



HAL
open science

Synthèse cartographique géotechnique de la région grenobloise : documentation graphique et traitement informatique des données

Jacques Letellier

► **To cite this version:**

Jacques Letellier. Synthèse cartographique géotechnique de la région grenobloise : documentation graphique et traitement informatique des données. Géologie appliquée. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1981. Français. NNT : . tel-00760479

HAL Id: tel-00760479

<https://theses.hal.science/tel-00760479>

Submitted on 4 Dec 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.



LETELLIER (J.)

INSTITUT DE RECHERCHES INTERDISCIPLINAIRES DE GÉOLOGIE ET DE MÉCANIQUE

Ex. N° 1

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE 3^e CYCLE DE GÉOLOGIE APPLIQUÉEUNIVERSITÉ DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GÉOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
E 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL (76) 87.46.42

par

Jacques LETELLIER

17 SEP. 1981

SUJET

**Synthèse cartographique géotechnique
de la région grenobloise.****Documentation graphique
et traitement informatique des données.**

/

Soutenue le 11 Septembre 1981 devant la Commission d'Examen

M. R. BARBIER	Président
M. P. ANTOINE	Rapporteur
M. J. LETOURNEUR	Examineurs
M. R. NEGRE	
M. M. FAURE	Invité

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE 3^e CYCLE DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE

par

Jacques LETELLIER

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL (76) 87.46.43

17 SEP. 1981

S U J E T

**Synthèse cartographique géotechnique
de la région grenobloise.**

**Documentation graphique
et traitement informatique des données.**

Soutenue le 11 Septembre 1981 devant la Commission d'Examen

M. R. BARBIER	Président
M. P. ANTOINE	Rapporteur
M. J. LETOURNEUR	Examineurs
M. R. NEGRE	
M. M. FAURE	Invité

AVANT-PROPOS

Au terme de cette étude, je veux remercier tout particulièrement:

- Monsieur R. BARBIER qui m'a fait l'honneur de présider ce jury,
- Monsieur P. ANTOINE qui m'a proposé ce travail et en a suivi l'avancement,
- Monsieur J. LETOURNEUR pour de nombreuses discussions botaniques et géologiques, et la correction très attentive de ce manuscrit,
- Monsieur R. NEGRE et Monsieur M. FAURE (Directeur Départemental de l'Équipement de l'Isère) qui ont bien voulu participer à ce jury.

Je remercie également Messieurs LAGARDE et RABATEL qui m'ont conseillé pour la partie informatique, les Services de la D.D.A., D.D.E. et des Mines pour les renseignements qu'ils m'ont communiqués, et Monsieur BRAULT qui m'a aidé à résoudre le problème du tirage des cartes de cette thèse.

Enfin, je n'oublie pas tous ceux qui à l'I.R.I.G.M. contribuent à l'établissement d'une ambiance amicale et sportive.

S O M M A I R E

INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE : LE DOSSIER GEOTECHNIQUE

INTRODUCTION

CHAPITRE I - Aperçu géographique

CHAPITRE II - Présentation géologique

CHAPITRE III - Cartographie géotechnique

Introduction

Sous-chapitre I - Géomorphologie et agents dynamiques

Sous-chapitre II - Cartographie des formations de la plaine

Sous-chapitre III - Hydrogéologie

Sous-chapitre IV - Ressources en matériaux

CHAPITRE IV - Caractéristiques géotechniques des terrains

DEUXIEME PARTIE : LA BASE DE DONNEES INFORMATISEES

INTRODUCTION

CHAPITRE I - Conception et support

CHAPITRE II - L'utilisation des données

CHAPITRE III - La gestion de la banque de données

CONCLUSION GENERALE

ANNEXES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

La réalisation d'études géologiques et géotechniques sur différentes portions du territoire de la région grenobloise a été conduite au cours des années 1970 dans le cadre de l'Institut Dolomieu, puis dans celui de l'Institut de Recherches Interdisciplinaires de Géologie et de Mécanique (I.R.I.G.M.). Ainsi ont été décrits successivement : le bas Grésivaudan (B. Couturier, 1974), la cluse de l'Isère (H. Margalhan-Ferrat, 1975), le moyen Grésivaudan (J.-P. Bozonnet, 1978), le sillon subalpin entre Grenoble et Vif (P. Talloni, 1978).

Alors que commençaient ces études a paru un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (S.D.A.U.) de la région grenobloise, qui planifie la répartition du sol entre diverses utilisations possibles (logement, industrie, agriculture, loisirs ...).

Si chacun des mémoires précédents peut être considéré comme une contribution à la cartographie géotechnique régionale, le travail consistant à élaborer un véritable dossier géotechnique, dont le domaine et le degré de précision s'adapteraient à ceux du S.D.A.U., restait à faire.

Tel est l'objet de la présente étude qui tente de présenter une vue synthétique des diverses caractéristiques du milieu naturel et indique aussi les moyens d'accéder à la totalité des données géotechniques regroupées dans des fichiers informatisés. D'où sa division en deux parties :

- le dossier géotechnique,
- la base de données informatisées.

PREMIERE PARTIE
LE DOSSIER GEOTECHNIQUE

INTRODUCTION

LES OBJECTIFS ET LES GRANDES LIGNES DE L'ETUDE

Les choix d'aménagement, qui engagent l'avenir et entraînent des dépenses souvent considérables, doivent nécessairement tenir compte au départ des données relatives au milieu naturel. Il est, pour cette raison, indispensable que ces données soient présentées à une échelle adaptée aux projets envisagés et que soient mis en évidence tous les facteurs susceptibles de faire obstacle à ceux-ci.

La conception du dossier géotechnique de la région grenobloise répond à ces préoccupations. Après un aperçu géographique et la présentation de la géologie locale, nous fournirons, dans un chapitre consacré à la cartographie géotechnique, une synthèse fondée sur l'examen des composantes du milieu naturel que sont la lithologie, la morphologie et la géodynamique externe ou interne. Les particularités propres au sous-sol de la plaine seront ensuite décrites plus en détail. Enfin, nous aborderons les problèmes liés à l'alimentation en eau et aux ressources en matériaux de carrière. Un dernier chapitre regroupera, pour chacune des formations lithologiques rencontrées, les résultats des essais d'identification ou de mesures mécaniques ou géophysiques qui la caractérisent.

LE CHOIX DES ECHELLES ET LE MODE DE REPRESENTATION

En ce qui concerne l'étude des versants, les cartes sont réalisées au 1/50 000 ; par contre, pour la plaine, la densité des informations nous a conduit à travailler au 1/25 000.

Pour éviter de trop multiplier le nombre de cartes, nous n'en avons pas fourni qui soient relatives à la vulnérabilité des eaux souterraines ni à l'exploitabilité des matériaux, la carte de zonage géotechnique des formations de la plaine, dont elles auraient été directement extraites, pouvant les remplacer assez aisément.

Le mode de figuration choisi, à savoir présenter les cartes sans fond topographique, a été dicté par le souci de pouvoir réaliser une superposition de cartes différentes, ce qui permet de saisir de façon synoptique l'interaction prévisible des composantes du milieu naturel : il suffit de réaliser des transparents ou des calques des coupures de chaque carte (ce que nous ne pouvions faire, pour des raisons évidentes de coût). Ces transparents superposés seront consultés en les appliquant sur le fond topographique fourni en annexe, et présenté selon le même découpage.

LA DOCUMENTATION

Pour mener à bien ce travail, nous avons largement fait appel aux travaux antérieurs déjà cités et aux cartes géologiques au 1/50 000 ; l'utilisation de photographies aériennes récentes et diverses vérifications effectuées sur le terrain nous ont permis d'affiner certains contours ; la consultation des cartes de risques naturels à la Direction départementale de l'agriculture (D.D.A.) et la recherche de renseignements auprès de différents services de l'Équipement (G.E.P., S.A.D.I.) et du Service des Mines nous ont également apporté de précieuses indications.

Le recours à la base de données informatisée a permis la réalisation de la carte d'implantation des sondages fournie en annexe. Il n'est pas possible, en raison du volume que représentent ces données, de les regrouper en une annexe, toutefois un dossier déposé à l'I.R.I.G.M. en permet la consultation. Une autre solution consiste à remonter aux données originelles par le canal de la banque où elles sont archivées (consulter, ici encore, l'I.R.I.G.M.).

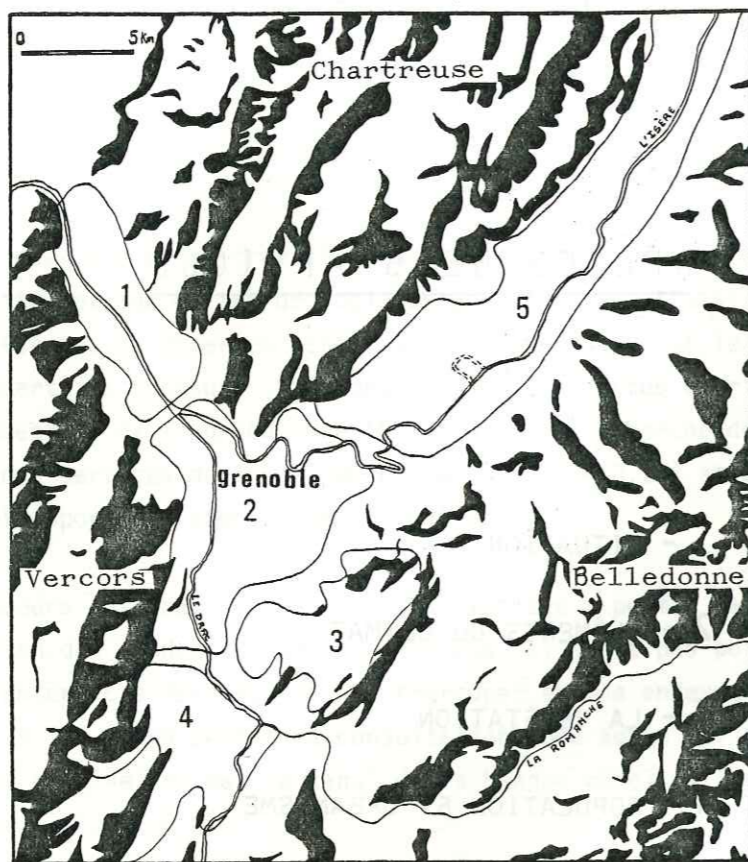
CHAPITRE I

APERÇU GÉOGRAPHIQUE

- 1 - SITUATION
- 2 - ÉLÉMENTS DU CLIMAT
- 3 - LA VÉGÉTATION
- 4 - POPULATION ET URBANISME

Figure 1.1

La région grenobloise et son cadre géographique



- 1 : La cluse de l'Isère
- 2 : La cuvette grenobloise
- 3 : Le plateau de Champagnier
- 4 : La basse Gresse
- 5 : Le Grésivaudan

1 - SITUATION

1.1. Situation générale (fig. 1.1)

Centré sur l'agglomération grenobloise, le territoire étudié intéresse plusieurs unités géographiques : la cuvette grenobloise, le Grésivaudan, la basse Gresse, le plateau de Champagnier et la cluse de l'Isère.

La cuvette grenobloise, où confluent l'Isère et le Drac, est une large dépression à fond plat qui assure l'articulation des trois couloirs topographiques du Grésivaudan au Nord-Est, de la basse Gresse au Sud et de la cluse de l'Isère au Nord-Ouest.

Basse Gresse, cuvette grenobloise et Grésivaudan appartiennent au sillon subalpin, longue dépression étendue d'Albertville au Sud de Grenoble. D'une altitude moyenne peu supérieure à 200 m, cet ensemble est encadré par des reliefs très importants. Vers l'Ouest, le bord subalpin, limite orientale des massifs de la Chartreuse et du Vercors, dresse sa haute muraille de falaises calcaires. Le massif cristallin de Belledonne, bordé du côté de la plaine par une rangée de collines, ferme l'horizon du levant.

La cluse de l'Isère ouvre le sillon vers l'extérieur des Alpes, en direction de la dépression rhodanienne, et sépare la Chartreuse, au Nord, du Vercors, au Sud.

Le plateau de Champagnier au Sud-Est de l'agglomération, est un balcon assez étendu pour dégager quelque peu la perspective vers l'Est.

1.2. Limites précises de l'étude*

Il est difficile, dans le contexte décrit, de définir une région naturelle qui ne soit pas délimitée par les traits majeurs du relief, à savoir : le massif de Belledonne et le bord subalpin. Il fallait toutefois se restreindre à un cadre plus modeste, imposé par des impératifs de temps et par le souci de rester assez proche des limites du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (S.D.A.U.).

* Nous renvoyons une fois pour toutes aux cartes topographiques fournies en annexe.

Le parti choisi est alors de s'attacher uniquement aux zones de plaine et aux versants jusqu'à une limite qui coïncide souvent avec un trait marquant du relief, mais qui est parfois aussi relativement arbitraire.

Les limites des cinq unités sont alors les suivantes :

A - Le Grésivaudan

La zone étudiée s'étend, dans la plaine et de l'amont vers l'aval : de la latitude du Touvet à une transversale reliant la localité de Corenc à celle de Gières.

La limite rive droite est formée par le rebord du plateau des Petites Roches (Crête du Sans Bec, Bec Margain, Rocher de Montour), de la crête dominant la gorge du Manival (Bec Charvet) et, au Sud, de la crête du Mont Saint-Eynard.

La limite rive gauche est dessinée par la première ligne de crête des collines bordières du massif de Belledonne (les Cinq Crêts, Sommet de Barley, Crêt de la Couan, la Scia, Crêt de Chazay, La Poya, Col du Rousset, Crête de la forêt de Combeloup).

B - La cuvette grenobloise

Dans la plaine, elle est limitée au NE par le Grésivaudan ; vers le NW, elle atteint le confluent du Drac et de l'Isère, au Sud celui du Drac et de la Gresse.

Le rebord du plateau de Champagnier forme la limite est ; le bord subalpin (Vercors : Grande Roche St-Michel, Les Trois Pucelles, plateau de St-Nizier, Cuves de Sassenage) la limite ouest. Au Nord, une limite prise à 850 m d'altitude relie le col de Vence à celui de Clémencières pour suivre enfin la crête du Néron.

C - Le plateau de Champagnier

Ses limites naturelles sont la cuvette grenobloise et à l'Est la crête dominant la vallée du Sonnant et la dépression d'Uriage-Vizille.

D - La basse Gresse

Elle est fermée vers l'Ouest par le bord subalpin (de la Grande Roche St-Michel au Col Vert), au Sud par une ligne tracée du Col Vert à Beauplat, à l'Est par l'extrémité de la montagne du Conest et le plateau de Champagnier.

E - La Cluse de l'Isère

Les limites choisies ne font plus appel aux grands traits morphologiques, disposés obliquement par rapport à la vallée. On a donc choisi de limiter la zone étudiée des versants à la cote 450, sauf à l'Est de Voreppe, où cette cote est reportée à 600 afin d'intéresser un plus vaste secteur en pente modérée dans l'arrière pays.

2 - ELEMENTS DU CLIMAT

Des données concernant les précipitations, les températures et l'insolation ont été recueillies au Centre de la Météorologie Nationale de Saint-Martin-d'Hères. Elles permettront de se faire une idée du climat.

2.1. Les stations de mesures

Elles sont bien réparties sur l'ensemble de la plaine. Pour les versants, aucune information n'est disponible.

A - Le Grésivaudan

Trois stations sont en service :

- Tencin, située le plus à l'amont, en rive gauche de l'Isère, à l'altitude de 236 m,
- Le Versoud, plus à l'aval, sur la même rive, à l'altitude de 220 m,
- Corenc, à la limite Sud du secteur, en rive droite, à l'altitude de 227 m.

On note que les deux premières sont exposées en ubac et la dernière sur un adret.

Stations et périodes considérées	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Moy. Ann.
Tencin 1961-1975 (15 ans)	84	85	83	86	87	95	86	89	87	87	71	116	86	1055
Le Versoud 1976-1980 (5 ans)	83	118	108	80	77	56	80	97	53	120	66	100	1064	
Corenc 1966-1975 (10 ans)	92	104	84	88	92	105	89	77	91	68	137	83	1112	
St Martin d'Hères 1946-1975 (30 ans)	78	80	68	69	81	93	72	95	87	75	100	84	982	
Le Fontani1 1961-1980 (20 ans)	93	109	113	114	104	100	83	97	91	99	113	110	1226	
Varces 1961-1975 (15 ans)	67	71	74	68	75	78	68	65	80	61	95	81	883	

Tableau 1.1 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm.

Le Versoud 1973-1977	2	3,5	6,3	8,9	14	17,2	19,5	19,3	15,5	9,5	5,2	1,5	10,2
Corenc 1967-1976	2,4	4,6	7,3	10,9	15,1	17,9	20,7	20,2	16,5	11,5	6,6	2,0	11,3
St Martin d'Hères 1946-1975	1,8	3,9	7,4	11	14,7	17,9	20,3	19,8	16,9	11,9	6,5	2,4	11,2

Tableau 1.2 : Températures moyennes mensuelles et annuelles en °C.

B - La cuvette grenobloise

La station de Saint-Martin-d'Hères (altitude 212 m) a remplacé, depuis 1967, celle de l'aéroport d'Eybens. Les moyennes qui seront données intégreront, après ajustement, les mesures antérieures à cette année.

C - La cluse de l'Isère

La station du Fontanil, en rive droite de l'Isère, se situe à l'altitude de 204 m.

D - La basse Gresse

Les caractéristiques climatiques du secteur Sud de l'étude seront fournies par la station de Varces (altitude 250 m).

2.2. Les précipitations

Le tableau 1.1 fournit la valeur de la précipitation moyenne annuelle, et celles des précipitations moyennes mensuelles pour les mêmes périodes, calculées sur un nombre d'années variable pour chaque station.

Il existe une différence significative dans les mesures entre l'ensemble basse Gresse - cuvette grenobloise, le Grésivaudan et la cluse de l'Isère. Cette dernière est la plus arrosée, alors que le sud jouit d'un climat plus sec lié au rôle d'écran joué par le massif du Vercors vis-à-vis des vents d'Ouest pluvieux.

Dans le Grésivaudan, les deux stations de la rive gauche ont des moyennes annuelles comparables, celle de la rive droite paraît plus arrosée.

Le mois le plus humide est le mois de novembre (excepté pour la station du Versoud), le plus sec a une répartition irrégulière.

2.3. La neige

Seule la station de Saint Martin d'Hères est équipée pour cette étude.

Une statistique établie sur 20 ans (1946-1965) fournit, pour le nombre moyen mensuel de jours de chute, une valeur de 21, mais les chutes de neige sont très irrégulières d'une année à l'autre.

En ce qui concerne l'épaisseur de la neige au sol, elle n'a pas dépassé 24 cm entre les années 1971 et 1980. Les chutes les plus importantes se répartissent sur les mois de décembre et janvier.

2.4. Les températures

Trois stations seulement sont équipées pour ce type de relevé, les données manquent pour la cluse de l'Isère et la basse Gresse.

Le tableau 1.2 donne, pour chacune d'elles, la valeur de la température moyenne annuelle et les températures moyennes mensuelles correspondantes.

Les valeurs sont très semblables aux stations de Corenc et de Saint Martin d'Hères ; celle du Versoud indique des températures plus fraîches, liées sans doute à une exposition moins favorable.

Les mois les plus chauds sont juillet et août, les plus froids décembre et janvier. Le contraste des températures est important.

2.5. Les gelées

Le nombre de jours de gelées est assez élevé. Entre les années 1970 et 1976, il a été de 85 en moyenne.

Les gelées sont observées du mois d'octobre au mois d'avril, avec des maximums aux mois de décembre et janvier.

2.6. L'insolation

Les moyennes mensuelles en heures d'ensoleillement, calculées pour la période de 1948-1967 à l'ancienne station d'Eybens, figurent sur le tableau 1.3.

	Moy. ann.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Durées mens. en heures	2080	80	110	172	193	236	260	293	260	199	141	71	65

Tableau 1.3 : Durées mensuelles moyennes d'ensoleillement.

Un facteur très important à prendre en compte est l'opposition entre l'adret et l'ubac, mais aucune série de mesure n'existe encore pour préciser ce point.

2.7. Les vents

La direction des vents dominants est liée à la direction des grandes vallées. Dans le Grésivaudan, ils proviennent du NE, dans la cluse de l'Isère du NW. Les vents de secteur sud sont moins importants, la dépression du Drac étant moins marquée.

A Grenoble, ces grands courants s'opposent, mais c'est toutefois le vent de NW qui se manifeste le plus.

2.8. Conclusion

Grenoble a un climat où prédominent des influences semi-continentales l'été, océaniques l'hiver, mais avec en cette période une légère touche montagnarde.

L'étage collinéen est également représenté par des landes et pelouses.

En altitude, sa limite paraît assez variable : 600 m en ubac, 800 m en adret, certains chênes dépassant même 1 000 m.

B - L'étage montagnard

A des altitudes supérieures à 800 m, il peut revêtir deux aspects, celui d'une végétation mésophile (hêtraie sèche) ou humide (hêtraie-sapinière), mais aussi celui de pelouses.

Le bord subalpin en représente la localisation type, mais on le trouve également dans les collines bordières et le massif du Conest.

4 - POPULATION ET URBANISME

Depuis plusieurs décennies, la population de la région grenobloise connaît un accroissement notable. Face au danger d'une urbanisation sauvage, le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (S.D.A.U.) de la région (grenobloise) a été élaboré puis approuvé le 27 mars 1973.

Notre étude intéresse 50 des 114 communes concernées par ce document, qui divise le territoire intéressé en quatre secteurs : agglomération grenobloise, Nord-Est, Nord-Ouest et Sud. Sont prises en compte :

- la totalité des 29 communes de l'agglomération,
- 11 parmi les 40 du secteur nord-est,
- 1 parmi les 29 du secteur nord-ouest,
- 9 parmi les 16 du secteur sud.

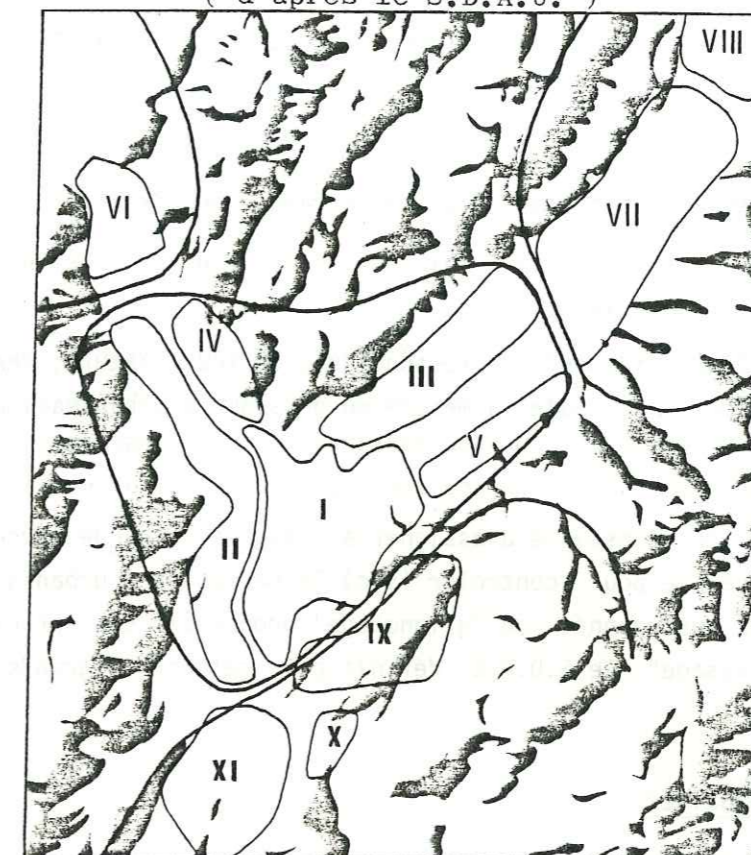
La figure 1.2 indique ce découpage.

C'est l'agglomération grenobloise qui représente la plus forte concentration de population. Dans les autres secteurs, celle-ci se répartit dans un certain nombre de centres urbains distincts et d'importance moindre. L'évolution prévue (fig. 1.3) devrait conduire l'ensemble du domaine étudié au chiffre de près de 700 000 habitants en l'an 2000.

Figure 1.3

Répartition du peuplement en 1968, 1985 et 2000

(d'après le S.D.A.U.)



	Population 1968	Population 1985	Population 2000
Agglomération grenobloise			
I - entre Isère et Drac	228.000	325.000	372.000
II - rive gauche du Drac	45.000	75.000	100.000
III - orée du Grésivaudan (R.D. de l'Isère)	22.000	55.000	70.000
IV - St Égrève St Martin le Vinoux	18.000	30.000	35.000
V - Gières - Domène - Murianette (R.G. de l'Isère)	7.000	15.000	20.000
	320.000	500.000	597.000
Secteur Nord-Ouest			
VI - Voreppe-Veurey	5.300	8.000	10.000
Secteur Nord-Est			
VII - Crolles - Villard Bonnot	15.000	26.000	35.000
VIII - Le Touvet - Le Cheylas - Goncelin	4.300	8.000	20.000
Secteur Sud			
IX - Plateau de Champagnier	2.900	5.000	10.000
X - Champ - Bas Jarrie	3.300	4.000	6.000
XI - Varcès et Vif	7.000	10.500	20.000
Total	357.800	561.500	698.000

Le développement de la population, la croissance des activités conduiront à aménager de nouveaux sites. Dès 1973, le S.D.A.U. a prévu qu'il faudrait dans les trente prochaines années :

- équiper deux fois et demie plus de terrains industriels qu'il n'en existe,
- construire, pour les seuls besoins nouveaux, plus de logements que n'en comporte le parc immobilier actuel,
- réaliser les équipements correspondants, de toute nature, dans les mêmes proportions, et anticiper dans toute la mesure du possible l'urbanisation proprement dite.

Il a donc été nécessaire d'assigner à l'avance à chaque parcelle de territoire, une fonction précise pour "contrôler (sic) le processus d'urbanisation en s'opposant à la croissance désordonnée, au "grignotage" progressif des terroirs ruraux, et à la dégradation du paysage". Le S.D.A.U. définit pour cela trois grands types d'aménagement :

- Options urbaines

- a - habitat
 - * de type urbain
 - * individuel ou groupé
 - * de type rural
- b - activités
 - * zone industrielle
 - * fonction centrale
- c - équipement
 - * équipement public d'agglomération
 - * transport en commun
 - * parc public urbain
 - * parc et équipement péri-urbain

- Environnement naturel

- * eau
- * forêt
- * agriculture
- * risques naturels
- * aménagements de loisirs

- Options d'équipements

- * autoroutes
- * voies rapides
- * dessertes ferroviaires
- * gares
- * aérodromes

Les partis d'aménagement étant définis, il est nécessaire de présenter les caractéristiques géologiques et géotechniques des futurs sites d'implantation afin que les projeteurs puissent opérer en connaissance de cause, tout en respectant d'autre part les règles imposées par le S.D.A.U. C'est ce qui va être développé dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II

PRESENTATION GEOLOGIQUE

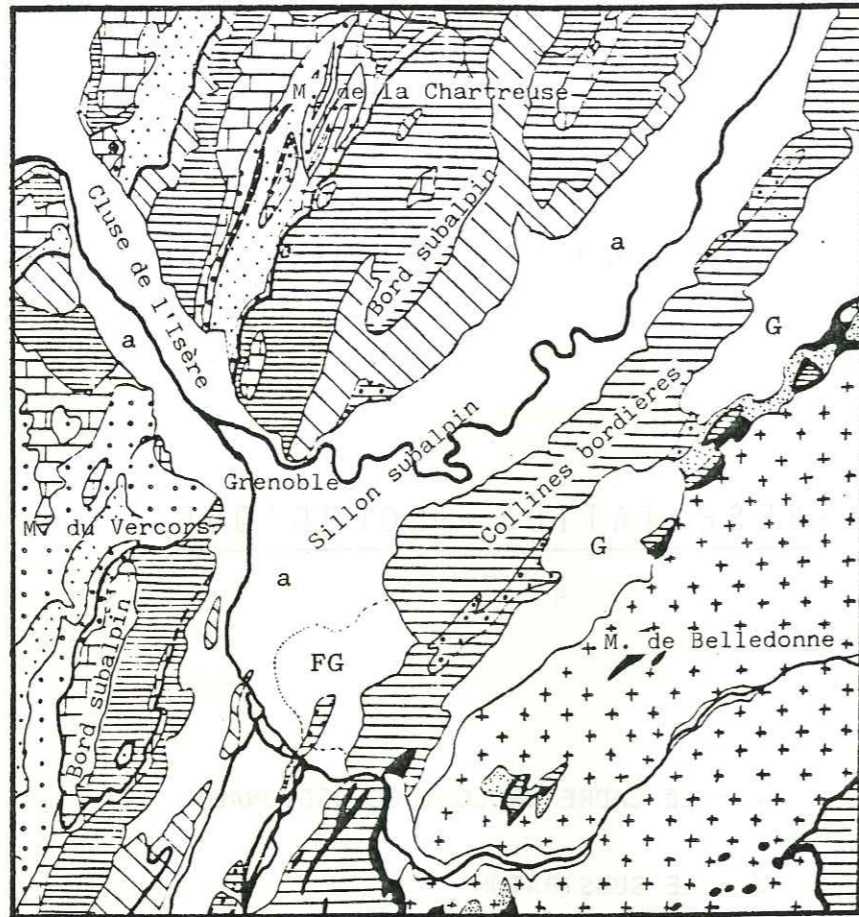
1 - LE CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

2 - LE SUBSTRATUM

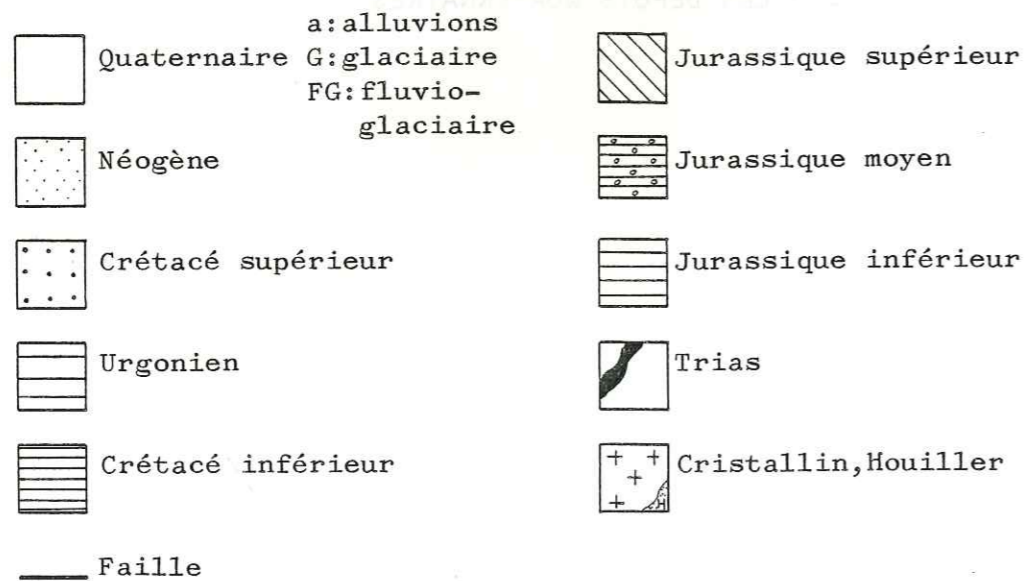
3 - LES DÉPÔTS QUATERNAIRES

Figure 1.4

Le cadre géologique régional



(d'après Signoux et Marcet)



0 10 km

1 - LE CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL (fig. 1.4)

La région étudiée comporte deux éléments d'étendue inégale, l'un qui s'allonge entre le massif cristallin externe de Belledonne et la rangée des chaînes subalpines, l'autre qui traverse l'alignement de ces dernières en séparant la Chartreuse du Vercors.

On y distingue d'Est en Ouest quatre unités.

1.1. Les collines bordières

Les terrains du Jurassique inférieur reposant sur les terrains cristallins dessinent une demi-voûte dont le flanc plonge de 50° environ vers l'Ouest.

1.2. Le sillon subalpin

Cette grande entaille en forme d'auge a été modelée par les fleuves et les glaciers dans les terrains tendres du Callovo-oxfordien (Terres Noires). Son remplissage de formations glaciaires, lacustres et fluviatiles accumulé durant la fin du quaternaire dépasse 400 m dans la cuvette grenobloise. Au Sud-Est de la ville, le plateau de Champagnier correspond à une accumulation de sédiments fluvioglaciers et glaciaires, noyant des reliefs qui appartiennent aux collines bordières.

1.3. Le bord subalpin

Ce relief très vigoureux, constitué de formations jurassiques et crétacées présentant un pendage faible vers le N-W, domine directement le sillon. En Chartreuse, il est accidenté de deux barres calcaires escarpées formant les lignes directrices du paysage : la corniche tithonique au premier plan et, plus haut encore, la corniche urgonienne. En bordure du Vercors, la morphologie se complique à la suite d'un redoublement de ces barres, affectées localement par un accident déversé vers l'Ouest.

1.4. La cluse de l'Isère

Egalement façonnée par les glaciers aux dépens des chaînes subalpines, elle n'a pourtant pas la même morphologie que le sillon. D'une part sa largeur est plus modeste et, d'autre part, sa position transverse relativement à l'architecture des massifs, confère à ses versants une forme beaucoup plus variée que celle du bord subalpin.

2 - LE SUBSTRATUM

Le territoire étudié montre une série de terrains qui s'étend du Trias au Néogène. Les différentes formations présentes sont énumérées en partant de la base de la série. Seules leurs caractéristiques lithologiques seront mentionnées.

2.1. Le Trias

Très peu représenté dans le secteur étudié, il apparaît près de Champ-sur-Drac sous forme de gypse et anhydrite, accompagnés par des roches volcaniques.

2.2. Le Jurassique

A - Le Lias

Ses affleurements se limitent à la bordure est du plateau de Champagnier et au massif du Conest.

a - Lias inférieur et moyen

C'est un ensemble de calcaires marneux gris noirâtre en bancs décimétriques à métriques, qui alternent avec des couches plus argileuses et plus tendres d'épaisseur analogue.

b - Toarcien

Il dessine une bande continue de Saint Martin d'Uriage au flanc ouest du massif du Conest. Ces calcaires argileux bleu noir en bancs de 1 à 1,5 m alternant avec des passées argileuses d'épaisseur voisine sont souvent très altérés et fracturés. Ils ont été exploités dans des ardoisières ou comme pierre à ciment.

c - Aalénien

On le rencontre sous deux faciès :

- schistes argilo-siliceux bruns ou noirs (les Charbonneaux, Fme Gondrand, le Crêt),
- calcaires gris sableux en petits bancs (à proximité d'Herbeys).

B - Le Dogger

Il constitue les collines bordières (rive gauche du Grésivaudan) jusqu'au plateau de Champagnier, où il est masqué sous les formations quaternaires. Il reparaît plus au Sud (Saut du Moine) pour se prolonger dans la basse Gresse (les Molots, le Petit Brion). En rive droite du Grésivaudan, il est seulement visible dans le secteur Corenc - La Tronche.

a - Bajocien

Dans les collines bordières, on y distingue deux ensembles :

- l'ensemble supérieur correspond à des bancs de calcaires marneux gris relativement compacts et durs, séparés par de minces délits marneux,
- l'ensemble inférieur, formé de calcaires marneux noirs séparés par des lits marneux plus épais et plus tendres, est toujours affecté par une schistosité très marquée ; on y recense d'assez importants phénomènes d'instabilité.

En rive droite de l'Isère, à Corenc, il se présente sous un faciès calcaire, oolithique et à entroques, noir, massif qui fut exploité jadis pour la construction.

b - Bathonien

Il montre, dans le secteur Corenc-La Tronche, une alternance de calcaire noir grenu, souvent spathique, en bancs de 0,1 à 0,3 m et de lits marneux sombres.

Au Sud du plateau de Champagnier, il n'est plus possible de distinguer Bajocien et Bathonien dans un ensemble de calcaires marneux noirs.

C - Le Malm

Cette puissante série se développe jusqu'à la première corniche du rebord subalpin dans le Grésivaudan, elle forme la montagne d'Uriol en bordure de la Gresse, la Cuche et le Rocher de Bellevue dans la cluse de l'Isère.

a - Schistes à Posidonomyes

Cette formation épaisse de 500 m se compose de calcschistes noirs à patine brune, avec, surtout vers la base, de petits bancs de marno-calcaires sombres. Elle regroupe sans doute le Bathonien supérieur et le Callovien.

b - Oxfordien (s.s.)

Il s'agit de schistes argileux noirs presque azoïques, d'une épaisseur de 200 à 250 m. Dans la partie supérieure, des nodules de calcaire marneux recèlent parfois des géodes à Quartz (région de Meylan).

L'ensemble de cet étage et du précédent constitue les Terres Noires. Sous les zones escarpées des versants du St Eynard ou des Petites-Roches, les Terres Noires dessinent un talus adouci où elles sont peu visibles.

Dans la Basse Gresse, elles sont masquées par les formations superficielles et ne réapparaissent qu'au sud de Vif (Les Saillants-du-Gua).

c - Rauracien

Il raccorde les Terres Noires au ressaut inférieur du St Eynard, et la plaine de la Basse Gresse à la Montagne d'Uriol. Son faciès est celui de marno-calcaires en bancs métriques qui alternent avec des marnes ; l'ensemble a une patine brunâtre et une épaisseur de 400 à 500 m. Il est exploité comme pierre à ciment au Sud de Vif.

d - Séquanien

Il constitue l'escarpement médian du St Eynard. Sa puissance est de 200 m. Ces calcaires marneux en petits bancs (10 à 30 cm), à grain fin, durs et compacts, sont de couleur sombre.

e - Kimméridgien

Cette assise plus tendre, de 150 m d'épaisseur, dessine un talus boisé sous la corniche sommitale du St Eynard, et participe à la constitution de la Bastille et du Mont Rachais. Elle correspond à des calcaires marneux en bancs décimétriques qui alternent avec des lits de marnes.

f - Tithonique

La corniche tithonique est un élément morphologique majeur du Grésivaudan (falaise supérieure du St Eynard). Dans la cluse de l'Isère, elle forme l'aiguille de Chalais et la montagne de la Cuche. Au Sud, du Grand Rochefort à la montagne d'Uriol, elle agrément le paysage de la Basse Gresse.

On y distingue :

- un ensemble inférieur, de puissance variable (30 à 50 m au St Eynard, 150 m à Veurey) de calcaires en bancs de 1 cm à 10 cm,
- un ensemble intermédiaire, de même faciès mais à bancs plus épais, d'une puissance de 70 m,
- un ensemble supérieur de calcaires lithographiques beiges, plus ou moins clairs, en bancs le plus souvent massifs, d'une puissance de 30 à 50 m.

A l'extrémité ouest de la cluse de l'Isère (Bec de l'Echaillon), ces calcaires se rencontrent sous un faciès corallien (calcaires cristallins très massifs) de plus de 400 m d'épaisseur.

Le Tithonique a été exploité comme matériau d'enrochement et comme pierre de taille.

2.3. Le Crétacé

A - Le Crétacé inférieur

Il est très bien représenté dans la cluse de l'Isère et dans le bord subalpin du Vercors. Sa partie supérieure, l'Urgonien, constitue la corniche culminante du bord subalpin.

a - Berriasien

Très puissant dans la Cluse, il débute par un ensemble de 50 m d'épaisseur de calcaires marneux noirs à patine blanche, en bancs de 0,5 à 1 m : les couches à ciment de la Porte de France. Elles ont été exploitées autrefois dans cette localité ainsi qu'à Comboire, et le sont encore au Chevalon de Voreppe.

Des calcaires gris bleu à patine blanche en bancs de 20 à 50 cm avec des interlits marneux de 10 à 20 cm et d'une épaisseur de 200 à 400 m font la transition avec un très puissant niveau de marnes (700 à 900 m), où se dessine l'axe du vallon de Narbonne. C'est une assise privilégiée pour les glissements de terrain (anciennes "marnes valanginiennes").

Dans le versant Est du Vercors, la puissance de ce dernier niveau est réduite à 200 m (Le Parlement, Les Fenouillères) ; il repose là sur des calcaires marneux gris.

b - Valanginien

Dans la cluse de l'Isère, il est représenté tout d'abord par des faisceaux de bancs (0,3 m à 2 m) de calcaires argileux gris sombre, à patine plus ou moins rousse, séparés par des joints marneux, qui alternent avec des passées marneuses de 1 à 5 m. Ce sont les calcaires et marnes du Chevalon, d'une puissance de 100 m.

Viennent ensuite les calcaires du Fontanil :

- calcaires inférieurs (200-300 m) en bancs de 0,5 à 2 m, à joints minces ou absents, à patine jaune ou rousse,
- calcaires supérieurs, consistant en une grosse barre (100 m) surmontée par des couches plus litées avec des joints marno-calcaires ou marneux.

L'étage se termine par 50 m de calcaires en bancs irréguliers (0,1 à 0,5 m) où l'on remarque des lits de silex d'un brun plus ou moins sombre.

Sur le flanc Est du Vercors, la totalité du Valanginien figure sous la forme de marnes et calcaires marneux (plateau de St Ange), ou bien d'une barre calcaire rousse épaisse de 100 m, qui représente l'équivalent du calcaire du Fontanil.

c - Hauterivien

Dans le versant rive gauche du Lavanchon, c'est un ensemble de 100 à 200 m de marnes sombres et de calcaires marneux souvent bicolores, en bancs de 0,3 à 0,8 m et à débit en miches.

Dans la Cluse, quatre ensembles sont distingués :

- des marnes noires (20 m), avec une couche glauconieuse à la base,
- des calcaires noirs (150 m), en bancs réguliers de 0,2 à 0,5 m qui alternent avec de minces lits de marno-calcaires,
- des calcaires argileux noirs (50 à 100 m), à débit en miches, en bancs de 0,2 m, séparés par des lits marneux d'épaisseur équivalente,
- des calcaires argileux (30 à 50 m) surmontés de calcaires grenus roux (30 à 50 m).

d - Urgonien

Autre élément majeur, l'Urgonien domine le sillon (Dent de Crolles, Trois Pucelles, Moucherotte-Cornafion) et dessine, au-dessus de la Cluse, plusieurs sommets (Néron, Rocher de l'Eglise, dent de Moirans et Dent du Loup).

Il se décompose ainsi :

- à la base, une puissante falaise (200 à 250 m) de calcaires blancs massifs, cristallins.
 - un niveau plus tendre (environ 50 m), dessinant une vire, où l'on trouve des calcaires roux lités séparés par des lits décimétriques à métriques de marno-calcaires ou de marnes.
 - une falaise supérieure (50 à 100 m) de calcaires blancs massifs, zoogènes.
- Il est exploité en carrière comme matériau de construction et d'empierrement à Sassenage et Veurey.

B - Le Crétacé supérieur

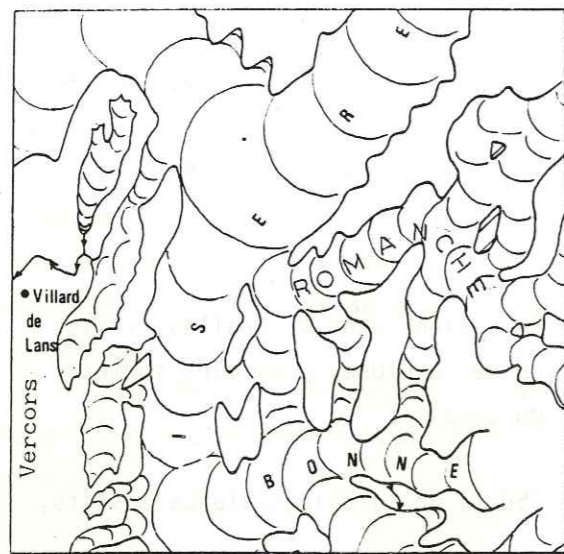
Il affleure des carrières de Sassenage, à Seyssinet, et au nord de St Egrève. Il est représenté à sa base par des calcaires argileux gris à patine ocre en petits bancs décimétriques à interlits marneux centimétriques : ce sont les lauzes marneuses, d'une puissance de 100 m près de Sassenage où elles sont exploitées comme pierre à ciment. Vient ensuite une série de calcaires à silex (50 à 100 m).

2.4. Le Néogène

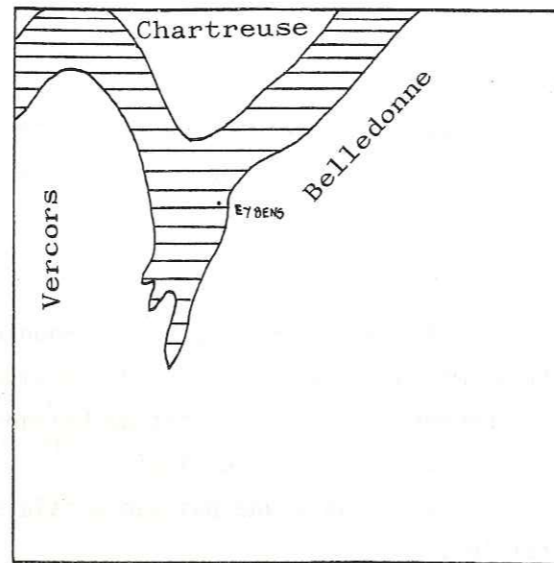
Discordant sur les terrains du Crétacé supérieur, il est visible près de St Egrève, Voreppe et Veurey-Voroize sous des faciès molassiques ou conglomératiques.

Figure 1.5

Glaciers et lacs du quaternaire
(d'après Monjuvent, 1973)

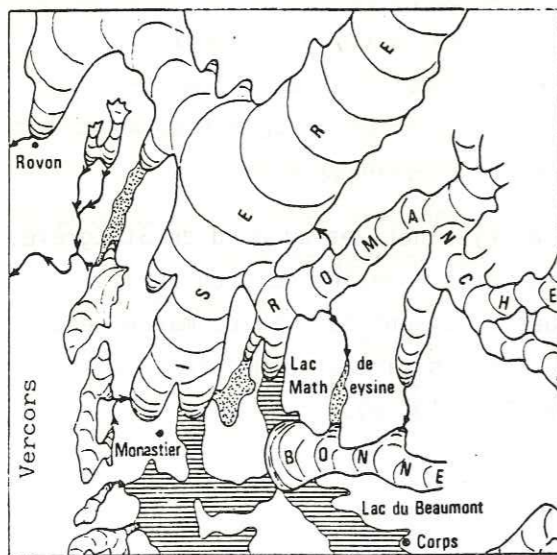


RISS

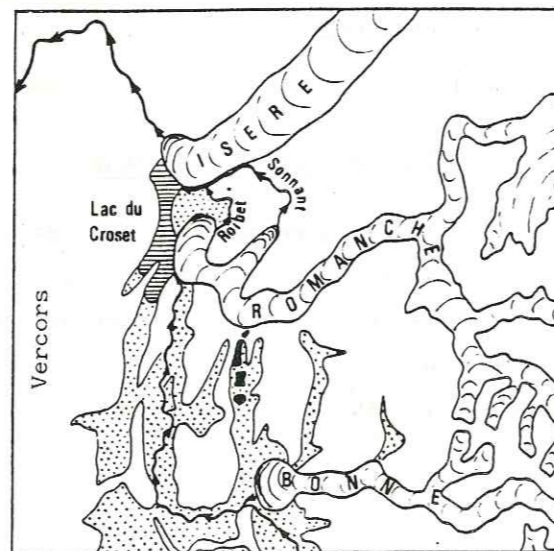


RISS-WURM

0 10 km



WURM II



WURM III



Dépôts lacustres



Dépôts d'obturation non lacustres



Dépôts du Würm II

Molasse calcaire

Attribué au Burdigalien, ces calcaires glauconieux en bancs décimétriques sont riches en grains de quartz millimétriques.

Molasse sableuse

D'âge helvétien, on la rencontre sous forme de masses sableuses (sables et grès à patine jaunâtre) au sein des conglomérats polygéniques.

Conglomérats molassiques (Miocène)

Cette série de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur se compose de conglomérats dont les galets de nature très diverse sont emballés par un ciment molassique.

3 - LES DEPOTS QUATERNAIRES

La répartition parfois complexe, l'étendue et le volume de ces formations s'expliquent par une succession d'épisodes glaciaires alternant avec des phases de remblaiement lacustre, d'érosion torrentielle ou de divagations fluviales. La morphologie de la région en porte les traces : le Grésivaudan est une auge glaciaire et la cuvette de Grenoble un ombilic creusé en arrière de l'étranglement qui se dessine entre le Mont Rachais et le plateau de St Nizier.

3.1. Rappel historique (fig. 1.5)

Cette brève présentation, tirée des travaux de G. Monjuvent (1973) et J.-C. Fourneaux (1976) résume les événements quaternaires.

A - Le Riss

Les glaciers alpins ont alors une très grande extension. Celui de l'Isère, qui surcreuse le Grésivaudan et la cuvette de Grenoble, se voit renforcé par le glacier du Drac, lui-même suralimenté par une transfluence de la Durance. Il emprunte alors la cluse de l'Isère, au débouché de laquelle il s'étalera sur le bas Dauphiné pour se fondre enfin dans le grand glacier du Rhône.

L'érosion est très profonde : à Grenoble, le sondage de Beauvert n'a pas atteint le substratum à la cote -177, ce qui correspond à un surcreusement de 400 m qui va toutefois en se réduisant dans la basse Gresse (100 m), dans la cluse de l'Isère et vers l'amont du Grésivaudan.

La trace des glaciers rissiens ne se retrouve pas dans les formations superficielles ; mais elle existe certainement dans le sillon subalpin, au fond de l'auge creusée en majeure partie dans les terrains tendres du Callovo-oxfordien, et dans la cluse de l'Isère.

B - L'interglaciaire Riss-Würm

Après la fusion des glaces, un grand lac occupe la dépression qui s'étend du Nord de Pontcharra au seuil de Rovon, qui constituait le barrage, au-delà du débouché ouest de la Cluse.

Dans ce lac, qui atteint la cote 400, se déposent des sables puis des argiles varvées (argiles d'Eybens), dont les éléments proviennent de moraines rissiennes et de l'altération des versants. Elles n'apparaissent que très rarement à l'affleurement mais sont souvent atteintes lors de forages.

C - Le Würm

- Le Würm I

Malgré une importante période de refroidissement, le glacier de l'Isère n'atteint pas l'ombilic de Grenoble. Le lac continue d'exister, mais la sédimentation y devient plus sableuse.

- Le Würm II

La glace refait son apparition dans la cuvette grenobloise, la basse vallée du Drac (Sinard) et la Cluse ; c'est la phase maximale du Würm.

L'action du glacier se marque par le creusement d'une auge superficielle dans les argiles d'Eybens mais surtout par de nombreux témoins morainiques :

- sur le mont Rachais et le plateau de St Nizier, où l'on peut reconnaître quatre stades de retrait,
- sur le bord subalpin du Vercors au plateau du Peuil et à St Ange,

- sur le versant rive gauche du Grésivaudan,
- au pied du plateau de Champagnier (moraine du Cap de Marcelline) et dans le secteur d'Herbeys et du Fort de Montavie.

- L'interstade Würm II - III

De nouveau un lac s'installe dans le Grésivaudan, siège d'une sédimentation sableuse. Un culot de glace doit subsister un moment dans l'ombilic. Contre ce barrage viennent s'appuyer les alluvions provenant de la Romanche, qui construisent le plateau deltaïque de Champagnier. Des témoins de cet interstade se localisent aussi dans le Grésivaudan, à St Nazaire-les-Eymes et à La Pierre.

Ces dernières glaces disparues, le réseau hydrographique s'enfonce rapidement, et les cours d'eau du bas Drac érodent les dépôts antérieurs pour se raccorder aux formations de la plaine.

- Le Würm III

Lors de cette dernière récurrence, le glacier de l'Isère ne dépasse pas la Cluse. Formant barrage, il provoque dans le bas Drac la formation du lac du Crozet.

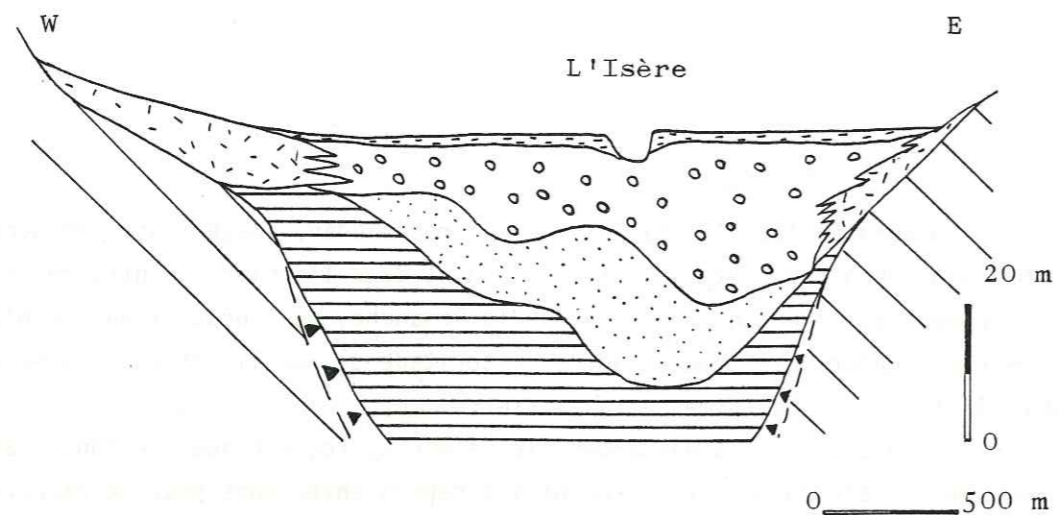
Le glacier de la Romanche s'avance sur le plateau de Champagnier (moraines du lac) et emprunte la vallée d'Uriage. Dans l'espace compris entre le lobe s'étalant sur le plateau et le glacier de l'Isère se dépose la banquette de Brié.

Dans le Grésivaudan, des moraines sont abandonnées en rive droite à St Nazaire, en rive gauche à La Pierre et Poisat.

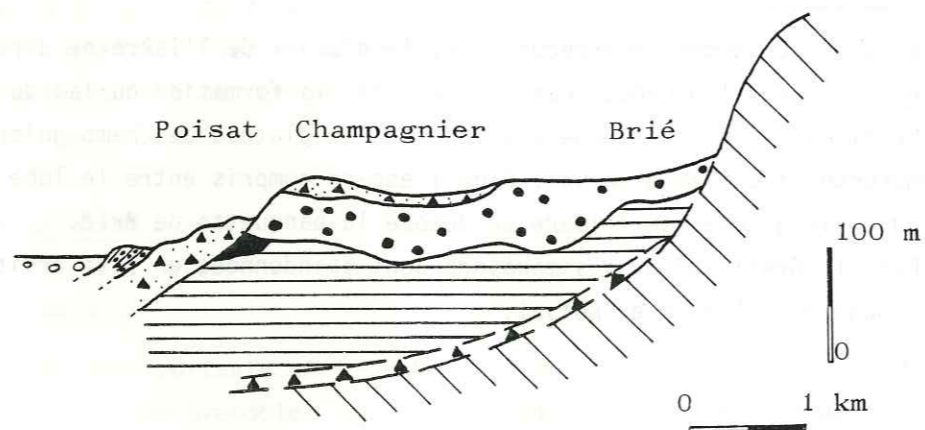
- Le post-Würm

Après le départ définitif des glaciers, un dernier lac occupe l'ombilic de Grenoble et provoque le dépôt de la terrasse deltaïque du Crey (près de Bresson). Une fois disparu, les eaux de fonte alluvionnent la plaine actuelle, le cône de déjection du Drac se forme et repoussera longtemps l'Isère contre le versant de la Chartreuse jusqu'à ce que, à une époque récente, l'on ait fixé définitivement le cours du Drac à l'ouest de la plaine de Grenoble. L'Isère, gênée alors dans son écoulement, se termine temporairement dans une zone relativement stagnante où s'accumulent des terrains compressibles. Vers l'amont, sa faible pente l'oblige à déplacer perpétuellement son lit en abandonnant ainsi d'anciens méandres.

Figure 1.6
Les dépôts quaternaires



a : Coupe schématique dans le remplissage alluvial du Grésivaudan



b : Coupe schématique du plateau de Champagnier (d'après Monjuvent, 1973)

	Cône de déjection		Sables
	Alluvions fines de l'Isère		Moraines du Würm II
	Alluvions grossières de l'Isère		Argiles d'Eybens
	Terrasse deltaïque du Crey		Moraine du Riss
	Moraines du Würm III		Substratum
	Cailloutis du plateau de Champagnier		

3.2. La répartition des dépôts

A - La plaine

En profondeur, les dépôts rissiens doivent tapisser le fond de l'auge. Ils sont surmontés par les argiles lacustres d'Eybens (interstade Riss-Würm) puis par des sables (interstade Würm II-III) et enfin par les alluvions récentes de la plaine (important niveau graveleux coiffé de limons de puissance variable, fig. 1.6 a).

Cette succession verticale masque en fait la complexité de la structure des dépôts qui sont souvent lenticulaires. De plus, une opposition nette existe entre les formations récentes de l'Isère et du Drac, ces dernières étant beaucoup plus grossières.

B - Les versants

Les formations morainiques sont très répandues en rive gauche de l'Isère et sur le plateau de Champagnier. Ce dernier constitue une masse énorme de matériaux sableux et graveleux (fig. 1.6 b).

Le rebord subalpin voit s'accumuler à ses pieds des formations récentes très remarquables par leur morphologie : manteau d'éboulis, nappes d'épandage, cônes de déjection. Ces dernières actions géodynamiques donnent au paysage glaciaire les dernières retouches qui conduisent à son aspect actuel.

CHAPITRE III

CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE

INTRODUCTION

SOUS-CHAPITRE I : GÉOMORPHOLOGIE ET AGENTS DYNAMIQUES

SOUS-CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS DE LA PLAINE

SOUS-CHAPITRE III : HYDROGÉOLOGIE

SOUS-CHAPITRE IV : RESSOURCES EN MATÉRIAUX

INTRODUCTION

Parmi les particularités géographiques et géologiques dont la description sommaire a été fournie dans les chapitres précédents, beaucoup exercent sur la conception des plans d'aménagement une influence certaine et parfois déterminante : la nature lithologique du sol ou du sous-sol, la morphologie, la pente, les risques naturels et la sismicité. Il convient donc que ces données soient communiquées aux projeteurs sous une forme qui rende leur consultation aisée. C'est là le but des diverses cartes* qui seront décrites dans la première partie de ce chapitre intitulée : Géomorphologie et agents dynamiques. Une carte complémentaire tente une première synthèse en fournissant une estimation très approximative du plus ou moins grand degré de stabilité naturelle des diverses surfaces constituant le secteur étudié.

La partie suivante commente une figuration détaillée (carte* au 1/25 000) des formations alluvionnaires. La nature de celles-ci ayant été considérée aussi bien en plan que selon une coupe verticale, la carte synthétique qui les représente constitue une carte de zonage géotechnique, dont l'interprétation peut guider l'utilisateur à l'occasion de problèmes variés : terrassements et fondations, exploitation de graves ou vulnérabilité des eaux souterraines.

L'hydrogéologie des formations de couverture et de celles du substratum est ensuite abordée en insistant tout particulièrement sur la protection des nappes alluviales face aux pollutions.

Pour terminer, après examen de la situation actuelle en matière d'exploitation de roches massives ou meubles, on définit les zones qui paraissent les plus favorables pour l'ouverture de futures carrières.

* toutes les cartes sont fournies en annexes

SOUS-CHAPITRE I : GEOMORPHOLOGIE ET AGENTS DYNAMIQUES

- 1 - LA CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE
- 2 - LA CARTE CLINOGRAPHIQUE
- 3 - LA CARTE DES RISQUES NATURELS
- 4 - SÉISMICITÉ
- 5 - ESSAI DE SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

1 - LA CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE

1.1. Introduction

Une étude régionale en vue de l'aménagement débute par un examen des conditions morphologiques et géologiques. Tel est l'objectif de cette carte consacrée à une analyse assez sommaire des formations présentes, considérées sous leur seul aspect génétique, morphologique et lithologique.

La carte lithomorphologique est, dans un premier stade, une schématisation des cartes géologiques. Celles de la région, au 1/50 000 (Grenoble, 1978 ; Domène, 1969 ; Vif, 1967 ; Vizille, 1972), sont le support principal de cette étude, ainsi qu'un relevé de G. Monjuvent au 1/25 000 pour le plateau de Champagnier. Les travaux de B. Couturier (1974), H. Margalhan-Ferrat (1975), J.-P. Bozonnet (1978) et P. Talloni (1978) ont aussi été utilisés.

1.2. Contenu

La carte regroupe les divers terrains identifiés par les cartes géologiques en ensembles homogènes, sans tenir compte des distinctions chronologiques. Elle les répartit d'abord en deux grands ensembles, les formations du substratum et les formations de couverture. Pour les premières, les critères de classement sont lithologiques et pour les secondes, on s'attache d'abord à préciser l'agent géodynamique responsable de leur mise en place.

1.3. Commentaire

A - Le substratum

La dissemblance entre les deux versants du sillon subalpin tient à la lithologie et à la structure.

Le versant oriental, qui présente une structure très souvent conforme à la pente (aval-pendage), est formé de calcaires marneux et de marnes très fracturés.

La résistance opposée aux agents d'érosion a été faible. Le paysage est donc celui de collines très marquées par le passage des glaciers et découpées par des vallées étroites et profondes qui se raccordent à la plaine par de petits cônes de déjection.

Le versant occidental au contraire oppose à l'érosion des couches d'inégale résistance appartenant à des structures en amont-pendage. Ceci explique la présence de puissantes falaises calcaires, alternant avec des talus qui correspondent aux niveaux plus marneux. La base du relief a une morphologie plus molle. Là où son inclinaison est assez faible, le versant est empâté de formations de couverture : éboulis, nappes d'épandage et cônes de déjection, parfois très vastes (Manival).

Dans la basse Gresse, les reliefs résiduels qui émergent de la plaine correspondent aux barres résistantes, respectées par l'érosion qui a déblayé autour d'elles les terrains plus tendres.

Dans la cluse de l'Isère, le paysage est dominé en rive droite par des corniches calcaires parallèles dont le regard est généralement tourné vers l'ouest. Elles sont séparées par des combes monoclinales. Le Néron montre quant à lui une structure synclinale qui aboutit à une inversion de relief. En rive gauche, où les structures sont perpendiculaires à l'axe de la vallée, les falaises calcaires sont imbriquées et le paysage ne s'ouvre pas vers l'intérieur du massif.

