HAL
open science

Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique de la cluse de l'Isère - Alpes françaises

Henri Margalhan-Ferrat

To cite this version:

Henri Margalhan-Ferrat. Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique de la cluse de l'Isère - Alpes françaises. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1975. Français. NNT : . tel-00607345v2

HAL Id: tel-00607345

https://theses.hal.science/tel-00607345v2

Submitted on 9 May 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.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N° d'ordre :

UNIVERSITE DE GRENOBLE I
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

THESE

PRESENTEE

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

POUR OBTENIR LE GRADE DE :

DOCTEUR DE SPECIALITE

EN

GEOLOGIE APPLIQUEE

PAR

HENRI MARGALHAN-FERRAT

Contribution à l'étude géologique hydrogéologique et géotechnique de la cluse de l'Isère

Soutenue le mai 1975, devant la Commission d'Examen :

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

ERRATA

P. 7 : I. 5. 2. 1 lre. ligne: lire la figure 2 au lieu de la figure 1
I. 5. 2. 2 2e. " : lire affluentes au lieu de affleurantes

P. 26: II. 3. 1. 2 lire: cette variation est de quelques degrés seulement
II. 3. 1. 3 lire: Monteynard au lieu de le Monteynard

P. 3O: II. 3. 3 lire: acception au lieu de acceptation

P. 32: ligne 11, lire : renforcer au lieu de rendorcer

P. 36 : II. 5. 3. 7 lire : compressibilité et perméabil. varient en sens contraire au lieu de : compressibilité et perméabilité varient dans le même sens.
lire: 0, 04 Cv 0, 5 au lieu de 0, 4 Cv 0, 5
lire : les argiles tourbeuses sont peu perméables $K = 10^{-6}$ m/s. au lieu de : les argiles tourbeuses sont peu perméables $K = 10^{-8}$ m/s.

P. 44: II. 4. 1. 2. 4 Ne pas tenir compte de la légende Figure 12

P. 47: II. 4. 1. 2. 5 ligne 15 Lire équibattement au lieu de aquibattement
Lire ceux de 1962 au lieu de œlles de 1962

P. 49: La zone du Confluent. Lire en ligne 2: elle y marque au lieu de elle y constitue.

P. 50: Ligne 9 aprés le tableau. Lire précipitées au lieu de précitées
- 12 - - Lire ibidem au lieu de idem

P. 55: II. 4. 2. 2. 3 Lire et une idée au lieu de est une idée

P. 56 : II. 4. 2. 2. 6 Lire au lieu de P
Lire 10^{-4} T 5.10^{-2} m/s au lieu de 5.10^{-4} T 5.10^{-2}

P. 60 : Ligne 14. Lire le Valanginien supérieur au lieu de: le Valanginien en supérieur
Ligne 16 lire: mettrait au lieu de mettraient

P. 82 : III. 3. 2. 1. 1 Ligne 2 lire: 1500 m au lieu de 2000 m

P. 105: Ne pas tenir compte du n° 5-13 du diadramme de plasticité

P. 106: Teneur en matières organiques: ligne 2, lire perte au lieu de partie

---

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

AVANT - PROPOS

Qu'il me soit permis ici d'exprimer ma gratitude à tous ceux qui, après m'avoir enseigné la théorie, ont soutenu mon travail de leurs encouragements et de leurs conseils :

M. le Professeur R. BARBIER, qui préside le jury et m'a accordé la confiance de son patronage. Je l'en remercie respectueusement.

M. le Professeur R. MICHEL, dont le contact aimable autant que le conseil avisé furent d'une aide précieuse.

M. le Professeur J. LETOURNEUR, qui ne m'a ménagé ni son temps ni son attention autant sur le terrain qu'au cours de fructueuses conversations. J'ai pu profiter ainsi de la chaleur de son accueil et de sa grande expérience.

M. P. ANTOINE m'a toujours manifesté la plus vive compréhension et s'est efforcé, sur le terrain comme dans nos discussions, de me faire profiter de ses connaissances et de sa grande compétence.

Je remercie aussi M. le Professeur SARROT-REYNAUD, pour son enseignement et pour la sympathie de ses conseils. De même, que M. J.Cl. FOURNEAUX voit ici renouvelée l'assurance de mon amitié et soit remercié pour son attention et pour ses observations toujours pertinentes.

Que M. le Professeur GIDON et M. H. ARNAUD soient vivement remerciés pour avoir bien voulu me communiquer les résultats de leurs travaux encore inédits sur le Vercors et sur la Chartreuse.

C'est avec grand plaisir que je remercie tous mes nombreux amis du IIIème Cycle et assistants, avec qui l'échange d'idées a toujours abouti à des constatations très positives. En particulier ma sympathie va tout particulièrement à M. et Mme B. PAIRIS ; sans leur accueil et le confort de leur amitié cet ouvrage n'aurait sans doute pas pu être mené à son terme en temps voulu.

Ce mémoire n'aurait pas pu avoir de sens sans la contribution des organismes publics ou privés et de leurs représentants, trop nombreux pour que je puisse les citer ici. Ils m'ont largement ouvert leur documentation et leurs archives. J'ai pu apprécier la qualité de leur travail ainsi que leur amabilité et leur compréhension. Je les en remercie très vivement. Je mentionne tout spécialement l'Agence d'Urbanisme de l'Agglomération Grenobloise, qui en même temps que le sujet de ce mémoire, nous a donné toute latitude pour le mener à bien.

Enfin je remercie le personnel technique de l'Institut, en particulier MM. DEMANJON et CHABERT pour leur compétence dans la réalisation des analyses et l'impression de ce volume.

10085825

"La géotechnique est destinée à regrouper les données les plus significatives des domaines de la Mécanique des Sols et de la Géologie de l'Ingénieur. Les deux domaines sont si étroitement liés qu'il serait vain de demander quel est le plus important".

K. TERZAGHI (1948) in R. BARBIER : "Le symposium national Sol et Sous-sol et sécurité des constructions"
(Cannes 25-27 octobre 1973)
R.G.A. T.LXII 1974 3 -

A ma femme

A mes parents

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

TABLE DES MATIERES

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

Avant-propos

Page:

CHAPITRE I: INTRODUCTION 1

I.1 RAISONS DE L'ETUDE ET RESULTATS ATTENDUS 3

I.2 LIMITES DE L'ETUDE 3

I.3 ORGANISATION DE L'EXPOSE 3

I.4 LE SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGENT ET D'URBANISME 5

I.5 CADRE GEOGRAPHIQUE GENERAL 5
I.5.1 Géographie et habitat 5
I.5.2 Climatologie 7
I.5.2.1 Les vents 7
I.5.2.2 Les températures 7
I.5.2.3 Les précipitations 8

I.6 LA CLUSE ET LES SEISMES 11

I.7 LA CARTE DES RISQUES NATURELS 11

CHAPITRE II: LA PLAINE 13

II.1 METHODOLOGIE 15
II.1.1 La méthode 15
II.1.2 La mise en pratique 15
II.1.3 La carte des points de mesure 20

II.2 LES DIFFERENTES FORMATIONS 25

II.3 LA FORMATION SUPERFICIELLE LIMONEUSE (FORMATION I) ET GRAVELEUSE 25

II.3.1 Rappels sur l'hydrologie de l'Isère et du Drac 25
II.3.1.1 Le régime de l'Isère 25
II.3.1.2 Chimie des eaux de l'Isère 26
II.3.1.3 Le régime du Drac 26
II.3.1.4 Chimie des eaux du Drac 28

II.3.2 Mode de gisement de la Formation Superficielle 28

II.3.3 Description de la Formation Superficielle 30

II.3.4 Répartition. La carte d'Isopaques 30

II.3.5 Propriétés géotechniques de la Formation Superficielle 34
II.3.5.1 Granulométries 34
II.3.5.2 Limites d'Atterberg, teneur en eau, densité, indice des vides 35
II.3.5.3 Résistivités 35
II.3.5.4 Sismiques-réfraction 35
II.3.5.5 Pénétrations dynamiques et statiques 35
II.3.5.6 Cohésion, angle de frottement interne, force portante 36
II.3.5.7 Compressibilité et perméabilité 36

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

II.3.6 Conclusion: répartition des types de sols sur la Cluse en fonction de la classification des Ponts et Chaussées.. 36

II.4 LA FORMATION DES SABLES, GRAVIERS ET GALETS OU FORMATION III 38

II.4.1 Hydrogéologie 38

II.4.1.1 Alimentation de la nappe 38
II.4.1.2 Ecoulement de la nappe 40
II.4.1.2.1 Comparaison des nappes de 1962 et de 1971 40
II.4.1.2.2 Carte des isopièzes du niveau maximal 42
II.4.1.2.3 Carte des isopièzes du niveau minimal 44
II.4.1.2.4 Carte des profondeurs minimales sous le sol 44
II.4.1.2.5 Carte du battement maximal 47
II.4.1.2.6 Approfondissement du lit de l'Isère .. 47
II.4.1.3 Chimie des eaux de la nappe 47

II.4.2 L'aquifère 50

II.4.2.1 Géométrie de l'aquifère: la carte d'isopaques 50
II.4.2.2 Caractéristiques géotechniques 54
II.4.2.2.1 Granulométries 54
II.4.2.2.2 Equivalent de sable 54
II.4.2.2.3 Résistivités 55
II.4.2.2.4 Sismique-réfraction 55
II.4.2.2.5 Pénétrations dynamiques et statiques.. 55
II.4.2.2.6 Taux de travail, force portante, cohésion, angle de frottement interne.. 56
II.4.2.2.7 Perméabilités et transmissivités 56
II.4.2.3 Conclusion

II.5 LA FORMATION DES ARGILES BLEUTEES OU FORMATION III 57

II.5.1 Description 57
II.5.2 Isohypses du toit de la Formation III 59
II.5.3 Propriétés géotechniques 59
II.5.4 Conclusion 59

II.6 LE REMPLISSAGE ALLUVIAL SOUS LA FORMATION III ET LA SUBSTRATUM ROCHEUX 60

CHAPITRE III: LES VERSANTS..... 61

III.1 MODALITES DE L'ETUDE DES VERSANTS..... 63

III.2 LE CADRE GEOLOGIQUE 65

III.2.1 Origine et strauctura générale de la cluse 65
III.2.2 Résumé stratigraphique 65
III.2.2.1 Le Kimméridgien inférieur 65
III.2.2.2 Le Tithonique: Kimméridgien et Portlandien 65
III.2.2.3 Le Berriasien 65
III.2.2.4 Le Valanginien 65
III.2.2.5 L'Hauterivien 66
III.2.2.6 L'Urgonien 66

III.2.2.7 L'Aptien supérieur 66
III.2.2.8 Le Sénonien 66
III.2.2.9 Le Miocène 66
III.2.2.10 Le Quaternaire 66

III.2.3 Morphologie du substratum et de la couverture 70
III.2.3.1 La carte lithomorphologique 70
III.2.3.2 Morphologie du substratum 71
III.2.3.3 Morphologie de la couverture quaternaire 71
III.2.3.4 La carte clinographique 71

III.3 PROPRIETES GEOTECHNIQUES DES FORMATIONS DES VERSANTS 73

III.3.1 LE SUBSTRATUM 73
III.3.1.1 LES CALCAIRES 73
III.3.1.1.1 Lithologie 73
III.3.1.1.2 Hydrogéologie 73
III.3.1.1.3 Propriétés géotechniques..... 73
III.3.1.1.3 Fracturation et altération 73
III.3.1.1.4 Risque naturel et stabilité 73

III.3.1.2 LES ALTERNANCES DE CALCAIRE ET DE MARNES 75
III.3.1.2.1 Lithologie 75
III.3.1.2.2 Hydrogéologie 75
III.3.1.2.3 Propriétés géotechniques 75
III.3.1.2.4 Fracturation et altération 75
III.3.1.2.5 Risque naturel et stabilité 75

III.3.1.3 LES MARNES 75
III.3.1.3.1 Lithologie 75
III.3.1.3.2 Hydrogéologie 77
III.3.1.3.3 Propriétés géophysiques 77
III.3.1.3.4 Fracturation et altération 77
III.3.1.3.5 Risque naturel et stabilité 77
III.3.1.3.6 Aptitude aux travaux 77

III.3.1.4 LES CONGLOMERATS..... 77
III.3.1.4.1 Lithologie 77
III.3.1.4.2 Hydrogéologie 78
III.3.1.4.3 Propriétés géophysiques 78
III.3.1.4.4 Fracturation et altération 79
III.3.1.4.5 Risque naturel et stabilité 79
III.3.1.4.6 Aptitude aux travaux 79

III.3.1.5 LES GRES 79
III.3.1.5.1 Lithologie 79
III.3.1.5.2 Hydrogéologie 81
III.3.1.5.3 Propriétés géophysiques 81
III.3.1.5.4 Fracturation et altération 81
III.3.1.5.5 Risque naturel et stabilité 81
III.3.1.5.6 Aptitude aux travaux 81

III.3.2 LES FORMATIONS DE LA COUVERTURE 81

III.3.2.1 LES FORMATIONS GLACIAIRES 82
III.3.2.1.1 Lithologie 82
III.3.2.1.1 Hydrogéologie 82
III.3.2.1.3 Granulométries..... 85
III.3.2.1.4 Limites d'Atterberg 85
III.3.2.1.5 Classification et propriétés 85
III.3.2.1.6 Sismique-réfraction 85
III.3.2.1.7 Risque naturel et stabilité 85
III.3.2.1.8 Aptitude aux travaux..... 86

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.2.2 LES EBOULIS 86
III.3.2.2.1 Lithologie 86
III.3.2.2.2 Hydrogéologie 86
III.3.2.2.3 Risques naturels 88
III.3.2.2.4 Aptitude aux travaux 88

III.3.2.3 LES CONES DE DEJECTION 88
III.3.2.3.1 Lithologie 91
III.3.2.3.2 Etudes de résistivité apparente ... 92
III.3.2.3.3 Hydrogéologie 92

CHAPITRE IV: CONCLUSIONS 93

IV.1 LES DONNEES ET LEUR EXPLOITATION 95

IV.1.1 La plaine 95
IV.1.1.1 Les différentes formations 95
IV.1.1.2 La nappe phréatique 96
IV.1.2 Les versants 96
IV.1.3 Les cônes de déjection 97

IV.2 APTITUDES A L'AMENAGEMENT ET RECOMMANDATIONS 97

IV.2.1 La plaine 97
IV.2.2 Les versants 98
IV.2.3 Les cônes de déjection 98

IV.3 CONTRIBUTION A LA CARTE GEOTECHNIQUE 98

IV.4 COMPARAISON AVEC UNE ETUDE SIMILAIRE EN AMONT DE GRENOBLE 98

IV.3.1 Les ressemblances 99
IV.3.2 Les différences 99

ANNEXES 101

ANNEXE I QUELQUES BREVES INDICATIONS SUR LES PARAMETRES UTILISES DANS CE RAPPORT 103

- L'analyse granulométrique et les coefficients granulométriques 103
- Le coefficient d'hétérométrie 103
- Le coefficient d'uniformité ou de Hazen 104
- Teneur en eau, porosité, densité sèche apparente, densité apparente humide 104
- Les limites d'Atterberg 104
- L'Equivalent de sable 106
- Teneur en matière organique 106
- Teneur en carbonate de calcium (calcimétrie) 106
- Cohésion C, angle de frottement interne φ 106
- Module de compressibilité Ev, coefficient de consolidation verticale Cv, indice de compression Cc, pression de consolidation 107
- Perméabilité K 107
- Résistivité d'un sol 107
- Vitesse sismique, célérité des ondes de choc dans le sol 107
- Résistance à la pénétration dynamique et statique 108
- Indice portant C.B.R.(Californian Bearing Ratio) 108
- Module pressiométrique E, pression limite Pl 108
- Force portante (maximale) 109

CLASSIFICATION DES SOLS D'APRES L.C.P.C et U.S.B.R. ..... 110 à 112

ANNEXE II LISTE SCHEMATIQUE DES COUPES DE SONDAGES ..... 113 à 124

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

TABLE DES CARTES

Cartes	Page
Carte des risques naturels	9
Carte des points de mesure	17 à 19
Isopaques de la Formation I	33
Classification des sols de la Formation Superficielle	37
Carte piézométrique du niveau maximal	41
Carte piézométrique du niveau minimal	43
Profondeurs minimales de la nappe sous le sol	45
Courbes de battement maximal	46
Isopaques de la Formation II	57
Isohypses du toit de la Formation III	58
Carte lithomorphologique	67 à 69
Carte clinographique	72

TABLE DES FIGURES

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: plalour@ujf-grenoble.fr

Figures — Pages

1. S.D.A.U. de la cluse de l'Isère 4
2. Moyennes mensuelle et bi-horaire des vents supérieurs à 2 m/s. 6
3. Seismicité dans le SE de la France 10
4. Coupes transversales 1 et 2..... 21
5. Coupes transversales 3, 4, 5, 6 22
6. Coupes transversales 7, 8, 9, 10 23
7. Coupes transversales 11, 12, 13, 14 24
8. Isère: débits moyens journaliersau pont Marius Contard 27
Drac : débits moyens naturels à la station du Monteynard..... 27
9. Mode de gisement de la Formation Superficielle 29
10. Formation Superficielle: situation granulométrique..... 31
11. Deux situations de la nappe dans le secteur de Voreppe..... 39
Deux situations de la nappe dans la zone du confluent...
12. Evolution du fond du lit de l'Isère..... 48
13. Formation II: situation granulométrique 53
14. Interprétation géologique des versants de la cluse de l'Isère..... 46
15. Le substratum: calcaires, alternances, marnes..... 74
16. Le substratum: grés et conglomérats..... 76
17. Coupes schématiques montrant la disposition de l'ensemble gréso-conglomératique sur le substratum calcaire..... 78
18. Granulométrie dans les grès tendres de Malossane..... 80
19. La couverture: le Glaciaire..... 83
20. Glaciaire. Répartition des courbes granulométriques..... 84
21. La couverture: les éboulis..... 87
22. La couverture: les cônes de déjection..... 89
23. Coupes transversales dans le cône de Saint Egrève..... 90
24. Le Foyer. Granulométrie dans les limons..... 90

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

CHAPITRE I :

INTRODUCTION

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

I.1 RAISONS DE L'ETUDE ET RESULTATS ATTENDUS

Depuis quelques années l'aménagement du territoire est en pleine expansion.

Le Plan d'aménagement organise de façon méthodique l'implantation au sol pour harmoniser, au bénéfice des régions, l'accroissement de leurs besoins avec leurs possibilités. Ainsi se trouve évité un développement anarchique ou même à contre sens, entraînant de pesantes contraintes sur la vie sociale.

Le rôle et la destination affectés au sol constituent le fond du principe. Une mauvaise répartition des terrains par suite d'une appréciation déficiente de leurs possibilités provoque une multiplication des charges et des dépenses publiques. Elle contrecarre l'ambition régionale.

Des cartes géotechniques paraissent peu à peu. Elles évaluent à l'avance les possibilités du sol ou du sous-sol selon de nombreux critères. Une cartographie aussi simple que possible réunit un ensemble de données et de résultats susceptibles d'être utilisés dans tous les cas où le terrain est sollicité : occupation des sols, extraction de matériaux, ouverture de tranchées, mise en place de conduites etc. Ces données sont en grand nombre et d'origines multiples.

Des procédés nombreux ayant été utilisés pour sa réalisation, beaucoup d'auteurs se sont penchés sur les modalités de la carte géotechnique. Parmi eux, R. Sanejouand fait le point sur la question. De même la brochure distribuée par le D.A.F.U. : "Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme" traduit le souci de systématiser les méthodes les plus applicables. Elles conseille un procédé pour l'étude des différentes étapes de l'urbanisation, notamment celle du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (S.D.A.U.).

Consciente du problème d'organisation qui se pose à la future région grenobloise, l'Agence d'Urbanisme de Grenoble a mis au point un programme du type S.D.A.U.

Notre propos est ici de mettre en évidence, tout en tenant compte des dispositions du S.D.A.U., un certain nombre d'éléments sous la forme du présent mémoire et des cartes qui l'accompagnent. Tout en utilisant l'ensemble des techniques classiques, appuyé par notre brève pratique des chantiers, nous nous sommes efforcé de constituer un document qui concilie à la fois la simplicité nécessaire à la compréhension par tous les corps de métier et la rigueur d'un travail de recherche spécialisé. Nous espérons y être parvenu dans cette synthèse que nous considérons comme une contribution à la carte géotechnique de la vallée de l'Isère.

I.2 LIMITES DE L'ETUDE

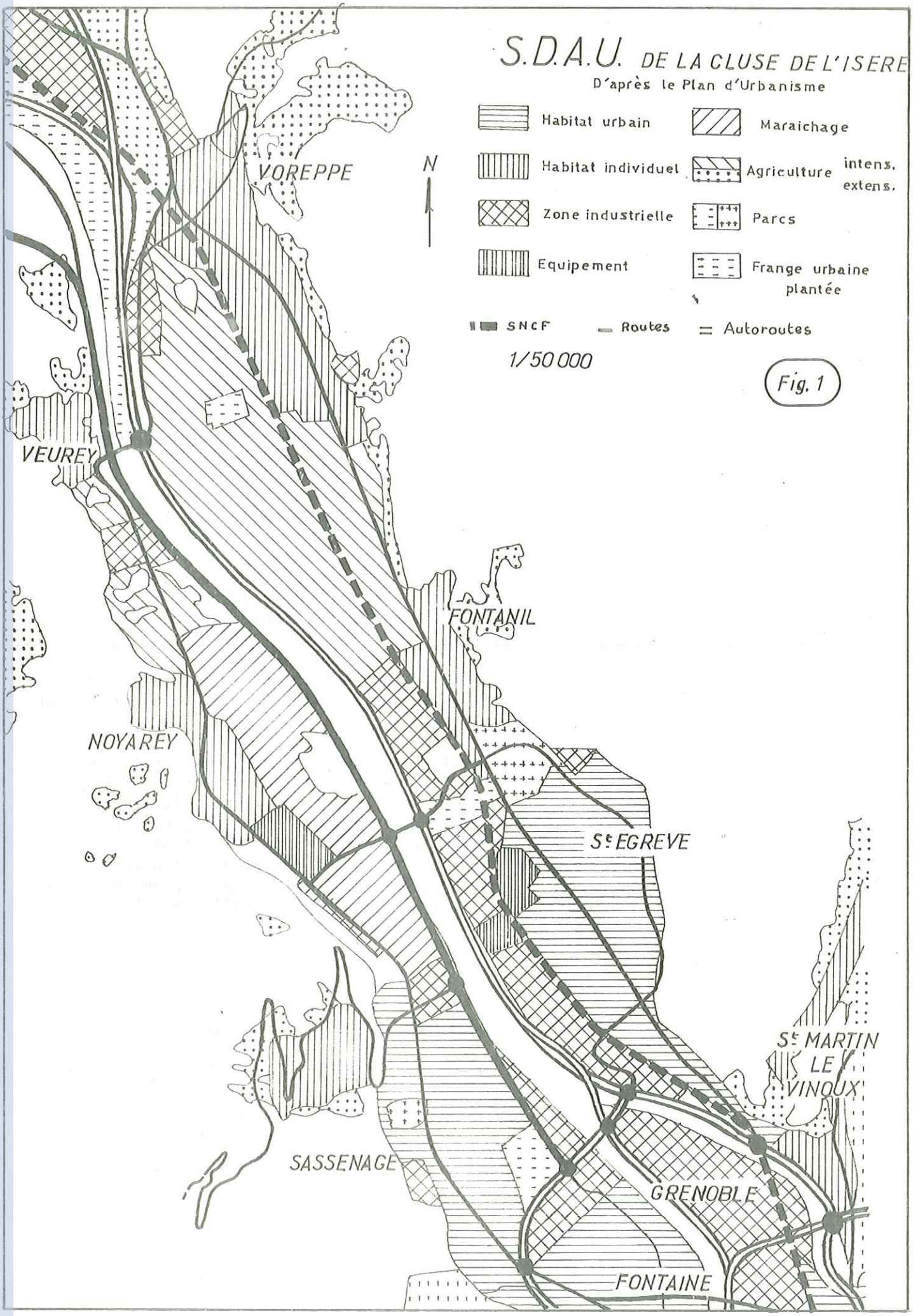
L'étude se situe à l'intérieur des limites suivantes :

- au N une ligne joignant le Bec de l'Echaillon au ravin du Bourget par la Crue de Moirans.
- au S une ligne reliant la Croix des Balmes à la Bastille.
- sur les versants, la courbe de niveau 450m, afin de rester à des hauteurs urbanisables en conservant l'exposition face à la vallée.

I.3 ORGANISATION DE L'EXPOSE

Après avoir succintement analysé les conditions du S.D.A.U. et

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



les modifications qu'il prévoit, nous passons en revue les caractères généraux de la Cluse.

Le chapitre II est consacré à la plaine, plus précisement à la partie supérieure du remplissage alluvial, y compris une étude de la nappe phréatique.

Le chapitre III est consacré à l'étude des versants.

Le chapitre IV est celui des conclusions.

En annexe I nous avons disposé un résumé des caractères géotechniques avec leurs définitions et quelques explications afin d'éclairer le lecteur que l'emploi de termes inaccoutumés pourrait dérouter.

En annexe II se trouve une liste numérotée des points de mesure. Les numéros sont ceux de la carte des points de mesure. Il s'agit pour chaque point d'une coupe géologique abrégée. Le lecteur désireux de procéder par communes aura ainsi directement sous les yeux les points qui les concernent.

I.4 LE SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME SUR LA CLUSE

Pour la cluse de l'Isère, le S.D.A.U. à long terme, paru en 1973, situe les zones citadines dans le S, c'est-à-dire à leur place actuelle, mais agrandies et améliorées. La moitié N de la Cluse reste sous l'influence agricole, avec deux pôles d'habitation privilégiés : un à Voreppe et sa région, dont la population devrait passer à 10 000 habitants ; l'autre à Saint-Egrève et sa région, dont la population atteindra 35 000 personnes.

Les formations géologiques de la plaine et des versants vont être le support de cette organisation. Quelles influences vont-elles exercer sur la répartition de l'habitat, quelles sont leurs qualités, où sont leurs défauts, quels risques entraînent-elles à l'égard de l'implantation d'un habitat élargi ? Telles sont les questions que nous allons nous efforcer de résoudre.

I.5 CADRE GEOGRAPHIQUE GENERAL

I.5.1 GEOGRAPHIE ET HABITAT

Les Préalpes calcaires des géographes, ou Chaînes subalpines des géologues, sont séparées des Massifs Cristallins par le sillon subalpin. Des couloirs transversaux les tronçonnent et les cluses mettent en communication le sillon subalpin avec le bas-pays.

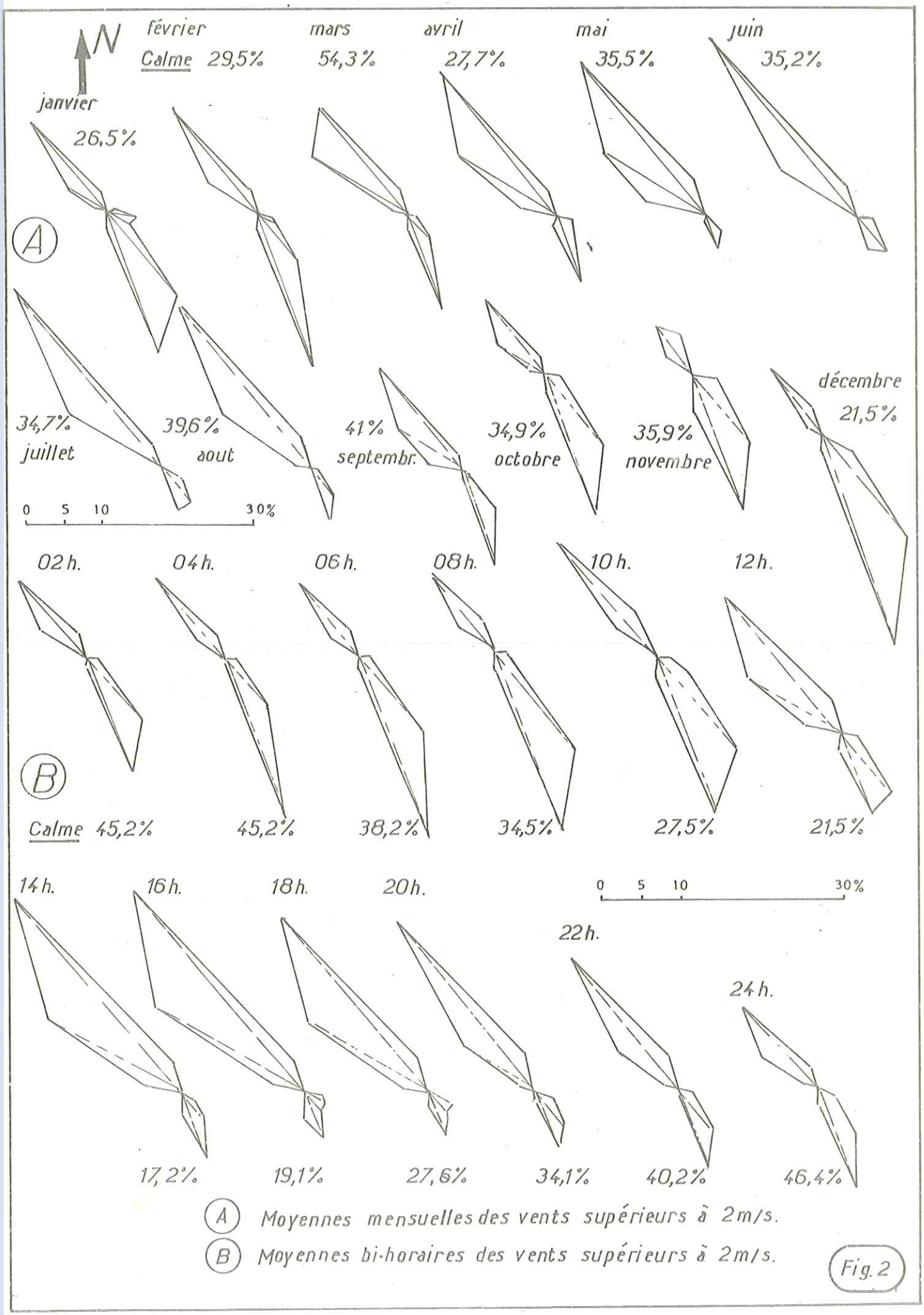
La cluse de l'Isère relie la région grenobloise à la plaine de Moirans. Elle constitue un diverticule oblique du Sillon alpin, représenté à ce niveau par la plaine du Grésivaudan. L'ensemble forme avec la plaine du Drac au S, une fourche centrée sur Grenoble.

C'est une entaille orientée NNW-SSE, entre les massifs de la Chartreuse au N et du Vercors au S. Ses flancs sont creusés de vallées raides cernées d'abrupts.

Les deux rives sont dissemblables. Selon R. Blanchard (1941) : "Le Vercors a résisté admirablement aux assauts de l'érosion. Le long de la profonde cluse de Grenoble, les plis peu élevés "cuirassés bas" du massif n'ont guère laissé de prise. Rien ne ressemble ici aux larges entailles monoclinales comme celle de Clémencière, béante au flanc de la Chartreuse ; à peine une petite vallée insinuée derrière Noyarey, au revers de la carapace tithonique, sous l'escarpement urgonien de la Dent du Loup".

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



(A) Moyennes mensuelles des vents supérieurs à 2m/s.

(B) Moyennes bi-horaires des vents supérieurs à 2m/s.

Fig. 2

De fait, au long de la rive droite, les cônes de déjection s'étalent largement, les vallées s'allongent dans l'arrière-pays ; cette rive, par son ensoleillement et ses surfaces bien accessibles, a bénéficié d'un peuplement beaucoup plus abondant qu'en rive gauche.

Le fond de la vallée est plat, large de 1500 à 3000m, long de 14 km. L'Isère y coule depuis 218 m d'altitude à la sortie de Grenoble, jusqu'à 189 m à la Crue de Moirans. Il est surtout occupé par des cultures ; des zones industrielles tendent à s'y développer.

Grenoble s'est établie au carrefour des voies de communication qui permettaient le déplacement des voyageurs et des produits alpins vers le S, le N.E et le N.W. Ces relations sont connues depuis les temps préhistoriques. Plus tard la ville romaine s'est adossée à l'Isère. En s'élargissant au cours du temps, l'agglomération a quitté les zones abritées des intempéries. Son extension dans la Cluse verra s'accroître l'influence des facteurs climatiques : vent, températures et précipitations.

I.5.2 CLIMATOLOGIE

I.5.2.1 Les vents

La figure I met en évidence la distribution et l'intensité des vents au cours de la journée et au cours de l'année. On constate que les mois froids et les heures froides marquent la prédominance des vents de S.E. Les mois chauds comme les heures chaudes montrent au contraire l'importance des vents de N.W.

Le régime des vents est donc marqué par un renversement périodique bi-quotidien. Au cours de la journée, c'est tantôt un vent de N.W. qui domine, tantôt de S.E selon la saison.

Le vent de N.W. s'établit en fin de matinée, atteignant son maximum vers 16 h. et cesse au début de la nuit. Sa vitesse est de 5 à 8 m/s à 15 h. C'est le "vent de vallée" canalisé par la Cluse. Il se détend à son extrémité N pour se répandre dans diverses directions.

La "brise de montagne" se produit lorsque la masse montagneuse est plus froide que la plaine. Ce sont les conditions des nuits d'été et des journées d'hiver. L'air froid s'écoule vers les basses altitudes et la brise conduit à une inversion de température. On constate le matin un léger vent du S le long du Drac et de S.E. le long de l'Isère. Il peut atteindre 4 à 5 m/s à 06 h. à Voreppe.

Cette circulation draine vers le bas-pays les masses d'air montagneuses depuis la Savoie en se chargeant tout au long de son parcours des poussières industrielles qui vont ainsi en s'accumulant.

Lorsque le régime général est au S, on peut avoir un vent de N.E. faible et turbulent, qui précède ordinairement un vent de S fort à très fort. Ce dernier provoque des variations de température et d'humidité.

I.5.2.2 Les températures

Par suite de l'orientation de la Cluse, la rive droite présente une exposition plus intéressante que celle de la rive gauche. Dans les vallées affleurantes,il existe aussi un contraste entre adrets et ubacs. Ceci, ajouté au relief plus facilement pénétrable et exploitable en rive droite a entraîné sur le secteur Voreppe-Saint-Egrève une population plus nombreuse dans un système d'habitat essentiellement individuel.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Néanmoins par suite d'une ventilation plus importante, les moyennes sont légèrement plus basses que dans le Grésivaudan.

I.5.2.3 Les précipitations

Si l'on compare les totaux pluviométriques depuis 1969, la pluviosité "est assez irrégulière. Dans l'ensemble c'est le mois de janvier qui semble le plus régulier... Les maxima peuvent se déplacer sur tous les autres mois sauf juillet, août et septembre. Une part importante des précipitations tombe sous forme de neige" (M. Jail 1972).

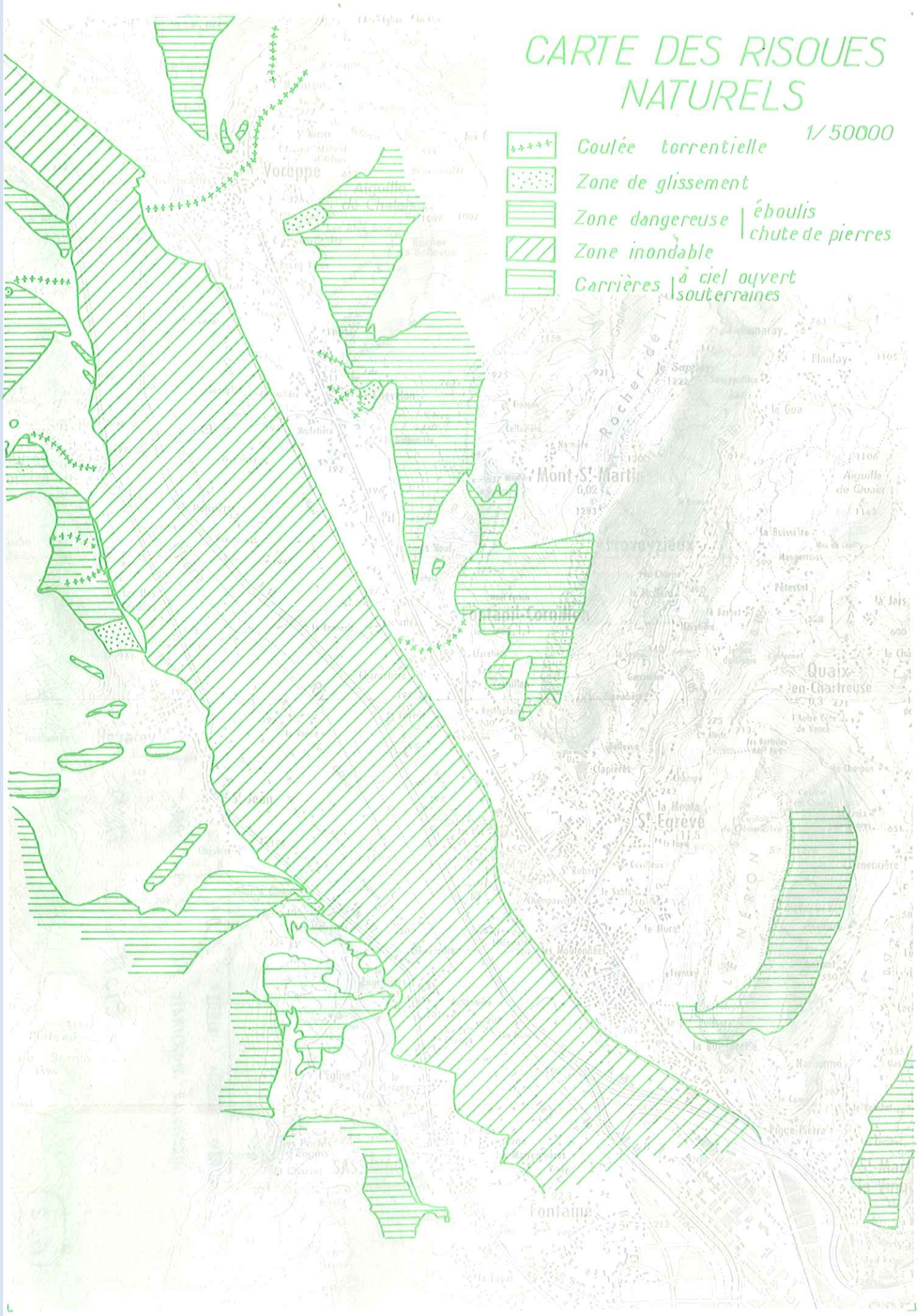
Une étude comparée des totaux des moyennes pluviométriques mensuelles en millimètres d'eau, réalisée pour les trois stations de Moirans, le Fontanil, Grenoble - Saint Martin d'Hères de 1969 à 1973, montre que la Cluse a une pluviosité légèrement plus importante que Grenoble pour tous les mois de l'année sauf novembre et que les mois d'été sont moins arrosés que dans la région de Moirans.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station de Moirans												
1969	84	-	-	67	104	216	119	77	54	2	126	80
1970	74	139	157	188	79	103	25	66	77	71	142	57
1971	81	40	156	137	128	193	113	122	26	27	166	10
1972	77	153	73	84	68	158	123	87	38	57	96	56
1973	80	64	16	88	64	138	237	65	111	49	61	36
Totaux	396	-	-	564	443	808	597	417	206	206	591	239
Station du Fontanil												
1969	79	93	85	99	90	213	107	91	76	3	152	118
1970	80	202	155	199	112	129	73	68	59	95	124	73
1971	73	60	155	180	77	151	38	104	58	30	160	8
1972	101	169	57	76	71	110	48	89	68	65	93	55
1973	86	101	33	119	66	174	226	76	101	45	73	54
Totaux	419	625	485	673	416	727	492	428	359	238	562	308
Station de Grenoble - Saint Martin d'Hères												
1969	86	61	68	81	68	144	61	81	59	2	156	76
1970	78	191	129	148	66	77	19	63	71	98	128	59
1971	65	41	156	123	66	147	56	71	44	22	194	6
1972	67	111	68	68	49	100	66	54	60	61	98	45
1973	71	86	23	94	63	93	274	54	83	56	61	37
Totaux	367	490	444	514	312	561	476	323	317	239	647	223

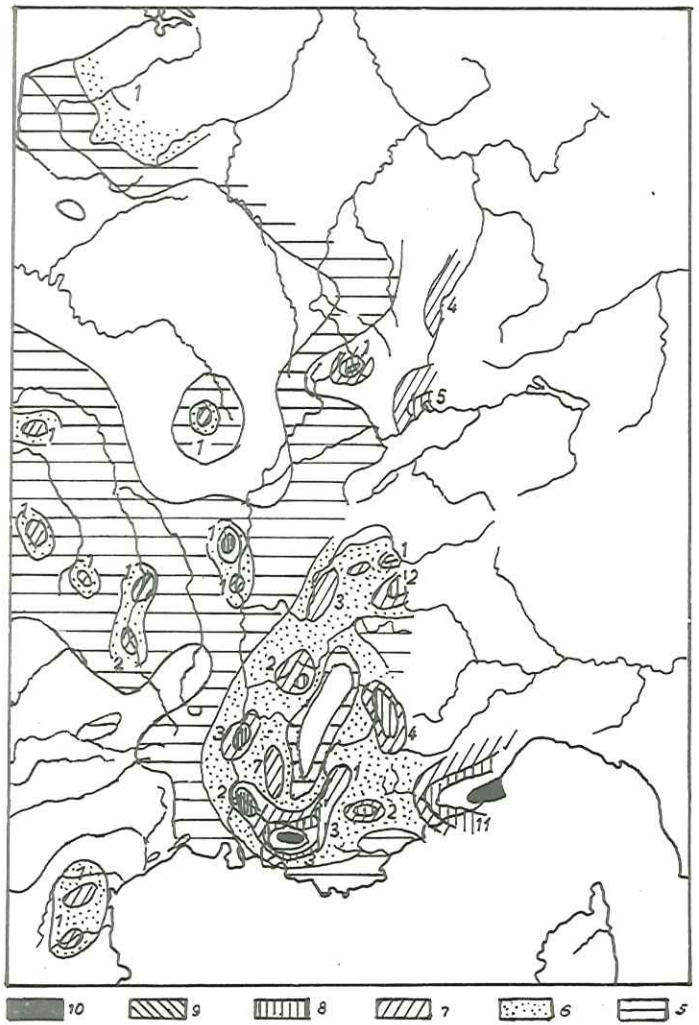
Totaux comparés des moyennes pluviométriques mensuelles en mm d'eau

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

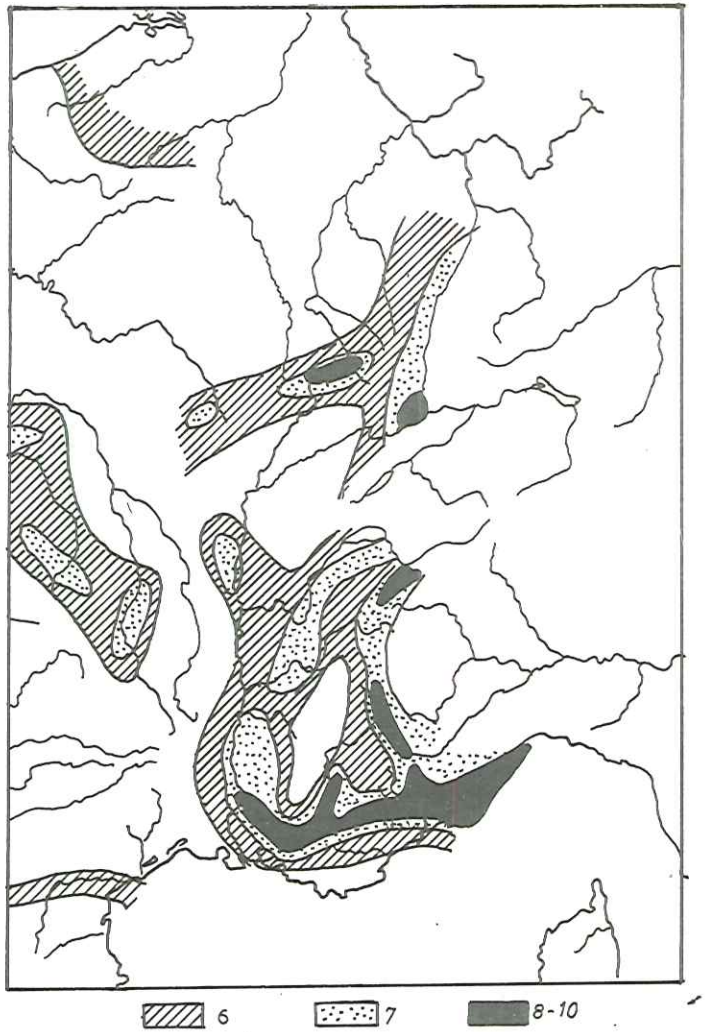
tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



Intensité maximale observée en France



Intensité maximale probable

Seismicité dans le S.E de la France

Fig. 3

(D'après J.P. ROTHE)

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

I.6 LA CLUSE ET LES SEISMES

Dans les Alpes occidentales se manifeste une importante activité sismique. Par le fait, c'est tout le S.E. de la France qui est concerné.

La carte des intensités maximales observées en France (d'après J.P. Rothé), indique que la Cluse se trouve sur un secteur où l'intensité a atteint le degré 7. Un aménagement dans cette zone doit donc tenir compte des prévisions que l'on peut avancer en matière de séisme.

La carte des intensités maximales probables place la Cluse dans le domaine de l'intensité de degré 7. (Figure 3). "La probabilité d'apparition d'un séisme destructeur d'importance minimale dans un certain intervalle de temps T" pour la région S.E. de la France est (C. Radu) :

T = 10ans	T = 30	T = 50	T = 100	T = 150	T = 200
63,7%	95,2%	99,4%	100%	100%	100%

On sait que lors d'un séisme, les amplitudes sont plus fortes pour un sol meuble que pour le rocher. Les alluvions quaternaires de la plaine, par leur continuité et leur épaisseur, sont plus directement menacées que la couverture superficielle des versants. Les constructions en plaine et sur les cônes auront à souffrir plus que celles placées sur les deux rives.

Ainsi il serait bon de veiller, au cours du nouvel aménagement, à l'application des règles parasismiques qui recommandent, entre autres précautions, des fondations aussi profondes que possible, en évitant les terrains gorgés d'eau, les remblais, les éboulis.

I.7 LA CARTE DES RISQUES NATURELS

La carte que nous donnons (figure 4) est un document préalable. Dans la suite du rapport il y est souvent fait allusion.

Cette carte résulte de la réunion dans un même plan des cartes de risques naturels établies par la Direction Départementale de l'Agriculture au 1/25 000 ou au 1/20 000, pour les Communes situées en bordure de la Cluse (exception faite pour la Commune de Saint-Egrève).

Enfin, le document au 1/50 000 que nous produisons est une synthèse sans caractère officiel et en aucun cas ne pourrait servir de référence pour le réglement d'un litige.

Les cartes de risques sont établies soit à partir d'enquêtes auprès des habitants et des services compétents qui connaissent les problèmes locaux, soit, quand cela est possible, à partir de documents : photos aériennes, cartes d'avalanches, cartes géologiques... Leur but est de figurer des zones où le risque rend certaine la ruine partielle ou totale de toute activité mise en oeuvre sans précautions préalables.

Ces risques sont divers. La carte distingue :

- sur la plaine, des risques d'inondation. La zone inondable se situe entre le pied du versant W et la voie ferrée qui fait alors office de digue. "Un décret du 13 janvier 1950 a fixé le périmètre de la surface submersible de l'Isère,

établi par les ingénieurs du Service de l'Aménagement de l'Isère. A l'intérieur de ce périmètre, un réglement du Ministère des Travaux Publics définit les normes à respecter, notamment quant aux haies et clôtures qui pourraient faire obstacle à un écoulement des eaux".

- sur les versants :

a) des zones de glissement comme à Gachetière et au Chevalon.
b) des zones dangereuses par la présence d'éboulis instables, de chutes de pierres et de blocs (le risque d'avalanche est absent de notre secteur).
c) des couloirs de coulées torrentielles où les écoulements peuvent prendre l'allure de véritables lames d'eau charriant des blocs.
d) des zones d'emplacement de carrières souterraines comme aux Engenières.

