

RECERC - Ouvrages de référence - 2010 - Collection Andorre n°4

Joan Becat

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief



ICRESS, Institut catalan de recherche en sciences sociales (EA 3681)
Université de Perpignan Via Domitia

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief



Becat, Joan

Andorre, un pays pyrénéen. Le cadre physique et les formes du relief

Revue RECERC, Ouvrages de référence, Collection Andorre n°4

Comprend : Caractères généraux du cadre physique (9-33) ; Formes de relief et de modelé (34-106) ; Annexes (107-115) ; Bibliographie (116-123)

Texte en français. 127 pages

ISSN 1961-9340

I. Institut catalan de recherche en sciences sociales, Université de Perpignan Via Domitia

1. Andorre -- Pyrénées -- Relief -- Modelés -- Cartes géomorphologiques

Résumé : Après un lexique des principaux termes andorrans, l'ouvrage présente d'abord les caractères généraux du cadre physique, les éléments naturels sans surprises d'une haute montagne pyrénéenne en versant sud, puis décrit l'organisation des formes de relief et de modelé, avec une présentation abondamment illustrée des formes mûres sommitales si caractéristiques, des modelés glaciaires et périglaciaires, des formes torrentielles et fluviales, ainsi que l'action anthropique. En annexe neuf cartes géomorphologiques au 1:20.000^e et au 1:100.000^e. Bibliographie de 120 titres sur ces thèmes.

RECERC

Revue électronique de l'Institut catalan de recherche en sciences sociales

Ouvrages de référence, Collection Andorre n°4

Première édition : avril 2011

Université de Perpignan Via Domitia

ISSN n° 1961-9340

Note : la base de cet ouvrage est une partie du premier volume inédit, *Originalité et banalité de l'Andorre* (312p.), de la thèse d'État ancien régime: *Les Pyrénées méditerranéennes, mutations d'une économie montagnarde. Le cas de l'Andorre*. J. Becat, Université Paul Valéry, Montpellier, 1993, 7 volumes. La bibliographie est celle de ce même ouvrage.

RECERC - Ouvrages de référence - 2010 - Collection Andorre n°4

Joan Becat

**Andorre, un pays pyrénéen
Le cadre physique et les formes du relief**

Page Chapitre

6 **Bref lexique**

9 **Les caractères généraux du cadre physique**

Des éléments naturels sans surprises

Les études antérieures

Une haute montagne pyrénéenne

Un grand versant sud

L'organisation du relief et les bassins hydrographiques

Les éléments climatiques et le régime des cours d'eau

La géologie et la structure

34 **Les formes de relief et de modelé**

L'organisation des formes de relief et de modelé

Les diverses situations

La vallée de la Valira del Nord

La vallée de la Valira d'Orient

La vallée du Madriu

65 La typologie des formes de relief et de modelé

Les formes mûres

Les modelés glaciaires

Les modelés périglaciaires

Les formes torrentielles, fluviales et fluvioglaciaires

L'action anthropique

107 **Documents annexes**

116 **Bibliographie**

124 **Table des matières**



Bref lexique

Principaux termes catalans utilisés en Andorre apparaissant dans cet ouvrage¹ :

- un/l'**aiguat** (pl. els **aiguats**) : Les noms utilisés selon les circonstances et les caractères d'une 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*. Un *aiguat* est une crue très importante et exceptionnelle. Il va au-delà des fortes crues et des inondations qui sont certes hors de la norme, mais somme toute assez habituelles. *L'aiguat* a toujours un fort impact sur le territoire et des effets spectaculaires, qui peuvent être catastrophiques.
- un/l'**aixeragall** (pl. els **aixeragalls**), ou **coster aixeragallat** : ravinements, badlands.
- una/l'**allau** (pl. les **allaus**) : une *allau* est une avalanche de neige, qu'il s'agisse d'*allau de neu pols* (de poudreuse), *de neu fresca* (fraîche), *de placa* (de plaque), *d'allau de fons* (de fond), *d'allau de neu de primavera* (de printemps) ou *de neu molla* (neige mouillée). On parle aussi de *colada de neu* (coulée), *d'esllavissada de neu* (glissement), de *llacada de neu* (coulée superficielle) lorsque l'avalanche est modeste ou bien lorsqu'elle est plus lente ou formée de neige ramollie de surface ; une *allau* est aussi un glissement de terres boueuses qui suit un chenal.
- una/l'**artiga** (pl. les **artigues**) : terre de culture gagnée sur la forêt ou sur les landes avec utilisation du feu, donc un défrichement sur brûlis.
- un/el **bac** (pl. els **bacs**), una/la **baga** (pl. les **bagues**) : voir **obac**.
- un/el **bony** (pl. els **bonys**) : en catalan, un *bony* est une bosse. Par analogie, en Andorre, un *bony* est une masse rocheuse arrondie proéminente, qu'elle soit au fond d'un cirque ou d'une auge glaciaire, sur les flancs d'une vallée, ou qu'il s'agisse d'un petit sommet arrondi.
- una/la **borda** (pl. les **bordes**) : grange ou un ensemble grange-habitat temporaire d'altitude; synonyme de **cortal**.
- una/la **callissa** (pl. les **callisses**) : dérivé de *call*: passage étroit entre des murs ; une *callissa* est en réalité le lit d'un torrent actif, mais sans écoulement en dehors des orages, aménagé en chemin d'accès aux champs qui colonisent le cône de déjection.
- un/el **camí real** (pl. els **camins reals**) : le *camí real* (ou *reial* = chemin royal), était un chemin principal, un axe de communication générale; en montagne (et en Andorre), le *camí real* était souvent plus étroit et devenait simplement un sentier bien aménagé.
- una/la **cana** (pl. les **canes**) : voir **pam**.

¹ - Pour plus d'éléments et de précisions on se reportera, dans la même collection à l'ouvrage de référence: *Lexique et toponymes : vie pastorale, activités, institutions et société traditionnelles de l'Andorre*, par J. Becat, 2010, 201p., consultable à <http://www.crec.univ-perp.fr/>

- una/la **capçalera** (pl. les **capçaleres**) : tête d'un lit (mobilier), ou décoration ou texte qui commence un livre (édition) ; par analogie secteur de tête d'une vallée fluviale ou glaciaire.
- una/la **comarca** (pl. les **comarques**) : en Andorre, la *comarca* est un secteur de dimension moyenne, de un à quelques kilomètres, dans une vallée ou sur un versant ; c'est surtout une région traditionnelle qui constitue une unité grâce à son histoire, aux relations de voisinage entre les villages ou à la présence d'une ville-centre.
- un/el **Comú** (pl. els **Comuns**) : le *Comú* désigne à la fois le *Consell de Comú* (conseil municipal) qui gère la paroisse et la mairie, mais aussi par extension tout ce qui est chose commune: propriétés communes et pacages en montagne.
- el **Consell General** : trad. Conseil Général ; assemblée élue gérant les affaires communes de l'Andorre, composé de quatre Consellers par paroisse ; depuis la Constitution de 1993 c'est l'Assemblée nationale, élue au suffrage universel.
- un/el **cortal** (pl. els **cortals**) : terme le plus courant en Catalogne pour désigner une grange-étable ou un habitat temporaire en montagne, également utilisé en Andorre, conjointement avec le terme plus courant de *borda*, par influence occitane.
- un/el **cortó** (pl. els **cortons**) : déformation de *quartó*; même origine et même sens dans *quart*, c'est-à-dire portion ou partie d'un territoire plus grand : dans le cas d'un *cortó* c'est une partie des estives communales, dans le cas du *quart* il s'agit d'une partie du territoire de la paroisse; on retrouve le même sens dans quartier (quartier d'une ville ou d'un écu d'armes).
- una/l'**esllavissada** (pl. les **esllavissades**) : glissement, de petite ou de moyenne dimension, de terres ou de rochers mêlés d'argile ; *esllavàs* est un augmentatif ; comme pour le terme *allau*, l'*esllavissada* désigne autant des glissements de terres que de neige.
- un/l'**estany** (pl. els **estanyes**) : étang, un lac ou toute étendue d'eau, sans distinction de dimension ou de profondeur.
- una/la **gespa** (pl. les **gespes**), un/el **gèspit** (pl. els **gèspits**) :herbe d'une prairie courte, d'un gazon alpin ; une pente *engespada* est recouverte de pelouse alpine ; la *gespa* désigne aussi les touffes de grandes graminées qui fixent les terrassettes et les guirlandes de solifluxion sur les hautes *solanes* (*Festuca eskia* pour la plupart, *Festuca durissima* sur les pentes calcaires) : dans ce cas on emploie surtout le terme de *gèspit*.
- una/la **mollera** (pl. les **molleres**) : *moll* = mouillé ; dans les vallées une *mollera* est un lieu mal drainé où stagne l'eau ; dans l'étage subalpin supérieur et surtout dans l'étage alpin, la *mollera* est un biotope particulier, avec des formes de modelé qui lui sont propres, entretenues par le piétinement du bétail: buttes herbeuses, petits chenaux, eau stagnante et évolution en tourbière.
- un/l'**obac** (pl. els **obacs**), una/l'**obaga** (pl. les **obagues**) : *el bac* ou *la бага* est le versant d'une vallée ou d'un massif face au nord, peu ensoleillé ; en Andorre les formes *obac* - *obaga* sont presque exclusives et préférées aux formes plus générales *bac* - *baga*.
- una/la **pala** (pl. les **pales**) : surface pastorale supraforestière avec une pente forte et régulière ; le plus souvent il s'agit de versants supraglaciaires, au-dessus des versants d'auge, des replats des épaulements, de hauts versants d'auge ou de cirque dans l'étage alpin ; plus rarement il s'agit d'une haute surface sommitale basculée.
- un/el **pam** (pl. els **pams**) : mesure de longueur la plus courante en Andorre et le *pam quadrat* la mesure de surface qui lui correspond ; le *pam* mesure 20cm et la *cana* vaut

huit *pams*, soit 1,60m : elle servait à mesurer la largeur des chemins, la largeur des cours d'eau ou encore la production journalière d'un tailleur d'ardoises.

- una/la **parròquia** (pl. les **parròquies**) : dès les Paréages, l'Andorre est une fédération de six paroisses traditionnelles (aujourd'hui sept avec les Escaldes-Engordany, créée par séparation de celle d'Andorra la Vella), à la fois unités ecclésiastiques et unités politiques et économiques, comparables aux communes françaises, bien qu'elles aient des compétences plus importantes.

- una/la **pedrusca** (pl. les **pedrusques**) : la *pedrusca* est la pierraille, les pierres fines, souvent des plaquettes de schistes ; un *pedruscall* est un éboulis fin (un éboulis grossier sera une *tartera*).

- un/el **pla** (pl. els **plans**) : en Andorre, un *pla* ou une *plana* est un espace relativement plat ou peu incliné, quelle que soit son étendue, sa position ou son altitude ; en altitude les *plans* sont des espaces pastoraux au relief peu accidenté soit sur des replats, soit au fond d'un cirque perché, soit le plus souvent en position sommitale, situation très fréquente en Andorre

- un/el **rebaixant** (pl. els **rebaixants**) : base des versants et pentes au-dessus des cultures de la vallée ; ce sont des terrains communaux grevés de nombreux droits d'usage des *cases* du village voisin : affouage, pacage, etc.

- una/la **serra** (pl. les **serres**), una/el **serrat** (pl. els **serrats**) : *serra* est synonyme de hauteur, de montagne autant que de crête, qu'il s'agisse d'une hauteur secondaire, voire d'une croupe, ou d'une haute montagne ; *serrat* n'est pas un augmentatif de *serra*, c'est une hauteur allongée ou un interfluve qui peut être modeste, quelle que soit sa position, ou une grande crête culminante.

- un/el **solà** (pl. els **solans**), una/la **solana** (pl. les **solanes**) : versant de vallée exposé au sud ; à Canillo les *solans* sont aussi des pacages situés au-dessus des villages loués aux enchères avec les *cortons*.

- un/el **sudorn** (pl. els **sudorns**) : grande graminée, *Festuca paniculata*, qui affectionne les sommets des éboulis fins végétalisés ; elle est bien adaptée aux feux pastoraux et repousse vite, en cas de sous-pâturage et d'abandon des pratiques des feux contrôlés, les grandes touffes de *sudorn*, aux longues feuilles plates et glissantes, accroissent beaucoup le risque d'avalanche.

- un/el **tarter** (pl. els **tarters**), una/la **tartera** (pl. les **tarteres**) : amoncellement de blocs de roches de taille moyenne ou de grande taille, quelle que soit leur situation topographique ou leur origine. Ainsi, une *tartera* peut être une moraine rocheuse dans un cirque élevé, la base d'un cône d'éboulis fonctionnel où s'accumulent les fragments les plus gros ou un éboulis grossier dans l'étage alpin, un éboulis ancien formé de macrogélifracsts hérités de la dernière période froide sur les versants de l'étage subalpin, ou un amoncellement quelconque de blocs granitiques (tor ou boules).

- un/el **terragall** (pl. els **terragalls**) : éboulis classique, fonctionnel ou non, formé de fragments fins ou de taille moyenne, le plus souvent dans des schistes ou dans des roches métamorphiques ; un *terregall* a toujours une pente forte, et le cheminement y est malaisé à cause de l'instabilité des débris qui le composent, proches de la pente d'équilibre.

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief

Les caractères généraux du cadre physique

Des éléments naturels sans surprises

Les études antérieures

Une haute montagne pyrénéenne

Un grand versant sud

L'organisation du relief et les bassins hydrographiques

Les éléments climatiques et le régime des cours d'eau

La géologie et la structure

Les caractères généraux du cadre physique

Des éléments naturels sans surprises

Le relief de l'Andorre est assez aéré, grâce aux principales vallées glaciaires empruntées par les deux branches du Riu Valira². Il n'est donc pas étonnant de rencontrer autant de sites habités depuis le Moyen-Âge dans une montagne du cœur des Pyrénées. Cependant, deux gorges ont durablement été un obstacle à l'ouverture de voies de communications modernes, à la Grella dans la vallée de la Valira del Nord et à Meritxell dans celle de la Valira d'Orient.

Les modelés glaciaires impriment partout leur marque, ouvrant et étagant les vallées et les cirques, laissant souvent des moraines rocheuses en altitude et des dépôts plus favorables à l'utilisation agricole dans les vallées. Les modelés torrentiels les reprennent en partie et s'imposent dans l'Andorre basse. Les *plans* sommitaux pyrénéens abondent. Ce sont autant de hautes surfaces pastorales, autrefois très disputées entre communautés andorranes et étrangères autant qu'entre les diverses paroisses de la Principauté.

Nous observons un étagement de la végétation de versant sud avec des taillis de chênes verts insolites mais bien adaptés au milieu, accompagnés d'un cortège de plantes méditerranéennes, comme le genêt épineux ou la lavande, à Sant Julià de Lòria et au pied des *solanes* d'Andorra la Vella et d'Engordany. L'étagement du chêne pubescent lui succède, plus développé sur les *obacs* que dans les *solanes* où les pins descendent très bas, venant parfois se mélanger aux chênes verts. Les forêts de pins sylvestres puis de pins à crochets, purs ou mêlés de bouleaux, forment l'essentiel des importants boisements andorrans. Elles sont trouées par les beaux paysages de l'étagement des *bordes* et des *cortals*, l'équivalent pyrénéen de l'alpe. Les sapins ne forment jamais des peuplements importants et homogènes, mais ils sont présents dans

² - Le Riu Valira ou la Valira.

tous les *obacs* frais de l'étage subalpin. Ils furent raréfiés par l'action anthropique mais aujourd'hui ils reprennent possession de leur aire avec une belle vigueur. L'étage alpin est très développé, avec une limite de la forêt et des peuplements épars située à une altitude en général plus élevée que dans les montagnes de Catalogne Nord, et proche de la limite naturelle de l'arbre. Dans l'étage subalpin supérieur et dans l'étage alpin les landes et les pelouses sont très étendues. Elles supportèrent autrefois une forte charge pastorale et elles justifiaient la réputation de qualité des estives à moutons andorranes.

Le climat de l'Andorre a les caractères d'un climat de montagne de transition, de versant sud, avec, en particulier, une grande luminosité. C'est ce qui explique l'étagement que nous venons de citer, ainsi que l'absence totale du hêtre en Andorre. Les essences montagnardes de lumière y sont à leur aise, comme les pins, alors que les chênes et les sapins, dans des étages différents, sont plus discrets et recherchent les quelques endroits frais et ombrés. Si la pluviométrie n'est pas comparable à celle du versant nord-pyrénéen, l'Andorre a un meilleur enneigement que la Cerdagne et que les stations catalanes voisines.

L'utilisation traditionnelle du territoire était bien adaptée à ces conditions physiques et climatiques dont elle savait tirer le meilleur parti. Certes, elle ne permettait qu'une vie pauvre et austère, mais elle maintint jusqu'au XXe siècle une population relativement importante, avec l'aide il est vrai des migrations temporaires et des activités complémentaires, dont la contrebande, conçue comme une activité économique et commerciale organisée et bien intégrée dans l'ensemble de la société.

Nous constatons donc en Andorre une situation médiane entre les Pyrénées centrales et les Pyrénées orientales. Elle est semblable à celle des *comarques* voisines, mais en même temps elle s'en distingue, par ses nuances et par les transitions auxquelles on devait s'attendre. Comme au Pallars, le modelé glaciaire est omniprésent et donne le cadre dans lequel tout s'inscrit. Comme en Cerdagne, il n'y a pas de hêtres et on y observe, à quelques nuances près, un même étagement de végétation de *solana*. Outre la prédominance déjà signalée des formes glaciaires, la différence principale avec la Cerdagne et les Pyrénées plus orientales réside probablement dans l'enneigement, qui est plus précoce et plus abondant en Andorre.

Dans ce volume, essentiellement à partir d'exemples, nous décrirons brièvement le cadre physique de l'Andorre en suivant l'approche de l'organisation du relief et de la présentation des formes de modelé. Pour l'illustrer, nous reproduirons en

hors texte les cartes de cinq secteurs et, dans le texte, des cartes de localisation des formes du modelé, ainsi que des photographies avec leur interprétation. Notre souci sera de mettre en évidence, d'une part, les contraintes et les limitations que le milieu impose aux activités humaines et, d'autre part, les facteurs qui favorisent ou qui atténuent les risques naturels, et en particulier les avalanches.

Les études antérieures

De bonnes, solides et nombreuses études ont été réalisées sur le milieu physique pyrénéen ou andorran. À côté d'un ensemble d'études déjà anciennes, rendues plus ou moins caduques, comme toujours, par l'évolution de la recherche géologique et géographique, nous avons à notre disposition toute une fournée de travaux plus récents de bonne facture. Ils ne coïncident pas sur tous les points et les synthèses reflètent les influences des diverses écoles. Mais les convergences sont suffisantes pour qu'il se dégage une vision moderne et complète de l'histoire géologique de l'Andorre et de la géomorphologie qui la concerne. La plupart des travaux présentent l'ensemble des Pyrénées orientales ou des Pyrénées catalanes, mais plusieurs études, dont certaines d'envergure, sont centrées sur la Principauté d'Andorre.

Les études anciennes

Chronologiquement, et s'en tenant aux oeuvres les plus notables, il convient de citer les travaux de Maximilien Sorre, de Pierre Birot, de Salvador Llobet, de François Taillefer et de Lluís Solé Sabarís.

L'excellente thèse de Max Sorre³, publiée en 1913 et longtemps prise comme modèle, recouvre les Pyrénées de l'est, en Catalogne, en Catalogne Nord et en Andorre. C'est une étude de géographie régionale française: cette école de recherche influencera les géographes et les chercheurs catalans pendant plus d'un demi-siècle. Elle offre aujourd'hui un double intérêt. On y rencontre, en particulier au chapitre XII, des descriptions des paysages, de la végétation et des activités des Pyrénées et de l'Andorre. Ensuite le cadre lui-même permet des comparaisons car il ne tient pas compte des frontières. Croisée avec le travail de Salvador Llobet et les observations actuelles, on peut juger des évolutions de part et d'autre des frontières, à partir d'une

³ - Maximilien Sorre: *Les Pyrénées méditerranéennes. Etudes de géographie biologique*, Paris, 1913.

situation d'économie traditionnelle connue et décrite. L'Andorre n'y occupe qu'une place limitée, mais les observations qui la concernent sont précises et fiables.

La publication de la thèse de Pierre Birot⁴, en 1937, a fait date. Complétée par quelques articles postérieurs, elle fut pendant plusieurs décades la bible des géographes qui étudiaient les Pyrénées orientales. Parce qu'elle était solide, complète et cohérente, d'une certaine manière elle limita longtemps les études postérieures. Il fallut attendre les années 70 et 80, avec l'émergence d'une nouvelle génération de géographes, dont plusieurs sont les disciples et les continuateurs de Pierre Birot⁵, pour voir reprendre les études de fond sur ces Pyrénées. Ces lignes de recherche donnent au cours des années 1980 et 1990 des articles et des thèses. Mais, à l'inverse de l'époque antérieure où les relations étaient très étroites avec les géographes et les géologues de Catalogne, aujourd'hui les contacts et la coordination ne jouent guère⁶.

Salvador Llobet publie en 1947 un important ouvrage entièrement consacré à l'Andorre⁷: c'est la première synthèse sérieuse et la première étude géographique approfondie de la Principauté, et encore la seule à ce jour. Si la partie humaine et économique est d'un très grand intérêt car elle est toujours une référence obligée, la partie physique a évidemment vieilli. Elle est cependant intéressante à plusieurs titres. Évidemment, elle a un intérêt historique, car elle fait le bilan, en géographie physique, des connaissances sur l'Andorre de cette époque. Mais aussi elle contient des descriptions et des observations nombreuses sur les paysages, sur la végétation et sur les formes de relief.

Les travaux de François Taillefer et du groupe de Toulouse ont marqué une époque dans l'étude du quaternaire des Pyrénées⁸. Ils ont ouvert un débat et, par là, ils ont stimulé et fait avancer la recherche dans la région qui nous intéresse.

Une autre ligne de recherche, pluridisciplinaire, que nous pourrions baptiser l'école catalane, se développe au sud en plein franquisme, dans les années 1960. Elle

⁴ - Pierre Birot: *Recherches sur la géomorphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles*. Paris, 1937.

⁵ - Gérard Soutadé, Marc Calvet, Marie Claude Prat, Philippe Allée...

⁶ - Plus que des questions de relations de personnes, il s'agit peut-être d'un ensemble de facteurs qui ont distendu ces liens traditionnels: nous pensons à l'obstacle, plus psychologique que réel, de la langue catalane pour les chercheurs français, au renforcement de la frontière et aux hermétismes provoqués par la longue nuit fasciste en Espagne et, aussi, au changement d'orientation des chercheurs catalans, plus nombreux et plus sûrs d'eux-mêmes, aujourd'hui ouverts à d'autres influences européennes et, par conséquent, moins liés aux écoles françaises, dont les travaux ignorent souvent ceux du sud.

⁷ - Salvador Llobet Reverter: *El medio y la vida en Andorra*. Barcelona, 1947.

⁸ - François Taillefer: *Le piémont des Pyrénées françaises. Contribution à l'étude des reliefs de piémont*. Toulouse, 1951, et divers articles et publications jusqu'en 1974.

se cristallise autour du géologue Lluís Solé Sabarís et de la publication de la monumentale *Geografia de Catalunya* des éditions Aedos, entre 1962 et 1974⁹. Les géographes Salvador Llobet Reverter et Joan Vilà Valentí font partie de ce noyau initial. On peut dire qu'il y a là la naissance d'une série de lignes de recherches qui se sont épanouies depuis: c'est le second ensemble de publications récentes que nous présenterons plus loin. Elles se distinguent des premières par quelques traits que nous retrouvons constamment jusqu'à aujourd'hui.

Tout d'abord il faut souligner son caractère à la fois scientifique, par la volonté de mobiliser les meilleurs chercheurs, et civique, par l'utilisation exclusive du catalan, afin que les meilleures oeuvres, celles qui deviendront les références pour tous, soient dans cette langue. On comprend donc le souci de réaliser des synthèses des connaissances puis, sur cette base, d'impulser des études plus approfondies. De là aussi ce caractère permanent d'assurer une divulgation à un niveau élevé, afin d'intéresser un public large qui assurera le succès commercial, tout en proposant aux universitaires en formation des matériaux en catalan, qui n'existaient pas en castillan (et qui n'existent toujours pas aujourd'hui en espagnol, car il était difficile de faire mieux sur un marché devenu saturé).

La publication, à partir de 1959, de la *Geografia de Catalunya* d'abord en fascicules, puis en trois volumes entre 1962 et 1974, donc en pleine période de dictature franquiste, prenait un ton d'affirmation linguistique et nationale. Aujourd'hui, le catalan est devenu la langue officielle de la Catalogne autonome comme il l'était déjà de l'Andorre, les diverses collections ont simplement pour objectif de présenter dans leur langue des études et des publications aux divers publics d'acheteurs dans le cadre du marché des Pays Catalans¹⁰: scientifiques, universitaires en formation, scolaires, grand public. Cet effort considérable, déjà plus que trentenaire, a eu pour conséquence indirecte de consolider - et parfois de créer - un vocabulaire scientifique moderne en catalan que l'*Institut d'Estudis Catalans* peut aujourd'hui recueillir et assumer¹¹.

Nous observons une deuxième constante, la volonté permanente de couvrir

⁹ - Lluís Solé Sabarís, et div.: *Geografia de Catalunya*. Barcelona, 3 volumes entre 1962 et 1974, et un 4e en 1982 (paysages, vocabulaire, index).

¹⁰ - En 1990 plus de 5.000 titres publiés en langue catalane, toutes publications confondues, alors pour un public potentiel de onze millions d'habitants ayant le catalan comme langue officielle ou co-officielle, et près de 10.000 en 2009. Ces publications sont bien sûr directement utilisables aussi en Catalogne Nord.

¹¹ - La plupart des auteurs de cette géographie, ainsi que ceux des études plus récentes, sont eux-mêmes membres de cette académie de la langue catalane (affiliée depuis 1923 à l'UAI, Union Académique Internationale). Actuellement, au sein de l'*Institut d'Estudis Catalans*, c'est le programme informatique TERMCAT qui centralise et qui précise tous ces langages et registres spécialisés, dont le nôtre.

tout l'ensemble catalan. Selon les collections, le cadre choisi pour l'étude ou pour la synthèse sera celui de la Catalogne historique (c'est-à-dire la Catalogne aujourd'hui autonome, plus la Frange du Ponent, l'Andorre et la Catalogne Nord), soit celui de l'ensemble des Pays Catalans (Catalogne, Pays Valencien et Iles Baléares). Il est évident que les préoccupations nationalistes et commerciales confluaient pour repousser le cadre aux limites maximales du territoire. Dans les deux cas, l'Andorre est toujours présente. C'est d'un grand intérêt. Grâce à cela nous disposons d'études sur cette principauté qui, sans ce pancatalisme, n'aurait peut-être pas suscité autant de vocations ni justifié tant de si belles publications. L'autre avantage, c'est que nous pouvons ainsi la situer plus facilement dans un cadre plus vaste, pyrénéen ou catalan.

Dès les années 1960, les meilleurs scientifiques du moment s'y impliquèrent. Tous les ingrédients se trouvèrent réunis: d'abord la volonté nationaliste, les liens personnels et le charisme transdisciplinaire de quelques scientifiques de premier plan, puis ensuite, tout simplement, la nécessité pour les divers scientifiques du pays de ne pas être absent d'une publication d'envergure qui saturera le marché pendant un ou deux lustres. Ces productions marquent une époque qui s'achèvera avec la fin de siècle. Déjà, la dynamique et le fractionnement universitaires habituels dans les autres pays se manifestent. Il convient aussi d'insister sur la continuité entre les générations successives, avec des chercheurs comme Salvador Llobet, Joan Vilà Valentí, Lluís Solé Sabarís, Oriol Riba ou Lluís Casassas qui servent de pont avec les nouvelles générations à qui l'on doit les travaux actuels: Ramon Folch, David Serrat, Jordi Corominas, Josep Maria Panareda...

Un dernier caractère à mentionner réside, sauf exceptions, dans la pluridisciplinarité des études et dans le rôle moteur joué par les géologues et par les biologistes (biogéographes, botanistes ou écologues essentiellement). Cet élément est en soi un avantage; il suffirait à différencier ces lignes de recherche de celles qui se développent en France¹², très marquées par un cloisonnement autant scientifique (par rapport aux disciplines connexes ou étudiant le même milieu) que géographique (c'est-à-dire avec peu de références sur les régions voisines, françaises, catalanes ou espagnoles).

¹² - Pour ne prendre que quelques exemples, on notera que la thèse de G. Soutadé, en 1978, ne mentionne pas la *Geografia de Catalunya* des éditions barcelonaises Aedos (1962-1974), et que celle de M.C. Prat est contemporaine des travaux du groupe de R. Folch, publiés un an avant, ou encore que l'étude de L. Bernard (1987) ne mentionne pas la publication sur l'Andorre de J.M. Vilaplana (1984) ni l'ouvrage collectif dirigé par R. Folch, que nous venons de citer (1979). Par contre les bibliographies des volumes de *l'Historia Natural dels Països Catalans* sont en général assez complètes; y figurent de très nombreux ouvrages et articles français et européens sur les Pyrénées.

Les études récentes.

Parmi les travaux français il faut détacher les thèses de Gérard Soutadé¹³ et de Marie Claude Prat¹⁴, qui ont eu tous deux le même directeur, Pierre Barrère. La première s'arrête à la frontière andorrane, mais elle étudie les Pyrénées immédiatement voisines et, surtout, elle crée de nouveaux angles d'approche de la géomorphologie, totalement transposables en Andorre. La seconde est une thèse de troisième cycle uniquement consacrée à la géographie physique de l'Andorre. Elle en rénove certains aspects et surtout elle couvre systématiquement tout le territoire, avec des cartes originales au 1/50.000e. C'est toujours l'ouvrage de référence, malheureusement encore non publié. Les autres études françaises sont plus ponctuelles. Nous ne mentionnerons que l'ouvrage de Laurence Bernard sur les *plans* du sud d'Andorre¹⁵, qui étudie et cartographie soigneusement le plus grand ensemble de surfaces sommitales de l'Andorre: Camp de Claror, Camp Borrut et Camp Ramonet.

Les travaux catalans sont nombreux et peuvent être regroupés en quatre ensembles: des publications sur l'Andorre ou sur les Pyrénées, des manuels spécialisés traitant l'ensemble des Pays Catalans et des collections à caractère encyclopédique.

Trois livres concernent directement l'Andorre. En 1979, après une année d'études sur le terrain, un ouvrage collectif est publié à Barcelone: *El patrimoni natural d'Andorra*. C'est un livre blanc réalisé sous la direction de Ramon Folch par un groupe d'universitaires¹⁶, qui abordent tous les aspects des systèmes naturels dans une première partie descriptive, puis qui proposent de nouvelles manières d'utiliser le territoire, plus respectueuses de l'écologie. Hélas, ces bons conseils n'ont guère été suivis. Joan Manuel Vilaplana écrit un mémoire sur le glacier des vallées de la Valira

¹³ - Gérard Soutadé: *Modelé et dynamique actuelle des versants supraforestiers des Pyrénées orientales*. Albi, 1980.

¹⁴ - Marie Claude Prat: *Montagnes et vallées d'Andorre. Etude géomorphologique*. Bordeaux, 1980.

¹⁵ - Laurence Bernard: *Recerques geomorfologiquess sobre els plans del sud d'Andorra*. Andorra la Vella, 1987. Ce travail est présenté dans la préface comme une étude du centre Elhaï de Paris X publiée par l'*Institut d'Estudis Andorrans*, alors qu'il s'agit d'une étude réalisée dans le cadre de la section de géographie du centre de Perpignan de cet Institut andorran, utilisée et présentée comme mémoire de maîtrise, comme c'est souvent le cas lorsque des étudiants participent à des groupes de recherche hors de leur université.

¹⁶ - Ramon Folch: *El patrimoni natural d'Andorra. Els sistemes naturals andorrans i llur utilització*. Barcelona, 1979. Les chapitres sur le milieu géologique (15-39), sur le relief, l'hydrographie, le climat et les sols (41-75) sont rédigés par Cai Puigdefàbregas, David Serrat, Joan Manuel Vilaplana, Josep Maria Panareda et Jaume Bech, la végétation étant à la charge de R. Folch lui-même (77-113).

del Nord, publié en 1984 par l'*Institut d'Estudis Catalans*¹⁷. C'est une étude modeste, mais bien faite et précise, sur les glaciers du nord de l'Andorre, avec la présentation des formes de modelé et des dépôts qui en dérivent, en particulier dans le bassin de la Massana. Au début, on appréciera un bref et très utile historique des études des géologues et des géographes à propos de l'Andorre, du milieu du XIXe siècle à nos jours. La thèse d'Antonio Gómez¹⁸ porte sur les modelés glaciaires et périglaciaires du massif du Campcardòs et de ses environs, à cheval sur trois états. En Andorre, elle couvre la haute vallée du Madriu.

Les Pyrénées catalanes bénéficient d'un ouvrage à part, *L'alta muntanya catalana, flora i vegetació*, réalisé par Josep Vigo i Bonada¹⁹, probablement le meilleur botaniste et biogéographe pyrénéen actuel. Les paysages, les étages et les communautés végétales y sont décrits et abondamment illustrés. Tout cadre avec l'Andorre, qui y apparaît constamment.

Il y a ensuite des travaux de synthèse portant sur l'ensemble des Pays Catalans, où l'Andorre apparaît peu, mais qui aident à la situer dans l'ensemble pyrénéen. Il s'agit d'une géographie physique²⁰ et d'une présentation de la végétation²¹, la première collective, la seconde fruit de la collaboration du botaniste Ramon Folch et du dessinateur scientifique Eugeni Serra.

Enfin, signalons deux collections à caractère encyclopédique, publiées par la fondation *Enciclopèdia Catalana*. L'une est modeste quant à ses objectifs, puisqu'il s'agit d'une collection grand public, la *Gran Geografia Comarcal de Catalunya*, en dix-neuf volumes²². L'un d'eux concerne l'Andorre. Si le niveau général de l'oeuvre est inégal, les deux volumes de la géographie générale sont de bonne tenue; ce sont des oeuvres de synthèse réalisées par de bons scientifiques. L'autre collection est l'ambitieuse *Història Natural dels Països Catalans*, publiée en quinze volumes, dont

¹⁷ - Joan Manuel Vilaplana: *Estudi del glaciariisme de les valls de la Valira d'Ordino i d'Arinsal (Andorra)*. Barcelona, 1984. Maîtrise réalisée en 1979, qui obtint un prix en 1982 et fut publiée par l'*Institut d'Estudis Catalans* deux ans plus tard.

¹⁸ - Antonio Gómez Ortiz: *Estudio geomorfológico del Pirineo catalán: morfogénesis glacial y periglacial de los altos niveles y vertientes meridionales de los macizos de Calmquerdos, Tossa Plana de Llès y Port Negre*. Barcelona, 1980. Publiée sous une version condensée six ans après.

¹⁹ - Josep Vigo i Bonada: *L'alta muntanya catalana, flora i vegetació*. Barcelona, 1976.

²⁰ - Oriol Riba, Oriol de Bolós, Josep Maria Panareda, Josep Nuet, Joaquim Gosálbez: *Geografia física dels Països Catalans*. Barcelona, 1976, réédité en 1979.

²¹ - Ramon Folch i Guillèn, Eugeni Serra et Josep Nuet: *La vegetació dels Països Catalans*. Barcelona, 1981.

²² - *Gran Geografia Comarcal de Catalunya*, Barcelona, 1981-1985. Volume 16: *Pallars, Alt Urgell, Andorra*, 1985. Volumes 17 et 18, *Geografia general*, 1983.

quatre sont d'une consultation indispensable: 1- *Geologia*, 3- *Recursos geològics i sols*, 7- *Vegetació* et 14- *Sistemes naturals*²³.

Comme on peut le constater, ce champ de recherche, bien que non épuisé, est déjà très riche en oeuvres récentes. Certaines sont des synthèses déjà élaborées, en particulier celles de Marie Claude Prat sur l'Andorre, de Josep Vigo sur la végétation pyrénéenne et les volumes thématiques de l'*Història Natural*. Cet ensemble constitue une base suffisante pour asseoir toute étude centrée sur le milieu, sur l'aménagement de la montagne andorrane, sur l'incidence de l'homme et de l'économie sur ce milieu et sur les risques naturels.

Les données de base étant supposées connues à travers les études que nous venons de citer, par souci de pragmatisme et de cohérence, nous privilégions deux angles particuliers. D'abord nous présenterons quelques exemples de situations locales à l'échelle d'une vallée avec, dans chaque cas, des assemblages différents de formes de modelé. Ces secteurs sont ceux que nous retrouverons dans les exemples qui seront étudiés à propos de la vie pastorale²⁴, des forêts et des risques naturels²⁵. La deuxième approche consistera à présenter à travers des illustrations une typologie des formes de modelé les plus fréquentes. Là aussi il s'agit de mettre en valeur les éléments qui influent sur la vie pastorale traditionnelle, sur l'évolution de la végétation et surtout sur les problèmes actuels qui découlent de l'utilisation de la haute montagne en toutes saisons, autrement dit sur les problèmes qui sugissent de la confrontation permanente et inéluctable avec les risques naturels.

Une haute montagne pyrénéenne

L'Andorre est au coeur de la zone axiale pyrénéenne. On y retrouve la plupart des caractères des hauts massifs pyrénéens centraux et orientaux.

²³ - *Història Natural dels Països Catalans*, 19 volumes, Barcelona, 1984-1991. 1- *Geologia*, par Pere Santanach et coll., 1986. 3- *Recursos geològics i sols*, par David Serrat et coll., 1985. Tous les auteurs sont géologues. Chapitres intéressants sur les risques géologiques. 7- *Vegetació*, par Ramon Folch et coll., 1984. Ecrite par des biologistes et basée sur le concept "d'ambients", de milieu. 14- *Sistemes naturals*, par Jaume Terradas et coll., 1989. Les auteurs sont biologistes et l'ouvrage utilise le concept d'écosystème. Il y a des références sur les risques naturels et sur la gestion du milieu.

²⁴ - Voir *Andorre, vie pastorale, société et gestion traditionnelle du territoire, XIXe-XXe siècles*, par J. Becat, RECERC, collection Ouvrages de référence n°2, 2010, 374 p., consultable à <http://www.crec.univ-perp.fr/>

²⁵ - Ouvrages dans la même collection: *La végétation et les forêts de l'Andorre* et *L'aiguat de 1982 et les inondations en Andorre*.

Malgré l'aération que donnent les grandes vallées glaciaires, les montagnes présentent une massivité d'ensemble. Elles laissent une impression de lourdeur et de régularité lorsqu'on découvre les crêtes et les hauts massifs depuis un *port* ou un sommet. En particulier on est frappé par l'altitude homogène des sommets, tous compris entre 2.700 et 2.950 mètres d'altitude, dont aucun n'émerge vraiment d'un ensemble de crêtes élevées et le plus souvent régulières. Les hautes vallées sont relativement étroites, longues et irrégulières, avec des étranglements et des cols haut perchés qui ont longtemps favorisé l'isolement du pays.

En particulier lorsqu'on entre en Andorre par la vallée de l'Ariège, on remarque la présence de nombreux *plans* sommitaux, situés entre 2.400 et 2.600 mètres d'altitude, et de hauts cirques évasés et ouverts, dont le plancher est très régulièrement entre 2.200 et 2.400 mètres d'altitude. Ces deux formes contribuent à donner une impression de hauts espaces ouverts et calmes. Elles écrasent les sommets qui se dégagent difficilement de ces ensembles où dominent les lignes douces ou horizontales. En même temps, elles créent un grand contraste avec les vallées de l'aval, plus encaissées, enveloppées de longs versants souvent abrupts. Lorsque, remontant ces vallées, on arrive dans ces hauts niveaux, on en émerge avec l'impression d'entrer dans un monde différent et plus serein.

Un grand versant sud

En dehors de la haute vallée de l'Ariège, l'ensemble de l'Andorre est sur le versant méridional des Pyrénées. La plupart des vallées sont orientées plein sud. De part et d'autre de la crête frontière, au nord, le contraste climatique est très fort. Il se manifeste par la végétation mais aussi par les caractères de la vie pastorale. Les estives et les *cortons* andorrans étaient très réputés, en particulier en Ariège, comme hauts pâturages à moutons. Les pelouses y sont plus courtes et mieux adaptées aux ovins et aux équins. À l'inverse, les paroisses andorranes ont toujours manqué d'*obacs* frais, de pâturages à bovins, d'herbe à pâturer en fin d'été. Elles ont cherché à obtenir des estives ou des droits d'usage sur le versant ariégeois, plus humide et plus frais. Ce fut le cas à propos de la longue bataille juridique avec Merens pour la propriété et l'usage de la haute vallée de l'Ariège, ou encore avec les droits des Andorrans sur le Gudanès et les hautes vallées qui descendent vers Siguer et le Vic de Sòç.

