



Infiltration des eaux et relations entre aquifères profonds et superficiels : hydrogéologie du plateau de Thollon, de la montagne de Memise et de la vallée de l'Ugine (Haute-Savoie)- Alpes françaises

Bertrand de Sartiges

► To cite this version:

Bertrand de Sartiges. Infiltration des eaux et relations entre aquifères profonds et superficiels : hydrogéologie du plateau de Thollon, de la montagne de Memise et de la vallée de l'Ugine (Haute-Savoie)- Alpes françaises. Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1978. Français. NNT : . tel-00575596v1

HAL Id: tel-00575596

<https://theses.hal.science/tel-00575596v1>

Submitted on 10 Mar 2011 (v1), last revised 21 Aug 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

28 DEC 1978

présentée à

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR de SPÉCIALITÉ
(Géologie Appliquée)
option : Hydrogéologie

par

Bertrand de SARTIGES

INFILTRATION DES EAUX ET RELATIONS ENTRE AQUIFERES PROFONDS ET SUPERFICIELS : HYDROGÉOLOGIE DU PLATEAU DE THOLLON, DE LA MONTAGNE DE MEMISE ET DE LA VALLÉE DE L'UGINE (Haute-Savoie)

Soutenue le 15 décembre 1978 devant la Commission d'Examen

R. BARBIER	Professeur à l'U.S.M.G.	Président
J. SARROT-REYNAULD	Professeur à l'U.S.M.G.	Rapporteur
B. BLAVOUX	Maître-Assistant à Paris VI	Examineur
J.C. FOURNEAUX	Maître-Assistant à l'U.S.M.G.	Examineur
P. OLIVE	Sous-Directeur du Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon-les-Bains	Examineur
J. BARBESIER	Docteur Vétérinaire S.A. des Eaux Minérales d'Evian	Invité

AVANT-PROPOS

A l'issue de cette étude, je tiens à remercier tous ceux qui, à des titres divers, ont contribué à sa réalisation :

- Monsieur le Professeur R. BARBIER qui me fait l'honneur de présider le jury.
- Monsieur le Professeur J. SARROT-REYNAULD qui m'a confié ce travail, et l'a suivi tout au long de sa réalisation.
- Monsieur B. BLAVOUX, Maître-Assistant, qui a accepté de juger ce mémoire.
- Monsieur J.-C. FOURNEAUX, Maître-Assistant, pour son aide lors de l'expérience de multitragage.
- Monsieur Ph. OLIVE, Sous-Directeur du Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon, qui m'a accueilli dans son laboratoire.
- Monsieur J. BARBESIER, Docteur-Vétérinaire, responsable du Service Recherches de la Société Anonyme des Eaux Minérales d'Evian, qui a bien voulu juger ce travail.
- Monsieur J. ROCHAT, qui m'a permis d'analyser les prélèvements d'expériences de traçage.
- Mesdames M. BOUVET, A.M. CHIARA, A. NOIR et Messieurs B. CHASSAING, F. CHESSEL et G. OLIVIER du Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.
- Mesdames C. MEUGNIOT, B. USELLE et Th. VIVENZIO de l'Institut Dolomieu.
- Messieurs B. BORIER et L. DUCOMMUN des services techniques de la ville d'Evian, qui m'ont toujours accueilli avec gentillesse.
- Madame G. BUTTAY qui, durant 15 mois a bien voulu relever le limnigraphe de Trossy.
- Monsieur C. BURNET de Thollon qui a accepté de prélever deux fois par jour durant un mois des échantillons d'eaux lors de l'expérience de traçage de septembre 1977.

Je tiens à remercier mes camarades de 3ème cycle de l'Institut Dolomieu, pour l'aide qu'ils m'ont apporté au cours du multitragage de Mémise ainsi que pour les fréquents déplacements qu'ils m'ont autorisé à faire dans les librairies grenobloises afin de les approvisionner en papeterie.....

Je remercie mes ami(e)s pour leur aide et leur soutien.

Je ne saurais oublier ma grand-mère, J. de SARTIGES pour le soutien qu'elle m'a toujours apporté au cours de mes longues années d'études.

Que ce travail soit pour elle le résultat des années qu'elle a consacré à ses petits-enfants.

Je n'aurais qu'un seul regret en terminant ce travail, c'est que mon grand-père R. de SARTIGES, trop tôt disparu, ne l'ai pas vu achevé ; en effet si en 1957 mes grands-parents ne m'avaient recueilli, je n'aurais jamais pu le réaliser.

Je dédie ce travail à mes grand-parents

TABLE DES MATIERES

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

INTRODUCTION	p. 1
1. ORIGINE ET BUT DE L'ETUDE	p. 3
2. CADRE GEOGRAPHIQUE	p. 3
3. CADRE GEOLOGIQUE	p. 4

PREMIERE PARTIE : GEOLOGIE DU NORD-EST DU CHABLAIS

INTRODUCTION	p.11
CHAPITRE I : STRATIGRAPHIE DU SUBSTRATUM	p.13
I.1. LE SOUBASSEMENT DE LA NAPPE DES PREALPES MEDIANES...	p.13
I.1.1. La molasse	p.13
I.1.2. L'Ultrahelvétique	p.13
I.1.2.1. L'Oxfordien	p.13
I.1.2.2. Le Barrémien	p.14
I.1.3. La nappe du Gurnigel	p.14
I.2. LA NAPPE DES PREALPES MEDIANES	p.14
I.2.1. Le Trias	p.14
I.2.1.1. Le gypse	p.14
I.2.1.2. Le Carnien	p.15
I.2.1.3. Le Norien	p.15
I.2.1.4. Le Rhétien	p.15
I.2.2. Le Jurassique	p.16
I.2.2.1. Le Lias	p.16
I.2.2.1.1. Le Lias inférieur	p.16
* L'Hettangien	p.16
* Le Sinémurien	p.17
I.2.2.1.2. Le Lias moyen	p.18
I.2.2.1.3. Le Lias supérieur	p.19
I.2.2.2. Le Dogger	p.20
I.2.2.2.1. Le Dogger à Cancellophycus	p.20
I.2.2.2.2. Les Couches de Vervine..	p.22
I.2.2.2.3. Les Couches à Mytilus ..	p.23
I.2.2.3. Le Malm	p.23
I.2.2.3.1. Le Malm inférieur	p.23
I.2.2.3.2. Le Malm supérieur	p.24
I.2.3. Le Crétacé et le Paléocène	p.25
I.2.3.1. Le Néocomien	p.25
I.2.3.2. Le Crétacé supérieur et le Paléocène	
Les Couches rouges	p.26
I.2.4. L'Eocène inférieur et moyen : le Flysch schito-	
gréseux	p.28
I.3. LA NAPPE DE LA SIMME (s.l.).....	p.28
I.3.1. La nappe de la Sarine	p.29
I.3.2. La nappe de la Simme (s.s.).....	p.29
I.4. CONCLUSION A L'ETUDE STRATIGRAPHIQUE	p.29

CHAPITRE II : TECTONIQUE DU NORD EST DU CHABLAIS	p.33
II.1. LIMITES ENTRE LES DIFFERENTES UNITES DU NORD EST	
DU CHABLAIS	p.33
II.1.1. Limites entre molasse autochtone et	
molasse parautochtone	p.33
II.1.2. Limite entre la nappe du Gurnigel et la	
molasse parautochtone	p.34
II.1.3. Limite entre la nappe du Gurnigel et la	
nappe des Préalpes Médiannes	p.35

30 AOÛT 2003

II.2. LA TECTONIQUE DE LA NAPPE DES PREALPES MEDIANES PLASTIQUES.....	p.35
II.2.1. Description des structures observées	p.35
II.2.1.1. La zone nord ouest	p.35
II.2.1.2. La zone nord est	p.40
II.2.1.3. La zone sud	p.46
II.2.2. Les principaux accidents des Médiannes plastiques	p.49
II.2.2.1. Les accidents visibles	p.49
II.2.2.1.1. Les chevauchements..	p.49
II.2.2.1.2. Les décrochements..	p.49
II.2.2.1.3. Les failles	p.50
II.2.2.2. Les accidents possibles	p.50
II.2.2.2.1. L'accident du Fion.	p.50
II.2.2.2.2. Les accidents de la haute vallée de l'Ugine	p.50
II.2.2.2.3. L'accident des Faverges	p.51
II.2.2.2.4. L'accident d'Amphion-Vinzier	p.51
II.2.2.2.5. L'accident de Mémise	p.52
II.2.2.3. Essais de corrélation entre les plis	p.52
II.2.2.3.1. Corrélations entre les plis des zones NW et NE.....	p.52
II.2.2.3.2. Corrélations entre les plis dans notre secteur d'étude et ceux situés au sud-ouest de la Dranse	p.53
II.2.2.4. Le schéma structural	p.55
II.2.3. Interprétation de la géologie du substratum du Nord-Est du Chablais	p.55
II.2.3.1. La mise en place des nappes des Préalpes	p.55
II.2.3.1.1. La mise en place des Préalpes Médiannes Plastiques ...	p.55
II.2.3.1.2. L'arrivée de la nappe de la Brèche : ses conséquences.	p.57
II.2.3.2. Le problème de l'accident Amphion-Vinzier	p.57
<u>CHAPITRE III : LE QUATERNAIRE</u>	<u>p.61</u>
III.1. DESCRIPTION DES DIFFERENTS FACIES DU QUATERNAIRE..	p.61
III.1.1. La première glaciation visible dans la région (Riss ?)	p.61
III.1.2. Le conglomérat des Dranses	p.63
III.1.3. La deuxième glaciation visible dans la région (glaciation du Würm)	p.63
III.1.3.1. La moraine rhodanienne	p.63
III.1.3.2. Les niveaux interstadias au sein de la deuxième glaciation	p.66
III.1.3.3. Les dépôts de bordure du glacier rhodanien lors de son retrait.	p.67
III.1.3.4. Les dépôts postérieurs à la deuxième glaciation ou formation tardiglaciaire	p.70

III.1.3.4.1. Le cône de déjection de Lugrin	p.70
III.1.3.4.2. Les moraines de la récurrence glaciaire	p.71
III.1.3.4.3. Les autres formations quater- naires	p.71
III.2. L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE	p.72
III.2.1. Les granulométries	p.72
III.2.1.1. Rappels des définitions	p.72
III.2.1.2. Le Conglomérat des Dranses	p.73
III.2.1.3. Les moraines rhodaniennes de la deuxième glaciation	p.74
III.2.1.3.1. Le secteur ouest	p.74
III.2.1.3.2. Le secteur est	p.75
III.2.1.3.3. Les niveaux sableux peu épais rencontrés dans les moraines	p.75
III.2.1.4. Les interstades de la deuxième glaciation	p.77
III.2.1.5. Les formation de bordure du gla- cier rhodanien lors de son retrait	p.78
III.2.1.6. Les dépôts postérieurs à la deuxième glaciation	p.80
III.2.1.7. Conclusion	p.81
III.2.2. Les comptages pétrographiques	p.82
III.2.2.1. Les moraines rhodaniennes de la deuxième glaciation	p.82
III.2.2.2. Les interstades de la deuxième glaciation	p.83
III.2.2.3. Les formations de bordures du gla- cier rhodanien	p.84
III.2.2.4. Les dépôts postérieurs à la deu- xième glaciation	p.84
III.2.2.5. Conclusion	p.84
III.2.3. Les calcimétries	p.85
III.2.3.1. Les moraines rhodaniennes de la deuxième glaciation	p.85
III.2.3.2. Les interstades de la deuxième glaciation	p.85
III.2.3.3. Les formations de bordure des glaciers	p.86
III.2.3.4. Les dépôts postérieurs à la deu- xième glaciation	p.87
III.2.3.5. Conclusion	p.88
III.3. CARTES DES ISOHYPSES DU TOIT DU SUBSTRATUM	p.88
III.3.1. Les cartes réalisées antérieurement	p.88
III.3.2. La carte modifiée des isohypses du toit du substratum	p.89
III.4. LA MORPHOLOGIE DU QUATERNAIRE	p.91
III.4.1. La moraine de fond	p.91
III.4.2. Les vallums morainiques	p.91
III.4.3. Les chenaux et les sillons	p.92
III.4.4. Les terrasses	p.92
III.4.4.1. Les terrasses lacustres	p.92
III.4.4.2. Les " terrasses de Thonon "	p.92
III.4.5. Les dépressions	p.92
III.4.6. Conclusion	p.92

III.5. LA MISE EN PLACE DES FORMATIONS QUATERNAIRES DEPUIS 30 000 ANS	p.93
III.5.1. Schéma de formation des structures super- ficielles du plateau de Gavot	p.93
III.5.2. Le retrait du glacier rhodanien du plateau de Thollon	p.94
III.5.3. Coupe du Quaternaire du plateau de Gavot	p.97
III.5.4. Le glacier rhodanien sur le plateau de Gavot depuis 30 000 ans.....	p.97
III.5.4.1. La formation des anciens lacs des vallées de l'Ugine et des Dranses.	p.97
III.5.4.2. Les stades de retrait glaciaire ..	p.98
III.5.5. Essai de corrélation entre les stades de re- trait glaciaire des rives droite et gauche de la Dranse	p.100
CONCLUSION A L'ETUDE GEOLOGIQUE	p.103

DEUXIEME PARTIE : HYDROGEOLOGIE

INTRODUCTION	p.107
CHAPITRE IV : LES EXPERIENCES DE TRACAGE	p.109
IV.1. METHODOLOGIE DES TRACAGES	p.109
IV.1.1. Les traceurs utilisés	p.109
IV.1.2. L'analyse des prélèvements	p.110
IV.1.3. Exploitation des résultats	p.111
IV.1.3.1. La distribution des temps de séjour..	p.111
IV.1.3.2. Le bilan de restitution	p.112
IV.2. LE MULTITRACAGE DU SYNCLINAL DE MEMISE	p.113
IV.2.1. Les buts de l'expérience	p.113
IV.2.2. Présentation de l'expérience	p.113
IV.2.2.1. Les points d'injection	p.113
IV.2.2.2. Les points de prélèvements	p.113
IV.2.2.3. Le déroulement de l'expérience	p.115
IV.2.3. Les résultats de l'expérience	p.115
IV.2.3.1. La rhodamine B	p.115
IV.2.3.2. L'uramine	p.115
IV.2.4. Analyse des résultats	p.116
IV.2.4.1. Le cas de la rhodamine B	p.116
IV.2.4.2. Le cas de l'uramine	p.116
IV.2.4.3. Le devenir des eaux du synclinal de Mémise	p.117
IV.3. LE TRACAGE DU FAYET	p.118
IV.3.1. Buts et présentation de l'expérience	p.118
IV.3.2. Les résultats obtenus	p.120
IV.3.3. Conclusion tirée de cette expérience	p.120
IV.4. CONCLUSIONS TIREES DES EXPERIENCES DE TRACAGE	p.123
CHAPITRE V : LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE	p.125
V.1. LES LIMITES DU BASSIN VERSANT	p.125
V.1.1. Les limites du bassin versant en amont du pont de Trossy	p.125
V.1.2. Les limites du bassin versant entre les ponts de Trossy et de Grange Blanche	p.125
V.2. LES CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES	p.126
V.2.1. L'indice de compacité et le rectangle équivalent	p.126
V.2.2. Répartition hypsométrique	p.126
V.2.3. Altitudes moyenne et médiane	p.130
V.2.4. Indice de pente	p.130

V.2.5. Le réseau hydrographique	p.131
V.2.5.1. Le profil en long	p.131
V.2.5.2. La densité de drainage	p.131
V.3. LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT	p.133
V.4. LA VEGETATION ET L'ACTIVITE HUMAINE	p.133
CHAPITRE VI : HYDROLOGIE	p.135
VI.1. LE RESEAU HYDROMETEOROLOGIQUE UTILISE	p.135
VI.1.1. Le réseau hydrométéorologique existant	p.135
VI.1.2. Les stations de mesures complémentaires installées	p.135
VI.2. LES PRECIPITATIONS	p.138
VI.2.1. La pluviométrie moyenne entre 1963 et 1977....	p.138
VI.2.1.1. Les précipitations moyennes sur le Nord-Est du Chablais	p.138
VI.2.1.2. Les gradients altimétriques de précipitations	p.140
VI.2.1.3. Les précipitations moyennes sur le bassin versant de l'Ugine	p.140
VI.2.2. Les précipitations entre juillet 1976 et juin 1977	p.142
VI.2.2.1. La pluviométrie sur le Nord-Est du Chablais	p.142
VI.2.2.2. Les gradients altimétriques des précipitations mensuel et annuel (juillet 1976 - Juin 1977).....	p.143
VI.2.2.3. Calcul de la lame d'eau tombée sur le bassin de l'Ugine (juillet 1976- Juin 1977)	p.145
VI.2.3. Les précipitations entre juillet 1977 et juin 1978	p.146
VI.2.3.1. Les données sur la région	p.146
VI.2.3.2. Les gradients altimétriques des précipitations (Juillet 1977-Juin 1978)	p.147
VI.2.3.3. Calcul de la lame d'eau tombée sur le bassin versant de l'Ugine (juillet 1977 - Juin 1978)	p.148
VI.2.4. Les précipitations cumulées entre janvier 1976 et juin 1978).....	p.151
VI.3. LES TEMPERATURES	p.152
VI.3.1. Les températures moyennes annuelles	p.152
VI.3.1.1. Les données du Nord Est du Chablais	p.152
VI.3.1.2. Gradients altimétriques annuels de température	p.152
VI.3.1.3. Les températures moyennes annuelles sur le bassin versant de l'Ugine...	p.154
VI.3.2. Les températures moyennes mensuelles	p.154
VI.3.2.1. Les données de Thonon Rives et d' Abondance	p.154
VI.3.2.2. Les températures moyennes mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine ..	p.156
VI.4. L'EVAPOTRANSPIRATION	p.158
VI.4.1. Evapotranspiration réelle calculée par la formule de Turc	p.158
VI.4.2. L'évapotranspiration selon Coutagne	p.158
VI.4.3. Déficit d'écoulement selon Serra	p.159
VI.4.4. Evapotranspiration potentielle (ET) selon la méthode de Thornwhaite	p.161

VI.4.5. Evapotranspiration moyenne annuelle	p.161
VI.5. MESURE DE LA LAME D'EAU ECOULEE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE	p.162
VI.5.1. La courbe de tarage de la station Trossy	p.162
VI.5.2. Relation entre les débits aux ponts de Trossy et de Grange Blanche	p.162
VI.5.3. Débitimétrie	p.165
VI.5.3.1. Débits moyens journaliers au pont de Trossy	p.165
VI.5.3.2. Débits moyens mensuels et annuels..	p.165
VI.5.3.3. Les débits caractéristiques	p.165
VI.5.4. Calcul de la lame d'eau écoulée mensuellement et annuellement	p.167
VI.5.5. Remarque à propos de l'étude des débits	p.167
VI.5.6. Les eaux souterraines	p.169
VI.6. CONCLUSION A L'ETUDE HYDROCLIMATOLOGIQUE	p.171
<u>CHAPITRE VII : APPROCHE DU BILAN HYDROLOGIQUE</u>	p.173
VII.1. LES TERMES D'UN BILAN HYDROLOGIQUE	p.173
VII.2. BILAN HYDROLOGIQUE SUR LA PERIODE JUILLET 1977-JUILLET 1978	p.174
VII.2.1. Bilan hydrologique sur le bassin versant de l'Ugine à l'amont de Trossy	p.174
VII.2.2. Estimation du bilan sur le bassin versant à l'amont de Grange Blanche	p.174
VII.3. BILAN EXCEDENTAIRE MAXIMUM ET MINIMUM	p.175
VII.3.1. Bassin versant de Trossy	p.175
VII.3.2. Bassin versant de Grange Blanche	p.176
VII.4. BILAN MENSUEL	p.178
CONCLUSION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE	p.179
<u>TROISIEME PARTIE : HYDROCHIMIE</u>	p.181
<u>CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROCHIMIQUE DES SOURCES ET DES COURS D'EAU</u>	p.183
VIII.1. LES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX	p.183
VIII.1.1. Les paramètres physiques	p.183
VIII.1.2. Les paramètres chimiques	p.184
VIII.1.2.1. Les méthodes d'analyses à l'Institut Dolomieu.....	p.184
VIII.1.2.2. Les méthodes d'analyses au C.R.G.	p.187
VIII.1.2.3. Comparaison des résultats obtenus dans les deux laboratoires..	p.189
VIII.2. L'ETUDE DES SOURCES	p.189
VIII.2.1. Les caractères généraux des émergences.....	p.189
VIII.2.1.1. Relation entre la conductivité et la minéralisation totale	p.189
VIII.2.1.2. Relation entre la conductivité et le titre hydrotimétrique total (TH).....	p.193
VIII.2.1.3. Relation température-altitude...	p.193
VIII.2.2. Les sources du plateau de Thollon.....	p.195
VIII.2.2.1. La source du Lain	p.195
VIII.2.2.2. La source du Fayet	p.197
VIII.2.2.3. Les autres sources du plateau de Thollon	p.198

VIII.2.2.3.1. Les sources d'éboulis	p.198
VIII.2.2.3.2. Les sources des moraines	p.199
VIII.2.2.4. La source du Pont Rouge	p.201
VIII.2.2.5. Le captage de Novel	p.203
VIII.2.2.6. Conclusion à l'étude des sources du plateau de Thollon	p.206
VIII.2.3. Les sources du bassin versant de l'Ugine.....	p.206
VIII.2.3.1. Les sources de la vallée supérieure de l'Ugine	p.206
VIII.2.3.1.1. La source de Malpasset	p.206
VIII.2.3.1.2. La source de la Taillaz	p.207
VIII.2.3.1.3. La source " Sur les Scies".....	p.207
VIII.2.3.1.4. Les autres sources du secteur	p.209
VIII.2.3.2. Les sources du versant nord de la vallée de l'Ugine	p.211
VIII.2.3.2.1. La source de la Rase	p.211
VIII.2.3.2.2. Les sources du synclinal de Mémise	p.213
VIII.2.3.2.3. Source " Sous l' Echelle "	p.214
VIII.2.3.2.4. Les autres sources du secteur	p.214
VIII.2.3.3. Les sources de la plaine des Faverges	p.215
VIII.2.3.3.1. La source des Rosées	p.215
VIII.2.3.3.2. Les sources des Faverges	p.219
VIII.2.3.3.4. Les sources de l'extrémité occidentale de la plaine des Faverges	p.220
VIII.2.3.4. Les sources du Charmet	p.221
VIII.2.3.4.1. La source Jacquier..	p.221
VIII.2.3.4.2. La source Cornus....	p.221
VIII.2.3.4.3. La source Birraux...	p.225
VIII.2.4. Conclusion à l'étude des sources du bassin versant de l'Ugine et du plateau de Thollon.....	p.227
VIII.3. L'ETUDE DE LA CHIMIE DES COURS D'EAU	p.229
VIII.3.1. Les ruisseaux extérieurs au bassin versant de l'Ugine	p.229
VIII.3.1.1. Les ruisseaux de Locum et des Trois Loups	p.229
VIII.3.1.2. Le ruisseau de l'Aritte	p.229
VIII.3.1.3. La Morge	p.231
VIII.3.2. Les affluents de l'Ugine et du ruisseau des Lanches	p.231
VIII.3.2.1. La Haute Ugine et ses affluents.....	p.231
VIII.3.2.2. Les affluents du ruisseau des Lanches	p.231
VIII.3.2.3. Le Nant Bévin	p.232

VIII.3.2.4. Le ruisseau du Mont Baron.....	p.233
VIII.3.3. L'Ugine et le ruisseau des Lanches.....	p.233
VIII.3.2.1. La Haute Ugine	p.233
VIII.3.2.2. Les ruisseau des Lanches.....	p.235
VIII.3.2.3. L'Ugine au pont de Trossy.....	p.237
VIII.3.2.4. L'Ugine au pont de Grange Blanche	p.241
VIII.3.4. Conclusion à l'étude de la chimie des cours d'eau	p.243

CHAPITRE IX : APPROCHE DU BILAN HYDROCHIMIQUE DU BASSIN VERSANT DE
L'UGINE

IX.1. LA METHODE DE CALCUL DU BILAN HYDROCHIMIQUE.....	p.243
IX.1.1. Calcul à partir de l'échantillonnage mensuel.....	p.243
IX.1.2. Calcul à partir des relations concentration- débit	p.243
IX.1.3. Les relations concentration-débit pour l'Ugine...	p.245
IX.2. LES APPORTS ATMOSPHERIQUES	p.245
IX.3. LES QUANTITES D'ELEMENTS DISSOUS TRANSPORTES PAR L'UGINE.	p.247
IX.4. APPROCHE DE L'EROSION CHIMIQUE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE	p.249
IX.5. CONCLUSION	p.251
CONCLUSION A L'ETUDE HYDROCHIMIQUE	p.253

CONCLUSIONS GENERALES

1. Géologie du Nord-Est du Chablais	p.257
1.1. Géologie du substratum	p.257
1.2. Le Quaternaire	p.258
2. L'hydrogéologie	p.259
3. L'hydrochimie	p.260
4. Conclusion à l'étude du Nord Est du Chablais	p.260

BIBLIOGRAPHIE	p.263
LISTE DES FIGURES	p.269
LISTE DES TABLEAUX	p.273

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

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

1 - ORIGINE ET BUT DE NOTRE ETUDE

Notre étude initialement devait être une monographie du bassin versant de l'Ugine en amont du pont de Grange Blanche et du synclinal de Mémise qui à cause de sa nette individualisation nous semblait avoir une importance particulière du point de vue hydrogéologique. Mais, par suite de l'impossibilité d'obtenir des données hydrologiques, recueillies par la Direction Départementale de l'Agriculture de Haute-Savoie dans la partie aval de ce bassin versant, notre étude hydrogéologique a dû être limitée au bassin versant de l'Ugine en amont du pont de Trossy et au synclinal de Mémise.

Nous n'avons pas voulu limiter notre étude géologique au seul bassin versant de l'Ugine afin de pouvoir le remplacer dans son contexte régional ; nous nous sommes donc intéressé à l'étude du substratum du Nord-Est du Chablais. D'autre part, étant donné l'importance des formations quaternaires dans cette région nous avons étudié la géologie du Quaternaire entre d'une part le Léman et d'autre part la vallée de l'Ugine et le synclinal de Mémise, l'étude du Quaternaire du plateau de Thollon étant particulièrement intéressante pour montrer les relations pouvant exister du point de vue hydrogéologique entre le substratum et les formations quaternaires. Sur le plateau de Vinzier certaines idées admises nous paraissaient peu crédibles en particulier la présence de Conglomérat des Dranses dans la vallée du ruisseau de Coppy ; nous avons aussi voulu savoir s'il était possible de définir des stades de retrait du glacier rhodanien pouvant être corrélés avec ceux définis par R. Vial (1976) plus à l'ouest.

De nombreux travaux ont été réalisés sur la région parmi lesquels on peut citer ceux de H. Badoux ainsi que les travaux de diplômés de géologues de l'Université de Lausanne sur les Préalpes Médiannes, de E. Gagnebin et de M. Burri sur le Quaternaire.

Parmi les études récentes géologiques et hydrogéologiques on peut citer les travaux du Centre de Recherches géodynamiques de Thonon (B. Blavoux, A. Brun, M. Haubert, J. J. Jérémie, M. Meybeck, C. Poncet, Ph. Olive, C. Serruya, E. Siwertz, R. Vial), du geolem (J.P. Vernet, R. Horn) et de l'Université de Lausanne (H. Buchli, A. Donze, R. Paquin, W. Sigrist) sur la zone Douvaine Evian (géophysique).

L'étude hydrogéologique et hydrochimique du bassin versant de l'Ugine et du plateau de Thollon complétant l'étude géologique nous permettra de connaître les possibilités aquifères des différents terrains.

Notre mémoire comportera trois parties :

- . L'étude de la géologie du substratum et des formations quaternaires
- . L'étude hydrogéologique du bassin versant de l'Ugine en amont du pont de Trossy
- . L'étude hydrochimique du bassin versant de l'Ugine et du plateau de Thollon.

2 - CADRE GEOGRAPHIQUE (Fig. 1)

Notre secteur d'étude couvre une superficie de 170 km² environ, il est limité :

- . au Nord par le Léman
- . à l'Est par la frontière franco-suisse
- . au Sud par la vallée du Nant Darbon
- . au Sud-Ouest et à l'Ouest par la vallée de la Dranse

Le Nord-Est du Chablais peut se subdiviser en trois parties :

- Les Préalpes au sud qui forment les reliefs importants visibles depuis les rives du Léman (2222 m à la Dent d'Oche) ;
- Le plateau de Gavot qui s'étend de la vallée de la Dranse jusqu'à Thollon-Lajoux et dont l'altitude se situe entre 700 et 1000 m ;
- Les rives du Léman séparées du Plateau de Gavot par un important ressaut topographique.

Cette région est principalement rurale, et la plus importante industrie étant la Société Anonyme des Eaux Minérales d'Evian (S.A.E.M.E.) ; la principale activité de la région reste le tourisme.

3 - CADRE GEOLOGIQUE (Fig. 2)

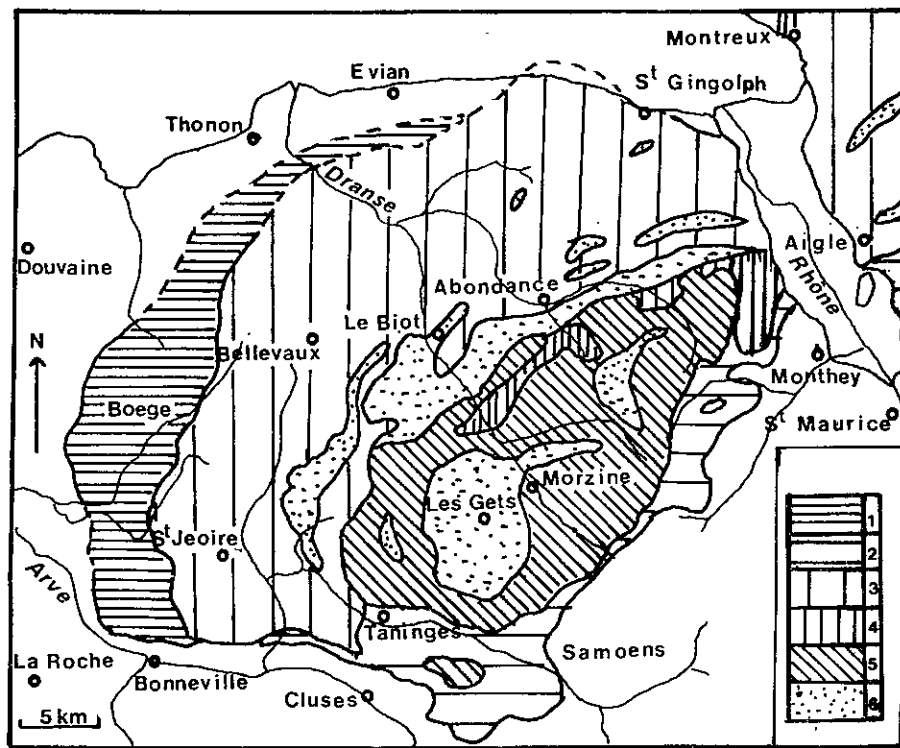
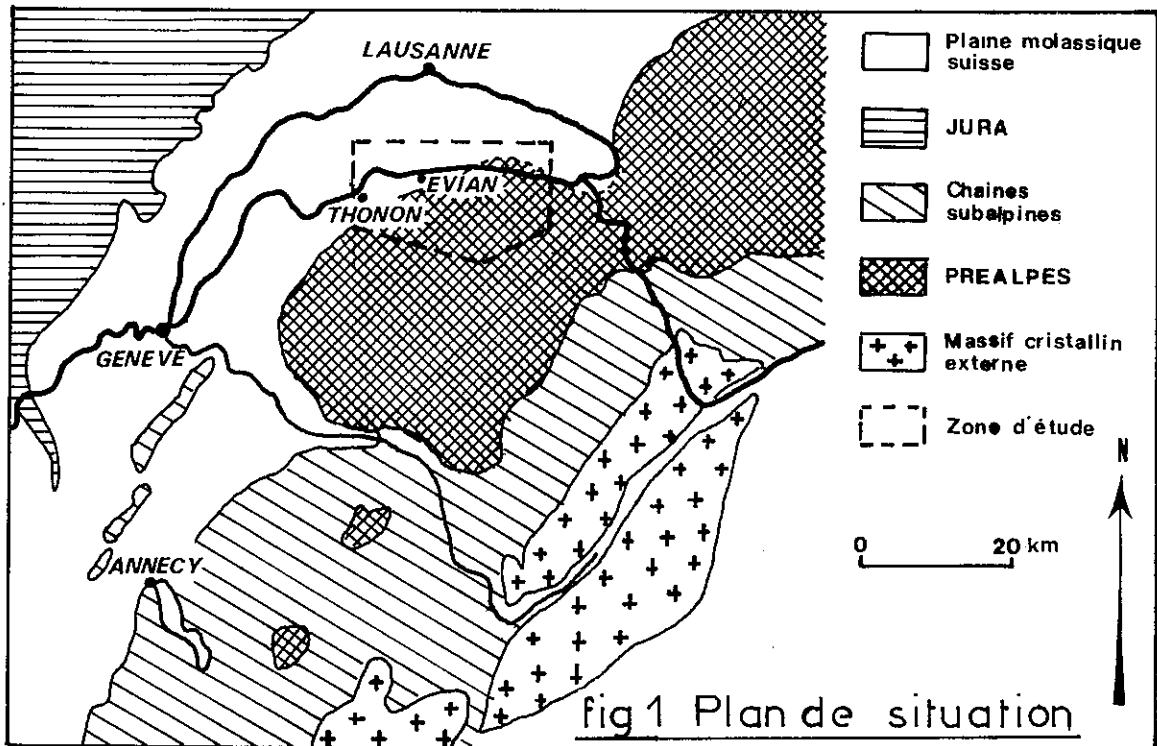
La géologie du Nord-Est du Chablais permet deux grandes subdivisions :

- . Le complexe quaternaire situé principalement sur le plateau de Gavot ;
- . Le substratum visible au niveau des Préalpes.

3.1. Le substratum

On peut définir cinq unités géologiques dont les deux premières sont masquées par le Quaternaire :

- La molasse qui forme le substratum du Léman et de ses rives, affleure plus à l'Ouest dans le Bas Chablais au Mont de Boisy (R. Vial) ;
- La nappe du Gurnigel formant le substratum de la partie septentrionale du plateau de Gavot, affleure plus à l'Ouest dans le massif des Voirons ;
- La nappe des Préalpes Médiannes Plastiques qui chevauche la nappe du Gurnigel, forme les sommets et les falaises de notre secteur d'étude. On observe au sein de cette unité une série continue du Trias à l'Eocène moyen ;



C. Caron (in J. Debelmas 1970)

fig 2 : Carte structurale simplifiée
des Préalpes du Chablais

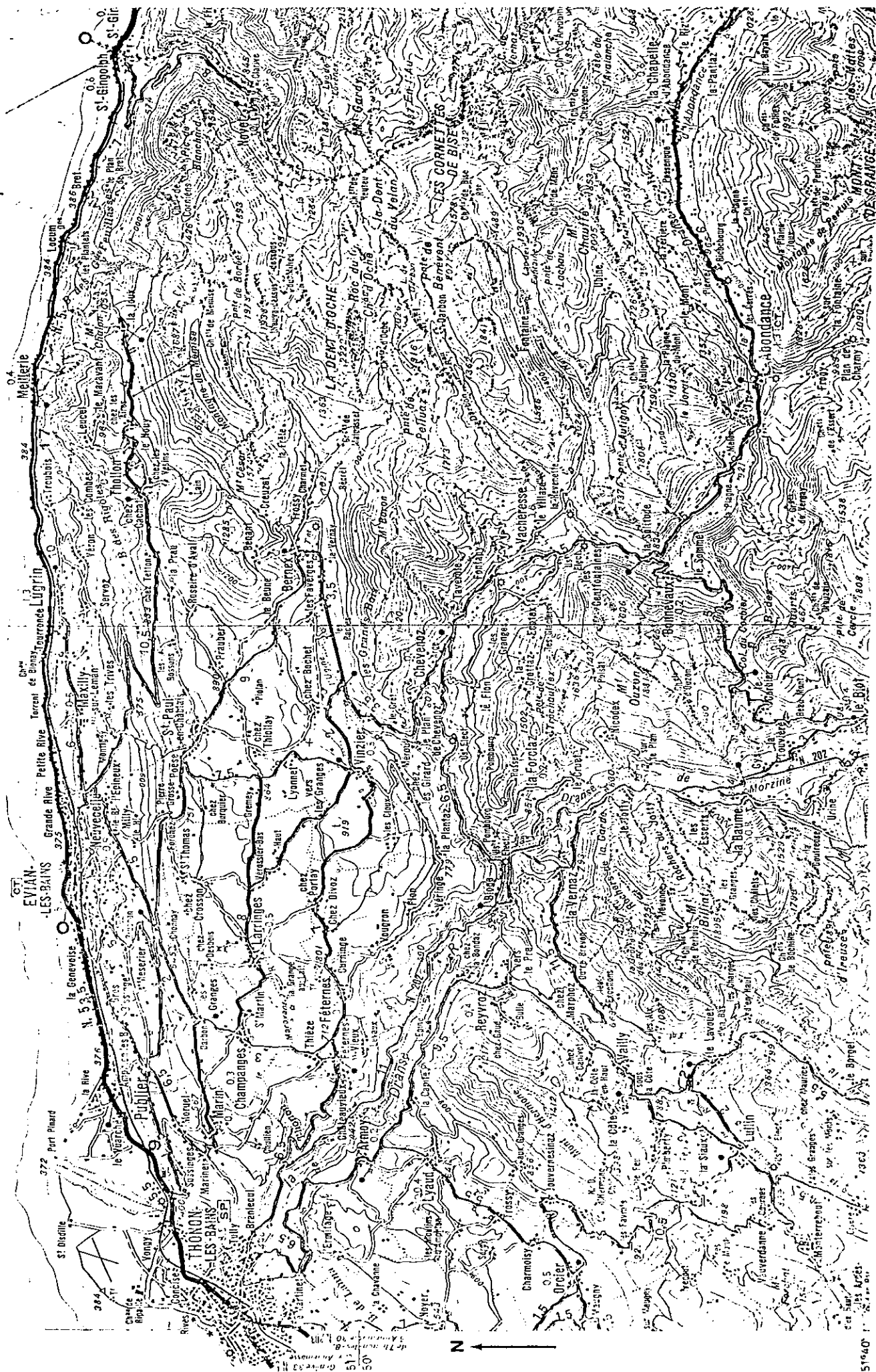


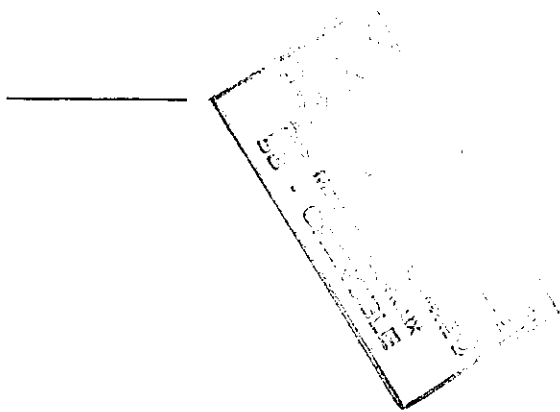
fig3 : Carte générale de situation

- La nappe supérieure des Préalpes affleurant au col de Queffaux et au pied de la Dent d'Oche ;
- L'Ultrahelvétique qui affleure dans le vallon situé au Sud du col de Queffaux ainsi qu'à St-Gingolph.

3.2. Le complexe Quaternaire

Les dépôts glaciaires et périglaciaires du quaternaire sont les restes, soit du glacier rhodanien (plateau de Gavot), soit de glaciers locaux dans les vallées pénétrant à l'intérieur des Préalpes.

Au point de vue stratigraphique seule la dernière glaciation (Würm) est représentée. Les dépôts du Riss pourraient être présents en quelques points dans la vallée de la Dranse mais cela n'est pas certain.



PREMIERE PARTIE

LA GEOLOGIE DU NORD-EST DU CHABLAIS

INTRODUCTION

CHAPITRE I : STRATIGRAPHIE DU SUBSTRATUM

CHAPITRE II : TECTONIQUE

CHAPITRE III : LE QUATERNAIRE

CONCLUSION

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

La géologie du Chablais a depuis longtemps suscité l'intérêt des géologues alpins français et suisses.

Les noms de H. Schardt, M. Lugeon, E. Gagnebin, H. Badoux et C. Caron reviennent le plus souvent pour l'étude du substratum du Nord-Est du Chablais.

Depuis les études de A. Morlot (1858) le Quaternaire a fait l'objet de nombreuses publications. On peut ainsi citer les travaux de A. Favre, Ch. Jacob, E. Joukowsky et E. Renevier, mais il nous faut surtout citer les travaux de E. Gagnebin (1937), de M. Burri (1963), de B. Blavoux (1965), de R. Vial (1976) ainsi que tous les travaux du Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon.

Dans cette première partie nous aborderons successivement la stratigraphie du substratum, la tectonique et l'étude des formations quaternaires.

Monsieur le Professeur A. Escher, directeur de l'Institut de Géologie de l'Université de Lausanne a bien voulu mettre à notre disposition les études réalisées sur le Nord-Est du Chablais dans le cadre des travaux de diplôme de géologue de l'Université de Lausanne. Les données stratigraphiques fournies par ces travaux étant très détaillées, nous y avons apporté quelques modifications après les avoir vérifiés sur le terrain.

Nous avons ainsi pu rassembler nos résultats et ceux de plusieurs auteurs suisses afin d'établir une comparaison des différentes séries stratigraphiques observées dans la partie nord-est des Préalpes chablaisiennes.

Pour l'étude tectonique nous avons replacé nos données de terrain, complétées par l'étude des photos aériennes, dans le cadre plus général des Préalpes chablaisiennes orientales afin d'expliquer les différentes structures observées.

CHAPITRE I

LA STRATIGRAPHIE DU SUBSTRATUM

I-1- LE SOUBASSEMENT DE LA NAPPE DES PREALPES MEDIANES

I-1-1- LA MOLASSE

Nous avons déjà dit qu'elle n'affleurerait pas, nous n'en ferons pas une description détaillée et nous nous contenterons donc de rappeler que cette molasse est faite d'une alternance de marnes et de grès. La série est plus marneuse à sa base d'après les résultats du forage du Mont de Boisy où cette molasse atteint une épaisseur de 1750 m alors que 6 km au Nord elle a une épaisseur moitié moindre (sondage de Messery).

Cette différence d'épaisseur s'explique en partie par la présence d'un chevauchement intra-molassique situé au Nord du Mont de Boisy (R. Vial, 1976). Nous verrons que nous retrouvons, au niveau d'Evian, ce chevauchement qui sépare ce que nous appellerons la molasse autochtone et la molasse parautochtone, cette dernière formant l'unité chevauchante.

I-1-2- L'ULTRAHELNETIQUE

Pendant de nombreuses années le flysch chevauchant la molasse a été rattaché aux nappes ultrahelvétiques mais à l'heure actuelle, il fait partie d'une nouvelle nappe, la nappe du Gurnigel, ce qui a pour effet de réduire les formations ultrahelvétiques présentes dans notre secteur d'étude à trois affleurements.

I-1-2-1- L'Oxfordien

Il s'observe au coeur de la zone triasique du vallon descendant du col de Queffaix en direction de Vacheresse.

Cet Oxfordien est formé :

- * de marnes noires disloquées à nodules calcaires noirs dans lesquelles ont été trouvés des fossiles appartenant à l'Oxfordien ultrahelvétique (J. Norbert, 1951).

- * de calcaires marneux gris bleuté ou jaunes très calcitisés à intercalations de marnes. Ces calcaires n'ont pu être datés.

I-1-2-2- Le Barrémien

Un affleurement de Barrémien ultrahelvétique a été retrouvé par E. Gagnebin (1944) à Saint-Gingolph en basses eaux dans le port de la villa des Serves à 600 m à l'Est de la frontière franco-suisse.

Il s'agit d'une alternance de calcaires gris parfois tachetés et de marnes foncées.

Cet affleurement est attribué par analogie au Barrémien ultrahelvétique.

Une série analogue se retrouve dans le vallon de la Morge à 1100 m au sud de Saint-Gingolph.

I-1-3- LA NAPPE DU GURNIGEL

L'affleurement de Flysch situé à la cote 435 m à 1 km après le pont de la Douceur dans la vallée de la Dranse est à rattacher à cette unité ainsi que celui de la carrière du Fénalet à 1,5 km à l'Est de Saint-Gingolph.

Dans la vallée de la Dranse l'affleurement est formé de bancs de grès de 0,20 à 1 m d'épaisseur séparés par des marnes gris-vert alors que dans la carrière de Fénalet on n'observe que des grès carbonatés.

La série des grès de Voiron (grès fins et marnes) à laquelle se rapporte l'affleurement de la vallée de Dranse appartient donc à la nappe de Gurnigel ainsi que la série du Vouan (conglomérat grossier).

I-2- LA NAPPE DES PREALPES MEDIANES

La nappe des Préalpes Médiannes qui chevauche la nappe de Gurnigel forme les sommets du secteur que nous avons étudié.

Cette nappe est subdivisée en trois parties :

- . Les Préalpes Médiannes Plastiques
- . Les Préalpes Médiannes Rigides
- . Le Flysch à lentilles de Couches rouges.

Nous ne décrivons que les Médiannes Plastiques qui sont les seules à affleurer dans la région étudiée. Elles doivent leur nom à leur style tectonique souple, dû à la nature de la série, qui se traduit par une suite de plis symétriques ou déversés vers le Nord-Ouest et le Nord.

I-2-1- LE TRIAS

Le Trias supérieur, c'est-à-dire le Carnien, le Norien et le Rhétien, est seul observable dans la région étudiée. Il affleure soit au coeur des anticlinaux (anticlinal des Lanches par exemple) soit au niveau des chevauchements importants (chevauchement de la Dent d'Oche par exemple) ce qui provoque une dislocation des couches assez prononcée dans les niveaux du Carnien et du Norien.

I-2-1-1- Le Gypse

Le gypse est mis un peu à part car bien qu'il soit observable dans la vallée de la Dranse on ne le voit jamais en contact direct avec les autres assises du Trias. Il est donc impossible de dire s'il forme la base réelle de la série du Trias supérieur.

Ce gypse très tectonisé aurait servi de coussinet durant l'avancée de la nappe des Préalpes Médiannes ; il se présente sous diverses formes : saccharoïde, rubané, et parfois en fer de lance ; sa couleur varie du blanc au rouge.

I-2-1-2- Le Carnien

Les cargneules forment la base de cet étage. Ce sont des roches vacuolaires à pâte brun-orangé ou jaune dont l'épaisseur est de 2 à 3 m en général mais peut atteindre une centaine de mètres dans le vallon de Queffaux ou au col de Planchamps.

Au-dessus des cargneules viennent les grès à roseaux. Il s'agit de marnes noires et de grès noirs ou verts ne réagissant pas à l'acide. Les bancs de grès sont parfois couverts de débris végétaux d'où leur nom.

I-2-1-3- Le Norien

Le Norien est formé de dolomies à pâte blanchâtre et patine grise en banc de 0,20 à 1 m. Entre ces bancs s'intercalent souvent des marnes vertes dolomitiques.

Au sommet du Norien les bancs de dolomie ont disparu pour laisser la place à des marnes gris-clair à verdâtres bien visibles dans la vallée du ruisseau des Lanches à l'altitude 1350 m.

Les dolomies sont appelées "dolomies blondes".

I-2-1-4- Le Rhétien (Fig. 4)

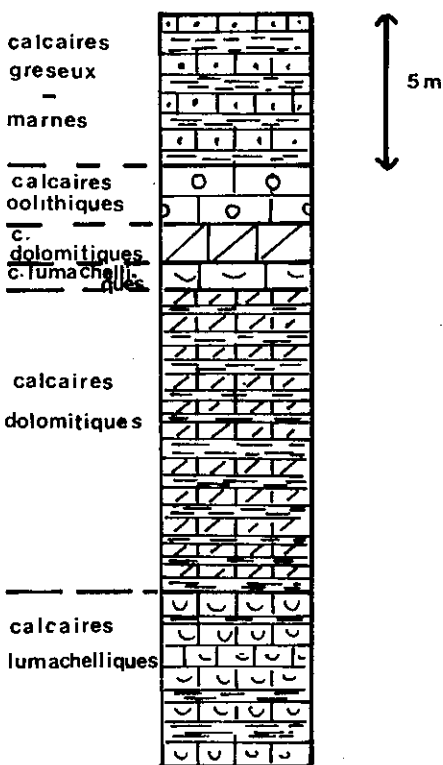


Fig. 4 : Le Rhétien

Le Rhétien est caractérisé par la présence de calcaires lumachelliques à *Avicula contorta*, de calcaires dolomitiques, de calcaires oolithiques et de marnes noires. On le rencontre en lambeaux discontinus le long des plans de chevauchements et au coeur de l'anticlinal des Lanches.

De la base au sommet la stratigraphie du Rhétien est la suivante :

- . Calcaires lumachelliques à patine jaunâtre et cassure gris foncé dans lesquels on rencontre des marnes noires (5 à 6 m d'épaisseur) ;
- . Calcaires dolomitiques à patine blanchâtre et cassure grise se présentant en bancs de 40 cm séparés par des marnes noires dont l'épaisseur varie de 2 à 40 cm (7 à 10m) ;
- . Calcaires lumachelliques à patine gris brunâtre et cassure gris-noir assez grossière. Dans ces calcaires on peut voir de petits éléments dolomitiques (1 à 1,5 m) ;
- . Calcaires dolomitiques identiques à ceux précédemment décrits (1 m) ;
- . Calcaires oolithiques compacts surmontés de calcaires dolomitiques présentant des imprégnations bitumineuses (2 m) ;
- . Alternance de marnes grises et de calcaires gréseux brunâtres (5 m).

Cette stratigraphie du Rhétien assez difficile à établir l'a été en comparant la coupe de la vallée de la Morge décrite par P. Michoud (1958) et celles que l'on peut faire dans l'anticlinal des Lanches et au pied de la Dent d'Oche.

I-2-2- LE JURASSIQUE

I-2-2-1- Le Lias

Contrairement à la plupart des auteurs qui ont pu travailler dans ce secteur nous ne ferons pas débiter le Lias au Sinémurien en considérant le Rhétien et l'Hettangien comme de l'"Infralias".

Nous avons déjà placé le Rhétien selon la tendance actuelle dans le Trias supérieur et nous ferons donc débiter le Lias comme on le fait habituellement c'est-à-dire à l'Hettangien.

Etant donné l'absence quasi générale de fossiles dans notre secteur les subdivisions sont surtout basées sur la lithologie qui de temps en temps est épaulée par la présence de fossiles.

Nous distinguerons ainsi :

- . Le Lias inférieur : dans lequel l'Hettangien et le Sinémurien s'individualisent nettement ;
- . Le Lias moyen ;
- . Le Lias supérieur.

I-2-2-1-1- Le Lias inférieur

* L'Hettangien (Fig. 5)

A. Jeannet (1909) précisa les limites de l'Hettangien des Préalpes médianes qu'il subdivisa en cinq niveaux, le sixième niveau correspondant au Rhétien.

Ces différents niveaux se caractérisent de la façon suivante :

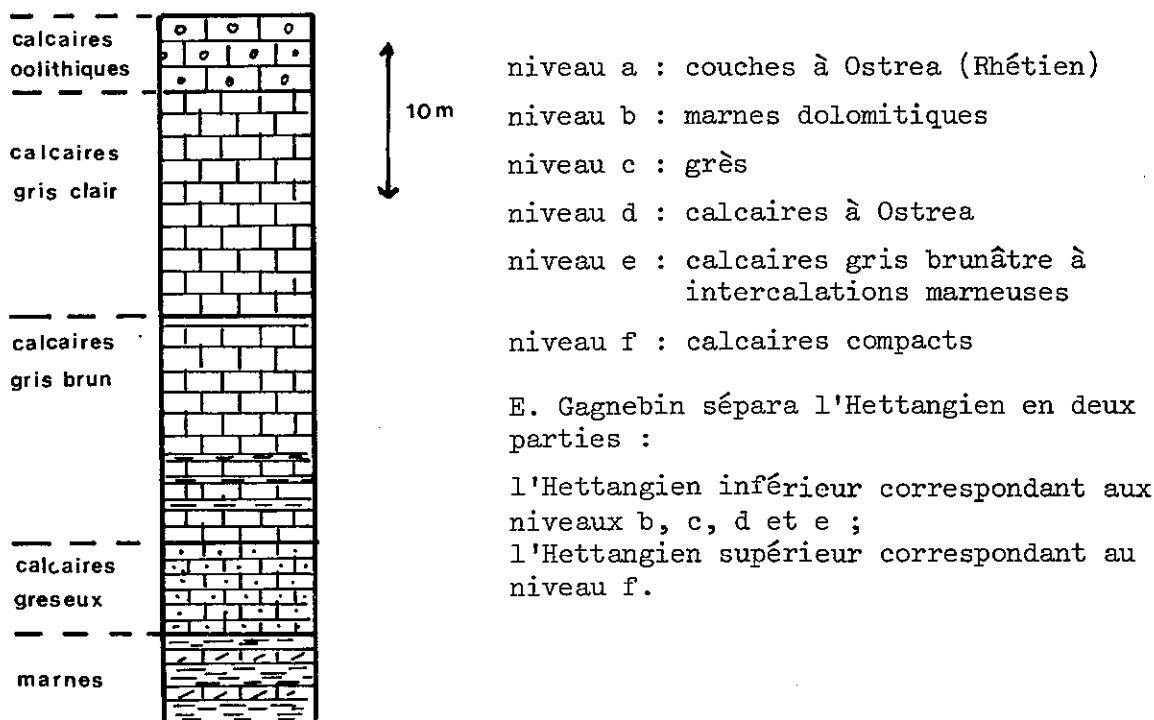


Fig. 5 : L'Hettangien du Nord-Est du Chablais.

Dans notre secteur d'étude l'Hettangien ne présente pas partout tous ces niveaux ; le niveau f est le plus constant.

Pour avoir une coupe précise de l'Hettangien il faut aller sous le Pic de Blanchard le long de la route St-Gingolph-Novet ; cette coupe a été décrite par P. Michoud (1958), et c'est elle que nous reprendrons en partie pour décrire l'Hettangien :

- L'Hettangien inférieur :

.....
Il se compose de la base au sommet :

. de marnes plus ou moins dolomitiques jaunâtres dans lesquelles s'intercalent quelques bancs de calcaires dolomitiques ou gréseux de 0,1 à 0,2 m d'épaisseur. Ce niveau atteint 6 m d'épaisseur et correspond au niveau b de A. Jeannet ;

. de bancs de calcaires gréseux gris foncé dans lesquels on rencontre des débris glauconieux. Ces bancs calcaires épais de 0,3 m sont soulignés par de minces lits de marnes jaunâtres .

Il s'agit du niveau c de Jeannet et il atteint 6 m d'épaisseur ;

. de calcaires gris brunâtre, à cassure brune et fine, se présentant en bancs de 0,1 à 0,3 m d'épaisseur. A leur base ces bancs calcaires sont soulignés par des lits marneux mais ceux-ci disparaissent vers le sommet et on assiste alors à un épaississement des bancs calcaires.

Ce niveau de 15 m d'épaisseur correspond aux niveaux d et e de Jeannet et marque la fin de l'Hettangien inférieur.

- L'Hettangien supérieur :

.....

Il est formé d'un ensemble de calcaires compacts gris clair à jaune clair à pâte brun clair. Les bancs ont une épaisseur de 0,1 à 0,35 m , les calcaires sont surmontés par des calcaires oolithiques.

Ce niveau atteint 20 m d'épaisseur dont 5 m pour les calcaires oolithiques.

* Le Sinémurien

Nous appellerons Sinémurien les niveaux baptisés Lias inférieur par la plupart des auteurs qui ont étudié la géologie des Préalpes.

Nous distinguerons deux faciès dont l'extension géographique est différente :

. Au Nord le Sinémurien spathique

. Au Sud le Sinémurien siliceux

* Le Sinémurien spathique (Fig. 6)

Ce faciès est caractéristique de la zone frontale de la nappe des Préalpes Médiannes.

D'après une coupe effectuée dans l'anticlinal des Lanches au niveau des Chalets de Coutellaz on obtient la série suivante en partant de la base :

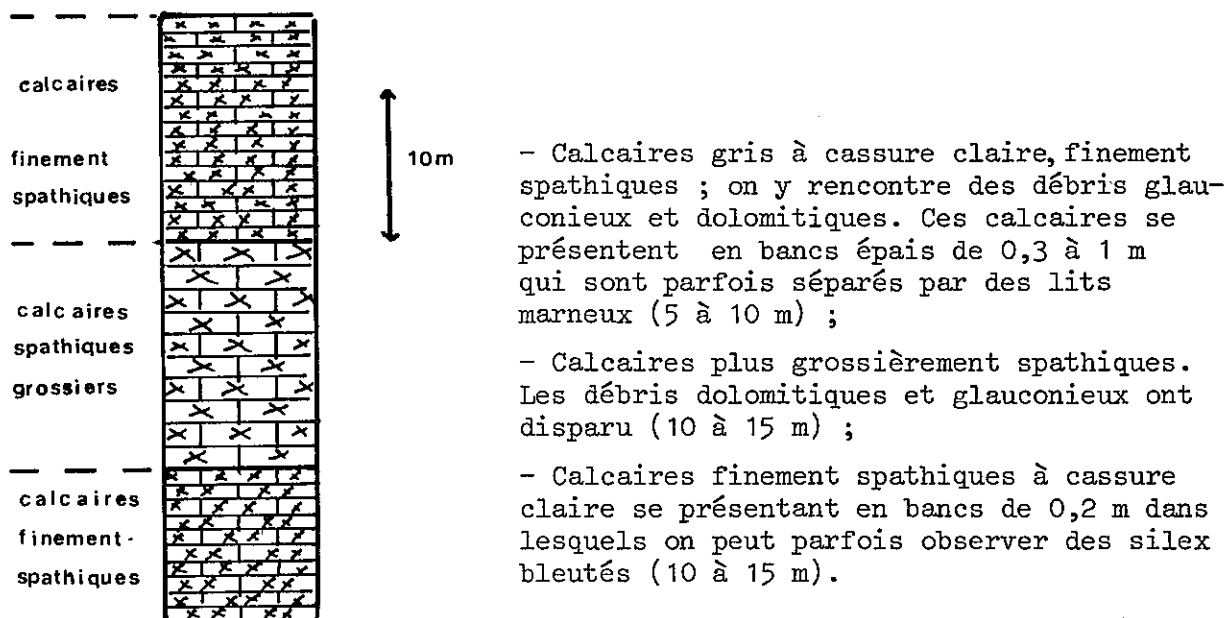


Fig. 6 : Le Sinémurien spathique

* Le Sinémurien siliceux

Ce faciès caractéristique de la zone située au Sud du chevauchement de Vacheresse-Neuteu.

