

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE
ET MEDICALE DE GRENOBLE

~~T P 5955~~
R. MICHEL

T GRE
1977
LEG

MOUVEMENTS DE TERRAIN ET EVOLUTION RECENTE
DU RELIEF DANS LA REGION DE BARCELONNETTE
(Alpes de Haute Provence)

André LEGIER



Thèse présentée pour obtenir le
grade de Docteur de Spécialité
Spécialité : Géologie Appliquée



Soutenue le Juillet 1977 devant la comission d'examen

Président	R BARBIER	Professeur USMG
Examineurs	J LE TOURNEUR	Professeur ENSM S ^t Etienne
	R MICHEL	Professeur USMG
	P ANTOINE	Maitre Assistant USMG
	C KERCKHOVE	Maitre Assistant USMG

AVANT - PROPOS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont permis de le réaliser.

Monsieur le Professeur R. BARBIER qui me fait l'honneur de présider mon jury.

Monsieur le Professeur J. LETOURNEUR qui, tout au long de cette dernière année, n'a cessé de me prodiguer conseils et critiques aussi bien sur le terrain que sur chaque page de ce travail.

Monsieur le Professeur R. MICHEL qui a bien voulu faire partie du jury.

Monsieur P. ANTOINE, pour ses critiques avisées et Monsieur C. KERCKHOVE qui a guidé mes premiers pas en Ubaye.

Je ne saurais oublier Maryse qui m'a dactylographié toutes ces pages, et tous mes copains de troisième cycle, de même que toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Enfin, je remercie B. PLAUCHUT car c'est un peu grâce à lui si je présente aujourd'hui ce travail qui termine mes études universitaires.

"... Un mode de vie de plus en plus artificiel nous a progressivement conduit à une quasi ignorance du milieu naturel que nos anciens connaissaient par tradition et expérience. Plutôt que prendre la peine de se transporter soi-même sur le terrain,... on a maintenant de plus en plus tendance à transporter le terrain dans son confortable bureau, après l'avoir schématisé (en cartes de plus en plus fréquemment établies par photogrammétrie,...) La plupart des techniciens travaillant à un projet se soucient peu ou pas du site et ne savent même pas lire un paysage..."

in P. MARTIN page 20
Essai sur la Géotechnique.

A Maryse et Sébastien

A mes parents...

SOMMAIRE

INTRODUCTION

- Chapitre I : Esquisse géographique
- Chapitre II : Cadre géologiques
- Chapitre III : Classement et méthode d'étude des mouvements de terrain
- Chapitre IV : Analyse de divers cas
- Chapitre V : Interprétation des données

CONCLUSION

Annexe

Bibliographie

Liste des tableaux et des figures

Photographies

Table des matières

I N T R O D U C T I O N

La présente étude basée sur l'inventaire systématique des mouvements de terrain récents ou anciens, dans une région délimitée, fait partie d'une série de travaux ayant pour fil conducteur "les mouvements gravitaires", entrepris par l'équipe de génie civil de l'Institut Dolomieu. Ces travaux se poursuivent actuellement dans le cadre de l'IRIGM (Institut de Recherche Interdisciplinaire de Géologie et de Mécanique) sous la direction de P. ANTOINE.

Le recensement systématique des mouvements gravitaires a été entrepris par A. MALATRAIT (1975) dans la région de St-Jean-de-Maurienne. Notre étude, cantonnée dans la région de Barcelonnette y fait suite. D'autres sont actuellement en cours dans divers secteurs des Alpes. Elles présentent certainement un intérêt car le développement accéléré d'aménagements en territoire montagneux ignore souvent les difficultés naturelles propres à ce milieu particulier. Trop souvent, on a tendance à vouloir construire n'importe quoi, n'importe où, en pensant que la technique palliera la médiocrité du sous-sol. C'est pourquoi il existe depuis peu, dans certains secteurs des Alpes, des cartes spéciales, très utiles pour les réalisations futures, figurant l'extension et la nature des risques naturels : ce sont les cartes ZERMOS (Zones Exposées aux Risques liés aux Mouvements du Sol et du sous-sol). C'est le cas pour la région de Barcelonnette-Larche-Res-tefond.

Ce travail n'a nullement la prétention de se substituer à la carte ZERMOS, les moyens utilisés étant très différents. Mais il peut lui servir de complément. Les 120 mouvements recensés font chacun l'objet d'un dossier descriptif déposé à l'IRIGM. Les observations et remarques effectuées à l'occasion de cette étude sont nombreuses. Elles forment l'ossature de ce mémoire qui comprend deux parties. La première (Chapitres I et II) présente toutes les données géographiques et géologiques qui constituent le cadre dans lequel se déroulent les processus exposés dans la deuxième partie. Dans celle-ci, le chapitre III présente la méthode d'étude des mouvements de terrain, méthode basée sur une fiche de recensement et sur diverses cartes complémentaires. Le chapitre IV analyse plus en détail certains cas choisis pour leur représentativité ou leur aspect particulier.

Dans le chapitre V sont exposés les résultats tirés des analyses qui précèdent c'est-à-dire une interprétation de l'évolution du relief en fonction des facteurs naturels jugés déterminants. Une annexe rassemble les résultats d'analyses de laboratoires destinées à préciser quelques paramètres géotechniques propres aux Terres noires et à leur couverture Quaternaire.

SITUATION DE L'UBAYE EN FRANCE

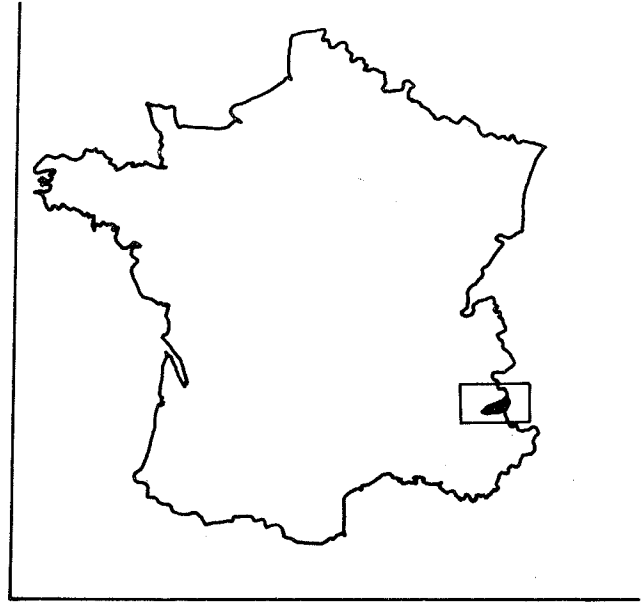
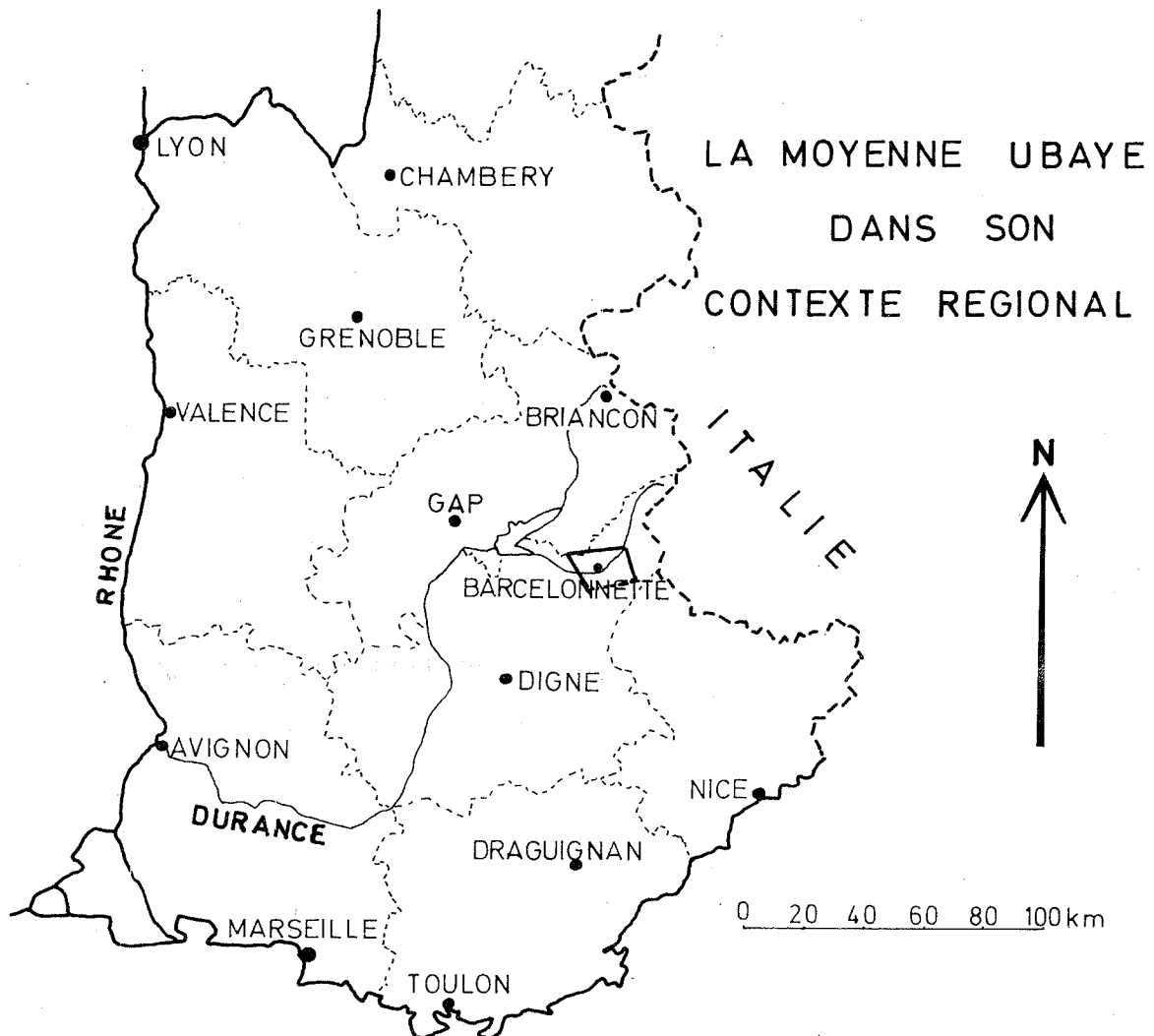
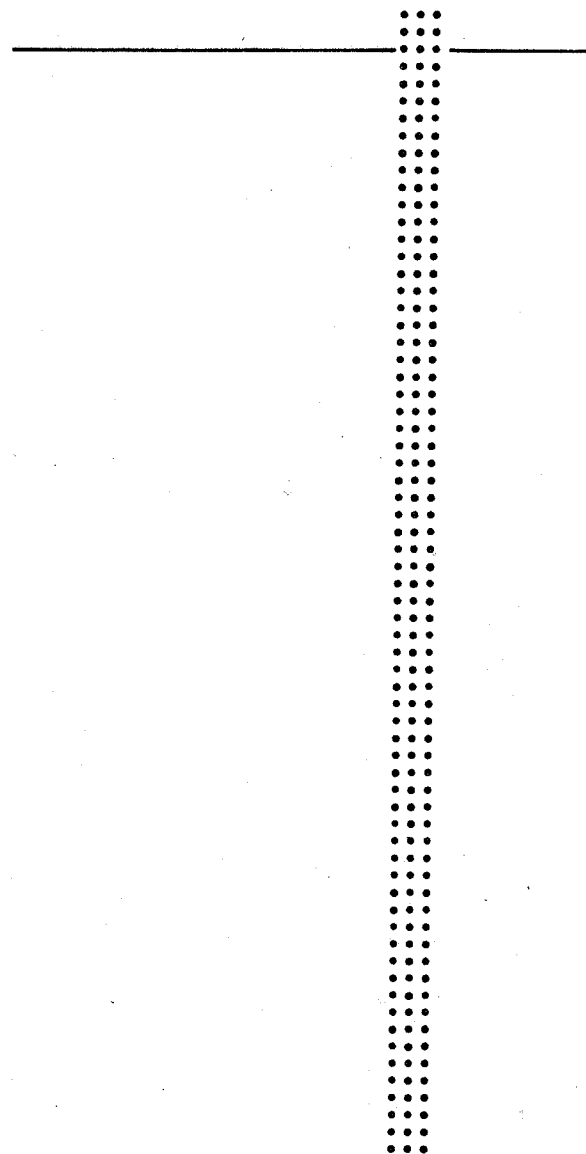


Fig. 1





CHAPITRE I



ESQUISSE GEOGRAPHIQUE





Photo 1 : Versant du Super Sauze, vu de la cabane de l'Alpe, couronné par les Brecs et le Lan.

Photo 2 : La vallée de la moyenne Ubaye entre Jausiers (à droite) et Barcelonnette, vue de la cabane de l'Alpe.



1 - LE MILIEU NATUREL (Figures 1 et 2)

1.1 - La Vallée

En aval de Jausiers, l'Ubaye qui coule sensiblement de l'Est vers l'Ouest, s'étale dans le bassin de Barcelonnette. Sur 22 km, elle traverse une série sédimentaire monotone représentée essentiellement par les Terres noires du Callovo-Oxfordien. Son cours est tranquille, sa pente faible (7,5 %), elle a le temps de dessiner quelques méandres et de s'étaler largement au niveau des Sanières et de Faucon. A l'amont et à l'aval de ce bassin, l'Ubaye a un cours torrentiel : de Méolans au Lauzet, elle passe de 1 050 à 900 mètres en 8 km (19 %).

Le Bachelard vient grossir l'Ubaye à l'aval de Barcelonnette. Les affluents de rive droite, dont le Riou Bourdoux, ont creusé de grandes ravines sur le versant du massif du Parpaillon. Leurs cours sont entravés par de nombreux seuils bétonnés formant de véritables barrages, certains ont 50 mètres de longueur et 20 mètres de haut. Ces ouvrages coûtent très cher et sont, petit à petit submergés par la vase et les blocs.

1.2 - La ceinture montagneuse

Le bassin de Barcelonnette est limité de tous côtés par une série de massifs culminant à plus de 3 000 mètres.

Au Nord et à l'Est, la vue est barrée par les reliefs monotones des massifs du Parpaillon et de Siguret. La dissymétrie de pendage du Flysch à Helminthoïdes explique la dissymétrie morphologique des crêtes (falaises à contre pendage et pentes douces en surface structurale).

Au Sud, le massif de Restefond constitué d'une mosaïque de terrains divers présente un relief plus varié : vigoureux là où saillent les échines rocheuses des calcaires triasiques (Brechs) et jurassiques (Empeloutier, Lan, Méa), tranquille lorsque le Flysch couronne les Terres noires (Croix de l'Alpe).

A l'Ouest, le groupe des Séolanes puis le Morgon arrêtent la vue, l'Ubaye ne parvient à forcer le passage qu'au prix de gorges qui furent longtemps inaccessibles.

Avec une orientation dominante Est-Ouest, les massifs opposent des "ubacs" frais, riches en eau, couverts d'une végétation moyenne à des "adrets" très ensoleillés, secs, ravinés mais où les populations venues coloniser la vallée se sont regroupées depuis les temps les plus reculés.

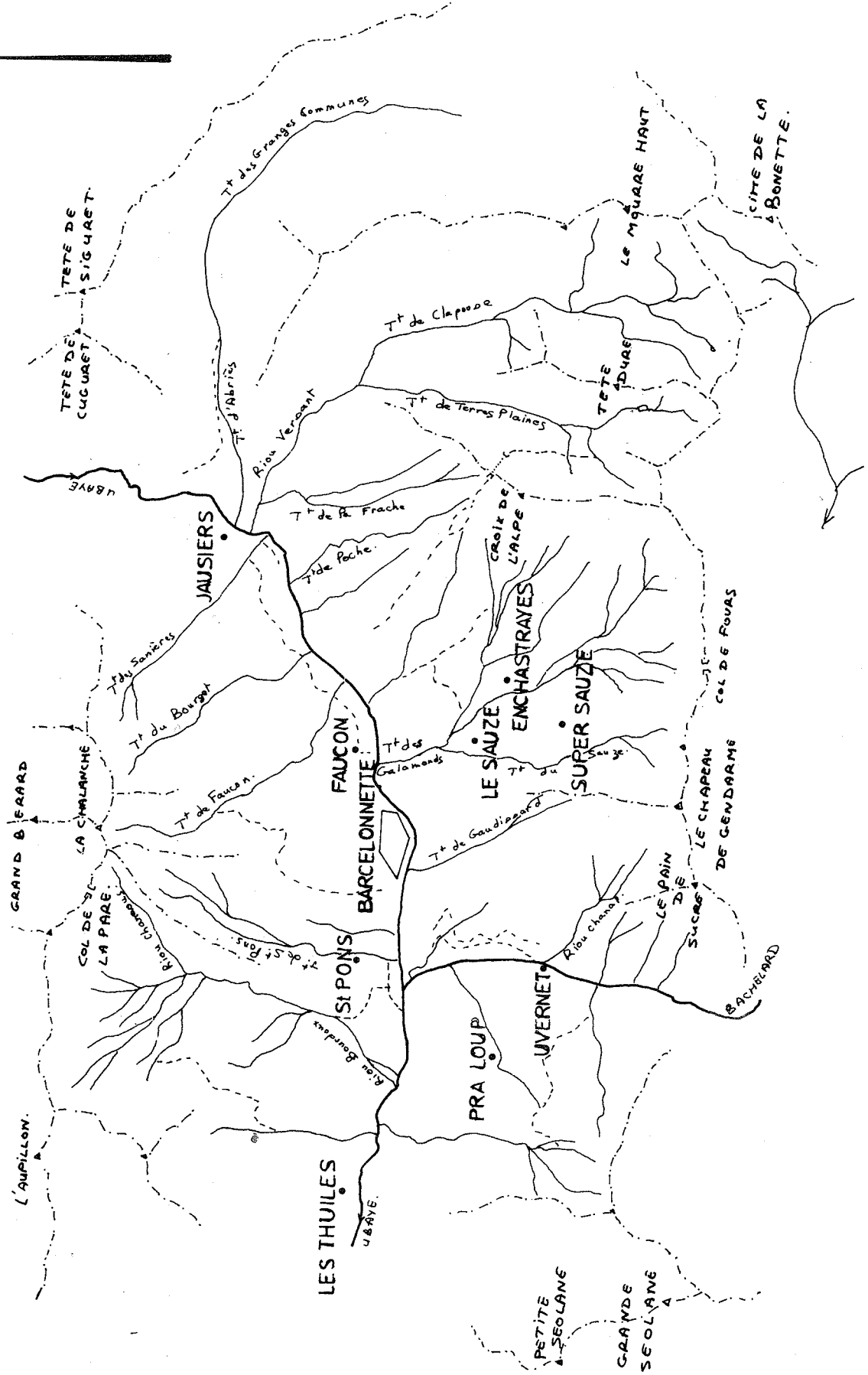
1.3 - La Végétation

On observe dans la vallée, comme dans toutes les Alpes du Sud un relèvement en altitude des limites de végétation. La sécheresse en

SCHEMA OROHYDROGRAPHIQUE

Fig. 2

0 1 2 3 4 5 km



débarrassant de bonne heure le sol de son manteau nival permet aux plantes de croître à des altitudes qui sont les plus élevées des Alpes françaises, les arbres en forts bouquets, atteignent 2 300 mètres en adret, 2 100 mètres en ubac. Des individus isolés s'observent beaucoup plus haut. Il en est de même pour les alpages qui atteignent allègrement 2 500 mètres d'altitude.

A l'ubac, dans le vallon d'Abriès qui débouche sur Jausiers, la succession suivante s'observe selon une altitude croissante : pins sylvestres, épicéas, sapins et mélèzes.

Dans les autres secteurs, le pin sylvestre colonise surtout les adrets aux moyennes altitudes. L'épicéa est assez rare ou se présente à l'ubac, mélangé aux mélèzes. Le sapin n'est pas commun ; l'arbre par excellence est le mélèze. En effet, il s'accommode de peu d'eau et de beaucoup de lumière. En altitude, le mélèze à l'adret est relayé par le pin de montagne et le pin cembro qui ne descend pas au-dessous de 1 600 mètres d'altitude.

De petits peuplements de chêne blanc et de peuplier s'observent aux basses et moyennes altitudes.

Certains vallons d'altitude tels Terres Plaines, Clapouse, Granges Communes, sont dépourvus d'arbres. Ils sont tapissés par des alpages et abritent à la belle saison les troupeaux de transhumants. Ces alpages préfigurent l'étage alpin qui se poursuit en altitude avec le domaine des pelouses alpines.

Il faut mentionner à côté de cette végétation de montagne une flore typiquement méditerranéenne avec la lavande et de nombreuses autres espèces propres à la Provence...

L'Ubaye est actuellement dans une période de reforestation aussi bien naturelle qu'artificielle. On peut évaluer à 25 % de la superficie totale le domaine occupé par la forêt, ce qui est relativement important car il existe de grandes surfaces où l'arbre, à cause de l'altitude, ne peut se risquer.

L'Ubaye fut pendant fort longtemps autonome et surpeuplée. Le capital forestier en a gravement souffert et l'érosion des sols a causé des ravages. Pour y remédier, de nombreuses capitulations (1), certaines très anciennes, furent prises afin de réglementer la coupe des bois et le pacage des animaux.

Comme nous le verrons plus loin, la végétation peut donner des renseignements intéressants sur la nature du sous-sol, sa teneur en eau et même sa stabilité.

(1) Ce sont des lois constitutionnelles, civiles et administratives, que les conseils de communauté de la vallée édictaient. Il ne faut pas oublier que l'Ubaye fut pendant fort longtemps indépendante.

2 - LE CLIMAT

De type méditerranéen atténué à tendance montagnarde, il présente certains traits indiquant une faible influence continentale. De nombreux auteurs ont étudié son influence : Ch. P. PEGUY (1947), R. BLANCHARD (1951). Les données concernant les températures et les précipitations ont été communiquées par la station météorologique de St-Auban - Château-Arnoux, celles concernant l'hydrologie proviennent de l'annuaire hydrologique national.

2.1 - Les Vents

Les vents d'Ouest, dérivés du mistral rhodanien apportent généralement le beau temps. Le vent du Sud-Est, la "lombarde", est humide en Ubaye et se confond, par suite de l'orientation des crêtes, avec le "marin" responsable des précipitations et des chutes de neige.

La "bise", venant du Nord, ne se fait pas ou peu sentir.

Les brises de montagne, montantes ou descendantes, sont dues à une différence de température entre le fond de la vallée et les crêtes. La brise montante, surtout fréquente l'été, se fait sentir par beau temps vers 10 heures au Lauzet, vers 12 heures à Jausiers et vers 14 heures à Larche (elle s'y établit très rarement à cause de l'influence piémontaise du col). La brise descendante est fréquente l'hiver par suite des inversions de température.

2.2 - Les Températures

Elles varient avec l'altitude et l'exposition. Pour la moyenne Ubaye, le poste de mesure est situé aux environs de Barcelonnette (localisation : voir légende tableau 3). Les renseignements ne concernent que le fond de la vallée ; aucune donnée certaine n'est donc disponible sur les phénomènes thermiques affectant les reliefs.

Le tableau 1 rassemble les données sur les températures.

A 1 135 mètres d'altitude, Barcelonnette, avec une température moyenne annuelle de $7,5^{\circ}$ a un climat de montagne. La température moyenne de janvier est de $-2,0^{\circ}$, celle de juillet de $16,7^{\circ}$. Les températures minimales montrent un hiver relativement modéré : $-8,8^{\circ}$ en janvier ; les maximales, avec $25,2^{\circ}$ en juillet reflètent un été agréable.

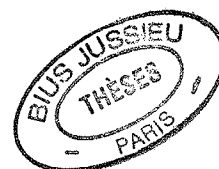
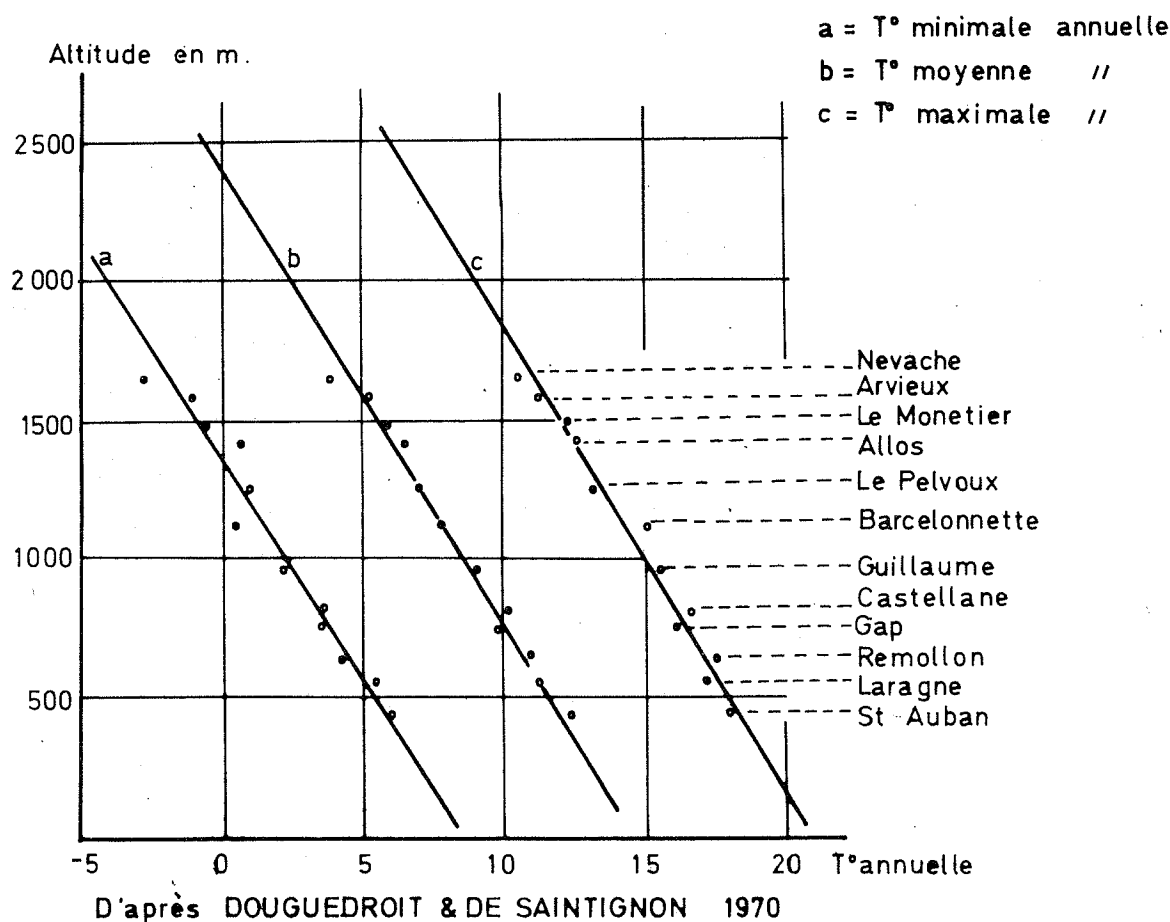
L'amplitude moyenne de variation des températures varie de 12° en novembre à $17,1^{\circ}$ en juillet. Ces variations ne sont pas considérables mais, dans le détail, des différences beaucoup plus fortes s'observent.

Les températures moyennes mensuelles sont négatives durant les mois de décembre et de janvier. Les minimums sont négatifs durant 6 mois. Les

Tableau 1 : Températures mensuelles et annuelles (°C) au poste de Barcelonnette entre 1956 et 1973.

T°	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen. Amp Annuelles	
T° min.	-8,8	-6,9	-3,8	-0,4	3,5	6,6	8,1	7,7	5,7	1,2	-2,9	-7,0	0,2	16,9
T° max.	4,8	6,9	10,2	13,8	19,0	22,1	25,2	24,5	21,1	16,2	9,1	4,9	14,8	20,4
T° moy.	-2,0	0,2	3,2	6,7	11,3	14,3	16,7	16,1	13,4	8,7	3,1	-1,1	7,5	18,7
Amplitude	13,6	13,8	14,0	14,2	15,5	15,5	17,1	16,8	15,5	15,0	12,0	12,9	14	14,6

Fig. 3 Decroissance de la T° en fonction de l'altitude dans le bassin de la Durance



maximums, eux, sont positifs toute l'année. Donc, pendant 6 mois, l'alternance gel-dégel est journalière à Barcelonnette. On y compte, en moyenne, 170 jours de gelée.

Des données équivalentes seraient très intéressantes pour les secteurs d'altitude. En effet, le froid conditionne la durée de rétention du manteau neigeux et la gélifraction : deux facteurs très importants, le premier pour la protection du sol, le deuxième comme facteur préliminaire de l'érosion. Une approche peut être tentée en prenant un gradient vertical moyen de variation de la température de 0,6° C pour 100 mètres. On en arrive ainsi, d'après les températures moyennes, à 6 mois de gel par an à 2 300 mètres, limite de la forêt, et d'après les températures minimales à une alternance gel-dégel intervenant même pendant la belle saison : ce fait explique la forte proportion des éboulis et la fréquence de la solifluxion en altitude. La figure 3 indique la décroissance de la température en fonction de l'altitude pour le bassin de la Durance.

2.3 - Les Précipitations

La figure 4 représente les précipitations annuelles en Embrunais-Ubaye. Vers le Nord-Ouest, au-delà de la Durance, elles sont très importantes et constituées de pluies océaniques et d'averses méditerranéennes. Vers le Sud, l'augmentation est due à la proximité de la Méditerranée et au barrage formé par les chaînes montagneuses du Pelat et des Trois Evêchés. Le long de l'Ubaye, les précipitations semblent décroître à mesure que l'on se déplace vers l'intérieur de la chaîne.

Le régime est de type méditerranéen atténué. Le printemps et surtout l'automne sont les saisons les plus humides. L'été est ponctué d'averses orageuses brèves, favorables à la végétation. L'hiver présente un minimum de précipitations sous forme de neige, ce qui correspond à un manteau neigeux peu épais (1,30 mètre à Barcelonnette) mais suffisant pour les sports d'hiver.

Le peu de neige est dû à la position de la vallée : les influences méditerranéennes s'essoufflent et les apports océaniques ne parviennent que très difficilement. Pour la neige, la durée de rétention est variable. L'adret de la moyenne Ubaye est vite dégarni : 3 mois à Saint-Pons, Barcelonnette, Faucon et Jausiers. L'ubac conserve plus longtemps son manteau neigeux : 4 mois à Uvernet et Enchastrayes. Durant cette période, le sol est protégé par la neige des variations de la température extérieure.

Pour Barcelonnette, la répartition saisonnière des précipitations, calculée sur les années 1956 à 1973, est la suivante :

Printemps	24,1 %	:	181 mm
Eté	22,6 %	:	169 mm
Automne	31,2 %	:	234 mm
Hiver	22,1 %	:	166 mm

PRECIPITATIONS ANNUELLES EN
EMBRUNAIS UBAYE
CARTE D' ISOHYETES (Année moyenne)

Fig.4 (d'après R.BLANCHARD modifié)

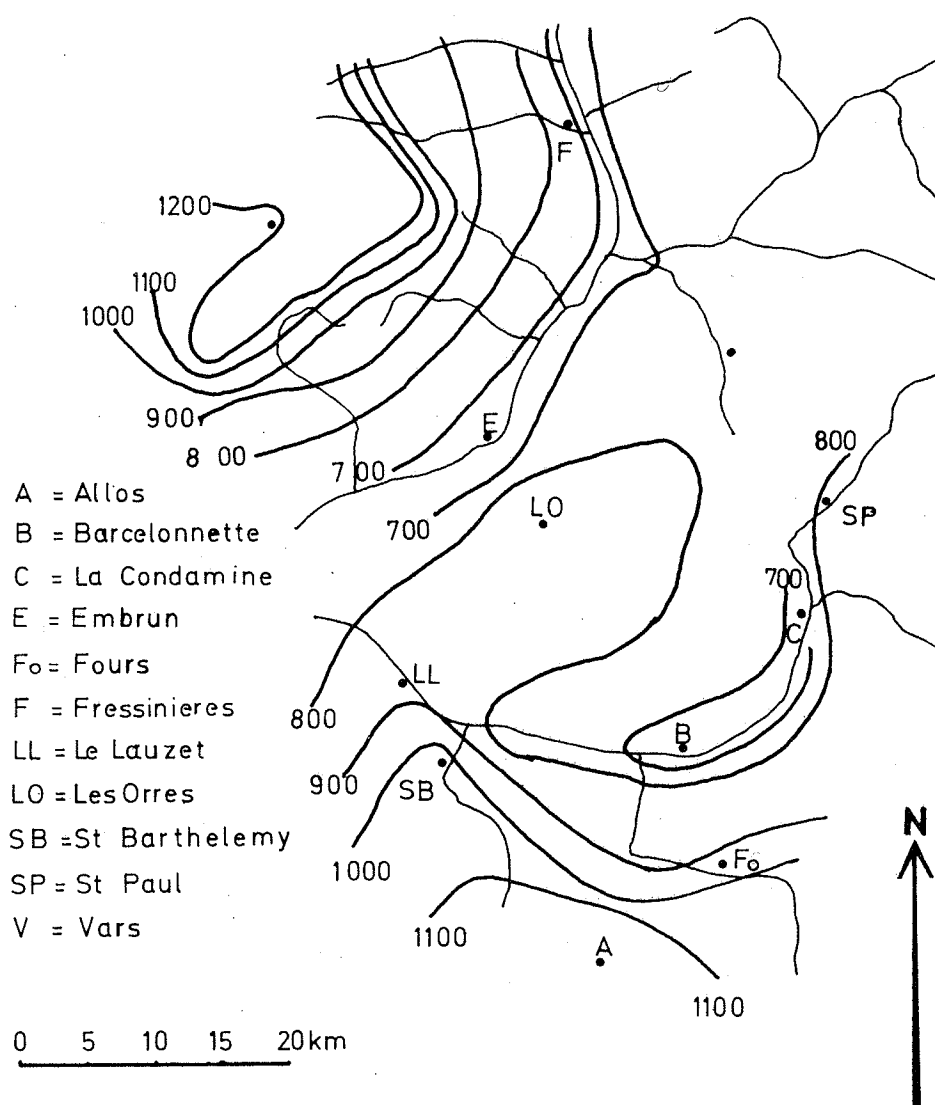


Tableau 2 : Précipitations annuelles pour deux stations.

Années	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Nbre jours	87	88	116	113	129	96	93	133	95
Barcelo. (mm)	625	680	809	850	1 081	645	641	1 030	607
Jausiers (mm)									613

1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
105	102	91	111	98	94	72	99	71		
763	659	541	850	658	907	679	752	705	607	630
638	722	455	713	623	861	684	685	733	483	544

Tableau 3 : Moyennes mensuelles pour deux stations.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total mm
Barcelo.56-63	65,2	59,9	69,8	66,5	42,3	66,7	50,9	50,3	77,6	92,0	93,4	75,5	810
Barcelo.64-75	49,7	52,6	52,5	44,8	68,1	75,0	43,1	48,4	68,3	63,1	98,1	42,7	706
Jausiers64-75	40,3	49,3	50,0	50,7	59,2	60,0	44,5	49,6	60,7	58,4	90,3	37,9	651

Situation des postes de mesure des températures et des précipitations pour les tableaux 1, 2 et 3.

Poste de Barcelonnette : du 1.1.56 au 30.06.65 : St-Pons village :1160 m
du 1.7.65 au 22.06.71 : Barcelonnette :1140 m
du 23.6.71 au 31.12.75 : Aéroport St-Pons :1130 m
depuis le 1.01.76 : Barcelonnette :1140 m

Poste de Jausiers : depuis le 1.01.64 : Hameau de Lans :1502 m

Il est bien évident qu'en altitude, les précipitations sous forme de pluie ou de neige sont plus abondantes qu'au poste de Barcelonnette.

Au Nord de l'Ubaye commence le régime de transition à tendance continentale qui se retrouve dans une grande partie des Alpes du Nord. Le tableau 2 rassemble les précipitations annuelles pour les stations de Barcelonnette et de Jausiers. Le tableau 3 donne les précipitations moyennes mensuelles pour les deux stations. On s'aperçoit que les années 1956 à 1963 sont relativement humides par rapport à la période 1964 à 1975. Un autre fait à signaler est que la station de Jausiers, nettement plus élevée que celle de Barcelonnette, présente un déficit de précipitation de près de 50 mm. On peut l'expliquer par une orientation différente des versants au voisinage du poste de mesure.

Toutes ces valeurs sont des moyennes, elles reflètent bien le régime pluviométrique d'ensemble mais ne nous renseignent ni sur les précipitations exceptionnelles, ni sur la quantité d'eau tombée en 24 heures.

Ainsi, en juin 1957, la crue de l'Ubaye a correspondu à 105 mm d'eau tombés en 3 jours et à une fonte accélérée de la neige. Cette crue a été accompagnée de nombreuses petites coulées et de "laves" qui ont en partie obstrué l'Ubaye.

3 - HYDROLOGIE

L'écoulement de l'Ubaye est de type nivo-pluvial (figure 5) avec un régime d'étiage étendu de décembre à mars, les hautes eaux se concentrent d'avril à juin (fonte et pluies de printemps). Viennent ensuite une période de sécheresse de juillet à septembre et une nouvelle pointe de crue assez discrète, en octobre, due aux pluies d'automne.

L'Ubaye a un module moyen, à Barcelonnette, de 22 l/s.km². Le rapport entre extrêmes absolus (étiage, hautes eaux) peut atteindre 89 lors de crues exceptionnelles, toujours à Barcelonnette. Ces crues se répartissent sur deux saisons : fin du printemps et début de l'automne. Telle celle du mois de juin 1957 qui provoqua les inondations des 13 et 14 juin : "La première partie du mois de juin fut une longue période orageuse au cours de laquelle des pluies prolongées tombèrent sur la vallée. Alors qu'il pleuvait à Barcelonnette, une couche de neige fraîche recouvrait les sommets et ramollissait la vieille neige encore abondante. Le mercredi 12 juin, un vent exceptionellement chaud provoquait une hausse sensible de la température, la pluie tombait avec force et la fonte des neiges s'accélérait. L'Ubaye était en crue qui semblait normale, comme chaque année. Dans la journée du 12 juin, cette crue dépassa le niveau habituel. Dans la nuit du 12 au 13 juin et dans la journée du 13, le niveau de la rivière atteint 80 centimètres au-dessous des sommets des digues. L'Ubaye charriait des arbres entiers..." (d'après le compte rendu des délibérations du conseil municipal de Barcelonnette). La décrue se produisit dans la nuit du vendredi 14 au samedi 15 juin : l'Ubaye baissa de 1 mètre puis tout rentra dans l'ordre.

Tableau 4 : Débits moyens mensuels de l'Ubaye en m³/s pour deux stations (Roche Rousse de 1961 à 1965) (Barcelonnette de 1952 à 1971)

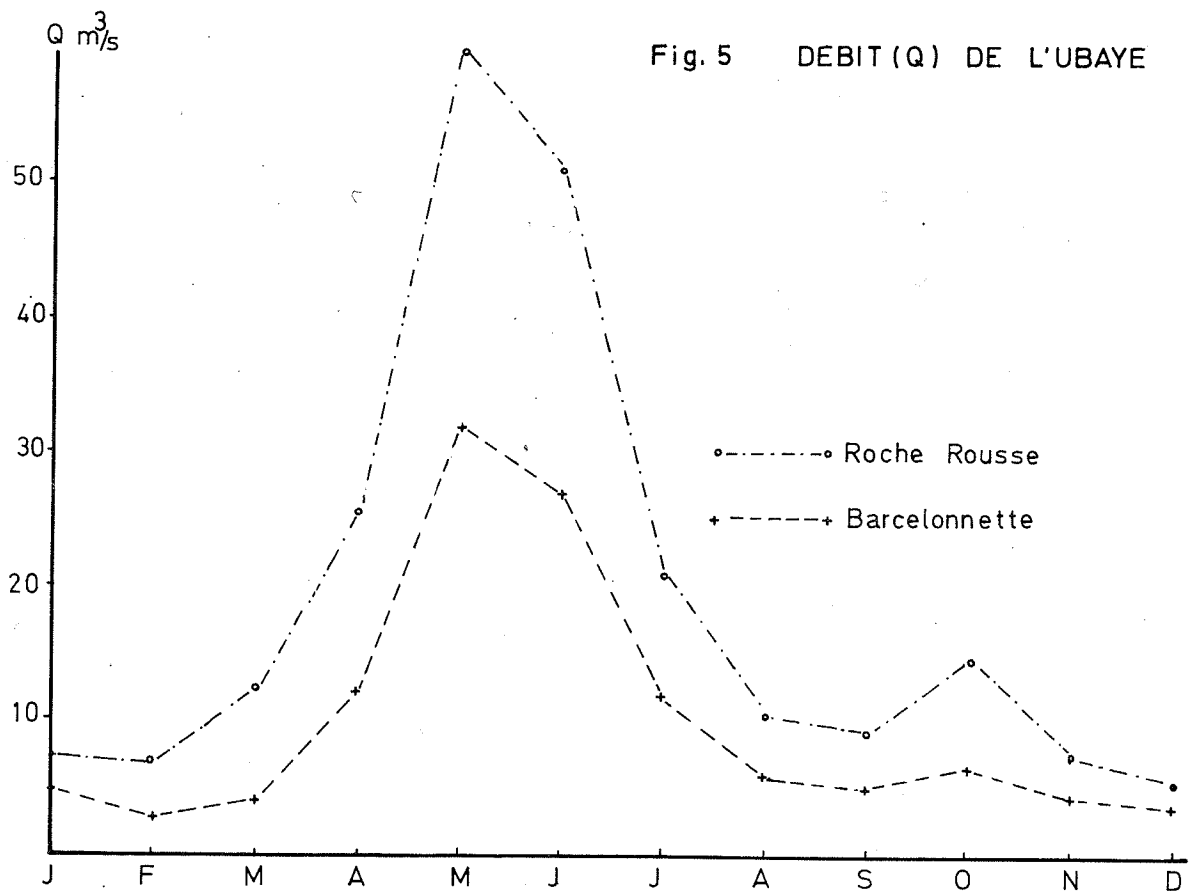
Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Roche Rousse	6,8	6,2	9,8	24,9	51,0	51,5	22,3	11,6	10,8	11,7	9,2	8,0
Barcelo.	3,6	3,3	4,3	12,0	24,9	28,9	13,7	6,9	6,7	8,2	5,9	4,3

Tableau 5 : Débits moyens mensuels de l'Ubaye en m³/s pour 1964

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Roche Rousse	7,6	6,7	12,2	25,4	60,0	51,0	21,3	10,6	9,1	11,7	7,5	5,1
Barcelo.	4,7	2,8	4,0	12,1	31,7	26,8	11,9	5,8	5,0	6,4	4,4	3,6

Roche Rousse : 790 m d'altitude, bassin versant = 946 km²

Barcelonnette: 1132 m d'altitude, bassin versant = 549 km²



Les tableaux 4 et 5 rassemblent les données sur les débits observés à Barcelonnette, avant le confluent du Bachelard, et à Roche Rousse, à son arrivée dans la retenue de Serre-Ponçon.

4 - ECONOMIE ET PEUPLEMENT

Pendant longtemps cette région vécut dans une autarcie presque totale. Le roulage n'est parvenu à Barcelonnette qu'en 1880 et a désenclavé la vallée. Le principal axe de communication est la nationale 100. Sur celle-ci se greffent des voies permettant d'accéder aux vallées environnantes par l'intermédiaire de cols.

Par le col d'Allos, on rejoint la vallée du Verdon. Le col de la Cayolle relie le Bachelard à la vallée du Var. Le col de Restefond - La Bonette rejoint la Tinée. Le col de Larche permet une communication aisée avec l'Italie, mais est supplanté pour le trafic routier par le Montgenèvre, dans la vallée de la Durance. Le col de Vars enfin, rejoint le Queyras et l'Embrunais.

Depuis 1836, la population a baissé régulièrement :

Fin du XVIIIe siècle	:	18 000 personnes	
1836	:	14 846	-
1921	:	10 620	-
1924	:	7 871	-
1962	:	6 556	-
1968	:	6 350	-

Sur les 6 350 habitants de la vallée, Barcelonnette en abrite près de 3 000. Il est vrai que cette petite ville du secteur tertiaire (commerce, hôtellerie, armée), sous-préfecture, a bien des charmes et jouit d'une position agréable. Si l'on élimine Barcelonnette, on passe de 12 692 personnes en 1836 à 3 874 en 1968. La décadence démographique est considérable. Ce sont surtout les campagnes et les hameaux isolés (les écarts) qui ont souffert de la dépopulation, due en grande partie à l'éloignement des voies de communication, à l'abandon des zones agricoles trop pauvres et à l'attrait des villes. Cela se traduit dans le paysage par l'abondance des maisons en ruines, des champs en friche et des chemins impraticables. De nombreux ruisseaux et torrents jadis entretenus sont livrés à eux-mêmes et à l'origine de nombreux désordres (débordements, ravinement, glissements).

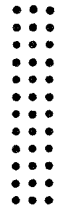
Dans la population actuelle, il faut compter 500 ou 600 militaires créant dans la vallée une économie artificielle. Il n'y a quasiment pas d'activité industrielle dans la vallée : les tissages de draps du XVIIIe siècle ont cédé le pas à quelques filatures de soie au XIXe siècle. Après la disparition de celles-ci, il ne s'est pas produit de relèvement. Cela a incité certains habitants de la vallée à émigrer fort loin, au Mexique. Ils

y ont créé des magasins à succursales multiples. Ces affaires florissantes permettaient de rassembler en quelques dizaines d'années de véritables fortunes. Ensuite, les émigrés revenaient et certains ont fait bâtir des villas cossues, entourées de grands parcs. Toutes ces villas se sont installées entre la vieille ville et l'Ubaye. Barcelonnette, aujourd'hui, pour s'agrandir, doit gravir les pentes de l'Adroit, tapissées de glissements anciens stabilisés mais posant des problèmes pour les travaux, ou déborder sur le Plan en rive gauche. Il en est de même pour Jausiers.

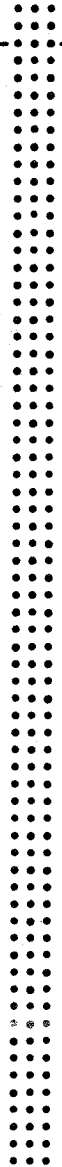
Jusqu'aux années 50, l'économie essentiellement rurale était basée sur l'élevage d'ovins et de bovins. Les prairies artificielles fournissaient le fourrage, un complément était apporté par les céréales. En été, les troupeaux transhumants venus de Provence envahissaient les alpages et en repartaient vers la fin septembre.

Tout cela est encore vrai aujourd'hui, mais l'économie n'est plus uniquement basée sur l'agriculture. Le tourisme y tient sa part, avec une foule d'activités annexes qui en découlent. L'industrie du bâtiment est florissante et se partage entre les résidences secondaires et les immeubles des stations de ski. Les sports d'hiver et le tourisme d'été sont les seules perspectives de progrès offertes à la vallée. Actuellement, un projet de complexe hivernal de grande envergure est à l'étude dans le massif du Restefond.

La création ou l'extension de ces stations d'altitude se heurte à des problèmes géotechniques souvent traités à la légère. L'alimentation en eau rencontre de sérieuses difficultés, de même que l'évacuation des eaux usées. L'accès à ces stations exige la création de nouvelles routes ou la réfection des voies existantes ; or les pentes, riches en glissements anciens, ont des réactions parfois imprévues. De plus, si on crée de nouvelles routes très larges, la nationale 100, qui commande leur accès, ne correspond plus, sur certaines parties de son tracé, aux exigences du trafic actuel.



CHAPITRE II



CADRE GEOLOGIQUE

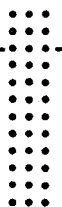




Photo 3 : Terres noires et Argovien entre le Sauze et la Conche

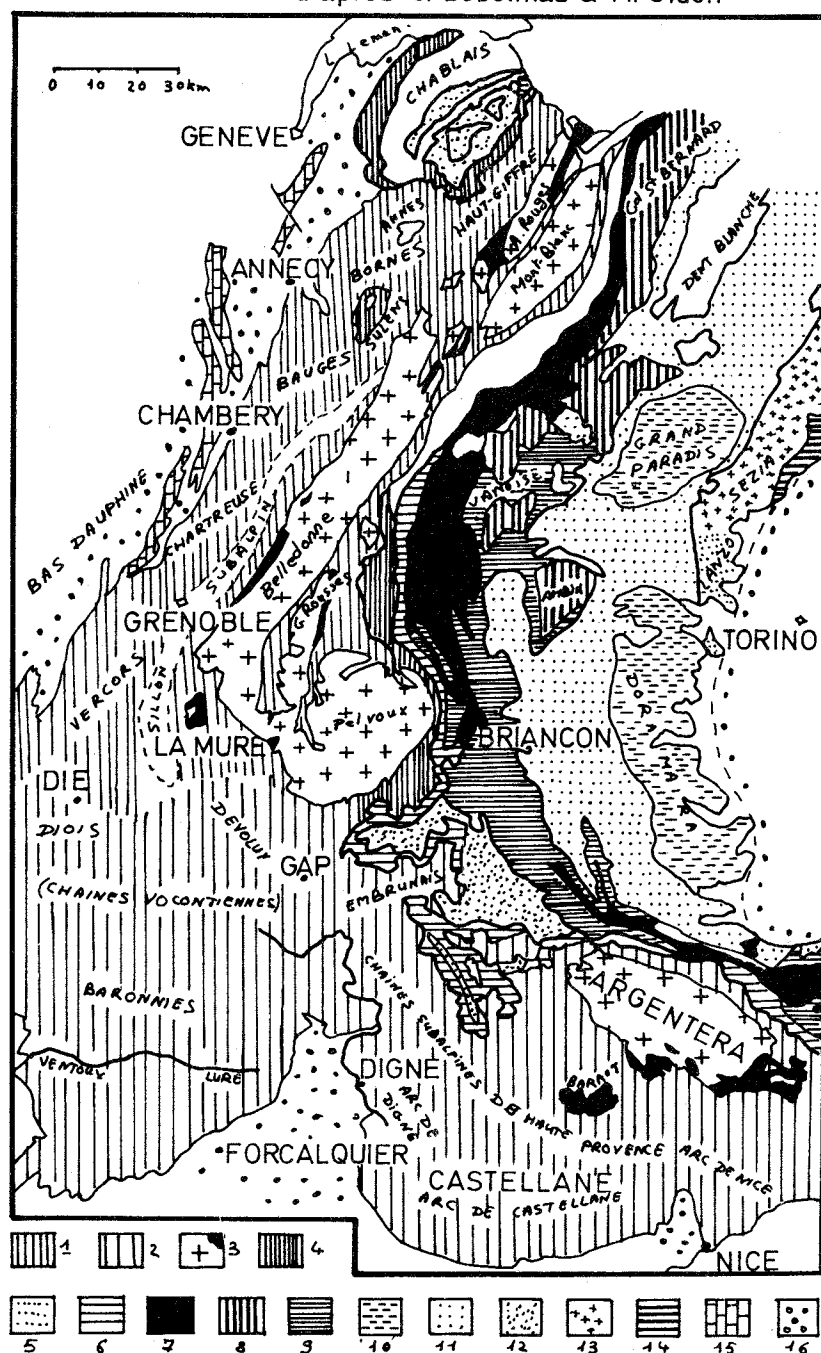
Photo 4 : Circulation
souterraine dans la
couverture Quaternaire



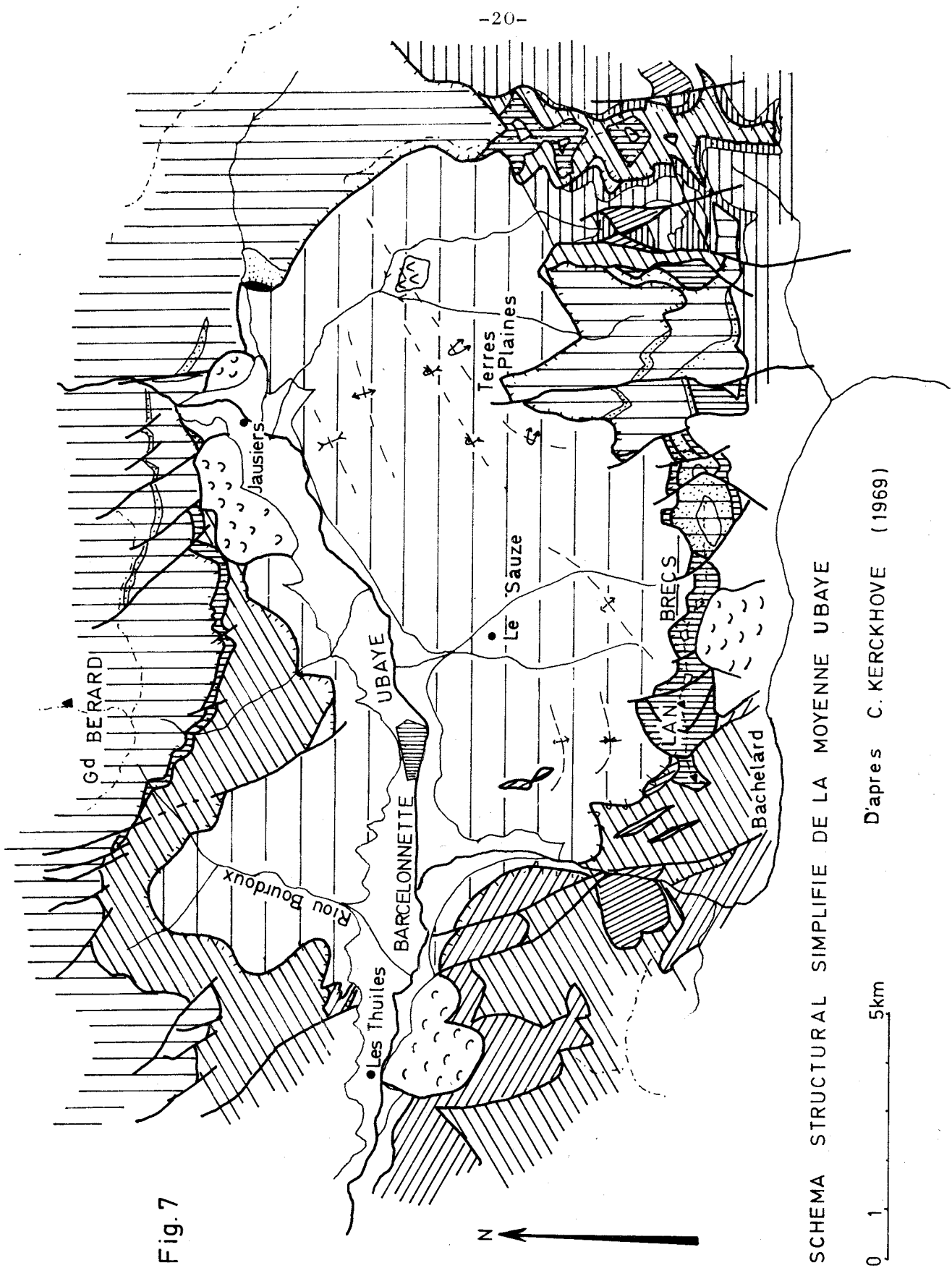
Fig. 6

SITUATION GEOLOGIQUE GENERALE

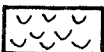
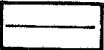
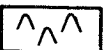
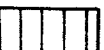
d'après J. Debelmas & M. Gidon



1. Chaînes subalpines septentrionales - 2. Chaînes subalpines méridionales.
3. Massifs cristallins externes et bassins permo-houillers - 4. Zone ultradauphinoise.
5. Zone valaisane - 6. Zone subbriançonnaise. - 7. Zone houillère briançonnaise.
8. Zone Vanoise - Mont Pourri (Permo-houiller briançonnais métamorphique).
9. Mésozoïque briançonnais. - 10. Massifs cristallins internes piémontais. - 11. Zone des Schistes lustrés piémontais. - 12. Nappes du Flysch à Helminthoïdes et Flysch de la Simme sl. - 13. Zone Sesia.
14. Zone d'Ivrée. - 15. Jura. - 16. Bassins molassiques péri-alpins.