L'étagement de la végétation et les espèces forestières reflète aussi cette exposition sud. Les espèces méditerranéennes remontent jusqu'en Andorre, et

l'irrigation est indispensable si on veut assurer les récoltes et plus d'une fauchaison dans les vallées. La luminosité de l'air, les nuits d'hiver très froides de la haute montagne lorsqu'il y a peu de nébulosité, ce qui est fréquent, ainsi que les journées ensoleillées ou les périodes de redoux fréquentes en hiver donnent un caractère particulier à l'évolution du manteau neigeux et favorisent les avalanches. Nous y insisterons dans l'étude des risques naturels.

L'organisation du relief et les bassins hydrographiques

Le Riu Valira, ou Gran Valira, commence à la confluence de trois cours d'eau principaux à moins d'un kilomètre de distance, dans le bassin des Escaldes: le Riu Valira del Nord, le Riu Valira d'Orient et la Riu Madriu. Pour chacun d'eux, le bassin-versant est entièrement en territoire andorran.

Les crêtes les plus élevées et les plus vigoureuses séparent en général ces bassins andorrans des bassins extérieurs, surtout ariégeois. Mais, à l'intérieur même de la Principauté, du Pic de la Serrera (2.913m) au modeste Pic de Padern qui domine le Solà d'Engordany, la ligne de partage des eaux entre les bassins de la Valira del Nord et de la Valira d'Orient suit une crête majeure qui possède parmi les plus hauts sommets d'Andorre: Pic de la Cabaneta (2.863m), Pic de l'Estanyó (2.915m) et le sommet le plus emblématique d'Andorre, le Pic de Casamanya (2.740m), peut-être, comme le Canigó, parce qu'il est au centre du pays et qu'il est très visible. Cette ligne a fixé les limites de paroisses les plus stables et les moins controversées d'Andorre. Mais également ce n'est qu'en 1992 seulement, dans sa partie la plus basse, qu'elle a été franchie par une route carrossable qui relie Ordino et Canillo par le Coll d'Ordino (1.980m). Jusqu'à cette date, en dehors des relations pastorales ou des traversées d'excursionnistes, les deux bassins étaient des mondes séparés, qui ne communiquaient que par Andorra-Escaldes, c'est-à-dire par un long détour qui astreignait à passer par la confluence des deux cours d'eau!

Bien que l'Andorre coïncide presque avec le bassin de la Valira, sa frontière est un défi à la théorie des frontières naturelles. En effet, dans six secteurs, c'est-à-dire pour plus du tiers de ses frontières, la limite du territoire andorran ne coïncide pas avec des lignes de crêtes ou des interfluves qui délimitent ce bassin-versant. En fait, la frontière de la Principauté ne coïncide avec la ligne de partage des eaux qu'au nord et au sud.

Au nord, du Pic de Medecorba (2.914m) au Pic de Ruf (2.617m) elle s'appuie

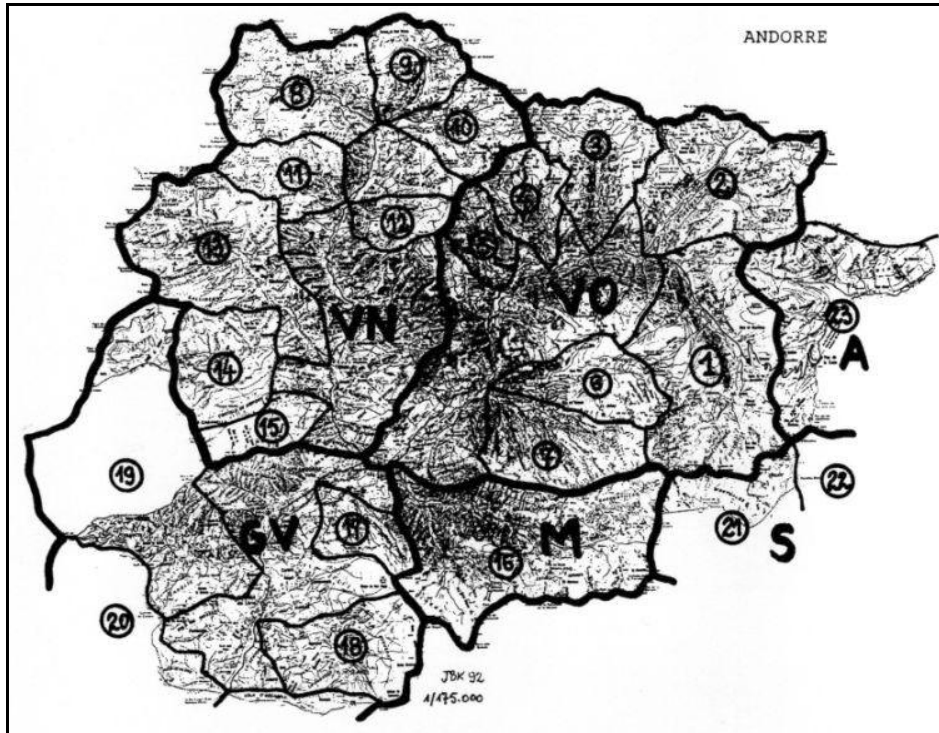
sur une haute crête de recoupement glaciaire, très continue, qui sépare les bassins de la Valira del Nord et de la Valira d'Orient d'une part de ceux des affluents de rive gauche de l'Ariège d'autre part: Riu de Monicó, Riu d'Artiès, Riu de Siguer, Riu de Quilèrs et Riu d'Aston. Elle est régulièrement ponctuée par de hauts sommets dont huit dépassent 2.800 et 2.900m d'altitude à l'ouest de la Serrera et dont cinq dépassent 2.700m à l'est. Les cols sont rares. Ils ont fixé de tous temps les passages et on les trouve mentionnés dès le Moyen-Âge, en particulier le Port de Siguer et le Port de Fontargent (ou Port d'Incles).

Au sud la frontière suit la ligne de partage des eaux entre le bassin du Riu Madriu et ceux des affluents du Segre: Riu d'Àranser et Riu de Bescaràn. À Claror et à Perafita elle suit une crête élevée, mais assez douce, qui comporte plusieurs hautes surfaces sommitales. Plus vers l'est, dans la haute vallée du Riu Madriu, elle s'appuie sur une haute crête de recoupement glaciaire qui forme une barrière continue, avec des sommets situés entre 2.700 et 2.905m d'altitude. Il faut grimper à 2.687 mètres pour passer le Port de Setut.

Partout ailleurs la frontière a un tracé capricieux, voire aberrant, qui résulte d'une logique toute différente. Elle suit les territoires pastoraux, les estives, indépendamment des bassins-versants. Il ne faut jamais perdre de vue qu'en été les hauts bassins et les pacages de part et d'autre d'une crête communiquent facilement par le haut, surtout s'il y a des *plans*, des cols amples ou des crêtes douces, ce qui est souvent le cas dans les Pyrénées. Dans ce contexte, l'organisation des estives n'a que faire des lignes de partage des eaux. Elle résulte davantage de l'impératif d'équilibre des ressources en herbe des communautés montagnardes, donc de leurs rapports de force entre elles, que de notions simplistes de géographie physique ou politique.

Le Riu Valira d'Orient naît dans un groupe d'amples cirques en van, els Pessons et els Colells, et suit une auge glaciaire peu encaissée, le Riberal d'Envalira (n°1 sur la carte qui suit). Il reçoit ensuite les apports d'une batterie de quatre cours d'eau en rive droite, venant du nord, dont chaque bassin hydrographique recouvre une ancienne unité glaciaire affluente de la langue principale. Ces bassins ont de moins en moins d'ampleur de l'est vers l'ouest, mais leur vigueur augmente et leur raccordement se fait de plus en plus difficile, avec des gorges dont le commandement atteint 350 mètres pour le Riu de Montaup, au fur et à mesure que la vallée de la Valira plonge vers Canillo et vers Meritxell. Ce sont les vallées d'Incles, de la Coma de Ransol, de la Vall del Riu et de Montaup (n° 2 à 5). Sur la rive droite deux bassins aboutissent à Encamp, le Riu dels Cortals et le Riu d'Ensagents, moins bien hiérarchisés (7 et 8).

Aux Escaldes le Valira d'Orient reçoit le Riu Madriu (16), dont une partie des eaux est dérivée par un tunnel vers l'Estany d'Engolasters et la centrale électrique de FEDA.



Les bassins hydrographiques

Bassin de la Valira d'Orient (VO)

- 1 - Haut Valira d'Orient
- 2 - Vall del Riu d'Incles.
- 3 - Coma de Ransol
- 4 - Vall del Riu
- 5 - Riu de Montaup
- 6 - Riu dels Cortals
- 7 - Riu d'Ensagents

Bassin de la Valira del Nord (VN)

- 8 - Riu de Tristaina
- 9 - Riu de Rialb
- 10 - Riu de Sorteny
- 11 - L'Angonella
- 12 - L'Ensegur
- 13 - Riu d'Arinsal
- 14 - Riu de Pal

- 15 - Riu Montaner

Bassin du Madriu (M)

- 16 - Vall del Madriu

Bassin du Gran Valira (GV)

- 17 - La Comella
- 18 - Riu d'Aubinyà
- 19 - Riu d'Os
- 20 - Riu de Civís

Bassin du Segre (S)

- 21 - Vall de la Llosa
- 22 - Vall del Querol

Bassin de l'Ariège (A)

- 23 - Haute Ariège

Le Riu Valira del Nord naît au Serrat de la confluence du Riu de Tristaina, du Riu de Rialb et du Riu de Sorteny (8, 9 et 10). Dans la vallée d'Ordino, en dehors des apports de deux petites vallées affluentes, l'Angonella et l'Ensegur, deux auges glaciaires perchées (11 et 12), la Valira ne reçoit que les apports irréguliers de toute

une série de bassins torrentiels inscrits dans les versants. Dans la cuvette de la Massana confluent les trois vallées de l'ouest, dont les apports sont plus importants: les Rius d'Arinsal et de Pal et le Riu Montaner (13, 14 et 15).

Le Grand Valira, dans les paroisses d'Andorra la Vella et de Sant Julià de Lòria, ne reçoit que des apports de cours d'eau à caractère torrentiel. Les trois plus notables sont, sur la rive droite, le Riu de la Comella-Prat Primer et le Riu d'Aubinyà (17 et 18) et, sur la rive gauche, le bassin plus étendu du dangereux Riu d'Os, qui occasionna d'importants dégâts lors de *l'aiguat* de 1982. Curiosité venant des caprices de l'histoire, sa partie supérieure, Setúria, est une estive de la Massana; sa partie moyenne, ainsi que la vallée d'un affluent qui vient du point culminant de ce bassin, le Pic de Salòria (2.789m), est hors du territoire andorran et forme la commune d'Os de Civís; sa partie inférieure, étroite, aux versants torrentiels abrupts, est à nouveau andorrane. Vers l'aval, sans grande relation avec le relief, la frontière entre l'Andorre et la *comarca* catalane de l'Alt Urgell ne suit ni les interfluves secondaires entre bassins torrentiels, ni systématiquement les chenaux des cours d'eau affluents de la Valira.

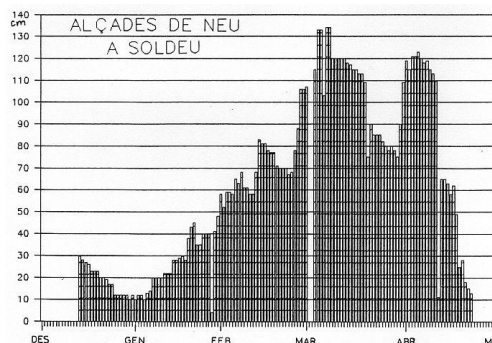
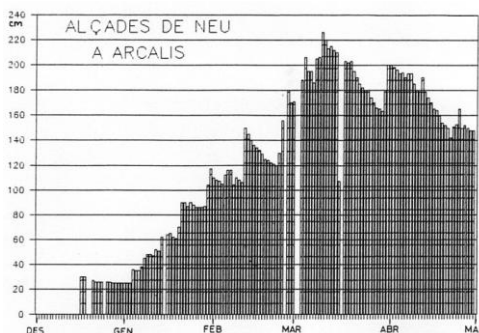
Vers l'est, par le biais de l'expansion territoriale des paroisses de Canillo et d'Encamp aux dépens des communautés cerdanes et ariégeoises, l'Andorre possède une partie des hautes vallées d'un affluent du Segre, la Vall de la Llosa (21) et de l'Ariège (23).

Les éléments climatiques et le régime des cours d'eau

Le climat de l'Andorre est celui d'une montagne moyennement arrosée, dont les hivers sont rigoureux et souvent très neigeux, mais de manière très irrégulière. Les étés sont lumineux, peu ventés car les situations de tranquillité anticyclonique qui s'étendent sur la péninsule ibérique protègent aussi le versant sud des Pyrénées centrales, mais ils sont coupés de nombreux orages, surtout en juillet. Certaines années l'été se prolonge dans les vallées jusqu'en fin septembre ou début octobre, alors que les premières neiges ne sont pas exceptionnelles en septembre.

Les perturbations méditerranéennes se font toujours sentir, avec un automne qui a statistiquement les plus forts abats d'eau. Compte tenu de l'orientation générale des masses montagneuses, face au sud ou au sud-est, et des forts mouvements de convection que provoque le relief contrasté et l'entonnoir des hautes vallées, ces précipitations peuvent parfois devenir très abondantes et provoquer des *aiguats*

dévastateurs, comme en 1937 ou en 1982²⁶. Au printemps, ces mêmes perturbations méditerranéennes, accompagnées de vents de sud-est, provoquent d'abondantes chutes de neige lourde en montagne, donnant des corniches face au nord, des masses de neige instables et un grand risque d'avalanche.



Hauteurs de neige à Ordino-Arcalís et à Soldeu, 1987-1988

(Extrait de *Estadístiques. Any 1988*, Govern d'Andorra, Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria, Andorra la Vella, 1989, p. 163 et 166)

Ces graphiques des hauteurs de neige dans deux stations de ski font apparaître des différences notables. Arcalís est au nord-ouest de l'Andorre, près de la frontière ariégeoise, entourée de hautes montagnes plus froides. Son enneigement est meilleur et reste abondant au printemps. La station étant en versant nord, les redoux y sont moins marqués. Soldeu est au centre de l'Andorre, dans une zone dégagée avec de grands *plans* sommitaux. L'enneigement y est plus laborieux en début d'hiver, les redoux fondent plus rapidement la neige et la fusion printanière y est plus brève.

En fin d'automne et en hiver, les chutes de neige habituelles sont amenées par des dépressions atlantiques qui balaient toute la chaîne pyrénéenne, ou seulement son versant nord, mais débordant fréquemment sur le Pallars et sur l'Andorre. Elles s'accompagnent habituellement de vents du nord ou de tramontane. En hiver, la fréquence et, assez souvent, la violence des vents dominants, venant du quart nord-ouest, amènent des remaniements constants de la neige, la formation généralisée de corniches, de congères et de plaques à vent. Les redoux qui se produisent plusieurs fois par hiver font évoluer rapidement le manteau neigeux, en particulier sur les *solanes*; ils peuvent arriver à les dégarnir précocément les années peu neigeuses.

Lorsque nous aurons dit que les températures moyennes annuelles sont de 5° à Ransol (à 1.640m d'altitude dans un fond de vallée) et de 9° aux Escaldes (à 1.140m

²⁶ - On se reportera, dans la même collection à l'ouvrage sur *l'aiguat* de 1982, déjà cité, où ces deux événements climatiques et les situations météorologiques qui les ont provoqués sont analysés en détail.

d'altitude, à la centrale électrique située dans les gorges de la Valira en amont de la ville), que les précipitations moyennes sur cinquante ans sont dans ces deux stations de 1.057mm et de 885mm respectivement, que le nombre de jours suivis sans gelées est d'environ 90 à Ransol mais déjà de 200 aux Escaldes et que le nombre de mois froids (dont la moyenne des minimas est inférieure à 0°C) y tombe de six à cinq, il est difficile d'aller plus loin dans la description. Il y a à cela plusieurs raisons.

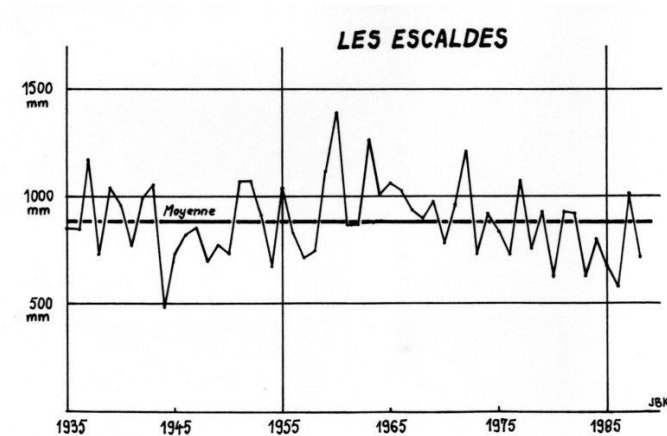
L'une est technique, puisque nous ne disposons seulement que de trois points d'observation, tous tenus régulièrement par la société FHASA, puis par la société d'État FEDA²⁷: la prise de Ransol, l'Estany d'Engolasters et la centrale des Escaldes, tous trois dans la vallée de la Valira d'Orient, aucun d'eux n'étant en haute montagne. Il y a quelques données fragmentaires pour cinq autres points d'observation, mais il leur manque la continuité et parfois la fiabilité. On peut également obtenir des indications complémentaires et indirectes à partir de l'enregistrement des débits des principaux cours d'eau et des hauteurs de neige relevés dans les stations de ski.

Parmi les caractères les plus remarquables du climat andorran il faut mentionner l'important gradient thermique, en liaison directe avec la considérable différence d'altitude, dans toutes les vallées, entre les zones urbaines et agricoles des fonds d'auges et les haut versants ou les sommets. Les bassins et les vallées profondes connaissent souvent des inversions thermiques, en particulier de l'automne au printemps. Toujours dans les principales vallées, à Encamp, à Andorra la Vella-les Escaldes et à la Massana, on observe des effets de foehn par vents du nord comme par vents de sud-est.

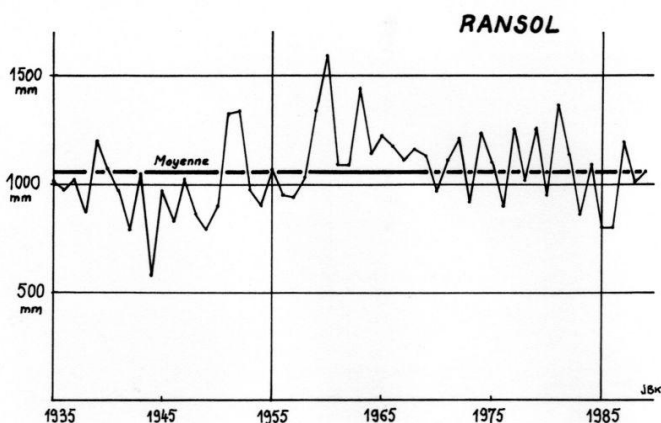
Un autre caractère banal en montagne, mais très important en Andorre, c'est l'existence de microclimats. Nous en avons vu la matérialisation lors de la sécheresse et de la mortalité des forêts en 1978²⁸. Tout y contribue: l'exposition contrastée des versants, l'existence de bassins ou d'ombilics fermés par des étranglements, leur étagement, la plus ou moins grande proximité des crêtes du nord, où se fixe la limite climatique majeure entre les climats montagnards d'influence océanique au nord et ceux qui subissent des influences méditerranéennes au sud, dont l'Andorre.

²⁷ - FHASA: Forces hidroelèctiques andorranes, Societat Anònima, depuis 1935, c'est-à-dire un an après l'achèvement des installations. FEDA, Forces Elèctriques d'Andorra, depuis 1986, date de rachat de la concession de FHASA par le Gouvernement andorran.

²⁸ - Voir dans la même collection *La végétation et les forêts de l'Andorre*, déjà cité, et en particulier le chapitre "Les forêts: les alertes".



Les précipitations totales annuelles, 1935-1988



RANSOL, 1.640m d'altitude, moyenne annuelle: 1.057mm.
LES ESCALDES, 1.140m d'altitude, moyenne annuelle: 885mm.
(Sources FHASA et FEDA)

Enfin, en liaison avec cette dernière observation, on notera l'importante variation interannuelle des précipitations. Les graphiques qui suivent montrent que les précipitations annuelles peuvent varier presque de un à trois, à Ransol comme aux Escaldes. Il y a cependant des cycles où l'irrégularité est plus forte, comme entre 1950 et 1965, et d'autres où elle est moins accentuée, comme pendant les quinze années suivantes²⁹.

Toutes ces nuances et ces conditions locales trouvent leur traduction dans les paysages et dans les formations végétales, dont l'observation donne en retour des renseignements en partie empiriques sur les nuances climatiques.

²⁹ - Idem, *La végétation et les forêts...*, voir les deux diagrammes ombrothermiques de Ransol et des Escaldes en 1978, une année marquée par une longue sécheresse estivale.

	ENGOLASTERS	ESCALDES	RANSOL
1935	955,1	854,6	1014,5
1936	899	849,2	973,6
1937	1213,2	1168	1023
1938	712,4	725,2	867,3
1939	1061,5	1036	1197,3
1940	910,3	959,8	1071,4
1941	805,4	772,8	971,2
1942	872,2	792,9	787,9
1943	1094	1045,8	1043,7
1944	618,7	592,9	580,8
1945	741,1	734,8	970,4
1946	866,9	818,8	835
1947	870,3	846,4	1021,6
1948	746,3	697,6	862,6
1949	753,3	772,5	791,6
1950	800,1	731,9	896,2
1951	1208,6	1066,8	1322,5
1952	1132,2	1069,8	1335
1953	977,2	915,7	976,9
1954	691,9	677,4	903,9
1955	1049,3	1042	1073,4
1956	849,6	824,8	953,2
1957	784,9	719,1	944,2
1958	818,7	751,4	1029,7
1959	1219,5	1118,6	1341,7
1960	1443,7	1390,2	1588,7
1961	887,2	868,5	1091,4

	ENGOLASTERS	ESCALDES	RANSOL
1962	879,3	866,8	1090,1
1963	1274,9	1269,4	1442
1964	953,6	1009,3	1141,9
1965	936,4	1063,4	1219,4
1966	929,6	1027,3	1177
1967	886,7	939,8	1109,6
1968	808,1	903	1161,7
1969	913,4	988,6	1126,8
1970	688,2	789,4	971,4
1971	949,8	982,6	1107,1
1972	1205,5	1208,5	1211,1
1973	767	734,7	915,9
1974	906,3	923,9	1234,1
1975	865,4	840	1100,7
1976	695,2	731,2	895,6
1977	969,3	1076,4	1250,4
1978	783,3	767,9	1016
1979	1007,5	931	1249
1980	726,4	626,7	951,6
1981	1018	928	1363,9
1982	952,7	919,1	1136,1
1983	648	630,8	860,5
1984	816,2	801,8	1089,3
1985	664,2	683	802,8
1986	630	584,6	798,9
1987	995,8	1005,7	1195,3
1988	677,1	717,2	1006,2
MITJA	898,7	885	1057,2

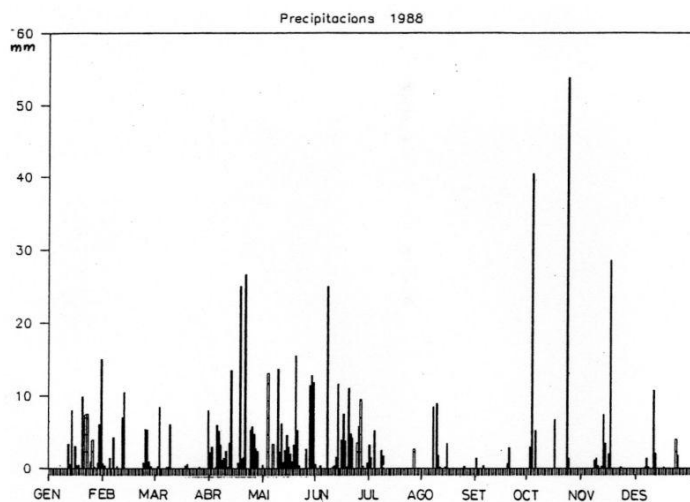
Précipitations totales annuelles, 1935-1988.

ENGOLASTERS, 1.620m d'altitude, moyenne annuelle: 899mm.

LES ESCALDES, 1.140m d'altitude, moyenne annuelle: 885mm.

RANSOL, 1.640m d'altitude, moyenne annuelle: 1.057mm.

(Extrait de *Estadístiques. Any 1988*, Govern d'Andorra, Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria, Andorra la Vella, 1989, pp. 107-108.)



Précipitations en 1988 à Engolasters

Engolasters est à 1.620m d'altitude, au-dessus du bassin d'Andorre-Escalades. Précipitations 1988: 677mm, inférieures de 25% à la moyenne sur cinquante ans, soit 898mm (Extrait de *Estadístiques. Any 1988*, p. 98)

On notera que les précipitations se regroupent au cours d'un nombre de jours de pluie relativement faible, ce qui est une constante, même les années mieux pourvues. Les plus grands abats d'eau (ou chutes de neige en montagne) sont en automne et au printemps, qui fut cette année là la saison la plus perturbée. L'hiver, en particulier en décembre et en janvier, fut peu neigeux, ce qui arrive très souvent, en Andorre comme dans les Pyrénées catalanes. De là l'importance pour les stations de se doter de canons à neige afin de pouvoir commencer normalement leur saison de ski.

VALORS MÀXIMS DE LES PRECIPITACIONS DIÀRIES			VALORS MÀXIMS DE LES PRECIPITACIONS DIÀRIES		
ESTACIÓ: RANSOL. ALTITUD: 1.640 m.			ESTACIÓ: ESCALDES. ALTITUD: 1.140 m.		
-----			-----		
el 7 de novembre	1962	74,5 mm.	el 07 de novembre	1962	73,1 mm.
el 15 de novembre	1963	75,0 mm.	el 15 de novembre	1963	80,5 mm.
el 18 de juny	1964	44,5 mm.	el 18 de juny	1964	76,8 mm.
el 25 de setembre	1965	68,0 mm.	el 25 de setembre	1965	87,5 mm.
el 08 de novembre	1966	75,0 mm.	el 08 de novembre	1966	103,8 mm.
el 16 de novembre	1967	64,0 mm.	el 16 de novembre	1967	72,0 mm.
el 08 de novembre	1968	71,5 mm.	el 18 de maig	1968	68,2 mm.
el 06 de desembre	1969	48,5 mm.	el 25 de juliol	1969	61,3 mm.
el 11 d'octubre	1970	71,0 mm.	el 11 d'octubre	1970	72,4 mm.
el 22 d'abril	1971	62,0 mm.	el 18 de febrer	1971	62,0 mm.
el 13 d'agost	1972	75,0 mm.	el 30 de maig	1972	57,5 mm.
el 23 de desembre	1973	39,0 mm.	el 24 de desembre	1973	49,1 mm.
el 16 de setembre	1974	73,6 mm.	el 16 de setembre	1974	104,7 mm.
el 29 de setembre	1975	52,4 mm.	el 29 de setembre	1975	48,0 mm.
el 09 de novembre	1976	59,6 mm.	el 09 de novembre	1976	87,0 mm.
el 19 de maig	1977	80,6 mm.	el 21 de juny	1977	43,6 mm.
el 23 de febrer	1978	63,1 mm.	el 23 de juliol	1978	38,0 mm.
el 27 de gener	1979	57,2 mm.	el 17 de gener	1979	47,6 mm.
el 19 de maig	1980	44,1 mm.	el 26 d'agost	1980	33,0 mm.
el 27 de juny	1981	75,7 mm.	el 27 de juny	1981	70,0 mm.
el 08 de novembre	1982	131,0 mm.	el 07 de novembre	1982	140,0 mm.
el 16 de desembre	1983	35,2 mm.	el 14 d'octubre	1983	36,4 mm.
el 10 de novembre	1984	93,8 mm.	el 10 de novembre	1984	74,5 mm.
el 12 de novembre	1985	49 mm.	el 12 de novembre	1985	49,0 mm.

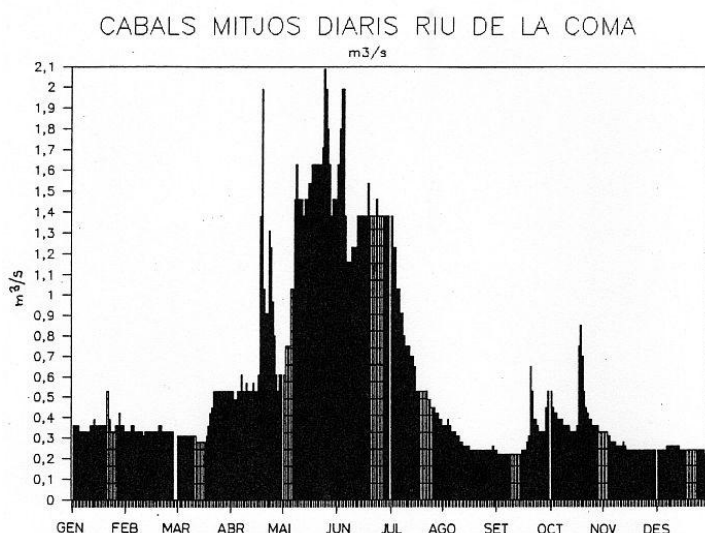
PRÉCIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIÈRES, 1962-1985

Les 7 et 8 novembre 1982 sont les deux jours de l'aiguat.

(Extrait de *Estadístiques. Any 1988, Govern d'Andorra, Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria*, Andorra la Vella, 1989, pp. 53 et 55)

Le régime des cours d'eau

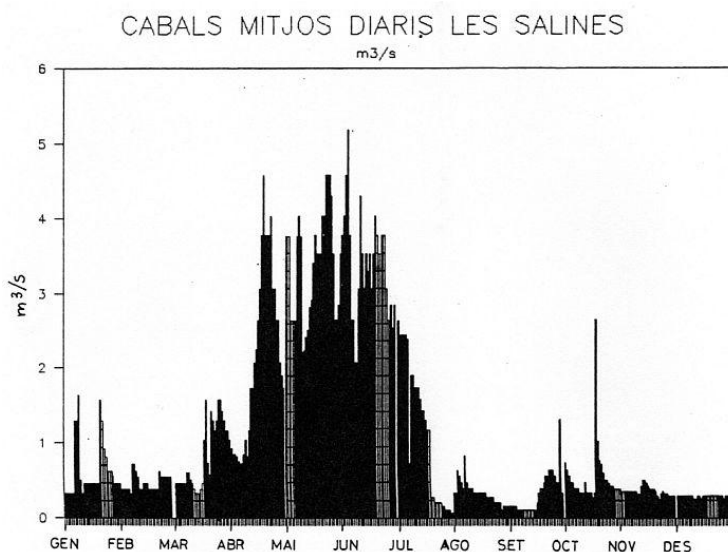
Tous les cours d'eau andorrans ont un régime nival caractéristique, c'est-à-dire avec de faibles débits en hiver et de forts débits à la fusion des neiges, en mai et juin. Les pointes qui s'observent certaines années en fin avril correspondent à des tempêtes de printemps, qui peuvent être violentes. C'est cependant en fin juin et pendant tout le mois de juillet que les orages sont fréquents et quasi quotidiens en haute montagne, chaque après-midi. Ils contribuent à maintenir le débit des rivières. En dehors des années d'aiguats et d'inondations, les précipitations d'automne n'ont pas le même effet sur le débit des cours d'eau. D'une part les sols et la végétation les absorbent davantage après des étés secs et lumineux et, d'autre part, elles tombent souvent sous forme de neige en haute montagne.



Le Riu de la Coma de Ransol: débits moyens journaliers, 1988

(Extrait de *Estadístiques. Any 1988*, Govern d'Andorra, Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria, Andorra la Vella, 1989, p. 177)

Cet affluent de rive droite de la Valira d'Orient, émissaire de la haute vallée de Ransol, a un régime nival caractéristique, avec des basses eaux en hiver et un fort débit lors de la fonte des neiges, en mai et juin. Les pointes de fin avril correspondent à deux violents orages. En fin juin et en juillet, les orages sont fréquents (cette année-ci cependant moins nombreux en juillet) et contribuent à maintenir le débit. Les trois fortes précipitations d'automne n'ont pas eu les mêmes effets car, d'une part, les sols et la végétation en ont retenu une partie après un été sec et, d'autre part, les précipitations d'octobre ont donné de la neige en haute montagne.



**Le Riu Valira del Nord:
débits moyens journaliers
à les Salines, 1988**

(Extrait de *Estadístiques. Any 1988*, Govern d'Andorra, Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria, Andorra la Vella, 1989, p. 173)

Le débit de la Valira del Nord après el Serrat est plus soutenu que celui du Riu de la Coma de Ransol, car son haut bassin est plus étendu et très enneigé en hiver. Le régime est lui aussi nival, comme tous les cours d'eau andorrans importants. On retrouve les mêmes caractères que dans le cas précédent, mais avec un étiage plus marqué.

ACORDS M.I. CONSELL GENERAL 29/12/1976	
ACORD	
AMPLADA MINIMA DEL LLIT DELS RIUS	
A l'efecte de salvaguardar el paisatge i protegir la Natura, considerant la situació actual de la construcció i la que es preveu es presentarà durant els anys pròxims, i les modificacions que s'efectuen en moltes finques llindant amb els rius, per mitjà de runes, murs, desmunts, etc..., i atesa la conveniència de preveure, segons els lloc, murs i/o proteccions adequades per a evitar avingudes d'aigua, i la construcció de ponts, l'amplada mínima del llit dels rius que a continuació es detallen, no previstos en el Decret del 18 de maig de 1940 -el qual es manté totalment en vigor- serà, a tots els efectes, la següent:	
RIU AIXEC (des de la confluència dels rius .. 7 canes de les Pardines si dels Cortals, fins a la del riu Valira).	RIU D'ENVALIRA (des del seu naixement .. 6 canes fins a la confluència amb el riu d'Incles)
RIU D'AIXIRIVALL 6 canes	RIU DE FONTANEDA 4 canes
RIU D'ANGONELLA 6 canes	RIU D'INCLES 6 canes
RIU D'ARCALIS 6 canes	RIU DE LLUMANERES 6 canes
RIU D'ARINSAL (d'Aigües Junes fins a 7 canes Ertis)	RIU MADRIU (del naixement fins a 6 canes Entremesaigües)
RIU D'ARINSAL (d'Ertis fins a la 8 canes confluència del riu d'Ordino)	RIU MADRIU (d'Entremesaigües fins a la 8 canes confluència amb el Gran Valira)
RIU D'AUBINYÀ 6 canes	RIU DE LA MOLINA 6 canes
RIU DE CASAMANYA 6 canes	RIU MONTANE 4 canes
RIU DE CLAPERES 4 canes	RIU MONTAUP 4 canes
RIU DE CLAROR 6 canes	RIU D'OS 8 canes
RIU DE LA COMA DE RANSOL 6 canes	RIU PADERN 4 canes
RIU DELS CORTALS (Anyós-Aldosa) 4 canes	RIU DE PAL 6 canes
RIU DELS CORTALS D'ENCAMP 6 canes	RIU DE LES PARDINES D'ENCAMP 6 canes
CANAL DEL CRESP 6 canes	RIU DE PERAFITA 6 canes
RIU D'ENCLAR 5 canes	RIU DE RIALB 6 canes
	RIU DE SORTENY 6 canes
	CANAL DE TABANELL 6 canes
	RIU DE TRISTAINA 6 canes
	RIU D'URINA 4 canes
	RIU VALIRA DEL NORD (del Serrat a 8 canes Ordino)
	RIU DE LA VALL DEL RIU 6 canes
	TORRENTS I BARRANCS 6 canes

La largeur légale minimale des cours d'eau andorrans

(Extrait de *Recopilació, Ordinacions, decrets, acords... 1866/1988*, Govern d'Andorra, Conselleria de Serveis Públics, Andorra la Vella, 1989, tome II, p. 226)

Traditionnellement, afin d'éviter que les riverains n'empiètent sur le lit des cours d'eau, ce qui était dangereux par forte crue, le Consell General fixait la largeur minimale des lits mineurs de tous les cours d'eau andorrans. La *cana* est une mesure de longueur qui équivaut à 8 *pams* ou à 1,55m. Cet usage s'est maintenu jusqu'à aujourd'hui puisque cette décision du Consell General, qui reprend les précédentes, date de 1976. Elle a été à nouveau rappelée après *l'aiguat* de 1982.

En l'absence d'une législation sur la protection contre les inondations, une interprétation stricte de ce texte, jointe aux moyens techniques actuels, explique tous les abus que l'on peut constater le long des cours d'eau andorrans, qui ont accentué les effets dévastateurs du dernier *aiguat*. Selon ce texte on peut construire à ras du lit mineur et on peut surélever artificiellement le niveau des berges par des remblaiements ou par des murs. Les lits majeurs en sont réduits ou perturbés, ce qui provoque des déplacements du lit pendant la crue et de plus fortes érosions.

La géologie et la structure

Les roches qui forment le substrat de l'Andorre forment trois ensembles bien différenciés.

Dans le nord-est affleurent des gneiss, dans la haute vallée de Ransol et Cabana Sorda, dans la haute vallée d'Incles, à Juclar et à Siscaró. C'est l'extrémité occidentale du grand affleurement du massif d'Aston-l'Hospitalet.

Dans toute la partie centrale ainsi que dans le nord-ouest et dans le sud-ouest de l'Andorre nous trouvons des matériaux primaires qui vont du Cambrien au Carbonifère. Ces sédiments sont affectés de plis, disposés grossièrement est-ouest. Nous pouvons les regrouper en deux ensembles, selon qu'ils affleurent dans des synclinaux ou dans des anticlinaux.

Dans les axes anticlinaux affleurent les roches surtout schisteuses du Cambro-ordovicien (devenant des micaschistes par métamorphisme au contact des gneiss):

- de la Solana d'Andorra et du Pas de la Casa à l'ouest de la Principauté,
- au nord du Casamanya,
- puis au centre vers la Massana,
- et enfin à Sant Julià de Lòria au sud de la Valira.

Les zones synclinales, aujourd'hui portées en altitude du fait des mouvements

postérieurs et de l'action de l'érosion différentielle, ont des roches du Silurien, du Dévonien et du Carbonifère, où les calcaires jouent un rôle prédominant:

- de Canillo à Setúria en passant par le Casamanya,
- puis au sud, à Andorra la Vella-les Escaldes et Sant Julià de Lòria, de part et d'autre de l'inclusion granitique d'Enclar-Santa Coloma.

Une importante intrusion granitique occupe tout le quart sud-est de l'Andorre: les Valletes, els Pessons, Ensagents et toute la haute vallée du Riu Madriu. Ces granits réapparaissent dans le secteur plus limité de la Serra d'Enclar: Pic de Carroi-Santa Coloma-Pic d'Enclar. Ce sont en fait des granodiorites qui apparurent à la fin de la phase hercynienne³⁰. Il s'agit de l'extrémité occidentale du massif granitique de Mont-Louis qui se prolonge ainsi jusqu'en Andorre.

Surtout au nord de l'Andorre les terrains sédimentaires sont affectés par le métamorphisme. Des micaschistes très durs arment les crêtes de Siscaró et de la haute Coma de Ransol, le Pic de la Serrera ainsi que les hautes crêtes qui forment la limite avec la France, au-delà del Serrat. Le métamorphisme décroît vers le sud, et l'on passe à des schistes variés.

Localement, des dépôts quaternaires masquent le substrat. Il s'agit de dépôts glaciaires (moraines, glaciers rocheux de certains cirques en versant nord), de dépôts fluvioglaciaires, des grands manteaux d'éboulis des versants, des remblaiements des vallées, des terrasses fluviales, des cônes de déjection torrentiels.

Les montagnes d'Andorre ont été affectées par les orogénies hercyniennes et alpines. Les roches préhercyniennes, qui forment l'essentiel du substrat, ont été très plissées dès l'ère primaire. Si l'on fait abstraction des intrusions granitiques, on observe qu'une série de plis affecte tous ces sédiments anciens. Ce sont d'assez amples anticlinaux et synclinaux, larges de plusieurs kilomètres, tous orientés est-ouest. Du nord au sud on rencontre:

- l'anticlinal del Serrat (Sorteny-el Serrat-Arcalís) dans les schistes du Cambro-ordovicien;
- le synclinal du Casamanya (Canillo - Casamanya / Mereig - la Cortinada / Ansalonga - Arinsal / Erts - Setúria), armé par les calcaires dévoniens et reposant sur des schistes noirs charbonneux ou ferrugineux très plastiques; localement, au nord de Llorts (l'Angonella-Aiguarebre), ils chevauchent la série précédente;

³⁰ - Selon Cai Puigdefàbregas et Joan Manuel Vilaplana, reprenant Hartevelt. On se reportera à la bibliographie.

- l'anticlinal de la Massana (Rep-les Neres-Cortals d'Anyós-la Massana-Bosc de Pal), à nouveau dans les schistes cambro-ordoviciens;
- avec le synclinal de Sant Julià de Lòria (Obaga d'Andorra-Sant Julià de Lòria-Rocafort-Fontaneda) et l'anticlinal de la Rabassa, tout au sud, nous retrouvons les mêmes séries et les mêmes alternances.