Rappelons que "la construction sur des terrains exposés à un risque naturel tel que inondation, érosion, affaissement, éboulements, avalanches, peut, si elle est autorisée, être subordonnée à des conditions spéciales" (décret n° 61-1298 du 30 novembre 1961, article 3).

Il a été proposé (Y. Tachker 1974) :

1- Pour les zones inondables :	des mesures de protection définies lors de la demande éventuelle de permis de construire.
2- Pour les couloirs de crues torrentielles .....:	une interdiction de la construction sur 25 m de part et d'autre de l'axe du ruisseau.
3- Pour les glissements de terrain .....:	d'interdire construction et terrassement.
4- Pour les chutes de pierres:	d'interdire la construction.

---

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

CHAPITRE II :

LA PLAINE

II.1 METHODOLOGIE

II.1.1 LA METHODE

Dans un milieu alluvionnaire comme celui de la plaine de l'Isère, les caractéristiques du sous-sol susceptibles de varier verticalement et horizontalement sont nombreuses : granulométrie, minéralogie, épaisseurs. Certaines de ces variations se font sentir au niveau de l'échantillon comme sur des distances de plusieurs kilomètres. Selon le type de projet à mettre en place, son urgence, on cherche a obtenir la meilleure représentativité des résultats obtenus ; ceci implique le choix des caractéristiques et l'ampleur des moyens à mettre en oeuvre comme le choix et le nombre des essais et mesures à réaliser.

Une fois les caractéristiques sélectionnées, l'étude de leur domaine de variation nécessite un nombre de mesure plus ou moins important. Si ce nombre est très petit, l'image qui en résulte ne donne aucune précision quant aux points particuliers: les volumes des matériaux homologues auront un contour fruste et schématique. Par contre une étude détaillée, fine et élaborée nécessitera sur la même surface de reconnaissance un volume de mesures plus important. Par exemple, nous constatons que les études de fondation sur la plaine utilisent une reconnaissance très poussée quand le terrain est à priori défavorable et le contexte géologique peu connu dans le détail.

Le nombre de points de mesure exigé pour l'étude d'un volume dépend donc du niveau de précision souhaité. En ce sui nous concerne, avec les mesures que nous avons obtenues, quel niveau de précision atteignons nous ? Quelle est l'échelle correspondante et que représentons-nous ?

II.1.2 LA MISE EN PRATIQUE

Nous nous sommes efforcé de réunir le maximum de documentation sous forme de sondages, essais de laboratoire ou en place etc. Les données résultent d'une active recherche de documents auprès des organismes publics ou privés. C'est l'originalité de cette étude que d'en faire la synthèse sur la Cluse.

Le plus souvent ces indications proviennent d'études ponctuelles détaillées, où le nombre de mesures sur une faible surface est important. D'autre part, ces études peuvent être séparées par de grandes distances et ainsi la répartition des données n'est plus homogène. Enfin sur une même étude, plusieurs sondages, dont les différences de détail sont importantes au regard de la fondation, peuvent être à notre échelle considérés comme identiques. Au vu des coupes géologiques, nous n'avons donc conservé que les sondages "représentatifs" du lieu, c'est-à-dire ceux dont la coupe symbolise une tendance générale dans la disposition des alluvions, ou de l'un de leurs caractères, à l'intérieur d'un certain volume. Ce volume ainsi défini va coexister avec d'autres, différents et symbolisés par d'autres sondages représentatifs choisis sur le même critère.

Les points de mesure étant portés sur la carte, on constate qu'en moyenne, leur écartement varie entre 100 et 300m. C'est donc le niveau de précision que nous pouvons attendre du type des données si nous voulons rester homogène dans notre description. Il s'agit d'un mode de traitement des données qui est propre à cette étude. En effet, les études détaillées de base montrent que dans les gisements lenticulaires, les différences de nature peuvent se révéler entre deux points séparés de 50m, avec des contextes minéralogiques et mécaniques différents. Il est probable que des études encore plus fines décèleraient des variations beaucoup plus détaillées.

A notre niveau, c'est la nécessité de rester homogène dans la répartition des données d'une part, mais aussi la condition impérative de rester aussi près que

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

possible de l'étude du S.D.A.U., établie au 1/50 000, qui nous dicte notre démarche. Aussi avons-nous opté pour le 1/25 000 lors du tracé de la carte d'interprétation des données (cartes de facteurs). C'est pour des questions de mise en page que ces dernières sont réduites ici au 1/50 000.

Le plus souvent les résultats acquis concernent des zones déjà observées. Mais il arrive que certaines parties, restées agricoles, n'aient fait l'objet d'aucune recherche. Aussi, lorsque des données complémentaires s'imposaient, avons nous exécuté nous-même un certain nombre de mesures de géophysique électrique (42 sondages en résistivité apparente) avec leurs interprétations, sur l'appareil Stratascout R.40 de l'Institut.

Les coupes des sondages consultés sont détaillées en une série de faciès superposés. La diversité de leurs origines laisse penser que les interprétations et les coupures de faciès vont varier suivant les observateurs. Nous sommes dans l'obligation de ne pas en tenir compte, car il nous est impossible de savoir dans quel sens vont cette variation et les omissions relatives.

Les cartes de facteurs représentent donc une interprétation des données recueillies qui fait leur part aux incertitudes et aux restrictions que nous venons d'exposer ; elles ne peuvent prétendre qu'à suggèrer une idée directrice ou une tendance générale, par ailleurs conforme à l'esprit du S.D.A.U. Aussi est-il rappelé sans équivoque que ces cartes, comme le présent mémoire, ne sauraient être considérés, s'agissant d'un point précis de la plaine ou des versants, comme une source de documentation en elle-même suffisante. L'intérêt de ces documents est d'influer sur le choix des moyens techniques appropriés à une reconnaissance du sous-sol, mais ils ne sauraient en aucun cas se substituer à celle-ci.

II.1.3 LA CARTE DES POINTS DE MESURE

Sur cette carte sont portés les sondages représentatifs résultant de la recherche de documents et ceux qui sont issus de campagnes personnelles sur le terrain. Les points sont numérotés de 1 à 424. Nous avons distingué les sondages mécaniques des sondages électriques. Une notice, en annexe II, en donne les coordonnées et un résumé très bref de la coupe géologique.

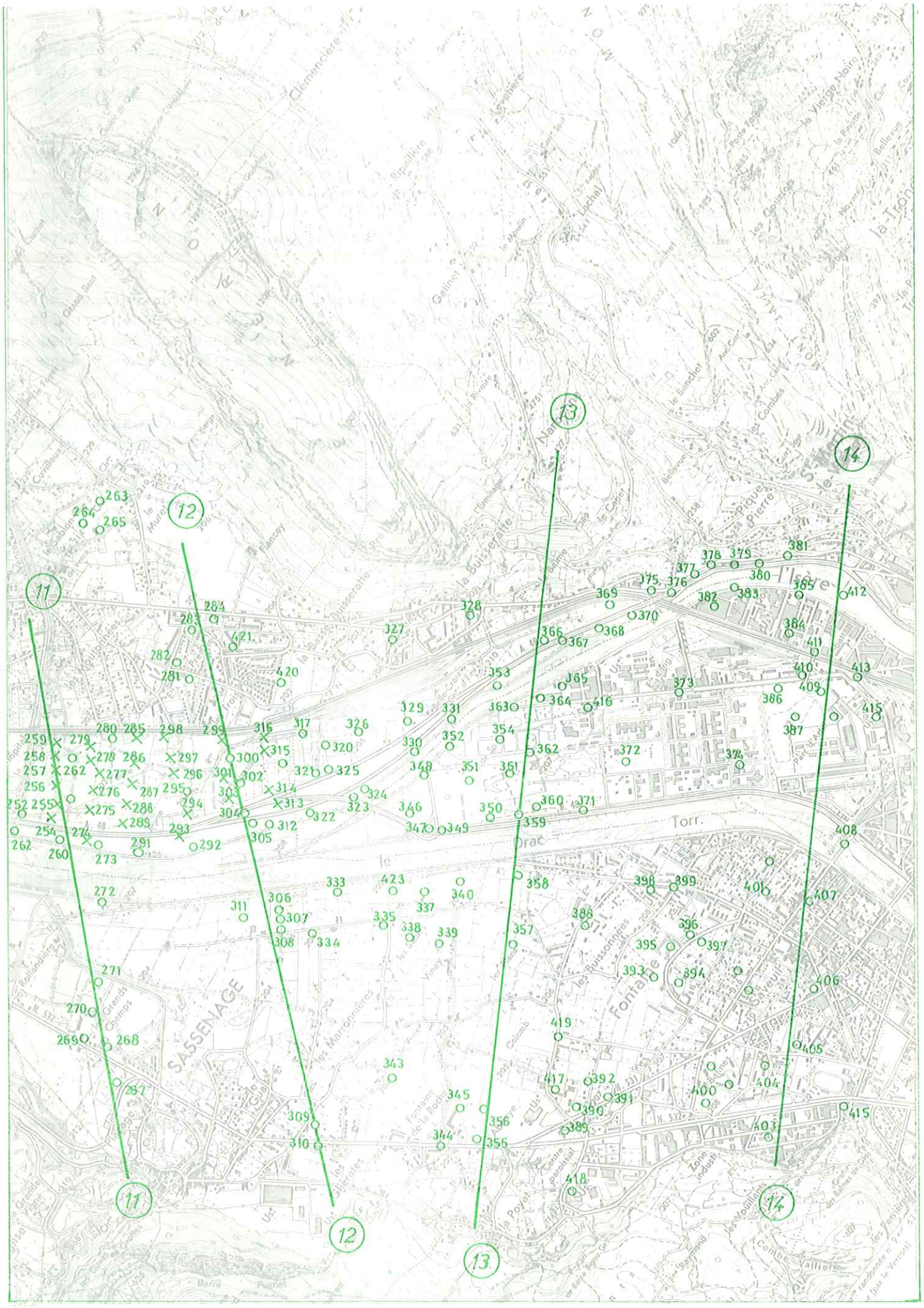
En fait, malgré le nombre des données, nous n'avons pas pu obtenir une répartition aussi uniforme qu'il eut été souhaitable : la distribution des points de mesure reste influencée par les techniques de reconnaissance et par le but qu'elles cherchaient à atteindre.

On pourra constater que la reconnaissance ne concerne dans la partie N que des lignes parallèles orientées perpendiculairement à l'axe de la vallée, tandis que dans la partie S l'uniformité est acquise. Afin de ne pas avoir à compléter cette répartition jusqu'à obtention d'un quadrillage régulier, ce qui demanderait un grand nombre de mesures complémentaires, nous avons préféré nous en tenir au principe que, dans un remplissage alluvial, une représentation par une série de coupes transversales assez rapprochées est suffisamment évocatrice. Quand cela était possible, nous avons construit ces coupes en passant par le plus grand nombre de sondages existants, les vides qui subsistaient entre eux étant si nécessaire, comblés par des sondages d'appoint. Enfin, lorsque deux lignes étaient par trop écartées, nous avons créé dans l'intervalle, une ou deux lignes intermédiaires entièrement nouvelles. Nous obtenons ainsi un échelonnement régulier de 14 coupes (voir implantation sur la carte des points de mesure). Les sondages situés entre ces plans servent de relais et en cartographie influent sur la forme et sur la dimension des surfaces de mêmes propriétés.

Compte tenu d'une part de ce que les alluvions de l'Isère doivent correspondre au type alluvial bien connu par ailleurs et d'autre part que l'échelonnement des coupes transversales est suffisamment explicite pour cette sorte de structure,

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



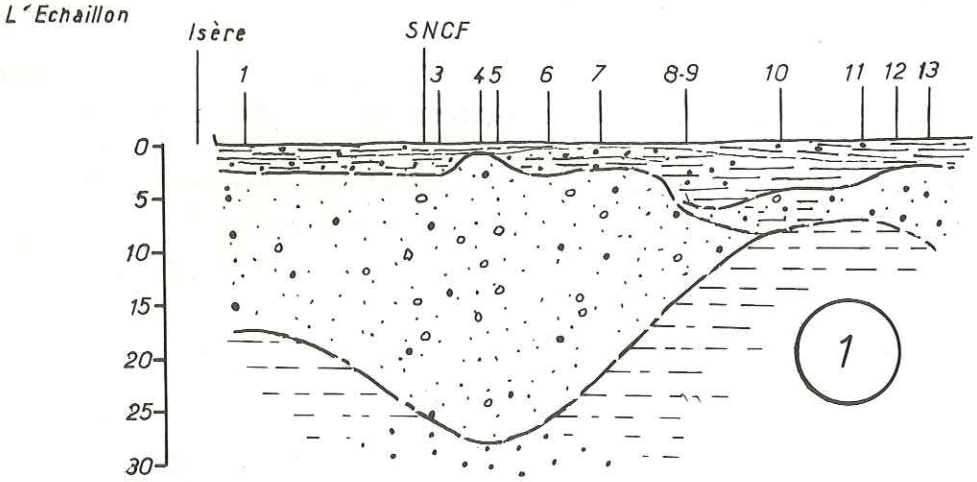
tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

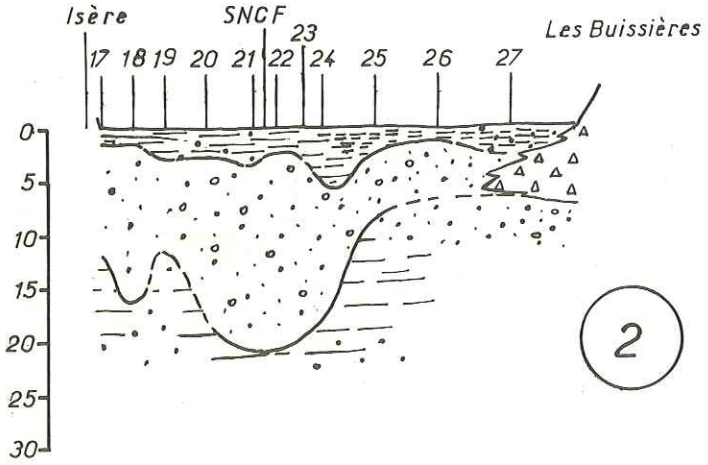
CARTE DES POINTS DE MESURE

COUPES TRANSVERSALES

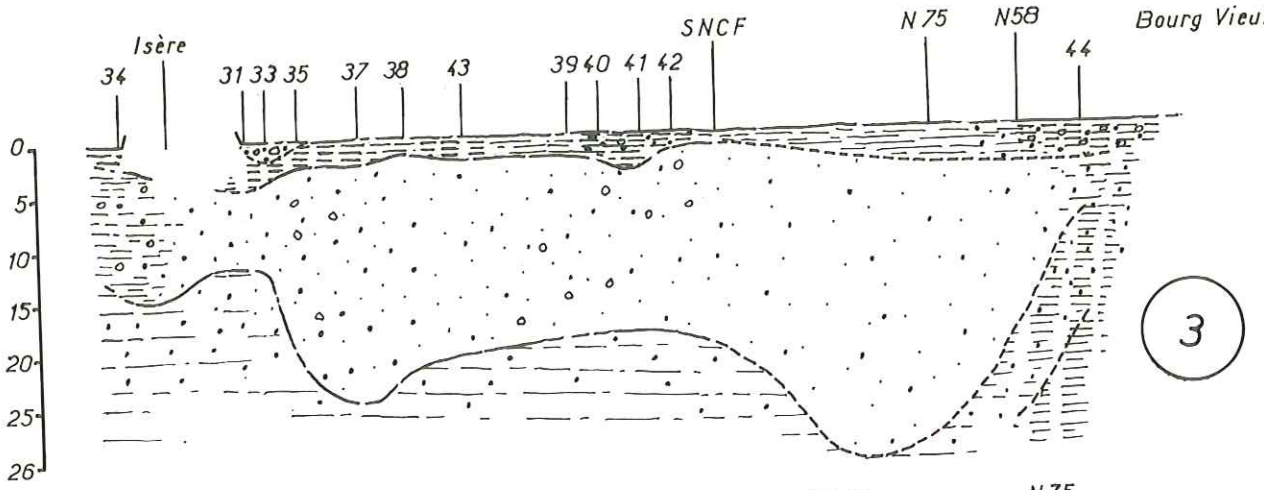
Légende :

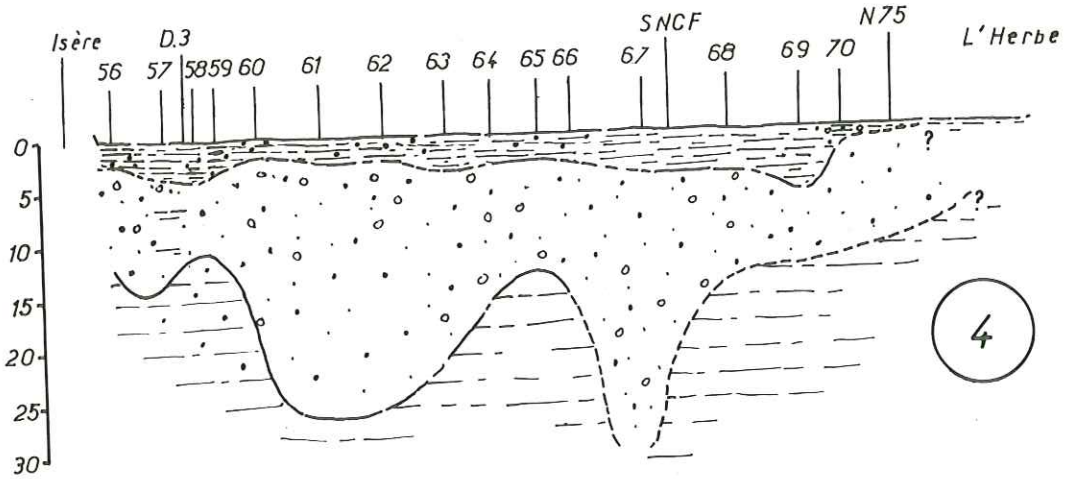
- *Eboulis*
- *Argiles*
- *Limons*
- *Sables*
- *Sables, galets, graviers*
- *Argiles bleues*

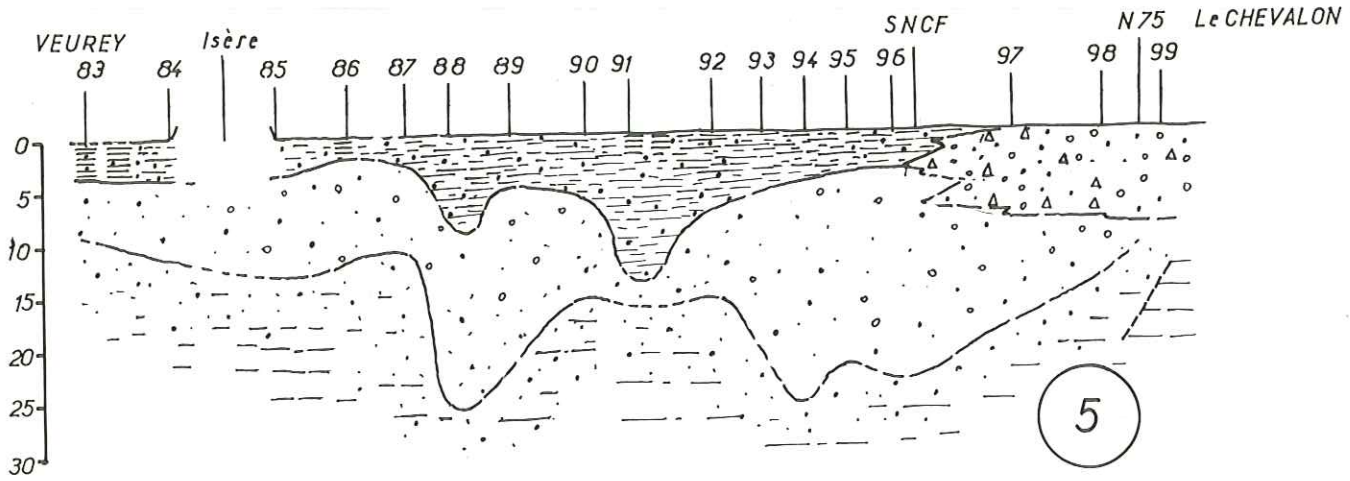


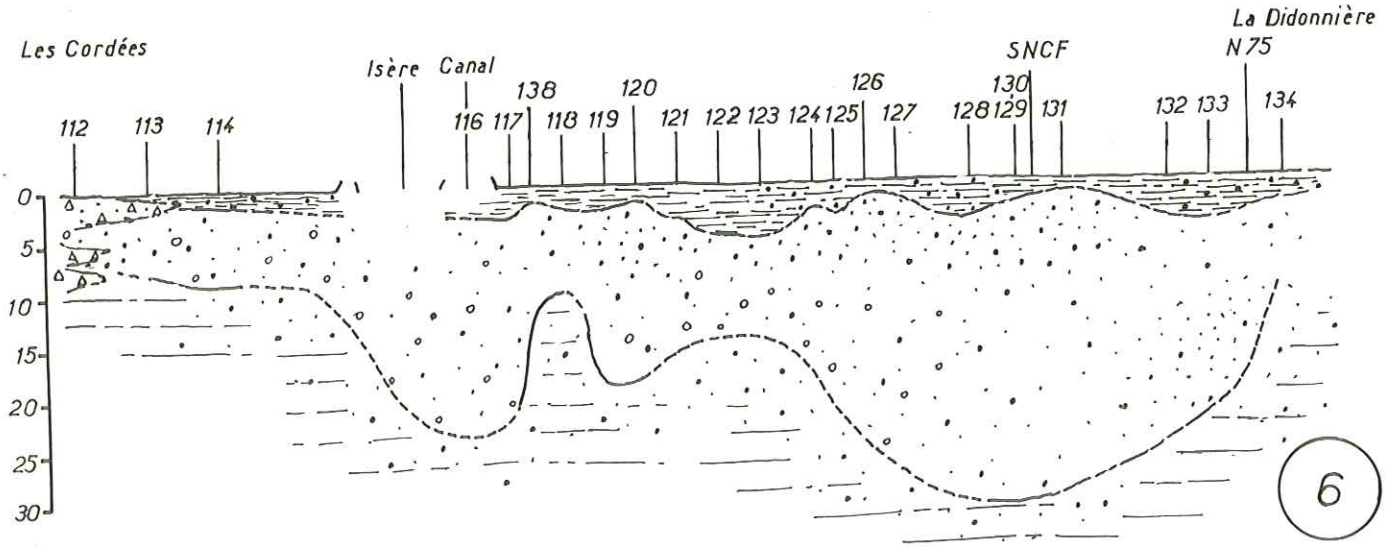


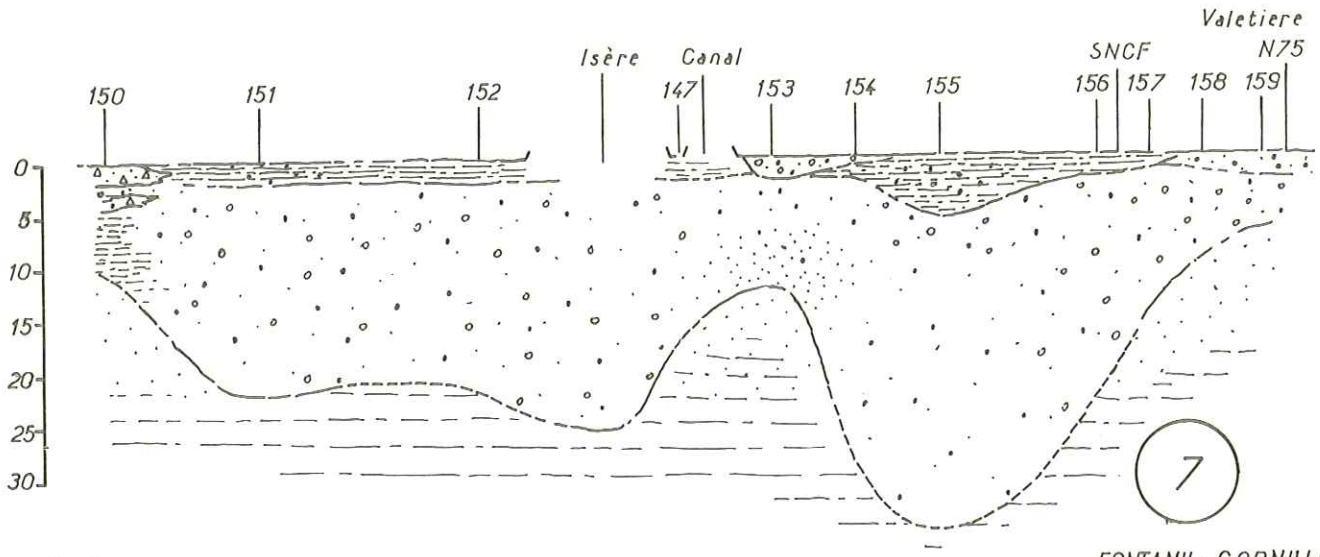
tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

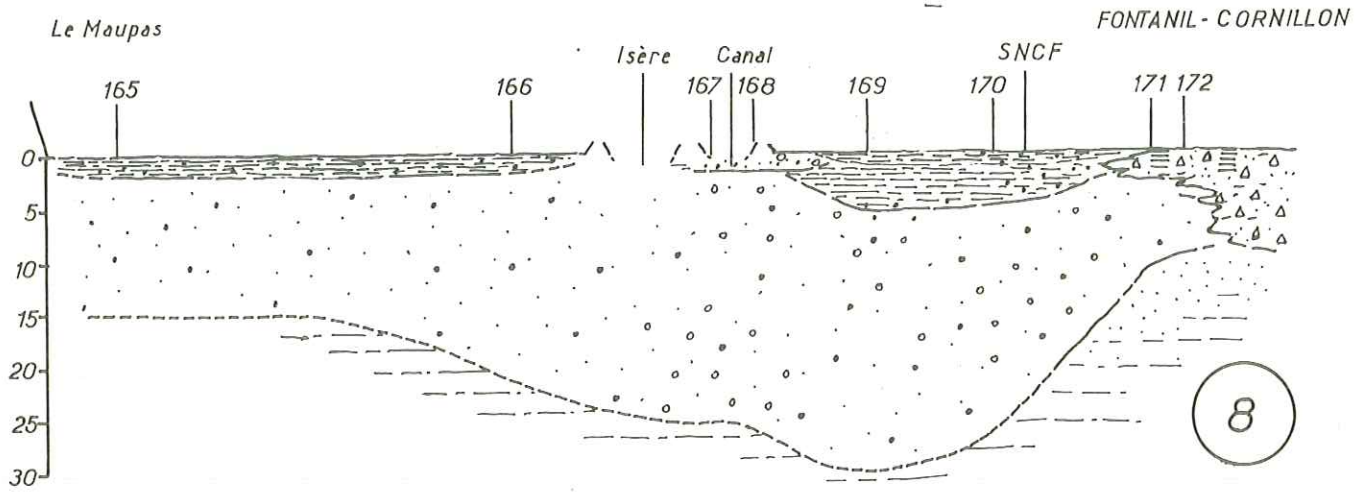


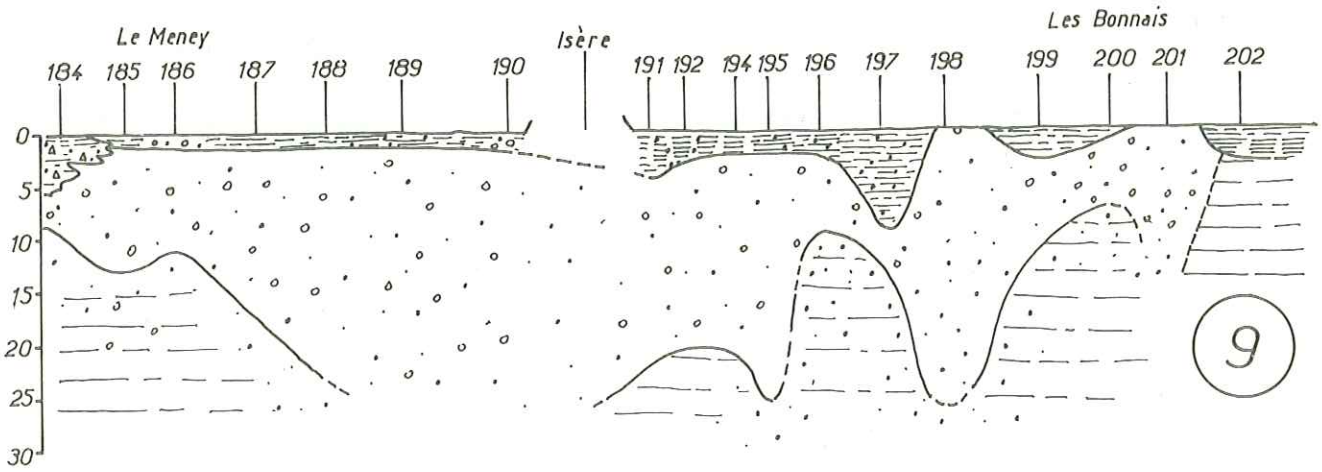


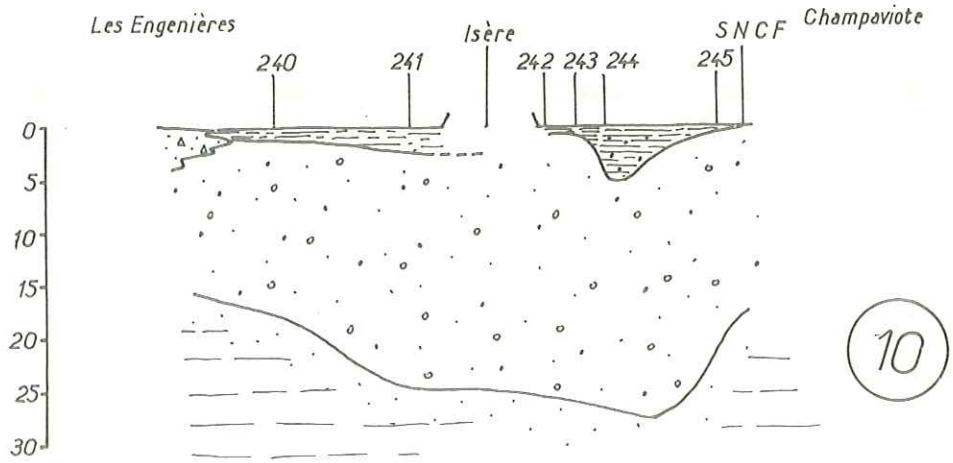






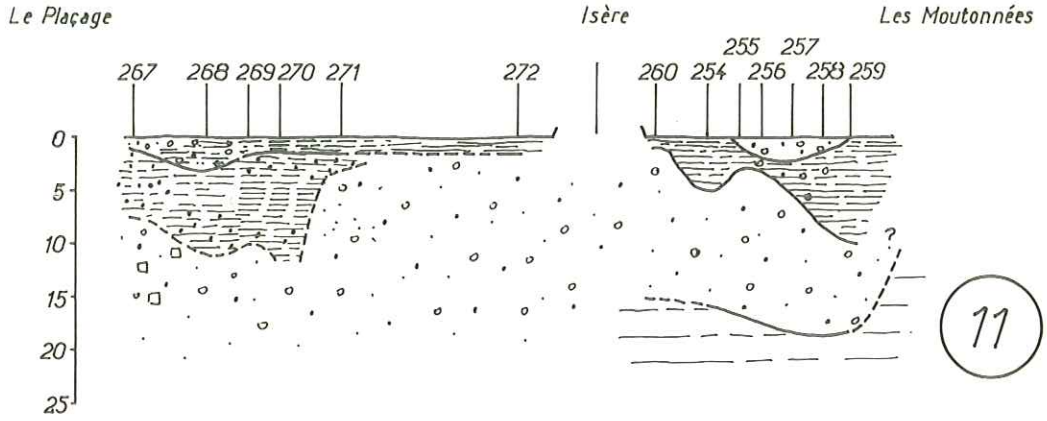


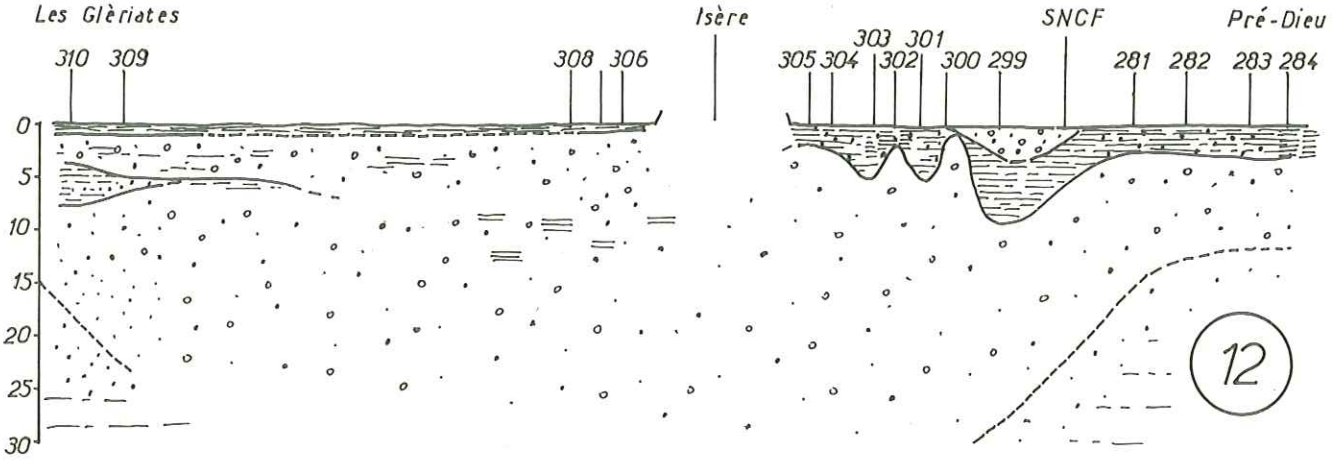


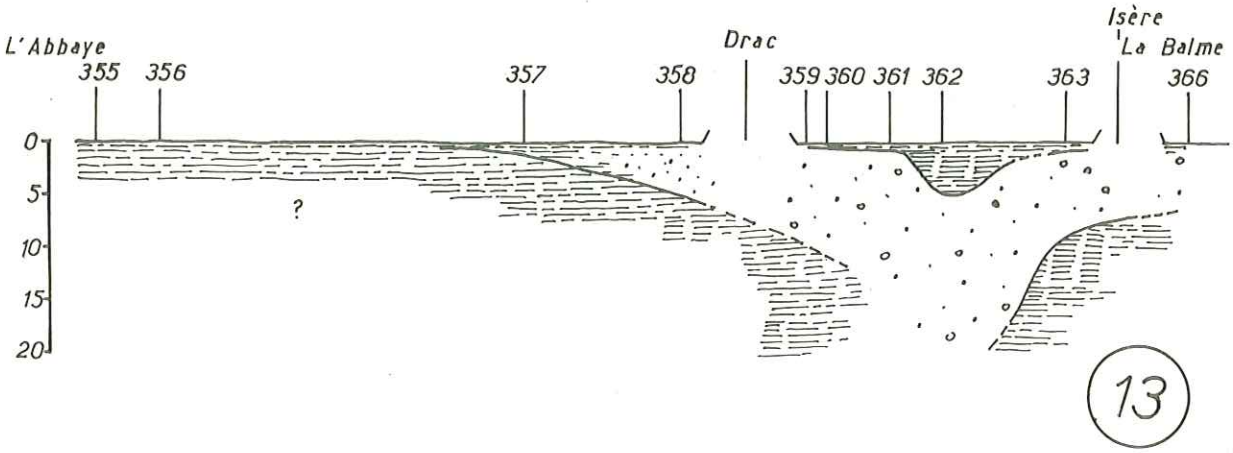


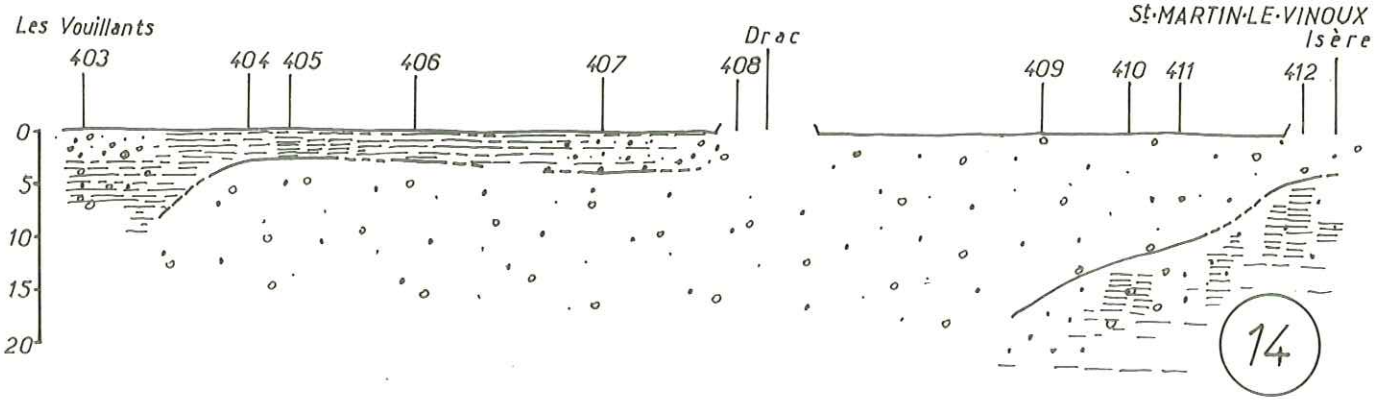
tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011









nous considérons que l'homogénéité dans la répartition des données reste garantie ainsi que l'esprit de la méthode dans l'application que nous en avons faite.

II.2 LES DIFFERENTES FORMATIONS

L'examen des données confirme le schéma de constitution de la vallée, du moins pour les couches supérieures, de 0 à -50 m.

On trouve successivement de haut en bas les limons superficiels, puis une série de graves et enfin des argiles plus ou moins sableuses.

Cet étagement est connu depuis longtemps des utilisateurs, mais seulement en un certain nombre de points où se cantonne l'habitat ; on ignorait alors comment se répartissaient ces trois couches à l'affleurement et à l'intérieur de la tranche alluviale concernée. Cette connaissance ne pouvait être obtenue qu'après la synthèse de toutes les recherches entreprises. C'est donc le but de cette étude pour la partie plaine.

Nous distinguons trois formations superposées :

a) La formation superficielle ou Formation I
b) La formation des sables graviers et galets ou Formation II et Aquifère
c) La formation des argiles bleues ou Formation III

Les 14 coupes transversales mettent en évidence la succession et les importantes relatives des trois formations. Pour plus de commodité et compte tenu des distorsions qu'entraîne l'utilisation d'une échelle verticale disproportionnée, nous avons considéré la plaine comme une surface plane sensiblement horizontale.

Confrontées aux cartes d'isopaques (voir les cartes correspondantes) ces coupes permettent une vision en trois dimensions des formations décrites.

II.3 LES FORMATIONS SUPERFICIELLES LIMONEUSE (FORMATION I) ET GRAVELEUSE

II.3.1 RAPPELS SUR L'HYDROLOGIE DE L'ISERE ET DU DRAC

Les limons alluviaux d'inondation de la Cluse doivent leur origine aux anciennes divagations du cours de l'Isère. La rivière canalisée entre ses berges rectilignes ne déborde plus sur la plaine ; cependant son cours est un élément capital du site. D'autre part l'Isère joue un rôle régulateur sur sa nappe. Enfin c'est le grand collecteur qui évacue outre les débits des torrents affluents, dont le Drac constitue le plus important, les eaux usées des agglomérations qui s'échelonnent le long de son cours.

II.3.1.1 Le régime de l'Isère

En amont du confluent Isère-Drac, la rivière draine un bassin versant de 5780 km2.

Etant donné sa pente et sa charge, l'Isère exhausse lentement son lit. Cependant ce lit n'est plus aussi rapidement encombré qu'autrefois, du fait des barrages installés en amont (leur influence est faible) mais surtout des prélèvements effectués dans les alluvions comme des barrages installés sur le Drac. Le lit de la rivière s'est abaissé et cela n'est pas sans conséquence sur le niveau de la nappe.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

"L'Isère est entièrement calibrée entre deux digues espacées de 200 m environ et s'écoule en grandes lignes droites... La pente du lit passe de 1,3 mm/m au confluent avec le Drac à 0,6 mm/m au seuil de Saint-Gervais" (R. Blanic 1974).

La courbe moyenne des hauteurs d'eau qui prend en compte les mesures faites du 1er janvier 1929 au 31 décembre 1958 montre une poussée maximale marquée entre les mois de mai et juin (crue nivale renforcée par le ruissellement) ; puis vient une pénurie estivale d'autant mieux marquée que la crue nivale a été plus rapide. Enfin une nouvelle poussée se situe dans le dernier trimestre du fait de l'absence d'évapotranspiration et des fortes pluies pouvant entraîner des crues subites.

Des pointes brutales dues à l'abondance des précipitations peuvent aussi se manifester à tout moment de l'année.

La courbe des débits moyens journaliers au Pont Marius Gontard (figure 8) suit ce rythme. Cependant la poussée automnale n'a pas eu lieu en 1971.

Les valeurs des débits obtenus sont :
- débit d'étiage : 70 m3/s
- débit moyen : 200 m3/s
- débit de crue : 1100 m3/s

II.3.1.2 Chimie des eaux de l'Isère

Les eaux de l'Isère sont bicarbonatées sodiques, faiblement minéralisées (résistivité entre 2000 à 3000 0/cm), pauvres en chlorures (40 mg/1), à teneur en sulfates assez élevée (80 mg/1 en hautes eaux et 140 mg/1 en basses eaux), de dureté 20 à 30 degrés français. (in B. Lacroix 1971).

	DHT	TAC	HCO_3	NO_3	Cl	SO_4	Ca	Na	Mg	K
10-11/12/68	31,2	13	146	1,2	13	165	95	7,8	18,3	1,25
1-2 /07/69	24,6	10,2	124	0,9	8	116	73	11	2,8	1,1
22-23/04/70	25	12,7	155	2,7	7,5	88	82	5,6		1,6
12/70	28	11,2		1,3	10,5	138	91	11		1,19

DHT : degré hydrotimétrique (teneur en CO_3Ca)
TAC : titre alcalimétrique complet

Alors qu'autrefois le DHT variait notablement en fonction de la saison - de 13° à 39° de l'été à l'hiver (Ch. Lory 1867) - actuellement cette variation est de 1° à 2° seulement. Il faut donc que les apports des eaux usées industrielles masquent les variations saisonnières. L'ensemble de la composition chimique donne l'impression d'une grande stabilité. (B. Lacroix 1971).

II.3.1.3 Le régime du Drac

Des retenues régularisent le cours du Drac : le Sautet, Saint-Pierre, le Monteynard. Sur le cours de la Romanche se trouve le Chambon.

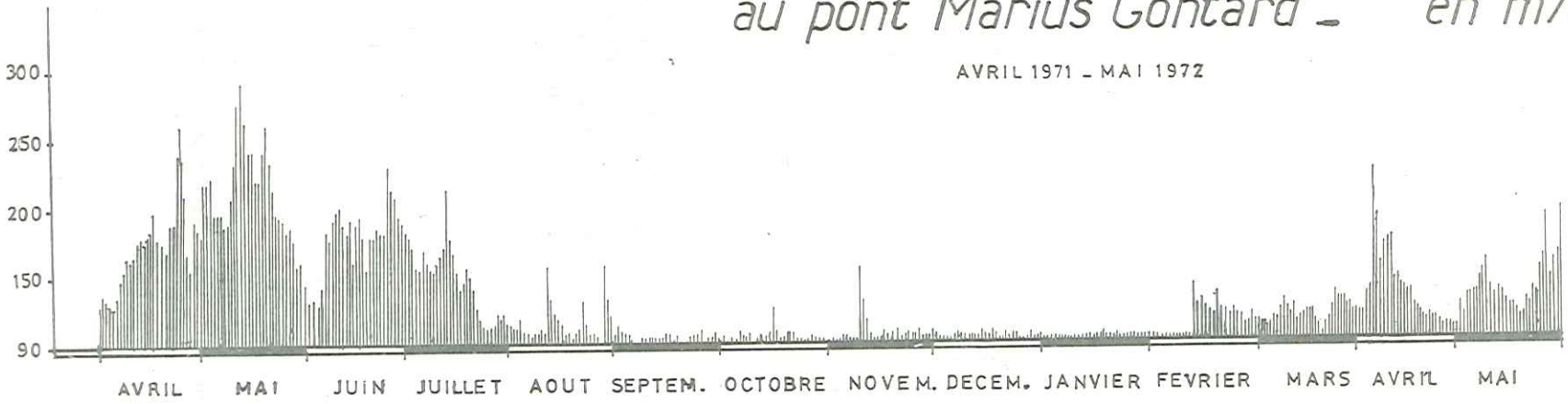
Le régime naturel du Drac est donc complètement perturbé, c'est pourquoi on observe l'hiver le passage d'un débit important pour la saison.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Isère – Débits moyens journaliers au pont Marius Gontard – en m^3/s.

AVRIL 1971 – MAI 1972



Drac – Débits moyens naturels à la station du Monteynard – en m^3/s

MOYENNES DES DEBITS MOYENS MENSUELS DE 1951 à 1973

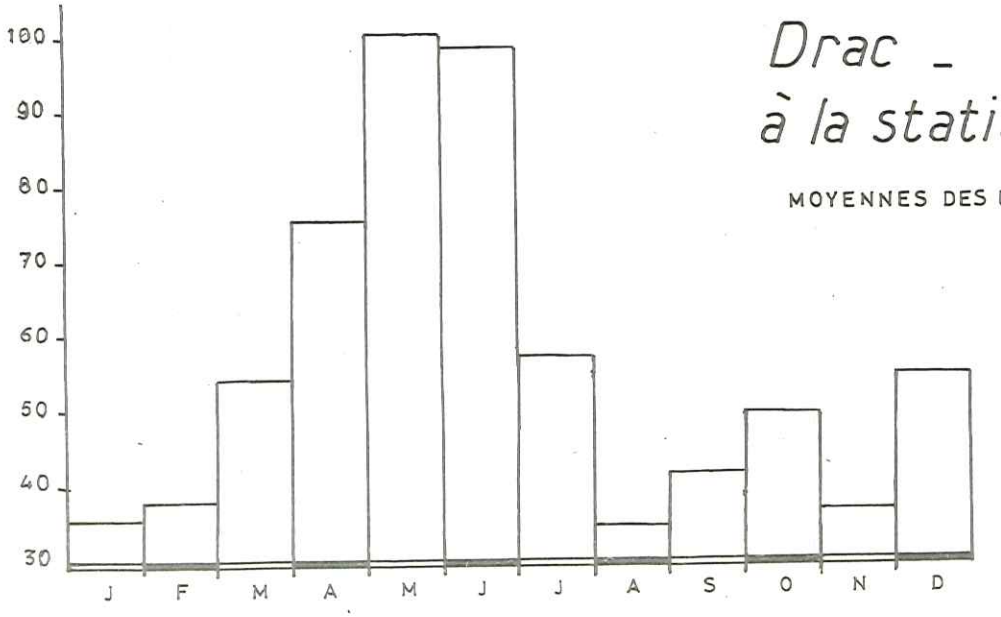


Fig. 8

Depuis la mise en eau du Chambon et du Monteynard, on peut connaître les débits naturels restitués, corrigés de toutes les influences amont connues, pour les stations du Champeau et du Monteynard (figure 8).

Ainsi sont contrôlés 3050 km2 de bassin versant soit 86 % du total.

Au Monteynard on observe :

- débit d'étiage : 30m3/s
- débit moyen : 100m3/s
- débit de crue : 1600m3/s

II.3.1.4 Chimie des eaux du Drac

Les mesures effectuées sur les prélèvements faits au Pont de Catane montrent une eau riche en CO_3Ca, avec des variations dans les teneurs en chlorures et en sulfates. Ces derniers sont moins abondants que dans l'Isère. Le DHT est de l'ordre de 20° à 30°.

