



HAL
open science

Etude géologique et géotechnique routière : la route nationale 75 entre Vif et le col de La Croix-Haute (Isère)

Mesut Koseoglu

► To cite this version:

Mesut Koseoglu. Etude géologique et géotechnique routière : la route nationale 75 entre Vif et le col de La Croix-Haute (Isère). Géologie appliquée. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1977. Français. NNT: . tel-00739814

HAL Id: tel-00739814

<https://theses.hal.science/tel-00739814>

Submitted on 9 Oct 2012

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

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



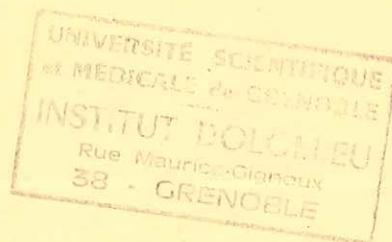
2^o ed.

KÖSEOĞLU
grenoble.

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE
GRENOBLE

ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE ROUTIERE

La route nationale 75 entre Vif
et le Col de la Croix-Haute (Isère)



par **Mesut KÖSEOĞLU**

Ingénieur-géologue

de

l'Université Technique de Karadeniz

Trabzon-Turquie

Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur-ingénieur

Spécialité: Géologie appliquée

Mention: Génie civil

soutenu le 19 mars 1977 devant la Commission d'examen

MM. R. Barbier	Professeur à l'U.S.M.G.	Président
J. Letourneur	Professeur à l'E.N.S.M.S ^t .E.	
R. Michel	Professeur à l'U.S.M.G.	Examineurs
P. Antoine	Maître-assistant à l'U.S.M.G.	
J. Mante	Dir. Dép. de l'Equipement	

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE
ET MEDICALE DE GRENOBLE

Monsieur Michel SOUTIF : Président
Monsieur 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 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	Clinique de Pédiatrie et Puériculture
BERNARD Alain	Mathématiques Pures
Mme BERTRANDIAS Françoise	Mathématiques Pures
MM. BERTRANDIAS Jean-Paul	Mathématiques Pures
BEZES Henri	Pathologie chirurgicale
BLAMBERT Maurice	Mathématiques Pures
BOLLIET Louis	Informatique (IUT B)
BONNET Georges	Electrotechnique
BONNET Jean-Louis	Clinique ophtalmologique
BONNET-EYMARD Joseph	Clinique gastro-entérologique
Mme BONNIER Marie-Jeanne	Chimie Générale
BOUCHERLE André	Chimie et Toxicologie
BOUCHEZ Robert	Physique nucléaire
BOUSSARD Jean-Claude	Mathématiques appliquées
BRAVARD Yves	Géographie
CABANEL Guy	Clinique rhumatologique et hydrologique
CALAS François	Anatomie
CARLIER Georges	Biologie végétale
CARRAZ Gilbert	Biologie animale et pharmacodynamie
CAU Gabriel	Médecine légale et Toxicologie
CAUQUIS Georges	Chimie organique
CHABAUTY Claude	Mathématiques Pures
CHARACHON Robert	Clinique Oto-Rhino-Laryngologique
CHATEAU Robert	Clinique de Neurologie
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
DELORMAS Pierre	Pneumo-Phtisiologie
DEPORTES Charles	Chimie minérale
DESRE Pierre	Métallurgie

MM. DESSAUX Georges	Physiologie animale
DODU Jacques	Mécanique appliquée (IUT A)
DOLIQUE Jean-Michel	Physique des plasmas
DREYFUS Bernard	Thermodynamique
DUCROS Pierre	Cristallographie
DUGOIS Pierre	Clinique de Dermatologie et Syphiligraphie
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
JANIN Bernard	Géographie
KAHANE André	Physique générale
KLEIN Joseph	Mathématiques Pures
KOSZUL Jean-Louis	Mathématiques Pures
KRAVTCHEKHO Julien	Mécanique
KUNTZMANN Jean	Mathématiques Appliquées
LACAZE Albert	Thermodynamique
LACHARME Jean	Biologie végétale
Mme LAJZERONICZ Janine	Physique
M. LAJZERONICZ Joseph	Physique
LATREILLE René	Chirurgie générale
LATURAZE Jean	Biochimie pharmaceutique
LAURENT Pierre	Mathématiques Appliquées
LEDRU Jean	Clinique médicale B
LLIBOUTRY Louis	Géophysique
LOISEAUX Pierre	Sciences Nucléaires
LONGEQUEUE Jean-Pierre	Physique nucléaire
LOUP Jean	Géographie
Melle LUTZ Elisabeth	Mathématiques Pures
MALGRANGE Bernard	Mathématiques Pures
BOUTET DE MONVEL Louis	Mathématiques Pures
MALINAS Yves	Clinique obstétricale
MARTIN-NOEL Pierre	Sémiologie médicale
MAZARE Yves	Clinique médicale A
MICHEL Robert	Minéralogie et Pétrographie
MICOUD Max	Clinique maladies infectieuses
MOURIQUAND Claude	Histologie
MOUSSA André	Chimie nucléaire
MULLER Jean-Michel	Thérapeutique (néphrologie)
NEEL Louis	Physique du Solide
OZENDA Paul	Botanique
PAYAN Jean-Jacques	Mathématiques Pures
PÉBAY-PEWOUA Jean-Claude	Physique
RASSAT André	Chimie systématique
RENARD Michel	Thermodynamique
RINALDI Renaud	Physique
DE ROUGEMONT Jacques	Neuro-chirurgie
SEIGNEURIN Raymond	Microbiologie et Hygiène
SENGEL Philippe	Zoologie
SIBILLE Robert	Construction mécanique (IUT A)
SOUTIF Michel	Physique générale
TANCHE Maurice	Physiologie

MM. TRAYNARD Philippe	Chimie générale
VAILLANT François	Zoologie
VALENTIN Jacques	Physique Nucléaire
VAUQUOIS Bernard	Calcul électronique
Mme VERAÏN Alice	Pharmacie galénique
MM. VERAÏN André	Physique
VEYRET Paul	Géographie
VIGNAIS Pierre	Biochimie médicale
YOCOZ Jean	Physique nucléaire théorique

PROFESSEURS ASSOCIES

MM. CLARK Gilbert	Spectrométrie Physique
CRABBE Pierre	CERMO
ENGLMAN Robert	Spectrométrie Physique
HOLTZBERG Frédéric	Basses Températures
ROST Ernest	Sciences Nucléaires

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Mlle AGNIUS-DELORD Claudine	Physique pharmaceutique
ALARY Josette	Chimie analytique
MM. AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie
BELORIZKY Elie	Physique
BENZAKEN Claude	Mathématiques Appliquées
BLAREZ Jean-Pierre	Mécanique
BILLET Jean	Géographie
BOUCHET Yves	Anatomie
BRUGEL Lucien	Energétique (IUT A)
BUISSON René	Physique (IUT A)
CONTE René	Physique (IUT A)
DEPASSEL Roger	Mécanique des fluides
GAUTHIER Yves	Sciences Biologiques
GAUTRON René	Chimie
GIDON Paul	Géologie et Minéralogie
GLENAT René	Chimie organique
GROULADE Joseph	Biochimie médicale
HACQUES Gérard	Calcul numérique
HOLLARD Daniel	Hématologie
HUGONOT Robert	Hygiène et Médecine Préventive
IDELMAN Simon	Physiologie animale
JOLY Jean-René	Mathématiques Pures
JULLIEN Pierre	Mathématiques appliquées
Mme KAHANE Josette	Physique
MM. KUHN Gérard	Physique (IUT A)
LE ROY Philippe	Mécanique (IUT A)
LUU DUC Cuong	Chimie organique
MAYNARD Roger	Physique du solide
PELMONT Jean	Biochimie
PERRIAUX Jean-Jacques	Géologie et Minéralogie
PFISTER Jean-Claude	Physique du Solide
Mlle PIERY Yvette	Physiologie animale
MM. RAYNAUD Hervé	M.I.A.G.
REBECQ Jacques	Biologie (CUS)
REVOL Michel	Urologie
REYMOND Jean-Charles	Chirurgie générale
RICHARD Lucien	Biologie végétale
Mme RINAUDO Marguerite	Chimie macromoléculaire

MM. ROBERT André	Chimie papetière
SARRAZIN Roger	Anatomie et chirurgie
SARROT-REYNAULD Jean	Géologie
SIROT Louis	Chirurgie générale
Mme SOUTIF Jeanne	Physique générale
MM. STREGLITZ Paul	Anesthésiologie
VIALON Pierre	Géologie
VAN CUTSEM Bernard	Mathématiques Appliquées

MAITRES DE CONFERENCES ET MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM. AMBLARD Pierre	Dermatologie
ARMAND Gilbert	Géographie
ARMAND Yves	Chimie (IUT A)
BACHELOT Yvan	Endocrinologie
BARGE Michel	Neuro chirurgie
BARJOLLE Michel	M.I.A.G.
BEGUIN Claude	Chimie organique
Mme BERIEL Hélène	Pharmacodynamie
MM. BOST Michel	Pédiatrie
BOUCHARELAT Jacques	Psychiatrie adultes
Mme BOUCHE Liane	Mathématiques (CUS)
MM. BRODEAU François	Mathématiques (IUT B)
BUTEL Jean	Orthopédie
CHAMBAZ Edmond	Biochimie médicale
CHAMPETIER Jean	Anatomie et organogénèse
CHARDON Michel	Géographie
CHERADAME Hervé	Chimie papetière
CHIAVERINA Jean	Biologie appliquée (EFP)
COHEN-ADDA Jean-Pierre	Spectrométrie physique
COLOMB Maurice	Biochimie médicale
CONTAMIN Charles	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
CORDONNIER Daniel	Néphrologie
COULOMB Max	Radiologie
CROUZET Guy	Radiologie
CYROT Michel	Physique du Solide
DELOBEL Claude	M.I.A.G.
DENIS Bernard	Cardiologie
DOUCE Roland	Physiologie végétale
DUSSAUD René	Mathématiques (CUS)
Mme ETERRADOSSI Jacqueline	Physiologie
MM. FAURE Jacques	Médecine légale
FAURE Gilbert	Urologie
FONTAINE Jean-Marc	Mathématiques Pures
GAUTIER Robert	Chirurgie générale
GENSAC Pierre	Botanique
GIDON Maurice	Géologie
GROS Yves	Physique (IUT A)
GUITTON Jacques	Chimie
HICTER Pierre	Chimie
IVANES Marcel	Electricité
JALBERT Pierre	Histologie
KOLODIE Lucien	Hématologie
KRAKOWIAK Sacha	Mathématiques appliquées
LE NOC Pierre	Bactériologie-virologie
LEROY Philippe	IUT A
MACHE Régis	Physiologie végétale
MAGNIN Robert	Hygiène et Médecine préventive
MALLION Jean-Michel	Médecine du travail

MM. MARECHAL Jean	Mécanique* (IUT A)
MARTIN-BOUYER Michel	Chimie (CUS)
MICHOULIER Jean	Physique (IUT A)
Mme MINIER Colette	Physique (IUT A)
MM. NEGRE Robert	Mécanique (IUT A)
NEMOZ Alain	Thermodynamique
NOUGARET Marcel	Automatique (IUT A)
PARAMELLE Bernard	Pneumologie
PECCOUD François	Analyse (IUT B)
PEFFEN René	Métallurgie (IUT A)
PERRET Jean	Neurologie
PERRIER Guy	Géophysique - Glaciologie
PHILIP Xavier	Rhumatologie
RACHAIL Michel	Médecine interne
RACINET Claude	Gynécologie et obstétrique
RAMBAUD André	Hygiène et Hydrologie
RAMBAUD Pierre	Pédiatrie
Mme RENAUDET Jacqueline	Bactériologie
MM. ROBERT Jean-Bernard	Chimie-Physique
ROMIER Guy	Mathématiques (IUT B)
SHOM Jean-Claude	Chimie générale
STOENNER Pierre	Anatomie pathologique
VROUSOS Constantin	Radiologie

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

M. COLE Antony	Sciences Nucléaires
----------------	---------------------

CHARGE DE FONCTIONS DE MAITRES DE CONFERENCES

M. JUNIEN-LAVILLAVROY Paul	O.R.L.
----------------------------	--------

Fait à SAINT MARTIN D'HERES, DECEMBRE 1975.

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

Président : M. Louis NEEL
Vice-Présidents : MM. Jean BENOIT
Lucien BONNETAIN

PROFESSEURS TITULAIRES

MM. BENOIT Jean	Radioélectricité
BESSON Jean	Electrochimie
BLOCH Daniel	Physique du solide
BONNETAIN Lucien	Chimie Minérale
BONNIER Etienne	Electrochimie et Electrometallurgie
BRISSONNEAU Pierre	Physique du solide
BUYLE-BODIN Maurice	Electronique
COUMES André	Radioélectricité
FELICI Noël	Electrostatique
LESPINARD Georges	Mécanique
MOREAU René	Mécanique
PARIAUD Jean-Charles	Chimie-Physique
PAUTHENET René	Physique du solide
FERRET René	Servomécanismes
POLOUJADOFF Michel	Electrotechnique
SILBER Robert	Mécanique des Fluides

PROFESSEURS ASSOCIES

MM. RUPPERSBERG Albert, Henner	Chimie
ROUXEL Roland	Automatique

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. BLIMAN Samuel	Electronique
BOUVARD Maurice	Génie Mécanique
COHEN Joseph	Electrotechnique
DURAND Francis	Métallurgie
FOULARD Claude	Automatique
LACOUME Jean-Louis	Géophysique
LANCIA Roland	Electronique
VEILLON Gérard	Informatique Fondamentale et appliquée
ZADWORNY François	Electronique

MAITRES DE CONFERENCES

MM. ANCEAU François	Mathématiques Appliquées
BOUDOURIS Georges	Radioélectricité
CHARTIER Germain	Electronique
GUYOT Pierre	Chimie Minérale
IVANES Marcel	Electrotechnique
JOUBERT Jean-Claude	Physique du solide
MORET Roger	Electrotechnique Nucléaire
PIERRARD Jean-Marie	Hydraulique
ROBERT François	Analyse numérique
SABONNADIÈRE Jean-Claude	Informatique Fondamentale et appliquée
Mme SAUCIER Gabrièle	Informatique Fondamentale et appliquée

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

M. LANDAU Ioan	Automatique
----------------	-------------

CHERCHEURS DU C.N.R.S. (Directeur, et Maîtres de Recherche

- MM. FRUCHART Robert	Directeur de Recherche
ANSARA Ibrahim	Maître de Recherche.
CARRE René	Maître de Recherche.
DRIOLE Jean	Maître de Recherche
MATHIEU Jean-Claude	Maître de Recherche
MUNIER Jacques	Maître de Recherche

AVANT - PROPOS

Au terme de mon étude, je tiens à témoigner ma gratitude à Monsieur le Professeur R. BARBIER, membre du Comité Technique Permanent des Barrages, qui m'a accueilli au laboratoire de géologie appliquée, et qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Je tiens tout particulièrement à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur J. LETOURNEUR, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, qui n'a cessé de m'apporter son aide et ses encouragements. Ses critiques et ses conseils ont marqué chaque page de ce travail, et il m'a fait connaître la beauté et la précision de la langue française.

Je remercie M. le Professeur R. MICHEL d'avoir bien voulu participer à mon jury.

Je remercie M. J. MANTE, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur Départemental de l'Equipement, qui a bien voulu participer à mon jury après m'avoir ouvert les portes de son service où j'ai reçu de M. J.-M. DENIZON, Ingénieur des Ponts et Chaussées, l'accueil le plus efficace.

Je tiens particulièrement à remercier M. P. ANTOINE, Professeur à l'Ecole Nationale des T.P.E., pour ses conseils et ses critiques judicieux.

J'ai eu particulièrement affaire, au Laboratoire Départemental des Ponts et Chaussées, à M. P. CAMPOROTA, Chef du laboratoire, que je ne saurais trop remercier pour sa sympathie, ses conseils et l'aide qu'il m'a consentie, ne ménageant pour moi ni son temps, ni sa peine.

Je remercie aussi M. C. RENAULT, Ingénieur T.P.E., qui a mis à ma disposition les dossiers concernant la route nationale 75.

Mes remerciements vont aussi à M. M. DAYRE, Ingénieur E.N.S.G., Maître-assistant à l'Institut de Mécanique de Grenoble, qui m'a accueilli au laboratoire de Mécanique des Roches.

Je remercie M. D. FABRE, Ingénieur E.C.L., assistant à l'Institut Dolomieu, qui a toujours su me réserver une partie de son temps pour me décharger avec gentillesse des multiples problèmes matériels qui m'assaillaient.

Je tiens à témoigner ma gratitude à M. K. ERGUVANLI, Professeur à l'Université Technique d'Istanbul, qui m'a initié à la géologie appliquée.

Je remercie le Ministère de l'Education Nationale Turc dont j'étais boursier pendant mon séjour en France.

Je remercie Mme Th. VALLIER et M. R. CHABERT pour la part qu'ils ont prise à la frappe et à l'impression de ce mémoire.

Je remercie particulièrement M. DEMENJON, pour les essais granulométriques.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous les enseignants, aux techniciens de l'Institut et de l'Equipement qui m'ont aidé à faire aboutir mon travail.

Que mes parents et mes amis trouvent ici la marque de mon affection.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : LE CADRE NATUREL

Chapitre 1 : Le cadre géographique

Chapitre 2 : Le cadre géologique

DEUXIEME PARTIE : LES PROBLEMES GEOTECHNIQUES

Chapitre 3 : Etude géotechnique des formations rencontrées

Chapitre 4 : Utilisation des méthodes géophysiques

Chapitre 5 : Désordres éprouvés par la route actuelle

Chapitre 6 : Carte géotechnique de la région traversée

CONCLUSIONS

Perspectives d'évolution de la route

ANNEXE

Propriétés des calcaires marneux du Jurassique moyen

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

TABLE DES MATIERES

PHOTOS

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

18 AOUT 2003

INTRODUCTION

C'est dans le cadre d'une collaboration désormais bien établie entre l'Institut Dolomieu et la Direction Départementale de l'Équipement que ce travail a pu être entrepris.

La route nationale 75 (R.N. 75), surtout entre Vif et le Col de la Croix-Haute, manifeste plusieurs sortes de désordres (affaissements, glissements de terrain, chutes de pierres, etc.) qui posent de sérieux problèmes techniques en temps normal ou à l'occasion des travaux d'élargissement et de redressement et constituent aussi une gêne, voire un danger, pour les usagers. La concentration et la répétition de ces désordres justifiaient une étude géologique et géotechnique détaillée du tracé et de son voisinage, sujet du présent mémoire.

Notre travail, à l'occasion duquel nous avons voulu montrer l'intérêt que présente, avant toute réalisation d'ouvrages de Génie civil, un examen géologique complet, comporte six chapitres :

- le cadre géographique, où sont étudiés les caractères généraux de la région, sa morphologie, son climat et son urbanisation ;
- le cadre géologique, consacré à l'étude lithologique et structurale des terrains quaternaires et du socle, ainsi qu'à leur hydrogéologie ;
- le troisième chapitre est réservé à l'étude géotechnique de chacune de ces formations, à partir d'essais de laboratoire et d'observations de terrain ;
- l'utilisation des méthodes géophysiques a été abordée dans le quatrième chapitre ;
- dans le cinquième chapitre, nous avons passé en revue les diverses catégories de désordres actuellement recensées. L'étude de leur contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique, ainsi que la consultation des dossiers de l'Équipement, qui nous ont permis d'obtenir des informations sur les observations déjà effectuées et sur le passé de ces désordres, nous ont aidé à en déterminer les causes et à proposer les solutions qui nous semblent le mieux s'y adapter ;
- enfin, à la lumière des données obtenues précédemment, qui permettent un jugement sur l'aptitude à l'implantation routière dans les divers terrains, en fonction de leur nature et de la morphologie locale, nous avons établi une carte géotechnique, destinée à faciliter l'étude de futurs projets et le choix entre des variantes de leur tracé.

En conclusion, nous avons discuté la possibilité de transformer et de rénover le tracé actuel pour satisfaire aux besoins de l'avenir.

Avant d'entamer notre étude, nous présentons sommairement l'histoire et la situation actuelle de la R.N. 75.

PRESENTATION DE LA R.N. 75

Le réseau routier français comprend 1 370 000 km environ de routes de toutes catégories (fig. 0.1a). Le récent plan de "relance" économique prévoit un investissement assez important dans ce domaine. Le développement des autoroutes s'accélère depuis quelques années. Les longueurs cumulées des différentes catégories de routes sont les suivantes :

- Autoroutes : 2 000 km (au 1.1. 1973)
- Routes nationales : 81 000 km
- Routes départementales : 285 000 km
- Routes communales : 405 000 km
- Chemins ruraux : 600 000 km

Une partie des nationales (53 000 km environ) a été déclassée récemment.

I - HISTOIRE DE LA R.N. 75

La R.N. 75, route qui relie Châlon-sur-Saône à Sisteron, est un axe de circulation N-S qui s'intercale entre les voies du couloir rhodanien (Dijon - Lyon - Marseille, fig. 0.1a), d'importance économique primordiale, et les diverses "routes des Alpes", parallèles à la frontière italienne (fig. 0.1b) qui, traversant un territoire plus montagneux, sont d'un parcours plus délicat qui leur vaut surtout une réputation touristique.

Grenoble est la ville la plus peuplée que traverse la R.N. 75, à la moitié de sa longueur. Pour ce centre, à la fois industriel et touristique, elle constitue un axe important qui le relie d'une part à la région parisienne, par l'intermédiaire de la Bourgogne, et d'autre part au littoral méditerranéen, par les régions provençales.

La création de cette route a été projetée par Lesdiguières au début du XVIIe siècle. Le chemin de la Croix-Haute, depuis Grenoble, n'est alors pratiqué que jusqu'au col du Fau par charrettes chargées. Du col jusqu'au pont de Saint-Martin, déjà construit en pierre par Lesdiguières, des travaux ont été effectués, de 1765 à 1775, par le moyen de la corvée.

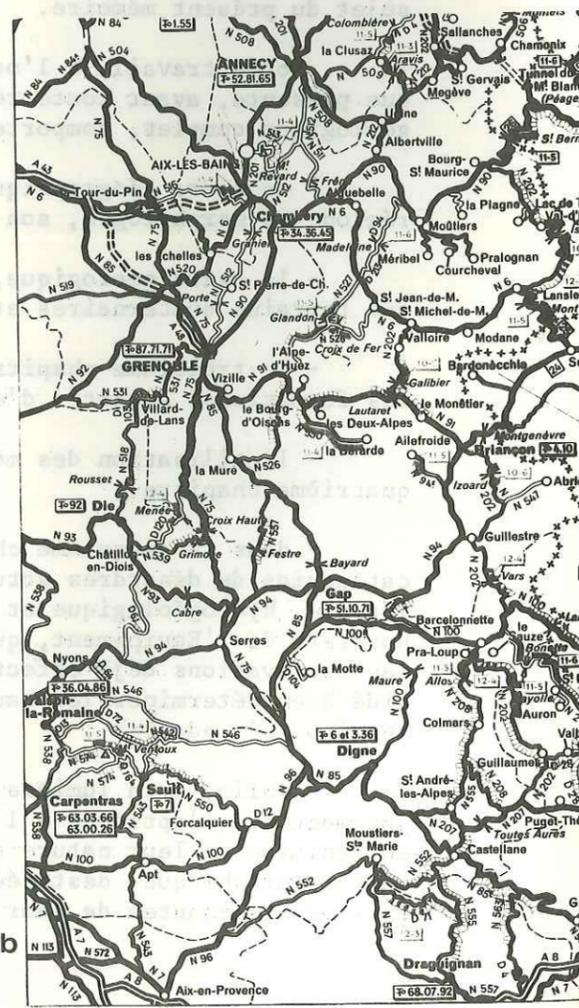
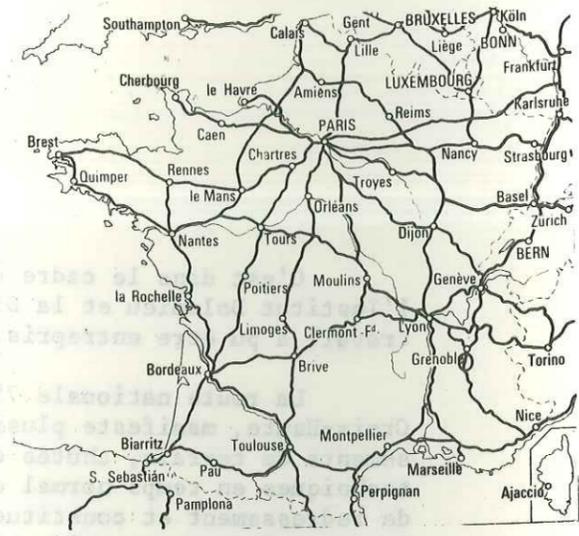
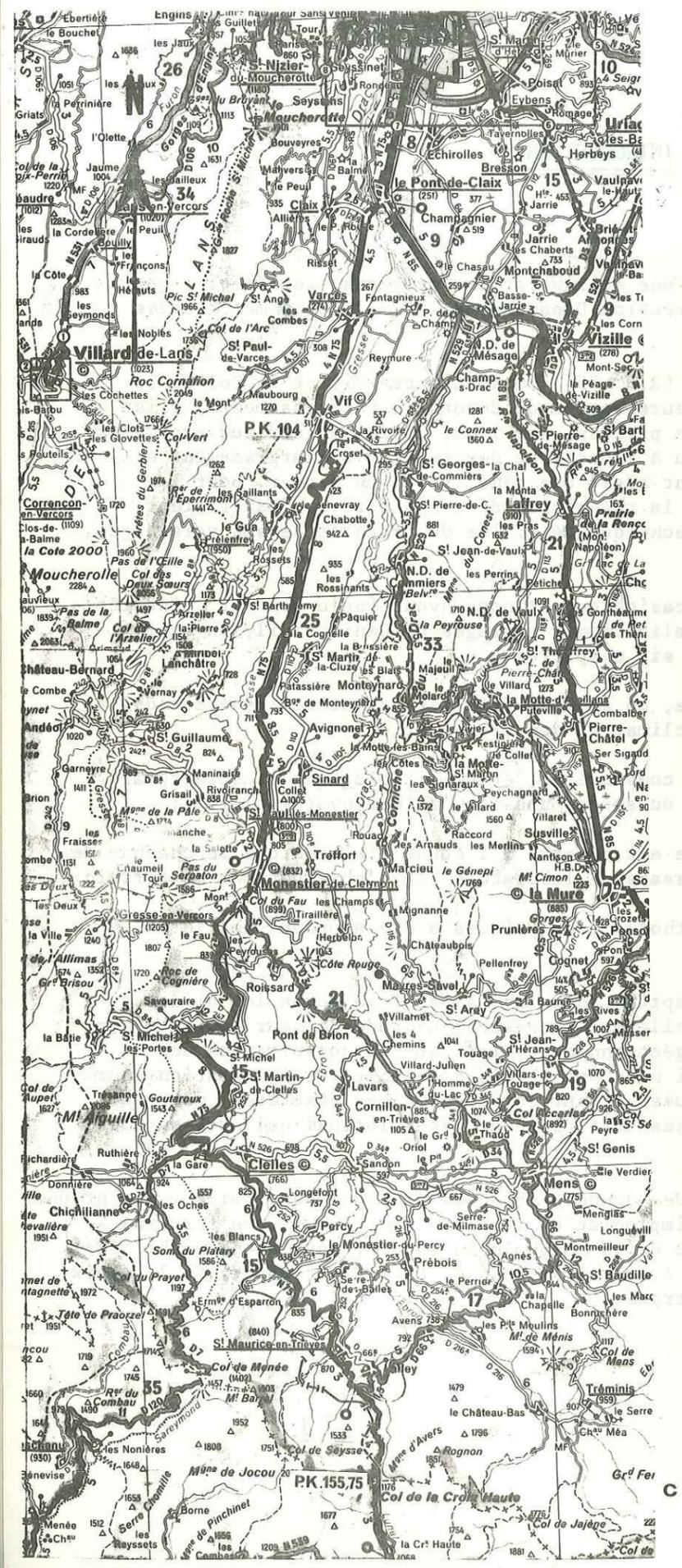
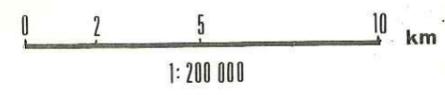


Fig.0.1 Situation de la RN.75 dans le réseau français.



Après la construction du pont de Claix et la liaison de tracés fragmentaires, cette route a pu atteindre le col du Fau à la fin du XVIIIe siècle. Au-delà de Clelles, elle n'aboutit qu'en 1825 à la Croix-Haute. Presque aussitôt après, en 1834, la route La Mure-Mens a rejoint, à Lalley, celle du col. Enfin, dans la seconde moitié du siècle, le Trièves a été relié au Diois par Chichilianne, la construction du tunnel du col de Menée ayant été terminée en 1885.

II - LA R.N. 75 ACTUELLE

Relativement au tracé emprunté au XIXe siècle, le tracé comporte des différences qui vont bien au-delà de la simple rectification.

Les principaux tronçons de la route ancienne qui ne font plus, aujourd'hui, partie de la R.N. 75, sont situés en Trièves (fig. 0.1c) :

- Gerbaud - Vicaire - Saint-Martin-de-Clelles ;
- Longefont - Percy - Le Monestier-du-Percy - Les Bailes ;
- Saint-Maurice-en-Trièves - Lalley.

La justification de l'ancien tracé était de passer de village en village, en utilisant à cette occasion les vieux chemins qui les liaient, et de maintenir les routes dans les localités, sous des prétextes commerciaux.

Les causes qui ont milité pour un changement aussi important et contraire aux traditions sont les suivantes :

- éviter quelques rampes trop prononcées,
- éviter des zones très instables,
- profiter, un peu plus haut dans le versant, d'une zone moins profondément découpée par l'érosion régressive, à l'amont de la tête des cours d'eau secondaires dont le bassin de réception ne déborde pas, vers l'W, la corniche tithonique.

La R.N. 75 sort de Grenoble à faible altitude (214 m). Après Pont-de-Claix, elle emprunte la rive droite de la vallée de la Gresse et, par une rampe irrégulière, parvient au col du Fau (899 m). Ensuite, elle descend légèrement en direction de Clelles, jusqu'à 825 mètres d'altitude. Au Col de la Croix-Haute, elle atteint une altitude de 1176 mètres (point culminant de la section étudiée).

Les dénivellations et les déclivités sont les suivantes :

Itinéraire	Altitude (m)	Déclivités (%)
Grenoble - Vif	214 - 311	0,6
Vif - Col du Fau	311 - 899	3,5
Col du Fau - Clelles	899 - 825	(-) 0,5
Clelles - Col de la Croix-Haute	825 - 1176	2,0

A) POINTS KILOMETRIQUES

Nous nous référons souvent, dans les prochains chapitres, aux "points kilométriques" (P.K.) pour préciser l'emplacement des observations effectuées. Le tronçon qui nous intéresse se situe entre les P.K. 104 (Vif) et 155 (col de la Croix-Haute).

Ils sont relatifs au tracé de la route en 1964. Mais par suite des rectifications entreprises, le développement de celle-ci se trouve sans cesse modifié : pour cette raison, la référence aux P.K., indispensable pour une désignation précise des lieux décrits, ne peut être utilisée pour un calcul rigoureux de la distance qui les sépare.

B) INTENSITE DU TRAFIC, DETERMINATION DU PARAMETRE "TRAFIC" Ti

Ti caractérise des catégories de trafic journalier moyen dans les deux sens de circulation. Il est défini par le tableau I.

Trafic	Catégorie de trafic proposé
Ti > 15 000 V/j	Etude spéciale
15 000 > Ti > 6 000 V/j	T1
6 000 > Ti > 3 000 V/j	T2
3 000 > Ti > 750 V/j	T3
750 > Ti > 200 V/j	T4

Tableau 0.1 - Définition de Ti.
(V/j = véhicules par jour).

Pour l'estimation du trafic lourd (plus de 5 t de charge utile), on fait les hypothèses suivantes :

- il est le même dans les deux sens ;
- il représente 12-14 % du trafic total ;
- il croît linéairement à raison de 7 % par an du trafic lors de la mise en service.

Les chiffres du trafic en 1970, indiqués par le Bureau de la Circulation de Grenoble, sont les suivants :

- Echirolles - Pont-de-Claix (P.K. 91,9 à 95,8)
Voie Nord-Sud 11600 véhicules/jour (12 % P.L.)
 - Voie Sud-Nord 13300 véhicules/jour (12 % P.L.)
- classé > 15 000

- Pont-de-Claix - Varcès (P.K. 95,8 à 100,5)
5 950 véhicules/jour (12 % P.L. = 700 P.L.) classe T1
- Varcès - Monestier-de-Clermont (P.K. 100,5 à 121)
3 510 véhicules/jour (14 % P.L. = 490 P.L.) classe T2
- Monestier-de-Clermont - Lus (P.K. 121 à 164,940)
2 250 véhicules/jour (14 % P.L.) classe estimée T2.

PREMIERE PARTIE

LE CADRE NATUREL

Chapitre 1 : LE CADRE GEOGRAPHIQUE

- I CARACTERES GENERAUX
- II LE CLIMAT
- III L'ECONOMIE RURALE
- IV LA MORPHOLOGIE

Chapitre 2 : LE CADRE GEOLOGIQUE

- I TERRAINS DU SOCLE
- II LES EVENEMENTS QUATERNAIRES ET LEURS CONSEQUENCES
- III L'HYDROGEOLOGIE

- Pont-de-Claix - Varces (P.K. 95,9 à 100,5)
5 950 véhicules/jour (12 % P.L. = 700 P.L.) classe T1
- Varces - Monestier-de-Clermont (P.K. 100,5 à 121)
3 510 véhicules/jour (14 % P.L. = 490 P.L.) classe T2
- Monestier-de-Clermont - Lus (P.K. 121 à 164,940)
2 250 véhicules/jour (14 % P.L.) classe estimée T2.

PREMIERE PARTIE

LE CADRE NATUREL

Chapitre 1 : LE CADRE GEOGRAPHIQUE

- I CARACTERES GENERAUX
- II LE CLIMAT
- III L'ECONOMIE RURALE
- IV LA MORPHOLOGIE

Chapitre 2 : LE CADRE GEOLOGIQUE

- I TERRAINS DU SOCLE
- II LES EVENEMENTS QUATERNAIRES ET LEURS CONSEQUENCES
- III L'HYDROGEOLOGIE

LE CADRE GEOGRAPHIQUE

I - CARACTERES GENERAUX

A. - INTRODUCTION

La région étudiée s'étend sur une portion du sillon subalpin, plus précisément celle qui est occupée par la moyenne vallée de la Gresse puis par le bassin du Trièves.

Le bassin de la Gresse moyenne, relativement étroit, est limité vers l'E par une cuesta de Dogger et vers l'W par une corniche tithonique. Cette corniche est un élément de la barrière orientale du Vercors, dominée plus loin vers l'W par la corniche urgonienne, qui porte les sommets les plus élevés de ce massif. Cette dernière va se poursuivre, avec un aspect comparable, tout au long de la dépression du Trièves.

Vers l'E et le SE, la cuvette du Trièves, beaucoup plus large que le sillon de la Gresse, se trouvera bornée par le massif du Dévoluy (fig. 1.1).

B. - STRUCTURE D'ENSEMBLE

Le Trièves correspond à la retombée méridionale d'un dôme très régulier. La grande série isoclinale se termine à la barre tithonique du bord subalpin. La médiocrité des affleurements n'y permet pas toujours de suivre les accidents tectoniques.

Dans la Gresse, sur la bordure orientale du Vercors, les redoublements de l'Urgonien et du Tithonique (près de Vif) s'expliquent par des plis déversés vers l'Ouest. Le bord subalpin est affecté par de grandes fractures SW-NE ou NW-SE.

C. - LES EAUX COURANTES

On ne connaît pas de façon précise le régime des cours d'eau de la région, faute de stations de mesure, mais on peut fournir, à leur sujet, quelques indications générales.

Les torrents du Trièves, dont les principaux sont l'Ebron et la Vanne, ont des débits élevés au printemps, à la fonte des neiges, et en automne lors de fortes pluies. Ces deux maximums sont séparés par des maigres (régimes d'été et d'hiver).

Les cours d'eau du Trièves drainent un bassin trop réduit pour permettre une utilisation industrielle importante. Ils sont d'autre part très difficiles à dériver pour l'irrigation, à cause des gorges aux versants peu stables où ils coulent la plupart du temps.

D. - LA VEGETATION

La végétation arborescente est représentée par des boqueteaux de pins et de sapins. Les pins sont en général installés sur les argiles, dont leurs racines freinent souvent les mouvements superficiels, donc aux abords des ravins et particulièrement de l'Ebron, dont le thalweg est ainsi l'axe forestier de la région. La proportion des sapins augmente avec l'altitude. La forêt s'élève environ jusqu'à 1500-1600 mètres. Le hêtre, le chêne, le genévrier, le buis sont plus rares que pin et sapin.

On trouve aussi des noyers et d'autres arbres fruitiers aux abords des villages.

Quant au reste de la végétation, il témoigne, en Trièves, de la pénétration d'influences méditerranéennes dont les facteurs climatiques peuvent rendre compte.

II - LE CLIMAT

A. - INTRODUCTION

La région est soumise à un climat de tendance méditerranéenne. Les vents humides du Sud ont un rôle dans la distribution des précipitations : les souffles du Midi apportent les pluies.

La Traverse, soufflant directement de l'Ouest, apporte des averses d'orage par dessus le Vercors. Elle perd peu à peu de sa puissance, de Grenoble vers le Trièves.

B. - LA PLUVIOMETRIE

Nous avons réuni, dans le tableau 1.1, les moyennes annuelles des précipitations de ces dix dernières années (1965 à 1974) pour les stations de Clelles, Lalley et Monestier-de-Clermont, qui se trouvent sur le tracé de la R.N. 75. Les autres stations citées sont situées à proximité immédiate de la zone étudiée. Sur ce tableau ainsi que sur la fig. 1.3, on voit facilement le rôle de l'altitude : la tranche d'eau reçue augmente en même temps que celle-ci. Seule exception, Mens, dont la position, nettement plus orientale, expliquerait le régime un peu particulier.

Si l'on se réfère à une statistique portant sur 10 ans à Monestier-de-Clermont, c'est le mois de novembre qui détient le record absolu de pluie avec 119 mm (fig. 1.2). Septembre et octobre sont les mois les plus secs. Mais la pluviosité garde une répartition très irrégulière d'une année à l'autre.

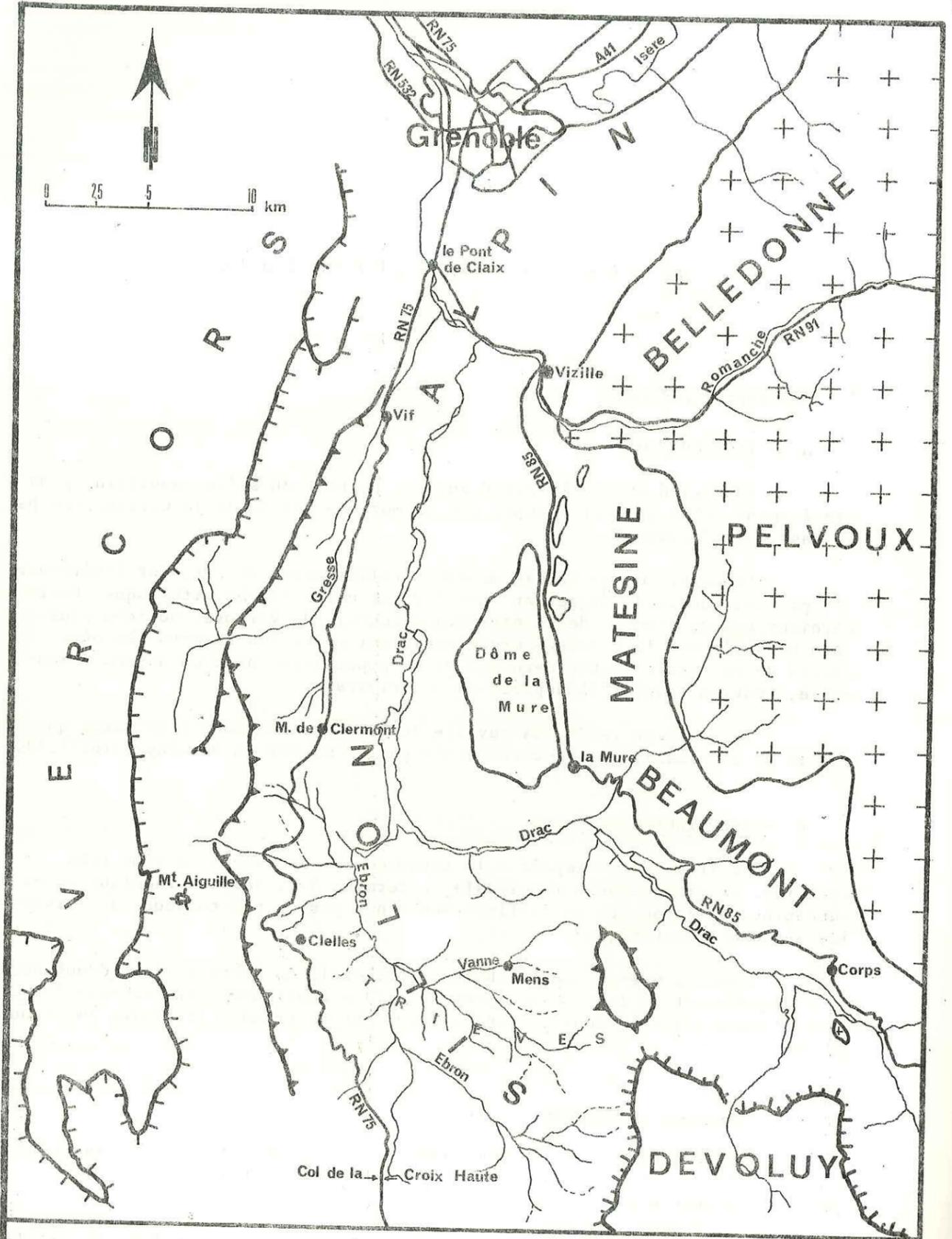
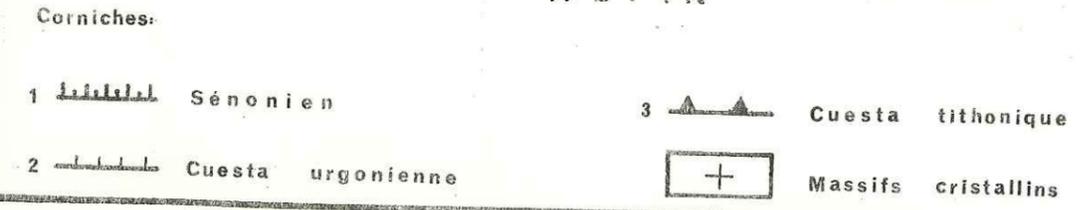


Fig:1.1. SCHEMA STRUCTURAL SIMPLIFIE DU SUD DU SILLON ALPIN



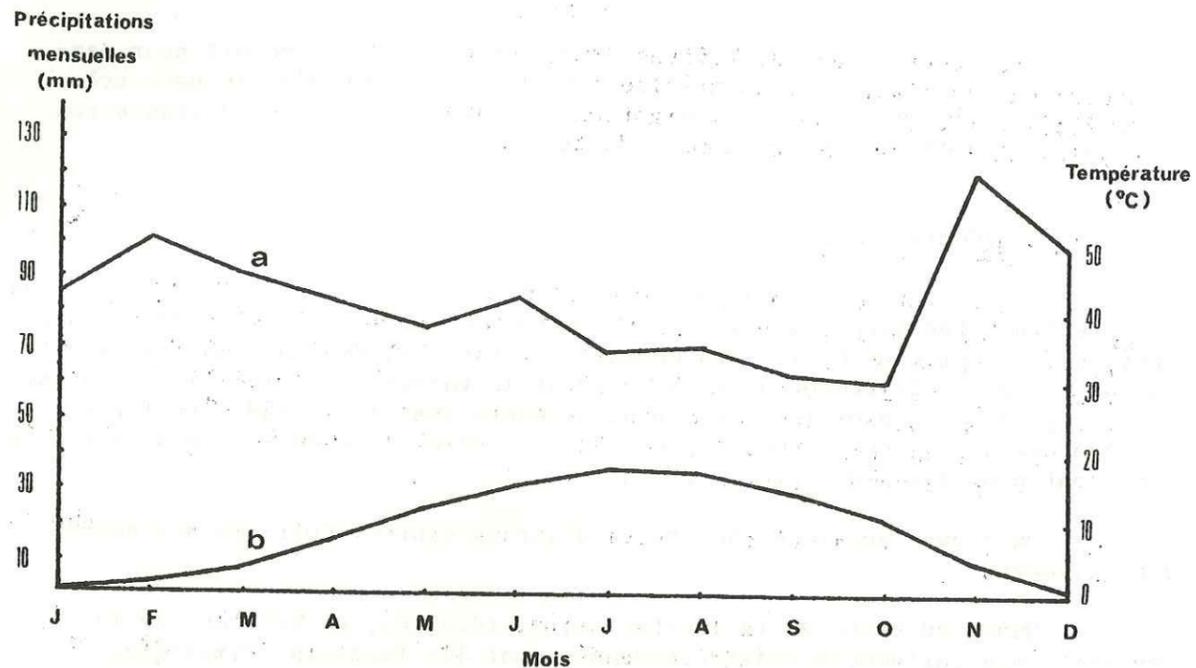


Fig. 1.2. Diagramme pluvio-thermique de Monestier-de-Clermont pour la période

1964 - 1973

a- Pluviométrie.

b- Température.

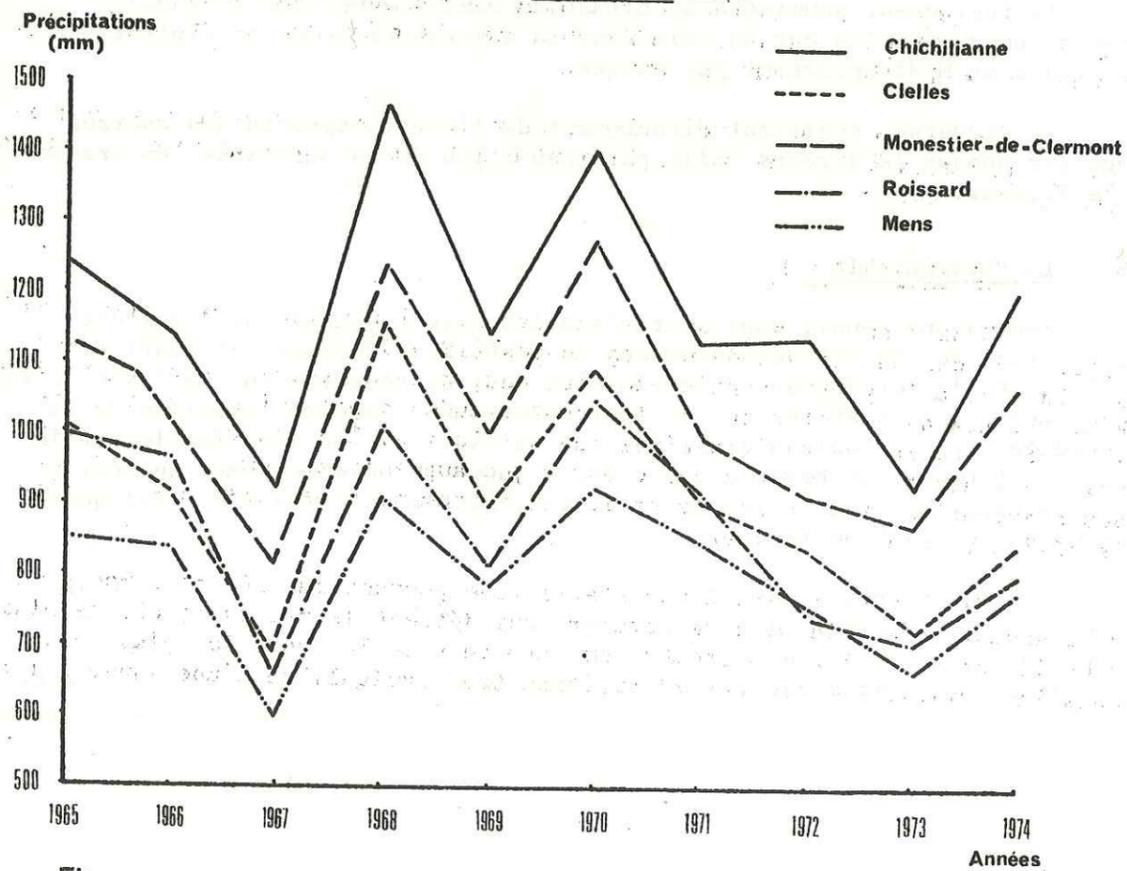


Fig. 1.3. Régime interannuel des pluies.

Stations	Altitudes	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	Moyenne
Chichilianne	990	1247	1139	902	1467	1141	1400	1133	1137	925	1213	1170,4
Lalley	850	-	-	-	-	1134	1318	1175	1151	903	1061	1123,6
Monestier-de-Clermont	800	1132	1083,8	812	1236	1003	1277	996	918	873	1069	1039,4
Mens	780	851	834	597	907	784	927	849	751	670	780	795,0
Clelles	766	1008	914	693	1152	893	1090	907	838	729	846	907,0
Roissard	730	999	946,7	658	1004	811	1050	914	747	707	804	865,8

Tableau 1.1 - Totaux pluviométriques annuels (mm)

Les moyennes établies sur 30 ans, mais seulement pour les plus anciennes stations, figurent sur le tableau 1.2.

STATIONS	ALTITUDE	MOYENNES TRENTENAIRES
Clelles	766	926
Mens	780	810
Monestier-de-Clermont	800	1038

Tableau 1.2. Moyennes établies sur 30 ans (1936 - 1965) (en mm)

Le nombre de jours de précipitations varie de 80 (Mens, en 1971) à 173 (Chichilianne, en 1966) (voir tableau 1.3.).

C. - LA NEIGE

Les observations sur les précipitations neigeuses ont été commencées à partir de 1966 (sauf à Lalley, 1969). Le nombre de jours de neige peut beaucoup varier d'une année à l'autre (tableau 1.3).

D. - LA TEMPERATURE

Nous avons établi une moyenne sur les dix dernières années pour la station de Monestier-de-Clermont.

Années	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	Moyenne
°C	8,3	8,2	9,1	9,0	8,9	8,6	8,9	8,9	9,0	8,5	8,7

Pour la même station, les moyennes mensuelles, portant sur 10 ans, sont les suivantes :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964												
1973	0	1,5	3,4	7,7	12,1	15,1	17,7	17,2	14,4	10,7	4,5	0
°C												

Janvier et décembre ont les températures les plus basses, juillet et août étant les mois les plus chauds.

Stations	Années												
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974			
Chichilianne	990	154	173(43)	131(37)	165(52)	160(50)	167(72)	116(35)	135(42)	127(45)	142(56)		
Lalley	850	-	-	-	-	147(49)	154(77)	113(34)	138(39)	117(43)	127(38)		
Monestier-de-Clermont	800	130	127(34)	101(19)	120(33)	105(23)	127(37)	84(14)	111(23)	93(28)	108(27)		
Mens	780	117	131(38)	95(29)	113(36)	104(31)	111(43)	80(23)	101(22)	89(30)	100(33)		
Clelles	766	131	146(35)	110(22)	147(36)	139(36)	147(45)	97(16)	128(26)	102(27)	101(25)		
Roissard	730	151	137(37)	113(20)	128(37)	123(34)	139(45)	95(25)	109(20)	85(28)	104(25)		

N. B. - Le premier nombre indique le total des jours de pluie et de neige. Entre parenthèses, le nombre de jours de neige.

Tableau 1.3. Nombre de jours de précipitations (> 0,1 mm).

Les températures minimales et maximales absolues de la période 1959-1972 ont été les suivantes :

Station	Minimum absolu		Maximum absolu	
	°C	Année	°C	Année
Monestier-de-Clermont 800 m	-19,0	1971	34,0	1968

Quant au nombre de jours de gel et de jours sans dégel, toujours pour la station de Monestier-de-Clermont, il s'établit ainsi :

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	Moyenne
G : SD	115 : 27	105 : 24	106 : 32	120 : 27	133 : 21	90 : 7	156 : 28	117,8 : 23,7

G : Nombre annuel de jours de gel
(température minimale sous abri $\leq 0^{\circ}\text{C}$)

SD : Nombre de jours sans dégel
(température maximale sous abri $\leq 0^{\circ}\text{C}$)

E. - INDICE DE GEL

Le degré d'influence de la température, autrement dit la rigueur de l'hiver, est traduit par l'indice de gel. Celui-ci se calcule en traçant des courbes de températures moyennes journalières cumulées.

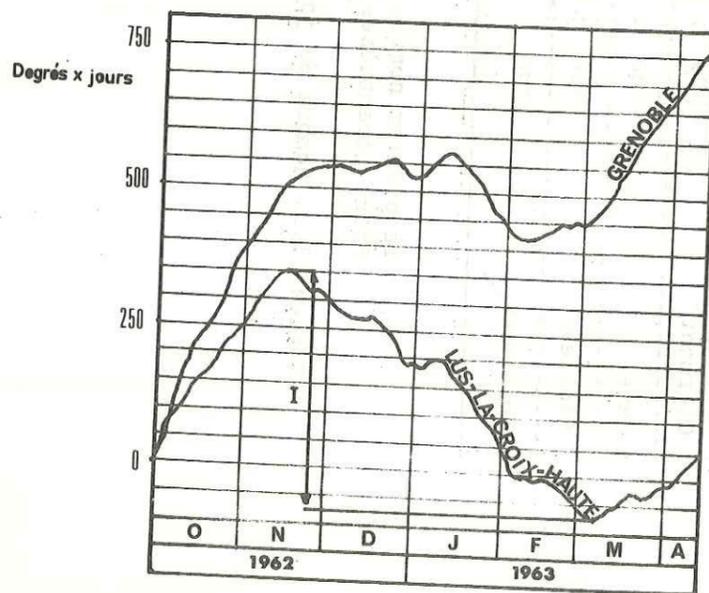


Fig. 1.4. - Courbes des températures moyennes journalières cumulées. Hiver 1962-1963. Définition de l'indice de gel I.

La figure 1.4 montre les courbes obtenues pour les stations de Grenoble et Lus-la-Croix-Haute au cours de l'hiver 1962-1963 et la définition, pour l'une des courbes, de l'indice de gel (I).

Pour ces deux stations, les indices de gel des périodes de gel des hivers 1951-1952 à 1969-1970 sont les suivantes (tableau 1.4).

Hiver	Station	GRENOBLE	LUS-LA-CROIX HAUTE
1951 - 1952		68	190
1952 - 1953		65-10	15-275*
1953 - 1954		32-55	170-10
1954 - 1955		0	12-90
1955 - 1956		170	45-20-275-16
1956 - 1957		10-30	30-25-60-10
1957 - 1958		0	15-80-57
1958 - 1959		7-18	15-70-10
1959 - 1960		65	10-90-25
1960 - 1961		0	100
1961 - 1962		12-10	25-79
1962 - 1963		13-45-170	430
1963 - 1964		60-22	145-17
1964 - 1965		12-11	243
1965 - 1966		50	10-100
1966 - 1967		30	35-16-9
1967 - 1968		-	150-12
1968 - 1969		-	18-162-8
1969 - 1970		-	170-100-15

Tableau 1. 4. Indices de gel des périodes de gel des hivers 1951-1952 à 1969-1970.

* : existence d'interruptions du gel (température $> 0^{\circ}\text{C}$) qui ne se prolongent pas toujours suffisamment pour aboutir à un dégel complet du sol.

Les profondeurs de gel enregistrées sont les suivantes, pour la R.N. 75.

- Hiver 1970-1971	P.K. 155 Col de la Croix-Haute	0,75 m
	P.K. 163,4 Lus-la-Croix-Haute	0,95 m
- Hiver 1971-1972	P.K. 155 Col de la Croix-Haute	0,60 m
	P.K. 163,4 Lus-la-Croix-Haute	0,70 m

L'élevage des volailles et du bétail est assez important dans les petites fermes.

Dans la Basse-Gresse, les prés de toute sorte comptent plus de la moitié du terroir agricole. Les céréales y sont assez restreintes.

B. - POPULATION. URBANISME

La population est essentiellement agricole, sauf à Vif et au N de cette localité. Les communes riveraines de la route bénéficient d'une activité touristique.

La population des petits villages diminue. Au contraire, celle des communes les plus proches de Grenoble (Pont-de-Claix, Claix) connaît une augmentation considérable (tableau 1.5). L'exode de la population jeune constitue un problème crucial pour la région où, en général, seules demeurent des personnes âgées.

Les types d'habitations peuvent être classés en deux groupes nettement différenciés, qui reflètent l'évolution démographique :

- un premier groupe de vieilles habitations et de fermes ;
- un deuxième groupe, constitué par des maisons neuves ou rénovées.

La plupart de ces dernières sont utilisées comme résidences secondaires. Elles sont en voie d'extension, souvent au détriment des précédentes.

IV - LA MORPHOLOGIE

A. - LE RELIEF

L'altitude moyenne en Trièves est de 807 mètres. Le point culminant de la région est le sommet du Jocou (2036 m), au SW de Lalley.

Les principaux sommets de la région sont, côté Vercors, Rocher St-Michel, arêtes du Gerbier, Deux Soeurs, crêtes du Jonier et de la Ferrière, Montagnes de Gresse et de Chaux, Goutaroux, Mont Barral et Jocou ; côté Dévoluy, le Grand Ferrand, l'Obiou et le Châtel ; entre Drac et Trièves, Grand Fays et Côte Rouge. Enfin la Basse-Gresse est bordée, de Monestier-de-Clermont jusqu'à Vif, par la cuesta de calcaires du Jurassique moyen qui culmine à des altitudes de 900 à 100 m (Grand Brion).

B. - LES PAYSAGES

Dans cette région, on peut distinguer quatre types de reliefs bien définis : les crêtes, les glacis, les serres et les gorges.

1. - Les crêtes

Les lignes de crête sont formées par des assises calcaires dont le pendage, dans la région qui nous intéresse particulièrement, est toujours orienté vers l'W.

2. - Les glacis

Les talus d'éboulis issus des divers reliefs se prolongent vers le bas par une surface d'inclinaison décroissante. Simultanément, la couverture de formations superficielles, plus ou moins remaniées et altérées, revêt la pente, de façon beaucoup plus constante. On utilise le terme de "glacis" pour décrire ces formes de transition.

3. - Les serres

Dans leur région aval, là où leur pente est devenue très faible, les glacis sont morcelés par l'érosion régressive des nombreux torrents en buttes étroites et allongées nommées "serres".

Les serres ont une altitude subégale qui s'étage entre 700 m (partie N du Trièves) et 780 m (partie S).

4. - Les gorges

Elles sont encaissées dans les formations superficielles et dans les calcaires marneux du substratum. Les gorges principales sont orientées N-S, les moins importantes sont orientées vers le centre du bassin.

C. - DESCRIPTION DE LA CARTE DES PENTES

Nous avons établi une carte clinographique pour classer les surfaces selon leur pente (cartes 1 à 6, à la fin de ce chapitre).

L'échelle est la suivante :

<u>Pentes (%)</u>	<u>Qualification</u>	<u>Catégorie</u>
>30	Abrupt rocheux	6
>30	Très forte	5
30-20	Forte	4
20-10	Moyenné	3
10-5	Faible	2
<5	Très faible	1

Nous avons été amené à distinguer de la catégorie 5 (>30 %) la catégorie 6 où, en l'absence de terrains de couverture et/ou de végétation, le rocher est à nu. Cette disposition entraîne en effet un risque particulier : celui de chute de blocs, voire même d'écroulements. Il va de soi d'autre part que la catégorie 5 peut atteindre au maximum une pente d'environ 100 %, tandis que le type 6 ira parfois jusqu'à la verticale. Pour cette raison, nous n'avons pas toujours pu le représenter sur la carte, par exemple dans le cas de gorges dont les parois sont subverticales.

En comparant la carte clinographique et la carte lithostratigraphique (cf. chap. 2), il apparaît que certaines formations se caractérisent généralement par un seul type de pente, tandis que d'autres accompagnent au contraire un changement progressif de celle-ci.

D'autre part, la carte des pentes va nous permettre de préciser les termes qui nous ont précédemment servi à décrire la morphologie locale. La description que nous venons de faire du relief, purement géologique, est susceptible d'une appréciation quantitative.

Un profil partant de la corniche tithonique et se dirigeant vers l'arête d'un serre présente une forme concave (fig. 2.5). De haut en bas, celui-ci rencontre successivement :

- un abrupt rocheux (pente de catégorie 6)
- un talus d'éboulis (pente 5)
- un glacis (pentes successives 4, 3 et 2).

Cette disposition, très générale, est typique sur une coupe NW-SE passant légèrement au N de Vicaire.

On remarque également que les serres conservent, longitudinalement, un relief assez comparable lorsque l'on passe des matériaux de glacis aux argiles glacio-lacustres (serre des Sées) ou aux alluvions anciennes A2 (Busat).

Sur une coupe transversale, les serres manifestent également une forme typique, caractérisée par un profil convexe. Leur partie culminante, s'ils sont suffisamment larges, montre des surfaces assez peu inclinées (catégorie 3), tandis que leurs flancs se dépriment brusquement en direction des ravins qui les délimitent, les pentes dessinées dans le manteau quaternaire caillouteux ou argileux se rangeant dans les catégories 4, ou même 5 en cas de ravinement actif, et les gorges creusées dans les Terres Noires étant du type 5 ou même 6.

Une autre forme typique est celle des bassins torrentiels. Celui du ruisseau de Bonson (Saint-Maurice-en-Trièves) se caractérise par un changement progressif de pente. De haut en bas, celui-ci comporte successivement :

- un bassin de réception (pente de catégorie 6)
- une gouttière d'écoulement (pente 4, entre deux flancs de pente 5)
- un cône (pentes 3, puis 2, et un vrai replat (1) au passage sur les basses terrasses).

Quant au torrent de Riffol (le Fau), il ressemble à celui de Saint-Maurice. Il se termine par un cône ayant une forme en éventail très régulière (pentes 3 et 2).

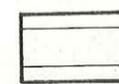
Le secteur de la Gresse se distingue du Trièves de la façon suivante : en Trièves, le cours d'eau principal (Ebron) coule entre 600 et 500 m, à 5 ou 6 km de la corniche tithonique qui le domine toujours de 1000 m environ, ce qui confère au versant une pente moyenne à peine égale à 20 %. Les affluents ont de la place pour s'allonger plus ou moins (pente du ruisseau d'Orbannes, 6 %).

La Gresse, au contraire, est parallèle à l'échine du Grand-Brion, qui la domine de 500 m au moins, de St-Martin-de-la-Cluze au droit du Croset, mais à une distance qui décroît de 2 km (le Croset) à 1,5 km (Faverolles) ou seulement 1 km (Cognelle), de telle sorte que la pente moyenne croît du N au S, entre ces divers points, de 25 à 50 %.

D'autre part, cette pente, au lieu de présenter un profil concave simple, comme en Trièves, montre une irrégularité notable. En effet, la Gresse a défoncé, lors d'une phase de creusement récente, une auge cylindrique bien dessinée, inclinées du S au N. Si, en rive gauche, il subsiste de cette forme de vastes replats (Riveteyre, St-Barthélémy), il n'en reste, en rive droite, qu'un ruban étroit et allongé dont l'élément le plus continu est le plateau de Cognelle - Faverolles (catégories 2 et 1). Cet élément disparaît au N de Genevray, le relais étant pris, plus au N, par les remblais du Sert (4 et 3) et du Croset (1). Au S, il est grignoté par l'affouillement latéral ou même franchement coupé par un petit affluent (ruisseau des Cadorats). Au-delà de la Motte, lorsque l'érosion régressive du Fanjaret et de ses affluents cesse de faire sentir des atteintes trop brutales, cette surface se développe à nouveau et vient se fondre dans les formes molles du remblayage de St-Paul-les Monestier.

Dès à présent, on peut donc noter le contraste qui affecte l'assiette de la R.N. 75. Dans la vallée de la Gresse, son implantation est étroitement commandée par l'existence du replat exigü que nous venons de décrire. A l'occasion, lorsque celui-ci est interrompu, il lui faudra même s'accrocher en pleine pente : le franchissement du ravin des Cadorats en est un exemple typique. Au contraire, dans la section Trièves, on jouira très souvent d'une certaine latitude pour déplacer latéralement son tracé, dans des pentes qui restent relativement modérées, sauf au passage des cours d'eau importants ayant pris naissance au-delà de la corniche tithonique. Toutefois, dans cette topographie plus accueillante, apparaîtront alors souvent des difficultés tenant au sol de fondation lui-même.

