



HAL
open science

Les conditions géologiques d'un aménagement régional : la vallée de Névache (Hautes-Alpes)

Jacques Hugonin, Marc Saccone

► **To cite this version:**

Jacques Hugonin, Marc Saccone. Les conditions géologiques d'un aménagement régional : la vallée de Névache (Hautes-Alpes). Géologie appliquée. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1976. Français. NNT: . tel-00634828

HAL Id: tel-00634828

<https://theses.hal.science/tel-00634828>

Submitted on 24 Oct 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

2° ed. X

N° d'ordre



THESE

présentée

12 JUIL. 1976

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE

DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE SPÉCIALITÉ

(GÉOLOGIE APPLIQUÉE)

option Génie civil

par

Jaques HUGONIN et Jean-Marc SACCONE

LES CONDITIONS

GEOLOGIQUES D'UN AMENAGEMENT REGIONAL

LA VALLEE DE NEVACHE (Hautes-Alpes)

Soutenue le 29 juin 1976 devant la Commission d'Examen :

R. BARBIER	Professeur à l'Université de Grenoble I	Président
J. LETOURNEUR	Professeur à l'École des Mines de St-Étienne	Examineur
J. SARROT-REYNAULD	Professeur à l'Université de Grenoble I	Examineur
P. ANTOINE	Maître Assistant à l'Université de Grenoble I	Examineur
J.-L. TANE	Maître Assistant à l'Université de Grenoble I	Examineur



THESE

présentée

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE

DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE SPÉCIALITÉ

(GÉOLOGIE APPLIQUÉE)

option Génie civil

par

Jaques HUGONIN et Jean-Marc SACCONI

LES CONDITIONS

GEOLOGIQUES D'UN AMENAGEMENT REGIONAL

LA VALLEE DE NEVACHE (Hautes Alpes)

Soutenue le 29 juin 1976 devant la Commission d'Examen :

R. BARBIER	Professeur à l'Université de Grenoble I	Président
J. LETOURNEUR	Professeur à l'École des Mines de St-Étienne	Examineur
J. SARROT-REYNAULD	Professeur à l'Université de Grenoble I	Examineur
P. ANTOINE	Maître Assistant à l'Université de Grenoble I	Examineur
J. L. TANE	Maître Assistant à l'Université de Grenoble I	Examineur

UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE
et MÉDICALE de GRENOBLE
INSTITUT DOLOMIEU
Rue Maurice Gignoux
38 - GRENOBLE

10093829

E R R A T A

- p. 25 - 3e ligne : au lieu de ... < 0,01 m³/s... lire ... \cong 170 l/s...
- p. 61 - e/ 5e ligne : au lieu de ...leur extrémité... lire ...son extrémité...
- p. 63 - 3e paragraphe - 1ère ligne : au lieu de ...sous-jacent à... lire ...intéressant...
- p. 65 - 8e paragraphe - 4e ligne : au lieu de ...par creusement... lire ...à la suite d'un creusement...
- p. 78 - Estimation de l - 9e ligne : au lieu de ...1m³/s... lire ...1 l/s...
- p. 86 - d/ 3e ligne au lieu de ...stratification... lire ...stratification...
- p. 87 - F/ 6e ligne : lire ...ces matériaux sont vraisemblablement dans un équilibre métastable...
- p. 91 - 4^o/ 2e ligne : au lieu de ...peu fracturées... lire ...plus fracturées...
- p. 106 - 3e ligne : lire ...ne pouvant d'autre part *être* avancée...
- p. 114 - 13e ligne : au lieu de ...nous n'avons pas plus... lire ...nous n'avons davantage...
- p. 115 - 10e ligne : au lieu de ...pénétomètre... lire ...pénétromètre...

AVANT - PROPOS

Cette thèse est le résultat d'une étude commune faite par J. Hugonin et J.-M. Saccone. Nous avons effectué ensemble les levés de terrain tandis que nous nous sommes réparti le travail de laboratoire et la rédaction de ce manuscrit.

Rédaction commune :

- Introduction
- Le milieu naturel
- La géologie
- Les données géologiques et morphologiques
- Conclusion

J. Hugonin :

- Les risques naturels
- L'aménagement

J.-M. Saccone :

- Les données hydrogéologiques
- Les données géotechniques

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, c'est avec plaisir que nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé à la réaliser.

Tout d'abord, Monsieur le professeur Reynold BÂRBIER, qui nous a fait confiance en nous attribuant ce sujet, et qui a su nous faire bénéficier de sa grande expérience de la géologie appliquée, en nous prodiguant ses conseils.

Monsieur le professeur Jean SARROT-REYNAULD, qui en nous faisant l'honneur de participer au jury, nous montre l'intérêt qu'il porte à ce document.

Monsieur le professeur Jean LETOURNEUR, qui n'a jamais cessé de s'intéresser à l'élaboration de ce travail en nous faisant profiter de ses nombreux conseils et de ses critiques. Sa patience et son enthousiasme, sur le terrain et pendant la rédaction, ont forcé notre admiration. Si son goût du perfectionnisme a été, pour nous, une épreuve parfois difficile, ces deux dernières années ont été, grâce à lui, aussi enrichissantes que toutes celles passées sur les bancs des amphithéâtres.

Nous remercions également Monsieur Pierre ANTOINE dont les critiques judicieuses, et les conseils avisés, nous ont été d'un grand secours.

Monsieur Jean-Louis TANE, maire de Névache, grâce à qui nous pouvons aujourd'hui présenter cette thèse. En ami, il nous a toujours accueilli dans sa sympathique famille, et a su nous faire découvrir les charmes de sa belle vallée et partager l'amitié de la population névachaise.

Mademoiselle Monique BERGER, qui grâce à sa compétence et sa perspicacité a assuré la dactylographie dans des conditions parfois délicates. Nous exprimons également notre gratitude à tous les amis qui ont aidé à l'impression de ce mémoire.

A tous ceux que nous avons cotoyé à l'Institut Dolomieu et qui au long des années sont devenus des amis.

Que nos parents trouvent ici le témoignage de notre reconnaissance et de notre affection, pour tous les sacrifices dont ils ont fait preuve à notre égard.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE

LES DONNÉES NATURELLES

- Chapitre 1 Le milieu naturel
- Chapitre 2 La géologie du substratum
- Chapitre 3 La géologie du quaternaire
- Chapitre 4 Données hydrogéologiques

SECONDE PARTIE

TRADUCTION DES DONNÉES EN TERMES D'AMÉNAGEMENT

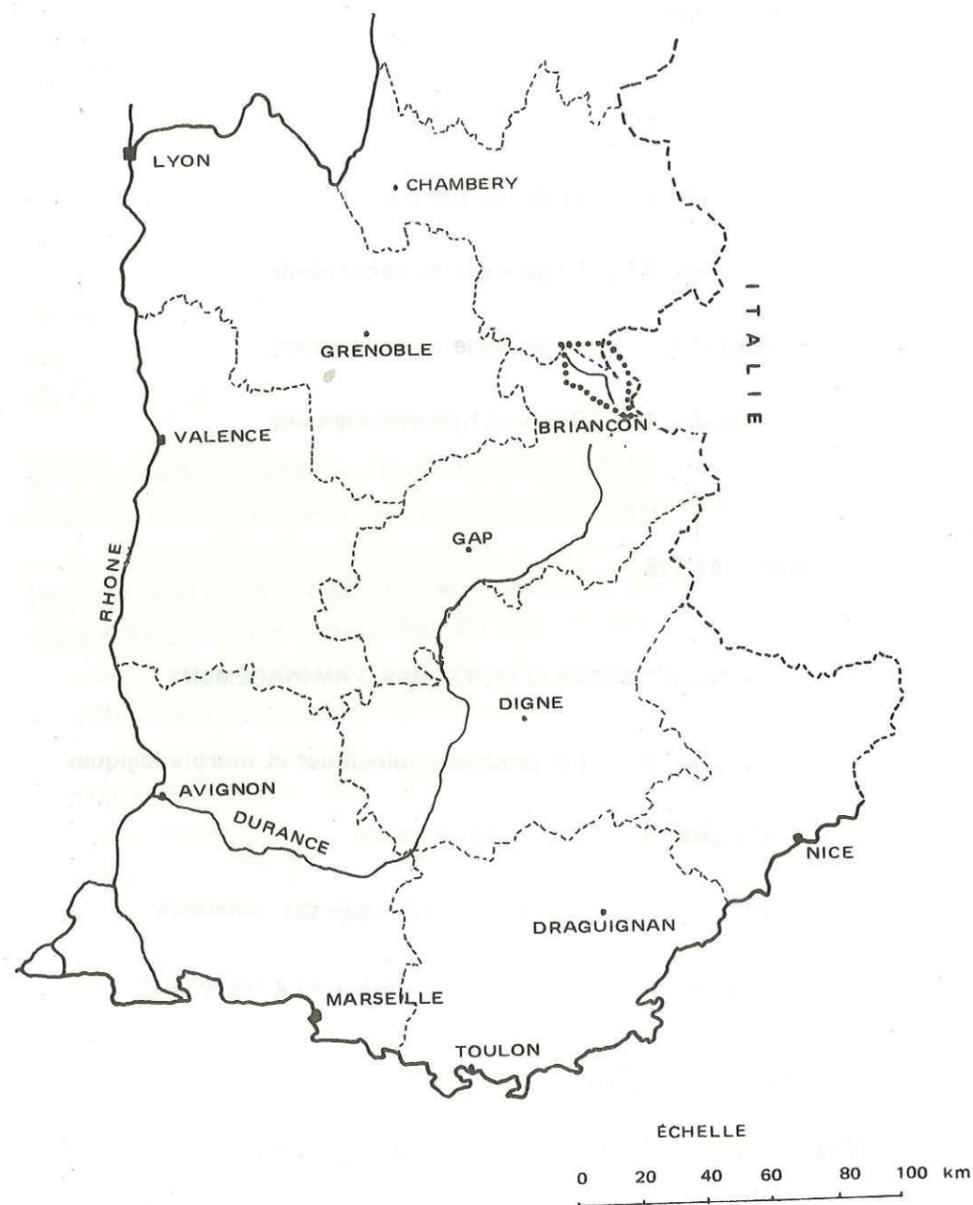
- Chapitre 5 Les données géologiques et morphologiques
- Chapitre 6 Les risques naturels
- Chapitre 7 Analyse géotechnique des matériaux
- Chapitre 8 Aptitude des terrains à l'aménagement

CONCLUSION GÉNÉRALE

ANNEXES, BIBLIOGRAPHIE, LISTE DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

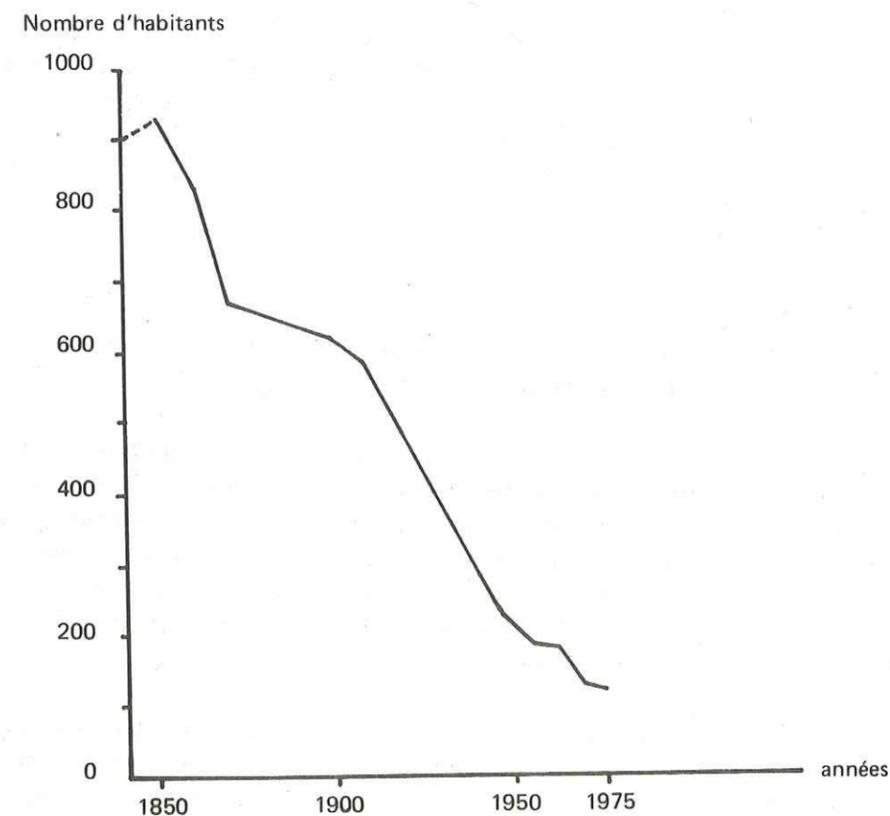
LA NÉVACHIE DANS SON CONTEXTE RÉGIONAL



INTRODUCTION

Comme dans la plupart des régions de montagne, la population névachaise souffre de l'émigration entraînant, depuis le début du XIX^e siècle, le lent déclin économique de hautes vallées jadis laborieuses. En 1954, 69 % des Névachais, hommes et femmes, étaient encore agriculteurs. En 1968, il n'en restait que 22 %, et en 1976, 5 % seulement se consacraient entièrement à cette activité.

Fig. 1 - COURBE DÉMOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE NÉVACHE



Durant la même période, la population globale s'étant réduite de 88 %, au terme d'un long déclin (fig. 1), on comprend que les chalets d'estive et les granges soient abandonnés, que les prés ne soient plus fauchés, les chemins et les sentiers plus entretenus. La Névachie * a cessé de survivre aux structures agraires qui l'avaient modelée.

En contre-partie de cette régression démographique, une lente reconversion s'opère, au profit d'une population étrangère à la vallée ; les chalets sont périodiquement habités par

* Névachie : nous utiliserons ce nom de région, aux résonances affectives, et bien qu'il ne figure sur aucun dictionnaire géographique, comme le font ceux, natifs ou non, qu'elle a séduits.

les touristes, et les alpages, jadis occupés l'été par les troupeaux communaux, le sont à présent par plus de 15 000 moutons transhumants et par des campeurs. Mais tout cela ne redonne vie à la région que pendant les trois mois d'été !

C'est dans le but de créer et de développer des activités touristiques susceptibles non pas seulement de contribuer à la survie de la population locale, mais d'assurer sa promotion économique et humaine et la satisfaction des aspirations exprimées ou latentes des touristes et des visiteurs, qu'a été lancé, en avril 1974, un concours pour la recherche d'un schéma d'aménagement général de la vallée de Névache. Il appartenait aux équipes de projecteurs concurrentes de concevoir et de proposer un aménagement global et réaliste de cet espace montagnard, particulièrement exceptionnel par ses dimensions (30 000 ha) et sa beauté, correspondant à l'ensemble des bassins de la Clarée et de la Vallée Étroite.

Dans le cadre de la constitution d'un dossier technique préalable, fourni à chaque candidat, la Direction Départementale de l'Équipement nous a sollicités pour l'élaboration de documents rendant compte des principales contraintes physiques naturelles auxquelles allaient devoir s'adapter les propositions d'équipements. Grâce à la municipalité de Névache et au secrétariat de l'organisation du concours, nous avons rendu, en janvier 1975, un premier travail de synthèse, intitulé "Étude géotechnique préliminaire à un aménagement", réalisé à partir des levés de terrain effectués pendant l'été 1974 et de l'examen de photographies aériennes.

En juillet 1975, le jury du concours a choisi, parmi les 29 projets déposés, ceux qui présentaient des idées et des suggestions suffisamment adaptées aux exigences naturelles du site et aux intérêts de la vallée et de sa population.

A partir de ces conceptions mieux précisées, nous avons cherché à compléter notre mémoire en orientant la deuxième campagne de terrain (été 1975) vers une traduction des données locales en termes d'aménagement. N'ayant pas disposé de beaucoup de moyens techniques pour la reconnaissance des sols et du sous-sol, nous n'avons pas essayé de constituer un dossier géotechnique complet sur la qualité des terrains présents, mais plutôt de recueillir, de grouper et d'interpréter les données géologiques qu'exige un projet concernant une région de montagne.

Ce travail entre dans le cadre des recherches effectuées au laboratoire de Géologie appliquée de l'Institut Dolomieu qui se consacre, depuis plusieurs années déjà, à la réalisation d'études et de cartes, utilisables avec profit par des non spécialistes, où sont consignés "les résultats fondamentaux acquis dont les applications pratiques sont évidentes" (P. Antoine, 1971).

L'étude ainsi réalisée se décompose en deux parties dont la première décrit les différentes données naturelles et les particularités spécifiques qui confèrent son originalité au territoire étudié.

La géographie de celui-ci est exposée dans le chapitre 1. La géologie du substratum et celle des terrains de couverture le sont dans les chapitres 2 et 3. Le rôle et l'utilisation de l'eau qui, éventuellement, s'infiltre et circule dans ces diverses formations, sera sommairement analysé dans le chapitre 4.

La seconde partie, directement tournée vers les applications pratiques, traduit ensuite ces connaissances de base en appréciations et en recommandations à prendre en compte, au même titre que d'autres arguments, de caractère humain ou économique par exemple, avant toute décision, qu'elle concerne l'aménagement général ou une implantation locale.

Dans le chapitre 5 sont présentées les cartes lithologiques et clinographiques, ainsi que leur notice. Dès ce stade, une première tentative est faite pour caractériser sommairement l'aptitude des terrains aux travaux de fondation, en considération de leur morphologie superficielle.

Un inventaire des risques naturels menaçant divers secteurs est effectué dans le chapitre 6, illustré par une carte synthétique qui attire l'attention sur des zones où différents types de dangers sont présents et qu'il y aura lieu d'éviter ou de n'aborder, en cas de nécessité, qu'avec prudence.

L'application de divers procédés de laboratoire aux formations meubles ou peu cohérentes, rapportée dans le chapitre 7, permet de fournir pour celles-ci une fiche d'identification qui précise certaines de leurs caractéristiques et dégrossit le problème de leur comportement en fondation ou comme matériaux d'œuvre.

Enfin, une synthèse regroupant les analyses des chapitres précédents, aboutit à une esquisse d'aptitude à l'aménagement des terrains, illustrée par une carte au 1/25 000. Un tableau énumérant la plupart des sites de la région, fait l'inventaire des possibilités offertes par chacun, et permet, par une vision plus parcellaire des problèmes d'aménagement, de dénombrer les lieux raisonnablement utilisables.

Une annexe rassemble les résultats des travaux d'analyses, réalisées en laboratoire, ainsi que la localisation des différents sondages et prélèvements effectués sur le terrain.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE 1

CHAPITRE 2

CHAPITRE 3

CHAPITRE 4

CHAPITRE 1 : LE MILIEU NATUREL

A - SITUATION GÉOGRAPHIQUE

B - DONNÉES CLIMATIQUES

1^o / ANALYSE DES TEMPÉRATURES

2^o / ANALYSE DES PRÉCIPITATIONS

3^o / LES VENTS

4^o / CONCLUSION

C - DONNÉES HYDROLOGIQUES

1^o / LES DÉBITS

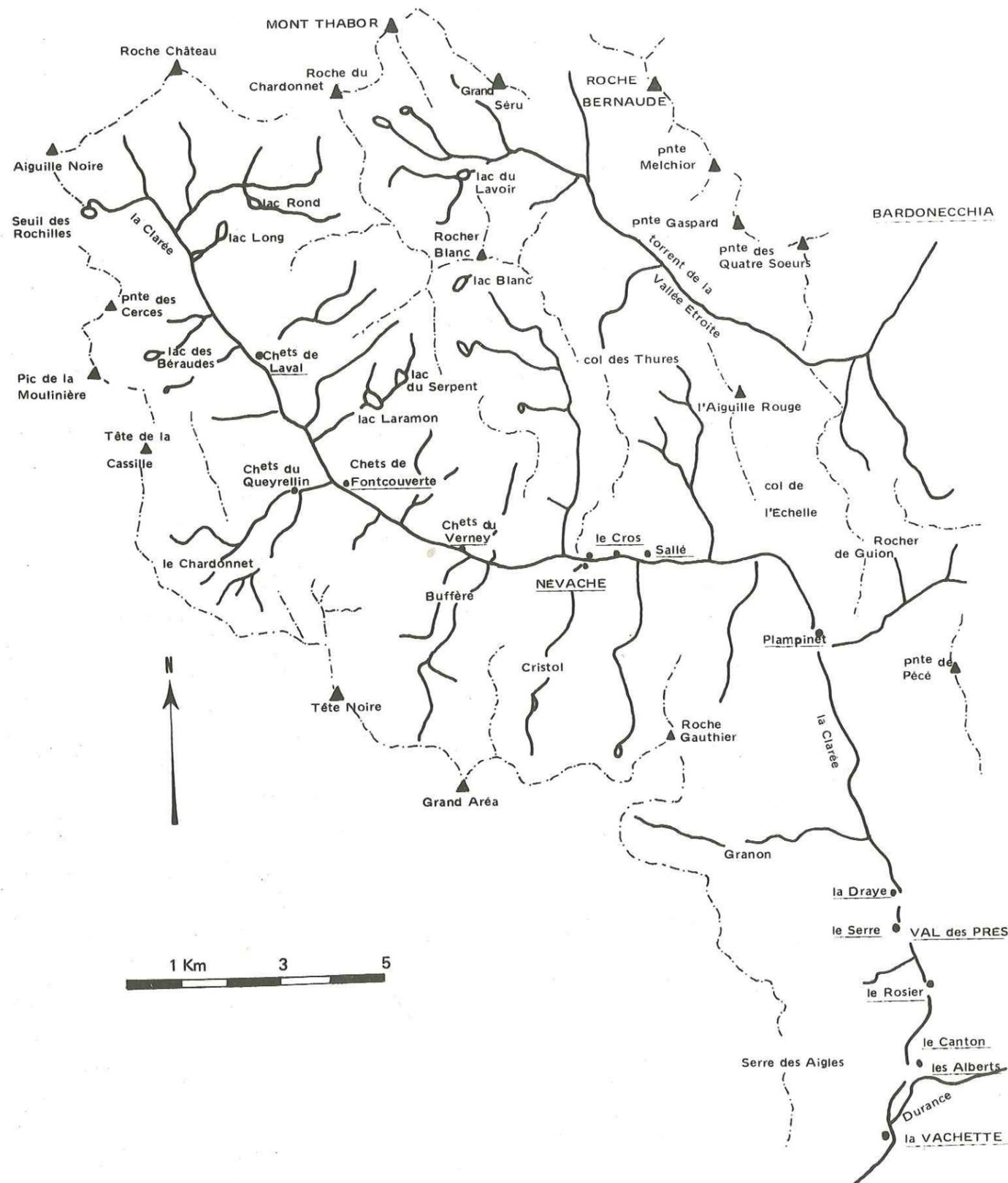
2^o / LE RÉGIME

D - CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

1^o / COURS D'EAU PRINCIPAUX

2^o / ANALYSE MORPHOLOGIQUE

Fig. 2 - SCHÉMA OROHYDROGRAPHIQUE



A - SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Dans la portion du département des Hautes Alpes qui confine à l'Italie et à la Savoie, au NW de Briançon, s'étendent deux vallées, voisines, circonscrites par de hautes crêtes.

L'une est drainée par la Clarée, rivière qui prend sa source dans un petit lac, à 2425 m, au pied du seuil des Rochilles et, après un parcours de 29 km, conflue au village de La Vachette (1345 m) avec la Durance, maigre ruisseau issu du col de Montgenèvre. L'autre est la Vallée Étroite, profond sillon où s'encaisse un torrent long de 15 km, affluent de la Bardonnèche.

La Clarée coule au fond d'une auge glaciaire, large de 200 m en moyenne à sa base, et dominée par des versants parfois abrupts. Dans ce trajet, elle est grossie de torrents drainant les nombreux vallons suspendus qui les échancrent.

Des hameaux s'égrènent dans les sites localement plats et élargis du thalweg principal, le plus élevé de ces habitats permanents étant Ville-Haute de Néevache (1600 m), blotti au pied du verrou de Lacou, rempart de la haute vallée. Quant aux chalets de montagne, dispersés à l'amont ou latéralement, ils ne dépassent pas l'altitude de 2100 m, pour des raisons qui tiennent au mode d'exploitation des alpages.

La Néevachie est un pays de haut relief, avec un faible pourcentage (30 %) de replats par rapport aux zones de versants où l'on retrouve un étagement caractéristique de la végétation de montagne :

de 1450 à 2000-2300 m	zone forestière
de 2000-2300 à 2800 m	zone des alpages
plus de 2800 m	zone nivale

L'altitude moyenne de la vallée de la Clarée est de 2180 m, alors qu'en Vallée Étroite, elle dépasse les 2300 m.

Cette dernière se présente en effet, sur plus de la moitié de sa longueur, à l'aval du Plan du Col, comme un profond couloir, dominé au N par les massifs des Rois Mages et de Roche Bernaude (point culminant 3225 m) et au S par une longue crête qui le sépare de la vallée de la Clarée, crête entamée par le remarquable col de l'Échelle (1776 m seulement). La Vallée Étroite ne s'élargit qu'au niveau du Pont du Banchet, où confluent deux torrents séparés par les rochers de Séru : la vallée des Tavernettes, au N, qui s'élève au col de la Vallée Étroite, et la vallée du Diner, à l'W, qui se ramifie en plusieurs vallons, parsemés de lacs, séparés par des crêtes herbeuses émoussées.

L'ensemble de la région est soumis à des conditions climatiques donc hydrologiques particulières et parfois originales en rapport avec sa position intra-alpine.

Cette spécificité est également propre aux données géologiques dont nous retiendrons l'influence prépondérante sur le modelé régional et son évolution.

B - DONNÉES CLIMATIQUES

Compte tenu de la situation géographique de la Vallée, de son éloignement, voire de son enclavement, les conditions météorologiques sont des données capitales dans une étude d'aménagement.

Cette analyse a été conduite à partir des observations fournies par les stations permanentes de la Vachette (1355 m) commune de Val-des-Prés et de Névache (1560 m). L'absence de données en Vallée Étroite et en haute Clarée nous obligera à en parler d'une manière plus qualitative que quantitative.

Selon R. Blanchard (1950), la vallée de la Clarée, située au sein de la zone intra-alpine, jouit d'un climat régi par trois facteurs essentiels :

- l'altitude moyenne de 2200 m commande la rigueur de l'hiver, l'analyse des températures en témoignera ;
- l'ensoleillement relativement important et la faible humidité de l'atmosphère sont la conséquence directe d'influences méditerranéennes encore sensibles ;
- enfin la situation abritée à l'intérieur des Alpes (et notamment par le massif du Pelvoux) offre des conditions privilégiées, démontrées par la relative faiblesse du nombre de jours de précipitation.

1° ANALYSE DES TEMPÉRATURES

La moyenne annuelle des températures de 4,12° C est représentative d'un climat de montagne, mais elle ne met pas en valeur l'originalité du climat de la région. Les moyennes mensuelles des températures maximales, et minimales renseigneront mieux en ce qui concerne les écarts.

En effet, les hivers sont rigoureux (190 jours de gelées à Névache) en raison de la faiblesse de l'humidité atmosphérique et des précipitations (ambiance subméditerranéenne).

Mais, durant l'été (d'une durée moyenne de quatre mois), la température moyenne y est de 14,9° C et le secteur bénéficie d'une influence méditerranéenne prédominante.

De plus, l'examen des températures depuis plus de 40 ans indique un net radoucissement, particulièrement en hiver.

D'une manière générale, les écarts de température dans ces vallées sont relativement fréquents.

Dans une même journée une variation brutale de 20° C n'est pas rare. Elles peuvent s'opérer en quelques heures et, en hiver, un brusque réchauffement de la température peut déclencher une série d'avalanches.

Le versant piémontais, et donc la Vallée étroite, possède un climat beaucoup plus doux, et des variations thermiques plus réduites qui résultent de l'humidité propre à la vallée du Pô.

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES MINIMALES QUOTIDIENNES

I a - Névache (Ville Haute)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1951/1960	- 11,8	- 10,9	- 5,9	- 2,9	1,1	4	5,1	4,9	2,8	- 1,3	- 5,2	- 9,2	- 2,4
Moyennes 1961/1970	- 12,4	- 10,6	- 7,8	- 2,7	5,1	3,7	4,9	4,3	2,9	- 0,8	- 5,9	- 10,8	- 2,5
Moyennes 1951/1974	- 11,6	- 11,9	- 7,2	- 2,9	0,6	3,5	5	4,5	2,6	- 1,5	- 5,7	- 9,5	- 2,8

I b - Val-des-Prés

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1959/1968	- 12,5	- 9,7	- 6,3	- 1,9	1,4	4,8	5,9	5,1	3,3	- 0,5	- 4,9	- 9,3	- 2,05

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES MAXIMALES QUOTIDIENNES

II a - Névache (Ville Haute)

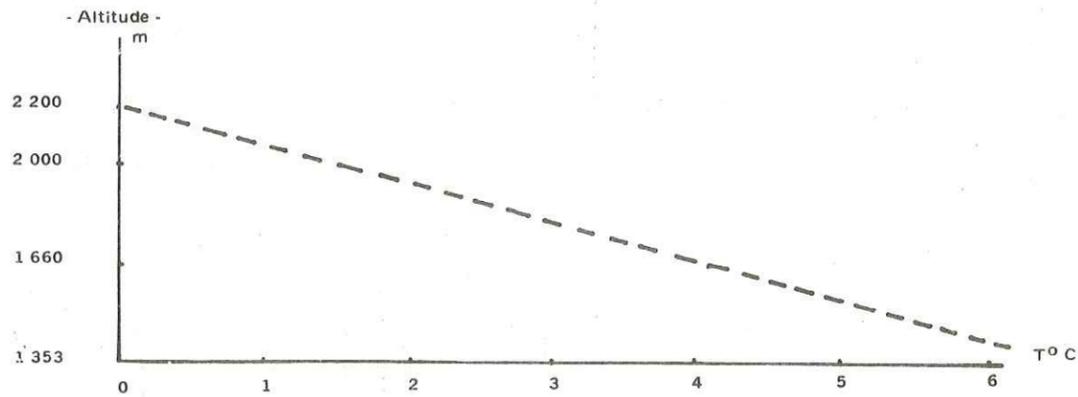
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1951/1960	0,4	2,2	6	9,1	14	17	21	20	17,5	11,4	6,1	2	10,5
Moyennes 1961/1970	1,4	3	5	8	13	17	20	20	17,7	13,6	5,5	0,9	10,4
Moyennes 1951/1974	1,06	2,5	5,3	8,5	13	17,4	20,8	20,5	17,4	12,3	5,8	1,6	10,5

II b - Val-des-Prés (la Vachette)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1959/1968	3,4	6,2	8,7	12,6	17,7	21,9	24,8	23,2	19	14,2	6,7	3,2	13,4

La position des stations météorologiques permet de définir l'influence de l'altitude sur les températures (fig. 4)

Fig. 4 - DIMINUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE AVEC L'ALTITUDE (GUITER 1974)



Le gradient thermique moyen pour la basse Clarée est de 0,54° C/100 m avec des variations saisonnières : 0,4° C en hiver, 0,5° C en été, il augmente et passe de 0,6° C l'automne, à 0,7° C au printemps.

Notons enfin que la moyenne annuelle 0° C passe par la cote 2200 m, sans tenir compte des variations dues à la différence d'exposition des versants.

2°/ANALYSE DES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations journalières moyennes annuelles sont de 9 mm à Névache. C'est un compromis entre le climat méditerranéen qui accuse 12 mm et le climat continental (6 mm).

HAUTEURS MOYENNES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS EN MILLIMÈTRES

III a - Névache (Ville Haute)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1921/1950	62	60	65	62	66	53	45	66	78	85	94	66	802
Moyennes 1936/1955	74	72	54	47	60	64	44	65	77	80	92	62	791
Moyennes 1951/1960	78	83	58	44	52	75	44	67	81	94	76	79	831
Moyennes 1951/1970	65	73	53	50	56	67	45	61	72	75	98	68	783
Moyennes 1951/1974	59	70	52	47	54	69	49	59	69	74	94	62	763

III b - Val-desPrés (la Vachette)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1936/1953	58	64	42	52	62	63	43	60	74	75	74	52	709
Moyennes 1961/1960	57	76	44	50	52	82	46	68	65	91	69	77	787
Moyennes 1951/1969	60	62	49	52	53	66	44	64	59	72	86	72	738
Moyennes 1951/1974*	57	67	50	45	52	66	47	57	66	71	90	59	727

* Par manque de données, cette série de moyennes a été évaluée par corrélation (linéaire) entre les stations de Névache et de la Vachette

La hauteur des précipitations annuelles est assez constante comparée aux hauteurs mensuelles qui peuvent varier du simple au double (50 mm à 94,3 mm)

Ces variations auront un effet important dans le régime des cours d'eau, particulièrement les crues en période de dégel (cf Hydrologie et Risques naturels)

Le tableau ci-dessous montre les précipitations maximales auxquelles on peut s'attendre.

HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES DES PRÉCIPITATIONS EN 24 HEURES

	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Névache	66	52	37	62	61,5	56	50,5	60,5	38,5	68	100	45,4	46,6	36,6	39,2	32,1	40,4	54	43	36,6	67	45,5	41,1	53
Val-des-Prés	62,5	41	42,5	45	82,5	—	41	59	40	45	81,5	—	42	47	45	40	29	—	32	29	35	33	—	—

L'effet d'altitude sur les précipitations est atténué dans la région par rapport à l'ensemble des Alpes, (voir figure 4).

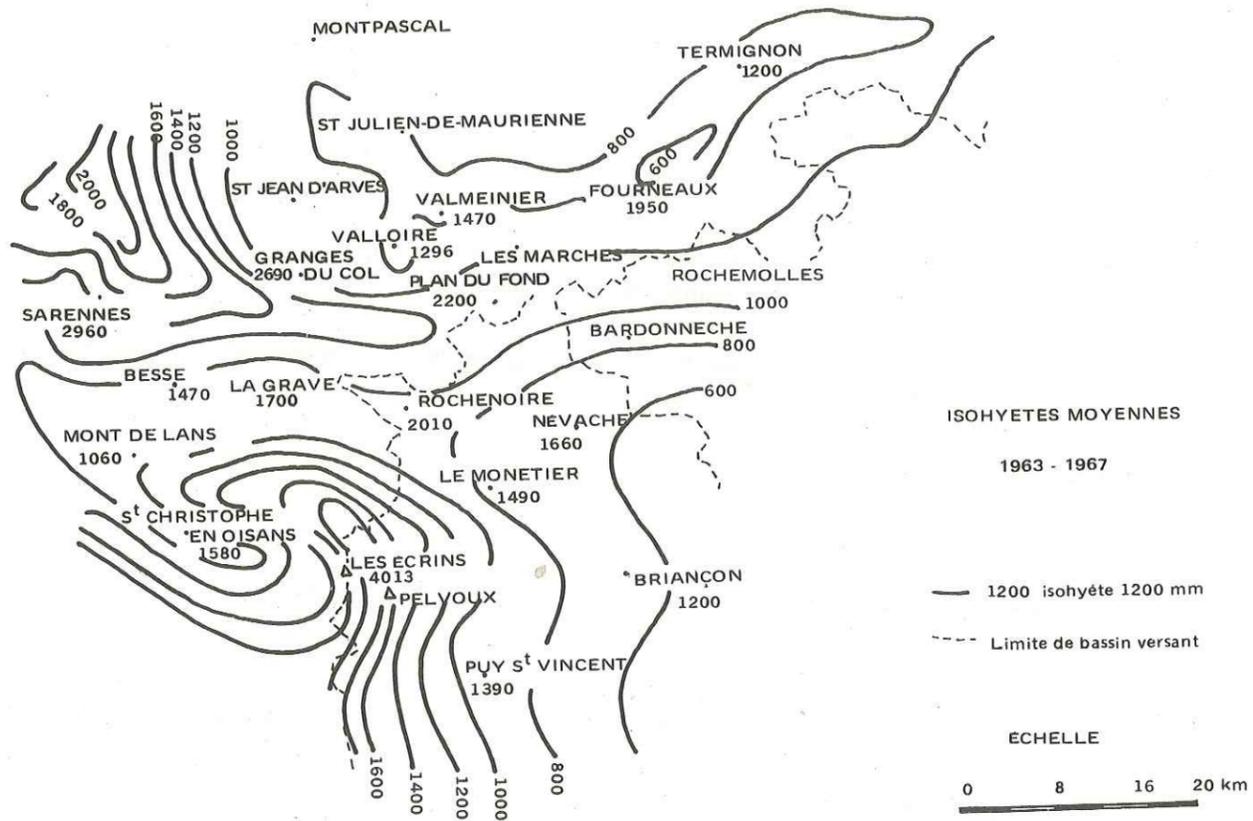
Les hauteurs d'eau précipitée sont, en mm de :

- 664 mm à Briançon
- 701 mm à la Vachette
- 765 mm à Névache

Le nombre de jours de précipitation est inférieur à celui des Alpes du Nord mais par contre la lame d'eau tombée est plus importante. Ce trait est à rapprocher du caractère méditerranéen plus que continental, comme l'est d'ailleurs l'importance de l'automne dans le régime pluvial. Au contraire, en Vallée Étroite, l'influence du climat piémontais prédomine, les précipitations y sont plus fréquentes et plus importantes.

Fig. 3 - CARTE D'ISOHYETES

(d'après J.P. VACHER, modifiée)



Les mesures reportées sur cette carte représentent la lame d'eau *précipitée*, ce qui peut paraître un peu faible, en comparaison de la lame d'eau *écoulée*. Néanmoins, les rapports demeurent identiques.

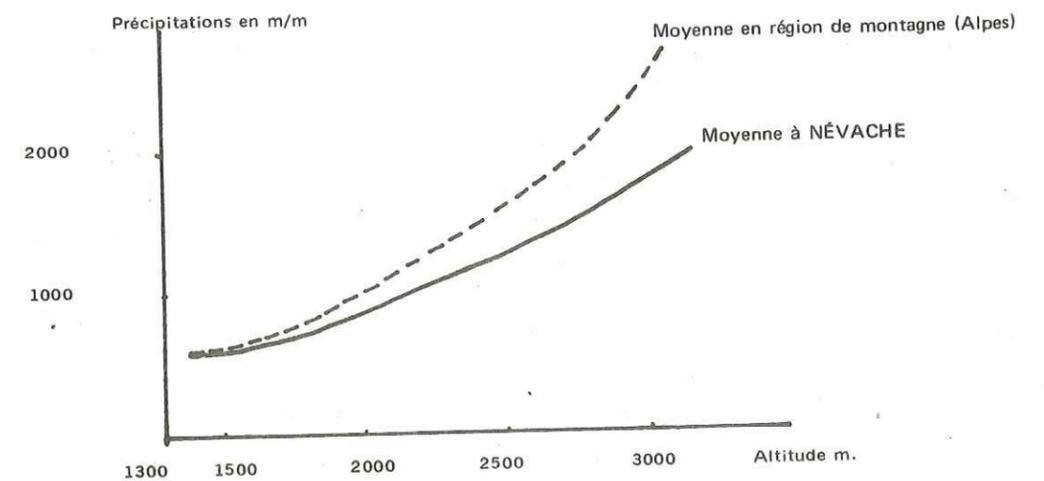
IVa - Névache (Ville Haute)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1951/1960	3	3	2	1	2	2	1	3	2	3	2	3	27
Moyennes 1961/1970	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	4	2	27
Moyennes 1951/1970	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	3	26

IVb- Val des Prés

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1951/1960	3	3	1	2	1	2	1	3	2	3	2	3	26
Moyennes 1961/1969	2	1	2	2	1,5	1	1	2	1	1	4	3	22
Moyennes 1951/1969	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	3	3	24

Fig. 6 - AUGMENTATION DES PRÉCIPITATIONS AVEC L'ALTITUDE (Ch. P. PEGUY)



Comme nous l'avons dit précédemment les précipitations à Névache sont inférieures aux moyennes habituelles à de telles altitudes.

— Précipitations neigeuses

V - RÉPARTITION EN QUANTITÉ MENSUELLE ET ANNUELLE DE NEIGE

		O	N	D	J	F	M	A	M	Année
<i>La Vachette</i>	Hauteur en mm.	14	227	443	401	392	303	103	17	1900
	Lame d'eau	1,3	23,6	42,9	34,8	28,9	28,5	14,6	2,4	177
<i>Névache</i>	Hauteur en mm.	53	464	652	614	576	435	198	9	3000
	Lame d'eau	4,7	38,1	48,5	49	46,8	38,6	17,3	1	244

VI - QUANTITÉ ANNUELLE DE NEIGE ET NOMBRE DE JOURS NEIGEUX

	Hauteur de neige	Lame d'eau	Nombre de jours	Intensité des chutes
<i>La Vachette</i>	1900 mm	177 mm	36,4	52 mm
<i>Névache</i>	3000 mm	244 mm	33,6	90 mm

VII - NOMBRE MENSUEL DE JOURS AVEC CHUTE DE NEIGE

a) *Névache (1595 m)*

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1951/1960	6	7	5	2	—	—	—	—	3	3	5	6,7	35
Moyennes 1951/1970	7,5	8	7	3	0,7	—	—	—	0,2	2,5	7	8	45

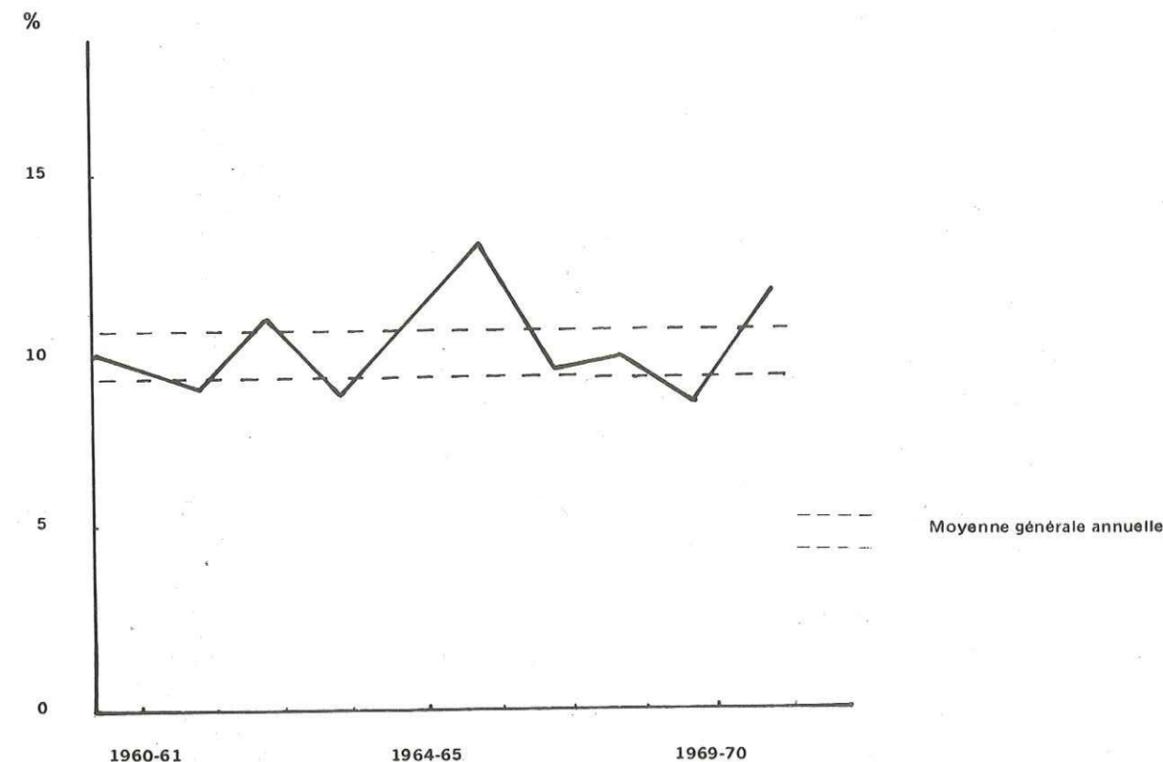
b) *La Vachette (Val des Prés)*

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes 1951/1960	5	6	7	2	0,2	—	—	—	0,1	0,7	4	6	28
Moyennes 1951/1969	6,2	6,3	4,4	2,4	0,3	—	—	—	2	0,9	4,5	6,6	32

VIII - FRÉQUENCE DES JOURS DE NEIGE

Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	Année
<i>La Vachette</i>	0,5	4,9	6,4	7,2	5,5	7,1	4,2	0,6	36,4
<i>Névache</i>	1	5,1	6,3	5,5	5,5	5,2	4,2	0,8	33,4

Fig. 5 - VARIATION ANNUELLE DES HAUTEURS DU MANTEAU NEIGEUX



La hauteur cumulée moyenne du manteau neigeux à Névache est de 3 m. mais elle peut varier du simple au double (de 2 à 4 m.).

IX - ÉPAISSEUR MOYENNE DE MANTEAU NIVAL EN CENTIMETRES

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961	70	80	37	0,3	—	—	—	—	—	—	17	25
1962	53	60	79	54	—	—	—	—	—	—	2	27
1963	60	64	79	—	—	—	—	—	—	—	5	17
1964	17	5	5	0,5	—	—	—	—	—	—	1	10
1965	23	24	37	—	—	—	—	—	—	—	21	79
1966	97	100	89	26	—	—	—	—	—	—	5	20
1967	16	21	5	0,8	—	—	—	—	—	—	10	2
1968	25	42	36	1	—	—	—	—	—	—	12	37
1969	—	68	68	—	—	—	—	—	—	—	1	16
1970	75	109	84	50	—	—	—	—	—	—	—	—

D'une manière générale les maximums de chutes de neige se situent fin novembre - début décembre et fin février - début mars. Les précipitations sont importantes et peuvent atteindre 0,50 m en 24 heures. Le manteau neigeux persiste à Névache 6 mois (1er novembre au 30 avril) et seulement 4 mois à la Vachette (20 novembre au 20 mars).

En Vallée Étroite, la neige reste plus longtemps (6 mois et demi, environ du 1er novembre au 20 mai), et de nombreux névés persistent au dessus de 2700 m en été (site du Thabor).

3° / LES VENTS

— La lombarde est un vent d'Est chargé d'humidité, il correspond à une dépression méditerranéenne amenant du mauvais temps. En devenant plus chaud, il peut se transformer en pseudo-foehn capable de déclencher de nombreuses avalanches. Ces vents anormalement chauds proviennent généralement soit du Sud-Est (tendance lombarde) soit du Sud-Ouest (tendance vent du Midi), bien que la disposition des Alpes ne favorise pas la circulation de tels courants.

— Les vents d'Ouest à Sud-Ouest évoluent souvent au Sud-Est en contournant les reliefs ; ils accompagnent les dépressions océaniques. La lombarde est responsable à 60 % des chutes de neige alors que les vents d'Ouest ne le sont qu'à 40 %.

— La bise venant du Nord - Nord-Ouest (vent des Rochilles) est glaciale en hiver. Violente, elle entasse les congères et accompagne souvent le mistral méditerranéen.

— Enfin la brise, typique en montagne, est souvent présente. Montante dans la journée et descendante en fin de soirée elle est due aux différences de température existant sur les versants entre les crêtes et le fond de la vallée.

4° / CONCLUSION

Chaque région montagneuse a toujours des affinités climatiques avec les régions de plaines contiguës, compte tenu d'une modification due à l'altitude et au relief (Guiter, 1975).

Dans le secteur étudié, les massifs montagneux, Galibier, Oisans, Pelvoux, en jouant le rôle d'abri permettent aux influences duranciennes de pénétrer fort loin à l'intérieur des Alpes.

Le climat, tributaire de l'altitude, est caractérisé par des précipitations dont la répartition est de type semi-continental.

Le régime des vents participe néanmoins à un régime "péri-méditerranéen" par la présence de la bise (Guiter, 1975).

Ainsi donc, la Vallée de Névache et la Vallée Étroite possèdent un climat très favorable au développement de certaines activités touristiques.

L'épaisseur suffisante du manteau neigeux et sa persistance durant près de 6 mois rendent ces régions très appréciées pour le ski (ski de randonnée, de fond et même de piste) et le tourisme hivernal. L'importance de l'ensoleillement les font préférer à des vallées plus septentrionales.

Les influences méditerranéennes, sensibles surtout lors de la belle saison, particulièrement longue (4 mois), pour un climat de montagne, seront enfin des atouts appréciables pour le développement d'activités touristiques estivales (promenades, randonnées et escalade).

C - DONNÉES HYDROLOGIQUES

Les données hydrologiques pour la Clarée-Durance sont basées sur les relevés effectués à la Vachette (1350 m) de 1926 à 1973. Compte tenu du faible débit de la Durance ($< 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$) au niveau du poste de mesure, nous assimilerons les valeurs des débits mesurés à ceux de la Clarée.

Pour un bassin versant sensiblement de même superficie, nous disposons pour la Vallée Étroite de relevés effectués en aval de Bardonnèche, à Beaulard (1250 m) de 1931 à 1944.