L'examen des cartes géologiques et des directions principales du réseau hydrographique montre à l'évidence que les cours d'eau sont inadaptés à cette structure ancienne. Sauf les adaptations locales de quelques affluents secondaires, les cours d'eau principaux recoupent indifféremment ces plis, dont les roches de nature très différentes apparaissent donc successivement le long des versants. Nous en verrons de bons exemples à propos des cartes et des commentaires géomorphologiques de la Cortinada ou de Montaup, que nous présentons plus loin.

Les fractures jouent un grand rôle dans le dessin des vallées et dans la localisation des grandes formes de relief. Souligner leur relation avec les phénomènes sismiques et la présence de sources thermales est devenu une banalité. Signalons simplement l'importance de la grande fracture qui borde au nord l'extrémité du massif granitique de Mont-Louis, dans l'Andorre méridionale.

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief

Les formes de relief et de modelé

L'organisation des formes de relief et de modelé

Les diverses situations

La vallée de la Valira del Nord

La vallée de la Valira d'Orient

La vallée du Madriu

La typologie des formes de relief et de modelé

Les formes mûres

Les modelés glaciaires

Les modelés périglaciaires

Les formes torrentielles, fluviales et fluvioglaciaires

L'action anthropique

Les formes de relief et de modelé

Il s'agit de présenter les formes de relief et de modelé que l'on observe en Andorre, avec un objectif très pragmatique: rassembler, de la manière la plus concrète et la plus visuelle possible, les éléments qui nous seront nécessaires pour étudier la vie pastorale³¹, et les risques naturels. Nous présenterons tout d'abord quelques vallées ou secteurs caractéristiques, afin de voir quels sont les assemblages de formes, leur organisation et leur relation avec la géologie et avec la structure. Ces secteurs seront ceux qui serviront d'exemples pour les études d'avalanches. À partir de là nous présenterons une typologie classique des diverses formes de modelé: les formes mûres des *plans*, les modelés glaciaires et périglaciaires, les formes torrentielles, fluviales et fluvioglaciaires.

L'organisation des formes de relief et de modelé

Les diverses situations

Les vallées principales sont des auges glaciaires classiques, tantôt régulières comme en amont d'Ordino ou de Canillo, tantôt formées d'une succession d'ombilics (Ordino, la Massana, Encamp, Andorra la Vella) séparés par des gorges étroites à la Grella, à Meritxell ou aux Escaldes. Souvent raides, leurs versants ont des replats, des épaulements et des vallées suspendues. Les formes torrentielles les reprennent ou les réaménagent souvent. Quelques éléments particuliers individualisent chaque ombilic, par exemple de grands glissements de terrains anciens à Canillo ou à Encamp, une amorce de plaine alluviale à Andorra, des dépôts fluvio-glaciaires à Ordino, et les importants comblements glacio-lacustres de la cuvette de la Massana. Ces vallées

³¹ - Voir dans cette même collection l'Ouvrage de référence n°2 : *Andorre, vie pastorale, société et gestion traditionnelle du territoire, XIXe-XXe siècles*, Joan Becat, 2010, 374 pages.

forment une première famille de situations dont nous verrons des exemples au Serrat et à la Cortinada pour la Valira del Nord et, pour la Valira d'Orient, dans la paroisse de Canillo.

Toutes les hautes vallées de l'est et de la moitié nord de l'Andorre forment une seconde famille, avec bien sûr des situations différentes selon l'exposition, l'altitude, la nature des roches et l'aération du relief, mais toujours avec des points communs évidents : des modelés glaciaires de haute montagne, des formes étagées, d'importants dépôts morainiques, dont beaucoup de moraines rocheuses du tardiglaciaire, et l'omniprésence des modelés périglaciaires. Ce sont les secteurs très affectés par les risques naturels, où se développait autrefois la vie pastorale, où s'installent aujourd'hui les stations de ski et les nouvelles routes. Nous en étudierons plusieurs exemples: l'Angonella, la Vall del Riu, la zone de Montaup-Mereig et la Vall del Madriu.

Bien que moins étendus que les deux familles précédentes, les *plans* et les formes douces du centre de l'Andorre et des environs du Port d'Envalira sont suffisamment originaux pour être étudiés à part. Ils combinent de hautes surfaces d'érosion et des cirques peu excavés et très ouverts perchés au-dessus des versants assez courts des auges principales. Espaces pastoraux très disputés autrefois, il s'agit aujourd'hui des zones skiables les plus importantes de l'Andorre, aménagées seulement en partie. Mais malgré leur douceur - et à cause d'elle - elles présentent de réels dangers d'avalanches car le vent d'hiver y règne en maître et y déplace la neige à sa guise. Il faut noter que les skieurs n'en tiennent guère compte. Nous y consacrerons deux exemples, sur Canillo et sur Encamp.

Les modelés fluviaux et torrentiels l'emportent à la Solana d'Andorra, au Solà d'Enclar et, en dehors de quelques petits cirques haut perchés à la Peguera sous le *pla* du Camp de Claror, dans toute la paroisse de Sant Julià de Lòria. Nous entrons dans un autre monde, qui l'emportera plus en aval et hors d'Andorre dans l'Alt Urgell.

Cette présentation thématique étant faite, pour l'étude des secteurs qui nous servent d'exemple, par souci de simplification de l'exposé, nous suivrons d'amont en aval les trois principales vallées. Dans le bassin de la Valira del Nord, nous verrons successivement les cirques et les hautes vallées, puis les secteurs del Serrat, de l'Angonella et de la Cortinada. Dans la vallée de la Valira d'Orient, après les cirques d'amont, nous présenterons deux des vallées du nord et l'ensemble de la zone centrale. Enfin nous verrons l'ensemble de la vallée du Madriu. Ces exemples régionaux sont localisés sur la carte qui suit.

L'organisation des formes de relief et de modelé

Les exemples présentés :

Vallée de la Valira del Nord

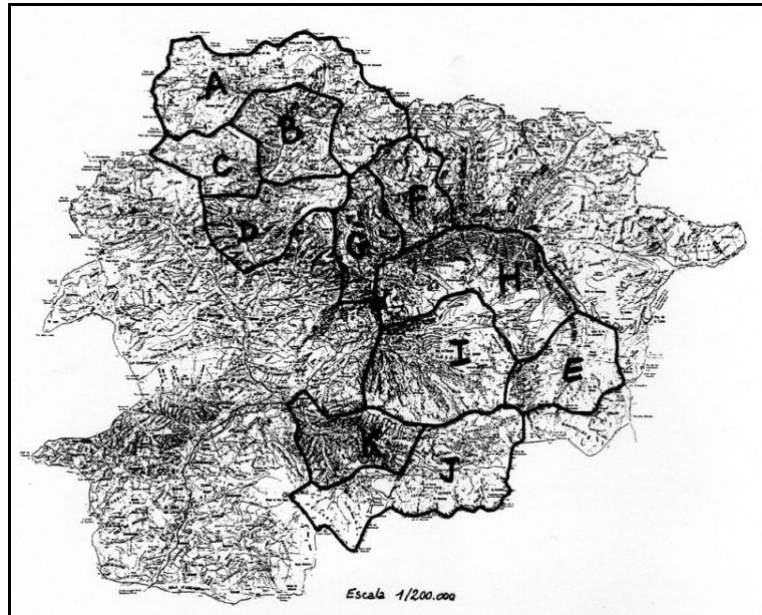
- A - Cirques et hautes vallées
- B - Vallée de la Valira au Serrat (carte annexe n°1)
- C - L'Angonella (annexe n°2)
- D - Vallée de la Valira à la Cortinada (annexe n°2)

Vallée de la Valira d'Orient

- E - Cirques d'amont
- F - Vall del Riu (annexe n°3)
- G - Montaup-Mereig (annexe n°4)
- H - Zone centrale: cirques et versants de rive gauche
- G - Cortals d'Encamp

Vallée du Madriu

- H - Cirques et haute vallée
- I - Vall del Madriu (annexe n°5)



La vallée de la Valira del Nord

Les cirques et les hautes vallées

Ce sont trois ensembles bien individualisés, trois hautes vallées d'origine glaciaire (qui constituent les trois estives de la paroisse d'Ordino) dont les trois émissaires confluent près du Serrat pour former la Valira del Nord. Partout des crêtes vives, des reliefs de haute montagne, des modelés périglaciaires omniprésents et des formes majeures qui dérivent de l'action des glaciers quaternaires.

Dans toute la frange nord, de Creussans et de Tristaina jusqu'au Pic de Font Blanca, apparaissent des micaschistes très durs. Ils arment les hautes crêtes continues qui séparent l'Andorre de l'Ariège, avec des cols à plus de 2600m et des sommets qui approchent ou dépassent 2900m. Une fracture les sépare des schistes métamorphisés del Serrat, situés plus au sud: elle fixe la vallée de la Coma del Forat, puis une partie de la vallée du Riu de Tristaina, le Riu del Comís Vell, puis la Portella et la haute vallée de Rialb. Un peu plus à l'est, du Port Vell de Siguer au Port de Banyell, apparaissent des migmatites qui donnent des reliefs relativement plus modestes (2400-2600m). Là sont situés les principaux cols et les passages traditionnels de la

contrebande vers le nord. Encore plus à l'est, à la Cebollera et au Pic de la Serrera (2913m), réapparaissent les micaschistes durs qui enveloppent le massif cristallin de l'Aston. Des bandes de quartzites traversent les schistes del Serrat, donnant des verrous dans la vallée (à Encodina par exemple), fixant des replats (à Besalí) ou des crêtes (à Arcalís ou à la Serra dels Aspres de Banyell).

À l'ouest, les vallées et les cirques de la *comarca* du Castellar constituent le premier ensemble. En tête, la Coma del Forat est une auge perchée, matelassée de moraines, dont l'aval possédait de belles *molleres* (tourbières), hélas altérées par la nouvelle route et par les mouvements de terres de la station de ski d'Arcalís. À son origine et sur ses flancs, on note des niches d'érosion glaciaire et des cirques perchés, de la Portella d'Arcalís à Creussans. Au nord, le splendide cirque de Tristaina, en demi-bol, profond et vigoureux, possède un chapelet de trois lacs de surcreusement et quelques arcs morainiques. Le profond cirque d'Arcalís accueille aujourd'hui une station de ski alpin, certainement la plus enneigée d'Andorre, l'une des plus sportives mais aussi l'une des plus avalancheuses de la Principauté.

L'auge principale va jusqu'au Serrat, avec des verrous bien marqués et des incisions de torrents sous-glaciaires. Le bord d'auge est souligné par des replats, surtout au nord (les Planes), avec au-dessus des niches d'érosion glaciaire, dont celle de l'Estany Esbalçat. Toujours au nord, on observe un très bel étagement de petits cirques en demi-bol: la Coma del Mig et la Coma de Varilles au-dessus du Comís Vell, lui-même perché au-dessus de la vallée principale.

La vallée glaciaire de Rialb est la plus septentrionale. Elle est très simple, avec un grand cirque de *capçalera* (à la tête) et une vallée coudée, d'abord en *obac* puis plein sud, remblayée de dépôts morainiques. Elle a seulement deux cirques adjacents, creusés dans les migmatites, celui du Port de Siguer et celui de Banyell. Les longs versants de la vallée de Rialb, surtout à la Rabassa, sont parcourus par une spectaculaire batterie de couloirs d'avalanches.

À l'est, la *comarca* de Sorteny est le troisième ensemble. L'auge de Sorteny est assez courte, mais évasée et ample (ce qui en faisait une estive réputée), perchée au-dessus de la vallée de Rialb. Elle fut formée par la confluence de glaces provenant des quatre cirques qui l'entourent. Au nord, les deux cirques des Clots del Forn et de la Cebollera, les plus modestes, moins évidés, avec, pour le second, un fond assez plat. À l'est et au sud, donc en *obac*, les deux grands cirques de la Serrera et de l'Estanyó, avec une amorce d'auge (on peut donc les interpréter comme des vallées-cirque), des moraines importantes et tout le cortège des formes de modelé glaciaire et périglaciaire.

Par la variété des formes, des expositions et des paysages, par la richesse et la variété de la végétation, tout le secteur de Sorteny mérite son classement en parc national ou sa protection comme réserve naturelle.

La vallée de la Valira al Serrat

Ce secteur fait l'objet d'une cartographie spéciale. On se reportera en annexe à la carte géomorphologique en couleurs, au 1/20.000e: *Les formes de relief et de modelé, exemple n°1 - El Serrat*.

La carte fait apparaître le fait principal, une auge glaciaire régulière formée par la confluence de trois langues, la principale venant du Castellar, les deux secondaires de Rialb et de Sorteny. Tout ce secteur est modelé dans des schistes variés d'âge cambro-ordovicien. Les plissements anciens, en particulier l'anticlinal dit del Serrat, n'ont aucune influence sur les formes ou sur les directions actuelles.

Des verrous accidentent la vallée en amont del Serrat. À Besalí s'étend un large replat au-dessus de l'épaule. Des amorces de cirques et des niches d'érosion glaciaire sont visibles sur les hauts versants, tous affectés par les formes de modelé périglaciaire (loupes, terrassettes, stries de parcours, éboulis, etc.).



La vallée de la Valira de Nord au Serrat

Ph. J. Becat

Vue vers l'amont depuis Ferreres. L'ombre portée du versant ouest, à gauche, souligne la forme d'auge de la vallée. Au second plan, au centre, le village et les prés del Serrat (1.550m) et, de part et d'autre, les vallées en

auge des Rius de Tristaina et de Rialb, qui confluent pour former la Valira del Nord. Le versant derrière el Serrat est boisé et à mi-pente la trace de limite des coupes à blanc effectuées vers 1940 est encore visible. Des stries d'érosion sur le versant et une seule forme torrentielle, la Canal de la Coma, qui fut un couloir d'avalanche actif. À gauche s'ouvre dans la forêt le grand couloir de les Allaus, ramoné par des avalanches qui partent du Pic et des Basers de Besalí. Tout à droite, un schéma semblable se reproduit, avec la zone d'avalanches de la Portella de Besalí et de Puntal. On notera l'épaule et un grand replat à 2.100m, puis des ébauches de cirques, sous une crête de recoupement qui culmine à 2.639m. Toute la zone supraforestière est un petit *cortó*.

Des formes torrentielles réaménagent un peu les versants d'auge et les

versants supraglaciaires, donnant des cônes de déjection qui recouvrent en partie les dépôts morainiques ou fluviatiles du fond d'auge. Les chenaux d'écoulement fixent des couloirs d'avalanches qui menacent presque toujours le fond de vallée. Suivant en cela la demande de la paroisse d'Ordino à propos de l'arrêt de la construction de chalets dans les trois couloirs d'avalanches de les Salines, c'est dans ce secteur que le *Consell General* des Vallées ordonna la première carte de risque d'avalanches d'Andorre. Sur le versant opposé, à l'est, les cirques peu creusés de Coma Obaga et de Ferrerolles, en forme d'entonnoir, sont perchés très au-dessus de la vallée, avec une longue et vigoureuse incision torrentielle de raccordement qui canalise les avalanches.

Une vallée affluente: l'Angonella

Ce secteur, ainsi que le suivant, à la Cortinada, fait l'objet d'une cartographie spéciale. On se reportera en annexe à la carte géomorphologique en couleurs, au 1/20.000e: *Les formes de relief et de modelé, exemple n°2 - L'Angonella-la Cortinada*.

Il s'agit d'une unité bien marquée, d'une vallée montagnarde qui présente un étagement des formes de relief entre les 2804 mètres du Pic de Cataperdis et le village de Llorts, à 1400m d'altitude, où le Riu de l'Angonella conflue avec la Valira del Nord.

Le tiers supérieur de la vallée est un grand cirque, aux formes de modelé glaciaire bien venues. Les crêtes, souvent vives, résultent du recoupement des versants des cirques, et le Pic de Cataperdis est une pyramide au croisement de trois crêtes. A l'intérieur, nous trouvons des petites moraines, dont certaines rocheuses, des reliefs rocheux résiduels et de petites cuvettes de surcreusement glaciaire occupées par les trois Estanys de l'Angonella. Le modelé périglaciaire n'est pas absent, avec des *tarteres*, des cônes et des manteaux d'éboulis au pied de tous les versants et des formes de solifluxion sur les *solanes*.

Comme c'est habituel, la grande forme se subdivise en unités plus ou moins individualisées et étagées. Le cirque principal enveloppe l'Estany de Més Amunt, dont les parois très raides portent le nom de Basers. Un autre cirque s'inscrit au sud et domine la vallée d'une centaine de mètres. Ce sont les Clots de l'Estany de Més Avall, bourrés de moraines rocheuses et de cônes d'éboulis. Au nord les cirques sont peu ouverts, aux versants très raides; il faut y voir l'influence de bancs de quartzites très dures qui arment cette Serra del Cap de la Coma. Elles arment aussi le verrou-barre qui limite les Clots de la Pleta, perchés au-dessus de la vallée.

Toute cette partie supérieure de la vallée est dans des schistes divers et des conglomérats datés du cambrien et de l'Ordovicien, alors que la vallée inférieure, les pentes d'Aiguarebre et les environs du village de Llorts sont dans des schistes siluriens différents, graphitiques, charbonneux ou ferrugineux. Ce facteur y favorise les formes torrentielles, les coulées boueuses et les glissements de terrain.

La partie moyenne et inférieure de la vallée est une auge glaciaire, suspendue au-dessus de celle de la Valira. Elle présente des replats, des versants supraglaciaires et, au nord en *solana*, dans des schistes tendres, des formes très douces et moins évoluées, avec un cirque à peine ébauché à Aiguarebre. En face, le cirque et l'amorce de vallée glaciaire de l'Avier forment un petit ensemble isolé, raccordé à l'Angonella par une petite gorge. De part et d'autre de cette vallée moyenne, bien que réduites, les hautes surfaces pyrénéennes et les sommets arrondis sont présents: Planada del Cap de les Canals dels Obacs et Plana de l'Avier au sud et, au nord, le *pla* du pic de l'Hortell et crêtes douces qui vont jusqu'au Planell de la Guàrdia. Elles favorisent la formation de corniches et les grandes accumulations neigeuses par vent du nord comme par vent du sud-est. Tout ce secteur est très avalancheux.

Bien entendu, dans toute la partie inférieure, apparaissent les formes torrentielles avec des bassins de réception modestes, des chenaux et des cônes, ou de simples incisions et des ravinements. L'érosion s'y manifeste aussi par des glissements et par des coulées, anciennes ou récentes. Le gradin de confluence, de quelques 200 mètres de dénivelée, est incisé par une brève gorge de raccordement. A son débouché le Riu de l'Angonella a construit un cône de déjection; c'est le site du village de Llorts.

La vallée de la Valira à la Cortinada

La carte géomorphologique hors texte ne représente que la partie droite de l'auge de l'ancien glacier de la Valira del Nord. Toute la vallée est bien calibrée, avec des versants incisés par de petits torrents qui ont construit une série de cônes de déjection très bien dessinés. Ils se superposent aux terrasses et aux dépôts du fond de vallée, obligeant la Valira à méandrer pour les contourner. Tous ces cônes sont colonisés par des cultures et des prés. De petits replats à mi-versant sont utilisés par des *bordes*, comme à la Plana del Grau, à Sedornet, à la Cort d'Esteve ou aux Planes de Fels.



La vallée de la Valira del Nord à Llorts et Arans

Ph. A. Lerouge

L'auge glaciaire de la Valira del Nord a un léger rétrécissement devant Sedornet. Le fond d'auge est tapissé de dépôts fluviatiles et bordé de cônes de déjection bien dessinés: ce sont les terroirs cultivés. Les flancs d'auge ont des replats à mi-pente, avec des *bordes*. Ils sont incisés par une série d'appareils torrentiels. Les forêts les protègent aujourd'hui mais, au XIXe siècle, la torrentialité et les avalanches firent mettre en défens tous ces *rebaixants*. À droite, on aperçoit le débouché de la vallée suspendue de l'Angonella. Au dernier plan à gauche, au-delà du Coll de les Cases, la vallée d'Arinsal, le Coll de la Botella et les montagnes d'Os de Civis.



des couloirs d'avalanches. Pour une courte distance la dénivelée est considérable (1.100 et 1.000m) avec des sommets en zone supraforestière. Ces avalanches sont peu fréquentes mais atteignent la route et le fond de vallée, à 1.350m à peine. Au-dessus de l'épaulement des Bordes de Sedornet, on observe un petit versant supraglaciaire. Sous les petites surfaces sommitales du Pic del Clot del Cavall et de la Planada de l'Avier apparaissent les premiers cirques glaciaires. La griffure d'érosion à mi-versant à droite est la cicatrice d'une coulée boueuse qui arriva autrefois jusqu'à la Valira, emportant l'église de Llorts.

Interprétation géomorphologique

Noter le nombre et la simplicité des ensembles torrentiels. Malgré la progression des forêts la Canal del Tabanell et la Canal del Cresp restent

La limite du flanc d'auge de la glaciation maximale apparaît sur les secteurs rocheux du versant, entre les torrents, comme al Colitx, au Roc del Lloser et, vers 1700m d'altitude, au Camp de la Llosa ou à la Solana dels Batallats, donc à 400m au-dessus du fond de vallée. Les incisions torrentielles, bien que nombreuses, ne font pas disparaître la forme générale d'auge. Les pentes sont fortes, avec une dénivelée rapide et notable, de 1.000m pour deux kilomètres de distance à la Canal del Cresp, et encore de 500m pour moins d'un kilomètre linéaire à l'Obaga d'Ansalonga. C'est le caractère principal de tout le secteur, qui explique, malgré l'altitude modérée de la vallée, la présence du risque d'avalanche et la brutalité de ces petits torrents. Avec

sagesse, les habitants décidèrent au siècle dernier de mettre tous ces versants en défens, ce qui a favorisé la progression de la forêt, atténué et souvent fait disparaître ces risques naturels.

La vallée de la Valira recoupe successivement l'anticlinal del Serrat et le synclinal du Casamanya. Les couches sédimentaires, des schistes et des calcaires, sont disposées transversalement par rapport à la vallée qui recoupe indifféremment les couches plus dures ou plus tendres. Tout au plus les bassins de réception torrentiels sont mieux marqués dans ces dernières: les deux ensembles torrentiels les plus amples utilisent les schistes plus tendres du Silurien pour la Canal del Tabanell, et les calcschistes dévoniens dans le bassin du Riu de Sornàs, en rive gauche. Quelques verrous latéraux rétrécissent parfois la vallée, au passage de couches sédimentaires plus dures, comme à la Cortinada ou à Ansalonga, où ils protègent les villages des vents du nord.

La vallée suspendue de l'Ensegur est un monde à part. A partir des cirques du Casamanya et du Coll d'Arenes, et mettant à profit les schistes tendres au contact des calcaires dévoniens durs du Casamanya et de l'Obaga de l'Ensegur, elle déroule sur plus de deux kilomètres une auge bien calibrée, avec quelques verrous rocheux et d'épais dépôts où s'installèrent les prés et les *bordes* de l'Ensegur. A la Collada de l'Ensegur elle s'achève directement sur le flanc d'auge de la Valira par un gradin de 450 mètres de dénivelée.

La vallée de la Valira d'Orient

Les cirques d'amont

La vallée glaciaire de la Valira d'Orient commence à Grau Roig. Elle y est large et de forme arrondie, tapissée de dépôts et de bourrelets morainiques: c'est le Riberal d'Envalira. En amont tous les cirques présentent des caractères semblables. Même un observateur peu averti s'en rend compte lorsque ce panorama ouvert et imposant se présente à lui après avoir franchi le Port d'Envalira; hiver comme été, ce paysage est l'un des plus photographiés de l'Andorre.

Premier facteur d'analogie, le substrat: nous sommes dans un massif granitique intrusif, qui va de Mont-Louis au sud de l'Andorre. Le passage des roches cristallines aux schistes (schistes argilo-charbonneux siluriens et aux schistes rubanés du Cambro-Ordovicien) est très marqué dans le paysage. Avec les granodiorites s'achèvent les crêtes aigües, les cirques perchés et la haute montagne. À partir de Grau Roig, du Pla del Cubil et de la Collada d'Enradort commencent les *plans* et les formes adoucies du centre de l'Andorre.

Les cirques des Clots de la Menera, des Colells et le grand cirque des Pessons, d'une largeur supérieure à deux kilomètres, sont tous des cirques en van de type pyrénéen. Leur plancher est légèrement incliné, entre 2500 et 2350 mètres d'altitude; ce sont des surfaces d'érosion glaciaire, avec des roches moutonnées. Elles sont régulières dans l'ensemble, mais très variées dans le détail, formant un dédale d'îlots rocheux résiduels, de nombreuses petites cuvettes de surcreusement qui renferment une quinzaine d'étangs et, surtout vers le fond des cirques, de multiples arcs morainiques de retrait et de très étendues moraines rocheuses du tardiglaciaire, en particulier dans les Clots de la Menera et dans les Pessons. Un réseau de failles secondaires quadrille ces fonds de cirque et contribue à fixer la forme et la localisation des *bonys* et des *estanys*.

Les parois des cirques sont courtes et très raides, striées de couloirs d'éboulis et d'avalanches. Leur commandement est de 200 à 300 mètres à peine et leur base est empâtée par une série continue de cônes d'éboulis coalescents, pour la plupart actifs. Malgré leur altitude toujours située entre 2700 et 2870m, les sommets se dégagent peu de la masse montagneuse. Ces crêtes continues et régulières n'ont que peu de cols, toujours haut perchés: 2700 et 2780m pour les Pessons, 2704m à la Collada de Montmalús, 2655m pour les Colells. Le plus commode est encore la Portella de Joan Antoni à 2670 mètres d'altitude! Nous avons affaire à un niveau des crêtes qui domine un niveau des cirques. Les sommets conservent encore, à 2800m, quelques restes de surfaces d'aplanissement au Pic de Montmalús, au Pic de l'Àliga et à la Collada dels Pessons.

Nous rencontrerons des formes et des paysages semblables dans ce même massif à Empordona, à Ensagents (vallée des Cortals d'Encamp) et à Gargantillar (haute vallée du Madriu).



Le Riberal d'Envalira à Grau Roig, les Clots de la Menera et els Colells

Pho A. Lerouge

Large et évasée, la vallée glaciaire de la Valira d'Orient occupe tout le premier plan, tapissée de moraines de fond. Ce début d'auge, où sont situés les parkings et les installations de la station de ski de Grau Roig, est entouré de tous côtés par des cirques évasés, au fond relativement plat, parsemé de chicots rocheux, de multiples arcs morainiques et d'estanys. Leur plancher est toujours à 2.400-2.500m d'altitude, dominé par des parois de cirque courtes et abruptes. La neige souligne les couloirs qui les incisent et les cônes d'éboulis qui adoucissent le bas des versants. Les sommets dépassent 2.700 ou 2.800m. Au fond et au centre de la photographie, la fameuse Portella de Joan Antoni, à 2.670m, sur l'un des principaux itinéraires de contrebande.



La Valira d'Orient: le cirque dels Pessons

Ph. A. Lerouge

Le cirque glaciaire dels Pessons est vu depuis la Collada dels Pessons (2.810m). Plus que d'un col, il s'agit du *pla* sommital (qui commence avec

les pavages en bas à droite de la photographie) où aboutit l'itinéraire qui traverse les étendues considérables de moraines rocheuses du second plan. Le cirque est large - un tiers seulement apparaît ici -, avec fond assez plat, parsemé d'étangs, dont quatre à gauche de la photographie: Estany del Cap dels Pessons et Estanys de l'Obac. À droite, on peut apprécier les parois du cirque, courtes et très raides, avec des éboulis fonctionnels qui en adoucissent la base. Le chemin emprunte l'un de ces cônes d'éboulis. Les deux randonneurs, Martí Boda et Francesc Llimona en achèvent l'ascension: ils sont au sommet, exactement sur la très nette rupture de pente entre la paroi du cirque et le *pla* sommital.

Les vallées affluentes du nord: la Vall del Riu

Ce secteur fait l'objet d'une cartographie spéciale. On se reportera en annexe à la carte géomorphologique en couleurs, au 1/20000e: *Les formes de relief et de modelé, exemple n°3 - La Vall del Riu.*

Le relief est d'une grande simplicité et présente un ensemble de formes classiques de la haute montagne pyrénéenne. A grands traits, il s'agit d'une vallée modelée par les glaciers quaternaires, suspendue 300 mètres au-dessus de la vallée de la Valira d'Orient. Le raccordement se fait par une gorge très incisée où la rivière dévale par de pittoresques cascades. Cette gorge est étroite au point que les sentiers traditionnels eux-mêmes l'évitaient: l'accès se fait encore aujourd'hui par des chemins latéraux à partir des vallées voisines.

La géologie est également très simple. La vallée elle-même, les cirques d'amont et le cirque adjacent de Suriguera sont installés dans des formations cambro-ordoviciennes à dominante schisteuse, qui ont facilité le développement de ces formes glaciaires en creux. À l'ouest, le lourd Serrat de Roques Grosses, qui sépare la Vall del Riu de celle de Montaup, est armé par les mêmes calcaires dévonien qu'au Casamanya. A l'est, la Comarqueta d'Incles et toutes les crêtes mitoyennes de la Coma de Ransol sont dans des micaschistes très métamorphisés. Quelques bandes de quartzites, également du cambro-ordovicien, passent à travers ces schistes et ces micaschistes, suivant une direction est-ouest, au niveau du Riu dels Estanys et du verrou de l'Orri Amagat et, au nord, dans les crêtes qui limitent la vallée entre le Pic de la Cabaneta (2863m) et la Comarqueta d'Incles.

L'auge glaciaire de la Vall del Riu, bien dessinée et souvent sans limites latérales nettes, commence à la Pleta de la Cabaneta et à l'Orri Amagat, où le glacier recueillait les apports des cirques supérieurs. Après de trois kilomètres de parcours, il rejoignait ensuite le glacier de la Valira. Les prés des *bordes* utilisent les dépôts morainiques du maximum glaciaire, qui tapissent le fond d'auge et les replats. De part et d'autre se développent des versants supraglaciaires réguliers, couverts de terrassettes à fétuques, tous très favorables à la naissance d'avalanches, à les Canals, à la Costa Gran et à la Costa del Bony Roig.

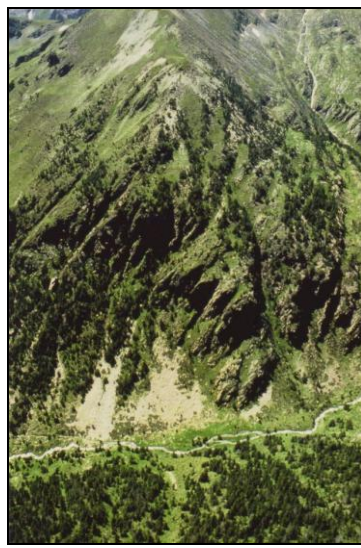
Quatre cirques suspendus entourent la vallée. Dans sa partie la plus élevée, trois cirques situés à 2300-2400m d'altitude sont entourés de crêtes sinueuses, souvent aigües, à 2600-2900m, formées par le recoupement de versants supraglaciaires; le Pic de la Cabaneta est un horn caractéristique.

La Comarqueta d'Incles et les Fonts sont deux petits cirques jumeaux face au sud, bien dessinés, en forme de demi-bol. Leur fond conserve de petites moraines rocheuses de la dernière phase glaciaire. Très pentus, leurs flancs sont couverts d'éboulis (*pedrusques* et *tarteres*) provenant de la gélifraction des hauts versants.

Le cirque dels Estanys est plus large, très ouvert comme beaucoup de cirques pyrénéens, avec un fond plat et une bordure aux versants courts et abrupts. Le plancher est une caractéristique surface d'érosion glaciaire, avec des roches moutonnées, à peine accidentée par quelques îlots rocheux et par les petites cuvettes des étangs. La fracturation de la roche se traduit par un réseau de lignes quadrillées que suivent les ruisseaux, les étangs, les verrous et les couloirs d'avalanches.

À l'ouest, séparé des précédents, s'inscrit un quatrième cirque glaciaire en forme d'entonnoir, peu excavé, dominé par de hautes surfaces planes ou arrondies très favorables en hiver à la formation de congères et de corniches. C'est le cirque de Suriguera (ou de la Borda de Llècsia), entre 2100 et 2600m d'altitude, dont les versants sont affectés par des modelés périglaciaires.

Au débouché de la vallée, de part et d'autre de la gorge de raccordement (Coma de Cardes), les deux Solans del Vilar et de l'Aldosa-els Plans appartiennent à une autre unité: ce sont deux portions de l'auge principale de la Valira d'Orient, en pleine exposition sud. De bas en haut, on observe successivement un fond d'auge assez étroit, puis le versant d'auge, abrupt et accidenté de rochers et de verrous latéraux, avec quelques replats qui conservent des dépôts glaciaires (els Clots, l'Armiamà, els Plans). À sa limite supérieure apparaît un épaulement régulier, de la Pleta de Pixolell à la Cabana de l'Eucasser. Au-dessus s'étend le versant supraglaciaire de la Pala de Torradella, aujourd'hui couvert de fétuques glissantes et affecté par la solifluxion, avec de multiples terrassettes.



Les Canals de la Vall del Riu, dans la vallée moyenne
Ph. A. Lerouge

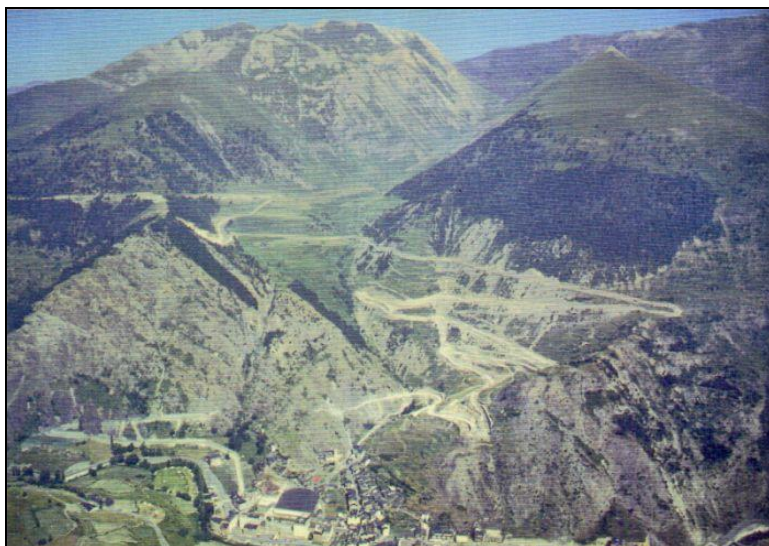
Les vallées affluentes du nord: Montaup et Mereig

Ce secteur fait l'objet d'une cartographie spéciale. On se reportera en annexe à la carte géomorphologique hors texte en couleurs, au 1/20.000e: *Les formes de relief et de modelé, exemple n°4 - Montaup-Mereig*.

Les *comarques* de Montaup et de Mereig occupent les versants sud et est du massif du Casamanya, depuis les crêtes jusqu'au Valira d'Orient. Les roches du substrat ont une influence sur le relief et sur le modelé: le Pic de Casamanya et les crêtes voisines sont armés dans des calcaires dévonien massifs et, au nord, le Coll d'Arenes, l'Ensecur et les Clots d'Encarners sont excavés dans des schistes plus tendres, charbonneux ou ferrugineux (de là des toponymes comme Roca Negra ou Font de Ferro). Cependant, si les couches géologiques sont disposées est-ouest, les formes de relief et les vallées principales sont orientées vers le sud, assez indifférentes à la lithologie. Les adaptations sont purement locales. Sur les versants, les diverses roches se manifestent par des pentes et par des modelés différents.

Indépendamment des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires (moraines et dépôts argileux ou sableux de Mereig et du Planell de les Basses, de Montaup et du Bosc de la Canya), nous avons quatre couches géologiques de part et d'autre du Casamanya, deux calcaires et deux schisteuses.

Les calcaires du Casamanya constituent l'axe synclinal, porté à plus de 2.700 mètres d'altitude et mis en valeur par inversion du relief. Le pic lui-même et les sommets voisins, l'Alt de Mereig et l'Alt de Montaup (dont le sommet parfaitement plat est une des hautes surfaces les plus belles d'Andorre), sont dans des calcaires massifs: de part et d'autre du Riu de Montaup ils donnent les versants abrupts et très avalancheux de les Canals et de les Llanasques. Les pentes méridionales du Casamanya, plus douces, sont dans des calcschistes et dans des calcaires à intercalations schisteuses, toujours du Dévonien. Là se trouvent les crêtes arrondies et les pentes moyennes supraforestières favorables aux avalanches les plus préoccupantes de tout le secteur. Là aussi la pelouse alpine, couvrante mais assez fragile (sols filtrants, peu cohérents et exposition sud) est facilement agressée: autrefois par les stries de parcours des troupeaux ovins, aujourd'hui par les ornières des véhicules tout-terrain qui trouvent là les pentes modérées et les espaces qui leur conviennent.

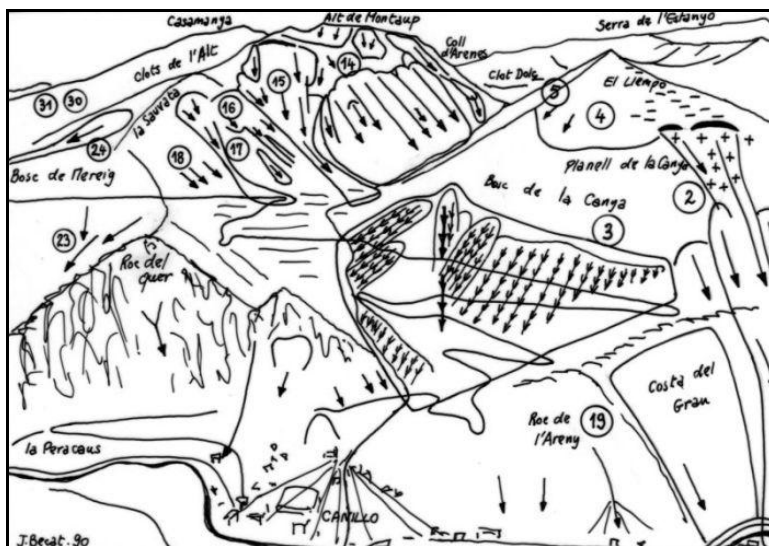


Canillo et la *comarca* de Montauban

Ph. A. Lerouge

Au premier plan la vallée de la Valira à Canillo. Le village s'était établi au bord du cône de déjection du Riu de Montauban; aujourd'hui il occupe tout

l'espace disponible. De part et d'autre, les grands abrupts calcaires du Roc del Quer et des Batallassos et du Roc de l'Areny, interprétables comme des crêts. Pour gagner la vallée suspendue de Montauban, la nouvelle route évite la gorge de raccordement et incise d'abord les rochers puis les dépôts très instables et déjà ravinés de l'Artiga et du Bosc de la Canya. À Montauban, un tracé initial enveloppait la vallée, mais il fut abandonné à cause du grave danger d'avalanches au profit d'un tracé à la limite du *pla*. La masse blanche calcaire du Casamanya, un synclinal perché, contraste avec les gris des schistes de l'arrière-plan, où se développent les cirques d'amont. À l'horizon, le profil régulier du Pla de Ferreroles puis la crête de l'Estanyó qui culmine à droite à 2.915m.



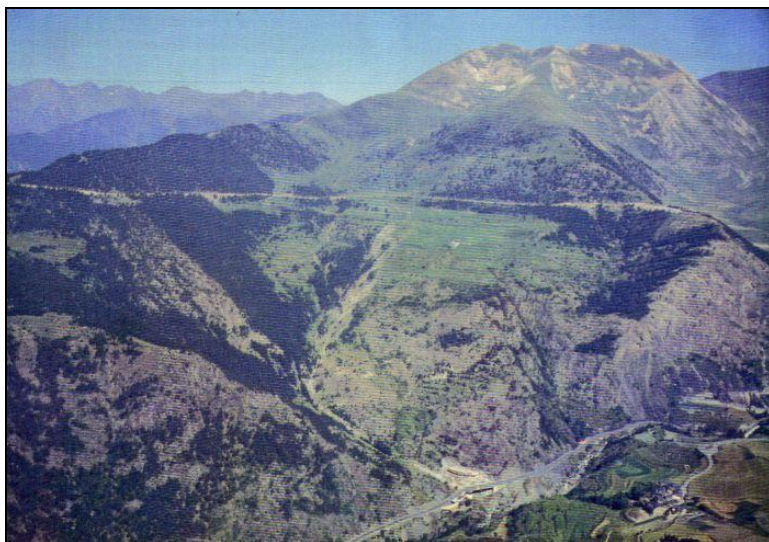
Montauban-Mereig. Le versant d'auge de la Valira n'a que quelques purges locales. Le Bosc de la Canya et l'Artiga, où s'inscrit la route, sont des secteurs préoccupants: cette masse de matériaux glaciaires latéraux est instable (les défrichements abusifs et l'incision du Riu de Montauban ont favorisé les érosions locales (*aixeragalls*) que l'ouverture de la route réactivera si des précautions ne sont pas prises; d'autre part, l'étroit Bosc de la Canya est en mauvais état. En *defens* depuis plus d'un siècle il a trop vieilli; or il est seul à protéger la route et le village. Le risque d'avalanche est omniprésent dans le domaine supraforestier, comme dans tous les hauts versants sud.