Catégorie Pentes(%)

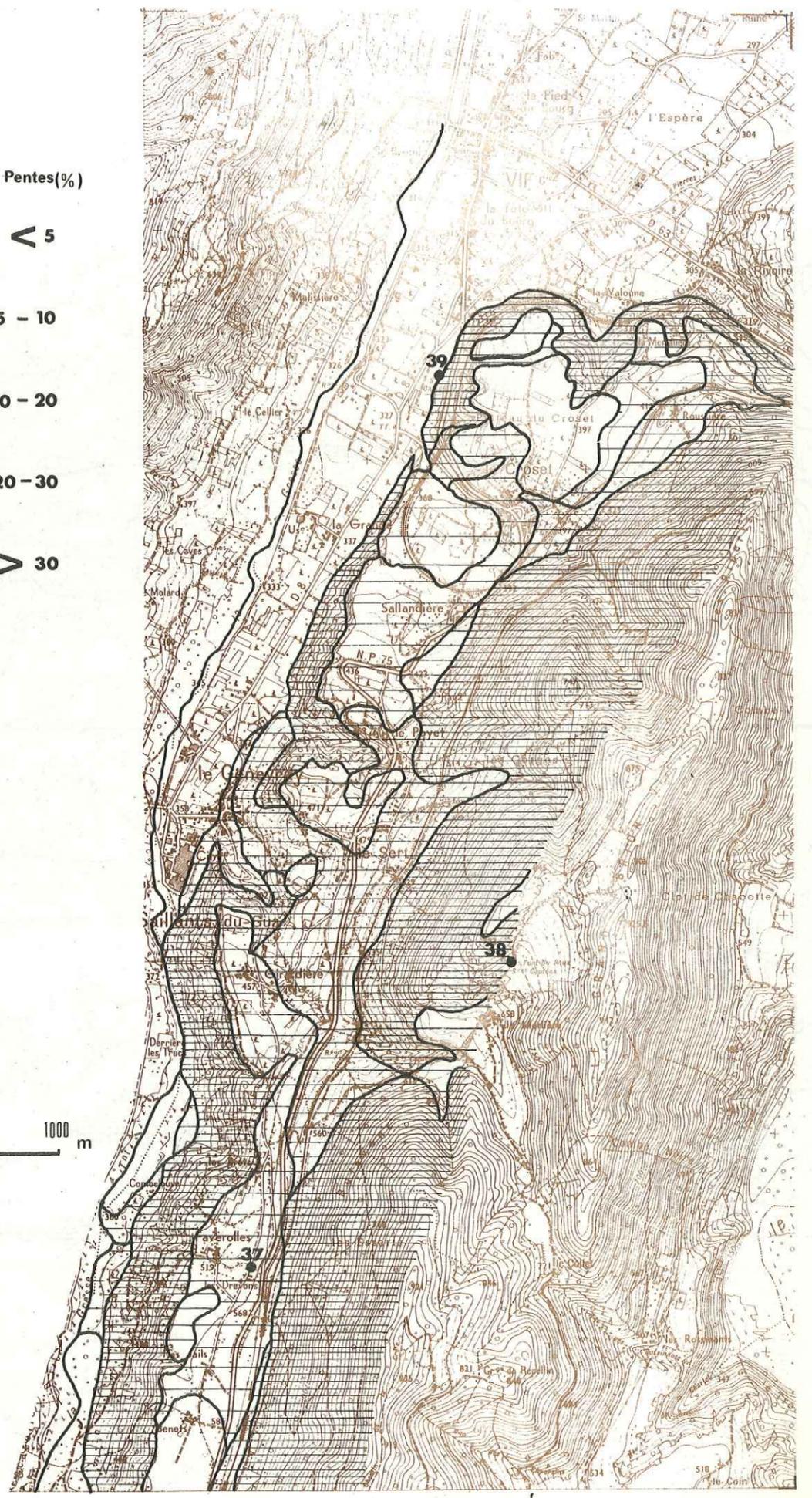
	1	< 5
	2	5 - 10
	3	10 - 20
	4	20 - 30
	5	> 30

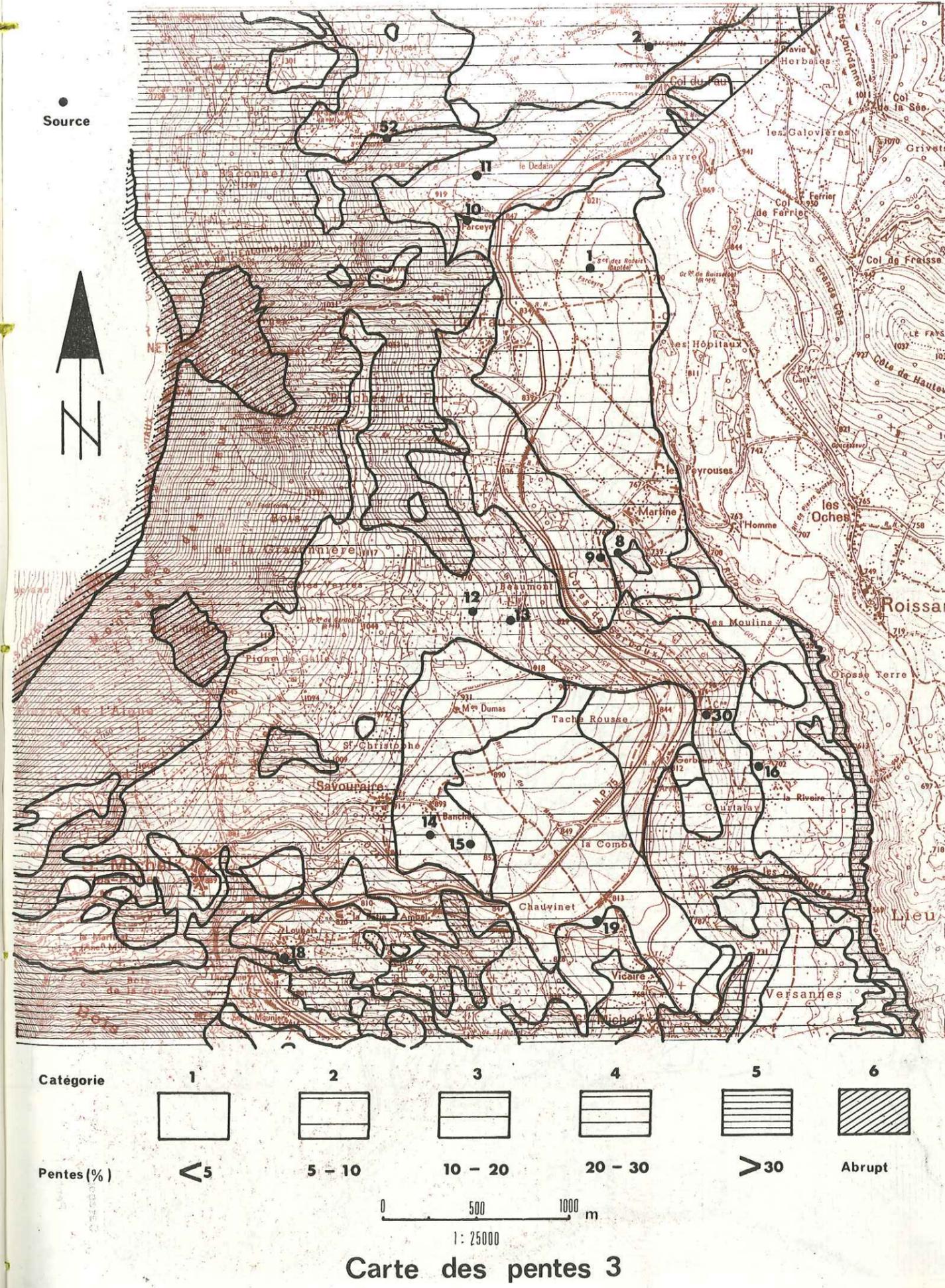
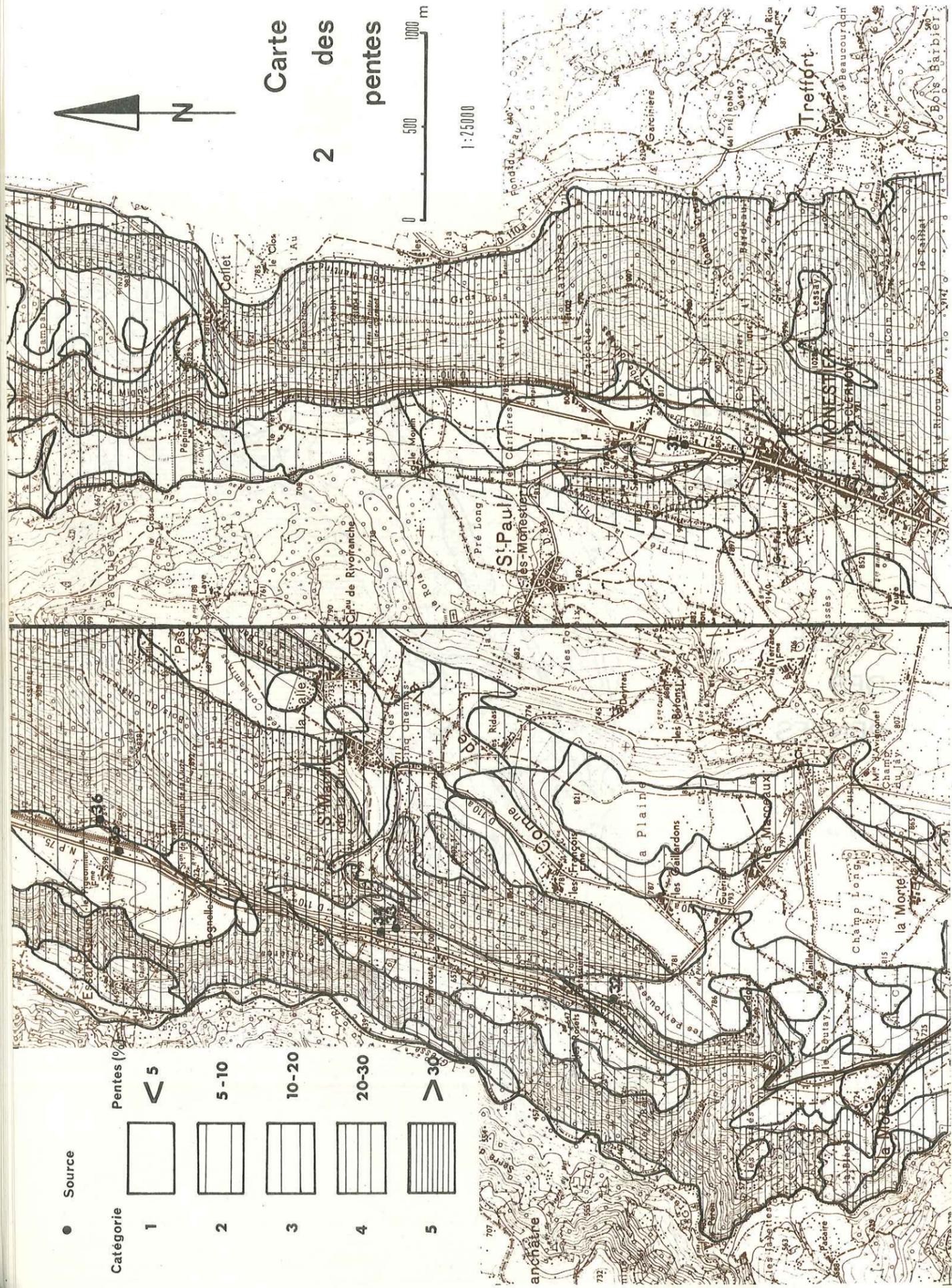
CARTE DES PENTES 1

● Source



1 : 25000





CARTE DES PENTES 4



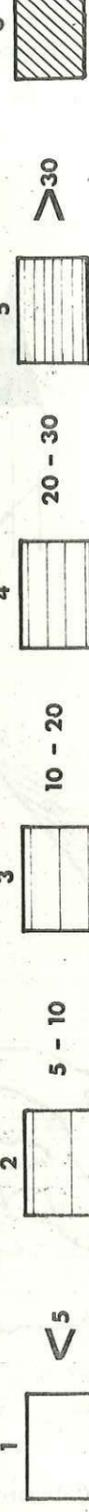
1:25000

● Source



Categorie

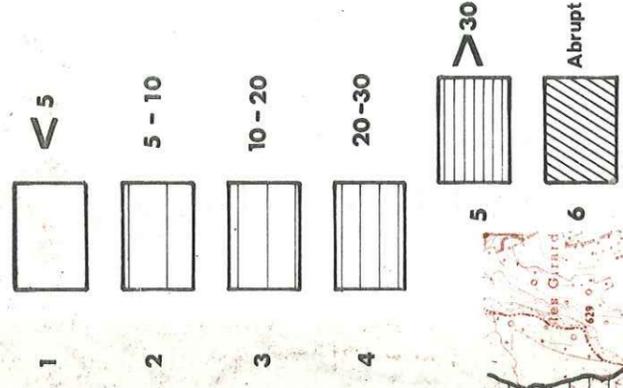
Pentes (%)



Carte des pentes 5

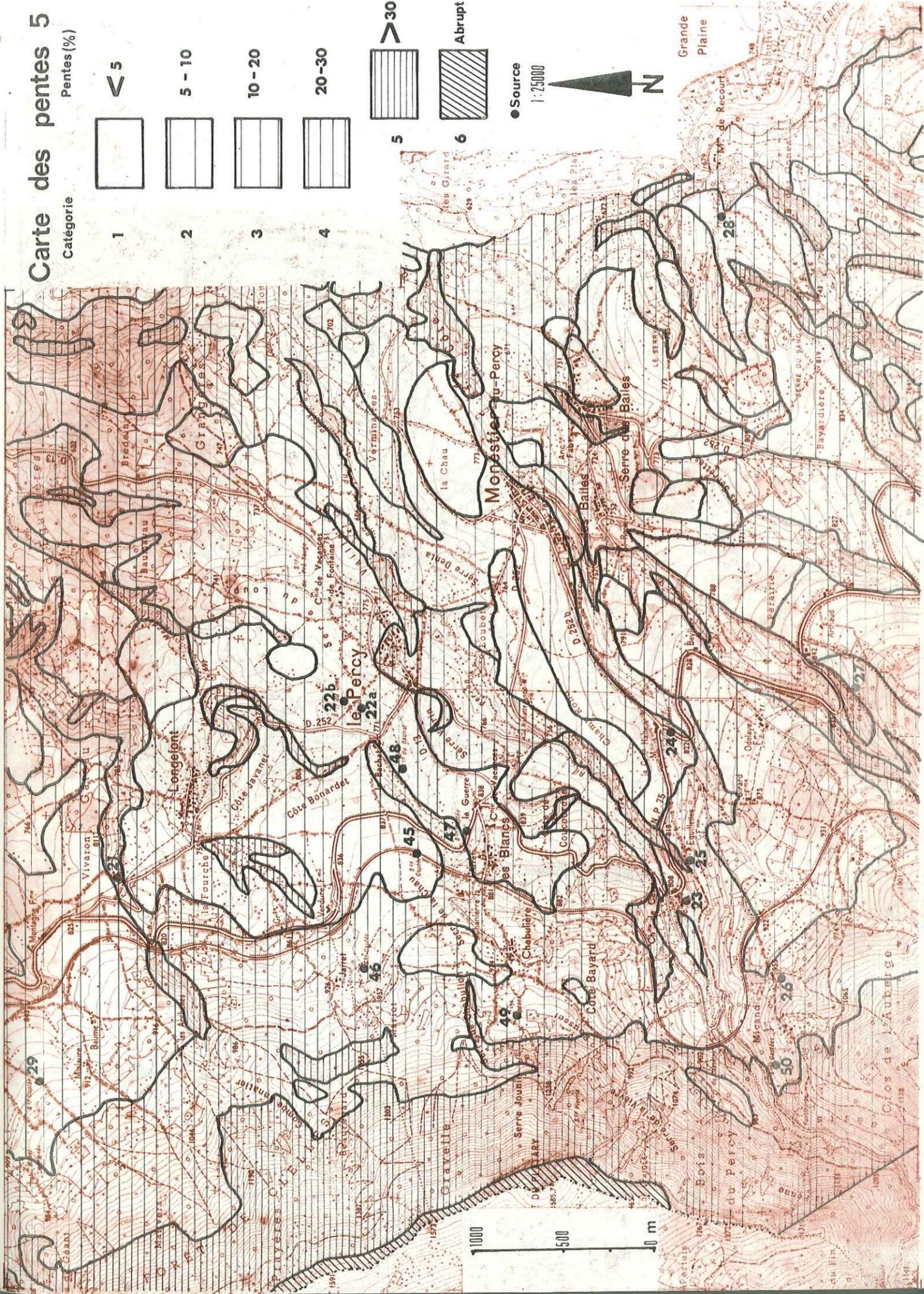
Categorie

Pentes (%)

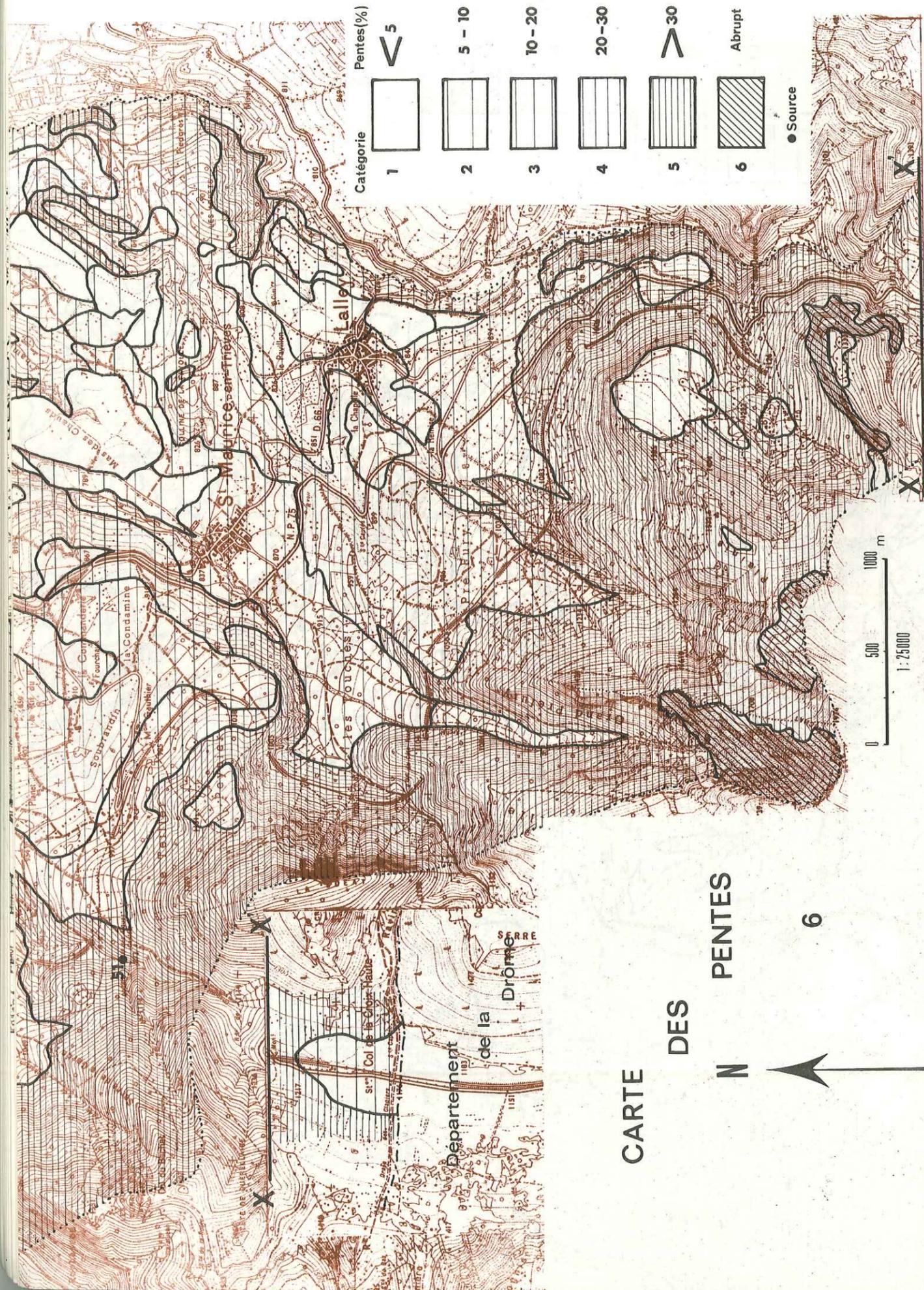


● Source

1:25000



Grande
Plaine



CHAPITRE 2

LE CADRE GEOLOGIQUE

I - TERRAINS DU SOCLE

D'un point de vue paléogéographique, la région a été occupée par la mer durant tout le Jurassique et le Crétacé, à l'exception d'une brève émer-sion (Turonien). Son émer-sion définitive et complète est intervenue à la fin du Crétacé.

Les dépôts correspondant à l'ensemble de cette période ont générale-ment consisté en vases, très souvent argileuses ou marneuses, parfois coupées par une sédimentation calcaire. Ceci se traduit par la présence de divers faciès :

- des roches sombres, très fréquentes, tels les sédiments monotones de type "dauphinois" qui concernent le Jurassique jusqu'au niveau des Terres Noires (incluses) ;
- des roches claires, sensiblement plus rares, comme les calcaires à faciès "suburgonien", bioclastiques (à fins débris d'organismes), ou les calcaires lithographiques.

Nous allons décrire maintenant les divers termes de la série stra-tigraphique en nous référant aux données fournies par les cartes géologiques qui ont constitué la base de notre documentation.

- feuilles au 1/80 000 Vizille (1965, 4e édition) et Die (1965, 2e édition) ;
- feuilles au 1/50 000 Vif (1967, 1re édition), La Chapelle-en-Vercors (1967, 1re édition) et Mens (1974, 1re édition).

Notons, à titre d'orientation générale, que les terrains les plus anciens (Jurassique moyen) ne se trouvent voisins de la route que dans son tronçon septentrional, de Vif à Monestier, tandis que les plus récents (Crétacé) ne la concernent que dans les derniers kilomètres de la rampe qui conduit au Col de la Croix-Haute. D'autre part, les conditions d'observation du socle sont irrégulières, car il se trouve souvent masqué par une couverture quaternaire très développée.



CHAPITRE 2

LE CADRE GEOLOGIQUE

I - TERRAINS DU SOCLE

D'un point de vue paléogéographique, la région a été occupée par la mer durant tout le Jurassique et le Crétacé, à l'exception d'une brève émergence (Turonien). Son émergence définitive et complète est intervenue à la fin du Crétacé.

Les dépôts correspondant à l'ensemble de cette période ont généralement consisté en vases, très souvent argileuses ou marneuses, parfois coupées par une sédimentation calcaire. Ceci se traduit par la présence de divers faciès :

- des roches sombres, très fréquentes, tels les sédiments monotones de type "dauphinois" qui concernent le Jurassique jusqu'au niveau des Terres Noires (incluses) ;
- des roches claires, sensiblement plus rares, comme les calcaires à faciès "suburgonien", bioclastiques (à fins débris d'organismes), ou les calcaires lithographiques.

Nous allons décrire maintenant les divers termes de la série stratigraphique en nous référant aux données fournies par les cartes géologiques qui ont constitué la base de notre documentation.

- feuilles au 1/80 000 Vizille (1965, 4e édition) et Die (1965, 2e édition) ;
- feuilles au 1/50 000 Vif (1967, 1re édition), La Chapelle-en-Vercors (1967, 1re édition) et Mens (1974, 1re édition).

Notons, à titre d'orientation générale, que les terrains les plus anciens (Jurassique moyen) ne se trouvent voisins de la route que dans son tronçon septentrional, de Vif à Monestier, tandis que les plus récents (Crétacé) ne la concernent que dans les derniers kilomètres de la rampe qui conduit au Col de la Croix-Haute. D'autre part, les conditions d'observation du socle sont irrégulières, car il se trouve souvent masqué par une couverture quaternaire très développée.

A. - BAJOCIEN - BATHONIEN (500 m) (J 1-2)

Ce sont des calcaires marneux à patine grise ou rousse, alternant avec des marnes très sombres. L'épaisseur des bancs ne dépasse pas 0,50 m. Ils contiennent des veines de calcite. L'ensemble, plus compact que les Terres Noires, domine topographiquement celles-ci (par exemple, crête du Grand-Brion vis-à-vis de la dépression de la Gresse).

B. - TERRES NOIRES (400 m) (Callovien + Oxfordien) (J 3-4)

Marnes schisteuses de teinte sombre. De minces intercalations de calcaires marneux apparaissent dans la moitié supérieure de la série. La présence de cette formation tendre explique la localisation de la moyenne Gresse et le développement de la cuvette du Trièves, ainsi que le relief peu accusé du col du Fau.

C. - ARGOVIEN - RAURACIEN (200 m) (=Oxfordien sup.) (J 5)

Ensemble de marnes brunes ou noires, coupées de bancs de calcaire marneux. La pente du versant croît progressivement de bas en haut. Cette série marneuse est exploitée par les carrières du Guâ.

D. - SEQUANIEN (100 m) (J 6)

Série escarpée de calcaires durs, lités en petits bancs, bien visible dans les hauts ravins du Baconnet, à l'W du Fau.

E. - KIMMERIDGIEN (50-80 m) (en fait, plutôt K. inf.) (J 7)

Série de calcaires marneux tendres dessinant un talus assez peu incliné, souvent couvert par les éboulis tithoniques.

F. - TITHONIQUE (100 m) (J 8-9)

Il est représenté par des calcaires à pâte sublithographique, beige clair ou gris clair, durs et compacts. Il dessine une puissante barre qui domine à l'W la dépression du Trièves et constitue le trait morphologique le plus frappant du paysage.

G. - BERRIASIEN (30-50 m) (n1)

Ensemble de calcaires beiges, à grain fin, à cassure conchoïdale de couleur grisâtre. Le passage aux marnes valanginiennes est progressif.

H. - VALANGINIEN (200-250 m) (n2)

Marnes gris bleuté devenant jaunes par altération. Les bancs calcaires sont nombreux à la base et au sommet.

I. - HAUTERIVIEN (250-400 m) (n3)

Cet étage est constitué par des couches tendres, calcaires marneux ou marno-calcaires gris-bleu.

J. - BARREMIEN (150-200 m) (faciès "suburgonien" du Dévoluy) (n4a-5)

Série de calcaires bioclastiques généralement très massifs gris-beige, en gros bancs. Elle contient de gros silex sombres.

K. - CAMPANIEN SUPERIEUR - MAESTRICHTIEN (C 6-7)

Série de calcaires jaunâtres lités, à silex et zones silicifiées, dépourvue d'intercalations marneuses. Elle contient parfois des sables quartzeux détritiques.

Par suite de déformations tectoniques intervenues durant le Crétacé supérieur et de l'érosion qui a suivi, ce dernier terme est transgressif et discordant sur des terrains qui lui sont nettement antérieurs.

II - LES EVENEMENTS QUATERNAIRES ET LEURS CONSEQUENCES

Depuis Ch. LORY, plusieurs auteurs, dont P. LORY (1931), R. BLANCHARD (1941), M. GIGNOUX (1952), L. MORET (1956), J. SARROT-REYNAULD (1961) et F. BOURDIER (1961, 1967) se sont intéressés à l'histoire quaternaire de la vallée du Drac (fig. 2.1). Jusqu'aux travaux de G. MONJUVENT (1971), deux hypothèses différentes

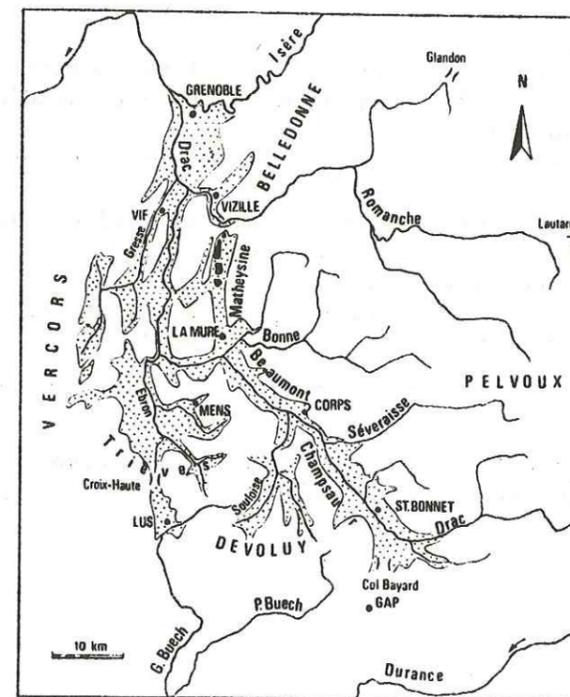


Fig. 2.1 - Schéma général du bassin du Drac
Pointillés : terrains quaternaires (G. MONJUVENT, 1971)

Chronologie	Formations
Actuel	Alluvions actuelles des lits majeurs. Eboulis.
Wurm IV	Basses terrasses et cônes de déjection inférieurs (dans le bassin de Tréminis, sous Prébois).
Wurm III	Terrasses et cônes de déjection emboîtés (terrasses de Prébois, Longefont, les Bailes, cône de St-Maurice-en-Trièves).
Wurm II (maximum)	Argiles glacio-lacustres, hautes terrasses, deltas glacio-lacustres.
Wurm I	Terrasses fossiles (A3) et glacis inférieurs (à l'Est de l'Ebron, sous la terrasse d'Avers-Prébois).
Riss	Dépôts torrentiels des serres (A2) et glacis moyens (glacis de Vicaire). Résidus morainiques. Dépôts fluviatiles élevés (A1) et glacis supérieurs (à l'Est de l'Ebron).

Tableau 2.1. - Tableau récapitulatif des formations du Quaternaire en Trièves.

étaient avancées à son sujet : la première, découplant des conceptions de A. PENCK et E. BRUCKNER (1901, 1909), selon laquelle la glaciation wurmienne aurait été accidentée de plusieurs "stades" de progression, séparés par des "interstades", ou interglaciaires réduits, la seconde, proposée par F. BOURDIER (1961, 1967), selon laquelle il n'existerait qu'une grande extension glaciaire du Wurm, qui aurait eu lieu vers la fin de la période considérée.

Nous ne discuterons pas ces conceptions et conduirons notre examen à la lumière de la synthèse de G. MONJUVENT, qui est la plus récente et nous paraît la plus complète.

Pour plus de clarté, nous sommes amené à étudier séparément Trièves et vallée de la Gresse.

A. - LE TRIEVES

1 - Les événements quaternaires

Nous résumons ci-dessous les événements quaternaires dans leur ordre chronologique (tableau 2.1).

Riss I. - Extension générale des glaces (transfluence Durance-Isère). Pendant cet épisode, tout le bassin s'est trouvé envahi par des glaciers (fig. 2.2). Lors du retrait, des obturations successives provoquent le dépôt des plus anciennes terrasses, ou terrasses de plus haut niveau (A1).

Riss II. - Durant cette seconde phase, les matériaux des glacis s'étaient par gravité au long des pentes. Cette phase n'est pas glaciaire, mais de type "périglaciale".

Riss III. - Les glaciers reviennent pendant cette troisième phase. Mais ils ne vont pas occuper tout le Trièves (les alluvions les plus anciennes, non érodées, nous le prouvent). Au cours de leur retrait se fait le dépôt de la première terrasse fossile (A2) et des serres du Trièves.

Wurm I. - La seconde terrasse fossile (A3), emboîtée dans la première, remplit le réseau des thalwegs creusés sous conditions "périglaciaires", au cours de l'interglaciaire Riss-Wurm.

Wurm II. - Naissance du lac du Trièves, qui résulte du barrage établi par la crue du glacier Isère-Romanche (fig. 2.3) au débouché des vallées du Drac et de la Gresse. Colmatage de ce lac par des alluvions très fines, argilo-limoneuses, provenant des bassins torrentiels ou glaciaires qui l'entourent. Puis reprise de l'érosion à l'interstade Wurm II - III.

Wurm III. - Au cours de cet épisode, des terrasses et des cônes de déjection emboîtés se développent.

Wurm IV. - Basses terrasses et cônes de déjection inférieurs se déposent.

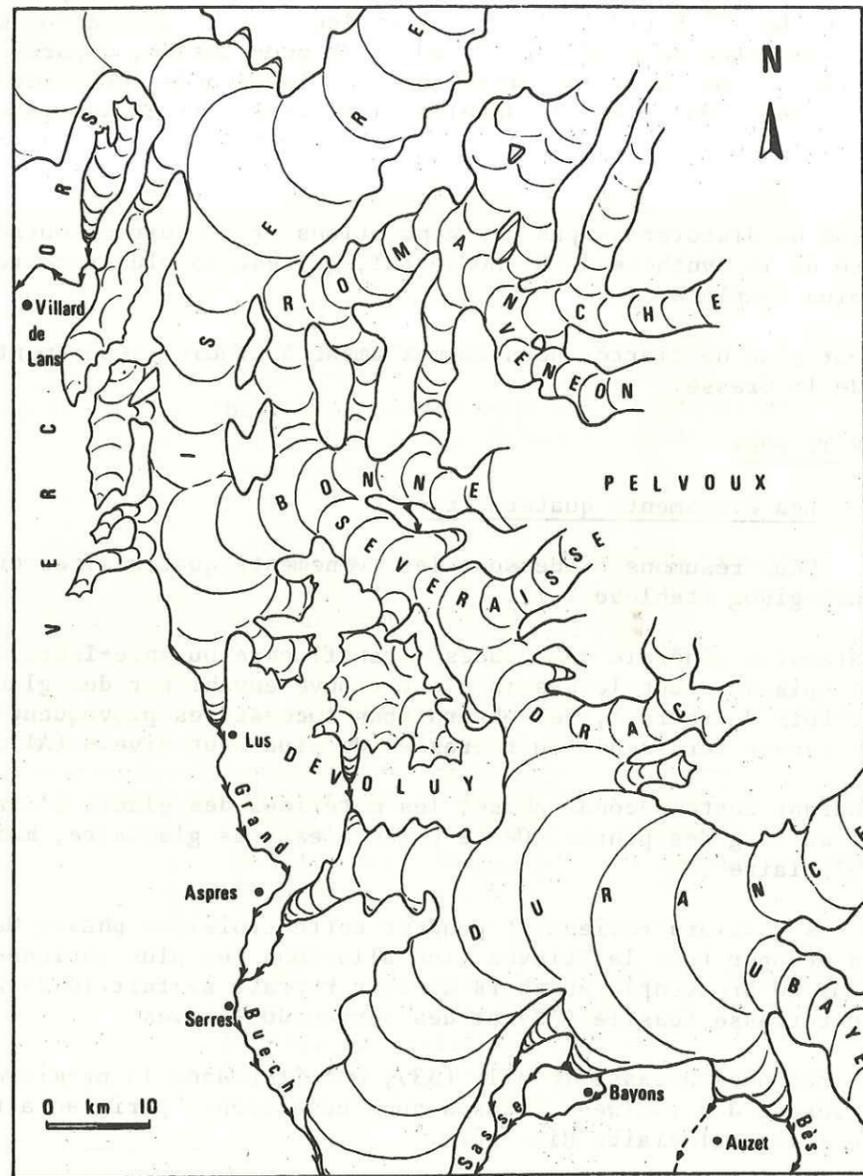


Fig. 2.2 - Paléogéographie des glaciers au Riss (Moraines Externes) (G. Monjuvent, 1971).

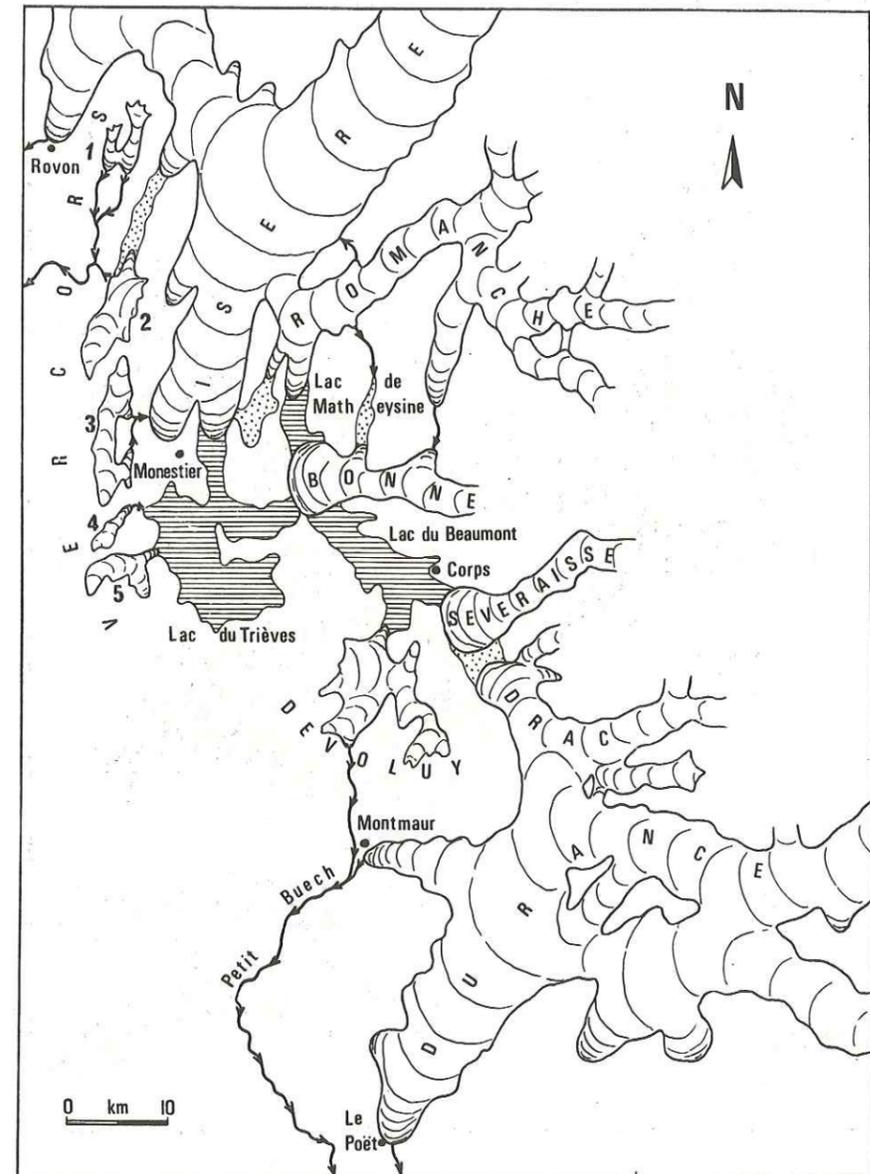


Fig. 2.3 - Paléogéographie des glaciers du Würm (stade du "Maximum", W II).
 Pointillés : dépôts d'obturation non lacustres.
 Flèches : principaux effluents. Glaciers locaux du Vercors :
 1, Autrans ; 2, Villard-de-Lans ; 3, Gresse - Saint-Andéol ;
 4, La Bâtie ; 5, Chichilienne. (G. Monjuvent, 1971).

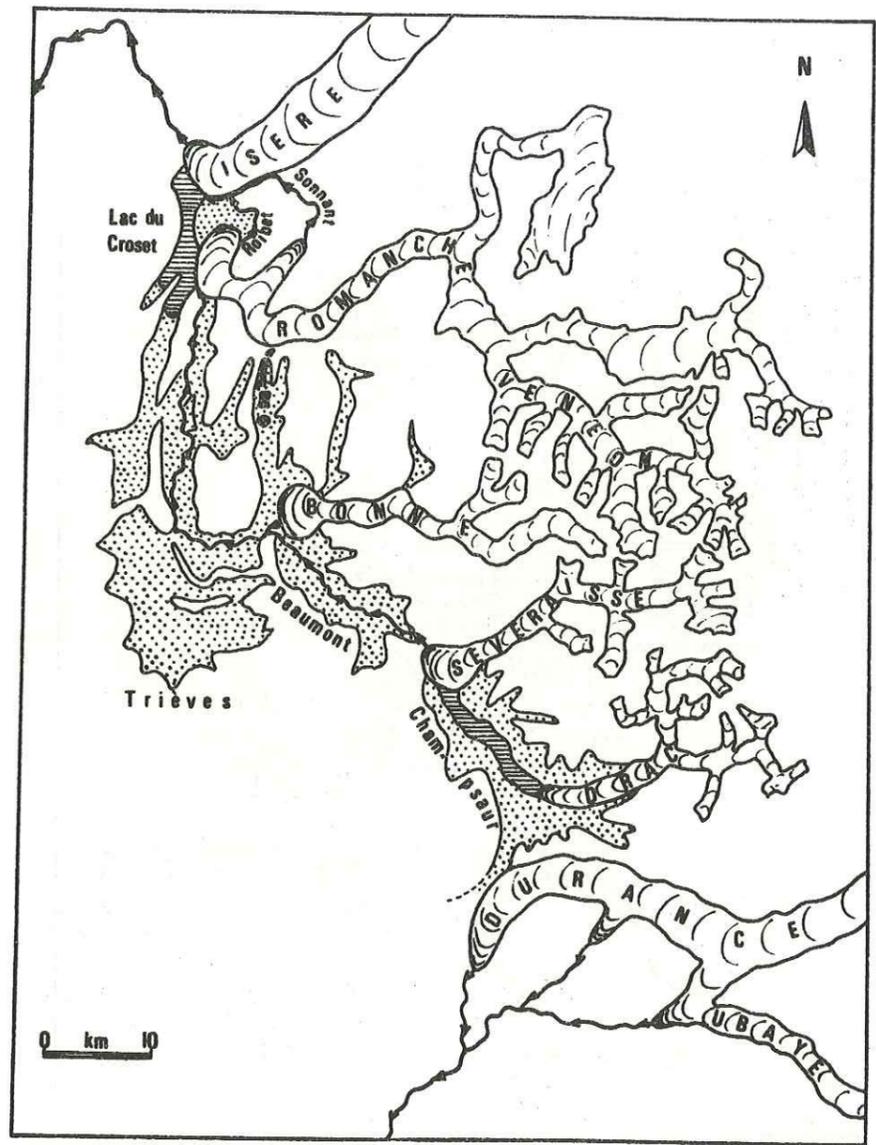


Fig. 2.4 - Paléogéographie des glaciers du Würm (stade de la "Récurrence" W III) (G. Monjuvent, 1971).

- Pointillés : dépôt du W II
- Hachures : obturations lacustres
- Flèches : principaux effluents glaciaires.

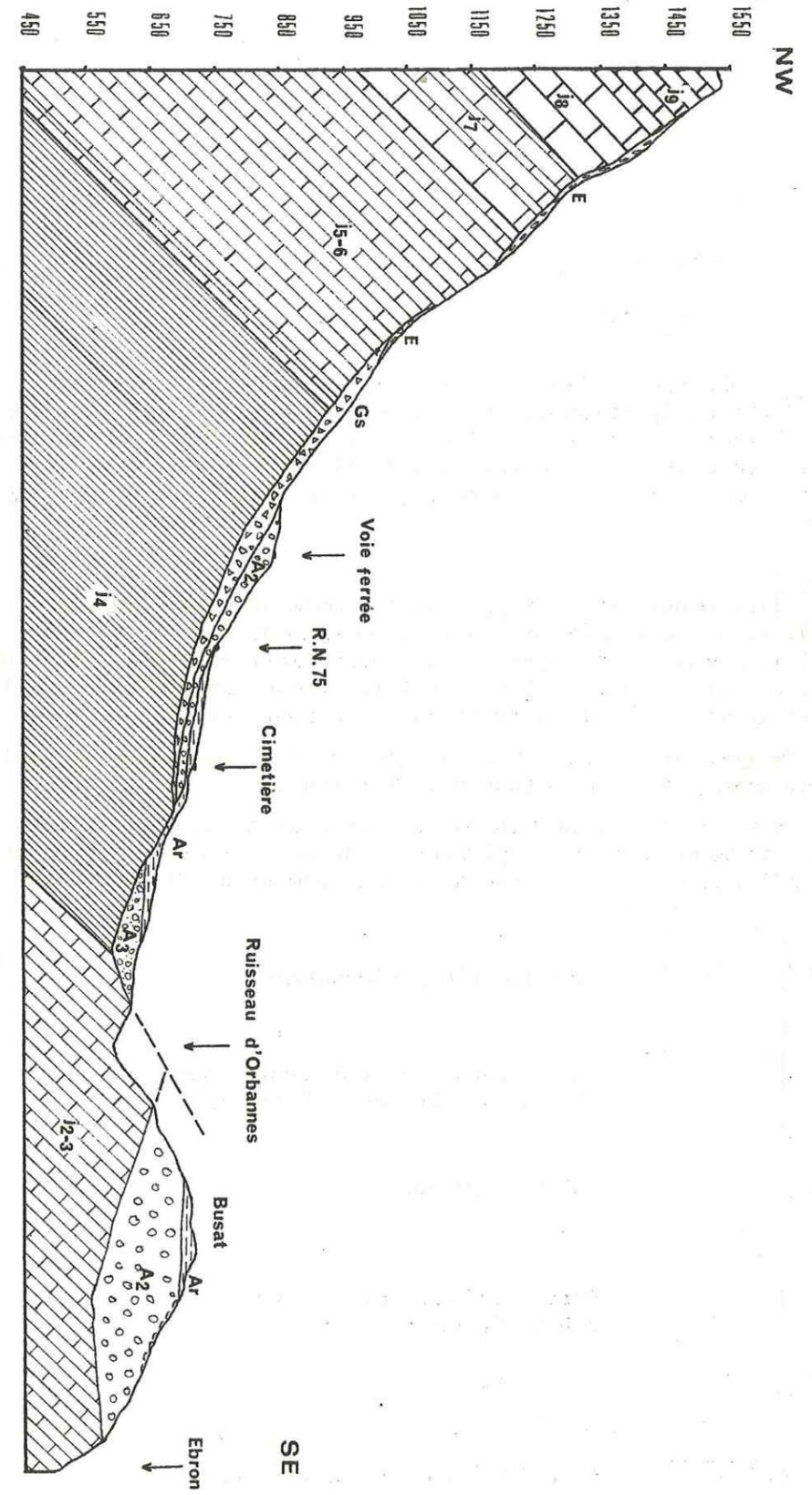


Fig: 2.5. Coupe B-B'. Superposition des formations quaternaires et emboîtement de la terrasse des A3 dans celle des A2.

2 - Analyse lithologique

Le tableau 2.1 récapitule les formations du Quaternaire que nous allons maintenant étudier, après les avoir réparties en deux groupes :

- celles dont le faciès est relativement constant ;
- celles qui, bien définies d'un point de vue génétique et chronologique, sont cependant affectées par des changements latéraux de faciès.

a) Formations à faciès relativement constant (fig. 2.5)

Terrasses fossiles (photo 9)

Alluvions 1 (alluvions élevées = cailloutis local de St-Michel)

Cette désignation ne concerne qu'une seule butte, enveloppée par la boucle de l'ancienne route, au NW de St-Michel (photo 1). La surface des cailloutis étant située à un niveau plus élevé que celle du glacis de Vicaire, il ne peut donc s'agir que d'un reste de glacis supérieur, plus ancien et démantelé.

Alluvions 2

Elles constituent le principal remplissage caillouteux du Trièves. Elles sont plus ternes que les A3 et généralement plus consolidées. Ce sont des cailloutis calcaires à galets mal roulés mais émoussés. Elles ont une épaisseur de plus de 100 m et une stratification torrentielle. Le litage, le calibre et le tri varient en direction de l'amont où ils perdent leur régularité.

La gravière de la Condamine (photo 2) de St-Martin-de-Clelles, au bord de la route, se trouve dans ces alluvions.

Elles se développent dans la partie haute de ravins, très visibles de loin, qui entament le bord du plateau de Busat, dominant la rive droite du ruisseau d'Orbannes, où la coupe de l'escarpement est la suivante (fig. 2.5 bis).

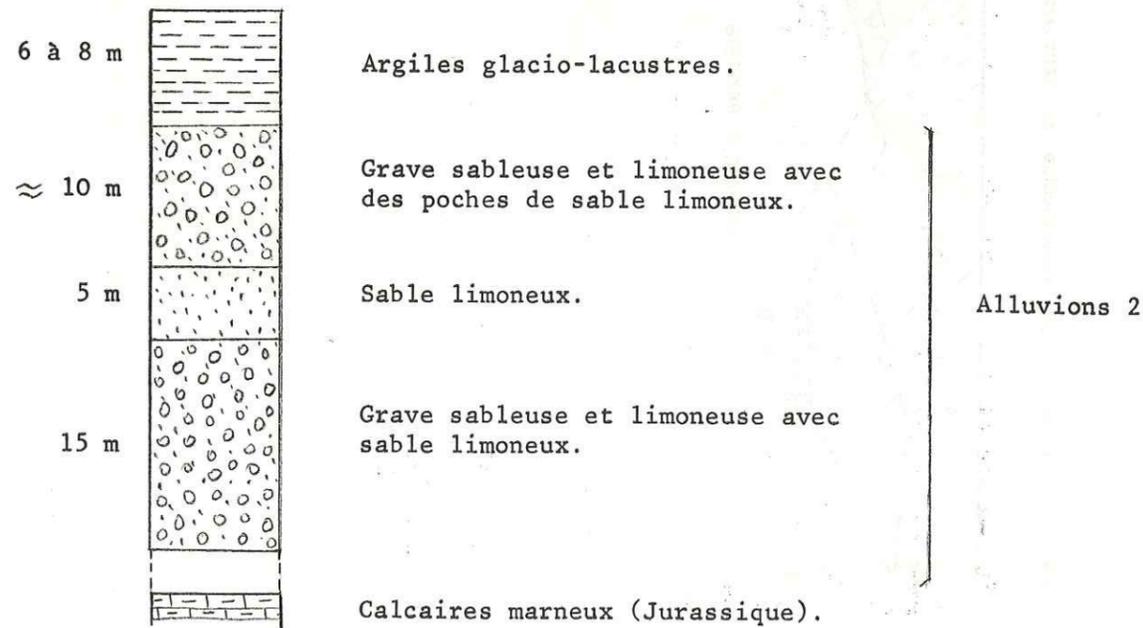


Fig. 2.5 bis. - Coupe des alluvions 2 au ruisseau d'Orbannes

Alluvions 3

Les A3 sont entièrement de provenance locale (calcaires). On y trouve, mais rarement, des éléments remaniés des dépôts glaciaires antérieurs. Elles sont constituées d'un matériel plus frais, plus clair que les A2, et leur calibre est en général plus grossier. Les A3 et A2 se différencient aussi par leur niveau respectif, les A3 se trouvent souvent encastrées dans les dépressions d'un réseau hydrographique qui s'est développé après le dépôt des A2. La terrasse A3 est bien visible le long du ruisseau d'Orbannes et de l'Ebron, surtout au Moulin de Recourt (fig. 2.6 et carte géol. 5).

Argiles glacio-lacustres

Les argiles litées se trouvent dans tout le Trièves, où elles culminent vers la cote 750. Elles couvrent toutes les formations quaternaires antérieures qu'elles ont ensevelies sans les avoir érodées (photo 7). On peut y rencontrer quelques blocailles et galets striés sporadiques, libérés lors de la fusion de glaces flottantes. On abordera plus tard leurs changements latéraux et leurs propriétés mécaniques.

Nous avons rencontré aussi des argiles litées, plissées, reposant sur les terres noires, dans le talus W d'une tranchée récente (P.K.140,500), vers la cote 825, au NW de Longefont. Leur altitude ne permettant pas de les rapporter aux précédentes, nous supposons qu'elles doivent être plus anciennes (Riss).

Basse terrasse

C'est une terrasse alluviale à cailloutis calcaires. Elle est bien caractérisée morphologiquement sur la rive droite de l'Ebron. Dans notre secteur, elle se développe aux environs du Percy, des Bailes et de St-Maurice-en-Trièves.

b) Formations à faciès variable

On rappelle qu'il s'agit ici de dépôts bien caractérisés, chronologiquement parlant, mais dont l'apparence varie d'un point à un autre.

Résidu morainique

C'est un dernier témoin des moraines rissiennes. Il est argileux et contient des blocs et il est mélangé avec des matériaux des calcaires environnants. Il se trouve à l'Est de St-Maurice-en-Trièves.

Dépôts deltaïques

Ce sont des formations caillouteuses et sableuses très épaisses, à stratification oblique, comportant des lits argileux, localement silteux et passant aux argiles glacio-lacustres.

On les rencontre en deux endroits, au débouché des ruisseaux de Grosse-Eau et de Darne.

18 AOÛT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tel. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

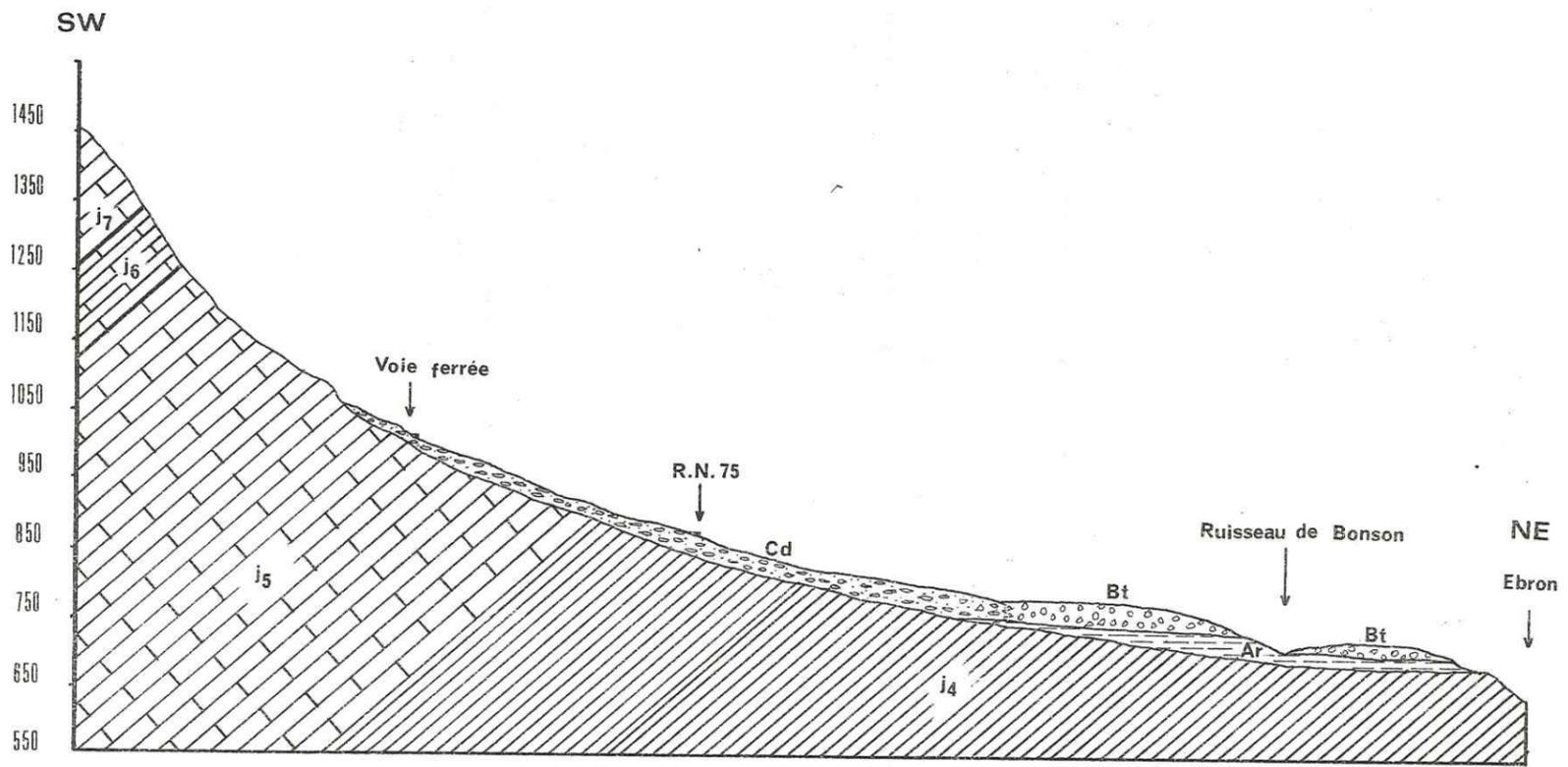


Fig: 2.7. Coupe C-C'. Cône de déjection de Saint-Maurice-en-Trièves.

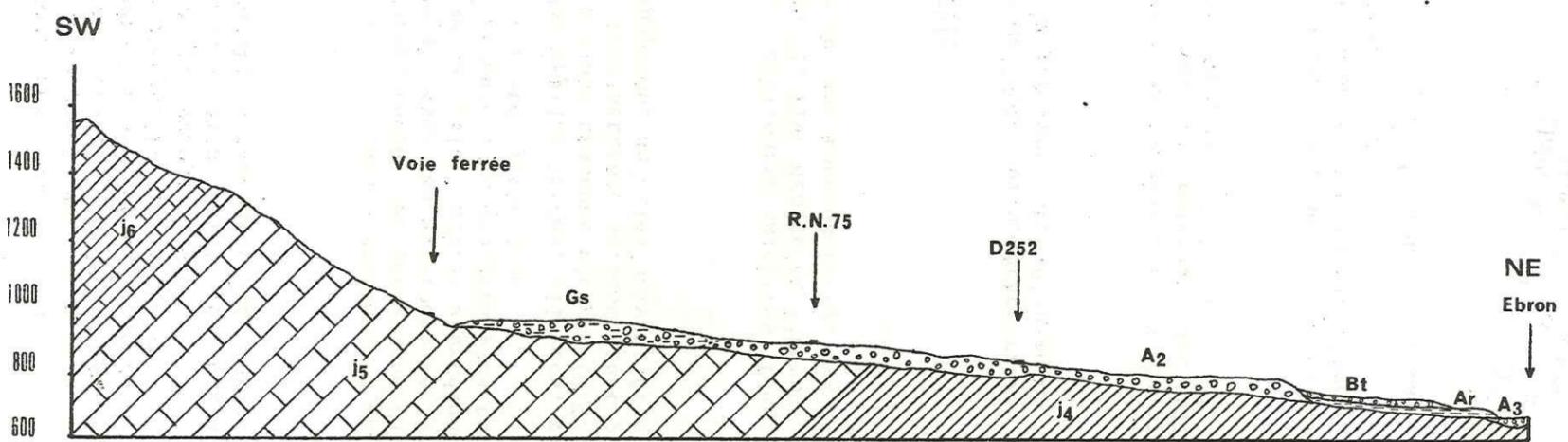


Fig: 2.6. Coupe A-A'. Superposition des formations du Quaternaire.

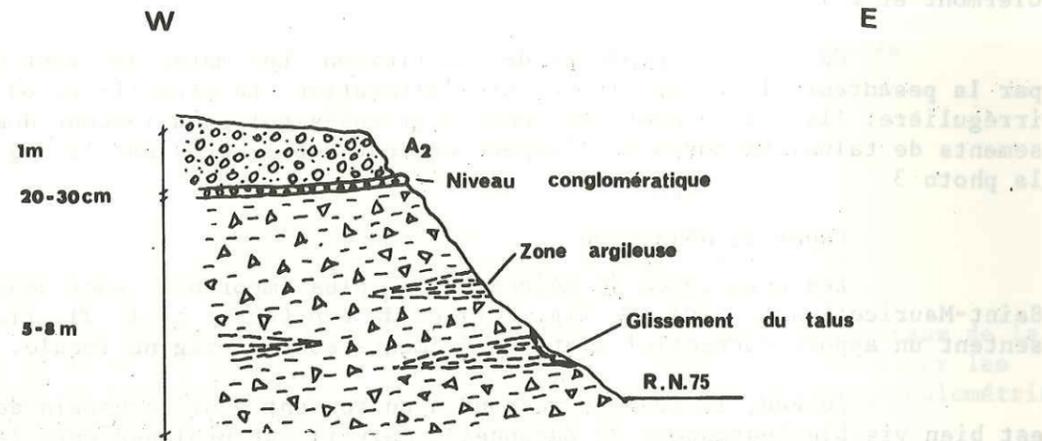


Fig. 2.8 - Coupe de talus au SW de St-Martin-de-Clelles (p.k. 133). La superposition des A2 (qui débutent par un niveau conglomératique) au glacis montre l'antériorité de ce dernier (photo 3).

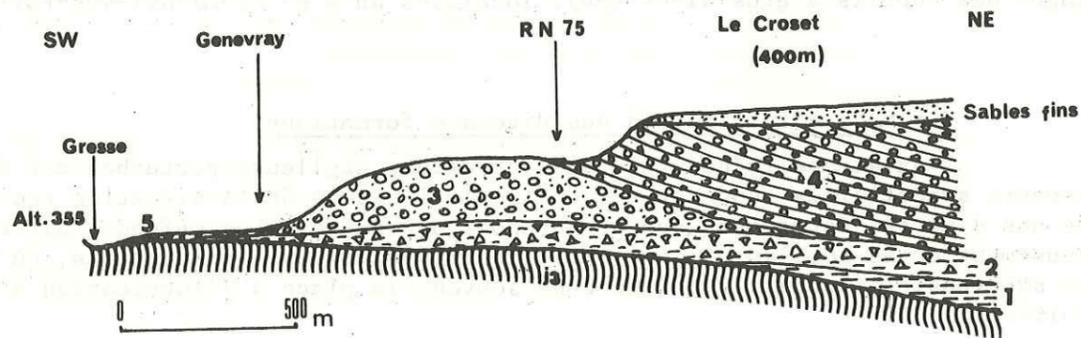


Fig. 2.9 - Coupe schématique des formations de la Basse-Gresse.

- 1 - Argiles d'Eybens (Riss-Wurm)
- 2 - Moraine argileuse (Wurm II)
- 3 - Alluvions du Sert (Wurm II, cataglaciale)
- 4 - Formation deltaïque du Croset (Wurm III)
- 5 - Alluvions modernes.

Les A1 se sont aussi déposées dans les thalwegs Mindel-Riss.

La figure 2.5 suggère l'emboîtement des A3 dans les A2, le tout étant enseveli sous les argiles lacustres.

En rive droite du ravin du Roujarin, on voit aussi l'emboîtement des A3 dans les A2, mais également celui des argiles dans les A2 du serre.

B. - LA BASSE-GRESSE

1 - Les événements quaternaires

Dans la Basse-Gresse, ils sont moins complexes qu'en Trièves. Nous les résumons dans leur ordre chronologique (tableau 2.2).

Chronologie	Formations
Actuel	Alluvions actuelles des lits majeurs. Eboulis.
Wurm III	Dépôts lacustres du Croset et moraine locale de Prélénfrey (côté rive gauche de la Gresse).
Wurm II	Moraine argileuse et argiles lacustres. Alluvions du Sert (WII). Glacis et terrasse. (Les argiles ne sont pas observées dans notre secteur.
Wurm I	Alluvions anciennes de Sinard (A3) (à l'Est de l'arête de Dogger).
Riss	Vallée du Drac : alluvions anciennes de Monteynard (A1) et du Cros (A2) (non signalées dans le bassin de la Gresse). Résidu morainique.

Tableau 2.2. - Formations du Quaternaire de la Gresse.

Wurm II (Max.). - Abrasion glaciaire. Accumulation des argiles lacustres et des moraines argileuses.

Wurm II (Cataglaciale).- Sédimentation des alluvions du Sert. Constitution du glacis moyen puis de l'ensemble du glacis inférieur et de la terrasse de Monestier.

Wurm III (Récurrence).- Durant cette dernière poussée glaciaire, obturation de la vallée et naissance du lac du Croset (fig. 2.4), dans lequel un remblayage glacio-lacustre se développe.

2 - Analyse lithologique

Nous ne mentionnerons que les formations présentes dans notre secteur (cartes géol. 1 et 2).

a) Résidu morainique

C'est une moraine ancienne (Riss) qui se trouve au S du Sert. Constituée de matériaux argileux à petits galets striés, mélangés avec des éboulis des calcaires environnants.

b) Moraines argileuses

Ce sont des moraines très argileuses qui se développent vers le S. Elles atteignent la cote 832 au plateau de Bonnotaire, au N de St-Paul-les-Monestier. Elles disparaissent, au Genevray, sous les cailloutis du Sert (fig. 2.9).

c) Alluvions du Sert

Ce sont des alluvions sableuses et caillouteuses, exemptes de moraine. La grande "Gravière de Maria" se trouve dans ces alluvions (le Poyet).

d) Glacis moyen et terrasse de Monestier

Superposés aux moraines argileuses, ils sont constitués d'un matériel caillouteux de provenance locale.

e) Plateau du Croset

C'est un petit plateau deltaïque, atteignant à peine l'altitude de 400 m, formé par l'accumulation de graviers à litage oblique à la base, passant à des sables fins au sommet (fig. 2.9), où on peut trouver des boules de moraine en surface. Ces alluvions sont beaucoup plus argileuses qu'au Sert. La "Gravière de la Valonne" se trouve dans ces alluvions (photo 8).

f) Eboulis

Ce sont des éboulis de calcaire marneux jurassique qu'on rencontre au pied de la cloison de Dogger.