B - Les formations de couverture

a - Les éboulis

Ils tapissent le haut des versants du bord subalpin et de certains reliefs de la cluse de l'Isère. Certains de ces éboulis sont alimentés régulièrement (éboulis vifs), d'autres sont depuis longtemps stabilisés et colonisés par la végétation. Les pentes correspondantes sont assez élevées (en général supérieures à 30 %).

b - Les nappes d'épandage et les cônes de déjection

Les nappes d'épandage résultent d'une reprise des éboulis à leur base par des écoulements temporaires. Le ruissellement entraîne les éléments meubles en les classant en fonction de leur taille, les plus petits sont donc fréquemment transportés jusqu'au niveau de la plaine. Ce processus, très courant sur le bord subalpin, confère aux

versants une morphologie assez régulière.

Des cônes de déjection se rencontrent au débouché de torrents. Ceux-ci comportent parfois un bassin de réception très bien défini (Manival) et assez souvent un chenal d'écoulement en gorge étroite (collines bordières). Dans le Grésivaudan, les cônes les plus importants appartiennent au versant occidental. Ceux du versant oriental sont de taille plus modeste peut-être, mais tout aussi déterminants pour la localisation des bourgs : Domène, Lancey, Brignoud, etc... Dans la cluse de l'Isère, en rive droite, deux cônes au débouché de la Vence et de la Roize, ont été les lieux privilégiés de l'urbanisation : St Egrève, Voreppe. Il en a été de même sur les cônes de Seyssins ou de Claix en bordure est du Vercors.

c - Les formations glaciaires

Les moraines forment un placage sur certains versants ou bien dessinent des crêtes caractéristiques lorsque leurs formes sont restées fraîches (plateau de Champagnier, Peuil de Claix, butte de St Nazaire-les-Eymes). Elles sont surtout bien représentées dans les collines bordières et sur le flanc du Vercors.

d - Les formations fluvioglaciaires

Elles constituent la majeure partie du plateau de Champagnier et apparaissent également dans le Grésivaudan à St Nazaire-les-Eymes et à la Pierre. Sur le plateau de Champagnier d'une altitude voisine de 400 m, ces formations ont été modelées par les eaux de fusion d'un lobe du glacier de la Romanche à la fin du Würm III (La Grande Combe, Combe de la Gouderie).

e - Les alluvions

La carte lithomorphologique n'apporte pas de précisions dans cet ensemble. Une étude particulière qui se traduit par une carte au 1/25 000, apporte dans le sous-chapitre 2 des informations détaillées.

2 - LA CARTE CLINOGRAPHIQUE

2.1. Buts

La carte indique la répartition des pentes. Elle est un élément important de l'aménagement pour la définition des zones urbanisables en fonction de critères économiques mais aussi en fonction de la stabilité des versants. Dans les formations de couverture, la stabilité est étroitement liée à la pente topographique. Il en va de même, mais dans un éventail d'inclinaisons plus élevé, pour les formations du substratum, où la structure, conforme ou contraire, joue de plus en matière de risque, un rôle aggravant ou minorant.

2.2. Conception

La définition des classes est exprimée par des valeurs limites en pour cent :

- pente inférieure à 5 %
- pente comprise entre 5 et 10 %
- pente comprise entre 10 et 20 %
- pente comprise entre 20 et 30 %
- pente supérieure à 30 %.

Une place à part est faite aux zones de falaises, cette indication morphologique n'ayant pu être portée sur la carte précédente sous peine de masquer celles concernant la lithologie.

La zone de pente inférieure à 5 % comporte d'une part l'extrémité aval des cônes de déjection, dont la limite véritable n'a pas été figurée et, d'autre part, la plaine proprement dite, qui s'en distingue par l'absence d'une pente appréciable à l'oeil.

2.3. Commentaire

D'une façon générale, les versants, que ce soit le bord subalpin, la rive gauche du Grésivaudan ou la cluse de l'Isère, sont très raides. Les zones les plus propices à l'aménagement se limitent donc essentiellement aux cônes de déjection, à la plaine d'alluvions et au plateau de Champagnier.

3 - LA CARTE DES RISQUES NATURELS

3.1. Conception

Dans le département de l'Isère, des cartes communales de risques naturels au 1/10 000 sont dressées par la Direction Départementale de l'Agriculture (D.D.A.) à la demande du Directeur de l'Équipement.

La présente carte a utilisé toutes celles qui, sur le territoire étudié, ont été approuvées par arrêtés préfectoraux. Pour certaines communes qui n'en disposent pas encore, des documents provisoires de la D.D.A. ont été consultés.

Ce document, à l'échelle du 1/50 000, est avant tout la transcription de ces cartes officielles. Certains contours ont dû être modifiés (problème des raccords aux limites communales).

En ce qui concerne les inondations, des indications complémentaires proviennent du Service d'Aménagement de l'Isère et du Groupement d'Études et de Programmation.

3.2. Buts

La carte a pour but de présenter aux autorités administratives une délimitation des risques existants ; elle doit permettre de restreindre les aménagements aux zones exemptes de risques déclarés ou prévisibles. Dans le cas contraire, l'administration pourra imposer des études géologiques spécifiques et la mise en œuvre de mesures de protection.

3.3. Les risques naturels

Quatre catégories de risques naturels sont prises en compte :

- les écroulements, les éboulements et les chutes de pierres,
- les glissements de terrain,
- les débordements de torrents,
- les inondations.

Les carrières en exploitation (Sassenage, Le Fontanil) sont d'autre part mentionnées.

Les dispositions réglementaires qui vont être définies ne sont applicables que pour les communes dont la carte des risques naturels a été approuvée par arrêté préfectoral. En sont donc exclues, pour l'instant, les communes suivantes : Bresson, Brié-et-Angonnes, Claix, Champ-sur-Drac, Echirolles, Eybens, Grenoble, Herbeys, Jarrie, Le Pont-de-Claix, Montchaboud, Poisat, St-Egrève, St-Martin-d'Hères et Villard-Bonnot (voir fig. 1.2).

A - Les zones exposées aux chutes de matériaux rocheux

a - Localisation

Le bord subalpin est le lieu privilégié de ces phénomènes subordonnés à l'existence de falaises. Celle du St Eynard a même nourri de grands écroulements, au-dessus de la Grivelière ou de St Ismier. Des éboulements et surtout des chutes isolées de pierres se produisent régulièrement et alimentent des couloirs d'éboulis actifs. La partie haute des versants est tapissée d'éboulis vifs ou stabilisés par la végétation.

Le versant rive gauche du Grésivaudan, du fait d'une morphologie moins escarpée est peu sujette à ce type de mouvements, sauf quand la pente devient localement trop forte, en bordure de certains vallons (R^{au} du Domeynon) ou de certains reliefs (sommets de St Genis ou de Barley, à l'Est de Goncelin).

Dans la cluse de l'Isère, les grandes falaises rocheuses alimentent également les versants de leurs éboulis (Néron ou Jalla).

Parfois ce sont des blocs considérables qui se détachent des falaises, ainsi au-dessus du Mollard (Corenc) certains, arrêtés au milieu d'un pré, dépassent 100 m³. Plus fréquentes sont les chutes de pierres sur certaines routes (D 512 par exemple) qui entaillent les versants.

Un phénomène particulier est observé dans les conglomérats miocènes au-dessus

du hameau de la Gachetière, près de Voreppe, où des panneaux considérables sont désolidarisés du versant.

b - Estimation du risque

Pour délimiter les zones menacées, on doit repérer les blocs tombés dans le passé, et si possible leurs trajectoires. La distance parcourue dépend d'abord de la masse mise en mouvement, liée elle-même à la lithologie, à la fracturation et aussi aux caractéristiques du versant : pente, présence ou absence d'obstacles topographiques ou de végétation.

c - Tracé des limites

Elles sont définies après repérage des blocs qui ont effectué les plus longs parcours : la limite des zones dangereuses est la courbe enveloppe tracée à l'aide de ces points de repère.

d - Réglementations d'urbanisme

Toute construction est interdite lorsque le risque est grand. Elle peut être autorisée, si le risque est faible, après l'étude du site par un géologue ou un géotechnicien agréé qui définira les mesures à prendre. Le propriétaire ou le promoteur devra alors s'engager à réaliser et à entretenir les ouvrages de protection définis dans l'étude.

B - Les zones de glissements de terrain

La carte des risques naturels au 1/10 000 distingue parfois les zones de glissements de terrain importants et les zones à risques de glissements de terrain peu importants. Cette distinction n'a pas été introduite ici à cause de l'échelle utilisée.

a - Localisation

Les mouvements sont limités aux versants, et pour des valeurs de pentes en général supérieures à 20 %. Ils affectent les formations glaciaires, la tranche altérée des marnes et des marno-calcaires et aussi les glacis d'éboulis argileux.

On les rencontre donc principalement sur le versant rive gauche du Grésivaudan, où ils peuvent prendre une extension remarquable (Est de Goncelin). En bordure du Vercors, des mouvements importants mais plus localisés sont observables au-dessus de

Seyssins et vers les plateaux du Peuil et de St Ange. Quelques glissements apparaissent enfin dans le vallon de Narbonne.

b - Réglementations d'urbanisme

Lorsque le mouvement est important, toute construction est interdite. Dans le cas contraire, l'avis préalable d'un géotechnicien ou d'un géologue agréé est requis et des mesures préventives exigées.

C - Les zones de débordement de torrents

a - Localisation

Les torrents de montagne qui rejoignent le sillon subalpin où la cluse de l'Isère peuvent présenter des crues dévastatrices liées pour une part à leur charge en matériaux solides. De nombreux ouvrages correctifs (barrages, gabions, digues ...) ont diminué l'importance de ces phénomènes.

b - Réglementation d'urbanisme

La construction est interdite à moins de 25 m de l'axe du torrent ; cette distance peut être réduite si le torrent est plus ou moins encaissé ou s'il est canalisé.

D - Les zones submersibles

a - Détermination des surfaces submersibles

a.1. Isère

Le décret-loi du 13.1.1950 définit les limites des zones submersibles sous la forme d'un plan au 1/10 000. Ce document ne tient pas compte des ouvrages de protection réalisés par l'homme. Il est opposable aux tiers.

Le décret ne couvre pas la ville de Grenoble ; les indications portées sur la carte proviennent d'une étude réalisée par la SOGREAH pour le compte de la D.D.E. Les zones correspondantes sont représentées par des tiretés en traits moyens.

Les limites fixées par le décret-loi ne figurent pas sur la carte de risques naturels de la commune de Fontaine, nous les avons introduites sur notre carte en utilisant un figuré en tiretés épais.

a.2. Le Drac

Un document du Syndicat Rive Droite du Drac définit les zones submersibles en rive droite, à l'aval du Saut du Moine, à partir d'une crue survenue en 1819.

Les cartes des risques naturels ont été utilisées pour la rive gauche du Drac.

Dans la plaine de Reymure, une zone submersible figurée sur la carte de risques naturels de Vif à Reymure et qui ne se poursuit pas en direction de Varcès-Fontagnieux n'a pas été reportée, la digue construite entre le Petit Brion et les Mollots éliminant, à notre avis, tout risque dans ce secteur.

b - Localisation

La majeure partie de la plaine du Grésivaudan est submersible. La limite rive gauche suit approximativement la voie ferrée.

La situation est identique dans la cluse de l'Isère, où la voie ferrée en rive droite sert également de limite. Un figuré en pointillés dans le secteur de Voreppe marque de plus la limite des inondations consécutives à la tornade du 5.7.1971.

Le document du Syndicat Rive Droite du Drac indique que la crue de 1819 a suivi, à partir du Saut du Moine, le pied du plateau de Champagnier jusque vers Eybens pour déboucher dans l'Isère au niveau du confluent du Sonnant (équivalent actuel de la rue des Taillées à l'entrée du Domaine Universitaire). Cette limite n'a pas été reportée sur la carte eu égard à l'endiguement du Drac et aux retenues créées à l'amont.

c - Estimation du risque

Les retenues et les travaux de protection contre les crues font que ces limites sont aujourd'hui très pessimistes. L'agglomération grenobloise n'est pourtant toujours pas à l'abri des crues de l'Isère. Les barrages sur cette rivière sont situés trop loin à l'amont pour exercer une influence réelle (ils ne recueillent les eaux que d'une faible partie du bassin versant). Les digues ne seront pleinement efficaces que lorsqu'elles remonteront davantage vers l'amont (environ au droit de Domène).

Le Drac, endigué et maîtrisé par les barrages, pose aujourd'hui peu de problèmes. Le danger principal est celui d'une crue survenant lorsque les retenues sont pleines (exemple : montée du Drac assez importante en 1979).

d - Réglementations d'urbanisme

Tout obstacle à l'écoulement des crues (haies, clôtures, murs, bâtiments) est interdit par le code de l'urbanisme. Des bâtiments construits sur piliers peuvent

être autorisés.

Dans la pratique, afin de ne pas empêcher le développement urbain, ces réglementations ne sont pas appliquées partout. Ainsi la carte de risques naturels de la commune de Fontaine ne fait pas état de zones submersibles ; aucune interdiction ne peut être alors notifiée.

E - Les zones marécageuses

a - Localisation

Deux petites zones marécageuses sont recensées, une sur le plateau du Peuil de Claix, l'autre sur celui de Champagnier près des Thévenets.

b - Réglementation d'urbanisme

Les constructions sont autorisées à condition de prendre toutes les mesures nécessaires d'assainissement et de consolidation du sol.

4 - SEISMICITE

Les géophysiciens nous enseignent que notre région, l'une des plus actives de France sur le plan sismique, pourrait souffrir des effets dévastateurs des tremblements de terre.

Pour rendre compte de cette activité sismique, rappelons quelques données historiques extraites du Mémoire du B.R.G.M. n° 96, 1979 :

- le 12.01.1754, tremblement de terre ressenti à Grenoble et Voreppe où l'intensité est estimée à VI-VII,
- le 15.08.1782, séisme ressenti dans toute la région (intensité V-VI à Grenoble),
- le 3.03.1961, une intensité VI est observée à Gières,
- le 25.04.1962 à Corrençon (Vercors), les dégâts sont considérables, intensité VII-VIII, VI-VII à Grenoble.

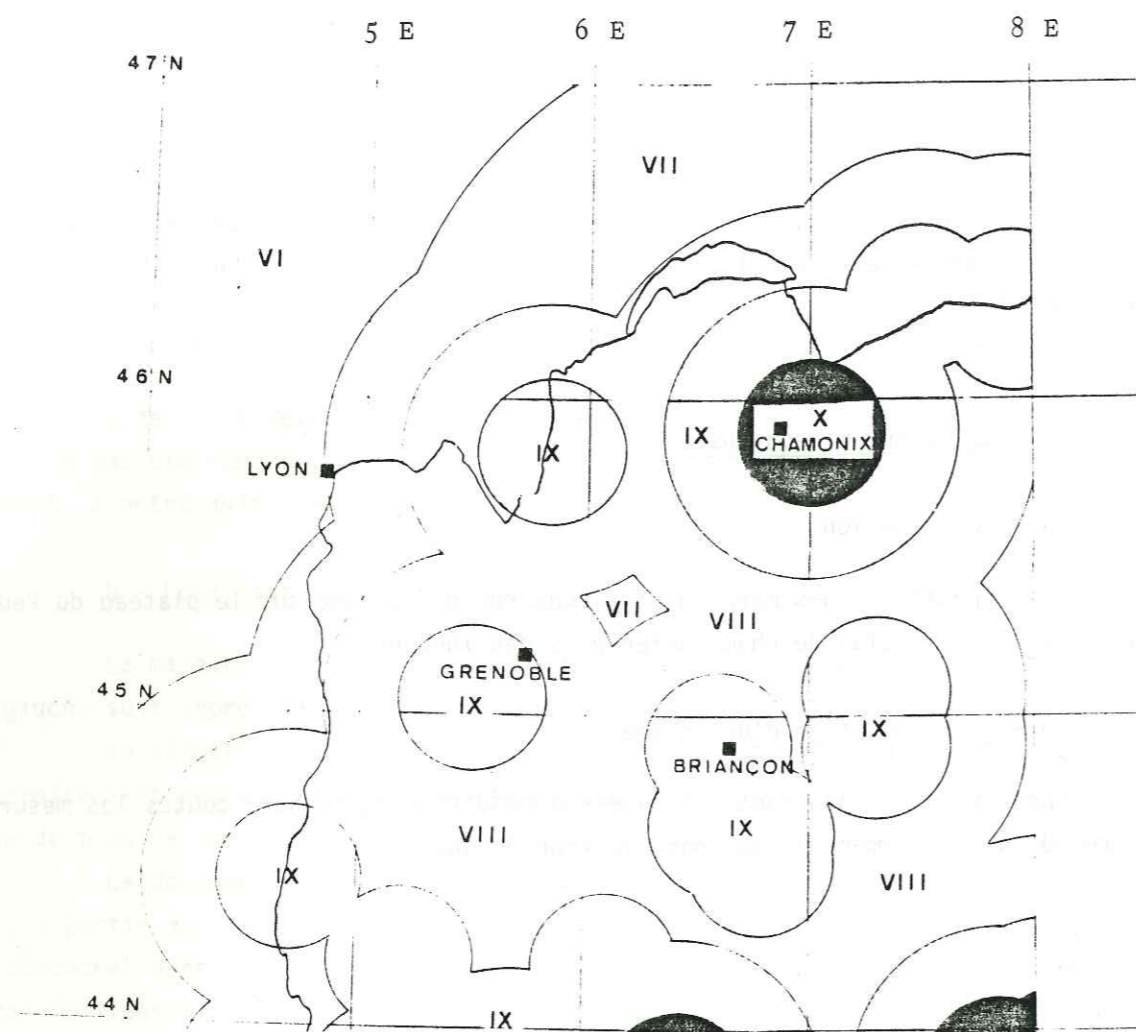


Figure 1.7 : Extrait de la carte de l'intensité maximale possible dans le Sud-Est de la France (Fréchet, 1978); échelle des intensités correspondante.

Schelle des intensités
(MERCALLI modifiée)

I. Non ressenti, sauf par quelques rares personnes dans des circonstances particulières. Les oiseaux et les animaux sont mal à l'aise, les arbres se balancent, les portes et les lustres oscillent légèrement.

II. Ressenti par quelques personnes au repos, en particulier dans les étages supérieurs des habitations.

III. Ressenti à l'intérieur des maisons, mais la plupart des gens n'identifient pas un tremblement de terre : vibrations analogues à celles que provoque un petit camion. On peut estimer la durée des secousses.

IV. Les assiettes, les fenêtres et les portes vibrent, les murs craquent. Vibrations analogues à celles provoquées par le passage d'un gros camion. Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart des gens, à l'extérieur par quelques personnes seulement.

V. Ressenti par presque tout le monde; beaucoup de personnes sont réveillées. Les petits objets instables sont déplacés; les plâtres peuvent s'effriter.

VI. Ressenti par tout le monde; beaucoup de gens sont effrayés et sortent des maisons. Des meubles peuvent être déplacés. Les livres tombent, des étagères et les tableaux se décrochent. Les cloches sonnent. Les cheminées peuvent être endommagées, mais les dégâts restent limités.

VII. La plupart des personnes se précipitent à l'extérieur. Il est difficile de se tenir debout. Les automobilistes ressentent les secousses. Les dommages sont négligeables pour les immeubles spécialement conçus, faibles pour les immeubles bien construits, considérables pour les structures légères ou mal bâties. Il apparaît des vagues sur les étangs ou sur les piscines.

VIII. La conduite des automobiles est affectée. Les maisons de bois bougent sur leurs fondations ou sont détruites; les murs faits de panneaux s'abattent.

Quelques murs de maçonnerie s'écroulent. Les cheminées se tordent ou tombent. Les dommages sont légers pour les édifices spécialement construits et importants pour les immeubles peu solides. Les meubles sont renversés.

IX. Panique générale. Les dommages sont considérables : d'importants immeubles s'effondrent partiellement, les réservoirs et les canalisations souterraines sont endommagés. Apparition de fissures dans le sol.

X. De nombreuses maisons et leurs fondations sont détruites. Certaines structures en bois, même bien conçues, sont détruites. Les rails de chemin de fer sont légèrement tordus, nombreux glissements de terrain.

XI. Aucune construction ne reste debout. Destruction des ponts. Grandes fissures dans le sol. Déformation importante des rails.

XII. Destruction totale. Les objets sont projetés dans les airs.

On peut ajouter à cette liste de séismes régionaux, des séismes lointains qui ont été ressentis avec une intensité VI (en 1855, séisme de Viège ; en 1844, séisme du Queyras-Ubaye).

La carte de sismicité historique de la France (B.R.G.M., 1979) indique donc une intensité maximale observée dans la région, égale à VII. L'intensité maximale possible est généralement obtenue en ajoutant un degré à l'intensité maximale ressentie historiquement. Mais, comme le remarque J. Fréchet (1978), de récents séismes destructeurs ont, dans certaines régions, dépassé cette valeur prévisionnelle. Il propose donc une méthode de zonation sismique aboutissant à une carte (fig. 1.7) de l'intensité maximale possible dans le Sud-Est de la France, où on voit que, pour la région de Grenoble, celle-ci serait de IX.

Notons que l'effet d'un séisme sera sans doute plus dévastateur dans la plaine que sur les versants, à cause du phénomène d'amplification des ondes dans les alluvions. Ceci est démontré par le fait que, dans certains cas, les communes de la plaine peuvent être les seules à ressentir un tremblement de terre (séisme du 17 janvier 1937).

5 - ESSAI DE SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

5.1. Introduction

A - Objectif

Le but est de fournir, au moyen d'une carte, une appréciation sur la stabilité des terrains du territoire étudié. La carte précise, en distinguant à l'aide de quatre classes appelées classes de stabilité, si l'on doit craindre ou non des désordres liés à des mouvements du sol ou du sous-sol.

B - Définition des classes de stabilité

En ce qui concerne les diverses formations représentées sur la carte lithomorphologique, et en se référant uniquement aux conditions naturelles, il a été défini qua-

tre classes de stabilité. Celles-ci sont l'expression d'un jugement sur le comportement possible des terrains, en fonction de l'absence ou de la présence de facteurs susceptibles de compromettre leur équilibre et du poids réel de ces facteurs. Ces classes sont les suivantes :

- classe I : aucun facteur d'instabilité n'a été décelé : terrains stables,
- classe II : un ou plusieurs facteurs d'instabilité existent, mais ils sont généralement d'importance peu déterminante : terrains généralement stables,
- classe III : des facteurs d'instabilité d'importance déterminante existent, mais ils n'ont jusqu'à présent été suivis d'aucun effet apparent : terrains potentiellement instables,
- classe IV : des mouvements du sol ou du sous-sol sont observés : terrains instables.

C - Conception de la carte

Les mouvements du sol et du sous-sol sont liés à différents facteurs parmi lesquels on peut retenir : la lithologie, la morphologie, la pente, la structure et les conditions hydrogéologiques.

On a tenté, en toute zone, d'apprécier le caractère favorable ou non de chacun de ces facteurs, puis, en les considérant globalement, de déterminer la classe qu'ils caractérisent. Il faut toutefois signaler dès maintenant qu'il n'est pas possible de fixer une hiérarchie précise quant à l'influence nocive de chacun de ces facteurs, d'autant que certains d'entre eux sont susceptibles de varier dans le temps (la teneur en eau d'une formation ou la raideur d'une pente si l'érosion y est active).

Il a donc fallu souvent se limiter à l'utilisation de paramètres facilement accessibles, c'est-à-dire : la nature de la formation et la pente du versant. Pour les formations du substratum il a été aussi tenu compte de la structure géologique.

5.2. Les paramètres utilisés

A - La nature des formations

Elle a été définie dès l'étape de la carte lithomorphologique.

a - Les formations du substratum

Il s'agit :

- de calcaires,
- d'alternances de marnes et de calcaires,
- de marnes,
- de schistes,
- de grès,
- de conglomérats,
- de gypse.

b - Les formations de couverture

On distingue :

- les formations glaciaires,
- les formations fluvioglaciaires,
- les éboulis vifs,
- les éboulis stabilisés,
- les matériaux des cônes de déjection,
- les matériaux des nappes d'épandage,
- les alluvions.

Ce classement génétique des formations de couverture peut recouvrir, pour une formation donnée, des significations lithologiques variables.

B - La pente

C'est un facteur plus ou moins multiplicateur des phénomènes d'instabilité. Les formations de couverture seront déjà sensibles à de faibles valeurs de la pente à la différence de celles du substratum. Aussi, pour les formations de couverture a-t-on utilisé plusieurs fourchettes de pente (inférieure à 10 %, comprise entre 10 et 20 %, entre 20 et 30 % et supérieure à 30 %), alors que, pour le substratum, le seuil de sensibilité a été estimé à 30 %. Cette limite paraît raisonnable car la recherche d'une précision plus grande aurait été illusoire. Pour les formations de couverture, les fourchettes ont justement tenu compte de valeurs correspondant à des versants où des mouvements s'étaient manifestés.

Formations du substratum	Pente < 30 %		Pente > 30 %	
	Pendage inverse, vertical, horizontal ou conforme à la pente mais plus incliné qu'elle	Pendage conforme, pente supérieure au pendage	Pendage inverse, vertical, horizontal ou conforme à la pente mais plus incliné qu'elle	Pendage conforme, pente supérieure au pendage
Calcaire	I	II	III	III
Roche formée d'alternances de marnes et de calcaires	I	II	III	IV
Marnes et schistes	II	III	III	IV
Grès et conglomérats	I	II	III	III
Gypse	III		IV	

a

Formations de couverture	Pente < 10 %		Pente comprise entre 10 et 20 %		Pente comprise entre 20 et 30 %		Pente > 30 %	
Formations glaciaires et fluvioglaciaires	I		II		III		IV	
Eboulis stabilisés	I		II		II		III	
Matériaux des cônes de déjection et des nappes d'épandage	I		I		II		III	
Alluvions	I		I		I		I	

b

Eboulis vifs	IV
Falaises	IV
Glissements	IV

c

Tableau 1.4 : Répartition des formations en classes de stabilité

a : Formations du substratum

b : Formations de couverture

c : Zones instables.

C - La structure

La structure dans les roches du substratum est un facteur défavorable pour la stabilité lorsque le pendage des couches est conforme à la pente et qu'il est moins redressé que celle-ci. Si la roche n'est pas homogène et présente des discontinuités (joints marneux par exemple), ce caractère défavorable sera encore plus ou moins aggravé.

5.3. Les formations et leur répartition en classes de stabilité

La répartition des formations selon leur stabilité est réalisée en tenant compte de l'influence de la pente et éventuellement de la structure.

Une même formation appartiendra alors :

- à des classes différentes, pour des valeurs de pentes différentes,
- dans le cas du substratum, à des classes différentes, pour des valeurs de pente comparables, mais pour des conditions structurales différentes.

Le tableau 1.4.a présente le classement des formations du substratum, le tableau 1.4.b celui des formations de couverture. Les éboulis actifs, les falaises qui les dominent et les zones affectées par des glissements de terrain, à la fois instables et dangereux, sont en classe IV.

5.4. La carte prévisionnelle de stabilité des terrains

A - Présentation

Une fois élaboré, le tableau 1.4, qui combine les données des cartes lithomorphologique et clinographique, on peut zoner immédiatement les terrains de couverture. Pour ceux du substratum, il faut encore affiner leur attribution à une classe de stabilité en passant par un examen attentif de la carte géologique qui fournit des indications structurales.

B - Discussion

La carte peut s'interpréter en termes d'aménagement. Mais il est nécessaire de préciser que l'attribution à un terrain donné, d'une "note", bonne ou mauvaise, ne doit en aucun cas amener le projeteur à se dispenser de toute étude ou au contraire à rejeter un site sans aucun examen. Son attitude doit être beaucoup plus nuancée, la carte étant seulement destinée à provoquer une sensibilisation à certains problèmes.

Si l'on se réfère aux zones déjà urbanisées, on constate qu'elles se rangent en grande majorité dans les classes I et II. Elles correspondent aux plaines, à la base des cônes de déjection et à leur partie moyenne. En dehors de ces zones, les terrains appartiennent le plus souvent aux classes III et IV. Les contraintes liées aux sites deviennent alors assez importantes.

L'utilisation simultanée de cette carte et de celle des risques naturels doit permettre d'appréhender rapidement les contraintes d'un site. Certaines zones qui ne devraient pas présenter de phénomènes d'instabilité (classe I ou II) peuvent en revanche être inondables ou soumises à des chutes de matériaux rocheux et d'autres zones potentiellement instables (classe III) être soumises également à des chutes de matériaux rocheux. La lecture des deux cartes doit donc permettre d'orienter les partis de l'aménagement.

Il est alors intéressant de comparer notre carte avec le S.D.A.U. afin de déterminer si les choix définis par ce document s'accordent au mieux avec les contraintes des sites. Cette comparaison montre que la répartition des zones à aménager correspond assez exactement aux zones dont la stabilité ne doit pas soulever de problèmes particuliers. Les centres urbains, les industries se répartissent dans les zones basses classées I ou II. Les zones défavorables sont réservées à l'agriculture, l'aménagement de parcs, la forêt. Il faut noter toutefois que l'habitat individuel ou rural peut localement exister ou être envisagé en zone classée III. A l'inverse, des zones classées I ou II sont dans certains cas réservées à l'agriculture ou à l'aménagement de parcs, mais ces choix sont liés à une politique raisonnée d'équipement qui montre la volonté de limiter l'urbanisation à quelques pôles majeurs.

SOUS-CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS DE LA PLAINE

- 1 - INTRODUCTION
- 2 - DONNÉES GÉNÉRALES ET PARTICULARITÉS LITHOLOGIQUES
- 3 - MÉTHODE D'ÉTUDE
- 4 - CHOIX D'UN TYPE DE REPRÉSENTATION
- 5 - LA CARTE DE ZONAGE GÉOTECHNIQUE

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

1 - INTRODUCTION

Les zones de plaine, dont certaines sont déjà fortement urbanisées, sont appelées à l'être davantage encore dans des périmètres fixés par le S.D.A.U. Ce dernier a tenté d'établir un équilibre entre zones d'habitat, zones industrielles et zones à vocation agricole ou de loisirs, mais en dehors de toute considération géotechnique. C'est pourquoi il apparaît maintenant très utile d'apporter aux aménageurs un certain nombre d'indications sur les formations qu'ils rencontreront pour la fondation de bâtiments, et la réalisation d'équipements divers, mais aussi sur les problèmes liés à une formation ou à une succession lithologique donnée, ceci après avoir rappelé quelques caractéristiques d'ensemble du remblayage alluvial.

2 - DONNEES GENERALES ET PARTICULARITES LITHOLOGIQUES

Lors de la brève présentation des événements quaternaires, nous avons pu déjà indiquer les traits essentiels du remplissage de l'auge glaciaire creusée au Riss.

Le creusement a permis l'accumulation de formations de comblement d'épaisseurs très variables :

- dans le Grésivaudan, elles dépassent 60 m au Touvet, 127 m à Lancey, et atteignent 300 m dans la boucle de Bois Français,
- dans la cuvette grenobloise, elles dépassent 400 m (sondage de Beauvert),
- dans la basse Gresse, elles atteignent pour le moins 100 m,
- de même dans la cluse de l'Isère, où localement au Sud de Voreppe elles pourraient être beaucoup plus épaisses.

Les dépôts qui se succèdent verticalement sont, du fond de l'auge à la surface :

- des moraines rissiennes,
- des argiles (dites d'Eybens),
- des sables fins plus ou moins argileux : les sablons,
- des alluvions du Drac et de l'Isère, tantôt graveleuses, tantôt limoneuses.

La géométrie du toit des argiles est irrégulière, des surcreusements et des ravinements s'étant produits à l'occasion du passage du glacier würmien. Les sables qui ont remblayé cette nouvelle morphologie, ont ainsi une épaisseur très variable.

La structure des formations alluviales dessine de vastes lentilles très aplaties. Souvent, en bordure de la plaine, les formations des versants sont venues s'imbriquer avec celles de la vallée.

Une opposition nette se manifeste entre les alluvions du Drac et celles de l'Isère. Celles du Drac, qui forment un gigantesque cône de déjection, sont grossières et généralement propres. Celles de l'Isère sont limoneuses en surface, plus grossières en profondeur ; assez souvent s'y développent des zones argileuses ou tourbeuses, liées à des régimes locaux d'écoulement lent et aux divagations de la rivière.

3 - METHODE D'ETUDE

Les moyens classiques de reconnaissance ont été utilisés à l'occasion de chantiers ou de travaux universitaires. Il s'agit de sondages mécaniques, géophysiques ou pénétrométriques. Nous avons disposé de 2 330 sondages des deux premiers types, cumulant une longueur totale de plus de 37 000 m et parmi lesquels on recense :

- 1 870 sondages mécaniques,
- 460 sondages géophysiques.

La profondeur des sondages (on a tenu compte de la profondeur d'investigation attribuée aux sondages électriques) est très variable, suivant l'objet des reconnaissances : ne dépassant parfois pas 1 m, elle peut atteindre 144,7 m (400 m pour le sondage de Beauvert, mais la coupe en est controversée). On dispose d'environ 300 sondages de longueur inférieure à 5 m (13 %), de 450 de longueur comprise entre 5 et 10 m (19 %), de 600 de longueur comprise entre 10 et 15 m (26 %) et de 960 de longueur supérieure à 15 m (42 %).

La répartition des sondages est assez irrégulière, leur densité étant maximale dans les secteurs urbains. Pour la cluse de l'Isère et le Grésivaudan, le nombre de sondages à l'hectare est de 0,09, cette valeur tombe à 0,05 dans le Sud de l'ag -

glomération mais atteint 0,29 dans la banlieue de Grenoble (alors que sur le centre on ne dispose d'aucun sondage).

Cette importante masse de documentation appelait l'emploi de moyens informatiques pour une utilisation optimale. C'est pourquoi G. Mercieca (1977) a élaboré un fichier géologique et géotechnique sur ordinateur (voir deuxième partie de la thèse), travail que nous avons poursuivi.

4 - CHOIX D'UN TYPE DE REPRESENTATION

La description du remblayage alluvial a été réalisé par B. Couturier (1974), H. Margalhan-Ferrat (1975), G. Mercieca (1977), J.-P. Bozonnet (1978) et P. Talloni (1978) au moyen de cartes géologiques de surface et à différentes profondeurs, de cartes isopaques et isohypses.

Nous n'avons pas choisi de réaliser de telles cartes pour différentes raisons :

- cela aurait abouti à la multiplication des documents,
- aucun de ceux-ci n'aurait présenté de synthèse,
- afin de présenter une carte unique et synthétique.

La solution que nous avons finalement retenue tente de fournir, à partir des données révélées par chaque sondage, une interprétation globale qui tient compte des particularités les plus significatives pour le géotechnicien.

Si l'on s'intéresse aux problèmes posés par la fondation de bâtiments, les principaux éléments à extraire de la coupe lithologique seront l'épaisseur des sols fins de surface et l'indication de l'absence ou de l'existence de niveaux compressibles en profondeur. Chaque sondage peut alors être résumé par ces deux seules indications. Il devient dès lors possible de dessiner une carte de zonage géotechnique des formations de la plaine.

5 - LA CARTE DE ZONAGE GEOTECHNIQUE

5.1. Interprétation de la coupe d'un sondage

Epaisseur des sols fins de surface	Existence de sols fins entre la base des sols fins de surface et - 10 m	Existence de sols fins sous la base des sols fins de surface et à plus de 10 m de prof.	Appellation
Inférieure à 1 m classe I	non	non oui	I I b
	oui	non oui	I a I ab
Comprise entre 1 et 3 m classe II	non	non oui	II II b
	oui	non oui	II a II ab
Comprise entre 3 et 6 m classe III	non	non oui	III III b
	oui	non oui	III a III ab
Comprise entre 6 et 10 m classe IV		non oui	IV IV b
		non oui (à + de 15 m de profondeur)	V V b
Supérieure à 15 m classe VI			VI

Tableau 1.5 : Codage des coupes de sondages

En suivant le schéma indiqué ci-dessus, on décrit (tableau 1.5) chaque sondage de la façon suivante :

- par un chiffre romain de I à VI, qui indique dans quelle fourchette d'épaisseur se situent les sols fins de surface,
- par une lettre minuscule, qui précise si, outre les sols fins de surface, existent d'autres niveaux compressibles ; la lettre a indique leur présence avant la profondeur de 10m, la lettre b leur présence au-delà. L'emploi simultané des deux lettres traduit qu'il en existe avant et après cette profondeur.

La figure 1.8 illustre à l'aide de "logs" schématiques ces définitions.

La recherche des niveaux compressibles en profondeur a été en réalité menée avec plus de détail en utilisant les tranches de profondeur 1-3 m, 3-6 m, 6-10 m, 10-15 m et supérieure à 15 m, mais cela conduisait à une multiplication trop importante du nombre des cas envisagés, rendant impossible toute cartographie si bien qu'il a fallu s'en tenir au système que nous venons de décrire.

Les désignations lithologiques employées dans la base de données ont été scindées en deux ensembles :

- celui des sols fins compressibles qui regroupe : argiles, argiles sableuses et/ou graveleuses, limons, sables argileux, sables limoneux auxquels on a ajouté, pour le traitement informatique, la terre végétale et les remblais,
- celui des sols grossiers correspondant aux graviers propres, sableux, argileux, limoneux et aux sables propres.

Ces désignations lithologiques sont en partie criticables (voir 2e partie, chap. III, § 2), mais comme il ne s'agit pas ici de définir avec précision les caractéristiques physiques des formations, elles restent parfaitement utilisables pour une orientation générale.

5.2. Réalisation de la carte

La base de données informatisées -dont les caractéristiques et les possibilités d'utilisation sont décrites dans la deuxième partie- a permis la réalisation de la carte grâce au traitement automatique des coupes de sondages à l'aide d'un programme approprié (cf. 2e partie, chap. II, § 5.2). Ayant achevé auparavant un plan de position

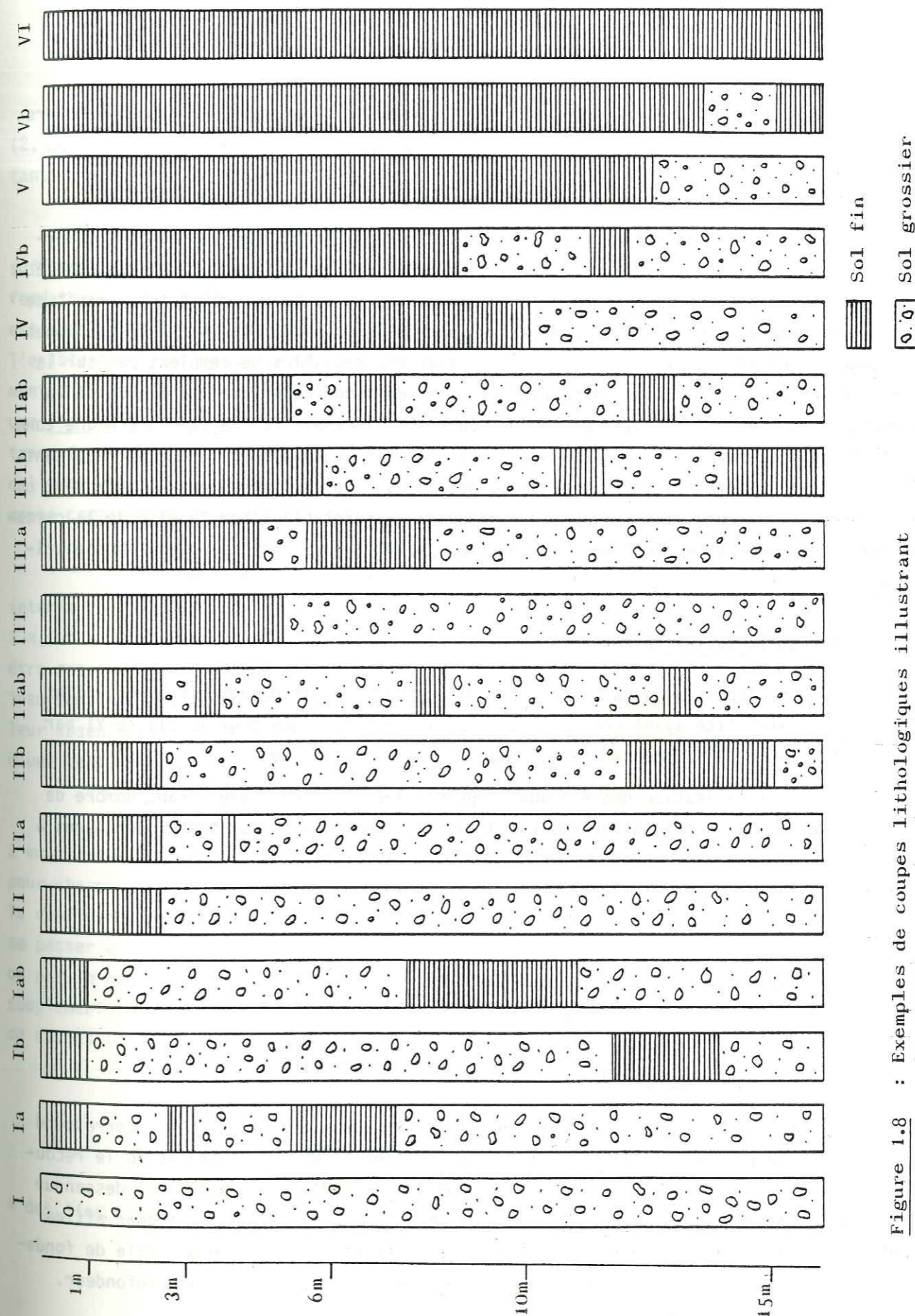


Figure 1.8 : Exemples de coupes lithologiques illustrant le codage.

des sondages au 1/25 000 (cf. 2e partie, chap. II, § 2.3) sur lequel on reportait alors l'interprétation des sondages, il a été possible de réaliser le zonage des formations de la plaine.

La valeur de celui-ci dépend d'abord de la répartition des points d'observation : celle-ci étant très irrégulière, certains contours sont dessinés en pointillé et les zones dont l'interprétation est très aléatoire (à cause du nombre très réduit de données ou même de leur absence) sont signalées par un point d'interrogation. Les zones qui sont caractérisées par la présence de niveaux compressibles ne semblent pas sur la carte se répartir les unes par rapport aux autres de façon cohérente. En dehors de la structure complexe et variable des dépôts, on voit intervenir ici le fait que d'une zone à l'autre la répartition et la profondeur des sondages peuvent différer, d'où résultent des discontinuités dans la mise en évidence des zones compressibles à partir du moment où elles sont relativement profondes. Les négliger aurait rétabli l'homogénéité de la cartographie, mais nous avons préféré les conserver puisqu'elles constituent une donnée utilisable.

La précision de la carte est variable, en effet :

- on dispose de plus d'informations pour la définition des classes I, II et III (la quasi-totalité ayant une longueur supérieure à 6 m) que pour la classe VI par exemple (seulement 42 % de sondages de longueur supérieure à 15 m),
- la localisation des niveaux compressibles utilise un plus grand nombre de données pour les profondeurs inférieures à 10 m que pour celles qui sont supérieures à 10 m.

5.3. Interprétation de la carte

A - Fondation de bâtiments

La première classe d'épaisseur des sols fins : inférieure à 1 m correspond aux zones de la plaine où affleurent les formations grossières et à celles où le recouvrement par des formations fines ne dépasse pas la profondeur à laquelle est descendue normalement une fondation (mise hors gel à 0,8 m). Un niveau grossier est donc affleurant ou subaffleurant, et doit pouvoir être considéré comme un niveau possible de fondation si des sols compressibles ne sont pas signalés au-dessous, à faible profondeur.

Les autres classes d'épaisseur, qui utilisent des intervalles croissants (2, 3, 4, 5 m), servent également à préciser la position en profondeur de niveaux résistants.

La lecture de l'épaisseur des sols fins de surface n'est pas, à elle seule, suffisante pour apprécier les contraintes géotechniques d'un site en ce qui concerne la fondation de bâtiments importants : l'indication de niveaux compressibles en profondeur est aussi indispensable. Dans l'absolu, l'indication qualitative apportée par la carte de l'existence ou de l'absence de sols compressibles sous les sols fins de surface (autrement dit sous le premier niveau grossier) est insuffisante, il faudrait pouvoir apporter une indication quantitative. En effet, il serait intéressant de connaître, outre l'existence de ces niveaux, leur localisation exacte et leur puissance (cumulée ou mieux encore celle de chacun d'entre eux). Mais ceci reviendrait alors à reporter sur la carte la coupe complète de chaque sondage, ce qui est parfaitement irréalisable.

Ces remarques faites, cette indication qualitative présente malgré tout un intérêt certain. Si, par exemple, l'épaisseur des sols fins de surface est inférieure à 1 m, et si d'autres niveaux fins ne se rencontrent qu'après 10 m de profondeur, il doit être possible de fonder de nombreux types de bâtiments sans rencontrer des difficultés insurmontables. A l'opposé, si la carte signale des niveaux compressibles avant 10 m et leur absence au-delà de cette profondeur, des fondations sur pieux pour des ouvrages d'une certaine importance pourront être envisagées.

La lecture de la carte ne peut toutefois qu'apporter une indication générale à interpréter en fonction de chaque type d'ouvrage. Il ne pouvait s'agir ici de faire, pour chacun, des recommandations techniques sur le mode de fondation le mieux adapté à la configuration du sous-sol. De plus, l'échelle utilisée est trop petite pour pouvoir se passer d'indications plus ponctuelles qui seront recueillies lors de reconnaissances ou par le recours à la banque de données qui peut apporter si besoin est, toute précision supplémentaire utile par l'édition de "logs" de sondages ou la réalisation de cartes et de coupes (cf. 2e partie).

B - Etude de l'aquifère et prospection de matériaux

La carte de zonage géotechnique des formations de la plaine peut être utilisée à des fins différentes de celles qui viennent d'être évoquées. En effet :

- les zones caractérisées par une importante couverture de formations fines sont également celles où la nappe phréatique est protégée d'éventuelles pollutions en provenance de la surface ;

- et dans le domaine de la recherche de matériaux de carrière, la carte permet également d'estimer la puissance des gisements et celle de la découverte qu'exigerait leur exploitation.

Tous ces points seront développés dans les chapitres suivants.

SOUS-CHAPITRE III : HYDROGÉOLOGIE

1 - INTRODUCTION

2 - HYDROGÉOLOGIE SOMMAIRE DES VERSANTS

3 - LES NAPPES DE L'ISÈRE ET DU DRAC

4 - LA VULNÉRABILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

1 - INTRODUCTION

Cette présentation sommaire des caractéristiques hydrogéologiques des différents terrains est surtout destinée à définir les grands traits des possibilités de recours aux eaux souterraines. Elle apportera d'abord quelques éléments sur l'hydrogéologie des versants puis de la plaine. Le comportement des nappes de la plaine de l'Isère ou du Drac a été récemment décrit à l'occasion d'études qui ont dû tirer parti d'un réseau d'observation inégalement réparti dans l'espace et de mesures insuffisamment étalées dans le temps. Nous sommes aujourd'hui dans l'incapacité d'améliorer ces données par suite de l'abandon et de la disparition progressive de nombreux points d'observation et de produire une carte piézométrique d'ensemble à partir des relevés précédents, ceux-ci ayant été effectués à des dates différentes.

Ces études antérieures vont toutefois permettre de fournir des indications sur les caractéristiques générales des nappes et même sur leur situation actuelle, l'évolution de la nappe du Grésivaudan, provoquée par la coupure du Bois-Français, étant maintenant achevée, et aucun aménagement récent ne l'ayant remise en question jusqu'à ce jour, non plus que celles qui occupent la plaine du Drac ou de la Cluse.

Il n'en sera d'ailleurs probablement pas toujours ainsi, les projets E.D.F. (basses chutes de St Egrève à Poliènas et dérivation de la Romanche devant aboutir au Versoud) étant susceptibles de déclencher de nouvelles modifications du niveau phréatique et du régime des écoulements.

Dans une dernière partie, en utilisant les données rassemblées par la carte de zonage géotechnique, nous donnerons une estimation de la vulnérabilité des eaux souterraines relativement à la pénétration verticale de substances polluantes.

2 - HYDROGEOLOGIE SOMMAIRE DES VERSANTS

Dans le passé, l'eau des sources situées sur les versants était largement utilisée car elle permettait une alimentation par gravité. Les besoins augmentant avec l'accroissement de la population et la concentration urbaine, il a fallu se tourner de plus en plus vers les nappes de la plaine. Il n'en reste pas moins qu'un nombre assez

important de sources est capté pour l'alimentation domestique. Elles trouvent leur origine soit dans les formations du substratum, soit dans celles de couverture.

2.1. Les formations du substratum

Bien que généralement peu perméables, elles peuvent constituer des aquifères par acquisition d'une perméabilité secondaire due à la fracturation ou à la dissolution (karstification des roches carbonatées).

Les sources qui y prennent naissance sont caractérisées par leur débit très irrégulier, une composition des eaux assez variable et par l'apparition possible de pollutions bactériennes relativement peu importantes (saisonnnières ou après de gros orages). Les sources du type karstique ou assez proche de celui-ci qui alimentent certaines communes de la banlieue (Fontaine-Galante, les Arselles) fournissent cependant des eaux de bonne qualité.

Les formations aquifères qui entrent dans ce schéma sont tout d'abord les calcaires du Jurassique supérieur avec la source de Fontaine-Galante (20 à 70 l/s). Elle apparaît dans des éboulis mais elle est liée à la présence de failles et de diaclases (Sarrot-Reynauld, 1968). Sous la Roche-St-Michel (rebord du Vercors), les calcaires du Fontanil (Valanginien supérieur) donnent aussi naissance à une source captée, dont l'existence est à chercher dans la fissuration de la roche.

Il s'agit ensuite des calcaires de l'Urgonien et du Crétacé supérieur qui constituent un aquifère grâce à un réseau karstique très étendu, donnant lieu à certaines exurgences dont la plus célèbre est celle des cuves de Sassenage, la source de Rocheplaine (près de Cornillon), celles des Mousses (près de St-Paul-de-Varces) ont la même origine. Les sources captées aux Arselles (20 à 80 l/s) qui apparaissent dans des formations meubles sont alimentées par l'aquifère de l'Urgonien et s'expliquent, de plus, par l'existence d'une grande faille E-W.

2.2. Les formations de couverture

A - Les éboulis

Ils constituent une zone d'infiltration importante au pied des falaises, approximativement entre les cotes 950 et 500, en rive droite du Grésivaudan. Des sources apparaissent dans le versant ou en contrebas à la faveur de passées plus perméables ou quand s'interpose un écran étanche. Malgré leur extension, ils ne constituent pas un aquifère intéressant : l'infiltration y est très rapide, d'où une mauvaise filtration qui se traduit par une qualité médiocre des eaux, les sources ont un débit très irrégulier car l'aquifère se vidange très rapidement.

Quelques sources de ce type, toutefois, sont captées, leur débit est généralement inférieur à 10 l/s : Est de Malhivert et de Claix.

B - Les nappes d'épandage et les cônes de déjection

En surface, ces formations ne donnent qu'un petit nombre de sources, l'eau qui s'infiltré profondément rejoignant la nappe des vallées.

En rive droite du Grésivaudan, ces formations, qui s'étalent largement jusqu'à la plaine, sont caractérisées par le développement de zones très perméables (canaux graveleux) qui permettent un écoulement très rapide de l'eau. La vidange de l'aquifère, qui est peu alimenté (bassin de réception très peu développé) se fait alors rapidement. Ceci explique l'absence de pompages dans ces formations où quelques sources peuvent apparaître temporairement dans le versant lors d'une remontée du substratum (Montbonnot-St Martin) ou au contact des limons de la plaine. La rapidité de la circulation de l'eau dans le sol peut entraîner un enlèvement des particules fines (suffosion). Ces eaux peu filtrées sont généralement de qualité médiocre.

En rive gauche du Grésivaudan, les dépôts des cônes sont stratifiés en grandes lentilles et de petites nappes existent, exploitées parfois par des puits. L'alimentation de l'aquifère est beaucoup plus importante qu'en rive droite, les bassins de réception de torrents étant plus étendus, ce qui assure une meilleure régularité dans l'exploitation.

Le cône de déjection de la Vence (St-Egrève), alimenté par les eaux en provenance de la Chartreuse, est exploité par un certain nombre de puits qui produisent une eau de très bonne qualité.

C - Les formations glaciaires

Elles sont en général assez perméables. Leur puissance étant variable, elles ne constituent pas toujours un aquifère suffisant capable d'alimenter des sources pérennes. Les sources captées sont cependant assez nombreuses, leur débit est peu important (généralement inférieur à 10 l/s) mais relativement régulier. Des captages assez nombreux sont réalisés à l'Est de Seyssins et sur les plateaux du Peuil et de St-Ange.

3 - LES NAPPES DE L'ISERE ET DU DRAC

Des volumes d'eau considérables transitent dans les formations alluviales à quelques mètres de profondeur. Leur renouvellement permanent, leur qualité (très bonne filtration et épuration), permettent une utilisation intensive de ces nappes en vue de satisfaire les besoins de la consommation humaine et industrielle. Nous présenterons successivement la nappe du Grésivaudan, celle de la plaine au Sud de Grenoble et celle de la Cluse enfin, qui est la réunion des écoulements des deux nappes précédentes.

3.1. La nappe du Grésivaudan

L'hydrogéologie du Grésivaudan est bien connue à la suite des travaux de J.-C. Fourneaux (1968, 1975) et de B. Couturier (1974).

A - L'aquifère

Les alluvions grossières de l'Isère, souvent recouvertes par une couche plus ou moins épaisse de limons, constituent un aquifère très important. Elles correspondent à d'anciens lits mineurs de l'Isère dont les divagations réitérées ont finalement couvert toute l'étendue de la plaine. La puissance de l'aquifère décroît de l'amont vers l'aval : maximum d'environ 30 m dans le moyen Grésivaudan et de 20 m dans le bas Grésivaudan, mais le plus souvent elle atteint ou dépasse 10 m. La perméabilité des formations grossières varie de 10^{-2} à 10^{-4} m/s alors que celle des limons de surface, dont la puissance peut dépasser très localement 30 m, varie de 10^{-5} à 10^{-6} m/s.

B - L'écoulement de la nappe

On distingue deux zones d'écoulement différentes :

- la partie centrale de la vallée où il est grossièrement parallèle à l'axe de celle-ci, quelles que soient les sinuosités de l'Isère,
- les parties latérales où l'écoulement est perpendiculaire ou oblique vers l'aval, ce qui traduit l'existence d'apports en provenance des versants.

D'une façon générale, la profondeur de la nappe se situe entre 1 et 4 m en période de hautes eaux, 3 et 6 m en période de basses eaux, le battement variant suivant les zones de 0,5 à plus de 2 m.

L'étude de B. Couturier (1974) a pu mettre en évidence que les travaux effectués sur le cours de la rivière (coupure de Bois Français, prélèvement de matériaux) avaient, à l'amont de Brignoud, abaissé de façon notable le lit de l'Isère et provoqué ainsi un affaissement concomitant du niveau moyen de la nappe. Les relations d'échange rivière-nappe ont été alors modifiées, l'Isère drainant de façon quasi-permanente sa nappe à l'amont de la rectification.

C - L'utilisation de l'eau

Depuis longtemps, les agglomérations et les industries ont largement utilisé l'eau en provenance du massif de Belledonne (prise directe en rivière ou puits dans les petits cônes de déjection), mais aujourd'hui elles se tournent de plus en plus vers la nappe de la plaine dont le débit exploitable est estimé à 11 m³/s (Fourneaux, 1968). Une fraction seulement de celui-ci est utilisée (2 m³/s environ). Des prélèvements existent ainsi à Crolles, Brignoud, Lancey et sur le Domaine Universitaire de St-Martin-d'Hères (120 à 200 l/s). Là, les eaux sont assez fortement minéralisées (abondance de sulfates et de carbonates, teneur en fer importante), et elles doivent être traitées. Leur qualité bactériologique est très bonne, mais il faut dorénavant envisager très sérieusement la protection de ce capital, sur l'ensemble de la plaine afin de pouvoir répondre à l'accroissement des besoins.

3.2. La nappe du Drac

Elle a été décrite à l'occasion des travaux de B. Lacroix (1971) et P. Talloni (1978) ; elle est particulièrement étudiée à l'amont du Pont-de-Claix (champ de captage de la ville de Grenoble).

A - L'aquifère

Il est formé par les alluvions grossières du Drac (perméabilité 2.10^{-2} à $3,2.10^{-3}$ m/s), dont l'épaisseur varie d'amont en aval (50 à 20 m). Ces alluvions reposent sur les formations sableuses recouvrant les argiles d'Eybens. Dans la zone où ces dépôts sont mitoyens de ceux du Grésivaudan, les formations grossières du Drac sont intriquées avec des passées limoneuses (dépôts de débordement de l'Isère), et en surface s'observent des niveaux argileux et tourbeux. (la zone d'influence des dépôts de l'Isère est limitée schématiquement au N-E de la route Grenoble-Eybens).

B - L'écoulement de la nappe

A l'aval du barrage de Notre-Dame-de-Commiers, une fraction importante de la nappe des alluvions du Drac transite par la trouée de Reymure (ancien lit fossile du Drac), alors que l'autre s'écoule, en suivant le lit de la rivière, par le Saut du Moine. Au débouché de la trouée de Reymure, l'écoulement de la nappe se dirige vers le Nord et la surface piézométrique se raccorde aux eaux du Drac. Les dépressions localisées du toit de la nappe sont liées dans ce secteur aux captages de la ville de Grenoble ; celles qu'on observe à l'amont du Saut du Moine, proviennent de nombreux puits industriels implantés sur les deux rives.

La nappe transite ensuite en direction du Pont de Claix et de Grenoble. L'écoulement, renforcé par des infiltrations par le lit du Drac et sa rive droite, se fait parallèlement au cours de la rivière. La profondeur de la nappe en allant vers le Nord diminue assez régulièrement (5 à 10 m vers Echirolles, 1 à 5 m au Nord de l'U2 à l'ouest de la route d'Eybens, inférieure à 1 m à l'est).

A la hauteur de la ville, c'est l'Isère qui constitue, par sa disposition transversale, le niveau de base auquel doivent aboutir les filets d'écoulement superficiels. Mais le schéma est en fait plus complexe dans le détail, le sous-sol urbain étant affecté par de nombreuses anomalies artificielles. Par exemple, lors du creusement d'un grand collecteur sous la berge gauche de l'Isère, on s'est aperçu que les anciennes fortifications rasées (à l'emplacement du Bd E. Rey) jouaient le rôle de drain pour la tranche supérieure de la nappe.

C - L'utilisation de l'eau

La nappe est très sollicitée, mais les débits exploitables estimés à 4-5 m³/s sont encore suffisants. A l'amont, dans le secteur industriel de Jarrie, on exploite

(PUCK, Papeteries Navarre) par un grand nombre de puits, environ 35 M m³/an. Dans la plaine de Reymure, la ville de Grenoble extrait environ 27 M m³/an ; puis du Pont-de-Claix au confluent Isère-Drac de grosses industries (Allibert, Caterpillar, C.E.N.G., Eurotungstène, Neyrpic, RPT...) pompent 30 M m³/an, soit au total plus de 90 M m³/an (près de 3 m³/s).

La qualité des eaux de la ville de Grenoble ne pose aujourd'hui pas de problème (définition stricte de périmètres de protection), mais la concentration de l'industrie chimique de Jarrie au Pont-de-Claix et l'urbanisation très dense à l'aval des captages sont des sources assez importantes de pollution. Malgré des progrès notables de la part de certains industriels, il reste beaucoup à faire (Guilloteau-Raveau, 1980).

3.3. La nappe de la Cluse

Nous nous référons pour ce paragraphe, au travail de H. Margalhan-Ferrat (1975).

A - L'aquifère

Cet aquifère, situé dans le prolongement direct de ceux du Grésivaudan et du Drac, montre une coupe lithologique qui le rapproche du premier cité. La perméabilité y semble toutefois plus faible ($5 \cdot 10^{-3}$ à 10^{-5} m/s). Quant à sa puissance, elle se montre assez variable (5 à 30 m) les argiles ayant été creusées de chenaux plus ou moins profonds et l'épaisseur des sols fins de surface étant aussi assez fluctuante.

B - L'écoulement de la nappe

Les relations d'échange nappe-rivière sont variables dans le temps : en hautes eaux de la nappe, l'Isère joue le rôle de drain, en basses eaux au contraire, elle alimente sa nappe. Des apports latéraux se manifestent, plus importants côté Chartrreuse que côté Vercors.

Les conditions de l'écoulement seraient évidemment modifiées par les aménagements hydroélectriques (basses chutes) prévues pour un avenir qui semble relativement proche.

C - L'utilisation de l'eau

La qualité de la nappe, où se mêlent les eaux provenant des deux nappes précédentes, souffre inévitablement de l'existence, à l'amont immédiat, d'une concentration humaine de plusieurs centaines de milliers d'habitants et de nombreux établissements industriels. Mais il semble que les eaux exploitées par la ville de Grenoble au Sud de St Egrève soient exemptes de toute pollution bactérienne ou chimique (puits de l'île Brune).

Sur le plan strict du débit, on estime à 8 m³/s les possibilités d'exploitation ; elles sont aujourd'hui faiblement sollicitées (puits de Veurey et Voreppe).

4 - LA VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES

4.1. Objectifs

L'exploitation des aquifères sera de plus en plus intensive dans les années à venir, de nouvelles industries se créant, accompagnées d'une urbanisation accrue ; corrélativement, le nombre, l'importance et la dispersion des sources de pollution augmenteront.

La détermination, par zones, du degré de sensibilité de la nappe à une pollution émise en surface, est un moyen d'alerter les responsables d'aménagements, afin qu'ils prévoient les dispositifs protectifs nécessaires.

4.2. Principes de la cartographie

L'existence ou l'absence en surface de sols relativement étanches est le critère qui permet d'apprécier le risque d'une pollution de l'aquifère par infiltration verticale. Plus les sols fins superficiels, peu ou très peu perméables, sont épais et mieux il est préservé.

La carte de zonage géotechnique des formations de la plaine trouve donc ici une nouvelle application. Elle nous indique, en effet, l'épaisseur de ces sols fins, par référence à laquelle sont définies les classes suivantes :

- classe 1 : inférieure à 1 m,
- classe 2 : comprise entre 1 et 3 m,
- classe 3 : comprise entre 3 et 6 m,
- classe 4 : comprise entre 6 et 10 m,
- classe 5 : comprise entre 10 et 15 m,
- classe 6 : supérieure à 15 m.

Il est alors aisé de relier à ces classes les zones de vulnérabilité :

- grande vulnérabilité : classe 1,
- vulnérabilité moyenne : classe 2,
- faible vulnérabilité : classes 3 et 4,
- très faible vulnérabilité : classes 5 et 6.