	DHT	TAC	HCO_3	NO_3	Cl	SO_4	Ca	NA	Mg	K
1-2 /07/69	5,35	6,7	82	0,9	12	35	31	6,0	4,7	0,6
22-23/04/70	19,4	13,1	160	29,5		44		34		1,94
08/07/70	9,8	7,8			201	72	131	64		

II.3.2 MODE DE GISEMENT DE LA FORMATION SUPERFICIELLE

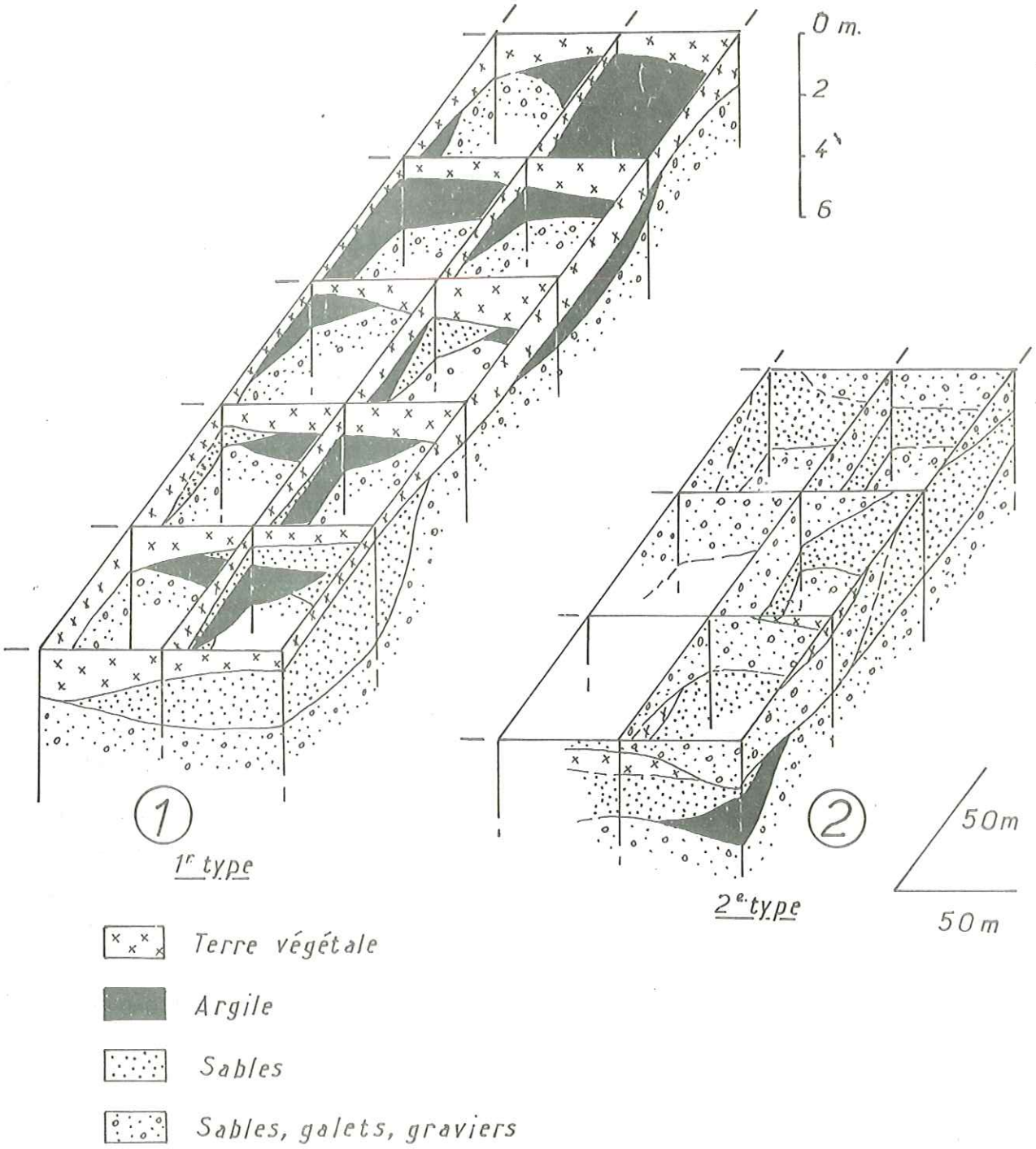
Des différences importantes existent dans la composition de la couche superficielle. La figure 9 illustre les deux types de gisement que nous avons pu mettre en évidence. Nous les retrouvons, avec des modifications de détail, sur toute la plaine et à travers toutes les coupes des sondages. La figure est tirée d'une série de coupes longitudinales résultant d'une campagne de reconnaissance à la tarière pour E.D.F. Chaque forage est séparé de ses voisins par 50 m environ. La reconstitution globale et l'interprétation nous sont personnelles.

1er type : c'est la Formation I au sens strict, essentiellement limoneuse. Une couche de terre végétale, d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 m recouvre une association de sables et d'argiles persistant sur 2 à 3 m de hauteur. Les correlations entre les lentilles qui constituent cette masse limoneuse restent possibles sur 50 à 150 m. Parfois un approfondissement soudain se produit et certaines poches descendent jusqu'à -6 m. Ce qui nous apparaît comme des poches en coupe, peut être des fragments d'anciens méandres de l'Isère. Nous n'avons pas d'arguments pour étayer cette hypothèse au demeurant vraissemblable. Il faut surtout insister sur le fait que ces poches sont imprévisibles, locales et n'indiquent nullement une tendance générale à l'approfondissement, à l'inverse de celles qui nous ont permis d'établir la carte d'isopaques.

2ème type : c'est la Formation Superficielle graveleuse. Les limons montrent en effet une très forte augmentation du taux des graviers et des matériaux roulés. En certains endroits cette augmentation donne naissance à des bandes graveleuses du type Formation II décomprimée. Lorsqu'une bande est isolée en profondeur par un passage plus limoneux, elle est classée comme véritable Formation Superficielle graveleuse. Néanmoins une bande peut passer en continu, par des niveaux de plus en plus

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



Modes de gisement
de la Formation Superficielle

Fig. 9

compacts, aux couches résistantes de la Formation II, dont elle constitue alors de véritables affleurements sur la plaine.

II.3.3 DESCRIPTION DE LA FORMATION I LIMONEUSE

La Formation I est constituée par un sol tendre, de couleur sombre. Il s'y mêle des matériaux d'origines diverses. On lui donne le nom très général de "limons superficiels". Son épaisseur varie de 0 à 5 m mais elle peut par endroits dépasser 10 m.

Le terme de limon est insuffisant lorsqu'on cherche à caractériser les catégories qui composent ce niveau.

Pour L. Cayeux : "On désigne sous le terme de limon, en donnant à ce nom son acceptation la plus compréhensive, des dépôts meubles accumulés au Pleistocène dans certains grands bassins fluviatiles, sous des influences encore sujettes à discussion" (In Limons et Loess LCPC 1965).

Pour G. Dubois : "Ce sont des roches plus ou moins meubles et friables, tantôt cohérentes, tantôt pulvérulentes, faisant parfois pâte avec l'eau, pouvant contenir des cailloux roulés, des concrétions... Ce sont des formations continentales aériennes et sub-aériennes qui groupent :

- les limons alluviaux
- les limons colluviaux
- les limons éluviaux" (In Limons et Loess LCPC 1965)

Enfin le terme de limon exprime d'une façon générale une fraction granulométrique mise en évidence par analyse mécanique, dont les bornes vont de 2 à 20µ dans la Classification adoptée par les Ponts et Chaussées. Par extension on donne le nom de limon à tout dépôt montrant une prédominance de cette fraction limoneuse.

Les limons de l'Isère entrent dans la catégorie des limons alluviaux avec l'eau comme agent transporteur, dits limons d'inondation. Ils tirent tantôt vers les sables fins, tantôt vers les argiles et en dernière analyse, seule la courbe granulométrique permet de leur donner une appellation nette. Sur les coupes fournies par les sondeurs, les discriminations empiriques et à l'oeil nu n'ont retenu que les caractères les plus apparents. Elles ne fournissent donc que trois classes : les sables d'une part, les argiles de l'autre et, pour une catégorie d'aspect intermédiaire, les limons. Cette détermination correspond assez bien à celle du géologue avec la restriction cependant qu'elle exprime seulement la prédominance d'une certaine fraction granulométrique.

II.3.4 REPARTITION : LA CARTE D'ISOPAQUES

Sur la carte au 1/50 000, les courbes d'isopaques sont échelonnées de 2 en 2 m. Dés l'abord, on constate que les isopaques s'allongent dans le sens de la vallée. Les courbes s'organisent schématiquement en un ensemble longitudinal de cinq bandes inégales :

- une bande axiale, discontinue, où l'épaisseur est souvent forte.
- deux bandes latérales où les valeurs sont faibles.
- deux bandes en pied de versant où les valeurs reprennent de l'importance.

Ce schéma d'ensemble présente tout au long de la Cluse des modifications qui permettent la distinction de trois ensembles successifs. Pour des raisons de commodité de lecture sur la carte, ces ensembles sont classés du N au S, donc d'aval en amont.

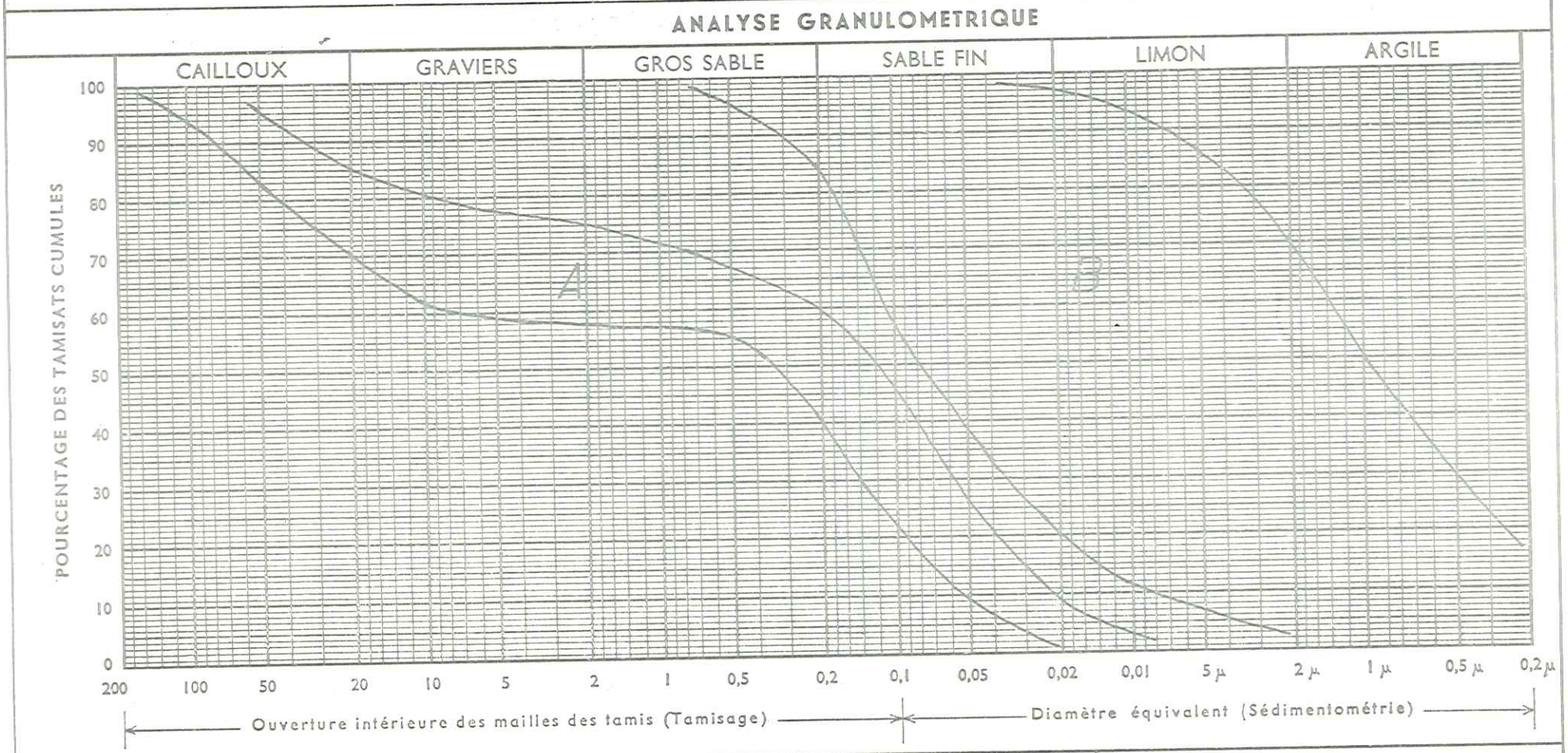
tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

FORMATION SUPERFICIELLE

Situation granulométrique

A : FUSEAU DES COURBES DE FRACTION SABLO-GRAVELEUSE . B : FUSEAU DE LA FRACTION LIMONEUSE



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

Fig. 10

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

1er groupe : les Balmes (de Voreppe) - Ravinoux

A la Crue de Moirans, les cinq bandes apparaissent nettement. Au bord de l'Isère les limons dépassent 4 m d'épaisseur; celle-ci diminue jusqu'au seuil de 2 m sur la zone industrielle. Le chenal central s'oriente selon la direction les Balmes-La Thivollière avec des profondeurs moyennes de 3 m. Il fait place à l'E à un nouveau seuil, latéral droit, à la verticale de l'intersection des routes nationales. Puis la profondeur augmente à nouveau au pied du Bourget.

Au niveau de Voreppe le cône de déjection est intriqué dans les formations de la plaine. C'est une unité à part qui a sa propre structure. Aussi, la Formation I est-elle réduite à une largeur de quelques centaines de mètres au bord de la rivière. Les valeurs faibles le long de l'Isère tendent à se rendorcer sur l'axe de la vallée où elles peuvent dépasser 4 m.

Au S, l'Isère s'infléchit à Veurey. La bande centrale est large et dépasse 6 m en quelques points. Latéralement les épaisseurs diminuent : elles oscillent entre 0,5 et 2 m en rive gauche tandisqu'en rive droite la bande de pied de versant s'approfondit au N et au S du cône du Chevalon, à l'Est d'un seuil qui semble situé sous le traçé de la voie S.N.C.F.

2ème groupe : Ravinoux - le Gua

C'est la partie centrale de la Cluse ; le cours de l'Isère y est axial malgré le cône de la Monta qui la repousse vers les Engenières.

En rive gauche la bande de pied de versant n'existe pratiquement pas. La profondeur augmente en quelques points de 2 à 4 m : Saint-Jean, les Moironds, le Plaçage. Le seuil latéral gauche, dont la profondeur voisine 2 m, occupe toute la place: les Iles Cordées, la Vanne, Clémencière, le Gua.

En rive droite, l'étalement des cônes du Fontanil et de la Monta réduit considérablement la surface occupée par la Formation. La bande centrale interrompue à Ravinoux, se compose ici d'une succession de lambeaux lenticulaires séparés par des seuils transversaux. Deux lentilles rapprochées dépassent 4 m dans le secteur la Tannerie-La Rochette-Chancelière. Elles sont séparées par un seuil très étroit qui pourrait correspondre au seuil latéral droit. Entre la Californie et l'étang de Crétinon, une petite lentille sur la berge E de la rivière jalonne la position du chenal central. Elle est séparée d'un nouvel approfondissement à l'E, dans le S de la voie ferrée, qui met le mur de la Formation à plus de 6 m de profondeur, par un seuil étroit. C'est le seuil latéral droit.

Le même phénomène se reproduit au niveau de la Ferme de l'Hôpital et à l'Ile Brune. Le chenal latéral droit se marque au S de Rocheplaine puis après l'interruption du cône de Saint-Egrève, l'approfondissement se poursuit au Pré-Dieu et à la Basse-Buisserate.

3ème groupe : le Gua - Grenoble

Dans cette zone élargie, le schéma général est assez perturbé à cause de la présence des dépôts du Drac qui suivent un autre régime de sédimentation.

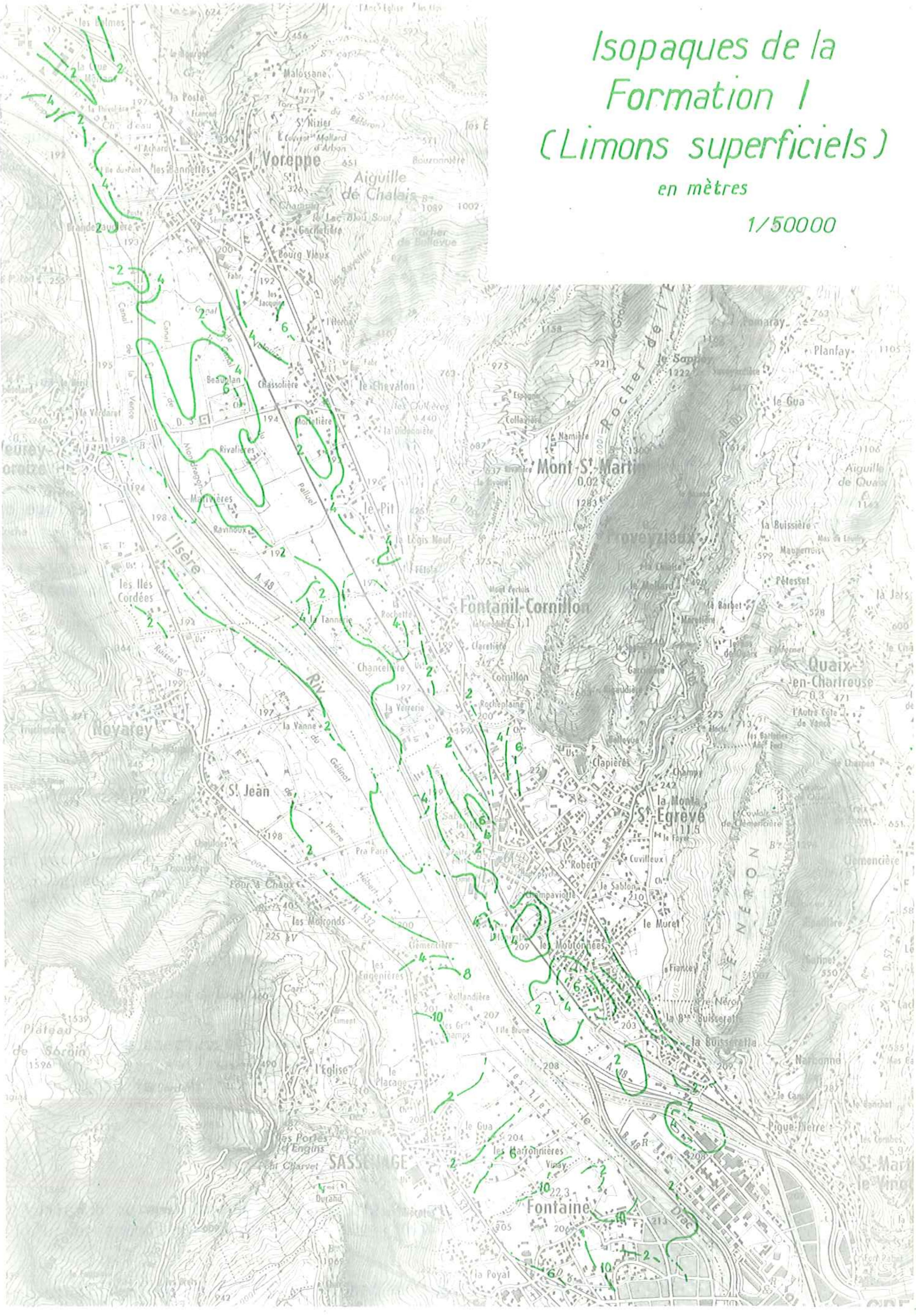
En rive gauche on observe des zones profondes dans le secteur des Marronières ainsi que dans le N de l'agglomération de Fontaine. Par contre à la hauteur du Gua semble se trouver un seuil large et de profondeur moyenne 2 m.

Une grosse lentille s'étend dans le N du triangle grenoblois dépassant 4 m en son centre. En rive droite, les profondeurs voisinent 2 m.

Isopaques de la Formation I (Limons superficiels)

en mètres

1/50000



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

II.3.5 PROPRIETES GEOTECHNIQUES DE LA FORMATION SUPERFICIELLE

Pour la plupart des études qui nous ont été communiquées, le but à atteindre était la mise en évidence des qualités géotechniques du terrain en vue de l'implantation d'ouvrages d'art ou de bâtiments.

Dans ce cas la première couche rencontrée revêt une importance considérable car ses qualités influent directement sur le prix de revient. Or, d'une manière générale, la Formation est considérée comme un appui médiocre à défavorable.

A l'exception de quelques passages indurés et caillouteux, les limons sont très compressibles et présentent les défauts qui tiennent à ce type de sol :
- la consistance est faible et la sensibilité élevée.
- à petite échelle l'hétérogénéité est très marquée.

Il faut donc s'attendre à des problèmes de stabilité liés aux tassements différentiels. Localement, une étude ponctuelle détaillée devient donc nécessaire.

Sur le site la reconnaissance tend à établir une ou plusieurs coupes géologiques et géotechniques : les sondages reconnaissent la nature des différentes couches et le passage plus ou moins rapide de l'une à l'autre ; les carottages s'efforcent de fournir des échantillons intacts ; enfin on situe au pénétromètre statique ou dynamique l'horizon incompressible avec son épaisseur et son étendue.

La stabilité est critique lorsque la résistance au cisaillement est faible. Aussi on mesure sur place au scissomètre les valeurs de la cohésion non drainée Cu. Dans certains cas on utilise le pressiomètre.

La valeur du tassement est évaluée en laboratoire à l'oedomètre et à l'appareil triaxial.

Compte tenu de l'hétérogénéité locale, les tassements seront variables sur une même verticale par suite de la présence, au sein des couches, de lits plus ou moins indurés. Cette particularité confère au volume étudié une qualité géotechnique globale, qui ne peut être définie qu'en procédant à des essais d'identification : teneur en eau, limites d'Atterberg, teneurs en matières organiques, poids spécifique, cohésion non drainée.

D'autre part les variations de la teneur en eau exercent une influence considérable dans l'espace et dans le temps, sur les caractéristiques géotechniques. Aussi la situation du niveau piézométrique, comme l'amplitude du battement de la nappe, sont importants à connaître.

II.3.5.1 Granulométries

La Formation I recouvre le plus gros de la surgace de la plaine. Elle se situe dans un domaine granulométrique qui englobe les argiles, les limons et les sables (figure 10). La teneur en matières organiques est variable et comprend tous les taux possibles depuis les tourbes jusqu'aux sables limoneux purs.

Le rapport d60/d10 indique une formation hétérogranulée.
La teneur en Filler oscille entre 50 et 100 %.

La Formation Superficielle graveleuse s'étend dans un domaine granulométrique décalé par rapport au précédent, perdant du côté des limons ce qu'il gagne du côté des graviers.

C'est une formation très variée. La teneur en filler reste importante et

se situe entre 15% et 40%. Les affleurements se répartissent de façon inégale. La proportion des graviers semble augmenter du N vers le S.

II.3.5.2 Limites d'Atterberg, teneur en eau, densités, indices des vides

Les limites de Liquidité varient entre 20 et 60 %.
Les indices de plasticité 20 et 40 %.

Ce sont des résultats élevés qui situent la Formation limoneuse sur l'abaque des plasticités, dans le domaine des argiles et des limons peu plastiques à plastiques.

Lorsque le taux des graves devient trop important, les mesures d'Atterberg deviennent inapplicables et sont remplacées par des mesures d'équivalent de sable. Les résultats de celles-ci ne dépassent pas 20 % pour une moyenne comprise entre 10 et 15 %.

Les teneurs en eau varient entre 12 et 75 %. Aucun échantillon n'atteignait la saturation.

Les densités humides rentent entre 1,4 et 1,7 ; les poids spécifiques varient entre 2,6 et 2,7.

Les indices des vides s'étalent entre 1,1 et 1,6. La porosité est donc importante (52 % à 60 %).

II.3.5.3 Résistivités

Du fait de la haute teneur en phyllites, en matières organiques et en eau, les données obtenues restent dans un domaine spécifique de valeurs basses.

La Formation I donne les résultats les moins élevés : 30 Ω.m : pour les argiles, 120 Ω.m pour les lentilles sableuses.

Dans la Formation graveleuse, on observe des valeurs plus fortes se rapprochant de celles de la Formation II avec des résultats dispersés entre 100 et 300 Ω.m.

II.3.5.4 Sismique-réfraction

Les vitesses des ondes de choc obtenues sont faibles et caractéristiques : 100 à 400 m/s. Ces résultats s'expliquent par la faible densité du matériau compressible, où elles s'amortissent vite.

Les mesures de ce type sont rares : le parasitage important sature vite les appareils de "petite sismique". Cependant des études entreprises pour le passage de l'autoroute A.48 ont donné quelques courbes dromochroniques, où le passage de la Formation I à la Formation II se marque par une cassure nette.

II.3.5.5 Pénétrations dynamiques et statiques

Les pénétrations destinées à juger de l'épaisseur et de la profondeur des niveaux les moins compressibles, montrent que les limons superficiels

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

sont aisement traversés. Dans le cas de la présence de lentilles de graves intercallées, les appareils lourds passent sans difficulté là où les pénétromètres légers montrent le refus.

Si les limons sont peu épais, on peut les déblayer pour les remplacer par un radier général. On peut encore fonder l'ouvrage sur des puits de diamètre 0,5 à 1 m, atteignant la formation la moins compressible. Des venues d'eau sont à craindre lorsque ces travaux s'effectuent dans la hauteur de la nappe.

Si les limons sont épais, il faudra opter soit pour la solution des pieux flottants, battus jusqu'à obtention d'une force portante suffisante, soit les descendre jusqu'au niveau plus résistant où ils reportent une partie des efforts verticaux.

Ces divers procédés sont réalisés avec succès sur la plaine.

II.3.5.6 Cohésion, angle de frottement interne, force portante

Du fait de la teneur importante en minéraux argileux, le comportement est souvent celui d'une argile dont la cohésion C varie entre 0,2 et 1,5 et l'angle de frottement interne oscille entre 15° et 20°. Les faibles valeurs révèlent la tenue médiocre du matériau, qui s'améliore avec l'augmentation de la teneur en sable.

La force portante ne peut pas être importante et de fait les valeurs les plus courantes voisinent 0,5 bar.

II.3.5.7 Compressibilité et perméabilité

Les modules de déformation pressiométriques s'échelonnent entre 10 et 40 kg/cm^2 pour des pressions limites de 1,5 à 4 bars.

D'autre part compressibilité et résistivité varient dans le même sens, ce qui permet en géophysique électrique de délimiter les variations de qualité du matériau, qui s'améliore avec les valeurs fortes.

Les essais oedométriques permettent de comparer la compressibilité et la perméabilité. Les résultats obtenus sur la Cluse pour différents types de sol les caractérisent ; si Cv est le coefficient de compressibilité :

- les argiles tourbeuses et les tourbes sont très compressibles : $0,1 < Cv < 0,5$.
- les limons argileux et sableux sont assez compressibles : $0,4 < Cv < 0,5$
- les sables sont peu compressibles : Cv = 0,03

- les limons argileux sont imperméables : K = 10-8 m/s
- les argiles tourbeuses sont peu perméables : K = 10-8 m/s
- les limons sableux sont perméables : 10-6 < K < 10-4 m/s
- les sables fins sont très perméables : K = 10-3 m/s.

II.3.6 CONCLUSION : REPARTITION DES TYPES DE SOL DANS LA CLUSE EN FONCTION DE LA CLASSIFICATION DES PONTS ET CHAUSSEES

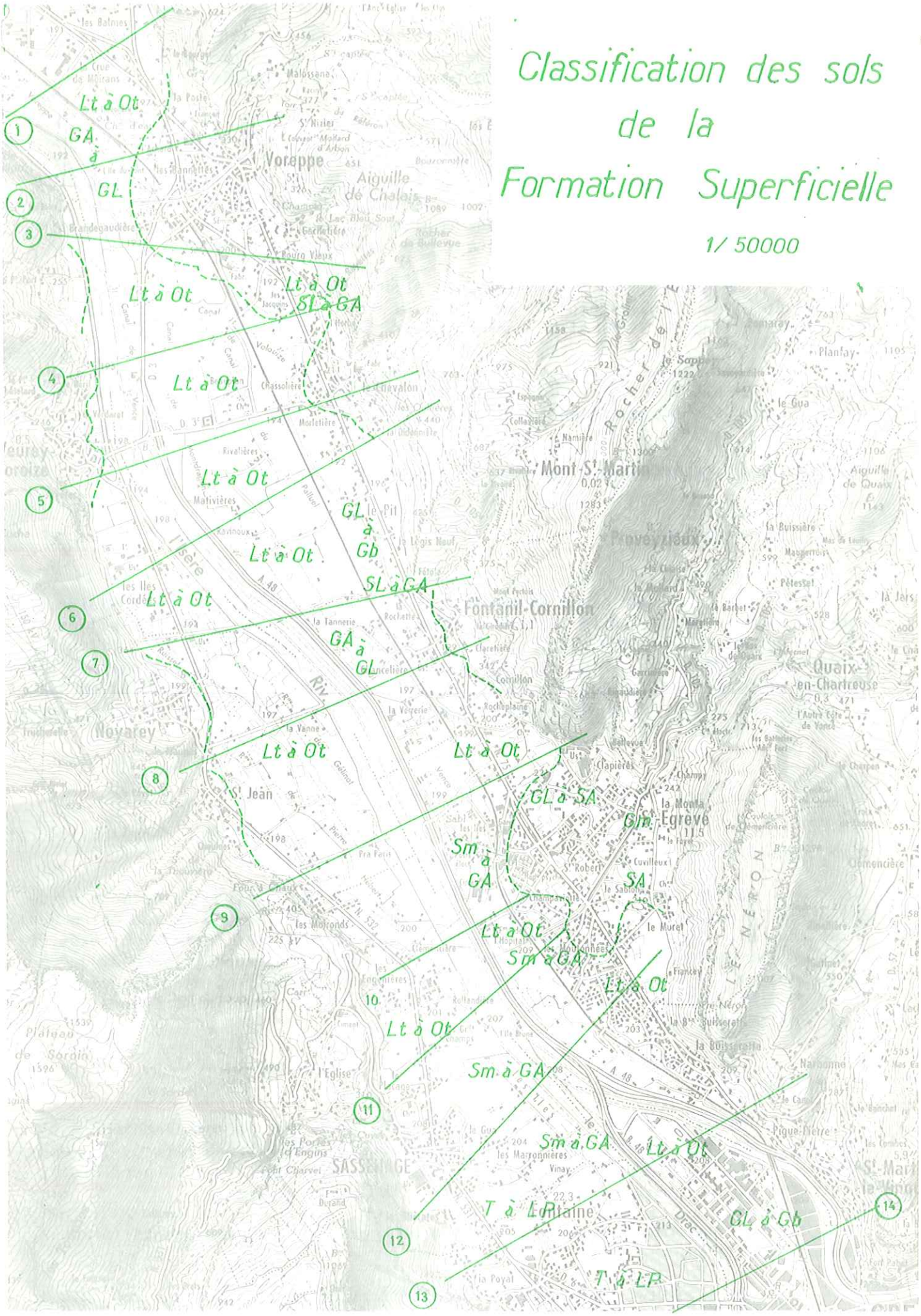
La répartition en zones (voir la carte p.33b) s'est effectuée en situant les divers paramètres granulométriques et mécaniques dans les catégories cor-

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Classification des sols de la Formation Superficielle

1/ 50000



respondantes de la classification des sols utilisée par les Ponts et Chaussées (cf. Annexe I). Nous nous sommes efforcés de représenter chaque zone par les symboles de ses tendances extrêmes (la plus favorable et la plus défavorable).

Soit par exemple le groupe Lt à Ot. Cette détermination revêt un caractère descriptif et un aspect géotechnique. Le groupe est constitué par une formation où dominent les fines, avec des passages riches en matières organiques diffuses ou en lentilles. Les propriétés géotechniques sont médiocres et la perméabilité très basse. On doit craindre les risques de tassement et de gonflement. C'est un sol gras, difficile à travailler quand il est saturé, donnant facilement des marécages et des étangs. S'il n'est pas trop épais, il est préférable de le décaper.

Le groupe Lt à Ot constitue la plus forte proportion des terrains de la plaine. Au niveau de Sassenage se produit à la fois une diversité dans l'éventail des éléments fins (T à LP) et un enrichissement local en graves (Sm à GA).

Des bandes graveleuses s'étirent le long de la rive droite de l'Isère (GA à GL) aux pieds des cônes de Voreppe (SL à Ga) et de la Monta. Des graves plus ou moins graduées s'établissent au niveau du Pit.

II.4 LA FORMATION DES SABLES GRAVIERS ET GALETS OU FORMATION II

II.4.1 HYDROGEOLOGIE

Une nappe phréatique circule dans le sous-sol de la plaine. Très souvent du fait de sa faible profondeur elle est arrivée à la surface du sol,au point que des canaux de drainage ont dû être conçus pour assainir les terres cultivables. Après une période d'équilibre, on a constaté que le niveau moyen de la nappe s'était abaissé au moins de quelques décimètres et que ce mouvement était en relation avec la diminution du niveau moyen de l'Isère enregistré au Pont Marius Gontard et à Veurey.

II.4.1.1 Alimentation de la nappe

C'est la Formation II qui, du fait de sa forte perméabilité relative, constitue le passage où s'écoulent les eaux souterraines.

a) Un premier apport provient du sous-sol des plaines de Reymure et de Grenoble. La nappe phréatique de la plaine grenobloise résulte de la rencontre des nappes des alluvions du Grésivaudan avec la nappe du Drac. Les cartes isopièzes établies en 1969-1970 (B. Lacroix) montrent qu'elle est drainée par l'Isère et que son écoulement ne tient pas compte du lit superficiel de la rivière. L'influence de la nappe du Grésivaudan se fait sentir sur la plaine jusqu'à une limite Eybens - Bd E. Rey - Pont Marius Gontard.

C'est donc par l'ouverture amont de la Cluse que le mélange s'opère avec la nappe du Drac.

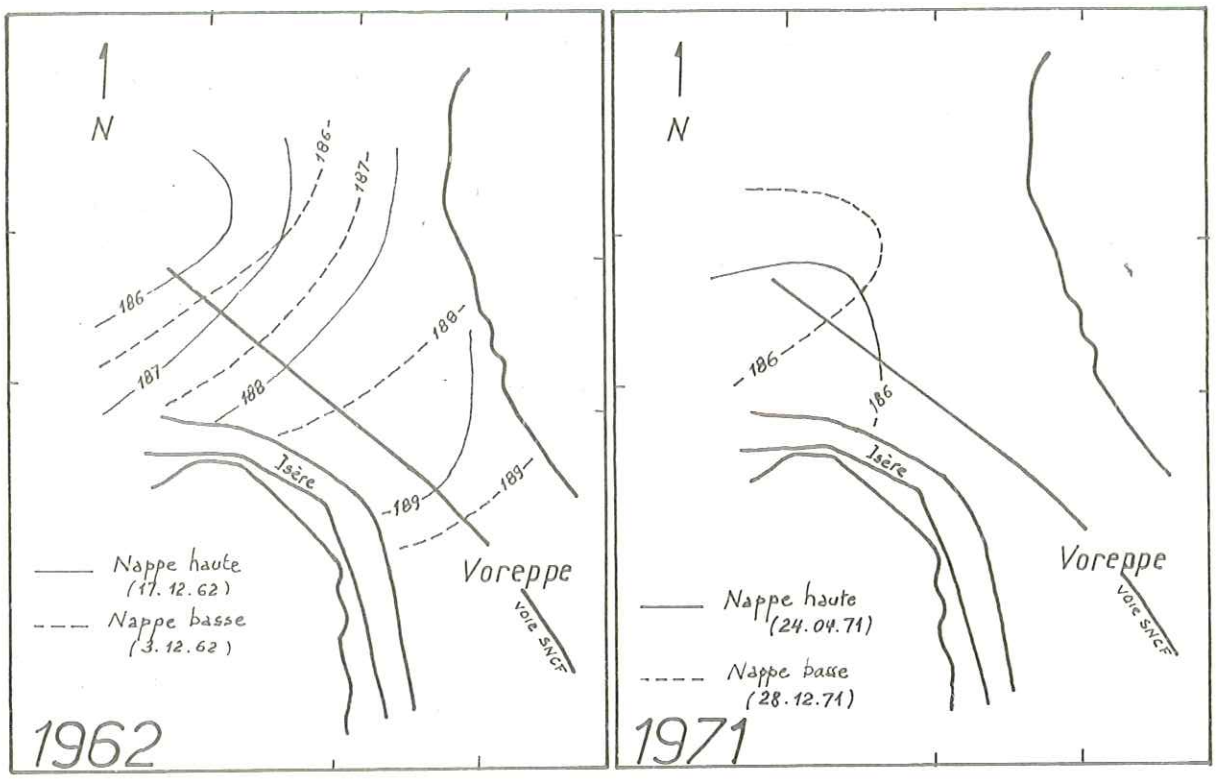
b) Un deuxième type d'apport est représenté par le complément dû à l'infiltration des eaux météoriques sur la plaine. Quand l'aquifère affleure, les eaux peuvent s'introduire directement dans la nappe. En fait, les limons superficiels étant très peu perméables, ce type d'infiltration y est faible.

c) Un troisième type d'apport a pour origine les écoulements latéraux, issus des versants.

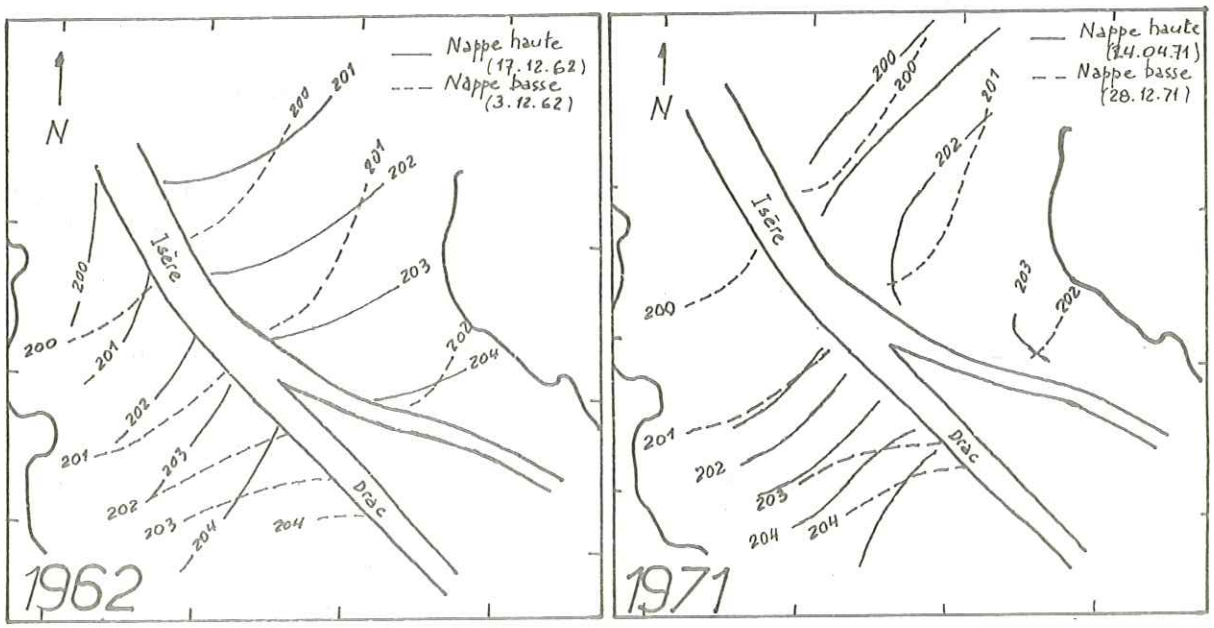
En rive droite, les eaux pluviales tombent sur les bassins versants de

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



(A) DEUX SITUATIONS DE LA NAPPE DANS LE SECTEUR DE VOREPPE



(B) DEUX SITUATIONS DE LA NAPPE DANS LA ZONE DU CONFLUENT

Fig. 11

la Chartreuse. L'érosion différentielle y a donné naissance à des gouttières qui drainent le massif loin en amont ; elles collectent les eaux de ruissellement qui parviennent ainsi, par le biais des ruisseaux et des torrents, jusqu'à l'Isère. D'autre part, les eaux superficielles pénètrent dans le massif par le réseau complexe des fissures et parvenant au contact des éboulis, passent en profondeur à l'aquifère.

En rive gauche, le phénomène est identique, à ceci près que les versants sont raides et les bassins versants étroits et peu étendus dans le Vercors. La surface totale de drainage est plus faible, les torrents plus impétueux mais moins fournis, ce qui se marque par des cônes de déjection beaucoup plus réduits.

Il est possible que ces apports latéraux alimentent en profondeur d'autres nappes, captives. Cependant le sous-sol n'ayant pas été exploré à ces niveaux par des sondages, leur existence est hypothétique et leurs communications avec la nappe superficielle, qui nous occupe, inconnues.

II.4.1.2 Ecoulement de la nappe

L'écoulement de la nappe dans la Cluse est connu à la suite des études entreprises par E.D.F. à l'occasion des projets de mise en place des usines de Saint-Egrève et de Voreppe. Depuis 1965, à notre connaissance, le relevé systématique des piézomètres a cessé. Certains ont disparu ou bien ont été détruits à la suite de travaux divers.

Nous disposions des relevés piézomètriques mensuels effectués sur les zones industrielles de Fontaine-Sassenage, Saint Martin le Vinoux, Saint-Egrève, et de Voreppe-Moirans, entre le 26 avril 1971 et le 3 mai 1972 à l'occasion des travaux de reconnaissance (J.C. Fourneaux 1974), ainsi que les débits moyens du Drac entre 1951 et 1965 à la station du Monteynard et les résultats de quelques essais de pompage répartis le long de l'Isère ou sur la plaine.

II.4.1.2.1 Comparaison des nappes de 1962 et de 1971

A partir des relevés effectués sur les zones industrielles, nous pouvons dresser des cartes de nappes correspondantes. Nous distinguerons deux secteurs : le secteur de Voreppe et la zone du confluent. Nous comparerons alors les résultats obtenus avec ceux de 1962, établis pour E.D.F.

Nous utilisons pour 1962 les isopièzes de la nappe haute du 17/12/62 et les isopièzes de la nappe basse du 3/12/62.

Nous utilisons pour 1971 les isopièzes de la nappe haute du 24/04/71 et les isopièzes de la nappe basse du 28/12/71.

Le secteur de Voreppe

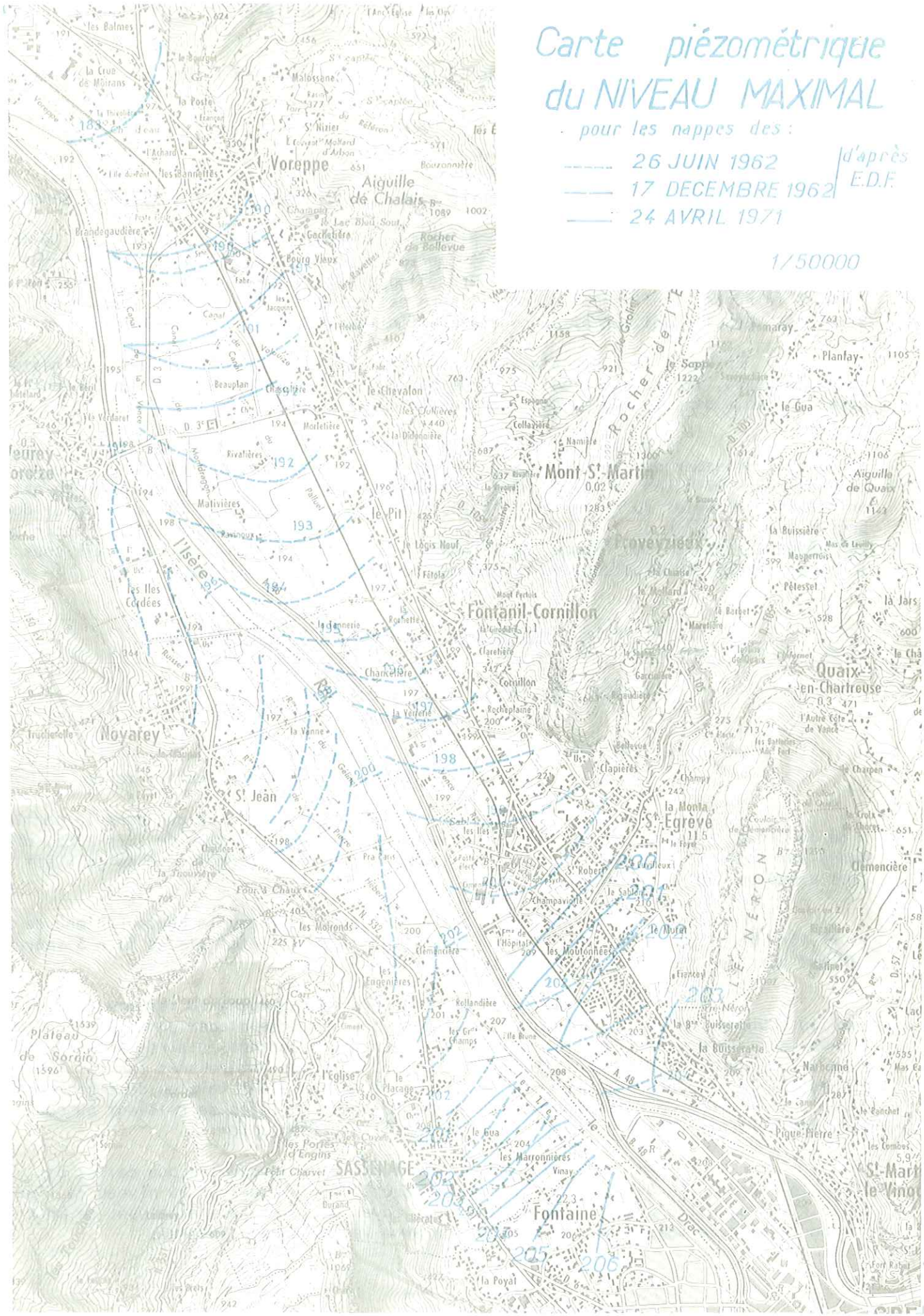
La figure 11A montre une différence très nette entre les deux années.

En 1962, l'Isère alimente sa nappe pour les hautes et basses eaux de celle-ci. Les isopièzes du mois de décembre restent parallèles ; ceux de la nappe haute sont décalés vers l'aval, comme il se doit. La courbure de l'isopièze 189, vers l'aval, indique un certain apport des versants, qui ne se manifeste pas pour le même isopièze de la nappe basse.

En 1971, bien que le nombre des izopièzes soit réduit, on constate que

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



l'Isère est alimentée par sa nappe, en hautes eaux de celle-ci et que l'inverse s'établit en basses eaux.

Une grande différence dans le mode d'écoulement de la nappe se manifeste donc dans ce secteur.

La zone du confluent

La figure 11B montre aussi une différence entre les deux années.

En 1962, l'Isère alimente sa nappe. Ceci est souligné par la forme des isopièzes de la nappe haute. Les courbes supérieures à la valeur 204 ne sont pas connues, en sorte que la nappe du Drac n'apparaît pas. Par contre, si en basses eaux de la nappe, l'alimentation par l'Isère est moins visible, le déplacement des isopièzes vers l'amont permet de constater l'influence de la nappe du Drac.

En 1971, le contraste entre les deux nappes est clair : l'Isère alimente la nappe basse, tandis que c'est la nappe haute qui l'alimente. Il y a donc un changement notable dans le régime de l'écoulement de la nappe.

Le secteur de Voreppe et celui du confluent constituent les deux pôles aval et amont de la nappe de la plaine. Elle y a un comportement identique pour 1962 et pour 1971. Les cartes de 1962 montrent que ce comportement à chaque pôle est en réalité le reflet du régime de la nappe sur toute étendue de la Cluse. On peut donc penser que le régime de 1971 est caractéristique, bien que différent. Afin d'avoir une vue générale sur le comportement de la nappe, nous avons disposé ces résultats sous forme de cartes des isopièzes du niveau maximal et du niveau minimal.