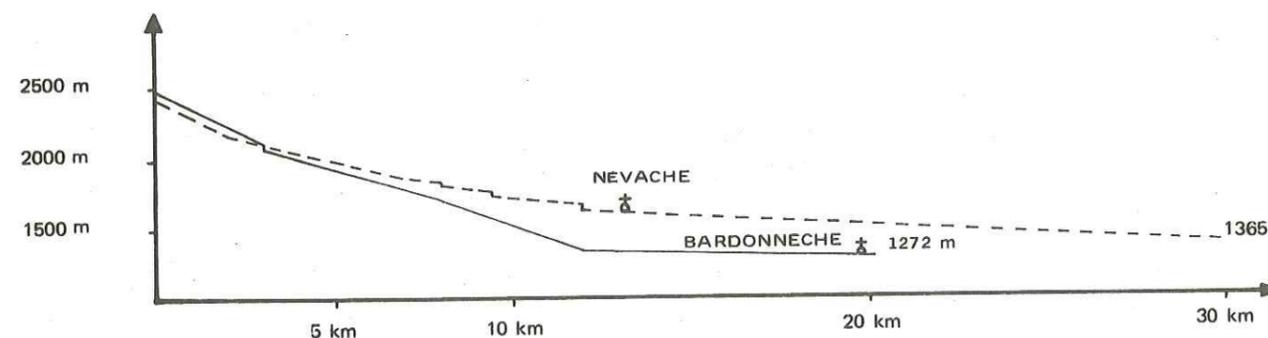
Ces résultats très partiels ne sont retenus qu'à titre indicatif et comparatif avec ceux de la Clarée.

Type d'écoulement :

Les deux principales rivières du secteur étudié sont rapides jusque dans leur tronçon inférieur (Clarée à la Vachette, Bardonnèche à Beaulard) et transmettent ainsi sans les amortir les pulsations que leur dépêche la montagne.

Fig. 7 - PENTES DES TORRENTS DE LA CLARÉE (---) ET DE VALLÉE ÉTROITE (—)

(l'échelle des hauteurs est exagérée 4 fois)



1° / LES DÉBITS

Pour apprécier l'importance et les variations du débit de la Clarée, nous avons relevé sur le tableau ci-dessous les résultats des mesures effectuées entre les années 1962 et 1973.

DÉBITS MOYENS MENSUELS ET ANNUELS (m³/s)
DE LA CLARÉE-DURANCE A LA VACHETTE

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
62	2,47	2,04	2,01	4,51	12,60	16,50	6,80	3,28	3,43	2,17	2,10	1,81	4,98
63	1,68	1,66	1,78	5,00	15,90	19,90	9,35	5,25	3,99	3,00	7,80	3,28	6,55
64	2,28	1,97	2,15	4,32	18,20	14,80	5,50	3,26	3,58	3,45	2,64	2,15	5,40
65	1,84	1,65	1,79	2,82	9,10	11,90	6,80	3,66	3,77	4,55	2,72	2,08	4,40
66	1,61	1,76	2,02	5,45	14,70	21,60	9,85	5,10	3,21	4,49	3,08	2,18	6,25
67	1,70	1,74	2,69	3,90	12,30	15,20	9,90	3,75	2,33	1,93	2,74	1,84	5,00
68	1,63	1,55	1,87	5,90	14,10	18,30	9,05	6,50	7,65	4,07	5,55	2,74	6,60
69	2,27	2,03	2,18	4,29	18,30	15,90	11,50	4,94	3,47	2,56	2,56	2,01	6,00
70	1,88	1,98	2,05	3,80	8,90	20,30	12,30	5,90	3,87	5,35	3,00	2,54	6,00
71	2,08	2,11	1,98	6,10	14,00	14,40	9,90	4,02	2,75	2,19	2,08	1,84	5,30
72	1,68	1,65	2,27	5,00	10,10	20,00	9,10	3,64	3,17	2,76	3,15	2,13	5,40
73	1,78	1,58	1,63	2,18	18,00	13,00	7,70	4,06	3,61	3,96	2,63	2,05	5,15
17/50	2,40	2,27	2,38	4,57	10,90	14,20	7,79	4,88	4,16	3,99	3,44	2,62	5,88

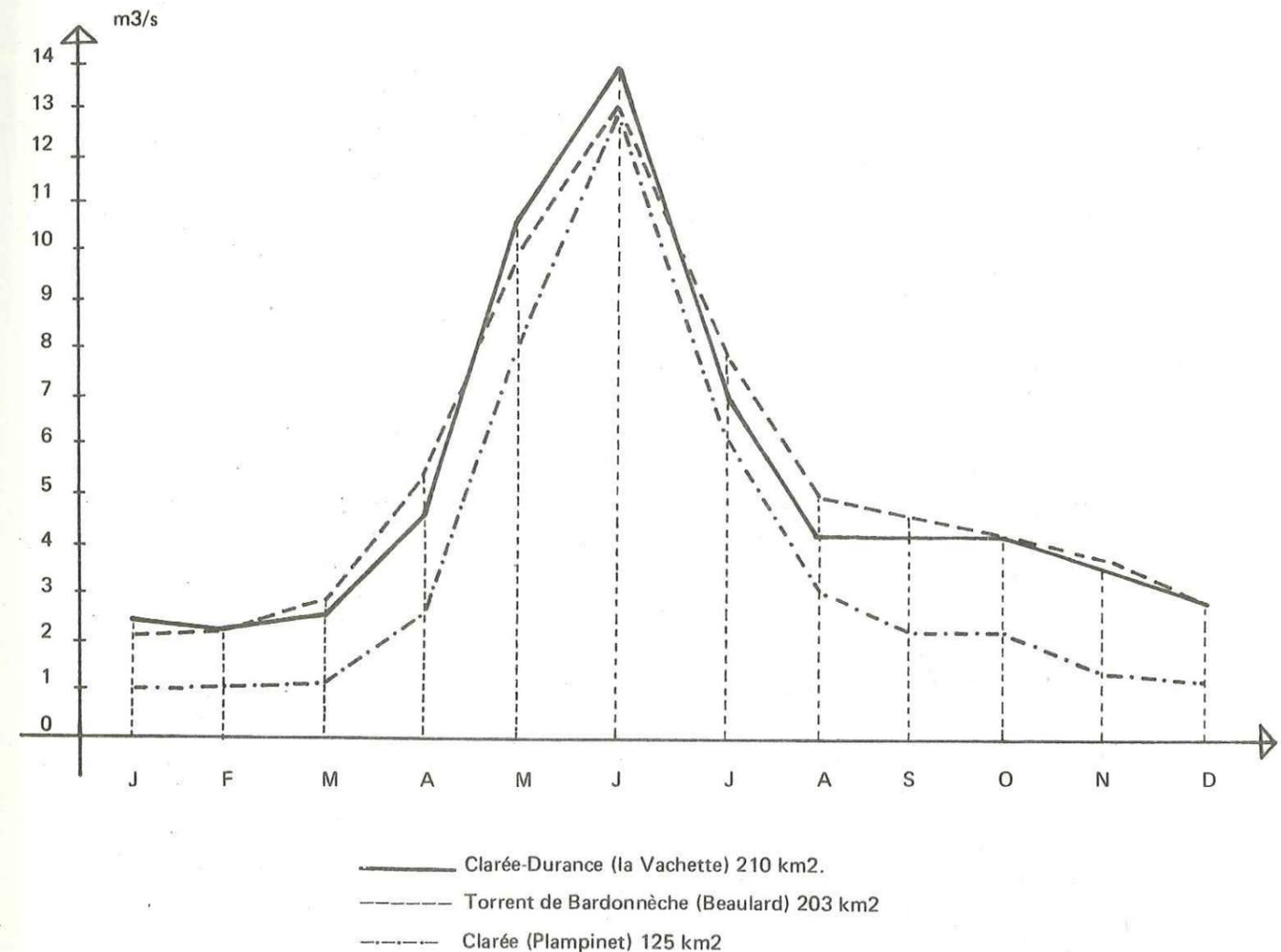
Le calcul des moyennes annuelles traduit une certaine régularité de l'écoulement, malgré la grande variété dans la distribution des précipitations. Ce phénomène se vérifie aussi pour le torrent de la Vallée Étroite ; d'ailleurs, les caractéristiques hydrologiques des deux cours d'eau supportent tout à fait la comparaison :

	Années	Surface du bassin versant en km ²	Débit moyen annuel en m ³ /s	Module l/s/km ²	Indice d'écoulement mm
Clarée (Plampinet)	1904/11	125	3,5	28	885
Clarée (la Vachette)	1931/44	210	5,33	25,3	885
	1936/70	"	5,30	25,2	795
	1917/72	"	5,64	26,8	
Bardonnèche (Beaulard)	1931/44	203	5,38	26,5	795

C.P. Peguy (1947) a souligné le caractère saisonnier de l'écoulement en Névachie, en calculant statistiquement le rapport des débits entre le mois d'étiage et celui des hautes eaux. Ce rapport est d'environ 1 à 6 aussi bien pour la Clarée que pour la Vallée Étroite. Il signale cependant qu'en période de crue ce rapport peut être de 1 à 54 !

2° / LE RÉGIME

Fig. 8 - COURBES DES DÉBITS MOYENS MENSUELS



C'est le régime de type nival de montagne, sans influence glaciaire, qui caractérise l'ensemble des écoulements torrentiels en Névachie avec :

- une période d'étiage de décembre à mars
- une période de hautes eaux d'avril à juin
- une période de sécheresse de juillet à novembre.

Ce régime traduit la sécheresse du climat et l'importance de la rétention nivale. Il explique aussi le phénomène des crues, parfois dangereuses, qui feront l'objet d'une analyse dans le chapitre des risques naturels.

D - CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

1^o/ COURS D'EAU PRINCIPAUX

La Clarée, qui doit son nom à la transparence de ses eaux, prend sa source au pied du col des Rochilles, dans le petit lac de la Clarée, puis descend les paliers que lui a préparés le glacier disparu, se précipitant en plusieurs cascades (Eycharène- Fontcouverte - Basse Sausse - Debarets) ; au-delà des limites de la commune de Névache, elle traverse Val-des-Près, le Rosier et perd son nom au niveau de la Vachette pour devenir Durance.

Elle coule selon un tracé général NW-SE, sur une longueur d'environ 28 km, avec deux changements notables de direction.

Avec une orientation W-E, le torrent de Vallée Étroite dévale une pente plus de deux fois supérieure à celle de la Clarée : en 11 km, il passe de 2197 m au pont de la Planche à 1272 m à l'entrée de Bardonnèche ; en 26 km, la Clarée passe de 2152 m au Pont de Pierre à 1365 m à la Vachette.

La Clarée est sans cesse grossie de torrents qui descendent des deux versants de la vallée. Ce sont pour la plupart les exutoires de lacs (ou laquets) qui sont nombreux en Névachie (on en dénombre plus de 30) sans compter les nombreux replats tourbeux (Laus - Chardonnet - Meuille). Ces lacs sont beaux, tous d'origine glaciaire ; soit blottis au fond d'un cirque indifféremment d'adret ou d'ubac avec parfois un écoulement caché, mais alimentant par infiltration des sources importantes situées en contrebas du seuil derrière lequel ils se cachent (lac des Béraudes) ; soit retenus derrière un barrage morainique (lac des Muandes). Les torrents sont temporairement alimentés par les eaux de fonte des neiges et des névés qui persistent au-dessus de 2700 m.

2^o/ ANALYSE MORPHOLOGIQUE (voir figure 2)

La morphologie des thalwegs de la région est encore glaciaire, avec des vallons, des auges, des vallées suspendues au fond desquels circulent des cours d'eau à régime essentiellement torrentiel. Les eaux de ruissellement ont une action érosive limitée, elles commencent à raviner, en altitude, des bassins tout juste déglacés.

Les observations d'ordre topographique effectuées sur le réseau hydrographique montrent l'influence de la constitution (contrastes lithologiques) et de l'histoire (structure) du sol et du sous-sol sur le tracé en plan de la plaine alluviale.

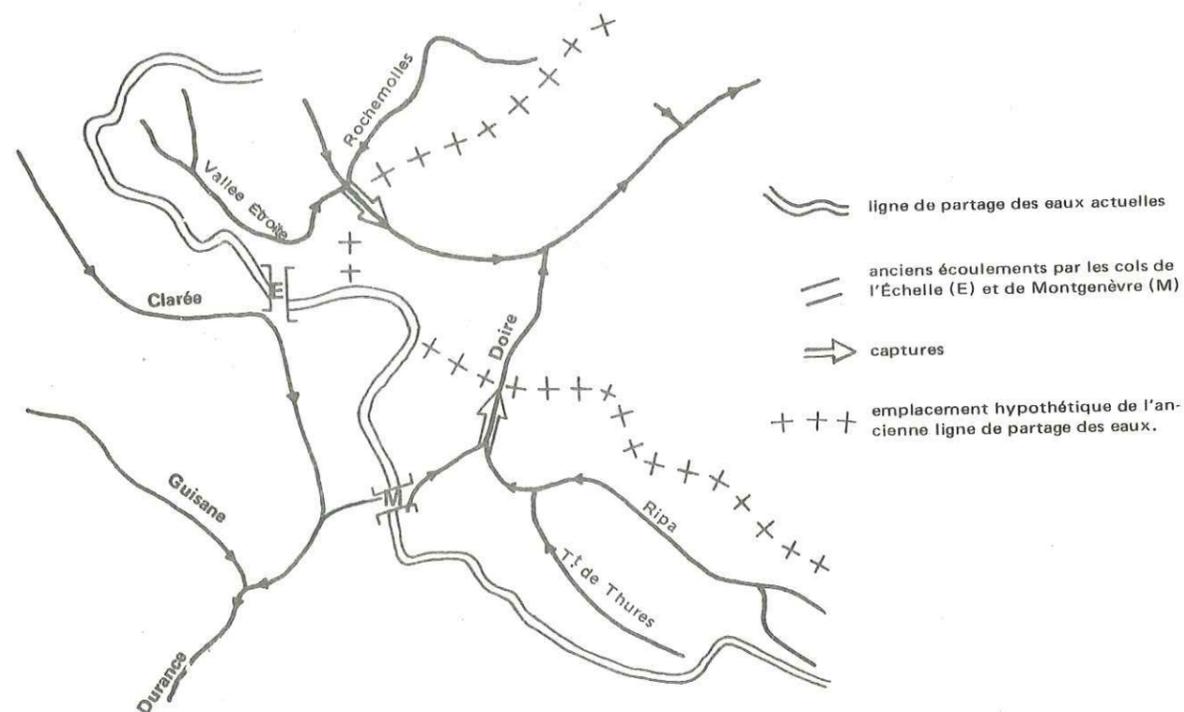
La Clarée, à Névache, quitte la zone houillère où elle coulait selon un tracé monoclinale, pour franchir transversalement un épais système triasique : elle a profité d'un abaissement d'axe ou d'une flexure située dans le prolongement de l'accident tectonique Romanche-Lautaret-Col du Chardonnet. Les torrents jumeaux du Chardonnet et du Raisin ont profité du même accident pour forcer par érosion régressive un synclinal perché de Trias (crête du Queyrellin).

En aval de Plampinet, le thalweg emprunte une direction N-S, adaptée à la tectonique majeure des assises triasiques Briançonnaises ; il s'agit donc d'un réseau resté strictement conforme à la structure.

-Hypothèses de captures

Dans le bassin versant italien, limité au Sud par la ligne actuelle de partage des eaux, le réseau hydrographique n'est pas totalement conforme aux sollicitations de la tectonique ;

Fig. 9 - HYPOTHESES DE CAPTURES



les torrents de la Rochemolles et de la basse Vallée Étroite suivent "en direction" les bancs de schistes lustrés qui plongent au NW mais leur parfait alignement (jusqu'au pied du col de l'Échelle) est interrompu au niveau de Bardonnèche, où ils confluent, par un coude qui détourne leur écoulement en direction de la plaine du Pô. Ce changement de direction ne correspond plus à la structure monoclinale du substratum qui impose aux torrents une orientation générale NE-SW et donc, un parallélisme des vallons italiens qui devrait leur faire rencontrer la Clarée.

Les observations topographiques permettent d'imaginer qu'avant d'être détournée vers le SE, au niveau de Bardonnèche, la Rochemolles s'écoulait en droite ligne, en direction de la France, recueillant sur sa rive droite la totalité des eaux provenant du bassin de la Vallée Étroite. Si l'on retient ce schéma, il faut naturellement supposer, à l'époque, pour ces thalwegs "italiens", une altitude partout supérieure à celle d'un point de franchissement situé sur la crête qui sépare actuellement les bassins versants. Ce point bas pourrait être le col de l'Échelle qui se trouve dans l'exact prolongement de la basse Vallée Étroite. Son altitude de 1750 m, remarquable dans toute la chaîne alpine, depuis le Col de Tende jusqu'au Brenner, satisfait aux conditions topographiques de cette hypothèse. Son versant nord (côté italien) n'est qu'un brusque ressaut de 400 m environ, auquel le col doit son nom, alors que son versant sud est plus étalé en direction de la Clarée, qui ne coule que 150 ou 200 m plus bas.

Le façonnement de ce "berceau suspendu" n'est ni rectiligne ni uniforme, comme aurait dû le rendre une érosion glaciaire attaquant en direction des calcaires résistants du Trias. Au contraire, les falaises qui le dominent portent localement des traces de surcreusement latéral dans lesquelles R. Blanchard (1952) a reconnu d'anciens méandres, particulièrement au pied du versant est, le long du replat coté 1770 m (cabane des douaniers).

Cependant, si l'érosion qui a ouvert le col est essentiellement fluviale, l'alluvionnement qui l'a accompagnée doit être caractéristique. Or l'échantillonnage de surface n'a pas encore permis de mettre en évidence des sédiments de type fluviatile ; la présence de galets de schistes lustrés dans le lit de la Clarée à l'aval du col n'est pas probante, car ils ont pu être transportés jusque là par un glacier. L'ancien "tronc fluvial" de l'Échelle, s'il existe, est masqué par une épaisse couverture de matériaux glaciaires et reste inaccessible pour l'instant. L'éventualité d'un ancien réseau hydrographique tributaire de la Clarée, modifié par capture, ne pourrait recevoir confirmation que si des travaux permettaient d'en exhumer les traces.

Témoin de capture également, toujours selon R. Blanchard, que le Col de Montgenèvre qui, à 1855 m d'altitude, fait communiquer les bassins de la Doire et de la Durance. En effet, le coude de capture pourrait se situer là où les torrents de Ripa et de Thures, qui coulent vers le NW, dans l'axe du col, prennent brusquement, vers Cesana-Torinese, une direction NE, pour rejoindre la Doire d'Oulx. S'il en est ainsi, les eaux de la Haute Doire, pour franchir les 1850 m du col actuel, devaient au moins couler à cette altitude. A l'emplacement supposé de la capture, le versant est escarpé, représenterait le ressaut, creusé postérieurement. Il contraste par son inclinaison avec le versant ouest, de pente et d'élévation plus faibles (300 à 350 m). Quant à la dépression du col, vallée morte dans cette hypothèse, sa localisation aurait été guidée par la présence du synclinal transverse Briançon-Montgenèvre et sa morphologie n'a, depuis, été qu'accentuée par le passage des glaciers, sans perdre son caractère fluviatile initial.

Ici encore, pour prouver indiscutablement l'existence de la capture, il ne manque qu'un témoignage sédimentologique et lithologique que des travaux d'aménagement apporteront peut être.

Qu'ils aient ou non été l'objet de captures, les thalwegs situés au NE de la ligne actuelle de partage, attirés par la proche dépression padane, s'enfoncent plus profondément et rapidement dans le relief montagneux que la Durance et ses tributaires.

On peut trouver là une explication à des dissemblances qui apparaissent lorsqu'on passe du bassin de la Clarée à celui de la Vallée Étroite. Mais nous verrons que ce facteur de contraste, pour important qu'il soit, est loin d'intervenir seul, et que la constitution géologique différente des deux vallées justifie au moins autant une relative opposition de leurs caractéristiques.

CHAPITRE 2 : LA GÉOLOGIE DU SUBSTRATUM

Situation géologique

A - LE PERMO-CARBONIFÈRE

1^o/ LE PAYSAGE

2^o/ LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE

3^o/ LES ANCIENNES MINES

B - LE SECONDAIRE

1^o/ GÉNÉRALITÉS

2^o/ LE TRIAS

3^o/ LE JURASSIQUE

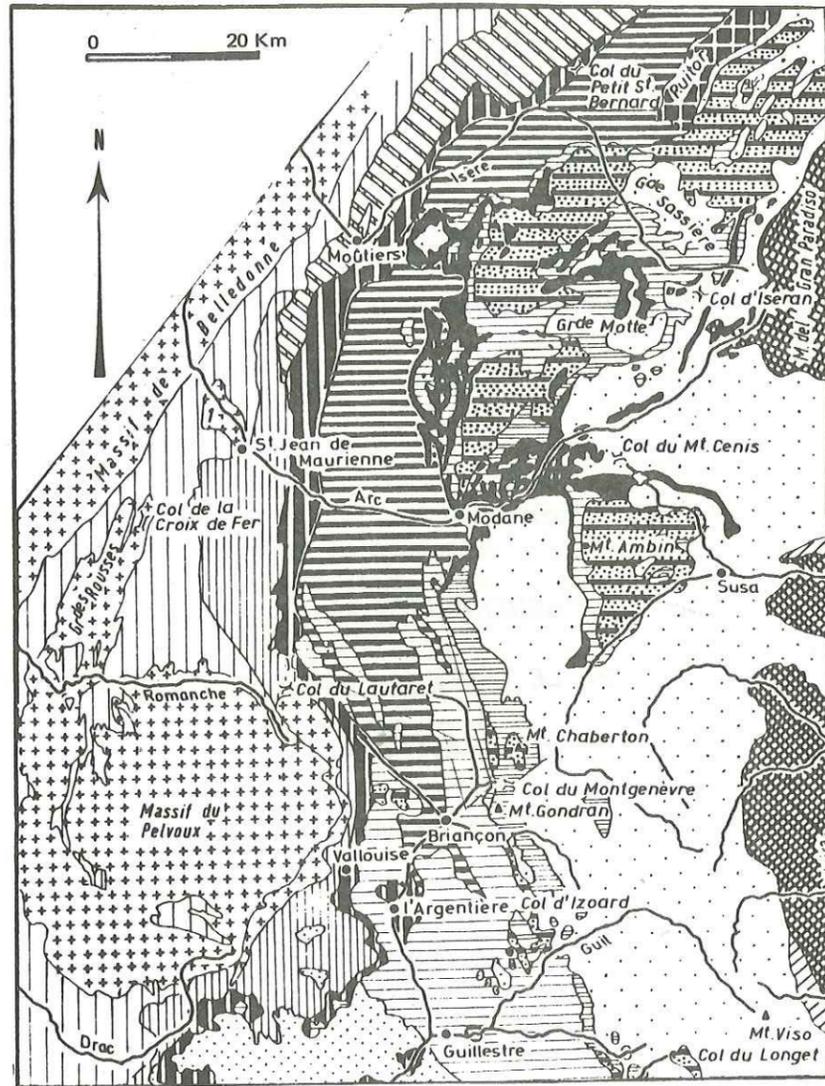
4^o/ LE CRÉTACÉ

C - SYNTHÈSE STRUCTURALE

1^o/ MOTEUR D'ENSEMBLE

2^o/ RÉACTIONS SPÉCIFIQUES

Fig. 10 - SITUATION GÉOLOGIQUE



(d'après J. Debelmas in R. Barbier, J.P. Bloch, 1963)



Les géologues ont coutume de distinguer, dans les Alpes françaises, une zone externe, qui correspond aux massifs qui occupent la convexité de l'arc alpin (chaines subalpines et massifs cristallins externes) et une zone interne, plus orientale où se trouve notre secteur.

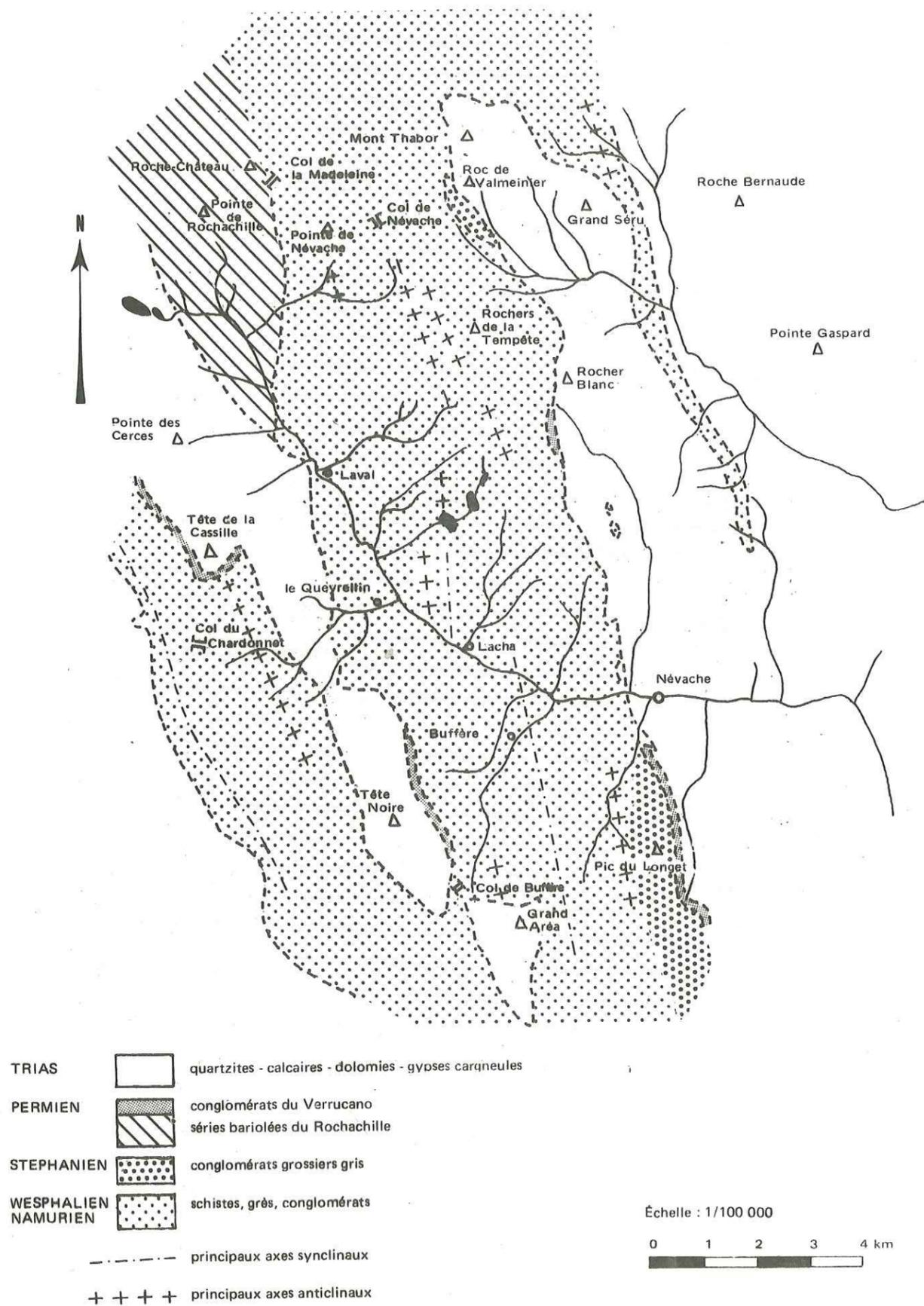
Cette zone interne est divisée à son tour en une zone briançonnaise ou zone houillère caractérisée par le grand développement qu'y présentent les terrains carbonifères, couverts ou non de sédiments triasiques et par une zone piémontaise où apparaissent divers massifs cristallins avec une vaste couverture de schistes peu métamorphisés nommés schistes lustrés.

La limite entre ces deux dernières zones passant approximativement par Montgenèvre, Bardonnèche... nous voyons que la Névachie appartient en totalité à la zone briançonnaise.

La description des terrains appartenant à celle-ci sera menée dans l'ordre stratigraphique, c'est-à-dire de bas en haut, ce qui nous amènera à examiner successivement les terrains permocarbonifères puis secondaires. Nous réserverons ensuite une large place aux terrains quaternaires dont on sait l'importance qu'ils occupent, de par leur situation en recouvrement superficiel des précédents, dans les problèmes d'aménagement.

Fig. 11- CARTE GÉOLOGIQUE INTERPRÉTATIVE DE LA ZONE HOUILLERE

(d'après Feys)



A - LE PERMO - CARBONIFERE

1^o/ LE PAYSAGE

Pour accéder au bassin supérieur de la Clarée, à l'Ouest de Ville Haute, la route gravit en deux lacets le verrou de Lacou.

A partir de là, le paysage sera très différent de celui que l'on a découvert de la Vachette à Névache : on est entré dans les terrains permo-carbonifères. Les reliefs deviennent plus empâtés, trapus, avec des pentes douces ; la rive gauche est constituée d'une alternance de vallons et de crêtes molles qui viennent mourir au pied des versants.

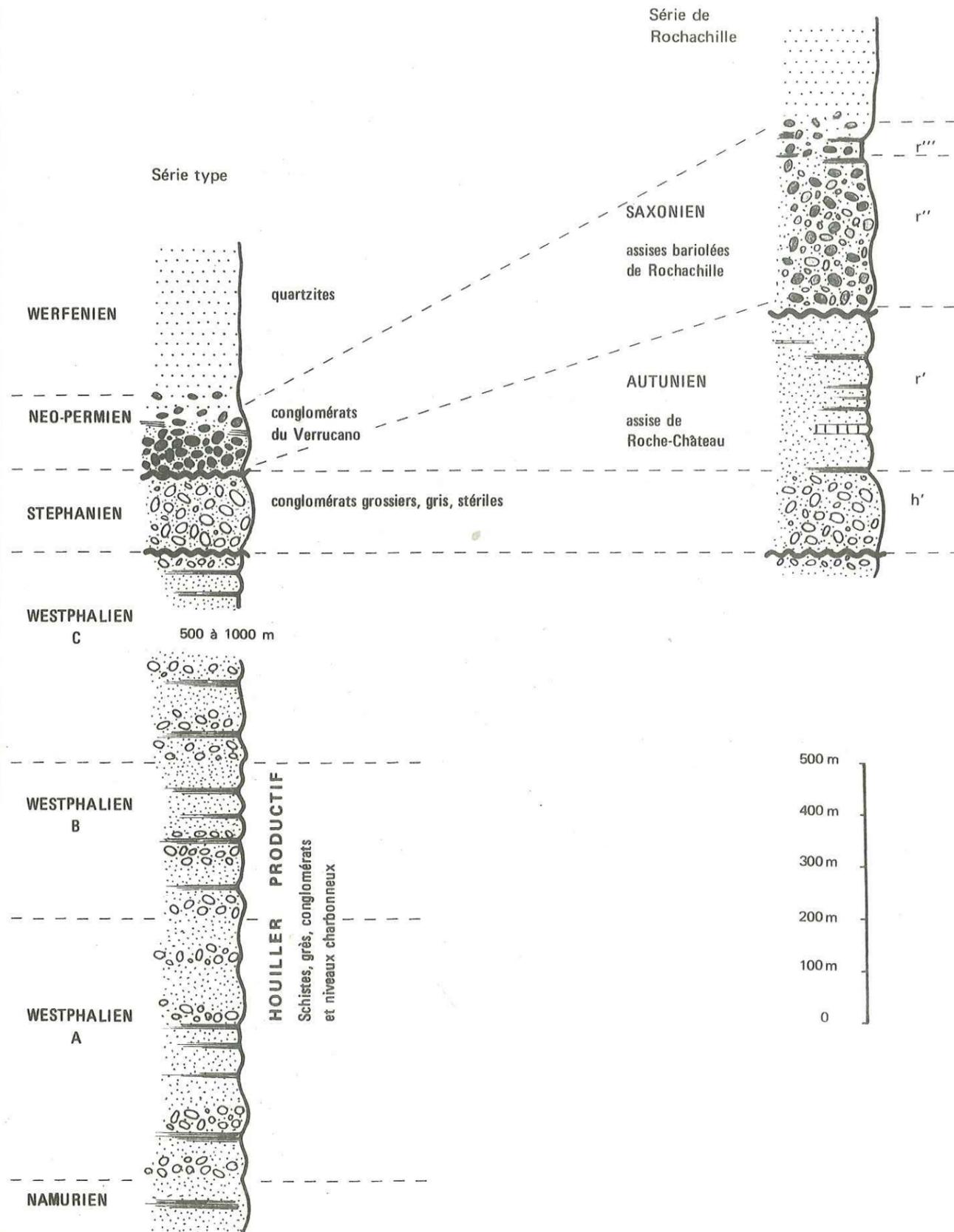
La Clarée elle-même rencontre une succession de verrous de grès dans l'intervalle desquels elle s'étale en méandres sur de petites plaines alluviales. La rive droite, dominée par les hautes falaises calcaires du Queyrellin et de la Grande Manche est tapissée de mélèzes qui laissent parfois entrevoir de petits escarpements de rocher gris sombre.

Les grès sont les principaux constituants de ces terrains, formant l'ossature des croupes, des crêtes, des verrous (Lacou) et des roches moutonnées dont l'un des affleurements les plus typiques est celui de Fontcouverte sur lequel est bâtie une petite chapelle. Ils sont stratifiés en gros bancs, plongeant, dans l'ensemble, vers l'ouest avec des replis localisés dont les axes principaux ont été reportés sur la figure 11. Ils sont peu altérables et se débitent simplement sur place en cubes aux arêtes émoussées qui s'accumulent en chaos typiques. Au départ de Laval, le chemin qui mène vers le vallon de la Cula franchit une succession de gradins correspondant à ces bancs de grès. En regardant de près les affleurements, on remarque que la roche, à patine grise, est constituée essentiellement de petits grains arrondis de quartz détritique avec de rares cristaux de feldspaths.

Au sein de la matrice gréseuse apparaissent localement des niveaux peu épais formés de galets et de graviers fortement cimentés ; ce sont des conglomérats qui définissent généralement une reprise de l'érosion. Parmi les très nombreux galets de quartz et de schistes, d'autres témoignent du démantèlement d'un substratum antéhouiller toujours présent en profondeur mais que l'érosion n'a pas encore atteint en Briançonnais.

Entre les ressauts que dessinent les falaises gréseuses et conglomératiques, s'étalent des zones déprimées correspondant à des assises tendres, érodées par les glaciers en grands replats, occupés par des pâturages ou des lacs tels que ceux des Muandes, de la Cula, du Serpent et Laramon. Ces affleurements de schistes, généralement occultes, constituent le troisième terme lithologique du Houiller. La flore fossile qu'ils contiennent a permis à C. Greber (1964) d'établir une chronologie stratigraphique précise du Carbonifère briançonnais.

(interprété d'après R. Feys, 1963)



20/ LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE

Pour compléter l'histoire géologique des terrains primaires de la région nous nous sommes référés aux travaux de R. Feys (1963) à partir desquels nous avons construit une série stratigraphique synthétique depuis le Carbonifère jusqu'au Néopermien (fig. 12).

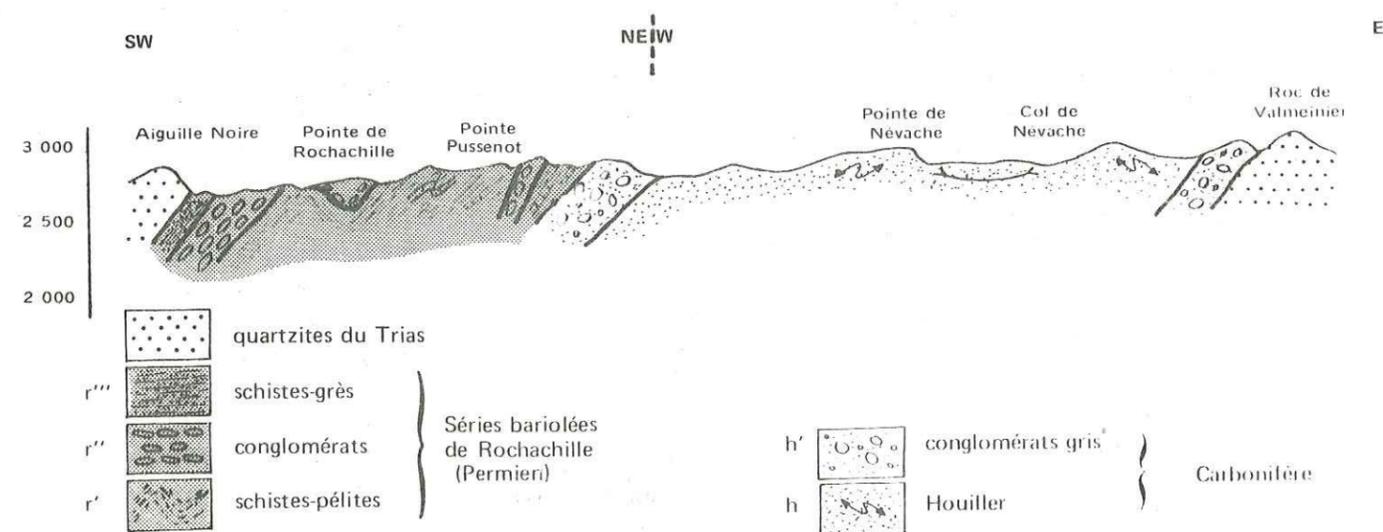
Les faciès du Houiller, dit productif (Westphalien C), que nous venons de décrire sont caractéristiques d'une sédimentation continentale sous un climat humide, favorable au développement de la flore. Des dépôts anthracifères se sont accumulés dans des lacs et des marais, sur un continent en constante déformation où l'érosion des reliefs alimentait des niveaux conglomératiques et gréseux.

A partir du Stéphanién, le Carbonifère devient complètement stérile avec des bancs de conglomérats de teinte grise à galets de quartz rosé. Cette assise (h'), épaisse d'une centaine de mètres, recouvre le Westphalien C. Les niveaux conglomératiques s'épaississent et se colorent, marquant des reprises de sédimentation dans des bassins de faible extension, sous un climat devenu plus chaud.

Le Permien se reconnaît dans le paysage par des terrains de teinte lie-de-vin. Ses affleurements s'inscrivent dans un triangle dont les trois sommets pourraient être l'Aiguille Noire, Roche Château et le confluent du torrent des Béraudes avec la haute Clarée. Nous décrirons ceux qui forment la puissante crête transversale qui limite la vallée de la haute Clarée et la Maurienne.

Fig. 13 - COUPE DU PERMO-CARBONIFERE AU NORD DE NÉVACHE

(d'après Feys, 1963).



Aucun fossile ne permet de dater ces formations. Cependant l'assise multicolore (r'), liée au sommet de l'assise de Roche Château (h'), d'âge stéphanien, est donc soit stéphano-autunienne soit autunienne. Elle est constituée de schistes, grès et pélites multicolores avec des intercalations décimétriques de dolomie rousse. Les schistes sériciteux sont verts ou lie-de-vin.

Au-dessus vient l'assise de Rochachille (r''), d'âge "Néo-Permien", composée de conglomérats polygéniques à liant schisteux. Elle se développe le long de la crête des Rochilles, sur le sentier qui monte du Pont de Pierre au lac de la Clarée.

A son sommet, les dépôts se décolorent à cause d'un changement climatique qui prélude à l'arrivée des quartzites blancs werféniens. Ainsi l'assise (r''') n'est-elle formée que de schistes et de grès, gris, à nodules rouille.

Cet ensemble de "séries bariolées" de Rochachille constitue l'épanouissement du "Verrucano" briançonnais qui, au Sud, n'est représenté que par quelques mètres de conglomérats à galets violets de liparite ou rosés de quartz. Ces dépôts grossiers témoignent de la destruction de reliefs sous climat sec, peut être subdésertique.

Ils sont cependant liés, par la présence de quartz rosé, à la base des grès quartzites blancs triasiques, dont la sédimentation purement sableuse s'est effectuée en milieu marin.

3°/ LES ANCIENNES MINES

C'est au niveau des schistes, souvent charbonneux, que s'intercalent des veines d'antracite naguère exploitées par des mines paysannes auxquelles R. Feys consacre un chapitre de son mémoire sur l'étude géologique du Carbonifère briançonnais (1963). On retrouve fréquemment des traces de grattage minier sur les premières pentes, en rive droite de la haute Clarée. Il existe, par exemple, une tranchée d'exploitation à ciel ouvert avec des restes de schistes charbonneux dans un affleurement de grès au niveau des chalets de Laval (parc de stationnement).

Dans la région du Chardonnet, les niveaux charbonneux ont fait l'objet d'une exploitation semi-industrielle assez prolongée (1840-1940) car ils contiennent des passées graphiteuses. Au nord du col, la crête n'est plus masquée par des matériaux meubles glaciaires et laisse apparaître une succession de petites vires correspondant à des couches de schistes noirs très feuilletés, épaisses de 2 à 5 mètres, séparées par des bancs de grès et de roche éruptive vert foncé à grisâtre. Cette dernière est grenue à microgrenue et contient des cristaux de feldspaths, de quartz et d'amphiboles ; elle est définie comme une microdiorite à la fois sur le plan minéralogique et sur le plan chimique. A partir de la cote 2760, la crête n'est plus formée que de cette roche ; Feys considère que ce gisement, dit de la Cée Haute, est un centre éruptif à partir duquel des filons et des sills microdioritiques se sont dispersés dans l'ensemble des grès houillers. A leur contact, les niveaux charbonneux ont été métamorphisés jusqu'à devenir graphiteux comme au col du Chardonnet. On retrouve ces mêmes sills microdioritiques à l'ancienne mine du Banchet, associés à des filons d'hématite et de quartz.

Cette dernière exploitation se situe dans l'étroite bande houillère qui affleure en Vallée Étroite depuis le plateau des Thures, au Sud, jusqu'au Col de la Vallée Étroite au Nord.

Notons enfin que ce lambeau houiller, même si on l'associe aux affleurements des versants orientaux des rochers de la Tempête et de l'Aquila ne couvre pas, et de loin, une aussi vaste superficie en Vallée Étroite que celui qui s'étend dans le bassin de la haute Clarée.

B - LE SECONDAIRE

1°/ GÉNÉRALITÉS

Là où l'érosion les a laissés subsister, les terrains secondaires constituent la couverture habituelle du Permo-Carbonifère continental de la zone briançonnaise.

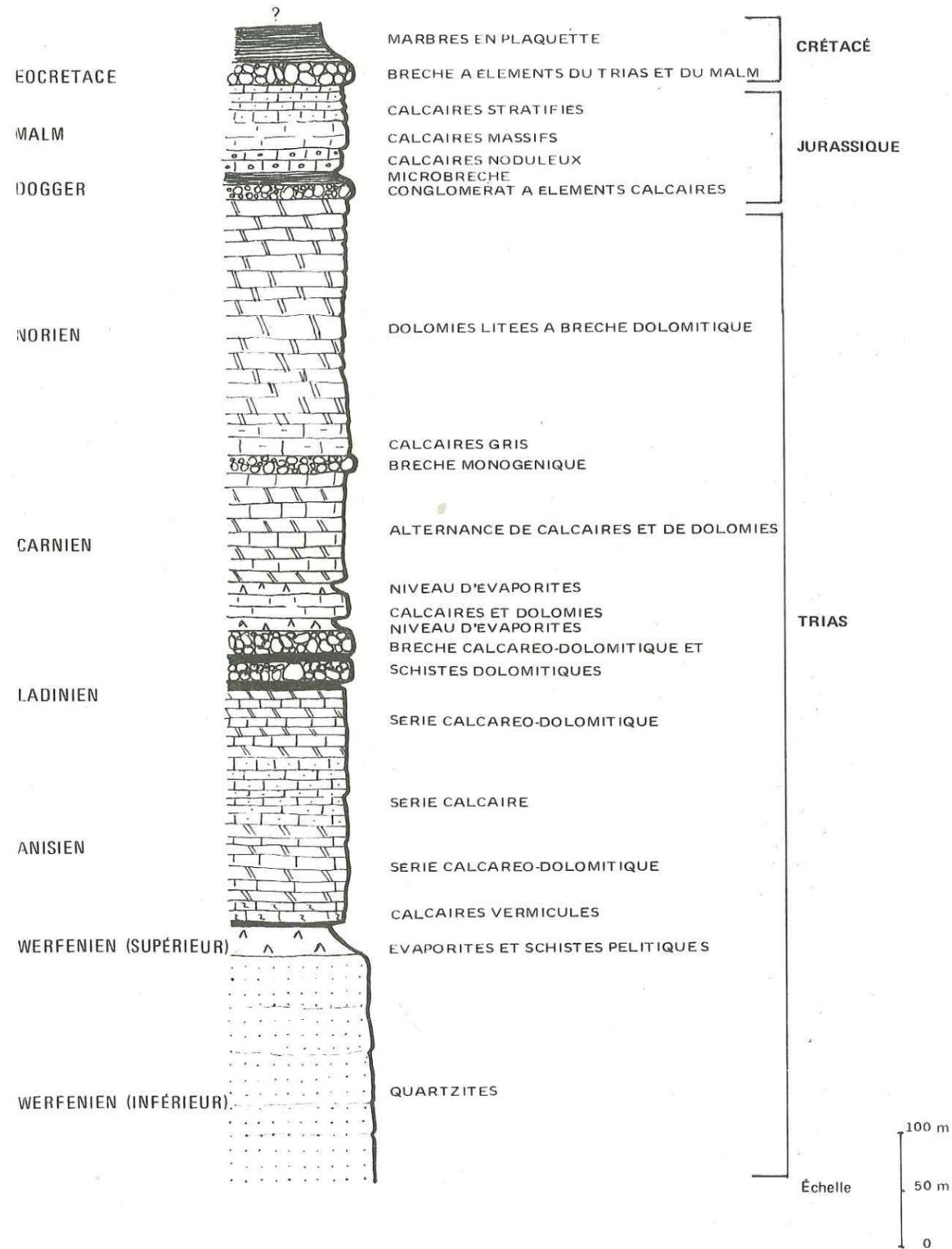
Dans la haute Clarée, ils forment les massifs escarpés qui couronnent le seul versant de rive droite. Au contraire, à partir de Névache, et jusqu'au confluent de la Durance, ils se développent sur les deux rives, dont ils occupent toute la hauteur.

En Vallée Étroite, ils dessinent le rempart sévère des Rois Mages qui vient interrompre brutalement la perspective vers l'E, tandis qu'ailleurs ces massifs carbonatés se disséminent en témoins relativement isolés (Thabor, deux Sérus), alors que le soubassement siliceux de quartzites largement déblayé, adopte en grande continuité une morphologie douce.

La stratigraphie des terrains mésozoïques, a été établie par les travaux de J. C. Barfety (1965-1970), pour la partie sud et la basse vallée ; R. Caby (1964) pour la Vallée Étroite ; M. Gidon (1968-1970) pour la basse et moyenne Clarée ; et enfin par B. Tissot (1965) en ce qui concerne le massif des Cerces.

Nous les résumerons en synthétisant les données apportées par cet ensemble d'études.

Fig. 14 - COUPE SYNTHÉTIQUE ET INTERPRÉTATIVE
DU MESOZOÏQUE BRIANCONNAIS



2^o/ LE TRIAS

Une stratigraphie sommaire, fondée sur la lithologie, permet de diviser le Trias en trois termes successifs qui sont de bas en haut :

- des quartzites
- des roches lagunaires diverses
- des calcaires et dolomies (parfois coupés d'autres récurrences lagunaires.)

Partant de ces coupures évidentes, nous allons maintenant procéder à un examen plus détaillé des divers terrains qui les constituent.

a/ Les Quartzites

Ils sont peu stratifiés, d'aspect massif, et apparaissent dans la topographie sous forme de pitons (Pain de Sucre - Tour de Crépin) ou en ressauts (ou verrous) importants (Chardonnet, verrou du Banchet). Ils sont d'autant mieux repérables, qu'ils possèdent une patine orange à bronze (due en particulier au lichen *Lecidia geographica* qui les recouvre).

Cette roche à grain fin ou moyen, rarement grossier (sauf à la base, où quelques quartz roses soulignent une continuité avec le Verrucano) a une cassure généralement blanche, parfois verte ou violette (selon la composition du ciment).

Elle est essentiellement constituée de quartz, donc quasiment insoluble, propriété qui, jointe à son extrême dureté, lui confère un caractère durable (peu altérable).

Seule la fracturation la débite en petits cubes blancs qui, en s'accumulant au pied des versants, forment des éboulis d'aspect caractéristique (Casse Blanche).

b/ Les séries lagunaires (gypse et cargneules)

Ces terrains, par le jeu de l'érosion différentielle, sont le plus souvent masqués au sein de dépressions, ou bien intercalés dans un versant entre deux formations plus résistantes, ils y dessinent un replat ou une vire.

La plus caractéristique de ces évaporites est le gypse, d'un blanc éclatant lorsqu'il est pur, et d'aspect mamelonné (en dos d'éléphant). Sa grande solubilité est responsable de la dégradation rapide des affleurements (éboulements - cavités) : au Bois Noir ou aux Thures, sapés à leur base par les eaux de ruissellement ils s'éboulent. Les blocs disloqués viennent s'accumuler au bas des pentes où ils sont rapidement dissous et désagrégés.

D'autres formations comme les cargneules se caractérisent par une teinte jaune ocre que l'on repère aisément dans le paysage. Elles peuvent adopter deux aspects différents :

- Des cargneules meubles, rappelant plus un sable fin qu'une roche, affleurant mal, situées surtout sur des replats (ou vires) intercalés entre deux niveaux plus résistants.
- Un faciès plus compact, où les cargneules prennent l'aspect de pitons isolés. C'est alors une roche carverneuse, alvéolaire à trame dolomitique résistante à la dissolution du calcaire (rive gauche, basse Clarée).

Enfin les brèches intra formationnelles, souvent confondues avec les cargneules (on les appelle aussi fausses cargneules) que l'on trouve en particulier au dessus du Cros du Robion. La matrice dolomitique est identique, leur physionomie est comparable. Mais dans le détail cette brèche est constituée de nombreux éléments n'ayant rien à voir avec les cargneules.

