HAL
open science

Hydrogéologie du bassin versant du Haut-Gelon (Savoie) - Alpes françaises

Gérard Pappini

To cite this version:

Gérard Pappini. Hydrogéologie du bassin versant du Haut-Gelon (Savoie) - Alpes françaises. Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1976. Français. NNT : . tel-00608274v1

HAL Id: tel-00608274

https://theses.hal.science/tel-00608274v1

Submitted on 12 Jul 2011 (v1), last revised 23 Jan 2013 (v2)

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

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

N d'ordre

THESE

présentée

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE SPECIALITE

(GEOLOGIE APPLIQUEE)

OPTION HYDROGEOLOGIE

UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE et MÉDICALE de GRENOBLE
INSTITUT DOLOMIEU
Rue Maurice-Gignoux
38 - GRENOBLE

par

DESSER 1976

Gérard PAPPINI

HYDROGÉOLOGIE DU BASSIN VERSANT DU HAUT-GELON

- SAVOIE -

Soutenue le Septembre 1976 devant la commission d'examen:

R. BARBIER	Président
J. SARROT-REYNAULD	Rapporteur
J.C. FOURNEAUX	Examinateur
G. MANGIN	Invité

10113791

AVANT-PROPOS

Il m'est agréable de pouvoir adresser mes remerciements à tous ceux qui m'ont permis de réaliser cette étude.

Monsieur le Professeur J. SARROT-REYNAULD qui m'a confié ce travail et m'a permis de le mener à bien en me guidant de ses critiques parfois sévères mais toujours stimulantes et de ses conseils bienveillants.

Monsieur le Professeur R. BARBIER qui m'a fait l'honneur de bien vouloir présider ce jury.

Monsieur JC. FOURNEAUX qui m'a bien souvent donné son avis sur ce travail et qui a consacré de son temps à m'accompagner sur le terrain.

Monsieur G. MANGIN, Directeur de l'usine La Rochette-CENPA, pour son aide et la collaboration de l'entreprise qu'il dirige.

Monsieur CONVAIR, pour la générosité dont il a fait preuve à mon égard.

Monsieur JC. BARFETY, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée au cours des nombreuses discussions que nous avons eu ensemble.

Monsieur MOREL de la Direction Départementale de l'Agriculture de la Savoie et la région d'Equipement Hydraulique Alpes Nord de Chambéry pour le matériel qu'ils ont bien voulu mettre à ma disposition.

Christiane qui a dactylographié cette thèse.

Monsieur P. MAVIT qui l'a imprimée.

Je veux enfin remercier tous les étudiants de ma promotion qui sont devenus, au long des années, des amis.

Que ma famille, mes parents trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance et de mon affection pour les sacrifices consentis.

Je dédie ce travail à Françoise,

à Thibaut.

SOMMAIRE

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
01 SEP. 2003

AVANT-PROPOS
SOMMAIRE
BUT DE L'ETUDE

1. INTRODUCTION 11

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE 13

1.1.1. Le bassin versant du Gelon proprement dit 13
1.1.2. Le bassin versant du Joudron 13

1.2. SITUATION GEOLOGIQUE 15

1.2.1. La série mésozoïque non métamorphique 15
1.2.2. La série paléozoïque non métamorphique 15
1.2.3. Le socle cristallin et cristallophyllien 15
1.2.4. Le recouvrement quaternaire 16

1.3. PARAMETRES DU BASSIN VERSANT 20

1.3.1. Le bassin versant du Gelon 20
1.3.2. Le sous-bassin versant du Joudron 20
1.3.3. Le sous-bassin versant du Gelon 20

2. HYDROLOGIE 23

2.1. LES PRECIPITATIONS 25

2.1.1. Le réseau pluviométrique existant 25
2.1.2. Le matériel mis en place 25
2.1.3. Résultats 27
2.1.3.1. Données anciennes à la Rochette et au Bourget-en-Huile et comparaison avec 1975 27
2.1.3.2. Précipitations sur l'ensemble du bassin versant Le gradient pluviométrique 30
2.1.3. . Lame d'eau précipitée 37
. la moyenne arithmétique 37
. La méthode de Thiessen 37
. Calcul par l'utilisation des courbes isohyètes. 38
. Méthode Clin-ex 40
. Discussion 43

2.2. L'EVAPOTRANSPIRATION 45

2.2.1. Détermination de la température moyenne annuelle 45
2.2.2. Calcul de l'évapotranspiration 47
2.2.2.1. selon la formule de TURC 47
2.2.2.2. selon la formule de COUTAGNE 48
2.2.2.3. par la formule de SERRA 48
2.2.2.4. Remarques 48

2.3. ETUDE DU RUISSELLEMENT 51

2.3.1. Réseau hydrographique 51
2.3.1.1. Description du réseau hydrographique 51
2.3.1.2. Mesures des débits 54
. Localisation des stations 54
. Les jaugeages 57
. Courbe des débits classés 62
2.3.1.3. Interprétation des courbes de débits journaliers fonction des précipitations journalières sur l'ensemble du bassin versant 62
. Coefficient de tarissement 65
. Volume d'eau emmagasinée 70
. Indice d'emmagasinement 70
. Temps de transit des crues 72

2.4. APPROCHE DU BILAN 73

3. HYDROLOGIE DESCRIPTIVE 75

3.1. GEOLOGIE SOMMAIRE DU SECTEUR ETUDIE 77

3.1.1. La rive gauche du Gelon 77
3.1.2. La rive droite du Gelon 80
3.1.3. Les terrains quaternaires 80
3.1.4. Conclusion 80

3.2. LES METHODES UTILISEES DANS L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ... 82

3.2.1. Analyses physiques 82
3.2.1.1. Les débits 82
3.2.1.2. La température 82
3.2.1.3. La résistivité 83
. Interprétation 85
. Conclusion 87
3.2.2. Analyses chimiques 88
3.2.2.1. Le PH 88
3.2.2.2. La détermination des ions 88
a- volumétrie 88
b- turbidimétrie 89
c- absorbtion atomique ou émission de flamme..... 89
3.2.3. Conclusion 90

3.3. LE SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN 91

3.3.1. Localisation et description 91
. rameau interne 91
. rameau externe 91
3.3.2. Tectonique 93
. Dans les granites 94
. Dans les micaschistes 94
3.3.3. Les sources 97
3.3.3.1. La source du Gargoton n°23b 97
a- Les débits 97
b- La température 100
c- La résistivité 100
d- La composition chimique 100
3.3.3.2. La source des chalets du Gargoton n°25b..... 103

a- Les débits 103
b- La température 103
c- La résistivité 103
d- La composition chimique 104
e- Conclusion 104
3.3.3.3. La source du Champet n°46 104
a- Les débits 104
b- La température 105
c- La résistivité 105
d- La constitution chimique 105
e- Conclusion 106

3.4. LE HOUILLER 107

3.4.1. Localisation et description 107
3.4.2. La tectonique 108
3.4.3. Les sources 108

3.5. LE TRIAS 109

3.5.1. Localisation et description 109
3.5.2. La tectonique 111
3.5.3. Les sources 112
3.5.3.1. La source du Fontanil n°58 115
a- Les débits 115
b- La température 115
c- La résistivité 115
d- La composition chimique 117
e- Conclusion 117
3.5.3.2. La source du Bourget-en-Huile 119
a- Les débits 120
b- La température 120
c- La résistivité 120
d- La composition chimique 120
e- Conclusion 120

3.6. LE JURASSIQUE INFERIEUR ET MOYEN 121

3.6.1. Localisation et description 121
3.6.1.1. Le Lias calcaire 122
3.6.1.2. Le Domérien et le Toarcien 122
3.6.1.3. L'Aalénien 122
3.6.1.4. Le Bajocien 124
3.6.2. La tectonique 124
3.6.3. Les sources 127
3.6.3.1. La source des Mouches n°50 127
a-Les débits 127
b-La température 127
c-La résistivité 129
d-La composition chimique 129
e-Conclusion 129
3.6.3.2. La source du Molard n°63 129
a-Les débits 130
b-La température 130
c-La résistivité..... 130
d-La composition chimique 130
3.6.3.3. La source de Prémicon n°68 132
a-Les débits 133
b-La température 133

c- La résistivité 133
d- La composition chimique 133
e- Conclusion 133

3.7. LE QUATERNAIRE 135

3.7.1. Etude morphologique 135
3.7.1.1. Le lit du Gelon 135
3.7.1.2. L'influence des glaciations 136
3.7.1.3. Les sillons 137
3.7.1.4. Les ombilics et verrous 139
3.7.2. Les dépôts quaternaires 140
3.7.2.1. Les moraines 140
3.7.2.2. Les argiles 141
3.7.2.3. Les dépôts glacio-lacustres 141
3.7.2.4. Le fluvio-glaciaire 143
3.7.3. Les sources 143
3.7.3.1. Influence des éléments constitutifs des dépôts quaternaires 145
a- La source des Parelles n°71$_4$ 145
- Les débits 145
- Les températures 145
- Les résistivités 145
- La composition chimique 145
- Conclusion 145
b- La source du Gelon n°49 146
- Les débits 146
- La température 147
- La résistivité 147
- La composition chimique 147
- Conclusion 147
c- La source de la Martinette n°37 148
- Les débits 148
- Les températures 148
- Les résistivités 149
- La composition chimique 149
- Conclusion 149
d- Conclusions 150
3.7.3.2. Influence de la nature du substratum 150
a- La source des Berthollets n°80 150
- Les débits 151
- La température 151
- La résistivité 151
- La composition chimique 151
- Conclusion 152
b- La source de Panse-Durieux n°2b 152
- Les débits 152
- Les températures 154
- Les résistivités 154
- La composition chimique 154
- Conclusion 154
c- La source de Boteran : Bo 155
- Les débits 156
- Les températures 156
- La résistivité 156
- La composition chimique 156
- Conclusion 156
d- La source des Quinquins n°43 160
- Les débits 160

- La température 160
- La résistivité 160
- La composition chimique 160
- Conclusion 161
e- Conclusions 161

3.8. HYDROGEOLOGIE COMPARATIVE 162

3.8.1. Comparaison des eaux des roches réservoirs 162
3.8.1.1. Profil type 162
3.8.1.2. Détermination 167
3.8.2. Tableau récapitulatif 168

4. CONCLUSION 171

LISTE DES FIGURES

1 - Cadre géologique général 14
2 - Schéma structural 17
3 - Répartition altimétrique des surfaces-courbes hypsométriques..... 17
4 - Emplacements des postes météorologiques 26
5 - Pluviométrie annuelle de 1936 à 1975 28
6 - Précipitations mensuelles au Bourget-en-Huile et sur l'ensemble du bassin versant en 1975 -
Comparaison avec une année sèche (1949) et une année humide (1968) 31
7 - Observations pluviométriques journalières en 1975 32
8 - Courbes isohyètes aux environs de la zone étudiée 36
9 - Courbes isohyètes pour l'année 1975 40
10 - Méthode des courbes isohyètes 39
11 - Méthode Clin-ex 41
12 - Températures moyennes annuelles aux diverses stations, en fonction de leur altitude 44
13 - Droite de corrélation des températures entre Bourg-Saint-Maurice et le Bourget-en-Huile 46
14 - Corrélation entre l'évapotranspiration E et l'altitude H 50
15 - Réseau hydrographique aux environs de la zone étudiée 51
16 - Réseau orohydrographique du bassin versant du Gelon 52
17 - Profil en long des principaux affluents du Gelon 53
18 - Courbes hauteur-débit- Le Joudron (La Rochette) 55
- Le Gelon (Bourget-en-Huile)..... 55
19 - Courbe hauteur-débit- Le Gelon (La Rochette)..... 56
20 - Débits journaliers en 1975 58
21 - Ruissellement journalier total en 1975 59
22 - Courbe des débits classés 61
23 - Crues et décrues sur le Gelon en avril 1975 64
24 - Crue et décrue enregistrées sur le limnigraphe du Gelon à La Rochette en septembre 1975 68
25 - Courbe de tarissement du Gelon - septembre 1975 68
26 - Courbe de tarissement du Joudron - septembre 1975 69
27 - Carte géologique schématique du bassin versant du Gelon 78
28 - Carte d'isorésistivité des eaux de sources 84
29 - La fracturation 95
30 - Carte hydrogéologique (sans la fracturation) 98
31 - Coupe schématique 98

32 - La source du Gargoton. Débits-températures-résistivité 99
33 - Diagramme d'analyse d'eau : n°23b, n°46, n°25b 101
34 - La source du Champet et la source des Chalets du Gargoton..... 102
35 - Coupe schématique d'une galerie à l'E des Mouches 110
36 - Représentation schématique du Trias en rive gauche du Gelon : au Pontet et au Salvet 111
37 - Carte hydrogéologique 113
38 - Source du Fontanil. Débits-températures-résistivité 114
39 - Diagramme d'analyse d'eau : n°58, n°81 116
40 - Conditions d'alimentation et d'émergence A. Coupe générale 118
B. Détail 118
41 - Coupe relevée au NW des Mouches Point coté 1114 123
42 - Cartes hydrogéologiques - La source des Mouches n°50
La source de Prémicon n°68 126
43 - Sources des Mouches, du Molard et de Prémicon. Débits-températures-résistivité 128
44 - Diagramme d'analyse d'eau : n°50, n°63, n°68 131
45 - Morphologie quaternaire 134
45'- Sillons vus du Pic de l'Huile 138
46 - Coupe effectuée en rive gauche du Gelon au NW du Chapelet 142
47 - Sources de La Martinette, du Gelon, des Parelles. Débits-températures-résistivité 144
48 - Schéma hydrogéologique 149
49 - Schéma hydrogéologique. Source de Boteran..... 155
50 - Carte de situation de la source du Gelon 146
51 - Carte hydrogéologique 151
52 - Sources de Panse-Durieux, de Boteran. Débits-Températures-résistivité 153
53 - Diagramme d'analyse d'eau : n°49, n°71_4, n°43 et n°80 157
54 - Diagramme d'analyse d'eau : n°6, n°3b, n°2b, Bo et n°37 158
55 - Source des Quinquins. Débits-températures-résistivité 159
56a - Diagramme d'analyse d'eau issue du cristallin 165
56b - Diagramme d'analyse d'eau issue du Trias 164
56c - Diagramme d'analyse d'eau issue du Jurassique 165
56d - Diagramme d'analyse d'eau issue du Quaternaire 166

BUT DE L'ETUDE

Cette recherche hydrologique a pour but d'étudier un bassin versant situé à la fois sur des terrains cristallins, et des terrains sédimentaires essentiellement imperméables. Une exploitation des données climatiques, une étude des écoulements de surface, et un échantillonnage des caractères physico-chimiques des eaux s'imposaient.

Quelques études ponctuelles de ressources en eau nécessaire à la consommation humaine pour le canton de La Rochette, et de ressources en eau à usage industriel pour l'usine de papier carton et l'usine hydro-électrique ont déjà été réalisées, mais sont très incomplètes.

Il s'avère donc nécessaire, pour déterminer les ressources en eau du bassin versant étudié, de délimiter précisément son cadre géographique et géologique, afin de connaître les modalités d'écoulement des eaux, qui dépendent de la nature des terrains et de leur structure.

1. INTRODUCTION

BUT DE l'ETUDE

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

1.2. SITUATION GEOLOGIQUE

1.3. PARAMETRES DU BASSIN VERSANT

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le bassin versant du Gelon est situé dans les zones externes des Alpes françaises, sur le flanc W de la chaîne de Belledonne, aux confins de la Savoie et de l'Isère.

Le Gelon est un affluent de l'Arc qui a été artificiellement conduit à l'Isère au début de ce siècle. La partie du bassin versant du Gelon qui fait l'objet de cette étude peut se diviser en deux sous-bassins.

1.1.1. Le bassin versant du Gelon proprement dit

Il est limité :

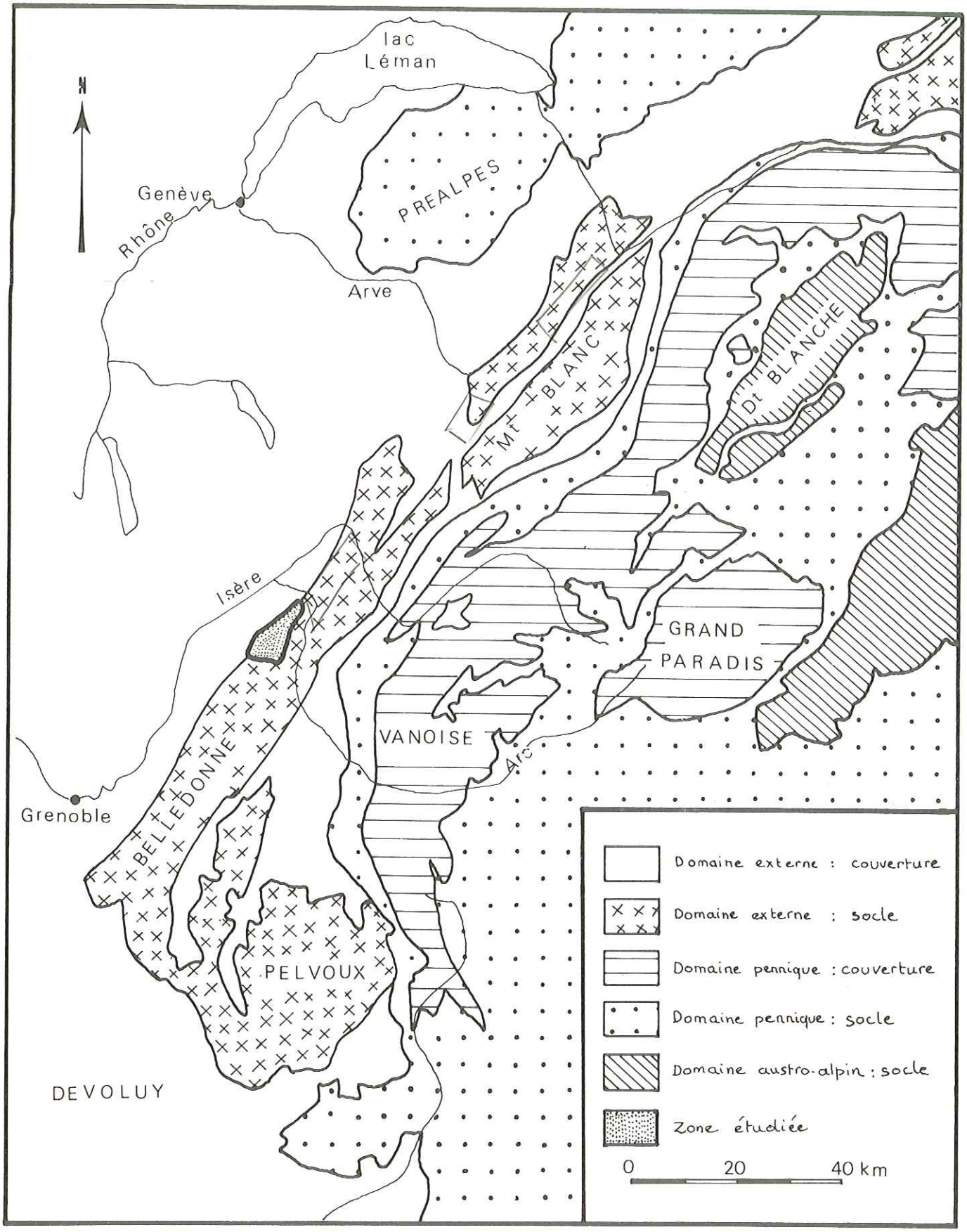
- Au NW par le plateau de la Table et de Champlaurent dont l'altitude oscille entre 910 m et 1200 m environ.
- Au N par le Mont Troncheret (1244 m) et la forêt de Montgilbert (1300 m), dans laquelle le Gelon prend sa source, pour emprunter ensuite un passage étroit, jusqu'à la large dépression du Pontet où il s'ennoie ; il réapparaît au Bourget-en-Huile. Plus en aval, il s'enfonce progressivement sur plusieurs kilomètres dans des gorges étroites jusqu'à La Rochette où il reçoit le Joudron.
- Au SE, la crête des Hurtières s'élève progressivement jusqu'au col de La Perche (1984 m).
- La Grande Montagne de Presle limite le bassin versant du Gelon au SW.

1.1.2. Le bassin versant du Joudron

Séparé du Haut-Gelon par la Grande Montagne de Presle, il est limité au SW par la Grande Montagne d'Arvillard, jusqu'au col de La Perrière (2003 m). Les crêtes granitiques des Grands Moulins (2495 m) et de la pointe de Rognier (2341 m), "ferment" au S le bassin versant. Son point le plus bas se situe au confluent avec le Gelon, à La Rochette (340 m).

L'ensemble de ces deux bassins a sensiblement la forme d'un triangle isocèle dont la base est orientée NW-SE (cartes topographiques au 1/25 000, La Rochette 1-2 et 5-6).

CADRE GEOLOGIQUE GENERAL Fig. 1



1.2. SITUATION GEOLOGIQUE (voir fig. 1 et 2)

Le massif cristallin de Belledonne se divise en quatre grandes unités (voir BORDET - 1957) :

1.2.1. La série mésozoïque non métamorphique

- Le Trias débute par des grès arkosiques ou des conglomérats à quartz roses ; ils sont suivis de gypse, cargneules, dolomies, formant un niveau éventuel de décollement de la couverture jurassique. Le Trias jalonne un accident tectonique majeur qui met le Jurassique inférieur en contact avec la série satinée.

- Les collines bordières (collines liasiques des anciens auteurs).

Le Lias était assez mal connu jusqu'à une période récente ; une étude de JC. BARFETY et al. (1972), a permis de déterminer les caractères stratigraphiques, paléontologiques et structuraux du Jurassique inférieur et moyen.

Les formations liasiques sont calcaréo-marneuse ou marno-calcaires, monotones et épaisses ; les variations lithologiques y sont progressives, et les distinctions souvent délicates. De nombreuses déformations tectoniques ont développé une schistosité intense qui masque la lithologie. Nous distinguons tout de même à la base : le Lias calcaire, puis les marno-calcaires d'âge Domérien et le Toarcien calcaréo-marneux ; les schistes argilo-siliceux de l'Aalénien terminent cette série liasique.

1.2.2. La série paléozoïque non métamorphique

Elle correspond aux synclinaux houillers "Wesphallien et Stéphanien" très pincés, situés dans le rameau externe de Belledonne. Ces synclinaux sont composés de formations essentiellement détritiques avec une prédominance des formations conglomératiques.

1.2.3. Le socle hercynien cristallin et cristallophyllien se divise en deux grandes unités .

- Les ectinites au NW
- Le granite d'Epierre au SE.

Elles sont séparées par le synclinal médian qui n'est souvent qu'un grand accident tectonique longitudinal. Les ectinites sont formées de schistes sériciteux et chloriteux, et de leptynites d'origine probablement sédimentaire (type flysch). Le massif de Granite d'Epierre, orienté NW-SE, est la terminaison septentrionale du massif de granite des Sept-Laux. Il est formé par un granite leucocrate à grains moyens, gris clair.

La série verte métamorphique et son granite de Saint-Colomban n'apparaissent pas sur le terrain étudié.

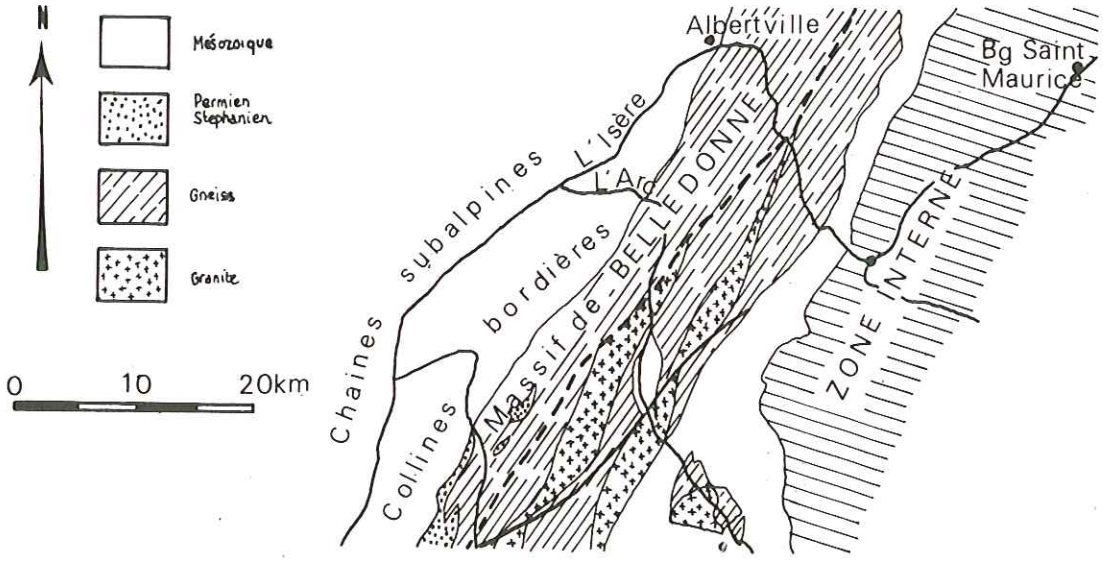
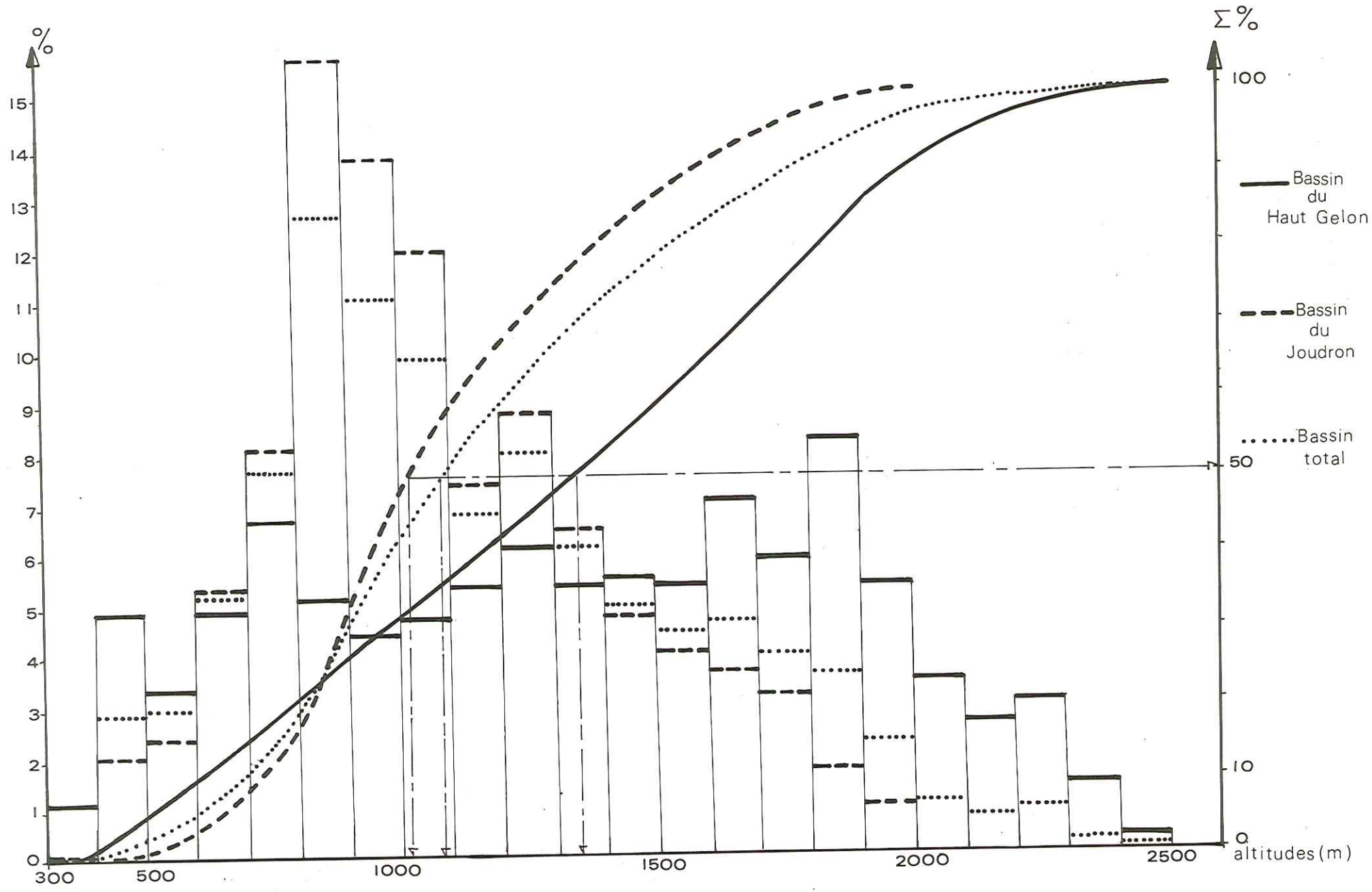


Schéma structural. Fig. 2

1.2.4. Le recouvrement quaternaire

Les dépôts morainiques, les éboulis anciens ou récents, les alluvions glacio-lacustres, les cônes de déjection, les coulées boueuses occupent environ 65 % de la surface du bassin versant étudié. Ce recouvrement quaternaire joue un rôle très important dans l'hydrologie de la région. La végétation dense qui revêt le sol, rend l'exploitation du terrain difficile.



REPARTITION ALTIMETRIQUE DES SURFACES – COURBES HYPSOMETRIQUES Fig. 3

TABLEAU 1 — *Bassin versant du GELON*

Tranches d'altitude	Surfaces Km2	Somme des surfaces	%	Somme des %
inf. à 400	0.23	0.23	0.40	0.40
400-500	1.66	1.89	2.87	3.27
500-600	1.71	3.60	2.95	6.22
600-700	3.00	6.60	5.18	11.40
700-800	4.42	11.02	7.63	19.03
800-900	7.30	18.32	12.60	31.63
900-1000	6.37	24.69	11.00	42.63
1000-1100	5.69	30.38	9.82	52.45
1100-1200	3.91	34.29	6.75	59.20
1200-1300	4.62	38.91	7.97	67.17
1300-1400	3.53	42.44	6.09	73.26
1400-1500	2.86	45.30	4.93	78.19
1500-1600	2.55	47.85	4.40	82.59
1600-1700	2.67	50.52	4.61	87.20
1700-1800	2.29	52.81	3.96	91.16
1800-1900	2.08	54.89	3.59	94.75
1900-2000	1.29	56.18	2.23	96.98
2000-2100	0.58	56.76	1.00	97.98
2100-2200	0.44	57.20	0.76	98.74
2200-2300	0.51	57.71	0.88	99.62
2300-2400	0.23	57.88	0.29	99.91
2400-2500	0.06	57.90	0.11	100.02

TABLEAU 2 — *Sous-bassin versant du HAUT-GELON*

Tranches d'altitude	Surfaces Km2	Somme des surfaces	%	Somme des %
inf. à 400	0.03	0.03	0.07	0.07
400-500	0.84	0.87	2.04	2.12
500-600	0.98	1.85	2.39	4.50
600-700	2.18	4.03	5.31	9.82
700-800	3.30	7.33	8.04	17.87
800-900	6.44	13.77	15.70	33.58
900-1000	5.63	19.40	13.73	47.30
1000-1100	4.89	24.29	11.90	59.24
1100-1200	3.01	27.30	7.34	66.58
1200-1300	3.60	30.90	8.78	75.36
1300-1400	2.63	33.53	6.41	81.78
1400-1500	1.94	35.47	4.73	86.51
1500-1600	1.65	37.12	4.02	90.53
1600-1700	1.49	38.61	3.63	94.14
1700-1800	1.31	39.92	3.19	97.30
1800-1900	0.70	40.62	1.70	99.00
1900-2000	0.39	41.01	0.95	99.95

TABLEAU 3 — *Sous-bassin versant du JOUDRON*

Tranches d'altitude	Surfaces Km2	Somme des surfaces	%	Somme des %
inf. à 400	0.20	0.20	1.19	1.19
400-500	0.82	1.02	4.88	6.07
500-600	0.73	1.75	4.34	10.41
600-700	0.82	2.57	4.88	15.29
700-800	1.12	3.69	6.66	21.95
800-900	0.86	4.55	5.12	27.07
900-1000	0.74	5.29	4.40	31.47
1000-1100	0.80	6.09	4.76	36.23
1100-1200	0.90	6.99	5.36	41.59
1200-1300	1.02	8.01	6.07	47.66
1300-1400	0.90	8.91	5.36	53.02
1400-1500	0.92	9.83	5.47	58.49
1500-1600	0.90	10.73	5.36	63.85
1600-1700	1.18	11.97	7.02	70.87
1700-1800	0.98	12.89	5.83	76.70
1800-1900	1.38	14.27	8.21	84.91
1900-2000	0.90	15.17	5.36	90.27
2000-2100	0.58	15.75	3.45	93.72
2100-2200	0.44	16.19	2.62	96.34
2200-2300	0.51	16.70	3.03	99.37
2300-2400	0.23	16.93	1.37	100.70
2400-2500	0.06	16.99	0.36	101.06

1.3. PARAMETRES DU BASSIN VERSANT

Nous avons calculé la répartition altimétrique des surfaces du bassin versant du Gelon et celle des deux sous-bassins versants, à savoir : le Haut-Gelon et le Joudron. Les altitudes sont réparties entre les courbes 340 m et 2495 m. Nous avons mesuré la distribution par tranches d'altitude de 100 mètres, et à partir des résultats, tracé la courbe de fréquence altimétrique et la courbe hypsométrique, afin de définir les caractéristiques de chacun des bassins versants et sous-bassins versants (voir pl. 3).

1.3.1. Le bassin versant du Gelon a une surface de 57,9 km2. L'altitude de fréquence 1/2 (1070 m) est inférieure à l'altitude moyenne (1400 m), ce qui dénote une prédominance des zones d'altitude relativement faible. 15,7 % des surfaces sont situées entre les cotes 800 et 900 m. (voir Tableau 1).

1.3.2. Le sous-bassin versant du Joudron (voir Tableau 2)

Pour une superficie de 16,9 km2, la répartition altimétrique des surfaces est sensiblement la même sur tout le bassin, exception faite des altitudes élevées (supérieures à 2300 m), et des altitudes très faibles (inférieures à 400 m). L'altitude de fréquence 1/2 (1355 m), est donc très voisine de l'altitude moyenne (1400 m), ce qui dénote une grande régularité morphologique.

1.3.3. Le sous-bassin versant du Gelon occupe une surface de 41,01 km2

L'altitude de fréquence 1/2 (1025 m) est supérieure à l'altitude moyenne (825 m) ; mais celles-ci restent faibles, les cotes maxima ne dépassant pas 2000 m. Les cotes les plus fréquentes sont très nettement situées entre 800 m et 1100 m et correspondent à 41,3 % de la surface de ce bassin (voir Tableau 3).

Ces résultats appellent quelques remarques :

- L'influence de la courbe de fréquence altimétrique du sous-bassin du Joudron se fait assez peu ressentir sur la courbe d'ensemble du bassin du Gelon.

- La différence d'altitude des sommets cernant les sous-bassins, (2000 m pour le Gelon, 2400 m pour le Joudron), leurs orientations presque perpendiculaires, leurs surfaces inégales font que les deux sous-bassins sont très dissemblables ; les régimes annuels des torrents du Joudron et du Gelon seront relativement différents.

- Cependant, dans l'ensemble, le bassin du Gelon reste bien homogène morphologiquement.

2. HYDROLOGIE

2.1. LES PRECIPITATIONS

2.2. L'EVAPOTRANSPIRATION

2.3. ETUDE DU RUISSELLEMENT

2.4. APPROCHE DU BILAN

2. HYDROLOGIE

L'étude hydrologique d'une région permet :

- de déterminer les quantités d'eau disponibles dans le bassin versant, aux différentes époques de l'année, et sous leurs différentes formes : pluies ou neiges, eaux de surfaces ou souterraines.

- de préciser les limites du bassin versant, en décelant les pertes ou les apports éventuels en direction ou en provenance d'autres zones extérieures au bassin versant topographique, dûs à des structures géologiques particulières.

Dans cette optique, il est nécessaire d'établir les paramètres quantitatifs tels que précipitations, température, ruissellement et ce pendant une période suffisamment longue, afin d'obtenir une précision correcte.

2.1. LES PRECIPITATIONS

2.1.1. Le réseau pluviométrique existant

Assez bien pourvu en postes météorologiques, l'ensemble de la chaîne de Belledonne peut nous donner des indications qui cependant, ne gardent qu'un caractère très ponctuel. (voir carte des emplacements des postes météorologiques fig. 4).

Le bassin versant du Gelon n'était jusqu'alors équipé que de deux pluviomètres de type "Association", relevés journellement depuis 1936 ; l'un situé à La Rochette (Les Cités, 340 m), l'autre au lieu-dit Le Gucher (890 m), dans la commune du Bourget-en-Huile. Mais des données ponctuelles ne sont pas suffisantes pour que l'on puisse les généraliser à l'ensemble de la région à étudier , c'est pourquoi nous avons multiplié le nombre de points de mesure.

2.1.2. Matériel mis en place

L'installation de huit pluviomètres de type "tube totalisateur" était donc nécessaire. Ce sont des tubes de matière plastique (P.V.C.), munis

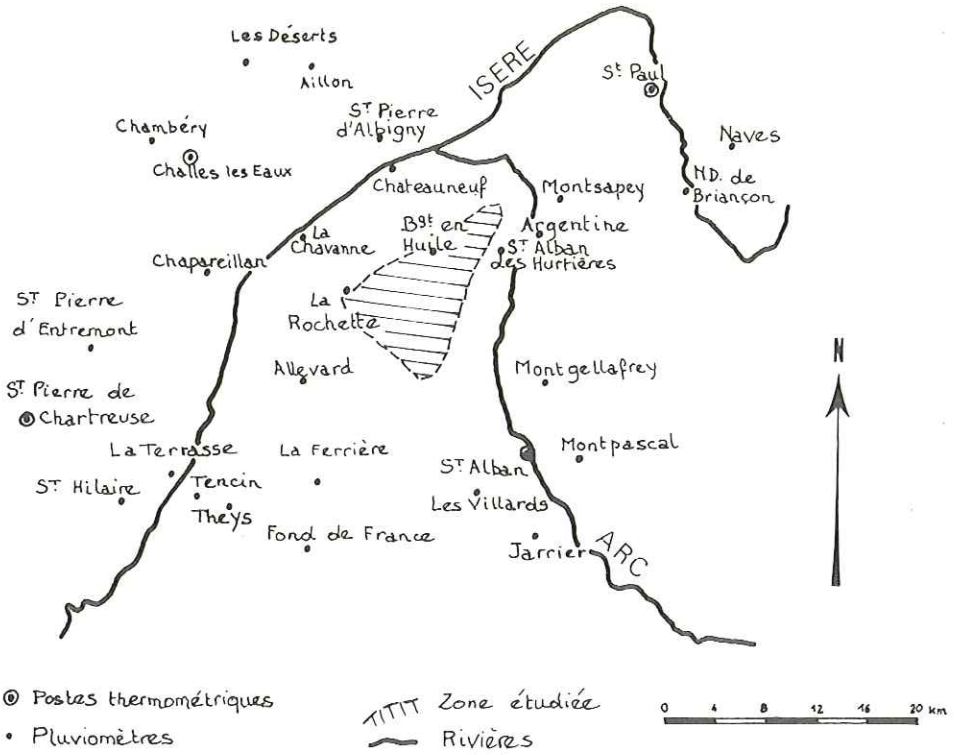


Fig.4 EMPLACEMENTS DES POSTES METEOROLOGIQUES

d'une lunette verticale de 5 cm de large, transparente, et permettant une lecture directe. Le fond du tube contient de l'eau, de l'antigel et de l'huile de vidange, (cette dernière évite l'évaporation). Le zéro est situé à environ 50 cm du sol.

Une répartition spatiale homogène des postes pluviométriques nous permettra de discuter l'éventualité d'un gradient pluviométrique pour l'ensemble du bassin versant du Gelon. L'emplacement des pluviomètres est donné par le Tableau 4.

TABLEAU 4

SITUATION •	ALTITUDE (m)	APPAREILLAGE
LES CITES	340	Pluviomètre type Association
PRESLETTE	650	Pluviomètre type tube totalisateur
LE DEFAY	780	Pluviomètre type tube totalisateur
LE GUCHER	890	Pluviomètre type tube totalisateur
LES MOUCHES	980	Pluviomètre type tube totalisateur
PREMICON	1140	Pluviomètre type tube totalisateur
PRODIN et MONTENDRY	1350	Pluviomètre type tube totalisateur
COL DU CHAMPET	1680	Pluviomètre type tube totalisateur
GARGOTON	1620	Pluviomètre type tube totalisateur

REMARQUE : Les stations de MONTENDRY et de PRODIN sont situées à la même altitude afin de comparer l'influence des vents humides s'engouffrant dans la haute vallée du Gelon ; d'autre part, le pluviomètre de Prodin faisant partie géographiquement des deux sous-bassins, il nous permettra de faire une corrélation entre les vallées du Gelon et du Joudron.

2.1.3. Résultats

Les stations pluviométriques du type "tube totalisateur", ont été mises en service à la fin du mois de décembre 1974 et relevées pendant une année. Les stations du BOURGET-EN-HUILE (LE GUCHER), et de LA ROCHETTE (LES CITES), fonctionnent depuis 1936 et permettront une comparaison statistique avec les résultats de 1975.

2.1.3.1. Données anciennes à LA ROCHETTE et au BOURGET-EN-HUILE et comparaison avec 1975

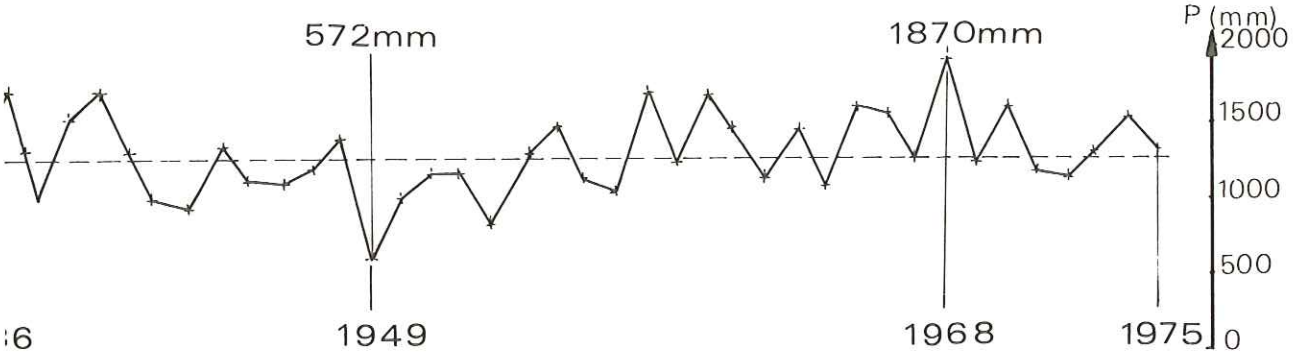
Les précipitations pour l'année étudiée sont indiquées dans le Tableau 6 ; on ne constate pas de différence notable avec les résultats donnés dans le Tableau 5.

Stations	Altitudes	1936-1975	1956-1975	1966-1975	1971-1975
LA ROCHETTE	347 m	1109 mm	1110 mm	1068 mm	1017 mm
LE BOURGET-EN-HUILE	890 m	1247 mm	1364 mm	1389 mm	1273 mm

Comparaison des précipitations moyennes (moyenne arithmétique)

TABLEAU 5

A LA ROCHETTE, on enregistre 990 mm, en 1975, ce qui correspond à 10 % de moins que la moyenne calculée sur 40 ans. Au BOURGET-en-HUILE, la pluviométrie ne dépasse, en 1975, que de 5 % la moyenne calculée sur 40 ans. Cette année est donc très voisine des années antérieures. (voir fig. 5)



Pluviométrie annuelle de 1936 à 1975 Fig. 5

D'autre part, pour une précipitation moyenne mensuelle donnée, les écarts sont importants selon les saisons. Ainsi, par exemple pour La Rochette, la moyenne mensuelle est de 82,5 mm ; les écarts pour le mois de février (11 mm) et le mois de septembre (164 mm), sont toutefois du même ordre que ceux qui ont été observés ailleurs dans les Alpes. Les pluviomètres placés sur l'ensemble du bassin versant donnent des variations semblables. La répartition des pluies n'est donc pas homogène au cours de l'année. Ceci nous amène à définir un indice saisonnier. Pour cela, nous groupons les mois en quatre saisons de telle sorte que chaque saison corresponde à un solstice ou à un équinoxe.

	Décembre		Mars		Juin		Septembre
Hiver	Janvier	Printemps	Avril	Eté	Juillet	Automne	Octobre
	Février		Mai		Août		Novembre

L'indice saisonnier calculé à La Rochette et au Bourget-en-Huile sur cinq ans (1971-1975) est donné par le tableau des moyennes mensuelles.

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total mm
La Rochette	73	64	66	81	83	105	86	74	115	77	142	50	1017
Le Bourget-en Huile	83	81	89	97	97	130	122	105	132	98	191	54	1273

TABLEAU 6

Précipitations sur le bassin versant du Gelon durant l'année 1975 (mm)

Stations	Les Cités		Preslette		Le Defay		Le Gucher		Les Mouches		Prémicon		Montendry		Prodin		Le Gargoton		Le Champet	
Altitudes (m)	347		650		780		890		980		1140		1350		1355		1620		1670	
Janvier	115	"	120	132	120	132	132	"	132	145	132	145	87	95	76	84	134	148	*	*
Février	11	"	44	48	6,5	7	16	"	13	14	8	9	9,5	11	78	86	98	108	*	*
Mars	73	"	81	89	90,5	99,5	114	"	91	100	128	141	123,5	136	139	153	*	*	*	*
Avril	90	"	93	102	92	101	131	"	111	122	122	134	211,5	232	104	114	260	286	271	298
Mai	70	"	59	65	59	65	77	"	59	65	51	56	30	33	106	117	122	134	99	109
Juin	93	"	108	119	120	132	173	"	141	155	146	161	147	162	144	158	186	204	145	159
Juillet	26	"	24	26	21	23	33	"	31	34	29,5	33	25	28	-	-	52	57	37	41
Aout	69	"	75	83	88	97	134	"	101	111	139	153	101	111	124	136	155	171	134	147
Septembre	164	"	191	210	184	202	173	"	158	174	154	169	153	169	206	226	208	228	203	223
Octobre	69	"	70	77	77	85	80	"	76	84	75	83	-	-	101	111	107	118	43	47
Novembre	132	"	200	220	177	195	189	"	184	202	185	202	-	-	*	*	*	*	*	*
Décembre	78	"	51	56	70	77	61	"	52	57	55	61	42	46	261	287	374	411	309	340
Total ANNUEL (mm)	990	"	1116	1227	1105	1216	1313	"	1150	1265	1225	1347	-	-	-	-	1697	1866	1241	1365

* : neige dans les pluviomètres

Hiver	= H	La Rochette	A	E	P	H	
			33	26	23	18	(%)
Printemps	= P						
Eté	= E						
		Le Bourget-en-Huile	A	E	P	H	
Automne	= A		33	28	22	17	(%)

Les indices saisonniers, pour deux stations différentes, sont les mêmes, les pourcentages très voisins, les variations pluviométriques sont donc identiques au cours des saisons.

En 1975	La Rochette	A	P	H	E	
		30	26	24	20	(%)
	Le Bourget-en-Huile	A	E	P	H	
		34	26	21	19	(%)

Si au Bourget-en-Huile, l'indice saisonnier reste constant, à la Rochette il y a une variation due à un déficit pluviométrique durant la période estivale (20 % au lieu de 26 %), et à une pluviométrie plus importante en hiver et au printemps.

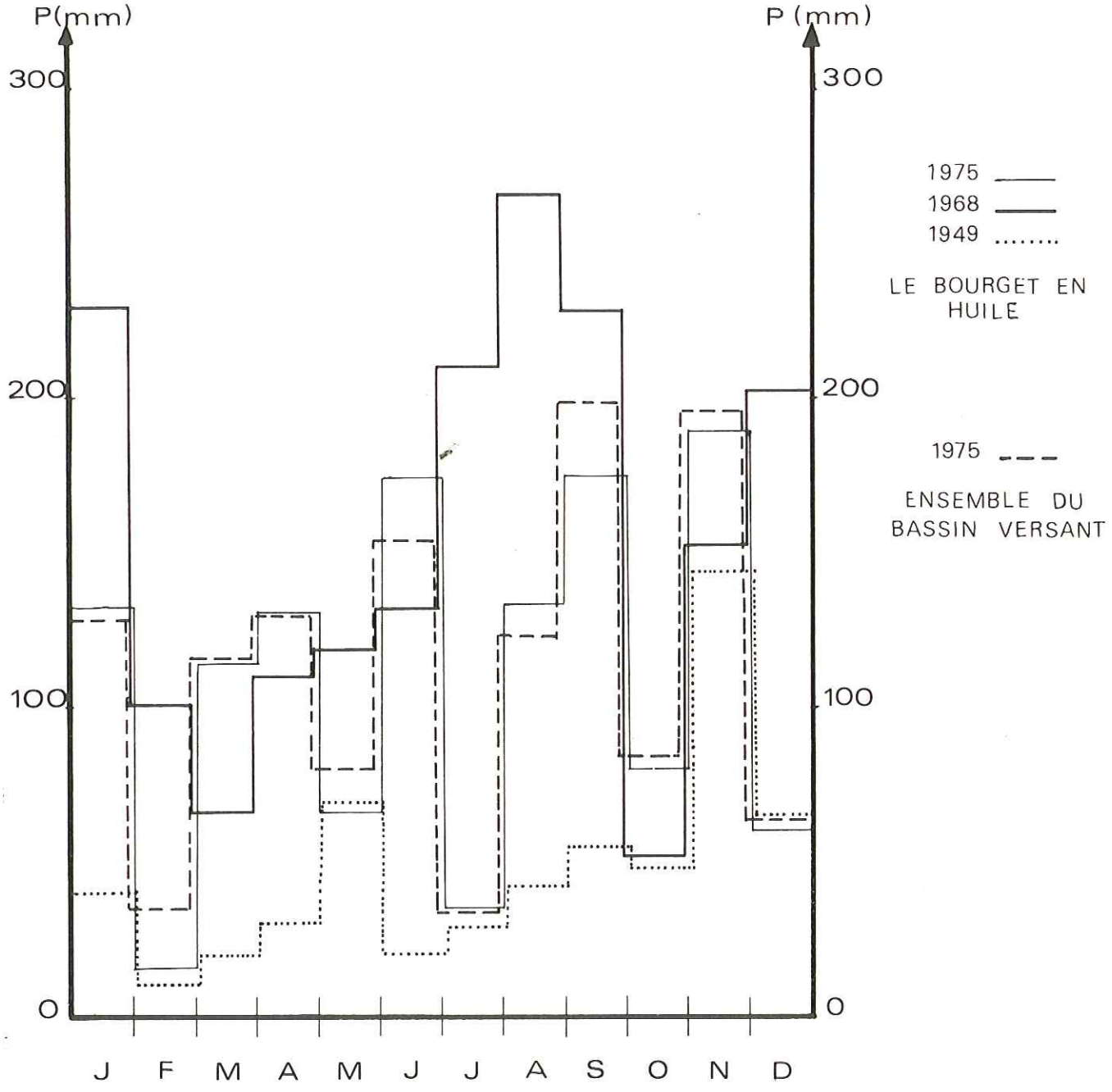
2.1.3.2. Précipitations sur l'ensemble du bassin versant

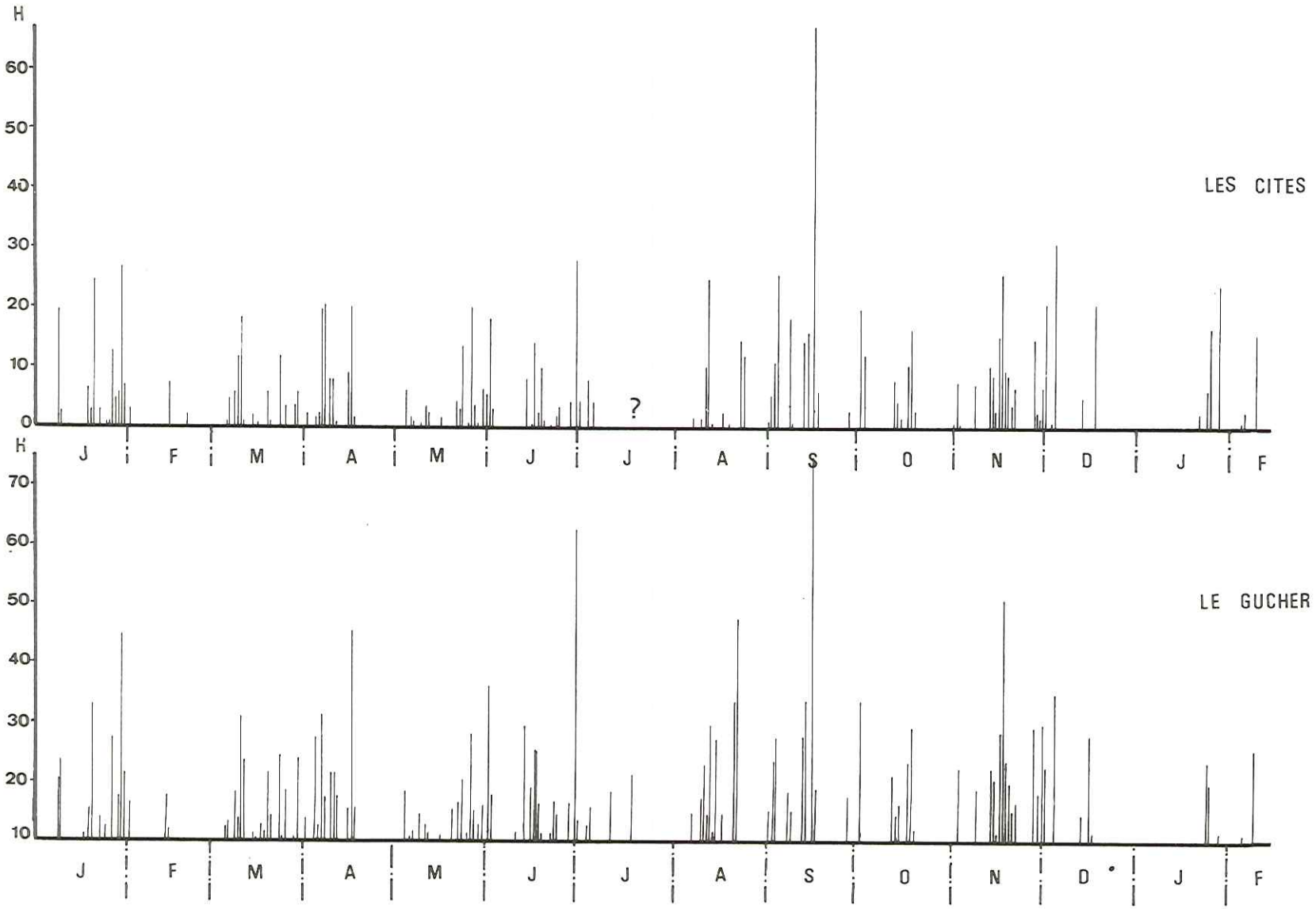
Le Tableau 6 donne les précipitations mensuelles dans les dix stations durant l'année 1975. Nous avons indiqué les précipitations enregistrées réellement sur les huit tubes totalisateurs (valeurs lues). Cependant, il a été nécessaire d'affecter ces résultats d'un facteur correctif, l'enregistrement des précipitations dans les tubes totalisateurs étant inférieur aux indications données dans les pluviomètres de type "Association". Ceci est dû à la surface réceptrice relativement faible, des tubes (240 cm^2), et à la longueur de ces derniers (3 m), l'évaporation le long des parois étant importante en période estivale surtout. Nous admettons que l'erreur commise du fait des appareils est de l'ordre de 10 %. Donc la hauteur réelle de précipitations est égale à la hauteur lue dans le nivo-pluviomètre totalisateur multipliée par 1,1.

Ainsi, dans le Tableau 6 pour chaque station, la première colonne indique la hauteur lue, la deuxième colonne la hauteur réelle. Nous tiendrons compte, par la suite, de cette hauteur réelle de précipitations. Ce facteur correctif ne s'applique pas pour les deux stations de La Rochette

Fig. 6 PRECIPITATIONS MENSUELLES AU BOURGET en HUILE ET SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT EN 1975

Comparaison avec une année sèche (1949) et une année humide (1968)





Observations pluviométriques journalières en 1975 -Fig 7-

(Les Cités), et du Bourget-en-Huile (Le Gucher), les appareils de type "Association" possédent un cache empêchant l'évaporation de l'eau recueillie.

L'observation de ce tableau montre que la pluviométrie est très voisine de la moyenne annuelle calculée sur 40 ans, que les variations mensuelles d'une station à l'autre, sont comparables ; enfin que les précipitations sont très fortes en septembre et en novembre.

L'indicatif saisonnier se définit de la façon suivante :

A = 478 mm soit 35,6 %
P = 327 mm soit 24,3 %
E = 311 mm soit 23,1 %
H = 227 mm soit 16,8 %

A P E H

L'intensité des précipitations est de 125 jours/an. (Valeurs notées aux Cités et au Gucher - fig. 7 - relevés journaliers). Ces valeurs sont très proches de celles enregistrées ces cinq dernières années aux deux stations.

	1971	1972	1973	1974	1975
La Rochette	97	122	110	125	125
Le Bourget-en-Huile	100	122	113	128	125

Sur un même graphique (fig. 6), on a porté les précipitations moyennes mensuelles de l'ensemble du bassin ; la valeur moyenne annuelle (1323 mm) étant proche des données du Bourget-en-Huile (1313 mm), on indique sur ce même graphique les chutes extrêmes enregistrées depuis 1936 à cette station, (année la plus sèche : 1949, (572 mm) ; année la plus humide : 1968 (1870 mm) ; et l'année 1975.

L'examen de cette figure montre que, en général, les chutes sont importantes en septembre et novembre, plus faibles en juin et avril ; les pluviométries les plus basses se situent en février et juillet. Les autres mois se rapprochent de la moyenne.

Comme cela figure au début de ce chapitre, l'existence d'un gradient pluviométrique peut se discuter. Certains auteurs attribuent les variations pluviométriques à l'exposition des différentes stations aux vents dominants humides ; l'altitude n'influençant pas ces variations.