Il s'agit d'une série relativement monotone de calcaires siliceux sombres à cassure gris-brun se présentant en bancs de 0,2 m séparés par des niveaux marno-gréseux dont l'importance croît au fur et à mesure que l'on s'élève dans cette série qui a une épaisseur de 200 à 400 m.

On rencontre de nombreux silex dans les calcaires; alors que le Sinémurien spathique correspond à un dépôt à faible profondeur, le Sinémurien siliceux est le témoin d'une sédimentation dans une mer profonde.

I-2-2-1-2- Le Lias Moyen

Comme pour le Sinémurien on observe aussi deux types de Lias moyen :

Le Lias moyen siliceux au Nord

Le Lias moyen spathique au Sud

* Le Lias moyen siliceux

C'est dans la région de Meillerie-Locum que ce Lias moyen siliceux affleure le plus. Ce niveau qui est exploité sous le nom de "Pierres de Meillerie", bien connues dans le Chablais.

La série débute par quelques mètres (5 à 10) de calcaires clairs à pâte fine tachetée auxquels succèdent une masse importante de calcaires siliceux gris-brun se présentant en bancs épais (0,5 m) séparés par des lits marneux dont l'importance croît légèrement vers le sommet de la série. La pâte des calcaires siliceux est sombre parfois grenue, parfois spathique et dans ce cas on observe des grains dolomitiques et glauconieux, on rencontre aussi quelques silex. Cette série a 200 m à 300 m d'épaisseur au niveau de Meillerie.

Dans la vallée du ruisseau des Lanches l'épaisseur est moindre (70 à 80 m) les bancs calcaires ont une épaisseur de 0,2 m, à la base, qui passe à 0,3-0,4 m au sommet. Une diminution de la teneur en silice accompagne cet épaissement des bancs calcaires. Les niveaux marneux s'épaississent aussi (0,1 m à la base, 1 m au sommet).

* Le Lias moyen spathique

- Au Nord du chevauchement de la Dent d'Oche il se présente sous la forme de calcaires finement spathiques dont la cassure a une couleur gris-rose. Ces calcaires contiennent de nombreux rognons de silex mais pas de grains de glauconie ni de dolomie.

Leur épaisseur est difficile à déterminer avec certitude car le Lias supérieur spathique poursuit cette série sans variation lithologique.

- Au niveau du chevauchement de la Dent d'Oche les calcaires spathiques sont beaucoup plus grossiers et de couleur rose, on y rencontre aussi des rognons de silex.

Le Lias moyen spathique dans ce secteur à une épaisseur de 30 m environ.

- Au sud de la Dent d'Oche le Lias moyen ne s'observe plus dans notre secteur d'étude.

En conclusion on peut dire que l'on assiste à une migration du domaine de sédimentation profond du sud vers le nord entre le Lias inférieur et le Lias moyen, ce qui a eu pour effet l'émersion de la zone située au sud de la Dent d'Oche. On remarque aussi que, contrairement au Lias inférieur on observe nettement la variation progressive entre le faciès profond de Meillerie et le faciès peu profond de la Dent d'Oche. Au sein du Lias inférieur cette absence de variation progressive est très certainement due à une érosion du Sinémurien entre les secteurs de Pelluaz (Sinémurien siliceux) et des Lanches (Sinémurien spathique).

I-2-2-1-3- Le Lias supérieur

On peut aussi distinguer deux types de Lias supérieur :

- . Au Nord le Lias supérieur marno-calcaire cartographié avec le Dogger ;
- . Au Sud le Lias supérieur spathique cartographié avec le Lias moyen spathique.

* Le Lias supérieur marno-calcaire

Il se présente sous la forme d'une alternance de marnes grises ou brunes et de calcaires marneux gris-beige en bancs de 0,1 à 0,2 m ; la pâte de ces calcaires est gris bleuté souvent tachetée. Les niveaux marneux sont importants (0,2 à 1 m). L'augmentation du nombre de bancs calcaires marque le début du Dogger. L'épaisseur du Lias supérieur est d'environ 100 à 150 m.

Vers l'Est, les calcaires deviennent siliceux. C'est ainsi que le long de la route St-Gingolph-Novel, on peut observer de tels calcaires dans lesquels on rencontre des silex ; les marnes sont alors beaucoup moins friables.

A la limite de notre zone d'étude au Sud de Novel les calcaires sont siliceux et grenus parfois finement spathiques ; ce serait d'après H. Badoux (1962) un faciès intermédiaire entre les faciès spathique et marno-calcaire .

* Le Lias supérieur spathique

Les variations géographiques de la lithologie de ce faciès se calquent sur celles du Lias moyen spathique.

. Au Nord du chevauchement de la Dent d'Oche il est formé de calcaires finement spathiques à patine jaune et cassure gris clair.

Les calcaires spathiques sont surmontés de calcaires marneux à rognons de silex qui sont cartographiés avec le Dogger.

L'épaisseur totale du Lias moyen et supérieur spathique est dans le secteur de Vacheresse de 150 m et de 40 m dans l'Anticlinal de Riandaz.

. Au niveau du chevauchement de la Dent d'Oche le Lias supérieur spathique se présente sur la forme de calcaires grossièrement spathiques beiges pouvant présenter des débris dolomitiques. Son épaisseur est de 20 m.

I-2-2-2- Le Dogger

Dans le Chablais, le Dogger se présente sous la forme de trois faciès :

- . Le Dogger à Cancellophycus calcaréo-marneux ;
- . Le Dogger intermédiaire à faciès néritique et ainsi dénommé par E. Peterhans, mais H. Badoux lui préfère le nom de Couches de Vervine car ce faciès se poursuit au-delà du Dogger jusqu'au Séquanien ;
- . Les Couches à Mytilus dont l'âge fait l'objet de nombreuses controverses; mais il semble que ce faciès débute au Dogger pour se terminer vers le Séquanien.

I-2-2-2-1- Le Dogger à Cancellophycus

Le Dogger à Cancellophycus se présente sous la forme d'une alternance de calcaires argileux en bancs de 0,2 à 1 m et de marnes.

Les calcaires ont une patine variant du beige au roux ; la cassure est sombre, fine et grenue parfois tachetée. On peut dans certains cas observer des Cancellophycus à la surface des bancs. Les calcaires sont parfois légèrement siliceux. Les marnes ont une teinte à peu près identique à celle des calcaires.

Si on observe la lithologie du Dogger à Cancellophycus on peut définir 3 zones distinctes :

. La zone septentrionale située au Nord des falaises que l'on peut observer du Mt-César au Pic de Blanchard où le Dogger est épais et fournit des Ammonites (H. Badoux, C.H. Mercanton, 1962) ;

. La zone sud-est comprise entre la Montagne de Mémise et le chevauchement de la Dent d'Oche ;

. La zone sud-ouest correspondant aux gorges de l'Ugine et à la région de Vacheresse.

* La zone septentrionale

C'est dans cette zone que le Dogger à Cancellophycus présente sa plus grande épaisseur puisqu'il peut atteindre avec le Lias supérieur marno-calcaire une épaisseur de 500 m voire 700 m. Une coupure entre les deux étages est souvent difficile à faire car les affleurements sont trop peu importants, en effet cette formation, au lieu de donner de véritables affleurements est subaffleurante et on la reconnaît à la couleur brune du sol la recouvrant et aux petits débris calcaréo-marneux de 1 à 5 cm² présents dans ce sol, ce qui fait que dans cette zone l'établissement d'une coupe est impossible à faire, la seule chose que l'on puisse dire c'est que l'on a à faire à une série de bancs de calcaires marneux beiges à cassure sombre intercalés de marnes beiges. Cette série se termine par des calcaires jaunes plus ou moins gréseux à glauconie attribués au Callovien supérieur (H. Badoux et C.H. Mercanton, 1962).

* La zone sud-est (fig. 7)

Au Sud du synclinal de Mémise - Pic Blanchard, le Dogger est toujours, dans la plupart des cas, subaffleurant.

Mais d'après les données de G. Savary (1957) dans l'anticlinal des Lanches et de P. Michoud (1958) dans le prolongement de cet anticlinal dans le secteur de Novel, on peut établir en partant de la limite Lias supérieur marno-calcaire et Dogger qui se situe à l'endroit où les bancs calcaires deviennent prédominants, la coupe suivante :

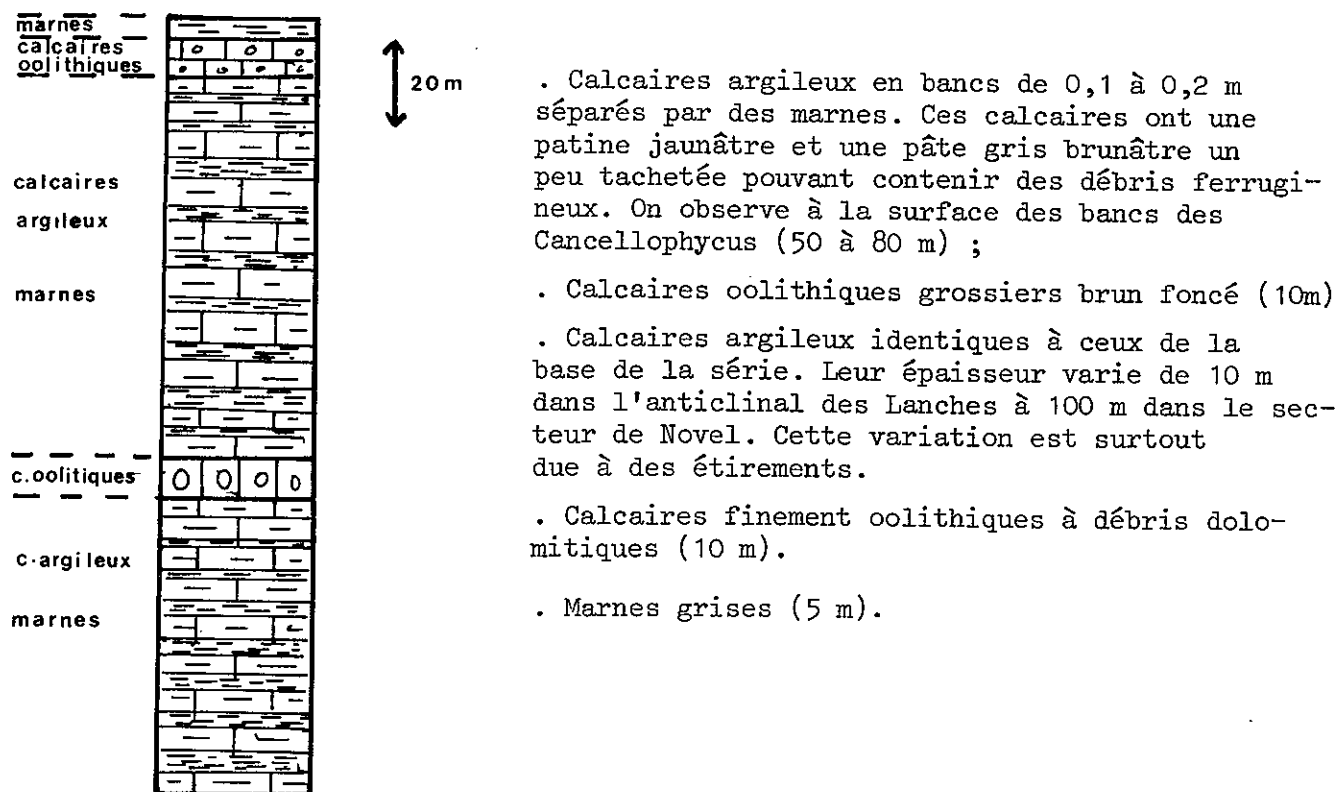


Fig. 7 : Le Dogger de la zone S.E.

Les deux derniers niveaux appartiendraient au Callovien et ils marquent la fin du Dogger marno-calcaire.

Les faciès peu profonds comme les calcaires oolithiques qui augmentent d'épaisseur vers le Sud, envahissent finalement toute la série et forment la base des Couches de Vervine dont nous parlerons dans le paragraphe I-2-2-2 2.

* La zone sud-ouest

Cette zone peut être subdivisée en 2 sous-secteurs séparés par une ligne longeant la petite falaise située sur le versant ouest du vallon de Taverole :

- A l'Ouest le mur du Dogger est formé de Lias supérieur marno-calcaire ;
- A l'Est le mur du Dogger est formé de Lias supérieur spathique.

- Secteur ouest

Une coupe du Dogger dans ce secteur est toujours très difficile à faire à cause de l'éloignement des affleurements et du fait que le Dogger est le plus souvent subaffleurant. On ne peut faire qu'une coupe incomplète du Dogger dans la vallée de la Dranse et dans les gorges de l'Ugine.

- . Calcaires gris en bancs de 0,3 à 0,5 m présentant parfois des *Cancellophycus* ;
- . Calcaires gris bleutés en bancs de 0,4 à 0,5 m séparés par des lits marneux ;
- . Calcaires plus marneux à cassure bleutée et patine jaunâtre se présentant en bancs de 0,6 à 0,8 m. Des lits marneux plus ou moins épais séparent ces bancs calcaires qui se débitent en parallélépipèdes (60 m environ).

- Secteur est
.....

Le Dogger étant toujours subaffleurant, le problème de l'établissement d'une coupe est toujours aussi épineux. Tout ce que l'on peut dire c'est qu'il est formé d'une alternance de bancs de calcaires marneux gris bleuté à patine jaunâtre ou grise et de marnes grises. Les bancs calcaires sont plus fins (0,3 m) que dans le secteur ouest.

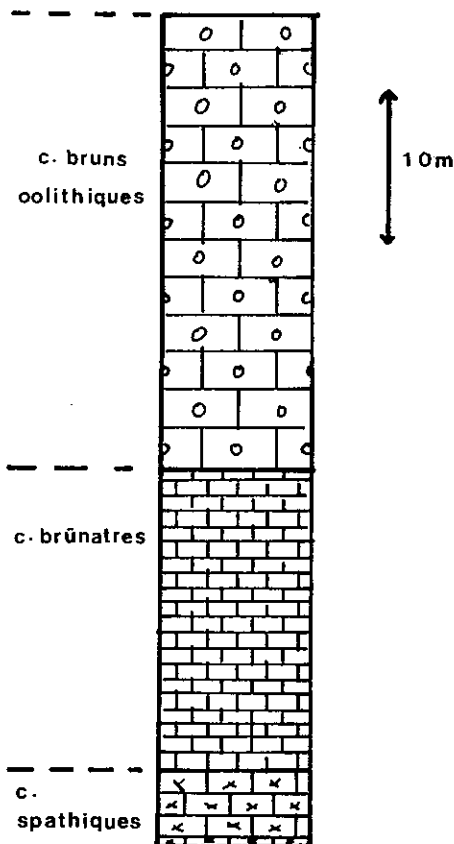
Dans la zone sud-ouest, l'épaisseur totale du Dogger peut être estimée à 200-250 m. L'épaisseur des différents niveaux dans la coupe des gorges de l'Ugine est difficile à estimer du fait de la forte tectonisation de la série.

I-2-2-2-2- Les Couches de Vervine (Fig. 8)

Comme nous l'avons vu précédemment ces couches de Vervine ont été dénommées Dogger Intermédiaire par E. Peterhaus (1923) mais H. Badoux (1962) préfère le terme de Couches de Vervine.

Cette série n'apparaît que dans le secteur de la Dent d'Oche pour notre zone d'étude. Ces Couches de Vervine ont une épaisseur de quelques dizaines de mètres (50 à 120 m) alors que plus à l'Est en Suisse elles atteignent 400 m.

G. Savary (1957) a fait une coupe au Nord de la Dent d'Oche dans les Couches de Vervine, c'est elle que nous allons décrire.



. Calcaires très spathiques et clairs à la base mais où il n'y a plus d'entroques et qui deviennent plus foncés vers le sommet. Il forme la couche de passage entre le Lias supérieur et le Dogger (5m) ;

. Calcaires en bancs de 0,3 m, à pâte grenue et brunâtre comportant quelques débris dolomitiques (20 m) ;

. Calcaires brun foncé oolithiques en bancs de 0,2 à 0,3 m. On peut voir des spicules d'éponges et des radioles d'Echinides ; ces calcaires sont parfois ferrugineux.

Ce niveau a une épaisseur de 30 m au Nord de la Dent d'Oche mais peut atteindre une centaine de mètres vers les Chalets de Neuteu ;

. Calcaires blanchâtres en bancs épais très finement oolithiques et coralligènes. Ces calcaires se distinguent mal des calcaires du Malm supérieur.

Les Couches de Vervine ont donc une épaisseur de 50 m au nord de la Dent d'Oche et de 120 m aux chalets de Neuteu.

Fig. 8 : Les Couches de Vervine

I-2-2-2-3- Les Couches à Mytilus (Fig. 9)

L'âge des Couches à Mytilus n'est pas connu avec certitude mais d'après les données que l'on possède, il comprend le Dogger et la base du Malm jusqu'à l'Argovien. Ces Couches à Mytilus sont donc du même âge que les Couches de Vervine.

Leur épaisseur dans notre zone d'étude ne dépasse pas 10 à 15 m.

D'après les données de G. Chamot (1961) qu'il a recueillies sur la paroi orientale du Roc du Château d'Oche et celles de B. Tagini (1951) recueillies sur un affleurement situé à 1 km au SW de Darbon au Planay des Chèvres, on peut établir la coupe suivante des Couches à Mytilus dans notre secteur :

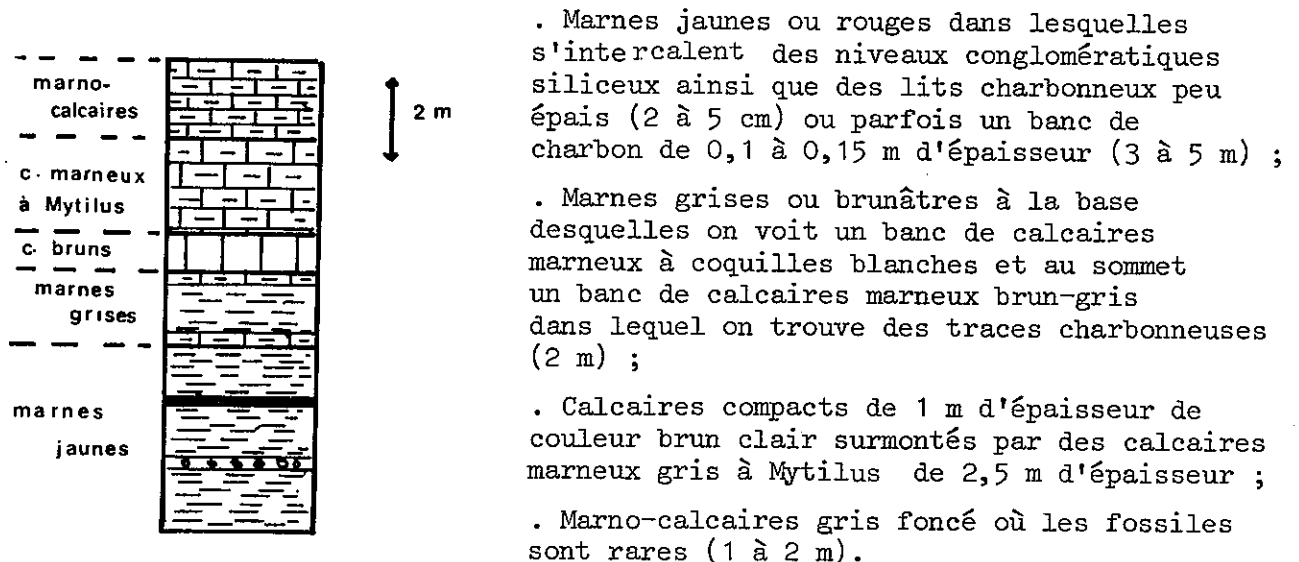


Fig. 9 : Les Couches à Mytilus

I-2-2-3- Le Malm

Depuis longtemps dans les Préalpes Médiannes le terme de Malm a été employé abusivement pour définir les calcaires massifs formant la plupart des falaises de cette région qui en réalité correspondent uniquement au Malm supérieur, c'est-à-dire au Kimméridgien et au Portlandien. Nous reviendrons donc dans la description qui va suivre à la dénomination habituelle et nous diviserons le Malm en Malm inférieur correspondant à l'Oxfordien et en Malm supérieur.

I-2-2-3-1- Le Malm inférieur

Trois faciès différents correspondant aux trois faciès du Dogger peuvent être définis :

- Une série de calcaires noduleux et de calcaires marneux correspondant à la zone du Dogger à *Cancellophycus* et attribuée à l'Oxfordien supérieur, c'est-à-dire à l'Argovien ;
- Le sommet des Couches de Vervine ;
- Le sommet des Couches à Mytilus

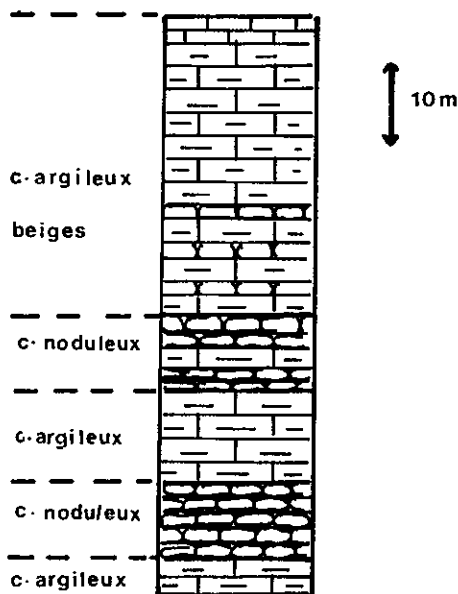
Ayant déjà décrit précédemment ces deux derniers faciès, nous n'y reviendrons pas, étant donné la difficulté que l'on a pour fixer une limite entre le Dogger et le Malm au sein de ces deux formations.

Nous nous contenterons de décrire la série attribuée à l'Argovien, mais il faut préciser que l'Oxfordien inférieur comme dans toutes les Préalpes Médiannes n'a pu être mis en évidence paléontologiquement.

* L'Argovien (Fig. 10)

L'Argovien s'observe à la base de certaines falaises formées de calcaires du Malm supérieur. Nous allons décrire la coupe que l'on peut faire le long du chemin forestier Lajoux-Corniens :

. Calcaires argileux gris beige à patine ôcre se présentant en bancs de 5 à 30 cm séparés par de minces lits marneux (5 m) ;



. Calcaires noduleux à grains fins de couleur verdâtre ou rouge. Les nodules calcaires sont séparés par de minces pellicules marneuses. Dans le quart inférieur de cette assise les calcaires noduleux en bancs de 0,25 cm sont séparés par des bancs de calcaires marneux gris-beige. Au milieu de l'assise les calcaires marneux sont rouges (10 m) ;

. Calcaires argileux massifs et gris en bancs épais (12 m) ;

. Calcaires noduleux verdâtres ou rouges dans lesquels s'intercale un gros banc (1,5 m) de calcaires argileux gris foncé à rouges (10 m) ;

. Série de calcaires argileux beiges au sein desquels les bancs de calcaires noduleux sont de moins en moins importants (40 m)
Les calcaires passent progressivement à ceux du Malm supérieur en devenant de moins en moins marneux.

Fig. 10 : L'Argovien

L'Argovien a donc ici une épaisseur de 80 m mais il s'agit de l'épaisseur maximale que l'on puisse observer. Car dans l'anticlinal des Lanches - Pointe de l'Aritte il n'a plus que 10 à 20 m d'épaisseur.

I-2-2-3-2- Le Malm supérieur

Les calcaires du Malm supérieur se présentent sous la forme de deux faciès légèrement différents dont les zones d'extension se situent de part et d'autre du chevauchement de la Dent d'Oche.

* Le Malm supérieur de la zone nord

L'épaisseur des calcaires du Malm supérieur varie dans cette zone de 200 m au Nord à 50 m au Sud mais cette variation est surtout due à des causes tectoniques (étirement des strates).

La coupe de ces calcaires est la suivante :

. Calcaires à patine gris clair se présentant en bancs de 5 à 20 cm. En cassure fraîche, ces calcaires ont une couleur jaunâtre claire tendant vers

le gris clair. La pâte est microgrenue, parfois légèrement spathique comme dans la région de Vacheresse. On y rencontre des grains de quartz, de glauconie ainsi que des débris d'entroques et des spicules d'éponges. Ils sont attribués au Séquanien.

. Calcaires à radiolaires et Calpionnelles dont la pâte est beige très fine parfois finement grenue ; leur patine est gris clair. Ils se présentent en bancs épais (1 à 2 m) dans lesquels on peut rencontrer des zones bréchiques minces analogues à celles du Tithonique des chaînes subalpines. Le niveau est attribué au Kimméridgien.

. Calcaires à pâte fine contenant quelques silex dont le nombre va en augmentant vers le sommet de la série ; la couleur devient plus foncée au fur et à mesure que l'on s'élève dans la série (jaunâtre à gris). On passe ainsi progressivement au Néocomien. Les bancs de calcaires ont une épaisseur de 0,2 à 0,3 m. Ils sont attribués au Portlandien.

* Le Malm supérieur de la zone sud

On a la série suivante :

. Calcaires oolithiques clairs plus ou moins détritiques et spathiques. Ils correspondraient au Séquanien.

. Calcaires massifs grenus gris clair du Kimméridgien.

. Calcaires clairs à pâte fine du Portlandien.

Les calcaires du Malm supérieur ont une épaisseur de 400 m à la Dent d'Oche mais celle-ci diminue vers le Sud.

I-2-3- LE CRETACE ET LE PALEOCENE

I-2-3-1- Le Néocomien

Dans les Préalpes Médiannes on emploie le terme Néocomien pour désigner une série dont l'âge est éocétacé à l'exception de l'Albien qui est lié stratigraphiquement au Crétacé supérieur.

Le Néocomien n'affleure qu'au Nord des chevauchements de la Dent d'Oche et de Neuteu. Il se présente sous deux types de faciès :

- . Le Néocomien à pâte fine,
- . Le Néocomien spathique.

L'extension de ces deux faciès est tout à fait inégale puisque le Néocomien spathique n'affleure qu'au Mont Baron.

* Le Néocomien à pâte fine

La limite entre le Malm et le Néocomien est très difficile à déterminer mais on la situe généralement au niveau où le nombre de rognons de silex devient important.

La stratigraphie du Néocomien est la suivante :

. Calcaires grisâtres à pâte très fine présentant des tâches grises. Les bancs de calcaires sont assez minces (0,1 à 0,3 m) et on y rencontre des silex en assez grand nombre ;

. Calcaires à patine grise mais à cassure claire. Les rognons de silex sont beaucoup plus nombreux que dans les calcaires précédents. Le passage entre ces deux niveaux est progressif. Les bancs calcaires ont une épaisseur à peu près constante (0,3 m) ;

. Calcaires à pâte grise, fine, tachetée dans laquelle les rognons de silex sont de plus en plus rares. Ils se présentent en bancs de 0,3 à 0,5 m séparés par des marnes noires ou gris sombre dont l'importance croît vers le sommet de la série.

L'épaisseur du Néocomien varie de 50 à 300 m, mais est très difficile à estimer par suite des nombreux replis que l'on observe dans cette série (route forestière de Lajoux-Corbiens).

* Le Néocomien spathique

Il n'est visible qu'au Mont Baron où l'on observe la succession suivante :

. Calcaires fins roses ou gris verdâtre à patine grise ;

. Calcaires fins rose foncé à débris d'entroques et de coquilles ; la patine est toujours grise. Ces calcaires deviennent légèrement spathiques vers le sommet de ce niveau ;

. Calcaires très fins presque porcelainés à patine grise et cassure rosée.

G. Descoedres (1958) a observé en lame mince dans chacun des trois niveaux des foraminifères et des Radiolaires. Tous ces calcaires se présentent en bancs de 20 à 30 cm.

I-2-3-2- Le Crétacé supérieur et le Paléocène : LES COUCHES ROUGES

Cette formation des Couches rouges, caractéristique de la nappe des Préalpes Médiannes et de la nappe de la Brèche est formée de calcaires marneux et de marnes ; loin d'être toujours rouges comme le nom de la formation pourrait le laisser penser, ces calcaires et ces marnes ont une teinte rouge, rose, verte et blanche, ces deux dernières étant les plus courantes dans toutes les Préalpes mais dans notre secteur la couleur rouge est prédominante.

Cette formation transgresse le Malm et le Néocomien et selon les secteurs elle débute à différentes époques entre l'Albien et le Paléocène.

* Les Couches rouges du synclinal de Mémise

Nous allons décrire la coupe effectuée par G. Savary (1957) dans cette formation au Nord des chalets de Mémise (fig. 11).

. Niveau 1
.....

Calcaires compacts gris foncé, fins contenant de nombreuses Globigérines et des débris ferrugineux, en bancs de 5 à 10 cm séparés par des marnes noires contenant quelques nodules de fer.

Niveau de 20 m d'épaisseur, formant la zone de passage entre le Néocomien et les Couches rouges du Crétacé supérieur, daté par analogie de l'Albien.

. Niveau 2
.....

- Calcaires marneux verdâtres à pâte fine d'abord uniforme puis tachetée ; ils contiennent quelques débris glauconieux, de nombreuses Radiolaires et des Globigérines. Niveau de 3 m correspondant au Cénomanién inférieur et marquant le début des Couches rouges au sens strict.

- Calcaires marneux verdâtres, vers le sommet la pâte de ceux-ci devient grise et légèrement gréseuse.

L'ensemble a une puissance de 7 m et on y trouve des Globigérines datées du Cénomanién moyen et supérieur.

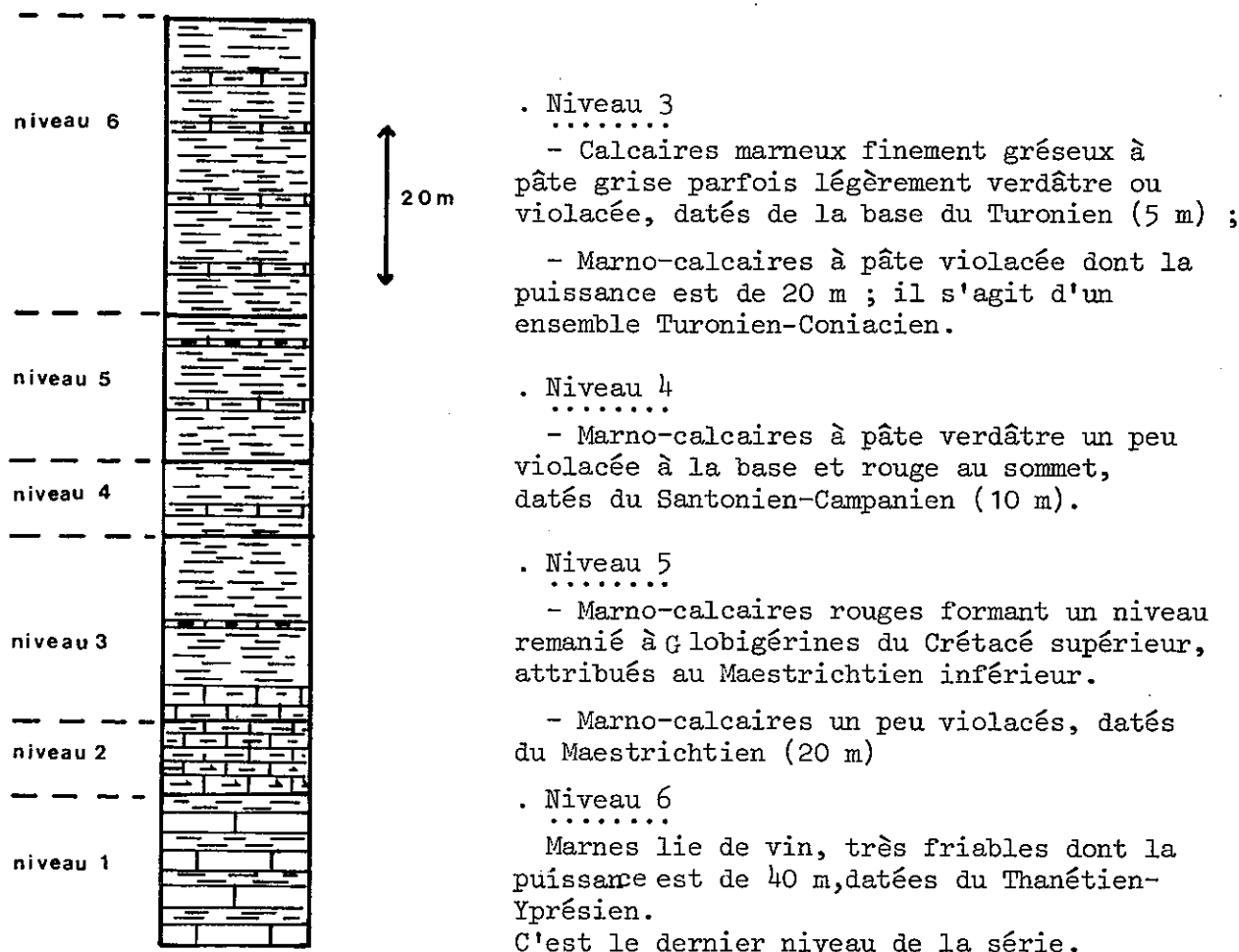


Fig. 11 : Les Couches Rouges du synclinal de Mémise.

Sur le flanc sud du synclinal de Mémise, les Couches rouges sont très réduites et seul le Paléocène est complet.

* Les Couches rouges du Synclinal du Neuva

Les Couches rouges sont transgressives sur le Néocomien. Leur base est formée par des schistes noirs marquant la zone de transition entre le Néocomien et le Crétacé supérieur. La coupe donnée par P. Michoud (1957) peut se résumer de la façon suivante :

- . Calcaires argileux en petits bancs jaunes verdâtres à la base et rouges au sommet contenant des Globigérines ;

- . Calcaires plus massifs à pâte bréchique contenant des éléments du Malm, du Cénomaniens et du Maestrichtien. La microfaune remaniée est mise en évidence par la différence entre la pâte de la roche et le remplissage des foraminifères.

Les deux niveaux calcaires sont attribués au Campanien-Maestrichtien.

* Les Couches rouges au Synclinal d'Oche

Comme l'on montré H. Badoux et Ch. H. Mercanton (1962), la base des Couches rouges est transgressive sur le Malm et est marquée par un niveau peu épais de marnes noires et de calcaires violacés glauconieux à Globigérines de l'Albien.

- . Le Cénomaniens est formé de marnes sombres alternant soit avec des calcaires tachetés, soit avec des calcaires à silex, soit avec des calcaires argileux ocres, roses, ou beiges.

- . Le Turonien-Maestrichtien débute par des calcaires marneux rouges puis se poursuit par un épais niveau de calcaires plus ou moins argileux en bancs de 0,1 à 0,2 m ; ces calcaires sont blancs et on peut facilement les

observer sur le chemin menant de la Fétuière aux Chalets d'Oche dans sa partie inférieure.

. L'Eocène débute par des calcaires gréseux et glauconieux et se termine par des marno-calcaires rouges à Globigérines.

L'épaisseur totale de ces Couches rouges est difficile à déterminer car en aucun point du synclinal on ne peut avoir une coupe complète de celles-ci ; cette épaisseur serait de l'ordre de 100 à 150 m.

Dans le synclinal de Darbon et l'Anticlinal de Chillon, la série est identique mais débute au Cénomanién et atteint un maximum de 60 m.

* Les Couches rouges dans le secteur du Mont Baron

Les Couches rouges débutent au Cénomanién mais la tectonique de ce secteur empêche de faire une coupe correcte.

G. Descoeur (1957) a fourni une coupe synthétique de cette formation dans ce secteur.

. Le Cénomanién est formé soit de calcaires marneux gris avec intercalations de marnes noires, soit de calcaires marneux verdâtres .

. Le Turonien est formé de la base au sommet de calcaires marneux rosés, rouges, vert-clair, verdâtres ou gris-verdâtre.

. Le Campanien-Maestrichtien est formé soit de calcaires marneux verdâtres soit de calcaires marneux bigarrés.

. Le Paléocène est formé de marnes rouge foncé.

La série a une épaisseur de 50 m à l'Ouest et de 150 m à l'Est.

I-2-4- L'EOCENE INFÉRIEUR ET MOYEN : LE FLYSCH SCHISTO-GRÉSEUX

Le Paléocène est lié stratigraphiquement au Crétacé supérieur dans cette région, nous n'en parlerons plus.

Le Flysch schisto-gréseux affleure au coeur des synclinaux de Mémise-Blanchard, de Neuva et de Darbon.

Nous avons vu précédemment que le sommet des Couches rouges dans le synclinal de Mémise est formé de marnes lie de vin. Les marnes deviennent noires et présentent des lentilles de grès glauconieux. La série se poursuit par des calcaires gréseux, micacés, parfois glauconieux en bancs de 5 à 15 cm. Ces calcaires sont schistifiés et se débitent en plaquettes de 5 à 10 mm d'épaisseur. La patine est ocre et la cassure gris-bleuté. Les calcaires sont plus fins et plus marneux par endroit.

Au milieu de ces calcaires gréseux, on peut observer un niveau de grès carbonatés grossiers de 5 m d'épaisseur.

La puissance du Flysch schisto-gréseux est de 40 m au maximum dans notre secteur d'étude.

I-3- LA NAPPE DE LA SIMME (s.1)

Elle affleure au col de Queffaux et à 500 m au Sud-Ouest de la Fétuière et en quelques endroits le long du chevauchement de la Dent d'Oche.

La nappe de la Simme s.1 ou nappe supérieure des Préalpes est subdivisée en 4 nappes successives :

La nappe de la Sarine, la nappe des Dranses, la nappe de la Simme s.s, la nappe des Gets.

Dans notre secteur n'affleurent que les nappes de la Sarine et de la Simme (s.s).

I-3-1- LA NAPPE DE LA SARINE

C'est la nappe que l'on observe dans tous les affleurements.

Au col de Queffaux où on l'observe le mieux, elle est formée d'une alternance de bancs de 0,2 à 0,5 m de marnes brunes se débitant en grosses lamelles et de bancs gréseux bruns à ciment calcaire (formation appartenant à la série de Reidigen).

I-3-2- LA NAPPE DE LA SIMME (ss)

Un seul affleurement est visible dans notre secteur sur l'arête du col de Queffaux il fût découvert par E. Gagnebin (1938).

On observe une trentaine de mètres de poudingues apparaissant sous forme de petits affleurements isolés au Nord et au Sud du col ; c'est sur le versant sud qu'ils sont le plus visibles.

Les poudingues sont formés de galets arrondis pouvant atteindre 15 à 20 cm mais en général inférieur à 10 cm. Un ciment roux, sableux les unit. Ces galets sont des calcaires gris clair, des calcaires siliceux, des quartzites, des radiolarites rouges et vertes, des silex mais il n'y a pas de galets de roches cristallines. Ce poudingue, semblable à celui du Tour d'Aï en Suisse (E. Gagnebin, 1938) fait partie de la série de la Mocausa.

I-4- CONCLUSION A L'ETUDE STRATIGRAPHIQUE (Figure 12)

Dans ce premier chapitre nous avons présenté les séries stratigraphiques que l'on rencontre au Nord-Est du Chablais.

Nous avons essayé de faire une synthèse des différents travaux qui ont pu être effectués sur cette région et des données que nous avons pu recueillir sur le terrain.

Nous rappellerons donc que nous pouvons définir cinq unités géologiques du Nord au Sud :

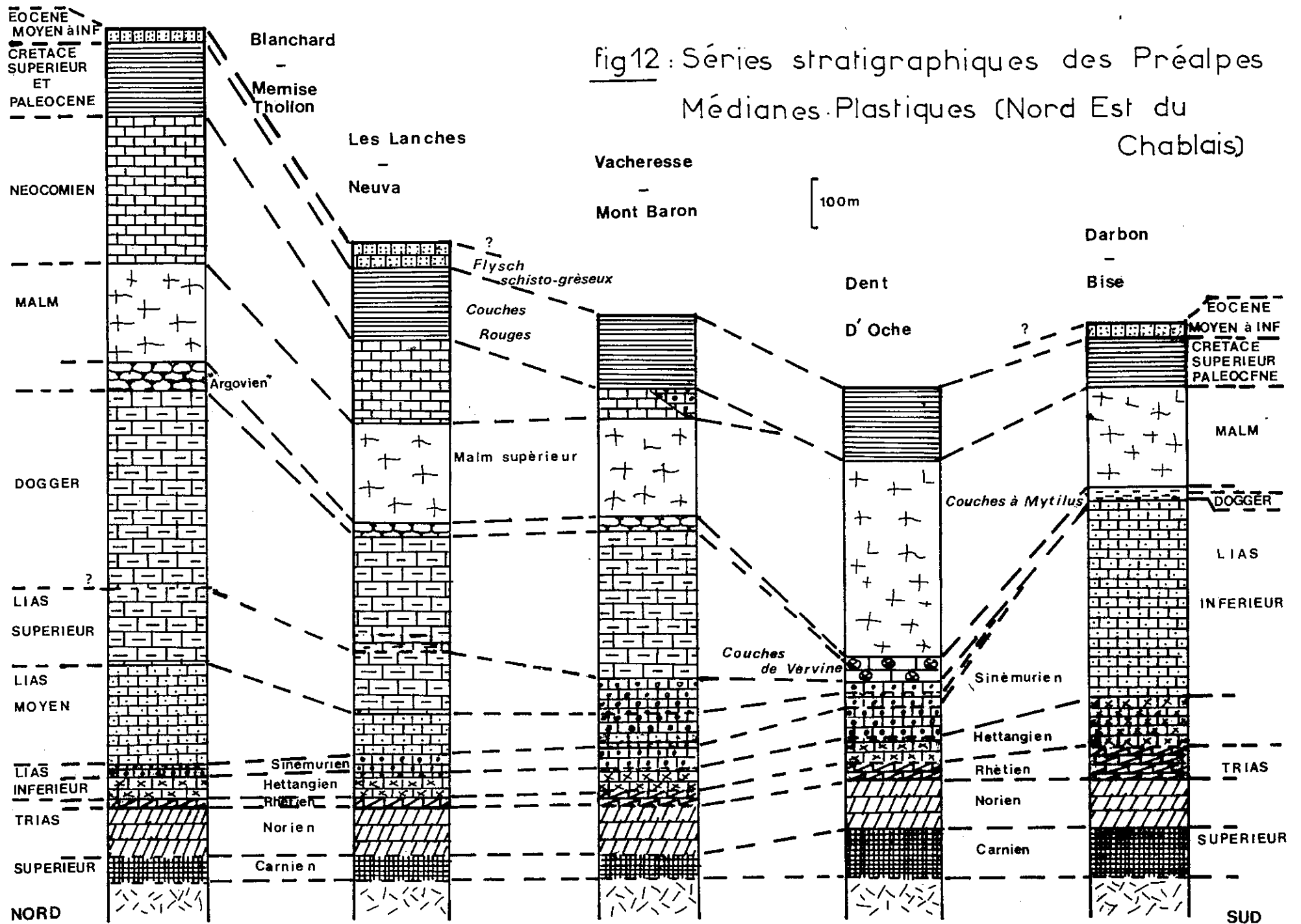
- . La molasse du plateau suisse non visible composée d'une alternance de marnes et de grès ;

- . La nappe du Gurnigel visible en un point dans la vallée de la Dranse et composée d'une alternance de marnes et de grès plus ou moins grossiers ;

- . L'Ultraschweizer se présentant sous forme de lambeaux dans la nappe des Médianes plastiques ou dans la nappe du Gurnigel et formé de marnes oxfordiennes ou de calcaires du Crétacé moyen ;

- . La nappe des Préalpes Médianes Plastiques composée d'une série continue du Trias à l'Eocène moyen.

Les caractéristiques des différentes séries stratigraphiques que l'on peut observer au sein des Médianes Plastiques dans notre secteur sont regroupés dans la figure 12 dont la légende est la suivante :



CHAPITRE II

TECTONIQUE DU NORD-EST DU CHABLAIS

Le Nord-Est du Chablais est une région relativement complexe du point de vue tectonique et l'on peut la subdiviser en quatre grandes unités :

- . La molasse autochtone du plateau suisse
- . La molasse parautochtone subalpine
- . La nappe du Gurnigel
- . La nappe des Préalpes Médiannes

II-1- LIMITE ENTRE LES DIFFERENTES UNITES DU NORD-EST DU CHABLAIS

Les trois premières unités étant entièrement recouvertes de formations quaternaires, il nous est impossible de décrire leur style tectonique, et nous ne donnerons que les limites entre ces unités.

Ces limites ont été déterminées à l'aide :

- des données de sondages mécaniques et de sondages électriques, réalisés pour la Société des Eaux d'Evian, qui ont permis l'établissement d'une carte du toit du substratum (fig. 33 p. 90);
- des données de campagne de prospection géophysique par sismique réflexion sur le Léman en particulier celle effectuée par le groupe pour l'étude de l'environnement géologique et de la pollution des sédiments en 1971 (J.P. Vernet et al. 1974) ;
- des données fournies par l'observation de photographies de satellites ;
- des données fournies par l'observation des crêtes morainiques du plateau de Gavot et de la topographie de ce plateau (carte géologique 1/50 000).

II-1-1- LIMITE ENTRE MOLASSE AUTOCHTONE ET MOLASSE PARAUTOCHTONE

Le chevauchement de la molasse parautochtone sur la molasse autochtone est difficile à mettre en évidence.

En 1969, une campagne de prospection par méthode sismique réflexion sur le Léman au large d'Evian a permis de mettre en évidence le réflecteur profond d'Evian : R.P.E. (Meybeck et al, 1969).

Le R.P.E. explique la remontée brutale du toit de la molasse au niveau de la côte ; cette remontée déterminée initialement par géophysique a été reconnue par sondages mécaniques réalisés entre 1971 et 1974 (tableau 1).

Date de réalisation	Nom du sondage	Cote NGF en m	Cote substratum en m	Nature substratum
1971	Villa Magnin	408	250	Molasse
"	Les Tours	530	114	Molasse
"	La Gare	410	157	Molasse
"	Les Grottes	406	150	Molasse
"	Amphion St-Agathe	390	312	Molasse
1974	Buvette (Evian)	385	234	Molasse

Tableau 1 : Forages de reconnaissance réalisés près d'Evian

Le ressaut de Publier correspond à cette remontée de la molasse.

Un approfondissement de la molasse s'observe au Sud d'Evian, au forage des Tours où le toit de la molasse est à une altitude de 118 m ce qui permet de mettre en évidence une vallée creusée dans la molasse (fig. 33) qui correspondrait à celle mise en évidence sous le Léman au large de Grande Rive (C. Serruya et al, 1967 ; J.P. Vernet et al. 1974).

La zone de remontée du toit de la molasse correspond au prolongement vers l'Est de l'anticlinal du Mt de Boissy (R. Vial et al, 1975 ; A. Donzé, 1976).

Le chevauchement de la molasse parautochtone sur la molasse autochtone passerait donc juste au nord de la remontée molassique, c'est-à-dire au niveau de la bordure sud du Delta de la Dranse, et le long de la côte légèrement au large d'Evian. D'après les données sismiques (J. P. Vernet et al, 1974) il se poursuivrait sous le lac en direction du N.E.

Il semble que dans la molasse parautochtone, il existe un accident important qui correspond au ressaut de Maxilly-Lugrin et qui se poursuivrait sous le Léman au large de Lugrin en direction de l'Est-Nord Est.

II-1-2- LIMITE ENTRE LA NAPPE DU GURNIGEL ET LA MOLASSE PARAUTOCHTONE

Cette limite est aussi difficile à localiser que la précédente, toujours à cause de la présence des dépôts quaternaires.

En analysant la disposition des crêtes morainiques et les photographies satellites, on peut penser que le chevauchement de la nappe de Gurnigel sur la molasse parautochtone passe sous le village de Marin, l'X et Véron, c'est-à-dire sous le ressaut de Champagnes St-Paul. Mais la carte du toit du substratum (fig. 33) nous montre un ressèment des courbes de niveau de ce substratum entre Les Tours et Méserier. En effet, au Sud du forage des Tours, le toit du substratum passe de la cote 118 m (Forage) à la cote 410 m, sur une distance de 250 à 500 m, ce qui nous conduit à penser que le chevauchement passe à ce niveau, donc un peu plus au Nord que dans l'hypothèse précédente. Pour la partie est du plateau, étant donné qu'il ne nous est pas possible de tracer une carte du substratum nous ferons passer ce chevauchement au pied du ressaut de Champagnes-St-Paul.

En conclusion et en tenant compte des données recueillies sur la rive gauche de la Dranse, le trajet du chevauchement est le suivant : Allinges, Marin, Méserier, chez Bruchon, Véron et à l'Est de ce hameau il est recouvert par la nappe des Préalpes Médiannes.

II-1-3- LA LIMITE ENTRE LA NAPPE DU GURNIGEL ET LA NAPPE DES PREALPES MEDIANNES

La carte du toit du substratum (fig. 33 p. 90) montre un resserrement des courbes de niveau sous le village de Larringes et avec l'aide des crêtes morainiques qui se disposent parallèlement aux structures tectoniques principales on peut tracer le trajet de ce chevauchement.

De l'Usine d'Armoy dans la vallée de la Dranse il se dirige vers Larringes, Lyonnet, Praubert et passe sous le ressaut situé à l'Ouest de Thollon, se poursuit sous le lac et réapparaît à Bret pour suivre la rive sud du Léman en direction de la vallée du Rhône.

II-2- LA TECTONIQUE DE LA NAPPE DES PREALPES MEDIANNES PLASTIQUES

Les Médiannes Plastiques sont caractérisées par une tectonique souple à plis généralement déversés contrairement aux Médiannes Rigides caractérisées par une tectonique cassante.

II-2-1- DESCRIPTION DES STRUCTURES OBSERVEES

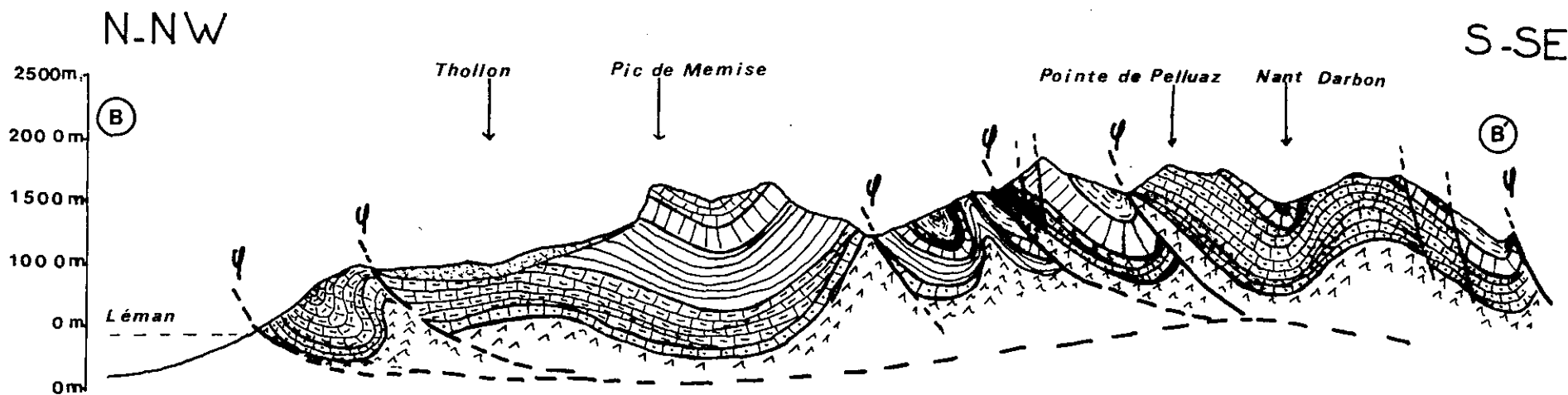
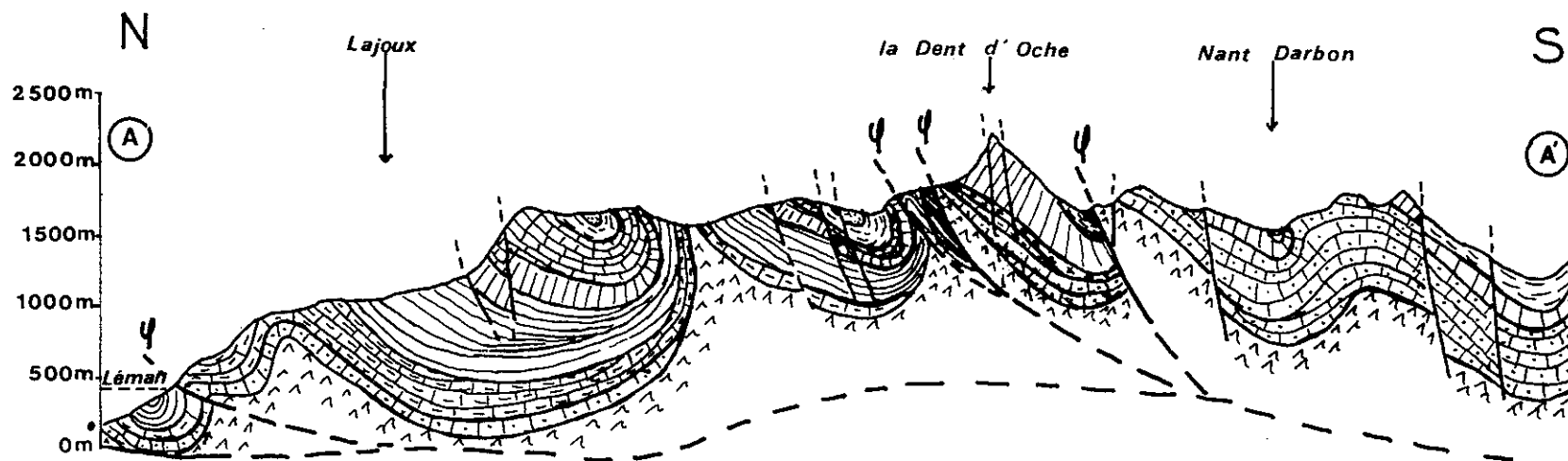
Pour faciliter cette description nous séparerons ce secteur du Nord-Est du Chablais en trois zones :

- une zone comprise entre la vallée de l'Ugine et la vallée de la Dranse : zone nord-ouest ;
- une zone comprenant la vallée du ruisseau des Lanches, la vallée de la Morge et la rive sud du Léman : zone nord-est ;
- une zone située au Sud du chevauchement Dent d'Oche-Chaumeny : zone sud.

II-2-1-1- La zone nord-ouest (coupes C-C' et D-D' - Fig. 13).

On peut observer sur les coupes du Nord au Sud depuis la vallée de l'Ugine les structures suivantes :

- . L'anticlinal de l'Ugine (A_2)
- . Le synclinal de Vernay (S_3)
- . L'anticlinal du Trables - Bois de l'Envers (AS_3)
- . Le synclinal du Chénay-Sur les Bois (S_3)
- . L'anticlinal de Feu Courbe - Chénay (A_3)
- . Le synclinal de Taverole (SA_3)
- . L'anticlinal de Fontany (A_3)
- . Le synclinal de Queffaix (S_4)



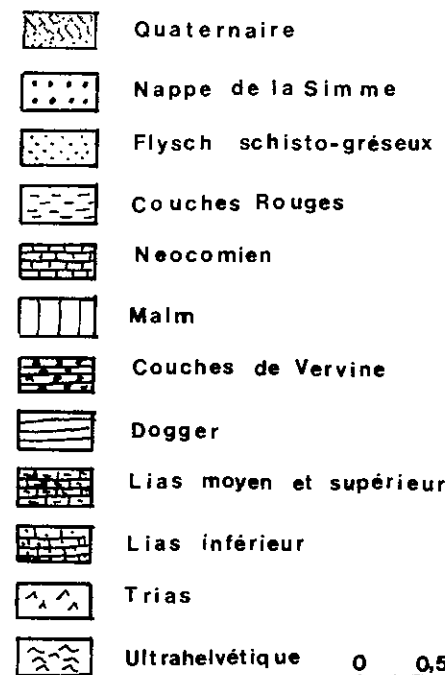
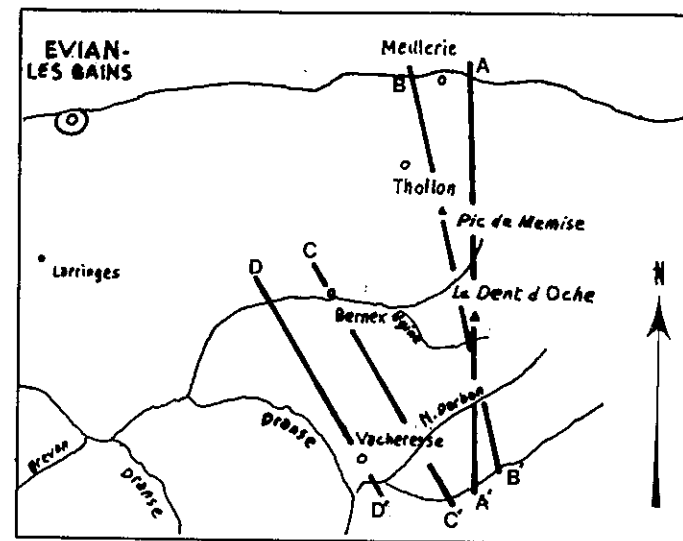
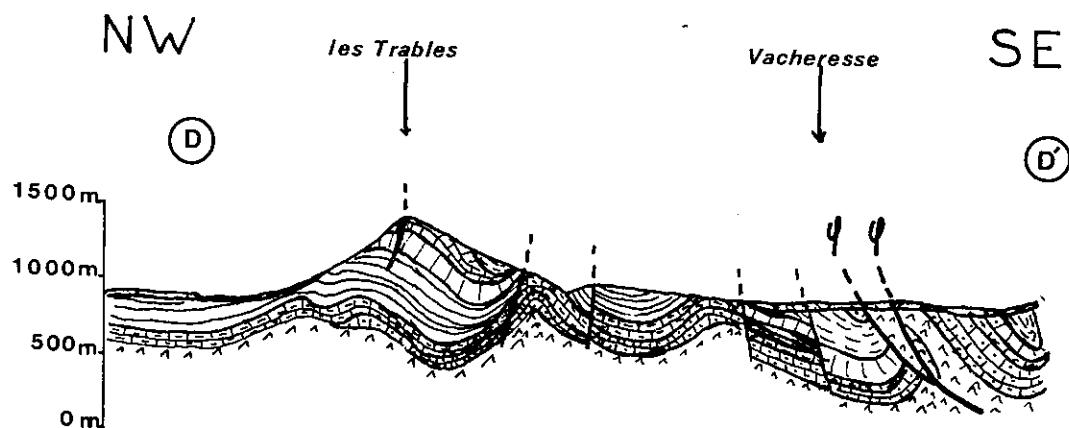
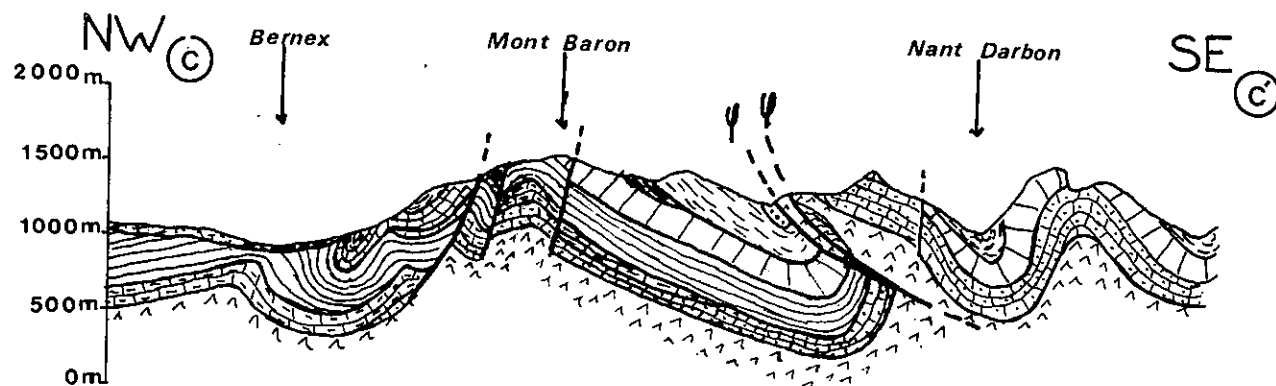


fig.13 : COUPES SÉRIÈES DE LA REGION
THOLLON-BERNEX-VACHERESSE

* L'anticlinal de l'Ugine

Le plan axial de l'anticlinal de l'Ugine est invisible mais d'après nos observations et celles de G. Descoeur (1958) nous pouvons dire que ce plan axial, passant au niveau de la confluence de l'Ugine avec la Dranse, se poursuit suivant une direction N40-N50 et cela jusqu'à Bernex où il a une direction N60-N75.