Ces formations dites lagunaires ont pris naissance dans des bassins dépendant du domaine marin, mais où régnait parfois une évaporation intense.

c/ Les calcaires et dolomies du Trias moyen et supérieur

Les calcaires et dolomies du Trias moyen et supérieur forment avec les quartzites werféniens l'ossature des massifs mésozoïques de la région. Leur puissance accumulée atteint près de mille mètres. Mais les effets de l'érosion ou de la tectonique les ayant, ici ou là, amputés de certains de leurs termes, aucune coupe continue ne montrant la série complète n'est visible.

Les énormes empilements calcaréo-dolomitiques à l'aspect rubané du Queyrellin, des Rois Mages ou du Guion ne sont en fait constitués que des deux premiers termes de cette série. Les niveaux supérieurs ne sont bien représentés qu'en aval de Plampinet (rive droite).

Dans le détail, l'ensemble débute par une assise de calcaires vermiculés passant plus haut à des calcaires dolomitiques, datés de l'Anisien.

Vient ensuite une épaisse formation dolomitique, d'une puissance de 350 m au moins, qui représente le Ladinien.

Un complexe mal daté post-Ladinien, formé de brèches calcaires et de schistes dolomitiques, fait la transition avec le Carnien, étage essentiellement constitué de calcaire clair à intercalations de gypse témoignant d'épisodes lagunaires au cours d'une période marine.

Enfin, surmontant le tout, d'épaisses séries dolomitiques alternant avec des conglomérats semblent indiquer qu'au Norien la sédimentation était discontinue.

D'une manière générale, les dolomies de couleur sombre à patine claire prennent un aspect massif dans la topographie, et constituent le plus souvent des crêtes et sommets plus élevés. Par contre les calcaires, plus lités, donnent des reliefs moins escarpés et ne représentent que le soubassement des dolomies.

L'émersion fini-triasique se traduit par l'absence du Lias, et par la présence d'argiles sidéro lithiques au sein de cavités karstiques nées par dissolution à cette époque. Ceci explique les zébrures rouges qui se dessinent sur certaines parois (flanc est du Serre des Aigles).

3^o/ LE JURASSIQUE

L'émersion constatée à la fin du Trias correspond à la naissance d'une ride, le géanticlinal briançonnais, qui accidenté, dès cette époque, le bassin de sédimentation alpin. Cette ride tantôt émergée, tantôt faiblement recouverte par les eaux, va subsister durant le Jurassique et le Crétacé, provoquant soit une lacune dans la série de dépôts, soit l'apparition de faciès particuliers. Au total l'accumulation restera peu puissante et les diverses divisions stratigraphiques mal représentées. Ainsi en est-il pour la suite du Mésozoïque qui ne figure dans la région de Névache, que par quelques affleurements difficilement discernables dans la topographie, en comparaison des grandes masses de calcaires et dolomies du Trias ; et qui est totalement absente en Vallée Étroite.

Les seuls affleurements se situent dans les massifs des Cerces, de la Grande Manche et dans le versant sud de la Grande Chalanche (au-dessus du Cros).

Le Lias est, le plus souvent, absent dans la région, sans doute par lacune franche (et non par érosion ultérieure), sauf en quelques sites sporadiques :

- Le Rhétien du Mélezet
- Rhétien et Lias inférieur de Peyre Eyraute
- Lias des Grands Becs.

Les niveaux du Jurassique moyen ayant été décapés, tout au moins en partie, par l'érosion post-triasique, seul le Malm a subsisté, au sein d'un synclinal au Sud du Queyrellin et au verrou du lac des Béraudes.

Il est représenté par des schistes rouges et violacés, des brèches à ciment calcaire et par des calcaires (lorsque ces derniers sont noduleux à ciment rouge, ils représentent le faciès du marbre de Guillestre : largement utilisé dans les monuments de la région pour sa valeur ornementale).

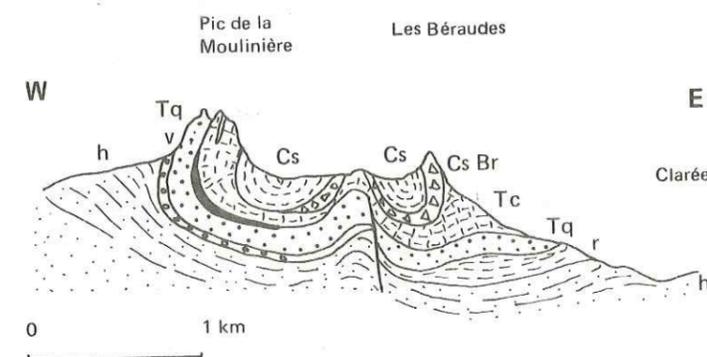
4^o/ LE CRÉTACÉ

Ici aussi les affleurements sont extrêmement réduits. Le Crétacé peut faire suite au Malm (synclinal de la Grande Manche), sauf lorsque l'érosion (anté-sénonienne) a suffisamment joué pour éliminer entièrement le Jurassique : il repose alors directement sur le Trias (Rocher des Béraudes).

Il débute par des brèches polygéniques (éléments de Trias et de Malm) à éléments de grande taille, à ciment gris ou jaune (les conglomérats sont parfois bien développés sur le flanc est du synclinal du Queyrellin où d'énormes blocs non classés évoquent des écroulements de falaise).

Fig. 15 - COUPE SYNTHÉTIQUE DU SYNCLINAL DES CERCES

(d'après Tissot 1955)



h : grès et schistes du Carbonifère - r : Permien - v : Verrucano - Tc : Trias calcaire - Cs Br : brèches du Crétacé
Cs : Calcschistes du Crétacé

Au dessus, des calcschistes à cassure marmoréenne, rouges et verts à la base, puis jaunes et gris sont visibles sur les hauteurs du massif du Queyrellin et au sommet des Cerces, en paquets schisteux gris reposant sur les dolomies plus claires. Leur puissance, variable, peut passer de 40 m à 250 m.

Du fait de leur position au cœur d'un synclinal : Queyrellin et Grande Manche, les affleurements demeurent néanmoins très réduits.

La limite supérieure de ces calcschistes n'a pas été située avec précision ; en général les auteurs l'attribuent à l'Eocène moyen ou supérieur.

Notons enfin la présence de schistes noirs intercalés dans ces calcschistes clairs, dépôts qui, selon Barfety (1965) proviennent de la désagrégation du matériel permo-carbonifère.

C - SYNTHÈSE STRUCTURALE

Les données lithologiques et stratigraphiques précédentes permettent de mieux comprendre le style particulier des déformations subies par la région.

1°/ MOTEUR D'ENSEMBLE

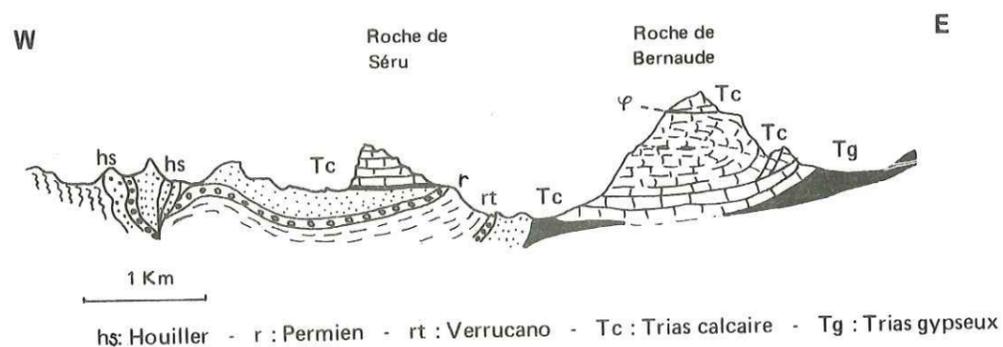
La tectonique de la région briançonnaise, résumée ci-dessous est dominée par le chevauchement du Paléozoïque briançonnais ou de sa couverture sur les terrains subbriançonnais (situés à l'Ouest).

La phase alpine précoce dite "antésénonienne" ne semble pas avoir eu beaucoup de répercussion dans la région, si ce n'est la faille longitudinale du Queyrellin (Tissot, 1955).

Dès le début de l'Eocène, le géanticlinal va s'estomper. Les dépôts deviennent semblables à ceux des zones limitrophes (Flysch noir briançonnais et subbriançonnais).

L'arrêt définitif de la sédimentation s'opère vers l'Eocène moyen (Lutétien) (Moret, 1954) lorsque débute l'orogénèse alpine. La phase paroxysmale de cette orogénèse se situe entre l'Oligocène et le Miocène. Dès le Sannoisien, les plissements des zones internes préparent la mise en place des nappes venues de l'Est (Schistes lustrés piémontais) favorisée par une semelle de gypse. Le socle siliceux briançonnais est charrié vers l'Ouest, ce qui provoque son resserrement et le décollement de sa couverture qui pourra elle-même être chevauchée par le Carbonifère (synclinal des Cerces, Rois Mages).

Fig. : 16 - STRUCTURE CHEVAUCHANTE EN VALLÉE ÉTROITE
(d'après CABY 1964)



Mais à peine les schistes lustrés se sont-ils mis en place qu'ils refluent vers l'Est formant ainsi l'éventail briançonnais.

Cette crise est suivie d'une période de repos jusqu'à la fin du Miocène.

Puis des mouvements tardifs débutent au Pontien, et se poursuivent durant tout le Pliocène, affectant la totalité de la chaîne : les structures s'écaillent et se chevauchent. Les mouvements verticaux qui ont pu s'esquisser au Miocène se poursuivent (faille longitudinale méridienne de la Clarée, responsable de l'alignement des structures suivant une direction Nord-Sud). Ils sont à l'origine de la physionomie actuelle de la chaîne, par une surrection supplémentaire des grands massifs : Pelvoux et massifs cristallins externes (Barbier, 1948).

2°/ RÉACTIONS SPÉCIFIQUES :

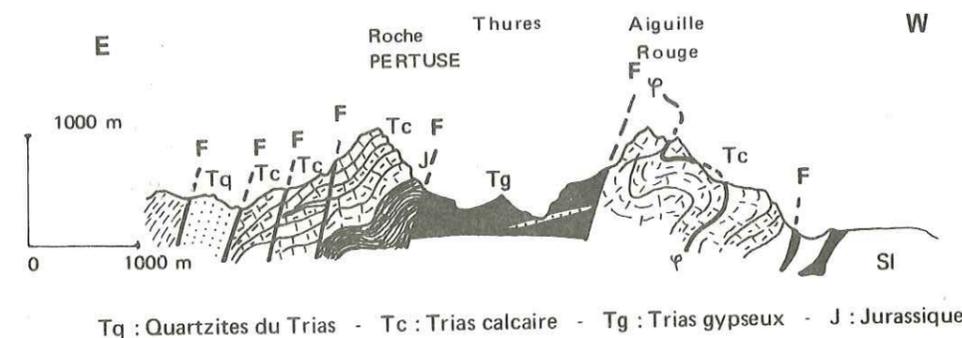
Elles sont conditionnées par les comportements mécaniques différents des terrains dans lesquels se distinguent trois ensembles lithologiques jouant des rôles tectoniques différents.

— Au sommet, des formations essentiellement calcaires, allant des dolomies triasiques aux marbres en plaquettes, au comportement tectonique souple, donnent des synclinaux pincés (Cerces, Grande Manche, Rois Mages) et des anticlinaux d'aspect massif (Guion).

Les gypses et cargneules, sur lesquels ils reposent constituent pour ce premier ensemble un niveau de décollement classique.

Toujours prêts à servir de lubrifiant, ils jalonnent la plupart des accidents majeurs de la région (faille longitudinale méridienne ; alignement : Creuzet - Thures - Vallée Étroite - Col de Vallée Étroite ; fig. 17).

Fig. 17 - ÉCAILLAGE DES SÉRIES MÉSOZOIQUES SUIVANT DES FRACTURES LONGITUDINALES
(d'après BARFETY, GIDON 1975)



— En dessous, un bloc siliceux est constitué par les quartzites du Trias et les conglomérats du Verrucano, son comportement est rigide et cassant (cf. le soubassement du Séru en Vallée Étroite)

— A la base, le Carbonifère à faciès houiller, et le Paléozoïque supérieur, constitués par une série silico-alumineuse, globalement très plastique, grâce aux multiples niveaux schisto-charbonneux, possède une direction d'ensemble très constante Nord-Sud, s'ennoyant vers le Sud. Les couches plongent tantôt à l'Est (bande de la Ponsonnière, rive droite de la Clarée) tantôt à l'Ouest (rive gauche de la Clarée et Vallée Étroite) et forment ainsi l'éventail briançonnais.

C'est à partir de ces structures, finitertiaires, que les agents morphodynamiques quaternaires, profitant des grands traits structuraux majeurs ont commencé et continuent à façonner le modelé actuel.

CHAPITRE 3 : LA GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE

A - MORPHOLOGIE GLACIAIRE

1^o/ LA MORPHOLOGIE DES AXES PRINCIPAUX

2^o/ LA MORPHOLOGIE LATÉRALE

3^o/ LES TRANSFLUENCES

B - ACCUMULATIONS GLACIAIRES

1^o/ LES MATÉRIAUX GLACIAIRES

2^o/ LES FORMES D'ACCUMULATION

C - ACCUMULATIONS POST-GLACIAIRES

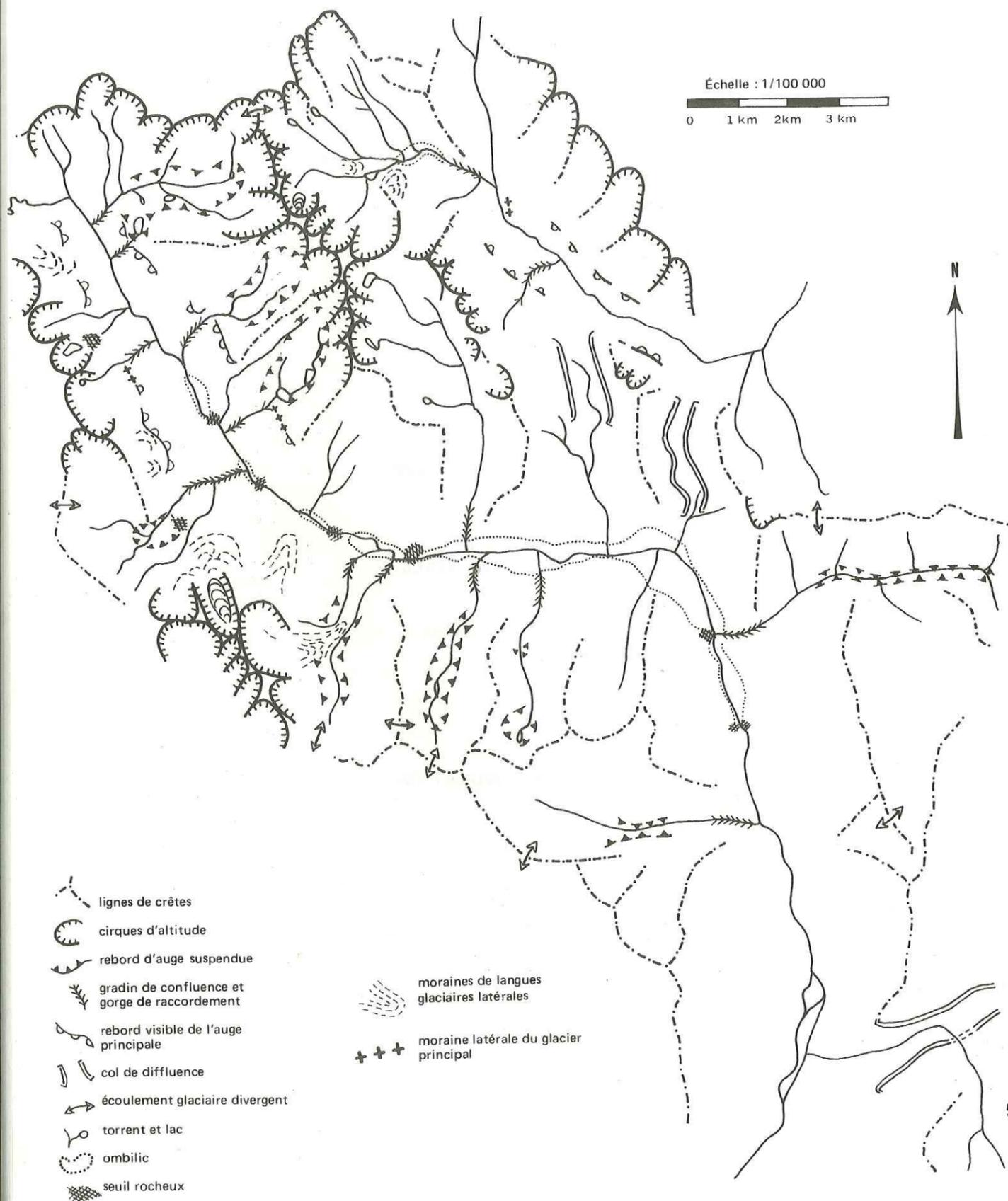
1^o/ LE DOMAINE PÉRIGLACIAIRE

2^o/ LA GÉLIFRACTION

3^o/ LES ÉBOULIS

*4^o/ LES FORMES D'ACCUMULATION LIÉES AUX ACTIONS
TORRENTIELLES*

Fig. 18 - SCHÉMA DE LA MORPHOLOGIE GLACIAIRE DE LA NÉVACHIE



Pour bien comprendre la nature, la morphologie et la répartition des dépôts quaternaires, il est utile de décrire au préalable les événements et les agents qui ont présidé à leur genèse. Ces derniers étant identifiables par l'examen du paysage actuel, nous commençons ce chapitre par une analyse morphologique relativement détaillée.

A - MORPHOLOGIE GLACIAIRE

Durant la période froide d'environ trois millions d'années qui a précédé notre ère, des glaciers ont envahi les vallées d'un réseau hydrographique remontant à la fin du Tertiaire (voir chapitre 1). Dans leur lente progression et par l'effet de leur masse considérable, ils ont érodé, arraché et accumulé. Leur dernier retrait étant tout récent (moins de 10 000 ans), bien des traits du paysage témoignent d'une empreinte qui n'a guère eu le temps de s'effacer.

Dans la haute vallée de la Clarée, le socle siliceux permo-carbonifère a été profondément raboté et creusé. L'auge au fond de laquelle coule aujourd'hui la rivière a été calibrée par un glacier puissant, qui comblait et au-delà la dénivellation de 200 m correspondant au ressaut brutal que nous voyons limiter latéralement la plaine alluviale.

Plus haut, la présence passée de nombreuses langues glaciaires affluentes se traduit dans le paysage par l'abondance de formes d'érosion et d'accumulation typiques.

Enfin pour compléter la description morphologique de l'appareil glaciaire névachais nous analyserons les divers cols de transfluence qui ont assuré ses relations internes et externes.

1°/ MORPHOLOGIE DES AXES PRINCIPAUX

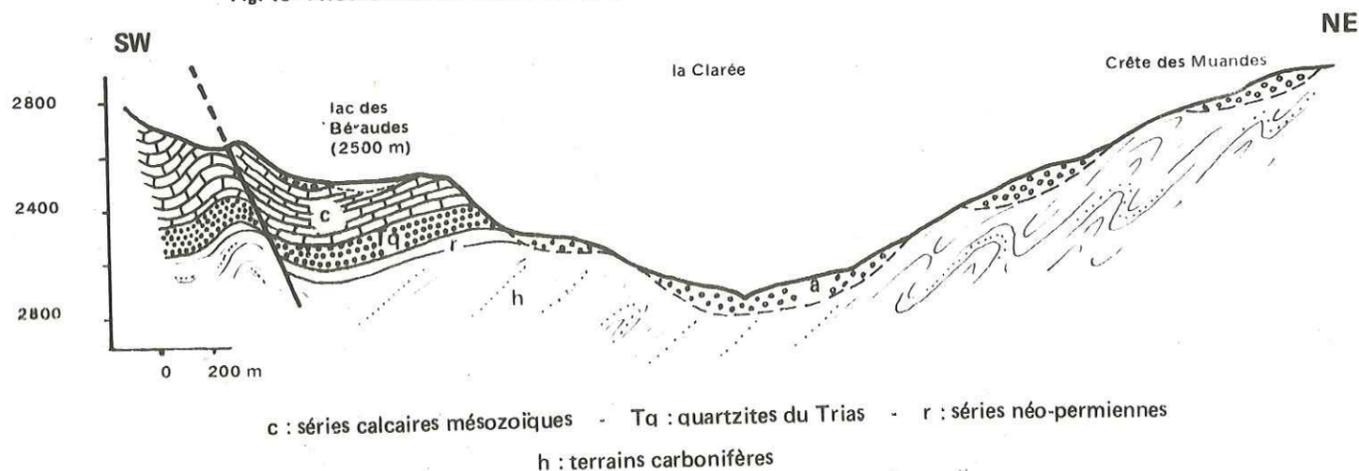
Le tracé des auges principales de la Clarée et de la Vallée Étroite montre que les glaciers n'ont rien créé par eux-mêmes ; ils n'ont eu qu'à s'inscrire dans un réseau hydrographique établi dans ses grandes lignes, en développant une morphologie spécifique adaptée aux données structurales et lithologiques du substratum.

a/ Auge de la Clarée

La vallée préglaciaire de la Clarée présentait des irrégularités transversales, des sections larges ou étroites, fonctions des inégalités de résistance des versants rocheux.

Du Pont de Pierre au hameau du Jadis, le profil transversal de l'auge glaciaire est régulier, entaillée "en direction" dans les bancs de Houiller. Les matériaux schisto-gréseux ont été uniformément arrachés, transportés et déposés (moraines).

Fig. 19 - PROFIL TRANSVERSAL DE L'AUGE GLACIAIRE DE LA HAUTE VALLÉE DE LA CLARÉE



A partir de Fontcouverte jusqu'à Ville-Haute, le changement progressif de direction de la vallée (voir chapitre hydrographie) a imposé au glacier des inégalités topographiques et des différences de résistance dans le substratum carbonifère. Les couches qui se montraient, jusque là, fragiles parce que la structure était parallèle au courant glaciaire, deviennent dans ce tronçon plus résistantes parce qu'elles lui sont obliques. Ce sont les bancs de grès qui ont le mieux tenu : ils forment des verrous (structuraux) que le glacier a dû franchir, et des roches moutonnées qui portent des traces d'abrasion (polissage et stries dans le sens du courant glaciaire). Ces roches affleurent au fond de l'auge (chapelle de Fontcouverte...) et sur les versants (chemin de Buffère... chalets de la Meuille...) alors qu'en haute altitude elles deviennent rares à cause de la désagrégation cryoclastique. Le verrou le plus important est celui de Lacou qui, bien qu'entaillé par la Clarée, lui impose encore un saut de plus de 40 m pour atteindre la basse vallée.

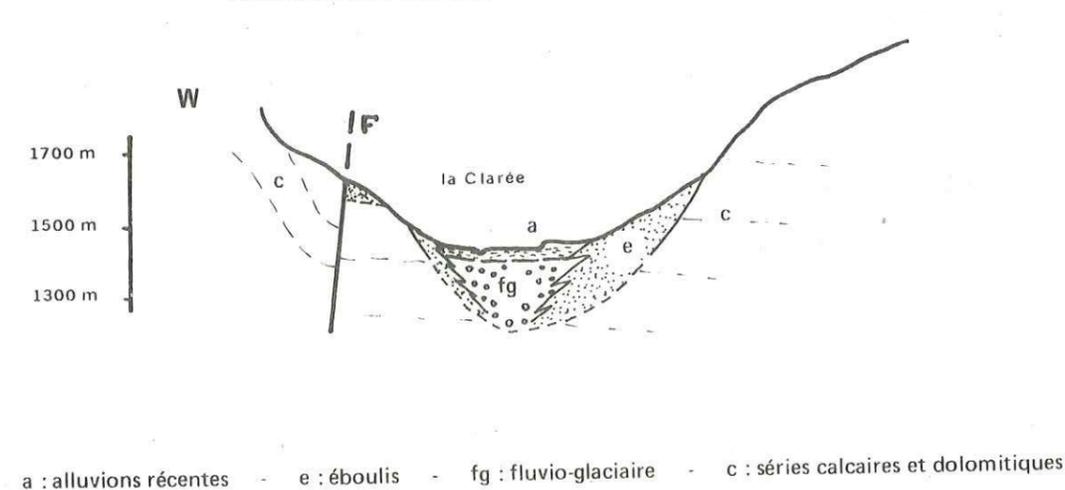
Cette barre rocheuse transversale, qui se prolonge au Nord par la crête de Gueyta et au Sud par la crête de l'Échaillon, a été mise en relief entre deux dépressions affouillées dans les zones plus tendres : schistes houillers en amont, contact tectonique en aval.

La rivière emprunte l'encoche sud du verrou, découpée latéralement par les eaux courantes sous-glaciaires. Il semble qu'une encoche nord ait aussi été ouverte par un écoulement sous-glaciaire, car la route qui monte sur le verrou entaille des dépôts torrentiels qui s'étaient en cône à partir d'un point haut où n'apparaît pas de ravin bien tracé. Ce qui laisse supposer que ces matériaux ont été transportés et déposés par un torrent, symétrique de la Clarée actuelle par rapport à la Chapelle St-Hyppolyte, qui débouchait sur la vallée de Névache par une encoche à présent comblée.

Moins profondes sont les gorges de raccordement qui scièrent les gradins de confluence séparant les vallons suspendus de l'auge principale. Elles sont dues à une action brève des torrents qui abondaient pendant les périodes inter-glaciaires, mais qui se figeaient pendant les longs stades d'englacement. Tous les chemins qui grimpent à partir du fond alluvial vers les sites aménageables de la haute Vallée rencontrent, au détour d'un lacet, un ravin ou une gorge peu profonde, qui ne remonte pas loin dans l'auge suspendue, et au fond duquel cascade un affluent (ravins de Brune, de Buffère, de la Cula, du Vallon, des Acles).

En aval de Névache et jusqu'à la Vachette, les auges se localisent dans les terrains durs du Trias.

Fig. 20 - PROFIL TRANSVERSAL DE L'AUGE GLACIAIRE PRINCIPALE DANS LA BASSE VALLÉE DE LA CLARÉE



La vallée préglaciaire, qui a profité d'un accident majeur Nord-Sud (faille de la Clarée d'après Barfety et Gidon, 1975) dans les terrains calcaires, s'est élargie en berceau aux bords très redressés (structure d'effondrement).

Dans cette longue section rectiligne, le fond alluvial est plat, sans aucun ressaut, ni même le moindre affleurement de roche calcaire moutonnée dépassant les matériaux de comblement.

b/ Comparaison entre la vallée de la Clarée et la Vallée Étroite

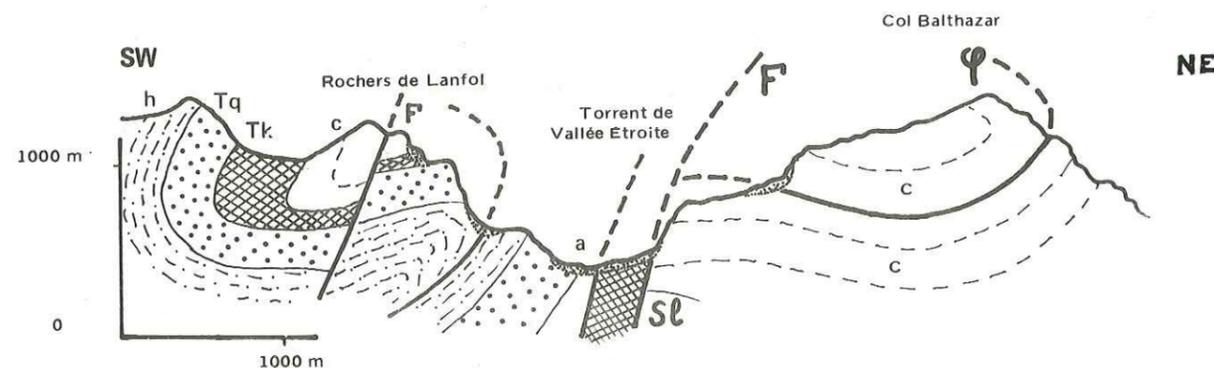
La comparaison des profils longitudinaux et transversaux de la Vallée Étroite et de celle de la Clarée met en évidence certains contrastes que nous avons précédemment relevés.

Le verrou le plus important correspond, dans les deux vallées, au contact du Houiller et de sa couverture. Cependant il ne se situe pas à la même altitude, si bien que les ombilics qui les précèdent n'ont pas le même degré d'évolution ; derrière Lacou (1780 m) s'étale une auge de plus de 12 km de long, alors que derrière le verrou du Banchet (2150 m), le vallon du Dîner n'est qu'une auge glaciaire d'altitude, évoluée.

La Vallée Étroite est profondément encaissée entre les éperons de Lanfol et de l'Aiguille Rouge au Sud, et les imposants reliefs des Rois Mages au Nord. A partir du pont de la Fonderie, après une rupture de pente due, en partie, à la confluence des deux vallons supérieurs, on a successivement deux petits ombilics, très étroits et très allongés : l'un porte les Granges, l'autre s'étale au pied de l'Aiguille Rouge. Le développement et le calibrage de cette auge glaciaire dans une zone tectonisée (décrochement) sont encore plus démonstratifs que celui de la basse Clarée.

Fig. 21 - PROFIL TRANSVERSAL DE L'AUGE DE LA VALLÉE ÉTROITE

(d'après Barfety et Gidon, 1975)



a : terrains meubles - c : séries calcaréo-dolomitiques - Tk : gypses et cargneules
Tq : quartzites - h : Houiller

Le glacier a érodé des terrains hétérogènes et bien préparés tectoniquement (direction structurale majeure N-S de la géologie briançonnaise). A l'austère fond d'auge de la Vallée Étroite, marqué surtout par des accumulations morainiques et des cônes d'éboulis, s'oppose la basse Clarée où les phénomènes post-glaciaires dominent.

2°/ MORPHOLOGIE LATÉRALE

Dans les épanouissements latéraux, le retrait des glaciers a été plus tardif que dans l'auge principale et leur modelé est encore plus net. Nous allons le décrire en remontant le vallon suspendu le plus septentrional de la vallée de la Clarée, celui des Muandes.

a/ Ensemble du vallon des Muandes (fig. 22)

Pour accéder au vallon des Muandes, il faut emprunter le chemin muletier qui gravit, à l'Est du Pont de Pierre, les pentes de l'auge principale. Ce ressaut, ou gradin de confluence, est entaillé par un torrent qui se précipite, au fond d'une gorge de raccordement, vers la Clarée.

Vers 2400 m, la pente s'adoucit : on atteint un grand replat. Sur 1500 m, elle restera faible (< 15 %). La morphologie est vallonnée, avec un fond alluvial encombré par des amas de matériaux meubles accumulés par la langue glaciaire maintenant disparue. Ces dépôts ont été arrachés aux crêtes houillères qui dominent directement le vallon, car ils ne contiennent que des blocs et des galets de grès, de conglomérats et de schistes. Ils sont alignés dans le sens de l'auge ou bien disposés en bourrelets semicirculaires derrière lesquels sont retenus les lacs Long et Rond.

Le remplissage alluvial comble certaines zones déprimées autrefois occupées par des laquets. Nombreux sont encore les lacs et les ruisseaux dont le réseau se raccorde au torrent principal qui coule sur la bordure nord du replat.

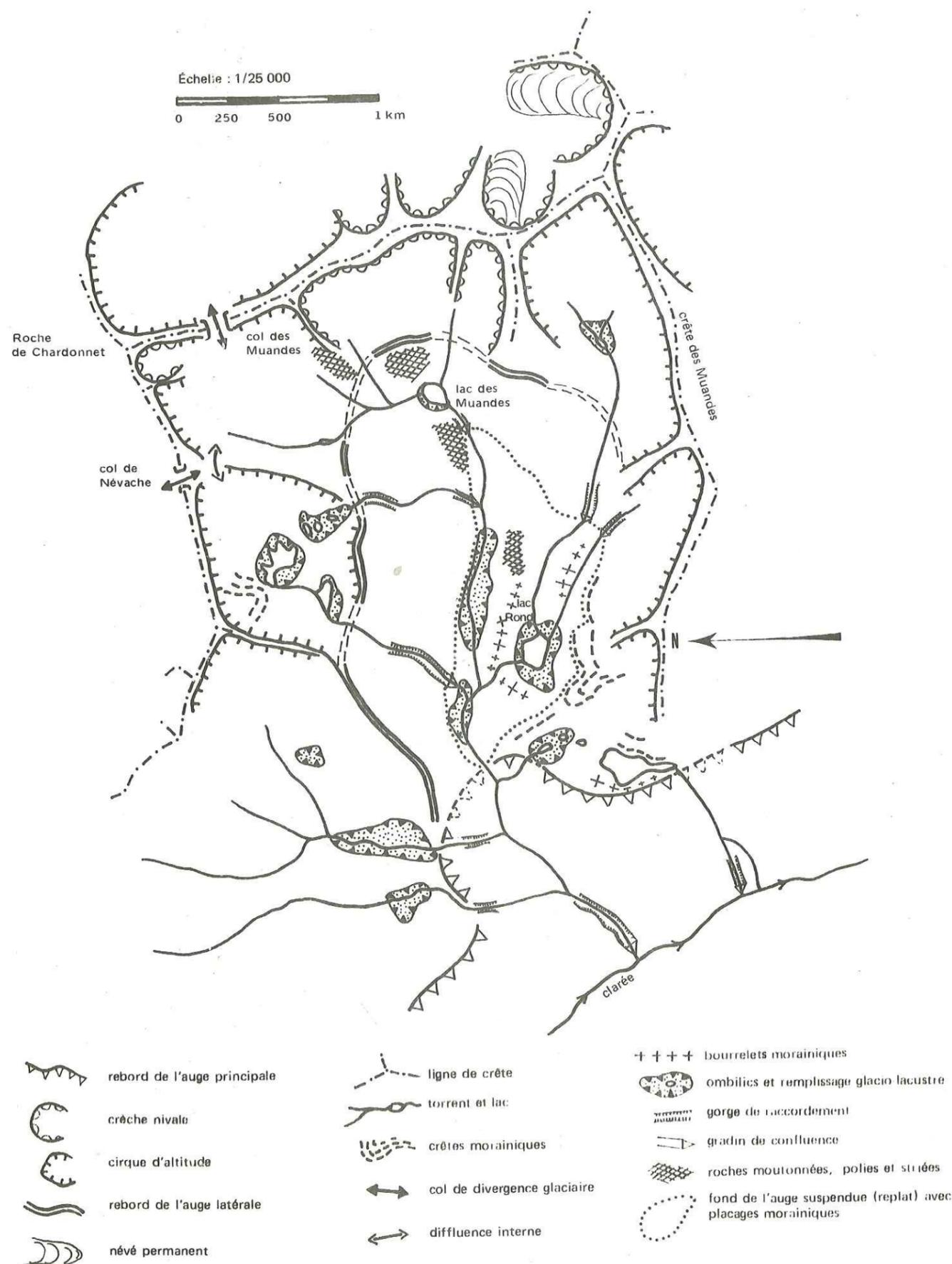
Le fond lui-même, est excentré par rapport à l'ensemble du vallon : il se tient à l'ubac. Cette situation influencée par l'exposition solaire se retrouve dans les auges voisines (Cula - Gardioles) et dans les névés actuels toujours blottis contre les versants nord.

L'ensemble des versants dessine, autour de cette cuvette, un amphithéâtre ouvert en direction de l'Ouest et circonscrit par une série de crêtes qui culminent à la Pointe de Névache, à la Roche du Chardonnet et à celle de la Grande Tempête.

Au dessus du fond plat et remblayé s'étagent des gradins de rocher sombre, des croupes molles et herbeuses, des glacis adoucis par des tapis d'éboulis de bas de pente, témoins d'une érosion active par le gel et soumis au régime de la solifluxion.

En amont de ce premier grand replat, le chemin franchit en quelques lacets, l'un de ces gradins structuraux de grès et de conglomérats. Le rocher est altéré sur place par l'action du gel-dégel, et il se débite en blocs peu usés à cassure fraîche (cryoclastie). Ces derniers contrastent avec la frange de recouvrement morainique, formée d'éléments à arêtes émoussées et d'une matrice argileuse grise sur laquelle se développe une herbe rase.

Fig. 22 - SCHÉMA DE LA MORPHOLOGIE GLACIAIRE
DANS LE VALLON DES MUANDES



A la cote 2550 m, le relief s'aplanit sur une étendue d'une dizaine d'hectares environ, autour du lac des Muandes. Les versants qui le dominent sont escarpés et forment les arêtes des Rochers de l'Aquila à l'Est et de la Roche du Chardonnet au Nord. La ligne de crête, tendue du Chardonnet à la Roche de la Grande Tempête s'abaisse à 2832 m au col des Muandes que la piste de piétons emprunte pour passer en haute Vallée Étroite. Cet ensemlement se situe au contact du vallon des Muandes et de celui du Dîner, autre vallon suspendu.

Au niveau du col, où passait autrefois la frontière, le panorama est remarquable et instructif car il permet de distinguer, de part et d'autre, des stades de l'évolution du modelé glaciaire.

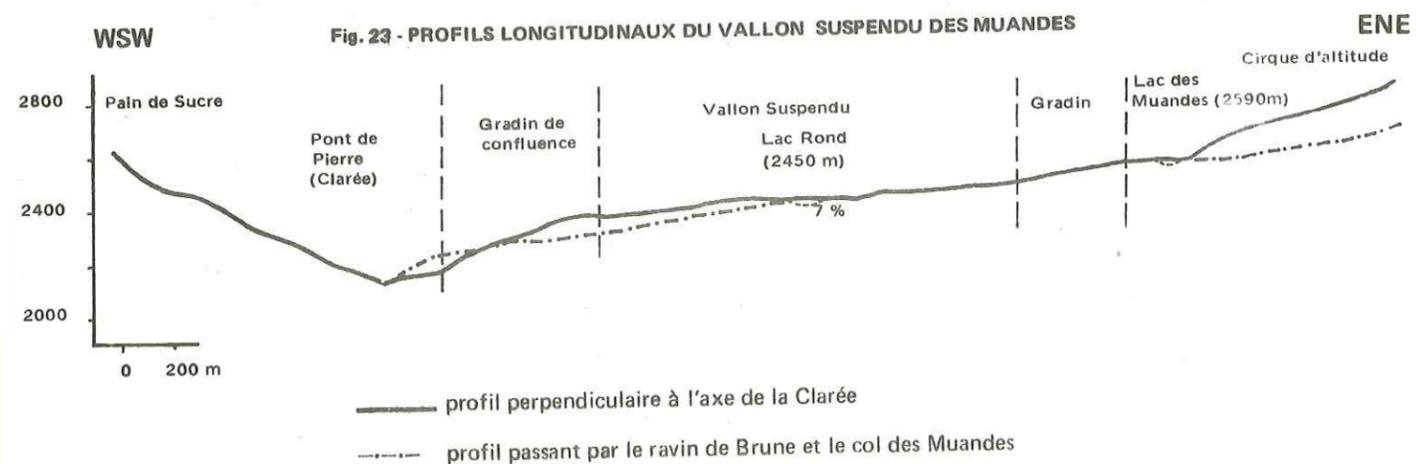
b/ Les cirques d'altitude

En amont, les vallons sont encore des cirques d'altitude, tout juste déglacés. Leur fond est peu incliné, parfois surcreusé puis occupé par un petit lac d'ombilic (Muandes) ou par un comblement alluvial. Ils sont hémisphériques ou parfois rectangulaires, dominés par des versants très redressés. Autour de la Roche de la Grande Tempête (3002 m), par exemple, des cirques découpent une arête de grès et conglomérats houillers ; sur le versant est, l'un d'eux est encore occupé par un névé permanent qui alimente les petits lacs de la Grande Tempête. A l'ouest ils sont déglacés, et les névés qui disparaissent au cours de l'été laissent, comme aux alentours du lac des Muandes, un tapis de schistes et de grès disposés en lauzes, figurant un dallage, nivelé chaque année par le poids de la glace.

Pendant les périodes glaciaires, ces cirques de tête, tangents, étaient occupés par des glaciers locaux en raison de leur altitude élevée. Ils furent approfondis, élargis et la glace finit par coiffer certains points bas de leur arête commune, comme au col des Muandes. Actuellement les deux versants opposés subissent le même régime de ravinement par les eaux de ruissellement qui creusent et sapent, transformant ainsi en crête aiguë l'ancienne arête émoussée.

c/ Les auges d'altitude

Le cirque d'altitude, plus haut point d'alimentation du glacier, s'est allongé vers l'aval sous l'action érosive de la langue glaciaire, qui s'est calibré une vallée en U. Le profil longitudinal de la cellule des Muandes illustre ces deux stades de l'évolution du modelé subglaciaire.



La partie aval, correspondant au vallon suspendu (premier replat) présente une morphologie plus molle et plus vallonnée que celle du cirque du lac des Muandes, plus élevé et tout juste déglacé.

L'évolution sédimentologique des produits d'érosion se traduit par le développement d'une matrice argileuse et par l'usure des blocs. Nous avons vu que le chevelu torrentiel commence à remanier tous les matériaux déposés par le glacier. Ainsi le replat tourbeux coté 2197 m que le chemin du Thabor traverse, au pied du vallon du Dîner, représente-t-il un comblement alluvial déjà élaboré.

d/ Remarques morphométriques

La similitude dans l'évolution des deux vallons suspendus, à l'Est et à l'Ouest du col des Muandes, prouve que seules les pentes modérées sont favorables à l'établissement et au développement de cirques, quelles que soient leur orientation et la disposition des couches.

La proportion importante d'auges (suspendues) sur le substratum houiller (Cristol - Oule - Buffère - Chardonnet - Gardioles - Cula - Muandes - Dîner) définit une certaine relation entre la lithologie et leur fréquence. L'érosion glaciaire a exploité l'hétérogénéité des grès, schistes et conglomérats qui constituent une lithologie "fragile" par rapport aux calcaires dolomitiques massifs dans lesquels les rares vallées suspendues qui ont pu s'établir ont exigé, obligatoirement, une prédisposition tectonique favorable (le Vallon, les Acles, vallon de Lanfol, le Creuzet). Pourtant, dans les calcaires qui forment toute la crête N-S des Cerces, les niches et les cirques d'altitudes sont nombreux, mais ils restent moins évolués que ceux qui jalonnent l'arête houillère N-S des Rochers de la Tempête en rive gauche.

Ce retard est sans doute dû à la faible extension de la couverture de matériaux secondaires par rapport à l'étendue du socle siliceux permo-carbonifère. Dans l'épaisseur (transversale) des Cerces, une seule auge a eu la place de se développer en s'alignant sur l'axe du synclinal Casse-Blanche, Grande Manche. Mais dans l'étendue des terrains mésozoïques qui dominent largement la basse vallée de la Clarée, peu de cirques, par rapport à leurs homologues en terrains houillers, se sont allongés en auges suspendues, s'ils n'ont pas effectivement bénéficié d'une structure favorable à leur développement.

Il semble donc que les facteurs principaux qui régissent la morphogenèse des vallées glaciaires suspendues de la Clarée et de la Vallée Étroite, soient par ordre d'importance : la lithologie, les dimensions relatives, la structure, l'altitude moyenne et l'orientation. Les données géométriques qui se rapportent au deuxième facteur sont rassemblées dans le tableau ci-contre, dans lequel sont reportées les analyses des principaux vallons suspendus. Ainsi constatons-nous qu'il existe une relation inverse entre la hauteur du gradin et l'altitude moyenne des vallées considérées. D'autre part il y a un certain rapport entre leurs dimensions et la hauteur des gradins, le long de la vallée de la Clarée.

MORPHOMÉTRIE DES PRINCIPAUX VALLONS SUSPENDUS

Bassins	Vallées suspendues	Hauteur du gradin sur alluvions (m)	Altitude du gradin au dessus du thalweg	Longueur en amont du gradin (km)	Surface totale (km ²)	Altitude moyenne totale	Altitude maximale
CLARÉE	Muandes	200	2380	2,4	3,9	2450	2600
	Cula	250	2300	1,8	3,6	2425	2550
	Gardioles	220	2100	1,6	3,2	2350	2550
	Vallon	250	2100	2,4	1,6	2200	2500
	Thures	400	2050	1,6	1,9	2150	2200
	Echelle	230	1750	2,4	0,8	1770	1780
	Acles	300	1800	2,8	0,9	1850	2050
	Chardonnet	300	2180	1,2	1,2	2200	2550
	Buffère	250	2000	2	1,2	2120	2300
	Oule	-	-	-	-	-	-
	Cristol	-	-	-	-	-	-
	Creuzet	-	-	-	-	-	-
	Granon	-	-	-	-	-	-
	VALLÉE ÉTROITE	Dîner	200	2100	3	3,8	2300
Thures		450	2150	1,6	1,9	2150	2200
Echelle		290	1770	2,4	0,8	1770	1780

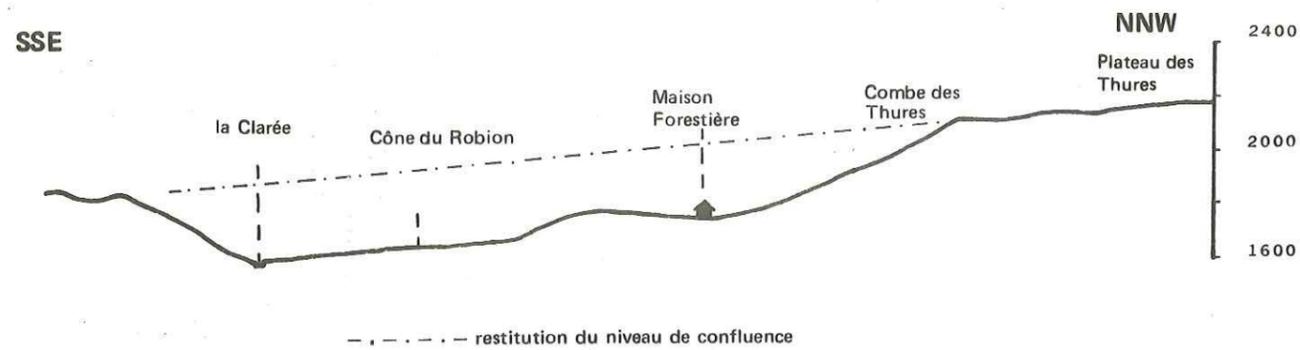
3°/ LES TRANSFLUENCES

A l'époque quaternaire, les appareils glaciaires s'écoulaient vers l'Est, avec une ampleur inégale, fonction de l'étendue de leurs bassins versants. Le glacier septentrional de la Doire, c'est-à-dire de la Bardonnèche, était formé des quatre branches de Vallée Étroite, de la Roue, du Fréjus et de Rochemolles, dont la confluence a aménagé l'ombilic de Bardonnèche. Il laissait échapper un peu de glace par le col des Thures, et, par celui de l'Échelle, une tranche beaucoup plus épaisse mais de largeur moindre étant donné l'étroitesse de cette "ancienne vallée fluviale".

Ces transfluences internes qui relient les axes majeurs de la Clarée, au Sud, et de la Vallée Étroite, au Nord, ont calibré ces cols en auge ("berceau") et déposé un revêtement morainique de fond.

C.P. Péguay (1947) a utilisé des données morphométriques pour démontrer que cette transfluence s'est effectuée dans le sens N-S. Le plateau des Thures est mollement incliné en direction du bassin de la Clarée (15 %).

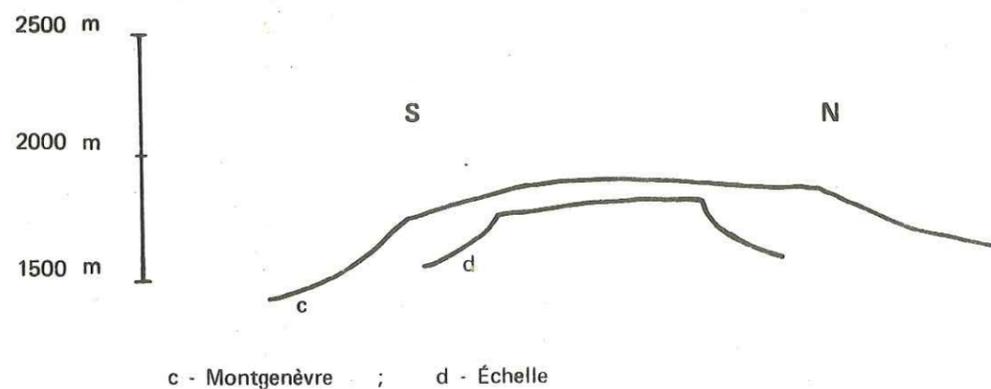
Fig. 24 - GRADIN DE CONFLUENCE DES THURES



Vers le bas, il est tronqué par deux ravins récents qui affouillent des terrains gypseux très vulnérables. En prolongeant graphiquement la section amont vers l'aval, on restitue un niveau de confluence glaciaire à 270 m au-dessus du lit actuel de la Clarée. Ainsi les dépôts morainiques sombres, essentiellement argileux, que nous avons cartographiés sur les versants du Bois Noir, pourraient-ils être ceux d'une moraine de fond, enfouie sous les matériaux de la moraine latérale droite du glacier de la Clarée. Cette différenciation génétique ne peut pas être confirmée par des analyses sédimentologiques ou pétrographiques, car l'éloignement et la lithologie des bassins versants sont semblables. Même les analyses effectuées en laboratoire sur la matrice argileuse de ces dépôts meubles n'ont pas fourni d'indices minéralogiques susceptibles de les distinguer (voir chapitre 7)

D'autres études morphométriques ont été appliquées au col de Montgenèvre, dont les versants portent encore des empreintes d'érosion et d'accumulation glaciaires jusqu'à la cote 2150 m ; ce qui laisse supposer qu'il passait là une langue glaciaire d'une épaisseur de 300 m au moins. Ainsi l'altitude de la surface du glacier de la Haute Doire, dont elle était issue, devait-elle être au moins de 2200 m. La transfluence de ce col est dite externe, car elle met en communication deux appareils glaciaires divergents ; l'un piémontais, tourné vers l'Est, et l'autre, tête du système durancien, vers le Sud.