III - L'HYDROGÉOLOGIE

A. - INTRODUCTION

La présence de certaines nappes au voisinage immédiat de la surface topographique, la direction des écoulements souterrains et la localisation des sources ou suintements peuvent entraîner des conséquences géotechniques trop sérieuses pour que l'on ne se soucie pas, en toute occasion, de les déterminer. D'où l'importance accordée à la présente rubrique, où l'on s'est efforcé de définir la variété des schémas hydrogéologiques rencontrés dans les terrains traversés par la R.N. 75.

Du point de vue eau potable, la région est pauvre et la plupart des sources utilisables ont déjà été captées pour les besoins des communes. Actuellement, la commune de Clelles souffre même d'une pénurie dans ce domaine. Bien qu'il existe, dans diverses formations, plusieurs horizons aquifères, ceux-ci ne constituent pas une ressource suffisamment importante pour plusieurs raisons :

- structure défavorable en Trièves (plongement vers l'Ouest des formations rocheuses) ;
- faible volume des aquifères, trop peu puissants ou d'extension limitée ;
- perméabilité trop faible.

A ce dernier point de vue, nous rattacherons d'abord les terrains présents à trois types :

- les terrains perméables,
- les terrains imperméables,
- les terrains à perméabilité variable.

1 - Les terrains perméables

La perméabilité de ces terrains est fonction de leurs caractéristiques lithologiques et structurales. La plupart des formations calcaires de la région sont perméables en grand.

Dans l'ensemble des terrains jurassiques et crétacés, un grand nombre est constitué d'assises imperméables. Cependant certaines couches plus calcaires et plus ou moins fissurées donnent naissance à des sources importantes.

Le Crétacé ne couvre pas une grande surface dans le secteur étudié. Pour cette raison, nous manquons de documents pour préciser ses capacités hydrogéologiques. Cependant, nous pouvons dire que ces formations sont plus ou moins fissurées, fracturées et perméables en grand.

Les calcaires urgoniens sont perméables en grand et sont soumis au régime karstique. D'autre part, le toit des marno-calcaires hauteriviens fixe le niveau des exurgences.

Tableau 2. 3 - Les sources de la région.

N. B. - Leur numéro d'identification permet de repérer ces diverses sources sur la carte des pentes (fin du chapitre 1).

Numéro de la source	Commune	Nom de la Source	Coordonnées			Date de l'observation	Non captée et claire 0	Débit estimé (l/s)	Contexte géologique
			X	Y	Z				
1	Roissard	S de Rosaix	859,4	293,7	800,0	5.4.1974	⊕	?	Cône de déjection
2	Monestier-de-Clermont	S de la Pierre du Prêtre	859,6	294,8	895,0	6.4.1974	⊕	?	Glacis
8	Roissard	S de Martine	859,6	292,2	750	8.4.1974	0	1	Eboulis/argiles
9	Roissard	S du Neuf	859,5	292,2	753	8.4.1974	0	0,1	Eboulis/argiles
10	Roissard	S de Farceyre	858,6	293,9	890	8.4.1974	0	0,1	Cône de déjection
11	Roissard	S de la Grange Sarre	858,7	294,1	900	8.4.1974	0	1	Eboulis/terres noires
12	Roissard	S du Dedain	858,9	291,9	950	8.4.1974	0	0,7	Eboulis/terres noires
13	St-Michel-les-Portes	S de Beaumont	859,0	291,8	940	9.4.1974	0	0,1	Eboulis/terres noires
14	St-Michel-les-Portes	S de Banchet	856,6	290,2	880	9.4.1974	0	0,3	Glacis
15	St-Michel-les-Portes	S du 852	858,8	290,7	865	9.4.1974	0	1	Glacis
16	St-Michel-les-Portes	S de la Rivoire	860,3	291,2	705	22.4.1974	0	0,3	Glacis/argiles lac.
17	St-Martin-de-Clelles	S de la Condamine	858,9	288,7	795	20.5.1974	⊕	1	Glacis
18	St-Michel-les-Portes	S de Loubats	857,9	290,1	735	20.5.1974	0	0,2	Dépôts deltaïques
19	St-Michel-les-Portes	S de Chauvinet	859,5	290,3	815	22.5.1974	0	1	Glacis
20	St-Michel-les-Portes	S du viaduc de Darne	857,7	286,4	840	26.5.1974	⊕	?	Eboulis
21	Clelles	S de Bouthoux	860,4	284,6	800	14.6.1974	0	0,5	Alluvions 2
22 a	Percy	S du Gros	861,6	283,3	750	19.6.1974	0	3	Alluvions 2
22 b	Percy	S du Gros	861,6	283,3	750	19.6.1974	0	3	Alluvions 2
23	Monestier-du-Percy	S de Casseire	861,7	281,5	808	20.6.1974	0	1,5	Calcaires marneux
24	"	S de la Grande Halte	861,6	281,4	830	20.6.1974	⊕	?	Alluvions 2
25	"	S des Eguillettes	861,8	281,5	840	20.6.1974	0	0,1	Alluvions 2
26	"	S de Micand	860,2	280,9	955	2.8.1974	0	0,1	Glacis
27	"	S de Lagier	861,9	280,7	862	2.8.1974	0	0,1	Alluvions 2
28	Lalley	S du moulin de Recourt	864,4	281,3	735	4.8.1974	0	0,05	Alluvions sur argiles lacustres
29	Clelles	S de Fourches	858,0	285,0	895	2.8.1974	⊕	?	Glacis
30	St-Michel	S de Gerbaud	860,1	291,4	770	15.8.1974	0	0,01	Glacis
31	Monestier-de-Clermont	S de Grande Prairie	860,5	296,6	800	20.8.1975	⊕	?	Terrasse
32	St-Martin-de-la-Cluze	S de Peyrouses	860,7	301,9	735	2.8.1975	⊕	?	Calcaires marneux/moraines argileuses
33	"	S de Charouse	861,0	303,1	700	20.8.1975	⊕	?	Calcaires marneux/moraines argileuses
34	"	S de Charouse	861,0	303,2	700	20.8.1975	⊕	?	Calcaires marneux/moraines argileuses
35	"	S du Pigeonnier	861,4	304,7	650	20.8.1975	0	0,01	Calcaires marneux/alluvions
36	"	S du Pigeonnier	861,5	304,8	650	20.8.1975	⊕	?	Calcaires marneux

37	: St-Martin-de-la-Cluze	: S de Faverol	: 861,6	: 306,2	: 540	: 26.8.1975	: 0	: 0,01	: Alluvions/calcaires marneux
38	: Vif	: S de la Font du Roux	: 862,7	: 307,7	: 730	: 26.8.1975	⊙	?	: Calcaires marneux/morainés
39	: Vif	: S du Croset	: 862,3	: 310,4	: 320	: 26.8.1975	⊙	?	: Alluvions du Croset
40	: St-Michel-les-Portes	: S des Granges	: 858,2	: 289,5	: 800	: 28.8.1975	⊙	?	: Glacis
42	: Clelles	: S de l'Oratoire	: 859,2	: 286,1	: 800	: 28.8.1975	⊙	?	: Glacis
43	: "	: S de l'Hôpital	: 859,5	: 285,8	: 800	: 28.8.1975	⊙	?	: Glacis
44	: "	: S de la Remise	: 859,7	: 285,5	: 830	: 28.8.1975	⊙	?	: Glacis
45	: Le Percy	: S de la Chau	: 860,8	: 283,0	: 860	: 28.8.1975	⊙	?	: Glacis
46	: Le Percy	: S de Jarret	: 860,0	: 283,2	: 900	: 28.8.1975	⊙	?	: Glacis/terres noires
47	: Le Percy	: S de la Guerre	: 860,9	: 282,7	: 830	: 29.8.1975	⊙	?	: Terres noires/couverture superficielle
48	: Le Percy	: S du Bachat	: 861,3	: 282,8	: 780	: 29.8.1975	⊙	?	: Terres noires/couverture superficielle
49	: Le Percy	: S de Chabulière	: 860,0	: 282,4	: 1000	: 29.8.1975	⊙	?	: Eboulis
50	: Monestier-du-Percy	: S de Micand	: 859,8	: 281,4	: 920	: 29.8.1975	⊙	?	: Eboulis
51	: Monestier-du-Percy	: S des Aigues	: 861,0	: 280,4	: 850	: 29.8.1975	⊙	?	: Calcaires lités
52	: Limite								
	: Monestier-Roissard	: S du Font Fovège	: 858,3	: 294,4	: 1102	: 6.4.1974	⊙		: Le reste: du cap-tage 2

Les calcaires du Jurassique supérieur (Kimméridgien et Tithonique) sont en général extrêmement fissurés et se montrent donc conducteurs. A leur base, au contact des couches plus marneuses et moins perméables, des sources apparaissent.

Quelle que soit l'importance hydrogéologique de ces calcaires, leur structure, pentée vers l'W, en entraîne les eaux à l'opposé de la dépression du Trièves.

Dans le secteur de la Basse Gresse, les calcaires marneux du Bajocien et du Bathonien sont aussi très fissurés.

2 - Les terrains imperméables

Les terres noires, quelques formations du Quaternaire, comme les argiles lacustres et les moraines argileuses, sont des terrains imperméables. Ils ne contiennent donc pas de nappes mais jouent un rôle important du point de vue hydrogéologique.

D'une part, les terres noires déterminent l'apparition de nappes dans les formations sus-jacentes. Dans le secteur de la Basse-Gresse, les moraines argileuses jouent un rôle semblable.

D'autre part, les argiles lacustres, qui couvrent des alluvions caillouteuses sur de grandes surfaces, protègent de la pollution les nappes qui s'y trouvent. Elles constituent aussi un plancher imperméable sous des formations plus récentes où elles entraînent l'existence de petites nappes.

3 - Les terrains à perméabilité variable

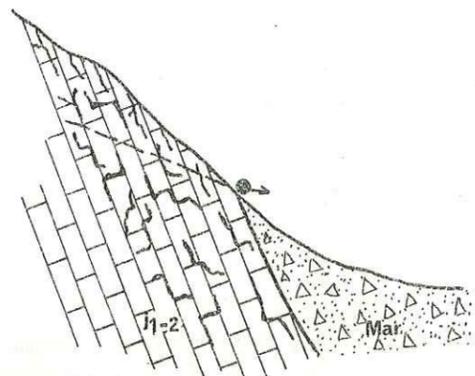
Nous groupons sous ce titre les formations dont la lithologie présente une modification latérale ou verticale. La variation de perméabilité qui en résulte est parfois considérable, surtout dans les cônes de déjection, les éboulis et les glacis.

Ces formations sont tantôt très argileuses et imperméables, tantôt formées de cailloutis. L'alternance de cailloutis perméables et de niveaux argileux étanches donne lieu à la superposition de plusieurs nappes d'importance variable.

B. - LES SOURCES

Les sources de notre région ont souvent des débits très faibles (voir tableau 2.3). En général, elles sont localisées au contact entre formations perméables et imperméables. Elles sont l'aboutissement de nappes peu étendues dans la couverture quaternaire ou les calcaires. Relativement à la position réelle de la venue d'eau, nous distinguons des émergences vraies (fig. 2. 10a, c, e) et d'autres qui n'apparaissent, au-delà de leur situation théorique à la limite de deux formations, qu'après un parcours plus ou moins long dans des produits de recouvrement (fig. 2. 10b).

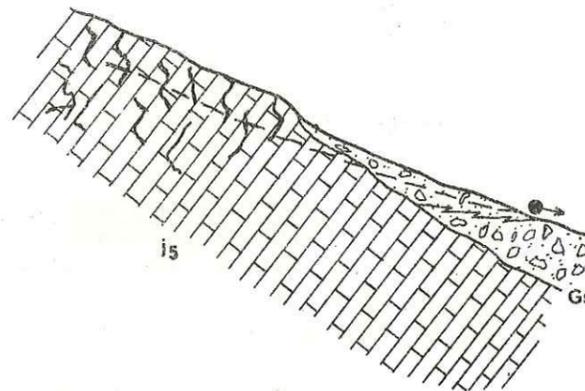
de la région.



a

Couple calcaires marneux - Moraines argileuses

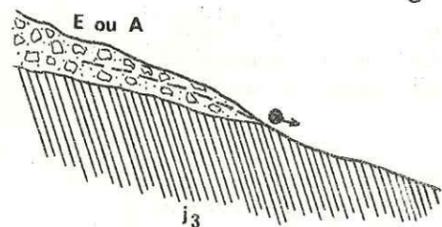
Source 32



b

Couple calcaires marneux - Glacis

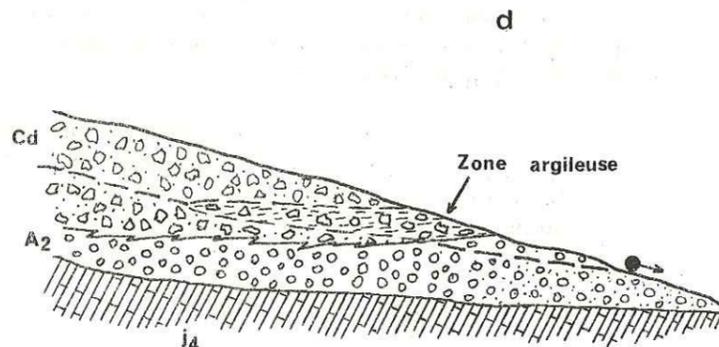
S. 26



c

Couple éboulis ou alluvions - Terres noires

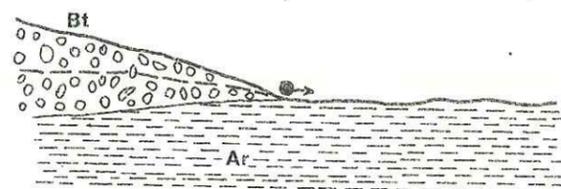
S. 12



d

Couple cône de déjection - Alluvions

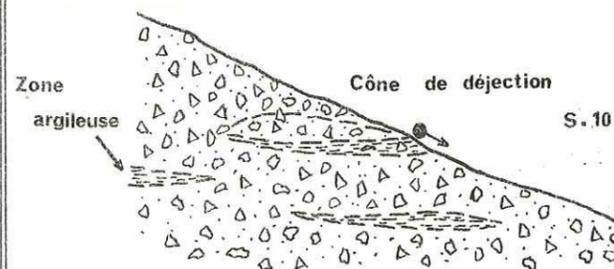
S. 25



e

Couple argiles lacustres - Basse terrasse

S. 28



f

S. 10

Les terrains imperméables fonctionnent, selon leur position géométrique, soit comme un support des nappes, soit comme une limite qui s'oppose latéralement à leur expansion. Parmi les multiples "couples lithologiques" qui peuvent créer des sources d'affleurement, les plus fréquents sont :

- substratum de terres noires et couverture aquifère d'éboulis, d'alluvions (fig. 2. 10c), de matériaux de glaciais ou de cônes de déjection :
- substratum d'argiles lacustres et couverture aquifère comme ci-dessus (fig. 2. 10e) ;
- réservoirs de calcaires ou calcaires marneux fissurés, barrés latéralement par des moraines argileuses (fig. 2. 10a) ou des niveaux marno-calcaires compacts ou dont les fissures sont colmatées.

En dehors de ces couples typiques, bien des venues d'eau s'expliquent encore par des intrications locales de faciès, des intercalations discontinues de lentilles argileuses, etc. (fig. 2. 10d et f).

Pendant les périodes de sécheresse, beaucoup de ces sources tarissent ou se réduisent à de simples suintements. Elles ne peuvent couvrir que les besoins de fermes isolées. D'autre part, elles sont en général situées à un niveau moins élevé que les lieux habités, ce qui complique les projets d'adduction.

C. - INFLUENCE DES FACTEURS HYDROGÉOLOGIQUES SUR LES CONDITIONS GÉOTECHNIQUES

Nous résumons, ci-dessous, les différents cas défavorables qui peuvent se manifester à l'égard des travaux en cours ou des aménagements terminés.

1 - Beaucoup de sources apparaissent à la base de versants dont la pente est faible ou très faible. Ceci implique que les nappes qui leur donnent naissance doivent se trouver, à l'amont, et parfois sur des étendues notables, à proximité immédiate de la surface topographique ; or, il arrive fréquemment que ces aires soient traversées par la route.

Si l'on consulte les mesures des piézomètres et les coupes des sondages, on constate en effet la faible profondeur de bien des niveaux d'eau. Voici, par exemple, les valeurs des niveaux piézométriques relevés durant un an au P. K. 132,50, où un affaissement a eu lieu.

<u>DATE</u>	<u>NIVEAU PIEZOMETRIQUE (m)</u>
20.12.1972	- 0,10
21.12.1972	- 0,50
29.12.1972	- 1,04
5.01.1973	- 1,55
31.01.1973	- 0,48
26.03.1973	en charge (+ 0,30), l'eau coule en surface
12.04.1973	en charge (+ 0,04)
15.05.1973	- 1,60
3.07.1973	- 2,60
10.07.1973	- 2,65
20.07.1973	- 2,59
27.07.1973	en charge (+ 0,40)
6.01.1974	-0,13

A cet emplacement, on constate que le battement (différence de cote entre crues et étiages) peut atteindre 3 m, et qu'en juillet 1973 une crue de 3 m s'est développée en une semaine au maximum.

2 - Dans cette situation, et même si des terrassements n'ont pas révélé la présence d'une nappe (remblai simplement posé ou travaux exécutés en période sèche), le risque est grand de voir la base de la fondation atteinte au cours d'une crue, et on vient de voir que leur amplitude est parfois de plusieurs mètres. D'autre part, si le drainage est insuffisant ou détérioré, une pulsation positive rapide provoquera une mise en charge brutale, néfaste pour la stabilité de la construction.

3 - D'ailleurs, il peut se faire qu'il n'existe pas de véritable nappe souterraine, mais seulement des circulations sous-épidermiques en période humide. Ceci est particulièrement fréquent au contact des terres noires, lorsqu'elles ne sont revêtues que d'une mince couverture. Des écoulements souterrains, probablement canalisés, ont même parfois été perçus à l'oreille grâce à certains piézomètres. Si l'alimentation se fait abondante (période pluvieuse), on conçoit qu'il n'est pas nécessaire que le débit de crue soit fort important pour que la pellicule superficielle se trouve brusquement saturée, ce qui peut entraîner son décollement, au contact de la tranche altérée des terres noires.

4 - Enfin, dans les zones où le revêtement quaternaire est plus épais, ses variations lithologiques éventuelles, fréquentes et imprévisibles, se traduisent par la multiplicité et la dispersion de minuscules systèmes aquifères. Ceux-ci entretiennent une humidité épidermique souvent préjudiciable à la stabilité des talus, et contraignent alors à des drainages nombreux ou à des recharges stabilisantes en matériaux graveleux.

La distribution erratique de ces petites réserves souterraines fait que leur rencontre est parfaitement inopinée, et qu'une portion de tranchée s'effondre parfois avant que l'on ait pu soupçonner que sa stabilité était localement compromise (exemple du P.K. 140,450).

LEGENDE DE LA CARTE GEOLOGIQUE

QUATERNAIRE		
Abréviations	Formations	Age
Cd	Cônes de déjection	Voir les tableaux et le texte
Gs	Matériel des glacis	Riss
Rx	Résidus morainiques	Riss
A1	Alluvions élevées (Alluvions 1)	Riss
A2	Alluvions 2	Wurm I
A3	Alluvions 3	Wurm II
Gd	Formations glacio-deltaïques	Wurm II
Ar	Argiles glacio-lacustres	Wurm II
As	Alluvions du Sert	Wurm II
Mar	Moraines argileuses	Wurm II
Tm	Terrasse de Monestier	Wurm II Max.
Bt	Basse terrasse	Wurm III
Pc	Plateau du Croset (glacio-lacustre)	Wurm III
Am	Alluvions modernes	Actuel
E, Eb	Eboulis, éboulis à gros blocs	
TERRAINS DU SOCLE		
J1-2	Calcaires marneux	Bajocien Bathonien
J3-4	Marnes schisteuses (Terres Noires)	Callovien
J5	Marnes et calcaires marneux	Oxfordien inf.
J6	Calcaires durs, lités	Oxfordien sup.
J7	Calcaires marneux	Séquanien
J8-9	Calcaires sublithographiques massifs	Kimméridgien
n1	Calcaires à grain fin	Tithonique
n2	Calcaires à grain fin	Berriasien
n3	Marnes avec des bancs calcaires	Valanginien
n4a-5	Calcaires marneux tendres ou marno-calcaires	Hauterivien
C6-7	Calcaires bioclastiques massifs	Barrémien
		Campanien
		Maestrichtien

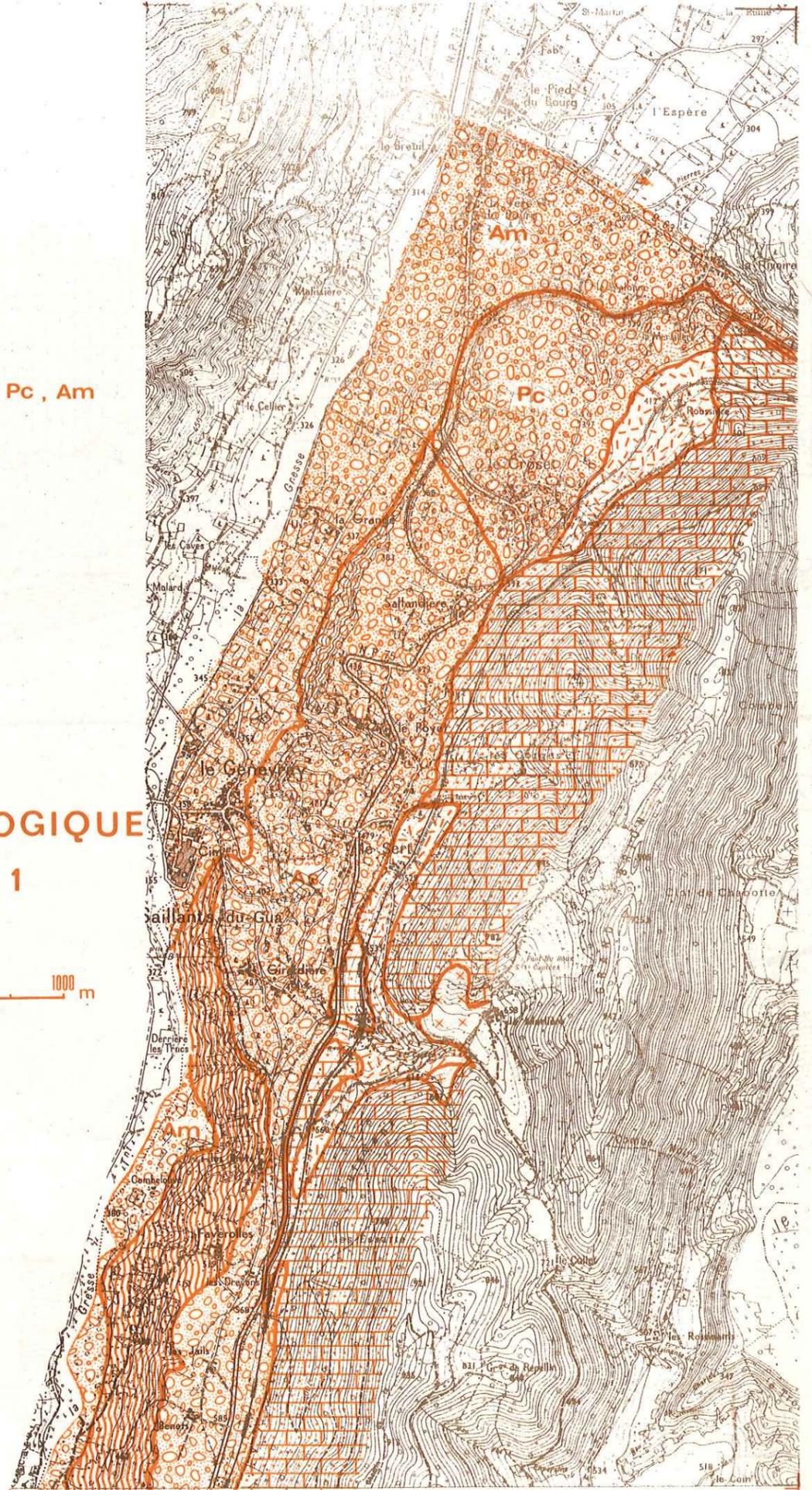
	E
	As, Pc, Am
	Rx
	J3
	J1-2

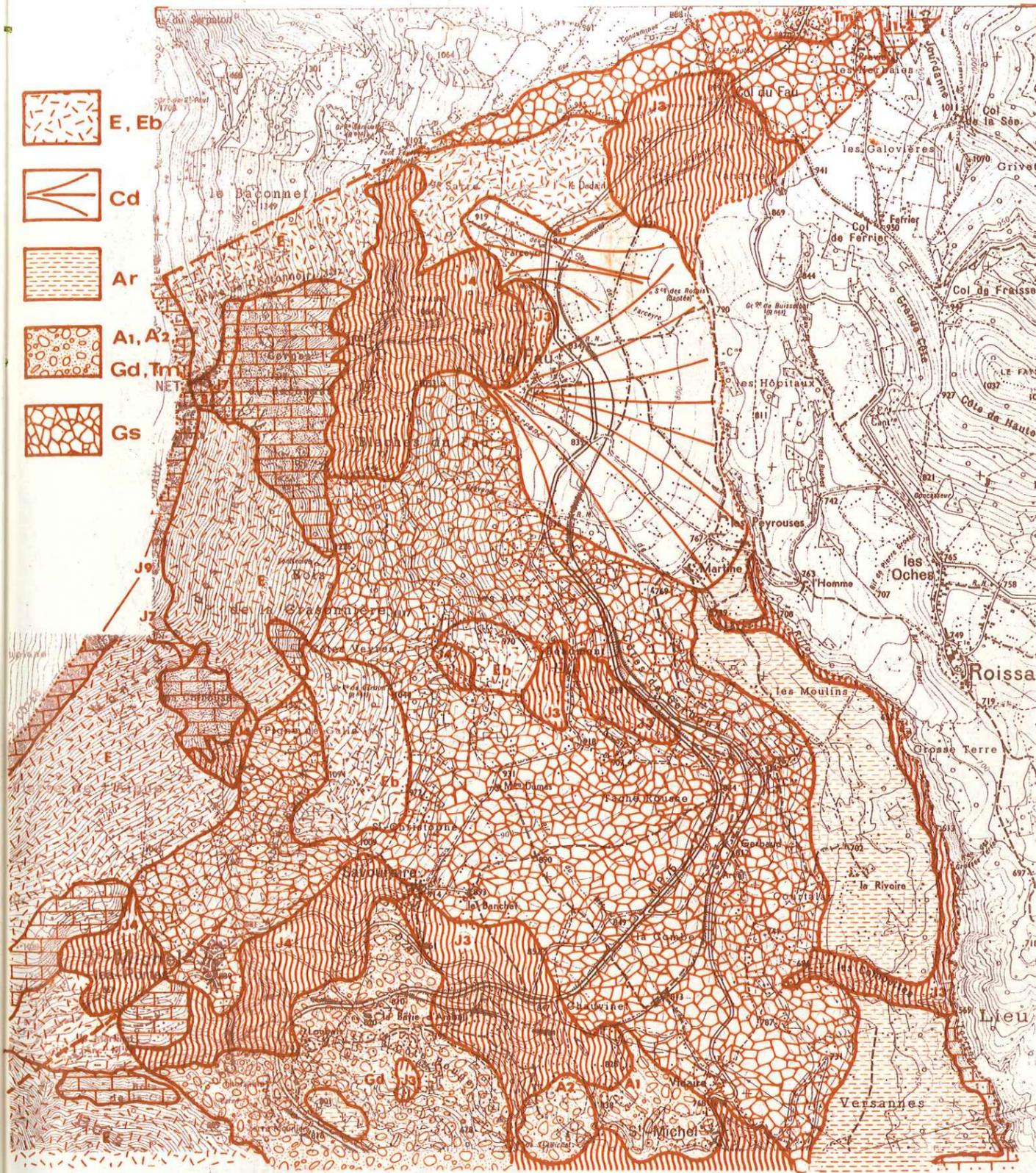
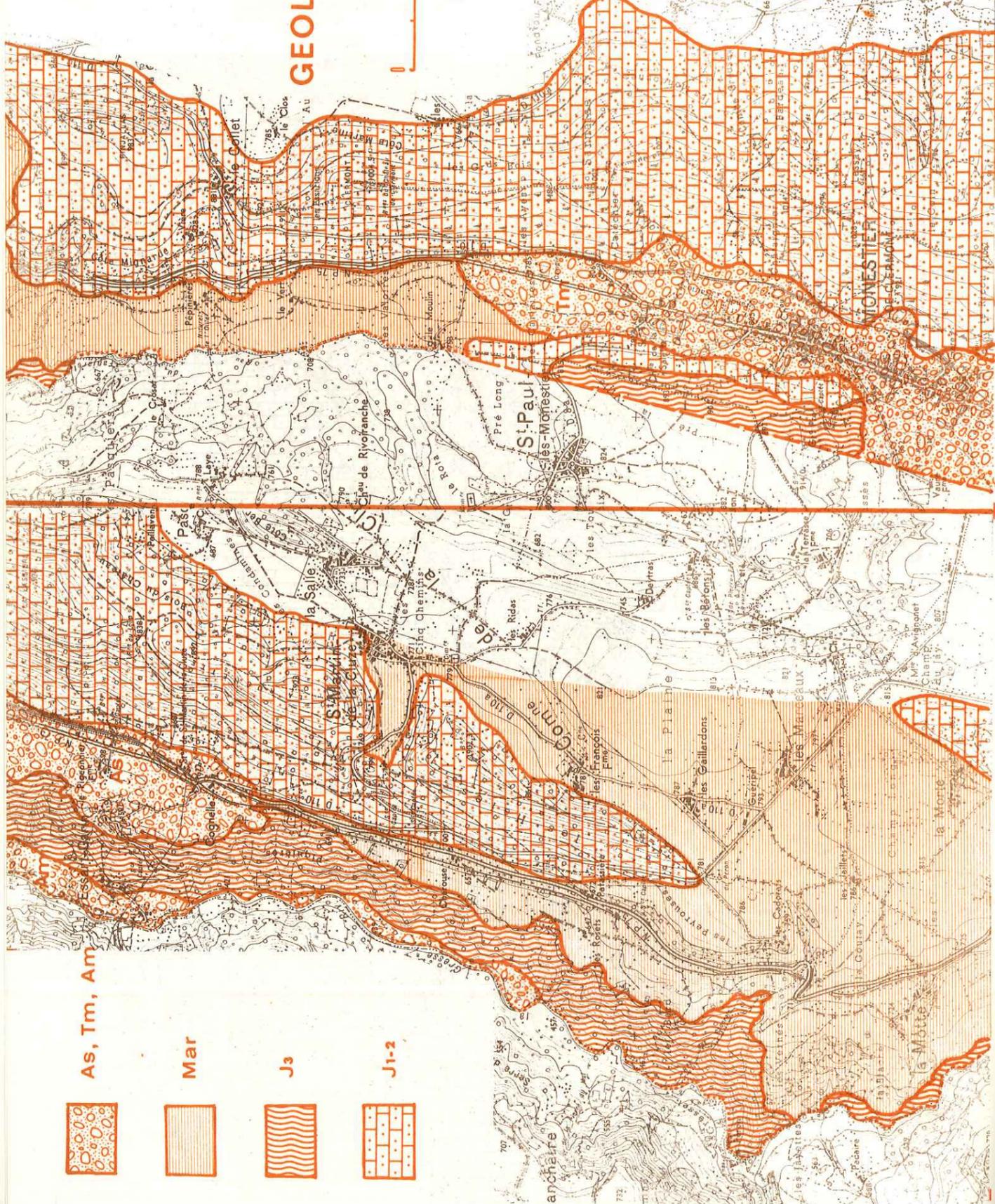
CARTE GEOLOGIQUE

1

0 500 1000 m

1: 25000





CARTE GEOLOGIQUE 4



J2, J5-6, J7



J3, J4



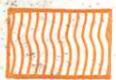
J6, J9



J6-J8



J5-J7

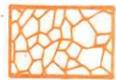


J4

Carte géologique 5



E



Gs



Ar



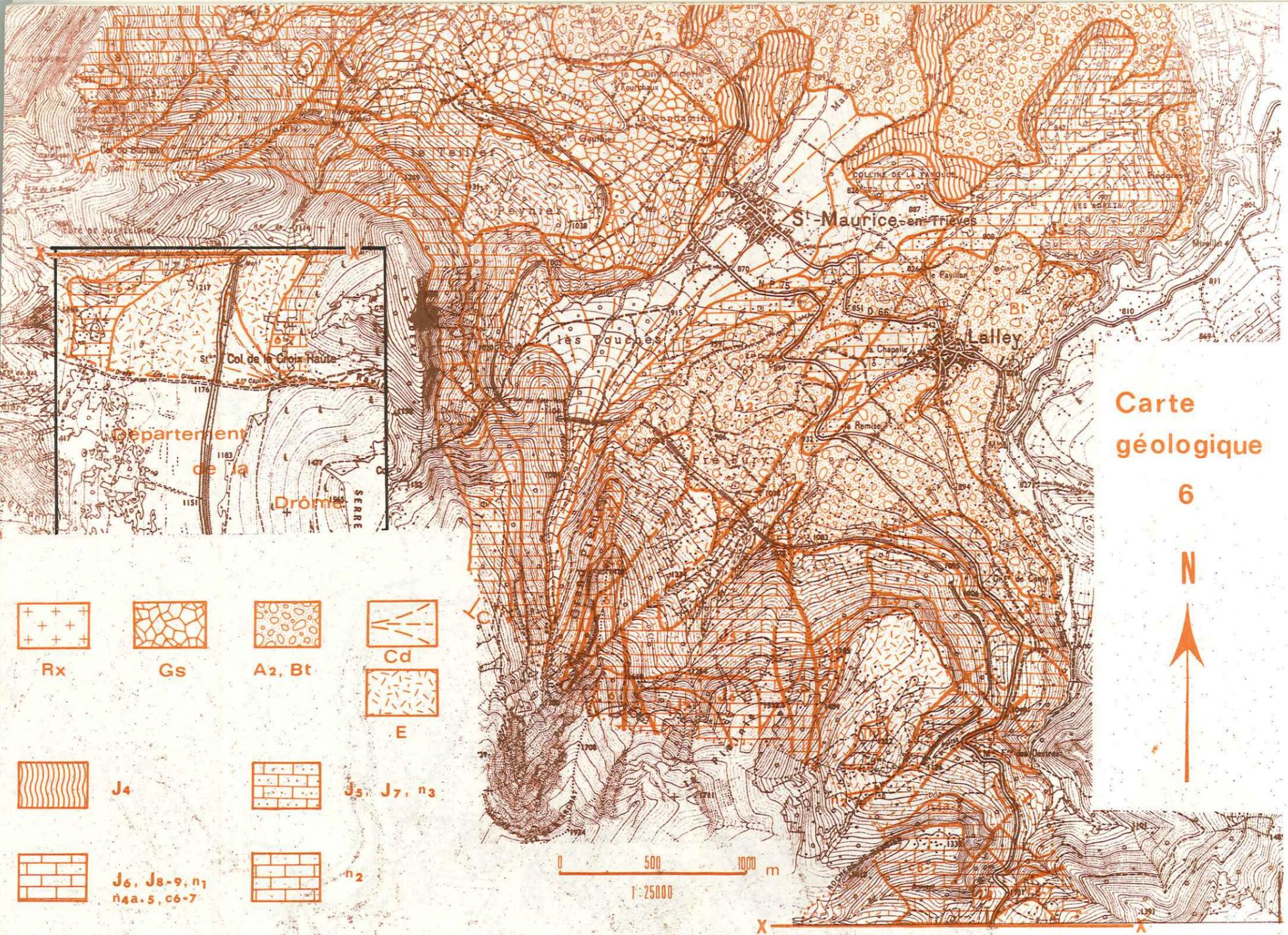
Bt
A3
A2

1:25000

Coupes

TC

Grande Plaine



Carte géologique

6

N



0 500 1000 m
1:25000

DEUXIEME PARTIE

LES PROBLEMES GEOTECHNIQUES

Chapitre 3 : ETUDE GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS RENCONTREES

- I LES TERRAINS DU SOCLE
- II LES TERRAINS DE COUVERTURE

Chapitre 4 : ETUDE GEOPHYSIQUE

- I UTILISATION DES METHODES GEOPHYSIQUES
- II COMPARAISON DES DEUX METHODES ET CHOIX QUI EN RESULTE POUR LES RECONNAISSANCES

Chapitre 5 : DESORDRES PROVOQUES PAR LA ROUTE ACTUELLE

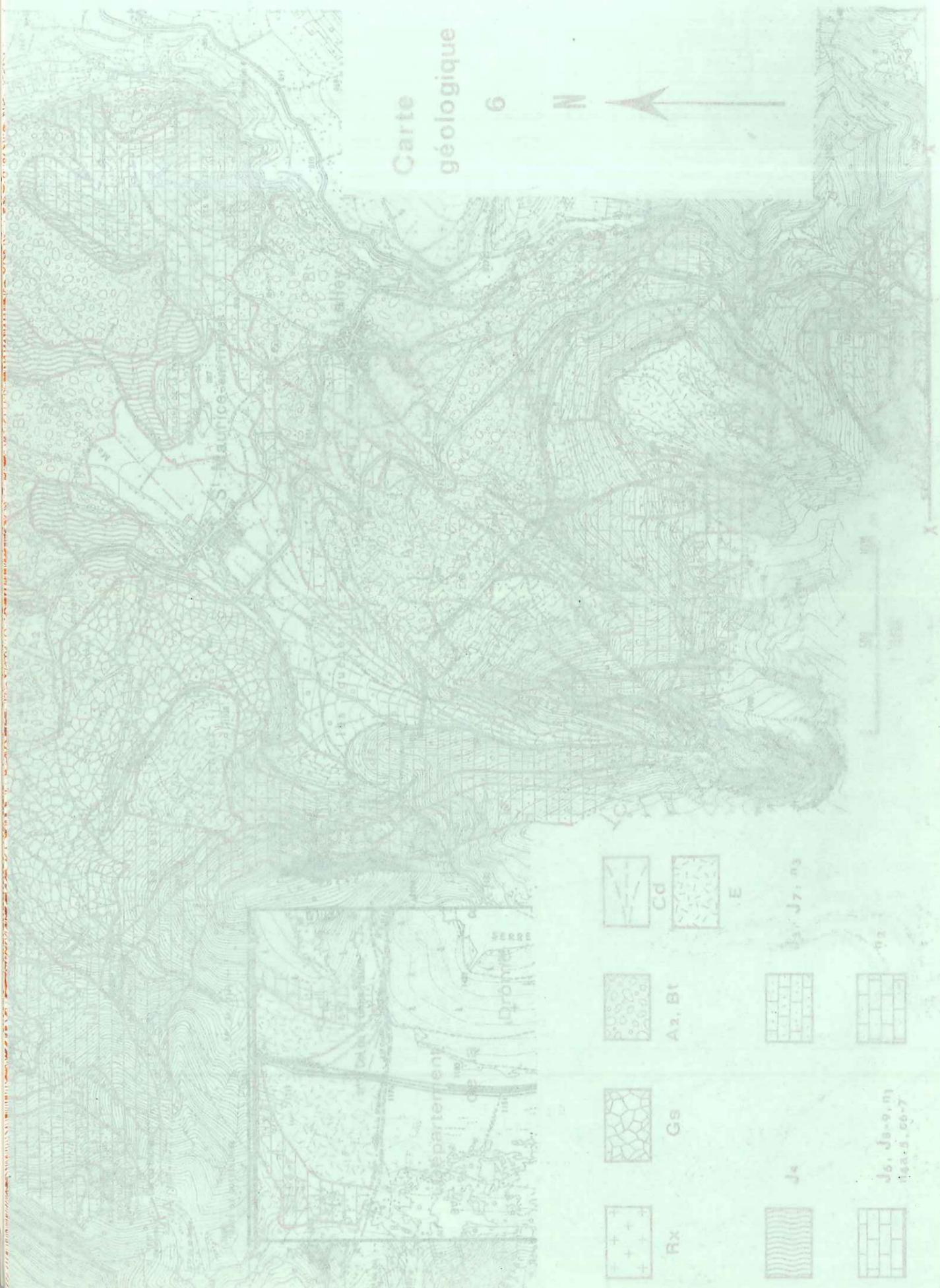
- I et II EFFETS DU GEL
- III CHUTES DE PIERRES
- IV RAVINEMENT
- V MOUVEMENTS DE TERRAIN
- VI AFFAISSEMENTS

Chapitre 6 : CARTE GEOTECHNIQUE DE LA REGION TRAVERSEE

- I DESCRIPTION ET LEGENDE DE LA CARTE GEOTECHNIQUE
- II LES "POINTS DURS" DU TRACE ROUTIER

Carte géologique

6



DEUXIEME PARTIE

LES PROBLEMES GEOTECHNIQUES

Chapitre 3 : ETUDE GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS RENCONTREES

- I LES TERRAINS DU SOCLE
- II LES TERRAINS DE COUVERTURE

Chapitre 4 : ETUDE GEOPHYSIQUE

- I UTILISATION DES METHODES GEOPHYSIQUES
- II COMPARAISON DES DEUX METHODES ET CHOIX QUI EN RESULTE POUR LES RECONNAISSANCES

Chapitre 5 : DESORDRES EPROUVES PAR LA ROUTE ACTUELLE

- I et II EFFETS DU GEL
- III CHUTES DE PIERRES
- IV RAVINEMENT
- V MOUVEMENTS DE TERRAIN
- VI AFFAISSEMENTS

Chapitre 6 : CARTE GEOTECHNIQUE DE LA REGION TRAVERSEE

- I DESCRIPTION ET LEGENDE DE LA CARTE GEOTECHNIQUE
- II LES "POINTS DURS" DU TRACE ROUTIER

ETUDE GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS RENCONTREES

I - LES TERRAINS DU SOCLE

A. - CALCAIRES

Ils se rencontrent dans les étages Séquanien, Tithonique, Berriasien, Barrémien, Campanien, Maestrichtien, dont la description détaillée a été donnée dans le chapitre 2.

1 - Hydrogéologie

Perméables par suite de leur fissuration, ils donnent parfois, au contact des marnes ou calcaires marneux sous-jacents, des sources utilisables et des suintements assez importants (voir l'étude hydrogéologique).

2 - Altérabilité, stabilité

Les calcaires sont peu altérés. Ils ne montrent pas non plus de manifestations karstiques importantes, au voisinage immédiat de la route. Il y a seulement, de place en place, quelques fissures terreuses. Risque de chute de blocs (voir chap. 5). En conséquence de l'érosion des zones sous-jacentes, plus ou moins marneuses, menaces d'écroulements rocheux sur le versant, s'il est suffisamment abrupt.

3 - Affleurements intéressant la R.N. 75

A 2 km au S de Lalley, dans la montée du Col de la Croix-Haute (voir la carte géologique et la description détaillée de ce secteur, chap. 2).

4 - Utilisation

Ces matériaux peuvent être utilisés pour la réfection de routes. Une carrière extérieure à notre région (commune de la Roche-des-Arnauds, R.N. 94 entre Gap et Veynes), recensée par le Laboratoire régional de Marseille, exploite un calcaire du Jurassique supérieur (Séquanien) dont les caractéristiques mécaniques sont bonnes (L.A. = 19 sur fraction 10/14 mm ; Deval humide 7. Dossier : PK - 5832-2, 3-1972, n° de fiche 18).

B. - CALCAIRES MARNEUX

Ils correspondent aux étages Bajocien, Bathonien, Oxfordien sup., Kimméridgien, Hauterivien, décrits dans le chapitre 2.

Tableau 3.1. - Comparaison de talus rocheux.

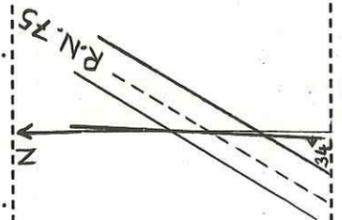
N°	Altitude	Lieu	Lithologie	Stratification	Direction du déblai	Pente du talus (°)	Hauteur du talus (m)	Observations
1	850	Au NW de la Bâtie d'Ambel P.K. 128,500	Alternance de marno-calcaires et marnes. Succession lithologique constituée par des lits (5 à 30 cm) de chacune des deux roches	N 167 44 W	N120	60-75 (paroi NE)	9	Erosion accentuée dans les zones marneuses, délitage des marno-calcaires, chute de plaquettes de ceux-ci. Masses de fragments dans le fossé, beaucoup de zones humides, suintements. Le sommet du talus est protégé par de petits arbres
2	820	Au NE de la Bâtie d'Ambel P.K. 138,800	Terres noires. Au sommet, alternance de zones marneuses (1,5-2,0 m d'épaisseur) et de groupes (50-60 cm d'épaisseur) de minces couches (3-6 cm) de marno-calcaires.	N 5 37 W	E-W	50-60 (paroi N)	8	Masses de fragments recouvrant la base du talus sur 3 m de hauteur et de plaquettes de marno-calcaires. Le fossé en est rempli. Pas d'éroulement ni de glissement. La crête est dépourvue de couverture végétale.

Tableau 3.1. - Comparaison de talus rocheux (suite).

N°	Altitude	Lieu	Lithologie	Stratification	Direction du déblai	Pente du talus (°)	Hauteur du talus (m)	Observations
3	760	Au SW de St-Martin-de-Clelles P.K. 132,130	Terres noires. Les couches (1-2 cm d'épaisseur) de marno-calcaires sont fréquentes. Leur épaisseur croît (4-10 cm) vers le sommet de la série.	N 165 35 W	N36	50 (paroi NW)	10	Erosion vers le sommet, où les petits bancs de marno-calcaires sont fréquents. Remplissage du fossé. Peu de végétation arborescente à la crête. Quelques zones humides dans les parties les plus marneuses.
4	790	A l'E des Riperts P.K. 134,300	Terres noires schisteuses et très homogènes. Un seul banc de 7 cm d'épaisseur. Quelques veines de calcite perpendiculaires à la stratification.	N 175 35 W	N50	Paroi SE 50 Paroi NW 60	10 6	Remplissage du fossé, petits ravinements, surface du talus bien éroulée, érosion différentielle selon la proportion de marnes, produisant petits éroulements de fragments. Une dizaine de mètres carrés de surface humide.

Tableau 3.1. - Comparaison de talus rocheux (fin).

N°	Altitude	Lieu	Lithologie	Stratification	Direction du déblai	Pente du talus (°)	Hauteur du talus (m)	Observations
5	790	Au NE du Viaduc de Darne P.K. 135,00	Marno-calcaires en bancs de 24 cm d'épaisseur au maximum. Vers le sommet, la série devient plus calcaire. Les bancs sont schisteux et très fracturés.	N 3 35 W	N30	55-65	7	Masses de fragments arrivant à 3 mètres de hauteur. La dimension maximale des éléments est de 15 cm. Pas de glissement, mais un écoulement futur est probable. Quelques blocs décimétriques dans le fossé. Humidité et délitage dans les zones les plus marneuses. Le fossé est à moitié rempli.
6	850	Les Blancs P.K. 142,400	Au Sud du viaduc, les terres noires très fracturées contiennent des veines de calcite obliques à la stratification. Au N, la série devient plus calcaire avec intercalation de marnes. Zone tectonisée.			75-85	10	Écroulement en dièdre des parties comprises entre la surface de fracturation et la stratification. Tas de petits fragments dans le fossé. Effet du gel très accentué. Zones humides conformes à la stratification. Glissement de talus. Glissement des strates.



Voir la figure 5.4

1 - Hydrogéologie

Ces terrains sont en général imperméables. Cependant, certaines zones plus calcaires et plus ou moins fissurées peuvent se montrer aquifères. L'alternance des schistes et des marnes multiplie les suintements (voir étude hydrogéologique).

2 - Altérabilité, stabilité

Elles sont directement fonction du degré de fracturation, du pourcentage d'argile et du drainage des eaux avoisinantes.

Nous examinerons dans le paragraphe suivant (marnes) les facteurs d'instabilité que révèle l'examen des talus entaillant les diverses catégories de roches marneuses.

3 - Affleurements intéressant la R.N. 75

De Vif à Monestier-de-Clermont, les Riperts, aux environs du Château de Casseire, à l'W de Saint-Maurice-en-Trièves et aux environs de Lalley (voir la carte géologique).

4 - Utilisation

Nous avons des essais mécaniques très favorables dans certains niveaux du Jurassique moyen (voir annexe). Mais ces bancs de bonne qualité sont trop rares pour justifier une exploitation. Il sera mieux de les mettre en dépôt.

C. - MARNES (Terres Noires du Callovien et de l'Oxfordien inférieur)

1 - Hydrogéologie

C'est la formation la moins perméable parmi les terrains du socle (voir étude hydrogéologique). A son contact, nombreux suintements. Le ruissellement superficiel y développe, en l'absence de couverture protectrice, un réseau très ramifié qui lui confère la morphologie typique des "bad lands".

2 - Altérabilité, stabilité

L'altérabilité des marnes est très grande. La profondeur des zones altérées dépasse, en certains endroits, 7 m. Elle varie souvent en raison inverse de la pente.

Ces marnes se situent à la limite des domaines de la mécanique des sols et de la mécanique des roches, d'où la difficulté pour calculer leur stabilité. Le degré d'altération, le type de drainage et le soin apporté à sa réalisation jouent un rôle très important pour cette dernière.

L'observation détaillée de six déblais (tableau 3.1), entamant les diverses roches marneuses dont nous venons de parler, nous a montré la variété des facteurs qui interviennent dans leur instabilité :

- hétérogénéité lithologique (alternance de zones plus ou moins calcaires ou argileuses) entraînant une variabilité de l'humidité (cas n° 1) ;

- pente du talus ; si elle est trop forte, éboulement de petits fragments et/ou écroulement (n° 6) ; si elle est plus douce, érosion et ravinement des zones marneuses et par conséquent chute de petits bancs fracturés restés en relief (n° 3,4) ;

- ensoleillement insuffisant dû à la direction de la tranchée, à la hauteur des deux talus en regard, ou à l'ombre portée par des reliefs proches (n° 5) ;

- conditions du drainage superficiel (ruissellements indésirables) (n° 3) ;

- existence de discontinuités (schistosité, fractures) orientation de celles-ci (aval-pendage, n° 1). Ce dernier facilite le mouvement des fragments rocheux vers le vide ;

- protection imparfaite ou inexistante de la crête du talus par la couverture végétale.

Le rôle joué dans la plupart des cas par l'eau, superficielle ou d'imprégnation, ou encore sous forme de glace, montre une fois de plus l'importance que l'on doit attacher à la réalisation de dispositifs lui interdisant, autant que possible, l'accès des zones sensibles.

3 - Affleurements intéressant la R.N. 75

Voir la carte géologique.

4 - Utilisation

Mettre en dépôt (rejeter).

II - LES TERRAINS DE COUVERTURE

A. - ESSAIS D'IDENTIFICATION. Définition et modes opératoires

1 - Analyse granulométrique

a) Choix des tamis

Nous avons choisi dix tamis Afnor à maille carrée dont cinq nous donnent, sans interpolation, le poids du tamisat qui fournit une valeur repère dans l'une ou l'autre des classifications ultérieurement utilisées. Les autres servent à combler les intervalles de la courbe granulométrique. Leurs dimensions respectives sont données par le tableau 3.2.

Le tamisage a été fait à l'eau.

Diamètre en : mm	Dimensions prises en compte						
	1	2-3	4	5	6		
20	+						1 - Désignation granulométrique
10							2 - Limites d'Atterberg
5							3 - Facteur de portance
2	+				+	+	4 - Indice de groupe
1							5 - Classification des sols grenus (L.P.C.)
0,400		+				+	6 - Classification H.R.B. (AASHO)
0,200	+						
0,125							
0,080			+		+	+	
0,040							

Tableau 3.2. - Choix des tamis en fonction de la classification des sols utilisée.

b) Fuseau granulométrique

On sait que la courbe cumulative est le moyen le plus clair pour représenter la granulométrie. Pour cette raison, nous donnons les fuseaux granulométriques de chaque formation ainsi que les coefficients granulométriques.

c) Coefficients granulométriques

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

Le coefficient d'uniformité de Hazen (Cu), utilisé aussi dans le domaine hydrogéologique (porosité totale) est exprimé par la relation D60/D10.

La technique routière fait appel à une autre définition de l'hétérométrie (Ch) D85/D15, qui permet de qualifier la granulométrie (tableau 3.3).

Dans ces deux cas, l'expression chiffrée révèle la raideur plus ou moins prononcée de la partie médiane de la courbe cumulative.

Granulométrie	D85/D15
Très serrée	<2
Serrée	2-5
Demi-étalée	5-20
Étalée	20-200
Très étalée	>200

Tableau 3.3 - Hétérométrie.

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

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Les valeurs D10, D15....., lues directement sur la courbe, représentent respectivement les ouvertures de mailles qui laisseraient passer 10 %, 15 %.... en poids du matériau étudié.

22- Limites d'Atterberg

Pour mémoire, nous rappellerons qu'on les mesure sur la fraction de sol passant au tamis de 0,400 mm.

Elles expriment les variations de consistance d'un matériau en fonction de sa teneur en eau.

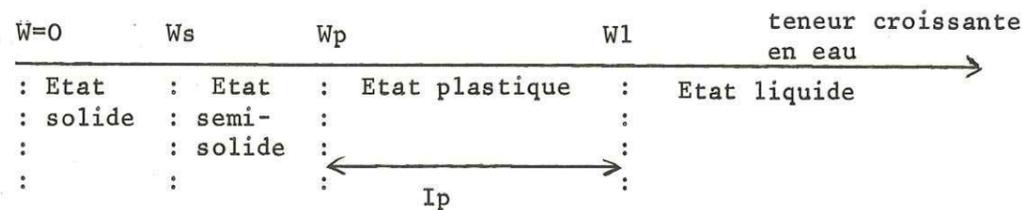
Limite de plasticité (Wp). Teneur repère en eau (rapportée au poids sec) séparant l'état solide de l'état plastique.

Limite de liquidité (Wl). Teneur repère séparant l'état plastique de l'état liquide.

Indice de plasticité (Ip). Différence entre les deux valeurs précédentes :

$$Ip = Wl - Wp$$

On peut représenter ainsi la position des limites d'Atterberg :



La plasticité du sol croît avec la valeur de son indice de plasticité.

D'après BURMISTER (in VERDEYEN, ROISIN et NUJENS, 1969), on peut qualifier ainsi la plasticité selon la valeur de Ip (tableau 3.4) :

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

Tableau 3.4 - Qualification de la plasticité.

3 - Indice de groupe (Ig)

L'indice de groupe est un des éléments qui interviennent dans la classification des sols routiers (H.R.B.).

Nous rappelons ci-dessous la formule qui le définit :

$$I_G = 0,2a + 0,05 ac + 0,01 bd$$

Pour effectuer ce calcul, il est nécessaire de connaître le pourcentage de sol passant au tamis de 0,080 mm, ainsi que sa limite de liquidité et son indice de plasticité, dont on tire les facteurs a, b, c et d.

Muni de ces données, on peut d'ailleurs procéder plus commodément encore en recourant à un nomogramme (fig. 3.1).

L'indice de groupe est un nombre variant de 0 à 20, les plus faibles indices correspondant aux sols les meilleurs (PELTIER, 1969).

4 - Facteur de portance (F)

Sur le mortier (éléments du sol passant au tamis de 0,400 mm), on calcule d'abord un coefficient Fm (PELTIER, 1969) :

$$Fm = \frac{4250}{Wl \cdot Ip}$$

Fm étant toutefois limité supérieurement à la valeur 20.

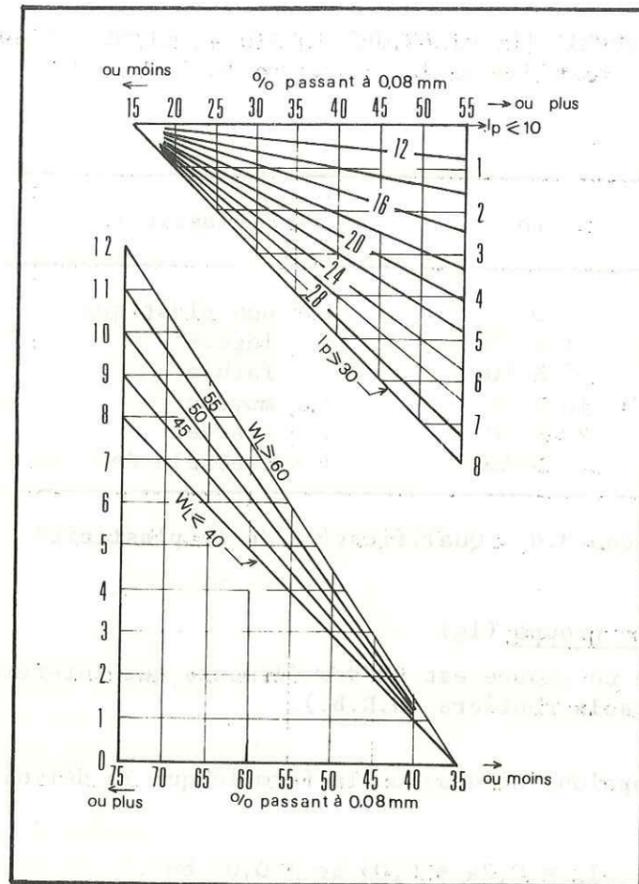


Fig. 3.1 - L'indice de groupe est la somme des lectures sur les échelles verticales des deux graphiques ci-dessus (L.C.P.C., 1967).

Ensuite, on calcule le facteur de portance (F) du sol en tenant compte de la proportion m de mortier dans l'échantillon total.

Si $m > 75\%$, $F = F_m$

Si $75\% > m > 25\%$, $F = F_m \left(2,5 - \frac{m}{50}\right)$

Si $m < 25\%$, $F = 40 - \frac{m}{25} (20 - F_m)$

B. - CLASSIFICATIONS UTILISEES

Il existe actuellement plusieurs classifications basées sur des critères différents. Nous utiliserons celles qui sont recommandées par le L.C.P.C.

CLASSIFICATION DES SOLS GRENUS

(plus de 50 % des éléments > 0,08 mm)

Définitions		Symboles	Conditions	Appellations
GRAVES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre de > 2 mm	G _b (GW)	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$	grave propre
			et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	bien graduée
		G _m (GP)	Une des conditions de G _b non satisfaite	grave propre mal graduée
	plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	GL (GM)	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A*	grave limoneuse
		GA (GC)	Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A*	grave argileuse
		SABLES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre < 2 mm	S _b (SW)
et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	bien gradué			
S _m (SP)	Une des conditions de S _b non satisfaite		sable propre mal gradué	
plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	SL (SM)		Limite d'Atterberg au-dessous de A*	sable limoneux
	SA (SC)	Limite d'Atterberg au-dessus de A*	sable argileux	

Lorsque $5\% < \% \text{ inférieur à } 0,08 \text{ mm} < 12\% \rightarrow$ on utilise un double symbole.

* Voir tableau 3.6

Tableau 3.5
L.C.P.C. 1967

Tableau 3.6. ABAQUE DE PLASTICITE

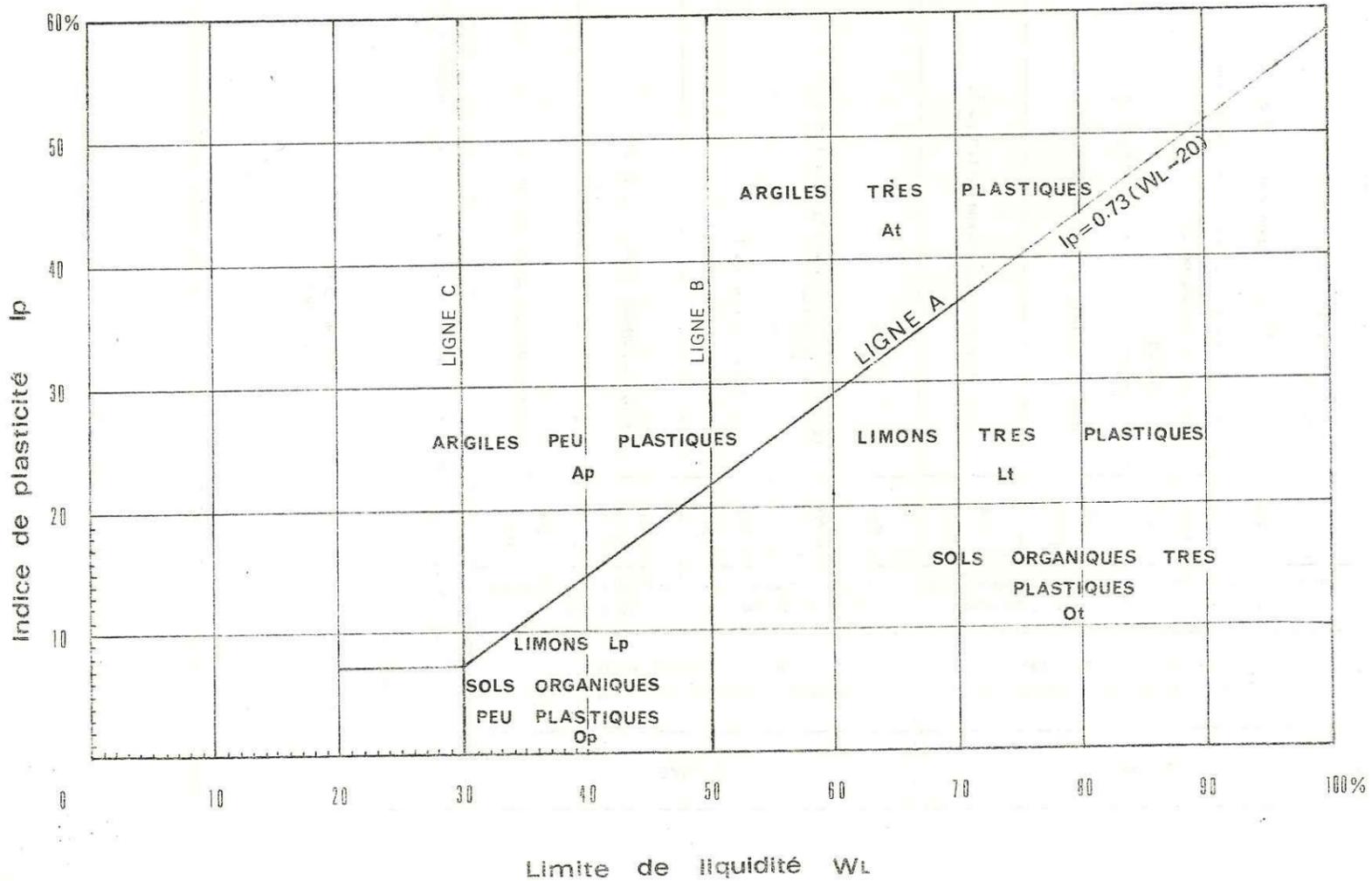


Tableau 3.7a - Classification américaine des sols (Highway Research Board)

(Transposée en unités et tamis français)

Classification générale	Sols grenus (35 % au maximum passant au tamis de 80 microns)							Sols fins (plus de 35 % passant au tamis de 80 microns)				
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Groupe ou sous-groupe de classification	A - 1a	A - 1b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
Analyse granulométrique % passant au tamis												
2 mm.....	max. 50		min. 50								min. 35	min. 35
0,40 mm.....	max. 30	max. 50	max. 10	max. 35	max. 35	max. 35	max. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35
80 microns.....	max. 15	max. 25										
Caractéristiques du mortier (fraction passant au tamis de 0,40 mm)												
Limite de liquidité.....				max. 40	min. 40	max. 40	min. 40	max. 40	max. 40	max. 40	min. 40	min. 40
Indice de plasticité.....	max. 6	max. 6		max. 10	max. 10	min. 10	min. 10	max. 10	max. 10	min. 10	$I_p < L_1 - 30$	$I_p > L_1 - 30$
Indice de groupe	0	0	0	0	0	max. 4	max. 4	max. 8	max. 12	max. 16	max. 20	max. 20
Type de matériaux habituels significatifs	Pierres, graviers et sable		Sable fin	Graviers et sables limoneux ou argileux				Sols limoneux			Sols argileux	
Estimation générale comme sous-sol de chaussée	Excellent à bon						Passable à mauvais					

Nota. - Pour chaque sol identifié, on indiquera après son symbole de groupe, son indice de groupe entre parenthèses.
Par exemple : A - 2 - 6 (3) ou : A - 7 - 5 (17).