Le coeur anticlinal est visible dans la vallée de l'Ugine en amont de la confluence avec la Dranse c'est-à-dire à la prise d'eau E.D.F. Il est triasique et les flancs de l'anticlinal sont formés de Lias supérieur et de Dogger marnocalcaire. Au nord de Chevenoz le coeur anticlinal est formé de Dogger, le Trias n'affleure plus. A Bernex, on ne voit que le flanc nord de l'anticlinal composé de Dogger dont le pendage varie de 50 à 70° vers le Nord-Ouest et du Lias moyen de pendage 75° vers le Nord-Ouest dans le seul secteur où on l'observe, c'est-à-dire 200 m avant que la route de Creuzat-Bernex ne rejoigne celle de Trossy-Bernex.

Cet anticlinal est de plus en plus déversé vers le S.E au fur et à mesure que l'on se rapproche de Bernex.

Entre cet anticlinal et le front de la nappe des Médianes (fig. 20) d'autres synclinaux et anticlinaux doivent exister, mais nous en reparlerons au paragraphe II-2-2.

* Le synclinal du Vernay

Le flanc sud de ce synclinal est visible 800 m au Sud de l'église de Bernex à l'altitude 1050 m où on observe les Couches rouges dont le pendage est de 80° vers le Nord et le Néocomien à pendage de 70° vers le Nord.

A l'Ouest, il est difficile de mettre en évidence le synclinal car il se poursuit dans le Dogger qui est sujet de multiples replis. On peut penser malgré tout que l'axe synclinal passe par le chalet des Trables, en émettant l'hypothèse que les axes de l'anticlinal de l'Ugine et du synclinal du Vernay sont parallèles, et en tenant compte de quelques données de pendage que nous avons pu recueillir.

Le synclinal est déversé vers le Sud.

* L'anticlinal des Trables-Bois de l'Envers

L'axe anticlinal s'observe du sommet du Trables jusqu'au vallon du ruisseau descendant du Mont Baron. Le coeur anticlinal est formé de Dogger et de Malm supérieur sur le versant nord de la vallée de la Dranse d'Abondance puis de Néocomien à partir du sommet des Trables.

Dans le secteur du Bois de l'Envers, l'ouverture de l'anticlinal n'est que d'une centaine de mètres.

Cet anticlinal est déversé vers le S.E. ou le Sud mais le déversement s'effectue vers le Nord au Sud de Bernex. Cet anticlinal disparaît au niveau des Chalets des Esserts lorsque les synclinaux qui l'entourent se réunissent.

* Le synclinal du Chénay-sur les Bois

Ce synclinal forme l'une des structures les plus visibles de cette zone nord-ouest.

L'axe synclinal est sensiblement parallèle à l'axe de l'anticlinal des Trables - Bois de l'Envers.

L'ossature du synclinal est formé de Malm supérieur visible sur les deux flancs qui est parcouru par d'importantes fractures, mais il n'est pas continu tout le long du synclinal, en effet il n'affleure que sur le versant nord de la vallée de la Dranse d'Abondance ; sa disparition sur le flanc sud du synclinal est en partie dû à des étirements.

Le Néocomien plus lité et plus plastique résiste mieux aux compressions ; les pendages que l'on peut y observer ont une valeur de 35° à 70° vers le Nord ou le Sud selon le flanc où ils ont été mesurés. Il est à noter qu'au sein de ce Néocomien on observe des plissements locaux dus à la plasticité de cette série.

Le coeur synclinal est formé de Couches rouges présentant une schistosité importante. Dans le secteur de Sur les Bois, les pendages sont de 20° vers le NW alors que dans le secteur des Trables et du Chénay il est impossible de mesurer ces pendages à cause de la forte schistosité.

Entre Arce et le Mont, le flanc nord du synclinal est affecté par un décrochement dextre dont le rejet latéral est de 250 m visible au sein du Malm supérieur et du Néocomien (N120).

Un autre accident de direction N140-N160 peut être mis en évidence à 600 m à l'est du Chalet du Chénay, il affecte le Malm supérieur, le Néocomien et les Couches rouges. Au niveau de cet accident, sur le versant sud de la vallée de l'Ugine, les Couches rouges disparaissent et sont remplacées par le Néocomien à l'Ouest de l'accident.

Il faut aussi noter le pincement du synclinal : son ouverture est de 700 m vers le Chénay mais n'est plus que de 100 m à son extrémité est.

Il est très difficile de dire si le synclinal du Chénay-Sur les Bois est déversé vers le N ou le S mais il semble qu'au SW il soit déversé légèrement vers le S.E. (secteur du Chénay) et qu'au NE il soit déversé vers le N (secteur de Sur les Bois). Au niveau du Chalets des Esserts, avec le synclinal de Vernay il ne forme plus qu'une seule structure.

* L'anticlinal de Feu Courbe-Chenay

Cet anticlinal débute à une centaine de mètres à l'Est du croisement de Feu Courbe où on observe du Lias moyen formant le coeur de la structure ; l'axe anticlinal se poursuit selon une direction N50 dans le Lias spathique. En remontant le vallon de Taverole on n'arrive plus à le suivre à cause de la couverture quaternaire. Par contre 500 m, au NW du Mont Baron on rencontre du Néocomien incliné vers le Nord, du Malm supérieur, du Néocomien et des Couches rouges à pendage S. Toutes ces formations constituent les deux flancs d'un anticlinal dont le coeur n'est pas visible car affecté par une faille normale parallèle à l'axe du pli.

Cet anticlinal est très certainement légèrement déversé vers le Sud.

* Le synclinal de Taverole

On peut le mettre en évidence entre Taverole et Fontany par des mesures de pendage ; le coeur anticlinal est composé de Dogger, les flancs de Lias spathique.

Vers le NE ce synclinal ne peut être mis en évidence qu'au niveau d'un affleurement de Flysch schisto-gréseux au NW du Mont Baron qui forme avec les Couches rouges de l'anticlinal décrit précédemment le coeur d'un synclinal qui constitue le prolongement au Nord-Est du synclinal de Taverole.

* L'anticlinal de Fontany

Les pendages mesurés dans le Lias spathique de Fontany montre qu'il existe une structure anticlinale dans ce secteur. Au NE, la présence de dépôts quaternaires nous empêche de mettre en évidence l'axe de l'anticlinal et nous n'observons que son flanc sud c'est-à-dire celui qui est commun avec le synclinal de Queffaux. Nous pensons que le Dogger du versant est du vallon de Taverole forme le coeur de cet anticlinal.

* Le synclinal de Queffaux

L'ossature du synclinal de Queffaux est formé de Malm supérieur qui comme dans le synclinal du Chénay-Sur les Bois est affecté par de nombreuses fractures. Le Néocomien ne se rencontre qu'au niveau des Boeufs et du Mont Baron et là, il s'agit de Néocomien spathique. Ce sont les Couches rouges qui affleurent le plus dans le synclinal ; leur pendage passe de 30° Sud sur la bordure du synclinal à 60° Sud vers le coeur du synclinal.

Le coeur synclinal est constitué par les séries de la nappe supérieure des Préalpes (nappe de la Simme sl), c'est-à-dire les séries de Reidigen et de la Mocausa, cette dernière formant le coeur proprement dit du synclinal.

Le synclinal de Queffaux est extrêmement déversé vers le NW et son flanc sud est le plus souvent oblitéré par les chevauchements de Vacheresse et de la Dent d'Oche.

L'importante faille décrite dans le synclinal du Chénay-Sur les Bois se poursuit jusque dans le synclinal de Queffaux où on peut l'observer dans le secteur de la Quettaz associé à d'autres failles importantes ayant pour effet de remonter le Malm supérieur au niveau des Couches rouges.

II-2-1-2- La Zone nord-est (Coupes AA' et BB' : Fig. 13)

Des rives du Léman au chevauchement de la Dent d'Oche, on peut observer les structures suivantes :

- . L'écaille de Locum
- . Le synclinal des Rochers du Balairon (S_1)
- . L'anticlinal du Mont Chalon (A_1)
- . Le synclinal du Pic de Mémise - Pic Blanchard (S_2)
- . L'anticlinal des Lanches - Pointe de l'Aritte (A_2)
- . Le synclinal de Neuva (S_3)
- . L'anticlinal de Rianda (A_3)
- . Le synclinal de Rianda (S_4)

* L'écaille de Locum

Cette écaille est mise en évidence par le chevauchement du Lias moyen sur le Dogger le long de la route Evian-St-Gingloph à 1 km à l'Est de Meillerie ; le Dogger, dont le pendage est de 70° vers le Sud, est surmonté par du Lias moyen siliceux dont le pendage est de 0 à 20° vers le Sud.

A l'Ouest, ce chevauchement se poursuit au Nord de Meillerie selon une direction N60, où il est bien visible en photographie aérienne entre les lieux-dits la Lauzenette et les Fauconnières, et il se poursuit sous le Quaternaire en direction du hameau de Leucel et va rejoindre le chevauchement de la nappe des Préalpes Médiannes sur la nappe du Gurnigel.

A l'Est, au niveau du bois des Grands Feuilletts, un décrochement dextre de 400 à 500 m affecte ce chevauchement qui se poursuit alors en direction de Bret où il rejoint le chevauchement de la nappe des Préalpes Médiannes sur la molasse parautochtone.

Dans les carrières de Locum, le Lias est le siège de nombreux plissements.

Dans cette écaille de Locum on peut mettre en évidence dans la partie ouest, au Nord de Meillerie, un synclinal dont le flanc nord est très redressé. La direction de l'axe du synclinal varie de N50 à l'Ouest à N80 à l'Est.

Au Nord-Ouest de Leucel, il existe très certainement un anticlinal au sein de cette écaille, ce qui expliquerait l'épaisseur importante du Lias moyen.

* Le synclinal des Rochers du Balairon

Ce synclinal a un flanc nord subhorizontal et un flanc sud très redressé.

Ce n'est que par son existence que l'on peut expliquer raisonnablement l'importance des affleurements de Lias moyen entre le Mont Chalon et la rive du Léman et les pendages de celui-ci au niveau du chevauchement du Lias moyen sur le Dogger de l'écaille de Locum.

* L'anticlinal du Mont Chalon

L'anticlinal du Mont Chalon est mis en évidence par les affleurements de Trias et d'Hettangien dans le lit du ruisseau de Locum et au Nord-Est du Mont-Chalon entre ce dernier et le ruisseau de Locum.

Au Sud-Ouest, le coeur anticlinal est formé des calcaires siliceux foncés du Lias Moyen.

Cet anticlinal se poursuit sous le plateau de Thollon mais il est masqué par le Quaternaire.

L'axe anticlinal a une direction N90-N100 dans le secteur de Locum alors qu'il a une direction N75 au Mont Chalon et très certainement N60 sous le plateau de Thollon.

L'anticlinal du Mont Chalon est déversé vers le N dans le secteur du Mont Chalon ; dans le secteur de Locum il est difficile de savoir s'il est déversé ou non, étant donné que l'on observe que son flanc sud ; sous le plateau de Thollon, on ne peut que supposer qu'il forme un pli droit en se basant sur le fait que le synclinal de Pic de Mémise, dans ce secteur est un pli droit.

* Le synclinal du Pic de Mémise - Pic de Blanchard

Il s'agit de la structure la plus visible de la zone nord-ouest et même de notre secteur d'étude. Il est bien visible sur 7 km entre le Mont-César à l'Ouest et le Pic de Blanchard à l'Est.

L'ossature du synclinal est composée du Malm supérieur ; ce dernier est surmonté de Néocomien et le coeur du synclinal est formé de Couches rouges, dans lesquelles la schistosité est très importante et de Flysch schisto-gréseux.

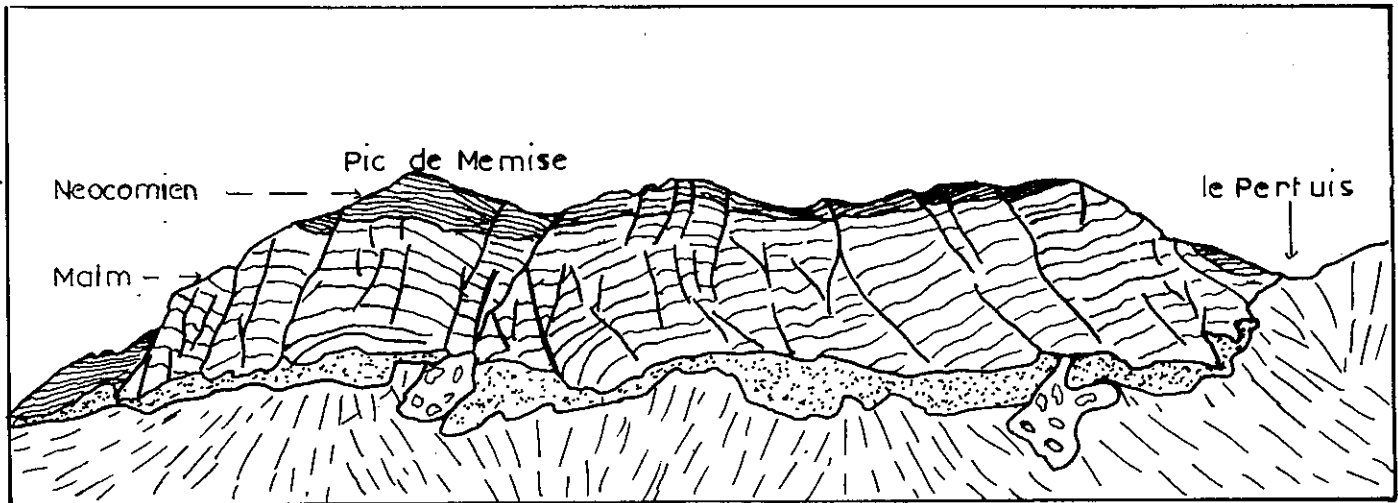


fig14 : FACE NORD DE LA MONTAGNE DE MEMISE
(vue des chalets du Lain)

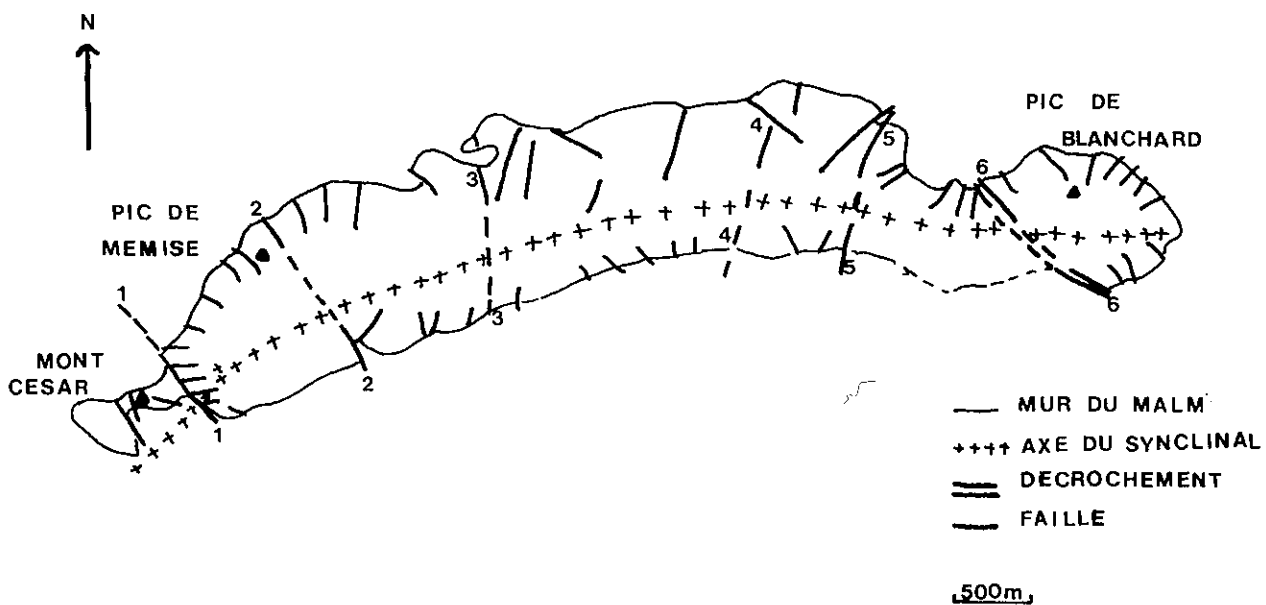


fig 15 : Schéma structural simplifié du synclinal
Pic de Memise - Pic de Blanchard

Le Malm et le Néocomien sont très fracturées et plus particulièrement sur le flanc nord du synclinal (fig. 14) ; ces failles ont des rejets plus ou moins importants. Le Néocomien est parfois le siège de nombreux plissements locaux comme le long de la route forestière Lajoux-Corniens.

On peut individualiser six grands accidents affectant ce synclinal (fig. 15) :

- La faille de Pertuis qui interrompt le synclinal à l'Ouest (1) N 140
- La faille Pic de Mémise - Grand Mottay (2) N 135
- La faille du Chesnay (3) N 0
- La faille des chalets de la Plaine (4) N 20
- La faille de Corniens (5) N 15
- Le décrochement dextre du col de Blanchard (6) N 125

Comme le montre la figure 15, bien d'autres failles existent mais il est très difficile de savoir si certaines traversent tout le synclinal du fait de la présence de Quaternaire mais aussi de l'amortissement des failles dans le Néocomien, mais la plupart de ces failles sont de moindre importance que les six accidents cités précédemment.

L'axe synclinal subit une torsion ; en effet, d'une direction N 40 - N 50 à l'Ouest, il passe à une direction N 75 aux chalets de Mémise et N 90 au Pic de Blanchard.

Son plongement subit aussi des variations :

10 à 20° vers l'Est entre les accidents 1 et 2,
0° entre 2 et 3, 10° vers l'Est entre 3 et 6
15° vers l'Ouest à l'Est de l'accident 6.

Le synclinal est déversé vers le N dans presque tout le secteur (flanc nord : pendage 30 à 50° Sud, flanc sud : pendage 60 à 80° Sud). Entre les failles de Pertuis et du Pic de Mémise-Grand Mottay, le synclinal forme un pli droit (flanc nord à pendage de 50° vers le Sud, flanc sud 40° vers le Nord).

* L'anticlinal des Lanches-Pointe de l'Aritte

L'axe anticlinal est visible de l'extrémité de la route goudronnée dans la vallée du ruisseau des Lanches (1 km en amont de la confluence de ce ruisseau avec l'Ugine) jusqu'à la Pointe de l'Aritte.

Le coeur anticlinal est triasique dans tout le vallon des Lanches puis liasique à partir du pied de la Pointe de Boré jusqu'à Nordevaux ; il est formé ensuite de Dogger à Cancellophycus jusqu'à la Pointe de l'Aritte. On observe peu de failles en raison de la nature des terrains formant le coeur anticlinal.

L'axe de l'anticlinal subit la même torsion que celle du synclinal de Mémise-Blanchard.

Le coeur anticlinal est très pincé et le pli est déversé vers le Nord.

* Le synclinal de Neuva (Fig. 16)

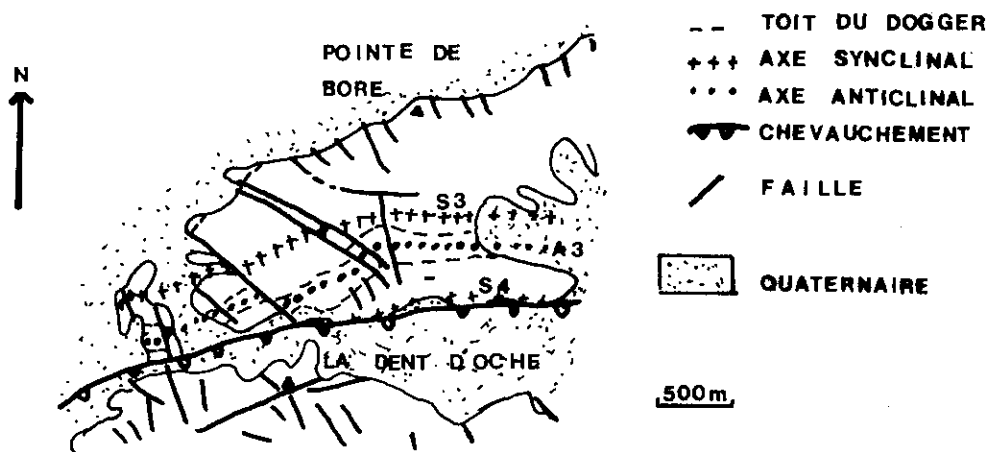


fig 16: Schéma structural simplifié du secteur
Pointe de Boré - Dent d'Oche

Ce synclinal est bien visible à l'affleurement du lieu-dit les Côtes, situé au N-W du sommet de la Dent d'Oche, au chalet de Neuva du Milieu (source du ruisseau de la Morge), le plan axial disparaît ensuite sous le Quaternaire et nous n'observons que le flanc nord du synclinal formé de Néocomien et de Couches rouges.

L'ossature du synclinal est formée de Malm supérieur bien visible sur le flanc nord (Pointe de Boré, Pointe de Petalouse, Pointe de l'Aritte); sur le flanc sud, le Malm est réduit voire absent du fait de phénomènes d'étirement.

Le Néocomien résiste beaucoup mieux comme nous avons pu déjà l'observer dans le synclinal du Chénay-Sur les Bois, décrit précédemment, mais il est tout de même beaucoup plus mince sur le flanc sud que sur le flanc nord. Ce fait est dû à la fois à un phénomène d'étirement et à un amincissement stratigraphique.

Les Couches rouges présentent une très forte schistosité; le Flysch schisto-gréseux forme le cœur synclinal. L'axe du synclinal est décalé par trois failles dont la direction est N120-135 et qui jouent en léger décrochement dextre (50 à 100 m de décalage); le rejet vertical varie lui de 10 à 80 m.

Ce synclinal est fortement dissymétrique et déversé vers le N. La direction du plan axial varie comme celle des structures décrites précédemment dans cette zone.

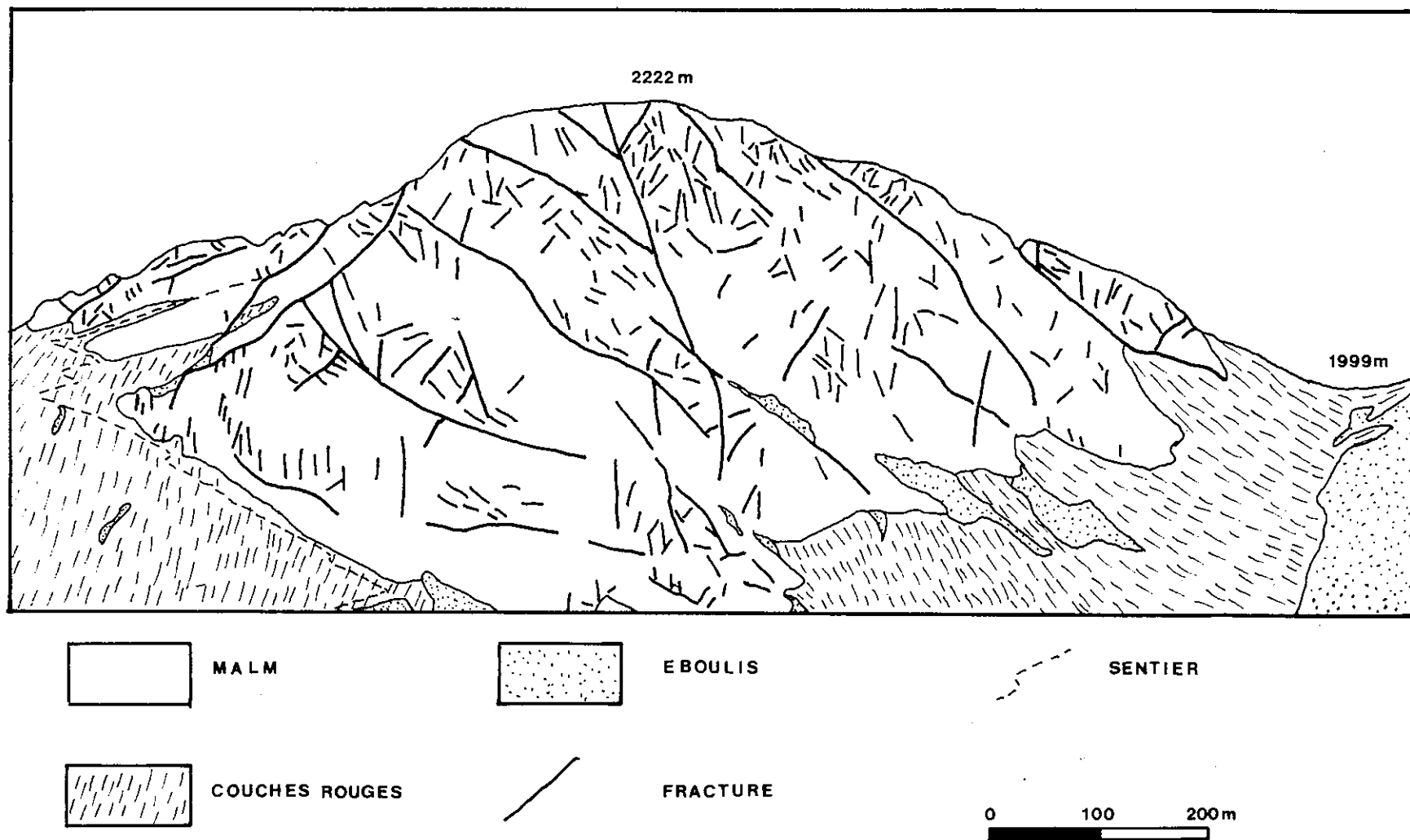


fig 17 : Face sud de la Dent d' Oche

* L'anticlinal de Rianda (Fig. 16)

L'anticlinal de Rianda est visible de la Frasse jusqu'au vallon de la Morge où il disparaît sous le Quaternaire.

Le coeur anticlinal est formé, dans la partie occidentale de l'anticlinal, de Dogger et au Nord du Roc de Rianda de Lias moyen spathique.

Les flancs de l'anticlinal sont formés de Néocomien et de Malm supérieur, ce dernier disparaissant parfois par étirement.

L'axe anticlinal est décalé par les failles décalant l'axe du synclinal de Neuva et il subit la même torsion que ce dernier; d'après H. Badoux, il chevaucherait le synclinal de Neuva dans le vallon de la Morge mais cette hypothèse n'est pas vérifiable car ce phénomène se produit sous le Quaternaire.

* Le synclinal de Rianda (Fig. 16)

Le synclinal de Rianda est la dernière structure de la zone nord-est qui soit visible.

On observe en quelques points des affleurements de la nappe de la Simme s1 (série de Reidigen) formant le coeur synclinal. Le flanc nord du synclinal est formé de Couches rouges.

Le synclinal comme les structures précédentes, est déversé vers le Nord.

Le flanc sud du synclinal n'est pas visible car c'est à ce niveau que passe le chevauchement de la Dent d'Oche.

II-2-1-3- La zone sud (coupes A-A', B-B', C-C', D-D' - Fig. 13)

Il s'agit de la zone située au Sud du chevauchement de la Dent d'Oche.

On observe les structures suivantes :

- L'anticlinal d'Oche (A_4)
- Le synclinal d'Oche (S_5)
- L'anticlinal de Pelluaz (A_5)
- Le synclinal de Darbon (S_6)
- L'anticlinal du Mont de Chillon (A_6)

* L'anticlinal d'Oche

Le coeur triasique de l'anticlinal forme la semelle du chevauchement de la Dent d'Oche.

On n'observe que le flanc sud de l'anticlinal ; les mesures réalisées sur ce flanc donnent une direction N70 et un pendage de 40° vers le Sud.

* Le synclinal d'Oche (Fig. 17 et 18)

Le synclinal d'Oche s'observe des Combes (500 m à l'ouest au col de Queffaux) jusque dans le secteur de Neuteu (750 m à l'Ouest-Nord-Ouest des chalets).

Le Malm supérieur forme les flancs du synclinal et les Couches Rouges le coeur synclinal.

Le synclinal déversé vers le Nord est fortement dissymétrique ; le flanc nord a un pendage de 40° vers le Sud alors que le flanc sud a un pendage de 70° à 80° vers le Nord.

Le Malm supérieur de la Dent d'Oche est très fracturé (fig. 17); sur le flanc sud du synclinal, ce Malm supérieur est fortement disloqué et se présente parfois sous forme d'écailles sous le chevauchement de Vacheresse Neuteu, c'est le cas du Malm supérieur des Combes.

L'axe du synclinal a une direction N30 au Nord des Combes puis prend une direction N70 à partir du coude de l'Ugine.

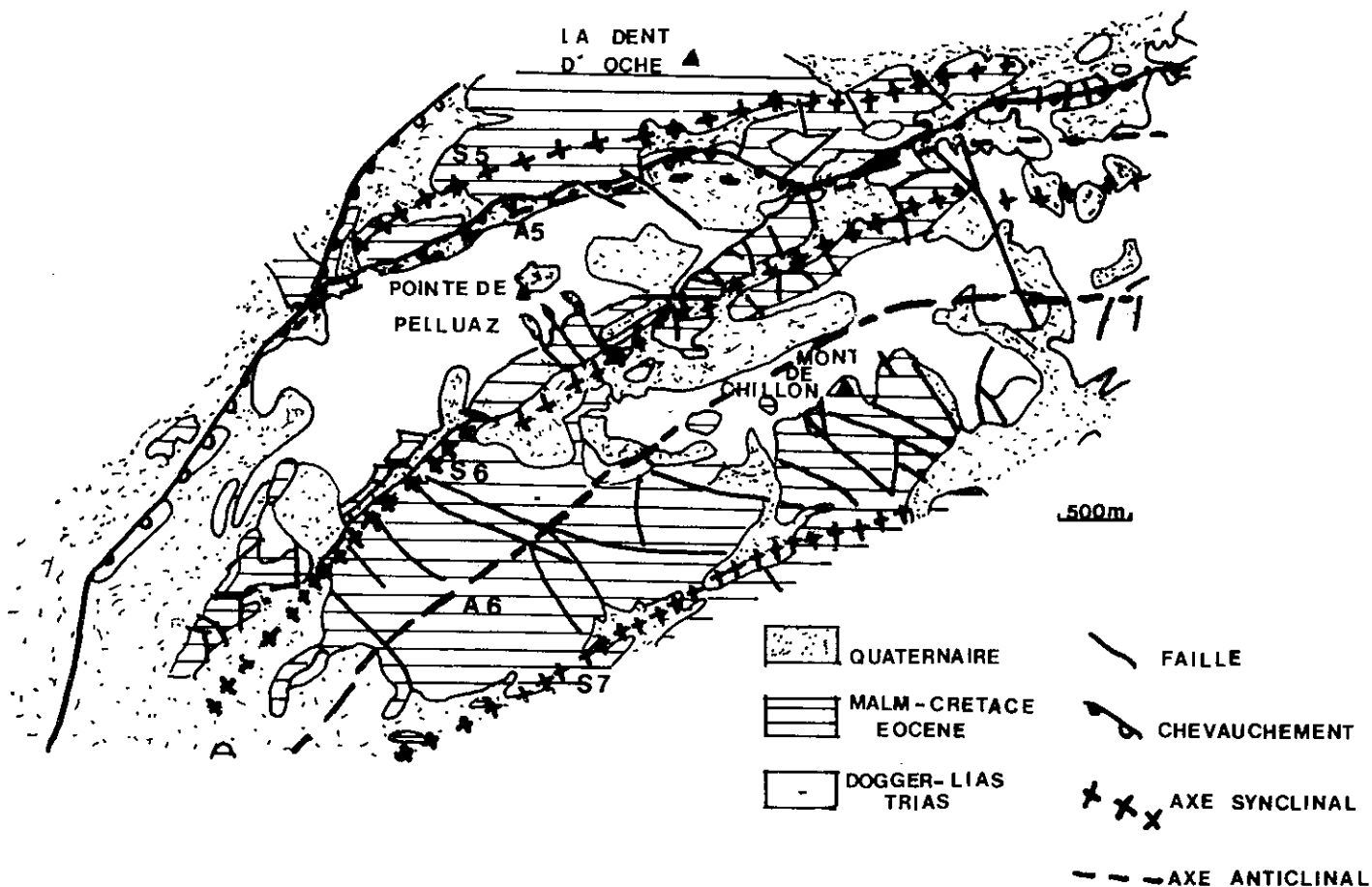


fig 18 Schéma structural de la région située entre la Dent d'Oche et l'Eau Noire

Au Sud-Ouest de l'Ugine, on observe au coeur du synclinal du flysch de la nappe de la Simme s.l (Série de Reidigen).

L'ouverture du synclinal à l'Ouest est de 300 m, de 800 m au niveau de la Dent d'Oche, de 100 m à son extrémité orientale.

* L'anticlinal de Pelluaz (fig. 18 et 19)

Le coeur triasique de l'anticlinal forme la semelle du chevauchement de Vacheresse-Neuteu.

Le flanc sud, le seul observable, est formé de Lias inférieur siliceux formant le sommet de la Pointe de Pelluaz.

Le Lias est surmonté de Malm supérieur très fracturé formant l'ossature du synclinal de Darbon.

La direction des plans de stratification est N40 à l'Est de Vacheresse puis N70 à la pointe de Pelluaz. Les pendages varient de 30 à 60° vers le Sud.

L'anticlinal est déversé vers le Nord

Un problème se pose dans le secteur de Vacheresse où on assiste à un redoublement des cargneules triasiques et où on observe de l'Oxfordien ultrahelvétique, celui-ci formant une écaille arrachée aux zones ultrahelvétiques lors du passage des Préalpes Médiannes.

Trois hypothèses peuvent expliquer le redoublement des cargneules (Fig. 19) :

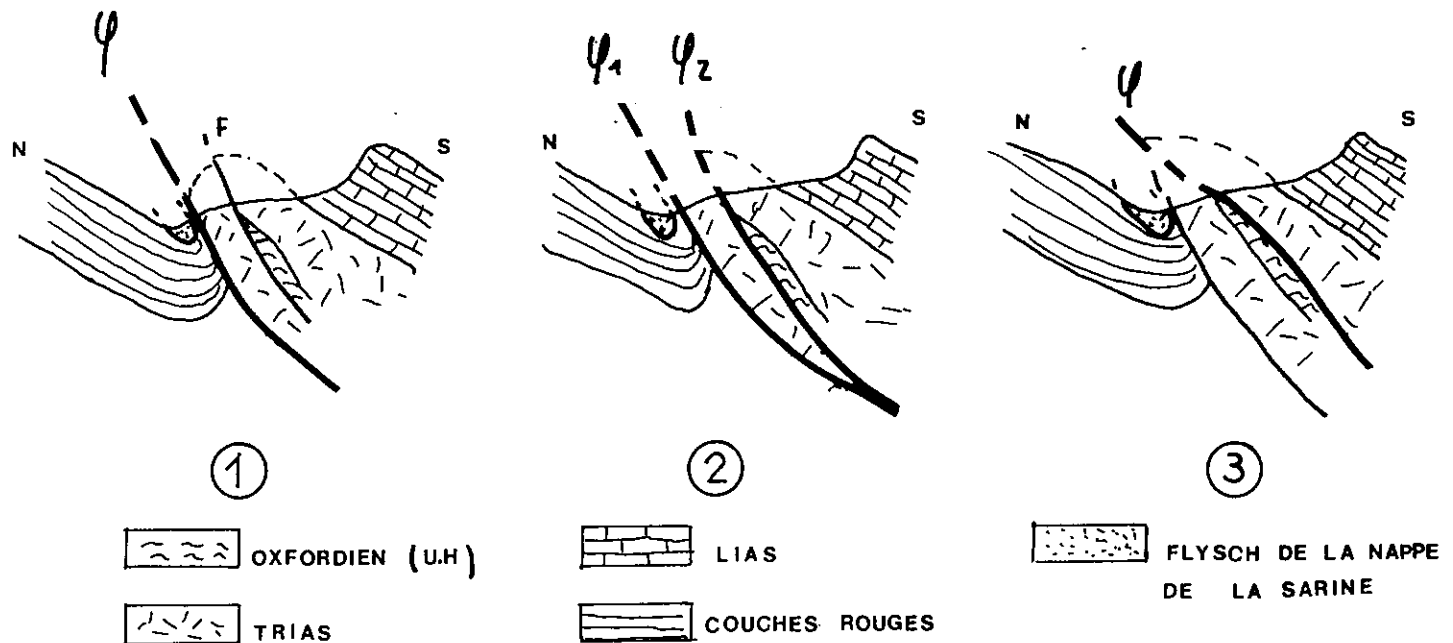


fig 19 Les diverses interprétations de la structure du vallon de Queffaux

- Les cargneules occidentales forment le flanc nord de l'anticlinal de Pelluaz (1) ;
- Les cargneules forment la semelle du chevauchement de la Dent d'Oche se prolongeant jusque dans ce secteur (2) ;
- Les cargneules n'appartiennent pas aux Médiannes mais à l'Ultrahelvétique comme l'Oxfordien (3).

Nous pensons que la deuxième hypothèse est la plus vraisemblable et la première la moins vraisemblable car pour cette dernière cela aurait nécessité un plissement important lors de l'avancé des Préalpes Médiannes ce qui nous paraît peu probable.

* Le synclinal de Darbon et l'anticlinal du Mont de Chillon

Il nous faut tout d'abord préciser que le secteur situé entre le Mont de Darbon et l'Eau Noire qui figure sur notre carte n'a pas été cartographié par nous-même ; s'il figure sur notre carte c'est pour pouvoir noter le décrochement de la Chapelle d'Abondance sur celle-ci.

Dans ces deux structures, le Malm supérieur et les Couches rouges sont très fracturés alors que le Lias comme dans l'anticlinal de Pelluaz ne l'est pas.

Le synclinal de Darbon dont le coeur est formé de Couches rouges et par endroit de Flysch schisto-gréseux est traversé par le décrochement de la Chapelle d'Abondance et par le décrochement de Mens-Pointe de Bénévent associé au précédent ; ces deux accidents sont visibles en photos aériennes mais ont un rejet atténué au niveau du synclinal de Darbon.

Le coeur de l'anticlinal du Mont-de-Chillon est formé de Lias inférieur à l'Est (Dent du Vélan et Mont-de-Chillon), de Couches rouges à l'Ouest (Ouest du Mont-de-Chillon) ce que nous ne voyons pas sur notre carte mais sur la carte au 1/50 000e Thonon-Chatel. On remarque aussi une torsion de l'axe du synclinal de Darbon qui a une direction N50 à l'Ouest N90, à l'Est.

II-2-2- LES PRINCIPAUX ACCIDENTS DES MEDIANES PLASTIQUES

II-2-2-1- Les accidents visibles

II-2-2-1-1- Les chevauchements

Trois chevauchements importants sont visibles dans notre secteur d'étude ; ce sont du Nord au Sud :

- . Le chevauchement de Meillerie - Locum
- . Le chevauchement de la Dent d'Oche-Pointe de Chaumeny
- . Le chevauchement de Vacheresse-Neuteu.

D'autres chevauchements existent dans le secteur que nous avons étudié mais ils sont d'ampleur plus modeste.

II-2-2-1-2- Les décrochements

* Les décrochements dextres

- . Le décrochement du col Blanchard N120-N130
- . Le décrochement de Feu Courbe N150
- . Le décrochement de la Chapelle d'Abondance N150-N170
- . Le décrochement de Mens-Pointe de Bénévent N120-N160
- . Le décrochement des Jumelles-Lac Tanay (Suisse) N120

Le dernier décrochement est situé en dehors de notre carte géologique. Les deux premiers décrochements sont situés au nord du chevauchement de la Dent d'Oche et sont visibles sur une courte distance.

* Les décrochements senestres

-
- . Le décrochement de Bonnevaux N30 - N40
- . Le décrochement de Cherezeulaz N40
- . Le décrochement des chalets d'Ouzon N 0 (en dehors de la zone que nous avons cartographiée à l'Ouest de Bonnevaux).

II-2-2-1-3- Les failles

Le plus grand nombre de failles se rencontre dans le Malm supérieur.

Les zones de la Dent d'Oche (fig. 16 et 17), de Mémise (fig. 14 et 15) du synclinal de Neuva (fig. 16) du synclinal de Darbon et de l'anticlinal du Mont de Chillon (fig. 18) sont les plus fracturées de notre secteur d'étude.

Certaines de ces failles n'ont que peu ou pas de rejet, d'autre par contre, peuvent avoir un rejet important de 50 m voire de 100 m.

II-2-2-2- Les accidents possibles

Lorsque l'on veut faire des corrélations entre les différents plis que l'on rencontre dans la zone nord-est et dans la zone nord-ouest ainsi que ceux de la région situés au Sud-Ouest de la vallée de la Dranse, on se heurte à de sérieux problèmes ce qui nous a amené à admettre l'existence d'accidents cachés sous les dépôts quaternaires.

II-2-2-2-1- L'accident du Fion

Cet accident correspond à la vallée de la Dranse d'Abondance entre Vacheresse et Chevenoz. H. Badoux (1962) et C. Caron (1963) l'ont déjà signalé.

Pour H. Badoux, il s'agirait d'un décrochement senestre dont la lèvre nord serait aussi abaissée par rapport à la lèvre sud.

L'abaissement de la lèvre nord nous paraît réel mais par contre nous ne pensons pas qu'il s'agisse d'un accident senestre mais plutôt dextre, ceci en raison de la forme de la torsion des axes de plis au Nord de cet accident.

Nous pensons qu'il est possible que cet accident se poursuive sous le plateau de Gavot sous lequel il pénètre au niveau de la confluence de l'Ugine et de la Dranse d'Abondance. Cet accident aurait une direction Nord 120.

II-2-2-2-2- Les accidents de la haute vallée de l'Ugine

Dans le secteur situé entre la haute vallée de l'Ugine et les Essert, il est très difficile de savoir comment se relient les structures des secteurs nord-ouest et nord-est.

H. Badoux (1962) note la présence d'un accident sensiblement parallèle à celui du Fion dans ce secteur ; le décalage horizontal entre les Couches rouges de Becret et celles du flanc sud du Rocher de Maupas serait une confirmation de l'existence de cet accident qui serait un décrochement dextre.

Mais cet accident ne nous semble pas être unique dans ce secteur, c'est pourquoi nous envisageons le passage dans la vallée du ruisseau des Lanches, 700 m en amont du Pont Morgon d'un accident ayant pour effet de décaler légèrement l'axe anticlinal vers le Nord. Pour émettre cette hypothèse nous faisons appel aux données de la chimie des eaux que nous avons pu recueillir dans le cadre de notre étude hydrogéologique ; en effet, on observe une augmentation importante d'amont en aval dans le ruisseau, descendant de l'échelle de Pertuis, de la teneur en sulfates (10 à 40 mg/l), on observe aussi une teneur en sulfates relativement forte dans les eaux issues du versant sud du Mont César (30 à 40 mg/l, alors que la teneur moyenne des sources du bassin de

l'Ugine est de 10 mg/l). Les sulfates provenant des roches triasiques nous pensons que celles-ci se trouvent sous le Quaternaire qui est peu épais dans ce secteur, le Trias est donc décalé vers le Nord par rapport à celui de l'anticlinal des Lanches visible à la Coutelle (figure 20). La faille la plus occidentale du Mont César pourrait être le témoin de cet accident qui aurait une direction N150 et le compartiment situé à l'Ouest de l'accident est abaissé.

Un autre accident de ce type nous paraît possible entre les Esserts et Bécrot mais les données de terrain ne nous permettent pas de l'affirmer.

Ces deux accidents semblent se poursuivre vers le Sud en direction du chevauchement de la Dent d'Oche et vers le Nord en direction du Lain et chez Cachat pour le premier et du Mont Bénant pour le second.

Ces accidents N150 dextres ne sont pas incompatibles avec l'existence de l'accident N120 dextre ; les accidents N150 correspondant à des fractures de type Riedel et le N120 à un cisaillement de type P lors d'une compression Nord-Sud.

II-2-2-2-3- L'accident des Faverges

Nous pensons que l'élargissement brutal de la vallée de l'Ugine au niveau des Faverges est dû à un accident tectonique. Cet accident correspond à celui que nous avons décrit dans les synclinaux du Chénay-Sur-les-Bois et de Queffiaux.

Il s'agit là encore d'un accident N150 identique à ceux décrits précédemment, ce qui nous amène à penser que l'accident de Feu Courbe Le Mont (décrochement dextre) est aussi un accident de ce type.

II-2-2-2-4- L'accident d'Amphion-Vinzier

Cet accident a été reconnu par prospection géophysique sous le plateau de Gavot.

Il s'agirait d'un accident de direction N140. Nous pensons qu'il ne s'agit pas d'un accident unique mais d'une zone de décrochement dextre N140 due à une compression Nord-Sud.

Il nous semble hasardeux d'affirmer que la différence de cote du toit du substratum (tableau 1) entre les forages de St-Agathe et de Villa Magnin, c'est-à-dire 70 m pour 4 km d'éloignement, s'explique par le passage du décrochement d'Amphion (R. Vial et al. 1976). Une telle interprétation ne paraît pas plus justifiée que celle qui consisterait à placer des accidents entre tous les sondages cités dans le tableau 1 qui présentent eux-aussi des différences de cote du substratum pouvant atteindre 90 m.

Notre interprétation est que l'accident d'Amphion au toit du substratum se manifeste par des accidents du type décrit précédemment auxquels correspondraient les vallées des Dranses actuelle et ancienne. La vallée actuelle de la Dranse a par exemple une direction N120 entre Bioge et Thonon et l'ancienne vallée mise en évidence par la figure 33 aurait une direction N150.

Des données géophysiques précises sur le plateau de Gavot entre la Dranse et Thollon seraient toutefois indispensables pour confirmer ces hypothèses.

II-2-2-2-5- L'accident de Mémise

Nous envisageons l'existence d'un accident relativement profond sous le Pic de Mémise. Cet accident serait responsable de la torsion du synclinal du Pic de Mémise-Pic de Blanchard.

Ce serait un décrochement dextre N150-N160, c'est-à-dire un accident du type accident de la vallée de la Haute-Ugine. Il se manifesterait en surface par la faille Pic de Mémise-Grand Mottay.

Les failles du synclinal de Neuva pourraient être aussi les manifestations en surface de cet accident.

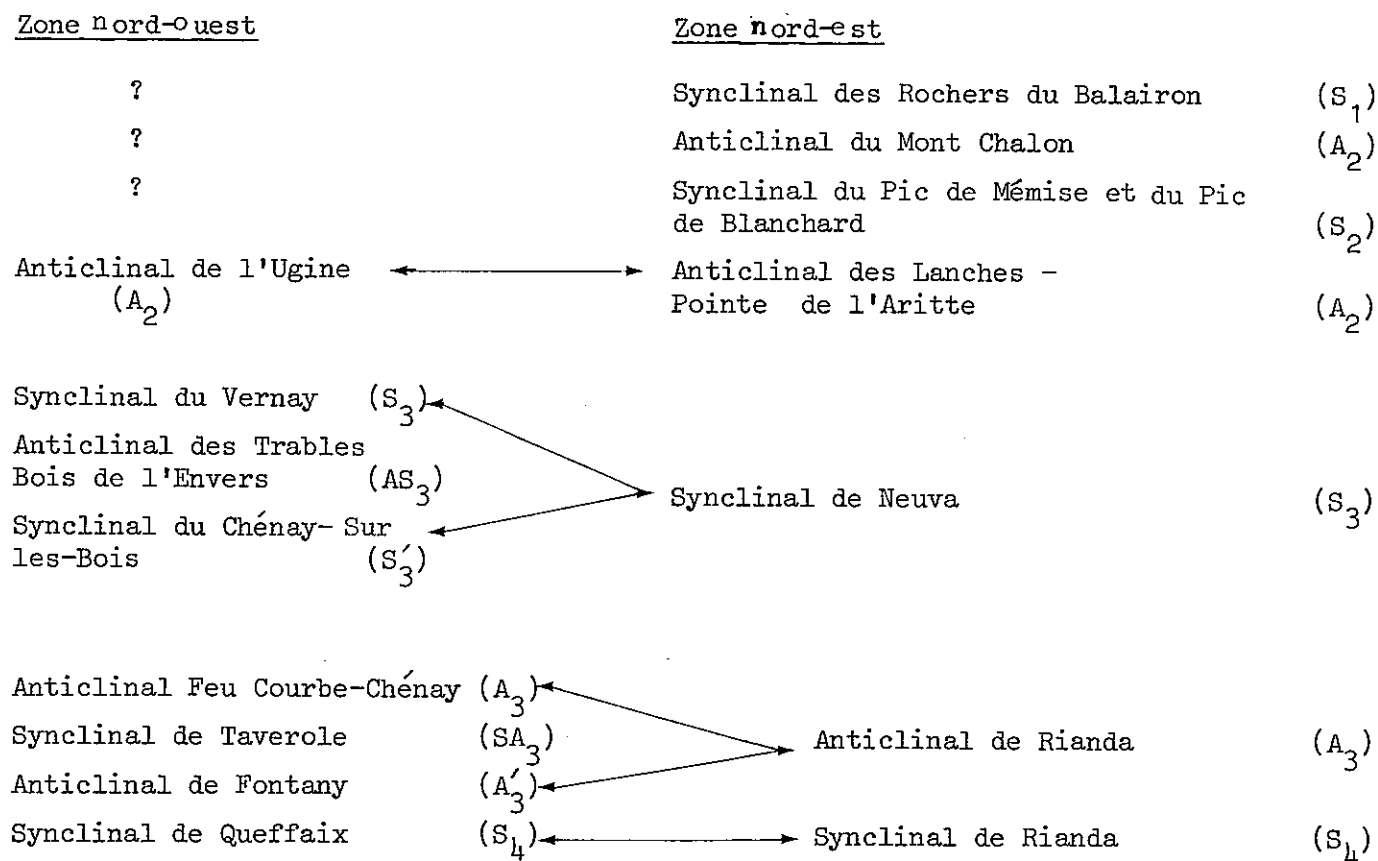
II-2-2-3- Essais de corrélations entre les plis

Pour cette corrélation nous nous sommes basés sur les hypothèses suivantes :

- . Les synclinaux de Queffaux et de Rianda forment un seul synclinal ;
- . un pli unique en un certain point peut se subdiviser en plusieurs plis tel que l'anticlinal du Mont d'Hermone.

II-2-2-3-1- Corrélation entre les plis des zones N.W et N.E.

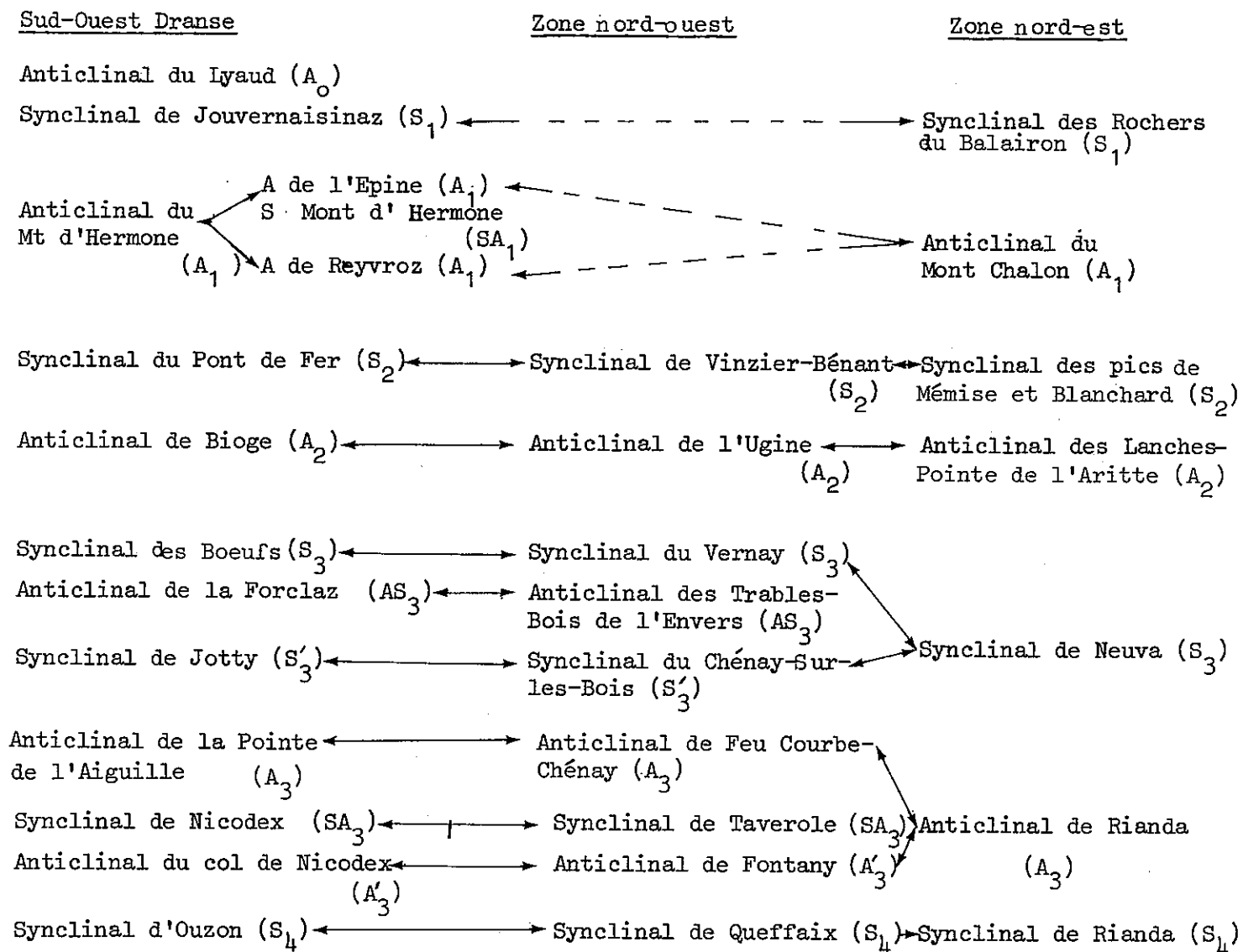
D'après les descriptions des plis que nous avons pu faire et les hypothèses précédentes, nous obtenons la corrélation suivante :



On remarque donc que les trois premières structures du secteur nord-est n'ont pas de correspondant visible dans le secteur nord-ouest et cela à cause de la couverture quaternaire.

II-2-2-3-2- Corrélation entre les plis de notre secteur d'étude et ceux situés au Sud-Ouest de la Dranse.

Nous sommes partis des hypothèses précédemment citées et de la corrélation entre les plis de part et d'autre du décrochement du Fion : le synclinal de Queffaux correspondant au synclinal d'Ouzon.



Etant donné que nous ne savons pas ce qui se passe sous le Quaternaire du Plateau de Gavot, nous ne savons pas comment s'effectue la liaison entre l'anticlinal du Mont d'Hermone et l'anticlinal de Mont Chalon ; Les trois plis issus de l'anticlinal du Mont d'Hermone se réunissent très certainement en un seul pli mais nous ne savons pas où exactement.