Fig. 25 - PROFILS LONGITUDINAUX DES PRINCIPAUX COLS



A l'extrémité opposée de la Névachie, le seuil des Rochilles est une dépression fermée où dorment deux lacs à 2493 m d'altitude. Ce curieux col, qui présente les traces évidentes d'un englacement récent, fait communiquer les bassins de la Haute Clarée et de la Valloirette qui sont diamétralement opposés. Les glaces formées sur les versants qui le dominent devaient donc se partager à son niveau : nous parlerons dans ce cas de difffluence.

Ainsi le relief glaciaire a-t-il été largement conditionné par la géologie du substratum.

Les glaciers, puis les torrents qui leur ont succédé, ont fourni et continuent de fournir des produits d'accumulation dont la diversité et le degré d'évolution sont autant de traits spécifiques servant à les différencier.

10/ LES MATÉRIAUX GLACIAIRES

La diversité pétrographique des composants des moraines rend compte de l'hétérogénéité du bassin d'alimentation du glacier.

Les moraines sont constituées d'éléments de toutes tailles, dont l'usure dépendra à la fois de la distance parcourue, du mode exact de transport (sur ou dans le glacier), de la morphologie du support et d'un remaniement terminal (torrent sous glaciaire, eau de ruissellement, altération...)

Par contre lorsque les dépôts sont locaux, comme les moraines médianes (de Buffère), et certaines moraines latérales (côte Martine) ou de névé, ils posséderont des éléments quartzitiques ou calcaires nettement moins usés.

La prédominance des éléments carbonifères est nette en haute vallée de Névache. Par contre, à partir de Plampinet, les éléments calcaires et dolomitiques prennent le relais, de par leur proximité. La transfluence des Thures est, de plus, la cause d'apports massifs de quartzites venus du cirque du Thabor, observables aussi en grande proportion dans la basse et moyenne Clarée.

En ce qui concerne les moraines (latérales, médianes et de fond) ces éléments pierreux sont enrobés d'une matrice argileuse de couleur variable suivant le lieu où on les rencontre.

En haute Névachie, la matrice, provenant essentiellement des schistes permo-carbonifères noirs, est de couleur foncée (grise). Par contre, dès Plampinet, la proportion des apports dolomitiques étant grande (cargneules des Thures), la matrice prend une teinte ocre jaune.

20/ LES FORMES D'ACCUMULATION

a/ Moraines latérales

Elles forment une frange relativement continue en haute Clarée (Côte Martine notamment), sous la guirlande d'éboulis bordant les falaises du massif des Cerces. En rive gauche, elles sont plus discrètes mais toujours présentes au sein de la morphologie douce du Carbonifère (au niveau approximatif du "chemin de ronde"). Par contre, en aval de Fontcouverte, les moraines latérales tendent à disparaître complètement, et sont remplacées par des placages (morainiques toujours) sans caractère morphologique bien distinct.

En Vallée Étroite, les moraines latérales ne sont pas rares, en particulier dans le haut vallon du Thabor ; mais leurs formes caractéristiques tendent à disparaître, du fait du grand nombre de systèmes glaciaires, d'origine et d'âge différent, qui ont pu s'imbriquer ou se superposer.

b/ Moraines frontales

Quelques petits glaciers adventifs ont laissé de telles formations qui ont pu être préservées.

C'est le cas du glacier de la Grande Manche (Chardonnet) issu du cœur synclinal encadré de part et d'autre par de hautes falaises triasiques.

De même en Vallée Étroite un très bel exemple est visible sous la Tête de Chien. Sa position susjacente aux autres matériaux glaciaires semble indiquer un dépôt postérieur à ceux abandonnés par le glacier principal du cirque du Thabor.

c/ Moraines médianes

Elles résultent de la confluence des moraines latérales adjacentes des deux glaciers du vallon de Buffère. A l'endroit où le glacier de Privé venait rejoindre celui de Buffère la moraine ainsi déposée vient interrompre obliquement le vallon de Gardiole. De part et d'autre de celle-ci s'écoulent les torrents de Gardiole et de Buffère.

Ses matériaux presque uniquement constitués de quartzites, tranchent sur les dépôts morainiques sombres (du Houiller) du fond du glacier de Buffère.

d/ Rock glaciers (glacier rocheux)

Ce sont des langues de débris, constituées de matériaux rocheux toujours grossiers, dépourvus de matrice fine, se terminant par un lobe ou bourrelet, dont la pente aval est toujours abrupte. Ces formations prennent naissance sur des pentes faibles ; le plus souvent au bas des cônes d'éboulis, qui sont à l'origine de leur alimentation.

D'après L. Lliboutry (1964) on fournit deux explications à leur genèse :

- Lorsqu'on y observe un coussin de glace, il semble s'agir d'une forme de régression d'un ancien glacier (La Grande Manche) ou du résultat de glissements successifs de moraines de névé, comme dans le cirque des Muandes (Lac Long). En s'entassant, les débris s'ordonnent en arcs concentriques, agencement spécifique à la morphologie glaciaire.
- Ils peuvent aussi représenter des langues de débris qui, par un processus de dilatation saisonnier, s'ordonnent en bourrelets transversaux avec un abrupt frontal. L'origine de cette morphologie est due à la succession des cycles gel-dégel, qui, par poussées périodiques de la glace interstitielle, ont provoqué des micro-déplacements.

e/ Moraines de névé

Elles sont souvent situées en contre-bas des pentes d'éboulis. Régulièrement, la neige vient accumuler par son poids, les matériaux meubles mal stabilisés. Ceux-ci viennent s'entasser en prenant la forme d'un bourrelet pouvant souvent souligner la couverture d'éboulis existante (versant nord du Queyrellin : Côte Martine). Cet aspect pourra ainsi être accentué par le fait que les éboulis glissant au printemps sur le névé, frangent ou extrémité inférieure de la même façon.

Lorsque le jalonnement de ces moraines est continu elles se distinguent parfois difficilement des moraines latérales.

f/ Placages glaciaires

Leur aspect est uniquement fonction de leur situation (sur les versants ou dans les fonds de vallée).

Les placages de versants

Dans les hautes vallées de Névache, ces placages recouvrent les versants carbonifères sur la rive gauche, et tendent à se confondre avec les débris d'altération sur place (cryoclastie). Par contre, au sein des terrains secondaires, ils se reconnaissent plus aisément par les surfaces adoucies qu'ils introduisent dans une morphologie plus accidentée.

Dès Plampinet, ils deviennent plus discrets, souvent un tapis d'éboulis les recouvre. Seule, la présence de blocs roulés de grès, de conglomérats et de quartzites recouverts de leur lichen spécifique permet de les identifier. En ce qui concerne la rive droite de la haute vallée, il semble que les dépôts aient profité du replat formé par le toit de la formation des quartzites pour s'y installer (lors de l'érosion glaciaire, la surface des quartzites a été largement dégagée de sa couverture de cargneules, ce qui explique l'existence de cette morphologie).

Les éboulis recouvrent en grande partie ces formations. Par moments, la présence de surfaces polies et striées (polis glaciaires du chemin de Buffère) demeure le seul indice apparent de l'activité glaciaire.

Les dépôts de fond de vallée

Dans les fonds de vallée (Clarée) et des auges suspendues (Thures, Chardonnet), les dépôts sont nettement différents de toutes les formations précédemment citées. Ils se caractérisent par une plus grande homogénéité de leur granulométrie. La matrice argileuse grise prédomine, et emballe de nombreux blocs décimétriques. La morphologie, de ces formations est douce, dépourvue des formes glaciaires caractéristiques (vallums, bourrelets...). Derrière les verrous et dans les fonds, des épisodes lacustres, en déposant une épaisseur plus ou moins grande de matériaux fins, ont masqué la morphologie glaciaire initiale (tourbières actuelles : Laval). Mais en aval des verrous (Chardonnet) et dans les gouttières suspendues (les Thures en particulier) cette morphologie douce ne doit rien au remblayage. La pente amont-aval est toujours présente. L'érosion régressive du torrent nous fournit une coupe intéressante. Les gypses et cargneules représentant le substratum, sont surmontés d'une vingtaine de mètres de ces matériaux glaciaires relativement fins, emballés dans une matrice argilo-sableuse grise.

C - ACCUMULATIONS POST-GLACIAIRES

1°/ LE DOMAINE PERIGLACIAIRE

Le domaine périglaciaire se définit comme étant la région où la température moyenne annuelle est inférieure à 0° C. Dans nos régions actuellement, l'isotherme 0° se situe entre 2200 m et 2500 m, selon l'exposition ; le phénomène concerne donc les hauts alpages et les reliefs supérieurs. Mais à des époques antérieures (époque glaciaire) cet isotherme se situait plus bas. De ce fait on retrouve des manifestations périglaciaires en de nombreux endroits, à des cotes variées. Dans les conditions particulières, précédemment citées, le sol et le sous-sol, sont constamment gelés, il se forme alors un "pergélisol". Il arrive néanmoins qu'à la belle saison, lorsqu'un recouvrement meuble (évolué en sol) dégèle, sa teneur en eau étant suffisante : il s'élabore un "mollisol" ou sol mou et désorganisé.

Les matériaux meubles soumis à l'action du gel subissent des mouvements différentiels, issus de variations de volume, lors de la transformation de l'eau en glace, et du gonflement des particules fines (par adsorption). Ce gonflement peut atteindre 20 à 60 % selon la nature pétrographique.

De plus, la présence d'un mollisol, sous-jacent à une formation hétérogène (moraine, éboulis, recouvrement glaciaire...) va faciliter la disposition géométrique des éléments grossiers, (alignements, sols polygonaux...) à la faveur d'une pente faible ou nulle (cabane de l'Ours).

Ces formes peuvent atteindre 0,80 m de diamètre, et 1 m de profondeur. Elles sont uniquement constituées de matériaux fins évolués en sol. Elles se situent généralement sur des prairies dont la pente n'excède pas 15°.

Lorsque la pente est supérieure, il y a soit formation de terrassettes caractérisées par de minces replats régulièrement relayés dans le versant, soit reptation (ou creeping) de zones de un mètre carré de surface environ, se déplaçant ainsi, lorsque la teneur en eau le permet, sur des distances parfois importantes.

Ajoutons enfin à ces phénomènes, l'action conjuguée de l'homme et des animaux (passage régulier des bêtes, sentier) qui tendent à accélérer les dérèglements cités précédemment.

Lors de la période de dégel, et de la fonte des neiges, la frange superficielle de terrain meuble devient rapidement sursaturée en eau. De ce fait, le ruissellement se produit alors, d'une manière anarchique, et provoque de nombreux ravinements, allant jusqu'à déplacer, par sape de leur soubassement, des blocs de taille importante. Lorsque la couverture végétale n'est pas suffisante pour assurer une protection efficace (ce qui est souvent le cas dans le domaine périglaciaire) l'érosion régressive provoque des dommages graves et irréversibles.

20/ LA GELIFRACTION

Au moment du gel, l'augmentation de volume (1) de l'eau contenue dans les vides d'une roche, est responsable de son fractionnement. La durée et l'intensité du gel, sont à prendre en compte, de même que la fréquence du cycle gel-dégel (journalier et saisonnier). La pénétration de l'eau exige la présence de discontinuités qui revêtent des aspects divers au sein des roches.

- Les discontinuités à l'échelle des interstices et des grains, c'est-à-dire celles qui conditionnent la *porosité utile* (pourcentage des vides reliés entre eux) favorisent une microgélifraction, par fractionnement granulaire intense.

- La fissuration provoque par contre un fractionnement plus grossier (macrogélifraction) que l'on retrouve dans toutes les roches. La grosseur des matériaux ainsi débités dépend de la fréquence et de l'intensité du diaclasage et de la fracturation.

Au sein des roches carbonatées à épisodes argileux (calcaires et dolomies alternant avec des marnes), la dislocation des bancs sera facilitée par la présence des niveaux marneux, moins consolidés, donc plus vulnérables.

Par contre, les roches massives et peu diaclasées (à fréquence de diaclasage faible) comme les grès et conglomérats carbonifères, se disloquent en blocs massifs, et s'entassent sur les versants, formant ainsi un véritable chaos (versant de la Cula).

30/ LES ÉBOULIS

Les éboulis proviennent de l'accumulation de blocs détachés des parois rocheuses essentiellement dégradées par le processus de la gélifraction. Compte-tenu de la lithologie, de l'état de fracturation et de l'extension de leurs affleurements rocheux, les reliefs mésozoïques sont les secteurs où s'étendent le plus d'éboulis. Le Paléozoïque, où les zones escarpées se réduisent à d'étroites arêtes, n'en présente qu'à proximité de celles-ci (crête de la Cula, Grande Tempête, Roche-Château).

Ces accumulations périodiques de débris rocheux, généralement anguleux, sont avant tout identifiables par leur morphologie. Ce sont des cônes limités par des gros blocs en aval et par un étroit couloir vertical, en amont, qui échancre la falaise qui le domine. Ce chenal d'écoulement, sans végétation, est emprunté par les avalanches en hiver et au printemps.

Les cônes d'éboulis vifs jalonnent le pied des escarpements rocheux et peuvent s'accoler latéralement jusqu'à former une guirlande continue, soulignant la structure, comme en contrebas des arêtes calcaires du Queyrellin, de la Grande Manche, de la Paria.

Par la fraîcheur de leur gisement, les éboulis vifs sont non seulement facilement repérables dans le paysage mais encore identifiables par leurs différences de granulométrie, de patine et de couleur. Par exemple, nous avons pu reconnaître, à cause de leur aspect chaotique, les éluvions constituées de blocs gréseux et conglomératiques détachés des affleurements de Houiller et basculés sur place. Nous avons pu dessiner les contours des éboulis de quartzites grâce à leur couleur blanche caractéristique qui se détache parfaitement, sur les photographies aériennes, dans le versant de la rive droite de la Clarée.

(1) Cette augmentation de volume est estimée à 9 % environ.

Lorsque le processus de démantèlement des parois rocheuses s'atténue, le cône d'éboulis, par manque d'apports périodiques ou sporadiques, acquiert un certain degré d'immobilité et se stabilise définitivement selon une pente d'équilibre voisine de 35° environ. Ce sont d'abord les mousses et les lichens qui vont se fixer sur les blocs avant que l'altération météorique n'engendre le développement d'une végétation plus dense.

L'éboulis ainsi stabilisé (ou éboulis mort), morphologiquement ressemblant aux cônes de déjections torrentielles, sera cependant encore identifiable grâce à la valeur de sa pente et à l'absence quasi générale de ruissellement superficiel.

40/ LES FORMES D'ACCUMULATION LIÉES AUX ACTIONS TORRENTIELLES

a/ Les cônes de déjection

Ils constituent la partie aval des systèmes torrentiels et représentent l'accumulation des matériaux arrachés, dans le *bassin de réception*, par l'action érosive des eaux du torrent, et transportés le long du *chenal d'écoulement*.

Le profil transversal présente typiquement une forme convexe. L'accumulation progressive des matériaux y est tributaire des différentes positions successives du torrent. Chaque nouvelle crue est ainsi responsable d'un nouveau dépôt de débris, qui en accentuant le relief, contraindra l'axe de l'écoulement à un prochain déplacement latéral.

Ces cônes sont composés de blocs plus ou moins bien roulés, de tailles variables. Chaque torrent en crue va répandre ses déjections suivant sa "propre compétence" : les éléments grossiers étant rapidement déposés, alors que les fins subissent un plus long transport.

La composition pétrographique des matériaux ainsi déplacés dépend évidemment de la nature du bassin de réception. En amont du verrou de Lacou, ils seront de nature gréso-schisteuse et calcaire (de couleur foncée avec de rares éléments clairs : calcschistes) alors que le cône du Robion est jaune ocre du fait des apports dolomitiques provenant des Thures.

Dans la haute Clarée, ils sont très peu nombreux. En effet, le substratum permo-carbonifère imperméable favorise la présence de ruisseaux nombreux mais peu abondants dont l'aptitude à élaborer des cônes est médiocre.

En rive droite, la faible étendue des cônes de déjection, semble résulter du fait que les torrents provenant des massifs calcaires (perméables) des Cerces et de la Grande Manche ont du traverser des roches plus dures, en particulier les quartzites. De ce fait, en amont de celles-ci, s'est opéré un remblayage par creusement au sein des roches plus tendres, dont la principale conséquence a été l'affaiblissement de la compétence du cours d'eau (Chardonnet). Ce processus naturel est reconstitué artificiellement pour corriger les torrents trop "agressifs". Ainsi malgré la grande étendue de leur bassin versant, leur cônes demeurent de faible superficie.

En basse vallée par contre, les bassins versants sont uniquement constitués de roches solubles et calcaréo-dolomitiques plus perméables. Par conséquent, la densité d'écoulement est plus faible, et chaque cours est donc plus important (et plus compétent).

L'absence de cascades de raccordement est liée au manque d'affleurement de quartzites (ou d'un niveau foncièrement plus dur que les calcaires et dolomies). Ces différents facteurs seront des atouts majeurs pour l'élaboration des cônes de déjection.

La présence de terrains très destructibles, comme les roches solubles (les gypses des Thures) ou meubles (glaciaire du Vallon) facilitera d'autant mieux la formation des cônes : Robion, Vallon (versant Clarée et Vallée Étroite).

D'une manière générale, leur faible pente (variant entre 10 et 25 %) en fait un secteur de prédilection pour l'habitat lorsqu'ils sont stabilisés (soit, par désaffectation "naturelle" du cours d'eau, ou par un endiguement artificiel empêchant toute divagation de celui-ci).

A partir de Névache, la Clarée chemine entre de nombreux cônes (Robion, Creuzet, Bois des Bauches, la Draye, Le Rosier...) largement étalés. Leurs pentes ont été cultivées et même habitées, malgré le danger permanent que représentaient les crues des torrents.

Il semble même que la présence et le développement de ces cônes aient joué un rôle important vis à vis du cours de la Clarée. Ainsi le cône du Creuzet aurait, selon l'histoire locale, pris naissance à la suite d'un alluvionnement massif provoqué par la rupture d'un barrage naturel vraisemblablement d'origine glaciaire, retenant les eaux du *Lac du Creuzet*, lors d'une crue particulièrement forte accompagnant un brusque dégel.

De ce fait, la Clarée aurait vu son cours interrompu en aval de Sallé. Un alluvionnement important s'ensuivit, ce qui expliquerait l'aspect élargi et plat de ce secteur. Au niveau de Sallé et du Cros, à proximité du cours de la rivière, une terrasse pourrait représenter l'ultime vestige, de ce remblaiement, largement recouvert par les nombreux épandages des cônes de déjection issus de la crête de la Grande Chalanche.

L'interruption du cours de la Clarée n'avait été que provisoire. Ce barrage naturel, en cédant, provoqua un apport massif et désordonné de cailloutis grossiers visible en aval de Plampinet.

Ce genre de phénomène a pu se produire en plusieurs endroits, dans la basse vallée, où l'on retrouve les alternances terrasses, alluvionnement massif (Bois de Pécé, la Draye...)

b/ Les alluvions

Les matériaux déposés par la Clarée et le torrent de Vallée Étroite sont issus du démantèlement des reliefs paléozoïques et mésozoïques briançonnais. De ce fait, les variétés pétrographiques présentes seront très nombreuses. Ces dépôts sont de faible importance en haute vallée, et ne se rencontrent que dans des plans exigus, à pente longitudinale très faible.

La faible épaisseur de ces dépôts, et par conséquent la proximité du toit de la formation imperméable sous jacente (soit le substratum, soit les recouvrements glaciaires) fait que la nappe se raccordant à la Clarée demeure, dans les zones déprimées, subaffleurate.

De ce fait les dépôts fins lacustres évoluent rapidement en horizon organique, épais de 0,5 à 1 m environ (zones tourbeuses, Pont de la Lame, le Cros, Sallé).

Une fois les terrains paléozoïques traversés, au sortir du verrou de Lacou, la Clarée s'engage dans les terrains secondaires plus tendres et voit sa vallée s'élargir.

L'existence de seuils formés par l'accumulation des cônes latéraux l'a empêchée de creuser davantage son lit. Un palier lui ayant été imposé, son action érosive a joué plus dans le sens de l'élargissement (méandres) que dans celui du creusement.

Quelques terrasses sont observables à l'aval du Cros, mais aucune coupe ou terrassement de plus de 2m ne peut nous renseigner en ce qui concerne leur stratification éventuelle ou même leur épaisseur. Certaines semblent se raccorder aux cônes de la Draye et de Pra-Premier, la terrasse de la rive gauche se situant au pied du versant de Pécé alors que la droite à complètement disparu. En amont des cônes des Alberts et de la Durance, il reste aussi un vestige de terrasse ancienne. Leur origine pourrait s'expliquer par le processus précédemment cité, à savoir une interruption temporaire du cours de la Clarée, provoquant l'élaboration d'une terrasse en amont, puis rupture du barrage et alluvionnement fruste et désordonné en aval du resserrement.

Actuellement, l'exploitation des matériaux meubles en Névachie s'effectue dans le lit majeur de la Clarée, par prélèvement superficiel des alluvions à la pelle mécanique.

CHAPITRE 4 : LES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

A - CARACTERES HYDROGÉOLOGIQUES DES DIVERSES FORMATIONS

1^o/ LES ROCHES IMPERMÉABLES

*2^o/ ROCHES PERMÉABLES EN PETIT (PERMÉABILITÉ
D'INTERSTICES)*

3^o/ LES ROCHES PERMÉABLES EN GRAND

B - ESQUISSE D'UN BILAN HYDROGÉOLOGIQUE

1^o/ REMARQUES CONCERNANT L'ALIMENTATION ACTUELLE

2^o/ PRINCIPE DU BILAN HYDROGÉOLOGIQUE

C - HYPOTHESES SUR LA VALLÉE ÉTROITE

D - CONCLUSION

LES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

L'inventaire qui vient d'être fait, des terrains du substratum et des formations de recouvrement, ne présente pas seulement un intérêt théorique. Nous verrons plus loin (voir chapitre 7) comment l'identification lithologique conduit à l'obtention de données utilisables sur le plan pratique, dans le domaine géotechnique.

Mais nous pouvons, dès maintenant, aborder en complément de cette description pétrographique et structurale, un autre domaine particulier, qui apparaît comme une application directe de nos connaissances géologiques, celui des eaux souterraines.

La pénétration de l'eau dans le sous-sol, sa circulation, la présence de réserves et de ressources exploitables pour l'alimentation humaine, dépendent en effet de la perméabilité plus ou moins grande, du volume et de l'agencement des diverses entités lithologiques.

Ayant examiné, de ce point de vue, l'éventail des formations présentes dans les deux vallées, nous tenterons ensuite une évaluation de leurs ressources en eaux souterraines.

Faute de mesures très nombreuses, ce bilan n'aura d'ailleurs qu'un caractère global, et les chiffres qu'il fournira resteront très approximatifs.

A - CARACTERES HYDROGÉOLOGIQUES DES DIVERSES FORMATIONS

Dans toute étude hydrogéologique régionale, il convient d'abord de classer les roches existantes en deux groupes :

- les roches imperméables qui s'opposent à la pénétration des eaux météoriques, favorisant ainsi le ruissellement ou qui, présentes seulement à une certaine profondeur, arrêtent et délimitent le cheminement des eaux déjà infiltrées ;
- les roches perméables, sur lesquelles, à condition comparable, le ruissellement est moins important que chez les précédentes, et qui constituent, pour les eaux infiltrées, des *aquifères*, c'est-à-dire des voies de circulation et d'éventuels réservoirs.

1^o/ LES ROCHES IMPERMÉABLES

— Les schistes carbonifères sont parfaitement imperméables et doivent être cités au premier chef, compte tenu de l'étendue de leurs affleurements.

Seuls les phénomènes superficiels, en les désorganisant mécaniquement, peuvent y créer une mince frange pénétrable par l'eau.

Leur seul rôle hydrogéologique est de servir de support à diverses accumulations meubles et perméables. On peut en dire autant de beaucoup de grès compacts.

— Les placages et autres formations glaciaires, dès qu'ils contiennent une teneur assez forte en argile (20 à 30 %), demeurent aussi imperméables. Leur imbrication avec d'autres formations de granulométrie (donc de perméabilité) différente posera de nombreux problèmes de drainabilité et de stabilité.

2^o/ ROCHES PERMÉABLES EN PETIT (PERMÉABILITÉ D'INTERSTICES)

Les matériaux meubles, et en particulier les alluvions et les éboulis, possèdent une perméabilité dite d'*interstices*, car elle s'établit au niveau des pores ou des espaces intergranulaires reliés entre eux. C'est au sein de tels matériaux que l'eau peut s'écouler ou être stockée.

a/ Les cônes de déjection

A part une infiltration directe des précipitations s'opérant sur le cône, l'essentiel de l'alimentation y est assurée par le torrent, qui au sortir de son chenal (relativement imperméable), s'infiltré en grande partie dès son arrivée, au sommet de cette accumulation de matériaux meubles. Si la roche en place sousjacent est un calcaire ou une roche soluble ou encore perméable, il peut se produire une perte dans un tronçon amont (fissures ou chenaux).

Compte tenu du mode d'édification (chenaux radiaux, épandages de crues) les perméabilités sont hétérogènes. Ils comportent des "boyaux" radiaux perméables séparés par un remplissage qui l'est moins. La nappe du cône circule donc dans ces secteurs préférentiels et va se raccorder en aval avec la nappe du cours d'eau principal.

b/ Les alluvions

La basse et moyenne Clarée

Cette zone a été distinguée du reste, du fait de la continuité du "ruban" d'alluvions modernes existant, depuis Névache jusqu'à la Vachette.

A l'occasion des travaux entrepris, à la demande de la D.D.A., par le B.E.G. (1), puis par l'entreprise Bachy, deux niveaux aquifères ont été décelés. Ils sont composés de cailloutis grossiers et de sables, séparés par un niveau imperméable constitué de limons relativement épais (épaisseur supérieure à quatre mètres). La nappe superficielle est alimentée par les apports venant des versants (recouvrements meubles, massifs calcaires) et, en période d'étiage, par la Clarée.

De bonnes propriétés minérales la caractérisent (teneur en $SO_4 = 170 \text{ mg/l}$; $PH = 7,6$; $TH (2) = 34^\circ$), mais elle manque d'ampleur, son épaisseur n'étant, approximativement, que de sept mètres.

Par contre, la nappe profonde posséderait un débit important mais sa minéralisation est trop forte pour satisfaire aux besoins domestiques : $SO_4 = 106 \text{ mg/l}$, $TH = 127$ dont 86 de dureté calcique et 41 de dureté magnésienne. Cette forte teneur en sels (magnésiens et calciques) résulte du fait que la nappe est alimentée, principalement, par les eaux qui drainent les versants des Thures, constitués de gypse et de cargneules, et chemine au travers de la dépression de Robion - Bois Noir de même constitution lithologique.

Les ombilics

En amont de Névache, le grand nombre d'ombilics remplis de matériel fluvioglacière, ou même alluvial, nous amène à soupçonner l'existence de nappes propres à chaque ombilic, retenues chacune par un verrou imperméable.

Le bassin versant étant uniquement constitué de séries siliceuses et calcaréo-dolomitiques, les problèmes de minéralisation précédemment cités ne sauraient se poser.

Par contre, au regard des faibles étendues alluviales, c'est certainement au niveau des volumes exploitables qu'ils se situeraient. Un remblayage peu épais et superficiel constitué de limons et de tourbes, surmonte le remplissage fluvial ou glaciaire des ombilics (voir prospection géophysique).

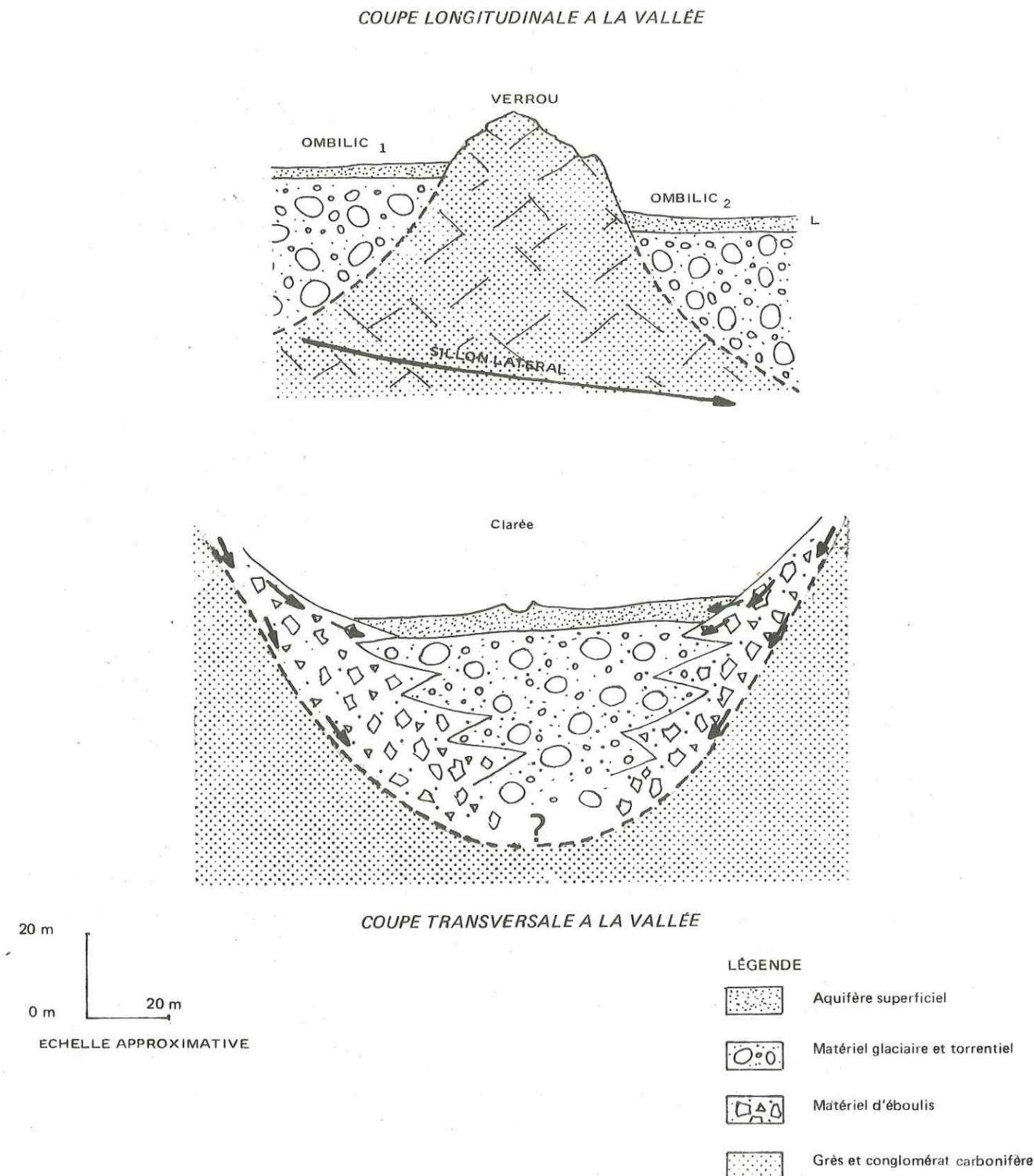
La nappe située dans un aquifère de ce type est limitée, en superficie autant qu'en puissance bien qu'alimentée de part et d'autre par les recouvrements d'éboulis situés sur les versants.

Malgré l'absence, en ces lieux, d'investigations profondes, on peut supposer, d'après ce que l'on sait du remblayage des vallées alpines, que les épandages d'éboulis, survenus à diverses reprises, s'intriquent latéralement avec les dépôts propres à l'ombilic (glaciaire, torrentiel ou lacustre), ce qui permet d'envisager l'existence de niveaux aquifères étagés (fig. 26) et d'une circulation souterraine plus ou moins complexe. Contre la limite aval imposée par un verrou, ces nappes se déchargeraient soit dans le lit de la Clarée soit à

(1) B.E.G. : Bureau d'études géotechniques

(2) TH : titre hydrotimétrique, représentant la dureté d'une eau : 1° correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/l de $Co_3 Ca$. Le maximum accepté est 40° .

Fig. 26 - L'ALIMENTATION DES NAPPES ET LEURS RAPPORTS ENTRE ELLES



travers un sillon remblayé (encoche de verrou).

c/ Les éboulis stabilisés et les placages morainiques

Les éboulis depuis longtemps stabilisés et les placages morainiques sont parfois suffisamment évolués par l'altération et la fragmentation, pour assurer une filtration efficace des eaux. Alimentés par infiltration directe ou par ruissellement sur les versants qui les dominent, ils ne pourraient donner naissance qu'à des sources temporaires. Mais ils se trouvent parfois aussi plaqués sur des émergences alimentées par fissures de socle (disposition vraisemblable au niveau des massifs calcaires).

En effet, calcaires et dolomies, généralement fracturés, sont forcément le siège de circulation souterraines. Aux points bas des massifs, les eaux peuvent sourdre directement, mais encore traverser un recouvrement perméable (circulation occulte), constitué d'éboulis par exemple. De place en place vont donc apparaître des sources, au grè des circulations d'eaux souterraines.

Ceci explique la présence de nombreuses sources de versant, dont la pérennité et la température constante (5° à Névache au pied de la Grande Cime *) permettent d'affirmer qu'elles dépendent de réservoirs suffisamment étendus et profonds. Malheureusement, leur débit individuel est faible et si elles satisfont bien à l'alimentation des hameaux actuels (Ville Haute, Ville Basse, le Cros, Sallé, Plampinet...) elles ne constitueraient sans doute pas une ressource suffisante dans le cas d'un important accroissement saisonnier de la population.

d/ Les zones glissées

Les glissements anciens sont des zones suffisamment remaniées pour que les circulations, responsables de la dynamique du mouvement, continuent de s'y produire. Généralement au niveau des replats, des chalets d'alpage ont été construits, profitant ainsi de sources exploitables durant la belle saison (exemple : Ricou, Biaume, chalets du Vallon). Mais les débits demeurent faibles et ne suffisent qu'à l'alimentation des quelques chalets existants.

e/ Éboulis vifs et moraines de névés

Dans les accumulations composées de matériaux grossiers et dont les particules fines sont absentes, la circulation est identique à celle qui a été décrite à propos des éboulis stabilisés et des placages morainiques, mais beaucoup plus rapide.

De gros débits instantanés s'y rencontrent en cas de précipitations abondantes. Le ruissellement temporaire et surtout la fonte des névés y apportent une large contribution. A cette occasion, il peut alimenter un torrent (Béraudes, Rif Tord...) ou un lac (Lac de la Clarée, Lac Blanc), voire même un versant recouvert d'éboulis anciens.

* sources des Touches, du Mélezet et des Clots.

Aucune réserve importante ne peut en revanche s'y constituer, hormis le cas hypothétique des dépressions comblées, dont aucun exemple n'a été repéré.

3°/ LES ROCHES PERMÉABLES EN GRAND

a/ Roches fissurées

La perméabilité des roches compactes comme les grès, conglomérats, calcaires, dolomies et quartzites dépend uniquement (ou presque) des fractures et des diaclases qui les affectent.

Au sein des massifs, calcaréo-dolomitiques en particulier, (basse Clarée) des circulations s'établissent au niveau des fractures et notamment de celles qui se sont trouvées à la longue, élargies par la dissolution.

Il peut aussi apparaître de petites cavités, encore partiellement colmatées par des argiles sidérolithiques (Aiguille Rouge) lorsqu'il s'est produit une désobstruction d'un karst ancien (ici d'âge secondaire, voir chapitre 2).

La présence d'anfractuosités permet des circulations, temporaires, représentant sans doute le *trop plein* des écoulements actuels, localisés dans les formations meubles.

b/ Roches à chenaux de dissolution

Au sein des roches très solubles, et plus particulièrement du gypse, la dissolution est telle qu'il s'élabore de nombreux chenaux, minant rapidement les affleurements escarpés. Des entonnoirs de dissolution sont façonnés en un temps très bref (échelle humaine), et sont aisément visibles depuis la surface (exemples des Thures et du Bois Noir).

Ces eaux, extrêmement chargées en sels magnésiens et en sulfates (eaux *séléniteuses*), sont particulièrement impropres à la consommation (voir paragraphe alluvions).

De ce fait, toute source dont le bassin d'alimentation est constitué en *proportion appréciable* par des roches solubles (évaaporites) devra être éliminée de l'inventaire des ressources propres à la consommation.

1^o/ REMARQUES CONCERNANT L'ALIMENTATION ACTUELLE

Il est intéressant de noter que tous les captages effectués dans la région, en vue de l'alimentation domestique, l'ont été à partir des sources précédemment désignées comme *sources de versant*. Aucun puits n'a été creusé dans la plaine alluviale de la basse Clarée, et toutes les sources proviennent d'infiltrations au sein des calcaires et dolomies du Trias.

Nous avons cependant constaté que, si ces sources sont nombreuses, elles demeurent néanmoins peu abondantes. Il nous paraît donc nécessaire de rechercher maintenant quelle quantité d'eau souterraine on serait en droit d'espérer, dans l'ensemble du bassin hydrographique. C'est à cette préoccupation que correspond l'évaluation sommaire qui va suivre.

2^o/ PRINCIPE DU BILAN HYDROGÉOLOGIQUE

Dans une zone limitée où affleurent des formations perméables, la somme des *précipitations météoriques* (P) se divise en trois fractions :

- l'une qui retourne à l'atmosphère, de façon immédiate ou après rejet par la végétation qui l'a d'abord absorbée, c'est l'*évapotranspiration* (E) ;
- l'autre qui s'écoule dans le réseau hydrographique, c'est le *ruissellement* (R) ;
- la troisième enfin qui pénètre dans le sol de façon durable et ne réapparaît au jour qu'à la suite d'un trajet souterrain plus ou moins long, c'est l'*infiltration* (I).

Ces quatre quantités étant liées par la relation :

$$P = E + R + I$$

Il est évident que l'on pourrait mesurer l'infiltration, c'est-à-dire l'alimentation des nappes souterraines, par différence si l'on connaissait avec précision les trois autres termes.

A l'échelle d'un bassin versant étendu, les eaux souterraines, réapparues sous forme de sources, ont rejoint les eaux de ruissellement direct, de telle sorte qu'un jaugeage effectué sur la rivière qui draine ce bassin fournit seulement la somme (R + I), dont I ne peut être réduit qu'à la faveur de circonstances particulièrement favorables.

Dans le cas présent nous ne disposons au surplus que de mesures peu nombreuses, ce qui vient réduire la précision des résultats. Nous tenterons toutefois d'assurer davantage ceux-ci en recourant à deux méthodes d'estimation indépendantes l'une de l'autre.

a/ Mesure directe de R + I

La seule station de jaugeage du débit de la Clarée, est située à la Vachette, c'est-à-dire à l'extrémité aval d'un bassin versant de 210 km², qui inclut la Durance supérieure. Précisons, que le fait d'intégrer le bassin versant de la Durance à celui de la Clarée ne semble pas devoir influencer grandement sur les données. En effet tant du point de vue de la superficie des bassins versants ($\frac{BV \text{ Durance}}{BV \text{ Clarée}} < 1/20$) que de celui des débits des deux cours d'eau (le débit de la Durance devant représenter moins de 5 % de celui de la Clarée) l'influence de la Durance est réellement minime.

Toutes les données qui vont suivre ont été choisies parmi celles de l'année 1956. Le choix arbitraire de cette période nous a permis d'évaluer le *débit minimal exploitable*, grâce aux relevés du mois de février particulièrement froid et sec.

Ruissellement.

Le débit moyen mensuel de la Durance - Clarée, pour l'année 1956 a été évalué à 3,7 m³/s, ce qui représente 117 millions de m³ écoulés durant l'année.

Ajoutons que durant le mois de février, les précipitations de l'ordre d'un millimètre (quasiment nulles) n'ont été accompagnées par ailleurs d'aucune fonte de neige (la moyenne mensuelle des températures maximales quotidiennes étant de - 1,8^o C).

En nous tenant à ces données simplifiées les débits moyens du mois de février, peuvent représenter le débit minimal exploitable. Il est de l'ordre de 1,45 m³/s ; et est considéré comme toujours présent dans le ruissellement.

b/ Estimation indirecte de R + I

Si nous nous reportons à la formule fondamentale du bilan, nous pouvons écrire :

$$P - E = R + I$$

Partons donc maintenant de P et de E.

La pluviométrie

En 1956, la lame d'eau précipitée à Névache (1660 m) a été de 591 mm. La hauteur moyenne du bassin versant de la Clarée étant évaluée à 2200 m, une correction d'altitude est nécessaire (suivant la courbe de Ch. P. Peguy, fig. 6).

La pluviométrie annuelle corrigée, représente dès lors 975 mm d'eau, ce qui correspond à une quantité de 204,7 millions de mètres cubes précipités sur 210 km² du bassin versant.

L'évapotranspiration

Dans les régions montagneuses où l'ensoleillement est intense, l'évapotranspiration de l'eau et la sublimation de la neige sont des phénomènes relativement importants.

Il semble logique de l'évaluer grossièrement à 40 % de la pluviométrie totale. Pour les Alpes du Nord dans le bassin versant de l'Isère, elle a été évaluée à 33 % (J.P Vacher, 1971). Avec cette approximation on trouve une quantité de 82 millions de mètres cubes évaporés.

La lame d'eau précipitée, diminuée de l'évapotranspiration doit approcher la valeur du ruissellement global (instantané et différé après infiltration)

$$\text{Nous trouvons : } (P - E) \approx (R + I)$$

$$\text{soit : } 122,7.10^6 \text{ m}^3 \approx 117.10^6 \text{ m}^3$$

Compte tenu de l'absence (presque totale) des points de mesures, et des approximations faites, la marge d'erreur du bilan ainsi estimé, paraît somme toute acceptable, et justifie de ce fait les hypothèses hydrologiques précédemment émises.

Estimation de I

Dans la somme $R + I$ estimons l'infiltration s'opérant sur la totalité du bassin versant :

- nous savons que R est variable puisque représentant les averses et la fonte de la neige,
- et que I représente un débit régularisé (les circulations souterraines sont lentes) donc assimilable à un terme constant dans cette somme.

Si R tend vers une valeur nulle (comme en février 1956), la somme $R + I$ tendra donc vers $I = 1,45 \text{ m}^3/\text{s}$.

N'étant plus à une approximation près ! Nous pouvons aussi admettre qu'une source d'un débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ est alimentée par l'infiltration d'un secteur de $0,1 \text{ km}^2$.

Pour un bassin versant de 210 km^2 (et si tous les terrains étaient perméables), l'étiage absolu (en période de gel) de la Clarée serait de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. En ne retenant que $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$ nous estimons donc la surface d'infiltration (d'affleurement des roches perméables) à 60 à 65 % de la totalité du bassin versant. En prenant en compte, les schistes et grès peu fissurés, les différents placages imperméables, et le sous-sol gelé, cela paraît assez logique.

C - HYPOTHESES SUR LA VALLÉE ÉTROITE

Aucun instrument de mesure n'a jusqu'à l'heure actuelle été installé dans ce bassin versant. Seuls les débits du torrent de la Vallée Étroite doivent être connus (depuis l'aménagement hydroélectrique situé en amont du Plan du Col) ; mais nous n'avons pu nous les procurer. Nous opérerons donc par comparaison, avec le secteur adjacent.

Les précipitations sont plus denses (influences du bassin piémontais) et l'altitude moyenne du bassin versant y est un peu plus grande que dans le bassin de la Clarée. Nous avons constaté que les durées d'enneigement y sont plus longues.

La température moyenne serait un peu plus basse : l'évapotranspiration ne dépasserait probablement pas les 40 % précédemment admis.

D'un point de vue strictement lithologique, les différentes catégories de roches présentes sont comparables, si ce n'est la moindre importance des affleurements du Carbonifère imperméable, en comparaison de la prédominance des massifs calcaires fissurés. Dès lors on est assuré que l'infiltration est au moins égale (si ce n'est supérieure) à celle du bassin voisin.

Aucune estimation globale des réserves n'est évidemment possible. Seule, l'interprétation géologique nous permettra de localiser, avec une certaine vraisemblance, le gisement des ressources, par analogie avec les cas rencontrés dans la vallée de la Clarée.

D - CONCLUSION

Actuellement donc, *les débits minimaux théoriquement exploitables* (estimés à l'étiage) suffiraient selon la circulaire ministérielle du 15.3.1962 à alimenter en eau près de vingt cinq mille personnes.

Néanmoins, il est impossible d'exploiter toutes ces ressources (techniquement et économiquement). Les ressources pratiques sont donc bien plus faibles. Si le besoin se faisait sentir (un afflux de touristes lors de la période hivernale) l'alimentation en eau ne saurait être suffisante, dans le mode *actuel* d'exploitation des ressources.

La période de pointe de la demande prévue, correspond à la période d'étiage, c'est donc essentiellement un problème de régularisation des ressources qui se pose. Ce n'est qu'au prix de moyens d'accumulation suffisants (retenues collinaires, réservoirs...) qu'on pourra les satisfaire.

Il est néanmoins nécessaire, avant d'aboutir à de tels travaux, de procéder à un inventaire systématique et précis de toutes les sources présentes dans la région. De plus, les connaissances géologiques permettront de prévoir avec une relative précision, mêmes si elles ne se manifestent pas de façon flagrante.

Et ce n'est qu'une fois le bilan hydrogéologique posé véritablement avec précision, qu'une connaissance objective des ressources en eau sera possible ; des recherches sont d'ailleurs en cours.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE 5

CHAPITRE 6

CHAPITRE 7

CHAPITRE 8

La carte au 1/80 000 Briançon, (2ème édition), n'étant qu'une interprétation globale des différents facteurs géologiques (stratigraphie et structure), elle est difficilement utilisable par des non spécialistes.

Il nous a donc paru nécessaire d'établir à l'usage des aménageurs, un ensemble de documents traitant plus simplement des caractères physiques (lithologie et pente) de la région.

Cette analyse systématique des divers facteurs sera complétée par celle des agents géomorphodynamiques, illustrée par la carte des risques naturels.

Puis, par la combinaison de certaines données complémentaires, géotechniques, géophysiques et hydrogéologiques, permettant d'effectuer un travail de synthèse, nous proposerons une carte d'aptitude des terrains à l'aménagement.

L'ensemble des documents techniques :

- les différents exemplaires des cartes de facteurs au 1/25 000
 - les résultats d'analyses de laboratoire
 - les résultats et interprétations des sondages électriques
- sont déposés à l'Institut Dolomieu (Grenoble).

CHAPITRE 5 : LES DONNÉES GÉOLOGIQUES ET MORPHOLOGIQUES

A - LA LITHOSTRATIGRAPHIE

1^o/ LES AFFLEUREMENTS ROCHEUX

2^o/ LES TERRAINS DE COUVERTURE

B - LA CLINOGRAPHIE

C - UNE APPRÉCIATION SOMMAIRE DE LA QUALITÉ DES TERRAINS

A - CARTE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Elle a été directement établie à partir du levé géologique au 1/10 000, synthétisé en fonction de la qualité géotechnique des terrains et reporté sur un fond topographique au 1/25 000.

Nous avons distingué les deux types essentiels de sols de fondation, en liaison évidente avec l'histoire géologique de la région : le substratum (roche en place) et les terrains meubles de couverture (Quaternaire). Cette différenciation, apparente sur le terrain, pose certains problèmes de représentation ; par exemple, les premières pentes de la rive gauche de la haute Clarée, où ne percent que quelques affleurements de Houiller au sein du recouvrement quaternaire (glaciaire et éboulis), se prêtent mal au tracé des contours géologiques : suivant que le géologue les cartographie dans un esprit 1/50 000 ou dans une optique "travaux publics", il est amené à les représenter entièrement en Houiller ou bien entièrement en terrain meuble. Nous avons choisi la deuxième solution avec certaines combinaisons intermédiaires suivant l'épaisseur du matériau meuble de recouvrement et la qualité de l'affleurement du substratum.

Car le rocher en place n'est pas toujours sain, et le développement de l'altération superficielle est variable selon la composition minéralogique et la texture de la roche. Les descriptions pétrographiques ont été précisées dans les chapitres précédents, nous n'en rappellerons que les principales caractéristiques, en insistant sur l'aptitude à la fondation, sans référence à une classification des roches et des sols.

La carte lithologique n'est ni une carte géologique ni une carte des formations superficielles, mais elle fait l'inventaire des principales formations lithologiques selon le critère de cohérence et de durée, des matériaux. Elle permet de prévoir, dès les avant-projets, les difficultés que risquent de présenter ces formations si elles sont utilisées comme sols de fondation ou si l'on y exécute des terrassements.

1°/ LES AFFLEUREMENTS ROCHEUX

a/ Calcaires et dolomies

Ce sont des roches compactes formant de hautes falaises qui dominent la région, principalement la basse vallée de la Clarée et la Vallée Étroite.

Les dolomies sont plus massives et ont un meilleur aspect.

Leur épaisseur est souvent considérable (voir chapitre 2).

Leur tenue est bonne lorsque la fracturation n'est pas trop développée.

b/ Gypse et cargneules

Le gypse, à cause de sa solubilité, est susceptible de renfermer, à proximité de la surface, des cavités souterraines indétectables par le seul examen de surface ; le plateau des Thures, par exemple, est tapissé d'un épais recouvrement morainique. Les entonnoirs ou dolines, visibles en surface, parfois occupés de petits lacs, attestent l'effondrement passé de telles cavités. Le phénomène peut se reproduire à tout moment et, éventuellement, être accéléré par certains travaux mal conçus ou écoulements d'eau intempestifs, suivis d'infiltration.

