HAL
open science

Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique du bas Grésivaudan (Isère) - Alpes françaises

Bernard Couturier

To cite this version:

Bernard Couturier. Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique du bas Grésivaudan (Isère) - Alpes françaises. Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1974. Français. NNT : . tel-00614816

HAL Id: tel-00614816

https://theses.hal.science/tel-00614816

Submitted on 16 Aug 2011

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

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

N° d'ordre

THESE

présentée

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE SPECIALITE

(Troisième cycle de GEOLOGIE APPLIQUEE)

par

Bernard COUTURIER

Contribution à l'étude géologique hydrogéologique et géotechnique du bas Grésivaudan (Isère)

Soutenue le octobre 1974, devant la Commission d'Examen :

R. BARBIER	Professeur à l'Université de Grenoble I	Président
R. MICHEL	Professeur à l'Université de Grenoble I	Examinateur
J. LETOURNEUR	Professeur à l'Ecole des Mines de St-Etienne	Examinateur
P. ANTOINE	Maître-Assistant à l'Université de Grenoble I	Examinateur

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE
ET MEDICALE DE GRENOBLE

M. Michel SOUTIF Président
M. Gabriel CAU Vice Président

MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L'U.S.M.G.

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.	ANGLES D'AURIAC Paul	Mécanique des fluides
	ARNAUD Georges	Clinique des maladies infectieuses
	ARNAUD Paul	Chimie
	AUBERT Guy	Physique
	AYANT Yves	Physique approfondie
Mme	BARBIER Marie-Jeanne	Electrochimie
MM.	BARBIER Jean-Claude	Physique expérimentale
	BARBIER Reynold	Géologie appliquée
	BARJON Robert	Physique nucléaire
	BARNOUD Fernand	Biosynthèse de la cellulose
	BARRA Jean-René	Statistiques
	BARRIE Joseph	Clinique chirurgicale
	BEAUDOING André	Pédiatrie
	BERNARD Alain	Mathématiques Pures
Mme	BERTRANDIAS Françoise	Mathématiques Pures
MM.	BEZES Henri	Chirurgie générale
	BLAMBERT Maurice	Mathématiques Pures
	BOLLIET Louis	Informatique (IUT B)
	BONNET Georges	Electrotechnique
	BONNET Jean-Louis	Clinique ophtalmologique
	BONNET-EYMARD Joseph	Pathologie médicale
	BOUCHERLE André	Chimie et Toxicologie
	BOUCHEZ Robert	Physique nucléaire
	BOUSSARD Jean-Claude	Mathématiques Appliquées
	BRAVARD Yves	Géographie
	CABANEL Guy	Clinique rhumatologique et hydrologie
	CALAS François	Anatomie
	CARRAZ Gilbert	Biologie animale et pharmacodynamie
	CAU Gabriel	Médecine légale et Toxicologie
	CAUQUIS Georges	Chimie organique
	CHABAUTY Claude	Mathématiques Pures
	CHARACHON Robert	Oto-Rhino-Laryngologie
	CHATEAU Robert	Thérapeutique
	CHIBON Pierre	Biologie animale
	COEUR André	Pharmacie chimique et chimie analytique
	CONTAMIN Robert	Clinique gynécologique
	COUDERC Pierre	Anatomie Pathologique
	CRAYA Antoine	Mécanique
Mme	DEBELMAS Anne-Marie	Matière médicale
MM.	DEBELMAS Jacques	Géologie générale
	DEGRANGE Charles	Zoologie
	DEPORTES Charles	Chimie minérale
	DESRE Pierre	Métallurgie
	DESSAUX Georges	Physiologie animale
	DODU Jacques	Mécanique appliquée
	DOLIQUE Jean-Michel	Physique des plasmas
	DREYFUS Bernard	Thermodynamique
	DUCROS Pierre	Cristallographie
	DUGOIS Pierre	Clinique de Dermatologie et Syphiligraphie
	FAU René	Clinique neuro-psychiatrique

MM.	GAGNAIRE Didier	Chimie physique
	GALLISSOT François	Mathématiques Pures
	GALVANI Octave	Mathématiques Pures
	GASTINEL Noël	Analyse numérique
	GAVEND Michel	Pharmacologie
	GEINDRE Michel	Electroradiologie
	GERBER Robert	Mathématiques Pures
	GERMAIN Jean-Pierre	Mécanique
	GIRAUD Pierre	Géologie
	KAHANE André	Physique générale
	KLEIN Joseph	Mathématiques Pures
	KOSZUL Jean-Louis	Mathématiques Pures
	KRAVTCHENKO Julien	Mécanique
	KUNTZMANN Jean	Mathématiques Appliquées
	LACAZE Albert	Thermodynamique
	LACHARME Jean	Biologie végétale
	LAJZEROWICZ Joseph	Physique
	LATREILLE René	Chirurgie générale
	LATURAZE Jean	Biochimie pharmaceutique
	LAURENT Pierre	Mathématiques Appliquées
	LEDRU Jean	Clinique médicale B
	LLIBOUTRY Louis	Géophysique
	LONGEQUEUE Jean-Pierre	Physique nucléaire
	LOUP Jean	Géographie
Mle	LUTZ Elisabeth	Mathématiques Pures
	MALGRANGE Bernard	Mathématiques Pures
	MALINAS Yves	Clinique obstétricale
	MARTIN-NOEL Pierre	Seméiologie médicale
	MAZARE Yves	Clinique médicale A
	MICHEL Robert	Minéralogie et Pétrographie
	MOURIQUAND Claude	Histologie
	MOUSSA André	Chimie nucléaire
	NEEL Louis	Physique du Solide
	OZENDA Paul	Botanique
	PAYAN Jean-Jacques	Mathématiques Pures
	PEBAY-PEYROULA Jean-Claude	Physique
	RASSAT André	Chimie systématique
	RENARD Michel	Thermodynamique
	REULOS René	Physique industrielle
	RINALDI Renaud	Physique
	ROGET Jean	Clinique de pédiatrie et de puériculture
	DE ROUGEMONT Jacques	Neuro-chirurgie
	SEIGNEURIN Raymond	Microbiologie et Hygiène
	SENGEL Philippe	Zoologie
	SOUTIF Michel	Physique générale
	TANCHE Maurice	Physiologie
	TRAYNARD Philippe	Chimie générale
	VAILLANT François	Zoologie
	VALENTIN Jacques	Physique Nucléaire
	VAUQUOIS Bernard	Calcul électronique
Mme	VERAIN Alice	Pharmacie galénique
M.	VERAIN André	Physique
MM.	VEYRET Paul	Géographie
	VIGNAIS Pierre	Biochimie médicale
	YOCCOZ Jean	Physique nucléaire théorique

PROFESSEURS ASSOCIES

MM.	ASCARELLI Gianni	Physique
	CHEEKE John	Thermodynamique
	GILLESPIE John	I.S.N.
	ROCKAFELLAR Ralph	Mathématiques appliquées
	WOHLFARTH Erich	Physique du solide

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Mle	AGNIUS-DELORD Claudine	Physique pharmaceutique
	ALARY Josette	Chimie analytique
MM.	BELORIZKY Elie	Physique
	BENZAKEN Claude	Mathématiques appliquées
	BERTRANDIAS Jean-Paul	Mathématiques appliquées
	BIAREZ Jean-Pierre	Mécanique
Mme	BONNIER Jane	Chimie générale
MM.	BRUGEL Lucien	Energétique
	CARLIER Georges	Biologie végétale
	CONTE René	Physique
	DEPASSEL Roger	Mécanique des Fluides
	GAUTHIER Yves	Sciences biologiques
	GAUTRON René	Chimie
	GIDON Paul	Géologie et Minéralogie
	GLENAT René	Chimie organique
	HACQUES Gérard	Calcul numérique
	HOLLARD Daniel	Hématologie
	HUGONOT Robert	Hygiène et Méd.Préventive
	IDELMAN Simon	Physiologie animale
	JANIN Bernard	Géographie
	JOLY Jean-René	Mathématiques pures
	JULLIEN Pierre	Mathématiques appliquées
Mme	KAHANE Josette	Physique
MM.	KUHN Gérard	Physique
	LUU-DUC-Cuong	Chimie Organique
	MAYNARD Roger	Physique du solide
	MULLER Jean-Michel	Thérapeutique
	PERRIAUX Jean-Jacques	Géologie et minéralogie
	PFISTER Jean-Claude	Physique du solide
Mle	PIERY Yvette	Physiologie animale
MM.	REBECQ Jacques	Biologie (CUS)
	REVOL Michel	Urologie
	REYMOND Jean-Charles	Chirurgie générale
	ROBERT André	Chimie papetière
	SARRAZIN Roger	Anatomie et chirurgie
	SARROT-REYNAULD Jean	Géologie
	SIBILLE Robert	Construction Mécanique
	SIROT Louis	Chirurgie générale
Mme	SOUTIF Jeanne	Physique générale
MM.	VIALON Pierre	Géologie
	VAN CUTSEM Bernard	Mathématiques appliquées

MAITRES DE CONFERENCES ET MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM.	AMBLARD Pierre	Dermatologie
	AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie
	ARMAND Yves	Chimie
	BEGUIN Claude	Chimie organique
Mme	BERIEL Héléne	Pharmacodynamique
M.	BILLET Jean	Géographie
	BOUCHARLAT Jacques	Psychiatrie adultes
Mme	BOUCHE Liane	Mathématiques (CUS)
MM.	BOUCHET Yves	Anatomie
	BRODEAU François	Mathématiques (IUT B)
	BUISSON Roger	Physique
	BUTEL Jean	Orthopédie
	CHAMBAZ Edmond	Biochimie médicale
	CHAMPETIER Jean	Anatomie et organogénèse
	CHERADAME Hervé	Chimie papetière
	CHIAVERINA Jean	Biologie appliquée (EFP)

MM.	COHEN-ADDAD Jean-Pierre	Spectrométrie physique
	COLOMB Maurice	Biochimie médicale
	COULOMB Max	Radiologie
	CROUZET Guy	Radiologie
	CYROT Michel	Physique du solide
	DELOBEL Claude	M.I.A.G.
	DUSSAUD René	Mathématiques (CUS)
Mme	ETERRADOSSI Jacqueline	Physiologie
MM.	FAURE Jacques	Médecine légale
	FONTAINE Jean-Marc	Mathématiques Pures
	GENSAC Pierre	Botanique
	GIDON Maurice	Géologie
	GRIFFITHS Michaël	Mathématiques Appliquées
	GROS Yves	Physique (stag.)
	GROULADE Joseph	Biochimie médicale
	GUITTON Jacques	Chimie
	IVANES Marcel	Electricité
	JALBERT Pierre	Histologie
	KRAKOWIAK Sacha	Mathématiques appliquées
Mme	LAJZEROWICZ Jeannine	Physique
MM.	LEROY Philippe	Mathématiques
	LOISEAUX Jean-Marie	Physique Nucléaire
	MACHE Régis	Physiologie végétale
	MAGNIN Robert	Hygiène et Médecine préventive
	MARECHAL Jean	Mécanique
	MARTIN-BOUYER Michel	Chimie (CUS)
	MICHOULIER Jean	Physique (I.U.T. "A")
Mme	MINIER Colette	Physique
MM.	MICOUD Max	Maladies infectieuses
	NEGRE Robert	Mécanique
	PARAMELLE Bernard	Pneumologie
	PECCOUD François	Analyse (IUT B)
	PEFFEN René	Métallurgie
	PELMONT Jean	Physiologie animale
	PERRET Jean	Neurologie
	PHELIP Xavier	Rhumatologie
	RACHAIL Michel	Médecine interne
	RACINET Claude	Gynécologie et obstétrique
	RAYNAUD Hervé	M.I.A.G.
	RENAUD Maurice	Chimie
Mme	RENAUDET Jacqueline	Bactériologie
M.	RICHARD Lucien	Botanique
Mme	RINAUDO Marguerite	Chimie macromoléculaire
MM.	ROMIER Guy	Mathématiques (IUT B)
	SHOM Jean Claude	Chimie Générale
	STIEGLITZ Paul	Anesthésiologie
	STOEBNER Pierre	Anatomie pathologique
	VROUSOS Constantin	Radiologie

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

MM.	CRABBEE Pierre	C.E.R.M.O.
	CABOT	Mathématiques appliquées
	CURRIE Jan	Mathématiques appliquées

CHARGES DE FONCTIONS DE MAITRES DE CONFERENCES

MM.	BARGE Michel	Neuro-chirurgie
	CONTAMIN Charles	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
	CORDONNIER Daniel	Néphrologie
	DENIS Bernard	Cardiologie
	KOLODIE Lucien	Hématologie
	RAMBAUD Pierre	Pédiatrie
	ROCHAT Jacques	Hygiène et hydrologie

Fait à Saint Martin d'Hères, JANVIER 1974.

A ma Mère,

à la mémoire de mon Père.

AVANT-PROPOS

Cette étude a été effectuée au Laboratoire de Géologie Appliquée de l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

Au terme de ce travail, je remercie respectueusement mon Président de thèse, Monsieur le Professeur R. BARBIER, qui m'a initié à la Géologie appliquée et a su développer mon goût pour cette spécialité.

Je dis toute ma reconnaissance à Monsieur le Professeur R. MICHEL pour les conseils éclairés et les encouragements qu'il m'a prodigués au cours de mes années d'études passées à l'Institut Dolomieu.

Je remercie également Monsieur le Professeur J. LETOURNEUR et Monsieur P. ANTOINE qui m'ont fait profiter de leur grande expérience dans le domaine de la Géologie du Génie civil et m'ont guidé lors de nombreuses discussions.

A Monsieur le Professeur J. SARROT-REYNAULD qui m'a enseigné l'Hydrogéologie et à J-C. FOURNEAUX qui m'a fait bénéficier de ses connaissances sur la région étudiée, j'exprime mon estime et mes vifs remerciements.

Je ne saurais oublier Monsieur le Professeur M. GIDON qui m'a orienté vers les Sciences de la Terre, ni mon oncle, le Docteur M. COUTURIER, dont j'honore affectueusement la mémoire, qui m'a encouragé dans le choix de ma carrière.

Je ne peux citer ici les nombreuses entreprises et les industriels qui m'ont ouvert aimablement leurs archives ; je les remercie pour leur contribution.

Enfin, j'assure de ma reconnaissance pour l'aide qu'ils m'ont apportée Monsieur MAS de l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise et le personnel technique de l'Institut Dolomieu.

-:-:-:-:-:-:-

SOMMAIRE

- Introduction

Chapitre I : Données géographiques

Chapitre II : Données géologiques

Chapitre III : Méthodologie

Chapitre IV : Etude hydrogéologique de la plaine de l'Isère

Chapitre V : Etude géotechnique des différents terrains

- Conclusions
- Annexes
- Bibliographie
- Table des illustrations
- Table des matières

INTRODUCTION

L'urbanisation et l'aménagement du territoire sont actuellement en pleine expansion. Le plus souvent, les zones favorables ont déjà été équipées et, petit à petit, on est contraint d'utiliser des sites beaucoup moins propices à la construction et aux équipements qui l'accompagnent.

Cette constatation nous révèle l'importance que va prendre la connaissance plus approfondie du sol et du sous-sol qui vont constituer le cadre obligé des réalisations futures.

L'Agence d'Urbanisme de la région grenobloise (A.U.R.G.)a pour sa part défini différents secteurs concernant :

- l'habitat
- les activités
- les équipements
- les ressources agricoles
- les volontés d'aménagement.

Il est bien clair, puisque certains sites auront des vocations multiples et qui parfois se superposeront (agriculture, urbanisme, tourisme), qu'il sera indispensable d'effectuer un choix pertinent entre leurs utilisations possibles.

La direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme (D.A.F.U.) montre qu'elle en est consciente en insistant sur la logique des études préalables aux décisions :

"Dans tous les cas, la validité du choix se traduit en termes économiques, les pénalités infligées à la communauté pouvant s'avérer très lourdes lorsque des éléments déterminants ont été négligés au niveau des études. L'incidence des erreurs est d'autant plus grave et irrévocable que les projets sont plus vastes et réalisés plus rapidement, ce qui limite les possibilités d'adaptation progressive. Il en va ainsi lorsque l'urbanisation s'effectue dans des zones dangereuses (instables ou inondables) ou simplement difficiles (nécessité de fondations profondes même pour de faibles charges). De même lorsqu'elle s'accomplit au détriment des potentialités du terrain, en jouant un rôle destructeur ou inhibiteur au regard des ressources naturelles en eau, matériaux de construction, végétation ou zones touristiques."

Dans cette optique, l'étude géologique et géotechnique, qui met en évidence les éléments favorables et défavorables aux diverses options d'aménagement joue donc un rôle déterminant.

Toutefois, dans la région qui nous intéresse, elle n'a encore été réalisée à ce jour que de façon sporadique. Si l'on veut bien noter d'autre part que les documents recueillis l'ont été par des entreprises diverses et concernaient des projets de nature différente, on conçoit qu'il est souvent malaisé d'en tirer des indications synthétiques valables pour la totalité du secteur. A défaut, il devient donc intéressant de travailler à une échelle plus lâche afin de saisir au moins les caractéristiques d'ensemble, ce qui

facilitera le choix entre les vocations des différents sites, et de prévoir l'importance des travaux de reconnaissance nécessaires.

C'est en visant d'abord cette synthèse régionale que nous avons essayé de réaliser notre travail.

CHAPITRE I : DONNEES GEOGRAPHIQUES

I) Situation

II) Caractéristiques physiques

III) Végétation

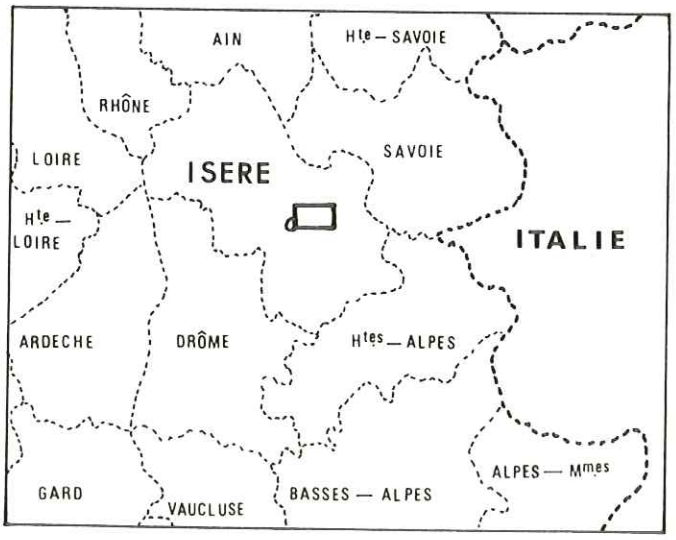
IV) Population et urbanisme

fig.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BAS GRESIVAUDAN

- situation générale

■ **Secteur étudié**

- situation départementale



CHAPITRE 1 : DONNEES GEOGRAPHIQUES

I - SITUATION (fig. 1)

Notre étude intéresse une zone, située au NE de la ville de Grenoble, constituée par la plaine alluviale de l'Isère et ses versants.

Pour des raisons de commodité, nous avons limité notre travail artificiellement à une partie de la carte Domène N° 5-6 au 1/25000 éditée par l'Institut Géographique National. Cette dernière couvre une superficie de 141 km2, l'étude géotechnique proprement dite n'ayant qu'une soixantaine de km2.

Les coordonnées géographiques de la carte sont les suivantes :

- longitude : 50,20 G à 50,30 G de lat. N
- latitude : 3,80 G à 4,00 G de long. E

Les coordonnées Lambert des angles de la feuille sont (Lambert III zone Sud) :

	x	y
NE :	882,460	336,180
SE :	882,900	326,200
NW :	868,460	335,580
SW :	868,700	325,600

II - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

A - Morphologie

Cette partie de la vallée de l'Isère, appelée bas Grésivaudan, présente les caractéristiques typiques d'une vallée glaciaire. L'érosion a entamé les roches en y déterminant des pentes d'autant plus raides que la roche est plus dure.

Au Nord Ouest, la rive droite de l'Isère est limitée par le massif de la Chartreuse et au Sud Est ce sont d'abord les collines bordières, puis la chaîne de Belledonne qui dominent la vallée.

Ces versants montrent une forte dissymétrie que l'on peut expliquer par la lithologie d'une part, et la structure géologique d'autre part. Nous verrons plus loin l'importance de ces deux paramètres.

Sa largeur et sa facilité d'accès font que cette vallée constitue un axe principal de communication entre Grenoble et la Savoie.

B - Climatologie

La plupart des données ont été trouvées soit à la Météorologie Nationale (St-Etienne-de-St-Geoirs), soit dans les synthèses annuelles météorologiques de M. JAIL (Revue de Géographie Alpine).

La région grenobloise occupe une position où se font ressentir des influences diverses :

- océaniques
- méditerranéennes
- continentales
- montagnardes

Dans l'ensemble, on peut dire que cette région bénéficie d'un climat de type océanique tempéré.

Pour avoir une bonne idée de celui-ci, nous avons utilisé les observations météorologiques de 7 stations qui, d'après leur position géographique, couvrent les différentes zones climatiques que l'on peut rencontrer.

1 - Stations et observateurs

Elles sont réparties sur 3 zones et l'interprétation de leurs résultats permettra de se faire une bonne idée du climat.

a - Versant rive droite de l'Isère :

- La Tronche : abandonnée en 1966
- Corenc : créée en 1966 pour remplacer la précédente : M. PORRAZ Henri

b - Plaine alluviale :

- Grenoble Eybens : abandonnée en 1967
- Grenoble St-Martin d'Hères : créée en 1967 : Météorologie Nationale
- Tencin : Mme FARINAZZO Yvonne
- la Terrasse : M. OLLIVIER Guy

c - Versant rive gauche de l'Isère :

- Revel : M. PACCALET Jean
- Theys : Mme MIDALIE Annie

Notons cependant que 4 d'entre elles ne sont pas situées sur la carte Domène 5-6 au 1/25000. Il s'agit de Tencin, la Terrasse, Theys, situées au NE de notre carte et de Eybens au SW.

2 - Précipitations

Nous avons réuni dans le tableau 1 les moyennes annuelles des onze dernières années, de 1962 à 1972, ainsi que la moyenne établie sur 30 ans, soit entre 1936 et 1965, soit entre 1931 et 1960*.

Stations	Alt.	Moy 30 ans	1972	1971	1970	1969	1968	1967	1966	1965	1964	1963	1962
La Tronche	225												
Corenc	227	1047*	917	1053	1252	964	1349	888	1211				
Grenoble-Eybens	223	985*						712	1089	1310	807	1022	850
Grenoble St-Martin d'Hères	212		847	991	1127	943							
Tencin	236	1009	788	1000	1293	1111	1407	974	1160	1361	813	880	805
La Terrasse	234	1099	824	978	1340	1076	1356	851	1256	1350	970	1081	994
Revel	630		870	1042	1262	955	1248	795		1222	832	1228	781
Theys	615	1113	997	1074	1276	1177	1398	940	1185	1491	972	1327	1018

Il apparaît que la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 1050mm sur 30 ans, ce qui dénote un climat de type pluvieux.

A la station de Corenc par exemple, au cours d'une année humide la hauteur d'eau peut atteindre 1349 mm (1918), alors qu'en année sèche cette valeur passe à 706 mm seulement (La Tronche 1964), soit une différence importante de 643 mm.

La valeur des précipitations est inférieure en plaine de 100 mm par an, par rapport aux stations situées sur les versants. Ainsi à Theys la moyenne annuelle sur 30 ans est de 1113 mm pour une altitude de 615 m.

En ce qui concerne les moyennes mensuelles, si l'on se réfère à une statistique portant sur 60 ans à La Tronche (fig. 2) il apparaît que c'est le mois d'octobre qui a le record absolu de pluie avec 120 mm, record qu'il devrait partager avec mars si l'on tient compte des chutes de neige. Juillet et août sont les mois les plus secs. Mais les précipitations gardent une répartition très irrégulière d'une année à l'autre.

Le nombre de jours de pluie varie de 130 à 170 avec une moyenne annuelle de 139 (statistique sur 20 ans : 1946 - 1965)

3 - Neige :

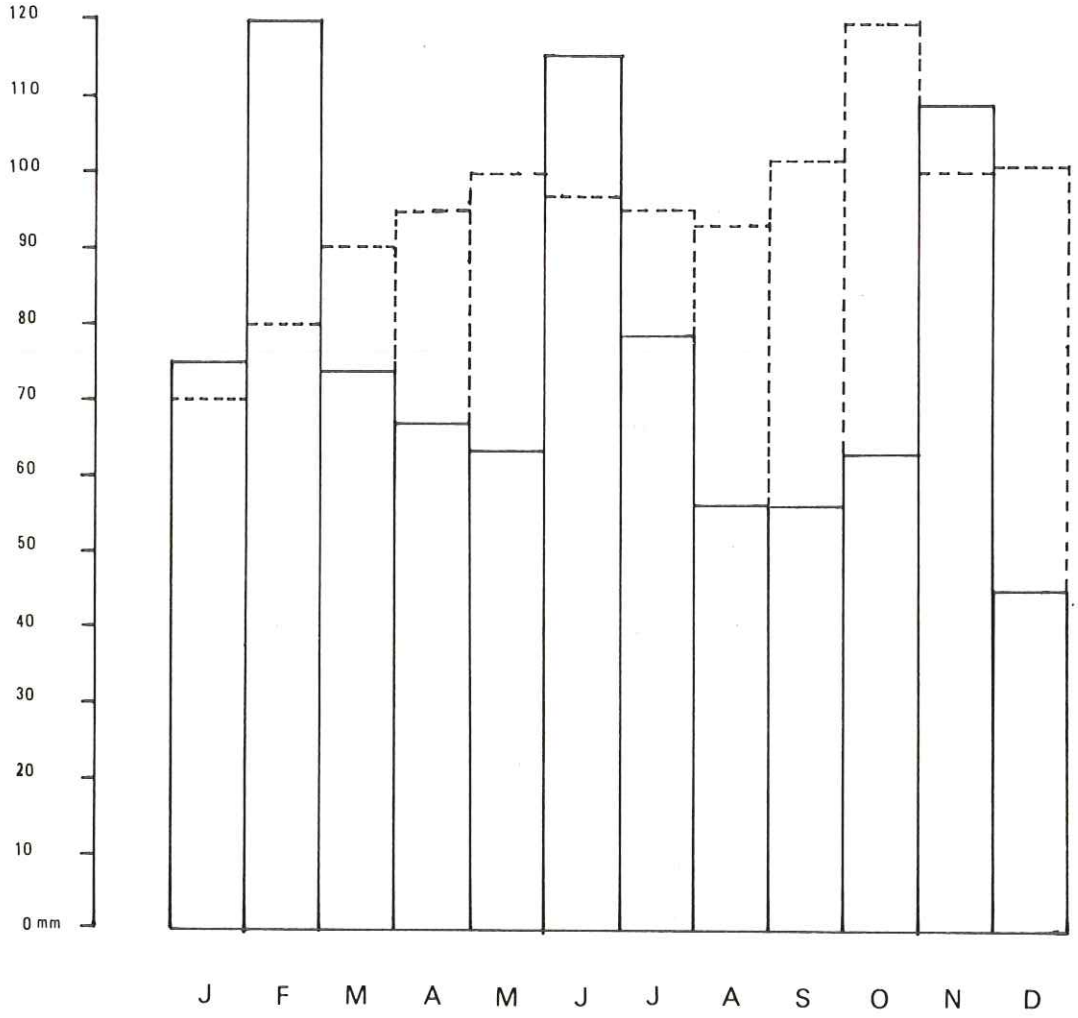
Une statistique a été établie sur 20 ans à la station de Grenoble-Eybens. Elle couvre la période 1946 - 1965 (tabl. II)

Grenoble-Eybens	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nombre moyen mensuel de jours de chute	6,8	5	1,8	0,7						0,1	1,4	4,9	21

fig. 2 PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE

sur 60 ans à LA TRONCHE

(D'après M. JAIL)



- TRAIT PLEIN : TOTAUX 1972 A CORENC
- POINTILLE : MOYENNE EN 60 ANS

Janvier, février et décembre sont les mois les plus enneigés : ces chutes vont uniformiser les irrégularités des précipitations. Mais de même que la pluie, elles peuvent être très variables d'une année à l'autre.

4 - Températures :

Nous avons effectué une moyenne annuelle sur les dix dernières années (tabl. III) (7 ans à Corenc
(3 ans à St-Martin-d'Hères
(3 ans à Eybens

Stations	1972	1971	1970	1969	1968	1967	1966	1965	1964	1963	1962	Moy.
Corenc	11,2	11	11,1	11,1	11,2	11,7		11,2				11,2
St-Martin-d'Hères	11,1	10,7	10,8									10,8
Eybens						11,9	11,8	11,8	10,3	10,8	10,7	11,1

Il apparaît que la moyenne annuelle est de l'ordre de 11° dans le bas Grésivaudan.

Nous avons réalisé le même tableau pour les moyennes mensuelles portant sur 7 ans à Corenc, 3 ans à St-Martin-d'Hères et 5 ans à Eybens (tabl. IV).

Stations	Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Corenc	1965,1967 à 1972	1,8	4,1	7,3	11,2	14,9	17,6	20,7	20,0	16,1	12,6	6,6	2,0
St-Martin-d'Hères	1970 à 1972	1,3	4,5	5,4	10,7	14,5	17,7	20,2	20,3	16,2	11,7	6,4	2,7
Eybens	1962 à 1966	1,2	3,5	6,5	11,2	14,4	18,4	20,2	19,3	16,8	12,5	6,6	2,0

Janvier et décembre ont les températures les plus basses, juillet et août étant par ailleurs les mois les plus chauds. On a aussi des hivers frais (2°) et des étés chauds (20-21°).

Il nous semble intéressant d'ajouter à cela une moyenne établie sur 6 ans à Corenc - entre 1967 et 1972 - concernant le nombre moyen mensuel de jours de gelée sous abri (tabl. V).

Corenc	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nombre moy. mensuel de jours de gelée	22	14	10	2	0,1					1	11	22	83

5 - Insolation

Les données la concernant ont été recueillies à Grenoble-Eybens, sur 18 années entre 1948 et 1965. La durée totale moyenne de l'insolation annuelle est de 2077 heures se répartissant mensuellement de la façon suivante (tabl. VI).

Eybens	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Durée moy. mensuelle de l'insolation (h)	77	111	173	192	236	257	293	263	198	139	72	67	2077

En ce qui concerne le Grésivaudan, il faut noter que l'adret de La Tronche - Meylan - Biviers jouit d'une exposition excellente, ce qui a fortement contribué au développement de l'habitat individuel de ce secteur par rapport au reste de la vallée.

6 - Vents

Ils sont de plusieurs types et influencés par la topographie ;

- Les vents du NE sont les plus importants (polaires maritimes, polaires continentaux, arctiques). Ils sont généralement froids.
- Les vents du SW sont moins fréquents mais plus violents que ceux du Nord. Ils sont chauds et très secs et apparaissent en automne et au printemps.
- Les vents d'ouest sont froids et humides et arrivent généralement après ceux du Sud.

L'influence de ces vents se fait moins sentir dans le bas Grésivaudan que sur la ville même de Grenoble, située au carrefour des vallées du Drac et de l'Isère. Mais encore une fois c'est l'adret de La Tronche-Biviers qui est la région la plus favorisée en offrant une bonne protection contre les flux polaires. Cependant la violence et la fréquence des vents ont pour effet direct d'accroître la rudesse du climat grenoblois.

Nous avons reproduit une rose globale des vents établie à Montbonnot d'après J. BILLET et M. JAIL, 1972 (fig. 3).

La longueur est proportionnelle à la fréquence des vents. Les hachures augmentent avec l'intensité du vent moyen ($\geqslant$ 3 m/s).

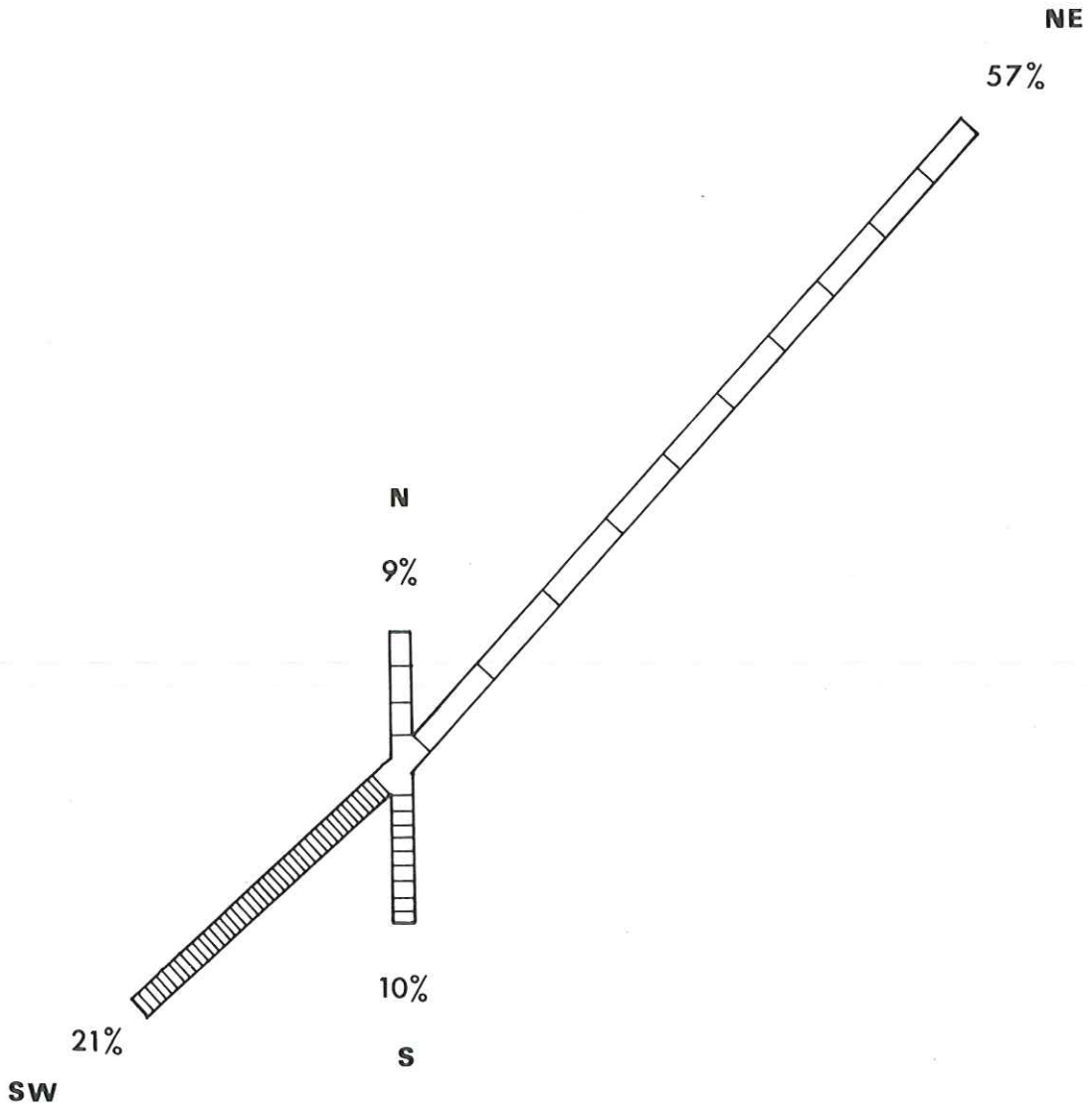
7 - Brouillards

Le nombre de jours de brouillard varie de 20 à 40 par an dans le Grésivaudan et cela en fonction de l'altitude. Là encore l'exposition joue un rôle important. Il y a moins de 20 jours de brouillard par an sur les versants à partir de l'altitude 260.

8 - Conclusion

Cette région bénéficie d'un climat océanique tempéré (12°), pluvieux (1050 mm) mais dont la pluviosité est bien répartie sur l'année, le brouillard (dans la plaine) et les vents (N et NW) intervenant néanmoins pour le durcir nettement.

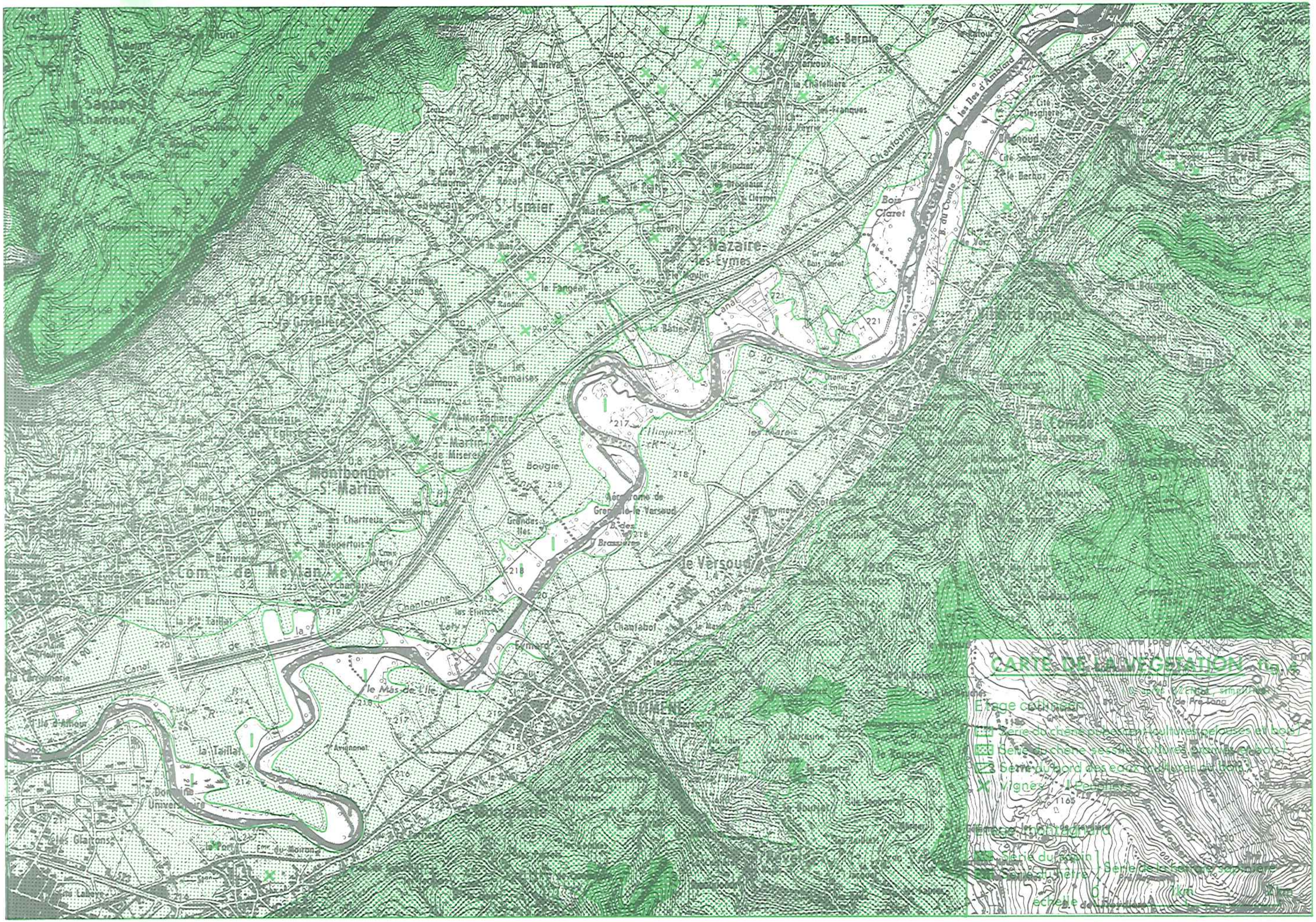
fig. 3 ROSE GLOBALE DES VENTS (MONTBONNOT)



. La longueur est proportionnelle à la fréquence des vents

. Les hachures augmentent avec l'intensité du vent moyen ($\geq$ 3m/s)

(D'après BILLET et JAIL)


CARTE DE LA VEGETATION
Etage collinéen
Série du chêne pubescent (cultures, pelouses et bois)
Série du bord des eaux (cultures et bois)
Vignes
Peupliers
Série du sapin
Série du hêtre
échelle
0
1km
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Montbonnot-St-Martin
le Versoud
Com. de Meylan
Bois Claret
le Sappey-en-Chartreuse
Bas-Bernin
le Mas de l'Île
Bougie
Chantourne
Canal

III - VEGETATION

Dans le cadre de la carte de la végétation des Alpes, une étude particulière sur la feuille Domène (XXXIII - 34) au 1/50000 a été réalisée en 1964 par P. OZENDA, J. REPITON, L. RICHARD et A. TONNEL (fig. 4).

A - Grands types de végétation

La végétation est représentée par 2 étages :
- l'étage collinéen de 200 à 800 m,
- l'étage montagnard de 800 à 1000 m.

Mais il ne faut pas considérer cela comme des limites strictes ; nous allons voir qu'elles varient en fonction de divers facteurs.

B - Variations régionales

L'hétérogénéité des conditions climatiques et géologiques fait que des différences importantes apparaissent.

1 - Opposition des versants

Les différences de végétation sont très nettes selon que l'on se trouve sur l'un ou l'autre des versants de la vallée. Elles s'expliquent par 3 causes qui jouent dans le même sens.

a - Exposition des versants

La rive droite de l'Isère est un adret, la rive gauche un ubac.

b - Nature du terrain

Le versant de la Chartreuse est formé de calcaires ou de calcaires marneux alors que les collines bordières sont constituées par des terrains marno-schisteux surtout recouverts de fréquentes formations morainiques qui augmentent l'acidité du sol.

c - Direction des vents

Ils sont principalement de NW et ainsi ce sont les versants occidentaux qui reçoivent le plus d'humidité.

2 - La plaine

La végétation est très différente des étages inférieurs des versants qui l'encadrent et elle est conditionnée par le remplissage alluvial (zones marécageuses) et l'activité humaine.

C - Végétation du versant rive droite (Chartreuse)

La grande pente située au pied des falaises du St-Eynard constituant l'étage collinéen se divise en 2 parties :

- la partie supérieure, sur les éboulis de falaise, est constituée par la série du chêne pubescent dans laquelle pousse du pin sylvestre.

- la partie inférieure, sur les grands glacis et cônes de déjection est recouverte par des pelouses ou des cultures (vignes).

On peut en fixer la séparation aux environs de la cote 500 m, mais ces deux parties peuvent s'interpénétrer suivant les conditions locales.

D - Végétation du versant rive gauche (collines bordières)

L'étage collinéen est constitué par la série du chêne pubescent et du chêne sessile qui sont étroitement liées, cette dernière étant surtout riche en châtaigniers. La série du chêne pubescent occupe les versants ensoleillés des vallées affluentes.

A partir de 800 m on passe progressivement à l'étage montagnard où apparaît la série de la hêtraie-sapinière représentée la plupart du temps par un faciès à épicéa dominant. Ces séries groupent chaque fois des cultures, des pelouses ou des bois.

E - Végétation de la plaine alluvionnaire

Elle constitue la série du bord des eaux où apparaissent des bois (aune blanc), des marais et des zones cultivées (maïs, cultures maraîchères, prairies artificielles, plantations de peupliers et un peu de vigne).

F - Utilisation de la végétation pour notre travail

La nature du sous-sol influence beaucoup le type de végétation.

- Les éboulis stabilisés sont la plupart du temps colonisés par des taillis, des petits chênes ou du pin sylvestre.
- Les cônes de déjection sont le domaine des pelouses et des cultures.
- Le substratum garde généralement une couverture boisée (châtaigniers sur les calcaires marneux et les placages morainiques du versant rive gauche).
- Les moraines ont souvent été utilisées soit en prairies (pâturages) ou en zones de polyculture (rive gauche).

Mais si la végétation peut servir de guide, lorsqu'il n'y a pas d'affleurements, il ne faut l'utiliser qu'avec la plus grande prudence, car elle est aussi très influencée par les critères d'exposition.

IV - POPULATION ET URBANISME

Notre étude touche une vingtaine de communes dont la population totale, excepté St-Martin-d'Hères, est d'environ 30 000 habitants.

Depuis plusieurs dizaines d'années l'agglomération grenobloise s'est énormément développée et les zones d'urbanisation ont largement dépassé le site même de la ville. Souvent pour des raisons d'ordre pratique les industries préfèrent abandonner leurs bâtiments et bureaux situés au coeur de Grenoble pour des positions plus excentrées où elles peuvent

disposer de toute la place nécessaire.

L'A.U.R.G. a réalisé un schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (S.D.A.U.) de la région grenobloise. Actuellement on assiste à un desserrement des activités de Grenoble vers les petites villes soit du Grésivaudan, en ce qui nous concerne, soit de la Cluse de l'Isère, soit dans la vallée du Drac.

Les estimations faites à partir du taux de croissance moyen annuel attribué à la population urbaine française pour les 30 années à venir et qui se situe aux environs de 2 %, laissent prévoir un peuplement de l'ordre de 60 000 à 80 000 habitants pour notre secteur en 1985. D'après le rapport du S.D.A.U., au cours des 30 prochaines années, il faudra :

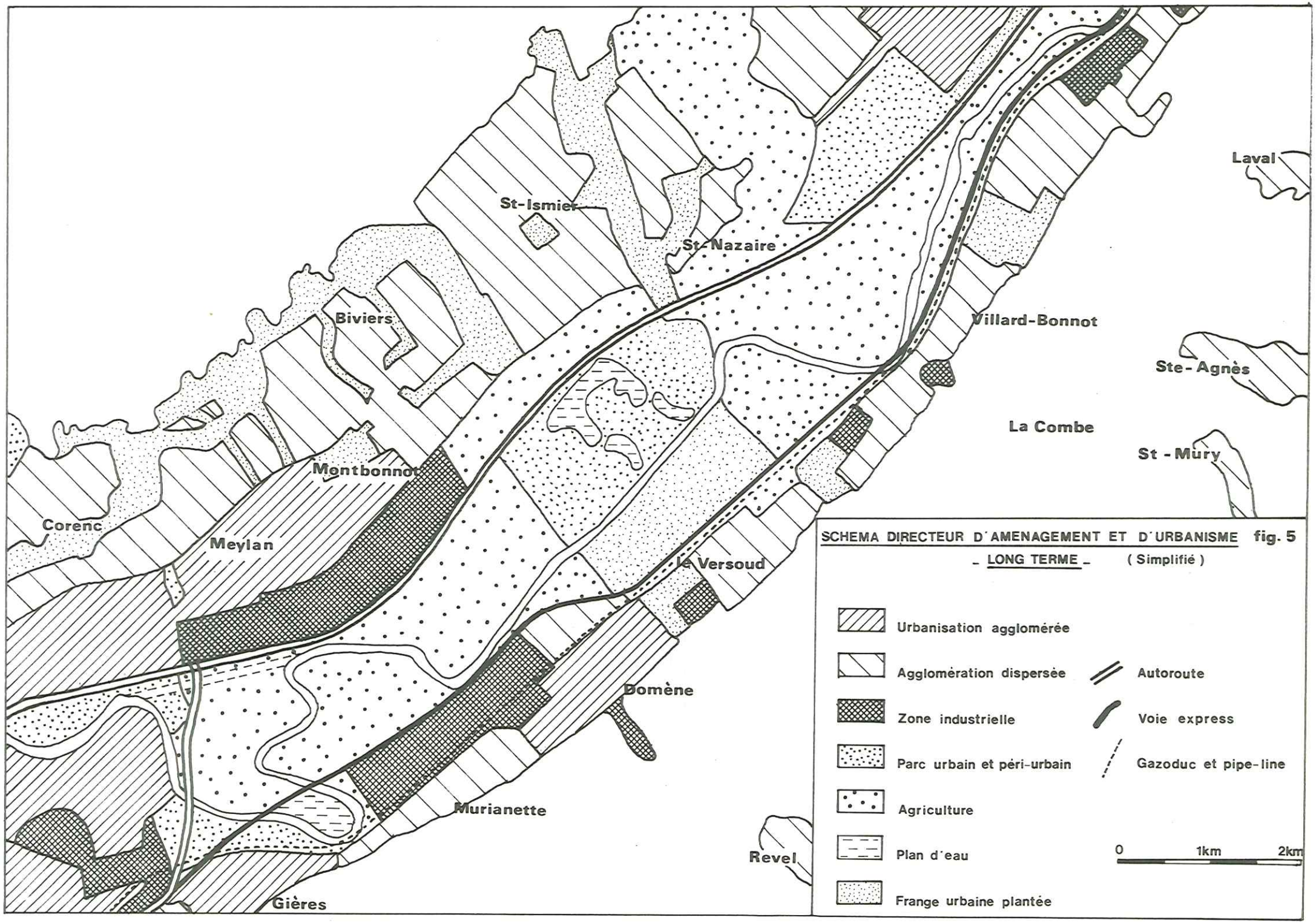
- équiper 2,5 fois plus de terrains industriels qu'il n'en existe actuellement,
- construire pour les seuls besoins nouveaux (sans tenir compte du renouvellement du patrimoine existant) plus de logements que n'en comprend aujourd'hui le parc immobilier,
- réaliser les équipements correspondants de toute nature dans les mêmes proportions en anticipant l'urbanisation proprement dite.

A partir de ces données, on comprend combien il est important d'utiliser au mieux l'espace vital dont nous disposons. Le S.D.A.U. définit ainsi 3 grands types d'aménagements (fig. 5).

- <u>les options urbaines</u> qui comprennent :
  - . l'urbanisation agglomérée
  - . les zones d'agglomération dispersée
  - . les zones industrielles
  - . les parcs publics urbains et péri-urbains
- <u>l'environnement naturel</u>
  - . la forêt
  - . l'eau
  - . l'agriculture
  - . les risques naturels
  - . les aménagements de loisirs
- <u>les options d'équipement</u> constituées par :
  - . les autoroutes
  - . les voies rapides
  - . les dessertes ferroviaires
  - . les gares
  - . les aérodromes

D'après la carte, on constate que ce sont surtout les versants et essentiellement leurs parties basses qui seront urbanisés (immeubles et maisons individuelles). Néanmoins lorsqu'on se rapproche du centre ville traditionnel, la plaine même de l'Isère est équipée (campus et Z.I.) bien que sur sa partie amont, entre Gières et Brignoud, elle soit consacrée à l'agriculture et à l'environnement naturel au sens large.

On comprend ainsi que les différents types de terrains existants seront pratiquement tous sollicités un jour ou l'autre pour recevoir soit des constructions (villas, immeubles, usines), soit des équipements (routes


St-Ismier
St-Nazaire
Biviers
Villard-Bonnot
Laval
Ste-Agnès
La Combe
St-Mury
Montbonnot
Corenc
Meylan
le Versoud
Domène
Murianette
Revel
Gières
SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME
fig. 5
- LONG TERME -
(Simplifié)
Urbanisation agglomérée
Agglomération dispersée
Zone industrielle
Parc urbain et péri-urbain
Agriculture
Plan d'eau
Frange urbaine plantée
Autoroute
Voie express
Gazoduc et pipe-line
0
1km
2km

et ouvrages d'art).

Ainsi c'est en fonction de ces réalisations futures que nous allons essayer de caractériser ces sols et ces roches afin de les mieux connaître et de se faire une idée plus précise quant à leur comportement vis-à-vis des différents travaux.

CHAPITRE II : DONNEES GEOLOGIQUES

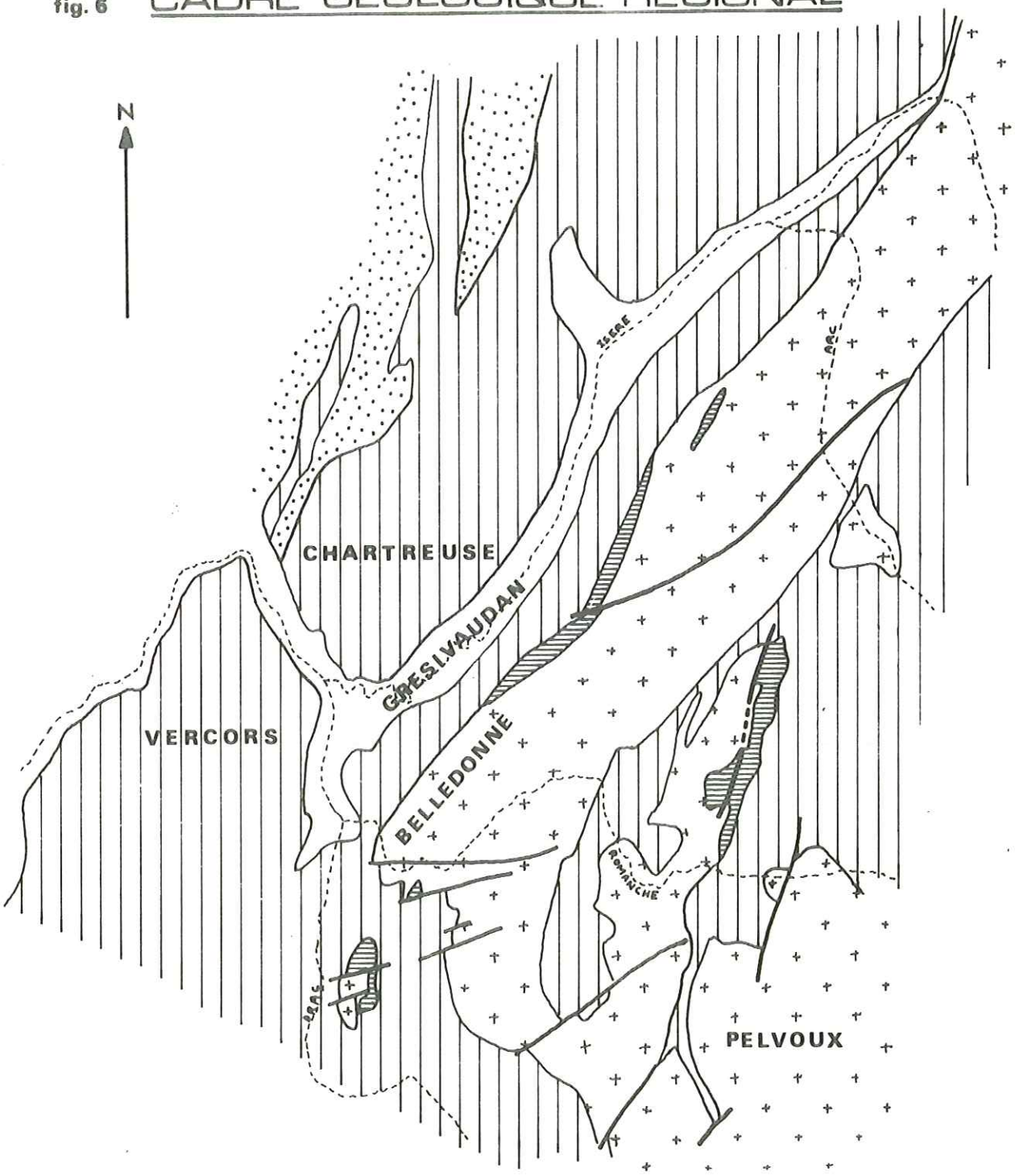
I) Généralités

II) Rebord oriental du massif de la Grande Chartreuse

III) Plaine du Grésivaudan

IV) Collines de la rive gauche du Grésivaudan

fig. 6 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL



QUATERNAIRE

TERTIAIRE

SECONDAIRE

PERMO-CARBONIFERE

MASSIFS CRISTALLINS EXTERNES

Echelle

5 10 15 20 Km

CHAPITRE II : DONNEES GEOLOGIQUES

I - GENERALITES

Sur le secteur étudié (fig. 6) au pied des massifs cristallins externes il est assez facile de distinguer trois grands ensembles, morphologiquement et lithologiquement très différents. Ainsi, en allant du NW vers le SE, on rencontre successivement :

- un premier relief constituant le rebord oriental du massif de la Grande Chartreuse
- la plaine alluviale du Grésivaudan
- un deuxième relief, formant les collines de la rive gauche, dominé par la chaîne de Belledonne.

Nous allons examiner successivement ces trois ensembles en limitant cependant la description géologique aux terrains intéressés par notre étude.

II - REBORD ORIENTAL DU MASSIF DE LA GRANDE CHARTREUSE

Il constitue une partie des chaînes subalpines qui ne sont que l'ancienne couverture sédimentaire des massifs cristallins externes (Belledonne). Il borde la rive droite de l'Isère par une série jurassique (Dogger, Malm) qui montre une structure légèrement synclinale dont l'axe est parallèle à la plaine du Grésivaudan. La stratigraphie peut en être résumée ainsi, en partant de terrains les plus anciens, situés au niveau de la plaine alluviale.

A - Bajocien

Il apparaît près de la localité de Corenc sous un faciès littoral de calcaires oolithiques, à entroques, massifs, de teinte sombre (noir, gris foncé) dans lesquels une faune parcimonieuse a permis d'établir un âge Bajocien supérieur et Bajocien moyen.

La présence des terrains de couverture ainsi que l'urbanisation intensive réduisent considérablement les affleurements et empêchent des observations détaillées.

B - Bathonien

Il est représenté par des bancs d'un calcaire noir, à cassure spathique, grenu, associé de façon rythmique à des marnes également sombres. La taille de ces bancs peut varier de 5 à 35 cm.

C - Schistes à Posidonomyes (Callovien)

Ils font la transition entre le Bathonien et la série suivante par l'intermédiaire de schistes calcaires noirs à patine rousse. La base est plus riche en petits bancs calcaires et marno-calcaires gris noirs qui doivent vraisemblablement représenter le Callovien et peut-être le Bathonien supérieur. L'épaisseur totale est de l'ordre de 500 m.
De par leur morphologie identique à l'Oxfordien, ils constituent avec lui la formation des Terres noires.

D - Oxfordien (sensu stricto)

Sur 200 à 250 m d'épaisseur on trouve une série de schistes argileux noirs presque azoïques, au sommet de laquelle se disposent plusieurs niveaux de miches de calcaire, creuses, contenant parfois des cristaux de quartz transparent, bipyramidaux et très purs (géodes de Meylan).

E - Rauracien

Les marno-calcaires qui le constituent représentent l'Oxfordien supérieur. Des bancs métriques, clairs en patine, sombres en cassure, alternent avec des marnes gris bleuté sur lesquelles l'altération laisse une patine brune. L'épaisseur varie de 400 à 500 m.

F - Séquanien

Ce vocable regroupe le Kimméridgien inférieur et l'Oxfordien terminal. La série calcaréo-marneuse est plus dure que la précédente et ainsi ce niveau forme une importante falaise (200 m) gris sombre à brune en patine dont la faune est extrêmement rare.

G - Kimméridgien moyen

Les passées marneuses alternant avec un calcaire marneux marron font que ce niveau forme un talus boisé qui contribue à mettre en relief la formation suivante.