Il faut ajouter que la carte de zonage géotechnique apporte aussi une indication sur l'existence de ces mêmes niveaux quand ils apparaissent uniquement au-delà de la profondeur de 1 m (ou 3 m, ou 6 m suivant le cas). Des sols fins apparaissant à faible profondeur peuvent tout aussi bien constituer une protection efficace de l'aquifère. Ce cas se produit dans la plaine de Reymure au sud des captages de la ville de Grenoble où l'épaisseur des sols fins de surface étant inférieure à 1 m, la vulnérabilité devrait être présumée grande, alors que ce secteur est à placer en domaine de faible vulnérabilité, les sols fins, qui n'affleurent pas mais existent à faible profondeur, atteignant parfois l'épaisseur de 6 m. Bien évidemment la carte à elle seule ne peut apporter cette précision, il faut dans ce cas se reporter aux coupes des sondages.

Rappelons une fois encore qu'il ne s'agit ici que du cas de pollutions qui se propageraient verticalement à partir de la surface, alors que celles qui seraient déjà acquises à l'amont hydraulique poseraient d'autres problèmes.

4.3. Vulnérabilité par secteurs

A - La cluse de l'Isère

Des surfaces assez importantes appartiennent au domaine de grande vulnérabilité : du C.E.N.G. à Sassenage ; rive gauche vers Noyarey ; rive droite, en bordure du cône de St-Egrève et du Cornillon au Pit. Il faut y ajouter l'étendue des cônes de déjection, où des pollutions se propageraient très rapidement.

Les zones les mieux protégées se situent au Nord de Fontaine et de part et d'autre de Sassenage.

B - Grenoble et le Sud de l'agglomération

La nappe du Drac apparaît partout très vulnérable, hormis les secteurs nord-orientaux, où les dépôts fins de l'Isère la surmontent et un secteur occidental (rive gauche du Drac, à l'aval de Seyssins).

C - Le Grésivaudan

A l'amont, les zones les moins vulnérables, se situent essentiellement en rive droite, où l'accumulation de sols fins a été plus importante : au Sud du Touvet, près de la Frette, et de Lumbin à Bernin.

A l'aval, elles correspondent à un secteur qui s'étend, en rive droite de la boucle de Bois-Français à la Tronche, puis déborde en rive gauche à l'amont de la boucle de la Taillat. On peut également citer le secteur de St-Martin-d'Hères, et des zones plus restreintes au Nord du Versoud et en bordure du cône de déjection du Domeynon.

SOUS-CHAPITRE IV : RESSOURCES EN MATERIAUX

1 - INTRODUCTION

2 - LES EMPRUNTS EXISTANTS

3 - PERSPECTIVES D'AVENIR

4 - CONCLUSION

1 - INTRODUCTION

Même si l'activité dans le domaine du bâtiment et des travaux publics s'est ralentie depuis quelques années, les besoins en matériaux de carrière demeurent importants. Les prélèvements de matériaux dans le lit de l'Isère et du Drac, qui ont longtemps répondu à une part importante de la demande, sont aujourd'hui totalement interdits, si bien qu'il faut se tourner vers d'autres réserves : celles de la plaine ou du plateau de Champagnier.

L'ouverture de nouvelles carrières demande, depuis le dernier décret réglementant ce type d'exploitation (décret n° 79.11.08 du 20 décembre 1979, J.O. du 22.12.79), des études approfondies de l'impact sur l'environnement, et un schéma de remise en état du site. Dans un milieu périurbain, toute nouvelle implantation soulève alors de nombreux problèmes.

A l'heure actuelle, une part importante des granulats provient de la région de la Bièvre et de celle de Pontcharra, mais le coût des transports grève fortement leur prix. D'autres proviennent de réserves réalisées il y a quelques années, lors de travaux dans le lit du Drac (réemploi notamment pour la liaison autoroutière au Sud de Grenoble), ou celui de l'Isère (stocks utilisés par certains entrepreneurs de la Cluse). Enfin, le Grésivaudan, qui a fourni de très grosses quantités de matériaux pour la construction de l'autoroute A 41, est toujours mis à contribution.

Le problème de l'approvisionnement reste essentiel pour le développement de la région grenobloise. Nous allons donc présenter un inventaire précis des ressources locales en granulats alluvionnaires, après avoir fourni quelques données concernant les carrières de roches massives encore en activité.

2 - LES EMPRUNTS EXISTANTS

Nous distinguerons l'exploitation des roches massives et celle des alluvions. Pour être complet, nous ferons mention d'une autre ressource, locale et de faible importance : celle qui provient de la correction de certains torrents. En effet, ceux dont l'impétuosité a été réduite par la construction de digues et de seuils voient les rete-

nues ainsi créées rapidement colmatées, ce qui autorise l'extraction de petites quantités de matériaux (Le Manival).

2.1. Les roches massives

Les carrières en activité se situent exclusivement dans la cluse de l'Isère. Les matériaux extraits servent à la fabrication de ciment (ciments Vicat) et de chaux, ou sont utilisés en enrochements.

A - Le ciment

Trois carrières sont en activité. L'usine de St-Egrève produit 350 000 t/an de ciment (chiffres fournis par le Service des Mines) à partir des 300 000 t de matériaux extraits dans les carrières de Sassenage. Celle de Voreppe, produit 250 000 t/an de ciment avec les matériaux en provenance de la carrière du Chevalon (200 000 t). Pour mémoire, nous citerons les carrières souterraines de St Martin-le-Vinoux dont l'activité est, comparativement, beaucoup plus réduite.

B - La chaux et la poudre de calcaire

Les carrières de Sassenage (aujourd'hui à ciel ouvert) produisent en moyenne 50 000 t/an de chaux vive et 120 000 t/an de CaCO_3 en poudre (chiffres de l'entreprise Balthazar et Cotte).

C - Les enrochements

Les mêmes carrières (Balthazar et Cotte) fournissent de 40 000 à 50 000 t/an d'enrochements, mais celles des ciments Vicat, seulement de très faibles quantités. La carrière du Bec de l'Echillon (Entreprise Pascal) a une activité pratiquement nulle depuis quelques années : elle a toutefois fourni une part importante des enrochements de l'autoroute A 48 et reprendra sans doute son activité à l'occasion des aménagements E.D.F. prévus sur le cours de l'Isère.

2.2. Les alluvions

Les emprunts sont limités au Grésivaudan, dans lequel, depuis le décret de 1979, aucune autorisation nouvelle n'a été délivrée ; seule une demande d'extension a abouti.

Le matériau est exploité actuellement dans des gravières en bordure même de l'Isère ou dans la plaine alluviale. La profondeur d'exploitation est généralement limitée à 10 mètres.

Le produit extrait peut être utilisé tel quel (remblais) ou subir une élaboration (criblage, concassage) qui permet son emploi pour le béton, les chaussées...

Nous localiserons les différentes exploitations en partant de la partie aval du Grésivaudan. Elles se situent (fig. 1.9) :

- au Moiron (n° 1), à la limite des communes de Meylan et de Montbonnot-St-Martin, en rive droite de l'Isère. On y extrait par dragage, en moyenne 45 000 m³/an de grave propre (chiffres fournis par la S.A.D.I.),
- aux Iles et à Bougie (2 et 2'), en rive droite de l'Isère, où la production est en moyenne de 60 000 m³/an,
- en rive gauche de l'Isère, au droit de la précédente (n° 3), la production y est inférieure à 5 000 m³/an,
- dans la boucle de Bois Français (n° 4), exploitation réservée aux besoins de l'administration et des collectivités locales,
- près de l'aire de repos de St Nazaire-les-Eymes (n° 5),
- à Bois-Claret, entre l'Isère et l'autoroute A 41 (n° 6), production de 30 000 m³/an,
- en bordure de l'Isère sur la commune de La Pierre (n° 7), cette exploitation importante a une production variable : de 50 000 à 135 000 t/an.

La production globale varie donc de 200 000 à 300 000 m³/an alors que les besoins sont estimés entre 600 000 et 700 000 m³/an (ils étaient au moment des Jeux Olympiques d'environ 2 millions m³/an).

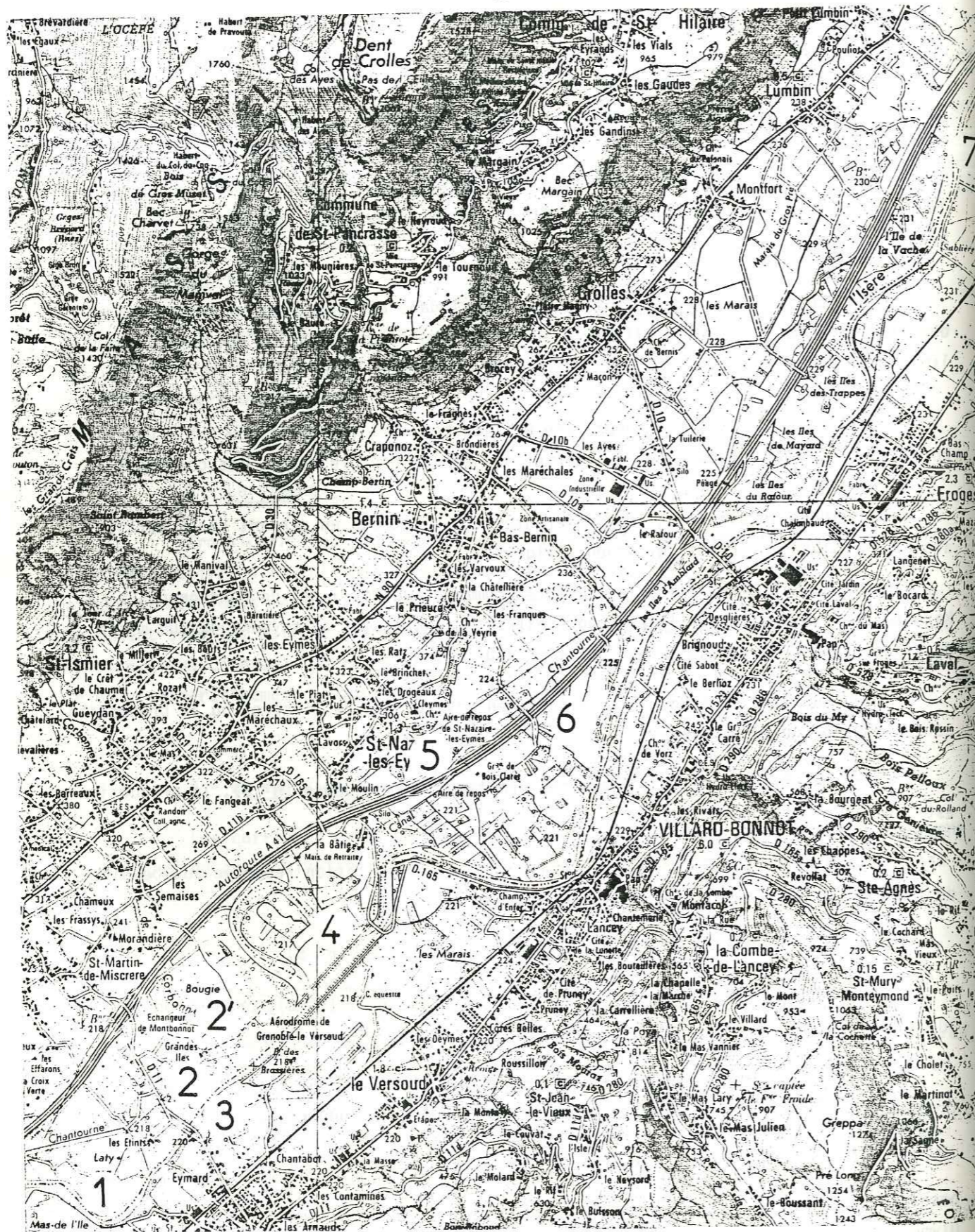


Figure 9: Localisation des gravières en activité
(les numéros renvoient au texte).

3 - PERSPECTIVES D'AVENIR

Nous n'envisagerons pas ici le cas des roches massives. En effet, la situation actuelle n'est préoccupante qu'en ce qui concerne les matériaux alluvionnaires. La rareté des produits, l'éloignement des lieux de production concourent à livrer sur le marché un produit cher, ce qui retentit sur le coût de la construction et sur celui des travaux publics.

Pour essayer de trouver des solutions, la commission départementale des carrières (créée par le décret de 1979) a commencé à élaborer un Schéma coordonné départemental qui doit définir les possibilités d'exploitation ; sur le plan local, où un schéma devra également être défini, l'Agence d'Urbanisme partant d'hypothèses de croissance assez réduites, évalue déjà les besoins pour la période 1980-2000 à 26,5 M m³. Les exploitations citées précédemment ne pourront bien sûr fournir une telle masse de matériaux. De plus, les contraintes d'exploitation dans la plaine rendent délicate l'ouverture de nouvelles carrières. Se posent en effet des problèmes assez divers : protection des nappes, réaménagement des sites, intégration dans les P.O.S. (Plans d'Occupation des Sols). Il faudra donc trouver des zones de production complétant celle de la plaine.

3.1. Exploitation dans la plaine

La carte de zonage géotechnique nous permet de définir les zones les plus favorables à une exploitation. Mais on doit tenir compte, outre les critères géologiques, du fait que certaines d'entre elles, auxquelles le S.D.A.U. ou un P.O.S. confèrent déjà une autre vocation, sont dès à présent inutilisables.

A - Interprétation de la carte

Les facteurs géologiques qui vont intervenir sont :

- la nature du matériau et sa puissance,
- l'importance de la découverte,
- la position de la nappe phréatique.

Cette dernière donnée n'étant pas toujours connue, seuls les trois éléments précédents ont servi à déterminer les caractéristiques des gisements particulièrement intéressants.

La carte nous indique l'épaisseur de la découverte :

- la classe I (épaisseur des sols fins inférieure à 1 m) est une zone où la découverte est très faible, voire nulle,
- la classe II (entre 1 et 3 m de sols fins) correspond à une découverte moyenne,
- la classe III (entre 3 et 6 m de sols fins) à une découverte importante,
- les classes IV, V et VI, à une découverte rédhitoire.

Sous la découverte, l'épaisseur de la grave exploitable peut être estimée par référence à la profondeur où l'on rencontre les sols fins sous-jacents. En effet, les secteurs caractérisés sur la carte, par la lettre a, sont ceux où des niveaux argileux ou tourbeux sont présents avant la profondeur de 10 m, et les secteurs caractérisés par la lettre b, ceux où ces niveaux sont présents après cette profondeur. Dans ces conditions, la prospection doit se tourner vers les zones d'indice b, ce qui assure que l'on pourra développer l'exploitation sur une hauteur approchant la limite de 10 m, habituellement admise dans ce type de carrière, ou mieux encore vers les zones où l'on signale l'absence de ces niveaux.

Nous pouvons ainsi établir une correspondance entre les classes définies sur la carte et des zones plus ou moins intéressantes pour la production de matériaux propres. Nous définirons ainsi :

- les zones défavorables (découverte supérieure à 6 m ou niveaux argileux proches de la surface),
- les zones à forte découverte (comprise entre 3 et 6 m, sans niveaux argileux avant 10 m),
- les zones favorables (découverte comprise entre 1 et 3 m, sans niveaux argileux avant 10 m),
- les zones très favorables (découverte inférieure à 1 m, sans niveaux argileux avant 10 m).

Le tableau 1.6 établit la correspondance avec les classes de zonage.

B - Définition des zones exploitables

De très nombreuses zones sont aujourd'hui impropres à toute exploitation soit par suite de leur urbanisation (ce qui fait écarter d'emblée Grenoble et sa banlieue), soit parce qu'elles appartiennent aux périmètres de protection des captages (Roche fort).

Classe tirée de la carte de zonage géotechnique	Exploitation de matériaux sablo-graveleux propres
I	très favorable +++
I a	défavorable -
I b	très favorable +++
I a b	défavorable -
II	favorable ++
II a	défavorable -
II b	favorable ++
II a b	défavorable -
III	forte découverte +
III a	défavorable -
III b	forte découverte +
III a b	défavorable -
IV	défavorable -
IV b	défavorable -
V	défavorable -
V b	défavorable -
VI	défavorable -

Tableau 1.6 : Correspondance entre les classes du zonage géotechnique et les zones où des gravières sont exploitables.

On doit alors se tourner vers d'autres zones du Grésivaudan et de la cluse de l'Isère. Dans celle-ci, il n'est pas prévu l'ouverture d'exploitations (d'après une étude de l'A.U.R.G.) et des réglementations nouvelles verront sans doute le jour lors de la réalisation des trois aménagements hydroélectriques par E.D.F.. Ceux-ci apporteront toutefois et pour le moins deux millions de mètres cubes de matériaux.

Dans le Grésivaudan, les zones les plus favorables sont étendues de part et d'autre de l'Isère ; de l'aval vers l'amont il s'agit de :

- la rive droite, du Sud de Charlaix à Bois-Français,
- la rive gauche, à l'aval de Lancey (des Marais à l'île de la Batie),
- la rive droite, du Bois Claret aux Iles d'Amblard,
- la rive gauche, entre Froges et La Pierre,
- les deux rives, de Tencin au Touvet.

Plusieurs de ces zones ont déjà été exploitées lors de la construction de l'autoroute A 41, et les carrières ensuite réaménagées en plans d'eau. Il n'est pas possible de continuer à exploiter la plaine alluviale de façon aussi dispersée, c'est pourquoi on s'orientera peut-être vers une concentration sur un seul secteur de la plaine, ou alors vers la solution que nous abordons maintenant.

3.2. Le plateau de Champagnier

Cette masse d'alluvions fluvioglaciaires sablo-graveleuses a été autrefois exploitée : à Eybens (où une des carrières a été réaménagée), sur le flanc nord de la Grande Combe, et en bordure du Bois de Marcelline (Pont de Claix) carrière utilisée aujourd'hui comme décharge.

Voici quelques années, un projet d'exploitation du plateau de Champagnier, entre la combe de la Gouderie et la Grande Combe, avait provoqué l'hostilité de la population. Aujourd'hui un projet plus restreint voit le jour (12 à 14 M m³ au lieu de 30 M m³), il nécessiterait la déviation du CD 64, qui produirait à elle seule 6 millions de mètres cubes.

L'enquête d'utilité publique (mai 1981) permettra ou non de faire aboutir le projet. En tout état de cause, cette solution serait, sur le plan économique et sur celui de la qualité des matériaux, une réponse adaptée à ce problème d'approvisionnement dont nous venons de voir les difficultés.

4 - CONCLUSION

Deux secteurs géographiques se prêtent à l'extraction de matériaux : le Grésivaudan et la plateau de Champagnier.

Dans le Grésivaudan, la détermination des sites les plus favorables à des extractions peut être mieux précisée si l'on utilise la banque de données informatisées, ce qui permettra de définir plus exactement la géométrie des gisements et d'orienter d'éventuelles reconnaissances. De nombreux problèmes d'exploitation subsistent toutefois. En ce qui concerne le plateau de Champagnier, les problèmes, hormis ceux qui relèvent de l'impact sur le voisinage, seront réduits : faible découverte, importante épaisseur de grave, nappe aquifère profonde. En définitive, les choix seront faits dans le cadre de la Commission des carrières, après concertations au plan régional.

CHAPITRE IV

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

DES TERRAINS

- 1 - INTRODUCTION
- 2 - LES FORMATIONS DE COUVERTURE
- 3 - LES FORMATIONS DU SUBSTRATUM
- 4 - FICHES GEOTECHNIQUES

1 - INTRODUCTION

Les caractéristiques géotechniques des sols et des roches conditionnent leur utilisation dans les travaux de génie civil. C'est pourquoi nous résumerons dans une fiche signalétique les principales caractéristiques de chacune des formations décrites dans le chapitre précédent. En ce qui concerne les formations meubles, nous nous efforcerons de les situer dans la classification du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C.), qui repose sur l'analyse granulométrique, l'étude des limites d'Atterberg et la détermination de la teneur en matières organiques. Lorsque les données seront suffisantes, nous indiquerons les principales caractéristiques mécaniques déterminées à la suite de la réalisation d'essais in situ (résistance à la pénétration) ou en laboratoire (essai de compression simple, de traction, de cisaillement à la boîte, oedométrique).

Ces fiches rassemblent l'essentiel des données brutes disponibles sur chaque formation. Nous les faisons précéder d'un commentaire destiné à souligner quelques particularités importantes de la répartition des dépôts ou à signaler certaines difficultés ou limitations rencontrées lors de l'utilisation du sol.

2 - LES FORMATIONS DE COUVERTURE

2.1. Les alluvions fluviatiles

A - Les alluvions de l'Isère

La description des terrains est volontairement limitée aux formations suivantes : sols fins, sols grossiers, sablons. Les argiles d'Eybens (lacustres), très rarement concernées par les travaux de génie civil, sont exclues de cette présentation.

L'expression "sols fins" regroupe toutes les formations superficielles fines, généralement liées aux débordements de l'Isère, mais aussi leurs équivalents plus profonds, recouverts de formations grossières. Le terme de limon, souvent employé pour désigner ces formations, ne s'y applique qu'en partie, leur dénomination exacte étant soit limons s.s., soit argiles ou sols organiques à faiblement organiques.

Les formations grossières peuvent affleurer ou être recouvertes de sols fins. On y reconnaît un ensemble graveleux et un autre sableux.

En ce qui concerne la fondation de bâtiments, on cherche souvent à utiliser les sols grossiers, beaucoup plus résistants, ce qui conduit dans de nombreux cas à utiliser des fondations sur pieux. Les terrains fins superficiels peuvent servir d'assise à des bâtiments légers ou à des bâtiments dont les fondations seront calculées de façon à étaler suffisamment les charges transmises pour aboutir à un tassement homogène sur l'ensemble de l'édifice.

L'existence de niveaux fins superficiels ou en profondeur, et d'une géométrie complexe (variations d'épaisseur, niveaux très compressibles passant à des niveaux de meilleure tenue), peut provoquer sous un bâtiment des tassements différentiels très dommageables ; c'est pourquoi les reconnaissances doivent être menées avec beaucoup de soin, notamment dans les zones où l'extension de ces niveaux est signalée (cf. carte de zonage géotechnique).

B - Les alluvions de la plaine de Grenoble

Dans sa partie nord-est, nous retrouvons les dépôts fins de l'Isère décrits ci-dessus. Les niveaux tourbeux plus ou moins puissants qui s'y rencontrent soulèvent des problèmes qui se compliquent par la présence de la nappe à faible profondeur.

Hormis cette zone et la rive gauche du Drac, à l'aval de Seyssins, où existent des formations argileuses assez puissantes, la plaine de Grenoble est formée de l'accumulation de graves propres sur une épaisseur importante. Elles constituent un excellent niveau de fondation.

C - Les argiles du Lavanchon et les alluvions de la plaine de Reymure

Les argiles du Lavanchon forment un épais recouvrement (8 m au Nord, 20 à 30 m au Sud). Les caractéristiques mécaniques couvrent une plage assez large (argiles peu plastiques à très plastiques).

Les alluvions de la plaine de Reymure sont généralement propres mais peuvent être localement argileuses. Elles sont recouvertes de formations superficielles limoneuses ou argileuses peu plastiques.

2.2. Les alluvions glaciaires et fluvioglaciaires

A - Les alluvions glaciaires

Il s'agit d'un ensemble très varié dont les termes couvrent une gamme de sols très large : Gm à Ap. La teneur en argile est très variable mais généralement peu élevée. Des blocs erratiques de taille parfois considérable et de nature pétrographique très variée caractérisent ces formations. Leur présence en profondeur, très difficilement décelable complique parfois beaucoup les travaux de terrassement.

B - Les alluvions fluvioglaciaires

Elles se composent de graves, qui constituent le plateau de Champagnier, et au sein desquelles existent de petites lentilles sableuses ; ou bien de sables ($S_m - S_L$) dans le Grésivaudan (St-Nazaire-les-Eymes, La Pierre). Les caractéristiques des premières et leur situation à proximité de l'agglomération en font un gisement potentiel de matériaux de carrière.

2.3. Les matériaux des cônes de déjection et des nappes d'épandage

Ces matériaux très hétérogènes, présentent un granoclassement longitudinal : à l'amont il s'agit d'éboulis peu remaniés, à l'aval les matériaux sont moins grossiers, parfois même à dominante de fines.

Dans la partie amont, le matériau est très peu évolué, des blocs volumineux ($> 0,5 \text{ m}^3$) se rencontrent assez fréquemment, la matrice est peu abondante. En direction de l'aval, la dimension des éléments diminue et la proportion de matrice augmente. L'élimination par les eaux souterraines de ces particules fines peut provoquer, rappelons-le, des phénomènes de suffosion.

La partie basse des cônes est parfois constituée d'une importante épaisseur de sols fins : plus de 20 m à la Revirée et au Bachais, 4 à 5 m aux Semaises, à Fangeat et St-Mury ; cette disposition se retrouve en bordure du cône de déjection du Carre, au Nord de Lumbin, de celui du Craponoz, au Sud de Crolles, entre Macon, la zone industrielle et les Maréchaux, au Nord-Ouest du cône de déjection de la Vence et en bordure de celui de la Roize, à l'Achard et près de la gare S.N.C.F. de St-Egrève.

La nature pétrographique des constituants diffère sur les deux rives du Grésivaudan. En rive gauche, la composition est variée, avec un lot très important de roches cristallines en provenance du manteau morainique ou du socle de Belledonne. En rive droite, elle est très uniformément calcaire.

2.4. Les éboulis

Ces formations peuvent être plus ou moins évoluées. Les éboulis vifs correspondent à une accumulation actuelle de fragments de roches ou de masses plus volumineuses issus des escarpements. L'épandage gravitaire de ceux-ci sous les reliefs y introduit un classement, inverse de celui des matériaux précédents, la granularité croissant cette fois-ci vers l'aval. Des blocs qui dépassent parfois plusieurs dizaines de mètres cubes, se rencontrent éventuellement de place en place.

Les éboulis stabilisés sont largement répandus. Il s'y amorce des processus d'évolution pédogénétique. Au contraire des éboulis vifs, restés frais, les éléments sont ici plus ou moins altérés et emballés dans une matrice sableuse ou argileuse, cette dernière pouvant même devenir prédominante.

3 - LES FORMATIONS DU SUBSTRATUM

Elles sont très peu étudiées. Nous ne fournissons ici que des indications sur la célérité des ondes sismiques, utilisables pour orienter les études de rippabilité, et pour les calcaires les résultats d'essais mécaniques réalisés sur des échantillons du Séquanien, du Tithonique, du Valanginien, de l'Urgonien et du Sénonien, dont certains sont utilisés comme granulats, enrochements ou pierre à bâtir.

4 - FICHES GEOTECHNIQUES

ALLUVIONS DE L'ISERE - DEPOTS FINS

Désignation géotechnique	Lp, Lt, Ap, At, pouvant être faiblement organiques ; 0, sols organiques
Granulométrie	Étalée à très étalée
- Etalement	77 à 100 %
- Filler	7 à 70 %
- Teneur en argile	
Teneur en eau naturelle	14 à 49 %
Compacité	
- Poids volumique humide (γ_h)	1,72 à 2,1
- Poids volumique sec (γ_d)	1,2 à 1,87
Consistance	
- Limite de liquidité (WL)	30 à 67 %
- Indice de plasticité (Ip)	9 à 35 %
Perméabilité	10^{-5} à 10^{-9} m/s
Résistivité	10 à 200 Ω m
Résistance à la pénétration	0,01 à 1,6 M Pa
Caractéristiques mécaniques (ϕ_u , Cu)	
- Angle de frottement interne (ϕ_u)	0 à 32°
- Cohésion (Cu)	0 à 4.10 ² k Pa
Compressibilité	
- Indice de compression	$0,12 \leq C_c \leq 0,47$
- Coefficient de consolidation	$10^{-5} \leq C_v \leq 1,2 \cdot 10^{-2}$ cm ² /s
- Pression effective verticale de consolidation	$1,2 \cdot 10^2 \leq \sigma'_c \leq 2,7 \cdot 10^2$ k Pa

ALLUVIONS DE L'ISERE - DEPOTS GROSSIERS

	(1) Ech. graveleux	(2) Ech. sableux
Désignation géotechnique	Gb, Gm, GL, Gm-GL Sm, Sm-SL	(1) (2)
Granulométrie	Semi-étalée à étalée	
- Etalement	50 à 92 %	(1)
- > 2 mm	0 à 22 %	(2)
- Filler	0 à 10 %	(1)
	0 à 13 %	(2)
Teneur en eau naturelle	4 à 44 %	
Compacité		
- Poids volumique humide (γ_h)	1,7 à 1,9 g/cm ³	(1)
- Poids volumique sec (γ_d)	1,4 à 1,6 g/cm ³	(1)
Perméabilité	10^{-2} à 10^{-6} m/s	
Résistivité électrique	100 à 2000 Ω .m 60 à 400 Ω .m	(1) (2)
Résistance à la pénétration	1,7 à 20,6 M Pa 3,8 à 27 M Pa	(1) (2)

Les Sablons

Désignation géotechnique	Sm, Sm-SL
Granulométrie	Serrée à semi-étalée
- Etalement	0 à 3 %
- > 2 mm	2 à 13 %
- Filler	# 0 %
- Teneur en argile	
Résistivité électrique	70 à 170 Ω .m
Résistance à la pénétration	1,7 à 8,8 M Pa

LES ALLUVIONS DE LA PLAINE DE GRENOBLE

1°/ Les dépôts fins liés à l'Isère voir fiche correspondante

2°/ Les niveaux tourbeux

Désignation géotechnique	Ot, At
Granulométrie	
- > 2 mm	8 à 29 %
- Filler	63 à 92 %
Teneur en eau naturelle	24 à 70 %
Consistance	
- Limite de liquidité	62 à 65 %
- Indice de plasticité	24 à 41 %

3°/ Les argiles rive gauche du Drac

Désignation géotechnique	Ap, At
Teneur naturelle en eau	20 à 40 %
Consistance	
- Limite de liquidité	32 à 50 %
- Indice de plasticité	21 à 24 %

4°/ Les alluvions récentes du Drac

Désignation géotechnique	Gb, Gm
Granulométrie	
- > 20 mm	0 à 75 %
- > 2 mm	0 à 100 %
- Filler	0 à 11 %
Perméabilité	10^{-2} à 10^{-3} m/s
Résistance à la pénétration	0,6 à 50 M Pa
Caractéristiques mécaniques	
- Angle de frottement interne (ϕ cu)	37°
- Cohésion (C_{cu})	# 0 k Pa

LES ARGILES DU LAVANCHON

Désignation géotechnique	Ap, At
Granulométrie	
- Filler	81 à 99 %
- Teneur en argile	12 à 70 %
Teneur en eau naturelle	14 à 49 %
Compacité	
- Poids volumique humide (γ_h)	1,7 à 2 g/cm ³
- Poids volumique sec (γ_d)	0,9 à 1,5 g/cm ³
Consistance	
- Limite de liquidité	18 à 84 %
- Indice de plasticité	7 à 52 %
Résistivité électrique	10 à 25 $\Omega \cdot m$
Vitesse sismique	900 à 1 600 m/s
Résistance à la pénétration	0,4 à 2,3 M Pa
Caractéristiques mécaniques effectives	
- Angle de frottement interne (ϕ'_{cu})	18 à 23°
- Cohésion (C'_{cu})	0 à $0,2 \cdot 10^2$ k Pa

LES ALLUVIONS DE LA PLAINE DE REYMURE

(1) F. superficielles

(2) Alluvions grossières

Désignation géotechnique	Ap, Lp (1) Gb, Gm, GA (2)
Granulométrie	
- > 20 mm	10 à 48 % (2)
- > 2 mm	0 à 37 % (1)
- Filler	10 à 63 % (2) 54 à 93 % (1) 3 à 16 % (2)
Teneur en eau naturelle (1)	16 à 25 %
Consistance (1)	
- Limite de liquidité	24,5 à 37 %
- Indice de plasticité	6 à 15 %

LES ALLUVIONS GLACIAIRES

Désignation géotechnique	GA, Gm, Gm-GL, Sm, SL, Sm-SL, Ap
Granulométrie	Étalée à très étalée, présence possible de blocs erratiques
- Etalement	0 à 36 %
- > 20 mm	6 à 74 %
- > 2 mm	8 à 76 %
- Filler	3 à 22 %
- Teneur en argile	
Consistance	
- Limite de liquidité	22 à 60 %
- Indice de plasticité	3 à 20 %
Vitesse sismique	600 à 1500 m/s

LES ALLUVIONS FLUVIOGLACIAIRES

Désignation géotechnique	Gb, Gm, Gb-GL, Gb-Gm, Sm, Sm-SL
Granulométrie	Serrée à étalée
- Etalement	0 à 55 %
- > 20 mm	0 à 82 %
- > 2 mm	1 à 15 %
- Filler	< 5 %
- Teneur en argile	
Perméabilité	$2,5 \cdot 10^{-3}$ à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s
Résistivité électrique	400 à 2500 $\Omega \cdot m$

MATERIAUX DES CONES DE DEJECTION ET
DES NAPPES D'EPANDAGE

(1) = Ech. graveleux

(2) = Ech. argileux

Désignation géotechnique	Gb, Gm, GL, Gm-GA	(1)
	Ap	(2)
Granulométrie	Étalée à très étalée	(1)
- Etalement	Étalée	(2)
- > 20 mm	30 à 60 %	(1)
- > 2 mm	70 à 95 %	(1)
- Filler	3 à 25 %	(1)
	84 à 94 %	(2)
- Teneur en argile	30 à 45 %	(2)
Teneur en eau naturelle	6 à 9 %	(1)
	14 à 22,3 %	(2)
Consistance (2)		
- Limite de liquidité	30 à 49 %	
- Limite de plasticité	17 à 23 %	
- Indice de plasticité	12 à 26 %	
Résistivité électrique	400 (1) à 15 (2) $\Omega \cdot m$	
Vitesse sismique	1000 à 1850 m/s	

LES EBOULIS

Désignation géotechnique	GA, GL, Gb-GA, Gb-GL, à la limite parfois des sols fins
Granulométrie	Étalée à très étalée
- Etalement	3 à 46 % (présence possible de très gros blocs)
- > 20 mm	40 à 84 %
- > 2 mm	10 à 54 %
- Filler	5 à 27 %
- Teneur en argile	
Perméabilité	10^{-2} à 10^{-6} m/s

LES CALCAIRES

Vitesse sismique	2 000 à 4 000 m/s
Résistance à la compression simple	- 83 à 163 M Pa (Grand Rochefort) - 71 à 106 M Pa (M ^e d'Uriol) - 110 à 145 M Pa (Seyssinet)
Résistance à la traction	- 5 à 6,7 M Pa (M ^e d'Uriol) - 7,6 à 12 M Pa (Seyssinet)
Module d'élasticité	60 000 à 70 000 M Pa
Coefficient de Poisson	0,25 à 0,32
Gélinivité	faible (Grand Rochefort)

LES MARNO-CALCAIRES

Vitesse sismique	
- tranche altérée	350 à 1 000 m/s
- tranche saine	2 200 à 4 000 m/s (Les Molots)

LES MARNES

Vitesse sismique	
- tranche altérée	200 à 2 150 m/s
- tranche saine	2 150 à 3 000 m/s

DEUXIEME PARTIE

LA BASE DE DONNEES INFORMATISEES

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

L'emploi de l'informatique est apparu nécessaire aux géotechniciens grenoblois lorsque de la documentation commença à être collectée dans le cadre du Laboratoire de Mécanique des Sols de l'Institut de Mécanique de Grenoble (J.-L. Favre, G. Biguenet (1972)). Par la suite, les travaux de troisième cycle de B. Couturier (1974), H. Margalhan-Ferrat (1975) et P. Talloni (1978), accumulèrent de nouvelles informations utilisées par G. Mercieca pour la constitution d'un fichier géologique et géotechnique sur ordinateur (thèse de 3^e cycle, 1977).

La réalisation d'une cartographie géotechnique synthétique nous a tout naturellement conduit à utiliser au maximum cette importante source de documentation. Ceci a tout d'abord entraîné une adaptation de ce fichier informatique au nouvel ordinateur de l'Institut de Mécanique de Grenoble. Par la suite, la volonté de mettre à la disposition de professionnels du Génie civil ou de chercheurs un outil aussi bien adapté que possible à leurs besoins, nous a amené à modifier certains programmes et à en concevoir d'autres. Enfin, pour prolonger l'utilisation à des fins de cartographie synthétique, il a fallu également mettre au point des programmes spécifiques.

C H A P I T R E I

C O N C E P T I O N E T S U P P O R T

- 1 - QUELQUES DÉFINITIONS
- 2 - LES DONNÉES
- 3 - LA CONCEPTION ET LES CARACTÉRISTIQUES DES FICHIERS
- 4 - LES POSSIBILITÉS DE TRAITEMENT
- 5 - SUPPORTS DE LA BANQUE DE DONNÉES

1 - QUELQUES DEFINITIONS

Il s'agit de définir avec précision des notions élémentaires en gestion de données. Les définitions sont extraites du recueil de normes AFNOR.

1.1. Donnée

Fait, notion ou instruction représentés sous une forme conventionnelle convenant à une communication, une interprétation ou un traitement, soit par l'homme, soit par des moyens automatiques.

Exemple : le texte "0,20 m de terre végétale" est une donnée de la coupe lithologique d'un sondage et la valeur numérique d'un angle de frottement interne une donnée extraite d'un essai mécanique.

1.2. Enregistrement

Ensemble de données ou de mots apparentés traité comme un tout.

Exemple : "Terre végétale : 0,2 m ; Argile : 3,2 m ; Gravier : 8,5 m".
Cet enregistrement correspond à la coupe lithologique d'un sondage.

1.3. Fichier

Ensemble d'enregistrements apparentés traité comme un tout.

Exemple : l'ensemble des coupes lithologiques des sondages constitue le fichier appelé LITHOLOGIE. Toutefois, il faut préciser ici que nous parlerons pour cet exemple de fichier de données, par opposition aux fichiers de traitement (programmes).

1.4. Base de données

Ensemble de données, formant tout ou partie d'un autre ensemble de données, et constituée au moins par un fichier, définie pour une application ou un système de traitement de l'information déterminé.

Remarque : nous appellerons banque de données l'ensemble des données géotechniques recueillies, organisées en un certain nombre de fichiers constituant la base de données, auquel nous associons des programmes de traitement.

2 - LES DONNEES

2.1. Rappel

Les données ont été recueillies dans de nombreux dossiers d'étude de la région grenobloise à l'occasion des travaux de 3^e cycle de B. Couturier, H. Margalhan-Ferrat, J.-P. Bozonnet, G. Mercieca et P. Talloni. Elles proviennent surtout des bureaux de sociétés privées mais aussi des archives des services techniques de l'administration.

Il s'y ajoute aussi celles provenant d'essais géophysiques et d'identification réalisés à l'occasion de ces différentes thèses.

2.2. Nature des données

Les données sont des informations géologiques et géotechniques obtenues à partir de sondages réalisés dans le sous-sol de la région grenobloise.

D'un dossier d'étude, divers renseignements sont extraits.

Il s'agira d'abord des renseignements "administratifs" et géographiques particuliers à chaque étude. Dans cette rubrique, nous apprendrons :

- le nom de l'organisme ou de la société qui a commandé l'étude,
- le nom de la société qui a réalisé les reconnaissances,
- l'objet de l'étude (fondation, recherche de matériaux ...),
- la date de réalisation des travaux.

AA	TERRE VEGETALE BICOLORE
AB	TERRE VEGETALE BLEUE-BLEUATRE
AC	TERRE VEGETALE GRIS-BLEU
AF	TERRE VEGETALE GRIS-CLAIR
AG	TERRE VEGETALE GRISE-GRISATRE
AH	TERRE VEGETALE GRIS-FONCE
AJ	TERRE VEGETALE JAUNE-JAUNATRE
AL	TERRE VEGETALE BEIGE
AM	TERRE VEGETALE MARRON-BRUNE-BRUNATRE
AN	TERRE VEGETALE NOIRE-NOIRATRE
AO	TERRE VEGETALE
AR	TERRE VEGETALE ROUGE-ROUGEATRE-ROUSSE

Tableau 2.1 : Exemples de codes lithologiques.

Mois	Code	Mois	Code
Janvier	01	Juillet	07
Février	02	Août	08
Mars	03	Septembre	09
Avril	04	Octobre	10
Mai	05	Novembre	11
Juin	06	Décembre	12
		Inconnu	00

Tableau 2.2 : Le codage des mois (MERCIECA, 1977).

Nom du fichier de décodage	Nature des données
FICHR	Noms des fichiers élémentaires
CRED1	Précisions sur coordonnées Lambert
CRED2	Précisions sur altitude
DATES	Dates des reconnaissances
ØGINE	Origines des dossiers
NATUR	Nature des terrains
TYPSE	Types de sondages
BEDRØ	Présence du substratum
MINER	Compositions minéralogiques
MØDPR	Modes d'échantillonnages
CISAL	Types d'essais de cisaillement
TASSM	Types d'essais de tassement
PRØCT	Types d'essais Proctor
PERM	Types d'essais de perméabilité en laboratoire
PENTR	Types d'essais de pénétration

Tableau 2.3 : Les fichiers de décodage (MERCIECA, 1977).

Il s'agira ensuite des renseignements géologiques et géotechniques apportés par les reconnaissances. Ceux-ci se traduiront par des coupes lithologiques relevées par les sondeurs lors de sondages mécaniques, ou par des coupes lithologiques interprétées d'après des mesures géophysiques et éventuellement par les résultats d'essais d'identification des matériaux.

2.3. Stockage des données

Le stockage des données se trouverait très vite limité pour des raisons de place disponible si l'on conservait les données telles quelles. La solution consiste à utiliser des codes faisant correspondre par exemple à une description lithologique (information sémantique) un signe, une lettre, un chiffre ou une combinaison de ces éléments.

Le parti choisi par G. Mercieca fut "de coder la plupart des données sémantiques et quelques données numériques, soit sous forme alphabétique, soit sous forme numérique". Les codes des descriptions lithologiques, au nombre de 514 utilisent deux lettres (Tableau 2.1). Le codage du mois de l'année auquel la reconnaissance a été effectuée s'opère par l'utilisation de deux chiffres (Tableau 2.2).

3 - LA CONCEPTION ET LES CARACTERISTIQUES DE FICHIERS

3.1. Conception des fichiers

Nous venons de rappeler rapidement l'ensemble des renseignements qu'il est possible de rassembler à l'occasion d'un sondage. On pouvait envisager de réaliser des enregistrements regroupant la totalité de ces éléments. Cette solution n'a pourtant pas été retenue par G. Mercieca ; pour comprendre la raison du choix auquel il s'est rallié, il est nécessaire de montrer d'abord sommairement quels sont la structure d'un enregistrement et son mode de stockage.

a) L'enregistrement

Il se compose d'un ensemble de données, par exemple celui d'un sondage pouvant se décomposer en plusieurs rubriques traduisant :

- la localisation
- les caractéristiques administratives
- la coupe lithologique
- les résultats d'essais d'identification
- les résultats d'essais mécaniques.

Chacune de ces rubriques regroupant plusieurs données juxtaposées pourrait être l'objet d'un enregistrement, de même que chaque combinaison de plusieurs d'entre elles.

b) Le stockage des enregistrements

De même que chaque donnée élémentaire est exprimée sous une forme fixe, les données regroupées dans un enregistrement doivent y être énumérées dans un ordre convenu et invariable qui conditionne, ainsi que le volume de chaque donnée, le volume global de l'enregistrement.

L'inconvénient de cette normalisation du cadre de l'enregistrement est que, si certaines données n'ont pas été recueillies, les espaces réservés à celles-ci resteront vides, sans que le volume de l'enregistrement s'en trouve réduit, d'où un gaspillage de la place disponible pour le stockage.

Ainsi, parmi les données recueillies pour tout sondage, les indications géographiques administratives et lithologiques sont toujours présentes, alors que les résultats d'identification ou d'essais mécaniques sont relativement rares. On serait mal avisé dans ce cas de vouloir systématiquement faire figurer ces dernières rubriques à la suite des précédentes, ce qui conduirait à des enregistrements volumineux mais comportant, la plupart du temps, de nombreuses cases inoccupées.

A un enregistrement unique et rigide par sondage, G. Mercieca a donc préféré substituer une série d'enregistrements partiels, chacun d'eux étant réservé à un ensemble de données de même nature, comme Situation, Lithologie, Identification ou Propriétés mécaniques. L'ensemble de l'information relative à chaque sondage étant répartie dans une série d'enregistrements indépendants, ces derniers sont alors individuellement regroupés avec leurs homologues provenant d'autres sondages au sein de quatre fichiers spécialisés qui portent les noms correspondants : SITUATION, LITHOLOGIE, IDENTIFICATION, PROPRIETES MECANIKES.

3.2. Caractéristiques des fichiersA - Le fichier SITUATION

Onze rubriques permettent de caractériser un sondage et d'en retenir toutes les caractéristiques géographiques et administratives. Nous y trouvons dans l'ordre :

- a. Le numéro du fichier : il indique que les données qui suivent sont à rattacher au fichier SITUATION.
- b. Le numéro de sondage : il traduit l'identité du sondage et sert de lien pour retrouver, dans les autres fichiers, les données relatives au même sondage.
- c. La localisation géographique : les coordonnées Lambert zone III servent de référence.
- d. La précision sur la localisation géographique : elle est appréciée lors du dépouillement des dossiers.
- e. La cote NGF de l'orifice du sondage.
- f. La précision sur cette cote NGF.
- g. Le nom du chantier et le but des reconnaissances.
- h. La date des reconnaissances.
- i. Le nom de l'organisme détenteur du dossier.
- j. Les références éventuelles du dossier selon la classification utilisée par l'organisme détenteur.
- k. Les numéros des fichiers renfermant d'autres informations sur ce sondage.

B - Le fichier LITHOLOGIE

Un enregistrement contient la coupe lithologique et diverses indications supplémentaires. Nous y trouvons dans l'ordre :

- a. Le numéro du fichier.
- b. Le numéro du sondage.
- c. Une indication précisant si le sondage a nécessité plusieurs enregistrements pour consigner en totalité sa coupe lithologique.
- d. Une indication sur les cotes indiquées.
- e. La profondeur en mètres sous l'orifice du sondage où l'on trouve la base des couches successivement décrites dans l'ordre descendant. Si le nombre de ces couches est supérieur à 10 (sondage très long ou description très détaillée), plusieurs enregistrements seront nécessaires.

f. Les désignations lithologiques : ces indications utilisent le code précédemment cité.

g. La cote du niveau piézométrique lorsqu'elle est mesurée.

h. La précision sur cette cote.

i. La date de la mesure.

j. Le mode d'exécution du sondage (battage, rotation...).

k. Une indication précisant si le substratum a été atteint.

C - Le fichier IDENTIFICATION

Des résultats d'essais parfois effectués à la suite du prélèvement d'échantillons du sondage sont rassemblés dans ce fichier. L'échantillon est localisé dans la coupe par sa cote avec rappel de la désignation lithologique. Des paramètres physiques d'identification (poids volumique du sol sec, densité des grains solides, teneur naturelle en eau), les mesures de granularité, les limites d'Atterberg, la composition minéralogique et l'équivalent sable ont été les caractéristiques retenues.

D - Le fichier PROPRIETES MECANIQUES

Dans un enregistrement sont regroupés, outre la localisation et la désignation de l'échantillon, les indications relatives à d'éventuels essais de cisaillement ou de tassement.

E - Autres fichiers

Trois autres fichiers avaient également été conçus par G. Mercieca, mais leur utilisation n'a pas été poursuivie faute d'informations à y stocker. Il s'agissait :

- d'un fichier "Pénétration", pour consigner les résultats d'essais pénétrométriques,
- d'un fichier "Pressiomètre", pour les mesures pressiométriques,
- d'un fichier "Nappe", pour les mesures piézométriques effectuées à des dates diverses.

Ajoutons que la conception de nouveaux fichiers est toujours possible, souhaitable même, s'ils devaient répondre à des besoins précis. Il serait alors indispensable de se donner les moyens nécessaires à la collecte de nouvelles données.

4 - LES POSSIBILITES DE TRAITEMENT

Pour sa base de données, G. Mercieca a conçu un système de traitement constitué d'un ensemble de programmes permettant soit des recherches sélectives sur les enregistrements des divers fichiers, soit la gestion des données elles-mêmes. Nous allons en rappeler les différentes possibilités.

4.1. L'enregistrement des données

Le programme CONST permet l'enregistrement sur support magnétique (disque lourd) des données déjà stockées sous forme de cartes perforées. Par sa configuration, ce programme ne permettait pas l'introduction de données supplémentaires dans un fichier déjà constitué. Il fallait alors effacer le fichier existant, et le réalimenter au moyen de la totalité des cartes lui correspondant après correction ou complètement de celles-ci.

4.2. Le décodage des données

Nous avons montré la nécessité de coder les informations recueillies pour les conserver sur un espace aussi réduit que possible. Sous cette forme, les enregistrements ne sont pas immédiatement compréhensibles même si l'on connaît bien le système de conventions. Il faut donc pouvoir les traduire en langage clair, c'est-à-dire les décoder. D'où l'existence de fichiers spéciaux qui fournissent une traduction littérale des indications codées.

Ces fichiers sont au nombre de quinze (Tableau 2.3). Le programme LEXIQ, qui leur correspond, assure leur enregistrement, ainsi que leur modification, en cas de besoin.

4.3. Recherche et édition de données

Des critères de recherche (coordonnées géographiques, numéros de sondages) permettent de sélectionner des enregistrements. La présentation des données correspondantes est :

- soit une reproduction en clair sous forme d'un texte imprimé,
- soit une représentation graphique.

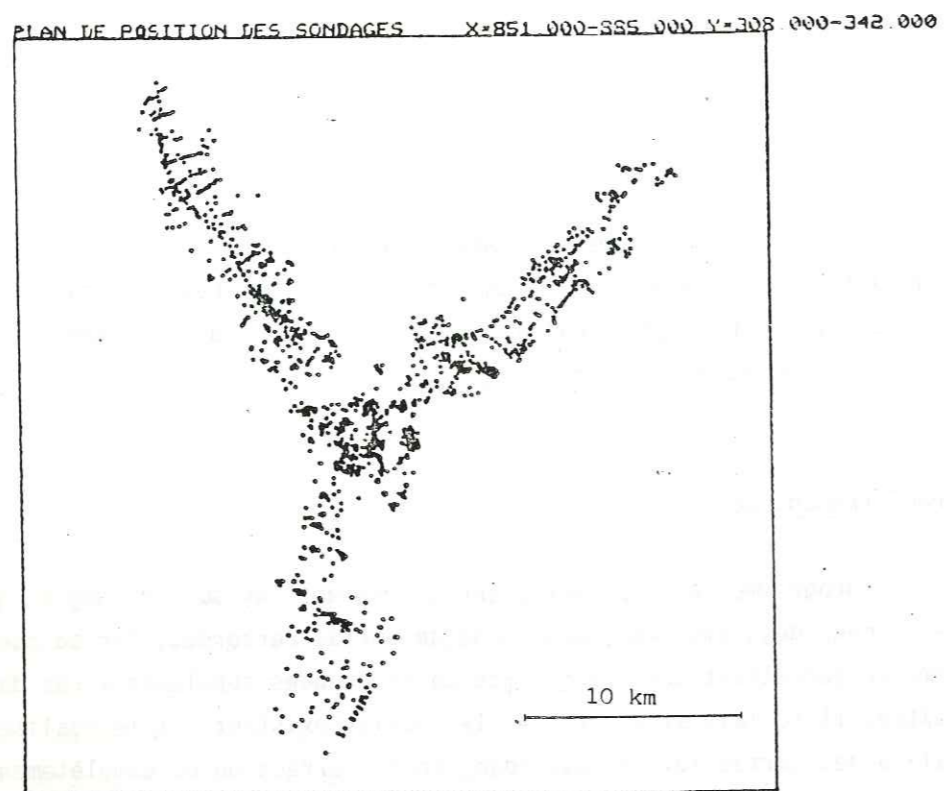


Figure 2.1 : Plan de position des sondages à l'échelle de 1''Y grenoblois.

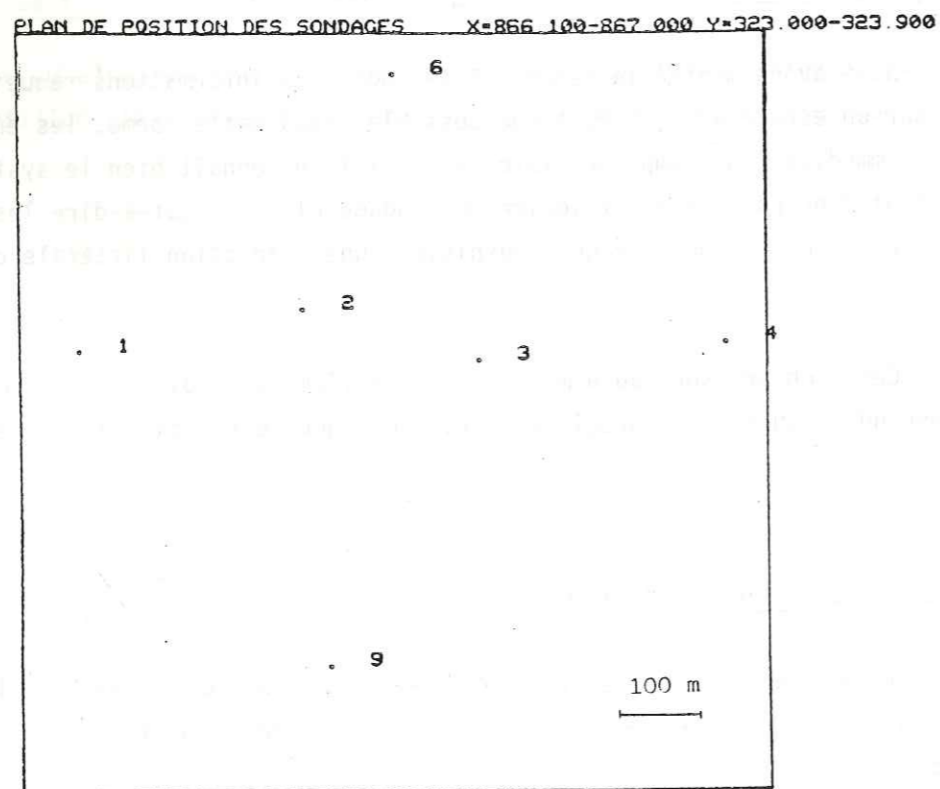


Figure 2.2 : Plan de position des sondages, option sondages numérotés.

A - Les programmes d'éditions à l'imprimante

L'obtention des données se fait en deux phases.

Dans un premier temps, on définit le secteur sur lequel on désire être renseigné. L'emploi du programme IMPR1, dans lequel on introduit les coordonnées (abscisses ou ordonnées) des limites du secteur, fournit une liste des sondages qui s'y rencontrent.

Ensuite, les numéros de ces sondages ayant été introduits dans d'autres programmes (IMPR 2, 3 et 4) on obtient, toujours en clair, la coupe lithologique, les caractéristiques d'identification et éventuellement les résultats d'essais mécaniques, qui concernent chacun d'eux.

Théoriquement, l'ensemble des processus pourrait très bien faire l'objet d'un programme unique (EDITN), mais alors le temps de traitement serait prohibitif, ce qui fait préférer la méthode décrite ci-dessus.

B - Les programmes d'éditions graphiques*

Ils complètent très utilement les possibilités de traitement en visualisant les données répertoriées sous forme de plans, cartes ou coupes. Quatre programmes, comportant chacun plusieurs variantes sont utilisables.

a - Le programme POZON (fig. 2.1 et 2.2)

Il permet de situer les sondages à l'intérieur d'un cadre (tracé ou non) défini par des coordonnées Lambert. Différentes options sont proposées lors de l'exécution du programme :

- une implantation comportant ou non le numéro de chaque sondage représenté,
- une implantation différenciant ou non sa nature (sondage mécanique, géophysique, pénétrométrique) au moyen de figurés.

b - Le programme ISOPA (fig. 2.3)

Conçu dans l'optique de la cartographie géotechnique (aptitude des terrains aux fondations), ce programme inscrit à l'emplacement de chaque sondage une valeur numérique indiquant suivant l'option choisie :

- l'épaisseur des sols fins de surface,
- la cote NGF du toit du niveau grossier le plus proche de la surface.

* Les illustrations ont été réalisées à l'aide de l'ordinateur NORD 10.

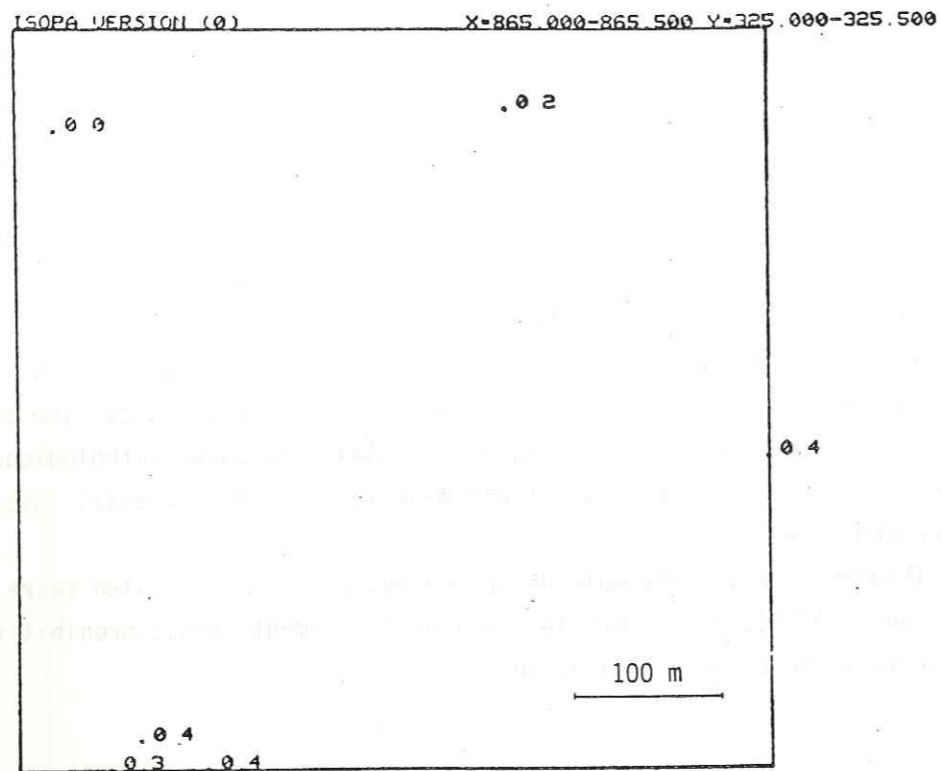
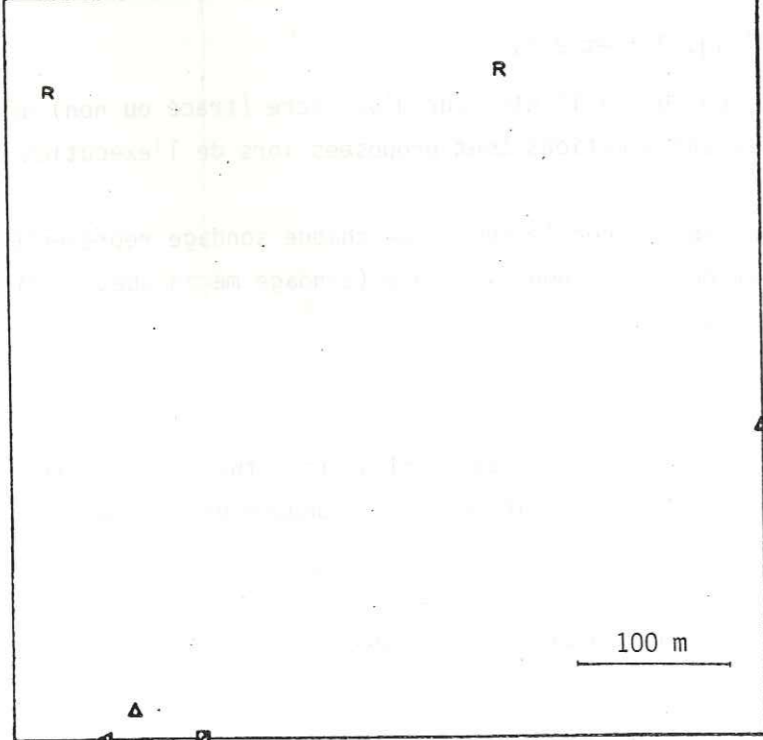


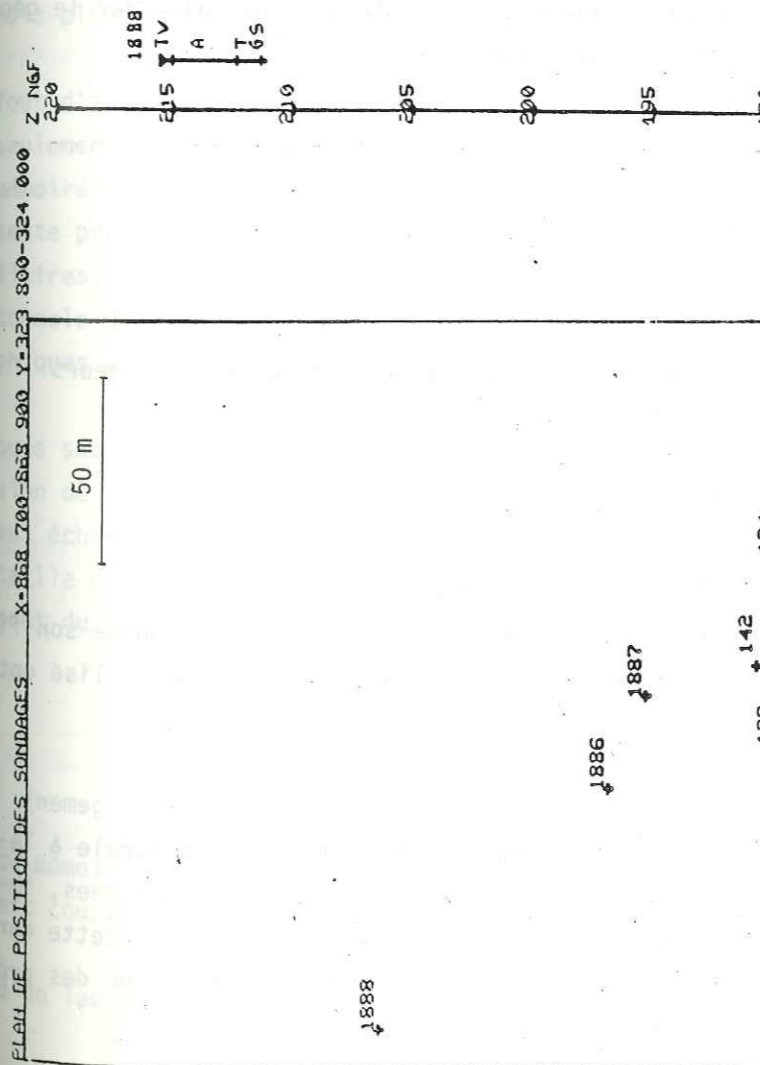
Figure 2.3 : Exemple d'utilisation du programme ISOPA (Indication de l'épaisseur des sols fins de surface).

