauche, dans la partie concave du second méandre, qui n'était pas encore construite. La présence du pont qui mène au vieux village d'Encamp, juste avant ce méandre, contribua aussi à concentrer le flux. Elle emporta le talus, puis le soubassement de la chaussée qui s'effondra. Cet affouillement fut exacerbé par la présence, à la sortie du méandre, d'immeubles construits à ras du lit mineur, contre le flanc desquels vint butter la rivière en crue. Elle creusa donc à l'amont immédiat, car il se créa un tourbillon contre l'obstacle et un surcreusement au point d'impact du flux principal, dans la concavité du méandre.

ENCAMP

AIGUAT DE 1982



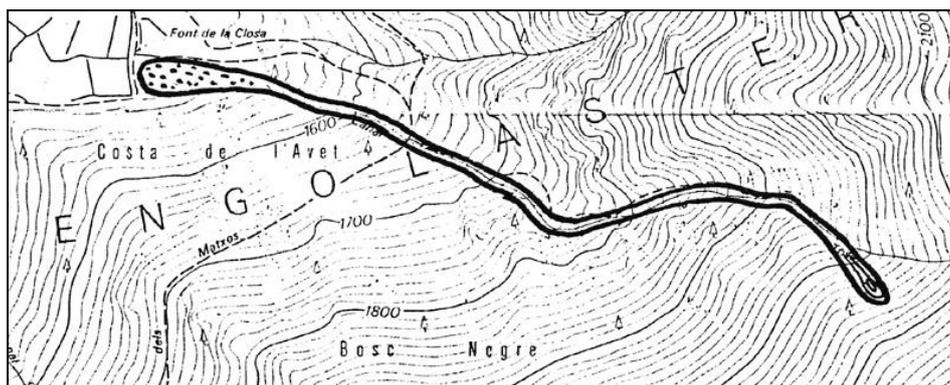
c) La paroisse de Les Escaldes-Engordany

Aux Escaldes la *carretera general* fut inondée par l'eau qui descendait de la route d'Engolasters. Des véhicules furent entraînés dans l'avenue principale de la ville qui lui fait suite, très pentue. Mais la Valira d'Orient ne déborda ni dans la ville, ni au niveau du premier méandre après les gorges (à l'Hôtel Paris-Londres), où se situe un point de débordement habituel. Le flot qui envahit l'avenue et les rues voisines venait de la route d'Engolasters, du débordement du Madriu et surtout, grâce à l'urbanisation et aux rues, de la concentration des eaux de ruissellement de la partie supérieure de l'agglomération et du versant de l'Obaga de Les Escaldes. L'endiguement de la Valira d'Orient dans sa plaine d'inondation, réalisé après l'aiguat de 1937, fut efficace et évita tout débordement ou défluviation. Par contre, il est probable que l'endiguement du flot

de crue dans un chenal maçonné et rectiligne de trois cent mètres contribua à favoriser le balancement des méandres à l'aval immédiat et l'inondation du noyau urbain d'Andorra la Vella.

Le seul glissement de terrain important se produisit à Engolasters, dans les hautes pentes boisées de *l'obac* de la Serra de Ràmio. Au départ il y eut un glissement en paquets dans un bassin de réception torrentiel, près du point de concentration des eaux. Tout ce secteur porte les traces de ravinements anciens. La végétation était constituée par une forêt de pins à crochets de densité moyenne, avec un sous-bois de rhododendrons. Le glissement se prolongea par une coulée boueuse qui créa une ouverture dans le versant; elle emprunta ensuite le chenal torrentiel de la Canal de la Tosa sur un kilomètre et demi, jusqu'au Pla d'Engolasters, 480 mètres plus bas. Au passage elle récura le chenal, emportant la végétation. A la base du versant, elle s'étala sur le cône de déjection, laissant pêle-mêle les matériaux transportés, qui furent ensuite en partie lessivés.

LES ESCALDES-ENGORDANY. LE GLISSEMENT D'ENGOLASTERS



La Gran Valira

Les photographies prises pendant *l'aiguat* dans l'agglomération d'Andorra-Les Escaldes sont très impressionnantes, avec un violent flot de crue d'un mètre à un mètre et demi de hauteur parcourant l'avenue principale, comme le furent aussi l'ampleur des dommages et la masse des dépôts abandonnés par l'inondation dans les rues et dans les magasins. C'est probablement à Andorra la Vella que cet *aiguat* fera histoire et laissera la mémoire la plus durable.

Cependant, comme nous le verrons, la Valira n'a pas agi d'une façon insolite. Il a obéi à la logique de sa dynamique fluviale et il a suivi les traces des modelés antérieurs,

sans s'en éloigner une seule fois. Dit d'une autre manière, furent inondés ou ravagés tous les secteurs qui étaient prédisposés à être inondés parce qu'ils n'étaient pas protégés ou parce qu'ils occupaient d'anciens chenaux dans le lit d'inondation urbanisé. Ceux qui étaient naturellement hors de ces zones ne furent pas touchés. En toute logique, plus que la violence de la crue, les conséquences de *l'aiguat* de 1982 reflètent donc davantage l'anarchie de l'urbanisation antérieure et l'absence de prévisions ou de bon sens.

La vallée du Riu d'Os de Civis subit en novembre 1982 des dommages très importants tout au long de son parcours. Elle a son origine dans la paroisse de La Massana, à Setúria, puis elle passe en territoire catalan, dans le territoire municipal enclavé d'Os de Civis, pour entrer une nouvelle fois en Andorre et confluer avec la vallée de la Gran Valira à Aixovall, entre Santa Coloma et Sant Julià de Lòria.

Malgré sa dimension, elle fonctionna comme un seul ensemble torrentiel, avec un bassin de réception situé dans la zone qui reçut les plus forts abatements d'eau, constitué par le cirque de Setúria (2.569m et 2.572m au Pic Negre et à l'Alt de la Capa) et par les cirques et vallées orientaux du Pic de Salòria, à 2.789m d'altitude. La vallée étroite entre le village d'Os de Civis et Aixovall fut un long chenal d'écoulement que le torrent en crue récurait consciencieusement, emportant la route et des maisons chaque fois que son débit exigeait de retrouver un lit de crue suffisant. À Aixovall, vingt-cinq kilomètres plus bas, il édifia un cône de déjection de cinq cent mètres de longueur où il déposa entre un et deux mètres d'alluvions.

L'ample *obac* de la paroisse de Sant Julià de Lòria semble n'avoir subi que peu d'impacts lors de *l'aiguat*, si ce n'est le fonctionnement des chenaux torrentiels et des érosions limitées sur les versants et sur les berges.

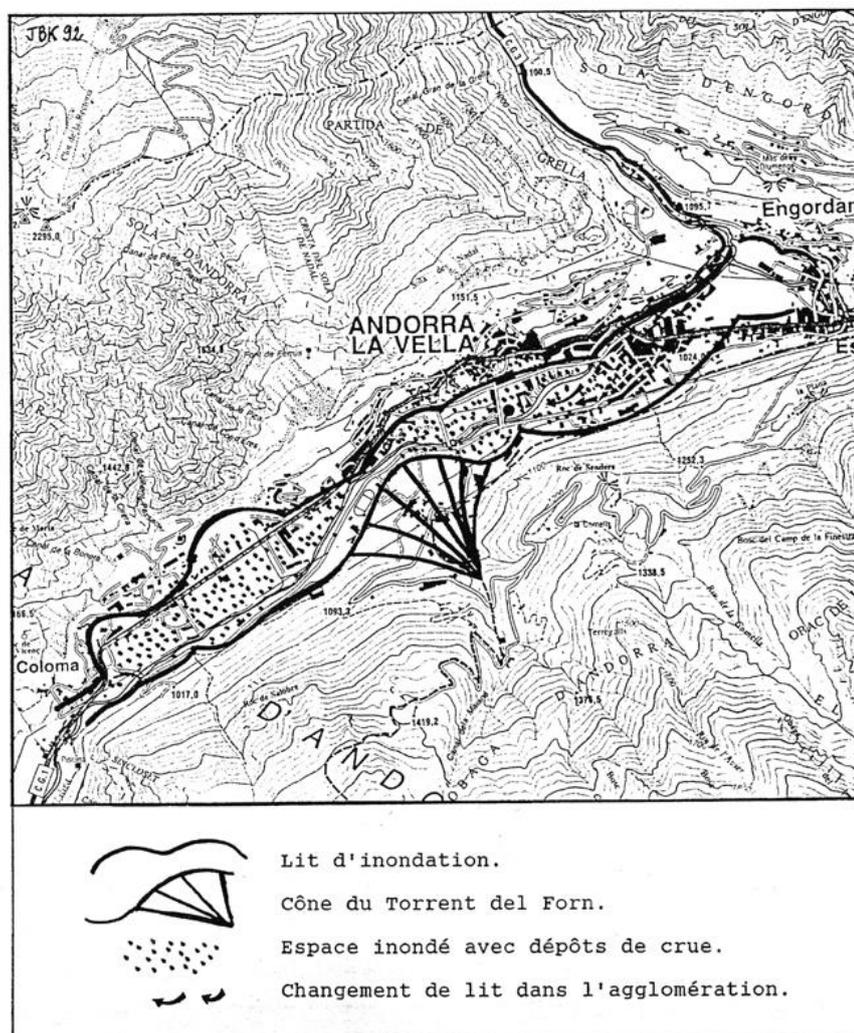
Entre Sant Julià de Lòria et La Seu d'Urgell, la Valira en crue inonda le lit majeur lorsqu'il existait, il exagéra les rives concaves des méandres et il emporta la route en cinq points, dont un en Andorre, à la Borda del Sabater. Bien que moins spectaculaires que dans les hautes vallées ou à Andorra la Vella, ces dommages ponctuels sur la route nationale isolèrent l'Andorre de la Catalogne et de l'Espagne pendant près d'une semaine. Pour relier l'Andorre au monde extérieur, on retrouva pour quelques jours les chemins montagnards de l'ancienne contrebande et les nouvelles pistes jeepables bénéficièrent pour un temps d'une justification que l'on n'avait pas prévue.

a) L'agglomération d'Andorra la Vella-Les Escaldes

À l'origine de l'inondation d'Andorra la Vella, il y eut un simple balancement de méandres dans un lit majeur libre, sans murs ni protections, suivi d'une défluviation de la Valira qui emprunta un ancien lit... dans l'agglomération. Après le confluent de la Valira del Nord, qui apportait les débits les plus importants, avec la Valira d'Orient, dont les eaux étaient canalisées et très rapides à la sortie de l'endigement des Escaldes, la Gran Valira ne put méandrer sur sa rive droite et inonder la route comme elle le faisait lors des inondations antérieures, car il y avait une ligne continue d'immeubles construits en limite du lit mineur.

L'AIGUAT DEL 82 À ANDORRA LA VELLA

Carte de
situation.



Elle amorça alors vers la rive gauche une série de trois méandres, de plus en plus accentués car, d'un côté, ils revenaient buter chaque fois sur le front d'immeubles et, de l'autre, ils ne rencontraient pas d'obstacles dans le lit d'inondation, qui n'était pas encore

construit à cet endroit-là. Dans la rive concave de ces nouveaux méandres, il y avait des bâtiments et trois rues dans lesquelles une partie de la Gran Valira s'engouffra, pour établir son lit dans l'avenue Meritxell, au centre de la zone la plus commerciale d'Andorre. C'est le secteur qui était habituellement inondé, avant qu'il ne soit urbanisé: la Valira y passa lors des crues inondantes de 1937 et de 1957.

L'hôtel Cornella et le bâtiment de la poste française furent isolés au milieu du courant principal de la défluviation, mais ils résistèrent. Lors d'une relative accalmie, l'hôtel fut évacué grâce à de gros camions de travaux publics, à des grues élévatrices et à de grandes pelles mécaniques dont le godet servit de nacelle pour les gens. Entre la côte des Escaldes et le pont sur la Valira, l'Avinguda Meritxell fut parcourue par un flot d'un mètre à un mètre et demi d'eau, localement davantage. Sur sa gauche, le courant exerçait une forte pression sur les immeubles et sur les boutiques, ainsi que dans les rentrants et dans les impasses de sa "rive concave". Les portes et les vitrines cédèrent et le courant pénétra dans le supermarché Escala, qu'il traversa, dans les boutiques qu'il inonda et dans l'immeuble de la Sécurité Sociale et du Centre Informatique d'Andorre. Ce dernier eut ses ordinateurs et ses données endommagés ou détruits car ils étaient imprudemment situés au rez-de-chaussée de ce bâtiment construit dans la plaine inondable, exactement à l'emplacement où la Valira avait installé un chenal lors des crues inondantes précédentes.

En fait la Valira ne faisait rien d'étrange, car elle suivait un ancien lit devenu boulevard et espace urbain. Les immeubles affectés suivaient exactement la rive concave d'un de ses anciens méandres. Dans ce front continu d'immeubles, les deux seuls passages possibles pour le flot de crue qui s'engouffrait dans l'avenue par les rues de la droite étaient obstrués par le supermarché et par l'immeuble de la Sécurité Sociale dont nous venons de parler: il n'était pas surprenant qu'ils fussent alors inondés et ravagés par le courant.

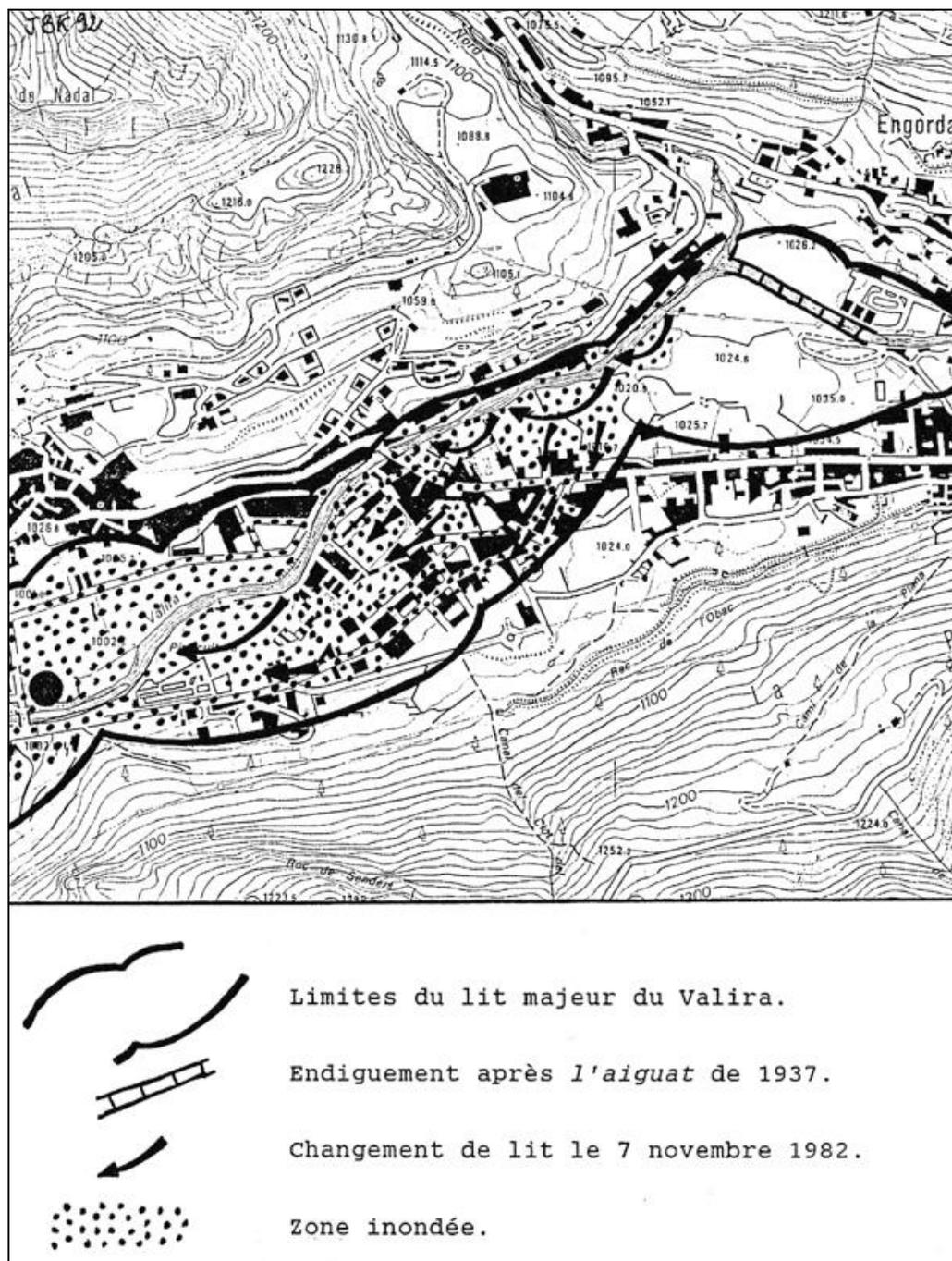
La présence de cette série continue de bâtiments le long de l'avenue de Meritxell limita la pénétration du flot vers l'intérieur des quartiers de la nouvelle ville construits au pied du versant de *l'obac*. Par les rues de la poste espagnole et de la caserne des pompiers une partie des eaux d'inondation suivit la route de *l'obac*, dont le dessin sinueux rappelle qu'elle suit elle aussi un ancien lit de la Valira. Pour mémoire, signalons que ce secteur relativement épargné avait été affecté au siècle dernier par les risques naturels: il s'y était produit un glissement de terrain et des maisons del Fener avaient été emportées lors d'un *aiguat* en 1865, semble-t-il dans la concavité d'un méandre qui vint éroder le pied du versant.

Les zones de calme relatif ou d'étalement pendant la crue et, en fin de crue, l'ensemble de la zone urbaine inondée, connurent évidemment un alluvionnement abondant, à la mesure de la capacité de transport des deux Valira qui venaient de

confluer. Après que la Valira fut rentré dans son lit d'origine, toute la partie centrale de l'agglomération se retrouva envasée et engravée, couverte de matériaux divers déposés par la crue et encombrée de carcasses de véhicules.

LE CHANGEMENT DE LIT DE LA VALIRA À ANDORRA LA VELLA

Carte d'interprétation.



LE CHANGEMENT DE LIT DE LA VALIRA À ANDORRA LA VELLA



Les Escaldes-Engordany et le départ de la défluviation.

Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La vue est prise en direction de l'est avec, au premier plan, les pentes des Aspres du Solà de Nadal entre l'ombilic d'Andorra la Vella à droite et les gorges de la Grella qui débouchent sur la gauche à Engordany et, au fond, l'agglomération des Escaldes. Au centre de la photographie on observe le lit canalisé et rectiligne de la Valira d'Orient dans son trajet dans son lit d'inondation. Par les limites des prairies et des champs, et grâce aux talus et à la disposition de quelques voies, on reconnaît l'emplacement d'anciens lits qui y méandraient. A droite, après le confluent avec la Valira del Nord, les eaux d'inondation dessinent encore l'amorce du premier méandre que suivit la Valira le 7 novembre lorsqu'il quitta son lit mineur.

LE CHANGEMENT DE LIT DE LA VALIRA À ANDORRA LA VELLA



La zone urbaine inondée à Andorra la Vella.

Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

Nous sommes au coeur de la zone urbaine inondée lors de *l'aiguat* de 1982. Au premier plan, le courant de la Valira en crue vint rebondir contre la ligne continue d'immeubles construits entre la route de La Massana et le lit mineur. En rive gauche, dans son lit d'inondation, la Valira décrivit deux méandres dont on reconnaît encore le tracé grâce aux chenaux et aux alluvions. Dans leur concavité, le flot de crue s'engouffra dans toutes les rues et suivit ensuite l'avenue de Meritxell, vers la droite. Le grand toit clair est celui du supermarché Escale, dont la présence interdit l'évacuation des eaux vers l'aval. Un peu en avant, le pâté triangulaire de l'hôtel Cornella et le petit bâtiment de la poste française furent pris au milieu du courant. Au fond, grâce à la disposition des immeubles, on repère la forme sinueuse de la route de *l'obac* qui suit un ancien tracé de la Valira dans ce secteur.

Le nettoyage et les réparations commencèrent aussitôt et un mois après, la plupart des traces de *l'aiguat* avaient disparu dans l'agglomération. Les digues de

protection tardèrent plusieurs années et, en 1984, une crue inondante plus modeste provoqua un grand émoi et accéléra certainement les difficiles prises de décision budgétaires.

Entre l'avenue de Meritxell et le lycée français, au coeur de la vallée d'Andorra la Vella, la Valira inonda largement son lit majeur, déposant des alluvions surtout en rive droite, dans la partie concave d'un large méandre qu'il décrivit vers *l'obac*. La disposition de bâtiments industriels, en travers de la vallée, accentua le phénomène de décantation en ralentissant le courant et en créant des zones tourbillonnaires latérales. Le lit habituel de la Valira décrivait déjà une courbe vers le sud, qui fut exagérée le 7 novembre 1982 par la défluviation qui enveloppa la zone du camping et de la pisciculture. Au droit d'une avancée du versant de *l'obac*, au point d'impact de la rive concave du méandre, la route fut en partie emportée.

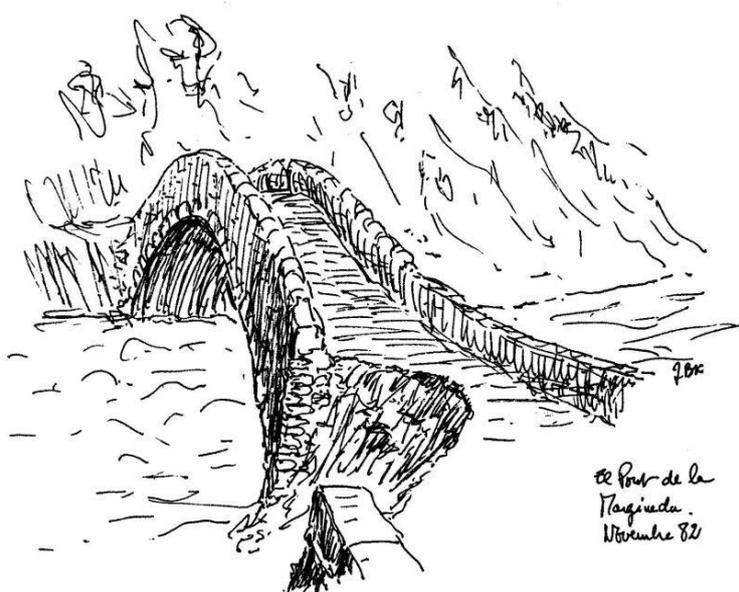
Le Torrent del Forn et le Riu de la Comella ont construit à leur débouché dans la vallée un grand cône de déjection ancien que contourne la Valira. Le cours d'eau est renvoyé ainsi vers le pied du gradin rocheux qui borde la base du versant du *solà* (c'est le site initial du village d'Andor-ra la Vella et du hameau del Pui). Le lit majeur devient beaucoup plus étroit. C'est dans ce secteur que deux brèches furent ouvertes dans les rives concaves de méandres, l'une dans le terrain de sports et l'autre dans la cour du lycée français, dont une partie du mur de protection fut emportée. Tous deux, construits dans le lit majeur, furent inondés. On dut retirer ensuite de cinquante centimètres à un mètre de boue et de dépôts des bâtiments et des cours du lycée.

À Santa Coloma la vallée s'élargit et la Valira déborda et alluvionna plus qu'il n'éroda. Le lit majeur fut inondé jusqu'au-delà de la route nationale et, comme il fallait s'y attendre, il y eut un alluvionnement important dans ce secteur d'étalement des eaux de la crue, avec des chenaux de retrait bien dessinés dans cette couche de dépôts. Ces alluvions étaient constituées de galets de petite ou de moyenne dimension et de beaucoup de fines et de boues, mêlés à des débris divers. Les dépôts atteignirent souvent près de cinquante centimètres et localement un mètre dans quelques secteurs, où on avait installé des campings-caravanings au bord de la Valira. Imprudemment situés dans le lit majeur et utilisés même en automne et en hiver, ces campings et leurs installations furent malmenés et des caravanes emportées⁷⁶. La présence de rideaux d'arbres favorisa aussi l'alluvionnement. Certains, en limite des prairies du lit majeur, soulignaient l'emplacement d'anciens méandres.

⁷⁶ - Outre l'accueil de touristes pendant la bonne saison, ces caravanings servaient d'hébergement permanent pour des travailleurs immigrés qui ne pouvaient trouver -ou payer- un logement en dur ou une chambre dans une pension. Des caravanes ayant été emportées, il y a peut-être eu des victimes. Mais, compte tenu de la difficile vérification du nombre de personnes alors hébergées et du fait que personne n'a signalé des disparitions, il est actuellement impossible de préciser ce point.

La route fut en partie emportée à Santa Coloma même, dans sa portion où elle longe la Valira. En effet le lit majeur y est très rétréci et coïncide presque avec le lit mineur car, en rive gauche, la vallée est limitée par l'avancée de la barre rocheuse de Sinclos et et, en rive droite, il y a le cône de déjection du Riu d'Enclar qui occupe presque tout l'espace disponible. La Valira est toujours plus violente dans cet étroit; il érôda dans la concavité d'un méandre, où le talus de la route empiétait sur le lit mineur, sans mur de protection.

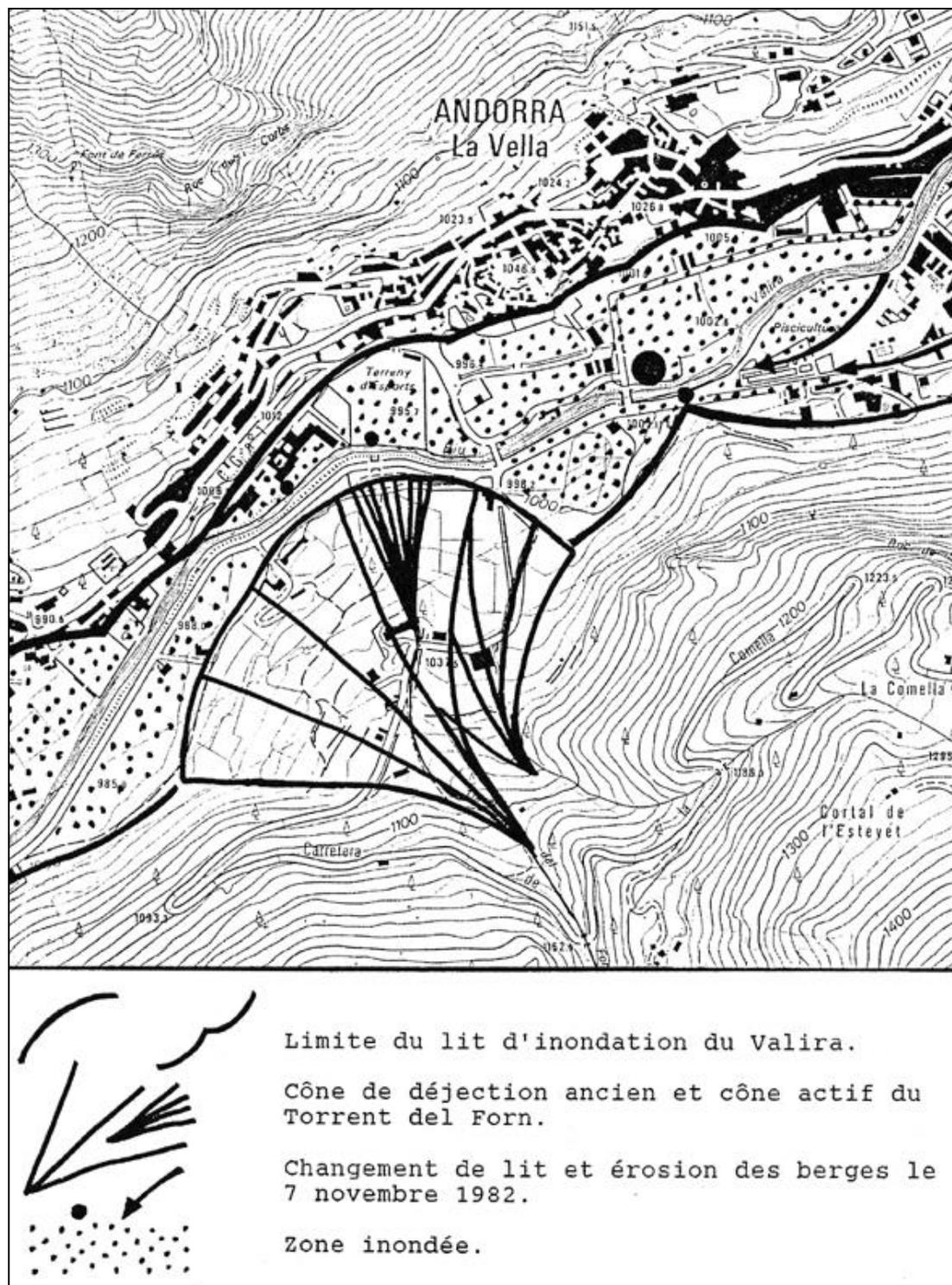
La vallée en auge de la Valira se termine à La Margineda. Dans le méandre de la Margineda, le pont roman résista, bien qu'une brèche ait été ouverte dans la rampe d'accès située en rive droite, avec un pan de mur effondré et un petit affouillement dans les remblais.



En aval la vallée devient étroite et les modelés torrentiels façonnent tous les versants. Dès la Margineda, il y a un rétrécissement de la vallée et une plus forte pente dans les gorges qui s'amorcent. Dans la paroisse de Sant Julià de Lòria, à la Font de l'Artic en face d'Aixovall, la route a été à demi détruite sur plus de cinquante mètres par la Gran Valira. La circulation y fut réduite à une voie pendant quelque temps. C'est une situation très simple, puisque la Valira a érodé dans la rive concave d'un ample méandre. Le mur qui protégeait la route a cédé et, par un effet de soutirage, avec des glissements successifs, le remblai de la chaussée a été emporté. Il est probable que les apports du Riu d'Os, qui conflue juste en aval de ce point, ont repoussé la Valira vers l'autre rive et favorisé cette érosion.

LA VALLÉE INONDABLE À ANDORRA LA VELLA

Andorra la Vella et le lit d'inondation de la Valira lors de *l'aiguat* de 1982. Carte d'interprétation.



**LA VALLÉE
INONDABLE À
ANDORRA LA
VELLA**

Andorra la Vella
et le lit
d'inondation de la
Valira au début
du siècle.

Photographie
ATV, sans date.
Collection Terra
Nostra.



Le lit d'inondation de la Valira à Andorra la Vella au début du siècle: la vue est prise depuis les pentes du Roc de Senders, à *l'obac*. Au premier plan le lit mineur de la Valira est souligné par une ligne de peupliers et d'arbres du bord des eaux. Le large lit majeur s'étend jusqu'au pied du *bony* rocheux qui est le site initial du village d'Andorra la Vella, à l'abri des inondations comme des instabilités du Solà de Nadal, dont la base des éboulis est colonisée par des terrasses de culture. Le lit majeur présente des bourrelets et des ondulations caractéristiques, ainsi que la marque d'anciens tracés du lit mineur. En dehors d'une *borda* construite au pied du talus, il n'y a aucune construction dans cet espace fréquemment inondé. C'est exactement cet espace que parcourut *l'aiguat* de 1982.

ANDORRA LA VELLA

Le lit d'inondation de la Valira après l'aiguat de 1982, dans le même secteur.

Vol du 11-11-1982. Photo. A. Lerouge.



L'angle n'est pas le même: les pentes de *l'obac* sont à gauche. Des entrepôts occupent le lit majeur, avec quelques immeubles et le bâtiment rond du Luna Park, un espace de loisirs. Les immeubles à droite s'appuient sur la pente du *bony* rocheux d'Andorra la Vella. L'agglomération a gagné sur les pentes du *solà*, et certains immeubles sont à portée des chutes de pierres qui alimentent les éboulis. La Valira a inondé tout son lit majeur, déposant des boues et des graviers surtout en rive droite, car les bâtiments gênent l'écoulement, favorisant l'alluvionnement. A gauche, la route de *l'obac* subit une érosion ponctuelle en A; une branche de la Valira rejoint là son lit après avoir parcouru la ville et le quartier de *l'obac*. L'inondation déposa des alluvions fines en B, dans un ancien méandre habituellement protégé. Le cône de déjection del Forn fut actif. Sa masse repousse la Valira vers le nord. C'est dans cet étroiture relative, au dernier plan, que la Valira éroda ses berges et inonda le lycée français, construit en plein lit majeur dans la concavité d'un ancien méandre.

b) La vallée du Riu d'Os de Civis

Dans sa partie amont, le haut bassin de Setúria a la forme d'un entonnoir en exposition sud, entre 1800 et 2560 mètres d'altitude. Il est presque entièrement supraforestier ou déboisé, avec des pentes fortes et un écoulement rapide des eaux de ruissellement qui se concentrent au niveau des Bordes de Setúria. C'est une estive de La Massana, surpâturée dans un passé proche, avec de nombreuses stries de parcours et des amorces de griffures ou de micro-ravinements en de très nombreux points. Ce bassin de réception fut au centre de la zone où se concentrèrent en Andorre les plus gros abats d'eau pendant la nuit du 7 au 8 novembre. Sur ses versants se produisirent de multiples petits glissements de terrain superficiels et des dizaines de coups de cuiller dans les talus, ainsi que des réincisions des chenaux torrentiels. Mais on n'y observa aucun glissement de grande ampleur, ni même décamétrique, à l'inverse de ce que connurent les bassins contigus du Riu de Pal ou du Riu del Cubil.

La vallée du Riu d'Os fut consciencieusement ramonée par le torrent en crue et la route emportée dans tous les méandres. Dans les secteurs où la vallée était très étroite et où la route empiétait en partie sur le lit, tout disparut, laissant la gorge rocheuse à nu: la rivière emporta les alluvions et les dépôts torrentiels antérieurs, ainsi que la route et ses remblais sur des centaines de mètres.

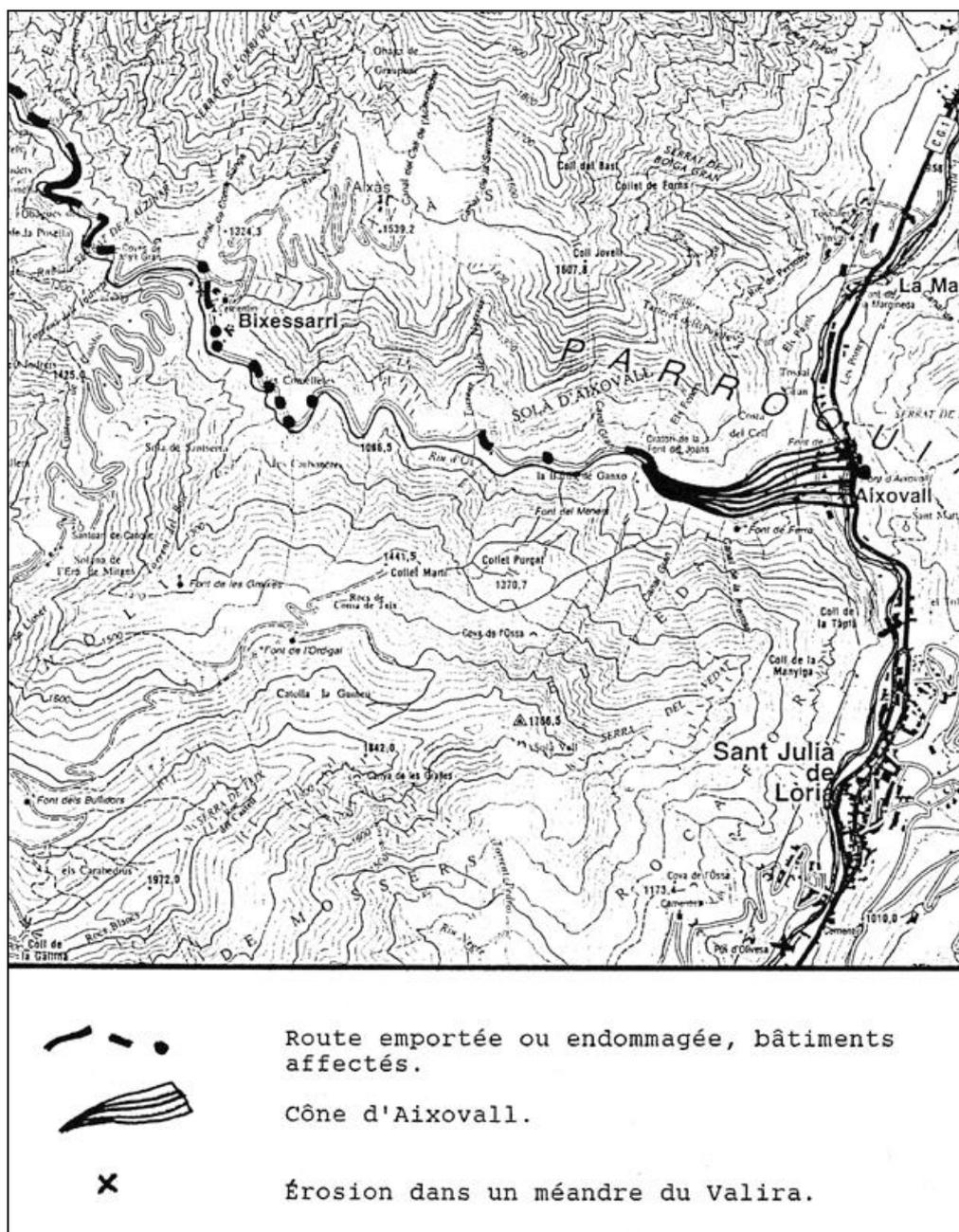
Il est vrai que cette route n'était nulle part protégée et que la plupart du temps elle était à même le fond de vallée, à peine surélevée de quelques mètres, en partie construite sur déblais, en partie sur remblais. Une amélioration du tracé et un élargissement récent, bien que modestes, avaient encore rétréci le lit en bien des endroits. Il n'est donc pas étonnant que le Riu d'Os ait pu réaliser des érosions aussi spectaculaires. C'est cette masse considérable de matériaux mobilisables, offerte par les remblais de la route sur plus de dix kilomètres, que l'on retrouva dans la partie inférieure de la vallée et sur le cône d'Aixovall, avec des épaisseurs qui atteignirent deux mètres par endroits, sans compter évidemment ce que la Valira emporta vers l'aval.

Nous retrouvons à ce propos un trait caractéristique du style de l'aménagement du territoire qui prévalut en Andorre au cours des deux décades précédentes, avec un oubli et un mépris systématique des conditions naturelles, ou peut-être une trop grande foi dans la providence ou dans les longs temps de retour des événements exceptionnels. Cette attitude transparait au début de l'interview d'un responsable des travaux publics andorrans, reproduit dans le document annexe 5 (troisième partie de cet ouvrage), n° 50, à propos précisément de la route dans les gorges du Riu d'Os dont l'élargissement qui empiétait sur le lit mineur avait été emporté par la rivière en furie, lorsqu'il est dit: "*si haguéssim d'haver donat l'amplada que ara es dona a les carreteres hauríem ocupat*

quasi tot el riu" (traduction: si nous avions dû donner la largeur que l'on donne aujourd'hui aux routes, nous aurions occupé presque toute le rivière). Ce qui laissait entendre que la priorité était la largeur de la chaussée et le moindre coût, et non pas la largeur nécessaire au lit mineur ou la prise en compte du risque d'inondation.

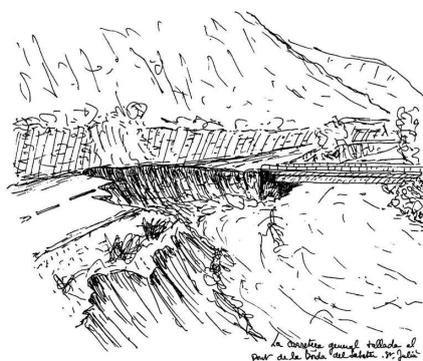
L'AIGUAT DEL 82 DANS LA VALLÉE INFÉRIEURE DU RIU D'OS ET À SANT JULIÀ DE LÒRIA

Carte de situation.