H - Tithonique

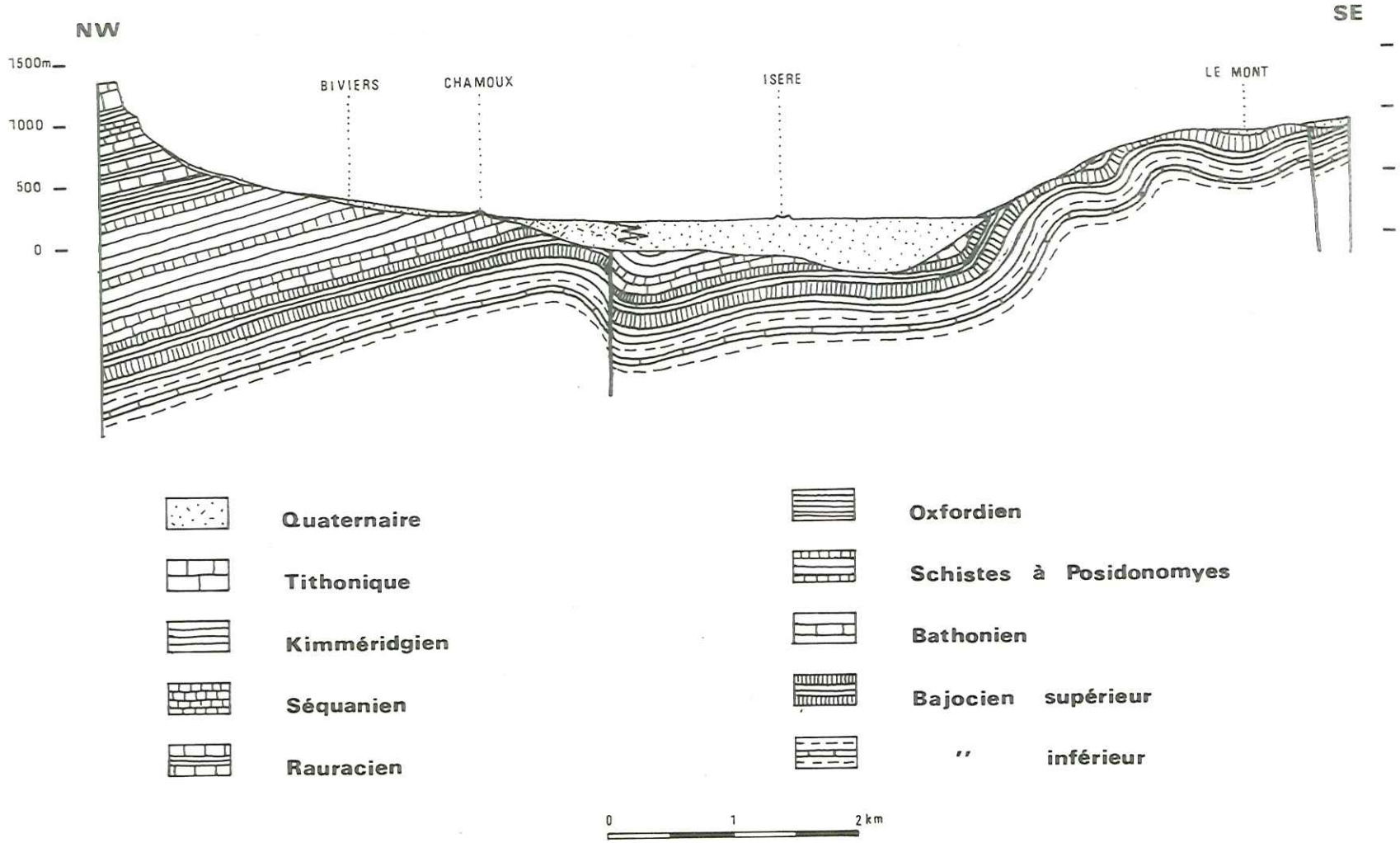
Il couronne toute la série dont nous venons de parler par une succession de deux falaises calcaires :

- une supérieure à patine claire formée de calcaires lités à pâte fine blanc rosé ou de calcaires massifs un peu plus teintés et parfois bréchoïdes

- une inférieure, plus brune, parfois marneuse.

Le passage entre ces deux ressauts s'effectue par un niveau de calcaires bien lités, plus sombres, d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Ces deux abrupts constituent le Kimméridgien supérieur et la transition

fig. 7 COUPE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE



avec les séries crétacées situées au-dessus, dont nous ne parlerons pas, le Tithonique étant ici une limite naturelle pour notre étude dans ces chaînes subalpines.

I - Formations superficielles

Des terrains de couverture très divers recouvrent la plus grande partie du substratum. Ils sont essentiellement représentés par des éboulis et des cônes de déjection actuels, des alluvions fluvio-glaciaires (antéwurmiennes) et diverses formations glaciaires (wurmiennes). Nous les détaillerons dans le chapitre V concernant l'étude géotechnique.

III - PLAINE DU GRESIVAUDAN

Elle constitue une profonde entaille d'origine glaciaire,fluviatile : le sillon subalpin. Mais il est très probable que cette origine est en relation avec des failles de direction identique à l'axe de la vallée que l'on peut mettre en évidence sur le versant de la rive gauche.

Le remplissage complexe de ce sillon est fonction de l'histoire de la vallée. On retrouve des sédiments d'origine lacustre, fluviatile ou glaciaire dont la répartition s'est faite un peu au hasard, au gré des crues de l'Isère, créant un complexe limoneux, argileux, sableux et graveleux.

IV - COLLINES DE LA RIVE GAUCHE DU GRESIVAUDAN

Elles forment ce que l'on a appelé à tort autrefois les collines liasiques et qui sont maintenant connues sous le nom de collines bordières, le Lias n'étant pas l'étage dominant car le Dogger est omniprésent.

La disposition structurale forme une demi-voûte dont le flanc Ouest plonge de 50° environ. La série est très faillée, replissée sans doute, mais une synthèse est très difficile à faire, du fait de l'absence de niveaux repères.

Ces collines bordières sont donc essentiellement composées par des séries bajociennes qui sont cependant différentes de celles rencontrées sur l'autre versant de la vallée.

A - Bajocien inférieur

Il est formé d'un ensemble de calcaires marneux, noirs, friables même quand ils ne sont pas altérés avec une alternance de lits marneux noirs, épais et tendres.

B - Bajocien supérieur

Là encore, on retrouve des calcaires marneux noirs en cassure, gris parfois très clair lorsqu'ils sont altérés, lardés de filonnets de calcite blanche pouvant atteindre des épaisseurs décimétriques. Ils sont plus durs que les précédents et les inter-lits marneux sont plus minces.

Le Bajocien tout entier est très affecté par la schistosité qui peut dans certains cas oblitérer complètement la stratification et témoigne des contraintes qu'ont subi ces niveaux lors des déformations orogéniques.

C - Formations superficielles

Elles sont moins diversifiées que sur l'autre versant. Il s'agit surtout de matériel glaciaire (wurmien et néowurmien, P. LORY), fluvio-glaciaire, ainsi que de cônes de déjection au bas des pentes.

CHAPITRE III : METHODOLOGIE

I) Conception de l'étude

II) Les renseignements rassemblés

III) Les moyens d'étude

IV) Documents réalisés

CHAPITRE III : METHODOLOGIE

I - CONCEPTION DE L'ETUDE

A - Généralités

Dans le domaine de la cartographie géotechnique, la France comptait, ces dernières années, un retard considérable vis-à-vis de certains pays d'Europe. L'intérêt de telles études, et le bénéfice que pouvaient en tirer les utilisateurs n'avaient pas été mis en évidence.

Pourtant, chaque jour, de nombreux travaux, ponctuels le plus souvent, sont réalisés et leurs résultats, utilisés dans un but bien précis (fondations, stabilité des pentes, recherches de matériaux, recherches d'eau, etc .) quand ils sont archivés, sont souvent oubliés.

Toute synthèse, tout regroupement, plusieurs années après sont difficiles, sinon impossibles à réaliser.

B - Développement de la cartographie géotechnique

Mais depuis 1970, un certain effort dans cette direction a été effectué. La D. A. F. U., sous le patronage du Ministère de l'Equipement et du Logement, a publié en avril 1971 une brochure intitulée : "Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme."

Les auteurs, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B. R. G. M.), le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L. C. P. C.) et divers bureaux privés, ont défini comment il fallait réaliser ce genre de travail et surtout ce que l'on devait y trouver en fait de renseignements.

Ce souci de systématisation nous est apparu très intéressant, car il va permettre, pour les secteurs étudiés, de regrouper de nombreux travaux souvent dispersés. Un organisme comme le B. R. G. M. collationne le maximum de données (surtout des sondages) dans toute la France, et les stocke dans sa "banque du sous-sol". Mais un tel archivage reste parfois incomplet et de nombreuses réalisations intéressant les travaux publics et l'urbanisme ne figurent pas sur les inventaires.

Aussi est-ce à partir des directives du Ministère de l'Equipement (1971), d'une étude de R. SANEJOUAND (1972), d'un travail de M. HUMBERT (1972) et d'une brève note plus spécifique à nos régions de P. ANTOINE et J. LETOURNEUR (1973) que nous avons effectué notre travail.

C - Cartographie géotechnique et S. D. A. U.

Ainsi au niveau du S. D. A. U. est-il nécessaire de préciser les problèmes relatifs aux contraintes et aux ressources naturelles. L'étude géotechnique aura pour but de fournir une bonne connaissance d'ensemble des sols et des roches constitutifs du site ainsi que de leur localisation spatiale. "Cette reconnaissance n'est pas spécialisée, en ce sens que les informations qu'elle donne pourront être utilisées pour l'étude de l'un quelconque

des problèmes mis en évidence par elle et spécifique à un aménagement prévu".

L'échelle utilisée sera le 1/25000. Néanmoins, pour des raisons de commodité, certains documents seront réduits au 1/50000.

II - LES RENSEIGNEMENTS RASSEMBLES

Ils concernent des données aussi diverses que la lithologie, la morphologie, l'hydrogéologie, la géodynamique externe, les risques naturels, la séismicité, les propriétés physiques et mécaniques des sols, les aptitudes des terrains aux travaux de l'ingénieur, les matériaux utilisables, l'homme et son milieu et différents exemples d'échecs lors de réalisations.

A - Lithologie

Elle constitue l'un des éléments fondamentaux. Aux dépens de la division stratigraphique classique, moins pratique dans le cas présent, nous pourrons par exemple regrouper sous un même figuré des formations d'âges différents mais de nature semblable. La carte stratigraphique deviendra donc une carte lithologique. En effet, certains étages peuvent très bien avoir leur base constituée par des marnes, leur sommet par des calcaires massifs, et les problèmes qu'il faudra résoudre se poseront de manière différente dans chacun des cas. C'est avant tout une étude de terrain qui permettra d'effectuer le choix des grands ensembles lithologiques.

B - Morphologie

L'analyse des formes du terrain permet parfois d'en interpréter la genèse et souvent d'avoir une idée de leur extension (surtout pour les terrains de couverture) voire même de leur épaisseur.

D'autre part les indications concernant les pentes topographiques sont très utiles quant à leurs équipements futurs. Certaines zones seront considérées comme inutilisables pour la construction uniquement sur des critères de pente, qui nécessiteraient des travaux beaucoup trop onéreux, compte tenu du but poursuivi.

C - Hydrogéologie

La présence d'eau modifie parfois radicalement les propriétés aussi bien physiques que mécaniques des terrains. On ne peut donc pas concevoir une étude géotechnique sans une étude hydrogéologique qui doit dans tous les cas lui être intimement liée.

La quantité d'eau présente dans les roches est surtout fonction de la perméabilité et de la structure de celles-ci. De très nombreuses catastrophes naturelles sont dues à l'eau. Une simple mise en charge dans un terrain mal drainé peut avoir des conséquences dangereuses sur le plan de la stabilité (constructions sur des versants raides). La présence d'une nappe modifie considérablement la méthode de réalisation et le prix de revient de certaines fondations (constructions en plaine alluviale). D'autre part, l'agressivité d'une eau, ses qualités chimiques et bactériologiques sont d'une importance primordiale quant à son exploitation.

Aussi apparaît-il évident qu'il sera nécessaire, chaque fois que l'on rencontrera une formation nouvelle, de bien analyser les relations qui existent entre elle et la phase liquide.

L'étude hydrogéologique revêt donc une grande importance et par la suite nous en ferons un chapitre à part pour la plaine alluviale, traitée avant l'étude géotechnique proprement dite.

D - Géodynamique externe

Elle prend en considération les phénomènes d'érosion, de sédimentation et d'altération.

On s'aperçoit rapidement que, dans de nombreux cas, on ne peut pas les dissocier de l'action de l'eau qui dans notre région est l'agent principal d'érosion et d'altération. Il en est pratiquement de même en ce qui concerne les modes de dépôt et si parfois l'eau n'est pas l'agent principal de la mise en place des sédiments, elle peut dans de nombreux cas contribuer à leur remaniement.

E - Risques naturels et séismicité

1 - Risques naturels

Le décret n° 61-1298, du 30 novembre 1961, prévoit dans son article 3 : "La construction sur des terrains exposés à un risque naturel tel que : inondation , érosion, affaissement, éboulement, avalanche, peut si elle est autorisée être subordonnée à des conditions spéciales. Ces terrains sont délimités par arrêté préfectoral pris après consultation des services intéressés et enquête dans les formes prévues par décret n° 59-701 du 6 juin 1959 relatif à la procédure d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique et avis du Conseil Municipal et de la Commission départementale d'Urbanisme".

La Direction départementale de l'Agriculture (D.D.A.) est chargée de ce travail dans le département de l'Isère.

"Les cartes de zones de risques naturels sont établies sur les cartes I.G.N. au 1/25000 ou 1/20000. Pour réaliser ces cartes, des enquêtes sont effectuées auprès des habitants et des services compétents. Divers documents sont systématiquement consultés quand ils existent (photographies aériennes cartes d'avalanches, cartes géologiques). Dans certains cas des études spéciales sont réalisées (préciser les limites des zones dangereuses sur le terrain, étude d'un glissement de terrain).

La carte indique un zonage des différents risques ainsi que les servitudes imposées à la construction." (Y. TACHKER, 1973). Ils peuvent être résumés ainsi :

- Zone inondable : Mesures de protection définies lors de la demande éventuelle de permis de construire
- Crue torrentielle : Construction interdite sur 25 m de part et d'autre de l'axe du ruisseau
- Glissement de terrain : Construction et terrassements interdits, les demandes éventuelles de permis de construire seront étudiées au coup par coup.
- Chute de pierres : Construction interdite.

Des risques comme les avalanches ne figurent pas sur notre secteur.

2 - Séismicité

La séismologie permet de délimiter les zones soumises à une activité sismique. Il est bien évident que la région étudiée ne connaît pas de séismes fréquents, mais si l'on veut être complet, il est nécessaire de prendre en considération ces phénomènes.

F - Propriétés physiques et mécaniques des sols

Elles seront déterminées à l'aide d'essais d'identification et d'essais mécaniques; cela permettra parfois de rattacher les différents types de terrains à une classification normalisée.

Dans le cadre d'une telle étude, il ne nous a pas été possible de réaliser des essais là où nous l'aurions souhaité. Le prix de revient de certains d'entre eux est très élevé (forages, essais mécaniques). Aussi avons-nous utilisé au maximum les documents archivés. Là où nous ne disposions que de peu de renseignements nous avons réalisé certaines mesures sur le terrain à l'aide du matériel du laboratoire de géologie appliquée de l'Institut Dolomieu.

Notre but est, à partir de tous les résultats collationnés ou mesurés, de donner une synthèse des caractéristiques physiques et mécaniques des sols et d'en dégager une "fourchette" pour un essai particulier (par exemple, limites d'Atterberg).

G - Aptitude des terrains aux travaux de l'ingénieur

Dans la mesure du possible, en fonction des travaux et essais réalisés, nous essaierons de dégager les propriétés des sols en vue de leur utilisation comme :

- sol de fondation
- couche de fondation (travaux routiers)

en donnant des précisions quant à :

- leur gélivité
- leur tassement
- leur gonflement
- leur drainage
- leur perméabilité
- leur compactage
- leur ouvrabilité

Il est bien évident que ces aptitudes des sols seront interprétables différemment selon les conditions locales de gisement. Il faudra prendre la précaution, chaque fois que l'on aura affaire à un des types de sol définis, de bien vérifier que son état correspond à celui qui nous a permis d'en donner les caractéristiques et qu'il n'y a pas de circonstance accidentelle (présence d'une lentille argileuse par exemple, dans des sables que l'on avait considéré comme homogènes) qui vient modifier ses propriétés.

H - Matériaux utilisables

Il est important d'essayer de proposer un inventaire des matériaux disponibles sur le secteur considéré.

En effet, si au niveau du S. D. A. U. le volume des matériaux dispo-

nible importe peu, c'est surtout la localisation des gisements qui compte.

D'autre part, lors d'un projet, il sera habile de combiner ce dernier avec l'exploitation d'un gisement : prélèvement de matériaux avant urbanisation ou avant transformation en plan d'eau par exemple. Ceci présente un avantage certain sur le plan économique.

I - L'homme et le milieu

Il y a de nombreux cas où l'homme a eu une intervention malheureuse sur le milieu naturel : la remise en route d'un ancien glissement par surcharge de ce dernier, l'abaissement du niveau de la nappe phréatique par des pompages mal répartis ou trop importants, une route qui entaille un bas de pente la rendant instable, sont des exemples courants d'évolution néfaste d'une roche ou d'un sol sous l'influence de l'activité humaine.

Aussi est-il important que pour chaque formation on envisage le problème de son évolution possible en fonction des contraintes qu'on lui imposera.

J - Exemples d'échecs lors de réalisations

Chaque fois que nous aurons, pour un terrain donné, des exemples d'échecs, nous essaierons de les analyser et de mettre en évidence leurs causes. Ces données auront pour but de prévenir l'aménageur, mais ne voudront pas dire pour autant que les travaux ne sont pas réalisables. Il faudra simplement les aborder avec beaucoup de circonspection et les considérer comme des cas particuliers très défavorables.

III - LES MOYENS D'ETUDE

Ils sont de deux types bien différents :

- les moyens existants qu'il a fallu rechercher et étudier
- les moyens mis en oeuvre qui complètent les précédents avec l'apport de données nouvelles.

A - Moyens existants

1 - Cartestopographiques

Nous avons utilisé deux modèles de cartes éditées par l'Institut Géographique National et cela en fonction des problèmes à traiter.

- La feuille Domène n° 5-6 au 1/25000
- La feuille Domène XXXIII-34 au 1/50000

2 - Cartesgéologiques

La feuille Domène au 1/50000 récente (1969) a été employée. Elle a servi de support à notre travail.

Pour la rive droite de la vallée, nous avons utilisé également un levé inédit de P. ANTOINE au 1/10000 de 1965.

3 - Photographies aériennes

Deux jeux de photographies aériennes d'échelle différente ont été examinés :

- 26 photographies au 1/25000 de 1966
- 73 photographies au 1/50000 de 1970

4 - Bibliographie

Elle nous a permis de voir avec quelle diversité on peut concevoir ce genre d'étude et surtout, à partir de comparaisons avec d'autres travaux, de prévoir à quels types de documents on peut aboutir compte tenu des moyens dont on dispose.

Elle a été effectuée à :

- l'Institut Dolomieu de Grenoble
- la Bibliothèque de l'Université I de Grenoble
- la Bibliothèque de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Grenoble
- la Bibliothèque de l'Institut de Géographie Alpine de Grenoble
- la Bibliothèque de l'Université Claude BERNARD de Lyon
- au Bureau Régional de Recherches Géologiques et Minières de Lyon.

5 - Documents archivés

Ils tiennent une place prépondérante dans notre travail. Ils sont de type très différent. Nous pouvons à ce niveau-là distinguer trois étapes :

- le collationnement des documents
- leur analyse
- leur stockage

a - Différents types de documents

Ce sont pour la plupart des études ponctuelles résolvant un problème particulier soit par des travaux sur le terrain, soit par des mesures en laboratoire. Nous avons utilisé (analyse et synthèse) les résultats de :

- sondages mécaniques
- sondages électriques
- sondages sismiques
- essais au pénétromètre dynamique
- essais de battage de pieux
- essais pressiométriques
- essais de perméabilité
- analyses granulométriques
- limites d'Atterberg
- mesures d'équivalent de sable
- calcimétrie
- essais mécaniques
- relevés piézométriques et limnimétriques

b - Collationnement des documents

C'est un travail de longue haleine, souvent décourageant car les résultats des démarches entreprises ne sont pas toujours positifs. On peut le résumer ainsi : récupérer tous les documents existants pouvant servir à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique du secteur considéré.

Nous allons essayer de voir la meilleure façon d'aborder cette partie de l'étude.

- Dans un premier temps, il est nécessaire de dresser une liste de tous les organismes susceptibles de fournir des renseignements. Il en existe de deux sortes :

. les organismes publics (aménagement du territoire, etc.)
. les organismes privés (travaux publics, bureaux d'études du bâtiment, architectes, etc.)

- Dans un deuxième temps, un entretien, avec le responsable des archives permettra, s'il en existe, de consulter des documents et cela dans la mesure où le client de l'entreprise en donnera l'autorisation.

Ils seront alors soit synthétisés et résumés de façon précise sur une fiche, soit lorsque cela est possible photocopiés et dépouillés ultérieurement.

Le tableau VII donne la liste de tous les organismes que nous avons contactés pour ce travail de compilation, travail qui a été effectué sur 10 mois et mené de pair avec le terrain.

c - Analyse des documents

Toutes ces données vont nous servir à caractériser les diverses formations. Dès ce stade, on doit noter que la répartition en fréquence des essais est très inégale, certaines formations (les alluvions de l'Isère en particulier) ayant été bien mieux étudiées que d'autres (les versants).

D'autre part, il faudra être très attentif au mode de réalisation des essais car il varie selon l'entreprise qui les a effectués. Ainsi l'interprétation des sondages mécaniques utilise-t-elle une terminologie différente d'une société de sondages à l'autre et même d'un sondeur à l'autre au sein d'une même entreprise. Des comparaisons deviendront alors impossibles lorsque les modes opératoires ne seront pas bien précisés.

En fait, il serait souhaitable que l'on arrive à une certaine unité en France, dans la réalisation des travaux, de façon à avoir des essais normalisés qui permettraient de caractériser de manière comparable tous les sols du territoire.

d - Stockage des documents

Nous avons essayé, en donnant le volume le plus réduit, de faire figurer le maximum de données en annexe et de telle façon qu'il soit commode de s'y reporter. Les documents restants sont classés et l'on pourra les consulter au laboratoire de géologie appliquée de l'Institut Dolomieu.

B - Moyens mis en œuvre

1 - Travail sur le terrain

a - Vérification des indications suggérées par les photographies aériennes et cartographie

Dans une région aussi urbanisée que la banlieue grenobloise, le travail sur le terrain est rendu difficile par le grand nombre de propriétés privées souvent entourées de murs importants et seule la vision stéréoscopique permet de se faire une idée globale d'un secteur.

Tabl. VII Organismes contactés

Organismes publics	Adresses
A.U.A.G.	Boulevard J. Pain - 38 GRENOBLE
B.R.G.M.	Av. du 11 novembre - 69 VILLEURBANNE
D.D.A. Isère	B.P. 31 - centre de Tri -38040 GRENOBLE Cédex
D.D.A. Savoie	7, av. de Lyon - 73 CHAMBERY
D.D.E. Isère	1, rue E. Hareux - 38 GRENOBLE
E.D.F. Isère	37, rue Diderot - 38 GRENOBLE
E.D.F. Savoie	3, rue Ronde - 73 CHAMBERY
MAIRIES	- voir les différentes communes
O.N.F.	9, quai Créqui - 38 GRENOBLE
S.N.C.F. (équipement)	12, av. Maréchal Leclerc - 73 CHAMBERY
Lab. de méc. des sols	Domaine Universitaire - 38 St-MARTIN-D'HERES
Lab. de Biologie végétale	" " " " " "
Lab. de Géologie alpine	Rue M. Gignoux - 38 GRENOBLE
Lab. de Géographie alpine	" " " " "
Aménagement de l'Isère	5, av. G. Péri - 38 St MARTIN D'HERES
Agence de bassin	31, rue J. Guesde - 69 PIERRE-BENITE
Météorologie nationale	Aérodrome - 38 St-ETIENNE-DE-St-GEOIRS
Association dépt. de l'Isère du Drac et de la Romanche	14, bd E. Rey - 38 GRENOBLE
Organismes privés	
A.R.E.A.	Chemin de la côte - 38 St-PRIEST
B.E.T.D.U.G.	3, rue M.Despez - 38 GRENOBLE
B.E.T.U.R.E.	5, rue Bellini - 92 PUTEAUX
C.E.B.T.P.	Rue M. Porte - 38 GRENOBLE
C.E.T.E.	B.P. 42 - 109, chemin St Jean - 69 BRON
C.P.G.F.	Chemin de Chassieu - 69800 St-PRIEST
J. DUBUS	Géologue-conseil - 38 MONTCHABOUD
GROUPE 6	2, rue des Marronniers - 38 GRENOBLE
N.E.Y.R.P.I.C.	Rue Général Mangin - 38 GRENOBLE
S.A.D.I.	3, rue de la Liberté - 38 GRENOBLE
S.O.C.O.T.E.C.	10 bis, bd Gambetta - 38 GRENOBLE
Société dépt. H.L.M. (Isère)	6, rue A. Abry - 38 GRENOBLE
S.O.L.E.T.C.O.	22, rue P. Helbronner - 38 GRENOBLE
S.O.G.R.E.A.H.	Av. M. Reynoard - 38 GRENOBLE
VERITAS	10, bd Gambetta - 38 GRENOBLE

Toutes les observations faites, ont été systématiquement vérifiées sur place, en particulier les limites substratum-couverture, les plus intéressantes pour nous et souvent difficiles à préciser. Ce travail nous a conduit à une cartographie lithologique des formations.

b - Observation aérienne

Comme les photographies aériennes, l'avion constitue un moyen de reconnaissance générale. Il est de plus économique car il nous a permis en peu de temps (1 heure de vol) de survoler en détail l'ensemble du secteur. Il a ainsi été possible de localiser rapidement la plus grande partie des travaux en cours et de se faire une idée de leur importance. C'est un moyen intéressant qui permet d'actualiser les photographies aériennes.

c - Observation de fouilles et de coupes artificielles

C'est à partir des travaux en cours que nous avons répertorié un maximum de données descriptives concernant les différentes formations. Les coupes artificielles ont permis de se faire une bonne idée du terrain puisqu'elles étaient souvent assez profondes (jusqu'à 6 m) et qu'elles avaient l'avantage d'être très fraîches et assez bien réparties. Ainsi les formations ont donc pu être analysées à différents niveaux et il a été possible de bien préciser leur structure.

Nous signalerons aussi que les contacts avec les entrepreneurs parfois rencontrés sur place ont toujours été très fructueux, car ils n'ont jamais hésité à nous faire bénéficier de leur expérience et à nous expliquer les réussites ou les déboires qu'ils rencontraient au cours des réalisations qu'ils avaient effectuées.

d - Prospection géophysique

Nous y avons eu parfois recours dans les secteurs où nous ne disposions que de peu de renseignements. Deux méthodes ont été utilisées :

. la prospection électrique
. la prospection sismique légère

- Prospection électrique

Elle a été réalisée avec un appareil portatif du type Strata-scout permettant d'atteindre une profondeur de l'ordre de 10 m.

- Prospection sismique

L'appareil utilisé est du type Terra-scout. La profondeur d'investigation varie de 10 à 15 m.

Nous insisterons sur le fait qu'il faut au moins être deux pour effectuer les mesures et qu'il n'a pas été toujours facile de trouver un compagnon ce qui nous a fait perdre beaucoup de temps.

e - Prélèvement d'échantillons

Toutes les catégories de sols ont nécessité un ou plusieurs prélèvements. Il s'agit d'échantillons remaniés qui ont été choisis soit dans des fouilles fraîches, soit recueillis à la tarière à main, lorsque les coupes naturelles ou artificielles n'existaient pas. Parfois il a été très difficile de prélever des échantillons représentatifs d'une formation.

f - Recensement hydrogéologique

Tous les ouvrages permettant l'étude de la nappe (piézomètres, limnigraphes, échelles) ont été répertoriés et reportés sur un plan. Nous avons ainsi pu compléter le travail de J-C. FOURNEAUX (1968).

Il n'a pas été possible de fournir les débits des sources, les émergences étant souvent très protégées. En ce qui concerne leur étude, nous renvoyons le lecteur aux travaux de DUBUS, MATHIEU et MICHEL (1968).

Mais pour chaque formation, les simples zones de suintement ont été étudiées et repérées.

2 - Travail de laboratoire

Il a permis, dans une certaine mesure, de fournir des données chiffrées dans des secteurs où elles étaient rares ou absentes. Les analyses ont été effectuées à l'Institut Dolomieu.

Les différentes manipulations peuvent se résumer ainsi :
- analyses granulométriques
- analyses sédimentométriques
- calcimétrie
- limites d'Atterberg
- analyses aux rayons X

Nous ne reviendrons pas sur les modes opératoires supposés connus. Néanmoins dans le chapitre V, les différents paramètres cités seront définis avec précision et les unités employées seront mentionnées pour éviter toute confusion.

IV - DOCUMENTS REALISES

Ils sont constitués par des plans, des cartes, des coupes, et un mémoire explicatif avec une annexe technique. Les échelles utilisées ont été choisies en fonction d'études au niveau du S. D. A. U. c'est-à-dire le 1/25000 et le 1/50000.

A - Plans

Ils permettent de recenser les points où ont eu lieu les différents travaux antérieurs et les observations nouvelles de cette étude. Ils sont au nombre de quatre :
- plan d'implantation des sondages mécaniques et géophysiques au 1/25000 et 1/50000
- plan d'implantation du réseau piézométrique au 1/50000
- plan des zones de prélèvement de matériaux au 1/50000 (d'après C.E.R)

B - Cartes

Elles sont au nombre de dix et tentent de couvrir les différents domaines qui peuvent intéresser un urbaniste ou un responsable d'aménagements :
- carte simplifiée de la végétation au 1/50000 (d'après OZENDA)
- carte lithomorphologique au 1/25000
- carte de l'épaisseur des limons et argiles de surface au 1/25000
- cartes hydrogéologiques au 1/50000

. 2 cartes de nappe en basses eaux
. 2 cartes de nappe en hautes eaux
. carte de profondeur de la nappe par rapport au sol en basses eaux
. carte de profondeur de la nappe par rapport au sol en hautes eaux
. carte de battement de la nappe

- carte clinographique au 1/50000
- carte synthétique des risques naturels au 1/50000 (d'après des documents D. D. A. approuvés par la Préfecture de l'Isère).

C - Coupes

Elles ont été tracées dans le but de mettre en évidence les composants du remplissage alluvial. L'échelle des hauteurs a été très exagérée afin que les différentes formations se distinguent plus facilement.

L : 1/25000
H : 1/1000

D - Mémoire explicatif avec annexe technique

Nous avons essayé de le faire le plus complet possible en donnant le maximum de renseignements recueillis sur la région étudiée.

CHAPITRE IV : HYDROGEOLOGIE DE LA PLAINE DE L'ISERE

I) Généralités

II) Rappels sur l'hydrogéologie du Grésivaudan

III) Les grands travaux de la plaine du Grésivaudan aval

IV) Evolution de la nappe du Grésivaudan aval depuis février 1968

V) Nappe de l'Isère et problèmes d'aménagement

VI) Conclusion

CHAPITRE IV : HYDROGEOLOGIE DE LA PLAINE DE L'ISERE

I - GENERALITES

Qu'il s'agisse de l'Isère ou de sa nappe alluviale, depuis fort longtemps, des problèmes de crues ou bien d'assainissement se sont posés aux habitants du Grésivaudan. Ainsi cette plaine située en amont de l'agglomération grenobloise a-t-elle été l'objet de nombreux travaux (endiguement du lit de la rivière, ou mise en place d'un réseau de canaux de drainage : les chantournes).

Des études plus spécifiques et plus récentes ont également été effectuées. Elles concernent l'hydrogéologie et les ressources en eau. Elles ont été recensées par R. MICHEL et J. DUBUS (1969). Nous avons essayé de compléter cet inventaire (bibliographie).

II - RAPPELS SUR L'HYDROGEOLOGIE DU GRESIVAUDAN

L'étude de la nappe alluviale de la plaine de l'Isère dans le Grésivaudan par J-C. FOURNEAUX entre 1967 et 1968 a conduit à un certain nombre de résultats concernant :

- son écoulement
- son alimentation
- la géochimie des eaux
- l'évaluation des ressources exploitables
- l'exploitation effective

A - Ecoulement de la nappe

Il existe deux zones différentes : la partie centrale de la vallée et les parties latérales.

- Dans le premier cas, l'écoulement s'effectue parallèlement à l'axe de la vallée sur une largeur qui est fonction de la morphologie même de celle-ci.

- Dans le deuxième cas, l'écoulement est très oblique par rapport à l'axe central et peut même lui être perpendiculaire.

B - Alimentation de la nappe

Elle se fait selon deux modes : alimentation par l'Isère et alimentation latérale.

- Dans le premier cas, on la constate lorsque le cours de l'Isère présente des méandres (à l'amont de la boucle de la Taillat).

- Dans le deuxième cas, elle a lieu par l'intermédiaire des formations superficielles qui recouvrent les versants et qui absorbent l'eau avant de la restituer à la nappe (éboulis, cônes de déjection, moraines).

C - Géochimie des eaux

D'une manière générale, la qualité des eaux du Grésivaudan aval

est soit passable, soit médiocre.

En effet, la minéralisation (bicarbonates et parfois sulfates) ainsi que la dureté des eaux sont élevées. Le titre hydrotimétrique approche les 30° français et parfois même les dépasse (Gières, St-Martin d'Hères). De plus, les teneurs en fer sont souvent supérieures à la normale.

Néanmoins certains secteurs bénéficient de conditions plus acceptables : ce sont les zones d'infiltration de l'Isère (Lancey) et des torrents de la rive gauche.

D - Débits exploitables

Pour l'ensemble de notre secteur ils ont été évalués à 5 m^3/s.

E - Exploitation effective

Elle est d'environ 1,5 m^3/s entre les deux lignes St-Martin d'Hères - La Tronche et Brignoud-Bernin. Elle apparaît donc bien inférieure aux réserves et la région se suffit à elle-même.

III - LES GRANDS TRAVAUX DE LA PLAINE DU GRESIVAUDAN

Depuis plus d'un siècle, la rivière ou la plaine ont été l'objet de nombreux travaux. Ceux-ci, nous le verrons par la suite, ont fortement influencé l'hydraulique de la plaine. Nous en avons distingué 4 types :

- l'endiguement
- les canaux de drainage
- les exploitations de graviers
- les coupures de méandres

A - Endiguement

De 1852 à 1870, un endiguement partiel et très discontinu a été effectué pour essayer de lutter contre les crues dévastatrices.

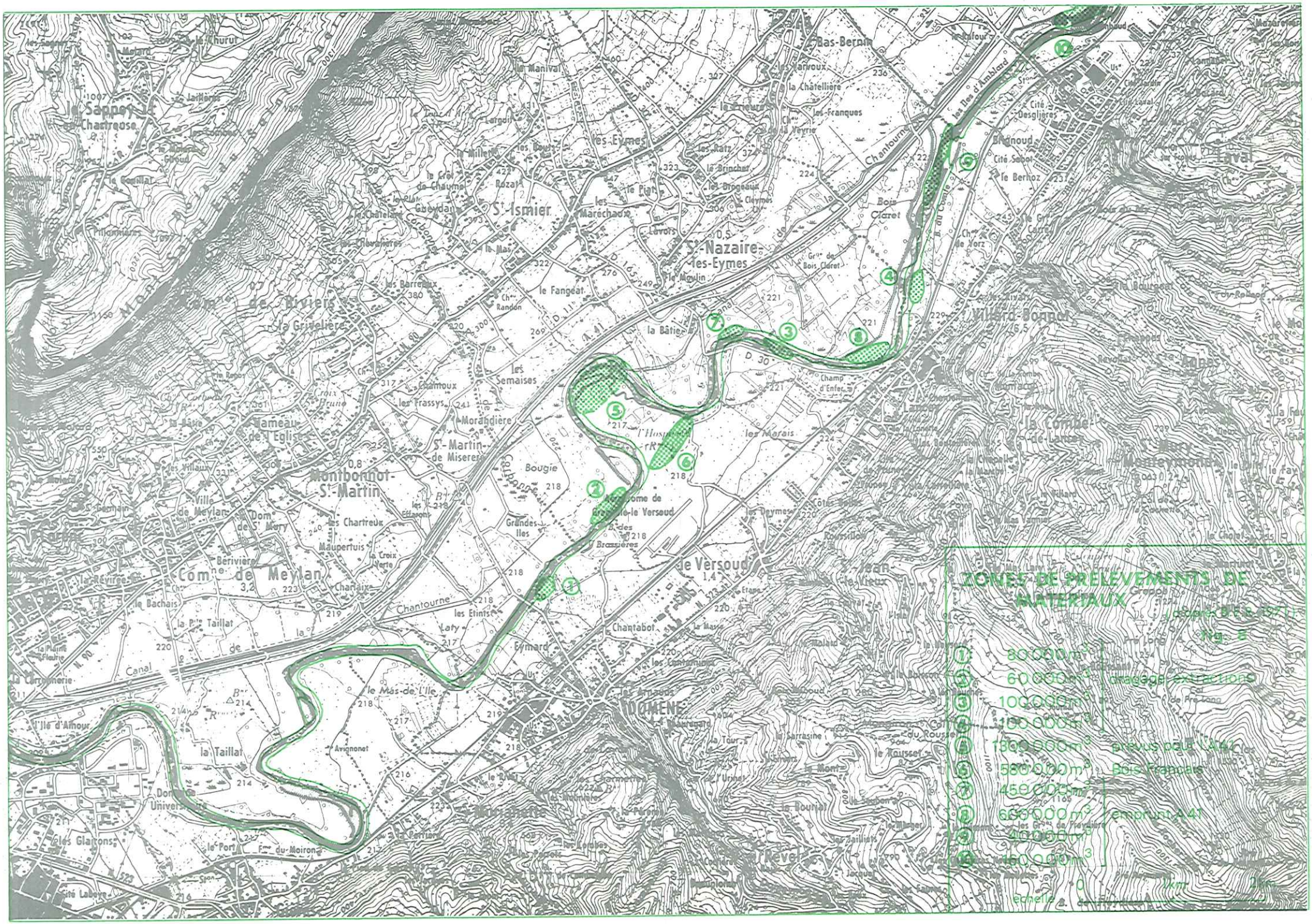
Mais ce n'est qu'après la guerre, de 1945 à 1948, qu'un équipement plus homogène et efficace a été réalisé. La rivière était à la recherche de son profil d'équilibre et alluvionnait. Ce processus a provoqué l'exhaussement du profil en long et la rivière s'est trouvée surélevée et parfois perchée au-dessus de la plaine. D'après le rapport RUBY (1971) cet exhaussement aurait été d'environ 1,60 m au pont de la Bâtie.

B - Canaux de drainage

La nappe a suivi la rivière dans sa "remontée" rendant le terrain incultivable, très humide et marécageux. Pour remédier à cela, un réseau de canaux ou chantournes a été tracé sur toute la plaine.

C - Exploitation du gravier

Le lit mineur de l'Isère a été pendant très longtemps un lieu de prédilection pour la recherche de matériaux (gravier) dont les besoins se font de plus en plus sentir (bâtiment, remblais de routes, etc.). Une étude faite par le service des Ponts et Chaussées estime le volume des extractions d'alluvions à l'amont de Grenoble à 10 millions de m^3 depuis 1949 et celui-ci n'a pas été


ZONES DE PRÉLÈVEMENTS DE MATÉRIAUX
1 80 000 m³
2 60 000 m³
3 100 000 m³
4 100 000 m³
5 580 000 m³
6 450 000 m³
7 650 000 m³
8 400 000 m³
9 160 000 m³
dragage extractions
prévus pour LGV Bois Français
emprunt A 41
Échelle
Domène
St-Martin-de-Miserey
Montbonnot-St-Martin
Le Versoud
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Villard-Bonnot
Bas-Bernin
Chantourne
Canal

comblé par le débit solide de l'Isère qui n'a été que de 4 millions de m^3 pour la même période. Ces extractions ont lieu dans le lit même de l'Isère ou sur ses abords immédiats (fig. 8).

D - Coupures de méandres

Deux coupures ont été envisagées : la coupure de la boucle de Bois Français et la coupure de la boucle de La Taillat. Actuellement, seule la première a été réalisée.

1 - Coupure de Bois Français

Elle a eu lieu le 1er février 1968. Le cours de l'Isère a été amputé de 1800 m. Différentes raisons ont motivé ce travail, nous allons les passer en revue.

a - Assainissement

Un abaissement du niveau de la nappe est prévu et ainsi un gain en terres cultivables qui a été évalué à 1000 hectares.

b - Erosion

Sur la boucle de Bois Français, le flanc concave du méandre présente une falaise de 20 m de hauteur qui est régulièrement affouillée (période de crue). Le recul de cette falaise a été estimé à 200 m pour les 30 dernières années. Ceci était très gênant, en particulier à cause de la proximité du tracé de l'autoroute Grenoble - Chambéry.

c - Digues

Dans leur état actuel, elles ne sont pas suffisantes pour contenir les crues. Le méandre fait changer le sens de l'écoulement de 90° et son amorce est un point de submersion et de rupture. Avec une suppression de la boucle, la modification des digues s'en trouve simplifiée.

d - Matériaux utiles

L'assèchement du méandre permettra une exploitation du gravier importante.

e - Tourisme

Lorsque l'on aura épuisé les ressources exploitables en matériaux, ce secteur pourrait être aménagé en plan d'eau à vocation touristique.

2 - Coupure de la boucle de la Taillat

Elle est à l'état de projet. C'est une coupure plus importante que la précédente ; deux possibilités ont été envisagées :

- une coupure courte avec un raccourcissement de 3600 m de la rivière
- une coupure longue de 4600 m

Cette rectification du lit porterait donc sur une longueur au moins 2 fois supérieure à celle de Bois Français. Cette fois encore, l'assèchement de la boucle permettrait la récupération d'un important tonnage de matériaux. Par la suite, la reconversion du site devra également se faire dans le sens d'un

plan d'eau pour le tourisme.

. . .

Il nous est apparu intéressant d'essayer d'analyser d'un peu plus près et avec un recul de 6 ans maintenant les conséquences de tels travaux sur l'hydrologie et l'hydrogéologie du Grésivaudan.

IV - EVOLUTION DE LA NAPPE DU GRESIVAUDAN AVAL DEPUIS FEVRIER 1968

Quel est maintenant l'état de l'Isère et de sa nappe et comment ont-elles évolué depuis le 1er février 1968 date de la coupure de Bois Français ?

Une étude a déjà été réalisée en 1970 par le Cabinet d'Etudes Ruby (C.E.R.) sur un secteur plus restreint. Aujourd'hui, le recul étant plus grand, les conséquences apparaissent mieux encore. Nous allons ainsi nous livrer à une comparaison étant donné que nous disposons des documents rassemblés par J-C. FOURNEAUX en 1967.

A - Réseau des points de mesures (fig. 9)

Il est actuellement double :
- le réseau des Ponts et Chaussées
- le réseau du Génie Rural

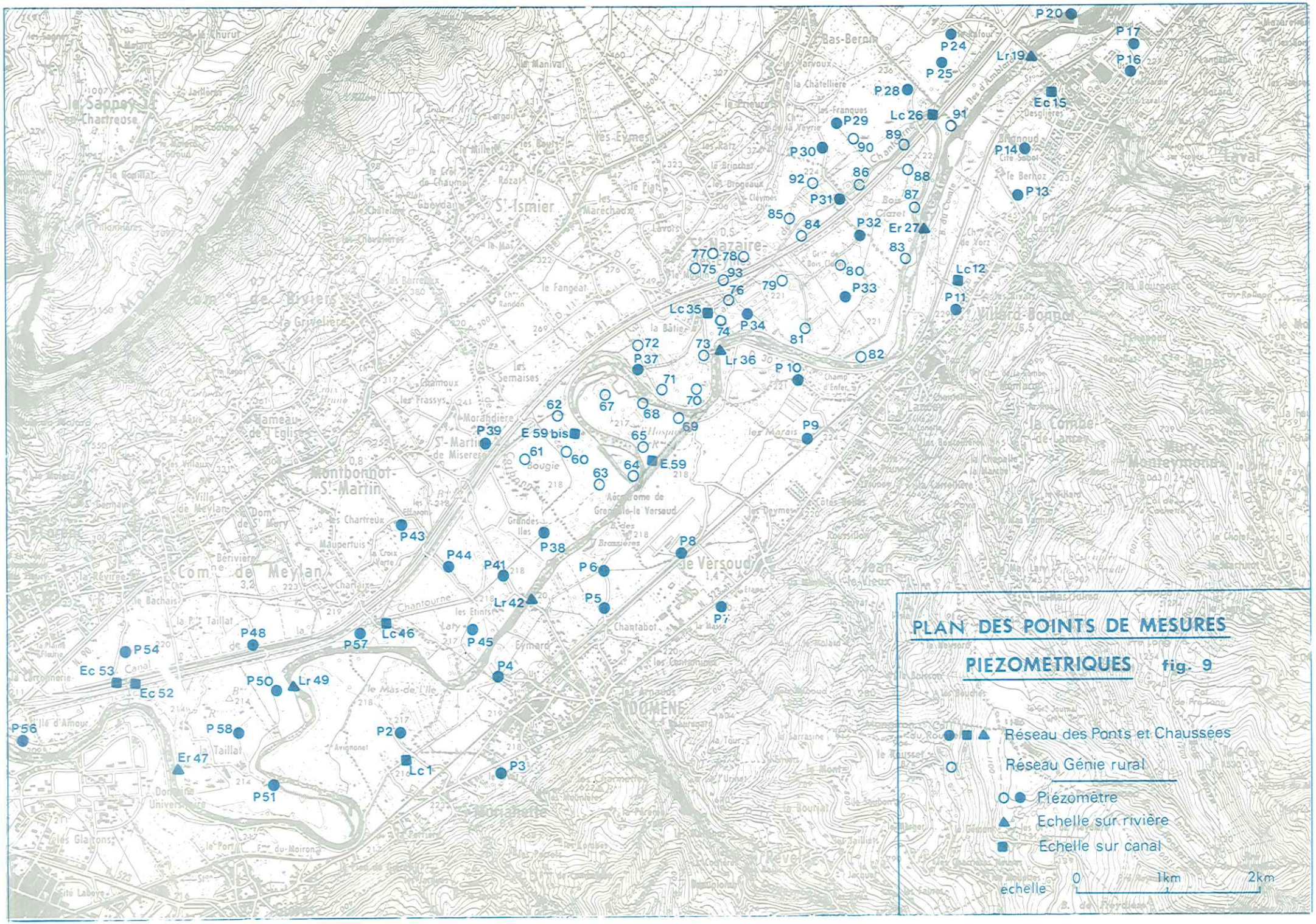
Tous les deux font l'objet de relevés mensuels par le Service de l'Aménagement de l'Isère. Le nombre des points de mesures que nous avons utilisé est de 85. Ils s'étendent de l'Ile d'Amour (La Tronche) à la Cité Chalimbaud (Brignoud), sur une distance de 14 km dans l'axe de la vallée. Ils en couvrent toute la largeur et leur répartition, bien que plus dense dans le secteur de Bois Français, est assez homogène, ce qui nous donnera une idée très représentative de la nappe et nous évitera des extrapolations souvent hasardeuses.

Si l'on classe ces points de mesures par catégories on obtient le décompte suivant :
- 71 piézomètres (symbole P)
- 7 échelles et/ou limnigraphes sur canaux (symbole Ec)
- 7 échelles et/ou limnigraphes sur rivières (symbole Er)

Pour notre étude, nous avons utilisé les relevés mensuels des années 1972 et 1973 (Tabl. VIII).

B - Cartes isopièzes

Elles sont l'expression graphique du travail puisqu'elles permettent d'étudier l'écoulement et l'alimentation de la nappe. Nous en avons réalisé deux :
- une en hautes eaux à partir des relevés des 30 et 31 juillet 1973
- une en basses eaux à partir des relevés des 7, 8 et 9 mars 1972


PLAN DES POINTS DE MESURES
PIEZOMETRIQUES fig. 9
Réseau des Ponts et Chaussées
Réseau Génie rural
Piézomètre
Echelle sur rivière
Echelle sur canal
échelle 0 1km 2km
P20
P17
P16
P24
P25
Lr 19
P28
Ec 15
Lc 26
91
P29
89
90
P30
P14
86
88
92
P31
87
P13
85
84
P32
Er 27
83
77
78
75
93
80
Lc 12
79
76
P33
P11
Lc 35
74
P34
81
72
73
Lr 36
82
P37
P10
71
70
62
67
68
69
P9
P39
E 59 bis
65
61
60
64
E 59
63
P43
Grandes Iles
P38
P8
P44
P41
P6
Lr 42
P5
P7
P48
Lc 46
P57
P45
P54
P4
Ec 53
Ec 52
P50
Lr 49
P56
P58
P2
Er 47
Lc 1
P3
P51

Tabl. VIII RELEVES PIEZOMETRIQUES

N°	Coordonnées Lambert x	y	z	Cote nappe 7-8-9 mars 72	Cote nappe et prof./sol 12-13 sept. 72		Cote nappe et prof./sol 30-31 juil. 73	
Lc 1	872.92	327.82	213.39	213.74	213.69		213.86	
P 2	872.94	327.85	217.22	212.59	212.17	4.12	213.31	2.98
P 3	874.08	327.44	218.61	212.85	212.46	5.12	212.82	4.76
P 4	874.05	328.45	220.12	212.77	212.57	4.15	213.81	3.16
P 5	875.14	329.28	218.72	214.78	214.30	2.51	215.36	2.45
P 6	875.13	329.56	219.09	214.74	214.37			
P 7	876.42	329.28	222.13	216.78	215.48	5.71	216.89	4.30
P 8	875.84	329.27	220.64	215.86	215.14	4.46	216.19	3.41
P 9	877.30	331.18	220.75	217.10	216.40	3.40	217.78	2.02
P 10	877.18	331.85	222.34	216.89	216.84	4.52	218.02	3.34
P 11	878.74	332.65	225.78	218.73	218.68	6.15	220.91	3.92
Lcl2	878.74	333.00	222.26	222.46	222.51		222.87	
P 13	879.45	333.94	235.83	222.68	222.68	12.44	223.43	11.69
P 14	879.48	334.50	226.59	222.23	222.04	3.70	223.27	2.47
Ecl5	879.74	335.14	224.38	224.68	224.38		224.56	
P 16	880.61	335.28	228.03	223.03	222.88	4.28	223.90	3.26
P 17	880.66	335.75	227.67	223.96	223.82	3.05	224.84	2.03
Lrl9	879.50	335.51	224.23	222.68	222.43		223.01	
P 20	879.80	336.00	229.06	223.07	222.54	5.53		
P 24	878.67	335.76	228.52	225.15	223.57	3.98	225.81	1.74
P 25	878.56	335.36	227.55	224.50	222.87		225.18	1.22
Lc26	878.50	334.76	223.69	223.64	223.29		224.39	
Er27	878.44	333.58	220.30	219.80	220.80			
P 28	878.28	335.12	228.51	224.51	222.66	3.53	225.39	2.16
P 29	877.47	334.73	226.35	224.75	221.82	3.57	224.69	0.70
P 30	877.35	334.40	225.13	222.78	221.03	3.21	223.27	0.95
P 31	877.56	333.83	223.63	220.87	220.83	2.30	222.24	
P 32	877.76	333.57	224.43	220.08	219.33	4.10	220.59	2.84
P 33	877.53	332.79	223.42	218.66	218.15	4.31	219.22	3.24
P 34	876.56	332.62	223.28	217.46	216.98	5.31	218.23	4.06
Lc35	876.13	332.50	219.83	220.63	220.53		220.81	
Lr36	876.30	332.14	218.47	216.17	215.97		216.92	
P 37	875.50	331.84	222.76	217.47	216.52	5.27	218.14	3.65
P 38	874.51	330.08	219.00	214.81	214.25	3.76	215.44	2.57
P 39	873.77	331.00	221.79	216.29	215.01	5.80	216.85	3.96
P 41	874.02	329.58	217.88	214.79	214.80		215.11	
Lr42	874.32	329.36	214.64	213.64	213.34		214.31	
P 43	872.95	330.14	222.80	215.21	214.35	7.65	216.15	5.85
P 44	873.44	329.64	218.63	214.35	213.58	3.99	215.21	2.36
P 45	873.63	329.00	218.14	213.54	213.19	3.94	214.63	2.50
Lc46	872.70	329.00	214.24	215.12	214.79		215.21	
P 48	871.37	328.66	217.24	211.91	211.89	4.46	213.29	1.06
Lr49	871.73	328.34	213.34	212.04	211.84		212.83	
P 50	871.58	328.28	216.73	211.85	211.45	4.32	213.30	2.47
P 51	871.65	327.19	216.83	211.17	210.98	4.87	212.28	3.57

Ec52	870.07	328.23	209.90	210.40	210.25		210.66	
Ec53	869.84	328.23	211.21	211.91	211.81		211.05	
P 54	869.93	328.54	212.26	208.99	208.51	2.76	209.98	1.29
P 56	868.73	327.68	215.11	209.03	208.71	4.56	210.25	2.82
P 57	872.36	328.85	217.22	212.92	212.27	4.02	213.94	2.35
P 58	871.21	327.74	216.47	211.60	211.12	4.40	212.91	2.61
E 59	875.54	330.86	216.33	217.53	215.33		218.07	
E59bis			215.86	216.76	215.66			
60	874.63	331.00	220.15	216.60	215.27	3.94	216.76	2.35
61	874.25	330.88	218.89	216.24	215.05	2.87	216.49	1.43
62	874.56	331.35	219.74	217.14	215.59	3.17	217.22	1.54
63	874.98	330.65	219.58	215.93	214.84	3.77	216.39	2.36
64	875.40	330.71	222.48	216.26	215.18	4.31	216.35	3.14
65	875.50	331.06	222.09	217.04	215.23	4.94	217.59	2.58
67	875.14	331.70	222.20	217.34	216.30	4.98	217.88	3.40
68	875.50	331.50	223.20	217.12	216.10	6.11	217.76	4.45
69	875.90	331.88	222.86	216.41	215.61	4.93	216.99	3.55
70	876.30	331.62	222.90	216.57	215.95	5.93	217.29	4.59
71	876.68	331.68	222.74	216.97	216.10	5.64	217.75	3.99
72	875.35	332.15	231.30	218.40	216.77	13.63	218.95	11.45
73	876.12	332.11	223.24	216.76	216.47	5.80	217.50	4.77
74	876.20	332.46	224.07	217.60	216.97	6.11	218.27	4.81
75	875.93	333.00	224.89	219.59	217.84	4.61	219.73	2.72
76	876.21	332.78	223.72	218.37	217.42	5.36	218.90	3.88
77	876.12	333.22	222.86	219.61	218.04	3.80	219.62	2.22
78	876.43	333.16	223.10	219.37	218.52			
79	876.93	333.00	222.80	218.65	217.97	3.75	219.19	2.53
80	877.52	333.16	224.03	219.20	218.55	4.45	219.69	3.31
81	877.24	332.41	223.23	217.43	217.22	4.94	218.49	3.67
82	877.74	332.10	225.07	218.62	218.07	4.97	218.67	4.37
83	878.23	333.04	224.32	219.14	218.54	4.78	219.69	3.50
84	877.20	333.44	224.51	219.77	218.96	4.57	220.38	3.15
85	877.00	333.70	223.31	219.76	218.86			
86	877.78	334.00	224.97	221.54	220.12	3.80	222.01	
87	878.38	333.86	225.63	220.63	219.88	4.75		
88	878.26	334.16	225.56	221.69	220.66	3.98	222.21	2.43
89	878.24	334.48	225.65	222.47	221.00	3.69	222.87	1.78
90	877.62	334.54	225.35	223.35	221.25	2.98	223.61	0.62
91	878.70	334.73	227.64	222.26	221.61	5.01	222.73	3.89
92	877.24	334.00	223.57	221.47	220.11	2.18	221.71	0.70
93	876.25	332.88	222.75	218.63	217.57	4.21	219.07	2.71

N.B. : les cotes d'altitude des piézomètres se réfèrent à l'extrémité des tubes piézométriques. Elles sont rattachées au NGF.

Les cotes des échelles et limnigraphes sur rivières et des échelles et limnigraphes sur canaux sont celles du zéro de l'échelle.

Pour que nous puissions comparer notre étude avec celle de J-C. FOURNEAUX, nous avons choisi des périodes pour les basses eaux et pour les hautes eaux, où l'Isère avait, durant la semaine qui précédait les relevés, un débit moyen équivalent à ceux de l'étude 1967. Les débits ont été mesurés à Grenoble à la station d'enregistrement de la Bastille située 26 m en amont du pont Marius Gontard. Ils ont été calculés avec la courbe de tarage de 1970.

1 - Surface piézométrique de la nappe en basses eaux

a - Etat actuel les 7, 8, 9 mars 1972 (fig. 10)

Pour des raisons de commodité, nous avons défini trois secteurs sur le cours de l'Isère : l'amont de la boucle de Bois Français, la boucle de Bois Français et l'aval de la boucle de Bois Français.

- Secteur amont de la boucle de Bois Français

Nous observons aussi bien en rive droite qu'en rive gauche sur la portion Villard-Bonnot - Brignoud une forte obliquité des courbes isopièzes qui témoigne à la fois d'une alimentation par les versants (cône du Manival en rive droite, cônes de Brignoud et de Villard-Bonnot en rive gauche) ainsi que d'un fort drainage de la nappe par l'Isère.

On ne peut guère évaluer le rôle des canaux de drainage en rive gauche, car la présence d'eau y est souvent due à une alimentation par les ruisseaux de Vorz et de Laval plutôt qu'à un drainage naturel de la nappe. Par contre, la chantourne en rive droite ne draine pas la nappe (Grange de Bois Claret).

En amont du pont de la Bâtie, le sens de l'écoulement de l'Isère change de 90° passant de N-S à E-W, en devenant presque perpendiculaire à l'axe de la vallée. L'Isère draine alors la nappe sur sa rive droite et l'alimente légèrement en rive gauche. Ce phénomène sera général sur les boucles où le sens de l'écoulement de surface (rivière) diffère sensiblement de celui de l'écoulement souterrain (nappe).

- Boucle de Bois Français

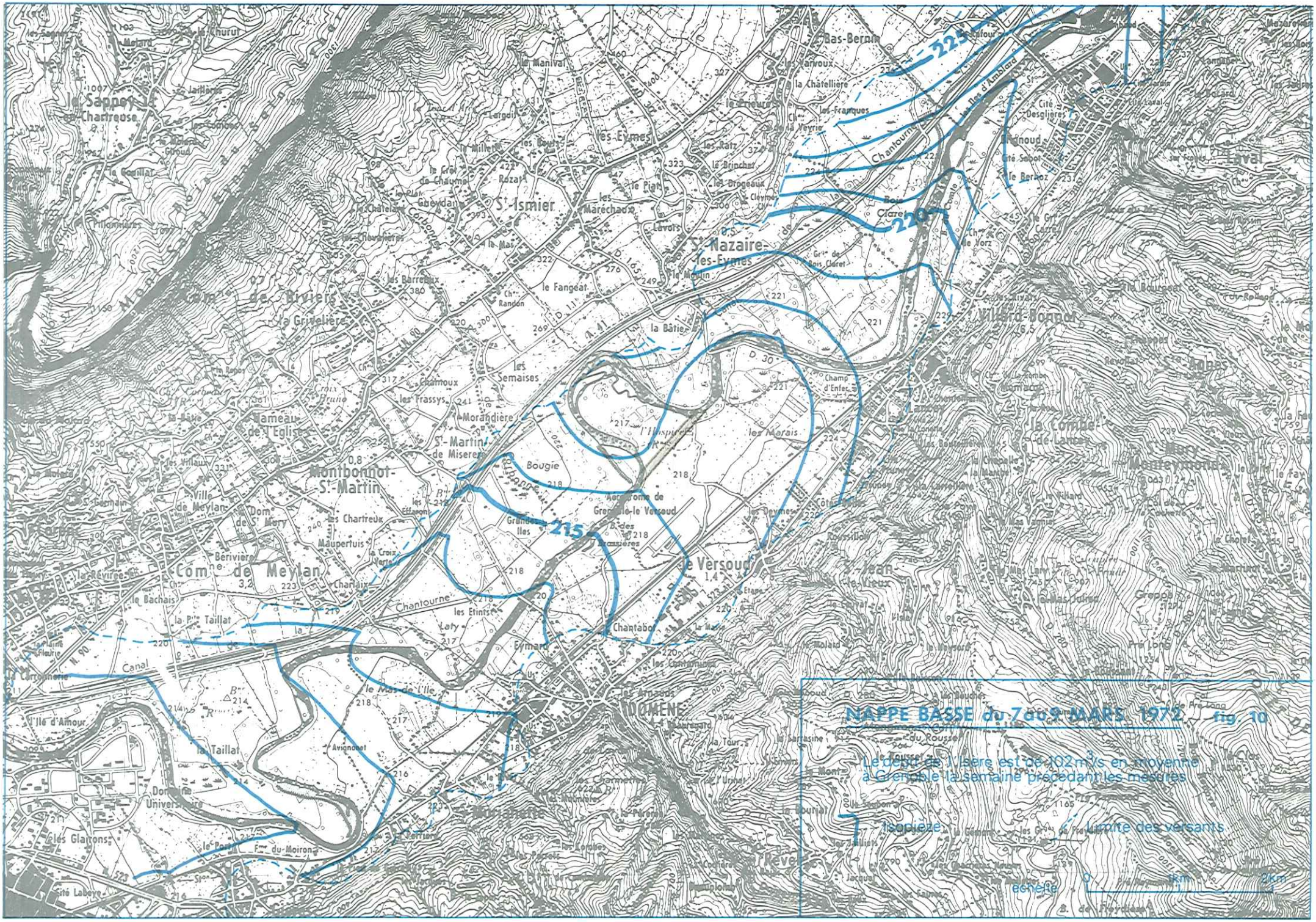
Dans la boucle, la nappe se stabilise aux alentours de la cote 217,10. Elle forme ainsi un replat. Entre les isopièzes 216 et 217, dans l'axe de la vallée, le gradient hydraulique devient extrêmement faible, de l'ordre de 0,4°/₀₀.