Sur le bassin du Gelon, nous avons donc placé les nivo-pluviomètres sur les deux versants NW et SE ; sur chaque versant, les stations ont la même position par rapport aux vents humides. Le Tableau suivant indique les précipitations relevées en 1975, et le gradient entre chaque paire de stations reliées par une accolade. Le gradient pour chaque versant est donné en mm pour 100 m.

Versant NW

Stations	Altitudes (m)	Précipitations (mm)	Gradients (mm/100 m)
Les Cités	340	990	74 ; 41
Preslette	650	1227	12 ; 65 ; 68
Les Mouches	980	1265	92 ; 10
Le Gargoton	1260	1866	?
Le Champet	1670	1365	

Versant SE

Stations	Altitudes	Précipitations	Gradients
Les Cités	340	990	50 ; 58
Le Defay	780	1216	88 ; 44
Le Gucher	890	1313	?
Les Mouches	980	1265	51 ; 14
Prémicon	1140	1347	

Ces résultats montrent tout d'abord, que l'exposition des versants, pour le terrain étudié, est très significative.

Versant NW = 68 mm/100 m

Versant SE = 44 mm/100 m

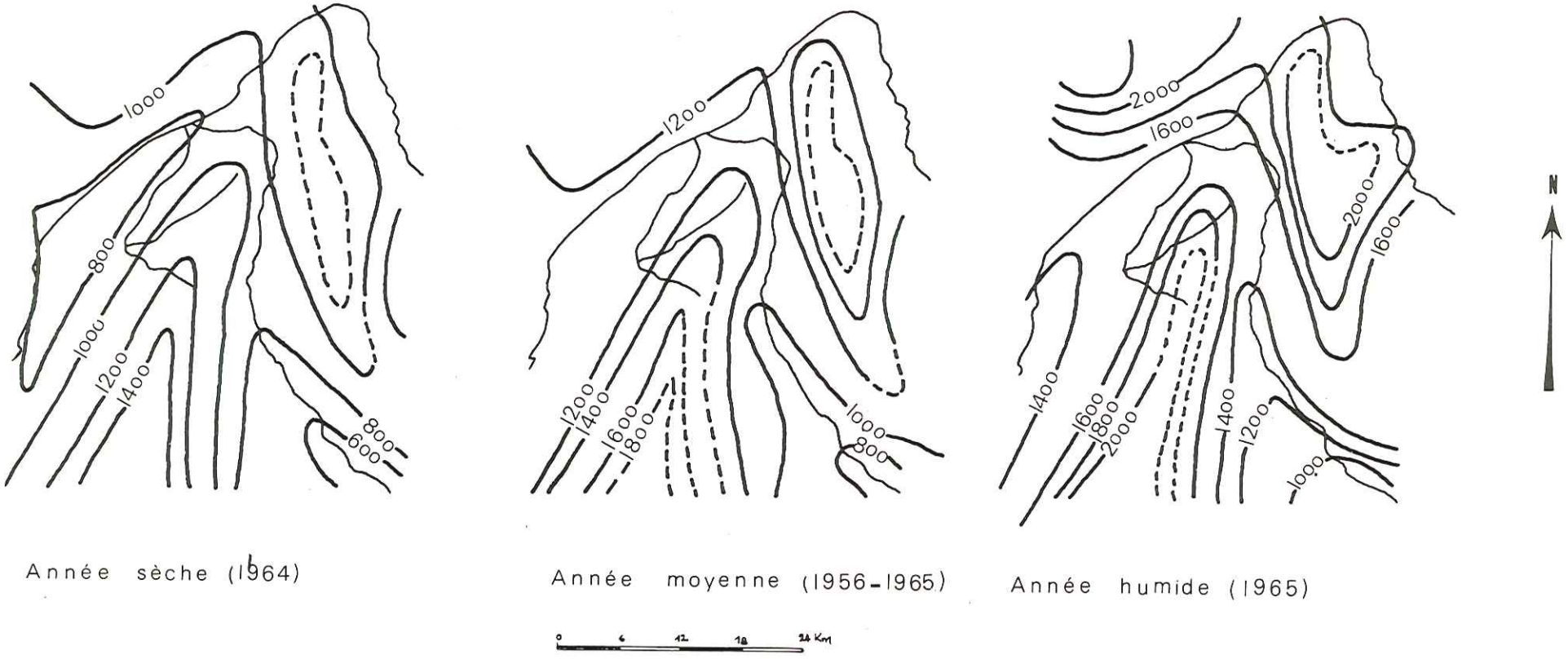
Le versant NW très exposé aux vents humides venant de l'W, reçoit une quantité d'eau supérieure à celle déversée sur le versant SE ; mais il semble que cette différence de gradient résulte aussi de l'écart altimétrique qu'il y a entre les crêtes E ou SE et NW.

L'altitude élevée de la crête des Hurtières et des Grands Moulins, ainsi que l'emplacement des stations du Gargoton (1620 m) et du Champet (1670 m) situées à des hauteurs supérieures à la plus haute station du versant SE, contribuent à donner des indications pluviométriques plus importantes.

On note cependant quelques anomalies de précipitations sur le versant NW ; les deux stations du Gargoton et du Champet ont été placées à des altitudes voisines, or la première reçoit 1860 mm d'eau, tandis que la seconde ne réceptionne que 1365 mm. Cette anomalie s'explique. Le nivo-pluviomètre du Gargoton est placé au pied du massif granitique des Grands Moulins- Pointe de Rognier. Cette barre rocheuse arrête les masses nuageuses, qui pour franchir ce véritable "mur" doivent monter ; il y a, alors, condensation et précipitation. Cette zone reçoit donc plus d'eau que si elle se trouvait dans une région de même altitude, mais sans obstacle important.

Au Champet, c'est l'inverse qui se produit. Le tube totalisateur placé à proximité du col, est soumis aux vents qui remontent la vallée du Gelon ou qui viennent de Maurienne. Les masses nuageuses franchissent la crête sans avoir à s'élever, il n'y a donc pas de précipitations semblables à celles du Gargoton A cela s'ajoute le balayage des flocons de neige et des gouttes d'eau par le vent, au-dessus de la surface réceptrice du tube. Un dispositif tel qu'un écran placé au sommet de l'appareil, aurait alors évité la formation d'un bouchon neigeux sur l'orifice ; l'écran provoquant des perturbations au sommet de l'appareil, les filets d'air ne se présentent pas tangentiellement à la surface de réception, et la pénétration des flocons ou des gouttes est facilitée.

Sur le versant SE, la valeur indiquée au Gucher (1313 mm), semble un peu forte en comparaison des autres valeurs relevées sur le même versant. Il semble que cette variation soit due au fait que le type d'appareil est différent des autres. Au Gucher, le relevé est journalier avec un appareil de type "Association", les autres postes sont des tubes (nivo-pluviomètres) relevés mensuellement, et moins précis pour des raisons citées au début du paragraphe Le facteur de correction (10 %) n'est peut-être pas suffisant pour les tubes totalisateurs.



COURBES ISOHYETES AUX ENVIRONS DE LA ZONE ETUDIEE

Fig. 8

2.1.3.3. Lame d'eau précipitée

Le report sur une carte des différentes stations, ainsi que des précipitations annuelles enregistrées, permet de tracer les courbes d'égales précipitations ou courbes isohyètes, et donc de déduire la lame d'eau précipitée. Il est certain que la densité des postes météorologiques, dans la région étudiée n'était pas suffisante. Les deux pluviomètres placés sur le bassin du Gelon ne suffisent pas à la détermination précise de la lame précipitée. L'adjonction de huit tubes totalisateurs permet d'approcher de plus près les données.

Sur la figrue 8, nous avons reporté les courbes isohyètes d'une année sèche (1964), d'une année humide (1965) et de la moyenne calculée sur 10 ans (1956-1965), afin de visualiser les variations possibles de précipitations dans la région du bassin versant du Gelon. Mais à cette échelle, le calcul n'est pas possible pour l'étude de notre bassin.

Plusieurs méthodes permettent la détermination de la lame d'eau précipitée et donc du volume.

. La plus rapide, mais aussi la plus imprécise, consiste à faire la moyenne arithmétique des précipitations observées à chaque pluviomètre, sur le bassin versant. Cette méthode donne une importance égale à chaque station, ce qui n'est pas le cas dans la réalité, surtout pour les valeurs extrêmes. Pour le bassin étudié, l'application de cette méthode donne une lame d'eau précipitée de : 1323 mm .

Le volume d'eau est de :

$$1{,}323 \text{ m} \times 5{,}9 \times 10^6 = 76{,}6 \times 10^6 \text{m}^3$$

. La méthode de Thiessen, plus élaborée, consiste à découper le terrain en secteurs aussi nombreux qu'il y a de postes pluviométriques. Chaque station est au centre d'un secteur. Nous ne décrirons pas plus cette méthode, et nous nous bornerons uniquement à donner les résultats.

Lame d'eau tombée : $\dfrac{75879095}{57{,}71 \times 10^6} = 1{,}314$ m

Soit : <u>1314 mm</u>

Stations	Superficie des secteurs (Km2)	% de la surface totale	Volume d'eau sur chaque secteur (Km2)
Les Cités	1.41	2.4.	1.395900
Preslette	9.97	17.2	12.233190
Le Defay	12.47	21.6	15.163520
Le Gucher	8.45	14.6	11.094850
Les Mouches	4.39	7.6	5.553350
Prémicon	3.31	5.7	4.458570
Le Gargotton	13.58	23.5	25.340280
Le Champet	4.13	7.15	5.637450
Total	57.71	99.75	75.879095

. Calcul par l'utilisation des courbes isohyètes

Sur un graphique nous avons reporté les courbes joignant des points d'égale précipitation. La surface comprise entre chaque courbe est planimétrée, et on l'affecte de la précipitation moyenne comprise entre ces deux courbes.

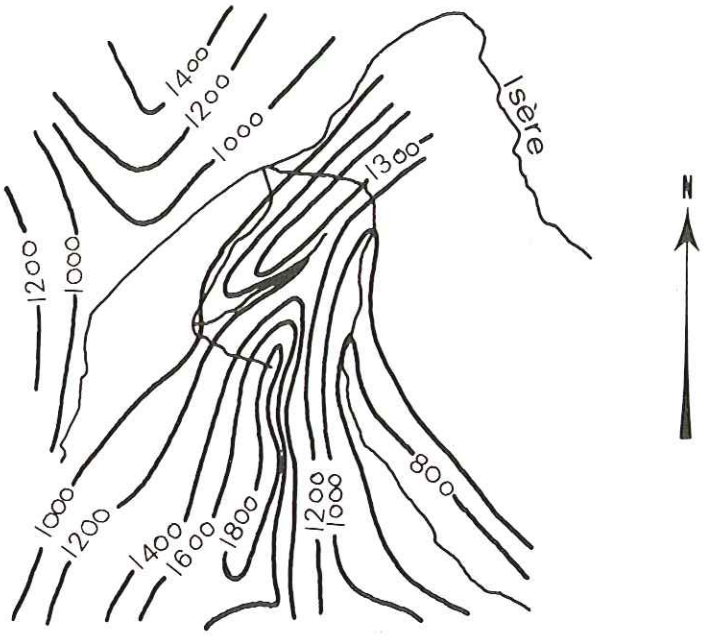
Le tracé des courbes isohyètes est donné par les figures 9 et 10. Le Tableau qui suit indique la surface entre chaque courbe isohyète et le volume précipité sur chaque surface.

$$\text{Lame d'eau tombée} = \frac{81.4 \times 10^6}{57.7 \times 10^6} = 1{,}411 \text{ m}$$

$$= \underline{1411 \text{ mm}}$$

COURBES
ISOHYETES
POUR
L'ANNEE 1975

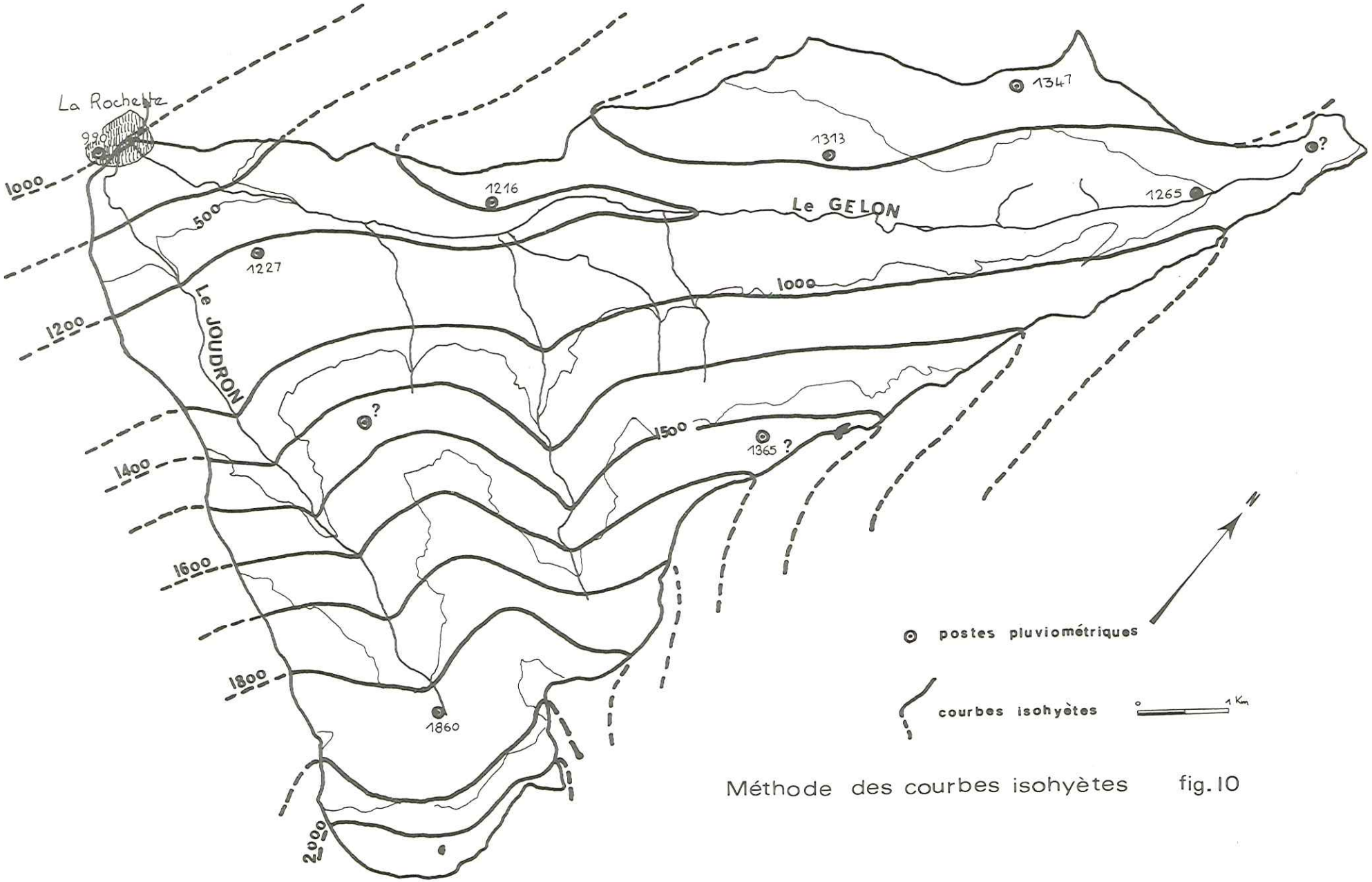
Fig. 9



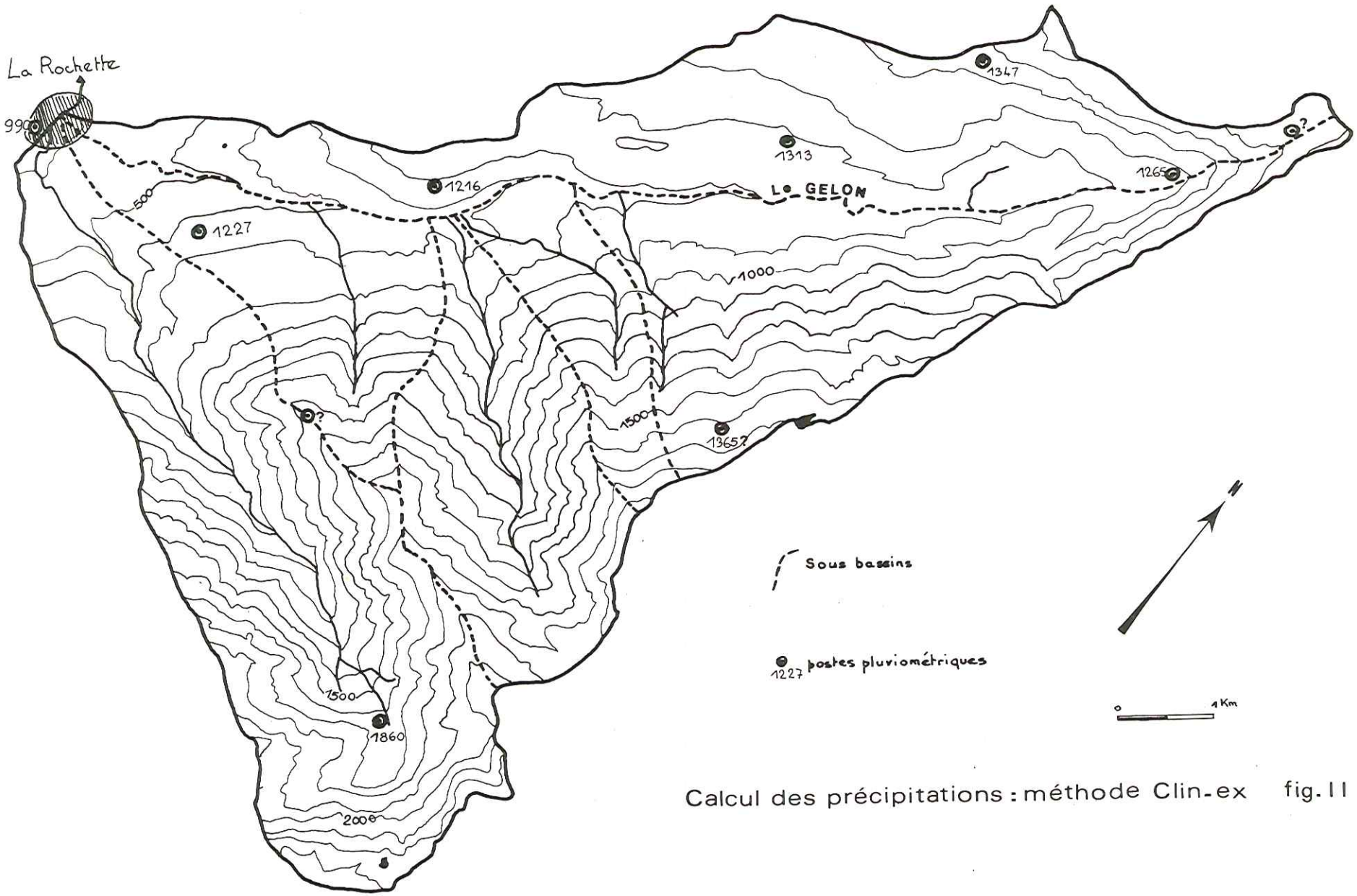
Courbes de précipitations (mm)	Surfaces (km2)	Volumes (km3)
900		
900-1000		
1000-1100	1.18	1.22
1100-1200	4.29	4.91
1200-1300	20.48	25.5
1300-1400	9.96	13.4
1400-1500	5.60	8.1
1500-1600	4.29	6.61
1600-1700	3.32	5.46
1700-1800	3.18	5.54
1800-1900	3.74	6.88
1900-2000	1.18	2.28
2000-2100	0.76	1.53
Total	57.9	81.4

. Nous avons essayé une quatrième méthode de calcul mieux adaptée au terrain étudié = Méthode Clin-ex.

Nous avons déterminé la pluviométrie sur des zones délimitées en fonction de la topographie, de l'exposition des postes pluviométriques sur



Méthode des courbes isohyètes fig. 10



Calcul des précipitations : méthode Clin-ex fig. 11

chaque versant. Ainsi, compte tenu de la différence de gradient pluviométrique entre les deux versants de la vallée du Gelon, nous séparons, à priori, le versant SE du versant NW. Chaque versant est découpé en sous-bassin. (voir fig.11)

En rive droite, nous obtenons un sous-bassin.

En rive gauche, nous délimitons les sous-bassins du Chapelet, du Joudron, de la Serra, des Fruitiers, du Champet, ce dernier s'étendant du ruisseau du Nant Provent au plateau de Montgilbert.

Dans chaque sous-bassin, nous déterminons le volume d'eau précipitée pour l'année 1975. Pour ce faire, il faut calculer la superficie du sous-bassin et la pluviométrie à l'altitude de fréquence 1/2.

Tous les sous-bassins versants sont affectés d'une pluviométrie moyenne dépendant du gradient pluviométrique.

Les résultats sont les suivants :

Sous-bassins	Joudron	Chapelet	Serra	Fruitiers	Champet	Versant SE
Superficie (km2)	16.9	5.63	7.16	2.96	10.36	13.3
Altitude fréquence 1/2 (m)	1350	800	1300	1100	1150	900
Précipitations (mm)	1670	1240	1640	1510	1485	1320
Volume (km3)	28.22	6.91	11.74	4.46	15.38	16.10

=82,81

Le volume total est : 82,81 km^3

La lame d'eau tombée : $\frac{82,81 \times 10^6}{57,7 \times 10^6} = 1,433$ m

soit : 1433 mm

. Discussion :

Il y a deux groupes de valeurs selon les méthodes employées.

Calcul arithmétique : 1323 mm

Méthode de Thiessen : 1314 mm

△ moyen = 124 mm

Par les courbes isohyètes : 1411 mm

Méthode Clin-ex : 1435 mm

1423 mm

Cette différence importante s'explique de la façon suivante.

Les deux premières méthodes ne font pas intervenir le gradient pluviométrique. La méthode arithmétique donne une importance égale à chaque station ; pour l'utiliser, il faudrait que la répartition géométrique des stations soit très régulière, que les pluviomètres soient nombreux.

La méthode de Thiessen est trop géométrique et ne tient pas compte de l'orientation générale du bassin face aux vents humides. Ainsi, par exemple un même pluviomètre "recouvre" à la fois une partie du versant SE et une partie du versant NW. En fait, cette méthode n'est valable qu'en terrain plat,ou en région montagneuse si l'orientation des sous-bassins, face aux vents dominants, est toujours la même.

Les deux dernières méthodes doivent donnner des résultats plus proches de la réalité. Le gradient altimétrique intervient. Ces deux résultats sont très proches l'un de l'autre. Nous choisirons, par la suite, la moyenne obtenue avec les deux résultats.

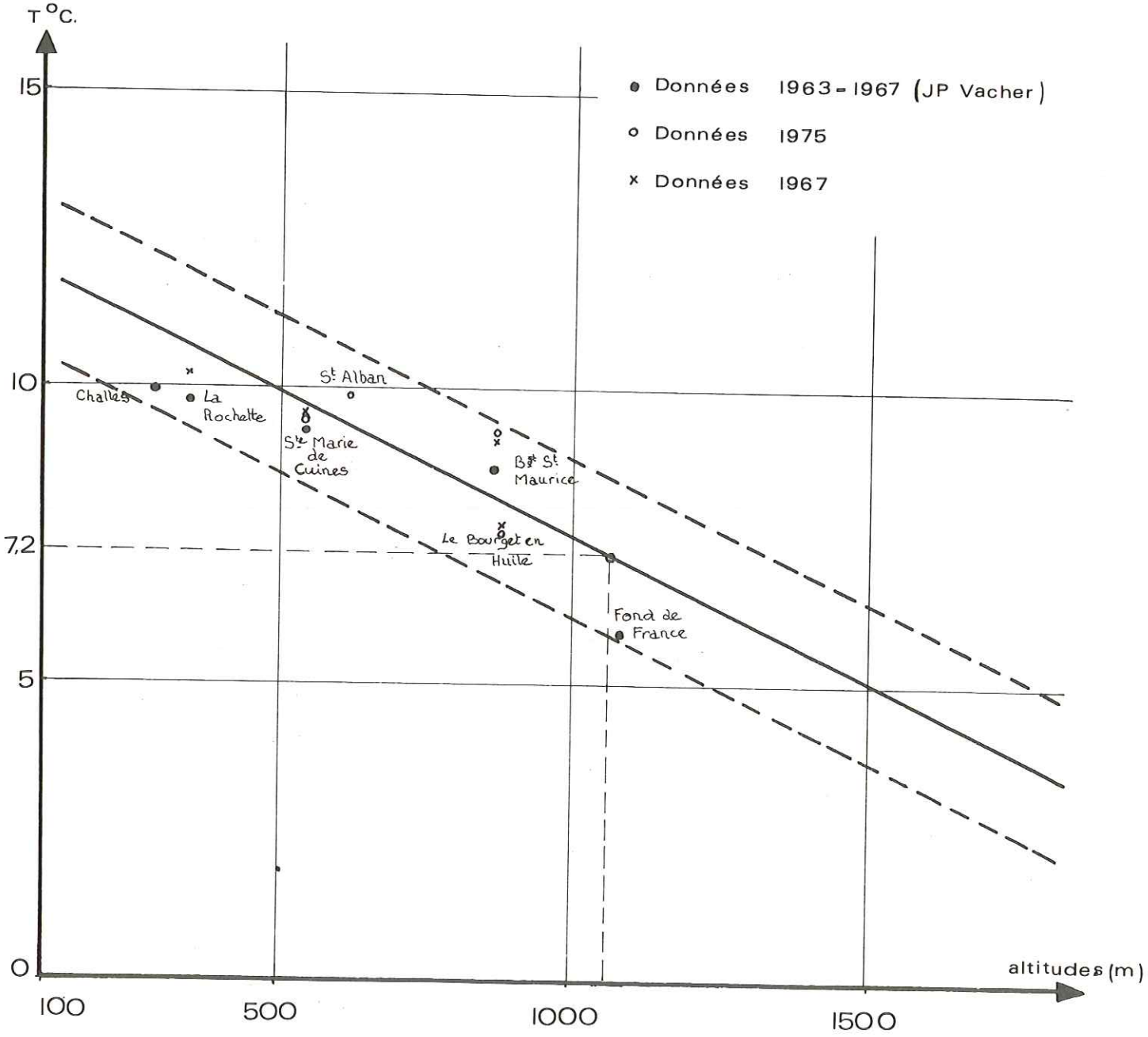
P moy. = 1423 mm

REMARQUE :

Les courbes isohyètes suivent sensiblement les courbes topographiques que ce soit à l'échelle du massif de Belledonne ou du bassin versant du Gelon. Il y a bien là, une démonstration de l'influence de l'altitude sur la pluviométrie et donc de l'existence d'un gradient pluviométrique.

TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES AUX DIVERSES STATIONS EN FONCTION DE LEUR ALTITUDE

fig.12



2.2. EVAPOTRANSPIRATION

Nous ne possédons aucune mesure de température de l'air pour l'année 1975 sur le terrain étudié. Les thermomètres à maxima-minima installés à La Rochette et au Bourget-en-Huile, sont supprimés depuis quelques années. Il sera donc utile de se servir des anciennes données de La Rochette et du Bourget-en-Huile, et des valeurs de 1975 des stations environnantes.

2.2.1. Détermination de la température moyenne annuelle

Deux méthodes sont utilisées pour la détermination de la température moyenne annuelle sur l'ensemble du bassin versant du Gelon.

- La première méthode a consisté à utiliser la droite établie par J.P. VACHER (Thèse 3e cycle), donnant la température moyenne annuelle en fonction de l'altitude.

$$T = 5,0 \times 10^{-3} h + 12,4 + 1,3° \text{ C}$$

T = température au point considéré
h = altitude (en m) en ce point

Cette étude porte sur l'intervalle de temps (1963-1967) voir fig. 12.

Les températures moyennes interannuelles qui permettent la détermination de cette équation, sont très voisines de celles qui furent établies sur de plus grandespériodes. Nous avons reporté les stations relevées en 1967 et 1975, en plus de la période 1963-1967 ; ces deux années sont très proches l'une de l'autre et de la valeur moyenne calculée sur 4 ans, ce qui va nous permettre de faire des corrélations. En reportant sur la courbe l'altitude de fréquence 1/2 du bassin du Gelon, la température correspondante est 7,2° C. à 1070 m, et 7,9° C. à 890 m, au Bourget-en-Huile.

- En utilisant la deuxième méthode qui a pour principe d'établir des rappports entre deux stations à une période donnée, nous obtenons une droite permettant, à partir des données mensuelles de l'année 1975 d'une station, de déterminer les valeurs correspondantes de l'autre station ; il est alors possible de déduire la température moyenne annuelle de cette dernière.

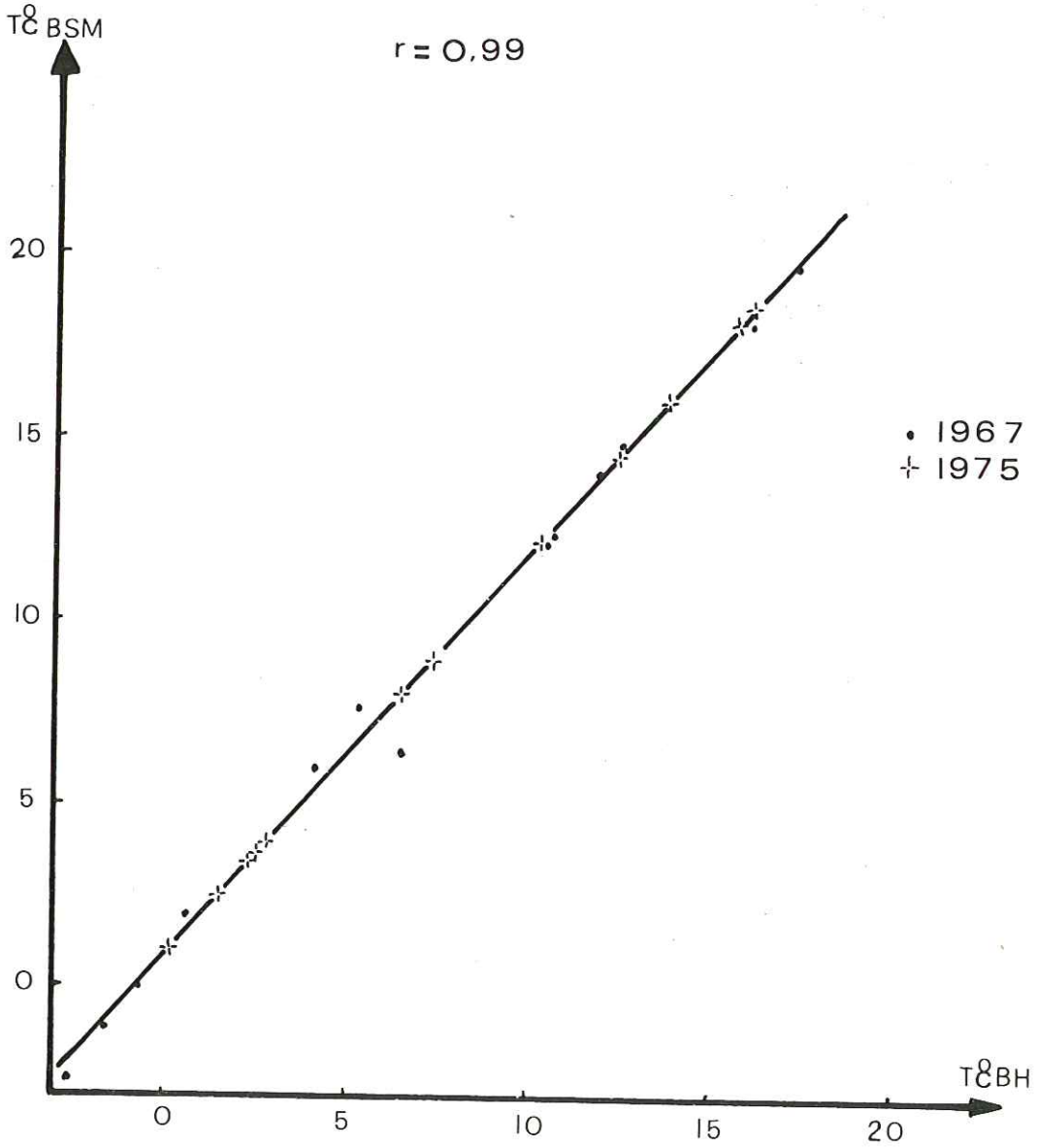
Ainsi, il a fallu trouver une station ayant des caractéristiques

DROITE DE CORRELATION DES TEMPERATURES
ENTRE Bg. St. Maurice ET LE Bourget.en.Huile

fig. 13

$T_{BSM} = T_{BH} \times 1,09 + 0,91$

$r = 0,99$



géographiques semblables à la station du terrain étudié. Bourg-Saint-Maurice (haute vallée de l'Isère), répondait à cette exigence. Son altitude (865 m) et sa situation dans la vallée de l'Isère (NE-SW) correspondent à l'altitude de la station du Bourget-en-Huile (890 m), et sa situation dans la vallée du Haut-Gelon (NE-SW).

Sur la figure 13, nous avons reporté les couples de points des températures moyennes mensuelles des deux thermomètres pour l'année 1967. L'ensemble de ces points détermine une droite de régression linéaire d'équation y = ax + b.

$$T_{Bourg\text{-}Saint\text{-}Maurice} = 1{,}09 \quad T_{Bourget\text{-}en\text{-}Huile} + 0.91$$

coefficient de corrélation $r = 0.99$

Sur cette courbe, on reporte les valeurs mensuelles de température pour 1975 à Bourg-Saint-Maurice. On en déduit les valeurs mensuelles et par la suite, la moyenne annuelle au Bourget-en-Huile. T annuelle = 7°5 C. à 890 m. Cette valeur est proche de l'indication donnée par la méthode précédente à la même station.

On utilisera la température de 7,2° C. à 1070 m pour le calcul de l'évapotranspiration

2.2.2. Calcul de l'évapotranspiration

Nous disposons de plusieurs formules.

2.2.2.1. Calcul de l'évapotranspiration selon la formule de TURC

Cette formule fait intervenir la pluviométrie P et la température T. Notons qu'elle n'est applicable que si $P > 500$ mm et

$T < 14°C$

$P = 1423$ mm

$L = 300+25T+0.05T^3$

$T = 7{,}2°$ C.

$$E = \frac{P}{\sqrt{0{,}9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$\underline{E = 473 \text{ mm}}$$

La formule de Turc indique donc 473 mm d'évapotranspiration sur la bassin versant du Gelon.

2.2.2.2. Evapotranspiration selon Coutagne

Coutagne a déterminé la formule $Dm = 0,20 + 0,035\ T$

si $P > 1000$ mm $\qquad T = 7,2°$ C.

D est alors égal à

$Dm = 0,20 + 0,035 \times 7,2$

$Dm = 452$ mm

2.2.2.3. Par la formule de Serra

$E = 270\ e^{0,0644\ T}$ $\qquad$ T = température moyenne de l'air

$E = 430$ mm

Ces trois résultats concordent puisque l'on trouve respectivement 473 mm, 452 mm, 430 mm. L'écart maximum est de 8,7 % ; il reste dans le domaine de précision des mesures.

2.2.2.4. Remarques

La formule de Tornthwite ne peut être utilisée. Elle fait intervenir les températures moyennes mensuelles dans le calcul de l'indice annuel I. Elle s'exprime sous la forme :

$$E = 1,6 \times 10 \left(\frac{t}{I}\right)^{\alpha} \qquad \alpha = f\,(I) \qquad \text{et } I = \sum_{1}^{12} i \qquad \text{avec}$$

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

Si l'on veut être rigoureux, il est nécessaire de planimétrer des zones de pluviométrie différente, de calculer le % de ces surfaces et de refaire le calcul pour chaque zone, compte tenu des variations pluviométriques dues au relief,(influence du gradient pluviométrique).

Si, en plus, on tient compte de ce que les parties du bassin versant du Gelon, sont occupées par un manteau neigeux, du mois de novembre au mois de

mai, il est difficile d'évaluer la sublimation de la neige, celle-ci subissant des variations de densité, de température ou de % d'eau, selon les périodes. Le froid conditionne la durée de rétention nivale, l'intensité et la durée de l'évapotranspiration.

Une étude de Fitzerald a montré que la sublimation de la neige était en moyenne de 15 mm par mois en montagne, et qu'elle pouvait atteindre 150 mm par mois sous l'influence de vents atteignant 5 m/s. Sur le bassin versant, en 1975, la neige a persisté environ de janvier à avril et de novembre à décembre à partir de 1300m. C'est à dire 6 mois.
L'évaporation de la neige a été de :

6 x 15 mm = 90 mm

pour une superficie de 17,3 km2. soit un volume de 1.557.000m^3 ; réparti sur tout le bassin versant, ce volume indique une "évaporation" de 27 mm.
Mais ce résultat est intégré dans les formules appliquées précédemment et il n'apparaît ici qu'à titre indicatif. L'évapotranspiration réelle sera donc comprise entre les valeurs

$$430 < E < 473$$

Celles-ci coincident avec celles trouvées par Max Michel (1971) pour le bassin versant de Theys :

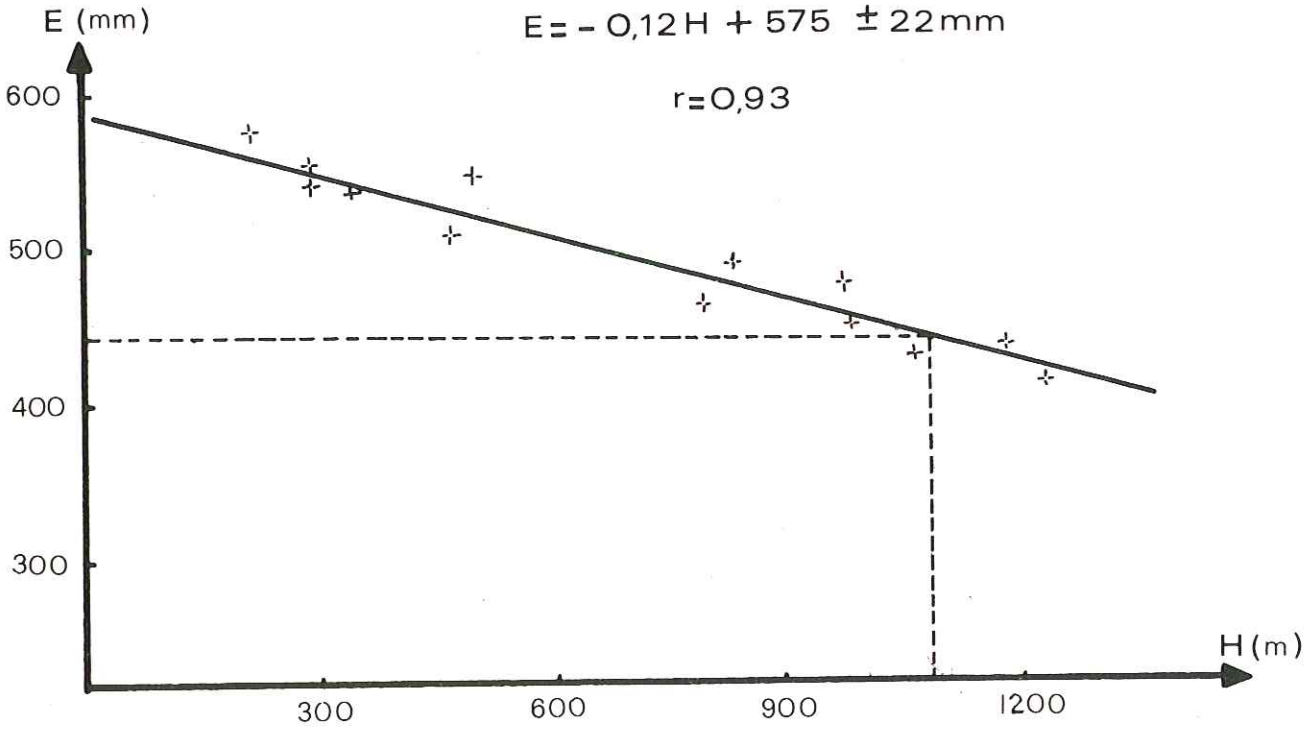
TURC	COUTAGNE
473 mm	445 mm

A Bourg-Saint-Maurice, le résultat donné par l'évaporomètre Piche, indique 514 mm, alors que par la formule de Turc, l'évapotranspiration est de 482 mm ; ces deux résultats sont comparables. J.C. FOURNEAUX (1975) montre que des résultats donnés par l'évaporomètre Piche concordent avec les valeurs obtenues en appliquant la méthode de Turc. Nous choisirons donc cette méthode qui donne un ordre de grandeur correct pour l'évapotranspiration réelle sous les climats affectant les Alpes du Nord et particulièrement la chaîne de Belledonne.

Une étude de l'évapotranspiration calculée selon la formule de TURC sur 10 stations par J.C. FOURNEAUX, a permis de tracer une droite définissant l'évapotranspiration en fonction de l'altitude.

$$E = -0{,}24\ h + 585 \pm 20 \text{ mm}$$

J.P. VACHER a établi une formule légèrement différente avec 47 stations, mais avec une moins bonne corrélation. (fig.14)

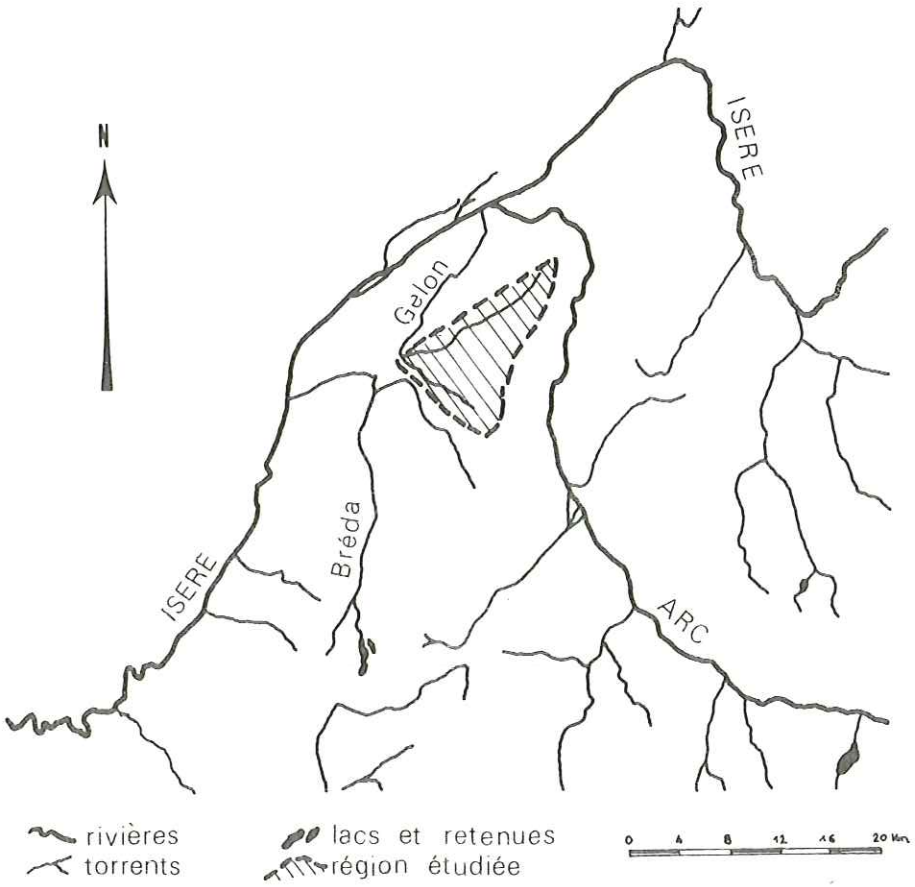


Corrélation entre l'évapotranspiration E et l'altitude H - JP Vacher (1971) Fig.14

En reportant sur cette courbe l'altitude moyenne du bassin du Haut-Gelon, l'évapotranspiration est de 450 mm, valeur voisine des résultats obtenus par la formule de TURC. La valeur de 473 mm, obtenue par celle-ci, sera retenue pour la calcul de la lame d'eau écoulée (R).
Après avoir étudié respectivement, les précipitations (P) et la lame d'eau évaporée (E), il va être nécessaire de définir la lame d'eau écoulée (R), en étudiant les débits du Gelon et du Joudron afin de faire une approche de bilan.

2.3. ETUDE DU RUISSELLEMENT

2.3.1. Le réseau hydrographique (voir carte de situation fig.15)

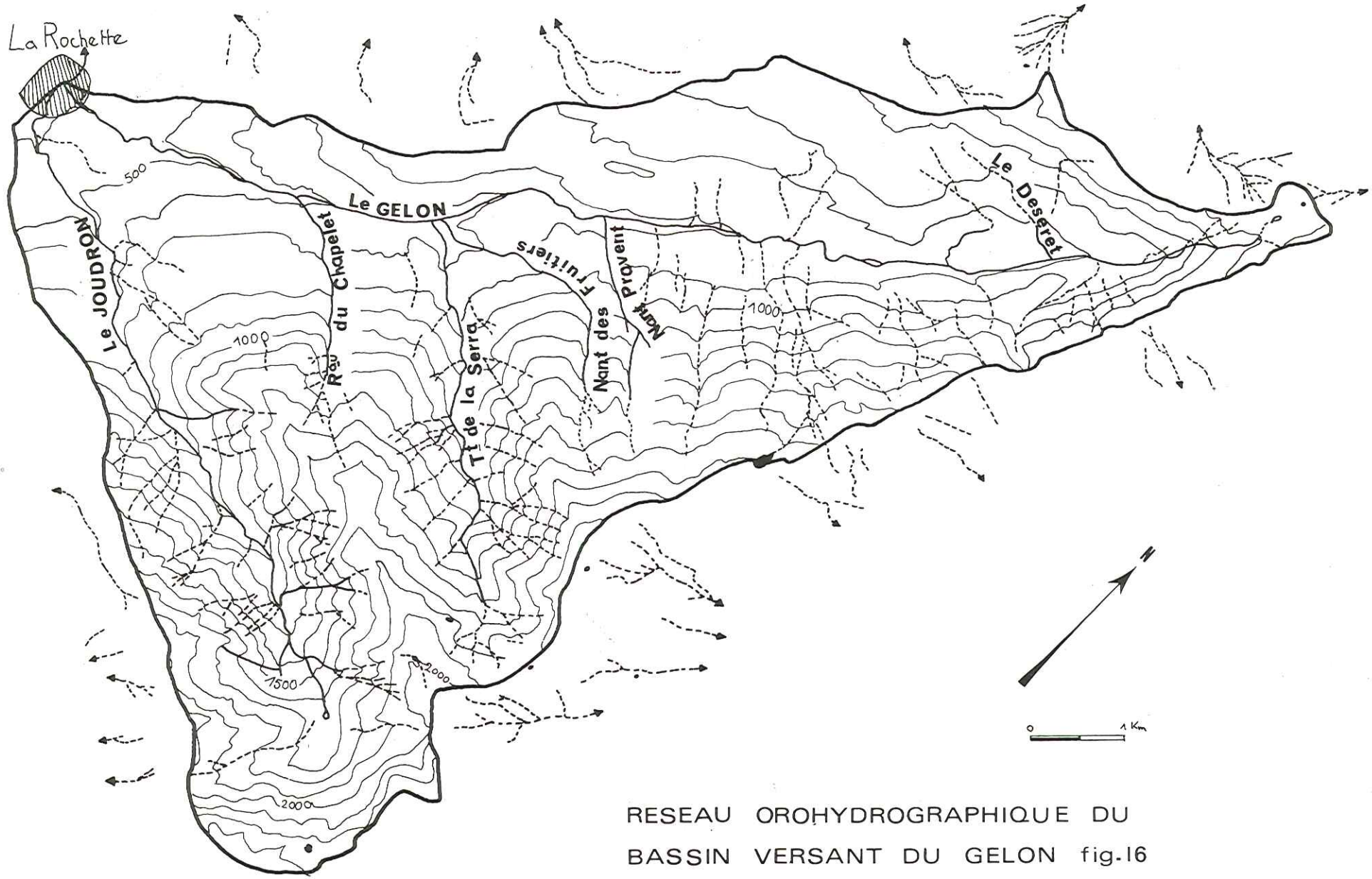


RESEAU HYDROGRAPHIQUE AUX ENVIRONS DE LA ZONE ETUDIEE Fig.15

Le chevelu du réseau hydrographique est très développé. Cette forte densité des cours d'eau est en relation avec la nature des terrains. Le ruissellement superficiel est d'autant plus important que le sol est imperméable. Le découpage des massifs rocheux par des fractures contribue lui aussi au développement du réseau.

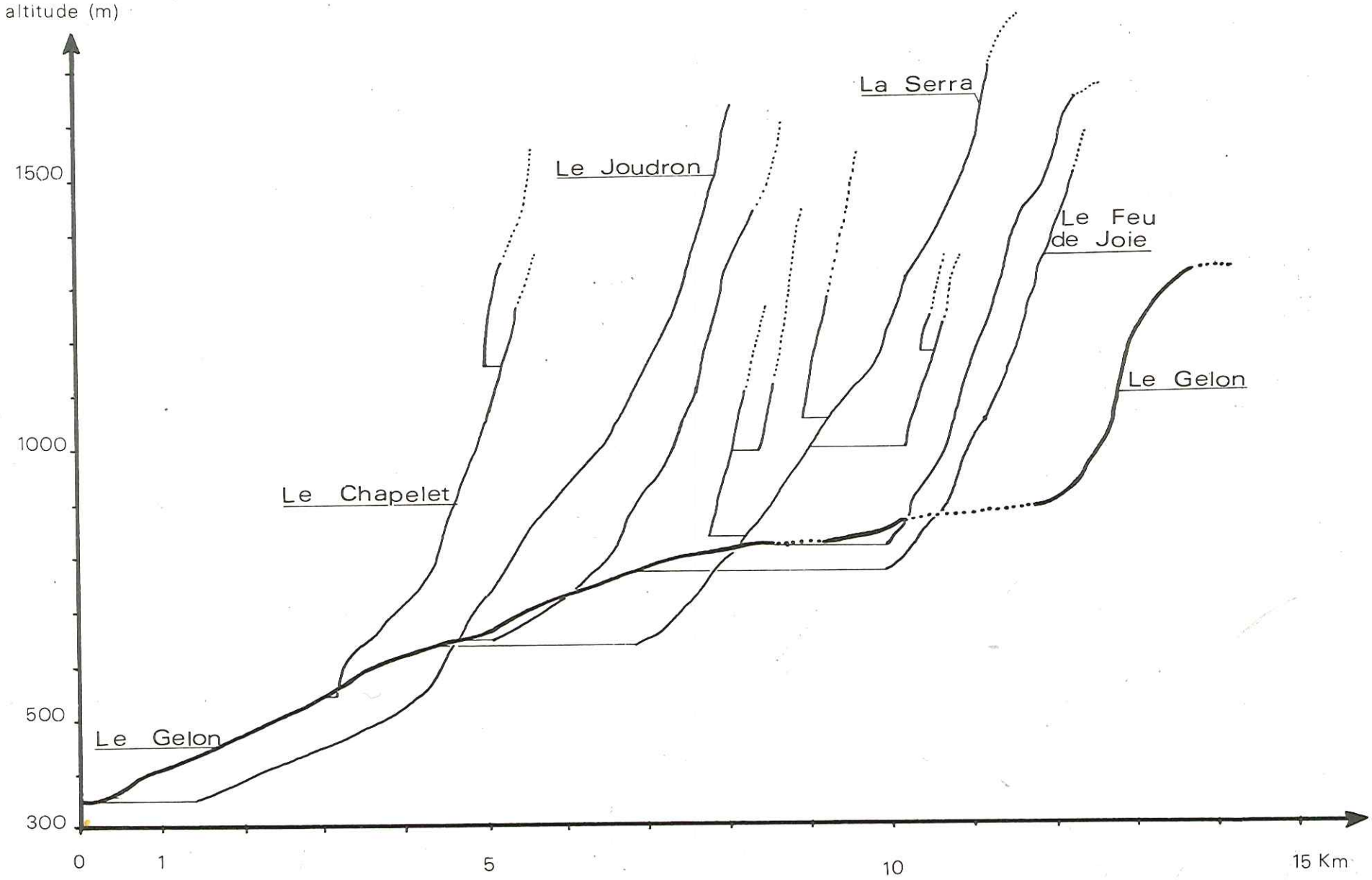
2.3.1.1. Description du réseau

Le collecteur principal du bassin versant est le Gelon. Il prend naissance sur le plateau de Montgilbert, à proximité du fort du même nom à 1350 m d'altitude. Il chemine sur 14 km jusqu'à La Rochette avec une pente moyenne de 7,1 %, celle-ci atteint 20 % entre la source et le hameau des "Mouches" à 973 m d'altitude. La direction générale d'écoulement est NE-SW



RESEAU OROHYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT DU GELON fig.16

Fig.17 PROFIL EN LONG DES PRINCIPAUX AFFLUENTS DU GELON



COURBE HAUTEUR – DEBIT LE GELON (La Rochette) Fig. 19

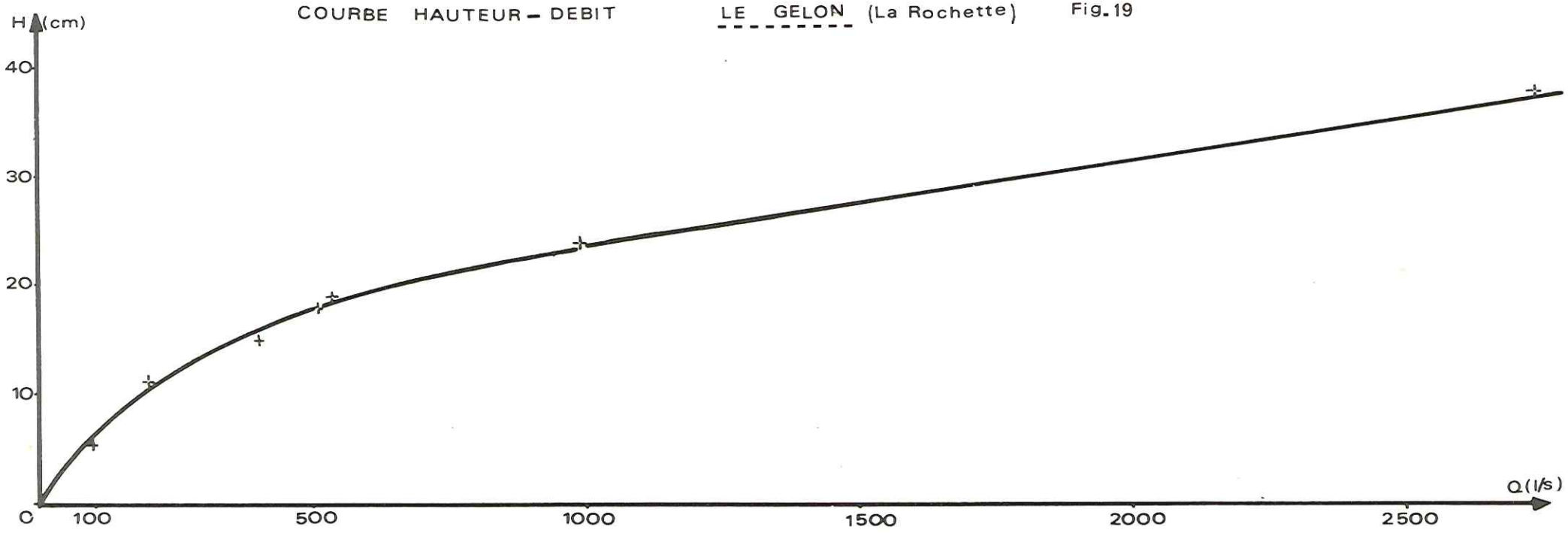
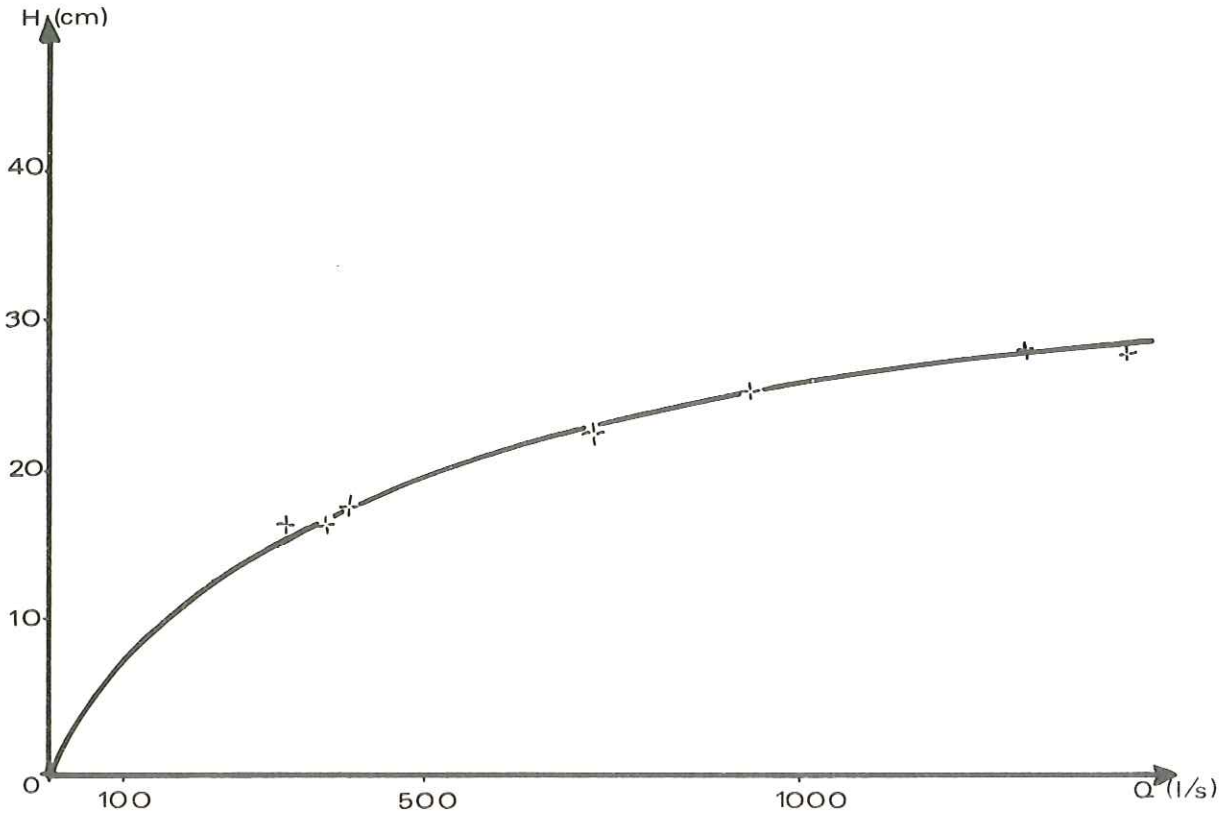
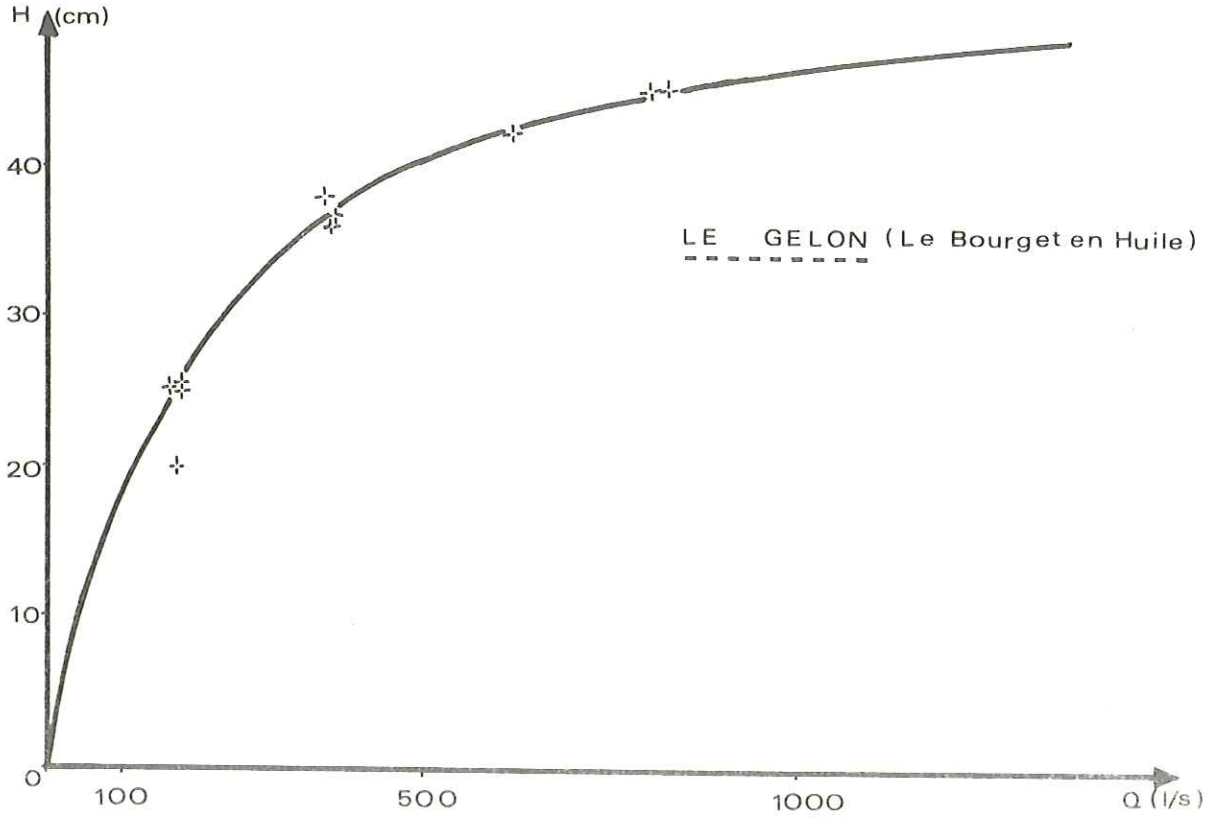


Fig.18 COURBES HAUTEUR - DEBIT LE JOUDRON (La Rochette)





LE GELON (Le Bourget en Huile)

- Les jaugeages

Ils sont effectués à des périodes différentes de l'année, en particulier pendant les crues et les étiages afin de définir une gamme de débits très étalée. Les mesures de débit sont faites au micro-moulinet et par dilution chimique.