À Bixessari les premières maisons du village traditionnel furent emportées ou endommagées à cause de l'exagération locale d'un méandre pourtant peu prononcé. A l'amont immédiat de la confluence du Riu d'Aixàs avec le Riu d'Os, il y eut un remous, une turbulence qui affouilla la base du petit cône de déjection du Riu d'Aixàs, à l'extrémité duquel étaient construits les bâtiments. Un ponton avait été construit sur le torrent, sans lumière suffisante, qui fit barrage et contre lequel se forma un embâcle de troncs: le torrent fut dévié et amorça un méandre en érodant les matériaux meubles du petit cône. On peut supposer que cette érosion fut favorisée par les apports du torrent d'Aixàs, lors d'un moment de paroxysme des abats d'eau sur son bassin de réception (orienté plein sud, avec mille mètres de dénivelé pour deux kilomètres de longueur).

À Aixovall, le cône de déjection commence après Roques Blanques, dès que la vallée s'élargit: s'agit-il d'un lit d'inondation comblé de dépôts ou d'un long cône de déjection? Les deux interprétations sont possibles. En amont, à la sortie des gorges, tout le fond de vallée fut inondé, la route fut emportée ou recouverte, et le Riu d'Os déposa ses matériaux. Il changea de chenal pendant la crue et il dessina des chenaux de retrait dans ses alluvions en fin de crue. A Aixovall même, après la Font de Ferro, il s'agit du cône de déjection proprement dit, avec un fort alluvionnement avoisinant un mètre d'épaisseur. En plusieurs endroits il dépassa un mètre et demi. Ce fut le cas dans le terrain de sports, car la disposition des gradins et des bâtiments favorisa la décantation. Cela donna dans la presse des images spectaculaires du terrain de football d'Aixovall avec un engravement jusqu'en haut des portes des bâtiments annexes et des vestiaires, et des poteaux de but qui ne dépassaient que de quelques décimètres au-dessus d'une masse de près de deux mètres de dépôts torrentiels. Ces dépôts furent également importants dans la zone des hôtels, car le lit mineur avait été vite comblé et le Riu d'Os changea de lit, empruntant la route. On se reportera aux deux illustrations qui suivent et aux documents annexes n°47 à 49.





L'AIGUAT DEL 82: VALLÉE INFÉRIEURE DU RIU D'OS

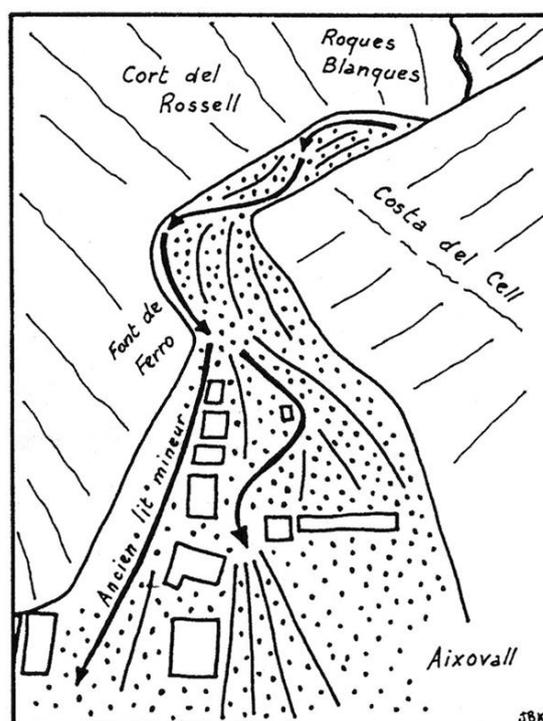
Le début du cône de déjection d'Aixovall.

Vol du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

Après l'Oratori de la Font de Sant Joan et l'échine des Roques Blanques (au dernier plan et à droite), la vallée du Riu d'Os s'élargit, avec un lit majeur qui occupe tout l'espace d'un versant à l'autre. Le cours d'eau a changé son train de méandres pendant la crue, érodant latéralement et faisant disparaître ainsi la chaussée. Il déposa ensuite une couche importante de matériaux.

Il y inscrivit en fin de crue des chenaux de retrait. Dans la partie centrale et inférieure de la photographie le cours d'eau en crue s'est étalé, comblant son ancien lit mineur situé à gauche, et changeant de lit. C'est le cône de déjection d'Aixovall. Les gradins et les bâtiments du terrain de sport favorisèrent l'accumulation des alluvions.

Ci-contre, croquis d'interprétation.



L'AIGUAT DEL 82 À AIXOVALL



Vue d'ensemble de la vallée inférieure en 1988.

Vol hélico du 05/07/1988, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

Six ans après, la basse vallée du Riu d'Os et le cône d'Aixovall portent encore l'empreinte de *l'aignat* de 1982. Les épandages d'alluvions torrentielles ne sont pas colonisés par la végétation. La route a été refaite et le lit mineur a été canalisé contre le pied du versant de rive droite. Le terrain de football a été reconstitué au même endroit et le méandre de la Valira est désormais protégé par un solide mur, à la Font de l'Ar-tic. Au second plan, à l'ombre du Roc de Persoma, un lotissement disperse ses chalets sur le bouchon morainique terminal qui obture la vallée glaciaire de la Valira. En amont, au dernier plan et à droite, Santa Coloma puis les premiers quartiers d'Andorra la Vella.

c) La vallée de la Valira à Sant Julià de Lòria

En amont de Sant Julià de Lòria, la Valira érode ses berges et un mur de soutènement fut emporté à Les Arades, dans la concavité d'un méandre. Ce mur protégeait les bâtiments et le parking d'un centre commercial. Heureusement, la partie centrale du mur résista et évita le creusement de tout ce secteur de méandre, formé de

terres et de matériaux rapportés afin de colmater la berge et de porter l'ensemble dix mètres plus haut, au niveau de la route.

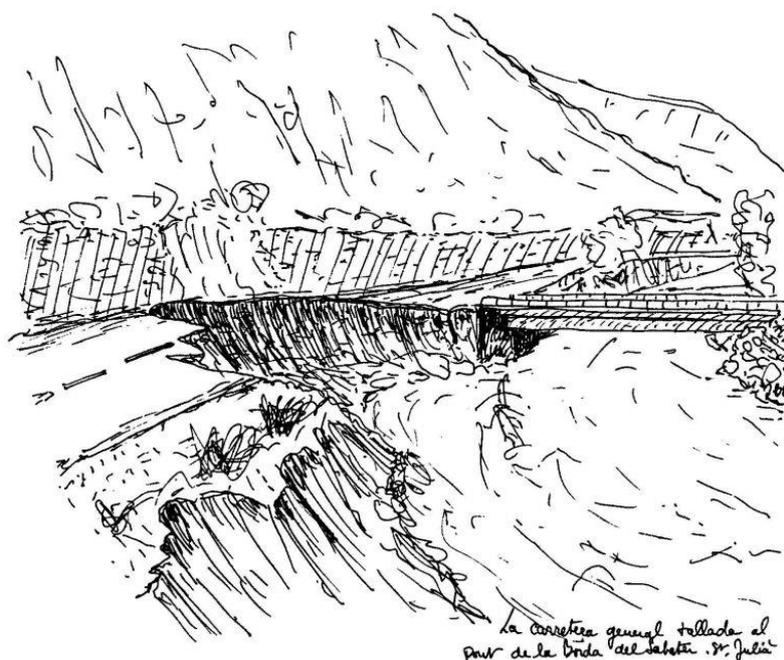
L'accentuation du profil de la Valira dans les gorges en amont de Sant Julià de Lòria, ainsi que la présence d'un mur de soutènement de la route à l'amont immédiat de Les Arades ont certainement joué un rôle, accélérant la vitesse du courant et augmentant le pouvoir érosif du courant. L'érosion dans la concavité du méandre qui suivait, à Les Arades, en est la conséquence. Le sapement de la base du mur de soutènement des magasins et du parking semble avoir été facilité par le rétrécissement du lit et l'affouillement du cours d'eau (ce qui laisse supposer que les fondations étaient insuffisantes) et par la structure du mur. Celui-ci était construit en gros blocs de rochers cimentés sommairement entre eux, sans seconde épaisseur de maçonnerie vers l'intérieur; seule la partie supérieure et le balcon en surplomb étaient bétonnés. Il suffisait du descellement de quelques blocs pour qu'une brèche s'ouvrit et qu'un phénomène de soutirage se produisît dans les terres rapportées; le poids du mur était alors un élément d'instabilité supplémentaire. Malgré leur construction en limite du lit mineur de la Valira, on peut supposer que bien des murs de contention n'étaient pas faits pour protéger de l'érosion du cours d'eau, mais plus prosaïquement pour surélever le niveau du terrain urbanisable et pour soutenir des bâtiments et des parkings. On se reportera aux documents annexes, n° 50.

Dans sa traversée de Sant Julià de Lòria la rivière ne causa aucun dommage grave. Elle a ramoné ses berges et son lit, déjà étroit et souvent rocheux, car il était contenu sur toute la rive gauche par les murs de protection de la voie de contournement de la ville, gagnée sur le lit majeur. En amont du Pont de la route de Fontaneda, la rive convexe d'un méandre fut inondée: la rive concave était protégée par un mur qui rabattait l'eau vers l'autre rive. Le rétrécissement du lit au niveau du pont accentua l'inondation en amont. Enfin, au pied de l'abrupt du Pui d'Olivesa, en rive droite, la Valira a érodé au point d'impact du flux principal, à la sortie d'un méandre.

En aval de Sant Julià la vallée est étroite, avec une succession de larges méandres. La Valira inonda systématiquement son lit majeur et la basse terrasse à la Borda del Germà, à la Ribera, à Tolse et à la Borda del Sabater, surtout en rive convexe. Les deux *bordes* et le mas de Tolse sont construits en limite du lit d'inondation, toujours dans la convexité d'un méandre, moins sujette à être affectée par l'érosion et par les sapements des berges. Ils ne furent pas affectés par *l'aiguat*. La Valira déposa des alluvions fines et des boues sur les zones inondées. Le seul dommage important, avec la route nationale totalement emportée sur cinquante mètres, se produisit en face de la Borda del Sabater, dans la concavité d'un méandre où la Valira vient buter contre le talus de la route, mal protégé par un enrochement sommaire et par un mur ancien. On se reportera aux documents annexes, n°51 et 52.

Si nous analysons plus précisément ce secteur, nous observons le jeu classique du balancement du flux principal de crue dans les méandres, favorisé ou contrarié par les protections ou par les aménagements inappropriés ou mal conçus.

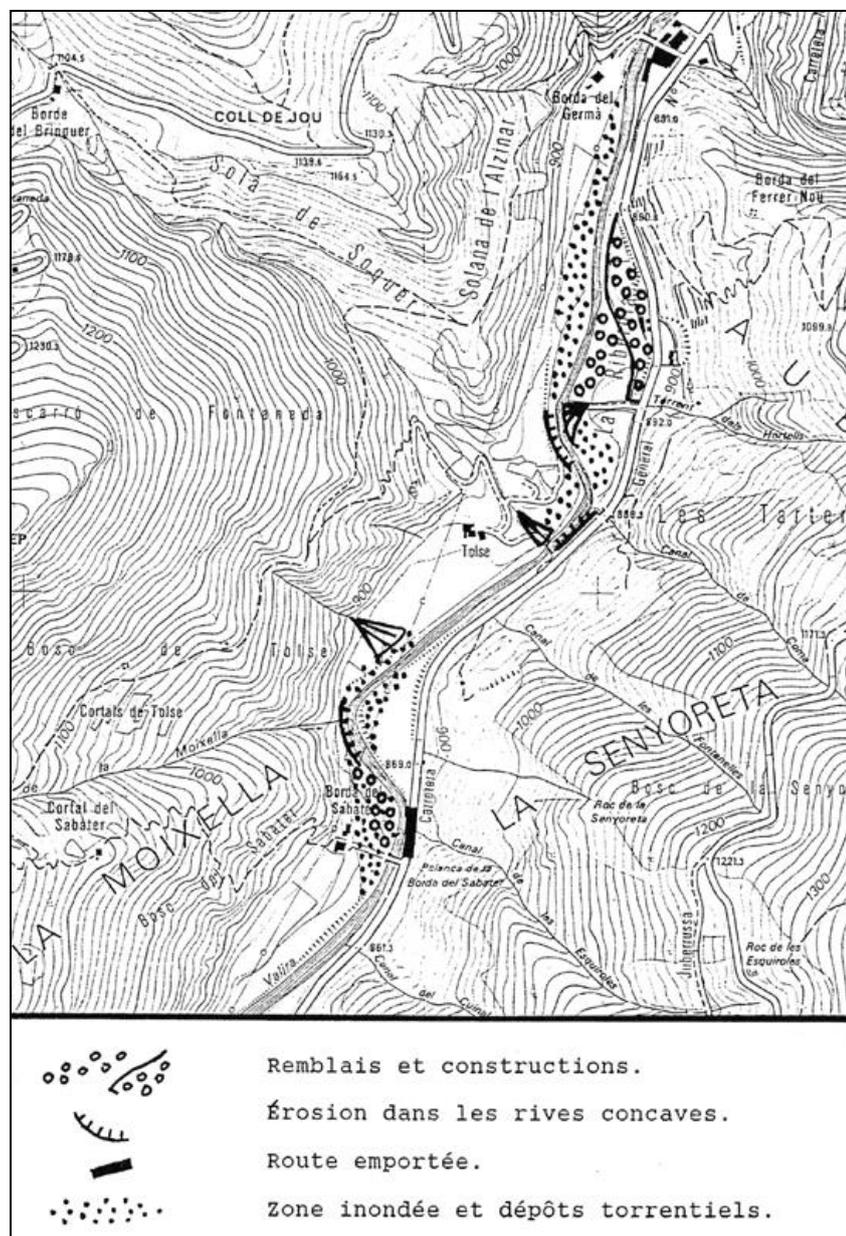
Dans les méandres de la Ribera de la Valira, la Valira coule au pied de la Solana de l'Alzinar. En rive gauche le lit d'inondation et une basse terrasse laissent un espace agricole, aujourd'hui remblayé de dépôts anthropiques ou utilisé par un hypermarché alors en construction. Son mur de protection, en limite du lit mineur, fut efficace mais rétrécissait le chenal de crue et accéléra le courant. Il y eut inondation de l'autre rive et une petite érosion dans le méandre suivant, puis un sapement du talus de la route, dont le mur de protection ancien résista. Les matériaux apportés par le petit Torrent dels Hortells furent en partie étalés dans les champs situés dans la rive convexe du méandre où il aboutit, et qu'il contribua à former dans le passé.



Dans la rive concave du méandre de la Borda del Sabater la route nationale fut entièrement emportée. Une première érosion avait affecté le méandre précédent puis, par un balancement habituel, le méandre qui nous intéresse. Le Torrent de les Esquirols, qui aboutit sur la route au point d'impact de la Valira favorisa le sapement du talus, par les infiltrations et la saturation des remblais de la route, ce qui facilitait la fluxion, et par son action érosive directe puisqu'il traversa la chaussée pour rejoindre la Valira. Un enrochement et un mur ancien n'ont pas été suffisants pour protéger ce secteur. De plus, et cet aménagement fut peut-être un des facteurs principaux, un ponton franchit la Valira après le point d'impact; il résista, mais sa pile créa un buttoir qui

accentua le creusement d'amont. Enfin, nous observons que la Valira ne put s'étaler normalement sur sa rive convexe car le lit d'inondation était en cours d'exhaussement, avec des apports de terres, de rochers et de décombres, ce qui renforça le flux sur l'autre rive.

LA VALLÉE EN AVAL DE SANT JULIÀ DE LÒRIA



Afin de rétablir la circulation sur l'axe principal d'accès en Andorre, ce point fut prioritaire: on y déversa des déblais et les dépôts torrentiels que l'on enlevait des secteurs d'alluvionnement jusqu'à ce qu'une chaussée provisoire soit reconstituée. Deux jours après *l'aiguat*, la brèche était comblée et la circulation rétablie.

Au-delà de la frontière hispano-andorrane, la route de la Seu d'Urgell fut coupée en quatre endroits par la Valira. A La Farga de Moles, dans la concavité du large méandre en contact direct avec la route, juste après le poste de douane, les fortes pluies et le sapement de la Valira provoquèrent un glissement de la route sur plus de cent mètres de longueur. Toujours dans un méandre, à la hauteur de la centrale électrique de Santa Llúcia, un tronçon d'une cinquantaine de mètres de route disparut. Le talus de la route fut également érodé plus en aval dans une étroiture de la vallée, puis à Cortingles.



LA VALLÉE EN AVAL DE SANT JULIÀ DE LÒRIA

Le méandre de la Borda del Sabater.

Vol hélico du 11/11/1982, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La vue est prise vers l'aval, avec droite les pentes du Bosc de Tolse et du Solà de la Moixella, couvertes d'un taillis de chênes verts, et au second plan le versant de La Senyoreta, avec des forêts claires de chênes pubescents et de pins sylvestres. La Valira décrit d'amples méandres dans sa vallée alluviale. Il inonde les prés voisins, laissant peu de dépôts, et il érode dans les rives concaves. Ce fut le cas dans

tous les méandres, dont celui situé en face de la Borda del Sabater, où il emporta les remblais de la route et la chaussée, jusqu'au rocher. Dans la rive convexe, devant la *borda*, on notera le début de comblement anthropique du lit d'inondation, ce qui accentua l'érosion au point d'impact situé avant le pont. Après deux jours d'une navette de camions apportant des déblais, la brèche avait été colmatée et une chaussée provisoire était transitable.

Dans la semaine qui suivit une chaussée provisoire fut rétablie, mais les réparations définitives tardèrent. On peut noter cependant que ce furent des entreprises andorranes qui firent ces travaux d'urgence en territoire espagnol pour les trois premiers secteurs, et qui terminèrent le quatrième, prenant la suite d'une entreprise espagnole. En effet, il était impérieux pour l'Andorre de rétablir la circulation avant le plein hiver sur le seul axe qui la liait à la Catalogne, donc avec le principal public pour son commerce

et pour les sports d'hiver car, en dehors de leurs accès, les stations de ski n'avaient pas souffert de *l'aiguat*. Compte tenu des dommages importants subis en Catalogne le long du cours du Sègre, tous les efforts des entreprises du sud étaient dirigés vers le rétablissement des communications avec Lleida et Barcelona.

Inventaire des zones sensibles en Andorre

1 - Les glissements de terrain et les autres formes d'instabilité des versants

Nous avons localisé et décrit de nombreuses formes d'instabilité des versants qui se produisirent en Andorre pendant *l'aiguat* de 1982. Il s'agit de mouvements de terrain divers: des glissements en planche particulièrement abondants sur les hautes pentes qui entourent le Pic Alt de la Capa, des petits mouvements rotationnels ou des coups de cuiller qui affectèrent surtout les talus, et des coulées de boue sur les versants qui reçurent les plus gros abats d'eau. En dehors du glissement d'Engolasters, ces formes se concentrèrent dans les hauts bassins de Setúria, Pal et Arinsal. Ailleurs elles furent moins nombreuses et elles ne marquèrent pas aussi durablement le paysage. Malgré le grand nombre d'impacts dans le massif du Coma Pedrosa, nous n'avons pas rencontré en Andorre de glissements comparables à ceux qui furent observés en Catalogne (point suivant: *L'aiguat* de 1982 hors d'Andorre), par exemple à Pont de Bar ou dans les hautes vallées du Riu Llobregat et du Riu Cardener.

Ces mouvements de terrain se produisirent toujours dans des secteurs qui présentaient des facteurs favorables: talus naturels ou artificiels, talus ou versants raides dont la base était exposée à des érosions locales, substrats calcaires ou schisteux avec une inclinaison des couches, faible ancrage des formations superficielles, points ou zones d'infiltration des eaux de ruissellement, concentration naturelle (bassins) ou artificielle (drainage des bords de route) des eaux du versant, cicatrices ou faiblesses virtuelles à partir desquelles les arrachements pouvaient se produire, surcharge et pression ponctuelle des grands arbres sur les formations superficielles, qui favorisaient leur tassement et leur fissuration (donc l'infiltration en amont) et leur passage à l'état fluide. Evidemment, c'est l'importance des abats d'eau qui fut le facteur principal, celui qui permit aux causes latentes de se manifester. Or ces situations sont très nombreuses en Andorre, dans toute la moyenne et haute montagne. Il est pratiquement impossible de les contrôler toutes. Il s'agirait donc plutôt de limiter ces facteurs favorables par une bonne gestion du territoire.

Parmi les actions possibles il semble opportun de recommander quelques mesures, toutes de bon sens. Elles font partie de l'arsenal habituel de précautions que prennent les forestiers et les ingénieurs de travaux publics; elles apparaissent souvent

dans les cahiers des charges - lorsqu'ils existent - des travaux d'aménagement ou d'infrastructure. Nous insisterons tout spécialement sur les règles suivantes:

- Il est impératif de mettre en place une bonne gestion de la forêt, car elle protège les sols, mais avec une exploitation des arbres à peine adultes dans les endroits pentus dont les sols sont minces, où des décollements en planches pourraient se produire par la seule surcharge des troncs.

- Il faut stabiliser les talus des routes de montagne. Selon les conditions locales, le talus d'amont peut être sujet à des coups de cuiller, qu'il s'agit de limiter, mais aussi et surtout à des glissements par paquets ou à des mouvements rotationnels qu'il faut éviter car ils causent de plus gros dommages et ils peuvent amorcer d'autres formes d'instabilité ou d'érosion. La partie aval du talus, habituellement formée de remblais, doit être systématiquement végétalisée et maintenue par des murs chaque fois que des glissements ou des coulées boueuses peuvent mobiliser les déblais et ouvrir des chenaux dans le versant dominé.

- Il convient de drainer les eaux des versants afin d'éviter leur infiltration dans le soubassement de la chaussée, mais il faut aussi veiller à ce que les buses qui traversent la route et qui évacuent les eaux de ruissellement du versant supérieur aboutissent à des torrents ou à des chenaux convenables. Si ce n'est pas le cas, on provoque une concentration des eaux qui est à l'origine de glissements ou de nouvelles incisions torrentielles, comme on l'a vu dans le bassin de Pal à partir de la route du Coll de la Botella.

2 - Les bassins de réception torrentiels

Les plus menaçants sont les bassins supraforestiers, ou situés dans des espaces pastoraux ou déboisés, qui facilitent la concentration rapide des eaux sont toujours des zones sensibles. Ils sont sujets à des érosions locales: ruissellement, griffures et ravinements, coups de cuiller, glissements superficiels ou profonds. Nous l'avons vérifié à Setúria et au Solà de Pal.

3 - Les chenaux torrentiels.

Les chenaux qui incisent les bassins de réception et les chenaux d'écoulement principaux (désignés dans la toponymie par *canals*, *torrents* ou *rius* en Andorre, selon les cas) sont aussi des endroits sensibles, avec soit des réincisions, soit des transports de matériaux, qu'il s'agisse des enlèvements dans le bassin ou de l'évacuation des matériaux des glissements ou des coulées sur les versants (par exemple à Engolasters, à Pal et à Xixerella). Dans tous les cas, on butte sur un dilemme difficile à trancher:

- Faut-il favoriser le boisement des bassins et des chenaux afin de diminuer la torrencialité habituelle et le risque d'avalanche lorsque, comme c'est souvent le cas en Andorre, ces chenaux sont aussi des couloirs d'avalanches? Mais on accroît alors le risque en cas *d'aiguat* ou d'abats d'eau exceptionnels, car les glissements à cause de la surcharge des troncs s'en trouvent favorisés. Mais surtout l'inévitable ramonage des chenaux par la coulée enlève les arbres qui colonisent le chenal et provoque des embâcles de troncs, de branchages et d'arbres entiers. Il y a alors exagération des effets de dans le chenal et sur le cône.

- Faut-il laisser les chenaux nets afin d'éviter ce risque? On favorise alors l'évacuation rapide des eaux et la torrencialité lors des orages et des abats d'eau moins exceptionnels. On accroît aussi le risque d'avalanches.

4 - Les cônes de déjection

Dans le versant sud du massif du Coma Pedrosa, tous les cônes de déjection furent actifs, y compris ceux qui n'étaient pas fonctionnels lors des crues précédentes. C'est un enseignement dont il faudrait tenir compte dans toute l'Andorre. Finalement, nous pouvons ramener tous les exemples que nous avons décrits à deux situations:

- Il y a d'abord les petits cônes pentus des torrents et des *canals* qui incisent les versants d'auge. Il s'agit d'appareils torrentiels courts, caractérisés par de forts dénivelés et par des pentes raides. Selon l'altitude ce sont aussi des zones d'étalement des avalanches: par exemple tous les cônes des environs d'Arinsal, ceux de la Coma de Ronsol et de la Vall del Madriu, ou encore une partie de ceux de la vallée de la Valira del Nord en amont d'Ordino. Il y a peu de chose à faire car ces ensembles torrentiels ont un fonctionnement aléatoire mais toujours très violent et difficile à dominer. Les seules mesures qui pourraient en limiter les effets seraient l'interdiction de construire dans la partie du cône menacée et, lorsque c'est possible, le boisement du bassin de réception afin de limiter la torrencialité.

- Nous avons ensuite les cônes de déjection plus importants et presque plans, urbanisés, comme ceux de Xixerella et d'Aixovall. La canalisation du cours d'eau est toujours possible, comme ce fut fait après 1982 à Aixovall. Mais les problèmes à résoudre sont toujours les mêmes. Quoi que l'on fasse, nous sommes dans un cône de déjection actif, à l'extrémité d'un ensemble torrentiel important. L'efficacité de la protection par endiguement dépend de la capacité du nouveau chenal à évacuer un *aiguat*, mais aussi de engravement qui, s'il se produit pendant la crue, amène un changement de lit sans que le cours d'eau puisse retrouver son premier lit plus en aval à cause précisément des murs de protection.

5 - La dynamique fluviale

Revenant comme un leitmotiv dans l'analyse de la situation de chaque vallée et dans les commentaires des documents photographiques, nous avons observé des mécanismes bien connus:

- L'exacerbation des concavités des méandres, leur migration vers l'aval sous l'effet du déplacement progressif du point d'impact. La plupart des attaques des routes par les cours d'eau en crue correspondent à ce cas de figure. Evidemment l'érosion fut d'autant plus facile que les talus n'étaient pas protégés par des murs ou des enrochements suffisants; le plus souvent la chaussée avait été construite sur des matériaux rapportés, sans protection, avec un empiètement sur le lit majeur et parfois sur le lit mineur lui-même.
- Le déplacement de méandres ou la formation d'un nouveau train de méandres provoqués par un obstacle naturel ou anthropique, ou par une modification du lit majeur: maisons et immeubles construits à ras du lit mineur, murs de protection en limite du lit mineur sur une seule rive, endiguement d'un secteur qui amène une accélération du courant, comblement du lit majeur par des matériaux rapportés afin de le mettre hors d'eau, etc.
- Le calibrage des lits majeurs par le cours d'eau en crue. Il s'accompagne de l'enlèvement des obstacles (végétation arborée, équipements) ou d'une modification des flux en fonction de ceux-ci. Nous en avons observé de multiples exemples en Andorre et en Catalogne lors de *l'aiguat* de 1982.
- Un alluvionnement dans les zones d'étalement et dans les rives convexes.

Il faut souligner le problème que posent les ponts inadaptés aux flots de crue. Ils risquent d'être emportés, et dans tous les cas ces ouvrages mal conçus provoquent des altérations du courant et des dommages corrélatifs qui peuvent être considérables. Nous le verrons en Catalogne. En Andorre, la disparition de maisons à Bixessari est directement due à la présence d'un ponton, les ponts d'Encamp et de la Borda del Sabater (Sant Julià de Lòria) ont joué un rôle dans l'érosion qui emporta la route dans un méandre proche. Les principaux défauts observés sont les suivants:

- Des buses ou des conduits préfabriqués obstruent le lit et sont facilement bouchés lors de la crue; ou bien des pontons trop bas sont lancés sur des torrents. Il y a alors risque d'embâcles de troncs et de forts engravements.
- La lumière des ponts qui enjambent les cours d'eau principaux est parfois insuffisante. Il se produit un affouillement sur les berges à l'amont immédiat, puis le courant est accéléré, avec un risque d'érosion en aval.

- Le rétrécissement du lit d'inondation par les rampes d'accès au pont amène plusieurs effets: un alluvionnement en amont de ce barrage, une érosion de l'une ou des deux extrémités du pont et l'accélération du flot en aval.

6 - Les lits d'inondation dans les vallées amples

En Andorre nous ne rencontrons ce cas de figure qu'à Encamp, à Andorra la Vella et à Santa Coloma. Il y a inondation, avec un alluvionnement abondant dans la zone d'étalement, et des risques de défluviations. La seule possibilité de protection de ces espaces, très utiles pour la création des infrastructures et pour l'extension des zones urbaines, consiste en l'endiguement continu du cours d'eau, avec une étude des flux de crue afin d'y adapter le calibrage du lit. Il faut prévoir une rugosité suffisante du fond du lit, car il s'agit d'éviter à la fois l'accélération du flot de crue, qui provoque des érosions et des dommages à la sortie du chenal aménagé, tout en limitant l'engravement.

L'aiguat de 1982 hors d'Andorre

En Catalogne Nord, c'est la vallée du Querol qui a été la plus affectée, bien que les dommages soient sans commune mesure avec ce qu'ont subi l'Andorre et la vallée du Sègre. Dans la vallée du Querol l'impact fut très visible sur les versants car, sur les pentes boisées de *l'obac*, une série de coups de cuiller et de coulées boueuses ont ouvert des saignées dans la forêt, dont certaines évoluèrent dans les années qui suivirent en ravineaux. Leurs causes et les mécanismes, en particulier l'infiltration facilitée par des terrains perméables et par des éboulis, la minceur de la formation superficielle et sa faible adhérence sur le substrat rocheux, ainsi que le poids des arbres ont joué, de la même manière qu'à Pal et à Arinsal, dans la paroisse andorrane de la Mas-sana. L'ONF, qui possède ces forêts ou qui les gère pour le compte des communes, n'a fait rien de spécial pour les cicatriser. Certaines coulées se revégétalisèrent progressivement, d'autres sont encore très visibles dix ans après.

La vallée elle-même n'a pas trop souffert, en dehors des inondations du lit majeur. À Porté, le parking de la station de ski (avec les véhicules et les caravanes qui y étaient parqués, et les constructions voisines) et la portion contigüe de la route nationale ont fonctionné comme un cône de déjection, qu'ils sont réellement. Le petit torrent a vu son lit exhaussé et comblé de débris, de dépôts grossiers et de troncs, car le pont de la route avait une ouverture insuffisante: il s'est répandu sur son cône, recouvrant le parking et coupant la route. La mobilisation de matériaux et à la concentration rapide des eaux de ruissellement ont été facilitées par deux coulées sur le versant et par un bassin de réception en partie bien dégagé par les espaces des remontées mécaniques et

des pistes.

Dans la haute vallée de l'Ariège les impacts furent relativement limités: peu d'érosions sur les versants, si ce n'est après le Pont de la Mine où les déblais schisteux et argileux sur lesquels était en partie construite la route du Pas de la Casa furent ravinés, où des incisions et des instabilités affectèrent le talus et le versant situé immédiatement au-dessus. Des travaux de correction et d'élargissement de la route y furent entrepris dès l'année suivante par les services de l'Équipement français. Le Pont de la Mine lui-même fut déstabilisé par les eaux du petit torrent qu'il franchit. Il fut déclaré intransitable aussitôt après *l'aiguat*, ce qui isola le Pas de la Casa pendant deux jours.

En Catalogne autonome, comme nous l'avons déjà signalé, un bilan a été publié dès 1983 par le *Servei Geològic de Catalunya*. Les effets de *l'aiguat* de novembre 1982 furent très importants et demandèrent ensuite de gros investissements pour réparer les dommages et protéger les secteurs les plus sensibles, ponts, routes, zones urbaines. Mais un futur *aiguat* causera certainement des dommages à Lleida et à Balaguer, car des quartiers entiers sont construits dans le lit majeur. Nous pouvons regrouper les effets de *l'aiguat* en trois ensembles, dont nous avons localisé les principaux impacts dans la carte de la page suivante.

1 - *L'aiguat* a coupé de nombreuses routes. Il a emporté des ponts, ou bien il les a rendus momentanément inutilisables. Des vallées entières et de nombreuses localités ont été isolées, certaines pendant plusieurs semaines, le ravitaillement étant apporté par des hélicoptères, ou par des convois de mules à travers le lit des torrents ou par la montagne. Il s'agit principalement de hautes vallées de la Noguera Pallaresa (Vall d'Àreu, Vall de Tor, Vall Ferrera, voisines d'Andorre), de l'ensemble des vallées d'Andorre, de la vallée moyenne du Sègre de la Seu d'Urgell à Oliana, ainsi que les vallées affluentes, de villages en rive gauche du haut Sègre (Montellà et les villages au pied de la Serra del Cadi), des hautes vallées du bassin du Cardener (vallées de Tuixent et de Gósol), des hautes vallées du bassin du Llobregat en amont de Berga, et de la vallée du Freser en amont de Ripoll. Les deux seules voies de communication vers la Cerdagne et l'Alt Urgell étaient donc coupées, que ce soit par la vallée du Sègre ou par la vallée du Llobregat et la Collada de Toses.

2 - Les lits majeurs et les basses terrasses ont été partout inondés, avec les conséquences habituelles lors des crues violentes: érosions localisées et dépôts. Les érosions se produisirent dans les rives concaves des méandres. Il y eut des changements des points d'impact à cause d'obstacles ou de murs de protection qui rabattirent le courant principal sur l'autre rive, à cause embâcles contre des ponts dont la lumière était insuffisante ou qui comportaient de trop nombreuses arches. Des défluviations ou des déviations latérales des cours d'eau se produisirent localement à cause d'obstacles dans le lit d'inondation habituel (boisements, haies, murs, plantations): un nouveau lit, parfois

momentané, érôda des terrasses.

Suivant ce schéma, le Riu Balsareny, affluent du Llobregat, emporta des maisons à Guardiola de Berguedà⁷⁷. À Gironella, à l'issue de la traversée d'un secteur urbain où le Llobregat avait été canalisé, les eaux avaient acquis de la vitesse et emporté beaucoup de matériaux, le cours d'eau construisit lui-même l'obstacle qui le dévia, déposant le plus gros de sa charge aussitôt après, au milieu du lit. L'obstacle fut accentué par un embâcle contre un pont qui s'abattit. Cela amena un changement de lit et le Llobregat emporta une file de maisons⁷⁸. Dans toutes les vallées, il y eut systématiquement des calibrages et des élargissements des lits majeurs, des accentuations et des migrations de méandres, en particulier dans toute vallée du Sègre⁷⁹, de la Cerdagne à Lleida. Une très belle cartographie en couleurs de la vallée du Sègre entre La Seu d'Urgell et la confluence avec l'Ebre a été publiée par la Generalitat de Catalogne.

3 - Il y eut des glissements de terrains, dont certains importants, et de nombreuses modifications locales des versants, très généralisées dans toute les zones qui subirent les plus gros abats d'eau, dont l'Andorre: coups de cuiller, glissements ponctuels, affaissements de talus avec le plus souvent des mouvements rotationnels, coulées boueuses, etc. La carte qui suit localise les impacts les plus importants: ils affectent presque toutes les hautes vallées pyrénéennes entre la Noguera Pallaresa et le Llobregat, l'Andorre occupant la partie centrale de cet espace sinistré.

Il s'agit des glissements et des coulées d'Esterrí d'Àneu, d'Ainet et d'Escaló dans la haute Noguera, et de Can Xisquet (un mouvement rotationnel sur le versant⁸⁰) près de Saldes dans le haut Llobregat pour les moins importants, inférieurs à un hectare. Mais, dans cinq localités, le mouvement a été plus considérable. Certains, outre l'étude déjà signalée, ont fait l'objet de plusieurs communications postérieures⁸¹ et sont en passe de devenir des exemples classiques dans la bibliographie scientifique et dans la pédagogie universitaire.

⁷⁷ - *Efectes geomorfològics dels aiguats de novembre de 1982*, Servei Geològic de Catalunya, p. 68.

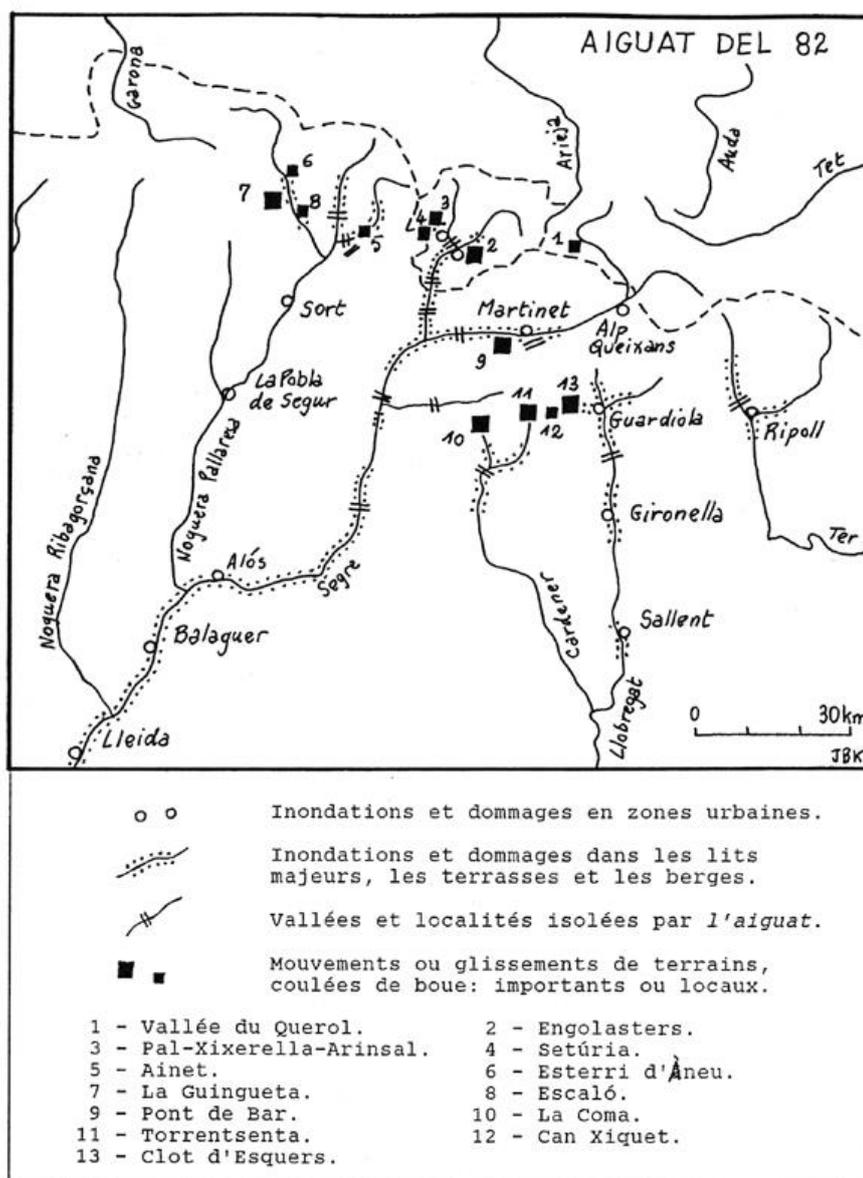
⁷⁸ - id. p. 79.

⁷⁹ - *ibid.*, pp. 163-233.

⁸⁰ - *ibid.*, p. 109.