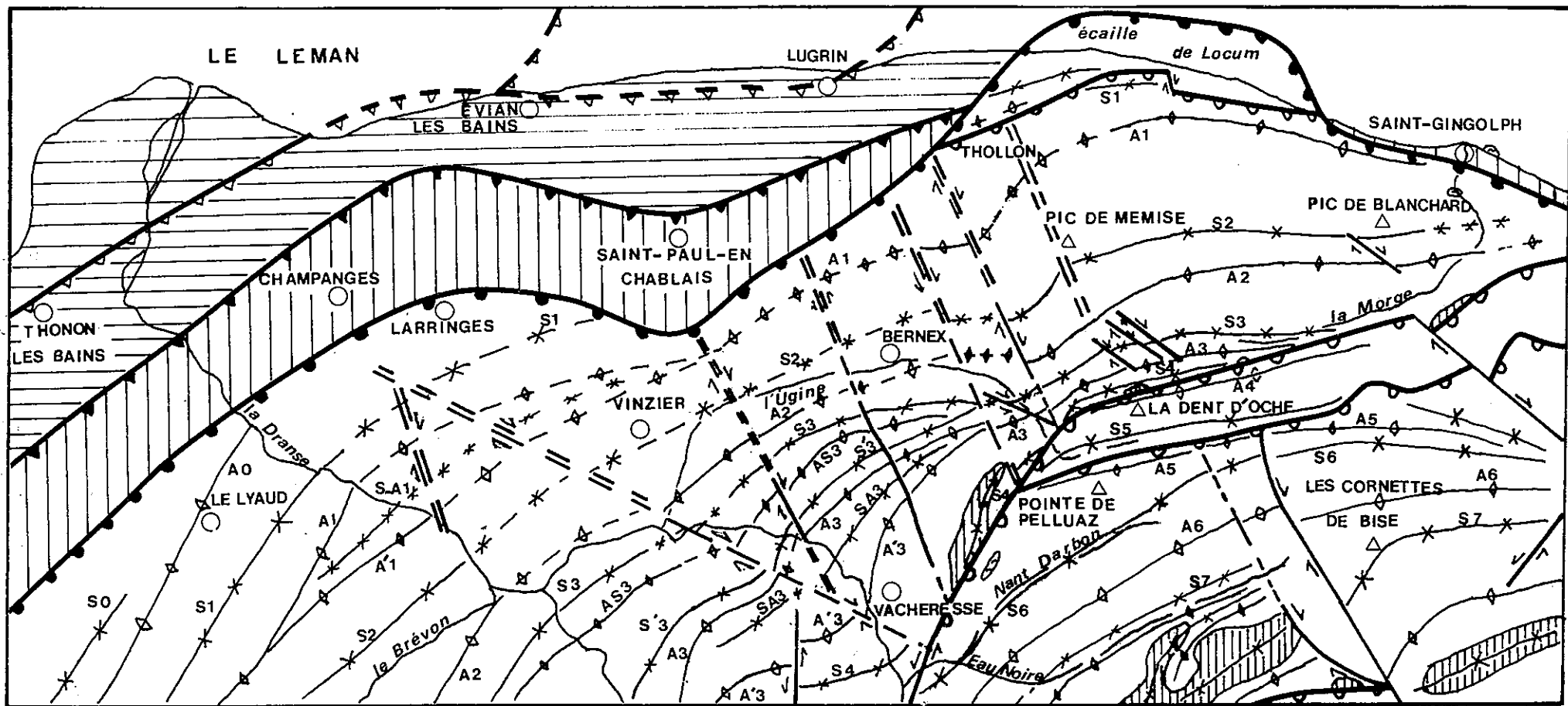
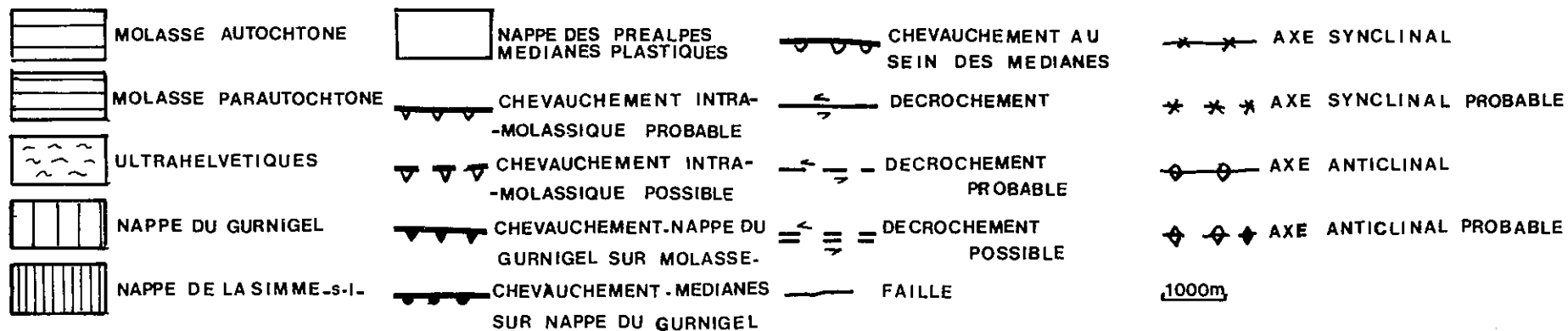


fig 20 : SCHEMA STRUCTURAL DU NORD-EST DU CHABLAIS



II-2-2-4- Le schéma structural (Fig 20)

Sur la carte au 1/50 000e que nous avons réalisé nous avons fait un schéma structural non interprété. Nous nous sommes contenté de reporter les axes de plis que nous avons pu voir, les failles et décrochements.

Le schéma structural (fig. 20) est un schéma interprétatif. Pour le réaliser, nous avons fait abstraction du Quaternaire sous lequel nous avons placé les axes des plis probables ; nous avons noté les décrochements visibles mais par les failles hormiscelle du Chénay-La Quettaz, puis nous avons placé les décrochements probables et ceux qui étaient possibles, ainsi que les limites entre les différentes unités tectoniques du Nord-Est du Chablais.

Nous n'avons pas tracé d'accidents au sein de la molasse et de la nappe du Gurnigel puisque nous n'avons pas de données précises sur la tectonique de ces ensembles.

La figure 22 est une synthèse de notre schéma structural et de celui réalisé par R. Vial (1976)

II-2-3- INTERPRETATION DE LA GEOLOGIE DU SUBSTRATUM DU NORD-EST DU CHABLAIS

II-2-3-1- La mise en place des nappes des Préalpes

Le toit de la Molasse dans la région du Bas Chablais est daté de l'Aquitaniien (R. Vial, 1976), dans la région de St-Gingolph la molasse chevauchée par les Préalpes est datée du Rupélien, ce qui nous conduit à penser que la fin de la mise en place des nappes des Préalpes du Chablais est pré-Miocène inférieur. L'ordre de la mise en place des nappes est la suivante (fig. 21) :

- Les nappes ultrahelvétiques
- La nappe du Gurnigel
- La nappe des Préalpes Médiannes Plastiques
- La nappe de la Sarine (unité inférieure de la nappe de la Simme s.l.)
- La nappe de la Brèche
- Les unités supérieures de la nappe de la Simme s.l.

Les âges du début de la mise en mouvement de ces nappes sont les suivants (M. Lemoine, 1978) :

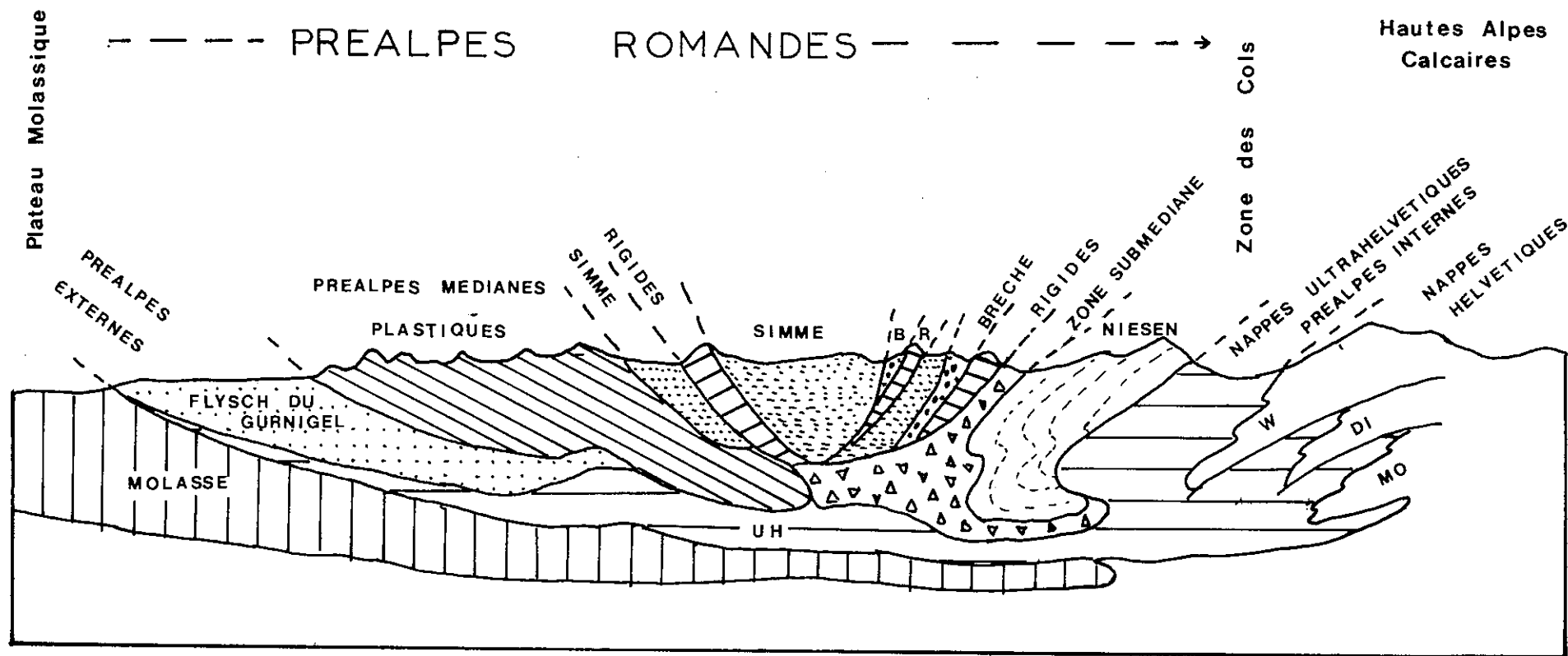
- Nappes ultrahelvétiques: Eocène supérieur - Oligocène inférieur
- Nappe du Gurnigel : Eocène moyen
- Médiannes Plastiques et Rigides : Eocène moyen
- Nappe de la Brèche : Eocène moyen
- Nappe de la Simme s.l : Crétacé supérieur

II-2-3-1-1- La mise en place des Préalpes Médiannes Plastiques

La semelle de glissement de la nappe des Préalpes Médiannes est formée par le gypse et les cargneules du Trias. En arrivant dans le bassin molassique la zone frontale de la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques va être freinée voire arrêtée alors que la zone arrière continue à avancer. Ainsi une partie de cette zone frontale de la nappe (zone nord) va se séparer du corps principal des Préalpes Médiannes Plastiques et se trouver chevauchée par celui-ci, c'est ainsi que s'est formée l'écaille de Locum qui nous semble, comme nous l'avons déjà fait remarquer, affleurer beaucoup plus que ce que l'on peut voir sur le schéma structural de la carte géologie 1/50 000e Thonon-Chatel (H. Badoux, 1965).

30 AOÛT 2003

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



d'après M. Lemoine (1978)

fig 21 : Coupe schématique des Préalpes Romandes

Au Sud la compression accentue les plis préexistants et est responsable de la formation de nouveaux plis.

Le déversement des plis vers le NW et le N est dû à la poussée de la nappe lors de sa mise en place. Le déversement des plis vers le SE et le S dans le secteur du Chénay-les Trables peut s'expliquer comme le pense G. Descoedre (1958) par la présence d'un obstacle très local qui s'est opposé à la poussée de la nappe. Cette résistance a eu pour conséquences le resserrement des plis, leur déversement vers le S.E. et le S ; cet obstacle n'est pas visible et si le phénomène était moins local on pourrait penser qu'il s'agit d'un obstacle du type écaille de Locum, mais on ne retrouve pas les phénomènes décrit précédemment au-dessus de cette écaille, ce qui nous conduit à penser que cet obstacle est formé par un lambeau des nappes sous-jacentes.

Il nous faut aussi parler de la nappe de la Sarine (série de Reidigen) que nous observons au col de Queffaux ; en effet d'après les dernières données elle pourrait former la base de la nappe de Gurnigel abandonnée par celle-ci lors de son passage sur les Médiannes (la nappe du Gurnigel a une origine plus méridionale que la nappe des Préalpes Médiannes). De toute façon la nappe de la Sarine s'est mise en place avant la nappe de la Brèche puisqu'on la retrouve sous cette dernière ; la mise en place lors du passage de la Nappe du Gurnigel expliquerait la bonne concordance entre la nappe de la Sarine et les Médiannes.

II-2-3-1-2- L'arrivée de la nappe de la Brèche : ses conséquences

La nappe de la Brèche arrive , entraînant avec elle les unités supérieures de la nappe de la Simme s.l. (nappe supérieure des Médiannes) ; des lambeaux de ces unités se trouvent entraînés devant la nappe de la Brèche c'est le cas du poudingue de la Mocausa du col de Queffaux et du Flysch à lentilles de Couches rouges visible au sud d'Abondance donc en dehors de la zone que nous avons cartographiée. L'extrémité nord de la nappe de la Brèche vient comprimer la zone radicale des Médiannes Plastiques provoquant l'avancée vers le Nord d'un secteur trapézoïdal à l'intérieur des Médiannes Plastiques. Ce secteur est limité à l'Est par la vallée du Rhône, sous laquelle passerait un accident expliquant la déchirure entre les Préalpes Médiannes Chablaisiennes et romandes, au Nord par le chevauchement de la Dent d'Oche-Pointe de Chaumény, à l'Ouest par le décrochement de Bonnevaux. A l'intérieur de ce trapèze apparaissent d'autres chevauchements tel que celui de la Pointe de Pelluaz Neuteu, celui du Mont Chauffé (en dehors de notre carte), des décrochements dextres comme celui de la Chapelle d'Abondance, ou senestre comme celui de Cheresseulaz.

L'avancée du trapèze provoque une accentuation du déversement des plis vers le N et cette reprise plus ou moins importante des plissements explique très certainement que le poudingue de la Mocausa se trouve au coeur du synclinal de Queffaux.

II-2-3-2- Le problème de l'accident d'Amphion-Vinzier

Une hypothèse voulant relier l'accident de Pontarlier N170 senestre, visible dans le Jura et dont le prolongement est supposé exister en rive nord du Léman, à l'accident d'Amphion-Vinzier a été émise (J.P. Vernet et al, 1974) ; si cela était vrai il y aurait donc une rotation de 30 à 40° vers l'Est de cet accident, cela nous paraît peu probable.

En adoptant l'hypothèse de la persistance d'une compression NS dans l'axe alpin (P. Vialon et al. 1976), nous avons été conduit à dire que l'accident d'Amphion-Vinzier (N140), mis en évidence par géophysique (H. Buchlé et al. 1976), est un décrochement dextre.

Nous avons déjà dit que nous pensions que cet accident N140 se manifeste dans le substratum sous la forme d'une zone décrochante caractérisée par des accidents de type Riedel (N150-N 160) et type P (N120-N130).

Les décrochements N140 d'après ce que nous savons ont joué depuis très longtemps et nous pensons donc que l'accident d'Amphion Vinzier est antérieur à la mise en place des nappes du Chablais, mais qu'il a rejoué pendant et certainement après cette mise en place et qu'il se manifeste dans les terrains le recouvrant sous la forme des accidents N120 et N150.

Nous venons donc de voir que les accidents dextres N120, N150 sont dus à une compression N.S. ce qui ne va pas nous permettre de résoudre facilement le problème des accidents dextres de la haute vallée de l'Ugine, de Neuva et du col Blanchard car ce sont des accidents de ce type et ils peuvent être dus soit à la compression NS provoquée par l'avancée de la nappe de la Brèche, soit au rejeu de l'accident d'Amphion-Vinzier, soit à une combinaison de ces deux causes; nous pensons que ces accidents sont dus à la combinaison de ces deux causes et ils ont très certainement rejoués lors de la phase finale du plissement alpin qui se manifeste dans la région par la surrection de la zone Montagne de Mémise - Chapelle d'Abondance, décrite par H. Badoux (1962) et mis en évidence par un plongement axial des plis vers l'Est vers la frontière suisse et vers le Sud Ouest dans la zone occidentale.

CHAPITRE III

LE QUATERNAIRE

Le quaternaire recouvre le substratum du plateau de Vinzier, du Plateau de Thollon, des vallées de l'Ugine et de la Morge. Bien qu'une superficie importante soit recouverte par le Quaternaire, les affleurements où l'on peut faire des coupes sont rares. Nous avons quand même pu étudier sept carrières dont la moitié ne sont plus exploitées et sept autres coupes assez bonnes nous avons prélevé 89 échantillons dans ces quatorze bons affleurements et dans les 35 autres affleurements étudiés (Fig. 23).

Notre étude du Quaternaire se divisera en trois parties :

- . La première consacrée à la description des différents types de dépôts quaternaires ;
- . La seconde consacrée à l'exposé des résultats des études sédimentologiques effectués sur les 89 échantillons prélevés ;
- . La troisième consacrée à l'interprétation de la mise en place des dépôts quaternaires.

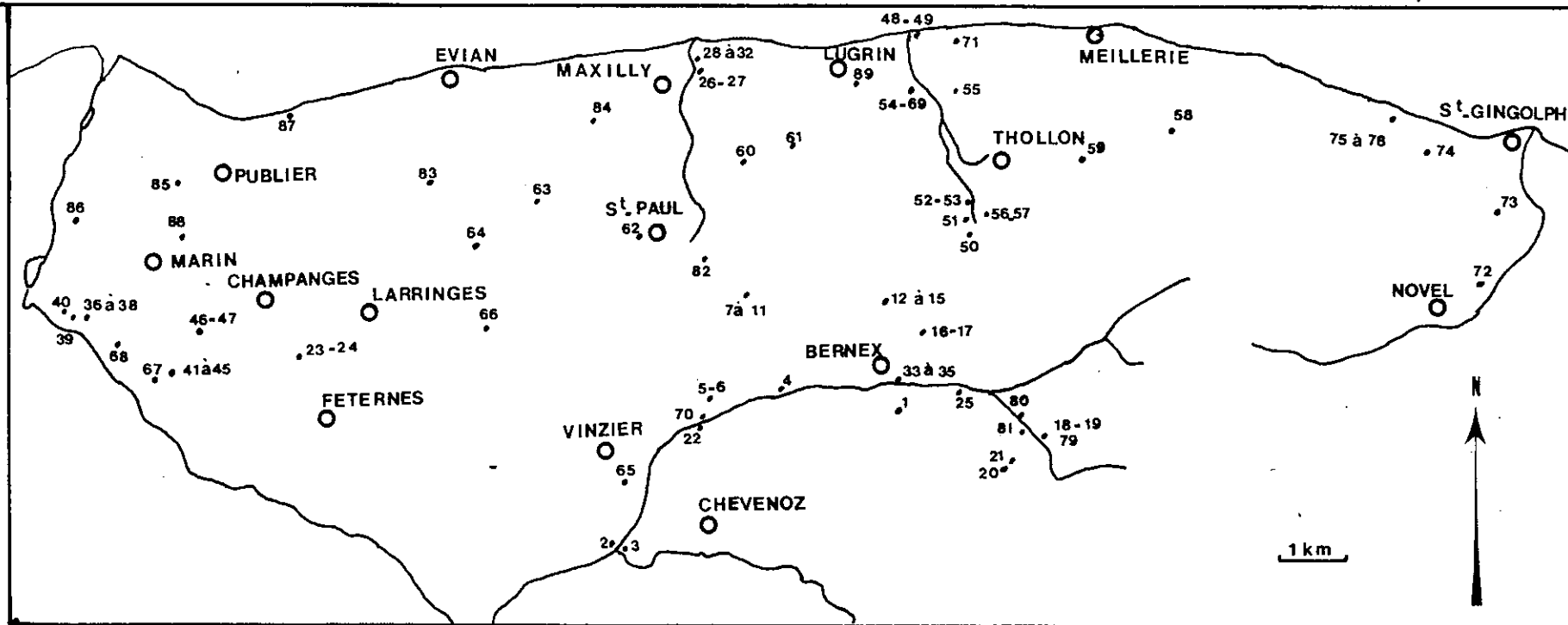
III-1- DESCRIPTION DES DIFFERENTS FACIES DU QUATERNAIRE

Comme pour le substratum, nous commencerons par décrire les formations les plus anciennes.

III-1-1- LA PREMIERE GLACIATION VISIBLE DANS LA REGION (Riss ?)

Les résidus morainiques d'une ancienne glaciation ont été attribués à la glaciation rissienne parce qu'ils se trouvent sur la roche en place et sous le Conglomérat des Dranses.

Le premier affleurement fut décrit par A. Morlot (1858) dans la vallée de la Dranse. Cet affleurement n'est plus visible par suite d'un glissement de terrain ; par contre, il est possible de voir sous le Conglomérat des Dranses en rive droite de la Dranse (borne kilométrique : Thonon 6 km) une moraine de fond argileux bleue contenant de nombreux galets striés. Dans cette moraine le matériel cristallin constitue 30 % des galets (M. Burri, 1963).



1 Le Vernay	25 Trossy	58 Lajoux	72 Le Jordy
2-3 Confluence Ugine - Dranse	33 à 35 Bernex	59 Chez les Aires	73 La Cave aux Prêtres
4 Les Racles	36 à 38 Ferme de Cutle	60 Bois du Déjeuner (688m)	74 Sous Blanchard (525m)
5-6 Chez Bochet	39-40 Les Vignes du Pont	61 " " (650 m)	75-78 Bret (carrière)
7 à 11 Crêt Thollon	41 à 45 La Fin Chaffard	62 St. Paul	80-81 Malpasset
12 à 15 Benant	46-47 Les Roinsettes	63 Forchez	82 Chez Charvin
16-17 Creuzat	48-49 La Maladière	64 Chez Crosson	83 L' X
18-19-79 Sur les Scies	50-51 Le Lain	65 Chez Merou	84 L' Epineux
20-21 Près Richard	52-53 Le Fayet	66 Chez Foliet	85 Morand
22-70 Grange Blanche	54-69 Veron	67 Route THONON - FETERNES (580m)	86 Ferme de la Chapelle
23-24 Moulin de la Gerbaz	55 Les Combes	68 " " " (450m)	87 Villa Bassaraba
26 à 32 Torrent	56-57 Sous les Plagnes	71 Troublois	88 Stade de Marin
			89 Lugrin

fig 23 : Carte de localisation des échantillons de l'étude sédimentologique

Un autre affleurement a été signalé par G. Botteron (1955) dans la vallée du Brévon 500 m en amont de sa confluence avec la Dranse. Sous le Conglomérat des Dranses, on observe un niveau riche en graviers et sables mais plus argileux que le conglomérat des Dranses. Il nous semble osé d'attribuer ce niveau à la glaciation rissienne sur le simple fait qu'il s'agit d'un conglomérat plus argileux que le Conglomérat des Dranses le surmontant, il peut très bien correspondre à un niveau plus argileux de cette formation.

Le troisième affleurement attribué au Riss se situe dans la vallée de la Dranse d'Abondance, 500 m en amont du pont traversant l'Ugine; il s'agit d'une masse de 20 m d'épaisseur constituée uniquement de blocs du Malm supérieur. Il ne s'agit donc pas de moraine mais plutôt d'un éboulement.

Le problème de l'attribution de ces niveaux au Riss reste entier, en effet le Conglomérat des Dranses qui les recouvre est attribué à l'interglaciaire Riss-Würm parce qu'il correspond à un surcreusement important des vallées mais stratigraphiquement il n'a pas été daté. Il peut donc être postérieur à cet interglaciaire et les affleurements attribués au Riss peuvent aussi bien correspondre aux premiers dépôts du Würm, c'est pourquoi nous avons appelé ces formations : dépôts de la première glaciation visible dans la région.

II-1-2- LE CONGLOMERAT DES DRANSES

Le Conglomérat des Dranses est formé d'une épaisse série conglomératique cimentée et stratifiée. Il forme de grandes falaises sur les versants des vallées, ce conglomérat à galets, dont le diamètre ne dépasse pas 50 cm, est subhorizontal à l'amont, jusqu'à environ 5 km de Thonon, il s'agit de sédiments fluvioglaciaux; puis les strates s'inclinent vers l'aval (20 à 30° au front) il s'agit alors de sédiments deltaïques.

Dans la vallée de la Dranse, nous avons étudié ce conglomérat à la confluence de l'Ugine avec la Dranse d'Abondance.

On observe, en rive gauche de l'Ugine et le long de la route nationale 202, une succession de niveaux conglomératiques séparés par des niveaux sableux minces (0,1 m) et dans le conglomérat des galets calcaires sont cupulés. En rive droite de l'Ugine, les niveaux sableux sont moins nombreux.

III-1-3- LA DEUXIEME GLACIATION VISIBLE DANS LA REGION (WÜRM)

Ce sont les formations de cette deuxième glaciation qui constituent la majeure partie du Quaternaire du Nord-Est du Chablais. Ces formations peuvent être divisées en trois groupes :

- . La moraine d'origine rhodanienne
- . Les formations interstadias au sein de cette deuxième glaciation
- . Les formations de bordures du glacier lors de son retrait.

III-1-3-1- La moraine rhodanienne

La moraine rhodanienne recouvre tout le plateau de Gavot.

* Coupe de la carrière de Crêt Thollon

Lorsqu'en juillet 1976 nous avons étudié cette carrière, il nous a été difficile de faire une coupe car les flancs de la carrière étaient remaniés par suite d'éboulements, mais nous avons pu remarquer qu'au sein d'un niveau sablo-graveleux à gros bloc nous pouvions observer 2 lentilles sableuses à 1,5 m et 7 m du sommet de la carrière et 2 lentilles argileuses à 1 m et 8 m.

Cette carrière a été réexploitée à ce qui nous a permis en septembre 1977 la réalisation d'une coupe (figure 24) qui comporte de la base au sommet :

- . une moraine sablo-argileuse grise dont les blocs dépassent rarement 200 mm (1) ;
- . des argiles beiges épaisses de 0,10 à 0,5 m, il s'agit du lit d'argiles 8 m de la coupe de juillet 1976 (2) ;
- . des sables gris foncé (0,3 m) : sables à 7 m de la coupe de Juillet 1976 ;
- . conglomérat fin grisâtre à éléments inférieurs à 50 mm. L'épaisseur de ce niveau varie de 0,3 à 0,8 m (4) ;
- . sables gris de 1,5 m à 2 m d'épaisseur, dans lesquels on rencontre des lentilles de conglomérat identique à celui décrit précédemment (5) ;
- . conglomérat fin grisâtre dans lequel on rencontre des lentilles de sables gris ; l'épaisseur est de 1 m (6) ;
- . sables grisâtres dans lesquels on observe 20 % de galets dont la taille est comprise entre 2 et 10 mm ; il s'agit des sables à 1,5 m de la coupe de juillet 1976, ce niveau a 0,5 m de puissance (7) ;
- . des argiles gris-beige légèrement litées, épaisses de 0,3 m ce sont les argiles à 1 m (8) ;
- . moraine à gros blocs dont l'épaisseur varie de 1 à 5 m (9).

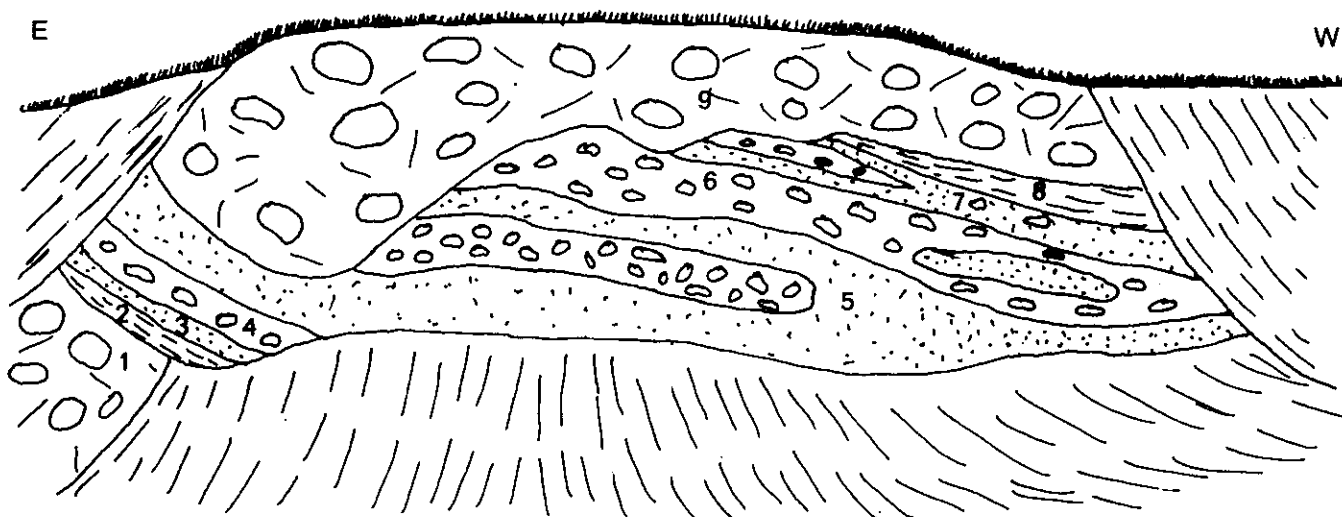


Fig. 24 : Coupe de la carrière de Crêt Thollon

* Coupe de l'ancienne carrière de Bénant

La coupe de la carrière de Bénant est la suivante (fig. 25) de la base au sommet :

- . Moraine graveleuse dans laquelle on observe trois niveaux sablo-argileux à 6 m (2), 4 m (3) et 2 m (4), ces niveaux sont gris-jaunâtre et ont 10 à 20 cm d'épaisseur.

En-dessous du niveau 2 on observe des sables grossiers (1) à 8 m du sommet de la coupe. Il faut préciser que la coupe est difficile à faire à la base de la carrière à cause du remaniement de la moraine.

. Moraine à gros blocs, graveleuse grise, de 1 à 3 m d'épaisseur.

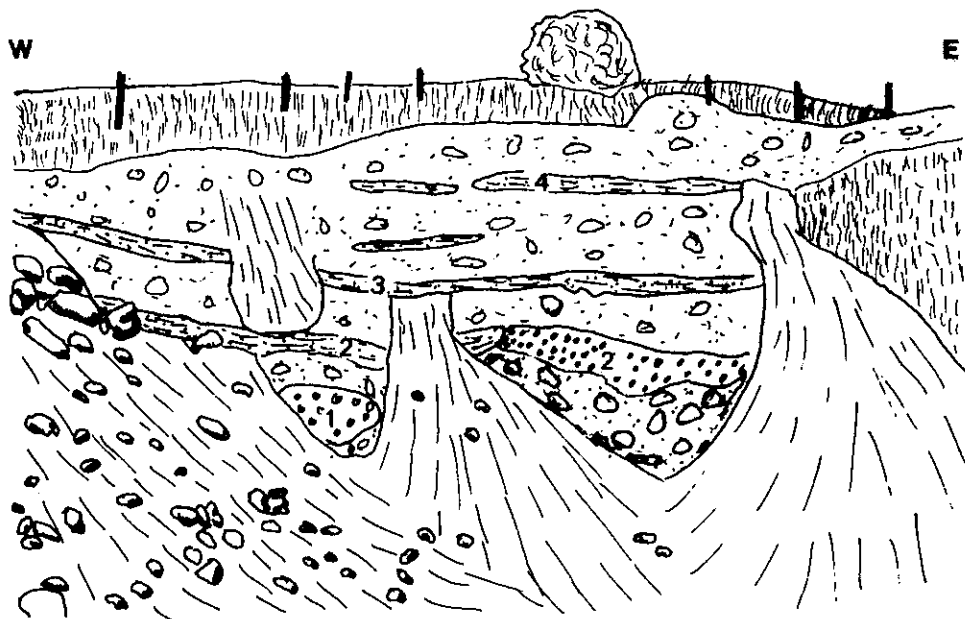


Fig. 25 : Coupe de la Carrière de Bénant

* Les affleurements du plateau de Gavot

Les affleurements sont mauvais car ce sont souvent des talus de routes. Nous avons eu la chance d'observer parfois des tranchées ou des fondations de villas mais très rarement.

Tout ce que l'on peut dire c'est que l'on observe une moraine à blocs de couleur beige, gris-beige ou grise et plus ou moins argileuse.

* La coupe de la vallée de la Dranse

Nous allons rappeler la coupe de la vallée de la Dranse décrite par R. Vial (1976). Cette coupe est une synthèse et une interprétation des données recueillies dans la vallée de la Dranse; en aucun point de la vallée on ne peut observer cette succession complète. De la base vers le sommet on a donc la succession suivante :

- . une moraine argileuse à blocs ;
- . un niveau de sables et argiles comportant le niveau des lignites d'Armoy ;
- . une moraine argileuse à blocs, stratifiée ;
- . un niveau de sables et d'argiles comprenant la tourbe d'Armoy ;
- . une moraine argileuse à blocs ;
- . un niveau de silts à mollusque et végétaux ;
- . moraine argileuse à blocs ;
- . des sables et graviers deltaïques à litages entrecroisés correspondant aux Terrasses de Thonon datées de 14 000 ans.

III-1-3-2- Les niveaux interstadiaires au sein de la deuxième glaciation

* Le lit de l'Ugine à Bernex (Fig. 26)

L'Ugine coule sur des argiles gris-bleu ou beiges litées (1), surmontées par des argiles gris-bleu (2) à petits galets.

Un conglomérat grossier (3) recouvre ces argiles en discordance

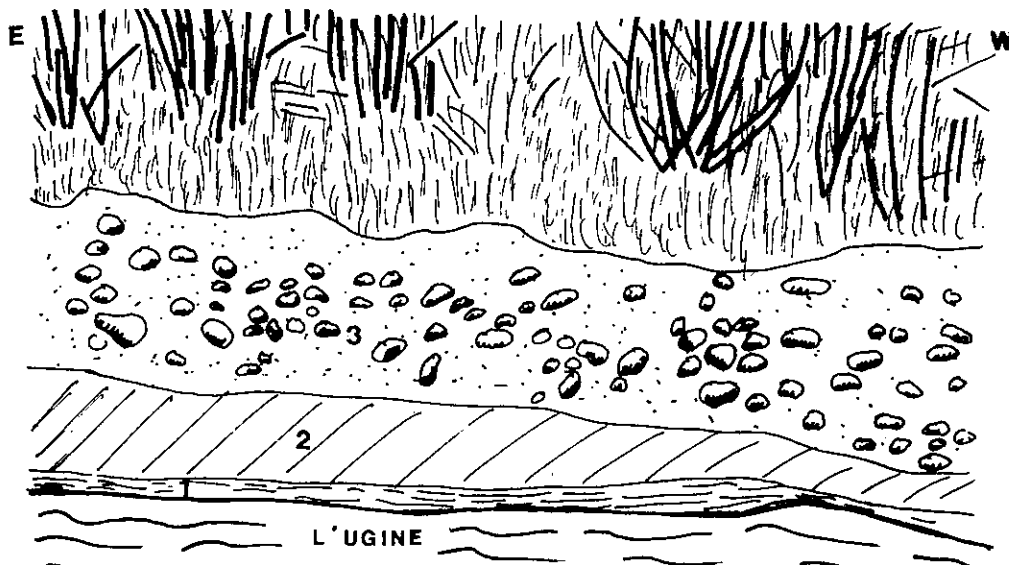


Fig. 26 : Coupe dans le lit de l'Ugine à Bernex

* Les Racles (Vallée de l'Ugine)

En amont de la scierie des Racles, l'Ugine coule sur des argiles gris-beige qui sont surmontées par un conglomérat grossier dont les galets peuvent dépasser 300 mm au sommet de la coupe.

* Les carrières de Chez Bochet

On observe dans ces carrières un conglomérat dont les éléments ne dépassent pas 200 mm. On peut l'observer sur 10 ou 15 m selon la profondeur des carrières.

Dans l'ancienne carrière, on peut observer au Sud du hameau de Place un conglomérat de ce type sur une épaisseur de 5 m mais à 1 m du sommet de ce conglomérat on observe un niveau de 25 cm d'épaisseur formé de sables au sein desquels on a un lit de gravier épais de 5 cm. Les cônes de déjection que l'on observe en rive gauche de l'Ugine sont synchrones du dépôt de ce conglomérat de la vallée de l'Ugine (cf. paragraphe III-5-4-1). Dans le lit de l'Ugine en aval de Grange Blanche on peut voir des argiles gris bleuté litées ou non.

* La vallée du Maravant : Les Roinsettes

Au-dessus du lit du Maravant, on observe des argiles gris-noir comparables à celles de l'Ugine mais plus sombres, dans lesquelles on peut rencontrer de petits galets.

* La vallée du Maravant : Le Moulin de la Gerbaz

On peut observer dans la vallée du Maravant dans le secteur du Moulin de la Gerbaz des affleurements de conglomérat induré dans lequel on n'observe pas de stratification.

Ce conglomérat n'est induré qu'en surface car lorsque celle-ci a été décapée par l'érosion on peut voir un conglomérat non induré formé de niveaux grossiers ou fins voire sableux. Ce conglomérat est argileux à son sommet.

* Vallée de la Dranse d'Abondance

Nous nous sommes contentés d'observer les formations interstadias dans la vallée de la Dranse d'Abondance.

Cette dernière de la Solitude à Feu Courbe coule sur des argiles grises litées. Le plateau en rive gauche de la Dranse est dû à un remplissage lacustre.

En rive droite, on observe des terrasses lacustres : ce sont les terrasses de Villard à 890 m, 870 m et 850 m. Au débouché de la vallée du Nant de Darbon dans la vallée de la Dranse, une terrasse à 900 m serait, d'après B. Tagini cité par M. Burri (1963), un arc morainique frontal et les moraines passeraient aux sédiments lacustres par un cône de transition court et très incliné.

Remarque : Les formations glacio-lacustres des vallées de l'Ugine et de la Dranse d'Abondance ont été appelées formations interstadias car ce sont des dépôts postérieurs à l'interstade, durant lequel se sont disposées les formations interstadias constituant l'aquifère des eaux d'Evian, mais antérieurs à la disparition du glacier würmien dans la région.

III-1-3-3- Les dépôts de bordure du glacier rhodanien lors de son retrait

Ces dépôts correspondent aux Terrasses de Thonon, deux affleurements sont visibles sur le plateau de Gavot en bordure de la vallée de la Dranse, un troisième affleurement est visible dans la vallée du ruisseau de Coppy.

* La Fin Chaffard

Dans la petite carrière creusée au Nord du replat de la Fin Chaffard, on observe du sommet à la base :

- . un conglomérat fin dont les éléments ne dépassent pas 50 mm (2 m) ;
- . un conglomérat à matrice argileuse jaune dont les éléments sont inférieurs à 30 mm (1 m) ;
- . des sables fins gris (0,5 m) ;
- . des argiles compactes jaunes (0,5 m) ;
- . des sables grossiers gris (0,8 m) ;
- . un conglomérat fin identique à celui du sommet de la coupe.

La zone de la Fin Chaffard est donc composée d'une alternance de conglomérats, de sables et d'argiles. La stratification est subhorizontale.

* La Carrière de la Ferme de Cutle (Fig. 27)

Cette carrière est entaillée dans un conglomérat stratifié présentant une inclinaison de 30° vers le Nord (1).

Dans ce conglomérat on observe des niveaux sableux (2) qui ont une forme de croissant de lune lorsque la coupe leur est perpendiculaire. Le tout est surmonté par un niveau non stratifié sablo-argileux à blocs ; nous pensons qu'il pourrait s'agir des restes d'une moraine (3), déposée lors d'une légère réavancée du glacier ou bien déposée lors de la récurrence glaciaire mais pour cette hypothèse l'altitude est trop importante car on admet que la récurrence n'a pas dépassée l'altitude 500 m sur les rives du Léman.

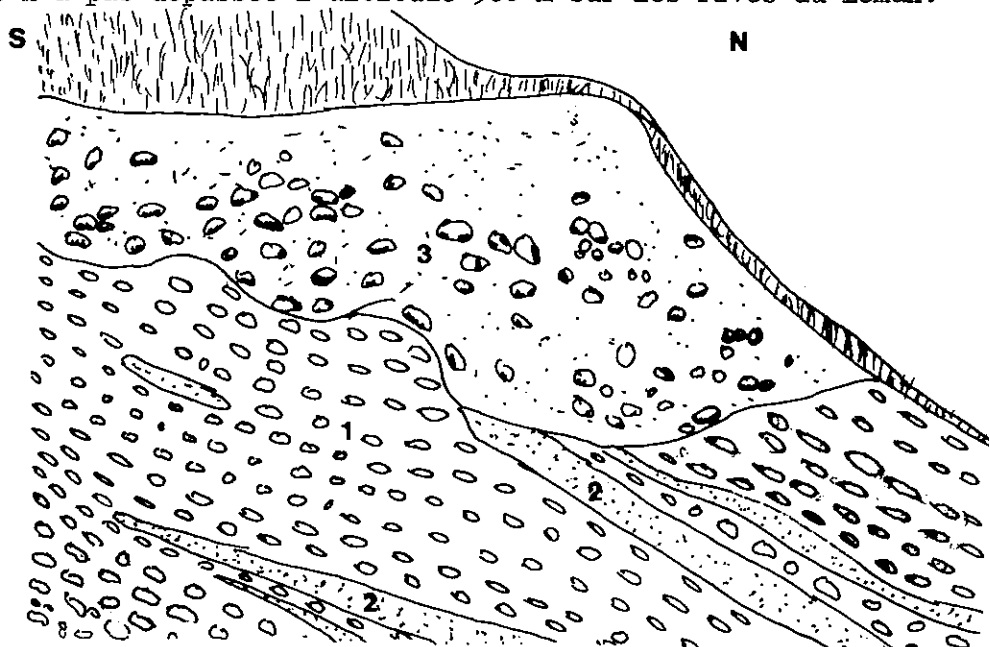


Fig. 27 : Coupe de la carrière de la Ferme de Cutle

Depuis cette carrière en se dirigeant vers le point coté 497 on rencontre sur le versant de la vallée de la Dranse un conglomérat induré en surface soumis, à des tassements.

Au niveau de la carrière du point 497 on observe un conglomérat dont la stratification est relativement difficile à voir. Ce conglomérat a une inclinaison de 30° vers le Nord.

* La vallée du ruisseau de Coppy

Lorsque l'on remonte la vallée du ruisseau de Coppy depuis le hameau de Torrent on remarque des blocs de conglomérat induré dans le lit du ruisseau et à 150 m du virage de la route Torrent-Le Crétal on observe sur la rive droite de la vallée un conglomérat induré, dans lequel on voit des passées sableuses. Dans cette vallée nous avons pu observer deux affleurements conglomératiques :

Le premier est situé à 250 m à l'amont du virage ; l'érosion a décapé la partie indurée du conglomérat (Torrent 1) ;

Le deuxième affleurement se situe à 15 m au-dessus du virage (Torrent 2).

- Torrent 1 (Fig. 28)

. A la base on a une alternance de conglomérats grossiers à galets arrondis et de sables (1 et 2) ; la stratification est subhorizontale ;

. Au-dessus de ces niveaux on ne voit plus de stratification, les niveaux sableux sont moins importants (3 et 2').

. Les conglomérats sont surmontés par une moraine argileuse à blocs (4).

. On observe trois surfaces d'érosion (A, B, C) séparant les niveaux précédemment décrits.

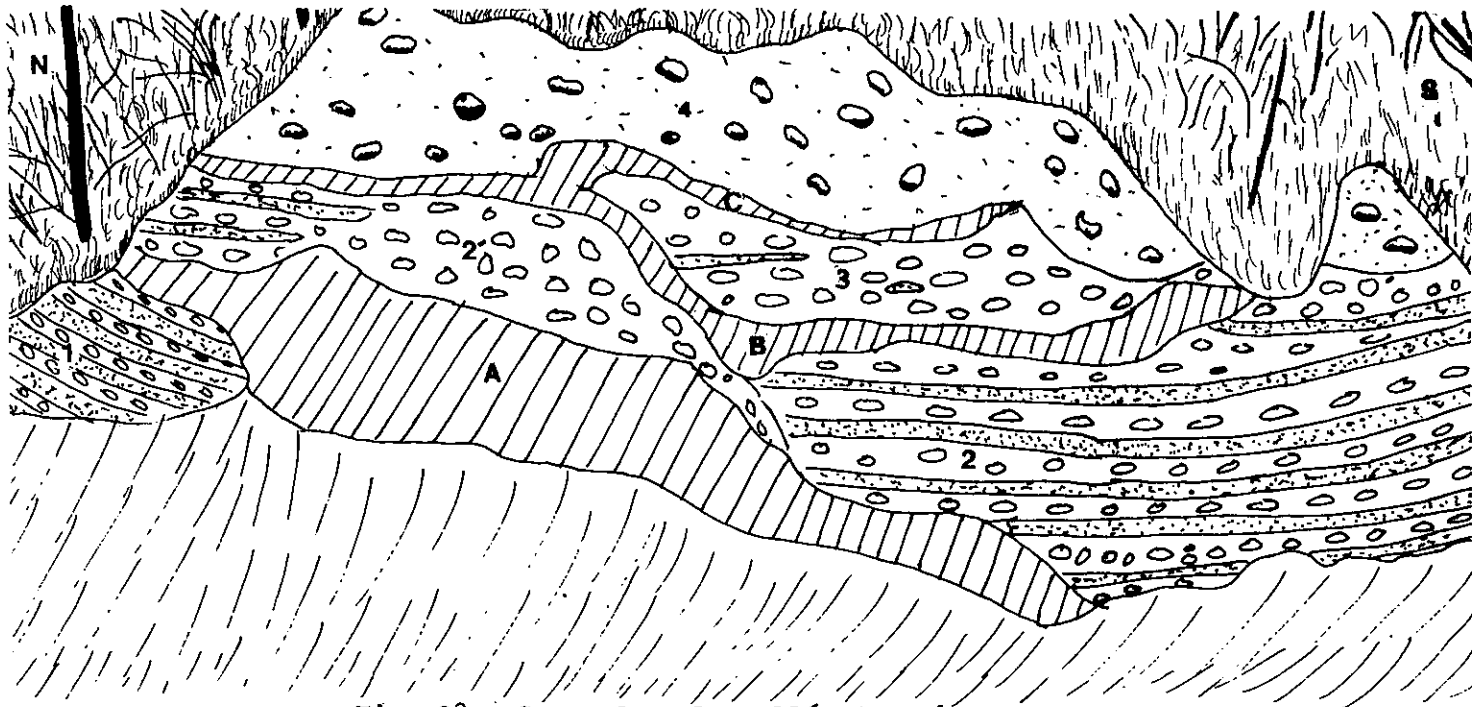


Fig. 28 : Coupe dans la vallée du ruisseau de Coppy
(Torrent 1)

- Torrent 2 (Fig. 29)

La coupe est la suivante :

- . sables fins (1)
- . conglomérat granoclassée : gros blocs à la base et éléments plus fins au sommet - 1,20 m (2)
- . sables fins (20 cm) (3)
- . conglomérat érodé (4)
- . argile jaune à galets (50 cm) (6)
- . moraine sablo-graveleuse à gros blocs (7).

Les niveaux conglomératiques et sableux disparaissent sous un éboulis large de 15 m environ et sont remplacés par des argiles gris-bleu au Nord de cet éboulis.

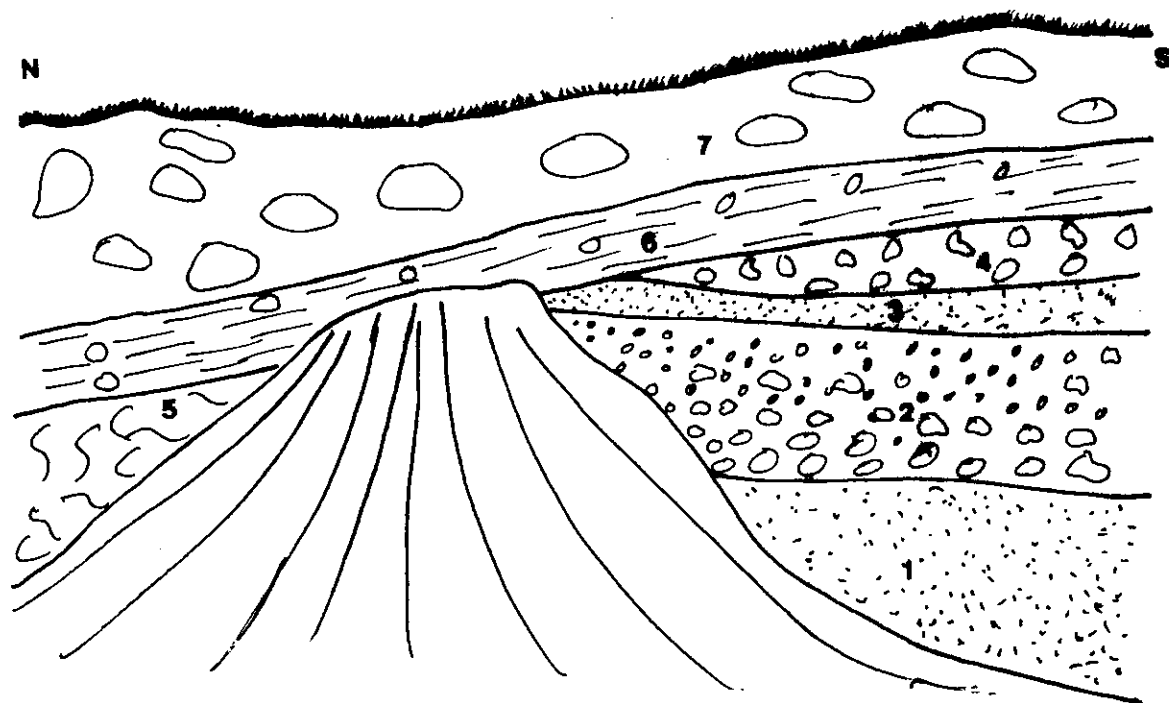


Fig. 29 : Vallée du Ruisseau de Coppy
(Torrent 2)

III-1-3-4- Les dépôts postérieurs à la deuxième glaciation ou
ou formation tardiglaciaire

III-1-3-4-1- Le cône de déjection de Lugrin

Dans ce cône de déjection, nous avons étudié deux carrières :
la carrière de Véron et la carrière de Pont Rouge.

* La carrière de Véron

On observe une alternance de niveaux conglomératiques plus ou
moins grossiers et argileux et de sables.

Les niveaux ont une inclinaison de 25 à 30° vers le Nord.

Ces conglomérats sont surmontés par un niveau argileux à blocs
dont l'épaisseur varie de 0,2 à 1 m. Nous pensons qu'il s'agit de restes de
moraine déposée lors de la recurrence glaciaire postérieure à la deuxième
glaciation.

* La carrière de Pont Rouge

Au front de taille, haut de 25 à 30 m, on observe une alternance de conglomérats grossiers, de conglomérats fins et de sables.

Les niveaux conglomératiques ont une épaisseur variant de 0,5 à 2 m, les niveaux sableux de 0,2 à 0,4 m ; les strates ont une inclinaison de 25° vers le Nord.

Cette formation est un bon aquifère et les venues d'eau à la base de front de taille ont un débit minimum de 50 l/s.

Le sommet de la coupe est formé par un niveau argileux très grossier non lité à gros blocs épais de 4 à 5 m. Nous attribuons ce niveau à la moraine déposée lors de la récurrence glaciaire.

Un autre petit cône de déjection s'observe sous cette moraine à Bret où affleure un conglomérat grossier au sein duquel on peut voir un niveau où 90 % des galets ont une taille comprise entre 2 et 20 mm.

III-1-3-4-2- Les moraines de la récurrence glaciaire

Elles sont représentées par les moraines de la vallée de la Morge, de la vallée de la Haute-Ugine et du ruisseau des Lanches et par les moraines recouvrant les cônes de déjection de Lugrin et Bret.

Il n'y a pas d'affleurement valable au sein de ces moraines. Dans la vallée de l'Ugine en rive gauche, on rencontre une formation conglomératique dans laquelle on peut voir beaucoup de galets de Couches rouges. En rive droite, au même niveau c'est-à-dire à l'altitude 1150 m on voit une carrière entaillée dans les éboulis.

En aval, au niveau des Granges de Malpasset, l'Ugine coule sur des argiles grises à blocs surmontées d'un niveau gravelo-argileux remanié. Il s'agit d'une zone affectée par des glissements de terrain. En rive droite dans la moraine, les blocs sont issus des éboulis.

En bordure du Léman, nous avons déjà dit que cette moraine peu épaisse (1 à 5 m) était formée d'un niveau brunâtre sablo-argileux à blocs.

Sur le flanc nord de la Montagne de Mémise, les moraines sont de même type, c'est-à-dire sablo-argileuses à gros blocs.

III-1-3-4-3- Les autres formations quaternaires

* Les éboulis et éboulements

Les éboulis sont particulièrement abondants à la base des parois du Malm supérieur. Ils recouvrent en général les moraines les plus jeunes.

Les éboulements sont plus limités sauf celui que l'on rencontre au pied de la Montagne de Mémise qui est le plus ancien car déjà colonisé par la végétation et il est peut-être antérieur à la récurrence glaciaire.

* Les cônes de déjections

Nous avons vu que les plus anciens étaient contemporains de la 2ème glaciation (rive gauche de l'Ugine, cône de déjection de Vacheresse) et aussi antérieurs à la récurrence glaciaire (Bret, Lugrin).

Certains comme celui de Vacheresse ont continué à se former après la récurrence glaciaire.

Le "delta de la Dranse" est lui aussi un cône de déjection qui continue à s'édifier actuellement.

* Les marais et tourbières

Ils sont situés dans les dépressions morainiques du plateau de Gavot. Le début de leur formation a été daté par analyses polliniques (J. Becker, 1952) de la fin du Pleistocène.

* Les glissements de terrains

Les glissements de terrains sont fréquents dans les formations morainiques comme à Bernex et au Sud et Sud-Ouest du Vinzier.

Des travaux au sein de ces formations comme la construction d'une route, peuvent provoquer des glissements de terrains plus ou moins importants (route forestière de Pré-Richard à Bernex).

* Les tassements

Dans notre secteur d'étude le seul que l'on connaisse est celui du Mont César.

* Les tufs calcaires

Ce sont des dépôts liés aux sources du Trias ou aux eaux profondes des moraines.

Le tuf situé au bord du Léman entre Troublois et Meillerie est certainement lié aux sources issues du Trias proche, ceux de Laval sont liés aux eaux issues du Quaternaire.

III-2- L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

Sur les 89 échantillons prélevés, nous avons effectué une analyse granulométrique, un comptage pétrographique et des calcimétries.

Sur la figure 23, page 62, nous avons localisé les points d'échantillonnage.

III-2-1- LES GRANULOMETRIES

III-2-1-1- Rappel des définitions

Nous parlerons de fines pour désigner les éléments inférieurs à 2 mm, de grosses pour les éléments supérieurs à 10 mm ; entre ces deux dimensions, nous parlerons de granules ; dans la fraction supérieure à 10 mm nous parlerons de blocs pour les éléments supérieurs à 200 mm et de galets pour les éléments compris entre 20 et 200 mm.

Les indices numériques définis sur les courbes granulométriques :

* Médiane Q_2 abscisse de l'ordonnée 50 %

* Les quartiles Q_1 abscisse de l'ordonnée 25 %

Q_3 abscisse de l'ordonnée 75 %

Les indices calculés d'après les indices précédents

* Le sorting index de Trask $So = \frac{Q_3}{Q_1}$: indice de classement

* Le skewness $S = \frac{Q_1 \times Q_3}{(Q_2)}$ indice d'assymétrie

* Le $Qd\psi$ de Krumbein

$$Qd\psi = \frac{Q_1 - Q_3}{2} \quad \text{indice de classement}$$

$Q_1 - Q_3$ = intervalle d'abscisses logarithmiques correspondant à l'intervalle d'ordonnées compris entre Q_1 et Q_3 .

III-2-1-2- Le Conglomérat des Dranses

Nous l'avons étudié à la confluence de l'Ugine et de la Dranse; échantillons 2 et 3.

* Le conglomérat proprement dit

L'analyse granulométrique a été effectuée sur les éléments compris entre 200 mm et 0,040 mm.

Les valeurs des indices sont les suivantes :

$$Q_1 = 1,25 \text{ mm}$$

$$Q_2 = 21,6 \text{ mm}$$

$$Q_3 = 66 \text{ mm}$$

Les grosses représentent 61 % des éléments, les fines 27 % dont 2,5 % pour les éléments inférieurs à 0,040 mm.

Les courbes de fréquences simples et cumulatives montrent 2 modes à 0,315 mm et 25 mm.

$$So = 7,266$$

$$S = 0,177$$

$$Qd\psi = 2,9$$

Le conglomérat présente un mauvais classement et est moyennement trié. L'indice d'assymétrie indique un classement maximum du côté des éléments grossiers. Les apports torrentiels dans cette formation semblent donc importants dans ce secteur.

* Les lentilles de sables

Les fines forment 93 % de ces sables dont 5 % pour la fraction inférieure à 0,040 mm.

Les indices indiquent un bon classement et un sédiment peu évolué de type fluviatile.

III-2-1-3- Les moraines rhodaniennes de la deuxième glaciation

Nous avons prélevé 22 échantillons dans les formations morainiques superficielles d'origine rhodanienne ; les résultats obtenus doivent être manipulés avec précaution étant donné la mauvaise qualité des affleurements où ont été prélevés ces échantillons. D'après la proportion d'éléments inférieurs à 0,040 mm, on peut définir deux groupes distincts séparés par une ligne NS correspondant au ruisseau de Cappy.

A l'Ouest de cette ligne dans tous les échantillons la proportion d'éléments inférieurs à 0,040 mm est supérieure à 25 % pouvant atteindre 50 %, à l'Est cette proportion est inférieure à 25 %.

III-2-1-3-1- Le secteur ouest (échantillons 63 à 68 et 83 à 88)

Le tableau 2 donne les valeurs moyennes et extrêmes sur les 12 prélèvements de ce secteur.

	Moyenne	Maximum	Minimum
Grosses	15 %	25 %	4 %
Granules	15 %	19 %	7 %
Fines	70 %	85 %	56 %
dont < 0,040 mm	35 %	54 %	18 %
So	12,23 %	19,07 %	4,13 %
S	2,4 %	4,34 %	0,8 %
Qdφ	3,43 %	4,24 %	2,1 %

Tableau 2 : Analyses granulométriques des moraines de la partie ouest du plateau de Gavot.

Ces différentes valeurs ainsi que les courbes granulométriques montrent un mauvais tri et un classement maximum du côté des fines.

Si l'on compare la proportion de fines que nous venons de donner et celles des moraines supérieures des différents sondages d'Evian, on s'aperçoit que ces valeurs sont similaires.

	Moyenne de 12 échantillons	Sionnex	Stade	Royal	Gare	Genevoise	Ancienne Buvette
Fines	70 %	73 %	66 %	66 %	74 %	68 %	69 %
Eléments < 0,040 mm	35 %	34 %	29 %	34 %	36 %	34 %	31 %

Tableau 3 : Comparaisons des proportions de fines de la moraine dans différents sondages mécaniques.

III-2-1-3-2- Le secteur est

Le tableau 4 nous donne les valeurs moyennes et extrêmes des différents indices et pourcentages d'éléments pour 9 prélèvements.

	Moyenne	Maximum	Minimum
Grosses	22,5 %	39,5 %	4,5 %
Granules	25,8 %	40,3 %	17 %
Fines	51,8 %	78,5 %	39 %
dont < 0,040 mm	13,1 %	23,8 %	3 %
So	5,67	9,49	3,25
S	0,64	1,12	0,15
Qd φ	2,60	3,3	1,70

Tableau 4 : Granulométrie des moraines de la partie est du plateau de Gavot.