La comparaison des méthodes du micromoulinet et de la dilution chimique a donné des résultats à 10 % près.
A chaque station, 7 à 10 mesures ont été effectuées, afin de déterminer la loi hauteur-débit des torrents du Gelon et du Joudron (fig.18 et 19). Les courbes obtenues permettent l'estimation des débits journaliers (fig.20 et 21). Leur comparaison appelle quelques commentaires.

Sur le Gelon, au Bourget-en-Huile, les débits sont relativement faibles (au mois d'août, nous enregistrons des valeurs inférieures à 50 l/s). Seule la crue d'avril indique des valeurs supérieures à 2000 l/s. A La Rochette les débits sont bien supérieurs à ceux enregistrés au Bourget-en-Huile : le bassin versant est beaucoup plus grand donc le ruissellement plus important. La courbe des débits journaliers est marquée par des crues en janvier avril-mai, septembre et novembre ; les débits d'étiage se situent en août.
Le Joudron a un régime identique à celui du Gelon.
La similitude des courbes d'observation pluviométrique journalière (fig. 7), et des débits journaliers (fig.20 et 21), permet de mettre en évidence l'influence de la pluviométrie sur le ruissellement. Comme nous le verrons dans un prochain chapitre, les terrains imperméables restituent presque tout de suite l'eau reçue, la rétention étant très faible. Ainsi, par exemple, la pluie importante du 15 septembre provoque une crue brutale (forts débits, restitution immédiate et peu durable).
La moyenne des débits journaliers de l'ensemble du bassin montre que le ruissellement est important. Le tableau suivant indique les valeurs de débits moyens annuels sur les deux principaux torrents et sur l'ensemble du bassin-versant. Souvent, on exprime des débits en "débits spécifiques", c'est-à-dire ramenés à l'unité de surface, ce qui permet de faire une comparaison immédiate du ruissellement entre plusieurs bassins. L'expression de la lame d'eau écoulée en mm et répartie sur l'ensemble du bassin versant, facilite la comparaison avec la pluviométrie. On l'obtient en divisant le volume d'eau écoulée par la surface totale du bassin.

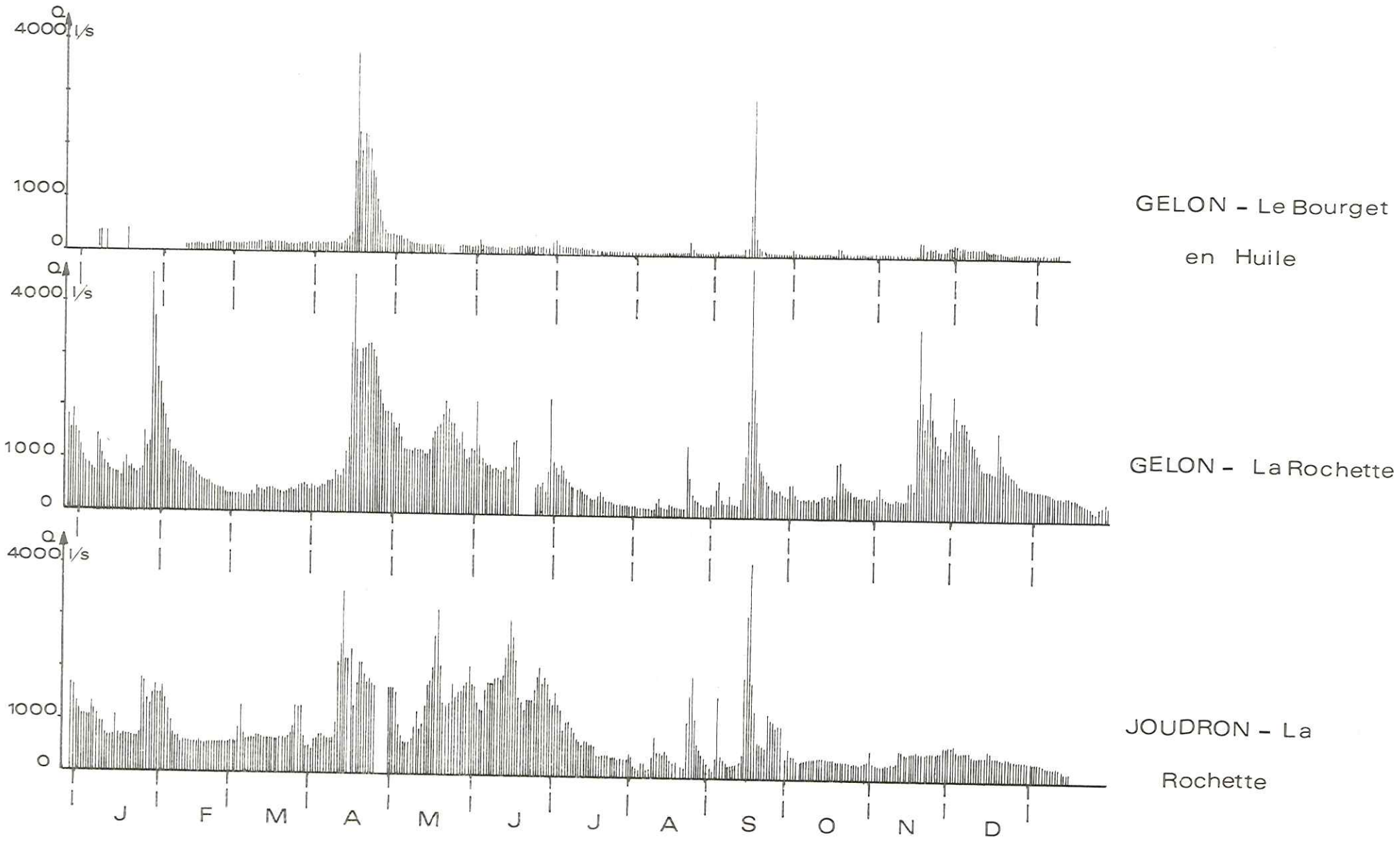


Fig. 20 DEBITS JOURNALIERS en 1975

	Volume m^3	Q 1/s	Q 1/s /km^2	Lame écoulée mm
Joudron	23 854 608	756	44,7	1411,5
Gelon	29 520 720	936,1	23,4	737
Ruissellement total	53 375 328	1692	29,2	921,8

Des résultats très voisins ont été trouvés sur des bassins versants situés soit dans le massif de Belledonne, soit dans le massif des Bauges (Savoie).
Le Tableau ci-dessous donne ces valeurs afin de les comparer à celles obtenues sur le bassin du Gelon.

Le Bens (affluent du Bréda)	EDF	37 km2	38 1/s/km2
Le Bréda	EDF	150 km2	46 1/s/km2
Le Doron (Moutiers)	JP. Vacher	668 km2	30.8 1/s/km2
Le Chéran	G. Nicoud	103 km2	24 1/s/km2
Le Merdaret (Theys)	M. Michel	34.5 km2	28.1 1/s/km2

Le Bens et le Joudron, voisins géographiquement, qui coulent parallèlement à une crête commune qu'est la Grande Montagne d'Arvillard, ont des débits spécifiques voisins mais importants à cause de leur altitude moyenne élevée.

Le débit spécifique faible du Gelon est dû au fait qu'il prend sa source à une altitude bien plus basse que son affluent principal.

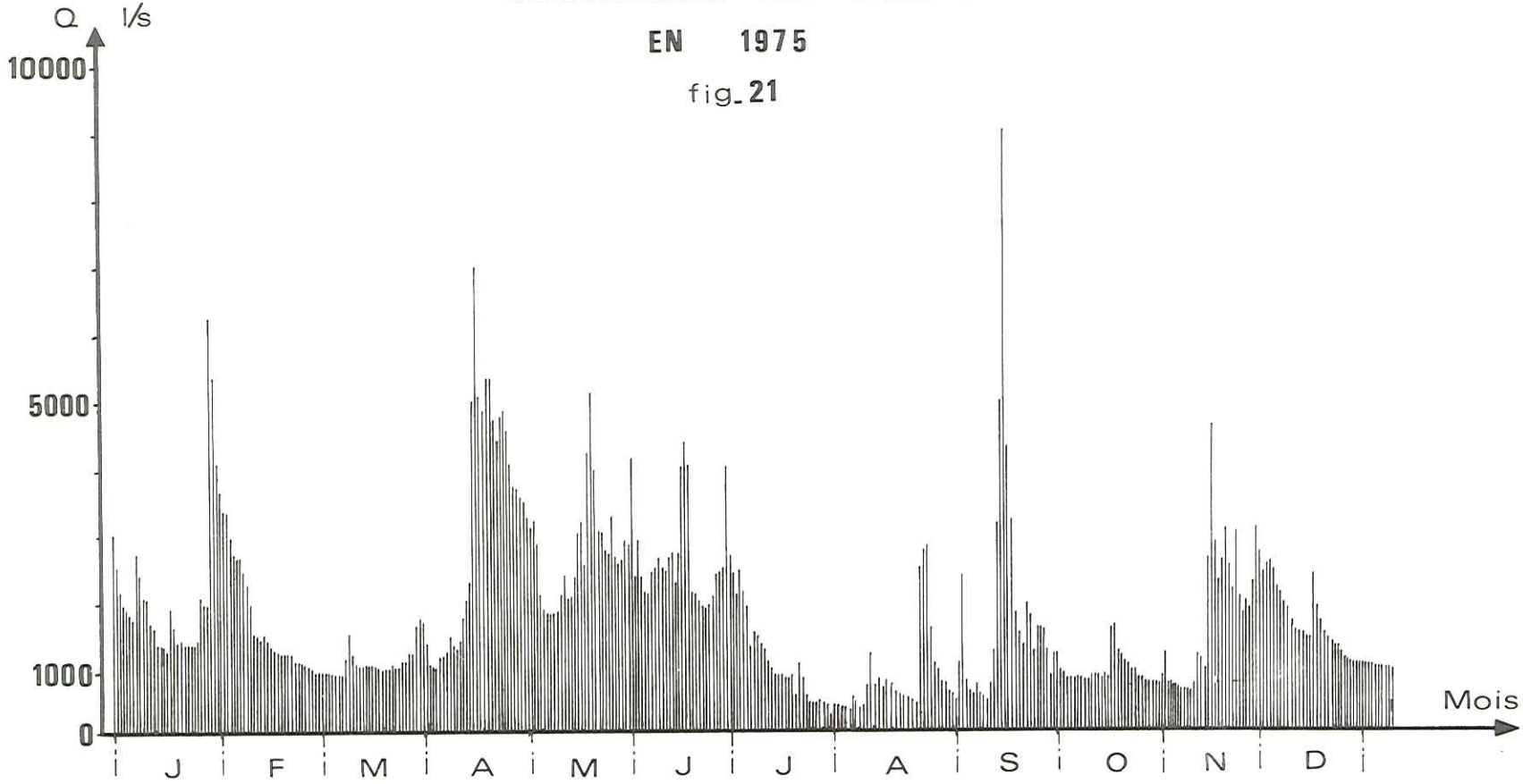
La lame d'eau précipitée est inférieure sur ce bassin versant.

Sur celui du Joudron elle double sa valeur ce qui explique un débit spécifique important.

RUISSELLEMENT JOURNALIER TOTAL

EN 1975

fig. 21

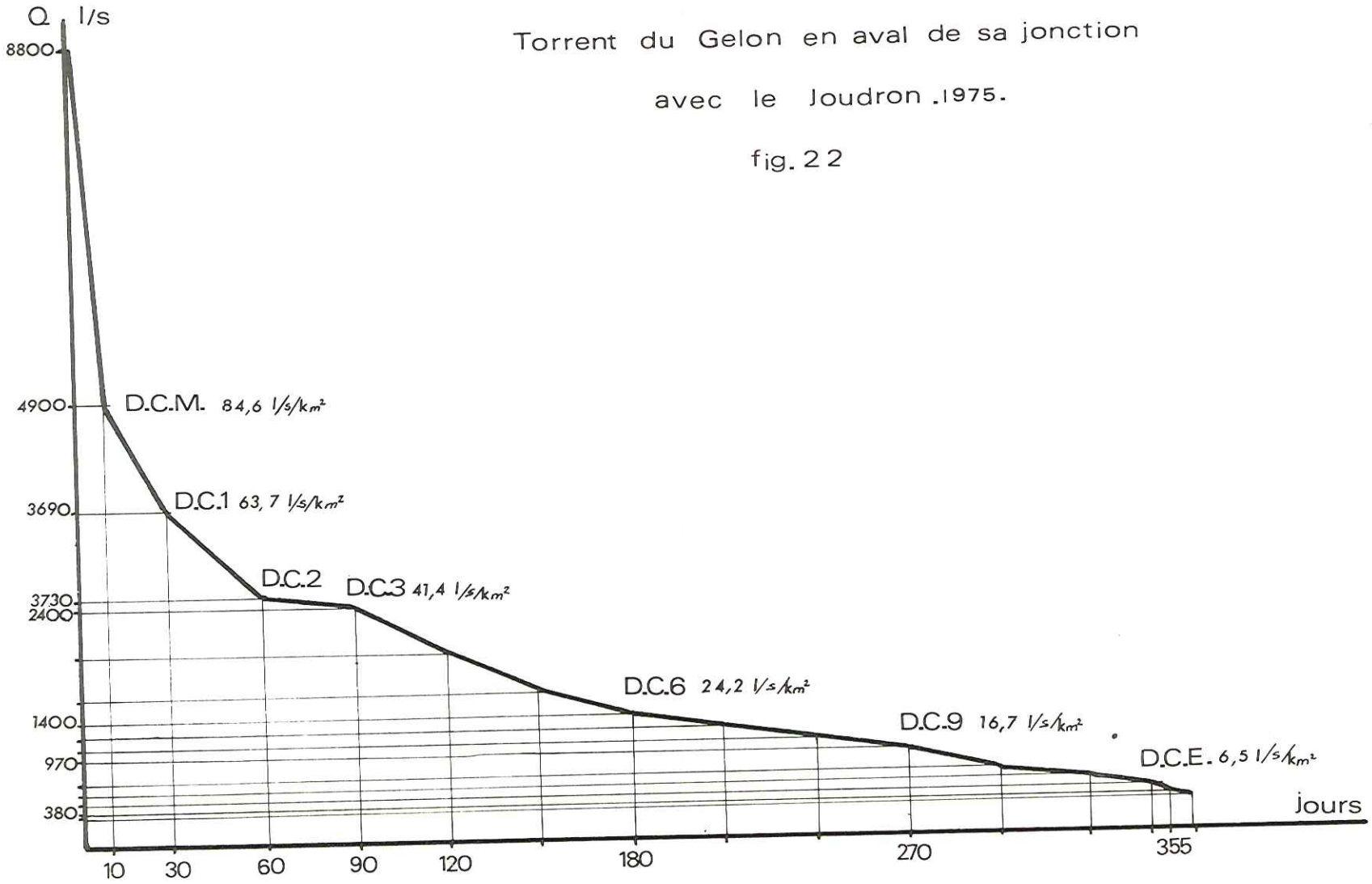


COURBE DES DEBITS CLASSES

Torrent du Gelon en aval de sa jonction

avec le Joudron .1975.

fig. 22



- Courbe des débits classés

Nous avons, sur la figure 22, porté les débits journaliers classés par ordre décroissant en fonction du temps. Cette courbe permet de définir les valeurs caractéristiques de l'écoulement.

- Le débit caractéristique maximum qui est le débit dépassé 10 jours par an,

DCM = 4900 l/s soit 84,6 l/s/km2

- Le débit caractéristique moyen : c'est le débit dépassé 6 mois par an

DC6 = 2400 l/s soit 24.17 l/s/km2

- Le débit caractéristique d'étiage : débit dépassé 355 jours par an.

D.C.E. = 380 l/s soit 6.56 l/s/km2

- Les débits caractéristiques de 1, 2, 3 et 9 mois sont reportés sur la courbe.

DC_1 = 3690 l/s soit 63.7 l/s/km2
DC_2 = 2730 l/s soit 47.15 l/s/km2
DC_3 = 2400 l/s soit 41.44 l/s/km2
DC_9 = 970 l/s soit 16.75 l/s/km2

L'étiage absolu se situe à 330 l/s.

2.3.1.3. Interprétation des courbes de débits journaliers en fonction des précipitations journalières sur l'ensemble du bassin versant.

(figures 20 et 21)

- Au mois de janvier, les débits sont moyens, bien que les précipitations soient fréquentes et importantes. Ces dernières tombant sous forme solide, constituent un stock neigeux et n'interviennent pas sur le ruissellement. La fin du mois de janvier est marquée par une crue qui correspond probablement à un léger réchauffement, et à des précipitations sous forme liquide, au moins dans les parties basses du versant.

- En février, la décrue s'amorce, elle continuera jusqu'à la mi-avril ; elle correspond à l'absence presque totale de précipitations et à des précipitations

neigeuses ou pluvieuses peu importantes au mois de mars.

- A la mi avril, la grande crue de fonte des neiges est amorcée, elle durera jusqu'à la fin juillet, avec des ressauts correspondant à des variations de température importante, surtout en altitude, et à des chutes de pluie durables sinon nombreuses.

Le stock neigeux, situé en altitude, surtout sur le bassin du Joudron qui culmine à 2500 m, ne disparaîtra que vers le 15 juillet.

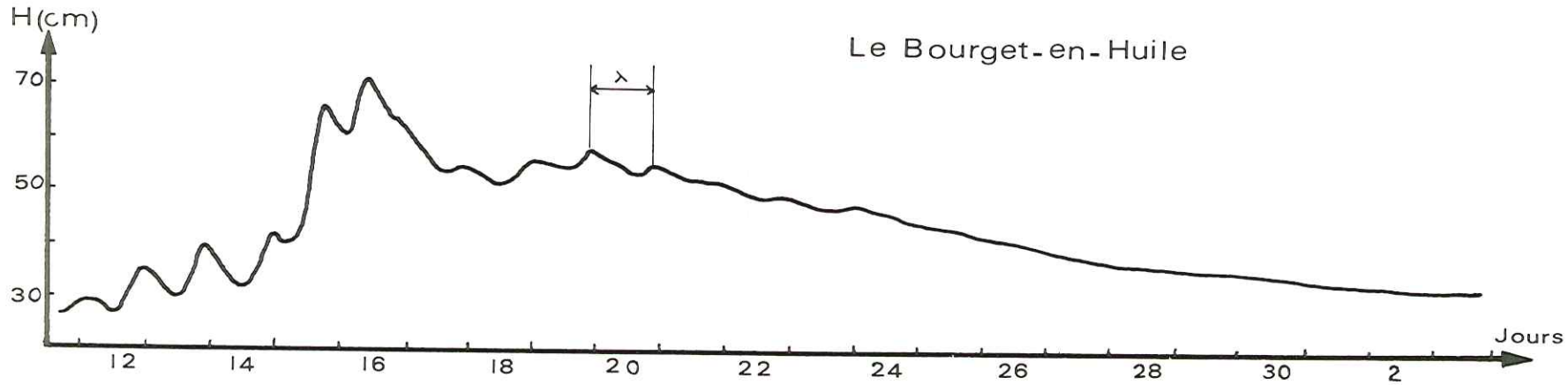
- En août c'est l'étiage. Seules les pluies d'orage créeront de petites crues de quelques jours.

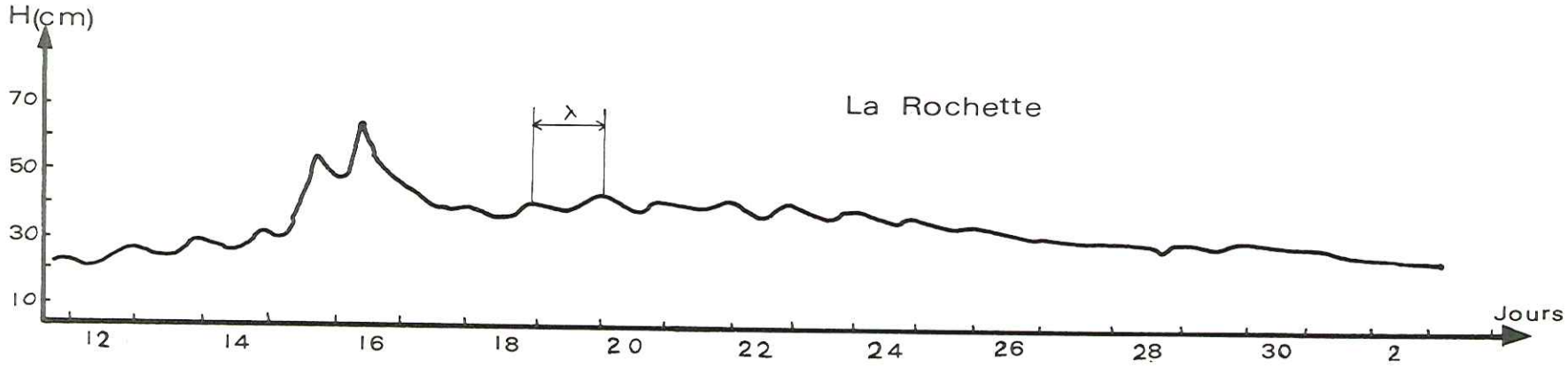
- La pluie de septembre marquera une crue très importante (8800 l/s).

- Les derniers mois de l'année seront soumis aux orages et premières chutes de neige avec quelques réchauffements de l'air, qui provoqueront des augmentations de débit notables.

REMARQUES :

Sur la figure 23, nous avons reporté le tracé des enregistrements limnigraphiques des crues et décrues successives, observées sur le Gelon en avril 1975. Hormis la crue importante du 15 et 16 avril, on note des ondulations journalières, régulières mais dissymétriques, de période = 24 heures. Ces ondulations correspondent à la fonte journalière du stock neigeux ; le temps de concentration est court, puis le refroidissement nocturne implique une décroissance très lente de la courbe. Ces ondulations s'atténuent progressivement, à mesure que la couche de neige disparaît. C'est ainsi qu'à la fin du mois d'avril, on ne constate plus ce phénomène. Au limnigraphe de La Rochette, ces variations journalières de débit sont perçues avec beaucoup moins d'amplitude qu'au Bourget-en-Huile, et avec un temps de retard de 3 heures pour une distance de 8 km 500.
L'épuisement du stock neigeux est aussi marqué par la différence de forme des courbes de débit. Pendant que le sol est recouvert de neige, à la suite des variations de température ou de chutes de pluies, la percolation de l'eau s'effectue doucement ; il y a un temps de rétention dû à la neige, la concentration de l'eau est lente jusqu'au maximum, puis décroît quand la percolation n'a plus lieu au travers du stock neigeux ; les courbes sont symétriques, c'est ce qui se passe en mars, mai et juin.





Crues et décrues sur

LE GELON en AVRIL 1975

fig.23

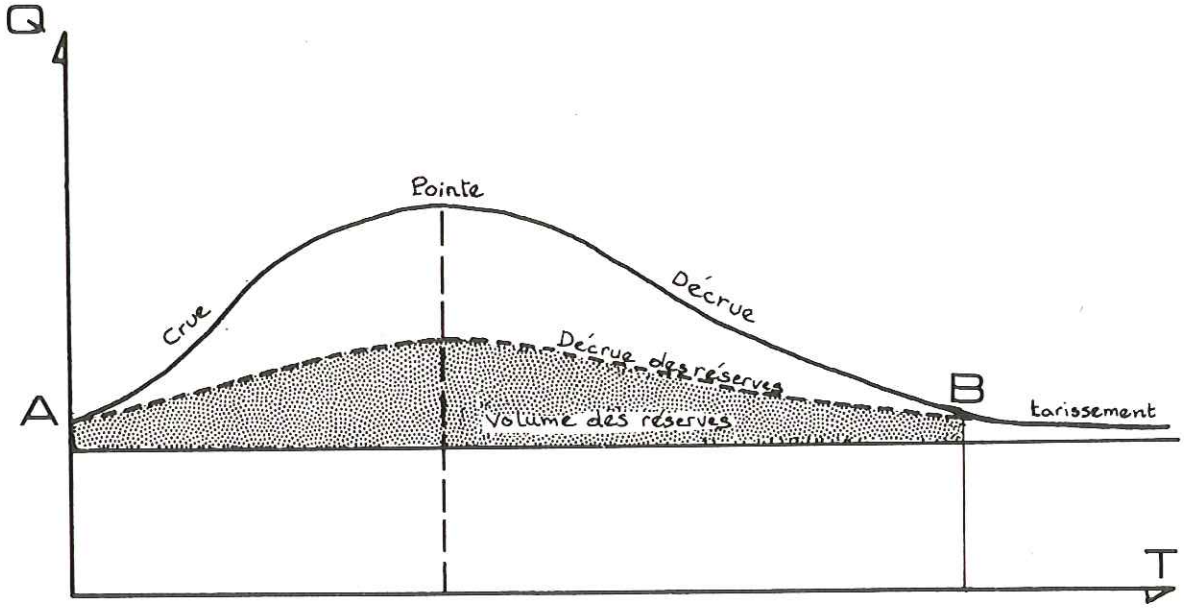
Par contre quand la neige a fondu, les concentrations d'eau se font très rapidement et les courbes sont alors fortement dissymétriques (d'août à décembre)(figure 20 et 21).

- Coefficient de tarissement

L'alimentation des rivières provient de l'épuisement progressif des réserves aquifères. La vitesse d'épuisement est tributaire de la nature des réservoirs et de leur volume.

L'établissement du coefficient de tarissement ne peut se faire qu'en période non influencée, c'est-à-dire pendant une période sans précipitations.

Nous établissons un hydrogramme unitaire. Il indique la variation des débits ruisselés pendant une averse unitaire. Il se décompose en trois éléments de courbe.



Il y a superposition de deux écoulements principaux dans cette courbe :

- écoulement de surface
- écoulement souterrain

01 SEP. 2003

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

- La crue : c'est la période de concentration, pendant laquelle les eaux tombent et participent à la recharge des eaux souterraines. La forme de la courbe dépend de la durée et de l'uniformité des précipitations dans l'espace et dans le temps, du relief du bassin versant, de l'état de dessication du sol de la couverture végétale.

- La décrue : le débit diminue, les réserves souterraines commencent aussi à décroître. Elle est indépendante des précipitations mais elle est liée à la superficie du bassin versant et aux caractères du réseau hydrographique.

A = origine de la crue

B = l'écoulement de surface se termine. Seul l'écoulement souterrain va alimenter les débits mesurés. Si il ne repleut pas, on a alors un tarissement des réserves souterraines stockées pendant la crue.

- La courbe de tarissement est liée à l'écoulement des réserves souterraines au mode de circulation des eaux dans ces réserves et à la nature des terrains aquifères. Elle est assimilable à une courbe de décroissance exponentielle des débits (Q), en fonction du temps (t) ; le régime d'écoulement peut être considéré comme laminaire car nous sommes en milieu poreux.

Nous choisissons donc la formule de MAILLET pour étudier le tarissement :

$$Q(t) = Q_{(0)} \cdot e^{-\alpha t}$$

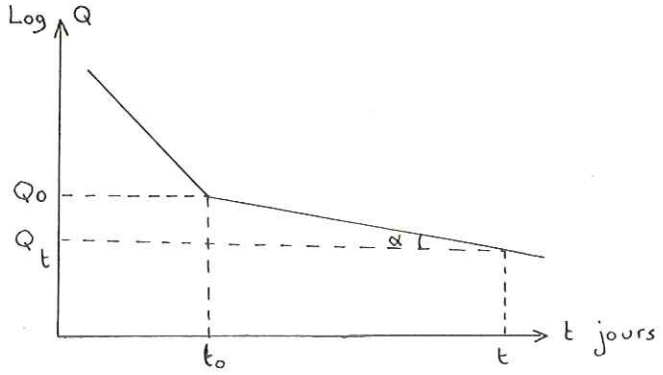
Q (t) = débit à l'instant t

Q (0) = débit au début du tarissement

α = coefficient de tarissement

t = temps écoulé depuis le début du tarissement

Exprimée sur papier semi-logarithmique, la fonction est une droite à pente négative.



Calculs du coefficient de tarissement, appliqués aux torrents du Haut-Gelon et du Joudron.

$$Q(t) = Q(0) . e^{-\alpha t}$$

$$\log Q(t) = \log Q(0) - (0,4343 \alpha t)$$

Les débits journaliers enregistrés aux limnigraphes des deux torrents, nous permettent d'approcher la valeur de α. Pour ce faire, nous choisissons une période non influencée entre le 15 et le 24 septembre 1975 soit 9 jours consécutifs, suffisants pour engendrer une décroissance des débits qui s'effectue bien de façon exponentielle comme on peut le constater sur un diagramme semi-logarithmique.

Le graphique des fig.24-25 et 26 permet de donner les valeurs suivantes :

Pour le Gelon :

$Qo = 0,88 \ m^3/s$
$Qt = 0,6 \ m^3/s$
$t = 5$ jours . D'où

$$\log 0,6 = \log 0,88 - (0,4343 \alpha) 5$$

$$\alpha = 0,076$$

La formule de tarissement du bassin hydrographique du Haut-Gelon peut alors s'écrire :

$$Qt = 0,88 \ e^{-0,076t}$$

Pour le Joudron :

$Qo = 0,6 \ m^3/s$
$Qt = 0,4 \ m^3/s$
$t = 4,75$ jours D'où

$$\alpha = 0,089$$

La formule de tarissement du bassin hydrographique du Joudron est :

$$Qt = 0,6 \ e^{-0,089t}$$

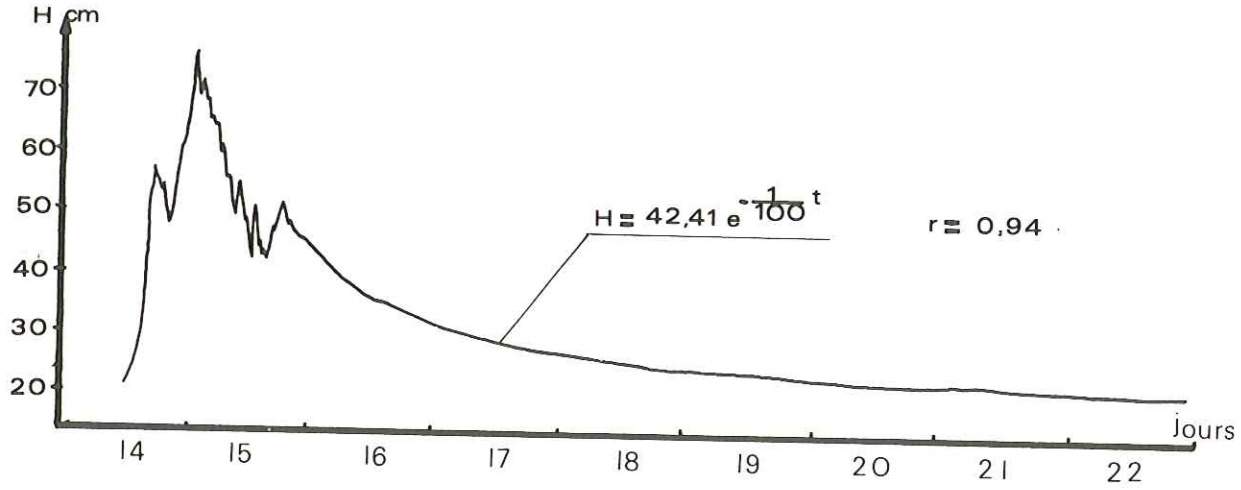


Fig. 24 CRUE ET DECRUE ENREGISTREES SUR LE LIMNIGRAPHE DU GELON A LA ROCHETTE EN SEPTEMBRE 1975

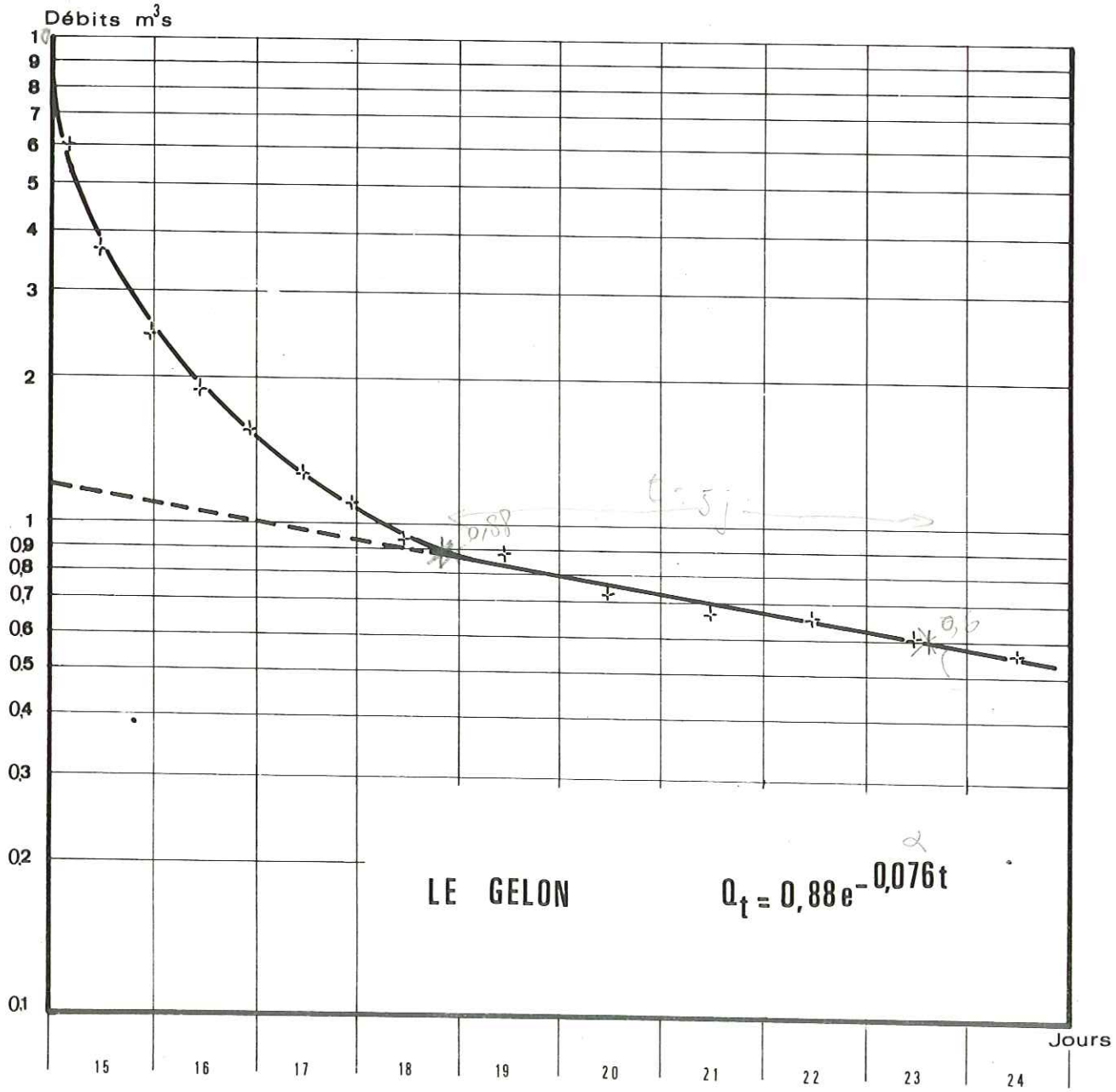


Fig.25 COURBE DE TARISSEMENT DU GELON . Septembre 1975 .

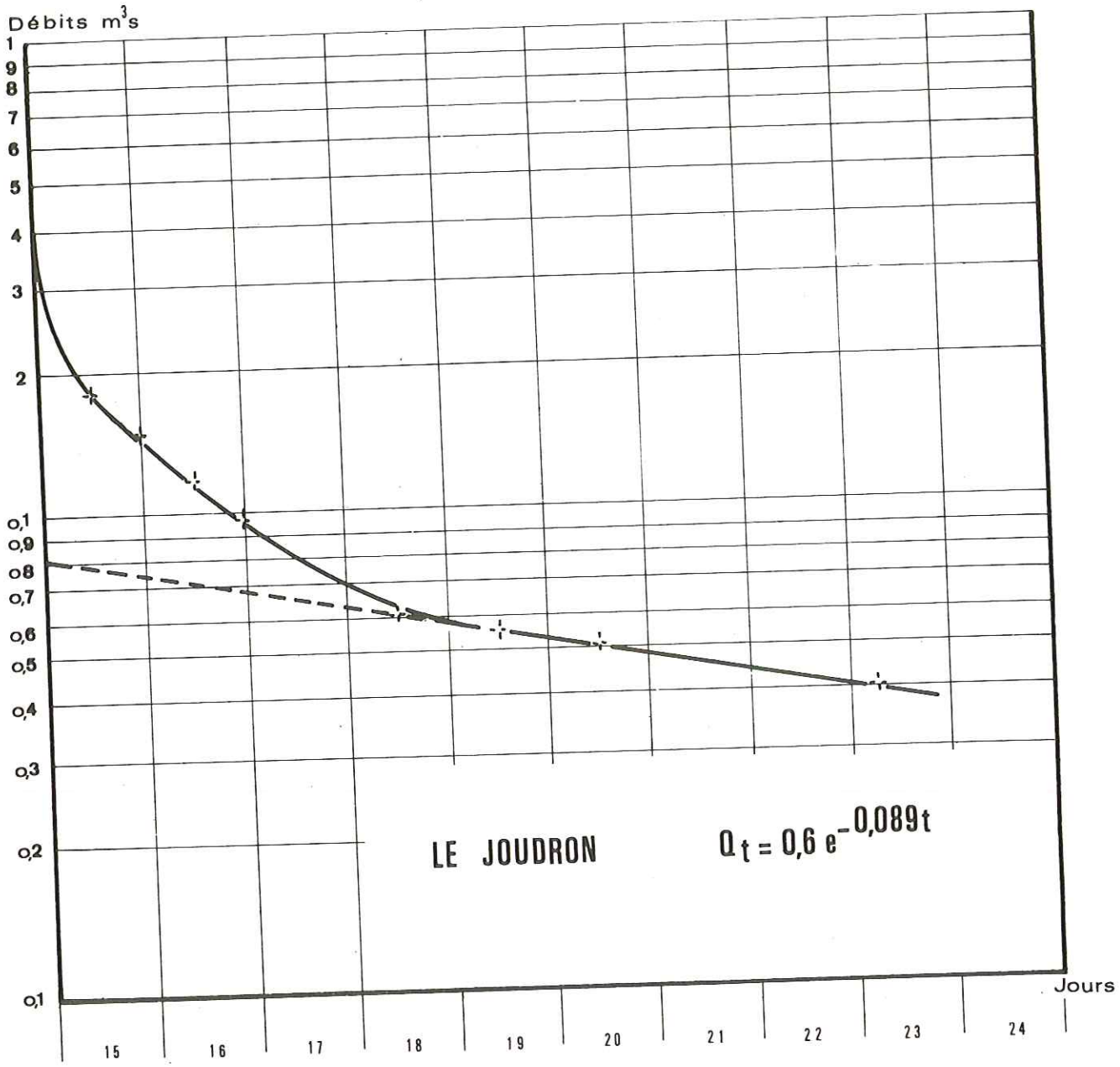


Fig.26 COURBE DE TARISSEMENT DU JOUDRON . Septembre 1975.

Les coefficients de tarissement calculés, sont relativement forts et traduisent la présence de matériaux plus grossiers dans le bassin versant du Joudron que dans celui du Haut-Gelon.
Nous n'avons pas pu calculer le tarissement sur une période plus longue Aucun enregistrement limnigraphique n'a donné une période supérieure à 9 jours en régime non influencé. Ce temps relativement faible n'a de sens que parce que le temps de réponse à la crue comme à la décrue, est extrêmement rapide et que l'on arrive très vite au tarissement.
Une comparaison des coefficients de tarissement aurait permis de mettre en évidence si l'influence de la recharge antérieure est importante ou non.
L'équation du tarissement pour le bassin global du Haut-Gelon ne peut être déterminée, mais néanmoins, nous indiquerons le volume d'eau emmagasinée et l'indice d'emmagasinement de ce bassin.

- Volume d'eau emmagasiné

C'est la quantité d'eau stockée dans les couches aquifères pendant une période d'alimentation et restituée à l'écoulement pendant la période de non alimentation suivante. Elle est fonction de la durée et de l'intensité de la recharge.

Ce volume W (m^3) à l'instant to (S) se déduit de l'intégration de to à l'infini, de l'équation de tarissement.

$$W = \int_{to}^{\infty} Qo\ e^{-\alpha t}\ dt$$

D'où $W\ (m^3) = \frac{Qo}{\alpha}\ m^3/S$

$$W = \frac{86400\ \ Qo}{\alpha}$$

Donc,

	Qo (m^3/s)	α	W (m^3)
Gelon	0,880	0,076	1 949 538
Joudron	0,600	0,089	592 179
TOTAL			2 541 717

- Indice d'emmagasinement

Afin de comparer avec les autres valeurs du bilan, il est nécessaire d'exprimer le volume d'eau stockée à l'instant to en lame d'eau emmagasinée (en mm).

Cette hauteur d'eau est appelée indice d'emmagasinement dw :

$$dw \text{ (mm)} = \frac{W\ (m^3)}{A\ (m^2)}$$

	$A \times 10^6 m^2$	$W\ (m^3)$	dw (mm)	P(mm)	Eau stockée %
Gelon	41,01	1 949 538	47,5	74	63
Joudron	16,9	592 179	35	74	47
TOTAL	57,91	2 541 717	43,8	74	59,5

Il est tombé sur l'ensemble du bassin versant une lame d'eau de 74 mm.

La lame d'eau emmagasinée à la suite de ces précipitations est de 43,8 mm pour tout le bassin, mais elle se répartit de la façon suivante :

- 47,5 mm sur le bassin du Gelon soit 63 % des précipitations
- 35 mm sur le bassin du Joudron soit 47 % des précipitations

La recharge sera donc importante dans le bassin du Gelon, elle le sera moins dans le bassin du Joudron.

Commentaires :

Le coefficient de tarissement du Joudron est supérieur à celui du Gelon. Cela signifie que la vidange des terrains du Joudron s'effectue plus rapidement que dans le bassin du Gelon.
La nature géologique des terrains des deux sous-bassins permet d'expliquer ce phénomène. Le Joudron s'écoule sur des terrains à très faible perméabilité, le recouvrement quaternaire est très grossier et peu épais (éboulis, moraines ...) : il dépasse exceptionnellement quelques mètres, la restitution est immédiate. Par contre, le Gelon s'écoule depuis sa source jusqu'au Bourget-en-Huile sur un niveau triasique de cargneules susceptible de freiner la restitution des eaux de ruissellement ou d'infiltration. A la vidange des dépôts quaternaires, devra s'ajouter la vidange de cet aquifère triasique.

Il faut noter aussi l'influence de la pente moyenne du Joudron (19,2 %), bien supérieure à celle du Gelon (7,1 %), comme nous l'avions précisé au paragraphe 2.3.1.1.

L'indice d'emmagasinement montre que la perméabilité moyenne des

terrains du bassin versant du Haut-Gelon, est supérieure à celle du bassin du Joudron. Les cargneules ne sont pas sans influencer cette valeur de l'indice. Le volume d'eau stockée après chaque pluie sera plus important dans le bassin du Haut-Gelon que dans celui du Joudron.

- Temps de transit des crues

C'est le temps nécessaire pour qu'une pluie soit restituée au moins partiellement au bas du bassin versant. La pluie très violente du 15 septembre qui a donné lieu à l'étude de la crue, permet de calculer le temps de transit qui est d'environ 2 heures pour 8,5 km de parcours.
Ce résultat concorde avec celui qui a été donné lors de la crue d'avril de la même année.

2.4 APPROCHE DU BILAN

Nous ne pouvons pas conclure cette étude hydrologique, sans essayer de faire le bilan de tous les résultats obtenus à partir des données mesurées ou calculées. Les apports et les pertes doivent se compenser.

L'expression du bilan est formulée de la façon suivante :

$$P = Q + E + (D \pm \Delta R)$$

P = précipitations
Q = ruissellement
E = évapotranspiration
D = déficit d'écoulement réel
R = variation des réserves du bassin entre deux cycles hydrologiques.

Toutes ces données sont indiquées en mm d'eau.

Les valeurs obtenues sur le bassin, vont nous permettre de calculer le déficit d'écoulement :

P = 1423 mm
Q = 921 mm
E = 473 mm

Donc, d'après l'expression du bilan formulée précédemment, nous pouvons déterminer : (D + ΔR)

$$D + \Delta R = P - (Q + E)$$

$$D + \Delta R = 29 \text{ mm}$$

Etant donné les erreurs possibles sur les trois termes = P, Q et E, nous n'avons pas une grande précision sur la valeur (D + R). En effet, si l'on tient compte des erreurs absolues commises sur P, lors des mesures, qui sont d'environ 5 %, sur Q (10 %), et sur E (30 %), la valeur du déficit d'écoulement est bien inférieure à l'erreur absolue commise sur l'ensemble des termes de l'équation.

P = 1423 mm $\pm$ 71 mm
Q = 921 mm $\pm$ 92 mm
E = 473 mm $\pm$ 141 mm

Soit une erreur de 304 mm sur l'ensemble de ces termes. Le déficit d'écoulement peut donc être supérieur à 29 mm. Cependant, il nous faut en partie essayer d'expliquer ce résultat. L'étude géologique qui va suivre confirmera partiellement la valeur peu élevée de (D +ΔR).

- En rive droite du Gelon, les terrains jurassiques bien qu'affectés d'une forte schistosité, sont imperméables ; la rétention est quasiment nulle, l'eau est donc restituée immédiatement vers le collecteur principal du bassin.

- En rive gauche, les terrains micaschisteux à schistosité très marquée, sont relativement imperméables. Seule la fracturation peut provoquer quelques pertes.

- Les granites des Grands Moulins ont une fracturation dense ; ils sont situés en altitude, leur superficie sur le bassin versant est donc faible et les pertes seront petites par rapport au reste du bassin.

- On peut également expliquer ce déficit de 29 mm, en supposant que les pertes sont supérieures à cette valeur, mais compensées par des apports qui se font au niveau de la fracturation, mais aussi dans le Quaternaire, et notamment dans les chenaux glaciaires, à l'W du plateau de la Table ; ces chenaux recoupent ceux qui sont situés à l'E de ce même plateau, c'est-à-dire en rive droite du Haut-Gelon.

ΔR : (variation des réserves sur le bassin), est très difficile à évaluer, l'étude se faisant sur un an seulement ; mais nous pouvons penser que celle-ci est peu importante. La recharge s'est faite en 1974, année pluvieuse, et 1975 étant une année très moyenne, il n'y a pratiquement pas de déficit dans les réserves situées surtout dans le Quaternaire et le Trias, comme nous le verrons dans le chapitre hydrogéologie.

Il est probable que l'évapotranspiration soit quand même surestimée compte-tenu de l'erreur absolue possible de 30 %. Nous pouvons alors supposer, malgré les explications données précédemment, que nous avons des pertes un peu supérieures à 29 mm. Elles s'expliqueraient par une infiltration en profondeur dans les fractures du granite, mais aussi par une percolation au travers des alluvions de la Rochette, et une circulation d'eau au contact du Jurassique qui occupe un point bas privilégié pour réceptionner des eaux dont le débit ne serait pas négligeable.

Nous pouvons conclure que l'approche du bilan reste très délicate surtout dans l'évaluation du déficit d'écoulement. La présence de plusieurs postes thermométriques aurait été souhaitable pour affiner les mesures d'évapotranspiration, et calculer le bilan mensuel, les valeurs de pluviométrie mensuelle et de débit mensuel étant acquises.

3. HYDROGEOLOGIE DESCRIPTIVE

3.1. GEOLOGIE SOMMAIRE DU SECTEUR ETUDIE

3.2. LES METHODES UTILISEES DANS L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

3.3. LE SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN

3.4. LE HOUILLER

3.5. LE TRIAS

3.6. LE JURASSIQUE INFERIEUR ET MOYEN

3.7. LE QUATERNAIRE

3.8. HYDROGEOLOGIE COMPARATIVE

3. HYDROGEOLOGIE DESCRIPTIVE

Nous venons de définir les paramètres hydrologiques du bassin versant :

- le lame d'eau précipitée
- la lame d'eau écoulée
- la lame d'eau évaporée.

Afin de mieux connaître les modalités d'écoulement, il est nécessaire de définir la nature et les structures des terrains, ce que nous nous sommes attachés à faire en élaborant une carte géologique.

L'étude géologique sommaire qui va suivre, servira d'introduction à la géologie de détail de chaque ensemble, qui nous permettra de déterminer les conditions d'alimentation et d'émergence des sources étudiées.

3.1. GEOLOGIE SOMMAIRE DU SECTEUR ETUDIE (voir figure n°27)

Nous avons mentionné, au début de ce chapitre les grands traits géologiques de la chaîne de Belledonne. Mais, il a été nécessaire de faire une carte géologique détaillée du secteur à étudier, afin de mieux comprendre les conditions d'alimentation et d'émergence de chaque source. Le torrent du Haut-Gelon divise le bassin versant en deux parties morphologiquement très différentes.

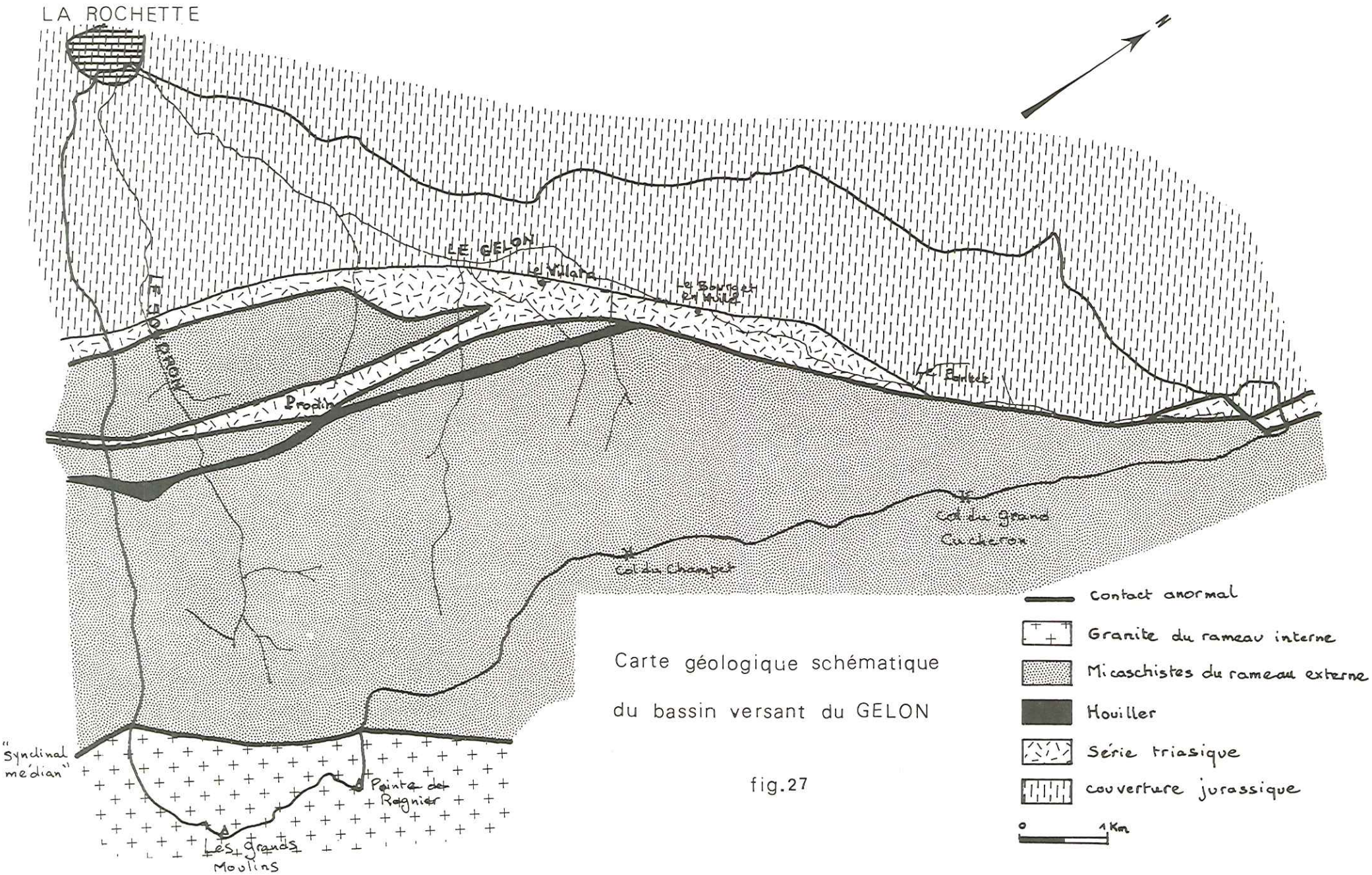
- En rive gauche, une ligne de crêtes élevées parfois mamelonnées, parfois très découpées.
- En rive droite, une zone de plateaux à plus faible altitude.

Cette différence laisse prévoir une variation lithologique des terrains.

En effet,

3.1.1. La rive gauche est presque essentiellement constituée de roche cristalline ou cristallophyllienne.

. Le granite : il occupe la partie sommitale des crêtes, à l'extrême S du bassin versant. Les affleurements sont bien visibles, même de loin. La fracturation y est importante, comme nous le verrons dans le paragraphe sur l'hydrogéologie. De nombreux éboulis glaciaires tapissent des couloirs étroits et très pentés comme par exemple le Grand Canal à



Carte géologique schématique du bassin versant du GELON

fig.27

l'W de la Pointe de Rognier. Des moraines granitiques récentes sont bien visibles au NW du massif dans l'Arbet Neuf et à l'W du col de la Perrière.

. Les micaschistes :

Ils sont moins visibles que le granite. Ils affleurent surtout sur la crête des Hurtières. Dans les parties basses du terrain, ils n'apparaissent que sporadiquement. Cependant, le long des thalwegs, l'eau coule au contact des micaschistes et l'on peut relever une schistosité N10°-50°E dans le torrent de la Serra ou le Nant des Fruitiers.
Au N du col du Grand Cucheron le long de la route rejoignant la commune du Pontet, la schistosité est constante et égale à N30°-55°E ; de très nombreuses diaclases décimétriques ou métriques affectent ces micaschistes selon une direction N12° à N 140°.
Notons que les cols qui franchissent la crête des Hurtières ont tous une orientation N140°. La fracturation n'y est pas toujours bien visible à cause de la couverture végétale, mais elle doit jouer un rôle non négligeable dans la circulation des eaux soutérraines. De nombreux glissements stabilisés provoquent des ruptures de pentes importantes.