LEGENDE DU SCHEMA STRUCTURAL

Quaternaire		Alluvions
		Glissements
Zone Externe		Mesozoïque
		Nummulitique
		Gypse du pli de Terres Plaines
		Olisthostromes
Nappe du Parpaillon		Corps principal
		Complexe schisteux basal
		Ecailles basales
Nappe de l'Autapie		Flyschs néocretacés divers
Unites subbriançonnaises		Unite du Pelat
		Ecailles inferieures de Restefond
		Gypses exotiques

1 - LE SUBSTRATUM

1.1 - Aperçu structural

Figure 6 J. DEBELMAS et al. 1970

Figure 7 C. KERCKHOVE, 1969

La région comprend plusieurs ensembles structuraux superposés : un soubassement considéré comme autochtone qui se développe plus ou moins haut dans les versants, puis, couronnant ceux-ci, des unités charriées de puissance et d'étendue variables qui constituent de simples écailles (unités subbriançonnaises et briançonnaises) ou des nappes (Flysch).

L'autochtone occupe la cuvette de Barcelonnette, où l'érosion le fait apparaître en fenêtre ; la série sédimentaire va du Trias à l'Eocène supérieur. La série est continue du Trias au Jurassique supérieur ; le Callovo-Oxfordien marneux (Terres noires) est responsable de la morphologie très molle qui caractérise la base des pentes. Le Crétacé supérieur repose localement sur le Jurassique terminal par une discordance. Le Priabonien est directement transgressif sur le Crétacé supérieur.

Les unités subbriançonnaises, auxquelles appartiennent les Séolanes, limitent l'horizon au Sud-Ouest.

La nappe de l'Autapie, formée de Flysch à Helminthoïdes et de schistes noirs est à l'origine des pentes douces du secteur du col d'Allos. Elle affleure aussi au Nord de l'Ubaye, où elle surmonte directement les Terres noires.

Les écailles basales de la nappe du Parpaillon comprennent des séries à dominante calcaire, à faciès briançonnais (Brechs, Roche Noire) ou subbriançonnais (Méa, Lan).

La nappe du Parpaillon est à l'origine des escarpements portant les lignes de crête du massif du Parpaillon au Nord de Barcelonnette, du massif de Siguret à l'Est de Jausiers et de certains sommets dans le massif du Restefond (Croix de l'Alpe, Tête Dure, Gerbier). Le Flysch y présente un pendage Nord-Est, à l'origine de la dissymétrie du relief.

La figure 6 replace la région de Barcelonnette dans l'ensemble alpin. Le schéma structural de la moyenne Ubaye est représenté figure 7.

1.2 - Lithostratigraphie sommaire (fig. 8)

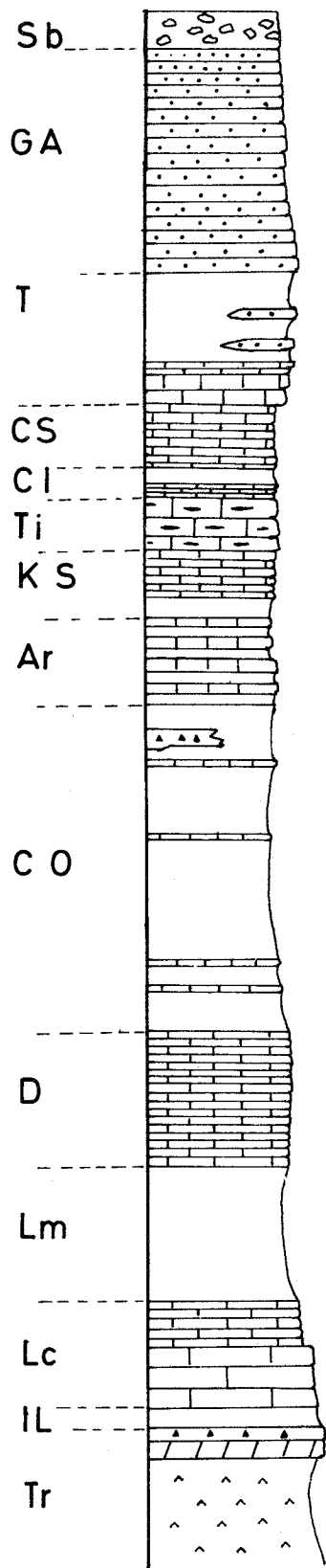
Comme nous l'avons vu dans l'aperçu structural, de nombreuses unités sont rassemblées sur quelques centaines de km², unités qui, à l'origine, étaient très éloignées les unes des autres. Les conditions de leur sédimentation étaient donc très différentes, et, de ce fait, le même étage

Fig. 8

-23-

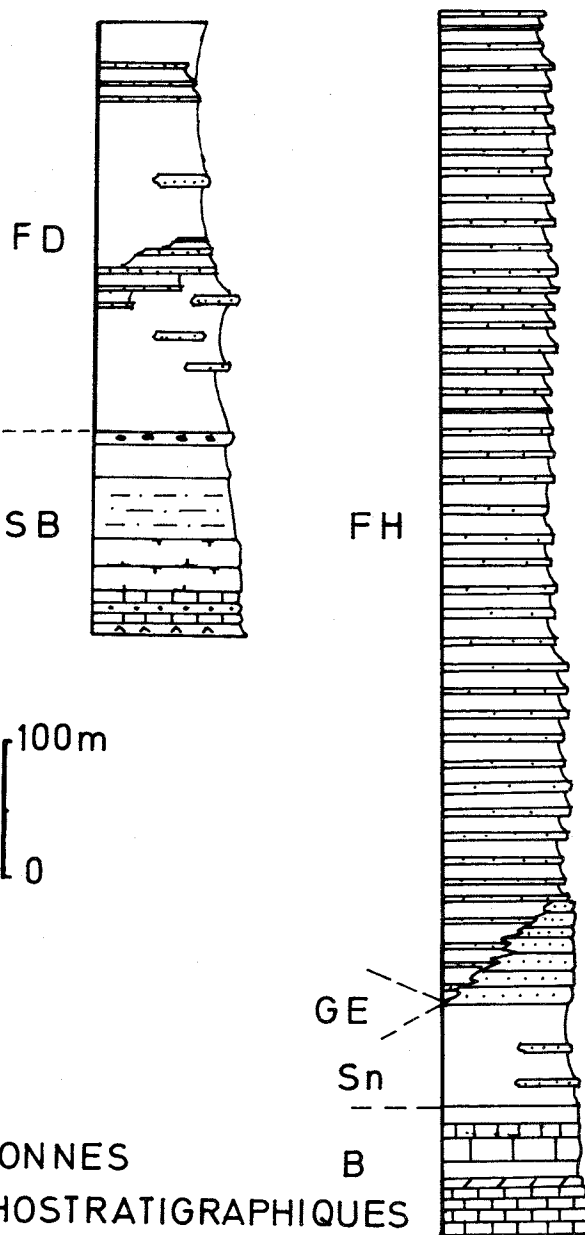
AUTOCHTONE

NAPPES



AUTAPIE

PARPAILLON



COLONNES
LITHOSTRATIGRAPHIQUES
SIMPLIFIEES

Légende : voir texte.

stratigraphique peut être représenté par des formations diverses de puissance variable ou bien se trouver absent (lacune). La stratigraphie est étudiée dans une optique géotechnique. Pour une stratigraphie plus détaillée, on consultera la notice de la carte géologique Barcelonnette au 1/50 000 ou bien les mémoires originaux de J. PLAN (1968) et de C. KERCKHOVE (1969) dont nous avons extrait une partie de ce qui va suivre.

1.2.1 - L'autochtone

Le Trias (TR) : la série débute par un Keuper à faciès lagunaire (gypse, argilites et se termine par quelques brèches et dolomies. Le gypse s'accumule souvent au niveau des contacts anormaux ou autres accidents tectoniques. Ces accumulations de gypse peuvent poser des problèmes par les phénomènes de dissolution qui s'y développent très aisément.

Le Lias affleure dans le secteur de Terres Plaines : au-dessus d'un niveau attribué à l'Infralias (IL), on distingue un Lias calcaire (Lc) et un Lias marneux (Lm). Ce Lias comporte des calcaires en gros bancs, des calcaires argileux en bancs décimétriques et une importante assise de schistes et marnes feuilletées sombres. Il aura donc un comportement variable du point de vue mécanique, les niveaux argileux représentant des zones de faiblesse, les calcaires en petits bancs pouvant se déliter...

Le Dogger (D) est représenté par les calcaires à *Cancellophycus* : série rythmique de calcaires argileux en bancs décimétriques à métriques. Sous la Croix de l'Alpe, les pendages subverticaux sont favorables au fauchage et aux glissements couche sur couche, facilités au surplus par les inter-lits marneux.

Le Callovo-Oxfordien (CO), formé par les Terres noires, affleure dans la quasi-totalité de la fenêtre de Barcelonnette. Il est responsable de la morphologie en "bad-lands" de nombreux secteurs. Il est formé de marnes schisteuses aux caractéristiques mécaniques médiocres : la majorité des coulées sont issues de cette formation.

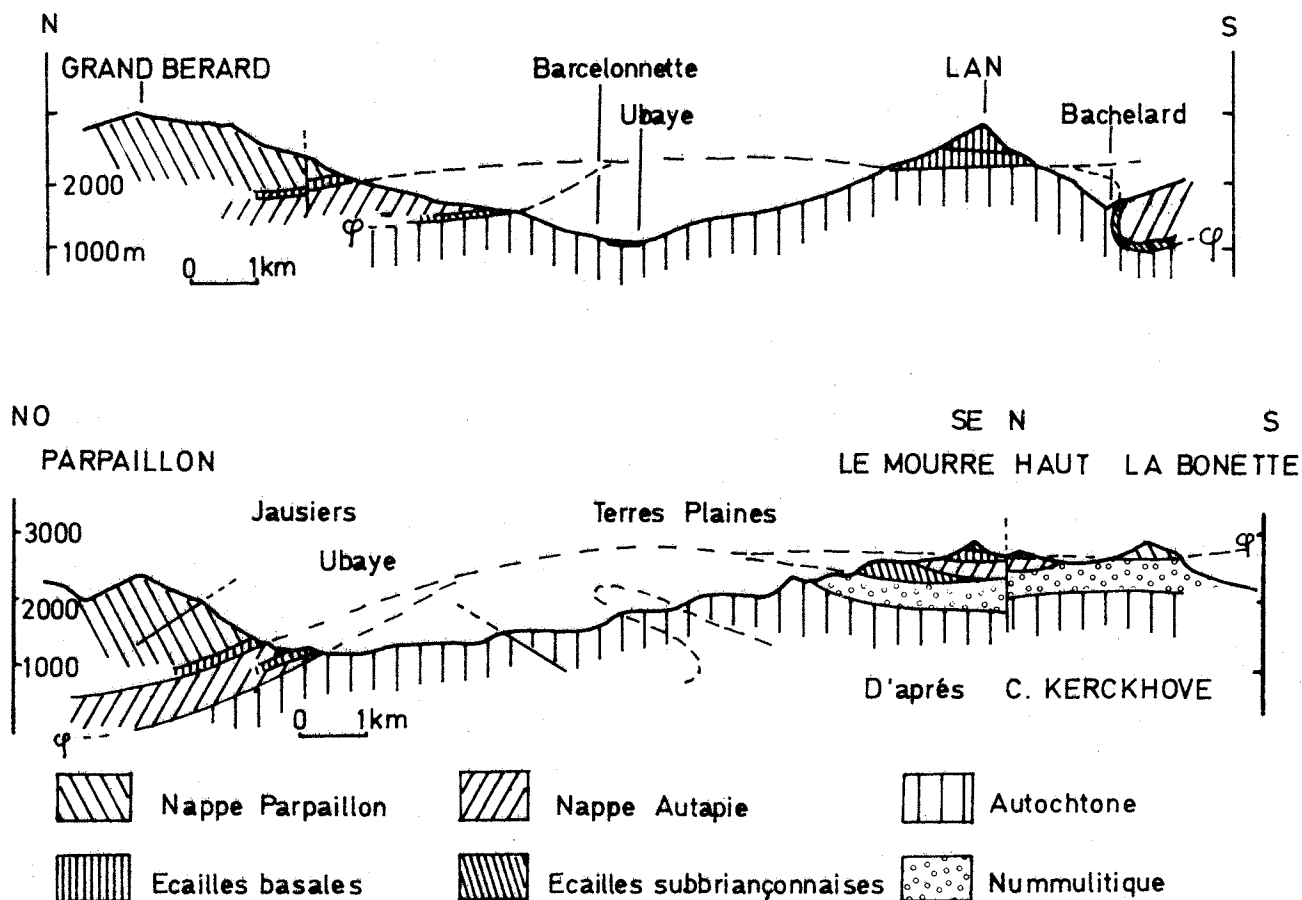
L'Argovien (Ar), formé de marno-calcaires, est surmonté par les calcaires noirs lités du Séquanien (KS). Le Jurassique se termine par les calcaires à silex du Tithonique (Ti). Les seules coupes de la série se trouvent au pied du Queiron et dans le torrent de Clapouse, en amont de la cascade du Pis, au niveau du verrou glaciaire. Les affleurements, réduits, n'ont pas une grande importance en ce qui concerne la stabilité des terrains.

Le Crétacé Inférieur (CI) est quasiment inexistant (quelques affleurements au pied du Queiron). Le Crétacé moyen manque totalement. Le Crétacé supérieur (CS) est très mince.

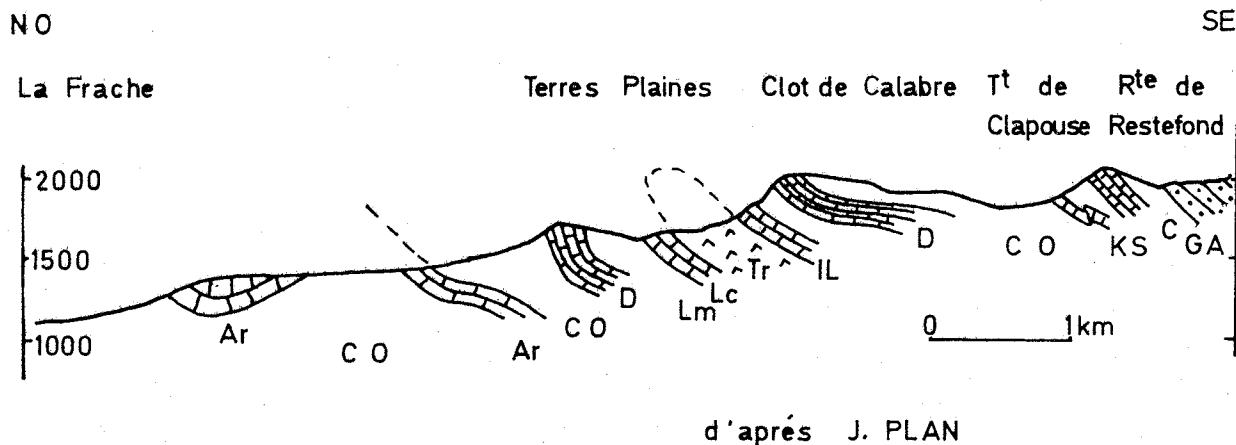
Le Tertiaire (T) est représenté par la "trilogie Priabonnienne" de l'Eocène supérieur. Les affleurements occupent le secteur amont du torrent de Clapouse. Les calcaires à Nummulites passent aux schistes à Globigé-

Fig. 9

COUPES TECTONIQUES



COUPE DANS L'AUTOCHTONE



rines et aux Grès d'Annot (GA), puissante série de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur aux très bonnes qualités mécaniques. Ces formations, notamment les grès d'Annot, sont massives, compactes et peu altérables. Elles sont peu favorables aux glissements ou autres phénomènes dus à l'action de l'érosion et de la pesanteur.

1.2.2 - Les nappes subbriançonnaises et les écailles briançonnaises (B)

Elles débutent par un Trias de type alpin : quartzites, calcaires, dolomies et brèches. Les amas de gypse et cargneules sont fréquents. Les calcaires massifs formant l'ossature de nombreux sommets (Séolanes, Méa, Jas du Chamois, Mourre Haut) appartiennent au Jurassique subbriançonnais. Le Crétacé supérieur des unités briançonnaises et subbriançonnaises est représenté par des calcaires planctoniques, très durs. Ils affleurent sous forme d'écailles et de chicots (colline de Jausiers).

Les unités subbriançonnaises se caractérisent par une grande extension de l'Eocène moyen à supérieur (Lutétien - Priabonien). On rencontre, entre autres les formations suivantes : grès à Grandes Nummulites des Séolanes, schistes à Globigérines, grès et brèches à Nummulites... La série nummulitique subbriançonnaise se termine par les "Schistes à blocs" (Sb), interprétés comme des olisthostromes précurseurs de la mise en place de la nappe de l'Autapie.

1.2.3 - Les nappes de Flysch de l'Autapie et du Parpaillon

Les matériaux constituant les nappes de l'Autapie et du Parpaillon sont attribuables au Crétacé supérieur (Cénomaniens à Sénonien). Ce sont les schistes noirs (Sn) à la base des nappes, les Grès de l'Embrunais (GE) et le Flysch à Helminthoïdes (FH) pour la nappe du Parpaillon, "Flysch dissocié" (FD) et Flysch à Helminthoïdes (FH) pour la nappe de l'Autapie.

Ces matériaux ont un comportement variable vis-à-vis des mouvements de terrain. Le Flysch dissocié, formé de schistes noirs et de bancs discontinus de calcaire gréseux, est comparable, du point de vue mécanique, aux marnes schisteuses du Callovo-Oxfordien. Le Flysch à Helminthoïdes comprend des séries de bancs décimétriques calcaires ou gréseux séparés par des joints de schistes sombres. La stratification le rend aisément délitable. La série, très fracturée, alimente de nombreux éboulis tapisant le pied des falaises.

1.3 - Etude tectonique succincte

La figure 9 montre la superposition actuelle des diverses unités tectoniques dans les versants. Les deux coupes, l'une passant par Jausiers, l'autre par Barcelonnette, permettent de dire que la région est constituée à 80 % par du Flysch et par un substratum de Terres noires. Les 20 % restants se partagent entre les différentes unités briançonnaises, la nappe de l'Autapie et les Grès d'Annot. Ce fait a une incidence directe sur l'inclinaison des pentes, sur la forme en cuvette adoucie du bassin de Barcelonnette et sur la nature minérale des différents recouvrements (colluvions, cônes de déjection, alluvions et placages morainiques) que nous allons voir dans le paragraphe suivant.

2 - LE QUATERNAIRE

La fenêtre de Barcelonnette se caractérise par la grande superficie occupée par le Quaternaire. Nous allons examiner successivement les dépôts de fond de vallée, les terrains glaciaires, les dépôts d'altitude ; les mouvements de terrain seront également mentionnés en raison de leur développement dans la couverture récente, mais seront traités ultérieurement plus en détail.

2.1 - Les dépôts de fond de vallée

2.1.1 - Les alluvions

Les alluvions récentes tapissent les lits de l'Ubaye et du Bachelard. Elles occupent toute la zone inondable du fond de vallée. Formées en surface de limons sombres déposés lors des grandes crues (la dernière date de 1957), elles s'enrichissent en sables et graviers en profondeur, avec des passées argileuses noirâtres représentant des zones de dépôt plus calme (bras isolés, anciens méandres) ou des épandages de type coulée boueuse déposés lors des crues.

Les gravières situées à l'aval de Barcelonnette extraient en divers points le sable et le gravier (représentant le cortège des minéraux et des roches présents dans le bassin versant : galets de grès grossier, de Flysch, de calcaires...) nécessaires à la construction et à l'empierrement.

Il est à noter que l'Ubaye alluvionne beaucoup dans le secteur de Barcelonnette : les vestiges de l'ancienne ville (XVe siècle) ont été trouvés à 3 mètres sous le niveau actuel, sous la nappe de l'Ubaye. D'après F. ARNAUD (1906) cela est dû au cône de déjection du Riou Bourdoux, qui joue le rôle de barrage intermittent : lorsque le cône dépose des matériaux, l'Ubaye alluvionne à l'amont et exhausse son lit. Ces zones riches en alluvions récentes, où la nappe phréatique affleure, forment "les Iscles".

En altitude, des ombilics de surcreusement glaciaire sont occupés par des dépôts tourbeux, "les Sagnes", en arrière des verrous glaciaires. On en trouve dans les vallons de Terres Plaines, de Clapouse et des Granges Communes.

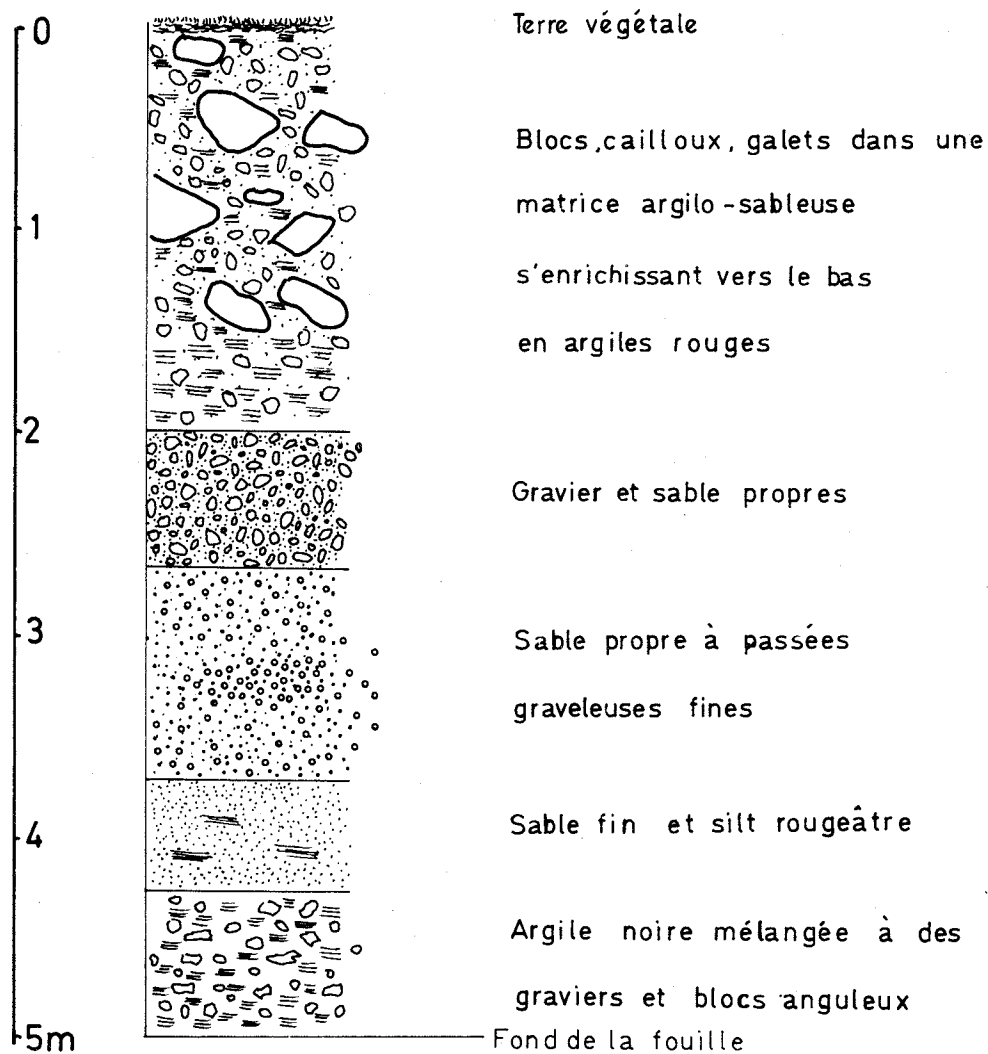
2.1.2 - Les Cônes de déjection

Très nombreux sur toute la région étudiée, ils accompagnent les exutoires des différents torrents qui échancrent les versants.

En rive droite, les hameaux et villages se sont établis sur les cônes, vu la fertilité de leurs épandages et leurs faibles pentes, tels les Sanières, le Bourget, Faucon, Saint-Pons, La Lauze, La Bérarde, Les Thuiles. Le plus important est le cône du Riou Bourdoux. Jadis, aucune maison n'y était établie, car jusqu'au début du XXe siècle, ce cône était considéré comme la calamité de la vallée : régulièrement la route était

Fig. 10

LA COUVERTURE QUATERNAIRE



Coupe levée en rive gauche de l'Ubaye, entre
Le Villard de Faucon et la ferme des Papes

engravée et les ponts emportés. A la suite des travaux de reboisement entrepris dès 1900, le cône s'est stabilisé. Tout le long du chenal d'écoulement, des barrages transversaux en béton brisent la force vive du torrent. Le cône est occupé actuellement par l'aérodrome et la zone industrielle de Barcelonnette - Saint-Pons.

En rive gauche, le hameau de Guégnier étale ses maisons sur le cône du torrent d'Abriès. En novembre 1843, la moitié du hameau a été emportée lors d'une crue. Au Sud de Jausiers, le Riou Versant et le torrent de la Frache viennent mêler leurs eaux à l'Ubaye, qui entaille largement leurs cônes. Plus en aval, le Torrent de Poche et le torrent des Galamonds sont célèbres pour leurs coulées boueuses. Tous deux ont tendance à repousser l'Ubaye vers le Nord. Les affluents du Bachelard présentent aussi des cônes actifs, en particulier le Riou Chanal, qui a failli plusieurs fois engloutir Uvernet et qui, sans les travaux entrepris pour régulariser son cours, aurait causé de grands dommages à cette commune.

2.2 - Les terrains glaciaires

Ils occupent la majeure partie de la fenêtre de Barcelonnette, et ce, avec des épaisseurs très variables. Dans certains thalwegs, on a des épaisseurs de 20 à 30 mètres, parfois plus. Une coupe intéressante (figure 10), car très fraîche, a été trouvée en amont du Villard de Faucon ; une excavation, faite pour loger un réservoir devant emmagasiner une partie de l'eau provenant des captages situés au pied de la Croix de l'Alpe, montre la série suivante, de bas en haut :

- argiles noires mélangées à des graviers, ce qui correspond aux Terres noires remaniées ;
- différentes passées sableuses et silteuses, puis les sables se chargent en éléments grossiers. Le tout est très propre ; ce sont des sables glaciaires.
- amalgame de blocs, graviers et sables, représentant un matériau morainique de recouvrement ;
- sol végétal très mince (sol brun forestier).

Ces diverses formations s'étagent sur 5 mètres, les limites en sont bien marquées. Le substratum n'affleure pas et peut être recouvert par une épaisseur assez importante de matériau remanié. Le pendage est conforme à la pente du versant et de même valeur (15 %). Il n'a pas été trouvé d'autres coupes fraîches dans les environs pour établir des corrélations, mais le manteau morainique étant continu sur ce versant, il semble que cette coupe soit assez représentative.

En conclusion, les terrains glaciaires, vu la surface qu'ils occupent, sont très importants. Bien qu'ils soient concernés par la majorité des

aménagements, on néglige souvent de prendre à leur égard les précautions nécessaires, notamment pour ce qui est de leur pente d'équilibre : témoin les talus de la nouvelle route de Restefond et de la route du Villard-de-Faucon, affectés de nombreux petits glissements en cuillère et donnant à ces routes l'aspect de chantiers permanents.

2.3 - Les dépôts de versants

2.3.1 - Les Eboulis

La fenêtre est limitée au Nord et à l'Est par les hauts reliefs, avoisinant 3 000 mètres, du Flysch à Helminthoïdes, et au Sud par les unités subbriançonnaises et briançonnaises (calcaires jurassiques et triasiques). Ces parois rocheuses sont très sensibles à la gélifraction. Le bas des reliefs est tapissé d'éboulis formés par les blocs détachés des parois.

Ces éboulis déterminent soit des cônes d'éboulis entretenus, avec une pente maximale de 35° et un granoclassement net (les plus gros à l'aval) soit des cônes mixtes alimentés en éboulis et empruntés par les avalanches et les torrents temporaires. Dans ce cas, le matériel n'est pas classé et provient d'accumulations gravitaires ou de charriages par l'eau ou la neige. Les niches d'arrachement de certains glissements entaillent les cônes d'éboulis stabilisés.

2.3.2 - Les glaciers pierreux

Ce sont des accumulations de débris anguleux, dépourvues de "fines particules", recouvrant ou ayant recouvert jadis une lentille de glace, qui fluent vers l'aval sous l'effet de la gravité ou qui ont cessé de fluer. Leur surface est accidentée de creux et de bosses formant des bourrelets concentriques arqués vers l'aval, se terminant par un talus. Ils sont nombreux au-dessus de 2 000 mètres sur les versants et dans les vallons orientés vers le Nord.

Dans la deuxième partie, nous ferons l'inventaire des "rock glaciers" de la région et, d'après différents critères, nous essayerons de les classer.

2.3.3 - Les Eluvions

Ce sont des matériaux provenant de l'altération sur place des terrains. On en rencontre sur les pentes stables, dans les secteurs peu attaqués par l'érosion. Sur les Terres noires par exemple, on observe une couche de couleur claire atteignant quelques mètres d'épaisseur et utilisée jadis en remplacement de la chaux ou du ciment.

2.3.4 - Les Colluvions

Ce sont des matériaux accumulés au pied des pentes et issus de la désagrégation de celles-ci. Les colluvions proviennent du transport gravitaire

des produits d'altération et d'épandage sur les versants. Sur une coupe de formation glaciaire, le niveau basal est généralement une colluvion de versant. On les trouve en abondance sur les terrains schisteux où elles sont souvent soumises à des déplacements lents (reptation...).

2.3.5 - Les mouvements gravitaires

Très développés sur le secteur de la fenêtre de Barcelonnette, ils affectent aussi bien le recouvrement quaternaire que les terrains du substratum, avec une prédilection très marquée pour les Terres noires et les schistes noirs de la nappe de l'Autapie.

3 - DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

De façon générale, après une chute de pluie importante ou une fonte de neige, certains terrains sont le siège d'une infiltration puis d'un écoulement souterrain. L'importance et le style de ces circulations dépendent des paramètres hydrauliques des différentes formations.

En première approximation, les formes présentes se répartissent en deux groupes :

- les roches dites imperméables, c'est-à-dire celles dont la perméabilité est pratiquement nulle : l'eau ne s'y infiltre pas, elle ruisselle et s'écoule ;
- les roches perméables sur lesquelles le ruissellement est moindre, on a pénétration d'une fraction notable de la tranche écoulée.

3.1 - Les roches imperméables

Elles sont représentées surtout par les Terres noires et le Flysch dissocié, de la nappe de l'Autapie. L'écoulement superficiel et l'érosion y sont importants ce qui explique l'aspect de "bad lands" présenté fréquemment par les alentours de Barcelonnette. Le Flysch à Helminthoïdes a une perméabilité faible lorsque la série est épaisse et peu fracturée.

Dans les terrains quaternaires, il existe des formations de transport totalement argileuses (certaines colluvions de versant, les lentilles limoneuses de l'Ubaye) ou à matrice argileuse (moraines de fond). La plus ou moins grande proportion d'argile influe sur la perméabilité de ces formations.

3.2 - Les roches perméables

Il faut tout d'abord distinguer la perméabilité d'interstices, propre

entre autres à diverses formations quaternaires, et la perméabilité de fissures, que l'on rencontre dans les roches du substratum.

3.2.1 - Les formations quaternaires

Les alluvions de l'Ubaye possèdent une nappe, peu exploitée car les lentilles argileuses et limoneuses rendent les circulations capricieuses. Les alluvions du Bachelard par contre, plus propres, alimentent en eau une partie de la station de ski de Pra-Loup.

La vitesse des eaux des torrents, au sortir des chenaux d'écoulement, est fortement diminuée : ce fait est favorable à l'infiltration dans le secteur amont des cônes de déjection. Les nappes des cônes circulent suivant des lits plus grossiers et se raccordent en aval au cours d'eau principal.

Les formations glaciaires très développées sur la fenêtre représentent une grande surface d'infiltration. Irrégulièrement argileuses, elles sont le siège de circulations d'eau et alimentent des sources, surtout au contact avec les Terres noires. Ce fait est dû au contraste de perméabilité existant entre les deux formations.

Les mouvements des terrains glissés ont été très souvent provoqués par des circulations d'eau. L'eau transite toujours dans les zones remaniées des glissements anciens ou récents. Les replats existant sur le corps des mouvements facilitent l'accumulation de l'eau et entretiennent pendant une longue partie de l'année des mares ou des zones humides. Les mares sont une preuve de stagnation de l'eau, donc de la faible perméabilité des zones qui les abritent. Le pied des glissements est parfois marqué par des sources.

Les éboulis au pied des grands reliefs, alimentent de nombreuses sources qui sont à l'origine des torrents en altitude. Ces matériaux de recouvrement sont parfois plaqués sur des contacts lithologiques ou tectoniques. Il est alors difficile de faire la part des eaux venant du recouvrement ou du substratum, sauf si l'on constate la persistance d'un débit résiduel en étiage ou au contraire un tarissement complet.

3.2.2 - Les roches du substratum

Le substratum formé par l'autochtone et les nappes n'est pas exempt de circulations souterraines ou d'émergences. Les circulations y sont de deux types :

- circulation par les fissures : les grès d'Annot sont aquifères, surtout dans les zones fracturées ou tectonisées. Lorsque la nappe du Flysch à Helminthoïdes est peu épaisse et très fracturée, elle est aquifère. A l'Adret de Barcelonnette, le long du chemin horizontal, une série de sources jalonne le contact entre le Flysch à Helminthoïdes et les schistes noirs de la nappe de l'Autapie. Dans le vallon de Terres Plaines, une ligne de sources marque la limite entre les Terres noires et le Flysch. Ce vallon est si riche en eau qu'une galerie a été creusée jadis au pied de

la Croix de l'Alpe, sous la crête des Barraux, à 2 250 mètres d'altitude. L'eau ainsi déviée alimentait les pentes dominant le Villard-de-Faucon.

- circulation par les chenaux : les calcaires du Crétacé supérieur et du Nummulitique présentent en certains endroits une morphologie karstique et sont très pénétrables par l'eau. Il en est de même pour les calcaires jurassiques : dans la Séolane, le karst est relativement bien développé ; dans le Restefond, ils alimentent la source de la Cabane Noire, au contact des Schistes à blocs, au toit des Grès d'Annot.

3.3 - Conclusion

Pour conclure cet aperçu hydrogéologique, deux faits sont à souligner. Malgré son apparente richesse en eau, la vallée de l'Ubaye connaît des difficultés d'alimentation aggravées par la création de stations d'altitude. Le maximum de fréquentation correspond en effet à l'étiage hivernal.

D'autre part, le facteur eau est très important, si ce n'est primordial, en ce qui concerne la modification de la stabilité d'une pente. Une hausse du niveau piézométrique augmente les pressions interstitielles, ce qui diminue les forces de frottement interne. Une évolution de l'écoulement dans le temps peut se produire soit par érosion interne (formation de "renards", d'où dégradation mécanique de l'aquifère) soit par colmatage progressif (la perméabilité diminue).

4 - DONNEES GEOMORPHOLOGIQUES

La morphologie actuelle traduit à la fois l'empreinte laissée par le passage des glaciers, par le travail du réseau torrentiel et par les transformations consécutives aux mouvements de versants. Elle est d'autre part influencée par la diversité du contexte lithologique (voir figures 11 et 12 montrant la morphologie en fonction de la lithologie).

L'évolution au Wurm était déjà très avancée. Nous manquons d'éléments pour préciser les événements antérieurs et notamment tout ce qui concerne les faits morphologiques du Quaternaire ancien.

4.1 - L'héritage morphologique du Wurm

Au Wurm, le glacier de l'Ubaye occupait toute la fenêtre de Barcelonnette et devait dépasser les 2 000 mètres d'altitude. Il rejoignait le glacier de la Durance au niveau de Serre-Ponçon. Les vallons suspendus autour de Barcelonnette étaient eux aussi occupés par des langues glaciaires, comme en témoigne la relique de glacier dans la vallée de la Blanche de Lavercq. Seules les lignes de crête émergeaient de ce fleuve de glace.

Fig. 11

PROFILS TRANSVERSAUX A L'UBAYE

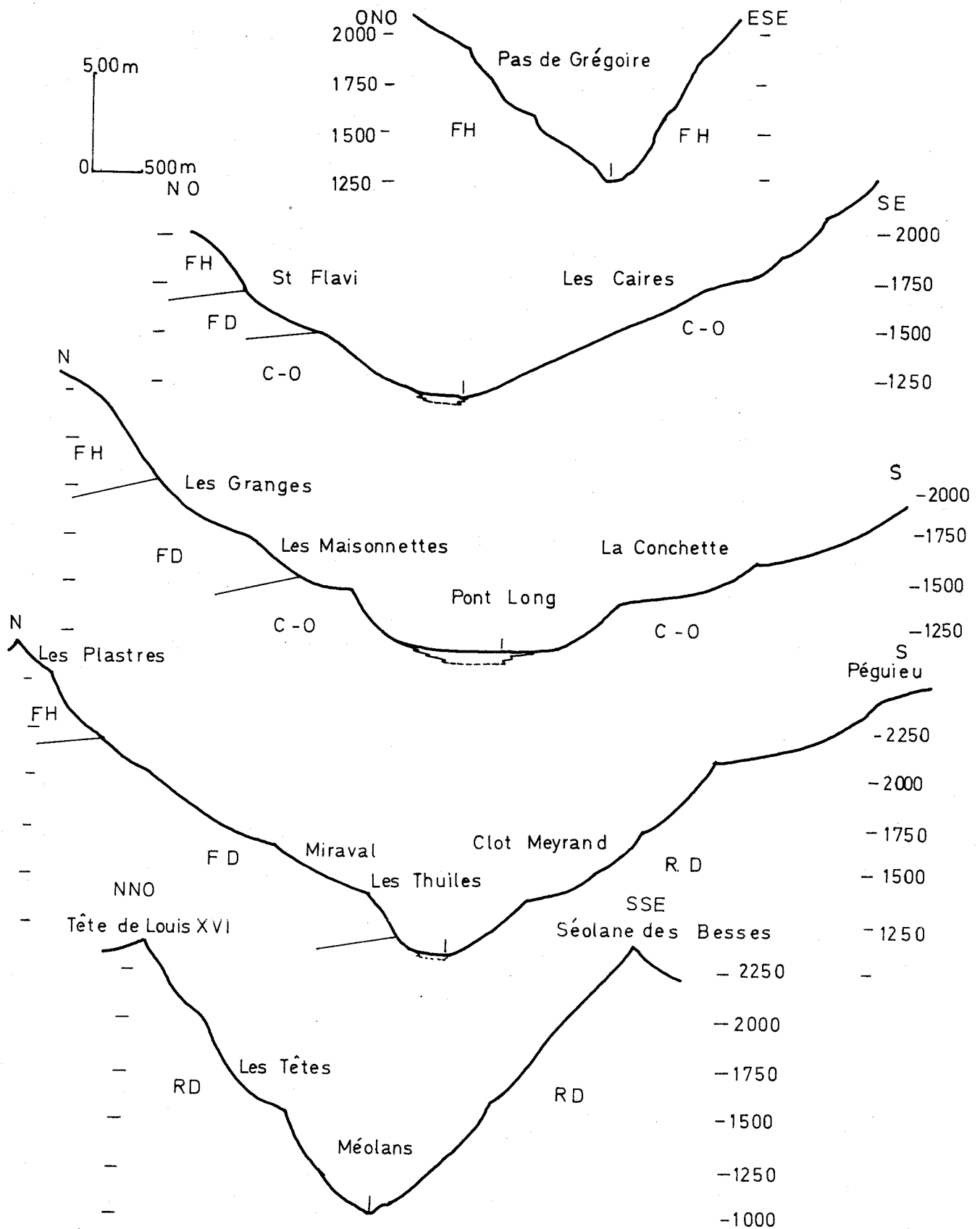
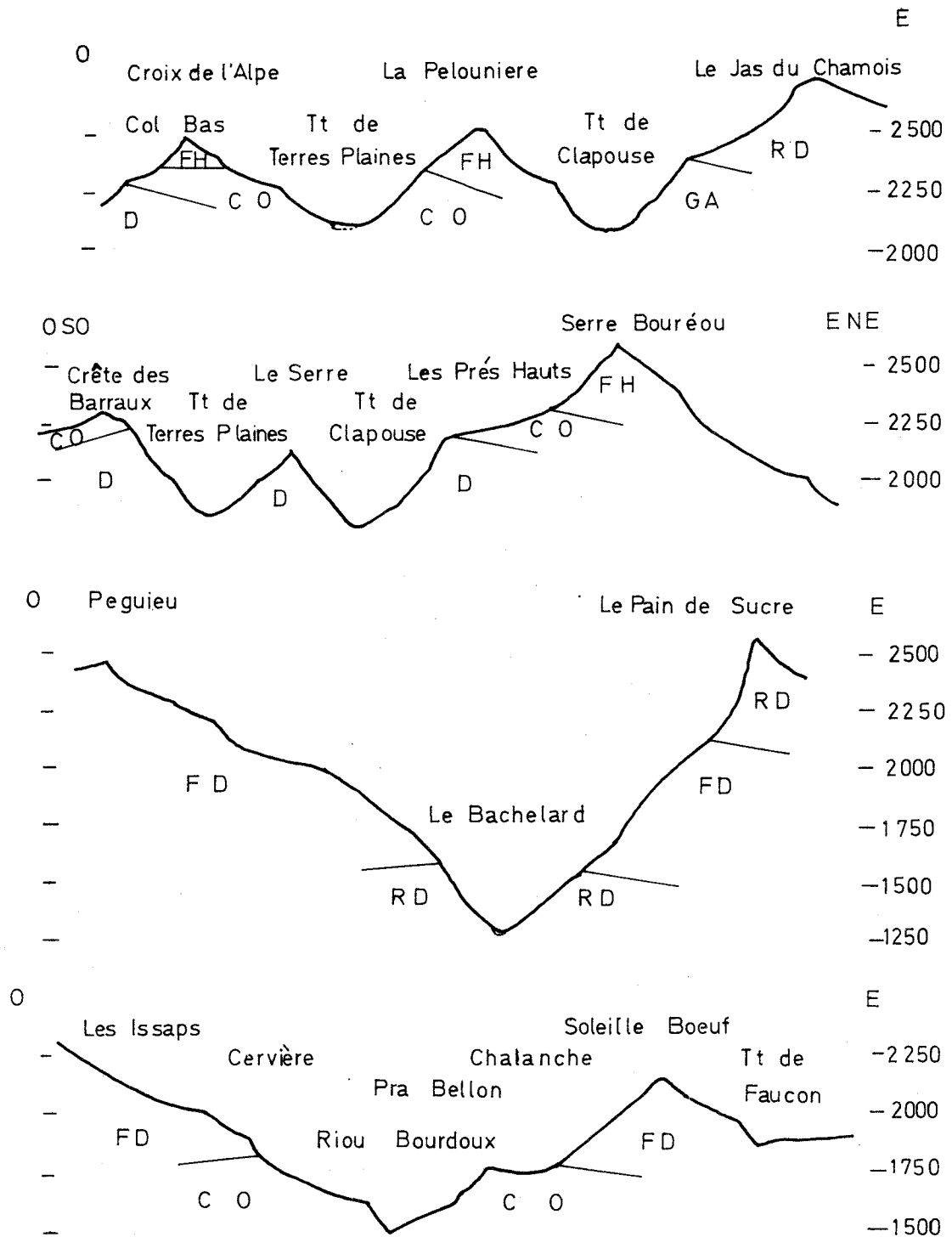


Fig.12

PROFILS TRANSVERSAUX AUX PRINCIPAUX AFFLUENTS



Légende Fig.11 & 12 voir Fig. 8

RD = roche dure (calcaire, grès.)

4.1.1 - Les cirques glaciaires

On entend par cirques des bassins élevés, semi-circulaires, entourés par une paroi, qui ont été occupés par la tête d'un glacier. Les cirques les plus nets occupent la rive droite du vallon de Clapouse. Ils sont soit disposés en relais, en contrebas d'une crête, soit isolés, séparés par des parois transverses. On en rencontre aussi au sommet du vallon de Terres Plaines. Actuellement, ils sont simplement occupés par des névés temporaires, fondant vers la mi-juin, et encombrés par les cordons des glaciers pierreux.

4.1.2 - Le Profil en long

La vallée glaciaire présente une succession de zones élargies, parfois surcreusées, les ombilics, et de zones étroites entaillées par des gorges, les verrous. Cette alternance est en grande partie imputable à la lithologie du substratum. Ainsi le bassin de la moyenne Ubaye, creusé dans les marnes schisteuses du Jurassique, est limité par des verrous : à l'amont, celui du pas de Grégoire, à l'aval, celui de Méolans, l'un dans le Flysch, l'autre dans les calcaires subbriançonnais.

Dans les vallons affluents de rive gauche (Abriès, Clapouse, Terres Plaines) la même disposition s'observe. La succession est très nette dans celui de Terres Plaines : le lac occupe un ombilic surcreusé par la glace provenant de divers cirques sus-jacents. Il est séparé du vallon qui suit par un verrou entaillé d'une gorge. Dans ce vallon, les "Sagnes" attestent la présence d'un ancien lac, aujourd'hui comblé. Vers l'aval, le torrent rejoint le vallon de Clapouse en empruntant le verrou des "Gorges de l'enfer". On a là un exemple typique de vallée suspendue se reliant à la vallée principale par une gorge de raccordement.

4.1.3 - Les placages morainiques

En se retirant, le glacier de l'Ubaye a laissé à découvert de nombreuses moraines de fond. Ces moraines occupent des replats topographiques s'étaguant entre les cotes 1 400 et 1 600. On les rencontre aux endroits suivants : champ de tir au Nord de Jausiers, Saint Flavi, les Maissonnettes, le Serre, Miraval, les Prats et Rioclar en rive droite, Lans, les Papes, la Conche, le Sauze et Clot Meyrand en rive gauche.

Pour Lans, un problème se pose, car la tranchée de la nouvelle route du col de la Bonnette a mis à l'affleurement un important dépôt argileux présentant des intrications avec des cailloutis glaciaires. Ce dépôt, épais d'une trentaine de mètres, se suit sur 400 mètres environ, mais il doit se continuer sous le replat de Lans. Il pourrait s'agir d'une argile de comblement lacustre. Le lac se serait formé dans une dépression barrée à l'aval par les langues glaciaires d'Abriès et de l'Ubaye, que le glacier local avait cessé de rejoindre. En annexe, l'analyse de cette argile est présentée.

D'autres replats, dus à des appareils glaciaires locaux, s'observent à une

altitude moyenne de 2 000 mètres. Il s'agit des replats du Césier et des Issaps au pied du rocher des Cailles, des replats de la Séa entre Terres Plaines et Clapouse et des Prés Hauts au pied du Gerbier.

4.2 - L'évolution post-glaciaire

4.2.1 - Les phénomènes périglaciaires

Le domaine périglaciaire est défini comme celui où le gel fait sentir ses effets durant une grande partie de l'année, tout en restant discontinu. C'est donc, pour notre région, la tranche d'altitude où le couple gel-dégel intervient un grand nombre de fois chaque année. Ce couple est limité en amont par le domaine des neiges permanentes et en aval par la limite de la forêt. Ces limites sont actuelles. Il est bien évident que des phénomènes périglaciaires fossiles s'observent à des altitudes beaucoup plus basses.

Les mécanismes entrant en ligne de compte sont le gel, le dégel et le ruissellement. Ces facteurs se répercutent sur l'évolution de la morphologie.

Le gel : les effets de l'action du gel, dans le sol et dans les roches, varient avec l'altitude et l'exposition d'une part, et avec la présence d'un recouvrement (tapis végétal continu ou discontinu, neige...) d'autre part.

L'augmentation de volume de l'eau, lors de sa prise en glace (environ 9 %), se traduit par des pressions considérables susceptibles de disloquer le matériel rocheux. Ce processus de dégradation mécanique, nommé gélifraction, se présente, selon la lithologie, sous deux aspects :

- la macrogélifraction, qui exploite la structure de la roche et agit le long des diaclases, fissures, clivages, plans de stratification ; elle intéresse surtout les roches stratifiées (calcaires, grès, flyschs...). Les éléments obtenus sont assez grossiers.
- la microgélifraction, qui recoupe les structures de la roche et fragmente ses éléments. Elle s'exerce surtout sur les roches poreuses et de faible résistance mécanique. Le résultat se présente sous formes d'esquilles pour les roches compactes, de limons pour les roches schisteuses.

Plusieurs facteurs sont responsables de la gélifraction :

- l'intensité du gel, qui agit même sur les roches les moins gélives,
- la durée du gel sur les roches diaclasées,
- sa répétition, agissant surtout sur les formations superficielles (éboulis, glaciers pierreux, sols...) dont les déplacements s'effectuent par mouvements saccadés de blocs ou de grains les uns sur les autres,

- la teneur en eau au moment où survient le gel : une roche sèche reste indemne,
- une stratification présentant des interlits argileux : le gel provoque le gonflement des argiles ou des schistes, ce qui désolidarise les bancs plus durs.

La gélivation des parois rocheuses libère des pierres qui alimentent les éboulis par gravité. La gélivation des versants schisteux ou des sols fournit des débris plus fins (limons) engendrant des coulées de solifluxion.

Le dégel et le ruissellement : le phénomène gel-dégel peut s'observer à différentes échelles, au niveau de l'échantillon de l'affleurement ou du versant. Ainsi, à la suite de la fonte de la glace, de nombreux versants épaulés auparavant par les glaciers n'ont plus été soutenus. D'autre part, leur dégel profond a amoindri leur résistance mécanique. Enfin, dans les fissures libérées par la glace et s'ouvrant par décompression, l'eau s'est infiltrée plus facilement. Tous ces facteurs réunis ont entraîné de grands glissements de versants.

A chaque période de dégel, de l'eau se trouve libérée, alors qu'une tranche peu profonde du sous-sol reste, pour un temps, gelée et donc imperméable. Cette eau peut se trouver évacuée par le ruissellement, mais une partie, faute de pouvoir s'infiltrer, imprègne et même sature le sol et les roches meubles. Cette saturation tend à désolidariser les particules les unes des autres. Ainsi se produisent au printemps des coulées de solifluxion et un "creep" généralisé. D'autre part, l'eau qui s'écoule le fait sous forme de ruissellement diffus, de façon anarchique, ce qui ajoute un transport des éléments superficiels. Une fois collectée, elle ravine sans peine les terrains qui ont perdu toute cohésion.