NATURE TERRAIN DE SUBSURFACE X=865.000-865.500 Y=325.000-325.500

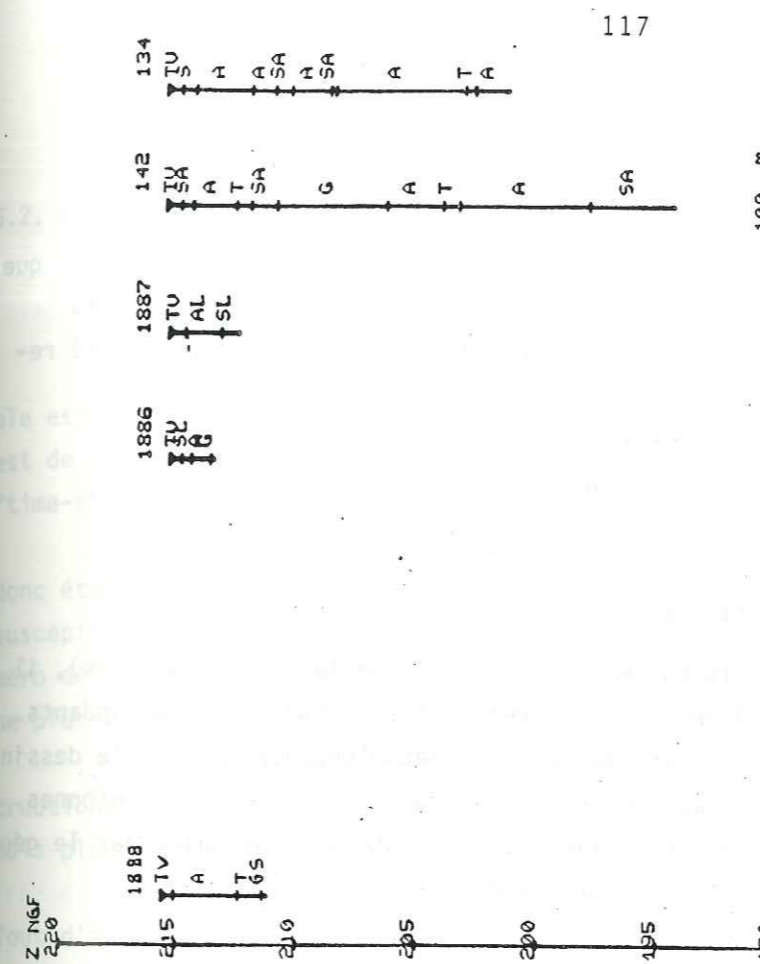


- LEGENDE
- ▽ GRAVIERS PROPRES
 - △ GRAVIERS-GALET-SABLES
 - ▲ GRAVIERS+ARGILE
 - ▼ GRAVIERS+LIMONS
 - ✱ ARGILES-LIMONS ORGANIQUES
 - ⊕ ARGILES
 - ⊗ ARGILES+ELEMENTS DETRITIQUES
 - SABLES PROPRES
 - SABLES+ARGILES
 - ⊞ SABLES+LIMONS
 - ⊟ LIMONS
 - T TOURBE
 - R REMBLAIS
 - AUTRES SIGNES VOIR CODES

Figure 2.4 : Exemple d'utilisation du programme GEOL.



a/ Implantation des sondages.



b/ Implantation des "logs" de sondages.

c/ LEGENDE

- SOLS
- | | | | |
|----|------------------------|----|------------------|
| TU | TERRE VEGETALE | GL | GRAVIERS+ LIMONS |
| A | ARGILE | S | SABLE PROPRE |
| AL | ARGILE-LIMON ORGANIQUE | SA | SABLE+ARGILE |
| AG | ARGILE+ ELEMENTS DET | SL | SABLE + LIMON |
| G | GRAVIERS PROPRES | L | LIMONS |
| GS | GRAVIERS-GALET-SABLES | T | TOURBE |
| GA | GRAVIER+ARGILE | R | REMBLAIS |

Figure 2.5 : Utilisation du programme COUPE.

c - Le programme GEOL (fig. 2.4)

Une représentation de la structure du remblayage alluvial n'est possible que si l'on peut faire apparaître la lithologie à toute profondeur. Ceci est réalisé au moyen du programme GEOL qui transcrit, à l'emplacement de chaque sondage, un figuré représentant cette lithologie selon l'option retenue :

- sous la couche de terre végétale,
- à une profondeur donnée du sondage,
- à une cote NGF donnée.

d - Le programme COUPE (fig. 2.5)

A partir d'un plan de position des sondages (option sondages numérotés), il est possible de se définir le tracé d'une coupe en relevant les numéros correspondants. L'introduction de ces numéros dans le programme COUPE permet d'obtenir non pas le dessin d'une coupe géologique classique, mais la projection sur un plan vertical des colonnes lithologiques des sondages choisis. La coupe elle-même est ensuite construite par le géologue qui interprète et corrèle l'ensemble de ces données.

5 - SUPPORTS DE LA BANQUE DE DONNEES

Il faut distinguer deux étapes liées à l'utilisation de deux ordinateurs différents.

5.1. L'ordinateur IBM 1130

C'est l'appareil dont G. Mercieca s'est servi pour la constitution de son fichier géologique et géotechnique. Ses caractéristiques, ainsi que le langage utilisé ont marqué la conception du fichier.

Le stockage des données se faisait au moyen d'un disque "lourd", largement surdimensionné relativement aux besoins. Celui-ci était relié à une unité centrale à laquelle se rattachaient d'autre part les périphériques : lecteur de cartes perforées, imprimante rapide et table traçante. Les possibilités très étendues offertes par cette dernière (essentiellement liées à la dimension du tambour) ont permis la conception des programmes graphiques dans des conditions très intéressantes.

5.2. L'ordinateur Norsk 10 de NORD DATA

A - Une nécessaire adaptation

Cet ordinateur, mieux adapté aux besoins de l'Institut de Mécanique de Grenoble est venu remplacer le précédent au cours de l'année 1979. L'avantage qu'il apporte est de permettre à plusieurs utilisateurs de travailler simultanément (temps partagé ou "time-sharing").

L'adaptation de la base de données n'a pas paru nécessaire, les données ont donc été directement utilisables. La seule modification, à la vérité peu considérable, susceptible de réduire la taille des enregistrements aurait consisté à supprimer le numéro de code des fichiers. On y a renoncé car cela obligerait à réeffectuer la perforation de plusieurs milliers de fiches.

Quant à l'adaptation du système de gestion, elle était obligatoire, les instructions de contrôle et d'organisation étant différentes ; le langage restait du Fortran, mais plus riche que le précédent.

Deux caractéristiques du nouvel ordinateur ont suscité d'importants problèmes. Tout d'abord nous ne disposions plus de la totalité d'un disque lourd, mais d'une partie seulement (appelée notre espace disque) d'une dimension de 150 K (1 K : unité de taille mémoire). Or, l'ensemble des fichiers de données et des programmes de traitement représente près de 400 K, ce qui montre l'obligation d'utiliser des supports de stockage auxiliaires. Ensuite, aucune table traçante n'est couplée à l'ordinateur ; toutefois, une console de visualisation graphique (Tektronix) a permis l'adaptation des programmes graphiques à cet appareil.

Le problème de langage étant résolu, celui des dimensions des sorties graphiques subsistera toujours. En effet, et ceci constitue une limitation gênante, la dimension de 16 x 16 cm, qui est celle de la sortie graphique, oblige, lorsque l'on travaille aux échelles moyennes (1/10 000 à 1/25 000), à scinder la zone d'étude en éléments de taille compatibles avec celle de l'écran, donc à augmenter et la durée du travail et le coût du traitement.

B - Les composants de l'ordinateur

L'ordinateur se compose d'une unité centrale (où s'effectue tout le travail) de mémoire 64 K, ce qui le classe parmi les ordinateurs de puissance moyenne. Cette unité est couplée à un disque lourd sur lequel un espace disque de 150 K nous a été réservé.

Les périphériques d'entrée se composent d'un lecteur de cartes perforées, d'un lecteur de bandes magnétiques, d'un lecteur de bandes perforées et d'une unité de

"floppy-disc" (disquette souple servant de mémoire auxiliaire, d'une capacité de 148 K).

Les périphériques de sortie comprennent les consoles de visualisation, des téléimprimeurs et la console graphique de visualisation à laquelle est couplée un appareil permettant d'obtenir la reproduction sur papier de l'image visible sur l'écran.

C - Principe de fonctionnement

a - Rangement des fichiers

Les fichiers de données et les programmes de traitement les utilisant (fichiers programmes) sont conservés sur les mémoires physiques de l'ordinateur.

L'espace disque réservé, de taille trop réduite (150 K), nécessite l'utilisation de mémoires auxiliaires, les "floppy-discs". La répartition, entre ces mémoires, des fichiers de données et de programmes, doit permettre d'éviter au maximum les transferts de fichiers. Pour cela, nous avons choisi de conserver sur l'espace disque le fichier SITUATION (113 K), le plus régulièrement utilisé et quelques programmes de traitement. Les "floppy-discs", au nombre de trois, permettent de conserver les autres fichiers et programmes ainsi qu'un double des précédents :

- le "floppy" n° 1 (appelé Banque 01) contient les fichiers SITUATION, IDENTIFICATION, PROPRIETES MECANIQUES,
- le "floppy" n° 2 (appelé Banque 02) renferme le fichier LITHOLOGIE et les fichiers de décodage,
- le "floppy" n° 3 (appelé Banque 03) consigne tous les programmes de traitement.

b - Procédures d'utilisation de la Banque de données

La notice d'utilisation déposée à l'I.R.I.G.M. doit permettre à une personne non initiée d'utiliser sans difficulté le système informatique, nous n'entrerons pas ici dans le détail. Indiquons simplement que les seules procédures auxquelles il soit fait appel consistent à :

- établir des correspondances entre programmes et fichiers de données,
- rechercher les fichiers sur leurs supports (espace disque ou "floppy-disc"),
- lancer l'exécution des programmes de traitement.

C H A P I T R E II

L'UTILISATION DES DONNEES

- 1 - INTRODUCTION
- 2 - LA LOCALISATION DES SONDAGES
- 3 - L'ACCÈS À L'INFORMATION DÉTAILLÉE
- 4 - LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION
- 5 - UTILISATION SPÉCIFIQUE EN VUE DE LA CARTOGRAPHIE GÉOTECHNIQUE

1 - INTRODUCTION

La banque de données pourrait se révéler être un outil précieux pour les géotechniciens professionnels. En effet, dans sa forme actuelle, elle est à même d'apporter au stade de l'étude préliminaire d'un site, une série d'informations dont ne disposeraient sans doute pas les projeteurs.

Par interrogation des fichiers, elle est capable d'indiquer rapidement :

- l'existence ou non d'informations sur le site même et dans un périmètre défini à volonté, sous forme de listes ou de plans,
- le contenu de la documentation (coupes de sondages, résultats d'essais),
- une interprétation des données en termes d'aménagement.

Ce ne sont pas là les seules possibilités offertes. La banque est aussi outil de synthèse géotechnique : elle permet commodément la visualisation et la présentation cartographique des données recueillies. Dans la suite de l'exposé, nous passerons en revue chacun de ces différents points.

2 - LA LOCALISATION DES SONDAGES

2.1. Recherche locale automatique

En réponse à une recherche sur une zone géographique réduite, la localisation des sondages est réalisable soit par l'indication de leurs coordonnées Lambert, soit par figuration sur un plan (fig. 2.2), à l'aide des programmes IMPR 11 et POZON. L'exiguité de la zone d'étude est rendue nécessaire à la fois par les limitations imposées par les temps de traitement (programme IMPR 11) et par les capacités de restitution de la console de visualisation (programme POZON).

Il est pourtant utile de pouvoir offrir une image de l'implantation des sondages sur des secteurs plus importants et même une figuration complète de cette répartition à l'échelle de territoire étudié. A ces fins, nous avons réalisé :

- un document permettant une recherche rapide de l'existence de sondages dans des secteurs géographiques carrés de 500 m de côté.

- un document synthétique à l'échelle de la région, sous la forme d'un plan de position des sondages (1/25 000).

2.2. Recherche locale manuelle

La région étudiée (excluant alors le moyen Grésivaudan) a été découpée en quarante deux secteurs de 5 x 5 km de côté, chacun subdivisé en cent zones de 0,5 x 0,5 km (au total 4 200 zones). Un tableau indique les coordonnées Lambert de chaque secteur (X = 853,00 - 883,00, Y = 307,00 - 342,00). Lorsque l'un d'entre eux répertorie des sondages, un second tableau, précisant les limites de chaque zone fournit le nombre de sondages correspondant à celle-ci (fig. 2.6). En se reportant à un troisième tableau, on aboutit aux numéros d'identification de ces sondages.

Cette façon de procéder permet la recherche manuelle rapide d'informations, et indique de façon globale leur répartition. Elle autorise enfin une réponse précise à tout utilisateur, que l'ordinateur soit accessible ou non, en fonctionnement ou non.

2.3. Le plan de position des sondages

Ce document résume, à une date donnée, l'ensemble de la documentation recueillie. Il n'a pu être réalisé qu'à la suite des opérations suivantes :

- contrôle des informations déjà stockées dans la banque,
- introduction de toutes les données disponibles non encore enregistrées,
- adaptation des programmes au nouvel ordinateur.

Pratiquement, l'obtention de ce plan a été difficile. Elle a d'abord nécessité un découpage de la région étudiée en fractions traitées graphiquement au 1/25 000. Chacune d'elles a donc fait l'objet d'un plan de position des sondages, mais sans numéros. Ce choix était en effet obligatoire, vu la densité des points représentatifs qui interdisait toute surcharge sous peine de chevauchement des caractères rendant le document inutilisable. Une adaptation du programme POZON a d'autre part permis d'obtenir, parallèlement au traitement graphique, la liste des sondages présents avec leur numéro et leurs coordonnées géographiques. A partir des deux documents, il restait à établir la correspondance entre chaque point du plan et un numéro de sondage. La densité d'information sur le centre ville

BANQUE DE DONNEES DE SONDAGES DE LA REGION GRENOBLOISE
 RECHERCHE DU NOMBRE DE SONDAGES DANS UN SECTEUR GEOGRAPHIQUE
 DE 5*5 KM SUBDIVISE EN 100 ZONES DE 5*.5 KM

-----SECTEUR= 14-----

REMARQUE=CERTAINS SECTEURS NE MONTRENT PAS DE SONDAGES/ILS NE SERONT PAS EDITES

X=358.0	358.5	359.0	359.5	360.0	360.5	361.0	361.5	362.0	362.5
Y=331.51	ZONE:1301 I	ZONE:1302 I	ZONE:1303 I	ZONE:1304 I	ZONE:1305 I	ZONE:1306 I	ZONE:1307 I	ZONE:1308 I	ZONE:1309 I
	0	0	1	1	4	4	4	4	10
	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I
X=358.0	358.5	359.0	359.5	360.0	360.5	361.0	361.5	362.0	362.5
Y=331.01	ZONE:1311 I	ZONE:1312 I	ZONE:1313 I	ZONE:1314 I	ZONE:1315 I	ZONE:1316 I	ZONE:1317 I	ZONE:1318 I	ZONE:1319 I
	0	0	3	2	3	5	1	2	1
	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I
X=358.0	359.0	359.5	360.0	360.5	361.0	361.5	362.0	362.5	362.5
Y=330.51	ZONE:1321 I	ZONE:1322 I	ZONE:1323 I	ZONE:1324 I	ZONE:1325 I	ZONE:1326 I	ZONE:1327 I	ZONE:1328 I	ZONE:1329 I
	0	0	0	0	0	0	1	4	0
	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I
X=358.0	358.5	359.0	359.5	360.0	360.5	361.0	361.5	362.0	362.5
Y=330.01	ZONE:1331 I	ZONE:1332 I	ZONE:1333 I	ZONE:1334 I	ZONE:1335 I	ZONE:1336 I	ZONE:1337 I	ZONE:1338 I	ZONE:1339 I
	0	0	0	0	1	1	2	10	11
	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I
X=358.0	358.5	359.0	359.5	360.0	360.5	361.0	361.5	362.0	362.5
Y=329.51	ZONE:1341 I	ZONE:1342 I	ZONE:1343 I	ZONE:1344 I	ZONE:1345 I	ZONE:1346 I	ZONE:1347 I	ZONE:1348 I	ZONE:1349 I
	0	0	0	0	0	0	1	3	13
	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I	I SONDAGE(S) I
X=358.0	358.5	359.0	359.5	360.0	360.5	361.0	361.5	362.0	362.5

Figure 2.6 : Extrait d'un tableau de recherche de l'existence de sondages dans des zones de 0,5x0,5 km.

a rendu cette compilation particulièrement ardue, plus de 600 points représentatifs figurant sur un plan au 1/25 000 de 15,6 x 15,6 cm. Nous y avons cependant été aidé par un travail antérieur (M. ROUIS, mémoire D.E.A., 1980).

Ce document est essentiel, car il permet de montrer que le système de traitement est opérationnel et qu'il repose sur une base de données richement alimentée (2 344 sondages en juin 1981). Il figure de façon globale la répartition et la densité des informations et permet leur localisation simple et rapide. Une limitation tient au fait que l'échelle choisie ne s'adapte pas au mieux à la partie centre et sud de l'agglomération grenobloise. Il fallait toutefois fournir un document dont l'échelle homogène permette des comparaisons, mais aussi une figuration d'une taille aussi réduite que possible.

A l'évidence, ce plan, aux échelles de travail habituelles, ne procure pas à lui seul les avantages liés au traitement informatique (possibilité de se limiter à une recherche ponctuelle avec édition des renseignements correspondants). C'est-à-dire qu'il ne peut être considéré comme une fin en soi et que l'utilisation de la banque conserve tout son intérêt.

Le plan de situation des sondages est fourni dans l'annexe de cette thèse.

3 - L'ACCES A L'INFORMATION DETAILLEE

3.1. Traitement informatique

Quatre programmes permettent l'accès aux informations des fichiers principaux.

A - Le programme IMPR 11 (fig. 2.7)

Il réalise la recherche sur une zone définie par ses coordonnées Lambert et restitue en clair les caractéristiques géographiques et administratives des sondages. Cette procédure n'exige donc pas une connaissance préalable de la position des sondages. Toutefois, il faut indiquer que le temps de traitement nécessaire est assez long (consul-

```

*****
* FICHER                * SITUATION                *
*****
* NUMERO DU SONDAJE     * 1866                *
*****
* COORDONNEES LAMBERT (EN KM) * X=865.540          *
*                       * Y=318.665          *
*****
* PRECISION SUR X-Y     * 10-30M             *
*****
* ALTITUDE (COTE NGP=EN M) * Z=300.0            *
*****
* PRECISION SUR Z       * 10CM-30CM         *
*****
* NOM-BUT DE LA RECONNAISSANCE * PROGIL RESERVOIR FONDATIONS *
*****
* DATE DE LA RECONNAISSANCE * DECEMBRE 1972      *
*****
* ORIGINE DU DOSSIER     * INSTITUT MECANIQUE GRENOBLE *
*****
* REFERENCE DU DOSSIER   *                       *
*****
* FICHIERS OUVERTS      *                       *
*****

```

Figure 2.7 : Exemple d'édition des informations du fichier SITUATION.

```

*****
* FICHER                * LITHOLOGIE          *
*****
* NUMERO DU SONDAJE     * 39                  *
*****
* PRECISION SUR LES PROFONDEURS * 10CM-30CM         *
*****
* PROFONDEUR (EN METRES) * DE LA BASE DES COUCHES PAR RAPPORT AU T.N *
* NATURE DES TERRAINS    *                       *
*                       * 3.4 TERRE VEGETALE *
*                       * 3.8 ARGILE GRISE-GRISATRE *
*                       * 6.2 GRAVIER PROPRE GRIS-GRISATRE *
*                       * 7.8 SABLE ARGILEUX *
*                       * 9.1 ARGILE NOIRE-NOIRATRE *
*                       * 18.8 GRAVIER PROPRE GRIS-GRISATRE *
*                       * 20.0 ARGILE NOIRE-NOIRATRE *
*****
* COTE/TN DE LA NAPPE (EN M) * -1.0                *
*****
* PRECISION SUR COTE NAPPE * 5CM-10CM           *
*****
* DATE DE LA MESURE       * FEVRIER 1965       *
*****
* PROCEDE DU SONDAJE     * BATTAGE             *
*****
* SUBSTRATUM             * SUBSTRATUM NON ATTEINT *
*****

```

Figure 2.8 : Exemple d'édition des informations du fichier LITHOLOGIE.

```

*****
* FICHER                * IDENTIFICATION      *
*****
* NUMERO DU SONDAJE     * 2                   *
*****
* PROFONDEUR DE L ECHANTILLON * 14.6 M              *
*****
* PRECISION SUR LA PROFONDEUR * 10CM-30CM         *
*****
* NATURE DU SOL         * ARGILE BLEUE-BLEUATRE *
*****
* POIDS VOLUMIQUE DU SOL SEC *                       *
*****
* DENSITE DES GRAINS SOLIDES *                       *
*****
* TENEUR NATURELLE EN EAU * 30 POURCENT        *
*****
* GRANULOMETRIE (EN MICRON) DANS L ORDRE = D100 D90 D80 D70 D60 D50 D40 D30 D20 D10 D5 DO *
*****
* GRANULOMETRIE INTERMEDIAIRE *                       *
*****
* LIMITES D ATTERBERG    * WL=32               *
*                       *                       *
*****

```

Figure 2.9 : Exemple d'édition des informations du fichier IDENTIFICATION.

tation du fichier SITUATION et de certains fichiers de décodage). Cela peut faire préférer un traitement plus rapide, à l'aide d'un programme qui est une version simplifiée du précédent et qui fournit uniquement les numéros des sondages, leurs coordonnées et la cote des orifices.

B - Le programme IMPR 22 (fig. 2.8)

Il fournit la coupe lithologique relevée pour chaque sondage. Une amélioration a consisté en l'introduction de la possibilité de demander ce renseignement pour plusieurs sondages à la fois. Le temps de traitement est ici encore relativement long à cause de la consultation de fichiers de grande taille, à savoir le fichier LITHOLOGIE et le fichier de décodage des symboles lithologiques (fichier NATUR).

C - Les programmes IMPR 33 et IMPR 44 (fig. 2.9)

Ils éditent respectivement les renseignements en clair des fichiers IDENTIFICATION et PROPRIETES MECANQUES. Les améliorations et limitations restent les mêmes que dans les cas précédents.

3.2. Recherche manuelle

Il est souvent très utile de pouvoir accéder au contenu des enregistrements d'un fichier sans utiliser l'ordinateur (problèmes de coût, de temps, d'accès à l'appareil). Cela exige de posséder déjà une édition des fichiers par l'imprimante.

Deux possibilités s'offrent alors :

- l'utilisation des données brutes (ce qui implique d'effectuer soi-même le décodage),
- l'utilisation de données en clair par le biais de programmes de décodage.

A - Utilisation des données brutes

Les enregistrements sont édités sans adaptation au langage usuel. Deux solutions ont été envisagées :

- l'édition ligne à ligne du fichier,
- la mise en page des données brutes.

La mise en page, solution retenue, permet une lecture et une compréhension rapides des données, mais nécessite toutefois de recourir à l'édition des fichiers de décodage pour l'interprétation de certaines d'entre elles (lithologie notamment).

L'intérêt de cette édition apparaît multiple. Elle permet l'accès aux données à tout moment, elle en facilite le contrôle, elle constitue une assurance supplémentaire sur leur conservation. L'inconvénient majeur est le décodage, qui complique la lecture.

B - Utilisation des données en clair

Pour répondre aux mêmes préoccupations en se dégageant du problème de décodage, une édition en clair a été entreprise. Toutefois, les possibilités offertes d'une transcription intégrale des fichiers par l'imprimante sont difficilement utilisables, en raison du temps de traitement prohibitif qui serait nécessaire. Nous avons donc eu recours à un petit programme fournissant uniquement le numéro des sondages ainsi que la coupe lithologique, les autres caractéristiques paraissant suffisamment accessibles par la mise en page des données brutes.

Mais il est bien certain que la réalisation d'une édition en clair des caractéristiques des différents fichiers reste souhaitable et qu'elle sera sans doute un jour réalisée.

3.3. Choix du type d'accès à l'information

Ce choix est déterminé par les moyens dont on dispose. Le traitement automatique peut a priori paraître le plus élégant : à une demande, l'ordinateur fournit les réponses. Mais cette présentation des processus est beaucoup trop simpliste : un opérateur connaissant les possibilités et le système de traitement, fait rechercher des informations par l'ordinateur par lancement et exécution de divers programmes, et en obtient une traduction sous forme de listes ou de plans, il lui sera facturé un certain temps de traitement.

Parmi les inconvénients du traitement informatique, on doit relever les suivants :

- l'utilisateur doit être parfaitement informé du fonctionnement de la banque,

- l'ordinateur doit être disponible,
- son utilisation prolongée est coûteuse.

Le traitement manuel a lui aussi ses limitations. Rappelons-les brièvement :

- la recherche fastidieuse dans des bordereaux,
- la nécessité de posséder des documents clairement édités, certains décodés ; à la limite, si les coûts le permettent, une édition complète en clair du contenu des différents fichiers.
- l'impossibilité d'obtenir immédiatement des cartes d'implantation des sondages.

Les avantages de cette seconde méthode sont multiples : tout demandeur peut effectuer la recherche, à condition que les différents bordereaux soient facilement compréhensibles ; l'accès aux fichiers n'est tributaire d'aucun appareillage ; la restitution par photocopies reste très simple, le coût réduit.

Ne voulant pas privilégier l'une ou l'autre méthode, nous avons réalisé deux documents. Le premier est formé d'une notice d'utilisation de la banque de données ; y sont présentés la base de données, le système de gestion. Ce document doit normalement permettre à une personne non initiée de comprendre le fonctionnement de la Banque et de l'obtenir. Le deuxième, se compose d'un classeur où sont rassemblés tous les éléments conduisant à la localisation de sondages sur une zone géographique donnée (cf. § 2.2) et à la détermination de leurs caractéristiques.

En définitive, la recherche de l'information peut se faire "en routine" par l'une ou l'autre méthode, mais si la seconde présente certains avantages de simplicité et de coût, il n'en reste pas moins que les possibilités de traitement des données et de représentation graphique offertes par le traitement informatique sont inestimables. Nous allons maintenant passer celles-ci en revue.

4 - LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION

4.1. Les programmes ISOPA, GEOL et COUPE (fig. 2.3 - 2.4 - 2.5)

Nous avons rappelé leurs possibilités au paragraphe 4.3.B du chapitre 1. Notre travail a consisté à adapter les programmes à la console de visualisation. L'emploi de

celle-ci se révèle commode, et elle permet d'éviter les petits inconvénients propres à une table traçante (calage du papier, nettoyage de la plume...).

4.2. Les limitations des traitements graphiques

Nous avons signalé au paragraphe 5.2.A du chapitre 1 les problèmes soulevés par la taille de l'écran de la console de visualisation graphique et le chevauchement des caractères aux échelles utilisées. Il a fallu alors concevoir des programmes dérivant des programmes ISOPA et GEOL, et qui fournissent les indications non plus sous forme graphique, mais sous celle de listes, de même qu'il a été nécessaire de le faire pour réaliser le plan de position des sondages.

Le programme SOPA précisera, sur une zone géographique donnée, les numéros des sondages, leurs coordonnées, la cote de leur orifice et suivant l'option choisie (en réponse à une demande apparaissant sur l'écran de la console), l'épaisseur des sols fins ou la cote du premier niveau grossier. Une limitation de ce programme et de sa variante est d'ignorer l'existence de niveaux compressibles sous le premier niveau grossier.

De la même façon, le programme IGEOL fournira, suivant l'option retenue, la lithologie de subsurface, à une cote donnée, à plusieurs profondeurs fixées a priori ou à une seule.

5 - UTILISATION SPECIFIQUE EN VUE DE LA CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE

5.1. Les programmes graphiques et leurs adaptations

Les adaptations des programmes graphiques (POZON, ISOPA, GEOL) afin de réaliser une cartographie à l'échelle du 1/25 000, constituent une utilisation spécifique en vue de la cartographie géotechnique, tout comme celle (la première) des programmes initiaux de G. Mercieca pour dresser différentes cartes de la cluse de l'Isère et du Bas Grésivaudan (carte lithologique des alluvions en surface, à -2, -4, -6, -8, -10 m sous la surface topographique ; carte isopaque des sols fins de surface).

5.2. Le programme APT (fig. 2.10)

La réalisation du programme APT a permis de représenter cartographiquement plusieurs composantes du remblayage alluvial de la région grenobloise, interprétables en termes d'utilisation géotechnique du sous-sol. Connaissant les limites de la console graphique de visualisation, nous n'avons pas cherché à réaliser un programme graphique, nous limitant à une utilisation à partir de listes (fig. 2.11).

Le programme a été conçu avec l'objectif de réaliser un zonage géographique de la plaine alluviale. Celui-ci repose sur la détermination de certains caractères des coupes de sondages. Il s'agit tout d'abord de définir l'épaisseur des sols fins de surface, puis de rechercher, en profondeur, l'existence d'autres niveaux compressibles.

Chaque coupe de sondage est résumée de la façon suivante :

- un premier chiffre, compris entre 1 et 6, traduit l'épaisseur des sols fins de surface (autrement dit, l'épaisseur des sols fins au-dessus du premier niveau grossier rencontré en profondeur). La signification de ces valeurs est indiquée dans le tableau 2.4.a.
- ensuite un système de représentation binaire précise si, sous le premier niveau grossier rencontré, d'autres niveaux fins sont localisés et dans quelle tranche de profondeur. Si la réponse est positive, la valeur est 1, sinon la valeur est 0 (tableau 2.4.b).

Epaisseur des sols fins de surface : X en m	Traduction en classe
$X < 1$	1
$1 < X < 3$	2
$3 < X < 6$	3
$6 < X < 10$	4
$10 < X < 15$	5
$X > 15$	6

Tableau 2.4.a

Tranche de profondeur	Existence de sols fins	Pas de sols fins
-1 - -3 m	1	0
-3 - -6 m	1	0
-6 - -10m	1	0
-10- -15m	1	0
> -15m	1	0

Tableau 2.4.b

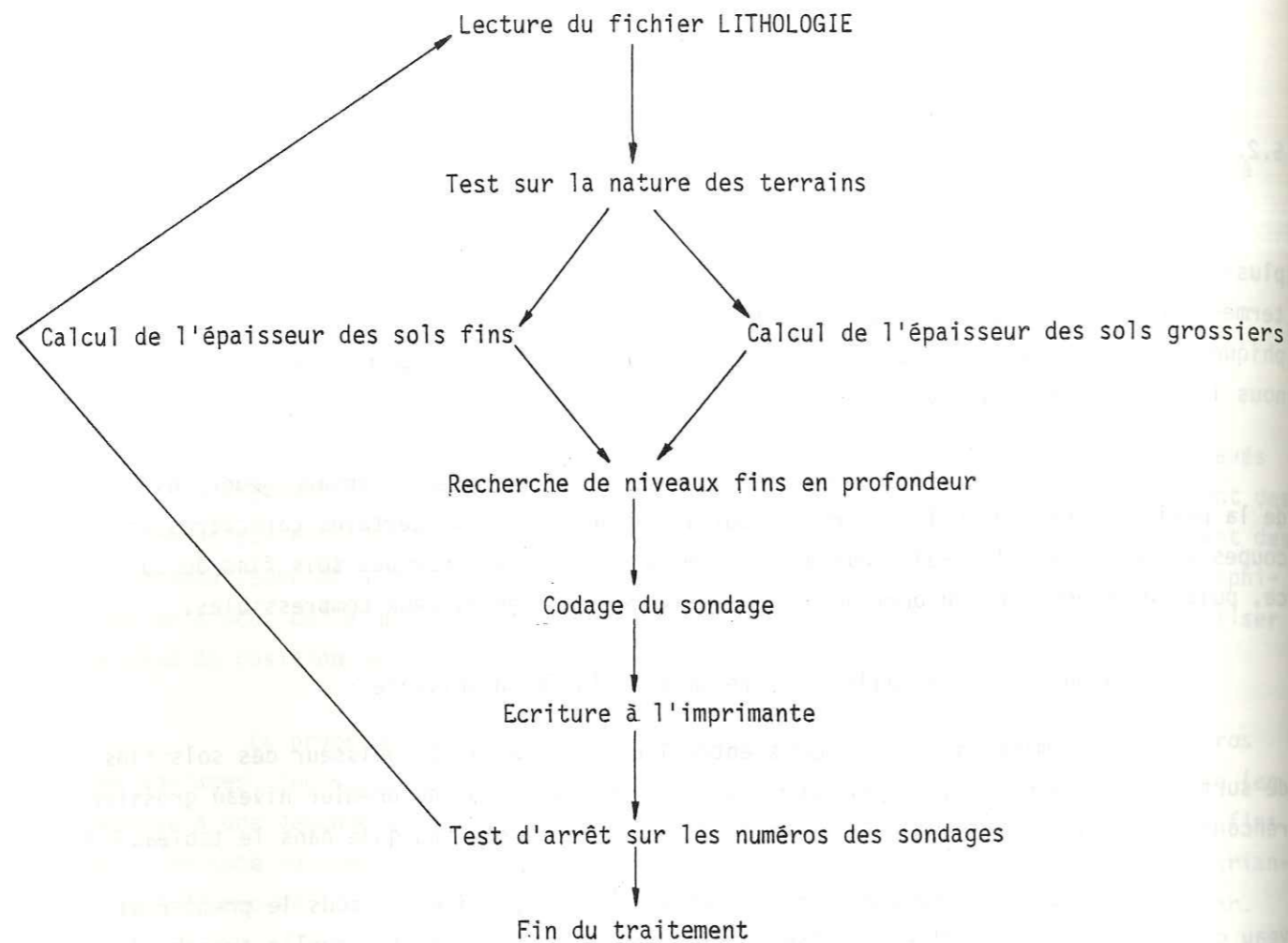


Figure 2.10 : Organigramme schématique du programme APT.

NUMERO	DESCRIPTION	ZONAGE	SOLS FINS	PROF SONDAGE
1	2-00001	2 B	1.2	30.8 M
2	2-00011	2 B	1.4	20.0 M
3	2-00001	2 B	2.1	20.0 M
4	1-00001	1 B	0.6	20.5 M
5	1-00001	1 B	0.8	29.0 M
6	1-00001	1 B	0.6	21.2 M
7	2-00001	2 B	3.0	20.5 M
8	1-00011	1 B	1.0	20.0 M
9	2-00001	2 B	1.2	31.2 M
10	2-00000	2	1.2	20.0 M

Figure 2.11 : Exemple d'édition obtenue à l'aide du programme APT.

La colonne 2 résume par des conventions certaines particularités des coupes lithologiques : épaisseur des sols fins de surface (6 classes), existence de niveaux compressibles en profondeur (représentation binaire : 0 ou 1). Chaque sondage est résumé par un code (colonne 3). On indique également l'épaisseur des sols fins de surface et la profondeur du sondage.

Exemple : . résumé d'un sondage : 2 . 01100
 . traduction : épaisseur des sols fins comprise entre 1 et 3 m,
 existence de sols fins entre les profondeurs -3 et
 - 10 m.

Le détail obtenu dans la description des coupes ne permet plus une cartographie claire (nécessité de représenter 62 cas différents), si bien que nous avons choisi de représenter par une lettre l'existence de sols fins en profondeur suivant la convention présentée par le tableau 2.4.c.

Tranches de sols fins	Existence de sols fins	Pas de sols fins
-1 - -10 m	A	-
> 10 m	B	-
-1-10 et > 10 m	AB	-

Tableau 2.4.c.

Un certain nombre de précautions s'impose. Tout d'abord, il faut connaître avec exactitude l'épaisseur des sols fins pour garder la possibilité de contrôler l'interprétation d'un sondage et même, dans certains cas, de la modifier (exemple : une épaisseur de sols fins de 3,1 m se traduit en classe 2 et non 3) afin d'aboutir à une meilleure cartographie. Enfin, il est indispensable de connaître la profondeur de chaque sondage, un sondage court pouvant laisser supposer l'absence de sols compressibles en profondeur. Cet élément a été pris en compte également dans la cartographie. Les listes d'édition à l'imprimante sont présentées par la figure 2.11.

Etant donné que l'on dispose du plan de situation des sondages couvrant toute la région, le programme APT est conçu pour utiliser le fichier LITHOLOGIE sans passer par le fichier SITUATION. Après corrections de quelques interprétations, s'effectue le report sur la carte de l'indication conventionnelle correspondant à la coupe selon les normes qui viennent d'être décrites. Enfin, vient le tracé des contours qui délimitent des zones où les résultats de l'analyse précédente sont homogènes.

La réalisation de cette carte interprétable en termes d'aménagement aurait été très fastidieuse, voire irréalisable sans le recours à l'informatique.

CHAPITRE III

LA GESTION DE LA BANQUE DE DONNEES

- 1 - LA COLLECTE DES DONNÉES
- 2 - CRITIQUE DES DONNÉES
- 3 - ALIMENTATION DE LA BASE DE DONNÉES
- 4 - CONTRÔLE DES DONNÉES

1 - LA COLLECTE DES DONNEES

1.1. Nécessité de poursuivre une collecte

L'essentiel des données archivées provient des travaux de 3^e cycle .
B. Couturier, H. Margalhan-Ferrat, J.-P. Bozonet, G. Mercieca, et P. Talloni, La somme documentaire disponible est importante (2 344 sondages de tous types), bien que la collecte n'ait pas été poursuivie dans le secteur d'étude de chacun des auteurs après l'achèvement de leur travail. Elle a donc été arrêtée :

- en 1974 sur le Bas Grésivaudan,
- en 1975 sur la Cluse de l'Isère,
- en 1978 sur le Moyen Grésivaudan,
- en 1978 sur l'agglomération grenobloise et le bas Drac.

Or, l'alimentation régulière de la base de données paraît obligatoire. Les points d'observation de jour en jour plus nombreux doivent permettre de donner une image plus précise de la structure du sous-sol et d'apporter un nombre toujours plus important de renseignements lors de toute étude ponctuelle. Cette adéquation de la base à la demande exprimée par les professionnels nécessite donc l'établissement de liens de coopération. Il est concevable que des relations d'échange s'établissent sur une base à définir entre les organismes qui suscitent l'apparition de données inédites et la banque qui serait capable de les stocker au bénéfice de tous.

1.2. Le mode de collecte

La première façon de procéder consiste à mener, tout comme les auteurs précédents, une recherche dans les dossiers des différents organismes et bureaux privés (tableau 2.5). Cela nécessite de pouvoir régulièrement (mais à des dates assez espacées) utiliser une personne chargée de cette collecte.

La seconde suppose l'établissement d'un échange d'informations avec les détenteurs primaires, ceux-ci jouant le rôle actif de transmetteurs. Mais pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'informer plus encore les professionnels et de les intéresser par les possibilités qui leur sont offertes en retour.

Nom des organismes	Code
Inconnu	00
Soletanche	01
Institut de Mécanique de Grenoble	02
Socotec Grenoble	03
Mécasol Paris	04
Bureau Berg	05
Equipement	06
Coyne et Bellier	07
E.D.F.	08
B.E.C.	09
S.O.G.R.E.A.H.	10
Thèse Université	11
Direction des Services Techniques de la ville de Grenoble	12
E.T.F. Lyon	13
Fondasol	14
Service Eaux Grenoble	15
B.R.G.M. Lyon	16

Tableau 2.5 : Liste des organismes détenteurs de données et codes correspondants (MERCIECA, 1977).

Procédé de sondage	Code
Inconnu	00
Battage avec graphique	01
Battage	02
Battage équipé d'un piézomètre	03
Electrique	04
Fouille-puits	05
Puits de pompage	06
Hammergrab (Benoto)	07
Hammergrab équipé d'un piézomètre	08
Pénétrromètre	09
Rotation tricône	10
Rotation carottier	11
Rotation équipé d'un piézomètre	12
Rotation et battage	13
Sismique	14
Tarière	15
Tarière équipé d'un piézomètre	16
Carottier LPC	17
Soupape	18
Mécanique (sans précision)	19
Géophysique (sans précision)	20
Wagon-Drill	21

Tableau 2.6 : Les types de reconnaissances et codes correspondants (MERCIECA, 1977).

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

Dans les deux cas la collecte des renseignements peut s'envisager par deux modes différents : recueil de l'information brute ou transcription immédiate sur bordereaux. Le recueil de l'information brute (par photocopies, note des caractéristiques essentielles...) paraît intéressant, car il autorise un retour à la documentation originale, permettant ainsi contrôles et utilisation d'indications éventuelles ne figurant pas dans les fichiers. Les contre-parties sont d'une part l'accumulation d'une grosse masse de documentation, ce qui paraît supportable, d'autre part l'augmentation du temps de collecte, le transfert sur bordereau restant indispensable. La transcription immédiate sur bordereau ne laisse comme possibilité de contrôle qu'un retour aux dossiers originaux, nécessite l'utilisation des conventions de codage, ce qui doit être fait avec précaution et suivi d'un contrôle. On peut craindre donc quelques erreurs, alors que les possibilités de vérification sont réduites.

2 - CRITIQUE DE DONNEES

Elle s'entend à deux niveaux : celui des dossiers d'étude, puis celui des fichiers informatiques et concerne essentiellement ici l'information lithologique.

2.1. Critique des données originelles

Les reconnaissances réalisées n'ont pas toutes la même finalité (recherche de matériaux, reconnaissance de sols...), et les moyens de prospection (tableau 2.6) mis en oeuvre sont variables. Ceci entraîne alors une certaine variabilité dans la qualité et la précision des données.

La dénomination des matériaux extraits du sous-sol ne repose bien souvent sur aucun essai physique d'identification. Si cela n'influe que peu sur la signification attribuée aux termes définissant les formations grossières, cela revêt, au contraire, beaucoup plus d'importance pour les matériaux fins. Ainsi le terme de limon très fréquemment utilisé par les sondeurs, ne doit être pris que rarement dans son acception géotechnique précise. Les données idéales seraient exprimées dans les termes d'une classification du type de celle qui est utilisée par les Ponts et Chaussées, ce qui implique, sur ce point, la formation des sondeurs. Mais il peut se faire que l'intérêt d'user de cette classification ne paraisse pas évident aux sociétés de forage, ni surtout compatible avec leur souci de rapidité et de rendement.

Code	Désignation lithologique des sols
A	Terre végétale
B	Argile ou limon organique
C	Argile
D	Argile avec éléments détritiques grossiers
G	Graviers propres
H	Graviers sableux
I	Graviers argileux
J	Graviers limoneux
M	Limons
O	Sol non reconnu
P	Tourbe
R	Remblai artificiel
S	Sables propres
T	Sables argileux
U	Sables limoneux
W	Eau

Tableau 2.7 : Les désignations lithologiques des sols et codes correspondants (MERCIECA, 1977).

Code	Caractères descriptifs
A	Bicolore
B	Bleu-bleuâtre
C	Gris-bleu
D	Roche à grain fin, dure compacte
E	Roche à grain grossier
F	Gris clair
G	Gris-grisâtre
H	Gris foncé
I	En bancs épais
J	Jaune-jaunâtre
(K)	(Orange)
L	Beige
M	Marron-brun-brunâtre
N	Noir-noirâtre

Code	Caractères descriptifs
O	Non décrit
P	Noir micacé
R	Rouge-rougeâtre-roux
S	Veiné
T	Lité
U	En bancs minces, en plaquettes
V	Vert, verdâtre
W	Blanc-blanchâtre
X	Vârvé
Y	Friable, diaclasé
Z	Présence d'accidents siliceux (silex, chert, etc.)

Tableau 2.8 : Les caractères descriptifs et codes correspondants (MERCIECA, 1977).

2.2. Critique des données archivées dans les fichiers

Le codage de l'information lithologique peut provoquer quelques problèmes. Il s'agit de traduire par un code un mot (exemple : argile) ou une phrase (exemple : graviers avec intercalations sableuses et quelques passages argileux). Les conventions de codage font appel à des désignations lithologiques, au nombre de 15 (tableau 2.7), et à des termes descriptifs (tableau 2.8). Il faut, avec ces éléments, traduire le plus fidèlement possible l'information recueillie.

On dispose donc de nombreuses options, ce qui n'en laisse pas moins subsister plusieurs difficultés :

- la désignation lithologique ne se trouve pas toujours parmi les conventions existantes, d'où nécessité de la traduire par une expression différente.
- la traduction de descriptions plus ou moins complexes reste délicate et peut s'accompagner d'une modification ou d'une perte de l'information.

Nous en citerons deux exemples :

* Le codage des données issues de la thèse de J.-P. Bozonnet : les désignations utilisées sont indiquées dans le tableau 2.9 avec, en regard, celles qui ont dû être utilisées pour leur codage.

Formulation dans la thèse	Formulation dans le fichier
argile	argile
limon	limon
tourbe	tourbe
sable	sable
gravier-galet	gravier propre
grave limoneuse	gravier limoneux
grave sableuse	gravier galets sable
limon tourbeux	argile ou limon organique
limon sableux	sable limoneux
limon argileux	sable argileux
limon graveleux	sable limoneux

Tableau 2.9.

Nous constatons immédiatement une déficience du fichier de codage pour les quatre dernières désignations. Imparfaite, leur traduction cherche à s'en rapprocher au maximum, compte tenu d'ailleurs de leur degré de variabilité que recouvre le terme initial. Il n'a pas paru utile d'ajouter ces quatre formulations nouvelles au fichier en raison :

- de cette signification variable,
- de l'impossibilité de vérifier les données originelles,
- du fait qu'il était nécessaire de préserver une homogénéité avec les termes utilisés par B. Couturier pour décrire les mêmes formations dans un secteur limitrophe.

* Le codage d'un sondage E.D.F. à partir d'une description fournie par G. Monjuvent (tableau 2.10).

Coupe du sondage (extrait)		Formulation dans le fichier
0 - 1,5 m	argile légèrement sableuse, rougeâtre, décalcifiée, sans éléments grossiers.	argile + éléments détritiques rouge-rougeâtre-rousse
1,5 - 16 m	cailloutis à matrice argilo-sableuse gris jaunâtre	graviers galets sables gris clair
16 - 21,8 m	cailloutis à galets grossiers, graviers, sables grossiers essentiellement cristallins, propres	graviers galets sables
21,8 - 24,75 m	sables gris, fins à moyens, homogènes, niveau d'argile à la base.	sable propre gris-grisâtre

Tableau 2.10

Cet exemple montre assez clairement les inconvénients du codage des informations mais aussi, malgré tout, ses performances intéressantes.

IMAG-FORTRAN

NOM:
TEL:

FICHER SITUATION_01

PAGE:

L	NUMERO SONNAGE	X	Y	Z	N.G.P.	NOM DU CHANTIER - BUT DE LA RECONNAISSANCE.	DATE		REFERENCE SOLIER	FICHERS OUVERTS
							M	A		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2										
3										
4										
5										

Figure 2.12 : Bordereau de perforation-Fichier "SITUATION".

IMAG-FORTRAN

NOM:
TEL:

FICHER LITHOLOGIE_02

PAGE:

L	NUMERO SONNAGE	P	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	C	NAPPE	DATE				
																									M	A	S	B	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2																													
3																													
4																													
5																													

Figure 2.13 : Bordereau de perforation-Fichier "LITHOLOGIE".

IMAG-FORTRAN

NOM:
TEL:

FICHER IDENTIFICATION_03

L	NUMERO SONNAGE	PROF	C	L	Y	G	W	GRANULOMETRIE										D	INT.	ATTE	BERN	COMP.	%						
								D100	D80	D60	D50	D40	D30	D20	D10	D5	D0							%	DI	WL	WP	IP	MINER.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2																													
3																													
4																													
5																													

Figure 2.14 : Bordereau de perforation - Fichier "IDENTIFICATION".

IMAG-FORTRAN

NOM:
TEL:

FICHER MECANIQUE_04

L	NUMERO SONNAGE	PROF	C	L	Y	G	W	CISAILLEMENT										TASSEMENT											
								M0	C	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2																													
3																													
4																													
5																													

IMAG-FORTRAN

NOM:
TEL:

FICHER MECANIQUE_04.(SUITE).

L	NUMERO SONNAGE	PROF	C	L	Y	G	W	PASS (SWELL)										PROCTOR (VERN)											
								M0	C	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2																													
3																													
4																													
5																													

Figure 2.15 : Bordereau de perforation - Fichier "PROPRIETES MECANQUES".

En conclusion à ce paragraphe, résumons ces quelques remarques :

a - Les problèmes soulevés par le codage sont :

- le temps passé
- la modification des informations par :
 - . groupement en une seule de plusieurs couches de nature voisine
 - . absence de traduction de certains éléments descriptifs
 - . transformation de son contenu
 - . à la limite, création d'une pseudo-information
- les erreurs éventuelles
- la nécessité d'un décodage.

b - Les avantages du codage :

- gain de temps lors de l'écriture des bordereaux et de la perforation des cartes
- gain de place au niveau du stockage
- gain de temps lors du traitement.

3 - ALIMENTATION DE LA BASE DE DONNEES

3.1. Préparation des données

Après collecte, les données sont transcrites sur les bordereaux correspondant aux différents fichiers, cette opération passant obligatoirement par le codage d'un certain nombre d'informations (fig. 2.12 - 2.13 - 2.14 - 2.15).

Les bordereaux documentés servent ensuite lors de la phase de perforation des cartes, celles-ci constituant le premier support informatique des données.

3.2. Alimentation des fichiers

La première alimentation peut se réaliser par transcription directe du con-

tenu des cartes dans un fichier, la dimension de ce dernier s'adaptant au nombre des données. En revanche, l'addition de données complémentaires nécessite l'utilisation d'un programme qui a amené la possibilité d'effectuer une mise à jour facile (celle-ci était devenue indispensable suite à l'augmentation du nombre de données et au vieillissement des cartes perforées).

4 - CONTROLE DES DONNEES

4.1. Sources d'erreurs

Les sources d'erreurs sont multiples :

- erreurs initiales dans les dossiers d'étude
- erreurs lors de la collecte.
- erreurs lors de la mise en bordereau (codage, écriture)
- erreurs lors de la perforation.

4.2. Possibilités de contrôle

Il est obligatoire de contrôler toute donnée nouvelle qui alimente la base afin de pouvoir fournir des indications aussi fiables que possible.

A - Contrôle avant stockage

La vérification des bordereaux est la première des opérations à réaliser. Après perforation des cartes, celles-ci doivent être collationnées avec les bordereaux.

B - Contrôle par indication de codes d'erreurs

Un enregistrement doit respecter une certaine forme, commandée par celle des données le composant. Sinon l'ordinateur le signale par écriture sur la console d'un code d'erreur lors du chargement ou d'opérations de traitement.

C - Contrôle par listage

La mise en page du contenu des fichiers permet une appréciation rapide d'un certain nombre d'erreurs (caractères omis, données redondantes, données aberrantes).

D - Contrôle par réalisation d'une carte d'implantation

Il est possible de détecter des erreurs dans les coordonnées géographiques en comparant le plan obtenu par traitement informatique et celui tiré d'un dossier.

Ce travail, réalisé pour la confection du plan de position des sondages a mis en évidence quelques erreurs facilement corrigées.

Ce mémoire présente la synthèse d'une documentation géologique et géotechnique recueillie sur plusieurs secteurs contigus de la région grenobloise.

Notre travail a consisté à élaborer un dossier décrivant les composantes du milieu naturel à une échelle et avec un degré de précision compatibles avec ceux du S.D.A.U. En ce qui concerne les versants, la corrélation et la synthèse des levés partiels ont rendu possible la confection de diverses cartes qui les décrivent et expriment l'intensité des contraintes propres à ce milieu. L'étude de la plaine repose sur l'utilisation d'une abondante documentation géotechnique et sur son exploitation par des moyens informatiques.

La consultation du dossier géotechnique ainsi réalisé offre, à notre avis, un intérêt multiple pour les responsables de projets, car elle permet de les sensibiliser à diverses réalités que, faute d'une formation spécifique, ils ne percevraient peut-être pas aussi nettement : stabilité des versants, risques naturels, hétérogénéité des formations, protection des nappes.

La base de données informatisée lui apporte un complément très utile. L'existence de celle-ci, dont la présentation résume les structures et les possibilités, devrait inciter les techniciens à y recourir et leur permettre ainsi de renforcer les liens avec l'Université, qui en contrepartie du service rendu, souhaite obtenir pour ses chercheurs la communication des connaissances nouvelles acquises à l'occasion des travaux mettant en jeu les alluvions de la plaine grenobloise.

La définition première des plans d'aménagement est essentiellement régie par des considérations politiques et socio-économiques, mais il est indispensable qu'elle prenne en compte au plus tôt les données concernant le milieu naturel, ce qui ne peut se réaliser que par une collaboration étroite des planificateurs et des géotechniciens.

Présenter a priori une synthèse en termes définitifs, quant à l'utilisation optimale du sol et du sous-sol, avant toute discussion de ce type, se serait révélé inefficace. Nous préférons penser qu'à l'avenir les données que nous avons rassemblées seront consultées, au même titre que tous les autres éléments de décision, et qu'elles fourniront matière à des discussions utiles lors de l'établissement des futurs schémas d'aménagement.

ANNEXES

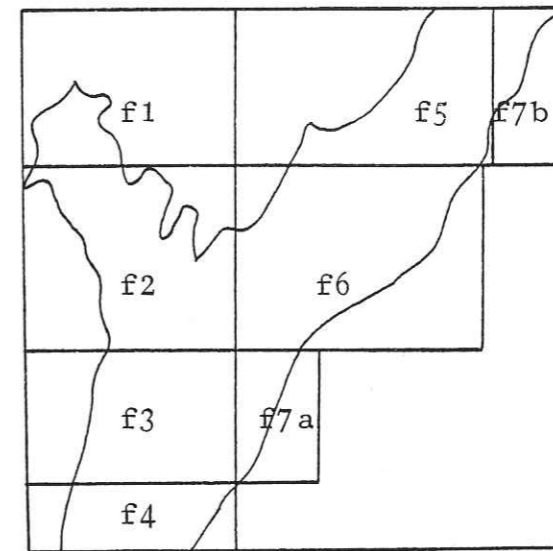
- CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE
- CARTE CLINOGRAPHIQUE
- CARTE DES RISQUES NATURELS
- CARTE PRÉVISIONNELLE DE STABILITÉ
- CARTE TOPOGRAPHIQUE AU 1/50 000
- CARTE DE ZONAGE GÉOTECHNIQUE
- CARTE D'IMPLANTATION DES SONDAGES
- CARTE TOPOGRAPHIQUE AU 1/25 000

CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE

Schéma d'assemblage

Echelle

0 1 2 km



- L E G E N D E -

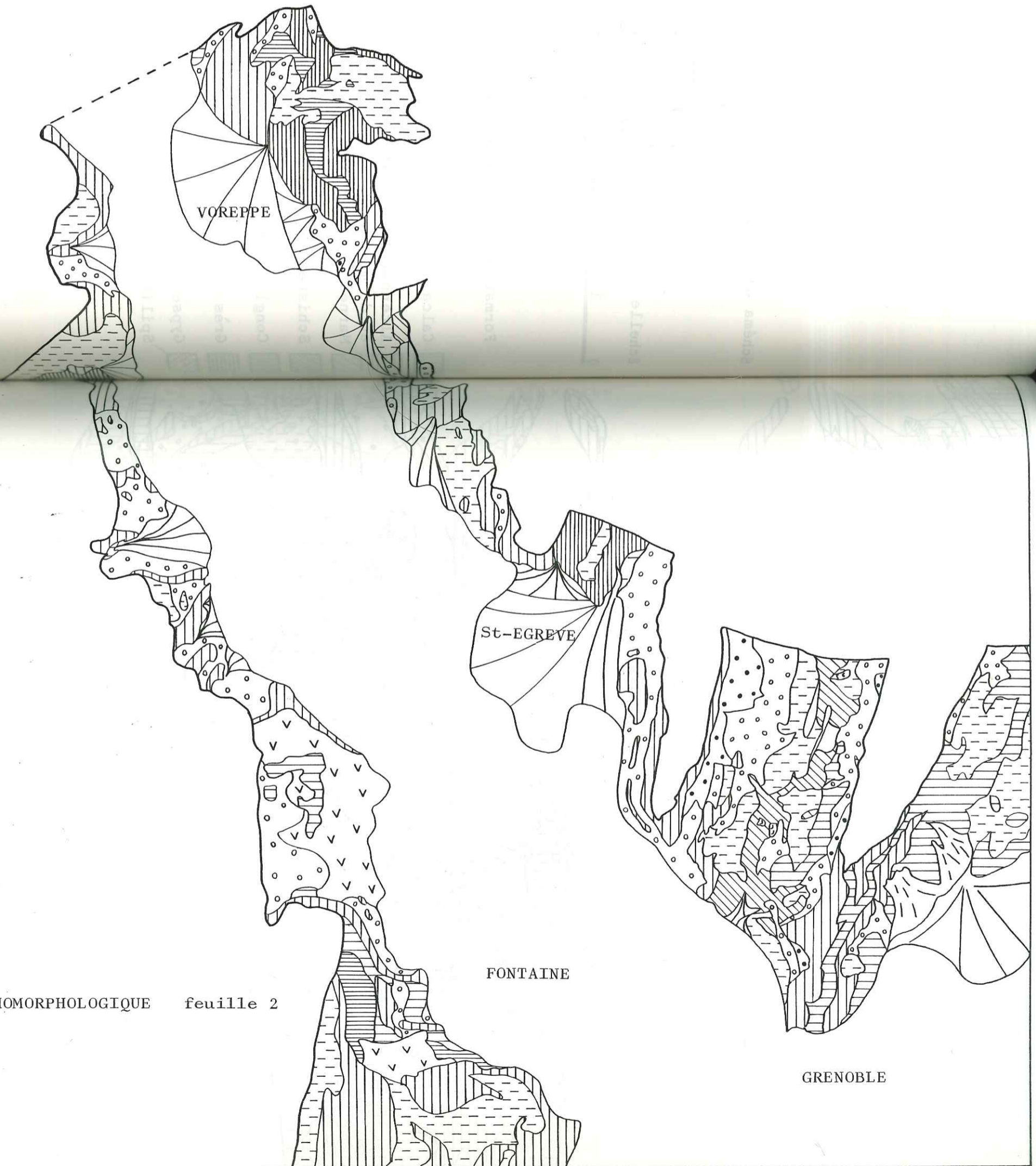
Formations du substratum

- Calcaires
- Alternances de calcaires et de marnes
- Marnes
- Schistes
- Conglomérats
- Grès
- Gypse
- Spilites

Formations de couverture

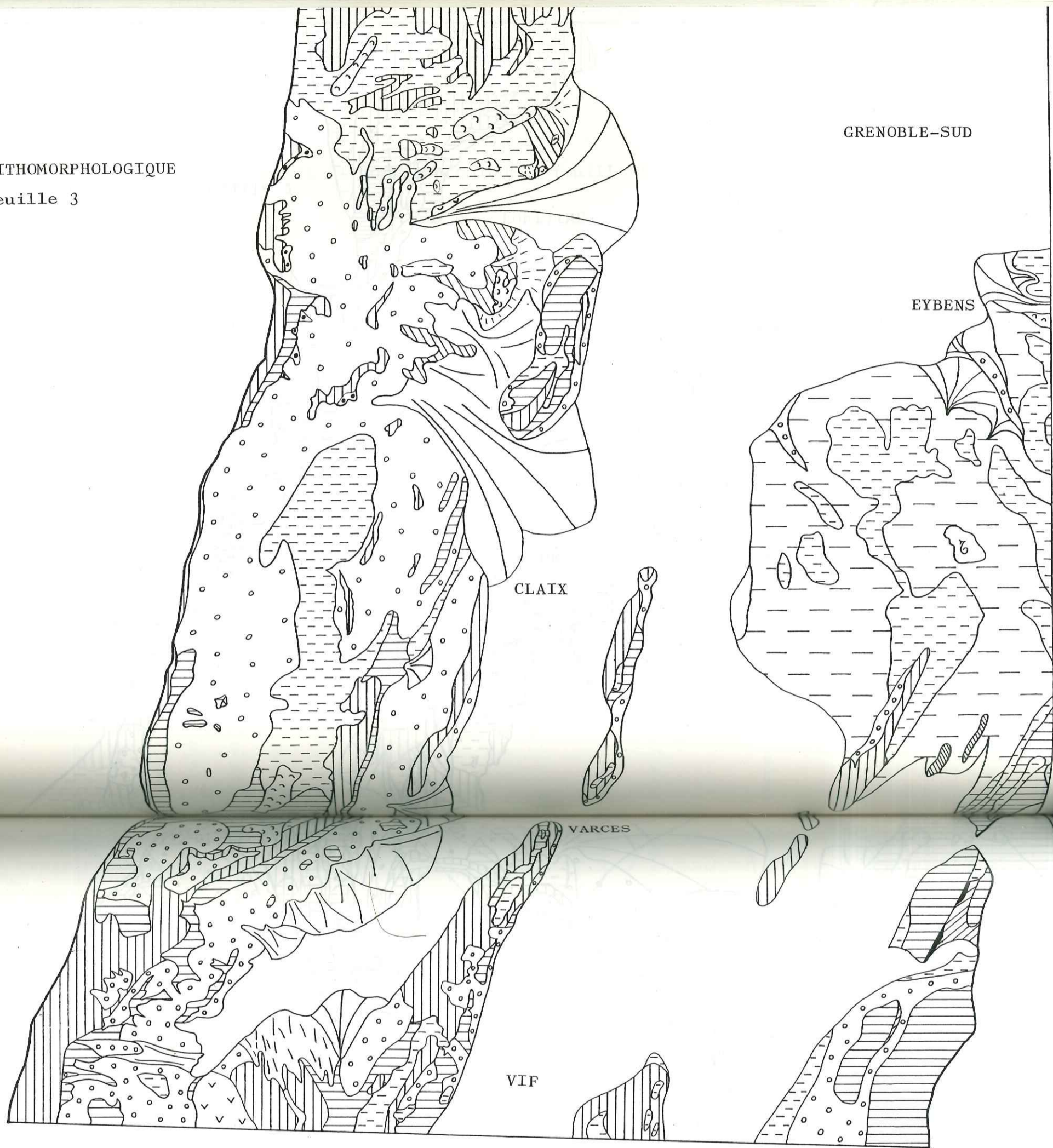
- Alluvions modernes
- Alluvions glaciaires
- Alluvions fluvio-glaciaires
- Cônes de déjection
- Eboulis vifs
- Eboulis stabilisés
- Nappes d'épandage
- Paquets tassés
- Glissements de terrain
- Tourbe
- Argiles d'Eybens
- Blocs écroulés