. Le Houiller :

Il n'apparaît pas sur le terrain. Les affleurements sont extrêmement réduits et souvent cachés par la végétation.
Le Houiller se présente surtout sous forme de conglomérats à éléments centimétriques (Grande Montagne d'Arvillard), mais quelquefois sous l'aspect de schistes noirs par ailleurs exploités au siècle précédent (Prodin).
Ces terrains sont discordants sur les micaschistes. La fracturation localisée relevée sur ces dépôts est N30°E-N40°E.

. Les roches triasiques :

Les affleurements sont dispersés et se présentent surtout sous forme de cargneules, mais aussi de calcaires dolomitiques, quartzites et rarement de gypse. Les corrélations ne sont pas très évidentes d'un affleurement à l'autre mais leur couleur souvent ocre, rend leur identification facile.
Ces roches nous ont servi de niveau repère pour marquer la limite N du rameau externe. Les affleurements les plus visibles se situent le long du lit du Gelon depuis le Fort de Montgilbert jusqu'à la commune du Bourget-en-Huile, et à Prodin, en rive droite du Joudron.
Cependant sa limite a pu être tracée avec une bonne précision compte-tenu

des niveaux triasiques qui apparaissent dans les talwegs du Nant des Fruitiers, du ruisseau du Chapelet ou du Joudron.
Là où la couverture quaternaire est importante, la présence du Trias se manifeste par des entonnoirs de dissolution.
Comme les dépôts houillers, les terrains triasiques sont en discordance avec les micaschistes.

3.1.2. La rive droite du Gelon est uniquement constituée de roches sédimentaires du Jurassique inférieur et moyen qui se poursuivent en rive gauche, à partir de Verneil.
Le Lias est difficile à dater, les affleurements sont peu nombreux et discontinus, très affectés par la schistosité. Les corrélations sont délicates et l'étude stratigraphique de JC. BARFETY nous aura été d'un grand secours. Le Lias inférieur est bien visible dans le talweg du Gelon au NE du Molliet, mais son accés est particulièrement difficile. Il n'affleure que très peu ailleurs si ce n'est au N du Nant Provent et dans la commune du Pontet
Le Lias moyen est pratiquement inexistant.
L'Aalénien que nous décrirons plus en détail dans le chapitre 3.6, sert d'assise au Jurassique moyen qui forme, lui, un ressaut dans la topographie.
La fracturation est très mal visible, cependant au SW de la Table, un banc de calcaire montre l'existence d'une faille N50° dont le mouvement est dextre.
Le pendage général des couches est N0° à N50° vers l'E.
Des microplis sont visibles au SE de Champ Laurent, au SE de la commune de la Table et au N au Verneil.
La schistosité est de plan axial et pentée vers l'E.
L'ensemble est un anticlinal déversé vers le SW.

3.1.3. Les terrains quaternaires sont abondants comme on peut en juger par l'examen de la carte géologique en annexe. Les moraines, les dépôts glacio-lacustres qui occupent de vastes dépressions le long du torrent du Gelon, les dépôts fluvio-glaciaires, les alluvions récentes, sont autant d'éléments que nous traiterons en détail au chapitre 3.7.

3.1.4. En conclusion :
nous sommes en présence de terrains pétrographiquement très différents.
Si l'on excepte les dépôts quaternaires qui jouent un rôle très important

dans l'hydrogéologie et le Trias qui possède une très grande perméabilité, les autres terrains sont relativement imperméables.
L'écoulement sera donc soit superficiel, soit lié à des fractures ou des diaclases.

3.2. LES METHODES UTILISEES DANS L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX

Le paragraphe précédent montre la diversité géologique des terrains, sur le bassin versant du Haut-Gelon. Cette varieté des sols, conduit à penser que ceux-ci influencent la chimie des eaux de sources. Ainsi l'étude des caractères physico-chimiques des eaux, permet de définir les écoulements en profondeur, et par là-même d'affiner la carte géologique là où le recouvrement par les dépôts quaternaires masque la géologie du substratum.

3.2.1. Analyses physiques

Les plus intéressantes que nous ayons retenues, sont le débit, la température, la résistivité électrique.

3.2.1.1. Les débits

Compte tenu des faibles valeurs (de l'ordre du litre/seconde) observées sur le terrain, les mesures ont été effectuées avec un seau gradué. L'incertitude relative est de l'ordre de 10 % dans les conditions les plus favorables. Les difficultés les plus importantes se présentaient lors de mesures faites dans des éboulis, où l'eau émerge de façon diffuse au travers de blocs ou de graviers.

3.2.1.2. La température

Ce caractère est l'un des plus faciles à apprécier sur le terrain ; il n'a pourtant pas une moindre importance tant sur le plan de l'étude que dans les préoccupations humaines. Il n'est pas rare, en effet, d'entendre dire, à propos d'une source : "elle est bonne, elle est fraîche même en été", ou bien : "elle fume en hiver".
Mais ces variations, si naturelles, de température, ont des causes assez complexes.
Certaines sources présentent des variations importantes liées aux variations de la température atmosphérique. Leur origine est probablement superficielle, les étiages sont importants en hiver ou en automne ; ces sources ne présentent pas un grand intérêt surtout pour un captage éventuel, à cause des risques de pollution.
D'autres émergences ont au contraire des températures constantes tout au long de l'année, indépendantes des variations thermiques de l'air. Ceci signifie que le volume stocké est important et que la vitesse de

restitution est lente. Il faut cependant distinguer deux catégories de sources :

- les sources dont la température est inférieure ou égale à la température moyenne de l'air au lieu d'émergence ; les oscillations thermiques de l'eau sont faibles et lentes et témoignent d'une circulation dans une zone de terrain de profondeur suffisante pour ne pas subir les variations atmosphériques, mais pas trop grande afin de ne pas être influencée par le gradient géothermique.

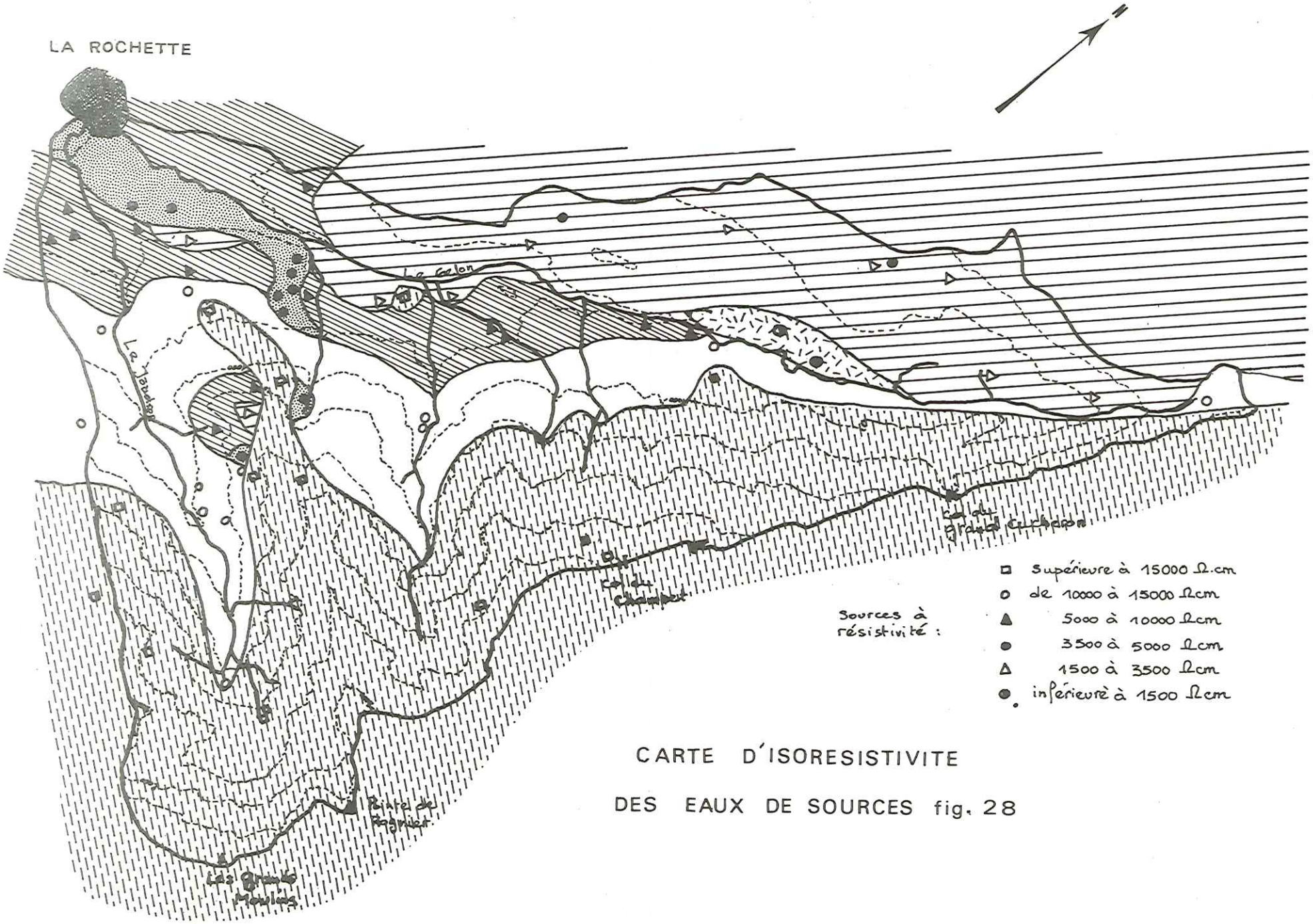
- les sources dont la température est constante mais supérieure à celle de l'air au point d'émergence, et qui ne subissent pas l'influence des variations atmosphériques. Ces émergences sont issues de circulations probablement profondes : c'est le cas de la source du Fontanil, dans la commune du Bourget-en-Huile, qui sourd à 830 m à la température constante de 10°05 C, alors que la temérature moyenne de l'air est de 7°5 C à cette altitude.

Nous verrons dans la description géologique, que cette température relativement élevée doit être reliée aux structures particulières qu'occupe le Trias dans la zone étudiée. Il n'est pas possible de penser à l'influence d'un gradient géothermique.
La température a été repérée à l'aide d'un thermomètre au mercure étalonné au 1/10° C. L'incertitude est de ± 0,05° C.

On observe sur l'ensemble du bassin, une diminution de la température de l'eau en fonction de l'altitude des sources.
A partir de 1200 m environ, la courbe de variation de température de l'eau se redresse considérablement jusqu'à être asymptote à la droite de t° 4° C à 1600 m ; le manteau nival est responsable de ce fait.

3.2.1.3. La résistivité

Le principe de la méthode est de déterminer la résistance que présente l'eau au passage d'un courant donné, dans une cellule de mesure. Cette résistance est connue grâce à un dispositif de mesure basé sur le principe du pont de Wheastone.
La résistivité électrique est directement liée à la concentration en ions contenus dans l'eau. Une concentration élevée entraîne une faible résistivité et inversement. Le résistivimètre donne donc un renseignement rapide sur la charge en éléments dissous.



CARTE D'ISORESISTIVITE

DES EAUX DE SOURCES fig. 28

Mais la résistivité est aussi liée à la température, c'est ainsi que quand la température baisse, la résistivité croît. Il est donc indispensable de ramener les mesures de résistivité effectuées dans des eaux de température très variable, à une température standard de + 18° C pour que toutes les valeurs soient comparables. Le facteur de correction est donné pour les dixièmes de degré.
Les mesures sont faites in situ, mais l'appareil utilisé indique des valeurs à ± 150 ohms.cm. En laboratoire, le résistivimètre a donné des valeurs à ± 20 ohms.cm.
Nous avons mesuré la résistivité électrique de l'ensemble des sources rencontrées sur le terrain en un laps de temps relativement court (une semaine), afin d'avoir une homogénéité dans les mesures, et durant une période de sécheresse pour éviter les mélanges entre les eaux souterraines et les eaux de ruissellement.
A partir des résultats obtenus, nous avons pu définir 6 classes de résistivité d'amplitudes inégales mais qui correspondent, semble-t-il, à des ensembles caractéristiques.

Ces classes sont les suivantes :

Classe 1 =	résistivité	électrique	des	eaux	inférieure à	1500 Ωcm à 18° C.	
2	"	"	"	"	comprise entre	1500 et 3500 Ωcm à 18° C.	
3	"	"	"	"	"	3500 " 5000 Ωcm	"
4	"	"	"	"	"	5000 " 10000 Ωcm	"
5	"	"	"	"	"	10000 " 15000 Ωcm	"
6	"	"	"	"	supérieure à	15000 Ωcm à 18° C.	

- Carte des résistivités des eaux (fig. 28)

L'ensemble de ces classes permet de déterminer des plages d'isorésistivité qui, reportées sur un fond topographique du bassin versant, coïncident approximativement avec des zones d'affleurements géologiques (voir fig. 28).
Il n'a pas été possible de tracer des courbes d'isorésistivité car la répartition des formations géologiques montre des discontinuités, d'un ensemble à l'autre, qui impliquent que les aquifères eux-mêmes sont discontinus. Les résistivités n'étant pas mesurées sur les eaux d'un seul aquifère, présentent donc elles-aussi, des discontinuités.
La carte des résistivités des eaux comporte 6 grandes zones qui sont commentées successivement du S. vers le N. :

. La zone la plus importante occupe la partie S et SE du bassin. Elle présente des eaux de résistivité supérieure à 15000 Ωcm. Elle correspond aux

terrains cristallins ou cristallophylliens des Grands Moulins et de la chaîne des Hurtières.
En rive gauche du torrent du Joudron, les eaux sont directement issues des micaschistes, elles sont très peu chargées en sels minéraux, le recouvrement quaternaire est pratiquement inexistant ; exemple : la source de Jasseplagne au N du col de la Perrière. Sur la crête des Hurtières, complètement dénudée de toutes traces d'éléments glaciaires, les eaux sourdent avec une résistivité très élevée.Au col du Champet, les mesures indiquent des valeurs comprises entre 19000 Ωcm et 40000 Ωcm. Le Th n'excède pas 2,9° français soit 0,58 méq/litre.
Au pied du massif des Grands Moulins, dans les éboulis granitiques, la source du Gargoton est très peu chargée, les phénomènes de dissolution étant pratiquement nuls dans les granites. Les eaux de forte résistivité, donc de Th faible, sont douces ; elles présentent de bonnes qualités pour la consommation humaine.
. Plus au N, une zone continue s'étale largement au S du Molliet, à l'W du bassin versant ; vers le N elle s'amincit jusqu'à l'extrémité de la chaîne des Hurtières. Les résistivités des eaux oscillent entre 10000 Ωcm et 150000 Ωcm. La minéralisation globale est légèrement supérieure à celle de la zone précédente, mais les eaux restent très douces. Les teneurs en sulfates augmentent ainsi que celles en calcium et magnésium. Cette augmentation provient du lessivage des argiles contenues dans la couverture morainique (sources des Parelles,en rive gauche du torrent de la Serra). Cependant cette augmentation des teneurs en ions sulfates, calciques ou magnésiens, peut être due, également, à l'infiltration des eaux dans des terrains ou à proximité de terrains de nature différente. Ainsi, la source du Molliet,(n° 12b), à l'W du torrent du Joudron, bien qu'ayant une résistivité élevée, montre une nette augmentation des teneurs en sulfates et chlorures. Les chlorures seraient le signe d'une pollution, (proximité d'une ferme) ; les sulfates auraient pour origine le lessivage du Trias situé quelques centaines de mètres plus au S.
. La troisième zone correspond à des résistivités comprises entre 5000 Ωcm et 10000 Ωcm. Elle est située dans la partie basse du secteur étudié et ne dépasse qu'exceptionnellement la courbe d'altitude 1000 m.
L'influence des eaux issues des éléments glaciaires ou fluvio-glaciaires sur celles provenant des terrains cristallophylliens ou sédimentaires, se manifeste par des variations de résistivité importantes et une augmentation de la minéralisation quand on s'approche des niveaux jurassiques.
La source des Quinquins (n°43), dans la commune du Bourget-en-Huile, a des résistivités situées dans la gamme 6700 Ω cm- 7700 Ω cm parce qu'elle

est proche de la limite d'affleurement des micaschistes et subit donc leur influence. Par contre, les sources de Pierre-Grosse (n°6) et des Plagnes (n°19) situées dans la commune de Presle, sont plus minéralisées ; les résistivités sont de l'ordre de 5000 Ω cm à 6500 Ω cm en raison de la proximité du Lias et du Trias.

. Les plages correspondent aux résistivités 3500 Ω cm à 5000 Ω cm sont partiellement dues aux écoulements proches du Trias ; telle la source de Boleran au N de Prodin à laquelle on enregistre une quantité déjà plus importante d'ions bicarbonates et plus de calcium et magnésium. Les deux zones occupant le plateau de Presle correspondent à des eaux qui lessivent un recouvrement quaternaire déposé sur un substratum marno-calcaire.

. Plus au N, une petite zone, très distincte des autres en raison de sa très faible résistivité, qui est inférieure à 1500 Ω cm, confirme la présence de cargneules triasiques. Les sources du Fontanil (n°58), et n°81 fournissent des échantillons de ces eaux très dures dont la forte teneur en ions sulfates, calcium et magnésium contrastent avec celles des eaux provenant des terrains précédents.

. La dernière plage, occupant la partie NW du bassin versant correspond aux marno-calcaires et calcaires, respectivement du Lias et du Dogger. La résistivité, comprise entre 1500 Ω cm et 3500 Ω cm, indique une minéralisation assez importante.

Les ions Ca^{++} et Mg^{++} proviennent du lessivage du substratum marno-calcaire. Les teneurs en chlorures restent faibles.

. En conclusion :

Nous observons, en général, une diminution de la résistivité des eaux du S vers le N du bassin versant . Cette diminution est due à l'influence du substratum cristallin ou sédimentaire (Trias, Lias-Dogger) ; elle est surtout marquée sur le versant W du bassin dont la pente facilite l'écoulement dans le sens des fortes minéralisations. Le tableau qui suit, fait la synthèse des observations de terrain et des résultats des mesures de résistivité.

Résistivités (en Ω cm)	Nature du terrain lié aux eaux étudiées
Supérieures à 15 000	Granite + micaschistes
15 000 - 10 000	micaschistes + moraines
10 000 - 5 000	micaschistes + cargneules ; marno-calcaires
5 000 - 3 500	Trias + moraines ; calcaires marneux + moraines cristallines
3 500 - 1 500	calcaires marneux + calcaires
Inférieures à 1 500	cargneules, gypse

La connaissance de la résistivité des eaux permet donc d'orienter des recherches pour résoudre très rapidement des problèmes éventuels d'approvisionnement, les moyens d'investigation étant très faciles à mettre en oeuvre même sur le terrain.

3.2.2. Analyses chimiques

3.2.2.1. Le pH

Seules les mesures effectuées au laboratoire, à l'aide d'un pH-mètre, ont été utilisées dans ce travail, les estimations effectuées à l'aide d'un papier indicateur donnant théoriquement le 1/5 d'unité pH, se sont révélées aberrantes.
L'incertitude au pH-mètre est de 0,05 pH.
Les observations du pH ont été faites tous les mois sur les sources étudiées ; les résultats sont consignés dans le tableau annexe.
Sur l'ensemble du bassin versant, le pH oscille entre les valeurs extrêmes 5,6 et 8,23, ce qui témoigne d'une grande hétérogénéité dans l'origine des eaux. Sa connaissance, ne renseigne que qualitivement sur les proportions respectives des constituants acides ou basiques.

3.2.2.2. Trois types d'analyses sont exploités pour la détermination des ions :

Elles ont été réalisées par :

- volumétrie
- turbidimétrie
- absorption atomique ou émission de flamme.

a- Dans le premier type d'analyses, il s'agit de déterminer quantitativement 4 ions :

Ca^{++}, Mg^{++}, HCO_3^-, Cl^-

On dose la somme des deux ions (Ca^{++}+ Mg^{++}) par complexométrie à pH 10, en présence de noir d'ériochrome T, indicateur des ions Ca^{++} et Mg^{++} libres.
On dose ensuite l'ion Ca^{++} seul en présence de soude N/1 et de murexide, indicateur des ions Ca^{++} libres.
Les indicateurs virent, quand tous les ions Ca^{++} et Mg^{++} libres ont été chélatés par une quantité suffisante de solution de complexon III N/100,

mesuré à la burette.
L'ion Mg^{++} est déterminé par la différence :

$$(Ca^{++} + Mg^{++}) - (Ca^{++}) = (Mg^{++})$$

L'incertitude sur les dosages est de $\pm$ 0,15 méq/l. Les teneurs en Mg^{++}, obtenues par différence sont donc entachées d'une erreur non négligeable.
Le dosage de l'ion HCO_3^- se fait en présence d'héliantine, on neutralise l'alcalinité due aux ions hydrogénocarbonatés par une solution d'acide sulfurique N/50, à pH = 4,6.
L'incertitude sur les mesures est de $\pm$ 0,10 méq/l.
Le pH est toujours inférieur à 8,3 ; la teneur en ions CO_3^{--} et OH^- est nulle, ce qui a été vérifié avec la phénolphtaléine.
L'ion Cl^- est dosé par mercurimétrie. Cette méthode s'applique à des teneurs inférieures ou de l'ordre de 1 mg/l. L'ion mercurique Hg^{++} forme, avec le Cl^-, un complexe soluble et peu dissocié selon la réaction.

$$Hg^{++} + 2\ Cl^- \rightleftharpoons HgCl_2$$

Pour doser Cl^-, on ajoute donc Hg^{++} à la solution ; l'excès d'ion mercurique est mis en évidence par la diphénylcarbazone qui donne avec lui, un complexe violet en milieu acide dilué.

b- Le deuxième type d'analyses permet la détermination de l'ion SO_4^{--}.
La méthode turbidimétrique nécessite un colorimètre ; elle consiste à précipiter en milieu acide, le sulfate de baryum en présence de composés qui maintiennent le précipité en suspension à l'état dispersé. On mesure la quantité de lumière absorbée par le précipité, à la longueur d'onde 420 nm.

c- Analyses des ions Na^+ et K^+
Na est dosé par émission dans une flamme d'acétylène ; la longueur d'onde d'émission est de 589 nm.
K^+ est dosé par absorption atomique après injection dans une flamme de propane et utilisation d'une lampe dont la longueur d'onde d'excitation est de 766,5 nm.
La précision est inférieure à 3 %. Les résultats d'analyses d'ions seront exprimés en milliéquivalents/litre (méq/l).

$$1 \text{ méq/l} = \frac{\text{masse de l'ion considéré}}{\text{valence de cet ion}} / 1\ 000$$

Cette unité présente le double avantage de traduire l'état ionisé des sels dissous dans l'eau et de permettre la vérification, à partir des résultats de l'analyse, de l'équilibre ionique de la solution. La somme des méq/l des anions doit être égale à celle des cations, en valeur absolue.

3.2.3. Conclusion

L'étude physique et chimique des eaux met en évidence 4 zones qui correspondent sensiblement aux formations géologiques reconnues dans le bassin versant :

Ainsi on distingue :

- le cristallin
- le Trias
- le Jurassique inférieur et moyen
- le Quaternaire.

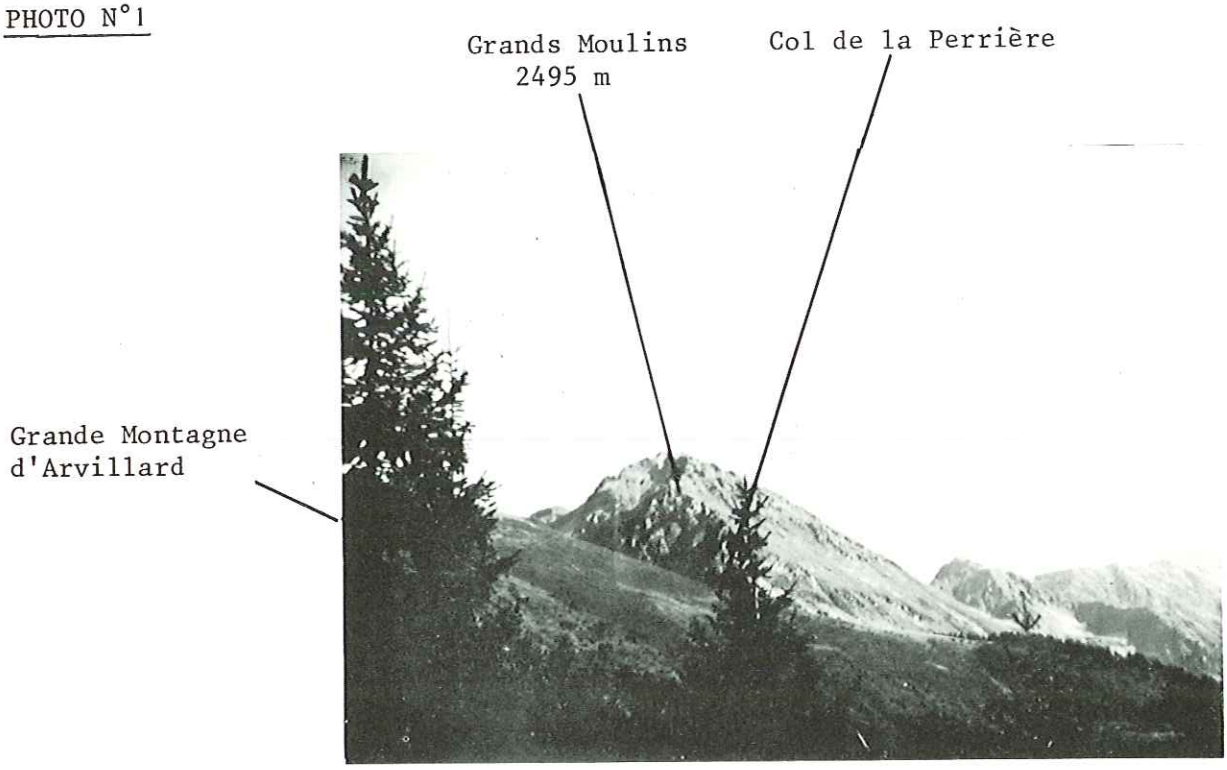
Ces 4 zones sont séparées entre elles par des limites floues correspondant au passage progressif de l'eau d'un terrain à l'autre. Les analyses chimiques confirment bien les résultats indiqués par la résistivité.
Les terrains houillers, trop lenticulaires, ne ressortent pas de ces analyses.
Les formations quaternaires modifient les résultats obtenus surtout au niveau du bas Joudron et du Gelon, aux environs du village de Presle, point de jonction des deux torrents où l'accumulation des moraines et des dépôts torrentiels est la plus importante du bassin versant.
Nous décrirons donc la géologie selon les 4 zones déterminées et nous entreprendrons l'étude des sources caractéristiques de ces zones.

3.3. LE SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN

3.3.1. Localisation et description

Le rameau interne de Belledonne occupe la partie sommitale du bassin versant du Gelon. Situé au S de l'ensemble étudié, il se limite pour notre travail aux sommets des Grands Moulins (2495 m), des Trois Dames (2475 m), du Fort (2457 m) et de la Pointe de Rognier (2341 m).

PHOTO N°1

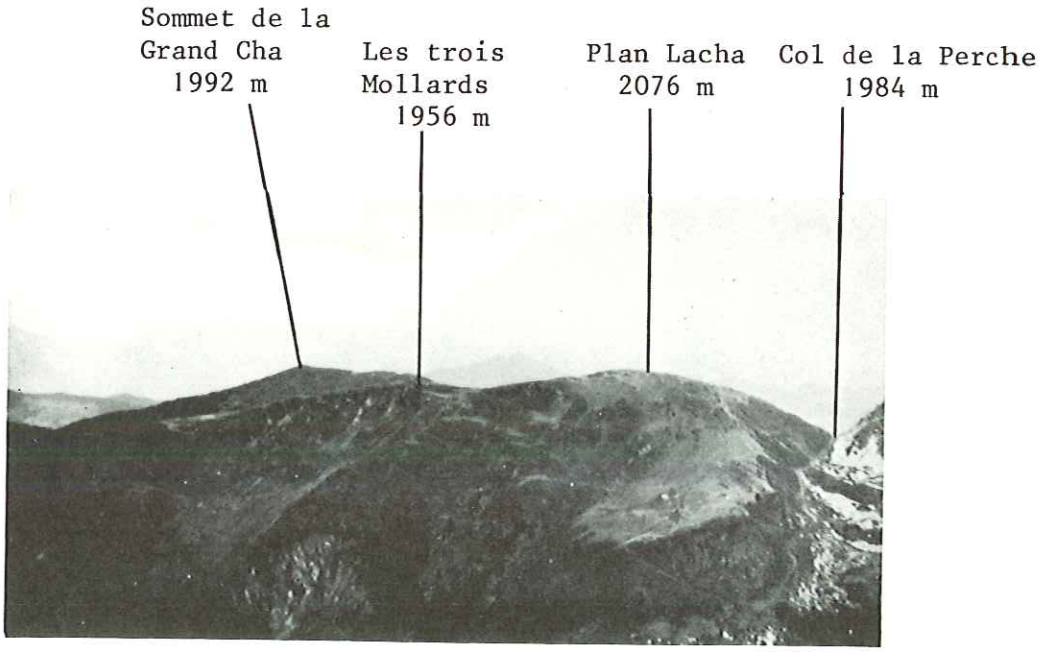


Orienté S-SW - N-NE, cet éperon rocheux prend contact avec les micaschistes du rameau externe, sur sa partie NW, au col de la Perrière et au col de la Perche ; mais bien qu'il s'érige en falaises abruptes ou en aiguilles découpées, sa limite entre les deux cols ne peut être déterminée avec précision, car les éboulis actuels et les éléments glaciaires récents masquent le contact à cet endroit.
Il est constitué de granite blanc à biotite et muscovite, à grains moyens réguliers. Les quartz sont souvent recristallisés. A l'échelle macroscopique comme à l'échelle microscopique, on observe partiellement une foliation donnant un aspect gneissique à ces granites. Les minéraux sont écrasés, allongés, avec des lits ou des guirlandes de séricite.

Le rameau externe de Belledonne qui se poursuit de la Grande

Montagne d'Arvillard, en direction du NE pour former la chaîne des Hurtières, contraste considérablement avec les granites voisins. Aux pointes altières et découpées, s'opposent des croupes arrondies et moins élevées puisque le point culminant atteint 2076 m à Plan Lacha sur la Grande Montagne de Presle.

PHOTO N° 2



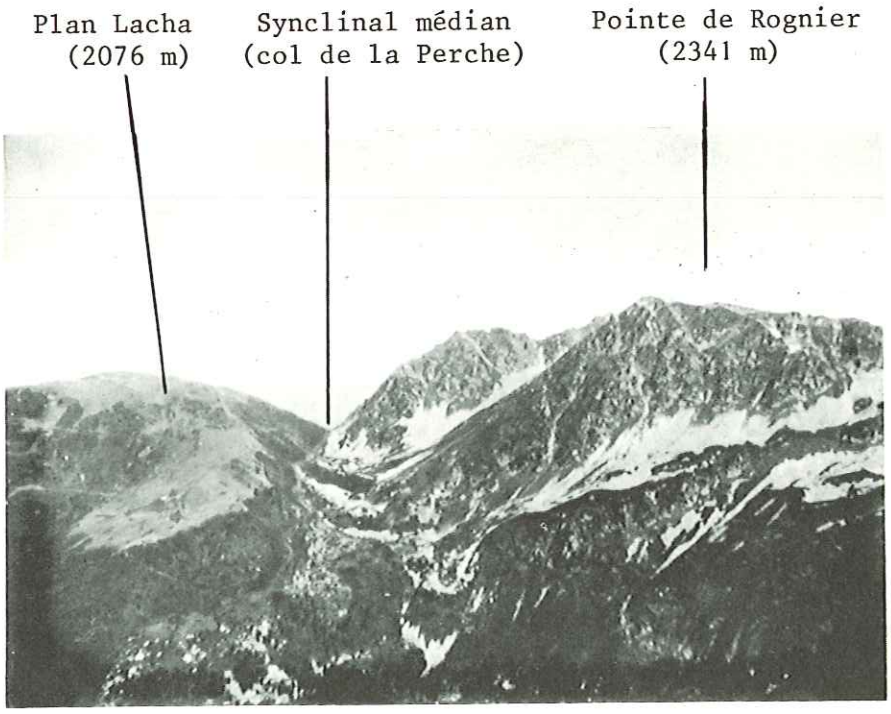
M. GIGNOUX et L. MORET (1952) écrivaient :" l'extrême nord du massif, au col de la Perche, est en schistes phylliteux, très peu cristallins et très tendres, ce sont eux qui constituent les lourdes croupes arrondies de l'Arbarétan qui terminent, à l'extrême gauche de l'observateur les panoramas de Belledonne. Plus au Sud, c'est une large bande de granites qui vient fermer l'arête culminante des massifs d'Allevard, dessinée par les trois sommets de la Pointe de Rognier, des Grands Moulins et du Pic du Frêne ... ; de petites aiguilles effilées dominent çà et là des éboulis clairs, dont la teinte fait pressentir, même de loin, la nature granitique".

Les faciès sont assez uniformes, ce sont des micaschistes écrasés, laminés dont les éléments sont broyés. Ils ont un aspect satiné, leur surface est ondulée, de couleur gris fer. La cassure a un aspect quartziteux.

3.3.2. Tectonique (voir figure n° 29)

Nous savons que le rameau interne de Belledonne est formé par un vaste anticlinal de chlorito et séricitoschistes et de micaschistes à deux micas et dont le coeur est injecté par du granite, allongé suivant une direction moyenne NNE-SSW. Cet anticlinal est affecté de replis et d'accidents cassants.
Au niveau du bassin versant, cet anticlinal est déversé sur les micaschistes et leptynites du rameau externe qui montre, lui, une structure synclinale. Le contact entre les rameaux externe et interne est marqué par le "synclinal médian" qui se manifeste dans la topographie, par un sillon passant par le col de la Perrière et le col de la Perche. Ce synclinal

PHOTO N° 3



décrit par P. LORY (1895) et P. BORDET (1962), a sans doute été inscrit dès l'orogénèse hercynienne dans la structure, mais a été repris dans la phase alpine. Le granite, d'abord chevauchant selon un plan 70°SE à l'E de la Pointe de Rognier, prend un pendage de 45°SE au niveau du col de la Perrière.
E. EHRSTROM (1967), montre qu'en réalité, un certain type de mylonite paraît indiquer l'existence d'une faille le long de la bordure occidentale du granite. Il y aurait donc présence d'un synclinal médian et quelques centaines de mètres plus loin, d'une grande faille à N32°E. Mais sur

le terrain étudié, cette faille n'apparaît pas et la mylonitisation est très difficile à suivre. On observe tout au plus ponctuellement, des niveaux légèrement orientés dans le granite. Il peut s'agir là d'un effet de contraintes mécaniques très importantes provoquées lors du pincement du synclinal médian. Cette "faille" ne jouera aucun rôle dans l'hydrogéologie de ce bassin.
J. SARROT-REYNAULD (1965), à la suite des anciens auteurs s'est intéressé aux structures parallèles à l'alignement de la chaîne de Belledonne, mais aussi et surtout aux accidents transverses. "Ces accidents responsables des ressauts très visibles dans la topographie du socle cristallin, coïncident, en particulier, avec les limites du déversement du socle sur sa couverture". Mais :"l'importance des accidents transverses qui sont les éléments les plus visibles dans la morphologie, surtout dans les parties hautes du massif ..., ne doit pas faire négliger le rôle des structures longitudinales dans la structure de la chaîne de Belledonne".
Ces accidents longitudinaux, sont subverticaux pour la plupart, et présentent un rejet vertical, à l'exception du "synclinal médian" chevauché par le rameau interne.

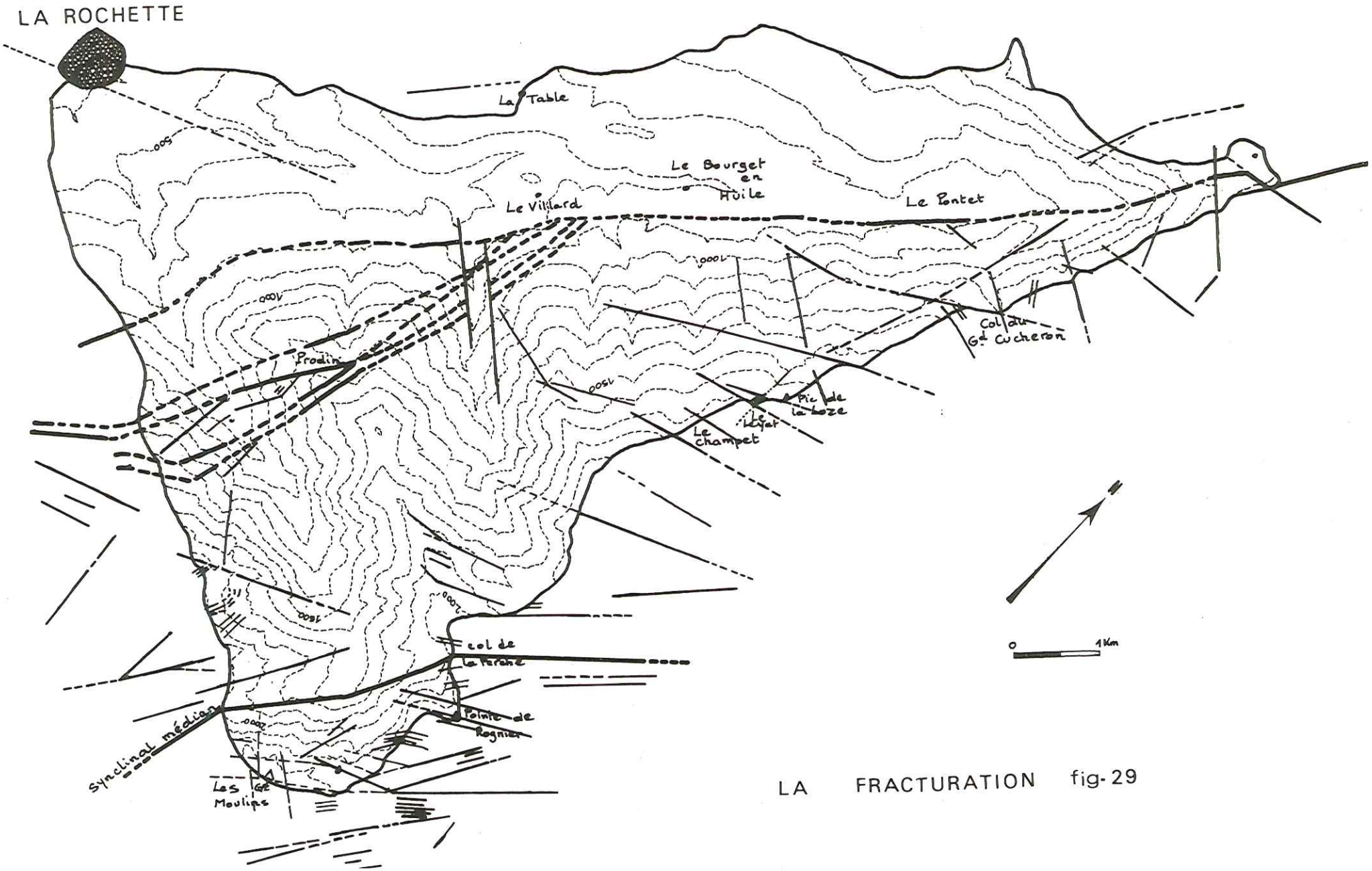
Dans les granites, les structures transverses se manifestent surtout par des accidents N50° à N70° dont le plus visible est le décrochement dextre qui décale vers l'E la Pointe de Rognier par rapport aux Grands Moulins. Peut être le synclinal médian est-il décalé à ce niveau ?
Les autres accidents sont peu importants, ils se limitent à des diaclases orientées N120° à N150° et inclinées de 40° à 45°E.

Nous ne pouvons pas négliger le rôle de drains que doivent jouer ces structures. Les venues d'eau importantes observées lors du creusement de la galerie Arc-Isère et l'assèchement des quelques sources environnantes sont la preuve de circulations importantes en profondeur.

Pour notre bassin versant, nous n'avons pas toujours la preuve de telles circulations. Les pertes devraient être minimes si l'on en juge par le résultat obtenu par le calcul du bilan, et les circulations éventuelles peuvent se faire aussi bien en direction de la vallée de la Maurienne qu'en sens inverse.

Dans les micaschistes, les strucutres sont très difficiles à mettre en évidence sur le terrain en raison de la présence des dépôts quaternaires et de la couverture végétale. L'étude des photos aériennes nous a facilité le travail.

Les fractures orientées E-NE - W-SW, se manifestent par une



LA FRACTURATION fig-29

série de décrochements dextres successifs de la chaîne des Hurtières, le Grand Leyat, le Pic de la Loze ou le col du Grand Cucheron en sont des exemples (fig.29)

De grandes failles situées au N du "synclinal médian" et parallèles à lui, affectent les micaschistes, mais leur mouvement relatif ne peut être déterminé. Elles ont probablement pour origine le chevauchement des granites sur la série cristallophyllienne.

Le deuxième réseau de fractures, est peut être plus visible dans la topographie bien que leur rejeu ne soit pas déterminé. Orientées grossièrement N140°, elles donnent pour la plupart, naissance aux talwegs qui descendent sur le flanc NW du massif des Hurtières. En fait, il s'agit plus de "zones de faiblesse" que de fractures.

Dans ces secteurs, les micaschistes ont présenté des possibilités de creusement ou d'érosion par l'eau donnant ainsi naissance aux lits des ruisseaux. Mais ces fractures sont souvent masquées par les moraines ou par les glissements de terrain sur les deux versants du massif, et l'on ne peut pas savoir si elles permettent un drainage ou non du bassin.

La schistosité, de direction N30°-50° SE, ne permet guère d'infiltration profonde et par là-même toute fuite importante vers l'extérieur du bassin versant paraît improbable.

Nous observons, en effet, que la schistosité ne permet l'infiltration de l'eau que sur quelques dm ou m de profondeur. A ce niveau, l'eau provoque l'altération des micaschistes qui se transforment en séricito-schistes, d'aspect talqueux, de couleur gris-fer. Ces niveaux deviennent alors imperméables et sujets à de nombreux glissements du fait de la mise en charge de l'eau qui déstabilise les terrains.

Nous avons pu observer ce phénomène à côte Chaboux, à 1050 m d'altitude, sur le Grande Montagne d'Arvillard.

Entre le col du Champet et le col de la Perche, une succession de petites mares situées sur la crête ont pour origine l'intersection localisée de zones fracturées, mylonitisées ou à forte schistosité, parfois effondrées de quelques mètres mais où les eaux stagnent du fait de l'étanchéité des matériaux à faible profondeur.

Le lac du Grand Leyat et le col du Petit Cucheron, ont à plus grande échelle, probablement la même origine.

3.3.3. Les sources

Nous traiterons dans le détail trois sources directement liées au granite ou aux micaschistes et qui ne sont pas influencées par la couverture quaternaire.

3.3.3.1. La source du Gargoton n°23b

Cette source sort à la faveur d'une rupture de pente, dans les éboulis granitiques qui recouvrent localement un dépôt glaciaire récent, (voir fig.30) à une altitude de 1630 m. Elle est alimentée par des eaux issues du granite situé quelques centaines de mètres plus au SE.

Son bassin versant est d'environ 3 km^2.

Les circulations d'eau se font au contact des terrains imperméables cristallins ou cristallophylliens, dans des zones à très grande perméabilité constituées par des dépôts glaciaires et des éboulis récents.

Les fractures du granite peuvent jouer le rôle de drain et ainsi constituer un apport non négligeable (voir fig. 31).

a- Les débits (voir fig. 32)

La première constation que l'on peut faire au sujet des débits, c'est leur importance. Ils peuvent atteindre 80l/s à 100l/s et par là-même, ils constituent la source la plus importante du bassin versant étudié. On remarquera ensuite leur irrégularité. Le coefficient de variabilité est de 30. Cette irrégularité n'est pas étonnante.

En hiver, les débits sont très faibles, les précipitations se font sous forme solide, la température moyenne journalière de l'air, est inférieure à 0°C. Il n'y a pratiquement pas d'alimentation.

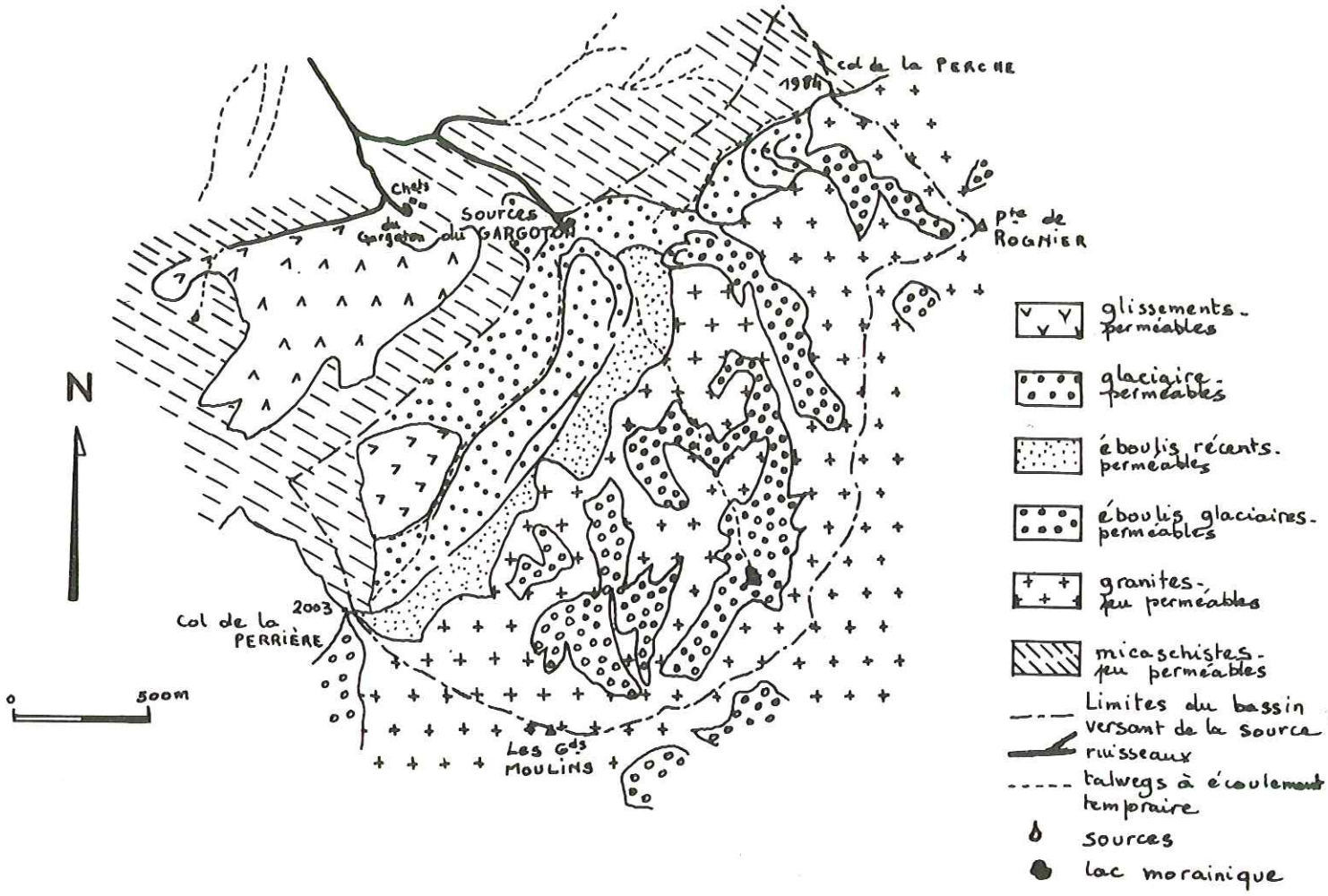
En mars et avril, les débits augmentent avec les précipitations et la température moyenne de l'air croît également, la neige commence à fondre.

En juin, les débits sont très importants. Ils correspondent à la fonte d'une grande partie du stock neigeux à laquelle viennent s'ajouter des précipitations importantes.

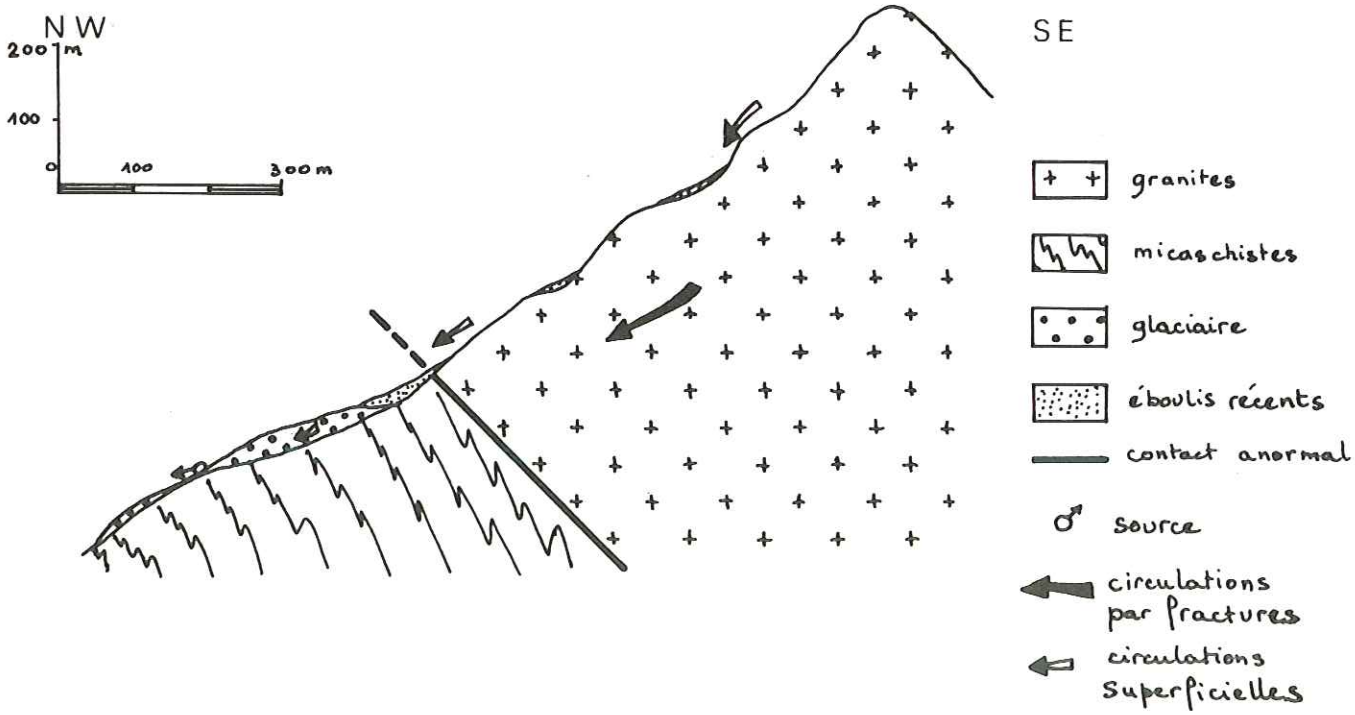
En juillet, la décrue est amorcée, mais le stock neigeux qui reste, continue à alimenter la source.

La décrue va continuer jusqu'en hiver où l'on retrouvera des débits de l'ordre de 3 l/s.

En août et septembre, alors que la neige a totalement disparu du périmètre d'alimentation, les débits restent importants. La pluviométrie et les réserves contenues dans le Quaternaire récent et dans les fissures du du granite alimenteront la source.

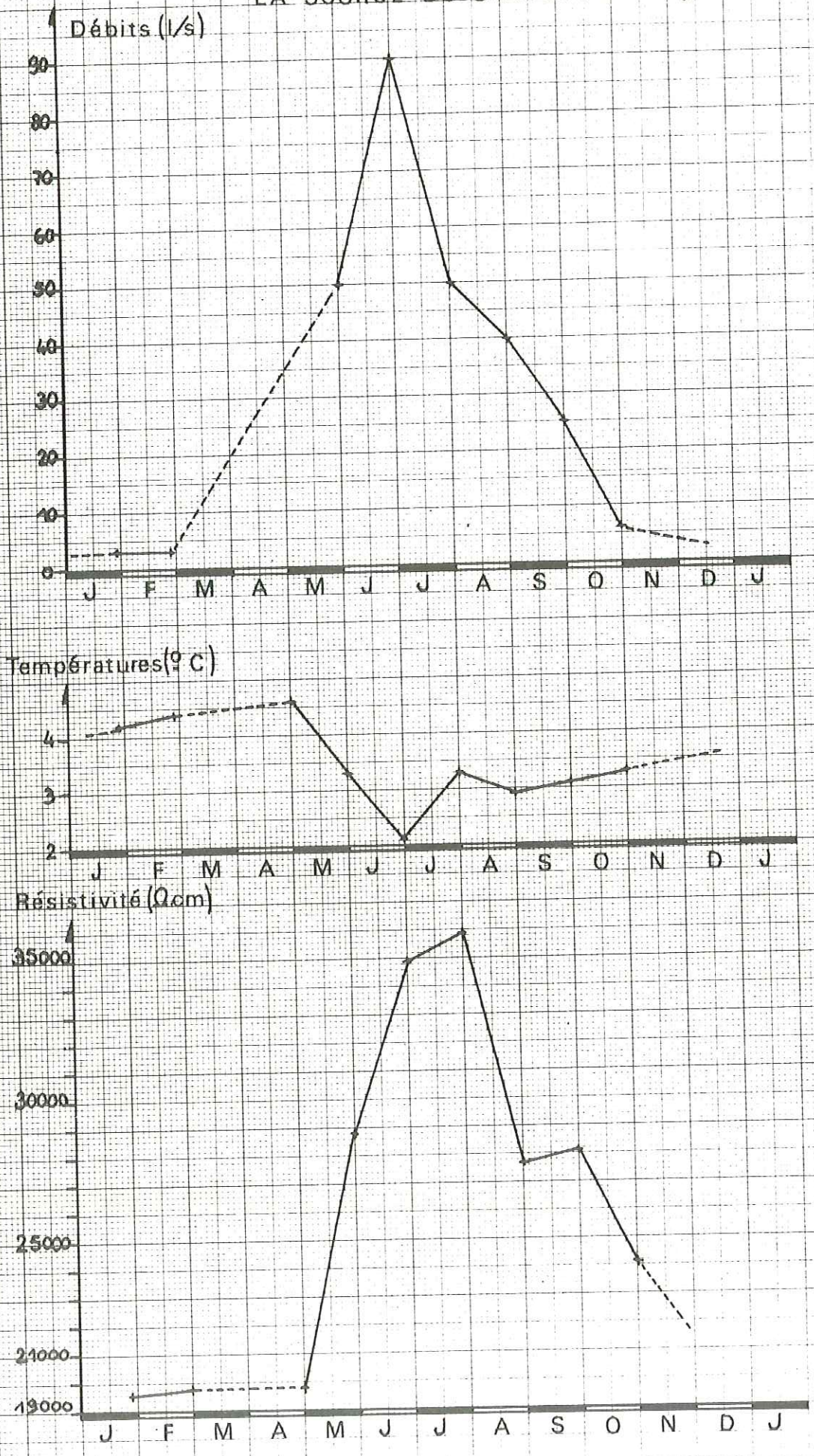


CARTE HYDROGEOLOGIQUE (sans la fracturation) Fig. 30



COUPE SCHEMATIQUE Fig. 31

LA SOURCE DU GARGOTON fig. 32



050 030486 3

b- La température (voir figure n°32)

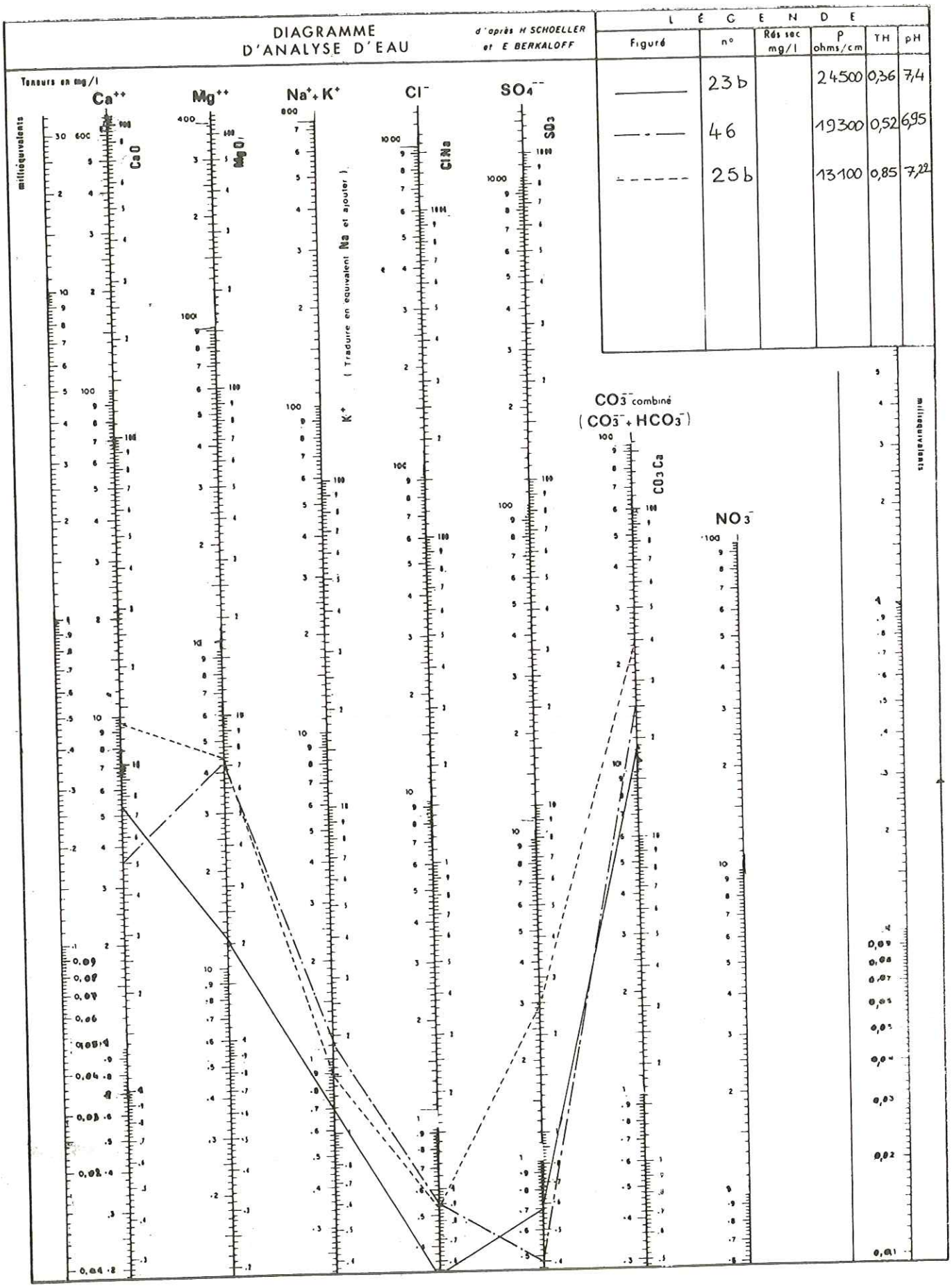
La température de l'eau est normale pour l'altitude de l'émergence et les variations ne sont pas très importantes.
En hiver, la température de l'eau oscille autour de 4°C.
La couverture neigeuse, épaisse à cette altitude, constitue une protection contre les variations thermiques de l'air. La température décroît en mai, alors que l'air "se réchauffe". Le stock neigeux commence à fondre et modifie la température qui va diminuer jusqu'à la fin du mois de juin alors que la crue est à son maximum.
La chaleur estivale provoque une nouvelle augmentation de la température de l'eau jusqu'à une courbe moyenne de 3°C.

c- la résistivité (voir figure n°32)

Les eaux circulent dans la couverture quaternaire essentiellement granitique et dans les fissures du massif des Grands Moulins. Elles ont donc une résistivité très élevée : 19 400 Ωcm.
Cette valeur augmente jusqu'à 35 000 Ωcm avec la fonte de la neige.
Quand l'influence du stock neigeux n'est plus prépondérante, la résistivité chute de nouveau vers des valeurs voisines de 21 000 Ωcm.