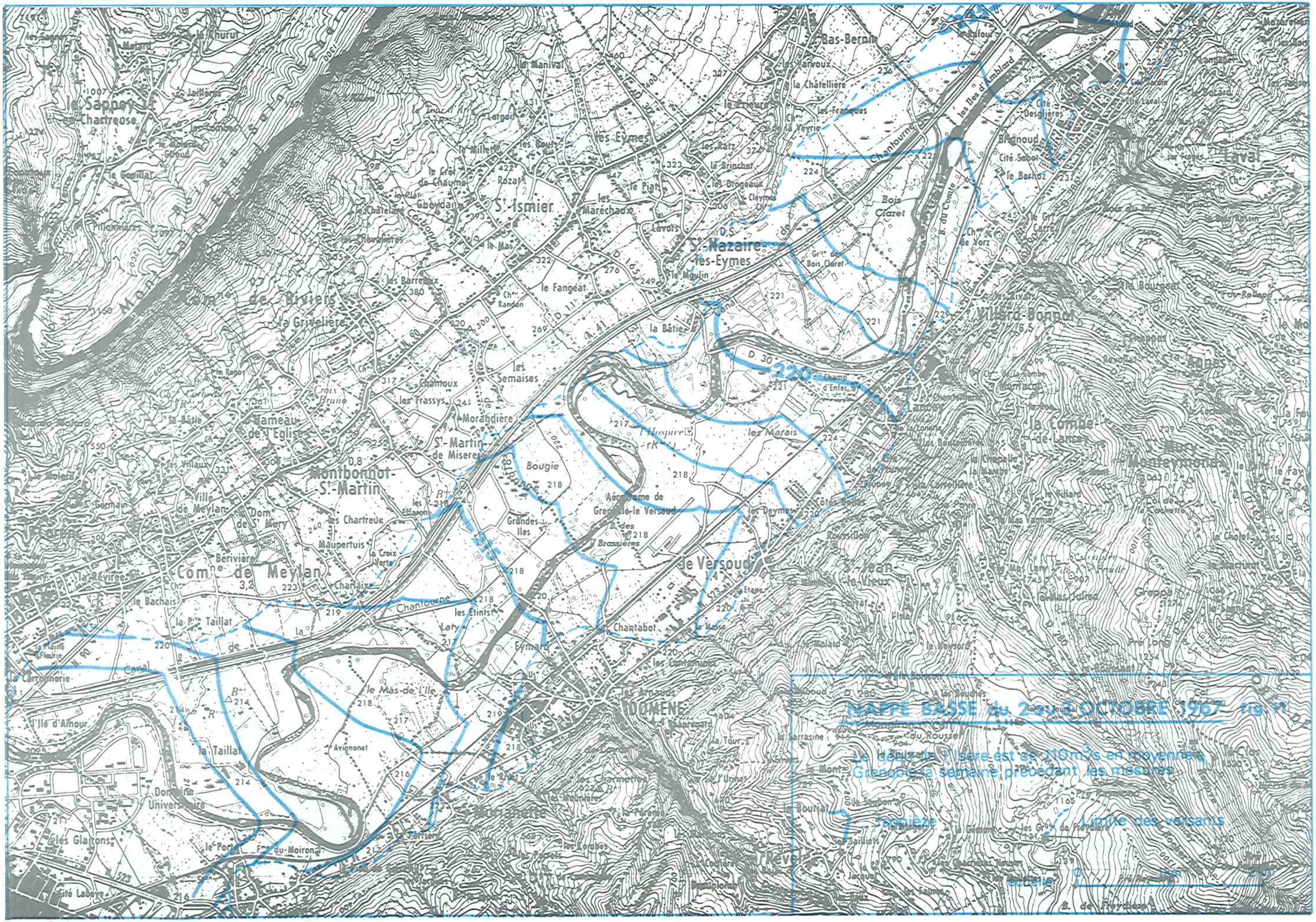
La boucle draine à l'amont et alimente latéralement vers la digue et à l'aval, où l'influence des apports du Manival se fait sentir. La chantourne remplit son rôle de drain.

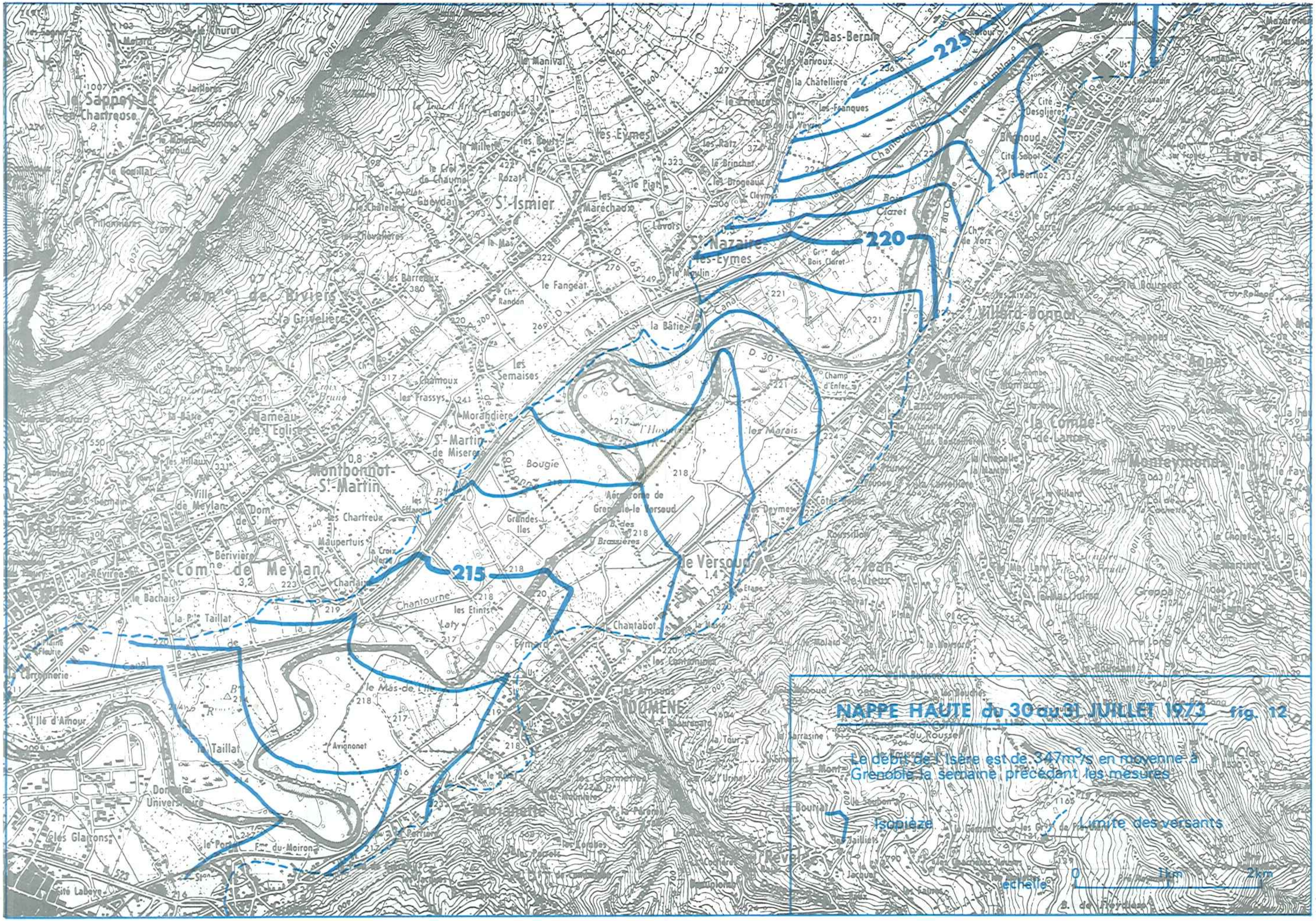
- Secteur aval de la boucle de Bois Français

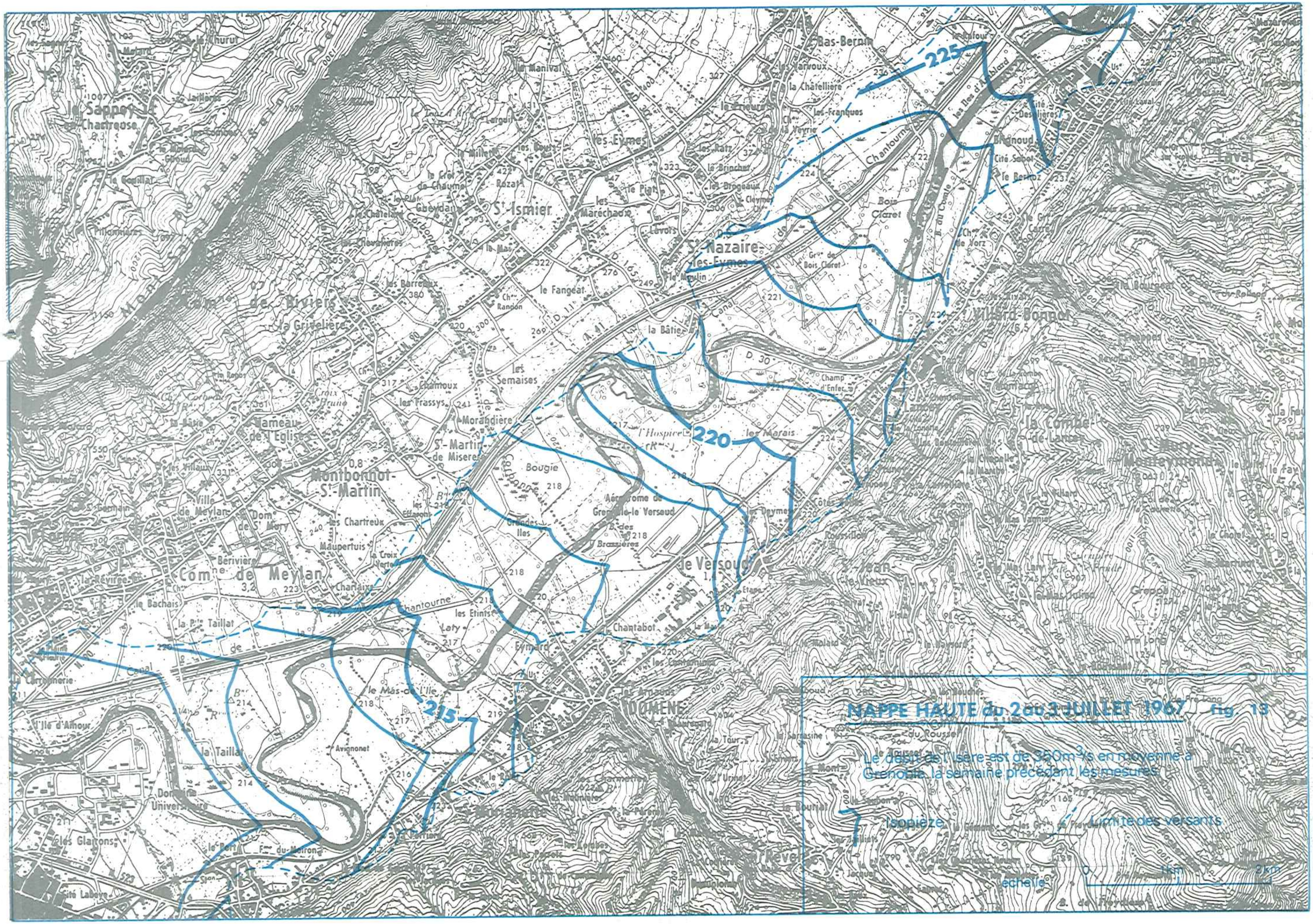
L'alimentation en rive droite et en rive gauche par les versants est très prononcée : les isopièzes sont pratiquement parallèles à l'axe de la vallée. La chantourne et les canaux drainent sur les deux rives, sauf entre les Etints et Grandes Iles.

Plus à l'aval, au niveau du Mas de l'Ile, la rivière, en changeant de direction, perd son rôle de drain et injecte son eau dans la nappe, et cela sur toute la branche amont de la boucle de la Taillat. La nappe court-circuite celle-ci, profitant de la différence de niveau entre les deux branches.


NAPPE BASSE du 7 au 9 MARS 1972 fig. 10
Le debit de l'Isere est de 102 m³/s en moyenne à Grenoble la semaine precedant les mesures
Isopieze
Limite des versants
echelle
0
1Km
2Km
225
220
215
Bas-Bernin
Chantourne
Villard-Bonnot
St-Nazaire-les-Eymes
St-Ismier
Montbonnot-St-Martin
Com. de Meylan
Le Versoud
Domène
Revel
Canal
Aerodrome de Grenoble-le Versoud


NAPPE BASSE du 2 au 3 OCTOBRE 1967 fig 11
Le débit de l'Isère est de 110m3/s en moyenne à Grenoble la semaine précédant les mesures
Isopièze
Limite des versants
échelle
0
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Montbonnot-St-Martin
Com. de Meylan
le Versoud
DOMÈNE
Villard-Bonnot
Lancey
Laval
le Sappey-en-Chartreuse
la Combe-de-Lancey
St-Mury-Monteymond
St-Jean-le-Vieux
Bas-Bernin
les Eymes
220
218


NAPPE HAUTE du 30 au 31 JUILLET 1973 fig. 12
Le débit de l'Isère est de 347m³/s en moyenne à Grenoble la semaine précédant les mesures
Isopièze
Limite des versants
échelle 0 1km 2km
225
220
215
Bas-Bernin
la Châtellière
les Franques
Cité Desgliéres
Brignoud
Cité Sabot
le Berlioz
Laval
St-Ismier
les Eymes
St Nazaire les-Eymes
Villard-Bonnot
Lancey
la Combe de Lancey
Mury Monteymond
St-Martin de Miseré
Montbonnot-St-Martin
Bougie
Aérodrome de Grenoble-le Versoud
le Versoud
Com de Meylan
Com de Biviers
le Sappey
Domène
Domaine Universitaire
Revel
Champ d'Enfer
les Marais
Chantabot
le Mas de l'Ile
Avignonet
l'Ile d'Amour
les Glairons
Cité Lahore


NAPPE HAUTE du 2 au 3 JUILLET 1967
fig. 13
Le débit de l'Isère est de 350m³/s en moyenne à Grenoble, la semaine précédant les mesures.
Isopièze
Limite des versants
échelle
0
1km
2km
225
220
215
Bas-Bernin
les Eymes
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Villard-Bonnot
Montbonnot-St-Martin
St-Martin-de-Miseré
Com. de Meylan
le Versoud
Domène
Chantourne
Bois Claret
l'Hospice
les Marais
Bougie
Aérodrome de Grenoble-le Versoud
Grandes Iles
la Bâtie
Lancey
La Combe-de-Lancey
St-Mury-Monteymond
Laval
Revel
Domaine Universitaire
les Glairons
l'Ile d'Amour
le Sappey-en-Chartreuse

La répartition des points d'observation ne nous a pas permis d'étudier la partie située à l'aval de cette boucle.

b - Comparaison avec 1967 (fig. 11)

- Secteur amont de la boucle de Bois Français

D'une manière générale, les isopièzes des 2 et 3 octobre 1967 indiquaient que l'Isère alimentait sa nappe, ce qui n'est plus le cas actuellement, le drainage apparaissant très important. Les isopièzes sont devenues plus serrées ce qui témoigne d'une augmentation du gradient hydraulique. Entre le pont de la Bâtie et le pont de Brignoud, ce dernier est passé de 1°/₀₀ (1967) à 1,4°/₀₀ (1972) soit une augmentation de 40 %. D'autre part, le drainage par les canaux était beaucoup plus marqué en 1967 (Bois Claret).

- Boucle de Bois Français

La zone "plate" de la nappe n'existait pas en 1967 ; le gradient qui est de 0,4°/₀₀ aujourd'hui était alors de 1,3°/₀₀. La coupure de la boucle a créé des modifications très importantes : en 1967, au niveau du méandre, l'Isère, les canaux et la nappe étaient pratiquement en équilibre et l'isopièze 218 qui partageait la boucle indiquait que les lignes de courant étaient parallèles à la vallée. Le méandre était "court-circuité" par l'écoulement souterrain. Maintenant l'Isère draine très fortement la nappe. Il faut ajouter à cela l'alimentation du torrent du Manival, ces deux facteurs entraînant une forte inclinaison de la surface piézométrique.

- Secteur aval de la boucle de Bois Français

Le sens de l'écoulement a peu évolué sur ce tronçon. La seule différence importante se situe entre le Mas de l'Isle et l'aérodrome du Versoud où l'Isère qui, en 1967, alimentait sa nappe la draine maintenant.

Au niveau de la boucle de la Taillat la situation semble identique entre 1967 et 1972.

2 - Surface piézométrique de la nappe en hautes eaux

a - Etat actuel les 30 et 31 juillet 1973 (fig. 12)

Nous ne reprendrons pas l'étude en détail comme nous l'avons fait pour les basses eaux car l'allure d'ensemble de la carte est peu différente entre la crue et l'étiage. L'Isère est en position drainante sur pratiquement tout son cours. Le canal de Bois Claret draine également. La remontée du niveau de la nappe fait que l'ancien méandre de Bois Français alimente directement la rivière par l'intermédiaire de la buse située à travers la digue. Il n'y a que pendant les périodes de très hautes eaux que cela se produit.

b - Comparaison avec 1967 (fig. 13)

Avant la rectification du tracé, en hautes eaux, l'Isère alimentait la nappe sur tout son parcours. Or maintenant la situation est complètement inversée. Nous expliquerons l'origine de ce phénomène dans les paragraphes suivants.

Au niveau de la boucle de la Taillat la physionomie de la nappe est identique à 1967.

C - Influence de la coupure sur l'Isère

Nous avons essayé de suivre l'évolution de l'Isère au pont de la Bâtie. Le 1er février 1968, avant la coupure, la cote de l'Isère était au limnigraphe 36 à 219,32 NGF. Le débit correspondant au pont Marius Gontard à Grenoble était ce jour-là de 125 m^3/s Le 1er août 1968, la cote de la rivière était à 217,42. Enfin, le limnigraphe affichait le 7 mars 1972 un niveau à 216,17 pour un débit de 102 m^3/s à Grenoble.

Compte tenu de ce débit légèrement inférieur à celui du 1er février 1968, nous pouvons avancer que le niveau de l'Isère a baissé d'au moins 3 m. Le rapport Ruby de 1970 avait trouvé une valeur de 2 m. deux ans après la coupure. Dans les deux années qui ont suivi cette étude, nous constatons que le niveau de l'Isère a encore baissé d'un mètre soit une diminution de 50 % en valeur absolue de l'enfoncement durant le même temps. L'évolution du lit ralentit, mais n'est pas terminée.

D - Causes et conséquences de l'évolution de l'Isère et de sa nappe

1 - Isère

L'abaissement de 3 m de son niveau est important. Il n'est pas entièrement dû à la coupure de Bois Français car il est bien certain que les prélèvements de gravier l'ont également influencé ainsi que l'évolution du cours d'eau vers son profil d'équilibre qui a dû créer "une baisse de l'ordre du mètre depuis 1946".

Comme conséquence de la coupure, le rapport S.O.G.R.E.A.H. de 1964 prévoyait une baisse de 1,4 m : on constate qu'elle a plus que doublé. Ceci s'explique par une forte érosion régressive à l'amont de la boucle, l'équilibre de la rivière ayant été modifié. D'autre part, cette érosion est aussi accentuée à l'aval de la boucle puisque la vitesse de la rivière a dû augmenter du fait de la rectitude du tracé actuel.

De plus, il avait été prévu que cette érosion ne devait se faire sentir qu'à 10 km à l'amont (Tencin). De récents travaux de J. C. FOURNEAUX (1972) ont montré que cette érosion est perceptible sur plusieurs dizaines de kilomètres à l'amont (Montmélian).

Il peut en résulter un affouillement de certains ouvrages sur l'Isère, en particulier au pont de la Bâtie qui fut interdit à la circulation au cours de cette année.

2 - Nappe

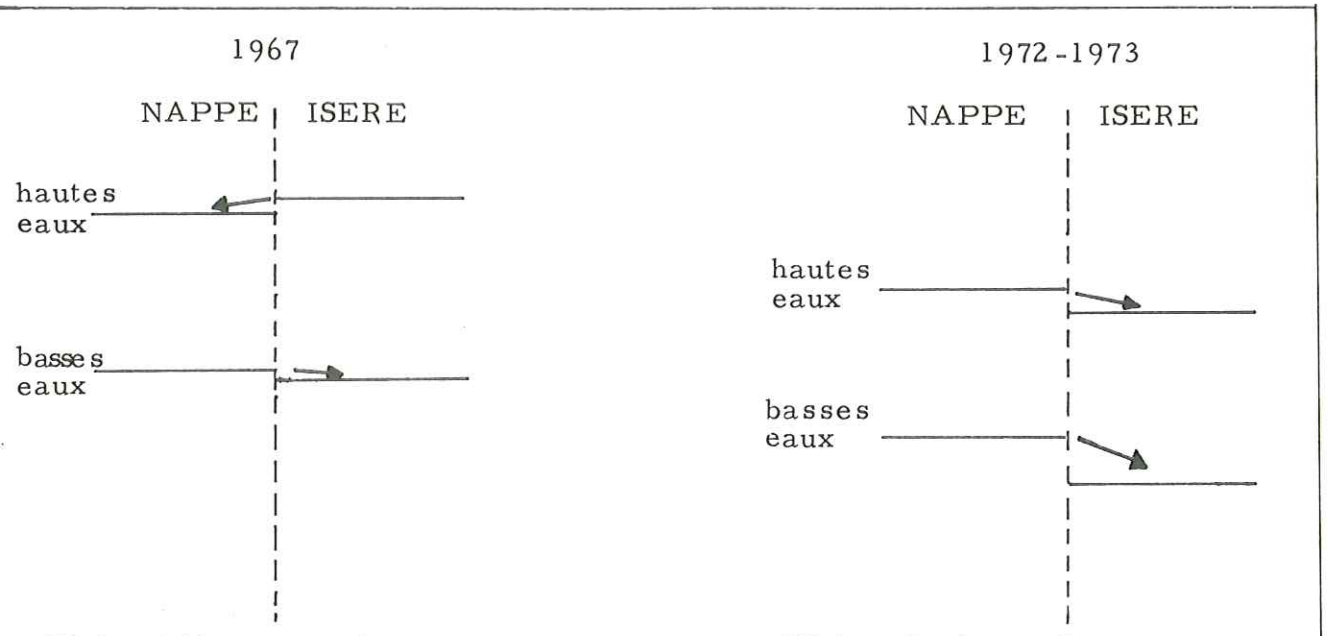
D'une façon générale, l'abaissement du lit de l'Isère, donc de la ligne d'eau, a provoqué un drainage permanent de la nappe par la rivière, qui ne l'alimente plus, même en hautes eaux, et cela sur tout son parcours.

A l'amont de la boucle, il y a érosion régressive, à l'aval reprise de l'érosion (plus grande vitesse du cours d'eau et prélèvements de matériaux).

Il résulte de tout cela un abaissement du niveau de base de la nappe, révélé par tous les points d'observation ; on peut chiffrer cette baisse entre 2 et 2,5 m , ceci en fonction de la nature des terrains. Les conséquences se voient sur certains captages ou puits privés qui se retrouvent le plus souvent à sec (pompage des Papeteries de France à Lancey). Les canaux de drainage les plus proches de la rivière ne remplissent plus leur rôle, l'Isère étant

maintenant le drain principal.

L'évolution de l'Isère et de sa nappe peut être schématisée ainsi pour la partie située à l'amont de la coupure de Bois Français (fig. 14).



- l'Isère alimente en hautes eaux
- l'Isère draine faiblement en basses eaux

- l'Isère draine en hautes eaux
- l'Isère draine fortement en basses eaux

fig. 14 - Evolution de l'Isère et de sa nappe

Aussi si l'on décide de conserver à l'Isère le niveau qu'elle a atteint, toute extraction de matériaux doit être arrêtée dans son lit à l'amont de Bois Français.

V - NAPPE DE L'ISERE ET PROBLEMES D'AMENAGEMENT

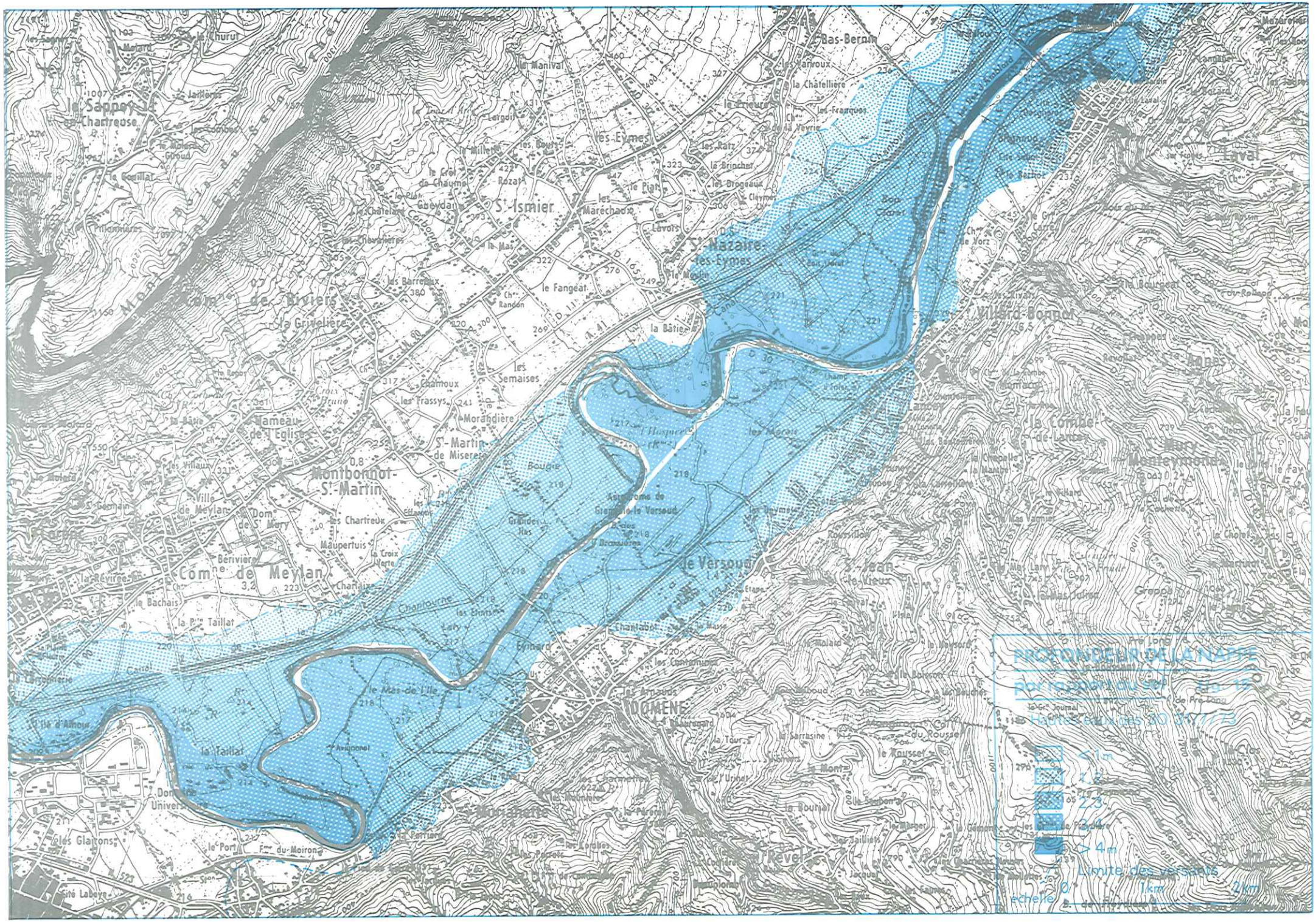
La présence d'eau souterraine dans une vallée comme celle de l'Isère influe sur tous les équipements. Aussi nous a-t-il semblé intéressant de fournir d'autres données sur "l'anatomie" et la "physiologie" de la nappe, plus particulièrement en ce qui concerne sa profondeur par rapport à la surface de la plaine et son battement.

A - Profondeur de la nappe par rapport au sol

Des cartes de profondeur de la nappe par rapport au sol peuvent être intéressantes pour les différents aménageurs, en particulier les urbanistes, les architectes, les entreprises de travaux publics.

1 - Profondeur de la nappe en hautes eaux (fig. 15)

Ce document a été réalisé au moment des hautes eaux des 30 et 31 juillet 1973 de façon à avoir un niveau maximal, auquel il sera possible de se reporter pour des problèmes de fondations par exemple.


PROFONDEUR DE LA NAPPE
par rapport au sol
Hautes eaux 30 01/73
< 1m
1 2
2 3
> 4m
Limite des versants
échelle 0 1km 2km
Bas-Bernin
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Villard-Bonnot
Montbonnot-St-Martin
Comme de Meylan
Domène
Murianette
Revel
Laval
Allevard
Le Versoud
Astronome de Grenoble-le-Versoud
Dom. de St Mery
Dom. Universitaire
Cité Labeye
Les Glaïrons
Le Port
Fme du Moiron
Ile d'Amour
Le Sappey
Chartreuse
Biviers
Le Fangeat
Les Semaises
Les Frassys
Morandière
St-Martin-de-Miserere
Hameau de l'Eglise
Les Chartreux
Maupertuis
Bérivière
Les Eymes
Les Marais
Les Meyrais
Les Ayes
Les Vieux
Les Bouchets
Les Sablons
Les Grappes
Les Ferrières
Les Ayes
Les Bouchets
Les Sablons
Les Grappes
Les Ferrières

A l'échelle où nous travaillons (1/50000) la surface de la plaine est assimilable à une surface plane. La carte regroupe 5 classes de profondeurs :

- profondeur inférieure au mètre
- " comprise entre 1 et 2 mètres
- " comprise entre 2 et 3 mètres
- " comprise entre 3 et 4 mètres
- " supérieure à 4 mètres

a - Répartition des classes de profondeurs

Nous constatons une symétrie par rapport à l'axe de la vallée matérialisée par le cours de l'Isère bien que la rive droite fournisse une gamme de profondeurs plus large (5 classes) que la rive gauche (3 classes).

Les zones où l'eau est à plus de 4 mètres de la surface du sol n'apparaissent qu'à l'amont de la boucle de Bois Français. Enfin d'une manière générale, plus on se rapproche de l'Isère, plus la profondeur de la nappe augmente, plus on est près des versants, plus elle diminue.

b - Facteurs influant sur cette répartition

Le fait que près du lit mineur de l'Isère l'eau soit plus basse que partout ailleurs prouve que l'Isère provoque un rabattement de sa nappe. A l'amont de Bois Français, en rive droite, l'abaissement du lit de l'Isère a provoqué un drainage encore plus important qui est mis en évidence par des profondeurs dépassant 4 mètres. L'inexistence de cette zone en rive gauche s'explique par le méandre du pont de la Bâtie, l'Isère alimentant légèrement sa nappe; un nombre de points d'observation plus réduit, ne nous a par ailleurs, pas permis d'avoir une carte aussi précise qu'en rive droite.

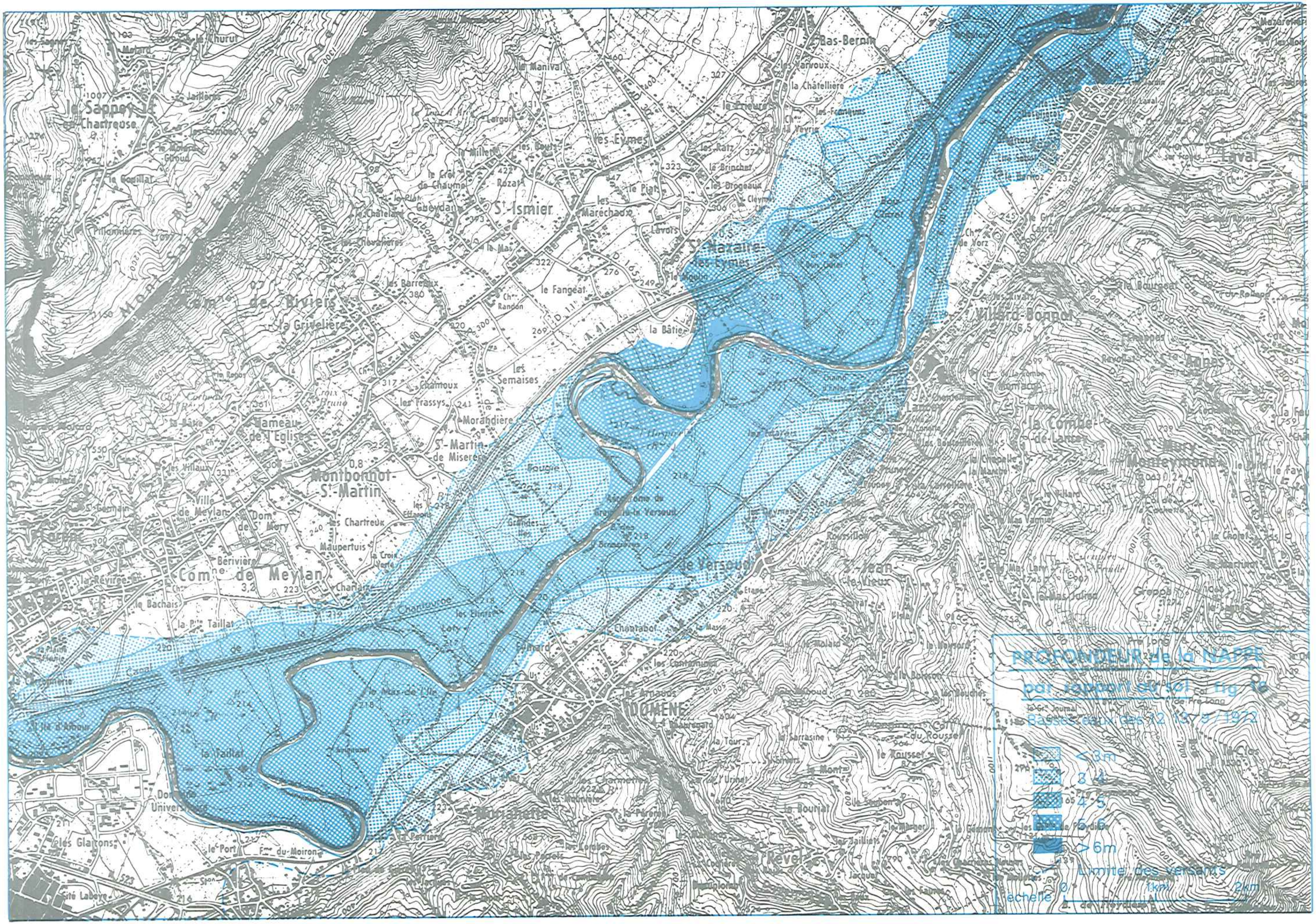
Sur toute la vallée, la profondeur de la nappe près des versants reste faible (1 à 2 mètres) car l'alimentation par ces derniers est très importante : 60 % de l'alimentation totale (J-C. FOURNEAUX, 1968). Les faibles classes de la rive droite (< 1 mètre) sont dues à la nature même des alluvions. Au pied des cônes de déjection de La Tronche, Meylan, Montbonnot, il existe une grande épaisseur de limons argileux (près de 50 mètres). Ils sont peu perméables mais très poreux et ne restituent l'eau des versants que très lentement, ce qui explique la présence de niveaux humides près du sol.

2 - Profondeur de la nappe en basses eaux (fig. 16)

La carte a été réalisée avec des mesures relevées les 12 et 13 septembre 1972, en période d'étiage, l'Isère accusant un débit de 85 m^3/s à Grenoble. Cette représentation de la nappe basse par rapport au sol, peut intéresser les entreprises chargées de l'extraction des matériaux dans la plaine. 5 classes de profondeurs ont été déterminées :

- profondeur inférieure à 3 mètres
- " comprise entre 3 et 4 mètres
- " comprise entre 4 et 5 mètres
- " comprise entre 5 et 6 mètres
- " supérieure à 6 mètres

Le niveau de la nappe se trouve 1 à 2 mètres plus bas que lors des crues et aux profondeurs près l'allure générale de la carte reste comparable.


PROFONDEUR de la NAPPE
par rapport au sol fig 16
Basses eaux des 12 13/9/1972
< 3m
3 4
4 5
5 6
> 6m
Limite des versants
échelle 0 1km 2km
Bas-Bernin
le Sappey en Chartreuse
St-Ismier
les Eymes
St-Nazaire-les-Eymes
Laval
Villard-Bonnot
Com. de Biviers
la Combe-de-Lancey
St-Mury-Monteymond
Montbonnot-St-Martin
St-Martin-de-Miseré
Com. de Meylan
le Versoud
Domène
Murianette
Revel

B - Carte de battement de la nappe (fig. 17)

Pour sa réalisation, nous avons utilisé les relevés de deux périodes très contrastées, 30 et 31 juillet 1973 pour les hautes eaux, 12 et 13 septembre 1972 pour l'étiage. 4 classes de battementsont été déterminées :

- battement inférieur à 1 m
- " compris entre 1 et 1,5 m
- " compris entre 1,5 et 2 m
- " supérieur à 2 m

1 - Répartition des classes de battements

Il apparaît une dissymétrie très nette sur toute la vallée ; les battements les plus amples se manifestent au pied du versant rive droite (Meylan, Montbonnot) et les plus faibles du côté opposé (Bas-Bernin).

2 - Causes de cette répartition

Comme nous l'avons vu précédemment, les alluvions situées au pied des grands cônes de la rive droite sont constituées par des matériaux peu perméables mais poreux (limono-argileux) sur une forte épaisseur (cf. chap. V), alors qu'en se rapprochant de la rive gauche, on rencontre des formations plus perméables (sables, graviers).

Il est nécessaire d'insister sur le fait que les trois mois qui ont précédé l'étiage de septembre 1972 ont été très secs. La pluviométrie pour juillet, août, septembre 1972 n'ayant atteint que 190,4 mm. Cela a permis aux terrains de faible perméabilité de la rive droite de se vidanger complètement car ils en ont eu le temps et n'ont pas été réalimentés. Les trois mois qui ont précéde juillet 1973 ont par contre reçu 469 mm qui ont saturé les terrains et amené la nappe très près du sol en rive droite. La différence entre ce niveau de saturation et la vidange importante de septembre 1972 a donc été maximale, d'où une amplitude très forte pour les battements.

En revanche, lorsqu'on se rapproche de la rive gauche, la nappe étant plus basse en hautes eaux qu'en rive droite (les perméabilités sont plus fortes) la différence de niveau avec l'étiage est moins importante, les apports latéraux soutenant mieux la nappe.

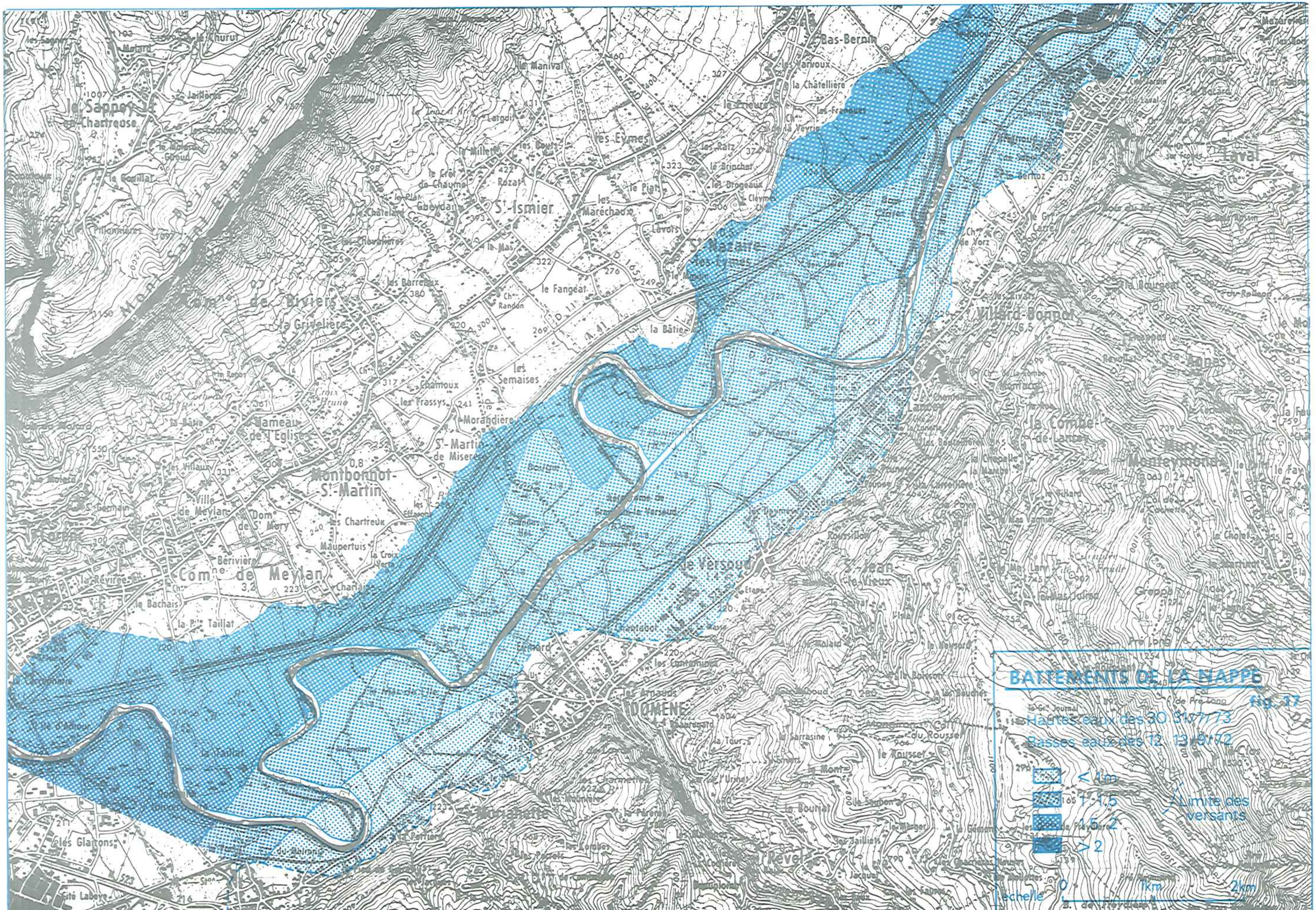
Ce schéma ne peut se réaliser que si l'on a des années très contrastées au point de vue de la pluviométrie comme c'était le cas en 1972 et 1973. En effet, si la partie limono-argileuse de la rive droite n'a pas le temps de se vider, on aura une carte différente et les battements seront plus importants en rive gauche, les terrains étant plus perméables et réagissant plus vite.

Il en est de même pour la zone de fort battement du Bas-Bernin où le gradient est très fort (les isopièzes sont parallèles à la vallée et très resserrées).

VI - CONCLUSIONS

Cette brève étude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'Isère nous a permis de mettre en évidence une évolution de l'Isère et de sa nappe.

L'action de l'homme a modifié le régime hydraulique. La rivière qui tendait vers son profil d'équilibre a repris son activité d'agent d'érosion


BATTEMENTS DE LA NAPPE
fig. 17
Hautes eaux des 30 31/7/73
Basses eaux des 12 13/9/72
< 1m
1 - 1,5
1,5 - 2
> 2
Limite des versants
échelle 0 1km 2km
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Montbonnot-St-Martin
Com. de Meylan
Villard-Bonnot
le Versoud
Domène
Bas-Bernin
Laval
le Sappey en Chartreuse

à la suite de la coupure de la boucle de Bois Français et des prélèvements de matériaux dans son lit. L'enfoncement du lit de la rivière a fait du cours d'eau le drain principal de la vallée et cela tout au long de l'année. Même en période de hautes eaux la rivière n'alimente pratiquement plus sa nappe. Nous espérons que ces résultats pourront être utilisés si l'on envisage dans l'avenir de rectifier à nouveau le cours de l'Isère ou bien d'ouvrir de nouveaux chantiers d'extraction de matériaux.

Les cartes isopièzes de profondeur et de battement de la nappe ont été réalisées à une échelle correspondant à la densité des points de mesures. Il faut les considérer comme des documents synthétiques et ne pas vouloir leur accorder une précision qu'ils ne sauraient avoir. Ils ont néanmoins permis de mettre en évidence, à une échelle régionale, des secteurs particuliers : zones de drainage, faibles profondeurs de la nappe, forts battements, etc. Les limites de ces zones ne peuvent être considérées comme strictement définies. De plus, ces cartes sont une image de la réalité, image qui correspond à des conditions particulières, celles qui existaient la semaine précédant les relevés piézométriques : pluviométrie, débits de l'Isère, etc.

CHAPITRE V: ETUDE GEOTECHNIQUE DES DIFFERENTS TERRAINS

I) Généralités

II) Caractéristiques et classification des "sols"

III) Terrains de couverture

IV) Bed-rock

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE DES DIFFERENTS TERRAINS

I - GENERALITES

La nature des formations présentes impose de les classer en deux catégories :

- Les roches solides constituant le substratum dont les méthodes d'étude sont justiciables de la mécanique des roches.
- Les terrains de couverture que l'on peut qualifier d'une manière élargie de "sols" et dont l'étude relève de la mécanique des sols.

Dans ce substratum (ou bed-rock) et ces terrains superficiels on distingue un certain nombre de catégories types sur l'identification technique desquelles nous allons bientôt revenir et dont on a représenté l'extension sur une carte lithomorphologique (à la fin du mémoire).

Cette carte a été réalisée à partir de la coupure géologique Domène au 1/50000 (1969), de levés inédits de P. ANTOINE au 1/10000 (1965) et de levés personnels au 1/25000 (1973). Ce document synthétique est au 1/25000. Il délimite ainsi des zones qui possèdent une certaine unité quant à leur lithologie, à leur morphologie et à leur hydrogéologie.

Il est important d'insister sur le fait que meilleure la carte géologique sera, plus notre document sera facile à réaliser, notamment en ce qui concerne les formations superficielles. Des ensembles lithologiques vont remplacer les séries stratigraphiques traditionnelles.

Nous disposions sur notre secteur d'une bonne carte géologique et nous avons pu constater que les levés effectués à plus grande échelle n'apportaient guère plus de précision quant à la disposition des contours. Ils nous ont cependant permis de faire des modifications de détail et de réparer quelques oublis.

Cette carte est le support du travail géotechnique. Elle sera complétée par autant de "notices techniques" qu'il a été rencontré de formations différentes. Chacune synthétisera au maximum les données que nous avons eues en notre possession. Elles seront évidemment incomplètes, car pour certains types de sols, et pour beaucoup de roches, nous n'aurons parfois que fort peu de renseignements "techniques". Néanmoins, nous espérons que chaque aménageur pourra en tirer une vision assez globale du site où il devra travailler.

A ce document principal seront jointes d'autres cartes ne prenant en compte que des problèmes particuliers (risques naturels, clinographie, séismicité, épaisseur d'une formation ou hydrogéologie - chap. IV).

Pour terminer, nous ne pouvons manquer d'insister sur le fait que ces cartes, qui fournissent un certain nombre de renseignements sur un secteur donné, ne doivent pas être interpétées de façon stricte ; leur précision est celle d'une étude à l'échelle du S.D.A.U. (1/25000 à 1/50000) ; elles ne dispensent donc en aucune façon des études indispensables pour la solution de problèmes particuliers (fondations, tracés de routes, etc.). Leur seul but est de mettre en évidence certaines contraintes essentielles et aussi d'orienter les recherches futures.

II - CARACTERISTIQUES ET CLASSIFICATION DES SOLS

A - Caractéristiques

Lorsque nous disposerons pour une caractéristique d'un sol d'un nombre suffisant, pour être représentatif, de données ou de mesures, nous les mentionnerons dans sa fiche technique. Auparavant, il paraît utile de définir les différents paramètres dont nous userons car ils apparaîtront dans la plupart des tableaux concernant chaque formation.

1 - Coefficients granulométriques

a - Hétérométrie

Elle caractérise la granulométrie et s'exprime par le rapport D_{85} / D_{15} (tabl.IX).

Granulométrie	D_{85} / D_{15}
Très serrée	< 2
Serrée	2 - 5
Semi-étalée	5 - 20
Etalée	20 - 200
Très étalée	> 200

Tabl. IX

b - Coefficient d'uniformité ou de Hazen

$$CU = D_{60} / D_{10}$$

c - Coefficient de courbure

$$CC = \frac{(D\ 30)^2}{D_{60} \times D_{10}}.$$

D_{10}, D_{15}, D_{30}, D_{60}, D_{85}, représentent respectivement les diamètres des éléments correspondant à 10, 15, 30, 60, 85 % de tamisat cumulé.

2 - Pourcentages granulométriques

Nous donnerons pour une analyse granulométrique le pourcentage de matériaux dont le diamètre est supérieur à 2 mm ainsi que le pourcentage d'éléments inférieurs à 0,08 mm. Ce dernier s'appelle le filler.

3 - Calcimétrie

Cette analyse permet au laboratoire de déterminer la teneur en % de $Ca\ CO_3$.

4 - Teneur en eau

Elle s'exprime en %. C'est le rapport du poids d'eau contenu dans un échantillon, au poids de cet échantillon après dessiccation (105° C). On la symbolise par la lettre W. La teneur est dite naturelle si l'essai est fait au moment du prélèvement : W_{nat}.

5 - Limites d'Atterberg ou de consistance

Elles s'effectuent sur la fraction inférieure à 400 microns.

a - Limite de plasticité

C'est la teneur en eau exprimée en % correspondant au passage de l'état solide à l'état plastique. On la symbolise par la lettre W_p.

b - Limite de liquidité

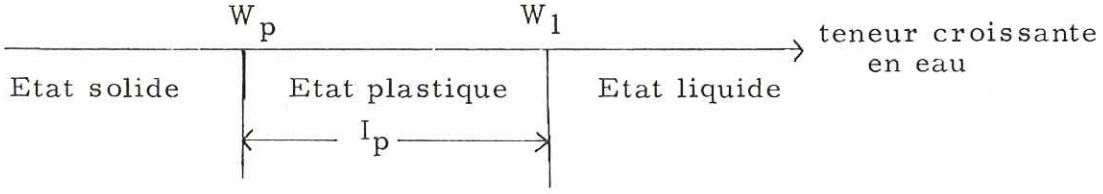
C'est la teneur en eau exprimée en % au-dessus de laquelle le sol s'écoule comme un liquide sous l'influence de son propre poids. Son symbole est W_l.

c - Indice de plasticité

C'est la différence entre les 2 valeurs précédentes. Il donne une mesure de l'étendue de la zone pour laquelle le matériau est plastique et susceptible de grandes déformations sans rupture.

$$I_p = W_l - W_p$$

On peut représenter ainsi la position des limites d'Atterberg



D'après BURMISTER, on peut qualifier ainsi la plasticité selon la valeur de Ip (tabl. X).

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

Tabl. X

d - Indice de consistance

Il correspond à :

$$I_c = \frac{W_l - W_{nat}}{I_p}$$

Lorsque la teneur en eau d'un sol est supérieure à la limite de liquidité on a affaire à une boue ($I_c < 0$). Par contre, si cette teneur est inférieure à la limite de plasticité le sol n'est pas malléable ($I_c > 1$).

D'après le laboratoire des Ponts et Chaussées, on peut qualifier ainsi la consistance selon les valeurs de I_c (tabl. XI).

W	W_l				W_p	
I_c	0	0.25	0.5	0.75	1	
consistance	liquide	très molle	molle	mi-consistant	consistant	très consistant

Tabl. XI

6 - Equivalent de sable

- Cet essai exprime la proportion de sable d'un échantillon donné.
- C'est un essai empirique qui ne fournit qu'un repère.
- Sa précision est meilleure pour les sols qui manifestent une très faible plasticité ($I_p < 4$).

7 - Densité apparente humide

C'est le poids de l'unité de volume du sol dans l'état où il a été prélevé.

$$\gamma = \frac{P}{V} \quad (t/m^3)$$

8 - Densité apparente sèche

Elle est calculée à partir de la teneur en eau et de la densité apparente humide. C'est le poids résiduel de l'unité de volume du sol après dessication.

$$\gamma d = \frac{Ps}{V} \quad (t/m^3)$$

Ces densités varient selon la compacité. En voici quelques valeurs d'après TERZAGHI et PECK (tabl. XII).

Sol	Teneur en eau nat.	Densité sèche	Densité humide
Sable à granulométrie serrée (état peu compact)	32	1.43	1.89
Sable à granulométrie serrée (état compact)	19	1.75	2.09
Sable à granulométrie étalée (état peu compact)	25	1.59	1.99
Sable à granulométrie étalée (état compact)	16	1.86	2.16
Argile glaciaire molle	45	-	1.77
Argile glaciaire raide	22	-	2.07

9 - Perméabilité

Elle dépend de la qualité du milieu poreux et du fluide. On l'exprime en m/s.

Rappelons, pour avoir un ordre de grandeur, qu'une perméabilité de 10^{-6} m/s correspond à une vitesse de 30 m/an. Nous avons regroupé (tabl. XIII) quelques valeurs moyennes de perméabilité pour divers sols (d'après COSTET et SANGLERAT, 1969).

sol	K (m/s)
gravier	$10^{-3} < K < 10$
sable	$10^{-5} < K < 10^{-3}$
limon et sable argileux	$10^{-9} < K < 10^{-5}$
argile	$10^{-13} < K < 10^{-9}$
roche apparemment non fissurée	$10^{-13} < K < 10^{-10}$

10 - Résistance à la pénétration dynamique

On la symbolise R_p. Elle s'exprime en bars. Elle augmente généralement avec la profondeur pour un même matériau.

11 - Pression limite. Pression de fluage. Module standard pressiométrique

Leur unité est le bar et on les désigne par P_l, P_f, E.

12 - Résistivité électrique

Elle caractérise un type de sol mais elle varie en particulier en fonction de sa saturation et de sa compacité. L'unité utilisée est l'ohm x mètre (Ω . m), le symbole ρ .

13 - Vitesse sismique

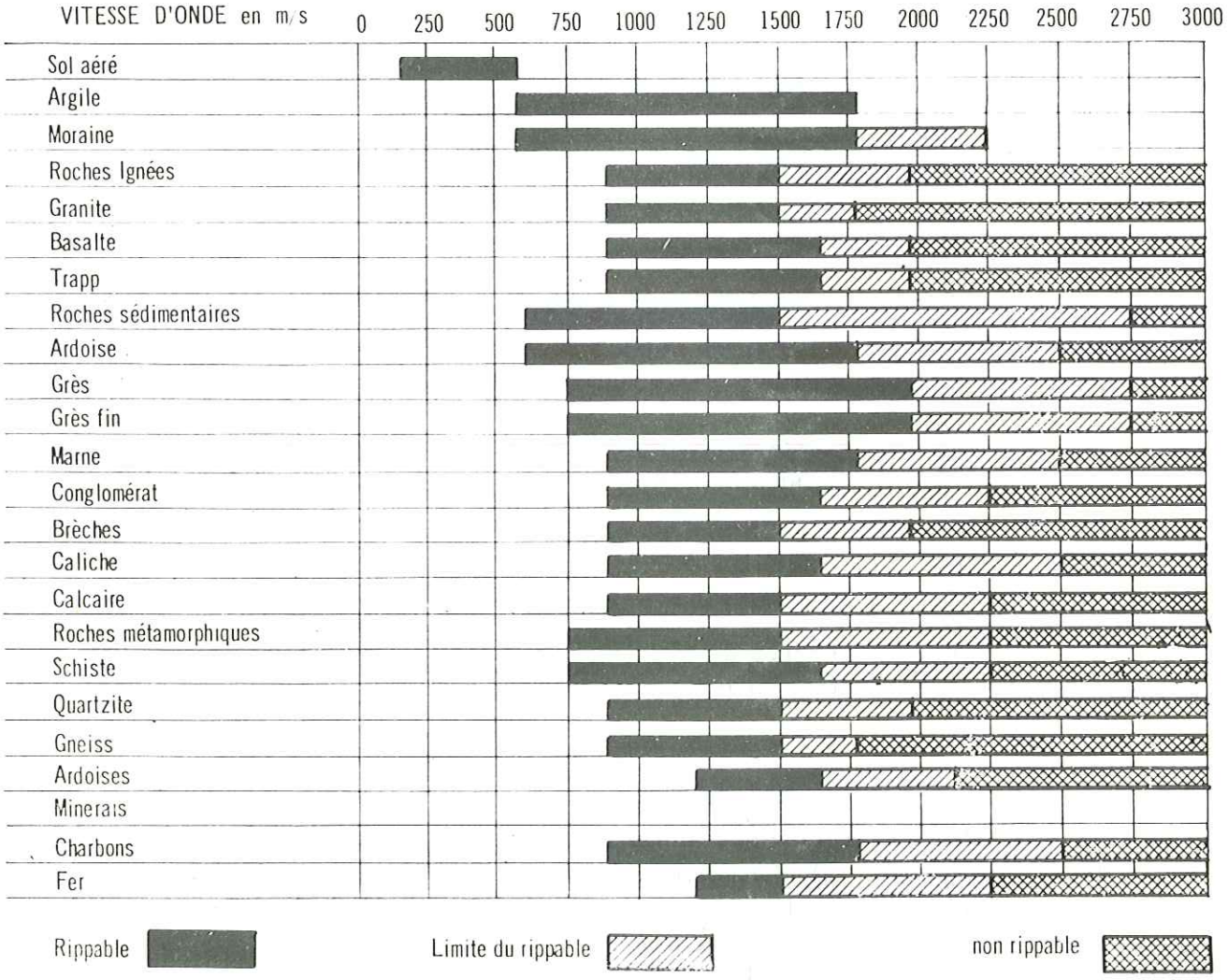
Elle varie en fonction de la qualité du sol (altération, fissuration) et de sa compacité . On l'exprime en m/s. Elle permet de définir certains critères de rippabilité (fig. 18).

14 - Angle de frottement interne et cohésion

Ils sont déterminés à partir d'essais de cisaillement. Nous en avons utilisé deux types :
- essai non consolidé non drainé qui donne C_{uu} en bars et φ_{uu} en degrés.
- essai consolidé non drainé qui donne C_{cu} et φ_{cu}

Le tableau XIV donne différentes valeurs de C et de φ qui peuvent être adoptées pour des terrains saturés (d'après BOGOMOLOV).

fig. 18 RIPPABILITE ET VITESSE SISMIQUE*



* Echelle valable pour un tracteur de 320 CV muni d'un ripper hydraulique porté à une dent.

d'après Geophysical Specialities Company

Observation des auteurs de ces recommandations :

1° Pour un ripper à une dent monté sur un tracteur de 380 CV, les chiffres précédents sont à majorer de 10 %.

2° Pour un ripper à une dent monté sur un tracteur de 230 CV, les chiffres sont à diminuer de 15 %.

3° Dans la zone intitulée limite du rippable, l'utilisation du ripper n'est en principe pas rentable.

Il est alors recommandé :

— soit de pousser le ripper avec un tracteur auxiliaire,

— soit d'effectuer des tirs légers d'ébranlement qui fissurent la roche à défoncer.