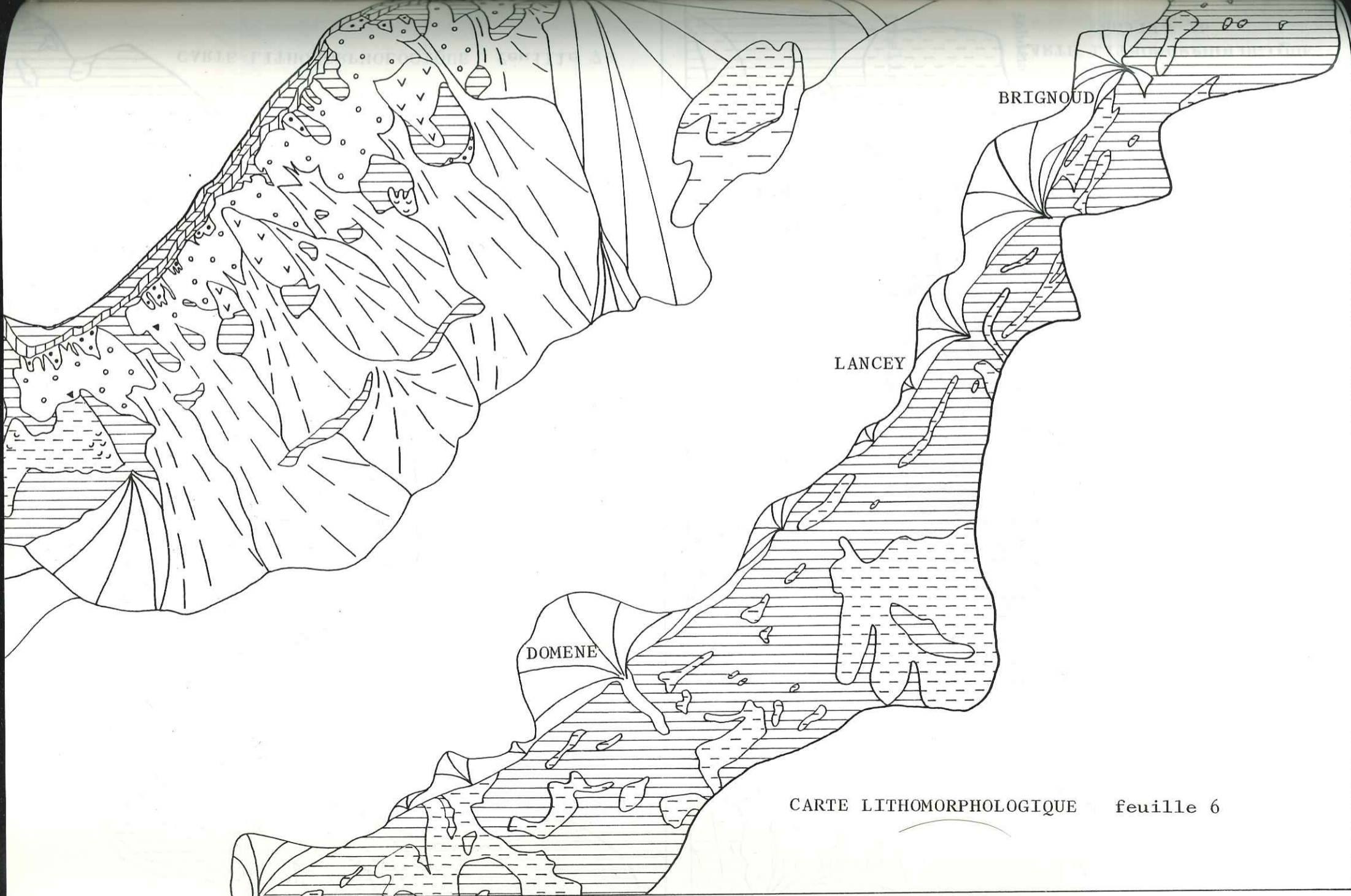
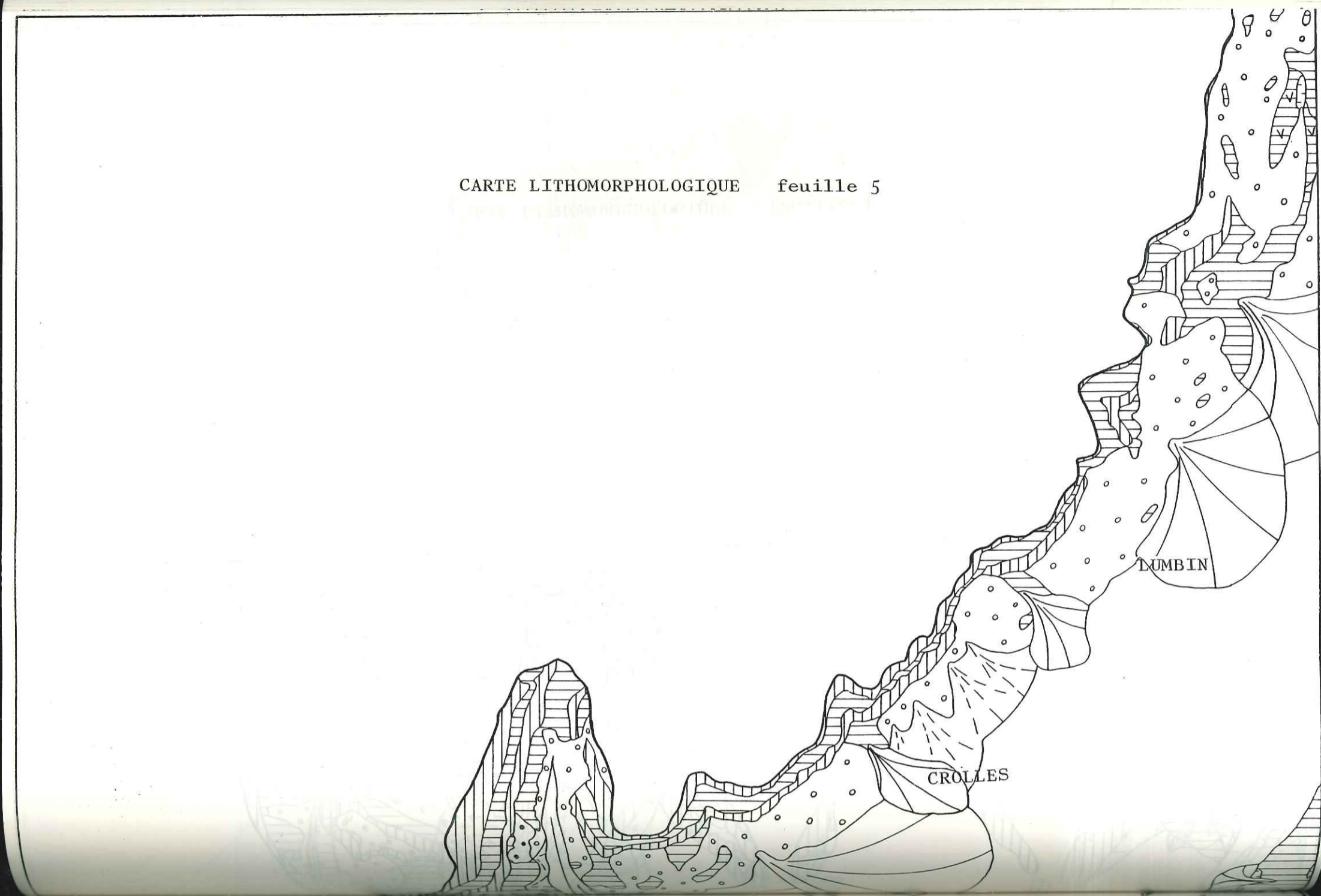
CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE feuille 1



CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE feuille 2

CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE
feuille 3





CARTE CLINOGRAPHIQUE

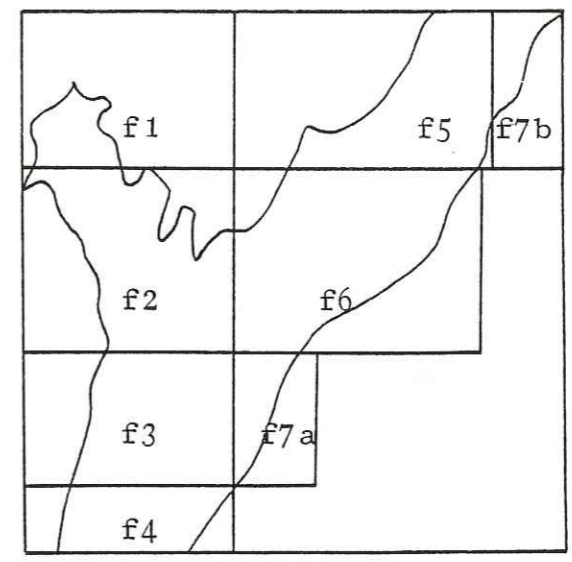








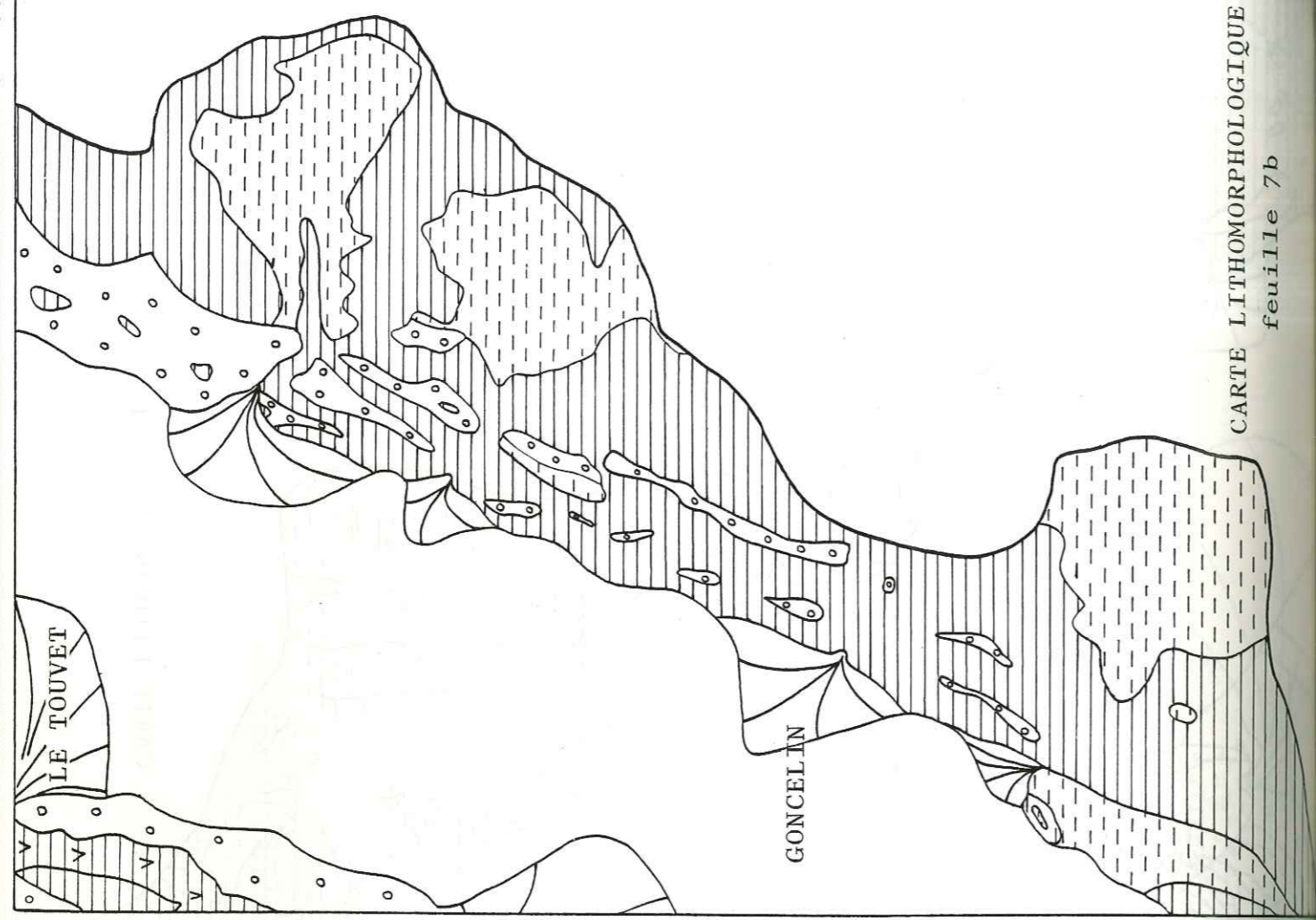
Schéma d'assemblage

Echelle

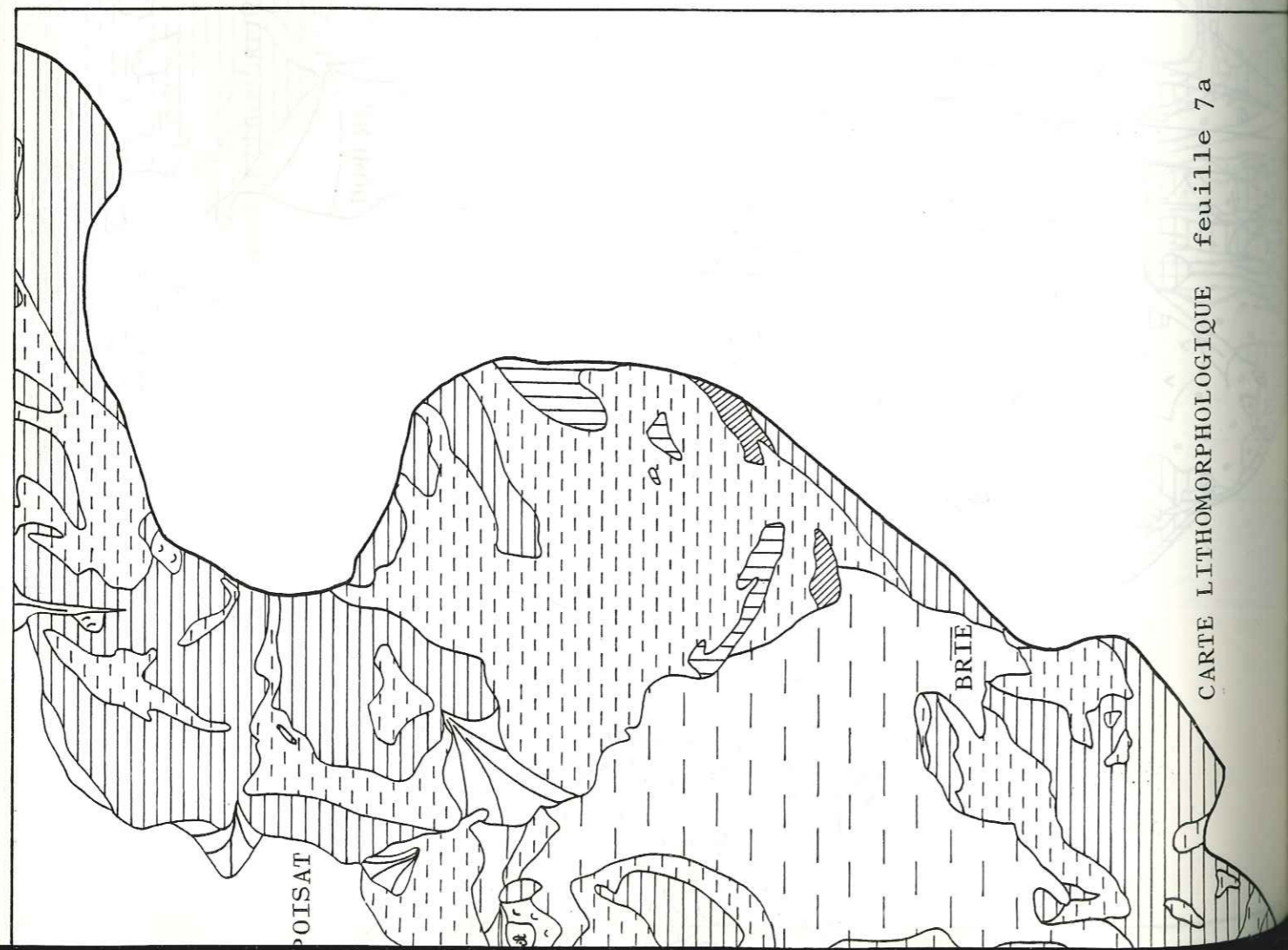


- L E G E N D E -

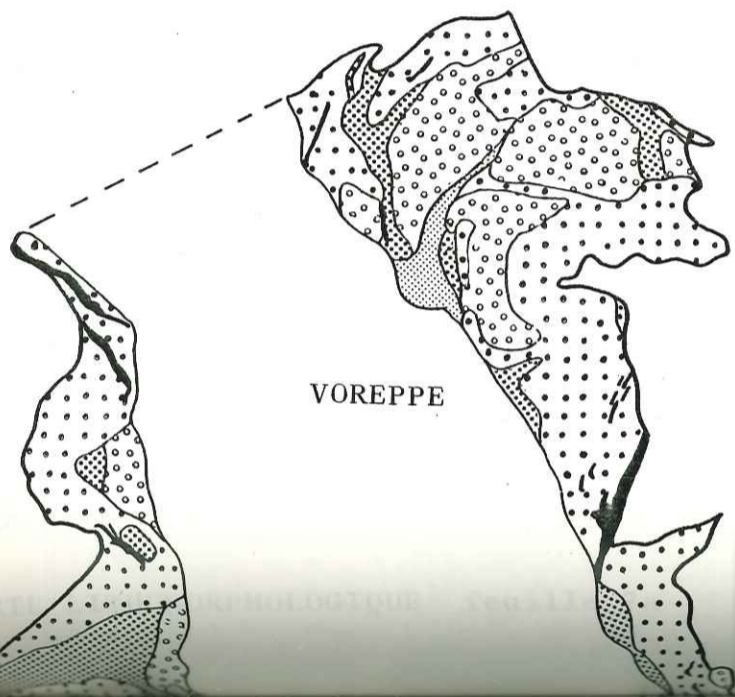
-  Pente inférieure à 5%
-  Pente comprise entre 5 et 10%
-  Pente comprise entre 10 et 20%
-  Pente comprise entre 20 et 30%
-  Pente supérieure à 30%
-  Falaises



CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE
feuille 7b



CARTE LITHOMORPHOLOGIQUE
feuille 7a

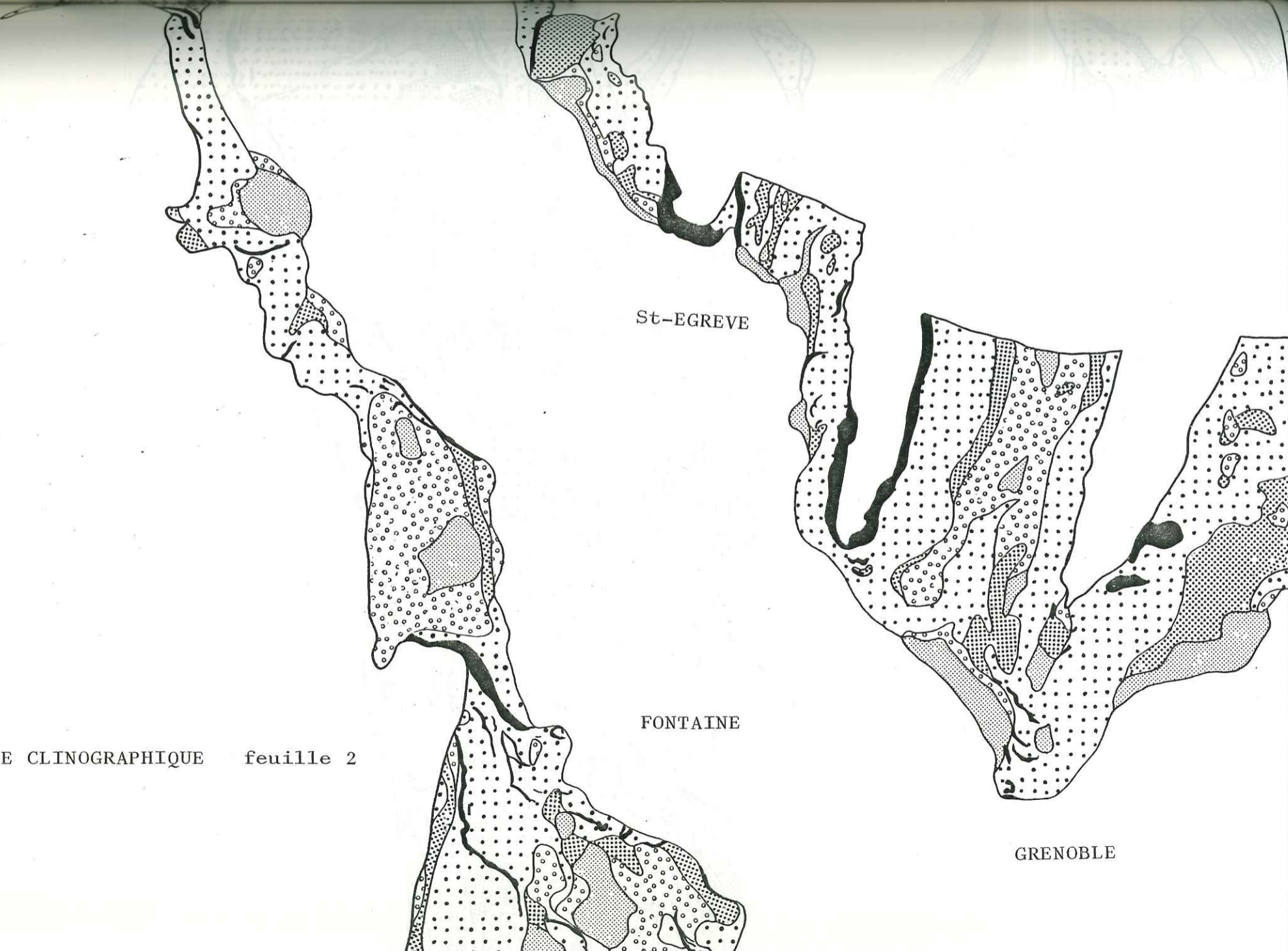


VOREPPE

St-EGREVE

FONTAINE

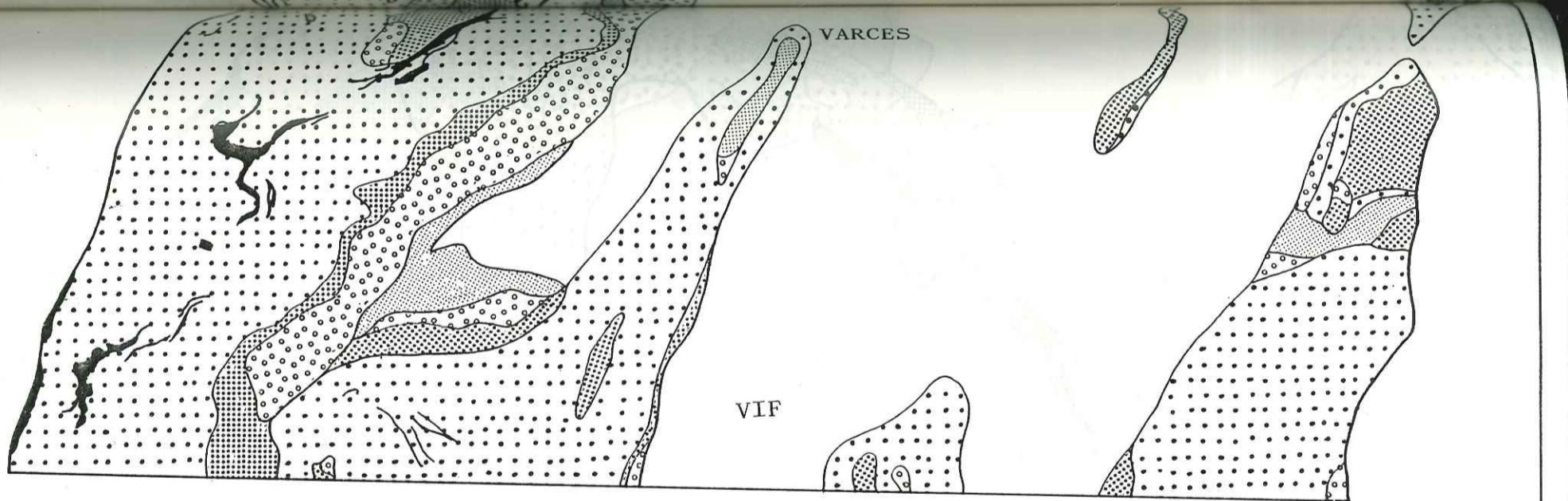
GRENOBLE



GRENOBLE-SUD

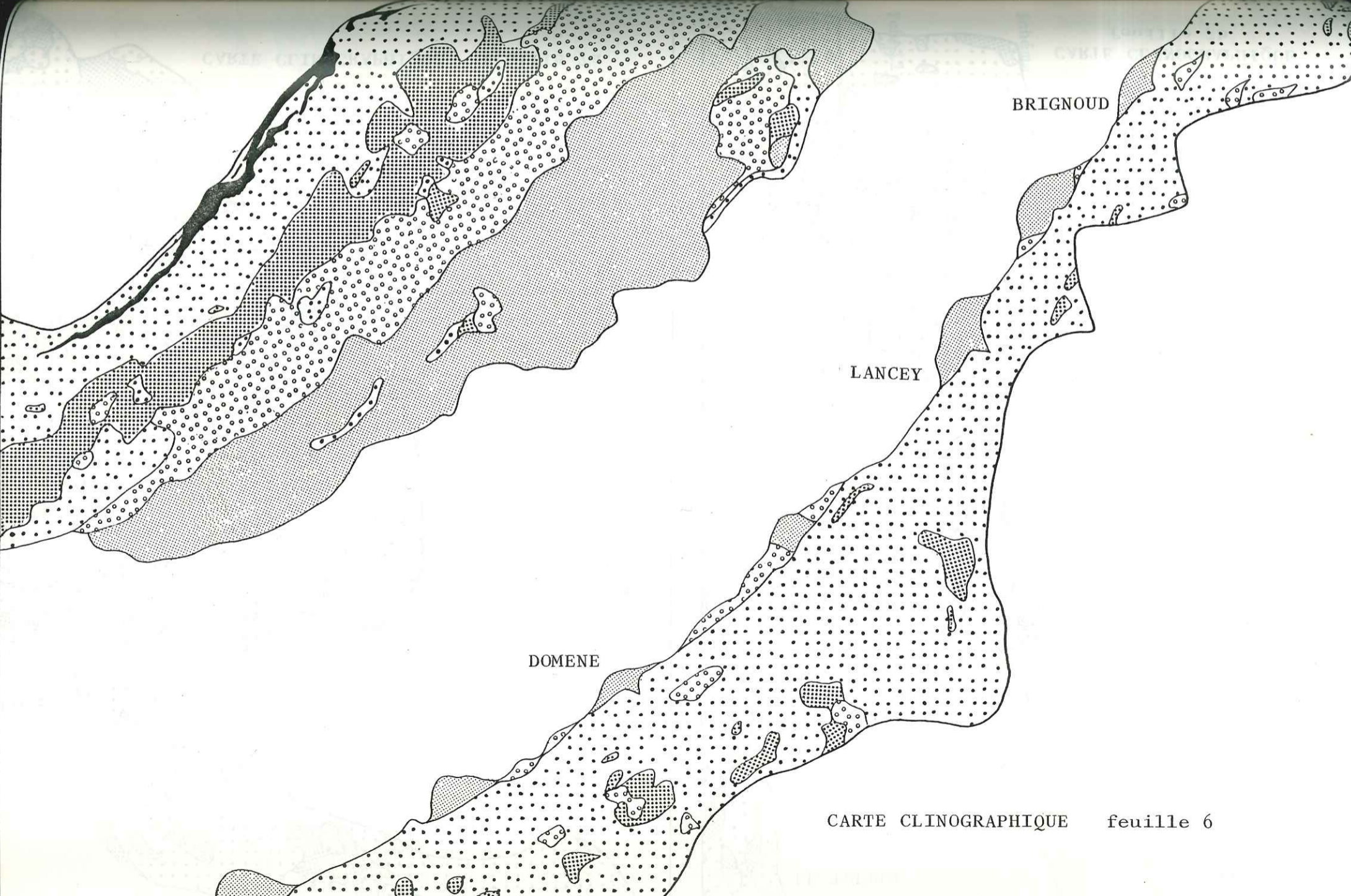
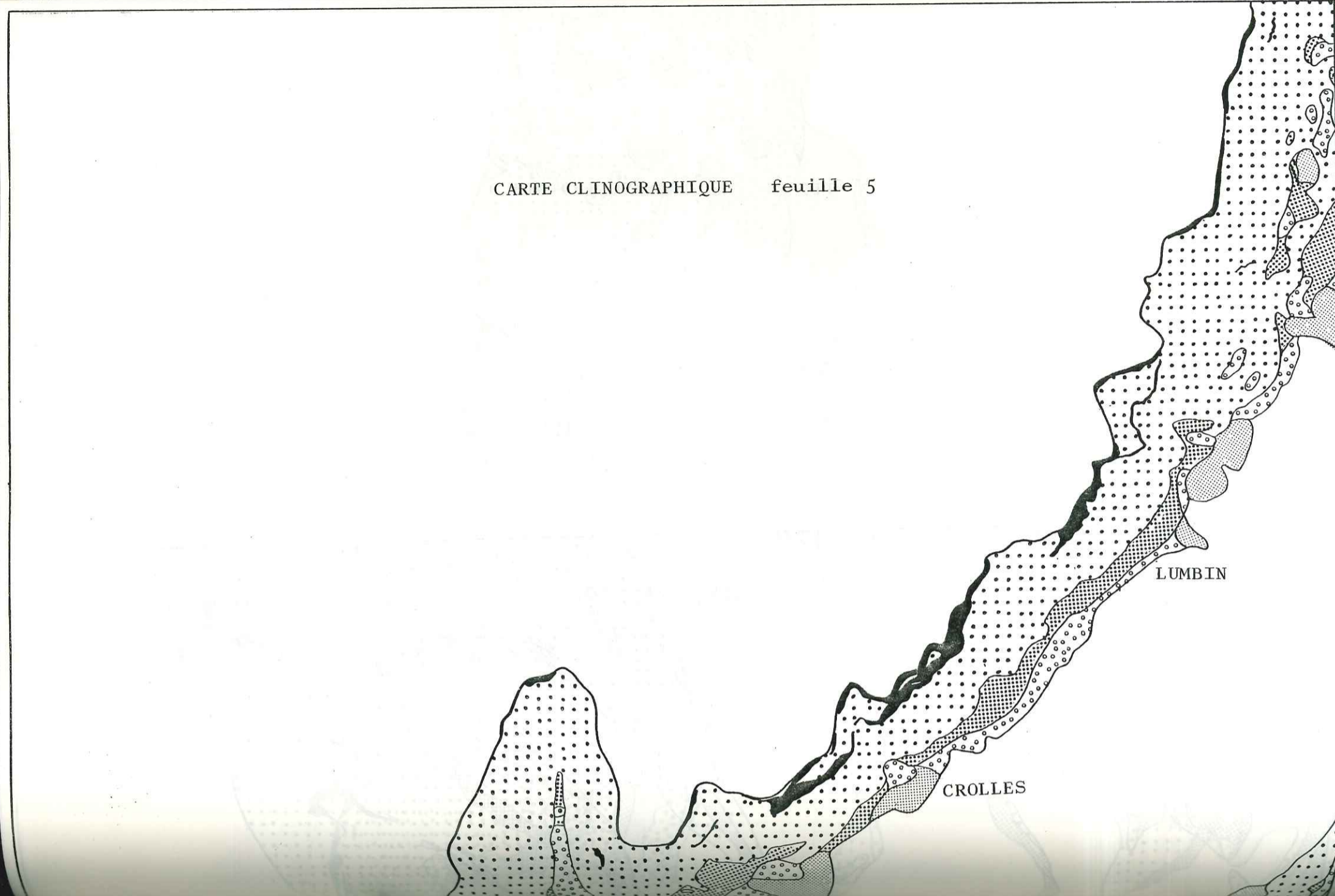
EYBENS

CLAIX



VARCES

VIF



CARTE DES RISQUES NATURELS

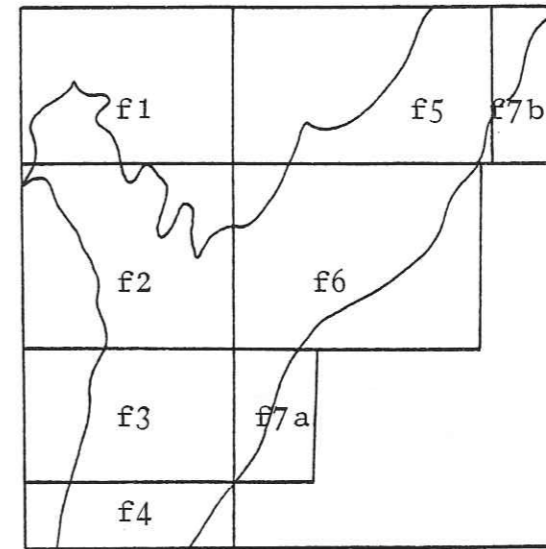









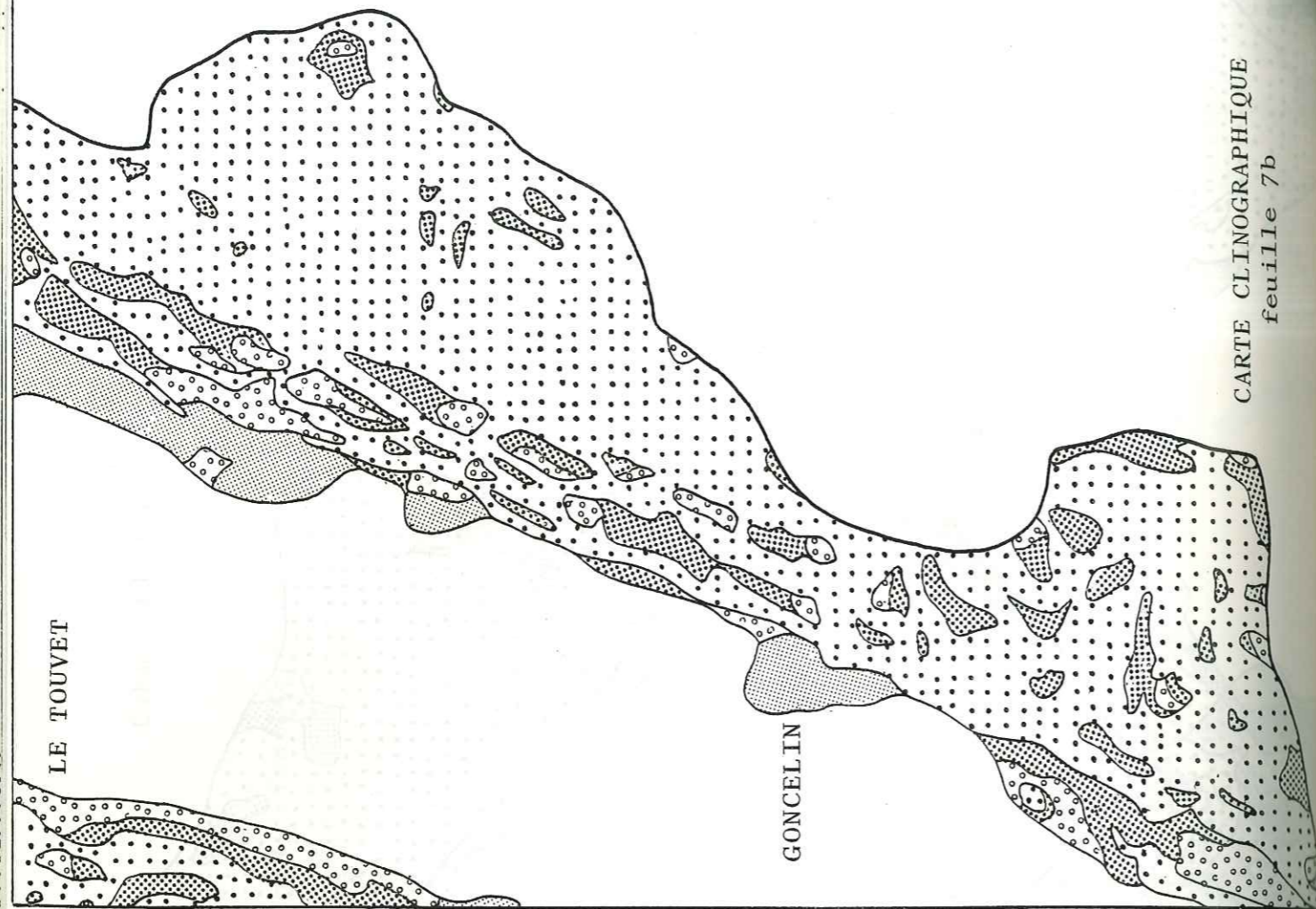
Schéma d'assemblage

Echelle

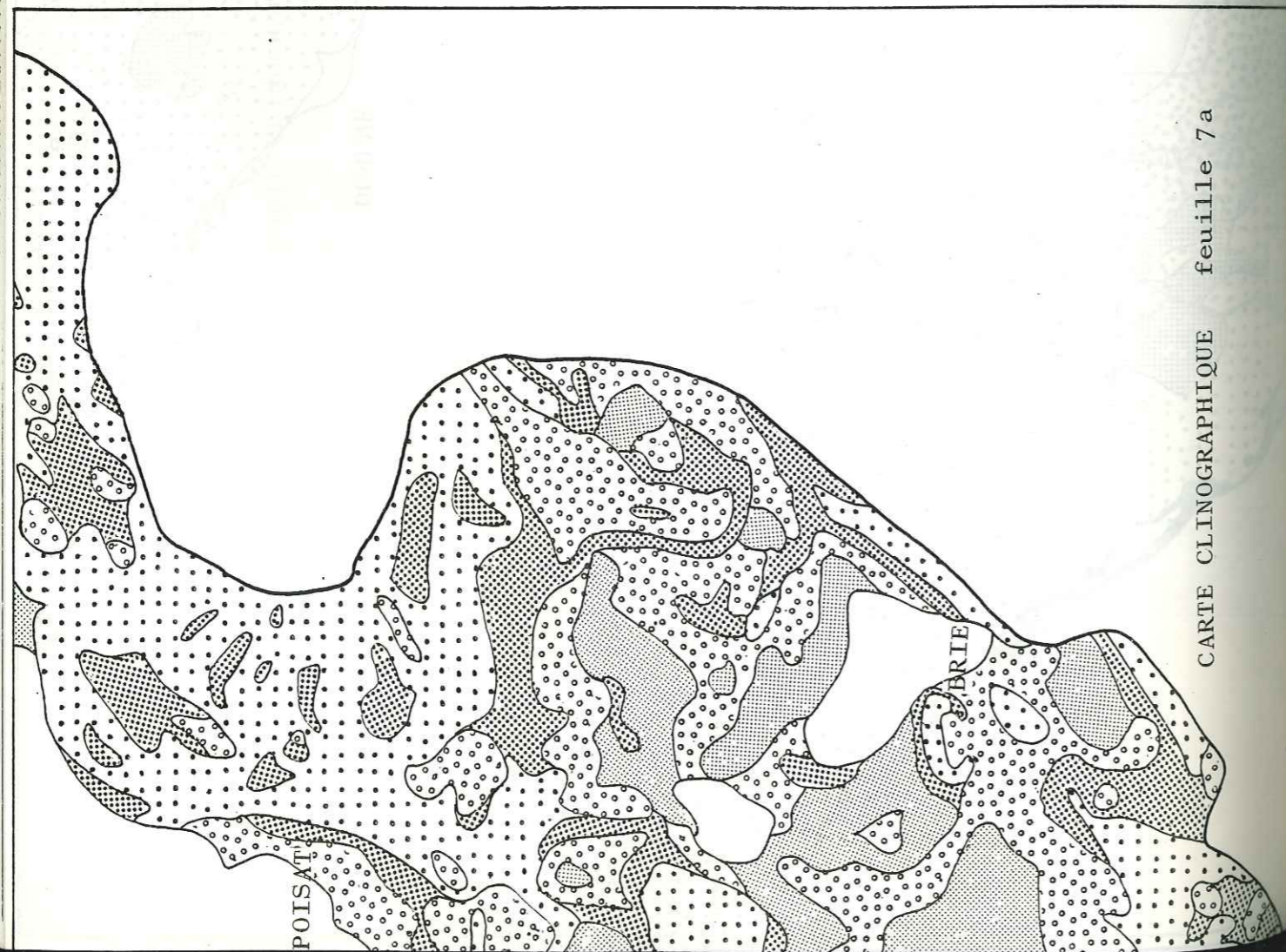
0 1 2 km

- L E G E N D E -

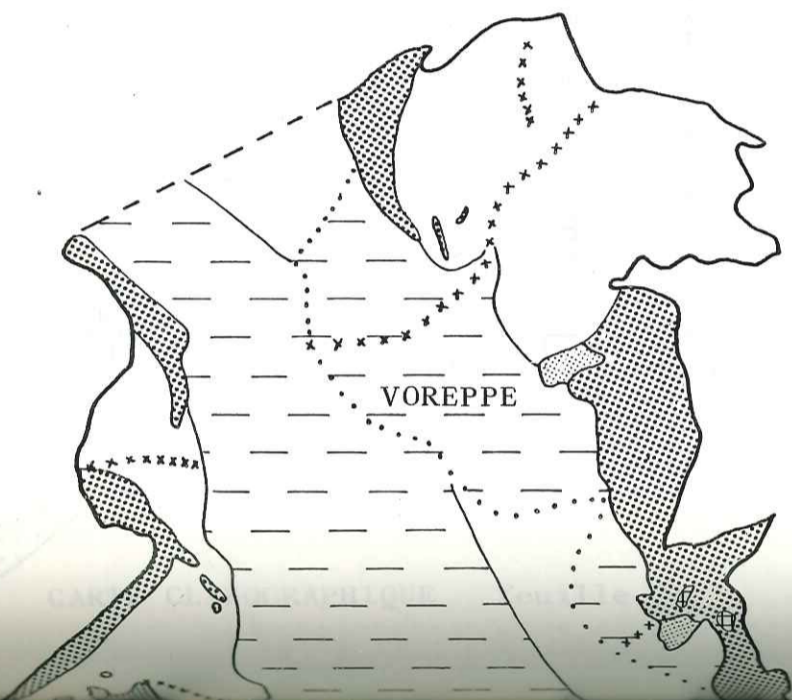
-  Zones dangereuses { Ecoulements
Chutes de pierres
-  Zones de glissements de terrain
-  Zones de débordements de torrents
-  } Surfaces submersibles (voir texte)
-  }
-  Zones marécageuses
-  Carrières



CARTE CLINOGRAPHIQUE
feuille 7b



CARTE CLINOGRAPHIQUE
feuille 7a



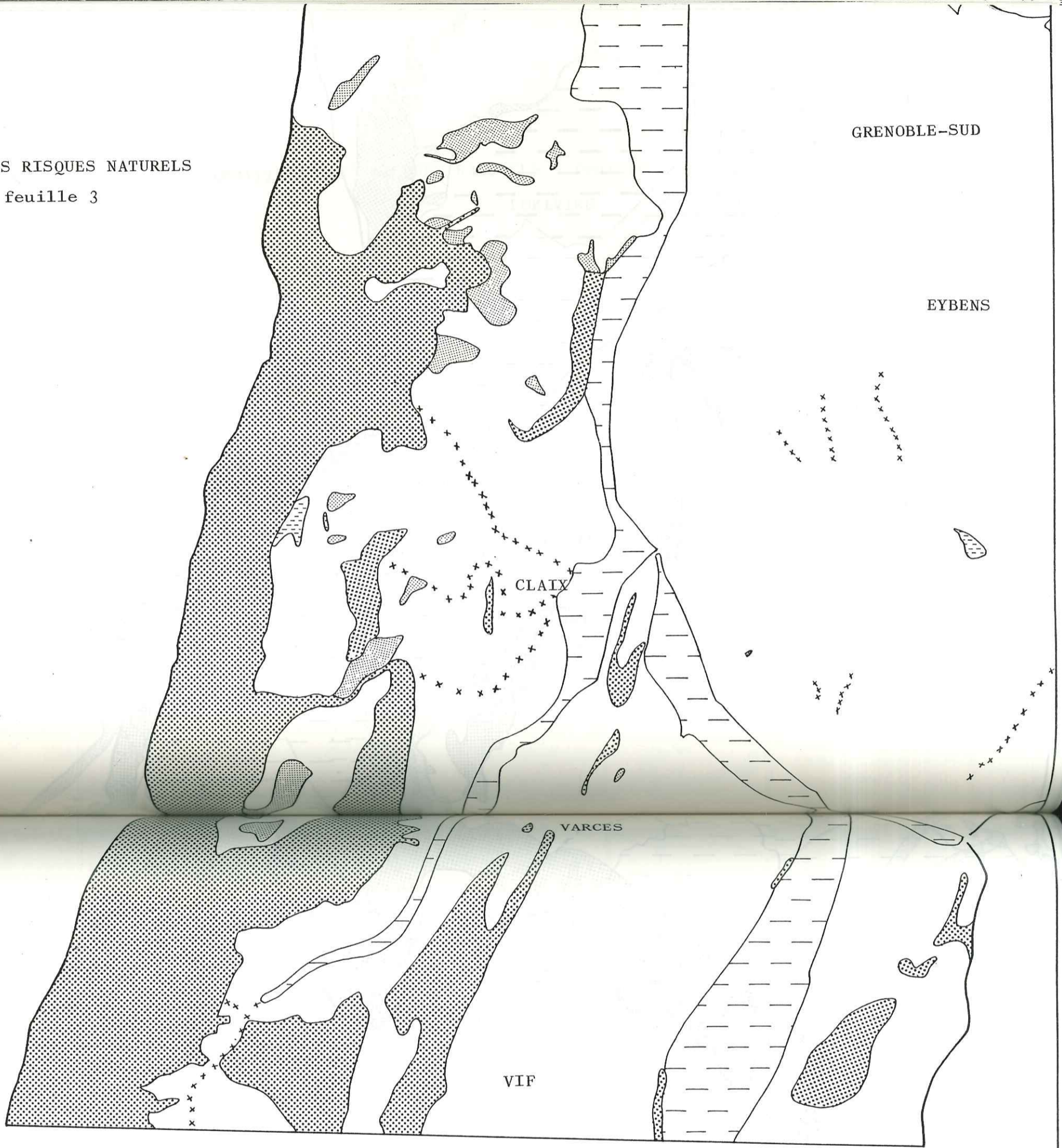
VOREPPE

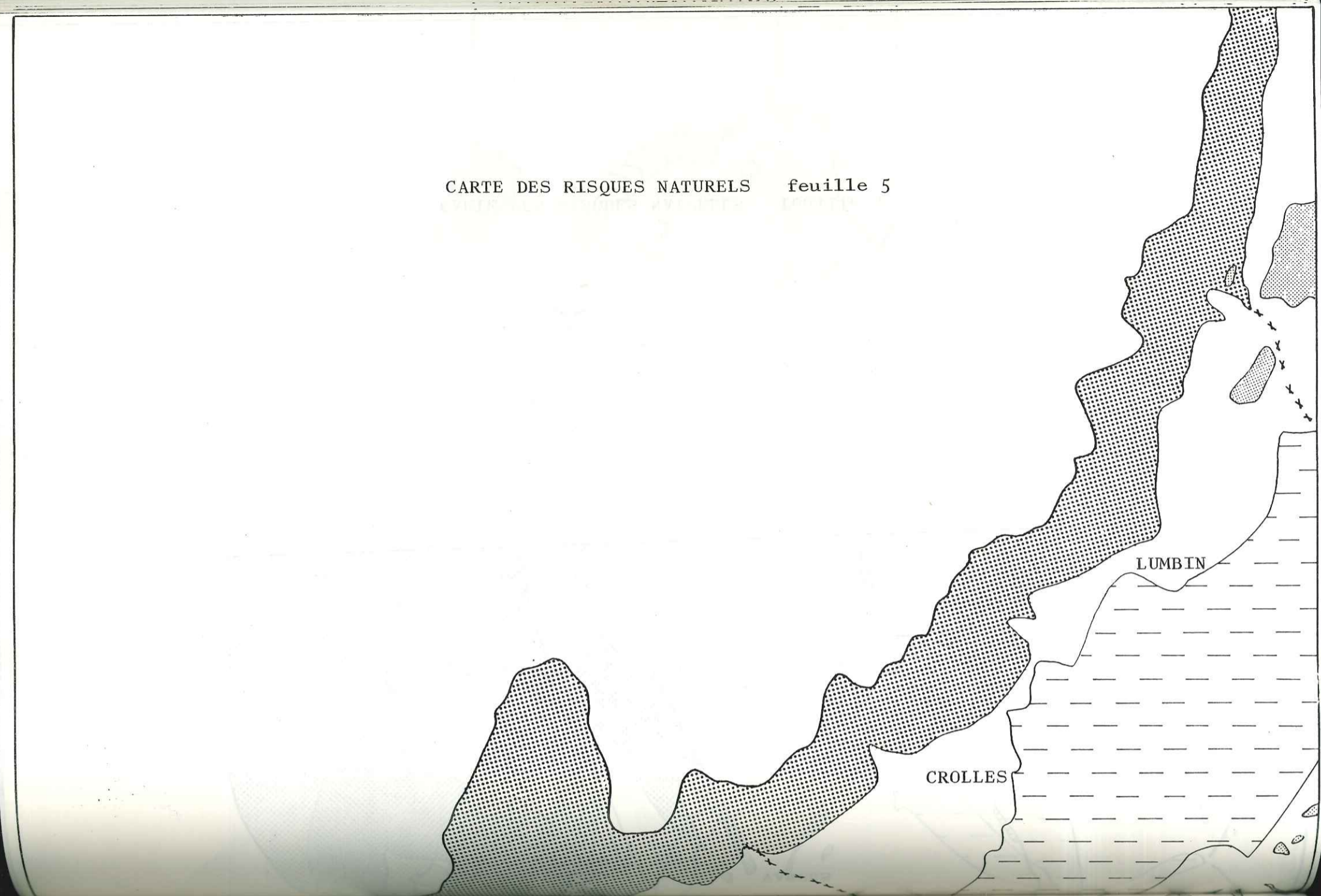
St-EGREVE

FONTAINE

GRENOBLE

CARTE DES RISQUES NATURELS
feuille 3

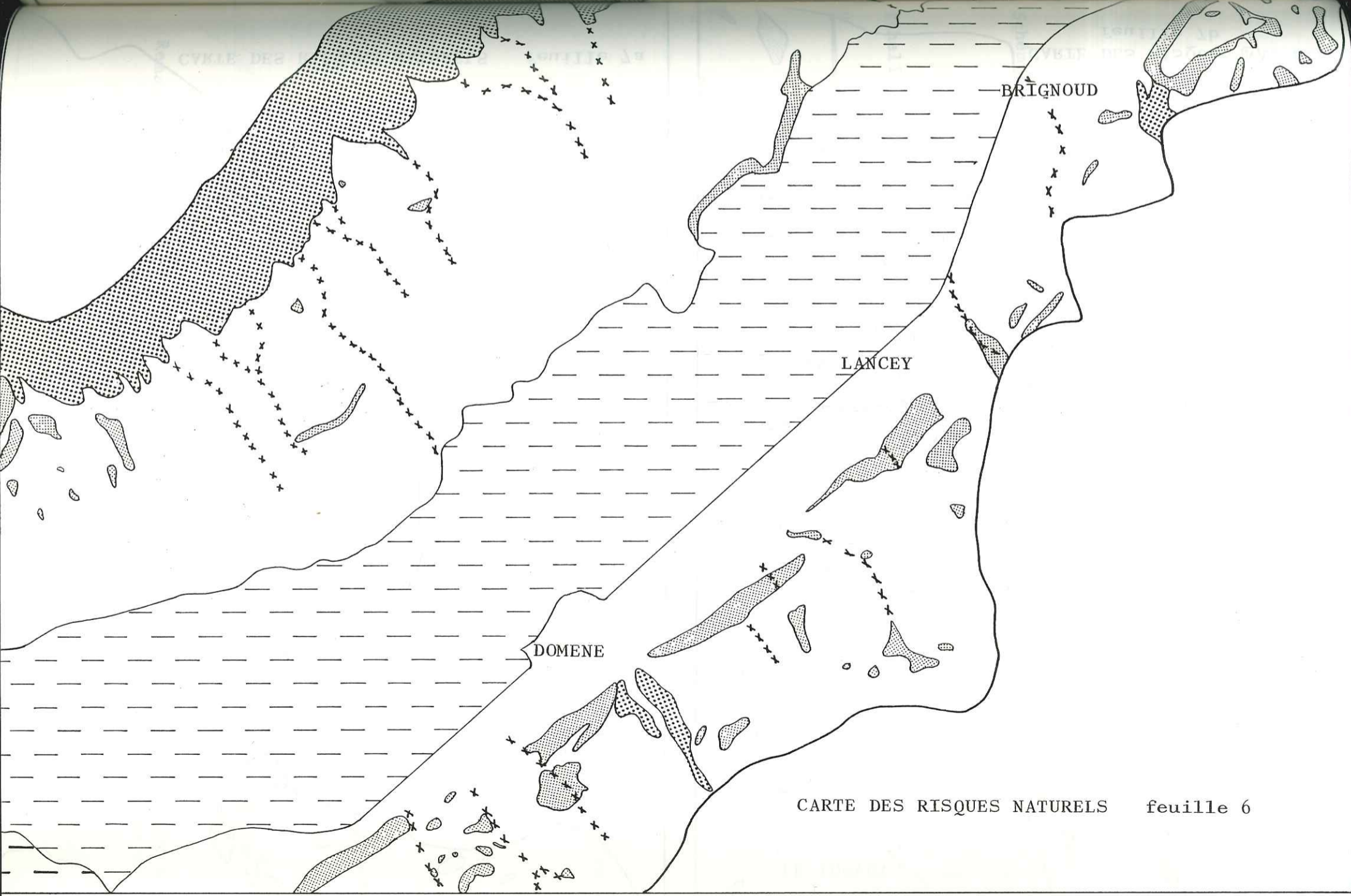




LUMBIN

CROLLES

DOMENE



BRIGNOUD

LANCEY

CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE

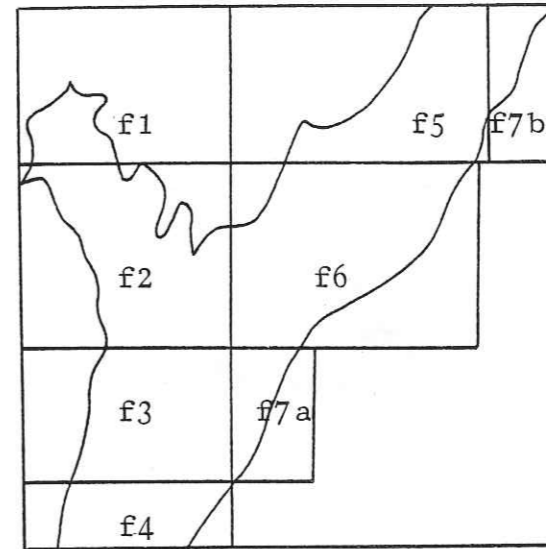


Schéma d'assemblage

Echelle



- L E G E N D E -



Classe I : zone stable (aucun facteur d'instabilité)



Classe II : zone généralement stable (facteurs d'instabilité non déterminants)

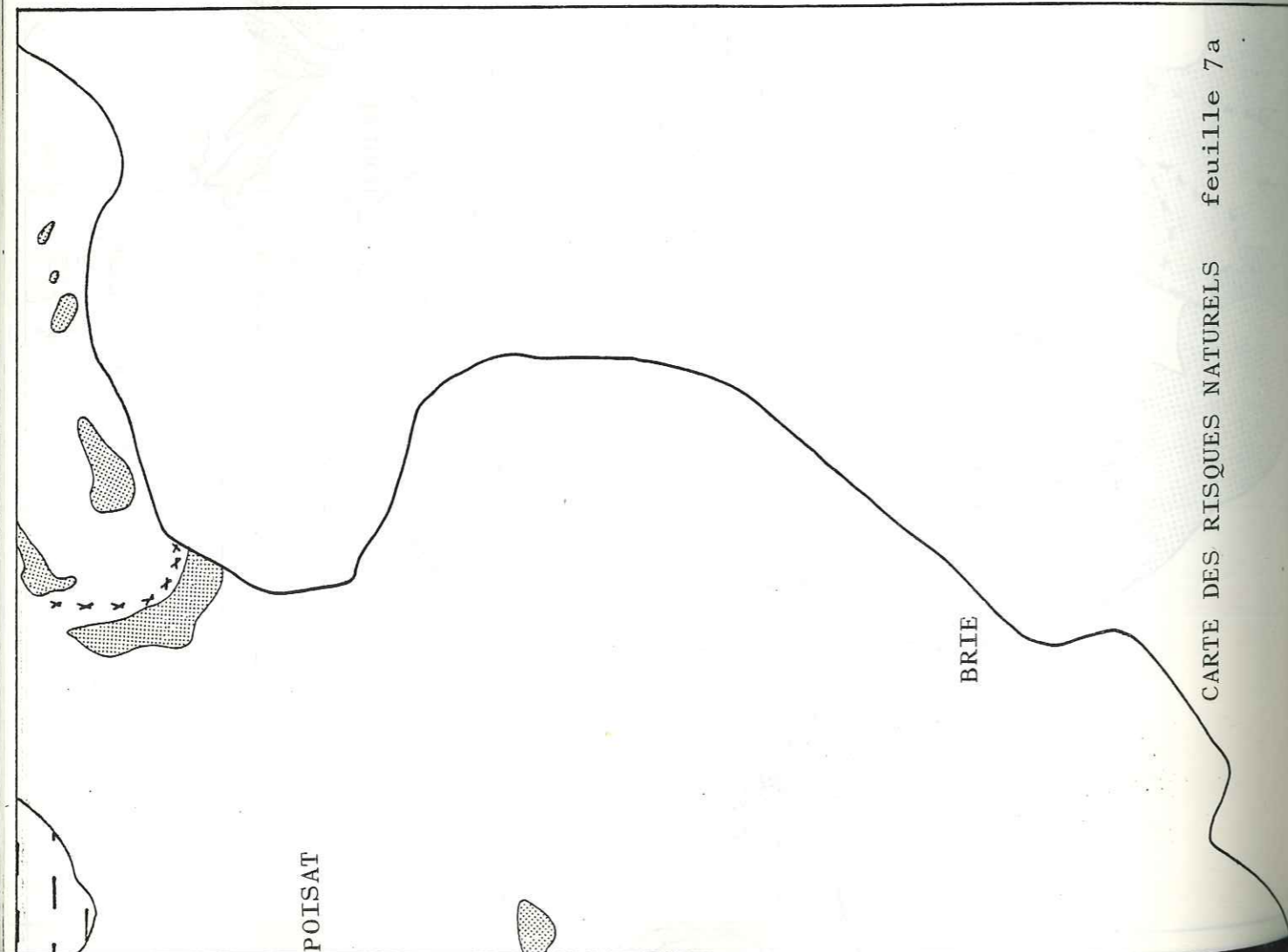
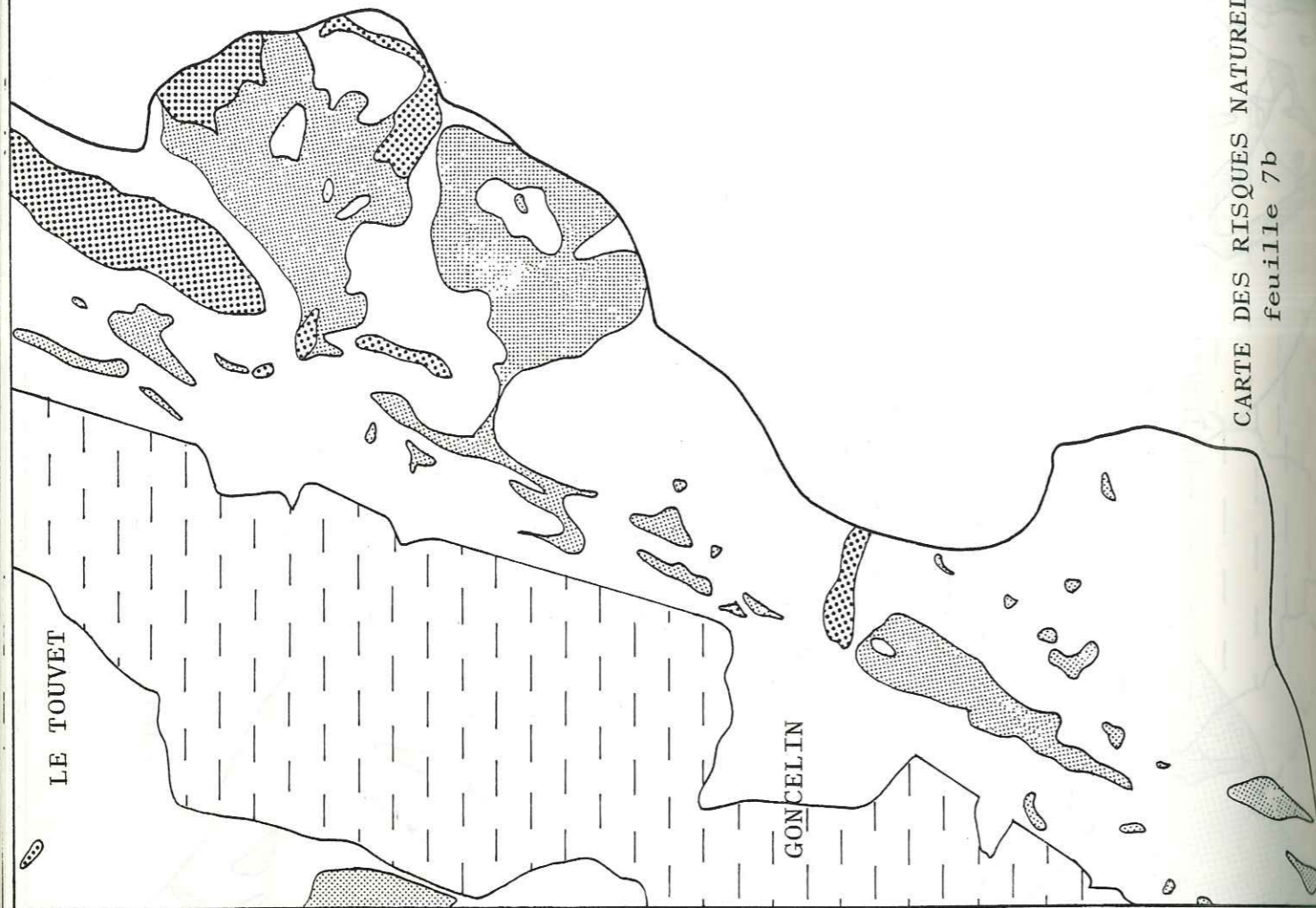


Classe III : zone potentiellement instable (facteurs d'instabilité déterminants, sans effet apparent)

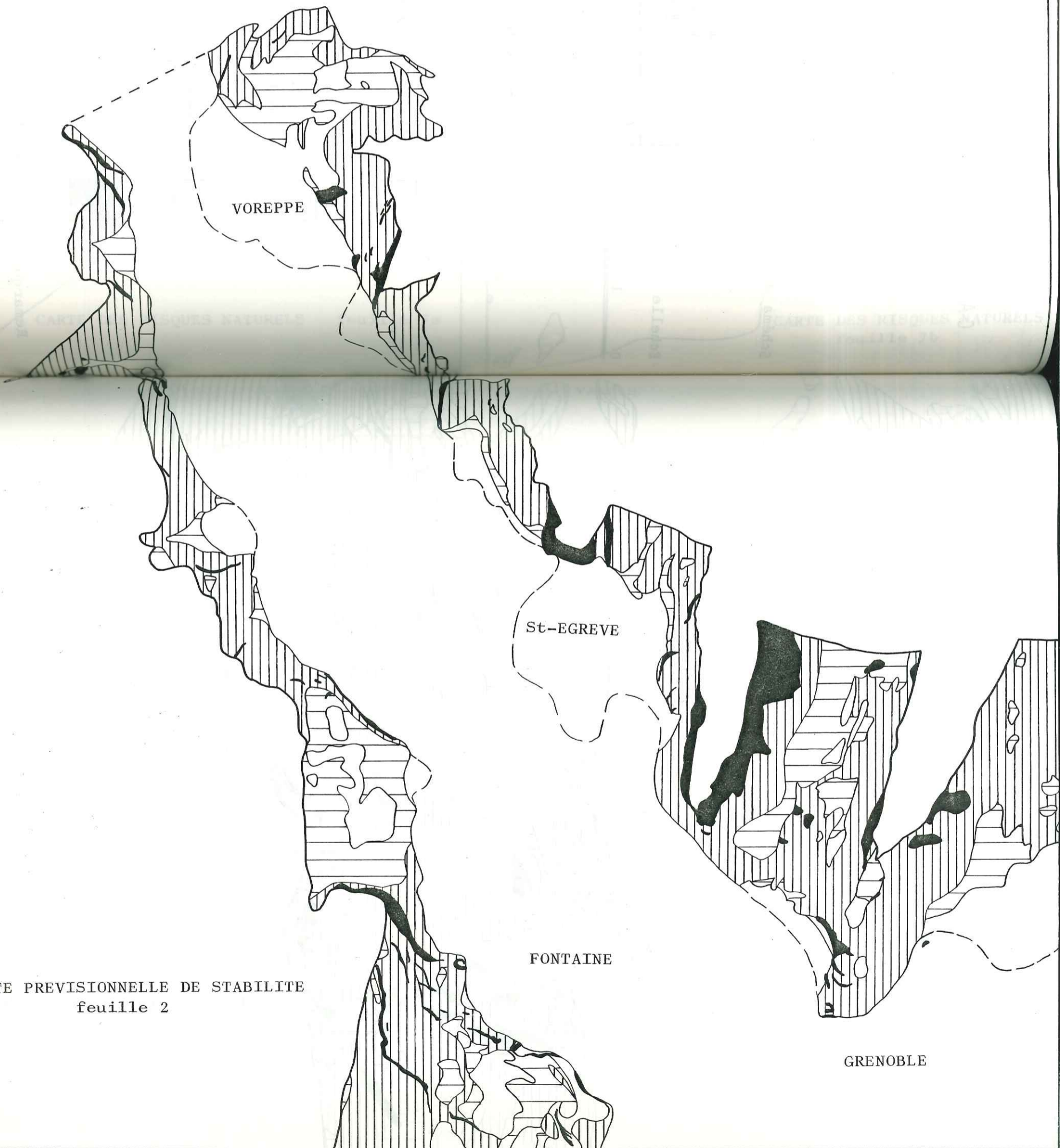


Classe IV : zone instable (instabilités déclarées)

Remarque : un trait discontinu marque, pour les terrains appartenant à la classe I, la limite entre les formations de la plaine et celles des versants .



CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE
feuille 1



CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE
feuille 2

GRENOBLE

CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE
feuille 3

GRENOBLE-SUD

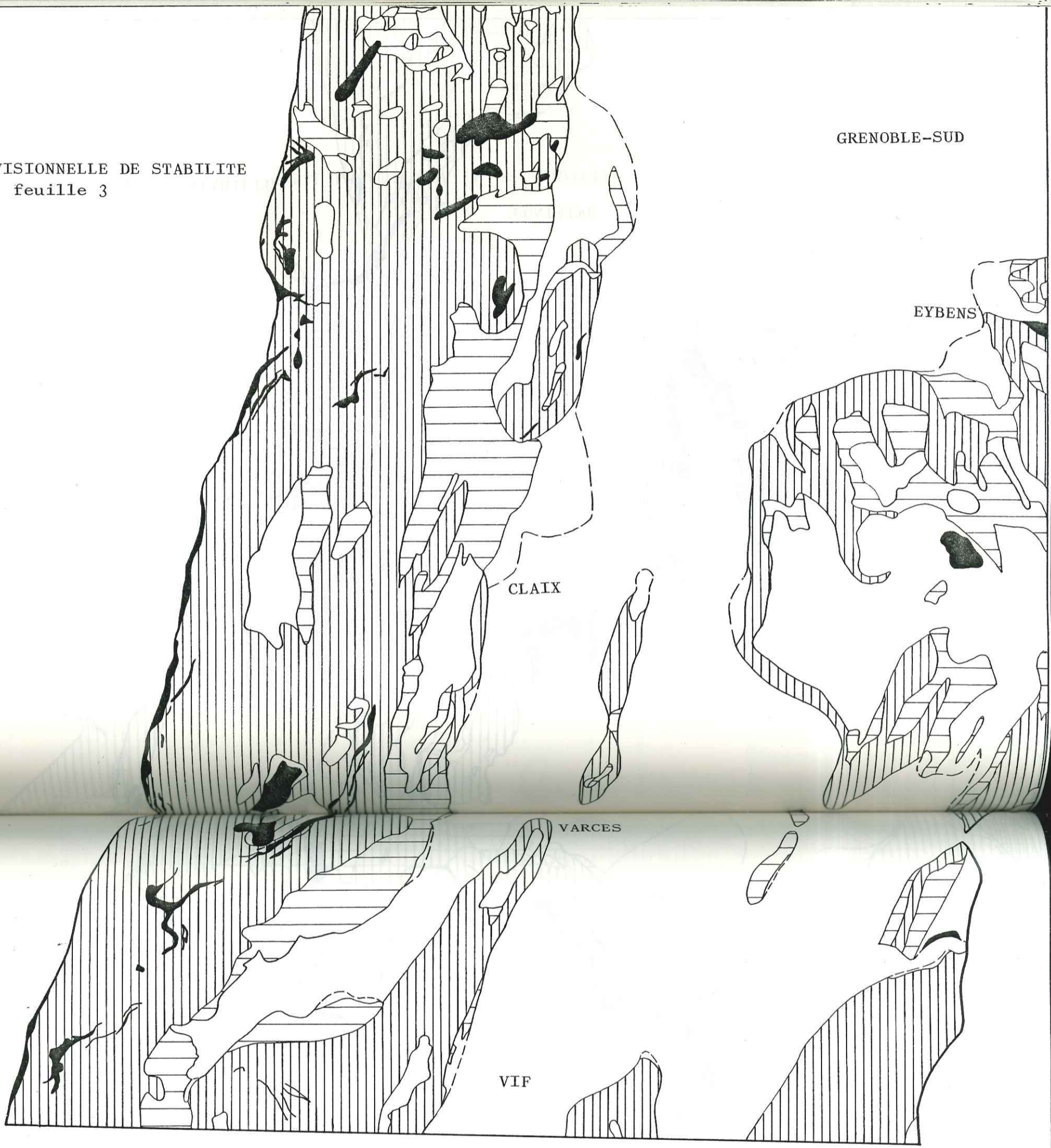
EYBENS

CLAIIX

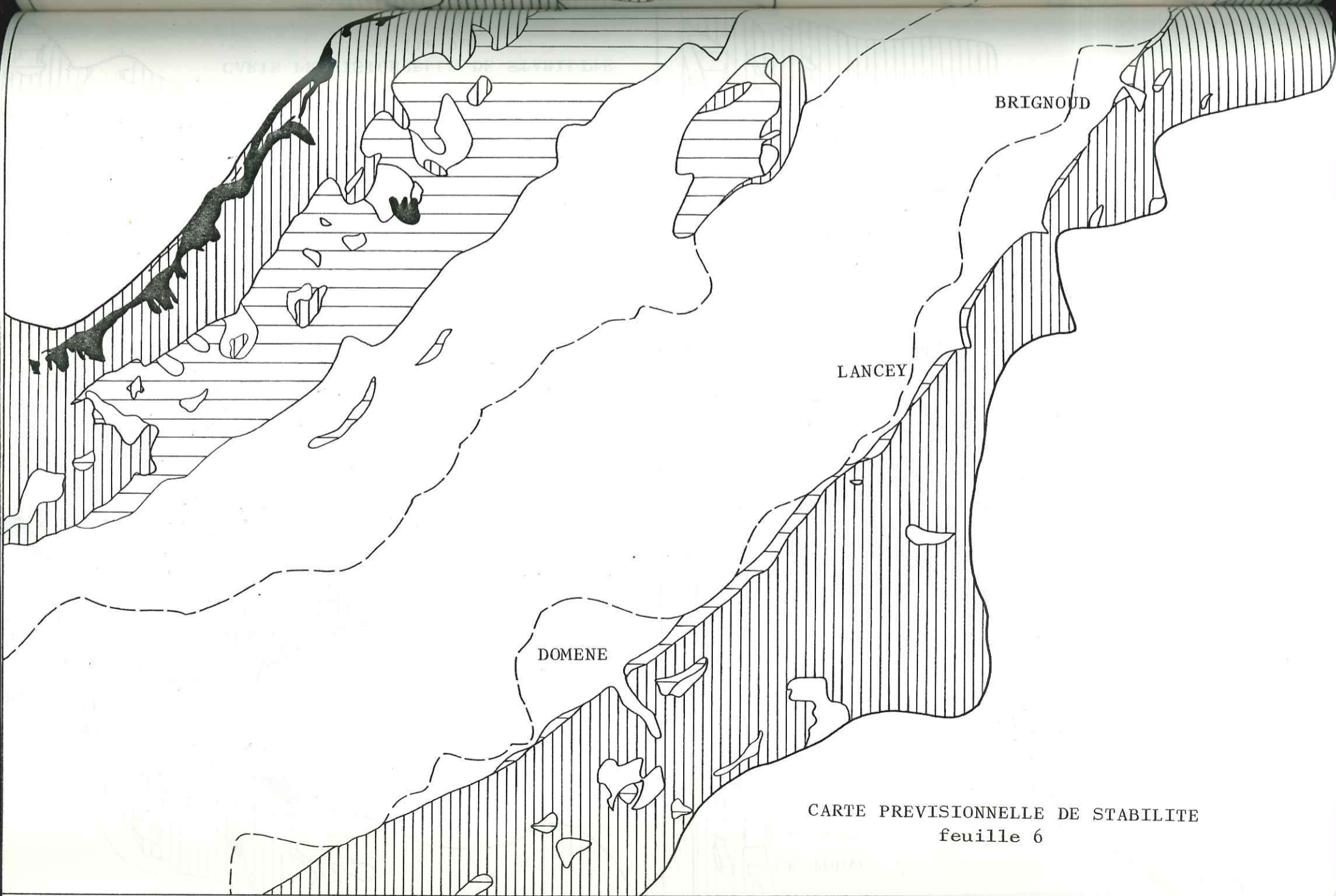
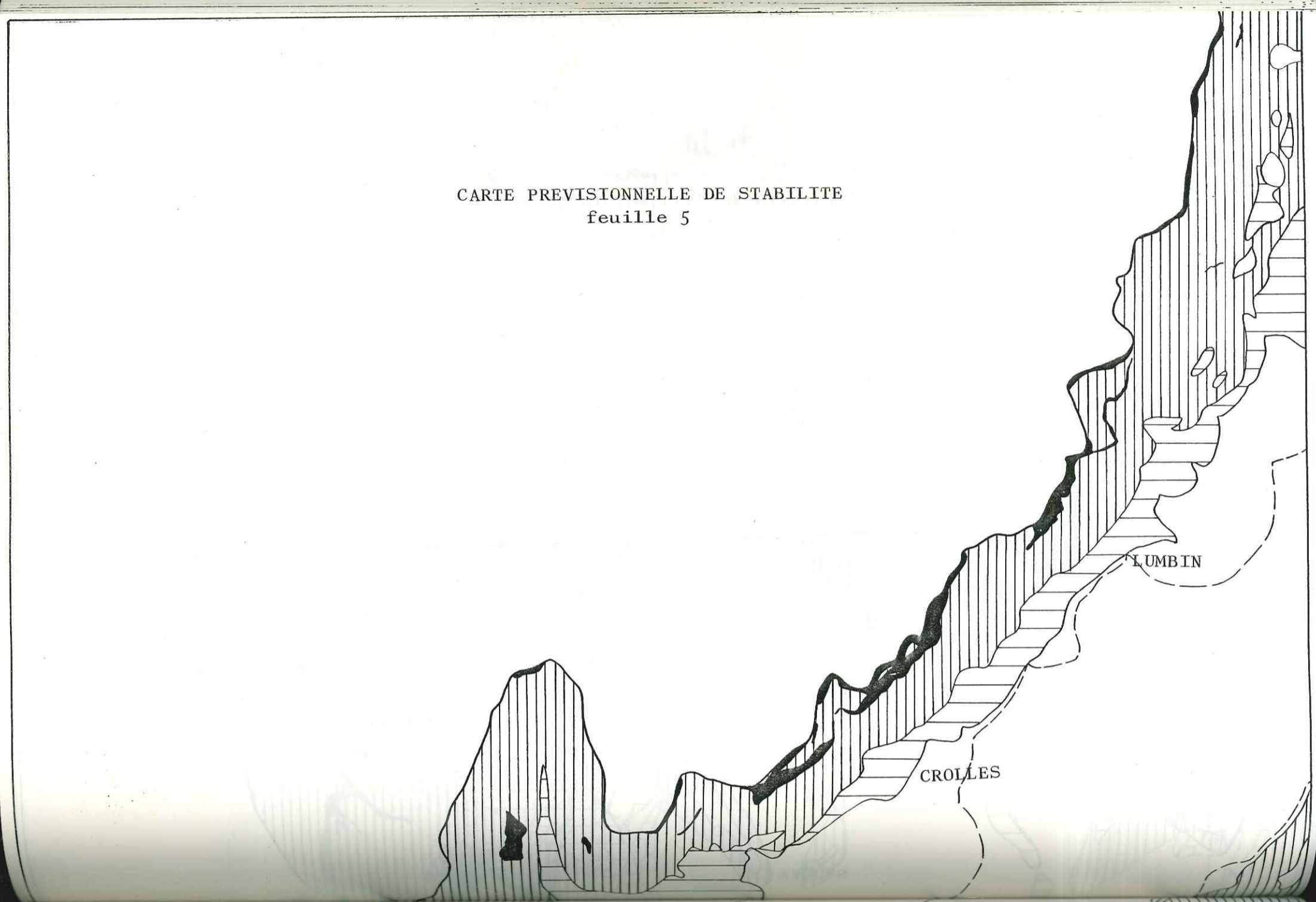
VARCES

VIF

CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE
feuille 4



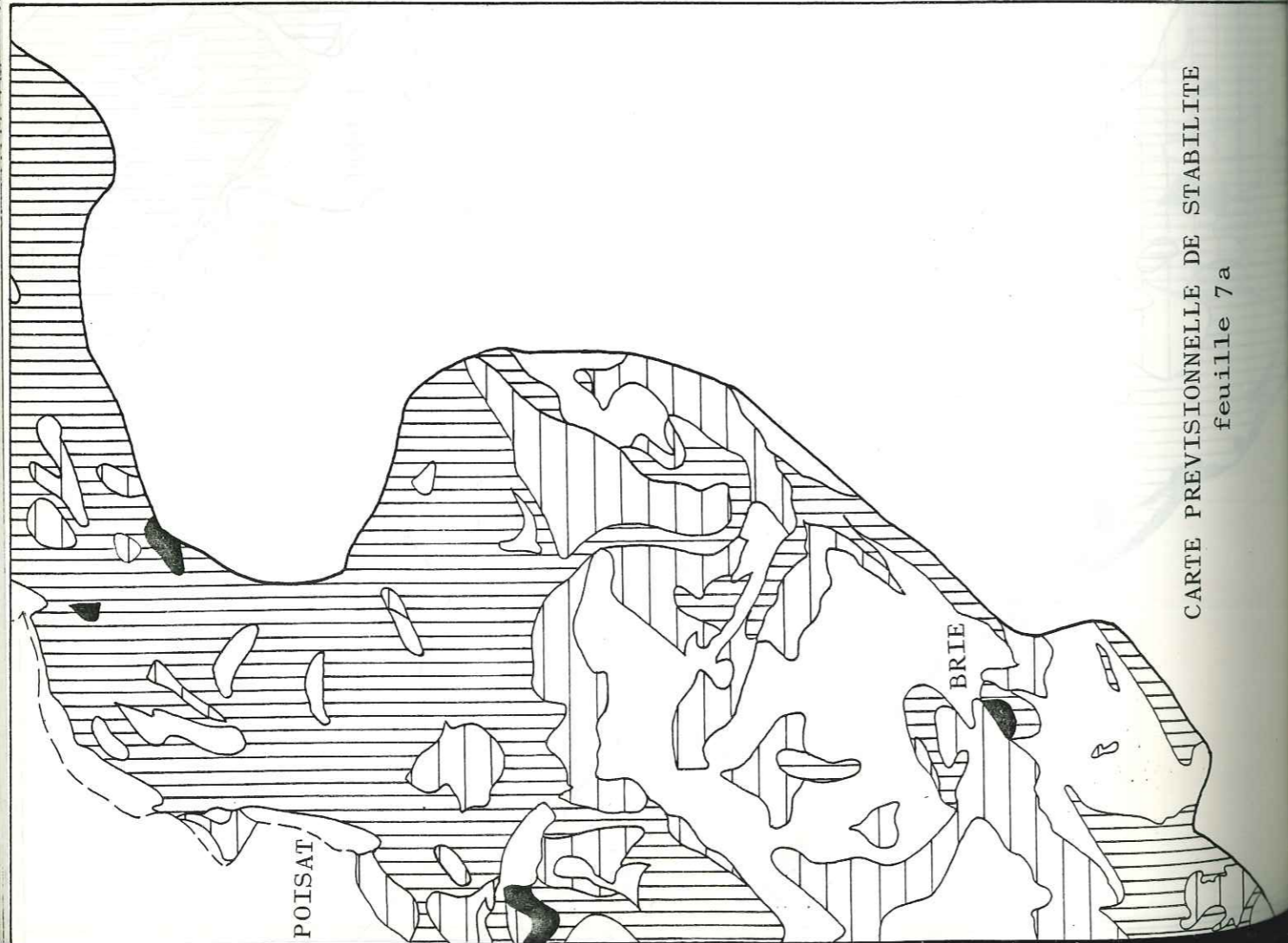
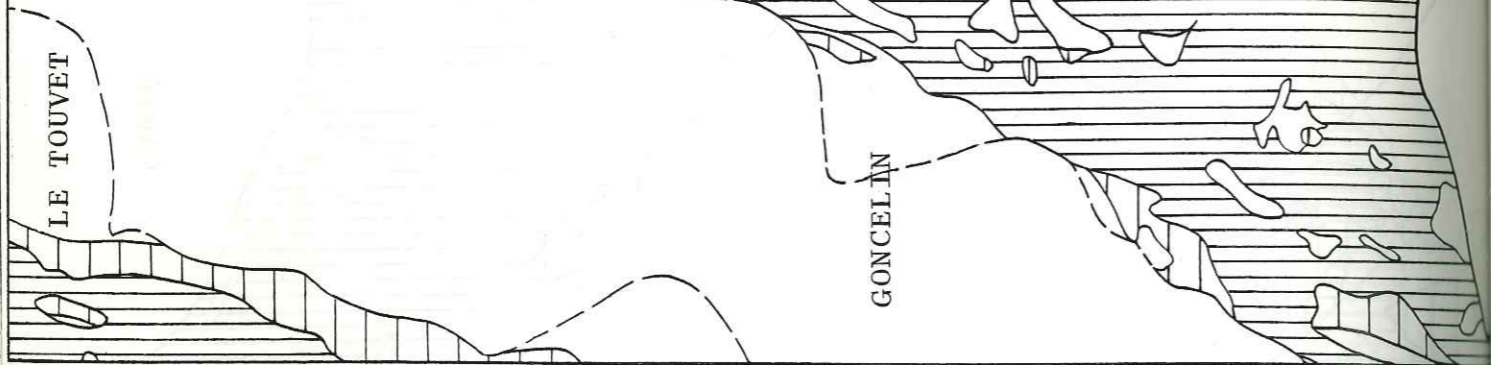
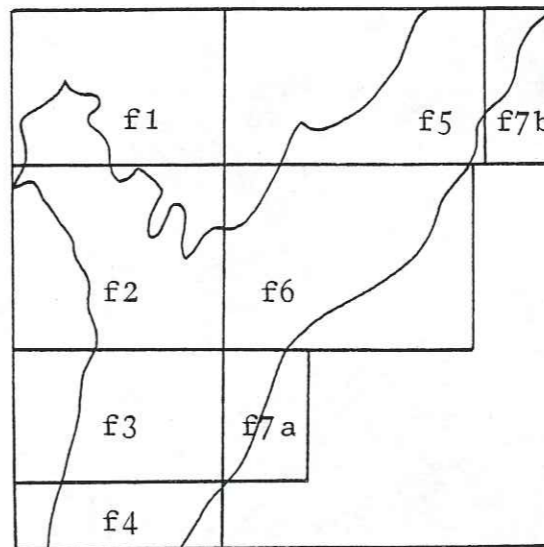
CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE
feuille 5

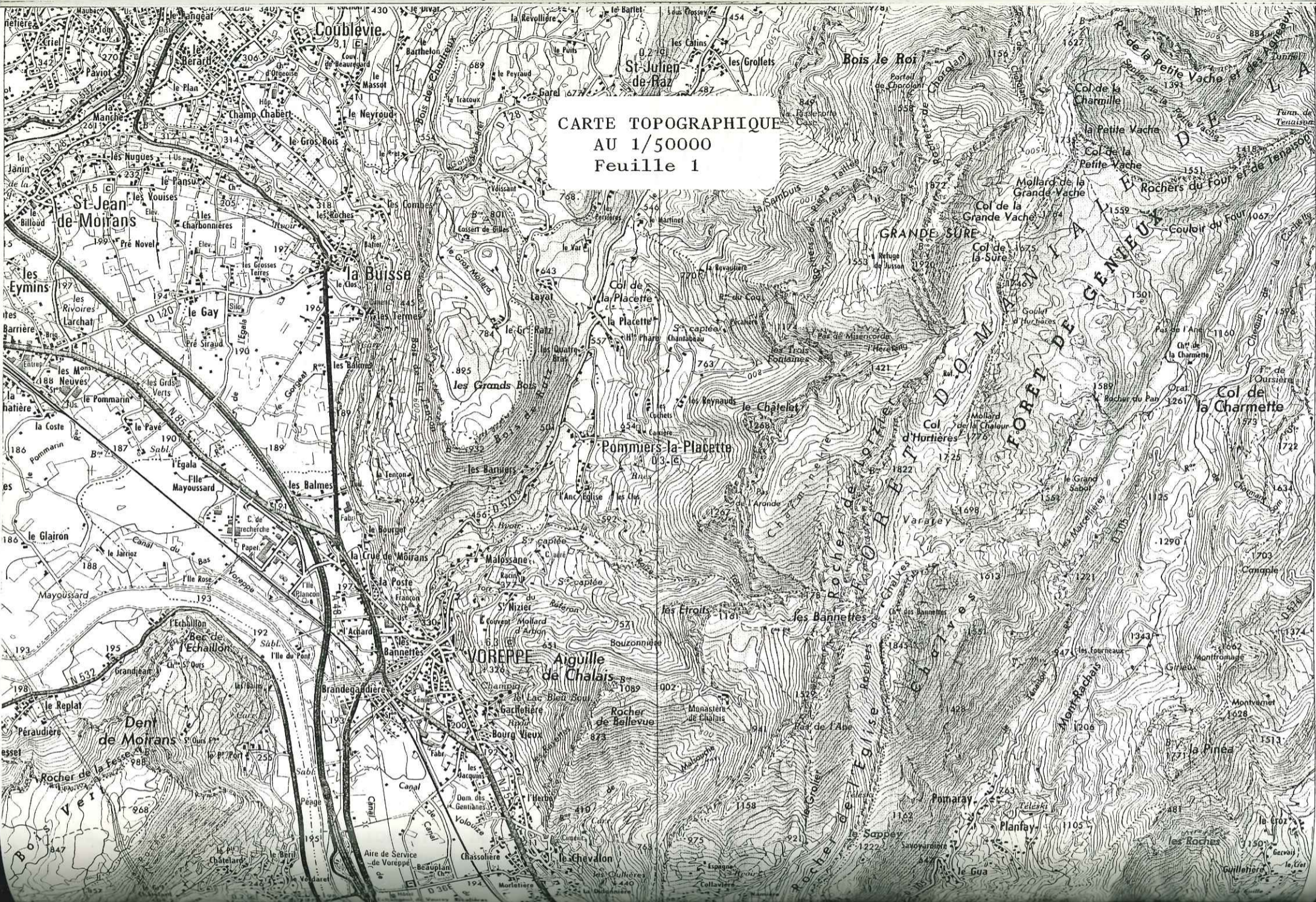


CARTE PREVISIONNELLE DE STABILITE
feuille 6

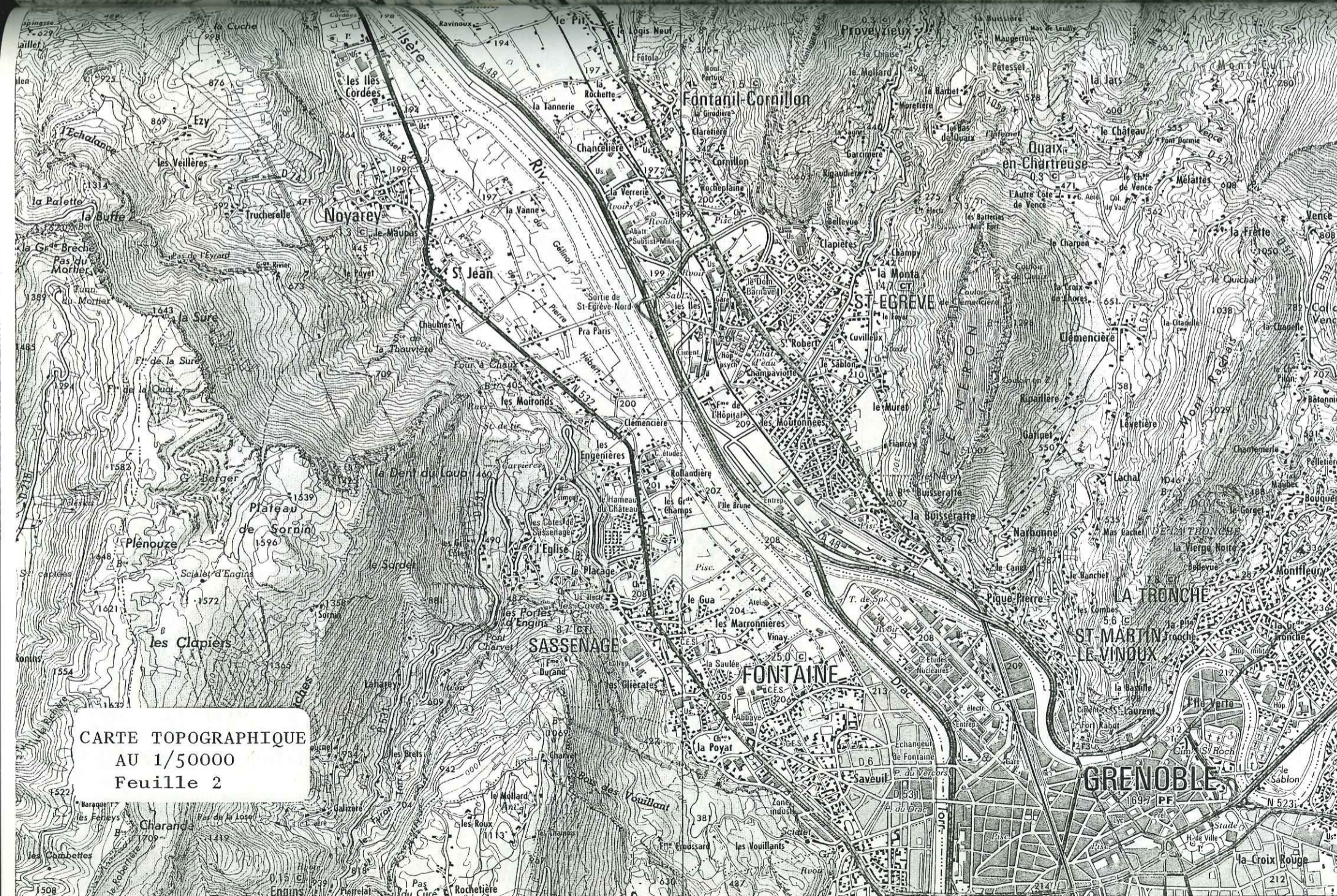
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000

SCHEMA D'ASSEMBLAGE



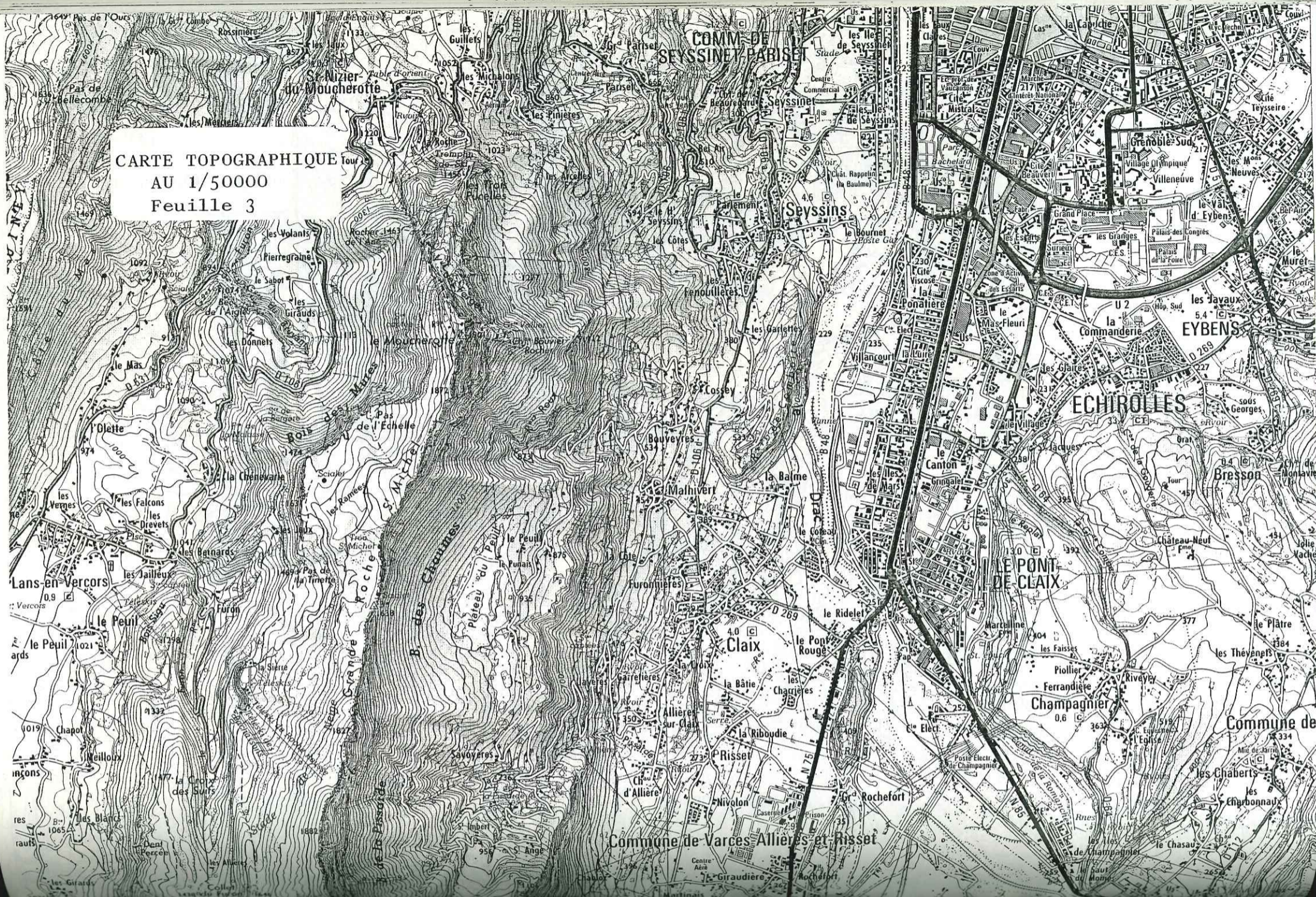


CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000
Feuille 1



CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000
Feuille 2

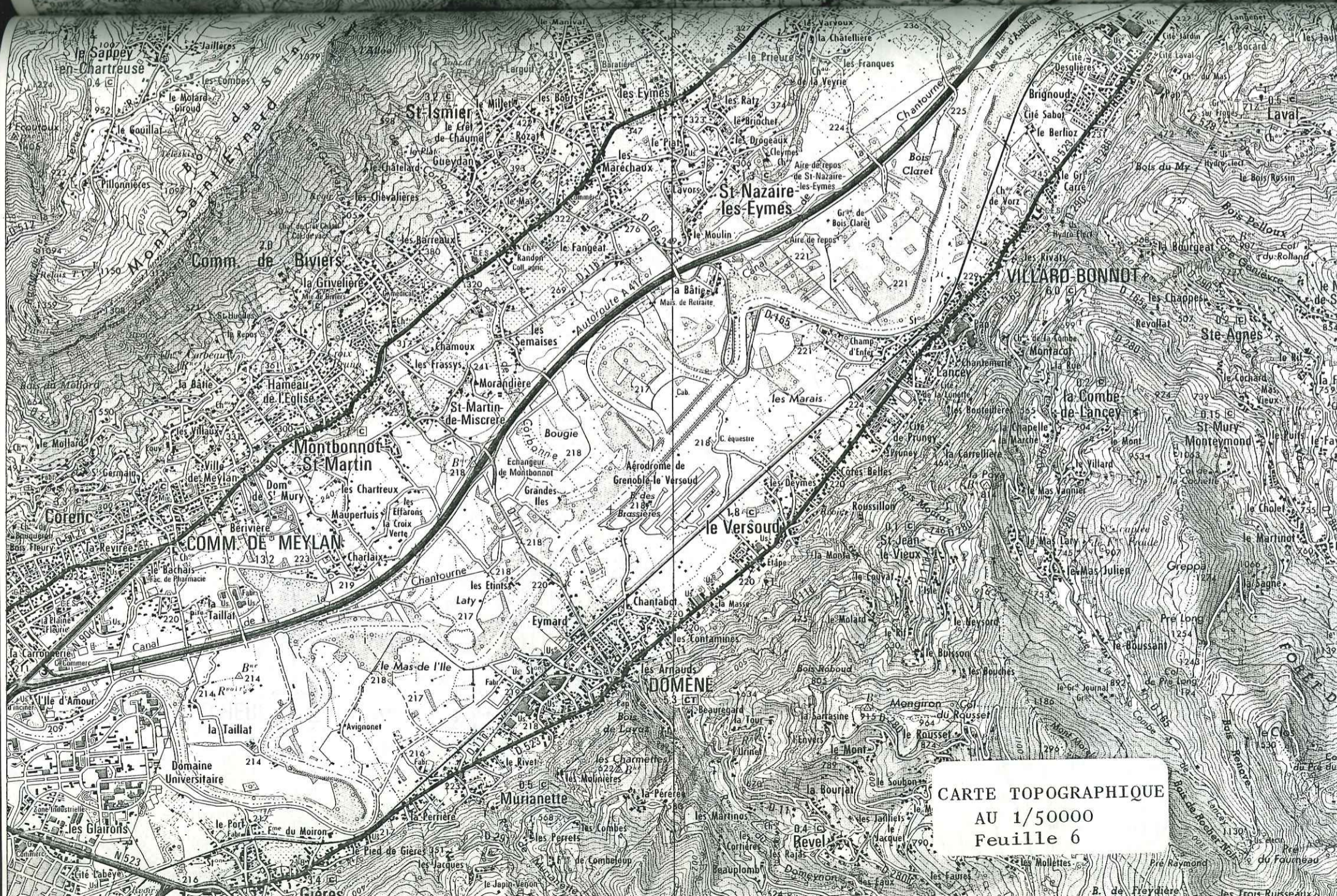
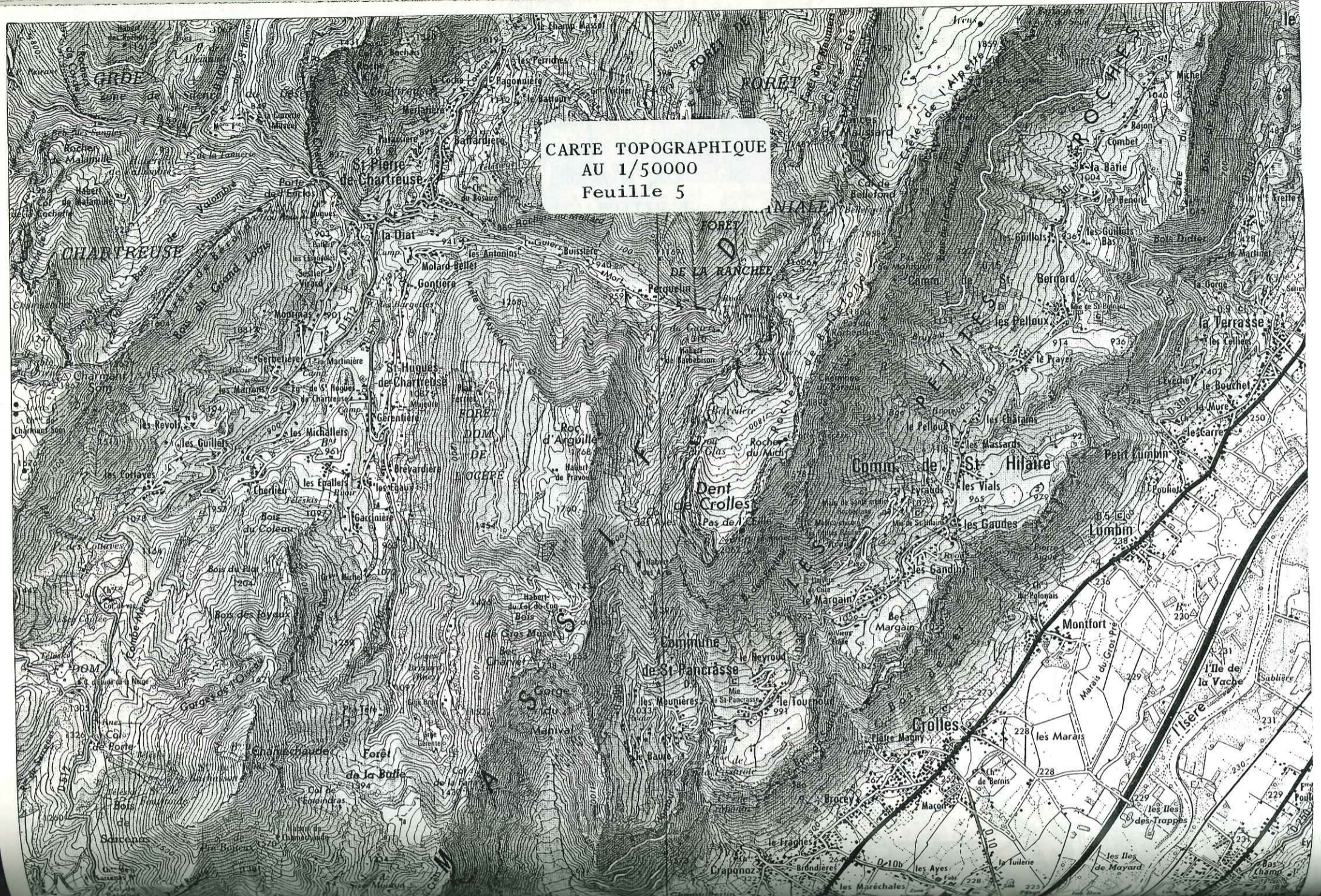
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000
Feuille 3



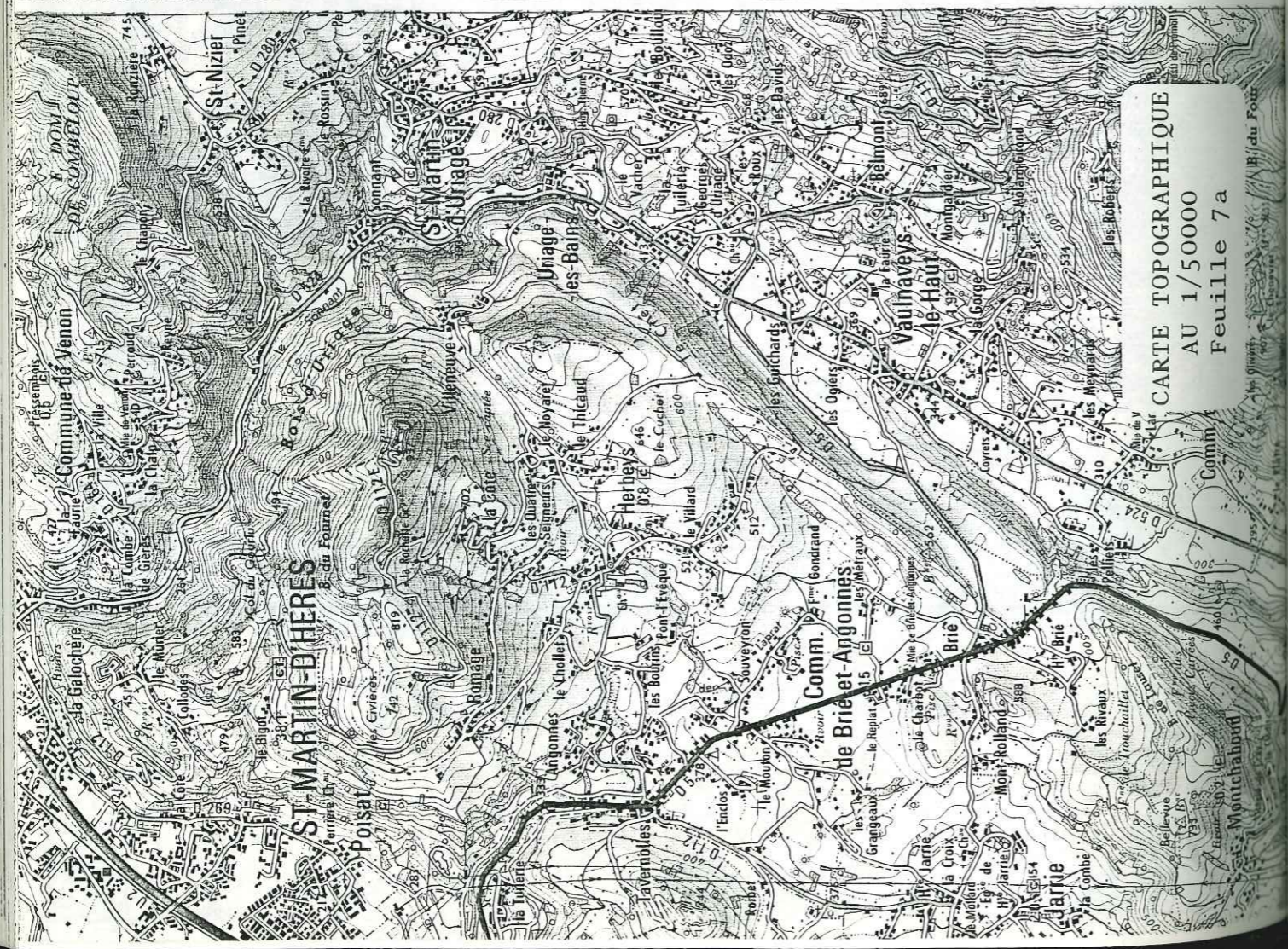
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000
Feuille 4



CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000
Feuille 5



CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/50000
Feuille 6



CARTE DE ZONAGE GEOTECHNIQUE




- L E G E N D E -

Lithologie: - sols fins : argile, argile sableuse, argile graveleuse, limons, sable argileux, sable limoneux
- sols grossiers : autres cas




Epaisseur des sols fins de surface

Localisation des niveaux fins en profondeur

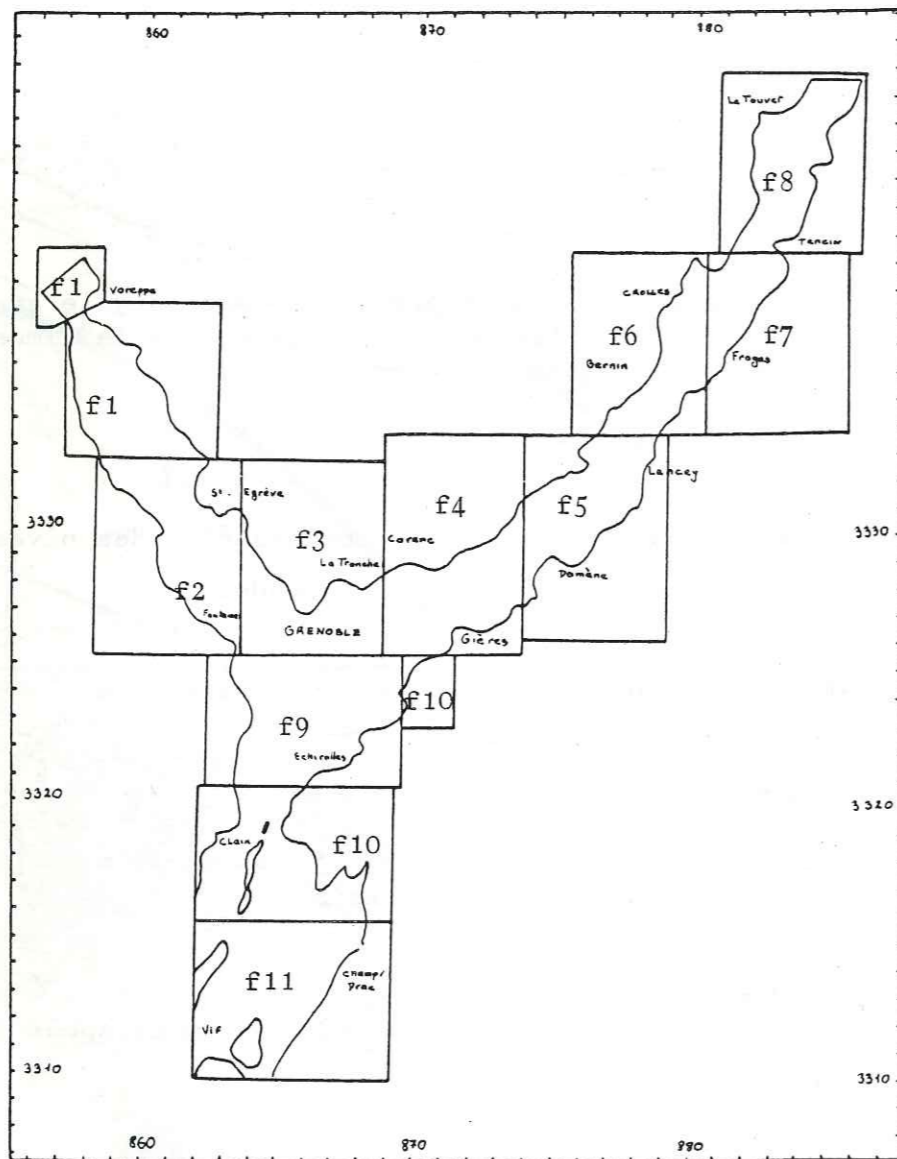
- 1 : inférieure à 1 m
- 2 : 1 à 3 m
- 3 : 3 à 6 m
- 4 : 6 à 10 m
- 5 : 10 à 15 m
- 6 : supérieure à 15 m

-  avant 10 m
-  après 10 m
-  avant et après 10 m

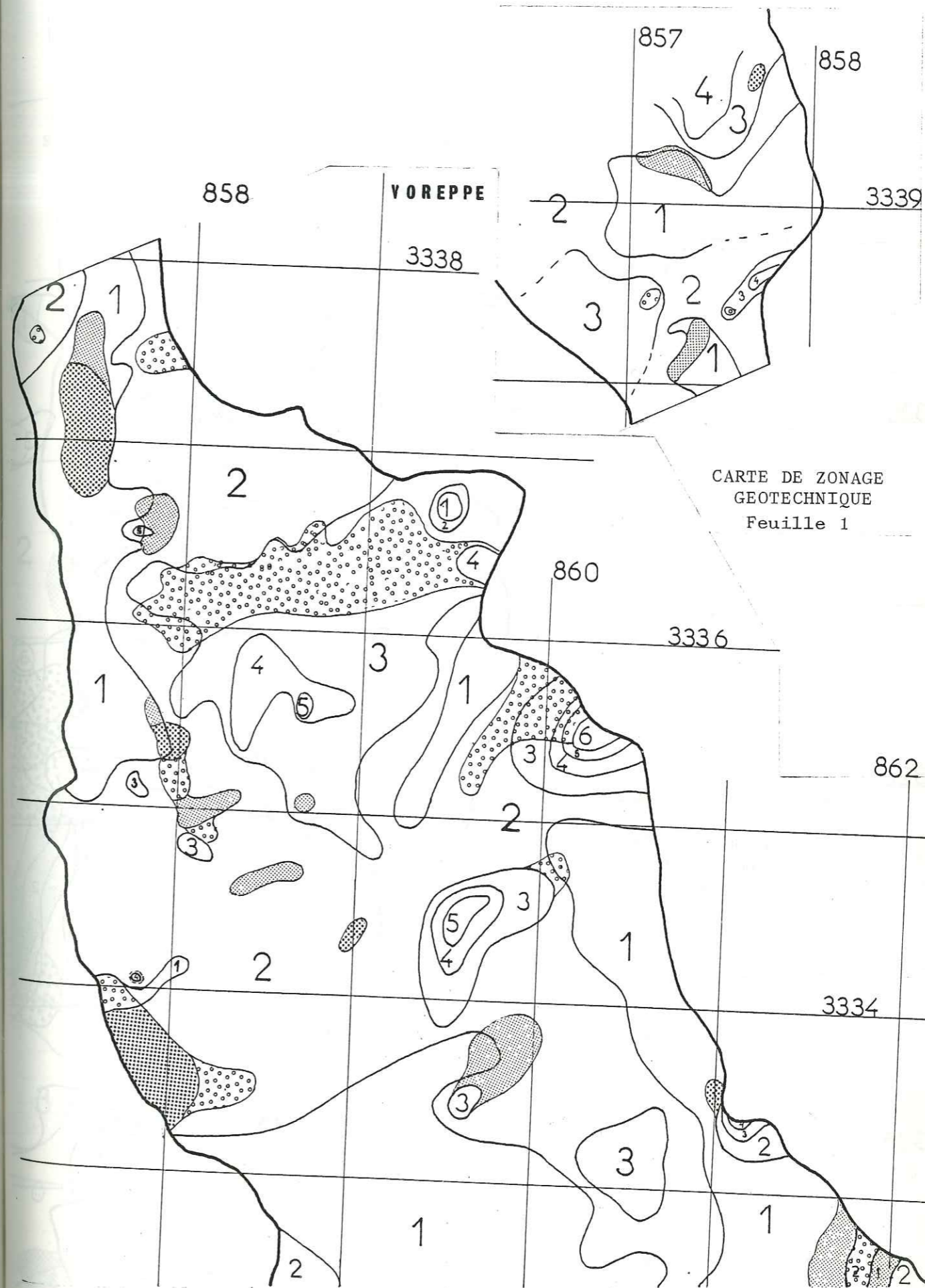
Echelle 0 0,5 1 km

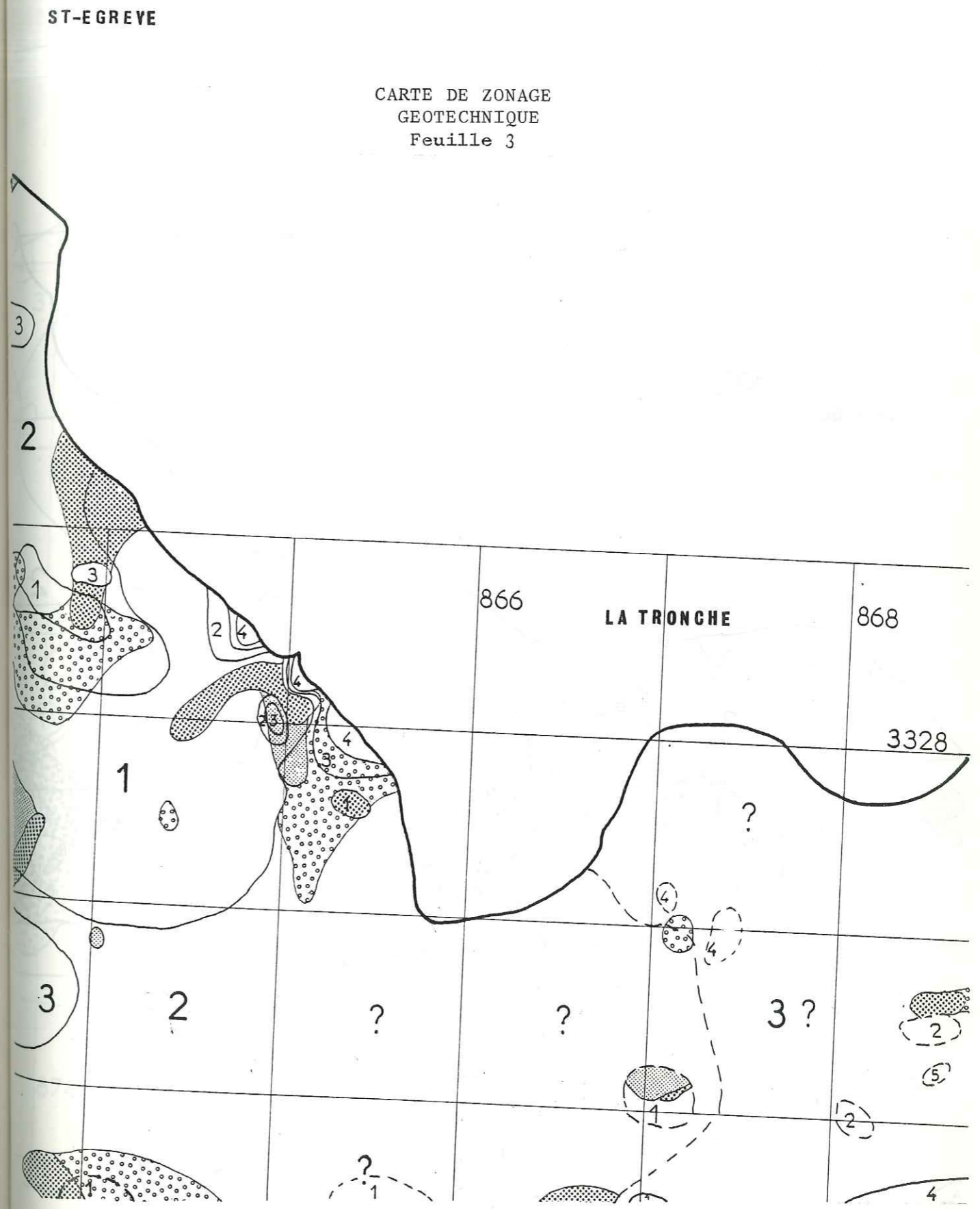
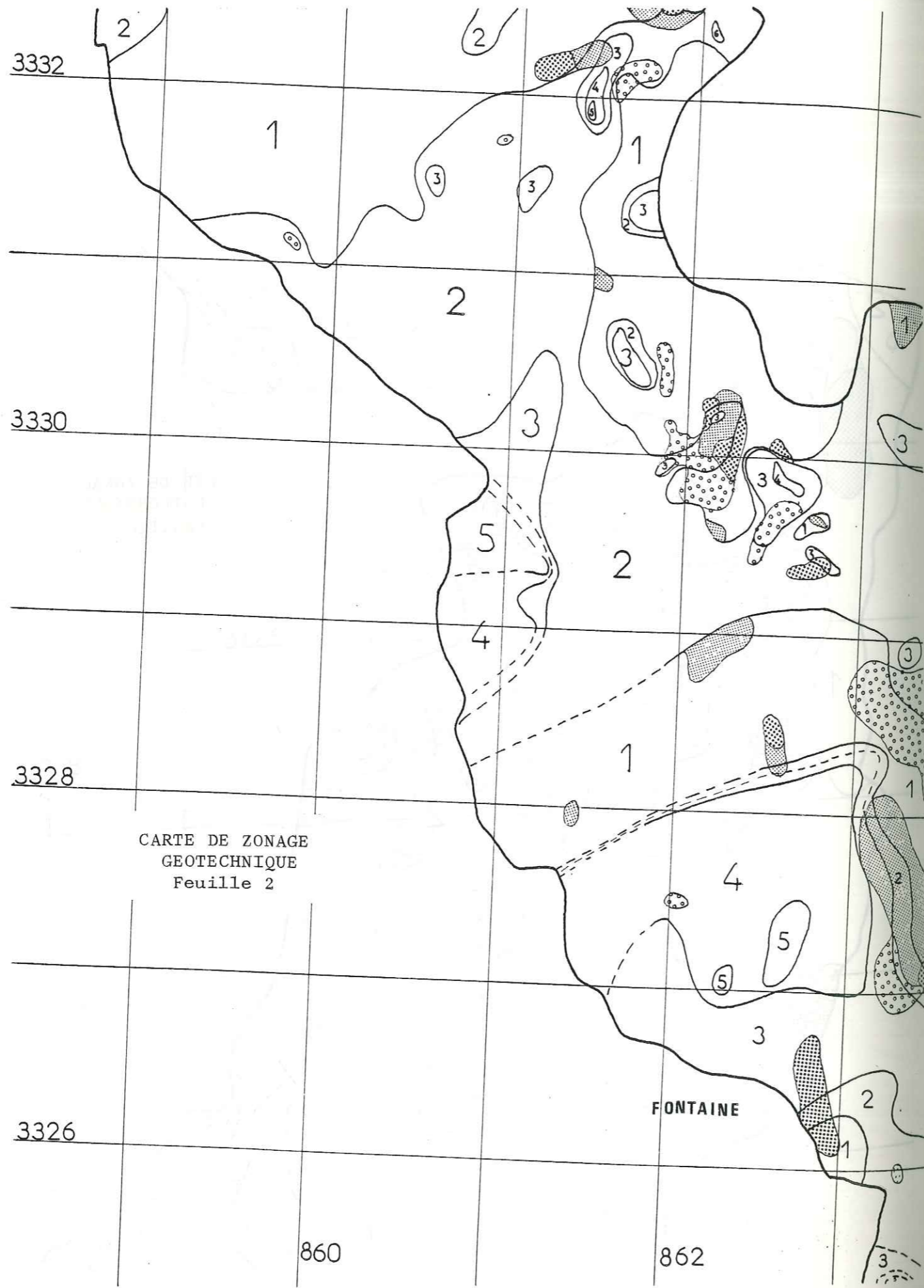
-  limite de la plaine
-  contour interprété, hypothétique
-  ? secteur où les données font défaut

SCHEMA D'ASSEMBLAGE



Echelle de latitudes et longitudes: quadrillage Lambert zone III.





CARTE DE ZONAGE
GEOTECHNIQUE
Feuille 6

878

3338

CROLLES

3336

BERNIN

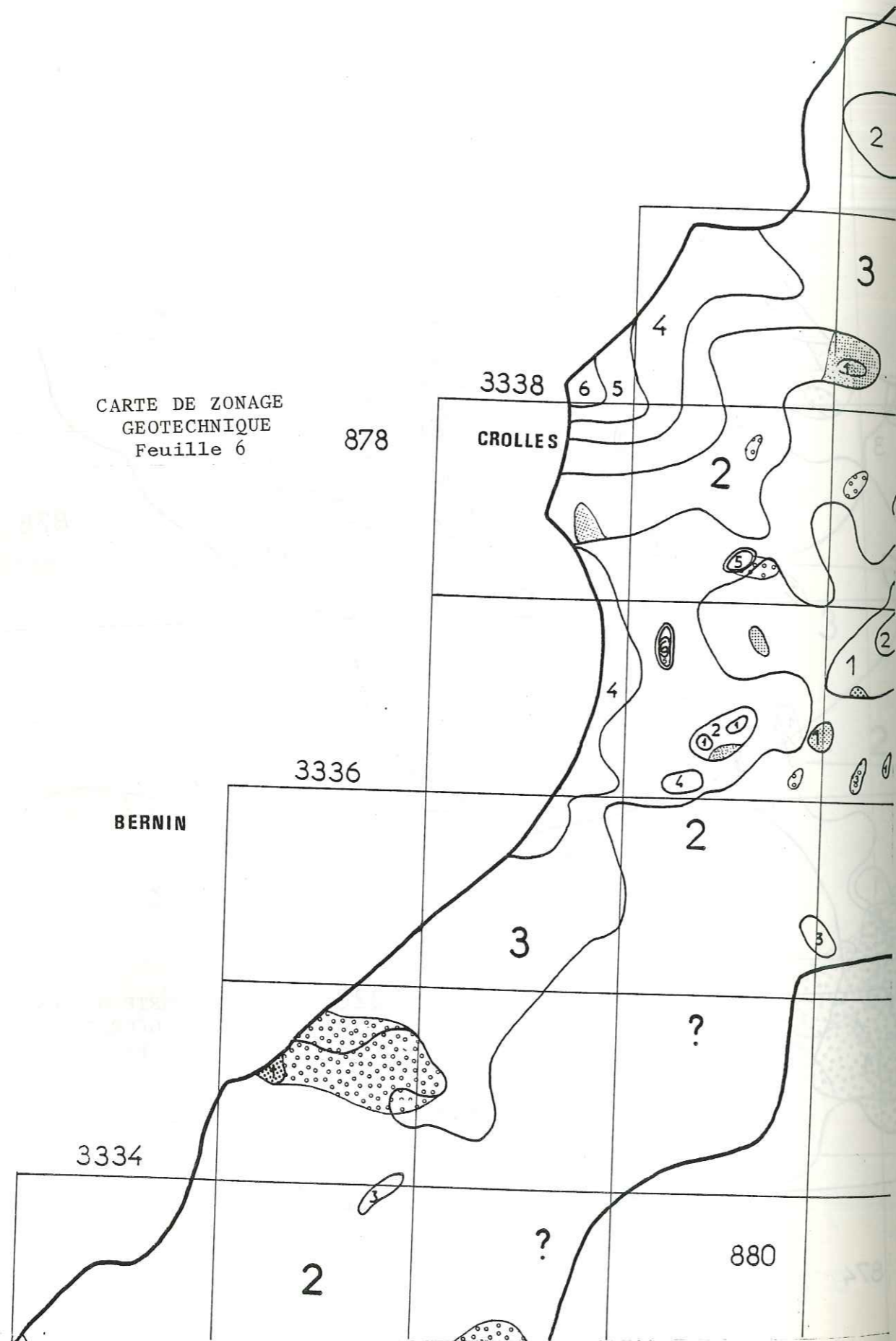
3334

876

2

?