Tableau 3.7b. DÉTERMINATION DE LA CLASSE DE SOL S_j

Classification L.P.C.	Indice portant C.B.R.	Indice de plasticité I _p	Prise en compte du gel	Régime hydraulique	Classe du sol
Gb. Gm. laitier de crassier	—	—	—	—	S ₁
GL	—	< 7 →	non →	bon mauvais	S ₁ S ₂
			oui →	bon mauvais	S ₃ S ₂
		> 7 →	non →	bon mauvais	S ₃ S ₂ S ₁
			oui →	bon mauvais	S ₃ S ₂ S ₁
GA	—	—	non →	bon mauvais	S ₃ S ₂
			oui →	bon mauvais	S ₂ S ₁
Sb. Sm.	—	—	—	bon mauvais	S ₃ S ₂
SL schistes brûlés. cendres volantes	—	< 7 →	non →	bon mauvais	S ₃ S ₂
			oui →	bon mauvais	S ₂ S ₁
		> 7 →	non →	bon mauvais	S ₂ S ₁ S ₁
			oui →	bon mauvais	S ₂ S ₁ S ₁
SA	—	—	non →	bon mauvais	S ₂ S ₁
			oui →	bon mauvais	S ₁ S ₁
Lp	> 4 →	→	non →	bon mauvais	S ₂ S ₁
			oui →	bon mauvais	S ₁ S ₁
Lp	< 4 →	→	non →	bon mauvais	S ₂ S ₁
			oui →	bon mauvais	S ₁ S ₁
Ap Lt At craies et marnes	—	—	—	—	S ₁

1 - Classification granulométrique

Les diamètres repères échelonnés, de la forme $2 \cdot 10^n$, permettent de définir les diverses catégories granulométriques (cailloux, graviers...) qui figurent sur les diagrammes (exemple, fig. 3.2).

Outre ces dénominations, nous rappelons deux termes courants :

- filler, qui désigne les éléments inférieurs à 0,080 mm ;
- mortier, pour les éléments inférieurs à 0,400 mm.

2 - Classifications L.P.C. (U.S.C.S.)

Les sols sont d'abord divisés en deux groupes, selon la proportion des éléments supérieurs et inférieurs à 0,080 mm :

- si les premiers sont en majorité, le sol est dit grenu ;
- dans le cas contraire, il est dit fin.

On les dénomme ensuite en utilisant les tableaux ci-après.

La classification des sols grenus (tableau 3.5) est basée sur les limites d'Atterberg et la granulométrie (seuils de 0,080 et 2 mm, coefficients d'uniformité et de courbure).

La classification des sols fins (tableau 3.6) est basée sur la limite de liquidité (W_l) et l'indice de plasticité (I_p).

3 - Classification H.R.B.

La classification H.R.B. (Highway Research Board), parfois nommée classification AASHO (American Association for State Highway Official), est basée sur :

- la limite de liquidité (W_l)
- l'indice de plasticité (I_p)
- l'indice de groupe (I_g)
- les seuils de 0,080 mm, 0,400 mm, 2 mm.

La séparation au tamis de 0,080 mm (aux Etats-Unis 0,074 mm) permet de distinguer les sols fins (catégories A4 à A7) des sols grenus (catégories A1, A2 et A3), suivant que le tamisat est supérieur ou inférieur à 35 % (voir tableau 3.7a, d'après PELTIER, 1969).

Pour chaque sol identifié, on indique, après son symbole de groupe, son indice de groupe entre parenthèses.

4 - Détermination de la classe de sol (S_j)

Le paramètre S_j (voir tableau 3.7b) est utilisé pour caractériser les sols de fondation. Il est déterminé à partir :

- des caractéristiques géotechniques du sol (classification L.P.C., indices C.B.R. et I_p) ;
- des conditions climatiques (gel) ;
- de la qualité du drainage.

Tabl. 3.9. Aptitude des sols aux travaux

(d'après L. C. P. C.)

GROUPE	DESCRIPTION DES SOLS
F ₁ (*)	Sols graveleux contenant 3 à 10 % en poids d'éléments inférieurs à 0,02 mm.
F ₂	a : Sols graveleux contenant entre 10 et 20 % en poids d'éléments inférieurs à 0,02 mm.
	b : Sables contenant entre 3 et 15 % en poids d'éléments inférieurs à 0,02 mm.
F ₃	a : Sols graveleux contenant plus de 20 % en poids d'éléments inférieurs à 0,02 mm.
	b : Sables contenant plus de 15 % en poids d'éléments inférieurs à 0,02 mm, à l'exception des sables limoneux très fins.
F ₄	c : Argiles d'indice de plasticité supérieur à 12.
	a : Tous les limons.
	b : Sables limoneux très fins contenant plus de 15 % en poids d'éléments inférieurs à 0,02 mm.
	c : Argiles d'indice de plasticité inférieur à 12.
d : Autres sédiments à granularité fine.	

(*) De F₁ à F₄ la gélivité est croissante.

Tableau 3.8. - Classification USCE (U.S. Corps of Engineers).

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 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/cm ²)
Gh (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	30-40	7 à 14
GL (GM)	Grave limoneuse mélange gravier-sable-limon	id	id	id	faible à moyenne	très faible	passable à médiocre	Rouleurs à pneus - à pieds de moutons étroite surveillance	2,00 à 2,32	40-60	id
		bon	passable	médiocre à inutilisable	id	faible	médiocre à pratiquement imperméable	Rouleurs à pneus - à pieds de mouton	1,34 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 11
Sh (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	1,65 à 2,16	10-40	4 à 10
SL (SM)	Sables limoneux mélange sabl.-limon	id	passable à bon	médiocre	faible à élevée	très faible	passables à médiocres	Rouleurs à pneus - à pieds de mouton étroite surveillance W	1,92 à 2,16	15-40	4 à 10
		passable	médiocre à passable	inutilisable	id	faible à moyenne	médiocres à pratiquement imperméables	Rouleurs à pneus - à pieds de mouton	1,00 à 2,08	10-20	3 à 5
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 5
LP (NL)	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	Rouleurs à pneus - à pieds de mouton - étroite surveillance W	1,44 à 2,08	15 ou moins	3 à 3
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	Rouleurs 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 passable	id	id	id	id	id	id	1,28 à 1,76	5 ou moins	0,7 à 1
T	Tourbe et autres sols très organiques	inutilisable	id	id	faible	très élevée	passables à médiocres	Compac-se impossible	id	id	id

u : non drainé
d : drainé

Tabl. 3.10. 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									
	Perméabilité après compactage	Résistance aux contrain- tes tangen- tielles après compactage et saturation	Compres- sibilité après com- pactage et saturation	Ouvrabilité comme matériau de construction	Fondations		Remblais			Barrages en terre compactée		Canaux		
					L'écoule- ment a de l'importance	L'écoule- ment a pas d'im- portance	Gonfle- ment du au gel pas possible	Gonfle- ment du au gel possible	Surfaçage	Barrage homogène	Noyau	Massif de butée	Résistance à l'érosion	Revêtement en terre compac- tée
Gb (GW)	perméable	excellente	négligeable	excellente	--	1*	1	1	3	--	--	1	1	--
Gm (GP)	très perméable	bonne	négligeable	bonne	--	3	3	3	--	--	--	2	--	--
G1 (GM)	semi-permé- able à imper- méable	bonne	négligeable	bonne	1	4	4	4	5	2	1	--	--	--
GA (GC)	impermeable	bonne à médocre	très faible	bonne	2	6	5	5	1	1	1	--	3	1
Sb (SW)	perméable	excellente	négligeable	excellente	--	2	2	2	4	--	--	1 si graveleux	--	--
Sm (SP)	perméable	bonne	très faible	médocre	--	5	6	6	--	--	--	4 si graveleux	3 si graveleux	--
SL (SM)	semi-permé- able à imper- méable	bonne	faible	médocre	3	7	7	10	6	4	5	--	4 si graveleux	7 érosion dan- gereuse
SA (SC)	impermeable	bonne à médocre	faible	bonne	4	8	7	6	2	1	2	--	5	2
Lp (ML)	semi-permé- able à imper- méable	médocre	moyenne	médocre	6	9	10	11	--	6	6	--	--	5 érosion dan- gereuse
Ap (CL)	impermeable	médocre	moyenne	bonne à médocre	5	10	9	7	7	5	--	--	--	6
Op (OL)	semi-permé- able à imper- méable	mauvaise	moyenne	médocre	7	11	11	12	--	8	8	--	--	7 érosion dangereuse
Lt (MH)	semi-permé- able à imper- méable	médocre à mauvais	élevée	mauvaise	8	12	12	13	--	9	9	--	--	--
At (CH)	perméable	mauvaise	élevée	mauvaise	9	13	13	14	--	7	7	--	10	8 érosion dan- gereuse
Ot (H)	impermeable	mauvaise	élevée	mauvaise	10	14	14	14	--	10	10	--	--	--
	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

* - Les numéros sont en croissant lorsque les qualités et propriétés citées en référence deviennent moins bonnes.

La partie géotechnique du tableau est claire. Nous donnons quelques commentaires sur les colonnes "prise en compte du gel" et "régime hydraulique", tirés du Catalogue de structures types de chaussées, L.C.P.C. et S.E.T.R.A., mai 1971.

Gel. - Si la région est peu soumise au gel, ou si la pose de barrières de dégel peut être tolérée, on détermine la classe du sol en se référant à la mention "non" dans la colonne concernée. Dans le cas contraire, on prend la mention "oui".

Régime hydraulique. - Si la nappe phréatique reste toujours située à une profondeur supérieure à un mètre à partir de la base de la chaussée, et si l'imperméabilisation des accotements (au sens strict et sur 1,50 m de largeur minimale) et le drainage sont corrects, les conditions seront réputées "bonnes". Dans le cas contraire "mauvaises".

5 - Classification des sols selon leur gélivité

Nous donnons ici les trois classifications les plus utilisées.
a) Classification de CASAGRANDE-DUCKER

Il s'agit d'une classification basée sur le coefficient d'uniformité et le pourcentage des éléments inférieurs à 0,02 mm. Selon ce critère, un sol pulvérulent peut résister convenablement au gel, dans les conditions suivantes :

- si le matériau présente un coefficient d'uniformité d_{60}/d_{10} supérieur à 5, il devra comporter moins de 3 % d'éléments inférieurs à 0,02 mm ;
- si le matériau est relativement uniforme ($d_{60}/d_{10} < 5$), il devra contenir moins de 10 % d'éléments inférieurs à 0,02 mm.

b) Classification anglaise (Road Research Laboratory)

Les expériences faites en Grande-Bretagne indiquent que les sols les plus sensibles au gel contiennent au moins 10 à 15 % d'éléments inférieurs à 0,02 mm, alors que les sols argileux contenant plus de 30 % d'éléments inférieurs à 0,002 mm ne le sont pratiquement pas. Ces expériences ont permis d'établir que les sols les plus gélifs sont constitués par des limons et des sables limoneux dont la courbe granulométrique se situe dans le fuseau représenté par la fig. 3.2.

c) Classification U.S.C.E. (U.S. Corps of Engineers)

Cette classification, établie pour les sols américains, est pourtant utilisable en France, mais avec une relative prudence (tableau 3.8).

C. - UTILISATION DES CLASSIFICATIONS

1 - Aptitude des sols aux travaux

Nous donnons, à titre indicatif, le tableau 3.9, extrait du "Soil Manual" de l'Asphalt Institute, traduit en termes de classification L.C.P.C., qui indique les propriétés essentielles des sols de chacune des familles de la classification U.S.C.S.

2 - Utilisation des sols en Génie Civil

Le tableau 3.10, reproduit de l'U.S. Bureau of Reclamation,

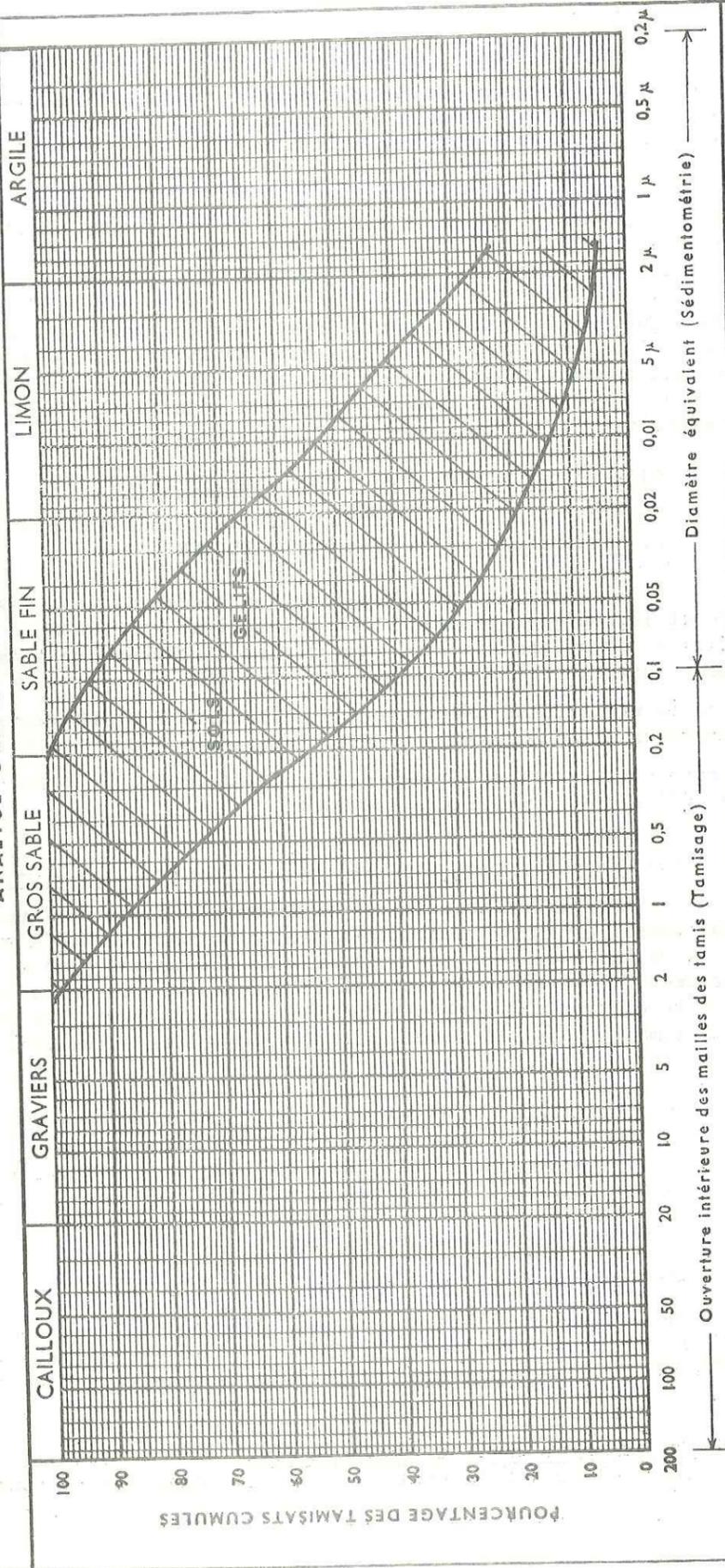
FIG. 3. 2 SUSCEPTIBILITE AU GEL. (Classification anglaise)

INSTITUT DOLOMIEU

laboratoire de géologie appliquée

N° _____
 Désignation des échantillons _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



LIMITES D'ATTERBERG		Filler % < 80 µ	% CO ₃ Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation Géotechnique
W.L	I. P				

Ech
 Ech
 Ech

donne une idée des qualités constructives des groupes de sols.

3 - Description des groupes de sols de la classification H.R.B.

Nous avons présenté cette classification au début du chapitre (tableau 3.7). Nous la complétons par la description des groupes de sols (d'après VERDEYEN, ROISIN, NUYENS, 1969).

Sols A-1

Mélanges à granulométrie étalée : cailloux ou graviers, sables et fines. Mortier non plastique ou faiblement plastique.

Ces sols restent stables sous des charges mobiles.

Sous-groupe A-1a : prédominance de pierres cassées ou de gravier. Mortier présent ou non.

Sous-groupe A-1b : gros sable, avec ou sans mortier.

Sols A-3

Sables fins. Eventuellement, petites quantités de sable grossier ou gravier. Non plastiques.

Sols A-2

Mélanges divers à granulométrie mal répartie. Certains sont déjà sensibles au gel.

Les sous-groupes A-2-4 et A-2-5 sont définis par référence respectivement aux groupes A-4 et A-5, comme eux limoneux ou limono-argileux.

Les sous-groupes A-2-6 et A-2-7 (cf. A-6 et A-7) voient croître, corrélativement à leur teneur en matériaux fins, leur indice de plasticité (>10) et leur indice de groupe (0 à 4).

Sols A-4

Typiquement, limons de plasticité faible ou nulle. L'indice de groupe (8 au maximum) décroît si la proportion de sables et graviers devient notable.

Sols A-5

Diffèrent des A4 par une limite de liquidité plus élevée (>40), d'où un indice de groupe pouvant atteindre 12. Déformabilité élevée et faible stabilité, sauf s'ils admettent une certaine teneur en éléments plus grossiers.

Sols A-6

Début des sols argileux. Présence ou non d'éléments plus grossiers. Retrait sensible par dessiccation (fissures). Indice de groupe jusqu'à 16. Ip > 10.

Sols A-7

Indice de groupe le plus médiocre (jusqu'à 20). Limite de liquidité élevée, comme A-5 (et non comme A-6).

Sous-groupes A-7-5 et A-7-6 définis en fonction de Ip. Gonflement et retrait importants ou très importants.

En général, le comportement des groupes A-1, A-3 et des sous-groupes A-2-4 et A-2-5, comme sous-sol de chaussée, varie d'excellent à bon ; celui des autres groupes, de A-2-6 à A-7-6, varie de passable à mauvais.

4 - Application des indices de groupe

Nous avons vu, dans les paragraphes précédents, que l'indice de groupe intervient dans la classification H.R.B. Il sert aussi à évaluer l'épaisseur requise pour les assises de chaussée. Il convient cependant de l'appliquer avec certaines réserves, car cette épaisseur dépend de beaucoup de facteurs : nature du sol, climat, drainage, compactage, etc. Surtout, si le sol est gélif, les précautions indiquées par ailleurs doivent être prises. D'autre part, les épaisseurs conseillées ne sont valables que si la nappe phréatique est à plus d'un mètre de la base de la chaussée. Le sol de fondation doit être au moins compacté à 95 % du maximum Proctor normal.

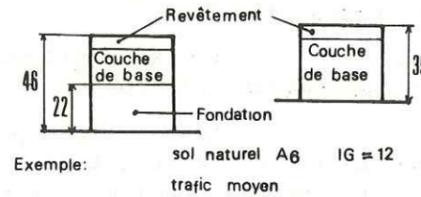
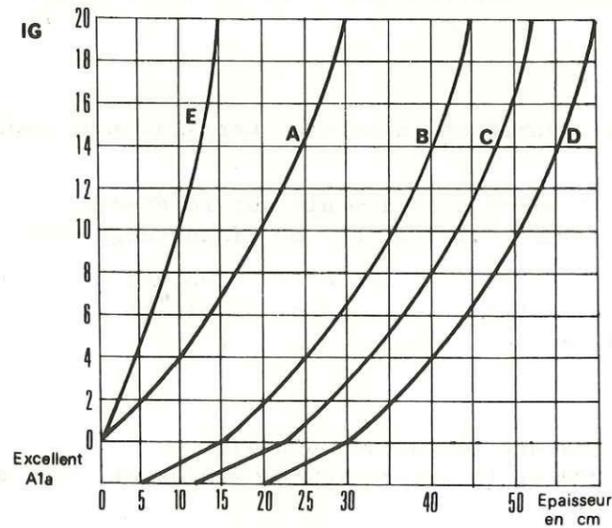


Fig. 3.15 - Application des indices de groupe (L'HERMINIER, 1967).

- Courbe A - Epaisseur de fondation requise
- Courbe B - Epaisseur totale de revêtement, de couche de base et de fondation *Trafic léger*
- Courbe C - Epaisseur totale de revêtement, de couche de base et de fondation *Trafic moyen*
- Courbe D - Epaisseur totale de revêtement, de couche de base et de fondation *Trafic lourd*
- Courbe E - Epaisseur de couche de base supplémentaire nécessaire pour remplacer la fondation de la courbe A

Trafic léger : 50 véhicules commerciaux par jour
Trafic moyen : 50-300 " " "
Trafic lourd : 300 " " "

Type de structure	Classe du sol	Couche de surface				Couche de base				Couche de fondation			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1		Béton bitumeux				Grave laitier				Grave laitier			
	S ₁	8	6	E	E	25	20	15	15	25	25	25	20
	S ₂	8	6	E	E	20	20	15	15	20	20	15	15
	S ₃	8	6	E	E	20	20	15	25	15	15	15	—
2		Béton bitumeux				Grave laitier				Sable laitier			
	S ₁	8	6	E	E	25	20	15	15	30	30	30	25
	S ₂	8	6	E	E	20	20	15	15	25	20	20	20
	S ₃	8	6	E	E	20	20	15	15	20	20	15	15
	S ₄	Voir chaussée du type 1.											
3		Béton bitumeux				Grave bitume				Grave bitume			
	S ₁	8	6	E	E	20	20	15	15	25	20	20	15
	S ₂	8	6	E	E	20	15	15	20	15	15	15	—
	S ₃	8	6	E	E	15	20	20	15	15	—	—	—
	S ₄	8	6	E	E	20	15	15	10	—	—	—	—
4		Béton bitumeux				Grave bitume				Sable bitume			
	S ₁	8	6	E	E	25	20	20	15	25	25	20	20
	S ₂	8	6	E	E	20	15	20	10	20	20	15	15
	S ₃	8				20				15			
	S ₄	Voir chaussée du type 3.											

Tableau 3.11a. Structures types de chaussées.

Type de structure	Classe du sol	Couche de surface				Couche de base				Couche de fondation			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
5		Béton bitumeux				Grave-bitume				Grave non traité			
	S ₁	8 [•]	6	E	E	30 [•]	25	20	15	40 [•]	40	40	30
	S ₂	8 [•]	6 [•]	E	E	25 [•]	20 [•]	15	10	30 [•]	30 [•]	30	20
	S ₃	Voir chaussée du type 3											
	S ₄												
6		Béton bitumeux				Grave-ciment				Grave non traité			
	S ₁	7+7 [•]	8 [•]	6	E	30 [•]	25 [•]	20	20	40 [•]	40 [•]	40	40
	S ₂	7+7 [•]	8 [•]	6	E	30 [•]	25 [•]	20	20	25 [•]	25 [•]	25	25
	S ₃	7+7 [•]	8 [•]	6 [•]	E [•]	30 [•]	25 [•]	20 [•]	20 [•]	20 [•]	20 [•]	20 [•]	20 [•]
	S ₄	7+7 [•]	8 [•]	6 [•]	E [•]	30 [•]	25 [•]	20 [•]	20 [•]	—	—	—	—
7		Béton bitumeux				Grave-ciment				Sable-laitier			
	S ₁	7+7 [•]	8 [•]	6	E	25 [•]	20 [•]	15	15	30 [•]	30 [•]	25	25
	S ₂	7+7 [•]	8 [•]	6 [•]	E	20 [•]	20 [•]	15 [•]	15	25 [•]	20 [•]	15 [•]	15
	S ₃	7+7 [•]	8 [•]	6 [•]	E	20 [•]	20 [•]	15 [•]	15	20 [•]	20 [•]	15 [•]	15
	S ₄	Voir chaussée du type 6											

Tableau. 3.11b Structures types de chaussée.

E : Enduit

(•) Ce signe n'indique en aucune façon qu'on peut négliger l'effet du gel sur le sol de fondation.

Nous donnons à titre indicatif les courbes (fig. 3.15), reproduites de l'HERMINIER (1967), servant à évaluer les épaisseurs à donner à la fondation et à la totalité de la chaussée : fondation + couche de base + revêtement.

5 - Utilisation du facteur de portance

Le facteur de portance F peut être utilisé dans certains cas seul, ou en combinaison avec l'indice de portance C.B.R. (PELTIER, 1969) :

- pour les sols très plastiques et pour les sables, la valeur de F est plus proche de la réalité que celle fournie par l'essai C.B.R. On peut donc corriger les résultats de ce dernier ou le négliger dans les domaines où il ne convient pas ;

- pour les routes ordinaires et secondaires, l'épaisseur des différentes assises peut être déterminée en remplaçant le C.B.R., dans les formules et abaques où il intervient, par le facteur de portance, qui ne demande l'exécution d'aucun essai mécanique ;

- pour les routes importantes et les autoroutes, on adopte une combinaison des deux méthodes (C.B.R. et F), suivant les circonstances et l'importance de l'ouvrage.

6 - Utilisation de S_j. Dimensionnement de la chaussée

Nous avons abordé la détermination de S_j dans les paragraphes précédents.

Le L.C.P.C. et le S.E.T.R.A. ont proposé 7 types de structures de chaussée, en se basant sur deux paramètres : trafic T_i (voir présentation de la R.N. 75) et S_j (voir tableau 3.11a, b).

On choisit la structure en tenant compte des conditions locales, des impératifs de qualité des matériaux et en fonction des avantages liés à chacun des types qu'elle peut adopter.

Voici d'abord la terminologie employée pour désigner les différentes couches constitutives d'une chaussée

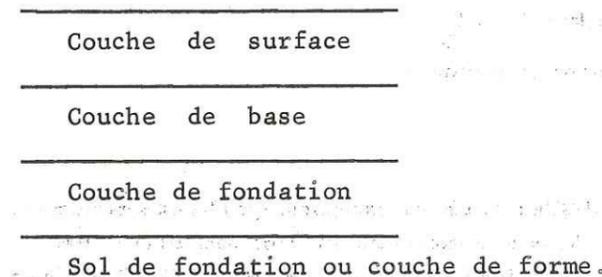
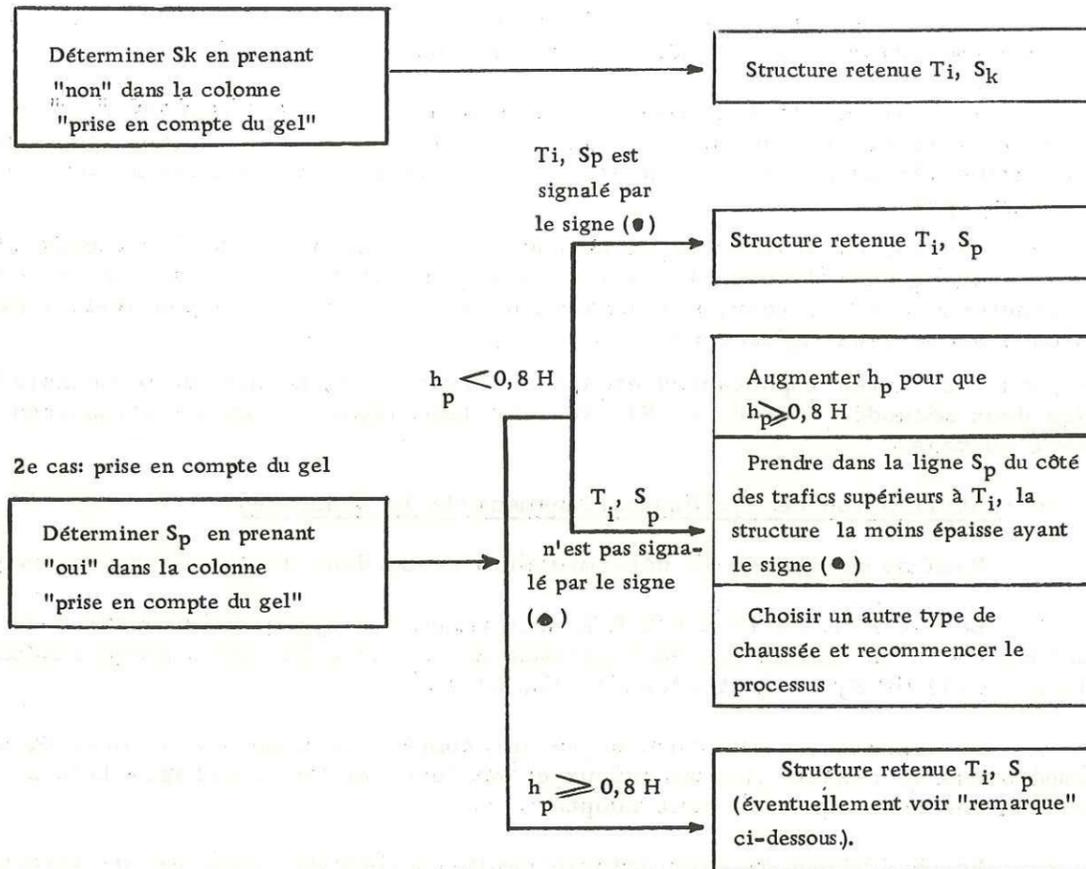


Tableau 3.12 - Intervention du gel dans le dimensionnement, organigramme (d'après L. C. P. C., 1972).

1er Cas: Non prise en compte du gel



h_p = épaisseur totale des couches non gélives de la structure (y compris l'incidence des couches de forme) correspondante à T_i, S_p

H = profondeur de gel choisie

REMARQUE : dans le cas exceptionnel où h_p est supérieur à H, on vérifiera si h_k (épaisseur totale des couches non gélives correspondant à la structure T_i, S_k , dans le cas de non prise en compte du gel) n'est pas aussi supérieur à H. Si $h_k > H$, la structure T_i, S_k (avec la couche de forme envisagée) pourra aussi être retenue.

En cas de prise en compte du gel, le choix de la structure type se fait selon la valeur de H (profondeur de gel). Nous donnons l'organigramme indiquant le dimensionnement de la chaussée en cas d'intervention du gel (tableau 3.12) (voir, pour plus de détails, le Catalogue des Structures types de chaussées, L.P.C.P. - S.E.T.R.A., mai 1971).

Actuellement, les recherches sont orientées vers l'étude des assises de chaussées en grave-ciment, afin de diminuer le recours aux liants d'origine pétrolière et d'obtenir une bonne performance mécanique (Complément à la Directive pour la réalisation des assises de chaussées en grave-ciment, L.C.P.C. - S.E.T.R.A., octobre 1975).

D. - DESCRIPTION

1 - Introduction

Les échantillons ont été prélevés dans les diverses formations soit à la tarière à main, soit dans les carrières. Nous avons recueilli cinquante-cinq échantillons de 2-2,5 kg environ. D'autre part, dix-huit échantillons déterminés par les Ponts et Chaussées et par certains auteurs (USELLE et MONJUVENT, 1970) ont été interprétés.

Le nombre des échantillons prélevés dans chaque formation est fonction de son étendue et de son importance (par exemple, 10 dans les A2, 2 dans la terrasse de Monestier).

Nous avons reporté, sur le tableau 3.13, les coordonnées des prélèvements et les formations correspondantes (les abréviations qui les désignent sont les mêmes que dans le chapitre 2).

Ces formations sont réparties en trois groupes :

- formations à éléments essentiellement grossiers ;
- formations à éléments de tous calibres ;
- formations essentiellement argileuses.

2 - Formations à éléments essentiellement grossiers

a) Alluvions élevées (A1)

Elles occupent une superficie d'un demi kilomètre carré environ. Nous en avons prélevé deux échantillons. Ce sont des graves propres bien graduées et des graves peu argileuses (fig. 3.3). Éléments fins trop peu abondants pour permettre le calcul de I_g et F.

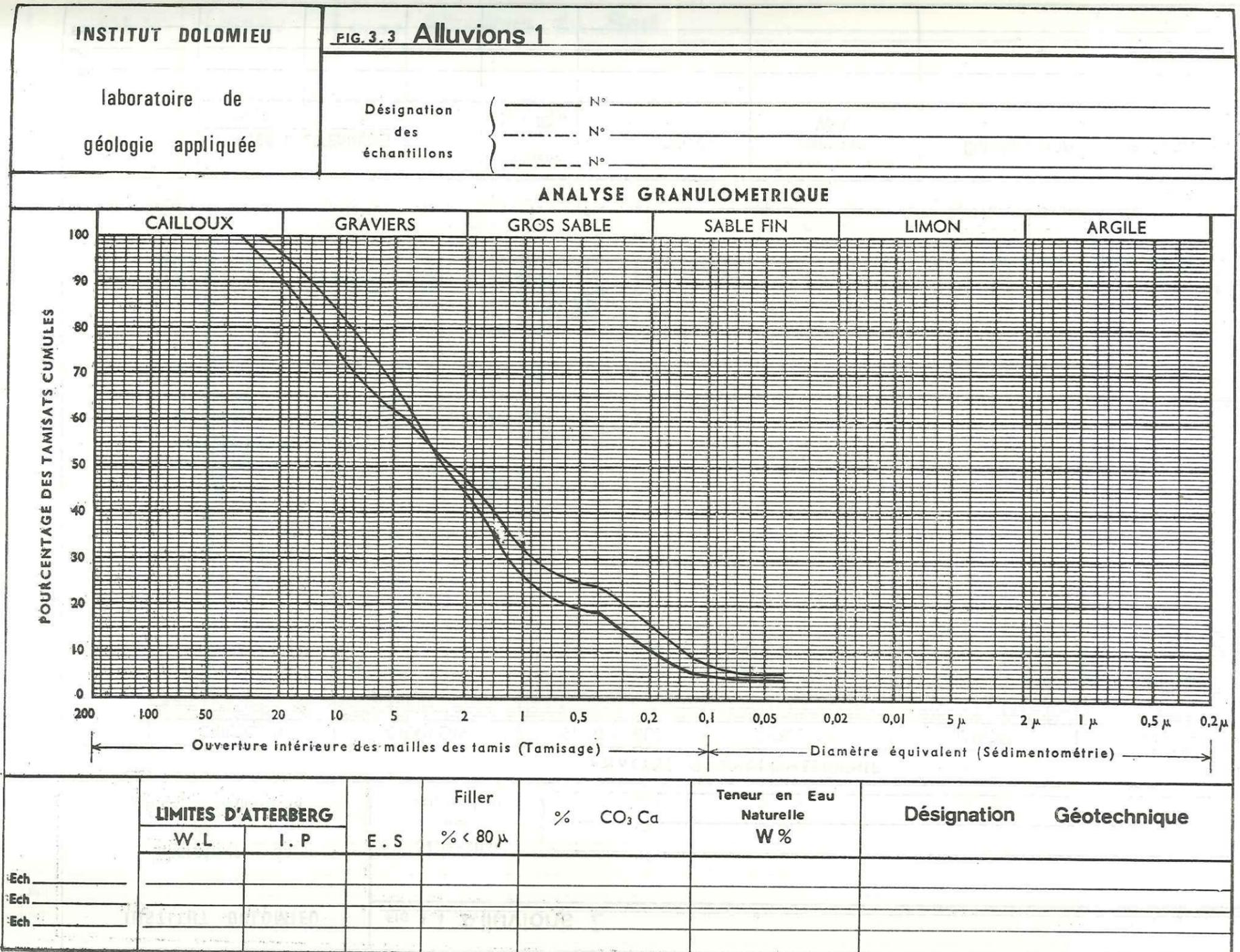
Selon la classification L.P.C., leur comportement est en général bon pour la fondation de chaussée.

b) Alluvions 2 (A2)

Ce sont des graves propres bien graduées ou mal graduées et des graves limoneuses, argileuses. Elles figurent, selon le cas, dans les groupes A-2-4, A-2-6, A-2-7.

Tableau 3.13 - Emplacement des prélèvements et nature des formations.

N° d'éch.	Na-ture	Coordonnées			N° d'éch.	Na-ture	Coordonnées			N° d'éch.	Na-ture	Coordonnées		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	As	862,05	309,19	420	26	As	862,19	308,53	465	48a	Bt	862,46	282,03	760
2	As	860,96	304,65	565	27	As	861,82	307,64	475	48b	Bt	862,46	282,03	760
3	Mar	860,45	300,08	685	28	Gs	860,34	290,20	740	49	A ₂	862,99	281,69	760
4	Mar	860,40	298,57	725	29	Gs	860,34	290,20	740	50	Tm	859,90	295,20	880
5	Mar	860,33	298,87	720	31	Gd	858,46	290,07	790	51	Tm	859,95	295,12	885
6	Pc	862,50	309,94	360	32	Gd	858,05	290,29	780	4305	Cd	862,47	278,41	880
7	Pc	862,50	309,94	360	33	Gs	859,27	287,57	790	H ₆ 0,5 m	Gs	Remblai de gare de Clelles		
8	As	862,40	309,12	425	34	A ₂	859,27	287,57	793	H ₇₋₁ 1,5m	Gs	"	"	"
9	As	862,40	309,12	425	35	Gs	859,20	290,61	844	H ₇₋₂ 2,8m	Gs	"	"	"
10	As	862,40	309,12	425	36	Gs	859,54	291,05	860	L ₁	A ₂	Gisement Lagier P.K.145,00		
11	As	860,93	304,71	550	37a	Gd	858,98	293,50	840	L ₂	A ₂	"	"	"
12	A ₂	859,20	288,67	760	37b	Cd	859,04	293,42	845	L ₃	A ₂	"	"	"
13	A ₂	859,29	288,09	735	38a	Cd	859,11	293,15	841	Fiche 13-2Gs		St-Martin-de-Clelles		
15	Gd	858,02	289,83	795	38b	Cd	859,04	293,15	849	Fiche 16	Gd	Darnes		
16	Gd	858,02	289,93	795	39	Gs	859,94	285,32	825	G ₁₀₅₋₁	Gs	Serre de Champot		
17	Ar	860,67	288,38	715	40	A ₂	860,30	284,88	830	G ₁₀₅₋₂	A ₂	"	"	"
18	Ar	861,24	289,12	700	41	A ₂	861,20	283,32	840	Fiche 8 ₁	Pc	Croset		
19	Ar	861,24	289,12	700	42	A ₂	861,43	281,76	830	Fiche 8 ₂	Pc	Croset		
20	A ₁	859,62	289,68	785	43a	Bt	861,94	282,40	773	H ₁₋₁	Gd	Gare de Clelles		
21	A ₁	859,62	289,68	785	43b	Bt	861,94	282,40	773	H ₁₋₁	Gd	"	"	"
21	A ₁	859,62	289,68	785	44	A ₂	861,83	281,45	830	H ₁₋₂	Gd	"	"	"
22	Ar	860,46	287,15	740	45	A ₂	863,13	279,57	885	H ₁₋₃	Gd	"	"	"
23	Ar	860,60	287,15	755	46a	Cd	863,08	278,91	875	H ₂₋₁	Gd	"	"	"
24	Ar	860,70	287,20	730	46b	Cd	863,18	278,88	875	H ₂₋₂	Gd	"	"	"
25	As	862,19	308,53	465	47	A ₂	863,69	278,19	930					



Leur fuseau est uniforme (fig. 3.4). Les courbes granulométriques sont en général étalées sous la dimension 2 mm et nettement plus raides au-dessus. Le pourcentage partiel des éléments grossiers croît donc plus vite que le diamètre de ces éléments. Les fourchettes des coefficients granulométriques sont les suivantes :

20	≡	Cu	≡	259
0,55	≡	Cc	≡	6,3
26,3	≡	Ch	≡	100

Le filler varie entre 3,8 et 35,2.

Les fourchettes des limites d'Atterberg des échantillons contenant suffisamment de mortier pour les essais, sont les suivantes :

22	≡	Wl	≡	44
16	≡	Wp	≡	22
5	≡	Ip	≡	22

Selon les valeurs de Ip, la plasticité varie de faible à élevée.

Facteur de portance : $9,2 \leq F \leq 46,6$. Les F de la moitié des échantillons sont supérieurs à 20.

Indice de groupe : $0 \leq Ig \leq 2,1$. La plupart des valeurs de Ig sont inférieures à 1.

Selon leur comportement, ces alluvions peuvent se grouper dans les classes S1, S2, S4.

c) Alluvions 3 (A3)

Nous n'avons pas prélevé d'échantillons dans cette formation. Ce sont en général des graves propres, mal ou bien graduées.

d) Alluvions du Sert (As)

Leur nature est très diverse. On y rencontre des éléments grenus de tous calibres. Elles sont toutes mal graduées. Presque la moitié des échantillons débordent sur deux classes différentes et doivent être désignés par un double symbole (Gm - GA, Sm - SL, etc.), en raison d'un filler compris entre 5 et 12. Dans d'autres cas, le filler peut atteindre jusqu'à 22,3 ou s'abaisser à 3,3. Ces alluvions figurent, selon les cas, dans les groupes A-2-4, A-2-6 de la classification H.R.B.

Le fuseau est assez dilaté dans les sections gravier et gros sable de la classification granulométrique, il se resserre à partir des sables fins (fig. 3.5).

Les fourchettes des coefficients granulométriques sont les suivantes :

$5 \leq Cu \leq 270$
$8 \leq Ch \leq 175$
$0,9 \leq Cc \leq 72,6$

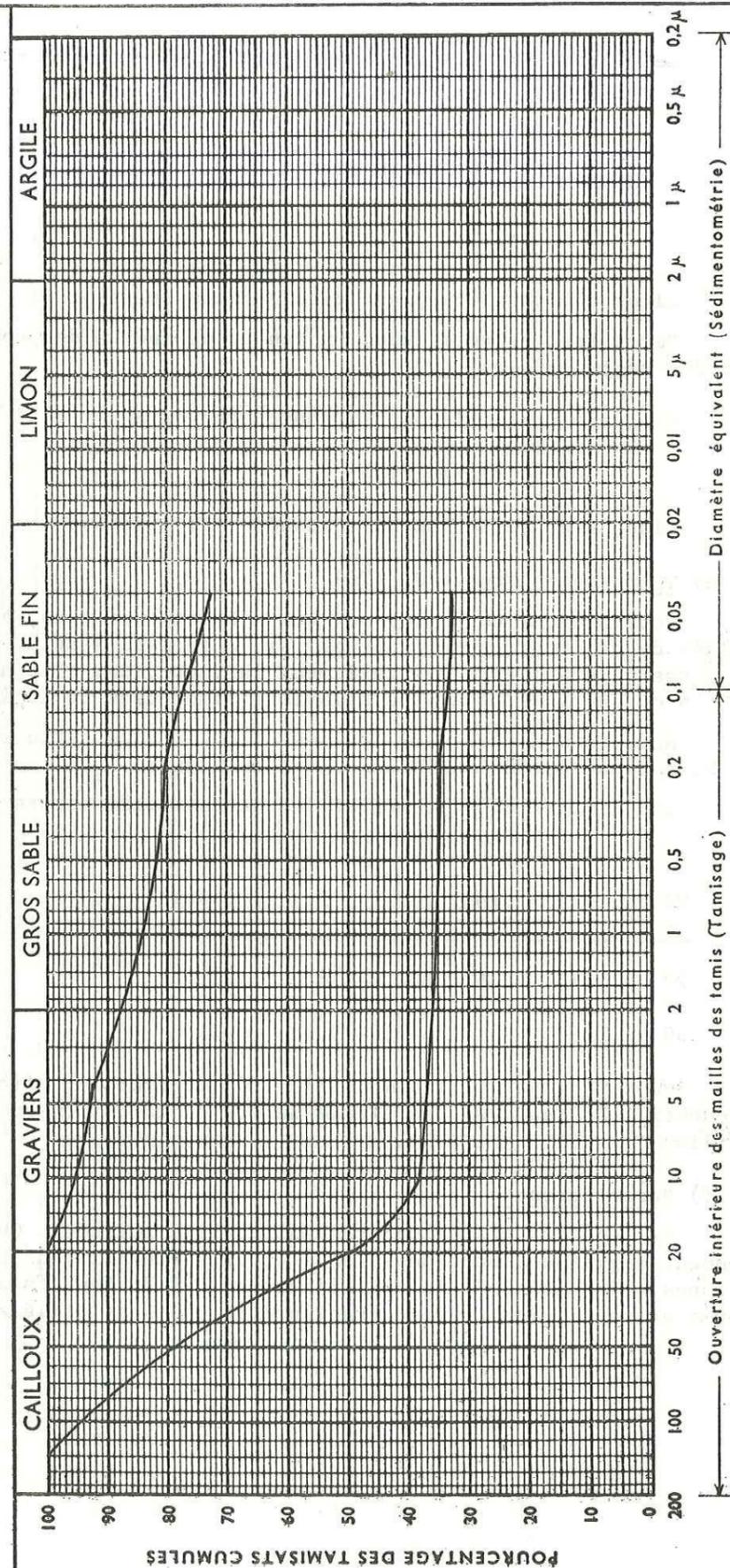
INSTITUT DOLOMIEU

laboratoire de
géologie appliquée

FIG. 3.6 Terrasse de Monestier

Désignation des échantillons
N° N°

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



LIMITES D'ATTERBERG		Filler % < 80 μ	% CO ₃ Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation	Géotechnique
W.L	I. P					

Les courbes granulométriques sont étalées ou semi-étalées.

Les fourchettes des limites d'Atterberg sont :

$$20 \leq Wl \leq 34$$

$$15 \leq Wp \leq 21$$

$$5 \leq Ip \leq 25.$$

Elles ont donc une plasticité moyenne ou faible.

Parmi sept échantillons, un seul a un indice de groupe égal à 0,5 ; pour les autres, il est nul.

Pour six échantillons, la fourchette de F est :

$$9,1 \leq F \leq 82,5$$

Classes de fondation de chaussée : S1, S2, S4.

e) Terrasse de Monestier (Tm)

Nous n'avons pu y prélever que deux échantillons, à cause des difficultés de pénétration rencontrées par la tarière à main. Cette terrasse ne concerne d'ailleurs pas tellement la route, car elle n'occupe que la partie N du bourg. Il s'agit d'alluvions limoneuses ou argileuses.

Nous donnons les deux courbes obtenues dans cette formation (fig. 3.6). Elles sont assez distinctes l'une de l'autre.

Les limites d'Atterberg et les autres coefficients sont les suivants :

	Wl	Wp	Ip	F	Ig	Classe
n° 50	27	21	6	27,7	8	Op
n° 51	69	39	30	3,9	3,3	GL

Nous pensons que l'échantillon 50 est trop superficiel pour être représentatif. En tout cas, la classe de sol de fondation pour ces deux échantillons est S1.

f) Basse terrasse (Bt)

Ce sont des graves propres mal ou bien graduées. Quelquefois, elles deviennent argileuses ou limoneuses. Certains échantillons figurent dans les groupes A-1a, A-1b, de la classification H.R.B. Leur fuseau est assez uniforme et serré, les courbes granulométriques sont étalées (fig. 3.7).

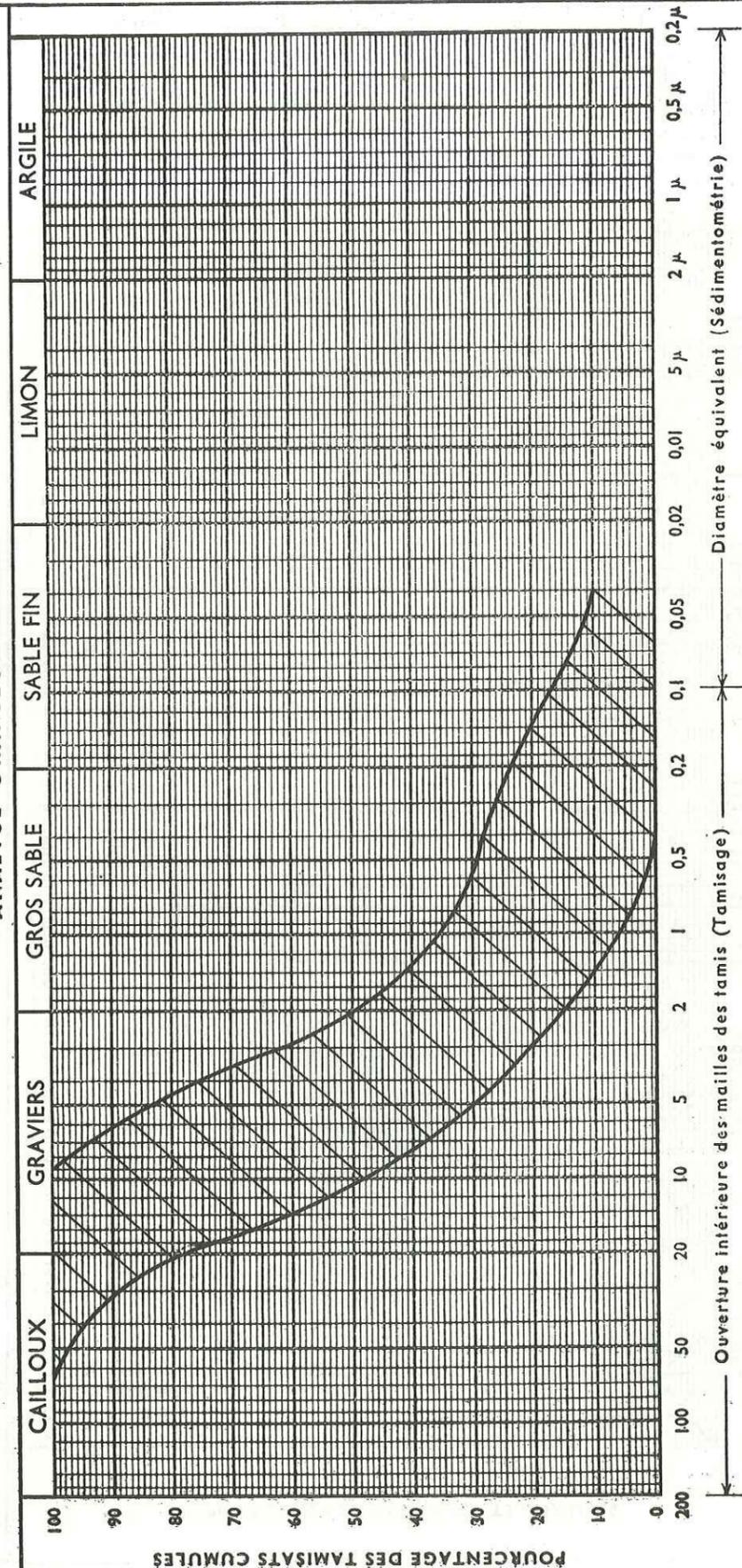
INSTITUT DOLOMIEU

laboratoire de
géologie appliquée

FIG. 3.7 Basse terrasse

N°
N°
N°
Désignation
des
échantillons

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



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

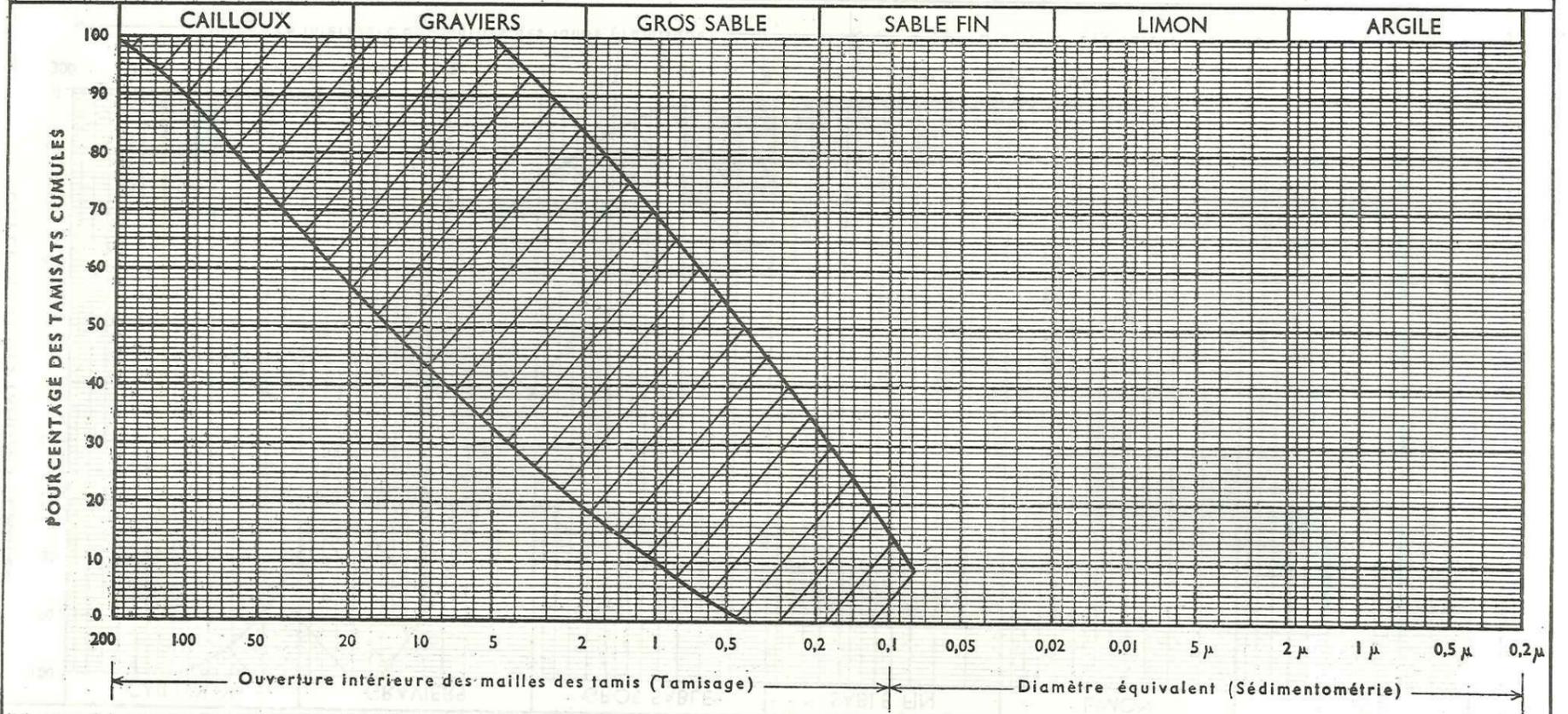
Ech
Ech
Ech

laboratoire de géologie appliquée

Désignation des échantillons

_____ N° _____
 _____ N° _____
 _____ N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



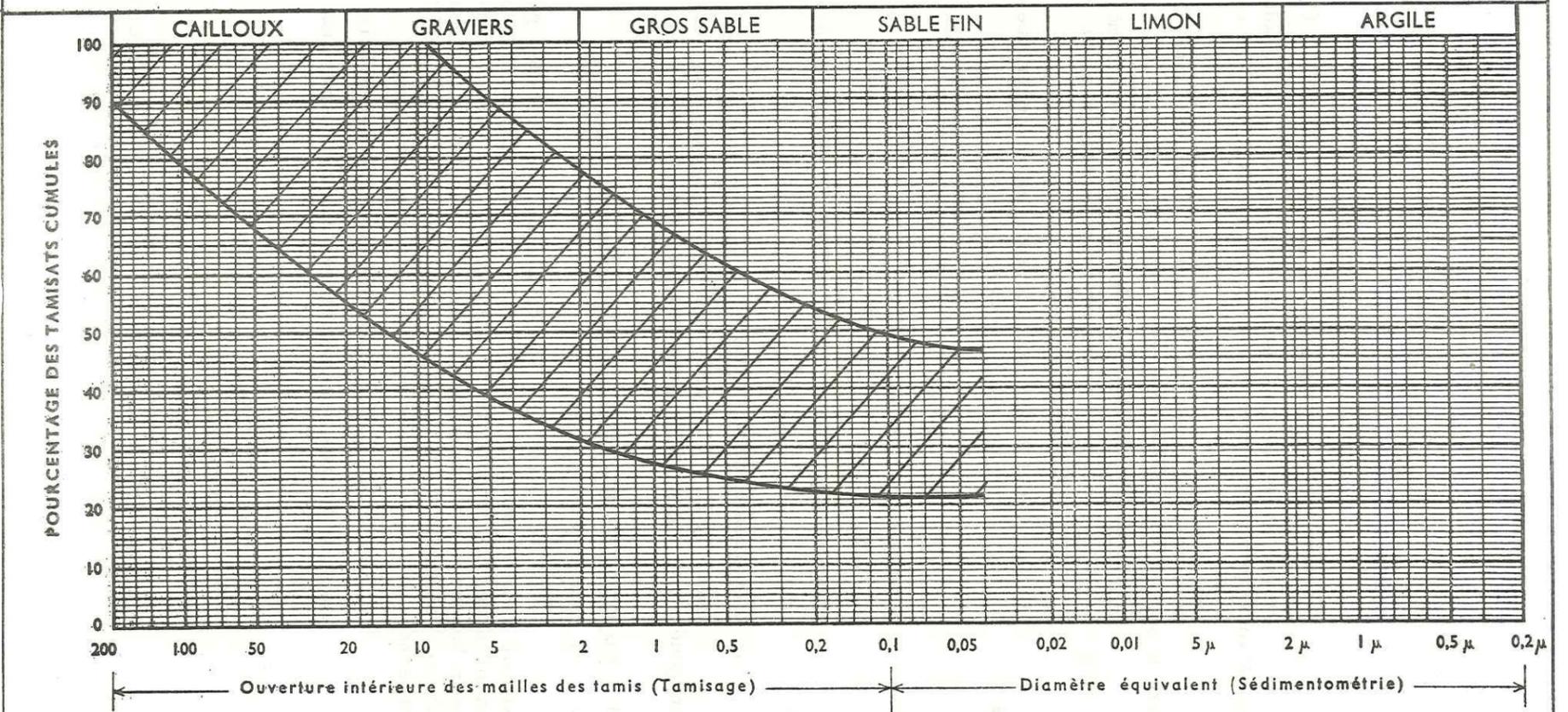
Ech	LIMITES D'ATTERBERG		E. S	Filler	% CO ₃ Ca	Teneur en Eau Naturelle	Désignation Géotechnique
	W.L	I. P		% < 80 µ		W %	

laboratoire de géologie appliquée

Désignation des échantillons

_____ N° _____
 _____ N° _____
 _____ N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Ech	LIMITES D'ATTERBERG		E. S	Filler	% CO ₃ Ca	Teneur en Eau Naturelle	Désignation Géotechnique
	W.L	I. P		% < 80 µ		W %	

Cu varie entre 21,7 et 112,5, Cc entre 0,13 et 3,63. Elles se caractérisent par une teneur faible en filler : de 4 à 6,7. Dans le cas où les limites d'Atterberg sont déterminables, on trouve $Wl = 20$, $Wp = 16-15$, $Ip = 4-5$. Donc elles ont une plasticité faible ou légère.

Elles se présentent dans la meilleure classe des sols de fondation (S4).

g) Plateau du Croset (Alluvions glacio-lacustres) (Pc)

Graves et sables mal gradués et graves bien graduées sont les dénominations qui conviennent à cette formation, selon la classification L.P.C.

Le mortier y étant en proportion insignifiante, les essais d'Atterberg n'ont pu être effectués.

Leur fuseau se serre avec la diminution de diamètre des éléments (fig. 3.8). Les courbes granulométriques sont étalées ou semi-étalées.

Les fourchettes des coefficients granulométriques sont les suivantes :

$$17,2 \leq Cu \leq 19$$

$$0,1 \leq Cc \leq 0,2.$$

Le filler varie entre 1,2 et 5.

S2 et S4 sont les classes de sol de fondation de cette formation.

h) Alluvions modernes (Am)

Nous n'avons pas prélevé d'échantillons dans cette formation. Ce sont en général des graves propres mal ou bien graduées.

3 - Formations à éléments de tous calibres

a) Cônes de déjection (Cd)

Selon la classification du L.P.C., ce sont des graves argileuses qui se situent dans le sous-groupe A-2-6 de la classification H.R.B. Mais elles peuvent d'une part contenir de très gros blocs vers l'amont, et d'autre part devenir beaucoup plus argileuses vers l'aval. Le filler peut atteindre jusqu'à 45 ou s'abaisser à 10 selon le point de prise d'échantillon. Les cônes contiennent moins de filler que les glacis (50).

Le fuseau est large vers les gros diamètres (fig. 3.9).

Les fourchettes des limites d'Atterberg sont les suivantes (fig. 3.10) :

$$17 \leq Wl \leq 42$$

$$18 \leq Wp \leq 23$$

$$12 \leq Ip \leq 19.$$

Ils sont donc classés parmi les sols de plasticité moyenne.

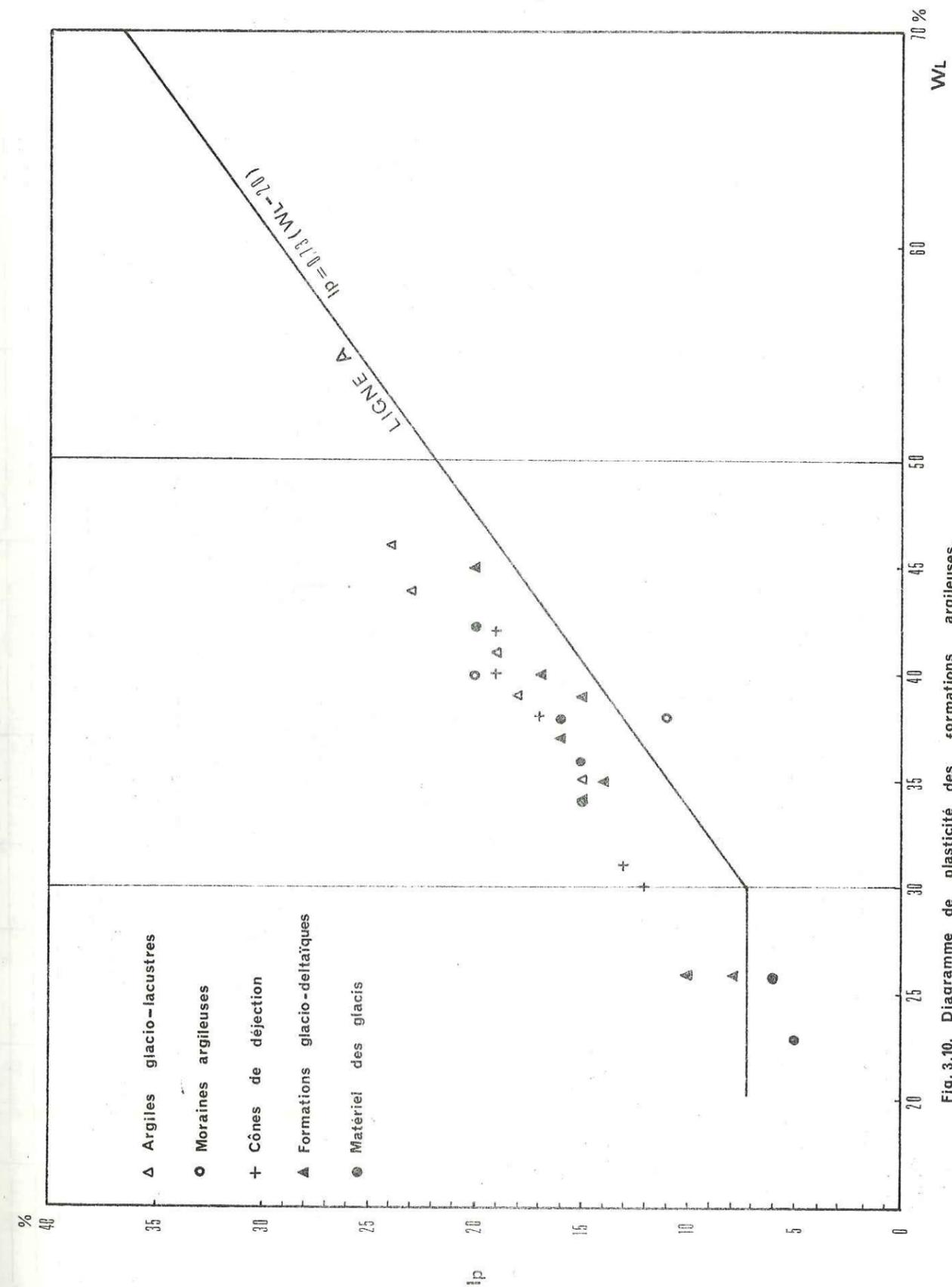


Fig. 3.10. Diagramme de plasticité des formations argileuses.

L'indice de groupe peut varier entre 0 et 1,75. Quant au facteur de portance, il est compris entre 9,23 et 23.

Comme sol de fondation des chaussées, les cônes se rattachent à la classe S1, la plus mauvaise.

b) Matériel des glacis (Gs)

Graves propres bien graduées, graves limoneuses et graves argileuses sont les dénominations qui ressortent des essais granulométriques. Les échantillons prélevés figurent dans les groupes A-2-4, A-2-7, A-6 de la classification H.R.B. Mais ils peuvent également contenir des blocs décimétriques délités et altérés. Le pourcentage des éléments fins varie selon le point de prise d'échantillon. Leur fuseau granulométrique se dilate vers les fractions fines (fig. 3.11). Dans certains cas, le filler peut atteindre jusqu'à 50. Pour les parties grenues ($>0,08$ mm), les courbes granulométriques sont en général étalées.