Interprétation: risques naturels

Ce croquis localise tous les éléments de la carte de risque d'avalanche

Au nord comme au sud les schistes siluriens ont facilité les évidements. Au nord ce sont les cirques de l'amont de Montauban, aux noms significatifs, Clot Dolç, Clot Fondo, Clots d'Encarners. Les schistes donnent des manteaux d'éboulis fins et de belles pelouses alpines: c'est un des plus fameux *cortons* de Canillo. Dans cette zone schisteuse, comme dans les calcschistes du Casamanya, se développent des modelés périglaciaires. Au sud, aux gorges de Meritxell, on retrouve ces schistes dans lesquels s'encaisse la Valira.

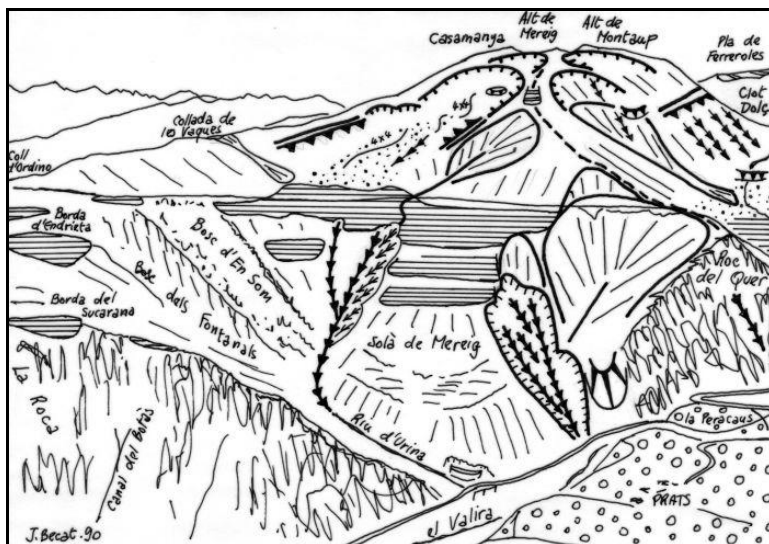
Cette zone possède la plupart des éléments caractéristiques de la haute montagne andorrane, avec un ensemble de modelés glaciaires, périglaciaires et torrentiels. Les formes de relief sont claires et très pédagogiques. Elles s'étagent sur 1.500 m de dénivelée entre la Serra de l'Estanyó ou le Pic de Casamanya et la Valira d'Orient. Dans la typologie des formes de modelé, au chapitre 142.2, plusieurs exemples portent sur Montaup-Mereig.



Le Pic de Casamanya et l'ensemble de Mereig

Ph. A. Lerouge

Au premier plan la vallée de la Valira à l'entrée des gorges de Meritxell (à 1.450m au confluent avec le Riu d'Urina), entre l'extrémité de la grande coulée del Forn, à droite, et les abrupts de la Roca. Au-dessus les incisions torrentielles et les plans (1.850m) avec de gauche à droite la Borda d'Endrieta, les Bordes del Gabriel i del Comet, les Bordes de Mereig. C'est le niveau des dépôts glaciaires latéraux et des fonds d'auge, semblable à celui de Montaup, à l'extrême droite. Le passage des calcschistes aux calcaires dévonien massifs qui arment le pic du Casamanya (2.740m) apparaît dans le paysage, par les changements de pentes comme par les tons du paysage.



Malgré leur vigueur et la masse de matériaux meubles mobilisables les incisions torrentielles n'ont pas de cônes de déjection car la Valira les emporte aussitôt. Les petits replats du Solà de Mereig sont sur la roche en place, mais les niveaux inférieurs du Bosc d'en Som ou de la Borda d'Endrieta sont dûs à des affaissements des dépôts glaciaires (effet de soutirage). Au-dessus, le niveau principal de Mereig et les formes glaciaires du massif sont à peine altérés, situation très différente de la Valira del Nord où les formes torrentielles sont partout présentes. L'Alt de Montaup et le Pla de Ferreroles sont des surfaces d'érosion sommitales, légèrement basculées.

Interprétation géomorphologique

Ce croquis reprend la carte annexe Montaup-Mereig. La coulée postglaciaire de Prats-el Forn est recoupée par la Valira à la Peracaus.

En amont, on observe un ensemble de cirques aux formes variées (en demi-bol ou en entonnoir), étagés les uns par rapport aux autres, à Montaup comme à Mereig. Ils ont des verrous et des barres rocheuses résiduelles et, souvent, ils sont adoucis par des manteaux d'éboulis ou par la solifluxion. Les formes périglaciaires y abondent, loupes, stries, terrassettes et autres formes de versant. Les crêtes présentent aussi toute une typologie de formes: crêtes d'intersection de versants supraglaciaires avec des pyramides d'intersection (le Pic de Casamanya ou l'Alt de Mereig); surfaces sommitales étendues et spectaculaires (l'Alt de Montaup: 700m d'extension à 2.700m d'altitude, le Pla de Ferreroles: cinquante hectares); des *plans* plus étroits et allongés à la Serra de l'Estany Gran ou à la Serra dels Isards; enfin des crêtes douces et arrondies forment transition vers l'aval.

Dans la partie moyenne, il y a deux vallées glaciaires, plus limitée à Mereig, plus développée à Montaup, avec un secteur étroit et rocheux dans les calcaires puis un secteur plus ouvert en forme d'auge et, perchés au-dessus, de petits cirques ou des versants supraglaciaires réguliers.

Ces vallées glaciaires sont perchées spectaculairement au-dessus de l'auge principale de la Valira, plus large et limitée par de grands abrupts calcaires à Canillo (Roc del Quer et Roc dels Batallassos), plus étroite à Meritxell. Elles s'achèvent avec des secteurs matelassés de dépôts morainiques ou de remplissage latéral (Borda d'Endrieta, Planells de les Basses, Plans de Mereig, Plans de Montaup, Bosc de la Canya), petits terroirs que mettent à profit des *bordes*.

À cause de la dénivelée importante (400 à 500m dûs à la fois à la disproportion entre les langues glaciaires et à l'érosion de la Valira), ces matériaux meubles et les calcschistes ou schistes du substrat sont incisés par les torrents: gorges ou *barrancs* du Riu d'Urina, gorge de raccordement du Riu de Montaup. Localement il y a de spectaculaires badlands et des formes d'instabilité des versants, avec des tassements anciens et des risques actuels aux environs des *bordes* de l'ouest, au Barranc del Bosc, à l'Artiga et au Bosc de la Canya. Dans tous ces niveaux inférieurs, les modelés torrentiels s'imposent, comme c'était à prévoir et, près de la Valira, il y a de petits secteurs de modelés fluviaux, tels que des méandres, un lit d'inondation et des terrasses, très remaniés par les endiguements et par les aménagements urbains.

La zone centrale: cirques et versants de la rive gauche de la Valira

La vallée glaciaire de la Valira présente quatre secteurs différents de sa naissance, à Grau Roig, jusqu'à l'entrée de l'ombilic d'Encamp.

Jusqu'à Soldeu, c'est le Riberal d'Envalira, une auge régulière et ouverte, avec des dépôts morainiques abondants et des versants de faible commandement. De part et d'autre, au-dessus d'un épaulement, des cirques ouverts sont faiblement creusés, avec fond plat ou très évasé: ce sont les Clots de Moscatosa, les Clots de Massat et les Clots de l'Ós sur la rive droite, le Cubil et la Solana del Forn sur la rive gauche.

Le Riberal d'Envalira et le Cubil (Canillo-Encamp)

Ph. A. Lerouge

Cette vue hivernale est prise en direction du nord-ouest, depuis le cirque des Clots de la Menera, dont les arcs morainiques, les parois et les éboulis de pied de versant apparaissent au premier plan. L'auge de la Valira d'Orient commence au centre de la photographie et décrit une large courbe vers l'ouest: c'est le Riberal d'Envalira, ample et peu encaissé. Le versant d'auge est souligné par le Bosc de Moretó, interrompu par la coulée de la Comella, dans des schistes argileux. Elle matérialise le passage des granodiorites (le cirque de la Menera où nous sommes, le cirque des Pessons au dernier plan à gauche, et les Pics Baix et Alt del Cubil, 2.705m et 2.820m) aux schistes divers

qui forment le substrat des larges cirques et des *plans* du centre de la photographie.



De Soldeu à Sant Joan de Caselles l'auge glaciaire est toujours aussi nette et bien dessinée, mais plus étroite et plus profonde, avec des versants plus raides, parsemés de rochers, de verrous latéraux et de petits replats. Ses versants nord et sud sont très dissemblables. Au nord, entre les Solans de Soldeu, de Ransol-el Tarter, de l'Aldosa-els Plans et de l'Armiana, qui sont des portions du flanc d'auge, aboutissent trois vallées glaciaires affluentes, de plus en plus perchées par rapport à l'auge principale: la Vall d'Incles, la Coma de Ransol et la Vall del Riu. Au sud le versant est plus homogène et régulier, dominé par une série de cirques très ouverts et peu excavés, eux-même surmontés par de hautes surfaces d'érosion. Ce sont les cirques

dels Espiolets, de Riba Escorjada et d'Encampadana.

À Canillo le paysage devient plus ouvert, en particulier vers le sud, Au nord commencent de grands abrupts (Rocs dels Batallassos et Roc del Quer) qui se poursuivront jusqu'à Encamp. Cela est dû à la grande coulée postglaciaire del Forn, encore mal stabilisée.

Enfin, à Meritxell, la vallée plonge vers le bassin d'Encamp. Elle est plus étroite, avec une pente plus forte, entre des versants très abrupts, d'une dénivelée qui atteint 550m à la Roca et, en face, 900m à Rep. Ce dernier versant présente des rochers apparents puis une ébauche de replat à mi-versant, avec des éboulis rocheux puis, jusqu'à la crête, un long versant supraglaciaire dont la pente est très tendue.

Les roches, comme nous l'avons vu, appartiennent toutes à une série du Primaire. Les schistes divers dominent partout, sauf à Canillo, à Encampadana et au Forn où nous avons l'extrémité du synclinal du Casamanya, avec des calcaires parfois mêlés de schistes et des calcschistes. Les *plans* sommitaux recoupent indifféremment ces formations.

Au sud nous avons un niveau de cirques à fond plat ou bien de larges creusements glaciaires suspendus au-dessus de la vallée de la Valira d'Orient. Tous sont bordés par des versants courts, d'une centaine de mètres de dénivelée au maximum, mais aux pentes accentuées et localement rocheuses. Quelques incisions torrentielles limitées et quelques érosions sur les versants n'arrivent jamais à modifier une apparence de grande régularité. Un niveau de hautes surfaces planes ou légèrement arrondies domine cet ensemble de cirques, ainsi que ceux des Cortals d'Encamp, jusqu'à Rep. Sur quatre kilomètres d'est en ouest et sur plus de deux du nord au sud, tous ces *plans* enveloppent les cirques et les hauts vallons à une altitude constante située entre 2.400 et 2.500 mètres, avec seulement quelques dizaines de mètres de dénivelée entre les sommets et les cols. C'est une ancienne surface d'érosion tertiaire, antérieure aux formes quaternaires en creux, portée à cette altitude par les derniers mouvements orogéniques. Ces *plans* jouent un rôle fondamental dans la dynamique et dans la localisation des accumulations de neige et du risque d'avalanches.

Le secteur del Forn est le plus original et le plus préoccupant en ce qui concerne les risques naturels. Schématiquement, il s'agit d'un spectaculaire glissement de trois kilomètres de longueur sur un kilomètre de largeur, qui descendit des crêtes du Pic dels Maïans vers la Valira lorsque, entre 20.000 et 10.000 BP, le glacier qui occupait la vallée de la Valira fondit et se retira.

Pendant la période glaciaire le glacier devait retenir latéralement les dépôts et les roches de cette zone déjà fragilisée. Avec la fusion on peut penser que la masse glissa, avec une série de mouvements rotationnels encore décelables par des niveaux marqués dans la coulée, et qu'elle obstrua la vallée. Les cicatrices de l'arrachement sont toujours visibles au sommet ; on les suit sur plus d'un kilomètre de la Roca del Forn et de la Planada dels Maïans à la Costa de les Gerderes et au Cap de Rep, à 2.250-2.340m d'altitude. Le volume de la masse affectée par le glissement est de l'ordre de cent millions de mètres cubes³².



La cicatrice de l'arrachement est 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. La masse effondrée, d'environ 3 km, forme plusieurs niveaux, en relation avec une série d'affaissements successifs (mouvements rotationnels). L'extrémité de la masse fluée s'étale vers Canillo et Prats, en bas et à gauche. Au-delà, hors de la photographie, le lobe terminal est réincisé par la Valira (voir plus loin).

Vue d'ensemble du glissement du Forn de Canillo

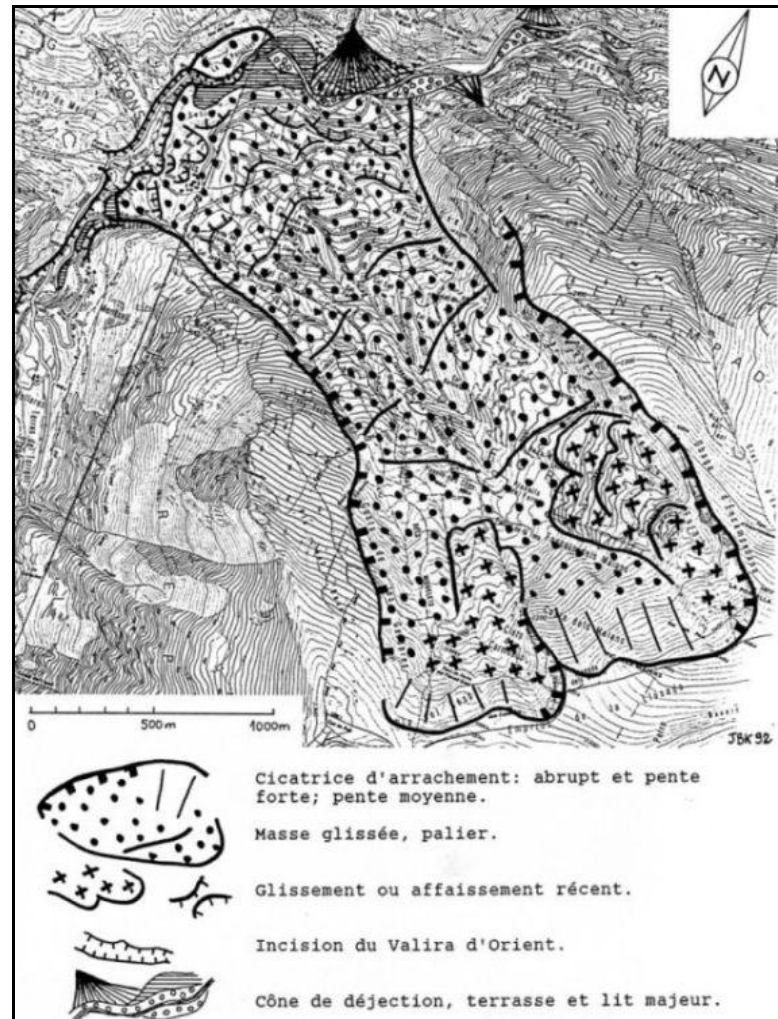
Ph. J. Becat, depuis la *carretera* de Mereig.

La langue de matériaux fluants obstrua la vallée du 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

³² - David Serrat et autr. *Història Natural dels Països Catalans, volume 3: Recursos Geològics i sòls*. Chapitre: "Els riscos geològics", par Jordi Corominas, page 246.

du Roc del Quer, à la Peracaus, à 1.500m d'altitude.

Le glissement du Forn de Canillo



Selon Jordi Corominas (1985), puis Gérard Soutadé (1989), il s'agit d'un mouvement complexe, post-glaciaire, 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 fracturées³³. Au Forn ce grand glissement a été facilité par les schistes noirs du Silurien, argileux ou ferrugineux, qui supportent la masse calcaire synclinale. Ces schistes noirs apparaissent de part et d'autre de la masse fluée, à l'Ovella et dans tout

³³ - 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 (esquistes i pissarres) i alternances de margues, gresos o calcàries (ritmites)."

le secteur ouest.

Cicatrice du glissement ancien et glissements récents

Ph. 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 matérialise la cicatrice du grand glissement del Forn. Au premier plan, les Clots de Carmenús 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.



L'extrémité inférieure du glissement et l'incision du Valira à Prats

Ph J. Becat

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, le 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 soumis au risque de glissement.

Dans le dossier qui accompagne la cartographie CLPA du secteur del Forn, en 1990, nous écrivions, à propos du glissement del Forn et du risque actuel d'instabilité

des terrains et de chutes de pierres³⁴.

"El sector del Forn és el més original 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 Maïans 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 Maïans i la Roca de Carmenús. Aquesta part alta encara funciona, com en donen testimoni 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 Emprius de la Llosada.

La part central [dels obacs] 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 argilosos³⁵. 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 Carmenús, 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 metres³⁶. 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.

³⁴ - 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.

³⁵ - Dossier CLPA: *El Forn...*, J. Becat, p.8 et 9.

Notarem nomès uns quants llocs més problemàtics. 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 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."

La zone centrale: les Cortals d'Encamp

Elle offre deux situations, deux familles de paysages très différentes que nous avons déjà évoquées. Au sud, dans le massif de granodiorites, les cirques et les vallées glaciaires d'Empordona, d'Ensagents, de les Agols et de la Coma dels Llops présentent un air de famille évident avec ceux dels Pessons ou dels Colells.

Au nord, la vallée des Cortals d'Encamp, les Deveses et la Llosada sont la continuation des cirques et des *plans* centraux que nous venons de décrire. Les vallons et les versants doux de les Deveses et de la Llosada sont des *solans* recouverts de pelouses alpines et de terrassettes de *gespa* (*Festuca eskia*), dominés par les hautes surfaces où le vent d'hiver est le maître du territoire et de la neige. Entre 2.100 et 1.800 mètres d'altitude la petite vallée glaciaire des Cortals est régulière, bien dessinée, avec deux versant dissemblables. Au sud l'Obac dels Cortals est uniforme, entièrement boisé et protégé. Au nord les Rocs Negres sont incisés par une série de petits bassins torrentiels. Enfin, à Encamp, un gradin de 400 mètres de dénivelée sépare la vallée suspendue dels Cortals de la vallée de la Valira. Les profondes incisions des gorges de raccordement du Riu dels Cortals et du Riu de les Pardines y

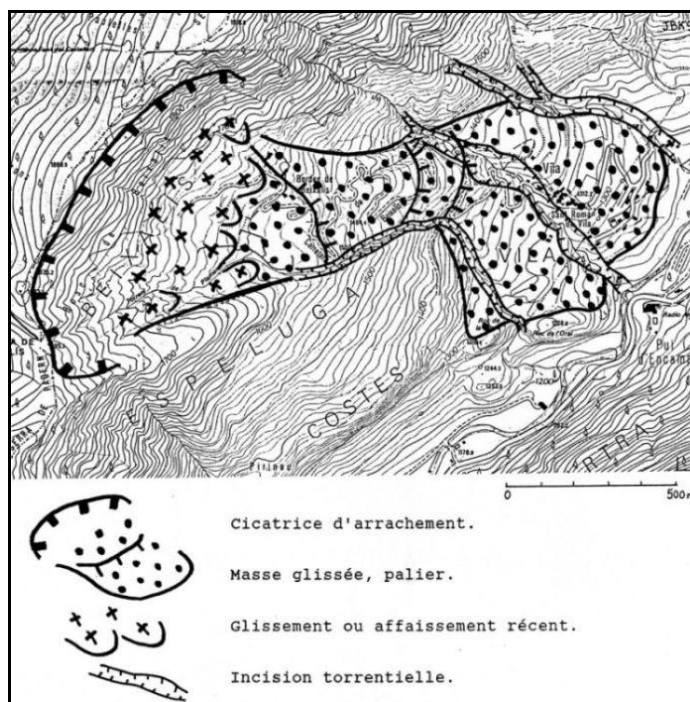
³⁶ - id., p.23.

alternent avec des formes plus douces dans les dépôts morainiques qui recouvrent le versant.

L'ombilic d'Encamp

L'ombilic d'Encamp s'inscrit entre les deux gorges de Meritxell en amont (la Garganta) et de la Bartra au sud, mise à profit par la centrale hydroélectrique des Escaldes. Le creusement a été favorisé par deux facteurs : d'une par la présence de schistes du silurien et, d'autre part l'apport de la langue glaciaire adjacente des Cortals d'Encamp qui rejoignait le glacier principal de la Valira d'Orient. Vers l'aval, le flanc droit de l'auge est affecté par un autre grand glissement, à Vila et Beixalís.

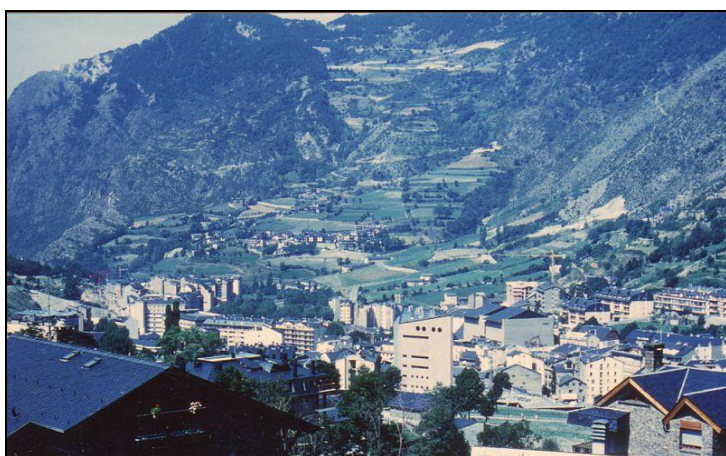
Le glissement de Beixalís, à Encamp



Le **glissement de Beixalís** présente des caractères proches de celui del Forn. C'est également 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 aussi 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 au 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.



Ph. J. Becat

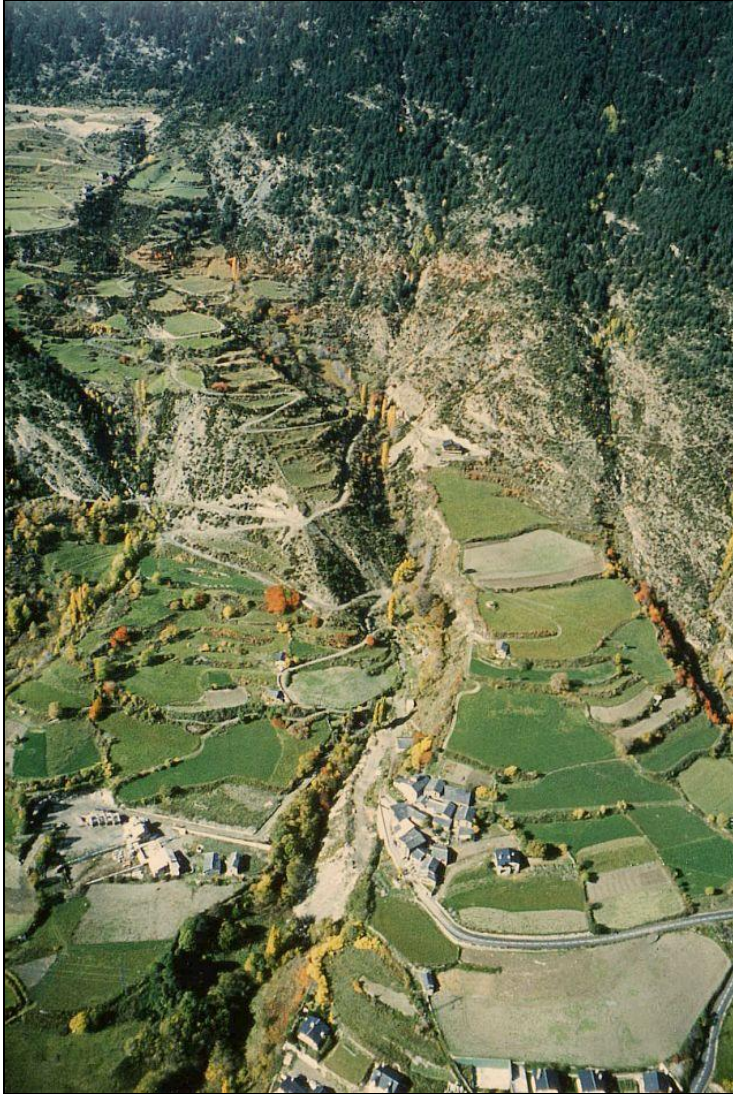
La vue est prise depuis la sortie des gorges de Meritxell, en direction de l'aval. Le large ombilic d'Encamp s'urbanise rapidement. Au second plan, au centre, le glissement de Beixalís ouvre une trouée dans le versant d'auge et empâte le pied du versant.

**Vue d'ensemble du
glissement de Beixalís,
à Encamp**



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 post-glaciaire 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.



Le glissement de Beixalis, à Encamp

Ph. A. Lerouge

Cette vue présente la partie centrale et inférieure du glissement de Beixalis. Tout en haut et à gauche, un lacet de la piste qui monte à la Collada de Beixalis 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 au-dessus 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 de la photographie, ils s'étagent sur son talus.

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 celui del Forn. En aval la masse fluée est moins épaisse. Il n'y a donc pas les effets de poussée exercés par les terrains meubles eux-mêmes et par l'appel au vide. De plus la langue est en partie calée dans son trajet inférieur et pour une partie de son extrémité par les roches calcaires du substrat. Le risque de glissement est limité à d'éventuels mouvements superficiels, que les infrastructures et les constructions favorisent certainement. Les talus meubles des rives des torrents présentent les risques d'éboulement et de ravinement habituels dans ces situations. Par contre, dans le Bosc de Beixalís et dans les prairies au-dessus des *bordes*, la partie d'amont présente les modelés caractéristiques de coulées et de glissements rotationnels plus récents, qui s'inscrivent dans la forme principale, comme au Forn. C'est le secteur qui est emprunté par les derniers lacets de la route qui accède à la Collada de Beixalís, où le risque de glissement semble toujours présent.

La vallée du Madriu

Les cirques et la haute vallée

Toute la vallée du Madriu et les crêtes qui l'entourent s'inscrivent dans les granodiorites du sud de l'Andorre. La haute vallée est caractérisée par une série de cirques glaciaires très larges qui surplombent une vallée glaciaire très ouverte qui va du Pla de l'Ingla à l'Estall Serrer. Elle est couverte de dépôts glaciaires: ce sont les meilleures estives de l'ancienne paroisse d'Andorra-Escaldes.

Au sud, une série de quatre cirques à fond plat, séparés par des crêtes de recoupement, s'inscrit vigoureusement en contrebas d'une ligne de crête continue et élevée (2.700 à 2.900m): d'est en ouest, ce sont les cirques de la Portelleta et des Clots de la Portella de Setut, qui forment la *comarca* de Setut, et les cirques dels Estanyons et des Clots de la Raconada de la Maiana, qui forment la *comarca* de l'Estall Serrer. Les parois des cirques sont abruptes, incisées de multiples *canals*, à la fois couloirs d'éboulis et d'avalanches. Des cônes et des manteaux d'éboulis actifs oblitèrent le pied des versants. Tous ont d'abondantes moraines rocheuses (glaciers

rocheux ou glaciers noirs du tardiglaciaire) dont les multiples arcs s'avancent parfois jusqu'au seuil du cirque, à la Portaleta et aux Clots de la Raconada.

Au nord, un très grand cirque en van, Gargantillar, a son plancher entre 2.600 et 2.400m d'altitude. C'est une superficie d'érosion glaciaire, avec quelques reliefs résiduels et des cuvettes occupées par de nombreux étangs de toutes dimensions. Un réseau de fractures oriente ces *bonyes* et les petits cours d'eau. Elles donnent leur forme à certains étangs, comme l'Estany de la Bova ou l'Estany Forcat. Vers l'aval l'Estany Blau occupe le fond d'un petit cirque en demi-bol.



La vallée du Madriu: les cirques et la haute vallée

Ph. J. Becat. Photo du haut: le fond du cirque des Clots de la Raconada de la Maiana. Photo du bas: le gradin inférieur du cirque des Clots de la Portella de Setut.

Les crêtes du nord ont des formes arrondies ou des *plans* sommitaux dont

certains sont importants, comme ceux qui enveloppent l'Estany Blau. Ces aplanissements apparaissent aussi au sud, au Pic de la Portelleta (que l'on désigne du nom caractéristique de Tossa Plana de Llès en Cerdagne voisine), et surtout plus à l'ouest à Perafita et à la Maiana.

La Vall del Madriu

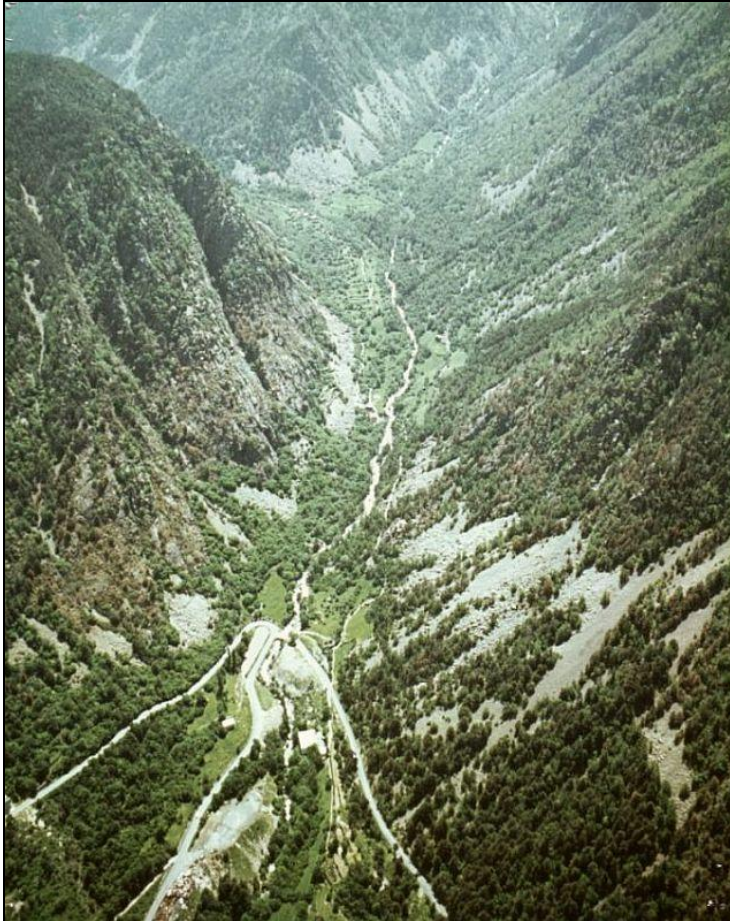
Ce secteur fait l'objet d'une cartographie spéciale. On se reportera en annexe à la carte géomorphologique en couleurs, au 1/20.000e: *Les formes de relief et de modelé, exemple n°5 - La Vall del Madriu.*

Dans sa seconde partie, de Fontverd aux Escaldes, la vallée du Madriu devient plus étroite et très bien calibrée. C'est une auge glaciaire caractéristique, avec des seuils rocheux, quelques verrous latéraux et de légers élargissements occupés par des *bordes* ou des *pacages*: la Farga, Fontverd, l'Estall, Ràmio. La vallée du Riu de Claror i Perafita, qui conflue avec le Madriu à Entremesaigües est une auge plus étroite et plus raide.

Ces vallées sont en zone granitique. On y observe seulement la présence de quelques bandes de quartzites, ainsi que des schistes métamorphisés tout à l'ouest, au Bony de Comescura et au sommet de la Canal de l'Astrell. Dans le détail, des failles conditionnent souvent la présence des accidents du relief et des couloirs dans les versants. L'Obac du Madriu, très rigide, suit une faille plus importante. Le diaclasage de ce granit, sa fragilité pendant les périodes froides quaternaires et les vallées aux versants raides et rocheux expliquent la présence si importante des éboulis et des *tarteres* au pied des versants. C'est l'un des caractères de la vallée. Au-dessus de ces éboulis le versant présente souvent des affleurements rocheux très diaclasés et instables. Ce sont des facteurs qu'il ne faudrait pas oublier si la base des versants et les *tarteres* étaient modifiées par une intervention humaine, par exemple par la route actuellement en projet. Une quelconque modification des éboulis et des profils des versants provoquerait des instabilités dangereuses, en particulier dans la vallée étroite du Riu de Perafita i Claror.

L'autre caractère de la vallée du Madriu vient de son orientation est-ouest, qui oppose un *obac* en partie boisé à un *solà* parcouru par une impressionnante batterie de chenaux torrentiels qui fonctionnent chaque année comme couloirs d'avalanches. Les *plans* qui dominent les versants (la Tosa del Braibal au nord et la grande Rasa de

Perafita au sud) favorisent la formation de grandes corniches. En exposition sud, les bassins de réception sont couverts de banquettes et de gradins de *gespa* glissante, et la neige y évolue vite. À l'Obaga de Fontverd de haut versants rocheux et des amorces de cirques sont autant de départs potentiels. Toutes les conditions sont réunies pour avoir un risque d'avalanche très élevé. La plupart des cônes sont d'ailleurs mixtes, torrentiels et d'avalanches, fait exceptionnel en Andorre.



**La vallée du Madriu:
la basse vallée,
vue vers l'amont**

Ph. A. Lerouge

Une perspective de la basse vallée du Madriu entre la route de la Comella à Engolasters, au premier plan à 1.230m d'altitude (là commence l'incision torrentielle de raccordement vers la Valira), et Entremesaigües au second plan à 1.450m. Au-delà la vallée du Madriu continue sur la gauche. Au fond et à droite, l'auge étroite du Riu de Perafita i Claror. Quelques caractères sont évidents: raideur des pentes, éboulis et *tarteres*, auge étroite, incisions dans les versants. Ce secteur, d'altitude encore modeste, est assez peu avalancheux.

La typologie des formes de relief et de modelé

Nous verrons d'abord les formes mûres des sommets, les *plans* et les hautes surfaces d'érosion. Nous avons constaté à travers les exemples locaux qu'elles étaient partout présentes, jusqu'à 2900 mètres d'altitude, et qu'elles avaient localement des dimensions remarquables.

Suivront ensuite les principaux modelés glaciaires, qui dominent dans toute la haute Andorre et dans les vallées principales, puis les formes périglaciaires, qui sont de moindre envergure, plus ponctuelles, mais partout présentes: elles sont responsables de l'aspect particulier des hauts versants andorrans; on les retrouve dans l'Andorre basse comme héritage des périodes froides (grands versants d'éboulis des *solanes*, *tarteres*, etc.).

Les modelés torrentiels seront examinés ensuite. Si certains ont été créés récemment, beaucoup réutilisent des formes héritées. Ils sont très présents dans l'Andorre moyenne, ils deviennent prédominants dans l'Andorre basse. Les formes fluviales et fluvio-glaciaires sont moins fréquentes, mais elles marquent quelques paysages, dans les vallées et dans la cuvette de la Massana.

À l'inverse des *comarques* voisines de la Cerdagne ou du Capcir, les failles ne jouent pas en Andorre un rôle essentiel. Dans les granits il y a une fracturation secondaire importante qui apparaît dans les surfaces d'érosion glaciaire. Elle guide les formes de relief mineures et le tracé des cours d'eau.

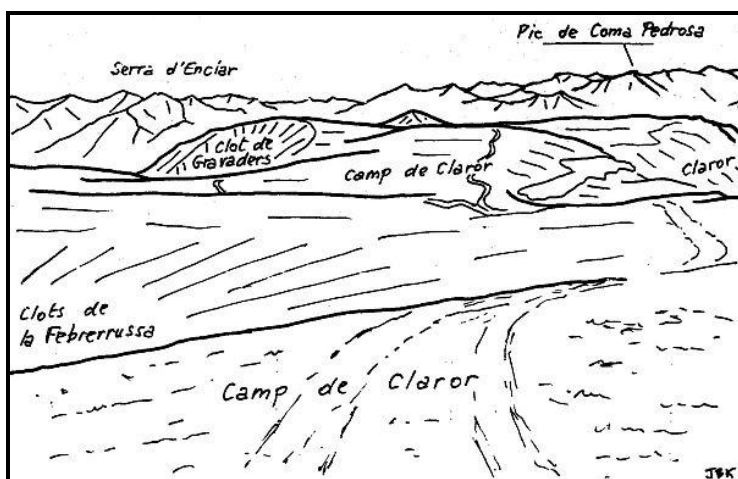
Indépendamment de ce phénomène courant dans les socles et dans les grands massifs intrusifs, il faut cependant signaler quelques accidents majeurs qui orientent certaines vallées ou des crêtes³⁷:

- les failles qui encadrent les *plans* du sud (Camp de Claror, Camp Borrut et Camp Ramonet);
- la faille qui va de la Coma del Forat à Rialb;
- la grande faille qui, depuis Soldeu, fixe le Port Dret, la vallée du Riu de Sant Josep et la Solana d'Andorra; des failles de même direction ouest-est se retrouvent à Siscaró;
- toute une batterie de failles SE-NO, une des directions du quadrillage de fractures qui affectent le massif granitique du sud-est andorran, fixe la vallée moyenne du Madriu et, sur Encamp, les vallées de les Agols, d'Ensagents, les petits cours d'eau et les étangs de Gargantillar. On la retrouve dans les failles qui orientent la vallée du Riu d'Enclar.

³⁷ - Études et cartes géologiques d'Andorre au 1/50.000e de Cai Puigdefàbregas (*El patrimoni natural d'Andorra*, 1979), et de Marie Claire Prat (*Les montagnes et les vallées d'Andorre*, 1980), reprenant les travaux et les cartes de H.J. Zwart ("*Geological map of the Paleozoic of the Central Pyrenees...*", 1965) et

Les formes mûres

Ces *plans* et ces formes mûres sont toujours sur des sommets ou sur des crêtes. Plus ou moins étendues, ce sont toujours des formes de relief résiduelles, qui subsistent là où les érosions postérieures ne les ont pas encore éliminées: ce caractère apparaît à travers leur dessin. On se reportera en annexe à la cartographie systématique dans la carte au 1/100.000e: *Les formes mûres et les plans sommitaux*. Il n'y a pas en Andorre de *plans* qui ne soient sommitaux. Lorsqu'on observe des replats à mi-pente ou sur les versants, ils sont dûs à d'autres facteurs (épaulements, replats, plateformes d'érosion glaciaires, terrasses, etc).



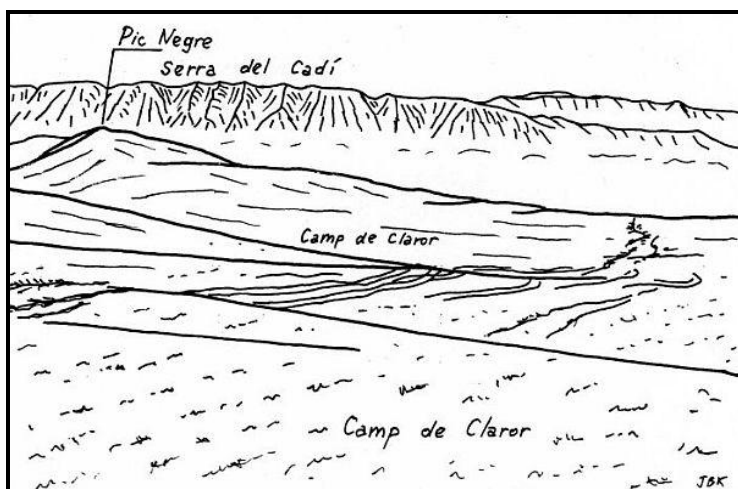
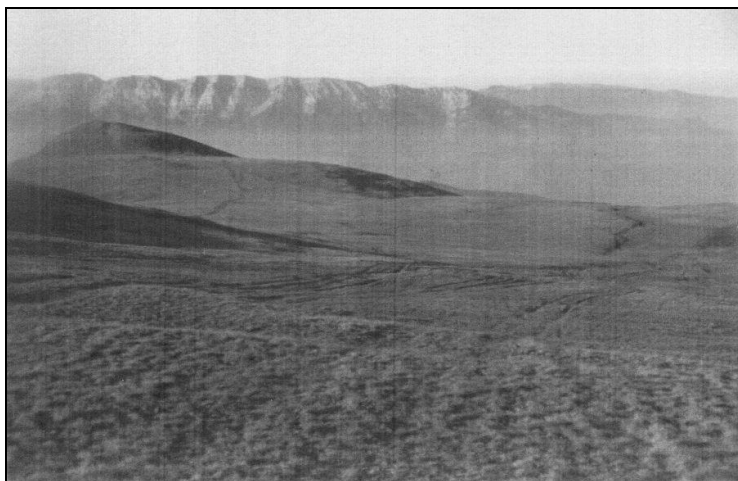
Camp de Claror, vers le nord. Andorra-Escaldes-Sant Julià

Ph. J. Becat. Référence: carte des plans sommitaux, n° 60.