⁸¹ - En particulier: Corominas, J. et Alonso, E.: "Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán. Tipología i causas."; *Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas*, UPC, Barcelona, 1984. Furdada, G. et Vilaplana, J.M.: "Grandes deslizamientos en las laderas de la Vall d'Assua y margen derecho de la Ribera de Sort"; Rodriguez Ortiz, J.M. et autres: "El deslizamiento de Pont de Bar (Lerida) de octubre de 1982."; Fleta, J.: "Litologías y deslizamientos en la cuenca alta del Rio Ter"; *II Simposio sobre taludes...*, Andorra la Vella, 1988.

**PRINCIPAUX
EFFETS DE
L'AIGUAT DE
1982 EN
CATALOGNE**



Ce sont les glissements de La Coma (7 ha, lave torrentielle⁸²), de Torrentsenta (5 ha, glissement et coulée boueuse dans des argiles, près de Gósol⁸³) et du Clot d'Esquers (20 ha, mouvement de masse d'un versant sur cent à deux cent mètres de largeur dans des argiles, des grès et des calcaires marneux⁸⁴) dans le haut Cardener et dans le haut Llobregat, les quatre coulées successives de La Guingueta⁸⁵ dans le Pallars (plusieurs

⁸² - *Efectes geomorfològics...*, Servei Geològic de Catalunya, p. 87 et suivantes.

⁸³ - *id.*, p. 108 et ss.

⁸⁴ - *ibid.*, p. 104 et ss.

⁸⁵ - *ibid.*, p. 116 et ss, et article cité de G. Furdada et J.M. Vilaplana: "Grandes deslizamientos en las

départs de coulées boueuses successives et de points différents, un long cheminement de plusieurs kilomètres dans le lit d'un torrent et l'étalement des matériaux sur un cône urbanisé et traversé par la route nationale), et enfin du mouvement généralisé d'un versant sur plus d'un kilomètre de largeur par suite de multiples mouvements rotationnels à Pont de Bar⁸⁶, qui amena l'évacuation du village et sa reconstruction plus loin, sur l'autre rive.

22.4 - La politique de protection

L'impact de *l'aiguat* de 1982

Nous avons insisté sur l'impact physique de cet *aiguat* sur le territoire andorran, mais il nous faut aussi souligner son impact économique direct et indirect, par les dommages qu'il a occasionnés comme par les investissements et par les aménagements qu'il a imposés depuis dix ans. Ce fut une charge importante pour le budget de ce petit État puisque, pendant toute la durée du second gouvernement andorran, le premier chapitre du budget fut celui des routes et de la protection contre les inondations (les deux actions étant le plus souvent liées, car l'endiguement, la réfection et l'élargissement des routes furent des éléments d'une même stratégie échelonnée dans le temps)⁸⁷. Avec le recul d'une dizaine d'années, nous pouvons affirmer que *l'aiguat* de 1982 a eu des conséquences durables sur l'aménagement du territoire et sur la politique de risques naturels en Andorre.

Dès 1982, les dommages subis du fait de *l'aiguat* furent estimés par le gouvernement à quatre milliards de pessesetes. Il s'agissait, pour deux milliards, du coût de la remise en état des routes et des équipements annexes (ponts, barrières et parapets, réfections des abords...), de la réparation des réseaux électriques et téléphoniques et des autres dommages aux équipements publics. Les deux autres milliards correspondaient aux pertes subies par les particuliers et par les entreprises privées: maisons et édifices divers, terrains, cultures, biens meubles, commerces, etc.

laderas de la Vall d'Assua...", *II Simposio...*, Andorra la Vella, 1988.

⁸⁶ - *ibid.*, p.140 et ss, et articles cités de J. Corominas et d'E. Alonso: "*Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán...*", 1984, et de J.M. Rodriguez Ortiz: "El deslizamiento de Pont de Bar..."; *II Simposio...*, 1988.

⁸⁷ - Au cours des quatre années 1985-1988, le budget prévisionnel de la *Conselleria de Serveis Públics* a représenté entre 41% et 59% du budget total du Gouvernement andorran, les routes et les canalisations des rivières atteignant régulièrement entre 15 et 20% du budget de l'État (et de 32 à 44% du budget de la *Conselleria* concernée).

Dans le secteur où la Valira inonda et traversa la partie centrale de l'agglomération principale d'Andorra la Vella-Les Escaldes, il y eut beaucoup d'entreprises commerciales en difficulté à cause de *l'aiguat*, certaines allant même jusqu'à la cessation de paiements. Les boutiques et les magasins eurent des pertes très lourdes (dommages aux installations, marchandises perdues ou invendables) et, même lorsqu'elles étaient assurées, beaucoup eurent du mal à reconstituer et à financer leur reprise d'activité et leurs stocks. L'euphorie provoquée par le miracle économique andorran, la spéculation commerciale et la progression de l'économie étaient telles que certains commerçants s'étaient très endettés afin d'installer ou de développer leur affaire. Certains commerces avaient obtenu des banques andorranes des prêts un tantinet risqués, hypothéqués sur les stocks de marchandises que *l'aiguat* venait de détruire.

Ces quelques faillites et, pour d'autres, ces difficultés financières graves montrèrent la fragilité d'un système économique basé sur une progression indéfinie et, en partie, sur des financements hasardeux. Selon des spécialistes andorrans, il semble que les établissements financiers et les acteurs économiques en aient tenu compte par la suite. Pour ceux qui ne reculent pas devant les paradoxes, c'est un point positif à l'actif de *l'aiguat*: en mettant en évidence ces faiblesses, il a aidé à stabiliser l'économie andorrane.

Le coût total des travaux de canalisation des cours d'eau effectués entre 1984 et 1992 a été chiffré à un milliard et trois cent millions de pesses par la *Conselleria de Serveis Públics*. Les budgets prévisionnels dégagés pour les travaux de protection se sont constamment situés entre 300 et 550 millions de pesses par an, soit entre 3 et 6% du budget total de l'État⁸⁸.

Le risque d'inondation est connu

Aujourd'hui le risque d'inondation est l'un des mieux connus en Andorre. Il offre peu de surprises en ce qui concerne la recherche, depuis que l'étude systématique des zones soumises au risque a été réalisée en 1990. Auparavant il y avait eu des études universitaires, sans grandes conséquences pratiques, et des études techniques demandées par la *Conselleria de Serveis Públics* lors de la réalisation de chaque ouvrage de protection. *L'aiguat* de 1982 peut servir de référence quant aux débits des crues exceptionnelles, ce qui permet d'y adapter éventuellement le calibrage des lits canalisés. Ce risque est devenu un des plus prévisibles, du moins en ce qui concerne les espaces menacés, les mécanismes et les dynamiques de crue, donc les protections ou les limitations éventuelles dans l'usage des sols, et les simulations en fonction des abats

⁸⁸ - Sources: *Andorra, exercici 1985, pressupost (Govern d'Andorra)*; *Memòria de gestió 1986-1988 (Conselleria de Serveis Públics, Govern d'Andorra)*; *Estadístiques 1988 (Conselleria de Finances, Govern d'Andorra)*.

d'eau prévisibles et des temps d'écoulement. C'est ce dernier aspect qui reste encore à travailler en Andorre.

Bien que prévisibles, l'inondation ou *l'aiguat* constituent le risque naturel qui provoque le plus de dommages matériels et de pertes humaines dans les pays du pourtour de la Méditerranée nord-occidentale. Malgré son retour constant, c'est celui qui surprend le plus les populations et les autorités lorsqu'il survient.

Un certain nombre d'éléments y concourent, tous humains. Il y a d'abord l'oubli ou la volonté d'oubli des événements, d'autant plus faciles que le temps de retour des *aiguats* est très supérieur à une génération et que les effets visibles s'atténuent avec le temps. Il y a aussi l'acceptation du risque, voire le jeu conscient avec le risque, qui dérivent de la récurrence du phénomène, car les études de probabilité demeurent peu convaincantes pour les décideurs et pour l'opinion publique. Nous en avons un exemple récent dans la presse andorrane. Dans un reportage consacré à la reconstruction après *l'aiguat* de 1982, nous lisons le sous-titre suivant: "*Cada 100 o 500 anys pot haver-hi un aiguat de similars característiques al de l'any 1982*". C'est évidemment erroné puisque nous avons vu que celui de 1937 avait eu les mêmes caractéristiques que celui-ci, avec probablement des abats d'eau supérieurs. Les deux *aiguats* se sont suivis en moins de cinquante ans.

Il est évident que ce genre d'information - reproduisant ce que disent les responsables administratifs et politiques qui présentent leur bilan à la presse - amène à minorer le risque et à accroître le sentiment de sécurité au-delà de ce qui est raisonnable: les intéressés deviennent, psychologiquement, prêts à prendre de nouveaux risques⁸⁹.

Il est vrai qu'il est difficile de prévoir ces événements exceptionnels et que les experts ne sont pas toujours d'accord entre eux. Or les décisions politiques ou d'aménagement s'accommodent mal de la longue durée. Il est déjà peu courant de planifier et d'obtenir une cohérence d'action sur plus de dix ans, il devient difficile d'incorporer des gros budgets avec continuité pour des actions qui s'inscrivent dans le long terme, pour se protéger de risques dont la récurrence est multidécennale ou séculaire. Il est peu d'électeurs, autres que ceux qui sont directement affectés, qui acceptent ces sacrifices financiers pour des événements dont beaucoup n'en ont pas été les témoins. De plus il y a souvent dilution des responsabilités; il est difficile de prendre en compte un risque qui n'a pas été défini juridiquement et administrativement, surtout lorsque l'opinion publique n'y est pas prête et si le risque ne s'est pas manifesté récemment.

⁸⁹ - *Diari d'Andorra* du 12 janvier 1992, pages 10 et 11: "*Nou anys de reconstruccions després dels*

Il en va de même en Catalogne Nord. Cinquante ans après *l'aiguat* de 1940, il est très difficile de convaincre des étudiants ou des habitants immigrés depuis d'autres régions françaises et qui résident dans les zones affectées, de la possibilité d'un nouvel *aiguat* ou, plus simplement, d'évoquer le précédent. Il y a toujours une certaine incrédulité, à la fois parce que cela semble très lointain et trop exagéré, et parce que l'on pense que si c'était vrai, les mesures nécessaires auraient déjà été prises depuis longtemps par les autorités.

Il ne faut pas sous-estimer la confiance des habitants dans les aménagements et dans les mesures de protection, même si celle-ci est partielle, insuffisante ou peu adaptée au risque. Cela s'est vérifié en Catalogne Nord où l'on a reconstruit à Vernet, à Arles et à Amélie dans des espaces qui avaient été ravagés par *l'aiguat* de 1940 et qui demeurent toujours menacés. Il y a bien sûr un risque consciemment pris, mais il y a aussi la confiance dans les travaux de correction et de reboisement entrepris par les Eaux et Forêts puis par l'O.N.F. dans tout le massif du Canigó. Or, si cette protection atténue les effets des forts abats d'eau habituels, il s'avère aujourd'hui qu'elle serait peu efficace en cas de retour d'abats d'eau exceptionnels. Mais entre-temps on a réalisé des infrastructures et des zones urbaines qu'il faut gérer⁹⁰.

Enfin, il faut tenir compte des modifications du territoire (couvert végétal et conditions physiques, espace bâti, mesures de protection ou, à l'inverse, obstacles à l'écoulement des eaux, etc.) et des conditions économiques depuis le dernier *aiguat*, ce qui rend les comparaisons difficiles aux yeux de l'opinion et des responsables. Par voie de conséquence, cela explique que les décisions contraignantes et les limitations d'usage des terrains soient si mal acceptées. On est amené à ne pas trop croire les mauvais augures et les catastrophistes, surtout s'il s'agit de chercheurs qui ont des études, des conseils intéressés ou des étudiants à placer.

aiguats del 82."

⁹⁰ - On se reportera à l'article de Joan Becat et Ramon Gual, "*Imatges, testimoniatges i elements d'anàlisi de l'Aiguat d'en 40 a Catalunya Nord.*", publié dans les actes du colloque de Vernet sur *L'aiguat del 40*, Barcelona, 1993. Extrait du point 2, les premiers travaux:

"Ja durant l'aiguat la premsa insistia sobre la deforestació com a causa determinant de l'aiguat, cosa que no és certa, ja se sap avui dia, però que va tenir una gran acceptació dins una opinió pública traumatitzada. Els serveis estatals de les Aigües i Boscos van expropriar o comprar a les bones amplis sectors de muntanya. Es pot dir sense exageració que tot el massís del Canigó va passar a mans de l'estat. Es van iniciar treballs de restauració de terrenys i una sistemàtica reforestació, que dona avui dia, amb les tales, recursos a l'estat (que va realitzar gràcies a l'aiguat una molt bona operació immobiliària i especulativa). Els municipis van ser evidentment defraudats, ja que es podien fer les mateixes gestions sense que perdessin la propietat dels comunals, ni avui dia dels recursos corresponents.

Sense entrar més en criteris de moralitat pública ni de crítica de la coneguda gestió centralista de l'estat francès, constatem una vigorosa i clàssica acció forestal a muntanya amb, per la gent del país, una impressió d'eficiència i un sentiment de seguretat. És un dels elements que pot fer entendre algunes de les aberracions futures que hem d'assumir avui dia, com ara d'haver reconstruït en els llocs on va passar

En Andorre tous ces éléments ont joué et certains peuvent jouer encore , mais il s'y rajoute deux éléments spécifiques qui aggravèrent les effets de *l'aiguat*. D'une part il y eut le prix payé à cause de l'absence d'une claire répartition des compétences entre institutions, ce qui favorisa la spéculation urbaine et la mauvaise gestion du territoire ainsi que l'impossibilité pour des raisons politiques de mettre en place, jusqu'à aujourd'hui, une structure d'État adaptée aux nécessités de gestion de l'Andorre actuelle. D'autre part, il y a les conséquences déjà évoquées de la croissance économique désordonnée et d'une utilisation du territoire peu respectueuse des conditions naturelles contraignantes.

Les erreurs et les négligences humaines

Elles ont provoqué ou accentué les effets de la crue en Andorre. Nous en avons analysé des exemples dans le chapitre précédent et dans les documents annexes 64.422/1. Il s'agit ici d'en établir un inventaire plus ordonné.

1 - Les altérations des lits fluviaux

- Rétrécissement artificiel des lits mineurs des cours d'eau afin d'y installer ou d'y élargir une route, en particulier dans les gorges et dans les vallées étroites (vallée du Riu d'Os, la Grella, vallées d'Arinsal et de Pal).
- Occupation des lits majeurs par des constructions; modification de ces lits majeurs par des remplissages de déblais et de matériaux afin de les combler et d'en surélever le niveau.
- Canalisation ponctuelle d'un cours d'eau, qui accentue l'impact de la crue à l'aval immédiat de ces ouvrages: En-camp, Les Escaldes.

2 - L'insuffisante gestion du milieu

- Absence de gestion de la forêt, qui ne joue pas pleinement son rôle de protection et qui favorise localement les glissements de terrain et les coulées de boue.
- Déblais et matériaux déversés sur les versants (mobilisables par le ruissellement) ou dans les lits majeurs (mobilisables par les cours d'eau), qui accroissent la charge des eaux de crue.

3 - L'urbanisation et les infrastructures dangereuses ou inadaptées

l'aiguat d'en 40."

- Construction de chaussées sur des dépôts ou sur des remblais non stabilisés et mal (ou pas) protégés, en particulier sur des versants pentus ou dans les fonds de vallées au contact d'une rive concave de méandre (Voir les documents annexes : Les zones sensibles en Andorre, "*Boniques calçades sobre fang.*").
- Constructions (maisons, immeubles, hôtels) dans le lit majeur, sur la rive même du lit mineur non canalisé. Ces édifices sont en danger et, lorsqu'ils résistent, leur présence constitue un obstacle qui modifie la dynamique du flux de crue, entraînant des changements de position des méandres et l'érosion corrélative de secteurs qui n'étaient pas forcément en danger auparavant.
- Installation permanente de stockages de produits dangereux dans des zones inondables ou dans des zones à risques, sans protection suffisante (La Massana) ou sans protection du tout (Andorra la Vella).
- Incohérences du plan urbain et du tracé des rues qui accroissent les effets des inondations, comme ce fut le cas à Andorra la Vella.
- Absence de digues de protection dans les zones urbaines construites dans le lit d'inondation de la Valira.
- Lotissements sur des cônes de déjection torrentiels actifs. Constructions et infrastructures (grands bâtiments, hangars, tribunes d'un stade, murs, etc.) dans le lit majeur ou sur un cône de déjection actif, dont la présence ou la mauvaise disposition gêne et perturbe l'écoulement des eaux (Andorra la Vella, Aixovall).
- Habitat permanent de travailleurs immigrés ou saisonniers dans des roulottes et dans des caravanes, théoriquement en séjour temporaire, mais en réalité installées à l'année dans des campings situés dans des lits majeurs inondables, comme c'était le cas à Santa Coloma.

4 - Les faiblesses de la protection civile

- À l'époque de *l'aiguat* de 1982, absence d'un service de protection civile et de plans d'intervention en cas de catastrophes naturelles ou technologiques, du type des plans ORSEC ou de tout autre plan d'intervention et de secours.
- Absence de coordination entre les services d'intervention andorrans ou étrangers et les autorités locales, nationales ou étrangères, résidant ou non en Andorre. Absence d'une cellule de crise unique assumant l'ensemble des décisions d'intervention pendant la catastrophe.

- Absence de sensibilisation et d'information des populations résidentes sur les risques d'inondation et sur les conduites à tenir en cas de danger.

Les enseignements

L'aiguat de 1982 fut un sévère avertissement pour tous les habitants et pour les institutions proprement andorranes. Il semble qu'il ait été compris, puisque des travaux et des corrections furent aussitôt entrepris et continués sans défaillance jusqu'à aujourd'hui. Outre les pertes matérielles considérables, il y eut neuf morts dont les corps furent retrouvés, dont quatre à La Seu d'Urgell, et quatre disparus. L'Andorre fut isolée, avec les routes coupées et des paroisses sans électricité ni eau potable.

La réaction fut immédiate. L'électricité fut rétablie le lendemain et l'eau potable en quelques jours. Une semaine après des chaussées provisoires et des itinéraires étaient presque partout rétablis. Trois jours après *l'aiguat*, dans les hautes vallées de La Massana encore isolées (nous avons compté trente-cinq points où les routes étaient emportées ou endommagées), il nous fut donné de voir depuis un hélicoptère des travaux entrepris spontanément dans chaque village pour rétablir la circulation. Seule la vallée d'Os de Civis fut longtemps isolée. Après ces travaux d'urgence et les nettoyages nécessaires, un mois et demi après, la saison d'hiver pouvait débiter presque normalement. Cela en dit long sur la capacité de réaction et sur l'énergie surprenante de la population.

Il y eut pendant et après *l'aiguat* une volonté de faire front et une grande capacité de mobilisation des habitants. C'est d'autant plus surprenant et encourageant que rien n'était prévu pour faire face à cette situation, qu'il n'existait pas de réelle cellule de crise ni de corps de protection civile. Tout fut improvisé aussitôt, avec un assez grand pragmatisme et avec une prise en mains de beaucoup de situations par les andorrans eux-mêmes, surtout à partir des *Comuns*. De nombreux volontaires vinrent s'inscrire dans les mairies, des entreprises de travaux publics mirent leur matériel en action avec leurs ouvriers pendant la crue elle-même, les associations sportives et d'autres collectifs se regroupèrent et se mirent au service des autorités. Une surveillance fut mise en place afin d'éviter les pillages, qui furent peu nombreux. Bref, avec toutes les improvisations inévitables, mais avec spontanéité et un grand esprit civique, ce fut la société qui, pour l'essentiel, se prit en charge pour suppléer le manque de structures de protection civile et d'organisation des institutions compétentes en la matière. Cela en disait long sur les réseaux de solidarités dans la société andorrane et sur sa capacité de réaction, cela mettait en évidence les lacunes et l'inadaptation des institutions; à terme cela impliquait un changement dans les compétences avec une prise en charge des responsabilités par ceux qui les exerçaient de fait.

Il faut aussi souligner l'importance des secours extérieurs français et espagnols, après la crue, en particulier en matière de logistique et de personnel spécialisé: hélicoptères, transport, évacuations d'urgence et ravitaillement, matériel d'intervention, équipes de militaires, de pompiers et de protection civile. Mais chacun était rattaché à son propre P.C. d'opération, et nous venons de voir que des centres d'intervention andorrans s'étaient aussi multipliés. Plus que dans les moyens techniques et humains, là était la réelle carence de l'organisation des secours et des interventions dans les jours qui suivirent. C'est un des enseignements majeurs de cette crue catastrophique: par souci d'efficacité il devenait nécessaire, comme nous l'avons souligné dans d'autres domaines, de revoir la répartition des compétences, c'est-à-dire de les transférer des services des Coprinceaux aux institutions territoriales à travers le Gouvernement; il fallait aussi former des spécialistes et un service de la protection civile, élaborer des plans d'intervention et améliorer la coordination d'opérations futures avec les pays voisins.

Le phénomène de domination, si classique en montagne, fut douloureusement mis en évidence, ainsi que la nécessité de tenir compte des risques naturels dans l'aménagement. Il s'y rajoutait le rappel d'un fait absolument unique dans les Pyrénées comme dans les Alpes, que l'on avait oublié trop vite: la présence à plus de mille mètres d'altitude d'une ville de trente mille habitants permanents (et de plus de soixante-dix mille en saison). L'agglomération d'Andorra la Vella-Les Escaldes est au contact et au coeur de la haute montagne, donc confrontée directement à certains risques naturels. Nous le soulignons dans les conclusions de notre rapport, remis dix jours après *l'aiguat*:

"La conseqüència del que acabem d'explicar, i la importància de les pèrdues humanes i materials subratllen la necessitat de l'acció coordinada i reflectida, avaluant les conseqüències de tot endegament i imposant, si ho cal, unes obligacions necessàries per al bé comú. Això implica unes actituds de principi:

a) Tot endegament en les parts d'avall, o qualsevol urbanització depenen directament del que els domina, que sigui a prop (cas de barri dels Correus o de la Seguretat social respecte al Valira, cas del Liceu, etc...) o més lluny (cas del conjunt de la conca d'Andorra-Escaldes respecte a les altes conques del Valira pel que fa a l'escolament de les aigües i a les mobilitzacions de material mòble).

b) Als sectors crítics o als sectors dominats, l'interès privat ha de desaparèixer en part davant l'interès i la seguretat col·lectius.

D'altra banda, el caràcter recent de les estructures administratives, tècniques i polítiques de gestió, doncs la dificultat concreta de l'acció d'ordenació del territori mentre que l'economia i l'endegament espontani creixien ràpidament, va tenir com a conseqüència la limitació o el caràcter embrionari de la reflexió global sobre els problemes naturals i la quasi absència d'estudis dels riscos i dels

*punts sensibles, doncs la insuficiència local de protecció.*⁹¹"

Enfin, si *l'aiguat* de 1982 a traumatisé la population, on peut mettre malgré tout à son actif un autre aspect positif: la meilleure sensibilisation de l'opinion publique aux risques naturels et le sentiment général qu'il fallait désormais éviter une croissance anarchique, qu'il devenait impératif de dépenser de l'argent pour se protéger. Même sans législation en la matière, cela laissait les coudées franches au Gouvernement andorran pour entreprendre des travaux et pour mettre en place, à terme, une politique de prévention des risques naturels.

Les travaux de protection, 1982-1992

L'effet médiatique et le choc psychologique de *l'aiguat* de 1982 furent tels en Andorre que la protection des voies de communication et des zones urbaines devint une préoccupation majeure des gouvernements successifs, qui agirent avec une grande constance, peut-être dûe à la permanence des équipes administratives et techniques de la *Conselleria de Serveis Públics* depuis dix ans.

Une politique de travaux de protection fut aussitôt mise en place. Les travaux d'urgence mobilisèrent 617 millions de pesses entre le dernier trimestre de 1982 et l'année 1983⁹². On reconstruisit les routes et les réseaux endommagés, on nettoya les zones engravées et on enleva tous les décombres et traces de *l'aiguat*.

La nouvelle alerte de la crue de 1984 vint à point pour doter le chapitre de la canalisation des rivières de budgets importants et réguliers. Elle fut surtout centrée sur la protection des routes, lorsque la chaussée longeait un méandre, et sur l'endiguement des cours d'eau dans les zones urbaines. Ce bétonnage progressif, qui continue encore, eut une contrepartie négative, son coût écologique. En effet, les formations du bord des eaux - des biotopes riches et très caractéristiques de l'Andorre - ont disparu sur déjà près de la moitié des rives des Valira dans les vallées moyennes. Il s'y rajoute une modification du fond du lit lui-même et la disparition des abris et micro-talus des rives, avec des conséquences négatives pour la faune des cours d'eau et pour la pêche.

En apparence ces travaux de protection furent réalisés sans ordre, par tronçons répartis sur tout le territoire. Mais, en réalité, ils étaient assez coordonnés et très logiquement planifiés si l'on tient compte du contexte politique andorran. On effectua d'abord les travaux les plus urgents dans les secteurs qui avaient été directement affectés

⁹¹ - Joan Becat. *Andorra. Aiguat del 8/11/82. Primer informe, 2a part*, novembre 1982, conclusions p. 51.

⁹² - *Diari d'Andorra* du 12/01/1992, page 10.

par *l'aiguat*: la réparation de dommages causés aux routes allait de pair avec la mise en place d'éléments de protection (digues, murs et parapets, enrochements, etc.) sur toutes les paroisses, ce qui contentait tout le monde et permettait d'assurer un appui constant des élus au sein du *Consell General*. Puis on procéda à des endiguements systématiques des Valira dans les zones urbaines, toujours avec la même stratégie paroissiale. On en arriva au calibrage et à l'aménagement de certains torrents affluents qui affectaient des zones urbaines ou les voies de communication principales, et aux endiguements moins urgents.

Entre Erts et La Massana, où le Riu d'Arinsal avait souvent changé de lit et remodelé sa vallée alluviale, les importants travaux de remise en état et de protection entrepris après *l'aiguat* suivirent une méthode très curieuse et assez insolite pour un géomorphologue, mais très logique dans le contexte de spéculation foncière andorrane. Au lieu de respecter et de consolider le nouveau lit mineur de la rivière, ou encore de profiter de l'occasion pour rectifier et recalibrer son cours, on remit le Riu d'Arinsal dans son ancien lit, quoi qu'il en coûtât. Il fallut souvent recreuser dans les alluvions de 1982, car on en revint à tous les méandres antérieurs, même dans un cas où le nouveau méandre était à l'opposé, au pied de l'autre versant de la vallée. On consolida ces rives artificielles - et plus longues que dans l'hypothèse d'une rectification du cours - par des enrochements systématiques et par des murs dans les points sensibles.

Dans toute la vallée on transporta d'un point à un autre et d'une rive à l'autre les matériaux nécessaires pour combler le lit creusé par *l'aiguat* et pour reconstituer les terrains et les propriétés d'avant la crue. Le cours actuel du Riu d'Arinsal est en apparence naturel, il est conforme à son tracé sur la carte au 1/10.000e de 1976, mais en réalité il est artificiel car remodelé sur sa plus grande longueur. Ces coûteux remaniements sur des fonds publics sont liés à la primauté des questions foncières et au régime de propriété: le lit mineur marque la limite des parcelles; s'il se déplace il réduit ou il agrandit les propriétés. Il convient donc pour chacun de retrouver son bien, d'autant plus que les travaux de protection valorisent des terrains auparavant menacés et inondables.

Malgré la continuité dans l'aménagement des cours d'eau principaux, il n'y eut pas de cartographie de localisation ou de planification. Selon les responsables administratifs de différents niveaux, cela sembla inutile puisque tout le monde connaissait les emplacements où s'effectuaient les ouvrages et qu'à terme tout devait être protégé des débordements des Valira. Dans la pratique, pour obtenir une vision d'ensemble, il fallait revoir tous les projets approuvés, à la *Conselleria* même, et vérifier sur le terrain l'état de leur avancement. En 1989, à l'occasion d'une exposition rétrospective des infrastructures réalisées en Andorre depuis la création d'un gouvernement, les travaux de protection contre les crues furent localisés par des points sur une carte au 1/25.000e.

Quelles furent les étapes et quel est le bilan dix ans après *l'aiguat*? Les premiers gros chantiers commencèrent en 1984 avec l'endiguement du Riu d'Os de Civis, du début du cône jusqu'à son confluent avec la Valira. En amont on réalisa des protections locales de la chaussée et on construisit en travers du lit des seuils pour le stabiliser, ainsi que de petits barrages afin d'éviter le transport des matériaux par les crues vers le cône d'Aixovall. Il fallait éviter le comblement de la section inférieure endiguée et un éventuel changement de lit, comme en 1982. Dans la vallée d'Arinsal, parallèlement à la construction de murs de protection de la route dans les méandres, on installa des seuils faits de troncs de pins qui régularisèrent le lit mineur. Décidés en 1984, les endiguements de la Gran Valira commencèrent en 1985 aux Escaldes et à Andorra la Vella. De forts murs en béton gainèrent progressivement la Gran Valira dans toute sa traversée de l'agglomération. On en profita pour construire des trottoirs en balcon le long de la rivière, ce qui créait de nouveaux cheminements piétonniers qui manquaient jusqu'alors, puisque tout le monde, piétons et véhicules, devait passer par l'avenue principale. En effet, auparavant, la plupart des rues qui allaient vers la Valira aboutissaient à un cul de sac ou à un front continu de maisons construites le long du lit mineur. Un nouveau pont routier et une passerelle piétonnière furent construits sur le Grand Valira et le pont de la Rotonde fut élargi et remanié.

On passa de quatre chantiers ouverts en 1986, avec des travaux programmés pour 242 millions de pessesetes, à 22 chantiers en 1989 et 780 millions de pessesetes. Au total dix-sept secteurs furent concernés par ces endiguements:

- deux sur Canillo, le long de la Valira dans sa traversée du village, sur un kilomètre; il s'agit des derniers chantiers, ouverts en 1989;
- deux sur Encamp;
- un sur la Massana, dans les gorges de la Grella;
- sept sur Sant Julià de Lòria, dont un sur la Valira et six sur le Riu d'Os; ces travaux s'achevèrent en 1988 et le Riu d'Os est aujourd'hui endigué et aménagé sur six kilomètres, c'est-à-dire dans presque toute sa portion andorrane;
- cinq sur Andorra la Vella et sur les Escaldes-Engordany, les plus importants étant l'endiguement de la Valira sur deux kilomètres et demi dans sa traversée de la partie centrale de l'agglomération et au droit du Lycée Comtes de Foix; mais on endigua aussi le Riu Madriu aux Escaldes et les Torrents del Forn et de La Comella dans leur cours inférieur (dans le cône de déjection qui fut actif en 1982), le Torrent del Cedre et le Torrent de Santa Coloma de la base du versant d'auge jusqu'à leur confluent avec la Valira.

De plus, de nombreux travaux ponctuels moins importants furent réalisés dans presque toutes les paroisses:

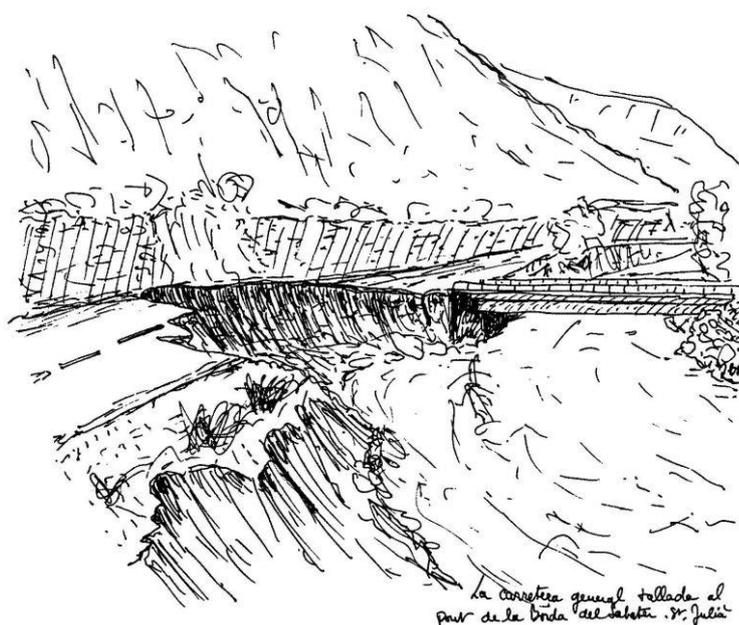
- sur Encamp des murs de protection le long du Riu Aixec, du Riu dels Cortals, du Riu de les Pardines et du Riu de l'Ovella, c'est-à-dire l'ensemble des torrents de l'Obac et de la vallée glaciaire suspendue des Cortals d'Encamp qui débouchent sur la partie haute de l'agglomération, ainsi que le remodelage des débouchés du Torrent dels Hortals et de la Canadilla et du Torrent de l'Aviar, qui dévalent du Solà d'Encamp au centre de la vallée, dans une zone urbaine potentielle;
- sur Ordino l'aménagement et la protection des rives du Riu de Segudet et la canalisation de la Valira à La Cortinada (en relation avec un remaniement de maisons afin d'élargir la route et de résorber un point noir de la circulation);
- sur La Massana des murs de protection furent construits dans tous les endroits sensibles de la traversée de la ville par le Riu d'Arinsal, en coordination avec des aménagements des rives (parking, terrain de sport, nouveaux immeubles), et de nombreux travaux ponctuels s'échelonnèrent le long des Rius de Pal et d'Arinsal;
- sur Sant Julià de Lòria à la Borda del Sabater et au Pont de Fontaneda.

Dix ans après le résultat est très visible: la plupart des points affectés par *l'aiguat* de 1982 sont protégés par des murs ou par des endiguements systématiques. La Valira d'Orient est endigué dans la quasi-totalité de la traversée de Canillo, d'Encamp et des Escaldes. Dans le bassin d'Andorra-Escaldes, la Valira est enserré dans de forts murs de protection sur la moitié de sa longueur: cet endiguement est terminé dans le secteur amont, où s'étend la partie la plus dense de l'agglomération actuelle; il est en projet sur Santa Coloma et sur La Margineda où le lit d'inondation est très ample, donc susceptible d'être converti en zone urbaine s'il est mis hors d'eau. L'endiguement de la Valira dans l'agglomération principale était une des recommandations que nous formulions dans le rapport fourni après *l'aiguat*: "*Els casos del barri central (d'Andorra-Escaldes) i de la zona de Santa Coloma són ben clars: siguin les que siguin les proteccions locals o els mètodes de construcció dels edificis, aquest conjunt urbà es localitza en el llit major. O bé aquest llit es protegeix de cap a cap, o al menys en els sectors més crí-tics, o bé la lògica de la dinàmica fluvial es manifestarà altra vegada, de tota manera.*"⁹³. À terme l'objectif est d'endiguer tous les cours d'eau dans leur traversée des zones urbaines ou urbanisables.

C'est une politique pragmatique qui pare au plus pressé et qui privilégie les actions les plus rentables, en dégageant avec continuité les moyens nécessaires. Elle s'accompagne d'une profonde transformation des paysages et d'une artificialisation du milieu dans les zones affectées. Elle est cependant incomplète, car elle néglige sur l'ensemble du territoire des actions importantes et nécessaires, qui font l'essentiel des

⁹³ - Joan Becat. *Andorra. Aiguat del 8/11/82. Primer informe, 2a part*, novembre 1982, conclusions p. 51.

politiques de prévention des inondations dans les autres pays. Nous n'avons décrit en Andorre que des travaux de protection et d'endiguement le long des cours d'eau. Ces actions ne concernent pas les autres éléments qui jouent en cas de crue exceptionnelle, comme en 1982: forêts et végétation des bassins de réception, consolidation des talus et des déblais dont les matériaux sont mobilisables, stabilisation des versants qui peuvent connaître des glissements, modification des plans urbains, etc. Bien qu'il y ait eu un effort financier considérable et une volonté politique d'action, on est encore loin d'un aménagement coordonné du territoire et d'une politique globale de lutte contre le risque *d'aiguat* et d'inondation.



2.3 - Les formes d'instabilité des versants

23.1 - La réalité du risque

Les causes, les mécanismes des mouvements ou des glissements qui affectent les versants et les talus sont bien connus. Dans le travail quotidien des études sur les risques naturels appliquées à l'aménagement, plus que de cas nouveaux ou originaux qui permettent de faire avancer la connaissance théorique, on a le plus souvent affaire à des situations assez répétitives et finalement banales. L'objectif consiste alors à décrire, à expliquer et à évaluer le risque, à dessiner le plus précisément l'espace concerné et, quand c'est possible, à calculer ou à estimer la récurrence. Il s'agit donc souvent d'un inventaire de facteurs favorables et, par déduction ou bien parce que le risque s'est déjà manifesté, d'un inventaire de situations à risques, que l'on étudie alors une à une.

Sous cette approche, il reste un travail de recherche important à faire en Andorre, comparable à celui qui a été réalisé à propos des avalanches. Il faut noter cependant que les conditions dans la Principauté sont aussi bonnes ou meilleures que dans les États voisins. Si, contrairement à la France, il n'y a pas de législation qui prescrive des plans d'exposition aux risques (désignés dorénavant sous le sigle PER dans le texte), par contre les études ponctuelles y sont nombreuses et il existe déjà un premier inventaire des zones qui possèdent des facteurs favorables.

Par rapport à la Catalogne et à l'Espagne on peut estimer que les études sont proportionnellement plus abondantes. L'opinion et les responsables élus andorrans ont une sensibilité plus vive du risque, peut-être parce qu'ils sont plus directement affectés et que les risques se sont récemment manifestés. Il n'est pas question de présenter ici les résultats d'une recherche qui est en bonne partie à faire, au moins sous l'angle des PER, ni de faire une synthèse de l'état des travaux. Notre objectif sera d'évoquer quelques cas d'instabilité des versants, de sensibiliser davantage sur la réalité du risque en Andorre, d'esquisser un cadre pour des études appliquées et de proposer une démarche adaptée à la situation géographique et sociale de la Principauté.

L'instabilité des talus et des versants est un problème réel en Andorre, dont la prise en charge devrait s'articuler selon trois volets.

Tout d'abord il conviendrait de traiter à part les formes périglaciaires, actives ou héritées⁹⁴. Elles sont normales et habituelles en haute montagne. Elles n'impliquent pas de gros risques, mais elles sont à prendre en compte dans la réalisation des routes, des pistes et des installations de sports d'hiver. Le sous-pâturage actuel dans les étages alpin et subalpin, en particulier dans les *solanès*, ainsi que les effets du passage des motos et des véhicules tout terrain sont à étudier en relation avec les modelés périglaciaires.

Des instabilités locales, de toutes dimensions, sont liées aux matériaux, à la structure ou aux événements passés. Il s'agit de secteurs connus dans l'ensemble, soit parce que des événements s'y sont déjà produits, soit parce qu'ils présentent des facteurs favorables. Nous évoquerons les grands glissements anciens de Beixalís (Encamp) et del Forn (Canillo), le glissement de rochers de La Grella, les *esllavissades* historiques de Llorts et del Fener. Mais il existe d'autres secteurs qui ont connu des glissements anciens (Grau Roig, Clot de Gravaders⁹⁵) et des zones préoccupantes: les terrasses fluvio-glaciaires de La Massana, les masses instables de dépôts glaciaires latéraux ou de dépôts de versants du *solà* de Canillo, d'Encamp, du bassin d'Andorra la Vella et des versants des vallées affluentes en rive gauche de la Valira à Sant Julià de Lòria.