Dans le cas où les limites d'Atterberg ont pu être déterminées, on obtient les fourchettes suivantes (fig. 3.10) :

$$23 \leq W_L \leq 41$$

$$18 \leq W_p \leq 22$$

$$5 \leq I_p \leq 20.$$

Les valeurs de I_p permettent de les qualifier de sols de plasticité moyenne ou faible.

La fourchette de W_p est presque la même que celle des cônes de déjection.

L'indice de groupe se situe entre 0 et 3,3.

Le facteur de portance $11 \leq F \leq 63,7$.

Du point de vue qualité de sol de fondation, ils se trouvent dans les classes S1 et S2.

c) Formations glacio-deltaïques (Gd)

Dans ces formations, on rencontre des éléments de tous calibres. Elles manifestent d'autre part une grande hétérogénéité selon le point de prise d'échantillon. Pour cette raison, les essais granulométriques permettent de les qualifier, d'amont en aval, de graves propres mal graduées, de graves limoneuses et argileuses ou d'argiles peu plastiques. Elles figurent, selon les cas, dans les groupes A-1a, A-4, A-5, A-6 de la classification H.R.B.

Les échantillons prélevés appartiennent aux deux parties extrêmes du fuseau granulométrique (fig. 3.12). Il est possible que d'autres échantillons se situent au milieu de ce fuseau.

Leur granulométrie est en général étalée ou semi-étalée.

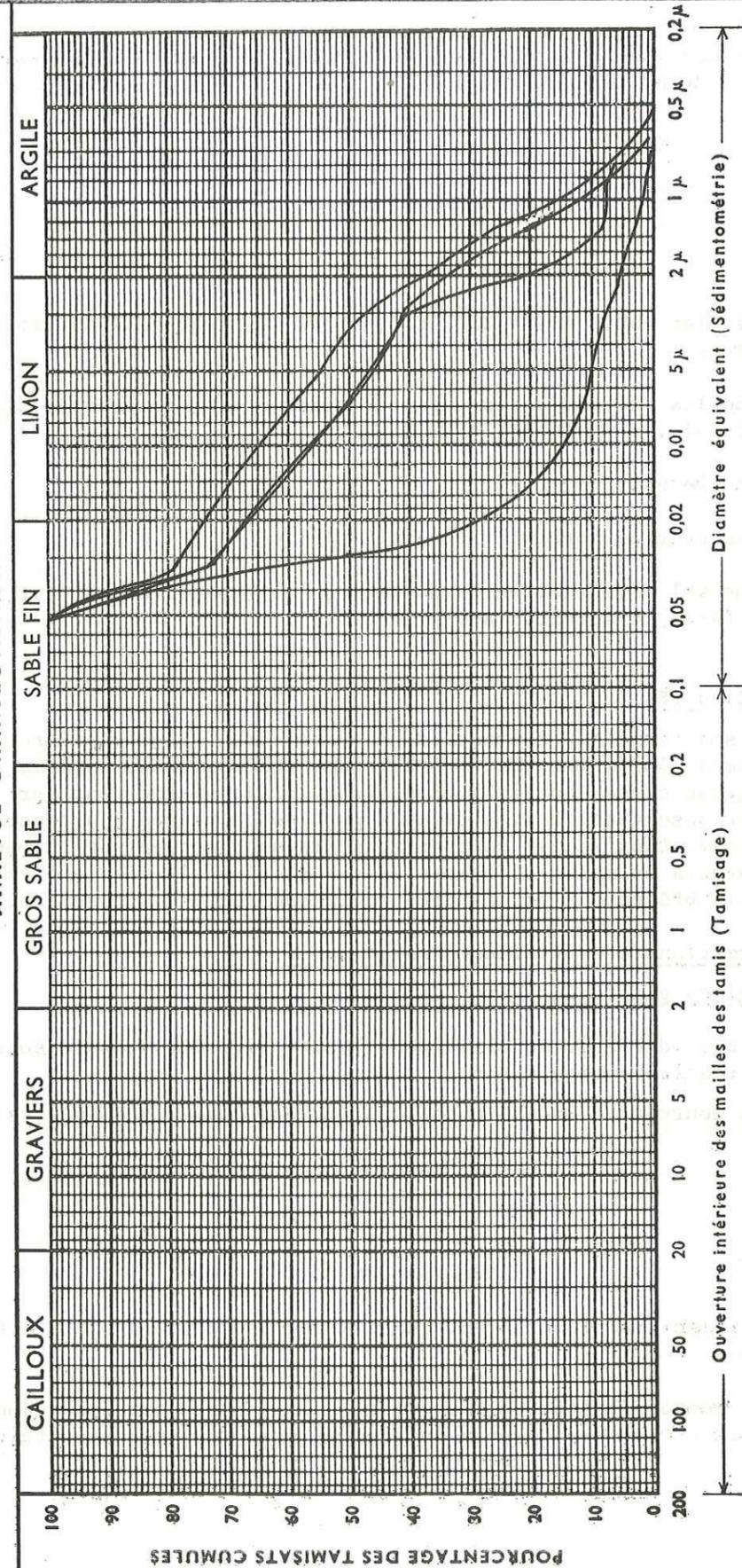
INSTITUT DOLOMIEU

laboratoire de
géologie appliquée

FIG. 3.13 Argiles glacio-lacustres

Désignation
des
échantillons
N°
N°
N°

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



LIMITES D'ATTERBERG		Filler % < 80 μ	CO ₃ Ca %	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation	Géotechnique
W.L	I. P					

Ech
Ech
Ech

Dans les cas où les limites d'Atterberg ont pu être déterminées, on obtient les fourchettes suivantes (fig. 3.10):

$$26 \leq W_l \leq 45$$

$$16 \leq W_p \leq 25$$

$$8 \leq I_p \leq 20$$

Le fillier varie entre 2,1 et 8,8 pour les échantillons grossiers et 86-99 pour les autres.

Selon les valeurs de I_p , ces formations sont des sols de plasticité moyenne ou faible.

I_g varie entre 8 et 13.

Le facteur de portance $17,3 \leq F \leq 21,6$.

Comme sol de fondation de chaussée, leur comportement peut varier d'excellent (A-1a) à mauvais (A-6) (S4 à S1).

d) Eboulis (E)

Ils sont formés d'éléments de tous calibres. Leur diamètre peut aller jusqu'aux blocs plurimétriques (5-6 m³) dans les régions désignées sur la carte géologique comme éboulis à gros blocs. S'ils se trouvent sur le haut versant et s'ils sont essentiellement alimentés par les calcaires, la teneur en éléments fins est faible. Dans le cas contraire, s'ils sont anciens et alimentés par les calcaires marneux ou marno-calcaires, ils sont plus altérés que les éboulis récents et ils présentent une matrice argileuse due à l'altération.

4 - Formations essentiellement argileuses

a) Argiles glacio-lacustres (Ar)

Ce sont des argiles plastiques. Elles figurent dans le sous-groupe A-7-6 de la classification H.R.B.

Les fourchettes des limites d'Atterberg sont les suivantes (fig. 3.10) :

$$34 \leq W_l \leq 46$$

$$19 \leq W_p \leq 22$$

$$15 \leq I_p \leq 24$$

Les valeurs de I_p montrent que ces argiles ont une plasticité moyenne ou élevée.

Nous donnons quatre courbes (fig. 3.13). Pour certains échantillons, le pourcentage d'éléments compris entre 0,02 et 0,002 mm peut atteindre 47 % (n° 22).

Les courbes granulométriques sont en général relativement étalées.

Les fourchettes des coefficients granulométriques sont les suivantes :

$$6 \leq C_u \leq 14,4$$

$$4,4 \leq C_h \leq 38$$

$$0,2 \leq C_c \leq 2,5$$

I_g varie entre 10 et 16.

Le facteur de portance F entre 4 et 8,8.

Leur comportement, comme sol de fondation de chaussée, est mauvais (S1).

b) Moraines argileuses (Mar)

Ce sont des argiles et limons peu plastiques (A_p, L_p). Elles se présentent dans les groupes A-2-6, A-6 de la classification H.R.B. Quelquefois, elles peuvent contenir des blocs.

Les courbes granulométriques sont très étalées (fig. 3.14)

$$17,4 \leq C_u \leq 24,5$$

$$0,24 \leq C_c \leq 1,75$$

Les limites d'Atterberg se trouvent dans les fourchettes ci-dessous (fig. 3.10) :

$$34 \leq W_l \leq 40$$

$$19 \leq W_p \leq 27$$

$$11 \leq I_p \leq 20$$

Selon ces valeurs de I_p , ce sont des sols de plasticité moyenne.

I_g varie entre 1,25 et 10, F entre 5,6 et 20.

Ces moraines sont de mauvais sols de fondation de chaussées (S1).

c) Résidus morainiques (Rm)

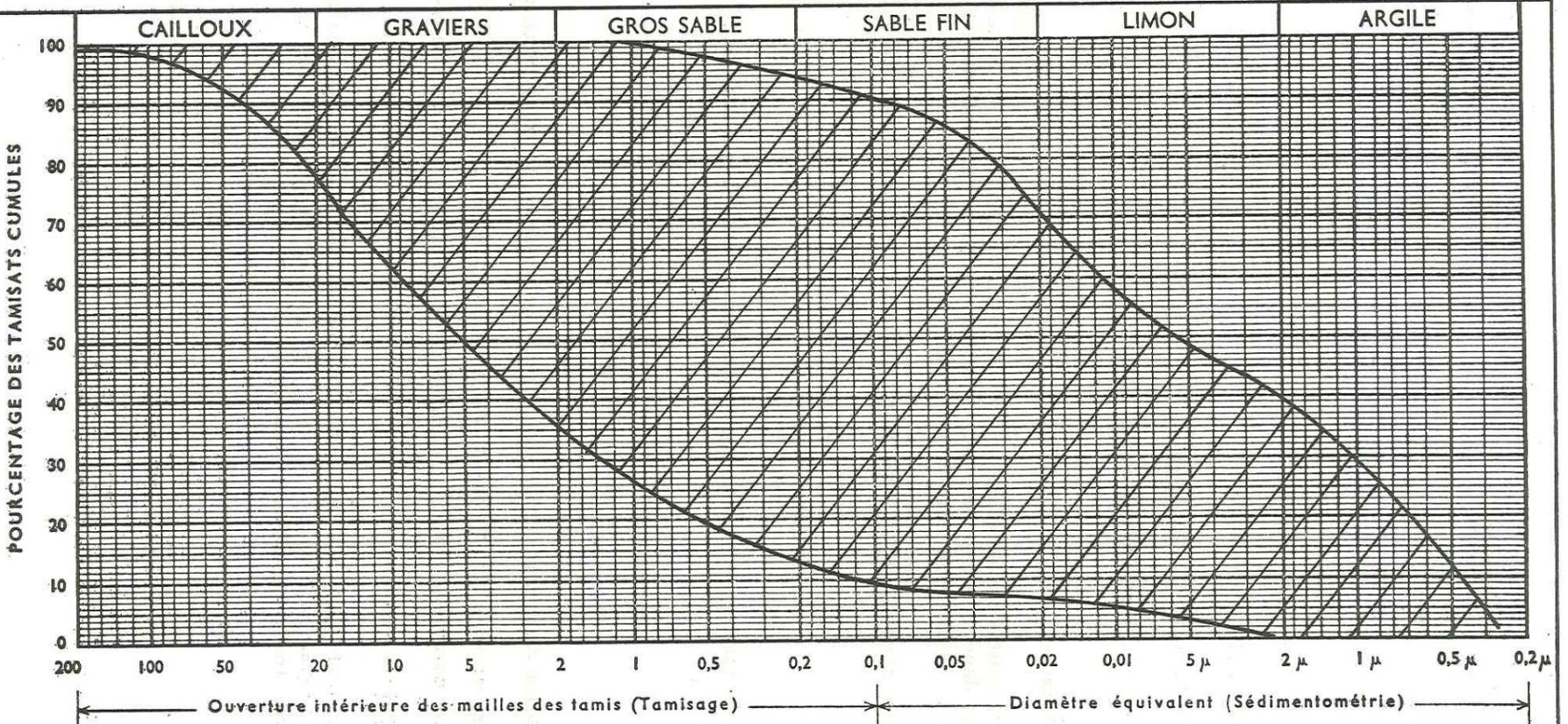
Ce sont des sols argileux où apparaissent des cailloux atteignant parfois quelques décimètres cubes. Très éloignés du tracé de la route, nous n'avons pas jugé utile de les soumettre à des essais.

laboratoire de
géologie appliquée

Désignation
des
échantillons

_____ N° _____
 N° _____
 - - - - N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



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

ETUDE GEOPHYSIQUE

I - UTILISATION DES METHODES GEOPHYSIQUES

Nous abordons ici le problème de l'efficacité des deux méthodes les plus utilisées pour l'étude des tracés de routes.

Ces procédés de reconnaissance, très pratiques, se trouvent en effet en défaut dans un certain nombre de cas qu'il convient d'abord de rappeler.

A. - PROSPECTION ELECTRIQUE. LIMITES D'UTILISATION

- Une couche de terrain peut ne pas paraître dans un sondage électrique, si elle ne se distingue pas de ses voisines par une résistivité différente.

- Une couche résistante trop mince, entre deux couches conductrices, risque de ne pas pouvoir être décelée.

- Si le passage d'une formation à une autre est trop progressif, il arrive que l'on ne puisse interpréter les courbes obtenues.

- La conductivité des couches superficielles peut varier suivant leur degré d'hydratation.

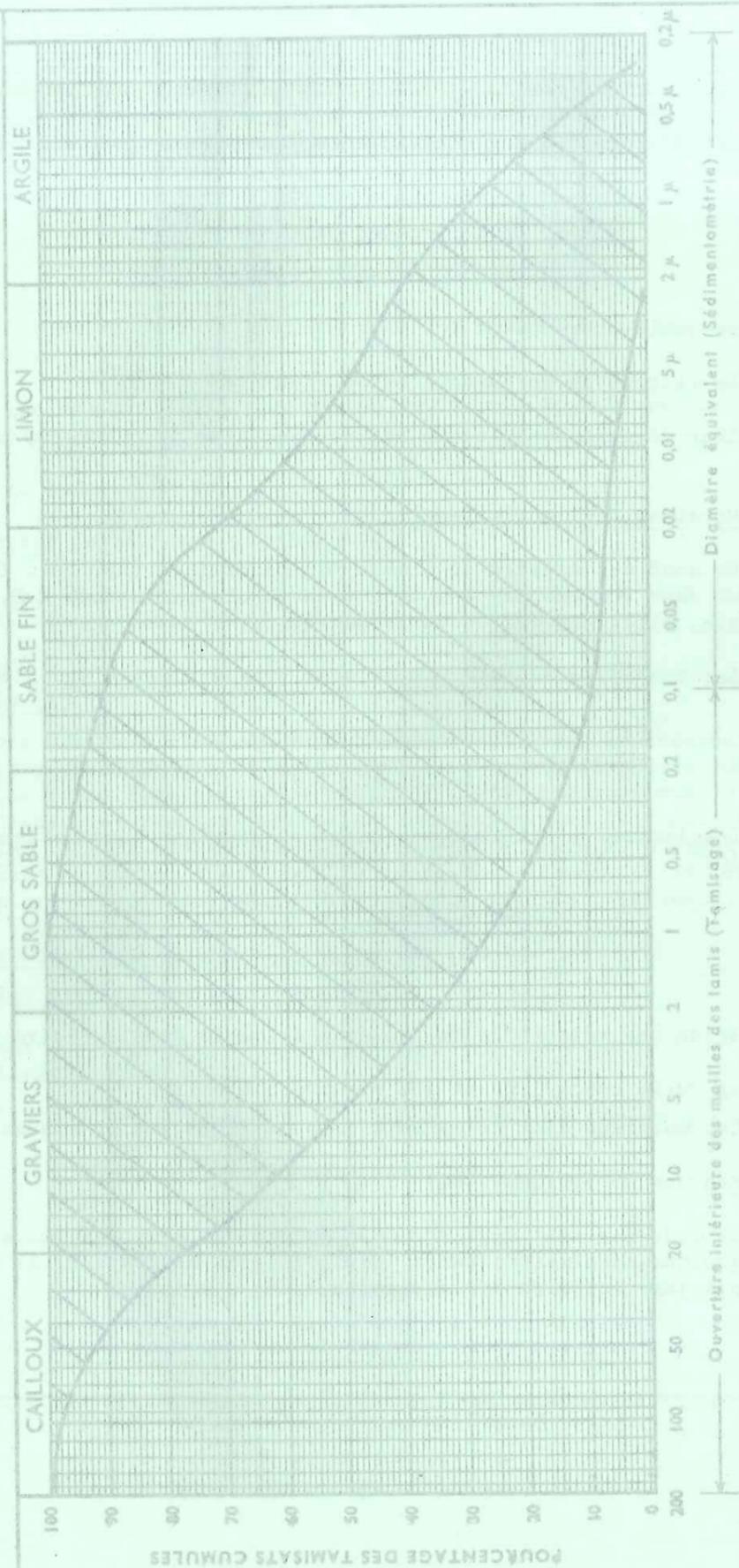
- Le niveau des eaux souterraines subit des fluctuations saisonnières dont l'amplitude peut correspondre à l'épaisseur d'un horizon lithologique.

B. - PROSPECTION SISMOLOGIQUE. LIMITES D'UTILISATION

- Les vitesses obtenues en terrains compacts sont assez peu variables d'un site à l'autre pour une même roche. Une vitesse de propagation élevée est en général l'indice d'une roche de bonne qualité. Mais, si une même formation présente, sur un trajet sismique, des qualités géotechniques variables (par exemple, altération plus ou moins prononcée), la vitesse déterminée par l'essai ne représentera, en fait, qu'une valeur moyenne.

- Etant donné que l'on n'enregistre en général que la première arrivée, les ondes passant par les zones plus lentes ne sont pas prises en considération, ce qui revient à ignorer systématiquement l'existence de ces dernières.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



LIMITES D'ATTERBERG		Filler	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation	Géotechnique
W.L.	I. P.				
	E. S.				

ETUDE GEOPHYSIQUE

I - UTILISATION DES METHODES GEOPHYSIQUES

Nous abordons ici le problème de l'efficacité des deux méthodes les plus utilisées pour l'étude des tracés de routes.

Ces procédés de reconnaissance, très pratiques, se trouvent en effet en défaut dans un certain nombre de cas qu'il convient d'abord de rappeler.

A. - PROSPECTION ELECTRIQUE. LIMITES D'UTILISATION

- Une couche de terrain peut ne pas paraître dans un sondage électrique, si elle ne se distingue pas de ses voisines par une résistivité différente.

- Une couche résistante trop mince, entre deux couches conductrices, risque de ne pas pouvoir être décelée.

- Si le passage d'une formation à une autre est trop progressif, il arrive que l'on ne puisse interpréter les courbes obtenues.

- La conductivité des couches superficielles peut varier suivant leur degré d'hydratation.

- Le niveau des eaux souterraines subit des fluctuations saisonnières dont l'amplitude peut correspondre à l'épaisseur d'un horizon lithologique.

B. - PROSPECTION SISMIQUE. LIMITES D'UTILISATION

- Les vitesses obtenues en terrains compacts sont assez peu variables d'un site à l'autre pour une même roche. Une vitesse de propagation élevée est en général l'indice d'une roche de bonne qualité. Mais, si une même formation présente, sur un trajet sismique, des qualités géotechniques variables (par exemple, altération plus ou moins prononcée), la vitesse déterminée par l'essai ne représentera, en fait, qu'une valeur moyenne.

- Etant donné que l'on n'enregistre en général que la première arrivée, les ondes passant par les zones plus lentes ne sont pas prises en considération, ce qui revient à ignorer systématiquement l'existence de ces dernières.

Légende du tableau 4.1.

N. B. - La présence de deux valeurs paramétriques indique que la mesure a été répétée avec une base MN différente.

Désignation des formations

- 1 - Argiles glacio-lacustres.
- 2 - Terres noires altérées et tectonisées. Essai interrompu, faute de place, après AB = 60 m.
- 3 - Marno-calcaires et alternance de marno-calcaires d'une épaisseur de 3-4 cm avec des lits métriques de marnes.
- 4 - Cône de déjection à éléments calcaires, consolidé. Les blocs décimétriques sont fréquents. Peu argileux. Quelques blocs plurimétriques au niveau de la route.
- 5 - Glacis.
Niveau Ia - Zone contenant des niveaux argileux et limoneux.
Niveau Ib - Présence de quelques blocs métriques.
Niveau II - Terres noires altérées (non visibles).
- 6 - Glacis. Très argileux et humide. Non consolidé.
- 7 - Glacis.
Niveau I - Bien consolidé. Gros blocs urgoniens et cailloux calcaires.
Niveau IIa - Zone de suintement, passage à la zone la plus argileuse (IIb).
Niveau IIb - Zone argileuse et très humide (glissement de talus).

AB	RESISTIVITE APPARENTE ρ_a ($\Omega \cdot m$)										SITE
2	4	6	8	10	15	20	30	40	50		de la mesure
(m)											(voir carte géotechnique)
Formations	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50	
1	24	24 - 25	24,5 - 26	23,5 - 26,5	21,5 - 27	30,5	33 - 32	34	35	33	Serre de Sées
							Pas de changement lithologique - Diminution de l'humidité				
2	16,5	19 - 17	18	18	19,5 - 19	20 - 20	21 - 20	24,5 - 23,5			Talus de Casseire
							Pas de changement lithologique - Faible diminution de l'humidité				
3	23,5	28 - 29	34,5 - 33	40 - 39	43,5 - 42	47,5	52,5	58			A l'Est du ha- meau des Riperts.
							Pas de changement lithologique - Diminution de l'humidité				
4	104	121 - 129	121 - 136	143 - 142	158,5 - 152	161 - 172,5	167 - 179				Au Sud du ha- meau des Riperts.
							Présence de blocs				
5	115	120	108	112 - 114	120 - 122	131 - 132	139 - 132	116	109,5		Déblai de la Gare de Clelles
6	29,5	33	35	36 - 37	37	36 - 39	35 - 37	39	44		Au NW de Gerbaud (Tache Rousse)
							Pas de changement lithologique - Diminution d'humidité				
7	239	270	273	240 - 243	200 - 203	129 - 133	95 - 99	77	81		Au N des Blancs

TABEAU 4-1 - MESURES DES RESISTIVITES SUR DES SITES LITHOLOGIQUEMENT CONNUS (selon essais de l'auteur).

Vitesses (m/s)	Formations
280 à 350	terre végétale ou sol aéré.
650 à 1100	glacis à éléments calcaires et argileux.
1200 à 1650	cône de déjection à éléments calcaires.
1000 à 1400	terres noires altérées.
2250 à 2650	glacis consolidé avec quelques blocs.
2550 à 3600	terres noires ou calcaires marneux.

Tableau 4.2 Vitesses sismiques

des différentes formations dans le secteur étudié.

Tableau 4.3 Résistivités

Résistivités ($\Omega.m$)	Formations
Souvent 15-30 $\Omega.m$ de moins que le terrain qui lui a donné naissance (roche-mère).	terre végétale ou sol aéré.
15 - 40	terres noires altérées.
30 - 50	glacis argileux et humide.
35 - 70	terres noires et marno-calcaires.
100 - 150	cône de déjection peu argileux, peu consolidé.
120 - 200	cône de déjection bien consolidé avec blocs.
200 - 250	glacis bien consolidé avec blocs.

- Un système à trois couches peut donner un graphique de système bi-couche, notamment dans le cas où la couche intermédiaire est plus lente que la couche superficielle. Puisque cette couche intermédiaire ne peut jamais apparaître sur les dromochroniques, l'interprétation de celles-ci fournira une "coupe" du terrain sans rapport avec la réalité.

- La couche intermédiaire peut être également de vitesse intermédiaire, mais d'épaisseur insuffisante pour être décelable sur l'enregistrement, ce qui conduit également à une coupe erronée.

- La détermination des limites des zones altérées et saines est impossible, d'autant plus que le passage est souvent progressif.

II - COMPARAISON DES DEUX METHODES ET CHOIX QUI EN RESULTE POUR LES RECONNAISSANCES

A la suite de ce rappel des limites d'utilisation des deux méthodes, nous allons tenter de définir quelles sont les techniques de reconnaissance les mieux adaptées à notre terrain d'étude.

Au moyen des essais réalisés sur les différentes formations de notre secteur, nous avons pu établir des listes de valeurs paramétriques.

Le tableau 4.2 concerne les vitesses sismiques.

Le tableau 4.1 fournit des profils de résistivités mesurées à l'occasion d'une série de sondages électriques. Les fourchettes de valeurs correspondantes sont regroupées dans le tableau 4.3. La confrontation des chiffres rassemblés sur les deux tableaux 4.2 et 4.3 amène aux conclusions suivantes.

- La terre végétale et le sol aéré sont caractérisés par leur faible vitesse et par une fourchette étroite (280 à 350 m/s). Leur résistivité dépend de celle de leur terrain mère. Elle est très souvent plus faible que cette dernière (15 à 30 $\Omega.m$ de moins).

- La cimentation, de même que l'existence de blocs dans les glacis (ou cônes de déjection) entraînent une vitesse et une résistivité plus élevées que pour les glacis plus homogènes et plus meubles. Les zones argileuses et la fréquence des blocs dans ces formations entraînent des changements de résistivité assez importants.

- La distinction sismique des Terres Noires altérées et des glacis (ou cônes de déjection) est impossible, les vitesses de ces formations étant proches les unes des autres. Mais, par chance, leurs résistivités sont assez différentes.

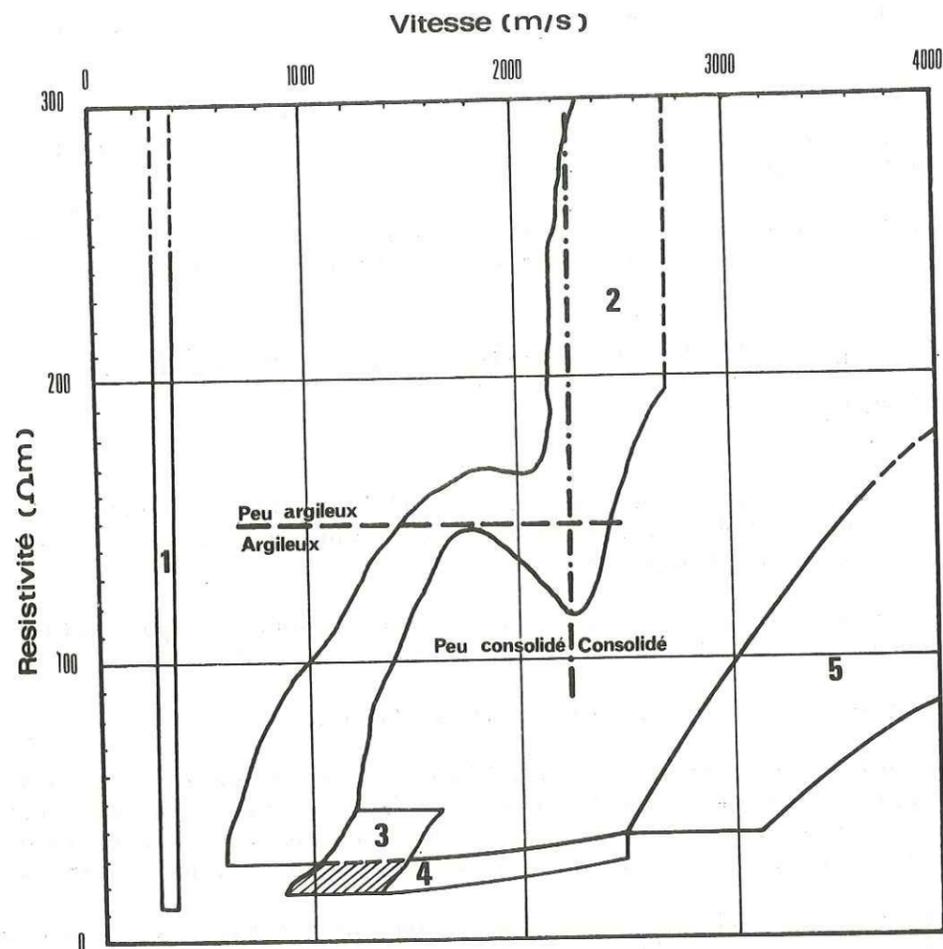


Tableau 4.4 - Situation des formations les plus fréquentes en fonction des paramètres géophysiques mesurés.

- 1 - Terre végétale et sol aéré.
- 2 - Cônes de déjection et glacis.
- 3 - Terres Noires altérées.
- 4 - Argiles glacio-lacustres.
- 5 - Terres Noires et marno-calcaires.

- Les couches compressibles ne sont pas caractérisées par leur vitesse, mais elles peuvent être déterminées par leur faible résistivité. On peut avoir une idée des risques de tassements, l'amplitude de ceux-ci étant une fonction croissante de l'épaisseur de la couche et de sa conductivité. Généralement, une couche compressible est conductrice par rapport aux terrains encaissants.

- La correspondance "vitesse sismique - nature géotechnique" n'est pas sûre pour les terrains de couverture. Mais la correspondance "résistivité - nature géotechnique" peut être précise. La présence des fines diminue la résistivité d'une grave, d'autant plus que ces fines sont abondantes et argileuses (tableau 4.1, formation 7).

Dans bien des cas, ainsi que nous venons de le montrer, c'est seulement en recourant simultanément aux deux procédés géophysiques que l'on pourra obtenir une image vraisemblable de la constitution de sous-sol. Toutefois, ainsi qu'on peut le voir sur le tableau 4.4, des incertitudes et des confusions subsistent, dues à l'étalement et au recouvrement des valeurs paramétriques caractérisant des formations pourtant distinctes. Il est donc très important d'insister sur la prudence qui doit caractériser les interprétations. En particulier, les transitions lithologiques progressives ne pourront être estimées que par la comparaison des valeurs obtenues sur le site étudié, et non à partir de paramètres définis sur un autre site.

En outre, on devra apporter une attention particulière à replacer la mesure obtenue dans son cadre réel, en tenant compte notamment de particularités locales suggérées par l'examen du terrain ou dépendant de l'histoire géologique :

- conditions hydrogéologiques. Penser que la diminution de la résistivité, comme l'augmentation de la vitesse sismique, peuvent aussi bien relever de la présence d'une nappe que d'une modification de la lithologie ;

- probabilité de variation lithologique transversale ou verticale dans certaines formations (cônes de déjection, glacis, etc.) ;

- indications générales propres à la position topographique de certains terrains (par exemple, la cote maximale des argiles litées étant de 750 m, les argiles décelées au-dessus de cette cote ne seront pas aussi puissantes que les argiles litées).

Il reste qu'en dépit de toutes ces précautions, il est toujours recommandé, pour donner à la prospection géophysique sa pleine efficacité, d'étalonner le plus fréquemment possible ses mesures à l'emplacement de sondages mécaniques.

Dans un autre ordre d'idées, rappelons enfin que la sismique donne, pour les terrains du socle, des résultats suffisamment précis pour définir des critères de rippabilité.

DESORDRES EPROUVES PAR LA ROUTE ACTUELLE

I - EFFETS DU GEL. Cas des fondations et de la chaussée

Le phénomène de gel-dégel est une cause importante de dégradation des chaussées, où il provoque fréquemment des faïençages, des fissurations de l'enrobé, des nids de poule et des arrachements du tapis (photo 10). Le processus est, en général, le même pour toutes les chaussées. Pour cette raison, nous l'aborderons dans son ensemble, avant de signaler les cas qui intéressent la R.N. 75.

A. - CAUSES

Les facteurs susceptibles d'intervenir de façon défavorable dans ce domaine peuvent relever de quatre rubriques :

- la gélivité propre des sols,
- l'excès d'eau,
- la rigueur du climat,
- la structure de la chaussée.

1 - La gélivité des sols

Nous avons examiné les critères de gélivité des sols dans le chapitre 3. Nous allons rappeler ici les processus qui se développent dans les sols gélifs et non gélifs.

Les sols gélifs subissent, en cas de congélation, une modification de structure, une augmentation de leur teneur en eau et un gonflement important.

En général, ce sont des sols à fine granularité, à caractère argileux faible ou modéré. Les limons, les loëss, les calcaires marneux, les craies, les sols d'altération, tels les sables argileux ou gréseux et les arènes granitiques, sont des sols gélifs.

Les sols non gélifs se congèlent en masse, sans variation de structure, ni augmentation de leur teneur en eau, et avec un gonflement peu sensible. Ils appartiennent pour la plupart à la catégorie des sols grenus, tels les sables et les graviers, mais on rencontre également des sols non gélifs de perméabilité très faible.

2 - L'eau

Les lentilles de glace qui s'individualisent, en cas de gel, dans les chaussées ou les sols de fondation, sont alimentées par des eaux gravitaires ou capillaires.

La pénétration de ces eaux est susceptible en effet de se produire par divers cheminements :

- en descendant, à travers un revêtement insuffisamment étanche, poreux ou fissuré ;
- en montant par capillarité dans les sols fins de fondation surmontant une nappe ;
- latéralement, à partir des accotements et des fossés, surtout en cas de mauvais fonctionnement du système de drainage des eaux de ruissellement.

3 - Le climat

La température et la pluviométrie sont des éléments qui influent directement sur la gélivité.

La pluviométrie a des répercussions évidentes sur l'alimentation en eau des couches gélives.

Quant aux variations de température, journalières ou saisonnières, elles influencent le comportement des chaussées :

- en modifiant le comportement rhéologique des matériaux,
- en créant des champs de contraintes d'origine thermique qui se superposent aux contraintes engendrées par la circulation routière.

Outre ces influences de la température, le comportement rhéologique des matériaux de chaussée est également distinct selon leur composition :

- les matériaux bitumeux voient leurs propriétés mécaniques très sensiblement modifiées par une variation de température, en raison de la thermo-viscoélasticité du bitume. Toutes choses égales par ailleurs, ils sont d'autant plus rigides que leur température est plus basse ;

- les matériaux traités aux liants hydrauliques ne sont guère influencés dans leur comportement par une température basse lorsqu'ils ont fait totalement prise. Cependant, la prise de ces matériaux est totalement mais provisoirement bloquée en période froide (cela concerne essentiellement le laitier, les cendres volantes et les pouzzolanes). De plus, on peut constater des phénomènes de décohesion ou de foisonnement du matériau lorsqu'il subit, faute d'une protection convenable, la rigueur d'un hiver en cours de prise ;

- les granulats deviennent cassant et fragiles sous l'action répétée des cycles de gel-dégel. Lorsqu'ils sont tendres et poreux, ils peuvent se fractionner en présence d'eau. Cette mauvaise caractéristique est surtout importante pour les couches granulaires constituées de matériaux non liés.

4 - La structure de la chaussée

En construisant une chaussée, on prend en compte différents facteurs (paramètres de trafic, sol de fondation, etc.), et on choisit la structure qui s'adapte le mieux aux conditions régionales (cf. chap. 3). Ce choix est guidé par l'analyse du comportement de la chaussée lorsque ne sont pas prises les précautions nécessaires.

Les phénomènes en cause revêtent en effet deux aspects différents (CHATEREAU et LEGER, 1972) :

- la chute de portance au dégel, qui se répercute au niveau des couches non traitées situées directement à la surface du sol sensible, couches qui ne possèdent pas de rigidité propre et ne peuvent donc provoquer un étalement des contraintes comme le feraient des couches traitées ;

- le gonflement du sol de fondation lors du gel, qui peut rendre très irrégulières les conditions de contact d'une couche, sans possibilité d'adaptation avec le substratum.

B. - REMEDES

La R.N. 75, construite, reconstruite et déplacée selon des techniques et à des époques diverses, présente aujourd'hui des tronçons de structure différente.

On peut donc y rencontrer, d'un point à un autre, une ou plusieurs des circonstances défavorables suivantes :

- sol support gélif,
- insuffisance de la couche de base,
- insuffisance de l'épaisseur des matériaux traités.

Le climat étant une donnée intangible, les efforts doivent porter dans deux directions :

- prévenir l'invasion de la chaussée ou du sol support par les eaux superficielles ou souterraines ;
- appliquer un mode de construction adapté aux conditions climatiques et géologiques.

1 - Drainage

Le drainage est nécessaire :

1° pour canaliser les ruissellements superficiels au voisinage de la route et empêcher la circulation latérale de l'eau ;

2° pour rabattre ou intercepter une nappe trop proche de la surface, cas fréquemment rencontré par la R.N. 75 (cf. Hydrogéologie).

Des tranchées drainantes, sur le bord amont de la route, peuvent être envisagées. Comme on le verra dans les pages suivantes, le drainage est d'ailleurs une solution très utile et même nécessaire contre d'autres désordres.

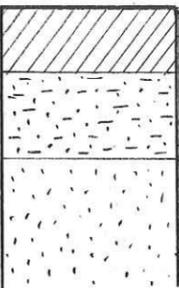
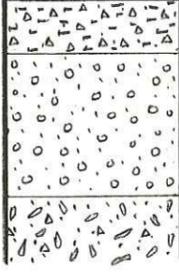
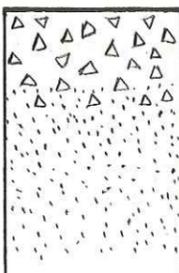
Structures de chaussée	Désordres	Remèdes
<p>1</p>  <p>18 cm enrobés SA (22-27 cm) Alluvions du Sert</p> <p>Altitude \approx 550 P.K. 109,5 à 112,2</p>	<p>Forte déflexion (sur la voie aval), orniérage, bourrelets. Dégradations dues au gel.</p>	<p>La chaussée devra être complétée avec une couche de base d'épaisseur suffisante.</p>
<p>2</p>  <p>15 cm matériaux liés GA (40 cm) Eboulis des calcaires marneux, moraines argileuses.</p> <p>Altitude \approx 750 P.K. 115,250 à 116</p>	<p>Presque à l'abri du gel.</p>	<p>Une couche de base manque dans les structures actuelles. - Drainage de la plateforme.</p>
<p>3</p>  <p>enduit 30 cm pierres cassées pollué à la base sol support At-GA (F₃) Calcaires marneux</p> <p>Altitude \approx 825 m P.K. 138 à 140,1 et P.K. 141,250 à 142,6</p>	<p>La chaussée est en mauvais état. Dégradations généralisées.</p>	<p>La structure de la chaussée doit être complétée par une couche de base d'épaisseur suffisante pour tenir compte de la faible épaisseur de matériaux liés et de l'insuffisance de la structure vis-à-vis du gel.</p>

Fig. 5.1 - Quelques structures de chaussées de la R.N. 75. (Schématisé de D/5331/1, renforcements coordonnés - Juin 1972).

- 1 - Chaussée non renforcée depuis 1965 et comportant des enrobés.
- 2 - Chaussée renforcée entre 1965 et 1968.
- 3 - Chaussée ne comportant pas d'enrobés (a seulement été revêtue par des enduits).

2 - Renforcement de la chaussée

On peut envisager différentes solutions, selon la structure existante et selon l'indice de gel (cf. chap. 1) de la région intéressée.

Selon le cas, cette solution peut être :

- de compléter la structure par une couche de base d'épaisseur suffisante,
- d'augmenter l'épaisseur des matériaux liés,
- d'ajouter des matériaux traités.

La figure 5.1 montre trois coupes de structures et les remèdes qui ont été proposés par le Renforcement Coordonné (D/5331/1, juin 1972).

Actuellement, les renforcements coordonnés continuent. C'est une mesure utile pour libérer l'itinéraire des barrières de dégel, dont l'obligation se renouvelle environ tous les dix ans. Mais il ne s'agit pas de les supprimer totalement, car il n'existe pas encore de protection absolue.

A ce sujet, on peut dire un mot des nouvelles méthodes de protection des chaussées contre les effets du gel :

- a) isolation thermique du sous-sol. La méthode consiste à interposer, entre la chaussée (ou sa partie supérieure) et le sol gélif, une couche de matériau isolant (polystyrène expansé ou extrudé) (BOUTONNET, 1970) ;
- b) interception de l'eau affluant vers la zone gelée.

L'imperméabilisation des accotements a une influence très bénéfique sur la chaussée. Cette méthode consiste (BERTHIER, 1970) :

- soit à couper les remontées par une feuille imperméable placée comme l'indique la figure 5.2 ;

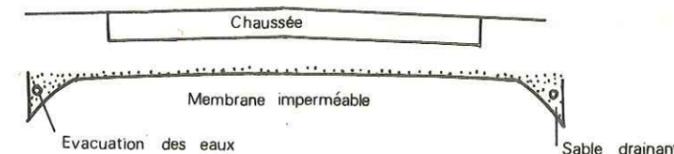


Fig. 5.2 - Protection de la fondation contre les remontées sous l'effet du gel.

- soit à envelopper complètement une partie du sol de fondation comme l'indique la figure 5.3.

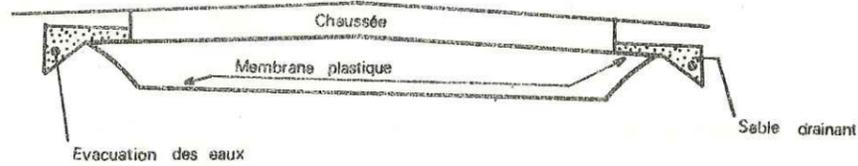


Fig. 5.3 - Enveloppement total du sol de fondation pour le mettre à l'abri de l'eau venue par le bas et par les côtés.

Des essais sont en cours pour comparer l'efficacité de ces méthodes.

Pour l'instant, la prise en compte du gel, qui détermine la classe du sol (tableau 3.7b), permet de définir le dimensionnement préconisé pour les chaussées neuves correspondant à sept types de structures (tableau 3. 11ab).

II - EFFETS DU GEL. Cas des talus

Si l'on regarde les talus en déblai dans les zones rocheuses, on trouve de petits tas de fragments à leur pied. Leur développement varie selon les saisons et l'orientation des parois. Ce phénomène est plus marqué lorsque le talus est à l'ombre que s'il est exposé au soleil.

C'est à cause du gel que l'éboulement de petits fragments se produit et s'aggrave. Ils s'accumulent dans le fossé qu'on est souvent obligé de débayer.

Nous donnons un exemple de ce phénomène.

TRANCHEE DES BLANCS

A. - EMPLACEMENT

En bordure du hameau des Blancs (Percy), à 850 m d'altitude. Tranchée de direction N-S recoupant un éperon.

Il y a plusieurs causes d'instabilité à cet endroit : gel, disposition structurale, etc. Nous n'examinerons que la partie sud de cette tranchée, où l'action du gel est dominante.

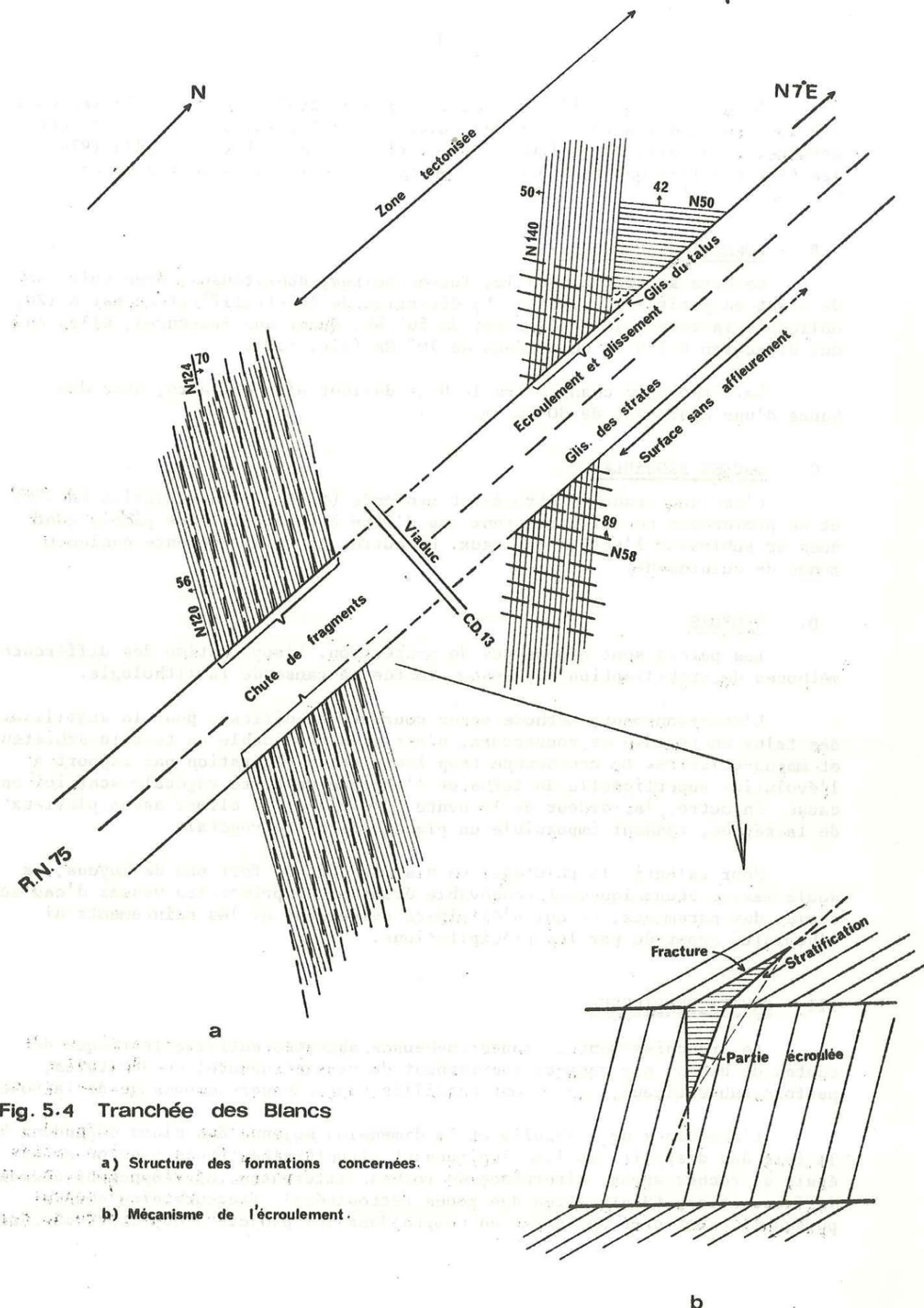


Fig. 5.4 Tranchée des Blancs

a) Structure des formations concernées.

b) Mécanisme de l'éroulement.

Ce déblai a été effectué voici seulement trois ans, c'est-à-dire qu'il n'a subi que trois saisons froides. Lors de l'été 1973, les parois étaient stables. A la suite de quelques mois de pluie et de gel (hiver 1973-1974), les terres noires ont commencé à alimenter de petits amas de fragments (photos 11 et 12).

B. - FORMATIONS CONCERNEES

Ce site se trouve dans les Terres Noires, schisteuses, brun-noir, se délitant en petites plaquettes. La direction de la stratification est N 120, oblique à la route, le pendage est de 56° SW. Quant aux fractures, elles ont une direction N 124 et un pendage de 70° NE (fig. 5.4).

La lithologie change vers le N et devient plus calcaire, avec des bancs d'une épaisseur de 30-50 cm.

C. - CAUSES PROBABLES

C'est une tranchée étroite et profonde (~10 m). Sa direction (N 7°E) et sa profondeur ne lui permettent pas d'être ensoleillée. Ses parois sont nues et subissent l'action des eaux. En outre, le talus présente quelques zones de suintement.

D. - REMEDES

Les parois sont dépourvues de protection. L'application des différentes méthodes de stabilisation est assez limitée, à cause de la lithologie.

L'engazonnement, méthode assez courante et efficace pour la stabilisation des talus en terrain de couverture, n'est plus applicable en terrain schisteux et marno-calcaire. La croissance trop lente de la végétation par rapport à l'évolution superficielle du talus et l'absence de terre végétale sont ici en cause. En outre, la raideur de la pente (>45°) et le climat assez pluvieux de la région, rendent impossible un placage de terre végétale.

Pour ralentir le talutage, on dispose donc de fort peu de moyens, la seule mesure économiquement concevable étant de supprimer les venues d'eau au sommet des parements, ce qui n'éliminera évidemment ni les suintements ni l'humidité apportée par les précipitations.

III - CHUTES DE PIERRES

Le franchissement de zones rocheuses abruptes entraîne le risque de chutes de blocs, que ceux-ci proviennent du versant naturel ou des talus, parfois subverticaux, qui y sont entaillés pour ménager le passage de la voie.

L'abondance de l'éboulis et la dimension moyenne des blocs dépendent à la fois des dispositions lithologiques et structurales (bancs plus ou moins épais de roches dures, alternance de roches différentes, développement normal de la fissuration, fracturation des zones tectonisées), facteurs bien connus puisqu'ils sont pris également en compte dans les projets d'ouverture de carrières.

Mais la fréquence des chutes dépend également de circonstances locales de caractère climatique (exposition au soleil ou aux précipitations, gel-dégel) qui lui confèrent un rythme relativement saisonnier. En cas de travaux récents d'élargissement, viendra enfin se superposer aux causes précédentes, qui commandent l'importance et la répétition des chutes, un processus de purge spontanée, plus ou moins durable, qui témoigne de l'évolution du talus vers un profil moins instable.

Ces diverses particularités sont bien illustrées par le tronçon le plus méridional de notre secteur d'études où, sur 2,5 km, la R.N. 75 gravit la pente N du Col de la Croix-Haute, qui la fera passer de Trièves en Bôchaine.

A. EMPLACEMENT

Cette zone se situe entre Lalley et le Col (P.K. 151, 850-154, 400). Le tracé de la route, qui n'a pas été modifié depuis sa construction (sauf quelques abattages et entailles des pieds de versant pour élargissement), lui fait traverser successivement diverses formations rocheuses : Tithonique, Urgonien et Sénonien (photo 13).

B. - EXTENSION. ASPECT

Les chutes se produisent tout au long de la route sur la zone citée, mais se présentent de façon différente selon la lithologie, la structure et la morphologie.

Les dimensions des blocs, toujours calcaires, sont fonction de l'épaisseur des bancs et de l'intensité de la fissuration. Leur volume est variable : beaucoup mesurent quelques décimètres cubes, mais quelques éléments exceptionnels peuvent largement dépasser le mètre cube et, à l'inverse, on rencontre aussi en abondance de menus fragments au pied de certains talus frais.

C. - FORMATIONS CONCERNEES

Ce sont des calcaires marneux, des calcaires du Tithonique, du Crétacé et des blocs déjà déplacés, issus des mêmes reliefs.

L'élargissement de la route constituant un travail important, nous jugeons utile de décrire les divers aspects de la menace qu'il suscite, en les énumérant du N au S (voir carte géologique).

1 - Rauracien "Argovien" J5 (P.K. 151,60 - 152,175)

Ce sont des calcaires argileux avec des alternances de marnes. L'épaisseur des bancs varie entre 0,2 et 2 m, elle augmente vers le Sud. Ces bancs ne sont pas très fracturés, mais l'érosion et le délitage des zones marneuses et la verticalité des parois provoquent l'instabilité. La pente du versant est forte (75° max.) : elle favorise donc la chute de blocs provenant de plus hauts niveaux. La valeur du pendage change très vite mais, étant incliné vers le SW, il ne peut autoriser de glissements banc sur banc.

2 - Séquanien "Oxfordien terminal" J6 (P.K. 152,175 - 152,325)

Il se présente en petits bancs (10 cm environ) au Sud, mais l'épaisseur de ceux-ci croît vers le N (1 m). Ils sont très dérangés par l'abattage en pied de versant exécuté pour l'élargissement de la route pendant l'été 1975.

Les petits blocs tendent à remplir le fossé. Nous ne voyons pas de danger provenant d'une partie plus élevée du versant, car la pente de celui-ci s'adoucit.

Le pendage des couches est vers le SW, donc le glissement de strates n'est pas à craindre.

3 - Kimmeridgien inférieur J7 (P.K. 152,574 - 152,700)

C'est une suite de petits bancs calcaires avec des inter-lits marneux. L'épaisseur maximale est de 70 cm et elle diminue vers le Nord. L'orientation des couches est favorable : N 120, 74 SW. L'érosion des intercalations marneuses peut provoquer la chute de quelques petits blocs. En général, ces calcaires ne sont pas très menaçants.

4 - Tithonique J8-9 (P.K. 152,700 - 152,850)

L'épaisseur des bancs varie entre 0,2 - 1,4 m et ils sont très fracturés. Leur direction est subperpendiculaire à la route. Ils ne présentent pas une menace, mais il nous semble que la zone de l'abattage n'a pas été suffisamment purgée après l'opération. Des blocs peuvent encore tomber sous leur propre poids.

5 - Berriasien n1 (P.K. 152,850 - 153,107)

Ce sont des calcaires beiges, à grain fin. Ils sont couverts par des éboulis non argileux. La route est en travers-bancs et la pente du versant est douce. Actuellement, ils ne constituent pas une menace.

6 - Valanginien n2 (P.K. 153,107 - 153,410)

Ces marnes, à morphologie très douce, n'affleurent pas. Elles dessinent un petit vallon où s'inscrit la concavité très prononcée d'un virage.

7 - Hauterivien n3 (P.K. 153,410 - 153,600)

Alternance de marnes et de bancs de calcaires marneux dont l'épaisseur varie entre 0,2 et 0,4 m. Ils sont très fracturés et ils donnent des blocs décimétriques. Plus rarement, on rencontre de gros bancs (80 cm max.) coupés de fractures perpendiculaires répétées tous les 50 cm environ. Dans la zone abattue, le délitage superficiel des marnes est assez important.

Cette formation est entourée et partiellement recouverte par des éboulis à gros blocs urgoniens dont nous parlerons plus tard.

8 - Suburgonien n4a-5 (P.K. 153,800 - 153,955)

Cette zone a été abattue en été 1975. Le talus est constitué de bancs métriques, très fracturés. La paroi, trop verticale, et le haut du versant, très escarpé, constituent une menace qui se développe sur une hauteur de 50 m environ.

9 - Maestrichtien - Campanien supérieur C6-7 (P.K. 153,955-154,250)

Cette partie est très influencée par les phénomènes tectoniques et elle est constituée de bancs minces (10-20 cm) très fracturés. Les parois de l'abattage sont très raides. Les abords de la route sont mal ensoleillés, souvent humides, et sujets au gel. On doit donc normalement y prévoir des départs de blocs plus fréquents qu'ailleurs.

10 - Eboulis E (P.K. 153,60 - 153,800)

Ce sont des éboulis des calcaires de l'Urgonien. Ils contiennent de gros blocs plurimétriques souvent mis en porte-à-faux par déchaussement. On peut penser que plusieurs d'entre eux ne tiennent en place que grâce au boisement. Mais pendant les travaux d'élargissement de la route, le pied des éboulis plus fins qui les retiennent encore s'est trouvé entaillé. Cette opération a occasionné ici et là de petits glissements, et le ravinement de leur point d'appui a permis à certains blocs de se détacher (photo 14).

D. - CAUSES PROBABLES

Si l'on tient compte des différents cas cités jusqu'ici, les circonstances défavorables rencontrées dans cette zone sont les suivantes :

- raideur des parois,
- intensité de la fissuration,
- conditions météorologiques,
- nouvelle entaille du versant augmentant la pente et la hauteur du talus.

E. - REMEDES

Il nous paraît nécessaire, pour empêcher les chutes ou limiter leur danger :

- de purger les blocs instables,
- de poser un grillage métallique contre les parois où les petits blocs sont fréquents (par exemple, Maestrichtien - Campanien sup.),
- si cette mesure n'est pas réalisable, de faire barrage, par des murs de soutènement, contre certains éboulis.

Dans la zone où la route traverse les calcaires du Jurassique supérieur, le talus neuf engendre parfois des cailloutis relativement abondants. Pour éviter l'invasion du fossé par ceux-ci, il a été procédé, par endroits, à un élargissement supplémentaire. Cette méthode permet de se libérer de la sujétion d'un entretien constant, mais ne peut être envisagée comme un remède général puisque, exigeant une surexcavation, elle cesse très vite d'être économique lorsque la hauteur du talus croît.

Enfin, relativement au danger représenté par la corniche urgonienne, lorsqu'elle domine d'assez loin les emprises de la route (zone des éboulis et du talus hauterivien), la meilleure protection est constituée par le boisement existant, constitué d'arbres bien développés. Il est nécessaire de les conserver.

IV - RAVINEMENT

Sous ce terme, nous groupons des phénomènes d'allure comparable mais de gravité inégale :

- le ravinement à grande échelle est axé sur un écoulement permanent et localisé,
- le ravinement à petite échelle, relevant de ruissellements temporaires, est généralisé.

A. - RAVINEMENT A GRANDE ECHELLE

1 - Caractères généraux

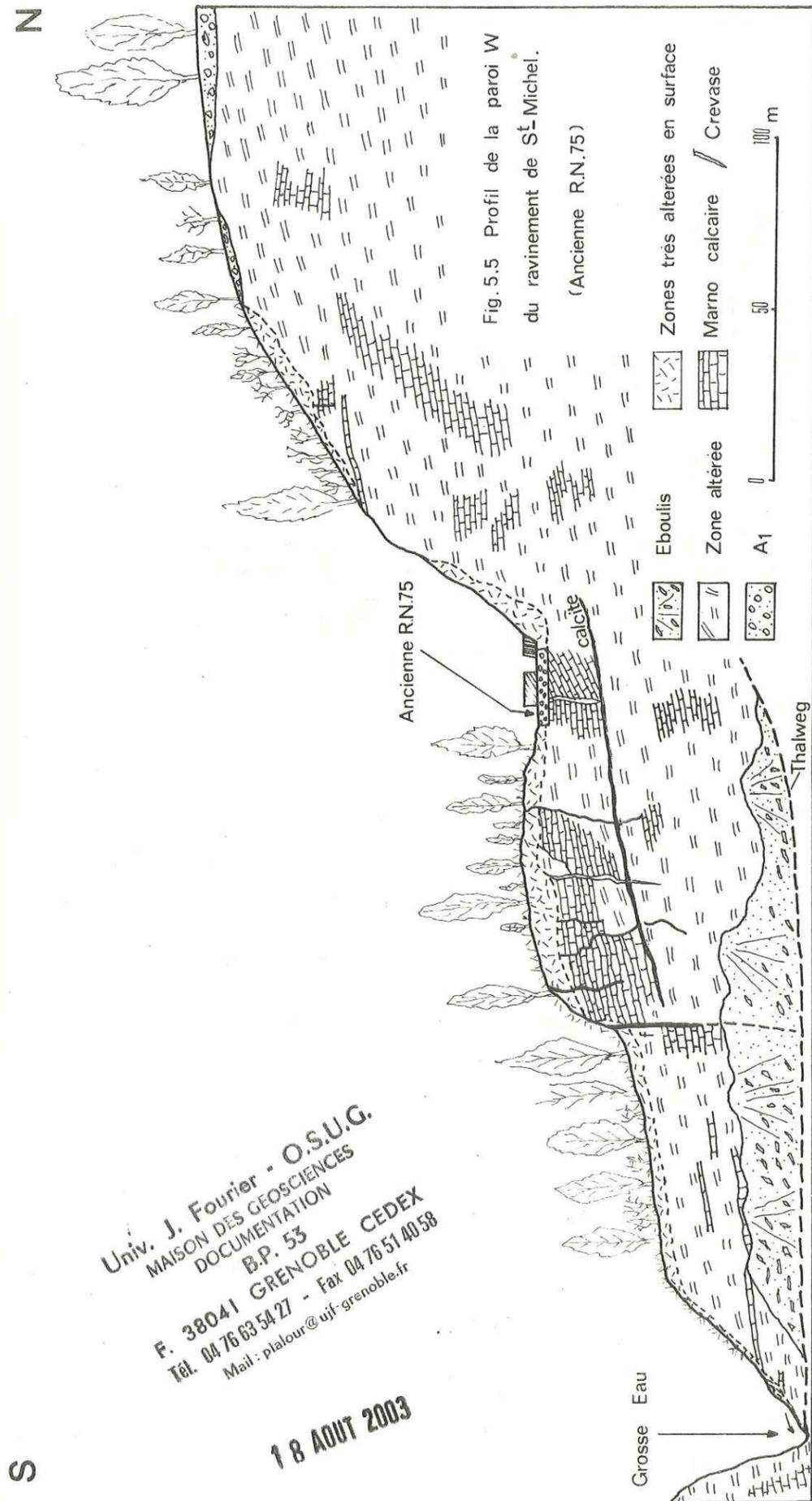
C'est un processus d'érosion intense qui se développe, à partir d'un ruisseau en général permanent, dans un versant peu résistant et mal protégé.

La plupart des formations présentes dans la région, tendres, peu cohérentes et imperméables, y étant très sensibles, on en rencontre de multiples exemples. Les risques les plus courants qu'ils entraînent sont le déchaussement des fondations d'ouvrages, le sapement des bases de versants et aussi, à plus long terme, le développement de zones fortement pentées aux dépens de replats accueillants.

Nous rappelons le mécanisme général de l'érosion régressive :

- qui fait que la menace se développe toujours de bas en haut, la tête du thalweg, où le profil est le plus redressé (instabilité), tendant à gagner sans cesse en direction d'un territoire plus élevé ;
- qui fait aussi que lorsqu'un ravin a pris une certaine importance, c'est sur ses propres flancs que le développement progressif d'affluents se produit, ce qui va multiplier les attaques au rebord de la surface supérieure.

Quant à la R.N. 75, très souvent accrochée à un versant, elle a adopté, quand elle l'a pu, une situation suffisamment élevée pour considérer la menace d'assez haut ou d'assez loin (ce qui n'était pas le cas du tracé du 18e siècle). Mais ce choix a des limites : dans le secteur Gresse il lui faut bien traverser le ruisseau de Cadourats et dans le secteur Trièves un certain nombre de gros torrents (ruisseau d'Orbannes, Rif Perron, etc.) et même certains de leurs affluents.



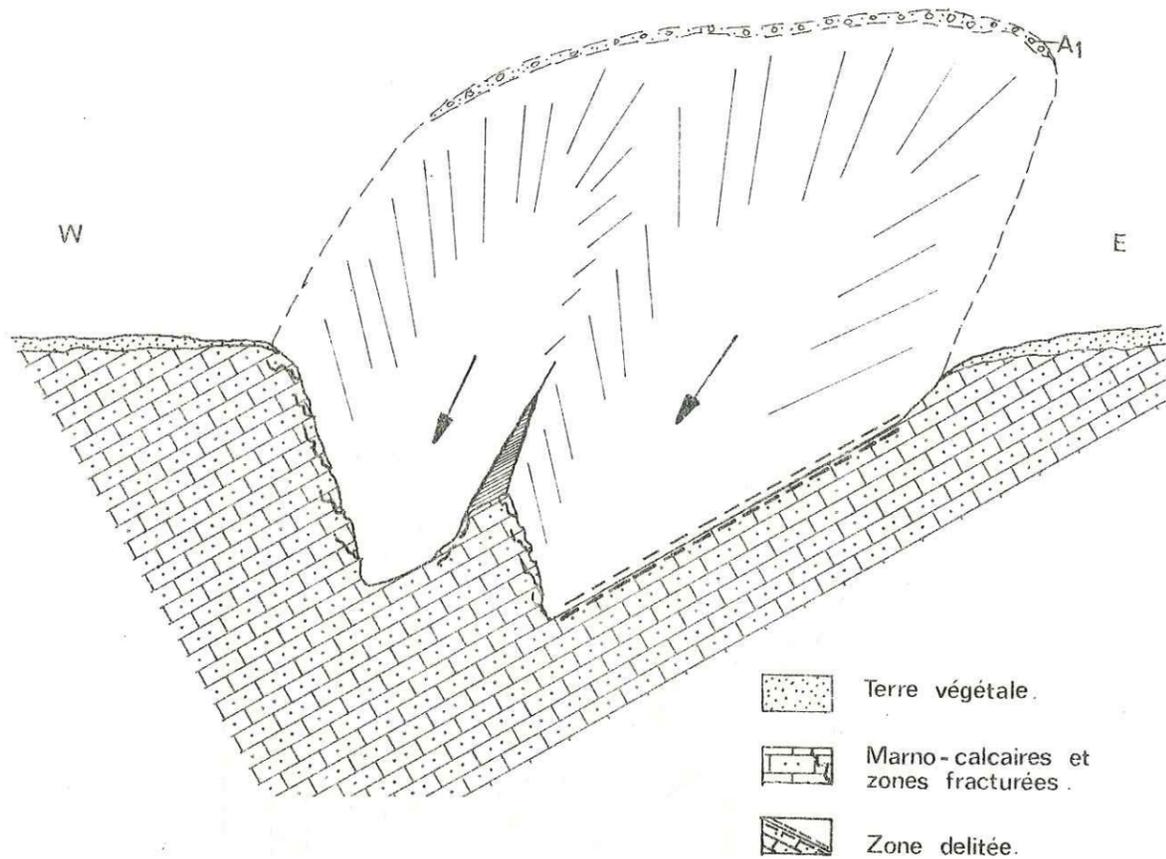


Fig. 5.6 Coupe amont du ravinement.