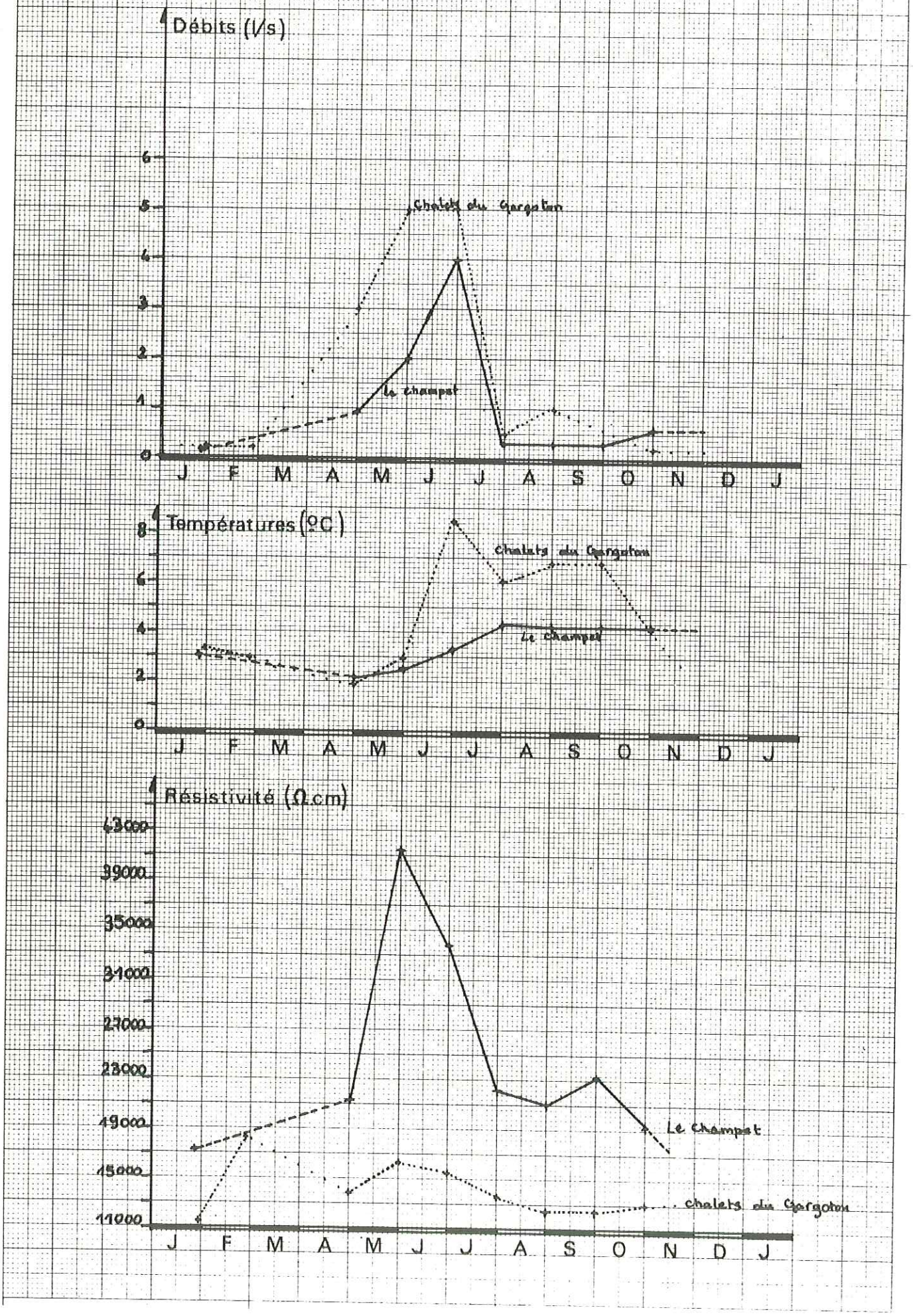
d- La composition chimique

La minéralisation est extrêment faible (voir tableau annexe et figure n°33). Le Th équivalent à 2°F durant les mois de janvier et février, diminue jusqu'à la fin du mois de juin et augmente de nouveau.
La diminution du Th correspond aux forts débits, donc à la fonte de la neige. La mise en solution des minéraux du granite est pratiquement nulle.
Les teneurs en bicarbonates varient dans le même sens que les teneurs en ions Ca^{++} et Mg^{++}.
Les chlorures sont presque inexistants.
Les sulfates (0,014 meq/l) sont probablement issus des pyrites contenues dans le granite.
Le PH varie de 7,25 à 7,65. Il n'y a pas d'influence de la végétation ; l'absence de dépôts végétaux et les faibles teneurs en CO_2 libre, en sont la cause.
Ces eaux sont bicarbonatées calciques, très peu minéralisées, leur mode d'alimentation est simple : infiltration directe des précipitations et circulation par percolation ou par failles. L'émergence est due à une rupture de pente sous un placage d'éboulis peu épais.



NOVEMBRE 1975 fig.33

LA SOURCE DU CHAMPET ET LA SOURCE DES CHALETS DU GARGOTON fig. 34



Les formules caractéristiques de la composition chimique s'écrivent :

$Ca > Mg > Na > K$
$HCO_3 > SO_4 > Cl$

3.3.3.2. La source des chalets du Gargoton n°25b

Cette source sort dans les micaschistes en rive gauche du torrent du Joudron, sur le flanc NE de la Grande Montagne d'Arvillard, à 1470 m d'altitude. Son bassin versant est d'environ 1 km^2, il est essentiellement formé de micaschistes et la source est située dans l'alignement d'une fracture EW, au pied d'un grand glissement de roches cristallophylliennes (voir fig. 30).
La couverture est quasiment inexistante.

a- Les débits (voir figure n°34)

Ils sont assez faibles (0,2 l/s) pendant la période hivernale, mais au printemps ils augmentent considérablement et atteignent 5 l/s en juin et juillet. La neige est alors à l'origine des débits.
Au début du mois d'août, le débit est faible : 0,5 l/s, seules les précipitations le feront fluctuer.
En novembre, le débit d'étiage est de nouveau atteint.

b- La température (voir figure n°34)

La température moyenne de l'eau est normale pour l'altitude du point d'émergence.
La température diminue de janvier à avril.
En mai, le manteau neigeux ayant diminué, la température de l'air, alors supérieure à celle de l'eau tend à faire augmenter cette dernière vers des valeurs dépassant 8°C.
En octobre, la température diminue de nouveau.
Ces variations, tributaires de la température atmosphérique, sont la preuve de circulations d'eau à faible profondeur.

c- La résistivité (voir figure n° 34)

Les valeurs ne sont pas très élevées pour des eaux issues de terrains cristallophylliens. Les circulations doivent se faire sur de courtes distances et à faible profondeur car les pics de la courbe correspondent

à des précipitations importantes ou à des périodes de fonte de neige.

d- La composition chimique (voir tableau annexe)

La résistivité est plus faible que celle du Gargoton, elle laisse présager une plus grande minéralisation.
Le Th varie entre les valeurs 3,25°F et 5,3°F, ce qui est tout de même très faible.
Le Th diminue pendant la crue, la dilution des constituants minéralogiques des micaschistes est moins importante.
Les teneurs en ions Ca^{++} et Mg^{++} sont voisines tout au long de l'année.
Les teneurs en bicarbonates varient dans le même sens que le Th.
Les chlorures et les sulfates sont en très faibles teneurs.
Le PH oscille entre les valeurs 7,10 et 7,6. Il y a donc très peu de CO_2 libre.

e- conclusion

Ces eaux issues d'une zone glissée, probablement peu épaisse, circulent à faible profondeur comme le montrent les variations de la température.
Elles sont peu minéralisées, bicarbonatées calciques et magnésiennes. La source 13b, au SE du Molliet, s'apparente à cette source.
Les formules caractéristiques sont les suivantes :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

3.3.3.3. La source du Champet n°46

Située à 30 m en dessous de la crête du massif des Hurtières, à l'W du col du Champet, la source prend naissance dans les micaschistes de la série satinée. Le bassin d'alimentation est extrêmement réduit et il est probable que ces eaux soient liées à la fracturation qui affecte la crête à cet endroit.

a- les débits (voir figure n°34)

Ils sont soit moyens, soit faibles. Le coefficient de variabilité est de 15.
L'influence de la fonte du stock neigeux, se manifeste par une augmentation progressive des débits lors de la crue de printemps et ceci jusqu'à la fin juin.

En août et septembre, les débits sont faibles, la source est alimentée par les précipitations et partiellement par la fracturation sous-jacente.

b- La température

La température moyenne de l'eau est normale pour l'altitude du point d'émergence (1670 m).
Les variations sont faibles et surtout dues aux variations thermiques saisonnières de l'air, ce qui dénote une circulation peu profonde.
En hiver, les températures sont basses : inférieures à 3°C.
Puis la température augmente et se stabilise en août vers 4,3°C, quand le débit est faible (voir fig. 34).

c- La résistivité

Elle est très élevée et presque toujours supérieure à 20 000 Ω cm.
Le maximum est atteint lors de la crue de printemps : 41 400 Ω cm. On peut dire, sur la foi de ces valeurs, qu'à cette période de l'année l'eau de la source n'est due qu'à la fonte de la neige à proximité. La mise en solution des constituants de la roche est nulle (fig. 34).
La décrue se manifeste par une augmentation des valeurs de résistivité qui tendent vers 21 000 Ω cm.
Cette source a la particularité d'avoir les valeurs les plus élevées du bassin versant.

d- La constitution chimique

Le tableau annexe révèle des teneurs très faibles.
Le Th ne dépasse pas 2,9°F, il varie au cours de l'année et atteint la valeur 1,2°F au mois de juin.
Les teneurs en ions Ca^{++} et Mg^{++} diminuent quand les débits augmentent, car l'eau provient surtout de la fonte des neiges donc les sels sont moins solubles à froid.
Le rapport $\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$ augmente pendant la crue de printemps et diminue depuis le mois d'août vers des valeurs proches de celles de janvier.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$	0,3	-	-	0.55	0.8	1.2	1.3	1	0.7	-	0.4	-

Cet apport de calcium provient probablement de la dissolution du filon de sidérite situé au N de l'émergence.

Les teneurs en bicarbonates sont faibles.
Les sulfates sont presque inexistants (0.01 méq/l).
Les chlorures proviennent des précipitations.
Le Ph passe de la valeur 6,45 à 7,08 au cours de l'année.
Ces eaux sont plus acides que les eaux des sources précédentes. La végétation est peut-être à l'origine de cette "acidité". Il y a du CO_2 libre.

e- conclusion

Les conditions d'alimentation sont simples : infiltration directe des précipitations dans une couche d'altération superficielle, la circulation se faisant par percolation ou par faille.
L'émergence est due à un surcreusement glaciaire situé au pied du col du Champet.
Ces eaux sont bicarbonatées calciques et magnésiennes, avec une tendance aux eaux bicarbonatées magnésiennes durant plusieurs mois.
Les formules chimiques caractérisitques sont les suivantes :

$Ca > Mg > Na > K$ ou
$Mg > Ca > Na > K$

$HCO_3 > Cl > SO_4$

3.4. LE HOUILLER

3.4.1. Localisation et description

Après avoir étudié le socle hercynien cristallin et cristallophyllien, la description géologique nous conduit à parler de la série paléozoïque non métamorphique, c'est-à-dire des synclinaux houillers qui lardent partiellement le socle cristallophyllien.
Les anciennes cartes au 1/80 000 mentionnent quelques travaux d'exploitation.
L'étude géologique nécessaire pour notre travail nous a permis de mettre en évidence de nouveaux affleurements.
Ainsi : en rive gauche du Joudron, à 1350 m d'altitude, sur la Grande Montagne d'Arvillard, le tracé de la nouvelle route qui conduit au stade de neige de Val Pelouse, met à jour un affleurement de Houiller de 250 m environ. Il s'agit d'un conglomérat formé de galets pouvant atteindre plusieurs centimètres et de bancs gréseux décimétriques. Les galets sont constitués de micaschistes de la série satinée, de quartz et de gneiss

PHOTO N° 4

dont nous ignorons la provenance (peut-être de la série verte).
Remarquons que le granite ou les migmatites sont absents de ce conglomérat.
Cet affleurement particulièrement broyé en raison de la proximité des fractures situées un peu plus à l'E, présente une zone d'instabilité dangereuse pour la route, surtout lors de pluies violentes qui lessivent le terrain en entrainant les particules fines contenues dans les diaclases.
Cet affleurement conglomératique se poursuit en direction du NE jusqu'au Villard de la Table où il est sectionné par le Trias. Nous ne le retrouvons pas sur la rive droite du Gelon. Le conglomérat est daté du Wesphallien D - Stéphanien A.
Au S du Prodin, aux Ramiettes, le Houiller se présente sous forme de schistes et grès à anthracite exploités au début du siècle précédent. L'âge probable de cette série serait Stéphanien inférieur d'après le flore recueillie et déterminée par J. SARROT-REYNAULD.

3.4.2. La tectonique

Comme il a été mentionné précédemment, le Houiller est très fracturé, mais il n'a pas acquis la schistosité de la série satinée. Les galets de conglomérat montrent une schistosité de direction différente pour chacun d'eux, ce qui permet de confirmer qu'elle est d'âge anté-Houiller. Le dépôt discordant de ces formations carbonifères s'est probablement effectué dans des fossés, pincés ensuite en synclinaux durant la phase saalienne. La profondeur de ces synclinaux n'est pas déterminable, mais il est probable qu'elle est assez grande, la morphologie ancienne des massifs cristallophylliens étant certainement très découpée.
Après cette première phase tectonique, les dépôts houillers ont subi une nouvelle phase tectonique qui affecte alors le Trias et le Jurassique.
C'est pourquoi nous trouvons quelquefois, associés au Trias, des conglomérats houillers comme c'est le cas dans le ruisseau du Chapelet au NE de Prodin.
La fracturation générale de ces dépôts houillers est N30°-40°E.

3.4.3. Les sources

L'importance du recouvrement quaternaire et l'étroitesse des affleurements peu nombreux n'ont pas permis d'identifier de sources directement liées à cette série.
Il est possible d'imaginer que le comportement de ces roches, vis-à-vis

de l'écoulement de l'eau, est le même que dans le cas des micaschistes, le Houiller étant certainement imperméable.

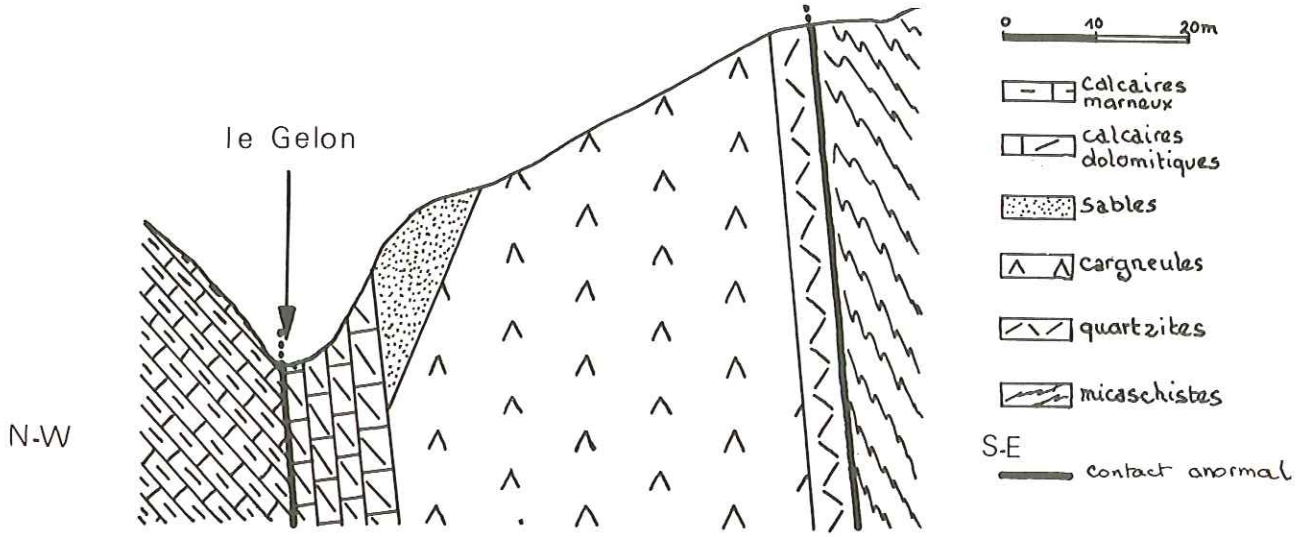
3.5. LE TRIAS

3.5.1. Localisation et description

Succédant stratigraphiquement aux formations houillères, nous trouvons la série triasique. Les affleurements sont peu étendus mais se répartissent régulièrement parallèlement au torrent du Gelon. Au niveau du Villard de la Table, le Trias se divise en deux bandes : l'une orientée vers le SW, l'autre vers le S.
C'est à Pierre LORY que l'on doit la distinction au sein du Trias entre un "tégument", qui comprend sa partie basale gréseuse ou calcaire, et le Trias fluide essentiellement gypseux, responsable d'après cet auteur, des décollements de la couverture auprès de laquelle il aurait joué le rôle de "lubrifiant tectonique".
A l'extrême NE du secteur, à l'E du Fort de Montgilbert, le Trias affleure sous forme de bancs subverticaux de dolomies gris-bleues en cassure, à patine rousse.

PHOTO N° 5

Les bancs épais de 40 cm sont séparés par des interbancs de 10 à 15 cm de schistes grisâtres, très étirés. Ils contiennent de nombreux cristaux de pyrite (Fes). Le lessivage de ces pyrites donne en présence d'eau, des sulfates laissant un dépôt blanchâtre sur les schistes.
Dans le torrent du Gelon, une galerie de mine décrite par B. CABROL (1967), permet de voir la coupe suivante :

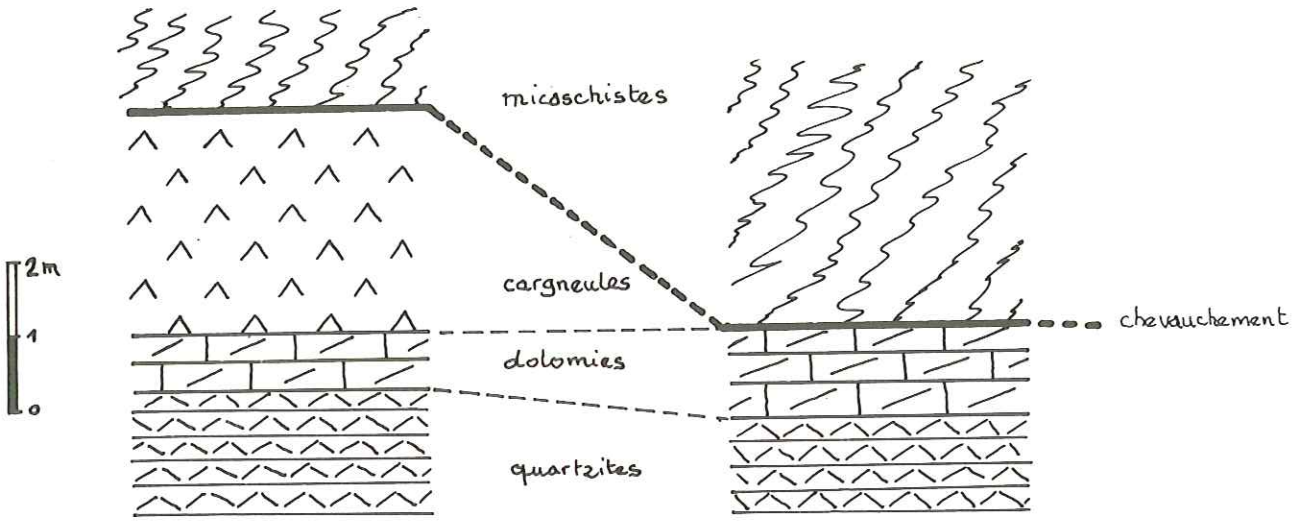


Coupe schématique d une galerie à l'E des Mouches. fig.35

- contact Lias-Trias dans le ruisseau
- des bancs de calcaires dolomitiques cargneules dirigés N 53° - 80°E sur une épaisseur de 10 m environ.
- des sables et argilites jaunes
- 40 m, de brèches à éléments de calcaires dolomitiques
- des quartzites blancs, fins, en plaquettes
- les micaschistes du socle chevauchants.

Au niveau du Bourget-en-Huile et du Pontet, sur le bord des larges dépressions marécageuses, le Trias se présente sous forme de cargneules qui sont le résultat de la dissolution des carbonates des dolomies. Des entonnoirs d'effondrement témoignent d'une dissolution intense du gypse en profondeur.
En rive gauche du Gelon, au S du Amiers, l'érosion du torrent a dégagé

une coupe cachée sous la végétation.
A la base on trouve des quartzites feuilletés semblables à ceux des zones intra-alpines ; au dessus, des dolomies sont surmontées par des cargneules. Le pendage de cet ensemble est très faible. (voir fig. 36).
La coupe suivante se retrouve au SE du Bourget-en-Huile, à l'E du Salvet où les quartzites écrasés sont surmontés par des calcaires dolomitiques. (voir fig. 36)



Représentation schématique du TRIAS en rive gauche du Gelon :
au Pontet à l'E du Salvet

fig.36

Plus au S, au niveau des Landes, le gypse a été exploité ; un seul échantillon a été trouvé dans le torrent des Fruitiers.
Dans le torrent du Chapelet, le gypse apparaît au point 1090 m en éléments décimétriques de couleur rose pâle. Mais, on ne peut affirmer qu'il soit en place, bien que son transport dans la moraine ne puisse se faire sans destruction que sur de courtes distances.
A Prodin, on ne relève que des cargneules, lesquelles sont en contact direct avec le "synclinal houiller" des Ramiettes.

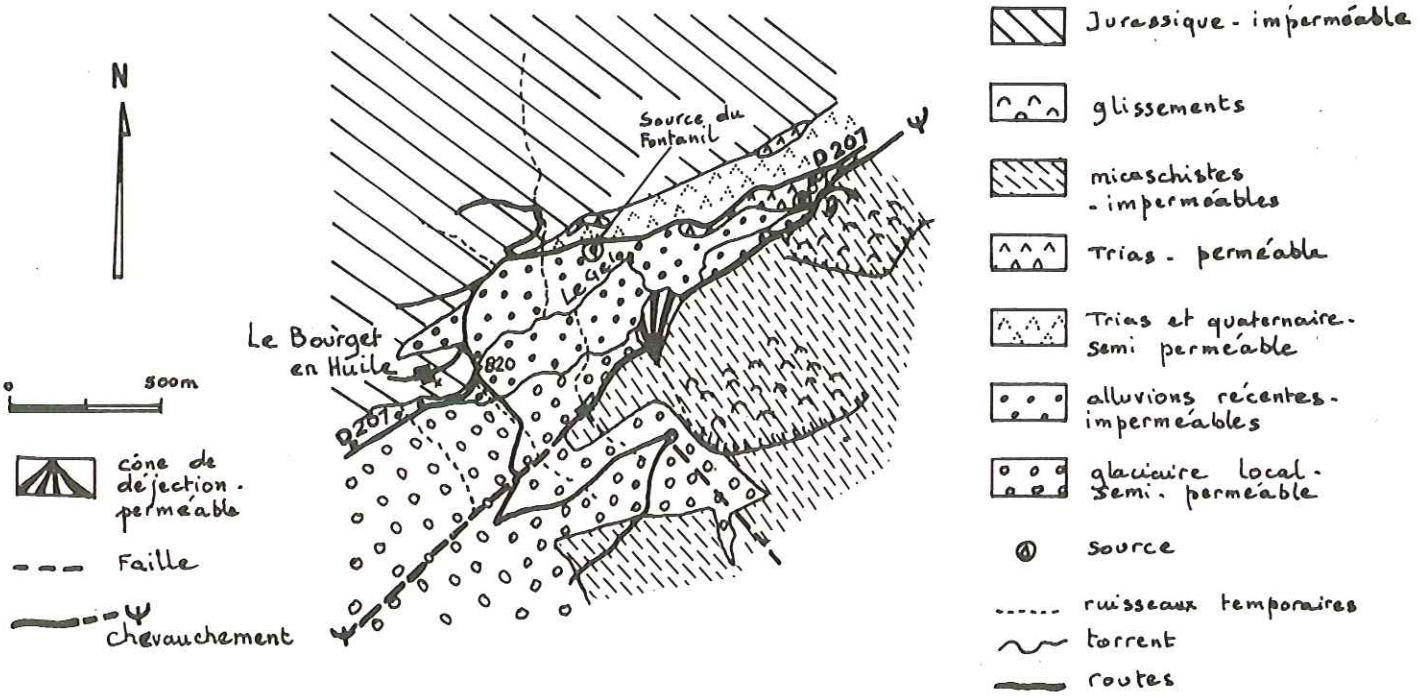
3.5.2. La tectonique

Comme nous l'avons déjà indiqué, le Trias se manifeste par une série d'affleurements, au contact des micaschistes, sensiblement alignés selon une direction parallèle au torrent du Gelon, c'est-à-dire NE-SW. Au Villard de la Table, d'autres affleurements "bifurquent" vers le S, si bien

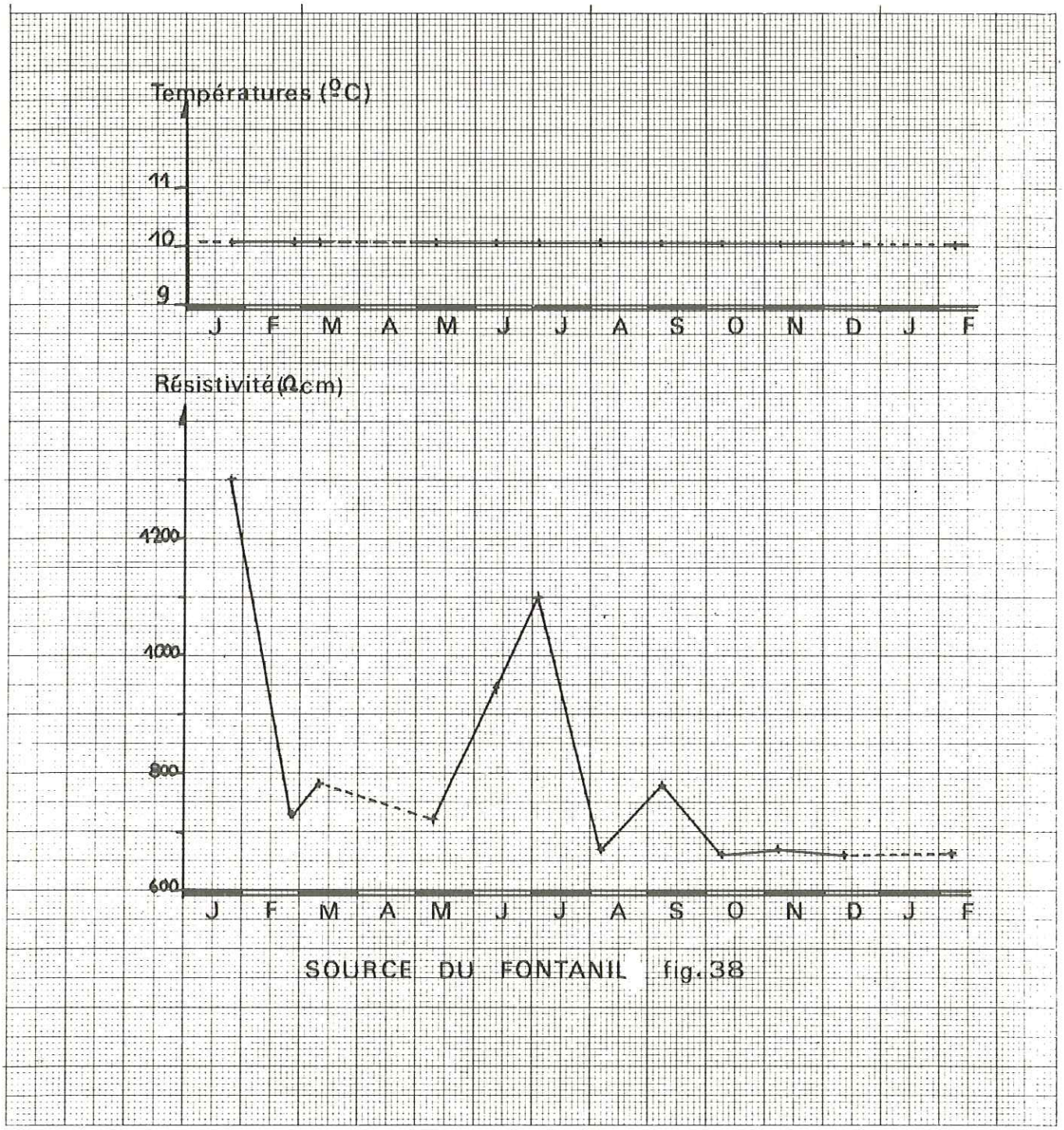
que cette série se trouve en contact avec les micaschistes, le Houiller et les terrains jurassiques.
Dans la forêt de Montgilbert, les bancs dolomitiques sont pentés 80°SE.
La coupe située en rive gauche du Gelon, au S du Amiers, dans la commune du Pontet, montre une série stratigraphique normale puisque l'on a à la base des quartzites surmontés de dolomies et de cargneules. Le pendage très faible vers le SE, fait enfoncer le Trias sous le versant de micaschistes de la série satinée. Cet affleurement représente donc la couverture d'une zone cristalline abaissée par rapport aux micaschistes de la crête des Hurtières, qui chevauche cette couverture sédimentaire à valeur d'écaille.
Plus au SW, au Salvet, dans la commune du Bourget-en-Huile, les micaschistes chevauchent horizontalement le Trias voire même avec une léger pendage vers l'W.
Un relevé de B. CABROL (1967), dans la mine du Molliet en rive gauche du Joudron, mentionne un contact 50°W-NW. Donc, du S vers le N, l'évolution progressive du chevauchement du socle cristallin sur le Trias et le Lias, qui acquiert peu à peu un pendage vers le SE, permet d'envisager l'hypothèse d'un mouvement post-liasique, probablement d'âge alpin. Il est vraisemblable que cet accident ait déjà existé à l'époque hercynienne dans le cadre d'une structure en horst et graben dont font partie les accidents longitudinaux précédemment décrits.
La branche S du Trias est formée essentiellement de cargneules (Prodin), et de brèches dolomitiques (mines de Laurensaint).
Un affleurement de tufs avec des éléments dolomitiques et de la calcite en "dents de cochon" se trouve à l'W du Houiller, sur la Grande Montagne d'Arvillard. Il provient probablement d'un dépôt triasique lessivé à quelques centaines de mètres de là. La légère stratification horizontale que l'on devine prouve l'origine relativement récente de ce dépôt.
Entre les deux lambeaux triasiques, la série satinée apparaît, et limite deux grabens dans lesquels le Houiller et le Trias se sont déposés. Des décrochements postérieurs aux dépôts et probablement dextres, ont provoqué l'écaillage du Trias.

3.5.3. Les sources

Le rôle joué par le Trias dans l'hydrogéologie du bassin versant est considérable. Sa perméabilité en grand, tant en ce qui concerne les



CARTE HYDROGEOLOGIQUE fig. 37



SOURCE DU FONTANIL fig. 38

gypses que les cargneules, permet de supposer qu'une grande partie des réserves calculées dans le chapitre "Hydrogéologie" se trouve concentrée dans ce réservoir. Sa position géographique, dans l'axe du Gelon, entre deux zones imperméables à l'E et à l'W, facilite le drainage des eaux.

3.5.3.1. La source du Fontanil n°58

Elle sort dans le marais de la commune du Bourget-en-Huile, en aval de la route D 207, sur la rive droite du Gelon à l'altitude de 824 m. (voir figure n° 37)
Ce dépôt glacio-lacustre est barré à l'aval par un verrou probablement liasique.
Au N de l'émergence, des affleurements de cargneules prouvent l'existence de Trias dans la zone d'alimentation de la source.

a- Les débits

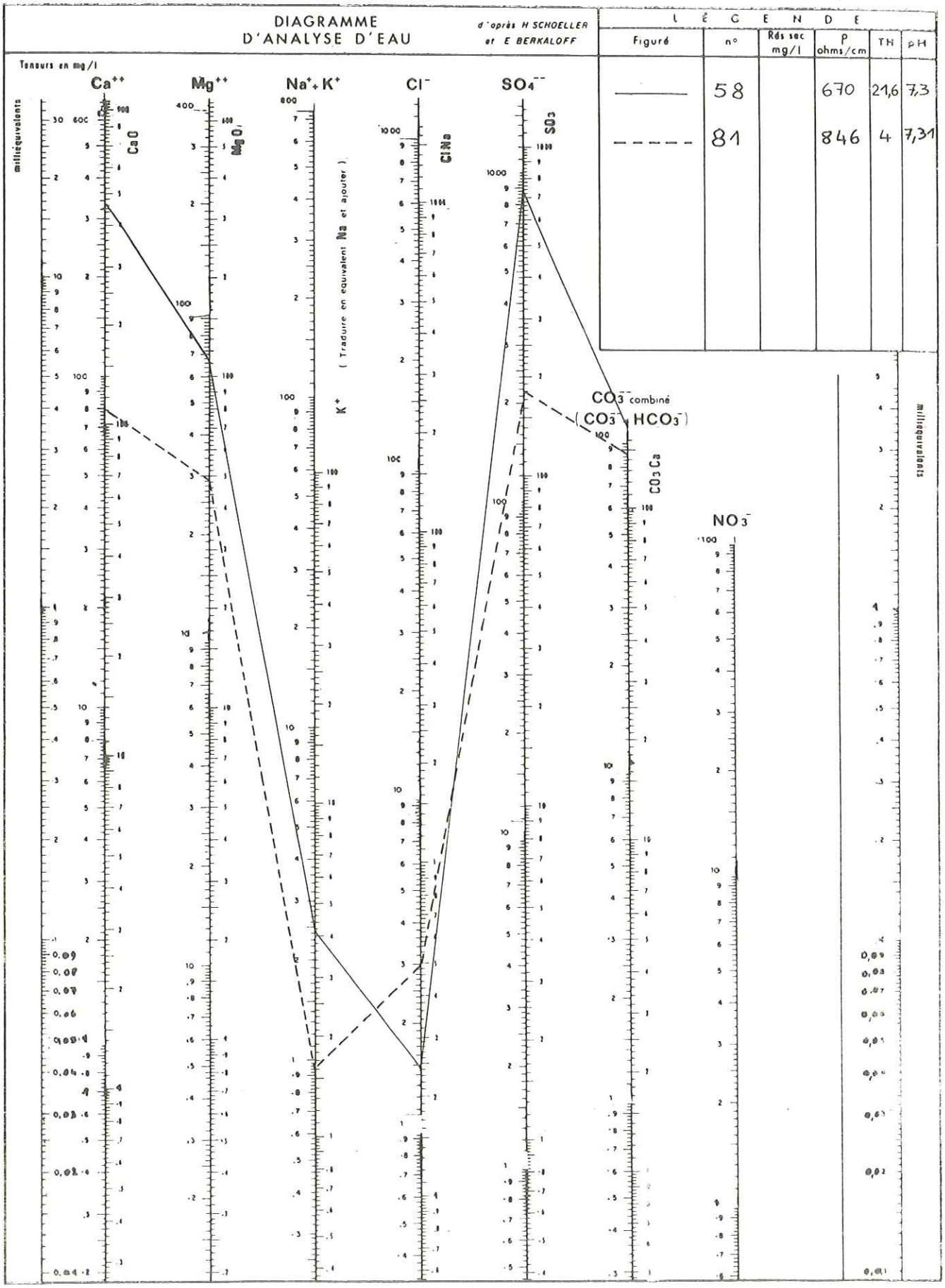
Nous ne pouvons donner qu'une valeur approximative des débits, car l'eau sort de façon diffuse au milieu de graviers. L'estimation faite, indique une valeur moyenne de 0,5 l/s.

b- La température

Elle est constante toute l'année et égale à 10°05C.
Quelles que soient les variations thermiques de l'air (voir fig.38), comme elle demeure toujours supérieure à la température moyenne de l'air, évaluée à 7°,9C au Bourget-en-Huile, elle témoigne d'une circulation en profondeur.

c- La résistivité (voir figure n°38)

Ce sont les valeurs les plus basses enregistrées sur le bassin versant ; elles sont souvent inférieures à 800 Ω cm
Elles témoignent d'une très forte minéralisation.
En janvier, la neige modifie la valeur de résistivité, qui augmente jusqu'à 1300 Ω cm.
Puis le manteau neigeux disparaît et la résistivité chute brutalement vers des valeurs proches de 700 Ω cm.
En juin, la résistivité augmente probablement à cause de la fonte de la neige sur les sommets du massif des Hurtières.
Ainsi la mesure de résistivité permet de préciser les conditions d'alimentation de la source.
En septembre, le pic correspond à des pluies tombées au début du mois.



LÉGENDE					
Figuré	n°	Rés sec mg/l	ρ ohms/cm	TH	pH
———	58		670	21,6	7,3
- - - - -	81		846	4	7,31

NOVEMBRE 1975 fig.39

d- La composition chimique

La minéralisation est très élevée, le Th est proche de 110° F. Très faible de janvier à juillet, la minéralisation prend des valeurs plus fortes au mois d'août, quand l'apport extérieur des précipitations est moindre.

Les variations maxima restent cependant très faibles.

Les teneurs en ions Ca^{++} sont toujours supérieures à celles en ions Mg^{++} et le rapport $\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$ varie au cours de l'année.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	F
$\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$	1	2.8	2.17	-	2.4	2.3	2.3	5.7	2	3.4	3	3	3

Ces deux ions proviennent du lessivage des dolomies, mais la variation annuelle du rapport indique que les ions Mg^{++} proviennent aussi des minéraux argileux. En effet, quand le sol est recouvert de neige, le rapport $\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$ tend vers 1 ou 2. Quand il n'y a plus de percolation dans les niveaux argileux du dépôt glacio-lacustre, le rapport croît considérablement : au mois d'août $\frac{r\ Ca}{r\ Mg} = 5.7$

Les gros orages de septembre, sont marqués par une augmentation des valeurs de Mg par rapport aux valeurs de Ca.

Les teneurs en bicarbonates sont élevées. Elles ont pour origine le lessivage des dolomies qui se transforment en cargneules. Ces dernières apparaissent à la surface, dans la formation des cônes d'effondrement.

La teneur en sulfates est très importante 19 méq/l (880 mg/l).

Ceux-ci proviennent du lessivage des gypses situés en profondeur.

Le PH est de 7,3, car la teneur est élevée et le CO_2 est fixé par les calcaires.

e- conclusion

Les conditions d'alimentation et d'émergence sont nombreuses. (voir figure n° 40A)

- La source occupe une position privilégiée pour recueillir les eaux de ruissellement. Elle est placée dans un point bas entre deux versants imperméables.

  . au SE : le massif des Hurtières, essentiellement micaschisteux, partiellement recouvert de paquets glissés.

  . au NW : le versant liasique, sur lequel les dépots quaternaires sont concentrés dans les sillons.

- L'infiltration au niveau des zones perméables se fait par percolation ou par chenaux.

Il ne semble pas que ce soit le versant de la rive droite qui alimente

A

NW

SE

Le Gelon

F

?

200 m

100

0

500m

micaschistes

Lias calcaire

cargneules

glacio-lacustre

Aalénien

glaciaire
cône de déjection

glissements

zone de redoublement de la série jurassique

ruissellement

infiltration

source

B

NW

Source du Fontanil

Le Gelon

F

SE

30 m

0

100m environ

cargneules

argiles

micaschistes

graviers

CONDITIONS D'ALIMENTATION ET D'EMERGENCE fig. 40

A : coupe générale

B : détail

principalement cette source, car sa crête ne culmine qu'à 250 m au dessus du point d'émergence.
Le versant de la chaîne des Hurtières, lessivé par les eaux traversant le massif cristallin, donnerait lui, des teneurs moins élevées en sels dissous.
L'explication des caractéristiques de la source du Fontanil, serait alors une circulation prolongée et en profondeur dans des terrains gypseux situés sous les cargneules, ce qui impliquerait une grande minéralisation de l'eau et une température relativement élevée.
Le Trias atteint au niveau du Pontet et du Bourget-en-Huile probablement 500 m de profondeur (B. CABROL-1967) ; il y aurait là, une nappe importante alimentée par les versants et partiellement par le torrent du Gelon, qui coule de façon diffuse dans les marais au SE du Blanchet. Cette nappe serait barrée par le verrou glaciaire du Bourget-en-Huile, et également par une remontée du substratum quelques dizaines de mètres plus à l'aval de l'émergence.
La mise en charge de la nappe se fait en raison de la différence de perméabilité que présente le remplissage argileux du marais par rapport aux cargneules. Son exutoire se situe dans un point bas, dans un niveau de graviers qui affleure en l'absence de dépôt argileux.(voir fig. 40B)
L'explication de la température constante et égale à 10°05C par l'effet d'une réaction exothermique, est à rejeter.
Les sulfures, tels que FeS, ne sont pas assez abondants dans le Trias de la vallée du Haut-Gelon, pour permettre une telle réaction.
L'eau est donc sulfatée calcique et magnésienne.
Les formules caractéristiques des eaux déduites des analyses chimiques, sont les suivantes :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$SO_4 > HCO_3 > Cl$$

3.5.3.2. La source du Bourget-en-Huile n°81

Cette source sort également des terrains triasiques, dans le marais du Bourget-en-Huile à 830 m d'altitude, au S des Amiers, en rive droite du Gelon (voir fig. 37).
Nous ne possèdons qu'une série de mesures, mais elle nous donne de bonnes indications.

a- Les débits

L'eau sort de façon très diffuse sur plusieurs mètres-carrés dans une zone gravillonneuse et argileuse qui vient buter contre les cargneules du Trias et il est très difficile de donner une valeur, sinon que le débit semble être inférieur à 0,5 l/s.

b- La température

Le jour du prélèvement, elle était de 10°5C soit légèrement supérieure à celle de la source du Fontanil ; s'agit-il de l'influence de la température atmosphérique ou d'une circulation plus profonde des eaux ?

c- La résistivité

Elle est voisine de celle que l'on observe dans les eaux circulant plus à l'aval dans le Trias ; elle indique une minéralisation élevée.

d- La composition chimique

La minéralisation globale est un peu inférieure à celle mesurée à la source précédente.
Le Th est de 4 meq/l et les teneurs en ions Ca^{++} sont toujours supérieures à celles en ions Mg^{++}.
Les chlorures sont abondants ; ils sont probablement l'indice d'une pollution provoquée par l'écoulement d'eaux usées dans un ruisseau situé à l'amont de l'émergence.
Les sulfates sont les anions prédominants. Ils proviennent certainement de la dissolution des gypses en profondeur.
La teneur en bicarbonates indique une dissolution importante des dolomies qui se transforment en cargneules.
Le PH est de 7.35 en raison de la fixation du CO_2 par les calcaires.

e- conclusion

Les conditions d'alimentation et d'émergence sont identiques à celles observées à la source du Fontanil.
L'eau sort dans un point bas, au contact des cargneules et d'un niveau de graviers situé dans les argiles de couverture.
L'alimentation se fait par ruissellement sur les versants et par percolation au travers des dépôts glacio-lacustres et des cargneules.
La proximité des micaschistes par rapport au point d'émergence explique la plus faible minéralisation.

L'eau parcourt une distance réduite dans les terrains triasiques.
Cette eau est donc sulfatée calcique et magnésienne.
Les formules caractéristiques s'écrivent :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$SO_4 > HCO_3 > Cl$$

3. 6. LE JURASSIQUE INFERIEUR ET MOYEN

La rive droite du Gelon est essentiellement occupée par des formations jurassiques, à l'W du Verneil, celles-ci franchissent le torrent en direction du Molliet.
L'étude stratigraphique de ces terrains de couverture est difficile.
La tectonique intense, la schistosité très développée, l'absence de fossiles, les variations lithologiques progressives sont autant de facteurs qui obligent à utiliser la chronostratigraphie avec une certaine souplesse et certaines réserves.
Les collines qui bordent à l'W la chaîne de Belledonne sont nommées depuis le début du XIX siècle, par les géologues alpins : collines liasiques ; il a fallu attendre L. PILLET en 1872 pour que soit signalée la présence d'une forme "bajocienne" sur la montagne de La Table en NE de La Rochette. Ces collines sont désormais dénommées collines bordières.
Les observations qui vont suivre seront faites selon l'ordre stratigraphique.

3.6.1. Localisation et description

L'étude stratigraphique en vue de la réalisation de la feuille géologique La Rochette au 1/50 000 entreprise par JC. BARFETY et al. (1974), et la cartographie détaillée de la série liasique faite par le même auteur ont permis de déterminer les ensembles suivants :

- Le Bajocien - L'Aalénien	DOGGER

- Le Toarcien - Le Domérien - Le Lias calcaire	LIAS

Nous décrirons chaque formation et donnerons sa localisation.

3.6.1.1. Le Lias calcaire

Nous groupons sous ce terme le Lias inférieur qui comprend les étages Hettangien, Sinémurien, Carixien (ou Pliensbachien), très carbonatés que nous ne sommes pas parvenus à différencier. Dans le bassin versant étudié, le Lias calcaire est relativement réduit si l'on en juge par le petit nombre d'affleurements. Cependant, il apparaît à l'E et au NE de La Provenchère où une coupe a pu être faite sur quelques mètres d'épaisseur.

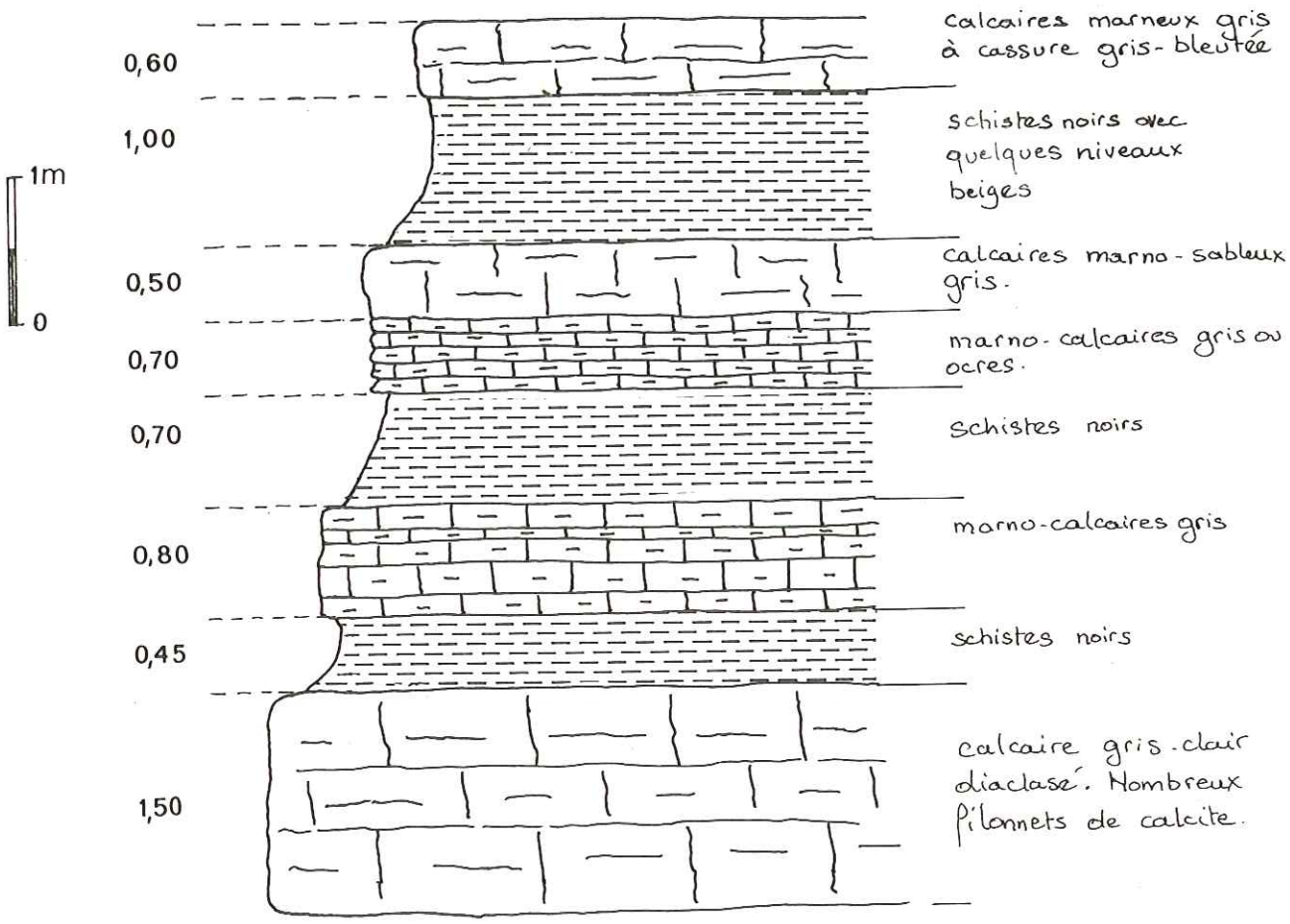
Des bancs décimétriques à patine rose, à cassure gris-clair comprenant quelques éléments détritiques, alternent avec des bancs plus minces, sombres en cassure, soulignés par une schistosité millimétrique parallèle au pendage des couches. Des passées argilo-sableuses rougeâtres, de 2 cm environ, sont l'indice d'une circulation d'eau locale entre les bancs.
Dans le lit du Gelon, au N du Verneil, le Lias calcaire est en contact direct avec l'Aalénien. Il comprend des calcaires marneux compacts à pâte fine, alternant avec des passées schisteuses noires. Son épaisseur ne peut être déterminée mais doit atteindre 200 m ou 250 m.

3.6.1.2. Le Domérien et le Toarcien

Les affleurements sont pratiquement inexistants. Seul un affleurement à l'W des Granges (commune du Pontet), est visible sur le terrain. Il est assez difficile à distinguer du Lias calcaire.
Ces deux étages marno-calcaires se présentent sous forme de marnes tendres, feuilletées, d'aspect roussâtre, dans lesquelles s'intercalent quelques rares bancs plus calcaires de 20 cm environ.

3.6.1.3. L'Aalénien

Assez visible dans le secteur étudié, cette formation est la plus facile à identifier de la série mésozoïque. Elle est constituée de schistes argilo-siliceux brunâtres contenant des intercalations de lits centimétriques ferrugineux et siliceux, se débitant en nodules. Les schistes bruns-roux sont caractéristiques de cette formation qui ne fait pas effervescence à l'acide. La cassure est gris-clair avec de nombreuses traces



Coupe relevée au NW des Mouches Point coté 1114

fig. 41

d'oxydation due aux nodules pyriteux centimétriques contenus dans la formation. Bien visible à l'E de Etable, l'Aalénien ceint la base du plateau de la Table et se prolonge jusqu'au Pontet. Vers le SW du bassin versant, cette formation disparaît au niveau de Preslette et de Calvin sous la couverture quaternaire ; son épaisseur est d'environ 50 m.

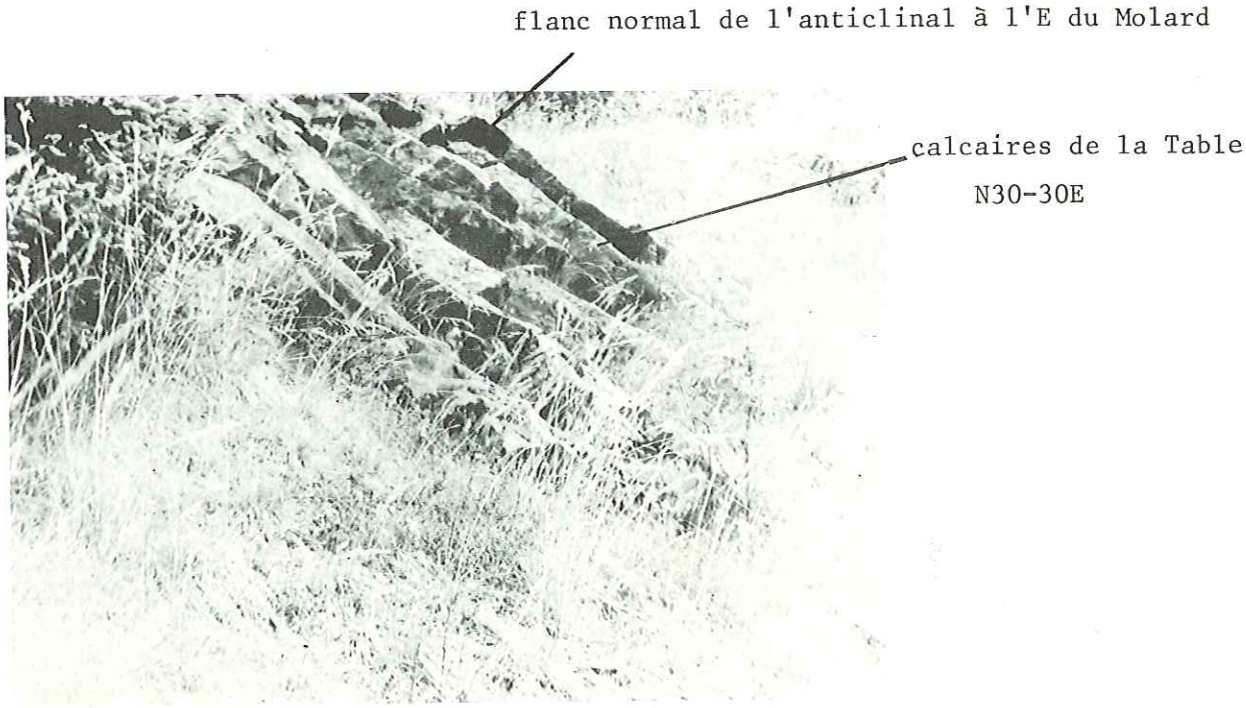
3.6.1.4. Le Bajocien

Les affleurements sont très importants, ils occupent presque toute la partie W et NW du bassin étudié. L'épaisseur du Bajocien est difficilement chiffrable en raison de redoublements, comme nous le verrons dans le paragraphe tectonique, cependant nous pouvons l'évaluer à plusieurs centaines de mètres.
Il s'agit d'une alternance irrégulière de schistes noirs épais de plusieurs centimètres à 2 ou 3 mètres, et de bancs de calcaire marno-sableux décimétriques à patine grise, noirs en cassure. La roche se débite en dalles. (voir fig. 41)
Les calcaires bajociens ont naguère été exploités au SW de la Table où l'on a signalé l'existence d'un minéral papyracé contenu dans les diaclases appartenant à la famille des palygorskites et dénommé "Allevardite".