880



3340

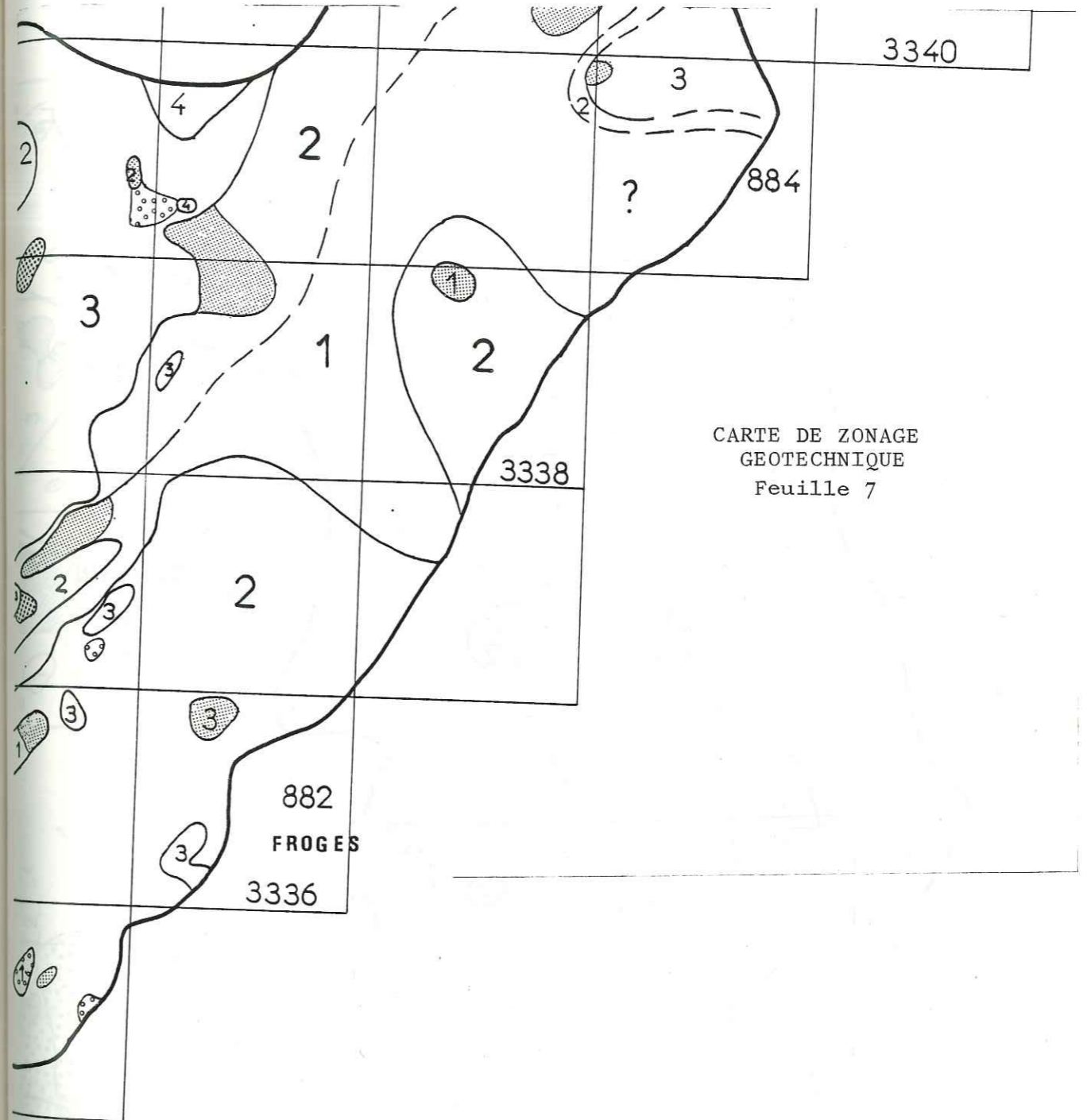
CARTE DE ZONAGE
GEOTECHNIQUE
Feuille 7

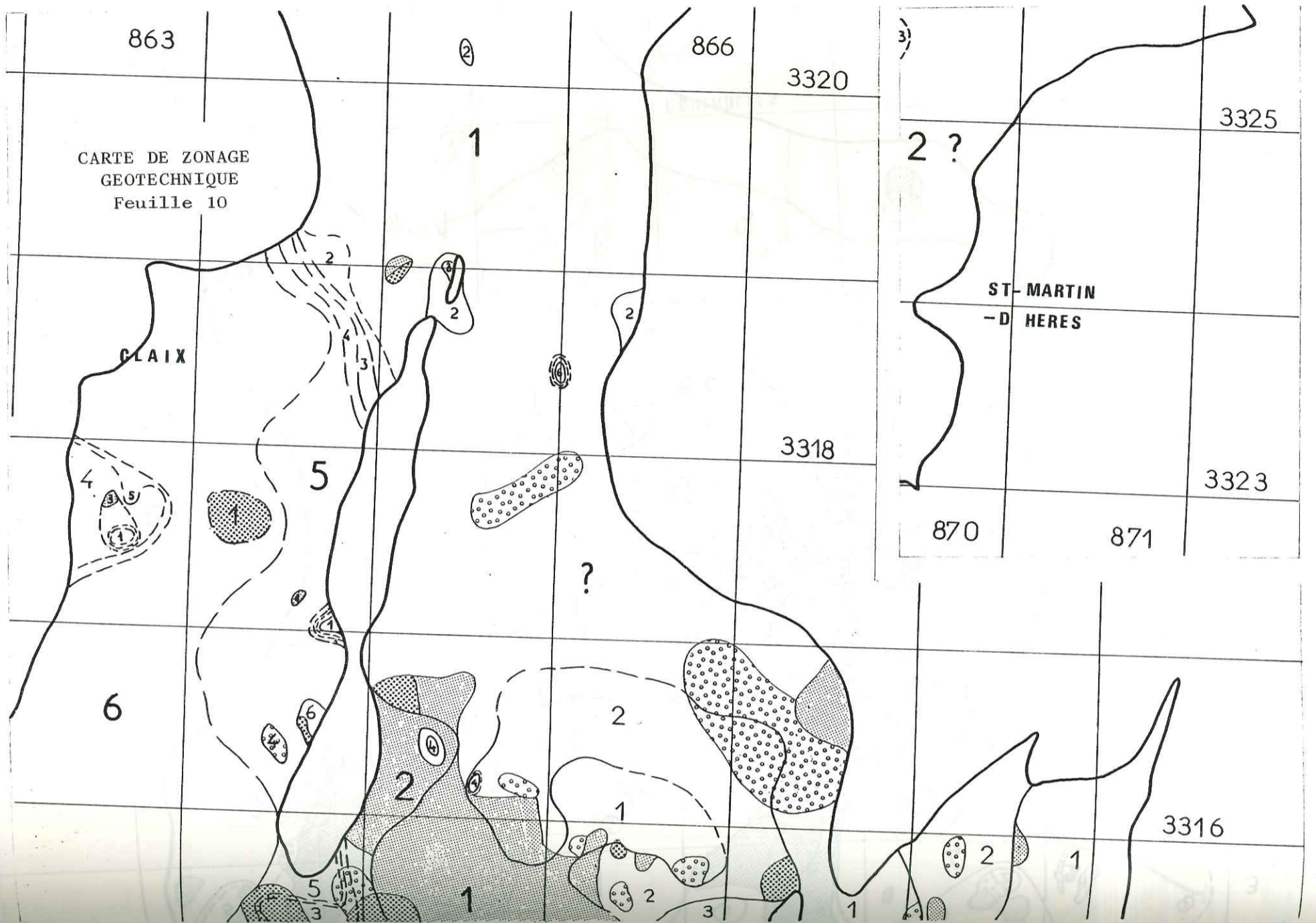
3338

882

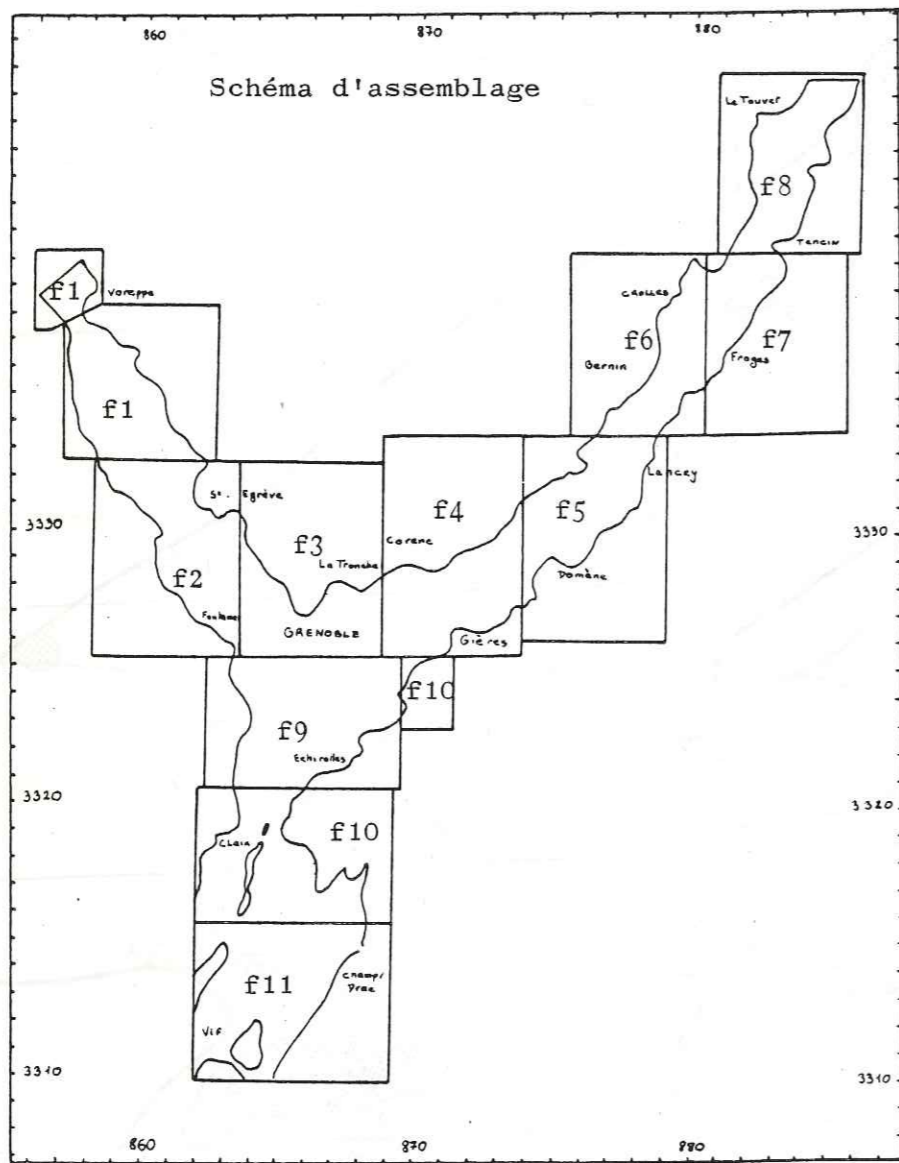
FROGES

3336





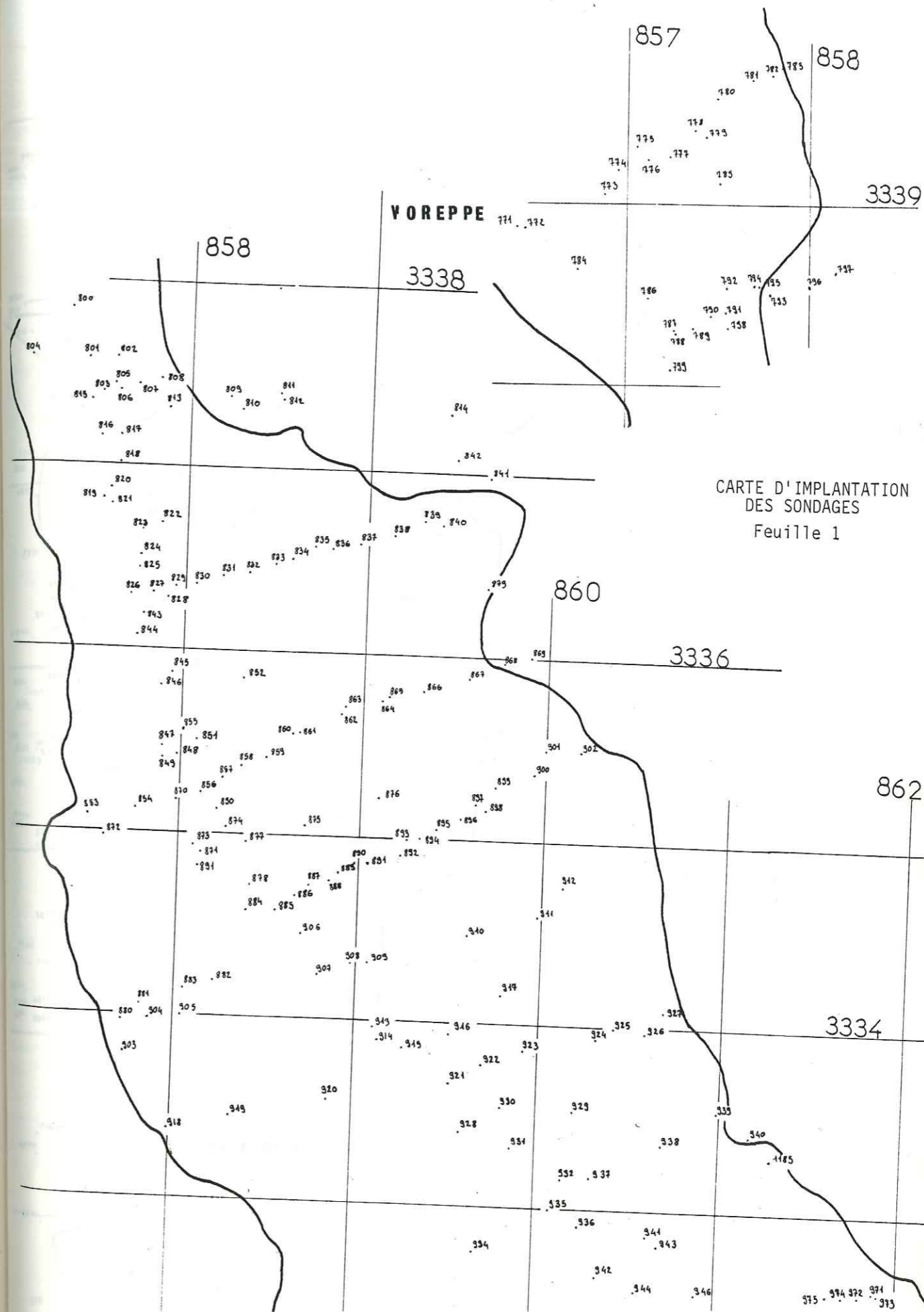
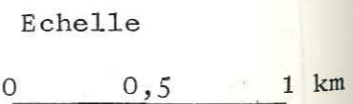
CARTE D'IMPLANTATION DES SONDAGES



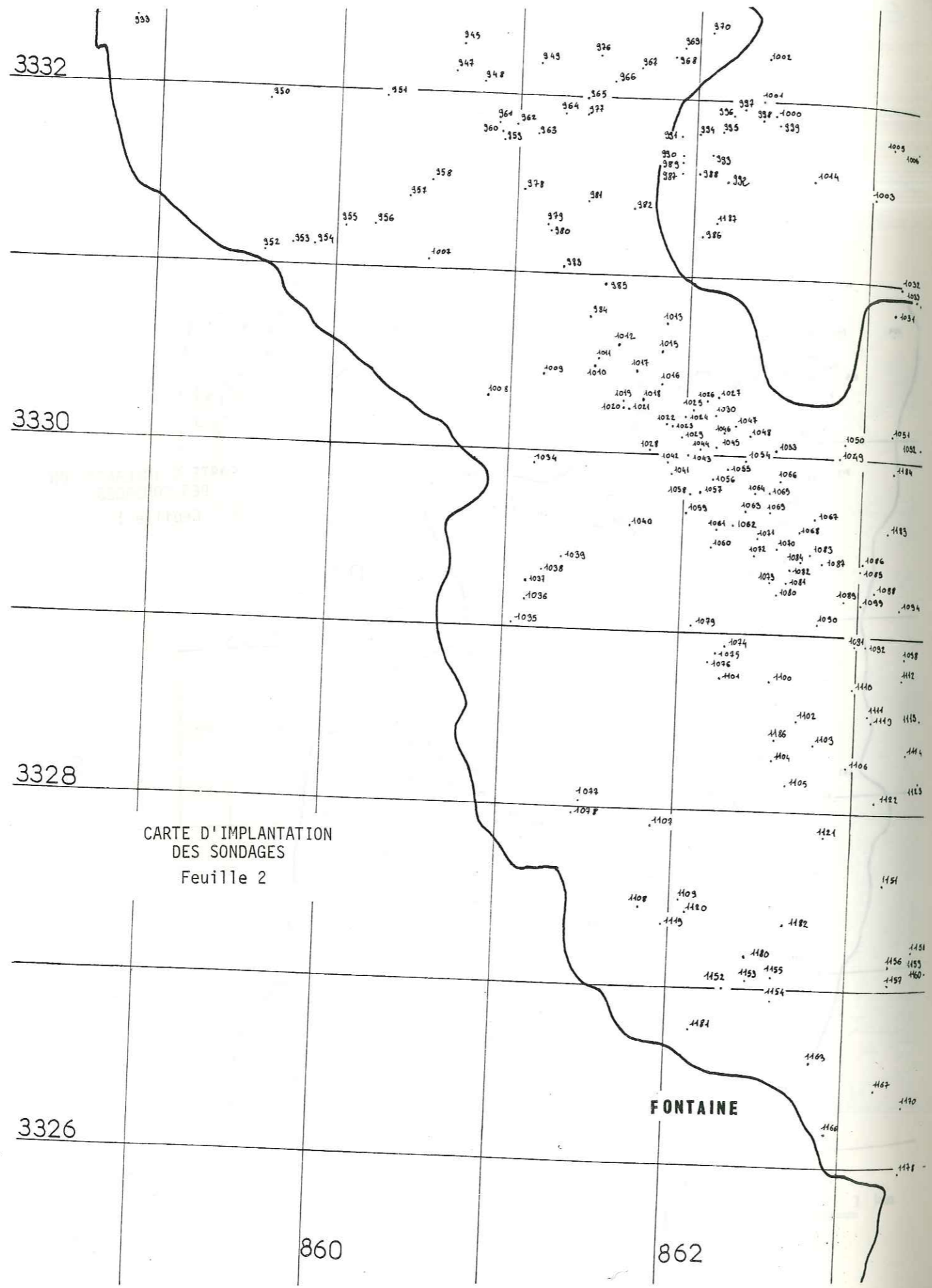
- L E G E N D E -

.783 Sondage { mécanique
géophysique
pénétrométrique

860 } Coordonnées Lambert zone III
3336 }

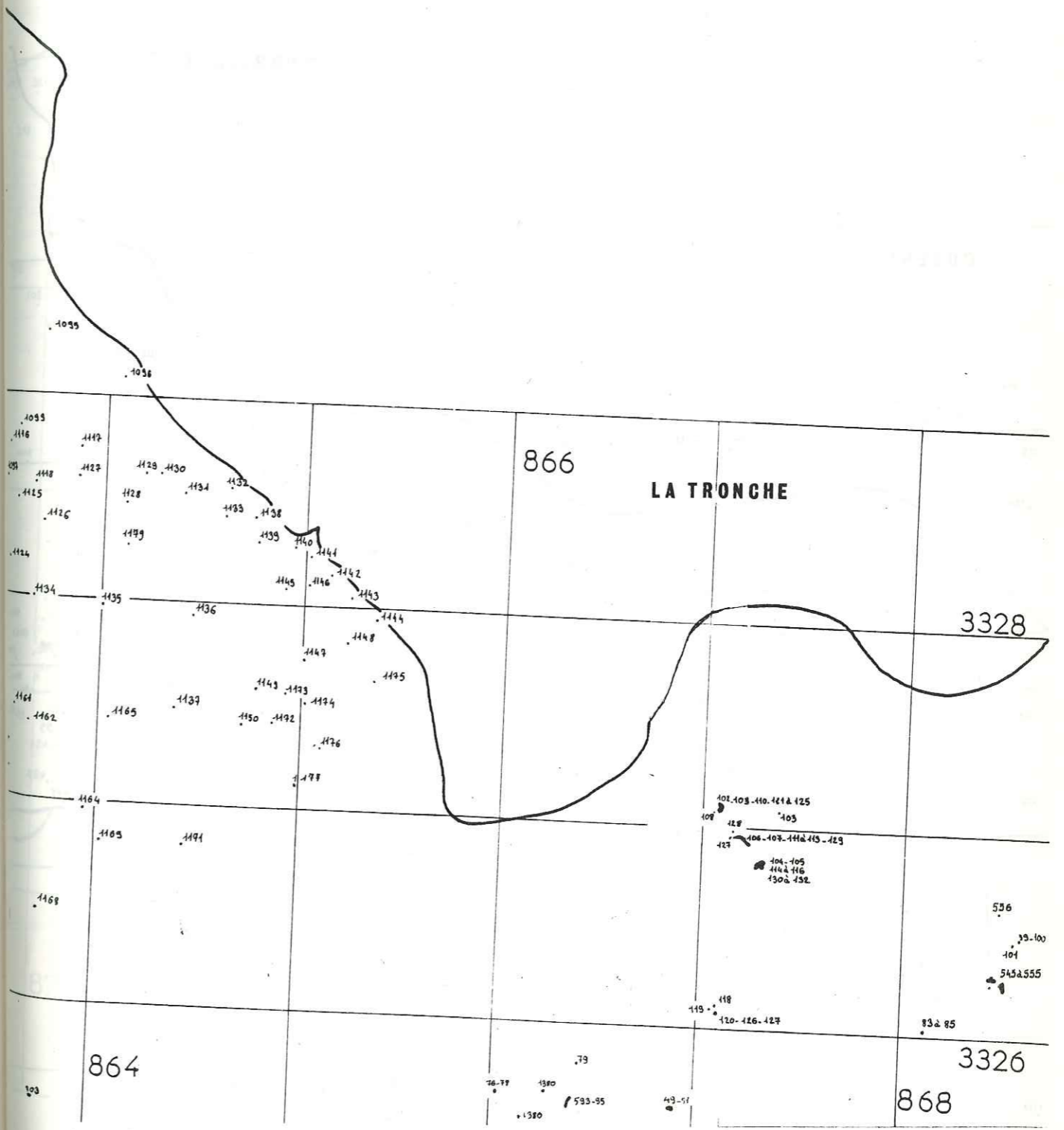


CARTE D'IMPLANTATION DES SONDAGES
Feuille 1



ST-EGREVE

CARTE D'IMPLANTATION
DES SONDAGES
Feuille 3



CARTE D'IMPLANTATION
DES SONDAGES
Feuille 6

878

3338

GROLLES

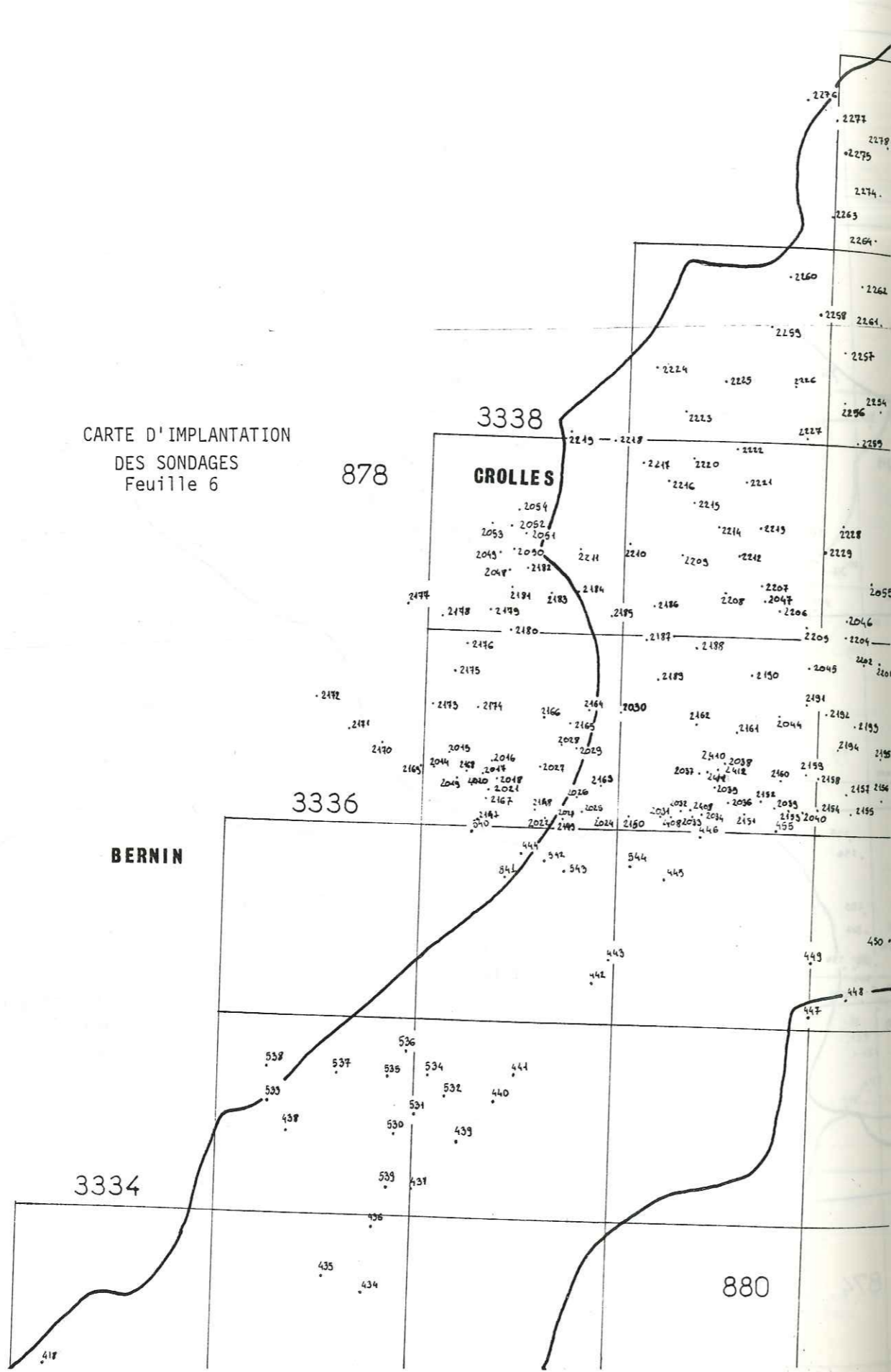
3336

BERNIN

3334

876

880



3340

884

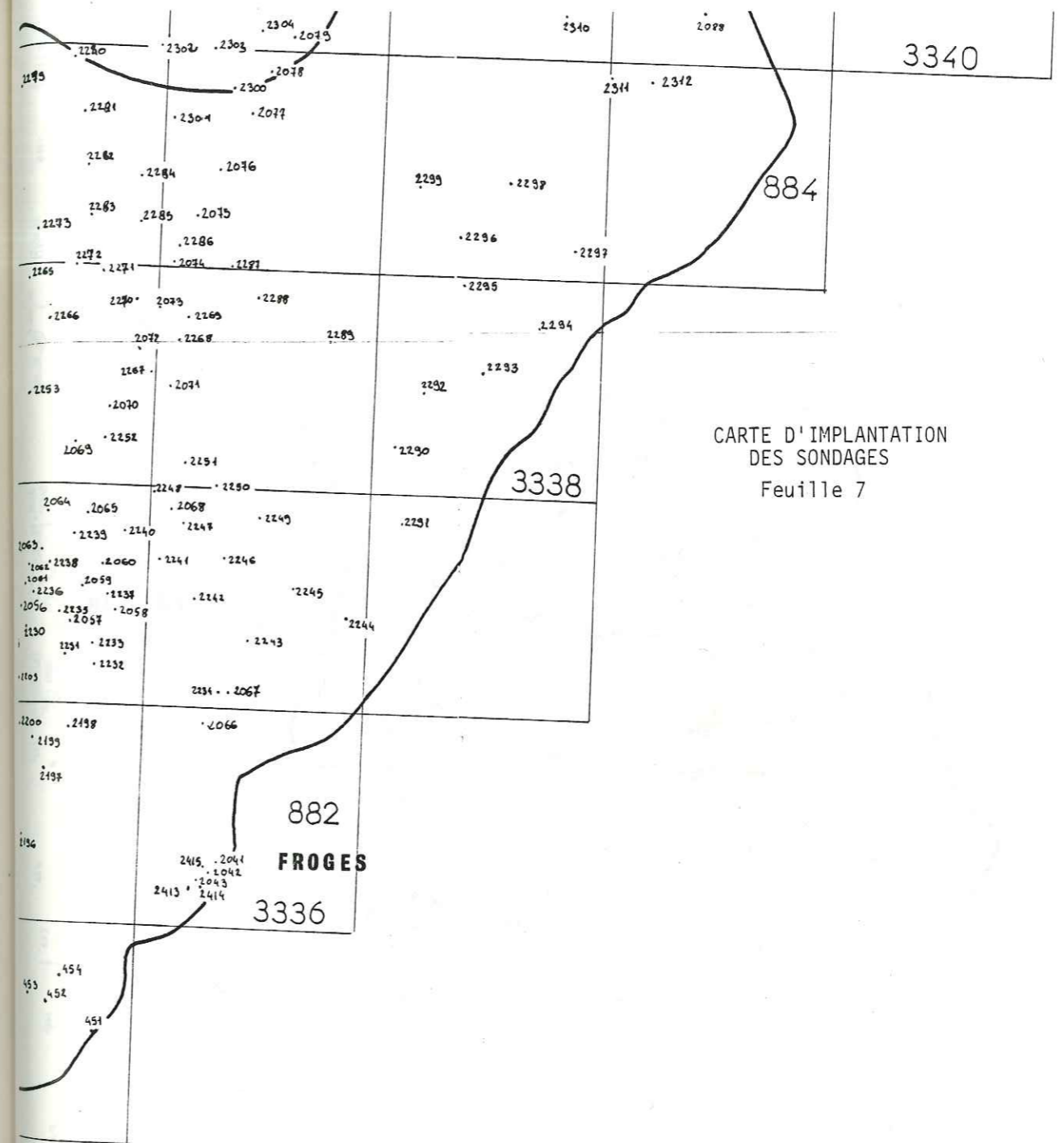
CARTE D'IMPLANTATION
DES SONDAGES
Feuille 7

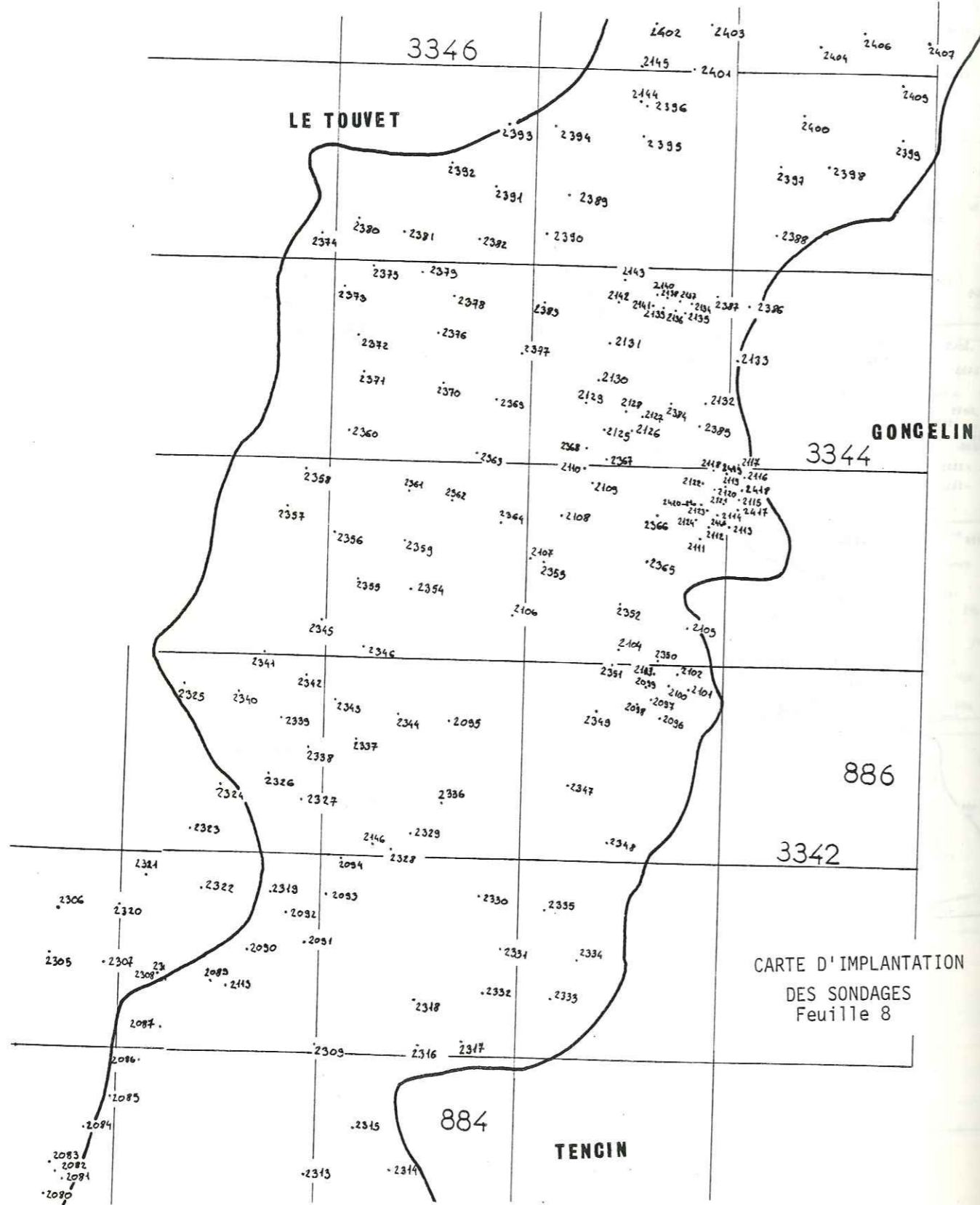
3338

882

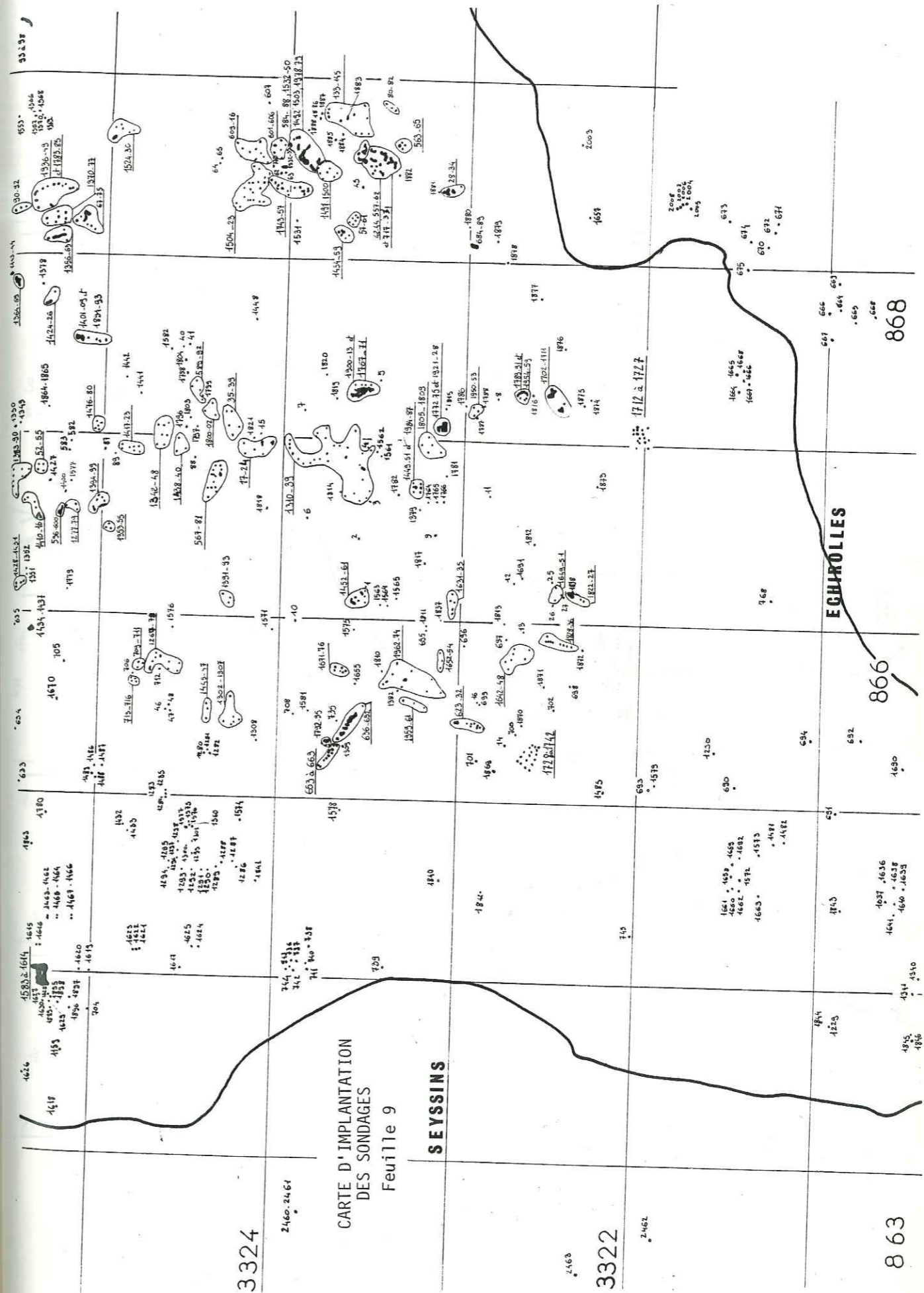
FROGES

3336

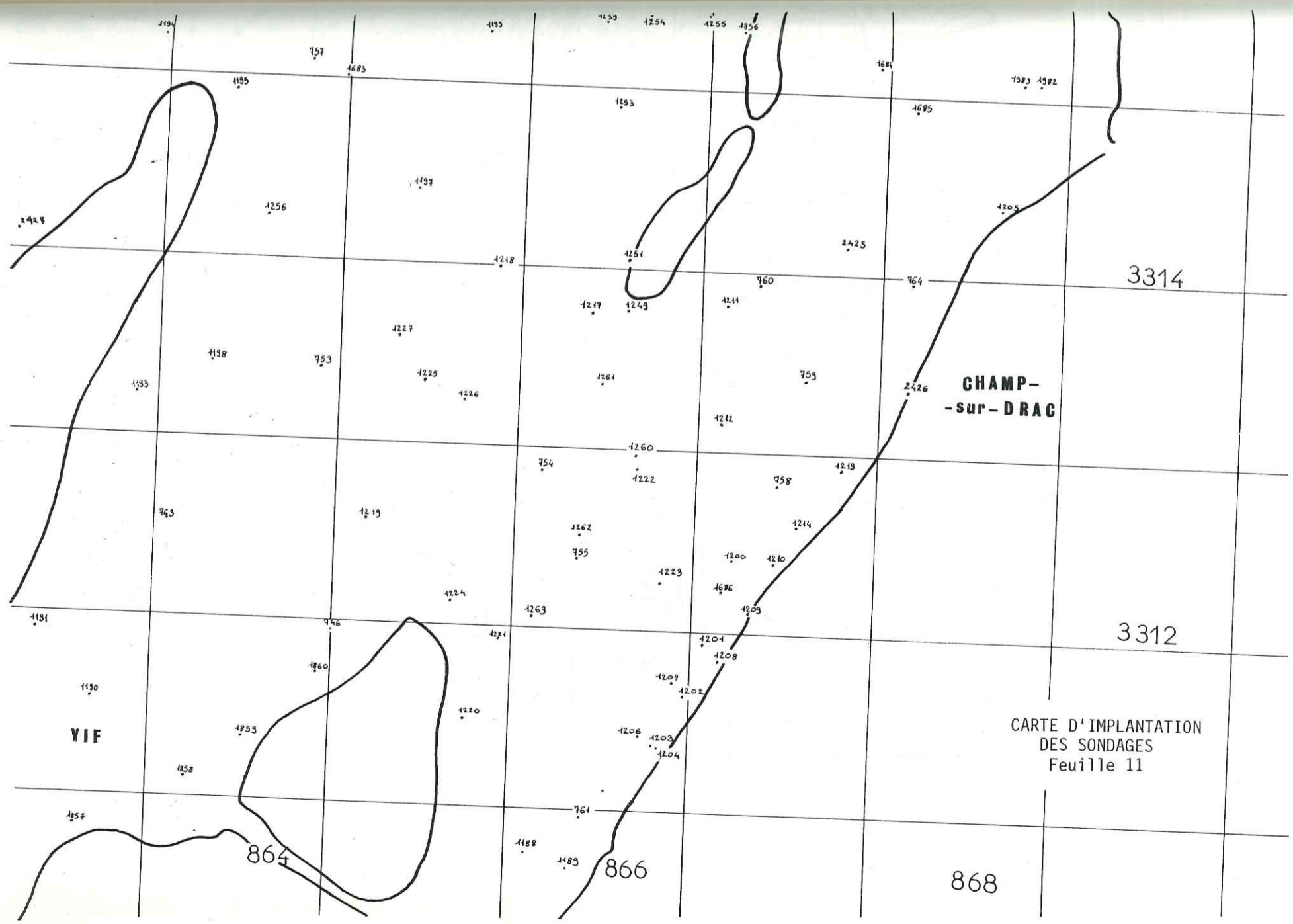
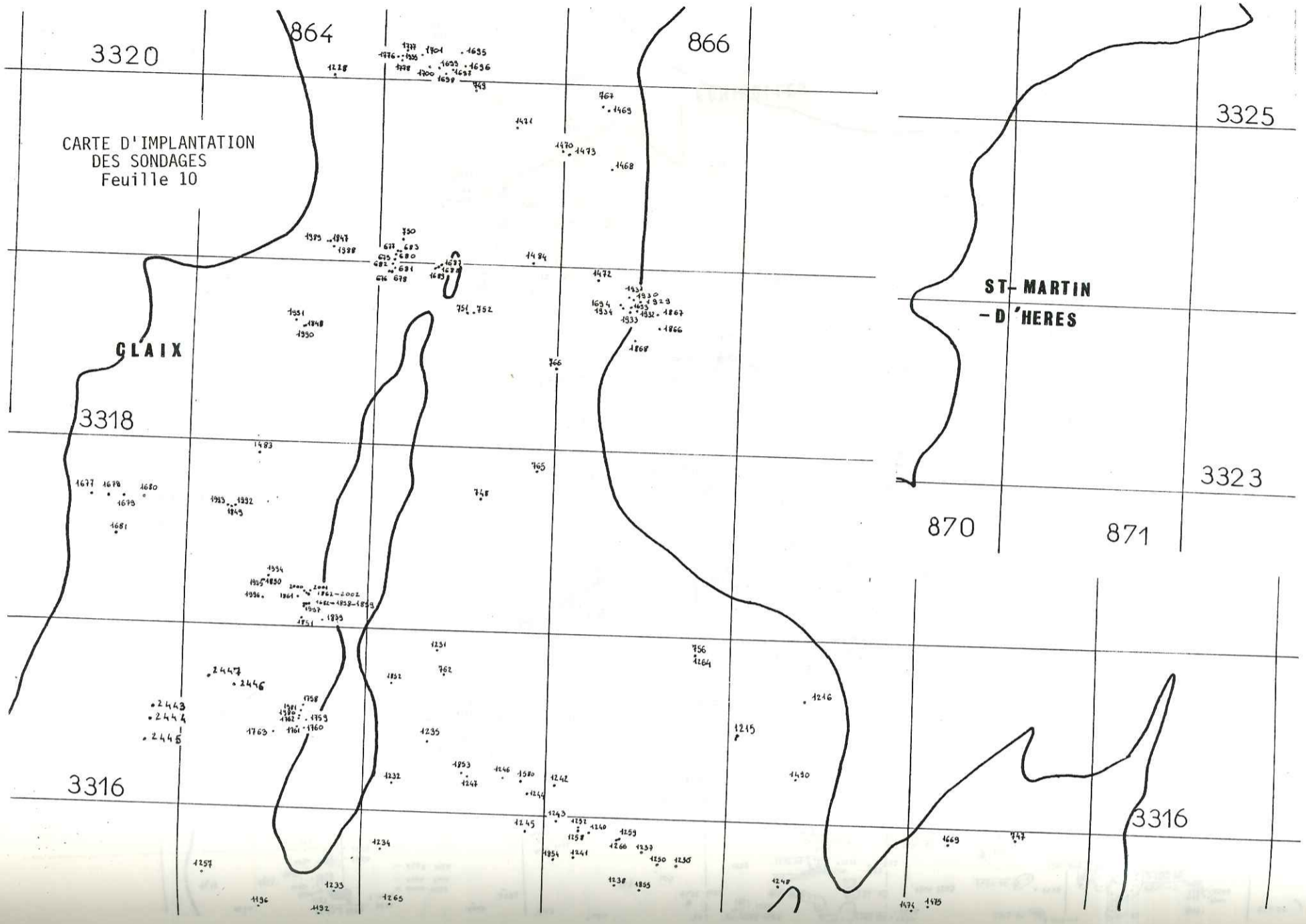




CARTE D'IMPLANTATION
DES SONDAGES
Feuille 8

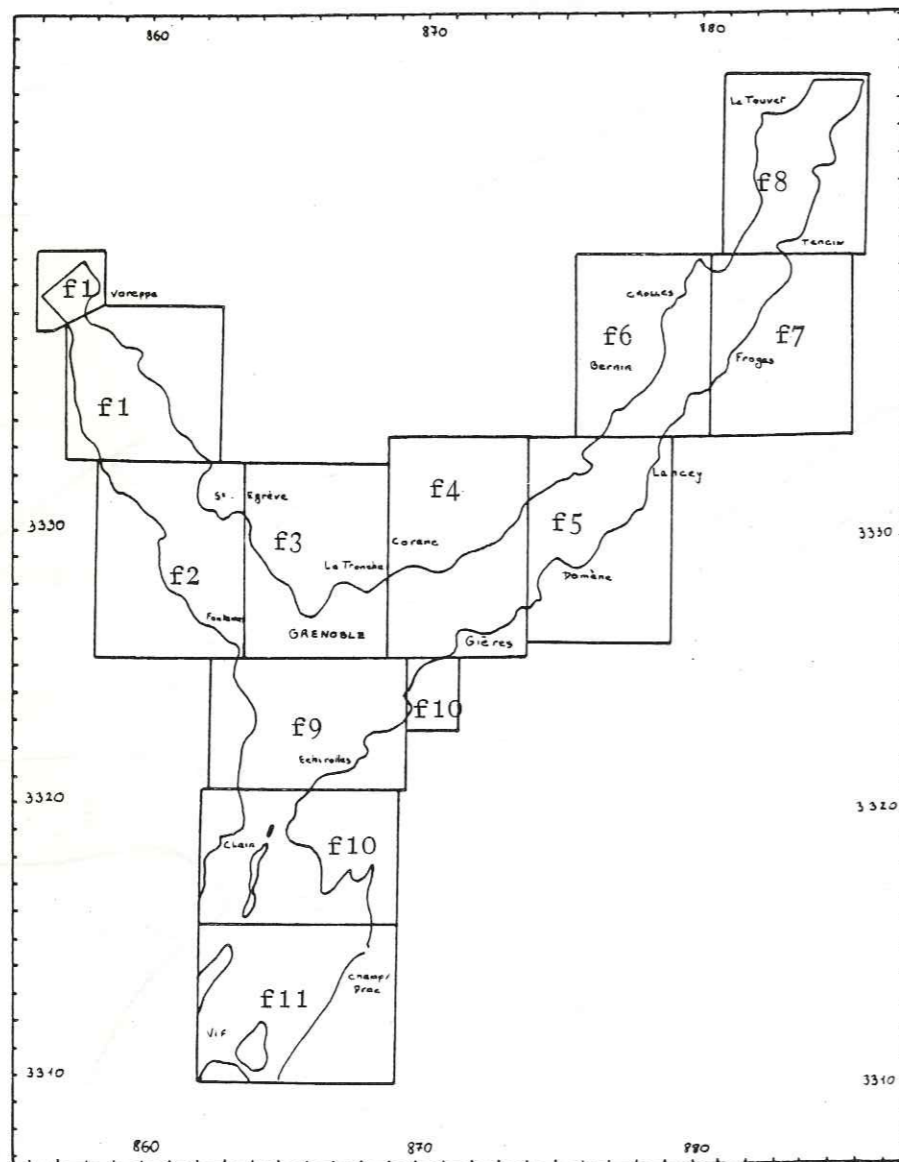


CARTE D'IMPLANTATION
DES SONDAGES
Feuille 9



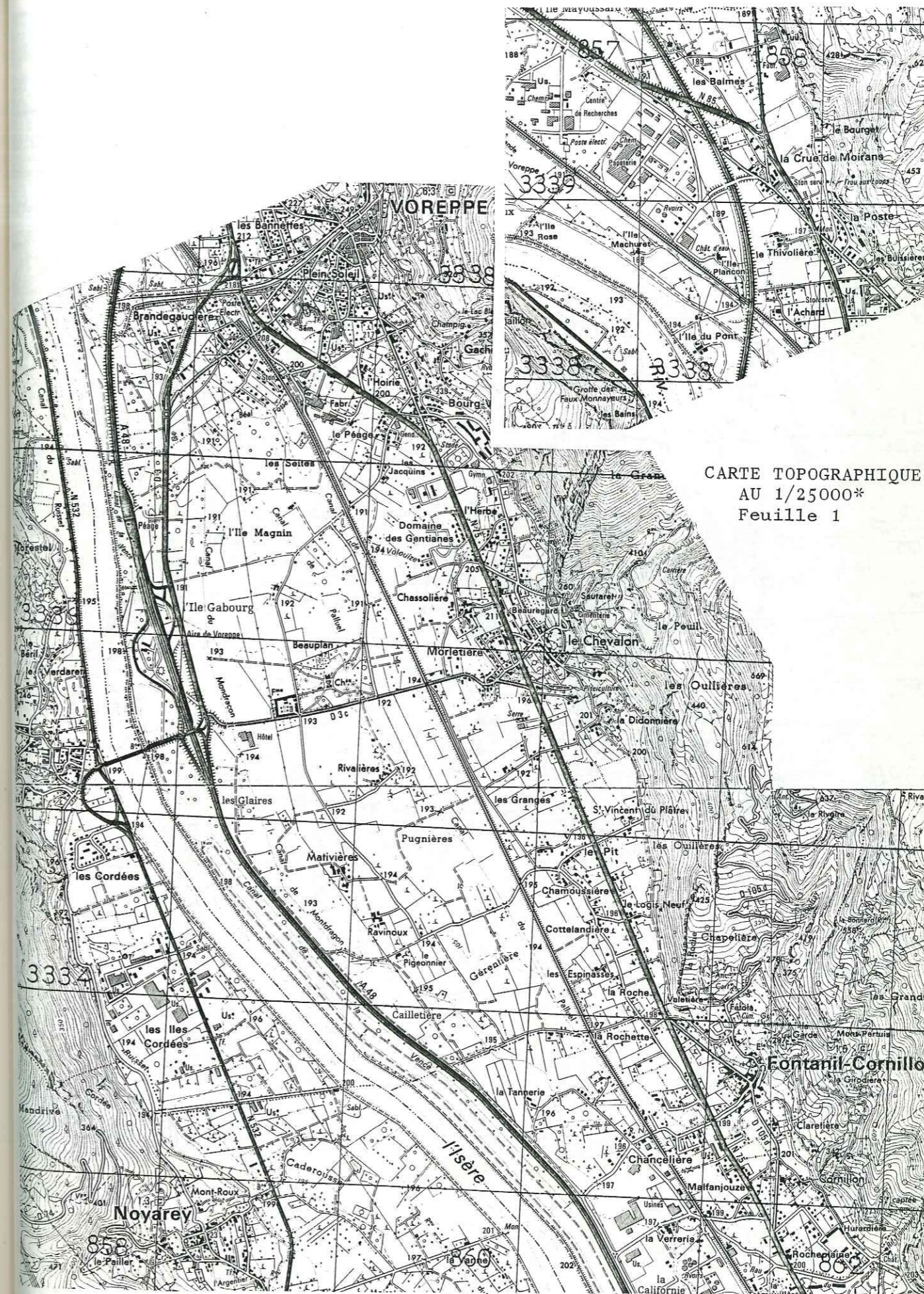
218
 CARTE TOPOGRAPHIQUE
 AU 1/25000*

SCHEMA D'ASSEMBLAGE

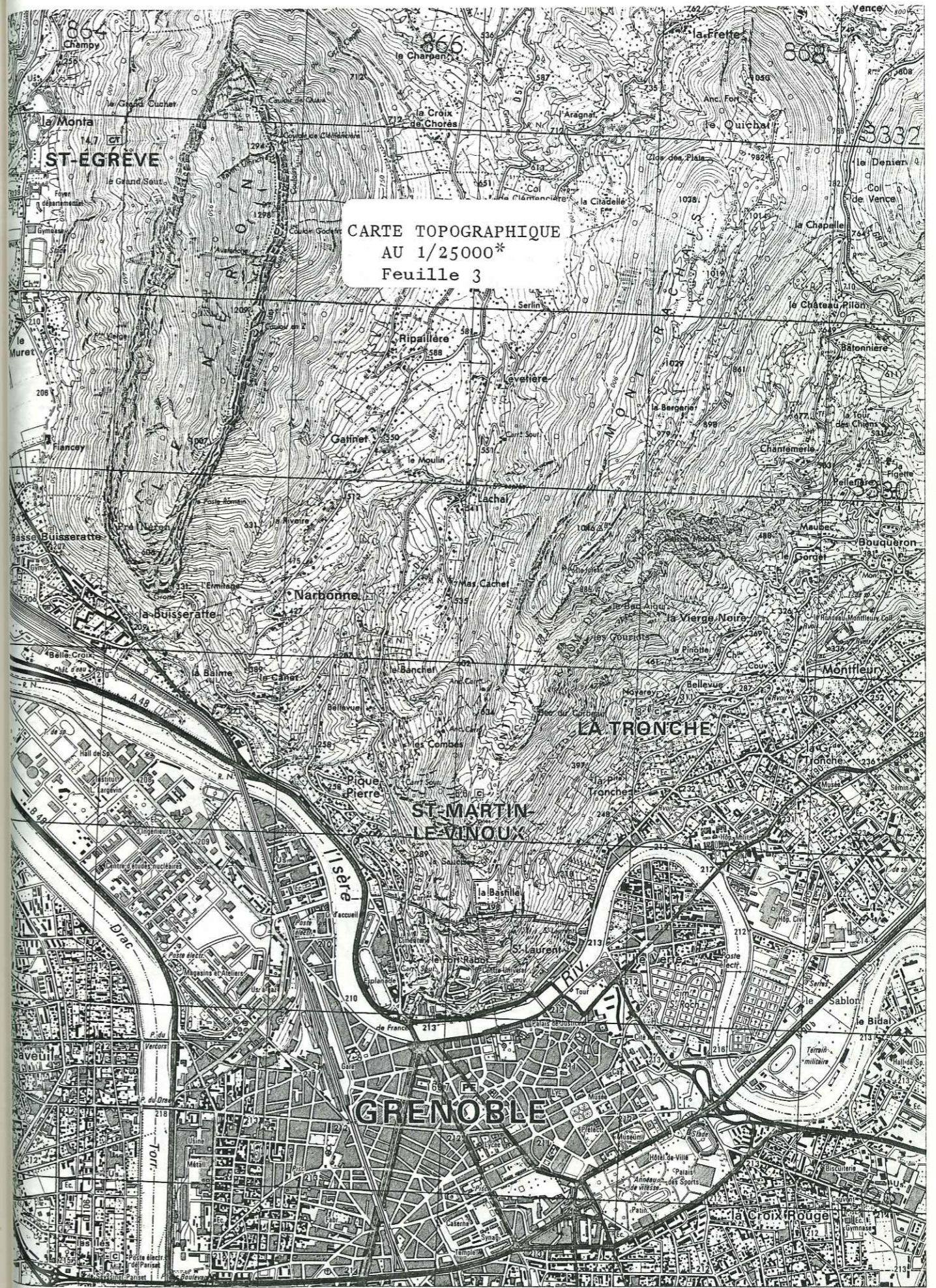
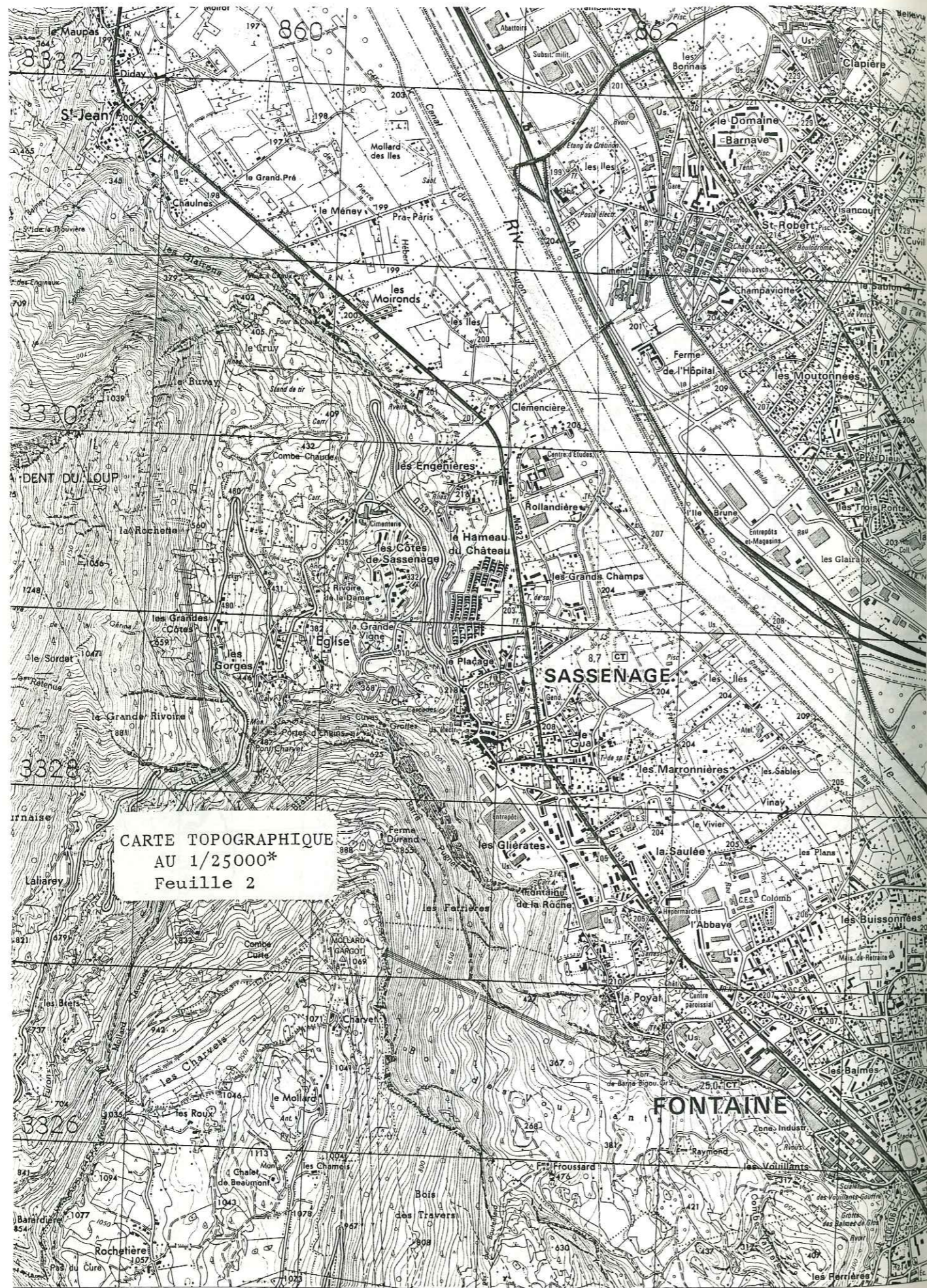