Terrain	φ	c
Argile compacte	16	0.4
Limon compact	20	0.2
Limon plastique	14	0.02
Limon sableux compact	25	0
Limon sableux meuble	18	0
Sable grossier	37	0
Sable fin	27	0

Tabl. XIV

15 - Indice de compression. Coefficient de consolidation. Pression effective verticale de consolidation.

Ces différentes valeurs sont calculées à partir d'essais oedométriques. On les symbolise Cc, Cv (cm^2/s), $\sigma'c$ (bars).

Chaque fois que nous aurons un de ces paramètres qui viennent d'être énumérés, nous l'indiquerons dans un tableau récapitulatif. Il sera précisé également la localisation de l'essai, sa profondeur, la nature géologique et parfois géotechnique de l'échantillon et, quand il y a lieu, la profondeur du toit de la nappe phréatique au moment de l'essai.

Enfin, nous donnons à titre indicatif le tableau XV indiquant les charges admissibles pour les différents types de sols et leur angle de talus naturel en tenant compte de leur degré d'humidité (d'après BOGOMOLOV).

	sec		humide		saturé	
	charge admiss. (bars)	angle de talus nat. (°)	"	"	"	"
Tourbe	0.5	70-80	0.25	20-25		
Limon meuble	2.5	45	2.0	35	0.5	30
Limon compact	3.5	40	3.0	40	2.5	30
Argile de moraine	6.0	80	4.0	70	2.0	50
Sable fin	1.5	30	1.0	35	0.5	20
Sable moyen	2.5	35	2.0	40	1.5	25
Sable grossier	3.5	45	3.0	50	2.0	30
Gravier	4.0	45	3.5	50	2.5	30
Galets	6.0	40	5.0	45	3.0	35

Tabl. XV

B - Classification (tabl. XVI)

Il est assez difficile d'aborder les problèmes de dénomination et de classification des sols : il existe actuellement une demi-douzaine de classifications basées sur des critères différents tels que la granulométrie (qui groupe 18 modes de classement), la minéralogie, la plasticité, etc.

Aussi par souci d'homogénéité avec ce qui se fait en France, avons-nous utilisé la classification des Ponts et Chaussées, dérivée de la classification unifiée des Etas-Unis (United soils classification system - U. S. C. S.) qui prend en compte à la fois la granulométrie et les limites d'Atterberg (classification de Casagrande).

Ce mode de représentation groupe 15 types de sols. Trois symboles sont utilisés :

- le premier représente les éléments du sol :
  ex : S (sable)
- le second caractérise la granulométrie du sol :
  - b : bien gradué, toutes les dimensions de grains sont représentées ; aucune ne prédomine.
  - m : mal gradué, une ou plusieurs dimensions de grains prédominent.
- le troisième donne une idée de la plasticité pour les sols fins :
  - t : Wl élevée (très plastique)
  - p : Wl faible (peu plastique)

Des subdivisions sont ensuite effectuées en fonction de la courbe granulométrique (passage ou refus des grains au travers du tamis de 0,08 mm, ou 0,074 mm pour l'U. S. C. S.). Différents pourcentages sont pris en considération. D'autre part pour les sols fins, les valeurs de l'indice de plasticité en fonction de la limite de liquidité sont utilisées (fig. 19)

On obtient ainsi un tableau de classification des sols grenus (sables, graves) et fins (limons, argiles) où l'on a rajouté les sols très organiques (tourbe). L'appellation géotechnique des sols est la suivante :

Gb	grave propre bien graduée	Op	sols organiques peu plastiques
Gm	" " mal "	Lp	limon peu plastique
GL	" limoneuse	Ap	argile peu plastique
GA	" argileuse	Lt	limon très plastique
Sb	sable propre bien gradué	Ot	sols organiques très plastiques
Sm	" " mal gradué	At	argile très plastique
SL	" limoneux	T	tourbe et autres sols très organiques
SA	" argileux		

Nous donnons à titre indicatif les tableaux XVII et XVIII fournissant quelques propriétés des sols en fonction de cette classification.

III - TERRAINS DE COUVERTURE

Nous rappelons qu'ils sont délimités sur la carte lithomorphologique située à la fin du mémoire. Nous en avons distingué 5 catégories :

- éboulis et écroulements

Tabl. XVI **Classification des sols**

L. C. P. C.

(U. S. C. S.)

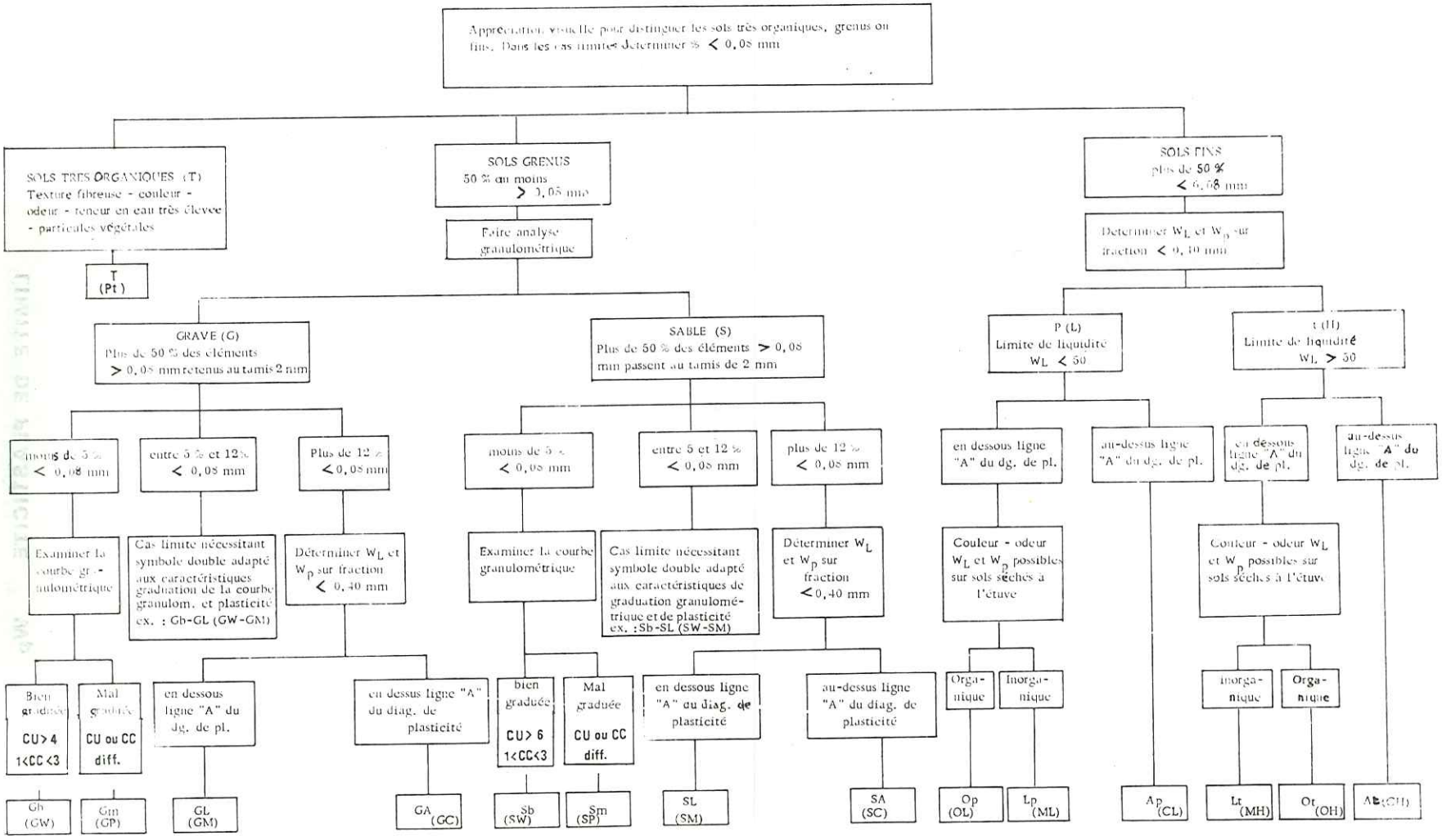
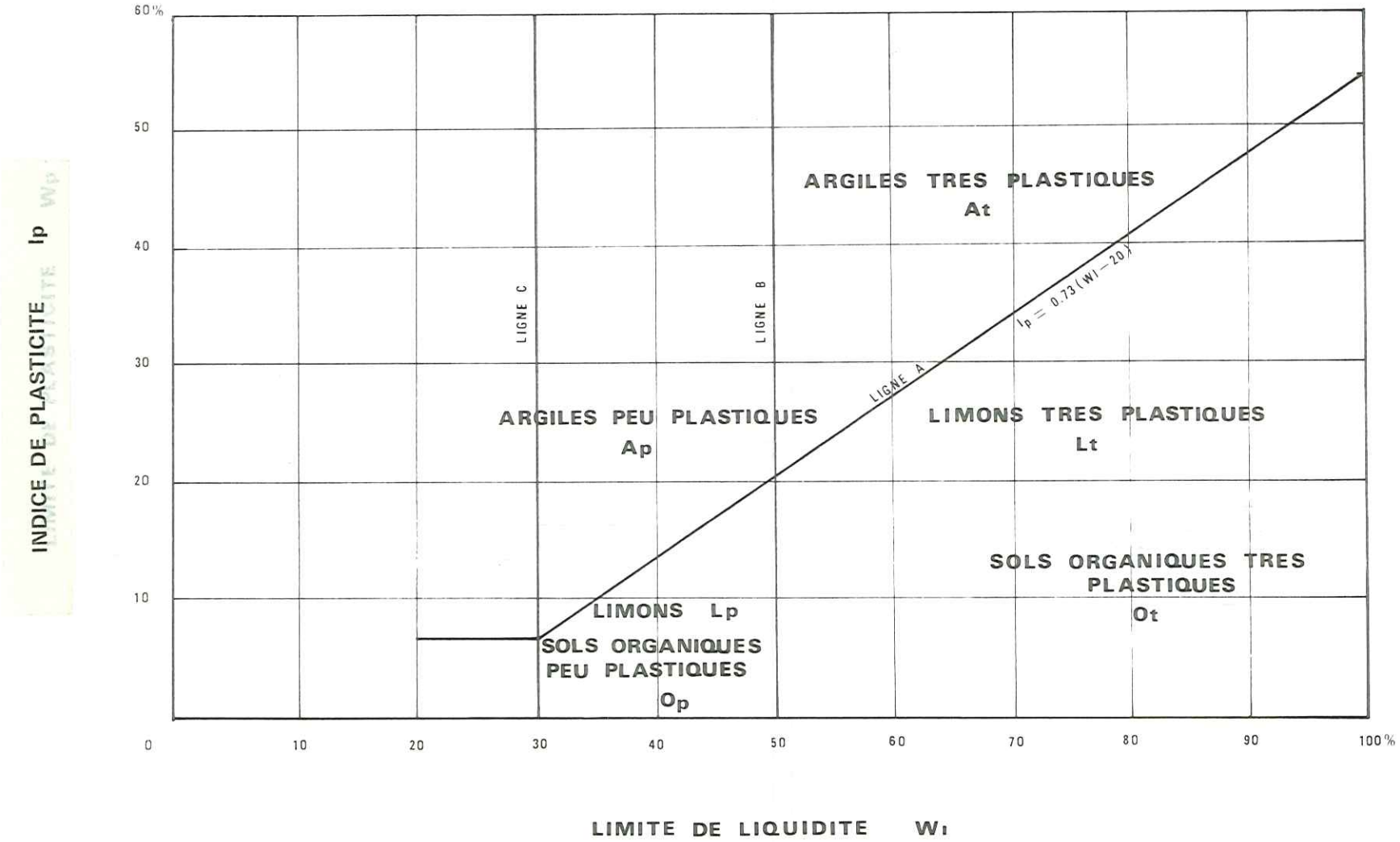


fig. 19 ABAQUE DE PLASTICITE

(D'après CASAGRANDE et L.P.C.)



Tabl. XVII Aptitude des sols aux travaux

(d' après L.C.P.C.)

Symboles	Dénomination	Sol de fondation lorsque l'action du gel n'est pas à craindre	Couche de fondation lorsque l'action du gel n'est pas à craindre	Couche de base quand l'action du gel n'est pas à craindre	Gélivité	Possibilité de tassement et de gonflement	Caractéristiques drainantes	Engins de compactage	Densité sèche moyenne	C.B.R.	Module de réaction du sol naturel (Kg/cm2)
Gb (GW)	Grave ou mélange gravier-sable bien gradué avec peu ou pas de fines	excellent	excellent	bon	aucune ou très faible	aucune	excellentes	Tracteurs à chenilles, rouleaux à pneus - rouleaux lisses	2,00 à 2,22	40-80	7 à 14
Gm (GP)	Grave ou mélange gravier-sable mal gradué avec peu ou pas de fines	bon à excellent	bon	passable à bon	aucune ou très faible	aucune	excellentes	Tracteurs à chenilles - rouleaux à pneus - rouleaux lisses	1,76 à 2,22	30-60	7 à 14
GL (GM) d	Grave limoneuse	id	id	id	faible à moyenne	très faible	passable à médiocre	Rouleaux à pneus - à pieds de moutons étroite surveillance	2,00 à 2,32	40-60	id
GL (GM) u	mélange gravier-sable-limon	bon	passable	médiocre à inutilisable	id	faible	médiocre à pratiquement imperméable	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton	1,84 à 2,16	20-30	5 à 14
GA (GC)	Grave argileuse mélange gravier-sable-argile	id	id	médiocre à inutilisable	id	id	id	id	2,08 à 2,32	20-40	5 à 14
Sb (SW)	Sable ou sable graveleux bien gradué peu ou pas de fines	id	passable à bon	médiocre	aucune ou très faible	aucune	excellentes	Tracteurs à chenilles - rouleaux à pneus	1,76 à 2,08	20-40	5 à 10
Sm (SP)	Sable ou sable graveleux mal gradué peu ou pas de fines	passable à bon	passable	médiocre à inutilisable	id	id	id	id	1,68 à 2,16	10-40	4 à 10
SL (SM) d	Sables limoneux	id	passable à bon	médiocre	faible à élevée	très faible	passables à médiocres	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton étroite surveillance W	1,92 à 2,16	15-40	4 à 10
SL (SM) u	mélange sable-limon	passable	médiocre à passable	inutilisable	id	faible à moyenne	médiocres à pratiquement imperméables	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton	1,60 à 2,08	10-20	3 à 8
SA (SC)	Sables argileux mélange sable argile	médiocre à passable	médiocre	id	id	id	id	id	1,60 à 2,16	5-20	3 à 8
LP (ML)	Limon non organiques et sables très fins - sables fins limoneux ou argileux peu plastiques	id	inutilisable	id	moyenne à très élevée	id	passable à médiocre	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton - étroite surveillance W	1,44 à 2,08	15 ou moins	3 à 5
AP (CL)	Argiles non organiques de plasticité faible à moyenne - argiles graveleuses - argiles sableuses - argiles limoneuses - argiles maigres.	id	id	id	id	moyenne	pratiquement imperméables	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton •	1,44 à 2,08	15 ou moins	1,5 à 4
Op (OL)	Limons organiques et limon argile organique de faible plasticité	médiocre	id	id	id	moyenne à élevée	médiocres	id	1,44 à 1,68	5 ou moins	1,5 à 3
Lt (MH)	Limons non organiques - sols sableux fins ou limoneux	id	id	id	id	élevée	passables à médiocres	id	1,28 à 1,68	10 ou moins	1,5 à 3
At (CH)	Argiles non organiques de plasticité élevée - argile grosse	médiocre à passable	id	id	moyenne	id	pratiquement imperméables	id	1,44 à 1,84	15 ou moins	1,5 à 4
Ot (OH)	Argiles organiques de plasticité moyenne à élevée - limons organiques	médiocre à très médiocre	id	id	id	id	id	id	1,28 à 1,76	5 ou moins	0,7 à 3
T	Tourbe et autres sols très organiques	inutilisable	id	id	faible	très élevée	passables à médiocres	Compactage impossible			

Tabl. XVIII Utilisation des sols en génie civil

(d'après U.S. Bureau of Reclamation)

Symboles L.C.P.C. (U.S.C.S.)	Propriétés importantes				Ordre de préférence pour divers usages									
					Fondations		Remblais			Barrages en terre compactée		Canaux		
	Perméabilité après compactage	Résistance aux contraintes tangentielles après compactage et saturation	Compressibilité après compactage et saturation	Ouvrabilité comme matériau de construction	L'écoulement a de l'importance	L'écoulement n'a pas d'importance	Gonflement dû au gel pas possible	Gonflement dû au gel possible	Surfaçage	Barrage homogène	Noyau	Massif de butée	Résistance à l'érosion	Revêtement en terre compactée
Gb (GW)	perméable	excellente	négligeable	excellente	--	1 x	1	1	3	--	--	1	1	--
Gm (GP)	très perméable	bonne	négligeable	bonne	--	3	3	3	--	--	-	2	2	--
GL (GM)	semi-perméable à imperméable	bonne	négligeable	bonne	1	4	4	9	5	2	4	--	4	4
GA (GC)	imperméable	bonne à médiocre	très faible	bonne	2	6	5	5	1	1	1	--	3	1
Sb (SW)	perméable	excellente	négligeable	excellente	--	2	2	2	4	--	--	3 si graveleux	6	--
Sm (SP)	perméable	bonne	très faible	médiocre	--	5	6	4	--	--	--	4 si graveleux	7 si graveleux	--
SL (SM)	semi-perméable à imperméable	bonne	faible	médiocre	3	7	8	10	6	4	5	--	4 si graveleux	5 érosion dangereuse
SA (SC)	imperméable	bonne à médiocre	faible	bonne	4	8	7	6	2	3	2	--	5	2
Lp (ML)	semi-perméable à imperméable	médiocre	moyenne	médiocre	6	9	10	11	--	6	6	--	--	6 érosion dangereuse
Ap (CL)	imperméable	médiocre	moyenne	bonne à médiocre	5	10	9	7	7	5	4	--	9	4
Op (OL)	semi-perméable à imperméable	mauvaise	moyenne	médiocre	7	11	11	12	--	8	8	--	--	7 érosion dangereuse
Lt (MH)	semi-perméable à imperméable	médiocre à mauvais	élevée	mauvaise	8	12	12	13	--	9	9	--	--	--
At (CH)	imperméable	mauvaise	élevée	mauvaise	9	13	13	8	--	7	7	--	10	8 changement de volume dangereux
Ot (OH)	imperméable	mauvaise	élevée	mauvaise	10	14	14	14	--	10	10	--	--	--
(Pt)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

x - Les numéros vont en croissant lorsque les qualités et propriétés citées en référence deviennent moins bonnes -

- alluvions fluvio-glaciaires
- nappes d'épandage et cônes de déjection
- alluvions de l'Isère
- formations glaciaires

Pour ces quatre dernières formations le paragraphe "propriétés physiques et mécaniques" est complété par un tableau regroupant les différents essais qui ont permis de les caractériser.

Ces essais numérotés peuvent être localisés à l'aide du plan reporté en annexe. Tous les sondages mécaniques ou électriques pointés sur ce plan y sont d'autre part décrits au moyen d'un code auquel est jointe une légende.

A - Eboulis et écroulements

1 - Localisation

Ces formations n'occupent que le haut du versant de la Chartreuse au pied des falaises calcaires. Elles s'étendent entre les cotes approximatives 950 et 500.

2 - Morphologie

Ils constituent un placage assez continu, entaillé par les nombreux petits ravins qui descendent le long de la pente, lesquels lors des crues remanieront les matériaux et donneront naissance à des formations particulières dont nous parlerons plus loin.

Leur pente moyenne est supérieure à 30 % (fig. 20). Ils peuvent être soit vifs, soit stabilisés et dans ce dernier cas colonisés par la végétation.

Les écroulements se distinguent des éboulis par une morphologie beaucoup plus saillante et plus bombée, l'épaisseur étant plus importante.

3 - Lithologie

a - Eboulis vifs

Ils sont essentiellement formés de blocs de calcaires marneux gris et se caractérisent par une absence de matériaux fins. Ils sont actuellement alimentés.

b - Eboulis stabilisés

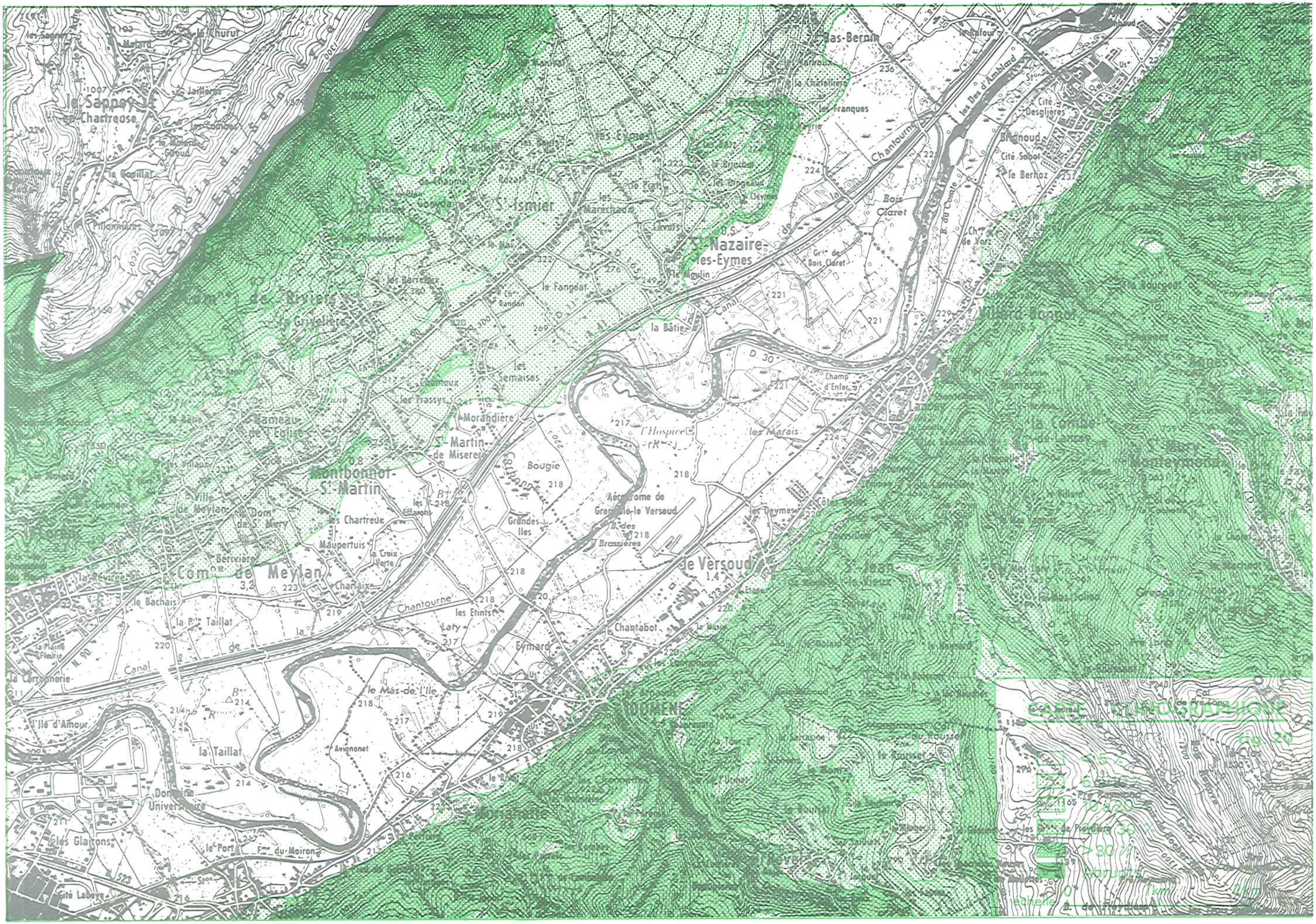
Altérés par rapport aux précédents, ils présentent généralement une matrice argileuse gris brun. Néanmoins, la fraction grossière domine.

c - Ecroulements

Ils sont stabilisés. Le calibre des éléments peut aller jusqu'à 30 ou 40 m^3 (l'Allée, la Tour d'Arce). A la matrice argileuse, s'ajoute une poudre fine, assez claire, résultant du broyage des roches entre elles lors de la mise en place.

4 - Hydrogéologie

Ils constituent une zone d'infiltration des eaux au pied de la falaise. Les fortes précipitations peuvent gonfler très rapidement les torrents existants, à sec d'ordinaire. D'après J-C. FOURNEAUX (1968) leur perméabilité varie de 10^{-2} à 10^{-6} m/s.


CARTE CLINOGRAPHIQUE
fig 20
< 5 %
5 à 10 %
10 à 20 %
20 à 30 %
> 30 %
abrupts
échelle 0 1 km 2 km
le Sappey-en-Chartreuse
Mont Saint Eynard
S't Ismier
S't Nazaire-les-Eymes
Bas-Bernin
Montbonnot-S't Martin
S't Martin-de Miserere
Com'e de Meylan
le Versoud
DOMENE
Aérodrome de Grenoble-le Versoud
Domaine Universitaire
Chantourne
Canal
la Bâtie
Bougie
Grandes Iles
le Mas-de-l'Ile
la Taillat
l'Ile d'Amour
les Glaires
Cité Laboye

5 - Risques naturels (fig. 21)

Nous avons réalisé une carte synthétique des risques naturels à partir des documents officiels communaux dressés par la Direction Départementale de l'Agriculture de l'Isère. Nous proposons parfois certains compléments ou modifications à y apporter.

La zone "non aedificandi" englobe pratiquement toutes ces formations, excepté les endroits protégés topographiquement des chutes de pierres (le Châtelard). Certains points devraient cependant être revus, en particulier à la limite entre les communes de Biviers et de St-Ismier, car dans la première l'extension de la zone interdite s'arrête à la cote, 610 alors que dans la seconde elle va jusqu'à 410.

6 - Aptitude aux travaux

Ce sont des matériaux difficiles à travailler, compte tenu parfois de l'importance des blocs que l'on rencontre. Ils sont assez stables et supportent assez bien la charge. En fait, ils ne font qu'exceptionnellement l'objet de travaux, excepté pour des routes d'accès à des équipements spéciaux (citernes au-dessus de la Bâtie, barrages sur le ruisseau de Darguil).

B - Alluvions fluvio-glaciaires

1 - Localisation

Elles ne sont représentés qu'en un seul endroit, au nord de la feuille, entre St-Nazaire-les-Eymes et Bernin.

2 - Morphologie

Elles constituent une ancienne terrasse de l'Isère formant une petite butte d'une trentaine de mètres de hauteur. La pente moyenne est supérieure à 30 % et parfois forme de petits abrupts (St-Nazaire-les-Eymes). Le sommet de cette formation montre un replat au niveau du château de Cleymes.

3 - Lithologie

La plus grande partie de la formation est constituée par des sables fins à grossiers de couleur beige clair dans lesquels apparaît un litage souligné parfois par des éléments plus gros (3 cm).

Les seuls affleurements visibles et frais sont situés sous le village de St-Nazaire-les-Eymes.

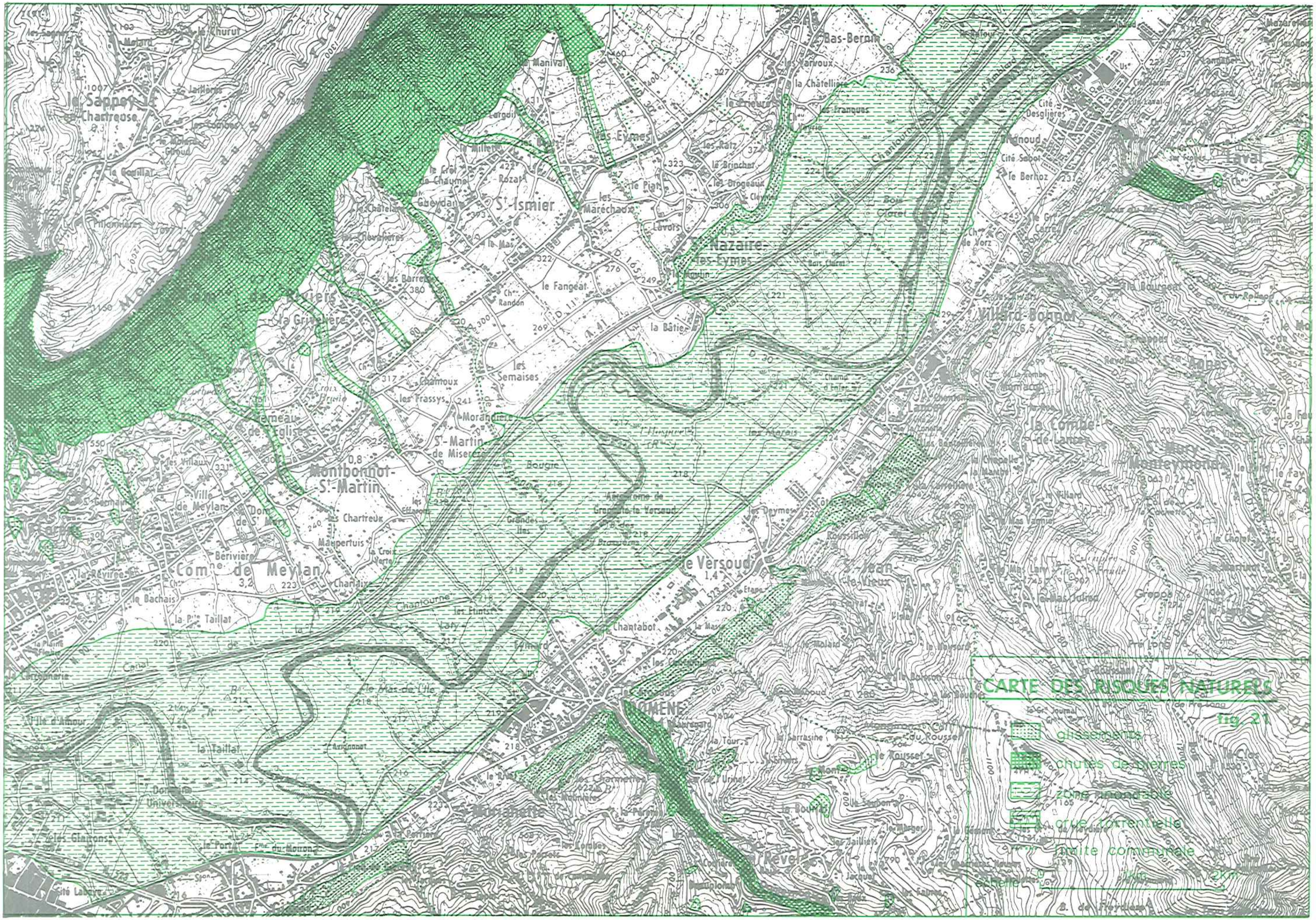
4 - Hydrogéologie

Un puits de 28 mètres aux Drogeaux prouve l'existence d'une nappe perchée dans cette formation (J.C. FOURNEAUX, 1968).

Quelques petites sources et de nombreux suintements apparaissent au contact de la plaine, là où ces alluvions s'enfoncent sous le remblayage récent.

5 - Propriétés physiques et mécaniques

Les seuls prélévements réalisés sur ces matériaux l'ont été en vue d'analyses granulométriques.



CARTE DES RISQUES NATURELS
fig. 21
glissements
chutes de pierres
zone inondable
crue torrentielle
limite communale
échelle
0
1km
2km
Le Sappey
St Ismier
St Nazaire les Eymes
Montbonnot-St Martin
Comne de Meylan
le Versoud
Domène
Villard-Bonnot
Lancey
la Combe-de-Lancey
Laval
Revel
Murianette
St Jean-le-Vieux
Bas-Bernin
St Martin de Miseré

- Granulométrie (fig. 22)

. Le filler indique que 10 % du matériel passent au tamis de 0,08 mm ; 74 % du matériel passent au tamis de 0,4 mm ; seulement 20 % sont retenus au tamis de 2 mm.

. Le coefficient d'uniformité est de 3,9, quant au coefficient de courbure il atteint 1,8 .

. L'hétérométrie = 3,3 ; on a donc une granulométrie serrée.

Ces valeurs font de ce matériau, d'après la classification employée, un sable propre mal gradué limoneux (Sm-Sl)

Nous avons déterminé une valeur approximative de la perméabilité à partir de la formule de Hazen basée sur l'analyse granulométrique:

$$K = 10^{4} \cdot d^{2}_{10} \# 10^{-6} m/s$$

- Calcimétrie

Elle a une valeur moyenne de 20,4 %.

- Module de réaction du sol naturel

Pour ce type de sol d'après le tableau XVII il peut varier entre 4 et 10 bars.

6 - Risques naturels

Tout le versant très incliné est susceptible de connaître des mouvements du sol si l'on vient modifier l'équilibre de ces sables. Il n'y a pas de glissement au sens strict, mais plutôt écroulement de pans entiers avec étalement du sable.

7 - Aptitude aux travaux

D'après le tableau XVII ce terrain est qualifié de passable si on l'utilise comme sol et couche de fondation lorsque l'action du gel n'est pas à craindre. Sa gélivité est très faible ainsi que ses possibilités de tassement. Ses caractéristiques drainantes sont bonnes dans les passées plus grossières et plus propres, mais lorsque le pourcentage de limons est important, la perméabilité peut devenir très faible. Enfin pour des fondations l'écoulement des eaux a de l'importance, car ces sables sont très sensibles à l'érosion et le phénomène de renard peut apparaître.

C - Nappes d'épandage et cônes de déjection

A côté des cônes anciens, stabilisés, il existe des formations mixtes qui peuvent être soit récentes soit anciennes, et qui résultent de l'épandage sur le versant, d'éboulis sous l'action de ruisseaux ou de torrents temporaires.

Toutes ces formes d'accumulation ou de remaniement ont été regroupées sous deux figurés mais elles présentent dans leur ensemble de grandes similitudes.

1 - Localisation

a - Rive droite de l'Isère

Ces formations occupent la plus grande partie du versant occidental de la Chartreuse dont elles tapissent le pied.

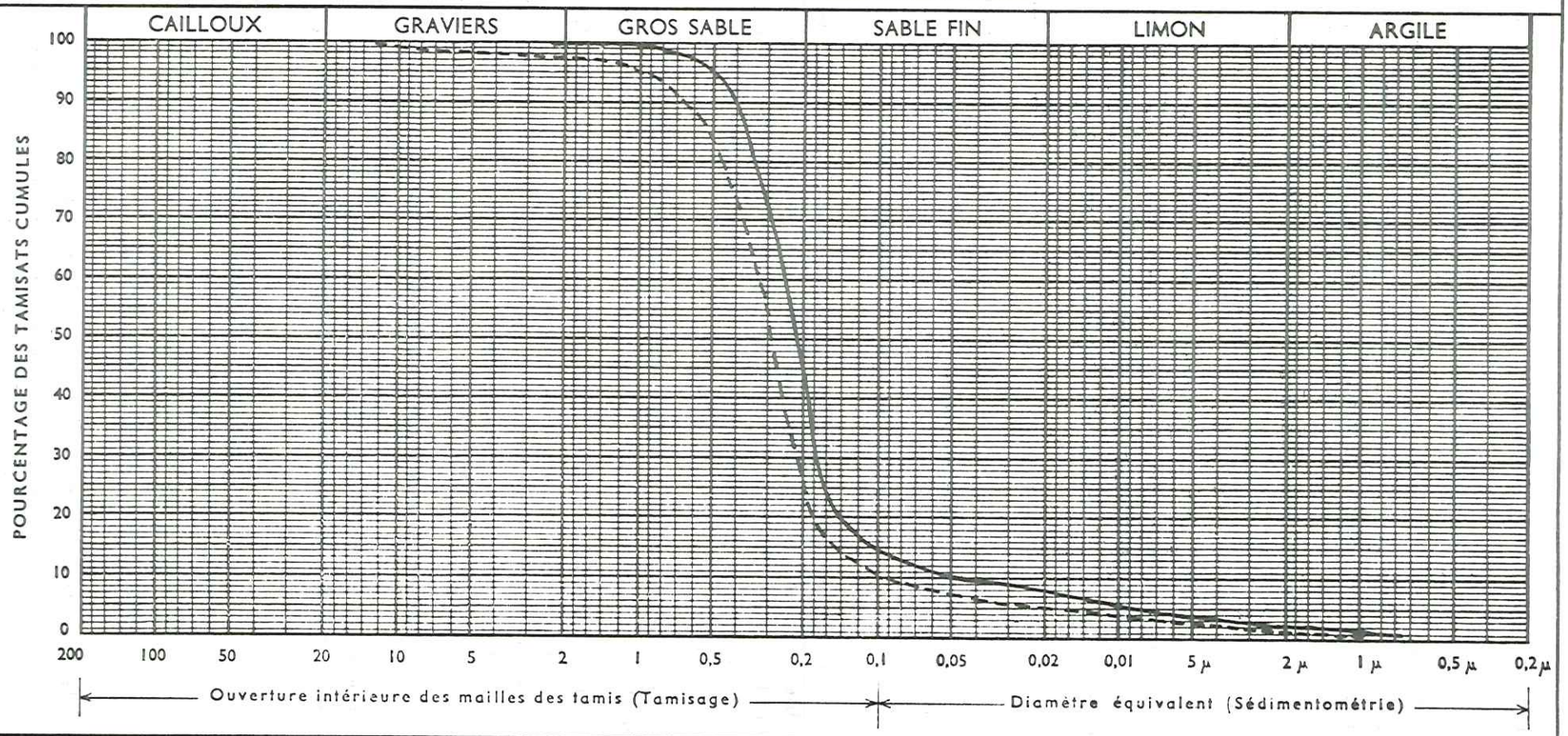
Leur superficie est de l'ordre d'une quinzaine de km2. Leur

fig. 22 **ALLUVIONS FLUVIO-GLACIAIRES**

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
- ——— N° P 13
- —.—.— N° _____
- – – – – N° P 12

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	LIMITES D'ATTERBERG W.L	LIMITES D'ATTERBERG I.P	E.S	Filler % < 80 µ	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation Géotechnique
Ech P 13	ind.			5			Sm-Sl
Ech P 12	ind.			10			"
Ech							

limite inférieure est à une altitude de 215 m au SW de la carte et de 230 m au NE. Leur limite supérieure se situe entre 500 et 800 m d'altitude, excepté pour celles qui se trouvent au SW dont l'origine est seulement à 300 m.

Il est possible d'individualiser 14 cônes ou nappes d'épandage dont l'importance peut être plus ou moins grande. Le plus étendu et le plus connu de ceux-ci étant celui du Manival qui n'apparaît qu'en partie au NE de notre secteur sur une surface de 5 km2. Certains peuvent être très restreints comme celui du Fangeat qui ne couvre que 0,3 km2.

b - Rive gauche de l'Isère

Les formes d'accumulation torrentielles sont au pied des collines bordières. Beaucoup plus réduites que celles des chaînes subalpines, il est possible d'en individualiser une dizaine pour une superficie de 5 km2 environ. Le cône le plus important ne dépasse pas 1,5 km2.

2 - Morphologie

Nous avons vu qu'il s'agissait soit de cônes de déjection soit de cônes mixtes qui résultent d'un épandage d'éboulis. Là encore, de fortes différences existent lorsque l'on se place d'un côté ou de l'autre de la vallée.

a - Rive droite de l'Isère (fig. 23)

Seul ce versant montre des formations mixtes. Elles se différencient des cônes classiques par le fait que les nappes d'épandage prennent naissance au bas des éboulis du pied de falaise et qu'il n'y a pas ou pratiquement pas (ruisseaux de Corbonne et de Larguit) de chenal d'écoulement faisant suite à cette zone d'alimentation.

Seul le Manival montre un bassin de réception typique et un chenal d'écoulement assez court (il n'apparaît pas sur notre secteur)

On a donc une zone d'accumulation torrentielle dont la pente décroît assez régulièrement du haut vers le bas :

- la partie supérieure a une pente moyenne de 20 à 30 %
- la partie intermédiaire " " " de 10 à 20 %
- la partie inférieure a " " " de 0 à 10 %

Latéralement ces cônes mixtes ne sont pas très bien individualisés mais "tassés" les uns contre les autres. Cela confère au versant une topographie ondulée caractéristique. D'autre part ils recouvrent le substratum marno-calcaire qui, par endroits, vient apparaître en "flots" (Montbonnot, Chamoux).

b - Rive gauche de l'Isère (fig. 24)

Les formes d'accumulation torrentielles sont, de ce côté de la vallée, de véritables cônes de déjection situés au débouché d'un long chenal d'écoulement traversant les collines bordières.

Ils sont bien individualisés et offrent une topographie beaucoup plus régulière qu'en rive droite. D'autre part ils ne tapissent pas le versant, mais sont calés à son pied et s'étalent sur la plaine alluviale.

fig. 23 MORPHOLOGIE DES NAPPES D' EPANDAGE

(rive droite)

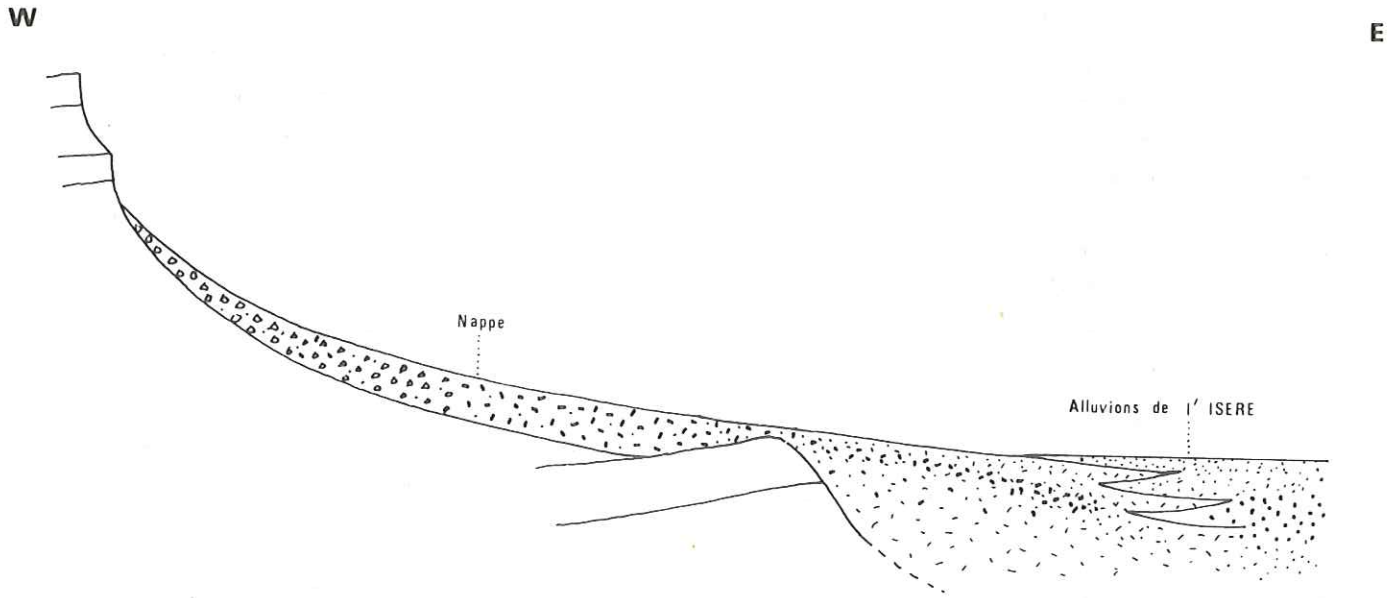
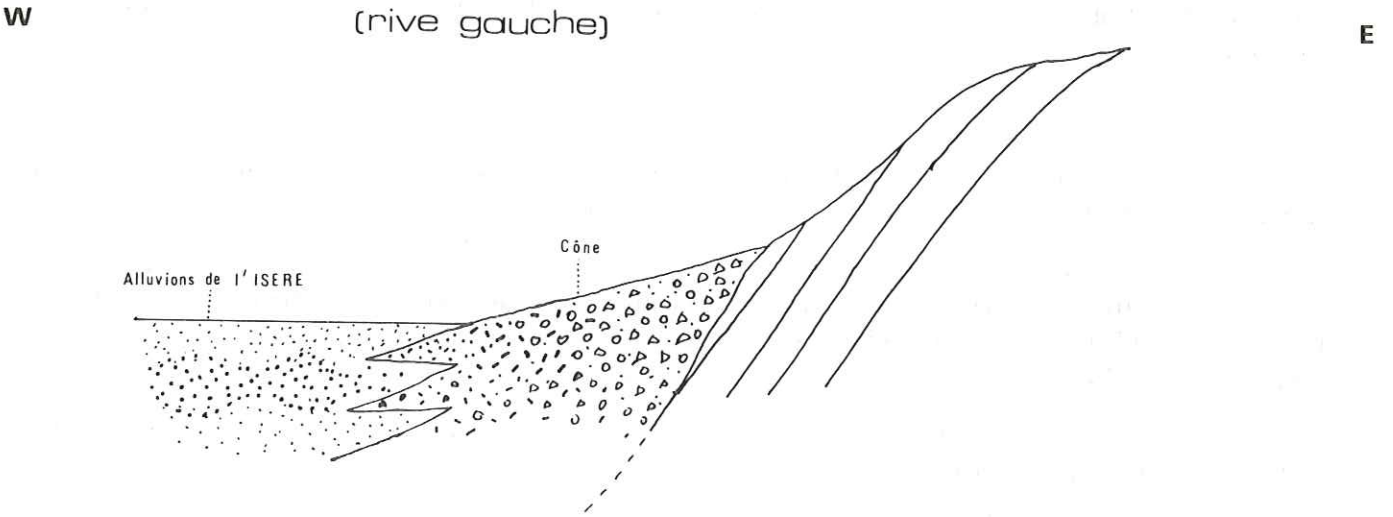


fig. 24 MORPHOLOGIE DES CONES DE DEJECTION

(rive gauche)



3 - Lithologie

a - Rive droite de l'Isère

Cônes de déjection et nappes d'épandage sont formés d'un matériel très hétérogène constitué de blocs, cailloux, graviers anguleux, de teinte gris beige, assez claire, de nature calcaire et marno-calcaire et d'une matrice argilo-sableuse marron clair à marron foncé.

Les éléments sont très anguleux puisque le transport est bref, la distance maximale de déplacement étant de 3,5 km, c'est-à-dire la longueur séparant la falaise alimentant les torrents, de l'extrémité inférieure de la formation.

Le mode de transport torrentiel fait que ce sont les particules les plus fines qui ont été entraînées le plus loin respectant le granoclassement habituel de ces dépôts.

Il en résulte que les parties basses sont parfois constituées d'un matériau fin sur des épaisseurs qui peuvent être très variables. Ainsi au niveau de la Revirée ou du Bachais, on peut avoir une épaisseur de matériaux fins supérieurs à 20 m (sondage 65). Si l'on se déplace au NW, au niveau des Semaises ou du Fangeat, il n'apparaît plus qu'une épaisseur de 4 m des éléments fins (sondage 196). Parfois cette épaisseur peut être nulle, et même en bas du cône les matériaux grossiers peuvent prédominer (sondage 264). Si l'on remonte un peu le cône, on peut encore trouver une bonne épaisseur d'argile, comme au Domaine de St-Mury : 5 m (sondage 167)

Par contre sur les parties hautes de ces formations, le matériau de surface est tout de suite constitué de blocs, cailloux, graviers entourés d'une matrice argilo-sableuse. Il est possible de le constater dans les très nombreuses fouilles ouvertes pour des constructions individuelles (la Bâtie, les Plantées, les Barraux, etc.).

Enfin dans les parties tout à fait supérieures des cônes, le matériau est très grossier, les blocs pouvant atteindre 0,5 m3 et la matrice fine est presque inexistante.

b - Rive gauche de l'Isère

Ici, la composition pétrographique des cônes de déjection est plus variée, les torrents parcourant un bassin versant plus vaste.

On retrouvera des dépôts très hétérogènes, constitués de cailloux et graviers de calcaires marneux gris-noir, et de galets, d'origine moraïnique, de roches cristallines et cristallophylliennes (granites, amphibolites, gneiss). Tous sont emballés dans une matrice argileuse marron-noir.

Les éléments grossiers sont beaucoup plus émoussés qu'en rive droite, le transport étant plus long.

4 - Hydrogéologie

La structure des formations va définir leur régime hydraulique. Nous allons constater qu'une fois de plus il y a une grande différence entre les cônes, les nappes de Chartreuse et ceux des collines bordières.

a - Rive droite de l'Isère

- Circulation des eaux (fig. 25, 26, 27, et 28)

Sur ces grands épandages, lors de fortes pluies la crue apporte

fig. 25 COUPE SCHEMATIQUE TRANSVERSALE D'UNE NAPPE D'EPANDAGE

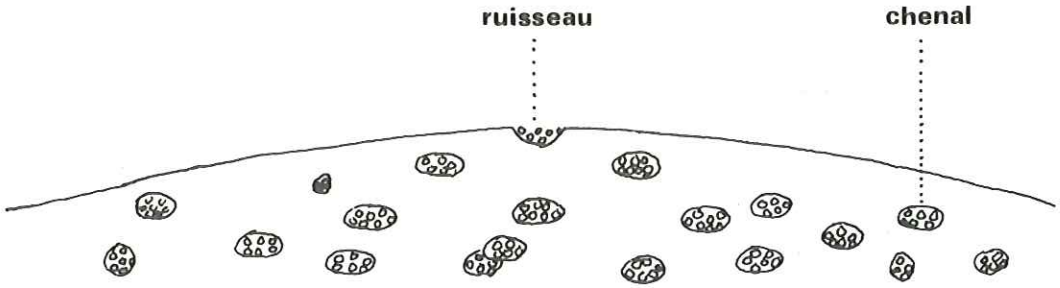


fig. 26 COUPE TRANSVERSALE D'UN CHENAL

(Le Bottey)

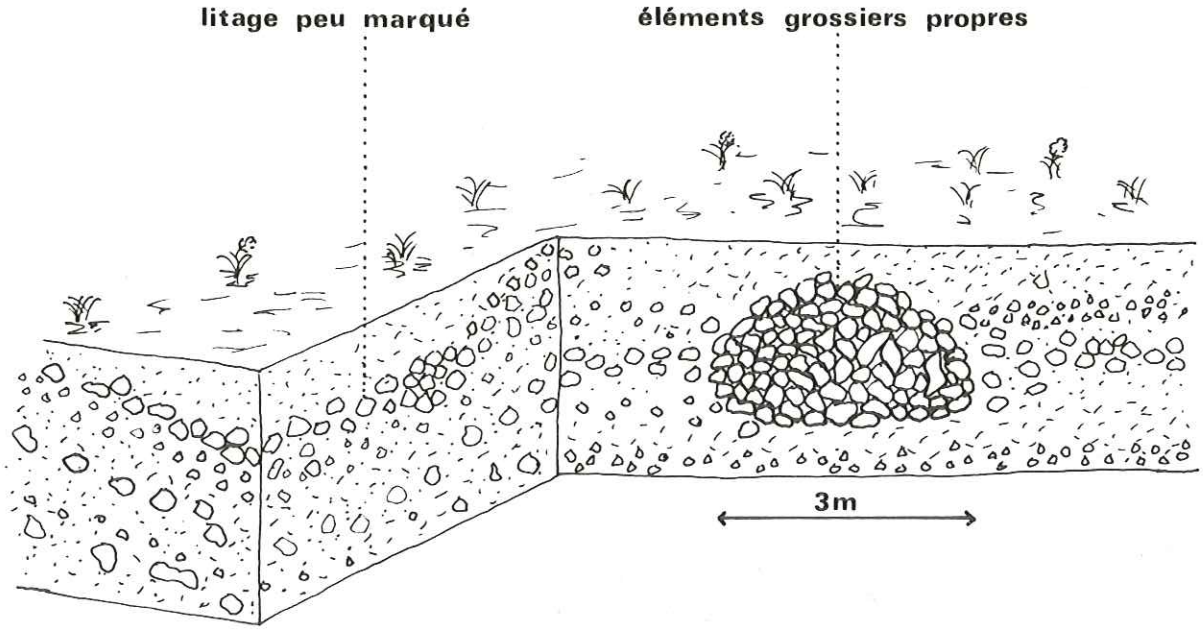


fig. 27 SOURCE LIEE AUX NAPPES D'EPANDAGE

(La Tronche)

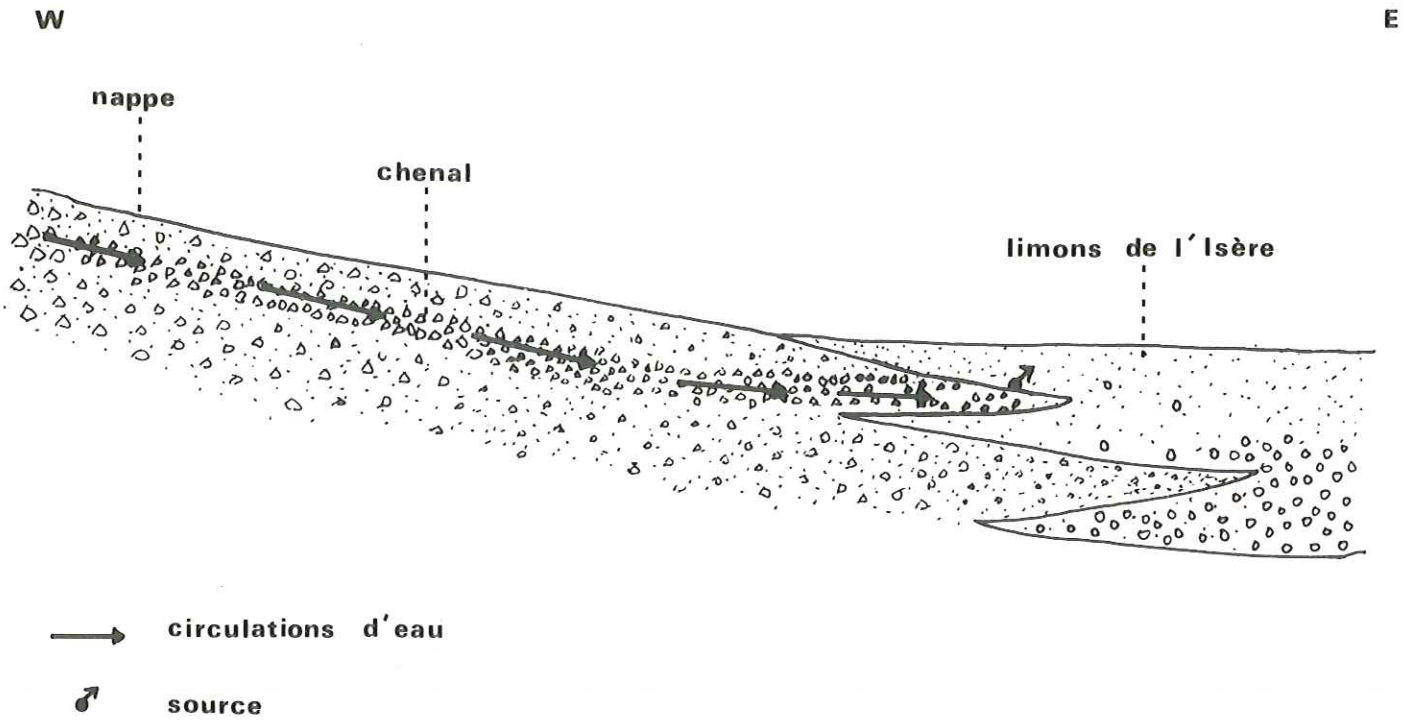
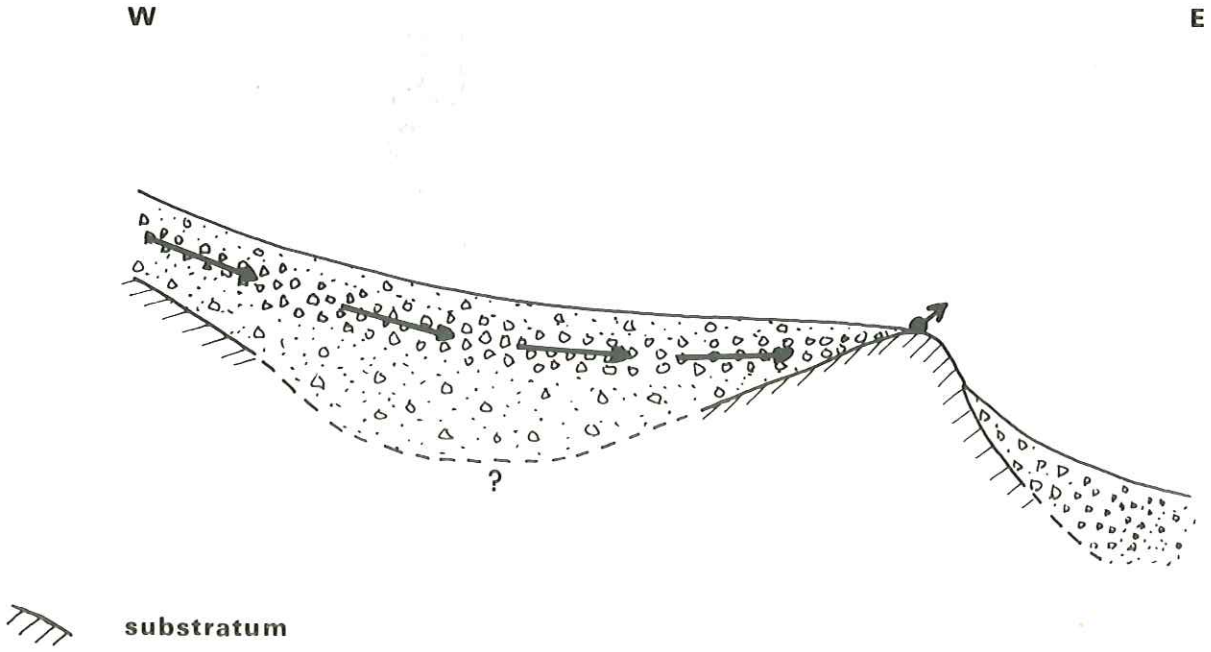


fig. 28 SOURCE LIEE AU SUBSTRATUM

(Montbonnot)



des matériaux, le flot divague, puis à l'étiage, le torrent se fixe, lave son lit et il ne reste plus qu'un chenal de gros éléments (GIGNOUX, 1940) jusqu'à la prochaine crue.

On obtient ainsi une succession de chenaux qui ont balayé le cône suivant ses génératrices. Entre les chenaux, les dépôts sont grossièrement lités et leur taille varie des argiles aux blocs décimétriques. Il n'y a donc pas de litage entrecroisé.

Ces chenaux apparaissent très bien en coupe dans certaines fouilles (Le Bottey, la Grivelière)

Les eaux d'infiltration empruntent ces conduits à fortes perméabilités, très propres, ce qui permet une vidange rapide de ces formations superficielles (FOURNEAUX, 1968). Le lit des torrents n'étant pas colmaté une partie de leurs eaux rejoignent ces chenaux. Ceux-ci peuvent déboucher dans la plaine alluviale, et créer des sources occultes sous les formations argilo-limoneuses de surface (La Tronche). Ce mode de circulation est général sur tout l'adret Meylan - Biviers-Bernin.

D'autre part, un "surcreusement" du bed-rock peut favoriser l'apparition de sources (Montbonnot)

- Phénomènes d'érosion souterraine (suffosion) fig. 29

Nous avons observé avec P. ANTOINE un phénomène particulier lié à la présence du bed-rock près de la surface.

A Montbonnot, dans les jardins de la Maison de Retraite, des dépressions circulaires en forme d'entonnoir sont apparues (1951). D'après des témoignages, un de ces entonnoirs formait un véritable "gouffre" de 20 m de profondeur.

Lorsque l'on suit le ruisseau de Gamont, on observe une source et des zones de suintement au contact du substratum constitué de marno-calcaires. Lors des grosses pluies, ces venues d'eau sont troubles ce qui témoigne d'un entraînement des particules argileuses par les eaux d'infiltration.

D'autre part cette "remontée" du substratum concentre les circulations d'eau et crée des cheminements préférentiels. Ainsi lorsque les éléments grossiers sont privés de leur gangue, ils se tassent. Il apparaît alors en surface des dépressions ou "entonnoirs d'ablation". Un tel phénomène a été décrit dans la Drôme par R. BARBIER (1952).