Nous avons toujours des sédiments mal classés mais moins que ceux de la zone ouest, le classement est maximum du côté des grossiers.

Si on regarde la répartition géographique des différents échantillons, on distingue deux groupes :

* Les échantillons 7, 12, 16, 17

- La proportion des éléments inférieurs à 0,040 mm est comprise entre 3 et 7 %, celle de fines est comprise entre 45 et 50 % ;
- So de valeur proche de 3,5 ;
- Qd φ compris en 1,8 et 1,7 ;
- Courbes de fréquence simple trimodales ;
- Indice d'assymétrie (S) proche de 1.

On a des sédiments moyennement classés et mal triés.

* Les échantillons 53, 60, 62, 61, 82

- La proportion des éléments inférieurs à 0,040 mm est comprise entre 12 et 24 % ; celle de fines est comprise entre 45 et 60 % ;
- So compris entre 6 et 9 ;
- Qd φ compris en 2,65 et 3,3 ;
- Courbes de fréquence simple tri ou quadrimodales.

Sédiments mal classés et mal triés.

III-2-1-3-3- Les niveaux sableux peu épais rencontrés dans les moraines

* Crêt Thollon

La carrière de Crêt Thollon est entaillée dans un vallum morainique dans lequel on observe un niveau plus ou moins lité de sables, de conglo-mérats et d'argiles. C'est dans ce niveau que nous avons prélevé les sables en juillet 1976.

Sables 2 m (9)

Q ₁	0,065 mm	So 5,11	Grosses	7,6 %
Q ₂	0,28 mm	S 1,41	Granules	15,4 %
Q ₃	1,7 mm	Qdψ 2,38	Fines	77 %
dont éléments < 0,040 mm				19,3 %

Sables mal classés et moyennement triés, dépôt en milieu relativement calme.

Sables 6 m (10)

Q ₁	0,14 mm	So 2,02	Grosses	3 %
Q ₂	0,27 mm	S 1,10	Granules	6,2 %
Q ₃	0,54 mm	Qdψ 1,03	Fines	90,8 %
dont 7 % d'éléments < 0,040 mm				

Ces sables sont bien classés et bien triés.

* Carrière de Bénant

Sables n° 4 de la figure 25 (13)

Q ₁	0,042 mm	So 8,31	Grosses	19,8 %
Q ₂	0,225 mm	S 2,41	Granules	6,5 %
Q ₃	2,9 mm	Qdψ 3,1	Fines	73,7 %
dont 24,3 % d'éléments < 0,040 mm				

Sables mal classés, mal triés (courbe granulométrique trimodale).
Ces sables se rapprochent des sables 2 m de Crêt Thollon.

Sables n° 3 de la figure 25 (14)

Q ₁	0,082 mm	So 1,88	Grosses	0,0 %
Q ₂	0,155 mm	S 0,99	Granules	0,5 %
Q ₃	0,290 mm	Qdψ 0,94	Fines	99,5 %
dont 14,25 % d'éléments < 0,040 mm				

Sables bien classés, moyennement triés se rapprochant des sables 6 m de Crêt Thollon.

Sables n° 4 de la figure 25 (15)

Parfois indurés il s'agit de sables très moyennement classés et beaucoup plus grossiers que les précédents.

Grosses	17,6 %	Fines	68,4 % dont 6,9 %
Granules	14 %	d'éléments < 0,040 mm	

III-2-1-4- Les interstades de la deuxième glaciation

* Les niveaux conglomératiques

- Vallée de l'Ugine

Nous avons étudié trois affleurements conglomératiques dans la vallée de l'Ugine : Bernex (35), les Racles (4), Chez Bochet (5).

Pour les deux derniers, une analyse granulométrique a été possible sur tout le conglomérat grâce aux mesures sur le terrain, mais pour le conglomérat de Bernex cela n'a pas été possible et nous n'avons pu faire que l'analyse granulométrique en laboratoire sur les éléments inférieurs à 20 mm.

Pour les trois affleurements, la répartition des éléments inférieurs à 20 mm est la suivante :

	Bernex	Les Racles	Chez Bochet
Grosses	44 %	20 %	24,5 %
Granules	31 %	30 %	26 %
Fines	25 %	50 %	49,5 %
dont éléments < 0,040 mm	1,4 %	6,9 %	5,2 %

Tableau 5 : Répartition des éléments inférieurs à 20 mm dans les conglomérats de la vallée de l'Ugine.

On remarque donc que le conglomérat est plus grossier à Bernex (25 % de fines alors que dans la plaine des Faverges cette proportion est de 50 %). Entre les Racles et Chez Bochet la proportion des éléments supérieurs à 20 mm par rapport à l'ensemble du conglomérat permet de dire que le conglomérat des Racles est un peu plus grossier que celui de chez Bochet (39 % d'éléments supérieurs à 20 mm contre 32 %).

L'indice d'assymétrie nous montre un classement maximum du côté des grossiers indiquant un milieu de dépôt agité mais de moins en moins lorsque l'on se dirige vers l'aval de la vallée car cet indice augmente (0,28 à Bernex et 0,58 chez Bochet).

Les sorting-index nous montre que ces conglomérats sont très moyennement classés (So proches de 3,5).

Les conglomérats sont moyennement triés car les courbes de fréquences simples sont bimodales.

- Le Moulin de Gerbaz

Les indices ont les valeurs suivantes (éléments inférieurs à 20 mm)

Q ₁	1,25 mm	Grosses	26 %
Q ₂	4 mm	Granulés	40 %
Q ₃	10 mm	Fines	34 %
So	2,83 mm	dont 25 % d'éléments < 0,040 mm	
S	0,78		
Qd ₄	1,5		

Les éléments supérieurs à 20 mm représentent environ 40 % des conglomérats.

Il s'agit donc d'un sédiment moyennement classé et dont le tri est moyen (courbe granulométrique bimodale). L'indice d'assymétrie montre un dépôt agité mais moins que celui des conglomérats de la vallée de l'Ugine.

* Les sables interstadiaires

- vallée de l'Ugine

Nous avons pu analyser une lentille de sables dans la carrière de Chez Bochet (6) et les résultats sont les suivants :

Q ₁	0,145 mm	So = 1,39	Grosses	1 %
Q ₂	0,22 mm	S = 0,84	Granules	4 %
Q ₃	0,28 mm	Qdψ = 0,5	Fines	95 %
			dont 4,3 % < 0,040 mm	

Sable bien classé, bien trié (courbe unimodale), le milieu de dépôt de ce sable était légèrement agité.

* Les argiles interstadiaires

Ce sont les argiles litées ou non prélevées à Bernex (33;34), à Grange-Blanche (22;70), aux Roinettes (46;47)."

N'ayant pu faire d'analyse sur la fraction inférieure à 0,040 mm, tout ce que l'on peut dire c'est qu'elle représente 90 % du sédiment dans les argiles litées et 60 % dans les argiles non litées.

III-2-1-5- Les formations de bordures du glacier rhodanien lors de son retrait

Ce sont les formations équivalentes aux Terrasses de Thonon.

* La Fin Chaffard

Nous donnons dans le tableau 6 les résultats pour les différents niveaux décrits dans cette carrière. Les analyses ont été effectuées sur les éléments inférieurs à 20 mm.

	Conglomérat supérieur (41)	Conglomérat moyen (42)	Sables fins (43)	Argiles (44)	Sables grossiers (45)
Q ₁	1,3 mm	0,1 mm	0,08 mm		0,225 mm
Q ₂	6 mm	0,8 mm	0,115 mm		0,33 mm
Q ₃	15 mm	8 mm	0,156 mm		0,56 mm
So	3,40	8,94	1,40		1,58
S	0,54	1,25	0,95		1,16
Qdψ	1,79	3,2	0,5		0,68
Grosses	37,3 %	20,2 %	1,4 %	0 %	0,5 %
Granules	32,6 %	22,6 %	1,1 %	0 %	7 %
Fines	30,1 %	57,2 %	97,5 %	100 %	92,5 %
dont éléments < 0,040 mm	1 %	15,8 %	9,6 %	89,6 %	2,8 %

Tableau 6 : Analyses granulométriques des formations de la Fin-Chaffard

- . Le conglomérat supérieur est moyennement classé, mal trié (trimodale). L'indice d'assymétrie indique un dépôt agité.
- . Le conglomérat moyen est mal classé, mal trié et l'indice d'assymétrie indique un milieu de dépôt tranquille.
- . Les sables sont bien classés, bien triés dans un milieu de dépôt tranquille.

* Marin

Dans le tableau 7 nous donnons les résultats obtenus pour la ferme de Cutle et la carrière 497, pour des analyses granulométriques de la classe inférieure à 20 mm.

	Ferme de Cutle conglomérat (37)	Ferme de Cutle sable (38)	Point 497 conglomérat induré (39)	Point 497 conglomérat carrière (40)
Q ₁	0,7 mm	0,07 mm	1,1 mm	0,7 mm
Q ₂	1,7 mm	0,11 mm	4,3 mm	2,95 mm
Q ₃	5,5 mm	0,15 mm	10,7 mm	14 mm
S ₀	2,80	1,44	3,15	4,47
S	1,33	0,92	0,63	0,89
QdP	1,54	0,54	1,7	2,2
Grosses	14,9 %	0 %	27,2 %	31,6 %
Granules	31,8 %	0 %	39 %	23,1 %
Fines	53,3 %	100 %	33,8 %	45,3 %
dont éléments < 0,040 mm	6,4 %	10,8 %	6,1 %	0,2 %

Tableau 7 : Analyses granulométriques des formations de la ferme de Cutle et du point 497

. Les conglomérats et les sables de la ferme de Cutle sont bien classés et bien triés. Le dépôt s'est fait en milieu tranquille.

. Point 497

Les conglomérats sont très moyennement classés et mal triés (courbes bi ou trimodales), le dépôt est agité.

Dans le conglomérat induré, les éléments supérieurs à 20 mm représentent 40 % du conglomérat.

* Le ruisseau de Coppy

Dans le tableau 8 nous donnons les résultats obtenus sur les échantillons prélevés dans les affleurements de Torrent 1 et Torrent 2.

	Torrent 1 conglomérat (26)	Torrent 1 sables (27)	Torrent 2 conglomérat supérieur (29)	Torrent 2 sables (28)	Torrent 2 Argiles bleues (31)
Q ₁	1,05 mm	0,23 mm	0,515 mm	0,28 mm	
Q ₂	5,2 mm	0,29 mm	2,9 mm	0,33 mm	
Q ₃	10,8 mm	0,43 mm	7,7 mm	0,42 mm	
S ₀	3,21	1,37	3,88	1,19	
S	0,42	1,10	0,46	1,06	
Qd φ	1,7	0,48	1,85	0,26	
Grosses	18,7 %	0,3 %	20,8 %	0 %	16,5 %
Granules	34 %	0,1 %	36 %	0,1 %	6,5 %
Fines	37,3 %	99,6 %	43 %	99,9 %	77 %
dont éléments < 0,040 mm	0,95 %	2,9 %	0,11 %	0,3 %	39,5 %

Tableau 8 : Analyses granulométriques des formations du ruisseau de Coppy

Les conglomérats sont moyennement classés et mal triés (courbes trimodales). Dépôt en milieu agité.

Les sables sont bien classés, bien triés (courbes unimodales) et leur milieu de dépôt était relativement calme.

III-2-1-6- Les dépôts postérieurs à la deuxième glaciation

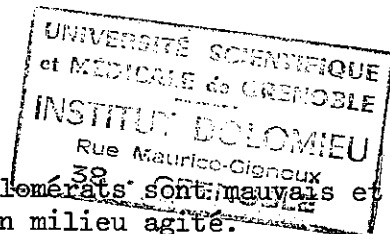
* Le cône de déjection de Lugrin

Quatre échantillons ont été prélevés dans la carrière de Pont Rouge (48), dans celle de Veron (54, 69), et au village des Combes (55). Les échantillons ont été prélevés dans les niveaux conglomératiques.

	Pont Rouge	(54) Veron	(69)	Les Combes	Le Vernay (1)
Q ₁	0,31 mm	0,75 mm	1,3 mm	0,5 mm	0,5 mm
Q ₂	1,8 mm	4 mm	6,2 mm	3,3 mm	2,75 mm
Q ₃	4,6 mm	11 mm	14 mm	11,6 mm	7,4 mm
S ₀	3,85	3,83	3,28	4,82	3,85
S	0,44	0,52	0,47	0,53	0,49
Qd φ	1,98	1,97	1,74	2,3	1,97
Grosses	9,7 %	28,3 %	35,7 %	29,5 %	28,4
Granules	37,4 %	31,8 %	34,3 %	27,2 %	32,9
Fines	52,9 %	39,9 %	30 %	43,3 %	46,7
dont éléments < 0,040 mm	12,8 %	1,3 %	1,1 %	7,1 %	10,6

Tableau 9 : Analyses granulométriques du cône de déjection de Lugrin

Dans ce tableau, nous avons placé à titre de comparaison les conglomérats du cône de déjection du Vernay dans la vallée de l'Ugine, bien que nous le considérions comme un cône de déjection interstadiaire de la seconde glaciation.



Le classement et le tri de ces conglomérats sont mauvais et les indices d'assymétrie confirment bien un dépôt en milieu agité.

Dans le cône de déjection de Bret trois échantillons ont été prélevés et ils donnent des résultats identiques.

* Les moraines de la récurrence glaciaire

- Vallée de l'Ugine (20, 21, 79, 80, 81)

Les indices déterminés sur les courbes granulométriques des moraines dites locales montrent un mauvais classement et un mauvais tri (courbes trimodales).

So : 5,2 à 4,5 ; S = 0,51 à 0,33

Grosses : 30 % ; Granules : 30 % ; Fines : 40 % dont 15 % pour les éléments inférieurs à 0,040 mm.

Lorsque la moraine est très argileuse la proportion des éléments inférieurs à 0,040 mm varie de 60 à 80 %.

- Plateau de Thollon (Face Nord des Mémises) (50, 51, 56, 57, 58, 59)

Très mauvais tri et classement maximum du côté des grossiers. Ces moraines ont repris des éléments aux éboulis qui leur sont antérieurs.

- Vallée de la Morge (72, 73)

Mauvais tri et classement maximum du côté des grossiers.

- Moraines de la rive du Léman (30, 32, 49, 71, 74, 78, 79)

Mauvais classement et mauvais tri.

La proportion d'éléments inférieurs à 2 mm varie de 35 à 50 % et celle d'éléments inférieurs à 0,040 mm de 14 % (échantillon 71) à 2 % (échantillons 49).

Il faut signaler que dans le secteur Evian Publier un certain nombre de moraines que nous avons attribuées à la deuxième glaciation pourraient appartenir à cette récurrence mais rien ne permet de le montrer.

III-2-1-7- Conclusion

Cette étude granulométrique nous a permis de différencier deux zones au sein des moraines de surface du plateau de Gavot séparées par une ligne N.S. correspondant au ruisseau de Coppy.

A l'Ouest de cette ligne les proportions de fines et d'éléments inférieurs à 0,040 mm sont respectivement de 70 et 35 %, à l'Est ces proportions ne sont plus que de 50 et 12 %. Dans ce dernier secteur, les moraines de Crêt Thollon et de Bénant dont le dépôt est antérieur à celle des autres moraines, se différencient des autres moraines par des valeurs des proportions de fines comprises entre 45 et 50 %, ces proportions pour les autres moraines étant comprises entre 45 et 60 %. Les niveaux sableux de Bénant et Crêt Thollon correspondent à de petits interstades au sein des moraines, ils se sont déposés en milieu relativement calme très certainement lacustre.

Les formations interstadias et de bordure du glacier rhodanien lors de son retrait montrent un dépôt en milieu agité pour les conglomérats, il s'agit de sédiments transportés par des torrents et déposés dans un lac.

Quant aux sables ils montrent un dépôt en milieu relativement calme (lac). Dans les conglomérats la proportion de fines est comprise entre 35 et 50 %, celle d'éléments inférieurs à 0,040 mm est comprise entre 0,3 et 6 %.

III-2-2- LES COMPTAGES PETROGRAPHIQUES

Un comptage pétrographique a été fait sur le terrain pour quelques affleurements, sur les éléments compris entre 150 et 16 mm. En laboratoire, nous avons procédé à un comptage pétrographique pour la classe 20-5 mm. Dans ce cas, nous avons uniquement différencié les éléments sédimentaires, les éléments cristallins et les grains de quartz.

III-2-2-1- Les moraines rhodaniennes de la deuxième glaciation

Les résultats obtenus de part et d'autre de la limite définie par l'analyse granulométrique sont résumés dans le tableau 10.

	Secteur ouest			Secteur est		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
Eléments sédimentaires	83 %	56 %	90 %	92 %	80 %	100 %
Eléments cristallins	14 %	9 %	37 %	6,5 %	1 %	19 %
Grains quartz	3 %	1 %	9 %	1,5 %	1 %	3,5 %

Tableau 10 : Comptages pétrographiques dans les moraines de la deuxième glaciation.

Ces résultats sont à utiliser avec précaution pour diverses raisons :

. Le nombre d'éléments comptés dans chaque échantillon du secteur ouest est de 150 en moyenne et de 240 dans le secteur est.

. Lorsque l'on compare les résultats d'un comptage pétrographique sur le terrain et d'un comptage en laboratoire, il arrive que l'on observe de grosses variations dans la proportion d'éléments cristallins. Ce dernier point est dû au fait que les roches cristallines s'usent moins que les roches sédimentaires.

Pour les affleurements où la comparaison est possible, nous avons les variations suivantes :

	Crêt Thollon	Bénant	Creuzat
Comptage sur le terrain	11,5 %	7 %	7 %
Comptage en laboratoire	1,3 %	1 %	1 %

Tableau 11 : Comparaison entre les comptages pétrographiques effectués sur le terrain et en laboratoire.

III-2-2-2- Les interstades de la deuxième glaciation

Nous n'avons procédé au comptage que dans les conglomérats.

* Dans les trois affleurements de la vallée de l'Ugine la proportion d'éléments cristallins est de 0 % pour le comptage effectué en laboratoire et la proportion de quartz est de 2 à 4 %.

Lorsque nous avons effectué un comptage pétrographique sur le terrain nous avons une teneur des éléments cristallins de 3 % aux Racles et de 4,5 % chez Bochet et en grains de quartz de 2 % aux Racles et 3,5 % Chez Bochet. Le cône de déjection du Vernay est composé à 100 % de fragments de roches sédimentaires.

* Moulin de Gerbaz

	Sédimentaires	Cristallins	Quartz
Classe 150. 16 mm	70 %	25 %	5 %
Classe 20. 5 mm	82 %	15 %	3 %

Tableau 12 : Comptages pétrographiques dans les conglomérats du Moulin de la Gerbaz.

III-2-2-3- Les formations de bordure de glacier

Dans le tableau 13 nous avons reporté les résultats obtenus sur les conglomérats étudiés dans les affleurements de la Fin Chaffard, de la Ferme de Cutle, du ruisseau de Coppy. Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs obtenues par comptages sur la classe 150-16 mm.

	Eléments sédimentaires	Eléments cristallins	Quartz
<u>La Fin Chaffard</u>			
. Conglomérat supérieur	84 %	10,5 %	5,5 %
. Conglomérat moyen	86,5 %	7,5 %	6 %
<u>Ferme de Cutle</u>			
. Conglomérat	85,5 (70) %	8,5 (23,5) %	6 (6,5) %
<u>Carrière 497</u>			
. Conglomérat induré	91 (71) %	5 (22,5) %	4 (6,5) %
. Conglomérat non induré	83,5 %	8,5 %	8 %
<u>Ruisseau Coppy</u>			
. Conglomérat Torrent 1	77 (75) %	15,5 (18) %	7,5 (7) %
. Conglomérat Torrent 2	68 %	16 %	13,5 %

Tableau 13 : Comptages pétrographiques dans les formations de bordure de glacier.

Ces formations sont caractérisées par des proportions d'éléments cristallins et de quartz voisines variant de 5 à 15 %.

III-2-2-4- Les dépôts postérieurs à la deuxième glaciation

* Le cône de déjection de Lugrin

Les comptages effectués sur les 4 échantillons prélevés dans ce cône de déjection nous donnent les résultats suivants :

	Pont Neuf	Veron		Les Combes
		54	69	
Sédimentaires	74 %	88, %	86 %	95 %
Cristallins	22 %	9 %	13 %	3,5 %
Quartz	4 %	3 %	1 %	1,5 %

Tableau 14 : Comptages pétrographiques (cône de déjection de Lugrin)

On voit dans ce cône de déjection une augmentation de la proportion d'éléments cristallins du sommet vers la base.

Dans le cône de déjection de Bret, les proportions des différents éléments sont les suivantes :

97 % de sédimentaires, 2 % de cristallins ; 1 % de quartz.

* Les moraines de la récurrence glaciaire

- Vallée de l'Ugine

Elles sont caractérisées par l'absence d'éléments de roches cristallines. La proportion de quartz y est de 1 à 2 %.

- Vallée de la Morge

Les moraines situées entre Novel et St-Gingolph présentent une proportion d'éléments cristallins relativement importante: 7 %.

- Thollon

Il n'y a pratiquement pas d'éléments cristallins dans ces moraines.

- Les rives du Léman

La proportion d'éléments cristallins varie de 15 % au niveau de Coppy, à 11,5 % au Pont Rouge, 4 % à Troublois et 0 % à Bret.

III-2-2-5- Conclusion

La proportion d'élément d'origine sédimentaire est de 87 % en moyenne dans les moraines rhodaniennes, cette proportion est de 83 % dans le secteur ouest et de 92 % dans le secteur est. Ceci étant surtout dû au fait que les éléments d'origine cristalline s'usent moins que les éléments d'origine sédimentaire .

Les formations interstadias du plateau de Gavot et de bordure du glacier montrent des proportions d'éléments sédimentaires de 70 à 85 % alors que les formations interstadias de la vallée de l'Ugine montrent des proportions de 95 % .

Les moraines de la récurrence glaciaires montrent une absence d'éléments cristallins lorsqu'elles sont déposées par des glaciers d'origine locale, lorsqu'elles sont déposées par un glacier d'origine rhodanienne la proportion d'éléments cristallins est de 15 à 4 %.

III-2-3- LES CALCIMETRIES

Les calcimétries ont été réalisées sur un calcimètre Bernard.

Nous avons réalisé pour chaque échantillon une calcimétrie sur la fraction inférieure à 0,040 mm et sur la fraction comprise entre 0,125 mm et 0,040 mm.

III-2-3-1- Les moraines rhodaniennes de la deuxième glaciation

* La fraction inférieure à 0,040 mm

La teneur moyenne en CaCO_3 est de 37 % avec un maximum à 51 % et un minimum à 19 %.

Ces teneurs sont en accord avec les teneurs moyennes mesurées dans les moraines supérieures des sondages d'Evian, 41 % (B. Blavoux, 1965) et du sondage de Chessy 41 %, (M. Dray 1970).

* La fraction comprise entre 0,125 mm et 0,040 mm

La teneur moyenne en CaCO_3 est de 39 %, donc comparable aux valeurs précédentes.

* Les sables et argiles des moraines

			< 0,040 mm	0,125 mm — 0,040 mm
<u>Crêt Thollon</u>	Sables	2 m	45 %	49,5 %
	Sables	6 m	47 %	41 %
	Argiles	1 m	51,5 %	54,5 %
	Argiles	8 m	47 %	52,5 %
<u>Bénant</u>	Sables	2 m	41 %	28 %
	Sables	4 m	47 %	27 %

Tableau 15 : Calcimétries des sables et argiles des moraines rhodaniennes

III-2-4-2- Les interstades de la seconde glaciation

Le tableau 16 récapitule les valeurs obtenues pour toutes les formations interstadias étudiées.

	Conglomérats		Sables		Argiles	
	<0,040mm	0,125 - 0,040mm	<0,040 mm	0,125 - 0,040mm	<0,040mm	0,125-0,040mm
Bernex	36 %	47 %			41 %	52,5 %
Les Racles	36,5 %	51,5 %				
Chez Bochet	29 %	51 %	49 %	62 %		
Grange Blanche					38,5 %	38,5 %
Moulin Gerbaz	32 %	30 %				
Roinsettes					32 %	27 %
Cône de déjection du Vernay	44 %	68 %				

Tableau 16 : Calcimétries des formations interstadias de la seconde glaciation

Dans les sondages d'Evian, la teneur moyenne en CaCO_3 est de 30 % pour les conglomérats interstadias et de 32 % dans le sondage de Chessy et cela pour la fraction inférieure à 0,040 mm.

On voit dans ce tableau que la fraction inférieure à 0,040 mm est moins riche en CaCO_3 38 % en moyenne contre 47 % pour l'autre fraction.

III-2-3-3- Les formations de bordure du glacier lors de son retrait

	Conglomérats		Sables		Argiles	
	< 0,040	0,125 - 0,040mm	<0,040 mm	0,125 - 0,040mm	<0,040	0,125 - 0,040mm
<u>Fin Chaffard</u>	Conglomérat supérieur		Sables fins		33 %	38,5 %
	32,5 %	39 %	29 %	42 %		
	Conglomérat moyen		Sables grossiers			
	21,5 %	30 %	29 %	33 %		
<u>Ferme de Cutle</u>	35 %	38 %	30 %	39 %		
<u>Carrière 497 (39)</u>	37 %	42,5 %				
(40)	34,5 %	36,5 %				
<u>Ruisseau de Coppy</u>						
Torrent 1	36 %	25 %	43,5 %	21 %		
Torrent 2	13 %	12,5 %	13 %	13,5 %	18,5 %	16 %

Tableau 17 : Calcimétries des formations de bordure du glacier rhodanien.

- A la Fin Chaffard, à la Ferme de Cutle, et à la carrière 497, les teneurs en CaCO_3 sont équivalentes à celles des moraines supérieures de la deuxième glaciation avec une teneur légèrement plus forte pour la fraction comprise entre 0,125 et 0,040 mm.

- Au niveau du ruisseau de Coppy on observe des teneurs plus faibles et on observe une grande variation entre les deux affleurements, les proportions varient du simple au double, ce qui pourrait refléter un changement dans la nature des apports durant la mise en place de ces formations.

III-2-3-4- Les dépôts postérieurs à la deuxième glaciation

* Les cônes de déjections

Les calcimétries ont été faites sur les niveaux conglomératiques du cône de déjection de Lugin.

	Pont Rouge	Veron		Les Combes
		Ech. 54	Ech. 69	
<0,040 mm	41,5 %	42,5 %	40 %	40 %
0,125 - 0,040 mm	55 %	56 %	58 %	53,5 %

Tableau 18 : Calcimétries du cône de déjection de Lugin

Pour le cône de déjection de Bret, les teneurs sont de 37 % pour la fraction inférieure à 0,040 mm et de 65 % pour la fraction comprise entre 0,125 mm et 0,040 mm.

* Les moraines de la récurrence glaciaire

. Vallée de l'Ugine

Fraction inférieure à 0,040 mm 38 % de CaCO_3

Fraction comprise entre 0,125 et 0,040 mm 65 % de CaCO_3

Pour les argiles, les teneurs en CaCO_3 sont beaucoup plus faibles 7 % pour la fraction inférieure à 0,040 mm et 20 % pour la fraction comprise en 0,125 mm et 0,040 mm.

. Thollon

Fraction inférieure à 0,040 mm 50 % de CaCO_3

Fraction comprise entre 0,125 et 0,040 mm 67 % de CaCO_3

. Vallée de la Morge

Fraction inférieure à 0,040 mm 53 % de CaCO_3

Fraction comprise entre 0,125 et 0,040 mm 66 % de CaCO_3

. Moraines de la rive du Léman

	0,040 mm	0,125 mm — 0,040 mm
Torrent	26,5 %	26,5 %
Pont neuf	36,5 %	47 %
Troublois	48 %	63 %
Bret	28 %	54 %
St-Gingolph (74)	60 %	74 %

Tableau 19 : Calcimétries des moraines de la récurrence glaciaire (rives du Léman)

III-2-3-5- Conclusion

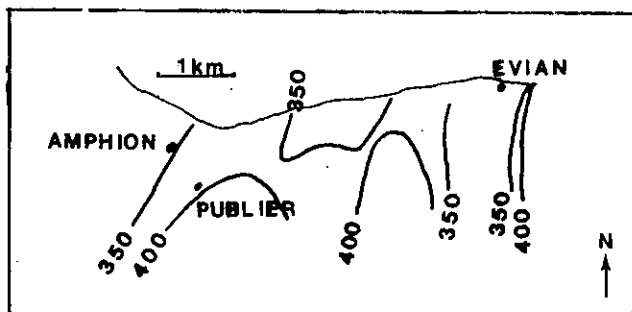
Les calcimétries que nous avons réalisées n'ont pas fourni les renseignements que nous en attendions ; la différenciation entre la calcite et les dolomies nous aurait peut être fournie plus de renseignements mais il nous aurait fallu réaliser les calcimétries au manocalcimètre.

Les teneurs en carbonates sont plus faibles dans la fraction inférieure à 0,040 mm; les écarts les plus importants entre les teneurs des deux fractions s'observent dans les sables interstadias et les formations de bordure du glacier rhodanien mais aussi les moraines de la recurrence glaciaire.

III-3- CARTES DES ISOHYPSES DU TOIT DU SUBSTRATUM SOUS LE PLATEAU DE GAVOT

III-3-1- LES CARTES REALISEES ANTERIEUREMENT

* La carte réalisée d'après les seules données de la CPGF (fig. 30) est à utiliser avec prudence car les données qu'elle fournit ne correspondent pas aux résultats des sondages mécaniques.



Il semble que ce qui est appelé substratum antéquatenaire, corresponde en réalité à un niveau imperméable des formations quaternaires.

Fig. 30 : Carte des isohypses du substratum antéquatenaire (d'après CPGF 1969).

* Deux autres cartes ont été réalisées :

- . La première d'après les seules données du B.R.G.M. (fig. 31) ;
- . La seconde d'après les données de la C.P.G.F. et du B.R.G.M. (fig. 32).

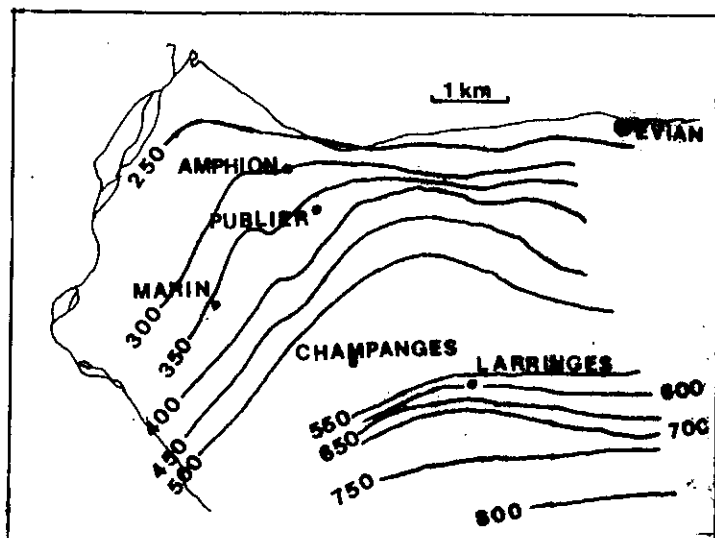


Fig. 31 : Carte des isohypses du substratum antéquatenaire (d'après B.R.G.M., 1971).

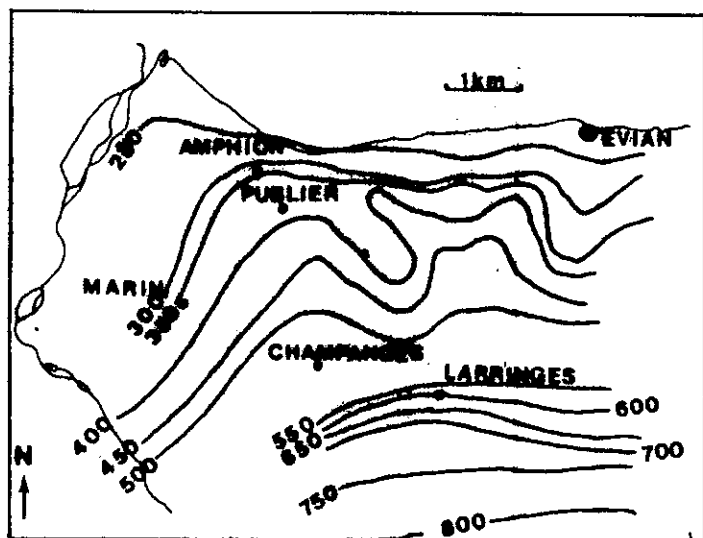


Fig. 32 : Carte des isohypses du substratum antéquatenaire (B.R.G.M., 1971 - C.P.G.F., 1969).

* Une autre carte a été réalisée par R. Vial et D. Jamier et reprise par C. Poncet (1977). C'est la carte la plus complète réalisée car elle utilise les données qui nous ont servi pour réaliser notre carte sauf les données géologiques dans la vallée de la Dranse.

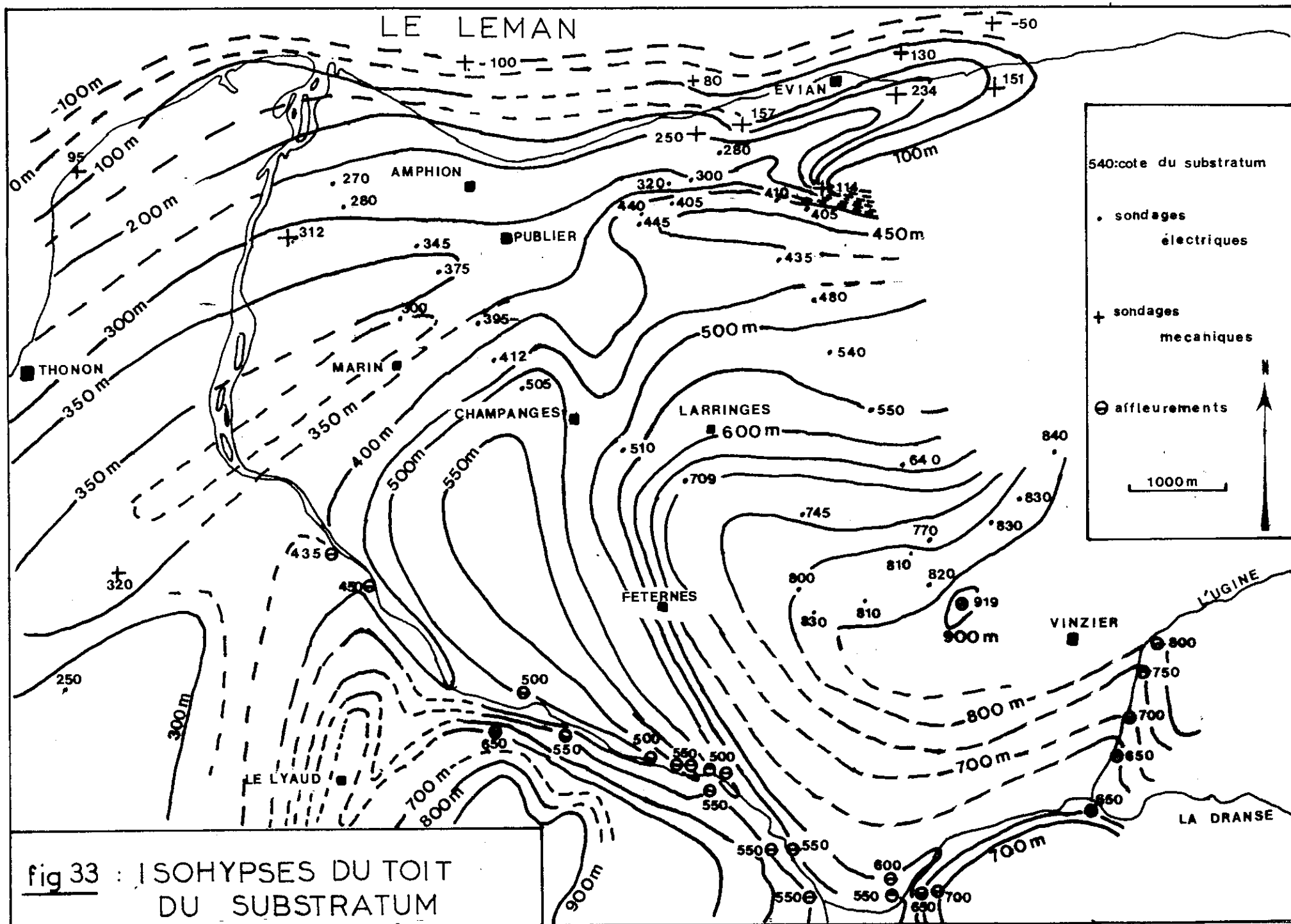
III-2-2- LA CARTE MODIFIÉE DES ISOHYESES DU TOIT DU SUBSTRATUM

Cette carte a été conçue à l'aide des données des campagnes géophysiques réalisées par la C.P.G.F. (1969), le B.R.G.M. (1971), par H. Buchli, A. et R. Paquin en 1973 (H. Buchli et al. 1976), à l'aide des données des forages mécaniques réalisées pour la S.A.E.M.E. et des données géologiques en particulier dans la vallée de la Dranse.

Si nous avons refait une carte des isohypses du toit du substratum c'est parce que la carte de R. Vial ne nous satisfait pas entièrement du fait de l'absence des données géologiques dans la vallée de la Dranse ; ces dernières en effet nous semblent indispensables pour essayer de donner une interprétation plus complète. Notre carte (fig. 33) ne concerne que la partie occidentale du plateau de Gavot car nous ne possédons aucune donnée sur la partie orientale.

Cette carte nous permet de voir une ancienne vallée de la Dranse localisée sous les villages de Fetermes, Champanges et Publier. Dans le secteur de Publier Amphion, à cette vallée semble correspondre le drain d'Amphion Publier dont a parlé C. Poncet (1977).

Le drain de Villa Magnin pourrait correspondre au surcreusement du substratum entre les sondages de Villa Magnin (molasse à la cote 250) et de la Gare (molasse à la cote 157).



Il faut noter que l'ancienne vallée de la Dranse passe sous le Moulin de la Gerbaz où l'on rencontre un conglomérat induré rattaché par certains auteurs au conglomérat des Dranses ; mais vu l'épaisseur du Quaternaire et étant donné qu'au point de départ de cette ancienne vallée le conglomérat des Dranses se situe juste au-dessus du Trias, on peut penser qu'il remplit le fond de la vallée, et cela voudrait dire que le conglomérat des Dranses a une épaisseur de 250 m au Moulin de la Gerbaz, ce qui nous semble improbable étant donné que l'épaisseur maximale de ce dernier dans la vallée de la Dranse est de 150 m environ ; c'est pourquoi nous avons placé le conglomérat du Moulin de la Gerbaz dans les formations interstadias de la deuxième glaciation.

L'existence de deux surcreusement SW-NE du substratum se voit nettement sur notre carte, il s'agit du surcreusement de Marin correspondant à la zone du chevauchement de la nappe du Gurnigel sur la molasse parautochtone et du surcreusement des Tours situé au Sud d'Evian.

La zone haute du substratum située au nord de ces surcreusement correspond au prolongement de l'anticlinal du Mont de Boisy comme nous l'avons déjà dit au paragraphe II.1.1.

Nous avons aussi déjà signalé que le surcreusement des Tours pourrait correspondre à la vallée creusée dans la molasse sous le Léman au large de Grande-Rive. Une autre vallée Est-Ouest semble exister au Sud des Tours et se poursuivre en direction de Publier.

III-4- LA MORPHOLOGIE DU QUATERNAIRE

III-4-1- LA MORAINES DE FOND

Elle forme la plus grande partie du recouvrement superficiel du plateau quaternaire.

Elle est constituée par une argile à blocs sablo-argileux où la proportion d'éléments inférieurs à 0,040 mm est de 35 % à l'Ouest et de 13 % à l'Est.

Quelques drumlins très peu élevés et peu étendus apparaissent sur cette moraine de fond.

III-4-2- LES VALLUMS MORAINIQUES

Ils sont nombreux et assez bien conservés sur le plateau de Gavot . Ils sont constitués par une argile à blocs. Dans celle-ci on rencontre des niveaux sableux ou conglomératiques bien individualisés comme dans la carrière de Crêt Thollon (fig. 24).

Les vallums ont une direction générale Est-Ouest traduisant un écoulement de l'Est vers l'Ouest du glacier du Rhône, mais quelques uns peuvent avoir une direction Nord-Sud.

Ils se regroupent en plusieurs familles qui sont du Nord au Sud :

- Les vallums Publier-Neuvecelle - Maxilly - Lugrin.
Altitudes inférieures à 500 m ;
- Les vallums de Marin les Trives
Altitudes de 500 à 600 m ;
- Les vallums de Champanges - St-Thomas - St-Paul
Altitudes de 650 à 850 m ;
- Les vallums de Larringes Lyonnet - Praubert - Thollon
Altitudes de 800 à 1000 m ;
- Les vallums du Mont-Bénant
Altitudes de 1200 m.

Des vallums existent au sein des moraines de la récurrence glaciaire dans les vallées de l'Ugine et de la Morge mais ils sont moins bien conservés que ceux du plateau de Gavot bien que plus récents.

III-4-3- LES CHENAUX ET LES SILLONS

Il n'existe pas de chenaux tels que ceux décrits par R. Vial (1976) dans la région de Thonon Douvaine, sur le plateau de Vinzier, hormis deux chenaux remblayés par du matériel graveleux des "Terrasses de Thonon", visibles en coupe dans la vallée de la Dranse. Le plus septentrional correspondrait au surcreusement de Marin dans le substratum.

De petits sillons existent de part et d'autre du Mont Bénant au Nord de Bernex.

Un autre sillon plus ou moins remblayé par des dépôts postérieurs existe entre le Mont Chalon et Lajoux. L'érosion du rebord nord du plateau de Thollon-Lajoux étant importante on ne suit plus ce sillon à l'Ouest de Lajoux mais il semble qu'il se poursuive vers l'Ouest en direction de Leucel.

III-4-4- LES TERRASSES

III-4-4-1- Les terrasses lacustres

Les terrasses lacustres sont les terrasses dites de 3m, 10 m et 30 m formant le delta de la Dranse.

III-4-4-2- Les Terrasses de Thonon

Il n'existe pas proprement dit de terrasse de ce type sur le plateau de Gavot ; par contre nous avons vu que des formations assimilables aux dépôts glaciolacustres des "Terrasses de Thonon" existent sur ce plateau en bordure de la vallée de la Dranse. Ces formations semblent être la limite orientale des "Terrasses de Thonon" proprement dites.

Les formations glacio-lacustres du ruisseau de Coppy sont de même type mais il nous semble que le lac dans lequel elles se sont formées n'était pas relié au lac des "Terrasses de Thonon" et était alimenté par un autre cours d'eau.

III-4-5- LES DEPRESSIONS

Il faut signaler aussi que l'on observe quelques dépressions au fond desquelles existent de petits étangs comme celui du Mottay . Nous pensons qu'il s'agit de dolines périglaciaires qui correspondent aux vouas du Bas Chablais. De nombreux marais et tourbières se sont formés dans des dépressions plus ou moins profondes rencontrées sur tout le plateau de Gavot.

III-4-6- CONCLUSION

Nous n'aborderons pas le problème de l'adaptation de la morphologie quaternaire à la structure du substratum puisque nous nous sommes basés sur cette hypothèse pour tracer les limites entre les différentes nappes existant sous le Quaternaire.

Mais à propos de ce problème nous voudrions aborder rapidement, car ce n'est pas notre sujet, le cas des eaux d'Evian. R. Vial (1976) a émis l'hypothèse d'un écoulement Est-Ouest les eaux au sein des formations quaternaires du plateau de Gavot . Cet écoulement se ferait donc parallèlement aux structures du substratum et grâce à la présence de drains l'eau s'écoulerait suivant une direction Sud-Nord vers Evian.

Nous avons déjà vu que le drain d'Amphion Publier se calque grossièrement sur l'ancienne vallée de la Dranse mais l'absence de prospection géophysique dans la partie orientale du plateau de Gavot nous empêche de savoir s'il existe des structures Nord-Sud et Est-Ouest dans le substratum. D'après la carte du toit du substratum (fig. 33) on peut penser que de telles structures existent.

Une étude géophysique très complète devrait être effectuée sur le plateau de Gavot, pour essayer de résoudre le problème de la structure du substratum, car cela donnerait un bon point de départ pour l'étude de l'écoulement des eaux. Cette étude géophysique devrait approfondir la partie occidentale du plateau car dans le secteur de Feternes-Larringes les données dont nous disposons sont peu nombreuses et en traçant les isohypses nous avons pu laisser échapper des structures inconnues.

Pour ce problème de l'origine des eaux d'Evian, si la connaissance de la topographie du toit du substratum est importante, il nous semble que celle du mur de l'aquifère de la nappe des eaux d'Evian l'est aussi car c'est elle qui pourra nous fournir des indications sur l'origine de ces eaux.

Jusqu'à présent deux théories s'affrontent :

. Origine sur le plateau de Gavot dans le secteur de Lyonnet, on a donc un écoulement Sud-Nord (B. Blavoux, 1965-1978) ;

. Origine plus à l'Est dans le Quaternaire et peut être dans le substratum. Donc écoulement Est-Ouest, puis Sud-Nord (R. Vial, 1976).

L'orientation des structures superficielles du plateau de Gavot (vallums) Est-Ouest, due au sens d'écoulement du glacier rhodanien, fait penser à l'existence de structures Est-Ouest au sein des formations quaternaires.

Ces structures nous semblent probables car pourquoi aurait-on des structures Est-Ouest au toit du substratum et à la surface des formations quaternaires et pas au sein de celle-ci, cela nous semble vraiment improbable.

Mais un autre apport à cette nappe des eaux d'Evian est à envisager par la zone occidentale du plateau de Gavot. Cet apport pourrait se faire par l'intermédiaire de drains se calquant sur l'ancienne vallée de la Dranse par exemple.

La combinaison de ces trois origines est éventuellement possible et c'est pour cela qu'il ne faut pas la négliger. En effet, le drain de l'ancienne vallée de la Dranse - Amphion Publier pourrait être alimenté par des circulations dans des drains Est-Ouest qu'il recouperait.

III-5- LA MISE EN PLACE DES FORMATIONS QUATERNAIRES DEPUIS 30 000 ANS

III-5-1- SCHEMA DE FORMATION DES STRUCTURES SUPERFICIELLES DU PLATEAU DE GAVOT

Nous avons déjà dit qu'à part les affleurements de la Fin Chaffard, de la Ferme de Cutle et du ruisseau de Coppy, les formations dites "Terrasses de Thonon" ne se rencontrent pas sur le plateau de Gavot. Nous rappellerons que ces formations correspondent à des dépôts deltaïques se faisant dans un lac de barrage glaciaire, latéral au glacier rhodanien. En fondant, le glacier provoque un abaissement progressif du lac donnant ainsi des terrasses étagées entre 730 et 420 m. Ces terrasses se sont formées entre 16 000 et 11 000 ans B.P.

Les seules formations de retrait que nous observons hormis les affleurements cités précédemment sont les vallums morainiques que nous avons regroupés en diverses familles étagées de 900 à 400 m sur le plateau de Gavot

Le schéma de formation de ces vallums est le suivant (fig. 34) :

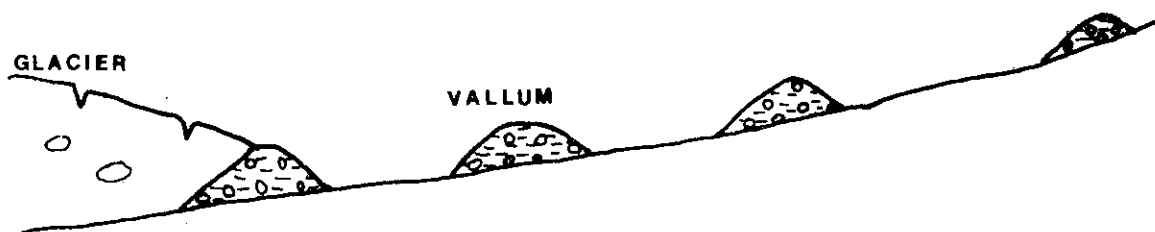


Fig. 34 : Schéma de formation des vallums morainiques

Lors du maximum de son avancée, le glacier dépose les vallums les plus élevés puis la fonte provoquant un abaissement du glacier, celui-ci déposera un vallum topographiquement plus bas et ainsi de suite, ce qui donne la série de vallums étagés entre 900 m et 400 m.

III-5-2- LE RETRAIT DU GLACIER RHODANIEN DU PLATEAU DE THOLLON

Sur le plateau de Thollon, on peut mettre en évidence grâce à la morphologie divers stades de stationnement du glacier, nous allons expliquer ces divers stades (fig. 35).

Nous en avons déterminé cinq à l'aide des ressauts topographiques correspondant au rebord des zones de surcreusement du glacier.

Stade A :

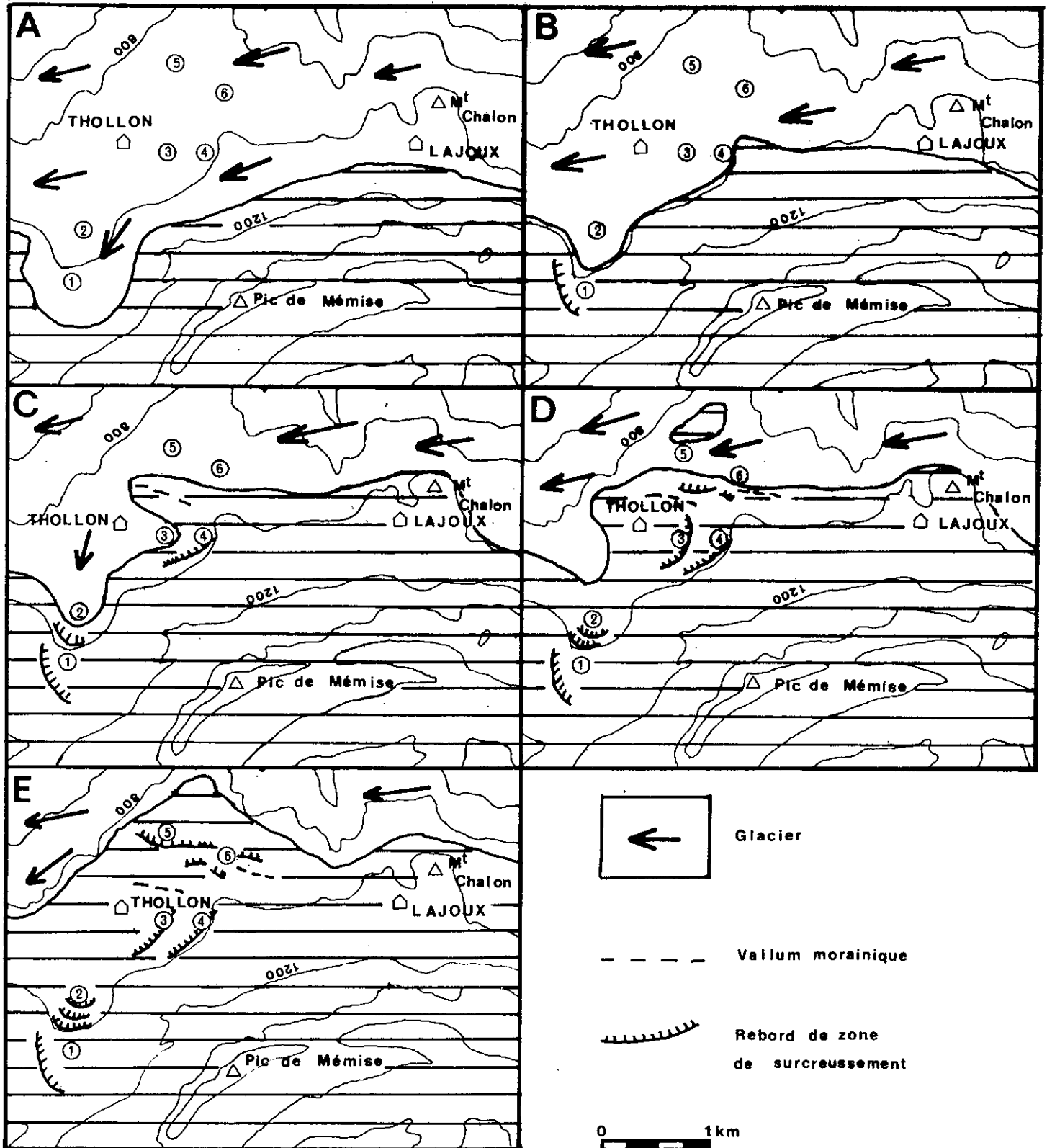
Le glacier recouvre tout le plateau et stationne à une altitude de 1100 m environ. Un ressaut topographique au-dessus des chalets du Lain est le témoin de ce stade.

Stade B

Le glacier venant toujours de l'Est arrive tout juste à passer par dessus le seuil de chez les Aires. Les ressauts topographiques de chez les Aires et du Chalet du Lain sont les témoins de ce stade.

Stade C

Le glacier ne passe plus par dessus le seuil de chez les Aires, il le contourne par le Nord, dépose le vallum de chez les Aires ; une langue glaciaire revient vers l'Est stationnant à l'altitude de 960 m ce qui donne le ressaut du Nouy. Les ressauts du Maravant et celui situé entre le Lain et le Fayet correspondent à ce stade.



- | | | |
|------------|------------------|---------------|
| ① LE LAIN | ③ LE NOUY | ⑤ LEUCEL |
| ② LE FAYET | ④ CHEZ LES AIRES | ⑥ LE MARAVANT |

(équidistance des courbes de niveau : 200m)

fig35 : Les stades de retrait du glacier rhodanien sur le plateau de Thollon

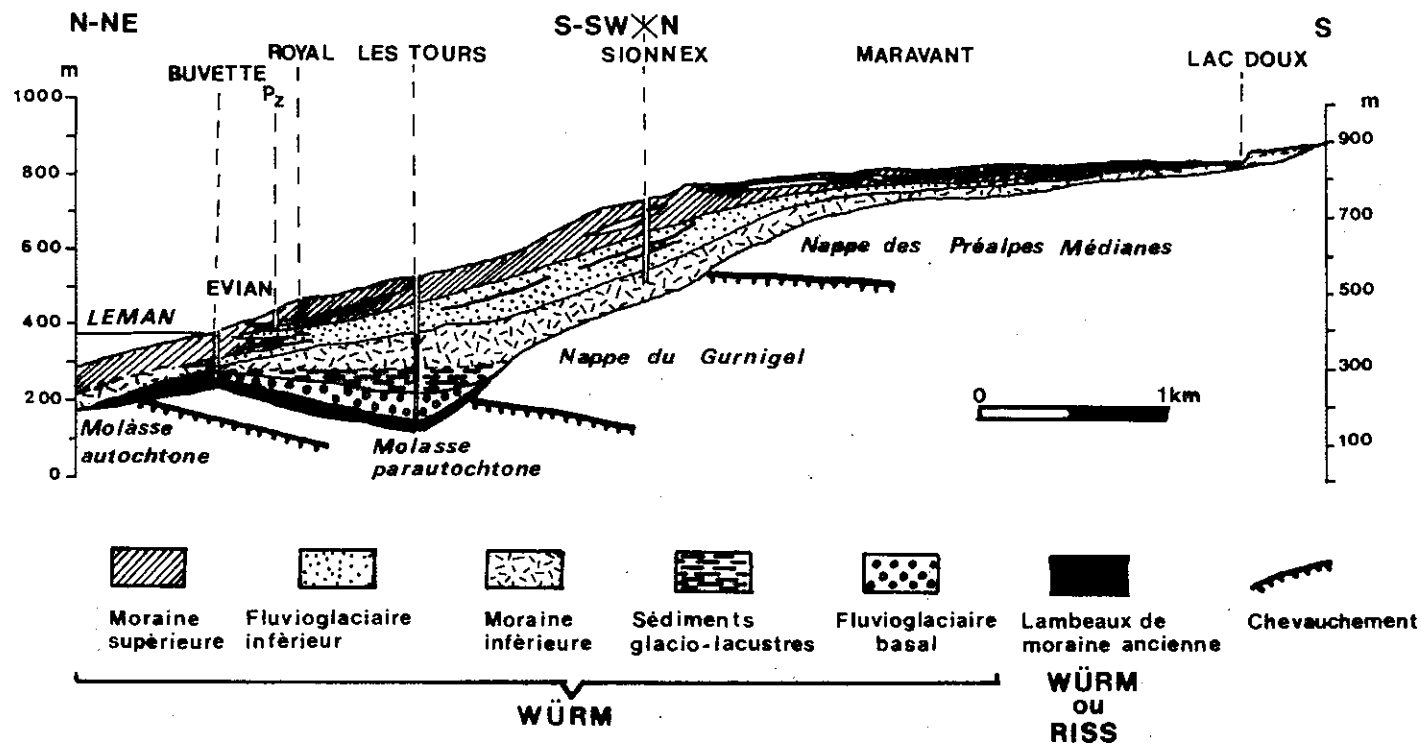


fig36 : Coupe du plateau de Gavot

Stade D

Le glacier a presque définitivement quitté le plateau de Thollon. Il est encore présent entre les hameaux de Leucel et du Maravant et au Fayet. Ce stade est mis en évidence par les ressauts du Maravant et de la Ferme du Fayet.

Stade E

Le glacier a quitté le plateau. De petits glaciers réapparaîtront ensuite lors de la récurrence glaciaire mais ces glaciers seront d'origine locale.

III-5-3- LA COUPE DU QUATERNAIRE DU PLATEAU DE GAVOT

Cette coupe (fig. 36) a été réalisée par B. Blavoux (1978) à partir des données des forages mécaniques effectués pour la S.A.E.M.E.

Cette coupe montre de la base au sommet la succession suivante :

- Moraine ancienne (Riss ou Würm) ; il s'agit de ce que nous avons appelé moraine de la première glaciation ;
- le fluvioglaciaire basal dans lequel on rencontre des eaux bicarbonatées sodiques ;
- Sédiments glacio-lacustres ;
- Moraine inférieure formant la base des formations de la seconde glaciation (Würm). Il s'agit d'une argile à blocs grise ;
- Fluvioglaciaire inférieur, c'est l'aquifère des eaux type Evian. Il est formé d'une alternance de graviers, sables, varves et craies ;
- Moraine supérieure terminant la deuxième glaciation Würm. Au sein de cette moraine on rencontre des formations interstadias. Ce sont celles que nous avons décrites au paragraphe III-1-3-2. Cette moraine supérieure est une argile à blocs gris-bleu.