II.4.1.2.2 Carte des isopièzes du niveau maximal

17/12/1962 : débit Isère : 204 m^3/s
pluviométrie des 8 jours antérieurs : forte

24/04/1971 : débit Isère : 260 m^3/s
pluviométrie des 8 jours antérieurs : forte

Les isopièzes de décembre 1962 ne sont connus que dans la partie N de la Cluse. Nous les avons recalés sur ceux des niveaux maximaux de juin 1962, obtenus sur toute la plaine. On voit qu'en 1962, la surface piézométrique de juin est plus basse que celle de décembre.

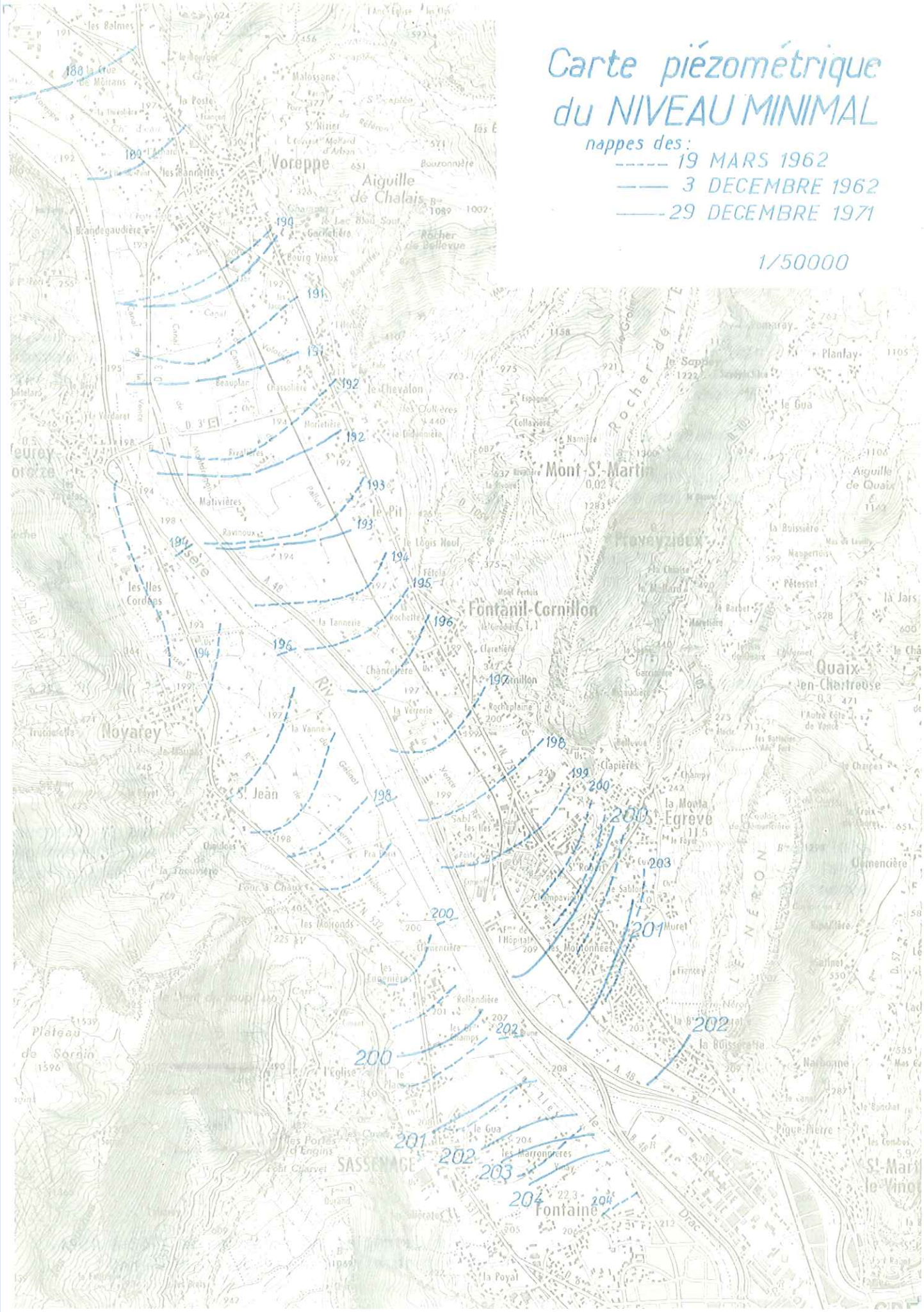
Dans les deux cas la nappe draine l'Isère. A Veurey la hauteur d'eau de la rivière se situe autour de 194 m NGF tandis que les isopièzes placés face à Veurey varient pour les deux nappes autour de 192 m NGF.

On observe que lorsque l'Isère se rapproche du Vercors, comme aux Iles Cordées et aux Engenières, les courbes tendent à se placer parallèlement au lit de la rivière. Les lignes de courant qui leurs sont perpendiculaires se dirigent vers les versants et l'alimentation par la nappe des zones intéressées par ces isopièzes semble prépondérante, les alimentations latérales étant faibles dans ces secteurs. En rive droite au contraire, les courbures des isopièzes se relèvent au contact des versants qui produisent un certain débit d'alimentation.

En 1971, malgré des conditions plus favorables que celles de 1962, la nappe du 24 avril est à un niveau piézométrique supérieur au niveau de l'eau de la rivière, qui draine la nappe. Le niveau moyen de la rivière a baissé. Le Drac draine la zone de Sassenage tandis qu'à Fontaine la tendance s'inverse.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

II.4.1.2.3 Carte des isopièzes du niveau minimal

03/12/1962 : débit Isère : 98 m^3/s
pluviométrie des 8 jours antérieurs : nulle

29/12/1971 : débit Isère : 98 m^3/s
pluviométrie des 8 jours antérieurs : nulle

Les isopièzes de décembre 1962 ne sont connus que dans la partie N de la Cluse. Nous les avons recalé sur ceux du niveau minimal du 19 mars 1962, connus sur toute la plaine. Ils montrent que la nappe de décembre est plus basse que celle de mars.

Dans les deux cas la nappe draine l'Isère. A Veurey la hauteur d'eau de la rivière, à 192 m NGF, se situe à la hauteur de l'isopièze 191,5 m. Le décalage est minime mais néanmoins sensible. L'altitude de la surface piézométrique a baissé comme celle du niveau de l'eau dans l'Isère ; les variations relatives sont faibles et vont dans le même sens.

On observe qu'à l'exception des Iles Cordées, les courbes tendent à se placer perpendiculairement au lit de l'Isère en rive gauche tandis que leur courbure se relève le long des versants, montrant l'influence d'apports latéraux. En rive droite, à l'exception d'un décalage des courbes vers l'amont la situation reste inchangée.

D'avril à décembre 1971 s'étend la période d'étiage. L'Isère alimente sa nappe. Les débits d'alimentation sont peu importants. Le 29 décembre 1971, l'Isère en rive droite alimente la nappe dont le niveau est au plus bas. Le Drac reste drainant même à Fontaine.

De la situation de 1962 à celle de 1971, on constate une inversion dans les rapports entre l'Isère et sa nappe, que l'on peut résumer par le schéma suivant (figure 12).

II.4.1.2.4 Carte des profondeurs minimales sous le sol

Pour des conditions d'alimentation équivalentes, les profondeurs minimales de 1971 sont plus fortes que celles de 1962. On constate un abaissement général du toit de la nappe. L'Isère exerce une action drainante par suite de l'affaissement de son lit.

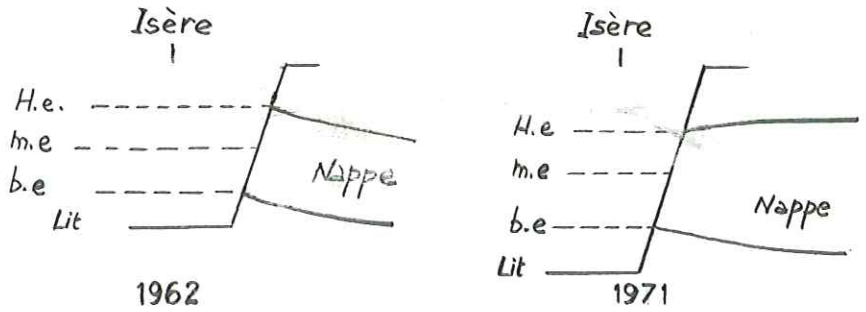
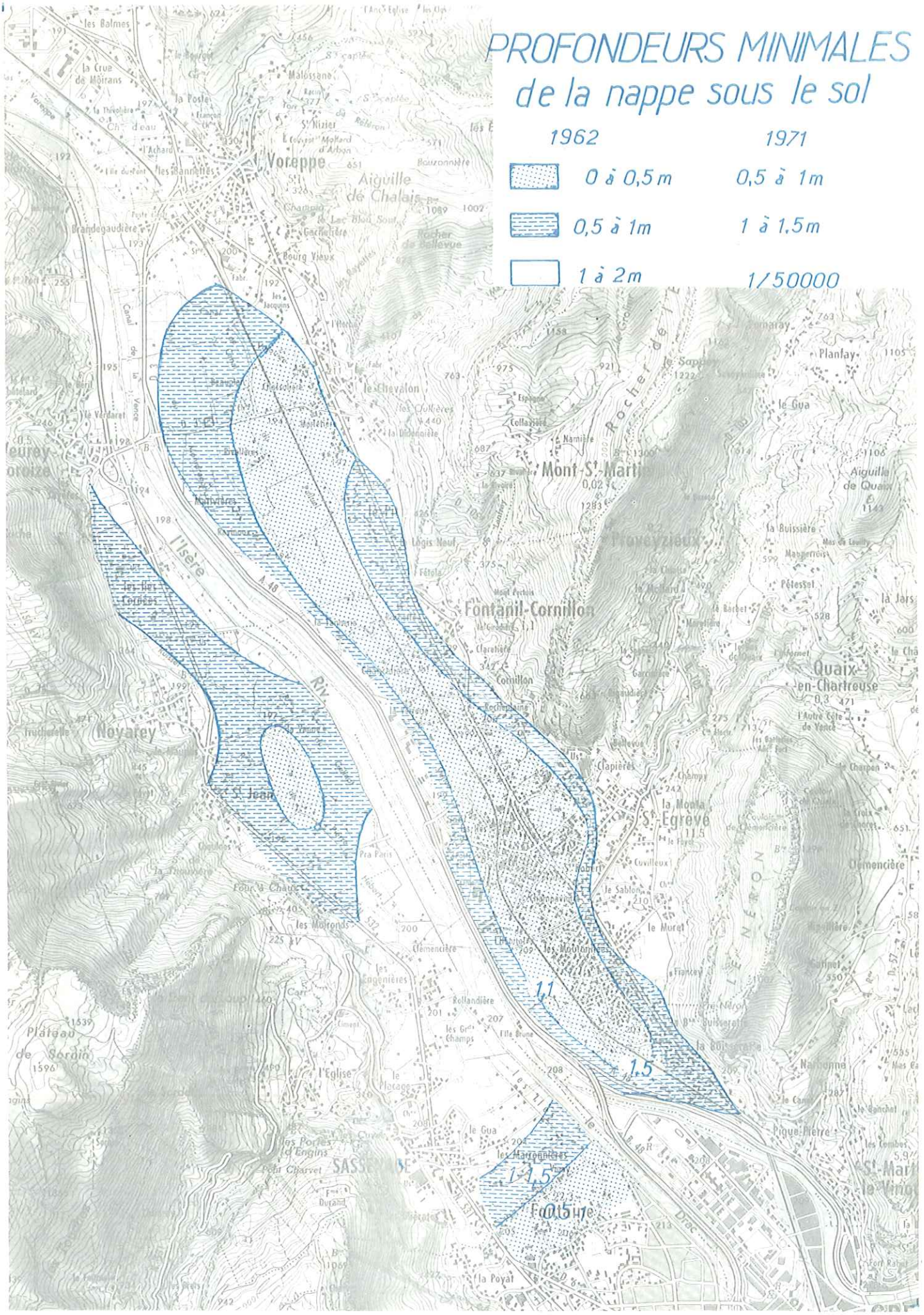


Figure 12 : Changement de régime de la nappe de 1962 à 1971.
Abaissement du niveau moyen de la rivière.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

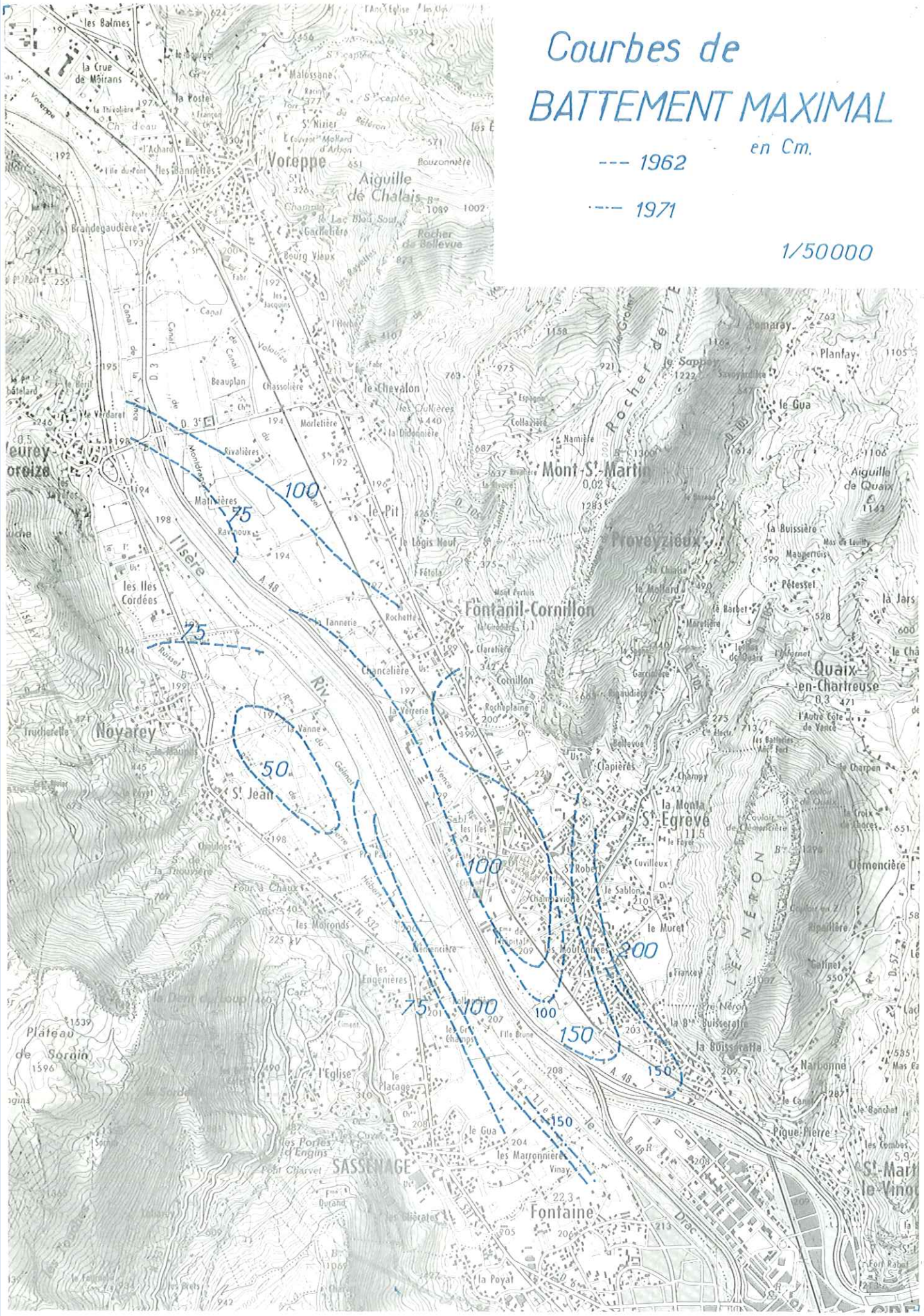
Courbes de BATTEMENT MAXIMAL

en Cm.

--- 1962

-·-·- 1971

1/50000



Sur la carte, les valeurs gagnent en moyenne 0,5m dans le S et il est certain que le phénomène intéresse toute l'étendue de la nappe sur la Cluse.

II.4.1.2.5 Carte du battement maximal

L'amplitude du battement dans la Cluse dépend d'une part de la perméabilité de la tranche de terrain concernée et d'autre part de l'éloignement de la rivière, qui amortit le battement. Les valeurs les plus fortes sont donc, en principe, les plus proches de l'Isère.

Cette règle est respectée, comme le montre la carte dressée en 1962, pour la partie S de la plaine ; dans la partie médiane, ce sont les valeurs faibles qui dominent en rive droite sur la berge de l'Isère. Ceci suggère l'idée d'un colmatage du lit de la rivière à cet endroit. Dans le N de la plaine, les courbes n'avaient pas été définies.

En 1971, on constate dans le S de la plaine (zone du confluent) une diminution générale de la valeur du battement maximal. Les courbes se déplacent vers l'amont.

A Saint-Egrève et à la Buisseratte, l'amplitude perd 0,5 m. Par contre, à Sassenage, où les nouvelles données nous ont permis de tracer la courbe 1,50 m, qui n'existait pas sur la carte de 1962, les lignes d'aquibattement restent parallèles au cours du Drac ; dans cette zone la variation d'amplitude du battement est peu perceptible.

Le comportement de la nappe étant considéré, à l'échelle de la Cluse, comme constant sur toute la longueur de la plaine, on peut dire que les phénomènes qui, en 1971, apparaîssent dans la zone du confluent sont le reflet d'une situation générale. On assiste à une diminution générale des valeurs du battement maximal. Une action drainante régulatrice se fait fortement sentir. Les conditions d'alimentation de la nappe, la pluviométrie locale, les pompages, les débits de l'Isère et du Drac restant comparables à celles de 1962 il faut donc rechercher ce régulateur dans les variations du niveau moyen du lit de la rivière. (cf figure 12).

II.4.1.2.6 Approfondissement du lit de l'Isère

L'abaissement du toit (figure 12) de la nappe par dragages du lit de la rivière a amené l'assainissement de la Cluse, le gain de surfaces cultivables et de matériaux ; la situation est restée favorable tant que l'équilibre s'est maintenu. La situation s'est aggravée lorsque le niveau minimal d'extraction a été dépassé. En effet une réduction de la quantité des apports solides charriés par la rivière s'est opérée par la suite de l'implantation de barrages en amont et le lit de la rivière a commencé à s'abaisser. C'est la situation de 1971. Depuis, un projet destiné à améliorer cet état de fait comprend :

"- un arrêt complet des extractions privées à l'amont de Grenoble jusqu' au Pont de la Gache.
- ....
- un barrage sous alluvial à l'aval du Pont de la Porte de France, arasé à la côte 206, 50 m NGF et destiné à maintenir le niveau de l'étiage à une altitude suffisante." (R. Blanic - in La Houille Blanche 1974).

II.4.1.3 Chimie des eaux de la nappe

Dès leur entrée dans la zone du confluent, les eaux de la nappe de l'Isère subissent l'influence des nappes des versants de la Cluse.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

EVOLUTION DU FOND DU LIT DE L'ISERE

DE 1954 à 1969

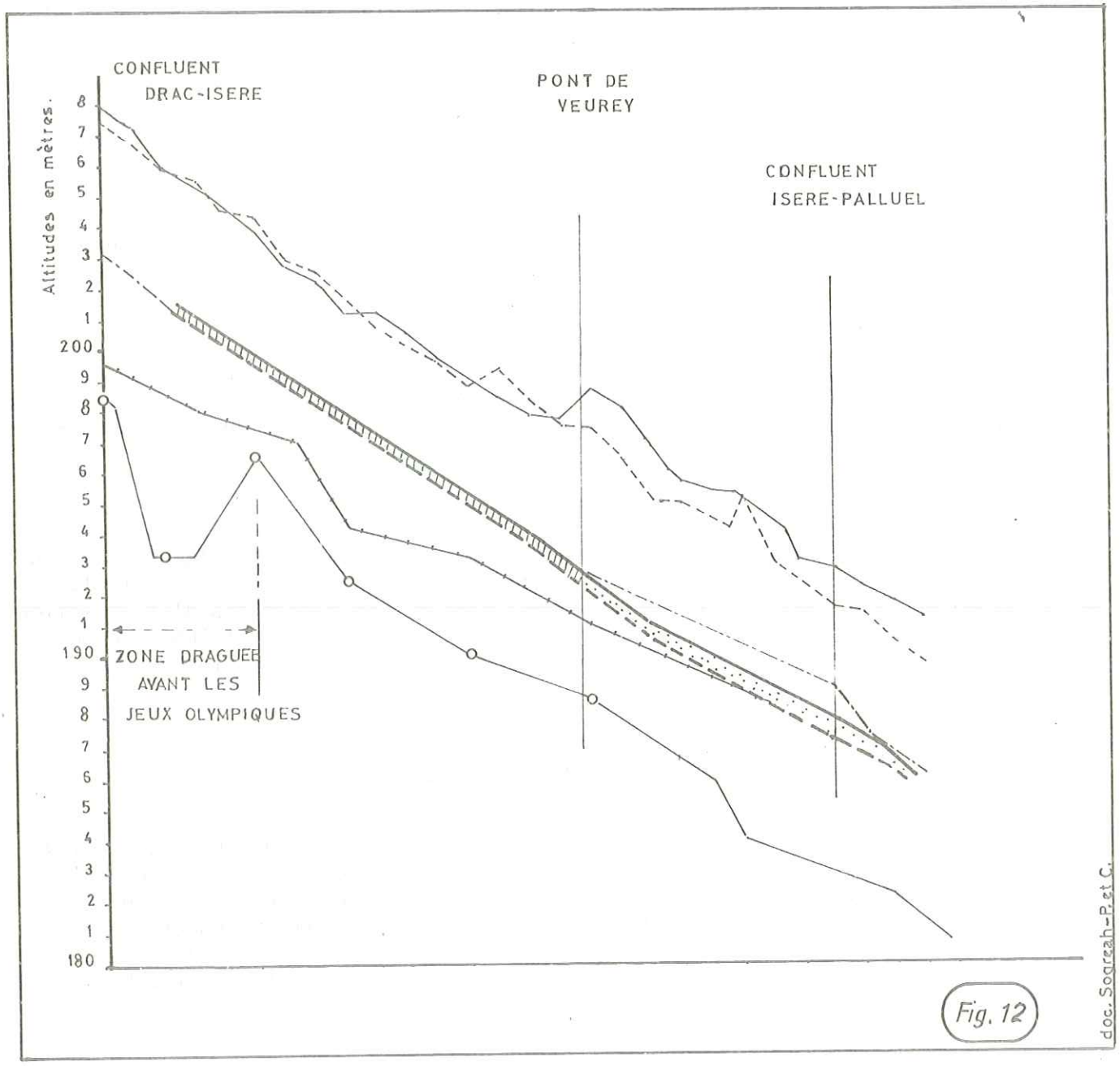


Fig. 12

LEGENDE

- Ligne de fond de la crue de 3000 m³/s
- Limite conseillée du fond moyen
- Berge rive droite
- Berge rive gauche
- Profils de contrôle EDF 1969 (prof. max.)
- Fond moyen 1954
- Fond moyen 1969
- Zone d interdiction d'extraction conseillée
- Extraction 1m maximum

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

La zone du confluent

On sait que la nappe du Drac est prédominante dans cette zone. Elle y constitue l'influence des eaux du Vercors. Des prélèvements effectués sur l'ancienne pointe du polygone, côté Drac et côté Isère (B. Lacroix 1970), montrent néanmoins que cette influence ne s'étend pas encore jusqu'à la rivière :

Le Drac	DHT(1)	TAC(2)	NCO_3	NO_3	Cl	SO_4	Ca	Na	Mg	K
1-2 /07/69	8	8,6	105	1,85	8,5	50	25	16,8	11,9	2,5
22-23/04/70	13,4	9,3	113	4,3	4,5	47	40	14,6	--	2,8

(1) DHT : Titre hydrotimétrique total. Il s'exprime en degrés français et traduit la teneur globale en sels de calcium et de magnésium (1 degré = 0,2 milliéquivalent, soit 10 mg. de CO_3Ca par litre).

(2) TAC : Titre alcalimétrique complet. Il exprime la teneur en hydrates, carbonates et bicarbonates alcalins et alcalino-terreux.

Les teneurs sont données en milligrammes par litre d'eau.

L'Isère	DHT	TAC	HCO_3	NO_3	Cl	SO_4	Ca	Na	Mg	K
11-12/12/68	20	22,5	274	4,1	25,5	52	97	11,5	11,7	2,1
1-2 /07/69	34,2	24,3	296	5,4	28	74	104	6,8	21	2,25
22-23/04/70	41,4	23,5	287	5,6	36	120	127	20	--	2,8
08/12/70	22,6	20,8	--	2,1	47	47	97	20	--	1,9

Le DHT varie de 15° près du Drac à 35° près de l'Isère. Une prépondérance des sels de calcium et de magnésium différencie les échantillons prélevés le long du lit de l'Isère de ceux situés près du Drac. La teneur en sulfate augmente nettement près de l'Isère.

La zone de Saint-Egrève

Dans ce secteur, les formations de la plaine affrontent les matériaux du cône de déjection de la Monta. La nappe de la plaine passe latéralement à la nappe du cône, ce qui se remarque sur les analyses.

Plaine Forage d'Ile Brune	DHT	TAC	NO_3	Cl	SO_4
08/07/64	24	7,5	-	12	160
25/09/64	18,1	12,6	-	12,8	52
21/11/64	18	12,6	2	12,8	51

La zone de Voreppe

Les analyses effectuées dans la nappe à la sortie de la Cluse

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

montrent que ses caractéristiques générales varient très peu. Par contre les teneurs en Fe++ augmentent notablement, d'autant plus qu'on se rapproche du versant E. Or les eaux des versants sont le plus souvent démunies de fer.

Voreppe	DHT	TAC	NO_3	Cl	SO_4	Fe	Ca	SiO_2
16/01/75	27,6	20,1	0,9	15	62,5	0,4	--	--
(2) 18/12/74	27,2	21,4	1,96	12	56	0,58	86	8,3
(1) 18/12/74	39,0	34,6	0,82	26,5	36	1,84	136	10

(1) Côté versant (2) Côté Isère

Si l'on se refère à la plaine du Grésivaudan, au N de Grenoble, où des phénomènes semblables se produisent (A.F. Chouteau et J.C. Fourneaux 1969) : "d'amont en aval de la plaine, les eaux se chargent en bicarbonate de calcium et parallèlement en fer. Le pH diminue".

D'autre part, nous sommes ici dans une zone où les pompages sont très fréquents. "Les variations fréquentes du niveau de la nappe, de la minéralisation, de l'agressivité et de la température des eaux d'alimentation entraînent en effet des variations des facteurs déterminant la précipitation des sels de fer.... Lors d'un pompage, les particules précitées peuvent être entraînées dans le cône de rabattement et apparaître à la pompe... si le niveau de la nappe varie beaucoup et rapidement, dans la zone de battement les conditions de précipitation sont souvent réalisées et la nappe se recharge en fer dissous" (idem).

II.4.2 L'AQUIFERE

La Formation II se caractérise par une augmentation très importante de la teneur en éléments de moyen et de fort calibre, galets et blocs. C'est un milieu hétérogène. Les argiles et les sables s'y intercallent, dispersés ou en lentilles. La Formation peut être très cimentée ou bien décomprimée. Lorsque l'épaisseur est suffisante, elle constitue un excellent appui pour les pieux et les puits. Isolée entre deux séries argileuses très peu perméables, sa perméabilité relative en fait le milieu où s'écoule la nappe ; sa perméabilité absolue est forte.

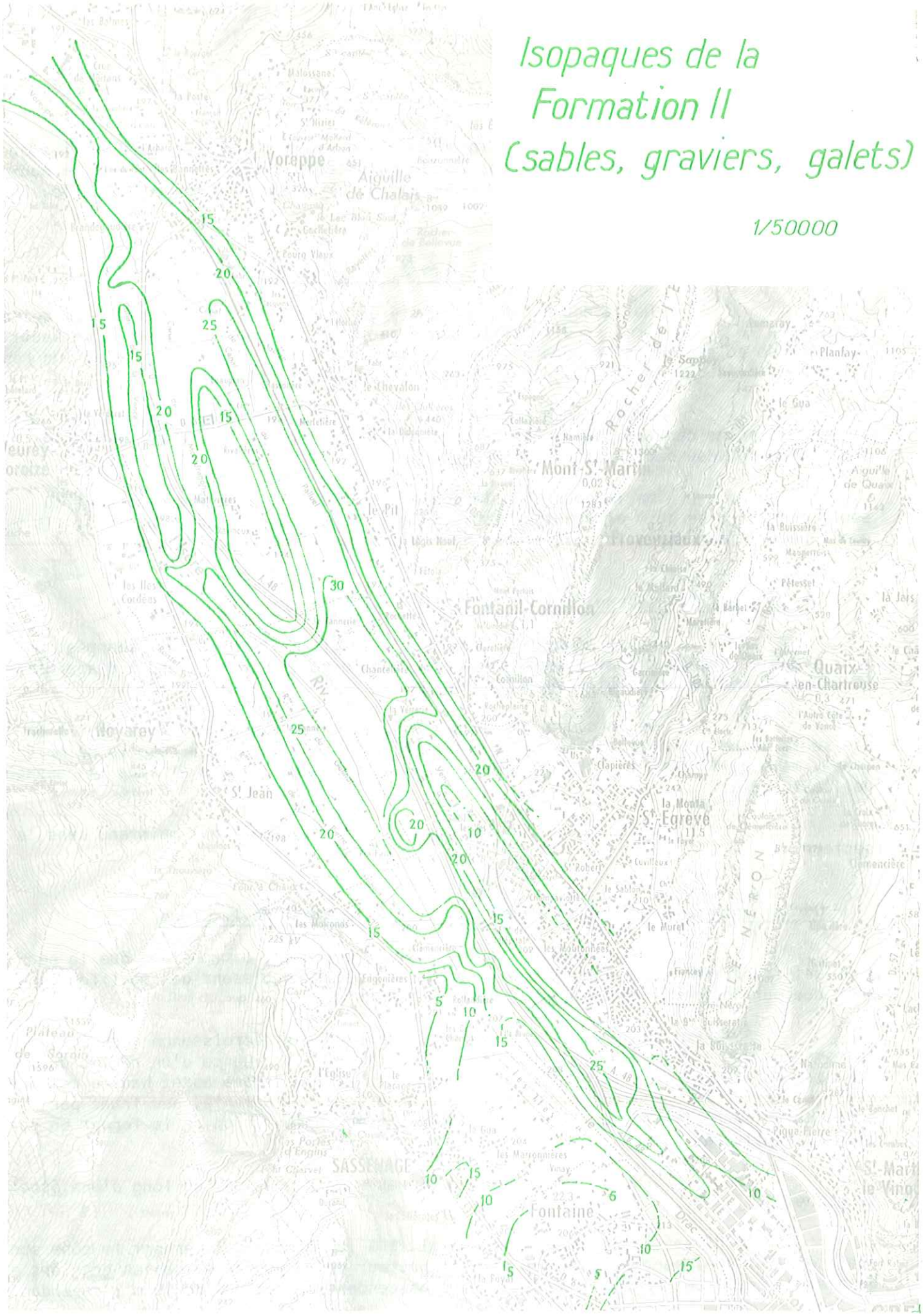
II.4.2.1 Géométrie de l'aquifère : la carte d'isopaques

La Formation II est connue sur l'ensemble de la Cluse depuis les travaux de géophysique électrique réalisés pour E.D.F. et par les coupes de sondages et piézomètres établis pour la mesure des caractéristiques de la nappe. Nous avons nous-même complété ces données à l'aide des renseignements que nous avons pu obtenir sur les résistivités, les pénétrations dynamiques, les battages, les mesures pressiométriques etc...

La carte d'isopaques montre l'allongement prévisible dans le sens de la vallée. Les fortes épaisseurs se situent au voisinage de l'axe et elles diminuent latéralement. La carte montre quatre parties inégales séparées par trois lignes transversales, que nous suivons du N au S, dans le sens d'apparition des coupes transversales. Ceci nous amène à considérer la Formation II dans le sens inverse de l'écoulement de la nappe.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

De la limite N à une ligne Bourg-Vieux - Le Petit Port

De la coupe 1 à la coupe 2 nous assistons à l'apparition d'une zone étroite amincie sur les bords, centrée sur l'axe de la vallée.

De la coupe 2 à la coupe 3, la poche s'élargit, sans manifester de discontinuité au niveau de Voreppe, tandis qu'un étranglement se marque à la hauteur de Brandegaudière. L'épaisseur moyenne est de 20 m comme le montre la carte. En certains points elle peut dépasser cette valeur.

De la ligne Bourg-Vieux - Le Petit Port à la ligne Saint Jean - Le Pit

De la coupe 3 à la coupe 4 on assiste à la prolongation de cette poche vers le S. Sa forme se diversifie par apparition le long de l'Isère d'un seuil allongé, de puissance inférieure à 15 m. Par contre à partir des Seites, c'est un renflement allongé qui se manifeste par des épaisseurs dépassant 25 m.

De la coupe 4 à la coupe 5, cette disposition se maintient. Cependant la poche centrale subit une diminution d'épaisseur par suite de la mise en place d'un nouveau seuil depuis l'Ile Gabourg.

De la coupe 5 à la coupe 6, on assiste à un élargissement du seuil central ; de part et d'autre, deux chenaux se sont ainsi individualisés. Ils contiennent à eux seuls la plus grosse partie des matériaux de cette zone.

De la ligne Saint Jean - Le Pit à la ligne Clémencière - Le Fontanil

De la coupe 6 à la coupe 7, la disposition reste inchangée. On peut signaler que le chenal W subsiste tandis que le seuil central tend à disparaître. Le chenal E montre un début d'approfondissement.

De la coupe 7 à la coupe 8, les deux chenaux se sont réunis en une seule poche profonde. Cette forte masse pourrait constituer une réserve de matériaux, mais elle présente l'inconvénient de se situer sous l'Isère et sous le passage de l'autoroute.

De la coupe 8 à la coupe 9, cet agencement est maintenu dans le secteur W.

De la ligne Clémencière - Le Fontanil à l'issue amont de la Cluse

De la coupe 8 (partie E) à la coupe 11, on constate que le secteur est franchement dissymétrique et que les épaisseurs subissent des modifications à la hauteur de la Rollandière et du cône de la Monta.

A la Rollandière les courbes montrent bien une décroissance vers l'W, mais on remarque des circonvolutions inhabituelles montrant l'influence d'un régime de sédimentation étranger. Le substratum des sables et argiles semble assez haut à cet endroit et la Formation II est figurée ici par un ensemble fragmenté, peu franc par suite de la disposition plus lâche des éléments avec augmentation de la teneur en particules argileuses.

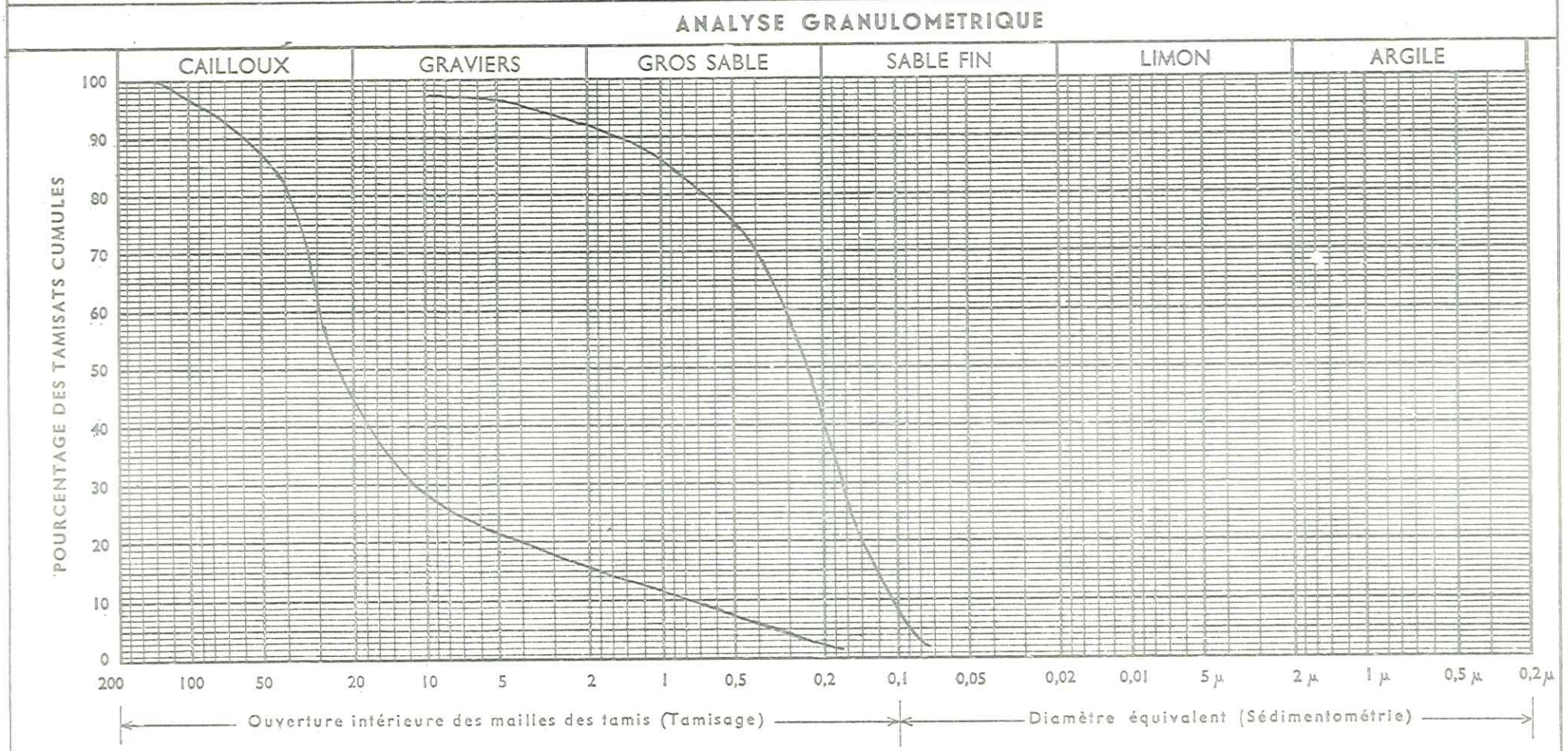
Dans l'axe de la vallée, les épaisseurs se conservent au long d'une étroite poche.

Au niveau de Saint-Egrève, on sait que les limons qui cernent le cône sont épais et leur épaisseur diminue d'autant la hauteur de la couche de sables graviers et galets. Un seuil se forme et les épaisseurs descendent en dessous de 10 m ; cependant

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

FORMATION II (Sables graviers et galets)
Situation granulométrique

FUSEAU DE L'ENSEMBLE DES COURBES GRANULOMETRIQUES



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

Fig. 13

on sait que la Formation II existe sous le cône de la Monta, sans pouvoir néanmoins en apprécier exactement l'étendue totale.

Dans la zone des Moutonnées, les épaisseurs varient autour de 9 m.

De la coupe 11 à la coupe 12 la même disposition se poursuit. Au Prè-Dieu la Formation II dépasse 9 m. A Sassenage on voit croître vers le S une couche qui passe de 4 à 5m au Piaçage à un palier de 10m environ un peu plus en pied de versant.

De la coupe 12 à la coupe 13 on assiste à la disparition progressive de la poche centrale. De Sassenage à Fontaine, les isopaques échappent à l'alignement général et se referment autour d'un seuil où la couche n'est plus épaisse que de 4 à 5 m. La rive gauche semble très influencée par le cône de déjection du Drac.

De la coupe 13 à la coupe 14, la Formation II est peu épaisse et le substratum argileux très proche.

II.4.2.2 Caractéristiques géotechniques

On observe à petite échelle (quelques dizaines de mètres) une forte variabilité de toutes les caractéristiques géotechniques. Leur détermination a donc une grande importance au niveau de la reconnaissance ponctuelle. Les valeurs des paramètres restent à l'intérieur d'un domaine propre à la Formation II. Comparé à celui de la Formation I, ce domaine se caractérise par une nette amélioration des qualités techniques.

II.4.2.2.1 Granulométrie

La Formation II se singularise par un empilement de corps lenticulaires très diversifiés et situés dans la partie de l'échelle granulométrique correspondant aux matériaux grossiers. C'est ce qui en fait l'hétérogénéité, que nous avons déjà notée du point de vue hydraulique avec la présence de passages tantôt colmatés, tantôt poreux.

La Formation montre deux types de matériaux (figure 13) qui, dans la classification adoptée par les Ponts et Chaussées, s'étendent de Gb (pour des graves propres non plastiques moyennement graduées) à Sm (pour des sables limono-graveleux).

Gb Grave propre moyt.graduée	$Cu = \frac{d60}{d10} = 37$	$Cc = 5$	$\frac{d85}{d15} = 24$	Filler : 2 %
Sm Sable graveleux	$Cu = 3$	$Cc = 0,96$	$\frac{d85}{d15} = 8$	Filler : 0 %

Ce matériau est constitué de corps roulés, usés, d'origines variées : gneiss, roches vertes, quartz, calcaires.

II.4.2.2.2 Equivalent de sable

Lorsque la teneur en éléments fins est élevée (grave limoneuse grise par exemple), les valeurs varient entre 10 et 20. Le plus généralement les résultats obtenus s'échelonnent de part et d'autre de 80.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

II.4.2.2.3 Résistivités

Au cours de l'étude géotechnique des dépôts alluviaux on constate en résistivité apparente que "... les zones les plus résistantes sont celles où les alluvions perméables sont les plus épaisses et les meilleures (ce qui n'est qu'une approximation)" (J.L. Astier 1970).

On constate aussi que des alluvions perméables ont des résistivités d'autant plus faibles que la teneur en éléments argileux est forte et que la porosité est plus importante.

Les valeurs obtenues dépendent donc de la teneur en éléments argileux et de la présence de la nappe. Ainsi du fait de sa composition granulométrique générale, la Formation II se caractérisera par des valeurs moyennes à fortes : 90 à 300 Ω.m.

La présence de la nappe abaisse les valeurs ; ainsi la connaissance du niveau piézométrique est indispensable quand la prospection électrique se fait en terrain inconnu. Dans notre cas nous nous sommes basé sur la répartition des faciès connus d'après les coupes des sondages, car nous n'avions aucun moyen de connaître l'état de la nappe au moment des mesures.

Le plus souvent les mesures nous donnent, par le contraste des résistivités et malgré l'affaiblissement des résultats lié à la présence d'eau, le toit de la Formation II est une idée des qualités géotechniques par la valeur même située dans son contexte.

Le gros avantage de la méthode électrique dans notre cas est de permettre une relation entre les sondages mécaniques et pénétrométriques, ce qui permet économiquement d'en diminuer le nombre.

II.4.2.2.4 Sismique - réfraction

Sur la plaine habitée, le matériel de "petite sismique" est vite saturé par le parasitage ambiant : passage des véhicules lourds, vibrations de basse fréquence engendrées par les avions, bruit de fond résultant de l'activité journalière.

Des mesures ont été effectuées pour E.D.F. avec l'appareillage adéquat. Elles concernent une investigation à grande profondeur. Le substratum rocheux a été atteint. Les mesures donnent des vitesses de 1000 à 1500 m/s jusque vers 30 à 40 m de profondeur ; au-delà elles augmentent.

II.4.2.2.5 Pénétrations dynamiques et statiques

Lorsque les pointes des pénétromètres parviennent à la Formation II, une augmentation spectaculaire de résistance à la pénétration se produit. Les résistances en pointe varient entre 300 et 1000 kg/cm2. Les courbes en dents de scie montrent la succession des couches dures et des lits moins compacts qui se superposent dans l'aquifère. La présence d'eau contribue à l'augmentation des valeurs. Les résultats obtenus permettent de schématiser la structure, en appréciant le degré d'homogénéité, afin de faciliter le calcul tranche par tranche, des contraintes et de tassements.

Dans ce type de formation il est utile de descendre les pointes assez bas pour traverser les lentilles sur toute leur hauteur, en particulier pour le calcul des fiches de pieux quand cette solution est préférable.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

II.4.2.2.6 Taux de travail, force portante, cohésion, angle de frottement interne

Le plus souvent on considère que les passages argileux ont peu d'importance au regard de l'épaisseur totale et on assimile par approximation la Formation II à un ensemble sablo-graveleux pour lequel C = 0 et P = 22°. P peut être pris égal à 30° dans le cas de la présence au sein de la masse d'un banc particulièrement cimenté ou comprimé.

D'après l'ensemble des données, le taux de travail s'élève, après ablation de la Formation superficielle, à 3,4 bars, valeur moyenne la plus utilisée sur la Cluse.

Enfin un pieu de Ø 128 mm, ancré à 20 m de profondeur sur une couche très résistante, compacte, de 2,5 m d'épaisseur, développe une force portante de 1920 T.

II.4.2.2.7 Perméabilités et transmissivités

Les caractéristiques de l'aquifère sont obtenues après examen d'un certain nombre de pompages exécutés sur la plaine et en bordure de l'Isère. Les données sont calculées à partir des courbes de rabattement (formule de Dupuit ou formule de Theis). Les résultats concordent :

$$10^{-5} > K > 5.10^{-3} m/S.$$

Si H est la hauteur de l'aquifère (10 m) et T = KH la transmissivité, on aura :

$$5.10^{-4} > T > 5.10^{-2} m/s.$$

Les valeurs les plus faibles correspondent à des formations à dominante sableuse avec graviers moyens et peu de graves.

Les valeurs les plus fortes caractérisent des séries grossières, peu colmatées, contenant moins de 50 % de sable fin.

Tandis que la perméabilité peut descendre localement à un facteur de 10^{-5} par enrichissement en particules fines, nous n'avons recensé aucune valeur supérieure à un facteur de 10^{-3}. Elle varie horizontalement, comme nous l'indique l'ensemble des mesures et verticalement.

Les résultats des pompages effectués sans étude du cône de rabattement donnent des valeurs pessimistes dues au mode de mesure.

II.4.2.3 Conclusion

L'épaisseur et l'extrême diversité granulométrique de la Formation II ne permettent pas d'en dresser un classement par zones. Nous savons qu'elle est généralement située entre les catégories Gb et Sm de la classification U.S.C.S., ce qui lui confère les propriétés suivantes :

- Possibilité de tassement et de gonflement nulle à très faible.
- Densité sèche comprise entre 2,32 et 1,68.
- C.B.R. : 10 - 80.
- Module de réaction (essai de plaque) en kg/cm2 : 4 - 14.
- Bonne résitance aux contraintes tangentielles.
- Compressibilité après faible compactage.

- Bonne ouvrabilité.
- Perméabilité maintenue après compactage.
- Bonnes caractéristiques drainantes.

Les propriétés géophysiques sont caractéristiques et suffisent à différencier nettement la Formation II des deux autres.

Son rôle dans l'aménagement est double :

a) C'est le conduit de la nappe. Celle-ci est étroitement liée à l'Isère qui l'alimente ou la draine. Les prélèvements dans le lit de l'Isère ont entraîné un abaissement du niveau phréatique moyen. Des mesures ont été proposées par les autorités compétentes pour résoudre cet inconvénient.

Les cartes de nappe, de battement et des profondeurs minimales sous le sol nous ont permis de considérer les relations entre la rivière et sa nappe.

b) C'est le niveau de fondation. Les pieux y sont ancrés sur les lits les plus résistants.

Lorsque la formation limoneuse est peu épaisse, on adopte soit une solution mixte semelle-pieux, soit le plus souvent on pose la fondation à même la couche de sables galets et graviers, après ablation de la couverture et compactage si nécessaire.

Il faut remarquer que le niveau de fondation étant le conduit de la nappe, la pollution des eaux souterraines risque de devenir un problème grave. Le nombre des sources de pollution augmentant avec le développement de l'aménagement, des mesures strictes doivent être prises pour l'épuration des rejets industriels et domestiques.