3.6.2. La tectonique

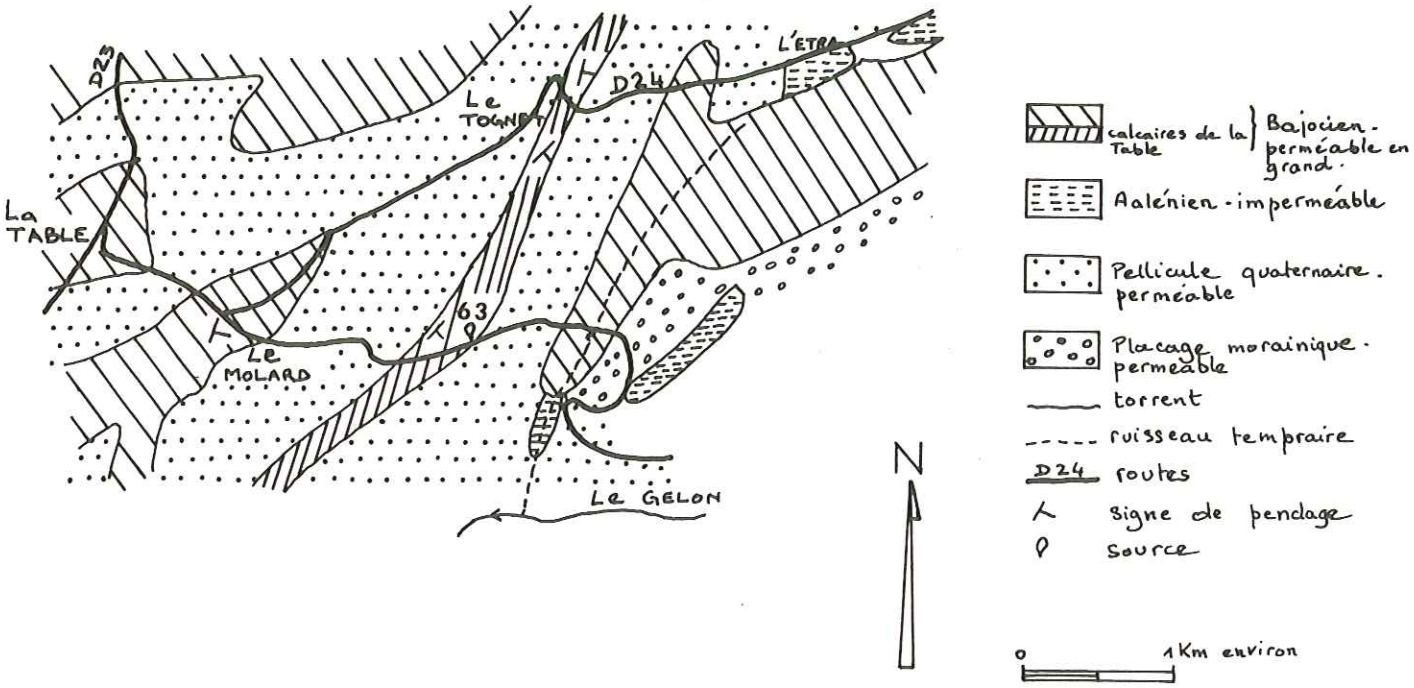
Comme le reste du bassin versant, les séries jurassiques ont subi les différentes phases tectoniques donnant naissance à de nombreuses fractures longitudinales, parallèles à la chaîne de Belledonne, à une schistosité intense et à des plis dont la complexité ne permet pas une étude structurale aisée.
Ces formations sont affectées de plis isoclinaux déversés vers le NW.
La schistosité est de plan axial et liée à la formation des plis postérieurement déjetés vers le NW.
Le plateau de la Table, d'allure synclinale, est le flanc normal d'un vaste anticlinal déversé vers le NW et dont la charnière érodée se situerait au-dessus de la Montagne de Montraillant.

PHOTO N° 6



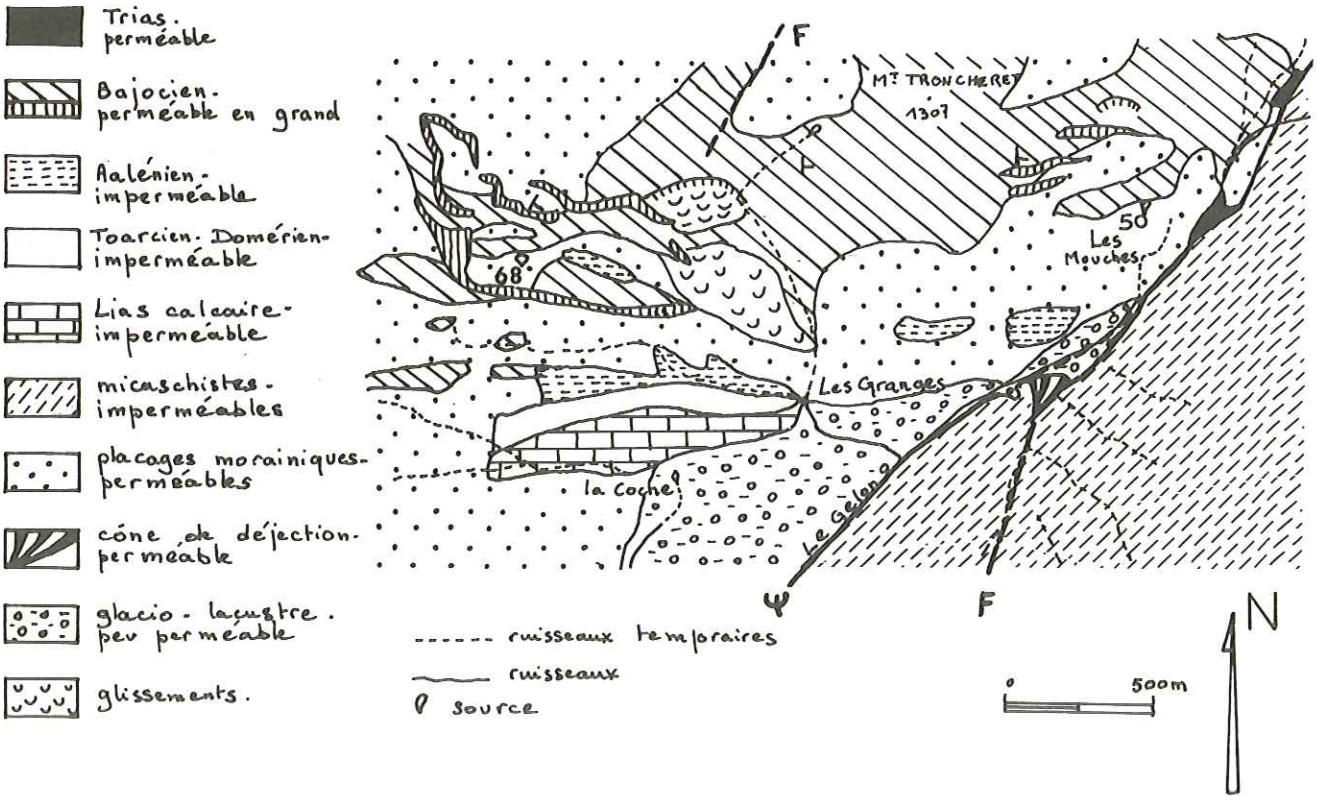
L'érosion quaternaire laisse apparaître, au NE d'Etable, l'ensemble Aalénien surmonté par les calcaires de la Table.
Le pendage des couches est faible : de 15° à 25°E.
Des microplis nombreux affectent ces formations ; ainsi entre la Table et le Molard, la route entaille le Bajocien dans lequel on peut observer une série de plis couchés d'axe NE-SW ; ces mêmes déformations apparaissent à l'W du Désertet le long de la route D 25.
La fracturation est mal visible sur le terrain, surtout en ce qui concerne les grandes structures. Cependant, il est possible de déterminer certaines orientations.
A l'E du Foyot, les calcaires de la Table sont affectés par une faille de décrochement dextre.
En bordure du Gelon, certaines formations disparaissent à la faveur de fractures parallèles à la chaîne de Belledonne, mettant ainsi en discordance des termes de la série jurassique.
Le Toarcien et le Domérien ont disparu à l'W du Bourget-en-Huile, par exemple.
Dans le torrent du Gelon, en NW des Jeannins, les calcaires du Lias inférieur marquent deux falaises parallèles inclinées de 50° vers l'W séparées de quelques mètres. S'agit-il d'une fracture telle que celle décrite par L. PILLET (1883), donnant aux gorges du Gelon et du Bréda une origine tectonique ? Aucune autre indication sur le terrain ne nous permet de l'affirmer.

LA SOURCE DU MOLARD n°63



CARTES HYDROGEOLOGIQUES fig.42

LA SOURCE DES MOUCHES n°50
LA SOURCE DE PREMICON n°68



En conclusion :

La schistosité et le pendage des couches vers le SE impliquent un ruissellement vers le centre du bassin versant. La lithologie se prête mal à une infiltration, même pour les calcaires bajociens, lesquels n'occupent que la partie haute du versant NE.
La fracturation n'est pas très importante. Du point de vue hydrogéologique, son rôle est réduit car les plus grandes structures sont parallèles à l'axe du bassin versant.

3.6.3. Les sources

Les sources provenant uniquement des terrains jurassiques et qui ne subissent pas l'influence des placages morainiques sont peu nombreuses, les marno-calcaires étant de mauvais réservoirs.

3.6.3.1. La source des Mouches n°50

Cette source est située à l'altitude 1030 m au N du hameau des Mouches, dans la commune du Pontet. Elle est captée et sert à l'alimentation des villages avoisinants.
L'eau sort à la limite des calcaires bajociens et des marno-calcaires aaléniens, à la faveur de nombreuses petites diaclases et d'un pendage N0°-15°E (voir fig.42).
Les bancs aaléniens imperméables servent de niveau de base à cette émergence.

a- Les débits

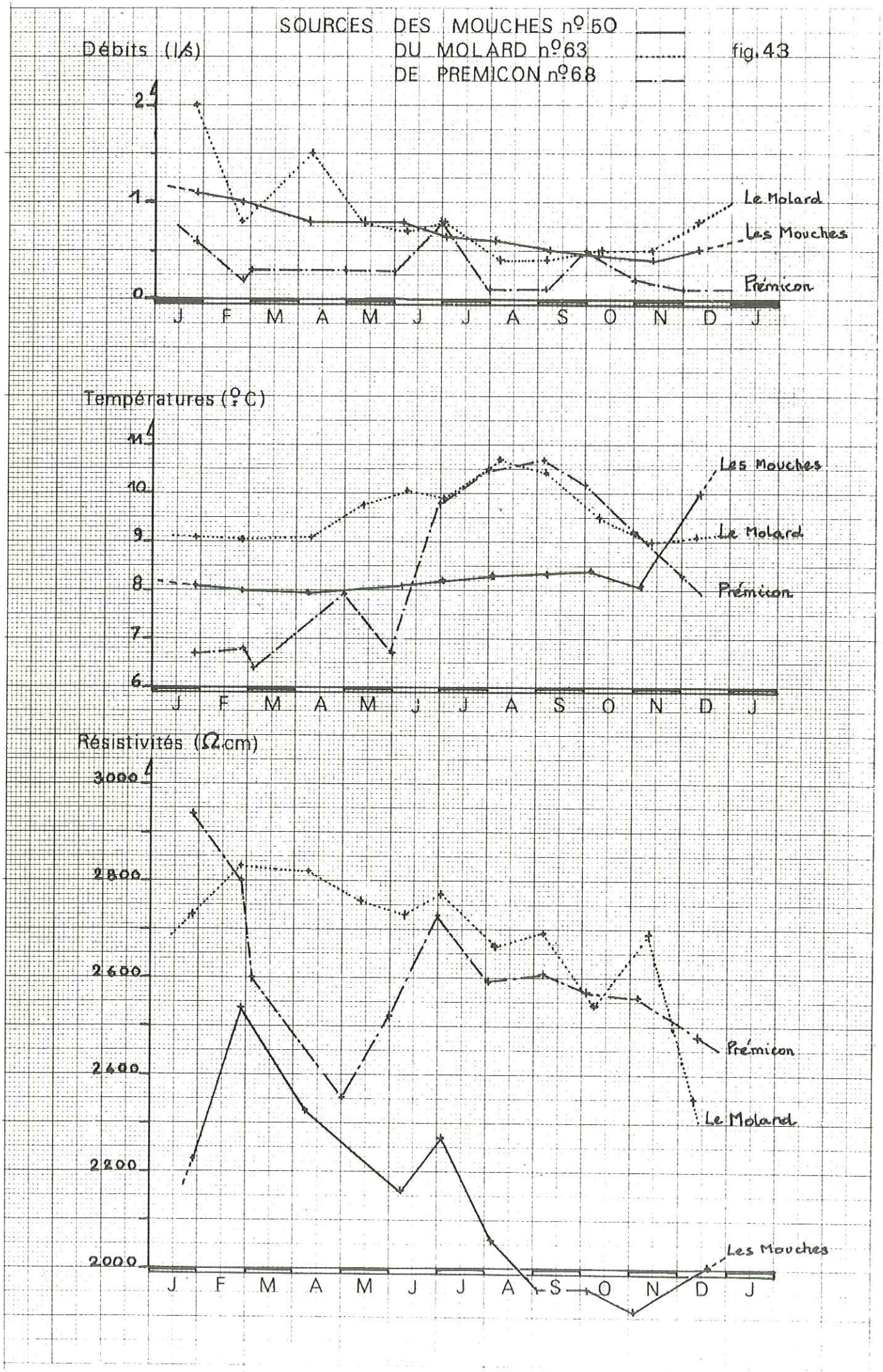
Leur variation est très faible : (variabilité 2,7)
Ils décroissent régulièrement de janvier à novembre, avec toutefois de petites augmentations relatives à des précipitations en mars, avril et mai (voir fig. 43).
Le mois d'étiage le plus marqué est novembre, en raison d'une période séche en octobre.

b- La température (voir fig. 43)

Elle reste très homogène et toujours voisine de 8°C.
Elle est légèrement supérieure à la température moyenne annuelle de l'air ; elle témoigne d'une circulation à une profondeur suffisante pour ne pas être

SOURCES DES MOUCHES n° 50 ——
DU MOLARD n° 63 .....
DE PREMICON n° 68 —·—

fig. 43



influencée par la température de l'air.

c- La résistivité

Elle décroît de février à novembre de la valeur 2540 Ω cm à la valeur 1920 Ω cm (voir fig. 43).
Cette variation correspond à la diminution du débit.
En novembre le débit augmente, la résistivité aussi.

d- La composition chimique

Le Th varie très peu et le rapport $\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$ est presque constant.
Le calcium est abondant et provient de la dissolution des bancs calcaires bajociens.
La teneur en magnésium est plus faible et les ions Mg^{++} sont issus du lessivage des marnes aaléniennes imperméables.
Les teneurs en ions Cl^- sont très faibles et bien inférieures à celles des ions K^+ et Na^+.
Par contre, les teneurs en bicarbonates proviennent essentiellement des carbonates de calcium constituant les calcaires.
Le PH varie entre les valeurs 7,3 et 7,62, le CO_2 est fixé par les calcaires.
Les sulfates sont en quantité suffisante pour faire penser à l'influence des nodules de pyrite contenus dans l'Aalénien.

e- En conclusion :

Cette source est alimentée par l'infiltration des précipitations dans les niveaux calcaires du Dogger. Les circulations se font au contact du niveau imperméable aalénien et par les petites diaclases qui affectent les calcaires. L'eau est bicarbonatée calcique et magnésienne.
Les formules caractéristiques de la composition chimique sont :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

3.6.3.2. La source du Molard n° 63

Cette source sort dans les calcaires du Bajocien, à l'E du village de La Table, à proximité du hameau du Molard (voir fig.42) à 850 m d'altitude.
Les calcaires, appelés "calcaires de La Table", sont redressés à 45°E

et forment le flanc d'un anticlinal dont la charnière est déjetée vers le NW.
La source émerge sous des maisons éboulées et l'on peut vérifier si elle est issue de la fracturation ou d'un inter-banc. Cependant, quelques mètres plus à l'W, les calcaires montrent un diaclasage N30-N120.
Des tufs se sont déposés à l'émergence.

a- Les débits (figure n°43)

Les débits varient de 0.4 l/s à 21/s et sont directement liés aux précipitations.
Les fortes valeurs de janvier sont dues à des chutes de neige importantes.
En février, le débit diminue en l'absence de précipitations.
Les orages d'avril redonnent des valeurs élevées.
L'étiage se situe en août après que la forte pluie de juin ait donné un débit de 0.81/s.
Les précipitations neigeuses et pluvieuses de novembre et décembre sont restituées immédiatement. Ce bassin versant est relativement bas et le stock neigeux ne constitue pas une réserve.

b- Les températures

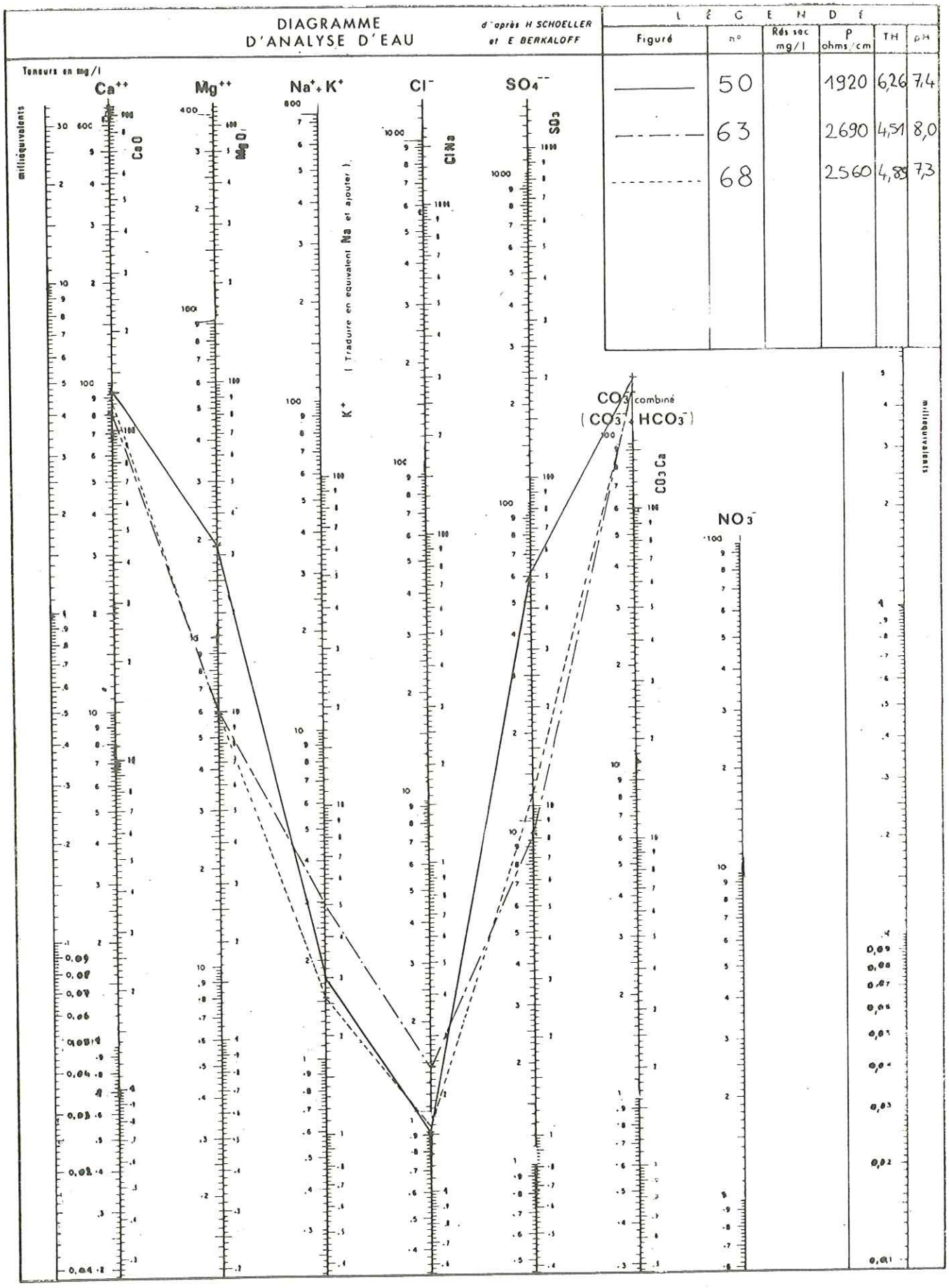
Elles sont élevées pour l'altitude de l'émergence (toujours supérieures à 9°C). Les circulations se font près de la surface, car les variations saisonnières sont nettes.
Les températures estivales de l'eau indiquent des valeurs supérieures à 10°5C (fig.43).

c- La résistivité

La résistivité ne varie pas beaucoup puisqu'elle oscille entre les valeurs 2350 Ω cm et 2830 Ω cm.
La pente moyenne de la courbe annuelle est décroissante et suit celle des débits.
Comme pour la source des Mouches, un faible débit implique une baisse de résistivité. Le temps de transit est plus long. (fig.43)

d- La chimie

Les valeurs de la résistivité, laissaient présager une forte minéralisation.
Le Th est voisin de 21°F.
Les teneurs en ions Ca^{++} sont très supérieures aux teneurs en ions Mg^{++}



LEGENDE					
Figuré	n°	Rés sec mg/l	P ohms/cm	TH	pH
———	50		1920	6,26	7,4
—·—·—	63		2690	4,51	8,0
- - - - -	68		2560	4,85	7,3

NOVEMBRE 1975 fig. 44

et le rapport $\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$ varie durant l'année.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$	8.8	7.8	-	8	7.8	-	6	-	3.2	7.8	8.3	1.1

La plus faible valeur du rapport est atteinte en septembre, c'est-à-dire à l'étiage.
Les teneurs en ions Ca^{++} restent à peu près constantes.
Ce sont les teneurs en ions Mg^{++} qui varient le plus.
Elles correspondent à un lessivage des marnes aaléniennes et à la dissolution de leurs constituants minéralogiques.
Quand les débits sont forts, cette dissolution est moins prononcée.
Les bicarbonates sont abondants, alors que les teneurs en ions Cl^{-} et SO_4^{--} demeurent très faibles.
Le PH est très élevé puisqu'il est voisin de 8. Les constituants basiques sont plus importants que les constituants acides. La proximité des "calcaires de la Table" fait que le CO_2 est complètement fixé, il n'a y probablement plus de CO_2 libre.

e- Conclusion

Cette source est alimentée par les précipitations qu'elle restitue très rapidement.
L'écoulement se fait par fissures ou diaclases, au contact des marnes aaléniennes imperméables.
Le débit est relativement important, la minéralisation correspond à celle des eaux de la source des Mouches. Il s'agit d'une eau bicarbonatée calcique et magnésienne dont les formules caractéristiques de la chimie s'écrivent :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

3.6.3.3. La source de Prémicon n°68

Cette source sort sous une mince pellicule quaternaire, dans les calcaires du Dogger, au coeur d'une charnière anticlinale, soulignée par les calcaires de La Table et bien visible sur la carte (fig. 42).
Son altitude est de 1110 m. Le pendage des couches est N35°-30°E.

a- Les débits (fig.43)

Les débits sont toujours inférieurs à 1l/s.
L'étiage se situe à la valeur de 0,1l/s au mois d'août.
Les fortes pluies de juin et septembre sont immédiatement restituées, le trajet des eaux est court car le bassin de réception est réduit.

b- La température

Les variations de température sont très importantes entre les mois d'hiver et d'été (fig. 43). L'influence de la température atmosphérique est nette. L'écoulement souterrain est donc relativement superficiel.

c- Les résistivités

Comme les deux sources précédentes, la pente moyenne des valeurs de résistivités est décroissante (fig. 43).
A la fin du mois d'avril, la brusque chute des valeurs de résistivités correspond peut-être à un temps d'étiage assez long.

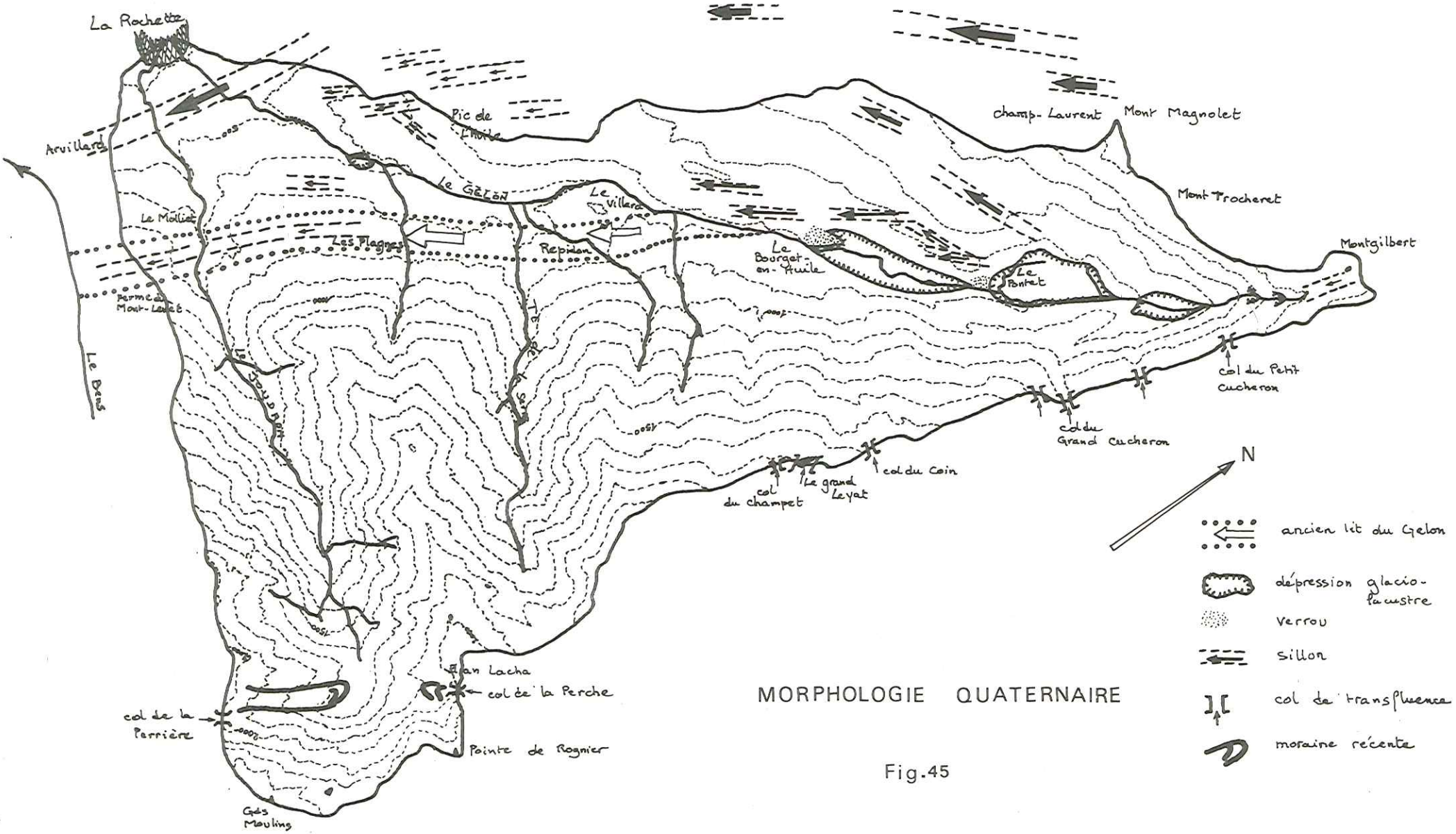
d- La composition chimique

Sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff, on remarque que la composition chimique est très proche de celle de la source précédente.
Les concentrations en ions Ca^{++} et Mg^{++} sont identiques ainsi que celles en ions HCO_3^-.
Le rapport $\frac{rCa}{rMg}$ varie dans le sens contraire des débits. Quand le rapport augmente, les débits diminuent.
Les ions magnésiens proviennent surtout du niveau marneux aalénien situé stratigraphiquement sous le Dogger.
Les ions Ca^{++} proviennent des carbonates de calcium constituant les calcaires.
Les teneurs en bicarbonates sont les mêmes que celles des sources des Mouches ou du Molard.
Le PH est en moyenne de 7,4.
Les chlorures (0,96 mg/l) sont en quantité très faible.
Le sodium et le potassium inexistants.

e- conclusion

Comme la source précédente cette émergence est alimentée par les précipitations qui s'infiltrent par les diaclases jusqu'au niveau imperméable aalénien au contact duquel l'eau s'écoule jusqu'à un point d'émergence.
Cette eau est bicarbonatée calcique et magnésienne et on peut écrire les formules caractéristiques suivantes :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$



MORPHOLOGIE QUATERNAIRE

Fig.45

3.7. LE QUATERNAIRE

Le rôle joué par les formations quaternaires dans l'hydrogéologie du bassin versant du Gelon est considérable. Près de 60 % de la surface est recouverte par ces formations récentes qui ont une action notable sur la rétention des eaux souterraines.
Nous allons faire une étude morphologique du bassin, et analyser les différentes formations.

3.7.I. Etude morphologique (figure n°45)

3.7.I.1. Le lit du Gelon

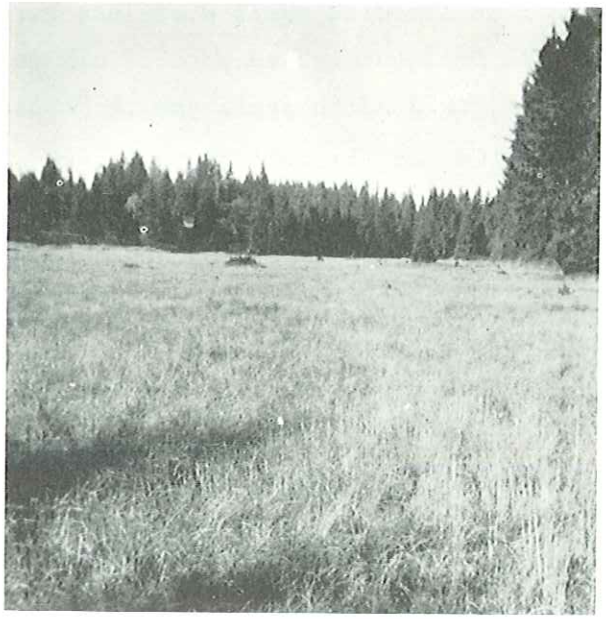
Le talweg du Haut-Gelon s'est inscrit de manière préférentielle dans la zone d'affleurement du Trias, plus sensible à l'érosion mécanique que les roches cristallines ou marno-calcaires avoisinantes.
A partir de la localité du Villard, le Gelon quitte les terrains triasiques, pour s'encaisser profondément dans le Jurassique. Cette déviation est due aux glaciations et accumulations post-glaciaires descendues de Belledonne ou des Hurtières, qui ont repoussé le Gelon vers le NW.
Aussi le prolongement de l'ancien cours d'eau est à rechercher au pied des pentes de la montagne. Un "couloir" se suit depuis le torrent de la Serra jusqu'au SE du Molliet. Le Joudron sectionne ce "couloir" aux 2/3 de son parcours, vers l'aval.
Les altitudes relevées tout au long de cet itinéraire s'abaissent régulièrement dessinant ainsi le profil d'une ancienne vallée torrentielle :
800 m au Villard, 780 m à Repidon, 770 m au Plagnes, 713 m au S du Molliet, 687 m à la ferme du Mont Levet en rive droite du Bens. L'interruption de ce couloir contre le torrent du Bens peut s'expliquer par le fait que l'ancêtre du Gelon devait être un affluent du Bens, qui était plus puissant parce que mieux alimenté que le Gelon.
Au moment des glaciations, le Gelon a été repoussé vers son lit actuel et son inscription dans les calcaires jurassiques a dû être facilitée par la faille décrite par L. PILLET (1883) et qui passe par Pontcharra et Détrier.

3.7.1.2. L'influence des glaciations

s'est fait ressentir très nettement sur la morphologie du bassin versant du Haut-Gelon. Au maximum de glaciation, les glaciers de l'Arc devaient franchir la crête des Hurtières et éroder celle-ci. A la suite de R. BLANCHARD, on peut considérer que la glace atteignait environ 2000 m d'altitude en amont d'Epierre ; cette hypothèse acceptée, la glace aurait franchi les sommets les plus élevés de la chaîne des Hurtières, à savoir Plan Lacha (2070 m), les Trois Molard (1956 m) et le sommet de la Grand Cha (1992 m) ; le rameau externe de Belledonne ne supportant pas les efforts de débordement du glacier, alors que les piliers granitiques de la Pointe de Rognier ou des Grands Moulins s'y opposaient.

Le façonnement de la crête est pratiquement la seule trace du passage des glaciers, car les blocs erratiques sont très rares. Les seuls témoins trouvés sur la cime sont situés au NE du col du Grand Cucheron à 1270 m d'altitude. Les replats sommitaux recoupent une schistosité déversée de 40° vers l'E, sur les 7 kilomètres de crête. Le plus important d'entre eux est le Grand Leyat, situé au SW du Pic de la Loze.
Ce marais occupe une cuvette de surcreusement glaciaire probablement provoquée par une fracturation intense.

PHOTO N° 7



LE GRAND LEYAT (photo prise en direction du NE)

Des cols nombreux entaillent la crête des Hurtières ; le col du Grand Cucheron en est un bon exemple : sa formation semble liée à la fracturation qui facilite l'érosion, et au rabattage du glacier, mais peut-être aussi aux eaux sous-glaciaires qui érodent les micaschistes dans leur zone de faiblesse. Au NE du bassin versant, un grand marais occupe la zone de contact du Trias avec les micaschistes. Cette dépression est la manifestation du passage d'une langue glaciaire qui se déversait dans l'ombilic du Pontet, en inscrivant dans le torrent du Gelon, une série d'encoches en paliers donnant lieu à des zones marécageuses en amont du hameau des Mouches.

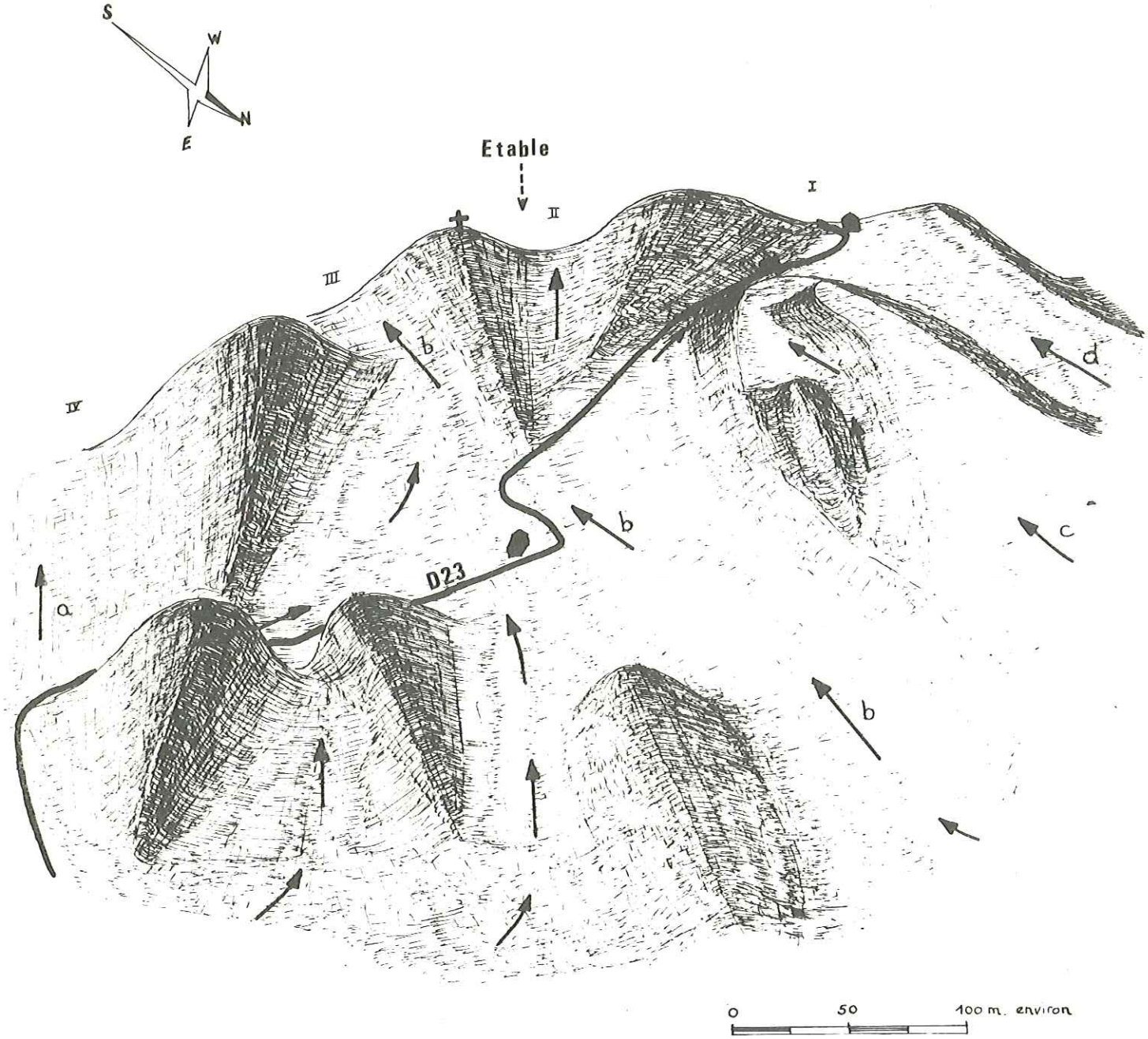
3.7.1.3. Les sillons (voir figure n° 45 et 45')

En rive droite du Gelon surtout, la série jurassique est marquée par de multiples sillons inscrits sur les flancs de la montagne, dont la crête présente des aplatissements à des altitudes supérieures à 1300 m semblables à ceux des Hurtières et probablement contemporains ; le Mont Trocheret (1307 m) le Mont Magnolet (1340 m). Deux composantes de glace s'affrontaient : l'une venant de Maurienne orientée vers le N, l'autre suivant la vallée de l'Isère orientée vers le SW. On peut donc imaginer une résultante sensiblement S-SW, confirmée par l'orientation des sillons presque parallèles entre eux situés au S de Champ-Laurent et au N des Amiers. En s'approchant de la Rochette, la crête s'abaisse progressivement, l'influence du glacier de l'Isère, renforcé par celui de l'Arc est de plus en plus prépondérante, ce qui se manifeste par une déviation des chenaux vers le SW. L'intersection de ces deux séries de sillons se fait à l'W du Pic de l'Huile, lequel marque une limite d'érosion "glaciaire" (fig. 45)

PHOTO N° 8

Pic de L'Huile

(photo prise de la route D 23)



SILLONS VUS DU PIC DE L'HUILE fig. 45'

Le schéma de ces sillons vus du Pic de l'Huile (fig.45), montre des ondulations longitudinales qui se superposent à la morphologie générale de la colline d'Etable.
Leur formation est provoquée par la circulation des eaux sous des glaciers qui érodent les points bas du profil transversal.
Il y a formation d'un chenal.
Puis les glaces obstruent ce chenal, l'eau s'accumule et finit par se déverser dans un autre point où la glace n'adhère pas au substratum.
Ainsi, le phénomène se poursuit et donne naissance à une série de chenaux (n° I à IV).
Cette première phase d'érosion accomplie, une deuxième glaciation peut donner naissance à d'autres chenaux de direction différente des premiers. (sillons a, b, c et d).
Nous pouvons essayer d'établir une chronologie de ces sillons.
Au Riss : creusement des sillons I à IV par les glaciers descendant la vallée du Haut-Gelon.
Le Würm I, correspond à une période de refroidissement très marquée qui ne serait pas accompagnée d'importantes avancées de glace (FOURNEAUX - 1975).
Le Würm II voit le maximum de glaciation et la coalescence des glaciers de l'Arc et de l'Isère créant ainsi des sillons de direction S-SW qui recoupent les précédents (a, b, c et d - Fig.45).
Plus au S, ces sillons n'en forment plus qu'un seul qui franchit alors le Gelon et le Joudron en direction de la commune d'Arvillard construite dans une auge glaciaire bien conservée.

Un chenal important commence au SW du Verneil et se poursuit au SE du Molliet.
Ces sillons jouent un rôle important dans l'hydrogéologie du bassin pour l'accumulation et la canalisation des eaux de ruissellement.

3.7.1.4. Enfin, les glaciations sont marquées dans la morphologie par les ombilics et les verrous

Le marais du Pontet correspond à un remplissage glacio-lacustre, barré à l'aval par un verrou dont l'encoche se situe au S des Lamberts, dans le lit même du Gelon. L'épaisseur de ce remplissage peut atteindre 20 ou 30 m.

L'ombilic du Bourget-en-Huile dans lequel le Gelon s'écoule en méandres diffus dans une zone marécageuse de 10 à 30 m d'épaisseur, est fermé par un verrou à deux encoches dont la plus importante se situe au pied

du massif des Hurtières. Comme nous l'avons déjà précisé, ces ombilics sont le siège de réserves importantes. D'anciens puits creusés dans le marais du Pontet témoignent de ce fait, puisque même en période sèche, ces trous sont toujours alimentés.

De ces observations, nous pouvons déduire la chronologie suivante :

- La période antéwürmienne voit le Gelon s'écouler en direction du Bréda, dans un talweg situé plus au S que celui du lit actuel.
- Les glaciations les plus importantes envahissent la vallée du Haut-Gelon en creusant des ombilics et en faisant naître ainsi des verrous. La crête des Hurtières est érodée, alors que le massif granitique résiste aux assauts de la glace.
- A la fin du Würm, des langues glaciaires qui descendent des massifs granitiques, repoussent le Gelon plus au N, dans son lit actuel.

3.7.2. Les dépôts quaternaires

Hormis les accumulations glacio-lacustres que nous venons de citer, les dépôts quaternaires se présentent sous forme de moraines argilo-sableuses ou de blocs erratiques. Les éboulis, les glissements ou les coulées boueuses, plus récentes n'occupent qu'une faible surface du bassin versant.

3.7.2.1. Les moraines

Elles occupent le versant du massif des Hurtières jusqu'à une altitude voisine de 1400 m. C'est lorsqu'on s'approche des crêtes que l'on ne trouve plus d'indices de dépôts quaternaires, l'érosion actuelle jouant son rôle. Les éléments correspondent à du glaciaire local non différencié. Leur composition est essentiellement cristalline, avec une dominante granitique ou granito-gneissique, des quartzites et des micaschistes.
A 1270 m d'altitude, au NE du col du Grand Cucheron, des blocs erratiques de plusieurs m^3, à composition gneissique, sont de rares vestiges du passage des glaciers.

C'est surtout dans les entailles de routes que l'on peut le mieux observer la moraine, bien que celle-ci soit très souvent remaniée.

Au point coté 1063 m, sur le ruisseau de la Gorge, il y a un affleurement de 10 m de hauteur de moraine argilo-sableuse à composante presque uniquement granitique. Les blocs peuvent atteindre 1 m. de diamètre.

A Verneil Durand, à l'W de Prodin, la moraine est constituée d'éléments décimétriques anguleux, enrobés dans une matrice d'argiles brunes ou bleutées et de sables orangés.

A Prodin, parmi les cailloutis granitiques et les ectinites, quelques rares échantillons de grès permiens violacés provenant certainement de la région du Collet d'Allevard, prouvent l'étendue des glaces et l'intensité du remaniement des roches au maximum würmien.

Sur la rive droite du Gelon, le couvert morainique se limite à quelques blocs erratiques importants tels que ceux trouvés au NW de la Charbolière, ou en amont du Gucher ou encore à Lonsemard. Leur composition est gneissique, leur volume est de plusieurs mètres-cubes.

3.7.2.2. Les argiles

Elles sont visibles dans le lit du Gelon, au Bourget-en-Huile, on peut les suivre sur presque un kilomètre. Il s'agit d'argiles jaunes nées de l'altération mécanique sur place du Lias-Dogger. Ce matériau hérité à 100 % contient une dominante de chlorite et illite, le quartz est en faible quantité, le carbonate de calcium représente 12 % du volume total. Les feldspaths sont absents.

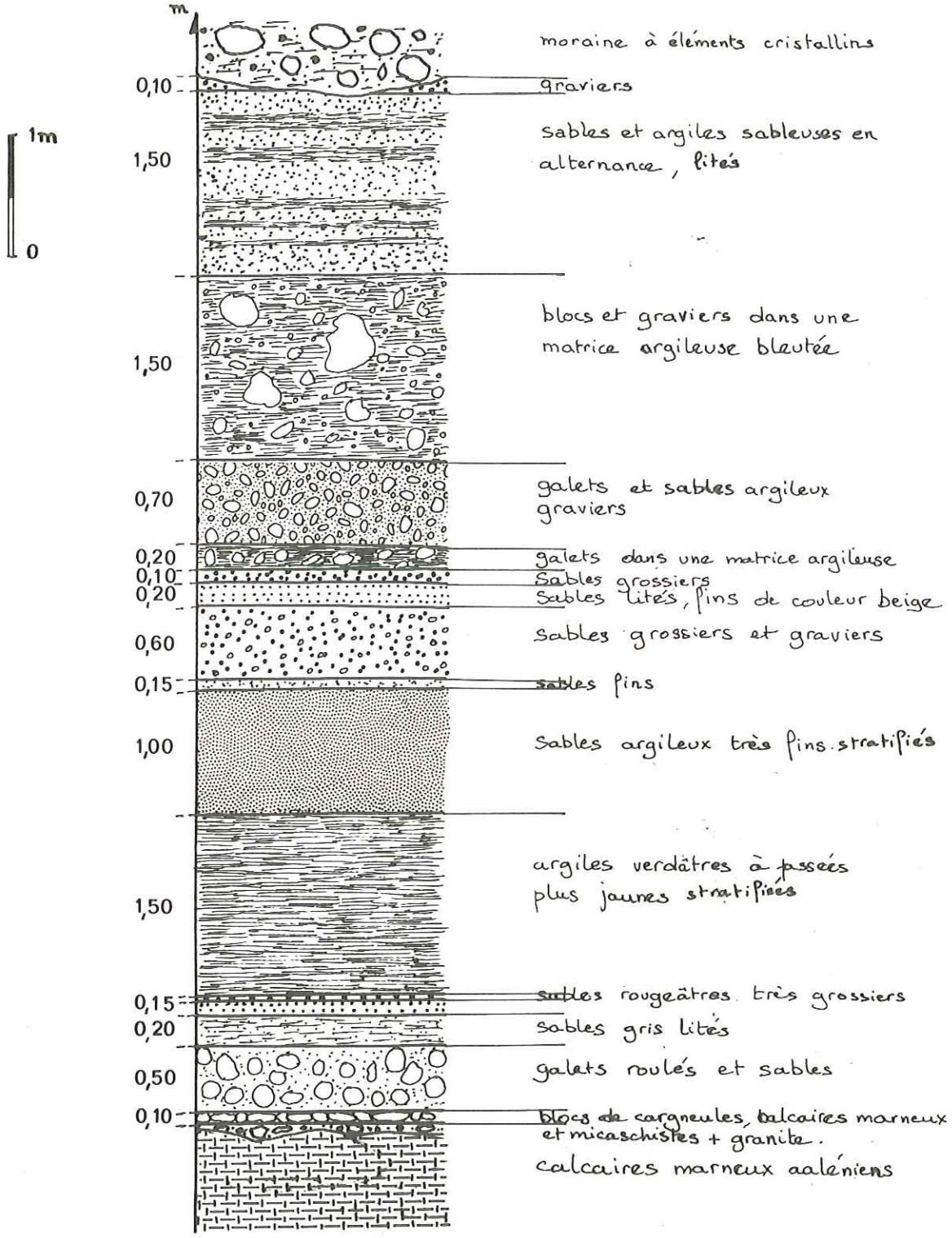
Dans les zones proches du Trias, la moraine comprend, en plus des éléments cristallins et marno-calcaires, des blocs altérés de cargneules et quartzites.

Les placages morainiques sont le siège de circulation d'eau importantes. Il n'est pas rare de voir des zones humides pendant des périodes sèches, comme c'est le cas au N des Granges ou du Blanchet ou encore aux Berthollets. Ces zones correspondent à des sillons glaciaires colmatés par les argiles bleutées ou grises facilitant ainsi la concentration et la circulation des eaux.

3.7.2.3. Les dépôts glacio-lacustres

Nous ne reparlerons pas des marais du Pontet ou du Bourget-en-Huile.

Coupe effectuée en rive gauche du GELON au N.W du Chapelet. fig. 46



Au N du Chapelet, l'éclatement d'une conduite d'eau alimentant une centrale hydroélectrique, a provoqué le creusement d'une tranchée donnant ainsi une coupe de galets, graviers stratifiés et argiles à blocs alternés (voir fig. 46). Ces dépôts doivent s'être réalisés dans un lac barré à l'aval dans le Lias, au moment du retrait des glaces. Le marais d'Arvillard donne une coupe semblable par sondages.

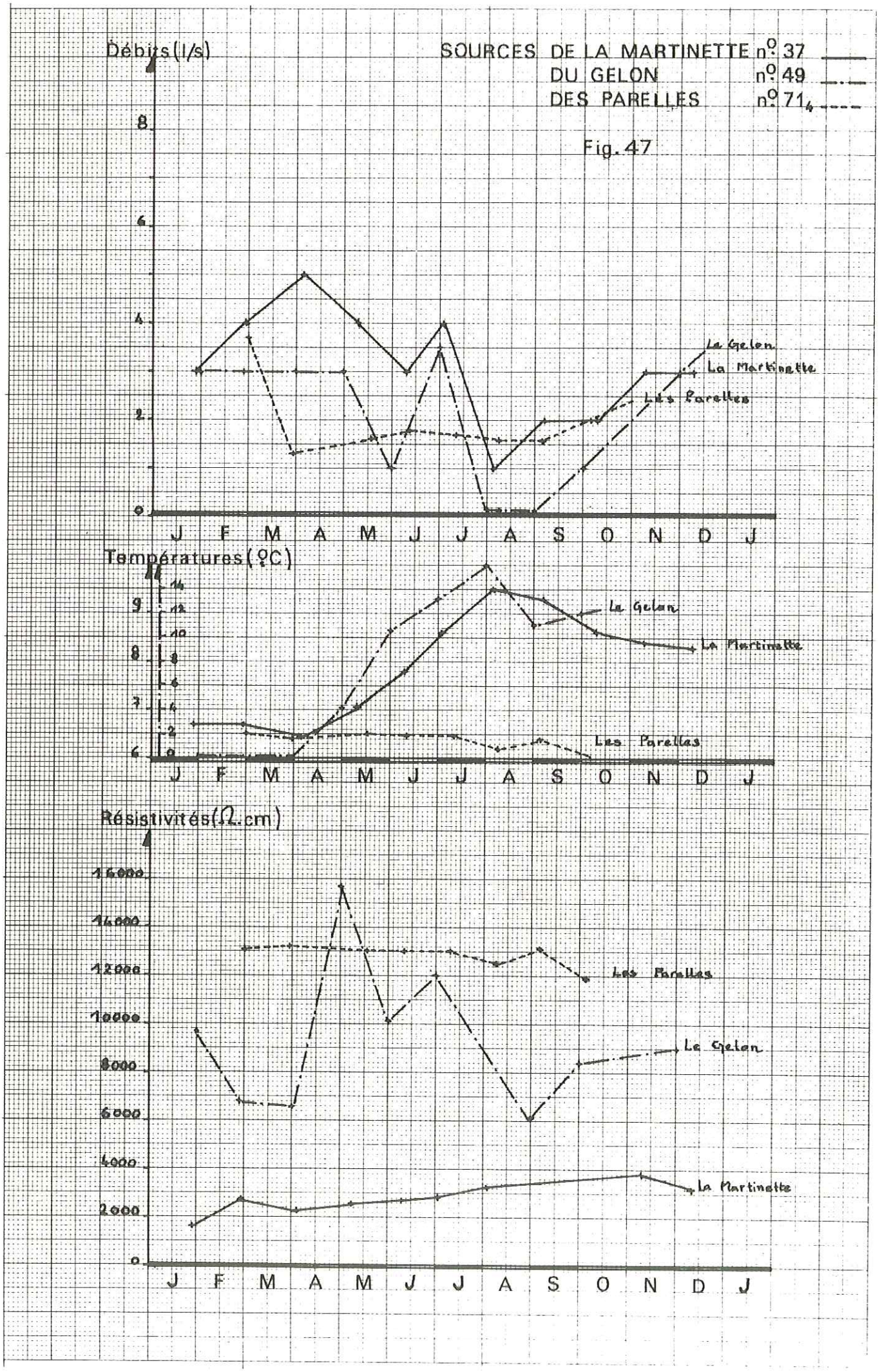
3.7.2.3. Le fluvio-glaciaire

Les affleurements occupent la base du bassin versant à l'W de Presle. Ces formations remanient les éléments morainiques. Les particules fines sont entrainées par les torrents jusqu'à l'intersection du Gelon et du Joudron, si bien qu'à cet endroit on trouve une très grande poche sableuse au lieu-dit La Violette.
Au N de Calvin, dans les fondations d'une maison, le même sable jaune affleure en grosses poches métriques, au milieu de la moraine à blocs granitiques.
Ces poches sableuses sont de très bons réservoirs en raison de leur grande perméabilité.
Leur situation privilégié à la base du bassin, sur un substratum imperméable, laisse à penser que le volume d'eau emmagasinée ne doit pas être négligeable.
Les nombreuses petites sources issues de ces sables, à l'W et du S de Presle justifient la présence d'une nappe importante.

3.7.3. Les sources

Nous l'avons déjà précisé, les sources sont surtout liées aux terrains quaternaires.
Nous verrons que selon la nature de la roche sous-jacente, les caractères physico-chimiques peuvent être modifiés.
On constate, en effet, que la résistivité varie beaucoup d'une source à une autre alors que celles-ci sont toutes issues de placages morainiques.
Cette différence de minéralisation dévoilée sur le terrain par l'étude de la résistivité, s'explique par la géométrie et la nature pétrographique du périmètre d'alimentation et de restitution des eaux.

Nous étudierons dans ce chapitre :


SOURCES DE LA MARTINETTE n° 37
DU GELON n° 49
DES PARELLES n° 71
Fig. 47
Débits (l/s)
8
6
4
2
0
La Gelon
La Martinette
Les Parelles
J F M A M J J A S O N D J
Températures (°C)
14
12
10
8
6
4
2
0
9
8
7
6
La Gelon
La Martinette
Les Parelles
J F M A M J J A S O N D J
Résistivités (Ω.cm)
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Les Parelles
Le Gelon
La Martinette
J F M A M J J A S O N D J

- L'influence des éléments constitutifs de la moraine.
- L'influence de la nature du substratum.

3.7.3.1. Influence des éléments constitutifs des dépôts quaternaires.

a- La source des Parelles n°71-4

Cette source émerge à 930 m d'altitude en rive gauche du torrent de la Serra, dans un énorme glissement de micaschistes et de moraine. Quatre sources ont été captées pour l'alimentation en eau de la Rochette. Les résultats des analyses physico-chimiques sont les mêmes pour toutes les sources et nous avons choisi de n'en traiter qu'une seule en détail.

- Les débits

Les débits sont importants de 1l/s à 4l/s.

Les variations, au cours de l'année, sont très faibles si l'on excepte la période de fonte des neiges (voir fig. 47).

- Les températures

Elles sont un peu inférieures à la température normale pour l'altitude du point d'émergence (voir fig. 47).
Les circulations doivent se faire au contact des micaschistes en place et au sein de la zone glissée.

- Les résistivités (voir fig. 47)

Elles varient très peu ; les valeurs sont assez élevées et laissent supposer une faible minéralisation ce qui est normal pour des eaux circulant uniquement dans des éléments de nature cristalline.

- La chimie

Les eaux sont très peu minéralisées (voir fig. 53)
Les teneurs en ions Ca^{++} et Mg^{++} sont très voisines (2°F).
Les ions HCO_3^- ne sont pas présents en grande quantité.
Le PH est de 7,1 en moyenne, il y a peu de CO_2 libre.
Les chlorures et les sulfates ont de très faibles teneurs.

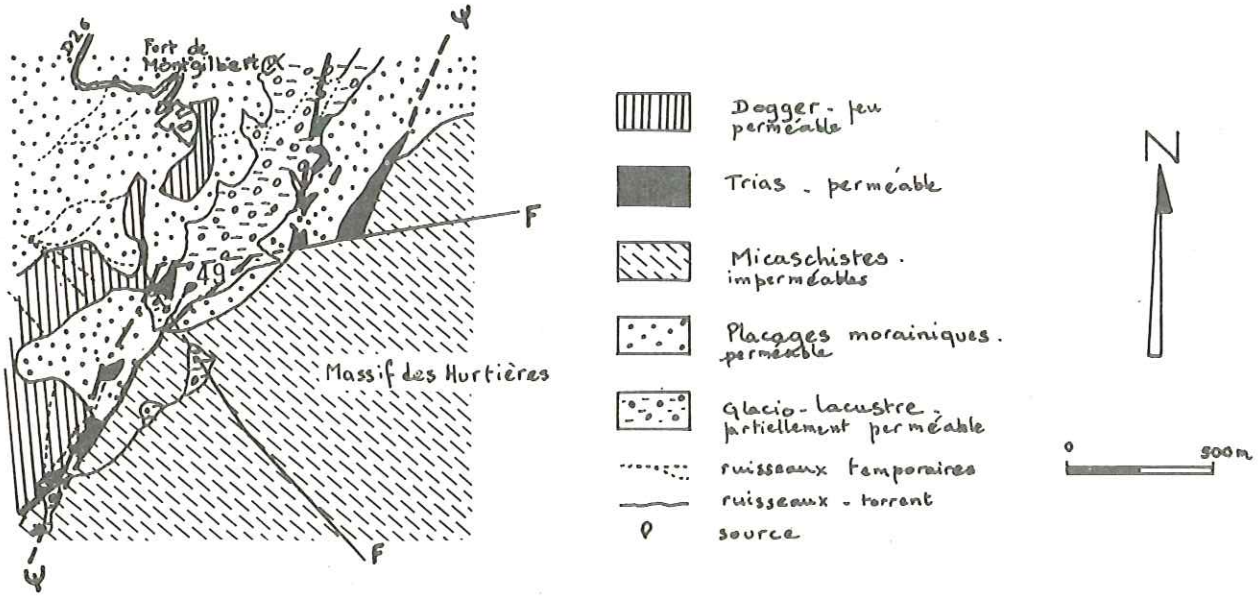
Conclusions

Cette source est alimentée par les eaux de précipitation, qui s'infiltrent et circulent à une profondeur de quelques mètres au contact du glissement avec son substratum de micaschistes.

Il est probable que la moraine plaquée sur le paquet glissé, soit à l'origine d'autres petites émergences donnant lieu à des zones d'humidité que l'on rencontre en abondance dans ce secteur.

b- La source du Gelon n°49

Elle est située à la limite NW du massif des Hurtières et des collines bordières, quelques centaines de mètres au S du Fort de Montgilbert. La source sort dans une petite dépression glacio-lacustre, formée au contact des cargneules du Trias et des micaschistes de la série satinée à 1330 m d'altitude (voir fig. 50)



CARTE DE SITUATION DE LA SOURCE DU GELON n°49 fig. 50

Le remblayage est constitué d'éléments morainiques et lacustres de nature cristalline et un peu triasique.
L'ensemble est recouvert d'une couche argileuse. Le dépôt peut atteindre 10 à 20 m d'épaisseur.