Sur la figure 36, on remarque que cette coupe est complète dans le secteur d'Evian, mais que sous toute la partie sud du plateau on ne rencontre que les formations de la deuxième glaciation. Mais cela ne veut pas dire que les autres formations sont absentes sous la partie sud du plateau, cette absence pouvant provenir d'une érosion.

III-5-4- LE GLACIER RHODANIEN SUR LE PLATEAU DE GAVOT DEPUIS 30 000 ANS

Nous nous intéressons au glacier rhodanien de la deuxième glaciation (Würm) et aux glaciers internes des Préalpes qui lui étaient associés.

III-5-4-1- La formation des anciens lacs des vallées de l'Ugine et des Dranses

C'est durant la période de dépôt de la moraine inférieure de B. Blavoux que le glacier rhodanien et les glaciers préalpins eurent leur plus grande extension. Il n'y avait que les principaux sommets qui émergeaient au-dessus du glacier. C'est très certainement durant cette période que le glacier a déposé les moraines du Mont Bénant, des Trables et du Mont Baron.

Après cette période, il y a eu dépôt de la formation aquifère contenant les eaux d'Evian ; ce dépôt est daté de l'interstade de Paudorf (26 000 ans B.P.).

Puis le glacier rhodanien et les glaciers locaux ont effectué une nouvelle avancée moins importante que la précédente. Le glacier rhodanien recouvre tout le plateau de Vinzier et celui de Thollon. Il a dû atteindre une cote maximale de 1100 ou 1050 m. C'est ce glacier qui a barré les vallées de l'Ugine et des Dranses d'Abondance et de Morzine dans lesquelles se sont formés des lacs dont nous allons expliquer la formation (fig. 37).

Premier stade :

Le glacier du Rhône barre la vallée de l'Ugine du niveau de Bernex et le glacier de la Dent d'Oche descendait jusqu'au Charmet. Le torrent issue de ce dernier a donné un lac au fond duquel se sont déposées les argiles gris beige de Bernex et dans ce lac se jettent des torrents qui ont donné des cônes de déjection (Le Vernay, Creuzat, Bénant). La cote du lac devrait se situer autour de 970 m.

Dans les vallées des Dranses les glaciers préalpins rejoignaient le glacier du Rhône.

Deuxième stade :

Il y a régression des glaciers. La cote du lac dans la vallée de l'Ugine baisse pour arriver à 870 m à Grange Blanche. Cette cote fut la cote la plus basse pour le lac de la vallée de l'Ugine.

C'est à ce moment que se déposent les formations de la plaine des Faverges. Il y a d'abord dépôt des argiles grises et sur chaque rive du lac des cônes de déjection. Le torrent issu du glacier de la Dent d'Oche dépose un cône de déjection très surbaissé (formation des conglomérats de Bernex et de la plaine des Faverges).

C'est durant cette période que se forment les lacs du Fion et du Biot.

Puis ces lacs ont disparu laissant la place à d'autres lacs comme celui où se sont formées les "Terrasses de Thonon".

A l'intérieur de la moraine supérieure on retrouve en formations argileuses lacustres comme aux Roinsettes et dans le sondage de Sionnex, et des formations conglomératiques comme au Moulin de la Gerbaz. Dans le sondage de Sionnex ces formations argileuses lacustres sont datées de 23 500 ans BP c'est-à-dire de l'interstade de Tursac. Nous pensons que ces formations sont antérieures aux dépôts lacustres de l'Ugine, du Fion et du Biot, qui eux sont antérieurs au dépôt des Terrasses de Thonon" (16 000 ans BP). Il nous est donc impossible de donner l'âge précis des dépôts lacustres puisque nous n'avons pas de datations, nous ne pouvons émettre qu'une hypothèse sur l'âge de ces dépôts qui se situent entre 23 000 ans et 16 000 ans BP.

III-5-4-2- Les stades de retrait glaciaires de Vinzier

C'est à partir de cette période que l'on peut se rattacher aux six stades de retrait définis par R. Vial (1976) dans le Bas Chablais ; les stades de retrait ne correspondent pas comme le précise R. Vial à un stationnement prolongé du glacier mais plutôt à des coupures constatées dans la chronologie des dépôts.

En se basant sur les familles de vallums morainiques on peut définir quatre stades de retrait auxquels s'ajoutent deux stades supplémentaires. Les six stades sont les suivants :

Premier stade :

Ce stade supplémentaire correspond à la formation des lacs de l'Ugine et du Fions qui se sont constitués après le maximum d'avancé du glacier ayant déposé les vallums les plus élevés du plateau de Gavot.

Deuxième stade :

Il correspond aux vallums de Larringes, Lyonnet, La Beunaz, Thollon ;

Le deuxième stade est l'équivalent du premier stade de R. Vial.

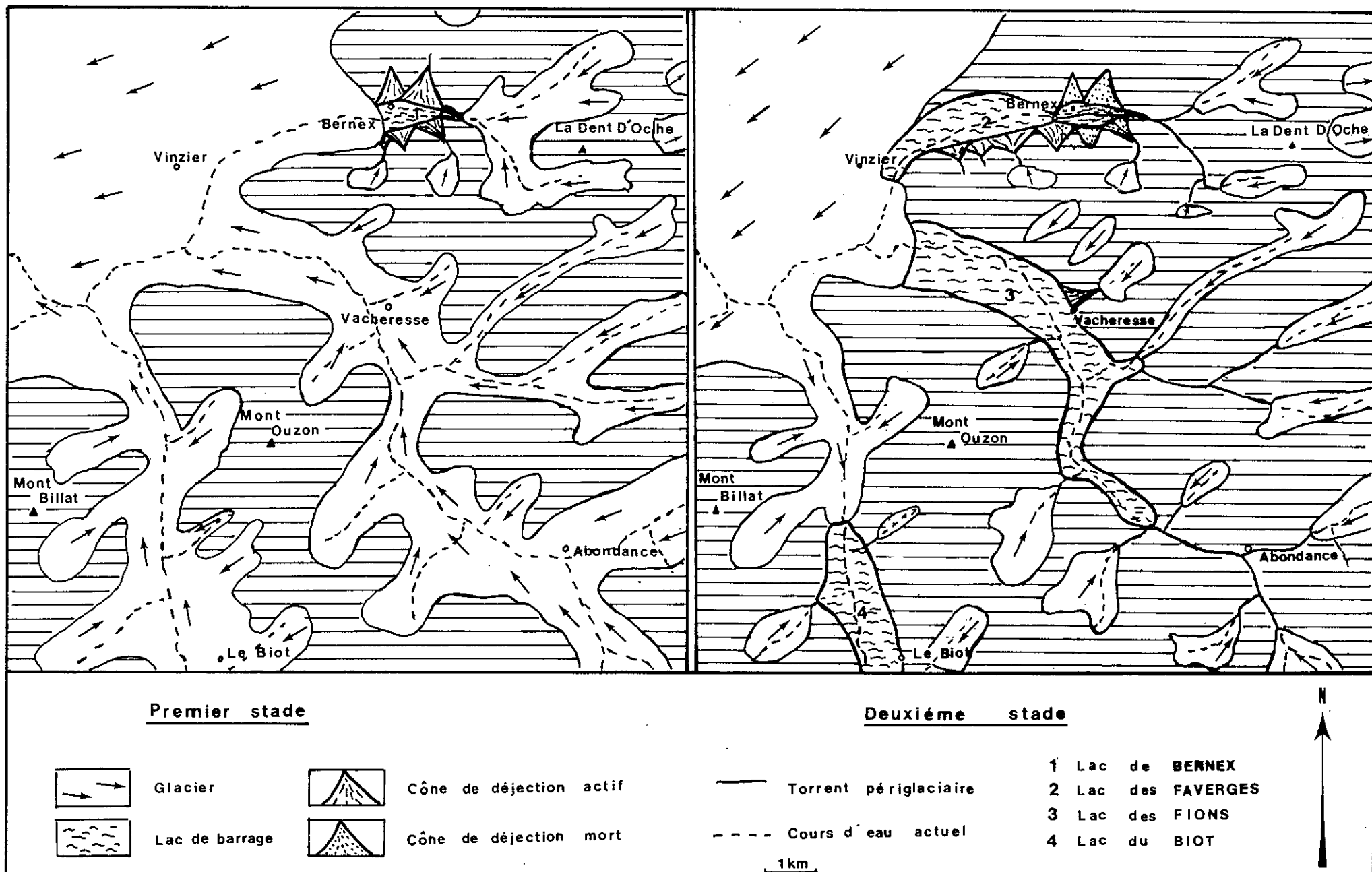


fig 37: Essai de reconstitution des stades de formation des lacs périglaciaires des vallées de l'Ugine et des Dranses

Troisième stade :

Il est responsable de la formation des vallums de Champanges, St-Thomas, St-Paul et des dépôts de la Fin Chaffard.

Il correspond au 2ème stade et au début du 3ème stade du R. Vial.

Quatrième stade :

Il s'agit du stade de formation des vallums de Moruel, Marin et des Trives et des dépôts de la Ferme de Cutle et de la carrière cotée 497 m.

Ce stade correspond à la fin du 3ème stade et au 4ème stade de R. Vial.

Cinquième stade :

C'est le stade de formation des dépôts de bordures du glacier dans la vallée, du ruisseau de Coppy et des dépôts torrentiels de Lugrin (cône de déjection).

Aucun vallum morainique n'est visible pour ce stade car les dépôts cités ci-dessus sont situés en bordure du Léman. Les vallums correspondant à ce stade doivent donc se situer sous le Léman.

Sixième stade :

C'est à ce stade que sont rattachés les vallums de Publier, Neuvecelle, Maxilly. Ils correspondent à la récurrence glaciaire que l'on peut déceler sur les basses terrasses de Thonon par la présence de lambeaux morainiques (R. Vial, 1976).

Ces moraines de la récurrence recouvrent le cône de déjection de Lugrin en-dessous de l'altitude 500 m.

Cette récurrence est responsable des moraines de Noville-Chessel actuellement enfouies sous les alluvions du Rhône (basse vallée du Rhône).

Cette récurrence date de 12 000 ans BP (older-Dryas).

Les glaciers locaux attribués à la récurrence glaciaire sont peut-être plus récents (10 000 à 11 000 ans BP).

Puis les glaciers quittent définitivement la région.

III-5-5- ESSAI DE CORRELATION ENTRE LES STADES DE RETRAIT GLACIAIRE DES RIVES DROITE ET GAUCHE DE LA DRANSE

Dans le tableau nous donnons un essai de corrélation entre les stades de retrait définis par R. Vial (1978) dans la région de Thonon Douvaine et ceux que nous avons déterminés sur le plateau de Gavot.

	Plateau de Gavot			Région Thonon Douvaine		
Age présumé	Stade	Vallum morainique	Dépôts lacustres et torrentielle	Stade	Vallum morainique	Dépôts lacustres
23 000 - 16 000 ans B.P. 16 000 ans BP	1		Les Faverges Les Fions			
	2	Thollon - La Beunaz - Lyonnet - Larringes		1	Résier le Lyaud	La Capite Le Ranard Bleu Le Lyaud-Orcier Maugy
	3	St-Paul,	La Fin Chaffard	2	Moachon - Perri- gnier - Macheron Les Blaves - Marcorens - Senoche	Draillant Cervens Pessin- ges, Bois de la Cour, Trossy Macheron
				3	Commelinges	Sur Lonnaz Perrignier Bons-Langin Ermitage Chavannes
	4	Moruel Marin, Les Trives	Ferme de Cutle	4	Messinges-Rehaty Chilly-Ferme de Genevrey	Versoie Lauzenette
				5	Chevrens-Messery Aubonne Messery-Esserts Culoz Champonnex-Chevi- lly Citadelle - Morey	Douvaine Chens Veigy Genevray Crête
				6	Yvoire-Excenevex Anthy - Marclaz	Funiculaire Concise Sechex Sciez, Ruisseau des Blaches
	5		Ruisseau de Coppo Lugrin			
	6	Publier, Neuvecelle Maxilly Bernex - Vacheresse - Novel			Réccurrence sur le Chablais	
12 000 à 11 000 ans BP						

CONCLUSION A L'ETUDE GEOLOGIQUE

L'étude géologique du Nord-Est du Chablais nous a permis :

- de réaliser une comparaison des séries stratigraphiques de la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques entre la frontière suisse à l'Est, la vallée de l'Eau Noire au Sud et la vallée de la Dranse au Sud-Ouest et à l'Ouest ;

- de mettre en évidence au sein de la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques des décrochements dextres ou senestres liés soit à la mise en place de la nappe de la Brèche provoquant une poussée Nord-Sud, soit à la combinaison de cette cause et de la persistance de la compression alpine Nord-Sud durant la mise en place des nappes des Préalpes chablaisiennes et après la fin de celle-ci ;

- de réaliser une carte des isohypses du toit du substratum sous le plateau de Gavot , ceci grâce aux données géologiques et géophysiques ;

- d'établir une chronologie dans la mise en place des formations glaciaires de la fin du Würm; cette chronologie nous a permis par ailleurs d'établir une corrélation entre les stades de retraits glaciaires observés sur le plateau de Gavot et dans la région de Thonon Douvaine.

DEUXIEME PARTIE

H Y D R O G E O L O G I E

INTRODUCTION

CHAPITRE IV : LES EXPERIENCES DE TRACAGES

CHAPITRE V : LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE

CHAPITRE VI : HYDROLOGIE

CHAPITRE VII : APPROCHE DU BILAN HYDROLOGIQUE

CONCLUSION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

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

L'étude hydrogéologique du bassin versant de l'Ugine rassemble les résultats que nous avons obtenus entre le 1er juillet 1976 et le 30 juin 1978.

Nous avons entamé cette étude dans le but de donner une approche du bilan hydrologique du bassin versant mais ce bilan n'a pu être réalisé qu'entre le 1er juillet 1977 et le 30 juin 1978. En effet, bien que le bassin versant soit équipé d'un limnigraphe au pont de Grange Blanche il ne nous a pas été possible d'en obtenir les résultats. Il a donc fallu installer un autre limnigraphe, au pont de Trossy, mais cela n'a pu se faire qu'à la fin du mois d'avril 1977.

Dans cette étude hydrogéologique nous aborderons successivement les expériences de traçage que nous avons réalisées, les caractéristiques du bassin versant, les paramètres hydrologiques et nous terminerons par le bilan hydrologique.

CHAPITRE IV

LES EXPERIENCES DE TRACAGE

Nous avons réalisé deux expériences de traçage ; un multitraçage dans le synclinal de Mémise et un traçage entre le plateau du Lain et le Fayet (plateau de Thollon).

IV-1- METHODOLOGIE DES TRACAGES

IV-1-1- LES TRACEURS UTILISES

Un produit utilisé comme traceur doit remplir les conditions suivantes :

- . Solubilité dans l'eau
- . Inexistence sur le secteur concerné
- . Stabilité par conservation de sa masse tout au long de son cheminement à travers le ou les milieux traversés. Il doit donc y avoir absence de réaction d'ordre physique, chimique, photochimique ou biologique. Le principal problème lorsqu'il y a des terrains argileux à traverser c'est le phénomène de rétention des traceurs par les particules argileuses.
- . Détection sélective et dosage à faible concentration
- . Absence de toxicité aux concentrations utilisées.

Nous avons donc choisi l'uranine qui a l'avantage d'être faiblement fixée et la rhodamine B qui a celui d'avoir un coût plus faible que la rhodamine WT. De plus, on peut les détecter à des concentrations de l'ordre de $5 \cdot 10^{-11}$ à $1 \cdot 10^{-11}$ (0,05 à 0,01 mg/m³), et il est relativement aisé de se procurer ces deux traceurs.

Dans le tableau 21, nous donnons les caractéristiques physicochimiques de ces deux traceurs.

	URANINE	RHODAMINE B
Formule	$C_{20} H_{10} O_5 Na_2$	$C_{28} H_{31} O_3 N_2 Cl$
Poids moléculaire	376	479
Forme ionique	anion	cation
forme commerciale	poudre solution aqueuse	poudre solution acétique
Solubilité dans l'eau	très bonne	faible (15 g/l)
Longueur d'onde d'absorption maximale (nm)	491 (jaune vert)	554 (orange)
Longueur d'onde de fluorescence maximale (nm)	514 (vert)	576 (rose orangé)
Autres traceurs fluorescents perturbant les mesures (inter- férences)	éosine	sulforhodamine G éosine rhodamine WT
Sensibilité photo- chimique	forte	peu sensible
Oxydation	sensible	peu sensible
Perte par rétention	très faible	importante
Utilisation industrielle		papeterie, imprimerie

Tableau 21 : Caractéristiques physico chimiques des traceurs fluorescents utilisés (cité dans Lemordant, 1977)

IV-1-2- L'ANALYSE DES PRELEVEMENTS

Le principe des appareils de mesure est basé sur le phénomène de fluorescence. Ce dernier est dû à certaines substances qui, soumises à l'action d'un rayonnement lumineux, émettent des radiations lumineuses dont la longueur d'onde, qui est caractéristique de la substance, est différente de la longueur d'onde de la lumière excitatrice.

Les analyses ont été réalisées au laboratoire de Chimie Analytique de la Faculté de Pharmacie de Grenoble. L'appareil utilisée est un spectrofluorimètre Farrand Mark I. Les concentrations minimales détectables sont de l'ordre de 10^{-10} à 10^{-11} (0,01 mg à 0,1 mg/m³).

L'intérêt du spectrofluorimètre par rapport au fluorimètre c'est de permettre la sélection de la longueur d'onde d'absorption lumineuse maximale et celle de la fluorescence maximale du produit fluorescent recherché.

Il en résulte une sélectivité qui permet dans les cas de très faible concentrations de traceurs, et de "bruit de fond" élevé, d'avoir la certitude que le signal fluorescent obtenu, est bien dû au traceur utilisé et non à des substances fluorescentes parasites telles que les matières organiques.

On peut ainsi identifier un traceur par l'obtention d'un spectre de fluorescence qui lui est caractéristique, et de doser indépendamment l'un de l'autre un couple de traceurs dont les spectres sont suffisamment éloignés.

C'est pour cela que nous avons choisi l'uranine et la rhodamine B, dont les spectres sont bien différenciées, pour le multitracage du synclinal de Mémise.

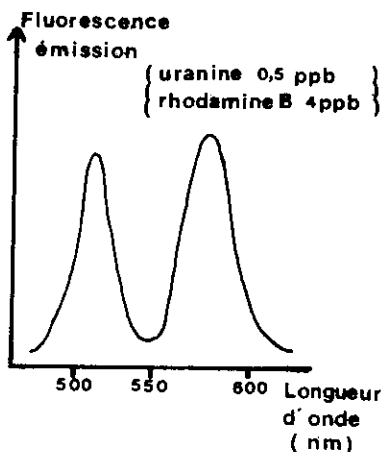


Fig. 38 : Spectre de fluorescence du couple de traceurs (uranine, rhodamine B) en solution dans l'eau, enregistrés lors de déplacements simultanés des longueurs d'onde d'excitation et d'émission dans un intervalle de 25 nm. (D'après H. Behrens cité dans Lemordant, 1977).

Ces deux traceurs présentent des longueurs d'onde λ d'excitation (491 et 514 nm) et λ d'émission (514 et 576 nm) qui diffèrent de $\Delta\lambda = 63$ nm et $\Delta\lambda = 62$ nm

IV-1-3- EXPLOITATION DES RESULTATS

IV-1-3-1- La distribution de temps de séjour

La restitution d'un traceur présente un étalément résultant du sort subi par chaque particule, notamment de leur trajectoire, cette dernière étant propre à chacune des particules.

La distribution des temps de séjour est représentée par la courbe "concentration en fonction du temps" appelée aussi courbe de restitution.

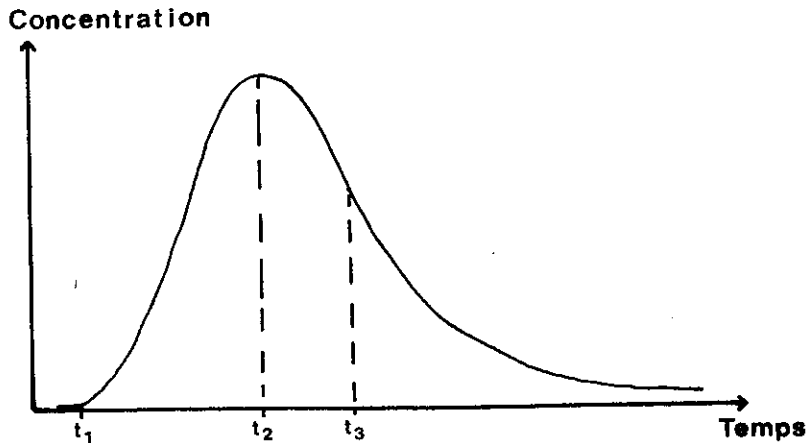


Fig. 39 : Distribution des temps de séjour

Cette courbe permet de déterminer.

- Le temps de transit des particules les plus rapides dans le transfert (t_1). Cette information est intéressante, dans le cas d'une simulation d'un rejet de pollution, pour la détermination d'un périmètre de protection.

- Le temps modal (t_2) ou temps de l'abscisse du sommet de la courbe, qui représente le temps le plus probable de transit du traceur.

- Le temps moyen (t_3) représentant le temps au bout duquel la moitié de la masse de traceur aura été restituée (cette masse étant la masse de traceur effectivement restituée et non la masse initiale injectée).

Comme on connaît la distance apparente de transit, on peut ainsi déterminer :

- la vitesse des particules les plus rapides ;
- la vitesse modale ou vitesse la plus probable ;
- la vitesse moyenne.

Il ne faut pas oublier que les vitesses ainsi obtenues peuvent varier énormément selon les conditions hydrologiques dans lesquelles peuvent être réalisés les traçages.

IV-1-3-2- Le bilan de restitution

La quantité de traceur restituée à un exutoire durant un intervalle de temps dt est égale au produit.

$$q \cdot c \cdot dt$$

où q et c sont respectivement le débit et la concentration à l'instant t .

Si l'on connaît, outre la distribution du temps de séjour, la variation du débit à l'exutoire, la masse totale de traceur restitué (M) s'obtient par l'intégration du produit ci-dessus et l'on a ainsi

$$M = \int_{t=t \text{ arrivée}}^{t = \sigma} q \cdot c \cdot dt$$

En comparant M à Mo, masse de traceur injectée, on obtient le taux de restitution du traceur. Les très faibles concentrations de traceurs jouent souvent un grand rôle dans l'obtention d'un bilan de restitution correct, c'est pour cela, que l'utilisation de traceurs mesurables à de très faibles concentrations, est nécessaire.

IV-2- LE MULTITRACAGE DU SYNCLINAL DE MEMISE

IV-2-1- LES BUTS DE L'EXPERIENCE

Les failles limitant ou traversant le synclinal de Mémise (failles de Pertuis, du Pic de Mémise, du Chesnay, des Chalets de la Plaine) nous permettent de subdiviser le synclinal en trois secteurs. Il semble logique de penser qu'il n'existe pas de communication entre ces secteurs et que les eaux qui s'infiltrèrent sur le synclinal de Mémise ne ressortent pas au niveau de celui-ci à cause de l'absence de source au niveau des falaises du Malm supérieur.

Nous avons quand même voulu vérifier cette hypothèse et savoir si le synclinal de Mémise appartient au bassin versant de l'Ugine c'est pour cela que nous avons réalisé cette expérience.

IV-2-2- PRESENTATION DE L'EXPERIENCE

IV-2-2-1- Les points d'injection

Après avoir parcouru tout le secteur central du synclinal de Mémise, il s'est avéré qu'il n'y avait que deux points d'injection possibles bien que l'on veuille vérifier si le synclinal se divise en trois secteurs du point de vue hydrogéologique.

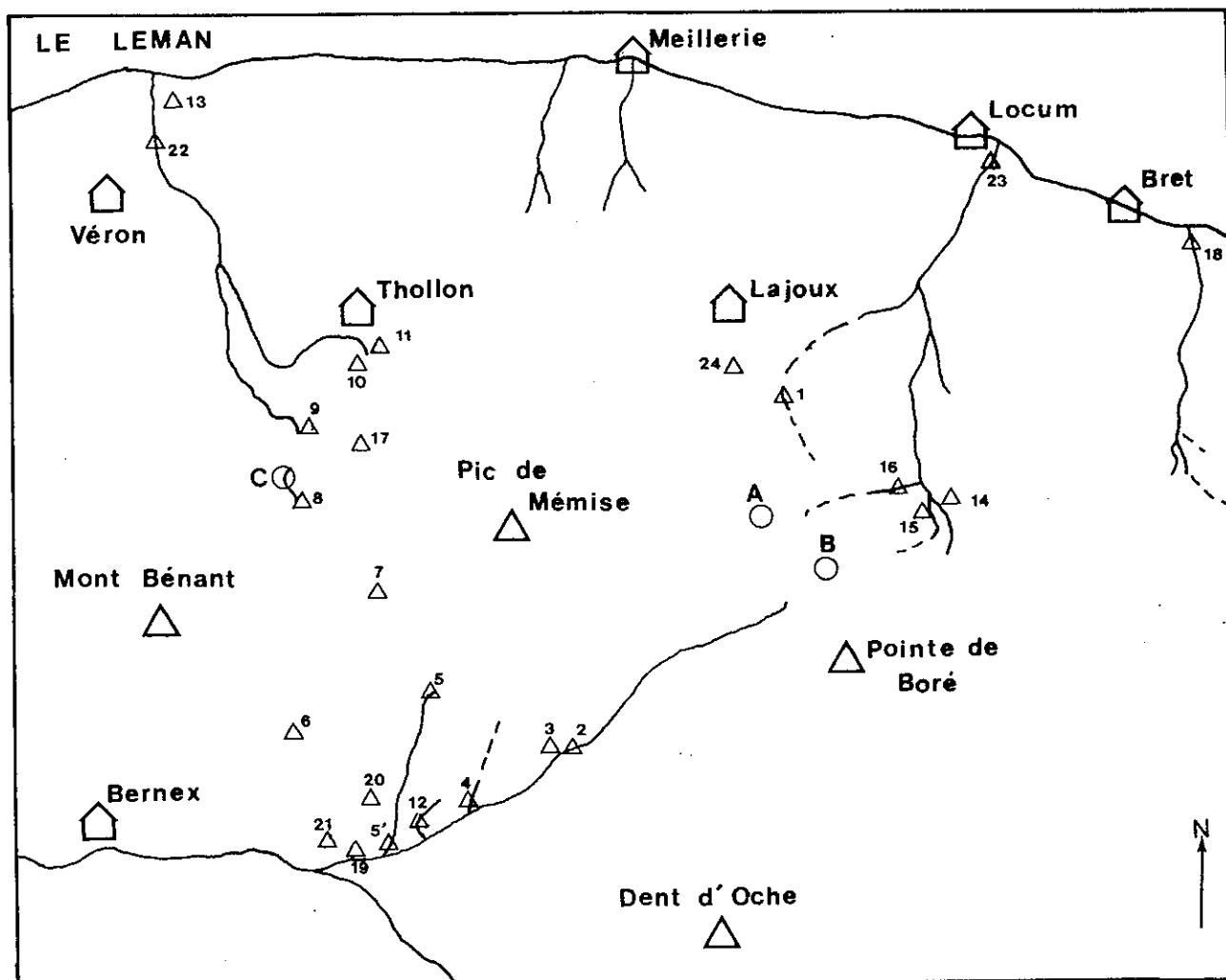
En effet dans le secteur ouest aucune source ne coule en permanence et en tout cas pas au moment de l'expérience et comme l'on n'avait pas la possibilité d'amener d'énormes quantités d'eau par citerne dans le vallon, on a donc été dans l'impossibilité de choisir un point d'injection dans ce secteur ouest. Nous allons expliquer le choix des deux points d'injection :

. Le point A situé au fond du vallon de Mémise à la cote 1575 a été choisi en raison de la disparition du ruisseau, issu de la source sortant du Flysch schisto-gréseux, sur une distance de 500 m environ. C'est en ce point que nous avons injecté l'uranine.

. Le point B a été choisi parce que le ruisseau issu du réservoir des Chalets de Mémise s'infiltré en totalité ou en grande partie. C'est en ce point que nous avons injecté la rhodamine B.

IV-2-2-2- Les points de prélèvements

N'ayant aucune connaissance particulière sur toutes les sources susceptibles d'être alimentées par les eaux venant du synclinal de Mémise, nous avons été obligés de prélever en 24 points différents dont certains ont été abandonnés en cours d'expérience soit du fait de l'évidence de leur non relation avec le secteur de Mémise soit du fait de leur tarissement en cours d'expérience ; ce fut le cas des points 10 à 11 à Thollon.



POINTS D'INJECTION

- A. Ruisseau du Vallon de Mémise (1575 m) C. Point injection du traçage
 B. Réservoir des Chalets de Mémise (1680 m) du Fayet (980 m)

POINTS DE PRELEVEMENTS

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| 1. Ruisseau du Creux des Esserts (1150m) | 12. Ruisseau (1060 m) | |
| 2. Ruisseau des Lanches (1200 m) | 13. Source de Pont Rouge (385 m) | |
| 3. Ruisseau de la Coutelle (1200 m) | 14. Ruisseau (1370 m) | } (Thollon) |
| 4. Ruisseau de la Frête (1120 m) | 15. Ruisseau (1400 m) | |
| 5. Source du Nant Bévin (1370 m) | 16. Ruisseau (1400 m) | |
| 5'. Nant Bévin (1040 m) | 17. Source (1010 m) | |
| 6. Captage de la Rase (1160 m) | 18. Ruisseau des Trois Loups (380 m) | |
| 7. Source du Bois de la Corne (1225 m) | 19. Source Cornus | } Captages de la
ville d'Evian |
| 8. Source du Lain (1016 m) | 20. Source Birraux | |
| 9. Source du Fayet (930 m) | 21. Source Jacquier | |
| 10. Source) (930 m) | 22. Ruisseau des Combes (445 m) | |
| 11. Source) (930 m) | 23. Ruisseau de Locum (380 m) | |
| | 24. Source du Creux des Esserts (1100 m) | |

fig 40 Points d'injection et de prélèvement du multitraçage du synclinal de Mémise

Les points de prélèvements éloignés sont les ruisseaux des Trois Loups à Bret (18) (Commune de Gingolph), de Locum (23) (Commune de Meillerie), la source de la carrière de l'entreprise Bochaton à Lugrin (13) et le ruisseau des Combes (22) (Commune de Lugrin) qui se jette dans le Léman à côté de la carrière citée ci-dessus.

Sur la figure 40 nous avons reporté les points d'injection et de prélèvements.

IV-2-2-3- Le déroulement de l'expérience

Les deux traceurs fluorescents ont été injectés le 24 mai 1977 à 14 heures, les prélèvements ont commencé le 24 mai à 18 h.

Les prélèvements ont été effectués toutes les 4 heures du 24 mai à 18 h au 26 mai à 7 h puis trois fois par jour les 26 et 27 mai puis à partir du 28 mai 2 fois par jour et cela jusqu'au 19 juin 1977. Il aurait été souhaitable en raison de la présence d'une importante masse de Quaternaire de réaliser une surveillance plus longue des points de prélèvements mais faute de moyens humains il n'a pas été possible de le faire.

Au point n° 5, on a pu disposer d'un préleveur automatique qui a effectué un prélèvement toutes les deux heures pendant 7 jours.

IV-2-3- LES RESULTATS DE L'EXPERIENCE

IV-2-3-1- La rhodamine B

Ce traceur fluorescent a été injecté au réservoir des Chalets de Mémise. Une quantité de 5,5 kg a été versée sous forme de solution alcoolique à 320 g/l. Malheureusement le ruisseau issu du réservoir ne s'infiltrait pas ou en très faible proportion ce qui a eu pour conséquence le transport direct de la rhodamine B dans le Lac Léman par le ruisseau de Locum.

Un calcul de restitution a pu être effectué au point n° 16 (Chalet de la Plaine) entre le 24 mai à 18 h et le 19 juin. Il est ainsi passé 700 g de rhodamine B en ce point. Entre le début du passage du colorant soit le 24 mai à 14 h 30 et le 24 mai à 18 h sa concentration moyenne fut de 0,003 g/l avec un maximum à 0,040 g/l (concentration déterminée sur des échantillons prélevés avant 18 h) ; il est ainsi passé 4 à 4,5 kg de colorant dans le ruisseau en plus de 3 heures. Etant donné la précision du calcul la différence entre la quantité de rhodamine B injectée et la quantité récupérée (300 à 800 g) il est impossible d'affirmer si une infiltration s'est produite.

Une éventuelle arrivée d'eau chargée de rhodamine n'a pas pu être mise en évidence en aval du point 16 étant donné que les prélèvements au point 23 n'ont commencé que lorsque ceux du point 16 ont été arrêtés soit le 5 juin.

La rhodamine n'a été retrouvée dans aucun des échantillons des autres points de prélèvements.

IV-2-3-2- L'uranine

Ce traceur a été injecté au point A et une quantité de 2,5 kg a été versée en solution alcoolique à 200 g par litre. Dans cette solution 80 g de soude avaient été ajoutés.

Après analyse de tous les échantillons prélevés, il s'est avéré que l'uranine n'était ressortie en aucun des points de prélèvements.

IV-2-4- ANALYSES DES RESULTATS

IV-2-4-1- Cas de la rhodamine B

Le fait que le ruisseau ne se soit pas infiltré vient très certainement d'une saturation en eau du sous-sol de ce secteur.

En effet la fonte des neiges sur le versant sud du vallon de Mémise ne s'est effectuée qu'entre le samedi 21 mai et le mardi 24 mai ; le samedi il y avait une couche de neige de 50 cm à 1 m d'épaisseur sur tout le versant sud et le mardi elle avait fondu en presque totalité. Ceci a donc eu pour effet de provoquer un apport d'eau important en une période très réduite et les fissures n'étant pas assez importantes en surface, (elles occupent 60 à 200 cm² par mètre carré de calcaire ce qui fait un rapport de surface de 2 à 0,6 % ; par contre en profondeur ces fissures s'ouvrent comme on peut le remarquer en divers endroits des falaises calcaires du synclinal de Mémise), il y a donc eu saturation très rapide de celles-ci et de plus la zone marécageuse que l'on peut observer à l'Ouest des chalets de Mémise était elle aussi saturée d'eau et cela même avant la fonte complète de la neige. Malgré ces constatations l'expérience a quand même eu lieu car il n'était pas possible matériellement de la reporter.

Donc le ruisseau qui s'infiltré dans les fissures situées après le réservoir mais qui alimente en partie la zone marécageuse n'avait plus la possibilité de s'infiltrer ce qui explique l'important débit se dirigeant vers le lac Léman (100 à 120 l/s).

Même si une petite quantité de rhodamine a réussi à pénétrer dans la zone marécageuse, elle s'est trouvée très vite diluée et a dû subir une rétention car c'est un traceur susceptible d'être fortement retenu par les complexes argilo-humiques.

IV-2-4-2- Cas de l'uranine

Tout d'abord, il faut préciser que, contrairement à la rhodamine elle s'est infiltrée. Au débouché du vallon de Mémise c'est-à-dire à l'échelle de Pertuis aucun ruisseau ne s'écoulait vers la vallée de Bernex après avoir passé la barre calcaire en cascade, on peut donc conclure que le ruisseau qui avait un débit de 20 l/s, s'est entièrement infiltré et l'uranine avec lui.

Le fait que l'on n'ait pas retrouvé l'uranine dans les sources et les ruisseaux du pourtour de la Montagne de Mémise est le résultat de plusieurs causes jouant simultanément :

* Les calcaires forment un aquifère important que l'on peut diviser en trois aquifères différenciés qui correspondent aux trois secteurs définis dans le synclinal. L'uranine se serait énormément diluée ce qui la rend indétectable aux sorties éventuelles par les méthodes d'analyses disponibles (0,05 à 0,01 mg/m³). Les réserves de ces trois aquifères ayant quelque peu diminué au cours de l'année 1976 on assisterait à une recharge de celles-ci ce qui explique le faible débit des sources du pourtour des calcaires durant la période de l'expérience. Ces sources ne seraient que des trop pleins des aquifères comme l'indique le schéma de la figure 42 ; c'est le cas en particulier de la source du Nant Bévin (5) qui en période de hautes eaux fournit un débit plus important et aussi celui d'une source apparaissant de temps à autre dans la falaise surplombant les chalets de la Plaine sous le point 1698. Cette source peut atteindre un débit de 100 l/s mais malheureusement à la date de l'expérience elle était tarie.

* Parallèlement à ces aquifères différenciés des calcaires, il existerait de petites nappes dans le Quaternaire comme celles des chalets du Lain ou du Fayet. Ces nappes se sont formées dans des alluvions remplissant des sillons glaciaires.

Les eaux quittant les aquifères calcaires soit par l'intermédiaire de failles soit lorsque le niveau des aquifères permet un écoulement vers le Nord vont rejoindre les nappes du Quaternaire. Il nous faut rappeler que le Quaternaire masque toutes les éventuelles sorties situées à la base des calcaires du Malm. Ces eaux doivent passer d'une nappe à l'autre soit par l'intermédiaire de niveaux plus perméables au sein des moraines soit par l'intermédiaire de ruisseaux de trop plein se perdant rapidement dans le sol comme c'est le cas entre les Chalets du Lain et la ferme du Fayet.

La présence de ces nappes se déversant les unes dans les autres de manière inapparente explique le peu de sources que l'on rencontre et surtout leur faible débit. Ces sources peuvent servir de trop plein à ces nappes et alors on observe une augmentation de leur débit, c'est ainsi que l'on peut expliquer la présence d'une source temporaire à 300 m au Sud-Est de l'église de Thollon. Ces sources en période normale, lorsqu'elles existent, sont alimentées par les eaux de la partie supérieure des formations superficielles. Toutes ces sources ne sont pas en relation directe avec les aquifères calcaires.

* Les grandes failles du synclinal de Mémise semblent jouer le rôle d'écran entre les différents secteurs tout en collectant les eaux vers l'extérieur du synclinal ce qui explique très certainement la présence de sources sur le trajet supposé des accidents sous le Quaternaire. C'est en particulier le cas de la faille du Pertuis qui passe vers la source du Bois de la Corne (7) et dans le secteur du Lain (8).

En conclusion le fait que les eaux du synclinal de Mémise aboutissent dans les formations quaternaires et y séjournent assez longtemps explique la non récupération de l'uranine qui a dû subir une dilution encore plus importante que celle acquise dans les aquifères calcaires et l'on peut penser que même si la surveillance des points de prélèvements s'était prolongée plus longtemps il n'aurait pas été possible de la détecter.

IV-2-4-3- Le devenir des eaux du synclinal de Mémise

Le devenir des eaux selon leur secteur d'origine est différent :

* Les eaux issues du secteur est alimentent les sources situées sur le pourtour des calcaires mais elles sont peu nombreuses ainsi que les sources des formations superficielles de la zone du secteur Lajoux-Chalets de la Plaine. Ces eaux ne participent pas à l'alimentation du bassin versant du ruisseau des Lanches, principal affluent de l'Ugine, car dans la partie sud du synclinal, c'est-à-dire dans le vallon des Lanches, les couches imperméables situées sous les calcaires montent au niveau de la faille du Chesnay à une altitude de 1650 m (c'est-à-dire à une altitude supérieure à celle du point le plus bas du secteur) et à l'exception de la faille de Chesnay sur le passage de laquelle n'existe pas de sources, il n'y a pas de failles traversant les couches perméables et imperméables donc susceptibles de conduire les eaux vers la vallée des Lanches.

* Les eaux du secteur central alimentent le Quaternaire au Nord.

Quant au flanc sud le problème est le même que pour le secteur précédent en effet les couches imperméables montent à une altitude de 1520 m au niveau de la faille du Pic de Mémise - Grand Mottay, (soit à la même altitude que celle du point le plus bas du secteur dans le vallon de Mémise), et les failles affectant les couches perméables n'atteignent pas les couches imperméables.

Ces deux secteurs malgré tout peuvent alimenter le bassin versant des Lanches par l'intermédiaire du ruissellement qui peut s'effectuer sur les falaises calcaires dominant la vallée mais cela ne représente qu'une infime partie des eaux tombant sur ces secteurs.

* Les eaux du troisième secteur alimentent les formations superficielles au Nord (source du Bois de la Corne, nappe du Lain) ainsi que le bassin versant du ruisseau des Lanches mais uniquement en période de hautes eaux car sur le flanc nord de la vallée de l'Ugine en période normale il n'existe pratiquement pas de sources et les seules existantes ont des caractéristiques chimiques excluant leur origine dans les calcaires. Comme la plupart des sources prélevées se situent à l'Ouest de la Montagne de Mémise, on comprend pourquoi l'uranine n'a pas été retrouvée dans les prélèvements puisque les sources ne sont pas en relation avec le secteur d'injection de ce produit.

A cause de la non récupération de l'uranine et de la présence d'une importante masse de Quaternaire masquant le contact entre les calcaires et les niveaux imperméables du Dogger, il est difficile de dire si les circulations des eaux se font selon les directions de pendage.

IV-3- LE TRACAGE DU FAYET

IV-3-1- BUTS ET PRESENTATION DE L'EXPERIENCE

Cette expérience avait pour but de vérifier l'hypothèse de l'alimentation de la nappe du Fayet par les eaux issues du trop plein de la nappe de Lain. En effet ayant émis cette hypothèse, nous avons appris qu'une expérience de traçage avait déjà été réalisée mais qu'elle s'était révélée négative. Mais ne sachant pas de quelle manière s'était réalisée cette expérience et doutant du prélèvement et de l'analyse d'échantillon nous avons donc décidé de refaire cette expérience.

Nous avons choisi le point d'injection à environ 300 m au Sud de la ferme du Fayet, c'est-à-dire avant que le ruisseau du Lain ne se perde. La source du Fayet constitue le point de prélèvement.

L'injection d'uranine (1 l de solution à 200 g/l) s'est faite le 20 septembre 1977 à 11 heures le débit d'injection était de 10 à 15 l/s.

Dans les prélèvements, nous avons pu disposer d'un préleveur automatique pendant 5 jours et ainsi les prélèvements se sont déroulés de la façon suivante :

- . Toutes les heures du 20 septembre à 11 h au 22 septembre à 11 h ;
- . toutes les deux heures jusqu'au 25 septembre à 17 h ;
- . deux fois par jour vers 7 h et 18 h du 26 septembre au 23 octobre.

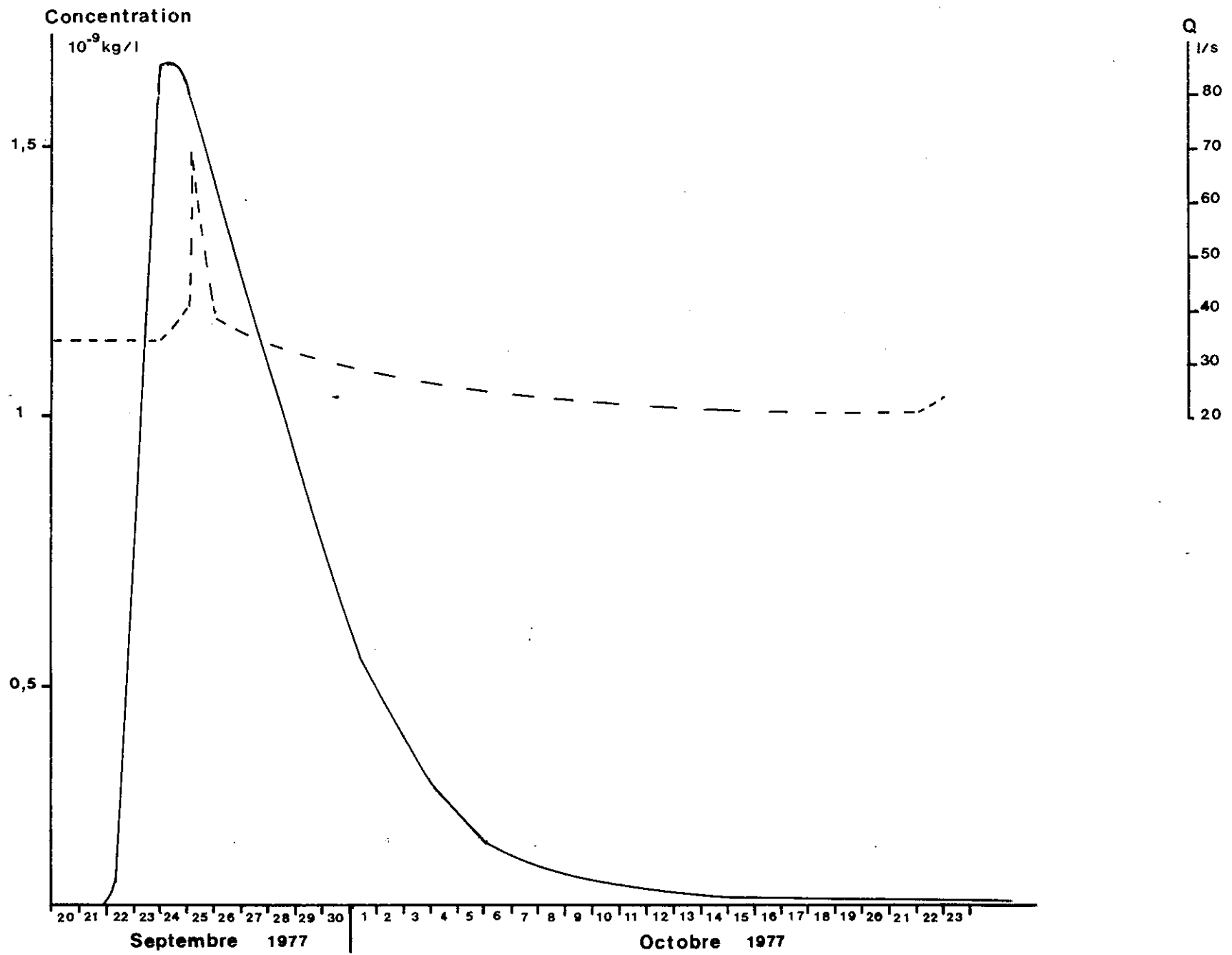


fig 41 : Courbe de restitution (traçage du Fayet)

IV-3-2- LES RESULTATS OBTENUS (Fig. 41)

On peut constater comme le montre la figure 41 que la restitution s'est produite en période de décrue et de tarissement, au moment de l'étiage de septembre-octobre, ce qui a contribué à donner une courbe de restitution étalée du fait de l'écoulement très lent du volume d'eau marqué.

Le traceur était encore détectable lorsque nous avons arrêté les prélèvements soit 31 jours après le début de la restitution.

. Les premières particules d'uranine apparaissent 37 heures après l'injection ;

. Le maximum de concentration a été observé 96 heures après l'injection ;

. Le temps moyen de transit est de 145 heures.

Compte-tenu de la distance apparante de transit de 300 m nous avons les vitesses de transit suivante :

Vitesse des particules les plus rapides : 8 m à l'heure

Vitesse modale : 3 m à l'heure

Vitesse moyenne : 2 m à l'heure.

Ces faibles vitesses sont normales étant donné que la circulation des eaux s'effectue dans les formations quaternaires argileuses.

Nous avons pu calculer la masse d'uranine restituée entre le 22 septembre et le 23 octobre 1977, celle-ci est de 30 g, il nous faut signaler que 29 g environ ont été restitués entre le 22 septembre et le 6 octobre.

Le taux de restitution serait ainsi de 15 %. Mais étant donné que la source prélevée représente 50 à 65 % de l'écoulement visible issu de la nappe dans le secteur et que des échantillons prélevés en divers points au même moment ont donné des teneurs comparables à celle de la source, nous pensons ainsi qu'en fait 45 à 60 g d'uranine ont été effectivement restitués et le taux de restitution sur l'ensemble des émergences de la nappe du Fayet est de 20 à 30 %.

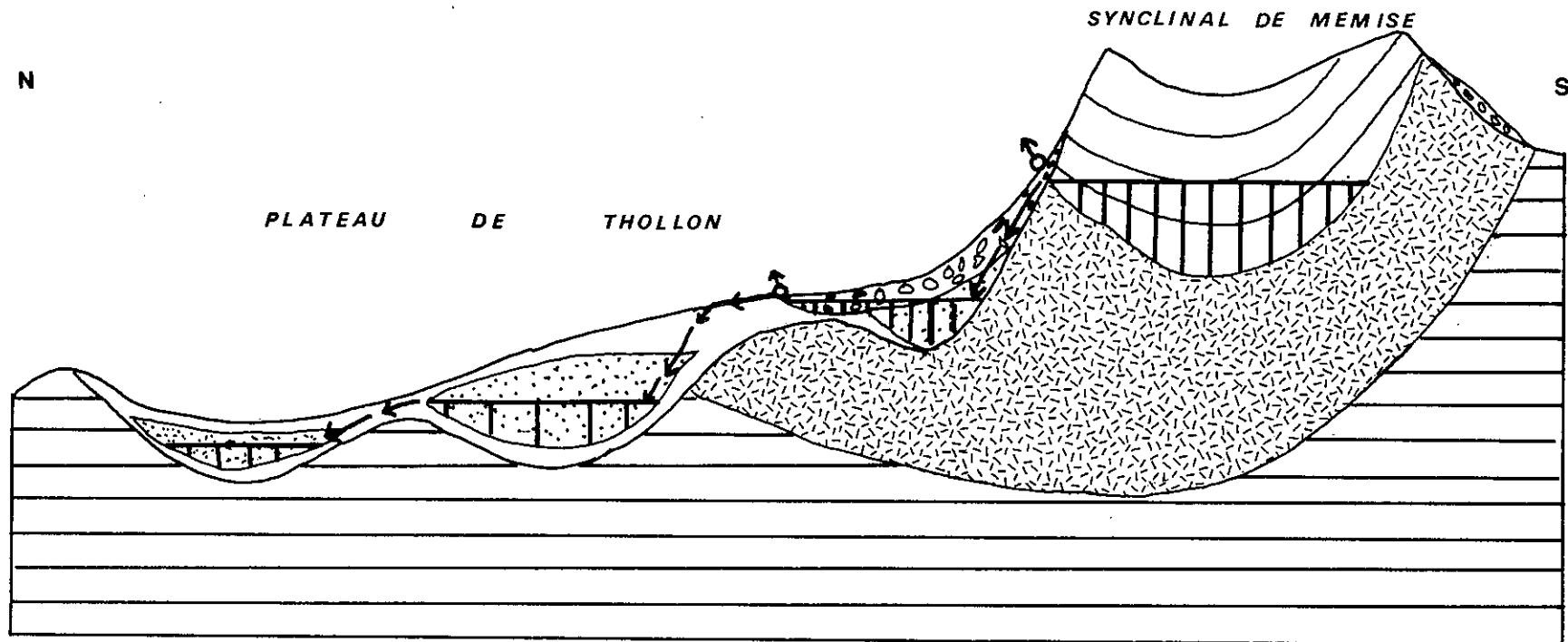
IV-3-3- CONCLUSION TIRÉE DE CETTE EXPERIENCE

L'hypothèse que nous avons émise s'est donc révélée exacte contrairement à ce que l'on avait pu nous affirmer.

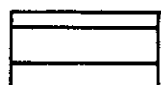
On peut expliquer le résultat négatif de l'expérience précédente par les faibles concentrations de restitution de l'uranine, ces concentrations étant bien en-dessous du seuil de détection à l'oeil nu (100 mg/m³).

Ce traçage confirme les relations entre les nappes dont nous avons supposé l'existence dans les formations quaternaires du versant nord de la Montagne de Mémise.

Les faibles vitesses de transit des particules expliquent aussi la non réapparition de l'uranine lors du multitraçage du synclinal de Mémise. Si l'on considère que la vitesse moyenne dans les formations quaternaires est de 1 à 2 m par heure, pour que les eaux parcourent 1500 m, distance entre les falaises de Mémise et Thollon, il leur faudrait 750 à 1500 heures soit 31 à 62 jours ; compte-tenu du temps de séjour dans les calcaires, le temps de réapparition serait ainsi d'au moins 35 jours.



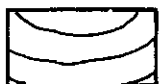
Substratum



Anté-Dogger



Dogger



Post-Dogger

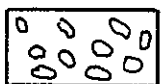
Quaternaire



Moraines



Remplissage
alluvial



Eboulis et
Ecoulement



Nappe aquifère



Circulation
des eaux



Source de
trop-plein

fig42: Coupe schématique montrant les relations entre les aquifères du plateau de Thollon et du synclinal de Mémise

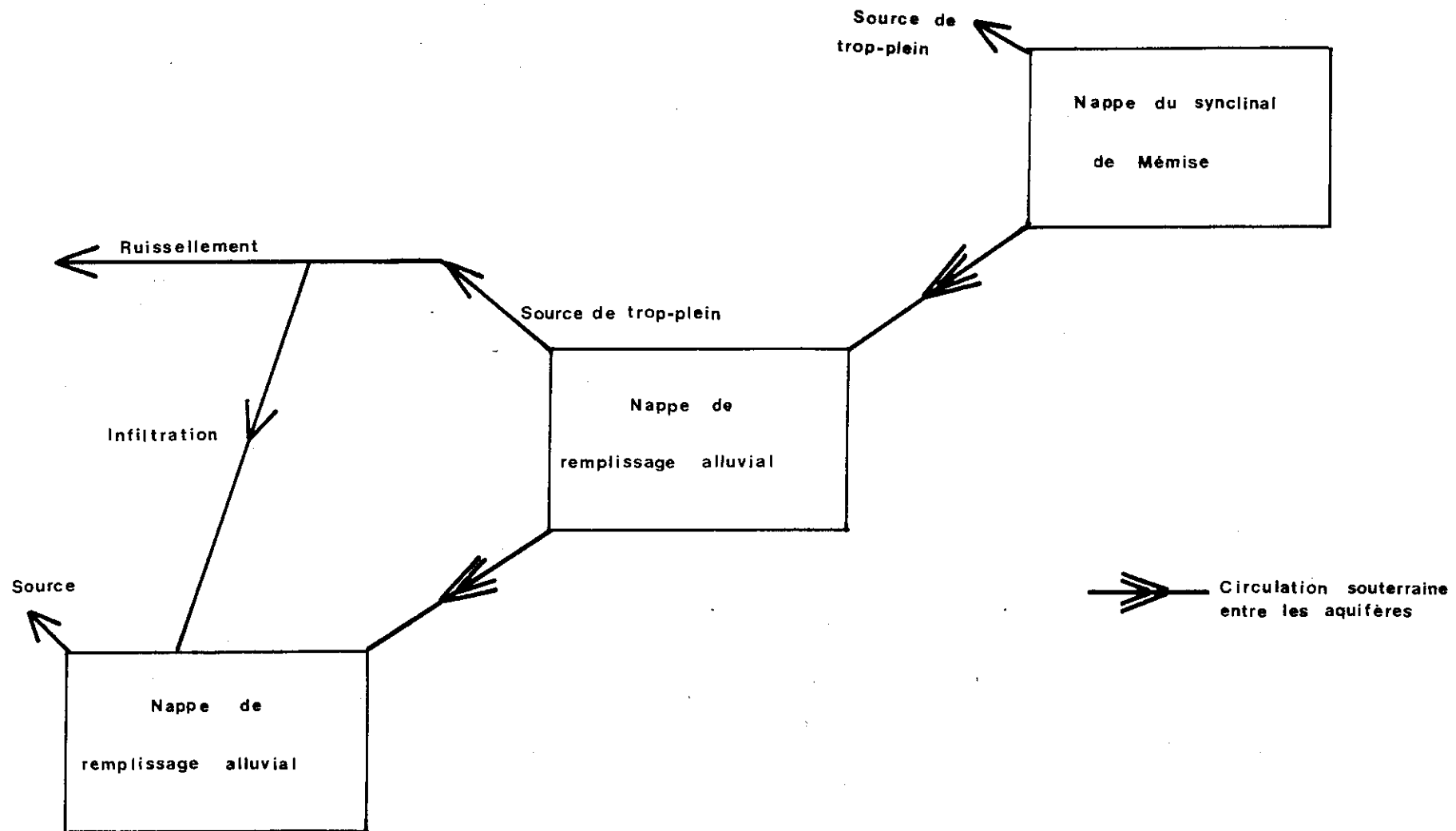


fig43 : Schéma de circulation des eaux entre le synclinal de Mémise et le plateau de Thollon

Nous n'avons pu prélever pendant tout ce temps, faute de moyens humains, et même si l'on avait placé des charbons actifs il aurait été difficile de déterminer si oui ou non il y a eu restitution de l'uranine compte-tenu des faibles concentrations que l'on aurait observées.

IV-4- CONCLUSIONS TIREES DES EXPERIENCES DE TRACAGE

Ces expériences de traçages bien que n'ayant pas donné exactement les résultats que l'on pouvait en attendre, nous permettent quand même d'apporter un certain nombre de réponses aux questions que l'on se posait :

- Le synclinal de Mémise, appartient au bassin versant géographique de l'Ugine, mais du point de vue géologique il n'en fait partie que dans une faible proportion.

- le synclinal de Mémise se divise en trois secteurs dans chacun desquels existe un aquifère bien différencié. La séparation du synclinal de Mémise en secteurs appartenant à des bassins versants différents se fait de la façon suivante :

- * Le secteur est qui alimente la zone de Lajoux-Chalet de la Plaine appartient au bassin versant du ruisseau de Locum.

- * Le secteur central alimentant la zone de Chez les Aires appartient au bassin versant des ruisseaux de Meillerie.

- * Le secteur ouest alimentant deux zones différentes appartient à deux bassins versants celui du ruisseau des Combes au Nord et celui de l'Ugine au Sud mais dans une plus faible part.

- Les nappes dans les remplissages alluvio-morainiques des zones de surcreusement du Lain et du Fayet sont en relation par l'intermédiaire d'un ruisseau se perdant dans les formations superficielles, formées d'un mélange d'éboulis anciens et de moraines.

Nous pensons que le ruisseau ne représente très certainement qu'une partie de l'alimentation de la nappe du Fayet par la nappe du Lain, le reste de cette alimentation se faisant par écoulement souterrain. Il nous faut signaler que les eaux issues de la nappe du Lain ne sont pas les seules à alimenter la nappe du Fayet comme nous le verrons au paragraphe VIII-2-2-2-.

- D'autres nappes de ce type existent très certainement sur le flanc nord de la Montagne de Mémise et sous le plateau de Thollon en particulier sous l'énorme écoulement constituant le replat de "Sur les Plagnes" au Sud de Thollon.

A l'heure actuelle nous ne possédons aucune donnée pouvant confirmer cette hypothèse, des études géophysiques seraient nécessaires pour cela.

- Le modèle de circulation des eaux entre le synclinal de Mémise et le plateau de Thollon est celui représenté sur les figures 42 et 43.

CHAPITRE V

LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE

Nous étudierons le bassin versant de l'Ugine en amont du pont de Trossy et en amont du pont de Grange Blanche.