Les cargneules sont très facilement érodées par les eaux de ruissellement et résistent peu à l'action du ravinement (vallon des Thures).

c/ Quartzites

Ce sont des roches siliceuses de très grande dureté, difficilement exploitables. Dans la région étudiée elle n'offre que des surfaces d'affleurement restreintes.

d/ Grès et conglomérats

Ils alternent souvent avec des schistes mais peuvent se présenter en affleurements de bonne tenue tels que les roches moutonnées et les polis glaciaires.

Ce sont de bons terrains de fondation si la fracturation et la stratification sont favorables.

e/ Schistes

Les travaux de terrassement sont facilités par le débit en plaquettes (litage). La zone décomprimée et altérée de surface nécessite en général un décapage de la tranche superficielle avant toute fondation importante.

2°/ LES TERRAINS DE COUVERTURE

Ils se caractérisent par leur hétérogénéité et par leur plus ou moins grande abondance de matrice argileuse. Ils se différencient par leur granulométrie et par leur morphologie. Ce sont autant de facteurs qui conditionnent leur drainabilité et leur tenue.

a/ Les alluvions de la Clarée et du torrent de Vallée Étroite

Les zones tourbeuses ont été distinguées, du fait de leurs caractéristiques géotechniques défavorables (compressibilité et saturation en eau), des terrasses, et plus généralement des cailloutis plus aptes à recevoir des constructions. Dans les replats de la haute Vallée, et au fond de la basse Vallée, ils constituent un épais remblayage, au sein duquel se trouve une nappe phréatique.

b/ Les cônes de déjection

Leur individualité morphologique les a fait séparer du reste. Ce sont des lieux particulièrement appréciés pour l'installation de l'habitat, de par leur faible pente, et leurs caractéristiques homogènes (il n'y existe pas de zones mal drainées, "sagneuses") lorsqu'ils présentent un étalement aval suffisamment grand (Robion - Rosier...) ; et sous condition d'endiguement du cours du torrent (voir p. 104)

c/ débris d'altération sur place (éluvions)

Cette altération ne se produit que sur les terrains carbonifères composés de grès, schistes et conglomérats, et ne s'accumule que sur des pentes suffisamment faibles.

L'épaisseur moyenne de ces dépôts ne semble pas devoir excéder deux mètres. Mais la taille des éléments accumulés, va de la fraction fine au chaos de blocs métriques. Il convient de ne pas négliger la possibilité d'intercalations de moraines imperméables au sein de ce recouvrement.

d/ Éboulis

Les éboulis vifs ont été différenciés des éboulis stabilisés compte tenu de leurs caractéristiques lithologiques différentes.

Les éboulis stabilisés possèdent une matrice argilo-sableuse permettant l'élaboration d'un sol, et donc l'installation de la végétation. Leur pente d'équilibre (< 45 %) et leur faible étalement les rendent inaptes à la construction d'immeubles.

e/ Matériel morainique

Il se caractérise par des éléments de toutes tailles diversement dispersés au sein d'une matrice argilo-sableuse grise, qui compromet souvent leur stabilité.

Les reliefs qu'ils constituent revêtent parfois des formes caractéristiques (arcs morainiques, vallums....)

Des projets de fouilles ou de creusement de tranchée devront tenir compte de la grande hétérogénéité de ces dépôts, susceptibles de renfermer des blocs de taille considérable, au sein d'éléments plus fins (site des Muandes par exemple), et de la grande variabilité de leur épaisseur. Conjugée aux différences de perméabilité, cette hétérogénéité est favorable aux glissements, provoqués par les terrassements ou les déblais.

f/ Anciens glissements

Les versants schisteux carbonifères ont été particulièrement affectés par ces mouvements.

L'important remaniement opéré au sein de ces matériaux, ne permet plus d'estimer globalement leurs propriétés intrinsèques (cohésion - angle de frottement - teneur en eau).

Dès lors, le réseau de ruissellement ayant été fortement désorganisé, ces matériaux ont de grandes chances de se trouver en équilibre *métastable* : ils présentent donc des risques importants de remise en mouvement au cours de travaux (surcharge ou déblais).

B - CARTE CLINOGRAPHIQUE

Comme pour toute reconnaissance d'aménagement en terrain montagneux, l'étendue des versants nous a conduits à élaborer une carte des pentes dans laquelle nous avons cherché à figurer une gradation facilement utilisable. A partir d'un fond topographique au 1/25 000, le tracé en a été effectué par une méthode consistant à mesurer systématiquement l'écartement des courbes de niveaux adjacentes. Le gabarit utilisé a permis de sélectionner neuf classes de pente, depuis les fonds plats de vallée jusqu'aux versants inclinés à plus de 100 %. Cette limite a été choisie arbitrairement pour des raisons qui tiennent à la lithologie et à la géomorphologie de la région. En effet, au pied des falaises, les versants sont généralement constitués ou recouverts de matériaux quaternaires, meubles dont l'équilibre est précaire au-delà d'une certaine inclinaison. Par cette schématisation topographique, plus particulièrement effectuée pour les terrains de couverture, nous avons découpé des tranches de pente dont la dernière regroupe aussi bien les versants de roches hétérogènes que les escarpements de roches massives.

Il convient de remarquer que les risques d'instabilité de ces dernières sont fortement influencés par le développement de leur réseau de fracturation. Conjugués à l'effet de pente, les plans de discontinuité (diaclasses, stratification) deviennent des facteurs géomorphologiques pouvant contribuer à l'instabilité des versants rocheux. Dans ce cas, les formes majeures du relief contrarient jusqu'à une distance parfois importante l'exploitation d'un site aménageable (risque d'écroulements).

Ainsi la carte clinographique met en évidence le degré de déclivité des versants et par ses coupures topographiques, permet au projeteur de faire un premier choix parmi les terrains qui lui sont proposés. D'autre part, elle contribuera à l'analyse de l'évolution du relief qui fera l'objet d'une étude particulière dans le chapitre des risques naturels.

C - APPRÉCIATION SOMMAIRE DE LA QUALITÉ DES TERRAINS

La qualité de chaque type de sol de fondation dépend au premier chef de sa nature lithologique ; mais elle peut être modifiée et plus généralement dévaluée par les conditions topographiques d'affleurement. Nous avons déjà relevé précédemment l'importance de la carte clinographique dans le cas des roches meubles, dont la stabilité est avant tout fonction de la pente. Ce principe peut être également appliqué aux roches en place, qui présentent ponctuellement un développement important des plans de discontinuité (stratification, diaclasage, fracturation).

Nous constaterons que, dans ce dernier cas, c'est à partir des pentes supérieures à 45 % que la qualité naturelle des sols de fondation deviendra médiocre.

Ces relations existant entre la lithologie, et la pente, permettent de tenter une première approche de "qualification des terrains".

Cette esquisse d'appréciation, est volontairement limitée à ces deux termes fondamentaux, afin de débiter l'analyse des données naturelles avec un nombre réduit des facteurs, qui dans la suite du raisonnement vont s'intriquer avec d'autres, souvent nombreux, et complexes quant à leur estimation.

Ce classement des matériaux est consigné dans un tableau où figurent toutes les classes lithologiques déterminées dans les chapitres précédents, et les 9 classes de pentes

Dans chaque case est inscrite une cotation, correspondant à l'appréciation de la qualité des terrains, la notation variant de 1 à 5 (suivant un ordre croissant de médiocrité).

Les données structurales (stratification et fracturation) n'ont pu être envisagées que d'une manière globale, intimement liées à la lithologie des roches en place. Ainsi deux cas, ont été arbitrairement pris en compte : rocher sain et roche fracturée, permettant ainsi de s'éloigner le moins possible de la réalité.

Chaque site, étant un cas particulier, nous les étudierons séparément et d'une manière plus objective dans le chapitre 8.

Notation

1/ *Bonne qualité* : concerne les roches meubles ou compactes, situées sur faible pente.

2/ *Assez bonne qualité* : elle correspond aux dépôts peu cohérents, reposant sur pente moyenne, et aux roches en place fracturées.

3/ *Qualité médiocre* : convient aux roches meubles à matrice particulièrement argileuse, dont la stabilité, est directement fonction de la pente, et aux roches en place, fracturées sur pente moyenne.

Pente	0-5 %	5-10 %	10-15 %	15-20 %	20-30 %	30-45 %	45 -100	+100	abrupt
Terrasses	1	1	—	—	—	—	—	—	—
Alluvions } torrentielles } cônes de } déject. }	1	1	1	1	1	—	—	—	—
Zones tourbeuses	2 à 3	—	—	—	—	—	—	—	—
Débris d'altération sur place	1	2	2	3	4	4	4	4	—
Éboulis	stabilisés	3	3	3	3	3	4	4	—
	vifs	—	—	—	—	—	5	5	—
Glaciaire	3	3	3	4	4	4	5	5	—
Zones glissées	3	3	4	4	4	4	5	5	—
Roche quartzitique	*R.S.	1	1	1	1	1	1	1	1
	R.F.	2	2	2	2	2	2	3	4
Roche grésoconglomératique	R.S.	1	1	1	1	1	1	1	1
	R.F.	2	2	2	2	2	2	4	4
Roche calcaireodolomitique	R.S.	1	1	1	1	1	1	1	1
	R.F.	2	2	2	2	3	4	4	5
Roches schisteuses	R.S.	2	2	3	3	4	4	4	5
	R.F.	3	3	4	4	5	5	5	5
Roches solubles	5	5	5	5	5	5	5	5	5

* R.S. : roche saine

R.F. : roche fracturée

4/ *Mauvaise qualité* : représente la stabilité précaire des roches meubles, et des roches en place peu fracturées.

5/ *Très mauvaise qualité* : dans leur totalité, les facteurs sont défavorables et rendent la qualité des matériaux particulièrement mauvaise.

CHAPITRE 6 : LES RISQUES NATURELS

Introduction

A - LES MOUVEMENTS DE VERSANTS

1^o/ GLISSEMENTS ANCIENS INTÉRESSANT LE SUBSTRATUM ROCHEUX

2^o/ GLISSEMENTS ANCIENS DANS LES TERRAINS DE COUVERTURE

3^o/ GLISSEMENTS PELLICULAIRES : SOLIFLUXION

4^o/ LES RISQUES DE GLISSEMENT

B - LES CHUTES DE PIERRES, ÉBOULEMENTS, ÉCROULEMENTS

1^o/ LES ROCHES EN PLACE

2^o/ LES ROCHES MEUBLES

3^o/ LA TRAJECTOIRE ET LES FORMES D'ACCUMULATION

4^o/ LA PRISE EN CONSIDÉRATION DES RISQUES

5^o/ REPRÉSENTATION DU RISQUE

6^o/ PRÉVENTION ET SURVEILLANCE

C - LES RISQUES D'AFFAISSEMENT ET D'EFFONDREMENT

D - ÉROSION ET ALLUVIONNEMENT PAR LES EAUX COURANTES

1^o/ RAVINEMENT

2^o/ LES LAVES TORRENTIELLES

3^o/ LES INONDATIONS

4^o/ LA DOMESTICATION DES EAUX COURANTES

E - LES AVALANCHES

F - LA SÉISMICITÉ

G - DISCUSSION

INTRODUCTION

A l'influence des données passives (lithologie et pente) et des processus actifs d'érosion, nous devons rattacher la notion du risque imposé par les conditions naturelles. Sous l'effet des facteurs climatiques, en particulier de l'eau et de la glace, que nous avons analysés dans la première partie de notre étude, se sont produits et peuvent encore se produire des phénomènes aux conséquences éventuellement dangereuses.

Les diverses menaces qui pèsent sur la région peuvent être inventoriées suivant leur appartenance :

- à un domaine antérieur au Z.E.R.M.O.S. qui regroupe les avalanches et les risques liés à l'action des eaux courantes (inondations...);
- ou au domaine Z.E.R.M.O.S., défini récemment par la Direction de la Sécurité Civile, qui couvre les risques de mouvements de versants et les affaissements et qui englobe en outre la séismicité.

Nous les avons évaluées dans le but précis de répondre aux exigences de la sécurité publique et donc d'orienter les aménageurs dans le choix de leurs implantations d'équipements.

Le document définitif est une carte, fondée sur l'analyse à un moment donné de tous les risques existants. Elle délimite des secteurs homogènes au regard de la gravité des dangers auxquels ils sont exposés. Avec une échelle au 1/25 000, son utilisation se conçoit essentiellement au niveau d'un schéma d'aménagement régional afin «d'attirer l'attention [des projecteurs] sur les zones suspectes et obliger les "fous", *dixit* M. Mangin, à réaliser tout de même et en temps utile... les études indispensables» (R.Barbier, 1973).

A - LES MOUVEMENTS DE VERSANTS

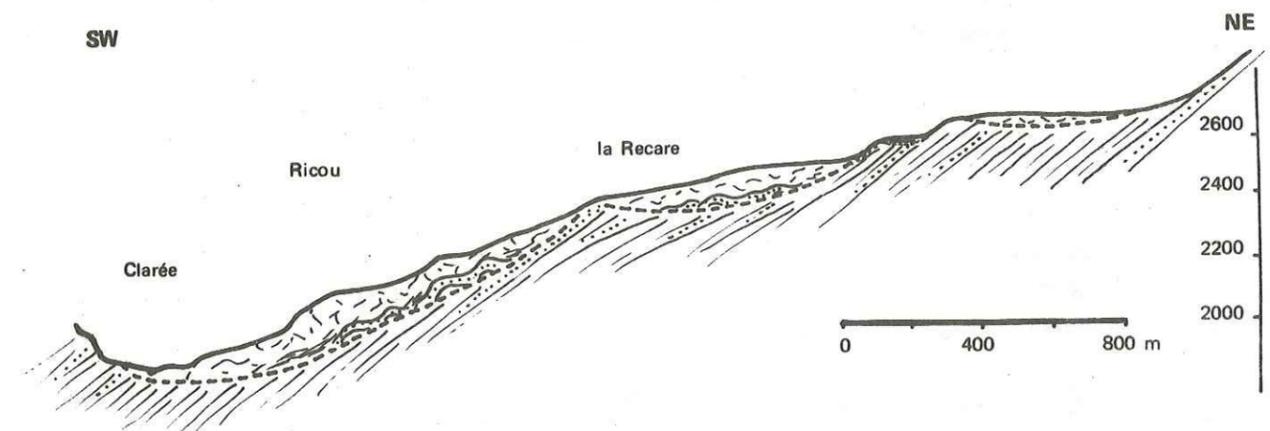
Ces phénomènes, dus essentiellement à l'action de la gravité et de l'eau, peuvent concerner aussi bien les formations rocheuses constituant les reliefs que les produits d'altération ou les dépôts qui les recouvrent. Nous en avons établi les contours sur les cartes au 1/25 000 en nous appuyant à la fois sur les observations de terrain et sur l'interprétation des photographies aériennes.

1^o/ GLISSEMENTS ANCIENS INTÉRESSANT LE SUBSTRATUM ROCHEUX

Sans qu'il soit nécessaire d'établir une étude statistique des terrains concernés, nous constatons à l'évidence que les assises du Houiller sont leur lieu d'élection. Des versants entiers de la haute Clarée ont glissé en direction de la rivière puis se sont stabilisés selon un profil d'équilibre nouveau, mais pas forcément définitif.

Sous le vallon des Gardioles, entre le ravin de la Recare et celui du Laramon, le versant de Ricou est affecté par un glissement ancien dont la morphologie, difficile à discerner sur le terrain, est aisément reconnaissable sur les photographies aériennes. Le levé géologique de ce secteur a montré que le substratum houiller est hétérogène, avec des schistes, des grès et des conglomérats, et que la structure générale est assimilable à celle d'un flanc monoclinale à pendage W. Or cette conformité du pendage et de la pente topographique n'est plus respectée en rive gauche du ravin de la Recare (fig. 27).

Fig. 27 - GLISSEMENTS ANCIENS DE VERSANT HOULLER



Les couches visibles de Houiller sont désorganisées et, dans le paysage, se succèdent une multitude de vallonnements et de croupes herbeuses. Au dessus du replat tourbeux, coté 2487,0 m affleurent des escarpements rocheux, sombres, qui limitent une niche hémisphérique surplombant les alpages au relief.

mou. Cette zone d'arrachement, directement entaillée dans les matériaux carbonifères décomposés, forme la tête d'un grand glissement composite dont le front atteindrait les Vernes (au dessus du hameau du Jadis).

La remontée du vallon permet de constater une multiplication de contre-pentes, d'abrupts, de niches d'arrachement, et de traverser des zones aquifères (sagnes). La seule présence d'un réseau hydrographique incohérent prouve que le versant a été remanié et que l'eau n'est pas étrangère à son déplacement.

Car à l'origine du glissement sont associés non seulement les facteurs propres aux matériaux déplacés (Houiller schisto-gréseux) et à leur gisement (pendage W, conforme à la pente) mais aussi des facteurs étrangers tels que la présence d'eau de ruissellement et d'infiltration, et à une inclinaison plus ou moins marquée du versant.

On peut supposer que, comme en bien d'autres vallées alpines, les mouvements qui affectent les versants (Biaume, Recare, Raouta) se sont produits lors de la décrue définitive des glaciers qui avaient envahi les vallées névachaises depuis le début du Quaternaire.

En effet, à cette occasion, les flancs d'auge ont été soumis à des conditions exceptionnelles : imprégnation profonde par les eaux de fonte d'une part, et d'autre part décompression autorisée par l'effacement progressif de la butée constituée jusque là par le glacier. On en a précisément la preuve dans le versant de Biaume, par exemple, lorsque l'on constate que le modelé régulier légué par le glacier se trouve interrompu par un dérangement qui n'a évidemment pu se développer qu'une fois le versant débarassé de ses glaces par la décrue würmienne.

Ajoutons que ce type de glissement concerne des panneaux du substratum dont l'épaisseur ne pourrait être appréciée que par des moyens de reconnaissance appropriés (sondages ou, éventuellement, géophysique).

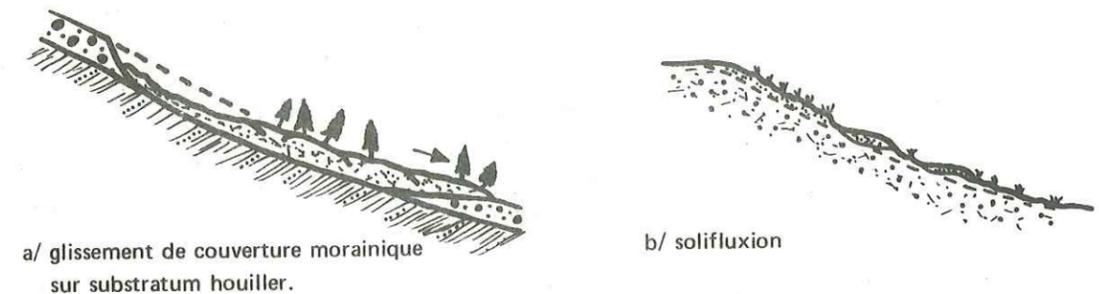
2^o/ GLISSEMENTS ANCIENS DANS LES TERRAINS DE COUVERTURE

Lorsque le phénomène n'affecte que la couverture morainique, nous pouvons nous faire une idée plus précise de l'épaisseur de la masse glissée. Elle correspond souvent à celle des matériaux meubles, le toit du substratum jouant, dans ce cas, comme surface de décollement (fig. 28 a).

Deux de ces glissements de couverture sur bedrock sont bien visibles dans le versant de Rif Tord, en rive droite de la haute Clarée. En amont, ils sont délimités par une niche d'arrachement dans laquelle affleure le Houiller. En dessous, leur corps, essentiellement composé de matériaux morainiques argileux, est souligné par des cordons de végétation (mélèzes), ordonnés en arcs concentriques à convexité tournée vers l'aval. Nous n'y avons relevé aucun indice de mouvement récent, tel que des crevasses fraîches ou un dérangement de la végétation ; les sources aval et les ruissellements de surface n'ont pas subi de modification récente.

Fig. 28 - GLISSEMENTS DANS LES TERRAINS MEUBLES

(d'après A.-M. Malatrait, 1975)



3^o/ GLISSEMENTS PELLICULAIRES : SOLIFLUXION

Ils n'intéressent qu'une épaisseur réduite du terrain, correspondant généralement à la frange d'altération superficielle du substratum rocheux. Leur genèse est liée à l'action du cycle gel-dégel et de l'humidité, et à l'abondance de la matrice argileuse. Ainsi les trouvera-t-on surtout dans les versants d'altitude recouverts de placages de matériel fin généralement tapissés d'éboulis (fig. 28 b).

Ils se manifestent essentiellement aussitôt après la période de fonte des neiges, quand apparaît le mollisol temporaire auquel sa consistance fluide permet des mouvements de reptation sous le simple effet de la gravité et sur des pentes très faibles.

Nous n'en avons pas fait le recensement complet, car ils se produisent dans tous les cirques d'altitude creusés dans les schistes carbonifères dont la décomposition superficielle donne un sol particulièrement argileux.

4^o/ LES RISQUES DE GLISSEMENT

Mis à part le dernier type de mouvement, périodiquement actif, les zones glissées de la région sont apparemment stabilisées. On doit pourtant manifester à leur sujet beaucoup de prudence, car elles se montreraient probablement très sensibles à l'occasion de travaux (de terrassement par exemple) entrepris sans discernement. Même en l'absence de ces derniers d'ailleurs, les versants qui ont été le siège de déplacements, par la diminution des qualités mécaniques de leurs matériaux, restent vulnérables en cas de variation importante de certaines conditions naturelles : telle la sursaturation du sol par crue des nappes souterraines qui intervient à l'issue des périodes de très fortes précipitations ou à l'occasion de la fonte des neiges.

Outre les glissements identifiés, il nous faut également envisager le cas de certaines zones qui n'ont subi aucun glissement mais qui y sont promises par leurs caractéristiques (lithologie, pente...), comparables à celles des zones décrites précédemment, et dans l'éventualité de conditions exceptionnelles de précipitations ou de ruissellement.

Ce seront essentiellement les secteurs comportant une épaisse couverture de matériaux meubles à dominante argileuse, qui masque un substratum relativement altérable et imperméable (Houiller, gypse).

Le recouvrement glaciaire du Bois Noir repose sur un substratum gypseux particulièrement tendre et soluble. Dans les conditions normales d'érosion active par les eaux de ruissellement, ces terrains sont progressivement sapés et des éboulements se produisent épisodiquement en rive droite de la Clarée, en face de la confluence du Roubion. En effet, à ce niveau, la Clarée, repoussée par le torrent descendu des Thures et par la digue retenant le dépôt d'ordures communal sur sa rive gauche, heurte le versant dans lequel s'est créé une niche d'arrachement sur plus de 50 m de hauteur. Il n'est pas impossible qu'en cas de précipitations exceptionnellement abondantes, l'action des eaux d'infiltration et des torrents provoque une ablation subite de matériaux meubles (glaciaire et gypse altéré) par panneaux de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ce glissement peut avoir des conséquences multiples et néfastes : arbres arrachés en lisière du Bois Noir et cours de la Clarée partiellement obstrués.

Ce dernier phénomène est un risque qu'il faut envisager pour l'ensemble des versants de stabilité douteuse. Car une partie de versant qui vient à glisser, ou l'un des glissements identifiés qui se remet en mouvement, peut provoquer un barrage naturel momentané dans le lit d'un torrent coulant à proximité. A la rupture de cet obstacle peuvent alors se former des coulées boueuses dont l'épandage brutal risque d'être catastrophique.

Dans les conditions climatiques et hydrogéologiques actuelles, le glissement de terrain n'est pas un risque véritablement accentué en Névachie. Nous avons soupçonné certaines zones, anciennement glissées ou de lithologie "fragile", que nous avons circonscrites selon la représentation classique.

Dans tous les cas de construction sur les versants, il sera de toute façon nécessaire de procéder à une analyse géologique et morphologique détaillée du secteur aménageable, afin de définir les conditions naturelles de stabilité, ainsi que les données hydrogéologiques précises du lieu.

Dès à présent, la carte permet de proscrire toute construction dans les zones désignées comme glissements anciens. Cette exigence, qui pourrait sembler trop catégorique, ne concerne en fait que quelques secteurs peu étendus, au regard du reste des terrains dont l'aménagement ne pose pas ce genre de problème. Toutefois, même pour ces derniers, on sera parfois tenu, selon les résultats de la reconnaissance préalable, d'adopter des précautions spécifiques (drainage, adaptation de la forme du projet...) afin de pallier les conséquences éventuelles des travaux en évitant toute détérioration de la stabilité.

B - LES CHUTES DE PIERRES, ÉBOULEMENTS, ÉCROULEMENTS

Par l'action des processus météoriques, les parois rocheuses tendent à se désagréger en éléments de taille variable suivant leurs caractères lithologiques et structuraux.

1^o/ LES ROCHES EN PLACE

Le facteur qui intervient le plus fréquemment est le cycle gel-dégel qui disloque le massif rocheux suivant les plans de discontinuité majeurs : stratification, fissuration et fracturation. C'est au moment du dégel en particulier, lorsque les fragments séparés par la cryoclastie sont libérés de l'emprise de la glace que les chutes de pierres se produisent.

A partir des massifs de quartzites (Rochilles, Pain de Sucre...), elles sont peu abondantes car la roche, très compacte, est affectée par un réseau de diaclases peu dense.

Elles sont plus nombreuses le long des parois de dolomies et de calcaires (basse vallée de la Clarée, Rois Mages...) où la fracturation est plus développée.

Dans le Houiller, l'hétérogénéité de la lithologie intervient autant que la fracturation pour alimenter fréquemment les éboulis (pied des crêtes en rive gauche de la haute Clarée).

Les roches peu compactes telles que les cargneules ou les brèches dolomitiques sont le siège de chutes de blocs permanentes (Rocher de Lanfole...)

Parfois les massifs rocheux très fracturés ou qui ont subi une décompression relativement profonde (lors de la décrue glaciaire) permettant l'ouverture de leurs discontinuités, sont affectés d'écroulements importants. Ces chutes de plusieurs milliers de mètres cubes de matériaux sont particulièrement influencées par la fracturation et la position du pendage au regard de la topographie.

Ainsi, en rive gauche de la haute Clarée, les crêtes carbonifères, dont les bancs schisto-gréseux présentent un pendage aval (vers l'W), sont-elles souvent jalonnées d'écroulements comme celui qui borde le Lac Long des Muandes. Mais cette conformité du pendage avec la pente topographique n'est pas seule responsable des écroulements, puisque l'on en trouve aussi au pied de certains massifs présentant un pendage amont (calcaires du Grand Aréa, Houiller du flanc E de la crête de l'Échaillon au-dessus du ravin de Cristol...). Dans ce dernier cas, c'est essentiellement le réseau de fracturation qui débite les affleurements rocheux en panneaux instables.

2^o/ LES ROCHES MEUBLES

Au sein des matériaux meubles hétérogènes (placages glaciaires, talus entaillés dans les cônes de déjection : Roubion, Creuzet...) lorsque les versants sont nus (absence de végétation, ablation élevée en domaine périglaciaire), des déplacements de blocs, libérés par déchaussement, peuvent se produire, à la suite du dégel et du ruissellement, sans toutefois atteindre par leur ampleur la chute de pierres détachées des falaises.

Ce phénomène n'est pas à négliger pour autant, car il affecte souvent les principales voies de communication du fond de la vallée, dès le printemps, (le cubage des matériaux ainsi déplacés peut être évalué par le nombre de brouettées évacuées, durant la belle saison, par les cantonniers !).

3°/ LA TRAJECTOIRE ET LES FORMES D'ACCUMULATION

La masse des éléments déplacés et la pente empruntée conditionnent la trajectoire et la distance parcourue.

Les éléments de petite taille, issus d'une falaise, s'entassent en contrebas en un tapis ou frange d'éboulis.

Lorsque la chute est canalisée par un ravin, correspondant au passage d'une faille ou à un thalweg temporaire, l'accumulation se présente sous la forme d'un cône (cette morphologie peut s'identifier à celle qui résulte de la dynamique torrentielle mais la pente des génératrices est plus raide).

En ce qui concerne les écroulements de blocs de grande taille, leur masse importante leur confère une énergie suffisante pour qu'ils franchissent des distances considérables même sur des pentes faibles.

4°/ LA PRISE EN CONSIDÉRATION DES RISQUES

Éboulis vifs : la menace de chutes de blocs est généralement marquée par son caractère saisonnier (dégel) ou apériodique (forte pluie). Mais par suite d'une lithologie particulièrement défavorable, elle peut devenir permanente, affectant des zones aisément reconnaissables (parois démantelées, pierriers nus...).

Les secteurs ainsi soumis aux chutes de blocs peuvent empiéter sur des zones à vocation touristique ; ils seront interdits à tout projet d'installation permanente, et devront si possible être évités pour le tracé des voies de passage.

Éboulis stabilisés : dans ces accumulations, les matériaux sont hétérogènes (voir chapitre 3). Lorsque la pente y ajoute son incommodité, ces zones deviennent parfaitement défavorables à tout aménagement. En cas de nécessité impérieuse (voie de communication), il faut alors admettre d'établir les dispositifs de soutènement nécessaires, même s'ils sont coûteux.

Lorsqu'un temps suffisamment long s'est écoulé, après un écroulement de grande envergure, les formes caractéristiques (chaos, fraîcheur des blocs...) tendent à s'estomper. La morphologie s'adoucit par le remplissage des dépressions, et le développement de la végétation. Leur aspect dangereux et dissuasif disparaît à son tour, (Terroche, et les quelques blocs épars au fond de la vallée en sont une preuve : Ville Haute - le Rosier).

Ces matériaux fortement remaniés, reposant sur des terrains meubles souvent argileux (moraines), de perméabilité foncièrement différente, constituent de médiocres fondations pour des constructions.

5°/ REPRÉSENTATION DU RISQUE

Du point de vue strictement cartographique, les épandages d'éboulis vifs ont été distingués des éboulis stabilisés.

De plus, les zones où se trouvaient des blocs rocheux écroulés ou des traces d'anciens écroulements ont été représentées.

Les zones d'arrachement et toutes les falaises menaçantes ont été relevées.

La représentation au 1/25 000 est une vision synthétique des risques présents dans le secteur étudié, mais elle ne permet pas une délimitation rigoureuse des zones qui y sont exposées.

6°/ PRÉVENTION ET SURVEILLANCE

D'une manière générale et particulièrement dans ces Alpes calcaréo-dolomitiques, une étude lithologique et structurale des versants, consistant par exemple à repérer les crevasses verticales ouvertes au sommet des falaises (Vallée Étroite), devra aboutir à une estimation objective de ces risques, tant par leur dénombrement que par leur évaluation individuelle. C'est à partir de ces connaissances que pourront se concevoir les moyens de protection et de surveillance. Le traitement des falaises n'est pas concevable dans la perspective d'un aménagement futur, seuls quelques travaux de purge sont envisageables en des points accessibles. Un système préventif permanent ne peut être prévu que pour des chutes de matériaux n'excédant pas un certain volume.

Lorsque la pente est importante (falaises - pentes ébouleuses) et la zone à protéger très proche de la zone d'impact, l'installation d'ouvrages de rétention (gabions - mur Peller) devra arrêter (ou canaliser) ces mouvements.

S'il existe un espace suffisant entre les points de chute et les zones à protéger, ou si la pente le permet (< 45 %), la protection pourra se réduire à une plantation judicieuse de végétaux capables de stopper ou de stabiliser les chutes de matériaux.

Mais ces quelques indications générales ne remplacent pas les études ponctuelles nécessaires dans chaque cas douteux.

C - LES RISQUES D'AFFAISSEMENT ET D'EFFONDREMENT

Ils résultent du comblement soudain ou progressif de vides sous-jacents, engendrés par des dissolutions souterraines dans une roche tendre (cas du gypse), qui donnent lieu à des effondrements de la surface du sol. Le plateau des Thures et le versant du Bois Noir sont ainsi accidentés de dépressions fermées, en forme de cône renversé plus ou moins marqué, qui correspondent à des cavités de dissolution effondrées. Certaines sont déjà profondes de plus d'une dizaine de mètres et larges de 20 m. Par ailleurs l'eau temporairement accumulée dans des réseaux souterrains peut, en s'ouvrant brusquement une issue vers le versant, y provoquer des glissements ou des coulées boueuses (ravin des Thures).

Il faut donc éviter toute construction sur le gypse qui est un terrain très vulnérable au ravinement et aux effondrements. Ainsi avons-nous délimité sur la carte tous les secteurs suspects qui seront interdits à la construction ; ils correspondent aux affleurements précédemment cités et à une zone plate de la vallée de la Clarée, en face du hameau de Sallé. Là, le risque est moins visible et l'emplacement est tentant. Mais un entonnoir de dissolution dessiné dans les alluvions récentes signale la présence de gypse subaffleurant entre les Thures au Nord et le Bois Noir au Sud : d'autres pourraient donc s'y produire ultérieurement.

Dans les terrains houillers, le risque d'effondrement par existence des galeries minières n'est guère envisageable ; elles sont relativement nombreuses, mais aucune ne semble très étendue.

D - ÉROSION ET ALLUVIONNEMENT PAR LES EAUX COURANTES

1^o/ RAVINEMENT

Certains ravins, en particulier dans les dépôts meubles, glaciaires, dans les cargneules et dans les éboulis qui en dérivent ; sont susceptibles d'une érosion très rapide par concentration des eaux de ruissellement, au moment de fortes précipitations. Les torrents qui les parcourent évacuent alors très vite les matériaux solides qui encombraient leur lit et les étalent sur le cône de déjection.

Le phénomène est particulièrement marqué pour le torrent du Robion, dont le vaste bassin de réception taraude une masse énorme de gypse et de cargneules. Son cône de déjection a envahi le fond de la vallée de la Clarée sur 100 ha, importante superficie qui a fourni les principales terres cultivables. Le volume même de ce cône montre que l'érosion du ravin des Thures a été l'un des événements les plus marquants de l'histoire post-glaciaire de la vallée.

Pour lutter contre le ravinement sauvage, les services de la Rénovation des Terrains de Montagne ont entrepris des travaux de stabilisation de certains domaines de versants, dont celui des Thures, où l'effort de reboisement a été particulièrement efficace. La végétation, qui retient les pentes, atténue aussi les pointes de crues. Ce dernier effet, régulateur, est important parce qu'il entrave la formation des laves torrentielles dont les conséquences ont été autrefois catastrophiques, en particulier pour le Robion.

Le volume de l'ablation torrentielle est difficilement évaluable en raison de la dispersion et de la finesse, ou de l'état de solution des éléments transportés. Cependant, on sait que les apports solides du Robion à la Clarée sont importants par suite de la solubilité des terrains ravinés. On rapporte même que, lorsque la Clarée et la Durance qui lui fait suite roulent, à Briançon, des eaux particulièrement jaunes, on est ainsi informé d'une crue probable du Robion.

2^o/ LES LAVES TORRENTIELLES

Les véritables crues torrentielles avec transport en masse de gros éléments, les laves, sont actuellement rares à cause des ouvrages correctifs établis sur le cours des torrents. Ce sont des barrages de béton ou de gabions, dressés en travers du chenal d'écoulement, qui retiennent les apports solides et qui créent ainsi des "plans" corrigeant le profil longitudinal du ruisseau.

Aujourd'hui, que ce soit Cristol, le Creuzet ou le Robion, le torrent ne peut plus, à la suite d'un orage, sortir de son lit et provoquer un alluvionnement massif et intempestif, car des travaux de curage et d'endiguement ont été systématiquement entrepris sur les cônes menacés.

Les laves torrentielles s'arrêtent généralement dans le chenal d'écoulement, plus rarement sur le cône de déjection. Pour le Robion par exemple, seules les plus importantes peuvent atteindre la Clarée ; la dernière, qui y déposa quelque mille mètres cubes de boues, graviers et blocs d'anhydrite ou de cargneules, date de juillet 1950. Elle fit refluer l'eau de la Clarée sur 80 m environ à l'amont de l'embouchure. C'est par cet engravement temporaire et localisé du lit de la Clarée que les crues des torrents névachais (torrents de Pecé, Creuzet, Robion, Cristol, Vallon) menacent d'inondation la vallée principale. Durant l'existence de ces barrages précaires, le lit de la rivière se trouve relevé localement, ce qui explique, par exemple, l'extension sur ses rives, à l'amont de l'embouchure du Robion et jusqu'au village de Névache, d'une zone de prés humides et même quelque peu marécageux.

3^o/ LES INONDATIONS

Les inondations dans la vallée de Névache ne sont donc pas seulement causées par les crues de la Clarée mais aussi par celles de ses torrents affluents. De nos jours, grâce aux travaux de calibrage et d'endiguement de leur lit, le risque est moindre qu'autrefois.

En effet, dans l'ouvrage de H. Rostolland (1930), la Clarée n'est pas décrite comme une rivière toujours calme et riante. Son régime hydrologique de type nival l'a poussée parfois à déborder pendant les périodes de hautes eaux (mars - juillet). Ses crues printanières, renforcées par les abondantes précipitations méditerranéennes, furent parfois catastrophiques ; les hameaux installés sur les fonds plats alluviaux ont subi des ravages historiques, tels :

Ville Haute en mai 1436 - 1467 - 1577 - 1707 - 1856
 en juin 1914
 Le Jadis en juillet 1914
 Plampinet en 1795 - 1848

Certains villages furent même complètement détruits et ensevelis lors de très grosses crues torrentielles : le Bourget et Maisons Longues, en face du Creuzet, au pied du col de l'Échelle, et Fanagier en face du Roubion.

4°/ LA DOMESTICATION DES EAUX COURANTES

L'inondation est un risque qui peut être prévu et évité plus facilement que certains autres. Ce phénomène est non seulement limité dans le temps (période de hautes eaux) mais aussi dans l'espace (lit majeur) sauf dans le cas des barrages intempestifs. Sur la carte des risques naturels, nous avons seulement porté les principales zones soumises aux dangers de l'inondation : elles correspondent, dans les fonds plats de vallée, à des secteurs que nous avons délimités arbitrairement (sur un fond topographique au 1/25 000) à une cote de 5 m supérieure à celle de la Clarée en étiage.

Les secteurs ravinés ne figurent pas tous sur la carte des risques, car leur inventaire complet nécessiterait plus de temps pour suivre leur degré d'évolution.

Les paragraphes précédents ont montré à quel point les inconvénients provoqués par les eaux courantes sont le résultat de processus intriqués. On est donc amené à considérer qu'il est nécessaire d'user d'interventions correctrices variées, visant aussi bien à ralentir l'érosion qu'à faciliter l'écoulement des crues et à empêcher des alluvionnements massifs, mais aussi à conclure que les actions locales doivent presque toujours apporter une amélioration qui se fera sentir sur l'ensemble du réseau situé à l'aval (exemple du domaine R.T.M. des Thures).

L'intérêt d'une étude systématique des secteurs soumis au ravinement et à l'alluvionnement serait de permettre une évaluation du rapport efficacité/coût dans diverses hypothèses de traitement du bassin versant. L'augmentation prévue de la valeur du domaine construit et du capital touristique rend d'ailleurs comparativement plus légère la prime d'assurance que constitue un bon système de protection.

E - LES AVALANCHES

Une carte de localisation des avalanches a été élaborée par le C.T.G.R.E.F. à partir d'une étude effectuée sur le terrain, combinée avec l'observation de photographies aériennes ; chaque avalanche a été ainsi identifiée et décrite sur une fiche dont le numéro est reporté sur la carte.

Toutes les zones dangereuses étant déjà repérées, nous nous sommes contentés de reporter les plus étendues et surtout d'attirer l'attention sur celles qu'il est absolument nécessaire de prendre en compte eu égard aux risques qu'elles feraient courir à un aménagement. Ceci est d'ailleurs conforme aux directives réglant l'élaboration d'un P.O.S., selon lesquelles celui-ci doit obligatoirement comporter une carte de localisation des avalanches.

F - LA SÉISMICITÉ

Dans son inventaire des tremblements de terre qui ont affecté les Alpes occidentales au cours des deux derniers siècles, J.P. Rothé (1973) en énumère une bonne vingtaine qui se sont manifestés, parfois avec violence, entre le corridor de Suse et le Queyras. Pour le Briançonnais, nous avons retenu les séismes générateurs de dégâts des années 1884, 1904, 1938, 1959. C'est là une sérieuse présomption de l'instabilité de la région névachaise qui appartient, d'après les cartes récentes de séismicité et de microséismicité, à une zone où peuvent se produire des rejeux d'accidents tectoniques.

Il est prévu pour la région une intensité de 7 (échelle macroséismique international) sur la carte des intensités maximales et l'on estime à 63,7 % la probabilité d'apparition d'un séisme destructeur dans un intervalle de temps de 10 années.

T = 10 ans	T = 30 ans	T = 50 ans	T = 100 ans
63,7 %	92,2 %	99,4 %	100 %

Le risque est donc certain et nous devons le signaler en recommandant aux aménageurs d'appliquer les règles parasismiques se rapportant aux fondations. Dans les sols, l'amplitude des mouvements provoqués par les vibrations sismiques est plus grande que dans le rocher ; les dépôts de fond de vallée, les terrains gorgés d'eau, les éboulis, les remblais et surtout les zones glissées, dont les caractéristiques géotechniques (cohésion et frottement) sont incertaines, sont donc des secteurs plus fortement menacés que les affleurements rocheux. D'autre part, il faut rappeler que les dommages occasionnés aux constructions sont fonction des conditions locales en liaison avec le relief, le sol et le sous-sol : base des falaises ou des éboulis, proximité d'une faille susceptible de rejouer (accident longitudinal de la basse vallée de la Clarée).

La séismicité ne peut être figurée sur la carte des risques naturels puisqu'il s'agit d'un risque généralisé (à l'échelle de la région) et non pas ponctuel. Aucune prévision de date ou d'intensité ne pouvant d'autre part avancée quant à un futur séisme, dont on sait seulement qu'il serait susceptible de provoquer ou d'intensifier des processus qui interviennent dans certains des risques précédemment analysés, l'intérêt de cette carte est justement de permettre, pour les terrains à bâtir ou les équipements, un choix parmi ceux qui paraissent le moins menacés par ces risques mêmes.

G - DISCUSSION

Nous venons de voir que la représentation des différents risques naturels pose de nombreux problèmes, surtout lorsque ceux-ci ne correspondent pas à des manifestations déclarées de mouvements du sol et du sous-sol.

Pour l'élaboration d'une carte vraiment précise, des incertitudes subsistent, qui nécessitent une interprétation complémentaire, inévitablement subjective. Ce type de risque implique en effet la notion d'un danger potentiel, mais dont la gravité et l'échéance ne sont nullement prévisibles, car elles dépendent de trop de facteurs variables ou même accidentels.

Dans un contexte géologique et topographique donné, dont la substance subit, pour sa part, des transformations progressives (décompression, altération), interviennent des facteurs climatiques (précipitations, gel) responsables en dernier ressort de l'évolution du relief. Nous avons identifié l'intensité et l'importance relative de ces derniers dans les conditions normales de leur activité. Mais les premiers (facteurs internes) nous échappent complètement. Quant aux seconds (climatiques), ils ne sont pas toujours normaux, mais parfois exceptionnels (gel en 1956, enneigement et fonte de 1957, 1970, pluies de juin 1957, novembre 1960...)

Ils peuvent alors contribuer à un danger réel, tel que la remise en mouvement de glissements anciens dont nous savons que la stabilité temporaire peut devenir précaire dans des conditions hydrogéologiques nouvelles et anormales. L'éventualité de tels phénomènes nous a conduits à délimiter, sur la carte des risques naturels, des secteurs potentiellement instables. Certaines de ces zones sont suspectes par la simple présence de signes prémonitoires (crevasses fraîches dans un terrain meuble, fissures ouvertes dans une falaise...)

Quand aucun fait n'est directement observable, il est plus difficile de se prononcer sur le déclenchement éventuel du phénomène et surtout sur son ampleur.

Pour saisir la réalité, au moins en partie, nous avons utilisé un raisonnement, le plus rigoureux possible, en usant de l'analogie avec des zones proches ou lointaines soumises à des phénomènes et des mouvements actifs, ou bien avec des faits antérieurs connus par expérience ou par documents (archives en particulier).

Ce faisant, nous avons dû, et nous le reconnaissons volontiers, formuler des hypothèses concernant le volume, l'extension, la vitesse et la fréquence des risques ; autant de grandeurs auxquelles on ne pourra donner de valeur assurée qu'à posteriori, alors que certains aménageurs ou entrepreneurs, exigent du géologue une évaluation à priori.

Ces restrictions émises, la carte que nous proposons identifie, caractérise et délimite les zones exposées aux risques naturels en donnant une appréciation de l'importance de ceux-ci. C'est un document de travail qui va au-delà d'un simple inventaire car il définit un certain

nombre de secteurs critiques et doit permettre d'orienter le choix des aménageurs.

La nature et la précision des renseignements qu'il fournit sont celles d'une carte prévisionnelle qui devrait répondre aux exigences des projeteurs par le choix raisonné de ses interdits et de ses recommandations.

CHAPITRE 7 – ANALYSE GÉOTECHNIQUE DES MATÉRIAUX

Généralités

A - IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DES SOLS

1^o/ ESSAIS D'IDENTIFICATION

2^o/ LA CLASSIFICATION L.C.P.C. ET SES APPLICATIONS

B - PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES DES TERRAINS DE COUVERTURE

1^o/ LE MATÉRIEL ALLUVIAL

2^o/ LE MATÉRIEL TORRENTIEL (LES CÔNES DE DÉJECTION)

3^o/ LE MATÉRIEL GLACIAIRE

4^o/ LES ÉBOULIS

5^o/ LES ZONES GLISSÉES

CONCLUSIONS

C - PROSPECTION GÉOPHYSIQUE

D - EXPLOITATION DES MATÉRIAUX

1^o/ ESSAIS D'IDENTIFICATION

a/ Analyse granulométrique

Elle s'effectue sur un échantillon de 1 kg en général, aussi ne tient-elle pas compte des gros cailloux et des blocs. La séparation des éléments, en fonction de leur taille, s'opère en deux temps :

- La fraction supérieure à 0,074 mm est tamisée (à l'eau) dans une colonne de tamis (dont le nombre est variable suivant les buts à atteindre) ;
- le fractionnement de la partie inférieure à 0,074 mm se réalise par sédimentométrie, à partir du calcul de la vitesse de chute des particules dans un liquide (Loi de Stokes). Chaque fraction ainsi séparée est pesée et représentée par le pourcentage qu'elle constitue par rapport à l'échantillon total.

Les résultats de ces analyses sont figurés par une courbe cumulative, représentant en abscisse (par ordre décroissant et suivant une échelle logarithmique) la taille des mailles des tamis et en ordonnée, les pourcentages cumulés des poids des fractions séparées.

Les coefficients granulométriques

Déterminés à partir de la courbe, ils servent à définir le caractère plus ou moins bien classé du matériau.

- Le coefficient d'uniformité de Hazen (Cu), utilisé aussi dans le domaine hydrogéologique (perméabilité) est exprimé par la relation :

$$d_{60} / d_{10} \text{ (1)}$$

La technique routière fait appel à une autre définition de l'hétérométrie, $CH = d_{85}/d_{15}$, qui permet de qualifier la granulométrie suivant le tableau ci-dessous.

GRANULOMÉTRIE	d_{85} / d_{15}
Gran. très serrée	< 2
" serrée	2 à 5
" semi étalée	5 à 20
" étalée	20 à 200
" très étalée	> 200

(1) Les termes d10, d15, d30, d60, d85, lus directement sur la courbe, représentent les ouvertures des mailles qui laisseraient passer 10, 15, 30, 60, 85 % en poids du matériau étudié.

Les données lithomorphologiques précédemment recueillies nous ont permis de différencier un certain nombre de formations meubles ou peu cohérentes (les sols du géotechnicien). Nous en avons alors réalisé un échantillonnage systématique, suivi d'essais au laboratoire qui précisent les descriptions purement qualitatives des chapitres précédents, et permettent d'évaluer les principales caractéristiques géotechniques de ces terrains de couverture.

Une étude parallèle des diverses formations rocheuses pouvait sembler souhaitable. En fait, les méthodes relevant de la mécanique des roches ne sont appliquées qu'à l'occasion de projet précis et de grande envergure. Elles exigent des moyens dont nous ne disposons pas. Les remarques précédemment exposées relatives à la nature, à l'altération de ces matériaux n'en constituent qu'une simple ébauche.

Dans les deux cas précédents (CH et Cu), l'expression chiffrée révèle la raideur plus ou moins prononcée de la partie médiane de la courbe cumulative.

Quant à sa forme, on la met en évidence au moyen du coefficient de courbure C_c

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$$

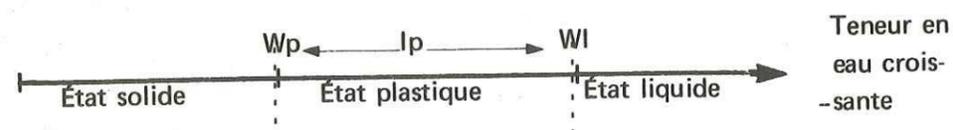
b/ Limites d'Atterberg

On les mesure sur la fraction de sol passant au tamis de 0,4 mm. Elles expriment les variations de consistance d'un matériau en fonction de sa teneur en eau.