- Les débits (voir fig. 47)

Le bassin versant est très réduit : 0.25 km^2 et son altitude oscille entre 1330 m et 1436 m, ce qui explique les débits importants

à la fonte des neiges : 31/s. Après une longue période de sécheresse, le débit chute rapidement pour atteindre des valeurs infimes.
Ainsi en août, le débit est de 0,05 l/s. Ceci prouve que les réserves sont vite épuisées et que leur volume est réduit.
Le temps de réponse à une pluie est immédiat : le très gros orage du 30 juin, provoque le même jour une augmentation notable du débit.

- La température.

Elle est très variable, ce qui prouve que les circulations de l'eau sont peu profondes (voir fig. 47).
En hiver, la neige alimente cette eau : les températures avoisinent 0°C.
Quand la température atmosphérique augmente, la température de l'eau augmente aussi et atteint une valeur très élevée en juillet - août : 15°C.

- Les résistivités (voir fig. 47)

Elles varient de façon capricieuse, et il n'est pas possible d'expliquer la raison de ces modifications anarchiques, sinon qu'elles doivent provenir de la pollution due aux déchets de carburants laissés lors de travaux forestiers.

- La composition chimique

Le Th est faible (voir fig. 53).

L'examen de la carte géologique pouvait laisser croire à une influence des terrains triasiques sous-jacents, il n'en est rien.
Ceci peut s'expliquer soit par le fait que le fond de la cuvette glacio-lacustre est colmaté par un niveau d'argiles imperméables, soit parce que le trajet de l'eau étant très rapide, la dissolution n'a pas le temps de se faire au niveau du Trias, avant sa sortie à l'émergence.
Les teneurs en magnésiums sont toujours supérieures à celles en calcium.
Les ions Mg^{++} proviennent du lessivage des argiles interstratifiées ou superficielles du dépôt.
Les bicarbonates sont en très faible quantité.
Le PH est de 6,7 et traduit l'absence de roches calcaires capables de fixer le CO_2 sous forme de bicarbonates.
Le sodium et le potassium sont quasiment inexistants.
Les teneurs en sulfates et chlorures sont moyennes.

Conclusion :

Ces eaux sont bicarbonatées magnésiennes, très faiblement minéralisées.

Elles sont alimentées par les précipitations sur une faible surface. Leur restitution est immédiate ; les réserves sont donc très peu importantes, la circulation se fait à faible profondeur.
Cette source émerge à la faveur d'un niveau plus perméable, en amont d'un petit verrou de micaschistes.
Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que la nature cristalline des dépôts quaternaires prédomine sur la nature triasique du substratum.
Les formules caractéristiques des résultats chimiques sont les suivantes :

$$Mg > Ca > Na > K$$
$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

c- La source de la Martinette n°37

La source de la Martinette sort en rive droite du torrent des Fruitiers, en aval du petit chemin franchissant ce torrent, au NW des Minjoz. (voir fig. 48) Son altitude est de 665 m.
Cette émergence est placée dans un vaste dépression, à soubassement triasique si l'on en juge par les quelques affleurements visibles à proximité.
L'ensemble est recouvert par un dépôt glaciaire à éléments cristallins (granite et micaschistes), mais aussi à éléments triasiques (cargneules et gypse en blocs décimétriques ou centimétriques).

- Les débits

Ils sont très variables selon la saison (voir fig. 47).
Au mois d'avril, ils sont voisins de 5l/s puis ils diminuent jusqu'en juin.
Le violent orage du 30 juin provoque une petite crue : la restitution est presque immédiate.
En août, c'est l'étiage.
La nappe va se recharger progressivement à partir de septembre car les précipitations sont plus nombreuses.

- Les températures

Elles varient saisonnièrement avec la température de l'air, l'eau circule donc à faible profondeur. Les variations maximales atteignent 3°C (voir fig.47)

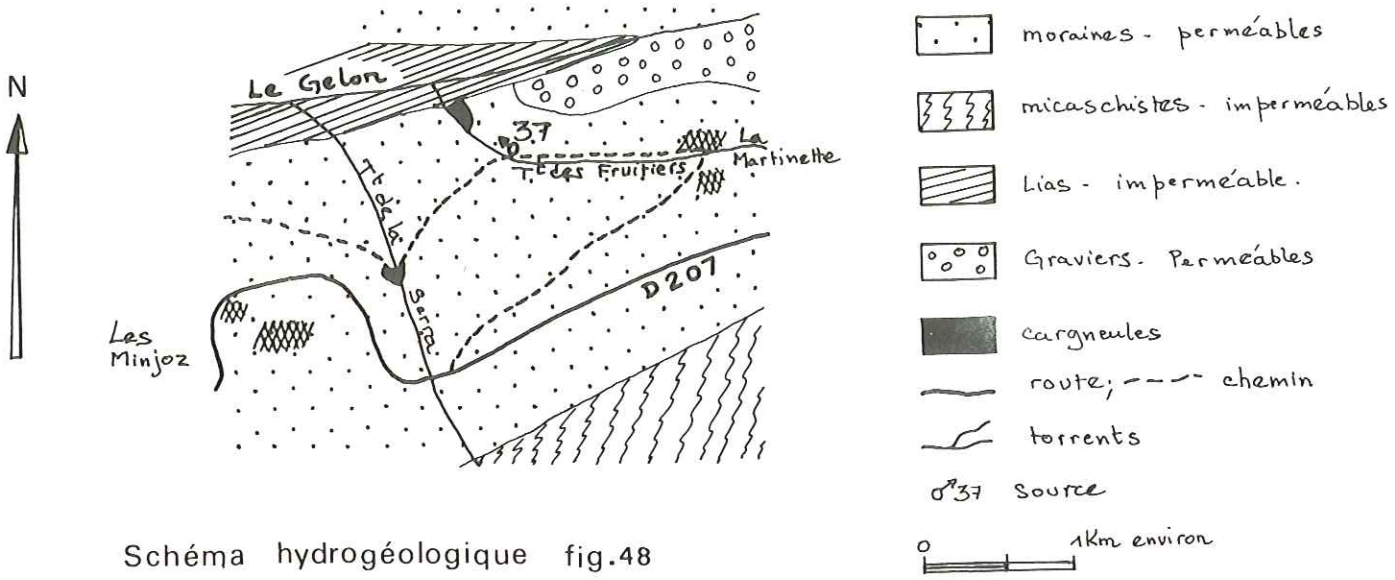


Schéma hydrogéologique fig.48

- Les résistivités (voir fig. 47)

Les valeurs de résistivités sont assez faibles et l'on remarque une croissance générale des valeurs au cours de l'année, alors que les débits diminuent. Donc l'alimentation de la source se fait uniquement dans le Quaternaire et la minéralisation augmente quand les précipitations sont importantes, car l'eau de ruissellement lessive les terrains triasiques avoisinants.

- La composition chimique

La minéralisation de l'eau est importante.
Le Th atteint 36,2°F. Les teneurs en Ca^{++} sont très supérieures aux teneurs en Mg^{++} mais on ne peut établir un rapport entre ces ions.
Il semble en effet, que les variations se fassent de façon anarchique, tout au long de l'année.
Ceci est peut-être dû à l'influence du torrent des Fruitiers, situé à 1 m de la source et qui alimenterait partiellement celle-ci.
Les teneurs en chlorures sont faibles.
Les ions sulfates permettent d'affirmer qu'il y a une grosse influence des terrains triasiques et plus précisément des éléments contenus dans la moraine.
Les bicarbonates sont faibles : 8° F et le PH avoisine 7.

Conclusion :

Cette source est bicarbonatée calcique et magnésienne légèrement sulfatée.

Elle est alimentée par percolation à travers les dépôts morainiques, mais peut-être aussi par l'infiltration partielle du torrent des Fruitiers.
L'émergence se produit au contact d'argiles triasiques imperméables, qui barrent les eaux en profondeur.
Les formules caractéristiques sont :

$$Ca > Mg > Na > K$$
$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

d- Conclusions :

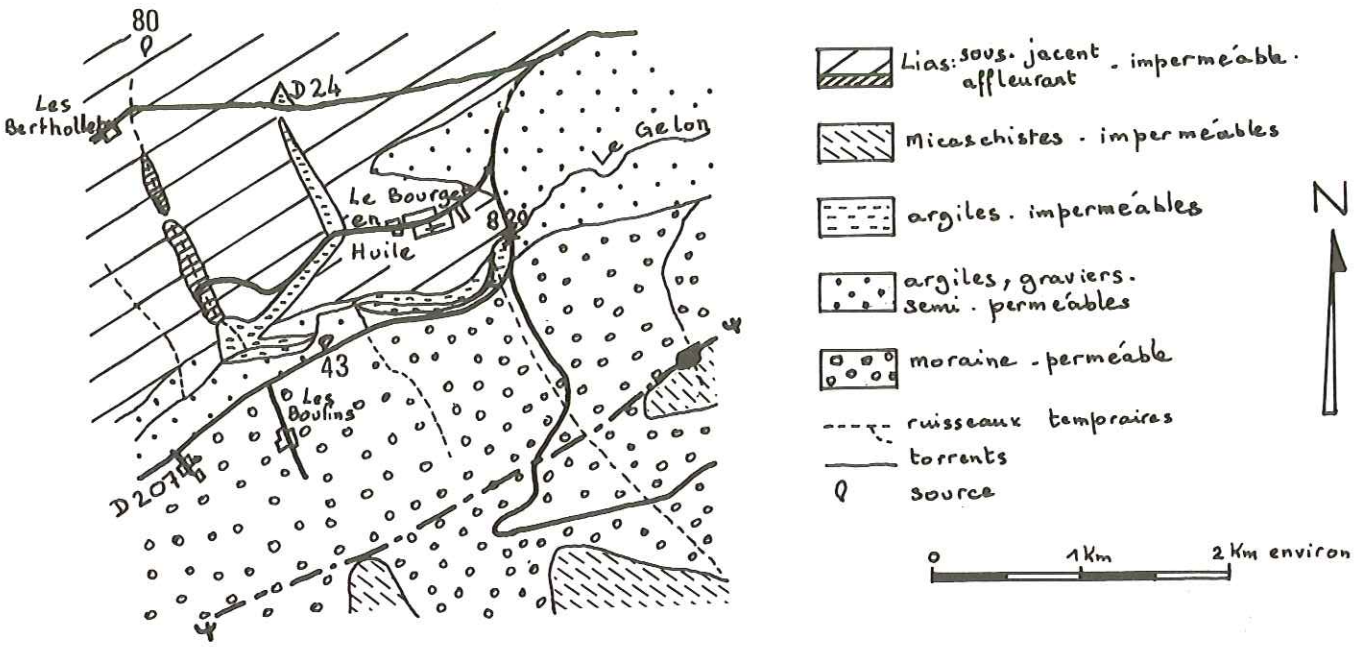
Nous ne décrirons pas systématiquement toutes les sources surtout dans cette catégorie.
Nous citerons cependant la source de Pierre Grosse : n°6 qui est fortement influencée par le dépôt fluvio-glaciaire essentiellement cristallin. Sa minéralisation est très faible (voir tableau en annexe) et le substratum calcaire ne modifie pas la chimie des eaux.
Il en est de même de la source du Charpinay : n°7 ; la source de Prodin n° 26 b s'écoule au travers de la moraine cristalline et le substratum triasique à moins d'influence que le Quaternaire, sur la chimie des eaux.
La source n°38, à Repidon, a une minéralisation faible bien que l'on note du gypse et des cargneules en profondeur. Les dépôts quaternaires seuls, sont le siège de circulations d'eau.

3.7.3.2. Influence de la nature du substratum

Certaines sources, bien que recouvertes de placages quaternaires peuvent subir l'influence des terrains sous-jacents. Ceci est dû à plusieurs causes que nous mettrons en évidence, en décrivant quelques exemples.

a- La source des Berthollets n°80

Cette émergence sort d'une zone marécageuse au NE des Berthollets dans la commune du Bourget-en-Huile. Cette zone marécageuse garnit le fond d'un sillon glaciaire creusé dans le Lias supérieur marno-calcaire. (fig. 51)



CARTE HYDROGEOLOGIQUE fig. 51

- Le débit

Au jour du prélèvement, le débit est de 3 l/s, ce qui est assez important compte-tenu de la zone d'alimentation assez réduite que constitue le versant NE du massif de La Table.

- La résistivité

Elle est égale à 3300 Ωcm, ce qui la rapproche des eaux issues des calcaires du Dogger. La minéralisation est donc relativement importante.

- La température

Elle est élevée quand la température de l'air est élevée. Ceci signifie que l'eau ne circule pas à grande profondeur et se trouve donc directement liée à la température atmosphérique.

- La composition chimique

Le Th est élevé : 18.05°F.

La teneur en ions Ca^{++} (16°9 F) est bien supérieure à celle en ions Mg^{++} (1.15°F).

Les bicarbonates sont abondants : 17.9° F ; le PH est de 7.87 et indique la fixation du CO_2 par les roches calcaires.

Les ions Ca^{++} et HCO_3^- proviennent des carbonates contenus dans les calcaires du Dogger situés au dessus du sillon.

Mg^{++} provient des argiles de remplissage du sillon et des marnes aaléniennes sous-jacentes.

Les chlorures sont presque inexistants.

Les sulfates sont en quantité équivalente à celle des eaux provenant des calcaires du Jurassique moyen.

Conclusion :

Ces eaux sont bicarbonatées calciques.

Les conditions d'alimentation et d'émergence peuvent être les suivantes :

- Les argiles glaciaires, contenues dans les sillons, ont un certain pouvoir de rétention ; des chenaux de graviers ou de sables, drainent l'eau des argiles et donnent naissance à des sources.

- des fractures aquifères de la roche alimentent le sillon mais leur existence reste hypothétique. Elles ne sont pas visibles en surface.

- La troisième hypothèse semble la plus plausible, les sillons servent de collecteur d'eau. Les argiles glaciaires et la roche sous-jacente sont imperméables, les rides parallèles à la montagne accumulent l'eau qui ruisselle sur les versants. Les sources sont les exutoires de ces chenaux. Alors que l'eau circule dans des dépôts glaciaires cristallins, le lessivage du substratum et sa dissolution donnent à ces eaux une minéralisation élevée.

Les formules caractéristiques sont :

- $Ca > Mg > Na > K$

- $HCO_3 > SO_4 > Cl$

b- La source de Panse Durieux n°2b

Elle sort dans un marécage, au S de Preslette, au lieu-dit le Plateau à l'altitude de 760 m.

Elle est située dans l'axe d'un sillon glaciaire, creusé au contact du Lias inférieur et moyen et des micaschistes.

Ce sillon est rempli de blocs erratiques et d'argiles.

- Les débits (voir fig. 52)

Les débits sont de l'ordre de 1 l/s. Ils ne varient pas beaucoup et les valeurs maximales ne dépassent pas 2,2 l/s, pour les gros débits et 0.5 l/s à l'étiage.

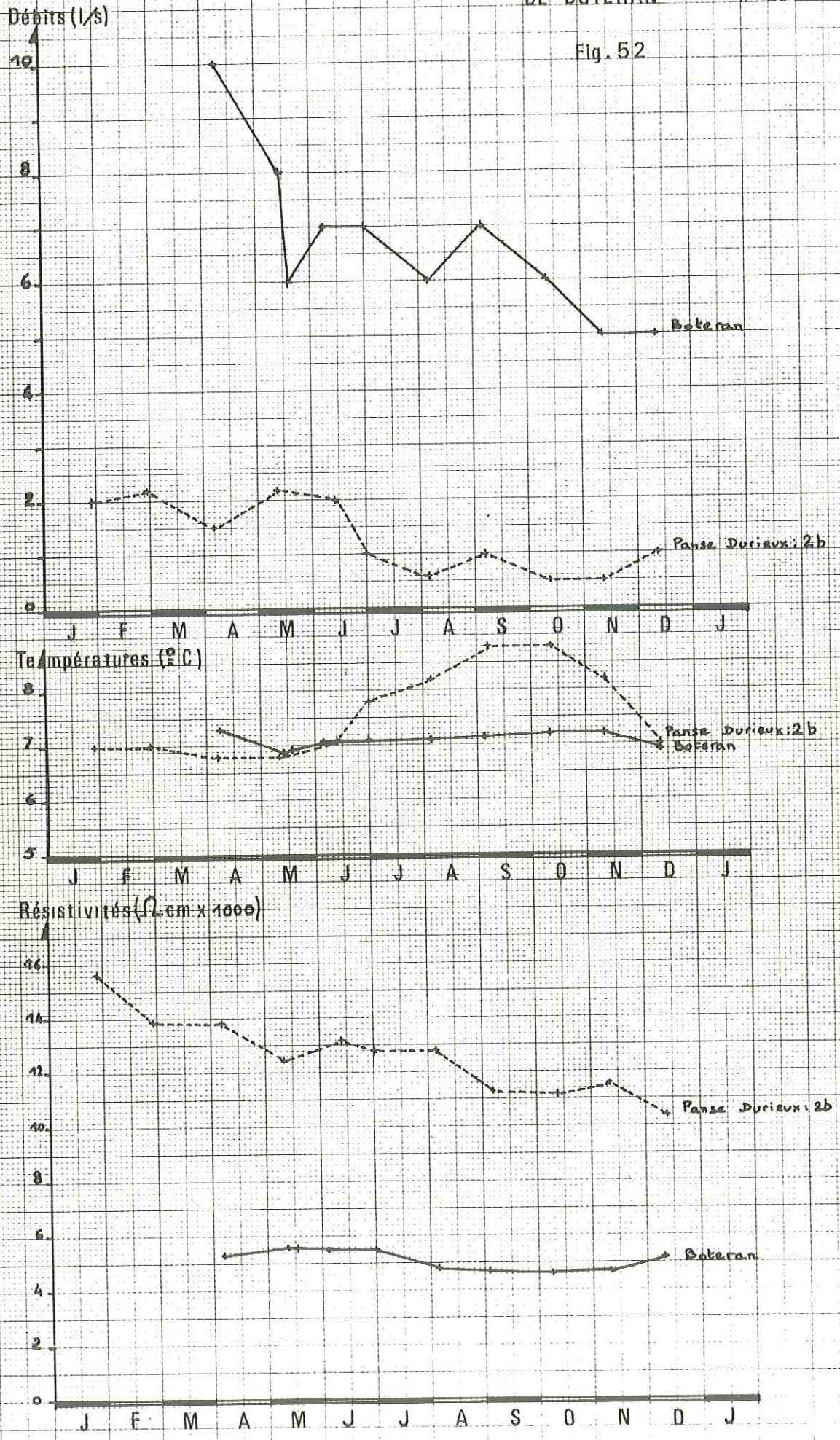
Les valeurs les plus élevées se situent après la longue période pluvieuse des mois de mars et avril.

L'étiage correspond à des périodes de faibles précipitations, en août et octobre-novembre, mais il a toujours un retard de plusieurs jours sur les précipitations.

Il y a donc stockage et restitution lente des eaux à cause de la faible perméabilité des dépôts glaciaires.

SOURCES DE PANSE-DURIEUX n° 2b -----
DE BOTERAN n° Bo ———

Fig. 52



- Les températures (voir fig. 52)

Elles varient de 2°C entre la période hivernale et la période estivale. Cette variation est régulière et traduit un réchauffement progressif des eaux de circulation avec l'ensoleillement. L'écoulement est donc peu profond.

- Les résistivités

Les résistivités sont élevées et si l'on considère qu'en l'absence de dissolution des minéraux, la valeur de la résistivité est inversement proportionnelle au temps de séjour, nous pouvons penser que ce temps est assez long.
Les résistivités décroissent régulièrement toute l'année.
Elles prouvent l'influence de moins en moins prépondérante de la fonte des neiges (voir fig. 52).
A l'étiage, les résistivités avoisinent 11 000 Ω cm, la dissolution des minéraux est plus importante.

- La composition chimique

Le Th est très faible et correspond à une eau issue essentiellement de terrains cristallins. Il varie de 3,5° à 4,6°F.
Les teneurs en ions Ca^{++} et Mg^{++} sont très voisines et leur rapport varie dans l'année.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\frac{rCa}{rMg}$	0.75	-	1	0.66	1.5	1.5	0.7	1	1	1	1.1	1.9

On remarque que Ca $>$ Mg quand les débits croissent et Ca $<$ Mg quand ceux-ci diminuent.
Les teneurs en carbonates sont faibles, surtout au moment des plus forts débits, la dilution est donc moins importante.
Les teneurs en ion SO_4^{--} sont très faibles, celles en chlorures également.
Le PH est voisin de 6,2. Il confirme :
l'absence de fixation du CO_2 par les roches calcaires du Jurassique.

Conclusion :

Ces eaux sont bicarbonatées calciques et magnésiennes. Elles sont collectées dans le sillon orienté NE-SW, lequel est rempli d'éléments cristallins et colmaté par des argiles. Le temps de transit des eaux est

long (plusieurs jours). L'influence du substratum cristallin est prépondérante. Cependant, si l'on compare ces eaux aux résultats chimiques obtenus sur la source 3 b, située quelques mètres plus au S et relative aux micaschistes seulement, nous nous apercevons que la minéralisation est encore plus faible et que la résistivité est très élevée : 38 000 Ω cm.
Le PH est alors de 5,8.
Le rôle du substratum dans la chimie de l'eau, est donc très important.
Les équations caractéristiques peuvent s'écrire :

$$Ca > \text{ou} < Mg > Na > K$$

$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

c- La source de Boteran : Bo

Elle sort au point coté 1090 m, en rive gauche du torrent du Chapelet, au contact des gypses et cargneules du Trias avec les micaschistes, sous une couverture quaternaire cristalline de quelques mètres d'épaisseur. (fig. 49)

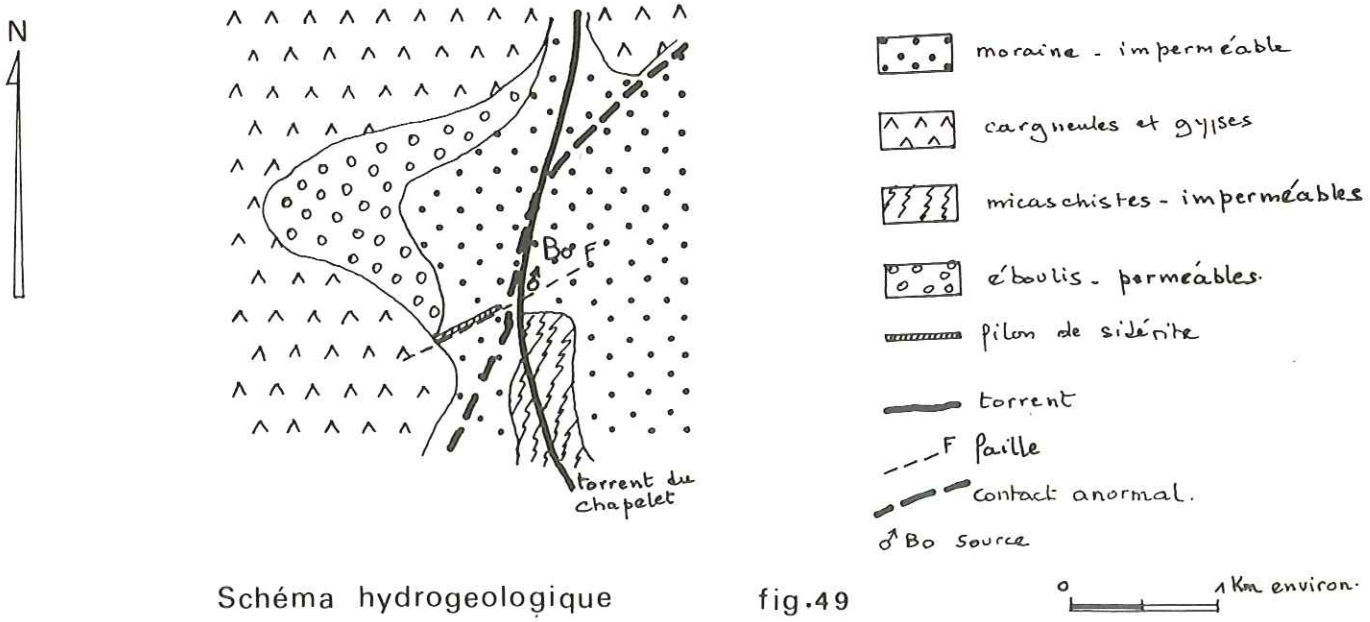


Schéma hydrogeologique fig.49

En rive droite du torrent, un gros filon de sidérite laisse présager d'une faille en direction de l'émergence.

- Les débits (voir fig.52)

Ils varient de 5 l/s à 10 l/s durant la période de mesures. La crue se situe en mars, lors de la fonte des neiges. Les autres valeurs élevées de la courbe, correspondent à des précipitations importantes. (juin à septembre).

- La température

Elle est constante toute l'année et normale pour l'altitude du point d'émergence (voir fig.52).

- La résistivité (voir fig.52)

Les valeurs de résistivité sont moyennes et prouvent que le rôle du substratum triasique est important.
La minéralisation est anormalement élevée pour des eaux sortant de la moraine cristalline.

- La composition chimique

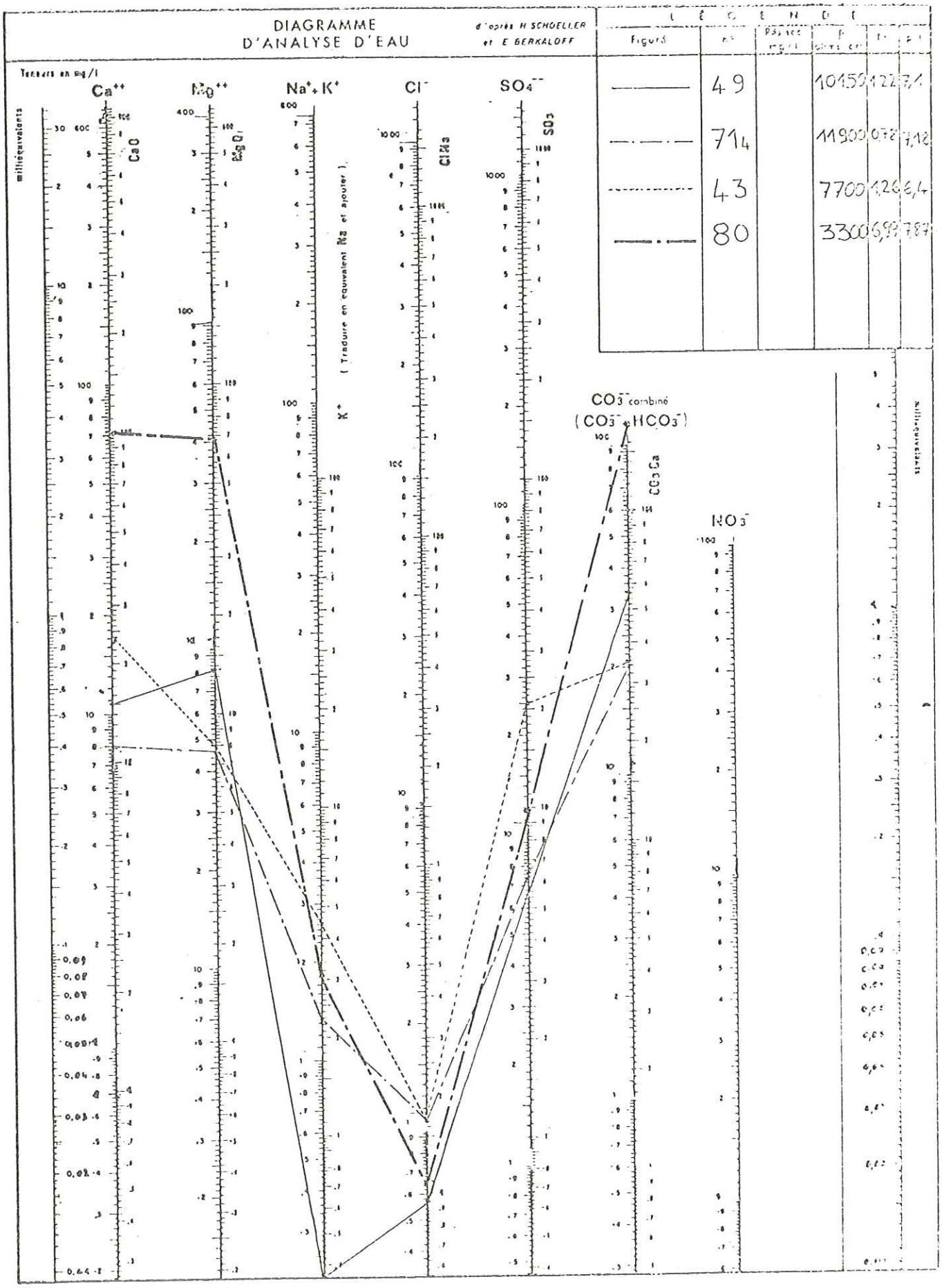
Le Th est voisin de 11°F ; il augmente très peu lors de la diminution des débits.
Les teneurs en ions Ca^{++} 6,5°F sont supérieures aux teneurs en ions Mg^{++} 4,5°F et leur rapport est presque constant toute l'année.

	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\frac{rCa}{rMg}$	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8	1.9	1.7	1.5	1.5

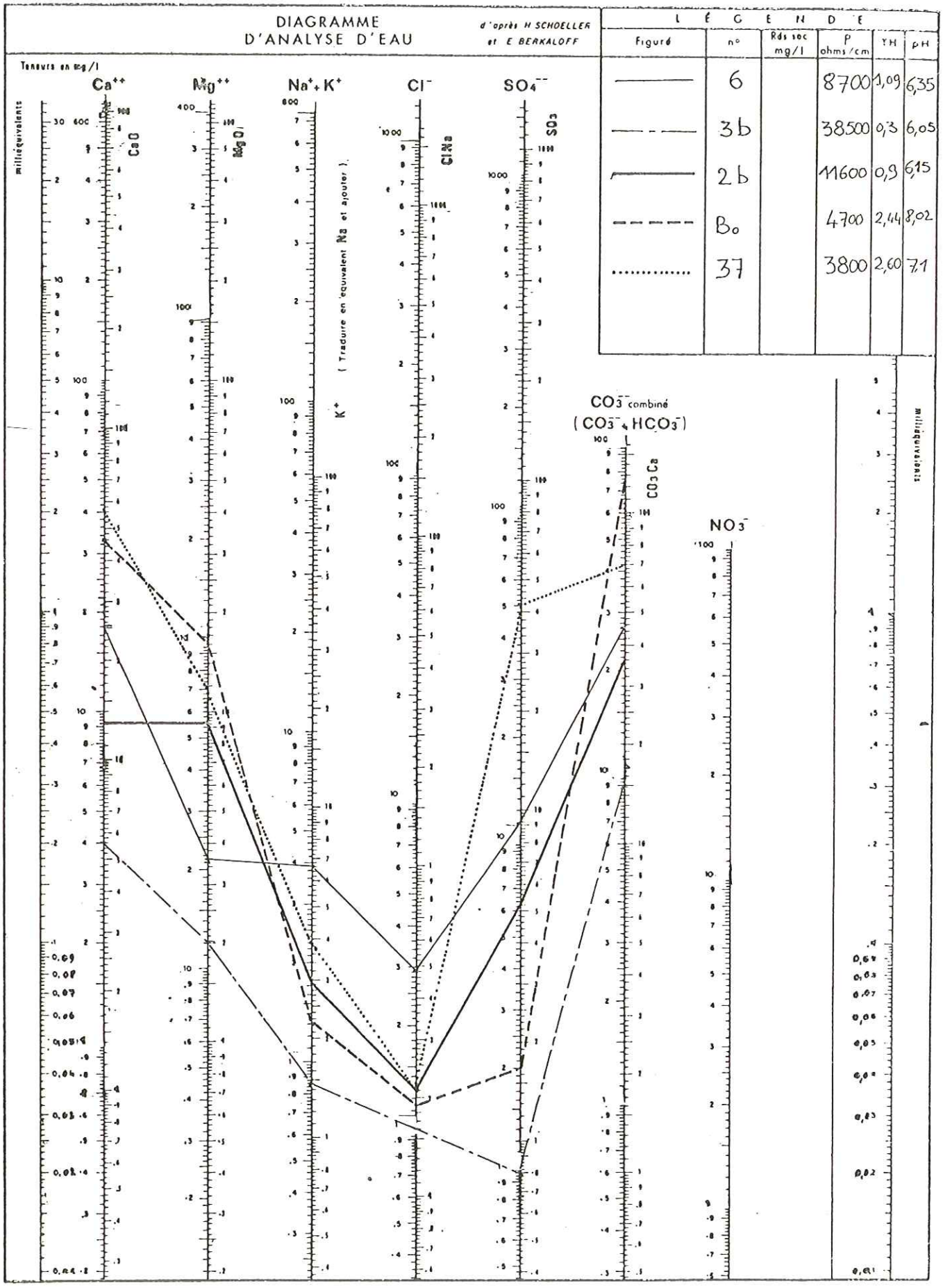
Les bicarbonates ne sont pas présents en grande quantité, les teneurs varient de 10,6°F à 12,1°F.
Les teneurs en sulfates sont négligeables, ainsi que celles en chlorures.
Le PH voisin de 8, traduit la basicité des eaux, due aux bicarbonates contenus dans les roches triasiques.
Il n'y a donc plus de CO_2 libre.

Conclusion :

Les eaux sont bicarbonatées calciques et magnésiennes.
Elles circulent dans la moraine, au contact du Trias et des micaschistes et le rôle du Trias n'est pas à négliger sur la chimie de l'eau.
La source 34_2 au Verneil, s'apparente à celle de Boteran. Elle sort dans la moraine cristalline mais le Trias sous-jacent influence la minéralisation puisque les résistivités sont de 3000 Ω cm et que le TH est de 3,9 méq/l.

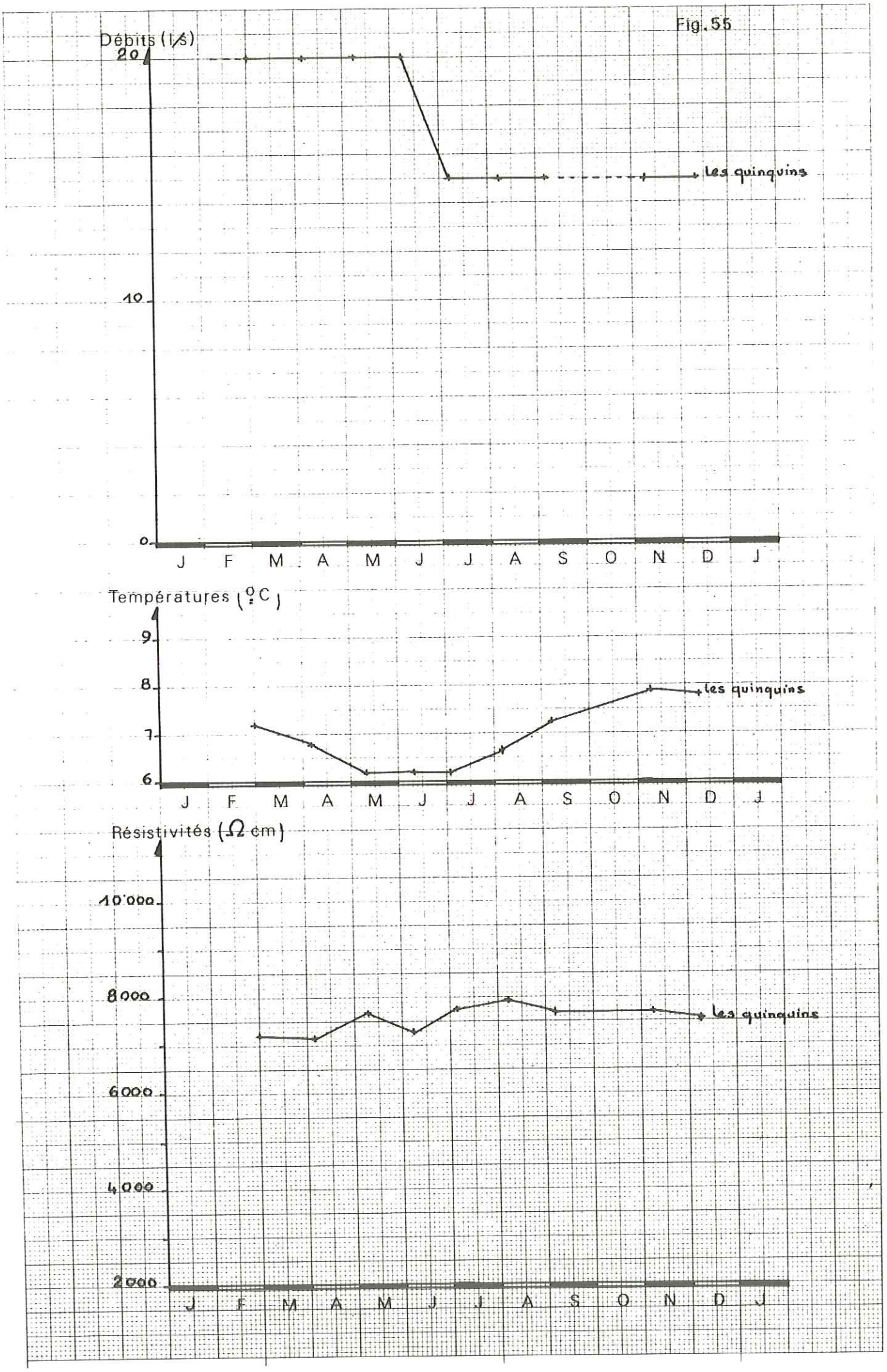


NOVEMBRE 1975 fig. 53



NOVEMBRE 1975 fig. 54

Fig. 55


Débits (l/s)
20
10
0
J F M A M J J A S O N D J
les quinquins
Températures (°C)
9
8
7
6
J F M A M J J A S O N D J
les quinquins
Résistivités (Ω cm)
10'000
8000
6000
4000
2000
J F M A M J J A S O N D J
les quinquins

Les formules caractéristiques sont les suivantes :

$Ca > Mg > Na > K$

$HCO_3 > SO_4 > Cl$

d- La source des Quinquins n°43

Cette source est captée et sert à l'alimentation en eau de la commune de la Rochette (voir fig. 51).
Elle se situe en rive gauche du Gelon, au SW du Bourget-en-Huile, à 30 m en contrebas de la route.
Elle sort à la faveur d'une rupture de pente, à la limite d'un placage morainique perméable et de graviers et argiles semi-perméables.

- Les débits

Les débits évalués sont très élevés et leur variation n'est pas très importante : de 15 l/s à 20 l/s environ (voir fig. 55).

- Les températures

Elles ne varient guère et sont normales pour l'altitude de l'émergence (voir fig. 55).
Cependant : la fonte de la neige en altitude est marquée par une baisse de quelques dixièmes de degrés de la température de l'eau.

- La résistivité (voir fig. 55)

Les valeurs sont relativement élevées, elles varient très peu
La résistivité augmente légèrement quand le débit diminue.

- La composition chimique

Le Th est fluide et jamais supérieur à 7°F.
Les teneurs en calcium sont supérieures à celles en magnésium et le rapport $\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$ diminue au printemps, puis augmente de nouveau jusqu'en novembre.

	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\frac{r\ Ca}{r\ Mg}$	2.1	0.8	1.2	1.5	1.5	1.8	1.9	1.9	2.1	2

Mg^{++} provient des argiles situées au sein du dépôt glaciaire.
Les teneurs en bicarbonates ne dépassent pas 3°55F.
Le PH est voisin de 6,5 et traduit l'absence de fixation de CO_2 des éléments calcaires.
Les teneurs en sulfates sont importantes pour des sources, toutefois peu minéralisées. Elles prouvent la présence de roches triasiques sous la couverture morainique, au S des Boulins.
Les teneurs en chlorures restent faibles. (1,00 mg/l)

Conclusion :

Cette source est alimentée exclusivement par le versant NW du massif des Hurtières. L'analyse chimique permet de confirmer la présence de roches triasiques en profondeur, grâce à des teneurs élevées en ions SO_4--. Les débits sont importants. Ils peuvent s'expliquer par la présence d'un petit ruisseau situé à l'E de l'émergence.
Ce ruisseau est souvent asséché à l'amont du pont sous lequel il passe, alors qu'il possède de l'eau à l'aval. Il est vraisemblable que ce ruisseau soit un collecteur perméable dans sa partie haute et que les infiltrations observées dans le talweg soient, partiellement, à l'origine de la source. Les argiles que l'on retrouve dans le lit du Gelon, quelques mètres au N de l'émergence, doivent se poursuivre au sein des dépôts glaciaires. Elles forment un niveau imperméable qui collecte les eaux et les achemine vers des niveaux plus perméables sableux ou gravillonneux que l'on observe à l'exutoire de la source.
Cette source est donc bicarbonatée calcique et magnésienne.
Les formules caractéristiques de la chimie sont les suivantes :

$$Ca > Mg > Na > K$$

$$HCO_3 > SO_4 > Cl$$

e- Conclusion

Quelle que soit la nature du substratum, il y a donc toujours influence de celui-ci, à condition que l'écoulement se fasse assez profondément, ou que le recouvrement quaternaire soit peu épais.
La liste dressée en annexe n'est pas exhaustive mais elle a pour but de montrer certaines catégories de sources afin de pouvoir établir des comparaisons sur la chimie des eaux ou sur leurs conditions d'émergence.

3.8. HYDROGEOLOGIE COMPARATIVE

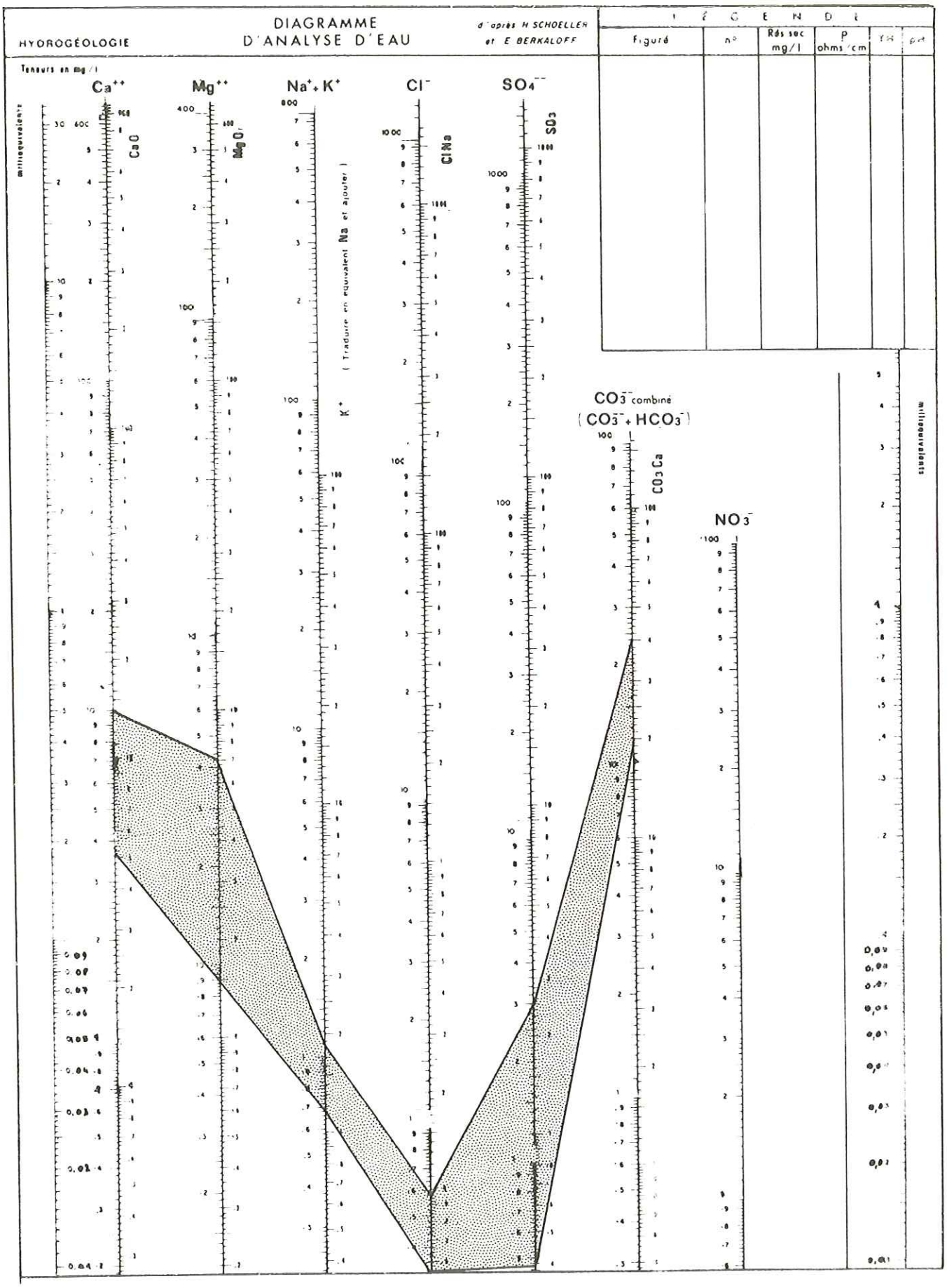
3.8.1. Comparaison des eaux et essai de classification

Cette étude nous permet de conclure sur deux faits :

3.8.1.1. La parfaite connaissance de la géologie de certaines sources nous permet d'établir un "profil type", caractérisitque des formations.

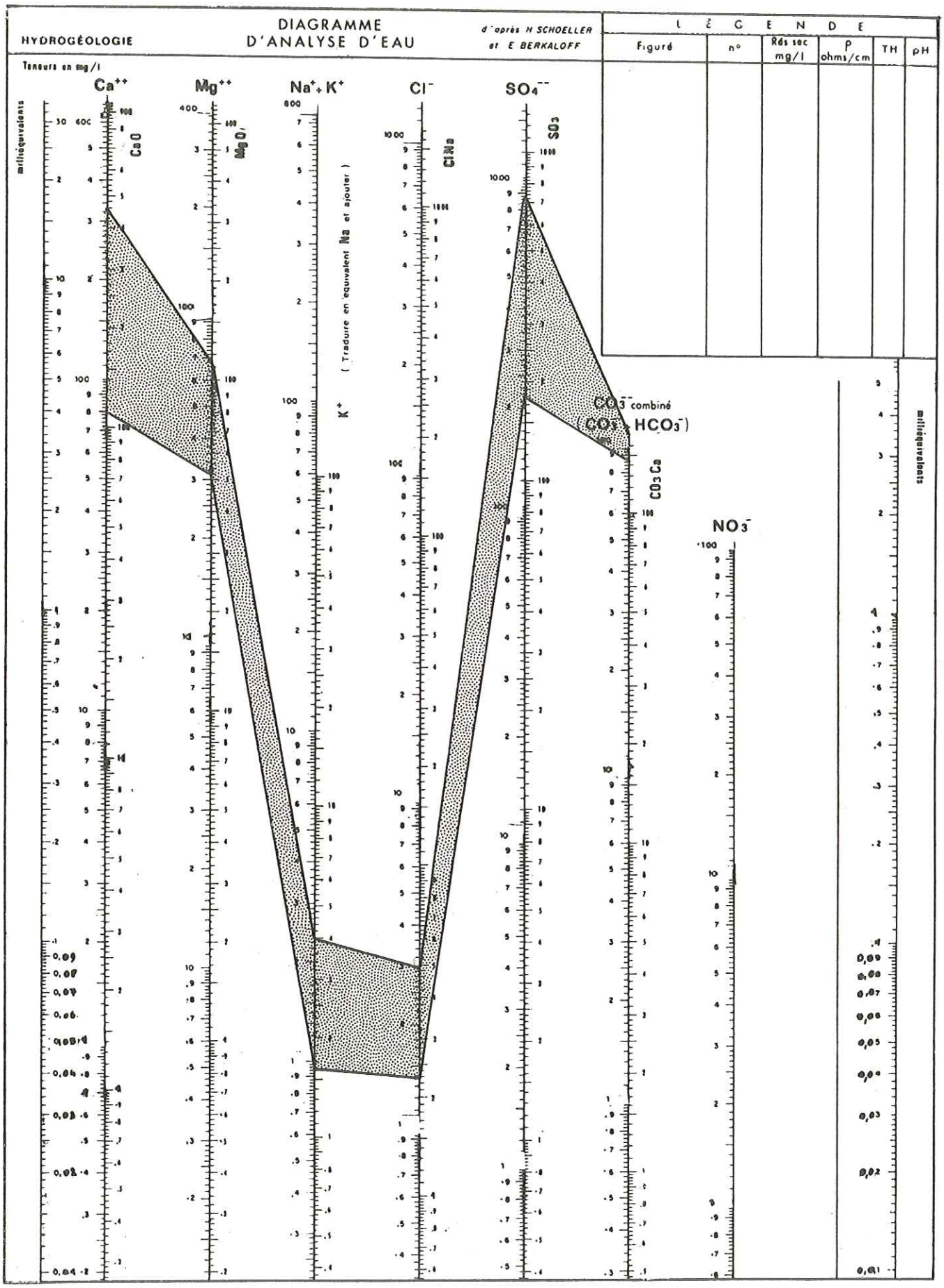
Nous le recensons dans le tableau suivant :

Roches réservoirs	Formules caractéristiques	Résistivités Ω xcm	Débits l/s	PH
granites et micaschistes	Ca > Mg > Na > K HCO_3 > Cl > SO_4 ou HCO_3 > SO_4 > Cl	supérieure à 15 000	de 1 l/s à plusieurs dizaines de l/s pendant la crue	6,9 à 7,4
Houiller	-	-	-	-
Trias	Ca > Mg > Na > K SO_4 > HCO_3 > Cl	inférieure à 1500	apparemment constant ou très faible variabilité	7,3
Jurassique	Ca > Mg > Na > K HCO_3 > SO_4 > Cl	de 1500 à 3000	peu variable toujours inférieur à 2 l/s	supérieur à 7,3
Quaternaire	Mg > Ca > Na > K ou Ca > Mg > Na > K HCO_3 > SO_4 > Cl	de 1500 à 15 000	très variable	6,4 à 7,8 selon le réservoir



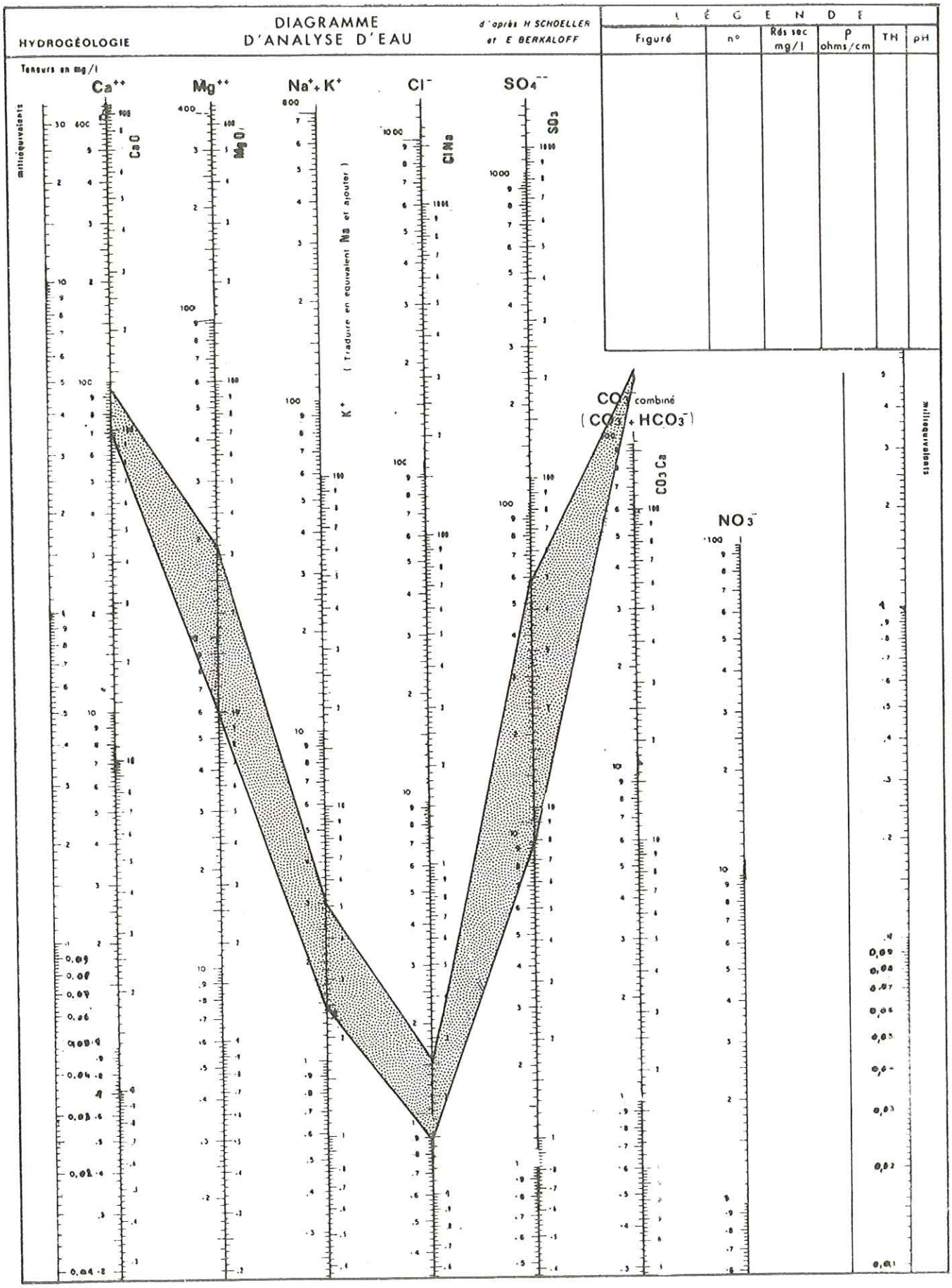
Eau issue du cristallin

fig. 56a



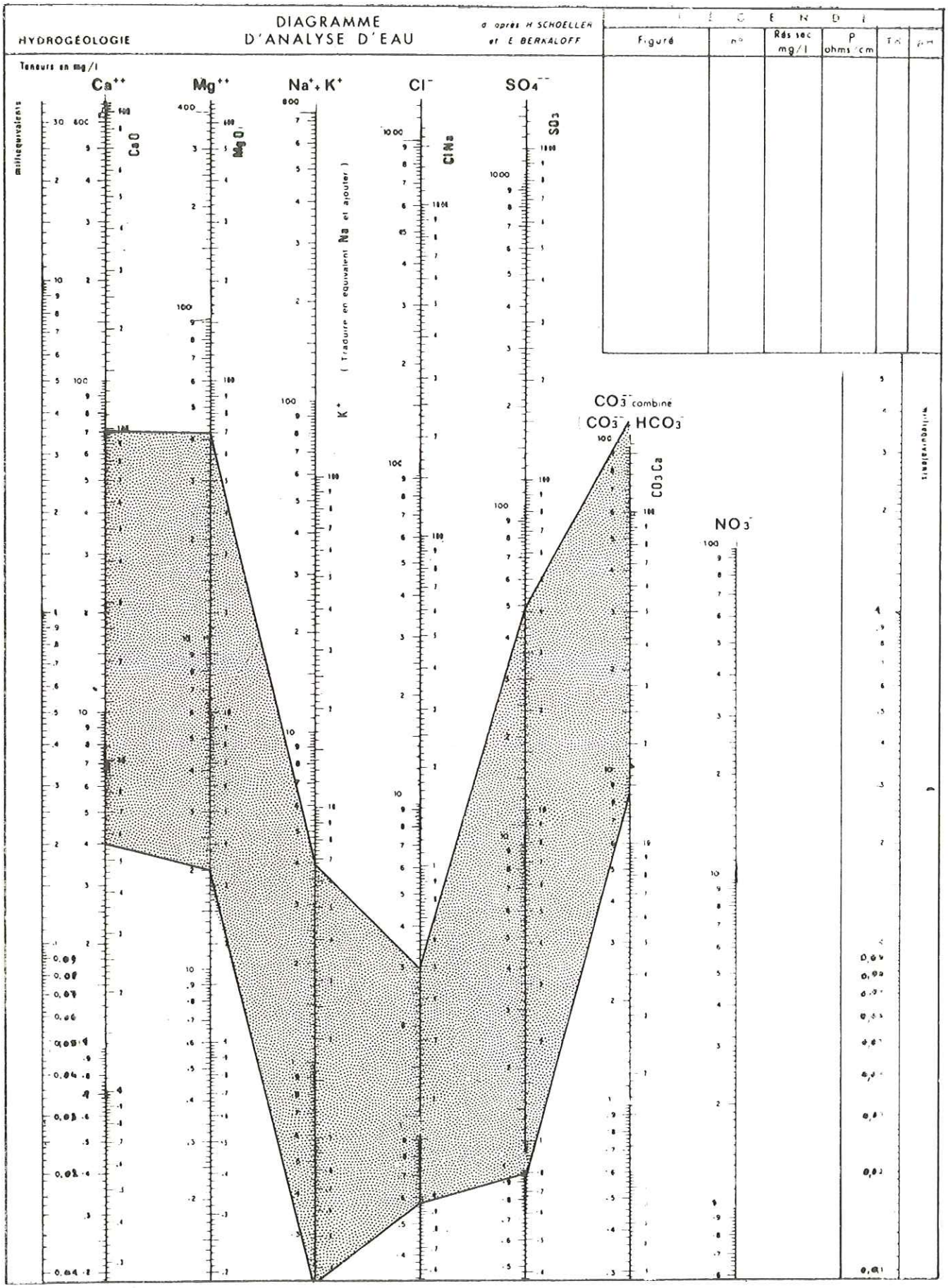
Eau issue du TRIAS

fig.56b



Eau issue du JURASSIQUE

fig. 56c



Eau issue du QUATERNAIRE

fig. 56d

Ce tableau montre qu'à l'exception des sources issues du recouvrement quaternaire, il est assez facile de signaler celles qui proviennent des terrains cristallins ou du Trias ou encore du Jurassique. L'étude de la résistivité ou du Ph permet de faire la différence entre le Jurassique et les granites ou les micaschistes.
Il est dommage, que nous n'ayons pu obtenir de mesures sur des eaux issues du Houiller. Mais les résultats obtenus par M. MICHEL (1971), montrent que les formules dans le Houiller et dans le Lias sont identiques.
(Les schistes ont en effet une lithologie voisine de celle du Jurassique inférieur : schiste des Ramiettes par exemple).
La comparaison des diagrammes logarithmiques permet de les différencier.
La minéralisation totale est moins importante dans le Houiller que dans le Jurassique.
A la suite des analyses chimiques, nous avons reporté les résultats sur des diagrammes de SCHOELLER-BERKALOFF.
L'étude détaillée des quelques sources nous a permis de tracer des courbes enveloppes de minéralisation des eaux (fig. 56, a, b, c, d) qui caractérisent ainsi l'origine de la source selon sa chimie et sa géologie.