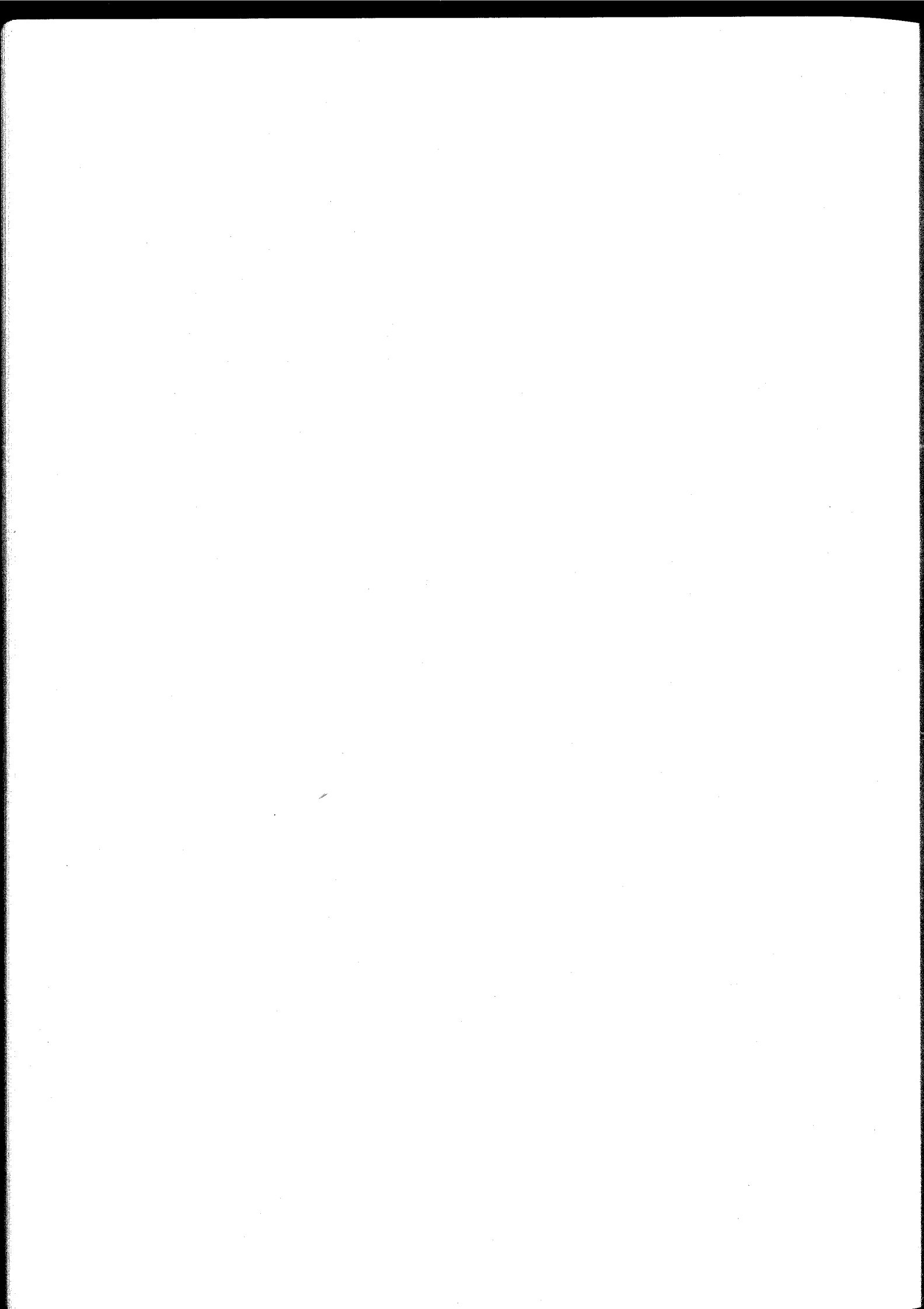
4.2.2 - L'érosion torrentielle

Classiquement, on distingue trois parties dans un appareil torrentiel. D'amont en aval : le bassin de réception, le chenal d'écoulement et le cône de déjection.

Le bassin de réception est le secteur où l'érosion est la plus intense, particulièrement lorsque les ravines élémentaires entaillent des terrains meubles ou des roches schisteuses. Lors des fortes pluies, la masse solide charriée par l'eau peut être considérable. Elle est ensuite évacuée par le chenal d'écoulement et s'étale sur le cône de déjection. Lors des crues, la masse charriée prend l'allure d'une lave et emporte tout sur son passage. Tous les torrents du bassin de Barcelonnette ont laissé des marques de tels ravages. Depuis fort longtemps, le service forestier a établi des seuils afin de rectifier le cours des plus agressifs : Riou Bourdoux, Riou Chanal, torrents de Faucon et des Sanières. Jadis, les barrages en maçonnerie ou en pierres sèches ne résistaient pas aux fortes crues. Actuellement, les seuils en béton armé arrivent mieux à briser la force vive de l'eau et à transformer la pente en une série de replats étagés.

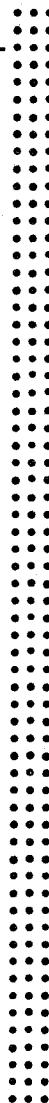
D'après Ch. P. PEGUY (1947), lorsque le bassin de réception entaille les terrains au-dessus de la limite de la forêt, la rectification du tronçon aval devient impossible. Sur le Riou Bourdoux, au moins, les services forestiers ont presque réussi à démontrer le contraire : le cône de déjection, jadis désertique, est colonisé par la végétation et abrite l'aérodrome ainsi qu'une ébauche de zone industrielle, et la route N 100 n'a plus à souffrir des caprices du torrent. De nombreux glissements et coulées prennent naissance sur les bordures des torrents : en s'encaissant, le ruisseau affouille et provoque des abrupts. Les terrains affectés, lorsqu'ils sont peu cohérents, ne peuvent conserver longtemps un équilibre précaire et s'effondrent.

Les mouvements de terrain ne sont pas localisés uniquement sur les berges des torrents. Ils sont très répandus sur la zone étudiée. Ce sont des déformations d'origine gravitaire qui, au même titre que les agents géodynamiques précédemment décrits, interviennent largement dans l'évolution de la morphologie. Ils sont parfois difficiles à percevoir, soit parce qu'ils concernent des vastes panneaux qui évoluent lentement, soit parce que, une fois stabilisés, de légers remaniements superficiels en masquent les traits les plus caractéristiques. Avant de les dénombrer et de les décrire dans le secteur de la moyenne Ubaye, nous allons d'abord les définir et les classer en précisant les méthodes que l'on peut utiliser pour leur étude.





CHAPITRE III



CLASSEMENT ET METHODE D'ETUDE
DES MOUVEMENTS DE TERRAIN



sciences de la terre
DIUS
JUSSEU
CADIST

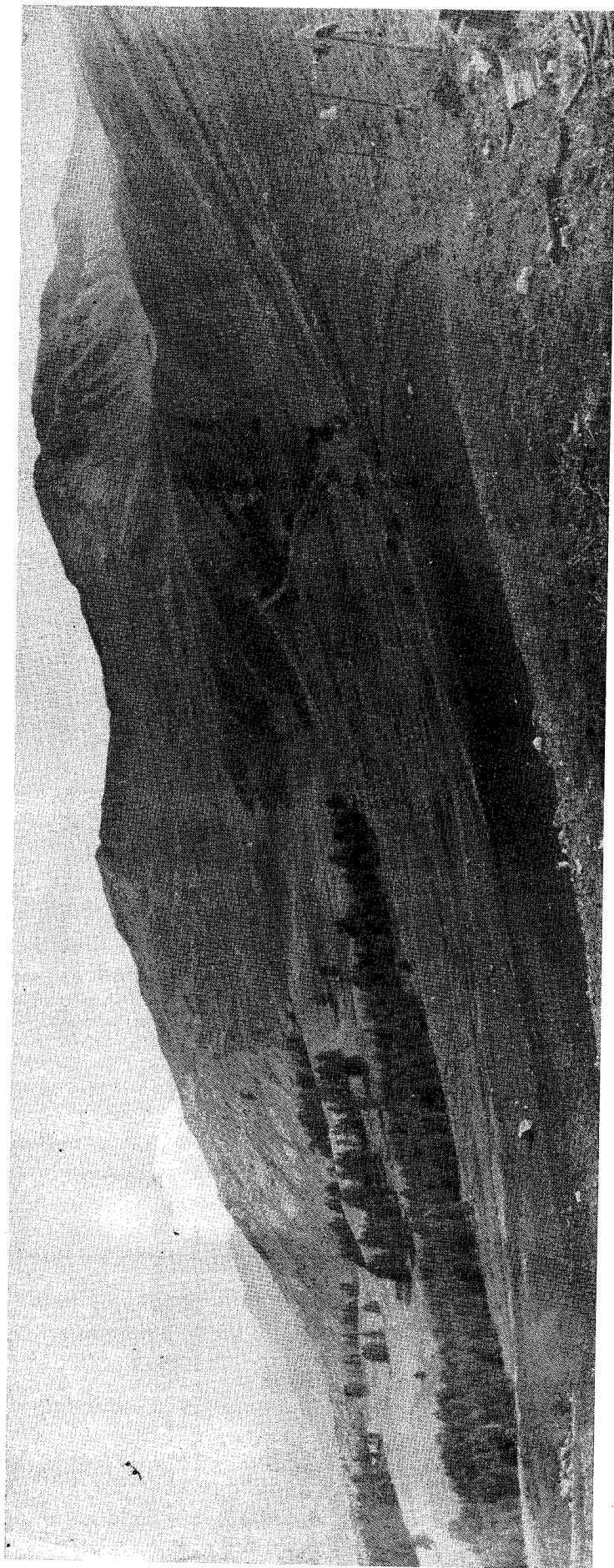


Photo 5 : Versant Est de la Croix de
l'Alpe vu de la cabane de l'Alpe

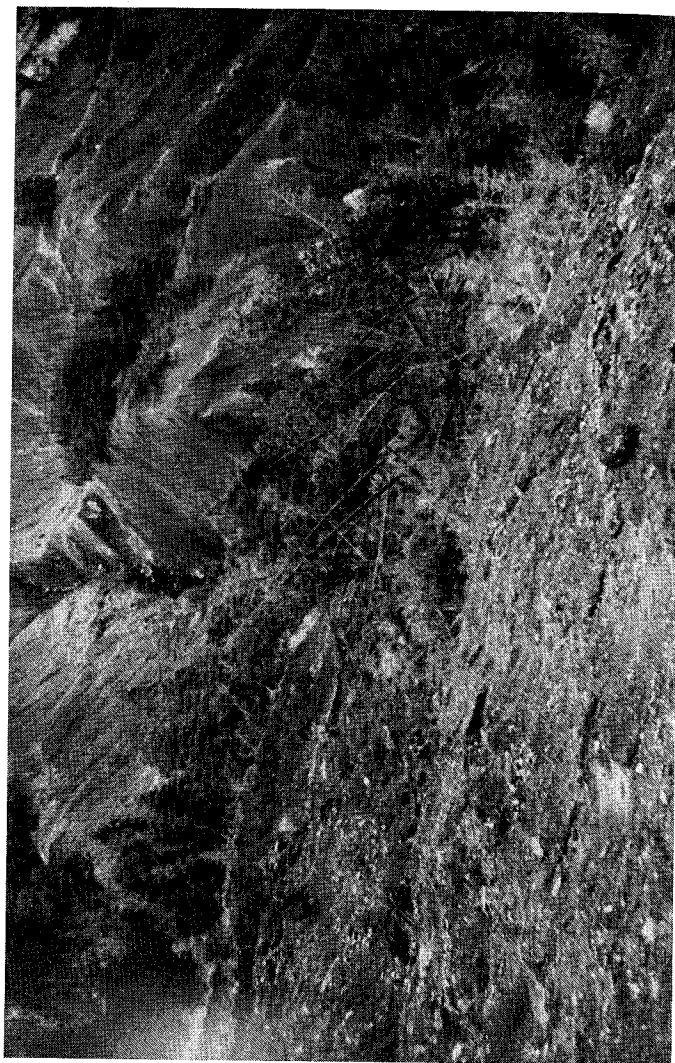


Photo 6 : Front d'une coulée récente dans
le secteur de Pra Bellon

1 - LES MOUVEMENTS GRAVITAIRES : CLASSEMENT

1.1 - Définition

Les mouvements gravitaires, comme leur nom l'indique, regroupent tous les cas de déplacement de masses de terrain sous l'action de la pesanteur. Cette pesanteur constitue en effet le moteur toujours présent, susceptible d'intervenir lorsqu'apparaissent des facteurs d'instabilité de natures diverses, inventoriés par divers auteurs dont J. P. BOMBARD (1968).

Les mouvements de terrain ont déjà suscité de nombreuses classifications, descriptives ou géomécaniques. Notre étude, qui s'appuie uniquement sur des observations de terrain et qui propose une interprétation à partir de celles-ci, nous a montré que la majorité des classifications sont beaucoup trop rigides. Dans la nature, un mouvement est rarement simple et souvent évolue progressivement d'un type à un autre. Quelquefois aussi, ce sont des versants entiers qui sont affectés et il est difficile de se prononcer sur l'existence d'une surface de rupture définie, sur l'épaisseur et parfois même sur les limites latérales de la masse glissée.

1.2 - Critères de reconnaissance

L'étude morphologique permet de déceler les mouvements et de déterminer leur type ainsi que leur degré d'activité. Les dimensions du mouvement et leurs rapports définissent ses divers caractères géométriques (ampleur, forme...).

L'examen géologique révèle certaines catégories de données utiles à la compréhension du mécanisme en cause : lithologie (nature et état de la roche), structure (allure et densité des discontinuités), conditions hydrogéologiques...

Le remaniement interne est fonction du type de mouvement et de la nature du matériau. Il est dû au plus ou moins grand nombre de surfaces de rupture secondaires à l'intérieur de la masse en mouvement. La surface de rupture principale existe dans la majorité des types de mouvements. Sa forme et son étendue sont fonction de la géologie du matériau. Elle suit souvent des discontinuités : limite substratum-couverture, limite substratum sain et altéré, surfaces liées à la stratification, à la schistosité, aux contacts tectoniques...

1.3 - Classement des mouvements observés

Nous avons repris les classifications proposées par J. P. BOMBARD (1968) et A. M. MALATRAIT (1975) en les adaptant à la région étudiée (tableau 6).

TABLEAU 6 : DIFFERENTS TYPES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN OBSERVES

T Y P E	TERRAINS CONCERNES	CARACTERES COMPLEMENTAIRES
FAUCHAGE	R. stratifiées ou schist.	Balancement des têtes de couches
EFFONDREMENT	Calcaires et gypses	Dissolution
ECROULEMENTS	R. dures	Eboulis
		Pans de falaises à diaclases verticales, fluage du niveau sous-jacent
	R. stratifiées	Clivage couche sur couche glissement se résolvant en écoulement
GLISSEMENTS	R. compétentes ou stratif.	Panneau glissé : tassement sur un niveau tendre, panneaux restés cohérents
	Couverture	Couverture glissant sur un substratum imperméable
	R. schisteuses	Le matériau glissé se transforme en coulée
COULEES	R. tendres	Remaniement fort, faible cohésion, écoulement visqueux
	Couverture	
LAVES	R. schisteuses et	Ecoulement liquide saturation en eau
	Couverture	
SOLIFLUXION	Couverture	Glissement épidermique
REPTATION	Couverture	Mouvement de débris
MOUVEMENTS EVOLUES DE TYPES DIVERS	Versants entiers, tous les types de roches et de sols sont représentés	Résultat de l'extension dans plusieurs directions de mouvements isolés

1.3.1 - Le Fauchage

Ce mouvement affecte des roches stratifiées ou schisteuses. La tête des couches s'incline vers le bas de la pente sans se séparer totalement du massif. La déformation, de style souple, est très lente. Elle est due à l'action conjuguée de la pesanteur et des agents météoriques.

1.3.2 - Les écroulements

Ils consistent en une chute brusque d'une masse rocheuse plus ou moins importante le long d'une falaise ou d'une paroi très raide et viennent former, à plus ou moins grande distance du pied de la paroi, une masse de matériaux grossiers, non triés. Ils affectent des roches dures et homogènes, à pentes fortes (70° au surplomb). Ils ont deux origines, présence de fractures préexistantes et de niveaux tendres sous-jacents. Il ne faut pas confondre leurs produits avec les éboulis provenant de chutes de pierres indépendantes et répétées dans le temps.

1.3.3 - Les affaissements

Ce sont des déplacements subverticaux dus aux phénomènes de dissolution provoqués par les circulations souterraines. La conséquence est l'apparition de dépressions de dimension variable. Les seuls affaissements observés correspondent au coeur anticlinal du pli de Terres Plaines, dans le secteur de Terres Blanches : on y observe des entonnoirs de dissolution dans les gypses. Les phénomènes karstiques peuvent aussi donner lieu à des effondrements brutaux.

1.3.4 - Les glissements

Il s'agit du déplacement plus ou moins continu et rapide d'une masse de matériau quelconque le long d'une ou plusieurs surfaces de rupture de formes diverses. Le résultat est variable suivant que le mouvement se produit dans une roche compétente, dans des roches schisteuses ou dans les terrains de couverture.

Pour les roches compétentes, le mouvement peut avoir lieu suivant des surfaces de faiblesse préexistantes : stratification conforme à la pente (versant nord-ouest de Tête Dure, près du lac de Terre Plaine), joints, têtes de plis. Dans ce cas, le glissement évolue en écroulement car le résultat est un épandage de blocs de toutes dimensions accompagnés ou non de fines. Dans d'autres cas, le glissement consiste en une translation d'éléments rocheux plus ou moins volumineux, sans remaniement notable. Le tassement a lieu sur un niveau tendre. Pour le flysch, il s'agit du niveau schisteux de la base de la nappe du Parpaillon ; le Lias marneux joue le même rôle pour le Dogger. On peut expliquer ainsi le glissement de Jausiers : il y a eu tassement d'un grand "paquet" de flysch à Helminthoïdes par foirage du flysch dissocié sous-jacent et ouverture des fractures tenues fermées jusque là par les contraintes qu'exerçait le glacier de l'Ubaye sur le versant.

Pour les roches incompétentes, la surface de rupture coïncide souvent avec

la limite entre terrain sain et altéré, mais bien d'autres dispositions peuvent se présenter : niveau broyé à la faveur d'un contact anormal (faille ou surface de chevauchement). Souvent les glissements résultants sont accompagnés de coulées prenant naissance dans le corps du mouvement (glissements et coulées du Torrent de Poche).

Les terrains de couverture sont aussi le siège de glissements. On peut les classer en deux types. Les uns, de faible extension, présentent une surface de rupture circulaire ou elliptique, le matériau se déplace peu, la masse en mouvement s'étale au pied de la niche de départ. Ils affectent particulièrement les talus routiers et les berges des torrents. Vu leur faible extension, ils n'ont pas été recensés. Un autre type consiste dans le glissement des formations de couverture sur le substratum. Ce cas est fréquent pour le glaciaire gorgé d'eau et plaqué sur des marnes ou des calcaires marneux constituant un substratum imperméable (cas du glissement des Aiguettes). Pour les formations glaciaires, qui n'ont pas une structure bien définie, il est difficile de déterminer si les matériaux sont très remaniés ou non et donc si l'on est en présence d'un glissement ou d'une coulée.

1.3.5 - Les coulées

Ce sont des mouvements affectant des matériaux de faible cohésion, à dominante argileuse, caractérisés par un fort remaniement et un écoulement de type visqueux. Elles intéressent aussi bien le substratum composé de roches tendres que la couverture formée de moraines argileuses. Elles se reconnaissent par la grande extension du mouvement comparée à sa largeur. Les matériaux sont toujours saturés et la stabilisation est, contrairement aux glissements, rarement complète. Leur consistance fait qu'elles empruntent souvent des thalwegs et par conséquent perturbent le réseau hydrographique (coulée de Combe de Bouzon).

On peut classer dans cette rubrique les glaciers rocheux, représentant une sorte de coulée de terrains de couverture sur le substratum ou sur la couverture elle-même.

1.3.6 - Les Laves

Elles représentent un type de transport à mi-chemin de la coulée et des épandages torrentiels. Les laves empruntent toujours les lits des torrents. Les matériaux charriés n'ont pas une origine unique, ils proviennent d'affaissements des berges ou de rupture de barrages temporaires provoqués par des coulées ou des glissements. Par leur charge solide très élevée, les laves sont capables de transporter des blocs de plusieurs mètres cubes.

1.3.7 - La Solifluxion

On définit ainsi l'écoulement lent de la tranche superficielle du terrain formé de débris de roches et de terre végétale. Les mouvements sont mal délimités et s'accompagnent de bourrelets, terrassettes, petites déchirures. Ce phénomène est très courant en altitude, dans la zone des pelouses

alpines, sur des pentes faibles. Il se produit surtout au printemps lorsque la tranche superficielle est gorgée d'eau par suite d'un dégel qui ne s'est pas encore propagé dans toute l'épaisseur de sol affectée par le gel hivernal, par la formation en profondeur d'un "pergélisol temporaire".

1.3.8 - La Reptation

Il s'agit du transport de débris de roches ou de sol sur une pente variable se traduisant par des mouvements très lents et superficiels aux limites latérales floues.

1.3.9 - Les Mouvements évolués

Sous ce titre, nous avons classé tous les mouvements présentant un certain degré de complexité par l'intrication des divers types de déplacements déjà décrits. Ils résultent souvent de l'extension dans plusieurs directions de mouvements simples et isolés et intéressent tous les types de terrains. Les déformations sont discontinues et des parties actives côtoient des zones devenues immobiles après divers mouvements, et qui se distinguent parfois difficilement de secteurs restés stables recouverts de colluvions ou de glaciaire.

2 - METHODE D'ETUDE

Notre étude est essentiellement descriptive. Elle consiste en la transcription de toutes les données qu'il était possible de recueillir à propos des mouvements gravitaires. L'échelle de ces observations varie du général au particulier. Elle part des études et documents cartographiques existants, passe par l'examen des photos aériennes et se termine par l'observation sur le terrain que nul autre moyen d'investigation ne peut remplacer. Cette observation est guidée par une fiche descriptive et accompagnée d'une cartographie détaillée.

A tout cela, s'ajoutent des travaux complémentaires destinés à préciser certains paramètres et des recherches dans les archives.

Le but de l'étude n'était pas de découvrir de nouveaux mouvements, la majorité étant connus et cartographiés, mais d'en inventorier avec plus de précision la morphologie et l'anatomie.

2.1 - Documents graphiques existants

2.1.1 - Cartes topographiques

Feuille XXXV - 39 Barcelonnette au 1/50 000

Feuilles Barcelonnette 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 au 1/25 000 publiées par l'Institut Géographique National, obtenues par restitution à partir des photographies aériennes de 1956.

STUS
JUS
CADIST

2.1.2 - Carte géologique

La feuille Barcelonnette de la carte géologique de la France au 1/50 000 a été publiée en 1974. C. KERCKHOVE, qui en est l'auteur, a apporté un grand soin à la figuration du Quaternaire de telle sorte que, la majorité des mouvements de terrains y étant déjà identifiés, le recensement s'en est trouvé facilité.

2.1.3 - Photographies aériennes

Nous disposons du jeu de photos couvrant le secteur, correspondant à la mission Nyons-Larche 1956 au 1/42 000 environ. En certains endroits, des différences dans le couvert végétal ont été remarquées entre la prise des photos et l'époque actuelle.

2.1.4 - Les cartes ZERMOS

Les deux cartes ZERMOS des environs de Barcelonnette (CETE d'Aix-en-Provence, 1974) et de la zone Larche-Restefond (L. BOUQUIER et M. DUBASQUE, 1975) étaient en notre possession. Elles n'ont été consultées qu'à titre indicatif. Par leur découpage en zones stables, d'instabilité potentielle et d'instabilité déclarée, elles diffèrent de notre étude qui représente la description objective des mouvements passés ou présents, accompagnée d'une cartographie systématique avec établissement pour chaque mouvement d'un dossier établi à partir d'une fiche descriptive.

De la façon dont elles sont conçues, ces deux cartes ont tendance à rejoindre la citation placée au début de ce mémoire.

2.2 - Bibliographie

Les données concernant le milieu naturel ont été extraites en partie des ouvrages de CH. P. PEGUY (1947) et de R. BLANCHARD (1950). La station météorologique de St-Auban, Château-Arnoux (Alpes de Haute Provence) nous a fourni les données climatiques.

Pour la géologie, le mémoire de C. KERCKHOVE (1969) concernant l'Embrunais-Ubaye et l'étude de J. PLAN (1968) sur la fenêtre de Barcelonnette ont été fort utiles.

Pour le recensement et la cartographie des mouvements de terrain, la littérature abonde. Les études de J. P. BOMBARD (1968) et de A. M. MALATRAIT (1975) ont évité bien des tâtonnements et ont guidé les recherches bibliographiques.

2.3 - Le travail personnel

Il a comporté plusieurs phases successives ou parallèles, aboutissant à la confection du présent mémoire.

2.3.1 - La technique d'investigation

En 1975, une reconnaissance d'un mois a permis de prendre contact avec la géologie et la morphologie de l'Ubaye. L'examen systématique des photographies aériennes (4 mois) qui a suivi a permis de repérer et d'inventorier les différents types de mouvements, et d'ébaucher pour chacun d'eux la fiche descriptive en y transcrivant, dès ce stade, les coordonnées ainsi que les renseignements relatifs aux moyens d'accès, au réseau hydrographique, à la végétation, à la morphologie, en même temps qu'une identification générale du contexte était effectuée grâce à la carte géologique.

La campagne de terrain (6 mois) a exploité et précisé la photo-interprétation. Elle a permis de définir plus précisément la lithologie des terrains de couverture par l'observation sur place accompagnée d'un classement sommaire à l'aide de la classification rapide des sols fins et grenus des Ponts et Chaussées et par le prélèvement d'échantillons caractéristiques. Des levés de détail accompagnés de mesures structurales ont été effectués pour certains mouvements affectant le substratum et présentant des mécanismes intéressants.

Le travail de terrain dont nous venons d'exposer les principes généraux adopte une attitude spécifique quant aux détails et indices que le géologue est susceptible d'observer ou de recueillir. Par exemple, au niveau des affleurements, on va s'attacher surtout à la lithologie et à la morphologie, c'est-à-dire aux éléments qui se trouvent à l'origine d'un comportement mécanique particulier. Du point de vue hydrologique, il est nécessaire de déceler toutes les zones où l'eau circule tels les suintements, sources, mares, ruisseaux permanents ou saisonniers, et d'effectuer une comparaison avec les secteurs voisins afin d'essayer de comprendre la géométrie des circulations d'eau au niveau du mouvement. Les particularités botaniques fournissent souvent des renseignements de première importance. Les saules, les prêles, les joncs affectionnent les terrains humides, où l'eau stagne les tussilages se concentrent sur les argiles saturées qui glissent ; aux basses altitudes, les peupliers poussent autour des sources. Les arbres "en tuyau de pipe" indiquent des zones au mouvement lent et continu. Les arbres courbés plusieurs fois sont le signe de mouvements récents passant par des phases d'activité et de stabilité. Le pourcentage d'arbres jeunes ou vieux peut indiquer si le mouvement est actif ou stabilisé depuis longtemps.

Les terriers de marmottes peuvent eux aussi donner des renseignements : ils sont absents sur les secteurs actifs, alors qu'on en dénombre une grande quantité dans les terrains où le creusement est possible (moraines, éboulis stabilisés...)

Selon la proximité ou l'éloignement de l'activité humaine, l'étude sera plus ou moins approfondie. Ainsi, un glissement intervenu en haute montagne sera étudié sommairement, alors qu'un mouvement intéressant une route ou un versant aménagé sera plus fouillé, afin de proposer des solutions visant à arrêter ou tout au moins à freiner son activité.

Dans tous les cas, mais surtout pour les mouvements évolués, il est utile de se reporter fréquemment aux photos aériennes afin d'avoir une vision d'ensemble qui échappe lorsqu'on observe sur le terrain. Le croquis sommaire des lieux et la cartographie peuvent se faire sur le site même, mais ils doivent être complétés par une vue panoramique afin de replacer les détails dans leur contexte.

2.3.2 - Enquêtes et recherches dans les archives

Les enquêtes auprès de la population fournissent des renseignements sur l'activité des mouvements de terrain. Parmi les données recueillies certaines sont intéressantes, comme la disparition de sources, des clôtures dérangées périodiquement, de petits arrachements alimentant des laves, lors de pluies exceptionnelles, des champs et des canaux abandonnés. Parallèlement au travail sur le terrain, nous avons consulté les délibérations des conseils municipaux de quelques mairies de la vallée. Cela nous a permis de remonter au début du XXe siècle. Ce travail prend souvent beaucoup de temps pour le petit nombre de renseignements recueillis, mais des faits intéressants peuvent apparaître et même parfois à la suite d'une interprétation indirecte : certaines ruptures de canalisations qui sont signalées sans plus, témoignent par exemple de l'instabilité des versants qu'elles traversent (captage des Dalis). On note encore l'interdiction de couper du bois ou de faire paître les animaux dans certains secteurs (Pra Bellon), des chemins rendus inutilisables à la suite de coulées boueuses, des champs abandonnés car la topographie devenait trop irrégulière...

Des renseignements ont aussi été obtenus auprès du clergé de la vallée et de la bibliothèque municipale de Barcelonnette. Une publication de F. ARNAUD (1906), notaire dans cette ville, au début du XXe siècle, nous a fourni une chronologie des laves durant le XIXe siècle, et des catastrophes naturelles intervenues depuis le moyen âge.

- En 1453, il est déjà fait mention des tempêtes et désastres ayant empêché les "officiers syndics et notaires de Barcelonnette" de venir prêter le serment accoutumé au Duc de Savoie.
- En avril 1663, une capitulation interdit tout pacage et toute coupe de bois dans le terrain de Pra Bellon, car c'est de là que viennent "ruine et inondation des biens et propriétés" situés à l'aval. C'est donc l'abus des pâtures et le déboisement favorisant l'érosion et l'infiltration de l'eau qui sont à l'origine des glissements de Pra Bellon.
- En 1714, ce sont les torrents de l'Abéous et de Rioclar qui font des ravages obligeant à exempter une centaine de propriétés de la taille.
- En 1732, ce sont les ruisseaux des Sanières et de Faucon qui ont failli ruiner près de 80 maisons.
- En 1740, le 14 août, le Riou Bourdoux faillit engloutir le hameau de Larra.

Ce même jour, entre la Condamine et Jausiers, un glissement intéressant la couverture glaciaire boucha la vallée ; il s'est ainsi formé un lac qui remontait vers le village de la Condamine. De Jausiers jusqu'à Méolans, "on prenait aisément les truites à la main". La terre fut entraînée insensiblement et la vidange du lac ne causa aucun dommage.

- Le 11 mai 1836, une lave venant du Riou Bourdoux arriva à l'Ubaye sur un front de 600 mètres de large, elle portait des blocs de près de 40 m³.
- En 1839, nouvelle lave venant du Riou Bourdoux.
- Le 12 août 1842, une lave venant du ravin de la Grande Combe, affluent du Riou Bourdoux en rive droite, atteint l'Ubaye.
- En 1843, une lave du torrent des Galamonds dévaste le chemin d'Enchastreyes.
- En 1845, une lave du Riou Bourdoux franchit la digue de Larra.
- En mai 1846, lave du Riou de Bourre qui atteignit les Galamonds.
- En août 1846, nouvelle lave du Riou Bourdoux.
- Le 17 novembre 1853, nouvelle lave du Riou de Bourre qui atteint l'Ubaye.
- En mai 1856, inondation générale, de nombreux torrents atteignent l'Ubaye de leurs laves.
- En juin 1859, le torrent du Sauze recouvre d'une lave la route presque jusqu'au Pont-Long.
- En octobre 1868, inondation générale. Une lave du torrent de Gaudissard atteint presque l'Ubaye. Sur le Riou Bourdoux une lave emporta les barrages transversaux édifiés quelques années auparavant.
- En mai 1876, un grand glissement se produisit dans le Riou Chanal et alimenta celui-ci en laves.
- En août 1876, le torrent de Faucon fournit une lave qui atteint l'Ubaye.

Depuis la fin du XIX^e siècle, les désordres semblent se cantonner dans le bassin versant du Riou Bourdoux et dans celui du torrent de Poche. Il est d'ailleurs étonnant qu'aucune source ancienne ne mentionne ce torrent, ce qui pourrait signifier qu'il est entré en activité depuis une date récente.

Il faut mentionner les inondations du 3 juin 1957, durant lesquelles une lave du torrent de Poche repoussa et faillit barrer l'Ubaye. D'autres laves ont pris naissance depuis, mais n'ont jamais atteint l'Ubaye.

2.4 - La fiche d'étude des mouvements de terrain

Pour chaque mouvement recensé, les données sont consignées sur une fiche analytique. Comme ces fiches peuvent être remplies ou consultées par différentes personnes, des conventions terminologiques et graphiques ont été fixées (Symposium de Cannes 1973). Nous les avons reprises sans grand changement.

2.4.1 - La légende

Arrachement	: partie affleurante d'une surface de rupture secondaire, affectant une masse déplacée, mouvante ou instable.
Arrachement principal	: partie visible de la surface de rupture majeure.
Banquette	: partie de la topographie initiale déplacée et conservée entre deux arrachements.
Banquette de régression	: banquette apparue plus tardivement à l'amont de l'arrachement principal.
Bourrelet	: toute surélévation locale due à une compression
Bourrelet frontal	: bourrelet développé au front d'un glissement ou d'une coulée.
Corps	: partie de la masse glissée peu remaniée et surtout non reprise en coulée.
Couronne	: contour supérieur de la niche d'arrachement.
Crevasse	: toute discontinuité béante prenant naissance par traction.
Crevasse de régression	: crevasse s'ouvrant en arrière de la niche d'arrachement et résultant de la propagation du mouvement vers l'amont ou latéralement.
Flancs	: limites latérales de la masse glissée.
Front	: limite aval de la masse glissée.
Gradins	: série de banquettes en escalier.
Langue	: partie aval de la masse glissée, évoluée en coulée et donc très remaniée.
Niche d'arrachement	: partie de la surface de rupture mise à nu par le départ des masses mouvantes.

Pied	: extrémité inférieure du corps (correspondant au front s'il n'y a pas de remaniement).
Surface de rupture	: surface de discontinuité cinématique séparant la masse déplacée du terrain resté en place.
Surface de rupture secondaire	: surface de discontinuité cinématique importante dans la masse glissée.
Tête	: partie amont de la masse glissée.
Zone de départ	: zone de l'ancienne surface topographique circonscrite par les limites de la rupture.

2.4.2 - Les Figurés

Les principaux figurés sont représentés Figure 13.

2.4.3 - La fiche

La fiche initiale, (Symposium National, Cannes 1973) très complète mais d'une utilisation peu aisée sur le terrain, a été remaniée en 1975 par A. M. MALATRAIT (voir en annexe les deux modèles). C'est sous cette nouvelle forme que nous l'avons utilisée. Elle rassemble toutes les questions que l'on doit se poser en présence d'un mouvement de terrain. Utilisable même par un non spécialiste, elle est très souple d'emploi. Les questions, classées par rubriques, évitent les oublis et les erreurs.

Pour les mouvements simples, la description peut être accompagnée d'une interprétation, ce qui rend la fiche beaucoup plus claire.

Pour les mouvements complexes, la fiche peut se transformer en dossier avec une fiche principale pour la localisation, le cadre géographique et géologique, et des fiches annexes analysant chaque partie du mouvement.

Sur la zone étudiée, un peu moins de 200 km², une centaine de fiches ont été rédigées, représentant environ 4 000 données brutes pouvant être exploitées du point de vue statistique. Ces données, ainsi que d'autres renseignements, seront analysées dans le dernier chapitre.

2.5 - La carte des mouvements

2.5.1 - Présentation

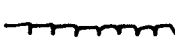
Elle constitue un document synthétique, d'une consultation aisée. Les levés ont été effectués sur les fonds topographiques de l'I. G. N. au 1/25 000.

Fig. 13

LEGENDE DES SCHEMAS

GEOMORPHOLOGIE

1 ELEMENTS NATURELS DU RELIEF

	Ligne de crête
	Falaise
	Talus
	Ravinement
	Eboulis
	Glaciaire en place

2 ELEMENTS PROPRES AUX MOUVEMENTS

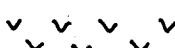
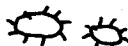
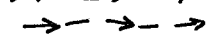
	Corps d'un glissement	masse
	Langue d'un glissement ou coulée	
	Glissement diffus	
	Lave	
	Arrachement principal	limites
	Arrachement peu important ou secondaire	
	Limites laterales	
	Fissures d'extension	détails
	Paquet glissé ou resté cohérent	
	Matériaux écroulés	
	Gros bloc écroulé	

Fig. 13 suite

détails

	Affaissement
	Entonnoir d'ablation
	Bourrelet bombement

HYDROLOGIE

	Source
	Captage ou regard de captage
	„ ou „ détériorés
	Cours d'eau naturel
	canalisé
	temporaire
	Zone humide marécageuse
	Etang

CONSTRUCTIONS HUMAINES

	Maison cabane	intacte
		partiellement détruite
		en ruine
	Route	intacte
		dégradée
	Chemin carrossable	intact
		dégradé
		emporté
	Chemin non carrossable	intact
		dégradé
	Sentier	
	Seuils dans les torrents	intacts
		abîmés

Fig. 14

TORRENT DE BOURE

Interprétation des mouvements



Le document définitif comprend le dessin des divers mouvements accompagné des figurés conventionnels et, pour chacun, d'un numéro d'ordre renvoyant à la fiche correspondante.

2.5.2 - La cartographie

Les figurés utilisés sont ceux donnés ci-dessus (figure 13). D'autre part, le degré d'activité des mouvements a été figuré à l'aide de différentes couleurs :

- rouge : activité forte
- jaune : activité faible à moyenne ou stabilité douteuse
- vert : mouvement stabilisé.

Voir figure 14 un exemple de représentation cartographique.

2.6 - Conclusion

Pour passer à la carte des risques naturels, il faut arriver à cerner, par analogie avec les secteurs glissés, des zones potentiellement instables. Souvent, cela se fait de façon subjective. Pour déterminer de façon valable ces zones, il faut avoir recours à la cartographie géotechnique accompagnée d'essais sur le terrain. Tel n'était pas notre but, nous avons toutefois groupé dans le paragraphe suivant quelques études supplémentaires visant à compléter la cartographie initiale.

3 - LES ETUDES COMPLEMENTAIRES

3.1 - Carte des pentes

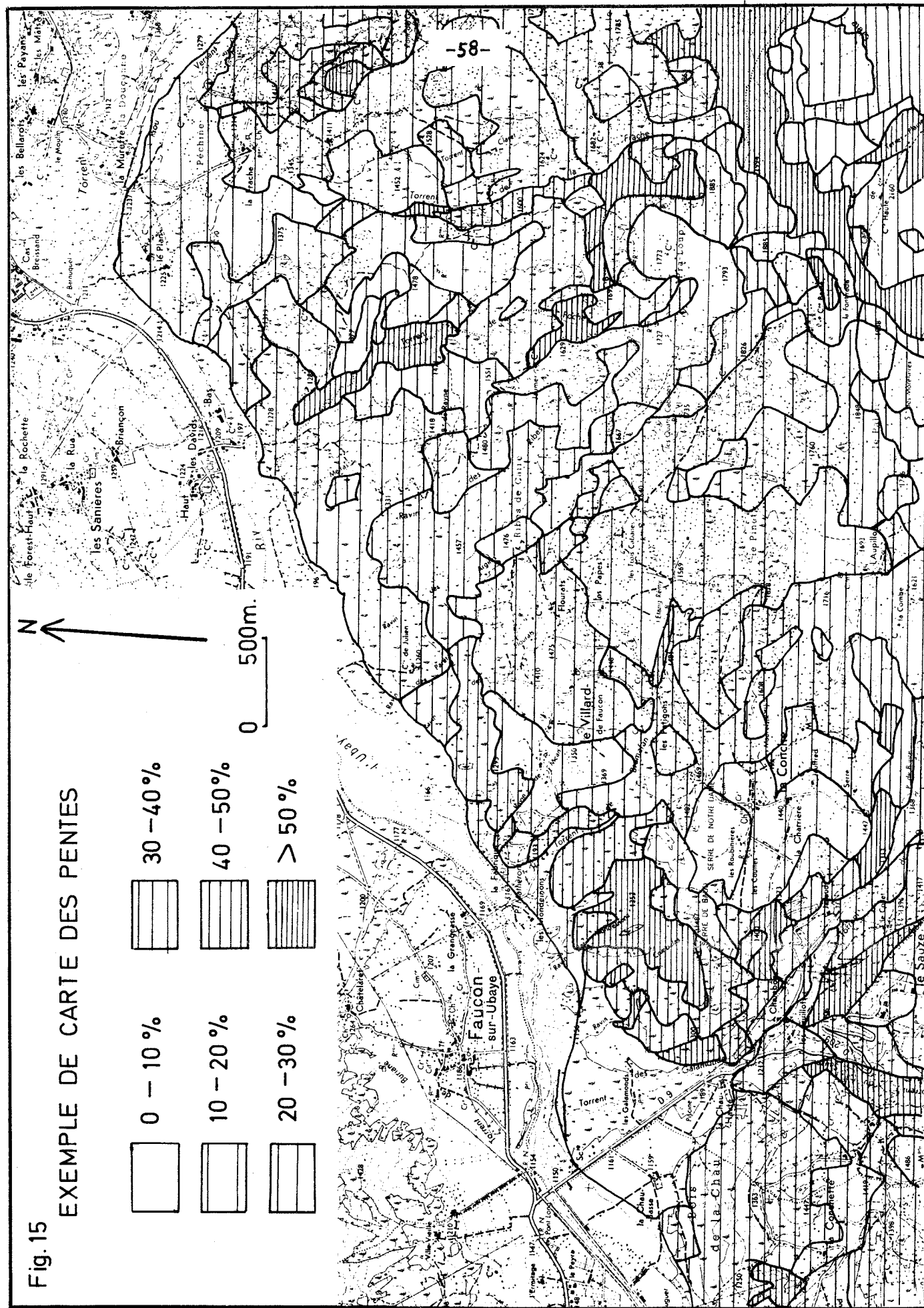
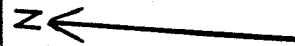
Nous avons établi la carte clinographique des versants rive gauche de l'Ubaye entre Lans et Barcelonnette, afin de classer les surfaces selon leur pente et de voir si des relations simples apparaissaient entre la pente et la stabilité des terrains.

L'échelle adoptée est la suivante :

Pentes en % > 50	abrupte
entre 40 - 50	très forte
entre 30 - 40	forte
entre 20 - 30	moyenne
entre 10 - 20	faible
de 0 - 10	très faible

BIUS
JUSSEU
GADIST

EXEMPLE DE CARTE DES PENTES



Un exemple de carte des pentes est donné par la figure 15.

A première vue, il apparaît que la majorité des mouvements se cantonnent sur des pentes allant de 20 à 40 %. Plus loin, nous étudierons avec plus de détail l'influence de la pente (Chapitre V).

3.2 - Carte lithomorphologique

Cette carte (figure 16) a été établie d'après les données de la carte géologique Barcelonnette au 1/50 000, en regroupant les niveaux présentant des affinités entre eux. Tous les terrains présents ont été rassemblés dans quatre grands types de formations, présentant chacun un comportement différent vis-à-vis des mouvements gravitaires.

3.2.1 - Les roches compétentes

Nous avons classé ainsi les calcaires (Trias, Dogger...), le Flysch à Helminthoïdes et les grès. Le classement peut paraître arbitraire, mais ces formations sont assez comparables sous l'angle des mouvements. On n'y observe jamais de coulées, seuls quelques glissements et tassements interviennent dans le Flysch et les calcaires lités en petits bancs. Les matériaux constituant les éboulis, les glaciers pierreux et les écroulements proviennent de ces formations.

Les risques émanant de ces roches sont limités et peuvent être en partie prévus ; les éboulis par des études statistiques sur leurs trajets, les écroulements et les glissements par des études structurales mettant en évidence les discontinuités affectant le massif rocheux. Ces études seront limitées aux secteurs intéressant l'activité humaine.

3.2.2 - Les roches incompetentes

Les marnes ou les schistes ont un comportement différent. Ce sont des roches de couleur gris sombre, imperméables. Lorsqu'elles sont saines, elles sont stables mais peu résistantes à l'érosion, qui les ravine et affouille les thalwegs. Recouvertes de Quaternaire, l'altération peut les pénétrer profondément et leur stabilité devient précaire, même sur des pentes faibles. Cette instabilité est directement liée à la perméabilité et à la teneur en éléments fins du recouvrement, le mouvement risquant de prendre naissance dans la couverture par colmatage des circulations d'eau.

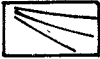
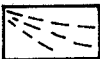
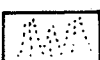
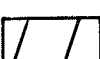
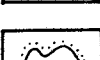
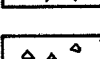
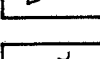
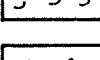
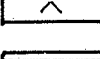
Ce type de roche alimente la majorité des coulées et des laves. Il faut donc beaucoup s'en méfier, surtout lorsqu'elles sont sous un recouvrement, ce qui devrait nécessiter une étude précise avant tous travaux.

3.2.3 - Les terrains glaciaires et les dépôts de versants

Ils occupent une grande superficie et de nombreux mouvements intéressent

Fig. 16



-  CONE ACTIF
-  CONE STABILISE
-  EBOULIS
-  ALLUVIONS RECENTES
-  TERRAINS GLACIAIRES
-  GLACIERS PIERREUX
-  EYROULEMENT
-  TERRAINS GLISSES
-  GYPSE
-  MARNES SCHISTES
-  CALCAIRES GRES FLYSCH

légende et titre communs
aux deux figures.

0 1 2km

CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE

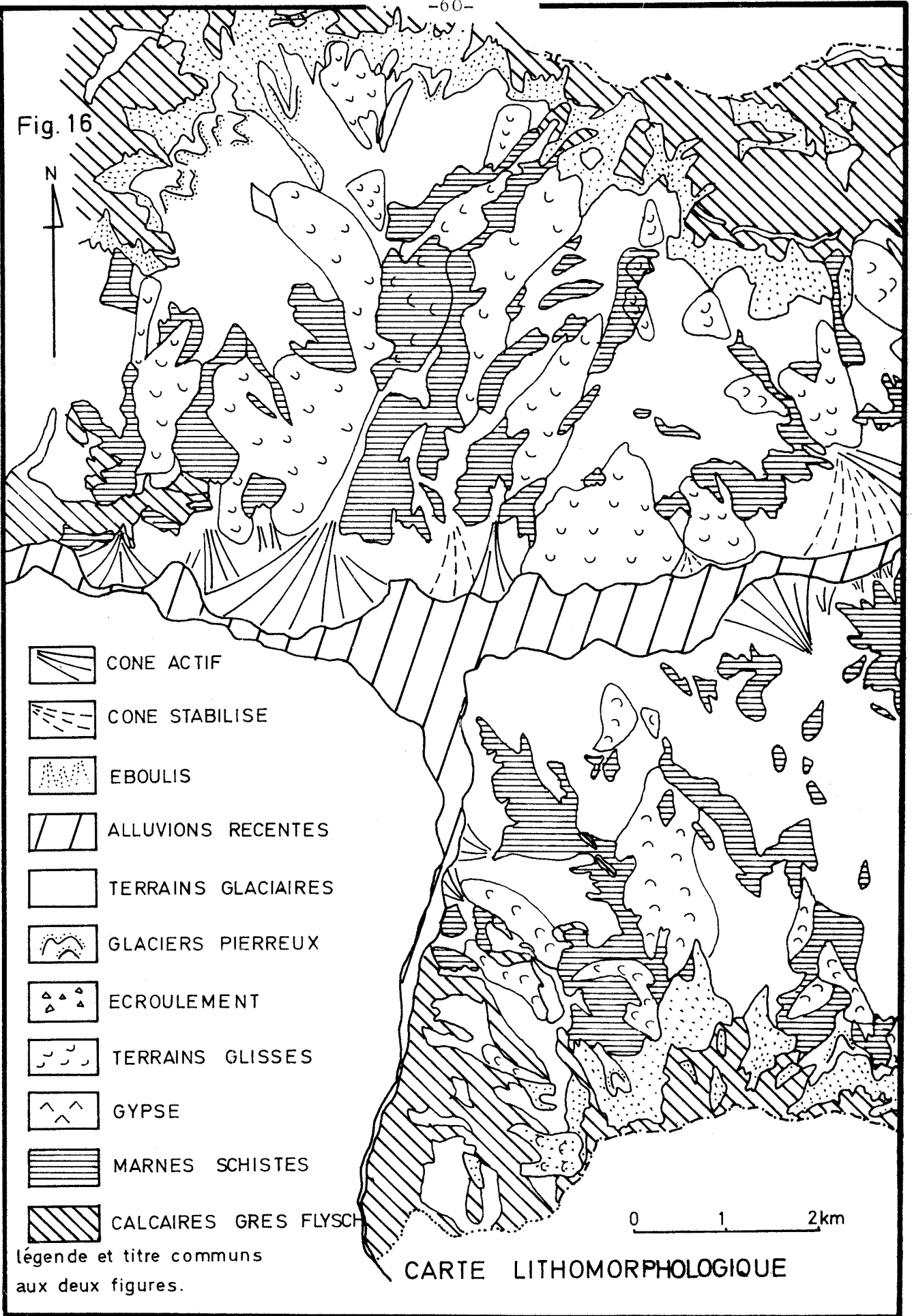


Fig.16 suite



ce type de recouvrement. De larges zones sont exemptes de mouvements, il s'agit du secteur d'Enchastrayes, le Sauze, la Conchette, du versant de Villard-de-Faucon, la Conche et du replat de Lans.

Afin de préciser les caractéristiques de ces terrains, des échantillons ont été prélevés, une dizaine dans le glacière, autant dans les dépôts de versants.

3.2.4 - Les cônes et les alluvions de fond de vallée

Ils ne présentent aucune trace d'instabilité vis-à-vis des mouvements de terrain. Toutefois, les parties actives des cônes offrent des risques de laves et le fond de la vallée des risques d'inondation.

3.4 - Prospection géophysique

Afin de préciser l'épaisseur et l'extension des mouvements, et d'affiner la connaissance de la couverture Quaternaire, nous pensions que la prospection géophysique pouvait donner quelques renseignements.

Il n'était pas possible de tester tous les mouvements recensés. Nous avons donc choisi quelques mouvements pour leur facilité d'accès et avons effectué parallèlement des sondages sismiques et électriques.

Nous ne reviendrons pas sur la méthodologie des deux types de prospection. Les résultats obtenus sont assez décevants. Il n'apparaît pas de limites marquée dans la résistivité entre terrains remaniés et en place. Les vitesses sismiques apportent plus de renseignements, mais l'appareil utilisé ne permettait pas de descendre suffisamment profond. En annexe, les implantations des divers sondages sont localisées.

Le tableau 7 rassemble les principaux résultats :

Formation	Vitesse m/s	Résistivité Ohm/m
T N	> 2 500	60 - 90
T N altérées	1 000 - 2 000	20 - 60
T N remaniées	800 - 1 000	60 - 120
F D	> 3 000	
F D remanié	≈ 1 200	
Glacière en place	500 - 1 500	70 - 300 (1)
Glacière remanié	300 - 1 000	65 - 200
Terre végétale	250 - 400	30 - 200 (2)

(1) fonction de sa teneur en argile (2) fonction de la roche mère

Tableau 7 : Comparaison Résistivité - vitesse sismique pour quelques formations.

3.5 - Analyses de laboratoire

A la fin de la campagne de terrain, une trentaine d'échantillons avaient été prélevés. Ils ont été étudiés au Laboratoire de génie civil de l'IRIGM. Le but était de préciser certaines données concernant les formations de couverture et de déterminer les paramètres mécaniques des séries schisteuses ou marneuses. Les résultats sont consignés en annexe.

Les courbes granulométriques mettent en évidence 3 grands groupes :

- les dépôts glaciaires avec des rapports d 85/ d 15 et d 60/ d 10 supérieurs à 1 000, correspondant à une granulométrie très étalée.
- les argiles glacio-lacustres probables avec une granulométrie étalée
- les dépôts de versants, intermédiaires.

Les limites d'Atterberg permettent de classer les divers échantillons sur le diagramme de plasticité des formations argileuses. Ils sont tous groupés dans le domaine des argiles et limons peu plastiques. Toutefois, quelques particularités apparaissent :

- pour les argiles glacio-lacustres, celles de teinte claire ont un W_l et un I_p nettement moins élevés que celles de teinte foncée.
- pour les dépôts glaciaires, 3 groupes ont été définis, celui avec W_l et I_p faibles correspond au glaciaire du torrent de Clapouse, celui avec W_l et I_p moyens correspond au glaciaire situé en altitude. Enfin, celui avec $W_l > 30$ représente le glaciaire du fond de la vallée.