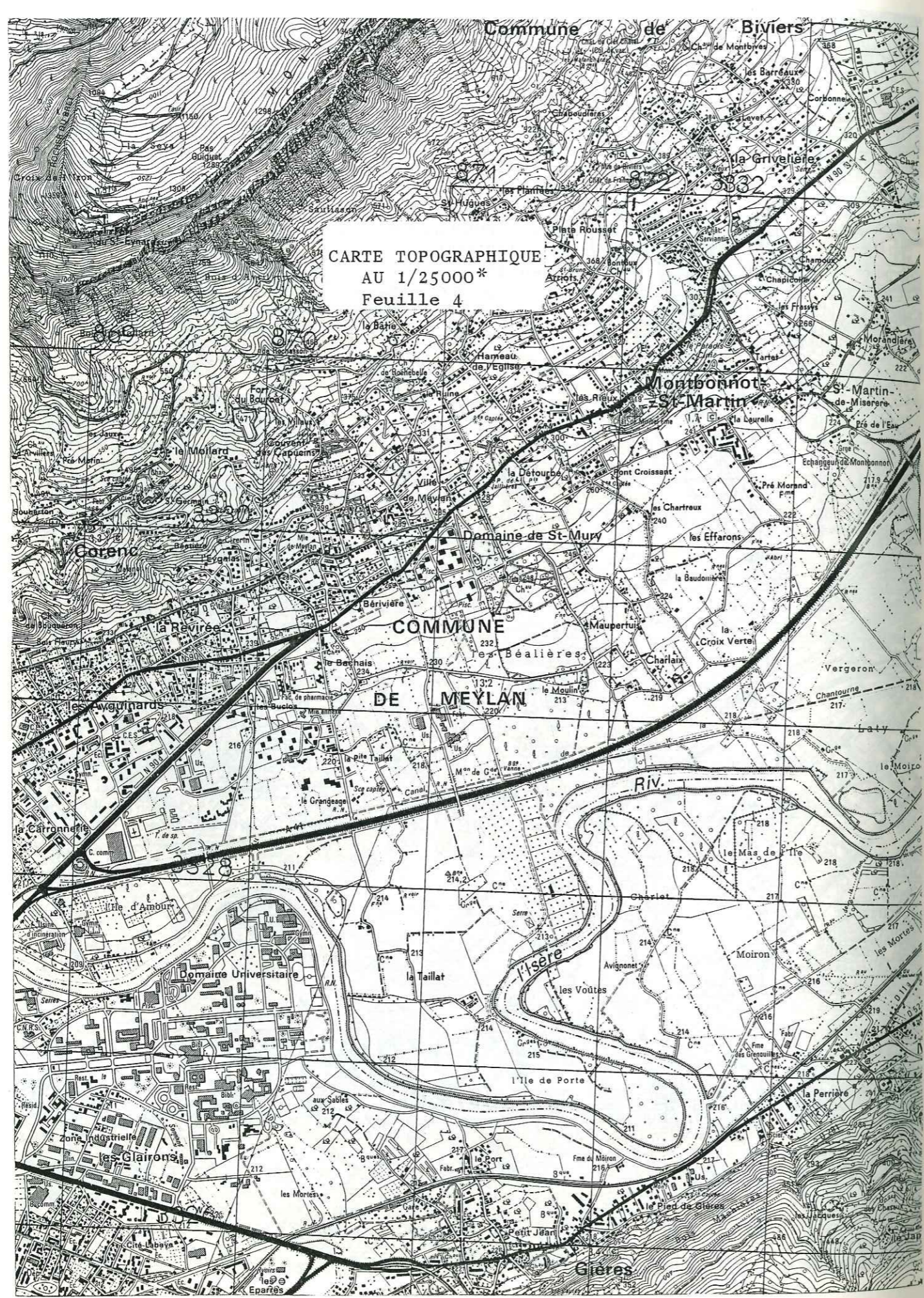
* une légère réduction a été rendue nécessaire pour l'impression

Echelle vraie : 0 0,5 1 km

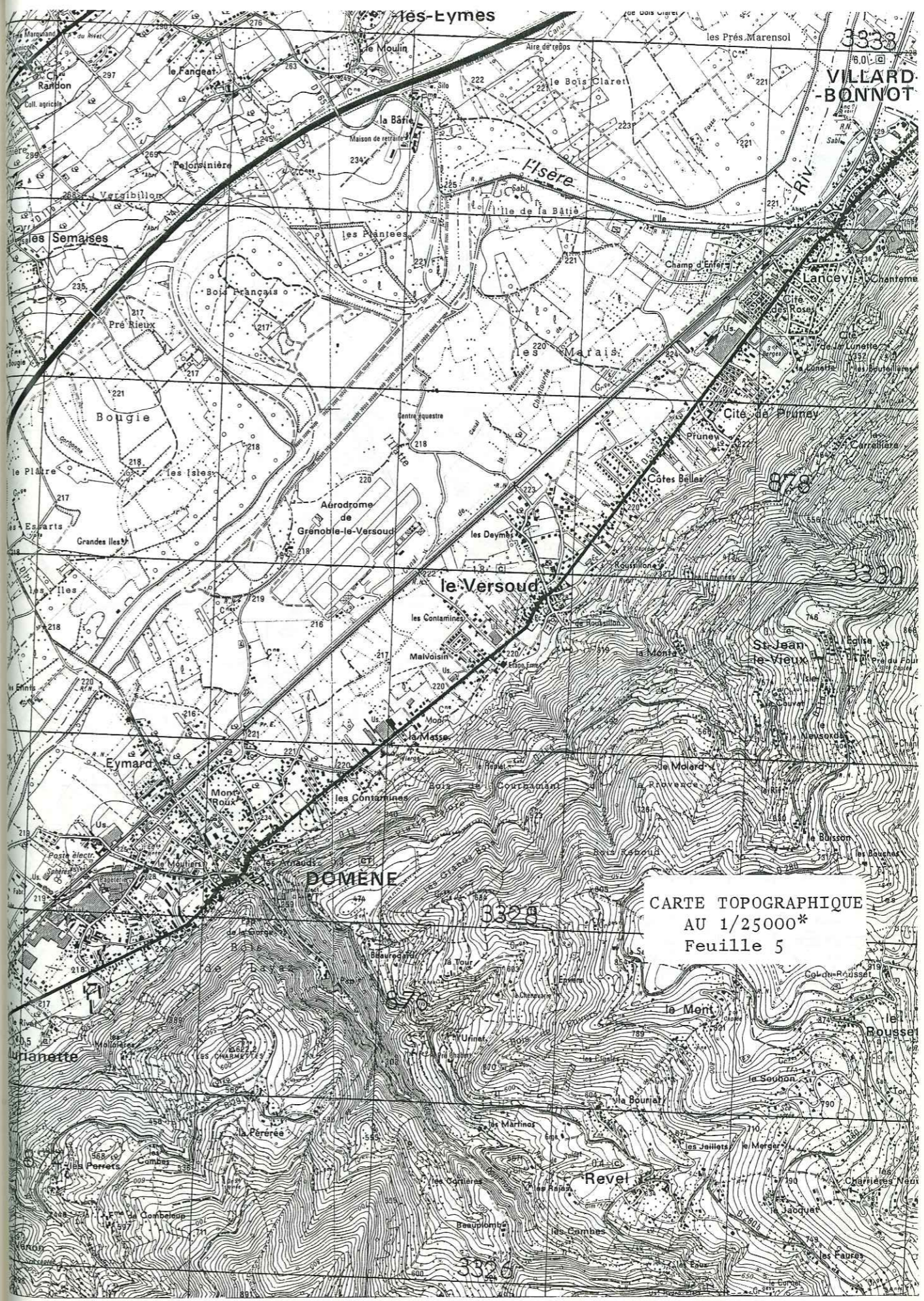


CARTE TOPOGRAPHIQUE
 AU 1/25000*
 Feuille 1

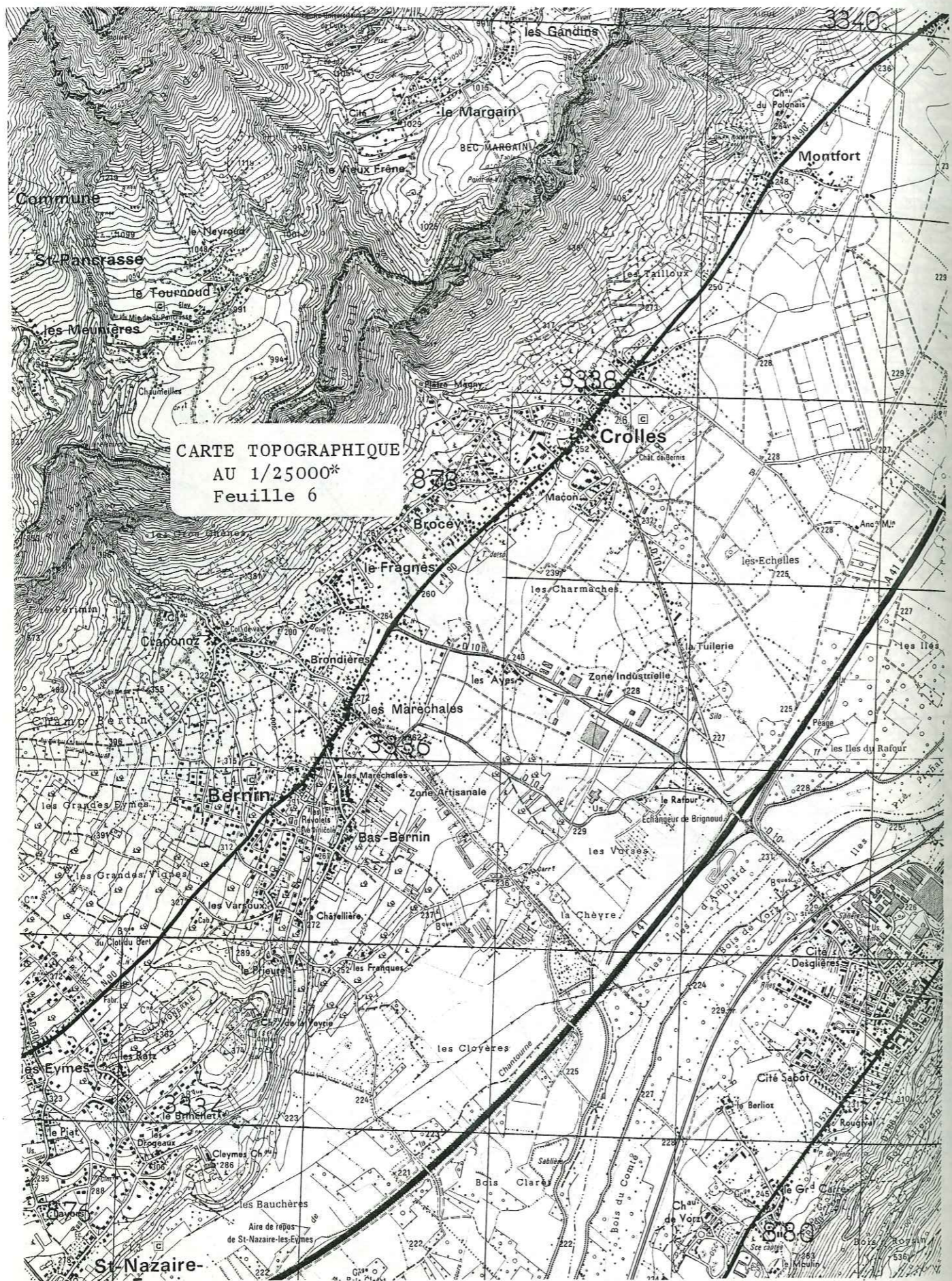




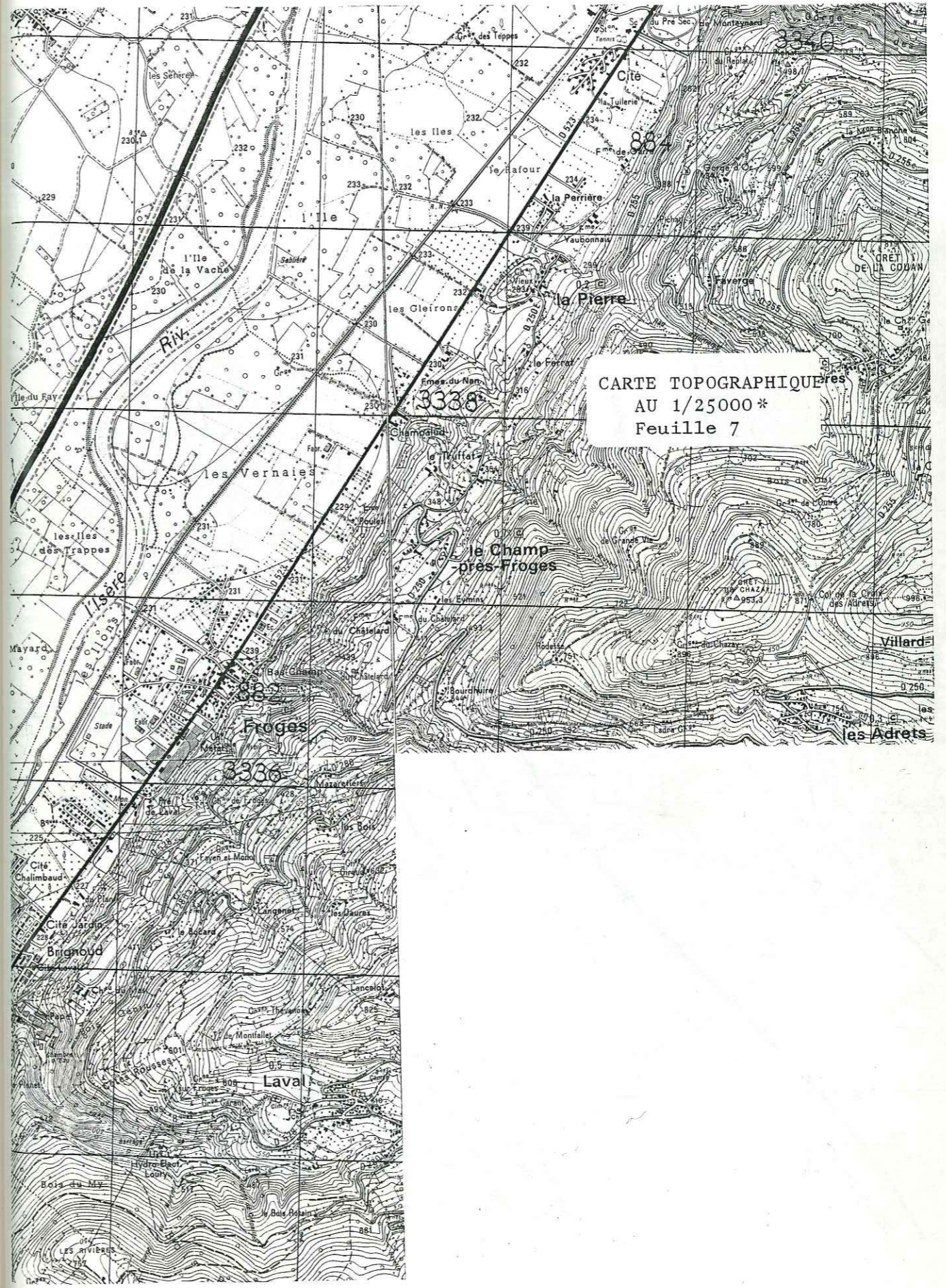
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/25000*
Feuille 4



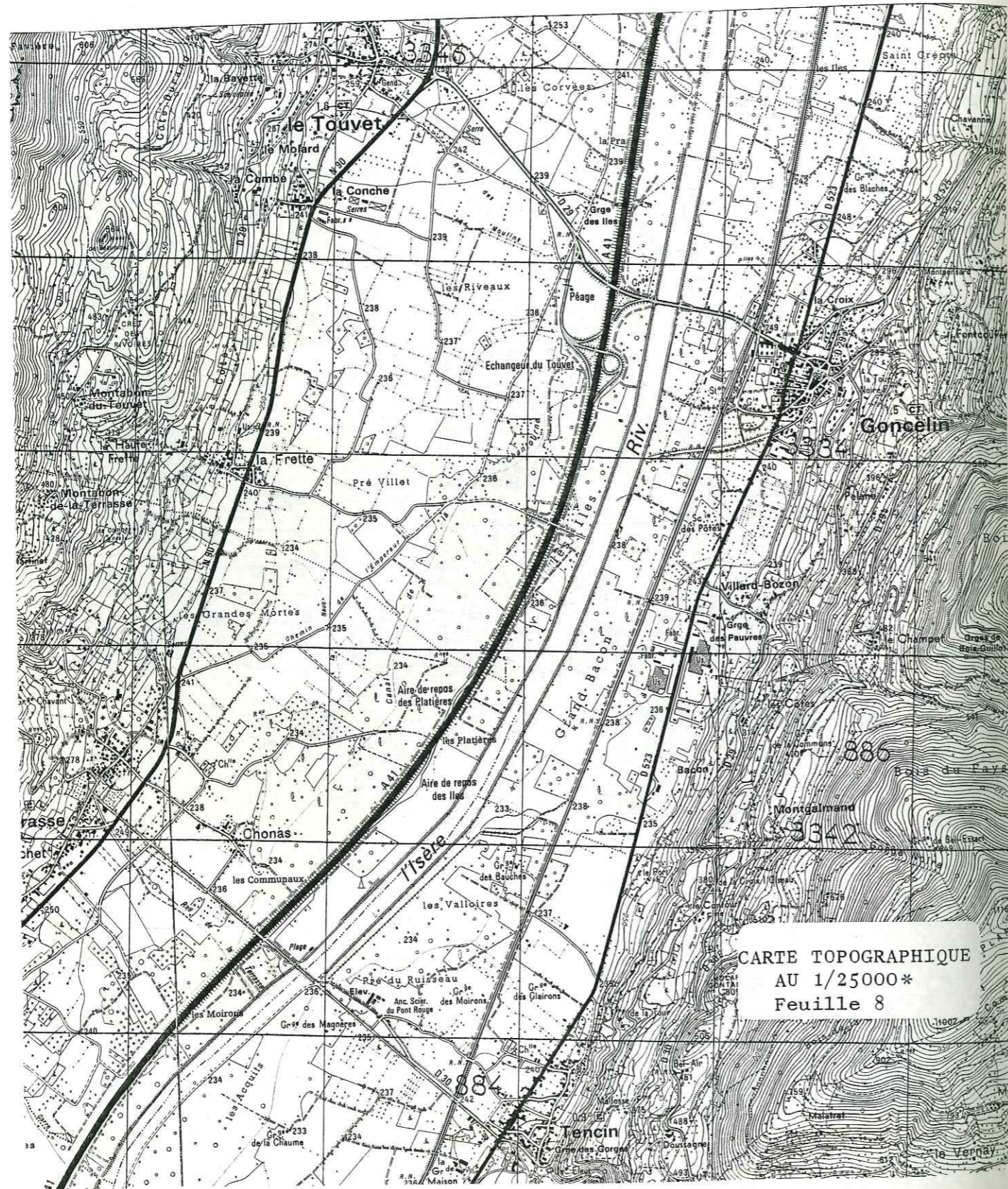
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/25000*
Feuille 5



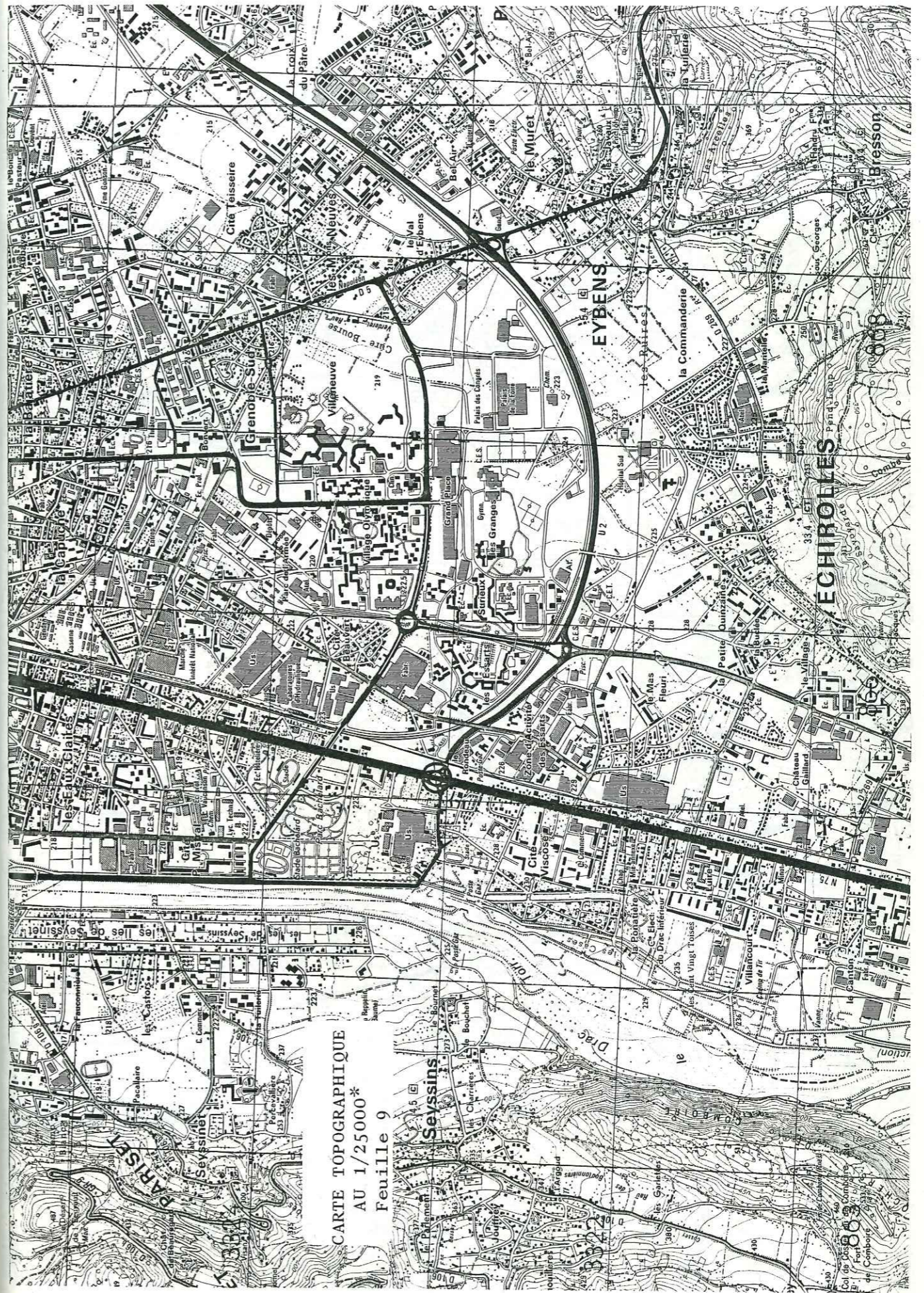
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/25000*
Feuille 6



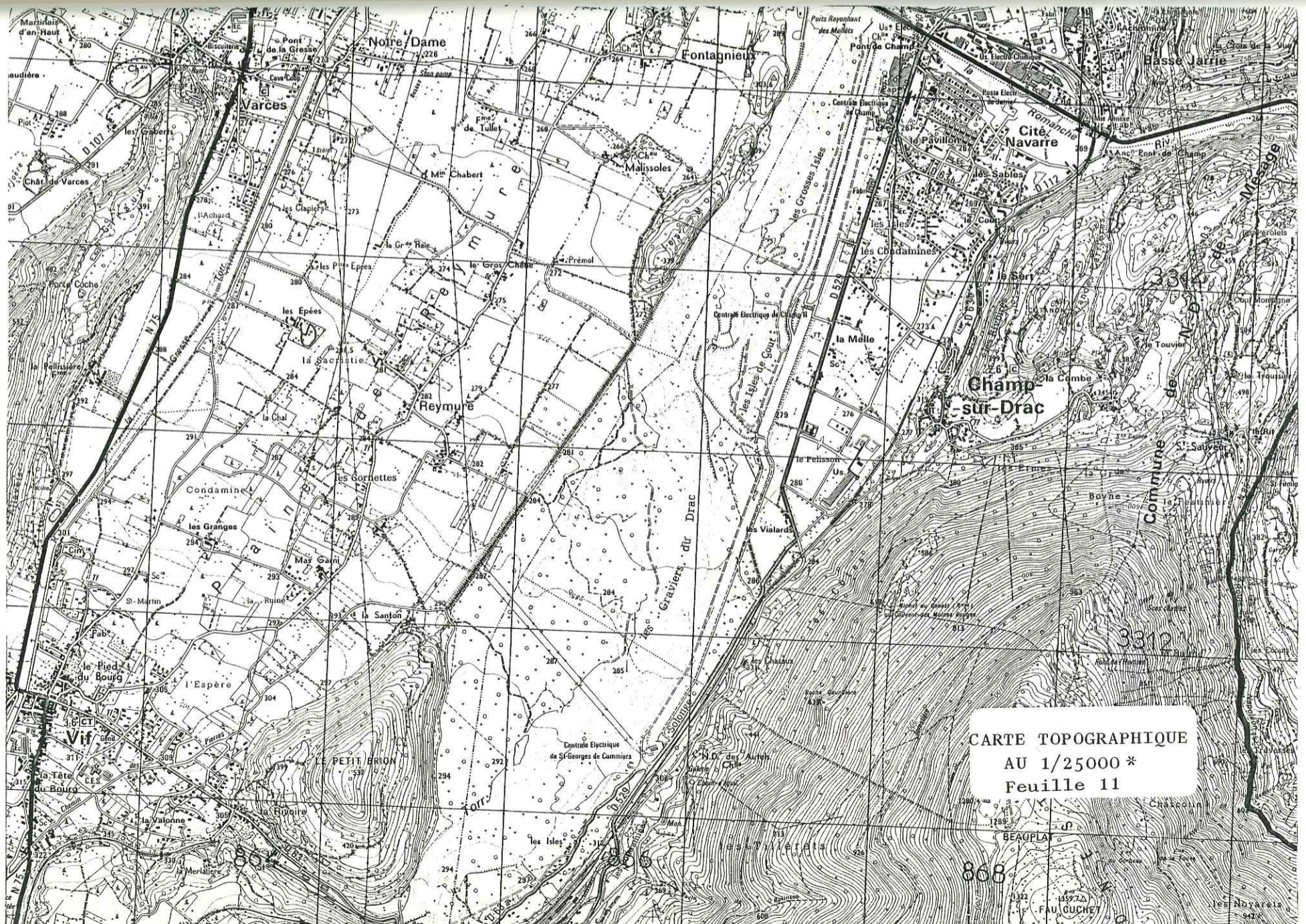
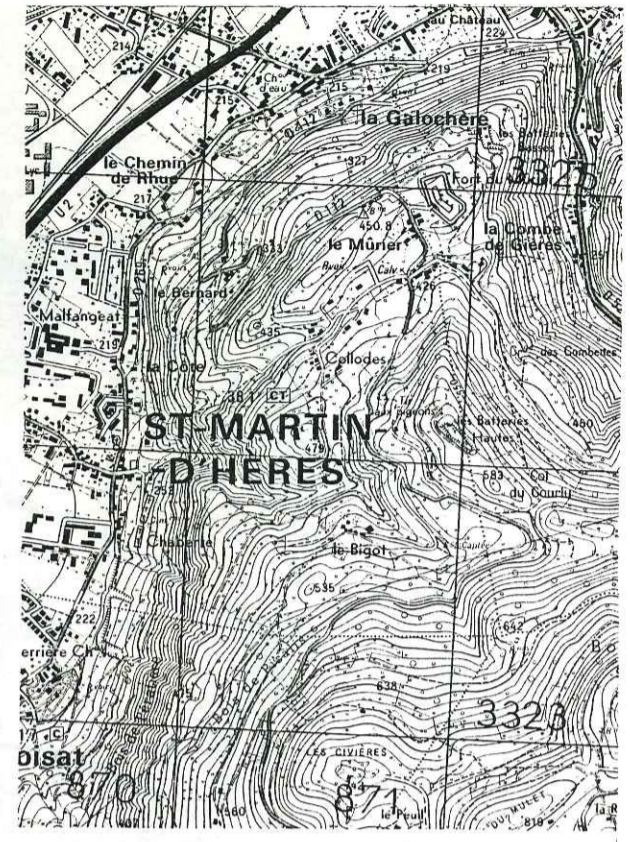
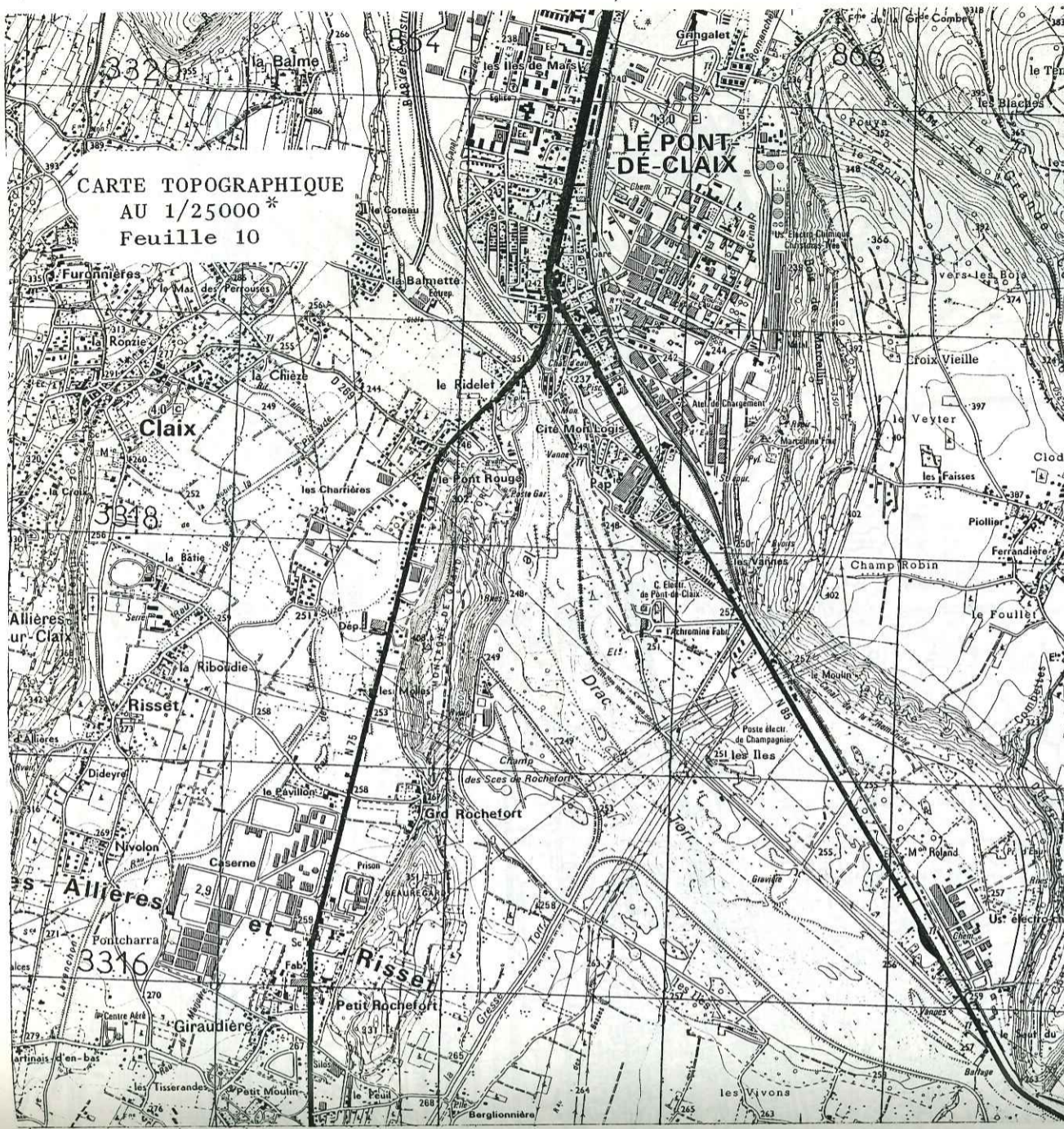
CARTE TOPOGRAPHIQUE
AU 1/25000*
Feuille 7



CARTE TOPOGRAPHIQUE
 AU 1/25000*
 Feuille 8



CARTE TOPOGRAPHIQUE
 AU 1/25000*
 Feuille 9



LISTE DES ILLUSTRATIONS

Pages

LISTE DES TABLEAUX

PREMIERE PARTIE

Tableau 1.1.	Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm.	12
Tableau 1.2.	Températures moyennes mensuelles et annuelles en °C.	12
Tableau 1.3.	Durées mensuelles moyennes d'ensoleillement.	15
Tableau 1.4.	Répartition des formations en classes de stabilité.	56
Tableau 1.5.	Codage des coupes de sondage.	63
Tableau 1.6.	Correspondance entre les classes du zonage géotechnique et les zones où des gravières sont exploitables.	87

DEUXIEME PARTIE

Tableau 2.1.	Exemples de codes lithologiques.	108
Tableau 2.2.	Le codage des mois.	108
Tableau 2.3.	Les fichiers de décodage.	108
Tableau 2.4.a,b,c	Le codage d'un sondage dans le programme APT.	131-133
Tableau 2.5.	Liste des organismes détenteurs de données et codes correspondants.	137
Tableau 2.6.	Les types de reconnaissances et codes correspondants.	137
Tableau 2.7.	Les désignations lithologiques des sols et codes correspondants.	139
Tableau 2.8.	Les caractères descriptifs et codes correspondants.	139
Tableau 2.9.	Correspondance entre des désignations lithologiques et celles du fichier.	140
Tableau 2.10.	Exemple de codage d'un sondage.	141

LISTE DES FIGURES

PREMIERE PARTIE

Fig. 1.1.	La région grenobloise et son cadre géographique.	8
Fig. 1.2.	Les communes concernées par la présente étude.	17
Fig. 1.3.	Répartition du peuplement en 1968, 1985 et 2000.	19
Fig. 1.4.	Le cadre géologique régional.	24
Fig. 1.5.	Glaciers et lacs du quaternaire.	32
Fig. 1.6.	Les dépôts quaternaires.	36
Fig. 1.7.	Extrait de la carte de l'intensité maximale possible dans le Sud-Est de la France.	52
Fig. 1.8.	Exemples de coupes lithologiques illustrant le codage.	65
Fig. 1.9.	Localisation des gravières en activité.	84

DEUXIEME PARTIE

Fig. 2.1.	Plan de position des sondages à l'échelle de 1"Y" grenoblois.	114
Fig. 2.2.	Plan de position des sondages, option sondages numérotés.	114
Fig. 2.3.	Exemple d'utilisation du programme ISOPA.	116
Fig. 2.4.	Exemple d'utilisation du programme GEOL.	116
Fig. 2.5.	Utilisation du programme COUPE.	117
Fig. 2.6.	Extrait d'un tableau de recherche de l'existence de sondages dans des zones de 0,5x0,5 km.	124
Fig. 2.7.	Exemple d'édition des informations du fichier SITUATION.	126
Fig. 2.8.	Exemple d'édition des informations du fichier LITHOLOGIE.	126
Fig. 2.9.	Exemple d'édition des informations du fichier IDENTIFICATION.	126
Fig. 2.10.	Organigramme schématique du programme APT.	132
Fig. 2.11.	Exemple d'édition obtenue à l'aide du programme APT.	132
Fig. 2.12.	Bordereau de perforation. Fichier SITUATION.	142
Fig. 2.13.	Bordereau de perforation. Fichier LITHOLOGIE.	142
Fig. 2.14.	Bordereau de perforation. Fichier IDENTIFICATION.	142
Fig. 2.15.	Bordereau de perforation. Fichier PROPRIETES MECANIQUES.	142

LISTE DES CARTES

- Carte lithomorphologique.
- Carte clinographique.
- Carte des risques naturels
- Carte prévisionnelle de stabilité.
- Carte topographique au 1/50 000
- Carte de zonage géotechnique
- Carte d'implantation des sondages
- Carte topographique au 1/25 000.

Pages

153
161
169
177
185
193
206
218

BIBLIOGRAPHIE

- A.I.G.I., 1976 - Guide pour la préparation des cartes géotechniques. Sciences de la Terre, n° 15, Presses de l'Unesco, 79 p.
- AMAT-CHANTOUX R., ARNAUD H., GIDON M., MONJUVENT G., 1978 - Notice de la carte géologique Grenoble, XXXII - 34. B.R.G.M.
- ANGLOTI J.-M., 1978 - Glissements en alternances avec stratification parallèle au versant. C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, Vol. 1.b, p. 159-165.
- ANTOINE P., BARFETY J., BELLAMY J., BOULLIERE J., DEBELMAS J., GIROD J.-P., SARROT-REYNAULD J., 1967 - Notice de la carte géologique Vif XXXII - 35. B.R.G.M.
- ANTOINE P., BIAREZ J., DESVAREUX P., MOUGIN J.-P., 1971 - Les problèmes posés par la stabilité des pentes dans les régions montagneuses. Trav. du Lab. de Géol. de Grenoble, 47, p. 5-24.
- ANTOINE P., LETOURNEUR J., 1973 - Aperçu et réflexions sur les cartes géotechniques. Leur utilité pour l'aménagement de la montagne. Rev. de géogr. alp., LXI, n° 2, p. 231-245.
- ANTOINE P., BALESTRA G., COUTURIER B., LETOURNEUR J., 1974 - Caractères spécifiques des régions de montagne au regard de l'aménagement. C.R. 2° Cong. de l'A.I.G.I., São-Paulo, Vol. I, Theme III-16.
- ANTOINE P., CASTRO P., 1974 - Essai d'un modèle simplifié de cartographie géotechnique. C.R. 2° Cong. de l'A.I.G.I., São-Paulo, Vol. I, Theme III-17.
- ANTOINE P., PACHOUD A., 1976 - Essai de cartographie des risques liés à des mouvements de terrain dans la région de Saint-Martin-de-Belleville. B.L.L.P.C., n° spécial II, p. 31-39.
- ANTOINE P., 1977 - Réflexions sur la cartographie Zermoss et bilan des expériences en cours. Bull. du B.R.G.M., 2° série, Sect. III, n° 1-2.
- ARNOULD M., DEVEUGHELE M., MONOT G., SANEJOUAND R., 1978 - Projet de constitution d'un fichier de données géotechniques de la ville de Paris. Etudes préliminaires - Principes de réalisation - Choix d'un système - Expérimentation. C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Special Session 4, p. 108-116.
- ARNOULD M., BROQUET J.-F., DEVEUGHELE M., USSEGLIO-POLATERA J.-M., 1979 - Cartographie géotechnique de la ville de Paris. Premières réalisations (13°, 19° et 20° arrondissement). Bull. A.I.G.I., n° 19, p. 109-115.
- AUDRIC T., LAFORE B., 1978 - Analyse prévisionnelle à long terme des impacts d'une urbanisation sur l'environnement physique et naturel. C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, vol. I-b, p. 176-183.
- A.U.R.G., 1972 - Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région grenobloise. Grenoble, 71 p.
- BARFETY J.-C., BORDET P., DEBELMAS J., GIDON M., 1969 - Notice de la carte géologique Domène XXXIII-34. B.R.G.M.
- BARFETY J.-C., BORDET P., CARME F., DEBELMAS J., MELROUX M., MONJUVENT G., MOUTERDE R., SARROT-REYNAULD J., 1972 - Notice de la carte géologique Vizille XXXIII-35. B.R.G.M.
- BIGUENET G., DAYRE M., FAVRE J.-L., 1970 - Essai de cartographie géotechnique de Grenoble et ses environs. C.R. 1er Cong. Int. de l'A.I.G.I., Paris, t. II, Sect. 7, p. 930-941.
- BLONDEAU F., PERROT A., PILOT G., 1973 - Analyse de l'expression cartographique des risques de glissements dans les argiles du Toarcien en Lorraine. C.R. Symp. nat. S.S.S.C., Cannes, t. 1, p. 47-60.
- BOMBARD J.-P., 1968 - Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain - Essai méthodologique. Thèse 3° cycle, Grenoble, 264 p.
- BOREL J.-P. - La protection de la nappe alluviale du Drac pour l'alimentation en eau potable de la ville de Grenoble. Rapport de la ville de Grenoble, Services Techniques (inédit).

- BOZONNET J.-P., 1978 - Géologie de l'aménagement. Etude géologique et géotechnique du Moyen Grésivaudan (Isère). Thèse 3° cycle, Grenoble, 198 p.
- B.R.G.M., 1968 - Carte hydrogéologique de la France. Région de Grenoble.
- B.R.G.M., 1970 - Carte prévisionnelle de stabilité des terrains de Val-Thorens (Savoie) au 1/20 000. Essai méthodologique.
- B.R.G.M., 1979 - Les tremblements de terre en France (sous la direction de J. Vogt). Mémoire n° 96.
- BROQUET J.-F., 1976 - Contribution à la cartographie géotechnique de la ville de Paris. Le XIII^e arrondissement. Thèse 3° cycle, P. et M. Curie, 197 p.
- BUFFET G., 1972 - Etude géologique de la commune de Saint-Martin-le-Vinoux (Etude géologique pour le plan d'urbanisme). Rapp. Inst. Dolomieu.
- BUISSON J.-L., SANEJOUAND R., 1978 - Définition et mise en place d'un fichier de données géotechniques informatique. C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, Vol. 1-a, p. 14-28.
- BUISSON J.-L., 1976 - Le fichier de données géotechniques. B.L.L.P.C., n° 84, p. 149-162.
- CARON B., 1978 - La géologie de l'ingénieur en site urbain. Exemples pris dans la région parisienne. C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid,
- CASTRO R., 1971 - Essai d'interprétation géotechnique de la région de Serres (Hautes-Alpes). Thèse 3° cycle, Grenoble, 215 p.
- CLERC J., 1964 - Documents pour la carte de la végétation des Alpes. Feuille Grenoble XXXII-34. Trav. de lab. de bio. vég., Grenoble, tome 2.
- COLAS G., PILOT G., 1976 - Description et classification des glissements de terrain. B.L.L.P.C., n° spécial II, p. 21-30.
- COUTURIER B., 1974 - Contribution à l'étude géologique et géotechnique du bas Grésivaudan (Isère). Thèse 3° cycle, Grenoble, 174 p.
- COUTURIER B., FOURNEAUX J.-C., 1976 - L'évolution de la nappe de la plaine du Grésivaudan. Rev. de géog. alp., LXIV, p. 26-40.
- D.A.F.U., 1971 - Recommandations pour la cartographie géotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme. Minist. de l'équip. et du log.
- DESVARREUX P., 1970 - Recherche d'une méthode d'étude des mouvements de terrains et applications pratiques. Thèse Doct.-Ing., Grenoble, 162 p.
- DUBUS J., FOURNEAUX J.-C., 1967 - Etude des ressources en eau de la vallée de l'Isère. Serv. du Génie Rural des Eaux et des Forêts, t. 1, 39 p., 6 pl.
- FAURE C., 1968 - Documents pour la carte de la végétation des Alpes. Feuille Vif XXXII-35. Trav. du lab. de bio. vég., Grenoble, tome 6.
- FLOTTE J.-P., GOUGNON A., GUIRAUD R., HUMBERT M., JULIAN M., 1973 - La carte géotechnique de la région Vence-Cagnes (Alpes maritimes) et l'analyse des risques liés à des sites à forts contrastes. C.R. Symp. nat. S.S.S.C., Cannes, t. 1, p. 124-133.
- FOURNEAUX J.-C., 1968 - Hydrogéologie du Grésivaudan. Thèse 3° cycle, Grenoble, 97 p.
- FOURNEAUX J.-C., 1976 - Les formations quaternaires de la vallée de l'Isère dans l'ombilic de Grenoble. Rev. de Géol. alp., tome 52, p. 31-72.
- FRECHET J., 1978 - Sismicité du Sud-Est de la France, et une nouvelle méthode de zonage sismique. Thèse 3° cycle, Grenoble, 160 p.
- GIGNOUX M., MORET L., 1952 - Géologie dauphinoise. Paris, Masson, 391 p.
- GOUNON A., 1979 - Intégration des risques naturels dans les documents d'urbanisme. Application à la ville de Nice. Bull. de l'A.I.G.I., n° 19, p. 126-128.

- GROS G., 1975 - La console de visualisation, outil de représentation et de traitement des données géologiques d'un site. B.L.L.P.C., n° 76, p. 133-140.
- GUIENNET B., 1976 - Le fichier géologique et géotechnique du laboratoire d'Aix-en-Provence. B.L.L.P.C., n° 80, p. 163-171.
- GUILLOTEAU-RAVEAU C., 1980 - L'eau et l'industrie de la cuvette grenobloise. Thèse 3° cycle, Grenoble, 274 p.
- HENRY C., 1979 - Cartographie géomorphologique du Bas et du Moyen Grésivaudan (Isère). T.E.R., Inst. Géogr. alp., Grenoble.
- HUMBERT M., 1972 - Carte géotechnique de Clermont-Ferrand (1/50 000) et notice. Aptitude des terrains à l'aménagement régional. B.R.G.M. et D.A.F.U.
- KÖSEGLU M., 1977 - Etude géologique et géotechnique routière. La route nationale 75 entre Vif et le Col de la Croix-Haute. Thèse Doc. Ing., Grenoble, 210 p.
- LACROIX B., 1971 - Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Grenoble. Thèse 3° cycle, Grenoble, 125 p.
- LAFITTE P., 1972 - Traité d'informatique géologique. Paris. Masson.
- LAGARDE M., LESPINARD G. - Programmation. Inst. de Méc. de Grenoble, 2 tomes, inédit.
- LANDRY J., 1979 - Recherche de sites favorables à l'implantation d'une ville nouvelle dans la région de Jizan (Arabie Saoudite). Bull. de l'A.I.G.I., n° 19, p. 57-61.
- L.C.P.C., 1976 - Stabilité des talus. Tome 1 : versants naturels. B.L.L.P.C., n° spécial II - Tome 2 : déblais et remblais, B.L.L.P.C. n° spécial III.
- L.C.P.C., 1977 - Granulats. Ressources et prospection de gisements. B.L.L.P.C., n° spécial IV.
- L.C.P.C., 1980 - Essais de mécanique des sols au laboratoire et en place. Aide mémoire. Note d'information technique.
- LEMAIRE B., 1975 - Banque des données du sous-sol. Saisie et exploitation des données géotechniques. B.L.L.P.C., n° 76, p. 117-122.
- LETOURNEUR J., MICHEL R., 1971 - Géologie du Génie Civil. Paris, Colin éd. 728 p., 8 pl. coul.
- LETOURNEUR J., ANTOINE P., BARBIER R., 1978 - Réflexions sur certains risques naturels, leur prévision et la validité de leur cartographie. C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, Vol. 2-d, p. 91-97.
- LIOCHON M., 1976 - Aspect juridique des problèmes de glissements de terrains. B.L.L.P.C., n° spécial II, p. 13-20.
- MAHIEU J.-L., 1975 - Essai méthodologique d'utilisation d'un fichier de données géotechniques. Documentation, cartographie, traitements statistiques. B.L.L.P.C., n° 76, p. 123-131.
- MALATRAIT A.-M., 1973 - Etude géologique de la partie haute de la commune de Seyssins (Isère). A.U.R.G., inédit.
- MALATRAIT A.-M., 1975 - Analyse et classement des mouvements gravitaires. Feuille St Jean-de-Maurienne au 1/50 000. Thèse 3° cycle, Grenoble, 219 p.
- MARGALHAN-FERRAT H., 1975 - Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et géotechnique de la cluse de l'Isère. Thèse 3° cycle, Grenoble, 123 p.
- MASSE P. - Informatique. Ecole nat. sup. d'Ing. Elect. (inédit).
- MASSON M., 1971 - Cartographie géotechnique de l'agglomération rouennaise. B.L.L.P.C., n° 52, p. 109-117.
- MAZEAS H., DU MOUZA J., 1979 - Cartographie géotechnique de formations superficielles en zones non urbanisées. Bull. de l'A.I.G.I., n° 19, p. 47-52.
- MENEROUD J.-P., 1978 - Cartographie des risques naturels dans les Alpes maritimes (France). C.R. 3° Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I., Vol. 2-d, p. 98-107.
- MERCIECA G., 1977 - Constitution d'un fichier géologique et géotechnique sur ordinateur : application à l'étude du remblaiement alluvial de la vallée de l'Isère. Thèse 3° cycle, Grenoble, 153 p.

- MONJUVENT G., 1971 - Le Drac. Morphologie, stratigraphie, chronologie quaternaires d'un bassin alpin. Thèse Doct. d'Etat, Paris VII, 433 p.
- MONJUVENT G., 1973 - La transfluence Durance-Isère. Essai de synthèse du Quaternaire du bassin du Drac (Alpes françaises). Rev. de Géol. alp., tome 49, p. 57-119.
- MOUGIN J.-P., 1973 - Les mouvements de terrain. Thèse Doct. Ing., Grenoble, 295 p.
- OLIVIER G., RENET J.-P., 1976 - Essai de cartographie des risques liés à des mouvements de terrain dans la région de St Martin-de-Belleville. B.L.L.P.C., n° spécial II, p. 40-55.
- OLIVIER G., CAMBOLY D., 1979 - Cartographie géotechnique pour l'aménagement. B.L.L.P.C., n° 99, p. 55-64.
- PANET M., ROTHEVAL J.-P., 1976 - Stabilité des talus rocheux. B.L.L.P.C., n° spécial III, p. 171-186.
- OZENDA P., REPETITON J., RICHARD L., TONNEL A., 1964 - Document pour la carte de la végétation des Alpes. Feuille Domène XXXIII-34. Trav. du lab. de bio. vég., Grenoble, Tome 2.
- OZENDA P., TONNEL A., VIGNY F., 1968 - Documents pour la carte de la végétation des Alpes. Feuille Vizille XXXII-34. Trav. du lab. de bio. vég., Grenoble, Tome 6.
- PERROT A., CHAMPETIER de RIBES G., PILOT G., 1978 - Cartographie des risques de glissements dans la région d'Ars-sur-Moselle (France). C.R. 3^e Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, Vol. 2-d, p. 113-124.
- PINCENT B., BLONDEAU F., 1978 - Détection et suivi des glissements de terrain. C.R. 3^e Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, Vol. 1-b, p. 252-256.
- PORCHER M., GUILLOPE P., 1979 - Cartographie des risques ZERMOS appliquée à des plans d'occupation des sols en Normandie. B.L.L.P.C., n° 99, p. 43-54.
- PRIMEL L., 1978 - Gisements de matériaux et occupation des sols. C.R. III Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Sect. I, Vol. 2-h, p. 235-247.
- ROCHET L., 1980 - Protection contre les éboulements rocheux. Méthodologie des études spécifiques. Application à l'étude de la zone de la Praz sur la ligne S.N.C.F. Cuizot-Modane. B.L.L.P.C., n° 106, p. 57-68.
- ROUBAULT M., 1970 - Peut-on prévoir les catastrophes naturelles ? Paris P.U.F., 173 p.
- SANEJOUAND R., 1972 - La cartographie géotechnique en France. Minist. de l'Equip. et du Log. (D.A.F.U.), 95 p.
- SANEJOUAND R., 1975 - Fichiers de données géotechniques sur ordinateur dans les laboratoires des Ponts et Chaussées. B.L.L.P.C., n° 76, p. 107-116.
- SARROT-REYNAULD J., 1968 - Conditions de captage et de protection des eaux potables dans la région grenobloise. Rev. de l'Inst. Pasteur de Lyon, t.1, n° 2, p. 225-270.
- SAVOYSKY S., GUILLON M.-P., 1976 - Introduction à l'emploi de l'informatique pour la gestion des données. B.L.L.P.C., n° 83, p. 105-112.
- SOPENA S.-R., 1973 - La géotechnique et les documents d'urbanisme. C.R. Symp. nat. S.S.S.C., Cannes, t. 1, p. 307-317.
- TACKER Y., 1973 - Méthodes utilisées dans le département de l'Isère pour la délimitation des zones exposées à des risques naturels. C.R. Symp. nat. S.S.S.C., Cannes, t. 1, p. 384-388.
- TACKER Y., 1973 - Procédure administrative pour la délimitation des zones de risques naturels dans le département de l'Isère. C.R. Symp. nat. S.S.S.C., Cannes, t. 1, p. 377-383.
- TALLONI S. P., 1978 - Contribution à l'étude géologique et géotechnique du sillon subalpin entre Grenoble et Vif. Thèse 3^e cycle, Grenoble, 301 p.
- THOMAS A., MALLET J.-L., JEANDEL B., HOUPERT N., 1978 - Geotec : Système évolué de traitement des données géotechniques pour l'urbanisme et la construction. C.R. 3^e Cong. Int. de l'A.I.G.I., Madrid, Special Session 4, p. 116-130.
- VIDAL-FONT J., 1979 - Essai de valorisation géotechnique de la carte géologique de Toulouse (France) et de ses environs. Bull. de l'A.I.G.I., n° 19, p. 53-57.
- VIVIAN H., 1969 - Les crues de l'Isère à Grenoble et l'aménagement actuel des digues. Rev. de Géol. alp. LVIII, n° 1.

TABLE DES MATIERES

	Pages
AVANT-PROPOS	
SOMMAIRE	
INTRODUCTION GENERALE	1
<u>PREMIERE PARTIE : LE DOSSIER GEOTECHNIQUE</u>	3
INTRODUCTION	5
CHAPITRE I - APERÇU GEOGRAPHIQUE	7
1 - <u>Situation</u>	9
1.1. Situation générale	9
1.2. Limites précises de l'étude	9
A - Le Grésivaudan	10
B - La cuvette grenobloise	10
C - Le plateau de Champagnier	10
D - La basse Gresse	10
E - La cluse de l'Isère	11
2 - <u>Eléments du climat</u>	11
2.1. Les stations de mesure	11
2.2. Les précipitations	13
2.3. La neige	14
2.4. Les températures	14
2.5. Les gelées	14
2.6. L'insolation	15
2.7. Les vents	15
2.8. Conclusion	15
3 - <u>La végétation</u>	16
3.1. Les grandes divisions	16
3.2. Répartition	16
A - L'étage collinéen	16
B - L'étage montagnard	18
4 - <u>Population et urbanisme</u>	18
CHAPITRE II - PRESENTATION GEOLOGIQUE	23
1 - <u>Le cadre géologique régional</u>	25
1.1. Les collines bordières	25
1.2. Le sillon subalpin	25
1.3. Le bord subalpin	25
1.4. La cluse de l'Isère	26
2 - <u>Le substratum</u>	26
2.1. Le Trias	26
2.2. Le Jurassique	26
A - Le Lias	26
a - Lias inférieur et moyen	26
b - Toarcien	27
c - Aalénien	27
B - Le Dogger	27
a - Bajocien	27
b - Bathonien	27

	<u>Pages</u>
C - Le Malm	28
a - Schistes à Posidonomyes	28
b - Oxfordien	28
c - Rauracien	28
d - Séquanien	29
e - Kimméridgien	29
f - Tithonique	29
2.3. Le Crétacé	29
A - Le Crétacé inférieur	29
a - Berriasien	30
b - Valanginien	30
c - Hauterivien	30
d - Urgonien	31
B - Le Crétacé supérieur	31
2.4. Le Néogène	31
3 - Les dépôts quaternaires	33
3.1. Rappel historique	33
A - Le Riss	33
B - L'interglaciaire Riss-Würm	34
C - Le Würm	34
3.2. La répartition des dépôts	37
A - La plaine	37
B - Les versants	37
CHAPITRE III - CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE	39
Introduction	40
Sous-chapitre I - Géomorphologie et agents dynamiques	41
1 - La carte lithomorphologique	42
1.1. Introduction	42
1.2. Contenu	42
1.3. Commentaire	42
A - Le substratum	42
B - Les formations de couverture	43
a - Les éboulis	43
b - Les nappes d'épandage et les cônes de déjection	43
c - Les formations glaciaires	44
d - Les formations fluvioglaciaires	44
e - Les alluvions	44
2 - La carte clinographique	45
2.1. Buts	45
2.2. Conception	45
2.3. Commentaire	46
3 - La carte des risques naturels	46
3.1. Conception	46
3.2. Buts	46
3.3. Les risques naturels	47
A - Les zones exposées aux chutes de matériaux rocheux	47
a - Localisation	47
b - Estimation du risque	48
c - Tracé des limites	48
d - Réglementations d'urbanisme	48
B - Les zones de glissements de terrain	48
a - Localisation	48
b - Réglementations d'urbanisme	49

	<u>Pages</u>
C - Les zones de débordement de torrents	49
a - Localisation	49
b - Réglementations d'urbanisme	49
D - Les zones submersibles	49
a - Détermination des surfaces submersibles	49
a-1. L'Isère	49
a-2. Le Drac	50
b - Localisation	50
c - Estimation du risque	50
d - Réglementations d'urbanisme	50
E - Les zones marécageuses	51
a - Localisation	51
b - Réglementations d'urbanisme	51
4 - Séismicité	51
5 - Essai de synthèse géotechnique	53
5.1. Introduction	53
A - Objectifs	53
B - Définition des classes de stabilité	53
C - Conception de la carte	54
5.2. Les paramètres utilisés	54
A - La nature des formations	54
a - Les formations du substratum	55
b - Les formations de couverture	55
B - La pente	55
C - La structure	57
5.3. Les formations et leur répartition en classes de stabilité	57
5.4. La carte prévisionnelle de stabilité des terrains	57
A - Présentation	57
B - Discussion	58
Sous-chapitre II - Cartographie des formations de la plaine	59
1 - Introduction	60
2 - Données générales et particularités lithologiques	60
3 - Méthode d'étude	61
4 - Choix d'un type de représentation	62
5 - La carte de zonage géotechnique	63
5.1. Interprétation de la coupe d'un sondage	63
5.2. Réalisation de la carte	64
5.3. Interprétation de la carte	66
A - Fondation de bâtiments	66
B - Etude de l'aquifère et prospection de matériaux	67
Sous-chapitre III - Hydrogéologie	69
1 - Introduction	70
2 - Hydrogéologie sommaire des versants	70
2.1. Les formations du substratum	71
2.2. Les formations de couverture	72
A - Les éboulis	72
B - Les nappes d'épandage et les cônes de déjection	72
C - Les formations glaciaires	73
3 - Les nappes de l'Isère et du Drac	73
3.1. La nappe du Grésivaudan	73
A - L'aquifère	73
B - L'écoulement de la nappe	74
C - L'utilisation de l'eau	74

	<u>Pages</u>
3.2. La nappe du Drac	74
A - L'aquifère	75
B - L'écoulement de la nappe	75
C - L'utilisation de l'eau	75
3.3. La nappe de la cluse	76
A - L'aquifère	76
B - L'écoulement de la nappe	76
C - L'utilisation de l'eau	77
4 - <u>La vulnérabilité des eaux souterraines</u>	77
4.1. Objectifs	77
4.2. Principes de la cartographie	77
4.3. Vulnérabilité par secteurs	79
A - La cluse de l'Isère	79
B - Grenoble et le sud de l'agglomération	79
C - Le Grésivaudan	79
<u>Sous-chapitre IV : Ressources en matériaux</u>	80
1 - <u>Introduction</u>	81
2 - <u>Les emprunts existants</u>	81
2.1. Les roches massives	82
A - Le ciment	82
B - La chaux et la poudre de calcaire	82
C - Les enrochements	82
2.2. Les alluvions	83
3 - <u>Perspectives d'avenir</u>	85
3.1. Exploitation dans la plaine	85
A - Interprétation de la carte	85
B - Définition des zones exploitables	86
3.2. Le plateau de Champagnier	88
4 - <u>Conclusion</u>	89
CHAPITRE IV - CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DES TERRAINS	91
1 - <u>Introduction</u>	92
2 - <u>Les formations de couverture</u>	92
2.1. Les alluvions fluviatiles	92
A - Les alluvions de l'Isère	92
B - Les alluvions de la plaine de Grenoble	93
C - Les argiles du Lavanchon et les alluvions de la plaine de Reymure	93
2.2. Les alluvions glaciaire et fluvioglaciaires	94
A - Les alluvions glaciaires	94
B - Les alluvions fluvioglaciaires	94
2.3. Les matériaux des cônes de déjection et des nappes d'épandage	94
2.4. Les éboulis	95
3 - <u>Les formations du substratum</u>	95
4 - <u>Fiches géotechniques</u>	95
<u>DEUXIEME PARTIE : LA BASE DE DONNEES INFORMATISEES</u>	103
INTRODUCTION	103
CHAPITRE I - CONCEPTION ET SUPPORT	105
1 - <u>Quelques définitions</u>	106
1.1. Donnée	106
1.2. Enregistrement	106
1.3. Fichier	106
1.4. Base de données	107

	<u>Pages</u>
2 - <u>Les données</u>	107
2.1. Rappel	107
2.2. Nature des données	107
2.3. Stockage des données	109
3 - <u>La conception et les caractéristiques des fichiers</u>	109
3.1. Conception des fichiers	109
3.2. Caractéristiques des fichiers	111
A - Le fichier SITUATION	111
B - Le fichier LITHOLOGIE	111
C - Le fichier IDENTIFICATION	112
D - Le fichier PROPRIETES MECANIQUES	112
E - Autres fichiers	112
4 - <u>Les possibilités de traitement</u>	113
4.1. L'enregistrement des données	113
4.2. Le décodage des données	113
4.3. Recherche et édition de données	113
A - Les programmes d'éditions à l'imprimante	115
B - Les programmes d'éditions graphiques	115
a - Le programme POZON	115
b - Le programme ISOPA	118
c - Le programme GEOL	118
d - Le programme COUPE	118
5 - <u>Supports de la banque de données</u>	118
5.1. L'ordinateur IBM 1130	118
5.2. L'ordinateur NORD10 de NORSK-DATA	119
A - Une nécessaire adaptation	119
B - Les composants de l'ordinateur	119
C - Principe de fonctionnement	120
a - Rangement des fichiers	120
b - Procédure d'utilisation de la banque de données	120
CHAPITRE II - L'UTILISATION DES DONNEES	121
1 - <u>Introduction</u>	122
2 - <u>La localisation des sondages</u>	122
2.1. Recherche locale automatique	122
2.2. Recherche locale manuelle	122
2.3. Le plan de position des sondages	123
3 - <u>L'accès à l'information détaillée</u>	125
3.1. Traitement informatique	125
A - Le programme IMPR 11	125
B - Le programme IMPR 22	127
C - Les programmes IMPR 33 et IMPR 44	127
3.2. Recherche manuelle	127
A - Utilisation des données brutes	127
B - Utilisation des données en clair	128
3.3. Choix du type d'accès à l'information	128
4 - <u>Le traitement de l'information</u>	129
4.1. Les programmes ISOPA, GEOL et COUPE	129
4.2. Les limitations des traitements graphiques	130
5 - <u>Utilisation spécifique en vue de la cartographie géotechnique</u>	130
5.1. Les programmes graphiques et leurs adaptations	130
5.2. Le programme APT	131

CHAPITRE III - LA GESTION DE LA BANQUE DE DONNEES	135
1 - <u>La collecte des données</u>	136
1.1. Nécessité de poursuivre une collecte	136
1.2. Le mode de collecte	136
2 - <u>Critique des données</u>	138
2.1. Critique des données originelles	138
2.2. Critique des données archivées dans les fichiers	140
3 - <u>Alimentation de la base de données</u>	143
3.1. Préparation des données	143
3.2. Alimentation des fichiers	143
4 - <u>Contrôle des données</u>	144
4.1. Sources d'erreurs	144
4.2. Possibilités de contrôle	144
A - Contrôle avant stockage	144
B - Contrôle par indication de codes d'erreurs	144
C - Contrôle par listage	145
D - Contrôle par réalisation d'une carte d'implantation	145
CONCLUSION GENERALE	147
ANNEXES	151
- Carte lithomorphologique	153
- Carte clinographique	161
- Carte des risques naturels	169
- Carte prévisionnelle de stabilité	177
- Carte topographique au 1/50 000	185
- Carte de zonage géotechnique	193
- Carte d'implantation des sondages	206
- Carte topographique au 1/25 000	218
LISTE DES ILLUSTRATIONS	231
BIBLIOGRAPHIE	233
TABLE DES MATIERES	237

17 SEP. 1981

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
 INSTITUT DE GEOLOGIE
 DOCUMENTATION
 RUE MAURICE GIGNOUX
 F. 38031 GRENOBLE CEDEX
 TEL. (76) 87.46.42