II.5 LA FORMATION DES ARGILES BLEUTEES OU FORMATION III

II.5.1 DESCRIPTION

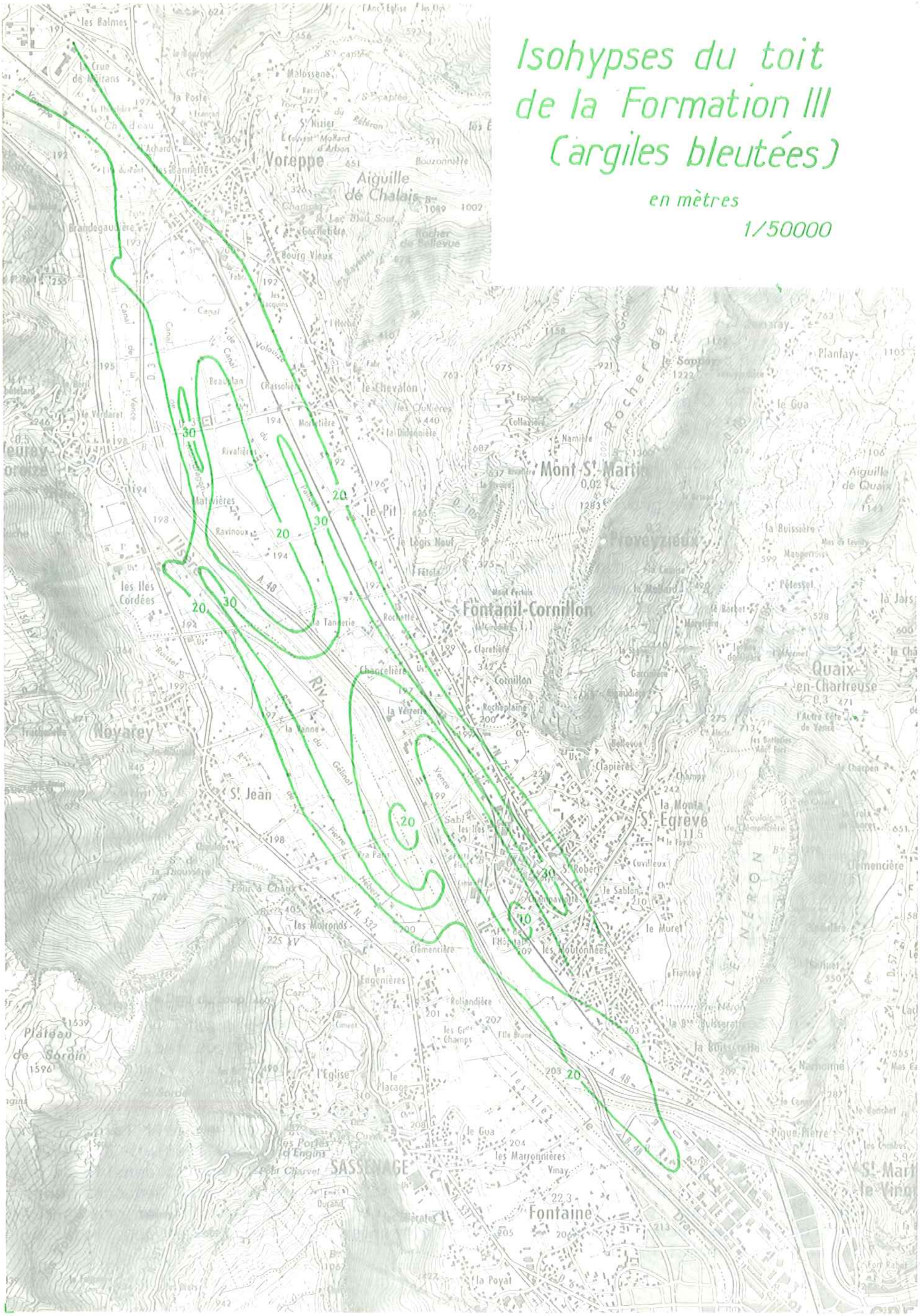
Sous la couche des sables, graviers et galets, les sondages montrent une argile bleutée ; aucun ne l'a traversée. Ce niveau, que nous appelons Formation III du fait de sa position, n'affleure jamais sur la plaine. Par contre, on connait aux Tuileries d'Eybens (S de Grenoble) un niveau d'argiles franches de 100 m d'épaisseur, en lits alternativement clairs et foncés, du type varve. Ce dernier niveau se trouve dans toute la vallée de l'Isère, depuis Tullins jusqu'à Montméliant, soit sur plus de 100 kms de long.

D'après les données les plus récentes, cette série ante-würmienne se serait déposée "dans un vaste lac occupant la vallée de l'Isère depuis le seuil de Rovon, à l'aval de Tullins, jusqu'aux confins d'Albertville. Dans ce lac, la sédimentation argileuse est essentiellement héritée du bassin versant" (J.C. Fourneaux 1970).

On constate que dans un certain nombre de sondages, la Formation III débute par une série sableuse puissante de quelques mètres. C'est en fait la coupe que l'on retrouve dans le Grésivaudan où cette passée sableuse prend l'allure d'une véritable unité, celle des "sablons". Dans la Cluse, pour autant que la densité de nos renseignements puisse nous permettre de l'affirmer, ces sablons sont beaucoup moins abondants, soit que le dépôt ait été irrégulier soit qu'ils aient été en grande partie érodés. C'est pourquoi nous les avons rattachésaux argiles bleues sous le vocable unique de Formation III.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

II.5.2 ISOHYPSES DU TOIT DE LA FORMATION III

La carte des isohypses est obtenue par addition des épaisseurs des Formations I et II, compte tenu des valeurs effectivement obtenues en sondage. Néanmoins, par suite de leur nombre trop limité, nous ne pouvons présenter ici qu'une carte à caractère schématique.

L'origine lacustre des argiles étant généralement établie, on admet que les glaciers würmiens les ont érodées, tandis que les fortes épaisseurs de glace les ont compactées. La profondeur moyenne se situe autour de -20 m ; elle dépasse -30 m dans la région centrale où deux chenaux grossièrement parallèles se joignent provisoirement. La profondeur remonte à -10 m dans la zone des Moutonnées et dans la partie S en général.

II.5.3 PROPRIETES GEOTECHNIQUES

Les sondages montrent la présence d'argile limoneuse grise compacte que surmonte souvent une série de sables fins peu perméables.

Les résistivités vont de 80 Ω.m à 150 Ω.m
Les résistances dynamiques varient entre 30 et 200 kg/cm^2
Les perméabilités oscillent entre 1,5.10-4 et 5,5.10-7 m/s

Ces valeurs correspondent à plusieurs dizaines de points répartis sur toute la Cluse. Ils ont donc une valeur statistique. Par contre nous donnons à titre indicatif les seules valeurs de limites d'Atterberg que nous ayons pu obtenir pour la Formation III. Elles concernent un point situé dans la région de Saint-Egrève :

W1 = 41
Wp = 19
Ip = 32

Résistance à la compression simple : 0,75 bar
Module oedométrique E' = 120 bars

Ces valeurs nous situent dans une formation peu plastique. Si nous formulons l'hypothèse qu'ils reflètent une situation commune sur la Cluse, ils peuvent à priori indiquer une certaine pauvreté en montmorillonite et en espèces argileuses gonflantes. Ce point est alors conforme aux analyses effectuées dans le niveau dit "des argiles d'Eybens" qui montrait une prédominance de l'illite et de la Chlorite, avec une teneur en carbonate de calcium variant entre 15 et 35 % (J. Aprahamian, J.C. Fourneaux, B. Lacroix, J.P. Uselle 1970).

II.5.4 CONCLUSION

Les coupes géologiques des sondages, pour la Formation III, montrent un banc d'argiles surmonté d'un faciès sableux.

Si l'on se réfère aux coupes connues en dehors de la Cluse, on constate que les "argiles d'Eybens" sont surmontées d'un faciès sableux, qui précède lui-même des argiles à lignite.

Il semblerait que les argiles de la Cluse, pour ce que nous pouvons en connaître, correspondraient à la série des "argiles d'Eybens". Le niveau à lignite, s'il a existé, aurait été décapé au würm, de même peut-être que le faciès sableux, qui n'apparaît pas partout sur les coupes.

Néanmoins nous donnons cette conclusion sous toutes réserves par suite du manque d'arguments convaincants et à titre d'apport à l'étude des "argiles d'Eybens".

Dans le cas ou la Formation II n'offre pas localement d'assise suffisamment compacte ou épaisse, la connaissance d'un niveau d'argile raide peut-être importante pour l'ancrage d'un pieux travaillant en frottement. De ce point de vue, la Formation III semble présenter une certaine homogénéité.

II.6 LE REMPLISSAGE ALLUVIAL SOUS LA FORMATION III ET LE SUBSTRATUM ROCHEUX

On ne possède pas de données sur la nature du remplissage situé sous les argiles bleues. Si l'on compare la Cluse avec ce que l'on connaît par ailleurs dans des circonstances semblables (Vallée de la Romanche et du Drac), il faut s'attendre à rencontrer en profondeur des dépôts plus grossiers qui représentent le remplissage fluvio-glaciaire normal de l'ancienne auge. Ils peuvent être aquifères.

Le substratum rocheux de l'auge glaciaire doit constituer des seuils au passage des corniches calcaires : l'Urgonien, le Valanginien en supérieur, le Tithonique. Le fond de la vallée est donc irrégulier. Si ces seuils sont assez importants, une prospection gravimétrique les mettraient peut-être en évidence. D'autre part aucune campagne sismique n'a été entreprise sur la Cluse à notre connaissance, sauf dans la zone de Voreppe. Là, les opérations effectuées pour E.D.F. (nous ne connaissons pas l'emplacement exact des mesures) situent le substratum rocheux à -400 m sous le niveau de la plaine.

---

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

CHAPITRE III :

LES VERSANTS

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.1 MODALITES DE L'ETUDE DES VERSANTS

Le schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme prévoit sur les versants de la Cluse des zones destinées à la mise en place de moyens de logement, de type individuel. Ces zones s'étendent dans les secteurs de Fontaine et de Clémencière.

Pour notre part, dans un but théorique, nous avons considéré un aménagement portant sur l'ensemble des versants. Nous nous sommes efforcés de déterminer les caractéristiques des terrains et de sélectionner à notre niveau les zones urbanisables.

L'étude a été menée depuis le niveau de la plaine jusqu'à la côte 450 m NGF, qui correspond à deux impératifs :

- couvrir le maximum de surface.
- éviter de s'enfoncer trop en avant dans les massifs pour rester dans le cadre d'un aménagement de la vallée ne nécessitant pas une infrastructure compliquée et trop onéreuse.

A l'intérieur de ce domaine nous nous sommes attachés à faire ressortir les différences lithologiques à l'aide d'observations sur photos aériennes au 1/25 000, de la carte géologique au 1/50 000 (feuille Grenoble) et de relevés personnels au 1/10 000.

Nous ne disposions pas ici, contrairement à l'étude de la plaine, de données géotechniques préétablies : sondages ou analyses, à rechercher et à faire intervenir dans une synthèse. Cela tient aux types de travaux qui ont été menés jusqu'ici sur les versants :

- travaux anciens sans documents garantissant une reconnaissance préalable.
- installation d'un habitat individuel à vocation agricole
- installations simples ou pour lesquelles on a estimé qu'aucune reconnaissance ne s'imposait.

Aussi, lorsqu'une reconnaissance des terrains de couverture, en sus de l'observation directe, nous a paru indispensable, avons nous procédé à des mesures de sismique-réfraction sur l'appareil Terra-Scout de l'Institut Dolomieu, dont nous avons assuré l'interprétation des courbes.

Le Laboratoire de Géotechnique de l'Institut a effectué des analyses granulométriques sur des échantillons de Glaciaire prélevés par nos soins.

Les données de la Lithologie, de la Morphologie, de l'Hydrogéologie et de la Géophysique nous permettent d'expliquer et de prévoir les propriétés des versants et de leurs constituants avec une précision en rapport avec l'échelle de notre étude.

Ces matériaux se définissent à l'intérieur du cadre géologique :

- la série statigraphique est celle des massifs bordiers de la Chartreuse et du Vercors.
- la morphologie de la Cluse résulte du jeu des agents de l'érosion sur les matériaux différenciés qui les constituent. Ces matériaux représentent la base de l'aménagement des versants et leurs propriétés générales ou spécifiques permettent de choisir les secteurs convenables.

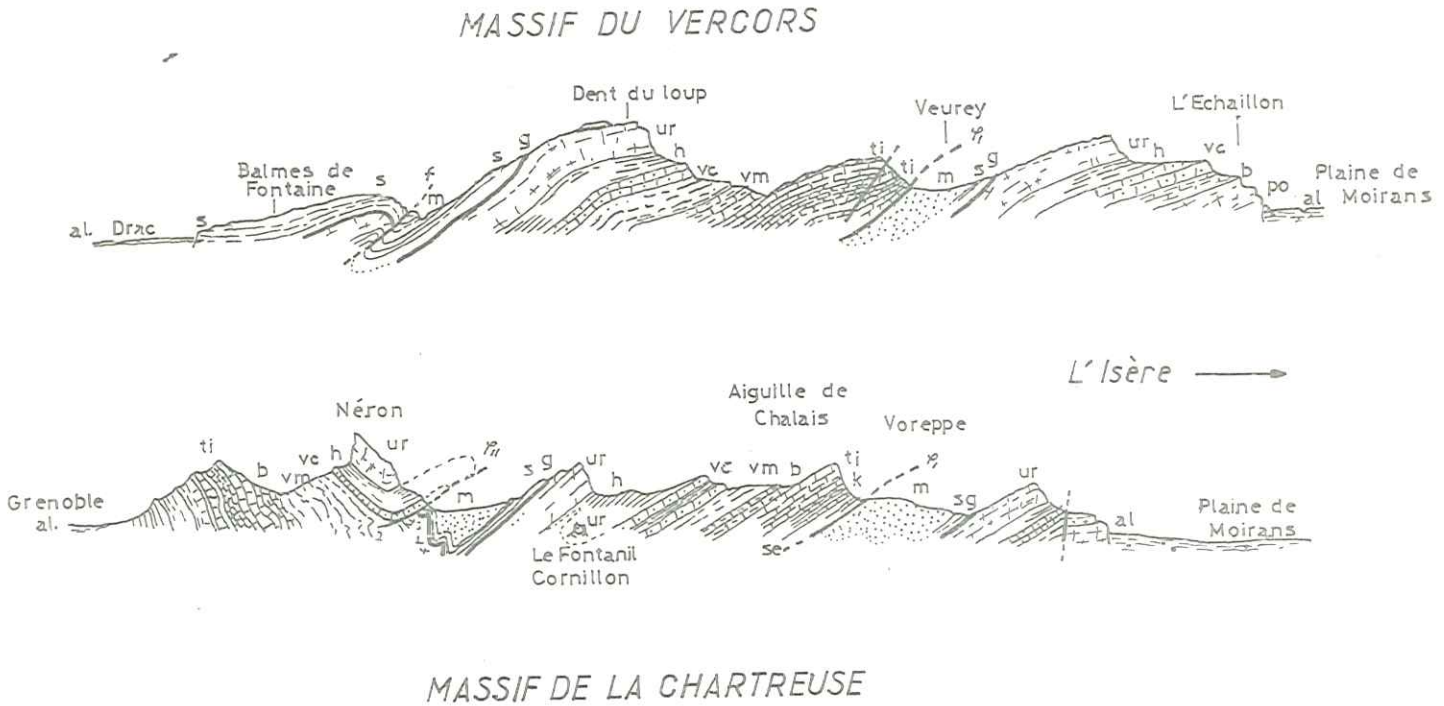
tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Interprétation géologique des versants de la cluse de l'Isère

(D'après un dessin original de L. MORET)

NW

1/100000



Les coupes mettent en évidence la structure continue d'une rive à l'autre ainsi que l'origine de la morphologie à partir de l'alternance des calcaires durs surplombants et des marno-calcaires et marnes plus érodables.

LEGENDE:

po: Portlandien; ti: facies tithonique; b: Berriasien; vm: marnes valanginiennes; vc: calcaire du Fontanil; h: Hauterivien; ur: Urgonien; g: Aptien supérieur; s: Sénonien; m: Molasse; al: Alluvions

f: pli faille de Sassenage; γ_I: pli faille de Voreppe; γ_{II}: pli faille de la Chartreuse.

Fig. 14

III.2 LE CADRE GEOLOGIQUE

III.2.1 ORIGINE ET STRUCTURE GENERALE DE LA CLUSE

La Cluse est placée entièrement dans les séries sédimentaires des Chaînes sub-alpines (figure 14).

"Les cluses ne sont point de simples vallées d'érosion mais bien un ensemble de fractures résultant d'un même mode de dislocation. Elles sont l'origine et non la conséquence du réseau hydrographique suivant lequel s'écoulent toutes nos grandes rivières des Alpes" (Ch. Lory 1885).

"Les plis, en s'approchant de la vallée, s'abaissent de façon sensible, formant un immense synclinal transversal. Le décrochement est également évident : les plis ne concordent pas d'une rive à l'autre" (M. Lugeon 1908).

Le décalage des deux rives ne détruit pas entre elles une continuité stratigraphique et structurale : le synclinal de Voreppe se prolonge dans celui de Veurey et le synclinal de la Monta dans celui de Sassenage. La disposition des séries inclinées vers le SE depuis la Cuche jusqu'à la Dent du Loup se retrouve entre le pic de la Grande Aiguille (ou Aiguille de Chalais) le Mont Saint Martin.

III.2.2 RESUME STRATIGRAPHIQUE

Des terrains les plus anciens aux plus récents, la série stratigraphique s'étale sur la Cluse vers le S depuis la ligne : la Cuche - la Grande Aiguille.

Cette ligne marque la présence d'un pli-faille qui place les terrains du Jurassique supérieur en position de recouvrement des séries miocènes. La disposition fait ressortir la structure synclinale de l'axe Sassenage - Saint-Egrève. C'est l'empilement des séries depuis le pic de la Grande Aiguille à Rigaudière, pour la rive droite et de la Cuche au vallon du Furon, pour la rive gauche, qui nous permet de suivre la succession stratigraphique. Nous en donnons ici un bref résumé (cf.planche) avec pour chaque étage une description abrégée insistant sur la lithologie.

III.2.2.1 Le Kimméridgien inférieur (faciès Séquanien)

Les petits bancs calcaires alternent avec de petits bancs marneux finement lités. La couche peu épaisse (50m) affleure parmi les éboulis de la barre de la Grande Roche et aux pieds des deux falaises de la Cuche.

III.2.2.2 Le Tithonique : Kimméridgien et Portlandien

Les deux formations se superposent pour former les deux barres calcaires de la Cuche et celle de la Grande Roche. Le rocher montre une pâtine blanche tandis que sa cassure grise à beige permet d'apprécier la finesse du grain.

III.2.2.3 Le Berriasien

Il correspond à des calcaires argileux. Epais de 50m environ, il se répartit en bancs peu épais à décimétriques.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.2.2.4 Le Valanginien

Cette série largement représentée, débute par une forte épaisseur (entre 200 et 300 m) de marnes grises.

Elle est surmontée d'une falaise calcaire : le calcaire "du Fontanil". La roche bicolore présente une cassure rugueuse, veinée, au grain brillant.

Puis cette barre passe à des calcaires gris à blancs, à cassure beige ou café-au-lait sombre. Par endroits on remarque des alignements de silex rouges.

III.2.2.5 L'Hauterivien

Sur une épaisseur d'une centaine de mètres, les bancs calcaires jaune-orangé à taches bleutées, épais de 0,5 m en moyenne, se débitant en grosses miches arrondies, alternent avec des bancs d'une marne feuilletée grise à noire, esquilleuse, d'épaisseur comparable.

III.2.2.6 L'Urgonien

C'est un calcaire d'un blanc mat, donnant une falaise caractéristique. Il est épais de 200 à 300 m. Il est massif, cassant. La cassure pseudo-conchoïdale montre une pâte fine grise à beige.

III.2.2.7 L'Aptien supérieur

Il est peu épais (10 à 30 m) et se présente sous forme d'un calcaire gréseux et glauconieux.

III.2.2.8 Le Sénonien

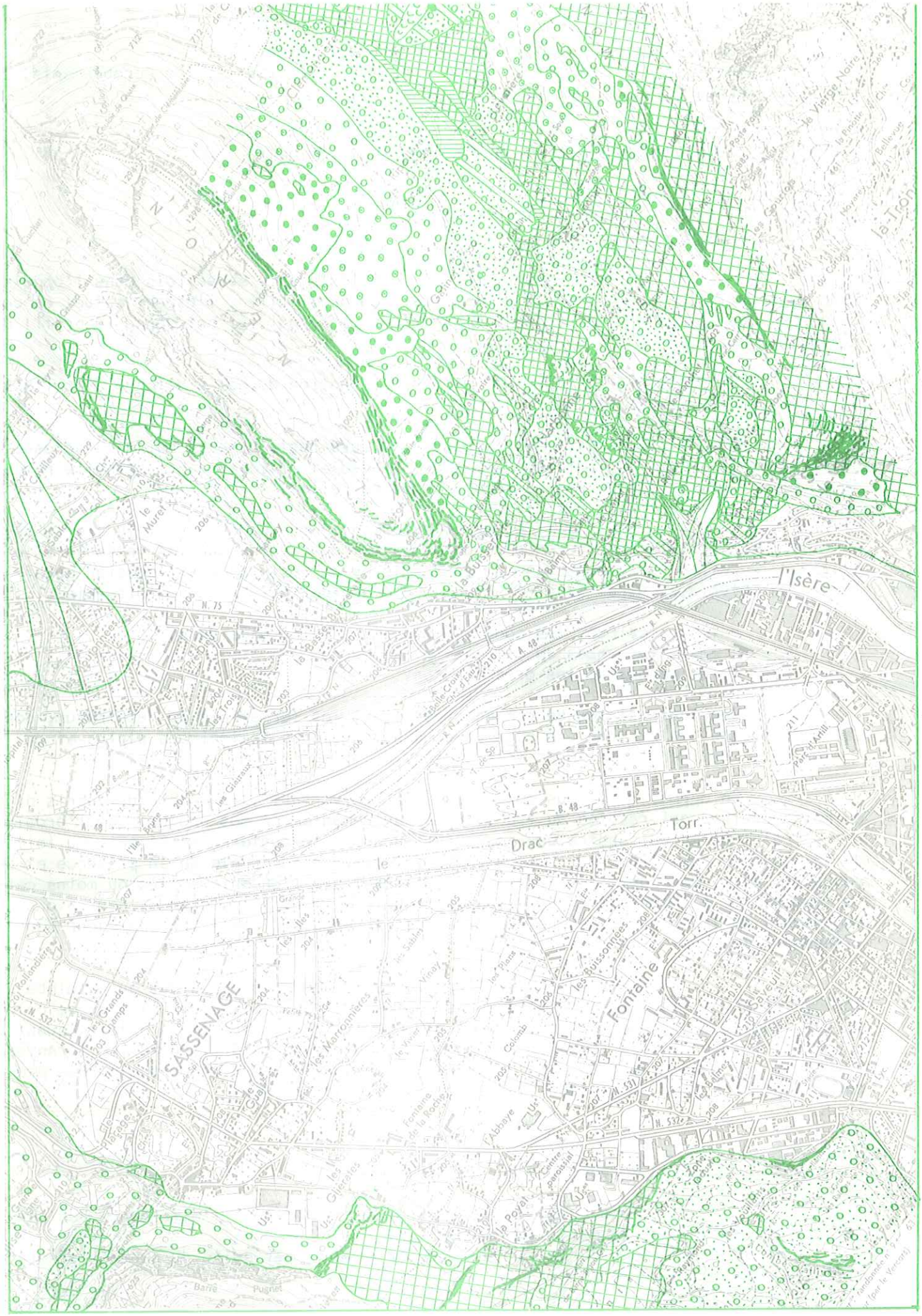
C'est un calcaire blanc à beige, épais, bien visible dans les carrières des Engenières où on l'exploite pour sa teneur en carbonate de calcium. La série est massive, sans interbancs marneux. Certains passages sont caractéristiques avec leur débit en lauzes.

III.2.2.9 Le Miocène

Il est représenté par un puissant ensemble gréso-conglomératique (plusieurs centaines de mètres), qui comble en les soulignant, les deux axes synclinaux.

III.2.2.10 Le Quaternaire

Il est composé par un groupe de formations meubles constituées de débris de nature et de taille variable.



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

En plaine, on lui attribue le comblement alluvial.
Sur les versants, ce sont les moraines, les éboulis, les écroulements, les alluvions torrentielles et les cônes de déjection.

III.2.3 MORPHOLOGIE DU SUBSTRATUM ET DE LA COUVERTURE

III.2.3.1 La carte lithomorphologique

L'eau et la glace ont été les agents essentiels dans l'acquisition de l'évolution morphologique de la Cluse. En particulier, l'aspect actuel de celle-ci est due au passage de fortes épaisseurs de glace qui lui ont donné le profil de l'auge glaciaire.

En période de climat péri-glaciaire l'action du gel a alterné avec l'ablation par les eaux de fonte.

Placée dans un site montagnard, la Cluse reste aujourd'hui très arrosée. Une grande partie des anciens débris a été déblayée et la topographie actuelle recoupe souvent à l'emporte-pièce les anciennes formes de relief.

La carte lithomorphologique que nous produisons illustre la répartition de la lithologie du substratum et de sa couverture. Sur les versants elle explique le relief par les variations de dureté et de résistance à l'érosion qu'offrent ces matériaux. Ainsi se distinguent par ordre de résistance décroissante :

- les calcaires, les conglomérats et certains grès durs,
- les alternances de calcaire et de marne,
- les marnes et les grès tendres.

Ces trois séries de roches constituent les formations du substratum, dont la forme dépend de la structure régionale, des mouvements tectoniques alpins et de l'érosion. C'est donc un élément très ancien.

En opposition, nous comprenons par "couverture", la couche de débris plus ou moins épaisse qui résulte du transport et du remaniement des produits de l'érosion et de l'altération du substratum, poursuivis pendant le quaternaire récent. Du fait de sa position superficielle, tout aménagement doit tenir compte de sa présence et de ses propriétés. La plupart des travaux nécessitent que l'on entame plus ou moins cette couverture. A défaut de pouvoir indiquer en tout point sa puissance, nous avons représenté de façon particulière les moraines ne dépassant pas 1 m d'épaisseur (Carte lithomorphologique).

La résistance à l'érosion est une donnée physique qui englobe un cortège de propriétés caractéristiques de chaque matériau. Elle fournit donc de celui-ci une image globale qui influe sur le choix que l'on peut être amené à faire quant à sa valeur et son utilisation. Les roches dures soulèvent des difficultés différentes de celles des roches tendres. Leur répartition sur une carte lithomorphologique présente donc l'intérêt de classer et de localiser les problèmes.

III.2.3.2 Morphologie du substratum

Le découpage des versants est rythmé par l'alternance des couches dures et des couches moins résistantes :
- les couches dures forment des barres qui, par suite du pendage général, affleurent en écharpes obliques.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

- les couches moins résistantes donnent des pentes adoucies.

En rive gauche, l'inclinaison des axes vers la Cluse est moins accentuée qu'en rive droite. Elle ne permet pas du fait des pendages la mise en place de longues vallées. L'érosion tranche presque perpendiculairement aux directions de relief, donnant de grands murs et de courtes vallées torrentielles aux flancs raides. Les espaces dégagés et habitables sont rares et la population s'est naturellement installée sur les cônes de déjection. Il en est ainsi à Veurey, Noyarey, Saint Jean. Le replat des Engenières doit sa forme à un adoucissement des pendages du Crétacé.

En rive droite, au contraire, les directions de relief favorisent l'ouverture des vallées adjacentes qui s'enfoncent profondément à l'intérieur de la Chartreuse. L'écoulement général conduit à la Cluse et les torrents drainent d'importantes surfaces. Les débris sont abondants et les cônes de déjection poussent en avant comme à Voreppe et à Saint-Egrève. Les larges surfaces obtenues jointes à une exposition au S ont entraîné l'installation d'une population nombreuse.

III.2.3.3 Morphologie de la couverture quaternaire

Le matériel glaciaire adoucit les contrastes morphologiques du substratum ; aussi la surface du Glaciaire et celle de son support se raccordent-elles souvent de façon insensible. Les tranchées naturelles (vallons, ravins) ou artificielles (routes, tranchées, fondations) permettent de déceler la part du dépôt superficiel dans la forme d'un bombement ou dans le comblement d'un creux ; dans ce dernier cas il donne souvent des placages en couloirs ou en taches qui ressortent en photo aérienne.

Les éboulis constituent un placage sur les versants aux pieds des barres rocheuses. Lorsque celles-ci parviennent à la plaine, ils déterminent une zone de transition (le Néron, la barre des Jayères, la Grande Roche) plus ou moins raide selon la nature des matériaux accumulés.

Les écroulements, loin de leur point de départ dans le secteur des Engenières, déterminent en bas de pente un bombement arqué.

Les cônes de déjection réalisent le plus souvent en pied de versant un assemblage de plusieurs édifices imbriqués. L'étalement des deux plus puissants : ceux de Voreppe et de Saint-Egrève, contraste avec l'extention réduite des autres. La longueur du torrent, la pente du cours, le fort volume d'eau véhiculé expliquent leur prépondérance.

III.2.3.4 La carte clinographique

Elle figure sur les versants de 0° à 30° la répartition des pentes par tranches séparées de 5° en 5°.

Il s'agit donc d'un élément quantitatif dans le traitement de la morphologie. On constate que les valeurs supérieures à 30° donc fortes, constituent la majorité, ce qui coïncide bien avec l'impression d'ensemble que dégageaient les considérations d'ensemble sur la morphologie des versants.

Les valeurs comprises entre 5° et 25° se répartissent sur les deux rives en groupes isolés que les falaises, uniformément distribuées, délimitent. Ainsi apparaissent les secteurs où la pente peut offrir des difficultés au regard de l'aménagement. La carte peut donc être utilisée conjointement avec la carte des risques naturels.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

CARTE CLINOGRAPHIQUE

- Surplombs et falaises
- > 30°
- 20° à 30°
- 10° à 20°
- 5° à 10°
- < 5°

1/50000

III.3 PROPRIETES GEOTECHNIQUES DES FORMATIONS DES VERSANTS

III.3.1 LE SUBSTRATUM

III.3.1.1 Les calcaires (figure 15)

III.3.1.1.1 Lithologie

Les calcaires massifs, comme le Tithonique, l'Urgonien et le calcaire du Fontanil donnent des falaises élevées qui découpent le paysage en secteurs

III.3.1.1.2 Hydrogéologie

Les calcaires, naturellement étanches, possèdent à grande échelle une perméabilité d'ensemble liée à la fissuration des massifs. Ceux-ci constituent des réserves qui alimentent la nappe phréatique de la plaine ainsi que quelques sources dont certaines ont pu être exploitées : le Chevalon, le Fontanil, l'ancienne source de l'Echaillon, les Cuves de Sassenage.

III.3.1.1.3 Propriétés géophysiques

Les mesures de sismique-réfraction donnent des vitesses de 2000 m/s à 4000 m/s. Nous sommes donc en dehors du domaine du rippable.

Nous savons d'autre part que l'Urgonien a été exploité comme pierre de taille. Il peut supporter de fortes pressions sans écrasement.

III.3.1.1.4 Fracturation et altération

Ces calcaires très durs sont cassants. L'action du gel et du dégel désagrègent les bancs peu à peu et ils nourrissent une ceinture d'éboulis.

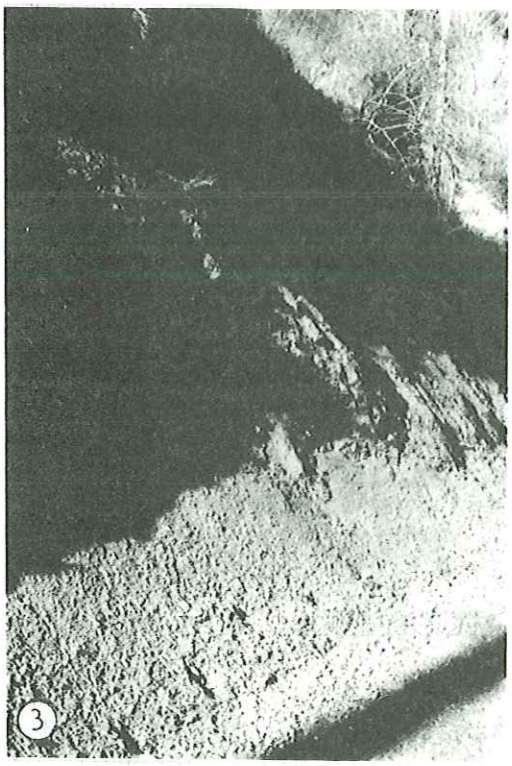
Pour ce que l'on peut en voir en surface, la roche est saine (Chapelle François) ou faiblement cariée. Des bouchons argileux comblent les ouvertures superficielles des fractures. Du fait de leur fissuration les gros bancs calcaires constituent des réservoirs karstiques : les anciens avens de Malossane, remplis par les sables éocènes dont l'exploitation aujourd'hui abandonnée a laissé de grands vides que comblent lentement les décharges clandestines et les dépôts de remblais.

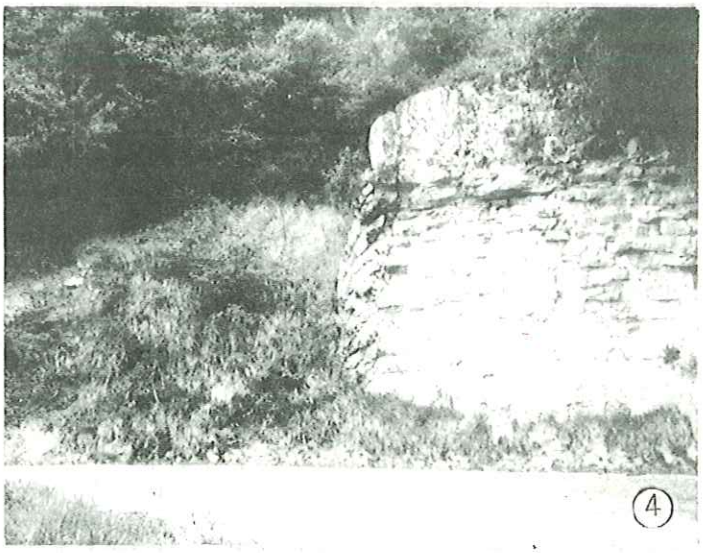
III.3.1.1.5 Risque naturel et stabilité

Sur la bande qui nous intéresse, les calcaires affleurent peu. Les risques en cause résultent des falaises dont les blocs peuvent tomber assez bas sur la pente comme dans la région de Champy ou comme au pied du Rocher de l'Eglise.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011





LE SUBSTRATUM

(1) Sassenage-Les Engenières - Les masses calcaires des versants affleurent en écharpes obliques....

(2) Malossane - Les calcaires karstiques donnent ici des cavités anciennement remplies de sables éocènes

(3) Saint Martin le Vinoux - Aprés la pluie, érosion des marnes en esquilles argileuses jaunâtres.

(4) Le Fontanil - Fracturation dans les calcaires du Fontanil. Le compartiment gauche est constitué par du Glaciaire. La présence de petits bancs marneux en alternance accentue la desintégration des bancs calcaires.

Fig. 15

CALCAIRES ALTERNANCES ET MARNES

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.1.2 Les alternances de calcaires et de marnes

III.3.1.2.1 Lithologie

Les calcaires marneux de l'Hauterivien donnent des reliefs en butte comme à Claretière, la Girodière, le Mont Pertus, la Hurardière.

III.3.1.2.2 Hydrogéologie

Du fait de la fissuration rare ou seulement superficielle favorable aux suintements et aux écoulements, les alternances possèdent une très faible perméabilité.

III.3.1.2.3 Propriétés géophysiques

En sismique-réfraction les vitesses obtenues varient entre 2200 et 2500 m/s. Nous sommes donc là hors du domaine du rippable.

Cependant quand les bancs calcaires sont peu épais (0,20 à 0,40 m) et argileux, les dents du ripper peuvent désagréger la roche en la soulevant fraction par fraction.

III.3.1.2.4 Fracturation et altération

Les intervalles marneux présentent un débit en esquilles. Les bancs calcaires ocres se débitent en miches caractéristiques.

Des fractures parcourent la formation et décallent les alternances.

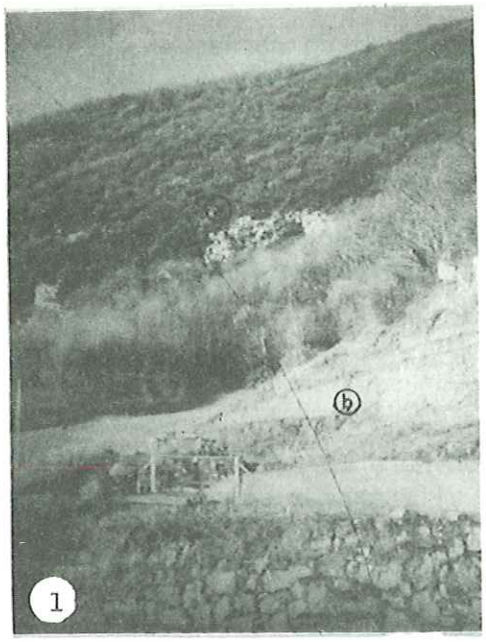
III.3.1.2.5 Risque naturel et stabilité

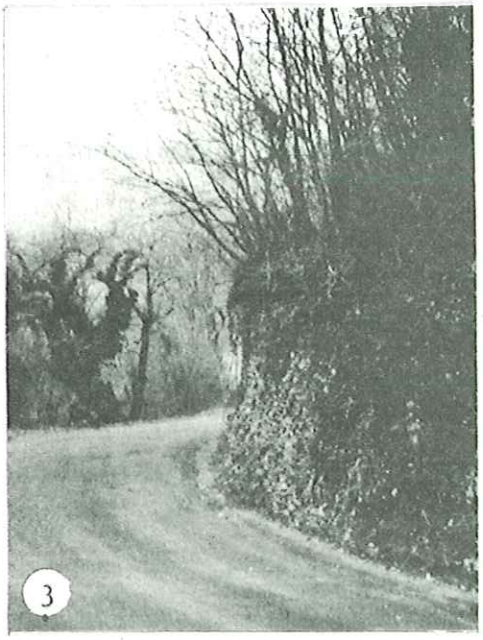
Les bancs marneux peuvent faire office de plans de glissement. Le risque se manifeste lorsque d'une part les pendages s'accentuent et d'autre part que des suintements se manifestent au niveau des interbancs. On peut alors assister à des décollements de fractions de bancs. Cette disposition est particulièrement sensible dans le cas de terrassements ouverts en période humide.

III.3.1.3 Les marnes (figure 15)

III.3.1.3.1 Lithologie

Les marnes valanginiennes constituent une formation épaisse, assez tendre, altérable. Elles se débitent en petites esquilles.





LE SUBSTRATUM

(1) Malossane - a: calcaires b: grès tendres

(2) Malossane - ancienne extraction dans la barre gréseuse.

(3) Racin - La verticalité du talus évoque la compacité des conglomérats indurés.

(4) Route de Proveyzieux - lentilles conglomératiques inclinées.

Fig 16

LES GRES ET CONGLOMERATS

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.1.3.2 Hydrogéologie

Les marnes sont naturellement étanches. Elles constituent un écran qui conduit le ruissellement. Celui-ci les désagrège et les altère.

III.3.1.3.3 Propriétés géophysiques

Les mesures de sismique-réfraction donnent des vitesses comprises entre 500 et 2500 m/s. Nous sommes donc là dans le domaine du rippable.

III.3.1.3.4 Fracturation et altération

Les marnes constituent un matériel tendre, étanche, s'érodant sous le ruissellement. La fracturation est peu apparente.

L'altération se manifeste par une saturation en eau avec décompression, sur une tranche superficielle d'épaisseur variant entre 0,1 et 1m. C'est cette tranche que l'on obtient les vitesses sismiques les plus faibles. Les esquilles se détachent de la masse marneuse, donnant aux pieds des talus une accumulation pâteuse qui obstrue au long des routes les chenaux d'écoulement.

III.3.1.3.5 Risque naturel et stabilité

Les marnes non altérées sont compactes et stables. Elles peuvent dans ce cas constituer un niveau de fondation.

Le risque naturel apparaît dans la zone de contact marne-couverture. Une augmentation de la teneur en eau y crée une tranche altérée qui peut être le lieu de départ d'un glissement. Le risque est donc en rapport avec l'inclinaison de la zone de contact et avec les variations de teneur en eau dont l'augmentation sous des causes diverses, se manifestera par des écoulements inhabituels.

III.3.1.3.6 Aptitude aux travaux

Un habitat de type individuel s'établit sur les marnes saines. Cependant du fait de l'altération rapide, les fouilles et les tranchées devront être aussi protégées que possible de la pluie et du ruissellement afin d'éviter la formation d'une pellicule saturée. Pendant l'édification des ouvrages il sera nécessaire de prendre toutes les dispositions pour empêcher les imprégnations ultérieures.

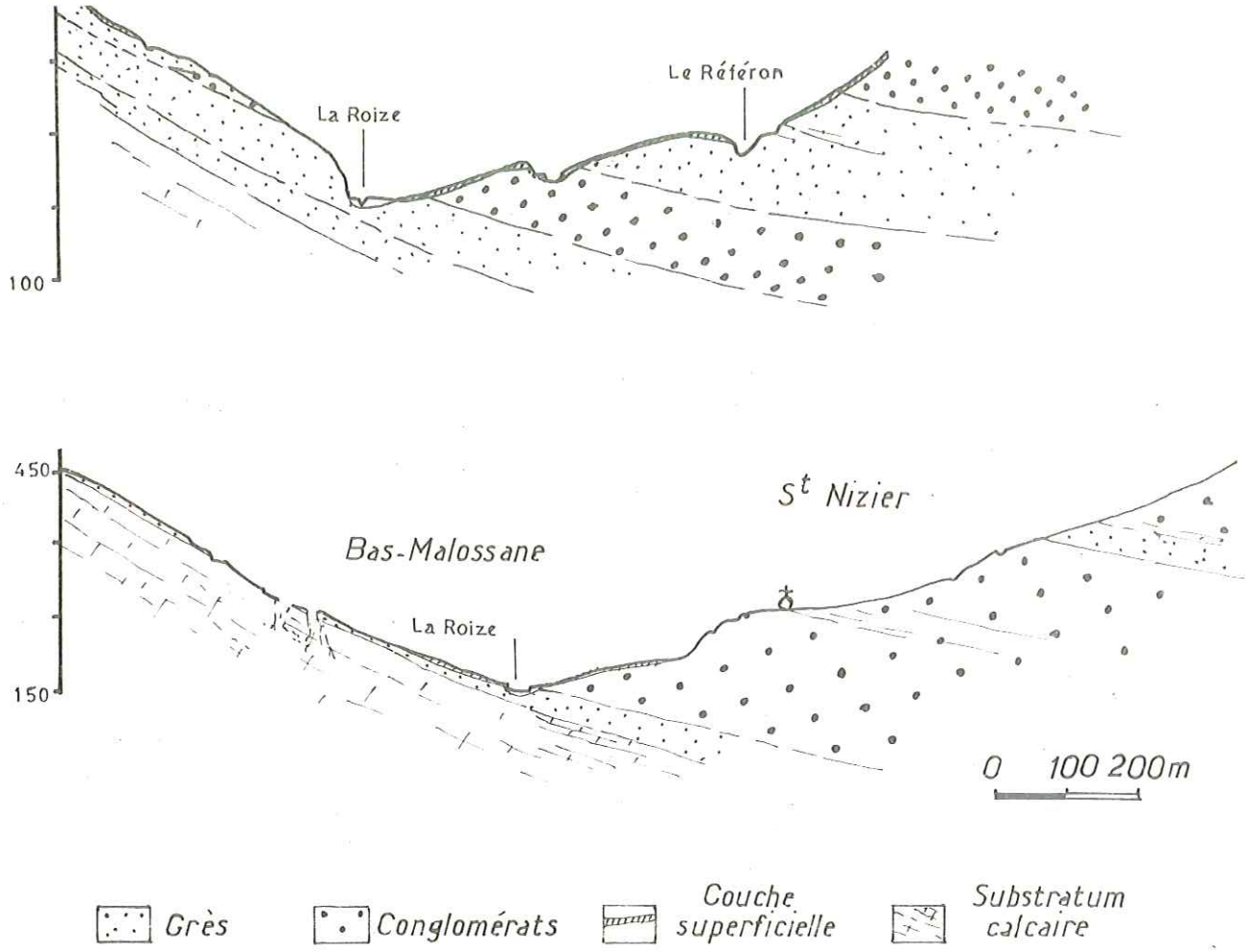
III.3.1.4 Les conglomérats

III.3.1.4.1 Lithologie

Il s'agit d'une succession de lentilles juxtaposées, d'un matériel formé d'éléments roulés et déposés en milieu marin ou saumâtre, sur une forte épaisseur (figure 15).

Les passées de galets cimentés alternent avec les passées gréseuses, mais justifient par leur importance une étude séparée. L'ensemble a été repris lors des

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011



_ Flanc N du synclinal de Voreppe _

COUPES SCHEMATIQUES MONTRANT LA DISPOSITION DE L'ENSEMBLE GRESO-CONGLOMERATIQUE SUR LE SUBSTRATUM CALCAIRE _

Fig.17

mouvements qui ont amené la formation du pli-faille de la Cuche - l'Aiguille et constitué l'ensemble synclinal axé sur Saint-Egrève - Sassenage.

III.3.1.4.2 Hydrogéologie

Des suintements apparaissent au sein des lentilles après une période humide, où au contact apparent de deux formations de granulométrie très contrastée. On assiste même à l'écoulement de véritables petites sources temporaires.

III.3.1.4.3 Propriétés géophysiques

Les mesures de sismique-réfraction effectuées dans les régions de Voreppe et de la Monta donnent des vitesses de 4000 à 5000 m/s. Les conglomérats ne sont donc pas rippables.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.1.4.4 Fracturation et altération

Le plus souvent les conglomérats sont recouverts par la couverture quaternaire et par la végétation. Aussi est-il difficile de suivre la fracturation : quelques discontinuités apparaissent en effet sur les talus de routes (routes de Proveyzieux, de Quaix, de la Placette).

Les conglomérats s'altèrent par désagrégation du ciment. Les galets se séparent de la masse et roulent sur les pentes en constituant des éboulis en général peu importants.

III.3.1.4.5 Risque naturel et stabilité

Les tranchées de routes montrent des talus verticaux. Quand ils affleurent naturellement, les conglomérats ne montrent pas trace d'arrachements ou d'écroulements. Verticalité stable des talus et stabilité au sein de la masse conglomératique mettent en évidence l'absence de risque naturel.

Cependant les falaises qui regardent le hameau de Gachetière montrent un affaissement sur leur bordure, par descente vers la vallée de grands panneaux attirés par le vide. On retrouve ce phénomène dans la falaise au SE de Voreppe. L'érosion de la forte barre de grès qui soutient ordinairement les conglomérats dans ces secteurs les amène peu à peu en position surplombante ; des fissures s'ouvrent en bordure de falaise et des panneaux descendent vers le vide avec une vitesse irrégulière, en figurant la disposition approximative de marches d'escaliers.

Cette instabilité est donc liée d'une part à une forte épaisseur de conglomérats en falaises voire surplombants, d'autre part à la défection du support, enfin à l'appel au vide en bordure de plaine. Ces conditions sont relativement exceptionnelles sur l'ensemble de la zone conglomératique.

III.3.1.4.6 Aptitude aux travaux

La masse conglomératique se comporte comme un véritable béton qu'il faut faire éclater au marteau pneumatique ou à l'explosif. Les fondations d'ouvrages devront tenir compte des circulations d'eau internes guidées soit par la fracturation, soit par les variations granulométriques au sein des lentilles. Les suintements qui apparaissent au long des routes en période humide, peuvent se manifester dans les tranchées.

III.3.1.5 Les grès (figure 16)

III.3.1.5.1 Lithologie

Les grès appartiennent à l'ensemble gréso-conglomératique mio-pliocène. Nous en distinguons deux types :

1- les grès tendres qui donnent des buttes arrondies (figure 18)
2- les grès durs qui donnent de petits bancs et des falaises.