V-1- LES LIMITES DU BASSIN VERSANT

V-1-1- LES LIMITES DU BASSIN VERSANT EN AMONT DU PONT DE TROSSY

Le bassin versant est limité :

- Au Nord par le Mont César (1574 m), le Pic de Mémise (1670 m) ;
- A l'Est par la Pointe de Boré (1978 m), le col de Neuva (1775 m), le col de Rianda (1885 m), la Dent d'Oche (2222 m), le Roc du Château d'Oche (2199 m) ;
- Au Sud par la Pointe de Pelluaz (1916 m), le col de Queffaux (1475 m).

La superficie totale est de 13,95 km².

Compte-tenu du fait que le synclinal de Mémise ne participe à l'alimentation du bassin versant que dans une très faible part, la superficie n'est plus que de 12 km² pour le bassin versant réel.

V-1-2- LES LIMITES DU BASSIN VERSANT ENTRE LES PONTS DE TROSSY ET DE GRANGE BLANCHE

Il est limité :

- Au Nord par le col de Creuzat (1176 m), le Mont Bénant (1286 m), la bordure méridionale du plateau de Gavot.
- Au Sud par le Mont Baron (1562 m), les Trables (1420 m).

La superficie du bassin versant en amont du pont de Grange Blanche est de 25,51 km² mais lorsque l'on en retire le synclinal de Mémise la superficie du bassin versant n'est plus que de 23,56 km².

V-2- LES CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES

Nous donnerons chacune de ces caractéristiques pour le bassin versant géographique et réel à l'amont des ponts de Trossy et Grange Blanche.

V-2-1- L'INDICE DE COMPACITE ET LE RECTANGLE EQUIVALENT

L'indice de compacité ou indice de Gravelius

$$(K = \frac{P}{2 \sqrt{S}} \quad \text{avec : } P \text{ égal au périmètre du bassin versant en km}$$

$$S \text{ égal à la superficie en km}^2$$

définit la forme du bassin. Il représente le rapport du périmètre du bassin versant avec le périmètre du cercle de surface équivalente ($K = 1$ pour un cercle ; $K = 1,25$ pour un rectangle 2,5 fois plus long que large ; $K = 1,41$ pour un rectangle 4 fois plus long que large).

Le rectangle équivalent représente le rectangle ayant le même périmètre et la même surface que le bassin versant. Sa longueur est appelée L, sa largeur l.

Bassin versant Caractéristique	Grange Blanche		Trossy	
	Géographique	Réel	Géographique	Réel
Périmètre (km)	25	24	17	16
Superficie (km ²)	25,51	23,56	13,95	12
K	1,386	1,384	1,274	1,293
L (km)	9,93	9,53	6,28	6
l (km)	2,57	2,47	2,22	2

Le bassin versant a une forme rectangulaire allongée selon une direction Nord-Sud à l'amont de Trossy mais selon une direction Est-Ouest à l'amont de Grange Blanche.

V-2-2- REPARTITION ALTIMETRIQUE (Fig. 44 et 45)

Dans le tableau 21', nous donnons la répartition altimétrique par tranche de 100 m pour le bassin versant de Trossy et par tranche de 200 m pour le bassin versant de Grange Blanche.

Sur les bassins versants géographiques, la tranche d'altitude de la plus fréquente est 1200-1400 pour Grange Blanche et 1500-1600 pour Trossy. Sur les bassins réels, ce sont les tranches 1200-1400 pour Grange Blanche et 1700-1800 pour Trossy. Si l'on considère sur le bassin versant de Trossy la tranche d'altitude de 200 m la plus fréquente est 1400-1600 pour le bassin géographique et 1200-1400 pour le bassin réel.

Ces résultats sont illustrés par la figure 44 où l'on remarque que pour le bassin de Grange Blanche 80 % de la superficie est comprise entre 840 et 1600 m et pour le bassin de Trossy entre 970 et 1700 m.

Bassin versant de Grange Blanche					Bassin versant de Trossy				
Tranche d'altitude (m)	Géographique		Réel		Tranche d'altitude (m)	Géographique		Réel	
	S (km2)	f (%)	S (km2)	f (%)		S (km2)	f (%)	S (km2)	f (%)
840 1000	4,67	18,31	4,67	19,82	970 1000	0,081	0,58	0,081	0,68
					1000 1100	0,713	5,11	0,713	5,94
1000 1200	5,20	20,38	5,20	22,07	1100 1200	1,081	7,75	1,081	9,01
					1200 1300	1,432	10,27	1,432	11,93
1200 1400	5,41	21,21	5,41	22,96	1300 1400	1,445	10,36	1,445	12,04
					1400 1500	1,501	10,76	1,413	11,78
1400 1600	4,9	19,21	3,86	16,38	1500 1600	2,367	16,97	1,411	11,76
					1600 1700	2,243	16,08	1,362	11,35
1600 1800	3,72	14,58	2,81	11,93	1700 1800	1,475	10,57	1,450	12,08
					1800 1900	1,056	7,57	1,056	8,8
1800 2000	1,4	5,49	1,4	5,94	1900 2000	0,344	2,46	0,344	2,87
					2000 2100	0,137	0,98	0,137	1,14
2000 2222	0,21	0,82	0,21	0,90	2100 2200	0,063	0,45	0,063	0,52
					2200 2222	0,012	0,09	0,012	0,10

Tableau 21' : Répartition hysométrique sur le bassin versant de l'Ugine.

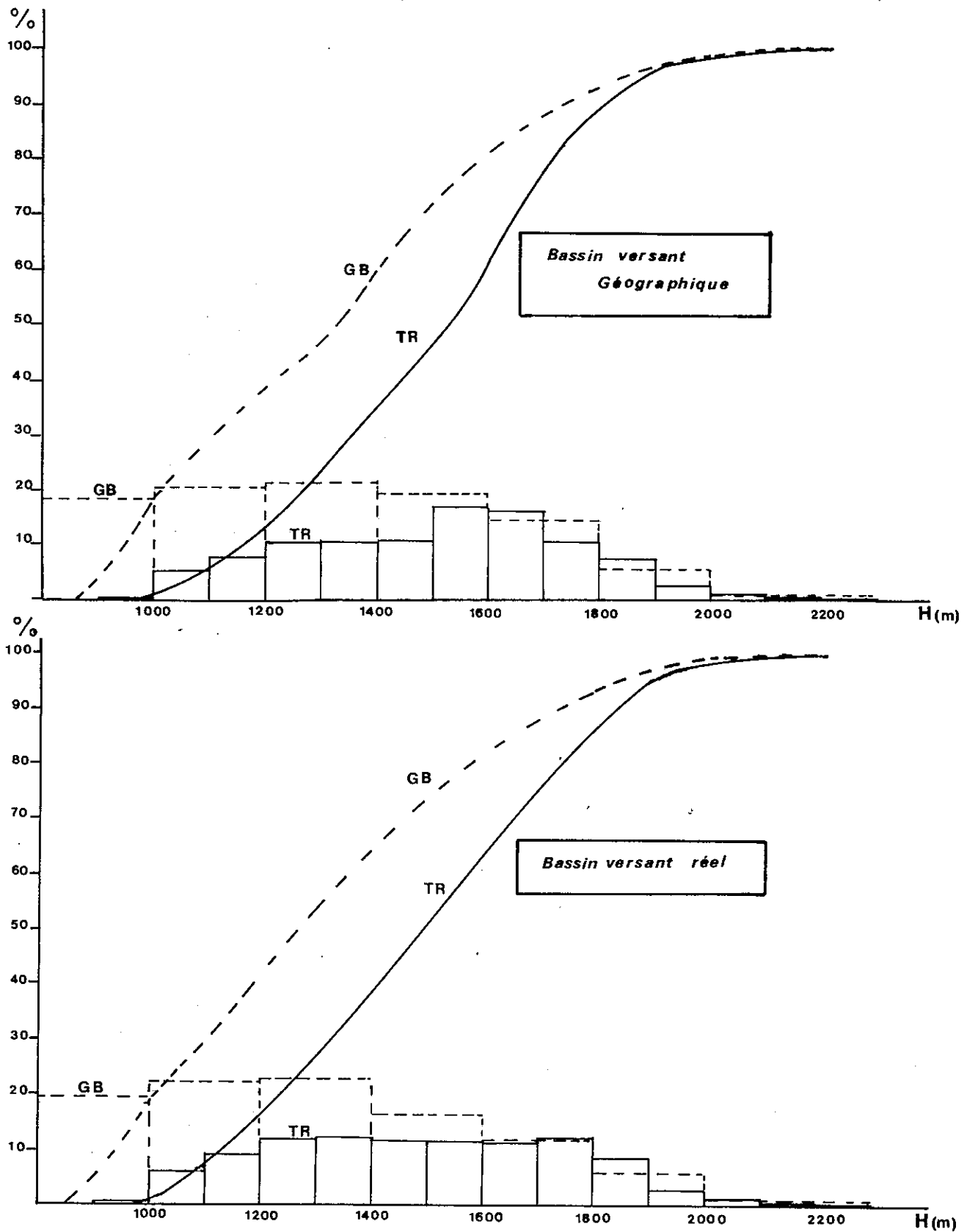


fig44 : Courbe de fréquence altimétrique(---) et courbe hypsométrique(—) du bassin versant de l' Uge en amont de Grange Blanche(GB) et de Trossy (TR)

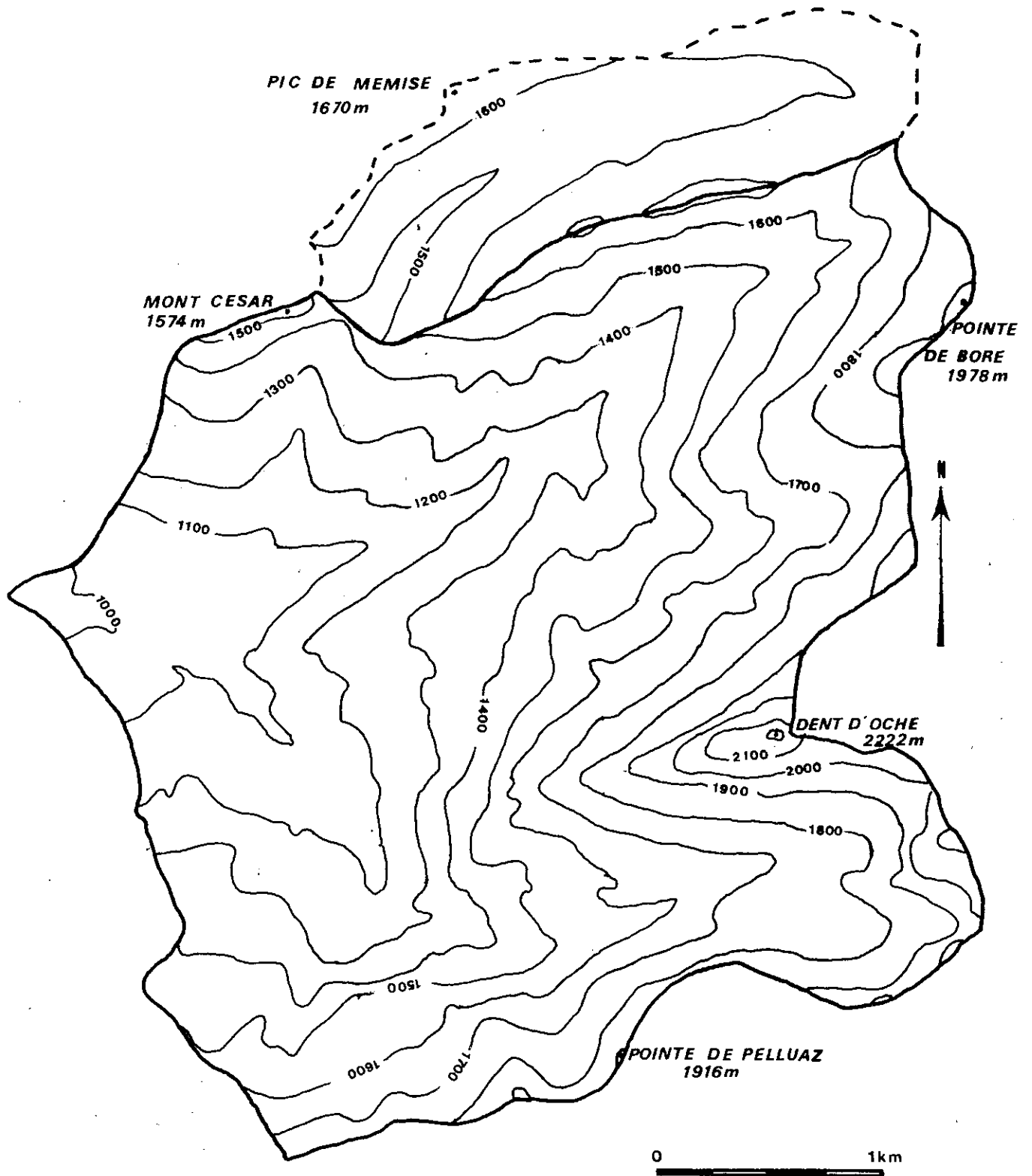


fig45: Carte hypsométrique du bassin versant de l'Ugine en amont de Trossy

V-2-3- ALTITUDES MOYENNE ET MEDIANE

L'altitude moyenne est calculée à partir de la formule

$$\bar{H} = \frac{\sum s R}{S}$$

ou $\bar{H}$ est l'altitude moyenne du bassin en m

R est l'altitude moyenne des tranches comprises entre 2 courbes de niveau en m

s est la superficie de ces tranches en m²

S est la superficie totale du bassin en m².

L'altitude médiane correspond à l'ordonnée 50 % de la courbe hypsométrique.

Dans le tableau suivant, nous donnons les résultats obtenus sur le bassin versant à l'amont des ponts de Trossy et Grange Blanche comparés aux valeurs obtenues sur le bassin versant complet de l'Ugine, sur les bassins versants du Brévon, et de la Dranse.

	Grange Blanche		Trossy		Ugine		Brévon	Dranse
	Géogr.	Réel	Géogr.	Réel	Géogr.	Réel		
$\bar{H}$ m	1320	1300	1506	1490	1265	1245	1180	1450
H m médiane	1310	1275	1540	1490	1240	1205	1210	1400
S km ²	25,51	23,56	13,95	12	29,07	27,12	86	500

On remarque que l'altitude moyenne et l'altitude médiane sont légèrement différentes, nous utiliserons l'altitude moyenne pour les calculs des températures moyennes et des précipitations moyennes sur le bassin versant.

V-2-4- INDICE DE PENTE

Pour définir la pente moyenne du bassin versant nous utiliserons l'indice de Roche (Ip).

L'indice de pente est la somme des racines carrées des pentes moyennes des tranches altimétriques comprises entre les courbes de niveau a_i et a_{i-1} , pondérées par la surface de ces tranches. Cet indice est facile à calculer à partir du rectangle équivalent.

$$I_p = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n x_i \sqrt{\frac{a_i - a_{i-1}}{x_i}}$$

où . L est la longueur du rectangle équivalent

. x_i est la distance séparant les courbes de niveau a_i et a_{i-1}

Si f_i représente la fraction de la surface totale du bassin versant comprise entre a_i et a_{i-1} , la formule précédente devient :

$$I_p = \sqrt{\frac{1}{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{f_i (a_i - a_{i-1})}$$

C'est cette formule que nous utilisons

Bassin Versant	Grange Blanche		Trossy	
	Géogr.	Réel	Géogr.	Réel
I_p	0,347	0,354	0,412	0,428

V-2-5- LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE (Fig. 46 et 47)

V-2-5-1- Le profil en long (Fig. 47)

L'Ugine de sa source dans le vallon d'Oche au pont de Trossy a une longueur de 3,7 km et jusqu'au pont de Grange Blanche de 7,2 km.

L'Ugine de sa source à la Fétuière a une direction Est-Ouest puis jusqu'à sa confluence avec le ruisseau des Lanches Sud-Sud-Est — Nord - Nord-Ouest, de nouveau Est-Ouest jusqu'aux Faverges et enfin Est - Nord-Est — Ouest- Sud-Ouest jusqu'au pont de Grange Blanche.

Il faut signaler que cette direction est pratiquement Nord-Sud peu après Grange Blanche.

Le ruisseau des Lanches a une direction Nord-Est - Sud-Ouest.

La figure 47 représente le profil en long de l'Ugine depuis Grange Blanche.

V-2-5-2- La densité de drainage

La densité de drainage d'un bassin versant est définie comme étant la longueur moyenne du réseau hydrographique par km².

$$D_d = \frac{\sum Li}{S}$$

avec $\sum Li$ = longueur totale du réseau hydrographique

S = superficie du bassin versant.

	Grange Blanche		Trossy	
	Géogr.	Réel	Géogr.	Réel
Li (km)	55,7	53,7	33,75	31,75
S (km ²)	25,51	25,51	13,95	12
Dd	2,18	2,28	2,42	2,65

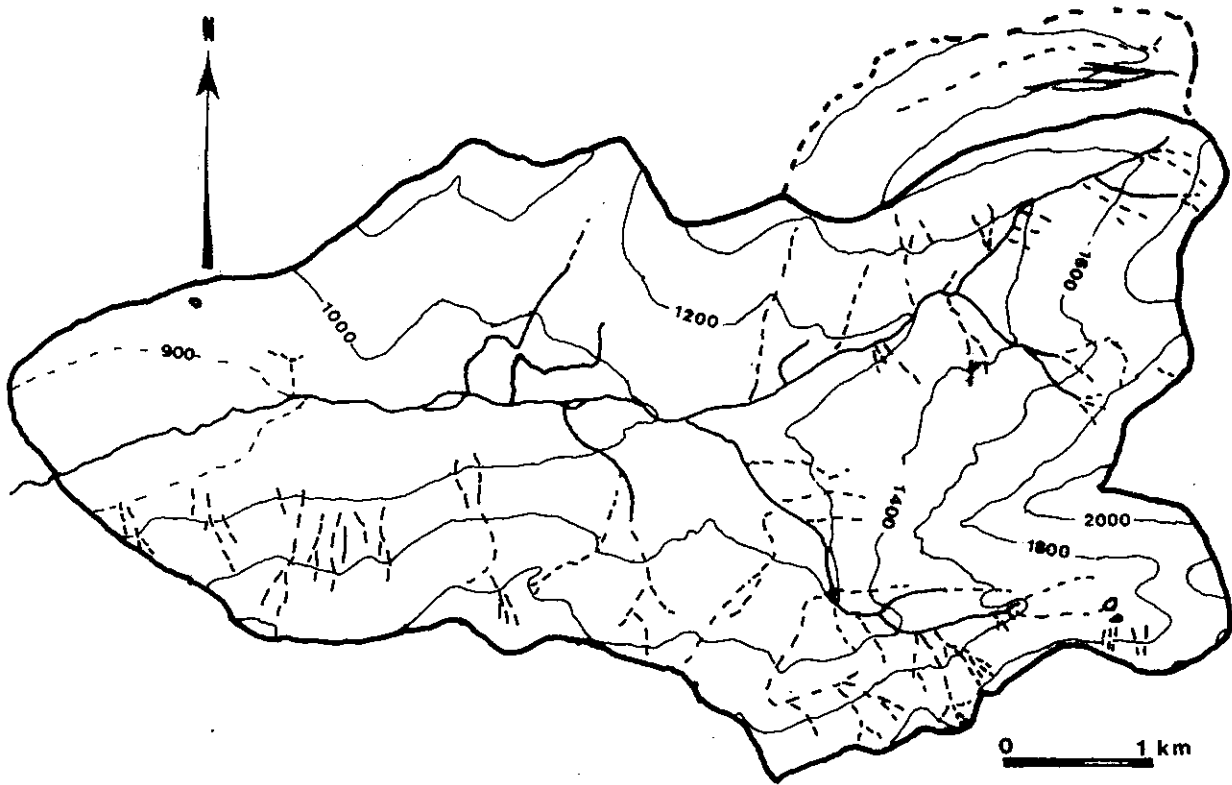


fig 46: Réseau hydrographique du bassin versant de l'Ugine

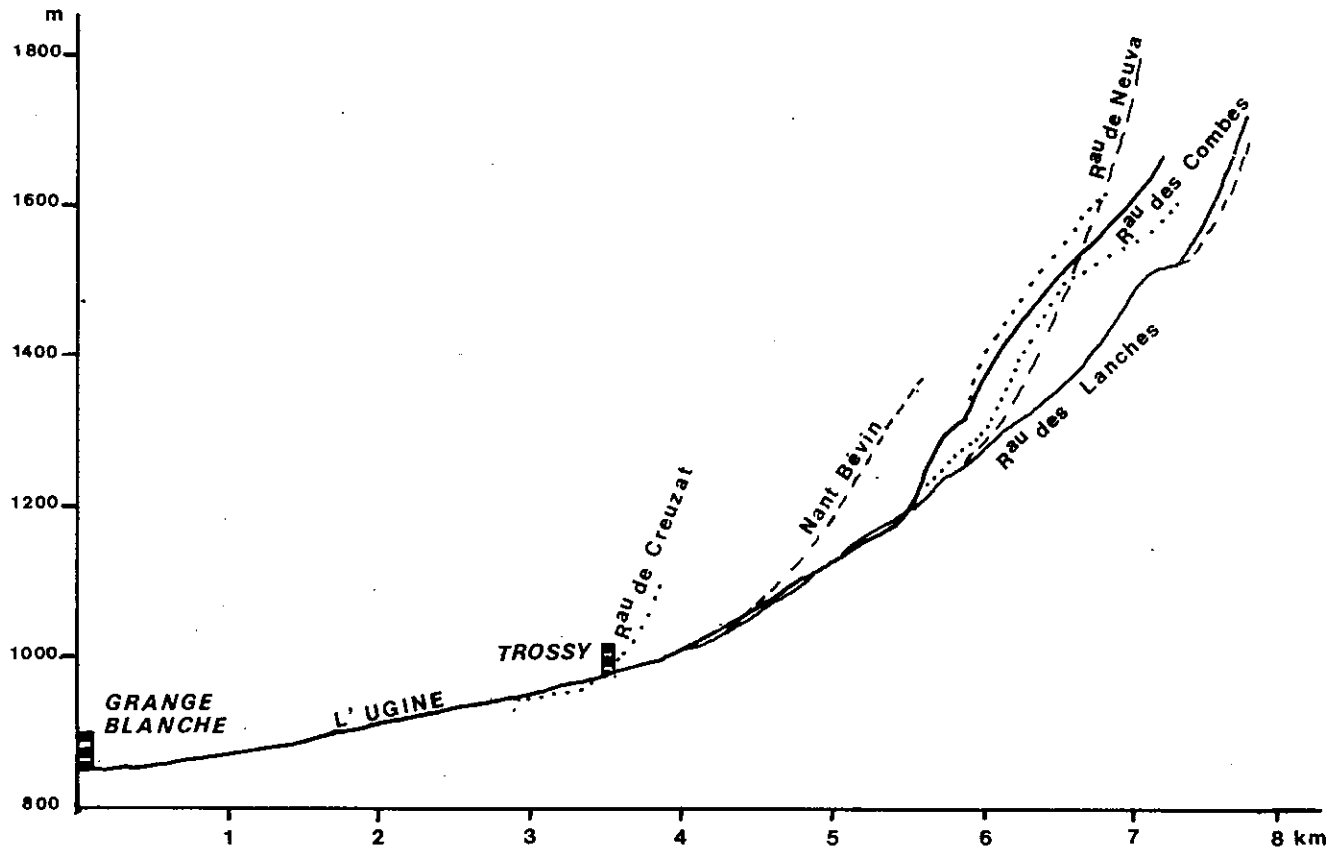


fig 47 : Profil en long de l'Ugine et de ses affluents

V-3- LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT

Le substratum du bassin versant de l'Ugine appartient à la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques dont on peut observer la série complète du Trias supérieur à l'Eocène inférieur.

Les formations quaternaires sont représentées en amont de Trossy par des moraines d'origine locale et des éboulis.

Entre les ponts de Trossy et de Grange Blanche le bassin versant est recouvert par les formations quaternaires, moraines rhodaniennes et formations interstadias des glaciations.

Dans le tableau 22 nous donnons la répartition des différents terrains sur le bassin versant.

	Grange Blanche				Trossy			
	Géographique		Réel		Géographique		Réel	
	S km2	f %	S km2	f %	S km2	f %	S km2	f %
Substratum	7,96	31 %	6,14	26 %	7,12	51 %	5,3	44 %
Moraines locales	4,36	17 %	4,36	18,5 %	4,26	30,5 %	4,26	35,5 %
Eboulis-glissement de terrain-tourbières	3,07	12 %	2,94	12,5 %	2,38	17 %	2,25	19 %
Moraines rhodaniennes	6,71	26,5 %	6,71	28,5 %	0,06	0,5 %	0,06	0,5 %
Formations interstadias	3,41	13,5 %	3,41	14,5 %	0,13	1 %	0,13	1 %

Tableau 22 : Répartition lithologique sur le bassin versant de l'Ugine

V-4- LA VEGETATION ET L'ACTIVITE HUMAINE

La végétation est principalement représentée par les prairies d'alpage et les forêts de conifères. Ces dernières sont surtout localisées sur les versants exposés au Nord, elles recouvrent en particulier tout le versant sud de la vallée entre le Pont Morgon et le pont de Grange Blanche.

Les cultures n'existent pas en amont de Trossy ; elles sont uniquement localisées dans la plaine des Faverges.

La principale activité agricole de la vallée de l'Ugine est l'élevage de bovins.

Il n'y a pas d'industrie sur le bassin versant.

CHAPITRE VI

HYDROLOGIE

VI-1- LE RESEAU HYDROMETEOROLOGIQUE UTILISE

VI-1-1- LE RESEAU HYDROMETEOROLOGIQUE EXISTANT

Le nombre des relevés pluviométriques concernant le Nord-Est du Chablais est particulièrement important. Malheureusement, toutes les stations de mesures sauf celle de Chatel sont situées à une altitude inférieure à 1000 m.

Nous avons utilisé le réseau de la Météorologie Nationale, de la S.A.E.M.E. ainsi que la station du C.R.G. à Thonon.

Sur ce bassin versant de l'Ugine il n'y avait qu'un pluviomètre situé au hameau de Chez Bochet à l'extrémité occidentale du bassin versant, mais il ne nous fut pas possible d'obtenir les résultats de ce pluviomètre ainsi que celui de Chenevoz.

Pour mesurer la lame d'eau écoulée sur le bassin versant de l'Ugine il ne nous fut pas possible non plus d'obtenir les résultats du limnigraphe de Grange Blanche.

VI-1-2- LES STATIONS DE MESURES COMPLEMENTAIRES INSTALLEES

Nous avons installé trois tubes totalisateurs aux chalets de Pré-Richard (1400 m), au Mont Benant (1255 m) et sur la Montagne de Mémise (1605 m), afin d'avoir des mesures des précipitations à des altitudes supérieures à 1000 m.

Pour mesurer la lame d'eau écoulée, le C.R.G. de Thonon a installé un limnigraphe au pont de Trossy le 25 avril 1977.

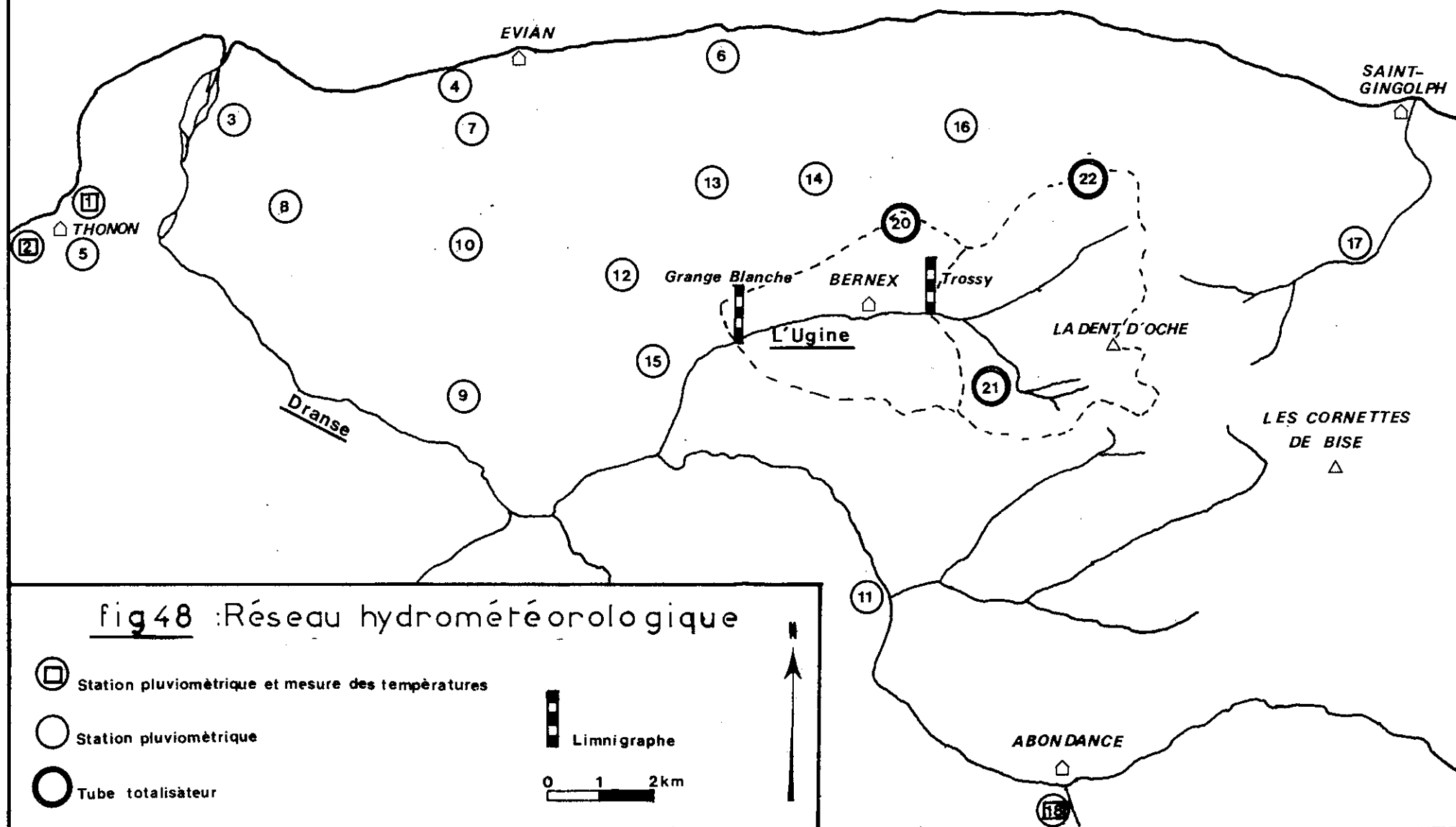
Dans le tableau 23, nous donnons la liste des stations météorologiques utilisées pour l'étude climatologique. Celles-ci ainsi que les limnigraphes de Trossy et de Grange Blanche sur l'Ugine sont localisés sur la figure 48.

Remarque :

- Les stations où nous avons noté un astérisque sont les stations du réseau de la Météorologie Nationale.

- Compte-tenu des études antérieures (Nicoud, 1973 et Haubert, 1975) réalisées sur les comparaisons des mesures des précipitations par différents appareils, nous avons multiplié les valeurs obtenues dans les tubes totalisateurs par 1,1.

LE LEMAN



Stations	Appareil	Altitude m	Période pour laquelle nous disposons des résultats		Remarques
Thonon Rives*	Pluviographe	375	1. 1935 - 6. 1978	1	Données températures (1.1945-6. 1978)
Thonon - C.R.G.	Pluviographe Pluviomètre	385	1. 1963 - 6. 1978	2	Données températures (1.1966-12.1977)
Amphion Usine	Pluviomètre	385	1. 1976 - 6. 1978	3	
Villa Magnin	Pluviomètre	405	1. 1976 - 6. 1978	4	
Thonon Ville*	Pluviomètre	425	7. 1973 - 6. 1978	5	
Maxilly	Pluviomètre	450	1. 1963 - 4. 1976	6	
Chez Bruchon	Pluviomètre	550	1. 1976 - 6. 1978	7	
Marin	Pluviomètre	580	1. 1963 - 6. 1978	8	
Vougion	Pluviomètre	760	1. 1963 - 6. 1978	9	
Larringes	Pluviomètre	795	1. 1963 - 6. 1978	10	Données températures (1.1966-12.1974)
Bonnevaux*	Pluviomètre	830	1. 1947 - 6. 1978	11	
Maravant	Pluviographe	865	5. 1965 - 6. 1978	12	
St-Paul	Pluviomètre	820	1. 1963 - 8. 1975	13	
St-Paul (Le Rosaire)	Pluviomètre	880	1. 1975 - 6. 1978	14	
Vinzier	Pluviomètre	920	1. 1963 - 6. 1978	15	
Thollon	Pluviomètre	925	1. 1963 - 6. 1978	16	
Novel*	Pluviomètre	935	1. 1946 - 6. 1978	17	
Abondance*	Pluviomètre	1000	1. 1936 - 6. 1978	18	Données températures (1.1945-6.1978)
Chatel*	Pluviomètre	1250	1. 1960 - 4. 1971 et 10. 1972 - 6. 1978	19	
Mont Bénant	tube totalisateur	1255	11. 1976 - 6. 1978	20	
Pré Richard	tube totalisateur	1400	11. 1976 - 6. 1978	21	
Mémise	tube totalisateur.	1605	11. 1976 - 6. 1978	22	

Tableau 23 : Stations météorologiques utilisées pour l'étude climatologique

VI-2- LES PRECIPITATIONS

Sur le bassin versant de l'Ugine n'ayant à notre disposition que trois tubes totalisateurs qu'il ne nous fut pas possible de relever tous les mois, l'étude des précipitations au Nord-Est du Chablais nous a permis de déterminer les gradients altimétriques annuels et mensuels dans cette région afin de calculer les précipitations mensuelles et annuelles sur le bassin versant de l'Ugine.

VI-2-1- LA PLUVIOMETRIE MOYENNE ENTRE 1963 ET 1977

VI-2-1-1- Les précipitations moyennes sur le Nord-Est du Chablais

Nous avons pu disposer des résultats de 10 stations pour cette période et pour 3 autres stations les données étaient incomplètes ; pour ces stations de Marin, Maxilly et St-Paul nous avons estimé les données manquantes en effectuant des corrélations avec les stations voisines, et pour la station de St-Paul les données du Rosaire ont été modifiées pour correspondre à la station initiale, nous avons utilisé pour cela d'une part les corrélations avec les stations voisines et d'autre part le gradient altimétrique dans ce secteur.

Dans le tableau 24, nous donnons les précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm obtenues pour les treize stations.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Thonon Rives	51	59	64	71	79	96	78	105	82	58	105	51	900
Thonon CRG	56	64	76	79	85	104	79	107	86	64	113	61	974
Maxilly	66	67	76	85	93	117	95	119	86	70	107	64	1045
Marin	61	62	70	79	86	109	88	111	80	65	99	59	979
Vougron	75	76	92	104	103	129	98	129	95	72	135	82	1190
Larringes	67	69	80	91	102	133	105	136	93	72	120	65	1134
St-Paul	69	71	78	81	104	135	107	138	95	74	122	67	1141
Bonnevaux	82	100	106	118	124	151	116	165	120	92	158	89	1421
Maravant	73	75	85	97	107	137	110	140	98	78	124	71	1195
Vinzier	86	79	90	98	104	144	106	154	107	78	124	75	1234
Thollon	83	96	99	115	129	145	119	156	115	86	154	95	1390
Novel	114	127	126	140	150	176	154	173	132	111	204	120	1726
Abondance	95	107	103	126	133	152	135	156	116	92	176	112	1503

Tableau 24 : Précipitations mensuelles et annuelles moyennes (mm)
(1963 - 1977)

Les mois les plus pluvieux sont juin, août et novembre et les mois les moins pluvieux sont décembre, janvier et février.

Dans le tableau 25 nous comparons les moyennes obtenues sur 1963-1977 et celles obtenues sur la période 1947-1963 pour 4 stations de la Météorologie Nationale.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
A B O N D A N C E	1936 1977	127	119	94	106	132	160	142	153	136	98	147	118	1532
	1947 1977	119	118	96	113	130	164	138	157	124	99	145	121	1524
	1963 1977	95	107	103	126	133	152	135	156	116	92	176	112	1503
N O V E L	1947 1977	128	144	118	129	139	181	158	183	141	117	179	125	1742
	1963 1977	114	127	126	140	150	176	154	173	132	111	204	120	1726
B O N N E V A U X	1947 1977	105	109	91	112	121	152	133	156	119	98	133	106	1435
	1963 1977	82	100	106	118	124	151	116	165	120	92	158	89	1421
T H O N O N S	1936 1977	67	64	60	69	85	102	80	108	105	69	91	61	961
	1947 1977	63	67	63	69	81	99	76	113	90	66	94	61	942
	1963 1977	51	59	64	71	79	96	78	105	82	58	105	51	900

Tableau 25 : Comparaison des précipitations mensuelles déterminées sur plusieurs périodes (mm)

On observe sur ce plateau une baisse générale des précipitations moyennes des mois d'hiver et du mois de septembre entre les moyennes 1947-1977 et 1963-1977 et une hausse pour le mois de novembre.

Les précipitations hivernales sont donc plus faibles en moyenne à l'heure actuelle qu'il y a 30 ou 20 ans, pour le mois de novembre c'est le phénomène inverse qui se produit.

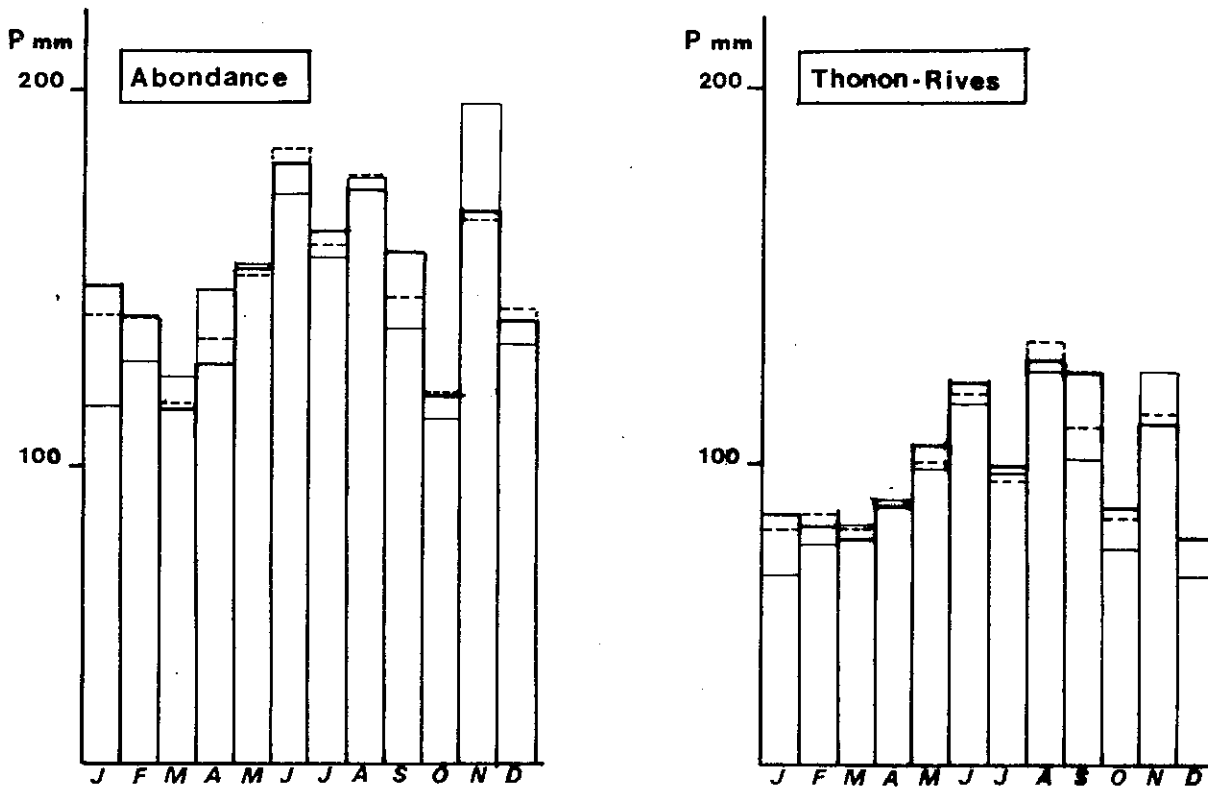


fig 49 : Précipitations moyennes
mensuelles (1936-1977 — , 1947-1977 --- , 1963-1977 - -)

VI-2-1-2- Les gradients altimétriques de précipitations

Grâce aux données précédentes nous avons pu déterminer les gradients altimétriques moyens mensuels et annuels dans le Nord-Est du Chablais.

Ces gradients ont été déterminés en calculant les régressions linéaires précipitations-altitudes pour l'ensemble des stations, pour l'ensemble des stations sauf celle de Novel et pour l'ensemble des stations sauf celles de Novel et du C.R.G. de Thonon, les gradients moyens ont ensuite été obtenus en calculant la moyenne des trois valeurs ainsi déterminées. Nous avons procédé ainsi afin de tenir compte de toutes les stations mais aussi pour ne pas donner trop d'importance à une station dont les données sont nettement supérieures à celles observées dans la région (Novel) et pour atténuer l'effet des différences importantes observées entre les stations de Thonon-Rives et de Thonon-C.R.G.

Dans le tableau 26 nous donnons les valeurs des gradients altimétriques mensuels et annuel ainsi que les relations nous permettant de calculer les précipitations en mm en fonction de l'altitude exprimée en m.

VI-2-1-3- Les précipitations moyennes sur le bassin versant de l'Ugine

Grâce aux relations ci-dessus, nous avons pu estimer les précipitations moyennes sur le bassin versant de l'Ugine pour la période 1963-1977.

Les résultats obtenus pour les bassins versants géographiques et réels à l'amont de Trossy et de Grange Blanche, sont reportés dans le tableau 27 ainsi que les coefficients pluviométriques mensuels qui correspondent à peu près à ceux déterminés sur les stations les plus élevées.

	Gradients mm/100 m	Relations avec P en mm et H en m
Année	81,2	$P = 0,812 H + 594$
Janvier	5,6	$P = 0,056 H + 32$
Février	6	$P = 0,06 H + 34$
Mars	5,3	$P = 0,053 H + 47$
Avril	6,8	$P = 0,068 H + 47$
Mai	7,3	$P = 0,073 H + 52$
Juin	8,4	$P = 0,084 H + 69$
Juillet	7,2	$P = 0,072 H + 51$
Août	8,8	$P = 0,088 H + 71$
Septembre	5,5	$P = 0,055 H + 58$
Octobre	4,5	$P = 0,045 H + 43$
Novembre	9,1	$P = 0,091 H + 63$
Décembre	6,7	$P = 0,067 H + 27$

Tableau 26 : Gradients altimétriques des précipitations (1963-1977)

	B.V. Grange Blanche			B.V. Trossy		
	Géographique	Réel	C	Géographique	Réel	C
	P mm	P mm		P mm	P mm	
Janvier	106	105	0,76	117	116	0,77
Février	114	113	0,82	125	124	0,83
Mars	117	116	0,84	127	126	0,84
Avril	135	134	0,98	149	147	0,98
Mai	148	146	1,06	161	160	1,06
Juin	181	179	1,30	196	195	1,3
Juillet	147	145	1,06	160	159	1,06
Août	187	185	1,35	204	202	1,34
Septembre	131	130	0,95	141	140	0,93
Octobre	101	100	0,73	110	109	0,73
Novembre	183	182	1,32	200	199	1,32
Décembre	115	114	0,83	127	126	0,84
Année	1665	1649		1817	1803	

Tableau 27: Précipitations moyennes sur le bassin versant de l'Ugine (1963-1977)

Du point de vue saisonnier nous avons les résultats suivants :

	B.V. Grange Blanche		B.V. Trossy		
	Géographique	Réel	Géographique	Réel	
Hiver (D, J, F)	335	332	369	366	20 %
Printemps (M, A, M)	400	396	437	433	24 %
Eté (J, J, A)	515	509	560	556	31 %
Automne (S, O, N)	415	412	451	448	25 %

Tableau 28 : Répartition moyenne des précipitations saisonnières (1963-1977)

L'indicatif saisonnier est donc E A P H.

Les mois les plus pluvieux sont juin (10,8 % des précipitations annuelles), août (11,3 %) et novembre (11 %).

Les mois les moins pluvieux sont janvier (6,3 %) et octobre (6,1 %).

V-2-2- LES PRECIPITATIONS ENTRE JUILLET 1976 ET JUIN 1977

VI-2-2-1- La pluviométrie sur le Nord-Est du Chablais

Pour cette période, nous bénéficions des données mensuelles de 16 stations et des données des tubes totalisateurs. Pour calculer les précipitations totales dans les tubes totalisateurs durant cette période, nous avons déterminé quelle était la proportion représentée par les précipitations du mois de juillet à octobre par rapport aux précipitations de la période considérée dans la région.

Les données sont reportées dans le tableau 29. Pour la station de Thonon-Rives, il s'agit d'une année humide ayant un temps de retour de 25 ans alors que l'année 1976 est une année sèche avec un temps de retour de 15 ans et l'année 1977 est une année humide (20 ans).

On remarque que l'indicatif saisonnier est soit H.E.P.A. soit H.P.E.A. alors qu'en général l'indicatif sur la région est E.A.P.H., cela est dû à un hiver et à un printemps particulièrement pluvieux.

Les mois les plus pluvieux ont été en général février, avril et juin, les moins pluvieux octobre et mars.

Cette période est une période humide, nous avons déterminé quel était l'excédent des précipitations par rapport à la moyenne 1963-1977 pour quelques stations.

Station	Thonon Rives	Thonon CRG	Vougron	Larringes	Bonnevaux	Maravant	Vinzier	Thollon	Novel	Abondance
Excédent	45,3 %	45,2 %	26,6 %	37 %	22,5 %	35,9 %	30 %	38 %	14 %	19,8 %

On voit ainsi que les stations du plateau de Gavot et celles de Thonon sont plus excédentaires que les stations situées à l'intérieur des Préalpes.

	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Année	Indicatif saisonnier
Thonon-Rives	102	46	131	74	73	131	132	144	62	150	84	180	1309	H.E.P.A.
Thonon-CRG	104	55	146	79	71	152	131	153	77	163	94	189	1414	H.E.P.A.
Amphion-Ugine	91	50	141	67	72	136	146	156	75	160	88	(183)	1365	H.E.P.A.
Villa Magin	100	49	128	69	67	130	168	159	78	180	84	189	1401	H.P.E.A.
Thonon-Ville	113	46	142	73	75	144	135	146	66	159	93	178	1370	H.E.P.A.
Chez Bruchon	114	71	134	76	62	131	142	138	73	96	65	213	1315	H.E.A.P.
Vougion	85	92	131	43	95	187	182	189	38	186	101	177	1506	H.E.P.A.
Larringes	99	101	141	77	88	151	166	154	75	192	129	187	1560	H.P.E.A.
Bonnevaux	166	89	135	77	104	208	149	224	76	237	125	153	1743	H.P.E.A.
Maravant	100	89	146	87	80	142	175	210	84	217	127	167	1624	H.P.E.A.
Saint-Paul	208	89	115	45	72	175	152	189	110	189	106	112	1562	H.E.P.A.
Vinzier	94	112	112	64	70	130	194	196	65	256	136	174	1603	H.P.E.A.
Thollon	242	111	147	78	115	173	204	257	103	176	164	145	1915	H.P.E.A.
Novel	195	89	138	56	127	172	228	258	97	286	135	192	1973	H.P.E.A.
Abondance	101	89	133	83	123	218	177	261	81	255	124	156	1801	H.P.E.A.
Chatel	140	66	112	93	104	209	174	225	71	240	107	172	1713	H.P.E.A.
Bénant													1712	
Pré Richard													2020	
Memise													2305	

Tableau 29 : Précipitations mensuelles (Juillet 1976 - Juin 1977) (mm)

VI-2-2-2- Les gradients altimétriques de précipitations
mensuels et annuels (Juillet 1976 - Juin 1977)

Nous avons déterminé ces gradients en utilisant la même méthode que celle utilisée pour déterminer les gradients moyens sur la période 1963-1977. Les régressions linéaires précipitations-altitudes sont celles de l'ensemble des stations, de l'ensemble sauf Chatel, de l'ensemble sauf Chatel et Novel, et enfin de l'ensemble des stations sauf Chatel, Novel et Thonon C.R.G. et de l'ensemble des stations y compris les tubes totalisateurs sauf Chatel.

Dans le tableau 30 nous donnons les gradients altimétriques moyens déterminés pour la région Nord-Est au Chablais et les relations permettant de calculer les précipitations en fonction de l'altitude.

On remarque ainsi que le gradient altimétrique moyen annuel est plus faible que celui déterminé pour la période 1963-1977 et que certains gradients sont négatifs. Les gradients mensuels sont à utiliser avec précaution car les corrélations précipitations mensuelles altitude sont assez souvent mauvaises.

	Gradients mm/100 m	Relations (P en mm et H en m)
Annuel	69,1	$P = 0,691 H + 1092$
Juillet	8	$P = 0,08 H + 70$
Août	8,5	$P = 0,085 H + 25$
Septembre	- 1,1	$P = -0,011 H + 140$
Octobre	1	$P = 0,01 H + 70$
Novembre	5,3	$P = 0,053 H + 49$
Décembre	7,6	$P = 0,076 H + 105$
Janvier	7,3	$P = 0,073 H + 111$
Février	13,8	$P = 0,138 H + 90$
Mars	2,4	$P = 0,024 H + 61$
Avril	13,3	$P = 0,133 H + 96$
Mai	8,3	$P = 0,083 H + 51$
Juin	- 5,3	$P = -0,053 H + 205$

Tableau 30 : Gradients altimétriques des précipitations (Juillet 1976-Juin 1977)

	B.V . Grange Blanche			B. V. Trossy		
	Géographique	Réel	C	Géographique	Réel	C
	P mm	P mm		P mm	P mm	
Juillet	167	160	1,01	180	179	1,02
Août	118	117	0,71	127	125	0,71
Septembre	150	148	0,90	155	155	0,89
Octobre	79	79	0,48	84	84	0,48
Novembre	113	113	0,69	121	121	0,69
Décembre	204	202	1,23	219	217	1,24
Janvier	209	207	1,26	223	221	1,26
Février	258	257	1,57	275	274	1,56
Mars	95	94	0,57	100	99	0,57
Avril	261	259	1,58	279	278	1,59
Mai	150	149	0,91	162	161	0,92
Juin	180	179	1,09	188	187	1,07
Année	1984	1970		2113	2101	

Tableau 31 : Précipitations sur le bassin versant de l'Ugine
(Juillet 1976 - Juin 1977)

VI-2-2-3- Calcul de la lame d'eau tombée sur le bassin de
l'Ugine (Juillet 1976 - Juin 1977)

Lorsque l'on calcule les précipitations mensuelles à partir des gradients altimétriques mensuels et à partir des coefficients pluviométriques mensuels moyens sur le secteur couvert par les stations pluviométriques, on observe des différences importantes. Il s'est avéré qu'en calculant la moyenne des deux valeurs obtenues on arrive à des coefficients pluviométriques mensuels voisins de ceux déterminés sur les stations dont l'altitude est supérieure à 900 m.

Les résultats ainsi obtenus sont reportés dans le tableau 31 ainsi que les coefficients pluviométriques mensuels.

D'après ce tableau 31 les mois les plus pluvieux sont février et avril, les moins pluvieux octobre et mars.

Nous avons comparé ces résultats avec les valeurs moyennes. Dans le tableau suivant les excédents sont notés + et les déficits -.

J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
+ 14 %	-37 %	+13 %	-27 %	-39 %	+75 %	+44 %	+123 %	-20 %	+90 %	+ 1 %	+ 1 %

Du point de vue saisonnier, nous avons les précipitations suivantes :

	B. V. Grange Blanche		B. V. Trossy		
	Géographique	Réel	Géographique	Réel	
Eté (J, J, A)	465	462	495	491	23 %
Automne (S, O, N)	342	340	360	360	17 %
Hiver (D, J, F)	671	666	717	712	34 %
Printemps (M, A, M)	506	502	541	538	26 %

Tableau 32 : Répartition saisonnière des précipitations (Juillet 1976-Juin 1977)

L'indicatif saisonnier est H.P.E.A.

Pour la période juin 1976 - juillet 1977, l'indicatif saisonnier est H.P.A.E. avec H (37 % des précipitations), P (28 %), A (19 %) et E (16 %).

Par rapport aux valeurs moyennes, le déficit de l'été est de 11 % et de l'automne de 19 %, par contre l'excédent de l'hiver est de 97 % et du printemps de 25 %.

Sur l'année l'excédent est de 18 %.

Pour le bassin versant de Trossy, nous avons appliqué la méthode de calcul des précipitations annuelles par tranche d'altitude. Les valeurs obtenues étaient de 2119 mm pour le bassin géographique et de 2110 pour le bassin réel. Etant donné l'absence de station sur le bassin versant la méthode des isohyètes n'a pas été employée.

V-2-3- LES PRECIPITATIONS ENTRE JUILLET 1977 ET JUIN 1978

VI-2-3-1- Les données sur la région

Pour cette période nous disposons des données des mêmes stations que pour la période précédente, mais nous n'avons pas utilisé les résultats de St-Paul et Chatel car ils sont complètement aberrants pour les premiers, et un peu faible pour les seconds.

	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Année	Indicatif saisonnier
Thonon-Rives	169	80	20	109	64	70	72	83	79	50	88	109	993	E.H.P.A.
Thonon-CRG	169	89	20	117	74	80	88	94	99	57	91	111	1089	E.H.P.A.
Amphion-Usine	191	77	18	100	87	70	82	100	101	53	107	123	1109	E.P.H.A.
Villa Magnin	220	91	18	96	98	72	79	103	117	58	110	149	1212	E.P.H.A.
Thonon-Ville	173	81	22	121	70	79	78	89	94	55	102	114	1078	E.P.H.A.
Chez Brochon	209	97	25	107	125	77	75	113	107	72	131	124	1262	E.P.H.A.
Vougron	140	119	14	43	172	79	102	149	145	39	123	153	1278	E.H.P.A.
Larringes	186	116	25	120	106	84	100	133	123	65	135	170	1363	E.H.P.A.
Bonnevaux	207	124	33	131	195	114	155	135	199	95	207	191	1786	E.P.H.A.
Maravant	178	115	24	102	119	86	120	138	136	88	145	180	1431	E.P.H.A.
Vinzier	176	113	24	112	159	107	175	150	160	93	178	185	1632	E.H.P.A.
Thollon	236	136	25	104	155	148	155	236	179	94	173	202	1843	E.H.P.A.
Novel	225	148	19	132	198	154	186	187	246	98	135	160	1888	E.H.P.A.
Abondance	195	131	33	126	204	127	151	187	223	84	181	198	1840	E.P.H.A.
Bénant													1863	
Pré Richard													2269	
Mémise													2515	

Tableau 33 : Les précipitations en mm durant la période Juillet 1977-Juin 1978

Nous remarquons dans le tableau 33 que les précipitations annuelles dans les stations dont l'altitude est inférieure à 800 m sont plus faibles que pour la période précédente alors que pour les autres stations elles sont à peu près équivalentes.

Le mois où l'on observe le moins de précipitations est le mois de septembre qui est très déficitaire. Les mois les plus pluvieux sont les mois de novembre et mars, en général pour les stations dont l'altitude est supérieure à 800 m.

Cette période en basse altitude est une période moyenne, mais en altitude c'est une période humide comme la période précédente. Les excédents de précipitations pour certaines stations par rapport à la moyenne 1963-1977 sont les suivants :

Stations	Thonon Rives	Thonon CRG	Vougion	Larringes	Bonnevaux	Maravant	Vinzier	Thollon	Novel	Abondance
Excédents	10,2 %	11,8 %	7,3 %	20,1 %	25,7 %	19,7 %	32,3 %	32,6%	9,3 %	22,4 %

L'indicatif saisonnier est soit E.H.P.A. soit E.P.H.A. (la différence entre l'hiver et le printemps est peu marquée); la différence avec l'indicatif moyen sur la région vient surtout de l'hiver particulièrement pluvieux.

VI-2-3-2- Les gradients altimétriques de précipitations (Juillet 1977 - Juin 1978)

Nous les avons bien sûr calculer par la même méthode que précédemment. Les régressions linéaires précipitations-altitudes utilisées sont les suivantes :

- toutes les stations ;
- toutes les stations sauf Bonnevaux ;
- toutes les stations sauf Novel ;
- toutes les stations plus les tubes totalisateurs ;
- toutes les stations sauf Novel et Bonnevaux.

Dans le tableau 34 nous avons reporté les gradients altimétriques moyens et les relations permettant de calculer les précipitations en fonction de l'altitude.

	Gradients mm/100 m	Relations (P en mm et H en m)
Année	112,6	$P = 1,126 H + 640$
Juillet	1,9	$P = 0,019 H + 177$
Août	8,1	$P = 0,081 H + 52$
Septembre	1,1	$P = 0,011 H + 15$
Octobre	0,6	$P = 0,006 H + 102$
Novembre	16,5	$P = 0,165 H + 16$
Décembre	8	$P = 0,080 H + 39$
Janvier	13,6	$P = 0,136 H + 20$
Février	15,5	$P = 0,155 H + 30$
Mars	16,2	$P = 0,162 H + 29$
Avril	5,9	$P = 0,059 H + 42$
Mai	12,4	$P = 0,124 H + 50$
Juin	12,8	$P = 0,128 H + 68$

Tableau 34 : Gradients altimétriques des précipitations (Juillet 1977-Juin 1978)

Nous pouvons ainsi remarquer que le gradient annuel est supérieur à celui de la période précédente et au gradient moyen, ceci étant dû au fait que l'on observe une pluviométrie moyenne en-dessous de 900 m mais qu'au-dessus de cette altitude les précipitations sont celles d'une année humide.

Les corrélations déterminées pour établir ces gradients altimétriques sont meilleures que pour la période précédente.

VI-2-3-3- Calcul de la lame d'eau tombée sur le bassin versant de l'Ugine (Juillet 1977 - Juin 1978)

Lorsque l'on calcule les précipitations mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine à l'aide des gradients altimétriques et que l'on calcule ensuite les coefficients pluviométriques mensuels, on observe des différences relativement importantes avec ceux des stations dont l'altitude est supérieure à 900 m. En opérant de la même façon que pour la période précédente on obtient des coefficients pluviométriques mensuels avoisinant ceux des stations d'altitude supérieure à 900 m.