Enfin, bien qu'elles aient des causes ou des composantes naturelles, certaines instabilités locales sont provoquées directement par des actions anthropiques inopportunes ou menées sans prendre en compte le risque. À titre d'exemple nous pourrions citer à nouveau le glissement de La Grella, puisqu'il fut directement provoqué par l'exploitation d'une carrière, mais il y a aussi tous les glissements et les éboulements des talus des routes, les modifications de la base des *tarteres* et des cônes d'éboulis, les constructions d'immeubles près d'un (ou sur un) talus virtuellement instable et fragilisé par les fondations de ces mêmes immeubles et par les infiltrations qui en découlent, la concentration des eaux sur un versant par suite d'un busage de route, etc. Les exemples ne manquent pas en Andorre car la période de croissance rapide et mal contrôlée des trente années qui viennent de s'achever a laissé beaucoup de situations ponctuelles délicates.

Les études sur la stabilité des versants

À la demande de la *Conselleria de Serveis Publics*, les grands cônes et les manteaux d'éboulis et *tarteres* du Solà d'Andorra la Vella et du Solà de Nadal ont donné lieu à des études sur leur dynamique et sur les moyens d'éviter les chutes de blocs qui

⁹⁴ - On se reportera au chapitre : Les formes de relief et de modelé: les modelés périglaciaires.

⁹⁵ - id., même chapitre. Voir aussi la carte de localisation au début du chapitre sur les risques naturels.

menacent les immeubles construits imprudemment au pied du versant⁹⁶.

L'éboulement de la Grella marque un tournant dans la prise de conscience des risques naturels liés aux mouvements de terrains. L'opinion andorrane s'indigna et les pouvoirs publics furent amenés à réagir. Trois études suivirent cet événement dramatique, deux ponctuelles en 1987, centrées sur la zone du glissement rocheux, suivies d'une autre, deux ans plus tard, couvrant l'ensemble du territoire. Aussitôt après l'accident, une monographie fut réalisée par Gérard Soutadé dans le cadre du Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan⁹⁷. Parallèlement, une étude technique demandée par la *Conselleria de Serveis Públics* à un cabinet barcelonais aboutissait à la décision de couvrir la route par un tunnel afin de la protéger d'autres éboulements, car le versant n'était ni purgé ni stabilisé. L'affaire de *l'esllavissada* mortelle de La Grella passa devant les tribunaux andorrans. Il y eut des condamnations. Des responsabilités furent définies qui retombèrent autant sur l'entreprise qui exploitait la carrière que sur les institutions territoriales. Afin de mieux connaître le risque et d'en tenir compte dans l'avenir, la *Conselleria de Serveis Públics* du Gouvernement de l'Andorre demanda à l'*Escola d'Enginyers de Camins i Ports* de l'Université Polytechnique de Catalogne, à Barcelone, d'effectuer un inventaire des zones soumises au risque d'inondation ainsi que des versants qui présentaient des instabilités potentielles. Il fut effectué sous la direction de Jordi Corominas et pourrait servir de base à une couverture cartographique systématique de toute l'Andorre.

À la même époque, à la demande du *Comú* de Canillo une étude globale du secteur del Forn fut entreprise par le Centre d'Etudes Andorranes de l'Université de Perpignan⁹⁸. Elle est exemplaire à plus d'un titre. Tout d'abord parce qu'elle prend en compte l'ensemble des risques qui peuvent affecter cette *comarca*: avalanches, glissements de terrain, chutes de pierres et rochers, ravinement. A ce titre elle préfigure un PER. Mais surtout parce que l'initiative émane spontanément d'une paroisse, sans qu'il y ait en Andorre une législation ou un règlement qui l'impose. Cela en dit long sur le sentiment de responsabilité des élus de Canillo. Il y eut la volonté locale de connaître le risque, donc de le prendre en compte, dans une zone où des aménagements étaient projetés, qui pouvaient mettre en danger les personnes et les infrastructures (constructions isolées et lotissements, élargissement de la route et son prolongement, projet d'extension de la station de ski del Tarter jusqu'aux crêtes del Forn).

⁹⁶ - C. Lopez Carreras et autres. "Análisis del movimiento de bloques...", *II Simposio sobre taludes...*, Andorra la Vella, 1988, p. 269.

⁹⁷ - G. Soutadé. *Le glissement de rochers du 11 octobre 1987 à la carrière du pont de Sant Antoni de la Grella (carretera general n° 3). Principauté d'Andorre*. C.E.A. de Perpignan, 1987, 74p., mécanographié.

⁹⁸ - Anne Fritsch, Olivier Milhomme et Gérard Soutadé: *Risques naturels en Andorre. Etude du secteur Canillo-El Forn*. 1989.

23.3 - Quelques types de situations en Andorre

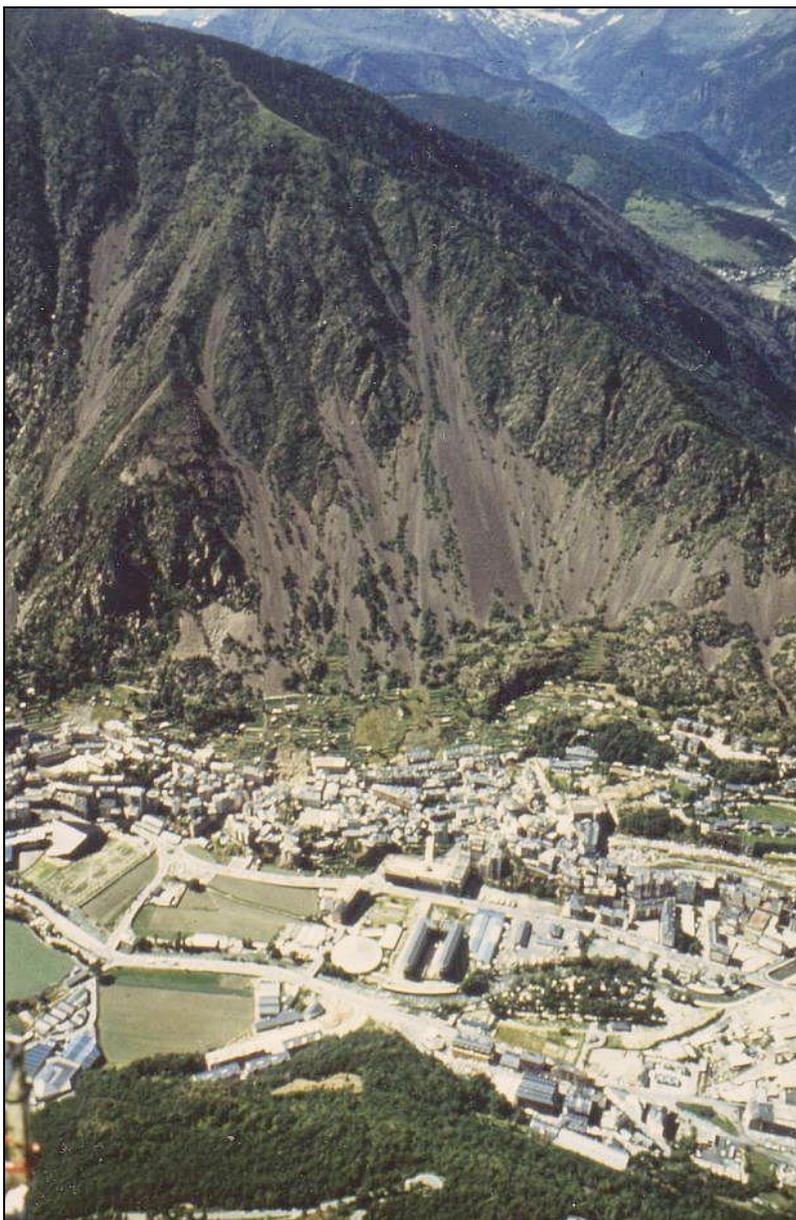
Les formes de solifluxion diverses

Elles ont été présentées, ainsi que les éboulis, dans le chapitre 21.2: les modelés périglaciaires. Elles sont courantes dans l'étage subalpin supérieur et dans l'étage alpin. Plus que de coulées épaisses, faute de sols épais et d'une imprégnation suffisante, il s'agit de formes de solifluxion laminaire (loupes et bourrelets sur les versants *obac*, stries, banquettes et guirlandes sur les *solanes*). Elles couvrent des espaces de dimension variée, qui peuvent atteindre couramment plusieurs hectares, en particulier sur les *solanes* pastorales.

Les *tarteres* et les *pedruscalls*

Il faut distinguer les cônes d'éboulis actifs, en fin de compte quantitativement peu nombreux, localisés sur tous les hauts versants *obacs* de l'étage alpin, en général au-dessus de 2.600 mètres d'altitude, des éboulis hérités des périodes antérieures, beaucoup plus importants, non fonctionnels et stabilisés si une intervention humaine ne vient pas les perturber, ce qui est hélas assez courant en Andorre. Malgré leur activité, les premiers ne présentent guère de risques pour les biens et pour les personnes. Ces couloirs d'éboulis sont en hiver des couloirs d'avalanches qui se purgent après chaque chute de neige importante, entraînant souvent des débris rocheux. C'est seulement dans ce cas qu'ils présentent un risque pour les skieurs et pour les randonneurs.

Par contre, malgré leur stabilisation ancienne, les éboulis hérités, *tarteres* et *pedruscalls*, très nombreux jusqu'à mille mètres d'altitude, sont à l'origine d'accidents présentant des risques potentiels. Des blocs de rocher peuvent se détacher parfois des versants qui les dominent, surtout s'ils ne sont pas boisés. Ce fut le cas récemment à la *solana* d'Andorra (Solà de Nadal) où un bloc de taille métrique dévala le versant, parcourut un long éboulis et vint finir sa course dans un appartement d'un des immeubles qui avaient été imprudemment construits à la base du cône (ils empiétaient même sur la base de l'éboulis pour gagner du volume pour les garages et les dépendances de l'immeuble). Ces éboulis d'Andorra pourraient aussi être déstabilisés par des secousses sismiques, entraînant des chutes de rochers. Il est courant que des éboulis fins ou que des *tarteres* soient en partie enlevés, le plus souvent à leur base, pour permettre la construction d'une route ou d'une piste. En général il n'y a pas de murs de contention, surtout si les travaux sont antérieurs à 1980, avec tout ce que cela comporte de déstabilisation de l'éboulis, de chutes de blocs ou de glissements par paquets.



ANDORRA LA VELLA ET LE SOLÀ DE NADAL

Vol 05-07-88. Photo. Lerouge.

Vue d'ensemble du versant, avec 900m de dénivelée. C'est dans le secteur central qu'eut lieu l'accident évoqué ci-dessus. Les services du Govern d'Andorra ont envisagé la construction d'une route à flanc d'éboulis, dont la plateforme et les murs de contention bloqueraient ces chutes éventuelles. À gauche, vers l'ouest, le Solà d'Andorra et le Solà d'Enclar présentent les mêmes problèmes, avec des constructions encore plus proches du versant rocheux.

Les glissements de terrain

L'Andorre possède quelques glissements de terrain anciens et de grande ampleur, mais elle connaît constamment des glissements plus modestes chaque fois qu'il y a de grands abats d'eau ou des *aiguats*.

Les glissements de terrain localisés

Exemple 1: Instabilités des versants lors de l'aiguat de 1982

Pendant cet épisode de deux jours, en particulier le 7 novembre pendant l'après-midi et au cours de la nuit, se produisirent des instabilités et des mouvements de terrain nombreux et variés, mais finalement très localisés et rarement de grande ampleur. Nous les avons évoqués dans le chapitre précédent, consacré aux *aiguats*⁹⁹. Rappelons simplement que nous avons recensés près d'une centaine de mouvements de terrain, dans les bassins du Riu d'Os, du Riu de Pal et du Riu d'Arinsal, ainsi qu'à Engolasters.

Les formes modestes furent très nombreuses: glissements superficiels et décapages d'ordre métrique, coups de cuiller sur tous les talus et dans les versants peu protégés. Il y eut une vingtaine de glissements d'ordre décamétrique: mouvements rotationnels dans les terrains meubles ou dans les dépôts de versant, glissements en planche et glissements par paquets, qui furent souvent à l'origine de coulées boueuses. Le glissement le plus important se situa dans le bassin torrentiel qui domine Engolasters, avec un glissement en paquets sur un demi-hectare qui se prolongea par une coulée boueuse qui emprunta le chenal torrentiel sur un kilomètre et demi de longueur, jusqu'au *pla*.

Exemple 2: Le glissement de 1865 à El Fener.

À l'*obac* d'Andorra, la nuit du 16 avril 1865, un glissement de terrain emporta le hameau del Fener, composé de sept *bordes* et maisons d'habitation et d'une église. Outre la tradition orale, très sujette à caution car il y eut des exagérations et des affabulations comme il est normal lorsqu'un événement aussi spectaculaire et traumatisant se produit, nous avons deux textes de David Mas et de Pere Canturri¹⁰⁰ qui évoquent la disparition del Fener, recueillant et comparant les mentions écrites et les témoignages. Le glissement ayant détruit, emporté ou enseveli entièrement les bâtiments, l'emplacement exact du hameau est encore aujourd'hui débattu. Il semble qu'il soit à l'aplomb du Clot del Mener, à une centaine de mètres du pied du versant dans la zone alluviale, où commence la côte de la récente Carretera de l'Obac.

Notons quelques éléments intéressants. Les témoignages relevés par ces

⁹⁹ - Chapitre 22: Le bassin de la Valira del Nord; 1.2 - La vallée du Riu de Pal: les versants; 1.4 - La vallée du Riu d'Arinsal. Le bassin de la Valira d'Orient; 2.3 - Escaldes-Engordany.

¹⁰⁰ - David Mas i Canalís: "Història i causes de la desaparició del poble del Fener.", *Quatre anys de jocs florals juvenils, Valls d'Andorra 1970-1973*, 1974, 184-187, et la plaquette de Pere Canturri: *El Fener, història d'un poble desaparegut*, 1989, 12p.

auteurs¹⁰¹ parlent d'une source qui naquit en amont du hameau, au pied de la montagne, dont le débit alla en augmentant et qui transportait de la terre. Cette source s'ajouta aux deux qui descendaient déjà du versant. Selon les habitants, les flancs de la montagne étaient peu sûrs, avec des terrains instables et pierreux. Quelques jours avant *l'esllavissada* il y avait eu de fortes pluies orageuses et, le 8 avril, une fissure était apparue dans les terrains au-dessus del Fener, vers l'est, attribuée par le témoin à un tremblement de terre (mais il est probable qu'il s'agissait d'un premier mouvement de la masse qui glissa ensuite). Elle absorbait l'eau qui descendait du versant.

La nuit du 16 avril les habitants furent alertés par un bruit et par le fait que des arbres s'abattaient sur le versant qui dominait le hameau. Ils abandonnèrent tous leurs maisons et se réfugièrent à Andorra la Vella. Au cours de la nuit un pan du versant s'effondra, laissant un trou béant qui fut ensuite en partie comblé par les rochers et la terre qui descendirent de la montagne. Au passage il détruisit El Fener et, le lendemain, il ne restait aucun témoignage du hameau car les bâtiments avaient été emportés, mêlés à la boue, et leurs fondations recouvertes de terre.

Il est possible de reconstituer cet événement. Tout le versant, du Roc de Senders aux Escaldes, est recouvert d'abondants dépôts morainiques et dépôts de versants qui forment le replat de La Plana, 180 à 230m au-dessus du fond de val-lée, vers 1.200 mètres d'altitude. La route de La Comella à Engolasters suit la limite supérieure de ces terrains, au contact du flanc d'auge. Tout le versant supérieur a d'abondantes *tarteres* où les eaux de ruissellement peuvent s'infiltrer. C'est l'extrémité de ces dépôts de La Plana qui s'effondra, probablement au niveau du dernier lacet de la route de la Comella, après la Canal del Clot del Mener. Dans la Vallée, il existe au pied du versant une ligne de sources qui matérialise un niveau phréatique, au contact des roches du substrat. Une photographie ancienne de la source ferrugineuse del Fener, postérieure à l'événement, montre un talus bouleversé et, sur une vue de la vallée à la fin du XIXe siècle¹⁰², la marque de la coulée est encore visible sur le versant.

Il s'agit d'un glissement de terrain qui prit la forme d'un mouvement rotationnel, dans un secteur qui présentait des facteurs favorables: terrains meubles et perméables mal assurés sur un versant abrupt, infiltration des eaux superficielles et niveau phréatique dans les dépôts ou à leur base. Les fortes pluies qui précédèrent le glissement saturèrent ces matériaux et provoquèrent un début de mouvement. Il se matérialisa par des fissures, qui facilitèrent la saturation, et la nouvelle source qui apparut témoigne de l'existence d'un plan de glissement. Le mouvement, d'abord lent (habitants alertés, chute des arbres), s'accéléra ensuite avec un effondrement soudain. Les témoignages cités et la disparition complète des maisons, murs et arbres laissent supposer que le glissement se

¹⁰¹ - En particulier David Mas, "*Història i causes...*", p.185 et Pere Canturri, *El Fener...*, p.5 et 8.

¹⁰² - Pere Canturri, id., p.3 et 9.

transforma en coulée boueuse jusqu'à la Valira.

Cela concorderait avec une autre version moins vraisemblable dont l'évocation apparaît dans le numéro spécial de l'hebdomadaire *Poble Andorrà*, publié après *l'aiguat* de 1982. Recherchant des antécédents à cet *aiguat*, l'auteur écrit page 16: "*quan les aigües s'engoliren les cases del Fener*". El Fener était en bordure du lit majeur de la Valira, sur la rive concave d'un ancien méandre (qui, aujourd'hui converti en rue dans l'agglomération d'Andorra-Escaldes, fut à nouveau utilisé par la Valira lorsqu'elle sortit de son lit en novembre 1982 et parcourut la ville basse). Certains ont pu attribuer la disparition del Fener à la fois à *l'esllavissada* et à la crue. Il est probable, comme dans d'autres cas semblables, que le glissement se transforma en coulée qui transporta ce qu'elle détruisait; elle atteignit la Valira tout proche qui évacua une partie des matériaux.

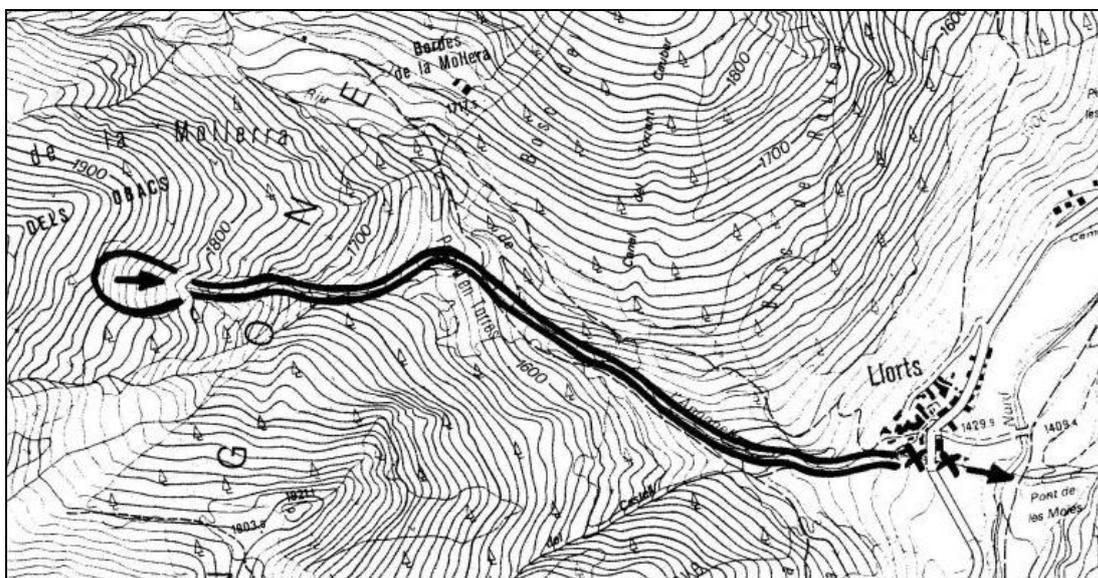
Exemple 3: Le glissement et la coulée boueuse de Llorts

Lors de *l'aiguat* de 1982, de petits glissements et des coulées de boue localisées se produisirent sur les versants raides del Saquet, face à Llorts, dans des sols minces qui recouvraient des schistes.

Mais la mémoire collective y conserve encore le souvenir d'un *esllavàs*, d'une grande coulée boueuse qui emporta des maisons du village de Llorts ainsi que l'église primitive et son cimetière. La cicatrice du glissement de terrain qui fut à l'origine de la coulée est toujours bien visible, sur le versant ouest de la vallée de l'Avier, un petit affluent du Riu de l'Angonella. Il s'agit visiblement d'un mouvement rotationnel qui se produisit dans des matériaux qui y étaient prédisposés, des schistes altérés et des dépôts de versant meubles. Ce secteur a évolué depuis en badlands, que la progression de la forêt depuis cinquante ans n'a pas réussi à cicatriser car les ravines et le chenal principal sont constamment entretenus par les orages, les gros abats d'eau et, probablement, par les avalanches.

On peut reconstituer ainsi les événements: comme toujours, ce mouvement rotationnel se déclencha lors de fortes pluies, si bien que les matériaux mis en mouvement mêlés aux eaux du torrent de l'Avier formèrent une coulée boueuse (peut-être une lave torrentielle) qui suivit ensuite le cours inférieur du Riu de l'Angonella. Sur le cône de déjection, où est encore bâti Llorts (il est vrai aujourd'hui un peu à l'écart du torrent), la coulée emporta des bâtiments et l'église, imprudemment bâtis près du chenal qui, encore aujourd'hui, est très peu encaissé.

LA COULÉE BOUEUSE DE LLORTS (ORDINO)



Sur l'extrait de la carte au 1/10000e Valls d'Andorra n° 6 nous avons indiqué en surcharge la cicatrice de *l'esllavissada*, le trajet de la coulée et l'emplacement des bâtiments emportés.

Au-dessous, l'extrait de la carte géomorphologique de L'Angonella (cartographie CLPA, 1989) correspond au même secteur.

Exemple 4: Le glissement de rochers de la Grella

Le glissement qui se produisit à Sant Antoni de la Grella eut certes des causes naturelles, dues à la structure du secteur, aux roches et aux modelés, mais il y eut surtout des causes anthropiques. Les médias et l'opinion andorrane dans un premier temps, puis les tribunaux ne s'y trompèrent pas. Le glissement de rochers fut provoqué directement par l'exploitation inconsidérée d'une carrière dans une zone aux versants instables, à l'aplomb immédiat de la route nationale. Le glissement eut lieu à la suite de fortes pluies d'automne, qui déclenchèrent la mise en mouvement du versant. Mais cet événement était devenu inévitable avec l'extension de l'exploitation. Des éboulements de rochers avaient souvent lieu dans la carrière, entre les purges provoquées et les explosions destinées à abattre des pans de rochers destinés au concassage.

Le glissement survint le 11 octobre 1987 à huit heures du soir. Sur plus de la moitié de sa longueur, le front de la carrière s'éboula et, avec lui, une partie du versant du dessus. La masse rocheuse s'abattit sur la route qu'elle recouvrit, ensevelissant deux voitures qui circulaient sur cette nationale, et déborda dans le Riu Valira del Nord. Il y eut trois victimes, une fillette de treize ans qui habitait Terrassa, en Catalogne, et deux jeunes gens andorrans. Les familles de deux des trois victimes attaquèrent en justice l'entreprise et les autorités andorranes. La grande détermination des familles du pays qui ne voulaient pas que ces victimes soient mortes pour rien, et le fait que des victimes soient andorranes ont probablement permis que l'affaire ait des suites devant les tribunaux et que des responsabilités soient définies.

Pourquoi autoriser une exploitation dans un endroit aussi dangereux pour les ouvriers comme pour les usagers de la route? C'étaient des autorisations anciennes accordées par la paroisse de La Massana, en ce qui concernait la concession, et par le Consell General pour l'entreprise et le permis d'exploitation. Les risques naturels n'étaient pas pris en considération puisqu'à la même époque on laissa construire des immeubles au pied -et dans- des grands éboulis du Solà d'Andorra et du Solà de Nadal, ainsi que dans des couloirs d'avalanches à Soldeu et à Les Salines. À la décharge des élus locaux et des entrepreneurs, il faut rappeler qu'il n'existait pas de normes ni de règlements pour cadrer ces activités. Il n'y avait pas non plus de services techniques pour les faire éventuellement respecter, en dehors de quelques fonctionnaires de *Casa la Vall* qui étaient beaucoup plus des administratifs et des gestionnaires que des techniciens. On comprend donc que des aberrations aient pu se produire, qu'il y ait eu champ libre pour des personnes plus soucieuses de rentabilité et de profits que de respect de normes de sécurité auxquelles elles n'étaient pas légalement astreintes.

Il fallait aussi tenir compte de la paralysie qui découlait de l'imbrication des compétences et des luttes des pouvoirs publics entre eux. La paroisse avait compétence

sur son territoire et sur son utilisation, donc sur les concessions. Le *Consell General*, puis le Gouvernement, pouvaient réglementer et contrôler les activités économiques, mais ils étaient constamment en butte à l'hostilité des paroisses qui ne voulaient pas céder ni transférer les pouvoirs ou les services qu'elles ne pouvaient assumer et qui étaient pourtant nécessaires à la gestion globale et moderne du pays. En amont, le Gouvernement andorran était constamment bloqué par les sourcilleux Services des Coprinces, dans ce cas le Viguiers français et le Viguiers épiscopal, résidant tous deux en Andorre et responsables de la sécurité des citoyens et du territoire.

Derrière des conflits permanents et ridicules si l'on juge les enjeux¹⁰³, il y allait en réalité de la répartition des pouvoirs et des compétences au niveau de l'État. Les années qui précédèrent la catastrophe virent les andorrans solliciter la réforme des institutions. Également, depuis 1985 les négociations avec la Communauté Européenne, d'abord sans les andorrans, puis avec une commission tripartite, avaient opposé fortement les Coprinces au Gouvernement, et 1987 fut une année cruciale. Dans ce contexte, il est évident que la mise en place ou la révision des réglementations concernant l'ensemble des activités, ou la remise à plat de tous les permis et concessions, ou même simplement une intervention dans certains domaines pouvaient générer un conflit de compétences qui n'était pas opportun. Pourtant, les pouvoirs publics andorrans avaient déjà commencé l'étude du risque d'avalanche.

On peut affirmer qu'un tournant a été pris après le glissement de La Grella et l'explosion de gaz en 1985 dans un immeuble du Pas de la Casa, qui fit dix morts. D'une part les contrôles et les réexamens de toutes les situations à risques furent entrepris, d'autre part le Gouvernement et le *Consell General* assumèrent dorénavant sans conteste ces compétences et ces responsabilités. La publication du décret sur la cartographie CLPA et la demande d'une étude globale sur les zones inondables et sur les instabilités des versants devaient suivre.

Pendant les années quatre-vingts la carrière continuait à produire. Elle prit même de l'ampleur sans que la concession ou le mode d'exploitation ne fassent l'objet de contrôles ou de révisions. Elle devint alors dangereuse¹⁰⁴. Son extension était liée au fait qu'il s'agissait alors de la seule carrière andorrane qui pouvait produire du sable et des graviers par concassage. La Principauté devait importer d'Espagne tous les matériaux de construction et de travaux publics, y compris le sable, les graviers et la pierraille du

¹⁰³ - Nous avons été le témoin et le protagoniste involontaire d'un de ces incidents entre les services du *Consell General*, le Délégué permanent du Coprinces français et les Viguiers des deux Coprinces à propos du survol du pays par un hélicoptère et de l'autorisation de se poser sur le stade d'Andorra la Vella. Il s'agissait de réaliser une couverture aérienne, dans le cadre d'une étude faite à la demande de ces mêmes pouvoirs publics andorrans.

¹⁰⁴ - En toute honnêteté, il faut remarquer que personne ne souleva alors le problème, ni les politiques, les administratifs ou les services techniques, ni les chercheurs, universitaires ou non, y compris ceux qui avaient compétence alors ou qui devaient étudier ou intervenir ensuite.

balast des routes, comme ce fut le cas après l'éboulement et la fermeture de la carrière.

Dans le déclanchement du glissement plusieurs facteurs ont joué:

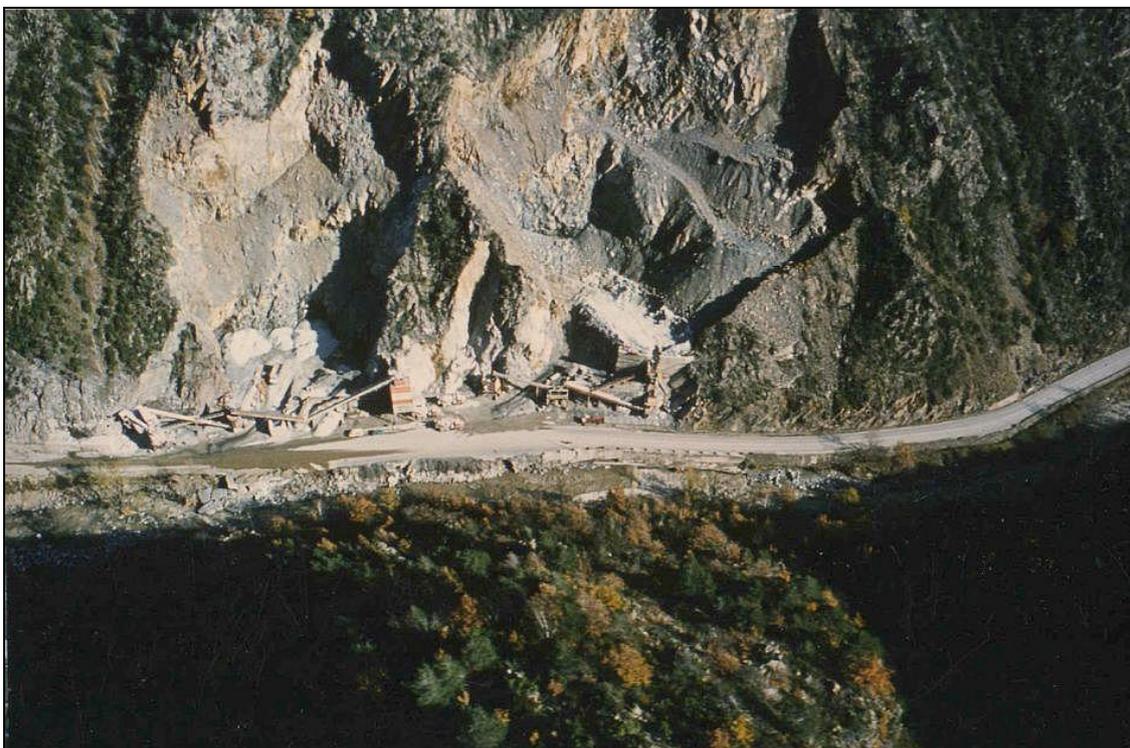
- La structure et la nature des roches: fractures et fissurations; bancs redressés à contre pente (pendage vers le nord-est, c'est-à-dire perpendiculaire au versant, très fracturés, qui deviennent instables lorsqu'ils sont mis en déséquilibre par l'ablation de la base du versant dans la carrière; roches schisteuses carbonifères, avec un métamorphisme de contact (nous sommes très près, à moins d'un kilomètre du massif granitique d'Enclar-Santa Coloma).
- Les infiltrations, facilitées par la disposition des couches et par le diaclasage. L'appel au vide au-dessus de la carrière avait fait ouvrir ces fissures, en partie remplies par de l'argile apportée par les eaux de ruissellement, ce qui contribuait encore à les élargir par sa dilatation lors des pluies et lubrifiait les plans de glissement.
- Le mode d'exploitation de la carrière est aussi en cause. Les rochers étaient abattus à la dynamite, avec des charges disposées dans des perforations artificielles ou dans des diaclases. L'ensemble du versant alentour était ébranlé et fragilisé. À cause de la demande croissante en matériaux pour la construction et de graviers pour les routes, l'exploitation avait pris de l'ampleur dans les mois qui avaient précédé le glissement. Les charges de dynamite étaient plus fortes et plus fréquentes. Le front de carrière s'était agrandi avec son recul et avec l'extension de l'exploitation, accentuant le déséquilibre de la masse rocheuse du versant en surplomb.

Le glissement obstrua la route. On ne put la dégager immédiatement car la masse de rochers éboulée était instable et le versant lui-même était jugé dangereux par les experts. De nouveaux éboulements étaient possibles, si bien qu'il était très difficile de le purger artificiellement. La circulation fut durablement perturbée. Un sentier puis une chaussée provisoire furent établis sur l'autre rive. Il s'ensuivit pendant près d'un mois l'isolement des vallées du nord. Pendant l'automne on dut utiliser des pistes de montagne, surtout de la Massana à Encamp par Beixalís, mais aussi celle plus longue et dangereuse du Coll d'Ordino. C'est à la suite de cet isolement de deux paroisses et de trois stations de ski alors que commençait la saison que fut prise la décision de créer un itinéraire alternatif nouveau entre Canillo et Ordino, qui fut inauguré en 1991.

Après le déblaiement des matériaux qui encombraient la chaussée et de prudentes purges partielles du versant, il fut décidé la construction urgente d'un tunnel en béton pour protéger la route dans la zone de l'éboulement, ce qui fut réalisé dès le printemps 1988. On entreprit aussi de consolider les versants inférieurs et des talus de la route entre Engordany et le tunnel de La Grella: ancrages, filets métalliques, projections de ciment, etc. Le coût global fut évalué à 135 millions de pessetes (70 millions de francs). On se reportera aussi aux documents annexes: 44.423 - *L'esllavissada* de La Grella, 1987.

L'ESLLAVISSADA DE LA GRELLA

La situation antérieure.

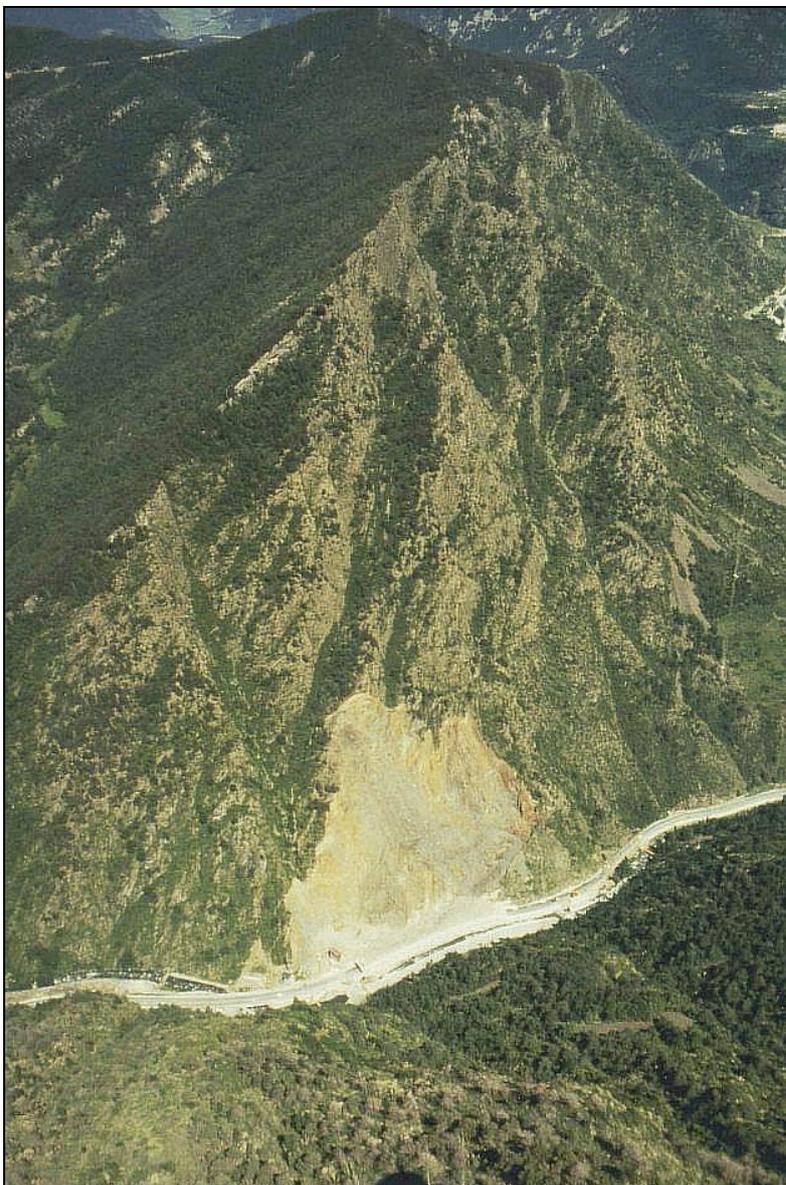


Vol hélico du 11/11/1982, J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La vue a été prise après *l'aiguat* de 1982: le talus et une partie de la chaussée ont été emportés par endroits, dans la rive concave du méandre central. La carrière était au bord même de la route, qui voyait sa circulation interrompue par un ouvrier lorsqu'on abattait des pans de roche à l'explosif ou lorsque la paroi, d'elle-même, laissait aller des blocs. Le front d'exploitation se déplaçait vers la droite et gagnait vers le haut. De 1982 à 1987 sa progression fut d'un tiers environ. Les roches sont des schistes métamorphisés, très diaclasés et localement très broyés, par exemple vers la droite. Cette situation incroyable était parfaitement assumée par tout le monde, autorités locales et générales, visiteurs et habitants des deux paroisses de La Massana et d'Ordino qui prenaient quotidiennement ce risque; aucune étude scientifique de risque n'avait abordé ce thème avant *l'esllavissada*.

L'ESLLAVISSADA DE LA GRELLA

Vue d'ensemble du versant neuf mois après le glissement.



Valira del Nord sectionne. Les infiltrations en sont favorisées.

Les *canals* qui strient le versant, dont trois aboutissaient à la carrière, suivent des plans et agissent dans le même sens. La carrière occupait plus de la moitié de la cicatrice actuelle, avec des masses de roches instables en surplomb. Malgré les purges qui ont fait voler le front rocheux, le risque existe toujours (voir les ph. de détail de ce front dans les documents annexes). Sur la plus grande partie de la longueur de la carrière, on distingue le tunnel routier construit après *l'esllavissada*.

Vol du 05/07/88, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

Sur cette vue on a l'ensemble du versant oriental de La Quera, avec 550m de dénivelée. On notera la disposition des couches de schistes, très inclinées vers le nord (à gauche), que la gorge de la

L'ESLLAVISSADA DE LA GRELLA

Le tunnel de protection de la *carretera general*.



Photographie J. Becat, 11/07/1990.

Ce tunnel de 150 mètres de longueur fut construit entre février et mai 1988 afin de protéger le route nationale d'un nouveau glissement de terrain car, malgré les purges de rochers, le risque existait toujours. C'est un tunnel en béton dont la partie gauche, le long de la Valira del Nord, est ajourée d'arcades, autant pour laisser entrer la lumière que pour permettre le retour des eaux en cas *d'aiguat*. À gauche on observe la chaussée provisoire construite sur des déblais après l'effondrement et utilisée pendant la durée des travaux. Les deux franchissements de la rivière sur des pontons ont été détruits, mais la chaussée provisoire est encore là, rétrécissant dangereusement le lit de la Valira. Au-dessus du tunnel et au pied du versant instable un matelas de débris a été réparti: c'est la zone de stockage d'une nouvelle *esllavissada*, toujours possible; selon son importance, elle pourrait sans risques déborder l'ouvrage et aller dans le lit de la Valira.

Les grands glissements de terrain

Exemple 1: El Forn (Canillo)

Il s'agit d'un glissement de grande ampleur, avec des cicatrices d'arrachement que l'on suit sur plus d'un kilomètre du Cap de Rep à la Planada dels Maians, à 2.250-2.340m d'altitude, et une longueur totale de deux kilomètres et demi. Le volume de la masse affectée par le glissement est de l'ordre de cent millions de mètres cubes¹⁰⁵. La langue de matériaux fluants obstrua la vallée de la Valira d'Orient au niveau de Canillo et à l'aval immédiat du village actuel, puis le cours d'eau incisa l'extrémité de ces dépôts, laissant un paquet témoin d'un hectare de dimension en rive droite au pied du Roc del Quer, à La Peracaus, à 1.500m d'altitude.