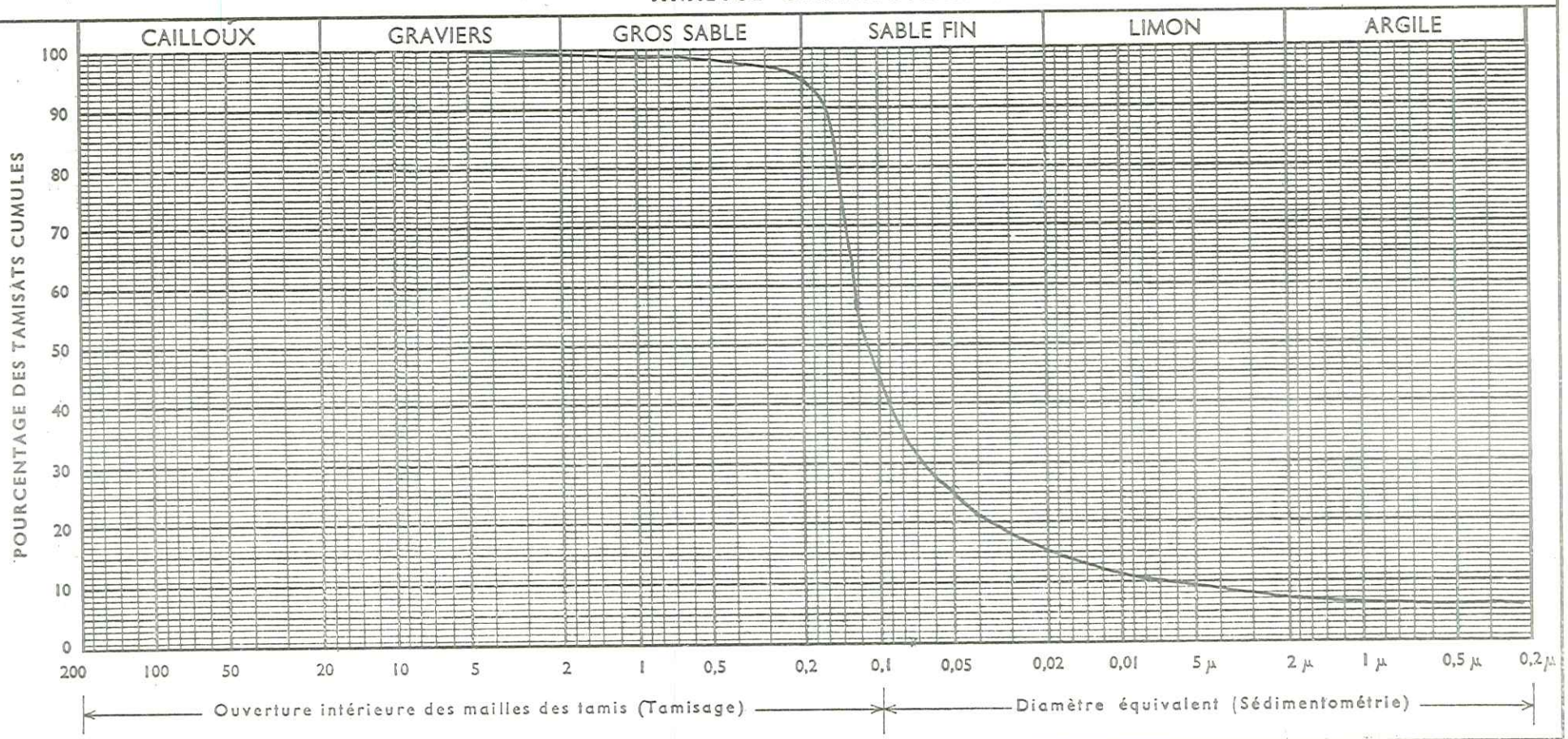
Comme les conglomérats, ce matériel est constitué d'une association de lentilles. Celles-ci peuvent être épaisses (0,5 m à 1 m) et allongées, en sorte qu'une section y prend les allures d'un banc.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
N° Grés tendre - Malossane
N° _____
N° _____

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



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

Fig 18

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.1.5.2 Hydrogéologie

Nous n'avons pas constaté ici la présence de suintements au sein de la masse gréseuse, ni entre les lentilles.

Cependant les galeries artificielles d'anciennes exploitations aujourd'hui désafectées peuvent montrer quelques écoulements. Cela n'est pas partout le cas.

III.3.1.5.3 Propriétés géophysiques

1- Les grès tendres sont de toute évidence rippables. Ils sont friables et peu plastiques. Ils ont la consistance d'un sable compacté.

2- Les grès durs donnent des vitesses de 2000 à 3000 m/s. Ils sont compacts, très indurés. La rippabilité n'est donc pas assurée partout.

III.3.1.5.4 Fracturation et altération

1- La fracturation est invisible dans les grès tendres. Lorsque par suite de travaux, la couverture végétale disparaît, le ruissellement y creuse très vite des rigoles et l'érosion est rapide. La pente naturelle moyenne observée s'évalue autour de 20°.

2- Les grès durs comme les conglomérats montrent des traces de cassures difficiles à suivre à cause du recouvrement quaternaire ou conglomératique. Par altération ils perdent leur cohésion et les particules sableuses se déposent au pied de la structure.

III.3.1.5.5. Risque naturel et stabilité

Nous n'avons relevé aucune trace d'arrachement ni de glissement. Nous n'avons pas non plus rencontré de blocs de grès aux pieds des barres. Celles-ci semblent s'user plus par abrasion lente que par éclatement.

III.3.1.5.6 Aptitude aux travaux

1- Dans les grès tendres, les tranchées doivent être soutenues et protégées du ruissellement. Les parois verticales tendent très vite vers un profil incliné à 20° ou 30°.

2- Dans les grès durs comme le montrent les anciennes galeries, les travaux sont possibles. Ils donnent de bons niveaux de fondation. Cependant leur homogénéité ne saurait être garantie et des passées plus meubles peuvent apparaître.

III.3.2 LES FORMATIONS DE LA COUVERTURE

Ces dépôts, quaternaires, sont constitués par des matériaux meubles. A ce titre on peut les inclure dans la classification des sols adoptée par les Ponts et Chaussées (cf. Annexe). L'aménagement des secteurs qui en sont couverts va

se heurter aux problèmes que pose toujours ce type de matériau.

La reconnaissance nécessite habituellement :

- une évaluation des épaisseurs
- une appréciation de la nature lithologique et granulométrique
- une évaluation du comportement vis-à-vis de l'eau
- une appréciation de la stabilité et des propriétés géotechniques
- la détermination d'un niveau de fondation.

Sur les versants de la cluse de l'Isère, les terrains de la couverture se composent des formations glaciaires, des éboulis et des cônes de déjection.

III.3.2.1 Les formations glaciaires

III.3.2.1.1 Lithologie (figure 19)

Du passage des fortes épaisseurs de glace qui ont recouvert la région il y a près de 10 000 ans (plus de 2000 m au-dessus de Grenoble), ne restent sur les versants que quelques dépôts morainiques, plaqués sur la pente. Ces vestiges fortement réduits n'évoquent plus l'ampleur des phénomènes mis en jeu par le passage des glaces.

L'étude morphologique ne permet pas de faire apparaître les caractères types du glaciaire car le plus souvent la topographie est continue des moraines à leur support. C'est alors seulement en tranchées ou dans les talus de route qu'on les voit, sous le manteau de la végétation.

De l'ensemble des affleurements observés, nous distinguons trois faciès :

1- un faciès terreux à petits galets et cailloutis (exemple : Racin, Garcinière, le Béril).
2- un faciès sableux à galets de cristallin et calcaires (exemple : Champy, le Grand Châtelard).
3- des blocs erratiques de cristallin ou de calcaire, parfois de forte taille.

L'aménagement est concerné par les faciès 1 et 2, les plus répandus. Les caractéristiques qui apparaissent dans les paragraphes suivants sont issues de leur étude.

On rencontre fréquemment, à toutes les altitudes des blocs imposants, bien dégagés ou à moitié enfouis, de roches vertes ou de calcaire (Racin, Saint-Nizier, Mont Pertus). Isolés ou groupés ils posent le problème de leur évacuation.

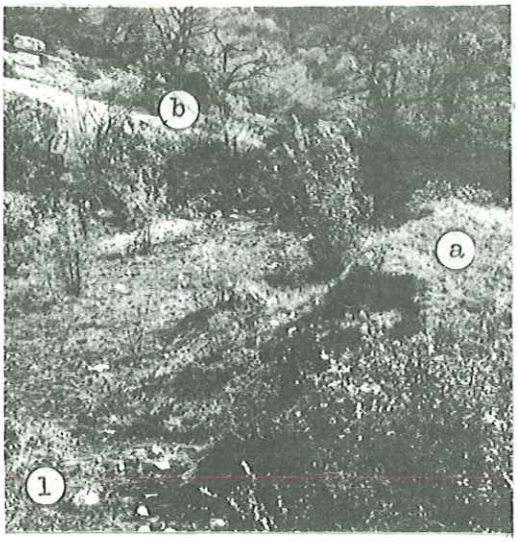
III.3.2.1.2 Hydrogéologie

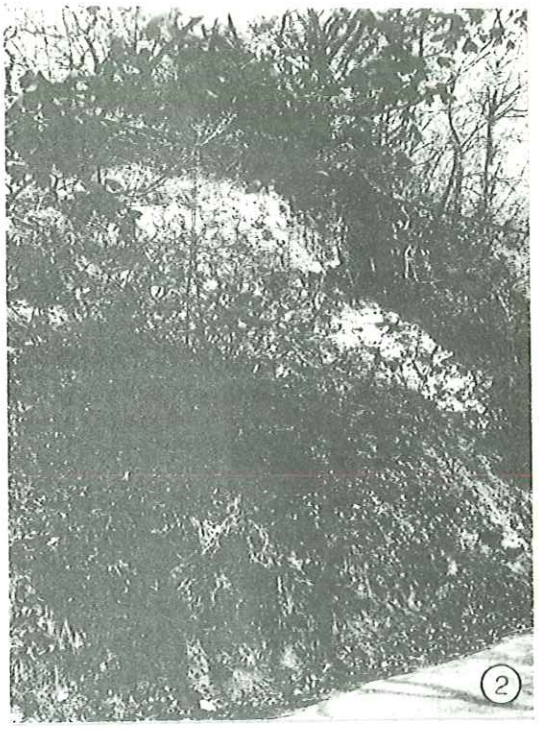
Les moraines des faciès 1 et 2 sont perméables. La saturation que l'on observe par temps humide ne se maintient pas, une percolation de haut en bas conduit les eaux météoriques vers des niveaux étanches. L'eau collectée réapparait en sources qui jalonnent le contact moraine-niveau étanche. Elles donnent souvent lieu à de petits captages.

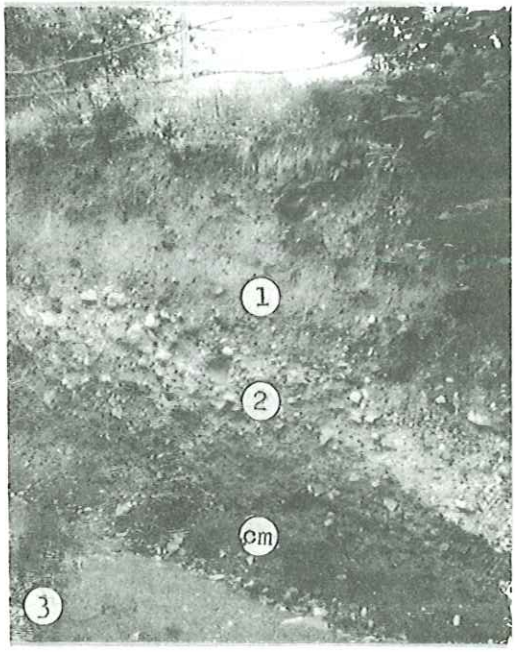
Sur les pentes, de petits écoulements temporaires constituent des mares provisoires où le bétail trouve à s'abreuver (exemple : Racin).

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011







LA COUVERTURE

(1) Le Fontanil - Le Glaciaire (a) (faciès 1) repose sur les calcaires (b) inclinés vers le S

(2) Le Fontanil - Le Glaciaire à blocaille (faciès 2) apparait sans le talus de la route

(3) St.Egrève-Bellevue - Superposition des faciès 1 et 2 sur les conglomérats miocènes (cm). Haut. coupe: 2m

(4) Route de Quaix - Passée à trés gros blocs.

Fig 19

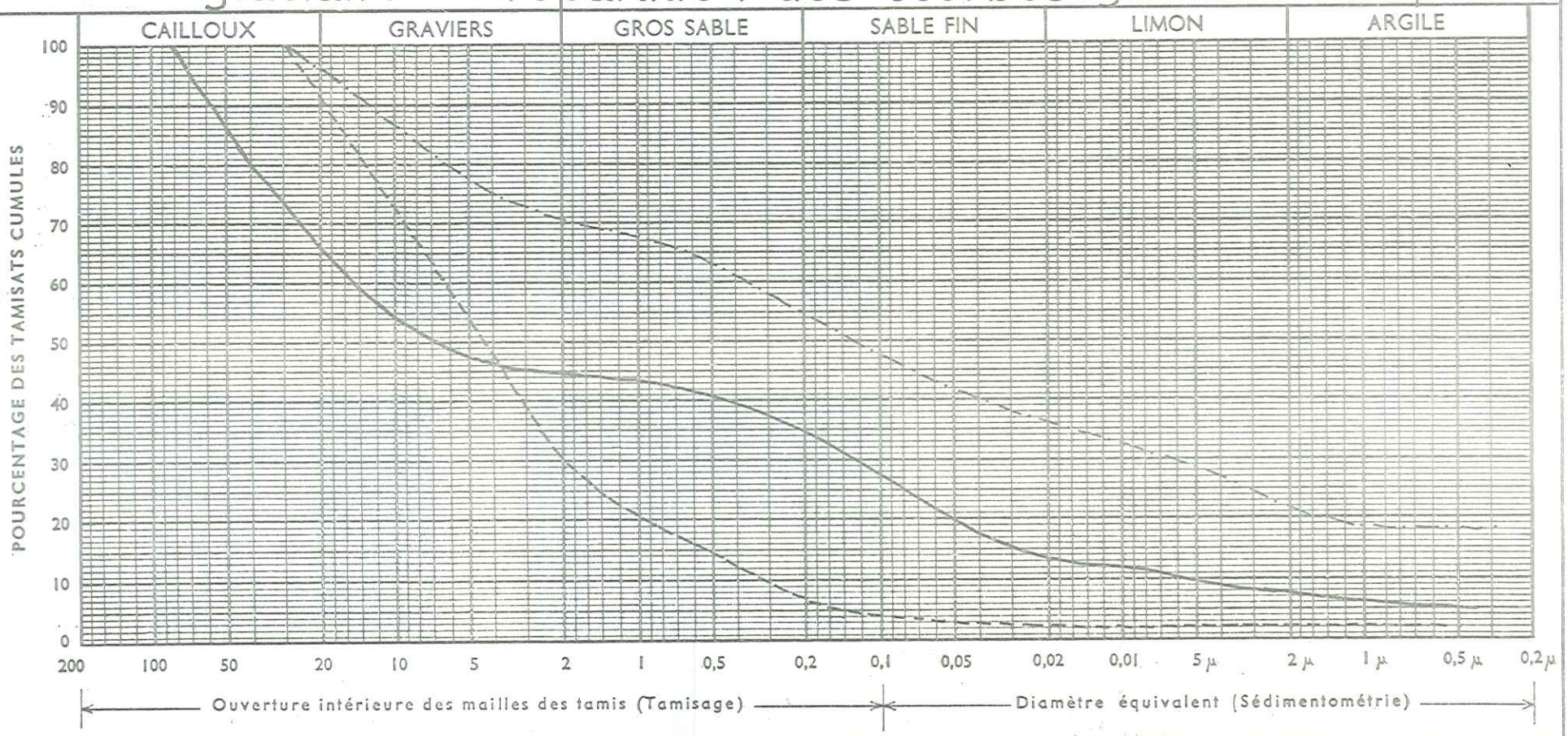
LE GLACIAIRE

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

DOSSIER: _____

Désignation des échantillons
- ——— N° RIGAUDIERE Faciès terreux à petits galets
- —·—·— N° Hᵀ MALOSSANE " "
- – – – – N° Pont de l'Oulle Faciès sableux à galets et blocs

glaciaire – répartition des courbes granulométriques



	LIMITES D'ATTERBERG W.L	LIMITES D'ATTERBERG I.P	E.S	Filler % < 80 µ	% CO_3 Ca	Teneur en Eau Naturelle W %	Désignation Géotechnique
Ech ———	30	9		25			Sm (SP)
Ech —·—·—				45			GA (Gc)
Ech – – – –	IMPOSS.			4			Sb (SW)

Fig 20

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.2.1.3 Granulométrie

La figure 20 évoque la répartition granulométrique de ce matériel glaciaire. Parmi l'ensemble des échantillons analysés, nous avons insisté sur les trois courbes les plus différentes. Elles limitent un faisceau à l'intérieur duquel se répartissent les courbes granulométriques des faciès 1 et 2.

III.3.2.1.4 Limites d'Atterberg

Quand la manipulation n'est pas rendue impossible par la teneur en sables, les mesures des limites donnent la répartition suivante :

Limite de Liquidité (Wl) = comprise entre 30 % et 60 %
Indice de Plasticité (Ip)= compris entre 9 % et 20 %

Le diagramme de Casagrande (cf. annexe) situe ces formations dans le secteur des argiles très plastiques à moyennement plastiques.

III.3.2.1.5 Classification et propriétés

La situation granulométrique et les valeurs des limites nous permettent de classer ces moraines dans les séries GA (GC) à Sm (SP), soit du mélange sable gravier argile, au sable graveleux mal gradué avec peu ou pas de fines.

Ces sols ont les propriétés suivantes (cf. classification en annexe) :
- tassement et gonflement pratiquement nul
- très bonnes caractéristiques drainantes
- densités sèches situées entre 1,68 et 2,16

III.3.2.1.6 Mesures de sismique-réfraction

Ces mesures nous donnent :

a) les épaisseurs de moraines au lieu de l'expérimentation. De l'ensemble des données on déduit que ces épaisseurs varient selon l'endroit entre 0,5 et 4 m.

b) les vitesses de propagation de l'onde de choc. Celles-ci varient entre 600 et 1200 m/s. Nous sommes donc dans le domaine du rippable ; en réalité la simple lame du bulldozer suffit déjà.

III.3.2.1.7 Risque naturel et stabilité

On observe pas d'indices d'instabilité lorsque le matériel morainique est perméable, hétérogène mais sans évidente discontinuité granulométrique ou structurale, peu épais sur des pentes peu accentuées (10° à 20° maximum).

Les moraines recouvrent rarement des pentes supérieures à 30°. Quand le cas se produit, on constate que :

- dans le matériau de faciès 1, les pentes fortes ne donnent lieu à aucune manifestation d'instabilité évidente ;
- dans le matériau de faciès 2, la stabilité n'est pas assurée partout. Nous avons ainsi observé deux accidents d'importance inégale :

a) le premier correspond à de petites lunules d'arrachements situées en bordure de la route de Racin (virage à 400 m NGF). Ce phénomène est lié à la pente du talus et aux variations de teneur en eau en bas de pente.

b) le deuxième est un glissement, au-dessus de Champy. Il est en relation avec l'inclinaison de la pente (environ 30°) et montre une forte teneur en éléments roulés de petit calibre.

Dans ce cas l'instabilité semble liée à la pente et à une "faiblesse locale" (teneur et répartition granulométrique des constituants différentes), pouvant jouer sous l'effet d'une variation de teneur en eau.

Le risque se manifeste sous forme d'arrachements et de glissements.

Dans la plupart des cas, ces variations locales pouvant entraîner un risque échappent à l'observation directe par suite du recouvrement végétal. Dans les formations de faciès 2 il faudra donc suspecter à priori les pentes supérieures à 25° - 30° et ne les adopter qu'après un examen détaillé du site proposé à l'aménagement.

Parmi les blocs erratiques rencontrés, aucun n'est susceptible de provoquer naturellement un désordre, aucun ne montre de signe de glissement ou de basculement possible.

III.3.2.1.8 Aptitude aux travaux

La classification du Bureau of Reclamation (cf. annexe) nous donne quelques propriétés importantes en cas de travaux, dont :

- tassement et gonflement pratiquement nuls
- ouverture et maintien des tranchées dans de bonnes conditions.
- compressibilité et compactage faibles
- imperméabilité après compactage assurée seulement pour la série GA (GC).

A ces conditions favorables il nous faut ajouter deux obstacles :

1- La présence imprévisible de blocs de forte taille noyés dans la masse. Dans ce cas la reconnaissance par les moyens classiques (géophysique, sondages, pénétromètres) rend difficilement compte de leur position et de leur volume. Le déplacement et la désagrégation de ces blocs peut augmenter notablement le prix de revient.

2- La suspicion que l'on peut être amené à porter sur les fortes pentes.

III.3.2.2 Les éboulis

III.3.2.2.1 Lithologie (figure 21)

Selon la nature et l'agencement des matériaux, on distingue trois types :

- les éboulis vifs
- les éboulis stabilisés
- les écroulements

Les éboulis vifs

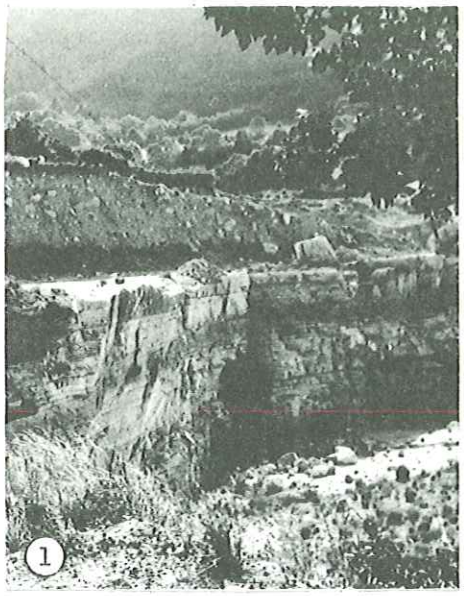
Ils se situent au pied des barres calcaires qui les alimentent pierre à pierre. On y trouve des blocs de toutes tailles dans une disposition chaotique.

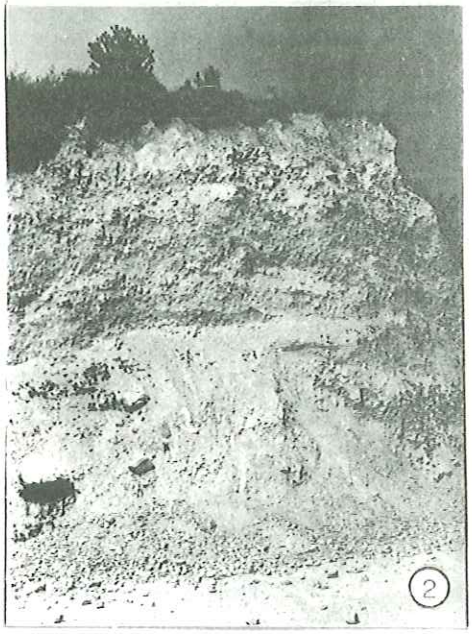
Les éboulis stabilisés

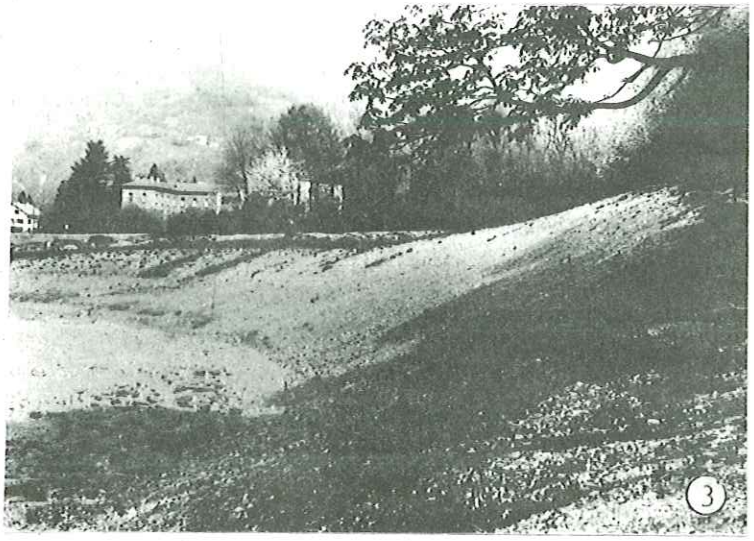
La blocaille de la même origine que les précédents, est forte-

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011







LA COUVERTURE

(1) Sassenage - Eboulis perméable reposant sur les dalles calcaires sénoniennes. Hauteur éboulis: 1,5 m.

(2) Sassenage - Forte épaisseur (20 m) d'éboulis divers dans la zone des carrières.

(3) St.Egrève-Le Gymnase - Passage des éboulis du Néron aux matériaux du cône de déjection.

LES EBOULIS

Fig 21

ment mêlée d'argile terreuse brunâtre qui supporte une abondante végétation herbacée. Les racines, en s'insinuant en profondeur fixent la masse de l'éboulis, tandis que l'humidité est maintenue.

Les écroulements

Ces formations se distinguent des précédentes par la quantité importante des débris arrivés en masse, la grande variété de leurs tailles et la longueur du chemin parcouru sur une pente souvent faible. On les trouve dans les secteurs des Engenières, où ils sont issus de la Dent du Loup et dans le Bois des Vouillants en provenance de la barre des Charvets.

Une matrice argileuse beige, grossière, enrobe les débris recouverts le plus souvent par une fine poussière blanche. On y trouve des blocs de fort volume.

III.3.2.2.2 Hydrogéologie

Une blocaille grossière, où le pourcentage des vides est important constitue une zone d'absorption au pied de la falaise. Les eaux météoriques percolent à travers la masse de l'éboulis jusqu'à un écran étanche, ou bien jusqu'à la plaine.

Au contraire, un éboulis fortement imprégné d'argile opposera une faible perméabilité et malgré l'absorption par les sols forestiers, de petits chenaux se créent à travers bois, superficiellement, qui assurent le cheminement de l'eau vers l'aval.

Les écroulements, du fait de la variété des matériaux entassés, présentent une infiltration plus ou moins importante suivant l'endroit.

III.3.2.2.3 Les risques naturels

Les éboulis déterminent des zones exposées aux chutes de pierres ; d'autre part, ces matériaux peu cohérents sont susceptibles de se mettre en mouvement (surcharges, variations de teneur en eau, vibration). Aussi sont-ils inclus dans la zone des risques naturels (cf. la carte des risques naturels). Les écroulements, stables, en sont exclus et donnent lieu à des possibilités d'aménagement, si l'on ne craint pas qu'ils se renouvellent.

III.3.2.2.4 Aptitude aux travaux

La présence de blocs très volumineux crée une difficulté non négligeable. La reconnaissance est incertaine dans ce cas et l'aménagement doit prendre en considération ce genre d'inconvénient. Néanmoins nous avons pu constater que ces terrains se prêtaient bien aux terrassements.

III.3.2.3 Les cônes de déjection

Les cônes de déjection ont toujours accueilli l'habitat à cause de l'ouverture qu'ils offrent sur la plaine, de leur position surélevée qui garantissait des inondations de l'Isère, de leur exposition climatique intéressante surtout en rive droite.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

LA COUVERTURE

(1) St. Egrève-Rocheplaine - flanc N tronqué du cône. La coupe montre la succession de passages plus ou moins caillouteux. (H= 3m.)

(2) St. Egrève-Le Muret - flanc S du cône. La hauteur de la tranchée de la route donne presque le niveau de la plaine. Vue sur le matériau à cailloutis et petits galets.

LE CONE DE DEJECTION DE SAINT EGREVE

Fig 22

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

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

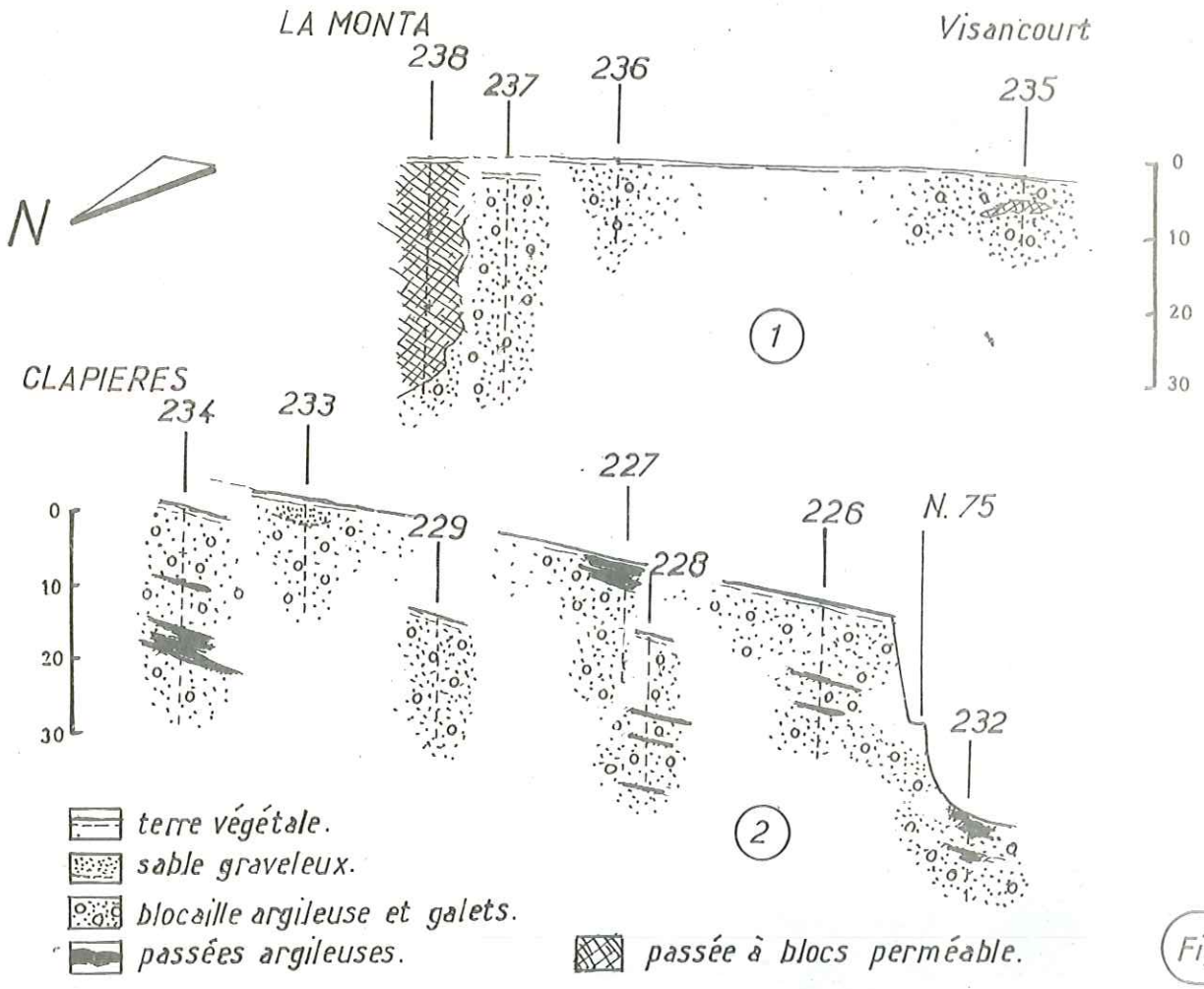
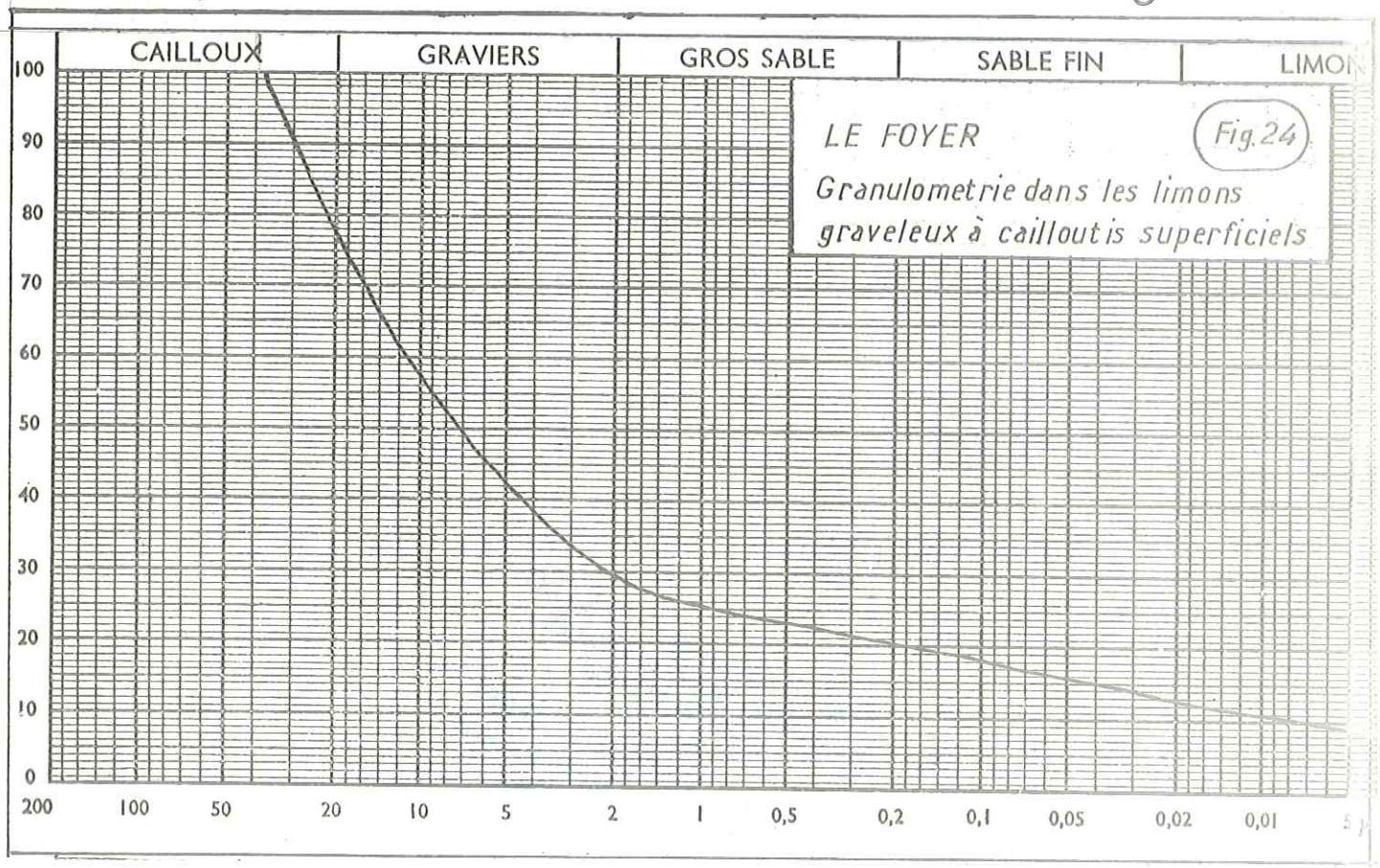


Fig. 23

Coupes transversales du cône de Saint-Egrève



LE FOYER

Fig. 24

Granulometrie dans les limons graveleux à cailloutis superficiels

Le développement urbain s'est surtout attaché au cône de Saint-Egrève dont l'étendue, le site au pied d'un cadre montagneux ouvert et à proximité de l'agglomération grenobloise par liaison rapide, font un séjour privilégié. A l'habitat individuel classique succède l'édification de grands ensembles.

Les autres cônes, par manque de place ou du fait de l'éloignement, restent encore à l'écart de cette nouvelle tendance. Le cône de Voreppe malgré sa superficie, ne montre que peu de bâtiments modernes.

A l'exception des études de surface, c'est l'installation d'un urbanisme de nouveau style qui nous a procuré, par les reconnaissances qu'il impose, une vue sur la structure du cône et sur ses matériaux.

III.3.2.3.1 Lithologie (figure 22)

Si l'on considère les divers stades qui caractérisent le creusement de l'Isère, le cône de Saint-Egrève se présente comme un ensemble de plusieurs unités intriquées, dont certaines sont recouvertes et invisibles. La distribution générale des matériaux de déjection revêt donc une forte complexité.

Les sondages répartis sur le cône sont situés sur la carte des points de mesure (cf. p.). Nous avons pu dresser deux coupes géologiques (cf. figure 23) :

- (1) La Monta - Visancourt
- (2) Clapières - N.75 (Vers les Iles)

Elles montrent :

a) que le cône est essentiellement constitué de matériaux grossiers roulés ou non, mêlés de particules fines dispersées ou en lentilles (figure 23).

b) que la distribution de ces matériaux n'est pas identique en amont et en aval.

Coupe (1) :

En amont, une formation grossière riche en blocs, d'épaisseur supérieure à 30 m s'établit à la hauteur de la Monta. Elle semble affecter la forme d'un chenal que la coupe traverserait au n° 238 et qui réapparaîtrait au n° 235.

Ce chenal se dispose dans un contexte de blocaille anguleuse ou roulée, à passées peu nombreuses mais riches en minéraux argileux et fins débris.

Coupe (2) :

La figure intéresse deux coupes parallèles, discontinues.

Dans une masse d'éléments graveleux, sablo-graveleux ou anguleux, s'étalent des lentilles à fins débris et particules argileuses de dimension variable, superposées ou dispersées.

Le pourcentage général des éléments fins augmente notoirement en regard de la coupe (1).

Dans le secteur du Muret, (figure 22), les matériaux du cône sont en bordure du Néron fortement influencés par les éboulis. Au-delà de la route la Monta - le Muret le cône apparaît superficiellement très argileux. Ces argiles graveleuses s'étendent à la Vence et au Sablon (figure 24).

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

III.3.2.3.2 Etudes de résistivité apparente

Les études de géophysique électrique entreprises montrent qu'il existe dans le cône deux secteurs assez différents :

- un secteur N : les Bonnais - Clapière
- un secteur S : la Monta - la Fabrique

Le secteur N :

Entre 0 et -20 m, les valeurs des résistivités sont faibles et montrent l'abondance du matériel argileux humide. Les courbes d'isorésistivité s'oriente d'Est en Ouest et sont influencées par la direction des écoulements.

En profondeur les courbes de valeur faible (100 O.m) tendent à s'orienter dans le sens de la plaine ; le substratum graveleux de la plaine devrait être atteint entre -30 et -40 m.

Le secteur S :

Entre 0 et -20 m les valeurs des résistivités augmentent vers la Vence avec un maximum (400 O.m) au S de la Monta.

En profondeur, les valeurs de cet ordre persistent au même endroit.

III.3.2.3.3 Hydrogéologie

Les sources situées sur le bassin versant de la Vence, en alimentent le cours. En profondeur, la nappe du cône occupe un aquifère de perméabilité très variable, avec des poches de forte perméabilité qui constituent des réserves d'importance variable, mais faibles au regard de l'utilisation industrielle ou domestique.

Les analyses des prélèvements effectués dans l'eau de la nappe du cône montrent des teneurs faibles en Chlorures et sulfates, ce qui la différencie nettement de la nappe de la plaine, qu'elle surmonte. Son influence s'étend jusqu'à Saint Robert.

---

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

CHAPITRE IV :

CONCLUSIONS

Au terme de cette étude, il est possible d'apporter un certain nombre de précisions sur l'aptitude de la Cluse à l'aménagement. Les conclusions que nous formulons sont influencées par les moyens d'approche, qui diffèrent pour la plaine, les versants et les cônes de déjection par suite de la disparité des conditions locales.

IV.1 LES DONNEES ET LEUR EXPLOITATION

IV.1.1 LA PLAINE

IV.1.1.1 Les différentes formations

L'observateur qui se déplace à la surface de la plaine constate qu'elle est recouverte, sur une forte étendue, d'un large manteau limoneux. Il est impossible de se faire une idée, par l'observation seule, de la nature et de la répartition des alluvions sous-jacentes.

Aussi ce mémoire a-t-il pour but de réunir le plus grand nombre possible de renseignements acquis au cours des diverses études effectuées dans la Cluse et de les organiser en une synthèse. C'est grâce à cette synthèse que l'on peut maintenant avoir un aperçu général sur la composition des alluvions fluvio-glaciaires, dans la tranche de terrain comprise entre le niveau de la plaine et -30 m environ.

Les renseignements ont été recueillis à l'occasion de sondages, de mesures géotechniques, d'essais en place ou au laboratoire, ou bien acquis par des recherches personnelles. Ils sont issus des dossiers les plus divers d'organismes publics ou privés.

L'intégration de ces résultats, de façon aussi homogène que possible, nous a permis :

1- de dresser 14 coupes transversales (voir carte des points de mesure).

Ces coupes nous permettent de confirmer, sur toute l'étendue de la plaine et pour la tranche de terrain considérée, la présence de trois types de formations :

- la Formation Superficielle limoneuse (ou Formation I sensu stricto) et graveleuse.
- la couche des sables, graviers et galets, ou Formation II
- le niveau des argiles bleutées ou Formation III

Si cette succession était déjà connue des utilisateurs partout où s'étaient implantés des bâtiments et des ouvrages d'art, il ne s'en dégageait aucune idée d'ensemble qui aurait permis une tentative de prévision sur les terrains restés inoccupés.

2- de bâtir sous forme de cartes de facteurs une interprétation au 1/25 000 réduite au 1/50 000, de la répartition des paramètres : isopaques, isohypses, isopièzes, risques naturels, etc.

Les sols de la plaine : Formation Superficielle limoneuse et graveleuse, Formation II, ont été distribués dans les catégories des classifications U.S.G.S., en usage en France et U.S.B.R. (voir annexe II). La carte représentative constitue une carte d'aptitude du sol affleurant aux travaux routiers et au Génie Civil.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

On sait que la Formation des sables, galets et graviers donne le niveau de fondation le plus recherché. Certaines parties, plus ou moins profondes et indurées, fournissent d'excellents appuis pour les pieux. La reconnaissance de ces zones très dispersées relève de la recherche ponctuelle. Elles échappent donc à notre domaine et nous ne pouvons en dresser, par manque d'informations, une carte d'aptitude. Cependant la carte des isopaques doit permettre de s'attendre à sa présence comme à son absence ; elle donne aussi une approximation de son épaisseur. C'est un résultat non négligeable.

La Formation des Argiles bleutées, qui correspond au type dit des "argiles d'Eybens", est rarement atteinte et jamais traversée. Nous englobons dans notre Formation III le niveau sableux connu en Grésivaudan sous le nom de "sablons", car il est sur la Cluse beaucoup moins fréquent. De cette Formation nous ne pouvons figurer que l'allure de la face supérieure, de façon très approximative. La présence d'une zone surcreusée centrale, au niveau de la ligne Noyarey - le Fontanil, résultant de la jonction momentanée de deux chenaux allongés dans le sens de la vallée, est un élément intéressant en ce qui concerne le mode de creusement des glaciers quaternaires, au moins sur la Cluse.

IV.1.1.2 La nappe phréatique

La comparaison des résultats de 1972, concernant l'état de la nappe et ses rapports avec la rivière, les plus récents que nous possédions, avec les données de 1962, montrent une évolution nette. En fait, il s'agit de la "photographie" de la nappe à deux époques ; ce sont donc deux états distincts apparemment sans liaison puisqu'aucune mesure de la nappe n'a été faite entre ces deux années. Si nous pensons que l'état de 1972 résulte d'une évolution des rapports nappe - Isère depuis 1962, c'est qu'il vient dans le sens de phénomènes constatés, qui en sont soit une cause, soit une conséquence. L'abaissement de la nappe est de notoriété publique. L'abaissement du niveau moyen de la rivière est constaté à l'ancienne station de mesure de Veurey.

On admet que le niveau piézométrique moyen s'est abaissé de quelques décimètres au moins. Ce changement est lié à un affaissement du lit de l'Isère par suite d'un appauvrissement des apports naturels auquel s'ajoute un excès dans les prélévements de graviers. Les constatations des milieux officiels compétents vont également dans ce sens.

IV.1.2 LES VERSANTS

A l'inverse de la plaine, nous n'avons pu compiler ici ni mesures, ni sondages, ni analyses. C'est que les versants ont joué jusqu'ici un rôle pratiquement inexistant dans l'aménagement, ou bien que les travaux effectués ne nécessitaient aucun moyen spécial. Il n'était donc pas possible de dresser des cartes de facteurs du type de celles proposées pour la plaine. Nous avons utilisé nos moyens, qui sont ceux de l'observation, avec l'appui d'analyses granulométriques et de quelques mesures de sismique - réfraction.

Notre observation s'est orientée dans deux directions :

1) Vers une étude morphologique globale, qui a abouti à la mise au point d'une carte du facteur répartition des pentes.

2) Vers une campagne de relevés lithologiques. Des échantillons ont été prélevés dans le Glaciaire et l'Institut Dolomieu en a assuré les analyses granulométriques ainsi que la détermination des limites d'Atterberg.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Il en est résulté une carte du facteur lithomorphologie. Elle visualise le rapport entre la nature lithologique d'une part, la forme et la vigueur du relief d'autre part. Elle montre que pour une formation de nature donnée, l'action des agents de l'érosion est sensiblement identique sur tous les affleurements. Par exemple, les matériaux "durs" comme les calcaires, donnent toujours des barres. Lithologie et effets de l'érosion révèlent ainsi un certain nombre de caractères géotechniques. En même temps, la carte permet une comparaison entre les formations successives et de nature différente.

Les mesures que nous avons effectuées associent le facteur rippabilité à la nature lithologique. La carte lithomorphologique peut donc se concevoir comme une carte d'ouvrabilité (aptitude au décapage et au terrassement). Quand elle peut préciser les épaisseurs, elle donne une idée très générale, les mesures ayant une densité insuffisante, sur la cohésion des sols meubles, indication précieuse pour la pose de conduites souterraines, de câbles, ou pour l'exécution de fondations. Dans le détail, ces indications très lâches devront être précisées par des mesures ponctuelles locales.

IV.1.3 LES CONES DE DEJECTION

Du fait de leur position et de leur relief, ils sont inclus naturellement dans les versants. En fait leur nature et leur superficie en font un groupe à part.

L'étude de détail des cônes s'est limitée à celle du cône de Saint-Egrève, pour lequel il existe quelques renseignements et sondages. Ils expliquent la place qu'il occupe dans l'urbanisation de la Cluse. Un "coeur" de forte perméabilité, établi dans la zone de la Monta, rayonne vers la vallée, en chenaux dont l'intrication avec les lentilles argileuses est de plus en plus confuse lorsqu'on se rapproche des bords du cône.

Pour les autres cônes nous ne possédons aucun élément d'information nous permettant de conclure avec certitude sur la répartition locale des matériaux. Cependant, ils sont tous situés dans le même contexte. Nous considérons que la disposition des matériaux est comparable à celle du cône de Saint-Egrève, en particulier pour le cône de Voreppe. Les édifices de la rive gauche étant tronqués, c'est la partie amont, riche en éléments grossiers et en passages de forte perméabilité qui devrait subsister.

IV.2 APTITUDES A L'AMENAGEMENT ET RECOMMANDATIONS

IV.2.1 LA PLAINE

La prospection électrique en résistivité apparente nous est apparue comme un moyen efficace pour situer sur une verticale les trois formations présentes, dans la mesure cependant où le niveau phréatique est préalablement connu, sinon il est nécessaire de posséder un grand nombre de repères géologiques afin d'établir les coupures de faciès.

La Formation I s'est révélée d'une qualité géotechnique très médiocre. En particulier, nous recommandons un examen attentif de son épaisseur et de la nature de ses constituants (limons et tourbes) le plus souvent très compressibles.

La Formation II (sables, graviers et galets) est mécaniquement beaucoup plus intéressante. Elle est considérée, à juste titre, comme le niveau de fondation le plus acceptable. Les zones où elle affleure, ou presque, constituent

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

celles qui sont les plus recherchées. Cependant c'est aussi le lieu de passage de la nappe phréatique exploitée. Les risques de pollution s'y intensifient avec l'élargissement des implantations résidentielles ou industrielles. De sévères précautions sont donc à prévoir dans les décisions locales d'aménagement, chaque fois que celles-ci sont prises.

IV.2.2 LES VERSANTS

La superposition de la carte des risques naturels et de la carte des pentes, met en évidence un certain nombre de secteurs où l'aménagement est à proscrire ; pour la partie qui nous occupe, leur surface totale est faible. Le reste des versants conserve, en dehors des zones habitées, une vocation agricole.