La partie méridionale du *pla* avec, au loin, les montagnes du nord de l'Andorre et du Pallars. On observe très bien le niveau des crêtes et des pics, entre 2700 et 2900m d'altitude. Les deux personnes, Lleó Serve et Joan Armengol, observent vers l'est le cirque de Claror. Nous sommes à 2.600m d'altitude, sur une topographie très légèrement vallonnée, avec moins de 30m de dénivelée, ce qui suffit malgré tout à générer sur le *pla* des formes de modelé périglaciaire: loupes de gélifluxion, petites nappes d'éboulis près des reliefs résiduels, sillons, microtalus d'érosion. La *pla* n'a guère ici qu'une cinquantaine de mètres de largeur, avec ensuite un passage étroit dû à l'encoche du cirque des Clots de la Febrerussa (sur la gauche). Au second plan, le *pla* s'élargit jusqu'à 400m; il conserve encore une congère de neige, accumulée sous le vent d'un léger bombement. Plus loin et à gauche on devine le Clot de Gravaders. Le modeste relief que l'on aperçoit au loin (2.606m), au-dessus de Joan Armengol, est situé vers l'extrémité nord de Camp de Claror, à plus de deux kilomètres de nous.

Les *plans* sont des formes mûres ou des surfaces d'aplanissement modelées

au tertiaire, après les orogénies alpines et pyrénéennes, puis portées en altitude et attaquées dès la fin du tertiaire par une vigoureuse érosion torrentielle. Celle-ci a également bénéficié de l'enfoncement des bassins de Cerdagne et de l'Alt Urgell, qui donnaient des niveaux de base proches et déprimés. Les glaciations quaternaires, en particulier par le creusement des cirques, ont continué cette oeuvre de destruction des *plans* et de rajeunissement du relief.



Ph. J. Becat. Référence: carte des plans sommitaux, n° 60.

Une vue partielle de ce grand *pla*, dans sa partie centrale, en direction du sud. Le Pic Negre domine par de grands abrupts les cirques glaciaires du sud et de l'est (à Claror), mais d'à peine quelques dizaines de mètres le *pla*, auquel il appartient. À l'horizon, au-delà du bassin de Cerdagne et du Baridà encore dans les brumes matinales, apparaît le grand crêt calcaire de la Serra del Cadí. Ici, comme dans le secteur suivant, le Camp de Claror prend sa plus grande extension: de 400m à plus de 700m de largeur. Il se développe dans des schistes siluriens métamorphisés. Il est encadré par deux importantes fractures: c'est un compartiment faillé porté à haute altitude. En dehors de quelques érosions locales ou de sillons créés par les vents d'hiver, il est recouvert comme ici d'une pelouse alpine continue. Le passage répété de camions-jeep d'excursions l'a lacéré d'ornières multiples qui se transforment en sillons et ravinements d'ordre métrique sur les moindres pentes, car le milieu et les sols sont très fragiles, et les processus périglaciaires actifs, ainsi que les effets des orages d'été, dès que disparaît la protection de la pelouse.

Camp de Claror, vers le sud. Andorra-Escaldes-Sant Julià

On retrouve ces formes mûres sommitales dans toutes les Pyrénées orientales, mais elles sont particulièrement bien représentées en Andorre. Leur répartition montre qu'elles sont plus abondantes et plus étendues au sud et à l'est de la Valira. Cependant, elles ne sont jamais absentes du reste de l'Andorre: le Planell de la Tosa (n°51), les *plans* de l'Angonella et de l'Hortell (n°47 à 50), et ceux des massifs du Casamanya et de l'Estanyó (n°1 à 5, et 44) en sont de beaux exemples. L'empreinte

des modelés glaciaires a été plus vigoureuse dans tout le nord de l'Andorre, avec des cirques profonds et davantage de crêtes de recoupement de versants supraglaciaires qui ont fait disparaître la plupart des *plans*.

Dans l'inventaire des *plans* sommitaux de l'Andorre que nous avons réalisé, nous en avons recensés soixante-quatre, de toutes dimensions, allant de cinquante ou cent mètres jusqu'à plusieurs kilomètres de longueur. Les plus modestes sont des sommets plats ou des crêtes relativement étroites: la Serra Mitjana ou la Serra Airosa à Claror (n°58-59, à 2.500 et 2.700m d'altitude), les Plans de l'Estany Gran (n°5 et photographie ci-après), la Tossa Plana de Llès (n°52, 2.905m) ou la Tosa del Cap de Siscaró (n°15, 2.810m). Mais, souvent, il s'agit de surfaces importantes, supérieures à plusieurs hectares. Une dizaine de *plans* couvrent chacun de vingt à cinquante hectares, entre autres le Pla de Ferrerolles (n°2), la Serra de Coma Obaga (n°44), la Tosa d'Incles (n°11), la Serra de la Guardiola (n°13), le Pla del Pic d'Envalira (n°19) ou la Collada dels Pessons (n°24).

Enfin, il y a quelques ensembles considérables qui, plus ou moins larges (de quelques dizaines de mètres à plus de 700 mètres selon les secteurs), peuvent être suivis sur des kilomètres:

- les *plans* du sud, du *pla* du Coll de Finestres à Camp de Claror (n°60, 61, 62), sur cinq kilomètres³⁸;
- l'ensemble de hautes surfaces qui enveloppent Perafita (n°55, 56, 57);
- les crêtes situées entre la Vall del Madriu et la paroisse d'Encamp, sur plus de cinq kilomètres (n°26 à 29);
- les *plans* du centre de l'Andorre (n°34 à 39), sur six kilomètres d'est en ouest;
- les *plans* de part et d'autre du Port d'Envalira, sur 4,5 km du nord au sud (n°17 et 18).

En général, ces *plans* sont réguliers, avec de faibles dénivelées. Mais certains sont inclinés, basculés ou même étagés, ce qui souligne le rôle des failles et de la tectonique dans leur mise en place actuelle. Les plus grands ont toujours quelques reliefs résiduels et une allure de surface mûre, donc avec quelques pentes douces. Dans ce cas, comme dans celui des *plans* inclinés, il n'est pas étonnant qu'ils soient affectés par des modelés périglaciaires. De plus, tous sont supraforestiers, que ce soit à cause de l'effet de crête ou parce qu'ils ont, sauf exception, des altitudes supérieures

³⁸ - Ils font l'objet de l'étude de Laurence Bernard, *Recerques geomorfològiques sobre els plans del sud d'Andorra*, 1987.

à 2300 mètres. Ils sont dans l'étage alpin, et les effets du vent, de la neige et des cycles gel-dégel agissent aussi. On y rencontre en particulier des loupes de solifluxion ou de solifluxion laminaire, souvent entravées par la végétation, des amorces de guirlandes de *gespa* ou des nappes de pierraille qui recouvrent les pelouses sur les pentes, en particulier quand le substrat est schisteux, on y observe des stries, des décapages et des fronts de dégradation de la pelouse, ainsi que de petits glissements locaux avec cicatrices, des effets de pavages lorsque la roche est débitée en gros fragments, dans les calcaires ou dans les granits. Nous en avons des exemples sur les photographies du Pla de Ferreroles et du Camp de Claror et sur les cartes hors texte de Montaup, de l'Angonella ou du Madriu.

Aujourd'hui, ces *plans* et ces formes mûres sommitales, ainsi que les crêtes douces et arrondies que nous avons également dessinées sur la carte de référence, conditionnent toujours la localisation des zones avalancheuses sur leur pourtour. La présence d'un *pla* ou d'une crête douce crée quasi automatiquement un risque d'avalanche sous le vent, car il s'y accumule beaucoup de neige, créant des corniches, des surcharges locales ou des plaques à vent. Comme les vents dominants en hiver sont les vents du nord, mais que les *nevades* de printemps sont portées par des vents du sud-est, ce sont en général les deux côtés d'un *pla* qui sont soumis à ce risque. Le risque est accentué par le fait que ces hautes surfaces douces mettent les skieurs hors piste en confiance; elles semblent accueillantes et tranquilles, alors qu'elles sont à aborder avec précaution, surtout après les jours de vent ou au printemps, en particulier les versants sud³⁹.

Enfin, les *plans* ont eu une grande importance dans la vie pastorale. Ces hautes surfaces étaient des pacages à moutons appréciés et très disputés. La plupart des conflits des paroisses andorranes entre elles ou avec les communautés étrangères concernent d'abord ces estives. C'est le cas de Claror et Perafita entre Sant Julià de Lòria et Andorra-Escalades, de Gargantillar et Montmalús (les grands cirques et les *plans*) entre Encamp, Andorra-Escalades et la Vall de la Llosa cerdane, et surtout le fameux territoire de Concòrdia du centre de l'Andorre et les *plans* du Port d'Envalira disputés entre Canillo et Encamp.

³⁹ - Ce rôle des *plans* comme facteur favorable au risque d'avalanche est analysé dans le second volume, à propos des risques naturels dans les stations de ski et des avalanches.



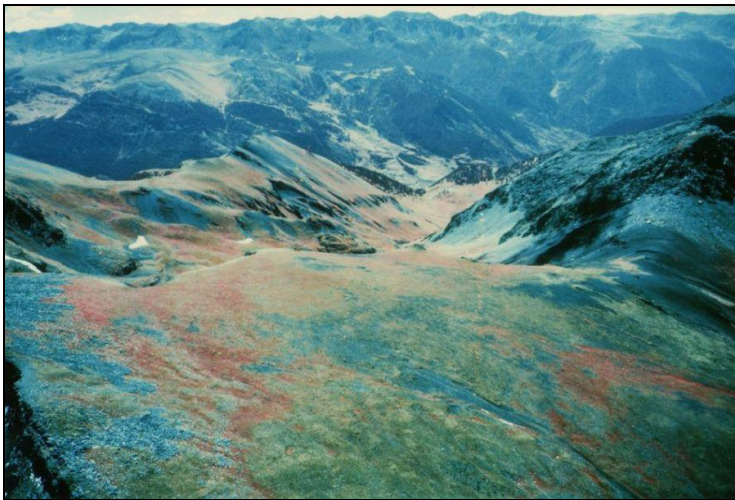
La Llosada et le Pic d'Encampadana. Canillo-Encamp

Référence: carte des *plans* sommitaux, n° 38

Ph. A. Lerouge

La Llosada est un cirque en entonnoir peu excavé, avec des incisions torrentielles au premier plan, à son raccordement avec la vallée glaciaire

des Cortals d'Encamp. Elle est dominée au nord par les larges et longues surfaces des Emprius de la Llosada (au second plan à gauche, n°38 sur la carte), du Pic dels Maïans (en fait il s'agit du *pla* sommital ensoleillé au centre de la photographie, à 2.413m) et du Pic d'Encampadana (2.491m), une éminence douce qui domine d'une cinquantaine de mètres ces surfaces mûres (dans la zone noircie par l'ombre d'un nuage). Au premier plan à droite, l'extrémité du *pla* de la Tosa de la Llosada (n°37 sur la carte) et la crête douce de Caire Forc qui lui fait suite. Toute cette zone est très avalancheuse: formes convexes, pelouses et versants à fétuques, rochers arrondis et éboulis schisteux et, surtout, grandes corniches et congères en limite des *plans*, à cause de la neige soufflée par le vent.



Les formes mûres : le *pla* de Ferreroles. Canillo-Ordino

Référence: carte des *plans* sommitaux, n° 2

Ph. infrarouge A. Lerouge

On se reportera à la carte géomorphologique hors texte n°4, Montaup-Mereig. Le *pla* de Ferreroles est une importante surface sommitale d'une cinquantaine d'hectares, légèrement basculée vers l'ouest. Sur le versant

nord, elle est brutalement interrompue par les parois très abruptes du cirque de l'Estanyó, qui apparaissent en bas et à gauche de cette photographie infrarouge. Dans ce secteur du *pla*, on distingue des nappes de pierrailles qui recouvrent la pelouse alpine. Vers le sud, au second plan, s'ouvrent les cirques de la haute vallée de Montaup, avec des limites supérieures adoucies par des glissements dans les schistes et des érosions dues à la présence de congères de neige. Le *pla* se raccorde doucement aux cirques de Coma Obaga, en bas et à droite, par un plongement progressif. Dans ce secteur on observe des formes de modelé périglaciaire: des loupes de solifluxion, des banquettes, quelques décapages et des nappes de microgélafracts.



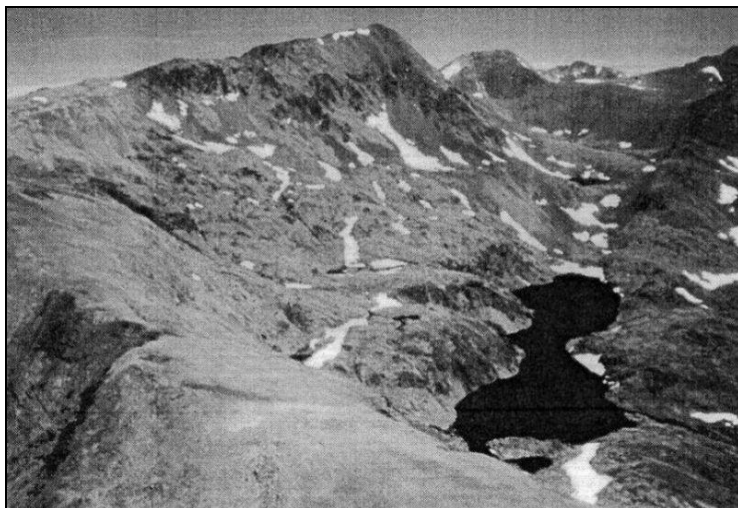
Les formes mûres: le *pla* de la Serra de l'Estany Gran. Canillo

Référence: carte des *plans* sommitaux, n° 5).

Ph. A. Lerouge

Ce *pla* incliné, la Pala de l'Estany Gran, est situé sur la crête de la Serra de l'Estanyó, entre 2.720m, à la tête de l'incision torrentielle sur la gauche, et 2.830m d'altitude sur la droite. Il est partiellement recouvert d'une pelouse

écorchée; les plaques claires correspondent à la roche en place ou à des nappes d'éboulis. Sur la gauche, il se prolonge par une crête au sommet plat puis par une *serra* très arrondie (photographie suivante). Bien qu'en exposition sud, il reste encore en plein août des plaques de neige qui témoignent de l'importance des congères et des corniches que le *pla* alimente en hiver. Au second plan, le Coll d'Arenes puis le massif du Casamanya, avec le *pla* de l'Alt de Montaup vu en perspective. De part et d'autre, les vallées glaciaires perchées de Montaup et de l'Ensegur. À l'horizon et à gauche, le sommet plat et absolument horizontal du Camp de Claror.



Les formes mûres: le *pla* de l'Estany Gran. Canillo

Référence: carte des *plans* sommitaux, n° 5).

Ph. A. Lerouge

La crête au premier plan sépare le cirque de tête de la Vall del Riu, qui

occupe tout le centre de cette photographie infrarouge, de celui des Clots d'Encarners, à gauche. Elle a un sommet plat et étroit, très régulier, qui passe ensuite à une forme plus arrondie. Entre 2.600 et 2.720m d'altitude, c'est tout ce qui reste de l'ancienne surface d'érosion. Le cirque de l'Estany Gran de la Vall del Riu a un fond plat et incliné (c'est une surface d'érosion glaciaire) et des versants relativement courts et raides. Le Pic de l'Estanyó (2.915m) est le sommet le plus élevé. Sur sa droite, un petit cirque glaciaire adjacent, la Planada. Le rôle de la fracturation secondaire apparaît dans le fond du cirque et dans la forme de l'Estany Gran.



Les formes mûres: le Pla de l'Alt de Montaup. Canillo-Ordino

Référence: carte des *plans* sommitaux, n° 1).

Ph. A. Lerouge.

L'Alt de Montaup est certainement l'un des *plans* les plus spectaculaires d'Andorre. Situé à l'est du Casamanya, dans des calcaires dévoniens, il est environné de toutes parts de cirques glaciaires très abrupts dont au premier

plan celui de l'Ensegur. À plus de 2.700 mètres d'altitude, il est parfaitement plat, légèrement basculé de 40m sur ses 600m de longueur (pour 100 à 150m de largeur): nous l'avons de profil sur la photographie. Il a une maigre pelouse orophile qui doit résister au vent et au froid de l'hiver, car il est très souvent déneigé avec, sur ses bordures, de grandes corniches qui alimentent les avalanches de Montaup (Clot Roig et Pala Mala). Sur la droite, commence le début de la crête de recoupement glaciaire qui va vers le Casamanya et, sur la gauche, la pente avec des éboulis actifs qui va vers le Coll d'Arenes, évidé dans les schistes siluriens. Le massif du Casamanya est un synclinal perché; nous sommes sur son flanc nord, et on peut juger du pendage des couches.

Les modelés glaciaires

Ces formes de modelé constituent l'élément prédominant des paysages de l'Andorre moyenne et haute. Toutes les vallées principales ont été façonnée ou retouchées par les glaciers jusqu'à la Margineda et, en dehors des *plans* et de quelques formes torrentielles, les modelés glaciaires l'emportent sur les deux tiers du territoire, au-delà de 1.800 ou de 2.000 mètres d'altitude.

En ce qui concerne les vallées et l'aération générale du relief, il faut insister sur le rôle de la dissection préglaciaire, réalisée par une érosion torrentielle très active à la fin du Tertiaire et au Quaternaire ancien. Cet élément essentiel du relief pyrénéen a été souligné par François Taillefer, puis par tous les auteurs qui ont traité l'Andorre et les régions voisines. Les formes glaciaires ont réaménagé cet héritage.

Selon ces auteurs⁴⁰, plusieurs phases glaciaires ont affecté ces Pyrénées. Le stade du Maximum glaciaire est daté du Riss. En Andorre il y avait un niveau des neiges permanentes vers 2.000 mètres (altitude à partir de laquelle tout le paysage est marqué par les modelés glaciaires), et des langues descendirent dans les vallées

⁴⁰ - François Taillefer, Cai Puigdefàbregas et David Serrat, Marie Claire Prats, Joan Manuel Vilaplana citant F. Taillefer et D. Serrat, Laurence Bernard citant M.C. Prat.

jusqu'à 950 mètres d'altitude à l'entrée des gorges qui mènent vers Sant Julià (bouchon morainique terminal de la Margineda-el Cedre). Les glaciers des vallées des deux Valira et du Madriu confluaient dans l'ombilic d'Andorra la Vella. Pendant le recul de ces langues, lors d'une phase de stabilisation, les glaciers de la vallée d'Arinsal et de la vallée de la Valira del Nord s'arrêtaient avant la Massana, alors que le glacier principal occupait encore la vallée d'Andorra la Vella et remontait jusqu'au bassin de la Massana par les gorges de la Grella. La cuvette glacio-lacustre de la Massana fut alors colmatée d'épais dépôts, réentaillés ensuite par la Valira⁴¹.

Un second stade Post-Maximum, ou des moraines internes (selon M.C. Prat) serait du Wurm, avec des glaciers localisés essentiellement dans les cirques. Un stade Tardiglaciaire ou Néoglaciaire s'individualiserait avec des glaciers de cirque et les nombreux arcs morainiques dans du matériel très rocheux, pratiquement sans matrice fine.

Les principales formes de modelé cartographiées dans les feuilles en annexe et présentées dans les exemples qui suivent sont toutes classiques. Il ne semble pas nécessaire d'y insister.

Lorsque les sommets ne conservent pas des restes d'aplanissements tertiaires, les crêtes aigües et sinueuses résultent du recoupement des versants supraglaciaires ou de parois de cirques. Elles sont fréquentes dans toute l'Andorre du nord, dans les gneiss, dans les micaschistes et dans les schistes métamorphisés.

Les cirques glaciaires sont très divers, par leur taille comme par leur forme. Les cartes locales en annexe ne font pas de distinctions entre les cirques: il faut donc se reporter à leur commentaire. Sur la carte de synthèse nous avons individualisé trois types de cirques, en demi-bol, en van et en entonnoir, les autres étant regroupés sans autre précision.

- Les cirques en demi-bol sont en général de dimension modeste, de cinq cents mètres à moins de deux kilomètres de large, toujours hauts perchés. Ils abondent dans le nord de l'Andorre. Des éboulis de versant contribuent à adoucir leur forme.
- Les cirques en van, présentés souvent comme cirques pyrénéens, sont caractéristiques des zones granitiques, dans le sud-est de l'Andorre. De dimensions moyennes ou grandes (près de trois kilomètres pour les Pessons ou Gargantillar), ils ont un fond plat et des versants brefs et raides. Ils sont tous au même niveau,

⁴¹ - On se reportera à la belle étude de Joan Manuel Vilaplana, *Estudi del glaciariisme de les valls de la Valira d'Ordino...*, et en particulier aux cartes et croquis des pages 63, 70 et 73.

vers 2.300-2.400m, et le niveau des crêtes conserve d'importants *plans* sommitaux. La plupart sont encombrés de moraines rocheuses de la dernière glaciation.

- Les cirques en entonnoir correspondent à des cirques moins excavés en exposition sud, sans possibilité de surenneigement par l'absence de *plans* qui les dominent, ou bien ils sont à une moindre altitude ou en marge des massifs englacés. Dans ces derniers cas, il est souvent difficile de les distinguer des niches d'érosion glaciaire et des bassins de réception torrentiels (qui les réutilisent toujours).
- Parmi les cirques non différenciés sur la carte, beaucoup sont des cirques amples et composites des têtes de vallées, ou des cirques avec des amorces de fond plat ou de vallée glaciaire: Coma Pedrosa, l'Angonella, Rialb, Sorteny, l'Estanyó ou Montaup par exemple.
- Des surfaces d'érosion glaciaires notables, avec des roches moutonnées, s'observent à la Vall del Riu dans des schistes métamorphisés, à la Coma de Ransol et dans la haute vallée d'Incles dans des gneiss.

Les vallées présentent des formes habituelles, en auge plus ou moins large, avec des successions d'élargissements et de secteurs étroits et de plus forte pente, des épaulements souvent marqués et des replats avec des pointements rocheux résiduels, des verrous et des *bonys* (masses rocheuses de versant ou dans le fond des cirques ou des vallées) avec, dans les hautes vallées, des incisions de torrents sous-glaciaires (el Serrat, l'Ensegur) et quelques versants supraglaciaires réguliers bien conservés (voir les cartes de Montaup, de l'Angonella et de la Vall del Riu). Bien entendu, il y a des exemples nombreux d'étagements des cirques et de vallées affluentes suspendues, que la vie pastorale a su mettre à profit. Sur la carte de synthèse, nous n'avons indiqué les vallées glaciaires que dans les secteurs où le versant d'auge était conservé. Ces vallées glaciaires continuent au-delà, mais, dans leur partie inférieure, si les moraines et si les dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires sont toujours présents, l'érosion torrentielle postérieure en a modifié les versants.

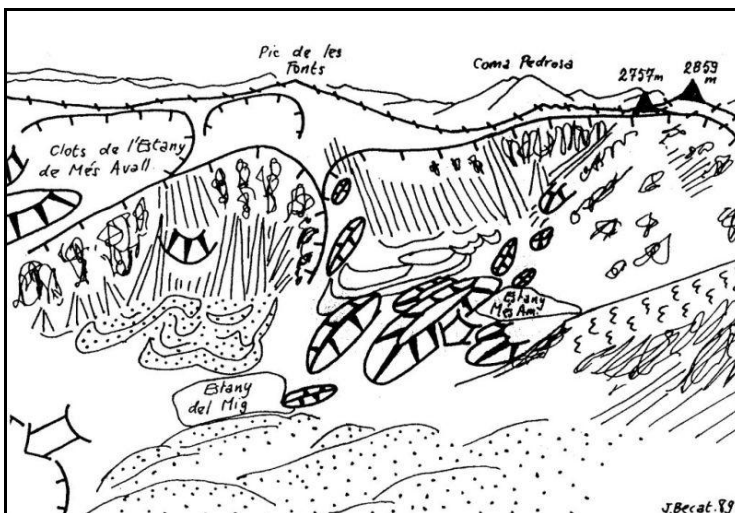
Les modelés d'accumulation sont aussi présents. Nous avons cité les moraines et les abondants dépôts des cirques. Les moraines de divers âges occupent les vallées, souvent oblitérées par des cônes torrentiels; des dépôts morainiques du maximum glaciaire se retrouvent sur les versants. Il convient d'insister, dans le cadre du risque d'avalanches, sur le rôle positif joué par les moraines rocheuses ou par les arcs morainiques de retrait dans les cirques de haute montagne. Ils bloquent les nombreuses avalanches qui viennent des crêtes ou des versants, créant des

contre-pentes et des zones de stockage de la neige; ils sécurisent les fonds de cirque et les pentes inférieures. Les secteurs d'avalanches les plus importants se développent lorsque de hauts versants supraforestiers (versants d'auge ou cirques en demi-bol ou en entonnoir) s'articulent avec des versants d'auge glaciaire; la présence de replats, d'épaulements ou d'un bref fond de cirque sans arcs morainiques est un facteur aggravant, car l'avalanche y prend un nouveau départ, mobilisant de grandes quantités de neige plus évoluée ou instable au niveau des ruptures de pentes.



Le cirque de l'Angonella, Ordino
Ph. A. Lerouge

Séparés par un verrou rocheux les Estany del Mig et de Més Amunt sont chacun dans une petite cuvette de surcreusement. L'amorce de cirque au-dessus du premier étang (les Canals d'Amunt de l'Estany del Mig) et le cirque rocheux de l'Estany de Més Amunt, presque en demi-bol, sont des éléments d'un grand cirque qui enveloppe toute la haute vallée de l'Angonella, dont font partie les versants couverts de *gespa* sur la droite et au premier plan. Au second plan à gauche, dans le cirque en demi-bol des Clots de l'Estany de Més Avall, la neige souligne des moraines rocheuses du Postglaciaire. Les crêtes sont dues au recoupement de parois de cirques avec à droite une pyramide d'intersection. Tout ce secteur est très avalancheux.



Interprétation géomorphologique

Ce croquis localise les éléments de la carte annexe n°2, l'Angonella-la Cortinada. Noter les petits arcs morainiques des cirques en versant nord. En solana, ceux du premier plan arrivent jusqu'à l'étang. Ces moraines suffisent

à arrêter et stocker les nombreuses avalanches qui descendent des versants. Comme tout le versant sous le col d'Arcalís, la *pala* de la droite est bien plus dangereuse car ce versant réglé affecté par une gélifluxion superficielle, recouvert de guirlandes de *gespa*: est un toboggan. Il n'y a pas de cordons morainiques et des rochers apparents arrondis, à mi-pente, sont un autre facteur favorable. Les avalanches, parties de la crête, à 2.700m, arrivent jusqu'à l'étang 350m plus bas. Noter les éboulis au pied des versants nord et, sous le Pic de les Fonts, un versant en cours de régularisation, caractéristique des zones schisteuses.



La crête du Casamanya, Canillo-Ordino

Ph. J. Becat

Une crête aigüe, disséquée par le recoupement des versants de deux cirques: à droite, en versant sud, le cirque du Casamanya et le Clot Roig, à gauche, sur l'autre versant, le cirque de l'Ensegur. Photographie prise depuis le sommet du Casamanya vers l'Alt de Mereig et l'Alt de Montaup,

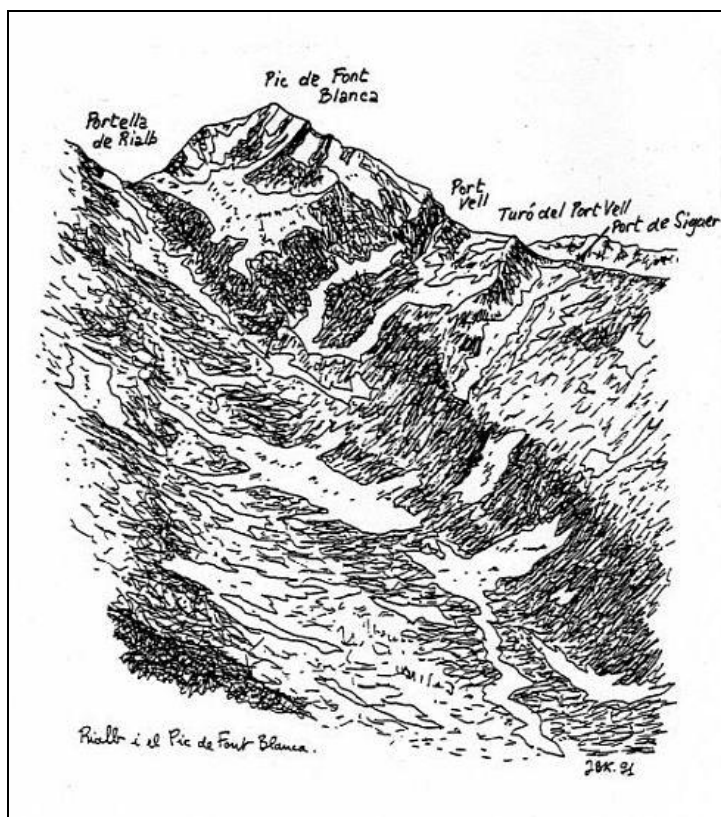
trois sommets qui dépassent 2.700 mètres. Des éboulis tapissent et régularisent les versants, recouverts par une pelouse écorchée et par des guirlandes de *gespa* en *solana*. Ils sont essentiellement des formes héritées bien qu'il y ait encore quelques apports. Comme sur l'ensemble des versants sud du Casamanya on distingue des stries de parcours, dûes au passage répété des troupeaux ovins, entretenues par la solifluxion superficielle. Il n'en va pas de même sur les hauts versants nord. Les éboulis sont encore actifs. Les couches calcaires, très redressées, accentuent la rigidité des pentes. Au fond à gauche apparaissent les versants plus doux couverts de manteaux de *pedrusca* dans des scistes noirs.



Le cirque de l'Estanyó, Ordino

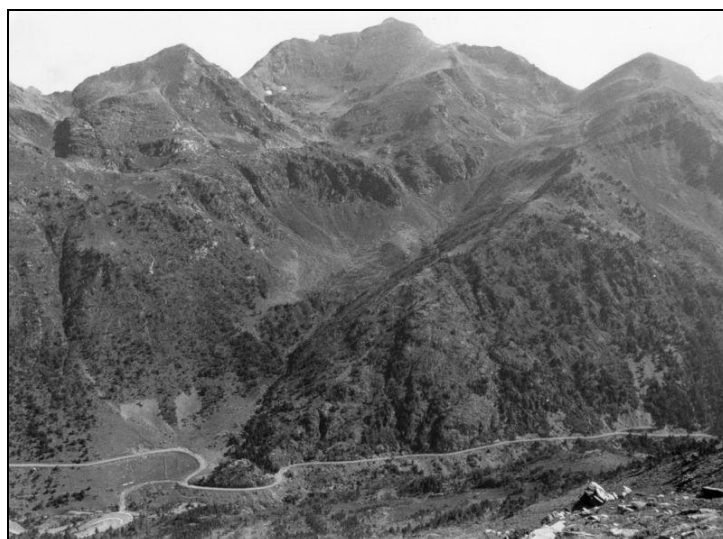
Ph. A. Lerouge

La crête est ici entre 2.770 et 2.880 mètres d'altitude et les parois rocheuses en exposition nord sont très abruptes, alors que le versant au revers a des *plans* sommitaux qui commencent dès la crête (Ferrerols et Vall del Riu). Quelques couloirs d'éboulis sont encore fonctionnels, empruntés aussi par les avalanches. Mais la plupart des formes sont héritées. À la fin de la dernière phase glaciaire, de petits glaciers se sont maintenus sur ces parois nord, créant des encoches semi-circulaires, donnant de petits arcs morainiques accrochés sur le versant, par exemple à gauche de la photographie.



Le Pic de Font Blanca (2903m) est une caractéristique pyramide d'intersection de crêtes qui séparent les cirques. Au premier plan et face à l'est le début d'une vallée glaciaire en forme d'auge: c'est la *comarca* de Rialb, qui était la deuxième estive pour la *vacada* et l'*eucassada* d'Ordino, soit pour fin juillet et août. Sur les versants un changement de pente limite un long replat et indique le niveau de l'ancienne langue glaciaire. Sur tous les versants il y a des éboulis hérités, *tarteres* et *pedruscalls*, encore actifs pour les plus élevés. À gauche du pic, la Portella de Rialb (2508m) fait communiquer deux des pacages d'été d'Ordino. À droite le Port Vell (2433) et le Port de Siguer (2394m), très connus, sont des passages traditionnels pour les relations pastorales et économiques (contrebande) avec l'Ariège. Les dernières plaques de neige, en juillet, indiquent les congères des zones suralimentées par le vent d'hiver ou les zones où s'accumule la neige des avalanches.

Les formes de haute montagne à Rialb, Ordino

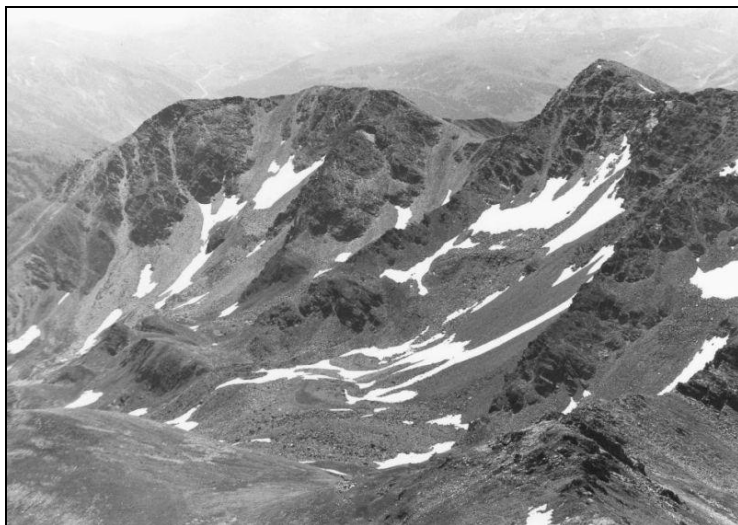


Le Comís Vell et le Pic de Font Blanca, Ordino

Ph. J. Becat

Le versant ouest du Pic de Font Blanca, à l'opposé du dessin précédent. Un ensemble de cirques étagés surplombe la vallée glaciaire du Riu de Tristaina. Au centre, à 2.400m d'altitude, la Coma del Mig est un cirque en

demi-bol qui descend par deux gradins successifs sur le Comís Vell, à 2.000m. Sur la gauche le petit cirque rocheux perché de l'Estany Esbalçat, surcreusé, abrite un lac (2.300m) et, sur la droite, sous le Port de Rialb, se loge le petit cirque en demi-bol de la Coma de Varilles (2.400m). Ces cirques conservent quelques dépôts morainiques. On notera la rigidité de l'alignement du Riu du Comís Vell, de la Coma de Varilles et du Port de Rialb, qui suivent une faille. La route longe le pied du versant d'auge et contourne un verrou qui barre la vallée, incisé de part et d'autre par les cours d'eau. Tout ce secteur est très avalancheux, au point que la première route a dû être remplacée par un second tracé à l'*obac*. L'ensemble de ces cirques constitue un des *cortons* d'Ordino.

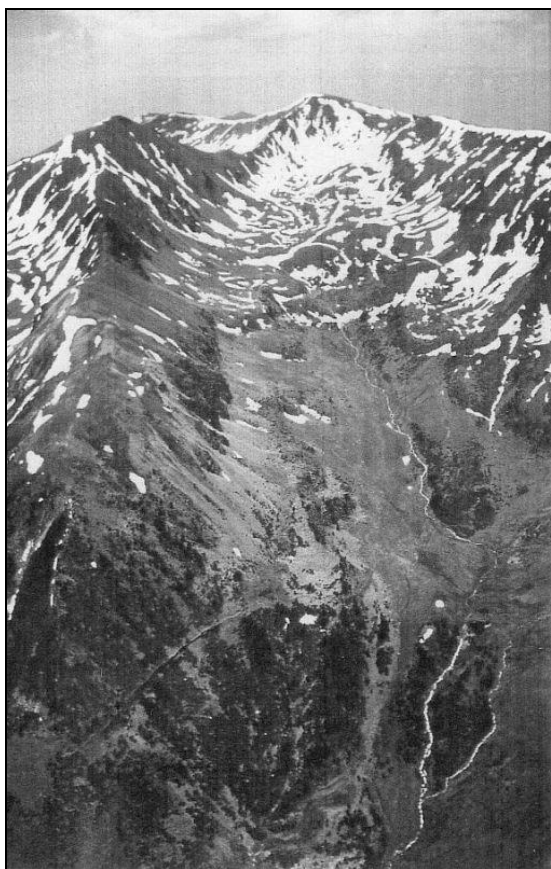


La haute vallée de la Coma de Ransol, Canillo

Ph. J. Becat

Les cirques de la haute Coma de Ransol depuis le Pic de la Serrera (2.912m): de gauche à droite les Clots de la Llosa, les Clots de la Collada (un petit cirque en demi-bol en partie caché) et les Clots d'Embolcar. Comme souvent en Andorre, la haute vallée commence par un grand cirque

composé lui-même d'un ensemble de petits cirques coalescents; ici ceux du sud, donc à l'obac. On y retrouve des éléments caractéristiques: les crêtes de recoupement, les *bonyes* rocheux qui accidentent les versants et le fond, l'étagement des cirques et les grands manteaux d'éboulis qui tapissent les versants nord, en particulier dans les formations schisteuses. Au premier plan, à droite, la Collada dels Meners, entre les vallées de Sorteny et de Ransol. Les rochers noirâtres qui apparaissent au premier plan sont du minerai de fer (gîtes au contact d'une intercalation calcaire dans les micaschistes): c'est ici, à 2.740 mètres d'altitude, que l'on exploitait tous les étés ce minerai, à ciel ouvert ou par de brèves galeries, afin d'alimenter les forges catalanes d'Andorre.



La haute vallée de Claror, Andorra-Escaldes

Ph. A. Lerouge

Les Clots de la Tora sont un cirque évasé, déjà à fond plat, prolongé par une vallée-cirque; au premier plan, le début de l'auge principale, à la confluence de Claror et de Perafita. Des éboulis adoucissent le bas des versants. Tout le fond de Claror est tapissé de dépôts morainiques de deux phases différentes. En haut, la neige souligne les multiples arcs de retrait du glacier de cirque de la dernière phase (un glacier rocheux); en bas à gauche, au pied du versant, un arc de la même époque. Le reste de la vallée est matelassé de moraines antérieures, où abondent les fines, avec des cordons allongés dans le sens de la vallée et soulignés par la végétation: ce sont les pacages d'estive. Très rigide, la vallée est fixée par des failles, au contact entre des granodiorites intrusives, à gauche (Serra Mitjana et Pic de Montorull, 2.753m) et, à droite, des schistes siluriens métamorphisés, (Serra Airosa et Pic de la Torre dels Soldats, 2.760m). Le col est au contact des deux formations.



Le Pic de la Serrera, Ordino

Ph. A. Lerouge.

Le Pic de la Serrera (2.903m) est situé à l'intersection de quatre crêtes de recoupement glaciaire. Il est armé dans des micaschistes très durs. Les ruptures de pente au premier plan et sur la crête de gauche sont liées à la présence d'une intercalation calcaire. À gauche s'ouvre le cirque en entonnoir de la Cebollera, dominé par le pic et par ses abrupts rocheux: ce sont les Aspres de la Cebollera. À l'horizon, après la vallée de l'Ariège, on aperçoit la Montagne de Taba avec le Pic de Sant Bertomieu.



Le Clot de les Abelletes, Encamp

Ph. A. Lerouge

En amont du Pas de la Casa, le cirque en demi-bol (avec une amorce de fond plat) du Clot de les Abelletes, à 2.500m d'altitude, est dominé par le Pic d'Envalira (2.816m). De très beaux cordons morainiques occupent presque

tout le cirque et témoignent de la dernière glaciation (glaciers rocheux de cirque). À droite et au fond, au pied des versants, des manteaux et des cônes d'éboulis. Tous ces versants sont très avalancheux: purges après les *nevades*, écoulement des corniches qui se forment de tous côtés (présence de *plans* sommitaux). Le 17/12/1975 un CRS de montagne périt dans la descente en skis du Petit Coll dels Isards (à gauche, indiqué par les lacets du sentier), emporté par une avalanche de plaque. Ce secteur fait l'objet d'un conflit frontalier, la France traçant la frontière au milieu du cirque, l'Andorre suivant la petite crête à gauche, qui sépare deux cirques jumeaux (les Abelletes est une déformation de les Valletes) et qui descend sur l'étang où naît l'Ariège.