Ce résultat n'est possible que si la proportion d'éléments fins par rapport aux éléments grossiers est suffisante pour qu'il se crée des vides d'une certaine ampleur lors de leur départ.

De telles dépressions sont également visibles dans la partie basse du cône du Manival (FOURNEAUX, 1968) entre les Semaises et Le Fangeat. Dans ce cas, le bed-rock n'intervient pas et il doit s'agir simplement d'un tassement des matériaux grossiers après le départ des fines, et cela en particulier au niveau des chenaux de circulation.

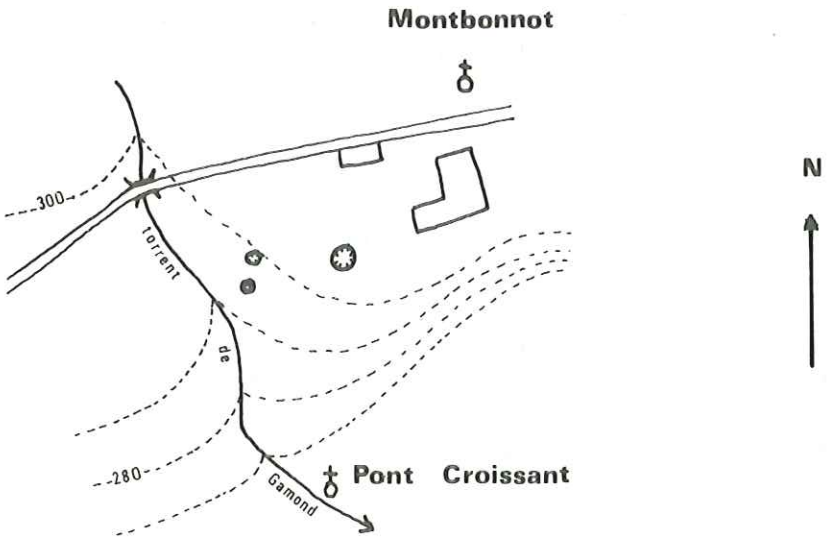
b - Rive gauche de l'Isère

Dans les cônes de déjection, la circulation des eaux est toute différente. En effet les dépôts sont stratifiés en lentilles très étendues. Il n'y a pas de stratification entrecroisée sauf dans la partie amont de la formation (FOURNEAUX 1968). L'eau d'infiltration alimente et maintient une petite nappe de versant.

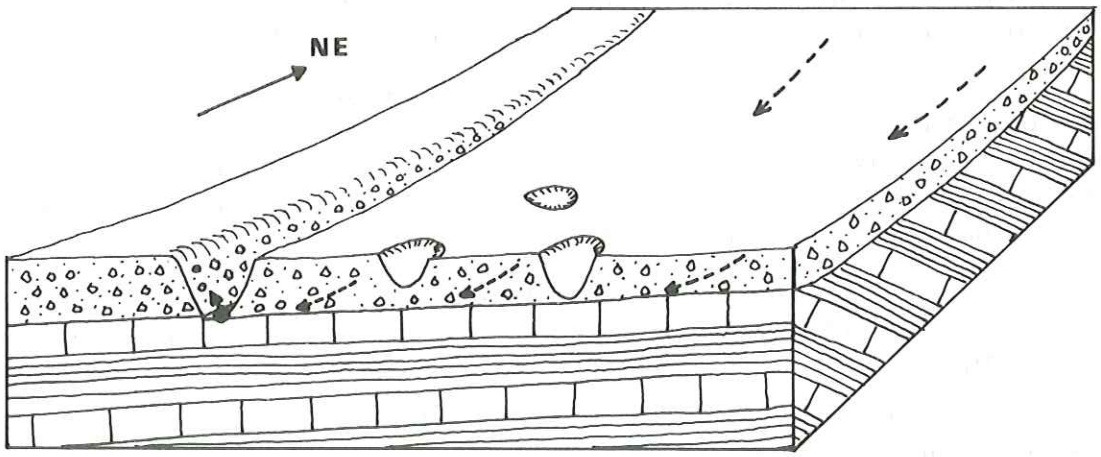
Au pied des cônes, des petites sources apparaissent au contact

fig. 29 PHENOMENE D'EROSION SOUTERRAINE

- plan de situation



- bloc interprétatif



Nappe d'épandage

Substratum

Source

Circulation souterraine

Entonnoir d'ablation

de la plaine alluviale.

La grande différence avec la rive droite est donc qu'il n'y a pas d'écoulement turbulent et ainsi pas d'entraînement de matériaux fins.

5 - Propriétés physiques et mécaniques (tabl. XIX)

Le matériau étant très hétérogène, ces données ne sont pas extrapolables à toute la formation. Dans le tableau XIX, la colonne "géologie" est remplie par un symbole, défini en annexe, qui est une description visuelle de l'échantillon, donnée par la personne qui l'a soumis à différents essais.

Ainsi pour ces cônes de déjection et ces nappes d'épandage, il est à signaler que leurs parties basses (sud de Meylan) peuvent être constituées d'éléments fins (argiles, sables). La proportion d'éléments grossiers augmente à mesure que l'on remonte la formation, et de ce fait les propriétés mécaniques s'améliorent de plus en plus vers le haut, le bas ayant parfois des caractéristiques proches des limons et argiles de la plaine alluviale (zone de raccord versant - plaine)

- Granulométrie (fig. 30)

Les analyses ont été faites sur des échantillons argileux caractérisant les zones de transition avec la plaine (sondages 50, 63, 196, etc.) et sur des échantillons graveleux qui donnent une idée de la plus grande partie de la formation (sondages 244, 245, 263, etc.)

. échantillons argileux : filler 84-94% $<80\mu$
hétérométrie # 67

. échantillons graveleux : 90% 2mm
hétérométrie = 23

Dans les deux cas, nous avons des granulométrie étalées qui caractérisent ces matériaux hétérogènes.

- Limites d'Atterberg

Elles ont été effectuées sur des échantillons argileux et dénotent une plasticité moyenne :

$30 < W1 < 49$
$17 < Wp < 23$
$12 < I p < 26$
$0,7 < I c < 1,8$

- Teneur en eau

Dans les niveaux argileux elle varie de 14 à 22 % et elle décroît de 9 à 6 % pour ceux qui sont graveleux.

- Equivalent de sable

Il est inférieur à 5 pour les argiles et de l'ordre de 20 pour les niveaux grenus.

- Densité sèche

Elle varie aux alentours de 1,5.

- Calcimétrie

Les pourcentages élevés confirment l'origine essentiellement calcaire de ces formations :

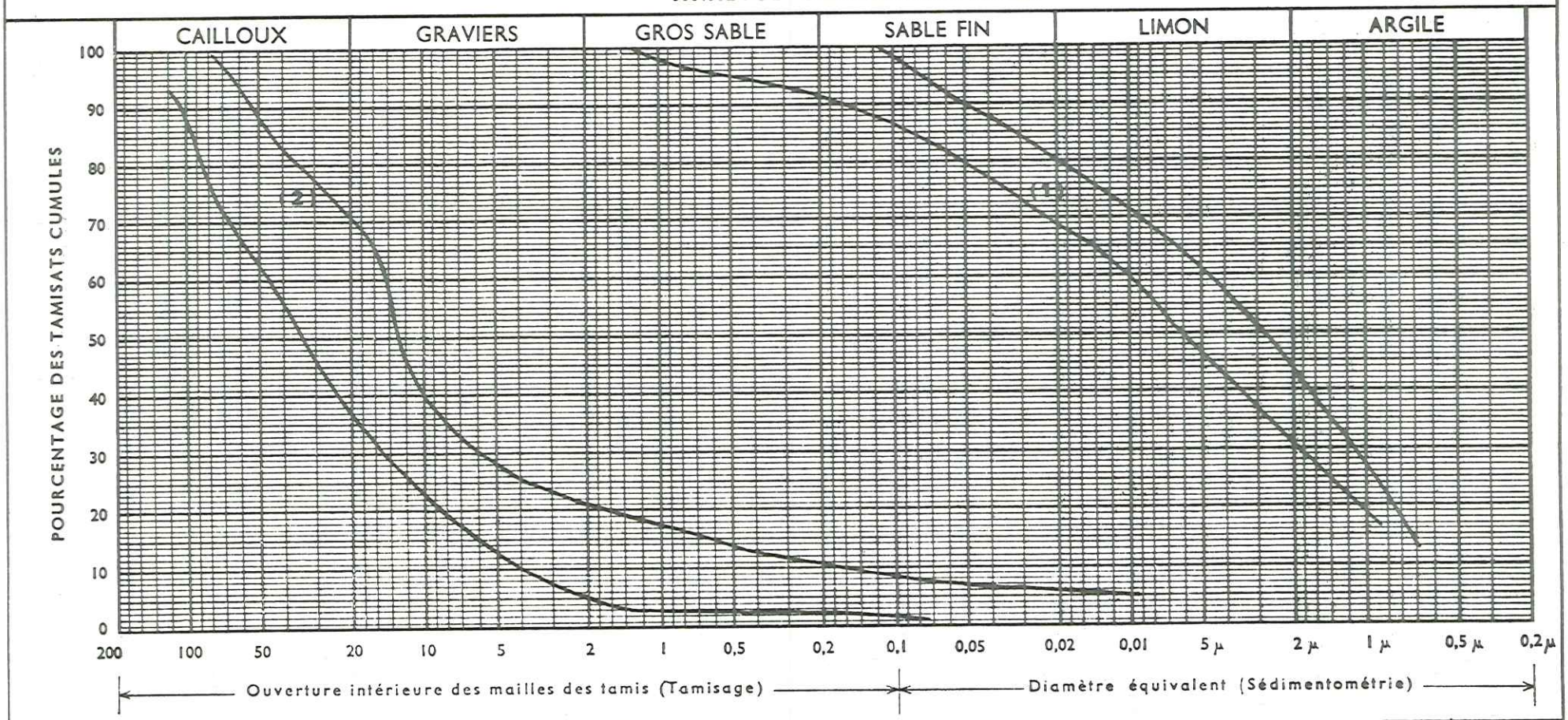
$65,6 < \% \ Ca\ CO_3 < 84,6$

fig. 30 NAPPES D' EPANDAGE ET CONES DE DEJECTION

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
- _____ N° Fuseau des échantillons argileux (1)
- —.—.—. N° _____
- _____ N° Fuseau des échantillons graveleux (2)

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	LIMITES D'ATTERBERG		E . S	Filler	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle	Désignation Géotechnique
	W.L	I . P		% < 80 µ		W %	
Ech _____							
Ech _____							
Ech _____							

Tabl. XIX Propriétés physiques et mécaniques des cônes de déjection et nappes d'épandage

N°	Géd.	Prof.	W	Wl	Wp	Ip	Ic	> 2 mm	CU	CC	ES	Filler	γ d	$CaCO_3$	Géd.	Cuu	φuu
50	LS	2,7															
	L	5,0	28										1,57			2,0	27
	L	12,0	29,5										1,50			0,8	19
63	A	3,5	30,0										1,46			2,5	12
	A	7,5	27,6										1,54			1,2	20
	AS	14,7	21,8										1,63			1,2	26
66	AL	1,0	30													2	18
	L	3,0	27													3	10
	L	13,0	28,2													4	17
196	AS	1,5	21	44	21	23	1,0										
	AS	3,5	24	44	22	22	0,9										
197	AS	5,5	23	37	17	20	0,7	2			<5	84			Ap		
195	GA	2,5	9	40	20	20	1,6				20						
241	AS	2,8	22	49	23	26	1,0	0			<5	94		43	Ap		
242	AS	3,6	17	46	20	26	1,1	0			<5	91			Ap		
263	SA	4,4	14	40	20	20	1,3	20	200	0,2	<5	56					
244	GS	1,5						87	45	3,7	20	6			Gm		
245	GA	0,9	5	35	18	17	1,8	93	4	2	16	3			Gm		
264	GS	2							250	20	18	9			Gm		
P 1	GAS	0;5		30	18	12								84,8			

- Résistivités

Elles sont basses : 15 à 25 Ω.m lorsque le sol est uniquement argileux, plus fortes pour les parties supérieures granuleuses : 100 à 250 Ω.m

- Perméabilités

D'après J.C. FOURNEAUX (1968) ces formations ont des perméabilités variant de 10^{-3} à 10^{-5} m/s, si elles sont exemptes d'argile.

- Vitesse sismique

Les valeurs sont comprises entre 1000 et 1850 m/s. Ce sol est pratiquement toujours rippable.

- Essais de cisaillement

Des essais non consolidés, non drainés ont été éffectués près des Ayguinards :

$0,8 < Cuu < 4$
$10 < \varphi uu < 27$

- Désignation géotechnique

Il n'est guère possible d'attribuer un symbole pour une formation dont la granulométrie augmente du bas vers le haut ; néanmoins la fraction fine du bas des formations peut être qualifiée d'argile peu plastique (Ap), quant au reste des cônes et des nappes, le sol est une grave propre mal graduée (Gm), souvent argileuse (Gm-GA).

6 - Les risques naturels

Les différents types de risques susceptibles d'intéresser ces formations se répartissent ainsi : chutes de pierres, glissements de terrain, crues torrentielles, inondations, suffosion (n'apparaît pas sur la carte)

a - Chutes de pierres et écroulements

Ils peuvent affecter la partie supérieure des nappes d'épandage située près du pied de falaise, en particulier près de Sautisson, Chaboudières, Larguit et au nord des Plantés.

b - Glissements de terrain

Ils sont très rares dans ces formations. Il ne s'agit d'ailleurs pas de véritables glissements, mais plutot de phénomènes de solifluxion n'intéressant que l'épiderme du terrain. Trois petits secteurs seulement présentent de tels risques : NE de Plate Rousset, château de Franquières et NE des Barraux.

c - Crues torrentielles

Elles touchent tous les torrents des deux versants de la vallée. Une zone de protection de 25 m de part et d'autre de l'axe des ruisseaux a été délimitée.

En effet le débit de ces derniers après de fortes pluies, peut passer de :

- 0 à 1 m3/s en crue pour la rive droite
- 0,08 m3/s en étiage à 6 m3/s en crue pour la rive gauche (J.C. FOURNEAUX.)

d - Inondations

Le périmètre des zones inondables défini par décret du 3 novembre 1961 englobe parfois le pied de certaines nappes (et cônes) où la pente est faible (< 5 %). C'est le cas au sud de St-Martin-de-Miserere, au sud des Franques et à la Petite Taillat.

e - Suffosion

Nous avons précédemment décrit ce phénomène en détail. Il se produit à Montbonnot et la configuration est la même dans le secteur de Chamoux, mais aucun indice de tassement n'a été mis en évidence. Il faudra se méfier dans les secteurs où le substratum réapparaît risquant de provoquer une concentration de la circulation souterraine.

Par contre il n'est guère possible de faire des prévisions pour les tassements du type de ceux observés au bas du cône du Manival.

7 - Aptitude des terrains aux travaux

a - Urbanisation

D'après le S.D.A.U., on s'aperçoit que la partie située au-dessous de l'ancienne route de Chambéry (R.N. 90) sera la plus sollicitée quant à l'urbanisation.

En effet cette zone inférieure des cônes de déjection, dont la pente topographique est toujours plus faible que 5 %, recevra une urbanisation agglomérée (Meylan-Montbonnot) et une partie de la zone industrielle.

Sur l'autre versant, seuls les cônes de Gières et de Domène auront une urbanisation intensive.

Les secteurs restants seront réservés à une "agglomération dispersée". Ainsi ce sont les parties basses, celles qui se raccordent insensiblement à la plaine alluviale et qui sont constituées par une grande proportion de matériaux fins, qui supporteront les aménagements les plus lourds : immeubles collectifs et bâtiments industriels

b - Fondations

Dans la plupart des cas, l'épaisseur des terrains de couverture est importante et dépasse les 10 mètres. Il ne faudra pas rechercher le bed-rock pour y ancrer des fondations

- Partie basse des formations

Nous avons pris des exemples à la Revirée et au Bachais :

. Pour les maisons individuelles et les bâtiments de type R+1, on utilise des fondations superficielles du type semelle filante ancrée à 1 m de profondeur et appliquant une pression d'environ 1 bar. Il peut y avoir des tassements d'une dizaine de cm, le matériau étant compressible. Le taux de travail ne doit pas dépasser 1 bar.

. Pour les immeubles de plusieurs étages de type R+7 ou R+8, avec sous-sol enterré, on utilisera soit la formule du radier général appliquant une pression d'environ 1 bar (les tassements théoriques peuvent être d'une vingtaine de cm) soit

des fondations profondes sur pieux forés, ancrés dans d'éventuels niveaux plus sableux ou graveleux sous-jacents.

Il faudra également respecter un certain nombre de règles :
- les tassements pouvant être importants, semelles ou radiers devront être très rigides, ne provoquant qu'un affaissement d'ensemble si les charges sont bien réparties,
- les eaux de circulation seront drainées,
- le sol étant sensible à l'eau, les fondations seront coulées dès l'ouverture des fouilles pour éviter une modification des caractéristiques mécaniques.

- Partie haute des formations

La pente topographique augmente ainsi que la proportion des éléments grossiers.

L'habitat étant du type maison individuelle ou R+1, et la formation devenant plus graveleuse, les risques de tassement diminuent. Les fouilles peuvent se faire avec des engins mécaniques, mais parfois il peut y avoir de très gros blocs, dans les parties très supérieures, résultant d'effondrements anciens et qui petit à petit ont été emballés dans la nappe d'épandage;. Selon leur taille ils peuvent être très genants dans les terrassements, mais il est pratiquement impossible de prévoir leur existence et leur emplacement. Leur déblaiement nécessitera des engins beaucoup plus puissants. Mais le terrain présente une très bonne stabilité (Hameau de l'Eglise). L'exigence la plus importante concerne le drainage des eaux de circulation, surtout si l'ouvrage recoupe un chenal.

8 - L'homme et le milieu

L'adret privilégié du rebord de la Chartreuse a fait que ces grandes nappes d'épandage sont très sollicitées pour la construction et les divers aménagements qu'elle nécessite. Voici quelques uns des problèmes qui ont été rencontrés :

a - Stabilisation des torrents

Depuis très longtemps, les ruisseaux temporaires de ce versant ont créé de nombreux ennuis aux populations locales. Aussi, après la création en 1882 de la section de restauration des terrains de montagne de l'Office National des Forêts, tout une série de travaux a-t-elle été entreprise pour protéger les cultures et les habitations des incursions torrentielles.

Tout d'abord, une lutte "biologique" a été réalisée en effectuant de nombreuses plantations de pins noirs, à crochets, sylvestres ou d'Auvergne, pour stabiliser les parties hautes et limiter l'érosion.

Cela n'ayant pas suffi, il a été entrepris la construction de très nombreux petits barrages et contre-barrages en pierres sèches (plus d'une centaine) disposés en escalier afin de retenir les matériaux le plus haut possible et de diminuer la force des eaux. Ceci était complété par un embroussaillage des berges pour les rendre plus stables. Mais les lits, parfois limités par des gabions, sont souvent trop étroits et surtout mal entretenus. Il faut signaler aussi que ces torrents sont très difficilement curables et qu'il est impossible d'arrêter l'approvisionnement en

matériaux. Ils appartiennent à la catégorie des torrents à "clappes".

Actuellement, de nombreux barrages en pierres sèches sont remis en état et cimentés. De plus des ouvrages importants, en béton, sont réalisés et matérialisent des seuils derrière lesquels peuvent se décanter cailloux et graviers (Château Corbeau, ruisseau de Darguil).

b - Constructions individuelles

Ce type d'habitat individuel peut, s'il ne respecte pas quelques normes, avoir des conséquences facheuses sur le milieu.

- Evacuation des eaux usées

Dans certaines parties, les réseaux d'égouts sont inexistants et les eaux usées se traitent individuellement au moyen de fosses septiques. Mais souvent ces dernières sont simplement remplacées par un puits perdu, les eaux sales étant réinjectées dans le sol.

La conséquence immédiate est une pollution intensive des eaux souterraines. C'est ainsi le cas à Montbonnot où certaines fontaines du village offrent une eau impropre à la consommation et cela depuis l'augmentation importante du nombre des maisons particulières. Il faudrait évidemment, pour éviter ce gaspillage, que la réalisation des réseaux d'assainissement suive la progression rapide du développemnt urbain, ce qui est rarement le cas.

La qualité de ces eaux est telle (agressivité peut-être due aux détergents) que certains ruisseaux qui maintenant les évacuent ont vu leur pouvoir d'érosion s'accroître considérablement sans pour cela connaître une augmentation de débit notable. Ainsi certaines eaux qui étaient encroûtantes et déposaient des tufs recreusent maintenant ces dépôts et même le substratum (30 cm environ en 4 ans au chemin de la Souchière à Montbonnot). Le processus chimique en cause mériterait d'être étudié de plus près.

- Circulation des eaux naturelles

Nous avons vu qu'elle se faisait au travers de chenaux très perméables. Si une habitation est située sur une zone de forte perméabilité et si les conditions locales sont défavorables (concentration des circulations) un mauvais drainage crée de fâcheux désagréments comme par exemple les inondations de caves en période pluvieuse ou bien la remontée d'une cuve à mazout enterrée par le simple effet de la poussée d'Archimède. Ces phénomènes peuvent également se produire lorsque les niveaux argileux maintiennent les eaux d'infiltration près de la surface du sol (Hameau Fleuri, Meylan).

D - Alluvions de l'Isère

1 - Localisation

Elles remplissent le sillon subalpin qui traverse la feuille Domène du NE vers le SW sur une longueur de 15 km et une largeur variant entre 1,5 et 3,5 km pour une moyenne de 2 km. Leur superficie est d'une trentaine de km2 et leur altitude varie de 210 m au SW à 223 m au NE.

2 - Morphologie

Ces dépôts constituent la plaine alluviale de l'Isère, pratiquement plane, avec une très faible pente de 0,12 % vers le SW. Sur cette surface, le lit mineur de la rivière a toute la place nécessaire pour dessiner ses méandres.

3 - Lithologie

A partir de 310 sondages mécaniques que nous avons décrits en annexe et localisés sur un plan au 1/25 000 (à la fin du mémoire) il est possible de se faire une bonne idée de la nature du remplissage alluvial .

A première vue, il paraît très hétérogène. Cela est vrai dans le détail, puisque des sondages très voisins peuvent avoir des coupes assez différentes, dues à la variation rapide de l'épaisseur de certains niveaux . Si l'on regarde cela de façon plus synthétique, et à une plus petite échelle, il est possible de mettre en évidence différents horizons (J.C. FOURNEAUX, 1968). On rencontre du haut vers le bas :

- limons
- sables et/ou graviers
- sables fins (sablons)
- argiles

a - Limons

Ce sont des matériaux fins, très souvent argileux. Ils constituent les dépôts de débordement de l'Isère. De couleur grise à gris-bleu , ils recouvrent pratiquement toute la plaine avec une épaisseur pouvant être inférieure au mètre ou bien dépassant 6 mètres.

b - Sables et graviers

Ces dépots sont d'anciens lits mineurs de l'Isère. C'est l'horizon le plus discontinu et le plus lenticulaire. Il est constitué de galets roulés et de sables grossiers de nature variée. Leur épaisseur peut atteindre 20 m mais elle est en général d'une dizaine de mètres (sondage 3). Parfois ils peuvent affleurer directement (sondages 103, 104, etc.).

Il est fréquent de retrouver dans ce niveau des passées tourbeuses noirâtres avec de très nombreux débris végétaux (sondage 46) témoignant d'anciennes zones marécageuses ainsi que différents horizons de bois flottés qui résultent vraisemblablement de crues exceptionnelles (sondage 25)

c - Sablons

Ce sont des sables souvent argileux que l'on retrouve sous les niveaux précédents. Leur épaisseur peut dépasser 20 m, mais ils n'ont généralement qu'une quinzaine de mètres de puissance.

d - Argiles

D'après M. GIGNOUX, elles seraient le résultat du comblement de l'ancien lac du Grésivaudan et garnissent le fond de l'auge glaciaire. Elles ont été rencontrées au sondage 288 à Lancey, sous un niveau de graviers, à moins 30 m. Elles forment une couche homogène sur 110 m d'épaisseur. Il s'agit d'un matériau très plastique et de couleur gris-bleu .

4 - Représentation verticale (fig. 31)

Nous avons synthétisé sur 7 coupes perpendiculaires à l'axe de la vallée l'allure de son remplissage à partir des différents sondages mécaniques et géophysiques. De façon à pouvoir mettre en évidence tous les niveaux, nous avons été obligé d'augmenter beaucoup l'échelle verticale.

La dissymétrie par rapport à l'axe de la vallée, que nous avions observée au chapitre IV à propos de l'hydrogéologie, apparaît pour le remplissage alluvial. On remarque en effet que la rive droite montre une plus grande épaisseur de matériaux fins, surtout à l'aval, que la rive opposée. Cela est dû au fait que les grandes nappes d'épandage "alimentent" plus la vallée en particules fines que les cônes de la rive gauche beaucoup plus restreints.

La très grande irrégularité de la longueur des sondages fait que la fiabilité des limites entre les différents terrains décroît avec la profondeur. Nous avons eu en effet à notre disposition plus de sondages courts (10 m) que longs (20-30 m). De ce fait certaines interfaces sont très hypothétiques (sablons-argiles bleues).

5 - Hydrogéologie

a - Nappe de l'Isère

Nous ne reviendrons pas sur ce point qui a été développé au chapitre précédent en ce qui concerne la nappe et son évolution. Nous rappellerons simplement que celle-ci a un niveau qui varie de :

- 1 m à 4 m de profondeur en période de hautes eaux.
- 3 m à 6 m de profondeur en période de basses eaux.

Les battements les moins forts sont de l'ordre de 0,5 m, quant aux plus importants ils dépassent 2 m. Ainsi la tranche de 0 à 10 m qui intéresse surtout le constructeur présente toujours des terrains plus ou moins saturés.

b - Perméabilités (tabl. XX)

A partir des résultats de 64 essais d'eau ponctuels effectués sur le réseau piézométrique nous avons pu déterminer quelques fourchettes de valeur de la perméabilité de l'aquifère.

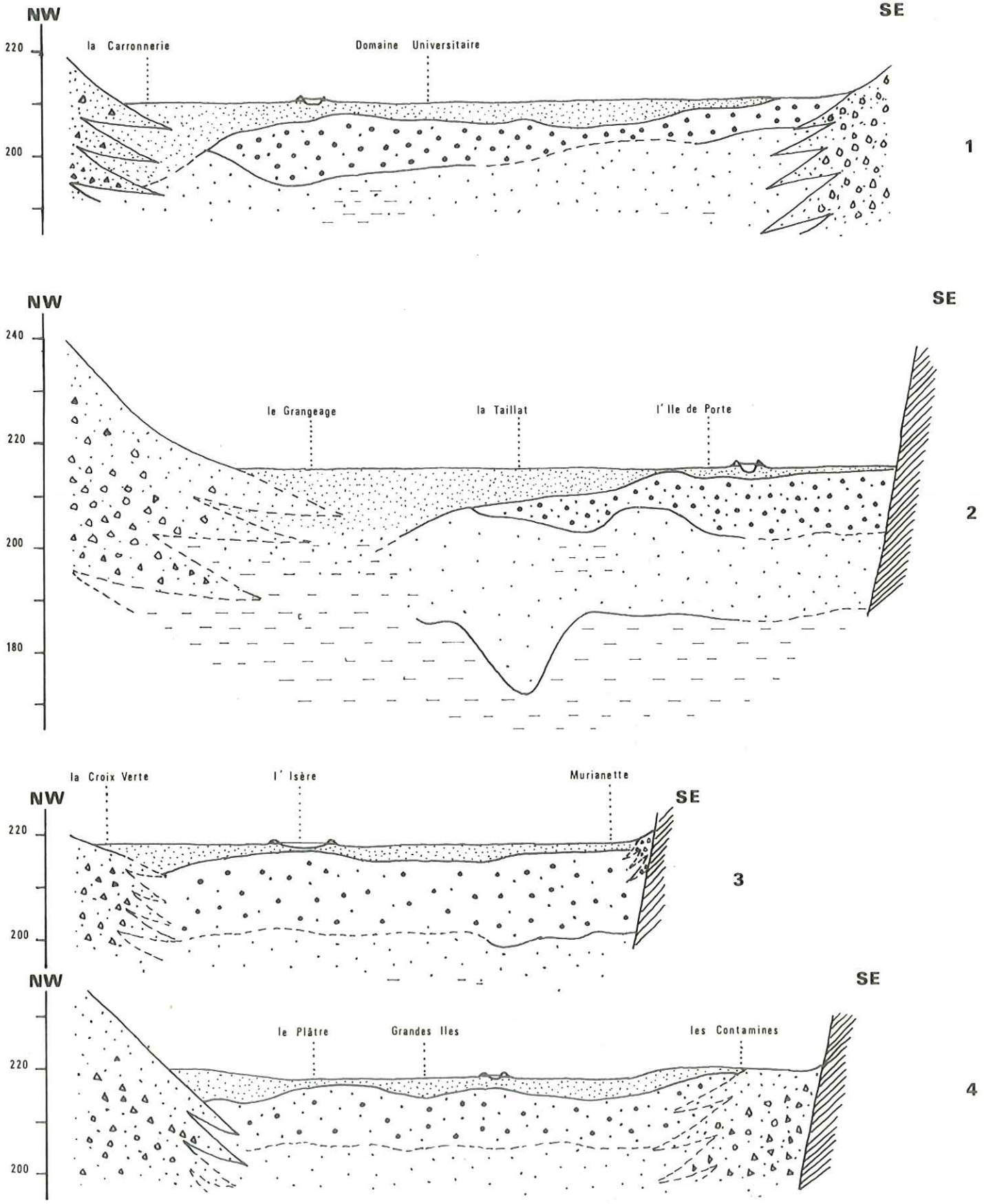
- Limons de surface

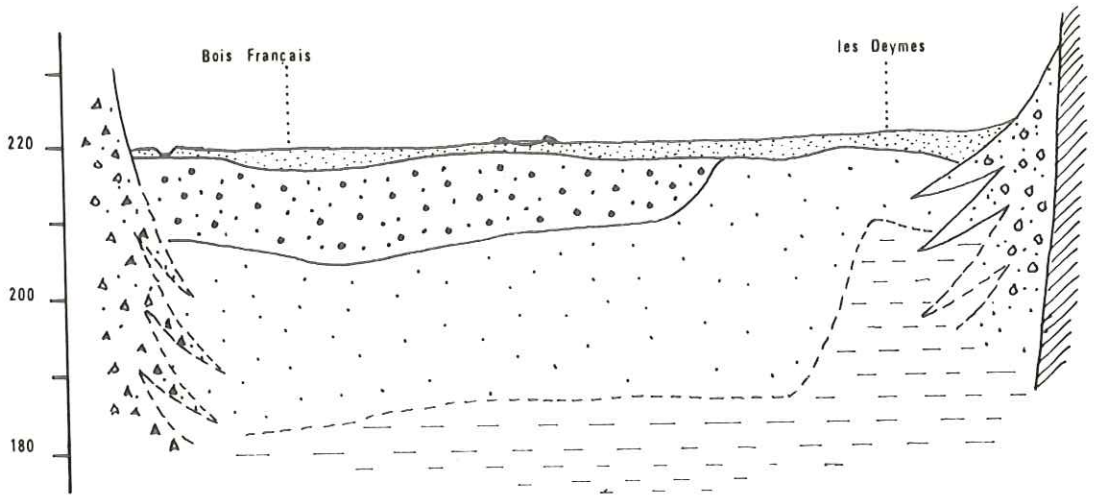
Ils ont une perméabilité très faible, de l'ordre de 10^{-6} m/s, et peuvent même former des niveaux pratiquement étanches lorsqu'ils sont très argileux (sondage 289). Mais ils n'en sont pas moins très poreux et conservent ainsi une certaine quantité d'eau.

- Sables et graviers

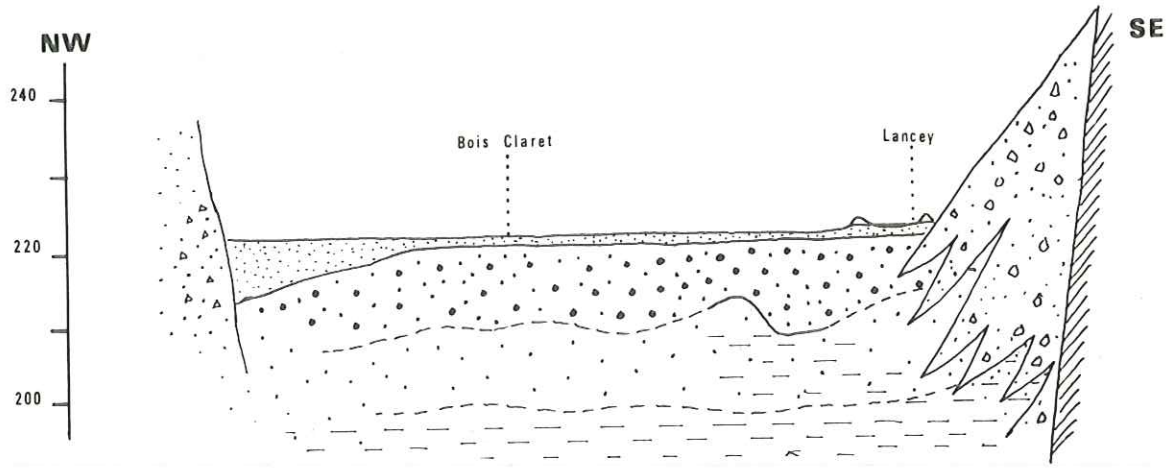
Ils constituent l'aquifère mais leurs hétérogénéités aussi bien granulométrique que lithologique laissent supposer de fortes variations du coefficient K. Lorsque l'on a des graviers assez propres, $K = 10^{-2}$ m/s (sondage 114). Si la proportion de sable est forte et que de plus ce sable est argileux, $K = 10^{-6}$ m/s (sondage 176). Si le sable est pur , K sera alors

fig. 31 COUPES DANS LE REMPLISSAGE ALLUVIAL

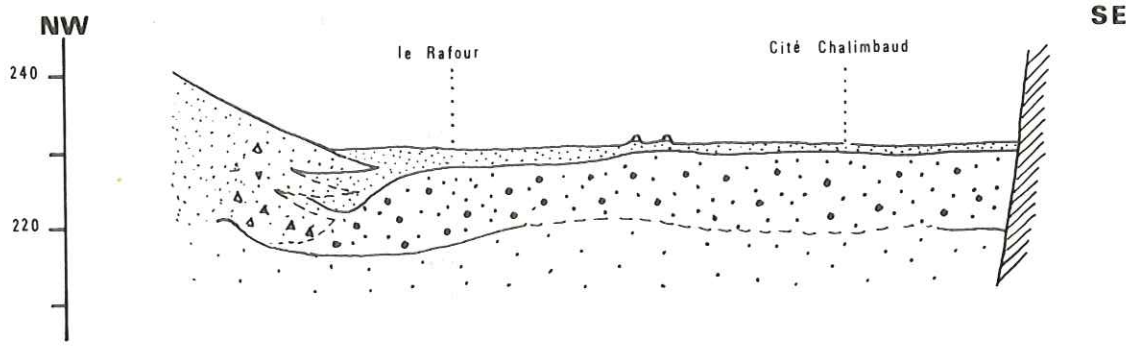




5



6



7

Cônes de déjection

Limons

Alluvions grossières

Sablons

Argiles

Substratum

Echelle verticale 0 20 40m

Echelle horizontale 0 500 1000 m

Tabl. XX Perméabilités des Alluvions de l'Isère

N° sondage	Profondeur	Nature géol.	K (m/s)
39	0,00-12,00	LAS	étanche
91	4,90- 4,95	GS	6.10^{-4}
	7,50- 7,52	GS	$4,5.10^{-3}$
	10,00-10,02	GS	$8,5.10^{-3}$
94	6,60 -6,63	GSL	
	9,00- 9,02	GSL	
114	4,90 - 4,91	Gs	$1,4.10^{-2}$
	7,50 - 7,51	Gs	$1,6.10^{-2}$
	10,00-10,02	Gs	6.10^{-3}
143	4,80 - 4,85	SG	4.10^{-5}
	8,20 - 8,25	SG	$1,5.10^{-3}$
	10,00-10,05	SG	5.10^{-5}
145	5,00 - 5,02	GS	$1,1.10^{-5}$
	7,50 - 7,55	GS	2.10^{-4}
152	4,90 - 4,95	SLG	étanche
	5,30 - 5,40	SLG	"
	7,20 - 7,30	SLG	"
	9,30 - 9,35	SLG	$2,5.10^{-5}$
	11,60-11,65	SLG	3.10^{-5}
157	4,44 - 4,50	SG	9.10^{-5}
	7,65 - 7,80	SG	4.10^{-5}
	10,05-10,15	SG	4.10^{-4}
164	4,56 - 4,64	SG	2.10^{-3}
	7,50 - 7,60	SG	2.10^{-3}
175	4,80 - 4,83	SLG	3.10^{-5}
	7,80 - 7,84	SLG	1.10^{-4}
	11,00-11,05	SLG	3.10^{-5}
176	4,56 - 4,70	SG	$2,5.10^{-5}$
	6,54- 6,62	SG	3.10^{-6}
	10,13-10,20	SG	$1,4.10^{-4}$
178	0,00 - 4,70	LSA	étanche
	6,70 - 6,85	SL	étanche
	8,40 - 8,50	SG	4.10^{-3}
	10,10-10,20	SG	3.10^{-4}
193	6,17-6,63	SG	3.10^{-3}
	11,20-11,30	S	6.10^{-5}
218	6,85-7,11	SG	3.10^{-5}
	11,00-11,20	SG	$2,5.10^{-3}$
246	4,50-5,65	SG	2.10^{-6}
	8,40-8,45	Gs	2.10^{-3}
	10,30-10,35	Gs	2.10^{-3}
260	3,40-3,43	Gs	5.10^{-5}
	7,30-7,32	Gs	4.10^{-3}
	10,00-10,05	SG	$1,4.10^{-5}$
267	6,00-6,20	A	étanche
	8,15-8,20	SG	7.10^{-4}
	10,00-10,05	S	étanche
	12,00-12,30	S	étanche
270	4,50-4,55	SG	4.10^{-4}
	7,90-7,95	SG	$3,5.10^{-3}$
	10,35-10,57	S	3.10^{-5}
277	6,10-6,20	SG	6.10^{-4}
	8,30-8,40	SG	8.10^{-4}
289	0,00-7,00	LA	étanche
	8,40-8,42	SG	$1,1.10^{-3}$
	10,50-10,55	SG	$1,4.10^{-5}$
293	4,03-4,20	SG	2.10^{-4}
	6,67-6,75	SG	$1,3.10^{-3}$
	10,30-10,35	SG	7.10^{-4}
297	4,50-4,60	SG	4.10^{-3}
	8,10-8,15	SG	5.10^{-3}
313	4,54-4,59	SG	$1,2.10^{-3}$
	8,16-8,20	SG	6.10^{-4}
	10,33-10,43	SG	3.10^{-3}
314	7,55-8,05	SG	$2,5.10^{-5}$
	10,40-10,65	SG	$1,9.10^{-3}$

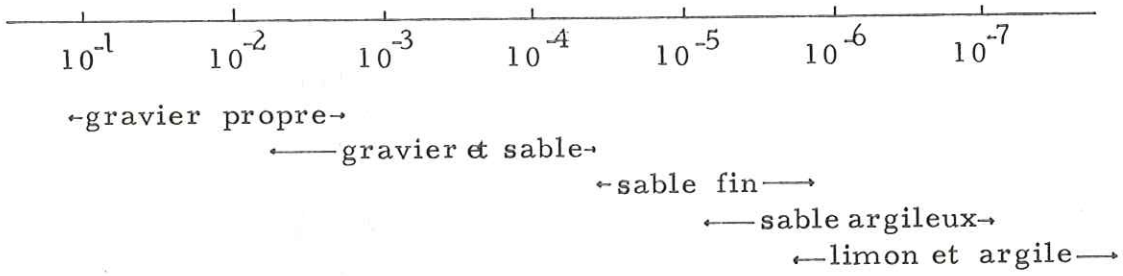
de l'ordre de 10^{-5} m/s. Quant à la perméabilité moyenne de ce niveau, elle est de 10^{-4} m/s. Notons enfin qu'il peut y avoir de très minces niveaux étanches, argileux, au sein d'une série assez perméable (sondage 152)

- Sablons et argiles plastiques

Etant situés à une profondeur déja importante (> 20 m) nous n'avons eu que peu de renseignements à leur sujet.

Les premiers, de par leur finesse, ont une perméabilité située vers 10^{-5} m/s et les argiles bleues sont dotées de valeurs encore plus faibles : 10^{-7} m/s.

Nous avons résumé ci-dessous les différentes perméabilités



c - Qualité des eaux souterraines

Une étude très détaillée a été faite par J-C. FOURNEAUX (1968). Nous rappellerons simplement que l'agressivité des eaux de la nappe oblige les constructeurs a utiliser des ciments spéciaux tels que le ciment laitier (C.P.A.L.) ou bien un mélange laitier + clinker (C.L.K.).

6 - Propriétés physiques et mécaniques (tabl. XXI)

Nous avons vu que l'on rencontrait à partir de la surface des limons et argiles ensuite des sables et graviers puis des sablons et enfin des argiles plastiques. Cette hétérogénéité va également caractériser leurs propriétés.

a - Limons et argiles de surface

Pratiquement toutes les données qui vont suivre ont été fournies par des échantillons prélevés entre 0 et 5 m de profondeur.

- Granulométrie (fig. 32)

A partir d'une quarantaine d'analyses nous avons représenté ces limons par un fuseau. Nous constatons qu'il ne s'agit pas de limons au sens strict mais qu'il existe un éventail plus large de sols fins qui va des argiles aux limons sableux. Les valeurs extrêmes que nous avons trouvées sont les suivantes :

. Filler : il varie entre 77 et 100 %

. Hétérométrie : elle est comprise entre 16 et 60 ce qui donne une granulométrie semi-étalée à étalée.

- Limites d'Atterberg (fig. 33)

. La limite de liquidité varie de 30 à 67

. L'indice de plasticité " " 9 à 35

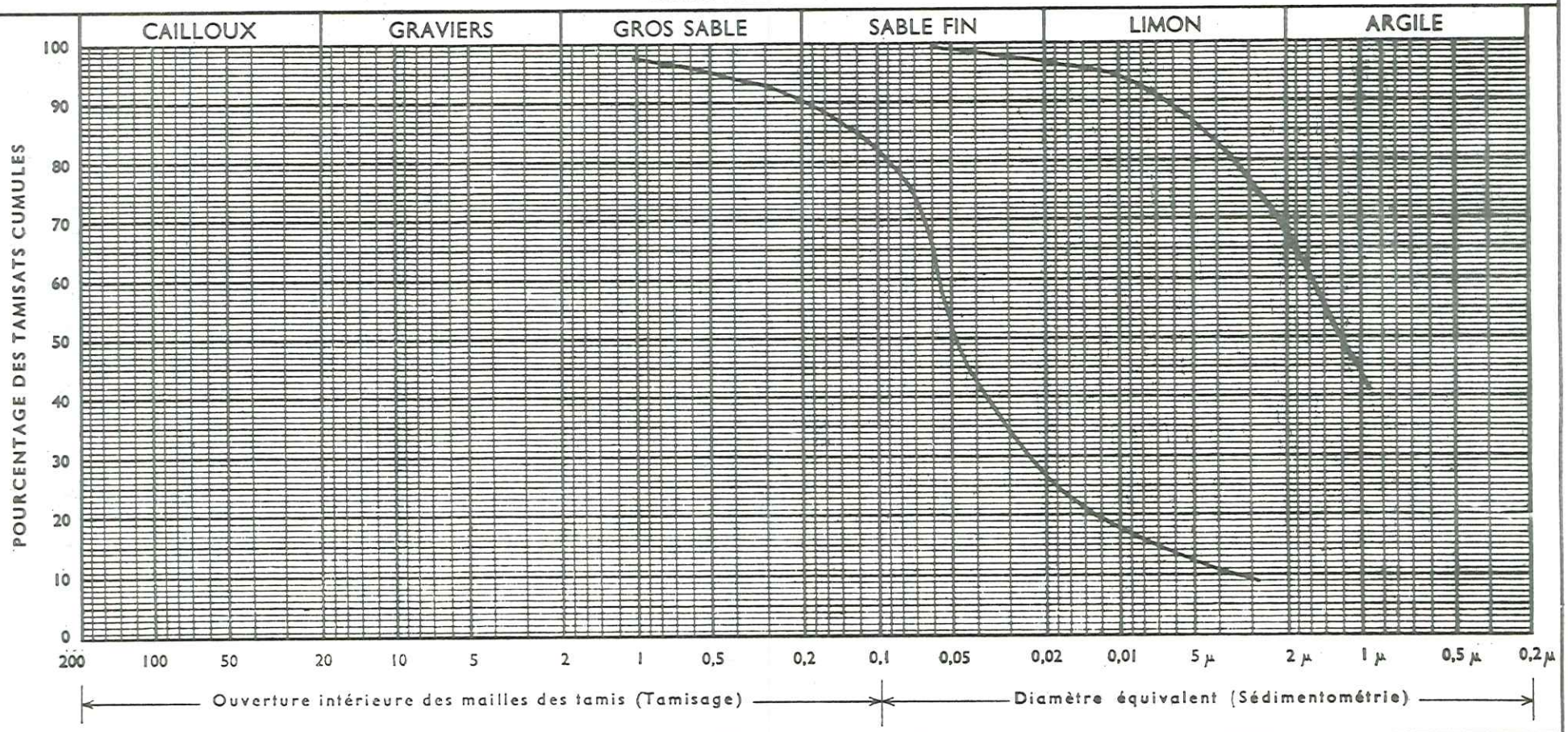
. L'indice de consistance est de l'ordre de 0,5.

fig. 32 **LIMONS ET ARGILES DE SURFACE**

DOSSIER: _____

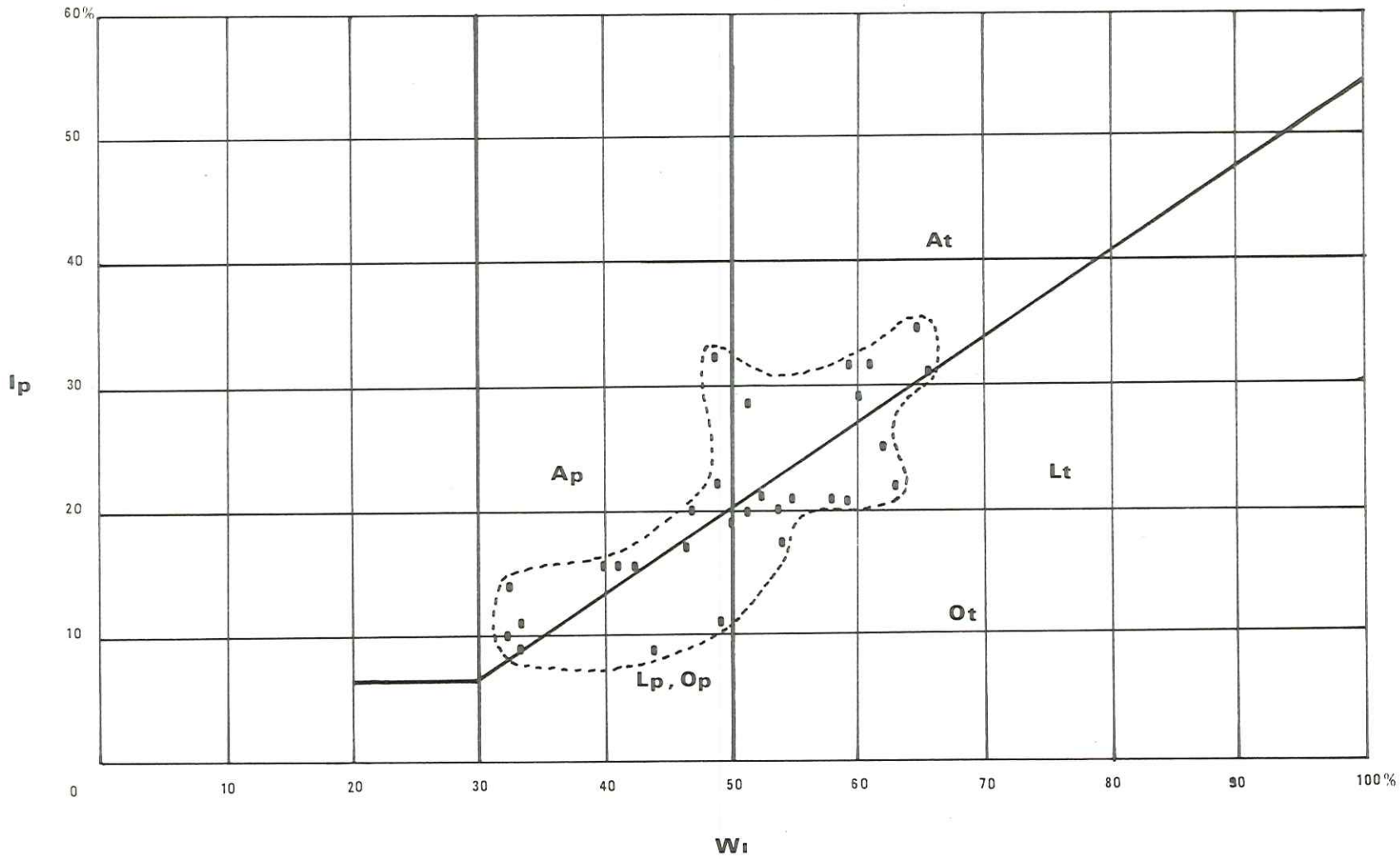
Désignation des échantillons
- _____ N° _____ Fuseau représentatif
- —.—.—. N° _____
- — — — — N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	LIMITES D'ATTERBERG		E . S	Filler	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle	Désignation Géotechnique
	W.L	I . P		% < 80 µ		W %	
Ech _____							
Ech _____							
Ech _____							

fig. 33 AIRE DE PLASTICITE DES LIMONS ET DES ARGILES DE SURFACE



La plasticité est donc faible à élevée .

- Teneur en eau

Elle est comprise entre 14 et 49 %.

- Equivalent de sable

Il est toujours inférieur à 5.

- Calcimétrie

Ces limons sont moyennement calcaires puisque le pourcentage de $Ca\ CO_3$ est en moyenne de 44 %.

- Densité sèche

Elle varie de 1,2 à 1,7. Les pôles argileux sont les moins denses.

- Résistivité (fig. 34)

Les valeurs que prennent les résistivités dépendent de la position de la nappe. Sur plus de 170 sondages électriques, les fourchettes sont les suivantes :

. Limons secs : 70 à 200 Ω. m
. Limons humides : 20 à 80 Ω. m

- Essais de cisaillement

Sur 11 essais, les résultats obtenus varient ainsi :

. Essais non consolidés et non drainés

$0 < Cuu < 4$

$0 < \varphi uu < 32$

. Essais consolidés et non drainés

$Ccu : 0,2-0,4$

$\varphi cu : 11 - 20$

Pour des terrains saturés, ces valeurs devraient être modifiées et diminuées d'environ 30 %.

- Essais de compressibilité

A partir de 8 essais à l'œdomètre, nous avons obtenu les valeurs suivantes :

$$0,128 \leqslant Cc \leqslant 0,475$$
$$1,0 \cdot 10^{-5} \leqslant Cv \leqslant 1,2 \cdot 10^{-2}$$
$$1,2 \leqslant \sigma'c \leqslant 2,7$$

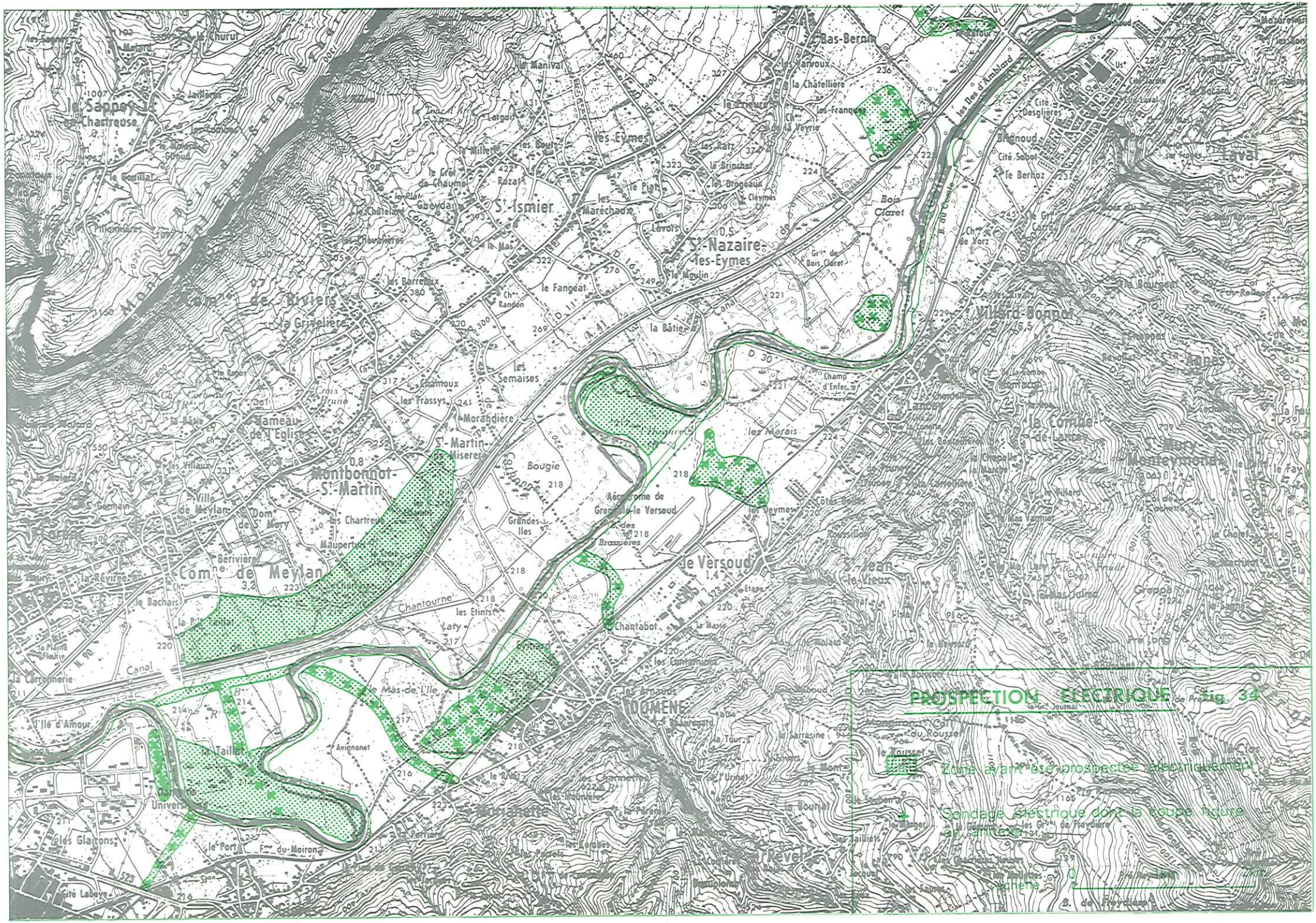
- Pénétromètre dynamique

Les résistances en pointe dans ces limons varient de 1 à 16 bars. Ces valeurs faibles témoignent d'un sol peu compact.

- Pressiomètre

Les résultats obtenus ont permis de définir les fourchettes suivantes :

$$15 < E < 61$$
$$0,75 < Pf < 3,2$$
$$1,3 < Pl < 5,3$$


PROSPECTION ELECTRIQUE
Fig. 34
Zone ayant été prospectée électriquement
Sondage électrique dont la coupe figure en annexe
0
200m
Le Sappey-Chartreuse
Bas-Bernin
Les Eymes
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Biviers
Montbonnot-St-Martin
Meylan
Domène
Le Versoud
Villard-Bonnot
Laval
Aéroport de Grenoble-le Versoud
Canal
A.41
N.90
D.30
D.165
N.523

Ce sont les niveaux tourbeux et organiques qui accusent les valeurs les plus faibles.

- Désignation géotechnique

A partir de la classification définie précédemment, ces formations de débordement de l'Isère regroupent les types de sols suivants :

. limons peu plastiques : Lp
. limons très plastiques : Lt
. argiles peu plastiques : Ap
. argiles très plastiques : At
. tourbes : T

Ils peuvent être légèrement sableux et parfois contenir quelques galets. Dans l'ensemble ils présentent des caractéristiques géotechniques faibles et forment un niveau relativement homogène constitué de matériaux fins.

b - Alluvions grossières

Les échantillons de ce matériau ont été prélevés entre 1,7 et 20 m de profondeur. C'est en général un niveau grossier qui va des sables aux graviers avec tous les intermédiaires. La disposition est lenticulaire.

- Granulométrie (fig. 35)

Apartir d'une centaine d'analyses granulométriques nous avons réalisé 2 fuseaux, l'un représentant les échantillons sableux, l'autre les échantillons graveleux :

. Filler : il varie de 0 à 13 % pour les sables
" " " 0 à 10 % pour les graviers

. Coéfficient de courbure et coefficient d'uniformité :

$0,1 < CC < 1,1$
$3 < CU < 50$ (sables)

$0,1 < CC < 7,7$
$25 < CU < 84$ (graviers)

. Hétérométrie : dans les deux cas elle affiche des valeurs allant de semi-étalée à étalée

sables : 5,6 à 18
graviers : 8,8 à 78

- Teneur en eau

Elle augmente à mesure que l'on se rapproche de la nappe phréatique, elle est comprise entre 4 et 44 %.

- Equivalent de sable

Les valeurs sont assez voisines pour les sables ou les graviers : $48 < E.S. < 91$.

- Densité sèche

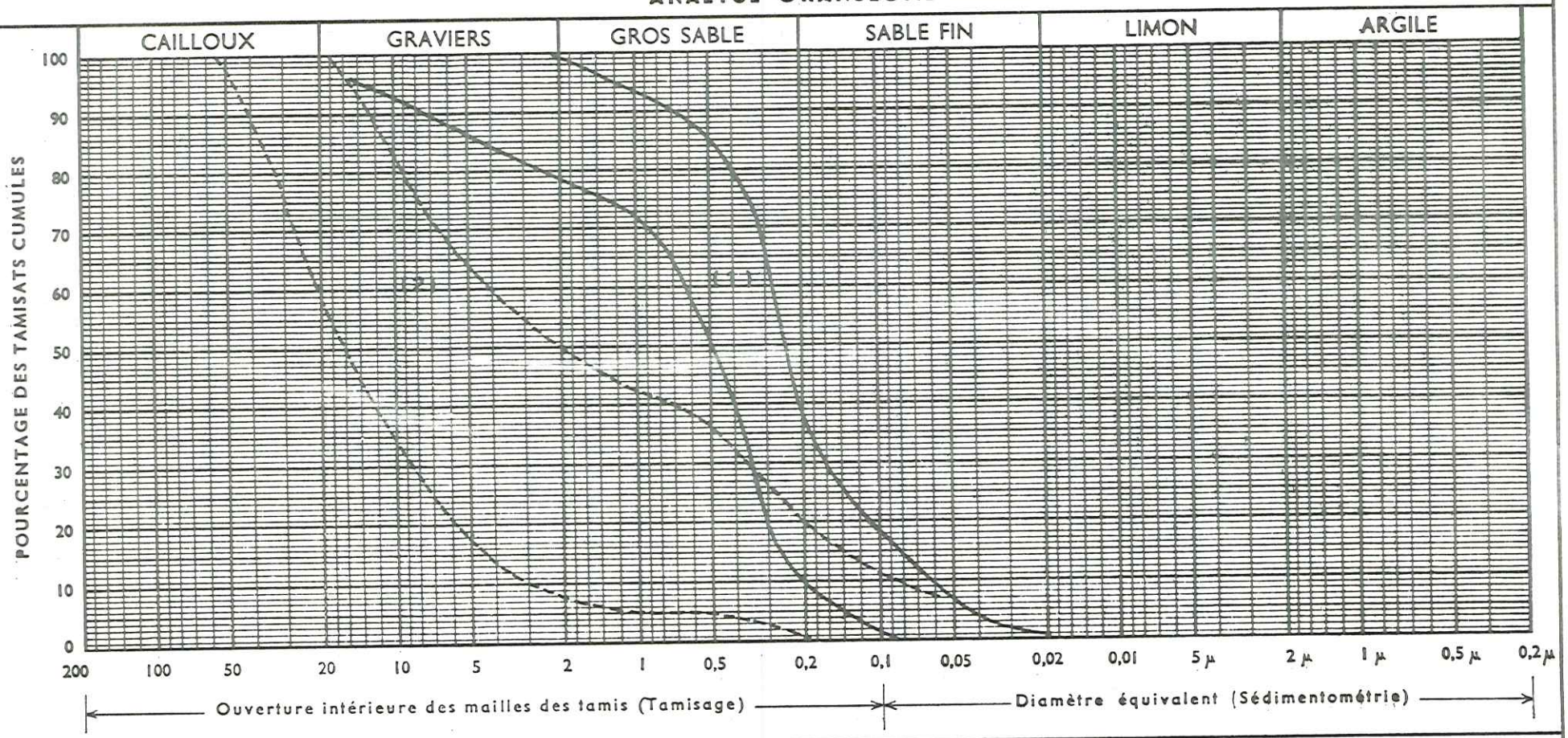
Elle est en moyenne de 1,6 pour les sables ce qui correspond à un état peu compact.

fig. 35 **ALLUVIONS GROSSIERES**

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
- _____ N° _____ Fuseau des échantillons sableux (1)
- —.—.— N° _____
- – – – – N° _____ Fuseau des échantillons graveleux (2)

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	LIMITES D'ATTERBERG		E . S	Filler	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation Géotechnique
	W.L	I . P		% < 80 µ			
Ech _____							
Ech _____							
Ech _____							

- Calcimétrie

Ces matériaux sont moyennement calcaires, le pourcentage de $Ca\ CO_3$ est compris entre 40 et 45 %.