A condition de respecter les conditions de stabilité, ce terroir est théoriquement aménageable. Cependant, la nécessité d'y créer au préalable une infrastructure, des routes, canalisations et branchements divers, le rend d'un intérêt moins immédiat.

IV.2.3 LES CONES DE DEJECTION

Ils offrent les meilleurs emplacements du fait de leur situation surélevée, de leurs matériaux bien drainés, de leur faible pente.

Les ressources en eau ne suffisent pas à l'approvisionnement domestique et industriel. Les pompages doivent soutirer dans l'eau de la nappe de la plaine.

Remarquons qu'ici aussi le nombre des sources de pollution augmente avec la densité de la population. Les circulations d'eaux usées sont susceptibles d'amener à la nappe de l'Isère des éléments nocifs en proportion non négligeable.

IV.3 CONTRIBUTION A LA CARTE GEOTECHNIQUE

Notre étude est orientée vers l'aménagement. Du point de vue géotechnique, c'est donc une vision partielle. Néanmoins, comme il s'agit de l'étude théorique d'un cas : l'aménagement de la cluse de l'Isère, selon les données du S.D.A.U., on peut considérer notre mémoire comme une contribution à la carte géotechnique de la Cluse.

Quand les données atteignent une densité suffisante, nous pouvons produire une carte d'aptitude ; par exemple, pour les formations affleurantes de la plaine. Cependant, du fait de la disparité des renseignements acquis, cette densité diminue notablement avec la profondeur. Aussi, il nous est apparu incertain de vouloir distinguer d'autres catégories d'aptitudes. Nous avons donc produit des cartes de facteurs.

IV.4 COMPARAISON AVEC UNE ETUDE SIMILAIRE EN AMONT DE GRENOBLE

Un mémoire conçu sur les mêmes données a été entrepris en amont de Grenoble, dans la vallée du Grésivaudan (B. Couturier, 1974). Il nous semble intéressant de considérer les ressemblances et les oppositions qui apparaîssent entre ces deux secteurs contigus.

Bien que l'abord des problèmes et le style d'investigation soit légèrement différents, les données et leurs interprétations se prêtent à des comparaisons.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

IV.4.1 LES DIFFERENCES

La position géographique de chaque vallée conditionne en fait les différences de structures et de relief qui caractérisent chacune. Les oppositions directement observables sont celles des versants :

- la vallée du Grésivaudan, pour la partie qui nous intéresse, est en position longitudinale par rapport aux structures alignées et continues de la Chartreuse et de Belledonne. C'est un large couloir dont le versant NW est souligné par une marge continue de cônes de déjections et de nappes d'épandage. Aucune vallée structurale n'entaille le Saint Eynard. Quelques torrents rompent la continuité du paysage.
- la Cluse, par contre, est en position transversale. Le paysage est morcelé, ouvert sur les vallées affluentes. Les cônes de déjection s'établissent aux pieds de celles-ci principalement. Les versants montrent la variété stratigraphique des deux massifs.

L'examen des cartes d'isopaques montre que les alluvions de chaque vallée ont leurs propres caractéristiques sédimentologiques.

- les limons du Grésivaudan s'épaississent dans la partie S de la vallée.
- les limons de la Cluse offrent un aspect plus lenticulaire. Leur épaisseur est généralement plus importante dans l'axe de la vallée.

- la Formation II est, en Grésivaudan, essentiellement composée de sables où le litage est parfois souligné par des éléments plus gros. La densité des renseignements disponibles ne permet pas d'en dresser une carte représentative. Ils donnent une assise passable en fondation.
- dans la Cluse, la Formation II est essentiellement composée d'une grave plus ou moins riche en éléments de gros calibre selon les niveaux. Les lits sableux n'y sont pas rares. Selon l'endroit ils donnent en fondation une assise passable à bonne.

- en Grésivaudan, il n'a pas été possible de mettre en évidence la présence d'une Formation III, argileuse. En fait, par leur épaisseur importante, les sablons appartiennent aux deux formations, II et III.
- la Formation III est mise en évidence sur la Cluse. Nous manquons de précisions quant à ses qualités. Elle est précédée par un niveau sablonneux irrégulièrement dispersé, d'importance variable, comparable aux sablons du Grésivaudan.

IV.4.2 LES RESSEMBLANCES

Les deux vallées alpines se trouvent dans un contexte géographique et climatique comparable. Elles sont soumises aux mêmes agents d'érosion et conservent la marque du passage des glaces quaternaires.

La répartition verticale des alluvions est, à l'exception de l'importance des sablons en Grésivaudan, assez comparable : aux limons de surface fait suite une formation plus grossière qui précède elle-même une couche argileuse.

Une nappe phréatique se déplace dans le deuxième niveau et alimente de nombreux pompages domestiques et industriels comme des puits fermiers. Depuis quelques années cette nappe s'est abaissée. En Grésivaudan ce mouvement est en relation avec le raccourcissement de la boucle de Bois Français.

Les propriétés géotechniques des alluvions sont assez semblables et médiocres.

050 030467 2

FACULTE DE GRENOBLE

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Les deux vallées sont menacées dans un élément vital : la nappe phréatique, par une pollution dont le risque augmente avec l'ampleur de l'aménagement. Des prescriptions très strictes doivent donc assortir les décisions locales pour conserver à la nappe sa qualité.

Les deux documents que nous venons de comparer brièvement, constituent donc une documentation homogène pour l'aménagement du sillon subalpin et de la Cluse de l'Isère, de part et d'autre de Grenoble.

Nous espérons les voir s'enrichir de données nouvelles et de précisions, au bénéfice de tous les utilisateurs.

---

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

ANNEXES

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

ANNEXE I

QUELQUES BREVES INDICATIONS SUR LES PARAMETRES UTILISES DANS CE RAPPORT

CLASSIFICATION DES SOLS

Il nous semble important que le lecteur non initié puisse utiliser ce document. Aussi, afin d'en faciliter éventuellement la lecture, nous donnons dans cette annexe quelques explications brèves sur les paramètres dont les valeurs nous ont servies de repère.

Qu'il nous soit permis de préciser au spécialiste qui trouverait ces quelques renseignements insuffisants ou trop schématiques, que notre intention est ici de rendre certaines notions immédiatement accessibles afin d'éviter au lecteur de recourir sans arrêt aux ouvrages spécialisés. Notre intention n'est pas d'écrire sous forme de résumé un nouveau guide sur la technologie des essais. Au reste, le lecteur désireux par la suite d'obtenir des renseignements plus complets pourra se reporter aux excellents ouvrages cités en bibliographie.

L'analyse granulométrique et les coefficients granulométriques

Pour l'étude des matériaux meubles, comme les alluvions, l'analyse granulométrique permet, en fournissant des données chiffrées significatives sur la taille des grains et sur les proportions relatives des éléments de calibres divers, une discrimination fine et un classement. La représentation graphique qui en résulte (courbe granulométrique) constitue une image synthétique et expressive des résultats obtenus.

Afin de comparer les courbes entre elles on en mesure l'étalement et la déformation en comparant les positions relatives de deux points précis. C'est l'objet des coefficients granulométriques. Ces deux points sont d85 et d15 qui correspondent au calibre des mailles du tamis qu'il faudrait utiliser pour que le poids total sec de tous les éléments passant au travers soit égal respectivement à 85 % et à 15 % du poids sec de l'échantillon initial.

Le coefficient d'hétérométrie

Il s'exprime par le rapport

$$\frac{d85}{d15}$$

Granulométrie	d85/d15
Très serrée	2
Serrée	2 à 5
Semi-étalée	5 à 20
Etalée	20 à 200
Très étalée	200

TABLEAU I

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Le coefficient d'uniformité ou de Hazen

Il s'exprime par le rapport $\frac{d60}{d10}$

Teneur en eau, porosité, densité apparente sèche, densité apparente humide

L'eau imprègne pratiquement tous les sols pulvérulents. Elle se trouve à l'intérieur du réseau de minuscules cavités et canalicules que laissent entre eux les grains entassés.

La teneur en eau W d'un échantillon s'exprime par le rapport en % entre le poids de l'eau contenue dans l'agrégat et le poids sec de celui-ci.

La porosité n est le rapport du volume des vides disponibles entre les grains au volume total de l'échantillon.

La densité apparente sèche d est le poids de matière minérale par unité de volume.

La densité apparente humide est le poids de l'échantillon saturé (solide + eau) par unité de volume.

A titre d'illustration nous donnons dans le tableau II des valeurs courantes de la porosité et des densités (d'après Terzaghi et Peck).

Nature de l'échantillon	n	d	
Sable à granulométrie étalée peu compact	40	1,59	1,99
Sable à granulométrie étalée compact	30	1,86	2,16
Argile glaciaire molle	55	--	1,77
Argile glaciaire dure	37	--	2,07

TABLEAU II

Les limites d'Atterberg : limite de liquidité Wl, limite de plasticité Wp, indice de plasticité Ip, indice de consistance Ic

Si les éléments fins (sables fins, limons et argiles abondent, le comportement géotechnique va s'en ressentir et se rapprocher de celui de la fraction fine. En effet les éléments fins forment avec l'eau une pâte plus ou moins fluide ; lorsque cette eau s'évapore la pâte prend une certaine consistance, il arrive même qu'elle sèche. La pâte que constitue la fraction fine peut donc passer par trois états fondamentaux : l'état liquide, l'état pâteux, l'état solide. L'appréciation visuelle du passage d'un état à l'autre est délicate. La teneur en eau limite qui lui correspond est donc définie au moyen d'essais normalisés et exprimée en % de poids sec.

La limite de liquidité Wl exprime le pourcentage d'eau qui subsiste dans une pâte au moment où celle-ci, déposée dans une coupelle et fendue en deux, voit ses deux lèvres se refermer à la suite d'une série de chocs portés sur la coupelle à l'aide d'un appareil standardisé.

La limite de plasticité Wp exprime le pourcentage en eau qui subsiste dans la pâte lorsque celle-ci, roulée sous la main en petits boudins de 3mm de diamètre, se casse en petits fragments.

	W1		Wp	
Etat liquide		Etat plastique		Etat solide

TABLEAU III

L'indice de plasticité Ip mesure l'intervalle qui sépare ces deux termes

$Ip = W1 - Wp$ (en %)

On constate sur l'abaque de Casagrande que de faibles indices de plasticité correspondent, lorsque WI est également faible, à des limons consistants. Le pourcentage en éléments très fins (argiles) y est le moins important. L'eau est beaucoup moins retenue dans la pâte et les valeurs de WI et de Ip sont les plus faibles.

Si Ip et WI sont au contraire élevés, la teneur en éléments très fins sera forte. Nous aurons des argiles inorganiques de forte plasticité.

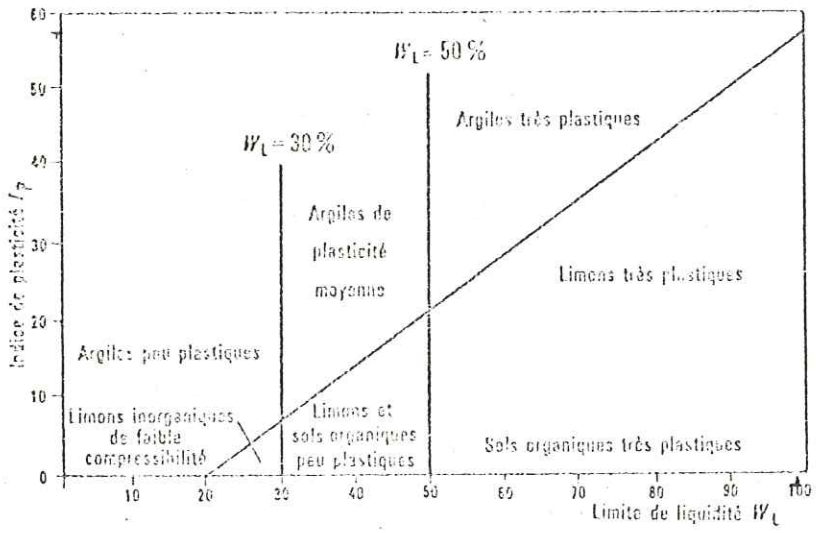


Fig. 5-13. — DIAGRAMME DE PLASTICITÉ

Il permet un classement des sols en fonction de W_L et de I_P (d'après TERZACHI et PECK, 1965).

Indice de consistance Ic : lorsque la teneur en eau W d'un échantillon passe de WI à Wp, sa consistance augmente et on pourra le qualifier d'après l'indice Ic qui s'exprime par le rapport :

$$Ic = \frac{W1 - W}{Ip}$$

Le tableau IV évoque quelques valeurs de Ic en relation avec la trituration :

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Ic	Consistance
0 - 0,25	Sol liquide à pâteux
0,25 - 0,50	Sol mou
0,50 - 0,75	Sol ferme
0,75 - 1,0	Sol mi-dur
1	Sol dur

TABLEAU IV

Equivalent de sable

On l'obtient par un essai très rapide effectué sur la fraction de sol passant au tamis de 4,76 mm. Cette opération empirique donne une image de la quantité des éléments fins. L'essai est particulièrement utile dans le cas de sols à très faible plasticité.

Teneur en matières organiques

Si l'échantillon, de couleur sombre à noire, présente une odeur caractéristique, on le traite à l'eau oxygénée. La partie de poids est exprimée en pourcentage du poids initial.

Teneur en carbonate de calcium (calcimétrie)

Après dessiccation d'échantillon est passé à l'acide fort. On note sa perte de poids en pourcentage du poids initial.

Teneur en CO_3Ca	Dénomination
0 à 10 %	Argile ou limon
10 à 90 %	Marne
90 à 100 %	Calcaire (sol ou roche)

TABLEAU V

Cohésion C - Angle de frottement interne

Lorsqu'on observe le sable fin parfaitement sec qui s'écoule dans un sablier, on conçoit qu'il n'existe aucun lien entre les grains. Il en va autrement lorsqu'un ciment les réunit (grès) et il faut alors pour les séparer, fournir un effort qui définit la cohésion.

D'autre part, le sable qui coule forme un tas conique dont la pente reflète le frottement des grains entre eux.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

	Valeurs représentatives de P pour du sable sec, en degrés	
	Grains arrondis	Grains anguleux
Peu compact Compact	28,5° 35°	34° 46°

TABLEAU VI (d'après Terzaghi et Peck)

Triturons maintenant une argile à modeler ; il est manifeste que les particules de la pâte ne coulent pas comme du sable sec. Une poignée d'argile malaxée garde sa consistance et l'on conçoit que les particules sont fortement liés entre elles : la cohésion de l'argile est importante. Son onctuosité, qui se marque par une trituration aisée, indique un frottement interne faible.

Bien entendu dans la nature, par le fait de la grande variété des matériaux et des mélanges qu'ils forment entre eux, les phénomènes ne sont pas aussi tranchés. Cohésion et angle de frottement interne sont déterminés au laboratoire par l'essai de cisaillement et par l'essai triaxial. Sur le terrain on utilise le scissomètre.

Module de compressibilité Ev, coefficient de consolidation verticale Cv, indice de compression Cc, pression de consolidation

Ces coefficients sont déterminés à l'aide de l'essai oedométrique. Ils entrent dans l'évaluation des propriétés mécaniques : tendance au tassement, état de consolidation du sol naturel.

Perméabilité K

Ce coefficient caractérise les relations des deux phases solide et liquide dans un milieu poreux saturé. Quand les caractéristiques physiques de la phase liquide (viscosité, gradient d'écoulement) restent constantes, le coefficient de perméabilité K correspond à sa vitesse d'écoulement à travers la masse des grains ; mais c'est une vitesse fictive car les canalicules entre les grains ont des sections très variables et les vitesses réelles varient d'un canalicule à l'autre. Pour un milieu donné, la perméabilité reflète l'arrangement et le diamètre des grains : elle est caractéristique d'un type de sol.

Résistivité d'un sol

Un sol se comporte comme un conducteur électrique. Les alluvions, par exemple, peuvent être partagées en une succession de tranches superposées dont chacune possède une résistivité propre, ce qui permet de les distinguer. La valeur de cette résistivité dépend du degré de serrage des grains, de la teneur en particules riches en ions libres, et de la minéralisation de l'eau qui imprègne les formations. En général, les fortes valeurs correspondent à des sols grossiers.

Vitesse sismique - Célérité des ondes de choc dans le sol

On sait que les milieux denses propagent mieux les sons que les

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

milieux légers. La propagation d'une vibration dans le sol va dépendre de sa compacité ; or les sols peu compacts sont en principe les plus faciles à travailler. En particulier le défonçage d'un sol par un ripper est lié à la vitesse sismique comme le montre le tableau VII.

Type de sol	Rippable pour des vitesses d'onde qui vont de
Sol aéré	150 à 550m/s
Argiles	550 à 1800 "
Conglomérats	900 à 2250 "
Grès	750 à 2750 "
Moraine	650 à 1800 "
Calcaires	850 à 1500 "
Marnes	850 à 1800 "

TABLEAU VII (d'après Geophysical Specialities Company)

Ces valeurs sont approchées. A l'intérieur de ces domaines de vitesse, l'efficacité du ripper dépend du nombre des dents et de la puissance de son tracteur.

Résistance à la pénétration dynamique et statique

Quiconque a essayé de battre un pieu s'est persuadé de ce que l'effort d'enfoncement augmentait avec la profondeur atteinte et que la difficulté était d'autant plus grande que le sol était plus dense. On démontre que la résistance rencontrée se porte d'une part sur la pointe du pieu (Rp) et résulte d'autre part du frottement latéral (Rl) que le sol exerce sur la surface du pieu, ce frottement augmentant avec la profondeur.

La résistance à la pénétration se calcule après application des différents procédés qui font pénétrer des tiges dans le sol par battage (Rd) ou par poussée (Rs).

Indice portant C.B.R. (Claifornian bearing ratio)

C'est un essai de pénétration en laboratoire ; un poinçon est poussé à vitesse constante dans une éprouvette du sol à tester. Le rapport entre la force exercée et l'enfoncement est comparé à des résultats obtenus sur les échantillons bien connus. On en déduit la capacité portante.

Module pressiométrique E, pression limite Pl

Ces paramètres sont tirés de l'essai pressiométrique. Les valeurs sont liées au type de sol et s'expriment en bars.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Force portante (maximale)

Si l'on pose sur le sol une charge d'un poids plus ou moins élevé, on constate que le sol se tasse. L'importance de ce mouvement dépend du poids mis en place, mais aussi des propriétés du sol. Selon sa compressibilité et son aptitude au tassement il réagira de façon imperceptible ou importante. Sa force portante maximale est définie au moment où la croissance du tassement subit une accèlération brutale sous l'effet d'une dernière augmentation de la charge.

Classification des sols

Puisque les propriétés d'un sol sont fonction de la nature et des proportions de ses constituants, il était particulièrement utile de mettre au point une classification de leurs différents types et de leurs mélanges en y joignant les propriétés qui en résultent.

Il existe de nombreuses classifications. Pour notre part nous nous en tenons à celle utilisée par les Ponts et Chaussées, qui propose une discrimination des sols en quinze groupes à partir de données simples : granulométrie et limites d'Atterberg.

Cette classification est complétée par une liste d'aptitudes, qui précise le comportement probable de chaque sol à l'occasion des travaux courants : fondations de routes et d'ouvrages d'art, compactage, drainabilité. Elle donne aussi les fourchettes de valeurs de la densité sèche, le module de réaction probable (essai de plaque des Ponts et Chaussées), la valeur probable à l'essai C.B.R. Il est donc possible de rattacher un sol à un groupe précis et d'être ainsi informé de ses aptitudes probables.

Nous y joignons la classification de l'U.S.B.R. (U.S. Bureau of Reclamation) qui qualifie les mêmes groupes de sols au regard de la compressibilité, de l'ouvrabilité, etc. Chaque groupe est affecté d'un indice numérique, faible dans les cas favorables, élevé à l'opposé, choisi entre 1 et 14.

Chacun des quinze groupes est désigné par deux symboles : une majuscule ou deux pour situer le groupe dans l'échelle granulométrique, une minuscule qui apprécie de degré de classement sur l'échelle et la plasticité. Ainsi se succèdent :

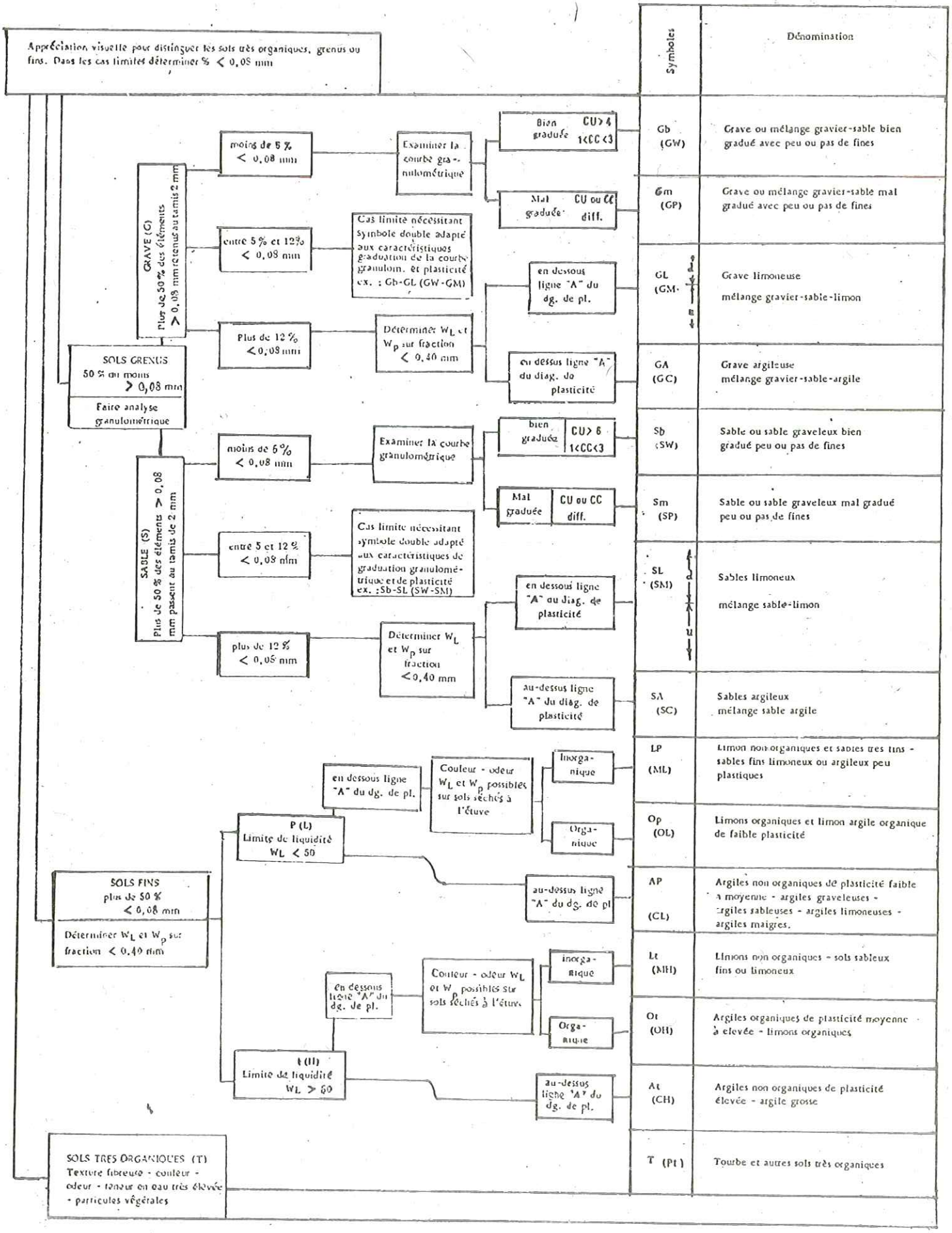
1) les éléments du sol :
   - G = Grave, le gravier est la fraction principale
   - S = Sable, le sable est la fraction principale
   - L = Limon, le limon est la fraction principale (ou secondaire)
   - A = Argile, l'argile est la fraction principale (ou secondaire)
   - T = Tourbe,
   - O = La matière organique domine.

2) Le degré de classement granulométrique :
   - b = sol bien gradué
   - m = sol mal gradué - Une (ou plusieurs) dimension de grain prédomine

3) Plasticité du sol
   - t = limite de liquidité élevée (très plastique)
   - p = limite de liquidité faible (peu plastique).

Classification des sols

L. C. P. C.
(U. S. C. S.)



tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

Aptitude des sols aux travaux

(d' après L. C. P. C.)

Sol de fondation lorsque l'action du gel n'est pas à craindre	Couche de fondation lorsque l'action du gel n'est pas à craindre	Couche de base quand l'action du gel n'est pas à craindre	Gélivité	Possibilité de tassement et de gonflement	Caractéristiques drainantes	Engins de compactage	Densité sèche moyenne	C.B.R.	Module de réaction du sol naturel (Kg/cm2)
excellent	excellent	bon	aucune ou très faible	aucune	excellentes	Tracteurs à chenilles, rouleaux à pneus - rouleaux lisses	2,00 à 2,22	40-60	7 à 14
bon à excellent	bon	passable à bon	aucune ou très faible	aucune	excellentes	Tracteurs à chenilles - rouleaux à pneus - rouleaux lisses	1,76 à 2,22	30-60	7 à 14
id bon	id passable	id médiocre à inutilisable	faible à moyenne id	très faible faible	passable à médiocre médiocre à pratiquement imperméable	Rouleaux à pneus - à pieds de moutons étroite surveillance Rouleaux à pneus - à pieds de mouton	2,00 à 2,32 1,64 à 2,16	40-60 20-30	id 5 à 14
id	id	médiocre à inutilisable	id	id	id	id	2,08 à 2,32	20-40	5 à 14
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
passable à bon	passable	médiocre à inutilisable	id	id	id	id	1,68 à 2,16	10-40	4 à 10
id passable	passable à bon médiocre à passable	médiocre inutilisable	faible à élevée id	très faible faible à moyenne	passables à médiocres médiocres à pratiquement imperméables	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton étroite surveillance W Rouleaux à pneus - à pieds de mouton	1,92 à 2,16 1,60 à 2,08	15-40 10-20	4 à 10 3 à 8
médiocre à passable	médiocre	id	id	id	id	id	1,60 à 2,16	5-20	3 à 9
id	inutilisable	id	moyenne à très élevée	id	passable à médiocre	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton - étroite surveillance W	1,44 à 2,08	15 ou moins	3 à 5
médiocre	id	id	id	moyenne à élevée	médiocres	id	1,44 à 1,68	5 ou moins	1,5 à 3
id	id	id	id	moyenne	pratiquement imperméables	Rouleaux à pneus - à pieds de mouton *	1,44 à 2,08	15 ou moins	1,5 à 4
id	id	id	id	élevée	passables à médiocres	id	1,28 à 1,68	10 ou moins	1,5 à 3
médiocre à très médiocre	id	id	id	id	id	id	1,28 à 1,76	5 ou moins	0,7 à 3
médiocre à passable	id	id	moyenne	id	pratiquement imperméables	id	1,44 à 1,84	15 ou moins	1,5 à 4
inutilisable	id	id	faible	très élevée	passables à médiocres	Compactage impossible			

Utilisation des sols en génie civil (d'après U.S. Bureau of Reclamation)

Propriétés importantes				Ordre de préférence pour divers usages									
				Fondations		Remblais			Barrages en terre compactée		Canaux		
Perméabilité après compactage	Résistance aux contraintes tangentielles après compactage et saturation	Compressibilité après compactage et saturation	Ouvrabilité comme matériau de construction	L'écoulement a de l'importance	L'écoulement n'a pas d'importance	Gonflement dû au gel pas possible	Gonflement dû au gel possible	Surfaçage	Barrage homogène	Noyau	Massif de butée	Résistance à l'érosion	Revêtement en terre compactée
perméable	excellente	négligeable	excellente	..	1	1	1	3	..	..	1	1	..
très perméable	bonne	négligeable	bonne	..	3	3	3	..	..	..	3	3	..
semi-perméable à imperméable	bonne	négligeable	bonne	1	4	4	9	5	3	4	..	6	4
imperméable	bonne à médiocre	très faible	bonne	2	6	5	5	1	1	1	..	3	1
perméable	excellente	négligeable	excellente	..	2	2	2	4	..	..	3 et graveleux	6	..
perméable	bonne	très faible	médiocre	..	5	6	4	..	..	..	5 et graveleux	7 et graveleux	..
semi-perméable à imperméable	bonne	faible	médiocre	3	7	8	10	6	4	5	..	4 et graveleux	5 érosion dangereuse
imperméable	bonne à médiocre	faible	bonne	4	8	7	6	2	3	2	..	5	2
semi-perméable à imperméable	médiocre	moyenne	médiocre	6	9	10	11	..	6	6	..	..	6 érosion dangereuse
semi-perméable à imperméable	mauvaise	moyenne	médiocre	7	11	11	12	..	8	8	..	..	7 érosion dangereuse
imperméable	médiocre	moyenne	bonne à médiocre	8	10	9	7	7	6	3	..	9	3
semi-perméable à imperméable	médiocre à mauvais	élevée	mauvaise	8	12	12	13	..	9	9	..	..	..
imperméable	mauvaise	élevée	mauvaise	10	14	14	14	..	10	10	..	..	..
imperméable	mauvaise	élevée	mauvaise	9	13	13	8	..	7	7	..	10	8 changement de volume dangereux
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

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

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

ANNEXE II

Plaine de l'Isère : liste schématisée des logs de sondages

Tv : terre végétale
Tva : Tv. argileuse
Tvs : Tv. sableuse
Tvg : Tv. graveleuse

S : sables
Sa : S. argileux
Sl : S. limoneux
Sg : S. graveleux

A : argiles
As : A. sableuses
Al : A. limoneuses
Ag : A. graveleuse

R : remblai
B : Blocs

SGg : sables, graviers, galets. E : éboulis. c : cailloutis.

N°	Coord.	Cotes	Nat
1	857,522 338,751 188,92	0,0 - 1,3 1,3 - 2,5 2,5 -20,0	Tvs Sa Sg
2	856,54 337,78	0,0 - 3,0 3,0 -13,0 13,0 - x	As Sg S
3	856,85 339,02	0,0 - 0,8 0,8 - 2,0 2,0 - 2,9 2,9 -10,9 10,9 -11,2	Tvl Las Sa SGg SG
4	856,92 339,16	0,0 - 1,10 1,10-28,0 > 28,0	Tva Sgc S/
5	857,025 339,275	0,0 - 0,8 0,8 - 2,0 2,0 - 2,9	Tvl Las Sag
6	857,08 339,21	0,0 - 0,6 0,6 - 1,8 1,8 - 3,0 3,0 - 3,2	Tvs S Sl SGg
7	857,2 339,22	0,0 - 0,6 0,6 - 1,5 1,5 - 2,5 2,5 - 2,7	TvS S Sl SGg
8	857,36 339,41 189,03	0,0 - 6,5 6,5 - 6,9 6,9 - 7,1	Ls S SGg
9	857,40 339,34	0,0 - 0,3 0,3 - 1,2 1,2 - 3,7 > 3,7	Tv Las A SGg
10	857,46 339,55	0,0 - 1,7 1,7 - 4,6 4,6 - 8,4 > 8,4	Ls A Sa A
11	857,65 339,65 189,36	0,0 - 2,0 2,0 - 4,0 4,0 - 7,6 7,6 -12,0	Tvl As Sg A
12	857,76 339,68	0,0 - 2,5 2,5 - 7,0	A S
13	857,81 339,72	0,0 - 2,5 2,5 -10,0	A S
14	856,71 338,61	0,0 - 6,0 6,0 -14,5 > 14,5	As Sg S
15	857,48 339,09	0,0 - 0,7 0,7 - 1,2 1,2 - 2,0 2,0 - 4,5 4,5 - 5,7	Tv A Sl S SGg
16	857,09 338,45	0,0 - 3,5 3,5 -14,0 > 14	As Sg Sa
17	857,238 338,274 190,40	0,0 - 0,4 0,4 - 0,9 0,9 - 6,0	Tv A Sg
18	857,25 338,26	0,0 - 1,5 1,5 -16,5 > 16,5	As Sg S
19	857,340 338,290 189,19	0,0 - 1,0 1,0 - 2,0 2,0 - 2,8 2,8 -12,0	Tv S A Sg
20	857,44 338,36	0,0 - 2,5 2,5 -18,5	As SGg
21	857,52 338,38	0,0 - 3,5 3,5 -21,0 > 21	Tva SGg Sa
22	857,52 338,52 118,70	0,0 - 0,1 0,1 - 1,5 1,5 - 2,0 > 2	Tv Asl AsGg SGg
23	857,64 338,49	0,0 - 3,5 3,5 -19,5 > 19,5	A SGg Sa
24	857,70 338,53 191,85	0,0 - 2,00 2,0 - 6,3 6,3 -12,0	L A Sg
25	857,71 338,54	0,0 - 2,0 2,0 - 8,0 > 8	La SGg S
26	857,98 338,53	0,0 - 1,5 > 1,5	A Sga
27	858,12 338,61	0,0 - 3,0 3,0 - 6,5 > 6,5	Ls SgE Sg
28	858,57 336,26	0,0 - 0,2 0,0 - 0,7 0,7 - 1,1 1,1 - 4,2 >4,2	Tv gs Ls S SGg

N°	Coord.	Cotes	Nat
29	857,27 338,6	0,0 - 1,0 1,0 - 4,0 4,0 - 2,0 > 20	Gg As Sg S
30	857,32 337,82	0,0 - 0,5 0,5 - 3,0 3,0 -15,0 > 15	Gg As SGg S
31	857,41 337,56	0,0 - 1,5 1,5 - 4,5 4,5 -12,0 > 12,0	Gg L Sg S
32	857,56 337,57	0,0 - 0,4 0,4 - 1,1 1,1 - 2,9 2,9 - 4,7 > 4,7	Tv Las S S Sg
33	857,498 337,377 192,59	0,0 - 0,8 0,8 - 1,6 1,6 - 2,1 2,1 -10,0	Tv S As gS
34	857,12 337,56	0,0 - 2,20 2,2 -14,0 14,0 -20,0	A ga As
35	857,56 337,42	0,0 - 0,2 0,2 - 0,6 0,6 - 2,3 2,3 - 3,9	Tv Ls SIg Gg
36	857,59 337,39	0,0 - 1,0 > 1	Ls SGg
37	857,69 337,43	0,0 - 2,3 2,3 -25,8 > 25,3	A Sg As
38	857,81 337,46	0,0 - 1,4 1,4 - 1,8 1,8 -22,8 >22,8	A A Sg Sa
39	858,19 337,37	0,0 - 2,0 2,0 - 7,0 > 7,0	Ls Sa SGg
40	858,26 337,30	0,0 - 1,3 1,3 - 2,5 2,5 - 7,5 > 7,5	Lg A SGg Sg
41	858,47 337,39	0,0 - 1,3 > 1,3	LSg A
42	858,05 337,37	0,0 - 1,5 1,5 - 5,0 5,0 -19,0 > 19	La SGg Sg As
43	859,930 337,250 191,56	0,0 - 2,00 2,0 -12,0	L Sg
44	859,41 337,30	0,0 - 0,5 0,5 - 3,7 3,7 -11,3 11,3 -18,5 18,5 -29,6	Tv Lag AG LS L
45	857,44 337,33	0,0 - 1,0 1,0 - 2,5 2,5 -12,0 > 12,0	Gg L Sg As
46	857,49 337,13	0,0 - 1,5 1,5 - 3,0 3,0 -23,0 > 23	Gg L SGg Sa
47	857,60 337,13	0,0 - 0,4 0,4 - 1,6 1,6 - 3,2 > 3,2	Tv Ls S Sg
48	857,6 336,99	0,0 - 0,3 0,3 - 1,7 1,7 - 3,0	TvI La GgI
49	857,59 336,30	0,0 - 1,0 1,0 - 3,0 3,0 -23,0 > 23	Gg L SGg Sa
50	857,55 336,84	0,0 - 0,3 0,3 - 1,4 1,4 - 1,7 1,7 - 3,5	TvI La Ls Gg
51	857,56 336,76	0,0 - 0,6 0,6 - 2,4 2,4 - 2,7 2,7 - 3,2	Las SI S Gg
52	857,84 336,66	0,0 - 0,5 0,5 - 4,5 4,5 -16,0	Gg As S
53	857,73 336,62	0,0 - 0,6 0,6 - 1,3 1,3 - 2,2 2,2 - 3,3	Las SP Sa Gg
54	857,73 336,48	0,0 - 3,0 3,0 -12,0 > 12,0	A Sa Sa
55	857,72 336,42	0,0 - 0,2 0,2 - 0,8 0,8 - 1,4 1,4 - 2,8 2,8 - 4,0	TvI Lasg Sg Ls GgI
56	857,68 336,27 194,79	0,0 - 0,6 0,6 - 2,4 2,4 - 2,9 2,9 -10,0	Tvg As A Sg
57	857,80 336,28	0,0 - 1,5 1,5 - 3,4 3,4 - 4,6 > 4,6	A A SGg Sa
58	857,88 336,26	0,0 - 4,5 4,5 -11,5 > 11,5	A Sg As
59	857,92 336,32	0,0 - 3,0 3,0 -12,0	As Sg
60	858,03 336,34	0,0 - 1,1 1,1 - 2,2 2,2 -32,2 > 32	As A SGg A
61	858,18 336,39	0,0 - 2,7 > 2,7	A Sg
62	858,32 336,43	0,0 - 1,1 1,1 - 2,5 > 2,5	As A SGg
63	858,47 336,46	0,0 - 3,6 3,6 -39,6 > 39,6	A SGg As
64	858,56 336,49	0,0 - 1,5 1,5 - 3,0 > 3,0	As A SGg
65	858,68 336,56	0,0 - 1,5 1,5 - 2,1 2,1 -13,2 > 13,2	As A SGga A
66	858,78 336,55	0,0 - 2,0 2,0 - 3,4 > 3,4	As A SGg
67	858,93 336,58	0,0 - 4,0 4,0 -36,0 > 36	A SGg As

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	859,12	0,0 - 4,0	A
68	336,63	4,0 -14,0	SGg
		> 14,0	As
	859,28	0,0 - 6,0	A
69	336,71	> 6,0	SGg
	859,38	0,0 - 1,1	Las
70	336,70	1,1 -11,8	S
	191,52		
	859,63	0,0 - 1,8	Tvsg
71	336,96	1,8 - 2,5	A
	859,45	0,0 - 1,40	SGg
72	337,06	1,4 - 3,5	SGg
		3,5 -21,3	Asg
		> 21,3	SGg
	857,75	0,0 - 1,7	A
73	336,17	1,7 - 4,2	Sa
		> 4,2	As
	857,72	0,0 - 2,5	A
74	336,05	2,5 -13,0	SGg
		> 13,0	As
	857,92	0,0 - 3,0	Sa
75	335,86	3,0 -11,0	SGg
		> 11,0	Sag
	857,85	0,0 - 0,4	Tv
76	335,78	0,4 - 0,6	Ls
		0,6 - 1,5	Sa
		1,5 - 2,6	Sa
		2,6 - 2,9	Sg
	857,88	0,0 - 0,2	Las
77	335,45	2,0 - 8,0	SGg
		> 8	A
	857,96	0,0 - 0,8	g
78	335,41	0,8 - 2,8	As
	194,95	2,8 - 8,2	Sg
		8,2 -15,0	A
	857,88	0,0 - 4,3	gc
79	335,39	4,3 - 7,0	As
		7,0 - 7,9	Sa
		7,9 -14,2	Lasg
		14,2 -21,0	LSa
		21,0 -40,0	Sa
	858,19	0,0 - 1,8	L
80	335,52	1,8 - 2,5	Sl
		2,5 - 5,0	Sg
		5,0 - 8,0	SGg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	858,06	0,0 - 2,1	Tvsl
81	335,49	2,1 - 7,2	SGg
		7,2 - 8,4	LGg
		8,4 -12,0	SGg
		12,0 -20,0	Sg
	858,83	0,0 - 1,3	A
82	335,86	1,3 - 3,2	Sa
	192,26	3,2 - 6,1	As
		6,1 -10,0	La
	857,48	0,0 - 3,5	Lag
83	335,07	3,5 - 9,5	Sg
		> 9,5	Sg
	857,47	0,0 - 3,5	As
84	335,11	3,5 -11,5	SGg
		> 11,5	Sg
	857,98	0,0 - 3,5	Sa
85	335,40	3,5 -13,5	SGg
		> 13,5	Lag
	858,1	0,0 - 0,9	Tv
86	335,2	0,0 - 1,9	La
	193,0	1,9 - 3,3	Gglsl
	858,22	0,0 - 3,0	Sa
87	335,29	3,0 -11,0	SGg
		> 11,0	Sg
	858,31	0,0 - 9,5	Sa
88	335,36	9,5 -26,0	SGg
		> 26,0	Sg
	858,45	0,0 - 5,0	As
89	335,40	5,0 -21,5	SGg
		> 21,5	Sga
	858,60	0,0 - 6,0	As
90	335,53	6,0 -11,0	SGg
		> 11,0	S
	858,64	0,0 - 1,7	L
91	335,54	1,7 -10,1	Ls
	858,86	0,0 - 6,5	As
92	335,65	6,5 -15,5	Sg
		> 15,5	S
	858,86	0,0 - 6,0	As
93	335,69	6,0 -24,0	SGg
		> 24	S
	859,09	0,0 - 5,0	A
94	335,73	5,0 -26,0	SGg
		> 26,0	Sg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	859,12	0,0 - 3,6	Tva
95	335,75	3,6 -22,0	Sg
	192,00	> 22,0	S
	859,31	0,0 - 3,5	Sa
96	335,79	3,5 -23,5	SGg
		> 23,5	S
	859,55	0,0 - 3,0	Sg
97	335,87	3,0 -18,5	SGg
		> 18,5	Sg
	859,28	0,0 - 7,5	SGg
98	335,98	7,5 -13,5	SGg
		> 13,5	Sg
	859,89	0,0 - 8,2	Gga
99	335,99	8,2 -12,0	Sa
		> 12,0	A
	857,96	0,0 - 2,0	A
100	335,16	2,0 -13,0	SGg
		> 13,0	Sa
	858,11	0,0 - 2,0	A
101	334,88	2,0 -11,0	SGg
		> 11,0	Sg
	857,57	0,0 - 1,9	Tvs
102	334,95	1,9 -12,0	Sg
	194,18		
	858,07	0,0 - 1,2	A
103	334,92	1,2 - 2,6	As
	195,73	2,6 - 5,0	Sg
		5,0 - 5,2	A
		5,2 -10,0	Sg
	858,24	0,0 - 1,2	A
104	335,02	1,2 - 2,6	As
		2,6 - 5,0	Sg
		5,0 - 5,2	A
		5,2 -10,0	Sg
	858,68	0,0 - 1,5	Tvs
105	335,04	1,5 - 4,2	Sa
	193,25	4,2 - 6,60	SGg
		6,6 - 9,00	Sg
		9,0 -10,0	As
	859,08	0,0 - 2,5	Tva
106	335,20	2,5 - 6,5	SGg
	192,52	6,5 - 9,0	SGg
	858,36	0,0 - 2,5	A
107	334,94	2,5 -14,5	Sg
		> 14,5	S

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	858,39	0,0 - 3,0	A
108	334,71	3,0 -22,0	SGg
		> 22,0	S
	859,65	0,0 - 4,0	Sa
109	336,37	4,0 - 6,5	A
		6,5 - 9,0	SGg
		9,0 -20,0	Sa
		> 20,0	SGg
	857,71	0,0 -10,0	SGg
112	333,94	10,0 -12,0	A
	194,29		
	857,87	0,0 - 7,8	L
113	334,40	7,8 - 8,3	E
	194,70	8,3 -12,0	S
	858,20	0,0 - 0,5	Tv
114	334,17	0,5 - 1,4	Las
	194,91	1,4 - 8,0	SGg
		8,0 -15,0	S
	858,04	0,0 - 0,3	Tva
115	334,12	0,3 -12,0	SGg
	194,78		
	858,37	0,0 - 0,8	Gls
116	334,57	0,8 - 1,8	As
	195,78	1,8 - 3,2	A
		3,2 - 4,5	Gg
		4,5 -10,0	Sg
	858,53	0,0 - 3,0	A
117	334,57	0,3 -22,5	SGg
		> 22,5	S
	858,64	0,0 - 2,2	A
118	334,66	2,2 - 9,9	SGg
		> 9,9	Sa
	858,71	0,0 - 1,4	A
119	334,72	1,4 - 2,1	A
		2,1 -18,9	SGg
		> 18,9	S
	858,82	0,0 - 1,1	As
120	334,75	1,1 - 1,6	A
		> 1,6	Sg
	859,95	0,0 - 1,6	A
121	334,70	1,6 - 2,8	As
	194,21	2,8 - 7,4	S
		7,4 -10,1	SGg
	858,78	0,0 - 4,9	A
122	334,88	> 4,9	SGg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	858,10	0,0 - 5,0	A
123	334,81	> 5,0	Sg
	859,21	0,0 - 1,0	As
124	334,90	1,0 - 2,2	A
		> 2,2	S
	859,24	0,0 - 3,0	Tvs
125	334,98	3,0 -12,0	SGg
	859,31	0,0 - 1,2	S
126	334,99	> 1,2	SGg
	859,40	0,0 - 1,2	Sa
127	335,04	1,2 - 1,5	A
		> 1,5	SGg
	859,53	0,0 - 1,1	Sa
128	335,11	1,1 - 2,8	A
		> 2,8	Sg
	859,61	0,0 - 2,1	A
129	335,18	2,1 -31,0	Sg
		> 31,0	As
	859,66	0,0 - 1,3	A
130	335,15	1,3 - 5,6	Sg
	193,18	5,6 - 8,1	SGg
	859,72	0,0 - 1,4	A
131	335,28	1,4 - 4,9	Sg
		> 4,9	S
	859,93	0,0 - 1,1	As
132	335,36	1,1 - 1,4	A
		1,4 - 5,6	Sa
		> 5,6	A
	859,99	0,0 - 4,0	As
133	335,49	4,0 -22,0	S
		> 22,0	A
	860,18	0,0 - 1,8	As
134	335,48	1,8 - 27	A
		> 27	Sa
	857,75	0,0 - 1,4	Las
135	333,78	1,4 - 7,2	SGg
		7,2 -15,0	A
	857,85	0,0 - 1,6	Ggsa
136	333,95	1,6 - 8,7	SGg
	196,70	8,7 - 9,4	SGg
		9,4 -12,0	Sg
	859,09	0,0 - 0,4	Tv
137	334,05	0,4 - 1,8	Las
		1,8 -11,6	Gs
		11,6 -15,0	S

N°	Coord.	Cotes	Nat
	858,68	0,0 - 1,5	A
138	334,45	1,5 -11,0	SGg
		> 11,0	S
	858,78	0,0 - 0,4	Tvs
139	334,22	0,4 - 2,1	A
	196,30	2,1 -10	SGg
	858,95	0,0 - 0,5	Gg
140	334,29	0,5 - 3,5	A
		3,5 -12,0	S
		> 12	Sa
	859,07	0,0 - 2,00	Sa
141	334,12	2,00-25,0	S
	859,59	0,0 - 1,8	L
142	334,47	1,8 -10,1	Lsg
	193,81		
	859,97	0,0 - 3,6	As
143	334,58	3,6 - 6,6	SGg
	193,79	6,6 - 8,1	Sg
	861,88	0,0 -10,8	gSa
144	334,78	10,8 -25,0	As
	194,23		
	859,09	0,0 - 1,5	A
145	333,94	1,5 -13,5	SGg
		> 13,5	S
	859,12	0,0 - 0,2	Tv
146	333,87	0,2 - 1,1	Sa
	196,78	1,1 - 2,0	As
		2,0 -10,0	SGg
	859,25	0,0 - 2,0	A
147	333,83	2,0 -18,5	SGg
		> 18,5	S
	859,51	0,0 - 1,9	A
148	333,92	1,9 - 5,4	Sag
	194,95	5,4 -10,1	SGg
	859,78	0,0 - 3,0	A
149	334,14	3,0 - 7,00	SgG
	194,94	7,00- 9,1	SGg
	858,000	0,0 - 3,1	TvE
150	333,360	3,1 - 7,1	Gg
	195,00	7,1 - 8,5	Sa
		8,5 -10,8	A
		10,8 -12,0	Sg
	858,34	0,0 - 2,0	As
151	333,44	2,0 -22,0	SGg
		> 22,0	A