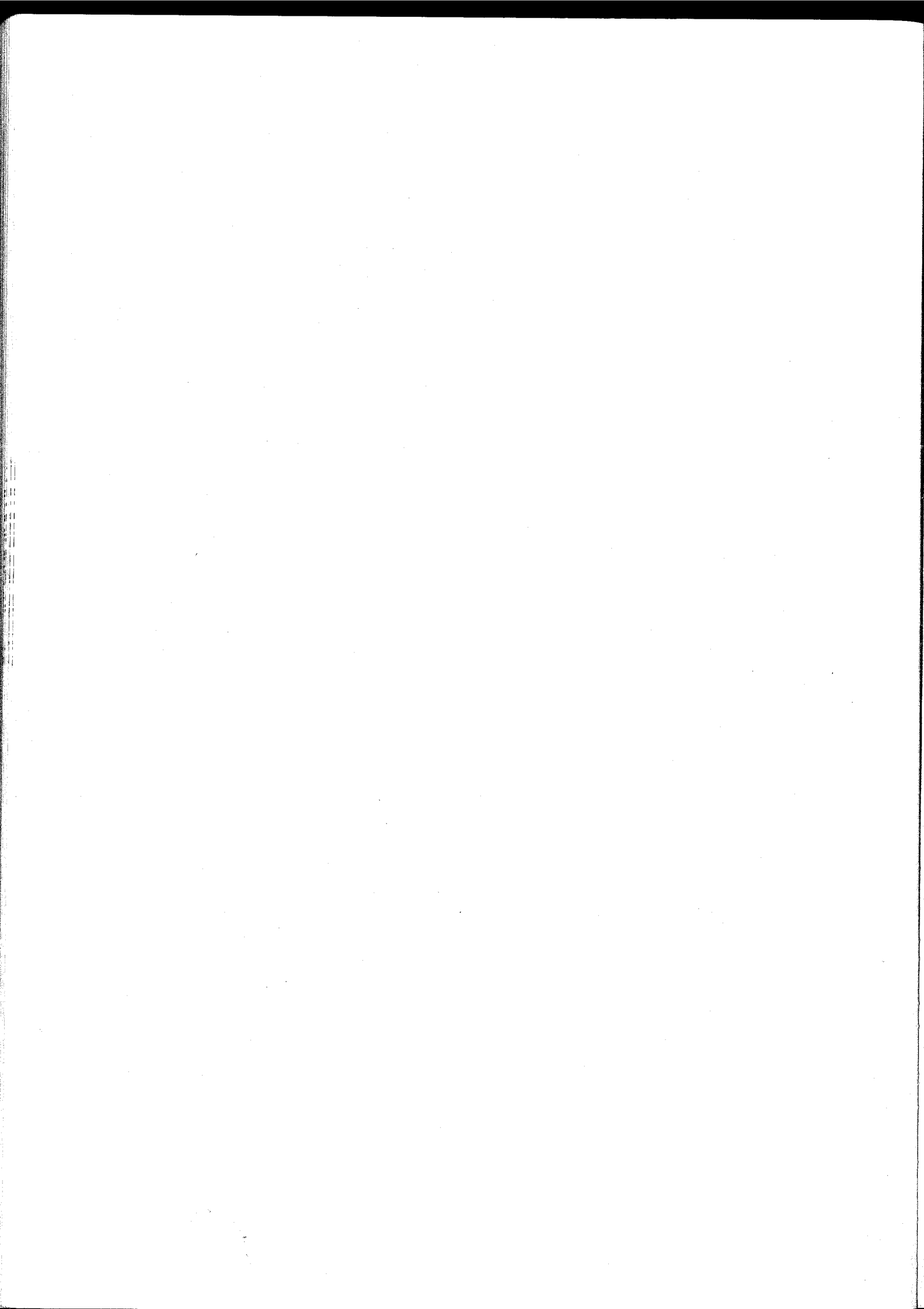
4 - CONCLUSION

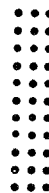
Dans ce chapitre se trouvent exposées les différentes étapes concernant le travail accompli. L'étude a nécessité 18 mois dont six sur le terrain.

Comme les cartes des risques naturels de cette région existent, ce travail peut paraître inutile. Toutefois, l'examen détaillé de plus de 100 mouvements divers ; l'établissement de certaines cartes complémentaires, les résultats de la géophysique et des études de laboratoire font apparaître quelques relations subordonnant l'instabilité à la lithologie, à la morphologie, à l'action des eaux, à l'exposition...

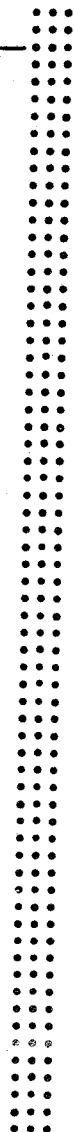
Bien sûr, il est difficile de faire la part de chacun mais les chapitres suivants vont essayer de mettre en évidence certaines causes.

Nous allons tout d'abord décrire quelques types de mouvements à l'aide d'exemples et ensuite analyser les données obtenues par la fiche d'étude et les travaux complémentaires.

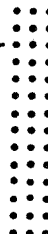




CHAPITRE IV



ANALYSE DE DIVERS CAS



sciences de la terre
BIUS
JUS
CADIE



Photo 7 : Ecrroulement dans les Terres noires, secteur de Pra Bellon

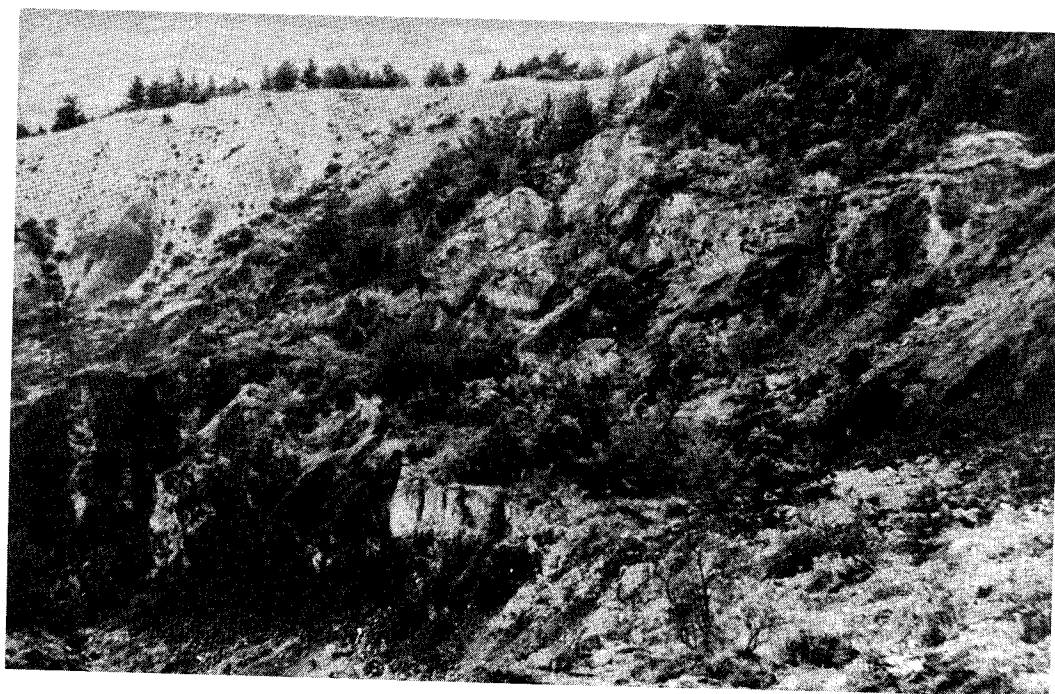


Photo 8 : Glissement dans le secteur du torrent de Poche

1. - INTRODUCTION

Parmi la centaine de mouvements recensés, nous avons choisi d'en décrire une vingtaine soit parce qu'ils sont représentatifs d'un style particulier ou d'une formation, soit parce que leur mécanisme est intéressant.

Tous les détails notés sur les fiches n'ont pu être repris et ce sont simplement les grandes lignes qui figurent ici. Les mouvements sont situés dans leur contexte et les points intéressants sont mis en relief à l'aide de schémas et de coupes. Faute de pouvoir déterminer tous les paramètres de façon certaine, l'épaisseur par exemple, une partie est interprétée. Sur certaines coupes, la géologie est figurée car le mouvement a souvent son origine dans un détail local, une faille ou un niveau altéré par exemple.

La pente moyenne représente la pente du versant portant le mouvement.

Nous allons successivement examiner les mouvements intervenant dans les terrains de couverture, ceux affectant le substratum et les mouvements évolués dont l'ampleur est beaucoup plus importante.

2 - LES MOUVEMENTS DANS LES TERRAINS DE COUVERTURE

Les terrains de couverture sont présents dans la majeure partie de la surface étudiée, et très bien figurés sur la carte géologique. Ils sont constitués surtout par des formations glaciaires déposées par le glacier de l'Ubaye ou par des glaciers affluents. Souvent ils sont mêlés à des formations d'altération et à d'anciennes coulées boueuses à blocs, aux limites incertaines. Les épaisseurs ne sont pas constantes car ils se sont déposés sur des formations déjà érodées et masquent des thalwegs et des crêtes. Ils ont une morphologie molle et recouvrent la majorité des pentes jusqu'à 2 200 mètres d'altitude. En de nombreux endroits ils sont affectés de glissements et de coulées.

2.1 - Les glissements

2.1.1 - Ravin des Aiguettes (fig. 17)

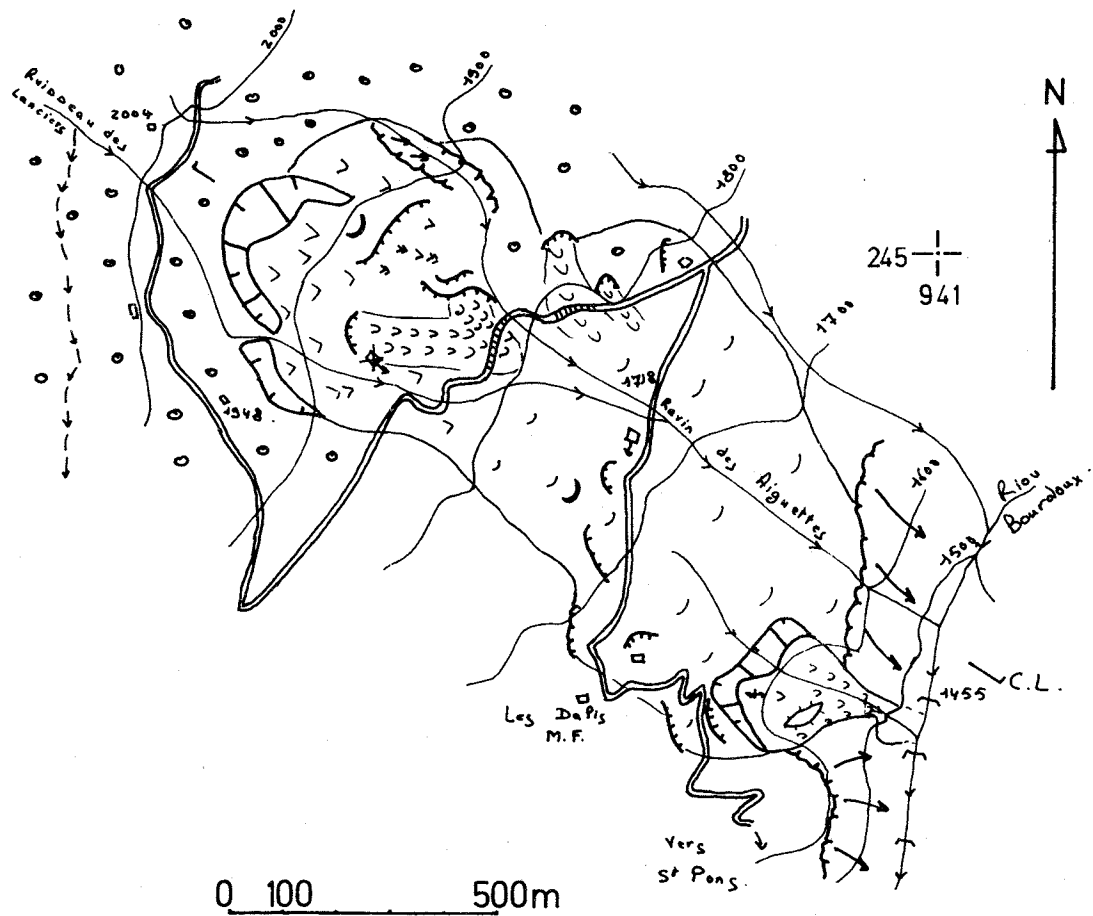
Situation : rive droite du Riou Bourdoux, en amont de la maison forestière des Dalis. La route forestière recoupe deux fois le glissement.

Orientation : Sud-Est

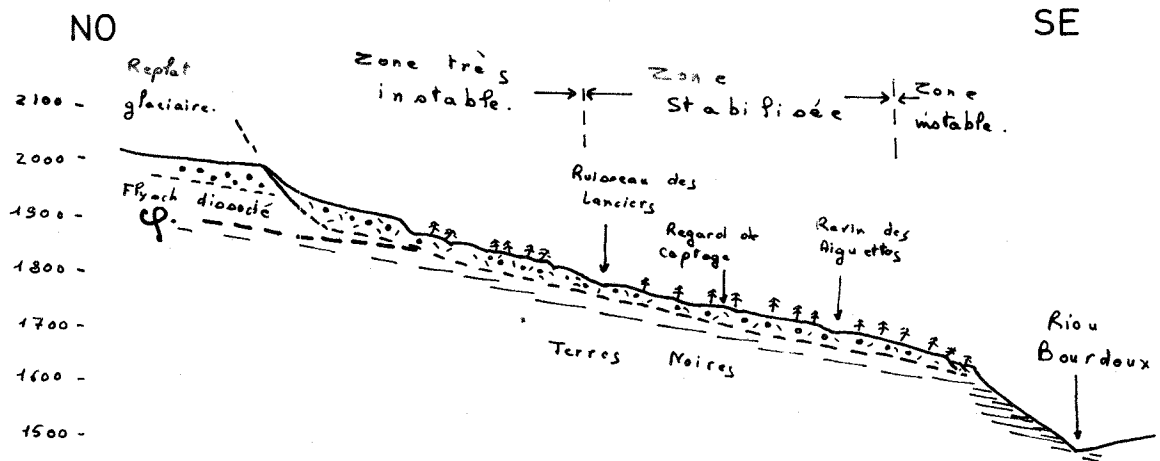
Pente moyenne : 15°

Fig. 17

Glissement du ravin des AIGUETTES : Schéma



Coupe Longitudinale



Géologie du substratum : les Terres noires affleurent à l'aval. Le secteur amont est occupé par des schistes noirs coupés de niveaux plus calcaires discontinus. Cette série représente le Flysch dissocié de la nappe de l'Autapie. Le contact anormal avoisine la cote 1 900.

Terrains de couverture : glaciaire à matrice limoneuse enrobant des blocs de Flysch à Helminthoïdes et de calcaire provenant des écaillles basales de la nappe du Parpaillon. Le glaciaire, consolidé par endroits, forme des escarpements atteignant 50 mètres.

Hydrogéologie : le ruisseau des Aiguettes draine la partie Nord-Est du glissement, le ruisseau des Lanciers, la partie Sud-Ouest, suite à une modification récente de son tracé consécutive au mouvement. Les coulées actives, étalées entre les deux ruisseaux n'ont pas de réseau net : circulations souterraines diffuses signalées par des venues d'eau, des zones humides. Les canalisations du captage de St-Pons passent dans les coulées. De graves désordres sont intervenus nécessitant un changement de tracé. Une partie des eaux captées s'infiltré dans les terrains instables.

Analyse du mouvement : le glissement ne semble affecter que le glaciaire. L'arrachement principal crée un abrupt d'une quarantaine de mètres dans un ancien replat situé à 2 000 mètres d'altitude. Le corps du glissement, généralement stabilisé, présente pourtant des reprises d'activité dans la partie médiane : de petits arrachements alimentent en matériel grossier des coulées s'étageant entre les cotes 1 900 et 1 800. Les canalisations d'eau ont subi des torsions, un regard de visite a été basculé. Dans sa partie frontale, le glissement présente également des reprises dues à l'érosion actuelle : le thalweg entaillé par le Riou Bourdoux dans les Terres noires est très abrupt ce qui remet en mouvement les matériaux remaniés qui les surmontent.

2.1.2 - Le Pis (fig. 18)

Situation : en rive droite du torrent de Clapouse, au pied du massif de l'Empeloutier, le glissement occupe tout le versant en pente douce s'étageant de 1 900 à 2 300 mètres d'altitude.

Orientation : Sud-Ouest

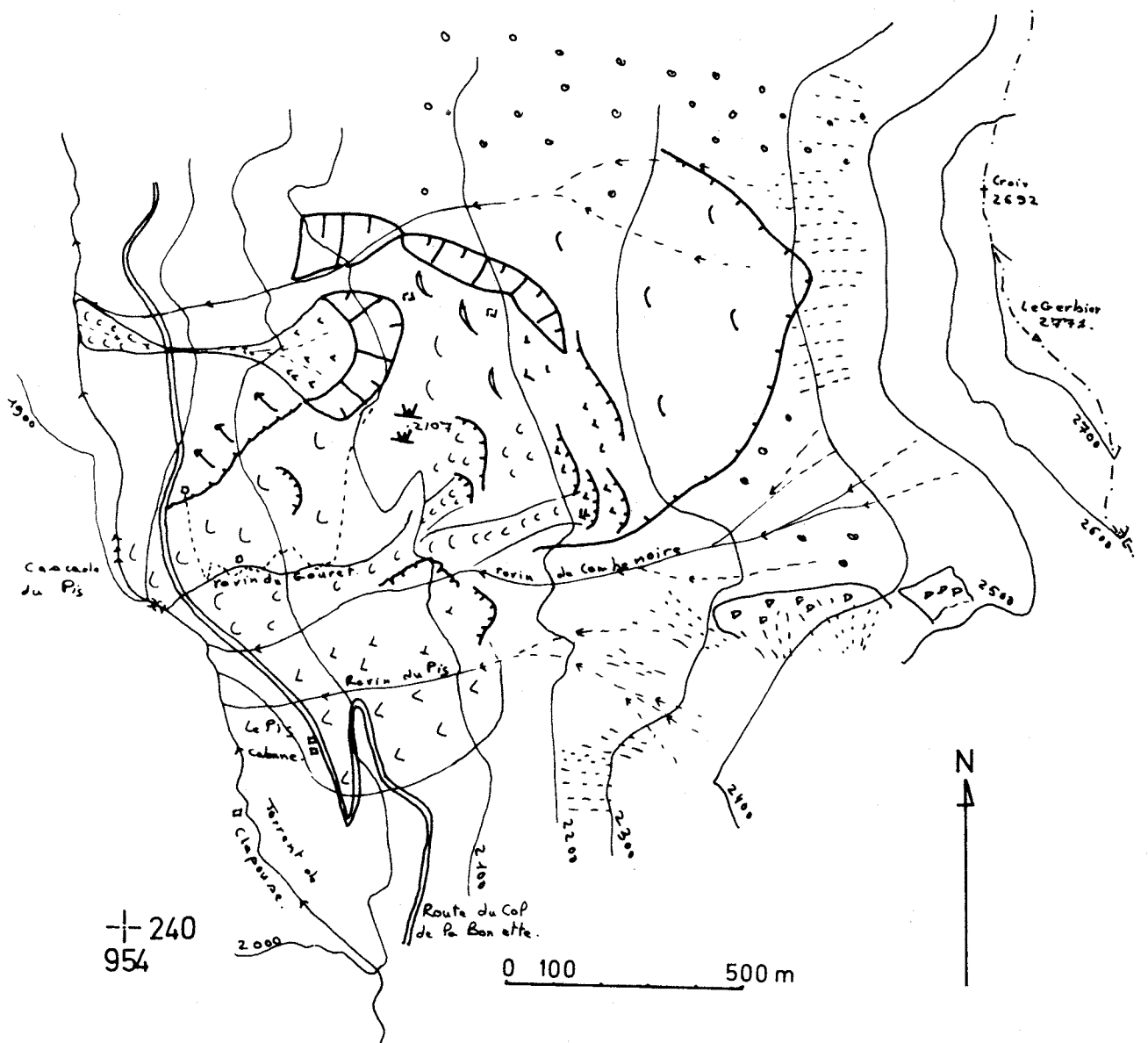
Pente moyenne : 20°

Géologie du substratum : au niveau de la cascade, la série continue permet de voir les termes suivants : Lias calcaire, Lias marneux, Dogger formé de calcaires argileux, délitables, comme en témoigne le glissement du Rochas plus au Nord. Le replat, à l'amont de la cascade, est établi sur les Terres noires visibles dans certains thalwegs.

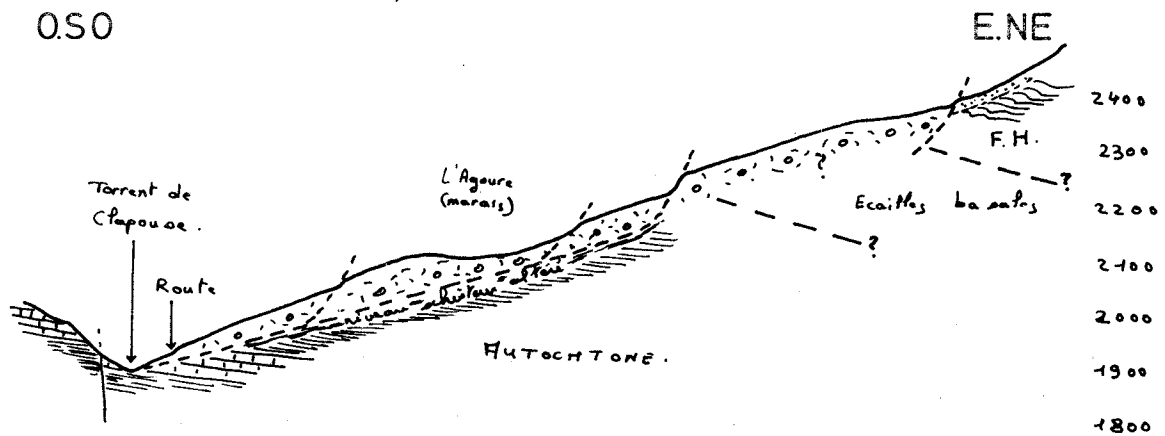
Terrains de couverture : les dépôts glaciaires occupent tout le replat du Pis. En rive droite, ils montent jusqu'à 2 350 mètres et s'intriquent avec

Fig 18

Glissement du PIS



0.50



les éboulis du Flysch et les glaciers pierreux. Ils représentent le cortège pétrographique du torrent de Clapouse, avec une nette prépondérance pour les grès grossiers du Nummulitique. Leur épaisseur, très variable, peut atteindre une cinquantaine de mètres. Ils surmontent un épais niveau de Terres noires remaniées et sont recouverts par les débris provenant des barres de Flysch sus-jacentes.

Hydrogéologie : le torrent de Clapouse draine tout le secteur. De nombreux ravins empruntés par des cours d'eau temporaires entaillent le versant. Le marais de l'Agoure occupe un replat à 2 100 mètres. Il alimente le ruisseau du Gouret, dévié 100 mètres plus bas pour irriguer les pâturages. A la fin du printemps et en automne, de nombreux suintements jalonnent les ruptures de pente : une nappe superficielle doit occuper le versant et affleurer aux saisons humides.

Analyse du mouvement : le glissement est ancien, probablement né lorsque le glacier du Restefond a cessé d'épauler le versant. Dans la partie Nord, les formes sont douces, un grand replat occupé par le marais de l'Agoure représente le corps du glissement, qui se poursuit ensuite en pente régulière jusqu'au torrent de Clapouse. Celui-ci a recreusé son lit dans le pied du glissement. La partie Sud, beaucoup plus remaniée, a alimenté des coulées, encore actives aujourd'hui. La topographie, très perturbée est marquée de bourrelets que les ruisseaux temporaires entaillent.

2.1.3 - Jalet (fig. 19)

Situation : en rive droite du torrent de Gaudissard, à 1 km au Sud de Barcelonnette, sur la route de la Conchette.

Orientation : Ouest

Pente moyenne : 11°

Géologie du substratum : les Terres noires n'affleurent pas au niveau du glissement, mais on les rencontre en remontant le torrent de Gaudissard. Formées de plaquettes schisteuses, elles peuvent dessiner des parois sub-verticales. Quand elles ne sont pas altérées, elles sont assez consistantes.

Terrains de couverture : le glacière a une puissance variable et n'est pas continu au niveau du mouvement. Vers l'Est, il détermine un replat occupé par des fermes et des cultures. Il surmonte un niveau d'altération de terres noires, formé d'argiles noirâtres visibles dans les entailles du torrent.

Hydrogéologie : le torrent de Gaudissard draine tout le secteur. Un canal d'arrosage longe la tête du mouvement, une partie de ses eaux s'échappe et s'infiltré. Un ruisseau intermittent traverse le corps du glissement, l'eau s'accumule dans les nombreux points bas et forme des mares. Une nappe circule au voisinage de la surface du versant.

Analyse du mouvement : on est en phase de ralentissement par manque de

DIUS
JUSSEU
CADIST

Fig. 19

Glissement de JALET

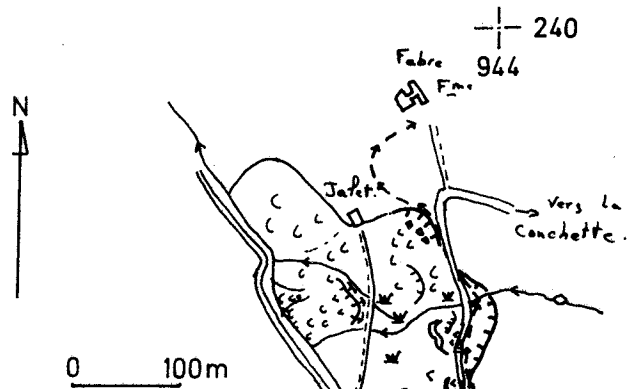
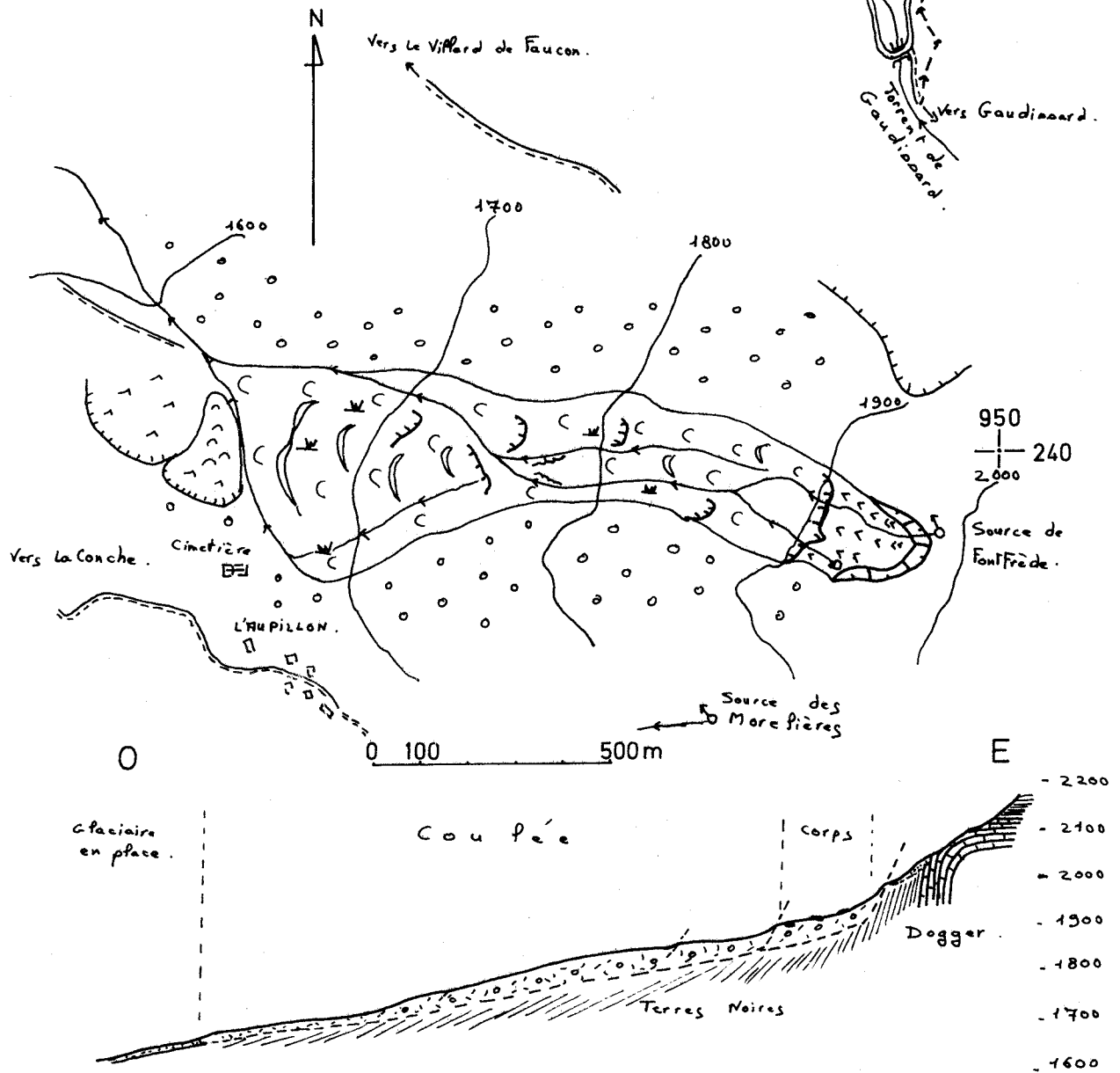


Fig. 20

Coulée de l'AUPILLON



matériaux de couverture. Cette couverture amincie a même disparu en certains endroits. Vers la base du mouvement, en bordure du torrent, subsiste une zone active qui présente des crevasses de régression très visibles. Au niveau de la route de la Conchette, au-dessus de certaines venues d'eau, on constate des affaissements de la chaussée. L'un d'eux a nécessité la pose de gabions qui n'ont pas résisté.

2.2 - Les coulées : coulée de l'Aupillon (figure 20)

Situation : sur le versant Nord-Ouest du massif du la Croix de l'Alpe, la coulée vient mourir à une centaine de mètres du hameau ruiné de l'Aupillon.

Orientation : Ouest

Pente moyenne : 12°

Géologie du substratum : retombée Nord-Ouest de l'anticlinal de Terres Plaines. Les calcaires argileux en petits bancs du Dogger passent d'un pendage subhorizontal à la cote 2 100 à un pendage vertical quelques dizaines de mètres plus bas. On observe dans les bancs décomprimés des figures de fauchage, les vides sont remplis par les débris issus du gel ou par les colluvions. Les Terres noires affleurent sur le bord Sud de la coulée, au niveau de la source des Morelières.

Terrains de couverture : la pente régulière depuis la source de Fontfrède Jusqu'au Villard-de-Faucon, semble indiquer la continuité des dépôts quaternaires sur tout le versant. Cette pente ne présente des bourrelets qu'au niveau des glissements et coulées qui se sont produits à une époque récente. Le glaciaire, formé de blocs de Flysch et de Dogger emballés dans une matrice argileuse claire, recouvre les colluvions de versant essentiellement formées par les Terres noires remaniées.

Hydrogéologie : la source de Fontfrède alimente un étang à l'origine du torrent de Bramafan. Jusqu'à la sortie de la coulée, son cours n'est pas nettement défini. Il est formé d'un réseau de bras anastomosés qui s'adaptent à une topographie mouvementée. Des mares occupent les points bas, en arrière des bourrelets. Les ruisseaux ont tendance à s'enfoncer dans les matériaux formant la coulée, ce qui indiquerait une évolution vers la stabilité, puisqu'ils deviennent ainsi plus nettement drainants.

Analyse du mouvement : le mouvement de l'Aupillon a débuté par un glissement occupant une surface très faible. Une partie de son corps s'est ensuite trouvée remaniée en une coulée de plus de 1 000 mètres de longueur. La niche de l'arrachement principal est recouverte en grande partie par les éboulis du Dogger. Le corps du glissement, très plat, porte sur sa partie Sud, un étang d'une vingtaine de mètres de diamètre. Un arrachement de 10 mètres de haut sur 200 de large limite vers l'aval le corps (cote 1 900) et marque le début de la coulée. La surface de celle-ci est chaotique : bourrelets, arrachements, arbres penchés ou déracinés se

succèdent. Elle est stoppée par la butte de l'Aupillon et s'étale largement dans l'ancienne vallée du torrent de Bramafan repoussé vers le Nord. Les suintements et les mares indiquent une teneur en eau anormalement élevée due au mauvais drainage des formations d'altération. Il suffit de peu de chose (forte pluie, changement de cours d'un ruisseau...) pour provoquer une saturation et une détérioration des propriétés mécaniques du matériau se traduisant par des reprises localisées.

2.3 - Les glaciers pierreux

Ces appareils peuvent être considérés comme des coulées de terrains de couverture sur le substratum ou sur la couverture elle-même. En général, ils épousent deux groupes de formes :

- un lobe court et massif ne formant pas ou très peu de rides, dérivés de moraines de névés,
- une langue accidentée de creux et de bosses occupant un cirque ou le fond d'un vallon. Nous verrons plus loin que ce genre peut à son tour se diviser en trois groupes.

La disposition en lobe ou en langue est liée à la topographie. La première épouse des pentes faibles (moins de 10°), des fonds de cirques... La deuxième s'accommode de pentes plus fortes ; auges de versants, cirques à fond plus incliné, glacis prolongeant les éboulis. Les bourrelets et rides qui accidentent la surface témoignent de déchirures survenues dans la masse du glacier rocheux par suite de son écoulement. De fait, les lobes, qui eux ne se déplacent pas, en sont dépourvus. Après ces considérations générales, il reste à examiner les conditions d'existence d'un glacier rocheux : il ne se rencontre pas sur n'importe quel terrain ni à n'importe quelle altitude.

2.3.1 - Exigences structurale

Les glaciers rocheux sont toujours surmontés de roches massives ou en gros bancs. Cela est vérifié par la composition lithologique des bourrelets et celles des pentes les alimentant en débris. On en trouve au pied des reliefs formés par les calcaires jurassiques, par le Flysch à Helminthoïdes ou par les Grès d'Annot. On n'en voit jamais qui se sont formés au dépens des Terres noires ou d'autres schistes.

Les débris formant les glaciers rocheux proviennent de la désagrégation mécanique des roches. L'intensité de la fissuration facilite l'action du gel, agent de la fragmentation.

Fig. 21

REPRESENTATION DE QUELQUES TYPES DE GLACIERS ROCHEUX

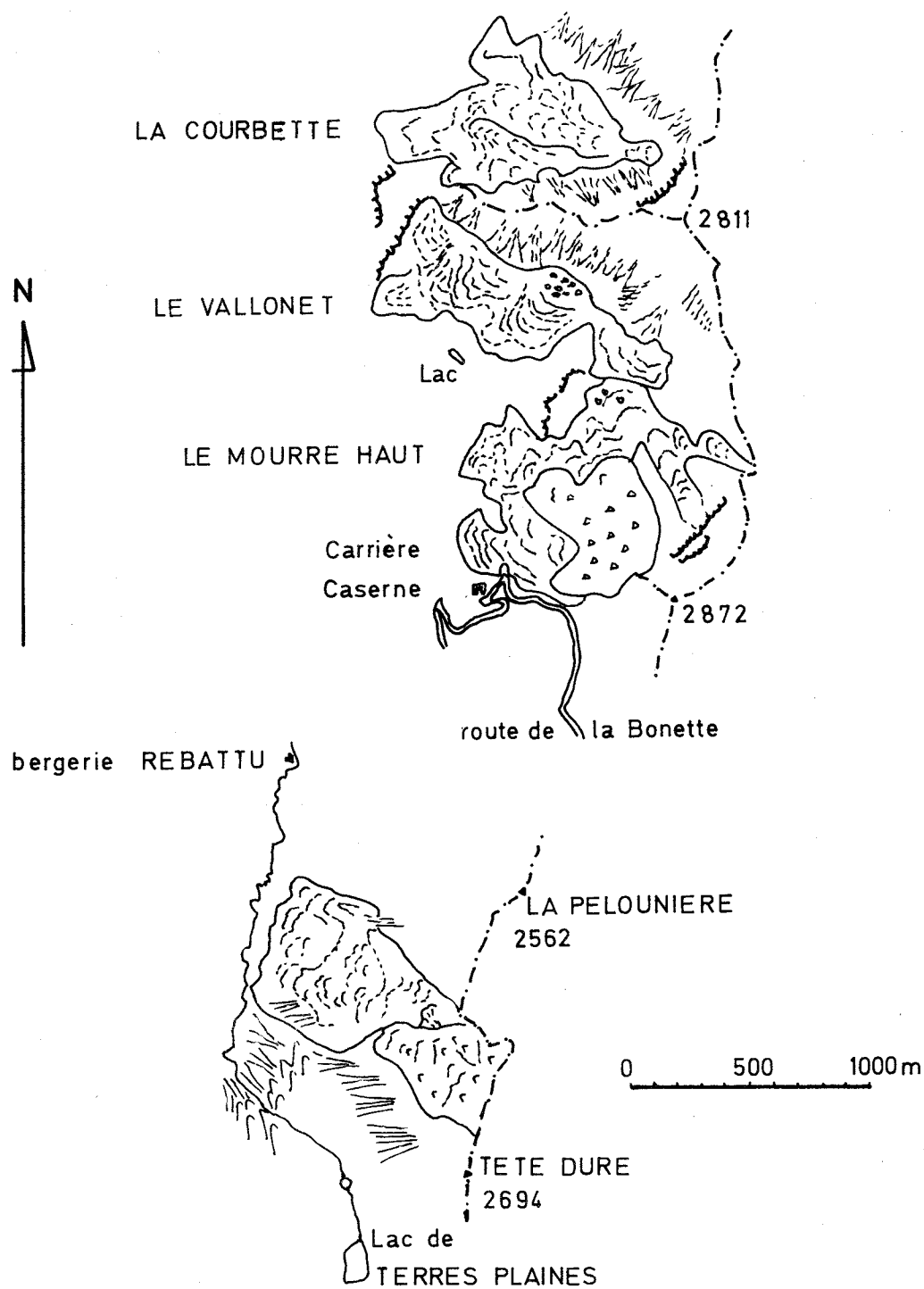


Tableau 8 : Données sur les glaciers pierreux

N O M	TYPE	X	Y	Orien- tation	Pente surface	Altitude front	Altitude Tête	Altitude crête encadrant	Fraicheur
Les Issaps	Langue	938,5	245,5	S E	10°	2 200	2 380	2 800	colonisé
La Grande Source	Lobe	939,8	246,0	S E	18°	2 120	2 300	2 600	"
Vallon du Chanal	Lobe	943,7	235,8	N O	18°	2 000	2 154	2 560	"
Cabane Goutte	Langue	947,2	236,0	N	14°	2 080	2 200	2 600	"
Pont de la Clapière	Langue	947,2	236,0	N	17°	1 980	2 160	2 500	"
Les Selles Ouest	Langue	948,2	236,6	N	17°	1 880	2 100	2 560	"
Les Selles Est	Langue	949,0	236,4	N	20°	1 900	2 100	2 560	"
Roche Chamoussière	Langue	949,5	236,5	N O	21°	2 000	2 300	2 700	alpage
Fontaine Ronde	Langue	949,8	237,5	N O	12°	2 060	2 140	2 650	"
La Pelounière	Langue	952,5	238,0	N O	23°	2 100	2 450	2 700	"
Bergerie Rebattu	Langue	952,5	239,0	N O	18°	2 040	2 280	2 560	"
La Culatte	Langue	951,5	237,2	N	12°	2 260	2 340	2 560	frais
Les Prés Hauts	Lobe	955,0	240,5	O	12°	2 260	2 360	2 750	alpage
Riou des Chalanches	Lobe	955,0	239,0	O	17°	2 200	2 500	2 800	frais
Le Vallonnet	Langue	955,5	238,0	O	16°	2 240	2 520	2 800	"
Le Mourre Haut	Langue	955,5	237,4	N O	18°	2 400	2 600	2 870	"
Lac Verdet	Langue	954,0	235,5	N	18°	2 420	2 540	2 820	frais
Vallon Empeloutier	Langue	956,5	241,0	N E	12°	2 200	2 500	2 600	alpage
La Reculaye	Lobe	957,0	240,0	E	16°	2 240	2 500	2 750	frais
Vallon du Bayle	Langue	956,7	239,0	E	17°	2 360	2 500	2 800	"
Col de Raspailon	Langue	958,0	236,8	N	10°	2 400	2 460	2 500	alpage

2.3.2 - L'altitude et le climat

L'altitude maximale des glaciers rocheux dans les Alpes avoisine 2 800 mètres. Au-dessus vient le domaine des neiges permanentes (environ 3 000 mètres) et des glaciers. La limite inférieure est à 2 500 mètres. Les glaciers rocheux situés plus bas, tels ceux de l'Ubaye dont la cote minimale avoisine 2 000 mètres, témoignent d'un ancien climat plus froid et sont des formes fossiles, dépourvues de glace, présentant encore un indice de vides élevé : pierres mal engrenées, absence de fines, tassement possible.

Du point de vue climatique, puisque leur matériel est élaboré par le gel, les glaciers rocheux se forment dans l'étage périglaciaire. Ils affectionnent les régions sèches et ensoleillées favorables à un gel intermittent et répété.

2.3.3 - Données sur les glaciers rocheux de la moyenne Ubaye (fig. 21)

En moyenne Ubaye, les glaciers rocheux du type "en langue" peuvent présenter trois morphologies :

- larges arcs concentriques, bien dessinés, couvrant de grandes surfaces, tels ceux du Lac Verdet, de la Courbette, du Vallonnet ;
- formes allongées dérivant de l'évolution de moraines : certains de ceux situés au Sud d'Enchastrayes et ceux du vallon de Terres Plaines.
- bourrelets formés par des éboulis en mouvement, bordant le pied d'une paroi rocheuse (le Mourre Haut, les Prés hauts) ou prolongeant des éboulis ou des écroulements (Roche Chamoussière).

Le tableau 8 réunit un certain nombre de renseignements sur les glaciers rocheux. Ils sont presque tous orientés vers le Nord, Nord-Ouest ou Nord-Est. Seuls ceux du Riou Bourdoux regardent au Sud-Est. La pente de la surface des glaciers pierreux varie entre 10 et 21°, la majorité allant de 16 à 18°. Cette caractéristique évite de les confondre avec les éboulis dont la pente est supérieure à 30°. On peut distinguer deux générations d'après l'altitude du front et de la zone de naissance :

- ceux qui s'étagent entre 1 900 et 2 200 mètres, totalement envahis par la végétation, sont les plus anciens ;
- les autres, entre 2 200 et 2 600 mètres, sont plus frais, peu ou pas colonisés par la végétation et témoignent d'une activité plus récente, subactuelle.

L'altitude de la crête encadrante est une altitude moyenne ; on note que les formes les plus anciennes sont encadrées par des crêtes avoisinant 2 500 mètres, pour les formes plus récentes, les crêtes atteignent 2 800 mètres.

3 - LES MOUVEMENTS AFFECTANT LE SUBSTRATUM

3.1 - Le Fauchage

Des figures de balancement des têtes de couches s'observent dans la retombée de l'anticlinal de Terres Plaines. Les couches de Dogger à Cancellophycus affleurent en une série rythmique de calcaire argileux en bancs décimétriques à métriques. L'érosion a déchaussé la tête anticlinale et les bancs désolidarisés perdent toute adhérence sous l'action de la pesanteur et des agents climatiques, du gel en particulier.

3.2 - Les Ecoulements

Ils affectent essentiellement les roches massives ou en gros bancs formant des falaises ou des surplombs. Nous n'en décrivons qu'un seul exemple affectant des calcaires triasiques. Il s'agit de l'écroulement de Roche Chamoussière.

Situation : au Sud-Est d'Enchastrayes, l'écroulement a laissé une énorme cicatrice dans le versant Ouest de la Montagne de l'Alpe.

Orientation : Nord-Ouest

Pente moyenne : 34°

Géologie du substratum : écaille briançonnaise de Trias moyen chevauchant les Terres noires, représentée par des calcaires massifs et en gros bancs subhorizontaux et des dolomies en bancs métriques.

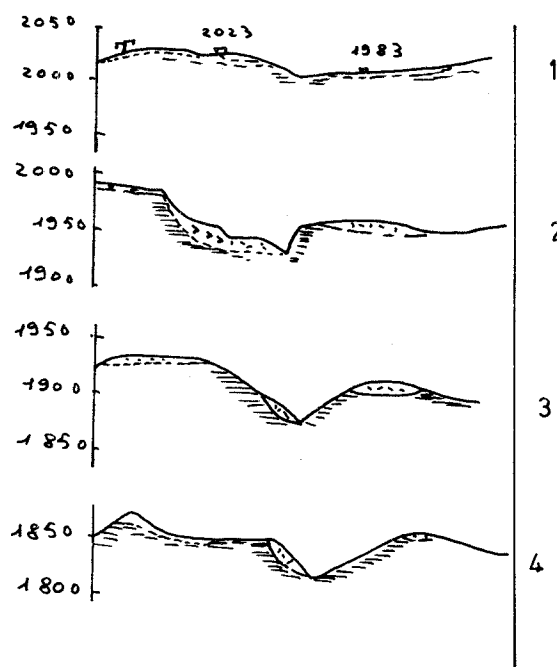
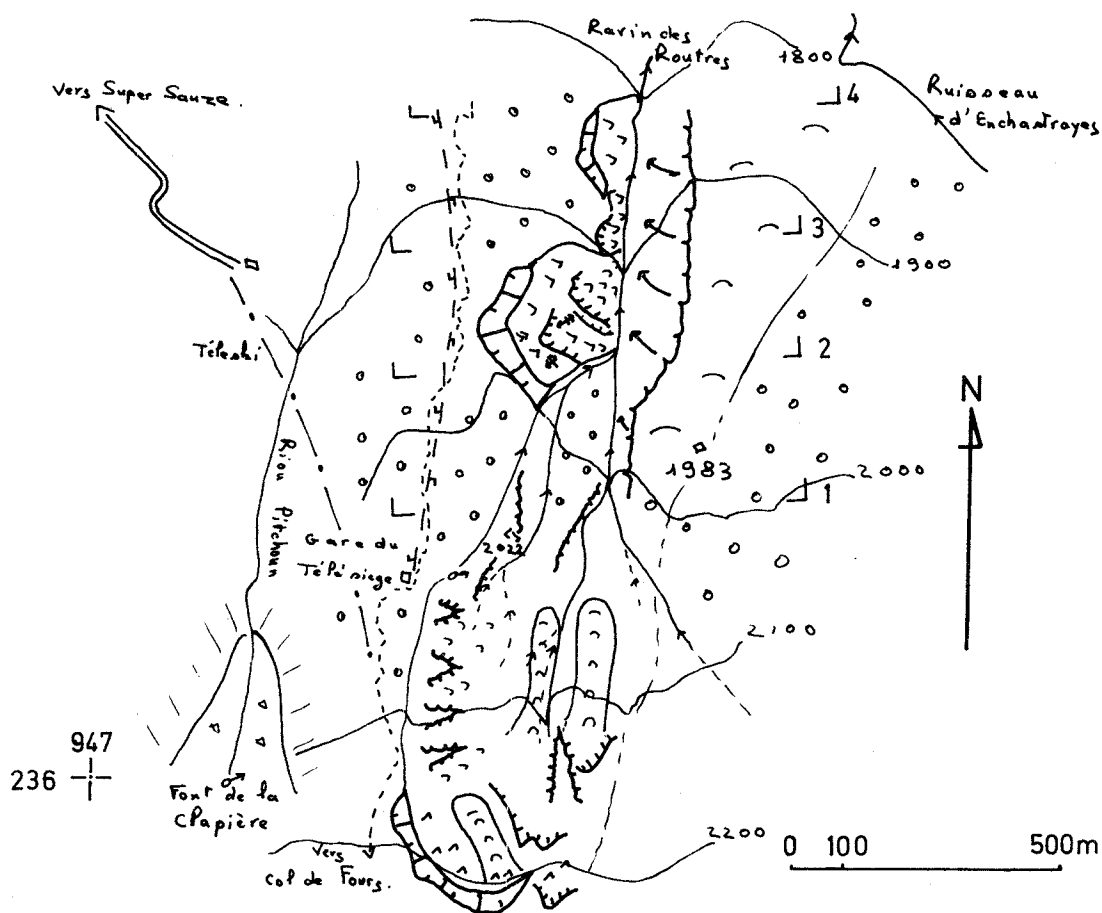
Terrains de couverture : des glaciers rocheux et des éboulis à gros blocs limitent et recouvrent en partie l'écroulement, le versant amont est tapissé d'éboulis.

Hydrogéologie : des thalwegs et ravines collectent les eaux de pluie et de fonte des neiges. Il n'y a pas de source pérenne au niveau de l'écroulement. L'eau s'infiltré entre les blocs, s'écoule en profondeur au contact du substratum imperméable et ressort en aval pour créer le torrent d'Enchastrayes. Un captage dérive une partie des eaux vers la station du Sauze.

Analyse du mouvement : l'écroulement est ancien : certains blocs sont recouverts par le glacier rocheux venant du Nord. Ce sont des pans de plusieurs dizaines de mètres de haut sur un front de 1 000 mètres qui se sont écroulés. Des blocs de plusieurs dizaines de mètres cubes se rencontrent à 3 km en aval, portés par des coulées de boues et de pierres consécutives à l'écroulement. A l'origine de ces éboulements, il y a eu soit une secousse sismique soit un tassement ou un fluage du soubassement de Terres noires. Actuellement, la zone de départ de l'écroulement en forme d'arc de cercle, est en partie recouverte par les éboulis. Quelques fissures ouvertes apparaissent encore mais ne présentent aucun risque pour l'activité humaine.

Fig. 22

Glissement et Coulées du ravin des ROUTRES



3.3 - Les glissements

3.3.1 - Ravin des Routres (fig. 22)

Situation : entre le hameau de la Rente (Le Sauze) et le col de Fours, au pied de la gare du télésiège.

Orientation : Nord-Est

Pente moyenne du versant : 18°

Géologie du substratum : Terres noires du Callovo-Oxfordien affleurant dans le ravin et dans les arrachements. La structure est peu visible car la conjugaison des schistosités débite les marnes en feuillets et cache la stratification. Vers la cote 2 200, les marnes passent à des bancs décimétriques de marno-calcaires alternant avec des marnes, puis à des bancs compacts de 1 à 2 mètres d'épaisseur de calcaire. Ensuite vient une série de marnes sombres et de calcaires lités, couronnée par des calcaires à silex. Des mesures effectuées dans ces séries donnent des directions allant de N 60 à N 80 avec un pendage variant de 30 à 50° vers le Sud. Le litage est donc contraire à la pente.

Morphologie : versant en pente douce recouvert par des colluvions gravelo-argileuses peu épaisses, entaillées de ravines par des petits ruisseaux.

Hydrogéologie : source au pied du télésiège alimentant le ravin des Routres. Des circulations s'observent au niveau de l'arrachement et dans le corps du glissement : suintements, accumulations de fines, réseau anastomosé...

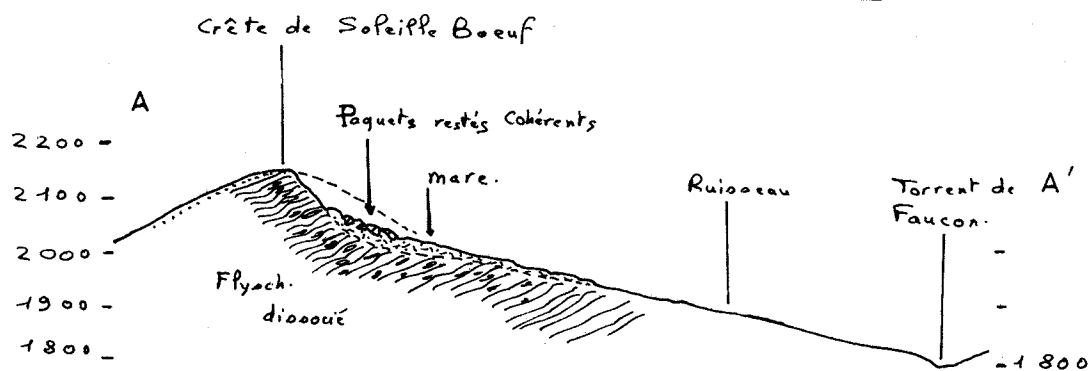
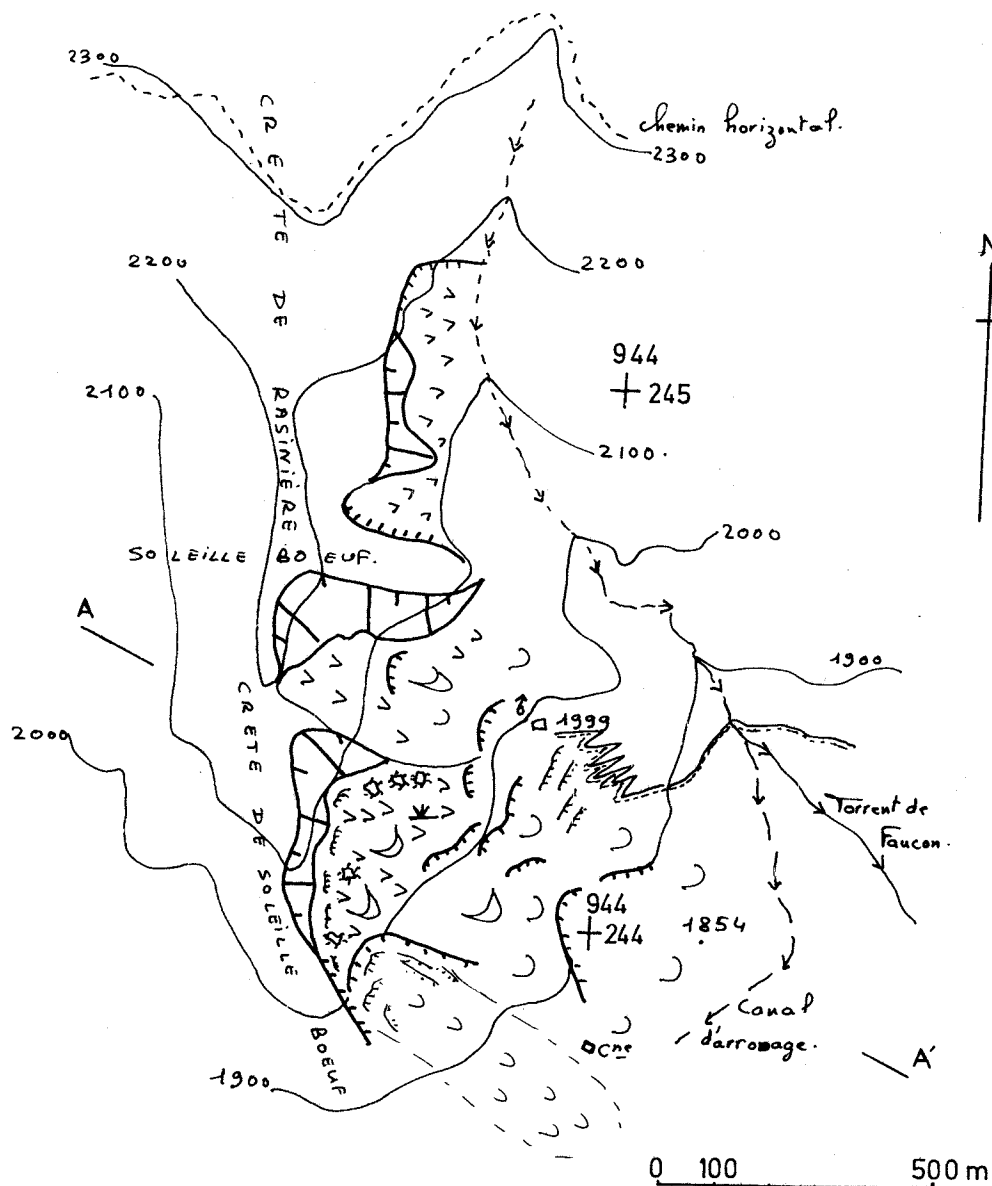
Analyse du mouvement : glissement actif, comme en témoignent les mélèzes penchés et les racines tendues dans le sens de la pente, présentant des arrachements très frais, non colonisés par la végétation. La forme de la surface de rupture représente une portion de sphère. Le mouvement doit intéresser une tranche de 20 mètres d'épaisseur. Des fissures de traction jalonnent l'arrachement secondaire, très récent, qui coupe le corps du glissement en deux. Le pied du glissement barre périodiquement le torrent comme en témoignent les amas plaqués sur la rive opposée. Vers l'aval, le mouvement se poursuit par de petits arrachements parallèles au torrent. Il semble que le torrent soit à l'origine du mouvement. En affouillant son lit, il a créé un abrupt dans les marnes hachées de discontinuités. Les eaux de pluie et de fonte des neiges se sont infiltrées sur le replat abritant le télésiège et la cabane cote 1 988. Petit à petit, la résistance du matériau a baissé, jusqu'à la rupture.