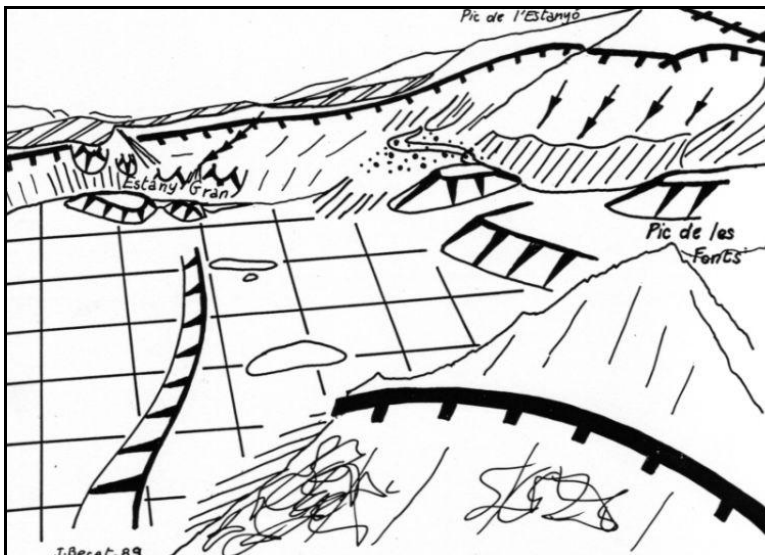


Le cirque de l'Estany Gran de la Vall del Riu, Canillo.

Ph. A. Lerouge

Le cirque des Estanys de la Vall del Riu, au pied du Pic de l'Estanyó, visible

à droite (2.915m). La partie supérieure du cirque et les étangs sont situés entre 2.500 et 2.600 mètres d'altitude. Ceux-ci occupent de petites cuvettes dans une surface d'érosion glaciaire. Le rôle des failles secondaires est mis en lumière par l'alignement des *bonys* et des trois étangs: deux sont au centre de la photographie et une pointe de l'Estany Gran apparaît au fond et à gauche. Derrière lui, la crête arrondie et le *pla* séparent ce cirque de la vallée de Montaup. Au premier plan à droite, les parois du cirque en demi-bol de les Fonts et le Pic de les Fonts (2.758m), que la vue prise depuis un hélicoptère déforme. Derrière lui s'esquisse le petit cirque perché de la Planada.



de la carte géomorphologique annexe n°3, La Vall del Riu. On y remarquera le cirque peu excavé dels Estanys, avec un large plancher rocheux, comme beaucoup de cirques pyrénéens. Le quadrillage symbolise la surface d'érosion glaciaire. L'influence des lignes de fractures apparaît sur le croquis comme sur la photographie par la position des *bonys* (barres, bosses ou affleurements rocheux des fonds ou des versants de cirques), souvent linéaires, des étangs et des couloirs dans la roche. Des éboulis et des petits arcs morainiques, datant du dernier épisode glaciaire, sont à la base des versants du Pic de l'Estanyó.

Interprétation géomorphologique

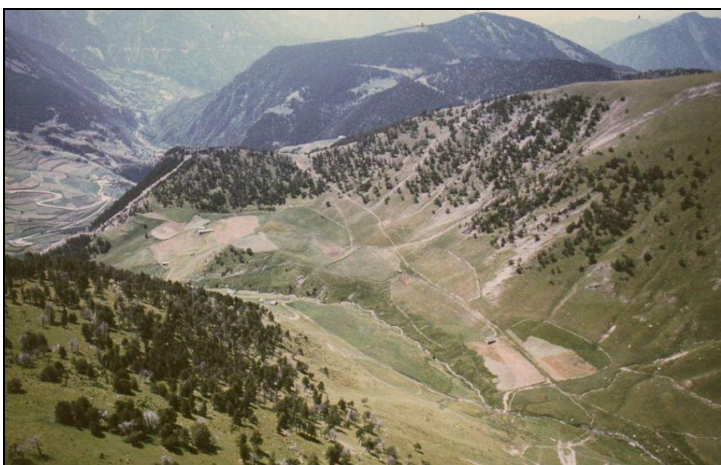
À partir de la photographie précédente ce croquis localise tous les éléments



La vallée de la Valira d'Orient als Plans, Canillo

Ph. A. Lerouge

Au premier plan, l'auge de la Valira d'Orient (1.600m) et le versant boisé de l'Obac. Au second plan, le replat du hameau dels Plans, sur un verrou rocheux situé à mi-versant de l'auge principale, mais au même niveau (1.800m) que le fond de l'auge affluente et suspendue de la Coma de Ransol, à droite. Une brève gorge de raccordement s'achève par un cône de déjection, aménagé en terrasses, au bord duquel se trouve le village de Ransol. Sur la gauche, les crêtes qui séparent les vallées de Ransol et de la Vall del Riu, avec le Pic de Torradella (2.545m) dont la Pala, face au sud, provoque des avalanches. Le petit épaulement au sommet de la forêt n'est pas suffisant pour les arrêter: le Bosc dels Plans fut mis en défens depuis un siècle, après qu'une avalanche ait ouvert la forêt claire et emporté la première maison dels Plans jusqu'au Valira. On se reportera à la carte géomorphologique hors-texte n°3, La Vall del Riu, et à la carte d'avalanches correspondante.

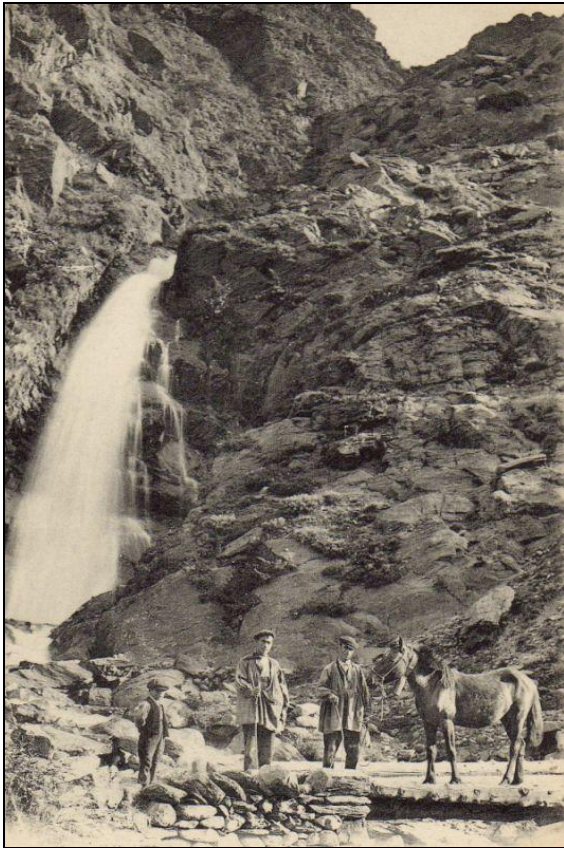


La vallée suspendue de Montaup, Canillo

Ph. A. Lerouge

La vallée glaciaire de Montaup s'élargit vers l'aval après le secteur étroit de les Llanasques. Le fond d'auge est rempli de dépôts glaciaires que le Riu de Montaup réentaille par érosion régressive, à partir de la gorge de

raccordement qui s'amorce sur la gauche. L'auge de Montaup, à 1.900m d'altitude, avec des *bordes*, avec des *bordes*, des champs et prés clôturés de murets, est suspendue 400m au-dessus de la vallée de la Valira d'Orient, au fond à gauche. Cette photographie a été prise juste avant l'ouverture d'une nouvelle route qui enveloppa d'abord toute la vallée, passant au premier plan. Elle fut déplacée vers l'aval, en limite de la gorge de raccordement, car elle était coupée par les avalanches de la Sauvata et du Clot d'Aixades (au premier plan à droite) et par l'avalanche du Prat d'en Patxeta, dont on voit la zone d'étalement au premier plan au centre.



La cascade de la Vall del Riu, Canillo

Ph. Labouche, 1905. Arxius Terra Nostra

La vallée glaciaire de la Vall del Riu est suspendue 300 mètres au-dessus de celle de la Valira d'Orient. Une gorge de raccordement étroite et abrupte assure la jonction, sur moins d'un kilomètre de longueur; ses versants raides forment le Solà de la Coma de Cardes, une "herbe" traditionnellement louée pour le pacage des ovins et des chèvres qui seuls pouvaient s'en accommoder. Au débouché, la rivière de la Vall del Riu dégringole par une série de cascades, la dernière juste au-dessus de la route: c'est la fameuse *cua de cavall*, plus modeste en été mais spectaculaire au printemps à la fonte des neiges. C'était, pour les visiteurs du début du siècle, la halte photographique obligée sur le *camí real*, à la *palanca* (passerelle) d'en Moles; c'est aujourd'hui une halte pique-nique aménagée au bord de la route pour les touristes de passage.

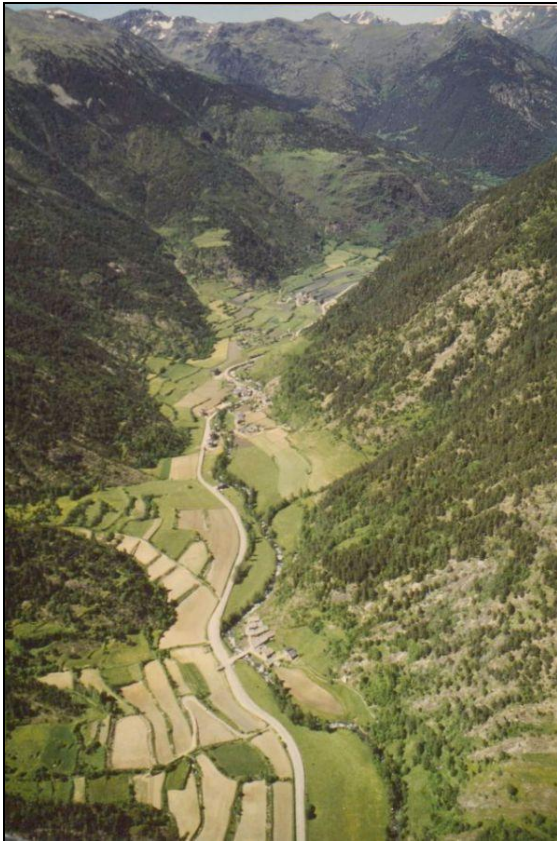


La Pleta de la Serrera à Sorteny, Ordino

Ph. A. Lerouge, 1981

Deux types de moraines bien différenciés: au second plan une moraine rocheuse occupe le versant nord de la Serra del Roc del Rellotge. On en retrouve de semblables dans tout l'*obac* de la vallée de la Serrera avec des noms imagés: la Presó, les Tarteres de la Serrera. Elles témoignent du stade Tardiglaciaire et des glaciers rocheux de cirque. Un arc morainique

occupe tout ce second plan, avec une forme dissymétrique et arrondie très caractéristique. En arrière on retrouve des éboulis de gravité non fonctionnels (nous sommes à seulement 2.200m) dont les matériaux plus fins du sommet sont végétalisés. Datant d'une phase antérieure (Post-maximum selon M.C. Prat) une moraine classique occupe le premier plan, avec des blocs hétérogènes et non classés dans une abondante matrice fine. C'est un bourrelet morainique au débouché de la vallée de la Serrera, suspendue 150m au-dessus de la large vallée de Sorteny, visible à l'arrière-plan. Le Riu de la Serrera y forme une *mollera* avant de s'encaisser pour atteindre Sorteny. Entièrement végétalisée, cette moraine est affectée de formes de solifluxion entravée: loupes, bourrelets, blocs en transit sur la pente.



La vallée de la Valira del Nord à Ansalonga, Ordino

Ph. A. Lerouge

La vallée glaciaire de la Valira del Nord à Ansalonga se fait plus étroite lorsqu'elle passe à travers les calcaires et calcschistes du Casamanya. La vue est prise vers l'amont. On reconnaît encore sa forme d'auge, mais les versants sont très affectés par des petits bassins torrentiels dont les cônes très pentus repoussent la rivière, alternativement, vers la droite ou vers la gauche. Entre les cônes de déjection apparaissent quelques fragments de terrasses alluviales. Au niveau de la Cortinada (le village au second plan) et plus en amont on reconnaît mieux la forme d'auge, les épaulements, les replats et les versants supraglaciaires. À l'arrière-plan, la vallée suspendue et les montagnes de l'Angonella.

Les modelés périglaciaires

Les formes de modelé périglaciaire sont très présentes en Andorre, en particulier dans les étages subalpin et alpin où elles arrivent à donner une tonalité spécifique aux paysages. Comme toujours dans ces montagnes, ce sont des formes de détail qui apportent des retouches au relief. Mais leur abondance locale en fait, parfois, un phénomène qui prend des dimensions notables. Par exemple, les cônes et les manteaux d'éboulis sont partout présents dans les hautes vallées et dans les cirques. Au total, ces éboulis couvrent des centaines d'hectares, tout autant que les grands versants sud supraforestiers affectés par la solifluxion superficielle et couverts de banquettes et de guirlandes à *gespa*.

Ces formes ont donné tout un vocabulaire spécifique que l'on retrouve souvent dans la toponymie: *les tarters*, *les tarteres*, *les pedrusques*, *les pedregalls* ou *les terregalls* pour les éboulis, *les pales* ou *els gèspits* pour les versants à solifluxion entravée par les grandes fétuques: les très nombreux Tarters ou Tarteres, qui

désignent aussi les moraines rocheuses des cirques, els Terregalls de l'Alt (au Coma Pedrosa ou à Comallempla), els Terregalls del Solanet (Coma de Ransol), La Pedregosa (Vall del Riu), les Pedrusques (el Griu ou Claror), ou la vingtaine de Pala ou Pales dans tous les massifs andorrans.

Beaucoup de modelés périglaciaires sont hérités, surtout les éboulis et ne sont plus actifs aujourd'hui. Dans le cas des éboulis des hauts versants nord, lorsque leur activité demeure, elle semble moins forte que dans le passé. Dans l'Andorre moyenne, la plupart des versants conservent des éboulis, plus ou moins colonisés par la forêt ou par les landes, qui datent des dernières phases glaciaires. C'est le cas, entre autres exemples, des Obagues d'Encamp, d'Andorra-Escaldes, de la basse et de la moyenne vallée du Madriu avec des macrogéolifractions, des grands manteaux d'éboulis de la Solana d'Andorra. Mais, également, la plupart des éboulis de haute montagne ne sont plus actifs -ou avec des apports très limités ou accidentels; ils sont en partie végétalisés, et parfois réincisés lors des orages et des gros abats d'eau de l'été ou de l'automne, lorsque l'activité du couloir qui les alimentait est essentiellement liée à la torrencialité.

Sur les plans sommitaux d'altitude on observe des dallages de pierres, en particulier dans les granits, au pla de la Collada dels Pessons ou sur les autres plans du sud de l'Andorre, au-delà de 2.700 mètres d'altitude. Toujours sur les plans d'altitude (2.600-2.900m), lorsqu'ils sont inclinés, ou sur les pentes même modérées des reliefs résiduels, il existe des nappes d'éboulis fins ou moyens en transit qui recouvrent la pelouse alpine, par exemple sur la frange nord du Pla de Ferreroles. Sur les plans aux pentes douces, les effets conjugués du vent et de la gélifluxion provoquent une érosion de la pelouse continue, avec des microtalus d'érosion, des glissements vers l'aval, avec le passage à la pelouse discontinue et aux sols affectés par la gélifluxion⁴². Le vent accentue ce phénomène en avivant les microtalus qui lui font face, par les déneigements ou par les accumulations locales de neige qu'il transporte, par la nécrose des plantes et les effets du mitraillage des cristaux de glace.

Mais la plupart des modelés périglaciaires d'Andorre sont des formes de versant, dues à la gélifraction ou à la solifluxion.

Les modelés de solifluxion peuvent être provoqués par la saturation superficielle des sols au dégel (gélifluxion), mais il s'agit en général en Andorre de

⁴² - Des exemples ont été étudiés à Camp de Claror et Camp Ramonet par L. Bernard: *Recerques geomorfològiques...*; d'autres exemples sont observables sur les bordures de toutes les hau-tes surfaces sommitales d'Andorre.

solifluxion due à la saturation et au ramollissement des sols au printemps, conséquences de la fonte des neiges, des pluies ou des chutes de neige mouillée caractéristiques du printemps andorran, suivies d'une rapide fusion. Cette solifluxion se fait rarement sous forme de coulées épaisses, car on observe surtout toutes les formes de solifluxion laminaire: loupes, bourrelets, banquettes, stries et pieds de vache, guirlandes. Elles affectent des superficies de dimensions variées, de quelques dizaines de mètres à des versants entiers; les cartes géomorphologiques hors-texte offrent d'abondants exemples concrets.

On note des différences selon l'exposition de ces hauts versants de l'étage alpin ou de l'étage subalpin supérieur. En exposition nord ou nord-ouest, on trouve plutôt des loupes et des langues de solifluxion, allongées ou dissymétriques dans le sens de la pente. Elles affectent tous les versants meubles (moraines, versants réglés, éboulis fins, versants supraglaciaires, hauts bassins torrentiels, etc). Ces formes sont abondantes à Coma Obaga et à l'Ensegur⁴³ (Ordino), à Comallempla (la Massana), dans les cirques et dans les hauts bassins torrentiels de Sant Julià de Lòria situés sous le Camp de Claror, dans les vallons et sur les *plans* de Perafita (Andorra-Esclades) ou à la Vall del Riu (Canillo: voir la carte annexe n°3).

Les versants réguliers exposés à l'ouest ou à l'est ont des banquettes et des stries, comme par exemple les versants supraglaciaires de la Vall del Riu ou de Montaup-Mereig (Canillo). Plus bas, dans l'étage subalpin moyen ou inférieur, beaucoup de cônes de déjection anciens, de dépôts de versants ou de moraines présentent une surface bosselée, avec des terrasses naturelles irrégulières, auxquelles s'adaptent les prairies de fauche: ils sont affectés de formes de solifluxion plus importantes, telles que des langues ou des glissements d'ordre décamétrique, avec des bourrelets à la base, des niches de décollement et parfois des cicatrices d'arrachement, dont les montagnards s'efforçaient ensuite de bloquer l'éboulement par des murets de soutènement.

Les versants sud, sud-est et sud-ouest ont des stries de parcours, des pieds de vache et surtout de la solifluxion superficielle généralisée en forme de guirlandes entravées -et soulignées- par de solides et résistantes fétuques. La plus courante est *Festuca eskia*, mais on rencontre aussi *Festuca durissima* sur les versants calcaires du massif du Casamanya.

Ces multiples banquettes ou guirlandes en marches d'escalier commencent dès

⁴³ - Voir le dossier pédagogique, sous la direction de J. Becat, *Relleu i paisatges d'Andorra*, avec une carte

que la pente dépasse quinze ou vingt pour cent. Avec des pentes modérées ou des altitudes entre 2.000 et 2.300 mètres, elles sont d'abord presque entièrement végétalisées. Seul les microreplats en arc de cercle sont dénudés, car le glissement l'emporte sur la capacité de recouvrement de la végétation (il s'y rajoute le cisaillement des racines par les effets des incessantes dilatations et contractions dues aux alternances de gel et de dégel superficiels). Puis, au fur et à mesure que la pente augmente, les guirlandes s'étirent dans le sens de la pente et seules résistent les grandes fétuques qui ourlent les petits talus et qui entravent la descente trop rapide des matériaux solifluants. C'est tout le versant que devient mobile, tous les printemps. Les petits replats, eux-mêmes pentus, sont d'ordre métrique; ils sont nus et solifluent davantage que leurs pointes latérales, car ils ont une plus grande accumulation de fines et d'argiles, par les effets du ruissellement comme par la remontée des argiles vers la surface au cours des cycles gel-dégel. Leur ourlet inférieur est colonisé par la *gespa* et leur pourtour possède davantage de pierraille. Les fétuques résistent à l'ensevelissement par une croissance progressive de leurs tiges et en émettant de nouvelles pousses chaque printemps. Leurs racines peuvent se trouver entre 50cm et plus d'un mètre en amont: cela donne une idée de la vitesse du mouvement de solifluxion et de l'effet régulateur de la végétation. La contremarche est plus protégée et, selon l'altitude et la pente, elle peut avoir des touffes de callune, de diverses graminées ou des espèces des pelouses.

Ces versants supraforestiers ou des *solanes* pastorales à guirlandes de *gespa* sont toujours très avalancheux, car ils rassemblent au moins quatre critères favorables au risque d'avalanches: l'altitude supérieure à 1.600-1.800 mètres, la pente forte, la faible ou la mauvaise adhérence au sol (à cause des replats et des talus où des poches d'air peuvent être emprisonnées, à cause des fétuques très glissantes qui se couchent vers l'aval avec la reptation du manteau nival), et par l'évolution rapide du manteau neigeux qui permet la formation de gobelets à sa base même en hiver et, bien sûr, au printemps.

L'autre famille de modelés périglaciaires très courants, ce sont les diverses formes d'éboulis. Les éboulis de gravité forment des cônes ou des talus au pied de tous les versants des hautes vallées. Comme toujours, les matériaux gélifractés se répartissent selon leur taille, les plus gros vers le bas. Très souvent, le tiers supérieur du cône, plus riche en éléments fins, est colonisé par des plantes d'éboulis⁴⁴, mais

au 1/15000e de l'Ensegur et des diapositives commentées.

⁴⁴ - Ces éboulis fins dans les schistes et les manteaux d'éboulis possèdent une très intéressante collection

aussi par une végétation plus couvrante avec des plantes des pelouses alpines, avec du *gèspit* (*Festuca eskia*) et du *sudorn* (*Festuca paniculata*), qui demande des sols profonds et qui résiste aux feux pastoraux. Il est fréquent, en particulier dans les schistes, que les éboulis fins ou la partie supérieure des cônes d'éboulis soient affectés par la solifluxion: loupes ou petites langues de solifluxion laminaire en versant nord, guirlandes à fétuques en exposition sud.

Les éboulis peuvent aussi former des manteaux sur tout un versant régularisé avec, selon les secteurs du versant, des éboulis plus ou moins abondants et épais, de la roche apparente qui continue à être débitée par microgélifraction, ou de minces couches de pierrailles. Des versants avec des grèzes litées ont été étudiés en Andorre; ce sont des formes héritées⁴⁵. Enfin il faut signaler ces pittoresques blocs en transit sur les pentes meubles affectées par la solifluxion, en particulier les moraines ou les cônes de déjection des hautes vallées. Ils sont transportés par le sol qui soliflue au printemps, et leur poids contribue à atteindre plus facilement l'état boueux. Si bien qu'ils migrent plus vite que les terrains voisins (ou qu'ils sont les seuls à migrer). Ils donnent l'impression de faire du surf, avec leur nez relevé et le bourrelet herbeux qu'ils poussent devant eux et qu'ils chevauchent.

Bien que moins abondantes, les formes nivales ne sont pas absentes. Il s'agit d'incisions nivales sur les versants, dues à la présence de corniches ou de congères importantes, souvent sous le vent d'un *pla*. Toujours en bordure des *plans* ou des crêtes douces, on observe des encoches nivales, qui peuvent retoucher aussi le sommet de certains cirques. Toutes héritées de la fin de la dernière phase glaciaire, des niches de nivation forment des encoches arrondies ou semi-circulaires sur les haut versants ou sur les parois de cirque, avec des bourrelets de dépôts (les croissants de névé ou les moraines de névé, selon les auteurs). Elles sont parfois difficiles à différencier des petits cirques glaciaires ou des amorces de cirques. Nous en avons des exemples dans toutes les hautes vallées et dans les cirques en exposition nord, ou en limite des grands *plans* (voir la carte de la Vall del Madriu, sous la Rasa de Perafita).

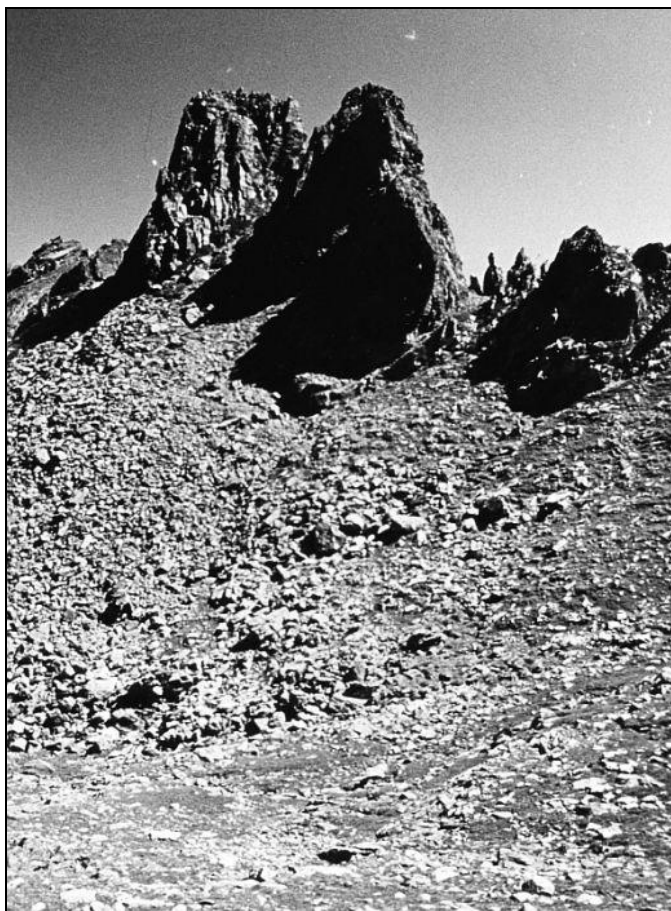
Les couloirs d'avalanches utilisent en général des couloirs d'éboulis, anciens ou actifs, et des chenaux torrentiels. De même, les cônes d'éboulis et les cônes de

de plantes adaptées à ces milieux très mobiles, soit par leur vie brève et par leur reproduction annuelle, soit par leur grande résistance à l'ensevelissement: une endémique, le *julivert d'isard* (*Xatardia scabra*), le crépis nain (*Crepis pygmaea*), la céraïste (*cerastium pyrenaicum*) ou les très belles renoncules de pierraille (*Ranunculus parnassifolius*).

⁴⁵ - Laurence Bernard: *Recerques geomorfologiques...* 1987.

déjection torrentiels sont des zones d'étalement des avalanches. Mais, lorsque les avalanches sont particulièrement fréquentes et qu'elles mobilisent des matériaux (c'est le cas des avalanches de printemps des versants sud, qui râclent les zones de départ et les couloirs), on observe la constitution de cônes d'avalanches caractéristiques, de forme allongée, dont la pointe supérieure remonte dans le couloir. Ils se superposent parfois aux cônes torrentiels ou d'éboulis moins actifs (ou non actifs). L'ensemble le plus spectaculaire est dans la moyenne vallée du Madriu, aux Solans de Fontverd et de la Farga (voir en annexe la carte géomorphologique n°5, *Vall del Madriu*).

En limite de notre sujet, signalons enfin les grandes coulées ou glissements postglaciaires, que nous étudierons plus loin avec le chapitre sur les risques naturels. Les quatre principaux ont été cartographiés sur la carte hors texte n°7: Les formes de modelés glaciaires. Il s'agit des grands glissements de Beixalis et del Forn, respectivement de 1,5 et de trois kilomètres de longueur, et des coulées relativement plus modestes de la Comella (à Grau Roig) et du Clot dels Gravaders (à Sant Julià de Lòria), de cinq à six cents mètres de longueur chacune.



**Modelés périglaciaires:
tarteres au Cap de la Coma
del Forat, Ordino**

Ph. A. Lerouge

Les *tarteres* (ou *tarters*) sont toujours formées de gros blocs, qu'il s'agisse d'anciens glaciers rocheux ou bien, comme ici, de macrogéolifractions issus des rochers du second plan, avec un transport postérieur sur les moraines et sur les dépôts qu'ils recouvrent. Bien que nous soyons à 2600m d'altitude et que quelques blocs puissent encore se détacher, nous avons affaire à une forme héritée. Cette crête déchiquetée par la gélifraction est située entre les cirques de la Coma del Forat et d'Arcalís.



Modelés périglaciaires: éboulis dans le cirque de l'Ensegur, Ordino

Ph. A. Lerouge

Le cirque de l'Ensegur est situé sur la face nord du Casamanya. La crête de recoupement glaciaire est à plus de 2.700 mètres d'altitude. Le Pic de

Casamanya est à droite ((2.740m) et l'Alt de Mereig au centre (2.724m). Le cirque a des parois abruptes dans des calcaires dévoniens, mais la plus grande partie des versants est recouverte d'éboulis de gravité, dont on voit ici la partie supérieure relativement plus fine. Les couloirs sont encore fonctionnels et canalisent aussi des avalanches (purges après les chutes de neige et corniches qui se forment plus à gauche, sous le *pla* de l'Alt de Montaup). Sous le Pic du Casamanya, on observe une petite niche de nivation, qui conserve encore un peu de neige en août, avec un croissant de névé bien dessiné, dont la longue pente externe se reconnaît par la teinte plus foncée des éboulis.

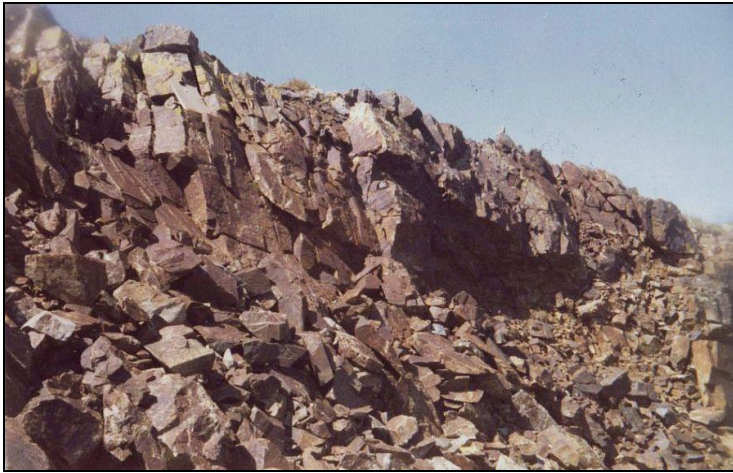
Modelés périglaciaires: éboulis dans la vallée de la Serrera, Ordino

Ph. A. Lerouge

Un aspect de la haute vallée-cirque de la Serrera, dont le fond d'auge est tapissé de moraines : au premier plan, à 2.400m, des moraines de la dernière glaciation et, au second plan, des arcs morainiques très rocheux du Tardiglaciaire. Des cônes et des manteaux d'éboulis couvrent toute la base du versant *obac* de la vallée. C'est un paysage fréquent dans l'étage alpin d'Andorre. On peut apprécier la pente des éboulis, proche de 30°, qui s'adoucit à la base en même temps qu'augmente la taille des blocs. Ces éboulis sont en partie végétalisés et, sur la droite, le cône le plus important (la Canal Gran de la Serrera, sous le Pic de l'Estanyó, 2.915m) a

quelques loupes de solifluxion laminaire. Tous ces cônes d'éboulis ne sont plus fonctionnels, en dehors d'apports modestes limités à quelques couloirs, qui sont aussi des couloirs d'avalanches. Au fond et à droite, la Serra del Roc del Rellotge, dont le sommet quasi horizontal est une surface mûre sommitale.





Modelés périglaciaires: gélifractions à Claror, Andorra-Escaldes

Ph. Joan Becat

Nous sommes sous la crête de la Serra Airosa, sur un versant nord-est à

2.680 mètres d'altitude. La gelifraction est très active et affecte des schistes métamorphisés au contact du massif de granit intrusif, qui commence sur l'autre versant de la vallée. La gelifraction affecte une roche naturellement très diaclasée, dans une zone faillée. L'alimentation en neige est assurée par la présence juste au-dessus d'une crête douce et arrondie où le vent balaie la neige et l'accumule ici, sous le vent. L'exposition nord-est et l'altitude assurent de nombreux cycles gel-dégel. Les fragments de roche qui se détachent ont une taille moyenne de vingt à trente centimètres et s'accumulent sur place.

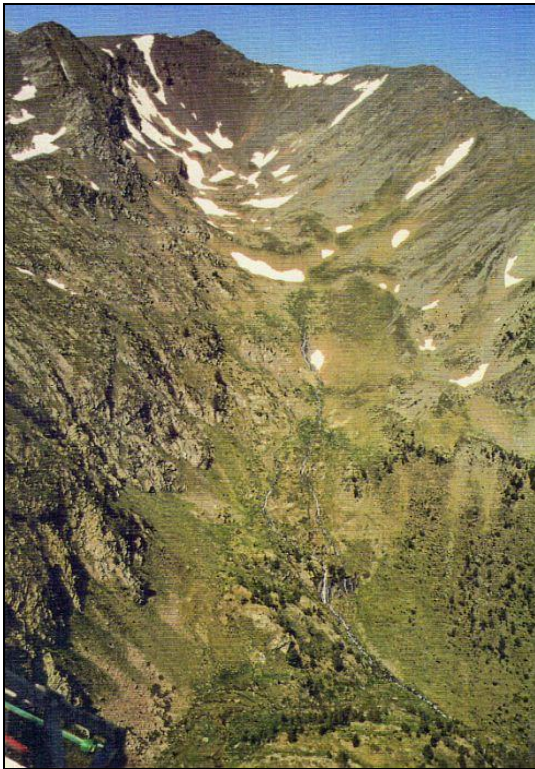
Modelés périglaciaires: gélifractions à Claror, Andorra-Escaldes

Ph. Joan Becat

Une borne frontière est plantée au milieu d'une nappe de gélifractions, sur le versant sud-ouest du Pic Negre, à l'extrémité sud du Camp de Claror (visible à l'arrière-plan). Nous sommes sur la crête douce, à pente modérée, qui raccorde ce *pla* à celui de Camp Borrut. Le Pic Negre (2.664m) est un relief résiduel qui s'élève de quelques dizaines de mètres au-dessus du *pla*. Il n'y a pas d'abrupt ni de paroi rocheuse; on passe directement de la roche en place, des schistes métamorphisés, à des nappes de débris hétérométriques, sans classement, comme on peut le voir sur la photographie. Superficiellement les fines sont absentes. Ces

nappes, dont les plaques et les fragments de schistes sont en général disposés dans le sens de la pente, progressent et recouvrent la pelouse sur leur bordure, au second plan. Elles se prolongent au-delà sur la gauche par le versant des Clots de la Febrerrussa. C'est l'amorce d'éboulis ordonnés.





Modelés périglaciaires: les Fonts à la Vall del Riu, Canillo

Ph. A. Lerouge

Au premier plan, le début de l'auge glaciaire de la Vall del Riu avec, sur la gauche, des éboulis presque entièrement végétalisés et affectés par la solifluxion (leur sommet a du *sudorn*, puis de la *Festuca eskia* et des plantes de pelouse), et, sur le *solà* de la droite, des guirlandes de solifluxion et des stries de parcours. Les derniers pins à crochets atteignent 2.350m d'altitude. Le cirque en demi-bol de les Fonts est perché au-dessus de cette vallée, et le petit Riu de la Comarca de les Fonts franchit cette dénivellée par une série de cascades. On rencontre ici les avalanches habituelles des hauts versants sud; des corniches sont encore visibles en juillet, malgré l'exposition plein sud. Il y a 750m de dénivellée entre le Pic de la Cabaneta (2.863m) et la vallée au premier plan, alors que le fond de cirque est à 2.450m.

Interprétation géomorphologique

Ce croquis localise tous les éléments de la carte géomorphologique annexe n°3, La Vall del Riu. L'auge du premier plan est très nette, avec des ruptures de pente bien marquées en haut du versant; quelques *bonyes* apparaissent dans le fond. Sur la gauche, il y a l'extrémité du fond de cirque plat et évasé de l'Estany Gran: c'est une plateforme d'érosion glaciaire. Le cirque de les Fonts est bien dessiné, avec des éboulis sur les versants et des dépôts morainiques dans le fond. Ces éboulis assez fins forment des manteaux sur tout le versant régularisé de droite, où apparaissent encore quelques affleurement de roche en place. Sur la gauche, il y a des abrupts rocheux striés de couloirs et une série de cônes d'éboulis de gravité.





Formes de modelés périglaciaires à les Colleroles, la Vall del Riu, Canillo

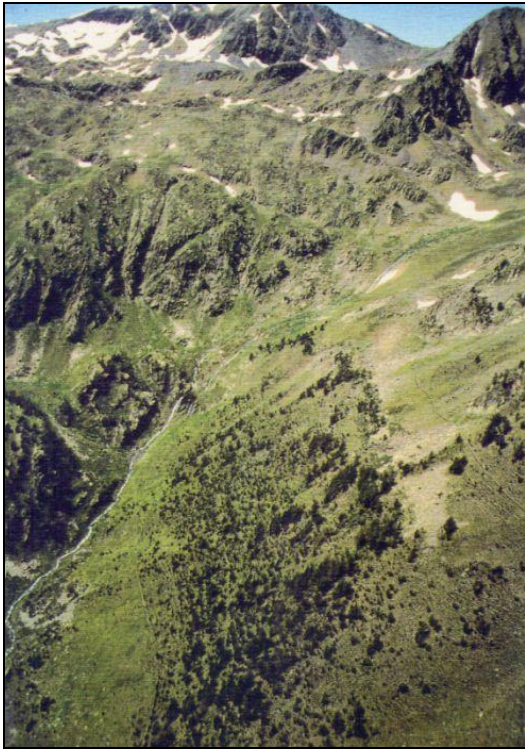
Ph. A. Lerouge

Situé face à l'est, le cirque en entonnoir de les Colleroles est retouché en son centre par deux encoches glaciaires en coup de cuillère, le Clot del Salt. Elles mettent à profit le contact entre les calcaires dévonien (les abrupts rocheux de la gauche et le massif du Casamanya à l'arrière-plan) et les schistes siluriens (au centre et à droite). La crête est une longue surface mûre sommitale, la Serra dels Estanys, qui recoupe indifféremment schistes et calcaires. Le cirque est situé sous le vent et il s'y forme des congères, des plaques à vent et des corniches, dont certaines persistent encore en juillet, malgré une bonne exposition et l'altitude assez modeste de 2.430 mètres. Pelouses alpines et guirlandes à fétuques en *solana*: nous sommes dans une caractéristique estive à moutons, qui fait partie du très disputé *cortó* de la Vall del Riu.

Interprétation géomorphologique

Ce croquis, réalisé à partir de la photographie précédente, reprend et localise tous les éléments de la carte géomorphologique hors texte n°3, La Vall del Riu. Les pentes tendues du cirque sont affectées entièrement par des formes de modelé périglaciaire. Sur la droite, en exposition sud, le versant de Les Colleroles est couvert de haut en bas de guirlandes de solifluxion superficielle soulignées par du *gèspit*. Il s'y mêle des plantes des pelouses alpines et de la callune. C'est la formation typique des hautes *solanes*; c'est aussi une zone très avalancheuse, sans autre élément favorable que la pente et la mauvaise adhérence de la neige sur le sol. Sur la gauche, face au nord-est, des loupes et des langues de solifluxion entravée par la pelouse alpine affectent tous le versant, y compris les éboulis végétalisés, en dehors des zones rocheuses.





Formes de modelés périglaciaires à la Costa Gran, Vall del Riu

Ph. A. Lerouge

Au premier plan, le fond d'auge et les versants de la vallée glaciaire de la Vall del Riu, avec un épaulement à peine marqué sur la droite, qui correspond au sommet de la Costa Gran. La forêt claire de pins à crochets est régulièrement parcourue par des avalanches; c'est une forêt caractéristique de zone d'avalanches, avec de jeunes plants, des arbres au tronc couché et des souches étêtées qui résistent encore. Au second plan, s'étend le large cirque dels Estanys, dont le fond est relativement plat et incliné, avec des roches moutonnées. On note des alignements rocheux et des sillons dûs à des réseaux de failles secondaires. Le Pic de l'Estanyó est au fond et le cirque de les Fonts à droite. Des modelés périglaciaires affectent les versants du premier plan.

Interprétation géomorphologique

Ce croquis localise les éléments de la carte annexe n°3, La Vall del Riu. On observe au premier plan plusieurs formes de modelés périglaciaires. Le flanc d'auge, la Costa Gran, est strié de pieds de vache. Si on donne ce nom à des formes de solifluxion superficielle qui n'ont parfois rien à voir avec le passage du bétail, il n'en est pas de même ici: ces stries correspondent à de multiples cheminements des ovins dans un *cortó* utilisé intensément jusqu'à aujourd'hui. La solifluxion printanière entretient cette forme de modelé, qui passe parfois à des guirlandes. Au-dessus, sur le versant supraglaciaire, nous avons des éboulis non fonctionnels, presque entièrement végétalisés, eux-mêmes affectés localement par des guirlandes de solifluxion.



Les formes torrentielles, fluviales et fluvioglaciaires

Les formes de modelé torrentiel et fluvial, d'ablation ou d'accumulation, s'imposent progressivement à partir de l'Andorre moyenne. Elles retouchent ou réutilisent d'abord les grandes formes de modelé glaciaire, puis, en Andorre inférieure, elles deviennent exclusives.