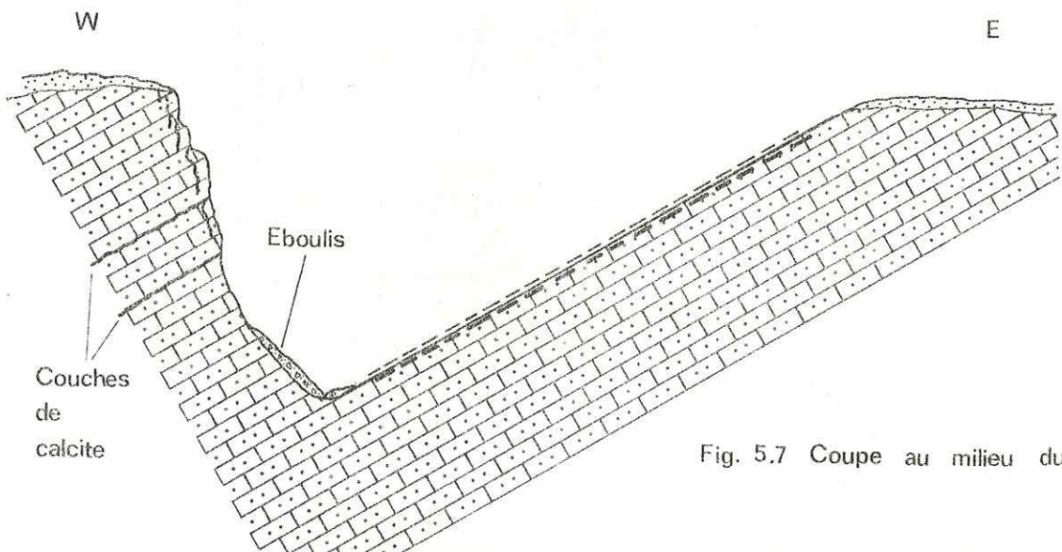


Fig. 5.7 Coupe au milieu du ravinement.

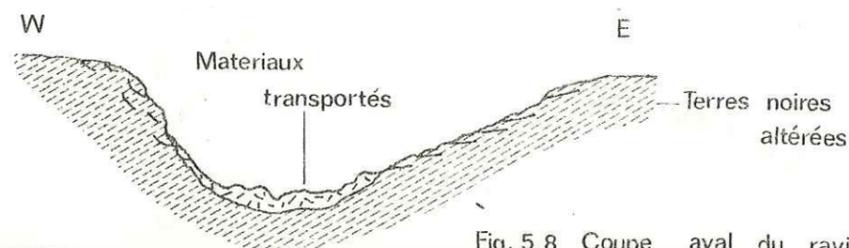


Fig. 5.8 Coupe aval du ravinement

2 - Exemple : Le ravinement de Saint-Michel

Un exemple extrême est fourni par un ravin, affluent de gauche du ruisseau de Grosse-Eau (photo 15).

a) Emplacement

Si l'on emprunte la route de Vicaire (ancienne R.N. 75), on y rencontre deux coupures au S de St-Michel. Construite sur le versant N du ruisseau de Grosse-Eau, elle est devenue impraticable (voir les cartes géologique et géotechnique).

b) Extension, aspect

A cet endroit, on distingue deux ravinements qui diffèrent par leur extension : (fig. 5.5) :

- un ravinement principal,
- un ravinement secondaire en voie d'aggravation.

Ravinement principal

Il affecte une zone de 250 m de long et 100 m de large, située sur un versant incliné à 30° en moyenne, qu'il a déjà entamé, dans sa régression, de 630 à 730 mètres d'altitude. En ce dernier point, il atteint une zone relativement boisé qui semble ralentir son évolution (photo 15).

Actuellement, l'ancienne R.N. 75 se trouve suspendue à une hauteur de 20 mètres, au-dessus du thalweg (fig. 5.5).

Le déroulement du processus a dû comporter quatre phases successives :

1. début du sapement de la berge par le ruisseau de Grosse-Eau ;
2. effondrement de cette berge, entraînant des glissements locaux ;
3. regroupement de ruissellements superficiels diffus et déclenchement du ravinement dans les zones dégradées ;
4. aggravation du phénomène et progression vers l'amont, le petit bassin hydrographique s'accroissant en largeur et en hauteur au dépens des zones les moins cohérentes découvertes par le travail du ravin axial.

Ravinement en voie d'aggravation

Celui-ci se situe à l'Est (50 m environ) du ravinement principal, sur le même versant, mais en reste complètement indépendant. Actuellement, le processus en est à sa troisième phase.

c) Formations concernées

Ce sont, à l'aval du thalweg, des terres noires très altérées en surface et très molles, recouvertes vers l'amont par des marno-calcaires. Ces derniers sont très fracturés, délités et altérés. Ils contiennent en quelques endroit de minces couches de calcite conforme à la stratification (fig. 5.5, 5.6, 5.7, 5.8).

Ils ont une direction N 10° E et un pendage de 45° W qui les empêche de glisser sur leur plan de stratification vers l'aval du thalweg, orienté au S. De petits écroulements rocheux ont lieu sur la rive droite.

Au sommet de la zone ravinée, on rencontre 2-3 mètres d'alluvions anciennes (A1, voir description des formations quaternaires), qui sont également soumises au ravinement.

d) Causes probables

On peut énumérer les suivantes :

- le torrent de Grosse-Eau, non corrigé, poursuit indéfiniment son creusement ;
- le versant est insuffisamment protégé par la végétation ;
- il existe plusieurs ruissellements superficiels vagabonds. L'un s'échappe d'une buse qui débouche sur la route du côté de St-Michel. De même, des suintements provenant du talus situé de ce même côté, guidés par l'ancienne chaussée, se déversent dans le ravin ;
- la qualité mécanique des formations concernées est médiocre.

e) Remèdes

Il serait nécessaire, pour arrêter l'extension d'un désordre de ce type :

- de détourner les écoulements superficiels en les canalisant,
- de lutter contre le creusement, dans l'axe du ravin, par un dispositif classique de murettes étagées.

B. - RAVINEMENT A PETITE ECHELLE

Le ravinement multiple, qui contribue à donner aux surfaces de terres noires qui y sont exposées leur aspect typique de "bad lands", ne se rencontre heureusement pas au contact direct de la route, au niveau des divers talus, entaillés dans cette formation, qui la dominant.

Ce qui la concerne, en revanche, lorsqu'elle est en remblai ou en profil mixte, ce sont des ravinements de son flanc aval, que l'on rencontre surtout à la sortie des ouvrages de canalisation interrompus trop tôt (buse, traverse, etc.).

D'autre part, le versant des grands remblais peut recueillir, en cas de pluie, les précipitations directes, d'où la nécessité de dispositifs de protection particuliers (une couche d'enrochement, comme cela a été réalisé sur le flanc des remblais récents, ou "descentes en tuiles").

V - MOUVEMENTS DE TERRAIN

Ce sont, en général, des mouvements peu étendus, pourtant ils constituent une menace pour la route.

Nous avons distingué cinq types de mouvements de terrain. Nous précisons, ci-dessous, quelques notions essentielles avant de les aborder en détail :

- glissement : translation de terres le long d'une surface de rupture non prédéterminée, avec faible remaniement,
- coulée : déplacement visqueux d'un matériau fortement remanié,
- glissements-coulées : association des deux types précédents,
- glissement de strates : la surface de glissement est un joint de stratification (matériaux rocheux en bancs distincts),
- arrachement superficiel : petit glissement dû au décollement d'une pellicule superficielle (partie supérieure du sol ou seulement terre végétale).

A. - GLISSEMENTS SUPERFICIELS

Ils sont concentrés dans le tronçon N de la route (vallée de la Gresse), entre Vif et Monestier-de-Clermont (n° 1 à 7 sur la carte géotechnique) en particulier dans les moraines argileuses.

L'intervention de l'eau est déterminante dans ces manifestations d'instabilité : suintements provenant des calcaires jurassiques, petits ruissellements superficiels, ravinement de la Gresse au pied de versant. On y rencontre aussi des eaux stagnantes (exemple, près de la Motte) sur les terres noires entourées de moraines argileuses imperméables.

Il nous semble que la profondeur de ces glissements ne dépasse pas une dizaine de mètres, ce qui situerait leur base au niveau des terres noires. Ces glissements ne menacent pas la route actuelle : nous les signalons toutefois à titre de mise en garde, dans la perspective où l'on chercherait à la déplacer.

B. - LES COULEES DE TERRE

A la suite de l'augmentation de leur teneur en eau, les argiles lacustres coulent à la façon d'un matériau visqueux (photo 9). Leur vitesse est donc fonction de la pluviométrie et des ruissellements superficiels.

La coulée G10 (photo 16), près Vorzis, est d'une forme caractéristique, simulant un petit glacier. Les argiles s'écoulent dans un ravin des terres noires, en direction de la gorge du ruisseau de Grosse-Eau.

La coulée 12 est très éloignée de la route, à l'Est de Monestier-du-Percy. Elle est superficielle, le sol se déplace vers le ruisseau du Chapotet.

La coulée 13 se trouve dans les argiles lacustres. Elle est orientée vers le torrent de Riffol.

C. - GLISSEMENTS-COULEES

Nous prenons comme exemple de glissement-coulée de terres celui de Casseire, qui intéresse la R.N. 75 au P.K. 143,500. Sa description sera conduite selon le plan de la fiche-questionnaire mise au point par le B.R.G.M. et l'Institut Dolomieu et présentée au Symposium de Cannes (1973).

GLISSEMENT DE CASSEIRE

LOCALISATION

1 - Situation géographique

Numéro de la carte géologique au 1/50 000 : XXXII - 37
 Nom et numéro de la carte topographique au 1/25 000 : Mens 3-4
 Département : ISERE Commune : PERCY
 Photographies aériennes : Mission : Mens
 N° des photos : O70-O71, année : 1956
 Sommet de la zone de départ : X = 860,47 Y = 282,00 Z = 875
 Front du mouvement : X = 860,88 Y = 281,75 Z = 785

2 - Moyens d'accès : traversé par la R.N. 75.

CADRE GEOGRAPHIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU MOUVEMENT

Topographie, morphologie et géographie du site

3 - Topographie générale : le versant principal, au-dessous du Tithonique, a une pente de 30-35°, dirigée vers l'E. La partie A du glissement (à l'W de la route) se trouve sur la rive gauche (N) du ruisseau de Chabulière, inclinée à 20° SE. La partie B (E de la route) est sur le même versant, mais inclinée de 25-30° environ (photo 17).

4 - Morphologie sommaire : le ruisseau de Chabulière coule du NW au SE. Le versant rive droite est en pente raide (terres noires), l'autre est en pente douce (couverture de glacis) (fig. 5.9).

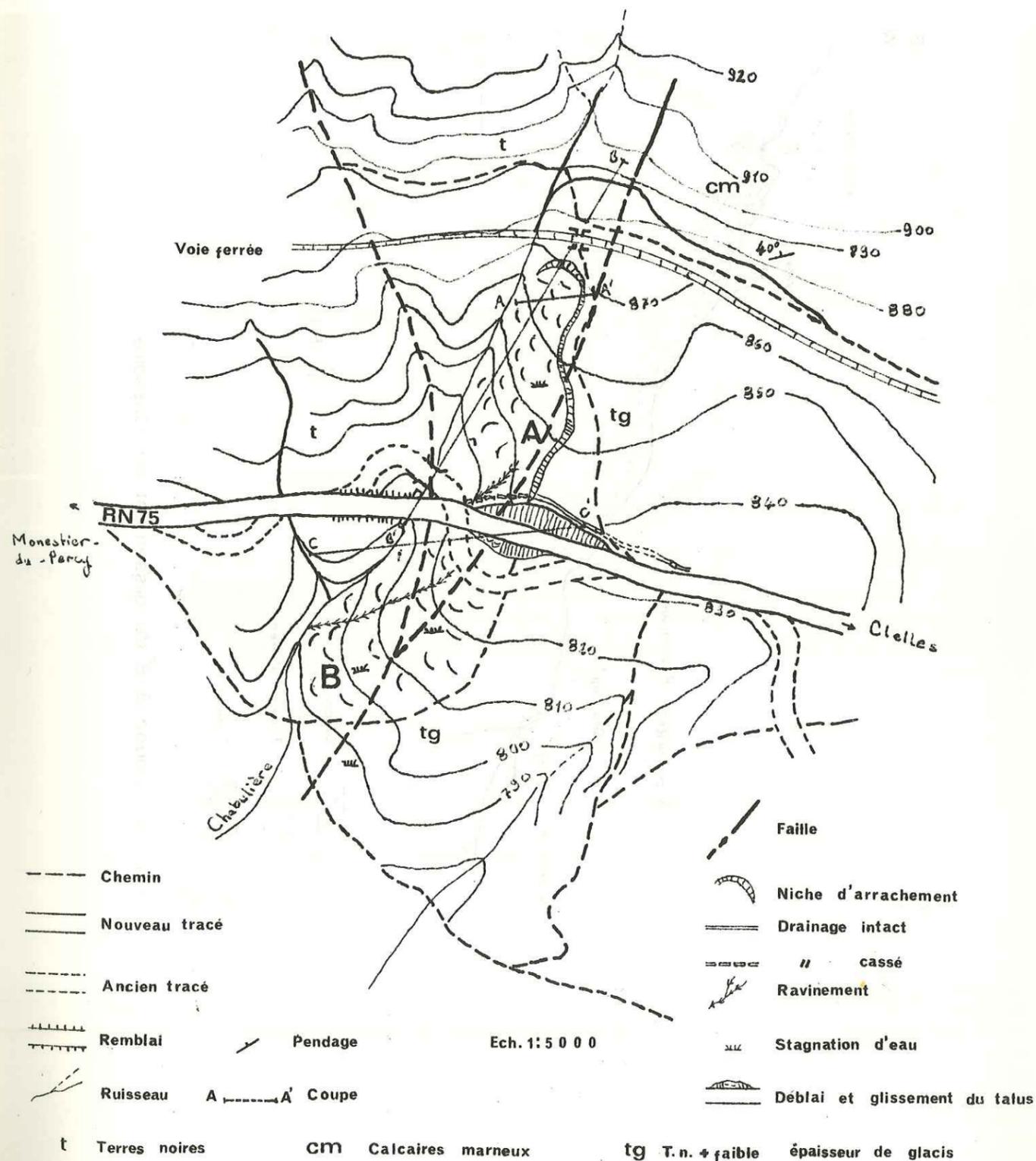
5 - Végétation naturelle : quelques sapins dans le thalweg de Chabulière, broussailles et "queues de renards" (Equisetum), prairie non exploitée.

6 - Occupation humaine : hameau de Chabulière au NW, vers la cote 950. La R.N. 75 coupe transversalement le glissement.

7 - Climatologie particulière : pas de précipitations exceptionnelles.

GLISSEMENT DE CASSEIRE

Fig.5.9



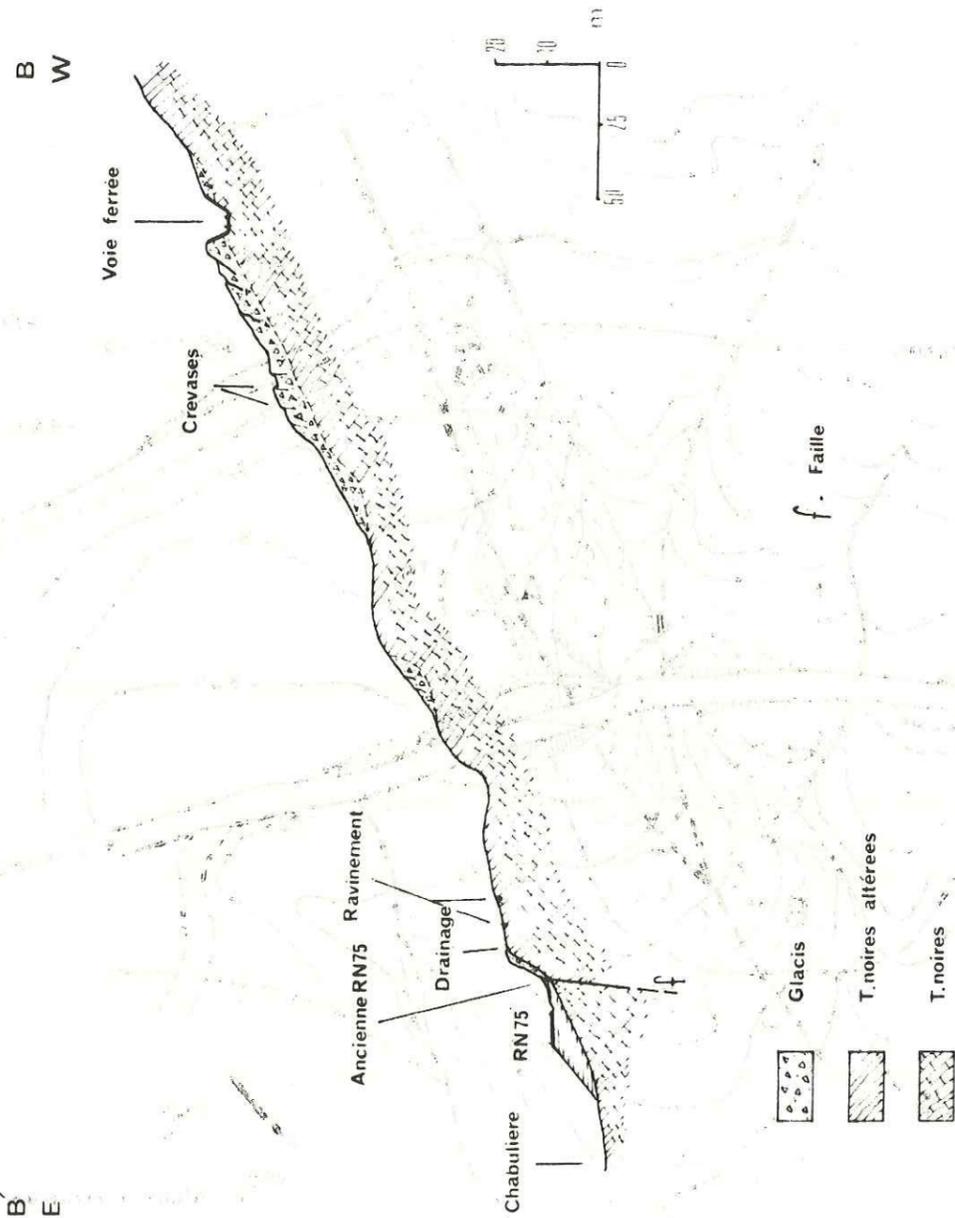


Fig. 5.10 Coupe B-B' du glissement de Casseire

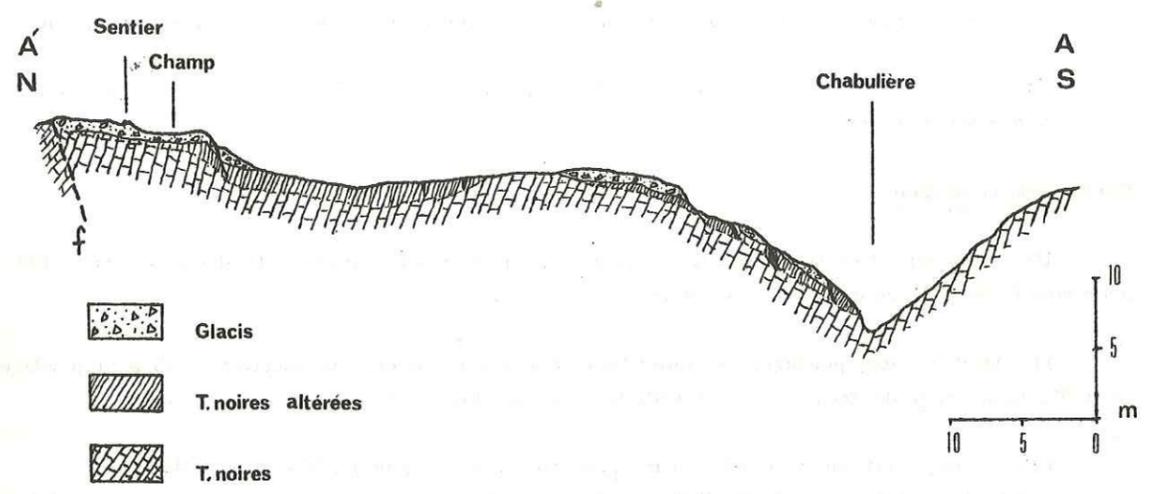


Fig. 5.11 Coupe A-A' du glissement de Casseire.

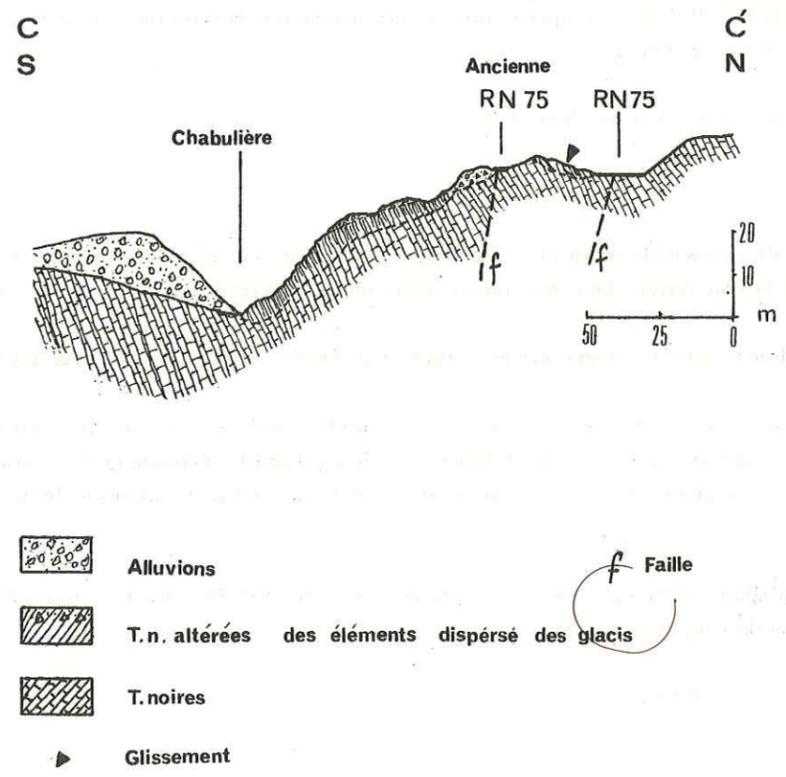


Fig. 5.12 Coupe C-C' du glissement de Casseire.

Le talus E de la tranchée, creusée en 1967 (nouveau tracé de la R.N. 75), présente à son extrémité S des signes manifestes d'instabilité. Or ce talus a une inclinaison constante et faible (3/2, 3 de base pour 2 de hauteur) et n'atteint pas la sa hauteur maximale. Les dérangements qu'il subit seraient donc liés à une qualité particulièrement médiocre des terres noires, que l'on ne peut guère rapporter qu'au passage de la faille.

Interprétation et classification

33 - On peut distinguer deux types de mouvements :

- glissement, au voisinage de l'arrachement, où le remaniement est faible ;
- coulée vers le pied, où le remaniement est fort.

Pronostics

35 - Estimation des mouvements futurs probables.

Du côté amont de la route, le déplacement est relativement parallèle à celle-ci. Il peut donc être assez longtemps contenu et calé par la maçonnerie de l'ancien pont et par la masse du remblai récent. Au contraire, du côté aval, la régression n'est pas contrariée en direction de la zone où se fait le raccord remblai-déblai. La régression de la partie B, qui semble plus active, paraît menacer davantage que la progression de la partie A du mouvement.

37 - Traitement : on peut envisager différentes solutions ; des gabions peuvent être essayés côté A, un drainage côté B.

38 - Il est nécessaire de surveiller le glissement et de préciser l'emplacement des zones où le terrain est broyé (passage des failles), puisque l'origine de l'instabilité est peut-être d'ordre principalement structural.

D. - ARRACHEMENTS SUPERFICIELS

Ces arrachements, peu esthétiques, ne concernent pourtant que des volumes insignifiants. En effet, ils n'affectent, la plupart du temps, qu'une mince couverture de terre végétale gazonnée (épaisseur habituelle 30-50 cm) qui se décolle de son support de terres noires. De nombreux exemples en sont visibles, notamment dans le talus amont de la rampe située au SW du Col du Fau. Leur multiplication accompagne inévitablement la plupart des élargissements qui entament la tranche supérieure du substratum marneux.

Dans ce cas, on ne peut guère imaginer d'autre remède qu'une sorte de "cloutage" immédiat du bord libre de la terre végétale. L'enracinement d'une végétation arborescente jouerait éventuellement un rôle analogue, mais il est à craindre qu'il soit trop lent et pénètre mal les terres noires.

E. - GLISSEMENT DE STRATES

C'est un type de glissement dit encore "banc sur banc". Les bancs de formations rocheuses glissent selon les plans de stratification vers le pied du versant où ils s'accumulent, généralement après s'être brisés. Ce processus peut être observé en divers endroits, entre Vif et Monestier-de-Clermont (photo 18).

1 - Circonstances nécessaires ou aggravantes

Parmi celles-ci nous relevons :

- disposition géométrique défavorable (versant ou talus en aval-pendage, et plus raide que le pendage des couches) ;
- lithologie et détails structuraux (diminution de la cohésion entre bancs par intercalation de lits ou joints marneux, fissuration transversale des bancs) ;
- agents météoriques et hydrogéologie (aggravation de la décohésion par circulation fissurale, cycles de gel, retrait accompagnant les phases de dessiccation).

2 - Formation concernée

Ces glissements se manifestent dans les calcaires marneux du Jurassique moyen très fracturés. Ils ont un pendage de 55°-65° W, c'est-à-dire tourné vers la route, et une direction subparallèle à celle-ci.

3 - Remèdes

En théorie, une pente de talus strictement conforme à la stratification assurerait une stabilité parfaite. En pratique, cet idéal est difficilement accessible, car il ne tient pas compte de menues irrégularités qui affectent le pendage (bancs plissotés ou gondolés selon des ondulations à axe horizontal) ou la continuité des strates (cassures transversales d'importance et d'orientation diverses). L'examen du parement de la voie ferrée au P.K. 117,180 est particulièrement évocateur à cet égard.

VI - AFFAISSEMENTS

A. - INTRODUCTION

Les affaissements sont, en fait, des glissements de faible amplitude qui affectent, dans une route à profil mixte, le remblai et une tranche peu profonde de terrain en place. En géotechnique routière, on les distingue des autres glissements en raison des particularités suivantes :

- on ne les remarque qu'au niveau des chaussées, soit parce que la présence d'un remblai est seule responsable de leur déclenchement, soit parce que leur importance réduite les ferait négliger ailleurs ;
- le plus souvent, à leur début, ils ne concernent que la partie aval du remblai. En s'aggravant, ils peuvent gagner parfois toute la largeur de la route, mais sans toucher le talus amont. Quant à leur longueur, elle est de 20 ou 30 m pour certaines formes se traduisant par un contour circulaire simple au niveau de la chaussée (cas E, fig. 5.13), mais peut atteindre jusqu'à 100 m dans d'autres sites (cas A, fig. 5.17, photos 19 et 20) ;

- vu la faible amplitude verticale et la lenteur relative du mouvement, grâce à la cohésion et à la plasticité des couches de roulement, la dégradation subie par la route est une cause de gêne et d'inconfort pour la circulation, sans que sa gravité soit telle qu'il faille interrompre celle-ci, même si la réparation (recharge superficielle) tarde un peu.

En 1975, on constatait neuf affaissements sur la route (voir carte géotechnique). L'étude des archives montre qu'il y en avait huit en 1967. Dans l'intervalle, on n'a pu en stabiliser que trois (D, E, F). Mais leur nombre a quand même augmenté, car il en est apparu quatre nouveaux : I, J, K, L. I s'est produit dans l'hiver 1974-1975, J, réparé en été 1975, s'est redéclenché après quelques mois, K et L se sont produits au mois de novembre 1975.

La majorité de ces affaissements (A, B, C, D, E, F) se trouve en Trièves, entre le Col du Fau et Clelles. Les autres (G, H, K, L) se situent entre Vif et Monestier. Le tableau 5.1 précise leur situation.

Affaissement	Points kilométriques	Lieu
J (redéclenché)	133,80	Chauplanon (St-Martin-de-Clelles)
A	132,50	St-Martin-de-Clelles
B	126,60	Côtes des Gerboux (entre le Fau et St-Michel)
C	126,10	" "
D (stabilisé)	125,60	" "
E (stabilisé)	124,15	Le Fau
F (stabilisé)	123,20	Col du Fau
I	123,40	" "
G	118,90	Au Nord de Monestier-de-Clermont
H	118,70	" " "
K	116,90	Au Nord de la station de la Motte
L	116,65	" " "

Tableau 5.1 - Situation des affaissements.

Nous en distinguons trois types, selon le sol de fondation :

- type a - affaissement de remblais directement fondés sur des terres noires ;
- type b - affaissement de remblais sur des calcaires marneux ;
- type c - affaissement de remblais fondés sur le Quaternaire, le socle de celui-ci étant également constitué par l'un des deux terrains précédents.

B. - EXEMPLE DU TYPE a : l'affaissement E

1 - Emplacement

Virage situé au P.K. 124,150 entre le Fau et le col du même nom

2 - Extension, aspect

Cet affaissement a été stabilisé dans l'été 1975. Nous décrivons nos observations antérieures à cette date (avril 1975). Le remblai, de 5 mètres de hauteur au maximum, a été construit en 1965. Il occupe approximativement une rupture de pente, entre un versant supérieur incliné à 30-35°, boisé, et des champs en pente très douce, situés sous la voie ferrée, elle-même à 15 mètres en contre-bas de la R.N. 75 (fig. 5.13).

L'affaissement affectait la route sur toute sa largeur et sur une longueur de 60 mètres environ.

3 - Formation concernée

Le substratum est formé de terres noires, se délitant en très petites plaquettes, qui affleurent dans le talus en déblai au Sud de l'affaissement. A l'amont, le substratum sain a été atteint, à 5 mètres de profondeur, par le sondage H2 (Dossier P/3201).

4 - Causes probables

Les études effectuées sur le terrain nous ont montré que les causes fondamentales d'instabilité sont les suivantes :

- conditions hydrogéologiques et mauvais drainage,
- propriétés mécaniques médiocres du substratum.

a) Conditions hydrogéologiques et drainage

L'hydrologie du secteur et les dispositifs de drainage sont schématisés sur la fig. 5.13.

1° un fossé amont, contenant les orifices d'entrée de deux traverses (TS ; TN), borde la route à l'W tout au long du secteur intéressé. Lors de nos observations, la partie se trouvant entre TS et TN était sèche et comblée de débris. Au Sud de l'orifice de TS, un écoulement d'eau vers le Sud était visible, malgré l'inexistence de ruissellements superficiels sur le versant.

De même, au Nord de l'orifice amont de TN, dans le fossé, on voyait une petite source, puis un écoulement dont le débit augmentait progressivement.

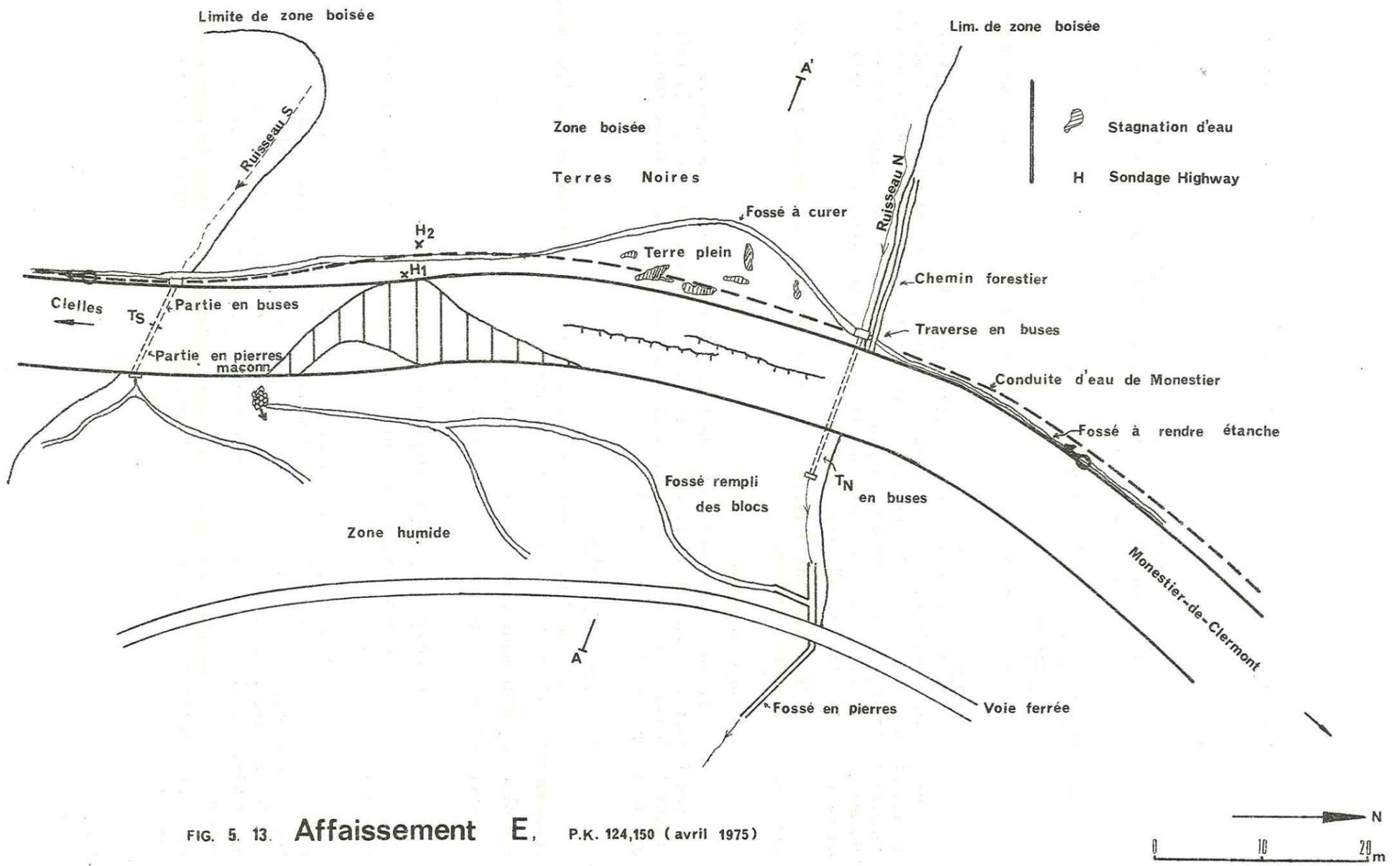


FIG. 5. 13. Affaissement E, P.K. 124,150 (avril 1975)

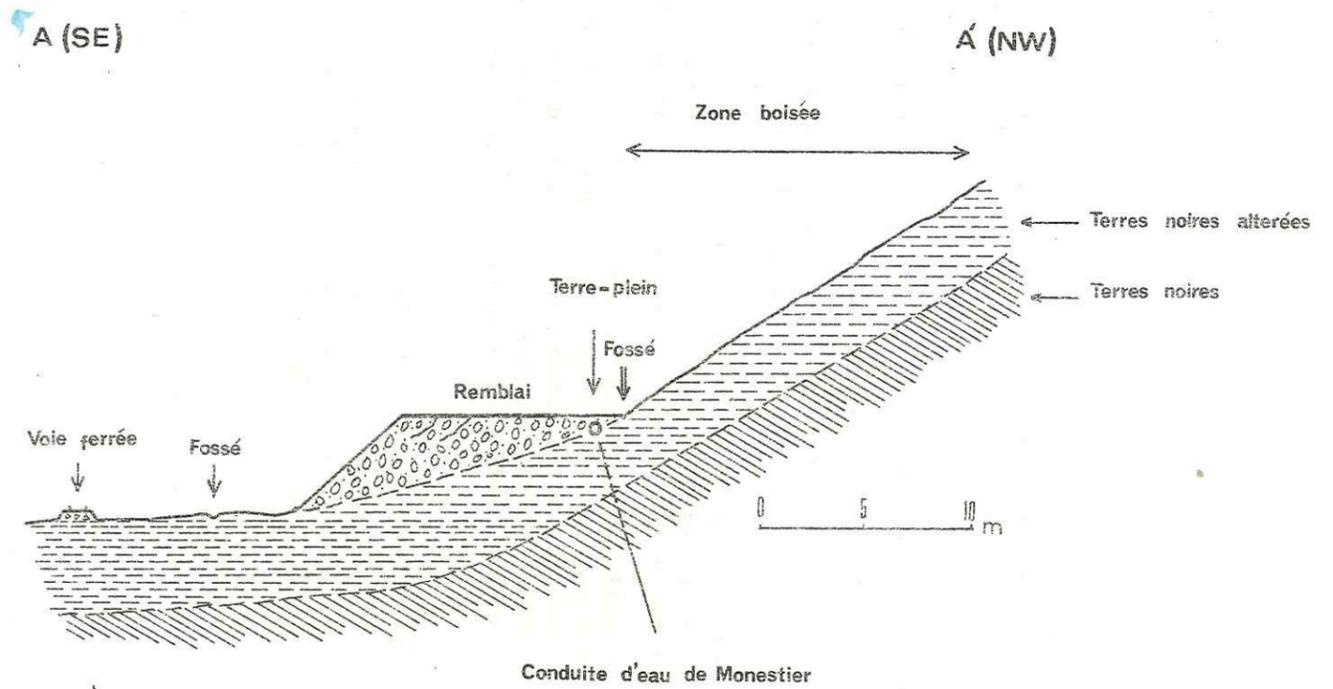


Fig. 5.14 Coupe transversale A-A'
Affaissement E, P.K. 124,150

2° deux traverses, au Nord TN, au Sud TS. TN collectait les eaux du ruisseau qui borde le chemin forestier et de la partie nord du fossé. Elle débouchait dans un fossé en mauvais état, en contre-bas du remblai.

En ce qui concerne TS, elle était sèche au moment de l'observation (avril 1975). Elle comprenait deux tronçons : une partie amont constituée de buses, et une partie aval en maçonnerie. Il n'y avait aucune arrivée d'eau à son entrée, pourtant, à la limite de la partie en buses et de la maçonnerie, on voyait des écoulements, qui disparaissaient avant la sortie, c'est-à-dire qui se perdaient dans le remblai. De plus, de l'eau s'égouttait du toit de la partie maçonnée.

3° une venue d'eau se situait juste à la limite de l'affaissement, dans le talus de remblai.

4° du côté aval de la route, les fossés d'écoulement étaient en mauvais état, aussi bien dans le talus de remblai que plus bas.

5° au moment de nos observations, quelques jours (une semaine environ) après des chutes de pluie et de neige, des flaques d'eau stagnaient sur le terre-plein qui élargit vers l'W la plate-forme routière (coupe A-A') (fig. 5.14).

Ces conditions hydrogéologiques très défavorables provoquaient certainement une invasion d'eau capillaire dans une grande partie du remblai. En période de forte pluviométrie, ce phénomène diminue les qualités mécaniques de sa base et des formations altérées avec lesquelles il se trouve en contact. Pour cette raison, les mouvements sont plus développés en période humide qu'en période sèche.

b) Propriétés mécaniques du substratum

Comme on l'a déjà dit, le substratum, finement lité, est argileux, donc sensible à l'eau. Pour empêcher l'altération, il serait nécessaire de le protéger efficacement contre l'humidité, d'où qu'elle vienne.

5 - Remèdes

Les travaux de stabilisation effectués durant l'été 1975 ont consisté en :

- une tranchée drainante sur toute la longueur de l'ancien fossé amont ;
- une réfection complète des traverses ;
- une remise à neuf des fossés du talus aval et des écoulements aériens des traverses, tous traités en cunettes étanches.

Bien que la présence de la conduite d'eau potable de Monestier fasse toujours peser, à terme, la menace d'une infiltration accidentelle en cas de perte, nous pensons que, si l'on a adopté une profondeur suffisante pour la tranchée drainante, le traitement réalisé se montrera efficace.

C. - EXEMPLE DU TYPE b : l'affaissement H

1 - Emplacement

Ce site se trouve au SE du Vert, P.K. 118,70, au Nord de Monestier-de-Clermont. La route est séparée de la voie ferrée par un mur de soutènement de 5 m de hauteur.

A cet endroit, la largeur de la route est de 7,60 m. Elle est bordée de deux terre-pleins, l'un de 3,15 m côté amont, l'autre de 1,40 m côté aval. La direction de l'axe de la route est N 10° E.

2 - Extension, aspect

L'affaissement se présente sur une longueur de 50 m environ. La largeur de la partie affaissée varie entre 1,50 m et 2,00 m, le terre-plein aval exclu. La dénivellation n'est pas très grande, approximativement 3 cm.

3 - Formations concernées

Un sondage (H1), effectué du côté amont de la route (fig. 5.15), recoupe deux terrains différents, sur le substratum :

- 1,80 m d'éboulis de calcaires marneux,
- 1,80 m de calcaires marneux altérés.

Les calcaires marneux affleurants, à l'Est de la route, sont brun noirâtre, en bancs de 3,5 cm d'épaisseur maximum. Ils ont un pendage 60°W et une direction N-S, subparallèle à l'axe de la route.

Sur le flanc du remblai, on voit des éboulis altérés de calcaires marneux et des zones bombés (fig. 5.16).

4 - Causes probables

Il nous semble que les causes de ce désordre sont les suivantes :

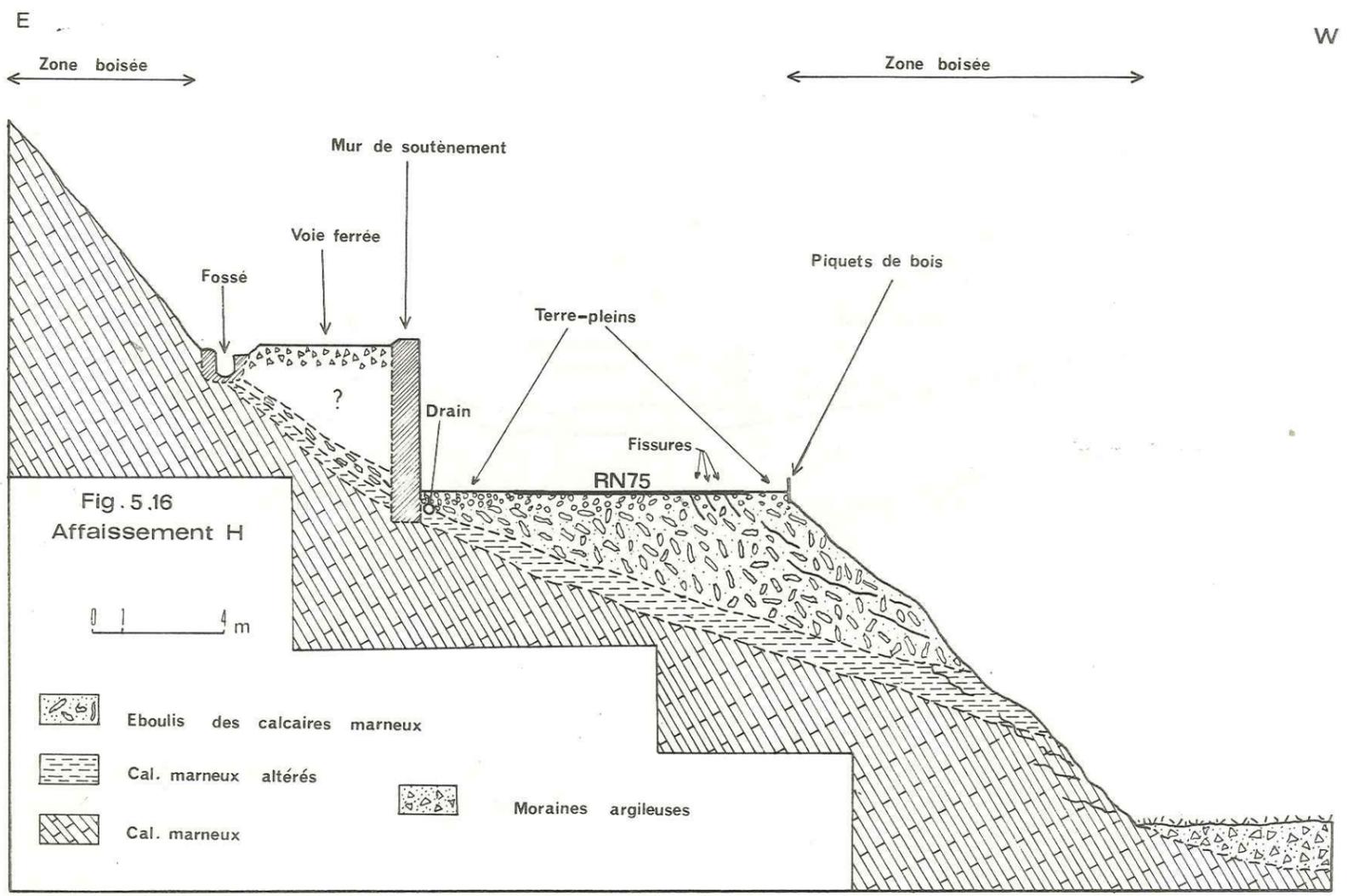
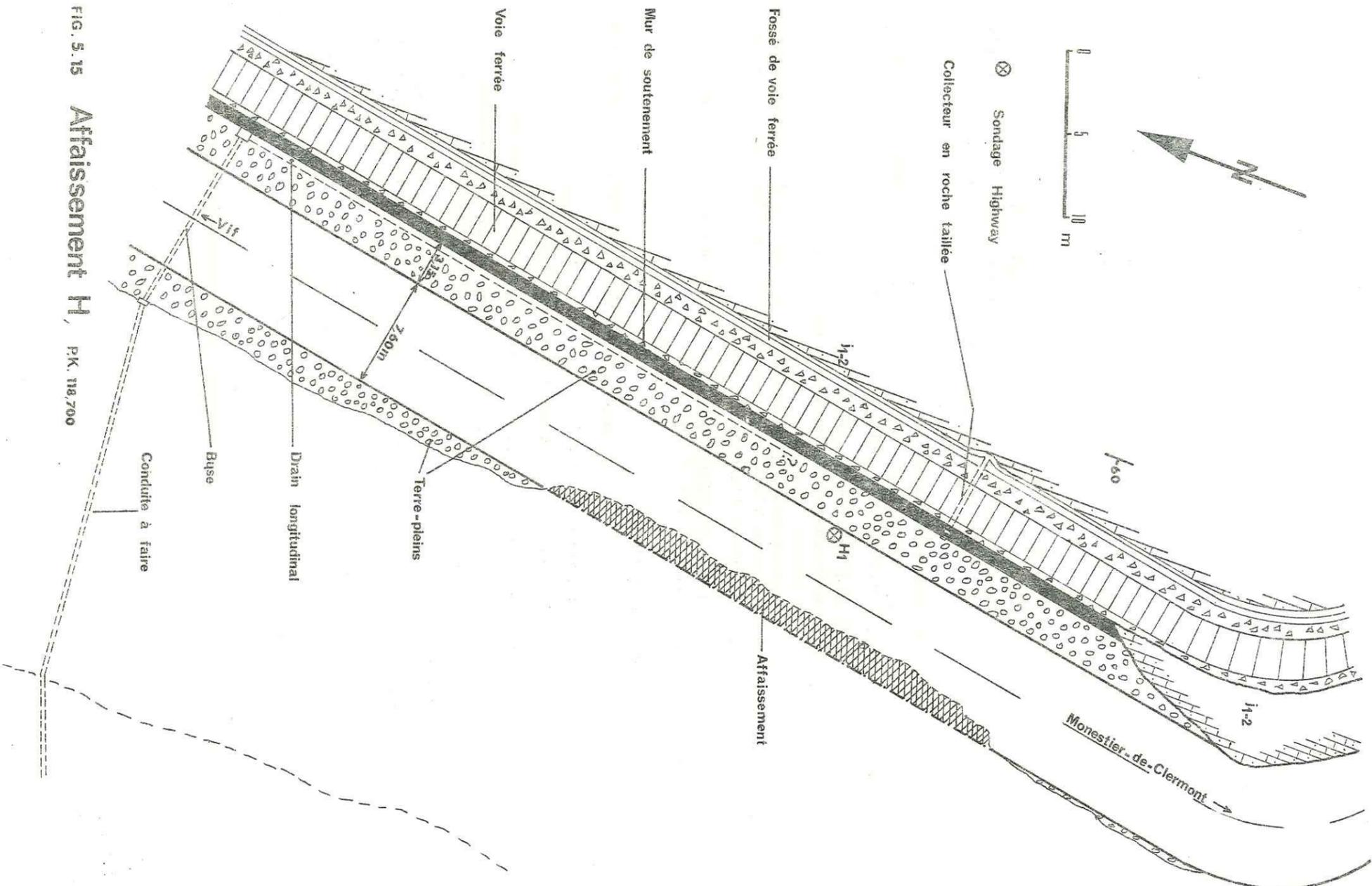
- drainage insuffisant,
- venue d'eau du collecteur de la voie ferrée,
- altération des calcaires marneux et de leurs éboulis.

Le nouveau drain longitudinal, au pied du mur de soutènement, n'est pas suffisant. Il est plus proche du mur de soutènement que de la route (fig. 5.15).

La venue d'eau par le collecteur S.N.C.F. est considérable aux périodes de forte pluviométrie. Il reçoit des eaux du fossé longitudinal de la voie ferrée et il s'ouvre sur le terre-plein amont. Nous ne pensons pas que ces eaux puissent s'évacuer rapidement par le drain.

Il est possible que des eaux infiltrées un peu plus haut dans le versant, dans la tranche superficielle des calcaires, échappent au drainage constitué par le fossé de la voie ferrée et envahissent ensuite, au droit de la chaussée, la zone d'éboulis, qu'elles contribuent à altérer, au même titre que celles qui y pénètrent par le terre-plein amont.

FIG. 5.15 Affaissement H, PK. 113,700



-  Moraines argileuses
-  Cal. marneux altérés
-  Cal. marneux

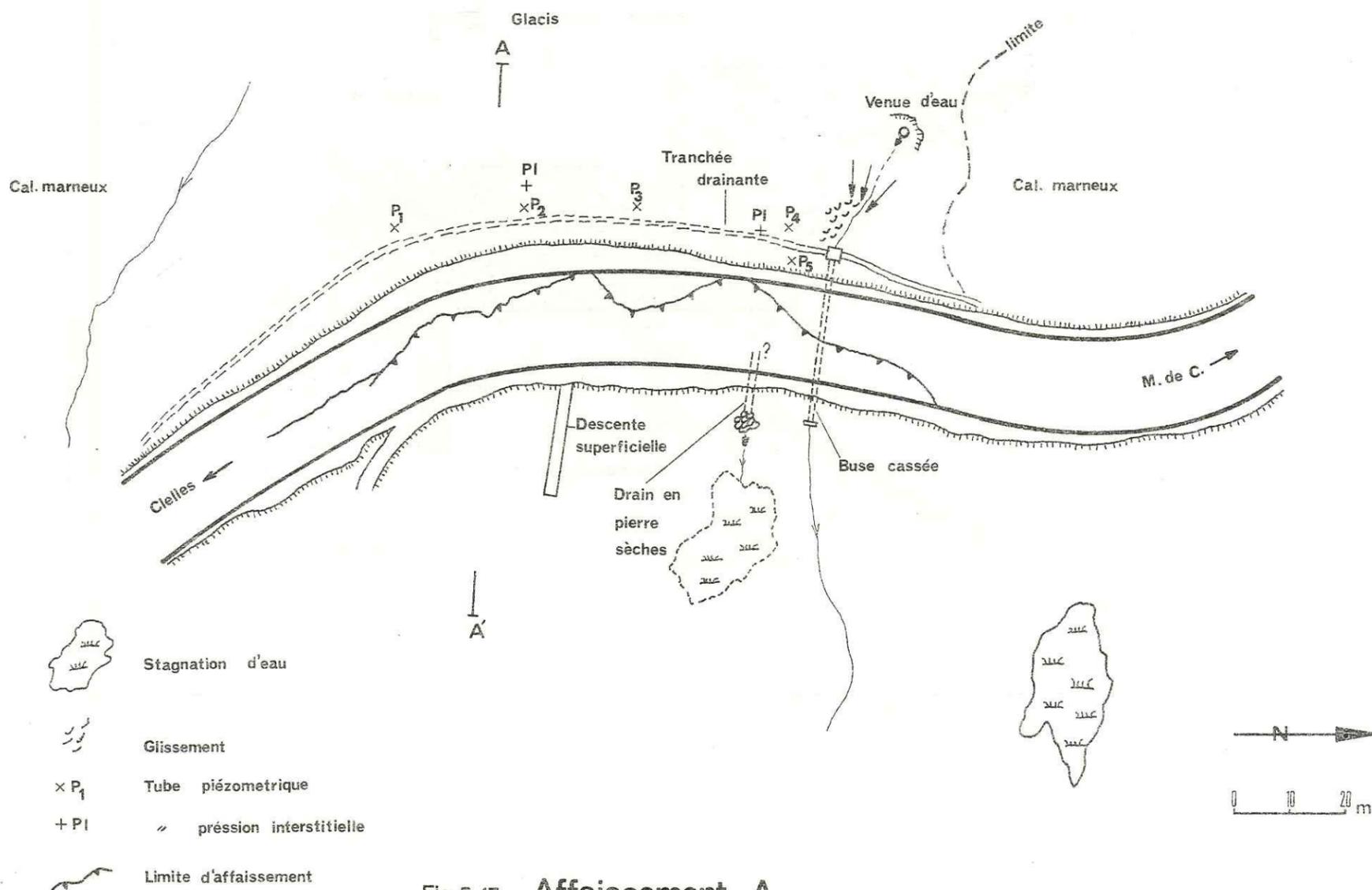


Fig.5.17 Affaissement A, P. K. 132,500, (avril 1975)

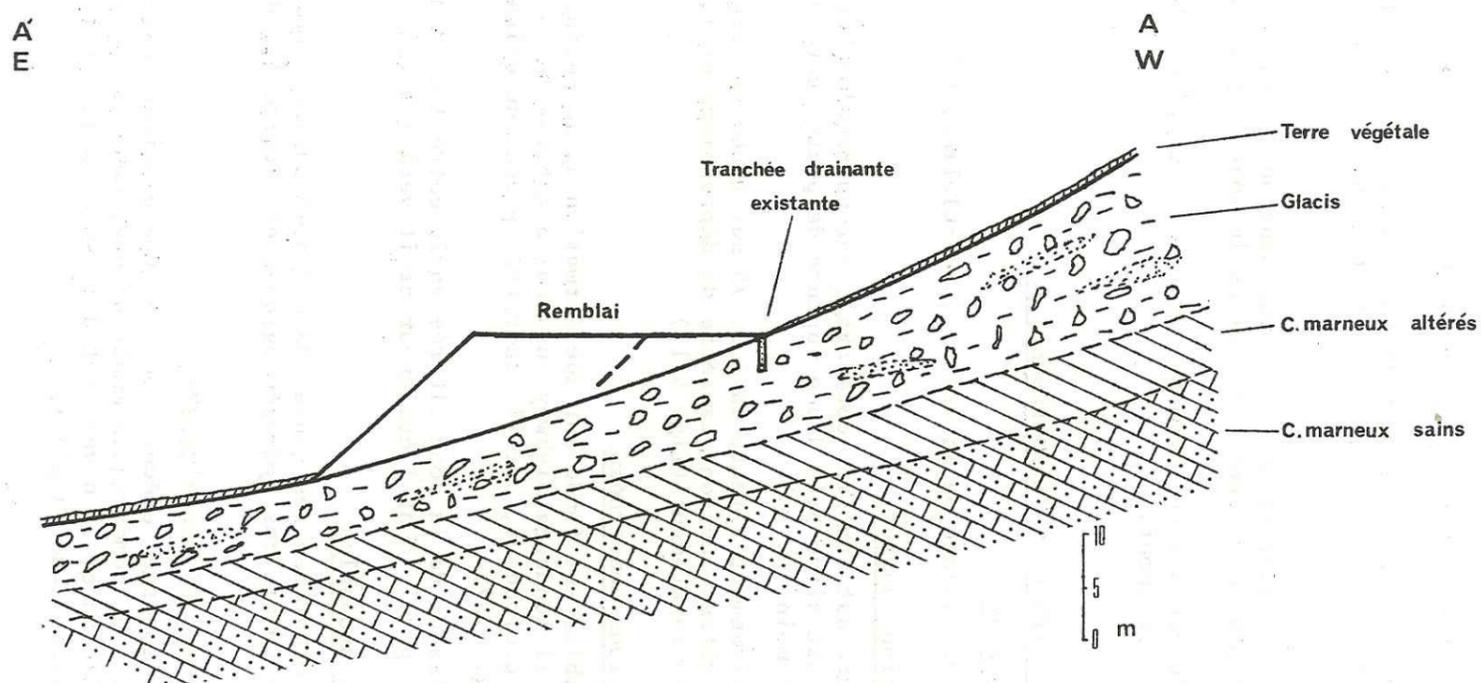


Fig. 5.18 Coupe transversale A-A'.

Affaissement A, P. K. 132,500

5 - Remèdes

Il nous paraît nécessaire, pour améliorer la stabilité :

1° de creuser un fossé longitudinal sur le bord amont du terre-plein, au pied du mur de soutènement, et de brancher le collecteur S.N.C.F. sur la buse qui existe déjà ;

2° de canaliser les eaux sortant de cette buse dans un dispositif étanche, afin qu'elles ne ravinent pas le versant comme elles le font actuellement ;

3° le cas échéant, de creuser une tranchée drainante jusqu'au substratum sain, au niveau du terre-plein amont.

D. - EXEMPLE DU TYPE c : l'affaissement A

1 - Emplacement

Au SW du village de Saint-Martin-de-Clelles, P.K. 132,500.

2 - Extension, aspect

La route est établie, côté aval, sur un remblai haut de 8 m au maximum. Ce remblai est situé près d'une rupture de pente, côté amont 25° environ et côté aval moins de 10°.

L'affaissement affecte la R.N. 75 sur toute sa largeur et sur une longueur de 100 mètres environ. La série de dépressions et les fissures sont bien visibles dans le revêtement (fig. 5.17).

3 - Formations concernées

Le remblai est fondé sur une formation de couverture (glacis caillouteux). Parmi 11 sondages Highway, un seul a atteint le substratum, à environ 5 mètres de profondeur, car il était très proche du calcaire marneux affleurant au N (fig. 5.17).

L'épaisseur de la zone altérée varie entre 1 et 3 mètres et elle est surmontée par le glacis dont l'épaisseur croît vers l'W (fig. 5.18).

4 - Causes probables

Pour rechercher les causes de cet affaissement, nous allons d'abord préciser les conditions hydrogéologiques et décrire les dispositifs de drainage en place.

a) Données hydrogéologiques

Les sondages exécutés ont recoupé plusieurs niveaux d'eau dans le glacis. Les relevés piézométriques montrent que, pour les sondages situés sensiblement à la même cote, le niveau est différent. Cela est la conséquence de la complexité stratigraphique du glacis.

b) Dispositifs de drainage

La route comporte les aménagements suivants :

- au pied du talus amont, une tranchée de 60 mètres de long et de 1,20 mètres de profondeur remplie de matériaux drainants, débouchant dans une buse au niveau d'un regard ;

- un drain en pierres sèches, parallèle à la buse, posé sur le terrain naturel avant l'édification du remblai.

Venons-en maintenant au fonctionnement de ces dispositifs :

- la profondeur de la tranchée n'est pas suffisante (1,20 m environ), car elle ne descend pas jusqu'au terrain imperméable. L'eau sortant de P4 coulait en surface ; cela prouve que la tranchée ne remplit pas son office ;

- la buse partant du regard est cassée et l'eau qu'elle a recueillie s'en échappe très vite ;

- le drain en pierres sèches semble fonctionner mais, n'étant pas prolongé par une évacuation étanche, il provoque, de même que la buse, une stagnation superficielle à son débouché. A supposer qu'il soit efficace, il ne peut d'ailleurs faire sentir son action sur toute l'étendue affectée par des désordres.

5 - Remèdes

On constate (fig. 5.18) que la zone affaissée coïncide avec celle où le versant de calcaires marneux est couvert par un panneau de cailloutis (glacis). En raison des conditions hydrogéologiques imposées par cette disposition locale, il convient donc, pour améliorer la stabilité :

- de détourner autant que possible les circulations superficielles et d'interdire les accumulations d'eau du côté amont du remblai ;

- de refaire la tranchée drainante, si l'on peut la descendre jusqu'au substratum sain ;

- en cas d'impossibilité, de recourir à un dispositif de drains légèrement remontants. Ces drains devraient, en passant sous le remblai, atteindre la base du glacis au droit de la tranchée et même un peu au-delà. La disposition topographique se prête d'ailleurs très bien à ce traitement, le pied du parement aval étant facilement accessible par un engin de forage ;

- d'éloigner, à l'aval, les eaux drainées du pied du remblai.

CARTE GEOTECHNIQUE DE LA REGION TRAVERSEE

I - DESCRIPTION ET LEGENDE DE LA CARTE GEOTECHNIQUE

Nous avons établi la carte géotechnique (cartes géotechniques 1 à 6) en tenant d'abord compte de deux critères essentiels :

- la stabilité naturelle du terrain,
- l'ouvrabilité des différentes formations.

La prise en considération de la stabilité naturelle a été étendue à toute la région étudiée. Au contraire, l'ouvrabilité n'a été mentionnée que dans une zone plus étroite, centrée sur la route actuelle.

Les risques probables entraînés par les terrassements et les remèdes concevables ont aussi été précisés.

Dans le cas le plus général, chacune des zones délimitées sur la carte géotechnique l'a été en fonction des quatre rubriques que nous venons d'énumérer. La désignation de ces plages est donc réalisée au moyen d'un symbole à quatre termes, du type

B4d3 ou C8a2

qui schématise le jugement porté à propos de ces rubriques examinées successivement.

Au contraire de la stabilité naturelle (premier terme du symbole), qui ne peut donner lieu qu'à une estimation unique, la difficulté des travaux, la forme des risques et celle des traitements revêtent souvent, en un même site, des aspects multiples dont il est nécessaire de mentionner l'addition. Dans ce cas, les trois derniers termes du symbole pourront se trouver doublés, voire triplés :

A 123 e3 ou D7 acd12

Bien que la signification des lettres ou chiffres utilisés soit rappelée dans la légende de la carte, nous croyons utile de fournir ci-dessous un commentaire.

A. - CLASSES DE STABILITE NATURELLE

Cinq classes de stabilité naturelle, c'est-à-dire avant toute intervention humaine, ont été distinguées, désignées par des majuscules de A (très bonne) à E (très mauvaise). Outre la nature du matériau, elles prennent évidemment en compte la morphologie (pentes ou replats).

B. - OUVRABILITE

L'ouvrabilité, c'est-à-dire la difficulté plus ou moins grande rencontrée par les travaux de terrassement, a été diversifiée en sept groupes selon des critères fondés sur la lithologie, la tectonique et l'altération des formations. Les formations ne posant aucun problème particulier ont été rassemblées dans un huitième groupe. A ce facteur correspond le chiffre (ou les chiffres) porté à la suite de la lettre majuscule qui qualifie la stabilité naturelle.

Les trois premières catégories concernent les terrassements en zone rocheuse qui exigent l'emploi de l'explosif (ex. : chantier 1975 entre Lalley et le col).

1) Roches dures

Ce symbole est propre aux roches où la foration peut rencontrer des difficultés particulières (calcaires dont des zones sont riches en silex, comme certains niveaux de l'Urgonien ou du Sénonien).

2) Bancs épais

Roches stratifiées comportant une majorité de bancs supérieurs à 50 cm.

3) Absence ou rareté de la fissuration

Roche carrément massive (cf. Urgonien), dont l'extraction est difficile.

4) Mauvaise tenue en cas d'altération ou de broyage

L'exemple typique est ici celui des Terres noires. Cette formation présente en général une ouvrabilité normale, mais une mise en garde nous semble nécessaire car on y trouve, en bien des endroits, une tranche superficielle très décomposée ou, plus rarement, des passages de failles. Il est évident qu'aux difficultés rencontrées ici ou là par le terrassement (zones boueuses, hors-profils) succèdera une instabilité plus ou moins durable éprouvée par l'ouvrage terminé (cf. risques a, glissements de talus, ou f, tassements de fondation).