- Résistivité

A partir de plus de 400 mesures, nous avons classé les résistivités en essayant de les nuancer au maximum :

. les sables fournissent des résistivités allant de 200 Ω.m lorsqu'is sont sous la nappe, à 400 Ω.m lorsqu'ils sont secs; s'ils sont limoneux, elles peuvent tomber entre 55 et 80 Ω.m et s'ils sont argileux elles seront souvent inférieures à 60 Ω.m.

. les graviers s'étalent de 150 à 2000 Ω.m ; s'ils sont colmatés, la résistivité varie de 100 à 200 Ω.m, s'ils sont perméables de 300 à 400 Ω.m. Les niveaux noyés offrent des valeurs comprises entre 300 et 700 Ω.m alors que les horizons hors de l'eau peuvent atteindre 1200 à 2000 Ω.m.

- Pressiomètre

Le dépouillement de près de 400 mesures a permis d'établir les fourchettes suivantes :

$20 < E < 498$
$1,7 < Pf < 20$
$3,5 < Pl < 30$

Les valeurs sont très hétérogènes mais les sables présentent des valeurs absolues de moitié moins fortes que les graviers.

- Pénétromètre dynamique

sables : $17 < Rp < 206$
graviers : $38 < Rp < 270$

Les plus faibles valeurs caractérisent des sables fins argileux et graviers argileux, les plus fortes, des sables grossiers propres et des graviers propres.

- Désignation géotechnique

L'extrême variété des fourchettes s'explique par la très grande hétérogénéité des matériaux. En se rapportant à la classification L.C.P.C. nous avons mis en évidence dans ce niveau :

. graves propres bien graduées : Gb
. " " mal " : Gm
. " limoneuses : GL
. " propres mal " avec des limons : Gm-GL
. sables propres mal gradués : Sm
. " " " " avec des limons : Sm-SL

c - Sablons

Situés sous les alluvions grossières, ils présentent un horizon relativement homogène dans lequel des prélèvements ont été effectués entre 12 et 30 m de profondeur.

- Granulométrie (fig. 36)

. Filler : il varie de 2 à 3,3 %

. Coefficient de courbure et coefficient d'uniformité :

$0,9 < CC < 4,1$

$1,5 < CU < 11,4$

. Hétérométrie : elle est comprise entre 2 et 8, elle va donc de serrée à semi-étalée.

- Equivalent de sable

La fourchette est très étroite : $81 < E.S. < 87$

- Résistivités

Elles vont de 70 à 170 Ω.m.

- Pressiomètre

Ces sablons présentent des valeurs assez médiocres, mais généralement elles sont homogènes sur toute l'épaisseur de la formation ce qui différencie ce niveau des précédents :

$31 < E < 198$

$4 < Pf < 11,3$

$7 < Pl < 19$

- Pénétromètre dynamique

Les résistances en pointe varient de 17 à 88 bars.

- Désignation géotechnique

Ces sablons peuvent être qualifiés de sables propres mal gradués : Sm ; quelquefois il est nécessaire d'utiliser le double symbole : Sm-SL.

d - Argiles plastiques

Ce niveau étant assez profond (> 25 m) nous n'avons pas ou peu de renseignements le concernant, excepté des mesures de résistivité. Ces dernières sont toujours inférieures à 100 Ω.m.

Ces argiles ne sont pratiquement jamais sollicitées par les travaux de génie civil.

7 - Séismicité et risques naturels

a - Séismicité

La région de Grenoble, bien que l'activité séismique y soit très faible, présente néanmoins quelques caractéristiques favorables à ces phénomènes.

- Tectonique

La présence d'une faille susceptible de rejouer est une cause importante de séismes. Pourtant la grande fracture qui va du Vercors au Valais en passant par le Trièves et le Grésivaudan semble en équilibre relatif, vu le faible nombre de secousses enregistrées (J. DEBELMAS).

- Nature du sol

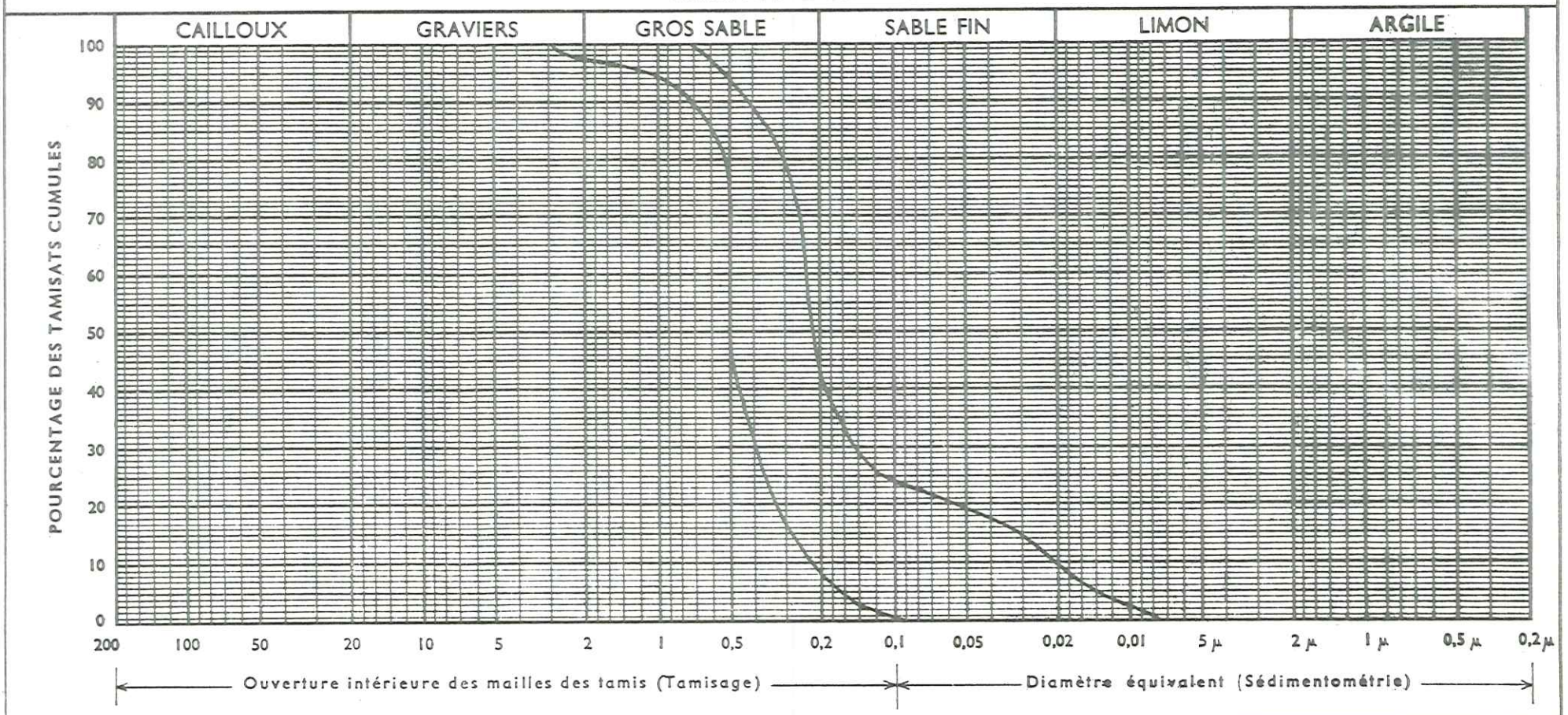
D'après PELLETIER (1970), les fonds de vallées remplis d'alluvions, en absorbant l'énergie séismique, augmentent la période et

fig. 36 **SABLONS**

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
- _____ N° _____ Fuseau représentatif
- —.—.—. N° _____
- — — — — N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	LIMITES D'ATTERBERG		E . S	Filler	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle	Désignation Géotechnique
	W.L	I . P		% < 80 µ		W %	
Ech _____							
Ech _____							
Ech _____							

Tabl. XXI Propriétés physiques et mécaniques des alluvions de l'Isère

N° sond.	Géol.	Prof.	Prof. eau	W nat.	Wl	Wp	Ip	>2mm	CU	CC	ES	Filler	γ	γ_d	Gét.	Guu	φ_{uu}	Cc	Cv	σ'_c	Rp	E	Pf	Pl
15	S	1.7-7																				20- 51	2.2- 3	5-7
	Sg	7-16																			87-206	133-215	10 - 6	15-20
	S	16-30																			34-70	61-116	5 - 8	10-15
16	GS	1.7-5.5																			38-175	63-174	6 - 10	12-20
	Sg	5.5-20																			72	60-102	6 - 12	6-10
	SLg	20-30																			37- 50	77- 88	6 - 7	12-14
17	TVl	1.8	3.2	31	27			0			6	65			Lp									
	GS	2.6		44				54	12.5	0.2	63	7.5			Gm									
18	G	5.8		4				64	32.5	0.8	61	6			Gm									
19	SG	6-9																			14 - 41	50 - 65	2.5-2.6	8.7-5.8
	GS	9-13																				65 -260	4.6- ≥16	12.9-≥16
	S	13-17																			35 -88	65-120	4-10.2	11.7-19
20	LT	0-1.7																			1 -2	15	0,75	1,3
	Gl	2.5-6																			49-270	48-115	4.6-13.7	9.8-≥16
	GS	6-8																				70- 95	7.8-6.2	15.6-15.7
	S	8-12																			17-58	55	5.2	12.8
23	L	1.3-1.8		29.8									1.85	1.43		0.8	30	0.178	10^{-5}	1.6				
	Sl	2-2.6		26.2									2.0	1.58		0.0	32	0.128	10^{-3}	1.3				
27	LA	11.2		35.9									1.86	1.37		4	22							
34	LS	1.5-1.9	4	29	49	25	24	2			<5	94		1.43	Ap			0.280	1.2×10^{-2}	1.7	3-15			
	A	3		40	49	38	11	0				98			Lp									
41	LAs	0.8-1		23	44	30	14	0			<5	88			Lp									
	Asl	2.5-2.7		26	59	38	21				<5	96			Lt									
44	A	1.2														0.69								

N° sond.	Géol.	Prof.	Prof. eau	W nat.	Wl	Wp	Ip	>2mm	CU	CC	ES	Filler	γ	γd	Géot	Cuu	φuu	Cc	Cv	$\sigma'c$	Rp	E	Pf	Pl
	A	1.6		43.8												0.55								
	A	2.0		49												0.50								
	A	2.3														0.78								
70	SL	0.6-0.7		25	52	22	30	0			<5	96			At									
	LS	1.4-1.7		22	30	5	25	0			<5	94			Ap									
	AL	3.5-3.7		31	41	25	16	1			<5	92			Ap									
	AL	4.4-4.5		35	62	36	26	1			<5	92			At									
71	A	1.4	2.6	40	60	31	29	0			<5	98		1.29	At	0.6 0,2*	0 20*	0.377	3.3×10^{-3}	1.75				
72	A	0 - 3																				25 - 26	1.6-2.2	3.2-5.3
	S	3 - 4																				35	2.7	4.4
	AO	4-14.5																				24 -70	3.3-3.5	5.5-5.8
	Sa	14.5-20																				60 -85	6.6-8.4	12.6-13
73	A	2.4-2.8	3.7	42.5	66	35	31	0				98		1.2	Lt	0.55 0,4*	0 11*	0.475	3.2×10^{-3}	2.05				
74	LSA	2.1-2.2	4.9	22	54	37	17	0				95			Lt									
75	SLG	2.3-2.4		11				72			14	17			Gm									
	Alg	2.8-2.9		25	32	19	13	3			<5	67			Ap									
76	AL	2.6-2.7	2.6	20	50	33	17	1				91			Lt									
77	LS	0.6	3.6	26	40	24	16	0				93			Lp									
	A	2.7		45	63	41	22	0				100			Lt									3-18
78	ASG	0-3.5																			4-13	26-28	1.7-3.2	2.8-5.1
	AG	3.5-5.2																				28-38	2.3-3.2	4.7-5.1
	A	5.2-14.4																				17-30	1.8-1.9	3.4-4.4
	S	14.4-15.5																				35	6.2	7
79	A	1.8	2.5	28	32	22	10	6				70			Lp									
80	GA	1		15	76	45	31	39				55			GL									

*essais consolidés non drainés

N° sond.	Géol.	Prof.	Prof. eau	W nat.	Wl	Wp	Ip	>2mm	CU	CC	ES	Filler	γ	γ d	Géot.	Ccu	φcu	Cc	Cv	σ'c	Rp	E	Pf	Pl
	A	2.5		23	51	31	20	0				100			Lt						4-16			
	A	5 5.4		23	47	22	25	0			<5	99		1.69	Ap			0.152	1.5×10^{-3}	2.7				
81	A0	1.5-1.9		26	51	23	28	1			<5	96		1.53	Ap			0.216	59×10^{-4}	1.2				
83	A0	1.9		29	52	30	22	0				87			Lp									
84	A	0 -6.5																			3-16	19-61	2-3	3.7-4.4
	A0	6.5-11																				17-26	1.8-2.5	3.5-5.2
	S	11-12.5																				31	3.6	6.2
	A0	12.5-14.5																				19-40	1.7-4.3	3.9-8.0
	GS	14.5-16.5																			42-190	125-270	⩾16	⩾16
	A	16.5-20																				48-65	8.3-8.0	14.1-18.7
87	LA	0.5-0.9		22	55	34	21	0			<5	97			Lt									
	AL	2- 2.3		41	41	25	16	0			<5	95			Ap									
88	AL	3.3-3.4	3.4	21	50	31	19	1				88			Lt									
89	LS	0.8		30	35	25	10								SL									
90	AL	5.8-5.9	2.6	14	54	34	20	0				99			Lt									
93	TVL	0-2	4		47	27	20	12				80			Ap									
	LA	2-2.8			49	27	22	0				98			Ap									
	SA	4.2-5			49	17	32	0				18			SA									
	G	5.6-7						66	34.1	7.7	74	4			Gm									
	G	7 -12.1						75	66.6	4.3	82	1			Gm									
	SG	13.5-17						70	23.0	6.6	72	15			Gm									
	S	17-20						2	2.5	1.1	87	2			Sm									
95	SL	1.6-1.7	2.4	27				0		10		80			Lp									
96	S	1.7	4.8	6				0	4.2	1	55	11			Sm									
	SG	3.5						21	3	0.8	74	0			Sm									
	G	4.4						50	25	0.2	80	2			Gm									
97	GS	2.4-2.5	2.8					62	38.2	0.1	71	10			GL-Gm									

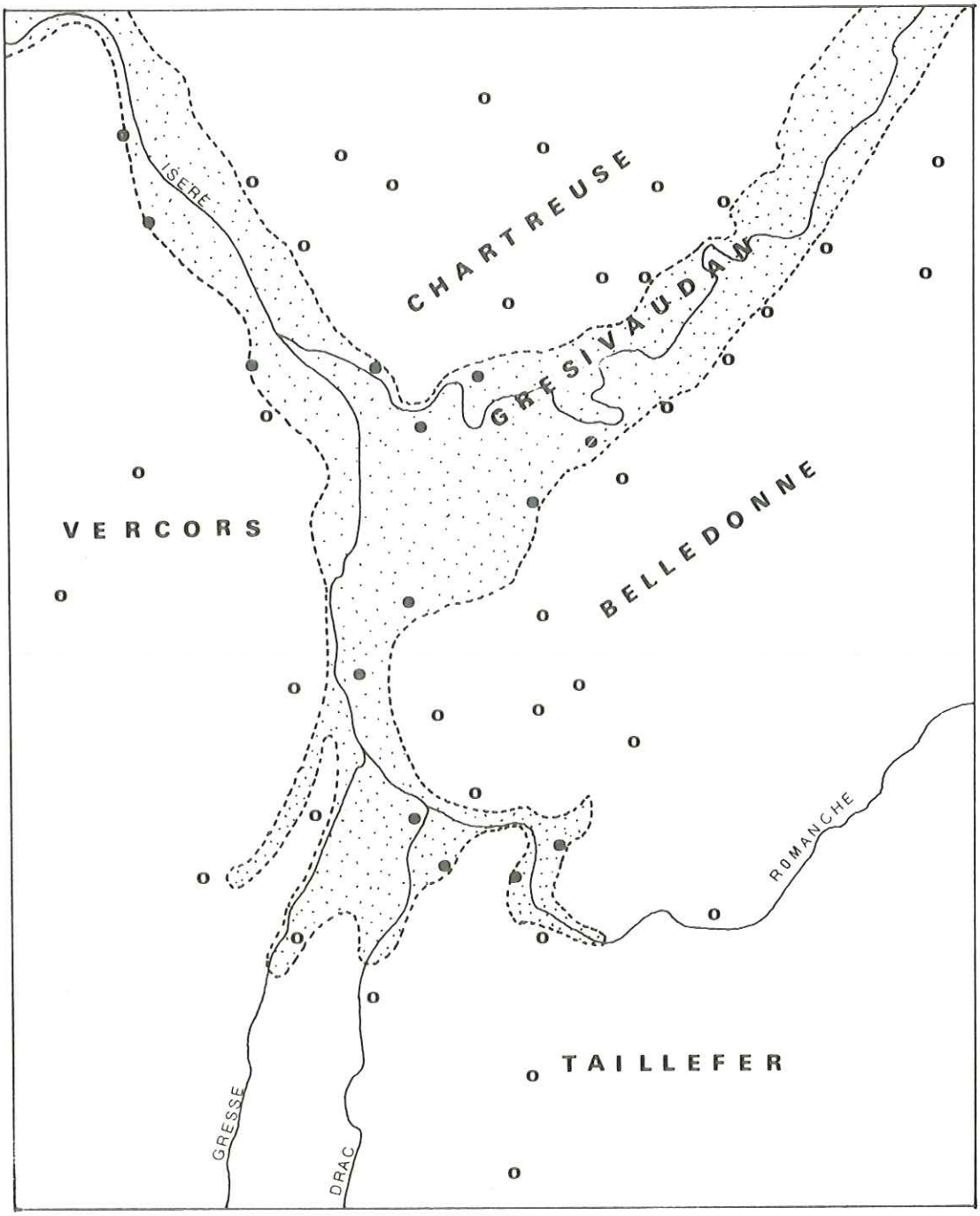
N° sond.	Géd.	Prof.	Prof. eau	W nat.	Wl	Wp	Ip	>2mm	CU	CC	ES	Filler	γ	γ d	Géot.	Ccu	φcu	Cc	Cv	σ'c	Rp	E	Pf	Pl
98	G	3.3-10.7	2					90	9	1.8	81	20			Gm									
	GS	11-12.5						56	25.9	0.1	85	0.5			Gm									
	Sg	12.5-16						27	3.0	1.1	91	1.5			Sm									
100	Sl	1.4-1.5	2.9	15				0	9.4	2.6	36	30			SL									
	GS	4-4.1						50	21.5	0.2	70	5			Gm									
102	SL	3-3.1	3	27				0	6	2.4	61	14			SL									
103	S	1.2	4.5	7				0	5.5	0.8	46	18			SL									
	SG	3		4				58	35	0.1	75	2			Gm									
	GS	4						52	36	0.1	87	1			Gm									
105	Sg	2.5-3.3	3.6					15	3.1	0.9	90	3			Sm									
								76	21.4	2.7	86	1.5			Gm									
106	SG	1.4-1.5						33	5.6	0.7	14	7			Sm-Sl									
	GS	3.3-3.4						43	10	0.3	87	1			Sm									
108	SL	0.9-1		17	34			0			<5	82			Lp									
	GS	2.8-2.9							60	0.2	60	5			Gm									
109	SLG	2-5.5																				40-73	3.3-4.1	5-7
	SG	5.5-14.5																				26-263	2.7-20.1	15-20
	S	14.5-28													SL-Sm							37-198	5.1-11.3	10-15
110	Sl	2-4.6																				83-95	1.6-3.3	4.3-5.7
	SG	4.6-11.5																				27-170	3.8-6.2	6-14.3
	GL	11.5-13.6																				28-40	3.7-4.3	7.5-8
	GS	13.6-17.5																				175-215	16	20
	SG	17.5-25																				72-145	9.1-16	20
113	GS	2.3-2.4	3.3	21				57	33	0.1	54	7			GL-Gm									
116	SGL	1.6-1.7						68	71.5	7.2	50	10			GL-Gm									
122	GS	2.2-2.3	3.5	13				67	84.3	1.3	58	6.6			Gm									
123	G	1.5-1.9	3.3					59	81.3	0.5	49	11.3			Gm									

N° sond.	Géol.	Prof.	Prof. eau	W nat.	Wl	Wp	Ip	>2mm	CU	CC	Es	Filler	γ	γd	Géot.	Ccu	γcu	Cc	Cv	σ'c	Rp	E	Pf	Pl
	G	2.9-3.9						76	59.3	10	52	5.2			Gm									
	G	3.9-4.5						45	18.5	0.1	85	1.6			Sm									
124	GA	1-4	3.4					64	60	2.8	53	7.5			Gb									
	GS	4-7						74	33.3	3.4	88	0.7			Gm									
	G	7-12.5						91	5.9	1.7	76	1			Gb									
	S	12.5-17						2	1.5	0.9	82	2			Sm									
127	SLg	1.2-1.3	3.4		33			1			11	70			Lp									
	GSL	3.4-3.5		14				58	50	0.4	65	6.6			Gm									
130	GA	1-2	3.6					75	95	3	44	74			Gb									
	SG	2-5						51	28.1	0.2	70	6.2			Gm									
	G	5-12.5						93	4	1.8	89	0.4			Gb									
	S	12.5-15						2	1.7	1.1	83	2.5			Sm									
134	GA	1-2	3.5					60	75	0.3	14	10.5			Gm									
	GA	2-3		36				0	15	1.7	8	69			SL									
	GA	3.5-5						25	8.6	0.4	75	7			Gm									
	GS	5-12.5						70	20	2.5	78	1.6			Sm									
	S	12.5-15						2	3.1	1.5	81	3.3			Sm									
137	TV	0.8-1.3	3.5					0	18	0.9	26	37			Sm									
	GA	1.8-2.8						40	12.5	0.3	54	10			Sm									
	GA	4.6-5.6						0	2	1.3	68	7			Sm									
	S	5.6-7.1						2	1.6	1	85	3.7			Sm									
	G	7.1-9						68	2.5	1.4	91	0.9			Gm									
	S	9-16						0	11.4	4.1		2.3			Sm									
147	LA	1.5		43	59	27	32								At									
	LA	2.6		46	65	30	35								At									
170	GSL	1.5-11																				20-191	17-10	3.5-15
	SGL	11-12.5																				89	9.4	17
	SG	12.5-21																				109-156	11-15	15-23
172	SLg	1.8-4.7																				55-111	3.6-3.8	5-7
	GS	4.7-18																				100-498	10-18	16-30

N° sond.	Géd.	Prof.	Prof. eau	W nat.	Wl	Wp	Ip	>2mm	CU	CC	ES	Filler	γ	γ_d	Géot.	Ccu	φ_{cu}	Cc	Cv	σ'_c	Rp	E	Pf	Pl
184	A	0.7-1.1	1.8	40	52	31	21	0			<5	93			Lt									
	SA	1.1-2.6		36	33	24	9	0			<5	64			Lp									
	S	2.6-3.2						0.5	40	1.9	42	23			SL									
189	A	0-0.8	1.7	35	58	37	21	0			<5	91			Lt									
	A	0.8-1.2		42	42	26	16	0			<5	87			Ap									
	SA	1.2-2.3		30				0.5	11	1.5	20	70			SL									
191	LAS	2.9-3.5	1.6	28	32	21	11	0			<5	85			Ap									
295	LA	1.6			61	29	32	0			<5	89			At									
	SG	4						27	5	1.1	70	7			Sm									
298	LAs	1-2.5			30	19	11	0			<5	84			SA									
299	S	3.5						0	3.8	1.7	56	10			SL									
300	Ls	2			41	24	17	2			<5	84			SA									
	Sg	4						3	2.8	1.7	58	6			Sm									
	Gs	5.5						42	28.6	0.2	61	8			Sm									
302	SL	1.3			43	25	18	0			<5	80			SA									
	GSL	5						57			21	15			GL									
304	SGL	1-2.5						0	4.1	0.5	8	88			SL									
	SL	2.5-2.8						48	50	0.4	48	11			Sm									
	S	2.8-3		37	28	23	5	1			<5	49		1.60	SL			0.26	8×10^{-4}	0.4				

fig.37 INFLUENCE DES ALLUVIONS SUR LA PROPAGATION DES ONDES SEISMIQUES

(Séisme du 17-1-1937)



(D'après J.P. ROTHE)

Alluvions

Substratum

● Commune ayant ressenti la secousse

o Commune n'ayant pas ressenti la secousse

0 2 4 6 8 10 Km

l'amplitude des vibrations et menacent ainsi doublement les édifices.

L'auge du Grésivaudan contient, rappelons-le, plus de 300m de sédiments. Un tir sismique effectué dans la boucle de Bois Français a trouvé le bed-rock entre 290 et 320 m (R. PUNTOUS, 1969). D'autre part ces alluvions sont gorgées d'eau, ce qui fait que leur consistance diminue pendant les secousses. Enfin les terrains meubles provoquent des mouvements différentiels dans les fondations des immeubles.

Ces conditions ont fait dire à J-P. ROTHE (1946) que les séismes locaux des environs de Grenoble paraissaient liés au remplissage quaternaire du Grésivaudan. Il a pris comme exemple (fig. 37) la secousse du 17 janvier 1937 dont l'épicentre était à l'intersection de la vallée du Grésivaudan et de la basse vallée du Drac (Champagnier). D'après ces relevés, il est facile de constater que seules les localités situées sur la plaine alluviale (Gières, La Tronche, St-Martin-d'Hères, etc.) avaient ressenti les secousses. Tous les villages alentour, bâtis sur le substratum, n'ont rien remarqué d'anormal ce jour-là. Il est bien évident que les ondes ont été amplifiées par les alluvions, beaucoup plus sensibles que les versants environnants constitués de calcaires marneux durs.

b - Risques naturels

Toute cette vallée est susceptible d'être recouverte par les eaux en période de crue de l'Isère. Le périmètre inondable a été fixé par décret du 13 janvier 1950 et établi par le service de l'Aménagement de l'Isère.

Seule la partie de la plaine située au pied du versant de la rive gauche échappe aux inondations car elle est protégée par la voie ferrée Grenoble-Chambéry qui joue le rôle de digue.

8 - Aptitude des terrains aux travaux

Nous avons vu que les 20 premiers mètres du remplissage alluvial présentaient des qualités physiques et mécaniques très différentes. Toute la plaine ne va cependant pas subir partout les mêmes contraintes.

a - Urbanisation

Le centre étendu de Grenoble (Gières, St-Martin-d'Hères) sera le siège d'une urbanisation intensive ainsi que les secteurs situés au sud de Meylan et à l'est du Bas-Bernin qui accueilleront les zones industrielles. Dans ces zones, le sous-sol sera sollicité par les charges les plus lourdes. Tout le reste du lit majeur de l'Isère aura une vocation agricole partagée entre le maraîchage et l'agriculture intensive.

Remarquons que les secteurs les plus urbanisés sont ceux qui présentent parfois les plus mauvaises qualités de sols. En effet, le secteur de la Carronnerie et une partie de la Z.I. de Meylan sont situés sur les sols les plus fins où l'épaisseur de ces derniers est la plus importante et dans lesquels la nappe présente ses niveaux les plus hauts. Ils seront aussi les plus compressibles. Compte tenu de leur épaisseur il sera difficile de rejoindre des niveaux sous-jacents de meilleure qualité. En ce qui concerne le Bas-Bernin, cette région conserve une nappe haute et est assez marécageuse.

b - Hétérogénéité du sol

Les reconnaissances que l'on effectue pour les constructions devront surtout surveiller la présence éventuelle de niveaux de matériaux compressibles au sein des séries alluvionnaires, la plaine se caractérisant par une hétérogénéité verticale importante.

- Niveaux tourbeux et argilo-organiques

Ils présentent des caractéristiques très mauvaises, aussi avons-nous essayé d'en faire un inventaire chaque fois qu'ils étaient mis en évidence dans un sondage. Ils peuvent en effet créer des tassements importants.

Leur épaisseur varie de 0,2 m à plus de 10 m. Ils ne forment pas de niveaux continus mais constituent des lentilles plus ou moins étendues qui témoignent vraisemblablement d'anciennes zones marécageuses. Il est possible de distinguer deux catégories dans ces niveaux :

. ceux dont la position moyenne est à environ 10 m de profondeur et qui sont surtout localisés à l'Isle d'Amour, au Domaine Universitaire, à la Carronnerie et à Grangeage. Ils sont les plus "tourbeux"

. ceux dont la position moyenne est sub-affleurante entre 0,5 et 6 m de profondeur, qui sont liés aux limons superficiels et dont la répartition est plus étalée sur l'ensemble du secteur. Nous les avons regroupés dans le tableau XXII

N° sondage	Profondeur	N° sondage	Profondeur
25	9,7 - 11,1	147	2,5 - 1,9
30	9,2 - 9,4	148	0,5 - 6
40	7 - 9,8	151	1,7 - 4,5
46	11,4 - 16	157	0 - 1,2
59	1,5 - 3,7	158	0 - 3,4
72	4 - 14	176	0,3 - 3,8
81	1,2 - 6	302	0 - 0,8
82	2,1 - 4	308	3,3 - 4
83	0,7 - 6		
84	6,5 - 14,5		

Tabl. XXII

- Niveaux à "bois flottés"

Ils ont une épaissseur moyenne de 2 m ; la bonne conservation du bois est due au fait qu'ils se situent au-dessous de la zone de battement de la nappe. Ils témoignent de crues exceptionnelles de la rivière. Nous les avons rassemblés dans le tableau XXIII.

N° sondage	Profondeur
25	8,4 - 9,7
131	5,4 - 8,2
164	7,6 - 8
220	10 - 15
222	1,8 - 1,4

Tabl. XXIII

c - Fondations

Compte tenu de l'épaisseur des alluvions il n'est pas possible d'atteindre le substratum. Différents choix sont envisageables :

- pour les constructions individuelles et les bâtiments d un étage, on utilise dans les limons de surface des semelles filantes ancrées à un mètre de profondeur et qui appliquent une pression d'environ un bar.

- pour les immeubles collectifs ou les ouvrages lourds, plusieurs types peuvent être retenus :

. les pieux battus ou forés, traversant les limons superficiels et qui rejoignent les niveaux sablo-graveleux aux qualités mécaniques plus satisfaisantes.

. le radier général, mais très rigide, pour que les tassements affectent l'ensemble de l'édifice de façon égale.

. les parois moulées pour les constructions très lourdes.

- pour les ouvrages d'art tels que les ponts, signalons que sous le lit de la rivière, les qualités mécaniques des matériaux sont plus faibles sur les 5 ou 6 premiers mètres à partir du fond du lit (pont de Domène).

9 - Matériaux utilisables

a - Définition des matériaux

Les plus gros besoins en matériaux se font sentir pour les constructions routières (remblais) comme la deuxième voie de l'autoroute A 41, la construction de digues et l'aménagement des zones industrielles (Meylan, Domène).

Ceux dont on dispose dans la plaine sont de deux sortes : les graviers sableux, et les sablons. Ces derniers ne sont pas utilisables car ils sont trop fins et trop profonds.

b - Localisation des matériaux

Le niveau gravelo-sableux constituant l'aquifère de la nappe est situé sous une épaisseur variable de matériaux très fins qui recouvrent la plaine.

Aussi avons-nous essayé, à partir des 400 points d'observation dont nous disposions, de dresser une carte d'isopaques des limons

et argiles de surface (découverte) au 1/25000 (à la fin du mémoire).

Cette carte regroupe 4 classes d'épaisseurs :

- épaisseur de 0 à 2 m
- " " 2 à 4 m
- " " 4 à 6 m
- " > 6 m

Les plus fortes épaisseurs de limons se situent au pied du versant rive droite (cf. chapitre IV). Il y a donc une zone très défavorable tout le long de ce versant.

En ce qui concerne le reste de la plaine, la répartition des classes ne semble pas suivre de lois précises.

Une telle carte doit être utilisée avec prudence, sa précision n'étant fonction que du nombre de points d'observation, et l'hétérogénéité des dépôts rend parfois hasardeuses certaines extrapolations.

c - Extraction des matériaux en rivière

Nous avons vu qu'elle était très importante les 20 dernières années et qu'à la longue, combinée avec une coupure de méandre, l'équilibre nappe-rivière a été bouleversé.

Aussi, si l'on envisage de continuer l'exploitation en rivière, sera-t-il indispensable d'édifier des seuils en travers du lit pour conserver le niveau de l'eau. Derrière ce soutien, il est alors possible de calculer la quantité de matériaux que l'on peut retirer sans influencer la rivière.

d - Extraction de matériaux dans la plaine

(au-delà des digues)

- Conditions

Elles consistent en la réalisation de "fouilles" importantes (type bassin B.E.C.). Les facteurs influant sur le choix de ces sites sont surtout :

- l'épaisseur des limons
- l'épaisseur de la couche exploitable
- la position de la surface piézométrique

D'après les cartes de profondeur de la nappe par rapport au sol, d'isopaques de la découverte, en tenant compte de la puissance du niveau graveleux , il semble que les secteurs les plus intéressants soient :

- la boucle de Bois Français
- l'Ile de Porte
- le Bois Claret
- la rive droite de l'Isère entre le Moiron et les Isles.

De nombreux travaux de reconnaissance détaillés ont déja été effectués sur les deux premiers cités.

- Influence sur l'hydrologie

Un plan d'eau constitue en été une zone d'évaporation importante.

- Influence sur l'hydrogéologie

Les plans d'eau créés pourraient être transformés en zones de loisirs. Deux facteurs interviennent :

- la température de la nappe est stable, de 11 à 13° (C.E.R., 1973), mais celle de la tranche superficielle peut varier dans de plus amples proportions (gel en hiver, 20 à 24° en été). Il y aura donc une difficulté de mélange des eaux à températures différentes.

- le colmatage des berges du plan d'eau, surtout à l'aval de celui-ci, provoque à la longue, une zone de faibles battements où le renouvellement des eaux est difficile.

10 - Pollution de la nappe

Actuellement cette nappe est peu exploitée (chap. IV). Si la minéralisation de l'eau est assez élevée, ses qualités bactériologiques sont moins bien connues. Il serait intéressant, en prévision des besoins futurs, de faire une étude dans ce sens qui préviendrait alors des risques de pollution.

E - Formations glaciaires

1 - Localisation

Elles sont essentiellement situées sur le versant en rive gauche de la vallée, au pied de Belledonne.

Il n'y a que quelques affleurements en rive droite, dont le plus important est situé près des Drogeaux. D'autres, plus réduits, apparaissent près de Corenc.

2 - Morphologie (fig. 38 et 39)

Il existe différentes formes laissées par les glaciers.

a - Vallum latéral du glacier de l'Isère

Il recouvre la butte de St-Nazaire-les-Eymes en dessinant deux arcs morainiques de direction parallèle à la vallée, qui forment deux croupes de 50 m de hauteur en moyenne et dont la pente varie de 10 à 30%.

b - Moraines de retrait du glacier et leurs produits de remaniement

Ce sont des moraines de fond. Elles tapissent les bas versants du Grésivaudan en formant des placages qui n'ont subsisté que dans les endroits où la pente était un peu moins forte (10 à 30 %).

Elles remplissent également de véritables sillons dont les axes sont parallèles à la vallée, comme aux Jacques, aux Perrets, au Japin.

Ils sont interrompus par les torrents affluents. Le même phénomène se produit en rive droite, derrière les buttes de Montbonnot et de Chamoux, mais les nappes d'épandage ont recouvert les sillons et l'on ne retrouve que très peu de traces de matériaux glaciaires.

A partir de ces sillons existent des diffluences qui

fig. 38 MORPHOLOGIE GLACIAIRE

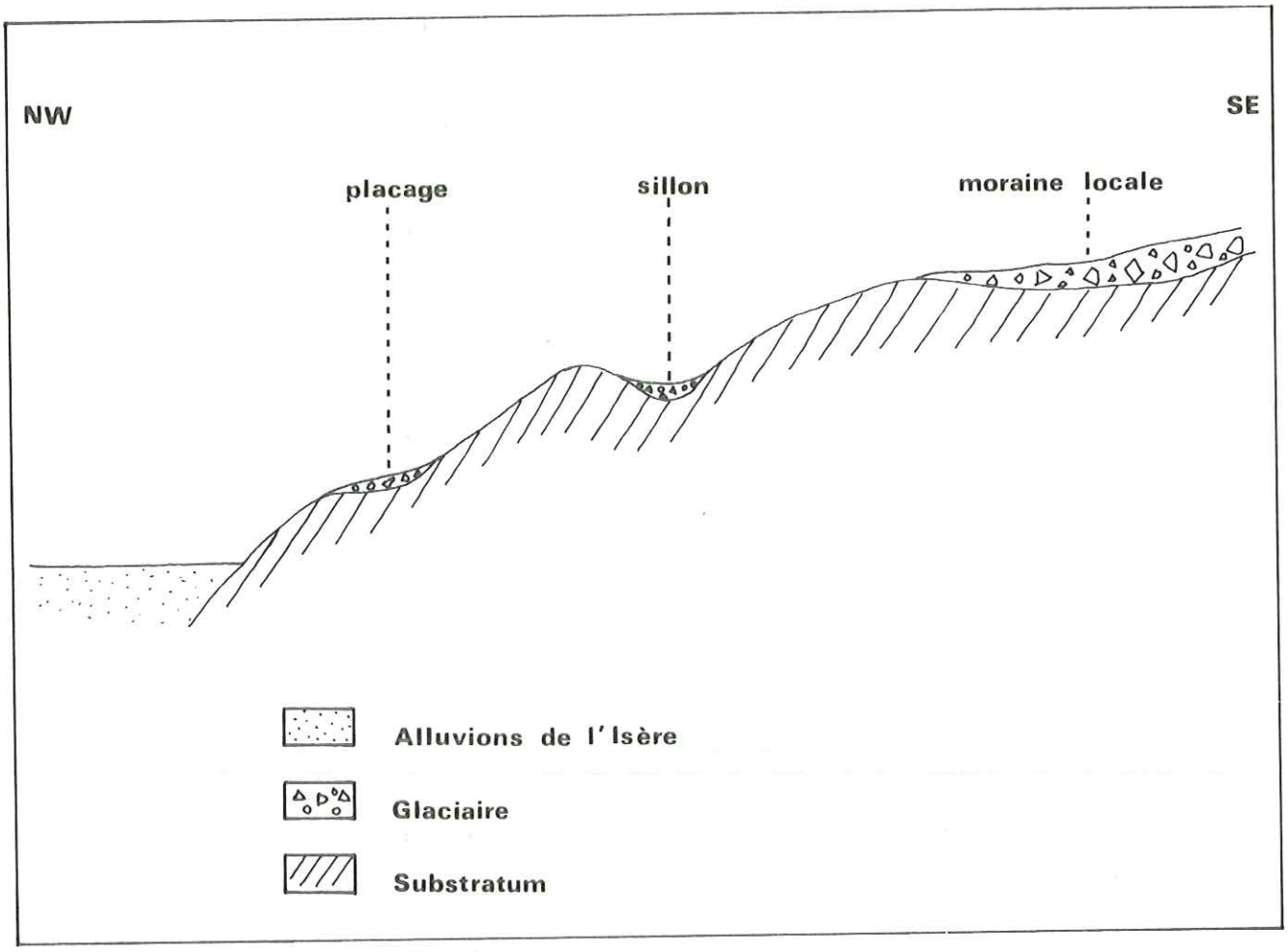
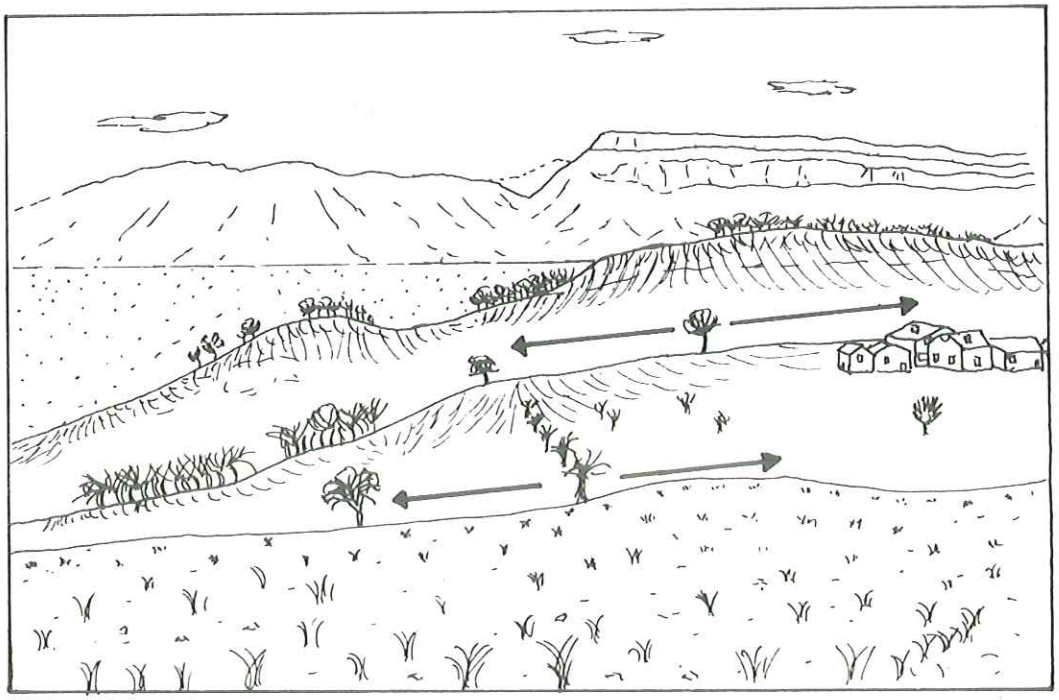


fig. 39 SILLONS GLACIAIRES (collines bordières)



rejoignaient le glacier principal. Elles sont beaucoup moins marquées et constituent des thalwegs fossiles qui n'apparaissent pas dans la topographie car leur morphologie, parfois enfouie, est identique au bed-rock ; leur pente est assez forte (Brignoud, Venon).

c - Moraines locales

Elles sont situées dans le secteur de St-Jean-le-Vieux, St-Mury, Ste-Agnès. Elles recouvrent creux et reliefs du substratum en formant une surface assez chaotique.

3 - Lithologie

Les moraines de fond et vallums morainiques sont constitués d'un matériel argileux, sableux, à galets plus ou moins émoussés de roches cristallophylliennes, de granites, de grès, et de quartzites. On peut trouver de place en place d'importants blocs erratiques dépassant 50 m3 (le Brinchet).

Les sillons sont garnis de ce même matériel déposé par les eaux de fonte, et qui est ainsi un peu plus roulé. Parfois de minuscules lacs temporaires ont pu laisser, çà et là, des sédiments plus fins et très argileux (Laval).

Les moraines locales liées aux glaciers de Belledonne présentent de nombreux gros blocs anguleux, enrobés dans une matrice argilo-sableuse. Ils sont essentiellement formés d'amphibolite et de gneiss.

4 - Altération

L'altération des moraines, combinée à une altération du substratum (les Terres Noires en particulier), peut créer un produit mixte dont l'aspect se rapproche de celui des nappes d'épandage, mais où les éléments grossiers sont à la fois anguleux et arrondis, avec des proportions variables.

Cette formation a été mise en évidence en rive droite (Co r enc). Elle existe en rive gauche mais les conditions d'affleurement ne permettent pas d'en donner des contours précis, la différenciation entre terrains de couverture et bed-rock étant déjà délicate.

5 - Hydrogéologie

Le ruissellement étant très faible, il y a infiltration immédiate des précipitations. On retrouve alors des sources au contact glaciaire-substratum, des zones de suintement soulignant la présence de niveaux plus argileux dans la moraine (Revel, le Brinchet), des sources liées à la présence d'un point bas dans un sillon (Venon).

6 - Propriétés physiques et mécaniques (tabl. XXIV)

Compte tenu de l'hétérogénéité de ces formations et du nombre réduit de renseignements dont nous disposons, nous donnerons quelques valeurs ponctuelles qu'il ne faudra pas étendre à toute la formation.

- Granulométrie (fig. 40)

. Filler :il varie de 8 à 38 %
. Hétérométrie : elle est comprise entre 20 et 1500, elle va donc de étalée à très étalée.

- Limites d'Atterberg

. Limite de liquidité : elle est comprise entre 22 et 33
. Indice de plasticité : il varie de 3 à 116

Les éléments fins ont donc une plasticité légère à faible.

- Calcimétrie

Les teneurs en carbonate vont de 12 à 34 %. Elles sont plus élevées en rive droite qu'en rive gauche.

- Module de réaction du sol

Pour ces types de sol, d'après le tableau XVII, il peut varier de 4 à 14 bars.

- Analyse aux rayons X

Deux analyses ont été effectuées sur des échantillons argileux (P 17, P 18). Elles ont mis en évidence les minéraux suivants :

. illite
. chlorite
. quartz
. feldspaths (trace faible)

Il n'y a pas de traces d'argiles gonflantes.

- Vitesse sismique

Elle varie de 620 à 1500 m/s. Le matériau est donc toujours rippable.

7 - Risques naturels

Quelques risques de glissements peuvent affecter ces niveaux lorsque la pente topographique est assez forte, comme à l'Urinet ou au Mont. Mais d'une manière générale, ce sont surtout des phénomènes de solifluxion qui affectent la surface des formations, lorsque des niveaux plus argileux maintiennent une humidité importante (Revel, Ste-Agnès).

8 - Aptitude aux travaux

Ces terrains sont, d'après les tableaux XVII et XVIII, considérés comme bons sols de fondation lorsque l'action du gel n'est pas à craindre. Leur sensibilité au gel est faible ainsi que la possibilité de tassement et de gonflement. Par contre les caractéristiques drainantes sont très variables puisque des niveaux peuvent être imperméables.

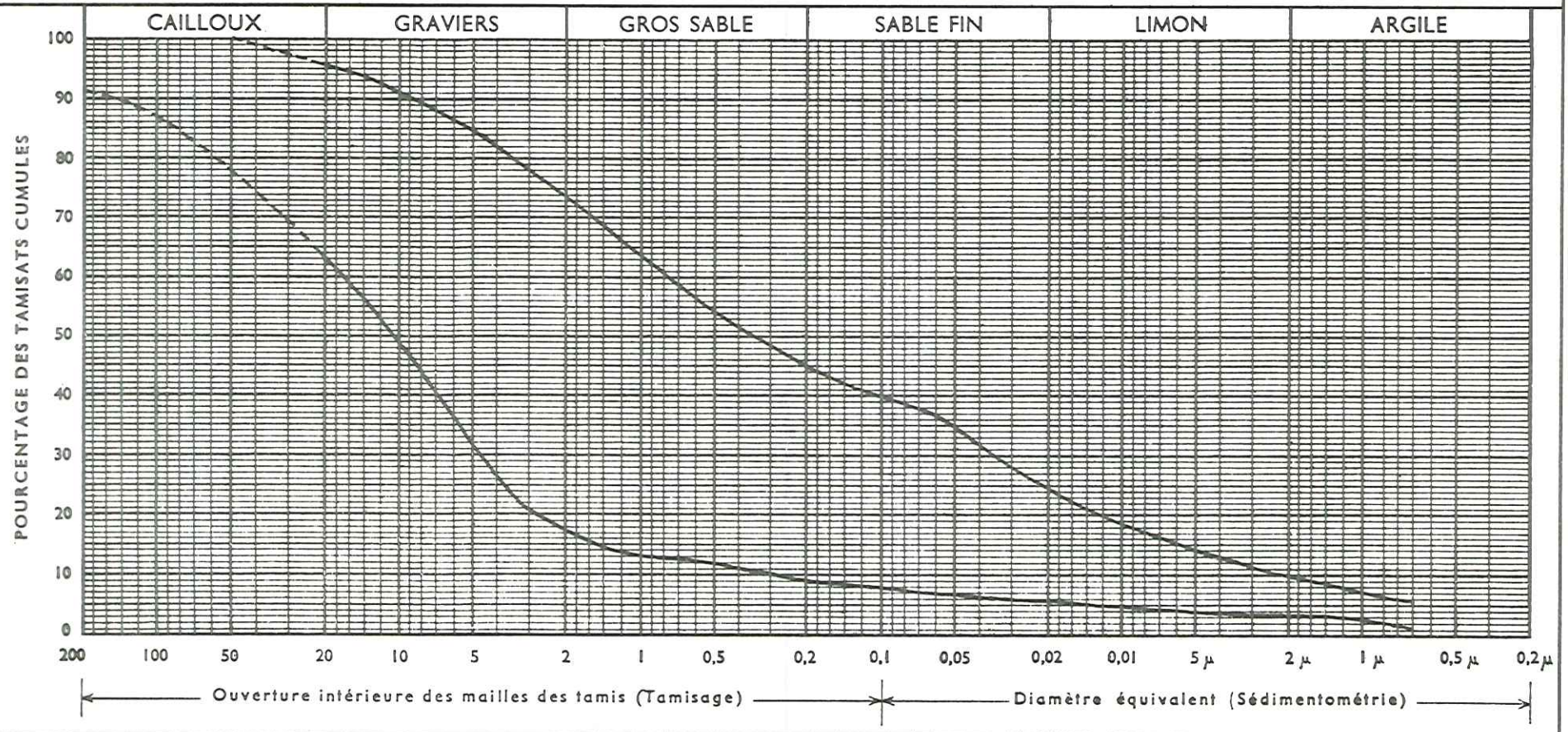
- Pour des fondations, l'écoulement des eaux a de l'importance et un bon drainage est indispensable. Lors de l'ouverture d'une fouille, il est possible de tomber sur de très gros blocs de roches cristallines qu'il faudra parfois miner, surtout dans la moraine locale. L'épaisseur de ces terrains est très variable. En particulier, certains sillons

fig. 40 **FORMATIONS GLACIAIRES**

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
- _____ N° Fuseau représentatif
- —.—.—. N° _____
- – – – – – N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	LIMITES D'ATTERBERG		E . S	Filler	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle	Désignation Géotechnique
	W.L	I. P		% < 80 µ		W %	
Ech _____							
Ech _____							
Ech _____							

Tabl. XXIV Caractéristiques Physiques des Formations glaciaires

N°	Prof.	Wl	Wp	Ip	>2 mm	CU	CC	Filler	$CaCO_3$	géot.
P 6	2	27	18	9	67			18		GA
P 8	1	27	11	16	63			24		GA
P 10	3	22	16	6	43			9	12	Sm-SL
P 15	0	28	25	3	27			36	27,2	SL
P 16	0	33	21	12					18,4	
PA	2				83			8	34,4	Gm-GL
PB	2				27	25	1,1	12	25,2	Sm-SL
PC	2	22	18,5	3,5	39			38	26	SL

peuvent n'avoir que 2 à 3 m de remplissage alors que d'autres (Venon, légèrement au sud de notre secteur) ont montré, d'après un sondage mécanique, près de 45 m de glaciaire.

- Pour des tracés de routes (fig. 41) le franchissement de sillons entaillés dans le bed-rock peut,à long terme, provoquer des tassements assez marqués (ancien tracé de la N. 528) et d'autre part nécessite une protection contre l'affaissemnt sur la chaussée (Domène). Les moyens les plus efficaces semblent être les gabions ou les petits murs de soutènement.

9 - Matériaux utilisables

Toutes les anciennes constructions des collines bordières montrent des soubassements réalisés avec des gros blocs de la moraine (> 20 cm). De plus, de nombreux murs de soutènement en pierres sèches ont été édifiés avec le même matériau.

IV - BED-ROCK

Nous avons regroupé les étages stratigraphiques en ensembles lithologiques qui devraient présenter des propriétés "géotechniques" voisines.

Il a été distingué deux catégories :
- les séries calcaires
- les séries calcaires alternant avec des marnes.

A - Séries calcaires

Elles regroupent trois étages : le Bajocien (calcaires de Corenc), le Séquanien, le Tithonique.

1 - Localisation

Ces niveaux, excepté les calcaires de Corenc, dominent la vallée de l'Isère en rive droite, couronnant les chaînes subalpines tout le long du mont St-Eynard.

2 - Morphologie

Ces calcaires forment deux falaises succesives de 100 à 150 m de hauteur chacune, séparées par une importante vire marneuse. Le pendage est contraire à la topographie.

3 - Altération. Fracturation

Pour la falaise supérieure, la roche est très saine, le calcaire en gros bancs est dur, compact, et forme souvent des encorbellements.

Quant à la falaise inférieure, son faciès marneux et son litage plus mince lui confèrent une dureté plus faible et une plus grande sensibilité aux phénomènes de gel et de dégel (il existe des suintements le long des rares joints argileux). Cette dernière formation nourrit ainsi en grande partie les importants éboulis du pied de falaise.

4 - Risques naturels

Ces niveaux ont dans le passé fourni des écroulements considérables au-dessus de la Grivelière ou de St-Ismier.

Parfois des blocs isolés, mais de taille importante (plus de 100 m3), se sont détachés de ces falaises (R.N. 512 au-dessus du Molard). Certains ont atteint la cote 450 m et ont parcouru plus de 700 m de dénivellation.

Un périmètre "non aedificandi" a donc ainsi été délimité au pied de ces falaises.

5 - Matériaux utilisables

Seuls les calcaires de Corenc ont été exploités autrefois comme matériaux de construction (pierre de taille)

B - Séries avec alternance de calcaires et de marnes

Elles constituent la plus grande partie du substratum affleurant sur la carte. Parfois marnes ou schistes dominent (Terres noires) parfois les calcaires l'emportent et les lits marneux sont très réduits (Bajocien).

Elles regroupent cinq étages : le Bajocien, le Bathonien, le Callovo-Oxfordien (Terres noires), le Kimmérid gien.

1 - Localisation

En rive droite de l'Isère, ces calcaires et marnes constituent des flots au milieu des nappes d'épandage, au pied des éboulis.

En rive gauche, c'est la partie inférieure du versant, la plus raide, qui permet le mieux de voir ces formations. Elles disparaissent progressivement, à mesure que l'on prend de l'altitude, sous la couverture morainique.

2 - Morphologie

a - Rive droite

Les flots forment des croupes sur lesquelles ont été fondés la plupart des châteaux de la région (Château Corbeau, Château de Miribel, Château de Montbives, Fort du Bourcet). Ces croupes ont une pente moyenne de 20 à 30 %.

b - Rive gauche

Le substratum est parfois en surface structurale ou bien forme des buttes encadrant les sillons dont nous avons parlé précédemment. Les torrents du versant y entaillent de profondes gorges (Domeynon, ruisseau de la Combe, ruisseau de Vorz, ruisseau de Laval). La pente moyenne est supérieure à 30 %.

3 - Altération

La forte schistosité qui affecte ces séries (rive gauche)

favorise l'altération superficielle des roches. Celle-ci se manifeste par une dissolution du carbonate de calcium et libération de particules argileuses. Les calcaires marneux contiennent beaucoup de pyrite, soit cristallisée, soit diffuse. L'oxydation de cette dernière produit de l'acide sulfurique, lequel attaque les carbonates ce qui accentue le démantèlement de la roche.

Lorsque le pendage est conforme à la pente, la tranche altérée varie de 0 à 1 m. Mais lorsqu'il lui est inverse, l'eau peut pénétrer plus facilement et surtout plus profondément, mais il n'est guère possible de chiffrer cela. On ne peut donc pas considérer qu'il y a partout une tranche altérée uniforme. Elle varie de plus selon l'importance de la schistosité qui rend la gélifraction très active.

Les produits de cette altération forment parfois la zone de raccord entre les flots de substratum et les nappes d'épandage (Corenc, le Molard, le Bottey, les Barreaux, Gueydan, le Manival).

4 - Hydrogéologie

Les formations présentent une perméabilité de fractures. Certains puits, comme au Château de Miribel, ont été creusés dans le bed-rock. A Corenc, une villa est alimentée par une galerie drainante. De fréquents suintements se produisent aux interfaces calcaires-marnes (le long de la D. 11).

5 - Propriétés physiques et mécaniques

Excepté quelques mesures sismiques, nous ne disposons d'aucun renseignement.

Ces formations ont des vitesses variant de 2000 à 4000 m/s ce qui les situe dans la tranche à la limite du rippable, quand elles sont très marneuses (au nord des Barreaux) et du non rippable, quand la fréquence des bancs calcaires augmente (les Perrets). Lorsque l'altération est développée, les vitesses peuvent être de l'ordre de 1500 m/s.

6 - Risques naturels

Ils affectent en particulier le bas des collines bordières. Elles présentent alors une forte pente topographique et le risque de glissement ou de mise en mouvement de la partie altérée sont possibles.

Le versant de la Chartreuse montre également des phénomènes identiques (Fort du Bourcet, nord des Barreaux).