3.2.2 - Glissement de Soleille Boeuf (figure 23)

Situation : en rive droite du torrent de Faucon, au pied de la Tête de Rasinière.

Fig.23

GLISSEMENT DE SOLEILLE BOEUF



Orientation : Sud-Est

Pente moyenne du versant : 20°

Géologie du substratum : Flysch dissocié de la nappe de l'Autapie constitué par des blocs métriques de matériel gréso-calcaire emballés dans des schistes noirs. Les niveaux durs n'étant pas continus, la formation a peu de cohésion.

Morphologie : crête dominant un versant en pente douce, recouvert d'alpages et de pins.

Hydrogéologie : le torrent de Faucon draine le versant. Une partie des eaux est déviée vers un canal d'arrosage à la cote 1 850. Une source, après avoir alimenté la bergerie cote 1 999 se perd dans les formations superficielles. Une petite mare occupe une dépression marécageuse au pied de la niche d'arrachement.

Analyse du mouvement : les paquets glissés ne se sont pas étalés mais sont restés au pied de la niche d'arrachement qui a entamé la crête à l'emporte pièce. Par comparaison avec les éperons encadrants, on peut estimer à une cinquantaine de mètres l'épaisseur des matériaux enlevés au niveau de la niche. Vers la bergerie, la surface du sol est accidentée de gradins de plusieurs mètres de haut. Il semble que toute la partie amont du versant qui s'étale sous la crête de Soleille Boeuf, soit intéressée par le mouvement.

3.3.3 - Route de Bouzoulières (figure 24)

Situation : au Nord de Faucon, la route menant à Bouzoulières gravit en lacets les pentes glissées.

Orientation : Sud

Pente moyenne du versant : 23°

Géologie du substratum : les Terres noires du Jurassique supérieur affleurent de façon quasi continue du Bourget à Barcelonnette. Les directions varient de N 10 à N 30 avec un pendage compris entre 15 et 45° vers l'Est. La fracturation dense débite les marnes en plaquettes, losanges...

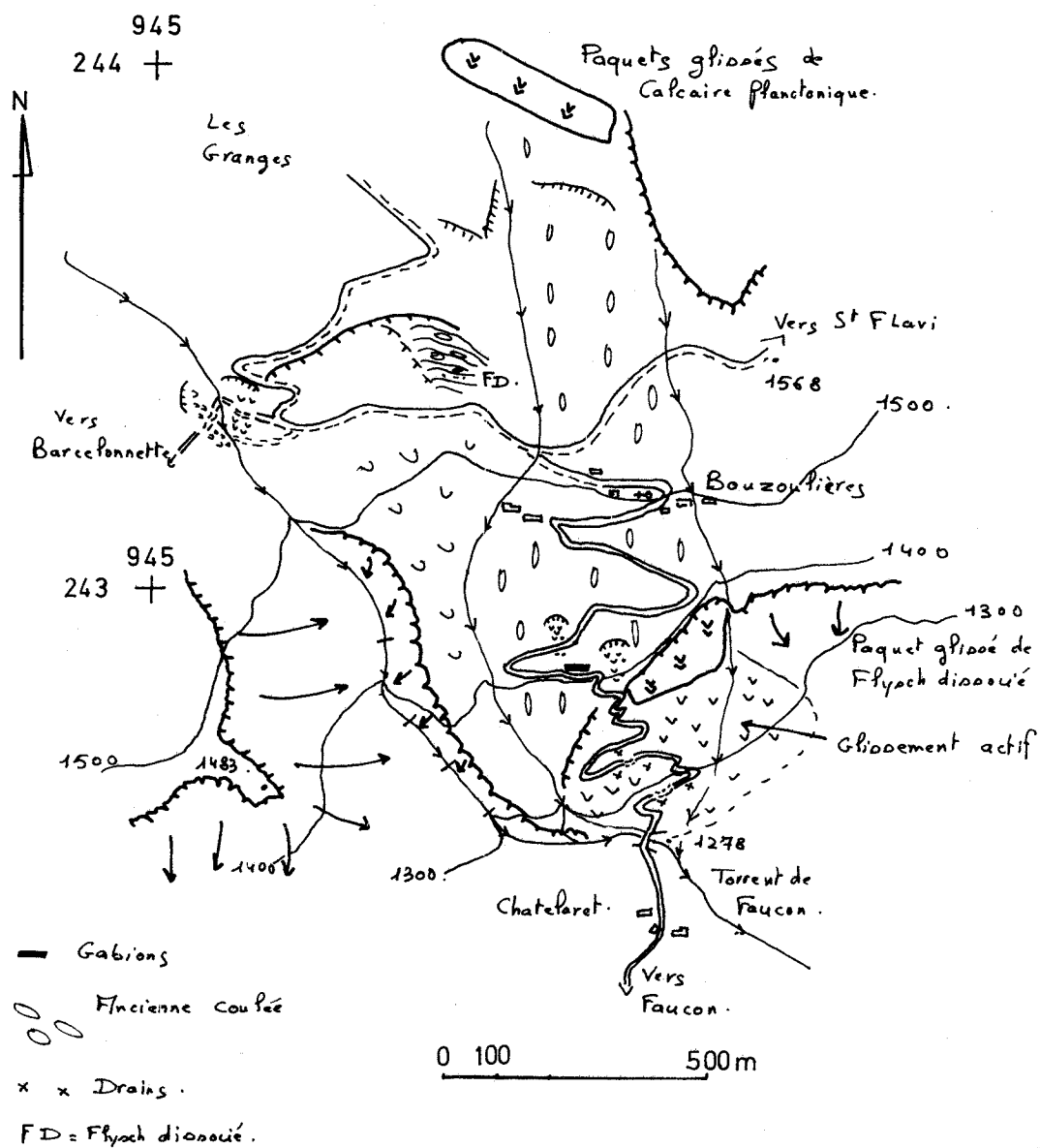
Morphologie : en rive droite de l'Ubaye, l'escarpement marneux, d'une centaine de mètres, sépare les versants en pente régulière et le fond de la vallée quasiment plat. Au niveau de Chatelaret, les terrains glissés ont ménagé un passage avec une pente plus douce.

Hydrogéologie : le torrent de Faucon draine le versant. Des ruisseaux bordent le mouvement vers l'Ouest. Sur le glissement, le ruissellement est diffus. On y observe aussi de nombreux suintements. Des drains implantés en 1974 en différents points débitent un mince filet d'eau. Ils contri-

Fig. 24

GLISSEMENT DE LA ROUTE DE BOUZOULIERES

Schéma.



buent à abaisser le niveau piézométrique et donc la pression interstitielle ce qui est un facteur de stabilité.

Analyse du mouvement : tout le versant présente des signes d'instabilité, à des degrés divers. Le domaine des alpages montre des bourrelets, des terrassettes indiquant un lent mouvement actuel de la tranche superficielle, mais des bombements témoignant aussi de mouvements fossiles, à plus grande échelle. Dans la zone des lacets, un affleurement de schistes noirs appartenant à la nappe de l'Autapie repose sur les Terres noires 200 mètres sous le contact entre les deux séries. Il est dans une position anormale, donc glissé. Du pont jusqu'à la cote 1 400, la route serpente sur le glissement. Agrandie, il y a quelques années, les précautions nécessaires n'ont pas été prises, l'eau se met en charge et provoque en certains endroits soit un tassement soit un soulèvement du revêtement. Les quelques drains placés le long de la chaussée sont très utiles mais insuffisants. Pour stabiliser le versant, il faudrait dériver les eaux s'infiltrant à l'amont et collecter à l'aide de conduites souples toutes les venues d'eau se produisant dans le secteur de la route.

3.4 - Glissements et coulées

3.4.1 - Lans (figure 25)

Situation : en rive droite du torrent d'Abriès, au Nord de Lans, à 2 km de Jausiers.

Orientation : Nord-Ouest

Pente moyenne du versant : 18°

Géologie du substratum : les Terres noires affleurent dans l'échine séparant le replat de Lans du vallon d'Abriès et près du lieudit "Les Brayes", à la cote 1 600. La direction variant de N 120 à N 130 avec un pendage de 15° vers le Nord-Est est donc contraire à la pente. On observe des couches à slumping limitées par des niveaux plus calciteux.

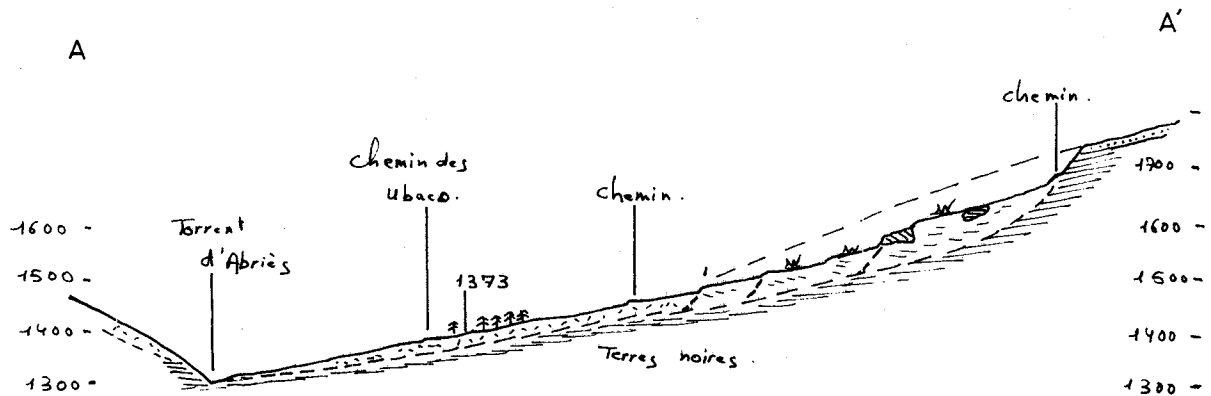
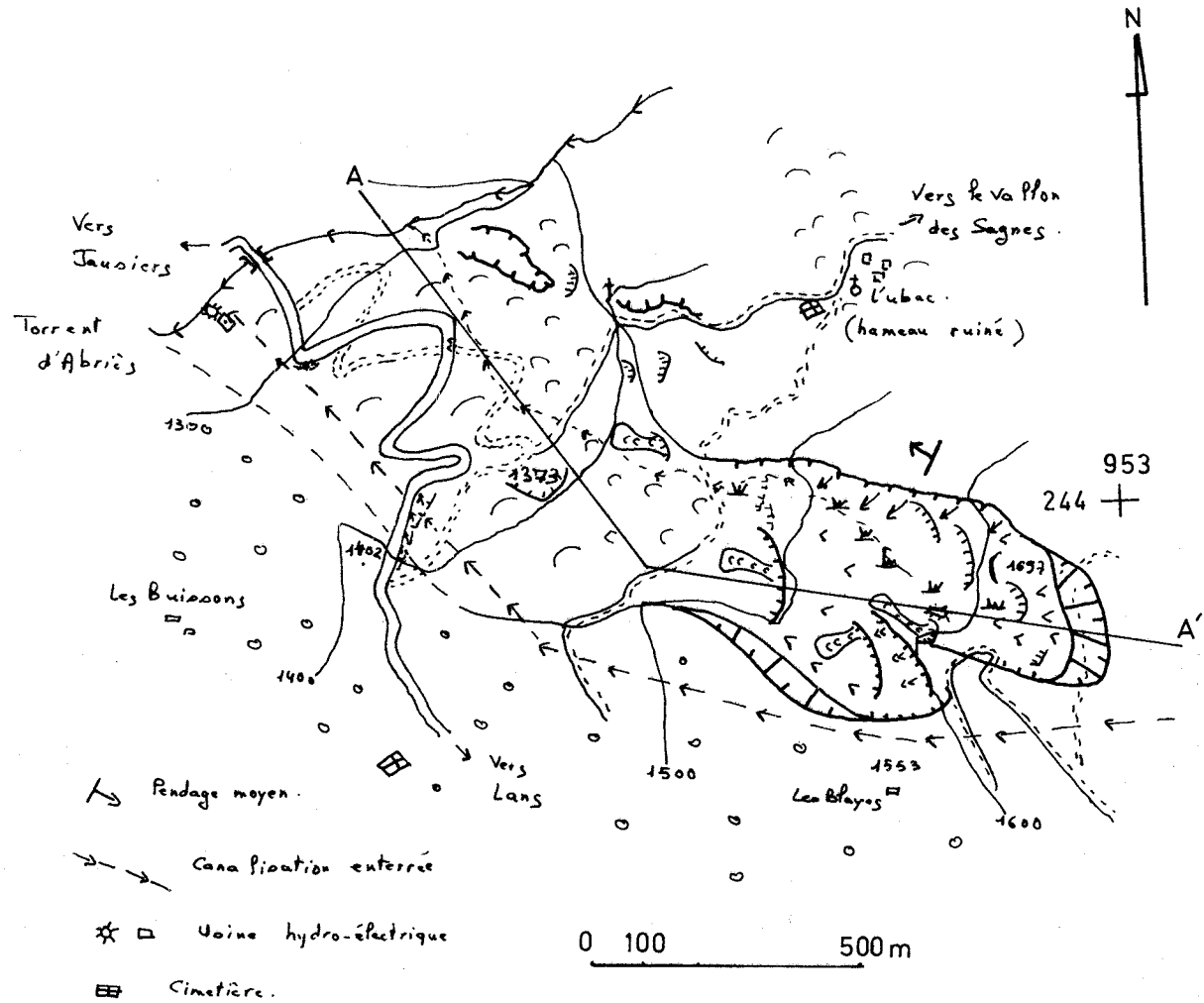
Morphologie : le secteur du hameau de Lans semble correspondre à un replat glaciaire recouvert par des dépôts vraisemblablement fluvio-lacustres, d'une épaisseur atteignant 30 mètres par endroits. Ces dépôts, constitués par des cailloutis intercalés dans des argiles sableuses, reposent sur les Terres noires altérées. Du Serre de Lans aux Buissons, le replat passe à un thalweg en pente douce.

Hydrogéologie : un ruisseau coulant dans l'axe du mouvement draine les venues d'eau. Sur le corps du glissement, les fréquents peuplements de joncs et de saules témoignent de la présence de l'eau dans ce secteur.

Analyse du mouvement : nous sommes en présence d'un glissement ancien, repris dans sa partie amont par des arrachements récents. Le pied du

Fig. 25

GLISSEMENT DE LANS



mouvement récent a émis une coulée qui a envahi le secteur Est de la partie ancienne stabilisée. Les figures que l'on observe sont classiques : bourrelets séparant des points bas occupés par des mares, paquets glissés, déchirures dans les prairies, fentes de distension... De nombreux travaux ont été réalisés récemment sur la partie stabilisée du mouvement : lotissement de chalets, nouvelle route et canalisations d'eau. Aucune précaution particulière ne semblant avoir été prise, il reste à espérer qu'aucun dommage grave ne se produise, bien que la route présente sur certains secteurs des signes d'instabilité sous forme de tassements dans la chaussée et de petits glissements dans les entailles et qu'un chalet ait déjà souffert dans ses fondations. Au niveau du glissement, on peut estimer à une quinzaine de mètres l'épaisseur de la zone affectée, comme en témoignent les sondages géophysiques.

3.4.2 - Les Alaris (figure 26)

Situation : dans le versant rive droite du Bachelard, au niveau de la ferme abandonnée des Alaris.

Pente moyenne du versant : 20°

Géologie du substratum : les Terres noires affleurent dans tout le secteur, très ravinées, elles forment des griffes d'érosion. Une faille jalonne le glissement à l'Est.

Hydrogéologie : une ligne de sources à l'Ouest de l'arrachement principal marque le contact entre les Terres noires et un placage de glaciaire prolongeant les éboulis à gros blocs du Méa, certaines alimentent même des mares au pied de l'arrachement. Sur les terres noires, l'eau ne s'infiltre pas, elle ruisselle. Les mares situées sur le corps du glissement indiquent la faible perméabilité des terrains en mouvement : une mince pellicule de glaciaire provenant des dépôts sus-jacents recouvrant des terres noires altérées et remaniées.

Analyse du mouvement : il est composé d'un glissement dans sa partie amont (2 000 - 1 850) et d'une coulée au niveau des Alaris (1 850 - 1 600). Le secteur amont comprend plusieurs niches d'arrachement étalées le long de la crête de la Couagne. De petites coulées issues de ces niches recouvrent le corps de la masse glissée qui semble stabilisé. Entre 1 800 et 1 850 mètres d'altitude, une rupture de pente annonce la coulée. Il n'y a pas de grande niche, mais une série de gradins présentant des fissures de distension et indiquant que la coulée est active. Sur la langue, crevasses et petits arrachements sont nombreux. Le chemin traversant la coulée à la cote 1 800 présente des tassements et son tracé est perturbé, il est d'ailleurs recouvert en certains endroits par de petits bourrelets. La coulée vient mourir dans le ravin des Alaris qui rejoint 50 mètres plus loin le Riou Chanal. Cette coulée et les petits glissements situés à l'aval alimentent les ravins en matériaux. Lors des crues, les torrents charrient une charge solide importante et causent des dégâts jusqu'au

Fig. 26

GLISSEMENT ET COULEE DES ALARIS

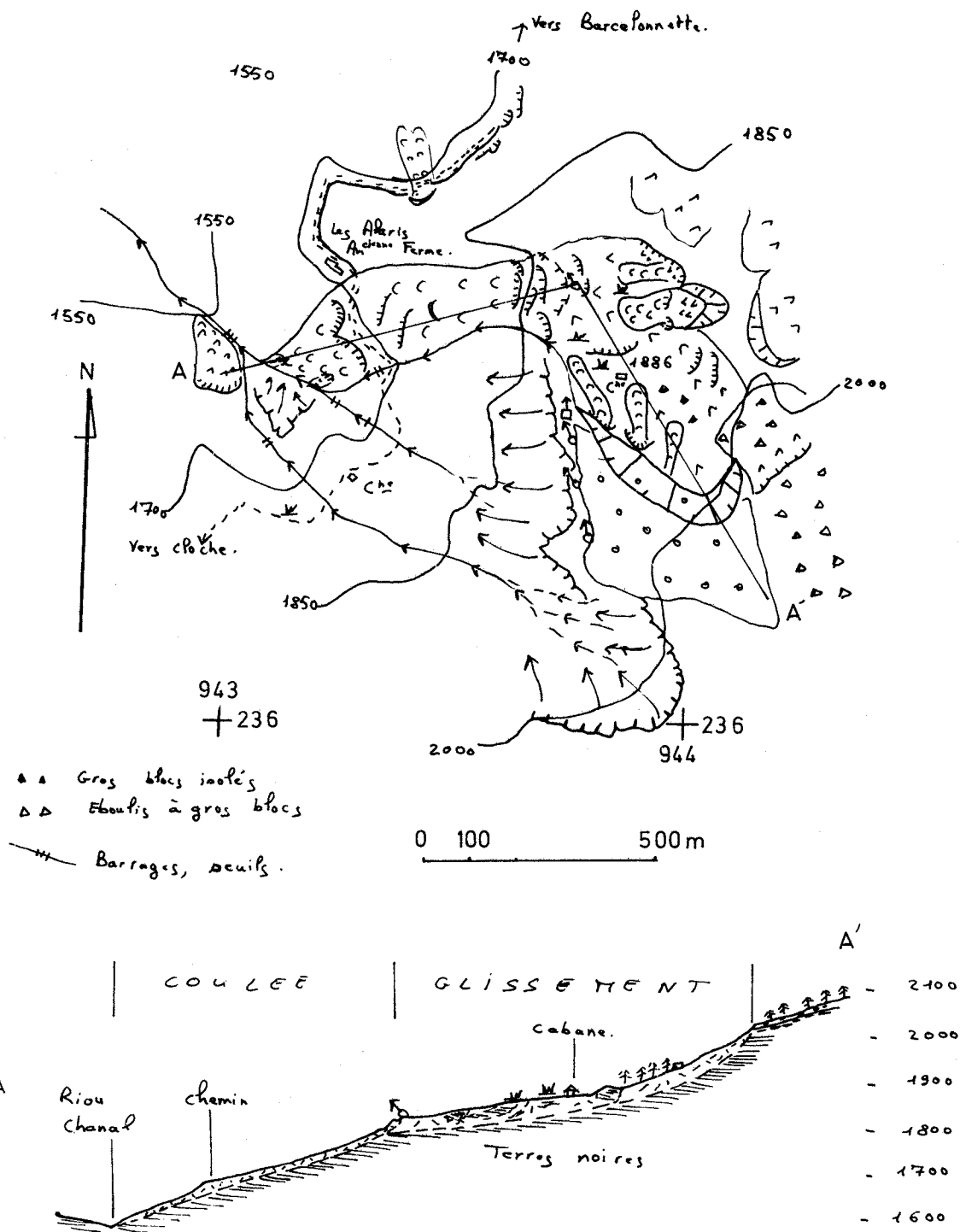
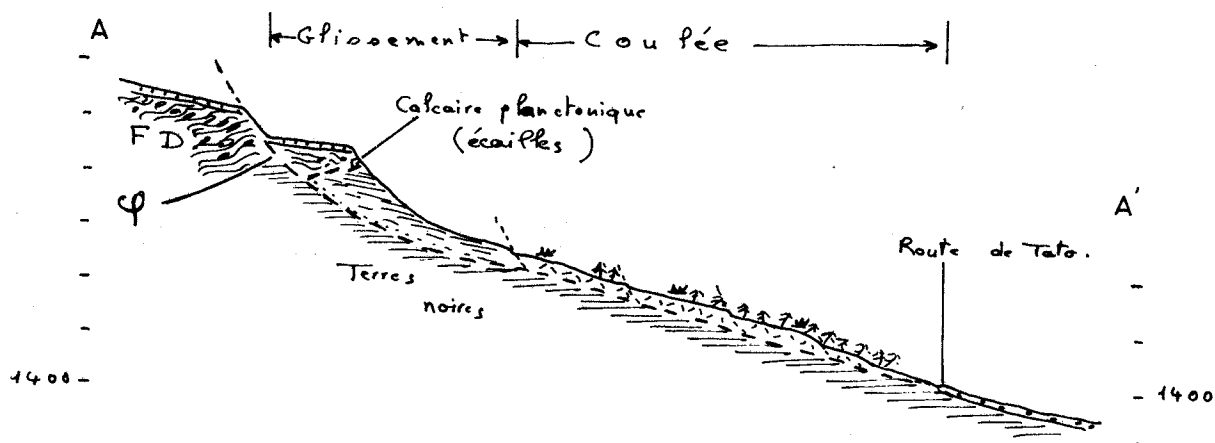
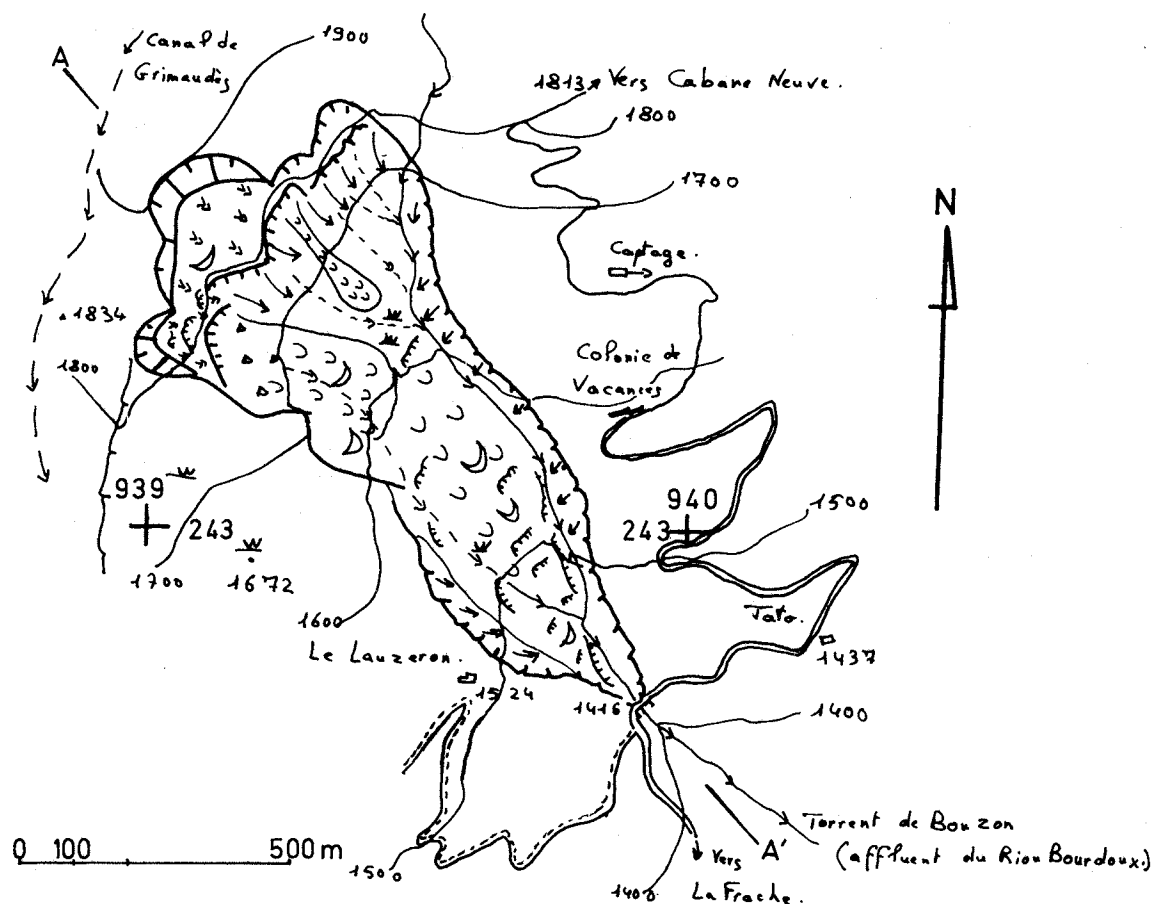


Fig. 27

GLISSEMENT ET COULEE DE COMBE DE BOUZON



Bachelard. Pour remédier à cela, une vingtaine de seuils bétonnés ont été confectionnés afin de briser la force vive des deux torrents.

3.4.3 - Combe de Bouzon (figure 27)

Situation : sur la commune de St Pons, dominant les écartes de la Frache et de Tato

Orientation : Sud-Est

Pente moyenne du versant : 21°

Morphologie : versant en pente douce, régulière, les bourrelets et formes molles montrent la présence de glissements anciens et de glaciaire. Le ruisseau coule dans une saignée mettant les Terres noires à nu.

Terrains de couverture : glaciaire localement épais, comportant de nombreux blocs de Flysch, à matrice argilo-sableuse, recouvert par 1 mètre de terre végétale cultivée sur une grande partie du versant.

Géologie du substratum : les Terres noires autochtones affleurent sur toute la périphérie du mouvement. Le Flysch dissocié de la nappe de l'Autapie, charriant à sa base des écaillés diverses tels les blocs de calcaire planctoniques, repose en contact anormal sur les Terres noires au niveau de la niche d'arrachement.

Hydrogéologie : deux ruisseaux divaguent sur la coulée. Le plus important, le torrent de Combe de Bouzon a tendance à affouiller les Terres noires en place sur sa rive gauche. Le long de la coulée, les zones humides sont nombreuses, ainsi que les suintements qui se produisent dans les petits arrachements.

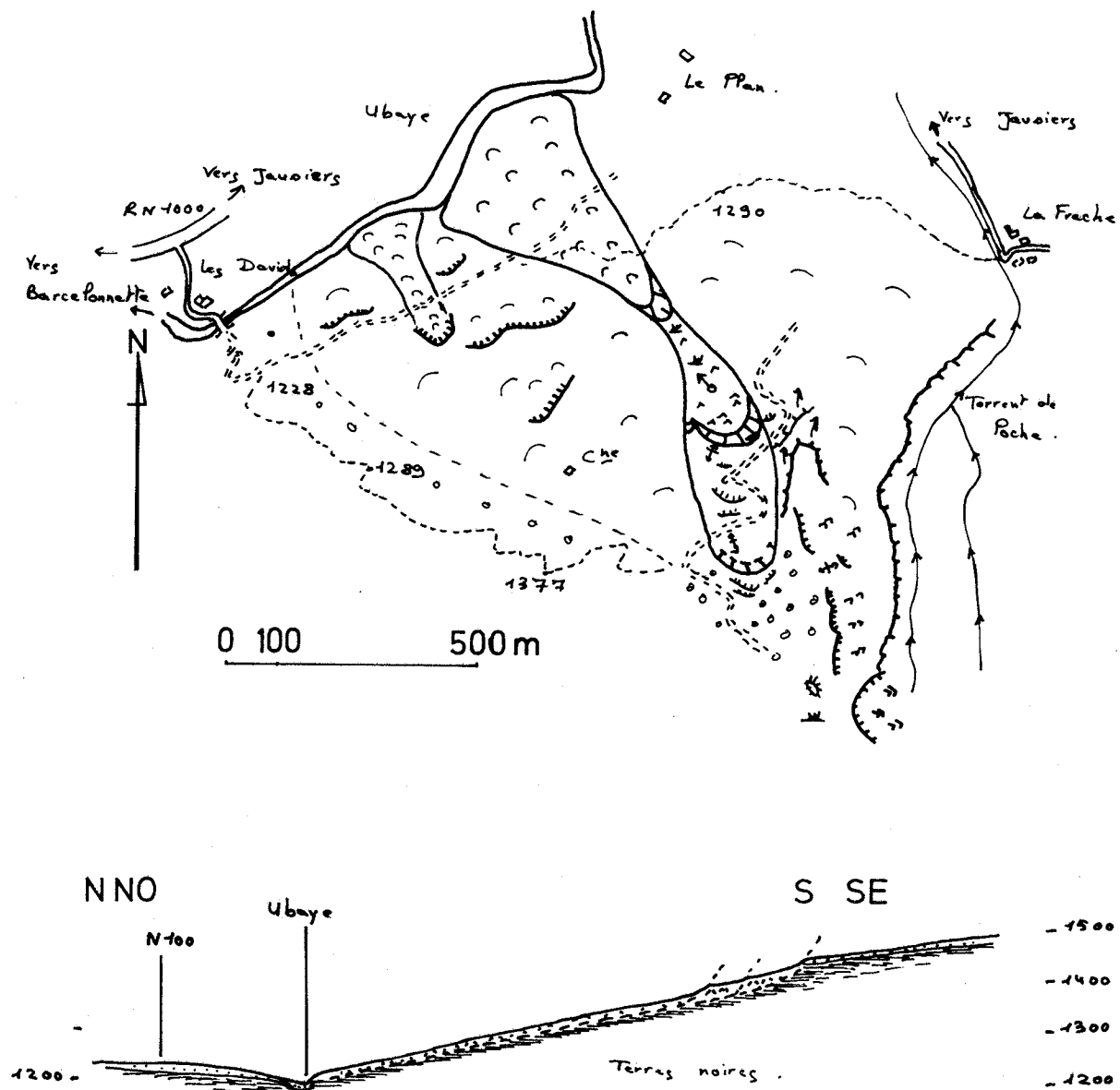
Analyse du mouvement : Il est composé de 2 éléments distincts : un glissement et une coulée. Le glissement est représenté par de grands paquets tassés, déplacés d'une centaine de mètres relativement à leur position initiale. Le remaniement ne semble pas très fort, comme en témoignent les Terres noires, emballant la lame de calcaire, qui ont conservé leur structure. La coulée est encore active. Bien que presque totalement colonisée par la végétation, sa traversée est pénible : escaliers, ressauts, bosses, mares, arbres penchés ou déracinés, ruisseaux dont le lit se modifie au gré des mouvements différentiels qui font varier la topographie... La coulée s'arrête au niveau de la route de Tato. Le ruisseau de Combe de Bouzon, en évacuant les matériaux qu'elle apporte, limite son extension vers l'aval.

3.4.4 - Coulée du Plan (figure 28)

Situation : en rive gauche de l'Ubaye, sur la commune de Jausiers, près de la ferme du "Plan".

Fig. 28

COULEE DU PLAN



Orientation : Nord-Est

Pente moyenne du versant : 13°

Géologie du substratum : marnes noires très schisteuses, recouvertes d'une pellicule de glaciaire et de colluvions remaniées et altérées.

Hydrogéologie : au pied de l'arrachement situé vers le milieu du mouvement, une source, avec des dépôts de tufs, alimente un marécage donnant naissance à un ruisseau qui parcourt la moitié inférieure de la coulée.

Analyse du mouvement : il faut préciser tout d'abord que le mouvement se développe sur un secteur présentant une morphologie de mouvement ancien. Dans sa partie amont, les bourrelets sont frais et de petits arrachements se sont produits récemment lors de l'édification du chemin forestier. Vers l'aval, un arrachement d'une quinzaine de mètres marque le début de la coulée qui a dû avoir lieu à une époque assez ancienne : tout est envahi par une végétation buissonneuse et des arbres âgés. A la suite du replat abritant les mares au pied de l'arrachement, vient un défilé de 200 mètres de long sur une vingtaine de mètres de large, puis la coulée s'étale librement en forme de lobe. Elle a repoussé l'Ubaye vers le Nord, comme en témoigne le coude de la rivière qui entaille son front d'un talus haut de 5 mètres. A l'Ouest, tout le versant est occupé par un glissement ancien ; des reprises d'activité localisées s'observent le long de l'Ubaye.

3.4.5 - Torrent de Poche Nord-Est (figure 29)

Situation : en rive droite du torrent de Poche, entre les cotes 1 300 et 1 500.

Orientation : Ouest

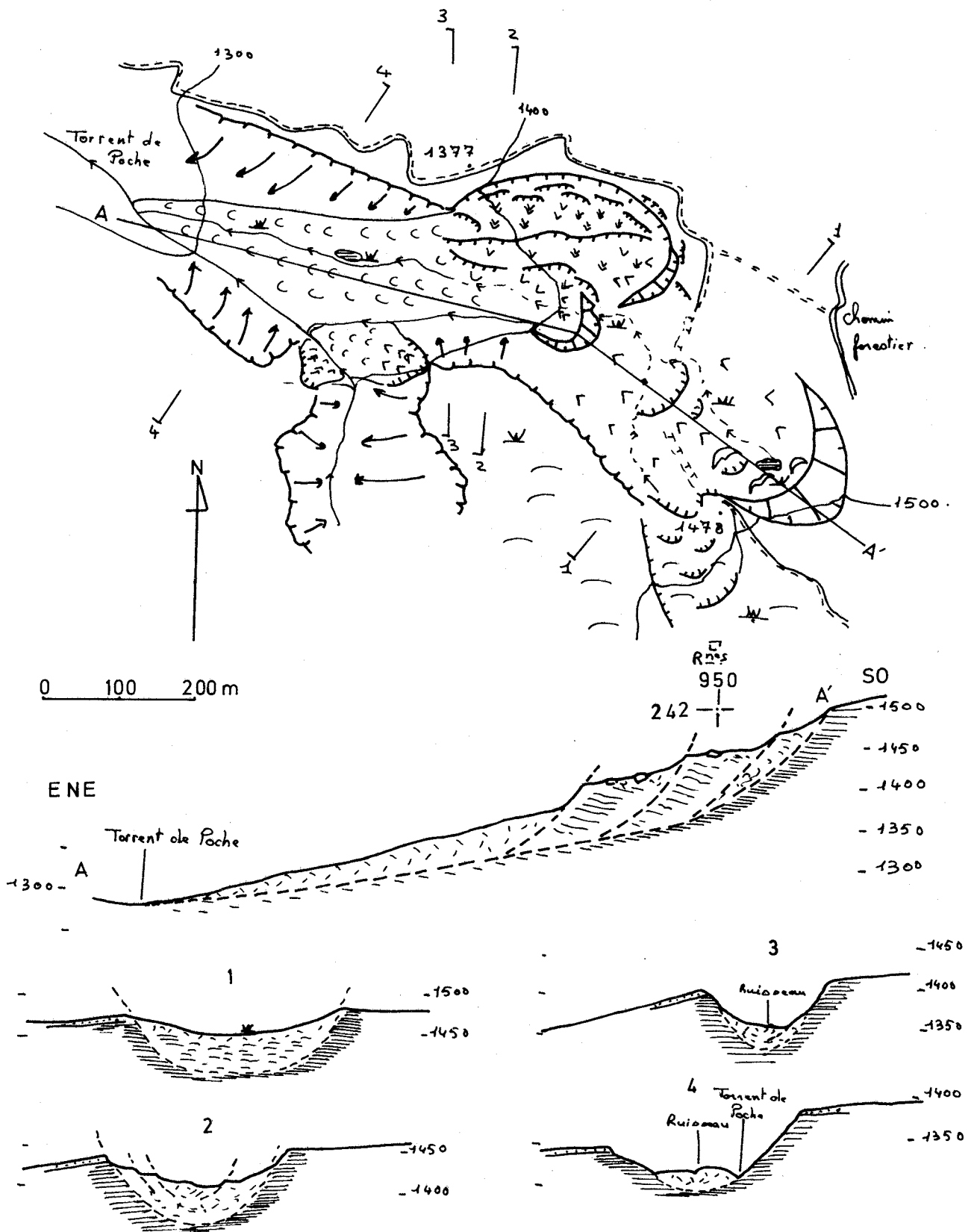
Pente moyenne du versant : 16°

Terrains de couverture : glaciaire comprenant des blocs de grès d'Annot et de Flysch, emballant des débris de Terres noires et des plaquettes de calcite provenant des filonnets qui parcourent les marnes. Il ne forme pas un revêtement continu, mais un certain nombre de placages.

Géologie du substratum : les marnes noires affleurent tout autour du mouvement. La structure est peu distincte car la schistosité a tout effacé. Mais certains niveaux plus résistants, semblant correspondre à la stratification, ne sont pas en continuité, ils paraissent déplacés les uns par rapport aux autres, comme si de nombreuses failles avec un rejet d'une dizaine de mètres avaient joué. On peut interpréter ces failles comme des surfaces de rupture secondaires intervenant dans le cadre d'un grand glissement affectant l'ensemble du versant. Les affleurements de Terres noires correspondraient ainsi à des paquets peu remaniés mais déplacés. La

Fig. 29

Torrent de Poche . secteur NE



forte concentration de filonnets de calcite en certains secteurs pourrait s'expliquer par le fait que la calcite est venue se cristalliser dans des fissures ouvertes provenant des nombreuses contraintes tectoniques que les Terres noires ont subies.

Hydrogéologie : en beaucoup d'endroits, les terres noires délitées et altérées favorisent l'infiltration de l'eau. Le contact entre les marnes et le glaciaire est jalonné par des venues d'eau. Quatre mares s'égrènent le long du mouvement, accompagnant le cours de ruisseaux saisonniers. Tout le secteur est drainé par le Torrent de Poche.

Analyse du mouvement : deux éléments distincts sont regroupés : un glissement en tête et une coulée consécutive à celui-ci. Un arrachement très frais sépare la coulée du corps du glissement qui présente trois gradins de 20 mètres de hauteur chacun, séparés par des replats. Un chemin traverse la zone instable. Il est bien visible et praticable de part et d'autre mais au niveau du mouvement, plus aucune forme n'indique son tracé. La coulée est très active, elle emprunte ses matériaux au front du glissement et sur son lobe droit, où des fissures s'ouvrent actuellement. Certaines parties de la coulée sont plus actives que d'autres, ce que soulignent des arbres d'âges différents. En conclusion, on peut dire que dans ce secteur, les marnes noires ne se comportent pas comme un massif rocheux, mais comme un massif de terre. La surface de rupture passe dans les Terres noires et intéresse un volume important de matériau, à en juger par la hauteur de l'arrachement alimentant la coulée (une quarantaine de mètres).

4 - LES MOUVEMENTS COMPLEXES

Les analyses présentées ci-dessous sont volontairement brèves. En effet, on ne pouvait pas rapporter tous les détails figurant sur les fiches d'étude déposées à l'IRIGM. Nous avons insisté surtout sur l'aspect cartographique (coupes, schémas).

4.1 - Glissements et coulées du Torrent de Poche (figure 31)

Situation : en rive gauche de l'Ubaye, en face du hameau des Davids, entre les cotes 1 400 et 1 900.

Orientation : Nord.

Pente moyenne : 26°

Morphologie : la partie supérieure est limitée par des abrupts. Les torrents ont encaissé leur lit dans des terres noires facilement affouillables, paraissant remaniées. Des replats, limités par des ressauts, s'étalent entre les torrents.

Fig. 30

COUPE GEOLOGIQUE AU NIVEAU DU TORRENT DE POCHE

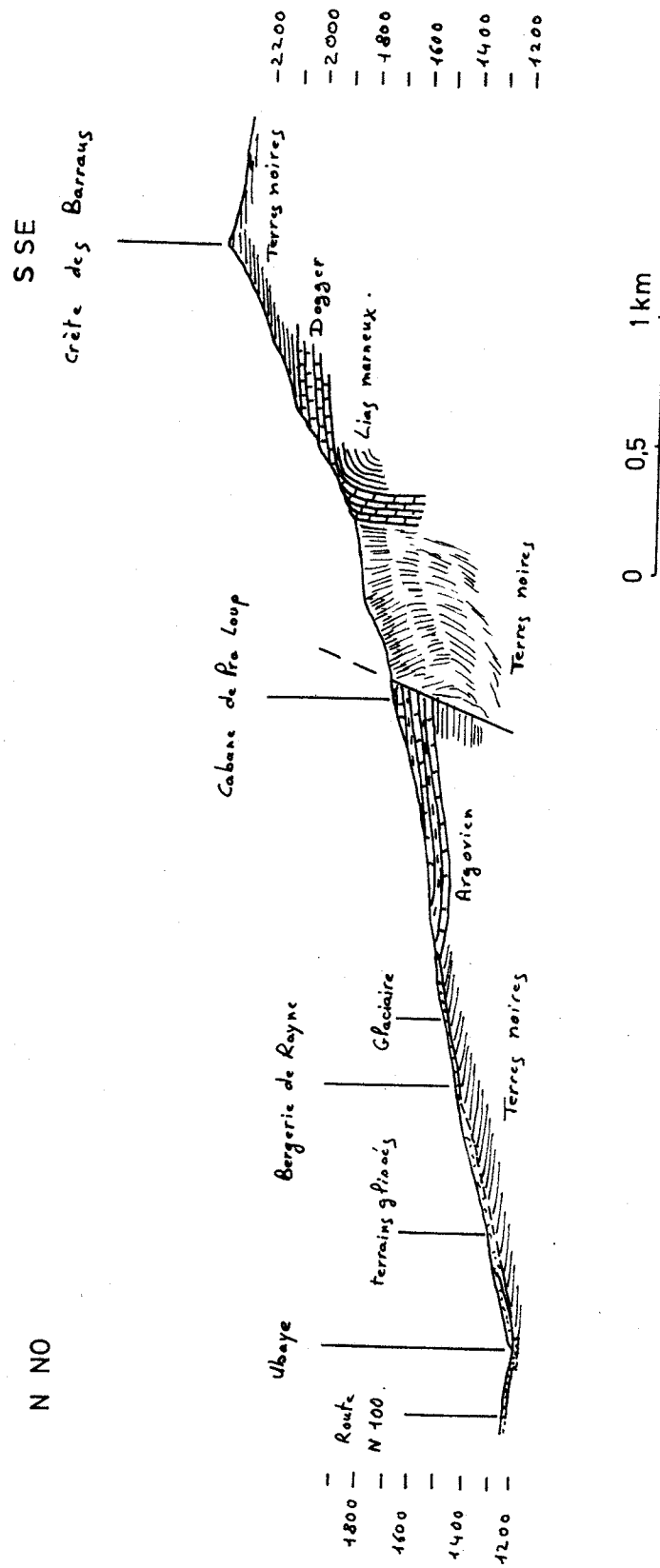


Fig. 31

TORRENTS DE RIBES ET DE POCHE

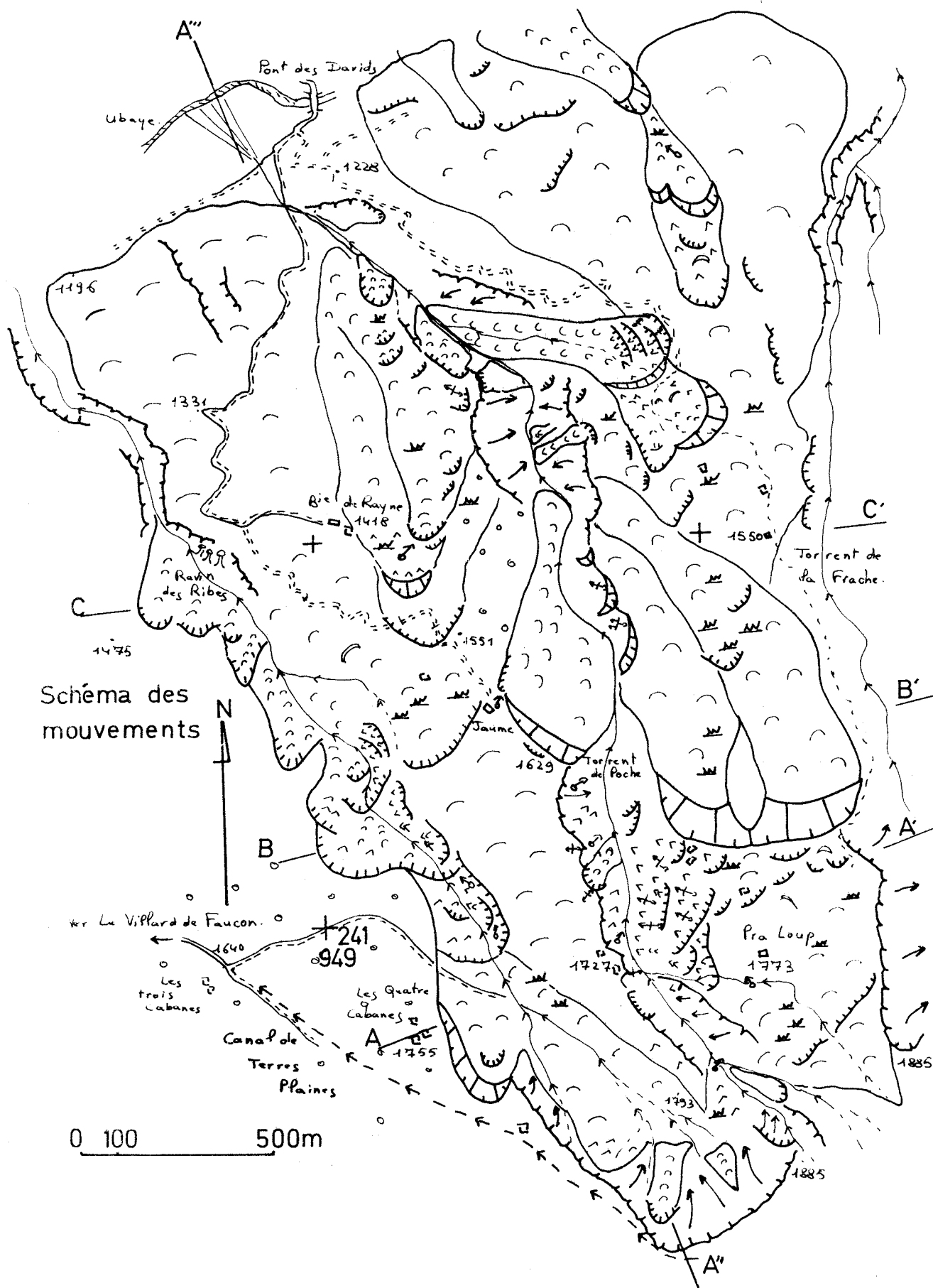


Fig. 33

MOUVEMENT DU TORRENT DE POCHE Coupe longitudinale (CL)

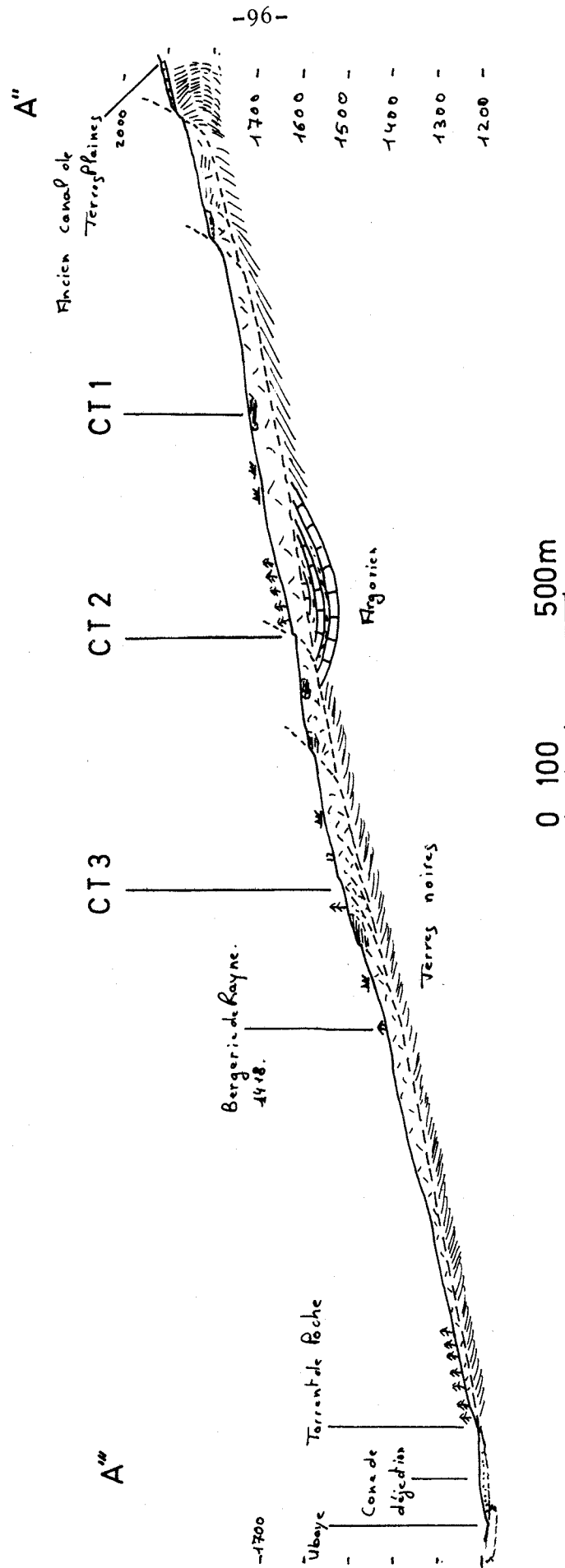
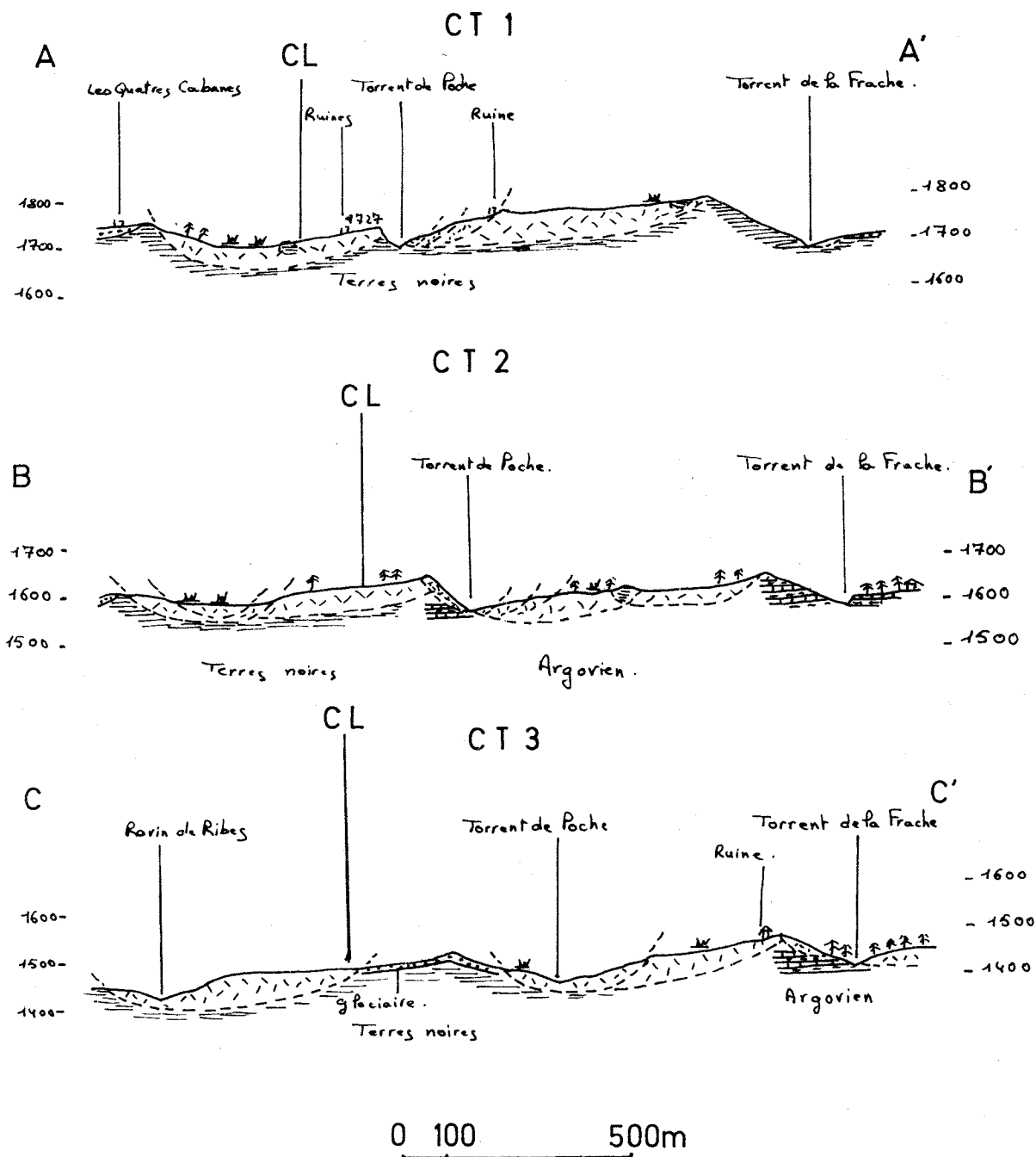


Fig. 34

MOUVEMENT DU TORRENT DE POCHE

Coupes transversales (C T)



Terrains de couverture : le glaciaire et les colluvions ne forment pas une couverture continue. Ils se présentent sous forme de placages d'épaisseur variable. Le glaciaire contient des blocs de grès et de Flysch, emballés dans une matrice argilo-sableuse. Des débris de marnes noires, de calcite, représentent les colluvions.