- Limite de plasticité (W_p) - Teneur repère en eau (rapportée au poids sec) séparant l'état solide de l'état plastique.
- Limite de liquidité (W_l) - Teneur repère séparant l'état plastique de l'état liquide.
- Indice de plasticité (I_p) - Différence entre les deux valeurs précédentes

$$I_p = W_l - W_p$$

Ces paramètres pourront être représentés par le schéma :



La plasticité d'un sol croît avec la valeur de son indice de plasticité. D'après Burmister, on peut qualifier la plasticité selon la valeur de IP

I_p	PLASTICITÉ
0	non plastique
1 à 5	légère
5 à 10	faible
10 à 20	moyenne
20 à 40	élevée
> 40	très élevée

c/ La perméabilité

Lorsqu'un échantillon est jugé suffisamment représentatif lors de son prélèvement, une valeur approchée de sa perméabilité peut être obtenue, grâce à la formule de Hazen :

$$K = 10^4 \cdot d_{210}^2 \quad (K \text{ en m/s et } d_{10} \text{ en m})$$

Aucune mesure in situ n'a pu être effectuée (si ce n'est dans la plaine alluviale du Rosier) pour confronter la valeur réelle à cette indication sommaire qui doit être considérée avec prudence. La perméabilité s'exprime en mètre/seconde.

d/ Calcimétrie - dolomimétrie

Ces analyses permettent d'évaluer la teneur en carbonates (calciques et magnésiens) par l'action de l'acide chlorhydrique concentré, sur un gramme d'échantillon, réduit en poudre. Pour éprouver la méthode (sur des matériaux meubles) nous avons effectué plusieurs essais, sur certaines fractions caractéristiques d'un même échantillon (d_{10} , d_{50} , d_{100}). Les pourcentages obtenus se sont révélés trop différents pour opérer une classification minéralogique systématique des formations meubles prélevées.

Ils montrent qu'à ce stade du transport (< 10 km), la granulométrie dépend avant tout, de la pétrographie. Ainsi les brèches dolomitiques pulvérulentes se transforment-elles rapidement en sables, alors que les calcaires ne sont encore qu'à l'état de blocs et graviers.

Le prélèvement des échantillons pose un problème important de représentativité : il est forcément arbitraire puisque dans une masse de 1 kilogramme, les cailloux et blocs sont absents. D'autre part, chaque classe granulométrique (ou groupe de classes) représente un ensemble pétrographique distinct.

Les analyses effectuées ne peuvent donc, en fin de compte, traduire que les résultats de ces ségrégations.

Ces constatations se rapprochent de celles de L. Primel (1969) qui, à propos des matériaux alluvionnaires de la Seine, affirme : "Une teneur en $CO_3 Ca$ globale n'a à peu près aucune signification, pas plus que celle d'une fraction trop étendue (0 - 5 mm). Il ne faut jamais extrapoler à l'ensemble d'une grave, la valeur d'un essai réalisé sur une fraction".

Les essais ainsi opérés nous ont seulement permis de confirmer que les matériaux provenant de la haute vallée de la Clarée, sont moins carbonatés, et plus riches en éléments silico-alumineux que ceux de la basse vallée. De plus, en aval de Plampinet, nous avons constaté que les pourcentages de carbonate magnésien étaient élevés et prouvaient l'importance des apports dolomitiques dans les dépôts meubles de fond de vallée (apports du Robion) et au pied des falaises triasiques (apports des versants).

e/ Analyse par les rayons X : méthode de Debye et Scherrer

Les hypothèses précédemment exposées sur les captures et transfluences glaciaires ayant affecté les réseaux hydrographiques de la Clarée et de la Vallée Étroite, pouvaient éventuellement se trouver étayées par des témoignages minéralogiques. C'est ce qui nous a amené à étudier le cortège minéralogique des argiles dans les deux bassins versants.

En fait, le cortège rencontré dans les terrains briançonnais, constitué par l'association : Illite, Chlorite, et quelques traces de Paragonite et de Pyrophyllite, est rigoureusement identique à celui qui provient de la Vallée Étroite et surtout de la zone piémontaise ; ce qui ne permet aucune différenciation dans la provenance des apports.

Dans des régions voisines, Maurienne (Maltrait, 1975) et Queyras (Chamley et Portier, 1974) c'est la même association de Chlorite et d'Illite qui a été déterminée de telle sorte que ces derniers auteurs ont été amenés à conclure que la totalité des sédiments "antécénomaniens" possédait une minéralogie homogène (le métamorphisme et l'orogénèse alpine ayant effacé toute diversité minéralogique).

Nous retrouvons donc ici les effets de la ségrégation dimensionnelle signalée au paragraphe précédent.

Dans les autres fractions granulométriques (et notamment dans les sables fins pour les minéraux lourds) nous n'avons pas plus, pu mettre en évidence des particularités propres à l'un des bassins versants. Seuls quelques galets de schistes lustrés, présents en basse Clarée, ont servi d'indice aux hypothèses émises.

20/ LA CLASSIFICATION L.C.P.C. ET SES APPLICATIONS

a/ La classification

Cette classification, établie par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et dérivée de la classification unifiée des États-Unis (United Sols Classification Système : U.S.C.S.), représente le mode habituel de distinction des sols en France (voir annexe).

Elle prend en compte à la fois la granulométrie, et les limites d'Atterberg, et permet de distinguer géotechniquement quinze types différents de sols, auxquels est attribué, un symbole représentatif.

Cette notation est le plus souvent composée de deux lettres.

— La première (majuscule) permet de qualifier la granulométrie : Gra ves et Sables pour les sols grenus, Limons, Argiles, et sols Organiques pour les sols fins.

— La seconde (souvent minuscule) prend en compte des facteurs variables :

- le pourcentage de grains, inférieurs à 0,08 mm (Filler) et celui supérieur à 2 mm
- l'étalement de la granulométrie (bien gradué : b — mal gradué : m)
- la plasticité (peu plastique : p — très plastique : t).

b/ Aptitudes des sols selon la classification

A partir des distinctions établies précédemment (LCPC) et d'après les travaux de Bogomolov (1962), il nous est possible de tenter une estimation des principaux paramètres mécaniques, qui n'ont pu, au stade actuel de l'étude, faire l'objet de mesures en laboratoire.

Tableau — Différentes valeurs de C et φ qui peuvent être adoptées pour des terrains sursaturés

TERRAINS	φ °	C (bars)
Argile compacte	16	0,4
Limon compact	20	0,2
Limon plastique	14	0,02
Limon sableux compact	25	0
Limon sableux meuble	18	0
Sable grossier	37	0
Sable fin	27	0

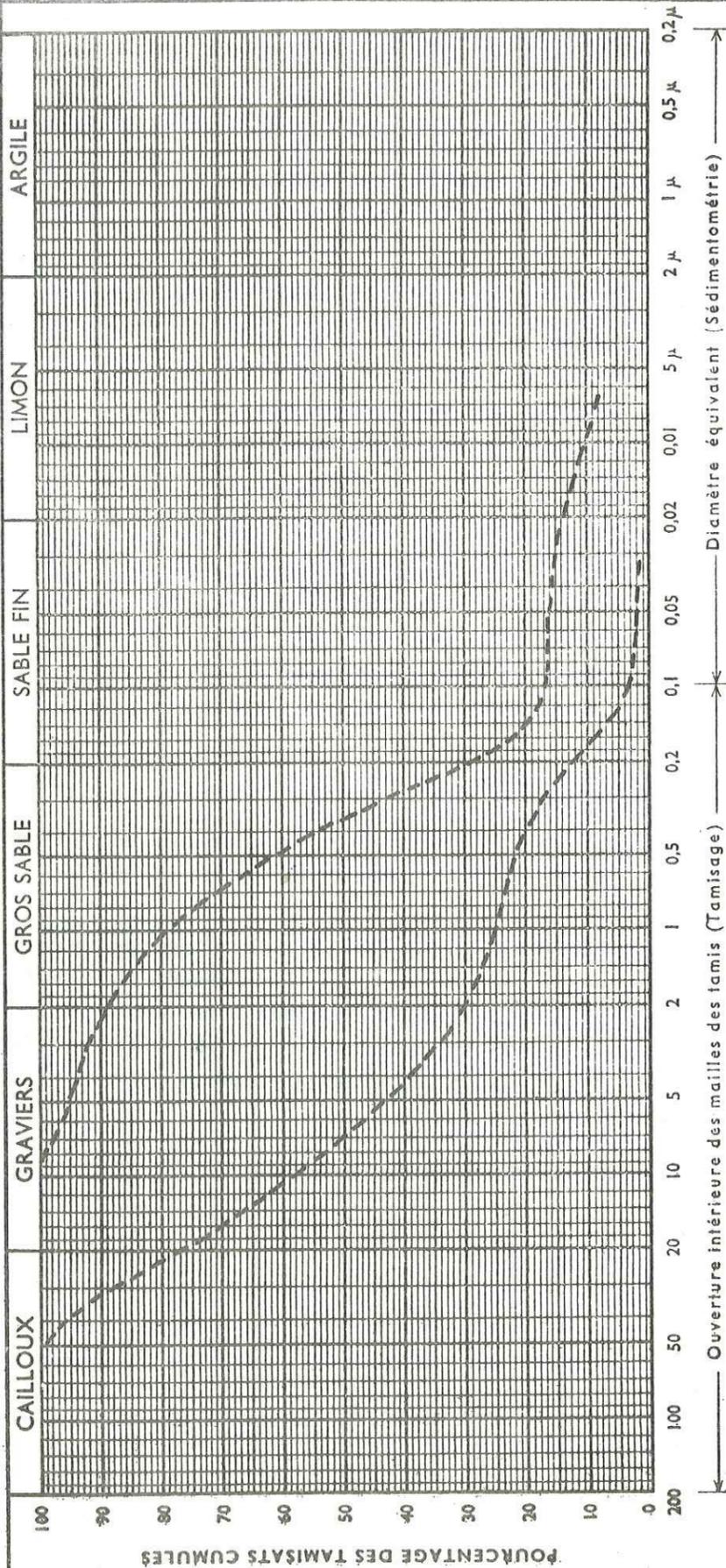
— La cohésion C, exprimée en bars, caractérise l'effort qu'il faut fournir pour séparer les grains (ou particules) constituants du sol.

— L'angle de frottement interne φ (exprimé en degrés) peut être représenté comme l'angle limite au-delà duquel l'équilibre entre les grains est rompu.

Le terme de charge admissible (lié à la notion de l'affaissement que peut tolérer une construction courante) et l'angle de talus naturel des différents types de sols, sont fournis par le tableau suivant, en fonction du degré d'humidité de ces derniers. Ils ne représentent en aucun cas des valeurs absolues et définitives, et ne sont cités qu'à titre d'exemple. Pour une connaissance plus sûre des paramètres, en des points précis, des essais in situ (pressiomètre, pénétromètre...) seraient nécessaires.

	SEC		HUMIDE		SATURÉ	
	CHARGE ADMISSIBLE (bars)	ANGLE (TALUS) (°)	CHARGE (b)	ANGLE (°)	CHARGE (b)	ANGLE (°)
Tourbe	0,5	70 - 80	0,25	20 - 25	—	—
Limon meuble	2,5	45	2	35	0,5	30
Limon compact	3,5	40	3	40	2,5	30
Argile de moraine	6	80	4	70	2	50
Sable fin	1,5	30	1	35	0,5	20
Sable moyen	2,5	35	2	40	1,5	25
Sable grossier	3,5	45	3	50	2	30
Graviers	4	45	3,5	50	2,5	30
Galets	6	40	5	45	3	35

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



LIMITES D'ATTERBERG		Filler	% CO ₃ Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation	Géotechnique
W.L	I. P					

B - PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES DES TERRAINS DE COUVERTURE

10/ LE MATÉRIEL ALLUVIAL

— Provenance.

Les matériaux formant les terrasses alluviales constituées de cailloutis grossiers compacts, n'ont pas été prélevés, car leur granulométrie est homogène. Les galets étant presque tous décimétriques, les courbes granulométriques ne se seraient résumées qu'à des droites subverticales. Seul le Filler $\leq 50\%$ indique des Graves bien classées (Gb).

L'échantillonnage, a donc été opéré, sur les matériaux non consolidés, provenant des zones d'épandage (du lit moyen du torrent) où des matériaux sableux (peu grossiers) se sont déposés.

— Granulométrie

Le coefficient de Hazen, > 20 dénote des courbes granulométriques très étalées à semi étalées, ce qui indique un classement médiocre. C'est la conséquence du mode de transport brutal et bref : la distance parcourue, par les matériaux excède rarement 10 km (pour le cours principal et le secteur étudié).

— Perméabilité

Nous disposons pour ces dépôts alluviaux, de valeurs de la perméabilité, in situ, à la suite des travaux de prospection, au niveau du Rosier. Elle a été évaluée à 10 - 4 m/s.

— Limites d'Atterberg

Les essais effectués sur les échantillons, où la teneur en fines ($< 0,4$ mm) le permettait (au moins 20 %) montrent que cette matrice est peu plastique ($I_p = 8\%$).

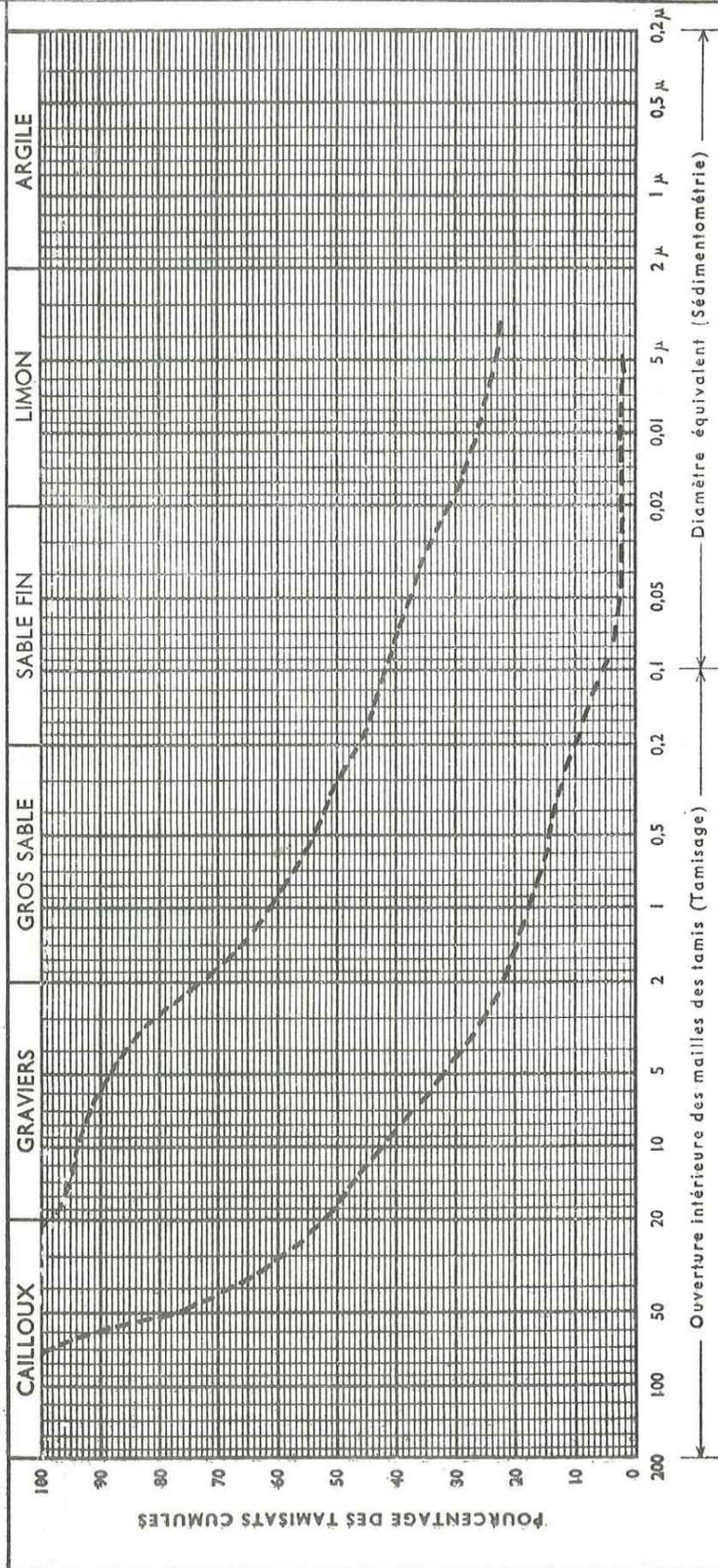
Désignation
des
échantillons

N°

N°

N°

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



LIMITES D'ATTERBERG		Filler % < 80 µ	% CO ₂ Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation	Géotechnique
W.L	I.P					

:Ech
:Ech
:Ech

20/ LE MATÉRIEL TORRENTIEL

Les cones de déjection

— Provenance

Les échantillons ont été prélevés dans les talus fournissant une coupe naturelle relativement étendue en hauteur, afin de choisir au mieux les endroits représentatifs. Lorsque le volume, du cône est important (Robion — Creuzet) il a même été fait plusieurs prélèvements afin de sélectionner les zones les plus caractéristiques.

L'échantillon C18 diffère totalement du reste, car il provient d'une coulée boueuse déposée sur le cône de déjection du torrent de la Tête de Chien (Vallée Étroite). Il a permis de déterminer les caractéristiques principales des particules fines, issues du secteur, qui se sont révélées être des limons peu plastiques.

— Granulométrie

Très étalée dans 70 % des cas (C.H. > 200), elle est ailleurs étalée (20 < CH < 200) sauf pour C10 et C23 (semi étalées).

Cette absence de classement provient de la brièveté de la distance parcourue (< 2 kilomètres) peu favorable à un bon tri. Seuls les cônes de grande envergure, provenant de l'ablation de versants constitués de matériaux particulièrement tendres (cagneules, gypse, brèches à ciment dolomitique) donc très sensible à la trituration, fournissent des courbes où la fraction fine est relativement prépondérante.

70 % des échantillons ont un Filler > 12 %, les autres se tiennent entre 6 et 12 %.

La classification LCPC indique donc, que la totalité des échantillons est à inclure dans les classes : sables et graves (limoneux à mal gradués).

— Perméabilité

Partant du d10 nous pouvons estimer la perméabilité. Grossièrement celle-ci varie entre 8.10⁻⁴ et 2.10⁻⁸ m/s. Il est bien évident que la présence de chenaux constitués de matériel grossier, l'augmente d'une manière appréciable, difficile à évaluer.

C'est d'ailleurs à partir de ces niveaux, que s'effectuent les circulations souterraines du cône du Robion. Depuis l'endiguement du torrent, les débits visibles à proximité de la cabane forestière s'infiltrant et disparaissent définitivement (voir Hydrogéologie ; Alluvions).

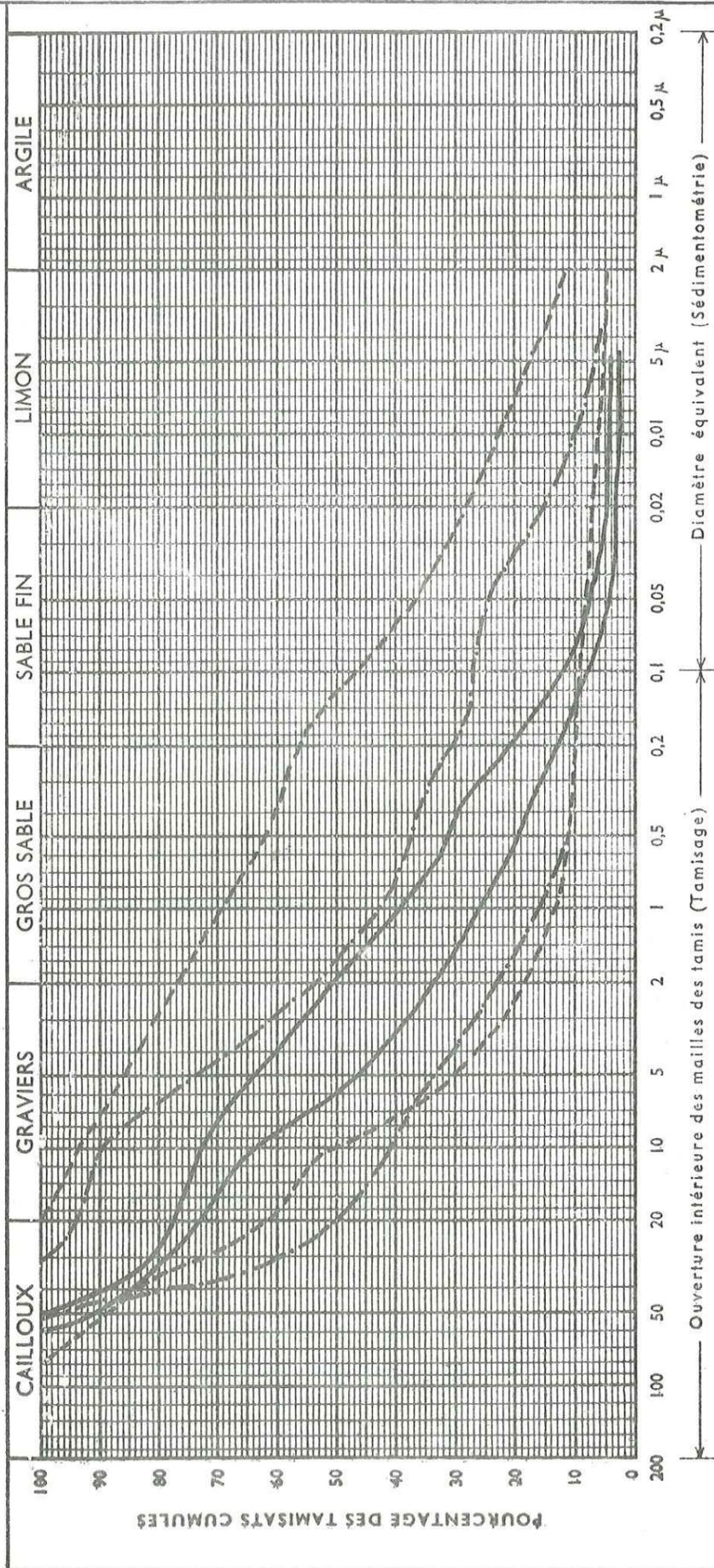
— Limites d'Atterberg

Lorsque la proportion des particules fines l'a permis, le calcul de l'indice de plasticité Ip, toujours inférieur à 9 % (sauf pour la coulée boueuse de Vallée Étroite où Ip = 15 % pour W_L = 42 %) nous indique, que les limons rencontrés, sont peu plastiques, même lorsque la proportion en est importante.

laboratoire de
géologie appliquée

Désignation des échantillons
 N° Fluvio-glaciaire
 N° Moraines de névé
 N° Dépôts morainiques

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Ouverture inférieure des mailles des tamis (Tamisage)		Diamètre équivalent (Sédimentométrie)	
Teneur en Eau Naturelle W %		Teneur en Eau Naturelle W %	
% CO ₂ Ca		% CO ₂ Ca	
Filler % < 80 μ		Filler % < 80 μ	
E. S.		E. S.	
LIMITES D'ATTERBERG		LIMITES D'ATTERBERG	
W.L	I. P	W.L	I. P
Ech		Ech	
Ech		Ech	
Ech		Ech	

a/ Les placages morainiques

— Provenance

Les échantillons ont été pris dans les différents placages de versant tout au long de la vallée et au sein des moraines latérales de la haute vallée. A cause de leur grande hétérogénéité, seule la fraction inférieure au décimètre a pu être prise en compte pour les analyses en laboratoire.

— Granulométrie

Les courbes sont très étalées. Le pourcentage en particules de taille inférieure à 0,08 mm est variable (9 à 40 %) et celui des grains supérieurs à 2 mm est souvent fort. Nous les classerons donc, d'après LCPC dans les graves (ou sables) souvent mal graduées.

— Perméabilité

L'estimation de la perméabilité par la formule de Hazen, confirme son extrême variabilité (pouvant aller de $1,7 \cdot 10^{-4}$ à 10^{-10} m/s).

— Limites d'Atterberg

La grande proportion de particules fines souvent en présence nous a permis d'évaluer ces limites. L'indice de plasticité se révèle particulièrement bas ($I_p < 7$ % pour $W_I > 15$ %). D'après la classification LCPC nous les qualifierons donc d'argiles peu plastiques.

b/ Les moraines de névés

— Provenance

L'échantillonnage a été effectué dans celles, qui peuvent présenter un certain intérêt pour l'aménagement. Elles se situent essentiellement au pied du massif des Cerces et se raccordent à la moraine latérale droite du glacier de la Clarée.

— Granulométrie

Leur mode de transport est brutal, les courbes granulométriques étalées en sont la preuve ($C_H \geq 20$). Le Filler (souvent ≤ 20 %) et le pourcentage élevé d'éléments supérieurs à 2mm (> 50 %), les font classer dans les graves limoneuses à mal graduées (parfois sables limoneux à mal gradués).

— Perméabilité

Suivant la proportion de fines, la perméabilité varie. Ainsi l'échantillon N3 possédant 9 % d'éléments dont la taille est inférieure à 0,08 mm, a une perméabilité proche de 10^{-4} m/s, alors que d'autres (N1) sont peu perméables (6.10^{-7} m/s).

— Limites d'Atterberg

A nouveau les limites calculées sur les fractions fines, démontrent l'absence de plasticité de ces limons ($I_p \approx 5$ %).

c/ Matériel glaciaire remanié (fluvio-glaciaire)

— Provenance

Lorsqu'un agent dynamique (eau, pente...) répand des dépôts glaciaires, il les "réorganise" d'une manière différente, et ils se retrouvent souvent mieux classés. Une fois remaniés, ces matériaux se rassemblent fréquemment dans les fonds plats des vallées.

— Granulométrie

L'indice d'hétérométrie indique un classement médiocre à moyen. Les courbes sont très étalées à semi-étalées.

Le pourcentage des particules inférieures à 0,08 mm faible (≈ 10 %) alors que celui des grains supérieurs à 2 mm est fort (> 50 %).

On les situe donc, d'après LCPC, dans les graves mal classées à limoneuses.

— Perméabilité

D'après d_{10} , nous l'évaluons entre 2.10^{-4} et 2.10^{-5} m/s, ce qui en fait un matériau relativement perméable, dont les qualités sont à rapprocher des dépôts alluviaux plus que de celles des dépôts glaciaires, malgré la proximité de ces derniers ; il est probable que le léger transport par le ruissellement tend à éliminer les particules (voir les différents fuseaux).

— Limites d'Atterberg

A nouveau le fort pourcentage de WL (≈ 45 %) par rapport à I_p (< 10 %) dénote des limons peu plastiques constituant la matrice des éléments grossiers divers.

4°/ LES ÉBOULIS

— Provenance

Les échantillons, provenant des éboulis stabilisés ont été prélevés comme on l'avait fait pour les cônes de déjection, c'est-à-dire sur des entailles de talus, naturelles ou non.

Aucun prélèvement n'a été opéré dans les éboulis vifs, qui peuvent pourtant présenter un certain intérêt pour l'exploitation des matériaux (en vue de remblais notamment).

Le problème de la représentativité de l'échantillon s'est à nouveau posé, puisque la granulométrie des blocs éboulés, varie habituellement du haut en bas de la formation. On a choisi de n'échantillonner que dans des secteurs qui pouvaient éventuellement être aménagés.

— Granulométrie

La présence d'une matrice argilo-sableuse, rend le classement médiocre. Les courbes granulométriques sont étalées à très étalées ($C. H > 20$). La plupart des échantillons, ont pu être répertoriés dans la classe : sables et graves limoneuses.

— Perméabilité

Ces formations constituent souvent des roches "magasin", c'est-à-dire poreuses et aquifères (voir Hydrogéologie). La méthode d'approximation habituelle révèle des perméabilités comprises entre 10^{-4} et 10^{-6} m/s

— Limites d'Atterberg

L'intérêt géotechnique de ces formations a justifié quelques essais. Ici encore, la matrice consiste en limons peu plastiques.

$$I_p < 10 \text{ \% pour } WL \geq 37 \text{ \%}$$

5°/ ZONES GLISSÉES

— Provenance

La localisation des prélèvements répond à celle des versants glissés, tous situés au niveau des schistes carbonifères recouverts de placages glaciaires et de débris d'altération sur place.

— Granulométrie

Les mouvements de versants affectent la frange altérée des schistes, sur une épaisseur variable représentant la zone décomprimée où l'action de l'eau s'est fait sentir.

CONCLUSION

Dans la totalité des échantillons recueillis, 98 % des cas sont représentés par des matériaux graveleux à sableux, quelle que soit l'origine des dépôts (les 2 % restants représentent des cas particuliers, tels que des coulées boueuses, Ap, ou des sols fins plus ou moins organiques, Op).

En définitive, la différenciation morphogénétique des terrains meubles ne se double pas d'une différenciation géotechnique : quelle que soit leur origine, les sols forment un groupe homogène (voir annexes p. 162)

Lorsque l'on examine les courbes granulométriques, l'étalement (généralisé) correspond aux conditions géodynamiques d'une région de montagne où l'agent de transport est puissant, mais où le déplacement est relativement court. Les aires de dépôt avoisinant les zones d'ablation, le tri ne peut être très développé.

Les quelques approximations faites à propos des perméabilités permettent à nouveau (voir Hydrogéologie) de constater que les terrains meubles perméables sont essentiellement représentés par le matériel alluvial et les éboulis, alors que les dépôts glaciaires sont caractérisés par une grande hétérogénéité.

L'ensemble des études faites sur les particules fines ($< 0,4$ mm) démontrent que seules des phyllites provenant du Permo-Carbonifère et des schistes lustrés piémontais possèdent des propriétés géotechniques relativement favorables, (dues à une légère plasticité, pour une teneur en eau faible).

D'autre part, la composition minéralogique de la fraction argileuse étroitement calquée sur celle des roches parentes, démontre que la transformation de celle-ci en sols a dépendu uniquement de facteurs mécaniques et non pas chimiques. Cette constatation est générale et caractérise l'évolution subie par les matériaux, au cours de périodes récentes, dans un contexte glaciaire ou périglaciaire. Les données individuelles rassemblées ici sur les diverses formations quaternaires permettent d'abord de connaître quelques unes de leurs propriétés, en vue d'une utilisation éventuelle en tant que matériaux. Ultérieurement, nous les prendrons à nouveau en compte, au même titre que les facteurs lithologiques, géomorphologiques et hydrologiques, dans l'établissement d'un schéma synthétique de l'aptitude des diverses zones territoriales à l'aménagement.

C - PROSPECTION GÉOPHYSIQUE

Quelques sondages électriques ont été effectués, tout au long de la vallée de la Clarée, sur les fonds plats fluvioglaciaires, en vue de déceler les différents terrains présents.

La méthode électrique a été préférée à la méthode sismique, car les alternances de cailloutis grossiers, et de matériaux fins présentent des contrastes notables de résistivité. D'autre part, la présence de blocs erratiques au sein du matériel glaciaire aurait provoqué de fortes anomalies sismiques difficilement interprétables.

Les mesures ont été opérées grâce à un appareil de type STRATA-SCOUT. Le dispositif *Schlumberger* a été employé ($MN \approx AB/10$), les lignes tirées pouvaient atteindre cent mètres de longueur. Un trainé électrique adoptant le dispositif *Wenner* avec $MN = AB/3 = 5$ m a pu être réalisé afin de préciser les données des sondages. La profondeur d'investigation étant de l'ordre de $1/4$ de AB, donc quatre mètres environ (souvent moins). La maille des mesures fut le plus souvent 15 ou 25 m (tous les détails de localisation et les interprétations sont à consulter dans le dossier technique déposé à l'Institut Dolomieu Grenoble).

1° / REPLAT DE FONTCOUVERTE ($S_3 - S_4 - S_5$)

Les alluvions de la Clarée sont constituées de cailloutis grossiers et résistants accumulés dans l'ombilic de Fontcouverte (le seuil ou verrou est mis en évidence plus en aval, par les magnifiques polis glaciaires (sur lesquels est fondée la chapelle de Fontcouverte) et par la première cascade de la Clarée, du même nom.

A proximité des versants, les résistivités deviennent plus fortes, sans doute du fait des apports plus grossiers, issus des éboulis.

Par contre, près de la Clarée, un horizon conducteur est mis en évidence à deux mètres de profondeur. Ce peut tout aussi bien être le niveau de cailloutis aquifères, qu'un remblayage glacio-lacustre argileux. Nous pencherons plutôt pour la première hypothèse, un essai pénétrométrique aurait permis de préciser cette incertitude.

2° / LACHA - LA MEUILLE - SOUCHÈRE ($S_{21} - S_{22}$)

Un épais recouvrement caillouteux (épaisseur supérieure à dix mètres), résistant, au sein duquel s'intercalent des niveaux fins (limoneux) plus conducteurs, constitue l'aquifère de la nappe sub-affleurante.

Le replat, à proximité de Souchère, représente un remblayage alluvial. L'aquifère composé de cailloutis grossiers a une résistivité de 500 ohms-mètres environ. La nappe est décelée, vers deux mètres de profondeur, par une résistivité plus faible (100 ohms-mètres).

3°/ LACOU (S₀ - S₂₃)

Un horizon graveleux très résistant, d'une épaisseur de dix mètres environ, est surmonté d'un niveau de décomposition, altéré et transformé en sol. Le tout repose sur un horizon peu résistant (300 ohms-mètres) pouvant représenter la nappe et son aquifère, du fait de leur faible profondeur.

Grâce au traîné électrique, on remarque que les résistivités s'accroissent lorsqu'on remonte dans le versant (influence continue des apports latéraux d'éboulis). Une chute de résistivité est soulignée dans la morphologie par un replat, elle laisse apparaître un remplissage plus fin.

4°/ VALLÉE ALLUVIALE EN AMONT DE PLAMPINET

a/ Sous le verrou de Lacou. S. 18

La Clarée a opéré un remblayage en contre-bas du verrou. Les alluvions, se reconnaissent par le fait que leur résistivité augmente à proximité du lit mineur de la Clarée, grâce à l'élaboration d'une digue naturelle de part et d'autre de celle-ci. Les granulométries deviennent plus grossières à mesure que l'on se rapproche du lit mineur.

b/ Ville Haute (à proximité de l'école) S. 19

Les mêmes phénomènes précédemment décrits se reproduisent.

c/ Terrasse de la Clarée (rive gauche) en amont du pont de la Broua. S. 16 - S. 17 - S. 7 - S. 8

Cette terrasse est constituée de cailloutis grossiers, mal lavés mais résistants, pouvant constituer l'aquifère, surmonté d'un niveau altéré, évolué en sol, conducteur. L'intercalation des niveaux limoneux pourra être décelée par la présence de niveaux conducteurs (50 ohms-mètres).

5°/ ENTRE PLAMPINET ET VAL-DES-PRÉS (S. 11 à 15, S. 20)

Des coupures accidentelles du cours d'eau, survenues en aval, ont été la cause du remblaiement, constitué d'éléments grossiers, à fine matrice argilo-sableuse, formant la terrasse en rive gauche, sous le Bois des Bancs (S11 et S12) (voir chapitre 3, paragraphe : Alluvions).

Un niveau résistant (800 ohms-mètres) représente le comblement superficiel en limons (particulièrement secs lors du sondage).

Alors qu'une couche sous-jacente extrêmement résistante constitue (grâce aux cailloutis grossiers) un aquifère, où la nappe située à quatre mètres environ, sous la surface, abaisse cette résistivité à cinq cents ohms-mètres et moins.

Par contre, entre le lit majeur de la Clarée et cette terrasse, un alluvionnement massif et désordonné, composé de cailloutis grossiers, représente un niveau plus résistant. Les sondages S14 et S15 laissent apparaître un niveau plus fin en surface et donc plus conducteur (sol).

Lorsque les sondages ont été effectués à proximité du substratum (S20 et S14) les courbes décèlent une forte remontée des résistivités (∞) à des profondeurs dépassant 20 m ; donc hors de portée du Strata-Scout, pour une précision supérieure.

6°/ LA PLAINE ALLUVIALE EN AVAL DU ROSIER (H1 - H2 - H3 - S6 - S9 - S10)

En amont de la Vachette, à proximité du Rosier, s'étend une plaine alluviale, limitée par des cônes de déjection et des éboulis. Deux campagnes de sondages ont été menées (l'une en 1972 et l'autre en 1975) (1), en vue de choisir un site propice à l'alimentation en eau de la station de Montgenèvre (3000 m³/j).

Quatre sondages ont été réalisés (trois en 1972 et un en 1975). Ils ont tous décelé des cailloutis sableux formant deux aquifères, séparés par des horizons limoneux étanches. Bien que poussés jusqu'à une quarantaine de mètres, aucun n'a atteint le substratum rocheux. Les traînés électriques effectués par le B.E.G. ont décelé trois terrains différents. A proximité des versants un horizon plus résistant (500 ohms-mètres), séparé des terrains conducteurs de la Vallée (140 ohms-mètres) par un horizon intermédiaire (de l'ordre de 250 ohms-mètres).

Le traîné électrique effectué par nos soins, lors de l'été 1975, au centre de la plaine alluviale confirme ces données.

De surcroît, légèrement en amont du confluent Durance-Clarée, un sondage électrique (S6) situé sur la terrasse, à proximité immédiate de la Clarée montre que les terrains sont des cailloutis, peu résistants, du fait de la présence continue de la nappe à faible profondeur.

CONCLUSIONS

Les sondages S6 et S15 (annexes 165) sont assez représentatifs des types de terrains rencontrés dans la région. Le remblayage alluvial de la Clarée est constitué d'une grande épaisseur de cailloutis, plus ou moins bien lavés, dont la résistivité est variable suivant la granulométrie (environ de 200 à 800 ohms-mètres).

De part et d'autre de la vallée, l'influence des versants se fait sentir par l'apport de matériaux grossiers résistants.

Au sein des cailloutis, quelques niveaux fins, limoneux, identiques au recouvrement superficiel actuel (n'excédant pas un mètre d'épaisseur) possèdent une faible résistivité (de 50 à 250 ohms-mètres) pouvant quelquefois les faire confondre avec la nappe superficielle (de 0 à 100 ohms-mètres).

Enfin, lorsque le substratum est suffisamment proche de la surface (moins de vingt mètres) de forts accroissements des résistivités le font pressentir, sans que l'on puisse le localiser avec précision, la profondeur d'investigation de l'appareil utilisé étant trop faible.

(1) Les campagnes de 1972 ont été menées par le Bureau d'Études Géotechniques et celle de 1975 par l'entreprise Bachy, à la demande de la division départementale de l'Agriculture.

D - EXPLOITATION DES MATÉRIAUX

Dans tout aménagement, il convient de signaler à l'avance les gîtes de matériaux utilisables, afin que l'on puisse répartir au mieux les différentes zones d'emprunt.

Pour les voies de communication, il s'agira surtout de matériaux de remblais, et pour les habitations, de graves et sables propres (agrégats-béton).

En ce qui concerne ces derniers, le lit mineur de la Clarée, en aval de Plampinet, constitue un gîte important, mais une exploitation trop intensive risque de provoquer des désordres hydrogéologiques certains, comme l'abaissement du niveau de la nappe et la dégradation plus ou moins considérable du site. Une extraction de ces matériaux entre Sallé et Ville Basse, pourrait par exemple abaisser le niveau de la nappe sub-affleurante. Une telle exploitation ne pourrait être décidée qu'après une étude hydrogéologique détaillée, afin d'éviter toute mauvaise surprise ; comme par exemple une réactivation de l'érosion en amont, provoquée par cette modification du profil longitudinal du cours d'eau.

Au prix d'un lavage préalable et d'un tamisage, les placages d'éboulis longeant le massif du Bois St-Hippolyte (Aiguille Rouge) dans le site de l'Échelle, constituent une zone de prélèvement assez intéressante, d'autant plus que l'accès en est aisé. Le lavage devra s'opérer en un lieu où l'eau se trouve en quantité suffisante, et où l'écoulement se réalisera de manière satisfaisante (le lit majeur de la Clarée par exemple).

D'une manière générale, et en se référant aux essais et déterminations géotechniques effectués précédemment, la plupart des zones de dépôt sont aptes à fournir des graves pour le béton (Gm à Gb) et des sables (Sm à Sb), mais fréquemment mal classés. Il conviendra donc d'opérer un tri, et de les laver de leurs particules argileuses. Dès lors, c'est surtout vers le choix d'un site, correspondant à une zone où la dégradation se ferait le moins sentir, tout en possédant une accessibilité convenable, qu'il faudra se tourner.

En ce qui concerne l'extraction des parpaings, pour la construction des chalets, la réutilisation de ceux amoncelés parmi les ruines éparpillées dans la vallée, constituerait déjà une source d'apport appréciable, et un moyen de nettoyer certains sites.

L'exploitation de chaos grésos-conglomératique des versants permocarbonifère de la rive gauche de la haute Clarée, satisfera largement aux besoins futurs.

Citons enfin les blocs de calcaires, entassés au pied de la Grande Chalanche et des principaux massifs triasiques dominant la vallée qui une fois concassés, pourront servir de matériel de remblais (empierrement des routes...). Les quartzites peuvent aussi être d'une grande utilité, à condition que leur taille soit déjà convenable, car leur concassage est extrêmement difficile.

Donc d'une manière générale, la vallée de la Clarée et la Vallée Étroite (dans leur tronçon aval tout du moins) sont bien pourvues en matériaux de construction.

La couverture des habitations devant être uniquement traitée en bardeaux de mélèze, une exploitation contrôlée des vastes forêts communales sera donc nécessaire. Car leur destruction systématique, fâcheuse pour la qualité du paysage, pourrait entraîner une destabilisation des versants, par accentuation du ravinement sous l'effet des eaux de ruissellement.

L'équilibre naturel, particulièrement fragile dans ces régions, devra être préservé, autant pour des raisons écologiques, que de sécurité, aussi bien pour la pierre, que pour le bois, des prélèvements légers et dispersés, et pour cette raison peu visibles seront préférables à une exploitation massive et concentrée dont le développement entraînerait sûrement à la longue des risques de dégradation (éboulement, destabilisation, ravinement...) peut-être irrémédiables.

CHAPITRE 8 : APTITUDE A L'AMÉNAGEMENT

Introduction

A - ZONATION DES TERRAINS

1^o/ LA TOPOGRAPHIE

2^o/ LA LITHOLOGIE

3^o/ LES RISQUES NATURELS

4^o/ L'HYDROGÉOLOGIE

B - CARTE D'APTITUDE

1^o/ LES TYPES D'AMÉNAGEMENT

2^o/ LES COEFFICIENTS D'AMÉNAGEMENT

3^o/ LA VALIDITÉ DES COEFFICIENTS

C/ PRISE EN COMPTE DES DONNÉES NATURELLES

PAR LES PROJETS DU CONCOURS

INTRODUCTION

L'analyse détaillée des contraintes physiques liées au relief, à la nature des terrains, à l'eau et aux risques naturels était indispensable aux aménageurs ; ils disposent à présent de l'ensemble des cartes se rapportant à ces divers "facteurs".

Le petit nombre de ces derniers a permis de réaliser une carte de synthèse où l'on a défini des zones homogènes par rapport aux conditions naturelles.

Ce document a été élaboré en deux temps. D'abord sous la forme d'une carte de zonation, qui correspond à un travail préliminaire de synthèse des données de base dont nous avons plusieurs fois, déjà, souligné l'interdépendance. Cette ébauche n'est pas publiée. Puis par l'établissement d'une carte d'aptitude dressée à partir du document précédent, complété et modifié par des données interprétatives, pour aboutir à des propositions au niveau des plans d'aménagement.

A - ZONATION DES TERRAINS

C'est du principe de cette zonation que nous discuterons d'abord, en analysant successivement l'influence des divers "facteurs" sur la délimitation de secteurs homogènes.

1^o/ LA TOPOGRAPHIE

Elle intervient très directement dans le choix des sites en pays de montagne car elle définit l'ensoleillement (exposition des versants) et la pente. Les conditions de stabilité d'un certain nombre de formations répertoriées dans la région sont étroitement liées à la pente. Ainsi en est-il en particulier pour les matériaux meubles et les schistes houillers. Dans cette mesure la zonation des terrains correspond souvent aux contours de la carte clinographique.

2^o/ LA LITHOLOGIE

L'examen lithologique sommaire de la région permet une distinction immédiate entre deux catégories de terrains : les roches en place et les graves de couverture. Les premières, lorsqu'elles offrent de bonnes conditions d'affleurement, sont de bons terrains de fondation, alors que les secondes, parfois plus difficilement aménageables, ne posent de toute façon pas le même type de problème.

Nous avons montré l'inutilité, d'essais mécaniques en ce qui concerne les roches en place : la stabilité des fondations sur les affleurements de grès, de quartzites ou de calcaire, sera toujours assurée pour des immeubles normaux. En revanche, leur cohésion élevée risque de rendre leur terrassement difficile et imposera l'emploi d'explosifs.

Pour les formations meubles, nous disposons de certaines données quantitatives (caractéristiques géotechniques) et qualitatives qui permettent de définir des secteurs homogènes en fonction de leurs conditions générales de stabilité. Cette zonation, établie en grande partie d'après le tableau d'esquisse géotechnique des terrains (voir chapitre 5), ne précise pas la superposition des formations ni leur épaisseur. Par manque de moyens techniques, et notamment en l'absence de sondages, nécessaires pour toute investigation en profondeur, nous n'avons pris en compte les données géologiques que d'une façon très simplifiée, en n'envisageant, pour les relations entre le socle et sa couverture, que deux cas :

- ou bien le recouvrement est pelliculaire (altération superficielle) et ne dépasse pas 2 m d'épaisseur ;
- ou bien il correspond à un dépôt d'accumulation, soit de type morainique, soit de remplissage d'ombilic, et son épaisseur excède 5 m.

Cette simplification est tolérable relativement aux problèmes de fondation qui se poseront dans cette région de montagne où les types d'aménagements concevables, nous en parlerons ultérieurement, sont relativement limités.

Quant aux grosses constructions (rares par hypothèse) il sera indispensable de faire les reconnaissances ponctuelles qu'elles exigeront.

3°/ LES RISQUES NATURELS

Les contours des secteurs délimités à partir de la lithologie et de la topographie ont été parfois modifiés après analyse des risques naturels. Par leur gravité et leur extension apparente ou potentielle, ces derniers nous ont contraints à rétrécir certaines zones ou même à les dévaloriser au regard de leur aptitude à l'aménagement.

4°/ L'HYDROGÉOLOGIE

De même que pour les données géotechniques, le caractère qualitatif et la trop grande rareté des observations ont empêché toute représentation systématique à l'échelle de la carte d'aptitude. Les seuls relevés d'indices superficiels tels que les sources, les suintements et les sagnes, n'ont pas suffi pour élaborer une carte hydrogéologique. Ils ont toutefois permis de préciser le jugement géotechnique dans certains cas, en orientant vers des possibilités d'amélioration par drainage.

B - LA CARTE D'APTITUDE

Nécessitant le rassemblement, l'analyse puis la synthèse partielle des données, la carte de zonation constitue le départ d'une cartographie "géotechnique" dont l'achèvement demanderait de nombreux moyens. Avec la carte d'aptitude, nous avons cherché à exprimer les possibilités d'aménagement de chaque secteur, en recourant simplement à la pondération des différents facteurs au regard des équipements envisagés.

Pour l'élaboration de ce document synthétique, nous avons utilisé la méthode dite des "coefficients d'aménagement" (Humbert, 1970), mais en ne visant que trois types d'utilisation des sols : l'habitat, les voies de communication et les installations sportives. Cette sélection, parmi les multiples aspects de l'aménagement, est arbitraire et ne doit en particulier pas faire oublier la rénovation agricole prévue qui exige également, pour sa part, que soient connues les données du milieu naturel. Certaines, telles que le relief, les formations superficielles et l'érosion, figurent déjà sur les cartes de "facteurs", et peuvent donc être utilisées pour la mise au point de plans d'aménagements ruraux. Mais précisons qu'elles restent insuffisantes si elles ne sont pas complétées par des études concernant la pédologie et le drainage, qui demandent la compétence d'un agronome.

1°/ LES TYPES D'AMÉNAGEMENT

Dans le domaine de la construction, les projets sont relativement modestes. Pour des raisons de protection de la qualité du paysage, et en tenant compte d'autre part de la nature souvent escarpée du relief, nous n'avons envisagé que trois types de bâtiments :

- La maison individuelle, type chalet d'alpage, avec un rez-de-chaussée parfois semi-enterré et un étage au maximum, présentant une surface au sol de 50 à 100 mètres carrés ;
- le gîte ou petit collectif, type refuge des Drayères, avec deux niveaux au maximum et une surface au sol n'excédant pas 250 mètres carrés ;
- le grand collectif ou immeuble bas (hôtel ou ferme pilote) avec un maximum de trois niveaux et une surface au sol inférieure à 500 mètres carrés. Ce sont des bâtiments lourds en comparaison des deux premiers.

Les équipements de service (routes, canalisations...) et sportifs (remontées mécaniques) ne présentent pas d'aussi grandes exigences que les précédents et leur réalisation peut subir des modifications de structure et de tracé pour s'adapter plus facilement aux contraintes naturelles.

Suivant les terrains en cause, l'implantation de tous ces équipements peut rencontrer des conditions plus ou moins convenables. Pour guider et orienter les projecteurs, nous proposons donc de distinguer quatre valeurs des "coefficients d'aménagement" déterminées en fonction d'une situation jugée soit favorable ou assez favorable, soit peu favorable ou dangereuse.

2° / DÉFINITION DES COEFFICIENTS D'AMÉNAGEMENT

(A)- Favorable : Les conditions d'aménagement du site sont *en principe favorables*, et sa mise en valeur ne présente aucune contrainte particulière. Des études traditionnelles sont nécessaires pour s'assurer localement que ces conditions sont remplies.

Ces zones correspondent surtout à des secteurs larges et subhorizontaux, tels que la plaine alluviale (hormis évidemment la zone inondable) et les replats ou épaulements de l'auge principale.