7 - Aptitude des terrains aux travaux

Après de fortes pluies, les interlits argileux de ces séries, surtout lorsqu'ils sont très minces (collines bordières) peuvent atteindre la limite de liquidité. Si les dispositions structurales sont favorables (pendage conforme à la pente), on obtient alors un glissement couche sur couche et une évolution du versant par décollement des bancs (fig. 41 et 42).

fig. 42 DECOLLEMENT D'UN BANC (collines bordières)

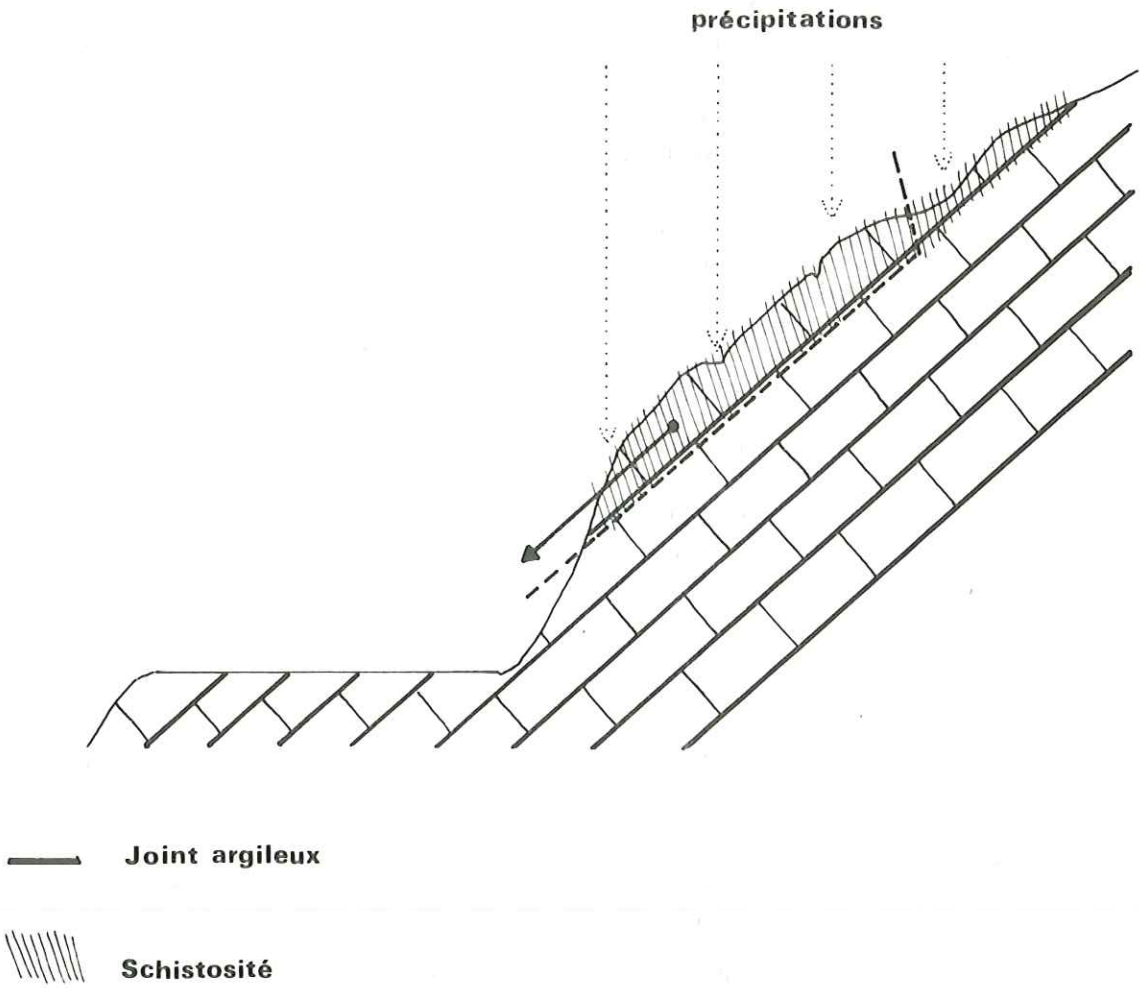
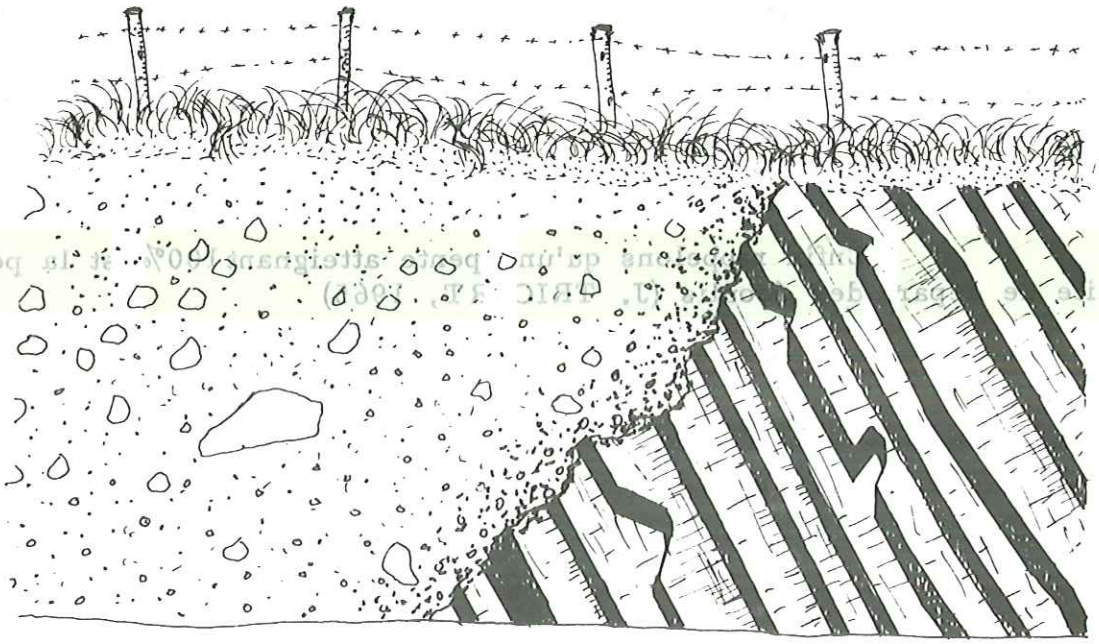


fig. 41 JUXTAPOSITION GLACIAIRE - CALCAIRES MARNEUX

(collines bordières)



Ce genre d'inconvénient se produit fréquemment lorsque l'on fait un déblai pour une route ou une construction (D.11e, D.165). Le meilleur remède consiste à recaler le pied du versant par une simple butée dans laquelle on aura pris soin de pratiquer des ouvertures pour l'évacuation des eaux. Même si une dalle paraît très saine et non fracturée, si on la laisse soumise à son propre poids, elle évoluera rapidement.

Enfin si l'on veut protéger la chaussée de la chute de petits blocs, (lorsque des surfaces ont été mise à nu) le grillage, bien qu'inesthétique, sera la protection la plus efficace, à condition de déblayer périodiquement.

CONCLUSIONS

Cette étude, basée sur le rassemblement et l'examen critique du contenu de nombreux dossiers, de provenances très diverses, et renforcée par des observations, vérifications, et mesures personnelles, fait état des résultats obtenus lors de l'exécution de plus de 500 sondages (mécaniques et géophysiques), de plus de 200 essais de terrain (pénétrométriques et pressiométriques) et de près de 600 essais de laboratoire (granulométries, limites d'Atterberg, essais mécaniques, etc.). La mise à jour de ces documents a été arrêtée en mars 1974.

Les renseignements ainsi réunis ont été exprimés :

- d'une part sous la forme d'un mémoire, dans lequel les différents types de terrains rencontrés sont représentés par des fiches techniques dont le nombre de rubriques varie en fonction de la diversité des renseignements disponibles,
- d'autre part sous celle de cartes analytiques et de documentation, dites "cartes de facteurs" (cartes piézométriques, carte de l'épaisseur d'une formation, carte des pentes, etc.). Certaines (plan d'implantation des sondages mécaniques et géophysiques), montrent que la répartition très inégale des points d'observation et de mesure ne peut permettre, en bien des zones, aucune extrapolation valable.

Ces réserves faites, nous sommes en mesure de souligner les résultats positifs obtenus quant à la connaissance de la nappe phréatique des alluvions de l'Isère et aux caractéristiques essentielles des diverses formations identifiées.

Le dossier, déjà très important, concernant la nappe phréatique et l'Isère, s'est enrichi d'observations qui montrent que les différents travaux éxécutés à une époque récente (depuis le début de l'année 1968) ont entraîné les conséquences suivantes :

- un enfoncement du lit de la rivière et reprise de l'érosion régressive
- un abaissement de la surface piézométrique
- un drainage permanent de la nappe par l'Isère.

L'analyse des caractéristiques des terrains de couverture attire l'attention sur le fait que certains d'entre eux (par exemple les nappes d'épandage) ont des propriétés physiques et mécaniques très variables et une grande hétérogénéité. Même en ce qui concerne des formations bien individualisées sur le plan lithologique, les caractéristiques géotechniques seront grandement influencées par leur degré de compacité ou la position de la nappe. Ceci est illustré par les larges fourchettes de valeurs qui expriment les résultats des divers essais. Les remarques d'ores et déjà accumulées nous permettent d'avancer, quant aux prochaines études d'aménagement, un certain nombre de recommandations. A notre avis, une attention particulière devra être portée aux points suivants :

- la présence de niveaux très compressibles dans les alluvions de la plaine (tourbe)
- la circulation des eaux dans les nappes d'épandage et cônes de déjection

- la qualité souvent médiocre des matériaux fins constituant les parties inférieures de ces accumulations
- dans les formations morainiques, la présence possible de gros blocs (difficultés de terrassement) ou au contraire de niveaux très fins, argileux, retenant l'humidité, avec les risques de glissements superficiels qui en découlent.

Restent enfin deux rubriques que nous regrettons de n'avoir pas développées autant qu'il eût été souhaitable de le faire, celle du substratum rocheux et celle des cartes d'aptitude.

Au sujet du substratum rocheux, la nécessité subsiste d'effectuer quelques essais mécaniques, susceptibles d'apporter des données intéressantes. Mais on doit surtout prévoir d'autres reconnaissances, destinées à fournir des renseignements précis dans des domaines où nous ne pouvons encore formuler que de simples mises en garde :

- puissance de la tranche altérée des formations calcaréo-marneuses (Dogger, Terres noires) surtout lorsque celles-ci sont masquées par un recouvrement quaternaire très mince
- existence de sillons glaciaires ensevelis sous des formations de remblaiement dont l'épaisseur, rapidement variable, peut être importante
- risque entraîné par la chute de blocs, issus de corniches qui dominent les pentes et dont la délimitation devrait être faite de façon plus précise en tenant un peu plus compte de la morphologie.

Une étude du type de celle-ci devrait comporter des "cartes d'aptitude" réalisant la synthèse des données que les cartes de facteurs fournissent à l'état brut. Mais leur élaboration rencontre l'obstacle, déjà évoqué, d'une densité insuffisante et d'une mauvaise répartition des observations dans l'espace. Dans l'état actuel, de telles cartes, si l'on tente de les tracer malgré tout, donneraient une impression trompeuse de certitude, ce qu'il faut éviter à tout prix, notamment au niveau du S.D.A.U.

Mais l'espoir subsiste qu'au bout d'un délai raisonnable, le travail que nous avons amorcé pourra se compléter et que la quantité et la distribution des renseignements seront devenues telles que ces documents pourront voir le jour, au bénéfice de l'ensemble des utilisateurs. Il ne faut pas se cacher toutefois que ce résultat ne saurait être envisagé en l'absence des investissements correspondants.

ANNEXES

- Localisation et profondeur des sondages mécaniques
- Localisation des sondages électriques et sismiques
- Code des coupes de sondages
- Coupes des sondages mécaniques
- Coupes interprétatives des sondages géophysiques

Localisation et Profondeur des Sondages Mécaniques

N°	x	y	Prof.	Nbr. Sond.
1	868.99	325.60	4,5	3
2	869.40	325.68	20	5
3	869.48	325.98	30	5
4	869.32	326.47	12	2
5	869.16	326.18	20	3
6	869.08	326.29	20	4
7	869.52	326.06	15	2
8	869.08	326.21	12	2
9	869.28	326.34	10	5
10	869.37	326.32	15	4
11	868.92	326.70	20	9
12	869.80	326.19	20	2
13	869.77	326.40	7	6
14	869.80	326.47	30	4
15	870.14	325.93	30	
16	870.21	325.90	30	
17	870.46	325.82	3,6	
18	870.56	325.92	6	
19	870.50	325.92	17	
20	870.58	326.06	12	
21	870.00	326.82	12	
22	869.93	327.10	12	
23	870.20	327.33	12	
24	869.94	327.36	12	
25	870.14	327.50	20	2
26	870.10	327.61	17,8	4
27	870.09	327.70	21,2	9
28	868.75	327.55	12	
29	869.74	327.46	20	6
30	869.69	327.48	15	2
31	869.28	327.02	12	
32	869.12	327.28	12	
33	868.76	327.12	12	
34	870.71	326.56	4,8	
35	871.05	325.80	20	10
36	871.34	325.83	20	4
37	871.28	326.14	20	4
38	871.68	325.91	20	6
39	869.81	327.58	12	
40	868.73	327.68	18	
41	868.88	327.87	6	
42	869.14	327.94	4	
43	869.14	328.00	4	
44	869.21	328.26	3	6
45	869.01	328.20	8	
46	869.14	328.36	30	4
47	868.91	328.30	30	2
48	868.85	328.49	30	4
49	868.70	328.84	23	2
50	869.70	328.83	13	3
51	868.79	329.25	20	4
52	869.05	329.02	15	3
53	869.17	329.02	30	9
55	869.30	329.05	6,3	
56	869.31	329.13	10	2
57	869.62	328.61	20	2
58	869.46	328.05	4	
59	869.60	328.11	4	
60	869.70	328.17	4	
61	870.00	328.20	4	
62	869.93	328.54	31	
63	869.85	328.95	25	
64	869.88	329.24	12	
65	870.07	329.29	10	7
66	870.10	329.15	30	
67	870.14	328.89	20	3
68	870.35	328.91	20	3
69	870.40	328.97	20	3
70	870.23	328.25	6	
71	870.27	328.24	2,6	
72	870.33	328.33	20	
73	870.24	328.05	4	
74	870.30	328.07	6	
75	870.57	328.34	6	
76	870.60	328.14	6	
77	870.57	327.97	3,6	
78	870.62	328.26	20	
79	870.85	328.22	2,5	
80	870.60	328.48	6	
81	870.74	328.50	6	
82	870.87	328.41	4	
83	870.82	328.37	6	
84	870.76	328.34	20	
85	871.12	328.50	4	
86	871.43	328.57	6	
87	871.65	328.65	3,4	
88	871.17	328.31	6	
89	871.85	328.70	4,5	
90	871.50	328.41	6	
91	871.58	328.28	10	
92	870.78	328.41	6	
93	870.90	327.53	20	
94	871.21	327.74	11,4	
95	871.44	327.53	3,8	
96	870.64	327.32	16	
97	870.85	327.30	4	
98	871.03	327.32	16	
99	870.68	327.12	4,2	
100	870.74	327.12	4,2	

101	872.00	327.20	3,4
102	870.90	327.14	4
103	870.81	327.00	4,5
104	870.91	327.06	4
105	870.97	327.05	16,5
106	871.15	327.00	3,6
107	871.30	327.00	18
108	870.94	326.94	4
109	870.78	326.88	28
110	870.76	328.34	20
111	870.95	326.86	10
112	871.05	326.80	10
113	871.21	326.85	3,8
114	871.65	327.19	10
115	871.70	327.10	17,5
116	871.76	327.08	4
117	871.92	327.00	15
118	871.71	326.83	15
119	871.92	326.86	15
120	871.92	326.92	15
121	871.80	326.97	18,2
122	872.08	327.02	4
123	872.07	326.84	15
124	872.00	326.80	17
125	872.18	327.00	10
126	872.22	326.97	4
127	872.30	326.97	4
128	872.35	326.94	10
129	872.19	326.88	10
130	872.41	326.83	15
131	872.14	326.73	8
132	872.20	326.74	10
133	872.25	326.69	15
134	872.34	326.86	15
135	872.32	326.76	15
136	872.38	326.60	10
137	872.46	326.64	16
138	872.44	326.64	15
139	872.52	326.77	10
141	872.50	326.88	10
142	872.42	326.68	10
143	872.92	327.82	10
144	872.27	328.88	3,5
145	872.36	328.85	10
146	872.45	329.10	4,8
147	872.56	329.12	6
148	872.78	329.30	6
149	872.88	329.25	6
150	873.01	328.82	2,4
151	874.17	328.18	11,5
152	874.05	328.45	11,7
153	874.05	328.74	10
154	874.11	328.83	10
155	874.24	328.97	10
156	874.90	328.64	30
157	873.63	329.00	10,2
158	872.95	329.48	4,6
159	873.14	329.50	6
160	873.13	329.70	4,6
162	873.25	329.88	6
163	873.40	329.10	4,8
164	873.44	329.64	8
165	873.54	329.78	6
166	873.38	330.09	5
167	871.07	330.06	20
168	873.80	330.06	3,4
169	874.34	329.38	18
170	874.39	329.36	23,8
171	874.43	329.33	24,8
172	874.50	329.31	18
173	874.18	330.38	4
174	874.10	330.20	4
175	875.14	329.28	11
176	874.51	330.05	10,2
177	873.80	330.75	5
178	873.77	331.00	10,2
179	873.90	330.97	6
180	874.25	330.88	8,3
181	874.40	330.66	6
182	874.55	330.83	4,5
183	874.98	330.65	7,2
184	875.39	329.70	3,3
185	875.50	329.78	3
186	875.58	329.90	3
187	875.68	330.00	3
188	875.78	330.12	2,5
189	875.88	330.24	2,5
190	875.98	330.36	1,8
191	876.09	330.48	3,5
192	876.19	330.48	3,5
193	874.63	331.00	20
194	874.76	331.07	4,8
195	874.08	331.20	6
196	874.22	331.40	13
197	874.29	331.48	6
198	874.56	331.35	7
199	875.40	330.71	7,3
200	875.43	330.70	10
201	875.31	331.76	10
202	875.34	330.75	10
203	875.35	330.82	10
204	875.29	330.80	10
205	875.28	330.88	10
206	875.24	330.85	10

207	875.12	331.92	10	
208	875.58	330.85	10	
209	875.68	330.90	10	
210	875.68	331.00	10	
211	875.77	331.01	10	
212	875.75	331.10	10	
213	875.86	331.13	10	
214	875.84	331.21	10	
215	875.98	331.26	10	
216	875.93	331.33		
217	876.06	331.37	10	
218	875.50	331.06	18,5	
219	875.13	331.20	10,7	
220	874.83	331.32	15	
221	875.08	331.38	4,2	
222	875.20	331.44	11	
223	875.50	331.50	7,2	
224	875.30	331.54	4,5	
225	875.90	331.38	7,3	
226	875.80	331.48	16	
227	875.53	331.54	10	
228	875.47	331.58	10	
229	875.42	331.62	10	
230	874.85	331.44	15,5	
231	874.34	331.68	13,5	
232	874.86	331.72	14,5	
233	875.14	331.70	7,2	
234	875.26	331.77	10	
235	875.28	331.86	15	
236	874.24	331.80	10	
237	875.11	331.80	10	
238	875.12	331.88	14	
239	875.03	331.88	14	
240	874.54	331.57	6	
241	874.70	331.95	6	
242	874.96	332.15	6	
243	875.35	332.15	17,5	
244	875.26	332.40	5,6	
245	875.42	332.47	2,2	
246	875.50	331.84	10,4	
247	875.58	331.77	6	
248	875.76	331.92	4	
249	875.94	332.06	5,3	
250	876.12	332.11	7	
251	876.68	331.68	7,3	
252	876.30	331.62	7,3	
253	876.14	331.73	10	
254	876.21	331.77	10	
255	876.21	331.66	10	
256	876.18	331.60	10	
257	876.11	331.54	10	
258	876.00	331.50	10	
259	876.94	330.33	11,5	

260	877.30	331.18	10	
261	877.70	331.39	15	
262	876.21	332.26	6	
263	875.66	332.60	6	
264	875.88	332.70	6,2	
265	876.20	332.46	7,1	
266	876.35	332.42	5,6	
267	875.93	333.00	16	
268	876.08	332.78	5	
269	876.51	332.56	4,2	
270	876.56	332.62	11	
271	876.30	332.88	5,4	
272	876.55	333.00	4,5	
273	876.78	332.82	3,8	
274	876.81	333.15	4	
275	876.98	333.00	3	
276	876.16	333.18	3,5	
277	877.52	333.16	8,4	
278	877.85	332.27	6	
279	877.73	332.10	10	
280	877.90	332.10	10	
281	877.88	332.18	10	
282	878.14	332.27	10	
283	878.08	332.33	10	
284	878.24	332.73	10	
286	878.51	331.91	5,6	
287	878.65	332.05	10	
288	878.49	332.14	127	
289	878.74	332.65	10,6	
290	878.74	332.70	15	
291	878.46	332.92	24,4	
292	878.50	333.18	14,0	
293	877.76	333.57	10,4	
294	877.56	333.65	4	
295	877.80	333.92	4,5	
296	878.00	334.12	5	
297	877.35	334.40	11	
298	878.22	334.37	5,5	
299	878.40	334.58	5	
300	878.50	334.72	6	
301	878.88	335.20	3,5	
302	878.97	335.32	6	
303	878.50	335.85	30	
304	879.24	335.74	11	
305	879.42	335.96	3	
306	880.00	335.06	18,2	
307	880.19	335.15	25	
308	880.00	335.34	5,6	
309	880.43	335.46	6	
310	880.82	335.50	18	
311	880.60	335.63	18	
312	880.50	335.66	18	
313	880.66	335.75	11,1	
314	879.80	336.00	10,7	

Code des coupes de sondages

Lithologie		Couleurs		Dureté	
R	Remblai	1	Noir	+	Dur
TV	Terre végétale	2	Gris	x	Tendre
A	Argile	3	Bleu		
AV	Argile varvée	4	Vert		
L	Limon	5	Jaune		
T	Tourbe	6	Rouge		
S	Sable	7	Marron		
G	Gravier-galet Grave				
F	Bois flotté				
O	Matière organique (débris végétaux)				

ainsi que les combinaisons :
AG : Argile graveleuse
Ls : Limon légèrement sableux
etc.

-Ces caractères sont ceux appréciés par le sondeur. La "couleur" et la "dureté" sont en particulier très subjectives. Elles servent seulement de repère à l'intérieur d'un même sondage.

-Une couche de terrain est donc décrite, par exemple, de la façon suivante :

Sa2+ : sable légèrement argileux, gris, dur.

-Les lettres minuscules signifient "légèrement" sableux, argileux, graveleux, etc.

Localisation des sondages électriques et sismiques

N°	x	y	N°	x	y	N°	x	y
E 1	870.28	326.00	E53	873.02	328.32	S 1	869.02	329.83
E 2	870.40	326.19	E54	875.18	329.00	S 2	869.74	330.65
E 3	870.50	326.35	E55	875.14	329.08	S 3	870.21	330.87
E 4	870.60	326.64	E57	875.24	329.48	S 4	870.83	330.67
E 5	870.74	326.78	E58	875.10	329.66	S 5	870.80	331.40
E 6	870.45	327.02	E59	874.89	329.79	S 6	872.03	330.42
E 7	870.53	327.12	E60	876.76	330.46	S 7	873.64	331.71
E 8	870.51	327.20	E61	876.51	330.60	S 8	874.46	332.30
E 9	870.39	327.27	E62	876.70	330.68	S 9	876.14	333.65
E10	870.37	327.37	E63	876.48	330.67	S10	876.12	334.19
E11	870.36	327.47	E64	876.61	330.81	S11	876.67	328.99
E12	870.34	327.57	E65	876.49	330.88			
E13	870.32	327.67	E66	876.32	330.86			
E14	871.67	326.84	E67	876.20	330.70			
E15	878.42	335.73	E68	876.01	330.67			
E16	871.44	327.21	E69	876.13	330.83			
E17	871.33	327.33	E70	874.14	330.96			
E18	871.21	327.55	E71	876.15	331.12			
E19	871.17	327.76	E72	878.00	332.44			
E20	871.10	328.00	E73	877.91	332.53			
E21	871.02	328.10	E74	878.00	332.68			
E22	870.92	328.33	E75	877.86	332.56			
E23	873.50	327.32	E76	877.73	332.51			
E25	873.15	327.48	E77	877.90	334.40			
E26	873.00	327.61	E78	878.00	334.50			
E27	872.93	327.70	E79	878.15	334.60			
E28	872.87	327.84	E80	877.25	334.55			
E29	872.30	327.94	E81	878.06	334.70			
E30	872.66	328.02	E82	877.86	334.69			
E31	872.49	328.15	E83	877.95	334.82			
E32	872.31	328.30	E84	877.60	334.70			
E33	872.11	328.42	E85	877.24	334.72			
E34	871.95	328.45	E86	877.87	334.12			
E35	873.20	327.67	E87	878.24	335.96			
E36	873.28	327.76	E88	878.42	335.73			
E37	873.40	327.86	E89	878.62	335.82			
E38	873.47	317.72	E90	878.72	335.77			
E39	873.50	327.65	E91	879.06	335.80			
E40	873.54	327.59						
E41	873.72	327.72						
E42	873.66	327.82						
E43	873.58	327.41						
E44	873.52	328.03						
E45	873.86	327.83						
E46	873.80	327.92						
E47	873.74	328.02						
E48	873.76	328.15						
E49	873.82	328.24						
E50	873.12	328.15						
E51	874.02	328.07						
E52	874.08	328.00						

Coupes des sondages mécaniques

1	0.0- 0.6	TV
	0.6- 1.7	A2
	1.7- 3.6	L
	3.6- 4.5	SG
2	0.0- 0.4	TV
	0.4- 1.5	A2
	1.5- 2.7	AS2
	2.7- 3.4	GS
	3.4- 5.5	Gs
	5.5-14.3	GS
	14.3-17.8	S2
	17.8-20.0	AT2
3	0.0- 0.4	TV
	0.4- 4.0	A2
	4.0- 5.0	SG
	5.0- 7.2	G
	7.2-10.4	Gs
	10.4-15.6	SG
	15.6-30.0	S2
4	0.0- 0.2	TV
	0.2- 2.5	A5
	2.5- 3.2	A2
	3.2- 5.5	SA
	5.5-12.0	GS
5	0.0- 6.5	R
	6.5-15.0	SG2-7
	15.0-20.0	SG
6	0.0- 0.4	TV
	0.4- 4.2	RA
	4.2- 5.6	A
	5.6- 7.5	S
	7.5- 8.0	GSA
	8.0-12.2	SG
	12.2-20.0	GS
7	0.0- 0.5	TV
	0.5- 2.0	A2
	2.0- 4.5	A3
	4.5-15.0	SGA
8	0.0- 0.4	TV
	0.4- 2.6	A5
	2.6- 3.8	GA
	3.8- 8.7	GS
	8.7- 8.9	A2
	8.9-12.0	GS
9	0.0- 0.6	TV
	0.6- 3.0	A
	3.0- 6.0	SA
	6.0- 9.4	SGa
	9.4-11.0	A
	11.0-15.0	SG
10	0.0- 0.5	TV
	0.5- 1.8	L7
	1.8- 3.8	Sg2
	3.8-12.0	Slg
	12.0-15.0	GS
11	0.0- 0.6	TV
	0.6- 3.2	A
	3.2-18.6	GS5
	18.6-20.0	A
12	0.0- 2.5	R
	2.5- 3.5	TV
	3.5- 4.1	LSG
	4.1- 6.3	S
	6.3-10.0	GS
	10.0-13.0	As
	13.0-20.0	S1
13	0.0- 2.9	A7
	2.9- 3.5	SA
	3.5- 5.6	G
	5.6- 7	GS
14	0.0- 3.2	TVA
	3.2- 4.0	A2
	4.0- 6.0	GS
	6.0- 7.0	S2
	7.0-16.0	SG
	16.0-21.0	GS
	21.0-23.0	S
	23.0-30.0	S2
15	0.0- 0.6	R
	0.6- 1.7	A2
	1.7- 7.0	S2
	7.0-16.0	Sg2
	16.0-30.0	S2
16	0.0- 1.7	AL2
	1.7- 5.5	GS2
	5.5-20.0	Sg2
	20.0-30.0	SLg2
17	0.0- 1.4	TV
	1.4- 1.6	TVL
	1.6- 2.0	SL
	2.0- 3.6	GS
18	0.0- 5.4	R
	5.4- 6.0	G
19	0.0- 6.0	R
	6.0- 9.0	SG
	9.0-13.0	GS2
	13.0-17.0	SG
20	0.0- 1.7	LT2
	1.7- 2.5	SG2
	2.5- 6.0	G12
	6.0- 8.0	GS
	8.0-12.0	S2
21	0.0- 3.0	AS2-3
	3.0- 4.0	ASG2-3
	4.0- 5.0	Gal
	5.0-12.0	GS2
22	0.0- 3.0	AS2-3
	3.0- 4.0	ASG
	4.0- 5.0	GSa2-3
	5.0-12.0	GS2
23	0.0- 4.0	AS2-3
	4.0- 5.0	Gas
	5.0-12.0	GS2
24	0.0- 3.0	AS2-3
	3.0- 4.0	ASG
	4.0- 5.0	GAS2
	5.0-12.0	GS2
25	0.0- 0.6	TV
	0.6- 1.5	A7
	1.5- 3.9	GSL
	3.9- 4.8	SG
	4.8- 7.4	GS
	7.4- 8.4	GSA
	8.4- 9.7	SLF
	9.7-11.1	GSAT
	11.1-12.6	S
	12.6-13.5	AS2
	13.5-15.8	LAS
	15.8-18.0	GSL
	18.0-20.0	SL
26	0.0- 2.5	A1
	2.6- 8.9	GS2
	8.9-10.2	G3
	10.2-17.8	GSA
27	0.0- 1.5	LS7
	1.5-10.0	SG
	10.0-13.1	LA2
	13.0-21.2	LAS2
28	0.0- 2.0	AS2-3
	2.0- 3.0	ASG2-3
	3.0-12.0	GS2
29	0.0- 0.8	TV
	0.8- 5.6	A+
	5.6- 9.9	SG+
	9.9-20.0	SGx
30	0.0- 1.4	LG
	1.4- 2.2	SL
	2.2- 9.2	GS
	9.2- 9.4	T
	9.4-13.7	GS
	13.7-15.0	AS2
31	0.0- 6.0	AS2-3
	6.0- 7.4	GSO2-3
	7.4-12.0	GS2
32	0.0- 5.1	AS2-3
	5.1- 6.4	GAS2-3
	6.4-12.0	GS2
33	0.0- 5.0	AS2-3
	5.0- 6.0	ASG
	6.0- 7.0	Gas
	7.0-12.0	GS2
34	0.0- 0.8	TV
	0.8- 2.6	LS
	2.6- 4.0	A3
	4.0- 4.3	LS
	4.3- 4.8	SL2-3
35	0.0- 1.8	R
	1.8- 3.4	SG
	3.4- 6.1	SGAL+
	6.1- 7.6	AS2
	7.6- 8.9	LSG5
	8.9-10.3	L1+
	11.0-12.2	SG
	12.2-13.6	L2-5

	13.6-14.4	AL
	14.4-15.2	L5
	15.2-20.0	SG
36	0.0-20.0	LG
37	0.0- 2.7	GSA
	2.7- 5.3	GSA5
	5.3- 7.0	AG5
	7.0-10.0	GS
	10.0-14.1	SG
	14.1-15.5	SA1
	15.5-20.0	S2
38	0.0- 0.6	TVA
	1.6- 4.0	SGA
	4.0- 5.0	G
	5.0- 7.7	A5-2
	7.7- 8.8	AS
	8.8-10.4	A5-2
	10.4-15.9	A2
	15.9-19.0	SGA
	19.0-20.0	G
39	0.0- 1.0	R
	1.0- 2.9	LA2
	2.9- 3.4	LAS2
	3.4- 8.8	SGA
	8.8- 9.2	AS2
	9.2-12.0	SA2
40	0.0- 0.7	TV
	0.7- 2.0	LS5
	2.0- 4.0	SA
	4.0- 7.0	S2
	7.0- 8.0	ATI
	8.0- 9.5	ASO
	9.5-16.3	A2
	16.3-17.3	A2
	17.3-18.0	AS2
41	0.0- 0.3	TV7-1
	0.3- 2.5	LAs7
	2.5- 6.0	ASL2-3-5
42	0.0- 0.3	TV7-1
	0.3- 1.7	SL7
	1.7- 3.6	LA2-3-5
	3.6- 4.0	AL2-3
43	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.9	SL7
	1.9- 4.0	AL2-3
44	0.0- 0.3	TV
	0.3- 2.0	A2x
	2.0- 3.0	A3+
45	0.0- 0.4	TV
	0.4- 4.2	A2+
	4.2- 8.1	A2x
46	0.0- 1.3	TV
	1.3- 3.6	AS7
	3.6- 7.7	A2x
	7.7- 9.4	A2x
	9.4-11.4	A1x
	11.4-16.0	ATOI
	16.0-30.0	S2
47	0.0- 1.1	TV
	1.1- 4.2	A7x
	4.2-15.9	A2.
	15.9-17.6	A12
	17.6-21.4	AS2
	21.4-23.8	GS
	23.8-30.0	S2
48	0.0- 1.5	TV
	1.5- 4.5	A7
	4.5- 8.1	A2
	8.1-10.5	A2x
	10.5-15.1	A2
	15.1-18.1	AS2
	18.1-20.0	SA2
	20.0-30.0	S2
49	0.0- 1.1	TV
	1.1- 1.6	A7
	1.6-15.9	A2
	15.9-17.6	As2
	17.6-21.4	AS2
	21.4-23.0	GS
50	0.0- 0.6	TV
	0.6- 2.7	LS
	2.7- 5.7	A5
	5.7-13.0	A2+
51	0.0- 2.4	AG2
	2.4- 4.6	A7
	4.6- 7.6	AG2
	7.6-20.0	GA2
52	0.0- 0.4	TV
	0.4- 2.1	A5
	2.1- 2.8	A2
	2.8- 3.0	A1
	3.0- 3.8	AS1
	4.7- 5.8	A2-5
	5.8-13.0	A2+
	13.0-15.0	AT2
53	0.0- 2.7	L7
	2.7- 9.7	A2x
	9.7-16.0	TO
	16.0-18.4	AS2
	18.4-22.3	SA
	22.3-30.0	Sa
55	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.5	L2a
	1.5- 1.9	Ga
	1.9- 6.3	A2-3
56	0.0- 1.3	TVA1
	1.3- 7.0	La5
	7.0-10.0	La2
57	0.0- 0.4	TV
	0.4-12.0	A2
	12.0-13.5	LAS
	13.5-20.0	Sg
58	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.2	LS7
	1.2- 4.0	ALO2-3
59	0. - 0.3	TV
	0.3- 1.3	SL7
	1.3- 2.5	LA2-3
	2.5- 3.7	ALO-3
	3.7- 4.0	AL2-3
60	0;0- 0.3	TV7-1
	0.3- 1.2	LS7
	1.2- 2.4	LA2-3-5
	2.4- 4.0	AL2-3-4
61	0.0- 0.2	TV
	0.2- 0.7	SL7
	0.7- 2.0	LA2-3-5
	2.0- 4.0	AL2-3
62	0.0- 2.0	LA7
	2.0-12.3	LA2-5
	12.3-31.0	SA2
63	0.0- 1.6	A7
	1.6-20.0	A2x
	20.0-25.0	S2
64	0.0- 0.6	TV
	0.6- 3.0	A5
	3.0- 12.0	A2
65	0.0- 0.4	TV
	0.4-2.8	A5
	2.8- 3.3	Z
	3.3-10.0	A2+
66	0.0- 0.6	TV
	0.6- 3.0	AL7
	3.0-20.0	A2+
	20.0-22.0	SL2
	22.0-25.8	G
	25.8-30.0	S2x
67	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.6	A5
	1.6- 5.2	A2-5x
	5.2- 8.6	A2x
	8.6- 9.6	AT2
	9.6-10.5	A02
	10.5-10.7	TF
	10.7-12.6	A02
	12.6-15.9	GS
	15.9-20.0	S2
68	0.0- 0.5	TV
	0.5- 3.4	A5x
	3.4-20.0	A2x
69	0.0- 0.5	TV
	0.5- 3.4	A5x
	3.4-20.0	A2x
70	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.1	SL7-1
	1.1- 2.6	LS2-3-5
	2.6- 6.0	AL2-3
71	0.0- 0.3	TV
	0.3- 0.5	L
	0.5- 2.6	A3
72	0.0- 3.0	A2
	3.0- 4.0	S2
	4.0-14.5	A02
	14.5-20.0	Sa2
73	0.0- 1.3	TV
	1.3- 1.5	LS
	1.5- 3.8	A4
	3.8- 4.0	AL
74	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.7	LS2-1
	1.7- 5.0	LSA21-3
	5.0- 6.0	LAV2-3
75	0.0- 0.2	TV7-1
	0.2- 2.1	SL7
	2.1- 2.7	SLG2

	2.7- 6.0	Alg02-3
76	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.8	SL2-1
	1.8- 6.0	AVL23x
77	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.3	LS
	1.3- 1.5	AS
	1.5- 1.7	SL
	1.7- 3.4	A3-4
	3.4- 3.6	L1
78	0.0- 1.0	AS2
	1.0- 1.5	A1
	1.5- 2.3	A7
	2.3- 3.5	ASG2
	3.5- 5.2	AG2
	5.2-10.2	A2-7
	10.2-11.0	S2
	11.0-14.4	A2
	14.4-15.5	S2
	15.5-20.0	GS2
79	0.0- 0.6	TV
	0.6- 1.3	TVA
	1.3- 2.0	A
	2.0- 2.5	GA
80	0.0- 1.5	GA
	1.5- 4.0	A2-7
	4.0- 6.0	A3
81	0.0- 1.2	TV
	1.2- 6.0	A02-7
82	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.0	LS7
	1.0- 2.1	LA2-3
	2.1- 4.0	A023-5
83	0.0- 0.7	TV
	0.7- 6.0	A03x
84	0.0- 6.5	A2+
	6.5-11.0	A02-7+
	11.0-12.5	S2
	12.5-14.5	A07x
	14.5-16.5	GS2
	16.5-20.0	A5-7x
85	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.5	SL7
	1.5- 4.0	LS7
86	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.7	LS7
	1.7- 3.1	LA1-23
87	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.5	LA7
	1.5- 2.0	ALs
	2.0- 3.4	LS
88	0.0- 0.3	TV
	0.3- 0.8	SL2-1
	0.8- 6.0	AL2-3
89	0.0- 1.6	LS2-7
	1.6- 2.7	SL2-3
	2.7- 4.5	SG
90	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.6	SL7
	1.6- 3.0	LSA7-8+
	3.0- 6.0	AL2-3x
91	0.0- 0.6	LG7
	0.6- 1.7	LG7
	1.7-10.0	GS
92	0.0- 0.5	R
	0.5- 3.1	LSg1
	3.1- 5.3	SA3-5
	5.3- 6.0	SL2-3
93	0.0- 2.0	TVL
	2.0- 4.0	LA2
	4.0- 5.0	SA
	5.0- 7.0	G5
	7.0-12.4	G
	12.4-12.9	GA
	12.9-13.0	A2-3
	13.0-17.0	SG
	17.0-20.0	S
94	0.0- 4.3	LS7
	4.3-11.4	GSL
95	0.0- 0.3	R
	0.3- 3.2	SL2-1-3
	3.2- 3.8	GS
96	0.0- 1.3	TV
	1.3- 2.4	S
	2.4- 3.5	SGO
	3.5- 4.7	G2-3
97	0.0- 0.3	TV
	0.3- 2.4	LS2-1
	2.4- 4.0	GS2
98	0.0- 1.0	TV
	1.0- 1.8	LA2-5
	1.8- 2.5	A2
	2.5- 2.8	SA
	2.8- 3.4	SG
	3.4-10.6	G
	10.6-11.0	S
	11.0-12.5	GS
	12.5-16.0	Sg
99	0.0- 0.3	TV
	0.3- 0.9	SL2-1
	0.9- 2.7	Sl1-2
	2.7- 4.2	GS2
100	0.0- 0.3	TV
	0.3- 0.9	SL2-1
	0.9- 2.8	Sl2-1
	2.8- 4.2	GS2
101	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.6	SL7
	1.6- 3.0	LSA7-8+
	3.0- 6.0	AL2-3x
102	0.0- 0.3	TV
	0.3- 2.4	SLa2-1
	2.4- 4.0	SL2
103	0.0- 1.0	TV
	1.0- 2.5	S2
	2.5- 3.5	SG2
	3.5- 4.0	GS2-3
104	0.0- 0.3	TV
	0.3- 3.9	SL2-1
	3.9- 4.0	GS
105	0.0- 1.0	TV
	1.0- 2.6	LS
	2.6- 3.4	Sg
	3.4- 8.1	G
	8.1- 8.8	GA
	8.8-14.5	G
	14.5-17.0	S
106	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.2	SL2-1
	1.2- 2.2	SG2
	2.2- 2.6	S2
	2.6- 3.6	GS2
107	0.0- 2.6	TVL
	2.6- 5.5	SA
	5.5- 7.0	G
	7.0- 7.6	GA
	7.6-16.2	G
	16.2-17.4	S
108	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.7	SL2-1
	1.7- 4.0	GS2
109	0.0- 2.0	Eau
	2.0- 5.5	SGL
	5.5-13.0	SG
	13.0-14.5	Sg2
	14.5-15.0	S1-2
	15.0-28.0	S2-5
110	0.0- 1.6	R
	1.6- 2.0	SG2
	2.0- 4.6	Sl 2
	4.6-11.5	SG2
	11.5-13.6	GL
	13.6-17.5	GS2x
	17.5-25.0	SG
111	0.0- 3.7	SLG
	3.7-10.0	GS1
112	0.0- 3.5	SLG
	3.5-10.0	GS1
113	0.0- 0.3	TV
	0.3- 0.8	SL2-1
	0.8- 0.9	S2
	0.9- 2.0	SL2-1
	2.0- 3.8	GS2
114	0.0- 0.8	R
	0.8- 1.2	LS7
	1.2- 2.2	SL7-2
	2.2-10.0	Gs
115	0.0- 1.0	TV
	1.0- 4.0	GS
	4.0- 5.5	GA
	5.5-16.1	G
	16.1-17.4	S
116	0.0- 0.3	R
	0.3- 4.0	SG12-1
117	0.0- 1.8	G
	1.8- 3.1	L
	3.1-10.3	GS
	10.3-11.8	G
	11.8-12.1	A
	12.1-15.7	G
	15.7-17.0	S
118	0.0- 2.4	L
	2.4- 4.2	GS
	4.2- 4.6	LA
	4.6- 8.3	GS
	8.3- 8.4	A
	8.4-12.6	GS
	12.6-15.0	S

119	0.0- 1.1	L
	1.1- 2.3	G
	2.3- 4.4	GS
	4.4- 6.3	SA
	6.9- 8.7	GS
	8.7-12.8	G
	12.8-15.0	S
120	0.0- 1.2	TVL
	1.2- 6.5	GS
	6.5-13.4	G
	13.4-15.0	S
121	0.0- 0.7	TV
	0.7- 2.5	SA
	2.5- 3.5	SG
	3.5- 6.0	GS
	6.0- 7.0	Ga
	7.0-14.5	G
	14.5-16.5	S
122	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.7	S12
	1.7- 2.0	GSA
	2.0- 4.0	GS
123	0.0- 1.5	TV
	1.5-12.0	G
	12.0-18.0	S
124	0.0- 1.5	TV
	1.5- 4.0	GA
	4.0- 7.0	GS
	7.0-12.0	G
	12.0-14.0	SG
	14.0-17.0	S
125	0.0- 2.5	L
	2.5- 8.0	GS
	8.0- 9.0	S7
	9.0-10.0	G
126	0.0- 2.9	L
	2.9- 3.8	GS
	3.8- 4.7	S
	4.7- 7.5	GS
	7.5- 9.4	Ga
	9.4-11.2	S
	11.2-15.0	G
127	0.0- 0.4	R
	0.4- 2.9	SLg2-1
	2.9- 4.0	GSL2-1
128	0.0- 3.2	SLG2
	3.2- 7.8	GS1
	7.8-10.0	LG2
129	0.0- 2.5	SL
	2.5- 8.3	GS
	8.3-10.0	G
130	0.0- 1.0	TV
	1.0- 3.0	GA
	3.0- 5.0	SG
	5.0-11.0	G
	11.0-13.0	SG
	13.0-15.0	S
131	0.0- 1.6	L
	1.6- 5.2	GS
	5.2- 5.4	A
	5.4- 8.2	GaF
132	0.0- 2.7	SL
	2.7-10.0	GS
133	0.0- 1.9	L
	1.9- 3.5	GS
	3.5- 4.6	G
	4.6- 4.8	A2
	4.8- 7.8	GA
	7.8- 8.2	A2
	8.2- 9.6	G
	9.6-15.0	S
134	0.0- 1.0	TV
	1.0- 4.0	GA
	4.0-11.0	G
	11.0-12.0	SG
	12.0-15.0	S
135	0.0- 1.9	L
	1.9- 2.8	GS
	2.8- 5.3	S
	5.3- 6.2	GS
	6.2- 6.4	A
	6.4-11.6	GS
	11.6-15.0	S
136	0.0- 2.5	SL2
	2.5- 3.5	SLG
	3.5-10.0	GS
137	0.0- 1.5	SL2
	1.5- 5.5	GAF
	5.5- 7.0	S
	7.0- 9.0	G
	9.0-10.0	A
	10.0-17.6	S
138	0.0- 1.7	L
	1.7- 5.2	GS
	5.2- 6.0	A2
	6.0-10.8	GS
	10.8-15.0	S
139	0.0- 3.5	SL
	3.5-10.0	GS
141	0.0- 3.2	SL
	3.2- 7.8	GSL
	7.8-10.0	LG
143	0.0- 0.5	L7
	0.5- 2.5	L2-5
	2.5-10.1	SG
144	0.0- 0.8	TV
	0.8- 3.5	GS
145	0.0- 0.9	LG7
	0.9- 2.6	LS7
	2.6-10.0	GS
146	0.0- 1.3	Ls2-7
	1.3- 4.8	GS
147	0.0- 0.5	TV1
	0.5- 1.9	LA01
	1.9- 5.0	LA1+
	5.0- 6.0	GS2-3
148	0.0- 0.5	TV1
	0.5- 6.0	LA02-3-4
149	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.5	L2-1
	1.5- 2.0	LAs2
	2.0- 5.0	LA2-3
	5.0- 6.0	GS
150	0.0- 0.2	TV
	0.2- 2.2	S
	2.2- 2.4	SG
151	0.0- 1.7	TV
	1.7- 4.5	T
	4.5- 7.0	SA
	7.0-11.0	GS2
152	0.0- 3.1	SG0
	3.1-11.7	SLG
153	0.0- 5.0	SL
	5.0- 6.5	S2
	6.5-10.0	GS
154	0.0- 3.5	LS2
	3.5-10.0	GS
155	0.0- 3.0	LS2
	3.0-10.0	GS
156	0.0- 1.3	TV
	1.3- 9.0	GS
	9.0- 9.2	ASG6
	9.2-10.0	G
	10.0-12.1	GS
	12.1-17.8	GS
	17.8-18.0	AS7
	18.0-19.0	GS
	19.0-20.0	GSa
	20.0-21.5	ASG7
	21.5-23.2	GS
	23.2-30.0	GSA7
157	0.0- 1.2	L07
	1.2- 2.2	AL2
	2.2-10.2	SG
158	0.0- 3.4	LA0
	3.4- 4.6	GS2-7
159	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.8	L2-7
	1.8- 4.3	LA1-2-3
	4.3- 6.0	GS2-1
160	0.0- 4.3	LA7
	4.3- 6.0	SG2
162	0.0- 0.9	TVL7
	0.9- 5.0	LA2-3
	5.0- 6.0	GS2-3
163	0.0- 0.4	TVL
	0.4- 1.4	SLA7
	1.4- 2.8	LAs07
	2.8- 4.8	S2
	4.8-10.0	GS
164	0.0- 1.3	L7
	1.3- 3.5	AL1
	3.5- 4.3	AG1
	4.3- 7.6	SG
	7.6- 8.0	F
165	0.0- 0.3	TV
	0.3- 2.9	Ls
	2.9- 4.1	LAs
	4.1- 6.0	S2-3
166	0.0- 1.8	LA2-7
	1.8- 4.5	LAs02-3
	4.5- 5.0	GS2-3
167	0.0- 0.6	TV
	0.6- 5.0	As

	5.0- 7.7	GA
	7.7-14.6	AG
	14.6-20.0	GA
168	0.0- 1.0	Ls7
	1.0- 3.4	GS2
169	0.0- 1.6	R
	1.6- 4.7	LSG
	4.7- 7.1	SG
	7.1-18.0	SGL
170	0.0- 1.5	Eau
	1.5- 4.0	GSL
	11.0-12.5	SGL
	12.5-21.0	SG
171	0.0- 2.2	Eau
	2.2-22.0	SGL
172	0.0- 1.8	R
	1.8- 4.7	SLg
	4.7-11.8	GL
	11.8-18.0	GS
173	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.2	L7-2
	1.2- 2.8	S2-1
	2.8- 4.0	Sg2-1
174	0.0- 0.3	TVL
	0.3- 0.8	Ls7
	0.8- 2.0	Sl 1
	2.0- 4.0	GS
175	0.0- 3.8	LS02
	3.8-11.1	SLG
176	0.0- 0.3	TV
	0.3- 3.8	L07
	3.8- 7.5	SG
	7.5-10.2	Sg
177	0.0- 0.5	TVL7
	0.5- 4.5	LA7
	4.5- 5.0	GS2
178	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.3	LAS7
	1.3- 5.2	LSAG
	5.2- 7.0	SL
	7.0-10.2	SG
179	0.0- 2.0	L7
	2.0- 4.0	LA2
	4.0- 6.0	GS
180	0.0- 3.2	L
	3.2- 8.3	GS
181	0.0- 0.2	TV1
	0.2- 0.8	Ls1
	0.8- 3.0	Sg1
	3.0- 6.0	Sg1
182	0.0- 0.2	TV
	0.2- 0.9	L1
	0.9- 1.8	LS1
	1.8- 3.0	SL1
	3.0- 3.8	SG2-1
	3.8- 4.5	GS2-1
183	0.0- 2.2	L
	2.2- 7.2	GS
184	0.0- 0.7	TV
	0.7- 1.1	A2
	1.1- 2.6	SA2
	2.6- 3.2	S2
	3.2- 3.3	G
185	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.7	As
	1.7- 3.0	SA
	3.0- 3.1	G
186	0.0- 0.5	TV
	0.5- 1.0	AL2
	1.0- 1.3	A5
	1.3- 1.5	A7
	1.5- 2.4	SA
	2.4- 2.6	S
	2.6- 2.7	G
187	0.0- 0.5	TV
	0.5- 1.7	ALs2
	1.7- 3.0	Sa
	3.0- 3.1	G
188	0.0- 0.4	TV
	0.4- 1.4	A17
	1.4- 1.5	SA
	1.5- 2.4	S2
	2.4- 2.5	G
189	0.0- 0.4	TV
	0.4- 1.8	Ax
	1.8- 2.5	SA
	2.5- 2.6	G
190	0.0- 0.4	T
	0.4- 1.6	A17
	1.6- 1.8	SAG
	1.8- 1.9	G
191	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.9	As7
	1.9- 2.9	SA
	2.9- 3.5	LAS6-3x
	3.5- 3.6	G
192	0.0- 0.4	TV
	0.4- 1.9	A1
	1.9- 2.0	G
193	0.0- 1.0	LS2
	1.0- 2.3	S2
	2.3-10.2	SG
	10.2-20.0	S2
194	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.5	LS1
	1.5- 2.8	LA1
	2.8- 3.5	S2-3
	3.5- 4.8	GS2-3
195	0.0- 0.3	TV7
	0.3- 2.0	LAs7
	2.0- 2.5	LG7-5
	2.5- 6.0	LAg7-5
196	0.0- 0.5	TVL7
	0.5- 1.3	Lsg 7
	1.3- 3.0	LASg
	3.0- 4.0	LAg
	4.0-13.0	GL
197	0.0- 0.2	TVL7
	0.2- 6.0	LAg07
198	0.0- 1.0	L
	1.0- 7.1	GS
199	0.0- 7.4	GS
200	0.0- 1.5	L2
	1.5- 3.0	S2
	3.0-10.0	GS
201	0.0- 2.1	SL
	2.1-10.0	GS
202	0.0- 2.0	SL
	2.0-10.0	GS2
203	0.0- 2.2	SL
	2.2-10.0	GS
204	0.0- 2.6	SL2
	2.6-10.0	GS
205	0.0- 2.8	SL
	2.8- 5.0	GS
	5.0- 6.5	SG
	6.5-10.0	GS
206	0.0- 2.5	SG
	2.5-10.0	GS
207	0.0- 2.5	SL2
	2.5-10.0	GS
208	0.0- 1.3	S2
	1.3-10.0	GS
209	0.0- 1.9	Sl2
	1.9- 5.8	SG1
	5.8-10.0	SG
210	0.0- 2.2	TVS
	2.2- 2.7	SG1
	2.7-10.0	SG
211	0.0- 2.4	TVSL
	2.4- 5.8	GSL
	5.8-10.0	SG
212	0.0- 1.9	SL
	1.9- 4.3	SGL
	4.3-10.0	SG
213	0.0- 1.1	TVS
	1.1- 2.9	S
	2.9-10.0	SG
214	0.0- 1.8	S2
	1.8- 3.0	SL2
	3.0-10.0	GS
215	0.0- 1.2	S2
	1.2- 2.8	S2x
	2.8-10.0	GS
216	0.0- 2.6	Sl2
	2.6-10.0	GS
217	0.0- 1.5	S2
	1.5- 4.0	S2x
	4.0-10.0	GS
218	0.0- 1.6	LS
	1.6-15.1	SG
	15.1-18.5	SL2
219	0.0- 2.5	TV
	2.5- 3.2	LA1
	3.2- 3.9	SA
	3.9- 4.4	SG1

	4.4- 6.0	SG
	6.0- 7.3	G1
	7.3- 9.5	GA
	9.5-10.7	G
220	0.0-10.0	GS1
	10.0-15.0	SLF2
221	0.0- 0.3	TV
	0.3- 3.0	LS01
	3.0- 3.2	G
	3.2- 4.2	GS1
222	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.8	LS02-3
	1.8- 4.4	SLF02-1
	4.4-11.0	GS
223	0.0- 7.2	GS
224	0.0- 0.3	TVs
	0.3- 2.0	SL01
	2.0- 2.2	SG
	2.2- 3.5	LS1
	3.5- 4.5	GS
225	0.0- 3.1	L
	3.1- 7.3	GS
226	0.0- 6.0	GS2
	6.0-11.0	SG2
	11.0-16.0	SL2
227	0.0-10.0	GS
228	0.0-10.0	GS
229	0.0-10.0	GS
230	0.0- 2.0	TVL
	2.0- 3.0	GSL
	3.0- 5.7	GSA
	5.7- 7.3	Ga
	7.3- 7.8	A
	7.8-14.5	GS
	14.5-15.5	S
231	0.0- 2.5	GS1
	2.5- 4.7	GS
	4.7- 4.9	A
	4.9- 9.5	Ga
	9.5-12.0	G
	12.0-13.5	GS
232	0.0- 1.0	TV
	1.0- 4.2	GL
	4.2-11.0	G
	11.0-12.5	GS
	12.5-14.5	S
233	0.0- 2.6	L
	2.6- 7.2	GS
234	0.0- 2.2	SG
	2.2-10.0	GS
235	0.0- 8.0	SG
	8.0-15.0	SL2
236	0.0- 3.1	SG1
	3.1-10.0	GS
237	0.0- 2.3	GS1
	2.3-10.0	SG
238	0.0- 1.0	TV
	1.0- 4.0	GSL
	4.0- 8.0	GS
	8.0- 8.3	A
	8.3-10.7	GS
	10.7-13.0	SG
	13.0-14.0	S
239	0.0- 1.1	SG
	1.1-10.0	GS
240	0.0- 0.3	TV
	0.3- 3.5	L2-3x
241	0.0- 0.4	TV
	0.4- 6.0	LAg02-3
242	0.0- 0.3	TVL
	0.3- 6.0	LA2
243	0.0-17.5	GS
244	0.0- 5.6	GS
245	0.0- 2.0	GS
246	0.0- 0.2	TV
	0.2- 4.3	LA7
	4.3- 7.0	SG2
	7.0-10.4	Gs
247	0.0- 2.0	L5-7
	2.0- 3.5	LS2-1
	3.5- 6.0	Sg1
248	0.0- 0.3	TV
	0.3- 2.4	LS05
	2.4- 4.0	GS2
249	0.0- 1.4	L2-1
	1.4- 3.5	LS2-1
	3.5- 3.8	S2-1
	3.8- 5.3	GS
250	0.0- 2.4	L
	2.4- 7.0	GS
251	0.0- 3.0	L
	3.0- 7.3	GS
252	0.0- 2.7	L
	2.7- 7.3	GS
253	0.0- 4.3	LS
	4.3- 7.5	GSL
	7.5-10.0	GS
254	0.0- 3.7	LS
	3.7- 6.4	GSL
	6.4-10.0	GS
255	0.0- 3.6	LS
	3.6- 7.2	GSL
	7.2-10.0	GS
256	0.0- 2.6	LS
	2.6- 4.9	GSL
	4.9-10.0	GS
257	0.0- 2.7	LS
	2.7- 6.0	GSL
	6.0-10.0	GS
258	0.0- 2.5	LS
	2.5- 3.4	GLS
	3.4- 7.0	GSL
	7.0-10.0	GS
259	0.0- 0.3	TVA
	0.3- 4.5	LAS
	4.5- 9.3	GS
	9.3-11.5	S2-1
260	0.0- 1.6	L2-5
	1.6- 2.0	LSG
	2.0- 8.6	Gs
	8.6-10.1	SG
261	0.0- 1.1	TV
	1.1- 2.7	A
	2.7- 3.2	GA
	3.2-11.2	GS
	11.2-11.5	GA
	11.5-11.7	GS
	11.7-15.0	S
262	0.0- 1.4	S12-1
	1.4- 3.0	LAs
	3.0- 3.5	LAg
	3.5- 6.0	LAs
263	0.0- 5.0	ALs
	5.0- 6.0	GS
264	0.0- 3.6	GS
	3.6- 6.0	LAS
265	0.0- 2.9	L
	2.9- 7.2	GS
266	0.0- 0.8	L01
	0.8- 2.0	LS1
	2.0- 3.9	S2-13
267	0.0- 1.2	R
	1.2- 3.8	T
	3.8- 7.5	A7-2
	7.5-10.0	SG
	10.0-16.0	S2
268	0.0- 3.4	GS
	3.4- 4.4	ALS
	4.4- 5.0	GSA
269	0.0- 0.2	TV
	0.2- 1.5	L1
	1.5- 2.8	LAs3
	2.8- 4.2	GS
270	0.0- 2.2	L7
	2.2-10.0	SG
	10.0-11.0	S0x
271	0.0- 4.6	ALS
	4.6- 5.4	GSA
272	0.0- 1.1	LSA
	1.1- 4.5	SAL
273	0.0- 0.4	TVL
	0.4- 1.1	L1
	1.1- 1.9	SL1
	1.9- 3.8	SG
274	0.0- 1.0	LSA023
	1.0- 4.0	Sg2
275	0.0- 0.3	TV
	0.3- 1.4	La1
	1.4- 2.4	S1 1
	2.4- 3.0	GS1
276	0.0- 0.4	TVL
	0.4- 1.2	LAs1
	1.2- 1.6	S1 2
	1.6- 3.5	GS