Selon Jordi Corominas (1985), puis Gérard Soutadé (1989), il s'agit d'un mouvement complexe, postglaciaire, avec une série de mouvements rotationnels échelonnés sur le versant, accompagnés de fluxions. En général ces mouvements de grande magnitude se produisent dans des matériaux argileux ou schisteux, ou dans des séries où alternent des roches variées, dont des argiles et des marnes, ou dans des zones fracturées¹⁰⁶; à El Forn, il s'agit de calcschistes et, de part et d'autre de la masse fluée, de schistes noirs, ferrugineux et argileux, d'âge silurien.

Dans le dossier qui accompagne la cartographie CLPA du secteur del Forn, en 1990, nous écrivions¹⁰⁷, à propos du glissement del Forn et du risque actuel d'instabilité des terrains et de chutes de pierres:

"El sector del Forn és el més original [dels obacs de Canillo] i, a nivell dels riscos naturals, el més problemàtic. Esquemàticament es pot presentar com una gran esllavissada [quilomètrica], que va baixar de les crestes del Pic dels Maians cap al Valira quan, entre 20.000 i 10.000 anys, es va fondre i retirar la gelera que ocupava la vall del Valira. Les cicatrius de l'arrencada es veuen al cim, de la Roca del Forn a la Costa de les Gerderes, passant per la Portella, la Costa dels Maians i la Roca de Carmenús. Aquesta part alta encara funciona, com en donen

¹⁰⁵ - David Serrat et autr. *Història Natural dels Països Catalans, volume 3: Recursos Geològics i sòls*. Chapitre: "Els riscos geològics", par Jordi Corominas, page 246.

¹⁰⁶ - id., p. 246, Jordi Corominas: "Aquests fenòmens es produeixen preferentment (a Catalunya) en sòls lutítics o en massissos rocosos intensament fracturats. Tant és així que les litologies susceptibles de donar rotacions amb fluxió, poden resumir-se en tres: formacions lutítics, massissos metamòrfics (esquists i pissarres) i alternances de margues, gresos o calcàries (ritmites)."

¹⁰⁷ - Cartographie du risque d'avalanches, dossier: *El Forn-Rep-Encampadana. Localització de les zones d'allaus. Informe per a l'enquesta pública*, 1990. Un fascicule de 39p, rédigé par J. Becat et trois cartes du risque d'avalanche, de géomorphologie et de végétation.

testimoniatge les esllavissades recents dels Clots Fondos i dels Clots de Carmenús, i les nombroses fissures que s'observen arreu al darrera dels penyasegats de la Roca del Forn i als Em-prius de la Llosada.

La part central [dels obacs de Canillo] està formada per les roques del devonià, bàsicament calcàries massives i calcoesquistos. És l'extremitat oriental de la gran faixa de calcàries que va de Setúria a Encampadana passant per Pal, Erts, La Cortinada, Ordino i el Casamanya.

Els esquistos del Silurià apareixen al Forn, tant a l'Ovella com a tota la part oest, i van facilitar la gran esllavissada. Són esquistos negres, ferruginosos i argilosos¹⁰⁸.

[Doncs] el Forn és una gran esllavissada post-glacial que va aprofitar els terrenys esquistosos i calcoesquistosos d'aquesta zona. El modelat actual s'explica doncs per aquest esdeveniment major que va configurar-lo i pels retocs que es produeixen contínuament, caigudes de pedres i de masses de roca a la Roca del Forn i a la Roca de Carme-nús, fissures en els plans de les crestes i a l'Obaga d'Encampadana que anuncien moviments rotacionals i esllavissades, i per fi les esllavissades mateixes que entapissen tota la part superior del circ.

La part baixa de l'esllavissada, a Prats i a Canillo, presenta també sectors actius o poc estabilitzats.

A nivell del risc d'allaus, llevat de la boscana Costa de les Gerderes, el conjunt dels alts vessants del Forn presenten zones amb risc d'allaus, ja que un conjunt d'elements favorables s'hi troben reunits; els plans cimers i la formació de cornisses i plaques a vent per vents del sector sud, canals i abruptes rocosos, alts vessants engespats i de fort pendent, i una altitud entre 2000 i 2450 metres¹⁰⁹.

Llevat dels risc d'allaus a la part alta del Forn, el risc més evident són les esllavissades i les caigudes de pedres i de sectors sencers dels abruptes rocosos.

Notarem nomès uns quants llocs més problemàtics¹¹⁰.

El risc de caigudes de pedres o de caiguda sobtada de masses rocoses més importants afecta tota la Roca del Forn, sobre un quilòmetre de distància, la Portella i la Roca de Carmenús. A més a més, es pot conjugar amb esllavissades i moviments rotacionals a partir de fissures i falles dins la roca. Al cim de la Roca del Forn moltes fissures s'estan obrint, i sobretot fissures actives damunt de la Costa i del Pic dels Maïans, i de la cresta al cim del Pla del Géspit.

El risc d'aixaragallament, degut a l'acció de les aigües corrents es manifesta a

¹⁰⁸ - Dossier CLPA: *El Forn...*, J. Becat, p.8 et 9.

¹⁰⁹ - id., p.23.

¹¹⁰ - *Segons Riscs naturals a Andorra. Estudi del sector Canillo-El Forn*, per Anne Fritsch i altres, 1989, CEA, Universitat de Perpinyà.

molts llocs, tenint en compte la natura del material tou de la gran colada del Forn. Es veu a la part alta i mitjana del Riu de Prats i del Riu de la Palanqueta, a les vores del Valira i als feixans a sota de Prats.

Les esllavissades profundes o superficials són el risc més preocupant. Aquest risc pot afectar la part baixa del lòbul, és a dir damunt mateix de Canillo i tot Prats, la zona mitjana de l'Obaga del Cultiar a l'Ovella, i la part alta on les esllavissades antigues o recents gairebé es toquen, del Serrat dels Miquelets als Clots Fondos, passant pels Clots de Carmenús i pels Fangots dels Maïans."

LE GLISSEMENT DEL FORN DE CANILLO

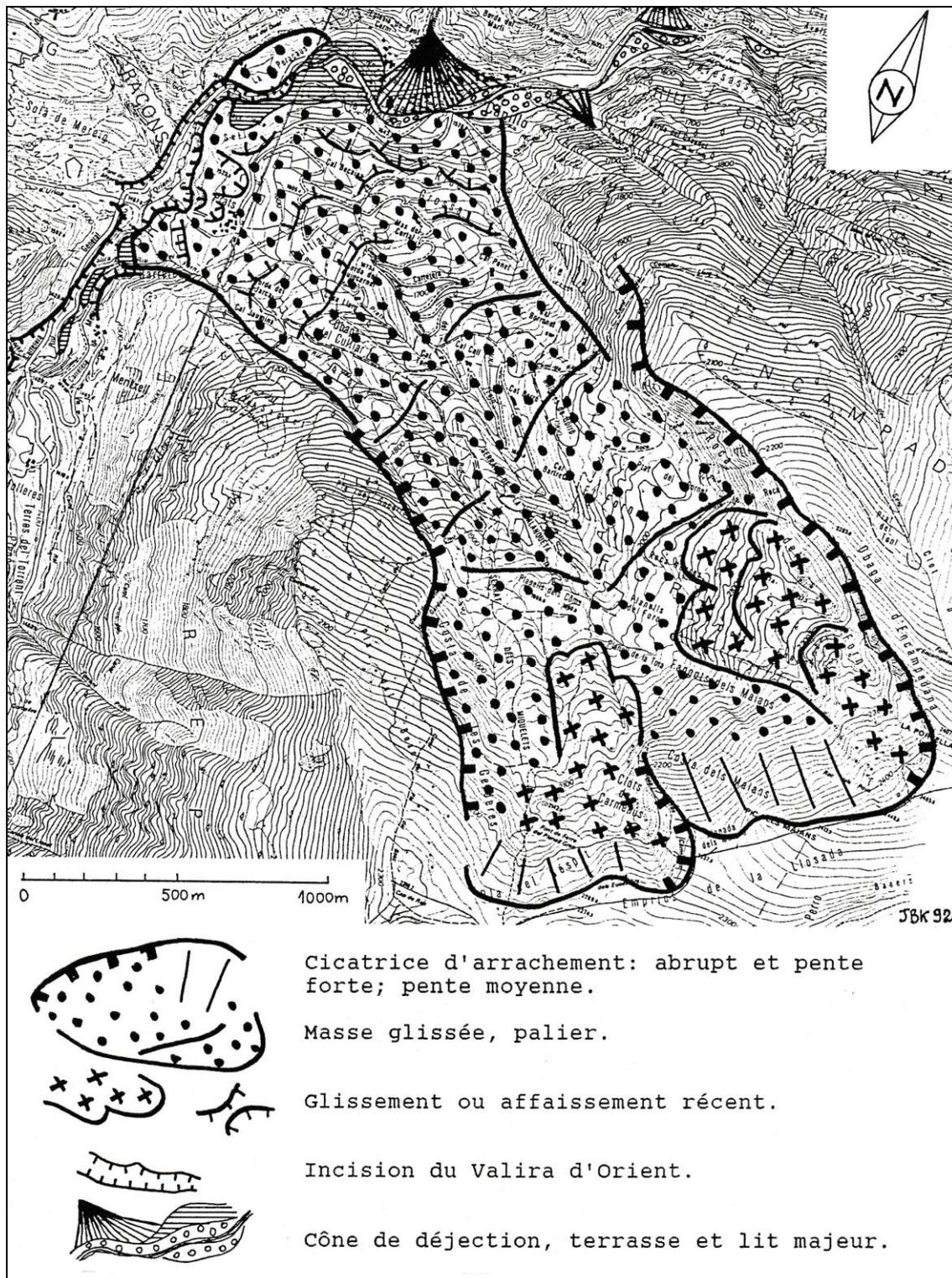


Vue d'ensemble du glissement.

Photographie J. Becat, 22/07/1990, depuis la *carretera* de Mereig.

Vue générale de l'ensemble du glissement del Forn de Canillo. La cicatrice de l'arrachement est encore très visible à droite et au dernier plan: la longue Roca del Forn est sans cesse avivée par des chutes de rochers et des éboulements; au fond, les pentes sont réaménagées par des glissements récents qui s'inscrivent dans la cuvette principale; sur la droite commence l'abrupt de la Roca de Carmenús. On notera que la masse effondrée, longue d'environ trois kilomètres, forme plusieurs niveaux, probablement en relation avec une série d'affaissements successifs. L'extrémité de la masse fluée s'étale vers Canillo et Prats, en bas et à gauche. Au-delà, hors de la photographie, il y a le lobe terminal réincisé par la Valira (ce secteur est présenté deux pages plus loin).

LE GLISSEMENT DEL FORN DE CANILLO



LE GLISSEMENT DEL FORN DE CANILLO



Cicatrice du glissement ancien et glissements récents.

Vol hélico du 13/08/1984, de J. Becat et A. Lerouge. Photo. A. Lerouge.

La vue est prise en direction de l'est. A droite les Emprius de La Llosada sont une surface sommitale qui se prolonge jusqu'à Encampadana. Des fissures actives, comblées de terre par le ruissellement, l'accidentent près des abrupts rocheux. De la Roca de Carmenús, au premier plan, à la Roca del Forn, au second plan, une ligne d'abrupts et de pentes fortes matérialisent la cicatrice du grand glissement del Forn. Au premier plan, les Clots de Carmenus sont un glissement rotationnel caractéristique, plus récent (la masse fluée est en bas et à gauche), qui retouche et avive la cicatrice principale. Au second plan on remarque un autre glissement récent, plus important. Ce sont les Clots Fondos, dont la masse fluée est soulignée par la forêt.

LE GLISSEMENT DEL FORN DE CANILLO



L'extrémité inférieure du glissement et l'incision de la Valira à Prats.
Photographie J. Becat. 23/07/1990.

La vue est prise vers l'amont, depuis les gorges de Meritxell. L'extrémité aval de la grande *esllavissada* del Forn, sous le village de Prats (dont les maisons apparaissent en haut derrière des arbres), occupe presque toute la photographie. À gauche, la Valira d'Orient a incisé l'extrémité des matériaux flués. Il continue à éroder leur base, provoquant de petits éboulements locaux, dont certains sont visibles. À cause de cet appel au vide et des infiltrations en amont, des glissements ont eu lieu sur ce front, donnant le modelé actuel. Au premier plan et au centre, sous Prats (dont les maisons se fissurent), deux glissements profonds ont creusé des cuvettes d'ordre hectométrique. Dans le détail, les croupes sont modelées par une série de petits glissements superficiels, d'ordre décamétrique, mis à profit par les agriculteurs sous forme de prairies et de champs en terrasses. L'ensemble de la zone, y compris le village de Prats, est encore soumise au risque de glissement.

Exemple 2: Beixalís (Encamp)

Le glissement de Beixalís présente des caractères proches de celui del Forn. C'est aussi un glissement en masse post-glaciaire, qui se produisit donc à la fin du maximum glaciaire lors du retrait du glacier de la Valira d'Orient. Son ampleur est moindre, bien qu'il soit également d'ordre kilométrique. Au Bosc de Beixalís la zone d'arrachement a sept cents mètres de large. La langue du glissement a environ un kilomètre et demi de longueur pour une largeur qui varie entre trois cents mètres en amont et sept cents mètres dans l'étalement maximal du lobe flué, dans la vallée d'Encamp. Le glissement a une forme coudée: il est d'abord de direction ouest-est, dans sa partie d'origine, puis, dans le bassin d'Encamp, la coulée change de direction et flue vers le sud.

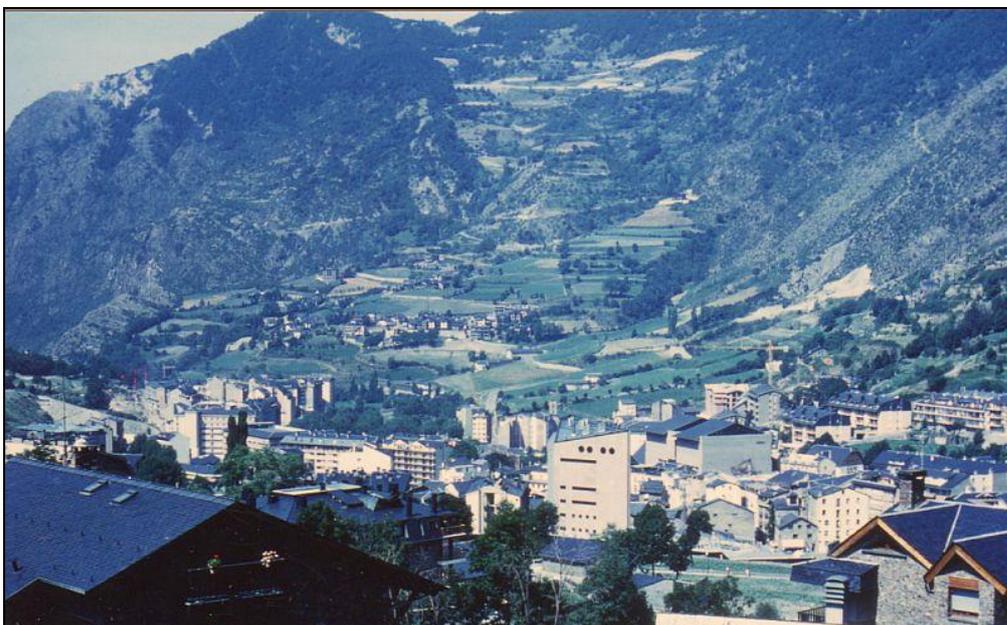
Comme à El Forn les facteurs lithologiques sont favorables et prédisposaient au glissement. Les matériaux mobilisés sont les mêmes schistes du silurien, argileux et ferrugineux, avec des intercalations calcaires, coincés entre deux bandes parallèles: les calcaires dévoniens au sud, qui forment les hauteurs de l'Espeluga et de Les Costes, et la grande masse des schistes cambro-ordoviciens plus résistants de la Serra d'Encamp, au nord.

En amont, dans le secteur des Bordes de Beixalís, on remarque une série de trois paliers, qui correspondent probablement en profondeur à des paquets glissés successifs, séparés au départ par des fractures transversales. C'est donc un scénario classique. Il y a une prédisposition au glissement des terrains grâce à leur nature et à la structure préalable. Au postglaciaire le glissement se produit sous forme d'une série d'affaissements de blocs séparés par des plans de glissement courbes: c'est une succession de mouvements rotationnels.

En même temps, les terrains superficiels, les dépôts morainiques et les dépôts latéraux qui recouvrent les panneaux affaissés en marches d'escalier fluent et s'étalent sur les pentes inférieures et dans le fond de l'auge glaciaire, suivant le sens de la plus grande pente, donc changeant de direction. C'est la partie inférieure du glissement, qui forme les terroirs cultivés aux alentours du village de Vila. Le lotissement récent de Vila est situé en balcon exactement sur le lobe externe de la coulée. Cette partie inférieure est réincisée par trois torrents. Le Torrent de Plananera longe la coulée à l'ouest puis s'en échappe entre deux *bonys* calcaires. Le Riu de Cap Torrent et le Torrent de Vila dévalent du Solà d'Encamp; le premier ouvre un sillon au centre des dépôts meubles, le second les borde à l'est.

Le glissement de Beixalís ne semble pas présenter les mêmes problèmes que

VUE D'ENSEMBLE DU GLISSEMENT DE BEIXALÍS, À ENCAMP

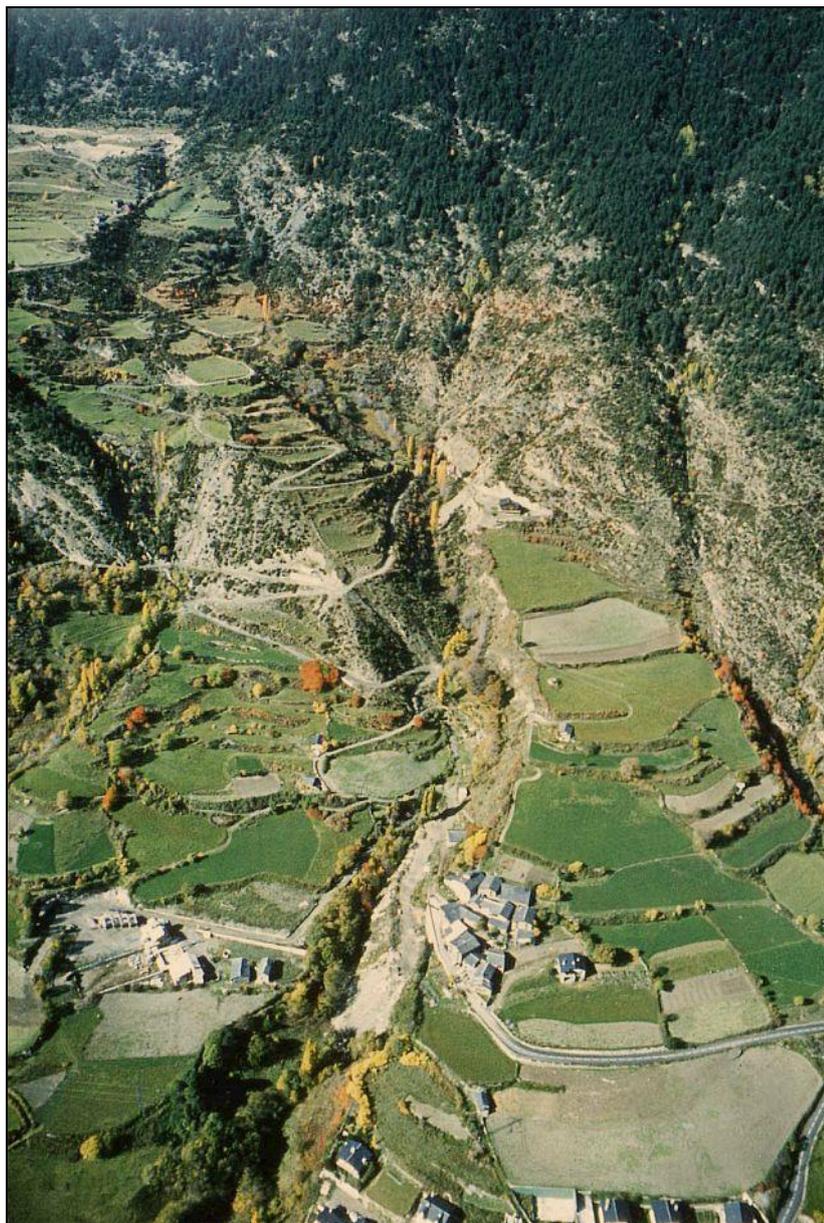


Photographie de J. Becat, 23/07/1990.

La vue est prise depuis la sortie des gorges de Meritxell, en direction de l'aval. Le large ombilic d'Encamp s'urbanise rapidement. Au second plan, au centre, le glissement de Beixalís ouvre une trouée dans le versant d'auge et empâte le pied du versant.

LE GLISSEMENT DE BEIXALÍS, À ENCAMP

Vol du 26/10/82, de
J. Becat et A.
Lerouge. Photo. A.
Lerouge.



Sur cette vue on a la partie centrale et inférieure du glissement de Beixalís. En haut et à gauche, un lacet de la piste qui monte à la Collada de Beixalís s'inscrit dans les matériaux des petits glissements récents et des éboulements des pentes de la cicatrice de l'arrachement initial. On distingue ensuite plusieurs niveaux étagés dans la masse effondrée. Le versant d'auge, à droite, a une lande de buis et de genévriers (ce sont les anciens *rebaixants* pacagés), puis une forêt de pins sylvestres. Les champs et les prairies de la moitié inférieure de la photographie utilisent la coulée étalée à la base du versant d'auge et au fond de la vallée. Le village de Vila est au centre de ce petit terroir, près du torrent qui incise ces dépôts meubles. Au bas de la photographie, les premiers "*xalets*" d'un lotissement sont situés à la limite du lobe externe du glissement et, au-delà, ils s'étagent sur son talus.



Fontvèrd i la Canal de la Abella
desde la Rata de Perafita - JBR 21.

3 - Vers une politique globale

L'Andorre est sur le chemin d'une politique globale des risques naturels, autant par la masse des études déjà réalisées que par la prédisposition de l'opinion publique. Reste à savoir si cette politique prendra la forme d'une loi et de mesures réglementaires comme dans le cas des P.E.R. en France, ou bien si elle passera par des actions thématiques (les avalanches, la protection contre les inondations, etc.) et par des plans locaux multirisques lorsqu'il y a un problème à résoudre ou encore chaque fois que les corporations locales le souhaiteront. Dans ce cas la finalité de l'étude serait, comme à Canillo pour El Forn, de connaître le risque et de faire pression par ce biais sur les propriétaires, de localiser les terrains les plus sûrs et surtout de se dégager des responsabilités en cas de dommages si les risques doivent se manifester.

Cela implique qu'il faudra aborder aussi l'étude de tous les risques naturels et technologiques, y compris ceux qui ne sont pas encore réellement pris en compte, comme le risque sismique ou les évolutions du milieu et de la végétation. Mais surtout - et là réside le blocage probable - cela amènera des limitations dans l'usage des terrains privés, ainsi que des prises de décision délicates lorsque des urbanisations anciennes se trouveront dans des zones à risques. Enfin, il deviendra nécessaire d'aborder la question de la protection et de son coût.

Ces derniers points sont les plus délicats à évoquer actuellement en Andorre, à la fois à cause de l'imbrication des intérêts privés et de l'intérêt public (il en va de même chaque fois que l'on a affaire à des aménagements dans un petit territoire), et parce qu'il faut d'abord asseoir l'autorité et les pleines compétences de l'État à travers son gouvernement. On peut cependant remarquer que le premier pas a été fait puisque la loi sur la CLPA et la couverture du risque d'avalanches implique une limitation des constructions et un meilleur contrôle de l'urbanisme et des infrastructures et, par là, une limitation du libre usage des propriétés privées ou collectives.

3.1 - Les autres risques à prendre en compte

Parmi les principaux risques naturels pris en compte dans les PER ou dans les

politiques récentes de prévention des risques il n'y a que le risque sismique qui ne soit pas clairement pris en compte en Andorre. Or il devrait l'être, essentiellement par voie réglementaire à propos des normes de construction. Les autres risques que nous évoquerons sont tous des risques anthropiques, qu'une politique d'aménagement plus soucieuse du milieu et de la qualité de vie réduirait certainement en quelques années au prix, il est vrai, d'investissements importants et d'un surcoût des constructions et des infrastructures.

Certains sont des risques liés à l'évolution spontanée de la végétation, que nous avons déjà évoqués à propos des forêts, avec surtout le risque d'incendie. D'autres sont des risques d'instabilité ponctuelle des versants, provoqués par des aménagements trop désinvoltes dans des terrains qui y sont prédisposés. Ils commencent à se manifester souvent, depuis 1990, à cause de la déstabilisation des talus et des versants par les infrastructures et par les constructions. Il y a enfin les autres risques anthropiques, dont certains sont devenus insupportables à des groupes de résidents andorrans qui se sont constitués en associations actives, et qui s'efforcent de lutter contre les pollutions permanentes et les contaminations accidentelles des cours d'eau, des sols et de l'atmosphère.

Le risque sismique

Le risque sismique existe en Andorre, bien que depuis le Moyen Âge on n'ait signalé ni enregistré aucun séisme supérieur à l'intensité VIII à l'échelle MSK¹¹¹. Seul le séisme de 1428 a atteint cette intensité, à partir de laquelle il y a destruction de bâtiments. Par contre l'Andorre est sujette très fréquemment à des séismes de faible et de moyenne intensité, pouvant aller jusqu'à V ou VI à l'échelle MSK. On peut donc

¹¹¹ - Rappelons que l'échelle macrosismique d'intensité utilisée en Europe est l'échelle MKS 1964. C'est une modification de l'échelle de Mercalli (datant de 1902), proposée en 1964 par Medvedev, Sponhauer et Karnik. Elle a 12 degrés d'intensité, destinés à mesurer les dégâts causés par un séisme. On en trouvera une description détaillée dans les deux ouvrages: *Les tremblements de terre en France*, BRGM, 1979, et *Nouveau zonage sismique de la France*, La Documentation Française, 1986. Rappelons simplement ces degrés: I- Secousse non perceptible. II- Secousse à peine perceptible. III- Secousse faible ressentie seulement de façon partielle. IV- Secousse largement ressentie. V- Réveil des dormeurs. VI- Frayeur. VII- Dommages aux constructions. VIII- Destruction de bâtiments. IX- Dommages généralisés aux constructions. X- Destruction générale des bâtiments. XI- Catastrophes. XII- Changement du paysage.

Rappelons également que l'intensité maximale d'un séisme, mesurée selon l'échelle MSK, est une mesure subjective qui se base sur les effets qu'il produit. À leur tour ceux-ci dépendent évidemment des conditions locales et des types de constructions. Elle offre cependant l'énorme avantage de permettre l'introduction dans les études et dans les calculs de récurrence toutes les informations historiques sur les séismes, qui deviennent quantifiables. Par contre la magnitude est la mesure de l'énergie libérée. C'est un nombre calculé et non pas apprécié. L'échelle des magnitudes est un système numérique proposé en 1935 par C. F. Richter sur la base des tremblements de terre de Californie. La magnitude maximale observée atteint 8,7.

considérer comme établi que l'Andorre est dans une zone où l'activité sismique est réelle, mais d'intensité habituelle moyenne.

Cette constatation, ainsi que la mention historique d'un tremblement de terre destructeur d'une forte intensité devraient être suffisantes pour justifier une législation ou une réglementation de prévention du risque sismique. Ce n'est pas le cas actuellement.

Un premier pas a été fait en 1988 avec la publication par la *Conselleria de Serveis Públics* du *Govern d'Andorra* d'une petite plaquette de douze pages sur les actions sismiques sur les édifices¹¹². Réalisée par l'*Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya*, elle s'adresse aux architectes et aux ingénieurs de la construction afin de les initier aux calculs de résistance et de leur conseiller des rudiments des techniques de constructions parasismiques. Mais, comme le précise la *Conselleria* dans une brève présentation, "*el present text té caràcter de recomanació*". Il ne s'agit donc pas d'une obligation ni de mesures réglementaires visant à imposer des normes de prévention dans une zone à risque.

Cependant, il semble inéluctable que de telles mesures soient prises un jour, ne serait-ce que parce que beaucoup d'immeubles sont actuellement construits sur des terrains meubles (par exemple le bassin de La Massana et les ombilics d'Encamp et d'Andorra la Vella) qui amplifieraient les vibrations provoquées par un tremblement de terre d'intensité VII ou VIII à l'échelle MSK.

Dans cette hypothèse, ces mesures devraient s'inspirer de celles qui sont en vigueur dans les États voisins, en particulier en France, où un zonage et des règles parasismiques existent depuis 1969, réactualisés en 1985. Selon ces critères, l'Andorre serait dans la zone Ib, c'est-à-dire à sismicité moyenne, où les règles parasismiques de construction sont obligatoires et où les oeuvres d'art telles que les ponts et les barrages doivent faire l'objet d'une étude spéciale afin de prendre en compte ce risque.

a) La sismicité de la Catalogne et des Pyrénées orientales

La Catalogne est sujette à des séismes superficiels, selon Enric Banda¹¹³, dont l'épicentre est situé à moins de cent kilomètres de profondeur. Une première zone sismique suit la côte et les Serralades littorale et pré-littorale catalanes (les Catalanides). Elle connaît des séismes nombreux, constants, mais de faible intensité, qui libèrent progressivement l'énergie accumulée dans cette zone fracturée¹¹⁴. La plupart sont des

¹¹² - F. Mañà, *Accions sísmiques. Accions sobre els edificis*. Govern d'Andorra, 1988.

¹¹³ - *Història Natural dels Països Catalans*, vol. *Geologia I*, 1.4- *Les dades geofísiques*, p.84.

¹¹⁴ - Comme dans d'autres régions littorales méditerranéennes (côte provençale, sud du Pays

séismes marins dont les épicentres suivent une ligne parallèle à la côte¹¹⁵.

La seconde est la zone pyrénéenne, en particulier le secteur au sud de l'axe principal de la chaîne: comarques de la Garrotxa, du Ripollès, du Vallespir, du Conflent et de la Cerdagne. L'Andorre est à l'extrémité ouest de cette zone et connaît aussi une activité sismique. La sismicité est toujours en relation avec le jeu des grandes failles de Cerdagne, du Conflent et de la vallée de la Tet, de la vallée du Tec, des chevauchements du Ripollès et des fractures de la zone olotine. Les séismes y sont également nombreux, d'intensité faible ou moyenne. Mais, malgré cette sismicité actuelle modérée, c'est cette zone qui connut au début du XVe siècle un des épisodes les plus violents que l'on ait inventoriés en Europe.

Hors de Catalogne, mais dans le même massif, une autre zone sismique, toujours de direction ouest-est, suit le versant nord des Pyrénées, en Ariège. Cependant la plus importante zone sismique des Pyrénées, celle qui a connu le plus grand nombre de tremblements de terre est plus à l'ouest. C'est la zone sismique qui va de la Garonne au Pays Basque, en suivant le versant nord des Pyrénées.

Le tremblement de terre de la *Candelera* de 1428, en Catalogne pyrénéenne, a fait l'objet de plusieurs études¹¹⁶. Selon B. Cadiot, on possède des témoignages historiques nombreux et précis en Catalogne (qui comprenait alors l'actuelle Catalogne Nord), mais trop épars et incomplets ailleurs. Selon cet auteur, "bien que son épicentre soit situé en Espagne, le séisme catalan du 2 février 1428 est un événement majeur de la sismicité historique en France, un de ceux qui, à l'instar du séisme bâlois de 1356, déterminent dans une aire étendue les intensités maximales connues au cours de près d'un millénaire"¹¹⁷. L'Andorre fut affectée: elle peut être englobée dans l'isoséiste d'intensité IX. Elle connut aussi des destructions; des lézardes colmatées anciennes dans des édifices romans en sont probablement un autre témoignage.

Le séisme de 1428 s'inscrit dans une période de douze années au cours

Valencien,...), la zone côtière, montagneuse, est très fracturée, avec des blocs soulevés et des bassins. Le trait de côte lui-même résulte d'un effondrement.

¹¹⁵ - Outre des séismes de faible intensité, chaque année il y a dans ce secteur un ou plusieurs séismes dont l'intensité varie entre III et V. Le dernier fut ressenti à Barcelone le 15 décembre 1991, avec une intensité IV à l'échelle MSK (secousse ressentie dans les immeubles, craquements des murs et des planchers, balancement d'objets) et une magnitude de 3,5 à l'échelle de Richter. L'épicentre était en mer et les experts supposèrent qu'il s'agissait d'un déplacement de quelques centimètres du système de failles qui borde les chaînes littorales catalanes (données recueillies dans la presse locale et auprès du Servei Geològic de Catalunya).

¹¹⁶ - E. Fontseré et J. Iglésias, O. Mengel et surtout B. Cadiot: "Les effets en France du séisme catalan de 1428", *Les tremblements de terre en France*, BRGM, 1979. Malgré ce titre, et sans vouloir critiquer cette excellente étude de synthèse, il s'agit essentiellement des effets en Roussillon qui, comme on le sait, n'était alors ni en France ni en Espagne.

¹¹⁷ - B. Cadiot, p.166.

desquelles la Catalogne connut des séismes nombreux et de forte intensité dont quatre, au cours des deux années précédentes, atteignirent ou dépassèrent les degrés VIII et IX: Barcelone en 1425, Amer (à l'est de Girona) en 1427 et à Olot, en mai et en décembre 1427.

Mais celui du 2 février 1428 fut le plus important puisqu'il atteignit un degré exceptionnel de X-XI dans la zone de l'épicentre, entre Besalú, Queralbs et Puigcerdà. Les annales le baptisèrent *Terratrèmol de la Candelera* (Tremblement de terre de la Chandeleur) ou *Terretrèmol d'Olot*, du nom d'une ville de la Garrotxa qui fut entièrement détruite, bien que l'épicentre réel soit plus au nord¹¹⁸. Cet "essaim catalan du début du XVe siècle" (B. Cadiot) a été précédé par deux autres séismes importants qui atteignirent l'intensité VIII, celui d'Olot en 1373 et celui de Girona en 1396. En dehors de cette période, l'examen de la sismicité historique et de la sismicité instrumentale ne fait apparaître que deux autres séismes de cette intensité, à Ripoll en 1152 et à Gerri (dans le Pallars) en 1776. On voit donc d'une part qu'il y eut une période de forte sismicité à cheval sur les XIVe et XVe siècles et, d'autre part, que les épicentres se situent presque tous dans la zone pyrénéenne et de la chaîne transversale catalane.

En dehors de la ville d'Olot, déjà très endommagées par les deux séismes de 1427 et entièrement détruite en 1428, le *Terratrèmol de la Candelera* détruisit de nombreux bâtiments, voire de la quasi-totalité de plusieurs agglomérations, en particulier Besalú, Camprodon (avec 200 morts), Prats de Molló, Arles, Puigcerdà (qui fut incendiée et qui compta 300 morts), Queralbs. Les villes de Girona, Ripoll, Banyoles furent très affectées. Des effets spectaculaires sont signalés jusqu'à Barcelone, Tortosa, Bordeaux, Albi et Le Puy en Velay (voûtes d'églises effondrées ou affectées, chutes de pierres ou de pans de murs).

Au total il y aurait eu un millier de morts et des destructions considérables dans une zone d'un diamètre d'une centaine de kilomètres, où l'intensité dépassa le degré IX. "Très étendu au sud, le séisme l'est aussi au nord, avec des intensités VII ou VII-VIII à plusieurs centaines de kilomètres de la zone épicertrale"¹¹⁹, conclut B. Cadiot. Faisant la synthèse de divers auteurs et des documents d'archives, il souligne l'intérêt des effets du séisme: longues crevasses ouvertes dans la Garrotxa, certaines ensevelissant des maisons, effondrement de champs, "projections de pierres et de boue" qui "mettent en évidence des processus de liquéfaction"¹²⁰. Bref des critères qui correspondent clairement à l'intensité XI¹²¹. Il n'y a pas eu depuis de séisme d'une telle intensité en

¹¹⁸ - Selon B. Cadiot, p.171 et Enric Banda, *Història Natural dels Països Catalans*, vol. 3, p.269.

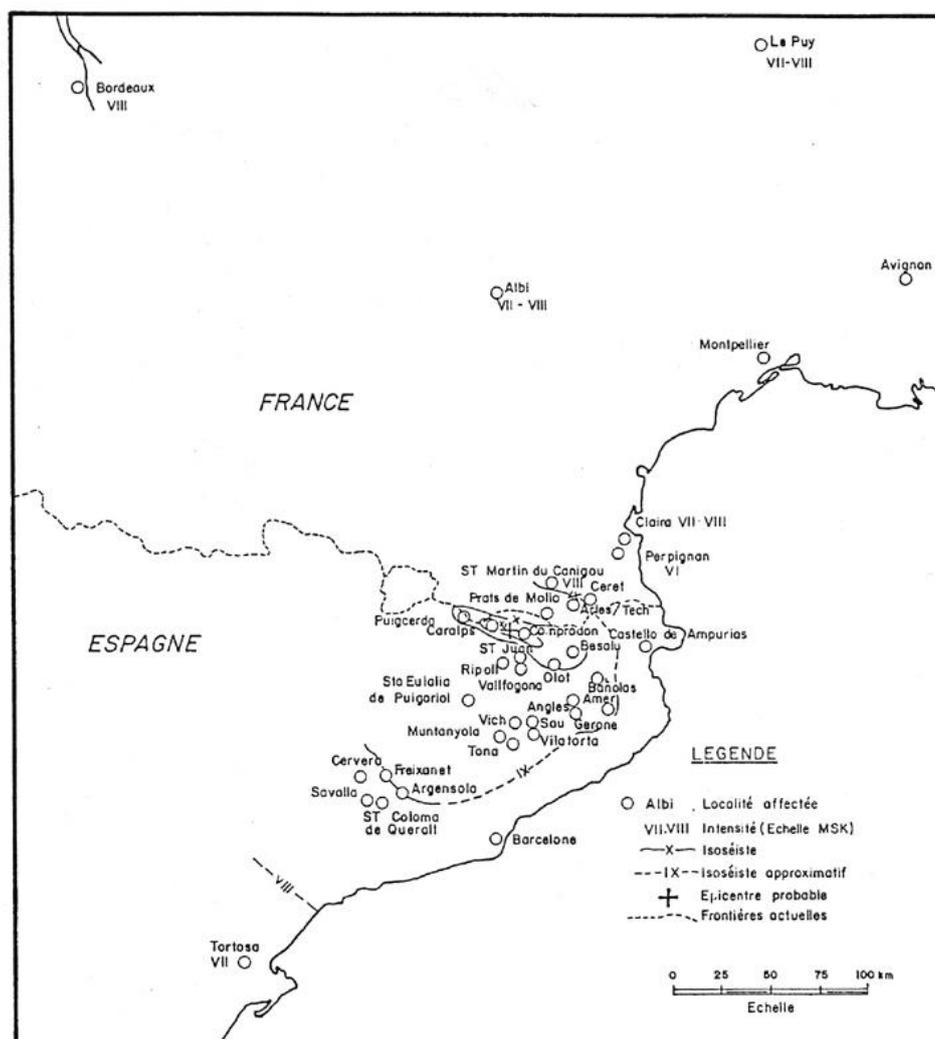
¹¹⁹ - B. Cadiot, p.171.

¹²⁰ - id., p.169.

¹²¹ - Selon l'échelle MSK, le degré XI: Catastrophes, correspond aux critères suivants: "Dommages sévères même aux bâtiments bien construits (...). Le terrain est considérablement déformé aussi bien par

Catalogne ou dans les Pyrénées orientales.