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	858,860	0,0 - 2,0	Tva
152	333,55	2,0 -12,0	SGg
	195,83		
	859,55	0,0 - 2,0	SGg
153	333,65	2,0 - 4,0	Sg
		4,0 -12,5	S
		> 12,5	S
	859,73	0,0 - 1,5	SGg
154	333,77	1,5 - 2,0	A
		> 2,0	Sg
	859,92	0,0 - 1,5	A
155	333,83	1,5 - 2,5	S
	195,20	2,5 - 5,4	Sa
		5,4 - 7,8	SGg
		7,8 - 9,0	Sg
	860,32	0,0 - 2,1	A
156	333,91	2,1 - 6,8	SGg
	194,98	6,8 - 8,0	SGg
	860,41	0,0 - 1,1	A
157	333,97	1,1 - 2,3	A
		> 2,3	SGg
	860,58	0,0 - 1,2	Sg
158	333,95	1,2 - 9,6	SGg
		> 9,6	S
	860,68	0,0 - 2,0	Sg
159	334,07	2,0 - 7,0	SGg
		> 7	S
	859,61	0,0 - 0,8	Tv
160	333,39	0,8 - 1,6	Sag
	198,37	1,6 - 4,3	As
		4,3 -10,0	Sg
	860,21	0,0 - 1,7	L
161	333,52	1,7 -10,1	SGg
	195,41		
	859,83	0,0 - 2,0	Gg
162	333,53	2,0 - 3,5	As
		3,5 -17,0	Sg
		> 17,0	S
	859,89	0,0 - 1,5	A
163	333,31	1,5 -34,0	SGg
		> 34,0	Sg
	860,16	0,0 - 1,5	A
164	333,14	1,5 -32,0	SGg
		> 32,0	Sg
	858,86	0,0 - 1,8	Tvs
165	332,35	1,8 -12,0	Sg
	195,95		
	859,70	0,0 - 1,1	Tvs
166	332,74	1,1 -12,0	Sg
	196,43		
	860,10	0,0 - 0,5	Tvg
167	332,98	0,5 - 1,2	Sg
	197,71	1,2 - 9,8	Sg
		9,8 -12,0	SGg
	860,26	0,0 - 1,5	Gg
168	332,89	1,5 - 3,0	SGg
		3,0 -21,5	Sg
	860,31	0,0 - 0,6	A
169	333,15	0,6 - 5,5	Sa
	195,96	5,5 - 7,3	SGg
		7,3 - 9,1	SGg
	860,70	0,0 - 1,1	As
170	333,35	1,1 - 5,1	Sag
	195,99	5,1 - 8,1	SGg
	861,00	0,0 - 7,9	EGg
171	333,54	7,9 -25,0	As
	197,64		
	861,18	0,0 - 0,4	TVE
172	333,41	0,4 - 3,1	LE
	199,60	3,1 - 5,1	L
		5,1 - 9,2	SI
		9,2 -10,0	S
	860,64	0,0 - 3,5	As
173	332,84	3,5 - 7,6	Sg
	198,43	7,6 -10,0	SGg
	860,36	0,0 - 0,9	Tvs
174	332,62	0,9 - 1,6	A
	200,04	1,6 - 2,8	As
		2,8 -15,0	SGg
	860,70	0,0 - 3,0	L
175	332,80	3,0 -25,0	SGg
		> 25	Sg
	860,58	0,0 - 3,0	L
176	332,54	3,0 -33,0	SGg
	860,69	0,0 - 2,5	L
177	332,26	2,5 -34,0	SGg
		> 34	SG
	860,91	0,0 - 1,4	L
178	332,54	1,4 -10,1	SGg
	198,40		
	860,65	0,0 - 0,5	Tvs
179	332,10	0,5 -20,0	Sg
	199,70		
	860,81	0,0 - 4,5	S
180	332,05	4,5 -24,5	SGg
		> 24,5	S
	861,13	0,0 - 1,0	A
181	332,16	1,0 - 3,0	Sg
	198,76	3,0 - 5,5	SGg
		5,5 - 7,4	Sg
		7,4 -10,1	Sag
	859,63	0,0 - 0,9	Tva
182	331,90	0,9 -12,0	Sg
	196,49		
	860,27	0,0 - 0,5	Tv
183	331,95	0,5 - 9,8	Sg
	198,48	9,8 -12,0	S
	859,63	0,0 - 3,0	Sag
184	331,06	3,0 - 9,5	SGg
		> 9,5	Sg
	859,78	0,0 - 1,5	Tva
185	331,10	1,5 -13,2	Sg
	198,39	13,2-18,5	AGg
		18,5-21,5	As
		21,5-30,0	S
	859,63	0,0 - 1,5	Gg
186	331,24	1,5 -11,0	SGg
		> 11,0	Sg
	860,80	0,0 - 1,5	Sg
187	331,25	1,5 -19,5	SGg
		> 19,5	Sag
	860,23	0,0 - 1,5	Tv
188	331,23	1,5 -10,6	Sg
	199,71	10,6 -11,6	S
		11,6 -31,5	Sg
		31,5 -40,0	S
	860,42	0,0 - 1,5	Sg
189	331,39	1,5 -23,0	SGg
		> 23,0	S
	860,54	0,0 - 3,5	RB
190	331,48	3,5 -17,5	Sg
	199,71	17,5 -19,5	S
		19,5 -39,5	Sg
		39,5 -53,2	S

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	860,93	0,0 - 0,2	Tv
191	331,72	0,2 - 0,5	Tva
	200,74	0,5 - 1,4	L
		1,4 - 1,6	A
		1,6 - 2,7	Sa
		2,7 - 4,0	g
		4,0 - 4,6	S
		4,6 -12,5	SGg
		12,5 -13,2	Sa
		13,2 -23,0	SGg
	860,97	0,0 - 1,9	LSa
192	334,75	1,9 - 2,9	Sa
	200,19	2,9 -19,0	SGg
		19,0 -33,5	SGg
		33,5 -36,5	S
	860,90	0,0 - 0,5	Tv
193	331,83	0,5 - 1,8	Sa
	198,99	> 1,8	SGg
	861,00	0,0 - 2,5	L
194	331,82	2,5 -21,5	SGg
		> 21,5	S
	861,120	0,0 - 1,8	Tvs
195	331,770	1,8 -25,5	Sg
	199,08	25,5 -35,5	S
	861,28	0,0 - 2,5	As
196	331,89	2,5 - 9,5	SGg
		> 9,5	Sg
	861,40	0,0 - 9,5	As
197	331,98	9,5 -12,5	SGg
		> 12,5	S
	861,550	0,0 -11,2	Sg
198	332,080	11,2 -18,6	S
	199,92	18,6 -20,1	Sg
		20,1 -28,4	S
		> 28,4	Sa
	861,700	0,0 - 3,0	A
199	332,16	3,0 -10,5	Sg
		> 10,5	As
	861,88	0,0 - 0,9	Tvl
200	332,22	0,9 - 5,4	SGg
		5,4 - 5,8	S
		5,8 - 6,4	SGg
		6,4 - 7,00	Sa
	861,65	0,0 - 5,0	Sg
201	332,26	5,0 -10,0	SGg
		> 10,0	Sg
	862,10	0,0 - 3,00	Tvl
202	332,37	3,00-25,0	A
	199,26		

N°	Coord.	Cotes	Nat
	861,89	0,0 - 1,8	Tva
203	332,58	1,8 - 8,0	SGg
		8,0 -10,0	La
		10,0 -13,8	A
		13,8 -16,0	S
		16,0 -24,0	A
	861,81	0,0 - 1,3	Ta
204	332,55	1,3 - 8,2	SGg
		8,2 -14,6	La
		14,6 -21,0	A
	860,97	0,0 - 0,5	Tvs
205	331,58	0,5 - 2,6	S
	201,77	2,6 - 3,7	As
		3,7 -40,0	SGg
	861,72	0,0 - 1,1	Tva
206	332,55	1,1 - 6,1	SGg
		> 6,1	La
	861,64	0,3 - 1,0	As
207	332,56	1,0 - 9,5	SGg
		> 9,5	Al
	861,87	0,0 - 3,5	Ag
208	332,22	3,5 - 6,5	SGg
		6,5 - 7,7	Ag
		7,7 -15	Sg
	861,400	0,0 - 1,5	A
209	331,890	1,5 - 2,5	As
	199,47	2,5 - 7,5	As
		7,5 -10,3	A
	861,06	0,0 - 3,5	As
210	331,45	3,5 -33,0	SGg
		> 33,0	Sg
	861,20	0,0 - 2,5	Asg
211	331,26	2,5 -30,0	SGg
		> 30,0	Sg
	861,22	0,0 - 0,5	Tv
212	331,23	0,5 - 1,4	Al
		> 1,4	SGg
	861,43	0,0 - 1,1	L
213	331,40	> 1,1	SGg
	861,78	0,0 - 3,1	A
214	331,36	3,1 - 5,6	As
	200,12	5,6 - 7,2	SGg
		7,2 -10,1	Sg
	861,30	0,0 - 2,5	As
215	331,03	2,5 -34,0	SGg
		> 34,0	Sg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	861,46	0,0 - 0,5	La
216	330,76	0,5 - 1,0	Lsg
		1,0 - 2,8	SGg
	861,57	0,0 - 1,0	SGg
217	330,39	1,0 - 2,0	A
		2,0 -20,0	SGg
		> 20,0	Sg
	862,08	0,0 -12,0	Gg
218	331,22		
	861,95	0,0 - 7,0	L
219	331,57	0,7 - 9,0	SGg
		9,0 -18,1	L
		18,1 -23,0	SGg
	862,05	0,0 - 1,5	SGg
220	331,57	1,5 - 2,4	As
		2,4 - 5,3	SGg
		5,3 -31,0	AS/ SGg
	861,95	0,0 - 1,3	L
221	331,63	1,3 - 7,0	SGg
		7,0 -14,0	Lg
		> 14,0	SGg
	861,95	0,0 - 4,0	Tv
222	331,67	4,0 - 9,2	SGg
		9,2 -13,8	Ls
		> 13,8	SGg
	861,94	0,0 - 1,2	Tv
223	331,78	1,2 - 5,6	SGg
		5,6 -11,2	Ls
		11,2 -19,8	SGg
		> 19,8	Ls
	862,20	0,0 - 0,7	Tv
224	331,70	0,7 -14,2	SGg
		14,2 -15,0	SGga
		15,0 -20,0	SGg
	862,12	0,0 - 0,7	Tv
225	331,68	0,7 - 6,7	SGg
		6,7 - 6,8	As
		6,8 -10,0	SGga
	862,04	0,0 - 0,7	Tv
226	331,79	0,7 - 9,7	SGg
		9,7 -10,0	AG
		10,0 -14,0	SGg
		> 14,0	SGg
	863,20	0,0 - 0,7	Tv
227	331,83	0,7 - 3,0	LSg
		3,0 -15,0	SGg

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	862,24	0,0 - 0,8	Tv
228	331,92	0,8 - 9,5	SGg
		9,5 -10,0	Ag
		10,0 -12,8	SGg
		12,8 -13,6	As
		13,6 -19,2	SGg
		19,2 -20,0	Asg
	862,34	0,0 - 0,2	Tv
229	331,86	0,2 -14,5	SGg
	862,40	0,0 - 0,6	Tvg
230	331,88	0,6 - 4,6	SGg
		4,6 - 4,9	Ag
		4,9 -19,5	SGg
	862,49	0,0 - 0,6	Tvg
231	331,86	0,6 - 1,8	SgGa
		1,8 - 5,8	SGg
		5,8 - 6,1	SGga
	862,47	0,0 - 0,6	Tv
232	331,91	0,6 - 1,7	Ag
		1,7 - 4,6	SGg
		4,6 - 5,1	Ag
		5,1 - 6,0	SGg
	862,40	0,0 - 0,2	Tv
233	331,99	0,2 - 2,5	Sa
		2,5 -15,0	SGg
	862,42	0,0 - 0,7	A
234	332,23	0,7 -15,4	SGg
		15,4 -19,0	A
		19,0 -26,0	SGg
		26,0 -26,5	As
		26,5 -44,1	SGg
		44,1 -45,5	A
	863,05	0,0 - 4,5	Ga
235	331,47	4,5 - 7,5	GaB
		7,5 -20,0	Ga
	863,40	0,0 - 0,6	Tv
236	331,67	0,6 -15,0	SGg
	863,15	0,0 - 0,4	Tv
237	331,76	0,4 -15,0	SGg
	863,31	0,0 - 0,6	Tv
238	331,76	0,6 - 1,1	AGB
		1,1 -32,0	EGg
		32,0 -50,0	SGg
	860,54	0,0 - 1,3	Tv
239	331,04	1,3 -12,0	GgS
	199,6		

N°	Coord.	Cotes	Nat
	860,90	0,0 - 1,5	Tv
240	330,28	1,5 -18,5	SGg
		18,5 -25,0	S
	861,21	0,0 - 2,5	Tv
241	330,42	2,5 - 3,5	Ag
	201,04	3,5 -25,0	SGg
	861,50	0,0 - 0,3	Tv
242	330,48	0,3 -25,0	SGg
	861,52	0,0 - 1,0	La
243	330,52	> 1,0	SGg
	861,63	0,0 - 4,0	As
244	330,60	4,0 -28,0	SGg
		> 28,0	Sg
	861,90	0,0 - 0,5	Tv
245	330,73	0,5 -25	SGg
	200,70		
	862,72	0,0 - 8,9	SGg
246	331,30	8,9 - 9,5	As
		9,5 -15,2	SGg
		15,2 -15,7	As
		15,7 -25,0	SGg
	861,88	0,0 - 1,0	Tv
247	330,57	1,0 - 6,0	Ga
		6,0 - 9,5	Ga
		9,5 -14,5	Sg
		14,5 -15,0	A
	861,88	0,0 - 1,0	R
248	330,38	1,0 -12,5	SGg
		12,5 -13,3	Sa
		13,3 -16,50	SGg
		16,5 -17,0	Sa
		17,0 -21,0	SGg
	861,74	0,0 - 3,5	As
249	330,45	3,5 -28,0	SGg
		> 28,0	Sg
	861,78	0,0 -16,0	Sg
250	330,29	16,0 -20,0	SGg
	861,67	0,0 - 0,1	Tv
251	330,28	0,1 - 0,6	Lga
		0,6 - 3,2	SGg
	861,68	0,0 - 0,6	Lag
252	330,24	0,6 - 3,0	SGg
	861,70	0,0 - 0,5	Tv
253	330,24	0,5 -12,5	SGg
		12,5 -20,0	Sg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	861,915	0,0 - 5,0	A
254	330,150	5,0 -16,0	SGg
		> 16,0	As
	861,955	0,0 - 2,5	Sg
255	330,14	> 2,5	SGg
	862,03	0,0 - 3,0	Sg
256	330,20	> 3,0	SGg
	862,07	0,0 - 5,0	Sg
257	330,24	5,0 -12,0	SGg
		> 12,0	Sga
	862,15	0,0 - 2,5	SGg
258	330,29	2,5 - 7,5	A
		7,5 -18,0	SGg
		> 18,0	As
	862,205	0,0 - 1,5	Sg
259	330,315	1,5 - 8,5	A
		8,5 -19,0	SGg
		> 19,0	g
	861,83	0,0 - 1,0	Lag
260	330,00	1,0 - 4,2	SGg
	862,015	0,0 - 0,15	Tv
261	330,080	0,15- 0,6	Sg
		0,6 - 1,6	S
		1,6 -14,0	Sg
		14,0 -14,5	SgI
		14,5 -15,9	L
		15,9 -20,0	Sg
	862,20	0,0 - 0,3	Tv
262	330,21	0,3 - 3,5	SIg
		3,5 -15,8	SGg
		> 15,8	
	863,19	0,0 - 1,5	ga
263	330,84	1,5 - 4,0	Asg
		4,0 - 6,5	As
	863,23	0,0 - 0,5	A
264	330,99	0,5 - 5,0	Ag
	863,33	0,0 - 0,5	A
265	330,93	0,5 - 8,0	Asg
	861,19	0,0 - 4,0	A
266	329,89	4,0 - 5,0	SaC
		5,0 -10,0	S
	861,09	0,0 - 1,1	TvI
267	328,98	1,1 - 7,5	Sa
	202,17	7,5 - 9,0	SGg
		9,0 -12,0	SGgB

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	861,16	0,0 - 3,3	RTva
268	329,11	3,3 - 5,5	A
		5,5 - n	As
	861,12	0,0 - 0,6	Tv
269	329,25	0,6 - 1,9	La
		1,9 - 2,6	A
		2,6 - 7,5	Sl
		7,5 -10,0	Slc
	861,25	0,0 - 0,9	Tv
270	329,28	0,9 - 1,5	L
		1,5 - 7,0	Sa
		7,0 - 9,0	L
		9,0 -12,0	Sa
	861,36	0,0 - 1,9	Rtv
271	329,36	1,9 - 3,0	Sa
	203,48	3,0 - 5,4	SGg
		5,4 - 6,3	S
		6,3 -12,0	SGg
	861,74	0,0 - 1,4	Tvl
272	329,56	1,4 -12,0	SGg
	203,36		
	861,545	0,0 - 0,8	Lag
273	329,850	0,8 - 3,4	SGg
	861,93	0,0 - 3,5	A
274	329,94	3,5 -22,5	SGg
		> 22,5	As
	862,05	0,0 - 2,5	Ls
275	329,98	2,5 -18,0	SGg
		> 18	A
	862,12	0,0 - 2,5	As
276	330,02	2,5 - 5,0	SGg
		5,0 - 9,0	Sa
		> 9	SGg
	862,21	0,0 - 1,5	L
277	330,03	1,5 - 5,0	SGg
		5,0 -13,0	As
		> 13	SGg
	862,25	0,0 - 3,0	A
278	330,11	3,0 - 6,0	SGg
		> 6,0	As
	862,315	0,0 - 2,5	SGg
279	330,15	2,5 - 6,0	A
		6,0 -10,0	SGg
		> 10,0	A
	862,40	0,0 - 0,7	Tv
280	330,10	0,7 - 4,0	SGg
	205,41	4,0 - 5,0	S
		5,0 -12,0	SGg
	862,91	0,0 - 0,4	Tv
281	329,99	0,4 - 2,0	As
		2,0 - 9,0	SGg
	862,93	0,0 - 2,4	As
282	330,07	2,4 - 6,5	SGg
	863,20	0,0 - 3,6	TvSa
283	330,13	3,6 -16,7	Sg
	204,47		
	863,40	0,0 - 0,3	Tv
284	330,07	0,3 - 3,9	A&L
		3,9 -11,0	SGg
	862,325	0,0 - 1,0	SGg
285	329,575	1,0 -15,0	A
	862,38	0,0 - 6,0	A
286	329,96	6,0 -20,0	SGg
	862,28	0,0 - 6,0	SGg
287	329,89	6,0 -11,0	Sag
		11,0 -17,0	Sa
		> 17,0	Sa
	862,20	0,0 - 5,5	SGg
288	329,83	5,5 -10,0	Sg
		10,0 -17,0	S
		> 17,0	Sa
	862,13	0,0 - 5,0	SGg
289	329,76	5,0 - 9,0	SGg
		9,0 -17,0	S
		> 17,0	A
	862,075	0,0 - 1,5	Sg
290	329,745	1,5 - 4,0	SGg
		4,0 -14,0	Sg
		> 14,0	As
	862,054	0,0 - 1,0	L
291	329,638	1,0 - 1,6	A
		1,6 - 3,5	SGg
	862,205	0,0 - 0,1	Tv
292	329,445	0,1 - 1,5	La
		1,5 - 2,7	SGg
	862,23	0,0 - 2,5	SGg
293	329,55	2,5 - 3,5	SGg
		3,5 - 9,0	Sg
		> 9,0	As
	862,325	0,0 - 2,5	SGg
294	329,575	> 2,5	SGg
	862,39	0,0 - 1,0	Sg
295	329,66	> 1,0	SGg
	862,44	0,0 - 4,0	Asg
296	329,76	> 4,0	SGg
	862,510	0,0 - 5,0	A
297	330,805	> 5,0	SGg
	862,575	0,0 - 8,0	A
298	330,865	> 8,0	SGg
	862,78	0,0 - 3,0	SGg
299	329,625	3,0 - 9,0	A
		> 9,0	Sg
	862,695	0,0 - 0,1	Tv
300	329,555	0,1 - 1,0	La
		1,0 -20,0	Sg
	862,525	0,0 - 2,0	A
301	329,655	2,0 - 5,0	A
		5,0 -35,0	SGg
		> 35,0	A
	862,57	0,0 - 1,8	Sl
302	329,44	1,8 -20,0	SGg
	862,46	0,0 - 5,0	A
303	329,50	5,0 -32,0	SGg
		> 32,0	A
	862,445	0,0 - 2,5	As
304	329,410	2,5 -13,0	SGg
		> 13,0	Sa
	862,54	0,0 - 1,5	Tv
305	329,25	1,5 - 3,0	SGg
	862,30	0,0 - 0,3	Tv
306	328,89	0,3 - 5,5	Sg
		5,5 - 9,4	SGg
		9,4 -10,0	Slg
	862,25	0,0 - 0,3	Tv
307	328,85	0,3 - 5,0	Sg
		5,0 - 6,8	SGg
		6,8 -10,0	Sgl
	862,21	0,0 - 0,4	Tv
308	328,80	0,4 - 6,8	Sg
		6,8 -10,0	Sgl

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	861,51	0,0 - 0,7	Tv
309	328,000	0,7 - 5,2	SGg
		5,2 - 6,6	S
		6,6 -12,4	SGg
		12,4 -23,0	SGg
		23,0 -30,0	S
	861,47	0,0 - 0,8	Tv
310	327,93	0,8 - 4,4	Sg
		4,4 - 7,6	As
		7,6 -12,4	Sg
		12,4 -15,5	S
	862,115	0,0 - 0,3	Tv
311	329,00	0,3 - 2,2	Sga
		2,2 -10,0	SGg
	862,58	0,0 - 1,5	Las
312	329,19	1,5 - 2,5	A
		2,5 - 4,0	SGg
	862,630	0,0 - 2,5	A
313	329,255	2,5 -22,5	SGg
		> 22,5	S
	862,650	0,0 - 1,5	Sg
314	329,330	1,5 - 4,0	As
		4,0 -40,0	SGg
		> 40,0	Asg
	862,765	0,0 - 5,0	A
315	329,420	> 5,0	S
	862,710	0,0 - 2,0	A
316	329,375	> 2,0	S
	863,036	0,0 - 0,2	Tv
317	329,342	0,2 - 2,0	L
		2,0 - 8,0	S
		2,8 - 3,0	SGg
	863,05	0,0 - 0,1	R
318	329,38	0,1 - 1,6	Ls
		1,6 - 3,2	SGg
	862,83	0,0 - 1,3	Ls
319	329,365	1,3 - 4,5	SgI
		4,5 - 6,0	Sg
		6,0 - 7,5	Sga
		7,5 - 8,5	Sg
		8,5 -18,0	SGg
		18,0 -20,8	SgI
	863,12	0,0 - 0,4	Tv
320	329,22	0,4 - 1,4	Ag
		1,4 -10,0	SGg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	862,96	0,0 - 1,4	TvI
321	329,16	1,4 -12,0	Sg
	203,93	12,0 -18,5	SGg
		18,5 -25,0	Sg
	862,82	0,0 - 1,0	TvG
322	329,03	1,0 -12,1	SGg
	204,73	12,1 -13,1	Sg
		13,1 -17,1	SGg
		17,1 -25,0	Sg
	863,02	0,0 - 8,0	SGg
323	328,92	8,0 - 9,5	SGg
		9,5 -30,0	SGg
	863,08	0,0 - 0,8	Tv
324	328,92	0,8 - 1,0	Lags
		1,0 - 2,5	SGg
	863,04	0,0 - 1,2	As
325	329,15	1,2 - 7,4	Sg
		7,4 -10,0	SGg
	863,28	0,0 - 0,6	Tv
326	329,14	0,6 - 2,0	AIs
		2,0 -10,0	SGg
	863,725	0,0 - 0,3	Tv
327	329,285	0,3 - 2,6	A
		2,6 - 8,5	Sg
		8,5 -10,0	As
		10,0 -11,0	Sg
		11,0 -16,0	As
	864,10	0,0 - 0,2	Tv
328	329,06	0,2 - 1,1	As
		1,1 - 6,7	Sg
		6,7 -10,3	As
	863,48	0,0 - 0,6	Ag
329	328,56	0,6 - 1,5	As
		1,5 - 2,1	Sa
		2,1 -10,0	SGg
	863,322	0,0 - 0,5	La
330	328,860	0,5 - 1,5	Las
		1,5 - 2,3	A
		2,3 - 3,2	Asg
		3,2 - 4,0	SGgB
	863,58	0,0 - 0,3	Lag
331	328,82	0,3 - 1,3	SGgI
		1,3 - 3,0	SGg
	862,56	0,0 - 0,2	Tv
333	328,70	0,2 - 2,8	Sg
		2,8 -10,0	SGg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	862,28	0,0 - 0,3	Tv
334	328,71	0,3 - 8,2	Sg
		8,2 -10,0	Sg
	862,72	0,0 - 0,4	Tv
335	328,48	0,4 - 2,8	Sg
		2,8 - 5,6	Sg
		5,6 -10,0	Sg
	862,82	0,0 - 0,5	Tv
337	328,35	0,5 - 6,2	Sg
		6,2 - 6,9	S
		6,9 -11,0	Lag
	862,59	0,0 - 0,8	Tv
338	328,26	0,8 - 6,5	Sg
		6,5 -10,0	AI
	862,67	0,0 - 0,9	Tv
339	328,12	0,9 - 1,3	SI
		1,3 -10,0	AI
	862,09	0,0 - 0,4	Tv
340	328,23	0,4 -10,0	AI
	861,92	0,0 - 2,0	TvI
343	327,87	2,0 - 9,2	Sa
	204,05	9,2 -12,0	Sg
	861,56	0,0 - 0,8	Tv
344	327,46	0,8 - 6,2	As
		6,2 -10,4	S
		10,4 -14,0	Sg
	861,99	0,0 - 0,4	Tv
345	327,45	0,4 - 4,1	As
	205	4,1 - 6,5	Sa
		6,5 - 7,5	SaE
		7,5 - 8,0	A&Sa
		8,0 -16,0	Sg
		16,0 -16,5	E
		16,5 -19,0	SIa
		19,0 -20,0	AsE
	863,017	0,0 -28,5	SGg
346	328,680	> 28,5	A
	206,58		
	863,10	0,0 -16,0	SGg
347	328,53	16,0 -21,8	Sa
	207,00	> 21,8	A
	863,306	0,0 - 2,5	L
348	328,742	2,5 -25,5	SGg
	206,20	25,5 -32,5	Sg
		> 32,5	A

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	863,120	0,0 - 3,00	EB
349	328,495	3,00-12,2	SGg
		12,2 -18,3	Ls
		18,3 -20,0	SGgl
	863,339	0,0 -17,0	SGg
350	328,32	17,0 -18,5	Ls
	207,38	18,5 -25,2	Asg
		> 25,2	A
	863,43	0,0 - 1,0	A
351	328,52	1,0 -20,2	SGg
	205,84	20,2 -26,0	As
		> 26,0	A
	863,51	0,0 - 3,5	SGg
352	328,726	3,5 - 5,5	S
	208,56	5,5 -18,2	SGg
		18,2 -21,0	Sag
		21,0 -23,5	Sg
		>23,5	A
	863,905	0,0 - 0,4	Tv
353	328,715	0,4 - 1,8	Las
		1,8 - 4,0	As
		4,0 - 4,8	Asg
	863,68	0,0 - 0,9	Tva
354	328,54	>0,9	SGg
	862,01	0,0 - 0,2	Tv
355	327,325	0,2- 3,3	A
	862,14	0,0 - 0,2	Tv
356	327,40	> 0,2	A
	862,905	0,0 - 1,1	Tv
357	327,840	1,1 - 1,5	SI
		1,5 -10,0	AI
	863,164	0,0 - 0,5	Tv
358	328,05	0,5 - 4,4	Sg
		4,4 -10,0	AI
	863,43	0,0 - 3,0	SGg
359	328,16	> 3,0	
	863,519	0,0 - 0,5	Tv
360	328,162	0,5 - 2,0	SGg
		2,0 -11,8	SGg
		> 11,8	A
	863,58	0,0 - 3,0	RSGg
361	328,46	3,0 -28,5	SGg
		> 28,5	As
	863,728	0,0 - 5,0	TvI
362	328,360	5,0 -23,5	SGg
		> 23,5	A

N°	Coord.	Cotes	Nat
	863,894	0,0 - 0,9	TvI
363	328,575	0,9 - 9,2	SGg
		9,2 -10,2	Ls
		> 10,2	La
	863,112	0,0 - 1,6	TvI
365	328,463	1,6 -11,4	SGg
		> 11,4	La
	864,3	0,0 - 0,4	Tv
366	328,6	0,4 - 3,6	SGg
	864,23	0,0 - 3,6	SGg
367	328,60		
	864,42	0,0 - 2,0	SGg
368	328,51		
	864,5	0,0 - 1,4	Tv
369	328,4	1,4 - 3,0	SGg
	864,625	0,0 - 0,5	Tv
370	328,40	0,5 - 1,4	Las
		1,4 - 3,5	SGg
	863,687	0,0 - 0,8	Tv
371	327,979	0,8 -10,1	SGg
	208,32	10,1 -12,1	La
		12,1 -13,2	S
		13,2 -15,2	SI
		> 15,2	A
	864,005	0,0 - 0,3	Tv
372	327,190	0,3 -12,0	SGg
	208,60		
	864,48	0,0 - 0,5	Tvgs
373	327,91	0,5 - 4,4	SGg
	210	4,4 -14,0	AG
		> 14,0	A
	864,209	0,0 - 0,5	Tvgs
374	327,535	0,5 -13,0	SGg
		13,0 -14,5	A
		14,5 -35	S&g
	864,780	0,0 - 7,0	R
375	328,400	7,0 - 9,0	Sg
		> 9,0	SGg
	864,80	0,0 - 2,3	Sg
376	338,32	2,3 - 6,7	SGg
	205,5	6,7 - 9,8	Las
		9,8 -16,0	Sal
	864,98	0,0 - 1,5	SB
377	328,26	1,5 - 7,5	Sg
		7,5 -12,0	L

N°	Coord.	Cotes	Nat
	865,065	0,0 - 2,5	B&SI
378	328,225	2,5 - 6,3	SIg
		6,3 -10,0	Ag
		10,0 -12,0	Sg
	865,170	0,0 - 1,0	BS
379	328,135	1,0 - 3,3	SIg
	204,90	3,3 -12,0	Las
	865,27	0,0 - 1,5	BSI
380	328,02	1,5 -10,0	Las
	205,0		
	864,36	0,0 - 2,5	Lsg
381	327,93	2,5 -10,0	Las
	864,905	0,0 - 4,2	R
382	328,500	4,2 - 9,7	SGg
	209,714	>9,7	A
	865,06	0,0 - 0,8	LG
383	328,08	0,8 - 9,5	SGg
		9,5 -10,4	Las
		10,4 -10,9	SI
		10,9 -12,9	A
		12,9 -15	SI
	865,045	0,0 - 2,6	R
384	327,710	2,6 - 9,8	SGg
	210,577	> 9,8	L
	865,26	0,0 - 3,6	R
385	327,80	3,6 -11,4	SGg
	210,60	> 11,4	Las
	864,80	0,0 - 0,3	Sg
386	327,56	0,3 - 7,0	SGg
	864,737	0,0 -19,4	SGg
387	327,385	19,4 -23	S
	863,22	0,0 - 0,3	Tv
388	327,58	0,3 - 4,8	As
		4,8 - 5,4	SGg
		5,4 - 9,5	As
		9,5 -10,0	A
	862,30	0,0 - 1,1	Tv
389	327,01	1,1 - 2,3	AsB
		2,3 - 9,9	A
		9,9 -10,4	As
		10,4 -17,3	BE
	862,44	0,0 - 0,4	Tv
390	327,09	0,4 - 5,9	A
		5,9 - 7,0	SI
		7,0 - 9,0	A
		9,0 -12,0	SBE
		> 12,0	S

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

N°	Coord.	Cotes	Nat
	862,60	0,0 - 0,4	Tv
391	326,94	0,4 - 1,2	As
		1,2 - 5,7	A
		5,7 -15,0	S
	862,52	0,0 - 0,4	Tv
392	327,14	0,4 -13,0	L
		13,0 -15,0	S
	863,28	0,0 - 0,4	Tv
393	327,12	0,4 - 1,1	Sl
		1,1 - 2,4	A
		2,4 - 3,1	Las
		3,1 - 4,2	A
		4,2 -10,5	SGg
		10,5 -18,3	A
		18,3 -19,9	Las
		19,9 -25,0	Sgl
	863,28	0,0 - 2,0	L
394	327,02	2,0 - 3,5	Las
		3,5 -15,6	SGg
		15,6 -16,0	LasB
		16,0 -18,0	SGg
	863,42	0,0 - 0,3	Tv
395	327,20	0,3 - 1,2	S
		1,2 - 4,9	A
		4,9 -10,0	SGg
	863,535	0,0 - 0,6	Tv
396	327,145	0,6 -18,7	A/Sl
		18,7 -25,0	SGg
	863,52	0,0 - 0,4	Tv
397	327,08	0,4 - 0,9	Sg
		0,9 - 3,9	As
		3,9 - 7,7	SGgl
		7,7 -19,2	L
		19,2 -20,0	SGgl
	863,58	0,0 - 0,7	TvG
398	327,43	0,7 - 1,7	SGg
		1,7 - 2,8	SGg
		2,8 - 6,5	A
	863,68	0,0 - 0,4	Tv
399	327,36	0,4 - 1,5	As
		1,5 - 3,05	Sga
		3,05- 4,2	A
		4,2 - 5,3	SGga
		5,3 -15	A
	862,88	0,0 - 0,4	Tv
400	326,56	0,4 - 4,4	A
		4,4 - 7,00	SGg
		7,0 - 8,4	A
		8,4 - 9,3	Sa
		9,3 -14,2	A
		14,2 -20,0	S

N°	Coord.	Cotes	Nat
	863,95	0,0 - 0,8	Tv
401	326,79	0,8 - 1,5	Gga
		1,5 - 1,5	SGg
	864,08	0,0 - 0,7	Tv
402	327,40	0,4 -15,0	SGg
	862,98	0,0 - 1,1	SGgR
403	326,16	1,1 - 8,1	SGgA
		8,1 -17,5	AG
	863,22	0,0 - 0,8	Tv
404	326,41	0,8 - 3,0	A
		3,0 - 6,0	SGg
		6,0 -10,0	Sg
	862,60	0,0 - 3,2	A
406	327,34		
	864,06	0,0 - 0,6	Tv
407	326,78	0,7 - 1,2	As
		1,2 - 1,5	S
		1,5 - 3,1	A
		3,1 - 3,6	S
		3,6 - 4,0	SGg
	863,43	0,0 - 0,5	Tv
405	326,23	0,5 - 3,2	L
	210	3,2 - 4,3	Sg
		4,3 -11,8	SGg
		11,8 -14,9	S
		14,9 -15,2	LG
	864,46	0,0 - 2,3	R
408	326,78	2,3 - 5,7	gs
		5,7 - 7,9	BSg
		7,9 -20,0	Sg
	864,89	0,0 - 0,4	Sg
409	327,40	0,4 -15,0	SGg
		15,0 -25,0	S
	864,95	0,0 -12,0	SGg
410	327,54	12,0 -15,0	LSG
	865,06	0,0 - 1,5	R
411	327,50	1,5 -10,5	Sg
		10,5 -15,0	Ls
	865,40	0,0 - 4,0	SGg
412	327,62	4,0 -25,0	Ls
		25,0 -31,0	L
	865,14	0,0 - 1,5	R
413	327,28	1,5 -10,5	Sg
		10,5 -15,0	Ls
	865,02	0,0 - 1,8	R
414	327,10	1,8 -15,0	SGg

N°	Coord.	Cotes	Nat
	865,26	0,0 - 1,7	TvE
415	327,80	1,7 - 4,0	SGg
		4,0 - 4,9	As
		4,9 -10,0	SGg
	864,02	0,0 - 0,2	Tv
416	329,05	0,2 - 2,4	A
		2,4 -15,0	Sg
	862,54	0,0 - 0,5	Tv
417	327,13	0,0 - 7,8	A
		7,8 -15,0	S
	863,164	0,0 - 0,6	Tv
418	328,05	0,6 - 1,2	A
		1,2 - 1,7	AE
		1,7 - 5,1	A
		5,1 -10,4	B
		10,4 - n	SB
	862,69	0,0 -12,0	A
419	327,34		
	863,185	0,0 - 0,2	Tv
420	329,567	0,2 - 1,65	L
		1,65-10,0	SGg
	863,22	0,0 - 2,0	L
421	329,92	2,0 -10,0	SGg
	861,30	0,0 - 0,5	Tv
422	333,29	0,5 - 1,2	A
		1,2 - 7,1	SGg
	862,600	0,0 - 0,5	Tv
423	328,380	0,5 - 6,7	Sg
	204,21	6,7 -16,5	Ag
		16,5 -25,0	SSg
	862,160	0,0 - 1,0	Tv
424	331,300	1,0 -12,3	SGg
		12,3 -13,3	Sa
		13,3 -16,2	SGg
		16,2 -17,0	La
		17,0 -21,0	SGg
		21,0 -21,3	La
		> 21,3	SGg

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

BIBLIOGRAPHIE

ANTOINE P., et LETOURNEUR J. 1973 - Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques. Leur utilité pour l'aménagement de la montagne.
Revue de la Géographie Alpine, Tome LXI Fasc.2

ANTOINE P., BIAREZ J., DESVARREUX P., MOUGIN J.P. 1971 - Problèmes posés par la stabilité des pentes dans les régions montagneuses.
Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble, T. 47

APRAHAMIAN J., FOURNEAUX J.C., LACROIX B., USELLE J.P. 1970 - Observations nouvelles sur les argiles interglaciaires de la vallée de l'Isère.
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, T. 271 pp. 1071 à 1073.

ARNOULD M., 1969 - Aspects géologiques des problèmes d'urbanisme (géologie urbaine). Annales des Ponts et Chaussées, 5, p. 1-8

ARNOULD M., et VANTROYS M. 1970 - Essai de cartographie géotechnique automatique sur la ville nouvelle d'Evry (Région parisienne).
C.R. 1er. congrés international de l'Association Internationale de géologie de l'Ingénieur, Paris p. 1069 à 1080.

ASTIER J.L., 1971 - Géophysique appliquée à l'Hydrogéologie.
Masson édit.

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

BARBIER R. 1970 - Le rôle de la géologie dans l'urbanisme en montagne.
Urbanisme, 116, pp. 26 à 29.

BARBIER R. et GIGNOUX M. 1955 - Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques.
Masson édit.

BELLAIR P., MONTJUVENT G., SARROT-REYNAULD J. 1970 - Les argiles d'Eybens et le lac du Grésivaudan.
C.R.A.S. T. 270 pp. 7 à 10

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

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

BOMBARD J.P. 1968 - Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain. Essai méthodologique.
Thèse 3me. cycle, Grenoble.

BONTE A. 1956 - Le rôle de la géologie dans les travaux de génie civil.
Ann. P & C, pp.77 à 103.

BOTTERO A. 1971 - Etude des propriétés mécaniques des matériaux argileux en fonction de leurs propriétés physico-chimiques.
Thèse 3me Cycle, Grenoble.

BOURDIER F. 1939 - La cluse de Chambéry pendant le Quaternaire.
Congrés de Rhône, Aix-les-bains, juin 1938. Etudes Rhodaniennes 15 n° 1,2,3 pp. 101 à 108.

BOURDIER F. 1943 - Les glaciations et la chronologie préhistorique
Bull. Soc. Géol. Fr. n° 10, 11, 12 pp. 3 à 20

BREUSSE J.J. 1964 - La géophysique moderne et les problèmes de génie civil et des travaux publics.
Ind. et Trav. O.M.n° 125

B.R.G.M. 1966 - Essais de cartes géotechniques sur l'Isle-Adam au 1/10 000 Rapport inédit.

B.R.G.M. 1968 - Carte d'interprétation géotechnique de Lille- Sud.
Rapport inédit.

B.R.G.M. 1968 - Carte d'interprétation géotechnique de la zone littorale Nord-Pas-de-Calais. Rapport inédit.

B.R.G.M. 1968 - Carte d'orientation géotechnique de la région de Bourgoin-La Verpillère (Isère). Rapport inédit.

B.R.G.M. 1968 - Carte d'orientation géotechnique de la région située au Nord de Saint Etienne (Loire). Rapport inédit.

B.R.G.M. 1969 - Carte géotechnique de la région de Creil (Oise). Rapport inédit.

B.R.G.M. 1969 - Carte d'interprétation des données géologiques et géotechniques acquises à la date du 1.1.1969. Zonz de Saint Omer. Rapport inédit.

B.R.G.M. 1969 - Carte d'orientation géotechnique de la région de Meximieux (Ain). Rapport inédit.

B.R.G.M. 1973 - Symposium sol et sous-sol et sécurité des constructions. Cannes. T.1 387 pages.

CAMBEFORT H. 1966 - Reconnaissance des sols et fondations spéciales.
Eyrolles édit.

CASTAGNY G. 1968 - Prospection et exploitation des eaux souterraines.
Dunod édit.

CASTRO R. 1971 - Essai d'interprétation géotechnique de la région de Serre.
Thèse 3me. cycle. Grenoble

CHOUTEAU A.F. et FOURNEAUX J.C. 1969 - Contribution à l'étude du problème du fer dans les eaux de la nappe de la plaine du Grésivaudan.
Journées H. Schoeller, Congrés National d'Hydrogéologie, pp. 535 - 539.

COUTURIER B. 1974 - Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique du Bas Grésivaudan (Isère).
Thèse 3me. cycle. Grenoble

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

D'APOLITO P. 1972 - Contribution à l'étude de l'aménagement de Cadarousse. Géologie et hydrogéologie.
Thèse 3me. cycle. Grenoble

D.A.F.U. 1971 - Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme.
Lab. Cent. P & C.

DUBUS J. et FOURNEAUX J.C. 1967 - Etude des ressources en eau de la vallée de l'Isère.
Service du Génie Rural des Eaux et Forêts, Grenoble T. 1.

DUBUS J., MATHIEU, MICHEL M. 1968 - Etude des ressources en eau de la vallée de l'Isère.
Serv. Gén. Rur. E et F., Grenoble T.2

E.D.F. Aménagement de l'Isère Moyenne (archives).

FOURNEAUX J.C. 1968 - Hydrogéologie du Grésivaudan.
Thèse 3me. Cycle Grenoble.

FOURNEAUX J.C. 1969 - Sur la présence d'argiles d'Eybens dans la vallée de l'Isère à l'aval de Moirans.
C.R.S.S.C.F. Fasc. 8. pp. 318 - 319.

FOOCKS P.G. 1969 - Geotechnical mapping of soils and sedimentary rocks for engineering purpose with exemples of practice from the Mangla-Dam project.
Revue Géotechnique 19, pp. 52 à 74.

GIGNOUX M. 1944 - L'épaisseur des dépôts quaternaires dans la plaine de Grenoble.
C.R.S.G.F. p. 77.

GIGNOUX M. et MORET L. 1930 - Un itinéraire géologique à travers les Alpes françaises de Voreppe à Grenoble et en Maurienne.

GIGNOUX M. ET MORET L 1952 - Géologie dauphinoise.
Masson édit.

GOGUEL J. 1967 - Application de la géologie aux travaux de l'ingénieur.

GORGE P. 1972 - L'évolution des éléments moteurs du développement urbain et ses conséquenses sur l'utilisation de l'espace urbain.
R.G.A. T. LX Fasc. 2.

HUMBERT M. 1972 - Aptitude des terrains au développement urbain et industriel
C.R. Cong. Inter. A.I.G.I., Paris pp. 952 à 959.

JAIL M. et BILLET J. 1972 - Caractéristiques climatiques et développement urbain.
R.G.A. T. LX Fasc. 2.

JAIL M. et MARCHINI J. 1973 - Observations météorologiques dans le département de l'Isère.
R.G.A. T. LX Fasc. 3.

JAYET A. 1952 - Quelques caractéristiques peu connues des dépôts glaciaires pleistocènes et actuels.
Eclogae Geologicae Helvetiae, vol. 45 n° 2.

L.C.P.C. 1967 - La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées.
Bull. liais. lab. rout., n° spécial.

L.C.P.C. 1973 - Remblais sur sols compressibles.
Bull. liais. lab. rout. Spécial T.

LABORATOIRE DE 1re. CATEGORIE D'ETUDE ET DE SURVEILLANCE DES EAUX. 1975 - quelques analyses de l'eau de la nappe de l'Isère.
Faculté de Medecine de Grenoble.

LACROIX B. 1971 - Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Grenoble.
Thèse 3me. cycle. Grenoble.

LATREILLE G. 1969 - La sédimentation détritique au Tertiaire dans le Bas-Dauphiné et les régions limitrophes.
Thèse Fac, Sc. Lyon.

LETOURNEUR J. 1966 - Les mouvements du sol. Examen des facteurs géologiques de l'instabilité superficielle.
T.L.G. Ecole des Mines de Saint Etienne.

LETOURNEUR J., et MICHEL R. 1971 - Géologie du génie civil.
A. Colin édit. Série U.

LLIBOUTRY L. 1964 - Traité de glaciologie. Tomes 1 et 2.
Masson édit.

MICHEL R. 1960 - Contribution à l'étude des températures de sources dans le département de l'Isère.
T.L.G. T.36.

MONTJUVENT G. 1969 - Essai méthodologique sur un piedmont alpin: la basse vallée de l'Isère.
R.G.A. T. 57 Fasc. 2 pp. 233 à 275.

PAQUET J. et JUNOT P. 1966 - Applications des méthodes géophysiques aux études de sols à faible profondeur pour le bâtiment et les travaux publics.
Ann. Ins. Techn. Bât. T.P.

PARJADIS DE LARIVIERE 1969 - Contribution à l'étude minéralogique des calcaires argileux du mésozoïque des environs de Grenoble.

ROTHE J.P. 1941 - Les séismes dans les Alpes françaises en 1938 et la seismicité des Alpes occidentales.
Ann. Inst. Phys. Globe. 1938.

ROUSSEAU J., MONEK G. et ACHAIN R. 1965 - Contribution à l'étude des correllations existant entre les caractéristiques géotechniques et géologiques d'une formation meuble.
C. R. 6me. Cong. inter. méca. sols. trav. fond., Montréal.

SANEJOUAND R. 1972 - La cartographie géotechnique en France.
Firmin-Didot édit.

SANGLERAT R. 1960 - Le pénétromètre.
Dunod édit.

SARROT-REYNAULD J. 1968 - Remarque sur l'hydrogéologie des vallées de l'Isère, du Drac et de la Romanche.
T. L.G. T. 47

TACHKER Y. 1973 - Procédure administrative pour la délimitation des zones de risque naturel dans le département de l'Isère.
Sym. Nat. sol et sous-sol et sécur. constr. Cannes.

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011

TACHKER Y. 1973 - Méthodes utilisées dans le département de l'Isère pour la délimitation des zones exposées à des risques naturels.
Sym. Nat. sol et sous-sol et sécur. constr. Cannes.

TALOBRE J.A. 1966 - La mécanique des sols.
Gauthier-Villars édit.

TERZAGUI K. et PECK R. 1965 - Mécanique des sols appliquée aux Travaux Publics et au Bâtiment.
Dunod édit.

VADOT L., BELLE P. et MILHE M. 1971 - Etude de la dynamique athmosphérique de la région grenobloise en vue de l'application à la diffusion des polluants.
R.G.A. T. LIX Fasc. 3 p.283

VERDEYEN J., ROISIN V., NUYENS J. 1968 - La mécanique des sols
Dunod édit.

VOINIVITCH L. 1966 - L'analyse minérale des sols argileux.
Masson édit.

---

tel-00607345, version 1 - 8 Jul 2011