Substratum : la coupe (figure 30) illustre la succession des terrains. Nous sommes au pied de la retombée de l'anticlinal de Terres Plaines. Les calcaires du Dogger en position subverticale passent aux Terres noires très décomprimées et fauchées. Puis viennent, après une faille, les marno-calcaires de l'Argovien en aval, au pendage peu accentué, qui laissent apparaître plus bas les Terres noires.

Hydrogéologie : deux torrents drainent le versant, les torrents de Poche et de Ribes. Le canal de Terres Plaines, dérivant une partie des eaux du vallon de même nom, à l'aide d'une galerie, vers le versant du Villard-de-Faucon, débouche en tête du mouvement en fort mauvais état. Un ruisseau, dérivé de ce canal, longe les arrachements de cabane Basse jusqu'aux Quatre Cabanes puis alimente le captage du Villard. Il n'est pas exclu qu'une partie de ses eaux soit à l'origine des nombreux suintements observés dans les arrachements qui alimentent les ravines. Les mares, nombreuses sur le versant instable, indiquent que le glaciaire est peu épais et en contact direct avec des Terres noires remaniées dans lesquelles l'eau s'infiltre peu. Les sources jalonnent le contact glaciaire-Terres noires remaniées. Celle de la cabane de Pra-Loup, apparaissant dans un thalweg sous un glaciaire de 3 mètres d'épaisseur, a un débit de quelques litres par minute. Celles de la Bergerie de Rayne et de Jaume également. Les autres ont un débit très faible.

Analyse du mouvement : (figures 33 et 34) d'une superficie de 5 km², le mouvement est un des plus importants du secteur étudié. D'après des observations effectuées dans les thalwegs, il semble intéresser une tranche de terrain de 10 à 50 mètres d'épaisseur. La majorité des glissements et coulées sont actifs. Les déplacements se font à des vitesses variables entraînant des mouvements différentiels, à l'origine des bourrelets, arrachements en gradins, bombements... Certains secteurs très actifs font voir un paysage de désolation, avec des arbres couchés en tous sens, des fissures aux lèvres écartées de plus de 1 mètre et de plusieurs mètres de profondeur, des cabanes démolies (celles situées à 400 mètres au Nord-Ouest de la cabane de Pra-Loup) d'autres montrant des lézardes... En pied, le mouvement vient mourir dans l'Ubaye. Il recouvre en certains endroits les alluvions récentes de la rivière. C'est le cas de la coulée de 1957 qui l'a même obstruée, en créant un petit lac temporaire.

On peut établir une chronologie relative des divers mouvements (figure 32) ceux qui se sont produits les premiers correspondent actuellement à des secteurs stabilisés : c'est le cas des mouvements de la bergerie de Rayne (15) et du versant portant la coulée du Plan (28).

Ensuite les désordres se sont développés vers l'amont atteignant le

Fig. 32
SECTEUR RIBES - POCHE

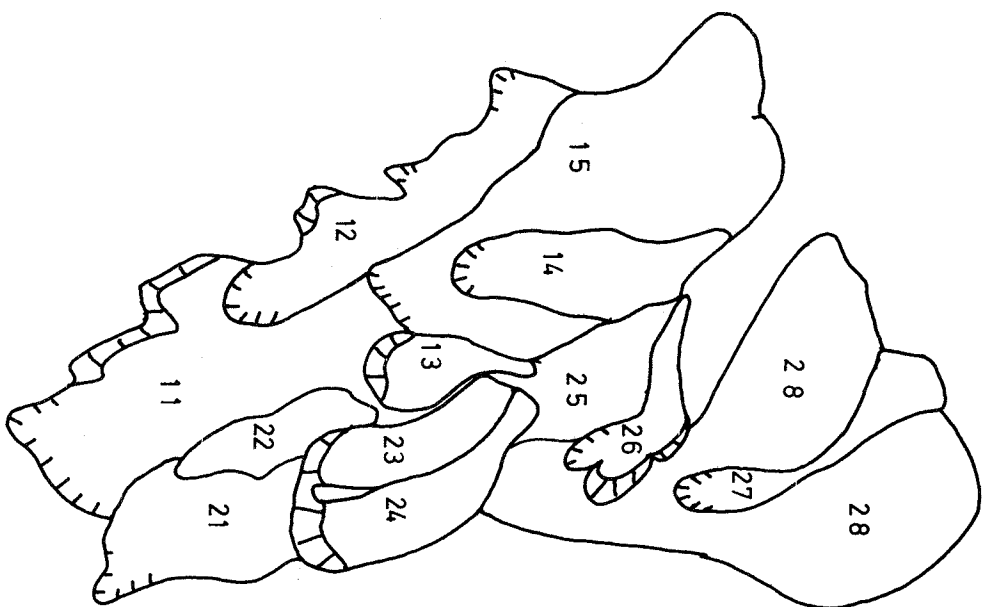
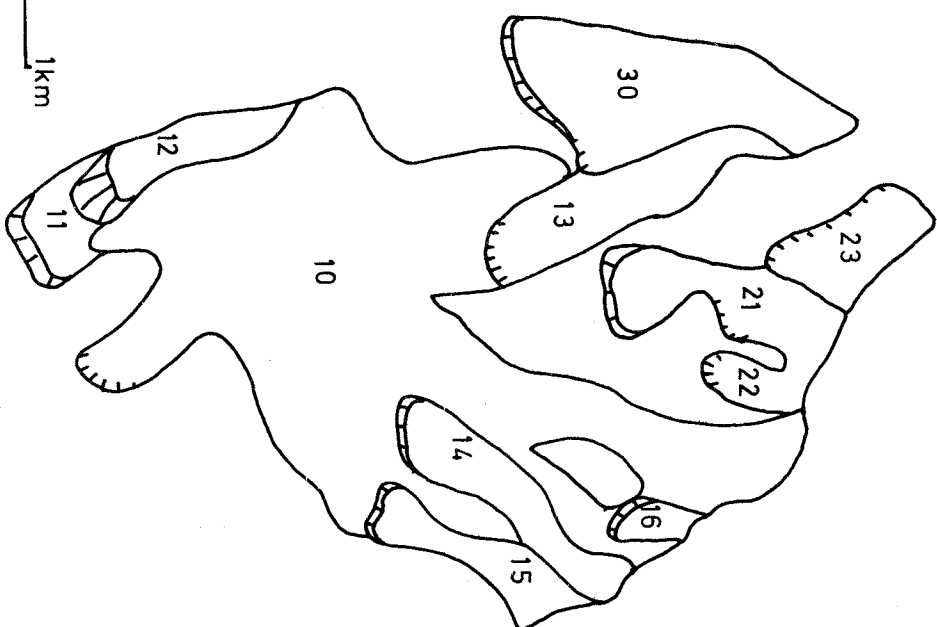


Fig. 36
SECTEUR FRACHE - BOIS NOIR



INTERPRETATION DES MOUVEMENTS

BOIS NOIR
SUISSE
CADIST

BUS JUSSEU
THÈSES
PARIS

secteur portant la cabane Jaume (11) et le pré de Pra-Loup (21).

A partir de ceux-ci, des coulées (13, 23, 24) ont recouvert les Terres noires qui affleuraient. Les torrents, voyant leurs lits comblés ont apporté des modifications à leurs cours : certains creusant les Terres noires remaniées, d'autres entaillant les marnes très fracturées en place, créant ainsi des abrupts dans un matériau peu cohérent. Dans une dernière phase, de nouveaux glissements et coulées encore actifs ont donné au versant son aspect actuel (12, 14, 22, 26).

4.2 - Glissements et coulées de la Frache (figure 35)

Situation : sur la commune de Jausiers, au pied de la crête des Barraus, limité à l'Est et à l'Ouest par les torrents du Riou versant et de la Frache.

Orientation : Nord

Pente et morphologie : 15° sur le corps du mouvement, 30° au niveau des arrachements amont. La partie supérieure est dominée par une corniche alimentant en éboulis le "Bois Noir". Après une pente régulière, le pied du versant repousse le Riou Versant vers le Nord-Est.

Terrains de couverture : sur les secteurs stables, le glaciaire recouvre les Terres noires. Sur le mouvement, il est remanié et comporte de nombreux blocs décimétriques de calcaire provenant des éboulis sus-jacents.

Substratum : à l'Est des "Portes de l'Enfer", le massif de Terres Blanches représente le coeur de l'anticlinal de Terres Plaines, formé de gypses alimentant quelques petites coulées, visibles au niveau du sentier rejoignant La Chalannette. La série est complète, du Trias gypseux jusqu'à l'Argovien (T, IL, Lm, Lc, D, C-O, Ar).

Hydrogéologie : le Riou Versant reçoit le ruisseau du Bois Noir et le torrent de la Frache grossi par le ruisseau Claret (l'eau provenant du Dogger et du glaciaire est claire, alors que les autres torrents ont une partie de leur écoulement dans les Terres noires et sont troubles. Quelques sources et marécages sont disséminés sur le versant.

Analyse du mouvement : (figures 36 et 37) le secteur amont, au-dessus de 1 700 mètres d'altitude paraît stabilisé. La surface n'est pas trop irrégulière, mais on repère aisément les traces de mouvement. De nombreux éboulis jonchent le sol, ils doivent provenir d'écroulements dans la falaise dominant le Bois Noir. On remarque d'ailleurs des dièdres très frais dans la corniche, avec des blocs de plusieurs mètres cubes au pied... En aval de la cote 1 700, la partie Est est active. Des coulées s'étalent jusqu'au fond de la vallée empruntant leurs matériaux au corps du glissement stabilisé. Les niches d'arrachement sont fraîches et les crevasses de régression nettement visibles. Vers le Nord, on a une série

Fig. 35

LA FRACHE - LE BOIS NOIR

Schéma des mouvements

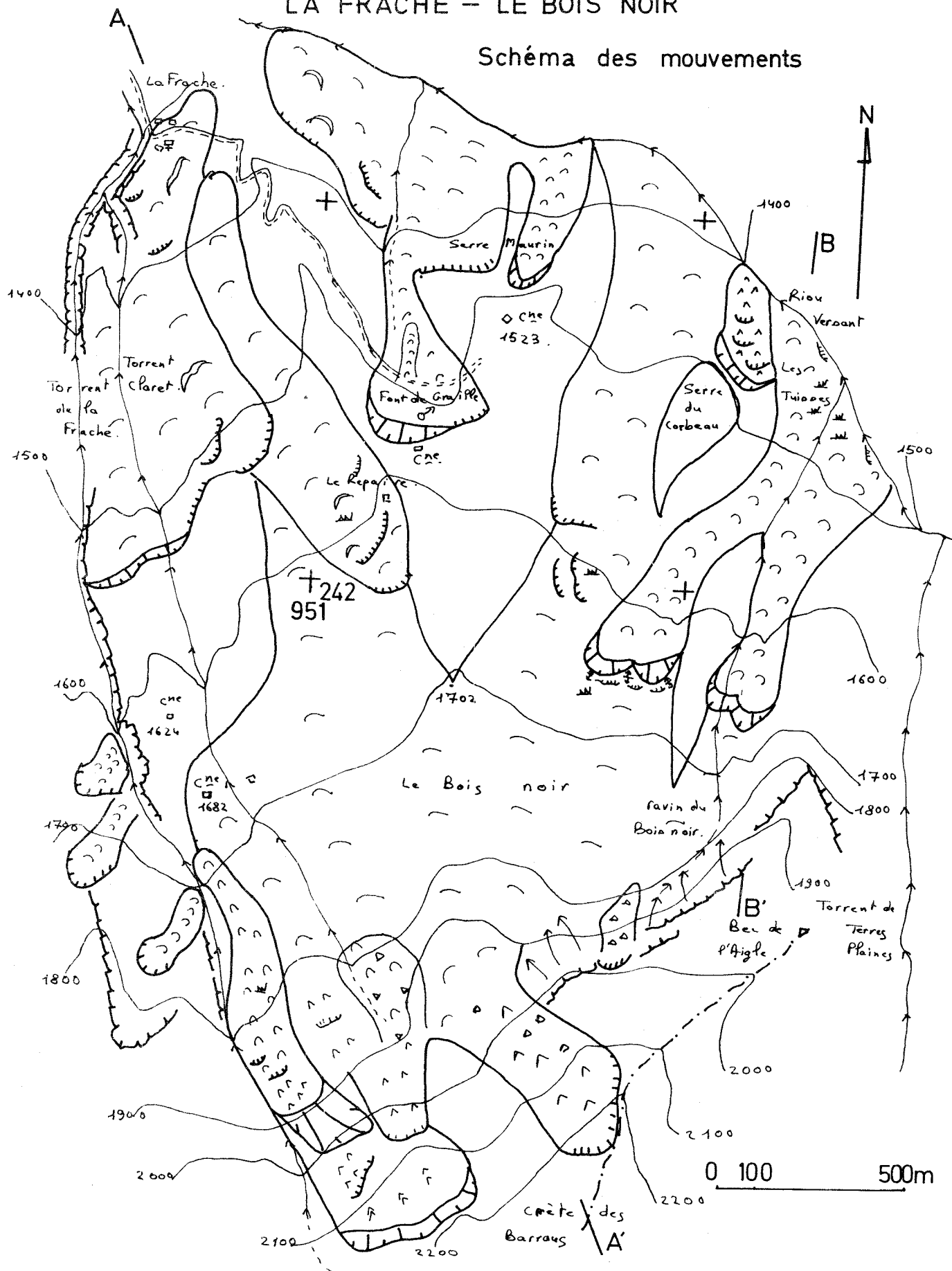
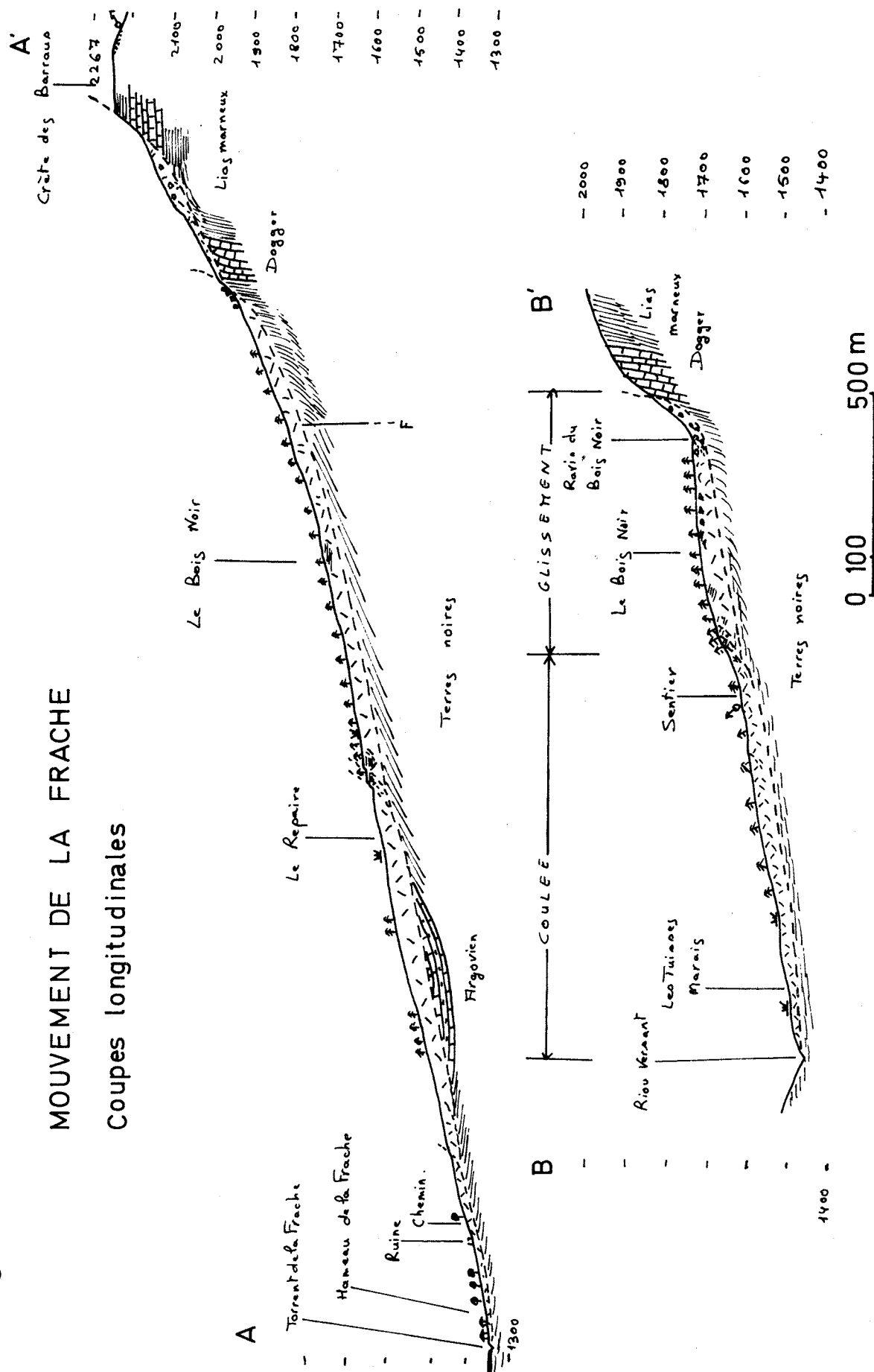


Fig. 37

MOUVEMENT DE LA FRACHE Coupes longitudinales



de mouvements jalonnant le torrent. Au milieu de ces parties mouvantes, des chicots de Terres noires en place restent indemnes ; c'est le cas de la cabane cote 1 595, du Serre du Corbeau et de la crête de la Frache.

Un grand mouvement, aujourd'hui stabilisé a formé le Bois Noir, certainement contemporain de la dernière décrue du glacier du Restefond.

A partir du Bois Noir, des coulées digitées ont rayonné (12, 13, 14, 15). Des échines de Terres noires, parfois recouvertes d'Argovien émergeaient. A partir de celles-ci, des mouvements se sont produits (21, 22, 23, 13, 16 très récent). En bordure de la Frache, un mouvement (30) a repoussé le torrent vers le Nord-Ouest.;

4.3 - Glissement des Chalanches (figure 38)

Situation : au pied de la tête de Rasinière, au Nord du village de St-Pons.

Orientation : Sud

Pente et morphologie : 18° ; le versant forme une gouttière étagée de 2 500 mètres à 1 200 mètres au village de St-Pons, séparée des autres vallons par la crête de la Chalanche à l'Ouest et la crête de Soleille Boeuf à l'Est.

Terrains de couverture : représentés par des éboulis de Flysch en altitude, ils passent ensuite à des colluvions issus de la désagrégation du Flysch dissocié et des Terres noires. Le glacière a été en grande partie lessivé et il ne subsiste qu'en placages localisés.

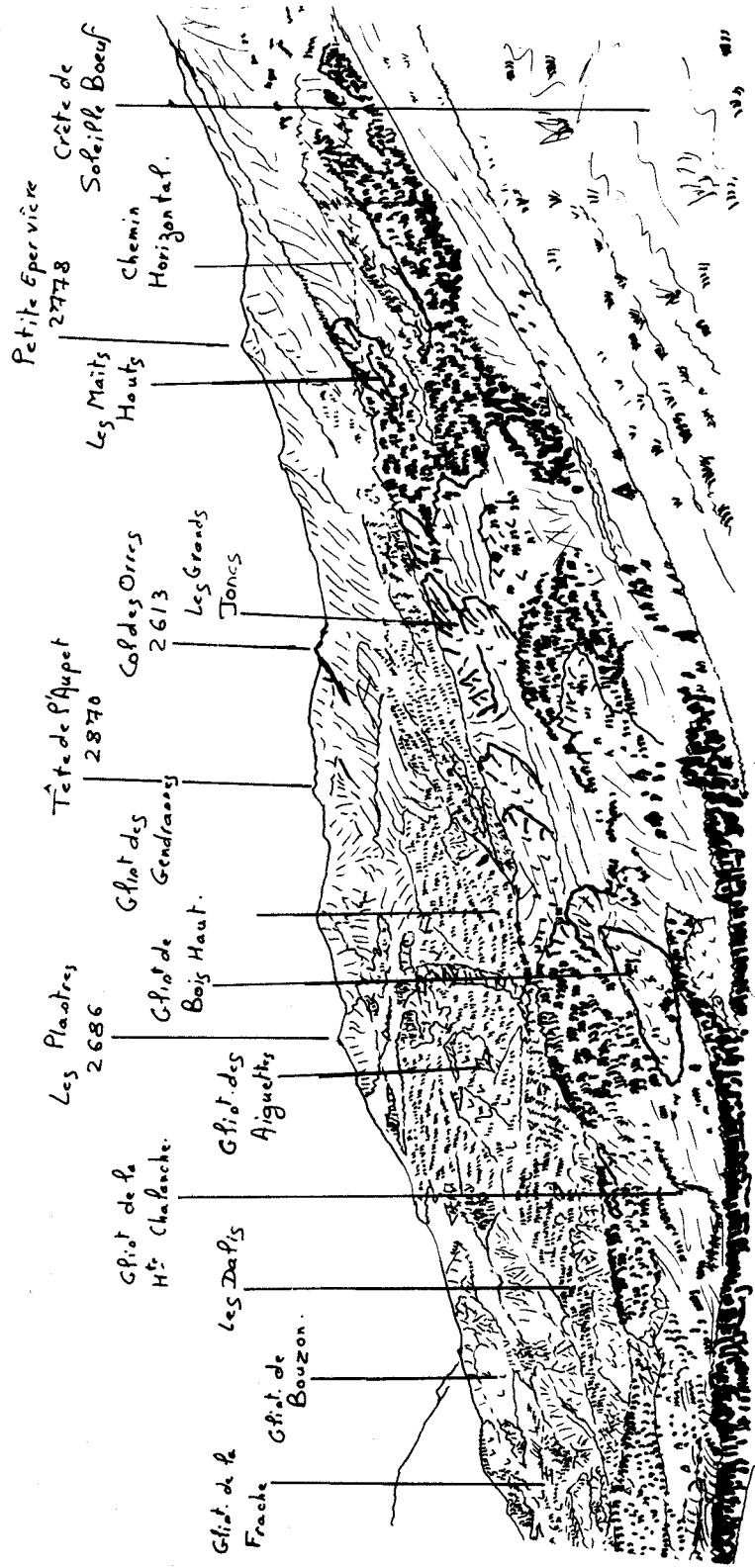
Substratum : tous les ensembles structuraux sont représentés dans le vallon. Au sommet le Flysch à Helminthoïdes repose sur ses écaillés de matériel subbriançonnais. Entre 1 700 et 2 200 mètres, la nappe de l'Autapie affleure avec les schistes noirs formant le Flysch dissocié. Audessous, l'autochtone est figuré par les Terres noires.

Hydrogéologie : le torrent de St-Pons collecte les eaux du versant. Des sources au débit assez important alimentent les ruisseaux (sources des Prés Roumains, Soleille Boeuf et Tirelonge) une partie de l'eau est dérivée et sert à l'irrigation des pâturages.

Analyse du mouvement : (figure 39) les phénomènes ne sont pas spectaculaires comme dans d'autres secteurs de la vallée. Il s'agit d'un grand glissement ancien de 3 km de long sur 500 mètres de large qui, sauf quelques reprises locales, est stabilisé. Initialement, la vallée devait avoir une forme en V, comme semble en témoigner l'énorme cône de déjection sur lequel est bâti St-Pons. Puis, le glissement s'est produit, a repoussé les ruisseaux sur ses bordures et a donné au vallon son aspect actuel. Tout au long du mouvement, des fermes et des cabanes présentent des désordres, certaines sont même en ruines, mais cela peut être dû à

Fig. 38

GLISSEMENT DES CHALANCHES au premier plan
vu de la crête de Soleille Boeuf



MOUVEMENT DES CHALANCHES
Coupe longitudinale



l'abandon dont témoignent les anciens pâturages étagés entre 1 300 et 1 600 mètres, envahis par les conifères et les broussailles. Le secteur est calme depuis longtemps, car les alpages servent à l'estive des bovins, à la différence de Pra Bellon où le pacage était réglementé.

4.4 - Pra Bellon (figure 40)

Situation : en rive gauche du Riou Bourdoux, à l'Ouest des crêtes de Chalanche et de Bernarde.

Orientation : Ouest

Pente et morphologie : 15° ; versant en pente douce étendu des crêtes au torrent. Il est instable et affecté de glissements et coulées donnant au site un aspect ravagé.

Terrains de couverture : des placages quaternaires existent sous la crête de Bernarde. Il s'agit d'une grave limoneuse à nombreux blocs de Flysch, provenant d'un glacier local qui se suit jusqu'à 2 200 mètres d'altitude.

Substratum : les Terres noires occupent la majeure partie du versant, remplacées au-dessus de 2 200 mètres par des schistes noirs à passées grésocalcaires.

Hydrogéologie : le Riou Chamous, relayé par le Riou Bourdoux draine le versant. Les niches d'arrachement sont sillonnées de nombreuses ravines qui concentrent le ruissellement, mais l'eau, une fois sur les replats, stagne et crée des mares. Des sources alimentent des ruisseaux temporaires. Certaines forment des dépôts de tuf. C'est dans ce secteur que prennent naissance les coulées qui rendaient catastrophiques les crues du Riou Bourdoux, il y a quelques décennies. L'Office National des Forêts a donc barré le cours du torrent par des seuils de béton armé. Les appuis rive gauche sont fondés sur le pied du glissement de Pra-Bellon et certains barrages anciens en ont souffert. Des travaux sont actuellement en cours pour créer un nouveau seuil au pied de la coulée récente.

Analyse du mouvement : (figure 41) il comprend trois éléments étagés entre 2 200 et 1 400 mètres : le secteur de la crête de Bernarde, le secteur des Fraissinets et Pra Bellon. Pour la crête de Bernarde, l'arrachement principal débute au niveau du chemin horizontal et se poursuit le long de la crête. Des arrachements secondaires à la cote 2 000, ont désolidarisé de grands paquets de schistes noirs qui alimentent des coulées. Un éperon de schistes glissés, peu remanié, paraît recouvrir un placage de glacier.

Le secteur de Fraissinets débute au pied de la crête de Bernarde. Après une bande stable, de 200 mètres de large, au pied des éboulis, des arrachements transforment la pente régulière en une série de ressauts et de banquettes. Une zone, où les Terres noires affleurent, alimente en

Fig.40

MOUVEMENTS DE PRA BELLO

Schéma d'ensemble

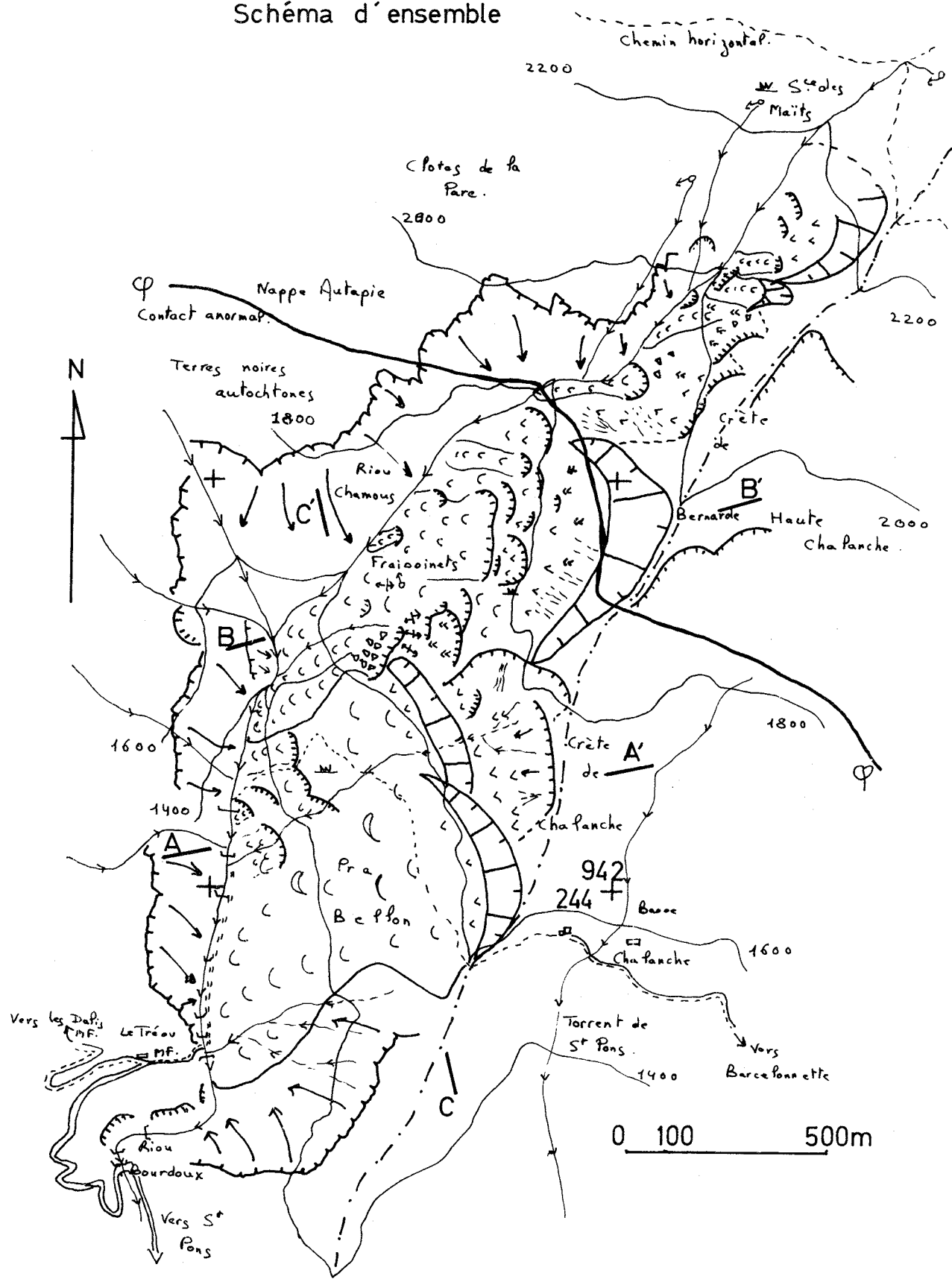
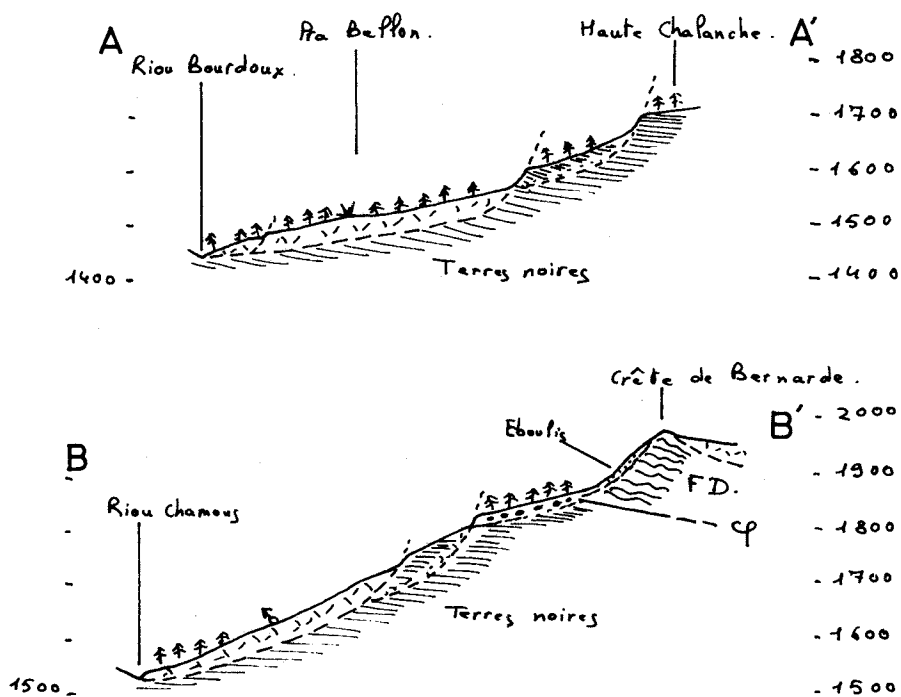


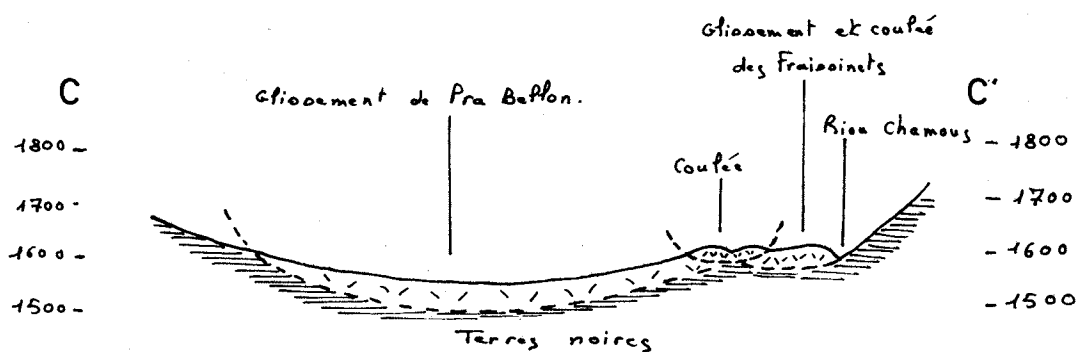
Fig. 41

MOUVEMENT DE PRA BELLON

Coupes longitudinales

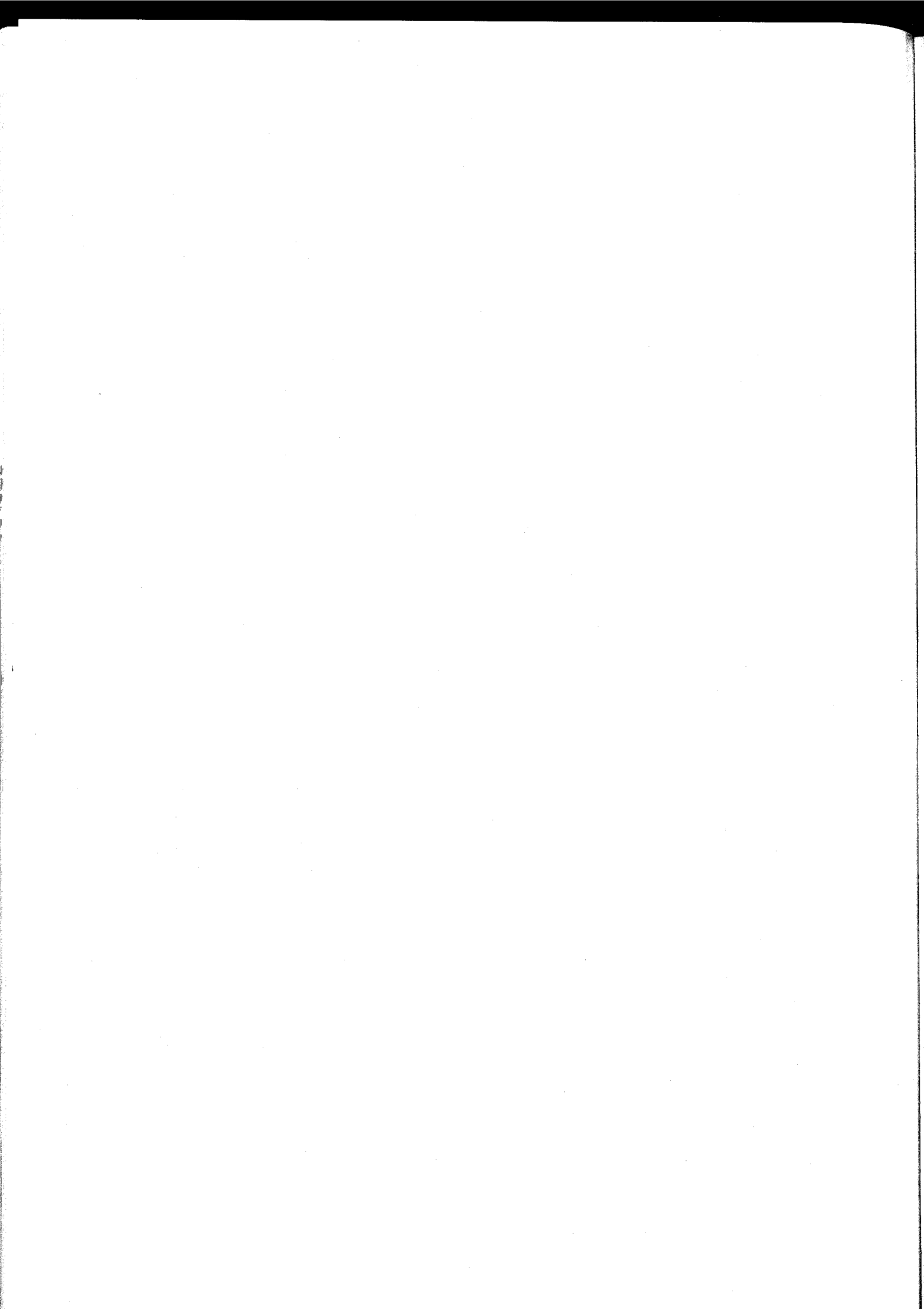


Coupe transversale



0 100 500 m

coulées le torrent. Pour Pra Bellon, la cinématique diffère. Nous avons un grand panneau de Terres noires d'un peu moins d'un km² qui semble avoir glissé depuis la crête de Chalanche, créant un abrupt d'une centaine de mètres par endroits. La morphologie, en pente douce vers le Sud, se complique vers le Nord où des coulées viennent périodiquement obstruer le torrent. Un écoulement récent dans des terres noires très compactes alimente une coulée qui a recouvert 2 hectares de forêt et a créé un lac de barrage sur le Riou Bourdoux. Des mesures d'avancement ont été faites par l'Office National des Forêts.





CHAPITRE V



INTERPRETATION DES DONNEES

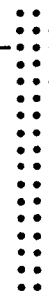




Photo 9 : Glissement de Pra Bellon et torrent du
Riou Bourdoux

Photo 10 : Seuil bétonné dans le Riou Bourdoux



1 - INTRODUCTION

Les mouvements gravitaires se cantonnent dans certains secteurs et en épargnent d'autres. D'après les données relevées sur les fiches d'étude et les travaux annexes, il semblerait que l'on puisse définir au moins des tendances liées à l'exposition, l'altitude, la pente, la lithologie, la présence d'eau et aux caractéristiques mécaniques des différentes roches, ce qui permettrait une fois ces tendances mises en évidence, de chercher à prévoir la stabilité ou l'évolution de telle ou telle zone. Mais il est très difficile, voire impossible, d'appréhender simultanément toutes les données et d'en faire la corrélation, ce qui rend toute interprétation et tout classement en zone stable ou instable plus ou moins subjectif.

Malgré la difficulté que présente le traitement de ces données, nous avons, dans une première partie, essayé de les classer et, dans une seconde partie, nous avons inventorié les conditions prédisposant à l'instabilité et les facteurs de déclenchement propres à la région.

2 - CONSTATATIONS ET INTERPRETATIONS

2.1 - Le Contexte

2.1.1 - Répartition géographique et géologique sommaire des mouvements

La répartition a été faite d'après les résultats de la photo-interprétation. Elle intéresse toute la surface couverte par la feuille 1/50 000 Barcelonnette, alors que la zone ayant donné lieu à l'établissement des fiches est plus restreinte. Sur les 296 mouvements visibles, 116 seulement ont été étudiés en détail. Le tableau 9 montre une certaine relation entre la géologie et la fréquence des mouvements, plus nombreux sur les terrains marneux ou schisteux que sur ceux qui sont plus nettement gréseux ou calcaires.

Les mouvements simples ou circonscrits représentent 80 % des cas. Les mouvements complexes occupent par contre près de 75 % de la surface affectée par des désordres. Sur les 560 km² que couvrent les 4 coupures au 1/25 000, 60 environ sont glissés, soit 11 % de la surface totale.

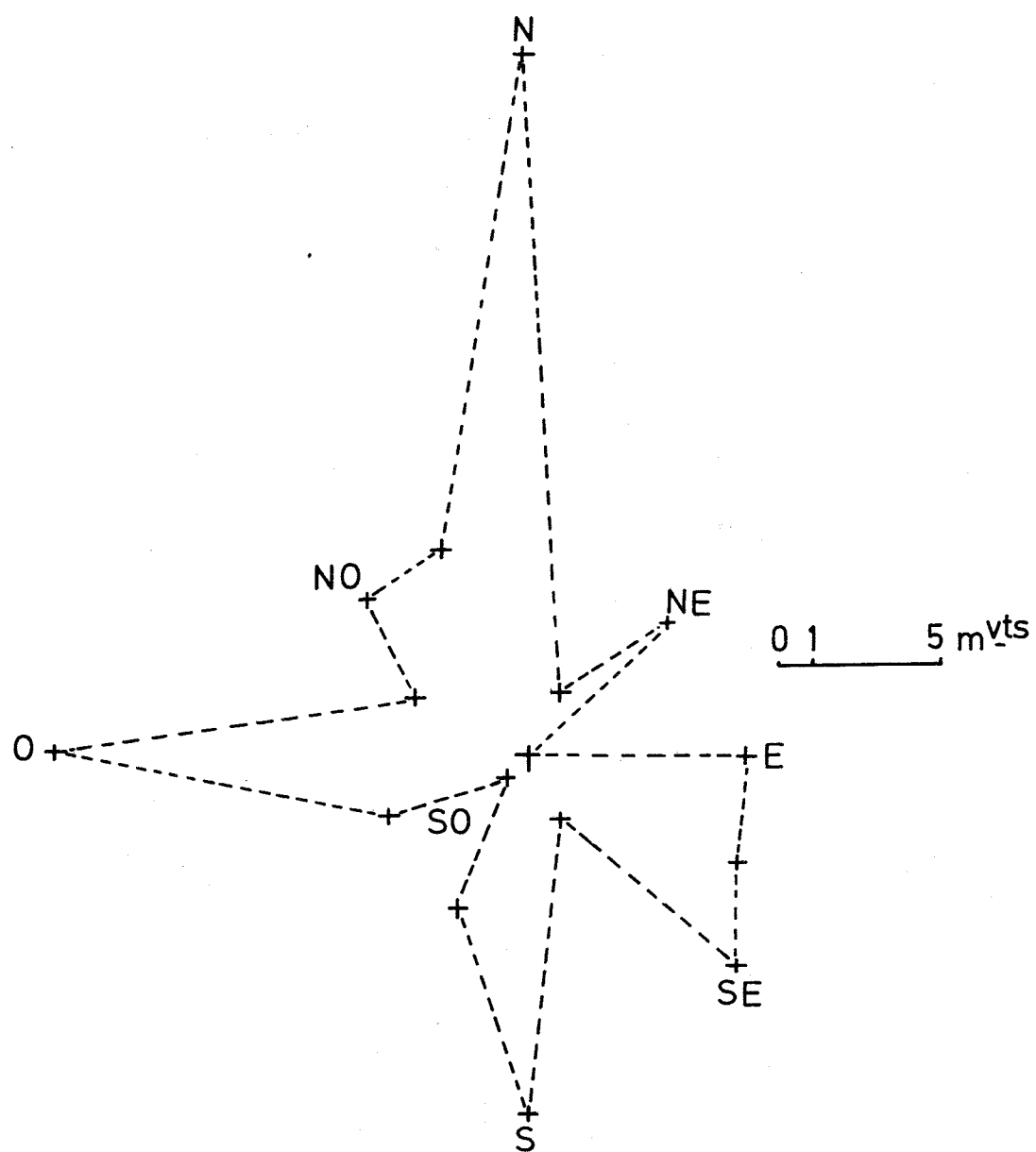
2.1.2 - Influence de l'orientation et de la structure

La rose de répartition des mouvements en fonction de l'orientation des versants (fig. 42) met en évidence quelques influences dues à des facteurs climatiques, géographiques et géologiques.

sciences de la terre
DIUS
CADIET

Fig. 42

Rose de répartition des mouvements en fonction
de l'orientation des versants



NUMERO																	CARTE																	TOTAL
TYPE DE MOUVEMENT	1 - 2				3 - 4				5 - 6				7 - 8																					
	Quart				Quart				Quart				Quart																					
	NO	SO	NE	SE	NO	SO	NE	SE	NO	SO	NE	SE	NO	SO	NE	SE																		
Ecroulement	2	1	1	1	2	2	0	1	1	0	1	2	2	0	2	0	18																	
Glissement-coulée	18	2	22	17	6	26	10	23	23	5	28	20	18	9	12	3	242																	
Mouvement complexe	3	1	4	4	3	3	1	1	2	0	3	3	3	4	1	0	36																	
T O T A L	23	4	27	23	11	31	11	25	26	5	32	25	23	13	15	3	296																	
Roche dominante	S	FH			FH	M	FH	M	FH	GA	FH S		M	M		FH																		
	M	C							S																									
Surface totale affectée en km2	0 - 3	X			X		X			X						X																		
	3 - 6	X		X					X						X																			
	6 - 9				X			X			X	X	X	X																				
	9 - 12									X																								
S : Schistes M : Marnes C : Calcaire																																		

S : Schistes
M : Marnes
C : Calcaire

Tableau 9 : Répartition des mouvements recensés sur les 4 cartes au 1/25 000 GA : Grès d'Annot
FH : Flysch à Helminthoïdes

Exposition Nord : ensoleillement faible, humidité plus forte que sur les autres versants. La vallée de l'Ubaye, avec une orientation Est-Ouest, présente de vastes surfaces exposées au Nord. La retombée du pli de Terres Plaines vers Jausiers s'accompagne de fractures et d'une schistosité défavorables à la bonne tenue des Terres noires. Certaines pentes de Flysch offrent une stratification conforme à la pente.

Exposition Sud : correspond à la rive droite de l'Ubaye. La moins grande fréquence de mouvements peut correspondre au fait qu'à la fin du Wurm, les glaciers ont fondu plus vite et qu'ainsi, les versants ont été débarrassés plus tôt de leurs panneaux instables. Il n'en resterait que quelques témoins auxquels s'ajoute toutefois le cortège habituel de mouvements actuels.

Exposition Ouest et Est : les crêtes intermédiaires et les vallons affluents ont une orientation dominante méridienne. Les pendages défavorables dus à la rotation du pli de Terres Plaines et ceux du Dogger au pied du Gerbier expliquent la prédominance des mouvements orientés vers l'Ouest.

Exposition Sud-Est : stratification et contacts anormaux constituent autant de facteurs défavorables en rive droite du Riou Bourdoux et du torrent de Faucon.

Exposition Nord-Ouest : l'humidité élevée, les pendages défavorables dans le Flysch à Helminthoïdes et la schistosité liée au pli de Terres Plaines expliquent la fréquence élevée de mouvements suivant cette direction.

2.1.3 - Influence de l'altitude

Un tableau de la répartition en fonction de l'altitude, des surfaces appartenant à des terrains glissés, rapportés à la surface totale des versants, a été dressé (tableau 10). Nous y avons séparé les versants rive droite et gauche de l'Ubaye désignés globalement comme adret et ubac. L'adret, pris entre Jausiers et Méolans, couvre une surface de 104,5 km² en projection horizontale. L'ubac, lui, avec 51 km², va de Jausiers à Barcelonnette. En pourcentage, l'ubac contient plus de mouvements que l'adret, surtout aux altitudes moyennes et basses (1 200 - 1 800 m).

La cote 1 800 correspond sensiblement à la limite moyenne des Terres noires pour l'ubac, alors qu'à l'adret, celles-ci se cantonnent à des altitudes plus basses (1 200 - 1 500) sauf pour le secteur de Pra-Bellon. Le décalage présenté par le maximum des deux courbes de fréquence (fig. 43) résulterait donc au moins en partie de cette différence de constitution entre les versants. D'ailleurs, ainsi que l'a déjà montré le tableau 7, les mouvements se développent beaucoup plus facilement dans les terrains marneux et schisteux que dans les autres formations.