CARTE DU SÉISME CATALAN DU 2 FÉVRIER 1428



(par B. Cadiot, l'ouvrage: *Les tremblements de terre en France*, B.R.G.M., 1979, p.167.)

b) La sismicité récente

Dans un article faisant le bilan de la sismicité instrumentale en France au cours des quinze années qui suivirent la mise en place du premier réseau de stations télémétrées, B. Massinon¹²² cartographie les 1336 séismes de magnitude égale ou supérieure à 3, presque tous superficiels (carte ci-dessous). Concernant les Pyrénées, il

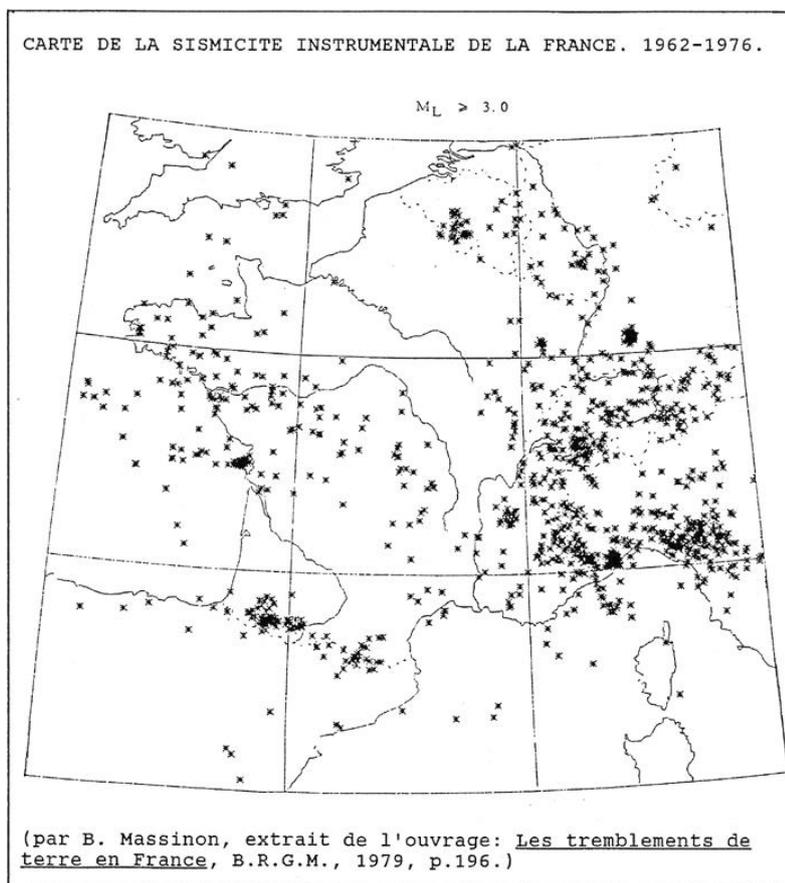
des mouvements dans les directions horizontales et verticales que par de larges crevasses, de nombreux glissements de terrains et chutes de rochers."

¹²² - B. Massinon: "Vue d'ensemble de la sismicité instrumentale en France de 1962 à 1976", dans *Les tremblements de terre en France*, B.R.G.M., 1979, 193-204.

note qu'il y eut pendant cette période quatre zones principales avec quelques fortes magnitudes¹²³. D'abord bien sûr la région d'Arette, dans le Pays Basque, qui fut très affectée par la crise sismique du mois d'août 1967, puis l'Andorre, avec une crise en 1970 culminant avec la magnitude de 4,9 à l'échelle de Richter, et enfin Argelès-Gasost et Bagnères de Luchon.

**CARTE DE LA
SISMICITE
INSTRUMENTALE
DE LA FRANCE.
1962-1976.**

(par B. Massinon,
extrait de l'ouvrage: *Les
tremblements de terre
en France*, B.R.G.M.,
1979, p.196)



Nous avons dit que le secteur pyrénéen auquel appartient l'Andorre a des tremblements de terre fréquents et d'intensité faible ou moyenne. Régulièrement, des tremblements de terre de degré III ou IV, donc d'intensité moyenne, ont leur épicerne en Andorre ou à son voisinage, en Cerdagne et en Ariège. Plusieurs fois par siècle des séismes d'intensité supérieure y sont ressentis ou bien y ont leur épicerne (degrés V et VI). C'est ce qui se produisit deux fois en 1970.

En mars et en avril 1970, deux séismes d'intensité V et V-VI affectèrent la Cerdagne, l'Andorre et le sud de l'Ariège. Dans les deux cas l'isoséiste d'intensité V engloba l'ouest de la Cerdagne, la vallée du Querol, une partie de l'Ariège, toute l'Andorre et les environs de la Seu d'Urgell. Une enquête effectuée par Henri Salvayre et

¹²³ - id., p199.

par ses élèves ("Les séismes d'Andorre et de Cerdagne", 1970, *Bulletin de l'A.P.B.G. de Montpellier*) fait état d'une période sismique de cinq jours culminant le 14 mars avec, ce jour-là, un bruit impressionnant semblable à une avalanche, des vibrations, le réveil des gens endormis, des objets qui tombèrent des étagères et quelques fissures dans les murs et dans les plafonds. Le 5 mars il y eut surtout la perception de vibrations, alors que la magnitude fut plus grande. L'intensité maximale, soit V-VI, correspondait à Andorra la Vella et à Ordino. Le 14 mars 1970 l'épicentre du séisme était dans la vallée du Riu Madriu; le 5 avril 1970 il était entre Encamp et le Pas de la Casa, dans le secteur dels Cortals. Dans un cas il était dans le massif granitique du Madriu, qui est l'extrémité du massif de Mont-Louis, dans l'autre il était situé dans sa bordure, sur la faille qui le limite au nord et qui se prolonge vers Andorra la Vella.

Cela correspond au scénario le plus courant, car les séismes qui ont leur épicentre en Andorre semblent liés à la présence des principales failles ouest-est qui fixent la vallée de la Valira de Sant Julià de Lòria à Andorra la Vella et à Encamp, et qui bordent au nord le massif granitique intrusif du sud-ouest de l'Andorre, ou qui le fracturent.

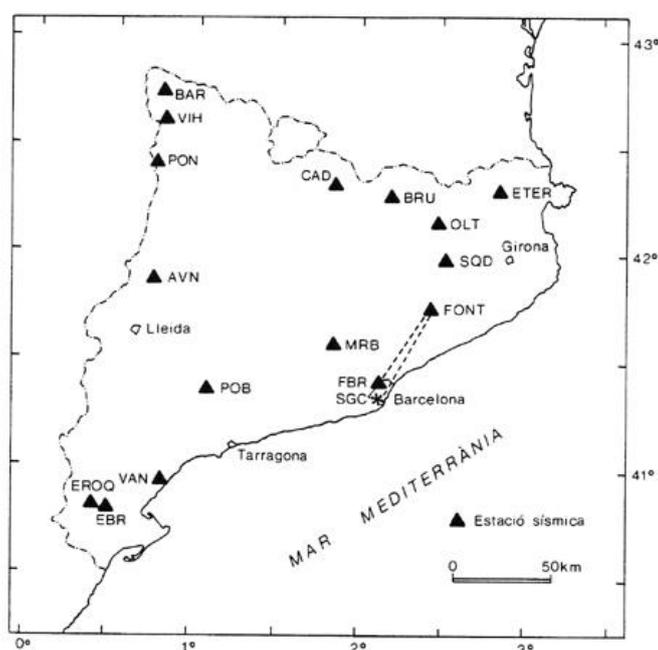
Plus récemment, le 26 septembre 1984 un séisme d'intensité V eut son épicentre à Ribes de Freser et, le 6 janvier 1989, un mouvement sismique d'intensité comparable aux séismes andorrans de 1970, et d'une magnitude de 4,2 à l'échelle de Richter a été ressenti par les habitants en Andorre, en Catalogne Nord et jusqu'à Tarragona. Son épicentre était en Cerdagne, dans la région de Bellver.

c) Le zonage sismique dans les Pyrénées orientales françaises et la situation de l'Andorre

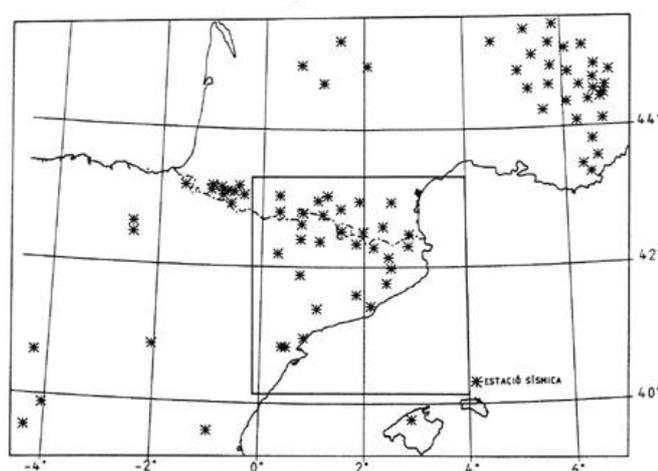
L'observation systématique et la mesure de la sismicité, c'est-à-dire la sismicité instrumentale, sont déjà anciennes en France comme en Catalogne. Dans les deux cas elle date du début du siècle. En Catalogne l'observatoire de l'Ebre à Tortosa réalise les premiers enregistrements sismiques en 1905, et l'observatoire Fabra de Barcelone en 1906. Mais la constitution de grands réseaux de stations télémétrés et l'utilisation de réseaux mobiles pour enregistrer sur place les répliques datent des années soixante et soixante-dix en France.

Selon B. Massinon "en France, le premier grand réseau télémétré est construit en 1962 par le Laboratoire de Détection et de Géophysique du Commissariat à l'Énergie Atomique" (*Vue d'ensemble de la sismicité instrumentale...*, p.195); s'y rajoutent les stations françaises des Instituts de Physique du Globe de Paris et de Strasbourg et les connections avec les stations des pays frontaliers. Des réseaux fonctionnent sur les Alpes et sur les Pyrénées françaises depuis 1976.

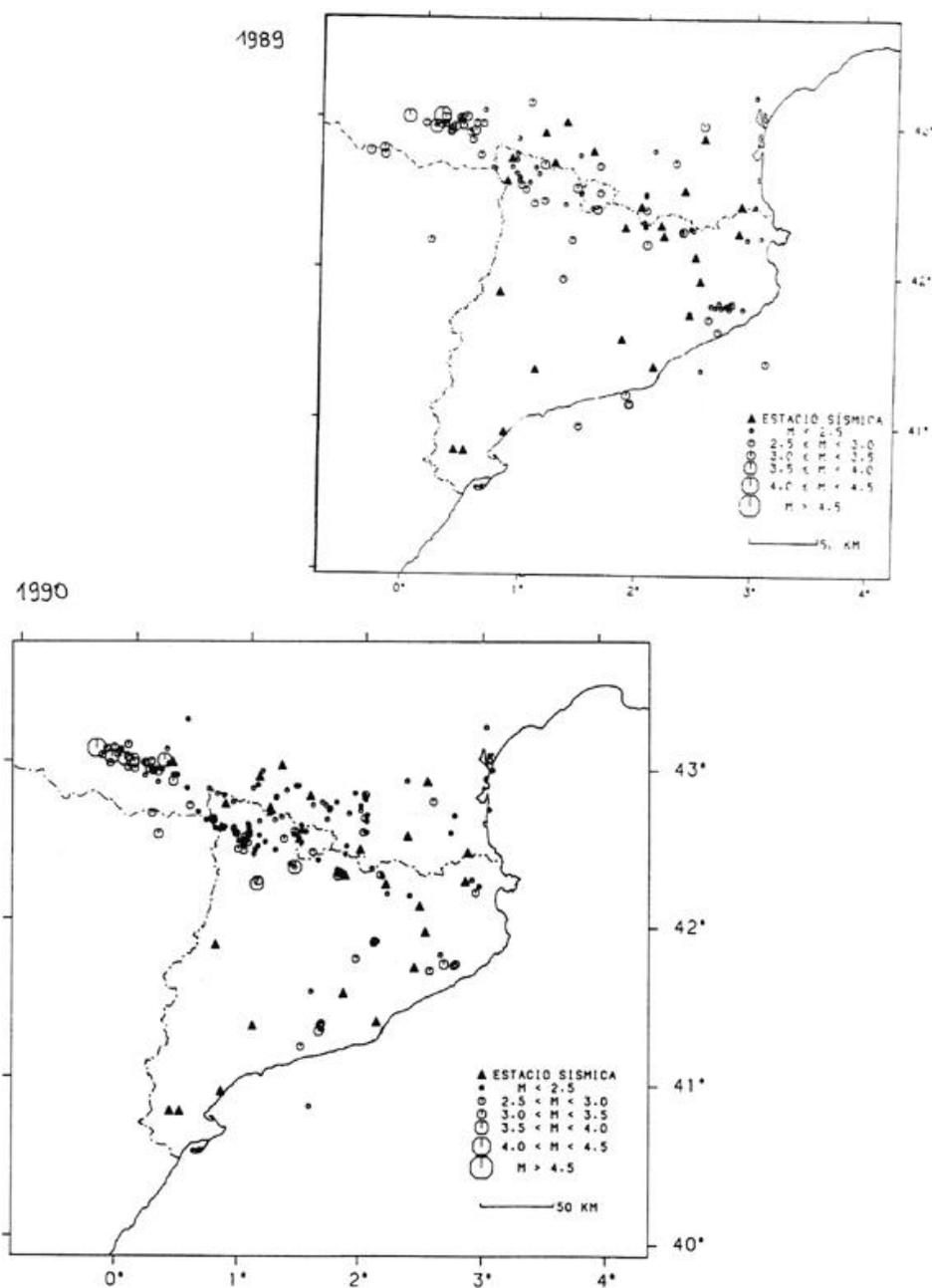
En Catalogne la constitution d'un réseau complet sur tout le territoire, en particulier dans les Pyrénées, est plus récente, avec un souci de compléter la couverture qui existait déjà sur le versant nord du massif. Depuis les années quatre-vingts, sous l'impulsion de l'*Institut d'Estudis Catalans* et du *Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya*, le réseau est en place. Mais il dépend encore de multiples organismes de l'État, de la communauté autonome et de diverses institutions; il est vrai que le *Servei Geològic de Catalunya* les coordonne aujourd'hui: nous reproduisons ses bilans pour 1989-1992.



Le réseau de sismographes en Catalogne et dans les régions voisines (Butlletí Sismològic 1992, Generalitat de Catalunya, Servei Geològic, Barcelone, 1993).



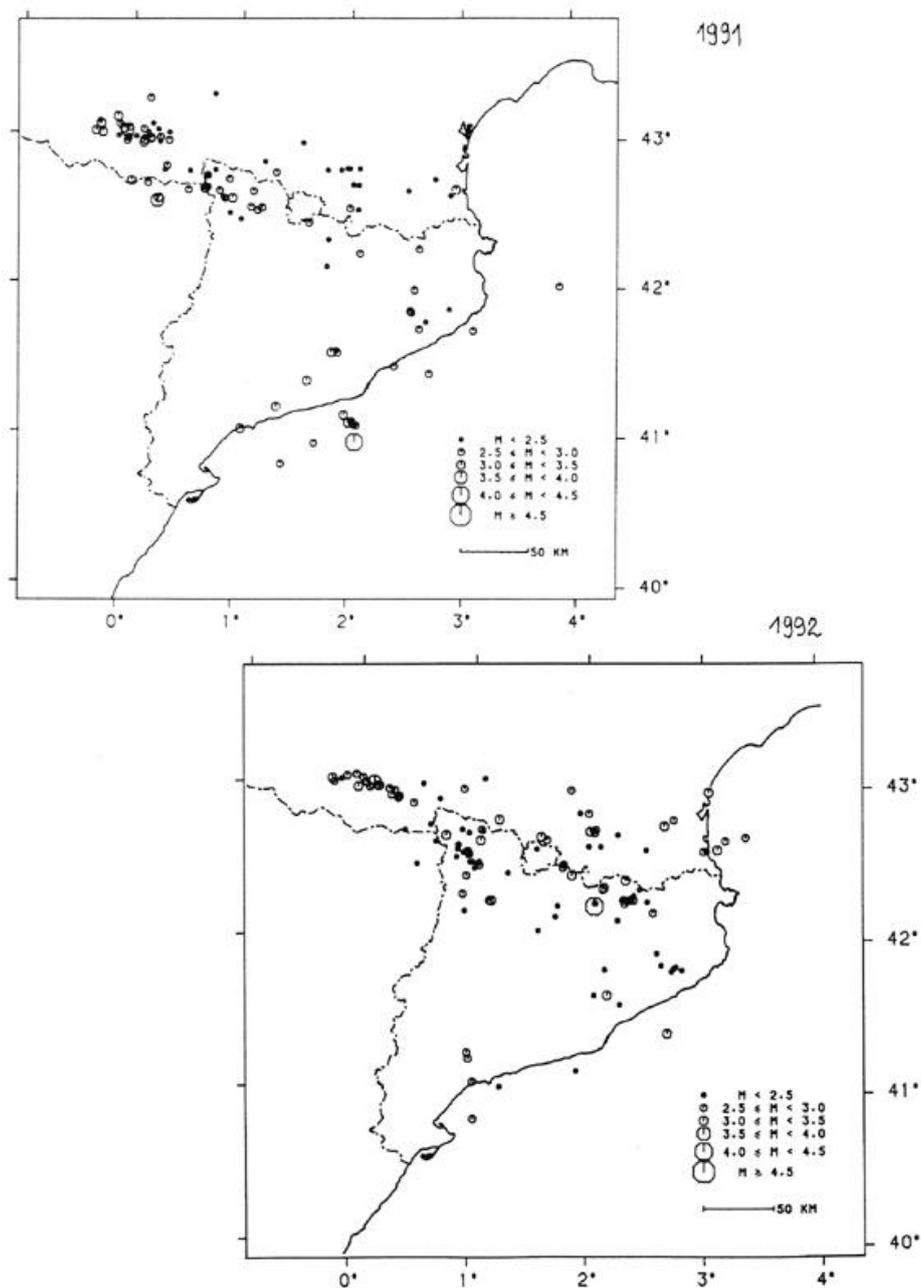
LES ÉPICENTRES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ENREGISTRÉS EN 1989 ET 1990, EN CATALOGNE ET DANS LES RÉGIONS VOISINES



(Bul·letí Sismològic 1989, et 1990, Generalitat de Catalunya, Servei Geològic, Barcelone, 1990 et 1991).

LES ÉPICENTRES DES TREMBLEMENTS DE TERRE ENREGISTRÉS EN 1991 ET 1992, EN CATALOGNE ET DANS LES RÉGIONS VOISINES

(*Bulletí Sismològic* 1991, et 1992, *Generalitat de Catalunya, Servei Geològic*, Barcelone, 1992 et 1993).



L'Andorre est encore à l'écart de cet ensemble qui l'enveloppe, bien qu'elle en retire un bénéfice évident. Compte tenu de la sismicité de l'Andorre, où se situent de temps en temps des épicentres de séismes, par exemple en 1970, et de la présence de l'importante zone faillée qui suit la bordure nord du massif granitique du Madriu, il serait intéressant pour elle, en connexion avec les réseaux français et catalan, d'installer

un sismographe à Andorra la Vella ou à En-camp. Des initiatives, pour moment sans suite¹²⁴, sont allées dans ce sens, qui devraient nécessairement aboutir bientôt.

Des documents comme la carte sismotectonique de la France, du BRGM, ou des zonages comme ceux qui ont été réalisés récemment par la Délégation aux Risques Majeurs¹²⁵, n'existent pas encore en Espagne et en Catalogne. Les éléments nécessaires existent en Catalogne, puisqu'il y a le réseau d'observation et surtout de nombreux et fiables inventaires de séismes historiques, mais l'étude systématique et la cartographie correspondante n'ont pas été publiées, peut-être parce qu'il n'existe pas encore, comme en France, l'aiguillon d'une législation sur l'exposition aux risques naturels.

Quoi qu'il en soit, l'Andorre étant limitrophe de la France, donc au contact des zonages que nous venons d'évoquer, et en nous basant sur les études sur la sismicité ou sur certains événements publiés de part et d'autre de la coprincipauté, il n'est pas hasardeux d'affirmer que l'Andorre est dans une zone sismique à risque moyen. À ce titre les règles de construction parasismiques ne devraient pas y être recommandées mais bel et bien obligatoires. La Cerdagne française voisine, à l'est de l'Andorre, ainsi que le Vallespir et les comarques sud-pyrénéennes voisines sont en zone II (intensité maximale égale ou supérieure au degré IX, et temps minimal de 75 ans ayant en moyenne séparé des secousses supérieures à VII, et de 200-250 ans pour les secousses supérieures à VIII). Les cantons ariégeois limitrophes de l'Andorre au nord et au nord-ouest sont en zone Ib (pas d'intensité historique supérieure à IX, TmVII supérieur à 75 ans et TmVIII supérieur à 200-250 ans). C'est très probablement dans cette dernière zone que s'inscrirait l'Andorre.

L'évolution de la végétation et son contrôle. Le risque d'incendie

Cet aspect a déjà été abordé partiellement dans des chapitres précédents, mais sous un autre angle: le cadre physique (1.4), les aménagements ponctuels et le ski (3.4), l'évolution de la vie pastorale et des cultures (3.5). Par ailleurs l'étude de la gestion de forêts sera développée dans le chapitre qui suit (5.3) avec, en particulier l'examen des causes et des conséquences de la mortalité de 1978, les incendies des années 1980 et le

¹²⁴ - Compte tenu de l'intérêt qu'il y avait à avoir un maillage complet et cohérent, en 1983 et 1984 l'Institut d'Estudis Catalans prit contact avec le gouvernement andorran et avec l'Institut d'Estudis Andorrans afin d'installer un sismographe en Andorre, quitte à en assumer le coût. La proposition ne fut pas transmise, probablement par une attitude assez répandue en Andorre de méfiance vis à vis de la Generalitat de Catalogne et par le souci, dans ce cas puéril, de quelques personnes de différencier l'Andorre de l'ensemble catalan auquel elle appartient.

¹²⁵ - BRGM: *Carte sismotectonique de la France* au 1:1.000.000e, 1977. J. Despeyroux et P. Godefroy:

rôle des forêts dans la protection contre le risque d'avalanche.

Il s'agit donc simplement ici de rappeler que l'évolution de la végétation, en Andorre comme ailleurs en montagne, n'est pas forcément naturelle et positive. La végétation a été très artificialisée par une exploitation pastorale bimillénaire, qu'il s'agisse des vallées ou des espaces pastoraux de haute montagne, et par de récentes coupes forestières abusives, réalisées souvent au-delà des capacités réelles et surtout sans gestion postérieure de la régénération.

L'Andorre se trouve donc confrontée à une évolution souvent anarchique de sa végétation spontanée. Très souvent cette évolution est positive, c'est à dire sans dégradation du milieu ni risques d'érosion. Cependant, même dans ce cas, il est nécessaire d'accompagner cette évolution, en particulier en ce qui concerne la progression et la densification forestières, ou encore l'évolution des pelouses et des landes des étages alpin et subalpin supérieur. Mais parfois les risques naturels sont favorisés: risque d'avalanches à cause du sous-pâturage et de la mauvaise gestion des forêts, risque d'incendie pour les mêmes raisons et à cause de l'embroussaillage et de la progression des landes dans les *rebaixants* et des terroirs abandonnés, aggravation ponctuelle des effets des *aiguats*, pour ne citer que les exemples les plus évidents.

Il semble donc nécessaire, au niveau de l'État comme au niveau des paroisses andorranes, de réfléchir à la question, de sensibiliser l'opinion et les responsables politiques afin de gérer au mieux cette évolution spontanée de la végétation et d'atténuer les risques éventuels qu'elle comporte. Les plus préoccupants sont liés à l'incidence de cette évolution sur les autres risques naturels (avalanches, instabilité des versants et inondations) et l'accroissement du risque d'incendie.

La déstabilisation des talus et des versants par les infrastructures et par les constructions

Les instabilités des versants ont été déjà évoquées dans le chapitre précédent. Mais il semble nécessaire d'insister sur les instabilités dues directement aux aménagements. Bien sûr, il y a toujours des causes ou des facteurs naturels favorables, par exemple des terrains meubles, des talus de terrasses ou des éboulis. Cependant, c'est le mode d'aménagement qui a dominé jusqu'à ces dernières années en Andorre qui a provoqué un peu partout des instabilités de terrains. Elles se sont parfois manifestées, mais beaucoup sont encore virtuelles et risquent de se manifester à tout moment. Le plus souvent il ne s'agit pas de secteurs spectaculaires, comme les exemples majeurs que

Nouveau zonage sismique de la France, 1986; un ouvrage et une carte au 1:1.500.000e.

nous avons déjà analysés mais, lorsque la sécurité d'une route ou d'une construction sont en cause, donc des personnes, il n'y a pas de risques secondaires.

Dans les quelques exemples que nous évoquerons c'est l'action anthropique qui amène le risque, à partir d'éléments naturels favorables qui ne se seraient probablement pas manifestés sans ces aménagements. C'est le cas des éboulis anciens dont le profil est modifié par le passage d'une route, de l'incision de dépôts de versant, de secteurs à roches fragmentées ou à forte fissuration. Le risque était latent mais ne se manifestait pas, par exemple lorsqu'il y a une pente d'équilibre et végétalisation. L'aménagement le révèle et en fait le crée, soit parce qu'il est réalisé sans en tenir compte -le risque pourrait être évité, par exemple lorsque le talus supérieur d'une route ouvre des terrains meubles et fluants ou laisse des rochers instables en surplomb -, soit parce qu'il faudrait éviter certains aménagements dans des zones à risques naturels potentiels - par exemple des secteurs à terrains instables, des couloirs torrentiels, des éboulis.

Il est difficile de faire l'inventaire exhaustif de ces sites à risques, en général petits et ponctuels, car l'urbanisation et l'ouverture de routes et de stations touristiques en montagne les a multipliés. On peut supposer cependant qu'avec les petites alertes qui se sont produites récemment (talus éboulés, petits glissements de terrains lors des pluies, fissuration et effondrement de constructions) on prendra dorénavant davantage de précautions. C'est ce qui ressort d'une décision gouvernementale récente à propos des routes principales. En fait il faudrait stabiliser systématiquement les talus des routes et tous les terrains instables qui supportent des constructions. Si ce n'était pas le cas il est certain que, dans les années qui viennent, il y aura matière à faits divers pour les journaux andorrans. Ce n'est pas une situation spécifique à l'Andorre, mais y elle prend une certaine acuité car il y a tout un héritage de situations à assumer, qui viennent du laissez-faire antérieur, et une intense utilisation de l'espace restreint des vallées.

Les points les plus nombreux concernent les talus supérieurs des routes, les déblais non fixés et la stabilité de certaines chaussées en montagne. Les petits glissements de terres et de roches deviennent fréquents car l'élargissement récent des routes a créé de grands talus mis à vif et déstabilisé des versants. Voici quelques exemples de ces faits divers pour les six premiers mois de 1992.

En février 1992, à La Massana, une station-service s'est en partie effondrée, puis a dû être démolie. On incrimina la pluie et aux travaux réalisés sur la parcelle voisine. Comme tout au long de la route nationale, les grands immeubles construits en front de rue ont des garages et des soubassements gagnés, sur plus de dix mètres de profondeur, sur le talus de la grande terrasse fluvio-glaciaire. Ce sont des terrains meubles et peu stables, que les constructions fragilisent davantage. Le poids des édifices et le creusement des fondations sont aussi des éléments à prendre en compte en cas d'infiltrations des eaux de ruissellement ou de fusion, car le seuil de fluidité peut être

plus rapidement atteint.

En mars 1992, à Arinsal, deux immeubles en construction furent détruits par un glissement qui se produisit, avant que le mur de contention ne soit bétonné, dans les terrains meubles qui avaient été entaillés verticalement. Cette ouverture, comme c'est habituel en Andorre, devait dégager la surface horizontale maximale pour ces immeubles et leur donner le plus grand volume possible compte tenu des dimensions de la parcelle.

Toujours à La Massana, sept *xalets* construits sur le flanc de la grande terrasse dels Plans ont dû être momentanément évacués en avril 1992 car il y avait des fissures et un danger de glissement. Des excavations s'effectuaient dans un terrain sous-jacent et il y avait imprégnation du sol par les eaux de fusion de la neige. L'affaire fut close avec la réalisation d'un ancrage des travaux en cours et une indemnité pour les propriétaires affectés afin qu'ils fassent réparer les dégâts et étançonner leurs édifices. Si l'incident est clos pour le moment, il est évident que le risque demeure, pour ces maisons comme pour toutes celles qui sont construites sur ce long talus qui va du replat dels Plans jusqu'au Riu Valira del Nord. La cause réelle n'est pas tel ou tel chantier, mais la construction de toute une urbanisation sur des versants potentiellement instables.

À la suite de fortes pluies de printemps trois glissements se sont produits dans la paroisse de Sant Julià de Lòria le 22 mai 1992, l'un d'eux coupant la route nationale pendant quelques heures. Il y avait à la fois un talus frais dans des terrains meubles, dû à la construction ou à l'élargissement de la chaussée, et la présence d'un petit torrent ou d'une incision qui concentraient les eaux de ruissellement sur une portion de versant. Le 25 juillet 1992 un glissement semblable se produisit à l'entrée d'Encamp, sur la route nationale. Ce mouvement de terres provoqua une fissuration du talus inférieur qui supportait la chaussée et une cicatrice d'arrachement dans le talus supérieur, avec une instabilité qui gagnait vers le haut, par un effet d'appel au vide. C'est l'évolution classique d'un versant qui a été érodé ou déstabilisé à la base, ici par la présence de la route, et qui, par retouches successives, reprend un nouveau profil d'équilibre. Le même jour la route d'accès à La Massana fut affectée par un glissement et plusieurs voitures furent prises en partie dans la boue, toujours sur le flanc de la grande terrasse fluvio-glaciaire où s'inscrit la route et l'extension urbaine de la ville.

Comme le premier semestre avait été fertile en alertes, le gouvernement andorran prit la décision, en juillet 1992, de construire systématiquement des murs de contention ou de modifier le profil des talus dans tous les secteurs où des glissements de terrain et des chutes de blocs de rochers pourraient mettre en danger le transit sur les routes nationales. Ce plan s'étalera sur plusieurs années mais, dès son origine, il semble avoir été limité par des contraintes budgétaires.

Les autres risques anthropiques

Bien qu'ils n'entrent pas dans les nomenclatures habituelles des risques naturels et qu'ils aient été en partie évoqués dans le livre précédent¹²⁶, nous mentionnerons ici les autres risques anthropiques, dont certains deviennent préoccupants en Andorre. Il s'agit des pollutions permanentes et contaminations accidentelles des cours d'eau, des sols et de l'atmosphère. C'est en s'appuyant sur l'évidence de ces agressions et de la dégradation du milieu que les récentes campagnes des écologistes ont eu du succès. L'existence tout aussi récente d'une presse quotidienne qui s'en est fait l'écho y fut aussi pour beaucoup. Nous avons vu qu'ils avaient obtenu des succès. D'une part il y a aujourd'hui une plus grande sensibilisation de l'opinion et la volonté d'améliorer la protection du milieu et des paysages. D'autre part les pouvoirs publics, avec occasionnellement l'appui des entreprises privées, ont été amenés à entreprendre des campagnes de nettoyage, d'assainissement des cours d'eau. Cela est allé jusqu'à la fermeture d'une entreprise polluante.



INSTABILITÉ DES TALUS DES ROUTES

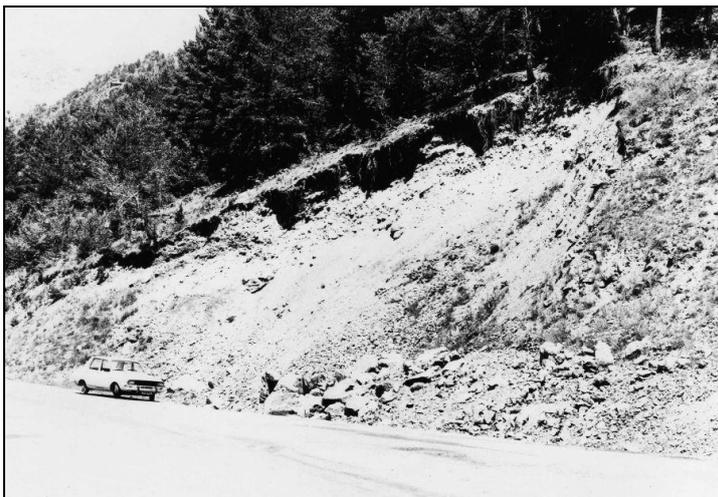
Ordino: chaussée affaissée sur la route du Coll d'Ordino.

Photographie J. Becat, 22/07/1990.

La route qui relie le village au Coll d'Ordino fut d'abord une large piste dont les lacets successifs furent brutalement ouverts dans le

versant. Les déblais étaient rejetés sans précautions vers le bas, ce qui affecta beaucoup la forêt. Sans qu'ils soient stabilisés par des murs ou des enrochements ces dépôts meubles supportèrent la chaussée, qui fut ensuite goudronnée. De là des affaissements constants et des glissements qui rendirent le transit dangereux pendant plusieurs années.

¹²⁶ - Voir le livre 3, sur l'aménagement actuel du territoire: Les concepts ont changé; le discours écologique en Andorre.



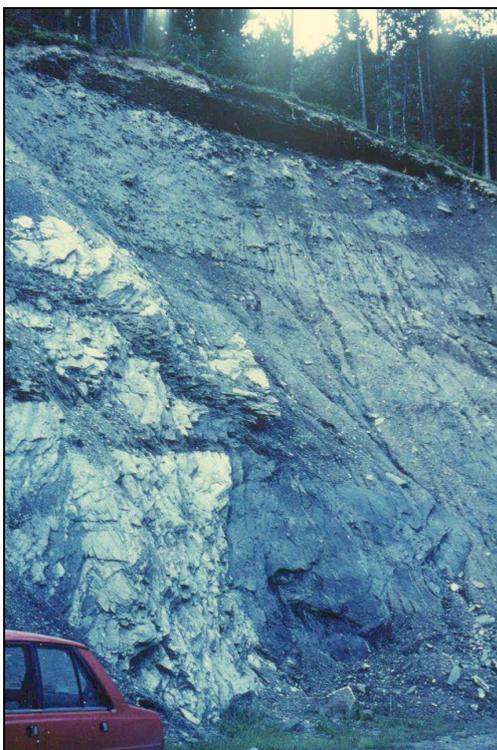
INSTABILITÉ DES TALUS DES ROUTES

Ordino: croisement des routes de Tristaina et de Puntal.

Photographie J. Becat. 15/07/1981.

C'est une situation habituelle dès qu'on ouvre de larges routes en montagne sur des versants couverts de dépôts de pentes, de cônes de déjections ou de moraines. Au-dessus del Serrat, la route recoupait ici la partie gauche d'un cône torrentiel ancien. On

observe des roches éboulées au pied du talus et des blocs déchaussés en surplomb. Le versant évoluait par des glissements ponctuels par paquets, entraînant les matériaux meubles, le sol et la végétation forestière qu'il supportait. Des améliorations locales ont été apportées depuis le long de cette route, en particulier un meilleur drainage des eaux de ruissellement et quelques murets au pied du ta-lus, qui protègent des chutes de pierres, mais qui ne règlent toujours pas l'évolution qui s'est amorcée sur le versant du dessus.



INSTABILITÉ DES TALUS DES ROUTES

Ordino: talus instables sur la route du Coll d'Ordino.

Photographie J. Becat. 22/07/1990.

Ce talus instable, qui s'avivait constamment à cause des eaux de ruissellement et des éboulements, est situé à l'embranchement de la nouvelle route du Coll d'Ordino et de la piste du premier tracé. Le substrat est formé de roches schisteuses très diaclasées, qui apparaissent à gauche de la photographie. Les matériaux meubles, des colluviums localement épais qui tapissent ce versant forestier favorisent les petits glissements par paquets qui affectent les sols superficiels végétalisés. Nous sommes en exposition nord, dans un secteur souvent enneigé, qui bénéficie d'une bonne imprégnation des sols, surtout au printemps. Cela explique la présence des sapins et cela favorise l'instabilité des talus. C'est une question qu'il faudra résoudre car cette route forestière, qui était il y a peu un cul de sac, est devenue depuis 1991 une liaison directe entre Canillo et Ordino, après l'ouverture du tronçon Canillo-Montaup.

INSTABILITÉ DES TALUS DES ROUTES



Talus et rochers instables à Meritxell (route nationale 2).

Photo. J. Becat.
23/07/1990.

Au cours des années quatre-vingts la *carretera general* n°2 a été élargie en creusant les versants rocheux entre Canillo et Meritxell, pour un meilleur franchissement des gorges de la Valira d'Orient. Dans le secteur des Ra-cons les rochers en surplomb présentent localement des diaclases ouvertes et des secteurs virtuellement instables. Les charges de dynamite ont fragilisé les schistes, déjà très fissurés. On constate un élargissement progressif de fissures qui individualisent des blocs dangereux qu'il faudrait purger. Des travaux de protection ou d'ancrage systématiques semblent indispensables. C'est un exemple d'une situation assez générale le long des routes principales, récemment élargies dans le cadre de la politique d'amélioration des communications.

LE BOSC DE LA CANYA ET L'ARTIGA DE CANILLO



Vue d'ensemble de dépôts latéraux glaciaires instables.

Photo. J. Becat, 07/1990.

Sur ce montage on a l'ensemble de la gorge de raccordement de la vallée glaciaire suspendue de Montaup, au fond et à gauche, avec l'auge principale de la Valira d'Orient. Le bassin torrentiel s'élargit au second plan, où les versants présentent des ravinements nombreux et des décapages dans des dépôts de remplissage latéral datant de la phase glaciaire maximale. La gorge de raccordement se rétrécit ensuite entre les masses calcaires du Roc dels Batallassos, à gauche, et du Roc de l'Areny, à droite. Au premier plan, les maisons de Canillo s'étagent sur le cône de déjection du Riu de Montaup. La nouvelle et large route qui relie Canillo à Ordino par Montaup inscrit ses lacets dans les rochers puis dans la masse de matériaux meubles de l'Artiga, qui surplombe la vallée, donc dans une zone déjà sensible. Au-dessus, le Bosc de la Canya était depuis plus d'un siècle une forêt de protection contre les avalanches, destinée aussi à limiter les ravinements.