Les ensembles torrentiels abondent, qu'ils soient élémentaires ou complexes; nous en présentons des exemples à travers les cartes géomorphologiques en annexe⁴⁶ et les illustrations qui suivent. Dans les versants d'auge ou supraglaciaires des grandes vallées glaciaires, les torrents réutilisent des cirques peu excavés ou en entonnoir, ou y inscrivent des bassins de réception nouveaux. On remarque que les cônes de déjection sont souvent disproportionnés par rapport à la superficie du bassin de réception. Il ne faut pas oublier que, pendant la dernière phase glaciaire et pendant le Tardiglaciaire, ces vallées étaient libres de glace: les processus périglaciaires y étaient très actifs. De plus, localement, les dépôts morainiques des vallées et des cirques suspendus, ou des dépôts latéraux, fournissaient des matériaux abondants et facilement mobilisables. Très souvent, ces cônes de déjection sont réincisés par le torrent actuel; parfois un nouveau cône plus petit s'inscrit dans le premier. Nous en avons plusieurs exemples dans la vallée de la Valira del Nord, avec les torrents du Querol ou du Tabanell.

Quelques cirques perchés au-dessus des auges principales, ainsi que toutes les vallées glaciaires suspendues, ont des gorges de raccordement vigoureuses et profondes, dont nous avons présenté des exemples. Des gorges fluviales notables s'observent à Sant Julià de Lòria, la paroisse la plus basse. Il s'agit du cours inférieur de tous les affluents de la Valira: le Riu de Fontaneda sur la rive droite et, sur la rive gauche, les Rius de Llumeneres, d'Aixirivall, d'Aubinyà et le Riu Runer. Les villages sont tous perchés sur les replats des interfluves.

Bien que, d'une manière générale, la forêt et la végétation arbustive et herbacée protègent bien les sols en Andorre dans les étages montagnard et subalpin, on note un peu partout de petites incisions, des couloirs, des griffures de ravinement.

⁴⁶ - Documents en annexe: Les formes de relief et de modelé; voir en particulier les cartes n°2, l'Angonella-la Cortinada, n°4, Montaup-Mereig et n° 5, Vall del Madriu.

Ils étaient plus importants il y a cinquante ans et plus, les photographies anciennes et les premières photographies aériennes de 1948 en donnent la preuve. Les principales zones actuelles avec des incisions et des dissections se situent sur les *solanes* les plus pentues, au Solà d'Encamp, au Solà d'Engordany, aux Solans d'Andorra et d'Enclar, et dans les *solans* de Sant Julià de Lòria: els Fenerals, Bixessari et Rocafort-Solà de Mossers. Assez rarement, on observe aujourd'hui des ravinements importants ou des secteurs de bad lands (en catalan: *aixeragalls* ou *costers aixaragallats*). On notera ceux du Solà de Canillo, les plus importants, quelques secteurs dans des schistes tendres et argileux au débouché des vallées de l'Ensegur et de l'Angonella, ainsi qu'à Bixessari ou dans des secteurs des gorges fluviales de Sant Julià de Lòria.

Pendant l'aiguat de 1982, les fortes pluies provoquèrent des foirages et des coulées de boue localisées, surtout dans la haute paroisse de la Massana et à Engolasters.

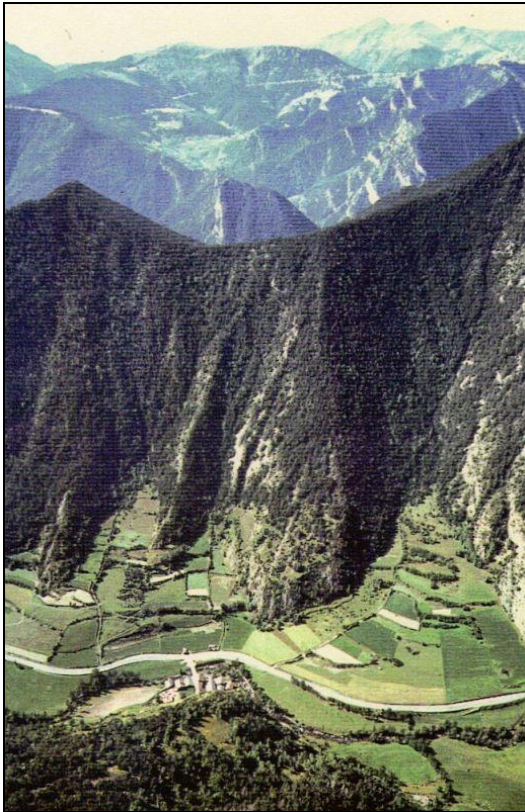
Moins bien représentées dans les vallées en amont d'Ordino et de Canillo, les formes fluviales de vallée apparaissent dans les bassins, à Encamp et à Andorra la Vella-Santa Coloma, avec des remplissages alluviaux et colluviaux, des petites terrasses, des lits d'inondation et des méandres qui se déplacent lors des crues débordantes. Dans ces bassins les pouvoirs publics ont fait un gros effort d'endiguement des rivières, amplifié depuis les inondations catastrophiques de 1982. Les cours d'eau sont fixés dans leur lit mineur de bout en bout des agglomérations, ce qui permet de libérer du terrain et de protéger les lits d'inondation, qui étaient souvent déjà urbanisés.

Les bassins d'Ordino et de la Massana conservent de belles formes d'accumulation fluvio-glaciaires et glacio-lacustres, étudiées et cartographiées par J.M. Vilaplana⁴⁷. Ces dépôts atteignent plusieurs dizaines de mètres, et peuvent localement dépasser cinquante mètres d'épaisseur à la Massana ou à l'Aldosa. Ils forment le replat au sud-est d'Ordino, où s'étend aujourd'hui la zone urbaine, et les replats de Sispony, dels Plans, d'Escàs, del Pui et de l'Aldosa. Ils se déposèrent dans un milieu lacustre ou deltaïque, sur un fond de moraines anciennes, lorsque les langues glaciaires des vallées du nord reculèrent. Elles se séparèrent alors de la langue principale, qui occupait toujours l'ombilic d'Andorra la Vella et qui, par conséquent, barrait le bassin de la Massana vers l'aval.

Ces dépôts meubles sont aujourd'hui incisés par le Valira del Nord qui s'est

⁴⁷ - Joan Manuel Vilaplana: *Estudi del glacialisme...*, 1984.

encaissé d'une quarantaine de mètres. Ils présentent des talus virtuellement instables, qui sont largement urbanisés. Ce sont des dépôts variés: des moraines de fond (tillites), des matériaux lacustres argileux (lutites), des graviers ou des sables deltaïques, des dépôts fluvio-glaciaires torrentiels, sous-glaciaires ou pro-glaciaires (d'outwash). Un peu en amont, de petits lacs se formèrent dans des vallons latéraux barrés par les langues glaciaires, où se déposèrent des argiles: à Redort, en amont de Segudet (Ordino), ou encore à l'Escaluquer, en amont de la Massana, où une briquetterie les exploita.



L'Obaga d'Ansalonga, Ordino

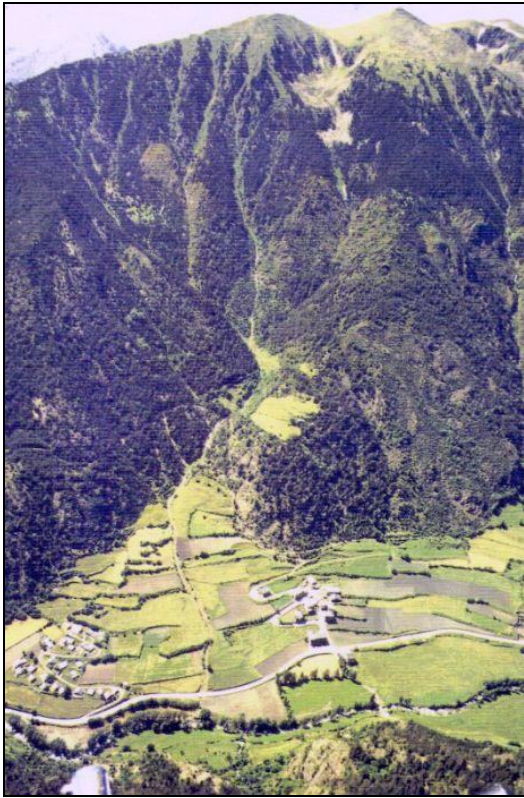
Ph. A. Lerouge

C'est un secteur de l'auge glaciaire de la Valira del Nord, avec des versants abrupts et réguliers, entre 1.700 et 1.350m d'altitude, striés de *canals* qui alimentent des cônes de déjection. Il y a une disproportion entre les bassins de réception exigus et les cônes plus importants. Il est probable qu'ils recouvrent des éboulis mis en place après la fusion des glaciers de vallée. Le couvert végétal était déjà important il y a cinquante ans (premières photographies aériennes). Il s'est densifié depuis et il bloque toute activité torrentielle ou d'avalanches. Sur les cônes, les chenaux d'écoulement sont canalisés, bordés de murettes et en partie pavés: ce sont des *callisses*, qui servent, en temps normal, de chemin d'accès aux parcelles.

Interprétation géomorphologique

L'Obaga d'Ansalonga présente un ensemble de petites, mais vigoureuses, incisions torrentielles élémentaires. Chacune possède un bassin de réception limité, mais donne des ravinements actifs très visibles sur les photographies aériennes de 1948, en particulier dans la Canal de Coma Pregona, au centre. Les quatre cônes de déjection sont séparés par des *bonys* rocheux. Un élément de versant d'auge est conservé sur le front du Serrat del Planell Lluent. En dehors des vallées glaciaires principales, tout le modelé des versants, à Ansalonga comme dans les montagnes de l'arrière-plan (Erts-Xixerella-Pal, paroisse de la Massana), est dû à l'érosion torrentielle.





La Canal del Tabanell, Ordino

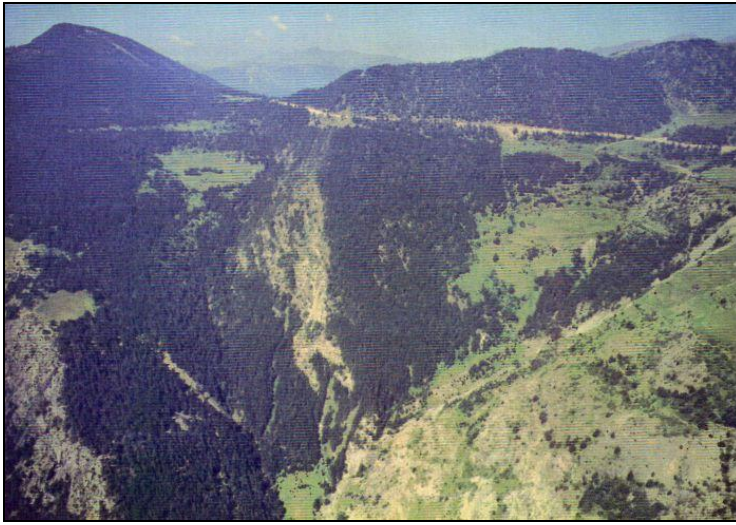
Ph. A. Lerouge

La Canal del Tabanell draine un ample bassin torrentiel, d'un dénivelée de plus de mille mètres, entre 2.490 à 1.400m d'altitude. La partie haute est supraforestière et beaucoup de rochers apparaissent sur les versants. Sur la droite, entre les Pics de Percanella et del Clot del Cavall, on note un petit cirque glaciaire. Une série de chenaux incisent le bassin; tous sont aussi des couloirs d'avalanche. Dans la vallée, le cône de déjection est mis en culture avec, au centre, la zone d'étalement des avalanches de printemps (qui peuvent atteindre, exceptionnellement, la route à 1.350m d'altitude seulement!) et, de part et d'autre, le village d'Arans et un lotissement récent. La Valira del Nord est repoussé au pied d'un verrou rocheux, sur la rive gauche.

Interprétation géomorphologique

Ce croquis localise les éléments de la carte annexe n°2, l'Angonella-la Cortinada. Le petit cirque du Clot del Cavall fut autrefois alimenté en neige par le *pla* qui le domine. Il a généré deux petits arcs morainiques, soulignés par la végétation. Le bassin de réception torrentiel s'inscrit dans le versant d'auge, profitant des schistes siluriens, au contact des calcaires dévoniens du Casamanya. Deux replats sont à mi-versant sur des verrous rocheux. Plus petit, en relation avec la capacité torrentielle actuelle, un nouveau cône s'ébauche sur l'ancien. Entre la Valira del Nord et la route, le lit d'inondation est aujourd'hui comblé de dépôts anthropiques.





Le solà de Mereig et le Coll d'Ordino, Canillo

Ph. A. Lerouge

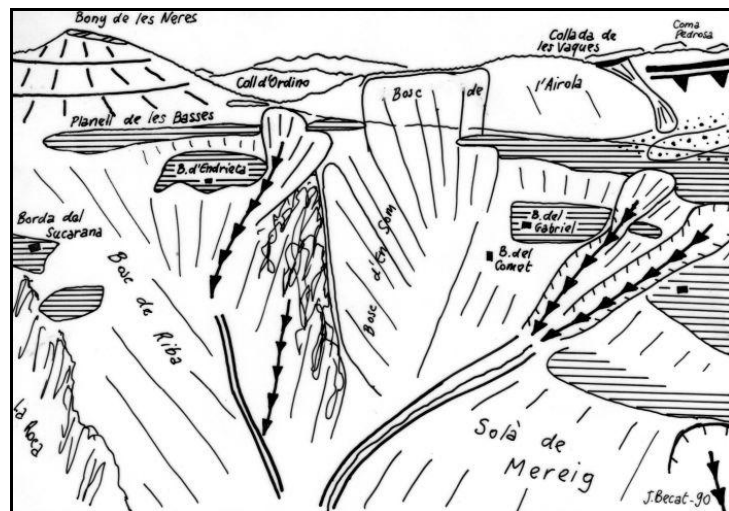
À l'arrière-plan, le Bony de les Neres et le Coll d'Ordino, où passe la

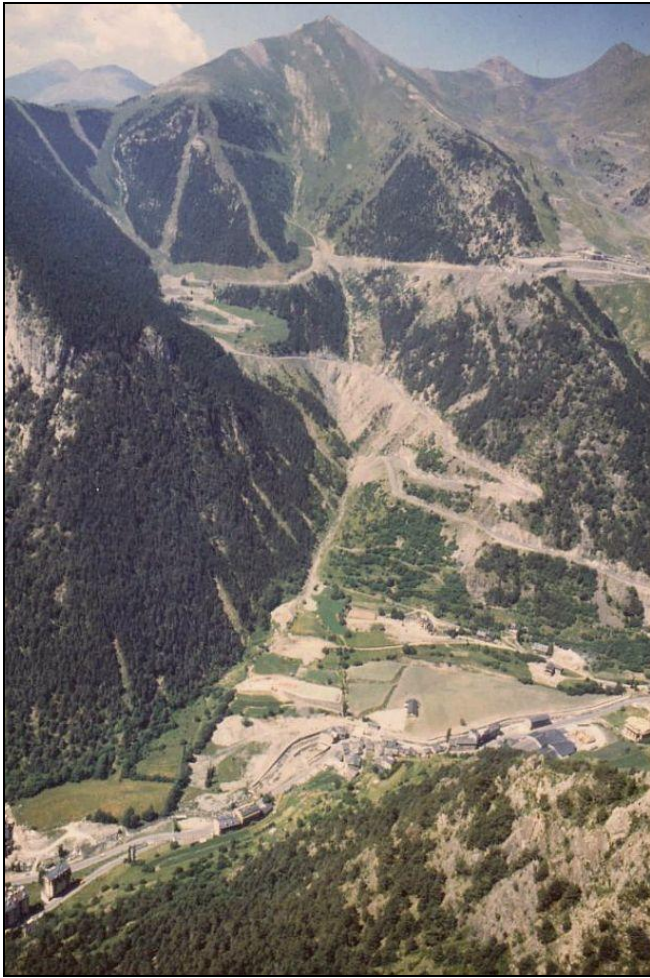
nouvelle route, à 1.980m, et la crête qui monte progressivement vers le Pic del Casamanya. Juste au-dessous, le replat de l'étage des *bordes* de Mereig et, au premier plan, les vigoureuses incisions torrentielles du torrent du Bosc dels Fontanals-Bosc de Riba, à gauche, et du Riu d'Urina, à droite. La progression de la forêt atténue l'érosion dans le premier cas, mais le second a des ravinelements actifs. Tout cet ensemble torrentiel, dont la dynamique d'érosion régressive aux dépens du replat est évidente, peut être interprété comme la gorge de raccordement entre la vallée suspendue de Mereig et la vallée principale de la Valira d'Orient, avec une dénivelée considérable de 450 mètres sur un kilomètre de distance.

Interprétation géomorphologique

Ce croquis interprétatif localise les éléments de la carte géomorphologique annexe n°4, Montaup-Mereig. Le Bony de les Neres conserve une surface d'érosion sommitale; ses pentes sont des versants supraglaciaires réguliers. La Borda del Sucaràna utilise un replat rocheux, mais les Bordes d'Endrieta et del Gabriel sont dans des dépôts glaciaires probablement affaissés (on peut les attribuer à des mouvements rotationnels post-glaciaires dus à l'appel au vide créé par l'incision torrentielle). Le replat d'accumulation glaciaire latérale disparaît dans la zone du bassin de réception torrentiel du Bosc d'en Som. À droite, on aperçoit l'extrémité de la vallée

suspendue de Mereig, puis les *aixaragalls* (ravinelements, badlands) du Barranc del Bosc et les replats étagés du Solà de Mereig, sur la roche en place.





El Galliner, la Massana

Ph. A. Lerouge

Le Galliner est un grand ensemble torrentiel de 1.100m de dénivelée, abrupt et brutal. Il s'agit de deux bassins de réception qui utilisent des cirques glaciaires très pentus, en forme d'entonnoir: à gauche, le Riu del Turer, à droite, le Riu del Cubil, sous le Pic Alt de la Capa (2.572m). Leur cône commun est allongé et tendu. A droite, la vallée-cirque de Comallempa où sont les pistes d'Arinsal. Lors de l'*aiguat* d'octobre 1982, ce cône a été fonctionnel et de nombreuses coulées boueuses ont affecté les versants (lignes claires dans partie inférieure de la forêt). Ce bassin torrentiel est aussi une zone d'avalanches qui peuvent affecter jusqu'aux premières maisons du village. Il est aujourd'hui emprunté par de nouvelles pistes de ski et par une récente route d'accès.

Modelés torrentiels à Francolí, Sant Julià de Lòria

Ph. A. Lerouge

La *comarca* de Francolí, que l'on voit en entier, forme une avancée du territoire andorran vers l'ouest. En effet, la frontière suit la crête, du Coll de Vista au Bony dels Llaurers (2187m, au centre) et au Coll de l'Aquell (2164m, à l'arrière-plan à droite), puis revient vers nous par le Riu de l'Aquell et la Solana dels Llimois, à l'extrême droite. Tout ce secteur est un dédale de bassins de réception torrentiels abrupts, dont les torrents, assez hiérarchisés, rejoignent le Riu d'Os de Civís, puis la Valira. C'était une estive, et l'on devine à travers cet exemple à quel point cette paroisse manquait de pâturages d'altitude. Depuis le quasi abandon de l'élevage à Sant Julià de Lòria, la forêt a

progressé et contribue à freiner l'érosion. Malgré cela, pendant l'*aiguat* de 1982 tout le bassin versant du Riu d'Os de Civís, de Setúria au confluent avec la Valira, a fonctionné comme un grand ensemble torrentiel, ravageant la vallée et utilisant la zone urbaine d'Aixovall comme cône de déjection actif.



L'action anthropique

Si l'on compare l'Andorre aux régions pyrénéennes voisines, on constate que les modifications du milieu et que l'action anthropique y sont plus importantes, avec de nombreux impacts. Souvent les mesures de protection préventives habituelles n'avaient pas été prises. Aujourd'hui si le *Consell General* ou certains *Comuns* ont pris des décrets et des règlements visant à contrôler et à limiter certains abus en haute montagne, force est de constater qu'ils ne sont guère respectés, à commencer par les Andorrans eux-mêmes.

Les modifications anthropiques concernent, d'abord, les fonds de vallée, en zone urbaine comme en zone rurale: comblements de lits majeurs, avec les conséquences possibles sur la dynamique fluviale en période de crue, endiguements des cours d'eau. Il y eut même des retours au lit ancien, accompagné de gros mouvements de terres, après les déplacements de méandres de *l'aiguat* de 1982 (par exemple entre Erts et la Massana).

Les routes, les pistes et les constructions ont modifié bien des talus, des bases d'éboulis, ou couvert des versants autrefois forestiers de manteaux de déblais. Toujours en ce qui concerne les routes de montagne, elles ont pour conséquence de recueillir les eaux de ruissellement du versant supérieur, puis de les canaliser dans des buses qui traversent la route et de les rejeter concentrées vers le versant inférieur.

Enfin, on note en haute montagne la généralisation d'érosions localisées dues au passage des motos tout-terrain, des jeeps et des véhicules 4x4. Aujourd'hui, presque tous les chemins et sentiers sont affectés par les déchaussements de pierres, voire la destruction des anciens pavages, et par l'ameublissement du sol que provoquent ces motos très agressives. Le ruissellement, les orages et les eaux de fonte des neiges se chargent de déblayer les matériaux ameublés et de prolonger l'érosion. Les pentes herbeuses de l'étage alpin voient une progression préoccupante des ornières et des ravinements dûs aux passages répétés et anarchiques des véhicules tout-terrain, à partir des routes existantes. Aujourd'hui interdite à ces pratiques, les zones de Camp de Claror-Camp Ramonet et du versant méridional au Casamanya en sont des exemples clairs.

Les circuits en jeep et leur impact écologique. Les circuits touristiques en jeep ou en autobus-jeep ont eu leur période faste entre 1960 et 1985. Le mécanisme

était simple, promettre une excursion pleine d'émotion et d'éléments insolites à la masse de visiteurs qui venaient acheter ou séjourner brièvement en Andorre. Pour cela il fallait limiter les excursions à une demi-journée, donc utiliser l'autocar ou les jeeps et faire en sorte que l'on arrive le plus loin ou le plus haut possible, aller jusqu'à l'extrémité de la dernière piste tracée, à Tristaina ou à la Vall d'Incles, ou monter à Claror jusqu'aux *plans* les plus élevés, parcourir plusieurs vallées, etc, pour avoir plus de piquant. Il y avait une telle foule dans l'Andorre commerciale qu'il se présentait toujours assez de candidats pour les excursions. Dans ce système le produit touristique très peu élaboré s'adressait à un public peu motivé par la connaissance du pays. Il créait des nuisances dans les paroisses hautes sans retombées économiques directes et, au pire, pénalisait les autres activités touristiques et en altérait l'image.

Il fallait avoir un matériel approprié, beaucoup de routes ou de pistes de montagne présentant des difficultés pour les autocars normaux : des véhicules curieux étaient utilisés, résultat d'une hybridation en greffant une carcasse d'autocar sur un châssis de camion-jeep ou d'un gros véhicule tout-terrain, voire d'un ancien véhicule militaire. Cette robustesse et leur capacité en passagers en faisaient des engins redoutables pour le milieu et pour les infrastructures : beaucoup de poids et parfois des surcharges pour des véhicules dont les moteurs et les quatre roues motrices permettaient de grimper n'importe quelle pente par des pistes montagnardes. De là les dommages aux chaussées et aux pistes et leur grande agressivité sur les pelouses alpines avec le creusement d'ornières profondes dès que le terrain était mouillé, leur propre poids faisant atteindre plus rapidement le seuil de liquéfaction du sol et la puissance augmentant l'effet d'arrachement, au point qu'il fallait rapidement changer de tracé et ouvrir de nouveaux sillons.

L'impact était si grand et progressait à une allure si spectaculaire, en particulier à Camp Ramonet et Camp de Claror, que des mesures de contrôle des engins (poids maximum autorisé, charge et sécurité) et des limitations ou des interdictions d'accès furent prises à la fin des années 1980 par les paroisses et par les services administratifs de l'État, malgré les intérêts en jeu et le poids social et politique des quelques entrepreneurs. Dans les années 1990 on constate une évolution des visites en autocar : certains circuits étant tronqués de ce qui faisait leur intérêt, les haltes et les visites se multiplient, points de vue, monuments, villages ; on propose des excursions de la journée, la plupart hors d'Andorre, dans les Pyrénées voisines et jusqu'à Barcelone et à Lourdes. L'offre s'est diversifiée et devient moins criticable, mieux adaptée aux nécessités du tourisme en Andorre.

La déstabilisation des talus et versants par les infrastructures et constructions. Il y a toujours des facteurs naturels favorables, terrains meubles, talus de terrasses ou éboulis, cependant, c'est le mode d'aménagement qui a dominé jusqu'à la fin des années 1980 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 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.

C'est souvent 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, comme les secteurs à terrains instables, les couloirs torrentiels, les 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. Les alertes furent si nombreuses au début des années 1990 (Arinsal, la Massana, Encamp, Sant Julià), avec des talus éboulés et des petits glissements de terrains lors des pluies, des fissurations ou effondrements de constructions, que des décisions gouvernementales imposèrent une stabilisation systématique les talus des routes et tous les terrains instables qui supportent des constructions, avec un plan sur plusieurs années, d'abord limité par des contraintes budgétaires puis réactivé après les chutes de rochers du Solà de Nadal et de Santa Coloma.

Les autres risques anthropiques.

Certains autres risques anthropiques peuvent devenir préoccupants en Andorre, comme dans toute région très urbanisée en montagne : 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 campagnes des groupes écologistes ont eu du succès.

Depuis 1990, l'existence d'une presse quotidienne qui s'en est fait l'écho y fut pour beaucoup. Les résultats sont évidents : d'une part une plus grande sensibilisation de l'opinion et la volonté d'améliorer la protection du milieu et des paysages et, d'autre part, des campagnes de nettoyage et d'assainissement des cours d'eau par les pouvoirs publics, avec occasionnellement l'appui d'entreprises privées. Cela est allé jusqu'à la fermeture d'une entreprise polluante.



Sant Julià de Lòria: ravine à Camp Borrut

Ph. Joan Becat, 1979

Le versant qui relie les *plans* sommitaux de Camp Borrut et de Camp de Claror est strié de multiples ravine dus au passage répété de camions-jeeps d'excursion. Les jeeps, par leur propre poids comme par l'effet de la traction, arrachent la pelouse et créent une ornière. Celle-ci

s'approfondit constamment, par le passage continu sur des sols peu cohérents. Les orages et la fonte des neiges accentuent le phénomène d'érosion, par concentration des eaux du versant vers ces sillons. La gélifluxion joue aussi. Lorsque les ornières sont devenues des sillons trop profonds, les jeeps passent à côté et ouvrent de nouvelles ornières, quand il ne s'agit pas de pures fantaisies pour épater le touriste. Pendant ce temps les stries abandonnées continuent à s'approfondir par ravinement (celle du premier plan a 80 cm de profondeur). Rapide et impactant, ce processus avait moins de vingt ans. En principe, l'accès des *plans* aux autobus-jeep d'excursion est aujourd'hui interdit.

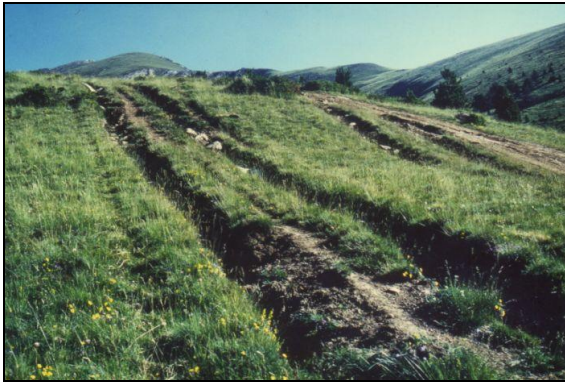
Canillo: érosions dues aux jeeps à Mereig

Ph. J. Becat, 1990.

Le même phénomène, également très spectaculaire, se produit à Mereig, sur les flancs du Casamanya. Les jeeps et motos tout-terrain partaient de la nouvelle route du Coll d'Ordino et grimpaient les pentes herbeuses de l'auge et des cirques. La trace était parfois unique mais, dans toutes les pentes plus raides, les sillons se multipliaient (par exemple au second plan à gauche). Des photographies prises en 1978 dans ce même secteur ne montrent aucune marque ni incision. Les trois photographies de la page suivante ont été prises dans le secteur immédiatement au-dessous. Les sillons avaient 60cm de profondeur. L'agression était

sans limites si le passage des véhicules 4x4 se poursuivait. Or il était interdit par décision du Comú de Canillo. Malgré cela, il était courant d'y rencontrer des jeeps et des motos. Des actions furent entreprises pour essayer de combler les stries et rendre les interdictions plus effectives.





**Érosions dues au passage des jeeps à
Mereig**

Ph. J. Becat, 1990

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief

Documents annexes

Exemples de formes de relief et de modelé

Documents 1 : Cartes géomorphologiques au 1/20.000e

- L'Angonella - la Cortinada
- Coma de Ransol
- L'Ensegur
- Montaup - Mereig
- El Serrat
- Vall del Madriu
- Vall del Riu

Documents 2 : Cartes d'Andorre au 1/100.000e

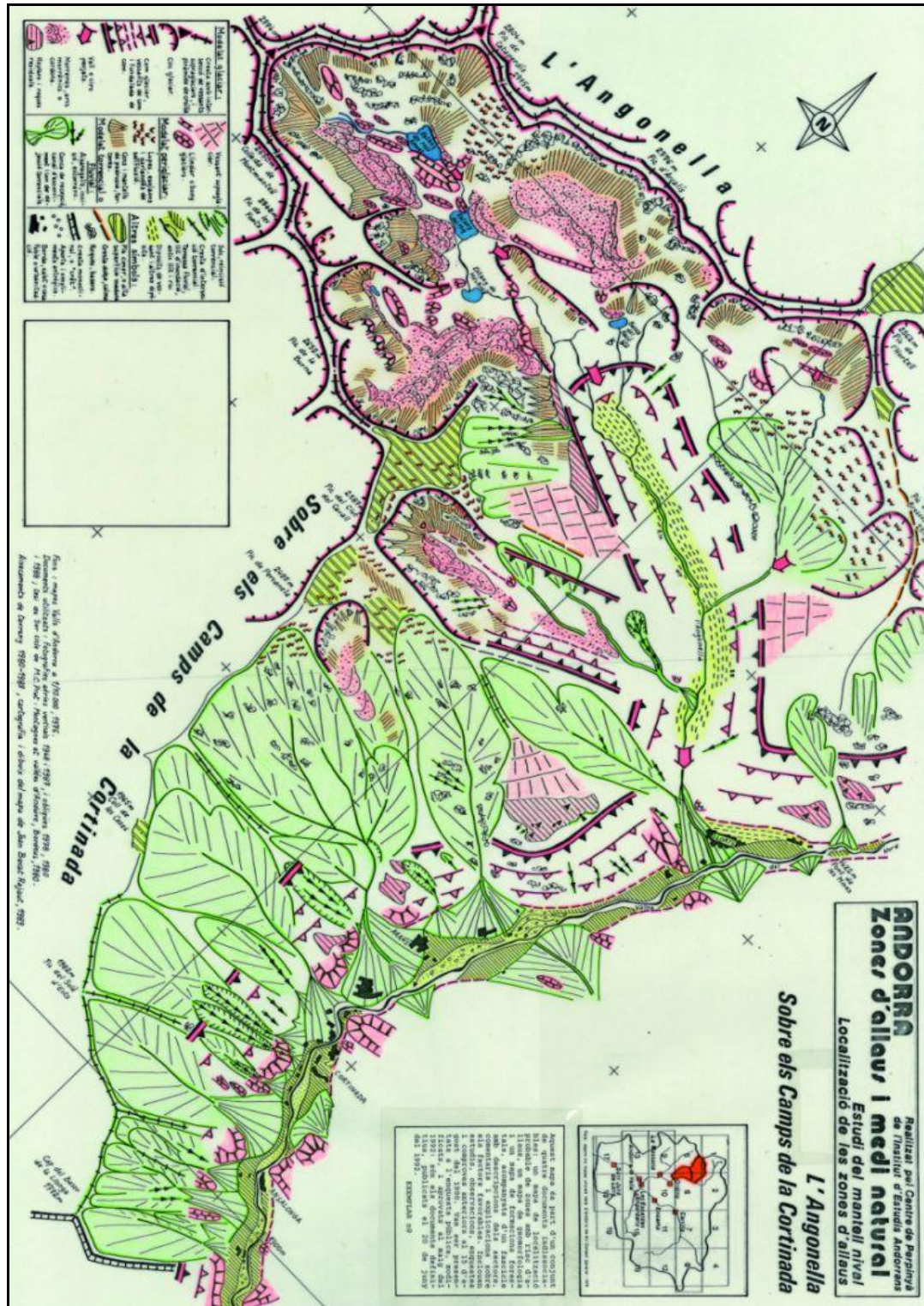
- Les formes mûres et les *plans* sommitaux
- Les formes de modelé glaciaire

Exemples de formes de relief et de modelé

Documents annexes 1 : Cartes géomorphologiques au 1/20.000e

L'Angonella - la Cortinada

Cartographie Joan Becat. Cette carte accompagne l'étude "*Andorra. Zones d'allaus i medi natural: L'Angonella-Sobre els Camps de la Cortinada*", C.E.A. Perpinyà, 1989, 73p., 3 cartes HT 50 x 70cm.

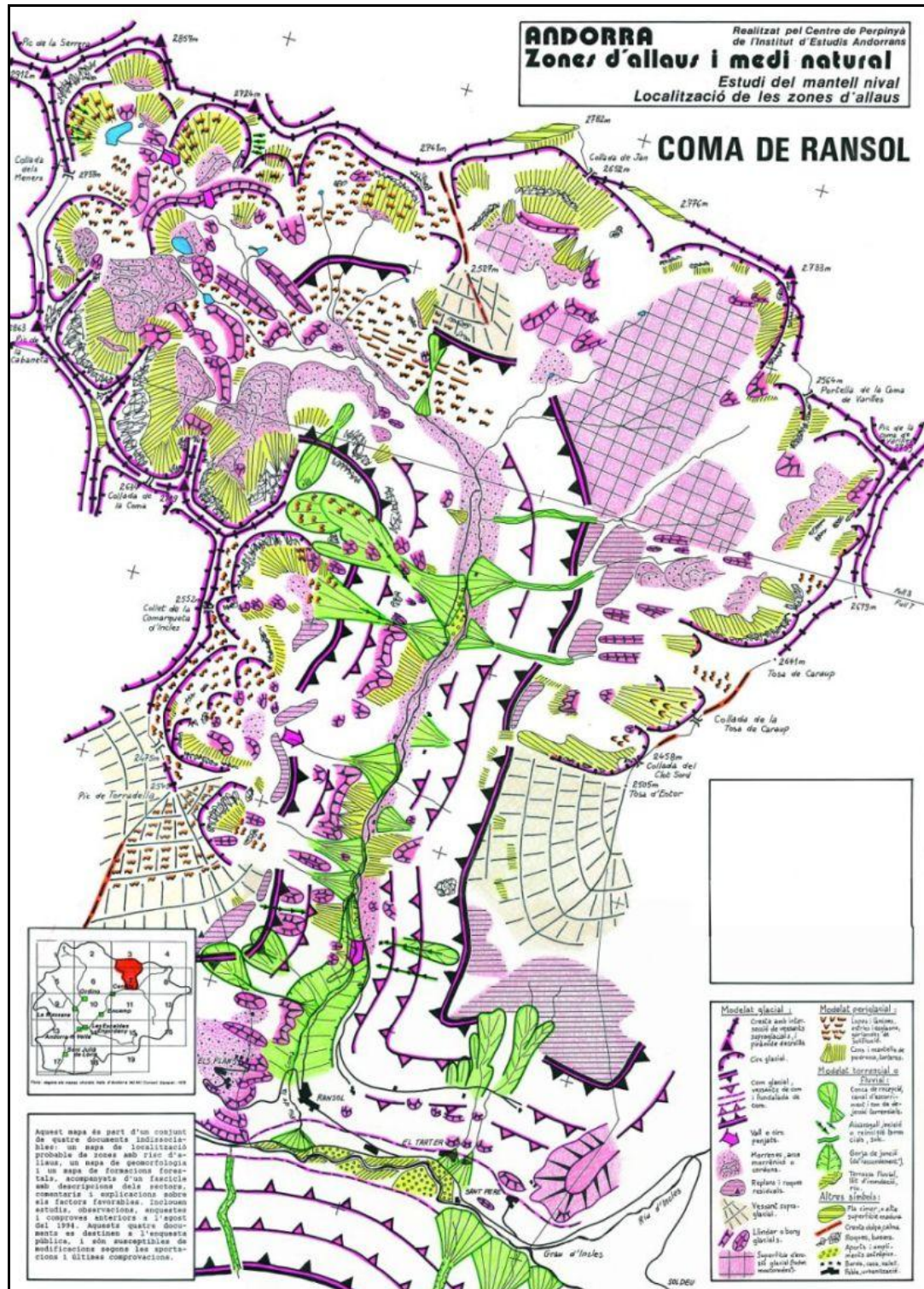


Exemples de formes de relief et de modelé

Documents annexes 1 : Cartes géomorphologiques au 1/20.000e

Coma de Ransol

Cartographie Joan Becat. Cette carte accompagne l'étude "*Andorra. Zones d'allaus i medi natural: Coma de Ransol*", C.E.A. Perpinyà, 1994, 54p., 3 cartes HT 50 x 70cm.

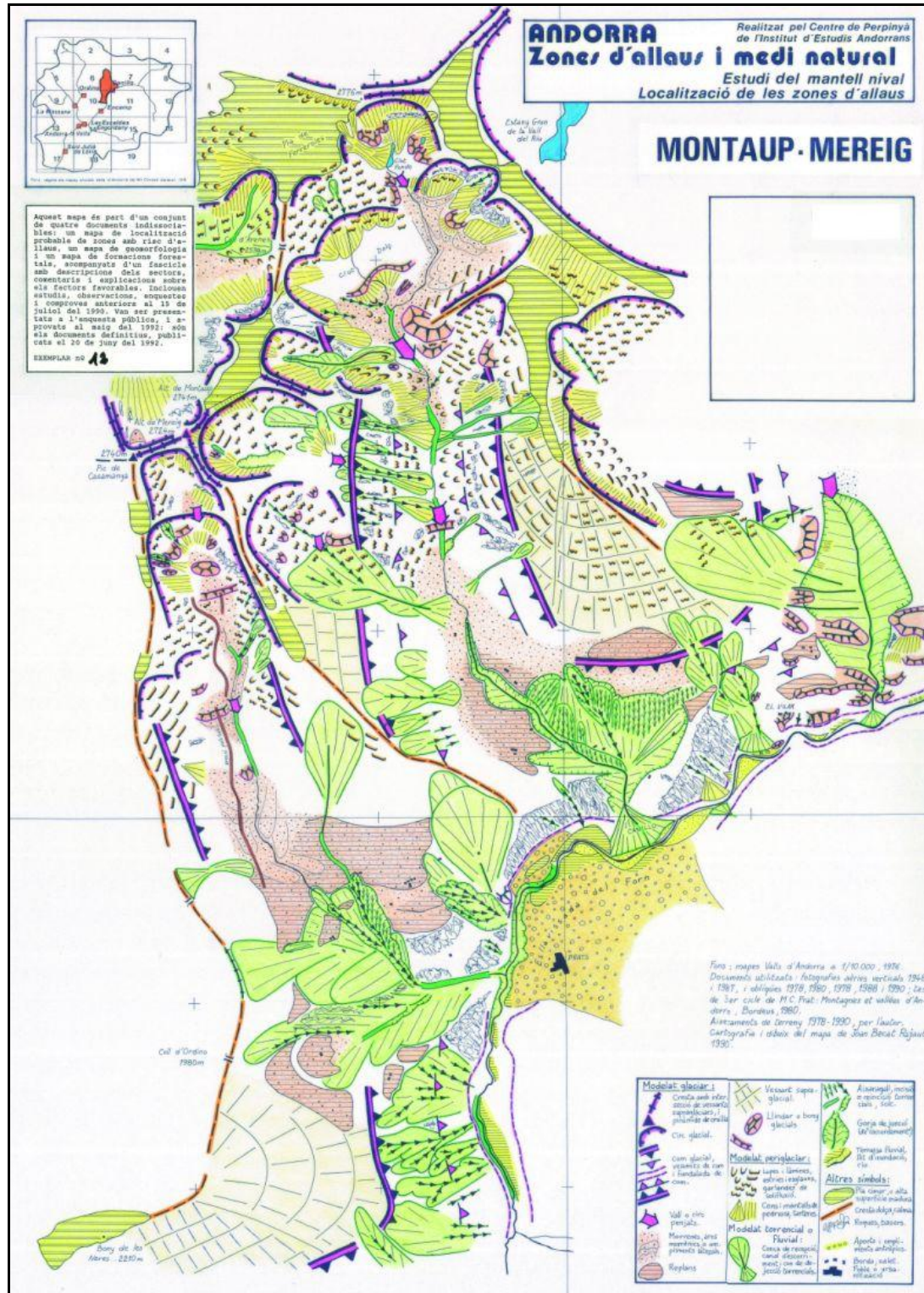


Exemples de formes de relief et de modelé

Documents annexes 1 : Cartes géomorphologiques au 1/20.000e

Montaup - Mereig

Cartographie Joan Becat. Cette carte accompagne l'étude "*Andorra. Zones d'allaus i medi natural: Montaup-Mereig*", C.E.A. Perpinyà, 1990, 59p., 3 cartes HT 50 x 70cm.