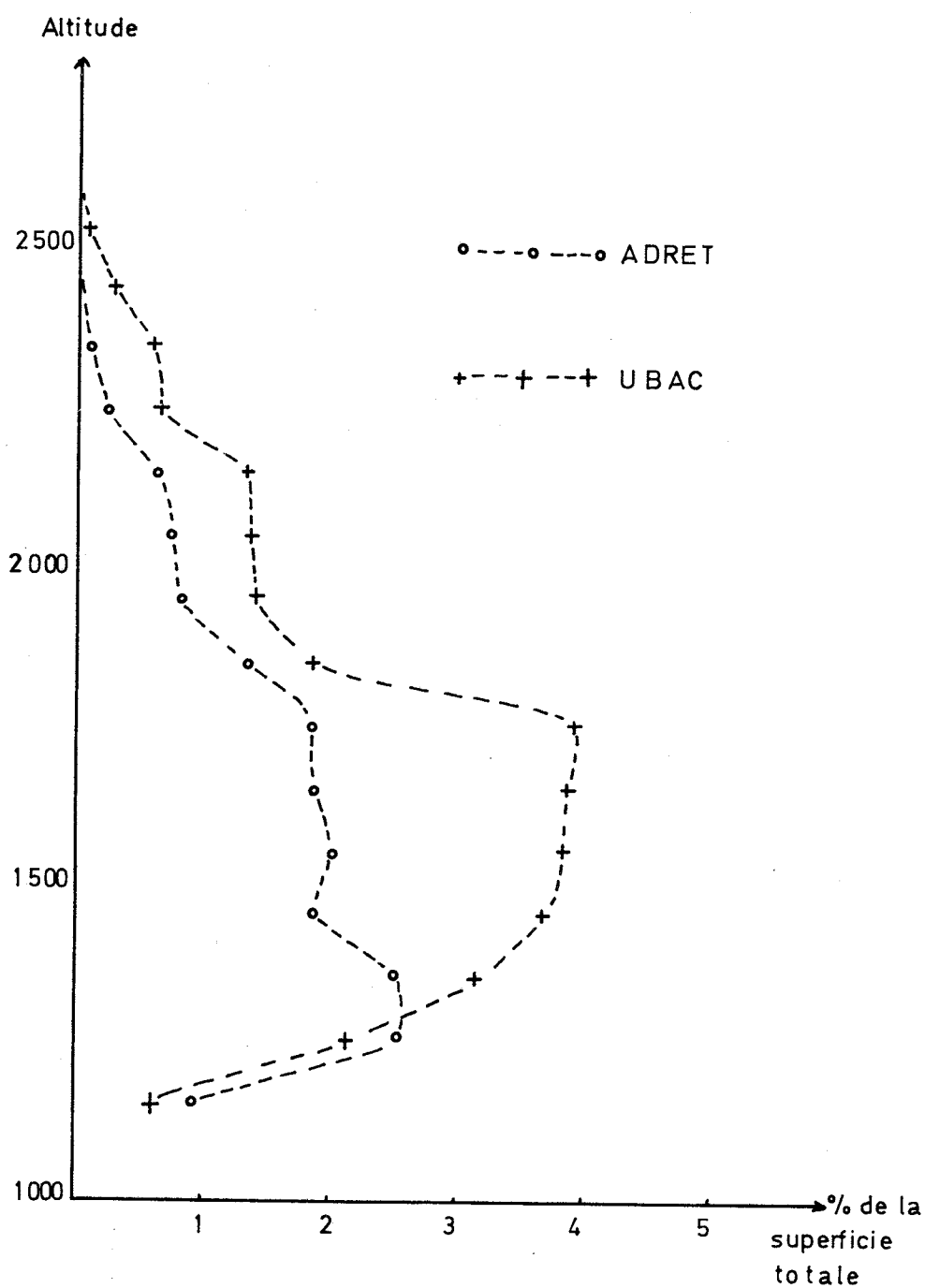
Toutefois, un autre facteur doit intervenir : il s'agit de la disparition tardive des glaciers dans le fond de la vallée. Celle-ci a entraîné une évolution également tardive des basses pentes, qui se poursuit du reste de nos jours. Les zones plus élevées, par contre, ont pratiquement achevé

Tranche d'altitude	Versants Exposés			
	au Nord (ubac)		au Sud (adret)	
	km2	%	km2	%
2 500	0,01	0,02	0,09	0,08
	0,10	0,20	0,11	0,11
	0,30	0,59	0,09	0,08
	0,32	0,63	0,22	0,21
	0,70	1,37	0,63	0,60
2 000	0,70	1,40	0,74	0,70
	0,70	1,40	0,82	0,78
	1,02	2,00	1,37	1,30
	2,04	4,04	1,90	1,81
	1,93	3,83	1,95	1,85
1 500	1,90	3,80	2,13	2,05
	1,82	3,65	1,93	1,83
	1,70	3,35	2,65	2,52
	1,12	2,24	2,65	2,52
	0,30	0,59	0,72	0,69
1 000	14,68	29		
	14,68	29,1 %	18,10	17,3 %
Total en km2	14,68	29,1 %	18,10	17,3 %
Total versants en km2	51,09	100 %	104,50	100 %

Tableau 10 : Répartition des zones glissées en fonction de l'altitude sur l'ubac et l'adret de l'Ubaye.

Fig. 43

Proportion des surfaces respectives de l'ubac et de l'adret affectées de glissements en fonction de l'altitude



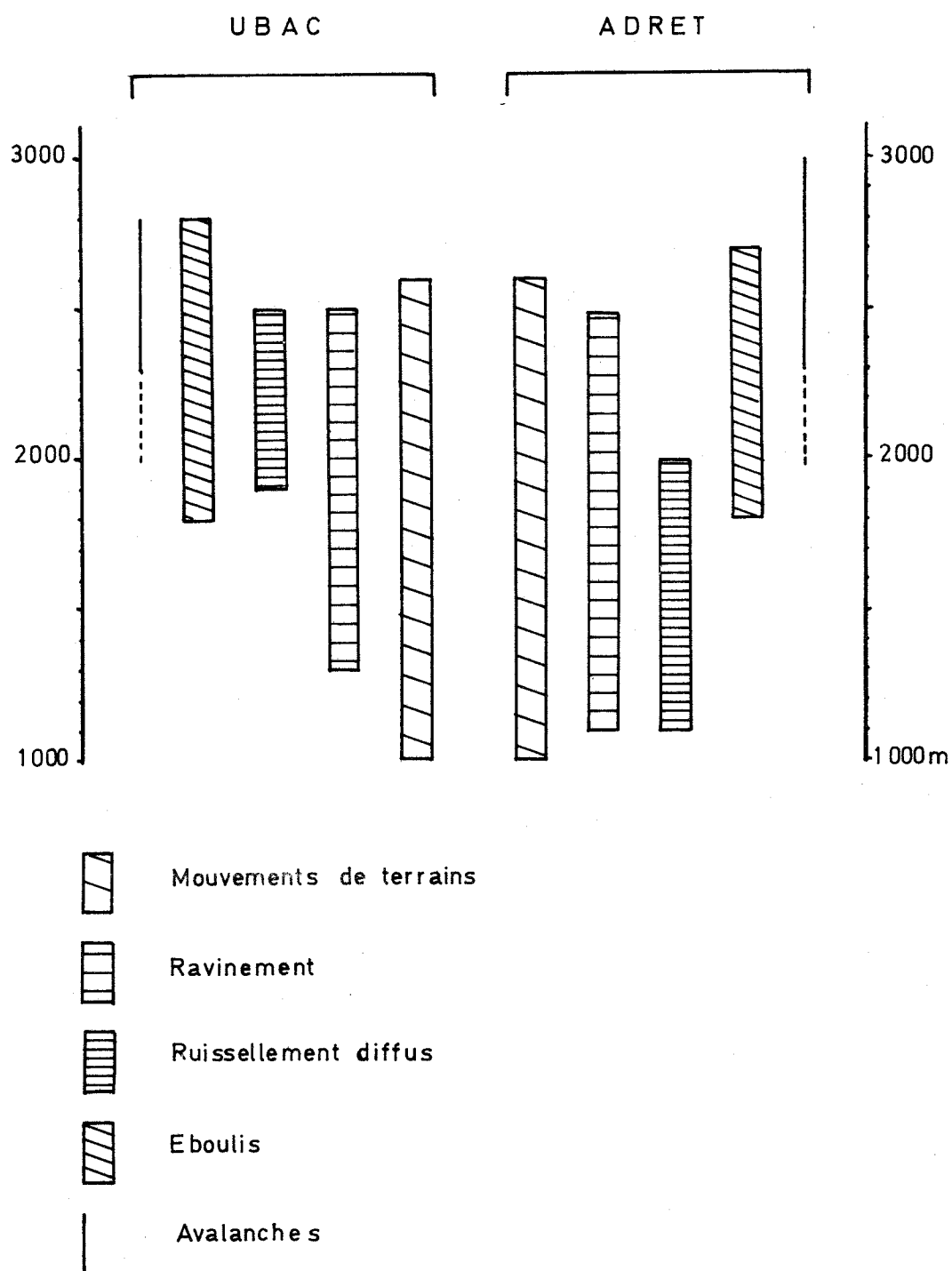
Versants exposés

Tranche d'altitude	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud
2 500		0,16				
		0,57				
		0,82				
	0,30	1,16				
	0,51	1,10				0,03
	0,86	1,32	0,35		0,06	0,05
	0,90	1,31	0,24		0,09	0,20
	0,85	0,76	0,25		0,14	0,23
	0,66	0,55	0,34		0,17	0,24
	0,41	0,54	0,34		0,24	0,42
	0,21	0,24	0,06	0,06	0,72	0,72
	0,05	0,22		0,04	0,77	0,70
			0,04	0,02	0,20	0,36
					0,21	0,77
		0,06			0,40	1,50
		0,04			0,23	0,97
2 000					0,15	0,63
					0,02	0,25
						0,90
1 500						
Total en km2	4,75	8,85	1,70	0,51	3,40	7,97
Total versant en km2	45,00	104,50	45,00	104,50	45,00	104,50
Pourcentage	10,5 %	8,9 %	3,8 %	0,5 %	7,6 %	7,6 %
Type	Eboulis		Ruissellement diffus		Ravinement	

Tableau 11 : Intervention des divers agents de l'évolution morphologique en fonction de l'altitude (d'après L. OTTMAN 1961).

Fig.44

Zone d'influence des divers agents de dégradation
des versants



leur évolution dans des conditions climatiques différentes et surtout durant un laps de temps plus considérable. Il est donc normal que les zones basses apparaissent aujourd'hui plus profondément affectées.

Hormis les mouvements de terrains, d'autres agents de transformation interviennent dans l'évolution morphologique des versants. Il s'agit des éboulis, du ruissellement diffus et du ravinement. Le tableau 11 extrait de L. OTTMAN (1961), les présente en fonction de l'altitude.

A la suite des tableaux 10 et 11, on peut regrouper ces divers agents morphologique sur la figure 44. Celle-ci montre clairement les zones d'influence de chaque processus. On remarque ainsi un certain étagement des formes d'érosion, accompagné d'une faible opposition entre les versants, opposition surtout visible sur le tableau 11 et la figure 43.

2.1.4 - Influence de la pente

En rive gauche a été établie une carte des pentes, sur une superficie de 51 km². D'après cette carte, les aires correspondant à chaque classe de pente ont été planimétrées en fonction de la lithologie et des mouvements présents.

Les résultats sont consignés dans le tableau 12. La pente va de 0 à 50 % et au-delà par classes de 10 %. Du point de vue lithologique, trois ensembles ont été retenus :

- les marnes correspondant aux Terres noires et à l'Argovien ;
- les autres roches englobant les calcaires divers, les calcaires marneux et le Flysch à Helminthoïdes ;
- le Quaternaire recouvrant les diverses formations.

Nous avons planimétré successivement les surfaces totales occupées par ces 3 ensembles en fonction de la pente et les surfaces glissées correspondantes.

Si l'on examine le rapport des surfaces glissées à la superficie occupée par chaque classe de pente (fig. 45) pour les marnes, les autres roches et le Quaternaire, on en arrive à trois lignes brisées. Pour les faibles pentes, la fréquence des mouvements est plus élevée dans le Quaternaire que dans les marnes, nulle pour les autres roches. Entre 30 et 40 %, la fréquence est identique. Au-delà, les marnes sont moins stables que le Quaternaire, qui ne correspond plus à des moraines argileuses mais à des éboulis et des formations bien drainées. La figure 46, représente, sous la forme de deux histogrammes, d'une part les aires occupées dans le versant de rive gauche par chaque classe de pente et, d'autre part, l'étendue de chacune de ces classes qui est en mouvement (on a ainsi, par différence, la surface restée stable). Au-dessous de 10 %, on n'observe pas de désordres. Au-dessus de 40 %, les terrains glissés sont peu nombreux, le

Pentes en %		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50	S. tot. km2	S. glis. km2
S U R F A C E S en km2	Total marnes		0,34	0,89	2,62	1,19	2,02	7,06	
	surface dont glissées %		0,02	0,08	0,72	0,25	0,45		1,52
			6	9	27	21	22		21
	Autres roches				0,62	0,81	4,75	6,18	
	surface dont glissées %				0,17	0,05	0,43		0,65
					27	6	9		11
	Quaternaire	0,84	5,97	12,35	15,08	3,14	0,47	37,85	
	surface dont glissées %		2,90	5,22	3,84	0,45	0,10		12,51
			49	42	25	14	21		33
	Total (km2)	0,84	6,31	13,23	18,32	5,14	7,24	51,08	
	Total stable	0,84	3,39	7,93	13,59	4,39	6,26	36,40	
	Total glissé	0,00	2,92	5,30	4,73	0,75	0,98		14,68

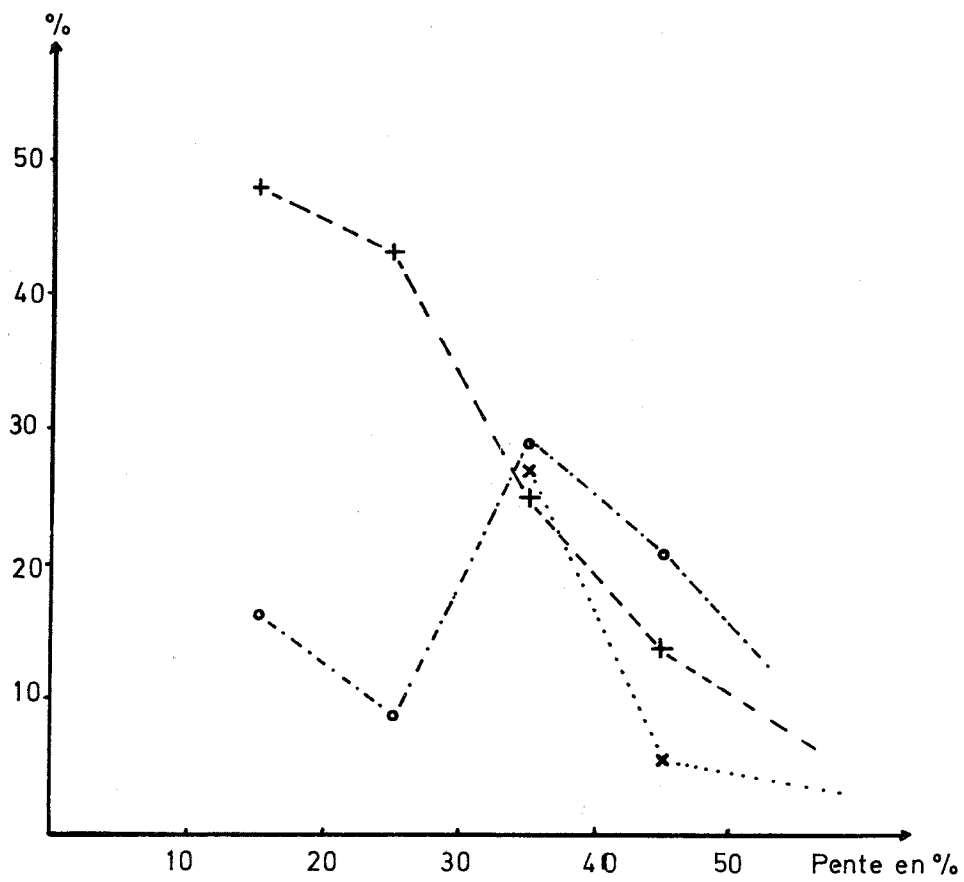
Tableau 12 : Répartition des surfaces stables et glissées occupées par 3 formations en fonction de la pente.

Type mouvement	Nbre cas	Pente maximale	Pente moyenne	Pente minimale
Glissements	50	50 %	40 %	30 %
Coulées	47	50 %	30 %	20 %
Mvts évolués	11	50 %	30 %	25 %

Tableau 13 : Pente des versants affectés de mouvements

Fig. 45

Rapport en% de la surface glissée à la surface totale occupée par chaque tranche de pente



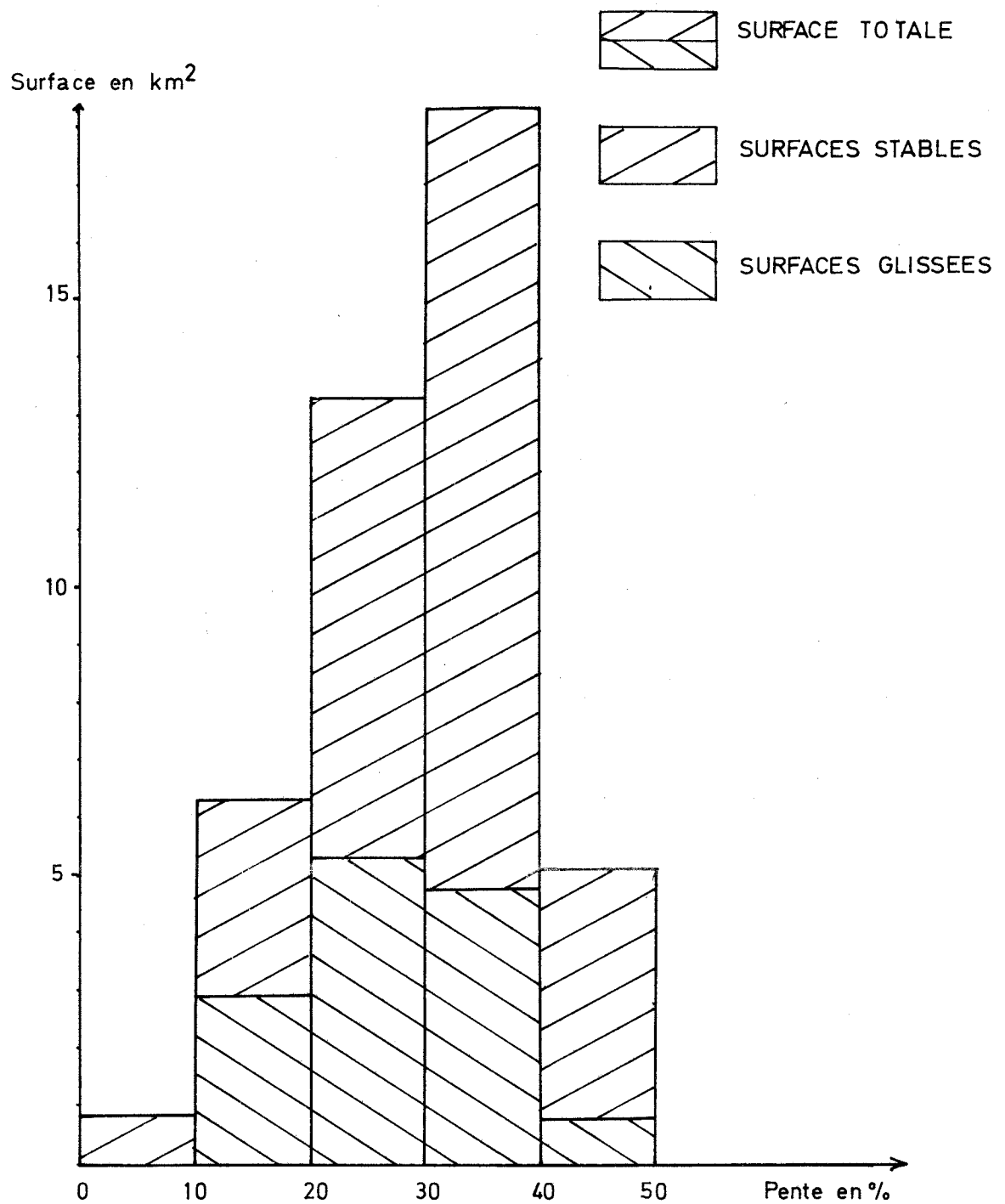
+ - - - + Quaternaire

o - - - - o Terres noires

x ······ x Autres roches

Fig.46

Histogramme de répartition des surfaces totales et glissées en fonction de la pente



rocher sain affleure. Les versants ont été débarrassés de leur manteau instable à une époque antérieure. Le maximum de fréquence des terrains glissés correspond à une pente de 25 %, celui des terrains stables à une pente de 35 %.

D'après les données obtenues par les fiches d'étude, on peut aussi étudier les pentes des versants où se produisent des mouvements (tableau 13). On peut ainsi estimer une pente minimale, intéressante pour la sécurité, car sur une pente plus faible encore, il y a très peu de risque qu'un mouvement se produise.

Ces valeurs expriment la pente moyenne des versants portant les mouvements.

2.1.5 - Répartition des points d'eau dans les zones en mouvement

Type	Nbre cas	Sources pérennes	Mares	Nbre cas sans eau superficielle
Glissement	50	16	27	13
Coulée	47	22	21	5
Mvt évolué	11	11	11	0

Tableau 14 : Répartition des points d'eau dans les zones de mouvement

L'eau est le facteur principal du déclenchement et de la reprise d'activité d'un mouvement. Presque tous les mouvements sont le siège d'une circulation superficielle, mais certains dont l'activité est forte en sont apparemment exempts. Pour ceux-là, on note toutefois des suintements laissant supposer qu'il existe une nappe au voisinage du sol.

On ne peut guère tirer de conclusion de la répartition des points d'eau sur les mouvements, il faudrait suivre leurs variations avec le cycle des précipitations et faire des mesures de débit, afin de déterminer la quantité d'eau transitant par les mouvements.

2.1.6 - Conclusion

La nature pétrographique n'est pas le paramètre le plus déterminant, mais c'est celui qui donne les résultats les plus convaincants. Ainsi, 25 % des mouvements intéressent uniquement des terrains de couverture contre 75 % pour le substratum, recouvert ou non de Quaternaire.

Si l'on considère les mouvements suivant la nature du substratum, on en arrive à :

- 50 % pour les Terres noires du Callovo-Oxfordien dont 40 % impliquent aussi la couverture et 10 % le bed-rock seul ;
- 10 % pour le Flysch dissocié de la nappe de l'Autapie, sous Quaternaire ou non ;
- 15 % pour les autres formations : Dogger, Flysch à Helminthoïdes et Grès d'Annot.

Si l'on rapporte la surface occupée par les mouvements situés dans une même formation à la surface occupée par celle-ci, on obtient :

- 10 % pour les calcaires, grès et Flysch à Helminthoïdes ;
- 15 % pour le Flysch dissocié ;
- 21 % pour les Terres noires ;
- 29 % pour le Quaternaire.

On voit que, de très loin, ce sont les terrains schisteux recouverts de Quaternaire qui sont le plus atteints par les mouvements gravitaires.

2.2 - Etude des caractères propres aux mouvements

Il convient tout d'abord de rappeler quelques critères distinctifs des glissements et coulées.

GLISSEMENT

Roche stratifiée ou schisteuse
Remaniement interne faible
Présence fréquente de paquets cohérents
Teneur en eau moyenne
Extension L/l faible à moyenne
Stabilisation relativement rapide

COULEE

Terrain argileux à faible cohésion
Remaniement très fort
Paquets cohérents rares
Matériaux saturés
Extension L/l moyenne à forte
Stabilisation lente et rarement complète

L'extension L d'un mouvement ou son rapport d'extension L/l font donc partie des critères de reconnaissance. Nous allons les examiner pour le secteur étudié, puis comparer les résultats avec des études identiques menées dans d'autres régions.

Fig. 47

Histogramme de répartition des extensions maximales L

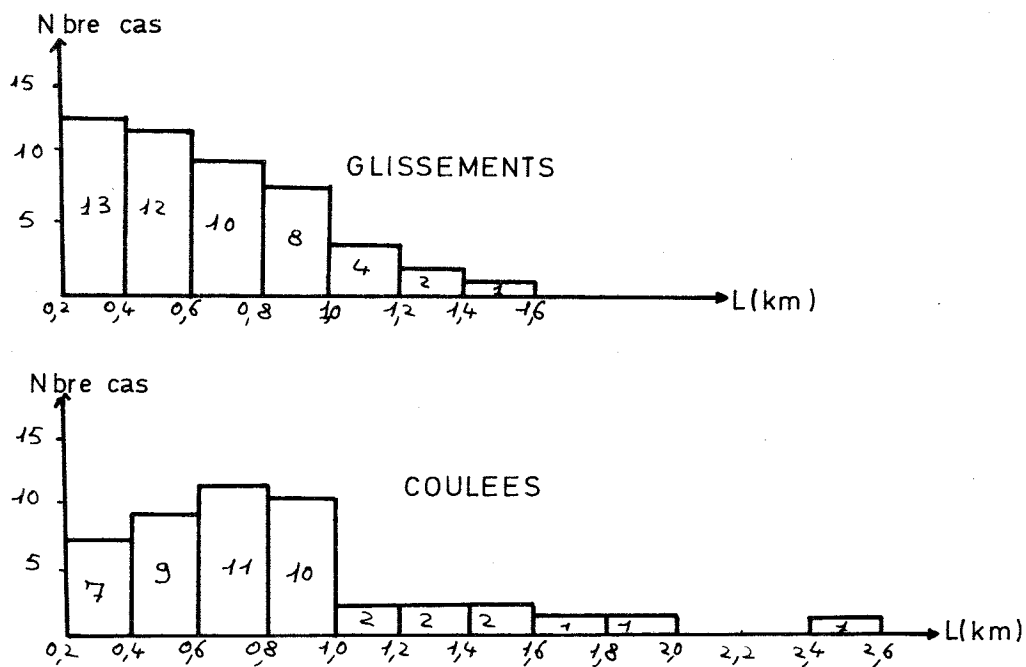
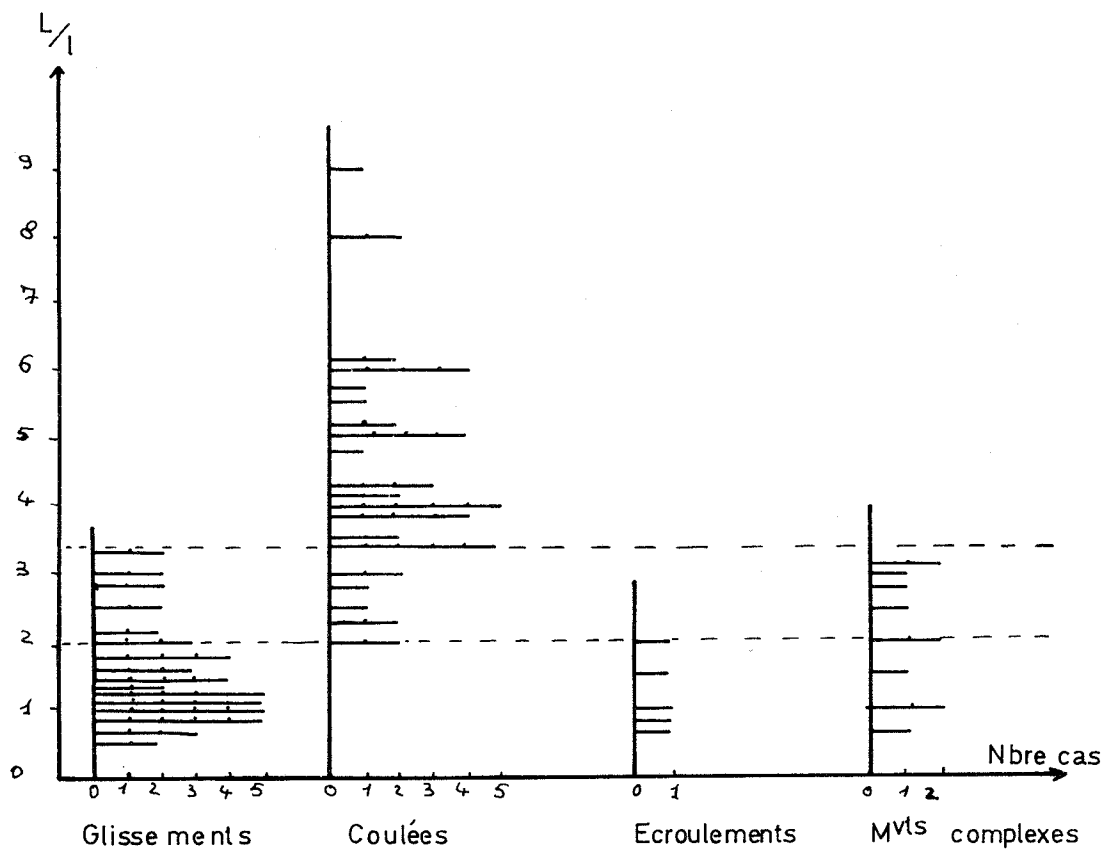


Fig. 48

Histogramme de répartition des rapports d'extension L/l



2.2.1 - Extension L

Elle correspond à la plus grande dimension L, de la couronne au front. Les mouvements inférieurs à 100 mètres n'ont pas été recensés. Le résultat est présenté sous forme d'histogrammes (figure 47). Peu de glissements dépassent 1 000 mètres. Le plus long atteint 1 600 mètres. Les coulées, par contre, sont plus étalées. Les mouvements évolués ou complexes vont de 1 000 à 3 000 mètres.

2.2.2 - Rapport d'extension L/l

Il représente le rapport de la longueur du mouvement à sa largeur. Il permet de figurer aisément la forme du mouvement : compact ou allongé. Des histogrammes représentant les divers types de mouvements sont présentés figure 48. Pour les glissements, les valeurs, très groupées, s'étagent de 0,5 à 3,3 avec une moyenne de 1,6 traduisant un déplacement de type translation solide, avec un remaniement et un étalement faibles.

Pour les coulées, les valeurs vont de 2 à 9, traduisant un écoulement visqueux. Les laves, non recensées, ont un rapport atteignant des valeurs très élevées. Dans le cas des mouvements de versants évolués ou complexes, le rapport a peu de signification car on n'a plus un seul style mais plusieurs qui s'imbriquent et se chevauchent.

Le tableau 15 compare les rapports d'extension entre notre région et celle de St-Jean-de-Maurienne (A. M. MALATRAIT, 1975).

Lieu	Glissement	Coulée	Eroulement	Mvt versant
Ubaye	1,60	4,40	1,20	1,80
Maurienne	1,45	4,10	2,00	1,25

Tableau 15 : Rapports d'extension comparés pour diverses régions.

2.2.3 - Degré d'activité

On peut classer les divers mouvements rencontrés d'après leur degré d'activité (tableau 16). Les critères utilisés sont d'ordre morphologique. L'état du réseau hydrographique et celui de la végétation fournissent aussi d'utiles renseignements. Le problème le plus délicat est, tout d'abord, de mettre en évidence les mouvements, spécialement ceux présentant un état stabilisé ou une activité faible. La photo-interprétation permet d'y remédier dans une assez large proportion.

A la suite de A. M. MALATRAIT (1975), 4 états ont été distingués :

Etat stabilisé : le mouvement a des limites floues, difficiles à déterminer. La morphologie présente des zones aux formes molles : bombements, replats, cuvettes... Le sol et la végétation recouvrent tout. Les cours d'eau ont un tracé régulier et sont enfoncés dans le terrain remanié. Souvent, les mouvements stabilisés passent totalement inaperçus et s'intègrent parfaitement à la morphologie du versant qui les porte. Un grand nombre de mouvements du secteur étudié s'apparentent à cet état (adret de Barcelonnette...)

Activité faible : comme dans le premier cas, les limites sont incertaines, les déformations actuelles sont minimales et difficilement décelables. La végétation ne présente pas ou peu de dérangements. Seuls quelques indices permettent de douter de la stabilisation complète : un ruisseau qui n'a pas un cours très régulier, un marécage, un arrachement net mais colonisé par la végétation, la fraîcheur des formes... A vrai dire, cet état est difficile à déceler et passe souvent inaperçu, surtout lorsque le mouvement connaît des phases d'activité coupées de longs repos. Un exemple peut être donné par le mouvement des Chalanches (page 103) ou ceux du torrent de Faucon (page 82).

Activité moyenne : le terrain présente des signes de déformation bien visibles : crevasses, arrachements, arbres penchés, bombements, gradins, nombreuses mares, ruisseaux qui divaguent. La topographie est irrégulière : un sentier, naguère rectiligne, a adopté un tracé fantaisiste, la végétation épouse les déformations du sol. Les chemins et les maisons présentent quelques dérangements. L'inconvénient est que cette activité peut être discontinue, périodique, présentant des signes de reprise au printemps ou à l'automne, à la faveur de fortes pluies ou lors d'années très humides...

Le secteur du torrent de la Frache (page 100) se rapproche assez de cet état.

Activité forte : dans ce cas, aucun problème pour reconnaître les formes : les déformations sont spectaculaires, le terrain est très accidenté, chaotique, difficile à parcourir. Le couvert végétal est très dégradé, les arbres peuvent même être recouverts par le matériau fortement remanié. Les ruisseaux et les torrents transportent une charge solide très élevée, à l'origine des laves désastreuses. Les routes et constructions sont détruites. Les cas les plus typiques pour notre secteur sont représentés par les glissements et les coulées de Pra-Bellon (page 106) et du torrent de Poche (page 93).

Pour les glissements, 70 % ont une activité faible à nulle, car ils ont un mode de déplacement assez rapide : lorsque la limite de rupture est atteinte, la masse instable se déplace et acquiert assez vite un nouveau profil stable. Pour les coulées, le temps de déplacement est beaucoup plus long : 50 % ont une activité moyenne à forte actuellement. La stabilisation est rarement complète, de nombreuses reprises se produisent.

Dans le cas de mouvements complexes, la majorité est le résultat d'une évolution qui a débuté il y a fort longtemps, lors de la fonte des

Degré d'activité Type	Nul		Faible		Moyen		Fort		Nbre cas
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	
Glissement	22	44	14	28	9	18	5	10	50
Coulée	14	30	13	28	15	32	5	10	47
Mvt complexe	7	64	1	9	1	9	2	18	11

Tableau 16 : Degré d'activité pour 3 types de mouvements.

glaciers ; pourtant certains sont encore très actifs actuellement, ils sont probablement récents (Pra Bellon, secteur ravin des Ribes - Torrent de Poche).

2.3 - Relation avec l'activité humaine

Sur la centaine de mouvements recensés, 44 ont des implications au niveau de l'activité humaine. Il s'agit d'aménagements et de constructions diverses qui leur sont postérieurs et se répartissent ainsi :

- routes goudronnées, chemins carrossables, ponts : 19 cas dont 4 actifs
- hameaux habités : 3 cas ;
- remontées mécaniques : 2 cas ;
- maisons forestières, fermes isolées et hameaux abandonnés : 24 cas dont 5 faiblement actifs ;
- seuils bétonnés dans les torrents, 3 cas dont 2 actifs.

Certains mouvements, pouvant affecter différents ouvrages, ont été comptés plusieurs fois. De tous ces mouvements, un petit nombre semble être la conséquence de l'activité humaine : glissement de Jalet (page 71), route allant de Bouzoulière à Barcelonnette, au niveau de Bigouet, ce mouvement très récent (printemps 77) est le résultat direct de travaux qui visaient à ouvrir un chemin pour construire un nouveau seuil bétonné dans le

torrent de Faucon : la route forestière allant à Barcelonnette a subi un affaissement de l'ordre de 5 mètres. Il faut dire que, circonstance très défavorable, de fortes pluies ont coïncidé avec l'ouverture du chemin.

Certains mouvements présentent des reprises localisées à la suite de tranchées et de constructions diverses (glissements de Lans, du Villard-de-Faucon, du torrent de Faucon) ou de l'absence d'entretien des biefs d'irrigation (partie amont du secteur Ribes-Poche) et des ouvrages de drainage.

Depuis le milieu du siècle dernier, les travaux de l'Office National des Forêts ont permis de freiner l'action de l'érosion à la suite de plantations (versant de Gaudissard) et de limiter considérablement le nombre des coulées et de laves grâce aux seuils de béton armé transversaux au cours des torrents. Ce travail n'est pas achevé, comme en témoignent les ouvrages en construction sur le Riou Bourdoux, les torrents de Faucon et des Sanières. De même, le curage et le recalibrage des torrents permettent à l'eau de s'écouler librement et évitent des accumulations de matériaux génératrices de laves.

On peut donc dire que les travaux de l'Office National des Forêts ont des résultats très positifs. Ils ne sont entrepris que sur les torrents présentant des risques pour l'activité humaine. Ainsi, les torrents des Ribes et de Poche ne font pas l'objet de travaux.

3 - LES CAUSES DE L'INSTABILITE

3.1 - Conditions intrinsèques prédisposant à l'instabilité

3.1.1 - La pesanteur

C'est le seul facteur permanent de l'instabilité. Ses effets sont modulés par la raideur de la pente.

3.1.2 - Géologie

La stratification et la fracturation des différentes unités lithologiques sont des causes d'instabilité. La région a été soumise, tout au long de son histoire géologique, à de nombreuses contraintes tectoniques se traduisant dans les diverses séries par la naissance de discontinuités qui contribuent à diminuer leur résistance mécanique (exemple : schistosité dans les Terres noires).

3.1.3 - Le Matériau

L'état et la nature du matériau sont aussi des facteurs à prendre en compte. Les grès, généralement en bancs massifs, sont peu atteints par les mouvements. Les marnes par contre, constituées de plaquettes schisteuses, y sont très sensibles. Nous avons remarqué que les mouvements de faible profondeur intervenaient principalement dans des terres noires sous recouvrement Quaternaire. En effet, l'altération se propage librement sous la couverture. En l'absence de celle-ci, le ruissellement élimine les produits de décomposition. L'altération produit des argiles, avec les inconvénients qui en découlent : très faible perméabilité, faible résistance au cisaillement... Les mouvements profonds intervenant dans les Terres noires, sont au contraire en relation avec diverses particularités qui leur sont propres : failles de tassement, directions défavorables de la schistosité en particulier.

3.2 - Les facteurs de déclenchement

Ils peuvent être naturels (érosion, fonte d'un glacier, fluctuation des pressions interstitielles) ou d'origine humaine.

3.2.1 - Suppression de support

Les torrents affouillent souvent la base des versants. Certains mouvements se sont produits de cette façon dans le Riou Chanal et le Riou Bourdoux, (glissements de la crête de Bernarde par exemple). L'ouverture de fouilles aboutit au même résultat, le mouvement décrit plus haut au niveau du torrent de Faucon bien que de faible extension (200 mètres au maximum) provient de la suppression de la butée de pied. Des fissures visibles en amont indiquent que l'équilibre n'est pas encore retrouvé.

De nombreux mouvements anciens se sont produits lors de la fonte des glaciers car les versants n'étaient plus épaulés.

3.2.2 - Action de l'eau

Une lave survenue en mars 1977 illustre bien le rôle de ce facteur. Elle s'est produite dans un versant couvert par la forêt de pins et de mélèzes, au niveau de Pré de Rata, entre Bouzoulières et St Flavi. Une cinquantaine de mètres en amont de la route forestière, un certain volume de moraine très argileuse a engendré une lave qui s'est étendue sur plusieurs centaines de mètres de longueur. On peut essayer d'analyser les causes de la rupture. Tout d'abord, un hiver très enneigé : lors de la fonte, les terrains superficiels ont été fortement imprégnés. Notamment, en arrière de la niche d'arrachement, un replat a permis à l'eau de s'infiltrer, les arbres déracinés par le poids de la neige y ayant laissé des cuvettes

facilitant sa rétention et des mises en pression locales. Après un certain délai, une "poche" de moraine argileuse de 6 mètres de diamètre, saturée a dépassé la limite de liquidité et s'est brusquement vidée ; la masse liquide s'est écoulée jusqu'au chemin, s'est étalée puis a continué sa course le long de la pente. Un écoulement visqueux résiduel se produisait encore au mois de mai, une source débitait quelques litres par minutes au pied de la niche d'arrachement. Ce mouvement met donc bien en évidence l'action néfaste de l'eau.

Les surcharges peuvent aussi créer des effets désastreux, dans le cas de remblais routiers par exemple : le tronçon de la route du Restefond en témoigne.

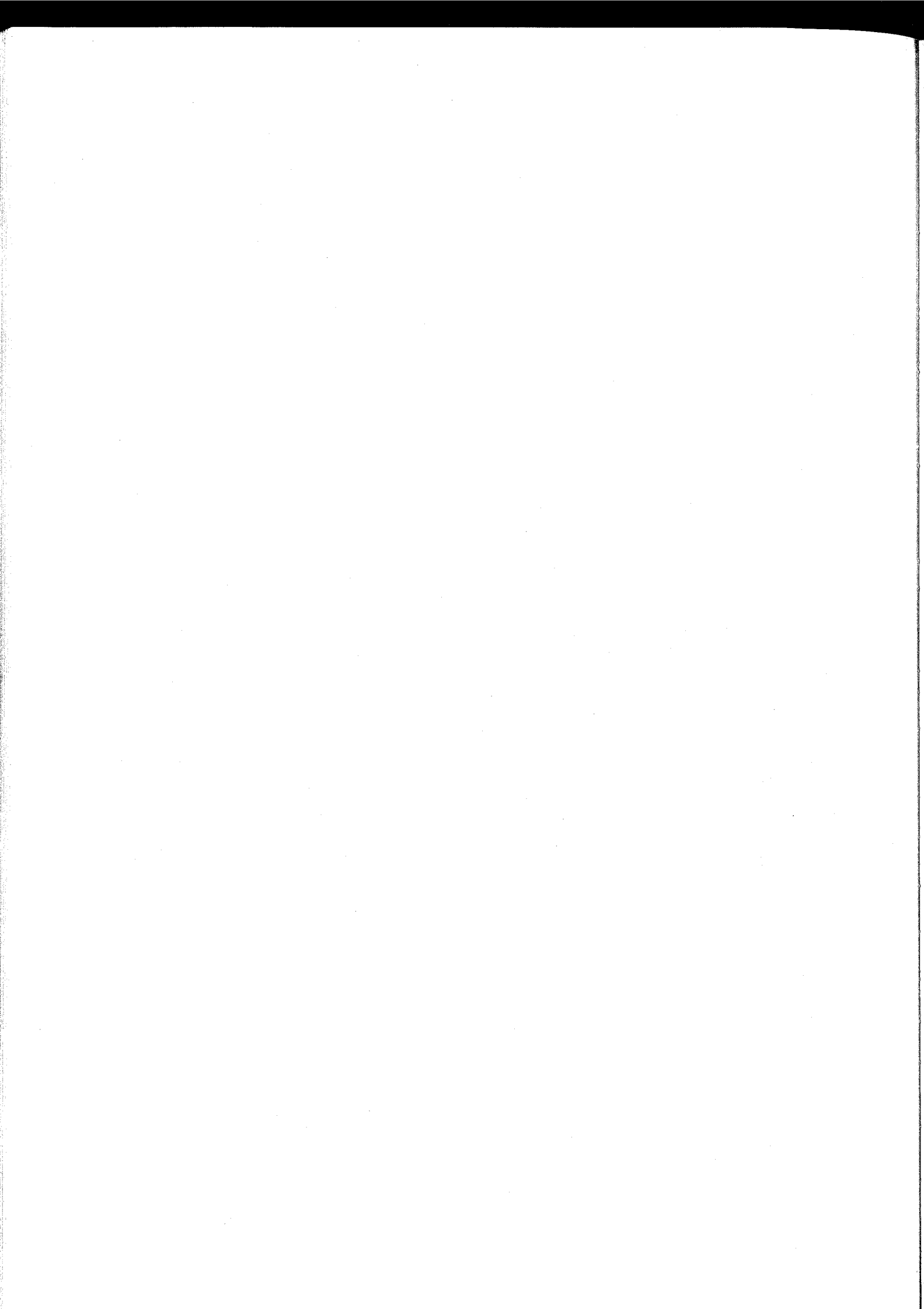
4 - CONCLUSION

Nous venons de voir que les causes d'apparition d'un mouvement sont nombreuses et variées. Nous connaissons ou soupçonnons l'influence de divers facteurs, mais leurs intrications sont telles que toutes les interprétations butent sur le fait que ces facteurs, pouvant varier simultanément, sont difficilement quantifiables. Les paramètres jouant un rôle primordial sont la lithologie, la pente et l'eau.

Le maximum de mouvements se produit dans des Terres noires recouvertes de Quaternaire, sur des pentes allant de 25 à 40 %. Mais cela ne signifie pas qu'au-delà de ces limites il n'y a aucun risque, ni que toutes les zones de Terres noires répondant à ces critères sont instables. Pour préciser, il faudrait prélever systématiquement des échantillons intacts dans des zones stables et glissés et leur faire subir des essais mécaniques, afin de comparer les différents paramètres, en faisant varier leur teneur en eau. De même, la poursuite d'études identiques dans d'autres régions des Alpes permettra de comparer les facteurs en présence. On pourra ainsi, par la confrontation d'un plus grand nombre de cas et de circonstances, dégager l'influence prépondérante ou non, générale ou seulement locale, de ces facteurs que sont la pente, la lithologie, la structure, l'exposition, la situation géographique, le climat... A notre avis, une telle étude, basée sur le recensement de tous les mouvements anciens ou récents, stabilisés ou actifs, devrait précéder l'élaboration de la carte des risques naturels. En effet, les résultats attendus permettraient de préciser la sensibilité des terrains aux diverses catégories de désordres.

Ainsi la coulée de mars 1977 s'est produite dans une zone classée comme stable sur la carte ZERMOS. Cette coulée n'était donc pas prévue. Cependant, elle prend naissance, d'après la carte géologique, sur un glissement ancien, et a concerné une moraine argileuse, sur une pente de 40 %. Le contexte n'était donc pas tout à fait favorable et pouvait susciter au moins des doutes.

Ces constatations montrent combien il est difficile de juger objectivement la notion de risque : le dessin des cartes de risques naturels ne saurait donc s'entourer de trop de précautions.



C O N C L U S I O N

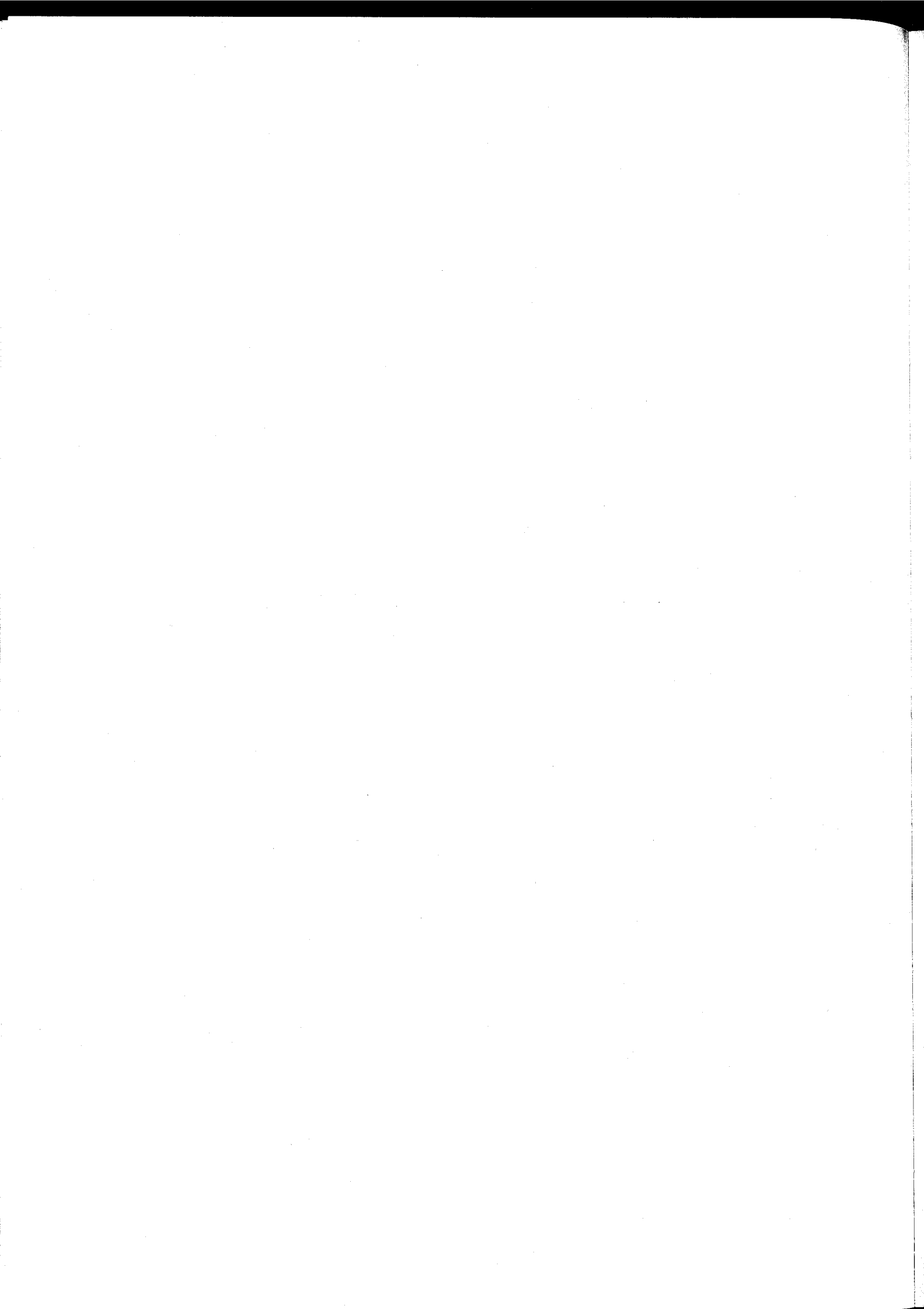
Au cours de cette étude, nous venons de recenser les divers agents géodynamiques en action dans la région de Barcelonnette. Nous avons plus précisément étudié les mouvements gravitaires et les mécanismes responsables de leur apparition et de leur évolution. Parmi ceux-ci, il apparaît que l'eau joue un rôle de premier plan. La preuve en est donnée par l'hiver 1976-77, qui fut très pluvieux : de nombreux mouvements circonscrits (glissements, coulées et laves) se sont produits lors du premier trimestre 1977. Parmi les mouvements de plus grande amplitude, des reprises locales ont été remarquées.

Hormis l'eau, d'autres facteurs agissent à des degrés divers : pente, nature lithologique du matériau et exposition des versants. Mais il est très difficile de faire la part de chacun, car ils sont inséparablement liés. Pour tenter de distinguer, malgré tout, l'importance de leur action, nous avons confectionné des cartes de facteurs (pente et lithomorphologie) puis exécuté sur celles-ci de nombreuses mesures planimétriques. Ce n'est pas, en effet, le nombre de mouvements par formation, par tranche d'altitude ou de pente qu'il est intéressant de connaître, mais surtout la surface occupée par chaque type de mouvement en fonction de l'altitude, de la pente, de l'orientation et de la lithologie.

Quelques facteurs d'instabilité ont bien ainsi été mis en évidence, mais nous avons également constaté que c'est souvent un détail local (faille, niveau altéré, source...) qui détermine la situation précise d'un mouvement sur une pente. C'est pour cette raison que l'étude géologique tient une grande place dans ce genre de travail, car elle permet de classer les terrains en fonction du style de leur déformation, de leur vulnérabilité à l'altération, du mode de circulation des eaux... Il ressort ainsi que les Terres noires, sous couverture Quaternaire, sont très sensibles à l'altération : celles-ci seront donc plus souvent menacées d'instabilité que des Terres noires saines. Un changement de perméabilité dans le glacier provoque des mises en charge (à l'origine de la coulée de Pré de Rata). La schistosité crée parfois des lignes de faiblesse dans la roche (cas du glissement du Torrent de Poche NE). On pourrait multiplier ce genre d'exemples...

Dans un stade ultérieur, lorsque de telles études seront plus développées et que la masse des informations recueillies sera suffisante, on pourra tenter d'analyser de façon statistique toutes ces données, afin de discerner, par analogie avec les secteurs instables, des zones menacées d'instabilité par la conjugaison d'un certain nombre de facteurs défavorables.

sciences de la terre
BIUS
JUGUET
CADIS



ANNEXE

Dans cette annexe sont rassemblés divers documents complémentaires :

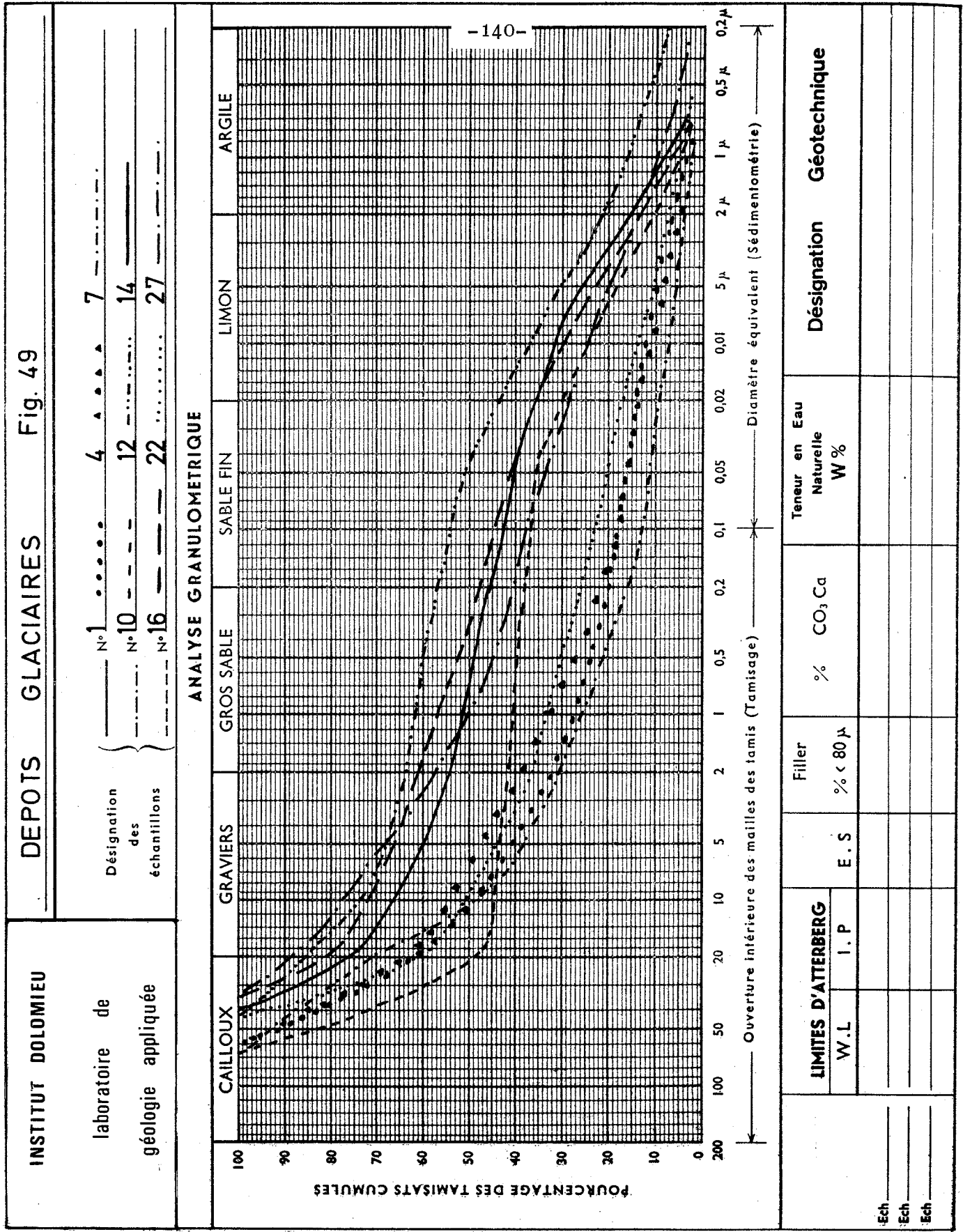
- les localisations des prélèvements d'échantillons :
Tableau 17 ;
- les résultats des analyses sous forme de tableaux, de courbes granulométriques et de diagramme : Tableau 18, figures 49, 50, 51, 52 ;
- les localisations des sondages électriques et sismiques :
Tableau 19 et 20 ;
- la carte des pentes : Figure 53 ;
- la fiche d'étude de mouvement de terrain : Figure 54.