LE BASSIN DE LA MASSANA

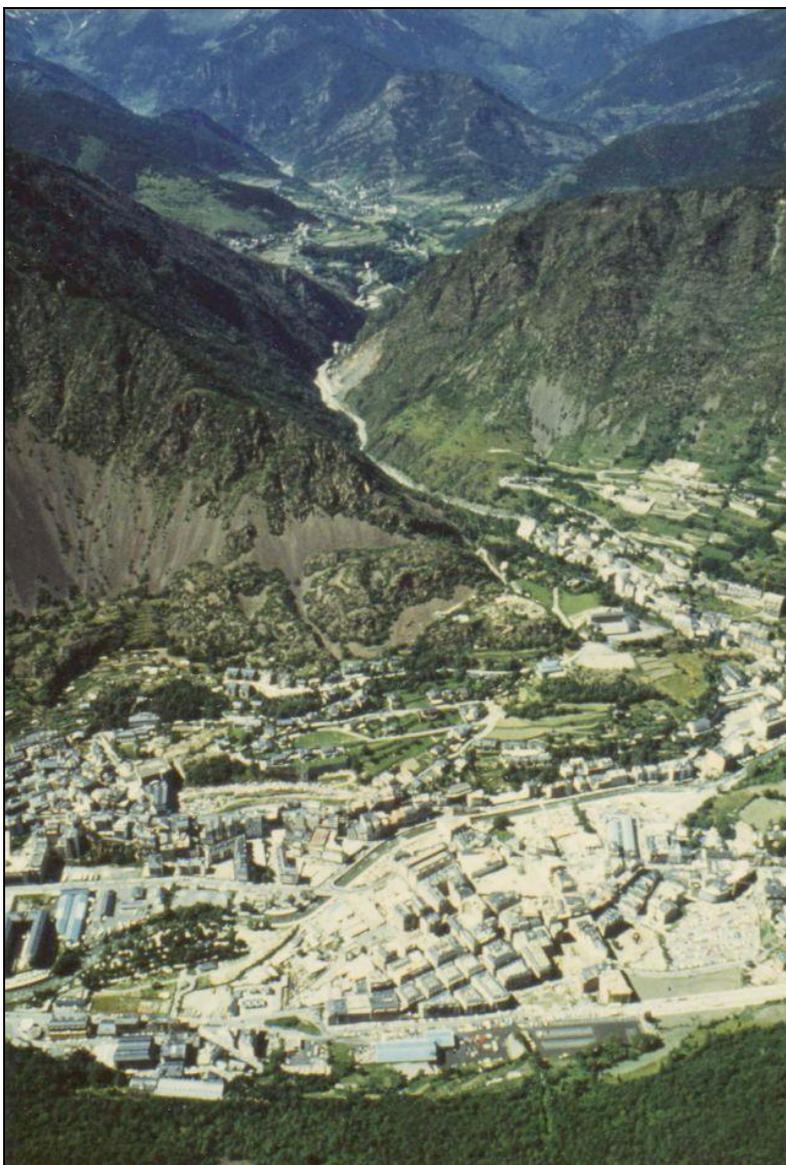


Vue d'ensemble des
dépôts glaciolacustres
et des formes
d'urbanisation

Vol hélico. du
05/07/1988, de J.
Becat et A. Lerouge.
Photo. A. Lerouge.

La vue est prise en direction de l'aval. Au premier plan sous les patins de l'hélicoptère aboutit la vallée du Riu d'Arinsal, avec un méandre très prononcé où étaient situées les cuves de gaz qui provoquèrent une panique lors de *l'aiguat* de 1982. La Valira del Nord vient de la gauche, incisant des terrasses dont le talus est boisé. Au fond, il s'échappe du bassin par les gorges de La Grella, où se produisit en 1987 un grand glissement de rochers. Au centre, dans la vallée et sur les pentes des terrasses glaciolacustres s'étagent les routes, les rues et les urbanisations linéaires de La Massana, où existent évidemment des problèmes d'instabilité des terrains. Les épais dépôts glaciolacustres qui comblèrent ce bassin forment aujourd'hui des niveaux de terrasses tout autour, avec des terroirs villageois et des *veïnats* (El Pui, L'Aldosa, Anyós, Sispony, Escàs). À droite, des *xalets* couvrent progressivement le replat dels Plans.

**AGGLOMÉRATION D'ANDORRA LA VELLA-LES ESCALDES,
GORGES DE LA GRELLA ET BASSIN DE LA MASSANA**



Vol hélico. du
05/07/1988, de J.
Becat et A.
Lerouge. Photo. A.
Lerouge.

La vue est prise en direction du nord. Au premier plan l'agglomération d'Andorra-Escaldes tend à occuper tout l'espace disponible, y compris les terrains inondables du lit majeur de la Valira, qu'un endiguement systématique protège aujourd'hui. Le dessin des rues et des quartiers rappelle d'ailleurs les anciens tracés des lits et des méandres. C'est dans le vallon boisé situé au premier plan et à droite que se produisit au siècle dernier le glissement de terrain qui emporta le hameau del Fener. Nous avons évoqué les problèmes de chutes de blocs et d'instabilité potentielle des longs éboulis du Solà d'Andorra et du Solà de Nadal. Au second plan les gorges de La Grella ont des versants instables. On y distingue la grande cicatrice de l'éboulement rocheux de 1987. Au dernier plan apparaît le bassin de La Massana, que nous venons d'évoquer, et les vallées du Riu d'Arinsal, à gauche, et d'Ordino, à droite.

3.2 - L'Andorre et les autres régions pyrénéennes

Après des décades de croissance incontrôlée et bien qu'elle ne possède pas encore de législation globale en matière de risques naturels, comparable à celle qui régit les PER en France, l'Andorre bénéficie aujourd'hui d'un bon niveau de connaissance des risques qui l'affectent. Dans le domaine des avalanches elle possède une réglementation plus avancée qu'en Catalogne ou qu'en Espagne et, sous un certain angle, plus avancée qu'en France puisqu'elle impose sur tout son territoire montagnard la réalisation d'une cartographie de localisation probable d'avalanches (CLPA) et une étude préalable de défense contre ce risque pour toute construction.

Évidemment, il serait intéressant de voir comment cette réglementation est réellement appliquée, en particulier par les paroisses et par le service chargé des permis de construire et du contrôle de l'urbanisation du *Departament de Serveis Públics* du gouvernement andorran. Nous avons vu qu'elle avait permis de bloquer la construction d'immeubles dans des zones dangereuses et d'imposer des normes de sécurité. Dans d'autres cas nous avons constaté que des constructions étaient réalisées malgré tout dans des zones à risques. En ce qui concerne le risque d'inondation, la protection des zones urbaines par endiguement des cours d'eau touche à sa fin. Il y a déjà de nombreuses études réalisées sur le risque d'instabilité des versants.

En une décade l'Andorre est donc passée d'une situation peu enviable où les risques n'étaient pas pris en compte à une bonne connaissance et à un début de gestion efficace des risques qui l'affectent le plus. Aujourd'hui, elle a pris de l'avance sur toutes les régions voisines et, si elle adoptait une législation sur les PER ou sur les études multirisques, elle deviendrait un modèle de gestion du territoire sous l'angle des risques naturels.

En Catalogne Nord il n'existe que très peu d'études d'avalanches. Nous faisons allusion évidemment à la cartographie officielle d'avalanches, car l'ouvrage d'Henri Péjouan donne une connaissance très complète du risque dans l'ensemble des vallées de Catalogne Nord et des confins ariégeois. Des études universitaires et des études récentes réalisées à la demande de la Direction départementale de l'Équipement portent sur les *aiguats* et les inondations en Conflent, dans la basse plaine du Roussillon et en Vallespir. Avec un temps de retard sur d'autres départements français, il y a cependant un changement depuis quelques années avec la mise à l'étude et la publication des premiers PER.

La Catalogne bénéficie de nombreuses études émanant d'universitaires et de

l'administration de la *Generalitat*, en particulier du *Servei Geològic de Catalunya*. Certains risques sont abordés de manière systématique depuis quelques années: la définition des zones inondables et la mise en place d'un réseau d'alerte en cas d'inondation, un début d'étude et de recensement des zones avalanches, une étude systématique de la sismicité et enfin, depuis ces dernières années, un meilleur contrôle de la pollution et des agressions du milieu assorti d'un effort afin de limiter les effets. Il existe des études ponctuelles assez nombreuses sur l'instabilité des versants dans les zones critiques.

La création en 1990 d'une *Conselleria del Medi Ambient* a amené une meilleure coordination de ces actions et une plus grande sensibilité des administrations et de l'opinion. Récemment, il a été décidé de créer une banque de données sur le milieu couvrant l'ensemble du territoire de la Catalogne autonome. Il s'y rajoute un bon instrument de recherche, de stockage de l'information et de cartographie, avec l'*Institut Cartogràfic de Catalunya*. Mais il n'y a toujours pas de législation ni de réglementation qui impose des plans d'exposition aux risques ou des études d'aménagement comparables opposables aux tiers, et l'étude des risques en montagne y est moins poussée que celle des risques qui affectent le reste de la Catalogne.

3.3 - Vers des PER andorrans?

L'évolution des attitudes

Nous devons insister sur le haut degré de sensibilité de l'opinion publique à la question des risques naturels. Objectivement, cela donne une plus grande liberté d'action aux autorités publiques que dans les pays voisins, où parler des risques naturels est encore un sujet tabou pour les élus locaux et pour les propriétaires affectés. L'évolution des attitudes a été très rapide. La manifestation récente et spectaculaire de certains risques et les campagnes en faveur de la protection du milieu et du cadre de vie menées surtout par l'APAPMA¹²⁷ depuis 1990 y sont aussi pour beaucoup.

À présent, pour aller vers une gestion cohérente des risques il faudrait réaliser des études globales, multirisques, et faire en sorte que les résultats soient pris en compte dans l'aménagement. D'évidence, le gouvernement andorran sera amené rapidement à se

¹²⁷ - APAPMA: *Associació de Protecció dels Animals, de les Plantes i del Medi Ambient*, créée en octobre 1990.

poser la question de l'opportunité d'une législation d'ensemble sur les risques naturels, car l'absence de cadre légal comparable aux PER ne peut que multiplier les conflits locaux entre les autorités publiques paroissiales ou générales et les propriétaires, les constructeurs et les usagers. Le traitement courageux du risque d'avalanches et la demande d'étude du secteur à risques del Forn par la paroisse de Canillo avant de décider d'un aménagement sont des exemples qui font bien augurer de l'avenir.

Les questions à résoudre

Il y a d'abord les aspects législatifs ou réglementaires. Avec les études de risque proprement dites, ce sont les aspects les plus simples à résoudre. Il existe dans les pays voisins des réglementations dont on peut s'inspirer, en particulier en France. Mais il y a d'autres problèmes plus délicats que les PER ne manqueraient pas de soulever s'ils étaient publiés: que décider pour les infrastructures et les lieux publics inclus dans les zones rouges? Quelles règles imposer aux terrains et aux biens privés situés dans les zones à risques? Comment financer les assurances et des dédommagements et, subsidiairement, comment répartir les responsabilités et les financements?

La réalisation technique de Plans d'Exposition aux Risques en Andorre serait assez rapide et facile. D'une part les risques naturels sont connus et déjà cartographiés pour la plus grande partie du territoire. D'autre part, grâce aux cartes d'avalanches et, pour Canillo, à l'étude multirisque del Forn, les paroisses et les services de l'État sont habitués à la confection des documents et aux consultations publiques.

Pour l'essentiel, les éléments des PER sont rassemblés dans les secteurs suivants:

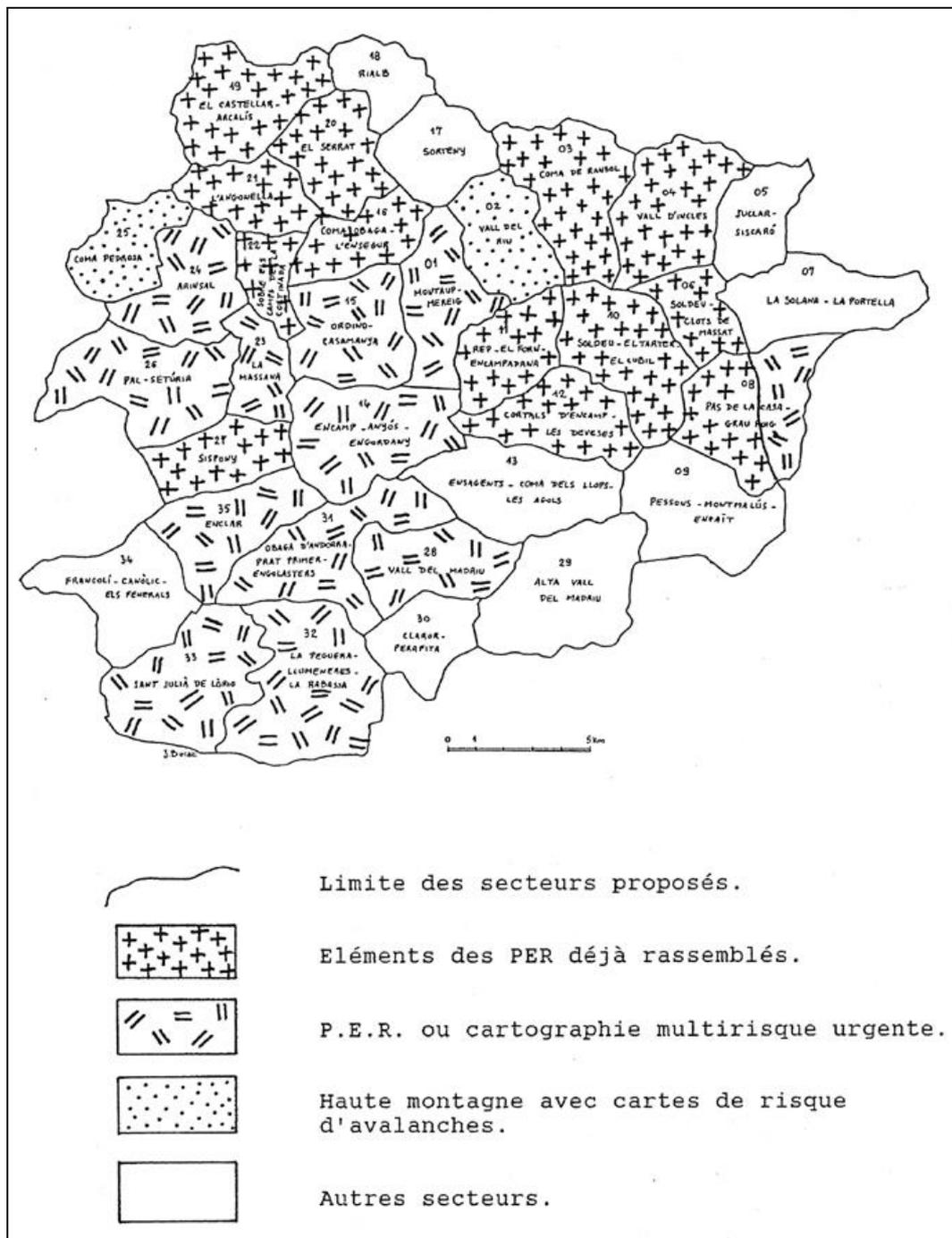
- Paroisse de Canillo: Coma de Ransol, Vall d'Incles-Solà de Soldeu, Soldeu-El Tarter, Prats-El Forn.
- Paroisse d'Encamp: Cortals d'Encamp, Grau Roig.
- Paroisse d'Ordino: vallée de la Valira del Nord entre Sornàs et Arcalís.
- Paroisse de La Massana: Cortals de Sispony.

En dehors de ces zones, la confection de P.E.R. ou d'une cartographie multirisque serait urgente à:

- Paroisse de Canillo: Canillo-Mereig-Montaup, Meritxell.
- Paroisse d'Encamp: Encamp, Pas de la Casa.
- Paroisse d'Ordino: Ordino-Casamanya.
- Paroisse de La Massana: La Massana-L'Aldosa-Anyós-Sispony, Pal-Xixerella, Arinsal-Erts.
- Paroisses d'Andorra la Vella et des Escaldes-Engordany: vallée entre Les Escaldes et La Margineda, Prat Primer, Vall del Madriu.

- Paroisse de Sant Julià de Lòria: Aixovall, vallée de la Valira et ses versants entre Sant Julià et la frontière hispano-andorrane.

**PLANS D'EXPOSITION AUX RISQUES
ZONES OÙ DES P.E.R. SERAIENT NECESSAIRES**



Les autres secteurs de Sant Julià de Lòria ne bénéficient pas de beaucoup

d'études. En haute montagne, en dehors des stations de ski, les P.E.R. sont moins urgents, à la fois parce qu'elle est quasi couverte par la cartographie d'avalanches - le risque le plus important - et parce que l'urbanisation et les infrastructures y sont rares. De plus la propriété publique y étant presque exclusive, on peut supposer que les initiatives d'aménagement qui y seront prises dorénavant tiendront compte des risques naturels.



LIVRE 4 - LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

Deuxième partie : DOCUMENTS ANNEXES

LES TYPES D'AVALANCHES ET LES FACTEURS FAVORABLES EN ANDORRE

Liste des documents annexes, dans le volume 2

Les avalanches et les facteurs favorables en Andorre sont illustrés à travers une cinquantaine de photographies terrestres ou aériennes, autour des thèmes suivants:

TYPES D'AVALANCHES ET DE ZONES AVALANCHEUSES

- 1 - Coma Pedrosa et Pla de l'Estany (La Massana): **purges, avalanches de neige fraîche et de poudreuse**
- 2 - Envalira et Costa de les Grandalles (Canillo-Encamp): **effets du vent, déflation et corniches**
- 3 - Coll Blanc-Pic d'Envalira (Encamp): **corniches**
- 4 - Clot de les Valletes-Pic d'Envalira (Encamp): **corniches, purges et avalanches de printemps**
- 5 - Pala de Coll Carnisser et Bosc del Barrer d'Areny (La Massana): **avalanches de plaques, avalanches et forêts**
- 6 - Pic de l'Estanyó et Clots de la Serrera (Ordino): **couloirs**
- 7 - Pala Mala et Alt de Montaup (Canillo): **avalanches de neige fraîche, plaques**

et corniches

8 - Solà de Mereig et Els Racons (Canillo): **purges et avalanches de neige fraîche, couloirs**

9 - Solà de Ràmio (Les Escaldes-Andorra la Vella): **avalanches de printemps**

10 - Solà de la Farga (Les Escaldes-Andorra la Vella): **avalanches de printemps**

11 - Clots de la Menera (Encamp): **avalanches de neige fraîche, purges, avalanches de printemps**

12 - Portella de Joan Antoni (Encamp): **coulées, avalanches de printemps**

13 - Costa Rodona-Canals del Maià (Canillo): **purges, avalanches de redoux**

FACTEURS FAVORABLES

14 - Abarsetar d'Arcalís (Ordino): **formes convexes**

15 - **Replats et profils convexes**

16 - Les Planes (Ordino): **versants irréguliers**

17 - Basers et Pleta de l'Angonella (Ordino): **versants irréguliers**

18 - Riu de Cabana Sorda et Escobar d'Incles (Canillo): **versants irréguliers, gespa, landes**

19 - La Pesada (La Massana): **rochers**

20 - Allau del Prat del Patxeta (Canillo): **rochers, gespa, croupe convexe**

21 - Clots d'Aixades (Canillo): **corniches, rochers, gespa, versants irréguliers**

22 - Canal Gran (La Massana): **couloirs et incisions torrentielles**

23 - Canals Males-Obac de la Coruvilla (La Massana): **couloirs et formes torrentielles**

24 - Canal del Cresp (Ordino): **formes torrentielles, risque d'avalanche et urbanisation**

25 - Pic de Coma Pedrosa et Canal de l'Alt (La Massana): **couloirs, risque d'avalanche et ski de randonnée**

26 - Canal Gran del Bony de la Pica d'Enclar (Andorra la Vella): **couloirs et incisions torrentielles**

27 - Estanys Forcats et Forat dels Malhivern (La Massana): **cirques glaciaires**

28 - Clots de la Raconada de la Maiana (Les Escaldes-Andorra la Vella): **cirques glaciaires**

29 - La Rabassa de Rialb (Ordino): **versants d'auge**

30 - Aiguarebre (Ordino): *pales de gespa*

31 - Costa Gran (Canillo): **hautes solanes**

32 - Riu de la Font dels Comellassos (Canillo): **facteurs divers, avalanche et urbanisation**

33 - Canal de la Font del Condal (Canillo): **y a-t-il des facteurs favorables?**

TYPES DE SITUATIONS EN ANDORRE

34 - Les Tallades (Ordino): **ensembles torrentiels**

35 - Obac de Sispony (La Massana): **versant nord**

36 - Clot del Gel et Clot de la Coma de la Sella (La Massana): **cirques en versant nord**

37 - Les Fonts (Canillo): **cirques de l'étage alpin en exposition sud**

38 - Montmantell (La Massana): **cirques de l'étage alpin en exposition sud**

39 - Les Canals de la Vall del Riu (Canillo): **versants d'auge du sommet de l'étage subalpin**

40 - Les Canals de la Vall del Riu (Canillo): **versants d'auge du sommet de l'étage subalpin**

41 - Canal de la Pleta dels Llacs (Canillo): **grands couloirs composites**

42 - Obacs de l'Angonella (Ordino): **hauts versants nord homogènes**

43 - Basers del Prat del Quart et Clots de la Llosa (Canillo): **hauts versants nord composites**

44 - Obac de Coma Pedrosa et Portella de Sanfons (La Massana): **grands versants nord complexes, risque d'avalanche et ski de randonnée**

FORETS ET RISQUE D'AVALANCHE

45 - Costes de l'Alt de la Capa et Solà de Pal (La Massana): couloirs torrentiels et d'avalanches

46 - Obac de la Cortinada (Ordino): *vedat* et protection

47 - Solà de l'Aldosa (Canillo): *solans* subalpins

SKI ET RISQUE D'AVALANCHE

48 - Coll dels Isards et Pla de les Valletes (Encamp): **risque d'avalanche et ski hors piste**

49 - Allau del Cubil et station d'Arinsal (La Massana): **risque d'avalanche et domaine skiable**

BORDES ET RISQUE D'AVALANCHE

50 - La Burna et la Borda dels Prats Nous (La Massana)

CIRCULATION, URBANISATION ET RISQUE D'AVALANCHE

51 - Solans d'Arinsal (La Massana): **urbanisation**

52 - Les Salines (Ordino): **urbanisation**

53 - Bosc del Castellar et Les Salses (Ordino): **circulation**

54 - L'Armiana (Canillo): **circulation et urbanisation**

55 - Canillo et l'allau d'Aina: **circulation et urbanisation**

P.E.R. ET RISQUE D'AVALANCHE

56 - **Les biens menacés** par les avalanches et quelques problèmes à résoudre

57 - **Les activités menacées ou limitées** par le risque d'avalanche et quelques problèmes à résoudre



LIVRE 4 - LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

Troisième partie : DOCUMENTS ANNEXES

L'AIGUAT DES 7 ET 8 NOVEMBRE 1982

Les effets de *l'aiguat* en Andorre et la dynamique torrentielle et fluviale

Liste des documents annexes, dans le volume 3

Les effets de *l'aiguat* de novembre 1982 et quelques éléments de la dynamique torrentielle et fluviale sont illustrés à travers une cinquantaine de photographies terrestres ou aériennes, de cartes de localisation et de croquis d'interprétation.

LES EFFETS DE L'AIGUAT

- 1 - Carte de situation des secteurs étudiés

BASSIN DE LA VALIRA DEL NORD

LA VALLEE DE LA VALIRA DEL NORD EN AMONT DE LA MASSANA

- 2 - La Valira à Sornàs (Ordino)

LA VALLEE DU RIU DE PAL

- 3 - Carte de situation (1/25.000e)
- 4 - Pal et le cône de déjection du Riu del Prat del Bosc

- 5 - Cône actif et glissement en paquets à Pal
- 6 - Le Solanet de Pal
- 7 - Pal, Els Bedres: ruissellement et coups de cuiller
- 8 - Balancement de méandres en amont de Xixerella
- 9 - Xixerella
- 10 - 11 - Erosion dans les rives concaves des méandres

LA VALLEE DU RIU D'ARINSAL

- 12 - Carte de situation (1/25.000e)
- 13 - Arinsal
- 14 - Méandres, glissements et coulées aux Tosquers
- 15 - Modifications du lit au Puiol del Piu
- 16 - La vallée à Erts
- 17 - La vallée à la Borda Raubert
- 18 - La vallée à l'Escalluquer
- 19 - La vallée à la tuilerie de La Massana
- 20 - La Massana
- 21 - Andorgaz: témoignage (Poble Andorrà, 19/11/82)
- 22 - Andorgaz: témoignage (Andorra 7, 20/11/82)
- 23 - Andorgaz: note de la Conselleria de Serveis Publics (Andorra 7, 20/11/82)
- 24 - La Massana: confluence Valira-Riu d'Arinsal

LA VALIRA DEL NORD ENTRE LA MASSANA ET ENGORDANY

- 25 - Les gorges de Sant Antoni de la Grella
- 26 - Les gorges de la Grella à la Canal del Lloser
- 27 - Réparations d'urgence à la Grella

28 - La Grella: érosion dans un méandre

29 - 30 - La Valira à la Grella

BASSIN DE LA GRAN VALIRA

ANDORRA LA VELLA

31 - *L'aiguat del 82* dans l'agglomération d'Andorra la Vella. Carte de situation (1/25.000e)

32 - La confluence de deux Valira

33 - 34 - Méandres dans le lit majeur et départ de l'inondation dans la ville

35 - Andorra la Vella: le secteur le plus touché

36 - La Valira près de la poste française

37 - 38 - Le lit d'inondation dans le quartier de l'ancien stade et du camping d'Andorra la Vella

39 - Le lycée français et le cône du Torrent del Forn

LA VALLEE DU RIU D'OS DE CIVIS

40 - *L'aiguat del 82* dans la vallée inférieure du Riu d'Os et à Sant Julià de Lòria. Carte de situation (1/25.000e)

41 - 42 - La vallée du Riu d'Os en amont de Bixessari

43 - 44 - Bixessari

45 - La vallée du Riu d'Os en aval de Bixessari

46 - Le lit majeur après les Roques Blanques

47 - Le début du cône d'Aixovall

48 - Aixovall. Confluence du Riu d'Os et de la Valira

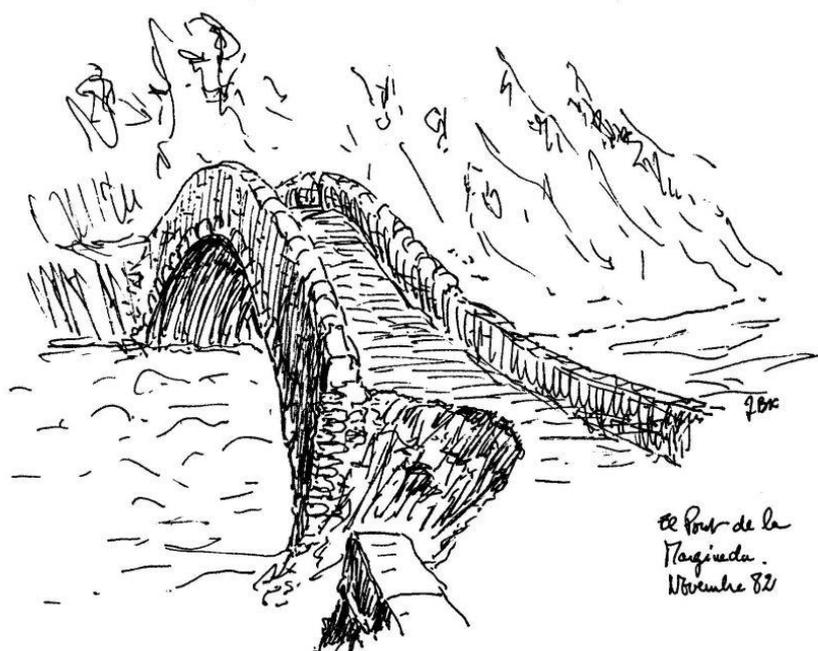
49 - Aixovall. Le terrain de football après *l'aiguat*

SANT JULIA DE LORIA

50 - Sant Julià: Les Arades (*Poble Andorrà*, 19/11/1982)

51 - Les méandres de la Ribera

52 - Le méandre de la Borda del Sabater



LIVRE 4 - LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

Quatrième partie : DOCUMENTS ANNEXES

Les risques naturels et la gestion du territoire

Liste des documents annexes, dans le volume 4

6.1 - Les premières études d'avalanches: *l'Allau del Pas de la Casa*

- La localisation de *l'Allau de la Gavatxa* (photographie, 17/04/1981).
- La fiche signalétique de l'avalanche du 20 février 1971, établie par Henri Pejouan (*Neige et avalanches*, 1983, page 208)
- Le rapport administratif français sur l'avalanche du 20 février 1971 (DDA de Perpignan, 02/08/1971).
- Le premier projet de cartographie de localisation probable des avalanches en Andorre (CERAFER, Grenoble, 21/02/1972)
- Le projet de création d'une station nivométéorologique au Pas de la Casa (Direction de la Météorologie Nationale, Paris, 17/08/1972).
- Le bilan de la première campagne "avalanches" et le fonctionnement de la station nivométéorologique du Pas de la Casa (Station Météorologique de Perpignan, 14/12/1974).
- Les travaux de protection: filets et râteliers paravalanche dans la zone de départ de *l'Allau de la Gavatxa* (photographie, 12/05/1991).

6.2 - Les premières études d'avalanches: *l'Allau de Soldeu*

- Le premier projet de convention d'étude pour le compte de la "République d'Andorre", devenue Coprincipauté sur le projet définitif. Avril 1975.

- La convention entre le *Consell General de les Valls d'Andorra* et l'O.N.F., Direction générale de Toulouse. 1975.
- Rapport du dossier O.N.F. proposant un équipement du secteur de Soldeu en ouvrages paravalanches. 26/08/1976.
- Allau de Soldeu. Acte de la réunion ordinaire de Sancogesma du *Consell General de les Valls d'Andorra*; 31/07/1980. Le résultat de la consultation des propriétaires affectés; 1980.

6.3 - La première cartographie systématique du risque d'avalanche; 1980

- 1 - *L'acord* du *Consell General* du 26 juin 1980.
- 2 - Le rapport administratif sur les propositions d'étude, approuvé par le *Consell General* le 22 décembre 1980.
- 3 - L'inégale mobilisation des services administratifs français. 1980.
- 4 - Une demande d'étude postérieure. 1986.

6.4 - Les cartes CLPA: exemples de traitement d'un secteur

- 1 - La Vall de l'Avier (L'Angonella) est une petite vallée glaciaire, sans habitat permanent ni temporaire.
- 2 - La Canal del Tabanell (Sobre els Camps de La Cortinada) est un ensemble torrentiel inscrit dans le versant d'auge de la Valira del Nord qui aboutit dans la zone urbanisable.

6.5 - Les autres études d'avalanches

- 1 - La carte de localisation des autres études réalisées entre 1981 et 1991 en Andorre.
- 2 - Eléments de l'étude réalisée par PROTOP en préalable à la création de la station de ski d'Ordino-Arcalís. 1979-1982.
- 3 - Eléments de la cartographie réalisée par le CEMAGREF de Grenoble en 1984 et 1985 (centre et sud de l'Andorre).
- 4 - Eléments de la cartographie réalisée par J. F. Meffre à propos du projet de route de la Solana d'Andorra. 1987.

6.6 - Vers une gestion du risque d'avalanche

- 1 - Demandes de consultation de la cartographie d'avalanches en cours afin

d'instruire des demandes de constructions, 1983-1984.

2 - Le décret portant sur la cartographie de localisation probable d'avalanches, C.L.P.A. 08/06/1989.

3 - Un article de l'hebdomadaire *Poble Andorrà* signalant l'entrée en vigueur du régime juridique sur l'utilisation des terrains affectés par les avalanches. 30/06/1989.

4 - Un édit du gouvernement mettant à l'enquête publique la carte de risque d'avalanches de la Vall del Riu, paroisse de Canillo. 23/02/1990.

5 - Un article du *Diari d'Andorra* annonçant la mise en place du nouveau système informatique destiné à prévoir le risque d'avalanche en Andorre. 22/11/1991.

6.7 - La difficile action publique

1 - L'affaire de Les Salines:

1.1 - Le rapport du CEA de Perpignan. 10/07/1982.

1.2 - Extraits de la carte d'avalanches del Serrat et du fascicule de commentaires. 09/1983.

1.3 - Extraits de l'ouvrage *Neige et Avalanches*, d'Henri Péjouan, à propos de Les Salines. 1983.

2 - L'opposition du *Quart d'Arinsal* à la carte soumise à l'enquête publique: texte approuvé et transmis au *Comú* de La Massana, puis au Gouvernement.

6.8 - La réglementation sur les terrains affectés par les avalanches

- Le décret du 8 juin 1989 sur le régime juridique de l'occupation, de l'utilisation et de la construction des terrains affectés par les avalanches.

6.9 - L'inventaire des zones d'avalanches

- La fiche informatique.
- La codification des entrées.
- La fiche d'avalanche.

6.10 - Aiguat: les zones sensibles et la politique de protection en Andorre

1 - La construction des routes et des murs de soutènement: "*Boniques calçades sobre pis de fang.*"

(Article de l'hebdomadaire *Poble Andorrà*, Andorre, 19/11/1982, interview de M.

Eron Estany, Directeur de la *Conselleria de Serveis Públics*, après l'aiguat de 1982):

2 - Les inondations de novembre 1984. "*Els perjudicis al Pallars, Alt Urgell i Andorra potsers són d'uns 800 milions. Es tornaren a inundar les mateixes carreteres danyades l'any 1982. Els rius es van desbordar per la mala canalització.*" (Article du journal *Avui*, Barcelone, 13/11/1984).

3 - L'effort budgétaire consenti. (Extrait du budget du Gouvernement andorran, 1983-1989)

4 - Le bilan des travaux: "*Nou anys de reconstrucció després dels aiguats del 82.*" (Reportage du journal *Diari d'Andorra* du 12/01/1992, pages 10-11)

5 - L'endiguement des cours d'eau: la Valira d'Orient à Canillo et à Encamp; la Valira del Nord à La Cortinada (Ordino).

6 - Les questions à résoudre. Un exemple sur les berges de la Gran Valira à Sant Julià de Lòria.

6.11 - L'esllavissada de La Grella, 1987

1 - *Avui*, Barcelona, 12/10/1987: "*Una esllavissada de terres parteix pel mig la vall d'Andorra.*"

2 - *L'Indépendant*, Perpignan, 13/10/1987: "*Andorre. Pris au piège sous des tonnes de pierres.*"

3 - *Avui*, Barcelona, 14/10/1987: "*Angoixa de les persones que temen tenir un familiar entre les runes.*"

4 - *Avui*, Barcelona, 16/10/1987: "*La carretera de l'esllavissament d'Andorra estarà tallada un mes.*"

5 - *Poble Andorrà*, Andorra la Vella, 23/10/1987: "*Andorra ha tocat el fons.*"

6 - *Poble Andorrà*, Andorra la Vella, 23/10/1987: "*Daniel Armengol: "Una pedrera, a peu de carretera, no hauria d'haver existit."*"

7 - Extrait de l'acte de la session extraordinaire du *Consell General* (acte 13/87).

8 - *Avui*, Barcelona, 12/02/1988: "*Andorra farà un túnel a la carretera de l'esllavissament.*"

9 - 10 - Photographies de la zone effondrée, 1990.



Fontfred i la Canal de la Colla
des de la Rata de Perafita - JBR 31.

BIBLIOGRAPHIE THÉMATIQUE

4 - LES RISQUES NATURELS

AGUERRA, Jean Marie. *Les avalanches en haute Alemany (Pyrénées-Orientales). Réserves naturelles de Py et de Mantet*. Universitat de París X, Nanterre, 1985, 259p., 29,7cm.

--> *Maîtrise* de geografia.

ALLAG, G. Veure: TRABAUD, L... *Etude de la sensibilité aux incendies...* 1976.

ALMENAR, R., i altres. *El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, Monografia 2, València, 1987.

ALONSO, Eduardo, i COROMINAS, Jordi (editors). *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 739p., 30cm.

--> Actes del simposi dels 9-11 de març del 1988 a Andorra la Vella. Articles sobre riscos naturals a Andorra i a Catalunya.

ALONSO, Eduardo, i COROMINAS, Jordi. "Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán. Tipología y causas." *Ponencias y Comunicaciones de las Jornadas de Trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo*, Universitat Politècnica de Catalunya, ETS d'Enginyers de Camins i Ports, Barcelona, 1984, C.1-C.53.

ANDORRA, Govern, Conselleria de Finances, Comerç i Indústria. Mapes CLPA (cartografia de localització probable d'allaus): *El Serrat, Vall del Madriu, Pas de la Casa / Grau Roig, La Massana, Vall del Riu, L'Angonella / La Cortinada, Montaup / Mereig, Soldeu / El Tarter, Cortals d'Encamp, El Forn*. Departament d'Indústria, realitzades pel Centre d'Estudis Andorrans de la Universitat de Perpinyà, 1983-1990, direcció Joan Becat. 27 mapes de risc d'allaus, de geomorfologia i de boscos a 1/10000, amb fascicles de comentaris

--> En el marc de la legislació sobre protecció contra el risc d'allaus, els dos terços de la coberta sistemàtica d'Andorra, que serà acabada abans el 1995.

ANDORRA 7. *L'aiguat del 1982 i tres precedents: 1937, 1957, 1979. Premsa. Fotos. Entrevistes. Comunicats*. Impremta Grafinter, Andorra la Vella, 1982, 116p., 27,5cm.

--> L'únic recull de cartes, comunicats i retalls de la premsa andorrana, catalana, espanyola i francesa sobre l'aiguat de 1982 a Andorra. Unes interessants fotografies sobre alguns aiguats o inundacions anteriors.

ANDRÉ, Albert. *L'expression graphique: cartes et diagrammes*. Edicions Masson, col·lecció *Géographie*, París, 1980, 224p., 24cm.

A.N.E.N.A. *Neige et Avalanches*. Revista de l'A.N.E.N.A, Association Nationale pour l'étude de la neige et des avalanches, Grenoble, des de 1971.

--> La consultació d'aquesta revista francesa és indispensable pel que fa als estudis de la dinàmica de la neu i de les allaus, i a les obres de protecció. Veure entre altres el números: / - 4, 1973: *Génie paravalanche*. / - 8, 1974: *Localisation du risque d'avalanches et aménagement de la montagne*. / - 9, 1974: *Déclanchement préventif des avalanches*. / - 14, 1977: article sobre els efectes de les allaus sobre els arbres. Veure N. A. Ouroumbaev. / - 28, 1982: article sobre la dinàmica de les allaus de neu pols. Veure P. Béghin.

ANTOINE, Jean Marc. *Méthodologie de la reconstitution des rythmes catastrophiques en val d'Ariège*. Memòria de DEA de Geografia, Universitat de Tolosa, 1987.

ANTOINE, Jean Marc. "Un torrent oublié mais catastrophique en Ariège." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, 1, número especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 73-88, 24cm.

ANTOINE, Jean Marc. "Torrentialité en Val d'Ariège: des catastrophes passées aux risques présents." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 60, 4, Tolosa, 1989, 521-534, 24cm.

ARENY, Francesc, CAMIADE, Martina i RIBA, Jaume. *Els Solans d'Arinsal. Estudi per una localització de les zones d'allaus*. Memòria del Diploma Riscs naturals i Tecnològics, Universitat de Perpinyà, 1984, 29,7cm. Mecanografiat.

ARNAU i FIGUEROLA, Josep. "Coordinació política i tècnica en matèria de prevenció d'aiguat a Catalunya." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 9p., 29,7cm.

BEAZA, Cristina, COROMINAS, Jordi i PEÑARANDA, Ramon. "Identificación de factores que condicionan la formación de movimientos superficiales en los valles altos del Llobregat y Cardener", *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 30cm, 195-207.

BECAT, Joan. *El bosc andorrà. Situació al 1979*. Institut d'Estudis Andorrans, impremta Grafinter, Andorra la Vella, 1980, 157p., 24cm. 4 mapes 52x144cm i 55x224cm, 2 gràfics 32x111cm.

BECAT, Joan. *Aiguat del 7/8 de novembre del 1982. Primer informe*. 3 volums, Centre d'Estudis Andorrans de la Universitat de Perpinyà, 12-16 de novembre de 1982, 32cm. / I.- Sant Julià de Lòria, 45p. / II. - Les Escaldes-Engordany-Andorra la Vella, 51p. / III.- La Massana-Ordino, 62p.

--> Un informe realitzat després de l'aiguat, per fer el punt de la situació i avançar les primeres anàlisis.

BECAT, Joan (dir.). *Riscs d'allaus. Solans d'Arinsal, primer informe*. Centre d'Estudis Andorrans, Universitat de Perpinyà, 1983, 12 p., 29,7cm. Multicopiat.

BECAT, Joan (dir.). *Riscs d'allaus. Arinsal, Prats So-birans. Primer informe*. Centre d'Estudis Andorrans, Universitat de Perpinyà, 1984, 15 p., 29,7cm. Multicopiat.