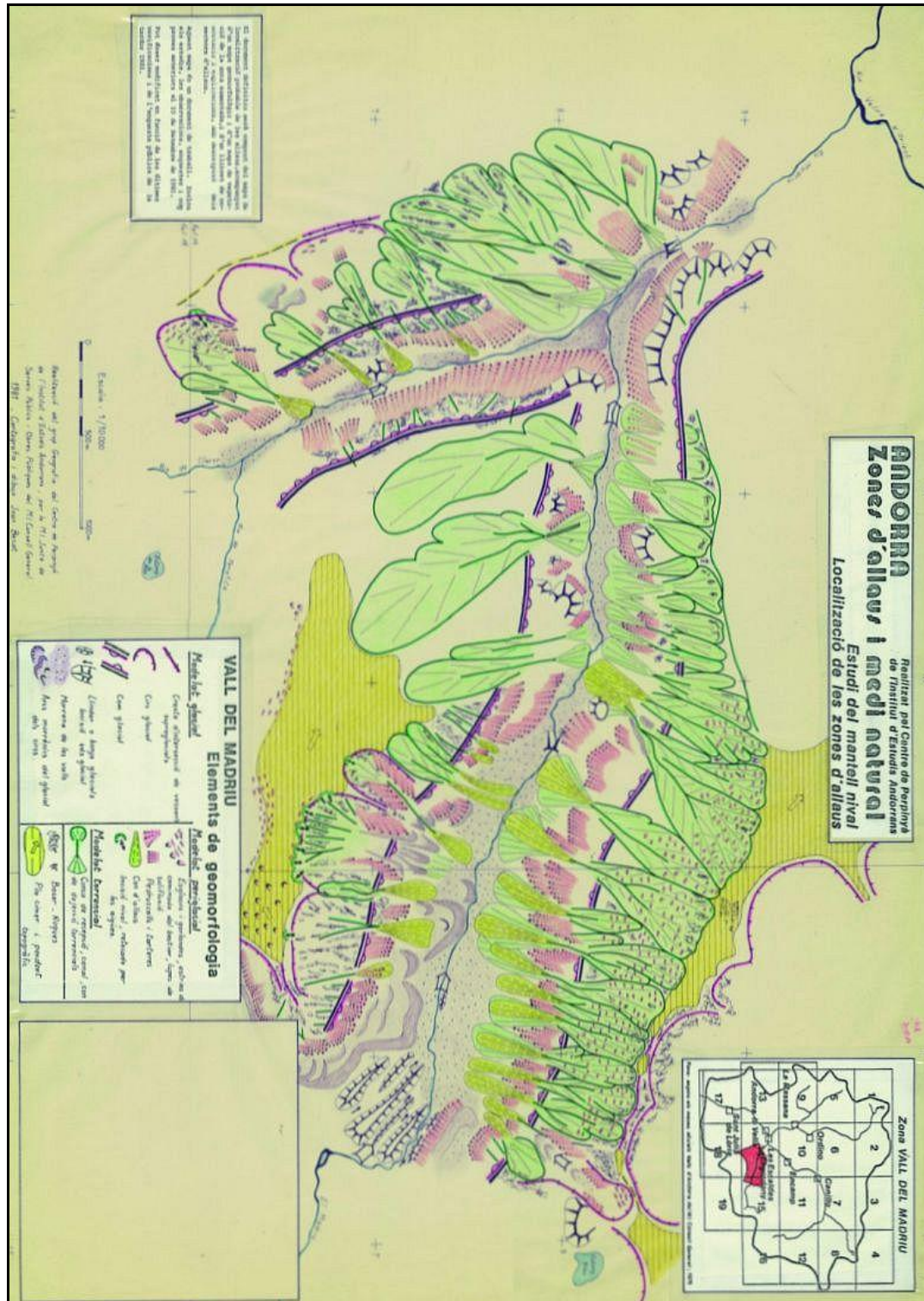


Exemples de formes de relief et de modelé

Documents annexes 1 : Cartes géomorphologiques au 1/20.000e

Vall del Madriu

Cartographie Joan Becat. Cette carte accompagne l'étude "*Andorra. Zones d'allaus i medi natural: Vall del Madriu*", C.E.A. Perpinyà, 1983, 22p., 2 cartes HT 50 x 70cm.



Vall del Riu

Realitzat pel Centre de Perpinyà
de l'Institut d'Estudis Andorrans

ANDORRA Zones d'allaus i medi natural

Estudi del mantell nival Localització de les zones d'allaus

JER: Andorra

LA VALL DEL RIU

Exemplar n.º 4

Aquesta mapa és part d'un conjunt de 5 documents indissociables: un mapa de localització probable de zones amb risc d'allaus, un mapa de geomorfologia i un mapa de Formacions Tectòniques, acompanyats d'un llibret amb descripcions dels sectors, comentaris i explicacions sobre factors favorables, influència meteorològica, observacions, equips i campanyes anteriors al 15 de setembre del 1989. Es destina a l'ús públic i pot ser modificat segons els nous resultats i les d'altres verificacions per donar els documents definitius.

Modelat glacial:

- Cresta amb vèrtexs de roques i pràctics d'erosió
- Cis glacial
- Com glacial, vestigis de cis i fanalada de cis
- Vall o cis penjats
- Morrenes, arcs morrenics i cordons
- Replats i muntres residuals

Modelat periglacial:

- Versant roca-bernat
- Lindar o bany glacial
- Superfície plana o glacial (amb muntanyes)

Modelat torrential o fluvial:

- Canals de rierol, canal d'erosió, canal de rierol
- Canals de rierol, canal d'erosió, canal de rierol

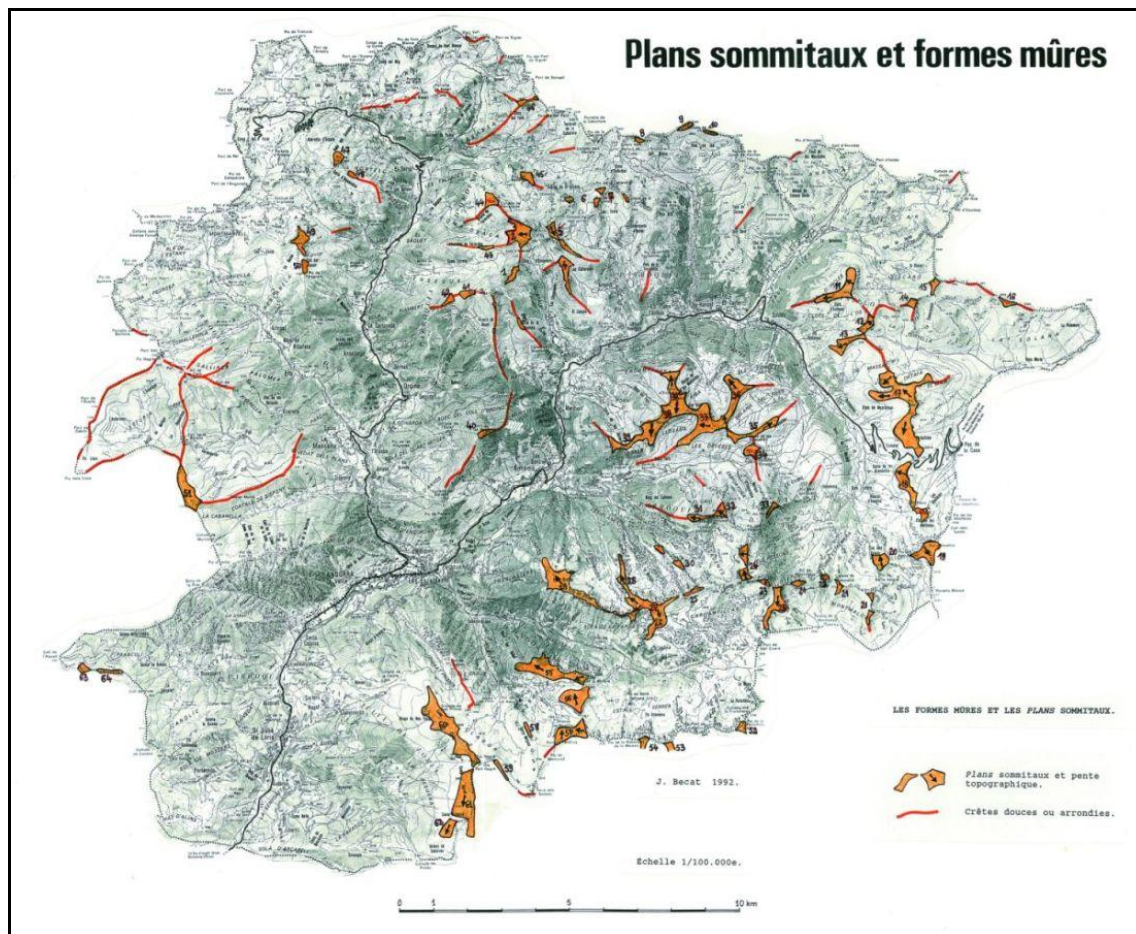
Altres símbols:

- Assaonats, picos o roques d'edifici
- Gorja de Janús (o "cascament")
- Terrassa fluvial, illa d'erosió, pic
- Altres símbols: Pla d'erosió o alta superfície rocosa, Cresta de roques, Rierol, bany
- Aperta, còpia, muntanya, muntanya
- Borda, vall o riera, riera o vall, vall o riera

Fons: mapes Vall d'Andorra, a 1/50.000, 1976
Documents utilitzats: Fotografies aèries verticals 1948 i 1967,
i obliques 1970, 1980 i 1986, del Servei de M.C. P.N.T.
Montagnes et vallées d'Andorre, Barcelon, 1980.
Assaonats de terreny 1970-1980, cartografia i dibuix del mapa de Joan Benet Rajot, 1983.

Exemples de formes de relief et de modelé**Documents annexes 2 : Cartes géomorphologiques au 1/100.000e****Les formes mûres et les plans sommitaux**

Cartographie Joan Becat, 1992. Photo-interprétation et levés de terrain de l'auteur. Documents utilisés: Joan Becat: Carte de l'Ensegur (dossier Rellu d'Andorra, Prada 1978). Cai Puigdefrèbregas, David Serrat, Joan Manuel Vilaplana: El patrimoni natural d'Andorra (Barcelona 1979). Marie Claude Prat: Montagnes et vallées d'Andorre (Bordeaux 1980). Joan Manuel Vilaplana: La vall de la Valira d'Ordino (Barcelona 1984). Cartes C.L.P.A. d'Andorre, direction Joan Becat (Perpignan 1982-1991).

**Liste et altitude des formes mûres et des plans sommitaux indiqués sur la carte**

- 1 - Alt de Montaup (2.700-2.740m)
- 2 - Pla de Ferrerolles (2.660-2.750m)
- 3 - La Sauvata (2.350-2.370m)
- 4 - Serra dels Estanys i Serra dels Isards (2.450-2.460m)
- 5 - Serra del cap de l'Estany Gran de la Vall del Riu (2.600-2.730m)
- 6 - L'Estanyó (2.880m)
- 7 - Les Fonts (2.730-2.790m) i La Cabaneta (2.790-2.820m)

- 8 - Bony de l'Estany Mort (2.700m)
- 9 - Cap dels Corns de Jan (2.770m)
- 10 - Cap de la Pala de Jan (2.770m)
- 11 - Tosa d'Incles (2.380-2.560m)
- 12 - Cap de la Costa del Port Dret (2.560-2.650m)
- 13 - Serra de la Guardiola (2.500-2.580m)
- 14 - Cap de les Canals Roges (2.720-2.740m)
- 15 - Tosa del Cap de Siscaró (2.770-2.817m)
- 16 - Cap de la Solana (2.790-2.810m)
- 17 - El Maià i la Tosa de Moscatosa (2.420-2.610m)

- 18 - Ràdio de les Valls / Coll Blanc (2.420-2.600m)
- 19 - Pla del Pic d'Envalira (2.640-2.780m)
- 20 - Circ dels Colells (2.590-2.720m)
- 21 - Alt de Montmalús (2.700-2.780m)
- 22 - Pic de Montmalús (2.780m)
- 23 - Alt de l'Illa i Pic de l'Àliga (2.660-2.860m)
- 24 - Collada dels Pessons (2.760-2.840m)
- 25 - Cap de la Coma dels Llops (2.760-2.805m)
- 26 - Turó de l'Estany Blau (2.600-2.640m)
- 27 - Pla de l'Estany Blau (2.600-2.730m)
- 28 - Serra del Cap de Montuèl (2.400-2.550m)
- 29 - Tosa del Braibal (2.330-2.640m)
- 30 - Pla de les Collades Baixes (2.600-2.630m)
- 31 - Collada d'Entinyola (2.640-2.700m)
- 32 - Alt del Griu (2.700-2.870m)
- 33 - Alt del Cubil (2.670-2.820m)
- 34 - Enradort (2.450-2.520m)
- 35 - Serra de les Solanelles (2.380-2.511m)
- 36 - Tosa de Riba Escorjada i Tosa dels Espiolets (2.300-2.500m)
- 37 - Tosa de la Llosada (2.350-2.560m)
- 38 - Pic d'Encampadana i Pic dels Maïans (2.300-2.491m)
- 39 - Cap de Rep i Emprius de la Llosada (2.250-2.350m)
- 40 - Bony de les Neres (2.170-2.210m)
- 41 - Serra de l'Ensegur (2.420-2.470m)
- 42 - Pala del Géspit (2.280-2.330m)
- 43 - Cap de l'Abarsetar de Ferrerolles (2.390-2.420m)
- 44 - Serra de Coma Obaga (2.480-2.550m)
- 45 - Pla del Roc del Rellotge (2.400-2.470m)
- 46 - Cap dels Aspres de Banyell (2.600-2.660m, 2.690-2.700m)
- 47 - Pic de l'Hortell (2.480-2.560m)
- 48 - Serra de l'Hortell (2.400-2.420m)
- 49 - Planada del Cap de les Canals dels Obacs i Plana de l'Avier (2.560-2.600m)
- 50 - Cap del Clot del Cavall (2.470-2.500m)
- 51 - Planell de la Tosa (2.300-2.350m)
- 52 - Pic de la Portelleta, o Tossa Plana de Llès (2.880-2.905m)
- 53 - Cap de les Canals Tancades dels Estanyons (2.800-2.840m)
- 54 - Pic dels Estanyons (2.780-2.830m)
- 55 - Rasa de Perafita i Pic de la Maïana (2.290-2.520m)
- 56 - Tosa Plana (2.450-2.600m)
- 57 - Port i pla de Perafita (2.500-2.670m)
- 58 - Serra Mitjana (2.480-2.520m)
- 59 - Serra Aïrosa (2.670-2.700m)
- 60 - Camp de Claror (2.500-2.660m)
- 61 - Camp Borrut i Camp Ramonet (2.480-2.570m)
- 62 - Coll de Finestres i El Cubil (2.340-2.410m)
- 63 - Plana del Far (2.210-2.240m)
- 64 - Serra Plana (2.170-2.200m)

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief

Bibliographie

Andorre

ADELLACH BARÓ, Bonaventura. *Realitats andorranes i objectius*. Editorial Casal i Vall, Andorra la Vella, 1973, 257p., 6 mapes plegats.

ADELLACH BARÓ, Bonaventura i GANYET SOLÉ, Ramon. *Valls d'Andorra. Geografia i diccionari geogràfic*. M.I. Consell General, Andorra la Vella, editorial Casal i Vall, 1977, 286p., 22cm. 1 mapa topogràfic a escala 1/50.000.

ADELLACH BARÓ, Bonaventura i GANYET SOLÉ, Ramon. *Estadístiques de les Valls d'Andorra*. M.I. Consell General, Andorra la Vella, 1977. 376p., 22cm. 1 mapa 1/50.000.

AMIGO, Elida, MORELL, Antoni. *Andorra, 693 anys després*. Pròleg de Baltasar Pòrcel. Edicions Casal i Vall. Col·lecció Andorra avui, nº 1, Andorra, 1971, 374p.

ANDORRA, Consell General. *Mapes Valls d'Andorra 1:10.000*. Treballs públics del M. I. Consell General, preparat pel gabinet Rollin-Gallot, Marsella, impremta Paul Dupont, París, 1976. 19 mapes topogràfics a escala 1/10.000, 59x97cm. >>> Preparades pel gabinet Rollin-Gallot de Marsella i revisades per l'Institut Geogràfic de Suïssa, són els primers mapes a gran escala d'Andorra, molt detallats i precisos, amb una toponímia andorrana comprovada. Van ser pensats com a instruments d'ordenació del territori i per a implantar estacions d'esquí i carreteres.

ANDORRA, Consell General. *Mapa Valls d'Andorra 1:50.000*. Treballs públics del M. I. Consell General, preparat pel gabinet Rollin-Gallot, Marsella, impremta OFLIM. LLeimotges, 1977. 1 mapa topogràfic a escala 1/50.000, 59x97cm. >>> També preparat pel gabinet Rollin-Gallot de Marsella, és un mapa de més bona qualitat que els mapes espanyol i francès (Fontargente) aleshores vigents. Com que hi ha conflictes de fronteres amb els dos estats veïns, el mapa andorrà no va poder beneficiar de reciprocitat i es para a la frontera, sense cap part de territori francès ni espanyol, però inclou els espais litigiosos.

ANDORRA, Govern, Conselleria de Serveis Públics. *Andorra. Mapa topogràfic 1:50.000*. Edicions del M. I. Govern, preparat per RHEA, Madrid, Imprimerie du Midi, Perpinyà, 1987. 1 mapa topogràfic a escala 1/50.000, 59x96cm.

ANDORRA, Govern, Conselleria de Serveis Públics. *Andorra. Mapa oficial de carreteres*.

Edicions del M. I. Govern, Andorra la Vella, 1992. 1 guia, 1 mapa turístic i de carreteres a escala 1/50.000, 68x97cm.

ARMENGOL, Lúdia, BATLLE, Mònica i GUAL, Ramon. *Materials per una bibliografia d'Andorra*. Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Perpinyà, edicions Terra Nostra, Arles, 1978, 10 p., 2 cm.

ARMENGOL I VILA, Lúdia. *Aproximació a la història d'Andorra*. Centre de Perpinyà, Institut d'Estudis Andorrans, impremta Grafinter, 1983, 44p., 23,5cm. >>> És el text que encapçala Andorra fa temps, edicions Terra Nostra, Prada, 1978, i extractes dels textos dels dossiers pedagògics Institucions Andorranes, 1978, i Els Coprínceps i els seus serveis, 1980.

ARMENGOL I VILA, Lúdia. *Aproximació a la història d'Andorra*. Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Perpinyà, impremta Grafinter, Andorra la Vella, 1989, 97p, 24cm.

ARMENGOL I VILA, Lúdia. *Approche à l'histoire de l'Andorre*. Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Perpinyà, Andorra la Vella, 1989, 97p, 24cm. Traduït del català per Lúria Schmitt.

BARTOMEU CASSANY, Jaume, MAS RIBO, Manel i MORELL MORA, Antoni. *L'estat andorrà. Recull de textos legislatius i constitucionals d'Andorra*. Edició Congrés de Cultura Catalana, Barcelona, 1977, 79p., 21cm.

BRICALL, Josep Maria, i altres. *Estructura i perspectives de l'economia andorrana*. Edicions 62, Barcelona, 1975, 503p., 21cm. *Estructura i perspectives de l'economia andorrana. Anexos documentals*. Edicions 62, Barcelona, 1975, 620p. >>> Una obra bàsica i de referència obligada, que recull materials inèdits o elaborats pels autors, i presenta el primer estudi exhaustiu i estructurat de l'economia andorrana.

BRUTAILS, Jean Auguste. *La coutume d'Andorre*. Edicions Casal i Vall, col·lecció Monumenta Andorrana, nº 1, Andorra la Vella, 1963, 2a edició, XVI + CLXIII + 384p., 24cm. >>> Reedició del llibre del 1904. Abundants elements sobre casa, família, gestió del territori, societat.

LLOBET REVERTER, Salvador. *El Medi i la Vida a Andorra*. Col·lecció Andorra històrica i literària, nº 9, Editorial Promocions literàries, Andorra la Vella, 1986, 315p, 25cm. >>> Traducció en català de l'obra original *El medio y la vida en Andorra*, per Candí RENÉ I COSTAFREDA.

LLUELLES LARROSA, Maria Jesús. *La transformació econòmica d'Andorra*. Edicions de L'avenç, col·lecció Clio, nº 11, Barcelona, 1991, 690p., 21,5cm. >>> Publicació en català de la tesi doctoral defensada a la Universitat de Saragossa. Un llibre bàsic sobre l'economia andorrana, que actualitza i completa l'obra del 1975 de Josep Maria BRICALL.

ORTIZ i DE PABLO, Carme. *Edició i impremta a Andorra de 1940 a 1980: recull bibliogràfic*. Barcelona, 1989, 2 volums, 621p., 29,7cm. Mecnografiat. >>> Important aportació bibliogràfica sobre andorra. Memòria de finals de curs de l'Escola Universitària Jordi Rubió i Balaguer de Biblioteconomia i Documentació, Barcelona, 1983.

PALAU MARTÍ, Montserrat. *Andorra. Le pays et les hommes*. Edicions Maisonneuve et Larose, París, 1978, 175p., 1 mapa.

TAILLEFER, François. *L'Ariège et l'Andorre, pays pyrénéens*. Edicions Privat, Tolosa, 1985, 203p., 24cm.

Voir aussi dans cette collection Ouvrages de référence :

BECAT, Joan. *Andorre, vie pastorale, société et gestion traditionnelle du territoire, XIXe-XXe siècles*, RECERC, collection Ouvrages de référence nº 2, ICRESS (EA 3681), 2010, 374p. Consultable sur <http://www.crec.univ-perp.fr/>

BECAT, Joan. *La révolution politique de l'Andorre, 1973-1993*, RECERC, collection Ouvrages de référence nº 2, ICRESS (EA 3681), 2010, 212p. Consultable sur <http://www.crec.univ-perp.fr/>

Géologie, relief et modelés

ALIMEN, H. "Grandes lignes de l'histoire glaciaire des Pyrénées." *Actes du IV Congrès*

International de l'INQUA, 2, Roma, 1953, 1032-1042.

ALIMEN, H., FONTBOTÉ, Josep Maria i SOLÉ SABARÍS, Lluís. *Pyrénées. Livret guide excursion n° 1*. Madrid-Barcelona, INQUA, 1957. >>> Especialment "Comparaison des formations glaciaires des versants méridionaux et septentrionaux des Pyrénées." 9-20.

BECAT, Joan. "Mapa geomorfològic Casamanya-Ensegur-Coma Obaga" Centre de Perpinyà de l'Institut d'Estudis Andorrans, edicions Terra Nostra, Codalet, 1978. Mapa geomorfològic a escala 1/15.000, 33,5x47cm, annex del recull pedagògic Relleu i paisatges d'Andorra.

BECAT, Joan, i altres. *Recull pedagògic n° 1. Relleu i paisatges d'Andorra*. Centre de Perpinyà de l'Institut d'Estudis Andorrans, edicions Terra Nostra, Codalet, 1978, 20p., 24cm, 15 diapositives, 1 mapa geomorfològic.

BERNARD, Laurence. *Recherches geomorfològiques sobre els plans del sud d'Andorra*. Institut d'Estudis Andorrans, Andorra la Vella, Imprenta Art Gràfic, 1987, 126p., 21cm., 1 mapa a escala 1/10.000, 40 x 57cm.

BIROT, Pierre. *Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles*. Edicions J. B. Baillière, París, 1937, 318p. >>> Tesi principal de geografia.

BIROT, Pierre i GUITARD, G. "Observations sur le relief du socle hercynien des Pyrénées orientales." *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t.42, 1, Tolosa, 1971, 5-30, 24cm.

B.R.G.M. *Carte géologique de la France au 1/80.000, n° 253: Foix*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 2a edició, 1950. Notícia per Marcel CASTÉRAS, 25p., 22cm. 3a edició 1969.

CALVET, Marc i LAGASQUIE, Jean Jacques. "Mise en place des reliefs, néotectonique, évolution morphoclimatique dans l'Est de la chaîne axiale pyrénéenne au cours du Néogène et du Quaternaire. Morphogénèse des Pyrénées catalanes." *Les Pyrénées catalanes. Journées d'études. Commission des milieux physiques méditerranéens*. Comité national français de géographie, Departament de Geografia, Universitat de Perpinyà, Perpinyà, 1986, 50p. 29,7cm. Multicopiat.

CARRERAS I VERDAGUER, Carles, director, diversos autors. *Geografia General dels Països Catalans. 1. El clima i el relleu*. Postfàci de Joan BECAT. Edita Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1992, 393p., 30cm. >>> El primer volum d'una col·lecció sobre els Països Catalans. La primera obra geogràfica d'aquest estil sobre el conjunt de l'àrea catalana. En el primer volum, veure especialment els capítols sobre el clima, la muntanya i les visions literàries.

CAVET, Pierre. "Le paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre." *Bulletin du Service de la Carte Géologique de la France*, n° 56, edicions Béranger, París, 1957, 497p.

CHARDON, Michel. *Montagnes et milieux montagnards. Géographie physique des montagnes*. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 1989, 166p.

CHEVALIER, Marcel. "Sur les glaciers pléistocènes dans les vallées d'Andorre et dans les hautes vallées espagnoles environnantes." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, volum 16, París, 1906, 662-910.

CHEVALIER, Marcel. "Contribution à l'étude des Pyrénées. I. Essai sur la tectonique et l'architecture naturelle des vallées de la Valira et du haut Sègre. II. Notes sur les terrains néogènes des vallées de la Valira." *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1924, 85-91 i 117-190.

DEFARGES, Jean Philippe. "Les formations à blocs de l'Obac de Sispony." *La houille blanche, Société Hydrotechnique de France*, París, 1984, 15p.

FOLCH I GUILLÉN, Ramon, i altres. *El patrimoni natural d'Andorra. Els sistemes naturals andorrans i llur utilització*. Edicions Ketres, Barcelona, 1979 (2a edició 1984), 446p., 3 mapes 1/50.000.

FONTEILLES, M., GUITARD, G. "Influence des noyaux de socle précambrien sur le métamorphisme des Pyrénées et structure profonde de l'orogénèse hercynienne des Pyrénées orientales. Comparaison avec les régions voisines." *La chaîne varisque d'Europe moyenne et*

occidentale, actes d'un col·loqui internacional del C.N.R.S., 1977, 81-87.

FOUCAULT, Alain i RAOULT, Jean-François. *Dictionnaire de géologie*. Edicions Masson, col·lecció Guides Géologiques Régionaux, París, 1980, 3a reedició 1988, 352p, 24cm.

GOMEZ, Antonio. *Estudio geomorfológico del Pirineo catalán: morfogénesis glacial y periglacial de los altos niveles y vertientes meridionales de los macizos de Calmquerdós, Tossa Plana de Llès y Port Negre (Cerdanya, Alt Urgell)*. Tesi de geografia, Universitat de Barcelona, 1980, 495p. Direcció Salvador LLOBET REVERTER.

GÓMEZ ORTIZ, Antonio. *Contribució geomorfològica a l'estudi dels espais supraforestals pirinencs. Gènesi, organització i dinàmica dels modelats glacials i periglacials de la Cerdanya i l'Alt Urgell*. Barcelona, Generalitat de Catalunya, Institut Cartogràfic de Catalunya, 1987, 161p., 24cm. 1 mapa color 42 x 32cm. >>> Resum de la tesi doctoral *Estudio geomorfológico...*

GÓMEZ ORTIZ, Antonio. "Bibliografía fundamental sobre geomorfología glacial y periglacial del Pirineo Oriental a partir de 1957." *Notes de geografia física*, 9, Universitat de Barcelona, Departament de geografia, Barcelona, 1983, 15-19, 29,7cm.

GUIMERÀ, Joan, SERRAT, David, i altres. *Història Natural dels Països Catalans. Volum 2: Geologia II*. Fundació Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1992, 439p., 29cm, bibliografia. >>> Presenta la formació del orògens amb les zones de sedimentació relacionades, i les zones de sedimentació del neògen. La última part presenta les formes de relleu. Obra bàsica, feta per geòlegs, fins i tot la geomorfologia. El punt 2.2 tracta del Pirineu i el punt 4.4 del glacialisme.

GUITARD, G. "Le métamorphisme hercynien mésozonal et les gneiss ocellés du massif du Canigou (Pyrénées orientales)." *Mémoires du B.R.G.M.*, nº 63, 1970, 1-349.

GUITARD, G., GRYSSANT, J., LAUMONIER, B. "Les plissements hercyniens tardifs dans le Paléozoïque inférieur du versant nord du Canigou, 1e partie: analyse géométrique et chronologie des phases superposées. Relations avec le granite de Mont-Louis et le métamorphisme régional." *Géologie de la France*, 4, 1984, 95-125.

GUITARD, G., LAUMONIER, B. "Le paléozoïque inférieur de la moitié orientale de la zone axiale des Pyrénées. Essai de synthèse." *C. R. Académie des Sciences de Paris*, II 302, París, 1986, 473-478.

HARTEVELT, J. J. A. "Geology of the Upper Segre and Valira valleys, Central Pyrenees, Andorra, Spain." *Leidese Geolog. Medelingen*, nº 45, 1970, 167-276.

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS. *La recerca científica i tecnològica a Catalunya, 1990*. I.E.C. i C.I.R.I.T., Comissió interdepartamental de Recerca i innovació tecnològica de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, 1990, 3 volums de 407, 577 i 603p. >>> Veure en el volum 1: "La recerca en geologia." per Oriol RIBA, "La recerca en geografia." per Lluís CASASSAS; en el volum 2: capítols sobre ciències exactes i naturals, climatologia, geografia, geologia, hidrologia, meteorologia, ciències del sol.

JAEGER, E., ZWART, H. J. "Rb-Sr age determinations of some gneisses and granites of the Aston-Hospitalet massif (Pyrénées)." *Geolog. en Mijnbouw*, 47, 1968, 349-357.

JALUT, G. *Evolution de la végétation et variations climatiques durant les quinze derniers millénaires dans l'extrémité orientale des Pyrénées*. Universitat Paul Sabatier, Tolosa, 1974, 181 p., 29,7 cm. Roneotat. Tesi de ciències, directora M. VAN CAMPO.

LABERCHE, Jean Claude. *Mapa pedològic de les Valls d'Andorra*. Centre d'Estudis Andorrans de la Universitat de Perpinyà, Institut d'Estudis Andorrans, impremta Delort, Perpinyà, 1989. 1 mapa 1/50.000, 59x97cm.

LLOPIS LLADÓ, Noel. "Sur le Paléozoïque inférieur de l'Andorre." *Bulletin Soc. Géol. de France*, 7, París, 1957, 652-659.

LLOPIS LLADÓ, Noel. "Sobre la estratigrafía del Silúrico de Andorra y el límite Silúrico-Devónico." *Actas del 5º Congreso internacional de Estudios Pirenaicos*. Jaca-Pamplona, 1966, volum 1, revista Pirineos, Jaca, 79-86, 24cm.

LLOPIS LLADÓ, Noel. "Sur le Dévonien du synclinorium de Casamanya (Andorre, Pyrénées orientales)." *Compte Rendus de la Société Géologique de France*, 1, París, 1966, 27-28. 1 mapa.

LLOPIS LLADÓ, Noel. "El Devónico de Andorra." *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 7, Barcelona, 1969, 214-290.

NUSSBAUM, F. "Orographische und Morphologische Untersuchungen in den östlichen Pyrenäen." *Jahresb. Geog. Gess. Bern.*, 35, Berna, 1946, 345p.

PRAT, Marie Claude. *Montagnes et vallées d'Andorre, étude géomorphologique*. Tesi de 3er cicle de geografia, Universitat de Bordeus, 1980, 260p., 29,7cm, 3 mapes a escala 1/50.000. >>> Un estudi geomorfològic sistemàtic i detallat sobre Andorra. Veure especialment el mapa geomorfològic a l'1/50000.

PRAT, Marie Claude. *Andorre. Carte géologique*. Universitat de Bordeus, 1980. Mapa de geologia a 1/50.000, 54x68cm, anex de la tesi *Montagnes et vallées d'Andorre, étude géomorphologique*.

PUIGDEFÀBREGAS, Cai, SERRAT, David i VILAPLANA Joan-Manuel. Mapa "Litologia i geomorfologia de les Valls d'Andorra." Edicions Ketres, Barcelona, 1979. Mapa a escala 1/50.000, 62x94cm., anex del llibre *El patrimoni natural d'Andorra*, sld Ramon FOLCH.

RIBA, Oriol, DE BOLOS, Oriol, PANAREDA, Josep Maria, NUET, Josep, GOSÁLBES, Joaquim. *Geografia física dels Països Catalans*. Edicions Ketres, Barcelona, 1976 i reedicions, 226p., 29cm, bibliografia.

SANTANACH I PRAT, Pere. *Estudi tectònic del Paleozòic inferior del Pirineu entre la Cerdanya i el Riu Ter*. Edita Fundació Salvador Vives Casajuana, Barcelona, 1974, 133p. + 7p., 24cm. 1 mapa.

SANTANACH I PRAT, Pere, i altres. *Història Natural dels Països Catalans. Volum 1: Geologia I*. Fundació Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1986, 439p., 29cm, bibliografia. >>> Obra bàsica, feta per geòlegs, arreplegant detalladament els coneixements, a la data de paració, sobre la geologia dels Països Catalans: roques, formació, geomorfologia. El punt 1.4 tracta de les dades geofísiques. Però els recursos, els aprofitaments i els riscos són estudiats amb el volum 3.

SERRAT, David. *Estudio geomorfológico del Pirineo Oriental (Puigmal-Costabona)*. Universitat de Barcelona, Facultat de geologia, Barcelona, 1977, 222p. Tesi doctoral de geologia.

SOLÉ SABARÍS, Lluís, LLOPIS LLADÓ, Noel. *Mapa geológico de Andorra*. Edicions Instituto de Estudios Ilerdenses, impremta Bové, Barcelona, 1948, 1 mapa geològic a escala 1/50.000, 64x68cm.

SOUTADÉ, Gérard. *Modelé et dynamique actuelle des versants supraforestiers des Pyrénées orientales*. Editor G. Soutadé, Imprimerie Coopérative du Sud-Ouest, Albi, 1980, 452p., 29,5cm. >>> Tesi de geografia, Universitat de Bordeus, 1978, direcció Georges VIERS i Pierre BARRÈRE.

TAILLEFER, François. *Le piémont des Pyrénées françaises. Contribution à l'étude des reliefs de piémont*. Edicions Privat, Tolosa, 1951, 383p., 25cm. >>> Tesi de geografia, Universitat de Tolosa, 1950, director Daniel FAUCHER.

TAILLEFER, François. "Les glaciations des Pyrénées." *Etudes françaises sur le quaternaire. VIIIe Congrès de l'INQUA*. Paris, 1969, 19-32.

VIERS, Georges. "L'englacement quaternaire des Pyrénées orientales et ses problèmes climatiques." *Colloque interdisciplinaire sur les milieux supraforestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée*, volum de comunicacions, Perpinyà, 1971, 57-64. Multicopiat.

VILAPLANA, Joan Manuel. *Estudi del glaciariisme quaternari de les Altes Valls de la Ribagorça*. Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, Barcelona, 1983, 322p. Mecanografiada, inèdita. Tesi de doctorat de geologia.

VILAPLANA, Joan Manuel. *Estudi del glaciariisme de les Valls de la Valira d'Ordino i d'Arinsal (Andorra)*. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, 72, Barcelona, 1984, 84p., 23,5cm. >>> Publicació de la tesi de llicenciatura de geologia, Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, Barcelona, 1979, 96p.

ZWART, H. J. "The structural evolution of the Paleozoic of the Pyrenees." *Geol. Rundschau*, 53, 1963, 170-205.

ZWART, H. J. "Geological map of the Paleozoic of the central Pyrenees, sheet 6, Aston, France, Andorra, Spain. 1/50.000." *Leidse Geol. Mededelingen*, 33, Leiden, 1965, 191-254. 1 mapa geològic a escala 1/50000.

ZWART, H. J. "The Paleozoic crystalline rocks of the Pyrenees in their structural setting." *Krystallinikum*, 6 1968, 125-140.

ZWART, H. J. "The Geology of the Central Pyrenees." *Leidse Geol. Mededelingen*, 50, Leiden, 1979, 1-74.

Les risques naturels. Le risque d'avalanche

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 1/10.000, 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.

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.

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.

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 Sobirans. 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.

BEGHIN, P., i BRUGNOT, G. "Contribution des résultats expérimentaux et théoriques à la dynamique des avalanches de neige poudreuse." *Neige et Avalanches*, Revue de l'ANENA, nº 28, Grenoble, 1982, 17p.

BOSCH i MARTÍ, Xavier i VILAPLANA i FERNÁNDEZ, Joan Manuel. "Evolución 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.

BOUSSARSAR, Brahim. "Torrentialité et avalanches dans une forêt 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

BRAVARD, Yves. *Catastrophes naturelles en Savoie*. Col·lecció Trésors de la Savoie, Impremta 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.

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.

CRÉCY, Louis de. "La politique de prévention des risques naturels en montagne depuis 150 ans." *108e Congrès National des Sociétés Savantes*, Grenoble 1983, Paris, 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, numéro especial: Montagnes fragiles, Tolosa, 1988, 18-28, 24 cm.

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.

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.

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. *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 anexos. >>> Un treball bàsic sobre la metodologia de l'estudi dels riscos naturals i, sobretot, sobre l'evaluació de la vulnerabilitat. Però, tant en l'estudi com en els exemples, només tracta dels moviments de terrenys i de les inundacions.

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'Equipement et du Logement, Service Technique de l'Urbanisme, Paris, 1985.

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, numéro especial, Grenoble, 1990, 175-192, 24cm.

FRITSCH, Anne, MILHOMME, Olivier i SOUTADÉ, Gérard. *Risques naturels en Andorre. Riscos 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.

GARRY, Géraud, i DECAILLLOT, P. "La représentation cartographique des risques naturels." *Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées*, Paris, n° 150-151, 1987.

GASC, M. *Génie paravalanche, défense passive*. C.E.M.A.G.R.E.F. Nivologie, Grenoble, 1976, 110p., 2 anexos.

GUIGO, Maryse i altres. *Gestion de l'environnement et études d'impact*. Editions Masson, col.lecció Géographie, Paris, 1991, 231p., 24cm.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

PÉGUY, C. *La neige*. Editions Presses Universitaires de France, col.lecció Que Sais-Je?, n° 538, Paris, 1952, 130p. Reeditions.

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.

Préfecture des Pyrénées-Orientales. *Plan d'Exposition aux risques naturels prévisibles. Commune de Porté-Puymorens*. Règlement. Perpinyà, 1987, 41p. + anexos, 29,7cm., 4 mapes.

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 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.

TRONCHON, Pierre. *Risques majeurs, environnement et collectivités locales*. Editions Berger-Levrault, Paris, 1991, 196p., 21cm.

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.

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 PER de Portè-Pimorent i de Vernet.

Andorre, un pays pyrénéen

Le cadre physique et les formes du relief

Table des matières

Bref lexique	6
Les caractères généraux du cadre physique	9
Des éléments naturels sans surprises	
Les études antérieures	
Une haute montagne pyrénéenne	
Un grand versant sud	
L'organisation du relief et les bassins hydrographiques	
Les éléments climatiques et le régime des cours d'eau	
La géologie et la structure	
Les formes de relief et de modelé	34
L'organisation des formes de relief et de modelé	35
Les diverses situations	
La vallée de la Valira del Nord	37
Les cirques et les hautes vallées	
La vallée de la Valira au Serrat	
Une vallée affluente: l'Angonella	
La vallée de la Valira à la Cortinada	
La vallée de la Valira d'Orient	43
Les cirques d'amont	
Les vallées affluentes du nord: la Vall del Riu	

Les vallées affluentes du nord: Montaup et Mereig	
La zone centrale: cirques et versants de la rive gauche de la Valira	
La zone centrale: les Cortals d'Encamp	
La vallée du Madriu	64
Les cirques et la haute vallée	
La Vall del Madriu	
La typologie des formes de relief et de modelé	65
Les formes mûres	
Les modelés glaciaires	
Les modelés périglaciaires	
Les formes torrentielles, fluviales et fluvioglaciaires	
L'action anthropique	
Documents annexes	107
Documents 1 : Cartes géomorphologiques au 1/20.000e	
- L'Angonella - la Cortinada	
- Coma de Ransol	
- L'Ensegur	
- Montaup - Mereig	
- El Serrat	
- Vall del Madriu	
- Vall del Riu	
Documents 2 : Cartes d'Andorre au 1/100.000e	
- Les formes mûres et les <i>plans</i> sommitaux	
- Les formes de modelé glaciaire	
Bibliographie	118
Table des matières	126