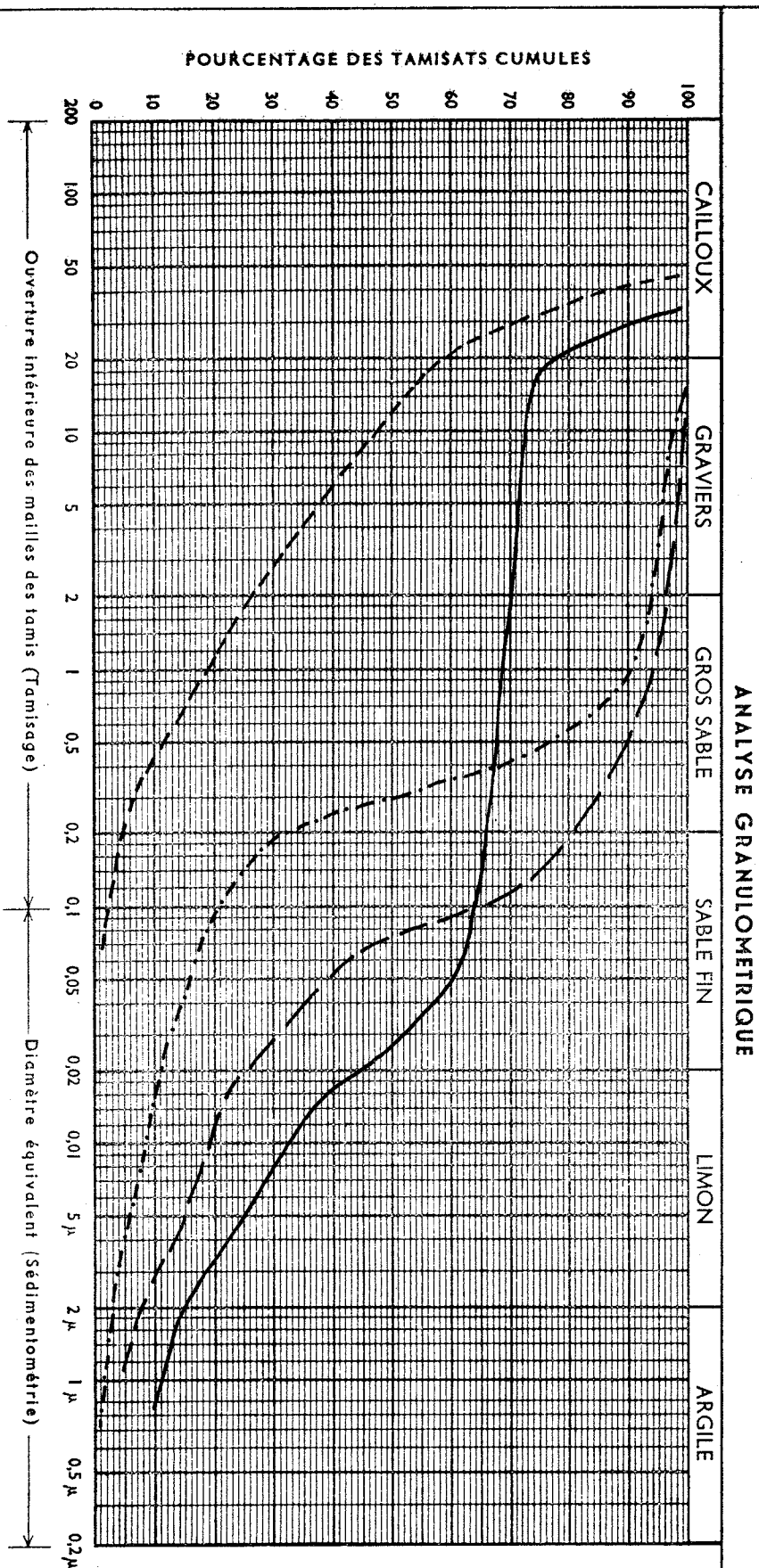
N°Ech.	X	Y	Z	Lieu	Nature
0	951,60	244,01	1 385	Lans	Limon
1	951,61	244,00	1 395	Lans	Grave limoneuse
2	951,61	244,01	1 390	"	Argile
3	951,61	244,02	1 400	"	Argile limoneuse
4	951,65	244,00	1 400	"	Grave limoneuse
5	951,61	243,91	1 410	"	Argile
6	952,77	242,89	1 510	Caires Lans	T N glissées
7	952,06	243,35	1 450	Lans	Grave limoneuse
8	951,67	244,31	1 350	Route Lans	T N remaniées
9	951,44	244,26	1 300	" "	Colluvion argileuse
10	951,42	244,44	1 270	" "	Grave argileuse
11	949,10	242,91	1 230	Torrent Poche	T N remaniées
12	949,36	242,60	1 300	" "	Glaciaire argileux
13	949,36	242,60	1 300	" "	T N remaniées
14	946,78	241,49	1 200	Route Villard	Sable argileux
15	947,06	241,51	1 260	" "	Colluvion argileuse
16	947,06	241,51	1 260	" "	Sable argileux
17	948,00	241,20	1 485	Réservoir d'eau	Colluvion
18	948,00	241,20	1 485	" "	Sable limoneux
19	948,00	241,20	1 485	" "	Grave propre
20	948,00	241,20	1 490	" "	Limon
21	948,00	241,20	1 490	" "	Sable limoneux
22	948,00	241,20	1 490	" "	Grave argileuse
23	947,28	239,52	1 440	Route Conche	T N en place
24	947,14	239,44	1 360	Route Conche	T N en place
25	945,36	243,38	1 560	Bouzoulières	F D remanié
26	945,37	243,37	1 570	"	F D en place
27	945,58	242,92	1 420	Rte "	Sable argileux

Tableau 17 : Localisation des échantillons

N°Ech.	Wl	Wp	Ip	d85/d15	d60/d10	% < 0,08	% > 2	Classif. LCPC
0	22	16	6	42,8	30	95	1	Op
1	21	14,5	5,5	>1 000	>1 000	18	68	GL
2	24,5	16,5	8	44	35	94	1	Ap
3	19	15,5	3,5	134	34	78	2	Op
4	19	13	6	>1 000	>1 000	18	60	GL
5	32	20,5	11,5	60	40	98	0,5	Ap
6	28	18	10					
7	19	13,5	5,5	286	700	13	69	GL
8	27	18	9					
9	26	18	8	143	34	83	3	Ap
10	33	18	15	>1 000	>1 000	36	58	GA
11	30	18	12					
12	37	23	14	>1 000	>1 000	53	36	AP
13	33	19	14					
14	31	18	13	>1 000	>1 000	43	45	SA
15	21	16	5					
16	23	15	8	>1 000	>1 000	43	40	SA
17	20	16	4					
18				60	34	50	3	SL
19				57	40	2	73	GM
20	24	18	6	>1 000	50	63	30	Op
21				20	35	19	7	SL
22	28	19,5	8,5	>1 000	>1 000	22	64	GA
23	26	18	8					
24	27	18	9					
25	30	20	10					
26	29	18,5	10,5					
27	25	16	9	>1 000	>1 000	36	34	SA

Tableau 18 : Synthèse des divers essais réalisés au laboratoire.





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

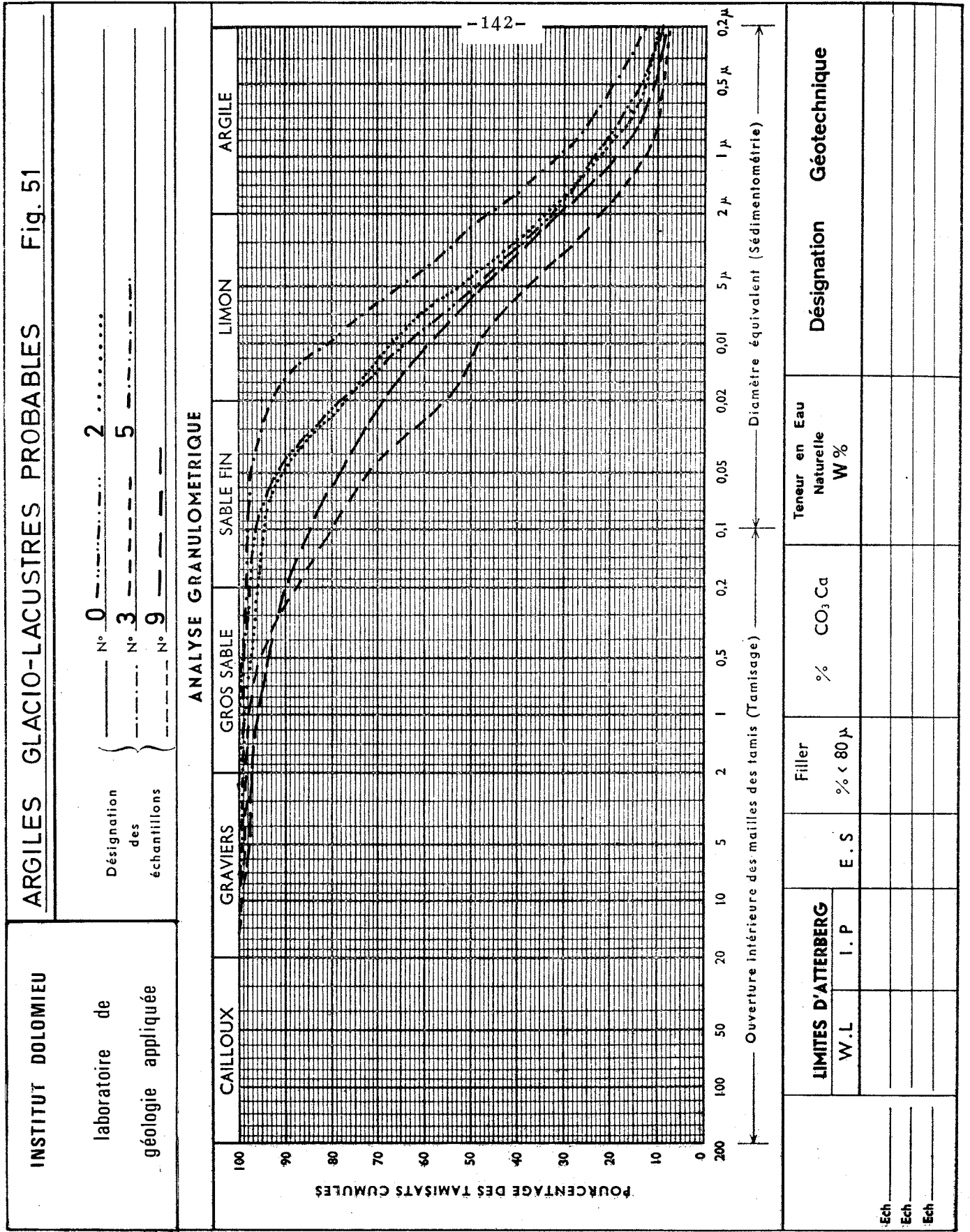
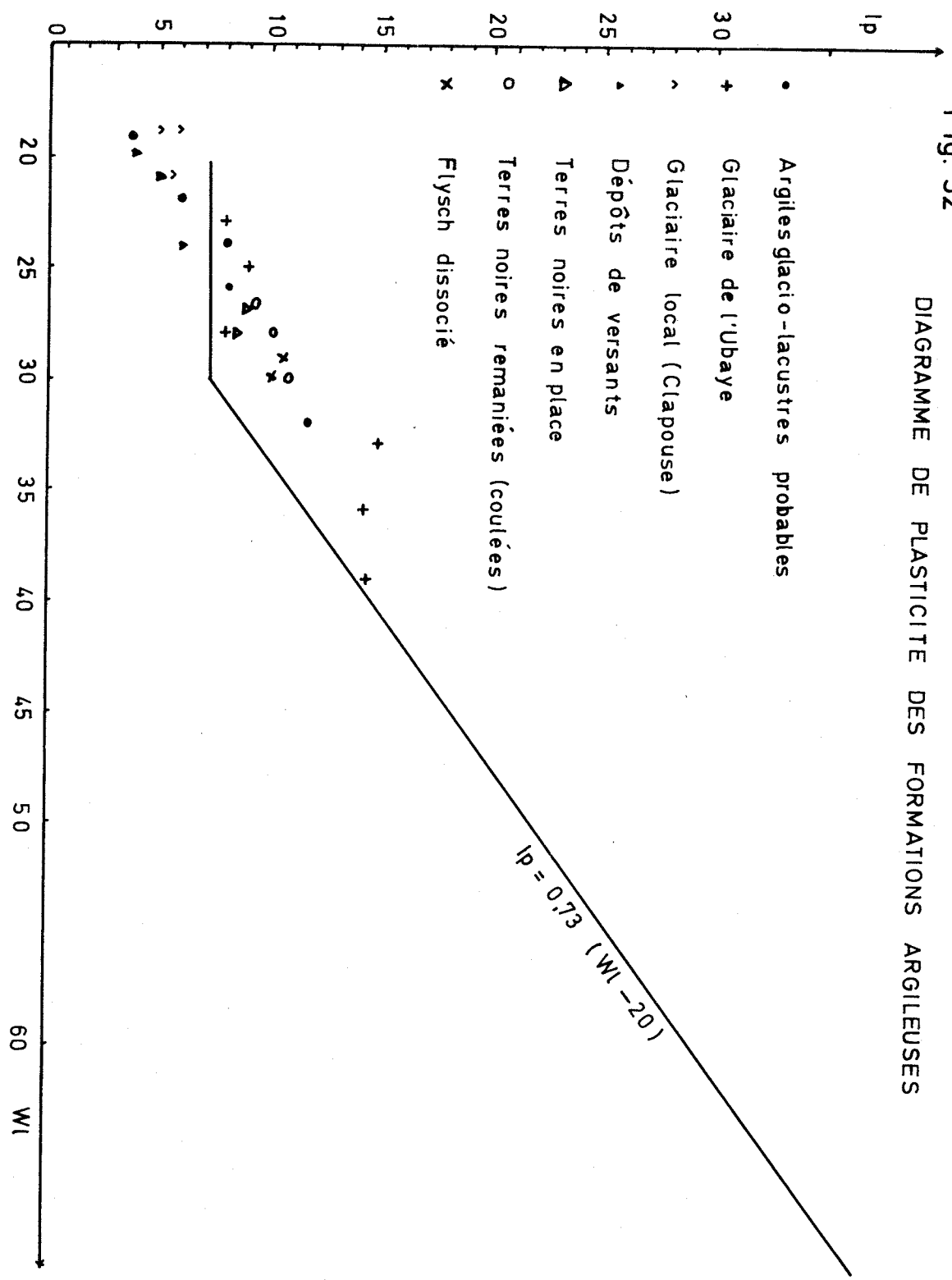


Fig. 52

DIAGRAMME DE PLASTICITE DES FORMATIONS ARGILEUSES



BIUS
JUSQU'
CADIST

N° sondage	X	Y	Z
SE 1	948,70	239,70	1 685
SE 2	948,62	239,93	1 685
SE 3	948,75	240,05	1 695
SE 4	948,14	241,15	1 530
SE 5	947,96	241,12	1 485
SE 6	945,87	242,60	1 290
SE 7	951,71	244,02	1 390
SE 8	952,29	244,00	1 455

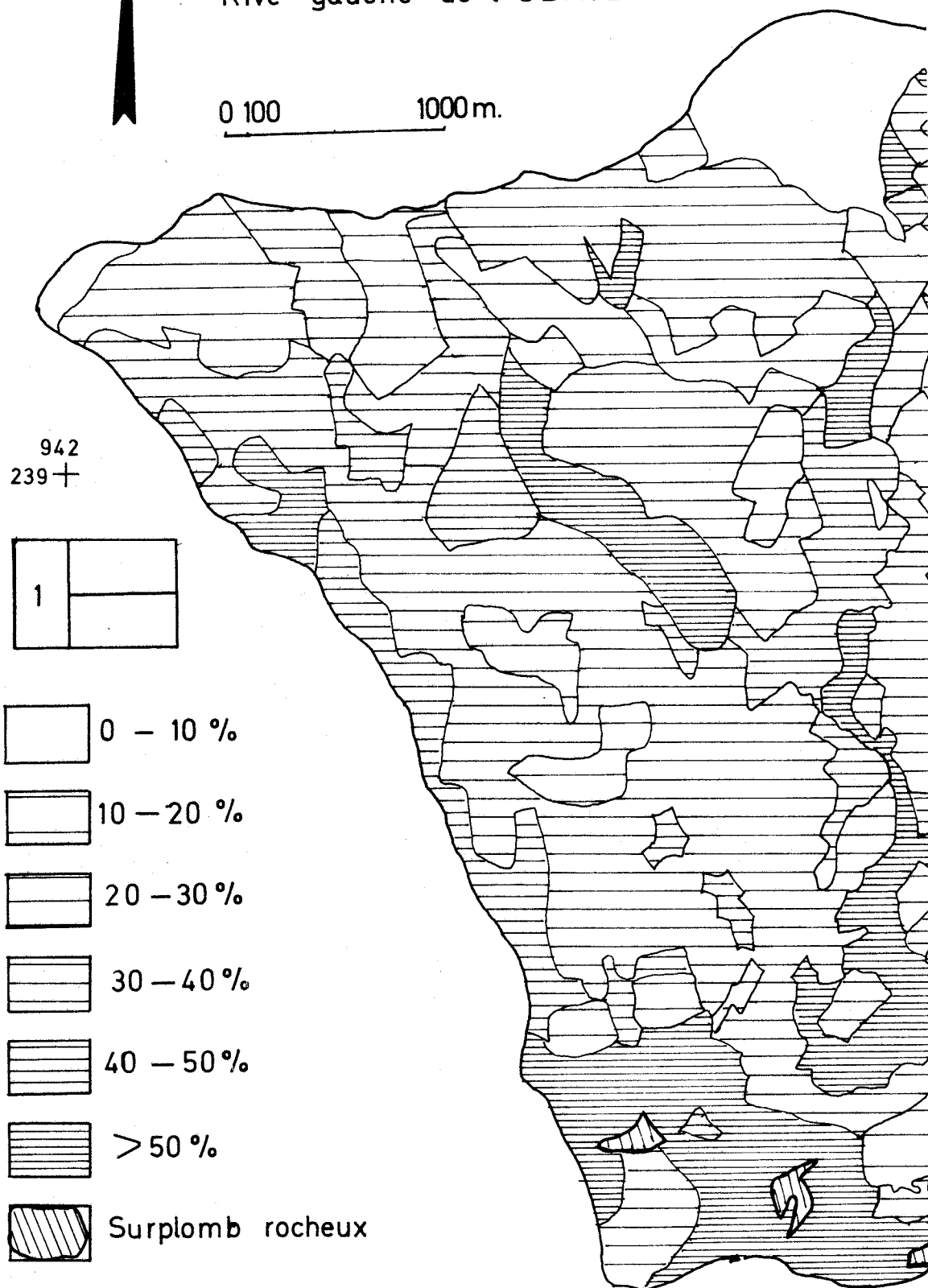
Tableau 19 : Localisation des sondages électriques.

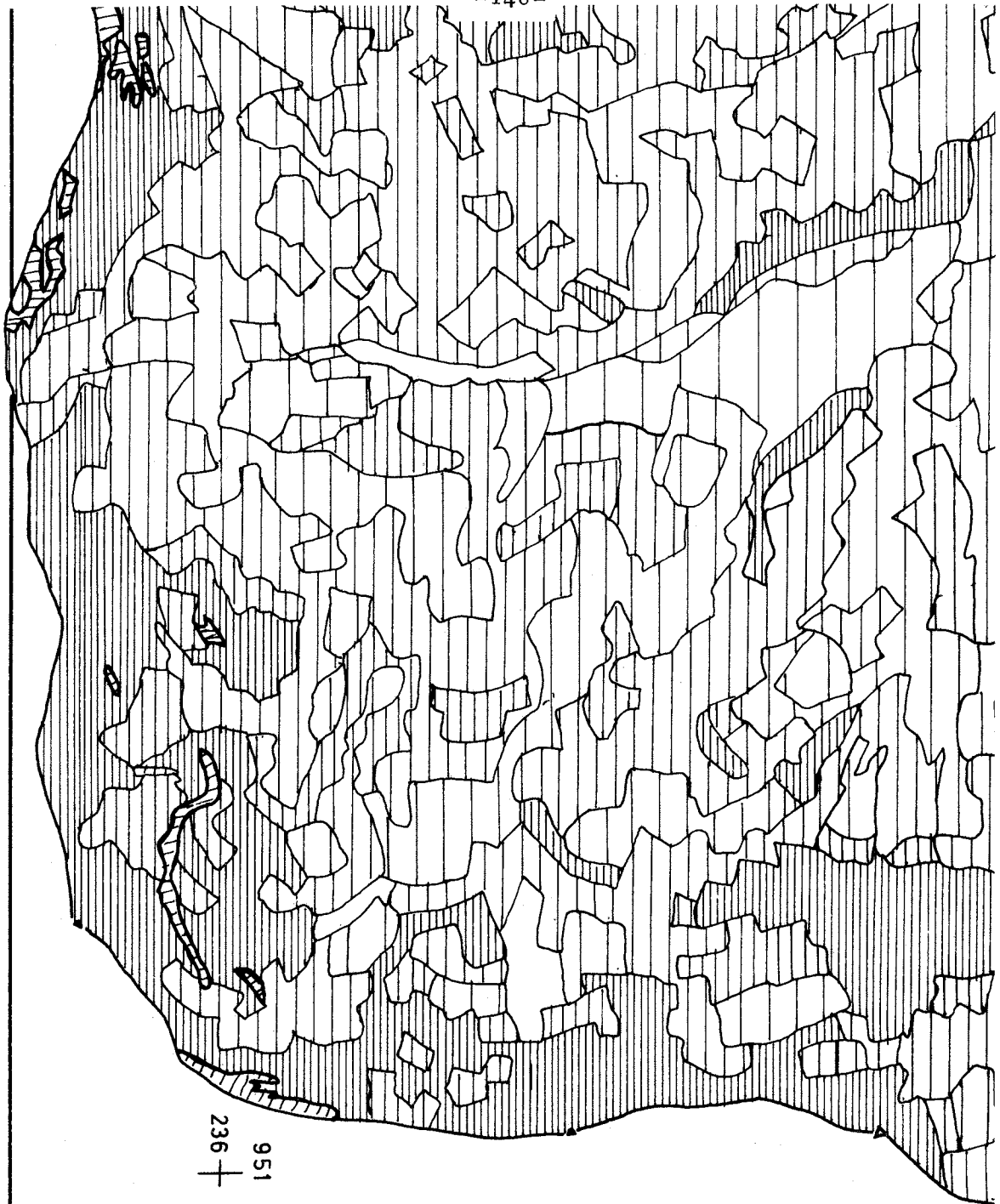
N° sondage	X	Y	Z
SS 1	948,57	239,97	1 675
SS 2	948,73	240,12	1 680
SS 3	947,08	241,31	1 295
SS 4	947,96	241,15	1 480
SS 5	945,32	243,38	1 560
SS 6	945,64	242,93	1 425
SS 7	951,74	244,03	1 390
SS 8	952,21	244,00	1 455
SS 9	951,59	243,95	1 400
SS 10	951,67	244,06	1 385

Tableau 20 : localisation des sondages sismiques.

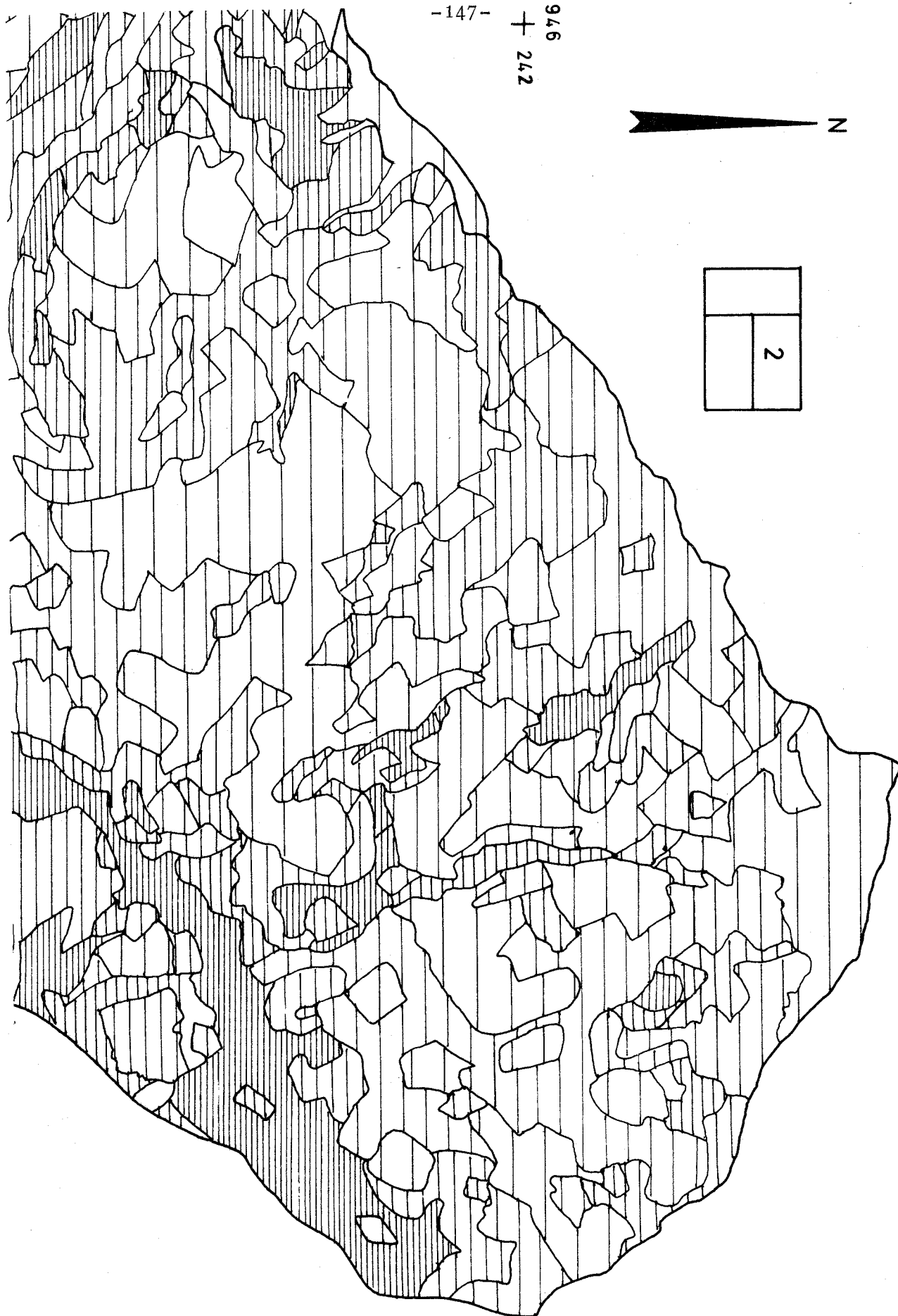
Fig 53

CARTE DES PENTES
Rive gauche de l'UBAYE



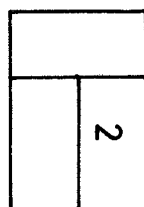


	2



-147-

946
+ 242



- | Observateurs | Dates |
|--------------|-------|
| | |
| | |
| | |
-
-
-
- (1) Référence du mouvement (ex. SJM 3-26)

(2) Numéro de la carte IGN au 1/50 000 (ex. XXXIV-34)

(3) Numéro de la carte IGN au 1/20 000 ou 1/25 000

(4) Numéro d'ordre du mouvement

(5) Type de mouvement (ex. écroulement, coulée...)

(6) Nombre de feuilles annexes

QUESTIONNAIRE

Reproduire sur les annexes le numéro de la question et cocher la case correspondante (0)

I. LOCALISATION

- 0 1. Situation géographique (points repères...) _____

0 2. Moyens d'accès (routes, chemins, sentiers, difficultés...) _____

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE, GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DU MOUVEMENT

II.1. Topographie, morphologie et géographie du site :

- 0 3. Topographie générale (pente des versants, orientation...) _____

0 4. Morphologie sommaire (forme et évolution des versants...) _____

0 5. Végétation naturelle (forêts, broussailles, herbages...) _____

0 6. Occupation humaine (habitat, équipement, cultures...) _____

0 7. Climatologie particulière (précipitations exceptionnelles...) _____

II.2. Géologie des formations superficielles :

- 0 8. Nature et âge (dépôts morainiques, éboulis, colluvion de versant, altération...) _____

0 9. Extension et épaisseur _____

II.3. Géologie du substratum :

- 0 10. Lithologie et stratigraphie _____

0 11. Stratification, pendage, structure _____

0 12. Failles, schistosité, fracturation, foliation... _____

0 13. Altération générale _____

0 14. Remarques géologiques _____

II.4. Hydrogéologie :

- 0 15. Eaux superficielles et nivation (ruisseaux permanents ou saisonniers, drainage, irrigation, nature des eaux...)

- 0 16. Eaux souterraines (sources, pertes, réseaux karstiques, suintements, " mouilles ", nature des eaux...)

- 0 17. Érosion liée à l'eau (ruissellement, ravinement, dissolution)

III. ANALYSE DU MOUVEMENT DE TERRAIN

III.1. Description du mouvement :

- 0 18. Aspect général, état de fraîcheur, actif, stabilisé, etc...

A. La tête

- 0 19. Extension de l'arrachement principal : longueur (L), largeur (l), hauteur (h), pente (i), forme...

- 0 20. État des terrains glissés (gradins, banquettes, basculement, végétation, mares...)

- 0 21. Nature de la surface de rupture (visible ou invisible), avec sens du mouvement (stries, racines), venues d'eau, état de fraîcheur (végétation, érosion)

- 0 22. Éléments annexes : crevasses de régression, entonnoirs d'ablation

B. Le corps, le pied, le front

- 0 23. Extension (L, l, L/l), épaisseur(e), forme, arrachement latéral, déplacement moyen des matériaux, dénivellations...

- 0 24. État des matériaux glissés (remaniement, crevasses, bourrelets, végétation, érosion, ravinement...)

III.2. Relations avec la géologie et l'hydrogéologie :

- 0 25. La surface de rupture est-elle 0, semble-t-elle 0 (6)
0 indépendante de la structure géologique des terrains _____
0 au niveau d'une discontinuité (lithologique, mécanique...) _____
0 dans une couche, en relation avec sa géométrie _____
- 0 26. Description détaillée des terrains concernés par la surface de rupture _____

- 0 27. Relations avec l'hydrogéologie, l'érosion, le ravinement... _____

III.3. Historique du mouvement et évolution dans le temps :

- 0 28. Le glissement est d'âge géologique 0, historique 0, actuel 0 (6) Éventuellement dates _____
- 0 29. Relation avec l'activité humaine : cultures, reboisement, déboisement, terrassements... _____

- 0 30. Renseignements divers, enquêtes auprès de la population _____

- 0 31. Description de l'évolution du mouvement à la suite des observations de ce paragraphe _____

III.4. Interprétation et pronostics

- 0 32. Estimations de la profondeur et de la forme de la surface de rupture et du volume en mouvement _____

- 0 33. Estimation des mouvements futurs probables _____

- 0 34. Y a-t-il (oui 0, non 0, peut-être 0 (6)) des menaces nouvelles et lesquelles pour l'activité humaine ? _____

- 0 35. Études ou surveillance en cours (oui 0, non 0 (6)), par qui _____

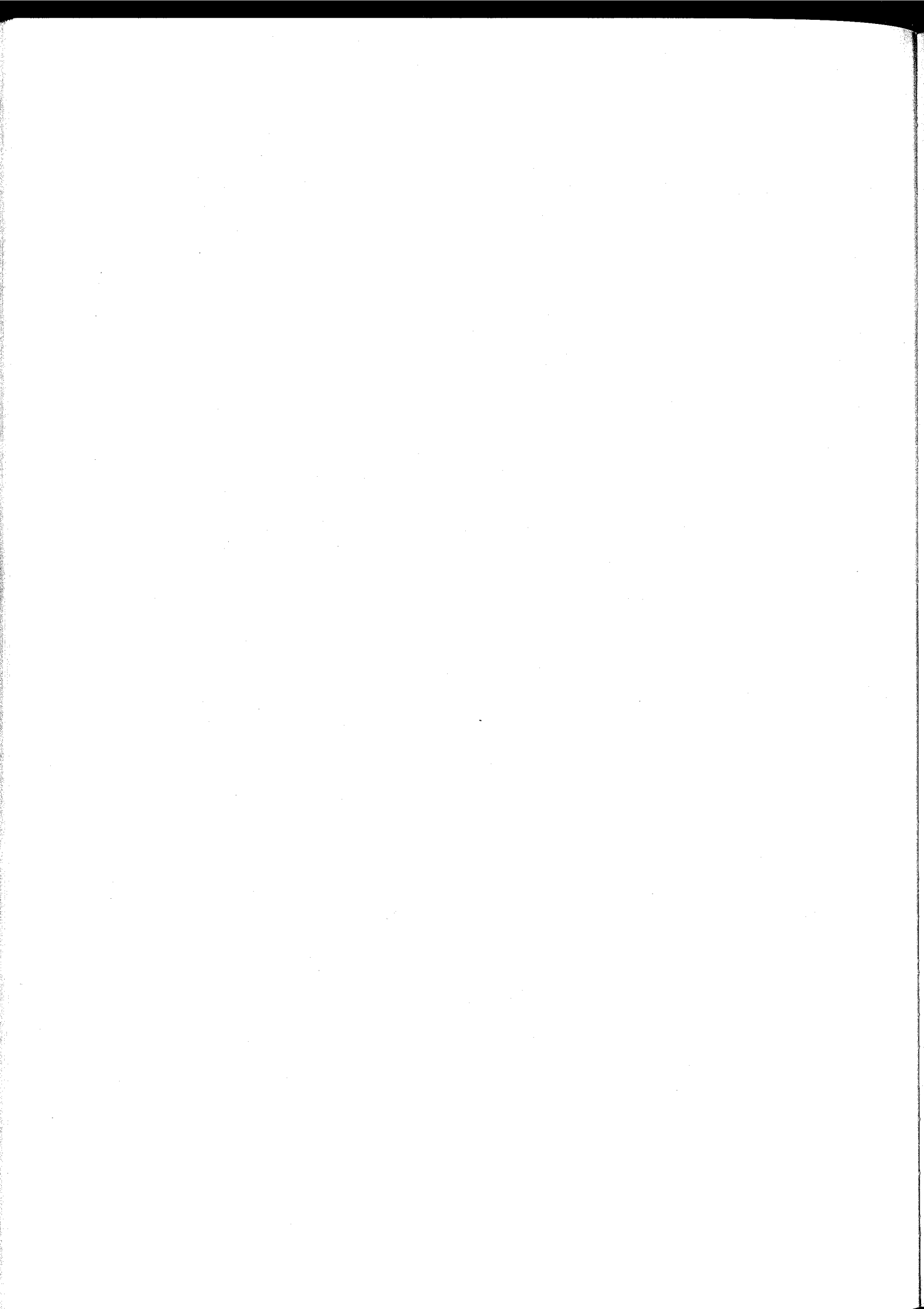
- 0 36. Toutes autres remarques _____

Si vous trouvez ce document, veuillez avoir l'obligeance de le retourner à :

Monsieur
Institut Dolomieu
38031 - Grenoble

B.R.G.M.
B.P. 6009
45... Orléans 2

(6) mettre une croix dans la case correspondant à la solution choisie.



BIBLIOGRAPHIE

- ANTOINE P., BIAREZ J., DESVARREUX P., MOUGIN J.-P. (1971) - Les problèmes posés par la stabilité des pentes dans les régions montagneuses. Géol. alp., Fr., t. 47, p. 5-24.
- ANTOINE P., BARBIER R., BARFETY J.-C., GOGUEL J., HUMBERT M., MONITION L., MOUGIN J.-P., PACHOUD A. (1973) - Cartographie systématique des mouvements de terrain sur la feuille La Grave (Hautes-Alpes). Symp. Nat. S.S.S.C., Cannes, t. I, p. 11-26.
- ANTOINE P., LETOURNEUR J. (1973) - Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques. Leur utilité pour l'aménagement de la montagne. Rev. Géog. alp. Grenoble, t. 61, fasc. 1, p. 231-245.
- ARNAUD F. (1906) Notice historique sur les torrents de la vallée de l'Ubaye Barcelonnette.
- AVOCAT CH. (1970) - Premiers résultats du recensement de 1968 en Ubaye. Rev. Géog. alp., TLVIII, 3 p. 435.
- BLANCHARD R. (1950) - Les Alpes occidentales t. 5, Les grandes Alpes françaises du Sud. Grenoble Arthaud.
- BOMBARD J.-P. (1968) - Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain. Essai méthodologique. Thèse 3e cycle, Grenoble.
- BOUQUIER L., DUBASQUE M. (1975) - Carte ZERMOS - région de Larche-Restefond (Alpes de Haute Provence).
- CETE d'Aix-en-Provence, (1974) - Zones exposées aux risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol de Barcelonnette (Alpes de Haute Provence).
- CHAMLEY H., PORTIER J. (1974) - Minéraux argileux des roches, sols et sédiments fluviatiles dans le bassin versant de l'Ubaye. Bull. 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. 2e congrès internat. de l'A.I.G.I., Sao-Paulo.
- DEBELMAS J. et al. (1970), - Guides géologiques Régionaux. Alpes, Masson,
- DERRUAU M. (1956) - Précis de géomorphologie. Masson, Paris.
- DESVARREUX P. (1971) - Recherche d'une méthode d'étude des mouvements de terrains et applications pratiques. Thèse Doct. - Ing., Grenoble.
- DOUGUEDROIT A., et DE SAINTIGNON M. F. (1970) - Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne de latitude moyenne : exemple des Alpes françaises du Sud. Rev. géog. alp., t. LVIII.

- FABRE D. (1976), - Quelques observations sur la fissuration et la fragilité des argiles et des roches. Essai d'application à l'analyse des fissures du massif rocheux. Thèse Doct.-Ing., Grenoble.
- GUITER V. (1972) - Les glaciers rocheux - Rev. géog. alp., Grenoble, t. LX, fasc. 3, p. 467-487.
- HUMBERT M. (1972) - Les mouvements de terrains : principe de réalisation d'une carte prévisionnelle dans les Alpes. Bull. B.R.G.M., (2), III, 1, p. 13-28.
- KERCKHOVE C. (1969) - La zone du Flysch dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye (Alpes occidentales). Géol. alp., 45, p. 5-204.
- KIMIAGALAN (1976), - Contribution à l'étude géothermique de l'hydrogéologie des glissements de terrain. Thèse Grenoble.
- LETOURNEUR J. (1966) - Les mouvements du sol. Examen des facteurs géologiques de l'instabilité superficielle. Trav. lab. géol. école Mines St-Etienne.
- LETOURNEUR J., MICHEL R. (1971) - Géologie du génie civil. Paris, A. Colin, 728 p., 8 pl. coul.
- MALATRAIT A. M. (1975) - Analyse et classement des mouvements gravitaires Feuille St-Jean-de-Maurienne au 1/50 000. Thèse 3e cycle Grenoble.
- MARTIN P. (1976) - Essai sur la Géotechnique, Masson.
- MORET L. (1945) - Les éboulements de terrain en montagne. Ed. de la Revue des Alpes, Grenoble, 54 p., 9 fig., 9 pl.
- MOUGIN J.-P. (1973) - Les mouvements de terrain. Recherches sur les apports mutuels des études géologique et mécanique à l'estimation de la stabilité des pentes. Thèse Doct.-Ing., Grenoble.
- OTTOMAN L. (1961) - Etude statistique des phénomènes de versant d'après la feuille Barcelonnette au 1/50 000. Mémoire Centre Documentation C.N.R.S. 8 p. 113-138.
- PLAN J. (1968) - La fenêtre de Barcelonnette. Bull. Serv. carte géol. France, n° 380 t. LXI.
- PEGUY CH.-P. (1947) - Haute Durance et Ubaye. Esquisse physique de la zone intra-alpine des Alpes françaises du Sud. Thèse lettres, Grenoble, Allier.
- SYMPOSIUM NATIONAL (oct. 1973) - Sol et sous-sol et sécurité des constructions Cannes, 2 tomes, 582 p.
- TRICART J. (1967) - Le modelé des régions périglaciaires, Sedes, Paris, 512 p., 127 fig.

VEYRET G. et P. (1970) - Les Grandes Alpes ensoleillées. Ed. Arthaud, Grenoble,

VOGT J. (1973) - La contribution possible d'un inventaire systématique des témoignages du passé à l'appréciation du comportement des terrains et à la prévision des risques géotechniques. Symp. Nat. S.S.S.C. Cannes, t. I, p. 212-217.



PHOTOGRAPHIES

	Pages
1. Terres noires et Argovien entre le Sauze et la Conche.....	4
2. Circulation souterraine dans la couverture Quaternaire.....	4
3. Versant du Super Sauze couronné par les Brechs et le Lan, vu de la cabane de l'Alpe.....	18
4. La vallée de la moyenne Ubaye entre Jausiers (à droite) et Barcelonnette, vue de la cabane de l'Alpe.....	18
5. Versant Est de la Croix de l'Alpe vu de la cabane de l'Alpe	42
6. Front d'une coulée récente dans le secteur de Pra-Bellon...	42
7. Ecrroulement dans des Terres noires, secteur de Pra-Bellon..	66
8. Glissement dans le secteur du torrent de Poche.....	66
9. Glissement de Pra-Bellon et torrent du Riou Bourdoux.....	112
10. Seuil bétonné dans le Riou Bourdoux.....	112

LISTE DES TABLEAUX

N°	Pages
1 - Températures mensuelles et annuelles au poste de Barcelonnette entre 1956 et 1973.....	9
2 - Précipitations annuelles pour deux stations.....	12
3 - Moyennes mensuelles pour deux stations.....	12
4 - Débits moyens mensuels de l'Ubaye en m ³ /s pour 2 stations..	14
5 - Débits moyens mensuels de l'Ubaye en m ³ /s pour 1964.....	14
6 - Différents types de mouvements de terrain observés.....	44
7 - Comparaison résistivité - vitesse sismique pour quelques formations.....	62
8 - Quelques données sur les glaciers pierreux.....	76
9 - Répartition des mouvements recensés sur les quatre cartes au 1/25 000.....	115
10 - Répartition des zones glissées en fonction de l'altitude sur l'ubac et l'adret de l'Ubaye.....	117
11 - Intervention de divers agents de l'évolution morphologique en fonction de l'altitude.....	119
12 - Répartition des surfaces stables et glissées occupées par 3 formations en fonction de la pente.....	122
13 - Pente des versants affectés de mouvements.....	122
14 - Répartition des points d'eau dans les zones de mouvement...	124
15 - Rapports d'extension comparés pour diverses régions.....	128
16 - Degré d'activité pour 3 types de mouvements.....	130
17 - Localisation des échantillons.....	138
18 - Synthèse des divers essais réalisés au laboratoire.....	139
19 - Localisation des sondages électriques.....	144
20 - Localisation des sondages sismiques.....	144

TABLE DES FIGURES

N°	Pages
1 - Situation de l'Ubaye.....	2
2 - Schéma orohydrographique.....	6
3 - Décroissance de la température en fonction de l'altitude.....	9
4 - Carte d'isohyètes.....	11
5 - Débit de l'Ubaye.....	14
6 - Situation géologique.....	19
7 - Schéma structural.....	20
8 - Colonnes lithostratigraphiques simplifiées.....	23
9 - Coupes.....	25
10 - La couverture quaternaire.....	28
11 - Profils transversaux à l'Ubaye.....	34
12 - Profils transversaux aux principaux affluents.....	35
13 - Figurés.....	54-55
14 - Exemple d'interprétation de mouvement : le torrent de Bourre...	56
15 - Exemple de carte de pentes.....	58
16 - Carte lithomorphologique.....	60-61
17 - Glissement du ravin des Aiguettes.....	68
18 - Glissement du Pis.....	70
19 - Glissement de Jalet.....	72
20 - Coulée de l'Aupillon.....	72
21 - Représentation de quelques types de glaciers pierreux.....	75
22 - Glissement du ravin des Routres.....	79
23 - Glissement de Soleille Boeuf.....	81
24 - Glissement de la route de Bouzoulières.....	83
25 - Glissement et coulée de Lans.....	85
26 - Glissement et coulée des Alaris.....	87
27 - Glissement et coulée de Combe de Bouzon.....	88
28 - Coulée du Plan.....	90
29 - Glissement et coulée du Torrent de Poche Nord-Est.....	92
30 - Coupe géologique au niveau du torrent de Poche.....	94
31 - Schéma des mouvements du secteur Ribes-Poche.....	95
32 - Interprétation des mouvements Ribes-Poche.....	99
33 - Coupe longitudinale du secteur Ribes-Poche.....	96
34 - Coupe transversale du secteur Ribes-Poche.....	97
35 - Schéma des mouvements de la Frache - le Bois Noir.....	101
36 - Interprétation des mouvements Frache-Bois Noir.....	99
37 - Coupes longitudinales Frache-Bois Noir.....	102
38 - Panorama du mouvement des Chalanches.....	104
39 - Coupe du glissement des Chalanches.....	105
40 - Schéma d'ensemble des mouvements de Pra-Bellon.....	107
41 - Coupes longitudinales et transversale de Pra-Bellon.....	108
42 - Rose de répartition des mouvements suivant leur orientation....	114
43 - Proportion des surfaces respectives de l'ubac et de l'adret affectées de glissements en fonction de l'altitude.....	118
44 - Zone d'influence des divers agents de dégradation des versants.	120

45 - Rapport en % de la surface glissée à la surface totale occupée par chaque tranche de pente.....	123
46 - Histogramme des surfaces totales et glissées en fonction de la pente	124
47 - Histogramme de répartition des extensions maximales pour trois types de mouvements	127
48 - Histogramme de répartition des rapports d'extension L/1 par type de mouvement	127
49 - Courbes granulométriques des dépôts glaciaires.....	140
50 - Courbes granulométriques des dépôts de versants.....	141
51 - Courbes granulométriques des argiles glacio-lacustres probables	142
52 - Diagramme de plasticité des formations argileuses.....	143
53 - Carte des pentes.....	145 à 147
54 - Fiche d'étude des mouvements de terrain.....	148 à 151

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE I	ESQUISSE GEOGRAPHIQUE	3
1 -	LE MILIEU NATUREL	5
1.1 -	La vallée	5
1.2 -	La ceinture montagneuse	5
1.3 -	La végétation	5
2 -	LE CLIMAT	8
2.1 -	Les vents	8
2.2 -	Les températures	8
2.3 -	Les précipitations	10
3 -	L'HYDROLOGIE	13
4 -	ECONOMIE ET PEUPLEMENT	15
CHAPITRE II	CADRE GEOLOGIQUE	17
1 -	LE SUBSTRATUM	22
1.1	Aperçu structural	22
1.2	Lithostratigraphie sommaire	22
1.2.1	L'autochtone	24
1.2.2	Les nappes subbriançonnaises et les écaillles briançonnaises	26
1.3	Etude tectonique succincte	26
2 -	LE QUATERNAIRE	27
2.1	Les dépôts de fond de vallée	27
2.1.1	Les alluvions	27
2.1.2	Les cônes de déjection	27
2.2	Les terrains glaciaires	29
2.3	Les dépôts de versants	30
2.3.1	Les éboulis	30
2.3.2	Les glaciers rocheux	30
2.3.3	Les éluvions	30
2.3.4	Les colluvions	30
2.3.5	Les mouvements gravitaires	31
3 -	DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	31
3.1	Les roches imperméables	31
3.2	Les roches perméables	31
3.2.1	Les formations quaternaires	32
3.2.2	Les roches du substratum	32
3.3	Conclusion	33

4 - DONNEES GEOMORPHOLOGIQUES	33
4.1 L'héritage morphologique du Wurm	33
4.1.1 Les cirques glaciaires	36
4.1.2 Le profil en long	36
4.1.3 Les placages morainiques	36
4.2 L'évolution post-glaciaire	37
4.2.1 Les phénomènes périglaciaires	37
4.2.2 L'érosion torrentielle	38
 CHAPITRE III CLASSEMENT ET METHODE D'ETUDE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN	 41
1 - LES MOUVEMENTS GRAVITAIRES : CLASSEMENT	43
1.1 Définition	43
1.2 Critères de reconnaissance	43
1.3 Classement des mouvements observés	43
1.3.1 Le fauchage	45
1.3.2 Les écroulements	45
1.3.3 Les affaissements	45
1.3.4 Les glissements	45
1.3.5 Les coulées	46
1.3.6 Les laves	46
1.3.7 La solifluxion	46
1.3.8. La reptation	47
1.3 Les mouvements évolués	47
 2 - METHODE D'ETUDE	 47
2.1 Documents graphiques existants	47
2.1.1 Cartes topographiques	47
2.1.2 Carte géologique	47
2.1.3 Photographies aériennes	48
2.1.4 Les cartes ZERMOS	48
2.2 Bibliographie	48
2.3 Le travail personnel	48
2.3.1 La technique d'investigation	49
2.3.2 Enquêtes et recherches dans les archives	50
2.4 La fiche d'étude des mouvements de terrain	52
2.4.1 La légende	52
2.4.2 Les figurés	53
2.4.3 La fiche	53
2.5 La carte des mouvements	53
2.5.1 Présentation	53
2.5.2 Cartographie	57
2.6 Conclusion	57
 3 - LES ETUDES COMPLEMENTAIRES	 57
3.1 Carte des pentes	57
3.2 Carte lithomorphologique	59

3.2.1 Les roches compétentes	59
3.2.2 Les roches incompetentes	59
3.2.3 Les terrains glaciaires et les dépôts de versants	59
3.2.4 Les cônes et les alluvions de fond de vallée	62
3.3 Prospection géophysique	62
3.4 Analyses de laboratoire	63
4 - CONCLUSION	63
CHAPITRE IV ANALYSE DE DIVERS CAS	65
1 - INTRODUCTION	67
2 - LES MOUVEMENTS DANS LES TERRAINS DE COUVERTURE	67
2.1 Les glissements	67
2.1.1 Ravin des Aiguettes	67
2.1.2 Le Pis	69
2.1.3 Jalet	71
2.2 Les coulées : coulée de l'Aupillon	73
2.3 Les glaciers pierreux	74
2.3.1 Exigences structurales	74
2.3.2 L'altitude et le climat	77
2.3.3 Données sur les glaciers rocheux de la moyenne Ubaye	77
3 - LES MOUVEMENTS AFFECTANT LE SUBSTRATUM	78
3.1 Le Fauchage	78
3.2 Les écroulements : Roche Chamoussière	78
3.3 Les glissements	80
3.3.1 Ravin des Routres	80
3.3.2 Glissement de Soleille Boeuf	80
3.3.3 Route de Bouzoulières	82
3.4 Glissements et coulées	84
3.4.1 Lans	84
3.4.2 Les Alaris	86
3.4.3 Combe de Bouzon	89
3.4.4 Coulée du Plan	89
3.4.5 Torrent de Poche Nord-Est	91
4 - LES MOUVEMENTS COMPLEXES	93
4.1 Glissements et coulées du Torrent de Poche	93
4.2 Glissements et coulées de la Frache	100
4.3 Glissements des Chalanches	103
4.4 Pra-Bellon	106

CHAPITRE V	INTERPRETATION DES DONNEES	111
1 -	INTRODUCTION	113
2 -	CONSTATATIONS ET INTERPRETATIONS	113
2.1	Le Contexte	113
2.1.1	Répartition géographique et géologique sommaire des mou- vements	113
2.1.2	Influence de l'orientation et de la structure	113
2.1.3	Influence de l'altitude	116
2.1.4	Influence de la pente	121
2.1.5	Répartition des points d'eau dans les zones en mouvement	125
2.1.6	Conclusion	125
2.2	Caractéristiques propres aux mouvements	125
2.2.1	Extension	128
2.2.2	Rapport d'extension	128
2.2.3	Degré d'activité	128
2.3	Relations avec l'activité humaine	130
3 -	LES CAUSES DE L'INSTABILITE	131
3.1	Conditions intrinsèques prédisposant à l'instabilité	131
3.1.1	Pesanteur	131
3.1.2	Géologie	131
3.1.3	Nature du matériau	132
3.2	Les facteurs de déclenchement	132
3.2.1	Suppression de support	132
3.2.2	Action de l'eau	132
4 -	CONCLUSION	133
	CONCLUSION	135
	ANNEXE	137
	BIBLIOGRAPHIE	153
	PHOTOGRAPHIES	156
	LISTE DES TABLEAUX	157
	TABLE DES FIGURES	158



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