5) Présence de très gros blocs dans le Quaternaire

Dans des séries habituellement meubles ou peu consistantes, la rencontre inattendue de très gros blocs nécessitant sautage est un facteur de retard. Il est malheureusement difficile, dans bien des cas, de prévoir cette éventualité. Les formations où elle se rencontre sont les glacis et les cônes de déjection.

6) Cimentation secondaire des roches meubles

Dans les glacis et les cônes de déjection, on rencontre parfois des niveaux épais de 0,5 à 1,5 m, où les blocs se trouvent fortement cimentés par la matrice argileuse et où le terrassement ne peut être effectué à la pelle. On peut également signaler, mais hors du tracé routier, des alluvions anciennes fortement conglomérées.

7) Terrains argileux trop humides

Ils posent des problèmes dès l'extraction (boue, difficultés opposées aux engins lourds), sans préjudice des risques ultérieurs pour l'ouvrage (glissements, affaissements).

8) Terrains d'ouvrabilité normale

Ni surprises ni difficultés particulières.

C. - RISQUES PROBABLES APRES TERRASSEMENT

Exprimés au moyen d'une lettre minuscule. Nous avons vu certains d'entre eux se dessiner dès la phase précédente. Ils sont bien connus en géotechnique routière et longuement décrits (chap. 5), ce qui nous dispense d'insister davantage.

D. - REMEDES POSSIBLES

Ils sont très schématiquement répartis en quatre groupes (1 à 4) et représentent le dernier terme du symbole.

Systématiquement, on en a préconisé plusieurs sur beaucoup de sites, ce qui paraîtra une évidence pour le praticien : drainer (1) un talus argileux et adoucir sa pente (2) vent dans le même sens que le charger d'un massif filtrant ou le bloquer par des gabions (3). Mais dans d'autres cas, où la formation n'est pas aquifère, ces derniers, ou le classique mur de soutènement, joueront un rôle différent.

II - LES "POINTS DURS" DU TRACE ROUTIER

Nous avons brièvement rappelé, dans l'introduction, l'historique de la route : celui-ci nous a permis de constater une évolution, provoquée par les conditions naturelles et les besoins du temps.

Cette évolution continue, et les transformations actuelles et prévisibles du tracé mèneront à ouvrir de nouveaux chantiers. Sur certains tronçons, l'absence de difficultés se traduira par une construction aisée, de série. Sur d'autres, au contraire, baptisés traditionnellement "points durs" dans l'Administration des Ponts et Chaussées, se rencontreront des gênes ou des obstacles divers, qui ne pourront être surmontés qu'au prix de reconnaissances spécifiques plus approfondies. Nous allons maintenant les inventorier.

Leur nature est variée. L'obstacle qu'ils constituent permet de les classer en six groupes selon qu'ils sont liés :

- à la morphologie,
- à la tectonique,
- à la lithologie,
- à l'hydrogéologie,
- à la présence d'agglomérations,
- à l'existence d'autres voies de communication.

A. - POINTS DURS LIES A LA MORPHOLOGIE

Nous les répartissons en trois sous-groupes :

- thalwegs profonds,
- raideur des versants traversés,
- déclivité excessive du profil en long.

1) Thalwegs profonds

En Trièves, il existe un certain nombre de cours d'eau orientés W-E qui posent des problèmes lors de leur franchissement (voir la carte des pentes).

La section des gorges s'élargit en général de l'amont (calcaires) vers l'aval (terres noires). Le choix du point et du mode de franchissement (pont ou remblai) résulte donc d'un compromis où interviennent de nombreuses autres considérations :

- conserver le tracé à une altitude commode, évitant les rampes de pente opposée,
- trouver un emplacement susceptible de supporter un grand remblai ou de recevoir les fondations d'un viaduc, etc.

Entre ces deux possibilités, la solution retenue a toujours été celle du remblai, ce qui explique qu'ils soient si fréquents : Thoranne, Darne, Clelles, Casseire. D'autres sont projetés (Arthaud, Commanderie) qui nécessitent des études géologiques et géotechniques assez détaillées.

2) Raideur des versant traversés

Parfois corrélative du problème précédent (ancien tracé St-Michel - St-Martin-de-Clelles), elle se fait sentir surtout sur la Gresse (voir carte des pentes). La route suit le versant assez incliné (quelquefois 65°-70°) de la Cognelle jusqu'à 2 km au N de Monestier-de-Clermont. Les possibilités d'élargissement sont réduites par le cubage de déblai qu'il exigerait et par la menace d'instabilité (stratification en aval-pendage). On est donc parfois obligé de construire ou de prévoir des ouvrages coûteux (futur tunnel ou grand déblai pour la suppression du virage des Cadourats).

Il en est encore de même, en Trièves, à l'accès du Col de la Croix-Haute, sur deux kilomètres environ, dans un contexte structural différent (cf. chap. 5 : chutes de pierres).

3) Déclivité

Nous avons établi une carte de pente générale de notre région (cf. chap. 1). Nous abordons ici les déclivités de la route elle-même.

Avant d'examiner ce cas particulier, nous donnons les vitesses de référence et les déclivités maximales en rampe (sens montant) et en pente (sens descendant) que les profils en long doivent respecter (tableau 6.1).

Vitesse de référence (km/h)	80	100	120	140
Déclivité maximale en rampe (%)	6	5	4	4
Déclivité maximale en pente (%)	6	6	6	5

Tableau 6.1 - Catégories de vitesses de référence et déclivité pour les autoroutes de liaison. La vitesse de référence (Vr) est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points particuliers.

Si l'on consulte le tableau 6.2, l'influence de la morphologie se voit facilement. Les parties se trouvant entre les P.K. 121,72-122,65 (Col du Fau), 128,18-129,63 (Thoranne), 135,28-136,16 (Darne), 150,78-155,06 (quatre derniers kilomètres) attirent notre attention par des déclivités ne permettant qu'une vitesse de référence de 80 km/h.

D'autre part, le virage du Poyet (P.K. 107,25), dans un tronçon à 5 %, est rendu pénible par son faible rayon de courbure. Mais sa suppression ferait passer la déclivité à 6,7 %.

A titre d'hypothèse, nous avons examiné les conditions que rencontrerait un détournement de la circulation par le CD 110 actuel (tableau 6.3) et celles d'une variante Croix du Péron - Gampalon - le Collet (voir l'une des cartes) qui le raccourcirait de 700 m. Il nous paraît que ce CD 110 est plus stable que la R.N. 75 (voir "Affaisements", chapitre 5) et la déclivité maximale des sections les plus pentées dépasse à peine la limite indiquée sur le tableau 6.1. Le calcul des dépenses d'aménagement et d'expropriation reste en dehors de notre domaine.

B. - POINTS DURS LIES A LA TECTONIQUE

Des zones moins stables que la moyenne sont parfois liées au passage de failles ou à la répétition de petits plis. Dans les terrains rocheux, il est assez facile de les déceler. Au contraire, dans les formations marneuses, la présence d'une couverture les rend imprévisibles.

P.K.	Distance (m)	Altitudes (m)	Différence (m)	Déclivité (%)
DE VIF AU COL DU FAU				
104,46 - 104,90	440	315 - 322	7	1,6
104,90 - 106,30	1400	322 - 392	70	5,0
106,30 - 107,00	700	392 - 423	31	4,4
107,00 - 108,10 (Le Sert)	1100	423 - 479	56	5,0
108,10 - 110,40	2300	479 - 568	89	3,9
Gare de St-Martin de Cluze	1900	568 - 622	54	2,8
112,30 - 114,40	2100	622 - 672	50	2,4
114,40 - 115,75	1350	672 - 711	39	2,9
115,75 - 116,95	1200	711 - 733	21	1,8
116,95 - 120,79	3840	733 - 805	73	1,9
120,79 - 121,26	470	805 - 821	14	3,4
Monestier				
121,26 - 121,72	460	821 - 844	23	5,0
Monestier				
121,72 - 122,65	930	844 - 899	55	5,9
Col du Fau				
DU COL DU FAU AU COL DE LA CROIX-HAUTE				
122,65 - 123,82	1170	899 - 847	52	- 4,4
123,82 - 125,27	1450	847 - 836	11	- 0,7
125,27 - 126,15	880	836 - 829	7	- 0,8
126,15 - 128,18 (CD247)	2030	829 - 847	18	0,9
128,18 - 129,63 (Grosse Eau)	1450	847 - 770	77	- 5,3
129,63 - 131,53	1900	770 - 757	13	- 0,7
131,53 - 133,79	2260	757 - 764	7	0,3
133,79 - 135,28 (Pont de Darne)	1490	764 - 783	19	1,2
135,28 - 136,16	880	783 - 830	47	5,34
136,16 - 142,60	6440	830 - 839	9	0,1
142,60 - 148,05	5450	839 - 867	28	0,5
148,05 - 149,21	1160	867 - 870	3	0,25
149,21 - 150,78	1570	870 - 932	62	3,9
150,78 - 152,80	2020	932 - 1048	116	5,7
152,80 - 155,06 (Limite départ.)	2260	1048 - 1176	128	5,6

Tableau 6.2. - Changements de déclivité sur la R.N. 75.
Les distances sont prises sur le graphique du kilométrage,
les altitudes sur la carte au 1/25 000.

TABLEAU 6-3 - DECLIVITES DU CD 110 et VARIANTE CROIX DU PERON -
LE COLLET

(Distances à vol d'oiseau).

P. K. OU REPERES	DISTANCE (m)	ALTITUDES (m)	DIFFERENCE (m)	DECLIVITE (%)
De 112,30 à bifur. route Saint- Martin-de-la-Cluze	1250	622 - 700	78	6,2
Bifur. Croix-du-Péron	1325	700 - 781	81	6,1
Croix-du-Péron - Virage (815)	1300	781 - 815	34	2,6
Virage (815) - Bifur. (846)	800	815 - 846	31	3,8
Bifur. (846) - Le Collet	1175	846 - 881	35	2,9
Le Collet - D 110/ Voie ferrée	2125	881 - 806	75	-3,5
D 110/Voie ferrée - D 110/R.N. 75	275	806 - 790	16	-0,05
Croix-du-Péron - Gampalon (900)	1875	781 - 900	119	6,3
Gampalon (900) - Le Collet	675	900 - 881	19	-2,8

C. - POINTS DURS LIES A LA LITHOLOGIE

La lithologie, soit celle des formations de couverture, soit celle des terrains du socle, a une influence indéniable sur le coût et le déroulement des travaux, et ceci sous trois aspects :

- difficultés d'élargissement,
- difficultés d'extraction,
- mouvements de terrain.

1) Difficultés d'élargissement

La difficulté se présente de différentes façons selon la lithologie du terrain en cause.

En terrain rocheux, la difficulté est parfois liée au problème de l'extraction. Nous en parlerons plus loin. Mais elle peut aussi se situer à la limite de terrains dont le comportement est différent.

Dans la Basse-Gresse, la route suit la limite d'un terrain argileux (moraines argileuses) et des calcaires marneux. Nous avons décrit plus haut l'influence de la pente du versant sur ce tronçon et la difficulté de l'élargir par déblai côté amont. Mais de l'autre côté de ce profil mixte, un élargissement par remblai exigerait la mise en place délicate d'un soutènement important.

2) Difficultés d'extraction

Pendant la construction d'une nouvelle route, ou à l'occasion d'une rectification, on est souvent obligé d'effectuer des déblais en terrains rocheux. Les frais et les délais d'exécution de ces travaux sont plus ou moins liés à la lithologie du terrain à déplacer.

La fissuration ou l'état massif influencent plus ou moins l'extraction et jouent un rôle important dans la détermination des méthodes à utiliser (explosif ou engins de terrassement).

La lithologie des deux kilomètres les plus méridionaux a contraint à l'utilisation des explosifs pendant les travaux d'élargissement de l'été 1975.

Pour les zones couvertes par une faible épaisseur de terrains meubles, la détermination de la surface rocheuse sous-jacente est nécessaire. Sa localisation peut être assez précise grâce aux méthodes électriques (sondage ou traîné) ou sismiques.

3) Mouvements de terrain

Les glissements, coulées, écroulements, etc., déjà présents dans la région qui doit être traversée, influent sur la conception du tracé.

La possibilité de les stabiliser et l'estimation de leur état futur après le passage de la route nécessitent des études géologiques et géotechniques spéciales. Les mouvements importants peuvent obliger à des dépenses considérables (drainages, murs de soutènement, etc.), voire même à changer le tracé.

Dans la Basse-Gresse, des glissements sont susceptibles de léser la route, par leur développement régressif, en cas d'élargissement sur le côté aval (voir cartes géotechniques 2 et 3 et chapitre 5).

D. - POINTS DURS LIES A L'HYDROGEOLOGIE

Nous avons parlé des conditions hydrogéologiques de la région dans le chapitre 2.

Il est difficile de prévoir l'évolution, après les travaux, des minuscules nappes dispersées dans certaines formations quaternaires, donc de définir les types de drainage efficaces (tranchées drainantes, drains subhorizontaux, etc.) en estimant leur influence sur le coût du projet.

Pour cette raison, en cas de traversée de terrains d'hydrogéologie complexe (glacis, cônes de déjection, etc.), des études suffisamment denses doivent être menées afin d'esquiver des surprises éventuelles (voir chap. 5 : affaissements).

E. - POINTS DURS LIES AUX AGGLOMERATIONS ET A LEURS ENVIRONS

Lorsqu'on traverse les centres habités depuis longtemps, on constate à quel point leurs voies étriquées sont une gêne pour la circulation. Alors que, partout ailleurs, la route a fini de se libérer des vieux villages, les bourgs de Vif et de Monestier-de-Clermont restent typiques à cet égard.

1) Le cas de Vif

L'élargissement du goulet actuel, long de plusieurs centaines de mètres, est impossible à cause des fortes dépenses d'expropriation.

Le déplacement de la route en dehors de Vif nécessite moins d'expropriations. Nous en parlerons plus tard, dans la conclusion.

2) Le cas de Monestier-de-Clermont

Le ruisseau de Chabanat passant à l'Ouest de la route actuelle et le versant rocheux opposé à celle-ci, à forte pente, nécessitent des études géologiques et géotechniques détaillées et des travaux importants (remblais, déblais, ponts) pour un évitement éventuel. Mais ils aboutiraient à une déclivité assez acceptable (3,5 % entre bifur D. 110-R.N. 75 et col du Fau) et à une circulation facile.

F. - POINTS DURS LIES A L'EXISTENCE D'AUTRES VOIES DE COMMUNICATION

La voie ferrée Grenoble-Veynes et la R.N. 75, très voisines l'une de l'autre à partir de Vif, se croisent même plusieurs fois (voir l'une des cartes).

L'ancienneté de la voie ferrée et la nécessité, pour celle-ci, d'avoir une faible déclivité, imposent souvent à la route des conditions d'assiette défavorables. La route se trouve ainsi rejetée latéralement, soit, à l'aval de la voie, vers des moraines argileuses, soit, à l'amont de celle-ci, dans un versant fort raide.

Fréquemment, entre Vif et Monestier, route et chemin de fer se disputent une étroite bande de terrain stable d'où la route peut difficilement déborder si on veut l'élargir, et où il lui est même parfois interdit d'établir des dispositifs de drainage efficaces, sous peine de sous-caver le mur de soutènement de la ligne S.N.C.F.

LEGENDE DE LA CARTE GEOTECHNIQUE

CLASSES DE STABILITE NATURELLE

- par ordre
décroissant
- A (très bonne)
 - B (bonne)
 - C (moyenne ou médiocre)
 - D (mauvaise)
 - E (très mauvaise)

OUVRABILITE

- 1 - Roches dures
- 2 - Bancs épais
- 3 - Absence ou rareté de la fissuration
- 4 - Mauvaise tenue (altération ou broyage)
- 5 - Présence de gros blocs
- 6 - Cimentation secondaire des roches meubles
- 7 - Terrain argileux trop humide
- 8 - Terrain d'ouvrabilité normale

RISQUES PROBABLES APRES TERRASSEMENT

- a - Glissements dans le talus en déblai
- b - Glissements banc sur banc
- c - Instabilité des remblais (par glissement latéral)
- d - Délitage superficiel ou ravinement
- e - Ecoulement rocheux
- f - Tassement (sol compressible)
- g - Pas de risque notable

REMEDES POSSIBLES

- 1 - Drainage
- 2 - Adoucissement du talus
- 3 - Parement ou mur de soutènement
Masque filtrant ou gabions
- 4 - Engazonnement.

**CARTE
GEOTECHNIQUE**

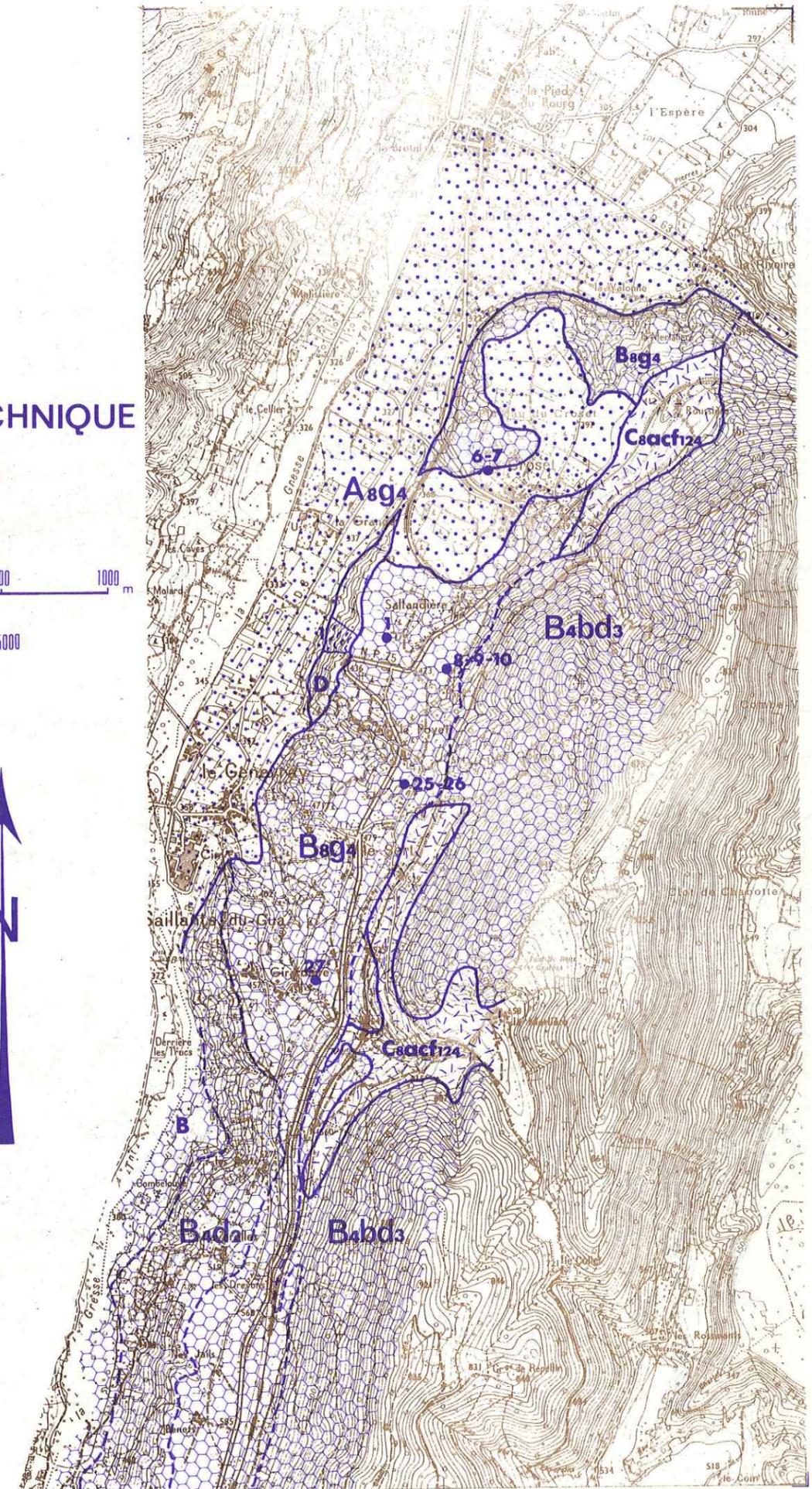
1

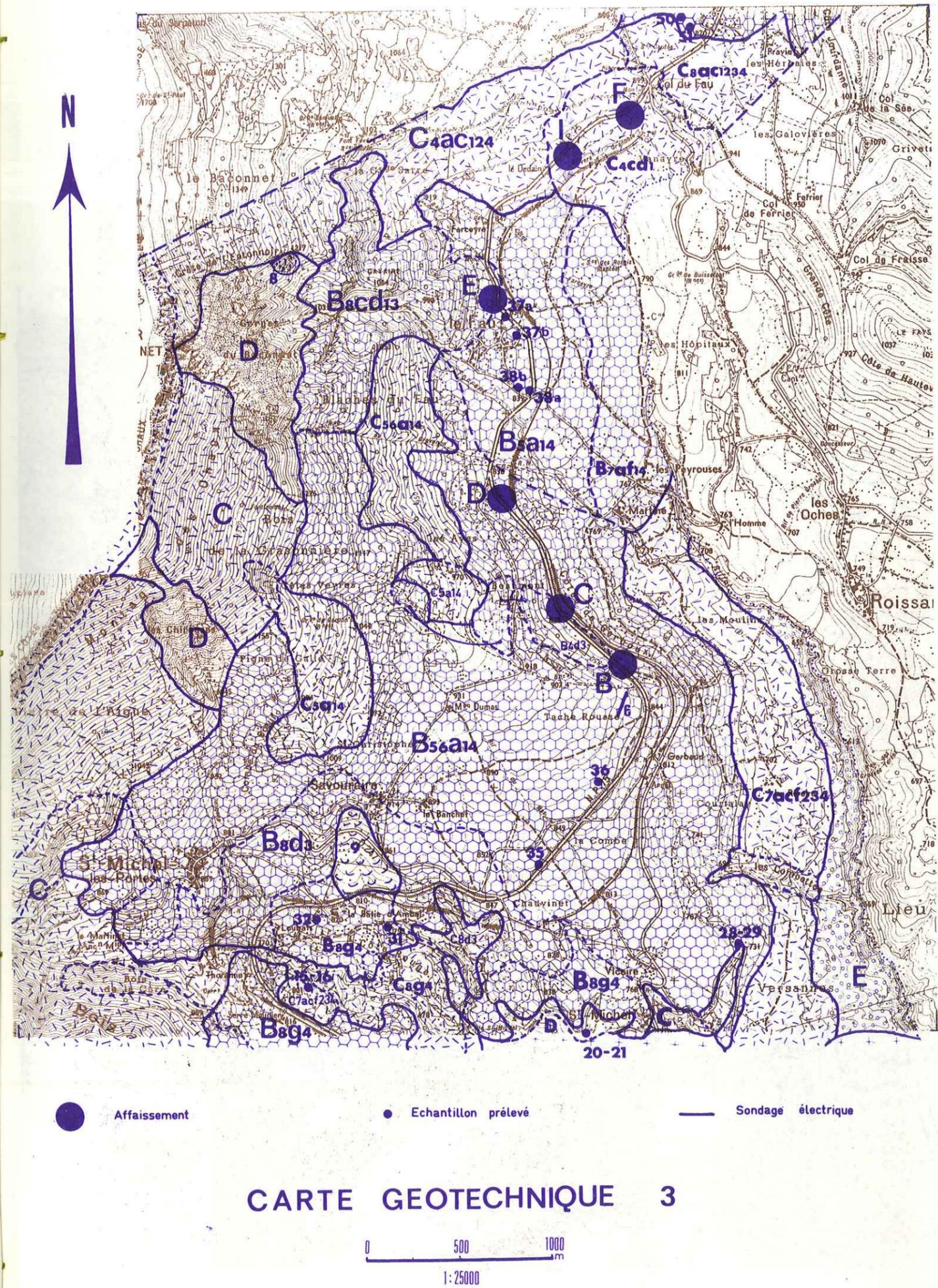
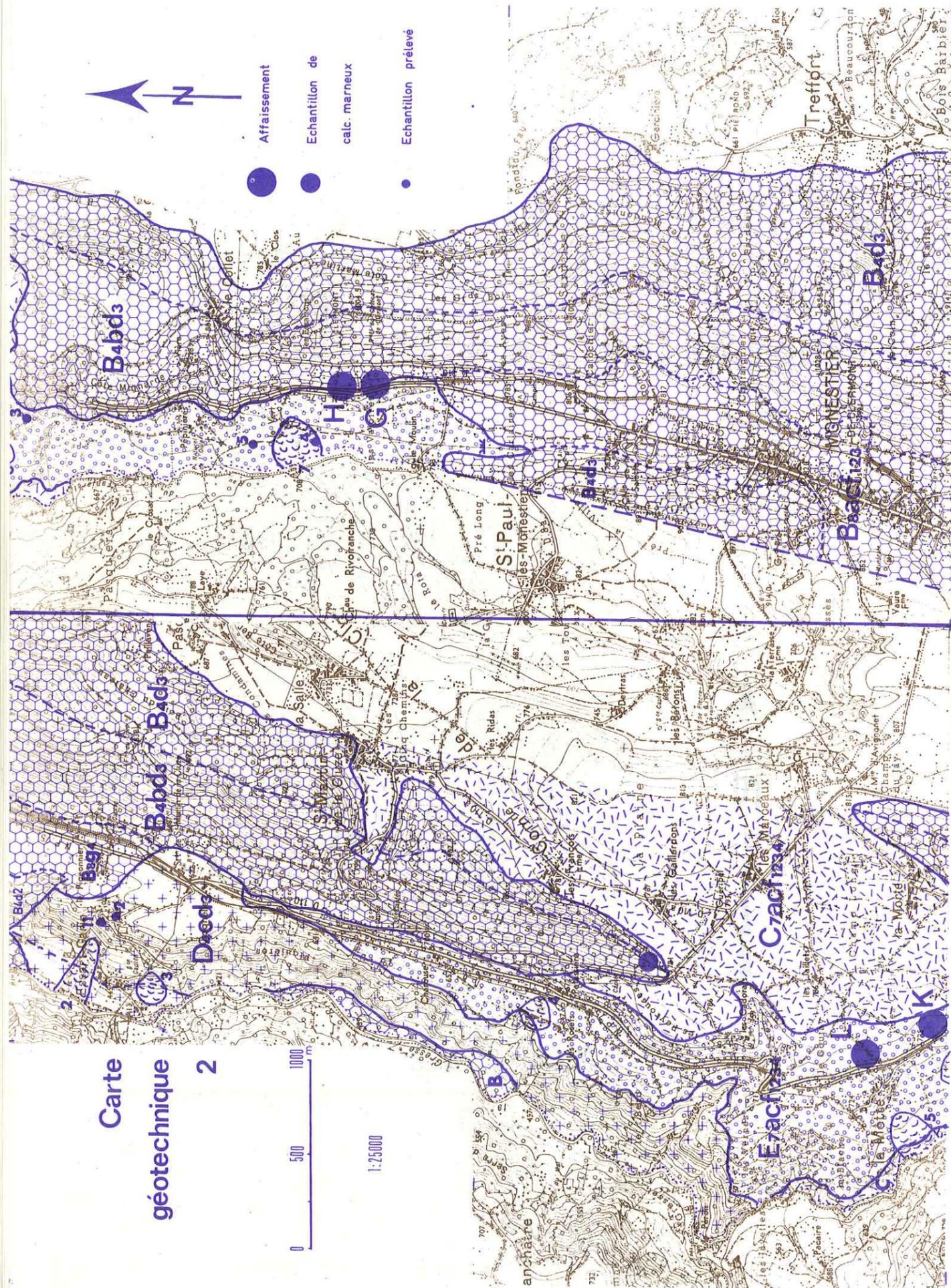


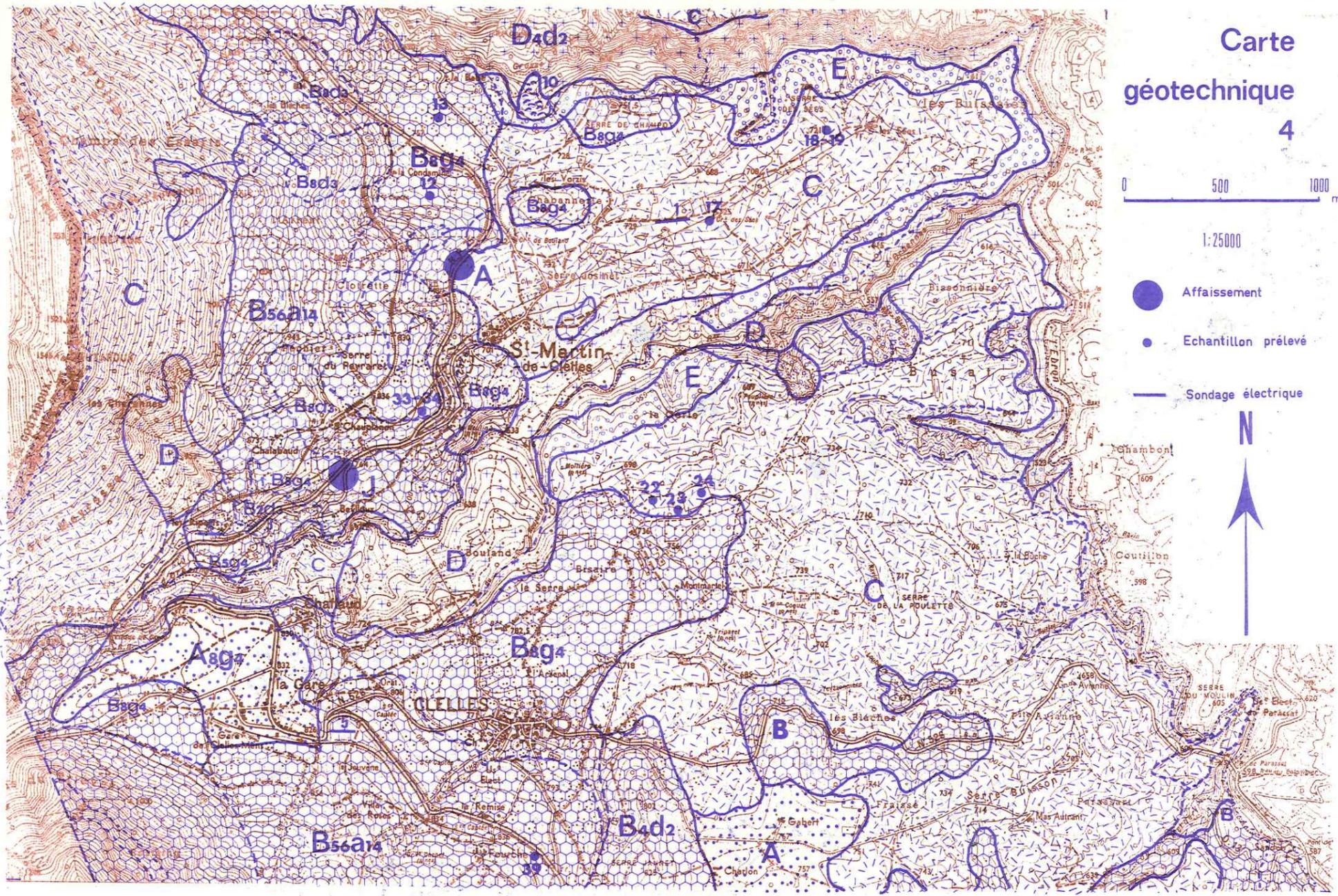
1:25000



● Echantillon prélevé







Carte géotechnique 4



1:25000

- Affaissement
- Echantillon prélevé
- Sondage électrique



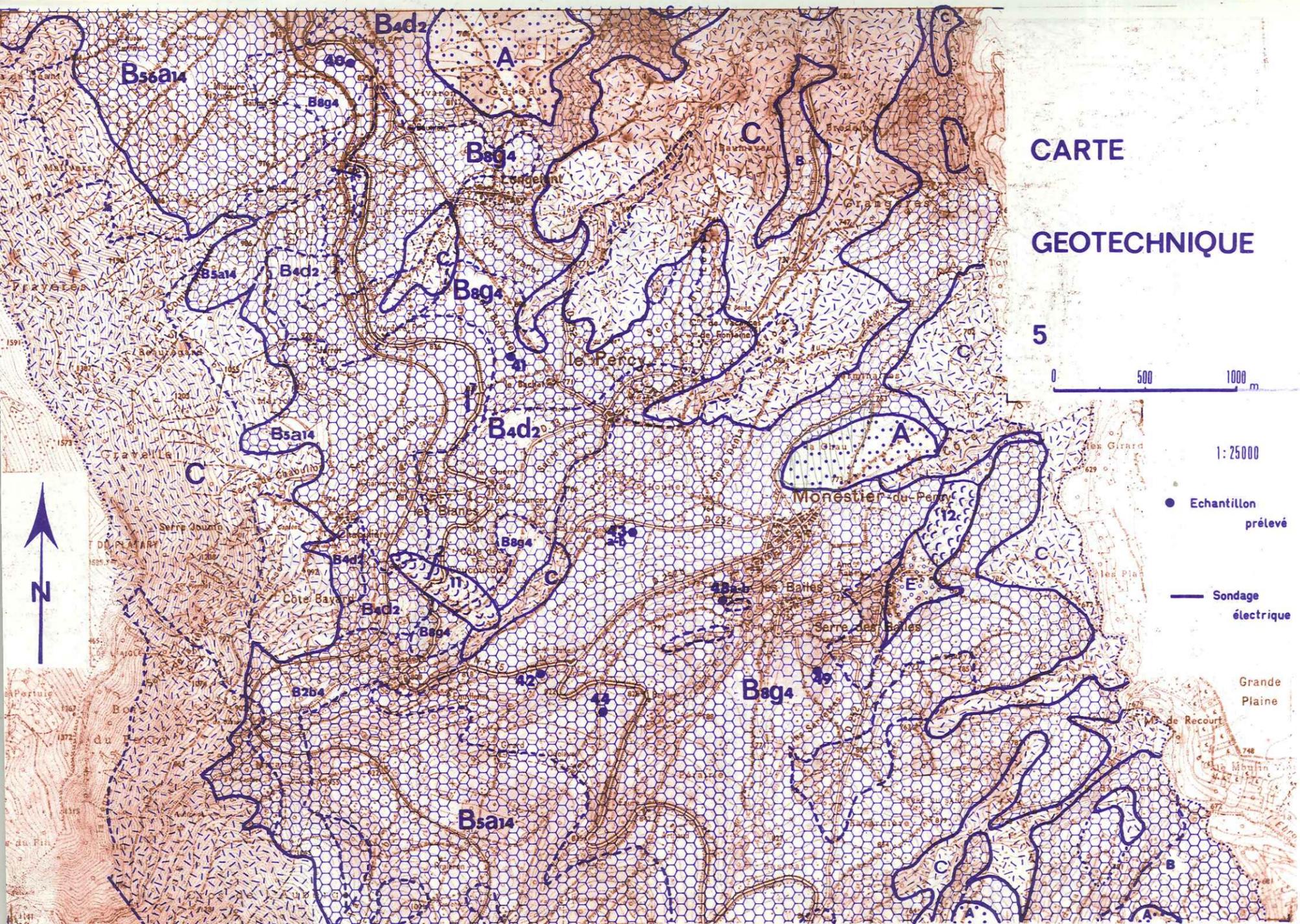
CARTE GEOTECHNIQUE 5

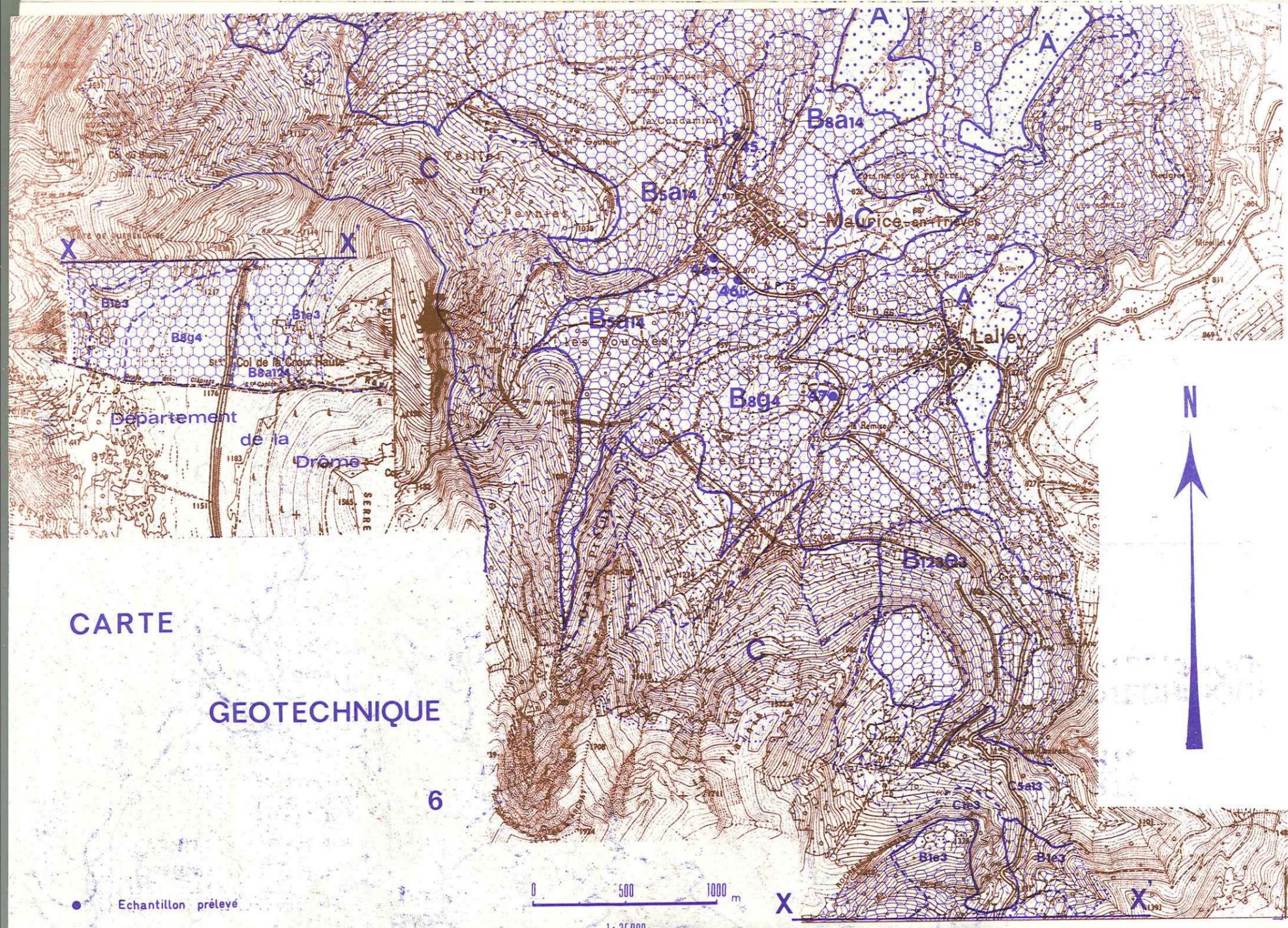


1:25000

- Echantillon prélevé
- Sondage électrique

Grande Plaine





CARTE

GEOTECHNIQUE

6

● Echantillon prélevé

0 500 1000 m

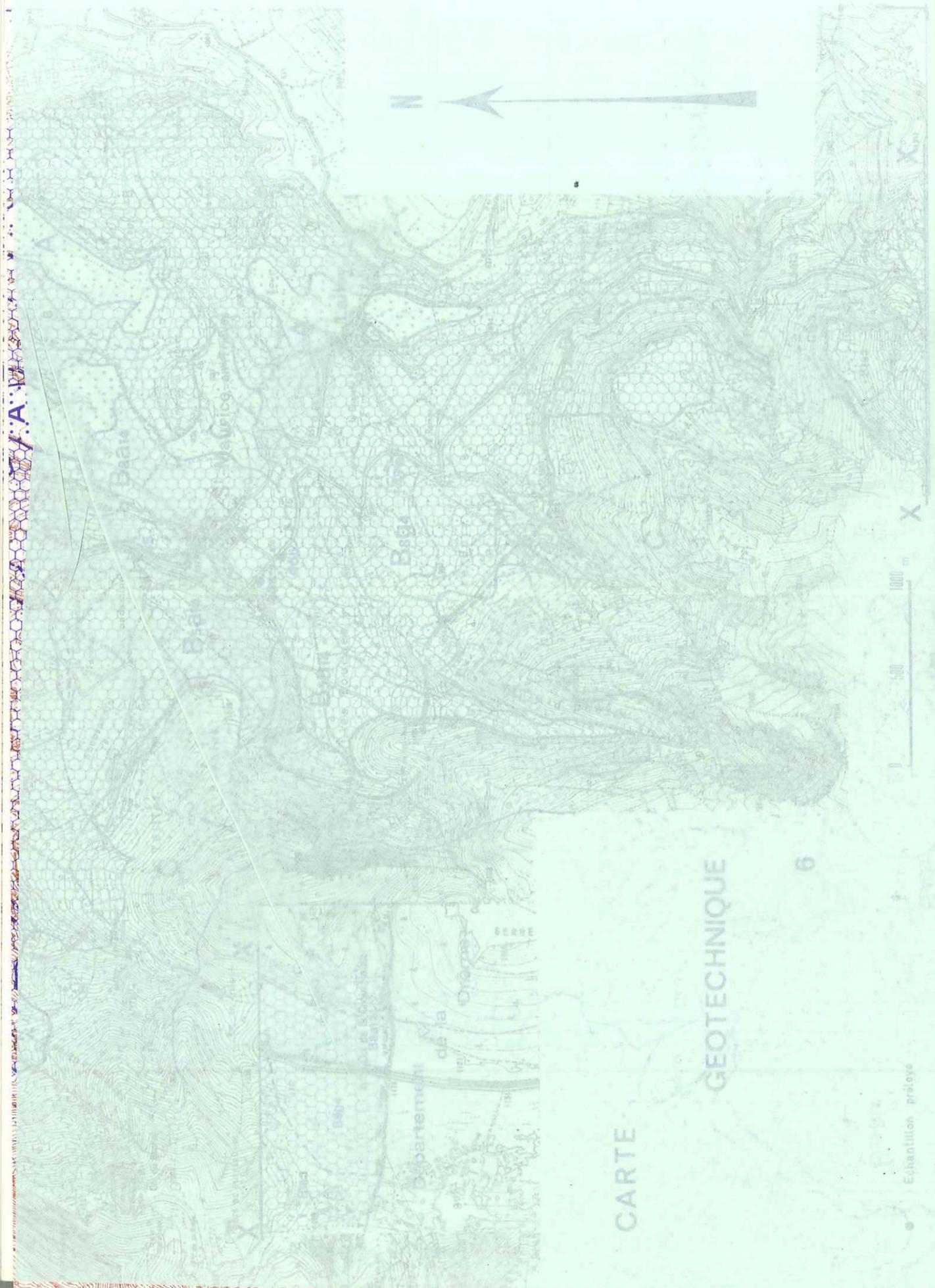
1:25000

Annexe : Identification des propriétés des calcaires marneux du Jurassique moyen

Bibliographie
 Liste des tableaux et des figures
 Table des matières
 Photographies

Perspectives d'évolution de la route

CONCLUSIONS



CONCLUSIONS

Perspectives d'évolution de la route

Annexe : Identification des propriétés des calcaires marneux du Jurassique moyen

Bibliographie
Liste des tableaux et des figures
Table des matières
Photographies

CONCLUSIONS

PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA ROUTE

Partant des caractéristiques actuelles de la R.N. 75 et des sujétions diverses que lui impose son contexte, sujétions que nous avons tenté de dénombrer et d'estimer au mieux dans les chapitres qui précèdent, nous allons maintenant envisager les transformations qui pourraient lui être apportées.

Avec le développement du trafic, l'évolution du tracé et celle du gabarit sont une loi normale. Jusqu'à présent, la R.N. 75 n'y a pas échappé, et elle en constitue même une illustration particulièrement typique (cf. Historique). Voyons ce qu'il peut en être dans l'avenir.

Il est loisible d'imaginer le rajeunissement de l'infrastructure actuelle selon deux hypothèses de travail, images éventuelles de deux réalisations successives, mais qu'il y aurait cependant tout intérêt à ne pas concevoir indépendamment l'une de l'autre :

- la première hypothèse (H1) viserait une simple adaptation à la croissance statistique normale du trafic en s'appuyant, pour l'essentiel, sur l'implantation présente, hormis quelques rectifications localisées (évitement des bourgs, suppression de passages à niveau), la seule modification importante étant l'élargissement à trois voies des tronçons où la pente dépasse 4 % ;

- la seconde (H2) revêtirait franchement le caractère d'une mutation -et non pas d'une simple rénovation, comme la précédente- en faisant passer cette desserte dans une catégorie hiérarchique supérieure, par dédoublement des deux sens de circulation (2 x 2 voies), pour y attirer un trafic interrégional supplémentaire.

Examinons sommairement, du N vers le S, quels travaux exigeraient ces deux hypothèses.

SECTEUR GRESSE

Evitement de Vif (P.K. 103,500 à 105,000)

Un évitement court par l'W consisterait à biaiser le pont et à poursuivre en rive droite de la Gresse en demi-encorbellement pour rejoindre la route actuelle à la sortie S du bourg.

Un évitement plus long, profitant d'abord de la plaine alluviale, rencontrerait ensuite l'inconvénient d'une rampe plus abrupte pour atteindre le Croset, puisque sous le viaduc son tracé serait plus proche de celui du V.O. que de la route actuelle.

Un évitement par l'E, nettement plus détaché, serait également concevable : sa principale difficulté serait l'abord du plateau du Croset par son ressaut septentrional, au niveau du petit ravin qui l'échancre et en traversant au passage la voie ferrée.

Dans les deux cas, puisqu'il s'agirait d'un abandon complet du tracé existant, cet évitement serait à traiter d'emblée dans la perspective H2 (4 voies).

Le Croset-la Cognelle (P.K. 106,000 à 112,250)

Du Croset au Sert, H1 impose le passage à trois voies, à réaliser même en priorité dans la boucle du Poyet. Pour H2, une implantation devrait être trouvée sous la voie ferrée, vers le pied du versant boisé ; mais l'exploitation de la carrière du Poyet rend la topographie moins favorable à la poursuite du projet, qui devrait logiquement aboutir à un contournement du Sert par l'E.

A partir du Sert, le profil longitudinal est très acceptable et la banquette topographique, seulement occupée sur son bord extrême, pourrait accueillir un élargissement (H1) ou même un doublement (H2).

La Cognelle-Monestier (P.K. 112,250 à 120,500)

Peu penté et relativement rectiligne -sauf le cas particulier des Cadorats, qui peut faire l'objet d'un traitement spécifique (tunnel)- ce tronçon est cependant asservi à diverses causes d'instabilité et à la proximité de la voie ferrée, qui rendent peu praticable l'élargissement de la plateforme actuelle sans travaux de soutènement très lourds, étendus sur plusieurs kilomètres. Le projet H1 ne s'y appliquant pas, la recherche d'une solution de nature différente est donc nécessaire.

Celle-ci pourrait consister dans l'utilisation parallèle de la D 110 après aménagement de celle-ci. Les particularités de cet itinéraire ont déjà été examinées (cf. chap. 6 : Points durs). Il comporterait les deux rampes opposées existantes et, entre elles, un tronçon neuf relativement moins incliné, entre les cotes 790 (au N) et 881 (le Collet, au S).

Au niveau des rampes, un élargissement très modéré et quelques redressements n'entraîneraient sans doute pas de graves problèmes de stabilité, la plate-forme actuelle et le talus ne montrant guère d'indices de désordres graves. La haute surface, de son côté, à l'W des Marceaux et de la Morte, bien qu'elle appartienne au plateau de Sinard (moraines argileuses), pourrait constituer, vu sa pente généralement faible, un support acceptable pour la variante, dont l'extrémité S devrait éviter le Collet par l'W. De toute façon, ainsi que nous allons le voir, il n'est pas envisagé d'imposer un trafic lourd à cet itinéraire de délestage. En effet, les deux raccordements N et S avec le tracé de la R.N. 75 étant espacés de 9 km, il ne saurait être question de mettre en sens unique celle-ci ni la D. 110, vu leur rôle dans la desserte locale. D'autre part, la double déclivité de la D. 110, qui dépasse 6 %, ne peut être imposée à des poids lourds. Dans ces conditions, les deux itinéraires resteraient à double circulation, l'itinéraire inférieur, en pente douce, étant conseillé, voire imposé, aux camions ou caravanes tractées qui ne font que traverser la région, et l'itinéraire supérieur recommandé aux véhicules légers.

Le dispositif préconisé devrait évidemment se trouver complété, à son extrémité N, par un ouvrage assurant à la fois une jonction commode et la suppression du passage à niveau de la Cognelle.

Monestier-col du Fau (P.K. 120,500 à 122,650)

L'évitement de Monestier par l'E, qui rencontrerait beaucoup de propriétés bâties, un établissement industriel et la gare, est difficilement concevable.

Par l'W, une fois franchi le Fanjaret, le tracé rencontrerait la D.8 vers la base de la butte de la Salette et devrait longer le cimetière à l'W, avant d'accéder au versant adouci de Vaure. Le problème le plus délicat posé ici est celui d'entamer par un déblai une pente relativement raide où affleurent des terres noires -heureusement stratifiées en amont pendage. Si la solution H1 est susceptible de s'en accommoder, les 4 voies de la solution H2 y mèneraient à une hauteur de talus considérable et peut-être prohibitive.

En revanche, une fois passé ce point dur, les vallonnements qui suivent pourraient conduire jusqu'au col par une alternance de tranchées et de remblais aboutissant à un profil en long moins incliné qu'il ne l'est actuellement. A signaler une servitude éventuelle pour le tracé : le passage aux environs d'une source minérale captée.

SECTEUR TRIEVES

Les contraintes se présentent ici de façon différente. Essentiellement, le tracé est constitué par une alternance de sections de pente longitudinale très modérée ou faible, assises dans un versant lui-même peu incliné, et de rampes accrochées à une topographie beaucoup plus abrupte.

Dans le premier cas, la plate-forme actuelle, de largeur déjà confortable, n'exige pas de modification pour se conformer au schéma H1, la pente y étant inférieure à 4 %. Même le passage au schéma H2 peut être résolu sans un volume considérable de terrassements : il existe bien un certain nombre de tranchées, mais leur talus E (aval) limite souvent de petites buttes qui, entamées, perdraient encore du volume et de l'altitude. Quant aux remblais comblant des vallonnements, certains seraient élargis sans trop de difficulté, sinon sans précautions.

En revanche, les autres sections, dont la déclivité trop prononcée impose, selon H1, le passage à trois voies, sont déjà dominées par des talus très élevés dont il serait, la plupart du temps, très délicat d'augmenter encore la hauteur. Il en va de même en cas de tranchées déjà profondes.

Les principaux tronçons concernés par ce problème sont :

- les deux rampes encadrant le pont sur le ruisseau de Grosse Eau ;
- les deux rampes développées de part et d'autre du ruisseau de Darne ;
- la rampe de trois kilomètres qui accède au Col de la Croix-Haute ;
- la tranchée des Blancs.

Rampes de Grosse Eau (P.K. 128,180 à 132,050)

En partie, l'élargissement peut y être réalisé en dilatant la plate-forme du côté aval. C'est le cas à l'W du carrefour de la D. 247, si l'on fait reculer le talus S de la tranchée en direction de la voie ferrée et aussi, dans le versant opposé, si l'on mord davantage sur la petite butte qui sépare un moment la route du ravin. Mais ces interventions restent localisées. Partout ailleurs, l'élargissement, qui devrait obligatoirement s'effectuer du côté amont, en est empêché par la proximité de la voie ferrée et par un développement prohibitif des talus résultants.

Une solution reste pourtant concevable, et qui fait alors passer directement à la perspective H2, celle d'une double plate-forme, c'est-à-dire de deux chaussées décalées s'étageant de part et d'autre d'un mur de soutènement commun, aval pour l'une et amont pour l'autre.

Rampes de Darne (P.K. 134,470 à 136,165)

Pour la rampe rive gauche, suffisamment éloignée de la voie ferrée, il ne peut pourtant être question d'entamer brutalement le versant, raide quand il se dessine dans les terres noires, moins raide mais riche de désordres potentiels ailleurs.

Ainsi que pour la plus brève rampe de la rive droite, il semble qu'un élargissement ne puisse être obtenu sans trop de risques que, comme dans le cas précédent, par une séparation des plates-formes.

Rampe du Col de la Croix-Haute (P.K. 152,000 à 155,058)

Les rectifications récentes semblent avoir montré la limite qu'il ne serait pas souhaitable de dépasser : talus terreux non encore stabilisé que dominant de très gros blocs éboulés de la corniche urgonienne, talus rocheux peu élevé mais relativement diaclasé du Jurassique supérieur, parements raides dominés en falaise par l'Urgonien et le Sénonien.

Le schéma H1 n'étant pas recommandable dans un tel site, c'est donc encore une fois le schéma H2 qui s'impose, avec une séparation plus accusée des plates-formes. Celles-ci restant jumelles sur le Jurassique supérieur et les marno-calcaires de l'Hauterivien, un petit viaduc pourrait porter la plate-forme supérieure à la traversée du vallon de marnes valanginiennes qui les sépare. A la suite, un tunnel franchirait les barres rocheuses, son tracé devant d'ailleurs tenir compte du tunnel S.N.C.F. existant, logé là pour les mêmes raisons.

Tranchée des Blancs (P.K. 142,350)

Un élargissement de celle-ci est concevable du côté E, qui aurait pour résultat de diminuer un peu la hauteur du talus. Mais la réalisation se heurterait à la nécessité de détruire plusieurs maisons et de reconstruire le pont qui la franchit. Dans ces conditions, il paraît plus sage de réutiliser l'ancien tracé pour doubler l'implantation actuelle, ce qui entraîne déjà des complications au niveau de l'échange du trafic local vers les Blancs et Percy.

Au total, nous avons conscience du fait que les séries de propositions que nous venons d'énumérer ne conduisent pas toujours à une solution optimale. On pourra également leur reprocher un manque d'homogénéité, la méthode consistant à envisager le tracé par tronçons successifs nous ayant conduit à imaginer des dispositions qui, mises bout à bout, donnent fatalement l'impression d'une certaine incohérence. Notons pourtant, sans insister sur cette excuse, que la diversité morphologique et géologique rencontrée sur ce parcours de 50 km, diversité qui était l'argument favorable évoqué lorsque nous a été suggéré ce sujet de recherche, constitue peut-être une raison de cette absence d'unité. Pour prévenir d'autres critiques, disons enfin que nous n'avons abordé que les seuls problèmes techniques, c'est-à-dire sans prendre en compte l'estimation du coût des travaux ni les difficultés soulevées, par exemple, par les expropriations.

Durant trois ans, nous avons parcouru notre secteur en tentant de bien comprendre les contraintes qu'il impose à la route. Fortement aidé et encouragé par l'Administration responsable, nous espérons que celle-ci, à son tour, pourrattirer parti de notre concours, Les observations effectuées par le géologue ne débroussaillent que très partiellement le terrain, mais les opinions émises sont aussi celles d'un usager, qui a su apprécier les efforts déjà accomplis et souhaite ainsi contribuer à leur poursuite.

PROPRIETES DES CALCAIRES MARNEUX DU JURASSIQUE MOYEN

A. - DESCRIPTION DU MATERIAU

Les blocs utilisés ont été pris près de la Croix du Péron (X = 860,75, Y = 301,82, Z = 810) dans les matériaux d'excavation de la canalisation d'éthylène. Nous avons choisi des blocs d'une épaisseur minimale de 15 cm, assez compacts et peu altérés, afin de pouvoir obtenir des éprouvettes suffisamment longues pour nos essais.

Ce sont des calcaires marneux à patine grise ou rousse, alternant avec des marnes très sombres.

La figure A1 montre une coupe microscopique de ce calcaire sur laquelle on voit :

- association de cristaux de calcite atteignant parfois 1 mm et de cristaux 10 fois plus petits,
- fissures remplies de calcite secondaire finement cristallisée, disposées parallèlement à la stratification,
- fissures ouvertes,
- traces d'altération, sur les lèvres des fissures, sur les gros cristaux et aux limites de ceux-ci,
- minéraux opaques (amas argileux).

B. - PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

1 - Caractéristiques chimiques et minéralogiques

Nous avons trouvé 78,4 % de CaCO_3 dans les échantillons. Nous avons fait trois analyses aux rayons X sur l'échantillon en poudre ($< 0,002$ mm). Celles-ci ont été effectuées sur l'échantillon

- normal,
- saturé d'éthylène-glycol,
- chauffé à 490°C pendant 4 h.

Nous n'avons pas rencontré de montmorillonite. L'illite est prédominante. Peu de quartz et très peu de chlorite. Illite/Chlorite = 18/1.

2 - Caractéristiques physiques

a) Densité

Nous avons calculé la densité en mesurant les dimensions de l'échantillon et son poids. Nous avons trouvé $d = 2,69$ g/cm³. Les échantillons n'ont pas été séchés à l'étuve, mais seulement laissés pendant un mois dans l'atmosphère du laboratoire.

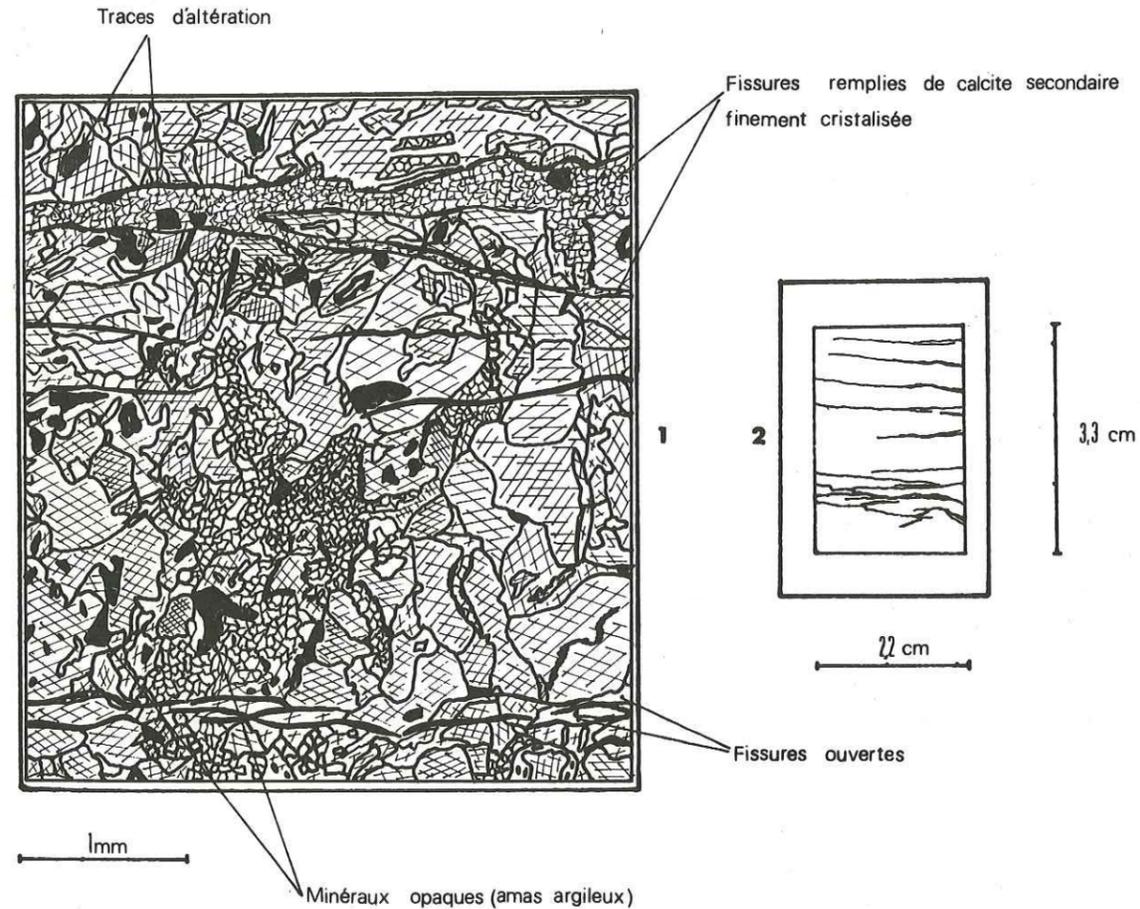


Fig. A1 - 1 - Micrographie du calcaire marneux du Bajocien et Bathonien. Association de cristaux de calcite atteignant parfois 1 mm et de cristaux 10 fois plus petits.

2 - lame mince perpendiculaire à la stratification.

b) Porosité

Nous n'avons pas mesuré la porosité. On sait d'ailleurs que, quelle que soit sa valeur, c'est la teneur en eau au moment des essais mécaniques qui influe sur le comportement du matériau.

C. - PROPRIETES MECANIQUES

Nous avons fait les trois types d'essais classiques :

- essai de compression simple,
- essai triaxial,
- essai de traction.

1 - Essais de compression simple

Les essais ont porté sur deux séries d'éprouvettes, orientées parallèlement et perpendiculairement à la stratification. En ce qui concerne ces dernières, devant l'impossibilité de les obtenir d'une pièce à la longueur désirée, nous avons dû recourir à un collage préalable.

Les conditions opératoires étaient uniformément les suivantes :

- éprouvettes cylindriques, diamètre 40 mm, élanement 2 ;
- cartons graphités antifricction interposés entre l'éprouvette et les plateaux de la presse ;
- régime de montée en charge, 50 bars/minute ;
- mesure de la déformation au moyen de deux jauges collées, longitudinale et transversale.

La figure A2 montre la courbe contraintes-déformations en compression simple.

Les résultats obtenus sont les suivants (tableau A1) :

Echantillons parallèles à la stratification		Echantillons perpendiculaires à la stratification	
N° d'échantillon	Rupture (bars)	N° d'échantillon	Rupture (bars)
1	1262	1	891
2	1142	2	1133
3	1101	3	826
		4	916
		5	725

Tableau A1 - Résistance à la compression simple.

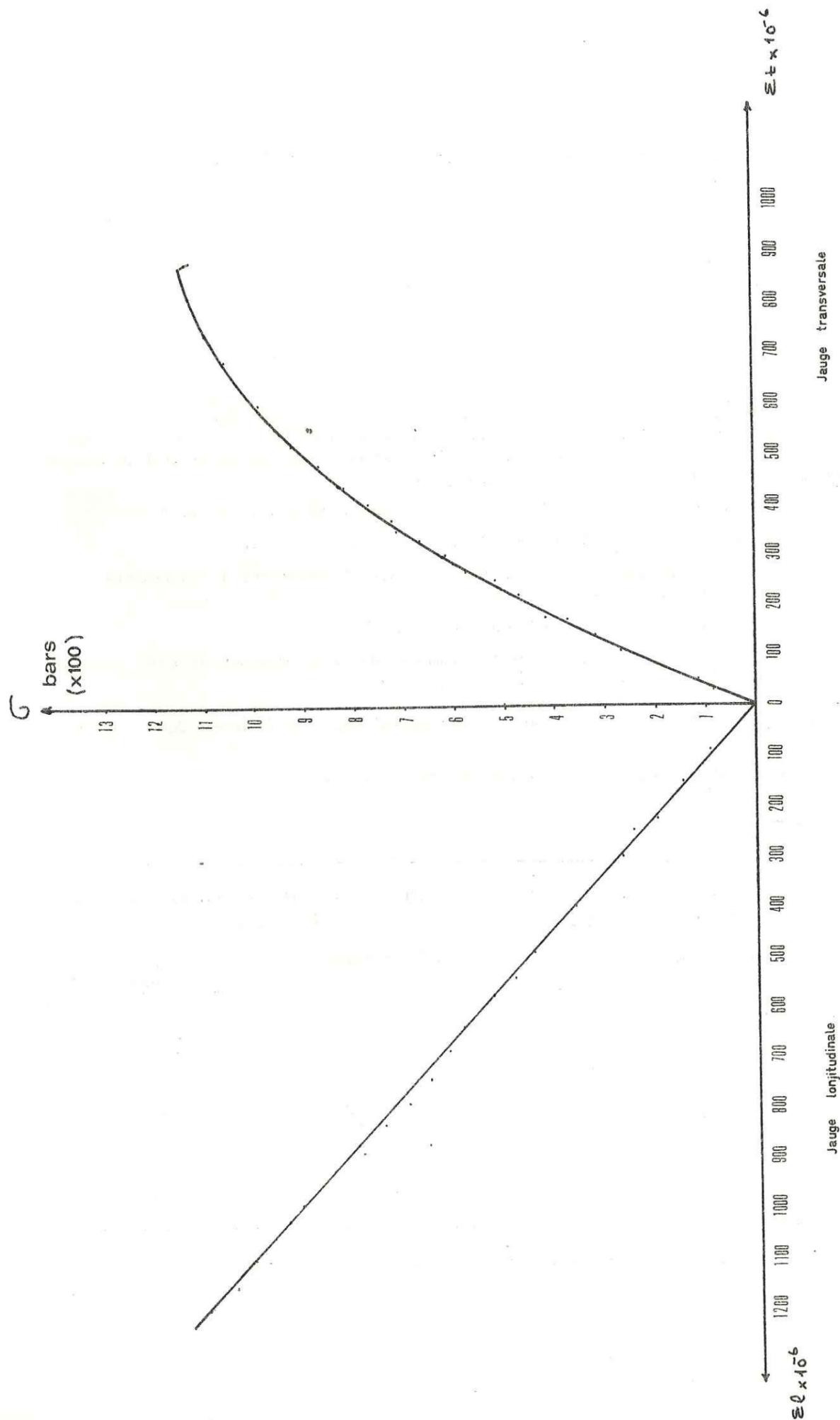


Fig: A2 - Courbes efforts-déformations en compression simple
(Ech. n° 2, parallèle à la stratification)

Les modules d'élasticité sont les suivants :

Echantillons parallèles à la stratification,

Ech. n° 1 E = 735 x 10³ bars

Ech. n° 2 E = 925 x 10³ bars

et les coefficients de Poisson sont :

$\nu_1 = 0,29$

$\nu_2 = 0,44$

2 - Essais triaxiaux

Ces essais ont été effectués pour trois valeurs distinctes de σ_3 : 300, 600 et 900 bars.