3.8.1.2. Détermination des roches réservoirs

Partant des caractères physico-chimiques connus d'une eau, il est alors possible de déterminer l'origine de l'émergence. Lors d'une étude hydrogéologique d'un bassin versant où la couverture quaternaire est vaste, cette forme de tracé présente un grand intérêt.
Toutefois, il faut être prudent quand le recouvrement quaternaire est très épais. La courbe enveloppe relative à ces dépôts, montre que nous nous trouvons dans une gamme de minéralisation étendue.
Aussi chaque source liée aux terrains quaternaies, fera-t-elle l'objet d'une étude de détail, qui tiendra compte non seulement du bassin d'alimentation et de son substratum, mais aussi de l'épaisseur de la couverture et de sa constitution pétrographique.

3.8.2. Tableau récapitulatif

Origine		Nature de l'eau	Minéralisation	Résistivité xcm	Température °C	Débits l/s	PH	Modalités d'alimentation et d'écoulement
CRISTALLIN	GRANITES MICASCHISTES	bicarbonatée calcique et magnésienne	↓	↑	2°C à 4.5°C	de l'ordre du l/s à plusieurs dizaines de l/s en crues	6,9 à 7,4	percolation et fissures
SEDIMENTAIRE	TRIAS	sulfatée calcique	↑	↓	10.05à 10.5°C	très faibles variaet inférieur à 1 l/s	7,3	percolation et chenaux
	JURASSIQUE	bicarbonatée calcique	↔	↔	6°C à 10°C	peu variable de l'ordre du l/s	supérieur à 7,3	fissures ou écoulement superficiel
COUVERTURE QUATERNAIRE		bicarbonatée calcique et magnésienne	↔ ↓	↔ ↓	6°C à 15°C	très variable de 0 à plusieurs dizaines de l/s	6,4 à 7,8 selon la nature de la roche réservoir	percolation et écoulement au contact de niveaux imperméables

↓ faible ; ↑ forte ; ↔ moyenne

De ce tableau,nous retiendrons que l'élaboration d'une carte géologique est très importante. Elle permet de comprendre les conditions d'alimentation et d'émergence des eaux, d'expliquer leur trajet dans le sous-sol. L'analyse physico-chimique n'est pas à négliger, car au-delà des indications qu'elle donne sur l'eau, elle fournit des renseignements précieux au géologue, là où la couverture quaternaire est importante. En outre, elle permet de faire des corrélations avec d'autres études effectuées sur le massif de Belledonne, de valoriser des résultats ponctuels en les généralisant.

4. CONCLUSION

4. CONCLUSION

Au terme de cette étude hydrogéologique sur le bassin versant du Haut-Gelon, nous voudrions en tirer les principaux enseignements :

- Après avoir replacé le bassin versant du Gelon dans son contexte géographique et géologique, nous nous sommes attaché à définir les paramètres hydrogéologiques.

- Les précipitations et leur comparaison statistique avec la pluviométrie des années antérieures, nous a permis de déterminer que l'année 1975 était une année "moyenne". Le calcul des gradients donne des résultats conformes à ceux trouvés sur d'autres bassins versants du massif de Belledonne.

  gradient sur le versant NW = 68 mm / 100 m.

  gradient sur le versant SE = 44 mm / 100 m.

- La détermination de la lame d'eau précipitée permettra, par la suite, de mieux comparer les résultats des paramètres hydrogéologiques. Celle-ci est de 1423 mm.

- Comme aucune mesure de température de l'air n'était effectuée pour l'année 1975, il a fallu recourir à des artifices de calcul, soit par des courbes déjà établies (JP. VACHER - 1971), soit par des corrélations avec un autre bassin versant, présentant des caractéristiques voisines : le bassin de Bourg-Saint-Maurice. Nous avons ainsi déterminé une température dont la valeur est égale à 7,2°C à 1070 m qui est l'altitude de fréquence 1/2 du bassin versant. La lame d'eau évaporée est alors de 473 mm.

- Nous avons ensuite observé les écoulements du Gelon et du Joudron, en suivant leur évolution dans l'espace et dans le temps.
La lame d'eau écoulée est de 921 mm et l'infiltration étudiée à la suite d'une crue est de :

  - 64 % pour le Gelon
  - 47 % pour le Joudron

- Enfin, il était utile de faire le bilan hydrogéologique, celui-ci met en évidence un déficit d'écoulement de 29 mm seulement, ce qui exige des explications géologiques.

- C'est ce que nous nous sommes appliqué à faire en décrivant distinctement chaque région géologique. Celles-ci correspondent aux plages déterminees par les caractères physico-chimiques des eaux de sources.
Ainsi existe-t-il des terrains de nature pétrographique très différente :

- les granites
- les schistes cristallins
- le Houiller conglomératique ou schisteux
- les cargneules, calcaires dolomitiques et gypses du Trias
- le Lias et le Dogger marno-calcaire.

L'écoulement et la nature des eaux, dépendent de cette varieté pétrographique.
Mais il ne faut pas négliger le rôle très important des dépôts quaternaires et de la morphologie.
A ces considérations, vient s'ajouter l'étude de la fracturation.

- Avec chaque ensemble géologique, nous avons étudié des exemples de sources caractéristiques ; les résultats chimiques ont été reportés sur des diagrammes logarithmiques de SCHOELLER et BERKALOFF. Leur comparaison amène à tracer des courbes enveloppes. Donc partant de caractères physico-chimiques connus d'une eau de source, nous pouvons déterminer l'origine de l'émergence sauf pour les terrains quaternaires dont les eaux dépendent des paramètres géométriques et pétrographiques.
Enfin, la synthèse des observations de terrain, de l'analyse détaillée des caractères physico-chimiques des eaux, permet de tracer une carte géologique définitive.

- La méthodologie est simple ; elle consiste à faire l'inventaire des ressources en eau et l'examen géologique des terrains associés à une étude simultanée des précipitations, du ruissellement et de l'évapotranspiration.
Au sein de cette recherche, il est nécessaire de faire un choix dans les résultats des différentes méthodes employées.
Ainsi, pour le calcul de la lame d'eau précipitée, la méthode qui doit donner le meilleur résultat est celle qui consiste à délimiter des sous-bassins en tenant compte de leur exposition et de leur altitude moyenne respective (Méthode Clin-ex). A chaque sous-bassin, l'association d'un pluviomètre et d'un thermomètre, affinerait considérablement les résultats.

Le ruissellement nécessite, peut-être, une période d'étude plus longue afin d'améliorer les connaissances sur le tarissement, la recharge, le volume des réserves. Enfin des analyses chimiques plus complètes et l'étude isotopique de certaines eaux conduiraient à apporter plus de précisions sur les circulations souterraines.

- Nous ne pouvons conclure ce mémoire sans parler des possibilités d'exploitation des réserves actuelles.
Bien que l'on ait considéré longtemps le massif de Belledonne comme le "château d'eau" des basses vallées, ce n 'est pas être pessimiste que de signaler que nous arrivons à la fin d'une alimentation gravitaire sur le bassin versant du Haut-Gelon.
En effet, le volume d'eau emmagasinée pendant une période d'alimentation n'atteint pas 60 % des précipitations sur l'ensemble du bassin versant.
Donc à part des captages possibles pour des hameaux isolés et l'utilisation industrielle de l'eau du Joudron,il est utile d'orienter des recherches dans les plaines et particulièrement dans la vallée du Bas-Gelon, dans laquelle on peut imaginer que la nappe sans doute importante, peut être une solution efficace à une augmentation de la démographie et aux besoins individuels de plus en plus importants.

BIBLIOGRAPHIE

ANNUAIRE HYDROGEOLOGIQUE de la France (1975) - Relevés journaliers de Pluviométrie de la Savoie et de l'Isère. *R.E.H., Alpes Nord, Lyon.*

BARBIER R. (1963) - Quelques réflexions sur le Trias des zones externes des Alpes françaises. *Mém. B.R.G.M., n° 15, p. 243-246.*

BARFETY JC. (1961) - Trias des massifs cristallins externes. *Colloque du Trias français, Montpellier.*

BARFETY JC. (1963) - Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes. *Mém. B.R.G.M., n° 15.*

BARFETY JC., GIDON M. (1969) - Carte géologique Montmélian, 1/50 000, *B.R.G.M.*

BARFETY JC., DEBELMAS J., MOUTERDE R. (1972) - Caractères stratigraphiques, paléontologiques et structuraux du Jurassique inférieur et moyen des bordures W et SE du massif de Belledonne (Isère). (Feuille du 1/50 000 : Domène, Montmélian et Vizille). *T.L.G. t. 48, p. 151 -158.*

BLACHE J. (1914) - Le bord de l'auge glaciaire du Grésivaudan. *R.G.A., t.2, p. 353-407.*

BLACHE J. (1916) - Etude de morphologie glaciaire des vallées d'Uriage et Allevard. *R.G.A.*

BORDET C. (1952) - Sur l'interprétation comme diapyres de certaines bandes de terrains pincés dans les massifs cristallins externes des Alpes. *C.R.A.S., t. 235.*

BORDET C., BORDET P. (1953) - Sur la structure des massifs cristallins externes des Alpes françaises. *C.R.A.S., t. 236.*

BORDET C., BORDET P. (1954) - Sur l'existence d'un élément structural commun aux massifs de Belledonne, Grandes Rousses, Pelvoux. *C.R.A.S. t.238, p. 830.*

BORDET C. (1955) - Sur la géologie de la galerie Isère-Arc. *B.S.G.F., t.5, p.349-353.*

BORDET C. (1957) - Recherche géologique sur la partie septentrionale de Belledonne. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique de France. *Thèse. Ingénieur Docteur, Paris.*

BORDET C. (1962) - Données provisoires sur la structure du massif de Belledonne. *B.S.C.G.F., n° 269, p. 161.*

BORDET C. (1963) - Déformations anciennes, récentes et actuelles des massifs cristallins externes. *T.L.G., t. 39, p. 173.*

BOURDIER F. (1934) - Stratigraphie des alluvions antéwürmiennes du Grésivaudan et de la vallée de Chambéry. *C.R.S.S.G.F., t. 8, p. 99.*

BOURDIER F. (1935) - Stratigraphie des alluvions antéwürmiennes du Grésivaudan et de la vallée de Chambéry. *C.R.A.S., p. 977.*

BOURDIER F. (1961-1962) - Le bassin du Rhône au Quaternaire. *C.N.R.S. t. 1 et 2.*

CABROL B. (1967) - Etude géologique et minière du massif des Hurtières. *Thèse 3e cycle, Grenoble.*

CARCEL C. (1936) - La région du Gelon. *R.G.A., p. 261-274.*

CASTANY G. (1962) - Traité pratique des eaux souterraines. *Dunod, Paris, 657p.*

CASTANY G. (1967) - Introduction à l'étude des courbes de décrue et de tarissement. *Chronique d'hydrogéologie, n°10.*

CASTANY G. (1968) - Prospection et exploitation des eaux souterraines. *Dunod, Paris*

DAZY J. (1973) - Cours d'hydrochimie des analyses d'eau et leur interprétation *Faculté des Sciences, Université d'Alger.*

DEGREMONT (1963) - Mémento technique de l'eau. *Dégremont, Paris, 643 p.*

DENIZOT G. (1963) - Les argiles d'Eybens et les dépôts lacustres du Grésivaudan. *T.L.G., t.30, p.61.*

D.D.A. (1972) - Retenue collinaire du Bourget-en-Huile. Ministère de l'agriculture. C.E.R.A.F.E.R. Centre Interrégional d'Aix-en-Provence. Section de mécanique des sols et génie civil.

D.G.R.S.T. (Juillet 1969) - Résultats des études menées sur le bassin témoin de Saugras. *Tome I, faculté des Sciences, Université de Montpellier.*

DONDEY D. (1958) - Contribution à l'étude tectonique et pétrographique de Belledonne méridionale (région d'Allevard). *C.R.S.S.G.F. p. 332-334.*

DONDEY D. (1963) - Le Trias du massif des Sept Laux. *Mém. B.R.G.M.*

DROGUE (1975) - Analyse statistique des hydrogrammes de décrues des sources karstiques. *Journal of hydrology, vol. 24.*

DUBUS J., FOURNEAUX JC (1968) - Les ressources en eaux de la plaine du Grésivaudan(coupes). *R.G.A.*

DUBUS J., MICHEL M. (1968) - Etude des ressources en eaux de la vallée de l'Isère : les versants de Belledonne, Chartreuse et Vercors. *D.D.A. de l'Isère, Grenoble.*

E.D.A.C.E.R.E. (1964) - Etude géophysique pour les cartonneries de la Rochette.

EHRSTROM (1967) - Sur l'existence d'un accident important à la bordure occidentale du massif des Sept Laux, massif de Belledonne. *T.L.G., t.43, p. 71-78.*

FOURMARIER P. (1958) - Hydrogéologie . *Masson, Paris.*

FOURNEAUX JC. (1968) - Hydrogéologie du Grésivaudan, Grenoble. *Thèse 3e cycle.*

FOURNEAUX JC., MONTJUVENT G., SARROT-REYNAULD J. (1969) - Sur l'extension des argiles d'Eybens (Isère) et leurs rapports avec les formations quaternaires voisines. *C.R.A.S., t. 268, p.2640-2644.*

FOURNEAUX JC. (1975) - Etude des échanges nappe-rivière. La nappe de la plaine de l'Isère dans l'ombilic de Grenoble. *Thèse d'état, Grenoble 327p.*

GIDON P. (1951) - La bordure orientale de la cluse de Chambéry. *T.L.G., t.28, p. 57*

GIDON P. (1952) - Les embûches des massifs cristallins, écailles et synclinaux inapparents. *T.L.G., vol. 30.*

GIDON P. (1963) - Géologie chambérienne, *Ann. C.U. Savoie. Chambéry, n° Hors série.*

GIGNOUX M. MORET L. (1951) - Géologie dauphinoise. *2° édition, Masson, Paris.*

GOGUEL J. (1945) - La tectonique de fond dans les Alpes externes. *B.S.G.F., XIV, p. 14.*

GRATIER JP., LEJEUNE B., VERGNE JL. (1973) - Etude des déformations de la couverture et des bordures sédimentaires des massifs cristallins externes de Belledonne, des Grandes Rousses et du Pelvoux. *Thèse 3e cycle, Grenoble.*

KILIAN W. (S.D.) - Des témoins du surcreusement de la vallée sur le rebord gauche du Grésivaudan. *T.L.G., t. 7, p. 238.*

LEMOINE (1951) - Etude de sources dans le Haut-Gelon, Ponts et chaussées, La Rochette juillet 45, oct.46, déc. 49. *Rapport du service du Génie Rural.*

LORY P. (1895) - Etudes géologiques dans la chaine de Belledonne. 2e note sur la bordure occidentale d'Allevard. *Ann. de l'Université de Grenoble, t. 7, n°2.*

LORY P. (1924) - Révision de la feuille géologique de St Jean de Maurienne. Chaine de Belledonne au Sud de l'Arc. *B.S.C.G.F., t. 29.*

LORY P. (1924) - La chaine de Belledonne su Sud de l'Arc. *B.S.C.G.F., n° 158, p. 69-74.*

LORY P. (1929) - Sur la structure de la chaine de Belledonne et sa bordure. *C.R.S.G.F., p. 234-235.*

LORY P. (1953) - Quelques observations sur Belledonne méridionale. *T.L.G., t. 30,p. 117-122.*

LUGEON M. (1901) - Recherche sur l'origine des vallées des Alpes occidentales *R.G.A., t. 10, p. 295-317.*

MANGIN A. (1970) - Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décrue et tarissement.*Annales de Spéléologie, t. 25, fascicule 3.*

MICHAUD A. (1959) - Essai de comparaison des sédiments jurassiques du Pas du Roc. (Zone sub-briançonnaise) et du massif de la Table (Zone dauphinoise). *D.E.S., Grenoble.*

MICHEL M., BERTHET P. (1958) - Formations cristallophylliennes de la chaine de Belledonne dans la vallée de la Romanche. *C.R.A.S., t. 246, p. 1888.*

MICHEL M. (1971) - Hydrogéologie du bassin versant de Theys (Isère).*Thèse 3e cycle, Grenoble.*

MICHEL R. (1969) - Etude de sources dans le massif des Sept Laux. *Rapport inédit.*

MICHEL R. (1960) - Contribution à l'étude de la température des sources dn dans le département de l'Isère. *T.L.G.*

MORET L. (1951) - Un nouveau style tectonique : les synclinaux fermés et inapparents des massifs cristallins externes des Alpes occidentales. *C.R.A.S., t. 233, p. 1404-1407.*

MOUTARD R. (1970) - Etude géomorphologique des pays du Gelon et du Bas Bréda. *Mémoire de maîtrise. I.G.A., Grenoble.*

NICOUD G. (1974) - Hydrogéologie de la Haute vallée du Chévau. Massif des Bauges (Savoie). *Thèse 3e cycle, Grenoble.*

ONDE H. (S.D.) - Maurienne et Tarentaise. *Thèse, lettres, Grenoble.*

PACHOUD A., AMAT-CHANTOUX R. (1969) - Etudes des sources des cantons de la Rochette et de Chamoux-Montmélian. *Rapport B.R.G.M. Grenoble.*

PACHOUD A., AMAT-CHANTOUX R. (1969) - Etude hydrogéologique du bassin de l'Isère dans la région de Montmélian (Savoie).*Rapport B.R.G.M., Grenoble, 37 p.*

PILLET L. (1872) - Observations sur les fossiles de la Table près de la Rochette. *Mémoires A.S., t. XII, p. 52.*

PILLET L. (1883) - Etude sur les terrains quaternaires de l'arrondissement de Chambéry. *Mémoires A.S., t. IV.*

RICOUR F. , VAYSSE (1950) - Structure du synclinal mésozoïque séparant les rameaux du massif cristallin de Belledonne. *C.R.A.S., t.230. p. 2309.*

RICOUR J. (1962) - Contribution à une révision du Trias français.*Thèse, Paris.*

RODIER J. (1962) - Analyse chimique et physico-chimique de l'eau. *Dunod, Paris.* 358p.

SARROT-REYNAULD (1957) - Résultats géologiques de travaux souterrains récents (Lias-Trias) dans la région de Grenoble. *C.R.S.S.G.F. , p. 356.*

SARROT-REYNAULD J. (1958) - Comparaison des conditions de sédimentation et du comportement tectonique des assises du Trias dans les zones externes et internes des Alpes françaises.*B.S.G.F., t. VIII, p. 699-708.*

SARROT-REYNAULD J. (1963) - Trias des zones externes des Alpes françaises. *Mémoires du B.R.G.M., n°15.*

SARROT-REYNAULD J. (1964) - Accidents transverses et strucutres de la chaine de Belledonne au Sud d'Allevard. *C.R.A.S., t. 259, p. 191.*

SCHOELLER H. (1962) - Les eaux souterraines. *Masson, Paris., 642 p.*

TOBI A.C. (1958) - Les roches cristallophylliennes de la bordure ouest de Belledonne. *C.R.A.S., t. 247, n°1.*

VACHER JP. (1971) - Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin de l'Isère. *Thèse 3e cycle, Bordeaux.*

ABREVIATIONS

A.C.U. : Annales du Centre Universitaire de Savoie

A.S. : Académie de Savoie

B.R.G.M. : Bureau de Recherche Géologique et Minière (Orléans)

B.S.G.F. : Bulletin de la Societé Géologique de France

C.R.A.S. : Compte Rendu de l'Académie des Sciences (Paris)

C.R.S.S.G.F. : Compte Rendu Sommaire de la Societé Géologique de France (Paris)

D.D.A. : Direction Départementale à l'Agriculture

D.E.S. : Diplome Etudes

D.G.R.S.T. : Direction Générale à la Recherche Scientifique et Technique

R.G.A. : Revue de Géographie Alpine (Grenoble)

T.L.G. : Travaux du Laboratoire de Géologie (Grenoble)

ANNEXE

N°	Situation	Date	en ° français *				en mg/l		pH	en Ωcm à 18°C	Q 1/s	θ°C de l'eau
			TH	Ca^{++}	Mg^{++}	$HCO3^{-}$	Cl^{-}	SOn^{--}_{4}				
2b	Panse Durieux	25.01	3.55	1.55	2	3.85	-	-	6.05	15628	2	7
		27.02	3.6	1.8	1.8	3.3	-	-	6.1	13924	2.2	7
		05.04	3.5	1.4	2.1	2.55	0.86	-	-	13815	1.5	6.8
		10.05	3.8	2.3	1.5	2.9	0.80	6	6.2	12550	2.2	6.8
		09.06	3.8	2.3	1.5	2.8	0.96	-	6.22	13179	2	7.1
		01.07	3.5	1.5	2	2.9	1.20	-	6.28	12834	1	7.8
		04.08	4.2	2.1	2.1	3.8	-	-	6.32	12790	0.6	8.2
		05.09	4.4	2.25	2.15	3.4	1.88	6	6.3	11285	1	8.8
		10.10	4.45	2.25	2.25	3.6	-	6	-	11262	0.5	8.8
		10.11	4.45	2.3	2.15	3.5	1.24	-	6.15	11608	0.5	8.2
		10.12	4.6	3	1.6	3.4	0.82	6	5.95	10443	1	7
3b	Panse Durieux	25.01	1.1	0.5	0.6	1.5	-	-	5.6	39200	0.2	7.5
		27.02	1.1	0.5	0.6	1.7	-	-	5.8	39121	0.16	6.75
		05.04	1.1	0.5	0.6	1.2	0.74	-	5.8	38624	0.16	6.3
		10.05	1	0.5	0.5	0.85	0.86	1	5.85	38787	0.16	6.9
		09.06	1	0.5	0.5	0.95	0.72	-	5.95	38881	0.2	8.1
		01.07	1	0.5	0.5	0.95	0.96	1	5.95	38683	0.2	8.85
		04.08	1.5	1	0.5	1.5	-	1	6.05	38522	0.15	9.1
6	Pierre Grosse	25.01	4.3	2.2	2.1	4.3	-	-	6.1	10291	1.2	7.8
		27.02	4.6	3.2	1.4	3.5	-	-	6.00	10076	0.4	7.1
		05.04	4.25	3.4	0.85	3.2	3.1	-	6.12	10263	0.9	-
		10.05	4.35	3.8	0.55	3.2	2.22	-	6.28	10404	0.3	6.9
		09.06	-		0.55	3.7	2.68	-	6.5	9706	0.1	7.5
		02.07	4.7	3.8	0.9	3.8	2.68	-	6.35	9548	0.05	8.55
		04.08	5	4	1	4.1	-	11	6.45	9680	0.05	9.9
		05.09	6.15	3.6	2.55	4.8	3.59	-	6.45	8688	0.2	11.5
		10.10	5.40	4.20	1.20	4.6	-	-	6.3	8430	0.5	11.7
		10.11	5.45	4.55	0.9	4.5	2.92	11	6.35	8717	0.9	-
		09.12	4.65	4.1	0.55	3.3	3.6	-	6.06	9984	0.5	10.6
7	Le Charpinay	25.01	8.6	6.2	2.4	8.95	-	-	6.6	5722	0.4	8.1
		27.02	9.1	7.2	1.9	9.08	-	-	6.7	5394	0.5	7.7
		05.04	8.85	6.9	1.95	7.6	4.6	-	6.7	5635	0.6	7.8
		09.06	8.1	6.1	2	8.45	4.5	-	6.78	4817	0.5	9.8
		02.07	10.05	8.05	2	8.9	4.8	-	6.71	5010	0.4	10.7
18b	Fontaine Besse	27.01	4.5	2.1	2.4	4.1	0.8	0.5	7.4	12500	-	5.7
12b	Le Molliet	27.01	4.5	2	2.5	3.75	-	-	6.05	13130	3.3	8.6
		28.02	3.9	1.75	2.4	3.70	-	-	6.1	12966	0.55	8.25
		08.04	3.6	1.5	2.1	3.1	1.30		6.1	12780	0.65	7.9
		09.06	-	-	-	3.05	2.08	8	6.12	12128	0.45	8.45
		02.07	3.9	1.8	2.1	3.15	2.82	-	6.25	12543	0.3	8.7
		05.08	4.25	2.35	1.9	3.3	-	-	6.32	12831	0.1	12.2
		10.10	3.9	1.8	2.1	3.25	1.86	8	6.31	11378	0.3	11.05
13b	Grange Chaboux	28.02	2.95	1.3	1.65	2.6	-	-	6.8	16792	-	5.1
		09.06	3	1.35	1.65	1.75	3.30	-	6.6	16537	0.5	6.1
		02.07	2.65	1.10	1.55	2	4.94	-	6.55	16629	-	6.45
		10.10	2.4	1.6	0.8	2.05	-	-	6.7	15151	-	-
15	Preslette	25.01	16.6	14.15	2.45	17.85	-	-	7.8	3531	0.2	6.5
		27.02	18.7	15.1	3.6	18.06	-	-	7.8	3322	0.1	5.5
		05.04	17.35	13.7	3.65	15.3	0.84	-	7.75	3456	0.2	6
		10.05	18.25	15	3.25	16.25	0.68	-	7.7	3291	0.2	7.3
		09.06	-	-	-	16.5	0.84	-	7.55	3449	0.1	8.35
		01.07	18.85	15.15	3.70	17.5	0.88	-	7.58	3047	0.1	9.2
19	Les Plagnes	25.01	5.1	2.2	2.9	5.8	-	-	6.75	10307	0.8	6.2
		27.02	5.4	3.4	2	5.25	-	-	7.3	10428	1	5.85
		05.04	4.9	2.3	2.6	4.4	0.76	-	-	10240	1	5.6
		10.05	5.15	2.85	2.3	4.1	0.62	6.5	6.98	10211	1	5.5
		09.06	-	-	-	4.8	0.70	-	7.22	9519	0.5	6.15
		01.07	5.5	2.7	2.8	5	1.04	-	7.43	9084	0.2	6.7
		04.08	6	3.8	2.2	5.7	-	-	7.22	9054	0.1	7.7

	Les Plagnes	05.09	6.2	2.8	3.4	5.4	1.56	6.3	7.25	9089	–	8.6
		10.10	6.15	3.5	2.65	5.2	–	–	–	8640	0.2	–
		10.11	6.05	4.15	1.9	5.7	1.40	6.5	7.22	8630	0.2	8.7
		10.12	5.7	3.5	2.2	4.5	0.92	–	6.6	9888	0 1	8.4
22	Aiglemont	25.01	11.4	3.5	7.9	11.9	–	–	7.4	4810	1.4	5.6
		27.02	13.8	5.3	8.5	11.7	–	–	7.55	4581	0.8	5.4
		05.04	12.2	4.55	7.65	10.45	0.72	–	–	4487	0.4	4.95
		10.05	12 55	4.95	7.6	10.6	0.76	19	7.58	4567	0.5	7.6
		09.06	–	–	–	11.3	0.68	–	7.88	4531	0.3	8.95
		01.07	12.45	4.7	7.75	11	1.08	–	7.7	4507	0.4	10
		04.08	14.60	6.25	8.35	12.7	–	20	7.95	4139	0.2	11.2
		05.09	15.3	5.6	9.7	11.8	1.24	–	7.72	4065	–	10.55
		10.10	14.15	5.15	9.	12	1.16	20	–	4467	–	–
		10.11	13.9	5.75	5.75	11.2	0.98	21	7.58	4399	0.35	7.5
		10.12	12.8	5.4	7.14	11	–	–	7.34	4123	0.3	6.2
23b	Le Gargoton	27.01	2	0.6	1.4	2.25	–	–	7.3	19690	3	4.2
		25.02	2.	1.1	0.9	2.05	-	-	7.45	19805	3	4.4
		30.04	1.75	1.20	0.55	1.5	0.24	–	7.65	19800	–	4.6
		31.05	1.45	1.05	0.40	1.4	0.32	–	7.32	28847	50	3.3
		01.07	1.4	1.15	0.25	1.65	0.44	1.95	7.41	34911	80-100	2.1
		31.07	1.8	1.65	0.15	1.8	–	–	7.25	35911	50	3.3
		30.08	2	1.55	0.45	1.8	1.00	2	7.26	27760	40	2.9
		30.09	1.92	1.82	0.10	1.9	0.83	–	7.5	28109	25	3.1
		01.11	1.82	1.31	0.51	1.9	0.22	2	7.4	24140	6	3.3
26b	Prodin	27.01	11.1	5.5	5.6	11.5	–	–	7.45	5542	0.1	2.6
		25.02	11.4	5.7	5.7	12.15	–	–	7.8	3042	0.04	1.3
		01.03	11.5	5.8	5.7	11.5	0.48	6	7.75	4958	0.05	1.1
		30.04	11.7	6.4	5.3	11.95	0.32	–	7.5	4780	1.7	5.3
		31.05	10.7	5.7	5	10.4	0.44	6	7.68	2743	–	6.9
		01.07	10.8	5.45	5.35	11.1	0.76	–	7.6	5400	0.3	8.6
25b	Chalets du Gargoton	27.01	4.1	1	3.1	3.05	–	–	7.1	11360	0.2	3.3
		25.02	5.3	2.2	3.1	3.95	–	–	7.6	18825	0.2	2.9
		30.04	4.4	1.6	2.8	3.15	0.1	–	7.15	13850	3	1.9
		31.05	3.3	1.75	1.55	2.35	0.24	–	7.35	16567	5	2.9
		01.07	3.25	1.4	1.85	3	0.52	2.75	7.17	15480	5	8.45
		31.07	4.3	2.6	1.7	3.9	–	2.8	7.25	13435	0.5	6.05
		31.08	–	–	–	–	–	–	–	12398	1	6.8
		30.09	–	–	–	–	–	–	–	12549	–	6.8
		01.11	4.25	2.4	1.85	4.0	0.56	3	7.22	13087	0.2	4.15
27	Grignet	25.01	10.55	6.5	4.05	11.45	–	–	7.55	5031	5	6.4
		27.02	12.1	9	3.1	11.45	–	–	7.7	4817	3	6.3
		05.04	9.5	6.5	3	8.6	0.84	–	–	5446	3.5	5.5
		10.05	11.8	9.35	2.45	10.7	1.12	–	7.65	4622	7	8.4
		09.06	–	–	–	10.9	1.36	11	7.45	4315	4	8.95
		01.07	11.7	8.5	3.2	10.4	1.56	–	7.48	4762	1.5	9.8
		04.08	16.3	12.5	3.8	14.5	–	10	7.35	3566	1	10.05
		05.09	15.15	9.3	5.85	12.1	2.28	–	7.39	4117	1.5	10.5
		10.10	12.5	8.9	3.6	10.8	–	–	–	4712	1	–
		10.11	11.05	8.15	2.9	10.3	1.68	11	7.65	5080	0.8	8.25
		10.12	10.05	7.6	2.45	8.45	1.40	–	7.45	4910	0.8	7.5
29b	Le Bourget-en-Huile	21.01	3.7	2.3	1.4	2.95	–	–	6.45	12306	0.2	7
		13.02	–	–	–	–	–	–	–	10817	–	6.45
	Huile	28.02	3.35	1.9	1.45	2.65	–	–	6.9	13522	0.05	5.8
		07.04	3.25	1.85	1.40	2.6	3.06	–	6.8	13280	0.05	5.1
		10.05	5	2.7	2.3	2.6	1.28	6	6.5	13323	0.05	5.5
		09.06	–	–	–	2.4	0.82	6	6.6	11450	0.1	6
		02.07	3.9	2	1.9	2.75	0.76	–	6.6	11708	0.2	6.7
		04.08	3.9	2.95	1	3.35	–	–	6.63	11313	0.1	7.9
		10.10	5.45	3.55	1.9	3.05	0.75	5.5	6.6	9273	0.05	8.1
		11.11	–	–	–	–	–	–	–	12100	0.05	9.1
30	Chapelet	25.01	14.5	10.2	4.3	15.10	–	–	7.6	3918	1	9
		27.02	16	12.05	3.95	13 85	–	–	7.75	3973	0.8	9
		05.04	14.3	11.2	3.1	12.8	1.22	–	–	3785	0.8	9
		10.05	15	12.5	2.5	12.8	1.24	20	7.79	4440	0.8	9.05
		09.06	–	–	–	12.7	1.72	–	7.82	3854	0.9	9.10
		01.07	14.95	11.3	3.65	13.5	1.92	–	7.8	3854	0.7	9.10

	Chapelet	04.08	16.05	12.6	3.45	13.9	–	–	7.7	3669	0.45	9.45
		05.09	17.6	11.8	5.8	13.5	2.44	19	7.65	3500	0.45	9.4
		10.10	15.75	13.4	2.35	13.25	–	–	–	3525	0.5	–
		10.11	15.55	13.20	2.35	13.25	2.00	19	7.65	3677	0.8	9
		10.12	15.7	13	2.7	12.6	1.88	19	7.52	3720	0.5	9
31_2	Chapelet D 207	25.01	12.5	9.5	3	13.05	–	–	7.55	4408	1	7
		27.02	13.1	10.4	2.7	12.05	–	–	7.75	5127	1.3	6.7
		05.04	11.6	8.3	3.3	10.4	1.32	–	7.6	4774	3.5	6
		10.05	12.95	10.2	2.75	11.1	1.10	11	7.58	4752	0.8	9
		09.06	–	–	–	11.7	1.52	–	7.35	4272	0.1	9.35
		01.07	14.2	10.9	3.3	13	1.82	–	7.55	4206	2.8	9.95
		04.08	–	–	–	15.7	–	–	7.42	4001	0.6	10.5
		05.09	15.2	10.3	4.9	12.55	1.92	13	7.42	3384	1.8	11.1
		10.10	12.6	9.1	3.5	12.1	–	–	7.56	4187	2.5	–
		10.11	13	10.1	2.9	11.6	1.78	13	7.82	4362	2.3	8.45
		10.12	12.05	9.7	2.35	10.10	1.52	–	7.8	4623	1.5	6.7
34_2	Verneil	25.01	19.4	13.1	6.3	22.85	–	–	7.45	3100	3.3	8.1
		27.02	18.95	12.5	6.45	20.1	–	–	7.6	3070	3	8.1
		05.04	19	13.7	5.3	19.9	0.92	–	7.75	3285	2	7.7
		10.05	19.7	13.8	5.9	19.05	0.52	5	7.69	3122	1.7	8.05
		09.06	19.7	13.7	6.0	19.15	0.56	5.5	7.69	2868	2.2	8.05
		01.07	19.95	14.1	5.85	20.05	1.80	–	7.4	2868	0.82	8.95
		04.08	20.1	14.1	6.0	19.10	–	–	7.41	3012	0.8	8.2
		05.09	22.8	15.1	7.7	20.5	2.08	–	7.4	3277	0.5	8.2
		10.10	19.7	13.2	6.5	19.9	–	–	7.5	2726	0.5	8.6
		11.11	21	15.65	5.35	21.1	0.8	2.5	7.4	2773	1.5	8.2
		10.12	21.3	15.8	5.5	19.4	0.8	–	7.38	2020	0.6	8.3
37	La Martinette	25.01	26.6	20.4	6.2	9.3	–	–	6.85	1726	3	6.7
		28.02	36.2	29.1	7.1	9.2	–	–	7.10	2725	4	6.7
		05.04	30.5	24.6	5.9	8.8	1.74	–	7.10	2300	5	6.45
		10.05	21.7	16.6	5.1	7.3	1.10	–	7.10	2550	4	7.05
		09.06	22.90	18.1	4.8	7.3	1.12	50	7.18	2765	3	7.8
		02.07	22.75	17.6	5.15	7.7	1.38	–	7.07	2780	4	8.6
		04.08	19.7	14.7	5.00	8.15	–	–	7.05	3239	1	9.5
		05.09	18.05	12.05	6.00	7.5	1.36	50	7.11	–	2	9.3
		10.10	12.3	8.6	3.7	7.4	–	–	–	–	2	8.6
		10.11	13.0	10.1	2.9	7	1.28	52	7.1	3796	3	7.9
		10.12	16.2	12.7	3.5	6.95	1.38	–	6.75	3270	3	7.8
38	Repidon	25.01	9.35	6.7	2.65	9.45	–	–	7.1	6045		6.45
		28.02	9.1	4.9	4.2	10.75	–	–	7.55	6157		6.45
		05.04	8.4	4.9	3.5	8.5	1.08	8	7.5	6039		6.6
		10.05	8.6	5.6	3	7.95	1.40	–	7.15	6205		7.2
		09.06	9.1	5.6	3.5	7.75	1.08	8	7.28	6469		7.8
		02.07	7.85	4.9	2.95	7.9	1.40	–	7.12	6232		7.9
40	Repidon	25.01	9.5	5.3	4.2	9.75	–	–	7.5	–	1	6
		28.02	9.45	4.7	4.75	9.6	–	–	7.75	5798	1	5.9
		05.04	9.6	5	4.6	9.1	0.72	–	7.75	5326	1	5.4
		10.05	8.6	4.5	4.1	7.95	0.50	–	7.75	6436	2	6.1
		09.06	–	–	–	7.82	0.44	8	7.88	6048	5	6.4
		02.07	8.8	4.55	4.25	8.6	0.84	–	7.80	5846	5	7.2
		04.08	9.2	4.7	4.5	8.5	–	–	7.98	5965	0.5	8.5
		05.09	10	4.7	5.3	8.3	0.86	–	7.92	5863	0.3	9.1
		10.10	9.4	5.65	3.75	8.5	–	8	7.7	6030	0.8	8.3
		10.11	9.65	6.05	3.60	8.65	0.84	8	7.72	5976	0.9	7.65
		10.12	9.2	5.7	3.5	8.05	0.9	–	7.32	5942	0.5	7.2
43	Bourget-en-Huile	01.03	7	4.75	2.25	4.15	–	–	6.6.	7226	20	7.2
		08.04	6	2.7	3.3	3.05	0.72	–	6.6	7185	20	6.8
		10.05	6.45	3.6	2.85	2.9	0.58	–	6.52	7656	20	6.2
		09.06	6	3.6	2.4	2.85	0.62	–	6.58	7308	20	6.2
		02.07	6	3.6	2.4	3	1.12	–	6.56	7755	15	6.2
		04.08	6.05	3.9	2.15	3.55	–	24	6.61	7963	15	6.65
		05.09	6.65	4.2	2.25	3.4	1.18	–	6.78	7651	15	7.25
		10.10	6.35	4.15	2.20	3.05	–	–	–	–	–	–
		10.11	6.3	4.3	2.0	3.5	1.00	25	6.4	7699	15	7.9
		10.12	6.15	4.1	2.05	2.8	0.74	–	6.19	7557	15	7.8

46	Le Champet	26.01	2.9	0.7	2.2	2.85	–	–	6.75	17174	0.15	3
		30.04	1.4	0.5	0.9	1.2	0.36	–	6.65	21126	0.95	2.2
		31.05	1.4	0.65	0.75	0.85	0.36	–	6.45	41391	2	2.5
		30.06	1.2	0.65	0.55	1.3	0.56	0.8	6.55	33874	4	3.35
		30.07	2.2	1.3	0.9	2.5	–	–	6.68	22131	0.3	4.35
		30.08	2.75	1.4	1.35	2.2	0.84	–	7.08	21704	0.3	4.25
		30.09	2.2	0.95	1.25	2.0	–	0.5	6.87	23555	0.3	4.3
		01.11	2.6	0.85	1.75	2.5	0.56	1	6.95	19288	0.6	4.35
49	Source du Gelon	01.02	5.9	2.1	3.8	7.0	–	–	6.55	9753	3	0.2
		24.02	8.2	2.7	5.5	8.4	–	–	6.75	6780	3	0.1
		31.03	7.7	2.7	5	7.7	0.88	–	6.7	6616	3	0.1
		30.04	3.8	0.85	2.95	3.3	0.32	–	7.1	15700	3	4.15
		31.05	6.1	2.7	3.4	5.6	0.60	8	6.92	10152	1	10.5
		30.06	5.45	2.2	3.25	4.6	0.82	–	7.00	11990	3.5	13.15
		30.07	9.75	4.3	5.45	10.35	–	–	6.67	–	0.05	15
		31.08	6.6	3	3.6	4.7	0.86	7	7	6180	0.5	11
		30.09	6.85	2.5	4.35	6	–	8	6.99	8440	1	11.9
		30.11	5.90	2.90	3	5.1	3.4	–	7.03	8935	3	–
50	Les Mouches	28.01	27.5	19.3	8.2	26.6	–	–	7.3	2225	1.1	8.1
		24.02	27.6	19.9	7.7	24.55	–	–	7.5	2537	1	8
		07.04	27.3	20.6	6.7	23.8	0.52	–	7.6	2328	0.8	7.95
		07.06	27.3	–	–	23.55	0.72	–	7.62	2158	0.8	8.1
		02.07	25.6	20.4	5.2	23.8	1.08	59	7.42	2266	0.65	8.15
		04.08	29.8	21.8	8	25.1	–	–	7.40	2061	0.6	8.2
		05.09	33.1	21.2	11.9	24.4	1.09	–	7.46	1961	0.5	8.3
		08.10	30.8	22.1	8.7	24.35	–	58	7.40	1960	0.45	8.4
		11.11	31.3	23.3	8	24.4	0.92	59	7.37	1924	0.4	8.1
		09.12	28.8	22	6.8	22.9	0.62	–	7.37	2003	0.5	9.95
55_2	Col de Champlaurent	24.02	22.5	19.2	3.3	23.85	–	–	7.35	2684	0.01	5.45
		09.06	22.9	20.1	2.8	22.55	0.72	–	7.41	2639	0.01	7.5
58	Le Fontanil Le Bgt-en-Huile	21.01	103.55	51.9	51.65	21	–	880	7.5	1300		10.05
		24.02	103.1	76.1	27	18.35	–	830	7.4	729		10.05
		07.03	102.5	76	26.5	17.2	0.88	–	–	781		10.05
		10.05	106	75.5	31.5	17.2	0.58	960	7.48	724		10.05
		09.06	103	71.5	31.5	17.4	0.98	880	7.42	946		10.05
		02.07	103	71.5	31.5	17.6	1.28	–	7.3	1100		10.05
		04.08	108.2	92	16.2	15	–	900	7.24	672		10.05
		05.09	116	78	38	17.6	1.44	–	7.35	779		10.05
		10.10	108.2	83.3	24.9	17.4	–	–	–	658		10.05
		10.11	109.5	82.1	27.4	17.9	1.46	880	7.3	670		10.05
		10.12	107.8	81.1	26.7	18.9	1.04	800	7.22	658		10.05
	1976 –	09.02	111.5	82.8	28.7	18	1.28	830	7.3	666		10.05
63	Le Molard	28.01	22.6	20.3	2.3	25.10	–	–	7.9	2731	2	9.1
		24.02	22.1	19.6	2.5	23.4	–	–	8.15	2833	0.8	9.05
		08.04	20.5	18.3	2.2	21.4	1.40	–	–	2823	1.5	9.1
		12.05	22.4	19.75	2.65	21.4	1.28	–	7.89	2762	0.8	9.75
		09.06	–	–	–	21.5	1.64	10.5	8.23	2730	0.7	10.05
		02.07	21.2	18.1	3.1	20.8	2.68	–	8.1	2775	0.8	9.9
		06.08	–	–	–	20	–	–	7.75	2666	0.4	10.7
		05.09	22.8	17.4	5.4	20.8	2.24	11	7.82	2694	0.4	10.45
		10.10	20.4	18.05	2.35	20.8	–	11	–	2547	0.5	9.5
		10.11	22.55	20.1	2.45	21.3	1.46	10	8.00	2690	0.5	9
		10.12	23.4	21.6	1.9	21.9	1.62	–	7.25	2351	0.8	9.1
68	Prémicon	28.01	22.1	18.9	3.2	24.75	–	–	7.25	2945	0.6	6.7
		24.02	22.7	19.5	3.2	23.95	–	–	7.4	2801	0.2	6.8
		01.03	22.45	19.9	2.55	22.6	0.48	–	7.4	2599	0.3	6.4
		30.04	22.15	19.1	3.05	22.1	0.68	–	7.6	2355	0.3	7.95
		31.05	22.8	20.8	2	22.3	0.56	12	7.41	2523	0.3	6.7
		30.06	22.5	19.1	3.4	22.5	1.16	–	7.28	2728	0.8	9.8
		31.07	23.8	20.3	3.5	23.2	0 86	–	7.41	2594	0.1	10.5
		05.09	25.7	20.9	4.8	23.1	0.86	12	7.45	2610	0.1	10.7
		30.09	24.2	21.5	2.7	22.7	–	–	7.35	2572	0.5	10.2
		01.11	24.5	22.1	2.4	22.5	0.96	13	7.3	2558	0.2	9.2
		01.12	23.35	20.5	2.9	20.25	1.06	–	7.22	2480	0.1	8.3

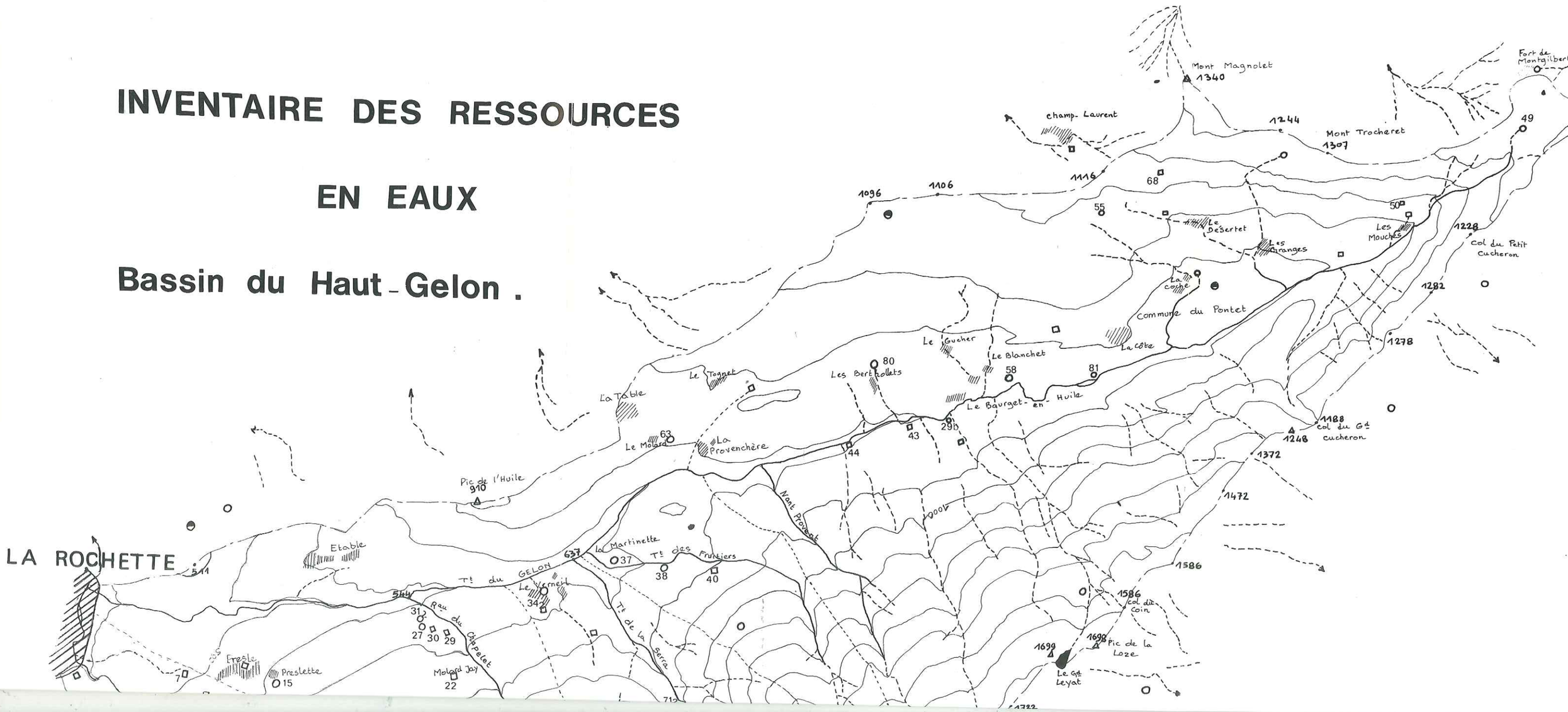
71_4	Les Parelles	01.03	4	1.75	2.25	3.9	-	-	7.0	13167	3.7	6.5
		29.03	3.75	1.7	2.05	3.6	0.28	-	7.0	13197	1.3	6.4
		17.5	3.9	2	1.7	3.2	0.36	-	6.9	13033	1.6	6.5
		07.06	3.85	1.65	2.2	3.3	0.40	8	7.05	12982	1.8	6.45
		07.07	3.7	2	1.7	3.3	0.72	-	7.05	12915	1.7	6.45
		06.08	4.25	2.15	2.10	3.6	-	-	7.3	12578	1.6	6.2
		03.09	4.25	2.15	2.10	3.5	1.00	8	7.28	13147	1.6	6.4
		03.10	3.9	2	1.9	3.35	-	-	7.18	11899	2	6
80	Les Berthollets 1976 -	07.06	18.05	16.9	1.15	17.9	0.64	12	7.87	3307	3	10.3
Bo	Boteran	08.04	10.8	5.65	5.15	11.7	0.38	-	-	5297	10	7.3
		12.05	-	-	-	-	-	-	-	5624	8	6.85
		17.05	10	5.6	4.4	10.6	0.28	-	7.98	5639	6	6.9
		07.06	10.45	6.1	4.35	11.3	0.40	1.2	7.99	5458	7	7.05
		01.07	10.5	6.1	4.4	11.4	0.80	-	7.9	5516	7	7.1
		05.08	11.8	6.65	5.15	12.1	-	-	7.91	4820	6	7.1
		03.09	12.8	6.8	6	12.1	0.86	1.2	7.92	4756	7	7.15
		10.10	11.7	6.75	4.95	11.7	-	-	-	4658	6	7.2
		10.11	12.2	8.2	4	12.3	1.16	2	8.02	4731	5	7.2
		09.12	11	7.1	3.9	10.75	0.68	-	8.05	5220	5	6.9
81	Le Bourget-en-Huile	10.11	92.5	63.3	27.3	17.8	1.4	415	7.31	846	?	10.5

* 1° F = 0,2 milliéquivalent

INVENTAIRE DES RESSOURCES

EN EAUX

Bassin du Haut-Gelon.



LA ROCHETTE

Limites du bassin versant

Sous bassins versants

Sources non captées

Sources captées

Puits

Torrents

Ruisseaux temporaires

Lacs, mares

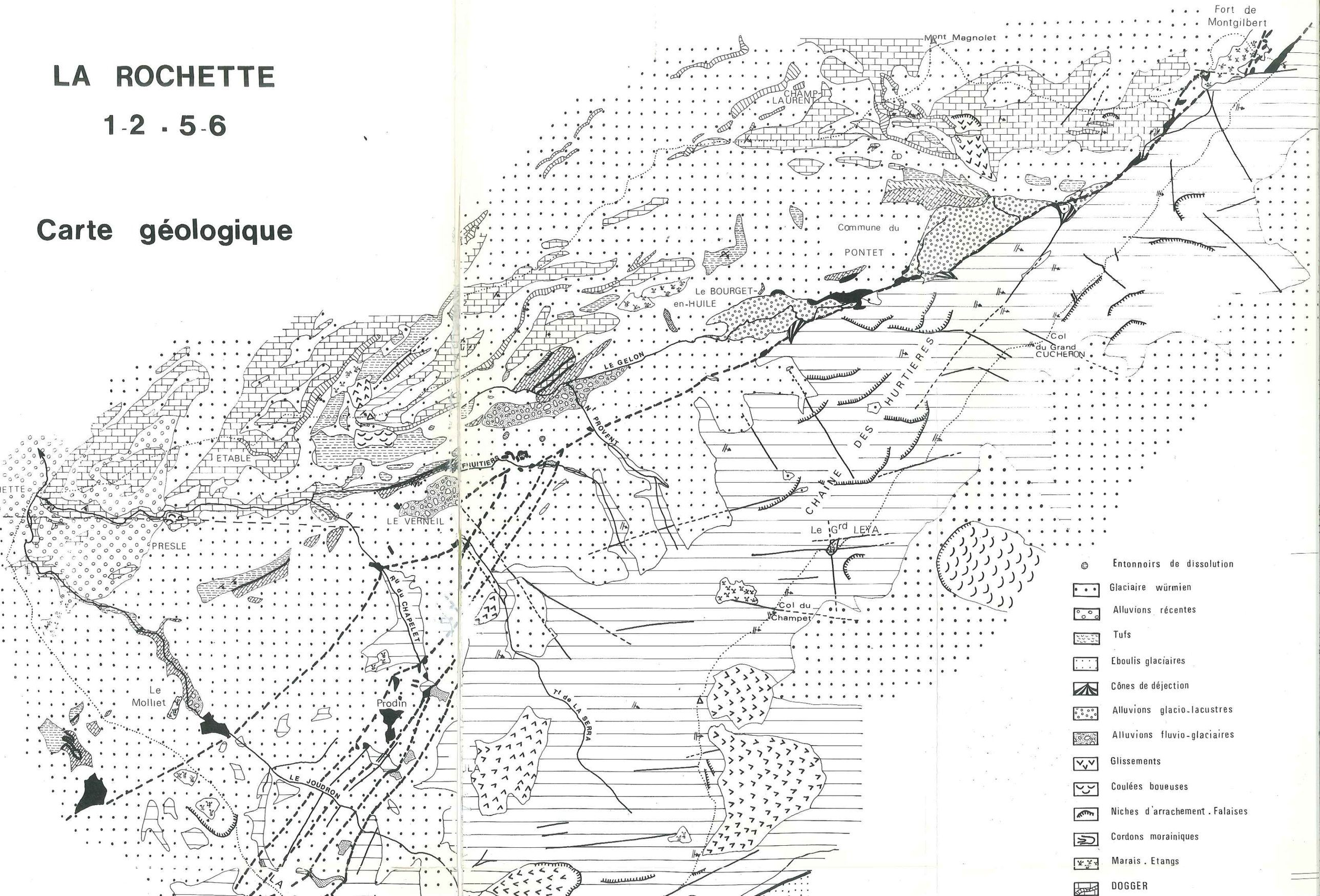
0 1Km 2Km

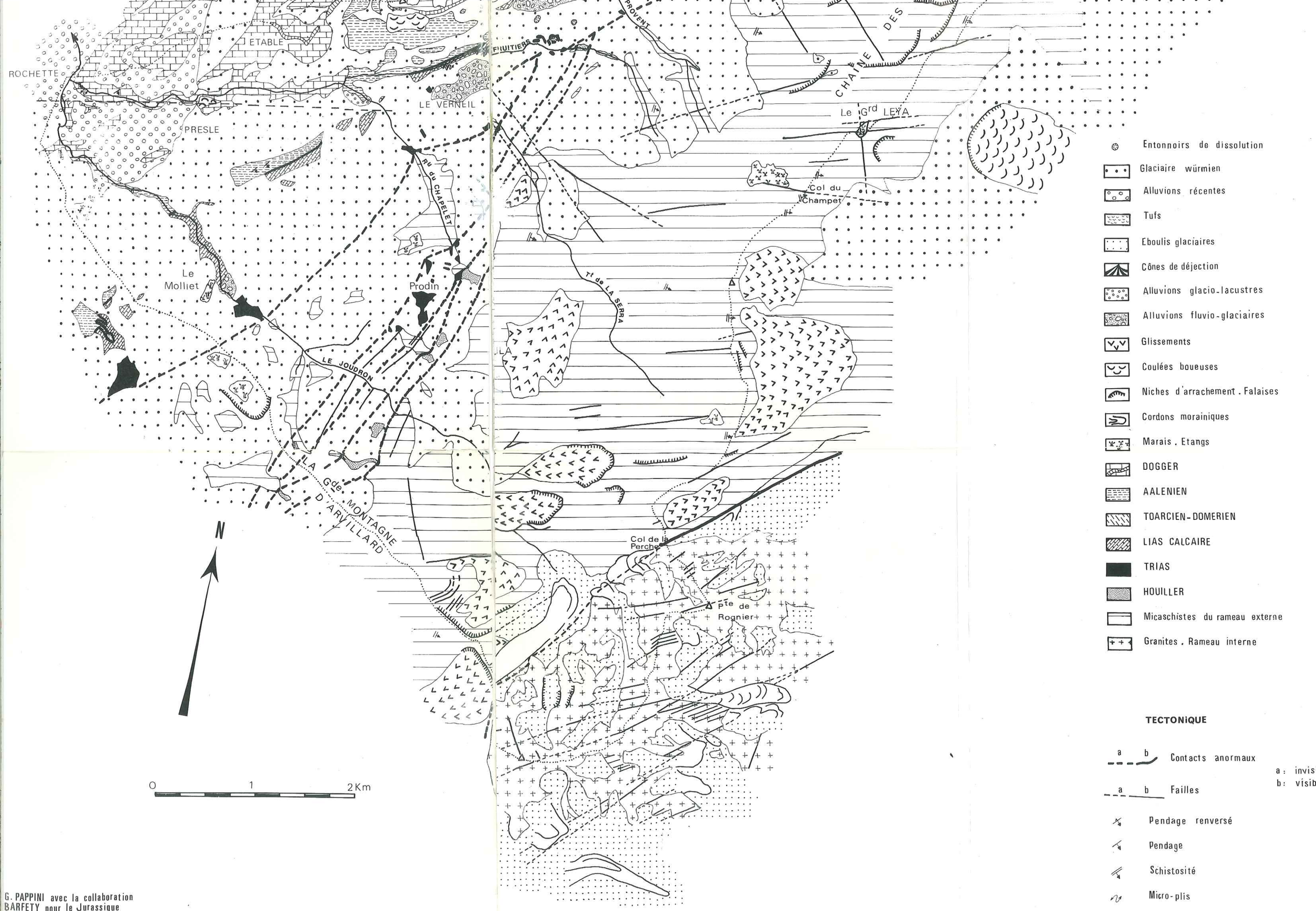
N

LA ROCHETTE

1-2 · 5-6

Carte géologique





G. PAPPINI avec la collaboration
BARFETY pour le Jurassique