277	1.0- 2.2	L
	2.2-13.1	SG
	13.1-19.5	Sg2
278	0.0- 3.0	SL
	3.0-10.0	GS
279	0.0- 1.1	S2
	1.1- 5.0	SL
	5.0-10.0	GS
280	0.0- 1.5	S2
	1.5- 3.0	SL2
	3.0-10.0	GS
281	0.0- 2.5	S2
	2.5- 3.0	SL
	3.0-10.0	GS
282	0.0- 3.5	SL2
	3.5-10.0	GS
283	0.0- 3.0	SL
	3.0-10.0	GS
284	0.0- 1.3	SL2
	1.3- 4.0	S2
	4.0-10.0	GS
286	0.0- 0.8	TVS
	0.8- 2.9	GS
	2.9- 3.8	Gx
	3.8- 4.5	GS
	4.5- 4.9	GL
	4.9- 5.6	GSx
287	0.0- 0.9	R
	0.9- 7.6	GSA
	7.6- 8.3	SGA
	8.3- 8.5	AS5
	8.5- 9.2	GSA
	9.2-10.0	GSA
288	0.0-13.3	GAS
	13.3-15.0	GA5
	15.0-16.4	A3
	16.4-22.4	Gx
	22.4-24.1	GA
	24.1-30.0	Gx
	30.0-42.2	Ag2
	42.2-110.5	A3
	110.5-127.0	Gx
289	0.0- 7.0	LA2-5
	7.0- 9.9	SG
	9.9-10.6	SG2
290	0.0- 0.8	TV
	0.8- 3.4	A2-5x
	3.4- 7.0	LA
	7.0- 8.3	S2
	8.3- 9.4	SG
	9.4-12.6	Gs
291	0.0- 1.8	TV
	1.8- 4.5	SG
	4.5- 6.8	GS
	6.8-11.0	SG
	11.0-12.2	A2x
	12.2-24.4	S2
292	0.0- 0.4	TV
	0.4- 1.5	SA
	1.5- 7.0	G
	7.0-13.5	GS
	13.5-14.0	A3
293	0.0- 2.5	L7
	2.5-10.4	SG
294	0.0- 1.2	LA2-1
	1.2- 2.3	S1 1
	2.3- 3.0	GS1
295	0.0- 0.2	TV
	0.2- 2.2	LA2
	2.2- 3.6	LAS
	3.6- 3.9	S2
	3.9- 4.5	SG2
296	0.0- 0.2	TVL1
	0.2- 3.1	LA2-3
	3.1- 5.0	GS
297	0.0- 0.3	L7
	0.3- 1.6	A5+
	1.6- 3.1	A2+
	3.1- 9.2	SG
	9.2-11.0	Sx
298	0.0- 3.0	LAs2
	3.0- 4.0	SL23
	4.0- 5.5	GSL
299	0.0- 0.2	TV
	0.2- 3.1	LS2
	3.1- 4.0	S2-3
	4.0- 5.0	S2-3
300	0.0- 0.4	SL2-7
	0.4- 2.8	Ls2
	2.8- 5.0	Sg2-3
	5.0- 6.0	GS
301	0.0- 2.0	LA023
	2.0- 3.5	GS2-3
302	0.0- 0.8	L02-1
	0.8- 3.0	SL02-7
	3.0- 4.5	S12-1
	4.5- 6.0	GSL
303	0.0- 6.8	A
	6.8-14.0	Ga
	14.0-15.0	A
	15.0-30.0	S
304	0.0- 1.3	R
	1.3- 1.7	SL2-1
	1.7- 2.5	SG
	2.5- 2.9	SL
	2.9- 3.2	S
	3.2-11.0	GS
305	0.0- 1.8	L2-7
	1.8- 3.0	GS
306	0.0- 2.8	R
	2.8- 5.0	AG
	5.0- 6.8	SGa
	6.8- 8.0	SA
	8.0-14.5	SG
	14.5-17.8	Sg
	17.8-18.2	S4
307	0.0- 0.9	R
	0.9-12.0	GSA
	12.0-21.4	GAS
	21.4-22.0	Sa2
308	0.0- 3.3	R
	3.3- 4.0	L0
	4.0- 4.2	S
	4.2- 5.1	L2
	5.1- 5.6	SG
309	0.0- 2.0	L
	2.0- 4.0	S
	4.0- 6.0	SG
310	0.0- 1.5	L
	1.5- 2.1	SA
	2.1- 6.1	SG
	6.1- 6.3	G
	6.3- 8.1	SG
	8.1- 9.6	SGA
	9.6-12.0	SG
	12.0-14.1	S
	14.1-18.0	SA
311	0.0- 0.4	TV
	0.4- 2.2	SA
	2.2- 4.3	SG
	4.3- 7.3	GS
	7.3- 7.4	A
	7.4-10.0	SG
	10.0-14.8	S
	14.8-16.0	SG
	16.0-18.0	S
312	0.0- 1.0	TV
	1.0-13.0	SG
	13.0-14.0	S
	14.0-18.0	SA
313	0.0- 1.4	L7
	1.4-11.1	SG
314	0.0- 2.0	R
	2.0- 3.0	G
	3.0- 4.6	LS(
	4.6-10.7	SG
* 142	0.0- 2.5	SL2
	2.5- 3.5	SLG
	3.5-10.0	GS

Coupes des sondages géophysiques

E 1	> 20.0	A
E 2	0.0-11.0	L
	11.0-17.0	AS
	> 17.0	A
E 3	0.0- 4.0	L
	4.0-15.0	S
E 4	0.0- 6.0	L
	6.0-13.0	G
	> 13.0	A
E 5	0.0-12.0	L
	12.0-20.0	G
	20.0-32.0	A
E 6	0.0- 1.5	L
	1.5- 4.5	GS
	> 4.5	A
E 7	0.0- 3.8	L
	3.8- 7.8	GS
	> 7.8	A
E 8	0.0- 8.2	LS
	> 8.2	A
E 9	0.0- 6.2	LS
	6.2-26.2	A
E10	0.0- 4.0	L
	4.0-16.0	G
	> 16.0	A
E11	0.0- 1.0	L
	1.0-13.6	G
	> 13.6	A
E12	0.0- 0.8	L
	0.8-13.8	GS
	> 13.8	A
E13	0.0- 0.8	L
	0.8-13.8	GS
	> 13.8	A
E14	0.0- 5.0	L
	5.0-30.0	GS
	> 30.0	A
E15	0.0- 1.0	L
	1.0- 8.0	SG
	8.0-28.0	SA
	> 28.0	A
E16	0.0- 3.0	L
	3.0- 8.0	GS
	8.0-28.0	SA
	> 28.0	A
E17	0.0- 9.0	L
	9.0-13.0	GS
	13.0-28.0	SA
	> 28.0	A
E18	0.0- 6.0	L
	6.0- 9.0	GS
	9.0-43.0	SA
	> 43.0	A
E19	0.0- 9.0	L
	9.0-12.0	GS
	12.0-39.0	SA
	> 39.0	A
E20	0.0- 8.0	L
	8.0-19.0	GS
	19.0-57.0	A
E21	0.0-29.0	L
	> 29.0	A
E22	0.0-16.0	L
	> 16.0	A
E23	0.0 - 1.7	L
	1.7- 3.4	GS
	> 3.4	S
E25	0.0- 1.5	LS
	1.5- 4.5	L
	> 4.5	GS
E26	0.0- 3.0	L
	3.0- 7.6	GS
	> 7.6	S
E27	0.0- 4.8	L
	> 4.8	GS
E28	0.0- 1.6	L
	1.6- 4.8	GS
E29	0.0- 6.8	L
	> 6.8	S
E30	0.0- 6.4	L
	> 6.4	GS
E31	0.0- 1.7	L
	1.7-17.0	G
	> 17.0	A
E32	0.0- 6.5	LS
	> 6.5	S
E33	0.0- 6.0	L
	> 6.0	GS
E34	0.0-19.0	LS
	> 19.0	GS
E35	0.0- 2.0	L
	2.0-20.0	G
	> 20.0	A
E36	0.0- 2.5	L
	2.5-20.0	GA
	20.0	A
E37	0.0- 2.5	L
	2.5-21.0	G
	> 21.0	A
E38	0.0- 3.0	L
	3.0-12.0	G
	> 12.0	A
E39	0.0- 6.0	L
	6.0-15.0	G
	> 15.0	GA
E40	0.0- 5.0	L
	5.0- 8.0	G
	> 8.0	A
E41	0.0-19.0	G
	> 19.0	A
E42	0.0- 2.0	L
	2.0-20.0	G
	> 20.0	A
E43	0.0- 3.0	L
	3.0-17.0	G
	> 17.0	A
E44	0.0- 3.0	L
	3.0-17.0	G
	> 17.0	A
E45	0.0- 2.0	L
	2.0-13.0	G
	> 13.0	A
E46	0.0- 2.5	L
	2.5-20.0	G
	> 20.0	A
E47	0.0- 2.0	L
	2.0-20.0	G
	> 20.0	A
E48	0.0- 1.0	L
	1.0-24.0	G
	> 24.0	A
E49	0.0- 1.0	L
	1.0-25.0	G
	> 25.0	A
E50	0.0- 3.5	L
	3.5-20.0	G
	> 20.0	A
E51	0.0- 3.0	L
	3.0-16.0	G
	> 16.0	A
E52	0.0- 2.0	L
	2.0-13.0	G
	> 13.0	A
E53	0.0- 4.0	L

	4.0-18.0	GA
	> 18.0	A
E54	0.0- 8.0	L
	8.0- 9.6	G
	> 9.6	A
E55	0.0- 1.8	L
	1.8- 5.3	G
	> 5.3	S
E57	0.0-10.0	L
	> 10.0	GS
E58	0.0- 1.5	L
	1.5- 5.3	G
	> 5.3	SA
E59	0.0- 2.4	L
	2.4- 4.4	G
	> 4.4	S
E60	0.0- 2.0	L
	2.0-11.0	S
	11.0-40.0	A
E61	0.0- 4.0	LS
	4.0-36.0	AS
	36.0-40.0	A
E62	0.0- 2.0	L
	2.0-22.0	SA
	> 22.0	A
E63	0.0- 2.0	L
	2.0-35.0	SA
	35.0-40.0	A
E64	0.0- 2.0	L
	2.0-22.0	SA
	> 22.0	A
E65	0.0- 3.0	L
	3.0-13.0	SA
	> 13.0	A
E66	0.0- 4.0	L
	4.0-35.0	SA
	> 35.0	A
E67	0.0- 2.0	L
	2.0-22.0	SA
	> 22.0	A
E68	0.0- 3.0	L
	3.0-10.0	G
	> 10.0	SA
E69	0.0- 2.0	L
	2.0-10.0	G
	> 10.0	SA
E70	0.0- 2.0	L
	2.0-10.0	G
	> 10.0	SA
E71	0.0- 2.0	AS
	2.0- 7.0	G
	> 7.0	SA
E72	0.0- 1.5	L
	1.5-14.0	GS
	> 14.0	AS
E73	0.0- 1.5	LS
	1.5-14.0	GS
	> 14.0	AS
E74	0.0- 1.5	LS
	1.5-14.0	GS
	> 14.0	AS
E75	0.0- 3.0	LS
	3.0-12.0	GS
	> 12.0	AS
E76	0.0- 1.5	LS
	1.5- 8.0	GS
	> 8.0	AS
E77	0.0- 4.0	A
	4.0-19.0	S
	> 19.0	A
E78	0.0- 2.0	A
	2.0-14.0	S
	> 14.0	A
E79	0.0- 4.0	A
	> 4.0	S
E80	0.0- 2.0	S
	2.0-24.0	A
	> 24.0	S
E81	0.0- 5.0	A
	> 5.0	S
E82	0.0- 2.0	A
	2.0-19.0	S
	> 19.0	A
E83	0.0- 6.0	A
	6.0-29.0	S
E84	0.0- 4.0	A
	4.0-17.0	S
	> 17.0	A
E85	0.0- 3.0	A
	3.0-18.0	S
	> 18.0	A
E86	0.0- 2.0	A
	> 2.0	S
E87	0.0- 2.0	GS
	2.0-16.0	A
	> 16.0	S
E88	0.0-10.0	A
	> 10.0	S
E89	0.0- 9.0	A
	> 9.0	SG
E90	0.0- 6.0	A
	> 6.0	SG
E91	0.0- 3.0	L
	> 3.0	S

BIBLIOGRAPHIE

A.I.G.I. : Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur.

B.R.G.M. : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

C.N.R.S. : Centre National de la Recherche Scientifique.

D.A.F.U. : Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme.

L.C.P.C. : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

L.R.P.C. : Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées.

S.C.E.T. : Société Centrale pour l'Equipement du Territoire.

S.O.G.R.E.A.H. : Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques.

AGARD, P., 1942. - L'endiguement de l'Isère en Grésivaudan. - Rev. géog. alp., Grenoble, t.30

ANTOINE, P., BALESTRA, G., COUTURIER, B., LETOURNEUR, J., 1974. - Caractères spécifiques des régions de montagne au regard de l'aménagement. - C.R. 2e congrès internat. de l'A.I.G.I., São-Paulo.

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.

APRAHAMIAN, J., FOURNEAUX, J-C., LACROIX, B., USELLE, J-P., 1970. - Observations nouvelles sur les argiles interglaciaires de la vallée de l'Isère. - C.R. Acad. Sci., Paris, t. 271, p. 1070-1074.

ARCHIREL, L., 1967. - Tableau général de la pollution industrielle des eaux. - Rev. Inst. Pasteur, Lyon, p. 77-90.

ARNOULD, M., 1969. - Aspect géologique des problèmes d'urbanisme (géologie urbaine). - Ann. Ponts et Chaussées, 5, p. 1-8.

ARNOULD, M., VANTROYS, M. 1970. - Essai de cartographie géotechnique automatique sur la ville nouvelle d'Evry (Région parisienne). - C.R. 1er congrès international de l'A.I.G.I., Paris, p. 1069 - 1080.

BAGARRE, E., BAUDRY, D., 1970. - Le dossier géotechnique de la ville de Clermont-Ferrand. - C.R. 1er congrès international de l'A.I.G.I., Paris, p. 981 - 991.

BARBIER, R., 1953. - Une curieuse forme d'érosion : les entonnoirs d'ablation. - Trav. lab. géol. Grenoble, t. 33, p. 183-188, 1 fig., 1pl.

BARBIER, R., 1971. - Le rôle de la géologie dans l'urbanisme en montagne. - Urbanisme n° 116.

BARFETY, J-C., BORDET, P., DEBELMAS, J., GIDON, M., 1969. - Notice de la carte géologique Domène XXXIII - 34. - B.R.G.M.

BELLAIR, P., MONJUVENT, G., SARROT-REYNAULD, J., 1970. - Les argiles d'Eybens et le lac du Grésivaudan. -C.R. Acad. Sci., t. 270, p. 7-10.

BELLI-RIZ, J., CHAMBOREDON, R., 1968. - Les travaux d'aménagement de l'Isère et la coupure du Bois-Francais sur cette rivière en amont de Grenoble. -Soc. hydrotech. de France, 10es journées de l'hydraulique, 8 p., question 5, rapport 7.

BENEVENT, E., 1915. - Le Manival. -Rev. géog. alp., t. 3

BERTRAND, Y., 1967. - La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées. Bull. liais. Lab. Ponts et Chaussées, Paris, 172 p.

BIAREZ, J., 1961. - Contribution à l'étude des propriétés mécaniques des sols et des matériaux pulvérulents. -Thèse Sciences, Grenoble.

BIGUENET, G., DAYRE, M., FAVRE, J-L., 1970. - Essai de cartographie géotechnique de Grenoble et ses environs. -C.R. 1er cong. inter. de l'A.I.G.I., Paris, p. 930-941.

BLACHE, J., 1914. - Le bord de l'auge glaciaire du Grésivaudan. -Rev. géog. alp., Grenoble t. 2

BLANCHARD, R., 1922. - A propos du sous-sol du Grésivaudan. - Rev. géog. alp., Grenoble t. 5

BOGOMOLOV, G. 1962. - Hydrogéologie et notions de géologie de l' ingénieur. - Moscou, éd. de la Paix, 278 p., 134 fig.

BOINEAU, A-M., 1965. -Contribution à l'étude de la pollution chimique et bactériologique des eaux de l'Isère. -Thèse médecine, Grenoble.

BOMBARD, J-P. - 1968. - Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain. Essai méthodologique. -Thèse 3e cycle, Grenoble.

BONTE, A., 1956. - Le rôle de la géologie dans les travaux de génie civil. - Ann. Ponts et Chaussées, p. 77-103.

BONTE, A., 1959. - Influence des mort-terrains sur l'exploitation des matériaux de construction. - Bull. soc. géol. France, 7, 1, p. 493-496.

BOTTERO, A., 1971. -Etude des propriétés mécaniques des matériaux argileux en fonction de leurs propriétés physico-chimiques -Thèse 3e cycle, Grenoble.

BOURDIER, F., 1935. - Stratigraphie des alluvions ante-wurmiennes du Grésivaudan et de la vallée de Chambéry. -C.R. Acad. Sci., Paris, t. 201, p. 977.

BOURDIER, F., 1962. -Le bassin du Rhône au Quaternaire. -Ed. du C.N.R.S, Paris, 2 t.

BREUSSE, J-J., 1964. -La prospection géophysique des eaux souterraines. - La houille blanche, n° 4.

BREUSSE, J-J., 1964. -La géophysique moderne et les problèmes de génie civil et des travaux publics. -Ind. et trav. d'outre-mer, n° 125.

B.R.G.M., 1966. -Essais de cartes géotechniques sur l'Isle-Adam au 1/10000 Rapport inédit.

B.R.G.M., 1968. - Carte d'interprétation géotechnique de Lille-Sud. -Rapport inédit.

B.R.G.M., 1968. - Carte d'interprétation géotechnique de la zone littorale Nord-Pas-de-Calais. - Rapport inédit.

B.R.G.M., 1968. - Carte d'orientation géotechnique de la région de Bourgoin- La Verpillière (Isère)-Rapport inédit.

B.R.G.M., 1968. - Carte d'orientation géotechnique de la région située au Nord de St-Etienne (Loire). - Rapport inédit.

B.R.G.M., 1969. - Carte géotechnique de la région de Creil (Oise). -Rapport inédit.

B.R.G.M., 1969. - Carte d'interprétation des données géologiques et géotechniques acquises à la date du 1.1.1969, zone de St-Omer. -Rapport inédit.

B.R.G.M., 1969. - Carte d'interprétation des données géologiques et géotechniques acquises à la date du 1.1.1969, zone de Lille-sud, zones minières du Pas-de-Calais. - Rapport inédit.

B.R.G.M., 1969. - Carte d'orientation géotechnique de la région de Meximieux (Ain). - Rapport inédit.

B.R.G.M., 1969. - Carte d'orientation géotechnique de la région de Tigery-Lieusaint (Essonne, Seine-et-Marne). - Rapport inédit.

B.R.G.M., 1973. - Symposium sol et sous-sol et sécurité des constructions, Cannes, t. 1, 387 p.

BRICON, 1970. - Etude géotechnique de la zone d'aménagement concerté de Champs-sur-Marne. - Rapport inédit.

CABINET D'ETUDES RUBY, 1969. - Etude de la nappe alluviale de l'Isère à l'amont de Grenoble. - Rapport inédit.

CABINET D'ETUDES RUBY, 1970. - Etude hydrogéologique de la plaine du Grésivaudan entre Bernin et St-Ismier- Rapport inédit.

CABINET D'ETUDES RUBY, 1973. - Aménagement d'un plan d'eau dans la boucle de la Taillat. - Rapport inédit, 19 p.

CAMBEFORT, H., 1966. - Reconnaissance des sols et fondations spéciales. - Paris, Eyrolles, 3e éd., 208 p.

CAMBEFORT, H., 1971. - Géotechnique de l'ingénieur. Reconnaissance des sols. - Paris, Eyrolles.

CASTANY, G., 1968. - Prospection et exploitation des eaux souterraines. - Paris, Dunod, 740 p.

CASTRO, R., 1971. - Essai d'interprétation géotechnique de la région de Serres. - Thèse 3e cycle, Grenoble, 214 p.

COSTET, J., SANGLERAT, G., 1959. - Cours pratique de mécanique des sols. - Paris, Dunod, 599 p.

DARCY, M., 1964. - Rapport géologique sur l'autoroute A 41. - Rapport inédit.

DEBAILLE, G., GHISTE, S., 1968. - Influence des facteurs géologiques sur les propriétés mécaniques des sols de fondation. - C.R. 23° congrès international de géologie, Prague, section 12, p. 29 - 37.

DEBAILLE, G., GHISTE, S., 1969. - Carte géotechnique de la région de Mons. - Inst. Reine Astrid, 44 p., 4 cartes.

DENIZOT, G., 1963. - L'argile d'Eybens et les dépôts lacustres du Grésivaudan. - Trav. lab. géol. Grenoble, t. 30.

DESIO, A., 1959. - Geologia applicata all'ingegneria. - Milan, Hoepli, 2e ed., 1058 p.

DEWOLF, Y., 1970. - Carte géotechnique des versants de l'Hautil. - Rapport inédit.

D.A.F.U., 1971. - Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme. - Lab. cent. Ponts et Chaussées, 16 p.

DORIDOT, M., 1973. - Rôlede la photographie aérienne dans le cadre des études d'urbanisme. - Bull. liais. lab. Ponts et Chaussées, 65, p. 165-174.

DREYFUS, M., MARTIN, J., 1968. - Remarques sur les cartes géotechniques. - Sols-Soils, p. 41-45.

DUBUS, J., FOURNEAUX, J-C., 1967. - Etude des ressources en eau de la vallée de l'Isère. - Service du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Grenoble, t. 1, 39 p., 6 pl.

DUBUS, J., MATHIEU, MICHEL, M., 1968. - Etude des ressources en eau de la vallée de l'Isère. - Service du Génie Rural des Eaux et des forêts, Grenoble, t. 2, 30p., 5 pl.

FAVRE J-L., 1972. - Pour un traitement par le calcul de probabilité statistique des problèmes de mécanique des sols. - Thèse 3e cycle, Grenoble.

FOURNEAUX, J.C., 1968. - Hydrogéologie du Grésivaudan. - Thèse 3e cycle, Grenoble, 98 p.

GAZEL, J., PETER, A., 1969. - Essai de cartographie géotechnique. - Ann. des Mines, p. 41-60, 2 pl.

GIGNOUX, M., 1944. - L'épaisseur des dépôts quaternaires dans la plaine de Grenoble. - C.R. Soc. géol. France, p 77.

GIGNOUX, M., 1947. - Les nappes d'eaux souterraines dans les alluvions des vallées alpines. - Trav. lab. géol. Grenoble, 26, p. 1-14.

GIGNOUX, M., MORET, L., 1952. - Géologie dauphinoise. - Paris, Masson.

GOGUEL, J., 1967. - Application de la géologie aux travaux de l'ingénieur. - Paris, Masson, 374 p.

GUIENNET, B., 1964. - Prospection, exploitation et contrôle des matériaux naturels alluvionnaires. - C.R. journées de géologie, Lyon.

HUMBERT, M., 1970. - Aptitude des terrains au développement urbain et industriel. - C.R. 1° congrès international de l'A.I.G.I., Paris, p. 952-959.

HUMBERT, M., 1972. - Carte géotechnique de Clermont-Ferrand au 1/50000 et notice explicative. - B.R.G.M. et D.A.F.U.

JAIL, M., 1967. - Réflexions sur la présence de nouveaux affleurements du Bathonien - Callovien dans le Grésivaudan. - Rev. géog. alp., Grenoble, t. 55.

JAIL, M., BILLET, J., 1972. - Caractéristiques climatiques et développement urbain : l'exemple de la cuvette grenobloise. - Rev. géog. alp., Grenoble, t. 60, fasc. 2.

JAIL, M., MARCHINI, J. , 1973. - Observations météorologiques dans le département de l'Isère. - Rev. géog. alp., Grenoble, t. 60, N°3.

JEZEQUEL, J., GOULET, G., 1965. - Essais in situ et fondations sur pieux . - Bull. liais. lab. Ponts et Chaussées, 12, p. 1-16.

KRYNINE, D-P., JUDD, W-R., 1957. - Principles of engineering geology and geotechnics. - New-York, Mac Graw Hil Book Company, 730 p.

LANDRY, J., 1964. - Etude géologique des problèmes d'urbanisme dans le district de Montbéliard (Doubs). - Thèse 3e cycle, Besançon, 136 p. 27 pl.

L.C.P.C., 1967. - Recommandations pour la reconnaissance géologique et géotechnique des tracés d'autoroutes. - N° spécial, 129 p.

L.C.P.C., 1967. - La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées. - Bull. liais. lab. routiers, N° spécial, 172 p.

L.C.P.C., 1970. - L'essai de compressibilité à l'œdomètre. - Paris, Dunod.

L.C.P.C., 1970. - L'essai de cisaillement à la boîte. - Paris, Dunod.

L.C.P.C., 1971. - L'essai piézométrique normal. - Paris, Dunod.

LETOURNEUR, J., 1966. - Les mouvements du sol. Examen des facteurs géologiques de l'instabilité superficielle. - Trav. lab. géol. école Mines St-Etienne, 1, 70 p.

LETOURNEUR, J., MICHEL, R., 1971. - Géologie du génie civil. - Paris, A. Colin, 728 p., 8 pl. coul.

LORY, P., 1923. - Le glaciaire entre la plaine de Grenoble et Chamrousse. Bull. soc. scient. de l'Isère, t. 45.

L.R.P.C., Grenoble, 1966. - Aérodrome du Versoud . Etude géotechnique. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Lyon, 1965. - Autoroute A 41. Rapport d'étude Meylan-le Touvet . - Rapport inédit.

L.R.P.C., Lyon, 1972. - Recherche de matériaux dans la boucle de la Taillat. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Marseille, 1968. - Aire métropolitaine. Inventaire des ressources en matériaux de viabilité et de construction. Carte d'aptitude des sols aux fondations. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Nancy, 1968. - Carte géotechnique de l'aire métropolitaine Nancy-Metz-Thionville. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Rouen, 1969. - Ville nouvelle du Vaudreuil. Etude géotechnique du site. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Rouen, 1969. - Agglomération rouennaise. Etude géotechnique du site. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Rouen, 1969. - Vallée de la Lézarde. Etude géotechnique du site. Rapport inédit.

L.R.P.C., Trappes, 1967. - Ville nouvelle d'Evry. Etudes géologiques et géotechniques. - Rapport inédit.

L.R.P.C., Trappes, 1968. - Ville nouvelle de Trappes. Etudes géologiques et géotechniques. - Rapport inédit.

LUNSKI, S., 1967. - Rapports sur des sondages électriques effectués dans le Grésivaudan. - Compagnie de prospection géophysique française, rapport inédit.

MATULA, M., 1969. - Regional engineering geology of czechoslovak carpathians. - Bratislava, Publishing house of slovak academy of sciences, 225 p., 3 cartes.

MATHIEZ, J.P., HUOT, G., 1966. - Prospection géophysique et recherches d'eau souterraine . - Comité interafricain d'études hydrauliques, Paris, 154p.

MICHEL, R., 1960. - Contribution à l'étude des températures des sources dans le département de l'Isère. - Trav. lab. géol. Grenoble, t. 36.

MICHEL, R., DUBUS, J., 1969. - Connaissance des études et travaux hydrogéologiques effectués dans la région grenobloise et propositions motivées pour la défense et l'utilisation des ressources en eau. - Rapport inédit, 2 t., 66 et 92 p.

MICHEL, R., ROTHE, J., 1959. - Sur la nature et l'épaisseur des alluvions quaternaires dans le bassin de Vizille. - Trav. lab. géol. Grenoble, t. 35.

MIEGE, J., 1951. - A propos de l'aménagement du Grésivaudan. - Rev. géog. alp. t. 39.

MIGAYROU, J., 1966. - Contribution à l'étude géologique et géotechnique du sous-sol montpellierain. - Thèse 3e cycle, Besançon, 132 p., 5 pl., 2 cartes.

MILLOT, G., 1962. - Géologie des argiles. - Paris, Masson.

MORET, L., 1945. - Les éboulements de terrains en montagnes. - Ed. de la Revue "Les Alpes", 49 p., 9 fig., 9 pl.

OZDEMIR, M., 1970. - Prospection magnétique et gravim étrique dans la vallée de l'Isère. - Thèse Université, Grenoble, 86 p.

OZENDA, P., REPITON, J., RICHARD, L., TONNEL, A., 1964. - Documents pour la carte de la végétation des Alpes. - Trav. lab. biol. végét. Grenoble, 2, p. 69-118.

PACHOUD, A., 1968. - Carte hydrogéologique de la France. Région de Grenoble. - B.R.G.M., échelle 1/50000.

PAQUET, J., JUNOT, P., 1966. - Application des méthodes géophysiques aux études des sols à faible profondeur pour le bâtiment et les travaux publics. - Ann. Inst. tech. bât. trav. publ., 219-220-, 313-320.

PETER, A., 1966. - Essai de cartes géotechniques. - Sols.- Soils, N° 16, p. 13-27.

PILOT, G., AMAR, S., LEROUX, A., 1970. - Relation entre la composition minéralogique et les caractéristiques mécaniques de quelques sols argileux français. - Bull. liais. lab. Ponts et Chaussées, 43, p. 69-80.

PIRAUD, V., 1922. - Le sous-sol de la vallée du Grésivaudan. - Bull. soc. scient. Isère, t. 58.

PUNTOUS, R., 1969. - Mesures sismiques effectuées lors de tirs d'explosifs chimiques à Bois Français. - Rapport inédit.

ROTHE, J-P., 1941 . - Les séismes des Alpes françaises en 1938 et la séismicité des Alpes occidentales. - Ann. inst . phys. du globe 1938, t. 3 3e partie, géophysique, p. 70-71.

ROTHE, J-P., 1946 . - Séismes et volcans. - Presses universitaires de France, 135 p.

ROUBAULT, M., 1970. - Peut-on prévoir les catastrophes naturelles? - Paris, Presses unniversitaires de France, 173 p.

ROUSSEAU, J., MONEK, G., ACHAIN, R., 1965. - Contribution à l'étude des corrélations existant entre les caractéristiques géotechniques et géologiques d'une formation meuble. - C.R. 6e congrès international méc sols et trav. fond., Montréal.

SANEJOUAND, R., 1972. - La cartographie géotechnique en France. - Ivry-sur-Seine, Firmin-Didot, 96 p., 9 fig., 35 pl.

SARROT-REYNAULD, J., 1967. - Conditions de captage et de protection des eaux potables dans la région grenobloise. - Rev. Inst. Pasteur Lyon, 1, p. 255-270.

SARROT-REYNAULD, J., 1968. - Remarques sur l'hydrogéologie des vallées de l'Isère, du Drac, et de la Romanche. - Bull. B.R.G.M., hydrogéologie.

S.C.E.T., coopération, 1969. - Incidence d'un projet d'ouvrages hydro-électriques et d'une autoroute sur l'aménagement général du Grésivaudan. Etude préliminaire. - Rapport inédit, 2t.

S.O.G.R.E.A.H., 1968. - Etude agro-pédologique préliminaire à l'aménagement agricole du Grésivaudan et de la basse vallée de l'Isère. - Rapport inédit.

S.O.G.R.E.A.H., 1970. - Etude du lit de l'Isère dans les départements de l'Isère et de la Savoie. - Rapport inédit.

STAMATELLO, H., 1965. - Une carte géologique de la ville de Varsovie à l'usage des urbanistes. - Rev. géog. phys. et géol. dyn., 2, vol.3, fasc.1, p. 3-10.

TACHKER, Y., 1973. - Procédure administrative pour la délimitation des zones de risques naturels dans le département de l'Isère. - Symp. nat. sol et sous-sol et sécurité des constructions, Cannes, 1, p. 377-383.

TACHKER, Y., 1973. - Méthodes utilisées dans le département de l'Isère pour la délimitation des zones exposées à des risques naturels. - Symp. nat. sol et sous-sol et sécurité des constructions, Cannes, 1, p. 384-388.

TERZAGHI, K., PECK, R., 1965. - Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment. - Paris, Dunod, 565 p.

THOMAS, A., 1970. - Réflexions sur la cartographie géotechnique. - C.R. 1er congrès internat. de l'A.I.G.I., Paris, p. 960-970.

VERDEYEN, J., ROISIN, V., NUYENS, J., 1968. - La mécanique des sols. - Paris, Dunod, 508 p.

VIVIAN, H., 1969. - Les crues de l'Isère à Grenoble et l'aménagement actuel des digues. - Rev. géog. alp., t. 58, fasc. 1.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

N°		Pages
1	Situation géographique du bas Grésivaudan	4
2	Pluviométrie moyenne mensuelle sur 60 ans à La Tronche	8
3	Rose globale des vents (Montbonnot)	11
4	Carte de la végétation	12
5	Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme	16
6	Cadre géologique régional	20
7	Coupe géologique interprétative	23
8	Zones de prélèvements de matériaux	45
9	Plan des points de mesures piézométriques	48
10	Nappe basse du 7 au 9 mars 1972	52
11	Nappe basse du 2 au 3 octobre 1967	53
12	Nappe haute du 30 au 31 juillet 1973	54
13	Nappe haute du 2 au 3 juillet 1967	55
14	Evolution de l'Isère et de sa nappe	58
15	Profondeur de la nappe par rapport au sol. Hautes eaux des 30 et 31 juillet 1973	59
16	Profondeur de la nappe par rapport au sol. Basses eaux des 12 et 13 septembre 1972	61
17	Battements de la nappe	63
18	Rippabilité et vitesse sismique	72
19	Abaque de plasticité	76
20	Carte clinographique	81
21	Carte des risques naturels	83
22	Courbes granulométriques des alluvions fluvio-glaciaires	85
23	Morphologie des nappes d'épandage (rive droite)	87
24	Morphologie des cônes de déjection (rive gauche)	87
25	Coupe schématique transversale d'une nappe d'épandage	89
26	Coupe transversale d'un chenal (le Bottey)	89
27	Source liée aux nappes d'épandage	90
28	Source liée au substratum	90
29	Phénomène d'érosion souterraine	92
30	Fuseaux granulométriques des nappes d'épandage et cônes de déjection	94
31	Coupes dans le remplissage alluvial	102
32	Fuseau granulométrique des limons et argiles de surface	106
33	Aire de plasticité des limons et argiles de surface	107
34	Zones de prospection électrique	109
35	Fuseaux granulométriques des alluvions grossières	111
36	Fuseau granulométrique des sablons	114
37	Influence des alluvions sur la propagation des ondes séismiques	122

Figures (suite)

N°		Pages
38	Morphologie glaciaire	128
39	Sillons glaciaires (collines bordières)	128
40	Fuseau granulométrique des formations glaciaires	131
41	Juxtaposition glaciaire - calcaires marneux (collines bordières)	136
42	Schéma de décollement d'un banc (collines bordières)	136

A la fin du mémoire:
- Carte lithomorphologique
- Carte d'épaisseur des limons et argiles
- Plan des points d'observation et des points de mesure

Tableaux

Tabl. I	Moyennes annuelles des précipitations	7
Tabl. II	Nombre moyen mensuel des jours de chutes de neige	7
Tabl. III	Moyennes annuelles des températures	9
Tabl. IV	Moyennes mensuelles des températures	9
Tabl. V	Nombre moyen mensuel des jours de gelée	9
Tabl. VI	Durée moyenne mensuelle de l'insolation	10
Tabl. VII	Organismes contactés	36
Tabl. VIII	Relevés piézométriques	49
Tabl. IX	Qualification de la granulométrie	68
Tabl. X	Qualification de la plasticité	69
Tabl. XI	Qualification de la consistance	70
Tabl. XII	Valeurs de la densité apparente pour différents sols	70
Tabl. XIII	Valeurs de la perméabilité pour différents sols	71
Tabl. XIV	Valeurs de l'angle de frottement interne et de la cohésion qui peuvent être adoptées pour des terrains saturés	73
Tabl. XV	Charges admissibles et angles de talus naturels pour différents sols	73
Tabl. XVI	Classification des sols	75
Tabl. XVII	Aptitude des sols aux travaux	77
Tabl. XVIII	Utilisation des sols en génie civil	78
Tabl. XIX	Propriétés physiques et mécaniques des cônes de déjection et nappes d'épandage	95
Tabl. XX	Perméabilités des alluvions de l'Isère	104
Tabl. XXI	Propriétés physiques et mécaniques des alluvions de l'Isère	115
Tabl. XXII	Localisation et profondeur des niveaux tourbeux	124
Tabl. XXIII	Localisation et profondeur des niveaux à bois flottés	125
Tabl. XXIV	Caractéristiques physiques des formations glaciaires	132

TABLE DES MATIERES

- Avant-propos
- SOMMAIRE
- INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - DONNEES GEOGRAPHIQUES 3

I. - SITUATION 5

II. - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES 5
A - Morphologie 5
B - Climatologie 5
1 -Stations et observateurs 6
a - Versant rive droite de l'Isère 6
b - Plaine alluviale 6
c - Versant rive gauche de l'Isère 6
2 - Précipitations 6
3 - Neige 7
4 - Température 9
5 - Insolation 10
6 - Vents 10
7 - Brouillards 10
8 - Conclusion 10

III. - VEGETATION 13
A - Grands types de végétation 13
B - Variations régionales 13
1 - Opposition des versants 13
a - Exposition des versants 13
b - Nature du terrain 13
c - Direction des vents 13
2 - La plaine 13
C - Végétation du versant rive droite 13
D - Végétation du versant rive gauche 14
E - Végétation de la plaine alluviale 14
F - Utilisation de la végétation pour notre travail 14

IV. - POPULATION ET URBANISME 14

CHAPITRE II - DONNEES GEOLOGIQUES 19

I. - GENERALITES 21

II. - REBORD ORIENTAL DU MASSIF DE LA GRANDE CHARTREUSE 21
A - Bajocien 21
B - Bathonien 21

C - Schistes à Posidonomyes (Callovien) 22
D - Oxfordien (s.s) 22
E - Rauracien 22
F - Séquanien 22
G - Kimméridgien moyen 22
H - Tithonique 22
I - Formations superficielles 24
III. - PLAINE DU GRESIVAUDAN 24

IV. - COLLINES DE LA RIVE GAUCHE DU GRESIVAUDAN 24
A - Bajocien inférieur 24
B - Bajocien supérieur 24
C - Formations superficielles 25

CHAPITRE III - METHODOLOGIE 27

I. - CONCEPTION DE L'ETUDE 29
A - Généralités 29
B - Développement et la cartographie géotechnique 29
C - Cartographie géotechnique et S. D. A. U. 29

II. - LES RENSEIGNEMENTS RASSEMBLES 30
A - Lithologie 30
B - Morphologie 30
C - Hydrogéologie 30
D - Géodynamique externe 31
E - Risques naturels et séismicité 31
1 - Risques naturels 31
2 - Séismicité 32
F - Propriétés physiques et mécaniques des sols 32
G - Aptitude des terrains aux travaux de l'ingénieur 32
H - Matériaux utilisables 32
I - L'homme et le milieu 33
J - Exemples d'échecs lors de réalisations 33

III. - LES MOYENS D'ETUDE 33
A - Moyens existants 33
1 - Cartes topographiques 33
2 - Cartes géologiques 33
3 - Photographies aériennes 34
4 - Bibliographie 34
5 - Documents archivés 34
a - Différents types de documents 34
b - Collationnement des documents 34
c - Analyse des documents 35
d - Stockage des documents 35
B - Moyens mis en œuvre 35
1 - Travail sur le terrain 35
a - Vérification des indications suggérées par les photographies aériennes et cartographie 35
b - Observation aérienne 37
c - Observation de fouilles et de coupes artificielles 37
d - Prospection géophysique 37
e - Prélèvement d'échantillons 37
f - Recensement hydrogéologique 38
2 - Travail de laboratoire 38

IV. - DOCUMENTS REALISES 38
A - Plans 38
B - Cartes 38
C - Coupes 39
D - Mémoire explicatif avec annexe technique 39

CHAPITRE IV - HYDROGEOLOGIE DE LA PLAINE DE L'ISERE 41

I. - GENERALITES 43

II. - RAPPELS SUR L'HYDROGEOLOGIE DU GRESIVAUDAN 43
A - Ecoulement de la nappe 43
B - Alimentation de la nappe 43
C - Géochimie des eaux 43
D - Débits exploitables 44
E - Exploitation effective 44

III. - LES GRANDS TRAVAUX DE LA PLAINE DU GRESIVAUDAN 44
A - Endiguement 44
B - Canaux de drainage 44
C - Exploitation de graviers 44
D - Coupures de méandres 46
1 - Coupure de Bois Français 46
a - Assainissement 46
b - Erosion 46
c - Digues 46
d - Matériaux utiles 46
e - Tourisme 46
2 - Coupure de la boucle de la Taillat 46

IV. - EVOLUTION DE LA NAPPE DU GRESIVAUDAN AVAL DEPUIS FEVRIER 1968 47
A - Réseau des points de mesure 47
B - Cartes isopièzes 47
1 - Surface piézométrique de la nappe en basses eaux 51
a - Etat actuel les 7, 8, 9 mars 1972 51
b - Comparaison avec 1967 56
2 - Surface piézométrique de la nappe en hautes eaux 56
a - Etat actuel les 30 et 31 juillet 1973 56
b - Comparaison avec 1967 56
C - Influence de la coupure de l'Isère 57
D - Causes et conséquences de l'évolution de l'Isère et de sa nappe 57
1 - Isère 57
2 - Nappe 57

V. - NAPPE DE L'ISERE ET PROBLEMES D'AMENAGEMENT 58
A - Profondeur de la nappe par rapport au sol 58
1 - Profondeur de la nappe en hautes eaux 60
a - Répartition des classes de profondeurs 60
b - Facteurs influant sur cette répartition 60
2 - Profondeur de la nappe en basses eaux 60
B - Battement de la nappe 62
1 - Répartition des classes de battement 62
2 - Cause de cette répartition 62

VI. - CONCLUSIONS 62

CHAPITRE V - ETUDE GEOTECHNIQUE DES DIFFERENTS TERRAINS 65
I. - GENERALITES 67

II. - CARACTERISTIQUES ET CLASSIFICATION DES SOLS 68
A - Caractéristiques 68
1 - Cœfficients granulométriques 68
a - Hétérométrie 68
b - Cœfficient d'uniformité ou de Hazen 68
c - Cœfficient de courbure 68
2 - Pourcentages granulométriques 68
3 - Calcimétrie 68
4 - Teneur en eau 68
5 - Limites d'Atterberg ou de consistance 69
a - Limite de plasticité 69
b - Limite de liquidité 69
c - Indice de plasticité 69
d - Indice de consistance 69
6 - Equivalent de sable 70
7 - Densité apparente humide 70
8 - Densité apparente sèche 70
9 - Perméabilité 71
10 - Résistance à la pénétration dynamique 71
11 - Pression limite. Pression de fluage. Module standard pressiométrique 71
12 - Résistivité électrique 71
13 - Vitesse sismique 71
14 - Angle de frottement interne et cohésion 71
15 - Indice de compression. Cœfficient de consolidation. Pression effective verticale de consolidation 73
B - Classification 74

III. - TERRAINS DE COUVERTURE 74
A - Eboulis et écroulements 80
1 - Localisation 80
2 - Morphologie 80
3 - Lithologie 80
a - Eboulis vifs 80
b - Eboulis stabilisés 80
c - Ecroulements 80
4 - Hydrogéologie 80
5 - Risques naturels 82
6 - Aptitude aux travaux 82
B - Alluvions fluvio-glaciaires 82
1 - Localisation 82
2 - Morphologie 82
3 - Lithologie 82
4 - Hydrogéologie 82
5 - Propriétés physiques et mécaniques 82
6 - Risques naturels 84
7 - Aptitude aux travaux 84
C - Nappes d'épandage et cônes de déjection 84
1 - Localisation 84
a - Rive droite de l'Isère 84
b - Rive gauche de l'Isère 86
2 - Morphologie 86
a - Rive droite de l'Isère 86
b - Rive gauche de l'Isère 86
3 - Lithologie 88

a - Rive droite de l'Isère 88
b - Rive gauche de l'Isère 88
4 - Hydrogéologie 88
a - Rive droite de l'Isère 88
b - Rive gauche de l'Isère 91
5 - Propriétés physiques et mécaniques 93
6 - Risques naturels 96
a - Chutes de pierres et écroulements 96
b - Glissements de terrain 96
c - Crues torrentielles 96
d - Inondations 97
e - Suffosion 97
7 - Aptitude des terrains 97
a - Urbanisation 97
b - Fondations 97
8 - L'homme et le milieu 98
a - Stabilisation des torrents 98
b - Constructions individuelles 99
D - Alluvions de l'Isère 99
1 - Localisation 99
2 - Morphologie 100
3 - Lithologie 100
a - Limons 100
b - Sables et graviers 100
c - Sablons 100
d - Argiles 100
4 - Représentation verticale 101
5 - Hydrogéologie 101
a - Nappe de l'Isère 101
b - Perméabilité 101
c - Qualité des eaux souterraines 105
6 - Propriétés physiques et mécaniques 105
a - Limons et argiles de surface 105
b - Alluvions grossières 110
c - Sablons 112
d - Argiles plastiques 113
7 - Séismicité et risques naturels 113
a - Séismicité 113
b - Risques naturels 123
8 - Aptitude des terrains aux travaux 123
a - Urbanisation 123
b - Hétérogénéité du sol 124
c - Fondations 125
9 - Matériaux utilisables 125
a - Définition des matériaux 125
b - Localisation des matériaux 125
c - Extraction des matériaux en rivière 126
d - Extraction des matériaux en plaine 126
10 - Pollution de la nappe 127
E - Formations glaciaires 127
1 - Localisation 127
2 - Morphologie 127
a - Vallum latéral du glacier de l'Isère 127
b - Moraines de retrait du glacier et leurs produits de remaniement 127
c - Moraines locales 129
3 - Lithologie 129
4 - Altération 129
5 - Hydrogéologie 129
6 - Propriétés physiques et mécaniques 129
7 - Risques naturels 130

8 - Aptitude aux travaux 130
9 - Matériaux utilisables 133

IV. - BED-ROCK 133
A - Séries calcaires 133
1 - Localisation 133
2 - Morphologie 133
3 - Altération - Fracturation 133
4 - Risques naturels 134
5 - Matériaux utilisables 134
B - Séries avec alternance de calcaires et marnes 134
1 - Localisation 134
2 - Morphologie 134
a - Rive droite 134
b - Rive gauche 134
3 - Altération 134
4 - Hydrogéologie 135
5 - Propriétés physiques et mécaniques 135
6 - Risques naturels 135
7 - Aptitude des terrains aux travaux 135

- CONCLUSIONS 139

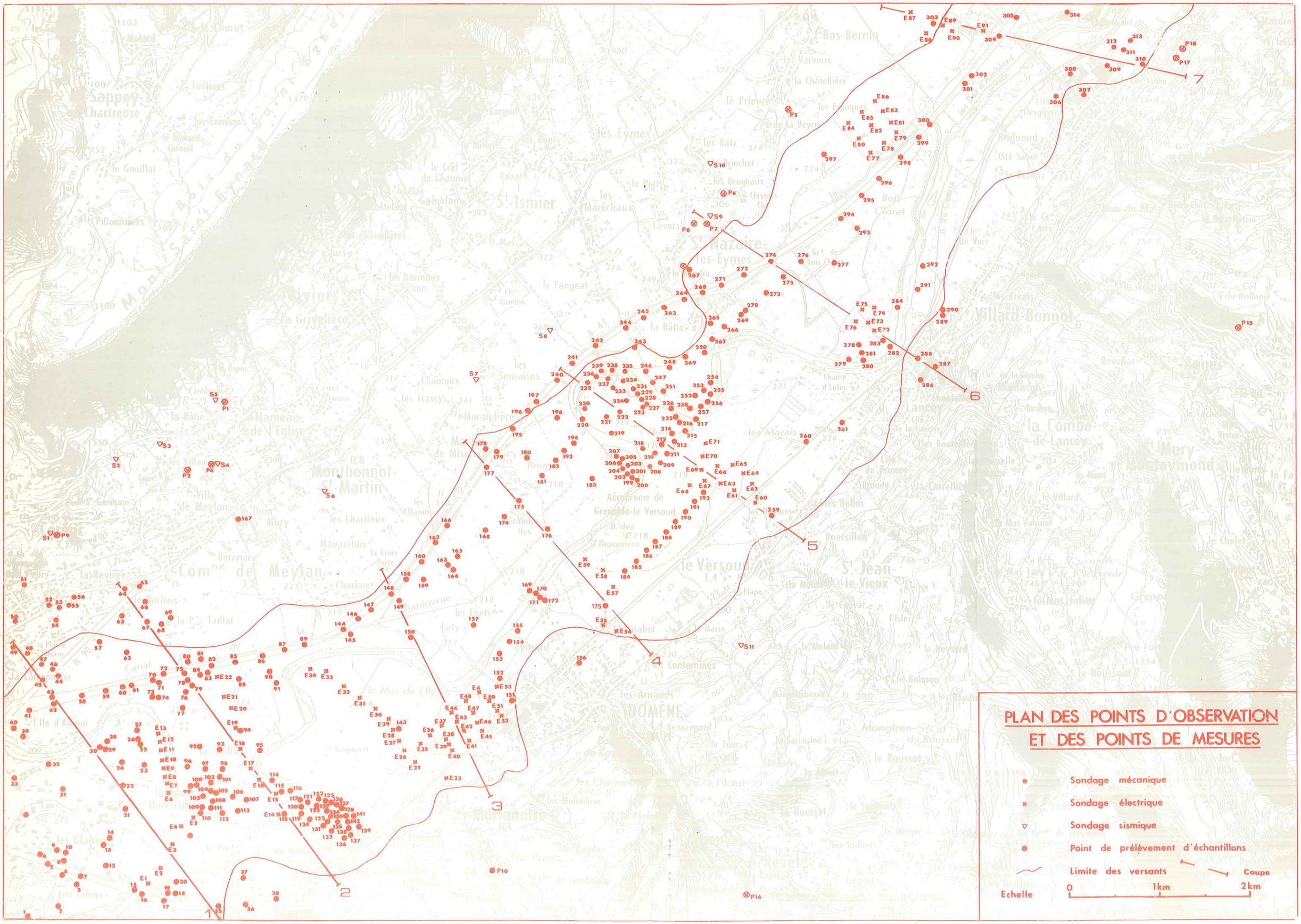
- ANNEXES 143

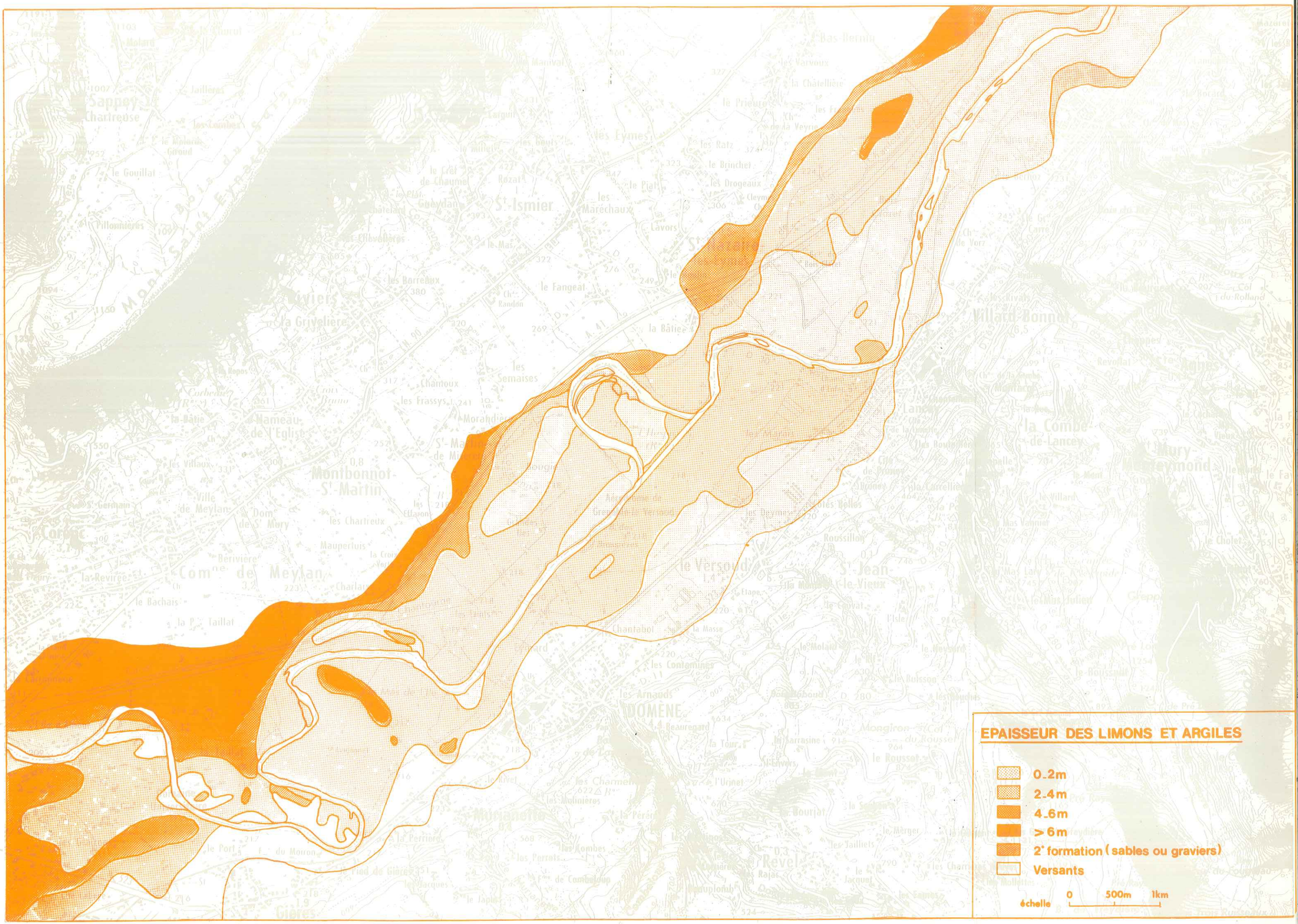
. Localisation et profondeur des sondages mécaniques 144
. Localisation des sondages électriques et sismiques 147
. Code des coupes de sondages 148
. Coupes des sondages mécaniques 149
. Coupes interprétatives des sondages géophysiques 156

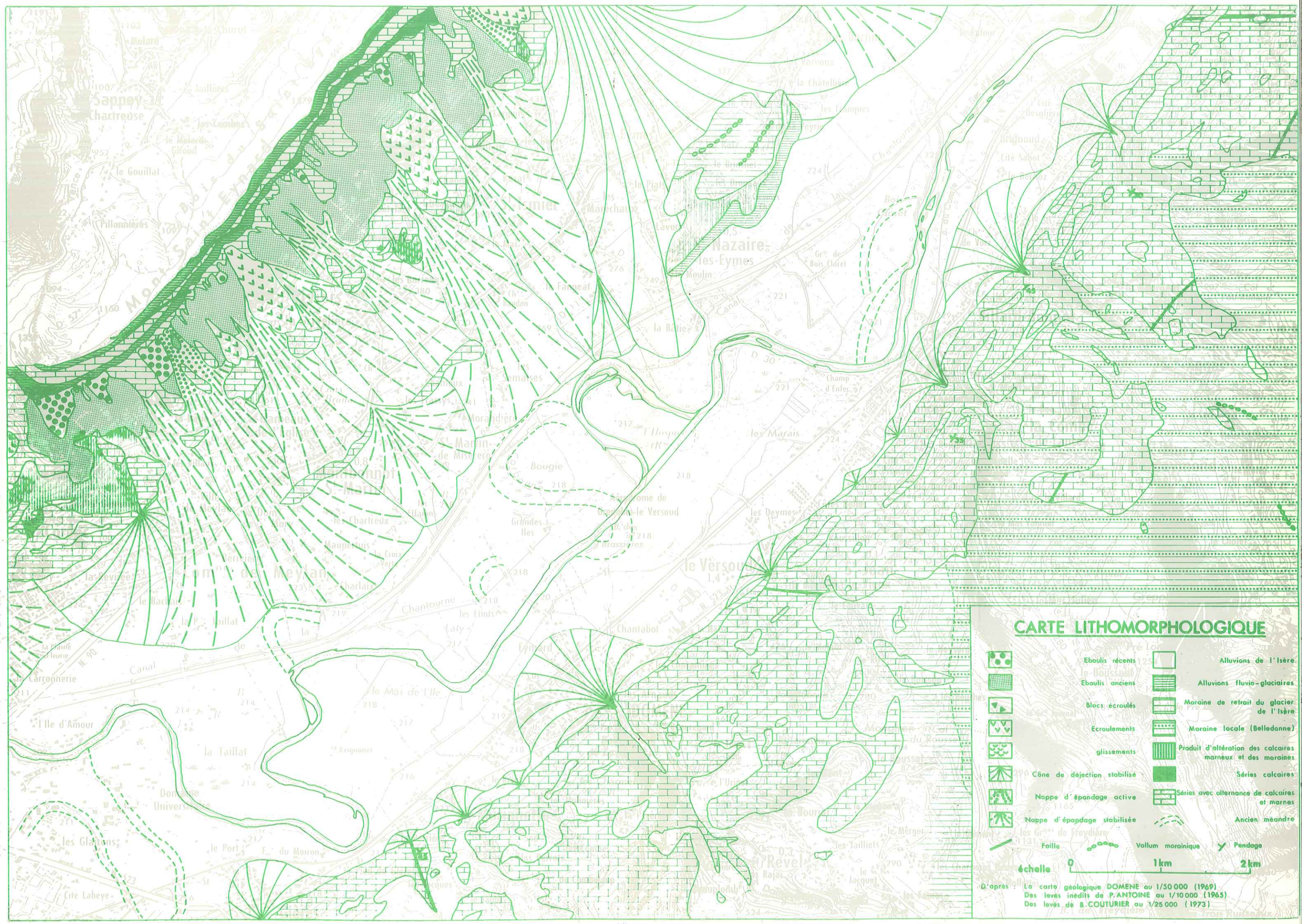
- BIBLIOGRAPHIE 159

- TABLE DES ILLUSTRATIONS 167

- TABLE DES MATIERES 169


PLAN DES POINTS D'OBSERVATION
ET DES POINTS DE MESURES
Sondage mécanique
Sondage électrique
Sondage sismique
Point de prélèvement d'échantillons
Limite des versants
Coupe
Echelle
0
1km
2km
1
2
3
4
5
6
7
Sappey-Chartreuse
St-Ismier
St-Nazaire-les-Eymes
Montbonnot-St-Martin
Meylan
Grenoble-le Versoud
Domène
Villard-Bonnot
la Combe-de-Lancey
Murianette
Revel
St-Jean-le-Vieux
Bas-Bernin
les Eymes
les Marais
Champ d'Enfer
Aérodrome de Grenoble-le Versoud
Mont Saint Eynard


EPAISSEUR DES LIMONS ET ARGILES
0-2m
2-4m
4-6m
> 6m
2e formation (sables ou graviers)
Versants
échelle 0 500m 1km
St-Ismier
Montbonnot-St-Martin
Meylan
DOMENE
Revel
Millard-Bonne
la Combe-de-Lancey
Murianette
Gières
Sappey-Chartreuse
Biviers
la Grivelière
Hameau de l'Eglise
les Eymes
les Marèchaux
le Fangeat
la Bâtie
les Semaises
Chamoux
les Frassys
le Versoud
St-Jean-le-Vieux
Chantabot
Mongiron
le Rousset
Revollat
Bas-Bernin
Lavors
Rozat
Chartreuse
Pillonnières
Gouillat
Jaillères
Molard
Bachais
Taillat
Port
Mouron
Carrière
Chartreux
Maupertuis
Bérivière
Revirée
Ville de Meylan
Dom de St Mury
Morandier
Corbeau
Repos
Villaux
Germain
Arnauds
Beauregard
Tour
Urinet
Bourjat
Mèrger
Jacquet
Tailliets
Charmet
Molinières
Perrets
Combe
Jacques
Japin
Pied de Gières
Rajas
Roussillon
Chantabot
Masse
Contamines
Molard
Buisson
Cholet
Mas Julien
Mas Lanier
Mas Vannier
Villard
Isle
Gouvat
Mas Vorz
Carre
Col du Rolland
Col du Rousset
Bois de Lancey
Bois de Sassenage
Bois de Vizille
Bois de Chartreuse
Bois de Meylan
Bois de Gières
Bois de Domène
Bois de Murianette
vers Grenoble
D 280
D 280'
D 57
D 11
D 165
D 276
N 90
A 41


CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE
Eboulis récents
Eboulis anciens
Blocs écroulés
Ecroulements
glissements
Cône de déjection stabilisé
Nappe d'épandage active
Nappe d'épandage stabilisée
Faille
Alluvions de l'Isère
Alluvions fluvio-glaciaires
Moraine de retrait du glacier de l'Isère
Moraine locale (Belledonne)
Produit d'altération des calcaires marneux et des moraines
Séries calcaires
Séries avec alternance de calcaires et marnes
Ancien méandre
Vallum morainique
Pendage
échelle
0
1km
2km
D'après : La carte géologique DOMENE au 1/50 000 (1969)
Des levés inédits de P.ANTOINE au 1/10 000 (1965)
Des levés de B.COUTURIER au 1/25 000 (1973)
Sappey
Chartreuse
Nazaire-les-Eymes
Bois Claret
Champ d'Enfer
les Marais
Bougie
Grandes Iles
Chantourne
Chantabot
le Versoud
Eynard
Canal
la Carronnerie
l'Ile d'Amour
la Taillat
Avignonet
le Mas de l'Ile
les Glaïons
Cité Labeye
le Port
Revel
les Taillets
le Mèrget
Cité Desglier
Brignoud
Cité Sabot
Chantourne
Champ d'Enfer
D 280