La figure A3 montre la courbe intrinsèque. Nous donnons cette courbe à titre indicatif.

Les résultats obtenus sont les suivants (tableau A2) :

N° d'échantillon	σ_3	Rupture (bars)
4	900	5676
7	600	4268
5	300	3143

Tableau A2 - Résistance à la rupture sous charge triaxiale (éprouvettes perpendiculaires à la stratification).

3 - Essai de traction

Nous avons utilisé un montage, dit "double étrier". Nous nous sommes fixé une vitesse de déplacement de 0,01 mm/minute.

Nous avons fait deux essais de traction. Les résultats en sont assez différents (tableau A3). Nous pensons que, pour l'échantillon numéro 6, la faible valeur obtenue doit résulter d'un défaut du collage.

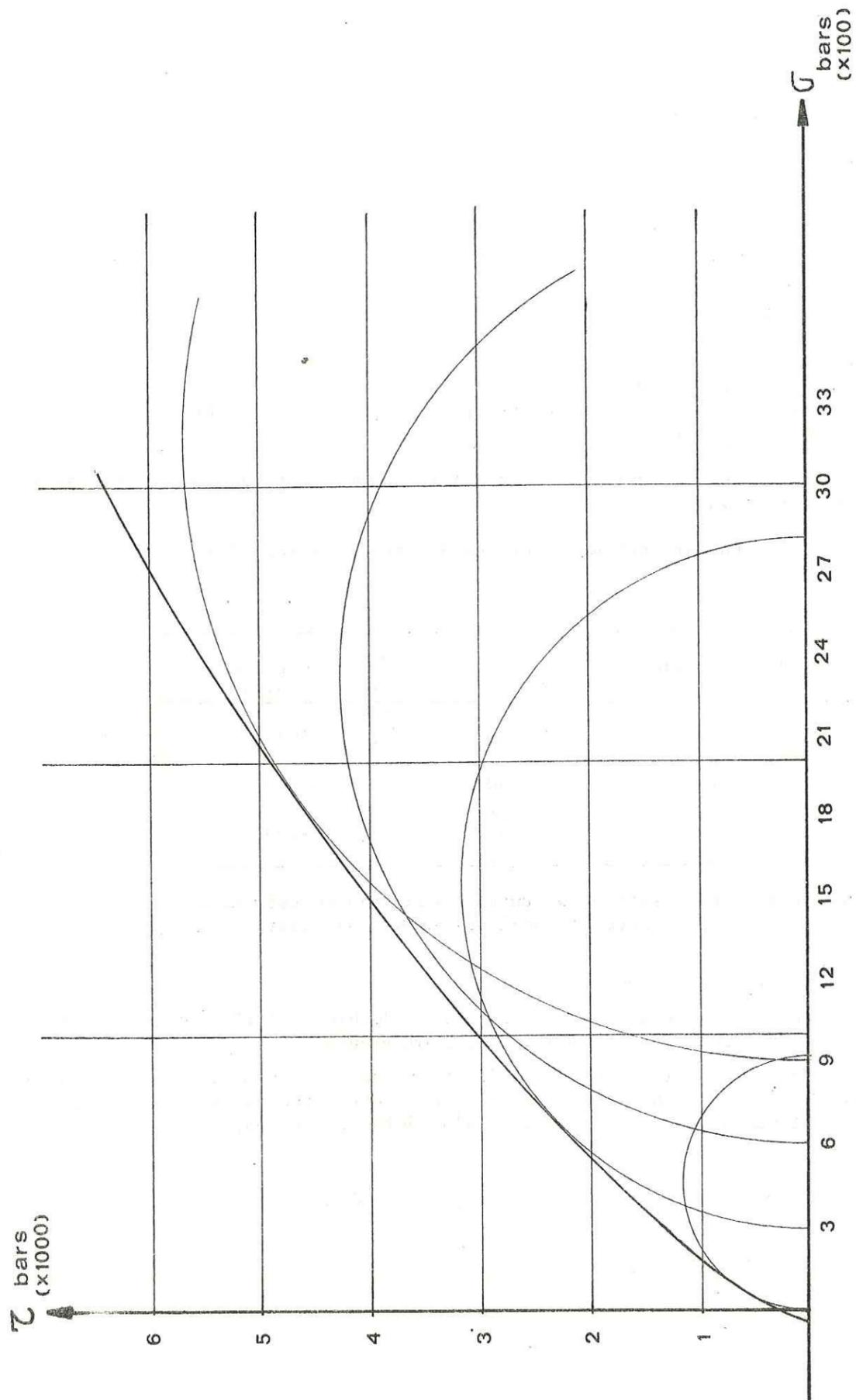


Fig.A3-Courbe intrinsèque du calcaire marneux du Bajocien-Bathonien.

N° d'échantillon:	Rupture (bars)
6	14,8
8	43,3

Tableau A3 - Résistance à la traction.
(éprouvettes perpendiculaires à la stratification).

Nous donnons la courbe effort-déformation pour l'échantillon numéro 8 (figure A4).

Le module en traction est $E_t = 345 \times 10^3$ bars.

D. - DISCONTINUITES ET ALTERABILITE

En raison de l'existence de rapports étroits entre l'altérabilité et les discontinuités, nous les aborderons sous le même titre.

Les discontinuités, quelles que soient leurs dimensions et leur densité, ont un rôle très important dans le développement de l'altération.

Nous n'avons pas pu réaliser un essai d'imprégnation de résine colorée pour déterminer la microfissuration. Nous avons observé les fracturations sur lames minces (fig. A1). Nous admettons que cette technique n'est pas suffisante pour juger de la microfissuration. Pourtant, elle nous donne une idée de son importance (dimension individuelle et fréquence).

En tout cas, toute utilisation qui suppose un remaniement (décapage, extraction ou perforation) nécessite le recours à des procédés de comminution qui, suivant leur type, modifient plus ou moins profondément la fissuration interne.

La fracturation du matériau facilite la pénétration des eaux et, par conséquent, le développement de l'altération.

Nous donnons, ci-dessous, le tableau proposé par J. FARRAN et B. THENOZ (1965), qui prend simultanément en considération le facteur utilisation et les paramètres intrinsèques de l'altérabilité (tableau A4).

E. - DELITAGE

L'épaisseur des lits varie selon le pourcentage d'argile. Dans les calcaires les plus marneux, on rencontre des lits de quelques millimètres. Le délitage se produit alors suivant les plans de stratification. Ce phénomène est bien visible dans la zone superficielle et dans les sections qui ont subi l'action de l'eau.

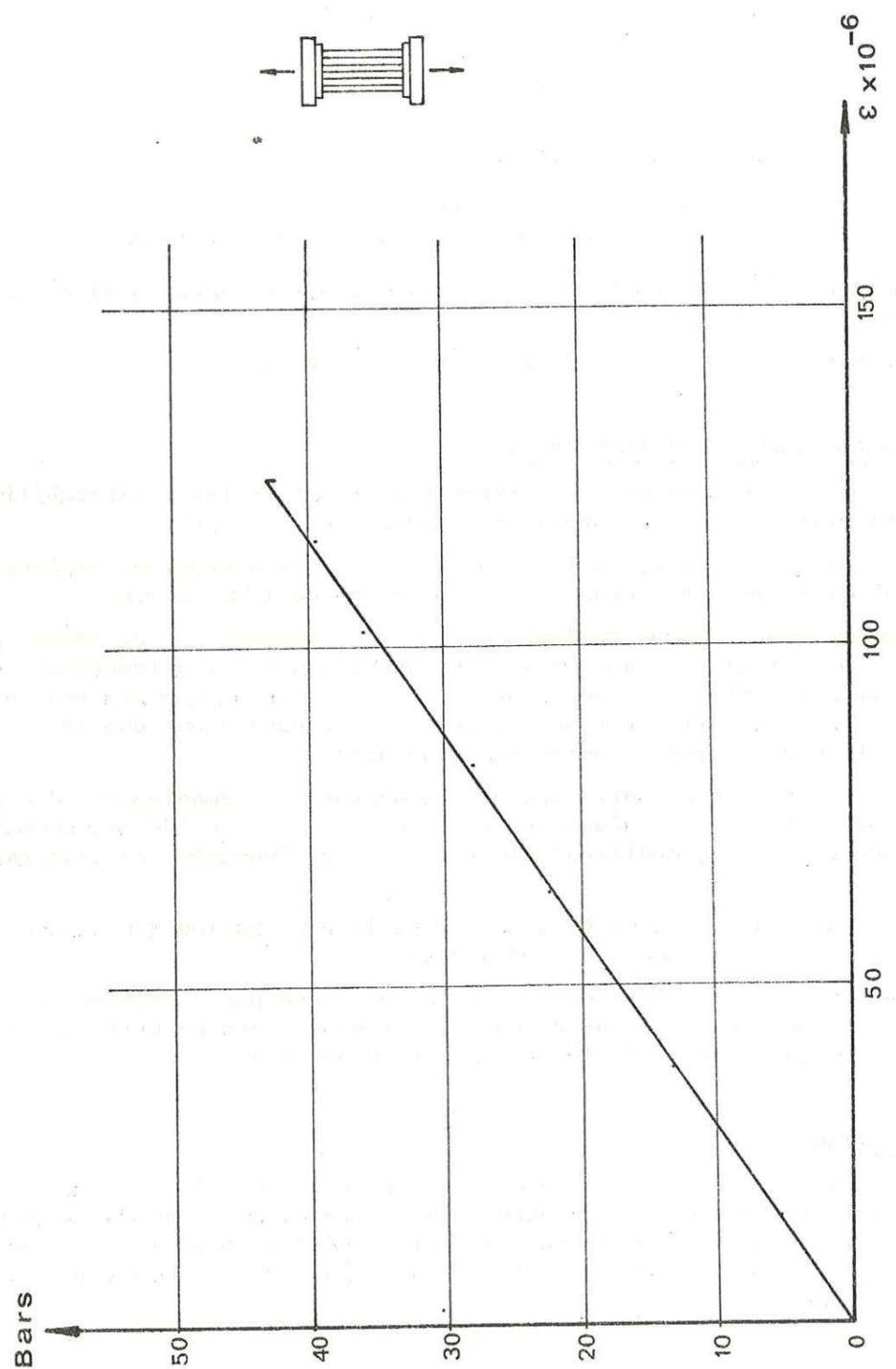


Fig: A4-Courbe effort-déformation en traction simple.
(Echantillon n° 8)

FACTEURS DE L'ALTERABILITE		PARAMETRE D'UTILISATION : EMPLOI			
ETAT DE FISSURATION	REACTIVITE	SOURCE DE MATERIAUX		Voie de passage	Assise
microfissures non accessibles à l'eau	faible	Agrégats à béton	Pierre de parement	pas de revêtement	pas de travaux spéciaux
microfissures nombreuses et accessibles à l'eau	forte	impropre	impropre	revêtement pas toujours nécessaire (fonction du type de ration) ; en tous cas blocage de la microfissuration.	travaux confortatifs vités fortatifs sans essence tiellement à rendre le massif très compact
microfissures nombreuses et accessibles à l'eau	faible	utilisable	en général inutilisable	travaux souvent nécessaires pour assurer la stabilité mécanique.	travaux confortatifs soignés : nécessité de fretter le rocher aussi bien à grande échelle que matriciellement
microfissures nombreuses et accessibles à l'eau	forte	impropre	impropre	anneau bétonné et injections	injections

Tableau A4 - Facteurs de l'altérabilité et emploi du matériau.

F. - GELIVITE

La congélation de l'eau libre, dans les fissures, ou plus ou moins adsorbée par les minéraux argileux, peut créer de nouvelles fissures. Il s'ensuit une forte baisse de la qualité mécanique du matériau.

G. - UTILISATION

En résumé, ce matériau, lorsqu'il est frais, est capable de performances mécaniques très satisfaisantes.

Malheureusement, il s'agit d'un calcaire marneux, dont la teneur en argile (21,6 %) est presque égale à celle (24 %) qui caractérise la matière première des ciments naturels, et de surcroît la roche est finement et intensément fissurée.

Dans ces conditions, sa durabilité est médiocre. On ne pourra donc songer à l'utiliser comme pierre de parement ni même comme agrégat, et on devra se résoudre à la rejeter en dépôt.

BIBLIOGRAPHIE

Abréviations utilisées

- A.I.G.I. : Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur.
B.L.L.P.C. : Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées (anciennement B.L.R.P.C.).
I.T.B.T.P. : Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.
L.C.P.C. : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
R.G.A. : Revue de Géographie alpine.
R.G.R.A. : Revue générale des Routes et des Aérodrômes.
T.L.G.G. : Travaux du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble.

AGUIRRE-PUENTE, J., LE FUR, B., VALLEMONT, S., GERARD D. (1967). - Description et essais d'un appareil indiquant la profondeur du gel dans les sols par changement de coloration. B.L.R.P.C. n° 28, pp. 1-31 - 1-47.

AGUIRRE-PUENTE, J., DUPAS, A. et PHILIPPE, A. (1972). - Méthode expérimentale de classement des sols selon leur degré de gélivité. B.L.L.P.C. n° 60, pp. 105-116.

ALLEGRET, R. (1971). - Cours de projet de tracé et de terrassements. Eyrolles, Paris, 327 p.

AMINI, M. (1971). - Application des méthodes sismiques à l'étude des glissements de terrain. Thèse de 3^e cycle, Grenoble, 55 p.

ANTOINE, P., LETOURNEUR, J. (1973). - Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques. Leur utilité pour l'aménagement de la montagne. R.G.A., Grenoble, t. 61, fasc. 1.

ARCHAMBAULT, J., BOURGUET, L. (1964). - Etude hydrogéologique d'autoroute. Journées de Géologie. Organe Technique Régional de Lyon et L.C.P.C.

- ASTIER, J.L. (1971). - Géophysique appliquée à l'hydrogéologie. Masson, Paris, 278 p.
- AZIMI, Ch., DESVARREUX, P. (1972). - R.N. 75. Renforcement des chaussées. Etudes géologiques préliminaires aux travaux de stabilisation. Rapport inédit, Institut de Mécanique des sols, Grenoble.
- AZIMI, Ch., DESVARREUX, P. (1974). - R.N. 75. Déviations des Blancs. Etude de stabilité. Rapport inédit, Institut de Mécanique des sols, Grenoble.
- BERNAIX, J. (1967). - Moyens nouveaux d'étude au laboratoire des propriétés mécaniques des roches. Ann. I.T.B.T.P., n° 234, pp. 905-936.
- BERTHIER, J. (1970). - La route face au problème du gel et du dégel. B.L.R.P.C. n° 43, pp. 55-68.
- BERTRAND, Y. (1967). - La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées. B.L.R.P.C., Spécial I.
- BIAREZ, J. (1962). - R.N. 75. Déviation de Casseire-les Blancs. Etudes de Mécanique des Sols. Rapport inédit, Lab. de Mécanique des sols de l'Université de Grenoble, Dossier n° 6.124.
- BLANCHARD, R. (1941). - Les Alpes Occidentales. T.2, Arthaud éd., Grenoble.
- BOURDIER, F. (1961). - Le bassin du Rhône au Quaternaire. 2 vol. in-4°, éd. C.N.R.S., Paris.
- BOURDIER, F. (1967). - Tableau sommaire du Quaternaire français. Réunion INQUA, Hanovre.
- BOUTONNET, M. (1970). - Chaussée expérimentale de mise hors gel de la R.N. 57. B.L.R.P.C., n° 49, pp. 99-108.
- CAMBEFORT, H. (1971). - Géotechnique de l'ingénieur. Reconnaissance des sols. Eyrolles, Paris, 346 p.
- CASTANY, G. (1967). - Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris, 658 p.
- CHATEREAU, M., LEGER, Ph. (1972). - Le Catalogue de structures types de chaussées de la Direction des Routes. B.L.L.P.C., n° 61.
- COLAS, G., PAYANY, M. (1971). - Constatations sur les techniques de protection des talus par engazonnement. B.L.L.P.C., n° 53, pp. 109-115.

- COQUAND, R. (1965). - Routes. 4e édit., 2 vol., Eyrolles, Paris, 540 p.
- COSTET, J., SANGLERAT, G. (1959). Cours pratique de mécanique des sols. Dunod, Paris, 599 p.
- COTTET, J., PERTUZZIO, J. (1972). - L'entretien des routes. R.G.R.A. Recyclage-Formation continue, fasc. n° 11.
- DEBELMAS, J. (1950). - Rapport sur les conditions géologiques du projet de captage d'une source en vue de l'augmentation de l'alimentation en eau potable de la Commune de Monestier-de-Clermont. Inédit, Inst. Dolomieu, Grenoble.
- DENIS, A. (1969). - Méthodes de mesure des déformations axiales et latérales des roches dans un essai de compression simple. B.L.R.P.C., n° 37, pp. 26-31.
- DENIS, A., TOURENQ, C. (1970). - La résistance à la traction des roches. L.C.P.C., rapport de recherche n° 4.
- DILLMANN, E. (1971). - Une application du sondage électrique à l'étude d'un gisement alluvionnaire. B.L.L.P.C., n° 53, pp. 10-14.
- ERGUVANLI, K. (1973). - Géologie de l'ingénieur (en turc). 2e édition, Université Technique d'Istanbul, Istanbul.
- ERGUVANLI, K., YUZER, E. (1973). - Géologie des eaux souterraines (en turc). Université Technique d'Istanbul, Istanbul.
- FARRAN, J. (1950). - Etude pétrographique du comportement des roches dans leurs applications en génie civil. Bull. Soc. H.N. de Toulouse, t. 85, pp. 331-339.
- FARRAN, J., THENOZ, B. (1965). - L'altérabilité des roches, ses facteurs, sa prévision. Ann. I.T.B.T.P., n° 215, pp. 1536-1547.
- GARNIER, J.C., COMES, G. (1970). - Intérêt et limites des reconnaissances par géophysique et des essais géotechniques C.R. Cong. A.I.G.I., Paris, pp. 707-718.
- GIGNOUX, M. (1928). - Glissement de terrains du Monestier-du-Percy. Rapport inédit, Inst. Dolomieu, Grenoble.
- GIGNOUX, M. (1930). - Rapport sur les conditions géologiques du projet d'agrandissement du cimetière de Clelles. Inédit, Inst. Dolomieu, Grenoble.
- GIGNOUX, M. (1938). - Rapport sur les conditions géologiques des recherches d'eaux potables entreprises par la Commune du Monestier-de Clermont. Inédit, Inst. Dolomieu, Grenoble.

- GIGNOUX, M. (1938). - Rapport géologique sur un projet de captage de source à Saint-Maurice-en-Trièves. Inédit, Inst. Dolomieu, Grenoble.
- GIGNOUX, M. (1945). - Rapport sur les conditions géologiques de l'alimentation en eau potable de la Commune du Monestier-de-Clermont. Inédit, Institut Dolomieu, Grenoble.
- GIGNOUX, M., MORET, L. (1952). - Géologie dauphinoise. 1 vol. in - 8°; Masson, Paris, 392 p.
- GIGNOUX, M., BARBIER, R. (1955). - Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques. Masson, Paris, 343 p.
- GOGUEL, J. (1967). - Application de la géologie aux travaux de l'ingénieur. Masson, Paris, 2e éd., 374 p.
- GRIFFITHS, D.H. (1965). - Applied geophysics for engineers and geologists. Oxford, London, Edinburgh, Pergamon Press, 223 p.
- GUYET, B., PERTUZIO, J. (1972). - Drainage. Couches anticontaminantes. Couche antigél. R.G.R.A., Recyclage-Formation continue, fasc. 1.
- HENENSAL, P. (1971). - La végétation sur les routes et autoroutes. B.L.L.P.C. n° 55, pp. 45-46.
- LARGILLIER, J.F. (1971). - Apport de la géomorphologie à l'étude d'un tracé d'autoroute. B.L.L.P.C., n° 51, pp. 137-146.
- L.C.P.C. (1967). - Recommandations pour la reconnaissance géologique et géotechnique des tracés d'autoroutes. 129 pages.
- L.C.P.C. (1973). - Communications françaises au symposium O.C.D.E. sur l'action du gel sur les chaussées (Oslo). B.L.L.P.C., supplément au n° 68.
- L.C.P.C. (1975). - Gel et dégel des chaussées. Note d'information technique.
- LERESTIF, A. (1972). - Techniques de protection des talus par engazonnement. B.L.L.P.C., n° 57, pp. 141-142.
- LETOURNEUR, J., MICHEL, R. (1971). - Géologie du génie civil. A. Colin, Paris, 728 p.
- L'HERMINIER, R. (1967). - Mécanique des sols et des chaussées. Centre des Hautes Etudes de la Construction. Distribué par Eyrolles, Paris, 201 p.

- LLIBOUTRY, L. (1965). - Traité de glaciologie. 2 vol., Masson, Paris, 1040 p.
- LORY, P. (1931). - Quatre journées d'excursion géologique au Sud de Grenoble. T.L.G.G., t. 15, fasc. 3, pp. 41-70.
- LOUREIRO PINTO, J. (1971). - Deformability of schistous rocks. Lab. Nac. de Engenharia Civil, Lisbonne, Mémoire n° 379.
- MILLET, M., VEUVE, A. (1975). - Les autoroutes. Eyrolles, Paris, 167 p.
- MONJUVENT, G. (1969). - Nouvelles datations absolues dans les formations quaternaires du Sillon alpin méridional. R.G.A., 57, pp. 545-558.
- MONJUVENT, G., USELLE J.P. (1970). - Sur les caractères granulométriques d'un ensemble de formations quaternaires de la vallée du Drac. Géologie Alpine, t. 46, pp. 127-135.
- MONJUVENT, G. (1973). - Le Quaternaire du Drac-Grésivaudan. Annales Scientifiques de l'Université de Besançon, 3e série, fasc. 21, pp. 67-73.
- MONJUVENT, G. (1973). - La transfluence Durance-Isère. Essai de synthèse du Quaternaire du bassin du Drac (Alpes françaises). Géologie Alpine, tome 49, pp. 57-118.
- MORET, L. (1953). - Les maladies des pierres et leurs remèdes. Annales de l'Institut Polytechnique de Grenoble, tome II, p. 3.
- PAQUET, J. (1970). - Utilisation des procédés géophysiques dans la reconnaissance des sols. C.R. Cong. A.I.G.I., Paris, pp. 732-739.
- PELTIER, R. (1969). - Manuel du laboratoire routier. Dunod, Paris.
- PENCK, A., BRUCKNER, E. (1901-1909). - Les Alpes à l'époque glaciaire. Trad. Chaudel (T.L.G.G., t. 8, 1907, pp. 111-267). Les glaciations des Alpes du Sud. Trad. Arbos (ibid., t. 9, 1908, pp. 21-72).
- PHILIPPE, A. (1967). - Méthode provisoire d'évaluation des profondeurs atteintes par le gel dans les sols et les chaussées. B.L.R.P.C., n° 28, pp. 1-13 - 1-30.
- PLICHON, J.N. (1956). - Application des méthodes géophysiques aux travaux de Génie civil. Ann. I.T.B.T.P., n° 103-4, pp. 651-670.
- RAT, M. (1973). - Etude géologique préliminaire de l'autoroute Paris-Strasbourg. B.L.L.P.C., n° 64, pp. 18-25.
- ROBEQUAIN, C. (1922). - Le Trièves : étude géographique. R.G.A., t. X, n° 1, pp. 5-124.

ROBERT, M. (1970). - Reconnaissance d'un gisement par traîné électrique. B.L.R.P.C., n° 46, pp. 34-41.

ROBIN, M. (1954). - Application des sondages électriques à la construction des routes. R.G.R.A., n° avril.

ROUX, A. (1972). - Caractéristiques mécaniques des roches argileuses en relation avec leur texture. B.L.L.P.C., n° 61, pp. 155-159.

SARROT-REYNAULD, J. (1961). - Etude géologique du Dôme de La Mure (Isère) et des régions annexes. Mém. Lab. Géol. Univ. Grenoble, n° 2.

SCHOELLER, H. (1962). - Les eaux souterraines. 2e édition, Masson, Paris, 642 p.

STRULLOU, R. (1969). - Prévion de l'altérabilité des matériaux employés en Génie civil. Colloque de géotechnique, Toulouse, B.L.R.P.C., n° 42, pp. 35-46.

TALOBRE, J.A. (1967). - La Mécanique des roches. 2e édition, Dunod, Paris, 444 p.

VERDEYEN, J., ROISIN, V., NUYENS, J. (1968). - La Mécanique des sols. Dunod, Paris, 508 p.

DOSSIERS consultés au Laboratoire départemental de l'Equipement (Grenoble)

P/3201 (1967). - Glissements de terrains. Coupes de sondages et reconnaissance préliminaire.

P/4620, n° 95 (1969). - Rectification de la R.N. 75. Déblais des Blancs.

FMS/4793-1 (1971). - Rectification de la R.N. 75. Section des Blancs.

D/5331/1 (1972). - Département de l'Isère. Renforcements coordonnés. Itinéraire n° 23, Grenoble-Aix, R.N. 75.

PK/5832-2 (1972). - Renforcements coordonnés 1973-1974. Bilan préliminaire des ressources en granulats.

PK/5832-4 (1972). - Renforcements coordonnés. Ressources en granulats. Etudes complémentaires.

F/4793 (1972). - Rectification entre Clelles et le Col de la Croix-Haute. Sections gare de Clelles, Burle et Merdari.

FP/7350 (1974). - Rectification de la R.N. 75. Section Arthaud-la Commanderie.

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Tableaux

	Pages
0.1 Définition de Ti.....	5
1.1. Totaux pluviométriques annuels.....	13
1.2. Moyennes établies sur 30 ans (1936-1965).....	14
1.3. Nombre de jours de précipitations.....	15
1.4. Indices de gel des périodes de gel des hivers 1951-1952 à 1969-1970.....	17
1.5. Population.....	19
2.1. Tableau récapitulatif des formations du Quaternaire en Trièves.....	34
2.2. Tableau récapitulatif des formations du Quaternaire de la Gresse.....	47
2.3. Les sources de la région.....	50, 51, 52
3.1. Comparaison de talus rocheux.....	68, 69, 70
3.2. Choix des tamis.....	73
3.3. Hétérométrie.....	74
3.4. Qualification de la plasticité.....	75
3.5. Classification des sols grenus.....	77
3.6. Abaque de plasticité.....	78
3.7a Classification H.R.B.....	79
3.7b Détermination de la classe de sol (Sj).....	80
3.8. Classification U.S.C.E.....	82
3.9. Aptitude des sols aux travaux.....	83
3.10 Utilisation des sols en génie civil.....	84
3.11a Structures types des chaussées.....	89
3.11b Structures types des chaussées.....	90
3.12 Intervention du gel dans le dimensionnement (organigramme).....	92
3.13 Emplacement des prélèvements et nature des formations.....	94
4.1 Mesure des résistivités sur des lieux lithologiquement connus.....	115
4.2 Vitesses sismiques.....	116
4.3 Résistivités.....	116
4.4 Situation des formations les plus fréquentes en fonction des paramètres géophysiques mesurés.....	118
5.1 Situation des affaissements.....	146
6.1 Catégories de vitesses de référence et déclivités pour les autoroutes de liaison.....	163
6.2 Changements de déclivité sur la R.N. 75.....	164
6.3 Déclivités du C.D.110 et variante Croix du Péron-le Collet.....	165
A.1 Résistance à la compression simple.....	187
A.2 Résistance à la rupture sous charge triaxiale.....	189
A.3 Résistance à la traction.....	191
A.4 Facteurs de l'altérabilité et emploi du matériau.....	193

Figures

	Pages
0.1	Situation de la R.N. 75 dans le réseau français..... 2
1.1	Schéma structural simplifié du Sud du sillon alpin..... 10
1.2	Diagramme pluvio-thermique de Monestier-de-Clermont pour la période 1964-1973..... 12
1.3	Régime interannuel des pluies..... 12
1.4	Courbes des températures moyennes journalières cumulées. Définition de l'indice de gel I..... 16
2.1	Schéma général du bassin du Drac..... 33
2.2	Paléogéographie des glaciers du Riss..... 36
2.3	Paléogéographie des glaciers du Würm (stade du "Maximum", WII). 37
2.4	Paléogéographie des glaciers du Würm (stade de la "Récurrence" WIII)..... 38
2.5	Coupe B-B'. Superposition des formations quaternaires et emboîtement de la terrasse des A3 dans celle des A2..... 39
2.5bis	Coupe des alluvions 2 au ruisseau d'Orbannes..... 40
2.6	Coupe A-A'. Superposition des formations du Quaternaire..... 42
2.7	Coupe C-C'. Cône de déjection de Saint-Maurice-en-Trièves..... 43
2.8	Coupe de talus au SW de St-Martin-de-Clelles..... 46
2.9	Coupe schématique des formations de la Basse-Gresse..... 46
2.10	Quelques exemples de structures hydrogéologiques des sources de la région..... 54
3.1	L'indice de groupe..... 76
3.2	Susceptibilité au gel..... 86
3.3	Courbes granulométriques des Alluvions élevées (A1)..... 95
3.4	Fuseau des A2..... 96
3.5	Fuseau des Alluvions du Sert..... 97
3.6	Courbes granulométriques de la Terrasse de Monestier..... 99
3.7	Fuseau de la Basse Terrasse..... 101
3.8	Fuseau du Plateau du Croset..... 102
3.9	Fuseau des cônes de déjection..... 103
3.10	Diagramme de plasticité des formations argileuses..... 105
3.11	Fuseau du Matériel des glaciés..... 106
3.12	Fuseau du dépôt deltaïque..... 107
3.13	Courbes granulométriques des Argiles lacustres..... 109
3.14	Fuseau des Moraines argileuses..... 112
3.15	Application des indices de groupe (IG)..... 88
5.1	Quelques structures de chaussées de la R.N. 75..... 124
5.2	Protection de la fondation contre les remontées sous l'effet du gel..... 125
5.3	Enveloppement total du sol de fondation pour le mettre à l'abri de l'eau venue par le bas et par les côtés..... 126
5.4	Tranchée des Blancs..... 127
5.5	Profil de la paroi W du ravinement de St-Michel..... 133
5.6	Coupe amont du ravinement de St-Michel..... 134

	Pages
5.7	Coupe au milieu du ravinement de St-Michel..... 134
5.8	Coupe aval du ravinement de St-Michel..... 134
5.9	Glissement de Casseire..... 139
5.10	Coupe B-B' du glissement de Casseire..... 140
5.11	Coupe A-A' du glissement de Casseire..... 141
5.12	Coupe C-C' du glissement de Casseire..... 141
5.13	Affaissement E..... 148
5.14	Coupe transversale A-A' (affaissement E)..... 149
5.15	Affaissement H..... 152
5.16	Coupe E-W (affaissement H)..... 153
5.17	Affaissement A..... 154
5.18	Coupe transversale A-A' (affaissement A)..... 155
A.1	Micrographie du calcaire marneux du Bajocien-Bathonien.... 186
A.2	Courbes efforts-déformations en compression simple..... 188
A.3	Courbe intrinsèque du calcaire marneux du Bajocien-Bathonien..... 190
A.4	Courbe effort-déformation en traction simple..... 192

TABLE DES MATIERES

Avant-propos
SOMMAIRE

INTRODUCTION..... 1
Présentation de la route nationale 75 (3).
I - Histoire de la R.N. 75 (3).
II- La R.N. 75 actuelle (4).
 A.- Points kilométriques (5).
 B.- Intensité du trafic, détermination du paramètre "Trafic"
 Ti (5).

PREMIERE PARTIE

Chapitre 1 - LE CADRE GEOGRAPHIQUE..... 9

 I - CARACTERES GENERAUX..... 9
 A.- Introduction (9).
 B.- Structures d'ensemble (9).
 C.- Les eaux courantes (9).
 D.- La végétation (11).

 II - LE CLIMAT..... 11
 A.- Introduction (11).
 B.- La pluviométrie (11).
 C.- La neige (14).
 D.- La température (14).
 E.- Indice de gel (16).

 III - L'ECONOMIE RURALE..... 18
 A.- Agriculture (18).
 B.- Population, urbanisme (20).

 IV - LA MORPHOLOGIE..... 20
 A.- Le relief (20).
 B.- Les paysages (20).
 1) Les crêtes
 2) Les glaciers
 3) Les serres
 4) Les gorges
 C.- Description de la carte des pentes (21).
 Cartes des pentes..... 25 à 30

Chapitre 2 - LE CADRE GEOLOGIQUE..... 31

 I - TERRAINS DU SOCLE..... 31
 A.- Bajocien-Bathonien (32).
 B.- Terres Noires (32).
 C.- Argovien-Rauracien (32).

D.- Séquanien (32).
E.- Kimméridgien (32).
F.- Tithonique (32).
G.- Berriasien (32).
H.- Valanginien (32).
I.- Hauterivien (32).
J.- Barrémien(33).
K.- Campanien supérieur-Maestrichtien (33).

II - LES EVENEMENTS QUATERNAIRES ET LEURS CONSEQUENCES..... 33

 A.- LE TRIEVES..... 33
 1.- Les événements quaternaires..... 33
 2.- Analyse lithologique..... 40
 a) Formations à faciès relativement constant (40).
 Terrasses fossiles
 Alluvions 1 (40).
 Alluvions 2 (40).
 Alluvions 3 (41).
 Argiles glacio-lacustres (41).
 Basse terrasse (41).
 b) Formations à faciès variable (41).
 Résidu morainique (41).
 Dépôts deltaïques (41).
 Le matériel des glaciers (45).
 Cônes de déjection (45).
 Eboulis (45).
 3.- Mode d'intrication des diverses formations..... 45

 B.- LA BASSE-GRESSE..... 47
 1.- Les événements quaternaires..... 47
 2.- Analyse lithologique..... 48
 a) Résidu morainique (48).
 b) Moraines argileuses (48).
 c) Alluvions du Sert (48).
 d) Glacis moyen et terrasses de Monestier (48).
 e) Plateau du Croset (48).
 f) Eboulis (48).

III - HYDROGEOLOGIE..... 49

 A.- INTRODUCTION
 1) Les terrains perméables (49).
 2) Les terrains imperméables (53).
 3) Les terrains à perméabilité variable (53).

 B.- LES SOURCES..... 53

 C.- INFLUENCE DES FACTEURS HYDROGEOLOGIQUES SUR LES
 CONDITIONS GEOTECHNIQUES..... 55
 Cartes géologiques..... 59 à 64

Chapitre 3 - ETUDE GEOTECHNIQUE DES FORMATIONS RENCONTREES

- I - LES TERRAINS DU SOCLE..... 67
 - A.- CALCAIRES..... 67
 - 1) Hydrogéologie (67).
 - 2) Altérabilité, stabilité (67).
 - 3) Affleurements intéressant la R.N. 75 (67).
 - 4) Utilisation (67).
 - B.- CALCAIRES MARNEUX..... 67
 - 1) Hydrogéologie (71).
 - 2) Altérabilité, stabilité (71).
 - 3) Affleurements intéressant la R.N. 75 (71).
 - 4) Utilisation (71).
 - C.- MARNES..... 71
 - 1) Hydrogéologie (71).
 - 2) Altérabilité, stabilité (71).
 - 3) Affleurements intéressant la R.N. 75 (72).
 - 4) Utilisation (72).
- II - LES TERRAINS DE COUVERTURE..... 72
 - A.- ESSAIS D'IDENTIFICATION - DEFINITION ET MODES OPERATOIRES..... 72
 - 1) Analyse granulométrique (72).
 - a) Choix des tamis (72).
 - b) Fuseau granulométrique (72).
 - c) Coefficients granulométriques (73).
 - 2) Limites d'Atterberg (74).
 - 3) Indice de groupe (IG) (75).
 - 4) Facteur de portance (F) (75).
 - B.- CLASSIFICATIONS UTILISEES..... 76
 - 1) Classification granulométrique (81).
 - 2) Classification L.P.C. (U.S.C.S.) (81).
 - 3) Classification H.R.B. (81).
 - 4) Détermination de la classe de sol (Sj) (81).
 - 5) Classification des sols selon leur gélivité (85).
 - a) Classification de CASAGRANDE-DUCKER (85).
 - b) Classification anglaise (Road Research Laboratory) (85).
 - c) Classification U.S.C.E. (U.S. Corps of Engineers) (85).
 - C.- UTILISATION DES CLASSIFICATIONS..... 85
 - 1) Aptitude des sols aux travaux (85).
 - 2) Utilisation des sols en Génie civil (85).
 - 3) Description des groupes de sols de la classification H.R.B. (87).
 - 4) Application des indices de groupe (88).
 - 5) Utilisation du facteur de portance (91).
 - 6) Utilisation de Sj. Dimensionnement de la chaussée (91).

- D.- DESCRIPTIONS..... 93
 - 1) Introduction
 - 2) Formations à éléments essentiellement grossiers (93).
 - a) Alluvions élevées (A1) (93).
 - b) Alluvions 2 (A2) (93).
 - c) Alluvions 3 (A3) (98).
 - d) Alluvions du Sert (As) (98).
 - e) Terrasse de Monestier (Tm) (100).
 - f) Basse terrasse (Bt) (100).
 - g) Plateau du Croset (Pc) (104).
 - h) Alluvions modernes (Am) (104).
 - 3) Formations à éléments de tous calibres..... 104
 - a) Cônes de déjection (Cd) (104).
 - b) Matériel des glaciers (Gs) (108).
 - c) Formations glacio-deltaïques (Gd) (108).
 - d) Eboulis (E) (110).
 - 4) Formations essentiellement argileuses..... 110
 - a) Argiles glacio-lacustres (Ar) (110).
 - b) Moraines argileuses (Mar) (111).
 - c) Résidus morainiques (Rm) (111).
- Chapitre 4 - ETUDE GEOPHYSIQUE..... 113
 - I - UTILISATION DES METHODES GEOPHYSIQUES..... 113
 - A.- Prospection électrique. Limites d'utilisation(113)
 - B.- Prospection sismique. Limites d'utilisation (113)
 - II - COMPARAISON DES DEUX METHODES ET CHOIX QUI EN RESULTE POUR LES RECONNAISSANCES..... 117
- Chapitre 5 - DESORDRES EPROUVES PAR LA ROUTE ACTUELLE
 - I - EFFETS DU GEL. Cas des fondations et de la chaussée... 121
 - A.- Causes (121).
 - 1) La gélivité des sols (121).
 - 2) L'eau (122).
 - 3) Le climat (122).
 - 4) La structure de la chaussée (123).
 - B.- Remèdes (123).
 - 1) Drainage (123).
 - 2) Renforcement de la chaussée (125).
 - II - EFFETS DU GEL. Cas des talus (126). TRANCHEE DES BLANCS (126).
 - A.- Emplacement (126).
 - B.- Formations concernées (128).
 - C.- Causes probables (128).
 - D.- Remèdes (128).

III - CHUTES DE PIERRES..... 128

- A.- Emplacement (129).
- B.- Extension, aspect (129).
- C.- Formations concernées (129).
 - 1) Rauracien "Argovien", J5 (129).
 - 2) Séquanien "Oxfordien terminal", J6 (130).
 - 3) Kimméridgien inférieur, J7 (130).
 - 4) Tithonique, J8-9 (130).
 - 5) Berriasien, n1 (130).
 - 6) Valanginien, n2 (130).
 - 7) Hauterivien, n3 (130).
 - 8) Suburgonien, n4a-5 (131).
 - 9) Maestrichtien-Campanien supérieur, C6-7 (131).
 - 10) Eboulis, E (131).
- D.- Causes probables (131).
- E.- Remèdes (131).

IV - RAVINEMENT..... 132

- A.- RAVINEMENT A GRANDE ECHELLE..... 132
 - 1) Caractères généraux (132).
 - 2) Exemple : le ravinement de Saint-Michel (135).
 - a) Emplacement (135).
 - b) Extension, aspect (135).
 - . Ravinement principal (135).
 - . Ravinement en voie d'aggravation (135).
 - c) Formations concernées (135).
 - d) Causes probables (136).
 - e) Remèdes (136).
- B.- RAVINEMENT A PETITE ECHELLE..... 136

V - MOUVEMENTS DE TERRAIN..... 137

- A.- GLISSEMENTS SUPERFICIELS (137).
- B.- LES COULEES DE TERRE (137).
- C.- GLISSEMENTS-COULEES (138).
 - Glissement de Casseire..... 138
 - . Localisation (138).
 - . Cadre géographique, géologique et hydrogéologique du mouvement (138).
 - . Analyse du mouvement de terrain (142).
- D.- ARRACHEMENTS SUPERFICIELS..... 144
- E - GLISSEMENT DE STRATES..... 144
 - 1) Circonstances nécessaires ou aggravantes (145).
 - 2) Formation concernée (145).
 - 3) Remèdes (145).

VI - AFFAISSEMENTS..... 145

- A.- INTRODUCTION..... 145
- B.- EXEMPLE DU TYPE a : l'affaissement E..... 147
 - 1) Emplacement (147).
 - 2) Extension, aspect (147).
 - 3) Formation concernée (147).
 - 4) Causes probables (147).
 - 5) Remèdes (150).

- C. - EXEMPLE DU TYPE b : l'affaissement H..... 151
 - 1) Emplacement (151).
 - 2) Extension, aspect (151).
 - 3) Formations concernées (151).
 - 4) Causes probables (151).
 - 5) Remèdes (156).
- D. - EXEMPLE DU TYPE c : l'affaissement A..... 156
 - 1) Emplacement (156).
 - 2) Extension, aspect (156).
 - 3) Formations concernées (156).
 - 4) Causes probables (156).
 - 5) Remèdes (157).

Chapitre 6 - CARTE GEOTECHNIQUE DE LA REGION TRAVERSEE..... 159

I - DESCRIPTION ET LEGENDE DE LA CARTE GEOTECHNIQUE..... 159

- A. - Classes de stabilité naturelle (160).
- B. - Ouvrabilité (160).
 - 1) Roches dures (160).
 - 2) Bancs épais (160).
 - 3) Absence ou rareté de la fissuration (160).
 - 4) Mauvaise tenue en cas d'altération (160).
 - 5) Présence de très gros blocs dans le Quaternaire 160
 - 6) Cimentation secondaire de roches meubles (160)
 - 7) Terrains argileux trop humides (161).
 - 8) Terrains d'ouvrabilité normale (161).
- C. - Risques probables après terrassement (161).
- D. - Remèdes possibles (161).

II - LES "POINTS DURS" DU TRACE ROUTIER..... 161

- A. - Points durs liés à la morphologie (162).
 - 1) Thalwegs profonds (162).
 - 2) Raideur des versants traversés (162).
 - 3) Déclivité (162).
- B. - Points durs liés à la tectonique (163).
- C. - Points durs liés à la lithologie (166).
 - 1) Difficultés d'élargissement (166).
 - 2) Difficultés d'extraction (166).
 - 3) Mouvements de terrain (166).
- D. - Points durs liés à l'hydrogéologie (167).
- FE. -- Points durs liés aux agglomérations (167).
 - 1) Le cas de Vif (167).
 - 2) Le cas de Monestier-de-Clermont (167).
- F. - Points durs liés à l'existence d'autres voies de communication (168).

Cartes géotechniques..... 171 à 176

- CONCLUSIONS	
Perspectives d'évolution de la route.....	179
. Secteur Gresse (179)	
. Secteur Trièves (181).	
- ANNEXE	
Propriétés des calcaires marneux du Jurassique moyen.....	185
A.- Description du matériau (185).	
B.- Propriétés physiques et chimiques (185).	
C.- Propriétés mécaniques (187).	
1) Essais de compression simple (187).	
2) Essais triaxiaux (189).	
3) Essais de traction (189).	
D.- Discontinuités et altérabilité (191).	
E.- Délitage (191).	
F.- Gélivité (194).	
G.- Utilisation (194).	
- BIBLIOGRAPHIE.....	195
- LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES.....	201
- TABLE DES MATIERES.....	204
- PHOTOS à la fin du volume.	

PHOTOS

- CONCLUSIONS

Perspectives d'évolution de la route..... 179
 . Secteur Grasse (179)
 . Secteur Trièves (181).

- ANNEXE

Propriétés des calcaires marneux du Jurassique moyen..... 185
A.- Description du matériau (185).
B.- Propriétés physiques et chimiques (185).
C.- Propriétés mécaniques (187).
 1) Essais de compression simple (187).
 2) Essais triaxiaux (189).
 3) Essais de traction (189).
D.- Discontinuités et altérabilité (191).
E.- Délitage (191).
F.- Gélivité (194).
G.- Utilisation (194).

- BIBLIOGRAPHIE..... 195

- LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES..... 201

- TABLE DES MATIERES..... 204

- PHOTOS à la fin du volume.

PHOTOS

Photo 1 - Alluvions élevées (A₁) couronnant les Terres noires à St-Michel. Au fond à gauche corniche tithonique.

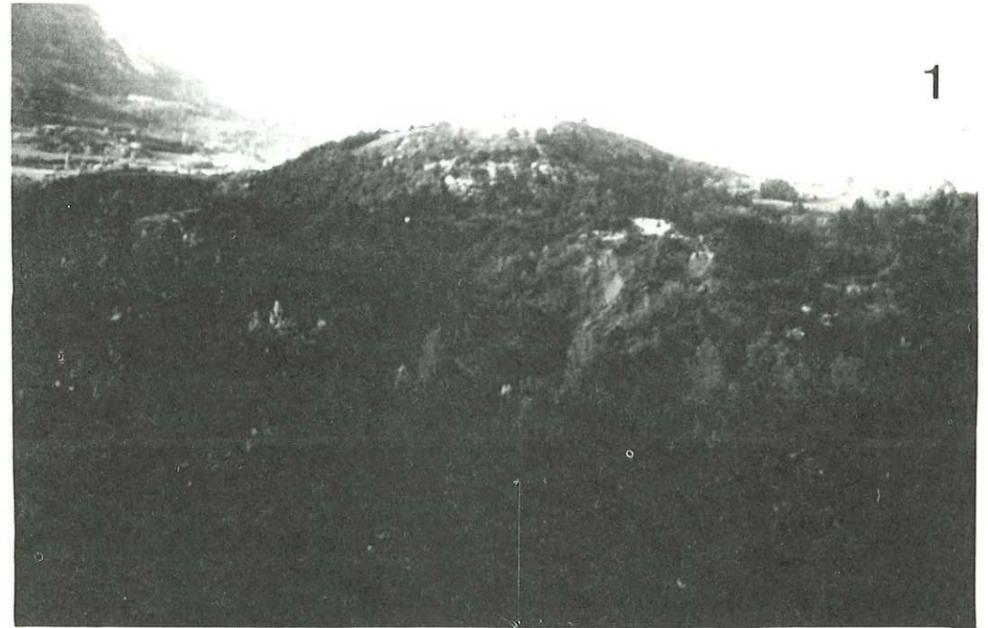


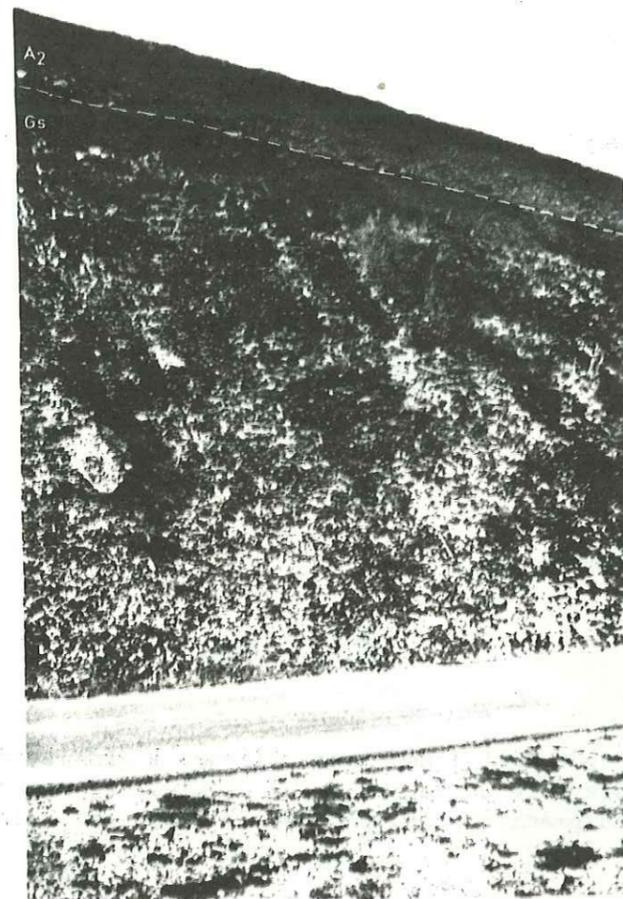
Photo 2 - Alluvions 2. Gravière de la Condamine, au NW de St-Martin-de-Clelles. Niveaux limoneux et humides alternant avec les zones à éléments grossiers. Hauteur du piquet : 2 m.



Photo 3 - Glacis surmonté par les Alluvions 2. Niveau conglomératique à la base de ces dernières. Antériorité du glacis qui présente des blocs de grande taille.

Photo 4 - Dépôt deltaïque à litage oblique. Gravière de Thoranne, au Sud de St-Michel-les-Portes.

3



4

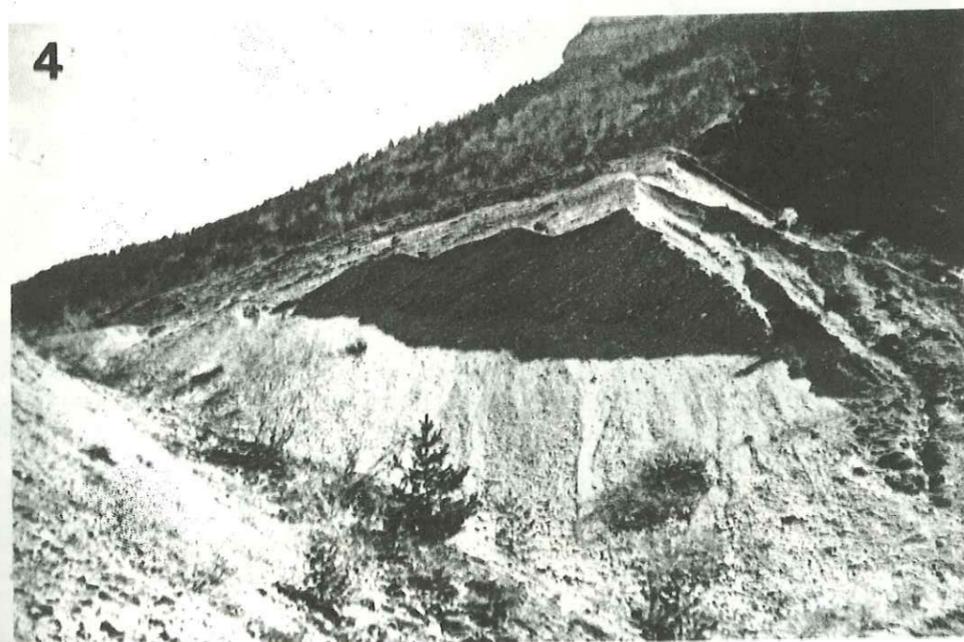


Photo 5 - Dépôt deltaïque. Intercalations limoneuses humides.
Gravière de Thoranne.

Photo 6 - Dépôt deltaïque. Lits obliques à granulométrie très variable.
Gravière de Darne, au NW de Clelles. Actuellement exploitée.
Au premier plan, la R.N. 75 (rampe de Darne).

Photo 7 - Argiles lacustres instables. Au fond, à gauche, les Alluvions 2,
en bas, à droite, les Alluvions 3, au bord du ruisseau
d'Orbannes. Au premier plan mince couche d'argiles sur les
Terres noires.

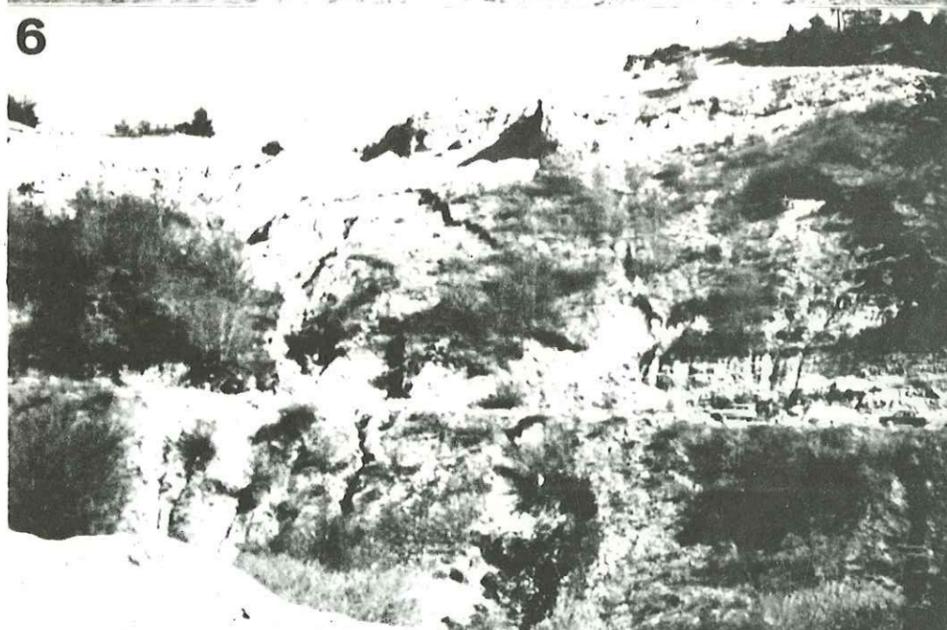


Photo 8 - Alluvions du plateau du Croset. Litage oblique. Zone conglomératique. Gravière de la Valonne, au NW du Croset.

Photo 9 - Les alluvions 2 de Bissonnière (au-dessous de Busat), au bord du ruisseau d'Orbannes. Au premier plan, l'échine du Serre Josinet. Au fond, crête de Jurassique moyen. A l'horizon, l'Obiou.

Photo 10 - Dégradation de la chaussée par l'effet du gel. Réparations. Tronçon non encore élargi, à l'W de Lalley.

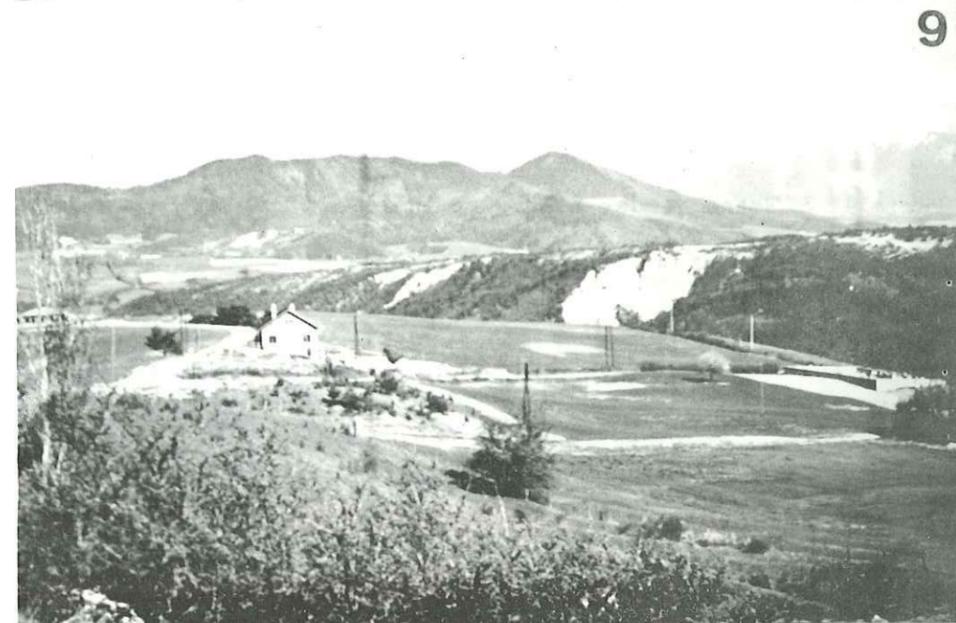
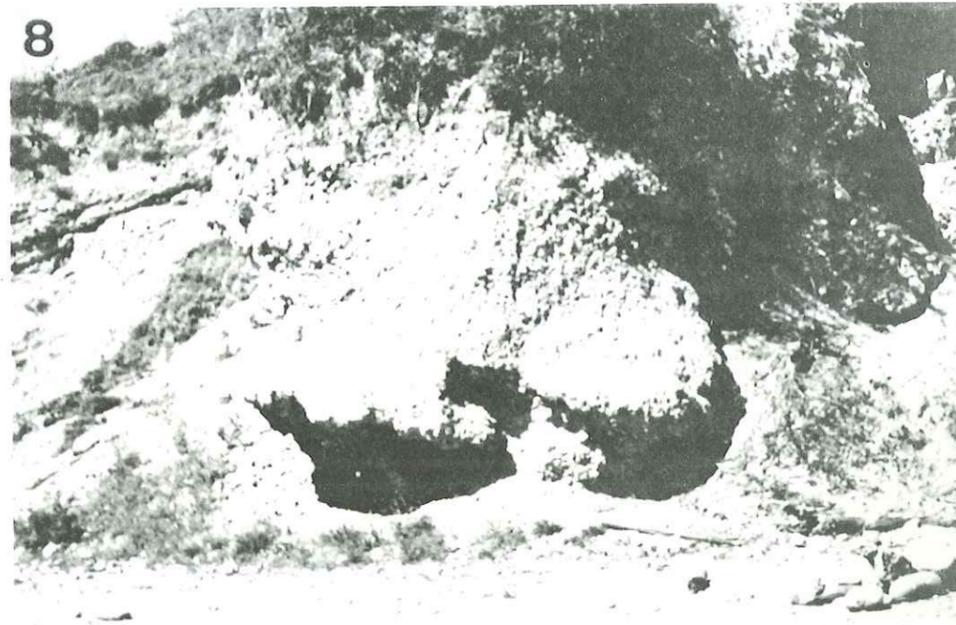


Photo 11 - Tranchée des Blancs (partie S, paroi E). Délitage de petits fragments des Terres noires et écoulement en haut du parement.

Photo 12 - Tranchée des Blancs (partie N, paroi W). Glissement d'une zone altérée et broyée.

Photo 13 - Elargissement récent (1975) dans la montée du Col de la Croix-Haute. Tithonique coupé par une faille et couverture d'éboulis. Risque de chutes de pierres.

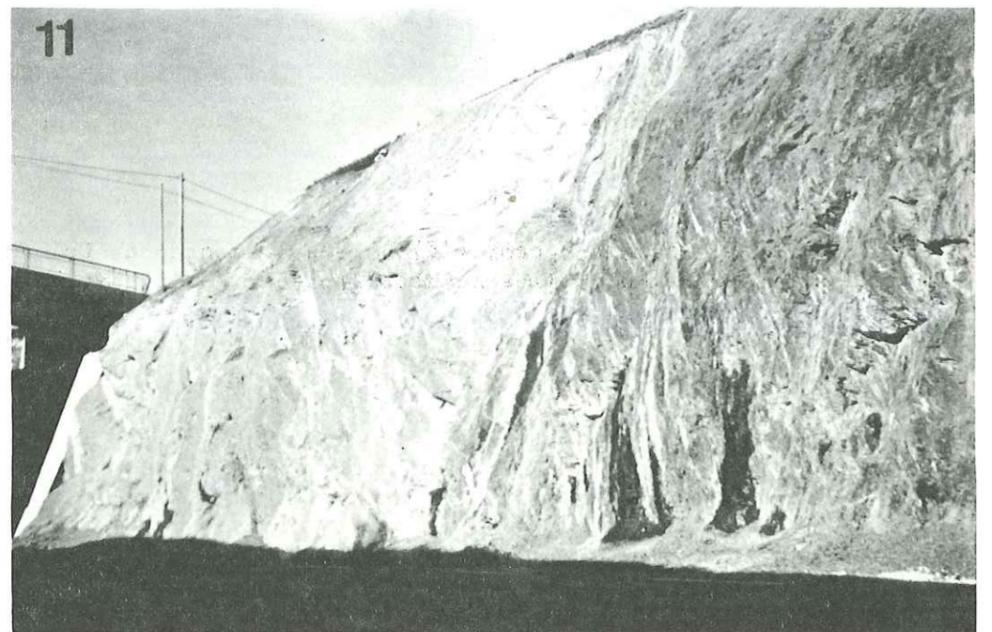


Photo 14 - Elargissement récent (1975) dans la montée du Col de la Croix-Haute. Remise en mouvement des éboulis issus de l'Urgonien.



Photo 15 - Ravinement de St-Michel dans les Terres noires, rive gauche du ruisseau de Grosse Eau.



Photo 16 - Glissement-coulée de Vorzis (argiles glacio-lacustres) sur les Terres noires.

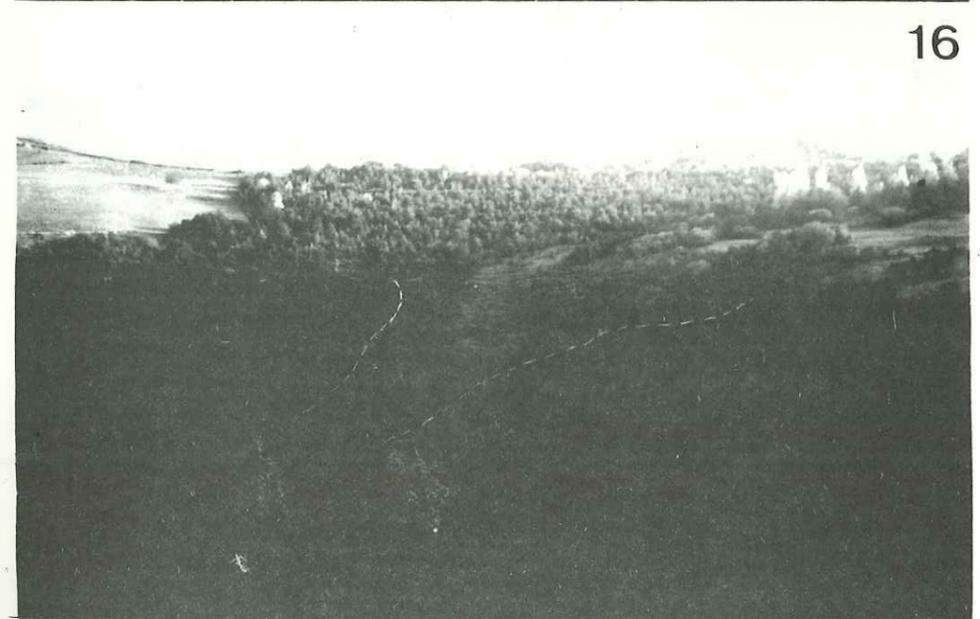


Photo 17 - Glissement de Casseire. Au milieu, la R.N. 75 qui coupe celui-ci en deux parties : amont (A) et aval (B). A droite, les Blancs. En haut, à gauche, au-dessus de la voie ferrée, le hameau de Chabulière.

Photo 18 - Glissement de strates, à l'E de la Motte, dans les marno-calcaires du Bajocien-Bathonien.

Photo 19 - Affaissement E, P.K. 132,500, à l'W de St-Martin-de-Celles. Fissures dans la chaussée. Dénivellation de la partie affaissée.

17



18



19



Photo 20 - Dérangement du fossé de la voie ferrée par l'affaissement
D, au S du Fau. La R.N. 75 se trouve immédiatement au-
dessus. Actuellement stabilisé (cliché CAMPOROTA, 1967).

20



VU

Grenoble, le

Le Président de la thèse

R. BARBIER

VU, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale

G. CAU