Tous les types de construction sont envisageables à condition de prendre également en considération leurs abords et en particulier la proximité de risques (éboulis vifs, crues torrentielles, avalanches...). Pour les zones alluviales de faible pente, les problèmes seront aussi ceux du drainage et de l'hétérogénéité des matériaux.

(B) - Assez favorable : Ce coefficient réserve des emplacements tout aussi bons, mais la proportion des étendues moins satisfaisantes y est plus élevée que dans les zones A.

Quand ces secteurs sont constitués de formations meubles et hétérogènes, celles-ci risquent de nécessiter certaines précautions pour les terrassements (drainage). Par contre, s'ils sont constitués d'affleurements rocheux (le gypse excepté), ils seront utilisables pour toutes sortes de fondations, sauf celles des grands bâtiments qui peuvent nécessiter une surface au sol plus importante.

De plus, ces zones jugées favorables pour des constructions légères (chalet ou gîte) le sont moins pour les bâtiments lourds de type grand collectif, qui exigent de meilleures caractéristiques physiques (lithologie, structure, pente), mécaniques et hydrogéologiques.

(C)- Peu favorable : Les conditions d'aménagement du site sont peu favorables et sa mise en valeur présenterait de nombreuses difficultés, parfois sévères. Celles-ci s'opposent à beaucoup de projets, les constructions de type individuel elles-mêmes y trouvant difficilement place. Quant aux voies d'accès qui viendraient à traverser des secteurs de cette catégorie, pour desservir des zones A et B, le risque de leur passage est infiniment moins grave que celui d'une résidence.

Les portions de territoire difficilement aménageables correspondent, par exemple, aux zones à forte déclivité (supérieure à 45 %) recouvertes de dépôts meubles, ou bien aux zones saturées en eau sujettes aux tassements. Ce sont autant de secteurs dans lesquels l'action de l'homme peut avoir des conséquences parfois catastrophiques (modifications du réseau de circulation de l'eau, ruissellements...) en créant ou en aggravant certains risques (dissolution du gypse, déclenchement de mouvements gravitaires...).

Les rares implantations malgré tout obligatoires devront être sérieusement étudiées au moyen des reconnaissances ponctuelles appropriées, et la prudence pourra exiger de les compléter par des travaux de renforcement ou de protection.

(D) - Interdit : Les conditions d'aménagement du site sont mauvaises et sa mise en valeur n'est pas concevable. Ce sont les zones escarpées, instables et soumises à des risques naturels permanents ou très dangereux (glissements actifs ou anciens, éboulis, écroulements rocheux...)

3° / VALIDITÉ DES COEFFICIENTS D'AMÉNAGEMENT

La valeur attribuée à chaque zone du terrain ne peut pas être considérée comme définitivement fixée dans le temps et dans l'espace. Des révisions seront nécessairement effectuées quand des études géotechniques de détail auront précisé localement les particularités des sols et des emplacements. On peut même dire que c'est l'exécution des premiers aménagements qui apportera le plus de renseignements utilisables pour les suivants.

Il sera d'autre part possible d'aménager certaines zones considérées comme défavorables grâce à une maîtrise plus grande des techniques. Enfin la mise en place de dispositifs protecteurs permettra soit d'éliminer certaines contraintes naturelles (endiguement contre l'inondation), soit de les surmonter (galeries couvertes contre les éboulis ou les avalanches).

Cependant le document proposé, dressé au 1/25 000, définit déjà clairement le contexte régional des projets d'aménagement et permet donc de présenter des recommandations suffisamment précises pour couper court à toute tentation de les transgresser, même pour des raisons économiques, ce qui serait d'ailleurs, dans bien des cas, incompatible avec certaines règles élémentaires de sécurité : ce sont alors des économies apparentes qui risquent de coûter fort cher par la suite.

C / PRISE EN COMPTE DES DONNÉES NATURELLES
PAR LES PROJETS DU CONCOURS

Ainsi que nous l'avons exposé dans l'introduction, nous avons rédigé, pour le dossier technique préliminaire distribué à tous les concurrents, une notice "étude géotechnique préliminaire à un projet d'aménagement".

Les projets, remis en 1975, ayant été rendus publics après leur classement par le jury, nous avons eu la curiosité de les consulter afin de nous rendre compte dans quelle mesure ils avaient tiré parti de notre contribution.

Leur lecture nous a conduits à un certain nombre de réflexions dont nous allons maintenant faire part.

Sur un plan général, il est évident que nous ne saurions intervenir dans des domaines qui ne sont pas les nôtres, et les considérations économiques, sociologiques, etc... que renferment les dossiers échappent à notre compétence. Quant au caractère plus ou moins esthétique des réalisations proposées, chacun est libre d'en discuter.

Nous notons également la forme d'esquisse sous laquelle ont été présentées la plupart des propositions : à ce stade, on ne saurait leur faire grief d'avoir laissé dans l'ombre de nombreux détails qui relèvent bien plutôt d'un projet d'exécution.

Toutefois nous croyons nécessaire, avant de passer à des points plus particuliers, de souligner une tendance générale qui nous semble regrettable. Dès l'abord en effet, il apparaît clairement, à l'examen des dossiers que, chacun dans leur chapelle, les architectes ou urbanistes et les géologues ou autres naturalistes appréhendent de façon trop indépendante les problèmes d'aménagement. Nous constatons là les conséquences d'un manque de concertation, et même une lacune complète en ce qui concerne le compréhension de ce que les études ou les idées des uns peuvent apporter aux autres. Pour tout dire, nous nous étonnons qu'un plan de transformation, fût-il schématique, concernant un pays de montagne, ignore tout ou presque tout ce qui touche aux données physiques ou naturelles, sauf la neige, bien entendu, puisqu'il est assez souvent question d'exploiter sa présence. Si certaines équipes, trop rares d'ailleurs, ont estimé nécessaire de compter dans leurs rangs des géographes ou des praticiens de la montagne, il semble qu'il n'en soit aucune qui ait fait appel à un ingénieur spécialisé dans les travaux de fondation ou à un géologue spécialisé dans le Génie civil.

Finalement, et bien que l'on se soit préoccupé d'économie régionale et même d'économie de marché à propos de l'exploitation de certains investissements projetés, on ne

semble guère s'être soucié de tenir d'abord compte des contraintes naturelles, avant de jeter sur le papier des projets d'équipement qui, s'ils étaient adoptés, pourraient mener, dans certains cas, à des risques ou à des pertes importants.

C'est à cet égard que la vision manifestée par la plupart des concurrents ne nous semble pouvoir être qualifiée ni d'exhaustive ni de réaliste, ainsi que vont le montrer les exemples qui ont trait aux résidences, à la viabilité et aux équipements sportifs.

10/ LES ÉQUIPEMENTS IMMOBILIERS

La carence en capacité d'accueil a été résolue de façon complète par tous les candidats, dont certains même projettent l'implantation d'immeubles dont la hauteur risque d'entraîner des fondations trop importantes pour les terrains qui doivent les supporter, alors que d'autres ne se bornent qu'à relever les ruines.

D'autre part la notion de risque naturel ne semble pas avoir été un grand sujet de préoccupation car certaines (projet n° 8) placent un lotissement d'habitations individuelles dans les éboulis vifs au pied de la Grande Chalanche. Seule la carte des avalanches a été prise en compte, peut-être parce qu'elle fait l'objet d'une réglementation au niveau des permis de construire et qu'elle doit intervenir dans tout P.O.S.

A l'occasion de l'aménagement du cône du Roubion, nous nous permettons d'insister sur l'utilité des travaux de lutte contre le ravinement et les crues que la commune et le C.T.G.R.E.F. ont déjà partiellement entrepris. Nous n'avons pas trouvé de remarques concernant le risque d'inondation dans le fond de la vallée. Rappelons que ce sont de simples travaux de curage et d'endiguement des torrents névachais qui l'en protégeront.

Pour illustrer cette absence de réalisme de certains projets, nous citerons les propositions de l'équipe n° 22 qui envisage d'aménager la vallée en "Luna Park" : des lignes d'aérotrains traversent les éboulis vifs, les moraines de névé, les versants glissés et aboutissent (sans problème !) au bord d'un grand plan d'eau retenu par un barrage en béton, ancré dans les versants instables schisto-gréseux ! Là, des bâtiments de sept étages et de plus de 80 m de longueur, avec vue sur le lac "naturel", le plus beau de la région (sic), sont fondés sur des accumulations meubles ne présentant que quelques dizaines de mètres carrés de superficie. Un projet aussi déraisonnable a fait l'objet d'une attention particulière, parce que l'effort d'imagination dont il témoigne l'a conduit à retenir des sites de banquette tels que Terroche et l'épaulement de quartzites en rive droite de la haute Clarée. Cependant il n'a prévu aucun des problèmes techniques de construction qui se poseront et en particulier les risques de tassements dans les terrains compressibles du fond alluvial de Névache, en rive gauche de la Clarée.

20/ LES ÉQUIPEMENTS DE SERVICE

Dans ce domaine, aucune implantation n'a fait l'objet d'une analyse technique sérieuse, et les projeteurs ont généralement repris à leur compte les principales suggestions des promoteurs du concours alors qu'elles ne constituaient, en aucune façon, une contrainte (Tane, 1974).

On constate avec étonnement que les équipements de service sont considérés comme un domaine où aucun problème ne peut ni ne doit se poser. Pourtant ces équipements indispensables et même vitaux pour l'économie du projet représentent des investissements coûteux qui justifient une étude prudente avant d'être engagés. Leur implantation doit composer avec les pentes, éviter les zones de risques et adapter les tracés en fonction des difficultés prévues lors des terrassements (traversée des terrains rocheux, choix des talus adaptés à la stabilité des terrains de couverture...). Et elle serait utilement orientée par référence aux trois cartes de facteurs que nous avons établies.

a/ Route principale d'accès

Pour le tracé de la route principale (d'accès) entre La Vachette et le futur tunnel de l'Échelle, les candidats s'en sont tenus raisonnablement à la solution proposée par la Direction de l'Équipement (au stade de l'avant-projet seulement). Ils se sont contentés de planter des arbres pour cacher la route des hameaux de Val-des-Prés et du Rosier, laissant le soin aux spécialistes de surmonter toutes les contraintes naturelles imposées à son tracé. En particulier le verrou de Plampinet, où les affleurements rocheux (rive droite) et les cônes d'éboulis vifs déterminent un rétrécissement que la route doit franchir. Quelques concurrents seulement ont proposé des solutions de passage, plus ou moins habiles, en galerie couverte ou en tunnel (équipes n° 5, n° 3 ...).

b/ Le réseau de desserte de la haute vallée

En période estivale, la route actuelle est saturée par la circulation automobile. Certains candidats ont résolu le problème en interdisant son accès et en prévoyant des parcs de stationnement au pied du verrou de Lacou ou plus en aval, mais le tracé d'une ligne de train à crémaillère qu'on devrait trouver en correspondance n'est pas sérieusement analysé. Peut-être alors ces "parkings de dissuasion" ne seront-ils utilisés que par d'éventuels marcheurs, amoureux de la nature !

Dans l'état actuel des projets, l'interdiction de circuler en automobile dans la haute vallée n'est peut-être pas le moyen radical de résoudre le problème, nous pensons en particulier aux résidents secondaires et autres, gardiens de refuge et de gîte et surtout aux agriculteurs.

En dehors de la solution d'un "sens interdit sauf riverains", il aurait fallu songer à améliorer la route de desserte, en prévoyant même un tracé partiellement ou totalement distinct, ceci dans l'éventualité de parcourir la haute vallée le long d'une route large ou bien d'un

circuit de petites routes à sens unique. La seconde hypothèse est difficilement viable techniquement, quant à la première elle pourrait se traduire par un simple élargissement de l'ancienne voie. Là encore des problèmes se posent dans la mesure où nous avons constaté que l'on atteint vite la limite de stabilité des talus lorsqu'une couverture meuble hétérogène est plaquée de façon précaire sur des pentes supérieures à 100 % (tronçon de la Meuille/le Jadis). On peut être sceptique quant à un projet de gabarit supérieur et plus encore si l'on tient le raisonnement précédent à un projet de construction d'une ligne ferroviaire entre Lacou et Laval. Il est vraisemblable que, sans la perspective du percement du tunnel de l'Échelle, l'exploitation des quelque 2500 lits prévus dans la basse vallée, ne financera pas les dépenses certainement élevées qu'exige cette solution de desserte.

c/ Canalisations, cables....

Quant au reste de la viabilité, nous ne pouvons pas le passer sous silence comme l'ont fait systématiquement les équipes de projeteurs. Il est inquiétant de constater l'absence de remarques à propos de l'alimentation en eau, de la collecte, du traitement et du rejet des eaux usées. Il ne suffit pas de dire que la région ne manque sûrement pas de ressources pour envisager l'alimentation en eau de plus de 5000 résidents pendant l'hiver dans une localité où il gèle 190 jours par an.

30/ LES ÉQUIPEMENTS SPORTIFS

Il est généralement admis que l'implantation de pylônes de remonte-pentes ou de télésièges ne pose pas trop de problèmes techniques (Barbier, 1970). Cependant il apparaît qu'en Névachie cette proposition ne peut pas être admise sans discernement. Nous pensons au gypse des Thures, sur lequel les projets sont nombreux et nous tenons à rappeler notre inquiétude quant au développement spontané de vides dans cette formation. Et puis, pourquoi vouloir équiper ce site d'adret, à la lithologie défavorable, alors qu'il existe d'autres vallons suspendus mieux exposés, plus discrets et de meilleure tenue ? Hormis la facilité de communication avec la Vallée Étroite qu'il peut présenter, le plateau des Thures n'est pas très favorable pour le ski, et pourtant la proposition n° 14 trouve le moyen de tracer des pistes sur son fond plat et sur des pentes ébouleuses dont la déclivité est très forte (> 100 %).

Il semble que le tracé des téléskis ait été "tiré à la règle" dans un bureau d'études, puisque l'on trouve même dans un dossier, un projet de liaison téléportée directe entre Vallée Étroite et Névache, qui emprunte les plus mauvais terrains (gypse du Vallon, moraines de névé de l'Étroit du Vallon, pentes ébouleuses au dessus des granges de Vallée Étroite...). La réalisation d'un téléporteur dans le site du Thabor n'emprunte pas non plus le meilleur itinéraire en enjambant en droite ligne les éboulis vifs et les moraines de névé. Signalons que ces divers projets n'ont pas été retenus par la commission technique du jury.

Les propositions concernant le vallon de Buffère sont plus raisonnables, mais manquent parfois de bases techniques. Si les implantations de pylônes de téléskis dans les versants houillers ne posent pas de problèmes particuliers, par contre celles du téléporteur d'accès seront plus délicates. Nous ne parlerons pas de la solution, qui n'a pas été retenue et qui est inesthétique, d'un accès par route large, de Lacou aux chalets de Basse Gardiole. Le tracé oblique d'un télécabine, ou peut-être d'un téléphérique, depuis Ville-Haute jusqu'aux chalets de Buffère, nécessite une étude précise des points d'ancrage des pylônes, qui devront toujours s'appuyer sur les affleurements de grès, très souvent masqués par les colluvions et les placages morainiques. A l'actif des projeteurs, nous constatons que le tracé des pistes de ski évite les couloirs d'avalanches et le bord des crêtes houillères instables, cependant rien n'a été prévu (intentionnellement peut-être) pour le retour "à ski" de Buffère à Névache. Cette piste, qui ne pourra passer que sous Côte Rouge, obligera à des terrassements importants et des travaux de stabilisation.

Notons enfin que ces sites de ski ne devront pas être aménagés en "stades de neige" et qu'il faudra veiller à ne pas détériorer la couverture forestière et plus généralement végétale dont le rôle est particulièrement stabilisateur sur les fortes pentes de terrains meubles.

En définitive, notre étude pourra révéler son utilité, une fois défini plus concrètement le contenu de l'aménagement, si les projeteurs font l'effort d'en tenir compte, et plus généralement s'ils collaborent avec les divers spécialistes du milieu naturel. Car c'est seulement s'ils estiment à leur juste importance les problèmes géologiques et s'ils savent tirer parti de la carte d'aménagement que nous proposons, ainsi que d'une future carte géotechnique plus complète, qu'ils éviteront de transgresser de façon toujours coûteuse et parfois même dangereuse certaines règles imposées par l'adaptation aux données locales.

La constitution récente d'un groupement d'intérêt économique, réunissant les premières équipes lauréates du concours d'aménagement, va permettre maintenant d'accéder au stade des réalisations. Avec la mise en place imminente d'un Maître d'Ouvrage, vraisemblablement constitué par un syndicat intercommunal, nous pensons que l'étude que nous avons fournie va pouvoir trouver concrètement sa place. En effet, en s'appuyant sur les recommandations générales qu'elle définit, ce premier pourra plus directement déterminer les études géotechniques complémentaires de détail et orienter le choix des travaux à entreprendre.

Autour des quelques orientations générales, et pour la plupart raisonnables, définies par les équipes lauréates, nous voulons apporter notre contribution et traduire un certain effort de concertation et de rapprochement avec les aménageurs, en présentant, dans un tableau général des propositions de sites analysés respectivement par référence aux diverses cartes de facteurs et selon les critères définis dans les chapitres précédents.

Localisation	Morphologie	Lithologie	Hydrologie : superficielle et souterraine	Accès	Pente < 5 % superficielle (ha)	Qualité des versants	Les risques naturels	Caractéristiques géotechniques	Type d'aménagement	Aptitude à l'aménagement
Vallon des Muandes (2450 m) rive gauche haute Vallée Clarée.	auge suspendue au relief vallonné deux replats.	crêtes : schistes et grès permocarbonifère versants : éboulis mal stabilisés houiller - moraines fond : glaciaire et périglaciaire.	ruissellement important (sources, torrents, lacs...) zones sagneuses et tourbeuses. K très variable	relativement facile.	18	instabilité des pentes > 100 %	A 3 B 1 C 1 D 1 E	a) grès et conglomérats : B schistes : M b) G1 - Gb Ot	Hc - Hi SL V	B
Vallon de la Cula 2425 m rive gauche haute Vallée Clarée	auge suspendue un replat	crêtes : Houiller versants : éboulis + Houiller moraines fond : glaciaire + Houiller	ruissellement diffus (lacs...) zones sagneuses et tourbeuses K très variable.	difficile un ressaut important	4,5	instabilité des pentes > 100 %	A 3 B 1 - B 2 C 1 D 1 E	a) grès et conglomérats : B schistes : M b) G1-Gb-Ot	Hi SI	C
Vallon des Gardioles 2350 m rive gauche Vallée Clarée	auge suspendue deux replats série de verrous glissement ancien	crêtes : Houiller schisto-gréseux versants : éboulis et schistes + Houiller remanié + moraines fond : glaciaire, périglaciaire, Houiller schisteux	ruissellement incohérent (lacs-torrents-sources-suintements) zones sagneuses et tourbeuses	facile jusqu'à Ricou au-dessus plusieurs ressauts	16,5	stabilité douteuse	A1 - A2 - A3 B1 - B2 C1 D1 E	a) grès et conglomérats : B schistes : M b) G1 - Gb - Ot	Hi SI	C
Vallon du Charbonnet 2200 m rive droite Vallée Clarée	auge suspendue deux ombilics un verrou	crêtes : Houiller falaises : calcaires et dolomies verrou : quartzitique versants : périglaciaire, éboulis, moraines fond : glaciaire et glacio-lacustre	deux torrents principaux un lac en cours de comblement une zone sagneuse nombreuses sources de versant (calcaire)	relativement facile par Laraux difficile par le Queyrellin	10,5	stabilité partielle	A 3 B1 - B2 C1 D1 E	a) grès - conglomérats - quartzites - calcaires et dolomies : B schistes : M b) G1 - Gb Ot	Hc - Hi SL - SI	B
Vallon de Buffère 2300 m rive droite Vallée Clarée	auge suspendue une moraine médiane replat du Roudou ombilic de Buffère	crêtes : Houiller et séries triasiques versants : éboulis et glaciaire fond : glaciaire	bien drainée sauf sous l'écroulement du Grand Aréa deux torrents principaux K variable	difficile	15	stabilité partielle	A 2 - A 3 B 1 - B 2 C 1 D 1 - D 2 E	a) grès et conglomérats - quartzites - calcaires : B schistes : M b) G1 - Sm	Hc SL - SI	B
Vallon de l'Oule hors commune Vallée Clarée	auge suspendue un petit replat	crêtes : Houiller et quartzites versants : éboulis fond : glaciaire	un torrent principal K variable	très difficile	5	instabilité générale	A 3 B 1 - B 2 D 1 - D 2 E	a) calcaires : B brèches : M b) Gm - G1	SI	C
Vallon de Cristol - commune de Névache sur sa moitié - rive droite Vallée Clarée	auge suspendue un replat	crêtes : Houiller et séries triasiques versants : éboulis et glaciaire fond : périglaciaire et glaciaire	un torrent principal un lac K variable	difficile	11	stabilité partielle	A 3 B 1 - B 2 C 1 D 1 E	a) calcaires-quartzites-grès : B schistes : M b) Gb - G1 - Lp	Hi SI	C
Le Vallon rive gauche Vallée Clarée	auge latérale profonde deux petits replats	crêtes : r.g. : calcaires et dolomies r.d. : quartzites et Houiller col : gypse versants : éboulis, glaciaire fond : glaciaire	ruissellement diffus dans le haut vall. lacs et zones sagneuses (au niveau des chalets) sources de versant un torrent principal K variable	relativement facile	10,6	rive gauche très instable rive droite partiellement stable	A 2 - A 3 B 1 - B 2 C 1 - C 2 D 1 - D 2 E	a) calcaires quartzites-grès : B schistes-gypse cargneules : M b) G1 - SI - Lp	Hi	C
Biaume rive gauche Vallée Clarée	versant glissé un replat	Houiller remanié glaciaire	ruissellement diffus dans les secteurs glissés	difficile		stabilité douteuse	A1 A2 A3 B2 D1 E	a) M b) M	Hi	C
Les Thures 2200 m rive gauche Vallée Clarée rive droite Vallée Étroite	Col de transfluence plateau large	versants : calcaires-dolomies-Houiller placages - glaciaires fond : glaciaire et gypse sous-jacent	ruissellement presque absent en totalité 1 Lac (cône de dissolution) torrent dans les ravins de part et d'autres. K variable	difficile versant N très difficile versant S	10,5	stabilité douteuse versant : S très instable	A2 B1 - B2 C2 D1 - D2 E	a) calcaires - dolomies : B b) G1 - SI	Hi	C
L'Echelle rive gauche Vallée Clarée rive droite Vallée Étroite 1780 m	col de transfluence (fluvio-glaciaire) vallée suspendue de faible largeur	versants : calcaires et dolomies fond : recouvrement fluvio-glaciaire	ruissellement nul. l'écoulement temporaire en rive gauche recouvrement meuble perméable	facile versant S relativement facile versant N	9,0	stabilité partielle	B1 - B2 D1 - D2 E	a) Calcaires- b) G1 - Gb	Hc - Hi	B
Les Acles rive gauche Vallée Clarée 2050 m	auge suspendue profonde deux replats	crêtes : calcaires et dolomies versants : éboulis fond : couverture meuble glaciaire et torrentielle	1 torrent principal quelques sources - hydrographie homogène - K variable	relativement facile		instabilité des pentes > 100 %	A3 B1 - B2 D1 - D2 E	a) calcaires-dolomies : B b) Gb - Sb	Hi SI	C
Les Drayères Le Pont de Pierre 2160 m	fond d'auge	schistes permocarbonifère glaciaire - éboulis - tourbe	nappe subaffleurante confluence : Clarée - Torrent des Muandes K très variable	facile	2,2	instabilité des pentes > 100 %	B1 - B2 C1 D1	a) schistes : M grès et conglomérats : B b) G1 - SI - Ot	Hc - Hi	B
Laval 2000 m	fond d'auge polis - ombilics	série houillère - glaciaire - torrentiel éboulis - tourbe	nappe subaffleurante - torrents latéraux - ruissellement important - K très variable - torrent de la Cula	facile	19,2	stabilité partielle	B1 - B2 C1 D1 D3 E	a) schistes : M grès et conglomérat : B b) SI - Gb - G1 Ot	Hi - Hc	B

.../...											
Roche Noire 1950 m	versant et fond d'auge	série houillère - glaciaire - éboulis tourbe	nappes subaffleu- rantes K faibles	assez faible	6,0	stabilité partiel- le	B1 - B2 D1 E	a) grès et con- glomérats : B b) SI - Ot	Hi	B	
Le Jadis Rif Tord 1900 m	versant et fond d'auge - ombilic	série houillère - glaciaire - éboulis - alluvions - tourbe	nappe localement subaffleu- rante - K très variables - torrents des Gardioles	facile	4,5	versant W : instable	A2 B1 - B2 C1 D1 D3	a) grès et con- glomérats : B b) Gb - SI	Hi	C	
Fontcouverte 1850 m Replat de Laroux 1960 m	fond d'auge ombilic et verrou	série houillère - remblayage - fluvio- glaciaire - éboulis - torrentiel	nappe localement subaffleu- rante - K variables torrent du Chardonnet	facile	4,5	stabilité partiel- le	B1 - B2 C1 D1 D3	a) grès et con- glomérats : B b) Sb - SI - Gb	Hc - Hi	B	
La Meuille Lacha 1810 à 1830	fond d'auge ombilic - polis	grès - fluvio-glaciaire - éboulis torrentiel	nappe localement subaffleu- rante - K variables	facile	21	versant S : instabilité partiel- le	A2 B1 - B2 C1 D1 - D3 E	a) grès et con- glomérats : B b) Sb - SI - GI	Hc - Hi	B	
Basse Gardiole Lacou 1750/1800 m rive droite et rive gauche Clarée	fond d'auge ombilic - verrou	grès - fluvio-glaciaire - éboulis torrentiel	kest homogène torrent de Buffère	facile	9,0	stabilité partiel- le	A1 B1 - B2 D1 E	a) grès et con- glomérats : B b) GI - Gb	I Hc - Hi	B	
Lacou - Amont de Ville Haute 1650 m rive gauche	fond d'auge ombilic	grès - fluvio-glaciaire - éboulis torrentiel	K homogène - torrent de Buffère - torrent de Biaume	facile	5,2	instabilité des pentes > 100 %	B1 - B2 D1 - D2 - D3 E	a) calcaires et dolomies quartzites : B b) GI - Gb - Ot	I Hc - Hi	A	
Névache Le Cros Sallé 1660 m	ombilic	calcaire - gypse sous-jacent éboulis - fluvio-glaciaire alluvions	nappe subaffleu- rante K homogène - torrent du Vallon - torrent de Cristol torrent de l'Oule	facile	60	versant : N stabilité douteu- se - versant du Bois Noir très douteux	B1 C2 D2 - D3 E	a) calcaires, do- lomies : B b) GI - Gb - Sb	I Hc - Hi	A	
Cône de Robion Cône du Creuzet - 1550m	Cône de déjection	torrentiel	K : élevé variable 1 torrent sur chaque cône	Assez facile	8,2	versant gypseux très instable Creuzet : versant S : instable	B1 - B2 D1 - D2 E	a) calcaires et dolomies : B b) Gb	I Hc - Hi	A	
Basse Vallée aval de Plampi- net - de 1300 jusqu'à 1500 m	fond d'auge	calcaires - éboulis - placages glaciaires torrentiel - alluvions (terrasses)	fond alluvial - K homogène cônes de déjections et éboulis K hétérogènes - torrents affluents	facile	1,5	instabilité des pentes > 100 %	A2 B1 - B2 C1 D1 - D2 - D3	a) calcaires et dolomies : B b) Gb-GI/Sb-SI	I Hc - Hi	A/B	
Site du Thabor Vallée Étroite	cirque glaciaire évolué	crêtes : Houiller - falaises : quartziti- ques et calcaires - versants : éboulis moraines - fond : glaciaire - tourbe fluvio-glaciaire	ruissellement important torrents, sources, lacs, zones tourbeuses - K hétérogènes écoulements principaux	difficile : Verrou du Banchet	52	instabilité des pentes > 100 % stabilité partielle des replats	A2 - A3 B1 - B2 C1 D1 - D2 E	a) schistes : M grès et con- glomérats : B gypse et car- gneules : M b) Gb/Lp - SI Ot	Hc - Hi SL	B/C	
Vallée Étroite en amont et en aval des Granges de Vallée Étroite	fond d'auge	les versants : calcaires, gypse, brèche quartzites le fond : alluvial torrentiel glaciaire fluvio-glaciaire	fond alluvial K très variables quelques torrents affluents	relativement facile encaissé	27	versants insta- bles	B1 - B2 C1 - C2 D1 - D2 - D3 E	a) calcaires et dolomies : B Gypse, cargneu- les : M b) Gb - GI - Sb - SI	Hi	C	
Granges de la Vallée Étroite 1770 m	cône de déjection	torrentiel placage glaciaire	K homogène et élevé infiltrations	relativement facile très encaissé	4,5	versants gypseux instables	B1 - B2 D1 - D2 E	a) gypses-schis- tes brèches : M b) Gb - GI	Hc - Hi	B	

LÉGENDE

Hydrologie souterraine : K : perméabilité

Les risques naturels : A1 : glissement ancien de versant ; A2 : glissement ancien de couverture ; A3 : solifluxion ; B1 : éboulis ; B2 : éboulement ; C1 : affaissement ; C2 : effondrement. D1 : ravinement. D2 : laves torrentielles. D3 : inondations. E : avalanches.

Caractéristiques géotechniques : a) substratum B : bonne tenue ; M : mauvaise tenue - b) terrain de couverture GI : graves limoneuses ; Gb : graves bien graduées ; Gm : graves mal graduées ; SI : sables limoneux ; Sm : sables mal gradués ; Ot : sols organiques très plastiques ; Lp : limons peu plastiques

Types d'aménagement : Hi : maison individuelle ; Hc : petit collectif ; I : immeuble ; SL : téléporteur ; SI : installation sportive légère

Aptitude à l'aménagement : A : favorable ; B : assez favorable ; C : peu favorable ; D : interdit.

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]

1920
1919
1918
1917
1916
1915
1914
1913
1912
1911
1910
1909
1908
1907
1906
1905
1904
1903
1902
1901
1900
1899
1898
1897
1896
1895
1894
1893
1892
1891
1890
1889
1888
1887
1886
1885
1884
1883
1882
1881
1880
1879
1878
1877
1876
1875
1874
1873
1872
1871
1870
1869
1868
1867
1866
1865
1864
1863
1862
1861
1860
1859
1858
1857
1856
1855
1854
1853
1852
1851
1850
1849
1848
1847
1846
1845
1844
1843
1842
1841
1840
1839
1838
1837
1836
1835
1834
1833
1832
1831
1830
1829
1828
1827
1826
1825
1824
1823
1822
1821
1820
1819
1818
1817
1816
1815
1814
1813
1812
1811
1810
1809
1808
1807
1806
1805
1804
1803
1802
1801
1800
1799
1798
1797
1796
1795
1794
1793
1792
1791
1790
1789
1788
1787
1786
1785
1784
1783
1782
1781
1780
1779
1778
1777
1776
1775
1774
1773
1772
1771
1770
1769
1768
1767
1766
1765
1764
1763
1762
1761
1760
1759
1758
1757
1756
1755
1754
1753
1752
1751
1750
1749
1748
1747
1746
1745
1744
1743
1742
1741
1740
1739
1738
1737
1736
1735
1734
1733
1732
1731
1730
1729
1728
1727
1726
1725
1724
1723
1722
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
1708
1707
1706
1705
1704
1703
1702
1701
1700
1699
1698
1697
1696
1695
1694
1693
1692
1691
1690
1689
1688
1687
1686
1685
1684
1683
1682
1681
1680
1679
1678
1677
1676
1675
1674
1673
1672
1671
1670
1669
1668
1667
1666
1665
1664
1663
1662
1661
1660
1659
1658
1657
1656
1655
1654
1653
1652
1651
1650
1649
1648
1647
1646
1645
1644
1643
1642
1641
1640
1639
1638
1637
1636
1635
1634
1633
1632
1631
1630
1629
1628
1627
1626
1625
1624
1623
1622
1621
1620
1619
1618
1617
1616
1615
1614
1613
1612
1611
1610
1609
1608
1607
1606
1605
1604
1603
1602
1601
1600
1599
1598
1597
1596
1595
1594
1593
1592
1591
1590
1589
1588
1587
1586
1585
1584
1583
1582
1581
1580
1579
1578
1577
1576
1575
1574
1573
1572
1571
1570
1569
1568
1567
1566
1565
1564
1563
1562
1561
1560
1559
1558
1557
1556
1555
1554
1553
1552
1551
1550
1549
1548
1547
1546
1545
1544
1543
1542
1541
1540
1539
1538
1537
1536
1535
1534
1533
1532
1531
1530
1529
1528
1527
1526
1525
1524
1523
1522
1521
1520
1519
1518
1517
1516
1515
1514
1513
1512
1511
1510
1509
1508
1507
1506
1505
1504
1503
1502
1501
1500
1499
1498
1497
1496
1495
1494
1493
1492
1491
1490
1489
1488
1487
1486
1485
1484
1483
1482
1481
1480
1479
1478
1477
1476
1475
1474
1473
1472
1471
1470
1469
1468
1467
1466
1465
1464
1463
1462
1461
1460
1459
1458
1457
1456
1455
1454
1453
1452
1451
1450
1449
1448
1447
1446
1445
1444
1443
1442
1441
1440
1439
1438
1437
1436
1435
1434
1433
1432
1431
1430
1429
1428
1427
1426
1425
1424
1423
1422
1421
1420
1419
1418
1417
1416
1415
1414
1413
1412
1411
1410
1409
1408
1407
1406
1405
1404
1403
1402
1401
1400
1399
1398
1397
1396
1395
1394
1393
1392
1391
1390
1389
1388
1387
1386
1385
1384
1383
1382
1381
1380
1379
1378
1377
1376
1375
1374
1373
1372
1371
1370
1369
1368
1367
1366
1365
1364
1363
1362
1361
1360
1359
1358
1357
1356
1355
1354
1353
1352
1351
1350
1349
1348
1347
1346
1345
1344
1343
1342
1341
1340
1339
1338
1337
1336
1335
1334
1333
1332
1331
1330
1329
1328
1327
1326
1325
1324
1323
1322
1321
1320
1319
1318
1317
1316
1315
1314
1313
1312
1311
1310
1309
1308
1307
1306
1305
1304
1303
1302
1301
1300
1299
1298
1297
1296
1295
1294
1293
1292
1291
1290
1289
1288
1287
1286
1285
1284
1283
1282
1281
1280
1279
1278
1277
1276
1275
1274
1273
1272
1271
1270
1269
1268
1267
1266
1265
1264
1263
1262
1261
1260
1259
1258
1257
1256
1255
1254
1253
1252
1251
1250
1249
1248
1247
1246
1245
1244
1243
1242
1241
1240
1239
1238
1237
1236
1235
1234
1233
1232
1231
1230
1229
1228
1227
1226
1225
1224
1223
1222
1221
1220
1219
1218
1217
1216
1215
1214
1213
1212
1211
1210
1209
1208
1207
1206
1205
1204
1203
1202
1201
1200
1199
1198
1197
1196
1195
1194
1193
1192
1191
1190
1189
1188
1187
1186
1185
1184
1183
1182
1181
1180
1179
1178
1177
1176
1175
1174
1173
1172
1171
1170
1169
1168
1167
1166
1165
1164
1163
1162
1161
1160
1159
1158
1157
1156
1155
1154
1153
1152
1151
1150
1149
1148
1147
1146
1145
1144
1143
1142
1141
1140
1139
1138
1137
1136
1135
1134
1133
1132
1131
1130
1129
1128
1127
1126
1125
1124
1123
1122
1121
1120
1119
1118
1117
1116
1115
1114
1113
1112
1111
1110
1109
1108
1107
1106
1105
1104
1103
1102
1101
1100
1099
1098
1097
1096
1095
1094
1093
1092
1091
1090
1089
1088
1087
1086
1085
1084
1083
1082
1081
1080
1079
1078
1077
1076
1075
1074
1073
1072
1071
1070
1069
1068
1067
1066
1065
1064
1063
1062
1061
1060
1059
1058
1057
1056
1055
1054
1053
1052
1051
1050
1049
1048
1047
1046
1045
1044
1043
1042
1041
1040
1039
1038
1037
1036
1035
1034
1033
1032
1031
1030
1029
1028
1027
1026
1025
1024
1023
1022
1021
1020
1019
1018
1017
1016
1015
1014
1013
1012
1011
1010
1009
1008
1007
1006
1005
1004
1003
1002
1001
1000
999
998
997
996
995
994
993
992
991
990
989
988
987
986
985
984
983
982
981
980
979
978
977
976
975
974
973
972
971
970
969
968
967
966
965
964
963
962
961
960
959
958
957
956
955
954
953
952
951
950
949
948
947
946
945
944
943
942
941
940
939
938
937
936
935
934
933
932
931
930
929
928
927
926
925
924
923
922
921
920
919
918
917
916
915
914
913
912
911
910
909
908
907
906
905
904
903
902
901
900
899
898
897
896
895
894
893
892
891
890
889
888
887
886
885
884
883
882
881
880
879
878
877
876
875
874
873
872
871
870
869
868
867
866
865
864
863
862
861
860
859
858
857
856
855
854
853
852
851
850
849
848
847
846
845
844
843
842
841
840
839
838
837
836
835
834
833
832
831
830
829
828
827
826
825
824
823
822
821
820
819
818
817
816
815
814
813
812
811
810
809
808
807
806
805
804
803
802
801
800
799
798
797
796
795
794
793
792
791
790
789
788
787
786
785
784
783
782
781
780
779
778
777
776
775
774
773
772
771
770
769
768
767
766
765
764
763
762
761
760
759
758
757
756
755
754
753
752
751
750
749
748
747
746
745
744
743
742
741
740
739
738
737
736
735
734
733
732
731
730
729
728
727
726
725
724
723
722
721
720
719
718
717
716
715
714
713
712
711
710
709
708
707
706
705
704
703
702
701
700
699
698
697
696
695
694
693
692
691
690
689
688
687
686
685
684
683
682
681
680
679
678
677
676
675
674
673
672
671
670
669
668
667
666
665
664
663
662
661
660
659
658
657
656
655
654
653
652
651
650
649
648
647
646
645
644
643
642
641
640
639
638
637
636
635
634
633
632
631
630
629
628
627
626
625
624
623
622
621
620
619
618
617
616
615
614
613
612
611
610
609
608
607
606
605
604
603
602
601
600
599
598
597
596
595
594
593
592
591
590
589
588
587
586
585
584
583
582
581
580
579
578
577
576
575
574
573
572
571
570
569
568
567
566
565
564
563
562
561
560
559
558
557
556
555
554
553
552
551
550
549
548
547
546
545
544
543
542
541
540
539
538
537
536
535
534
533
532
531
530
529
528
527
526
525
524
523
522
521
520
519
518
517
516
515
514
513
512
511
510
509
508
507
506
505
504
503
502
501
500
499
498
497
496
495
494
493
492
491
490
489
488
487
486
485
484
483
482
481
480
479
478
477
476
475
474
473
472
471
470
469
468
467
466
465
464
463
462
461
460
459
458
457
456
455
454
453
452
451
450
449
448
447
446
445
444
443
442
441
440
439
438
437
436
435
434
433
432
431
430
429
428
427
426
425
424
423
422
421
420
419
418
417
416
415
414
413
412
411
410
409
408
407
406
405
404
403
402
401
400
399
398
397
396
395
394
393
392
391
390
389
388
387
386
385
384
383
382
381
380
379
378
377
376
375
374
373
372
371
370
369
368
367
366
365
364
363
362
361
360
359
358
357
356
355
354
353
352
351
350
349
348
347
346
345
344
343
342
341
340
339
338
337
336
335
334
333
332
331
330
329
328
327
326
325
324
323
322
321
320
319
318
317
316
315
314
313
312
311
310
309
308
307
306
305
304
303
302
301
300
299
298
297
296
295
294
293
292
291
290
289
288
287
286
285
284
283
282
281
280
279
278
277
276
275
274
273
272
271
270
269
268
267
266
265
264
263
262
261
260
259
258
257
256
255
254
253
252
251
250
249
248
247
246
245
244
243
242
241
240
239
238
237
236
235
234
233
232
231
230
229
228
227
226
225
224
223
222
221
220
219
218
217
216
215
214
213
212
211
210
209
208
207
206
205
204
203
202
201
200
199
198
197
196
195
194
193
192
191
190
189
188
187
186
185
184
183
182
181
180
179
178
177
176
175
174
173
172
171
170
169
168
167
166
165
164
163
162
161
160
159
158
157
156
155
154
153
152
151
150
149
148
147
146
145
144
143
142
141
140
139
138
137
136
135
134
133
132
131
130
129
128
127
126
125
124
123
122
121
120
119
118
117
116
115
114
113
112
111
110
109
108
107
106
105
104
103
102
101
100
99
98
97
96
95
94
93
92
91
90
89
88
87
86
85
84
83
82
81
80
79
78
77
76
75
74
73
72
71
70
69
68
67
66
65
64
63
62
61
60
59
58
57
56
55
54
53
52
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous pensons qu'au terme de cette étude sur la région de Névache, les principales phases de notre travail se dessinent plus nettement, de même que le rôle qu'il peut jouer dans l'élaboration d'un schéma d'aménagement régional.

La démarche a consisté d'abord en une analyse serrée des conditions naturelles pour en tirer une interprétation permettant de déboucher sur des propositions concrètes.

Pour y parvenir, nous avons dû rassembler un certain nombre de données (observations et enquêtes sur le terrain, bibliographie et photo-interprétation). Cette collecte a exigé un temps relativement considérable, aussi bien sur le terrain (deux campagnes d'été) qu'en laboratoire, principalement à cause de la grande superficie de la région ($\cong 300 \text{ km}^2$). D'autre part, la répartition des tâches entre deux étudiants ne pouvait pas être décidée arbitrairement en fonction des données géographiques (Vallée Étroite - vallée de la Clarée) ou géologiques (roches en place-formations de couverture) car nous devions, l'un et l'autre, connaître de la même façon le milieu naturel régional (première partie) afin de pouvoir regrouper et confronter les divers renseignements analytiques sur le sol et le sous-sol (deuxième partie), pour constituer un document général, le plus complet possible, mettant en lumière les contraintes naturelles qui influenceront un parti d'aménagement.

La méthode utilisée a nécessité la mise au point de cartes de facteurs. La première de toutes étant bien évidemment, dans ce pays au relief contrasté, la carte clinographique, qui précise la raideur des pentes et les classe en un certain nombre de catégories topographiques.

L'exploitation des données géologiques a permis de dresser une carte des formations, plus particulièrement utilisable par des non spécialistes des sciences de la Terre. Dans cette intention nous avons souligné l'importance de la nature lithologique au détriment du découpage stratigraphique et, dès le chapitre 2, adopté la distinction fondamentale entre les roches du substratum et les dépôts meubles du Quaternaire. L'importance et la diversité de ces derniers nous a amenés à développer leur description dans le chapitre 3.

Partant de l'analyse des deux premiers facteurs jointe à celle des processus géomorphodynamiques, nous avons dressé une carte qui correspond à un inventaire relativement complet des risques naturels. Celui-ci permet de conclure qu'en Névachie, la qualité des versants est liée à l'histoire des formations superficielles, à la lithologie et à l'hydrogéologie du substratum ainsi qu'aux conditions climatiques locales.

Il nous faut d'ailleurs constater que, sur ce sujet, il est difficile d'être affirmatif et de quantifier l'intensité de l'érosion ou de l'altération des sols et des roches, et plus encore de cerner un risque d'instabilité en l'absence de tout signe prémonitoire.

Dans un autre domaine, lorsque nous avons cherché à rassembler des données numériques sur les différentes formations, nous avons rencontré des difficultés qu'explique en grande

partie l'absence de moyens techniques. En effet s'il a été concevable de localiser et d'évaluer sommairement les possibilités futures d'alimentation en eau (chapitre 4), nous n'avons pu fournir de valeurs concernant la capacité des nappes souterraines, leur niveau ou leur variation, ce qui aurait nécessité l'installation de piézomètres et des mesures de débit aux émergences. Les mesures hivernales, particulièrement nécessaires vu la nature de l'aménagement projeté, exigeraient en outre la mise en place d'un limnigraphe sur la Clarée au niveau de Névache et de dispositifs permettant d'accéder aux sources même en période d'enneigement.

De même, lorsqu'il s'est agi d'analyser les propriétés des matériaux en place, nous n'avons pas pu procéder à une investigation en profondeur, faites d'essais pénétrométriques et sismiques. En contrepartie, pour définir les caractéristiques physiques des sols (identification géotechnique) nous avons essayé de réunir un échantillonnage suffisamment représentatif quoique peu abondant.

Toutefois on peut admettre qu'à l'échelle du schéma d'application régionale, les données ne soient pas très nombreuses puisqu'il ne s'agit encore que de fournir une appréciation générale sur les qualités et les comportements des formations. De même l'inventaire des gîtes de matériaux n'a été qu'une description succincte des sites de graves propres.

Il est bien certain qu'au stade de la réalisation, des études complémentaires de détail seront nécessaires, aucune généralisation n'étant possible. Par exemple en ce qui concerne les propriétés mécaniques des sols et des roches, les valeurs sont trop ponctuelles pour pouvoir s'appliquer sans précaution à l'échelle lithologique régionale.

L'expression de la synthèse générale est une carte dressée au 1/25 000 qui tente de résoudre en même temps un certain nombre de problèmes. Nous nous en sommes tenus justement aux contraintes naturelles et aux données d'aménagement, avec le souci constant de les traduire en termes d'utilisation et de simplifier la zonation.

La solution idéale aurait consisté à représenter sur une même feuille l'ensemble des facteurs. Cela n'a pas été possible pratiquement parce que la cartographie de chacun d'eux devait être suffisamment détaillée pour rendre compte de leur influence respective. Le document définitif a donc été construit suivant une progression comportant trois étapes principales : d'abord une évaluation sommaire de la qualité des terrains (chapitre 5), puis une esquisse de zonation permettant de délimiter des secteurs homogènes par rapport à l'ensemble des facteurs indépendamment de leur utilisation, enfin la mise au point d'une carte d'aptitude des terrains à l'aménagement (chapitre 8).

Ces documents qui fournissent des renseignements prévisionnels ont une portée régionale. La carte d'aptitude est fondamentale car elle guide le choix des avant-projets en proposant des recommandations qui découlent des diverses contraintes naturelles.

Par le biais de la géologie, nous avons établi les bases géotechniques indispensables à l'étude des projets. C'est pourquoi nous ne pouvons que regretter la négligence avec laquelle les équipes de projeteurs ont pris en compte la partie de notre étude diffusée quelques mois avant la fin du concours. Gageons seulement que le Maître d'Ouvrage viendra combler cette lacune.

En fournissant le présent document géologique, conçu pour servir de référence à un programme d'aménagement, nous avons cherché, au même titre que les géographes et les autres spécialistes du milieu naturel*, à apporter plus de rigueur et de clarté dans un domaine où, par suite de la complexité des facteurs de l'environnement, il convient de prendre des décisions logiques et *coordonnées* en s'appuyant sur des données scientifiques toujours plus nombreuses.

* Certaines études sont déjà en cours : Géographie, agronomie, végétation, hydrogéologie.

ANNEXES

TABLEAU - LOCALISATION DES ÉCHANTILLONS

N° Échantillon	X Km	Y Km	Z m	N° Échantillon	X Km	Y Km	Z m
C 1	942,88	300,27	1395 m	M 1	944,10	300,84	1610 m
C 2	943,12	301,03	1355 m	M 2	943,88	300,85	1600 m
C 3	943,02	302,22	1380 m	M 3	938,66	312,24	2050 m
C 4	942,48	304,15	1405 m	M 4	930,85	313,48	1905 m
C 5	942,37	304,05	1415 m	M 5	932,38	311,69	1837 m
C 6	942,65	302,21	1385 m	M 6	934,74	310,95	1770 m
C 6b	942,61	302,89	1395 m	M 7	935,00	311,00	1750 m
C 7	942,25	304,81	1405 m	M 8	935,15	311,02	1740 m
C 8	941,82	305,53	1420 m	M 9	935,22	315,63	2425 m
C 8b	941,74	305,80	1430 m	M 10	928,23	314,88	2520 m
C 9	941,57	306,17	1425 m	M 11	929,06	314,30	2400 m
XC 10	941,62	306,64	1455 m	M 12	935,32	311,28	1930 m
C 10	941,53	306,70	1445 m	M 12 b	935,32	311,26	1930 m
C 11	940,11	310,58	1540 m	M 13	938,84	310,55	1590 m
C 11b	939,67	310,59	1565 m	E 1	942,58	301,72	1380 m
C 12	936,40	318,19	1810 m	E 2	942,52	304,32	1410 m
C 13	936,71	317,03	1780 m	E 3	941,40	307,55	1450 m
C 14	936,87	317,15	1780 m	E 4m	941,00	308,24	1465 m
C 15	937,48	316,56	1710 m	E 5	940,33	308,80	1462 m
C 16	929,23	315,35	2040 m	E 6	929,42	315,57	2075 m
C 17	931,43	312,32	1875 m	E 7	936,50	317,29	1790 m
C 18	935,18	315,69	2430 m	N 1	928,08	316,62	2350 m
C 19	935,49	318,52	2212 m	N 2	929,06	314,30	2400 m
C 20	937,72	316,41	1690 m	N 3	929,42	313,53	2365 m
C 21	939,25	315,25	1680 m	G 1	931,39	313,56	2125 m
C 22	939,09	310,71	1570 m	G 2	931,47	313,45	2100 m
C 23	933,38	310,85	1560 m	P 1	934,75	316,51	2628 m
C 24	939,18	310,80	1570 m	Fgl 1	928,66	316,86	2140 m
A 1	936,26	318,09	1850 m	Fgl 2	929,20	315,87	2100 m
A 2	936,45	317,41	1790 m	X	934,60	300,85	1520 m
A 3	929,65	315,10	2025 m				
A 4	931,15	312,91	1865 m				
A 5	931,58	312,19	1855 m				
A 6	938,95	310,61	1555 m				
A 1 p	940,42	308,61	1460 m				

CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS (PLUS DE 50 % DES ÉLÉMENTS > 0,08 mm)					
DÉFINITIONS		SYMBOLES	CONDITIONS	APPELLATIONS	
GRAVES	PLUS DE 50 % DES ÉLÉMENTS > 0,08 mm ONT UN DIAMÈTRE DE > 2 mm	MOINS DE 5 % D'ÉLÉMENTS > 0,08 mm	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$	grave propre	
			et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	bien graduée	
		PLUS DE 12 % D'ÉLÉMENTS < 0,08 mm	Gm	Une des conditions de Gb non satisfaite	grave propre mal graduée
			GL	Limite d'Atterberg au-dessous de A	grave limoneuse
	PLUS DE 50 % DES ÉLÉMENTS > 0,08 mm ONT UN DIAMÈTRE < 2 mm	MOINS DE 5 % D'ÉLÉMENTS > 0,08 mm	GA	Limite d'Atterberg au-dessus de A	grave argileuse
			Sb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$	sable propre
		PLUS DE 12 % D'ÉLÉMENTS < 0,08 mm	Sm	Une des conditions de Sb non satisfaite	sable propre mal gradué
			SL	Limite d'Atterberg au-dessous de A	sable limoneux
SA	Limite d'Atterberg au-dessus de A	sable argileux			

Lorsque 5 % < % inférieur à 0,08 mm < 12 % → on utilise un double symbole.