BECAT RAJAUT, Joan. "Riscs naturals a Andorra. Reconeixement, cartografia i tipologia dels riscs." *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 101-114, 30cm.

BECAT RAJAUT, Joan i SOUTADÉ, Gérard, editors. *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Servei Geològic de Catalunya, Barcelona, 1992, 29,7cm.

--> Actes del Congr s de Vernet (Catalunya Nord), 18-20 d'octubre del 1990. Les grans avingudes: mecanismes, impacte, recurrència, polítiques regionals, legislació sobre riscs naturals i PER (plans d'exposició als riscs).

BECAT RAJAUT, Joan i GUAL, Ramon. "Imatges, testimoniatges i elements d'anàlisi de l'Aiguat d'en 40 a Catalunya Nord." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 42p., 29,7cm.

BEGHIN, P., i BRUGNOT, G. "Contribution des résultats exp rimentaux et th oriques   la dynamique des avalanches de neige poudreuse." *Neige et Avalanches, Revue de l'ANENA*, n  28, Grenoble, 1982, 17p.

B NECH, Claude. "Estimation des périodes de retour de l'aiguat d'octobre 1940 dans quelques vallées des Pyrénées-Orientales. Comparaison avec les possibilités d' cr tement des crues par les barrages de Vin a et de l'Agly." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 6p., 29,7cm.

BERGA, Lluís. "Les inundacions a Catalunya." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 8p., 29,7cm.

BERTRAND, Michel. "Incendies de for ts en zone méditerranéenne, une catastrophe naturelle." *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie*, número temàtic: *Catastrophes et risques naturels*, Montpellier, gener-juny 1990, 217-235, 24,5cm.

BONNET, J. "La restauration des terrains en montagne en Vicdessos (Ariège).", *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 57, 2, Tolosa, 1986, 209-230, 24cm.

BOSCH i MARTÍ, Xavier i VILAPLANA i FERNÁNDEZ, Joan Manuel. "Evoluci  del manto nival y riesgo de aludes en el Pirineo Catalán." *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 30 cm, 13-29.

BOURGEAT, Serge. " boulements et écroulements dans le bassin-versant du Vénéon." *Revue de Géographie Alpine: Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes*. Volum 78, 1-3, n mero especial, Grenoble, 1990, 11-24, 24cm.

BOUSSARSAR, Brahim. "Torrentialit  et avalanches dans une for t des Pyrénées centrales: le Laou d'Esbas." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, número especial:

Catastrophes, Tolosa, 1987, 63-80, 24cm

BOUTIN, A. i PASCUAL, M. "L'aiguat d'octubre 1940." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 6p., 29,7cm.

BRAVARD, Yves. *Catastrophes naturelles en Savoie*. Col·lecció Trésors de la Savoie, Imprimerie Arc-Isère, Montmélian, 1983, 96p., 21,5cm.

--> Molt interessant relat de les principals catàstrofes naturals a Savoia, actuals i històriques, amb fotografies i comentaris dels mecanismes i dels efectes.

BRAVARD, Yves. "Les avalanches de Chamonix (Haute-Savoie, France)." *Revue de Géographie Alpine: Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes*. Volum 78, 1-3, número especial, Grenoble, 1990, 125-143, 24cm.

BRU, J., JULIA, R, MARQUES, M. A. "El movimiento de masa de Pont de Bar: dinámica geomorfológica." *Ponencias i comunicaciones de las Jornadas de Trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo*, Barcelona, 1984.

BRUGNOT, G. Veure: BEGHIN, P... "Contribution des résultats expérimentaux... 1982.

Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie. Número temàtic: *Catastrophes et risques naturels*, Montpellier, gener-juny 1990, 240 p., 24,5 cm.

--> Articles de diversos autors sobre risc sísmic, muntanya, riscos i catàstrofes climàtics, secades, incendis de boscos. Es pot notar "La sismicité méditerranéenne.", per Haroun TAZZIEF, 23-27, i "Incendies de forêts en zone méditerranéenne, une catastrophe naturelle.", per Michel BERTRAND, 217-235.

CADIOT, B. "Les effets en France du séisme catalan de 1428." *Les tremblements de terre en France*. Edicions del B.R.G.M., col·lecció *Mémoires* nº 96, Orléans, 166-171, 27cm.

CALVET, Marc. "Cruets catastrophiques et vitesse d'érosion dans les Pyrénées Orientales." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 10p., 29,7cm.

CAMIADÉ, Martina. Veure: ARENY, Francesc... *Els Solans d'Arinsal...* 1984.

CANTURRI MONTANYA, Pere. *El Fener, història d'un poble desaparegut*. Imprimeria Serigraf, Andorra, 1989, 12p., 20,5cm.

CASTANEDO NAVARRO, F. J., HINOJOSA CABRERA, J. A. i RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. "El deslizamiento de Pont de Bar (Lerida) de octubre de 1982." *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 693-703, 30cm.

CHARDON, Michel. "Quelques réflexions sur les catastrophes naturelles." *Revue de Géographie Alpine*, volum 78, 1-3, número especial: *Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes*, Grenoble, 1990, 193-213, 24cm.

CHARLIER, Claude. "Aménagement de la haute montagne et risques d'avalanches face au

développement de l'urbanisation: le Plan des Zones Exposées aux Avalanches." *Montagne et aménagement. Colloque de Chamonix (21-25 octobre 1981)*. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 1982, 25-30, 24cm.

CHARRY, Jean Claude. "La restauration des terrains en montagne, vue des Pyrénées." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, número especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 29-34, 24cm.

CLAVERO PARICIO, P. L. "Probabilidades de precipitaciones intensas en diversos observatorios de Cataluña." *Notes de geografia física*, 9, Universitat de Barcelona, Departament de geografia, Barcelona, 1983, 33-38, 29,7cm.

COROMINAS, Jordi. "Sobre la formación de coladas de barro en el Pirineo Catalán." *Ponencias y Comunicaciones de las Jornadas de Trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo*, Universitat Politècnica de Catalunya, ETS d'Enginyers de Camins i Ports, Barcelona, Barcelona, 1984.

COROMINAS, Jordi. "Els riscos geològics." *Història Natural dels Països Catalans, 3 - Recursos geològics i sòl*, edicions Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1985, 225-269, 29cm.

--> Es consideren els esfondraments i les inestabilitats de vessant, les avingudes i els fenòmens sísmics.

COROMINAS, Jordi. Veure: ALONSO, Eduardo... "Inestabilidad de laderas... 1984.

COROMINAS, Jordi. Veure: ALONSO, Eduardo... *II Simposio sobre taludes...* 1988.

COROMINAS, Jordi. Veure: BEAZA, Cristina... "Identificación de factores... 1988.

COSSANDEY, C. i DIDON-LESCOT, J.F. "Étude des crues cévenoles: conditions d'apparition dans un petit bassin forestier sur le versant sud du Mont Lozère, France." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 10p., 29,7cm.

COURTOIS, G. i MUSSOT, R. "Étude des débits de charriage sur le Cady en utilisant des traceurs radioactifs." *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 373-374, París, 1969, 445-458.

CRÉCY, Louis de. "La politique de prévention des risques naturels en montagne depuis 150 ans." *108e Congrès National des Sociétés Savantes, Grenoble 1983*, París, 1984, 125p.

CRÉCY, Louis de. "L'histoire de la R.T.M.: quelques réflexions d'un praticien." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, número especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 18-28,24 cm.

CRIVILLÉ, F. "Anotacions sobre l'aiguat del 1940." *Annals del Centre d'Estudis del Ripollès*, 1, Ripoll, 1982, 159-165.

CURT, Thomas i DAVY, Lucette. "Precipitations et écoulement dans le bassin de la Têt." *Etudes hydrologiques méditerranéennes*, Universitat de Montpellier, laboratori de Geografia rural, col·lecció *Espace rural*, n° 21, Montpellier, 1990, 176p., 29cm.

DAVY, Lucette. Veure: CURT, Thomas... "Precipitations et écoulement... 1990.

DAVY, Lucette. "Recherche de l'effet spatio-temporel sur un phénomène aléatoire: les pluies de forte intensité en Languedoc-Roussillon." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 14p., 29,7cm.

D.D.A.F.-R.T.M.-D.D.E. *Des risques naturels dans le Département des Pyrénées-Orientales*. Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts, Perpinyà, 1988. Informe multicopiat.

DECAILLOT, P. Veure: GARRY, Gérald... "La représentation cartographique... 1987.

DEFARGES, Jean Philippe i LANDÉ, Martine. "Mouvements de terrain et mutations économiques récentes en Andorra à la suite des inondations de novembre 1982." Comunicació al Col.loqui de Caen de l'A.F.G.P., 1984, 7p.

DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS. *Procerisq. Procédures et réglementations applicables aux risques technologiques et naturels*. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs, D.E.P.P.R. i D.R.M., Paris, 1989, 113p., 29,7cm.

DÉMARCQ, François. *Le risque technologique majeur*. Edita La Documentation Française, col·lecció Problèmes Politiques et Sociaux, n° 591, Nancy, 1988, 64p., 24cm.

DESAILLY, Bertrand. *Crues et inondations en Roussillon. Le risque et l'aménagement. Fin du XVIIe siècle-milieu du XXe siècle*. Universitat de Paris X- Nanterre, 1990, 352p. Tesi doctoral de geografia, 1990.

DESAILLY, Bertrand. "Crues et inondations en Roussillon: le risque, le discours et l'aménagement." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 61, 4, Tolosa, 1990, 515-519, 24cm.

--> Presentació i resum de la seva tesi doctoral.

DESPEYROUX, J. i GODEFROY, P. *Nouveau zonage sismique de la France*. Premier Ministre, Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, La Documentation Française, col·lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 1986, 147p., 24cm., 1 mapa 68x80cm.

--> Un llibre clar i precís que presenta la metodologia i fa el balanç de la nova zonació sísmica de l'estat francès, amb mapes i llistats. La segona part precisa les intensitats de càlcul a prendre en compte dins les diverses zones sísmiques.

DESPLAT, Christian. "Séismes dans les Pyrénées. Contribution à l'histoire des phénomènes naturels (XVIe-XVIIIe siècles)." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, numéro especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 99-110, 24cm.

DIDON-LESCOT, J.F. Veure: COSSANDEY, C. "Étude des crues cévenoles...", 1992.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. *Règles de construction parasismique: habitations individuelles*. Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, col·lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 29,7cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. *Clauses réglementaires, fiches informatives: mouvements de terrain*. Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs,

col.lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 1987, 119p., 29,5cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. Mesures de prévention. Mouvements de terrain. Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, col.lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 1987, 529p., 29,5cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. La cartographie des plans d'exposition aux risques inondation. Ministère de l'Équipement et du Logement, Service Technique de l'Urbanisme, i Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs, Délégation aux Risques Majeurs, Paris, 1988, 115p., 29,7cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. Mesures de prévention. Avalanche. Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, col.lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 1988, 196p., 29,5cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. Catalogue des mesures de prévention: inondation. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs, Délégation aux Risques Majeurs, col.lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 1989, 220p., 29,5cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. Clauses réglementaires, fiches informatives: inondation. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs, Délégation aux Risques Majeurs, col.lecció Plans d'Exposition aux Risques, Paris, 1989, 98p., 29,5cm.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs, Paris, 1990, 143p., 29,7cm, 4 dossiers annexes.

--> Un treball bàsic sobre la metodologia de l'estudi dels riscos naturals i, sobretot, sobre l'avaluació de la vulnerabilitat. Però, tant en l'estudi com en els exemples, només tracta dels moviments de terrenys i de les inundacions.

DOCUMENTATION FRANÇAISE, LA. Urbanisation. inondation. Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement et de la Prévention des Risques technologiques et naturels majeurs, Délégation aux Risques Majeurs, Paris, 1990, 200p., 29,7cm.

DOUGUEDROIT, Annick i SAINTIGNON, Marie-Françoise de. "Les gradients de température et de précipitations en montagne." *Revue de Géographie Alpine*, 72, 2-4, numéro especial: *La notion de montagne en 1984*, Grenoble, 1984, 225-240, 24cm.

DORIDOT, M., i GARRY, G. "L'apport de la télédétection à l'évaluation du risque d'inondation." *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, Paris, n° 150-151, 1987.

D.R.M. *Apports de la cartographie géomorphologique et de la photo-interprétation pour les études de risques d'inondation CETE Méditerranée.* Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, Paris, 1988.

D.R.M.-S.T.U. *Guide méthodologique cartographique des Plans d'exposition aux risques.* Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, i Ministère de l'Équipement et

du Logement, Service Technique de l'Urbanisme, Paris, 1985.

D.R.M.-S.T.U. *Photo-interprétation et cartographie des zones inondables*. Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, i Ministère de l'Equipement et du Logement, Service Technique de l'Urbanisme, Paris, 1985.

ESPACE RURAL, col·lecció del laboratori de Geografia rural de la Universitat de Montpellier. Veure especialment el n° 21, *Etudes hydrologiques méditerranéennes*, Montpellier, 1990, 176p., 29cm. Articles de Richard LAGANIER sobre el riu Ardèche, i de Thomas CURT i Lucette DAVY sobre la Tet.

EVIN, Miclèle. "Les risques naturels dans un espace montagnard: la haute Ubaye." *Revue de Géographie Alpine: Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes*. Volum 78, 1-3, número especial, Grenoble, 1990, 175-192, 24cm.

EXPANSIÓ, Editorial. *Andorra novembre 1982. Imatges d'arxiu*. Prefaci de Marc Vila i Riba. Andorra la Vella, 1982, 48p., 24cm.

FLAGEOLLET, Jean Claude. *Les mouvements de terrain et leur prévention*. Edicions Masson, col·lecció Géographie, Paris, 1989, 224p., 24cm.

FLETA PASTOR, Jorge. "Litologías y deslizamientos en la cuenca alta del rio Ter." *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Edicions i Creacions Gràfiques, Barcelona, 1988, 30cm, 31-40.

FONTSERÈ Eduard i GALCERAN Ferran. *Les inundacions d'octubre del 1937 a l'Alt Pirineu*. Servei Meteorològic de la Generalitat de Catalunya, Memòries, volum I, n°3, Impremta de la Casa d'Assistència President Macià, Barcelona, 1938, 16p. + 4p. de fotografies, 28cm.

FONTSERÈ, Eduard, i IGLESIAS, Josep. *Recopilació de dades sísmiques de les terres catalanes entre 1100 i 1906*. Fundació Salvador Vives, Barcelona, 1971, 546p.

FONTSERÈ I RIBA Eduard. "La sismicitat de Catalunya." Conferència inaugural del curs 1953-1954, *Anuari de l'Institut d'Estudis Catalans*, Barcelona, 1954, 15p 24,5cm.

FRANCE, Ministère de l'Environnement. *Inondation. Guide pratique*. D.E.P.P.R., Direction de l'Eau et de la Prévention des Pollutions et des Risques, Paris, 1988, 32p., 29,7cm.

FRITSCH, Anne, MILHOMME, Olivier i SOUTADÉ, Gérard. *Risques naturels en Andorre. Riscs naturals a Andorra. Étude du secteur Canillo-El Forn. Estudi del sector Canillo-El Forn*. Centre de Perpinyà de l'Institut d'Estudis Andorrans., Perpinyà, 1989, 128p., 29,7cm. Mecanografiat. 10 mapes adjunts.

--> Un estudi global dels riscos naturals, realitzat pel grup Geografia del CEA de la Universitat de Perpinyà a demanda del Comú de Canillo. Els treballs van ser matèria de tesines de llicenciatura a la Universitat de París X. La memòria és realitzada pels estudiants i el seu director.

FURDADA, Glòria i VILAPLANA, Joan Manuel. "Grandes deslizamientos en las laderas de la Vall d'Àssua y margen derecho de la Ribera de Sort (Alta cuenca de la Noguera Pallaresa)." *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 30cm, 1-12.

GALCERAN Ferran. Veure: FONTSERÈ Eduard... *Les inundacions d'octubre del 1937...* 1938.

GALLART, J., i altres. "Reconocimiento sísmico de la Cerdanya (pirineos Orientales). Primeros resultados." *Revista de Geofísica*, nº 41, 1985, 81-90.

GARRY, Gérald. Veure: DORIDOT, M... "L'apport de la télédétection..." 1987.

GARRY, Gérald, i DECAILLOT, P. "La représentation cartographique des risques naturels." *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, París, nº 150-151, 1987.

GARRY, Gérald, i LE MOIGNE, Michel. *Photo-interprétation et cartographie des zones inondables*. Ministère de l'Équipement et du Logement, Service Technique de l'Urbanisme, i Ministère de l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, Edicions del S.T.U., París, 1985, 80p., 29,7cm.

GASC, M. *Génie paravalanche, défense passive*. C.E.M.A.G.R.E.F. *Nivologie*, Grenoble, 1976, 110p., 2 annexos.

GENERALITAT DE CATALUNYA, Departament de Política territorial i Obres Públiques, Servei Geològic de Catalunya. *Efectes geomorfològics des aiguats del novembre de 1982*. Direcció de Cai Puigdefàbregas, coordinació d'Enric Aragonès i Rafael Tourís, Publicacions del Servei Geològic de Catalunya, Informes nº1, Barcelona, 1983, 236p., 29,7cm, 3 mapes color FT.

--> Anàlisi de la situació i dels efectes de l'aiguat a Catalunya, amb estudi sistemàtic dels danys principals i de l'evolució dels llits.

GODEFROY, P. Veure: DESPEYROUX, J... *Nouveau zonage sismique...* 1986.

GUAL, Ramon. *1940 "L'aiguat"*. Edicions Terra Nostra, nº 42, Prada, 1981, 200p., 24cm. Reedició l'any 1990.

--> El recull il·lustrat més complet sobre l'aiguat d'octubre del 1940 a Catalunya Nord.

GUAL, Ramon. Veure: BECAT RAJAUT, Joan... "Imatges, testimoniats i elements d'anàlisi de l'Aiguat d'en 40 a Catalunya Nord."..., 1992.

GUIGO, Maryse i altres. *Gestion de l'environnement et études d'impact*. Edicions Masson, col·lecció Géographie, París, 1991, 231p., 24cm.

GUMUCHIAN, Hervé. *La neige dans les Alpes françaises du Nord. Une saison oubliée: l'hiver*. Edicions Les Cahiers de l'Alpe, Grenoble, 1983, 620p.

--> Tesi de geografia que dedica molta atenció a les transformacions de vida dels muntanyencs i a llur percepció de la muntanya i de la neu.

HINOJOSA CABRERA, J. A. Veure: CASTANEDO NAVARRO, F. J... "El deslizamiento..." 1988.

HUCHON, Henri. "Aménagement et érosion torrentielle: La Rivoire des Arcs en Tarentaise." *Montagne et aménagement. Colloque de Chamonix (21-25 octobre 1981)*. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 1982, 35-40, 24cm.

--> La presentació d'un fenomen d'erosió i de laves torrencials provocades per la concentració de les aigües de fusió de la neu i de pluja amb la carretera, l'urbanització i les pistes de l'estació dels Arcs.

- IGLESIAS, Josep. Veure: FONTSERÉ, Eduard... *Recopilació de dades sísmiques...* 1971.
- JULIA, R. Veure: BRU, J... "El movimiento de massa..." 1984.
- JULIAN, Maurice. "Problème du temps de retour des crues catastrophiques. Concepts et prise en compte." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 13p., 29,7cm.
- LALANNE-BERDOUÏQ, Gérard. "Aspects méthodologiques de la reconstitution des écoulements des grandes crues catastrophiques." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 25p., 29,7cm.
- LAMBERT, Roger. "Pour une approche géographique du temps de retour des averses et des crues." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 12p., 29,7cm.
- LANDÉ, Martine. *Les effets sur les versants des inondations andorranes de novembre 1982*. Tesina de llicenciatura de geografia, Universitat de París X, 1984, 133p., 29,7cm. Multicopiat. Director G. Soutadé
- > Un treball d'estudiant, però molt acurat, sobre els efectes geomorfològics de l'aiguat en el sector de Pal-Setúria-Arinsal. Encara que no es mencioni, va ser realitzat en el marc del Centre d'Estudis Andorrans de Perpinyà.
- LANDÉ, Martine. Veure: DEFARGES, Jean Philippe... "Mouvements de terrain..." 1984.
- LANUSSE, Marianna. *Risques et aménagements à Barèges (Hautes Pyrénées)*. Tesina d'ordenació del territori, Universitat de Pau, Institut de Geografia, 1985.
- LANUSSE, Marianna. "Risques et aménagements à Barèges (Hautes Pyrénées)." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, n° especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 59-71, 24cm.
- LAVAGNE, A. "L'apport des études écologiques dans la lutte contre les incendies." *Revue Forestière Française*, n° especial sobre incendis, 1974, 363-370.
- LE BAIL-VOISIN, Frédéric. *Le Vall d'Incles (Principauté d'Andorre). Etude du phénomène avalancheux*. Tesina de geografia física, Universitat de París X-Nanterre, 1989, 165p., 29,7cm. Multicopiat. Director G. SOUTADÉ.
- > Treball realitzat en el marc del Centre d'Estudis Andorrans de Perpinyà, presentat com a tesina.
- LE MOIGNE, Michel. Veure: GARRY, Gérald... *Photo-interprétation et cartographie...* 1985.
- LIS, G. Veure: SANZ, J. M... *Estudio de máximas crecidas del río...* 1972.
- LLASSAT, Maria Carme. *Episodios de lluvias copiosas en Cataluña: génesis, evolución y factores coadyuvantes*. Universitat de Barcelona, 1987, 543p.
- LLASSAT, Maria Carme. "Les inondations de 1940 en Catalogne espagnole. Les inondations

semblables des cinquante années suivantes." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 10p., 29,7cm.

LOPEZ BUSTOS, A. "Antecedentes para una història de avenidas de los rios del Pirineo oriental." *Revista de Obras Públicas*, Madrid, 1980, 369-383.

MAÑÀ I REIXACH, Fructuós, i altres. *Accions climàtiques directes del vent. Accions sobre els edificis*. Govern d'Andorra, Conselleria de Serveis Públics i Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, Andorra la Vella, 1988, 13p., 29,5cm.

MAÑÀ I REIXACH, Fructuós, i altres. *Accions climàtiques directes de neu. Accions sobre els edificis*. Govern d'Andorra, Conselleria de Serveis Públics i Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, Andorra la Vella, 1988, 19p., 29,5cm. 1 mapa 1/50000.

--> Recomanacions, sense obligacions, als arquitectes treballant al Principat per prendre en compte la neu en la construcció dels edificis.

MAÑÀ I REIXACH, Fructuós, i altres. *Accions sísmiques. Accions sobre els edificis*. Govern d'Andorra, Conselleria de Serveis Públics i Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, Andorra la Vella, 1989, 13p., 29,5cm.

--> Recomanacions, sense obligacions, als arquitectes treballant al Principat per prendre en compte el risc sísmic en la construcció dels edificis.

MARIE, Robert. "Les risques naturels: le principe de cartographie du C.E.M.A.G.R.E.F." *Montagne et aménagement. Colloque de Chamonix (21-25 octobre 1981)*. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 1982, 175-177, 24cm.

MARQUES, M. A. Veure: BRU, J... "El movimiento de masa... 1984.

MAS CANALÍS, David. "Història i causes de la desaparició del poble del Fener." *Quatre anys de jocs florals juvenils. Valls d'Andorra 1970-1973*. Cercle de les Arts i de les Lletres, impremta Principat, Emcamp, 1974, 184-187, 22cm.

MASSINON, B. "Vue d'ensemble de la sismicité instrumentale en France de 1962 à 1976." *Les tremblements de terre en France*. Edicions del B.R.G.M., col·lecció Mémoires n° 96, Orléans, 193-204, 27cm.

MEFFRE, Jean François. *Valls d'Andorra. Projet de route en rive gauche de l'Ariège entre le Pas de la Casa et l'Hospitalet. Étude des risques d'avalanches et des possibilités de protection*. A.S.I., Anyós, 1987, 43p., anexos i 3 mapes, 29,7cm.

MEFFRE, Joan Francesc. "Coneixement de la neu: les allaus." *Societat andorrana de ciències 1985*. Impremta Principat 2, Les Escaldes, 1987, 53-81, 31cm.

MENGEL, Octave. "Monographie des terratremols de la région catalane." *Bulletin de la Société Ramond*, 1909.

MENGEL, Octave. "Les tremblements de terre de novembre 1920; leur relation avec la géotectonique." *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 1922, 39-44.

MENGEL, Octave. "Les tremblements de terre des Pyrénées-Orientales en 1922; leur

contribution à l'étude de la sismotectonique méditerranéenne." *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 1923, 59-64.

MENGEL, Octave. "Etude séismotectonique des Pyrénées et des Alpes Orientales." *Bureau Central de Séismologie*, 3, Estrasburg, 1929, 1-78.

MÉTAILLIÉ, Jean Paul. "Une vision de l'aménagement des montagnes au XIXe siècle: les photographies de la R.T.M." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, 1, n° especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 35-52, 24cm.

MEYZENC, Claude i VIVIAN, Robert. "Peut-on aménager la montagne sans connaître les contraintes du milieu naturel?" *Montagnes et montagnards. Mélanges Paul Veyret*. Revue de Géographie Alpine, Grenoble, 1980, 263-269, 24cm.

MILHOMME, Olivier. Veure: FRITSCH, Anne... *Risques naturels...* 1989.

MOLINIER, R. "La forêt face aux incendies." *Revue Forestière Française*, n° especial sobre incendis, 1974, 215-224.

MUÑOZ, D. "Curvas de atenuación de la Intensidad Sísmica en Cataluña." *La sismicidad en la zona comprendida entre 40°N-44°N y 3°W-5°E. NE Península Ibérica*. Universitat Complutense, Madrid, 1982, 119-128.

MUSSOT, Roland. "Le défilé de l'Avellanosa. Évolution actuelle du fond de la vallée du Tech." *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie*, Montpellier, 1972, 3, 305-314, 24cm.

MUSSOT, Roland. "Crue d'octobre 1940 et lits fluviaux: observations et remarques complémentaires." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barce-lona, 1992, 12p., 29,7cm.

NOVOA, M. "Precipitaciones y avenidas extraordinarias en Catalunya." *Ponencias y Comunicaciones de las Jornadas de Trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo*, Universitat Politècnica de Catalunya, ETS d'Enginyers de Camins i Ports, Barcelona, 1984, I 1.1-I 1.15.

PARDÉ, Maurice. "La formidable crue d'Octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 59, 1941, 237-279, 24cm.

PASCUAL, M. Veure: BOUTIN, A... "L'aiguat d'octobre 1940."... 1992.

PÉGUY, C. *La neige*. Edicions Presses Universitaires de France, col.lecció Que Sais-Je?, n° 538, Paris, 1952, 130p. Reedicions.

PEIRY, J.-L. "Les torrents de l'Arve." *Revue de Géographie Alpine: Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes*. Volum 78, 1-3, número especial, Grenoble, 1990, 25-58, 24cm.

PÉJOUAN, Henri. *Enquête sur les avalanches en France (et Andorre). Bilan sur dix années*. s.d., 52p., 29,5cm. Multicopiat
--> Balanç entre 1969-70 i 1980-81.

PÉJOUAN, Henri. *Avalanches, Département des Pyrénées-Orientales et limites de l'Ariège et de l'Andorre. Inventaire des zones d'avalanches*. Editor H. Péjouan, Toluges, 1980, 160p.,

31,5cm.

PÉJOUAN, Henri. *La neige et les avalanches. Contribution à l'étude du climat montagnard, Pyrénées-Orientales, Andorre, Aude, limites de l'Ariège. Ski de randonnée*. Editor H. Péjouan, impremta Sofreix, Perpinyà, 1983, 462p., 31,5cm.

--> Una obra molt completa i concreta, amb exemples sistemàtics, de consulta necessària per aquest sector del Pirineu.

PÉJOUAN, Henri. *La neige et les avalanches. Pyrénées-Orientales, Andorre, Aude, limites de l'Ariège. Ski de randonnée. Mise à jour 86/87*. Editor H. Péjouan, impremta Enrich, Perpinyà, 1987, 138p., 30cm.

PEÑARANDA, Ramon. Veure: BEAZA, Cristina... "Identificación de factores... 1988.

Préfecture des Pyrénées-Orientales. *Plan d'Exposition aux risques naturels prévisibles. Commune de Porté-Puymorens. Règlement*. Perpinyà, 1987, 41p. + anexos, 29,7cm., 4 mapes.

PUIGDEFÀBREGAS, Cai, i altres. *Efectes geomorfològics dels aiguats del novembre de 1982*. Servei Geològic de Catalunya, Barcelona, 1984, 236p., 29,5cm.

--> Estudi sistemàtic, per la part autònoma de Catalunya, dels efectes de l'aiguat del 1982.

RAMADE, F. *Les catastrophes écologiques*. Edicions Mac Graw-Hill, París, 1987, 317 p.

RE.S.ALP. Centre de documentació sobre la muntanya, C.N.R.S.: Laboratoire associé de la Montagne Alpine, Universitat de Grenoble.

Revue de Géographie Alpine: Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes. Volum 78, 1-3, número especial, Grenoble, 1990, 1-283, 24cm.

Revue Forestière Française. 1974, número especial: *Incendies*.

Revue Forestière Française, 1982, número especial sobre la R.T.M.

Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, t. 58, 1, número especial: *Catastrophes*, Tolosa, 1987, 118p., 24cm.

Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, t. 59, 1, número especial: *Montagnes fragiles*, Tolosa, 1988, 144p., 24cm.

RIBA, Jaume. Veure: ARENY, Francesc... *Els Solans d'Arinsal...* 1984.

RIBAS i PALOM, Anna i SAURI i PUJOL, David. "L'aiguat d'octubre de 1940 a les conques dels rius Ter, Fluvià i Muga." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 11p., 29,7cm.

RIBES, Jean. *Haut et Moyen Vallespir au fil du temps. volume 3: Séismes et inondations. Le cataclisme de 1940*. Edicions del Castellet, Perpinyà 1982, 190p.

ROCA, A. Veure: SURIÑACH, E... "Catálogo..." 1982.

ROCA, A. Veure: SURIÑACH, E... "Análisis de datos sísmicos..." 1982.

RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. Veure: CASTANEDO NAVARRO, F. J... "El deslizamiento..."

1988.

ROUZAUD, J., abbé. "A travers l'Andorre dévastée. Le tragique bilan des inondations de fin octobre 1937." *Diari L'Express du Midi*, 08/11/1937.

SAINTIGNON, Marie-Françoise de. Veure: DOUGUEDROIT, Annick... "Les gradients de température..." 1984.

SALVAYRE, Henri. "Les séismes d'Andorre et de Cerdagne. Pyrénées-Orientales. 14 mars 1970-5 avril 1970." *Bulletin de l'Association des Professeurs de Biologie et de Géologie*, C.N.R.D.P., Montpellier, 1970, 15p.

SANZ, J. M., LIS, G. *Estudio de máximas crecidas del rio Valira*. Edicions del M.I. Consell General, Andorra la Vella, 1972, 28p.

SAURI i PUJOL, David. Veure: RIBAS i PALOM, Anna... "L'aiguat d'octubre de 1940..." 1992.

SERRAT, David, coordinador, i ALBERT, Josep F., ARAGONÈS, Enric, BAYÓ, Alfons, COROMINAS, Jordi, COROMINAS, Josep, MATA-PERELLÓ, Josep Maria i RIBA, Oriol. *Història Natural dels Països Catalans. Volum 3: Recursos geològics i sòls*. Fundació Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1985, 451p., 29cm, bibliografia. --> Obra bàsica, escrita per geòlegs, que fa el balanç dels recursos minerals i de les roques industrials utilitzats, avui o en el passat, als Països Catalans. Hom destacarà els extensos capítols sobre la contaminació de les aigües i sobre els riscos geològics.

SOUTADÉ, Gérard. Veure: BECAT, Jean... *La limite supérieure de la forêt...* 1982.

SOUTADÉ, Gérard. *Le glissement de rochers du 11 octobre 1987 à la carrière du pont de Sant Antoni de la Grella (carretera general n° 3). Principauté d'Andorre*. Centre de Perpinyà de l'Institut d'Estudis Andorrans, Perpinyà, 1987, 74p., 29,7cm. Informe mecanografiat.

SOUTADÉ, Gérard. "Le glissement del Forn (Andorre)." *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Volumen de comunicaciones*. Barcelona, Edicions i Creacions Gràfiques, 1988, 643-655, 30cm.

SOUTADÉ, Gérard. Veure: FRITSCH, Anne... *Risques naturels...* 1989.

SOUTADÉ, Gérard. Veure: BECAT RAJAUT, Joan... *L'aiguat del 1940...* 1992.

SURIÑACH, E., i ROCA, A. "Catálogo de terremotos de Cataluña, Pirineos y zonas adyacentes, 1100-1979." *La sismicidad en la zona comprendida entre 40°N - 44°N y 30°W - 5°E. NE Península Ibérica*. Publicació de la càtedra de Geofísica, Universitat Complutense, Madrid, 1982, III + 155p., 9-106.

SURIÑACH, E., i ROCA, A. "Análisis de datos sísmicos de Catalunya y Pirineos. Parámetros estadísticos y regiones sismogénicas." *La sismicidad en la zona comprendida entre 40°N - 44°N y 30°W - 5°E. NE Península Ibérica*. Publicació de la càtedra de Geofísica, Universitat Complutense, Madrid, 1982, III + 155p.

TAZZIEF, Haroun. "La sismicité méditerranéenne." *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie. Catastrophes et risques naturels*, número temàtic de la revista, Montpellier, gener-juny 1990, 23-27, 24,5cm.

TRABAUD, L. "Tentative d'analyse logique des recherches sur les feux de végétation entreprises au département d'écologie générale du C.E.P.E. Louis Emberger." *Revista Forêt Méditerranéenne*, 2-1, 1980, 45-52.

TRABAUD, L., ALLAG, G. *Etude de la sensibilité aux incendies des différents biotopes du Haut-Languedoc*. Edita el C.N.R.S., C.E.P.E. de Montpellier, 1976, 48p.

TRAVERSAY, L. de. "Incendies de forêts et améliorations pastorales." *Bulletin de la Fédération Française d'Economie Montagnarde*, t. 19, 1953, 104-105.

TRONCHON, Pierre. *Risques majeurs, environnement et collectivités locales*. Edicions Berger-Levrault, Paris, 1991, 196p., 21cm.

UDIAS, A. "Rasgos sismotectónicos y estructura de la corteza de la región de Cataluña-Pirineos." *La sismicidad en la zona comprendida entre 40°N - 44°N y 30°W - 5°E. NE Península Ibérica*. Publicació de la càtedra de Geofísica, Universitat Complutense, Madrid, 1982, 149-155.

VALLA, François. "Les accidents d'avalanches dans les Alpes." *Revue de Géographie Alpine: Catastrophes naturelles récentes dans les Alpes*. Volum 78, 1-3, número especial, Grenoble, 1990, 145-155, 24cm.

VÉLEZ MUÑOZ, R. "Prevención de incendios mediante ordenación del combustible forestal." *Boletín de la Estación Central de Ecología*, t. 6, 12, 1977, 41-51.

VIÉ LE SAGE, Renaud, Délégué aux risques majeurs. *Rapport au Président de la République*. Edita Journal Officiel de la République Française, Paris, 1985, 45p., 29,7cm.

--> El balanç dels quatre primers anys de la delegació als riscos majors del govern francès, amb la problemàtica dels plans d'exposició als riscos i les perspectives. Sobre aquest tema hom pot veure a Perpinyà, Direcció Departamental de l'Equipament, i Restauració dels Terrenys a Muntanya, els recents PER de Portè-Pimorent i de Vernet.

VIGNEAU, Jean-Pierre. "Un épisode pluvieux parmi tant d'autres? Enquête sur les précipitations d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales." *L'aiguat del 1940, les inundacions catàstròfiques i les polítiques de prevenció del risc d'inundació a la Mediterrània nord-occidental*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona, 1992, 13p., 29,7cm.

VILAPLANA, Joan Manuel. Veure: FURDADA, Glòria... "Grandes deslizamientos... 1988.

VILAPLANA i FERNÁNDEZ, Joan Manuel. Veure: BOSCH i MARTÍ, Xavier... "Evolución del manto nival... 1988.

VIVIAN, Robert. Veure: MEYZENC, Claude... "Peut-on aménager... 1980.

VOGT, J., editor. *Les tremblements de terre en France*. Edicions del B.R.G.M., col·lecció *Mémoires* n° 96, Orléans, 1979, 220p., 27cm. 1 mapa color annex: *Carte de la sismicité historique de la France*, escala 1/2.500000.

VOGT, J. Veure: DELAUNEY, J... *Carte de la sismicité historique*... 1979.

VOGT, J. "Mouvements de terrain associés aux séismes dans les Pyrénées." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 55, 1, Tolosa, 1984, 49-56, 24cm.



L'ANDORRE
MUTATIONS D'UNE ÉCONOMIE MONTAGNARDE

JEAN BECAT - CREC – 1993

LIVRE 4
LES RISQUES NATURELS
ET LA GESTION DU TERRITOIRE

8 - Cartes et documents hors texte

La première cartographie CLPA d'Andorre

Les cartes de localisation probable d'avalanches

- Montaup-Mereig, secteur 01
- Vall del Riu, secteur 02
- Pas de la Casa-Grau Roig, secteur 08
- Soldeu-El Tarter-El Cubil, secteur 10
- Rep-El Forn-Encampadana, secteur 11
- Cortals d'Encamp-Les Deveses, secteur 12
- El Serrat, secteur 20
- L'Angonella-Sobre els Camps de la Cortinada, secteurs 21 et 22.
- Arinsal, Coma Pedrosa, Pal-Seturia, Sispony, secteurs 24, 25, 26 et 27
- Vall del Madriu, secteur 28

Vers un contrôle et une prévision du risque d'avalanches : la couverture systématique de l'Andorre: les secteurs des études CLPA

- Carte de localisation des études en cours et en commande pendant les années 80 (Govern d'Andorra).
- Carte: Un premier essai de planification des études

- Liste et codification des secteurs
- Carte de localisation des secteurs
- Carte de localisation des études mobilisables
- Les secteurs, les sous-secteurs et les zones d'avalanches de la première tranche
- Secteur 01 MONTAUP-MEREIG
- Secteur 02 VALL DEL RIU
- Secteur 08 PAS DE LA CASA-GRAU ROIG
- Secteur 20 EL SERRAT
- Secteur 21 L'ANGONELLA
- Secteur 22 SOBRE ELS CAMPS DE LA CORTINADA
- Secteur 24 ARINSAL
- Secteur 25 COMA PEDROSA
- Secteur 26 PAL-SETURIA
- Secteur 27 SISPONY
- Secteur 28 VALL DEL MADRIU



BREF SOMMAIRE DU LIVRE 4

LES RISQUES NATURELS ET LA GESTION DU TERRITOIRE

Sommaire de la thèse	4
Sommaire détaillé du livre 4	6
Introduction. Les orientations de l'étude	11
1 - La notion de risque naturel	13
2 - Les risques pris en compte en Andorre et le bilan des études	35
2.1 - Les avalanches	36
2.2 - Les inondations et les <i>aiguats</i>	136
2.3 - Les formes d'instabilité des versants	234
3 - Vers une politique globale	260
4 - Livre 4, 2 ^{ème} partie, documents annexes : Les types d'avalanches et les facteurs favorables en Andorre	286
5 - Livre 4, 3 ^{ème} partie, documents annexes : <i>L'aiguat</i> des 7 et 8 novembre 1982 en Andorre, la dynamique torrentielle et fluviale	291
6 - Livre 4, 4 ^{ème} partie, documents annexes : Risques naturels et gestion du territoire	295
7 - Bibliographie thématique: les risques naturels	300
8 - Cartes et documents hors texte. Risques naturels et gestion du territoire.	315
Bref sommaire	317