- ABAQUE DE PLASTICITÉ

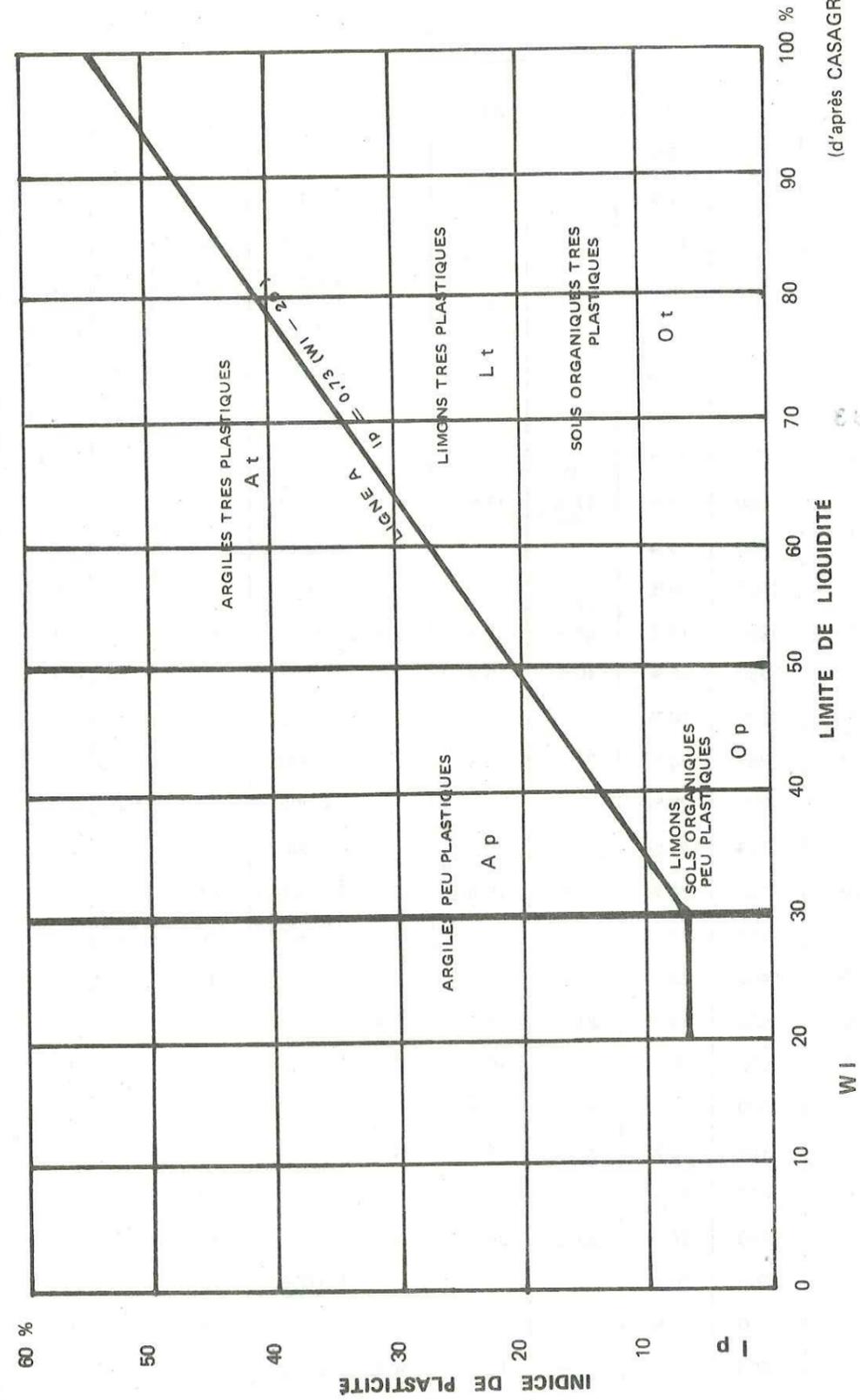
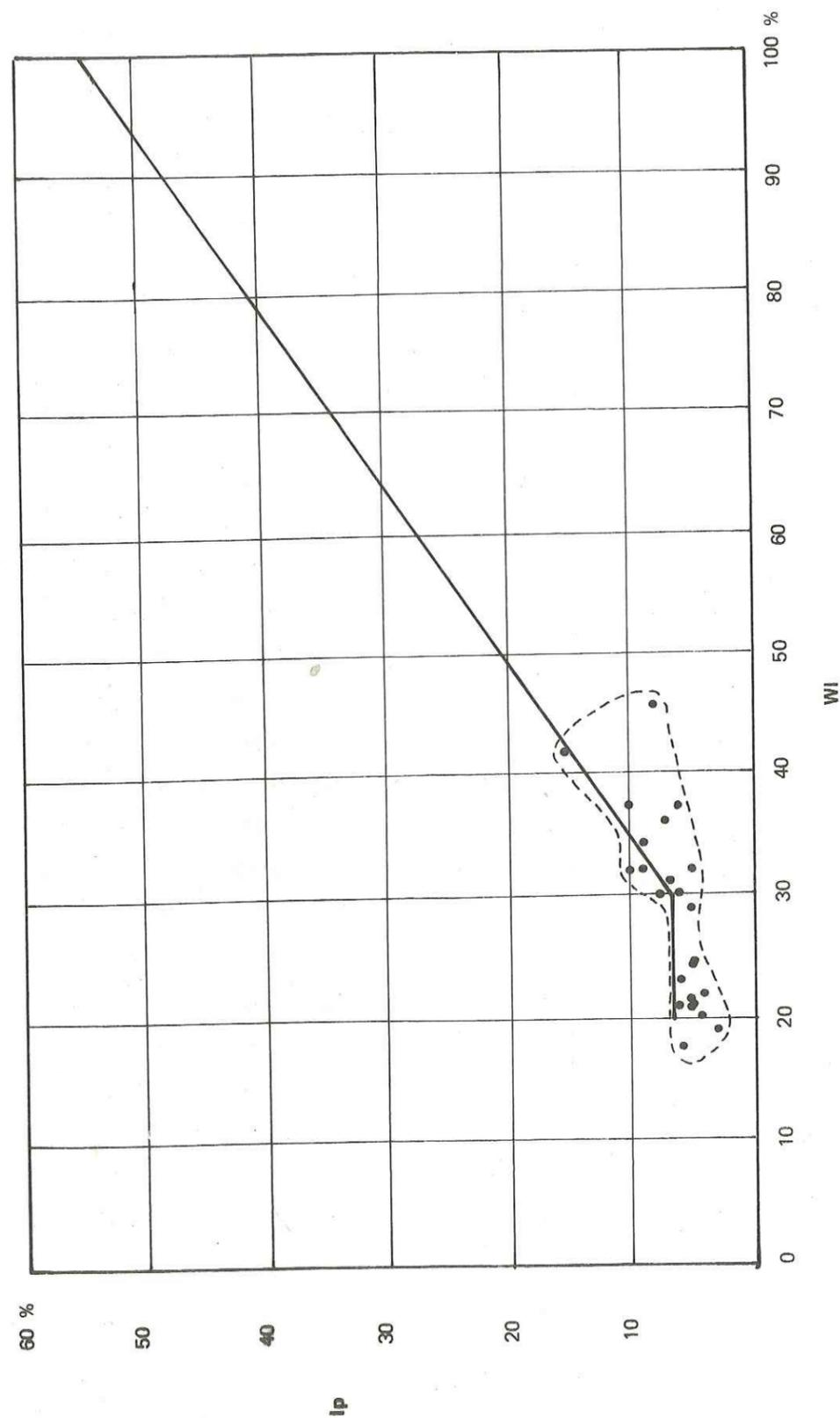


TABLEAU - SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTS ESSAIS

RÉALISÉS AU LABORATOIRE

N° ECHANTILLON	d85/ d15	d60/ d10	FILLER	LIMITES D'ATTERBERG			d10	% > 2 mm	CALCIMÉTRIE	CLASSIFICATION L.C.P.C.	REMARQUES
				W _L	W _P	I _P					
A1	35	45	10 %	32 %	24 %	8 %	0,0002	1	x	SL(Sb-SI)	
A1 p	64	62	8 %				0,08	62	x	GI	
A2	640	900	17 %				0,01	71	x	GI	
A3	83	57	13 %				0,035	40		SI	
A4	93	19	4 %				0,2	50		Gb	
A5	64	3,3	8 %				0,15	12		Sb - SI	
A6	7,7	3,3	3 %				0,15	12	x	Sm(Sp)	
M1	13,3	92	9 %				0,13	82	x	Gb - GI	
M2	190	320	12 %				0,05	58		Gb - GI	
M3	5714	1660	31 %	17 %	11 %	6 %	0,003	49	x	GI	
M4	444	400	15 %				0,025	59		GI	
M5	7142	1233	30 %				0,006	35		SI	
M6	200	1666	17 %	24 %	19 %	5 %	0,006	62		GI	
M7	5000	250	15 %	19 %	16 %	3 %	0,018	52		GI	
M8	125	333	18 %				0,003	25		SI	
M9	2880	857	33 %	31 %	24 %	7 %	0,0035	38		SI	R.X.
M10	3076	2600	20 %				0,005	64	x	GI	R.X.
M11	1664	1164	41 %				0,0003	22	x	SI	
M12	500	1153	24 %	21 %	15 %	6 %	0,0013	27		SI	R.X.
M12 b	1000	214	41 %				0,0014	20	x	SI	
M13	600	400	22 %				0,0035	36		SI	
Xt	531	833	24 %	21 %	16 %	5 %	0,003	43	x	SI	
P1	800	500	19 %	21 %	16 %	5 %	0,003	24	x	SI	
Alt. Sider.	6000	2000	19 %	32 %	22 %	10 %	0,003	56	x	Ga	
X Cargn.	466	125	26 %	20 %	16 %	4 %	0,02	41	x	SI	
C1	800	666	18 %				0,015	69		GI	
C2	1000	250	24 %	29 %	24 %	5 %	0,02	70		GI	
C3	714	1500	20 %				0,006	78		GI	R.X.
C4	270	250	15 %				0,02	75		GI	
C5	280	600	17 %	22 %	18 %	4 %	0,010	54	x	GI	
C6	75	138	10 %				0,18	77,5		Gb - GI	
C6 b	142	100	6 %				0,18	72		Gb - GI	

N° ECHANTILLON	d85/ d15	d60/ d10	FILLER % < 0,08mm	LIMITES D'ATTERBERG			d10	% > 2 mm	Calci- métrie	Classifica- tion L.C.P.C.	REMARQUES
				W _L	W _P	I _P					
C7	192	300	12 %	30 %	24 %	6 %	0,02	69	x	GI	
C8	230	340	11 %				0,05	70		Gb - GI	
C8 b	500	233	95 %				0,0014	1	x		
C9	1625	1000	43 %				0,002	41		SI	
C10	11,6	11,4	21 %				0,03	63		GI	
C11	533	33	25 %	21 %	16 %	5 %	0,012	48	x	SI	
C11 b	600	50	9 %				0,1	60	x	Gb - GI	
C12	812	850	31 %				0,002	35	x	SI	
C13	214	140	11 %	30 %	22 %	8 %	0,05	74	x	Ga	
C14	2800	1000	36 %	34 %	25 %	9 %	0,007	27	x	SI	
C15	75	33	16 %				0,003	27		SI	
C16	187	25	11 %				0,16	50		Gb - GI	
C17	48	5	5 %				0,8	50		Gb	
C18	106	9,4	61 %	42 %	27 %	15 %	0,095	2		Ap (Cl)	Cône du vallon (V.E.) coulée bou- euse.
C19	1785	666	25 %	24 %	19 %	0,5 %	0,004	45	x	SI	
C20	1233	400	20 %				0,01	45		SI	
C21	1864	233	29 %				0,006	35	x	SI	
C22	466	571	19 %	23 %	17 %	6 %	0,007	38	x	SI	
C23	17,5	18	6 %				0,016	28	x	Sb - SI	
C24	428	100	11 %				0,06	58		Gb - GI	
G1	100	20	10 %	36 %	29 %	7 %	0,1	40		SI	
G2	200	80	20 %				0,02	32,5		SI	
N1	500	437	25 %	32 %	27 %	5 %	0,008	47	x	SI	
N2	45	120	8 %				0,25	48	x	Sb - SI	
N3	40	30	9 %				0,1	78	x	Gb - GI	
E1	1500	600	25 %	37 %	27 %	10 %	0,05	45	x	SI	
E2	666	650	21 %				0,01	55	x	GI	
E3 m	437,5	250	16 %				0,03	62,5	x	GI	
E4m	225	143	18 %				0,035	60	x	GI	
E5	5000	571	14 %				0,035	70	x	GI	
E6	22,5	33,3	7 %	38 %	32 %	≠ 6 %	0,15	70		GI (Gb-GI)	
E7	240	122	19 %				0,018	42	x	SI	
Fgl1	140	50	7 %	45 %	37 %	≠ 8 %	0,16	65		GI (Gb-GI)	
Fgl2	307	90	9 %				0,05	50		Gb - GI	
Fgl3	12,3	10	11 %				0,08	8		Sb - SI	
X.c10									x		



LOCALISATION DES SONDAGES ÉLECTRIQUES

N° Sondage	X Km	Y Km	Z m	N° Sondage	X Km	Y Km	Z m
S. 0	934,26	310,76	1742 m	S. 15	940,75	309,77	1480 m
S. 3	931,50	312,38	1860 m	S. 16	938,24	310,73	1583 m
S. 4 - S. 5	931,40	312,38	1863 m	S. 17	937,22	310,74	1586 m
S. 6	942,63	301,21	1367 m	S. 18	935,42	310,65	1630 m
S. 7	939,44	310,80	1552 m	S. 19	936,36	310,88	1595 m
S. 8	938,51	310,62	1585 m	S. 20	941,52	307,02	1433 m
S. 9	936,36	310,78	1368 m	S. 21	932,35	311,69	1827 m
S. 10	942,78	301,88	1368 m	S. 22	932,85	311,34	1825 m
S.11 - S.12	941,39	307,80	1432 m	S. 23	934,48	310,86	1755 m
S.13 - S.14	941,23	308,18	1460 m				

LOCALISATION DES TRAINÉS ÉLECTRIQUES

Le traîné électrique adoptant le dispositif WENNER avec $MN = AB/3 = 5$ m. a été réalisé suivant une maille extrêmement variable, allant de 15 à 50 m. Il est délicat de reporter la totalité des points de mesure réalisés, sans l'aide d'un plan rapporteur à une échelle suffisante (1/5000 à 1/1000). Nous nous bornerons donc à localiser les secteurs recouverts par ce maillage, qui représentent chacun, des entités morphologiques facilement repérables.

Rappelons que la totalité des mesures ont été collectées, et se trouvent dans le dossier technique déposé à l'Institut Dolomieu.

Les différents secteurs étudiés ont été :

- La plaine alluviale du Rosier : rive droite de la Clarée, en amont des Alberts, en aval du Rosier : rive gauche de la route.
- La plaine alluviale sous le bois de Pécé, entre Plampinet et Val-des-Prés ; rive gauche de la Clarée.
- La plaine alluviale en aval du "verrou" de Plampinet, rive gauche ; immédiatement en aval du torrent des Acles.

- La plaine alluviale en amont de Plampinet sous le cône du Creuzet ; rive droite de la Clarée, rive gauche de la route (cimetiére).
- La plaine alluviale sous le cône du Robion ; rive gauche de la Clarée, rive droite de la route, sous le Guiter.
- La terrasse sous le cône du Robion, rive gauche de la Clarée, rive droite de la route ; face au Bois Noir.
- La terrasse en aval du verrou de Lacou, rive gauche de la Clarée.
- Le replat en amont du verrou de Lacou, sous les chalets de Basse-Gardiole, rive gauche de la Clarée.
- Le versant de Lacou, rive gauche de la Clarée, jusqu'au niveau de la route.
- Le replat de Fontcouverte, rive droite de la Clarée, en amont du pont.

INSTITUT DOLOMIEU — LABORATOIRE DE GEOLOGIE APPLIQUEE
 INTERPRETATION DE SONDAGE ELECTRIQUE (résistivités)

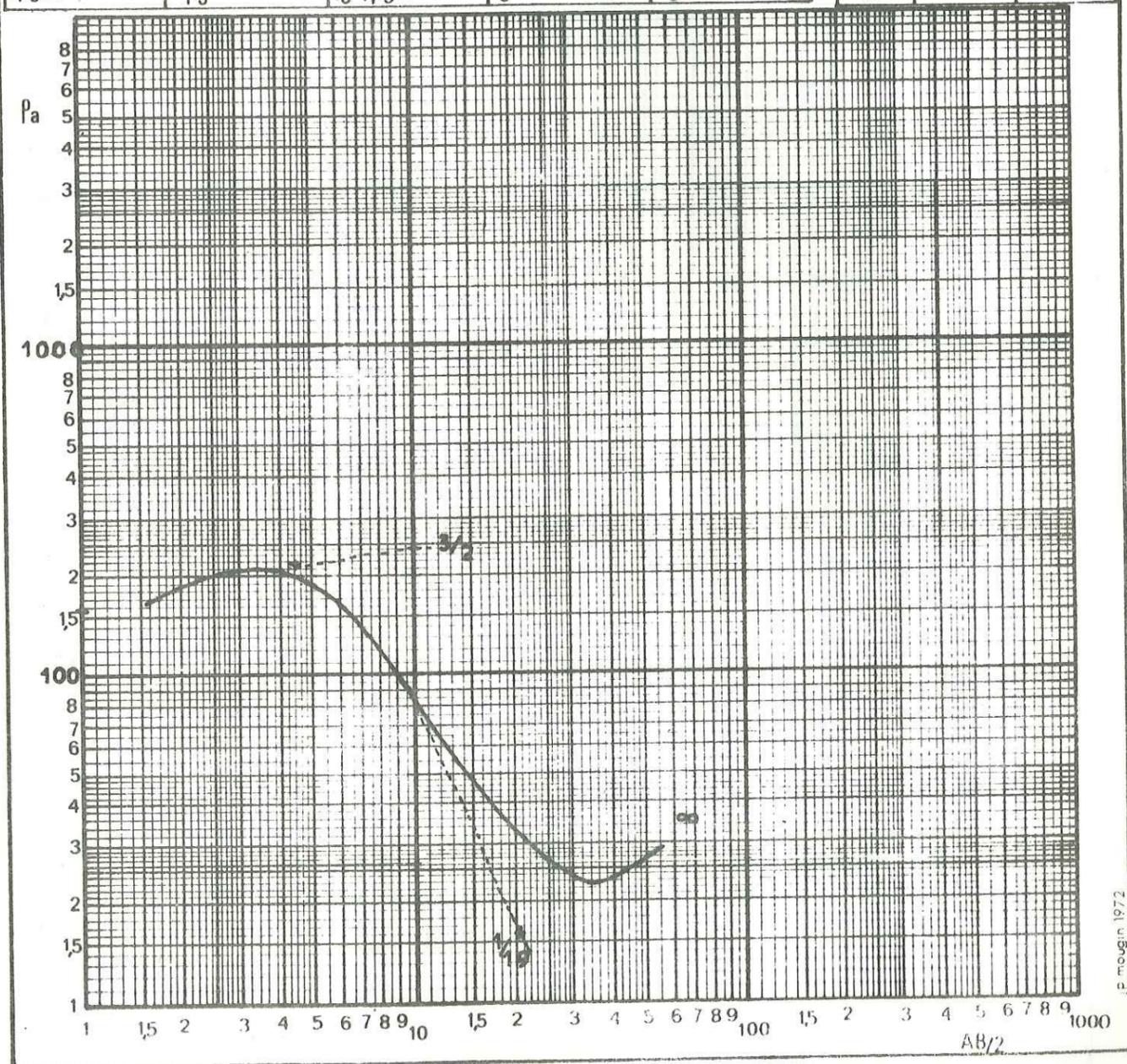
lieu: LA VACHETTE numéro: S6 date: 10.1975
 calque pour abaquages Schlumberger module 55,2 mm

interprétation:

$\rho_1 = 160$	$h_1 = 1 \text{ m}$	$\rho_2:\rho_1 = 3/2$	$\rho_2 = 240$	
$\rho_{1-2} = 210$	$h_{1-2} = 4,4 \text{ m}$	$\rho_3:\rho_{1-2} = 1/19$	$\rho_3 = 11$	$h_2 = 3 \text{ m}$
$\rho_{1-3} =$	$h_{1-3} =$	$\rho_4:\rho_{1-3} =$	$\rho_4 =$	$h_3 =$
$\rho_{1-4} =$	$h_{1-4} =$	$\rho_5:\rho_{1-4} =$	$\rho_5 =$	$h_4 =$
$\rho_{1-5} =$	$h_{1-5} =$	$\rho_6:\rho_{1-5} =$	$\rho_6 =$	$h_5 =$

résultats:

terrains	$\rho (\Omega \cdot \text{m})$	h (m)
①	160	1
②	240	3
③	11	13
④	∞	
⑤		
⑥		



p. mougin 1972

lieu: PLAMPINET numéro: S 15 date: 10 . 1975

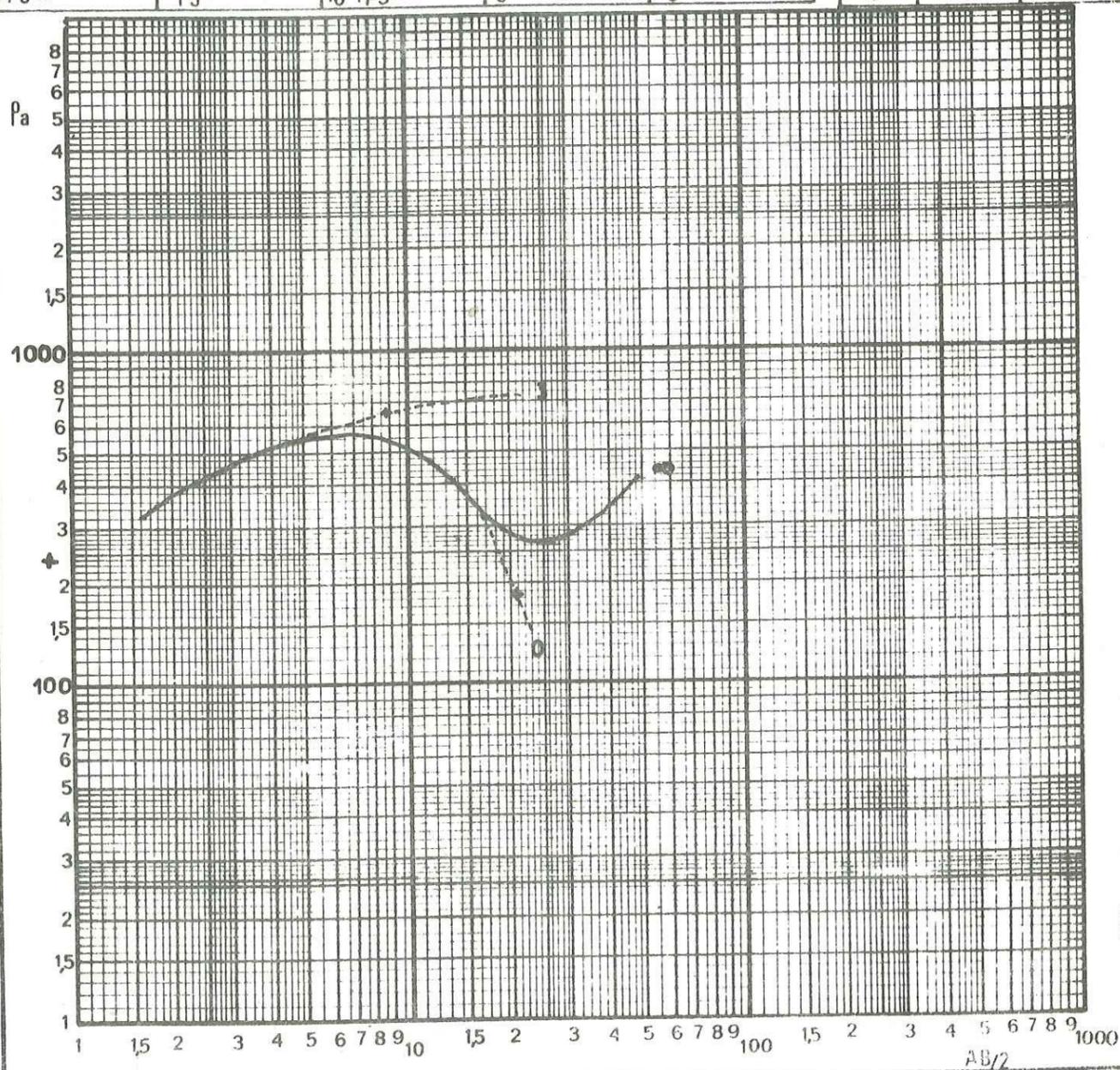
calque pour abaques Schlumberger module 55,2 mm

interprétation:

$\rho_1 = 250$	$h_1 = 1 \text{ m}$	$\rho_2 : \rho_1 = 3$	$\rho_2 = 750$	
$\rho_{1-2} = 650$	$h_{1-2} = 9 \text{ m}$	$\rho_3 : \rho_{1-2} = 0$	$\rho_3 = 0$	$h_2 = 6,5 \text{ m}$
$\rho_{1-3} = 170$	$h_{1-3} = 21 \text{ m}$	$\rho_4 : \rho_{1-3} = \infty$	$\rho_4 = \infty$	$h_3 = 12 \text{ m}$
$\rho_{1-4} =$	$h_{1-4} =$	$\rho_5 : \rho_{1-4} =$	$\rho_5 =$	$h_4 =$
$\rho_{1-5} =$	$h_{1-5} =$	$\rho_6 : \rho_{1-5} =$	$\rho_6 =$	$h_5 =$

résultats:

terrains	$\rho (\Omega \text{ m})$	h (m)
①	250	1
②	750	6,5
③	0	12
④	∞	
⑤		
⑥		



1/ BIBLIOGRAPHIE

Liste des abréviations utilisées

- A.I.G.I. : Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur
- B.L.L.P.C. : Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées (anciennement B.L.R.P.C.)
- B.R.G.M. : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- C.E.T.E. : Centre d'Études Techniques de l'Équipement
- C.R.A.S. : Comptes rendus de l'Académie des Sciences
- D.A.F.U. : Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme
- L.C.P.C. : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
- S.A.M. : Salon international de l'Aménagement de la Montagne
- S.G.N. : Service géologique national
- S.S.S.C. : Symposium national 1973 (Cannes) : Sol et Sous-sol et Sécurité des Constructions
- T.L.G.G. : Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble

ANTOINE P., BALESTRA G., COUTURIER B., LETOURNEUR J. (1974). Caractères spécifiques des régions de montagne au regard de l'aménagement. *C.R. 2^e congrès A.I.G.I.*, São-Paulo. III, 16.

ANTOINE P., BIAREZ J., DESVAREUX P., MOUGIN J.-P. (1971). Les problèmes posés par la stabilité des pentes dans les régions montagneuses. *T.L.G.G.*, 47, p. 5-24.

ANTOINE P., CASTRO P. (1974). Essai d'un modèle simplifié de cartographie géotechnique. *C.R. 2^o congrès A.I.G.I.*, São-Paulo. III, 17.

ANTOINE P., LETOURNEUR J. (1973). Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques. Leur utilité pour l'aménagement de la montagne. *Rev. de Géogr. alp.*, LXI, n° 2, p. 231 - 245.

ARNOULD M. (1969). Aspects géologiques des problèmes d'urbanisme (géologie urbaine) *Ann. Ponts et Chaussées*, n° 5, p. 1-8.

- ASTIER J.-L. (1971). Géophysique appliquée à l'hydrogéologie. Masson, Paris, 277 p.
- BARBIER R. (1948). Les zones ultra-dauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère. *Mém. Serv. Carte géol. France*, 258 p, 62 fig., 7 pl.
- BARBIER et al. (1961). Problèmes paléogéographiques et structuraux dans la zone interne des Alpes occidentales entre Savoie et Méditerranée. Livre à la mémoire du professeur P. Fallot, t. II, P. 331-377. Société géologique de France.
- BARBIER R. (1970). Le rôle de la géologie dans l'urbanisme de montagne. *Urbanisme*, n° 116, p. 26-29.
- BARBIER R. (1974). Le symposium national "Sol et Sous-sol et sécurité des constructions" (Cannes, 1973). *Rev. Géog. alp.*, LXII, p. 395-402.
- BARBIER R. (1974). La géologie au service des grands travaux. Centenaire de la Société géologique de Belgique, Colloque Géologie de l'Ingénieur, Liège, 77-111.
- BARFETY J.-C. (1965). Étude géologique des environs de Monétier-les-Bains (Htes Alpes), zone subbriançonnaise et briançonnaise. Thèse 3^e cycle, Grenoble, 92 p.
- BARFETY J.-C., GIDON M., KERCKHOVE C. (1968). Sur l'importance des failles longitudinales dans le secteur durancien des Alpes internes françaises. *C.R.A.S.*, t. 267, série D, p. 394-397.
- BARFETY J.-C., GIDON M., LEMOINE M. (1970). Observations nouvelles et hypothèses sur le Trias sup. de la zone briançonnaise près de Briançon (Htes Alpes). *C.R.A.S.*, t. 270, série D, p. 2900-2902.
- BARFETY J.-C. (1972). Les variations du Trias médio-supérieur dolomitique et leur répartition dans la zone briançonnaise entre la Vallée Étroite et le Guil (Htes Alpes). *C.R.A.S.*, t. 274, série D, p. 636.
- BARFETY J.-C., GIDON M. (1975). La place des failles longitudinales dans la structure du Briançonnais oriental (Alpes occidentales). *C.R.A.S.*, t. 281, série D, p. 16677-1680.
- BENEVENT E. (1926). Le climat des Alpes françaises. Mémorial de l'Office national météorologique de France (Paris, E. Chiron, éd.), n° 14, 435 p., 80 fig., 8 pl. hors texte.
- BERTRAND Y. (1967). La prospection électrique appliquée aux problèmes des ponts et chaussées. *B.L.R.P.C.*, n° spéc., 165 p.

- BLANCHARD R. (1950). Les Alpes Occidentales. T.V. : Les Grandes Alpes françaises du Sud. Arthaud, Grenoble.
- BLANCHARD R. (1952). Les Alpes Occidentales. T. VI : Le Versant piémontais. Arthaud. Grenoble.
- BOGOMOLOV G. (1962). Hydrogéologie et notions de géologie de l'ingénieur. Ed. de la Paix, Moscou, 278 p., 134 fig.
- BUREAU D'ÉTUDES GÉOTECHNIQUES (1972). Recherche d'eau souterraine dans la vallée de la Clarée. Rapport n° 72-88.
- CABY R. (1964). Étude géologique du bord interne de la zone briançonnaise et de la bordure des schistes lustrés entre Modane et la Vallée Étroite. *T.L.G.G.*, n° 40, p. 131-186.
- CAILLEUX A., TRICART J., (1967). Traité de géomorphologie. T. II : Le Modelé des régions périglaciaires (par TRICART J.). Société d'Ed. d'Enseignement Supérieur. Paris.
- CASTRO R. (1971). Essai d'interprétation géotechnique de la région de Serres (Htes Alpes). Thèse 3^e cycle, Grenoble, 215 p.
- C.E.T.E. d'Aix-en-Provence (1975). Protection de la nappe profonde de la vallée de la Clarée. Dossier n° 75-6-187-40.
- CHAMLEY H., PORTIER J. (1974). Minéraux argileux des roches, sols et sédiments fluviaux dans le bassin versant de l'Ubaye (Alpes de Hte-Provence). *Bull. du groupe français des Argiles*, T. XXVI, fasc. 1, p. 127-138.
- CHAMPETIER de RIBES G., HUMBERT M. (1974). Travaux préliminaires à la mise en place en France d'un plan d'étude et de cartographie des risques liés aux mouvements de terrain. *C.R. 2^e congrès A.I.G.I.*, São-Paulo, III-15.
- CHAZAN W. (1974). Le plan Zermos. Prévision des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol et prévention de leurs effets. *Ann. Mines*, p. 37-46.
- COUTURIER B. (1974). Contribution à l'étude géologique et géotechnique du bas Grésivaudan. Thèse 3^e cycle, Grenoble, 174 p.
- DEBELMAS J. et coll. (1970). Alpes (Savoie et Dauphiné). Collection des guides géologiques régionaux. Masson, Paris, 213 p.
- DEBELMAS J. (1974). in *Géologie de la France*, t. II : Les chaînes plissées du cycle alpin et leur avant pays. Doin, ed. Paris. p. 387-442.
- DERRUAU M. (1967). Précis de géomorphologie. Masson, Paris, 5^e éd. ; 416 p.

- DREYFUSS M., MARTIN J. (1968). Remarques sur les cartes géotechniques. *Sols-Soils*, VI, n° 20, p. 41-45.
- FEYS R. (1963). Étude géologique du Carbonifère briançonnais (Htes-Alpes). *Mémoires du B.R.G.M.* n° 6, 389 p., 3 cartes.
- GARCZYNSKY F. (1973). Rôle spécifique des services du Ministère de l'Agriculture pour la cartographie à moyenne échelle des risques naturels (hormis les avalanches) en haute montagne. *C.R. Symp. nati. S.S.S.C.*, Cannes p. 140-147.
- GAZEL J., PETER A. (1969). Essais de cartographie géotechnique. *Ann. des Mines*, p. 47-60.
- GIGNOUX M., MORET L. (1938). Description géologique du bassin supérieur de la Durance. Grenoble, Allier ed., 295 p. IX pl.
- GOGUEL J. (1942). Sur les caractères de l'érosion souterraine dans les gypses. *C.R. Société géol. France*, p. 139-140.
- GOGUEL J., HUMBERT M. (1972). Carte des risques géologiques pour la commune de Peisey-Nancroix (Savoie) au 1/20 000. Essai méthodologique. Ed. B.R.G.M., Orléans.
- GUI TER P. (1974). Concours international d'aménagement en montagne. La Névachie. Ed. S.A.M., Grenoble, 85 p.
- GUI TER P. (1975). Climatologie comparée de quelques vallées alpines et pyrénéennes. *Rev. Géog. alp.*, t. LXIII, n° 3, p. 379.
- GWINNER M.P. (1971). Geologie der Alpen. Stratigraphie, Paleogeographie, Tektonik. Stuttgart. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 477 p.
- HERAUD H., BAGARRE E. (1973). Étude géotechnique préliminaire d'une station de sports d'hiver. *B.L.L.P.C.*, n° 65, p. 23-28.
- HUMBERT M. (1970). Aptitudes des terrains au développement urbain et industriel. *C.R. 1^{er} Congrès A.I.G.I.*, Paris, p. 952-959.
- HUMBERT M. (1972). Les mouvements de terrain. Principes de réalisation d'une carte prévisionnelle dans les Alpes. *Bull. B.R.G.M.*, (2), III, n° 1, p. 13-28.
- HUMBERT M. (1972). Carte géotechnique Clermont-Ferrand (1/50 000) et notice. Aptitude des terrains à l'aménagement régional. Ed. B.R.G.M. et de la D.A.F.U.
- HUMBERT M. (1975). Établissement des cartes de localisation probable des zones exposées à des mouvements du sol (cartographie Z.E.R.M.O.S.) Ed. B.R.G.M., Département géologie de l'aménagement, géotechnique. Rapport 75 SGN 127 AME.
- HUMBERT M., PACHOUD A. (1970). Carte prévisionnelle de stabilité des terrains du Val Thorens (Savoie), au 1/20 000. Essai méthodologique. Ed. B.R.G.M., Orléans.
- LABO. RÉGIONAL DES PONTS ET CHAUSSÉES DE LYON (1974). Cartes Zermos (notices et cartes), St-Martin-de-Belleville (Savoie). 2 cartes au 1/10 000.
- LEMOINE M. (1950). Le Jurassique supérieur et le Crétacé près de Névache (Htes-Alpes). *C.R.A.S.*, t. 230, série D, p. 1679.
- LEMOINE M. (1952). Le décollement de la couverture briançonnaise et ses conséquences. *C.R.A.S.*, t. 234, série D, p. 1196-1197.
- LEMOINE M. (1952). Le Paléozoïque supérieur de la haute vallée de Névache. *C.R.A.S.*, t. 234, série D, p. 2468-2470.
- LETOURNEUR J. (1942). Observations sur le massif de la Tête Noire entre Monétier-les-Bains et Névache. *C.R. Société géol. France*, p. 138-139.
- LETOURNEUR J. (1966). Les mouvements du sol. Examen des facteurs géologiques de l'intabilité superficielle. *Travaux Labo. géol. École Mines St-Étienne*, n°1, 70 p.
- LETOURNEUR J., MICHEL R. (1971). Géologie du Génie civil. A. Colin, Paris, 728 p.
- LLIBOUTRY L. (1965). Traité de Glaciologie. Vol. 2 : Glaciers, Variations du climat, Sols gelés. Masson, Paris. p. 429-1040. 20 pl., 4 dépl.
- MAIO N., MOTTI G.P. (1974). La Vallée Étroite. *La Montagne*, revue du C.A.F., n° 2, p. 28-29.
- MALATRAIT A.M. (1975). Analyse et classement des mouvements gravitaires. Feuille St-Jean-de-Maurienne à 1/50 000. Thèse 3^e cycle, Grenoble, 219 p.
- MARGALHAN-FERRAT H. (1975). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique, et géotechnique de la cluse de l'Isère. Thèse 3^e cycle, Grenoble, 123 p.
- MIGAYROU J. (1966). Contribution à l'étude géologique et géotechnique du sous-sol montpelliérain. Thèse 3^e cycle, Besançon, 132 p.
- MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU LOGEMENT, D.A.F.U. (1971). Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme. 15 p.

- MONEK G. (1964). Contribution à l'étude des corrélations existant entre les caractères géologiques et géotechniques d'une formation meuble. Thèse 3^e cycle, Besançon.
- MONJUVENT G. (1974). Considération sur le relief glaciaire à propos des Alpes du Dauphiné. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyna.*, (2), vol. XVI, fasc. 5, p. 465-502.
- PEGUY C.P. (1947). Haute Durance et Ubaye. Esquisse de la zone intra-alpine des Alpes françaises du Sud. Thèse Grenoble, ed. Arthaud, in 8^o, 314 p., 74 fig., 21 pl.
- OMER M. (1969). Étude géologique et géotechnique des formations superficielles des environs de Besançon. Thèse 3^e cycle, Besançon.
- PETER A. (1966). Essai de carte géotechnique. *Sols-Soils*, t. V, n^o 16, p. 13-30.
- PRIMEL A. (1969). Recherche sur l'évolution des propriétés des matériaux alluvionnaires dans un bassin et mise en évidence de quelques caractéristiques générales. *Rapport de recherche n^o 1*, L.C.P.C., 83 p.
- ROSTOLLAND H. (1930). Névache et la vallée de la haute Clarée briançonnaise (avec une étude géologique de L. Moret). Ed. Jean, Gap. 318 p.
- SANEJOUAND R. (1972). La cartographie géotechnique en France. Ministère de l'Équipement et du Logement. (D.A.F.U.), 95 p.
- SOPENA S.R. (1973). La géotechnique et les documents d'urbanisme. *C.R. Sympo. nat. S.S.S.C.*, Cannes, p. 307-317.
- SYMPOSIUM NATIONAL SOL ET SOUS-SOL ET SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS, CANNES (1973). Ed. B.R.G.M., Orléans, t. 2, 194 p.
- TACKER Y. (1973). Méthodes utilisées dans le département de l'Isère pour la délimitation des zones exposées à des risques naturels. *C.R. Symp. nat. S.S.S.C.*, Cannes, p. 384-388.
- TANE J.L. (1974). Le schéma d'intention des maires. Note rédigée pour les candidats au concours international de l'aménagement de la vallée de Névache (Htes Alpes). S.A.M., Grenoble, 8 p., 1 carte. 1/50 000 hors texte.
- TISSOT B. (1955). Étude géologique des massifs du Grand Galibier et des Cerces. *T.L.G.C.*, n^o 32, p. 111-193.
- VACHER J.P. (1971). Contribution à l'étude hydrologique du bassin versant de l'Isère. Thèse 3^e cycle, Bordeaux, 2 volumes de 101 p.

VERDEYEN O., ROISIN V., NUYENS J. (1968). La mécanique des sols. Dunod, Paris, 508 p.

ZARUBA O., SIMEK J. (1970). Post glacial landslide reactivated by excavation of railway cutting. *C.R. 1er congrès A.I.G.I.*, Paris, p. 74-80.

2/ AUTRES DOCUMENTS UTILISÉS

Carte géologique au 1/80 000 BRIANÇON - 2e éd. 1938

Carte I.G.N. au 1/50 000 BRIANÇON et NÉVACHE

Carte I.G.N. au 1/25 000 NÉVACHE 1-2

NÉVACHE 3-4

NÉVACHE 5-6

Plan directeur au 1/20 000 NÉVACHE 5 et NÉVACHE 6

Carte au 1/10 000 par agrandissement du 1/20 000

Stéréo-minutes de l'IGN tirés à partir de photo restitution au 1/10 000 recouvrant la totalité du territoire de la commune de Névache.

Photographies aériennes, mission 1971 : recouvrant la totalité de la carte de Névache à 1/50 000

Carte de localisation des avalanches (réalisée par le C.T.G.R.E.F.) 1/20 000 Névache - Montgenèvre - visible à la mairie de Névache

Domaine R.T.M. aux eaux et forêts

Données climatiques au centre météorologique d'EMBRUN

Différents documents aux archives départementales de Gap (concernant l'historique de la vallée).

LISTE DES FIGURES

- 1. Courbe démographique de la commune de Névache
- 2. Schéma orohydrographique
- 3. Carte d'isohyètes
- 4. Diminution de la température moyenne annuelle avec l'altitude
- 5. Variation annuelle des hauteurs du manteau neigeux
- 6. Augmentation des précipitations avec l'altitude
- 7. Pentes des torrents de la Clarée et de Vallée Étroite
- 8. Courbes des débits moyens mensuels
- 9. Hypothèses de capture
- 10. Situation géologique
- 11. Carte géologique interprétative de la zone houillère
- 12. Stratigraphie du Permo-Carbonifère briançonnais
- 13. Coupe du Permo-Carbonifère au Nord de Névache
- 14. Coupe synthétique et interprétation du mésozoïque briançonnais
- 15. Coupe synthétique du synclinal des Cerces
- 16. Structure chevauchante en Vallée Étroite
- 17. Écaillage des séries mésozoïques suivant des fractures longitudinales
- 18. Schéma de la morphologie glaciaire de la Névachie
- 19. Profil transversal de l'auge glaciaire de la haute vallée de la Clarée
- 20. Profil transversal de l'auge principale dans la basse vallée de la Clarée
- 21. Profil transversal de l'auge de la Vallée Étroite
- 22. Schéma de la morphologie glaciaire dans le vallon des Muandes
- 23. Profils longitudinaux du vallon suspendu des Muandes
- 24. Gradin de confluence des Thuers
- 25. Profils longitudinaux des principaux cols
- 26. Alimentation des nappes et leurs rapports entre elles
- 27. Glissement ancien de versant houiller
- 28. Glissements dans les terrains meubles

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	
Remerciements	
Sommaire	
Introduction	
Première partie	11
Chapitre 1 : Le milieu naturel	13
A. Situation géographique	15
B. Données climatiques	16
1 ^o / Analyse des températures	16
2 ^o / Analyse des précipitations	18
3 ^o / Les vents	24
4 ^o / Conclusion	24
C. Données hydrologiques	25
1 ^o / Les débits	26
2 ^o / Le régime	27
D. Caractéristiques du réseau hydrographique	28
1 ^o / Cours d'eau principaux	28
2 ^o / Analyse morphologique	28
Chapitre 2 : La géologie du substratum	31
Situation géologique	33
A. Le Permo-Carbonifère	35
1 ^o / Le paysage	35
2 ^o / La série stratigraphique	37
3 ^o / Les anciennes mines	38
B. Le Secondaire	39
1 ^o / Généralités	39
2 ^o / Le Trias	41
3 ^o / Le Jurassique	42
4 ^o / Le Crétacé	43
C. Synthèse structurale	44
1 ^o / Moteur d'ensemble	44
2 ^o / Réactions spécifiques	45
Chapitre 3 : La géologie du quaternaire	47
A. Morphologie glaciaire	50
1 ^o / La morphologie des axes principaux	50
2 ^o / La morphologie latérale	53
3 ^o / Les transfluences	57
B. Accumulations glaciaires	60

C. Accumulations post-glaciaires	63
1 ^o / Le domaine périglaciaire	63
2 ^o / La gélifraction	64
3 ^o / Les éboulis	64
4 ^o / Les formes d'accumulation liées aux actions torrentielles	65
Chapitre 4 : Les données hydrogéologiques	69
Présentation	70
A. Caractères hydrogéologiques des diverses formations	71
1 ^o / Les roches imperméables	71
2 ^o / Les roches perméables en petit	71
3 ^o / Les roches perméables en grand	75
B. Esquisse d'un bilan hydrogéologique	76
1 ^o / Remarques concernant l'alimentation actuelle	76
2 ^o / Principe du bilan hydrogéologique	76
C. Hypothèses sur la Vallée Étroite	79
D. Conclusion	80
Deuxième partie	81
Présentation	82
Chapitre 5 : Les données géologiques et morphologiques	83
A. Carte lithostratigraphique	85
1 ^o / Les affleurements rocheux	85
2 ^o / Les terrains de couverture	86
B. Carte clinographique	88
C. Appréciation sommaire de la qualité des terrains	89
Chapitre 6 : Les risques naturels	93
Introduction	94
A. Les mouvements de versant	95
1 ^o / Glissements anciens intéressant le substratum rocheux	95
2 ^o / Glissements anciens dans les terrains de couverture ..	96
3 ^o / Glissements pelliculaires : solifluxion	97
4 ^o / Les risques de glissement	97
B. Les chutes de pierres, éboulements, écroulements	99
1 ^o / Les roches en place	99
2 ^o / Les roches meubles	99
3 ^o / La trajectoire et les formes d'accumulations	100
4 ^o / La prise en considération des risques	100

5 ^o / Représentation du risque	101
6 ^o / Prévention et surveillance	101
C. Les risques d'affaissement et d'effondrement	102
D. Érosion et alluvionnement par les eaux courantes	102
1 ^o / Ravinement	102
2 ^o / Les laves torrentielles	103
3 ^o / Les inondations	103
4 ^o / La domestication des eaux courantes	104
E. Les avalanches	105
F. La sismicité	105
G. Discussion	107
Chapitre 7 : Analyse géotechnique des matériaux	109
Présentation	110
A. Identification et classification des sols	111
1 ^o / Essais d'identification	111
2 ^o / La classification LCPC et ses applications	114
B. Propriétés géotechniques des terrains de couverture	117
1 ^o / Le matériel alluvial	117
2 ^o / Le matériel torrentiel	119
3 ^o / Le matériel glaciaire	121
4 ^o / Les éboulis	123
Conclusion	126
C. Prospection géophysique	127
D. Exploitation des matériaux	130
Chapitre 8 : Aptitude à l'aménagement	133
Introduction	135
A. Zonation des terrains	135
B. La carte d'aptitude	137
1 ^o / Les types d'aménagement	137
2 ^o / Définition des coefficients d'aménagement	138
3 ^o / Validité des coefficients d'aménagement	139
C. Prise en compte des données naturelles par les projets du concours	140
1 ^o / Les équipements immobiliers	141
2 ^o / Les équipements de service	142
3 ^o / Les équipements sportifs	143
Conclusion générale	151
Annexes	155
Bibliographie et documents divers	167
Liste des figures	174
Table des matières	175

Vu

Grenoble, le

Le Président de la thèse

R. BARBIER

Vu, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale

G. CAU