Les précipitations mensuelles en mm ainsi que les coefficients pluviométriques mensuelles sont reportés dans le tableau 35 :

	B.V . Grange Blanche			B.V . Trossy		
	Géographique	Réel	C	Géographique	Réel	C
	P mm	P mm		P mm	P mm	
Juillet	250	247	1,41	267	266	1,38
Août	161	160	0,91	179	177	0,91
Septembre	34	33	0,19	35	35	0,18
Octobre	140	139	0,79	154	153	0,79
Novembre	211	209	1,19	235	233	1,21
Décembre	145	144	0,82	160	158	0,82
Janvier	182	181	1,03	204	202	1,05
Février	220	217	1,24	243	241	1,25
Mars	225	222	1,27	249	248	1,28
Avril	113	112	0,64	117	116	0,60
Mai	209	207	1,18	231	229	1,19
Juin	236	233	1,33	261	259	1,34
Année	2126	2104		2335	2317	

Tableau 35 : Précipitations mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine (Juillet 1977 - Juin 1978).

Le calcul des précipitations par tranche d'altitude donne des précipitations de 2345 mm pour le bassin versant géographique à l'amont de Trossy et de 2330 mm pour le bassin versant réel.

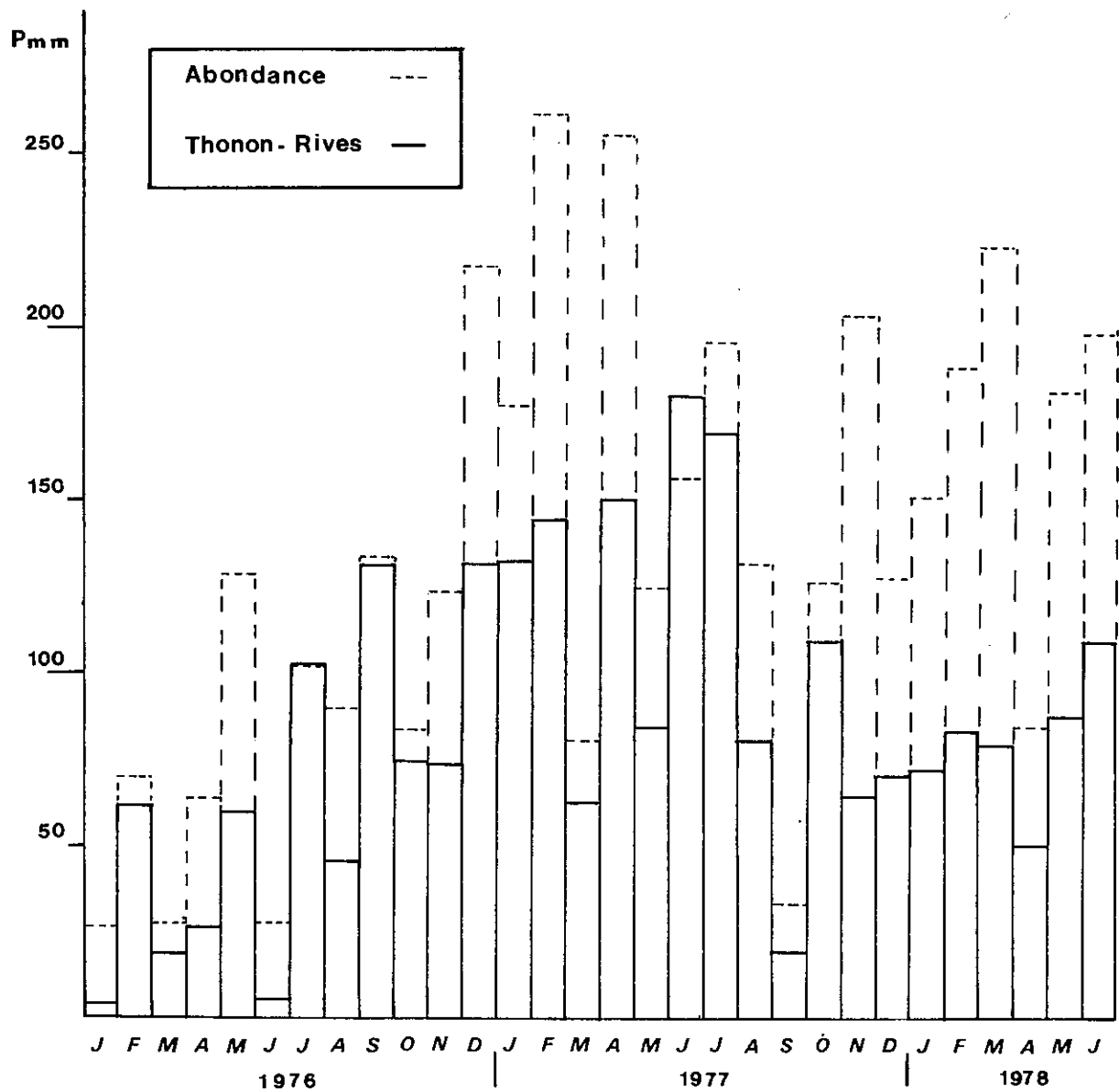


fig 50 : Précipitations mensuelles entre
Janvier 1976 et Juin 1978

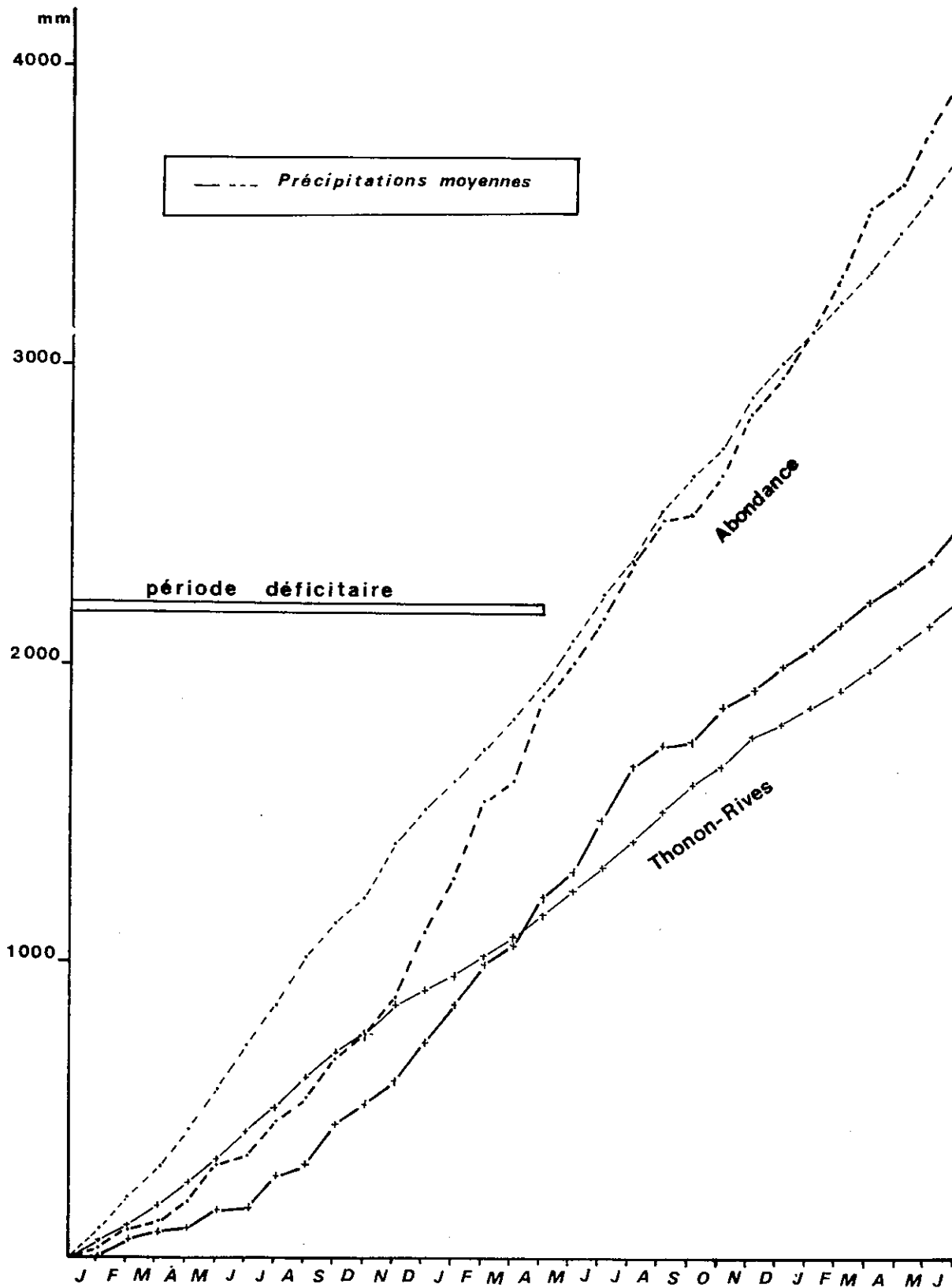


fig 51 : Précipitations cumulées

Les mois les plus pluvieux étant juillet et juin et le mois de septembre est le moins pluvieux.

En comparant les précipitations mensuelles avec les valeurs moyennes 1963 - 1977 on obtient les résultats suivants :

J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
+ 37 %	- 14 %	- 74 %	+ 39 %	+ 16 %	+ 26 %	+ 73 %	+ 94 %	+ 94 %	- 19 %	+ 42 %	+ 32 %

Du point de vue saisonnier, les précipitations sont les suivantes :

	B. V. Grange Blanche		B. V. Trossy		
	Géographique	Réel	Géographique	Réel	
Eté (J, J, A)	647	640	707	702	30 %
Automne (S, O, N)	385	381	424	421	18 %
Hiver (D, J, F)	547	542	607	601	26 %
Printemps (M, A, M)	547	541	597	593	26 %

Tableau 36 : Répartition saisonnière des précipitations (Juillet 1977-Juin 1978)

L'indice saisonnier est E. H. P. A. mais les précipitations hivernales et printanières sont équivalentes.

Trois saisons sont excédentaires par rapport aux valeurs moyennes, l'été de 26 %, l'hiver de 63 %, le printemps de 37 %, l'automne est légèrement déficitaire de 6 %.

L'année est excédentaire de 28 %.

VI-2-4- LES PRECIPITATIONS CUMULEES ENTRE JANVIER 1976 ET JUIN 1978

Sur la figure nous avons reporté les précipitations cumulées à Thonon et Abondance entre le début de la période de précipitations déficitaires (janvier 1976) et juin 1978.

On peut ainsi voir que la période déficitaire ne s'achève qu'en mars 1977 si bien entendu on considère comme période déficitaire la période totale pendant laquelle les précipitations cumulées sont inférieures aux précipitations cumulées moyennes.

Sur la figure 51 on peut remarquer :

* pour la station de Thonon-Rives

- . une période nettement déficitaire de janvier à novembre 1976 ;
- . une période excédentaire de décembre 1976 à juillet 1977 ;
- . une période moyenne d'août 1977 à juin 1978 ;

* pour la station d'Abondance

- . une période déficitaire de janvier à novembre 1976 ;
- . une période excédentaire de décembre 1976 à juin 1978.

VI-3- LES TEMPERATURES

VI-3-1- LES TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES

VI-3-1-1- Les données du Nord-Est du Chablais

Les températures moyennes ont été calculées pour les stations de Thonon-Rives et d'Abondance à partir des relevés des minimas et des maximas fournis par la Météorologie Nationale.

Nous disposons aussi des données pour Larringes et la station des Blaves de 1966 à 1974 et pour la station de Thonon C.R.G. de 1966 à 1977.

Les valeurs annuelles en °C ainsi obtenues sont reportées dans le tableau 37.

	Thonon Rives	Thonon C.R.G.	Thonon Ville	Blaves	Larringes	Abondance
moyenne 1947-1977	10,5					6,4
moyenne 1963-1977	10,4					6
moyenne 1966-1974	10,4	9,2		6,9	5,7	5,9
Juillet 1976- Juin 1977	10,6	9,8	10,6			6,2
Juillet 1977- Juin 1978	10,2		10,1			5,7

Tableau 37 : Températures moyennes annuelles (°C)

Les moyennes calculées sur les trois premières périodes sont donc équivalentes pour Thonon-Rives mais par contre à Abondance on peut observer une diminution des températures entre la moyenne 1947-1977 et 1963-1977.

L'écart entre l'année la plus chaude et l'année la plus froide est de 1,9°C pour Thonon et de 3,3°C pour Abondance et cela au cours de la période 1947-1977.

Pour la période de juillet 1976-Juin 1977 la température moyenne annuelle à Thonon est légèrement supérieure aux valeurs moyennes, pour Abondance elle est inférieure à la température moyenne (1945-1977) mais supérieure aux deux autres moyennes.

Pour la période de juillet 1977-juin 1978 la température moyenne annuelle est légèrement inférieure aux valeurs moyennes.

VI-3-1-2- Gradients altimétriques annuels de température

Pour les périodes 1947-1977, 1963-1977 et nos périodes d'études, le gradient a été calculé entre Thonon-Rives et Abondance. Pour la période 1966-1974 il a été déterminé à l'aide d'un calcul de régression linéaire température-altitude, pour les stations de Thonon-Rives, Thonon C.R.G., les Blaves, Larringes, Abondance.

Période	Gradients °C/100 m
1945 - 1977	0,67
1963 - 1977	0,7
1966 - 1974	0,7
7. 1976-6.1977	0,7
7. 1977-6.1978	0,72

Ces valeurs sont proches les unes des autres mais supérieures au gradient calculé dans les Alpes par Angot (0,53°C/100 m).

Si on compare les gradients obtenus sur la période 1966-1974 entre diverses stations on a les résultats suivants :

Stations	Gradients °C/100 m
Thonon Rives (375 m)- Abondance(1000 m)	0,72
Thonon CRG (385 m)- Les Blaves (600)	1,1
Thonon CRG (385 m)- Larringes (800 m)	0,8
Les Blaves (600 m)- Larringes (800 m)	0,6
Toutes les stations	0,7

On remarque ainsi que le gradient le plus fort s'observe entre 385 et 600 m, (le double de la valeur du gradient d'Angot).

Seul le gradient entre les Blaves et Larringes est proche du gradient d'Angot.

Les valeurs élevées du gradient sont dues à l'influence du Léman sur les températures moyennes observées (sur ses rives), qui sont plus élevées que celles qui pourraient être mesurées si le lac n'existait pas; l'influence du lac ne se fait plus ressentir au-delà de l'altitude de 600 m (B. Blavoux, 1965).

Les gradients déterminés ainsi étant trop importants nous ne pourrions nous en servir pour déterminer les températures moyennes annuelles sur le bassin versant de l'Ugine.

Pour calculer le gradient en altitude nous avons procédé de la façon suivante :

- Calcul de la température moyenne à Larringes à partir du gradient déterminé entre cette station et celle du C.R.G. et en prenant comme station de référence la station de Thonon Rives. En effet, si on regarde le tableau 37 on s'aperçoit que les températures à Thonon-Rives ont une valeur supérieure de 1,2°C à celle de Thonon C.R.G., et la température moyenne à Larringes est inférieure à celle d'Abondance ce qui ne paraît pas très logique, il nous faut donc éliminer ces différences dues à un mode de dépouillement des données différentes (station Météorologie Nationale : 3 mesures de température par jour, stations de Thonon C.R.G. et de Larringes: mesure en continue à l'aide d'un thermographe et dépouillement par planimétrage des relevés hebdomadaires).

En ayant déterminé la température à Larringes, on peut ainsi calculer le gradient annuel entre Larringes et Abondance, la valeur ainsi trouvée est de $0,55^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ce qui indique que la valeur déterminée par Angot est applicable dans la région lorsque l'influence thermique du Léman ne fait plus ressentir.

VI-3-1-3- Les températures moyennes annuelles sur le bassin versant de l'Ugine

Pour calculer les températures moyennes annuelles nous utiliserons le gradient déterminé ci-dessus et comme station de référence celle d'Abondance.

Remarque : La valeur du gradient n'est certainement pas la même pour toutes les périodes mais ne disposant que de cette valeur nous sommes bien obligés de l'utiliser.

	B. V . Grange Blanche		B. V . Trossy	
	Géographique T °C	Réel T °C	Géographique T °C	Réel T °C
1947 - 1977	4,6	4,7	3,6	3,7
1963 - 1977	4,2	4,3	3,2	3,3
1966 - 1977	4,1	4,2	3,1	3,2
7.1976-6.1977	4,4	4,5	3,4	3,5
7.1977-6.1978	3,9	4	2,9	3

Tableau 38 : Températures moyennes annuelles sur le bassin versant de l'Ugine

Si on avait appliqué les gradients calculés pour toute la région ($0,7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) les températures seraient inférieures de $0,5^{\circ}\text{C}$ pour le bassin de Grange Blanche et de $0,8^{\circ}\text{C}$ pour le bassin de Trossy.

VI-3-2- LES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES

VI-3-2-1- Les données de Thonon Rives et d'Abondance

Nous donnerons les valeurs en °C pour les stations de Thonon Rives et d'Abondance pour les périodes 1947-1977, 1963-1977, juillet 1976-juin 1977, juillet 1977-juin 1978.

Pour la station de Thonon C.R.G. ne disposant que des données de températures moyennes mensuelles entre 1966 et 1977 nous ne les avons pas reportées dans le tableau 39. Entre janvier 1976 et décembre 1977 ces températures étaient les suivantes (°C).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1976	0,7	1,5	4,7	8,6	13,8	19,3	20	17,1	12,9	10,5	5,8	0,9
1977	2	5,1	7,4	7,5	12	16,1	18,7	16,8	13,7	11,8	6,5	4

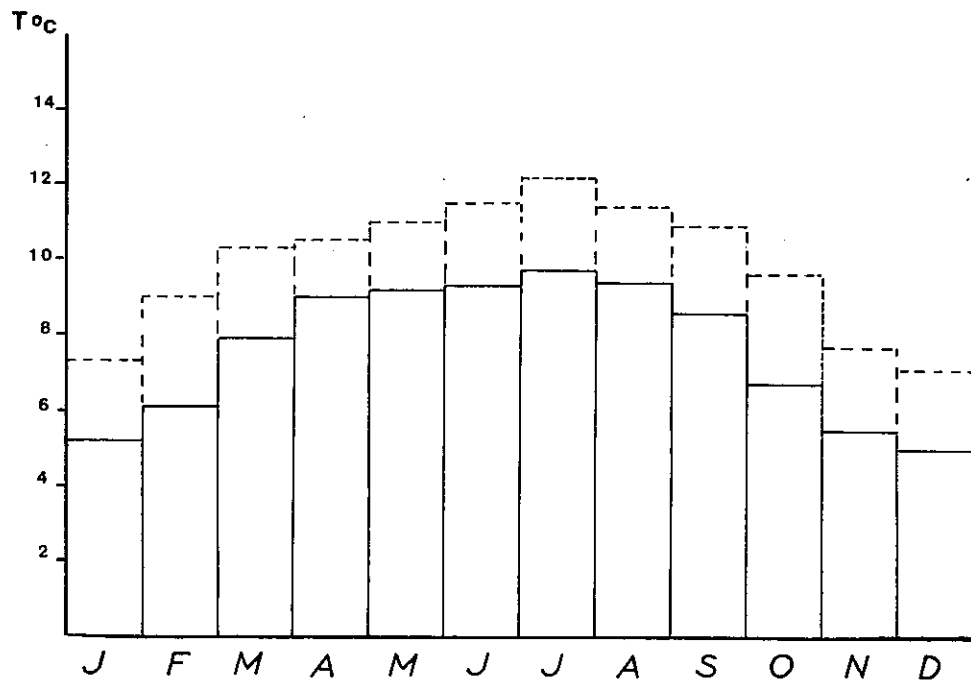


fig 52 : Amplitudes thermiques moyennes mensuelles à Abondance(---) et à Thonon-Rives(—)

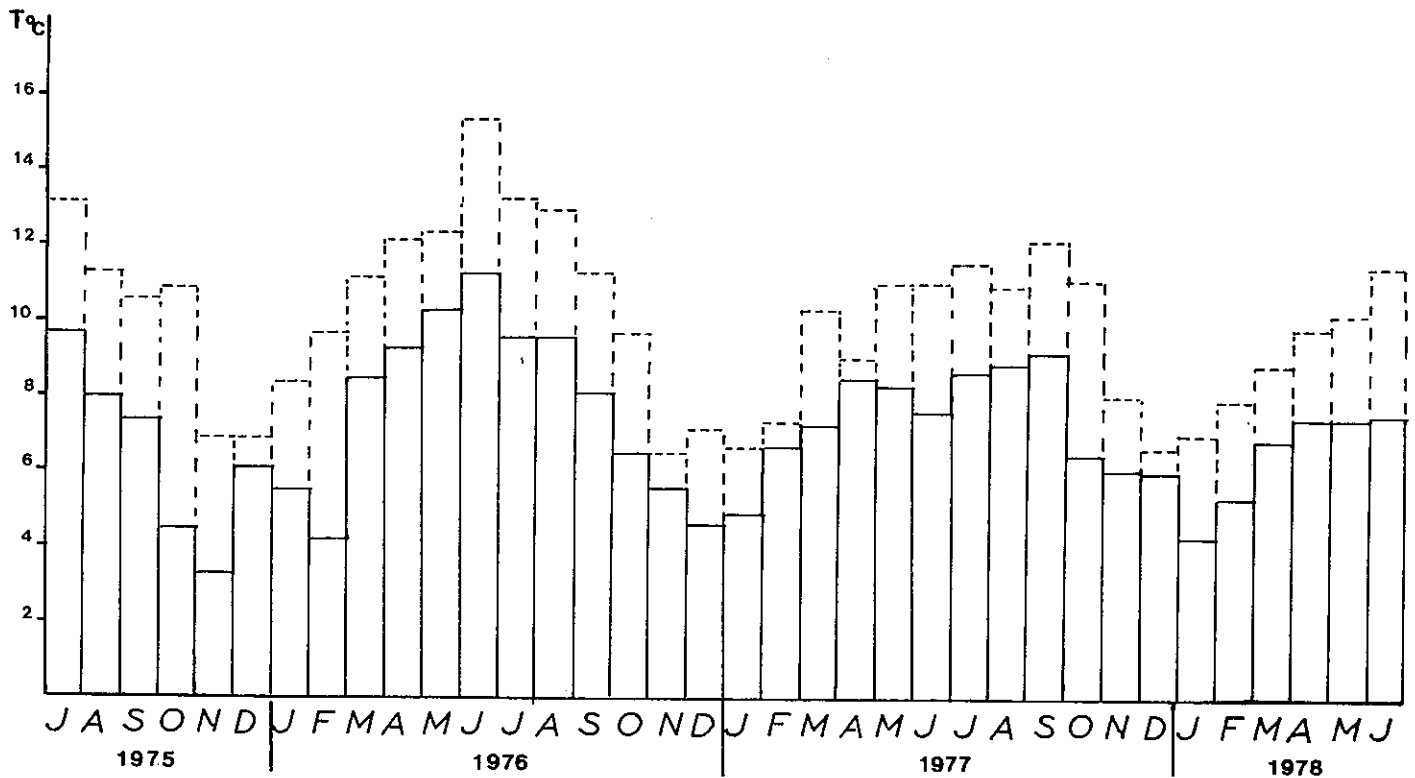


fig 53 : Amplitudes thermiques mensuelles à Abondance(---) et à Thonon-Rives(—)

Périodes	Stations	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
1947-1977	Thonon Rives Abondance	19,7 15,3	18,9 14,6	16 12,1	11,1 7,7	6,1 2,1	2,9 -1,8	1,7 -2,4	3 -0,8	6 2,1	9,8 5,9	13,9 9,6	17,4 12,9
1963-1977	Thonon Rives Abondance	19,7 14,9	19 14,2	15,6 11,3	11,1 7,6	6 1,9	2,7 -2,6	1,6 -2,6	3,1 -1	5,3 1,4	9,4 5,1	13,8 8,8	17,1 12,4
Juillet 1976 Juin 1977	Thonon Rives Abondance	21,2 15,9	18,3 13,1	14,2 9,9	12 8,3	6 1,3	1,2 -3,2	2,4 -1,6	6 1,1	8 4,5	8,7 4,3	12,5 8,8	16,2 11,9
Juillet 1977 Juin 1978	Thonon Rives Abondance	19,2 14,3	18,2 13,2	15,1 10,6	11,9 9,1	6,3 1,3	3 -1,4	2,5 -2,8	2,9 -1,2	6,4 2,3	8,4 3,9	12,5 8,1	16,2 11,5

Tableau 39 : Températures moyennes mensuelles

Pour la période juillet 1976-juin 1977 les mois de juillet, octobre, janvier, février, mars ont des températures moyennes supérieures aux valeurs moyennes, les autres mois ont des températures inférieures aux moyennes.

Pour la période juillet 1977-juin 1978 seul le mois d'octobre a une température moyenne nettement plus élevée que les valeurs moyennes.

Sur la figure 53 nous avons reporté les amplitudes thermiques (différences entre la moyenne mensuelle des maxima et la moyenne mensuelle des minima) entre juillet 1975 et juin 1978 pour les stations de Thonon Rives et Abondance.

Pour Thonon, les amplitudes minimales s'observent en novembre 1976, en décembre 1976, en janvier, 1978 les amplitudes maximales en juillet 1975, juin 1976 et septembre 1977.

Pour Abondance les amplitudes minimales s'observent en novembre-décembre 1975, en novembre 1976 et décembre 1977. Les amplitudes maximales s'observent au même moment qu'à Thonon.

Si on calcule les amplitudes moyennes entre 1945 et 1977 les valeurs minimales s'observent en décembre pour les deux stations et les valeurs maximales en juillet (fig. 52).

VI-3-2-2- Les températures moyennes mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine

Pour calculer les températures moyennes mensuelles sur le bassin de l'Ugine il nous faudrait connaître les gradients altimétriques mensuels en altitude. Compte-tenu des données dont nous disposons ces gradients ne peuvent être calculés que pour la période 1966-1974. Pour cela nous avons procédé de la même façon que pour le gradient annuel.

Les gradients obtenus sont les suivants :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Gradients °C/100 m	0,3	0,58	0,38	0,78	0,48	0,65	0,88	0,9	0,33	0,47	0,45	0,4

Nous avons ainsi calculé en températures moyennes sur le bassin versant réel de l'Ugine en amont de Trossy à partir de la station d'Abondance et de ces gradients. Les résultats pour la période 1966-1974 sont

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Températures °C	-4	-3,6	-0,6	1,3	5,9	8,8	10,3	10,1	9,7	5,3	-0,2	-4,6

En comparant les écarts de températures entre deux mois voisins pour Abondance et le bassin de l'Ugine on s'aperçoit que pour l'Ugine ils sont plus faibles entre janvier-février, mars-avril, juin-juillet, août-septembre, et plus forts en février-mars, avril-mai. En plus si on compare les températures moyennes d'août et de septembre pour la période 1945-1977 sur le bassin de Trossy, le mois de septembre serait plus chaud ce qui nous semble ne pas correspondre à la réalité.

En conclusion ces gradients nous semblent trop faibles pour janvier, mars, septembre et surtout trop fort pour juillet et août. Ainsi ces gradients altimétriques mensuels nous semblent inutilisables pour déterminer les températures moyennes mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine, nous utilisons donc un gradient mensuel moyen de 0,55 °C/100 m pour calculer les températures moyennes mensuelles en sachant qu'ils ne représentent pas la réalité mais ils ont au moins l'avantage de nous fournir des résultats plus cohérents.

Les valeurs en °C ainsi obtenues sont reportées dans le tableau 40 mais il ne faut pas oublier que ces valeurs sont approchées et ne doivent être considérées que comme telles. Ces valeurs ne seront données que pour les bassins versants réels.

Bassin versant	Périodes	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Année
GRANGE BLANCHE	1947 - 1977	14,6	12,9	10,4	6,5	0,4	-3,5	-4,1	-2,5	0,4	4,2	7,9	11,2	4,7
	1963 - 1977	13,2	12,5	9,6	5,9	0,2	-4,3	-4,3	-2,7	-0,3	3,4	7,1	10,7	4,3
	Juillet 1976 - Juin 1977	14,2	11,4	8,2	6,5	-0,4	-4,9	-3,3	-0,6	2,8	2,6	7,1	10,2	4,5
	Juillet 1977 - Juin 1978	12,6	11,5	8,9	7,4	-0,4	-3,1	-4,5	-2,9	0,6	2,2	6,4	9,8	4
TROSSY	1947 - 1977	12,6	11,9	9,4	5	-0,6	-4,5	-5,1	-3,5	-0,6	3,2	6,9	10,2	3,7
	1963 - 1977	12,2	11,5	8,6	4,9	-0,8	-5,3	-5,3	-3,7	-1,3	2,4	6,1	9,7	3,3
	Juillet 1976 - Juin 1977	13,2	10,4	7,2	5,6	-1,4	-5,9	-4,3	-1,6	1,8	1,6	6,1	9,2	3,5
	Juillet 1977 - Juin 1978	11,6	10,5	7,9	6,4	-1,4	-4,1	-5,5	-3,9	-0,4	1,2	5,4	8,8	3

Tableau 40 : Températures moyennes mensuelles estimées sur le bassin versant de l'Ugine.

VI-4- L'EVAPOTRANSPIRATION

L'évapotranspiration est le résultat de deux phénomènes :

- L'évaporation : c'est le mécanisme suivant lequel l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux et qui se produit sur les surfaces d'eau libre, le sol et la végétation.

- La transpiration qui représente l'évaporation de l'eau absorbée puis transpirée par la végétation
d'appareil mesurant l'évaporation nous l'avons déterminée en utilisant plusieurs méthodes de calcul.

Ne disposant pas sur le bassin versant de l'Ugine d'appareil mesurant l'évaporation nous l'avons déterminée en utilisant plusieurs méthodes de calcul.

VI-4-1- EVAPOTRANSPIRATION REELLE CALCULEE PAR LA FORMULE DE TURC

La formule de Turc est :

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

avec $L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$

E = évapotranspiration réelle en mm

P = pluviométrie annuelle en mm

T = température moyenne annuelle en °C

Nous avons calculé l'évapotranspiration réelle pour la station de Thonon Rives, Abondance, et pour les bassins versants réels de l'Ugine à l'amont de Trossy et de Grange Blanche.

	1963 - 19	Juillet 1976 Juin 1977	Juillet 1977 Juin 1978
Thonon Rives	517 (57 %)	569 (44 %)	526 (53 %)
Abondance	442 (29 %)	453 (25 %)	440 (24 %)
B.V. Trossy	377 (21 %)	384 (18 %)	372 (16 %)
B.V. Grange Blanche	400 (24 %)	409 (21 %)	397 (19 %)

Tableau 41 : Evapotranspiration réelle selon la formule de Turc (mm/an)

Remarque : Dans ce tableau nous avons noté entre parenthèse le pourcentage des précipitations représenté par l'évapotranspiration.

VI-4-2- L'EVAPORATION SELON COUTAGNE

Deux formules ont été données par Coutagne pour calculer l'évaporation ou plutôt le déficit d'écoulement qui correspond à l'évapotranspiration

- 1ère formule $D = 0,21 + 0,03 T$ valable pour $P = 800 \text{ mm} \pm 20 \%$

- 2ème formule $D = P - \lambda P^2$ avec $\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 T}$
 valable si $\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$

avec pour les 2 formules :

D = déficit d'écoulement en m/an

T = température moyenne annuelle en °C

P = précipitations annuelles en m

Ces deux formules sont inutilisables pour le bassin versant de l'Ugine et à Abondance étant donné que les précipitations n'appartiennent pas aux domaines de valabilité des deux formules. Nous utiliserons dans ce cas la formule $D = 0,2 + 0,035 T$ avec les mêmes unités que précédemment pour les différents termes. Pour Thonon Rives les formules de Coutagne sont applicables sauf pour la période juillet 1976-juin 1977 et ainsi pour Thonon nous donnerons les trois valeurs obtenues ; pour la 1ère formule la valeur sera notée (1) pour la seconde (2)

	1963 - 19	Juillet 1976 Juin 1977	Juillet 1977 Juin 1978
Thonon Rives	564 (63 %) 543 (1) (60 %) 512 (2) (57 %)	571 (44 %)	557 (56 %) 550 (1) (55 %) 506 (2) (51 %)
Abondance	410 (27 %)	417 (23 %)	400 (22 %)
B.V. Trossy	316 (18 %)	323 (15 %)	305 (13 %)
B.V. Grange Blanche	350 (21 %)	358 (18 %)	340 (16 %)

Tableau 42: Déficit d'écoulement selon Coutagne (mm/an)

VI-4-3- DEFICIT D'ECOULEMENT SELON SERRA

La formule de Serra est la suivante :

$$D = 270 e^{0,0644 T}$$

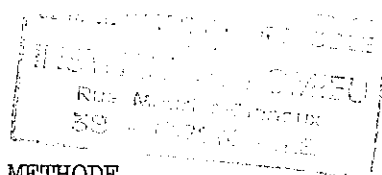
avec T = température moyenne annuelle en °C. Les résultats en mm/an obtenus en appliquant cette formule sont reportés dans le tableau 43.

	1963-19	Juillet 1976 Juin 1977	Juillet 1977 Juin 1978
Thonon Rives	528 (59 %)	534 (41 %)	521 (53 %)
Abondance	397 (26 %)	403 (22 %)	390 (21 %)
B.V. Trossy	334 (19 %)	338 (16 %)	328 (14 %)
B.V. Grange Blanche	356 (21 %)	361 (18 %)	349 (17 %)

Tableau 43 : Déficit d'écoulement selon Serra

	Périodes	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Année
Thonon Rives	1963 - 1977	117	113 (93)	76 (52)	47 (24)	19	7	4	9	22	46	82	107	649 (582) 72 % 65 %
	Juillet 1976 Juin 1977	138	98 (81)	68 (46)	51 (26)	19	3	7	20	34	42	73	100	653 (593) (50 %) (45 %)
	Juillet 1977 Juin 1978	124	108 (90)	75 (51)	52 (27)	21	9	7	9	28	42	75	102	652 (585) (66 %) (59 %)
Abondance	1963 - 1977	108	95 (79)	67 (45)	43 (22)	11	0	0	0	11	36	66	91	528 (469) (35 %) (31 %)
	Juillet 1976 Juin 1977	114	89 (74)	56 (38)	46 (24)	8	0	0	7	30	32	67	88	537 (482) (30 %) (27 %)
	Juillet 1977 Juin 1978	105	91 (76)	64 (44)	51 (27)	8	0	0	0	17	30	64	87	517 (458) (28 %) (25 %)
B. V. Frossy	1963 - 1977	101	89 (74)	61 (42)	36 (19)	0	0	0	0	0	25	59	84	455 (404) (25 %) (22 %)
	Juillet 1976 Juin 1977	108	83 (65)	54 (36)	41 (22)	0	0	0	0	19	19	60	82	466 (411) (22 %) (20 %)
	Juillet 1977 Juin 1978	99	85 (68)	59 (39)	46 (27)	0	0	0	0	0	16	56	81	442 (386) (19 %) (17 %)
B. V. Grange Blanche	1963 - 1977	104	91 (76)	63 (43)	39 (20)	2	0	0	0	0	30	62	87	478 (424) (29 %) (26 %)
	Juillet 1976 Juin 1977	109	85 (68)	56 (38)	42 (23)	0	0	0	0	24	25	62	84	487 (433) (25 %) (22 %)
	Juillet 1977 Juin 1978	101	87 (71)	61 (41)	48 (27)	0	0	0	0	8	23	59	83	470 (413) (22 %) (20 %)

Tableau 44 : Evapotranspiration potentielle mensuelle selon Thornwhaite (en mm)



VI-4-4- EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ET_p) SELON LA METHODE DE THORNWHAITE

L'évapotranspiration potentielle (ET_p) est supérieure ou égale à l'évapotranspiration réelle (ET_r) ; elle est égale à l'évapotranspiration réelle quand les réserves en eau du sous-sol sont suffisantes.

Pour Thonon, Abondance, et le bassin de l'Ugine

ET_p = ET_r pour les périodes considérées

L'évapotranspiration potentielle est donnée par la formule

$$ET_p = 16 \left(\frac{10 t}{I} \right)^a$$

avec t = température moyenne mensuelle

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

$$a = 0,49239 + 1792 \cdot 10^{-5} I - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 675 \cdot 10^{-9} I^3$$

Les valeurs mensuelles ainsi trouvées sont ensuite corrigées par un facteur dépendant de la latitude. Nous utiliserons les facteurs calculés pour Thonon.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Facteur correctif	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74

D'après J.J. Jérémie (1976) le calcul de l'ET_p selon cette méthode conduit à une surestimation des valeurs pour les mois d'août, septembre et octobre, qui correspondent au début de la période de repos végétatif, il propose d'appliquer à ces valeurs un coefficient de correction de 0,83 pour août, 0,68 pour septembre et 0,52 pour octobre. Nous avons calculé ces valeurs corrigées qui dans le tableau 44 sont notées entre parenthèse.

VI-4-5- EVAPOTRANSPIRATION MOYENNE ANNUELLE

Dans le tableau suivant nous donnons l'évapotranspiration moyenne calculée en déterminant la valeur moyenne des valeurs déterminées par les cinq méthodes de calcul, nous donnons aussi les valeurs maximales et minimales (mm/an).

	1963-1977			Juillet 1976 Juin 1977			Juillet 1977 Juin 1978		
	$\bar{x}$	M	m	$\bar{x}$	M	m	$\bar{x}$	M	m
Thonon Rives	556	650	512	584	652	539	557	650	506
Abondance	449	527	397	458	537	403	441	517	390
B.V. Trossy	377	456	316	385	466	323	367	443	305
B.V. Grange Blanche	403	482	350	410	488	358	394	470	340

Tableau 45 : Valeurs moyennes, maximales et minimales de l'évapotranspiration

On peut ainsi remarquer que les valeurs moyennes de l'évapotranspiration sont proches des valeurs déterminées à l'aide de la formule de Turc pour Abondance et pour le bassin versant de l'Ugine, par contre pour Thonon Rives ces valeurs moyennes sont proches de la valeur calculée par la formule de Coutagne ($D = 0,20 + 0,035 T$). Les valeurs extrêmes s'écartent de la moyenne de 20 % au maximum.

Pour l'approche du bilan hydrologique nous prendrons comme valeur de l'évapotranspiration la valeur calculée par la formule de Turc.

VI-5- MESURE DE LA LAME D'EAU ECOULEE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE

Comme nous l'avons déjà précisé, le bassin versant est équipé depuis une quinzaine d'années d'un limnigraphe au pont de Grange Blanche, et n'ayant pu obtenir les relevés de cette station, un limnigraphe a été installé au pont de Trossy à la fin du mois d'Avril 1977.

VI-5-1- LA COURBE DE TARAGE DE LA STATION DE TROSSY (Fig. 54)

Le tarage de la station de Trossy a été réalisé grâce à des jaugeages au micromoulinet pour les hauteurs d'eau inférieures à 38 cm et grâce à des jaugeages chimiques pour les hauteurs supérieures à 38 cm.

Le dépouillement des mesures s'est fait par l'emploi d'une calculatrice Hewlett Packard Type 10 (Jaugeage au micromoulinet).

Pour calculer la relation reliant le débit à la hauteur d'eau, nous avons testé plusieurs types de corrélation, le meilleur type s'étant révélé être une corrélation puissance $Q = a H^b$.

La courbe de tarage se divise en deux parties dont les équations permettant de calculer le débit sont :

$$H < 24,4 \text{ cm} \quad Q = 0,0784 H^{2,6568}$$

$$H > 24,4 \text{ cm} \quad Q = 0,8482 H^{1,9113}$$

avec H en cm

Q en l/s

Pour le limnigraphe de Grange Blanche, nous avons aussi réalisé une courbe de tarage afin de déterminer le débit de l'Ugine lors des prélèvements pour les analyses chimiques, mais dès mai 1978 cette courbe de tarage n'était plus valable.

VI-5-2- RELATION ENTRE LES DEBITS AUX PONTS DE TROSSY ET DE GRANGE BLANCHE (FIG. 55).

Nous avons réalisé 26 jaugeages au pont de Grange Blanche une heure après avoir réalisé des jaugeages au pont de Trossy.

Grâce à ces jaugeages quasi simultanés nous avons essayé de calculer la relation existante entre les deux débits :

$$Q \text{ Grange Blanche} = 1,912 \times Q \text{ Trossy} - 20$$

$$r = 0,953$$

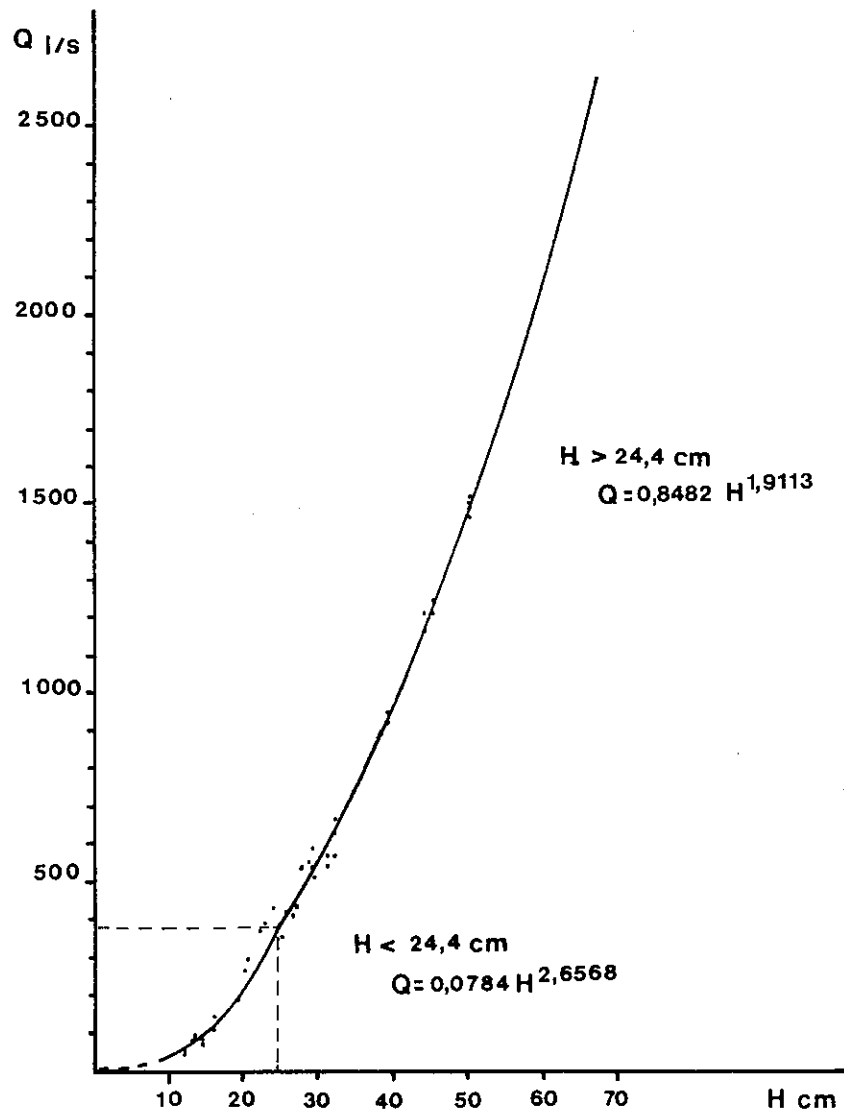


fig 54 : Courbe de tarage de la station de Trossy

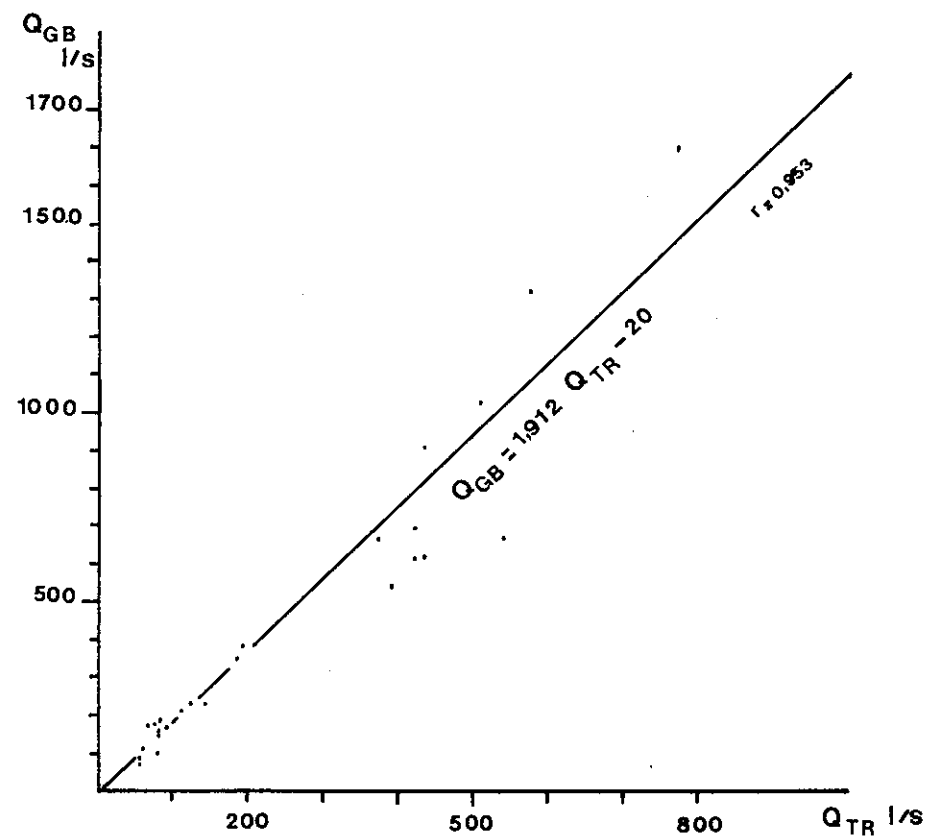
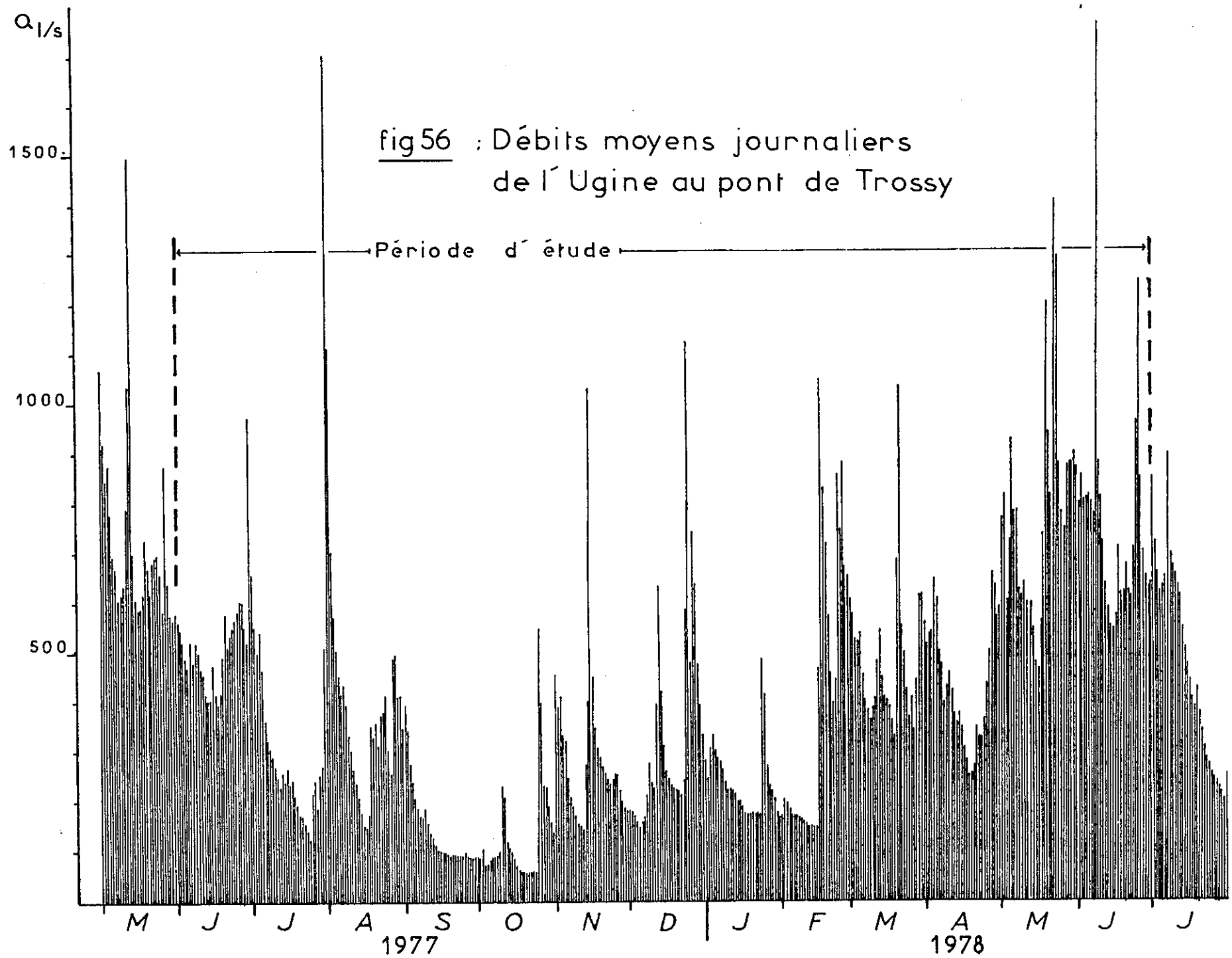


fig 55 : Corrélation entre les débits de l'Ugine à Trossy et à Grange Blanche



Cette relation ne peut être appliquée que pour avoir une idée du débit moyen annuel au pont de Grange Blanche et en aucun cas pour calculer les débits moyens journaliers et encore moins instantanés.

VI-5-3- DEBITMETRIE

VI-5-3-1- Débits moyens journaliers au pont de Trossy (fig. 56)

A partir de la courbe de tarage, nous avons pu déterminer le débit moyen journalier en déterminant les débits moyens par tranches de 6 heures sauf en période de crue où nous avons calculé les débits moyens horaires.

Sur la figure nous avons reporté les débits moyens journaliers de l'Ugine entre le 1er mai 1977 et le 31 juillet 1978.

VI-5-3-2- Débits moyens mensuels et annuel

A l'aide des débits moyens journaliers nous avons pu déterminer les débits moyens mensuels et les débits spécifiques mensuels.

Les valeurs obtenues entre mai 1977 et juillet 1978 sont reportées dans le tableau 46 et sur la figure 56.

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Débit moyen mensuel l/s	732	516	340	381	141	131	293	338	239	404	486	436	785	766	477
Débit spécifique mensuel l/s/km ² (1)	61	43	28,3	31,8	11,7	10,9	24,4	28,2	19,9	33,7	40,5	36,3	65,4	63,8	39,8
Débit spécifique mensuel l/s/km ² (2)	52,5	37	24,4	27,3	10,1	9,4	21	24,2	17,1	29	34,9	31,3	56,3	54,9	34,2

Tableau 46 : Débits moyens mensuels et débits spécifiques mensuels de l'Ugine au pont de Trossy

Remarque : Pour les débits spécifiques la ligne (1) correspond au bassin versant réel et la ligne (2) au bassin géographique. Entre juillet 1977 et juin 1978 le débit moyen au pont de Trossy est de 395 l/s.
Compte-tenu de la relation entre les débits, le débit moyen durant cette période au pont de Grange Blanche est de 735 l/s.

VI-5-3-3- Les débits caractéristiques

Grâce à la courbe des débits classés (fig. 57); nous avons pu déterminer les débits caractéristiques, nous avons ainsi défini :

- . le débit caractéristique maximum (DCM) : le débit dépassé 10 j par an ;
- . le débit caractéristique moyen (DC₆) = débit dépassé 6 mois par an ;
- . les débits caractéristiques dépassés 1, 3, 9 ou 11 mois par an (DC₁, DC₃, DC₉, DC₁₁) = débit dépassé respectivement 1, 3, 9 ou 11 mois par an ;
- . le débit caractéristique d'étiage (DCE) = débit dépassé 355 jours par an.

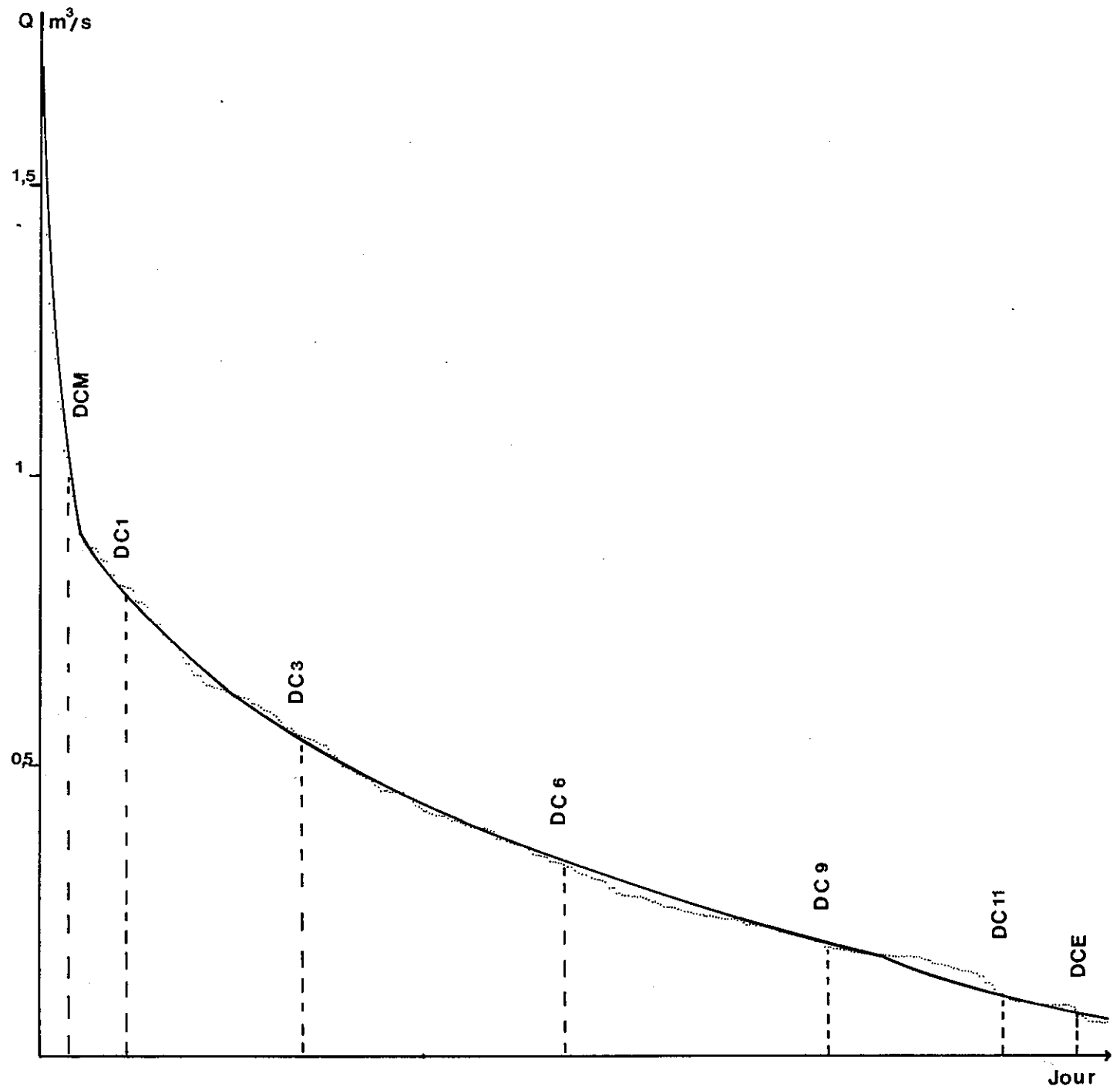


fig 57 : Courbe des débits classés

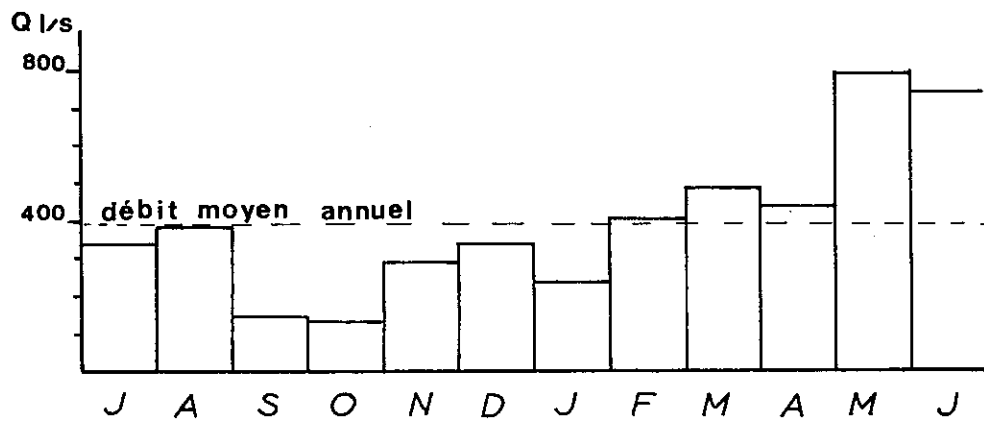


fig 58 : Débits moyens mensuels

	DCM	DC ₁	DC ₃	DC ₆	DC ₉	DC ₁₁	DCE
1/s	1030	785	550	335	195	110	75
1/s/km ² B. V. réel	85,8	65,4	45,8	27,9	16,3	9,2	6,3
1/s/km ² B. V. géographique	73,8	56,3	39,4	24,0	14,0	7,9	5,4

Tableau 47 : Débits caractéristiques de l'Ugine (juillet 1977-juin 1978)

VI-5-4- CALCUL DE LA LAME D'EAU ECOULEE MENSUELLEMENT ET ANNUELLEMENT

Grâce aux débits moyens mensuels et annuels on peut calculer la lame d'eau écoulee ainsi que le volume d'eau écoulee mensuellement et annuellement.

	Lame d'eau (1) en mm	Lame d'eau (2) en mm	V écoulée m3
Juillet	76	65	912000
Août	85	73	1020000
Septembre	31	26	372000
Octobre	29	25	348000
Novembre	63	55	756000
Décembre	75	65	900000
Janvier	53	46	636000
Février	81	70	972000
Mars	109	94	1308000
Avril	94	81	1128000
Mai	176	151	2112000
Juin	166	142	1992000
Année	1038	893	12456000

Tableau 48 : Lame d'eau écoulee à la station de Trossy (1 : B.V. réel,
2 : B.V. géographique).

VI-5-5- REMARQUE A PROPOS DE L'ETUDE DES DEBITS (FIG. 58)

Dans le tableau ci-dessous nous avons reporté les rapports débit moyen mensuel - débit moyen annuel.

[illegible]

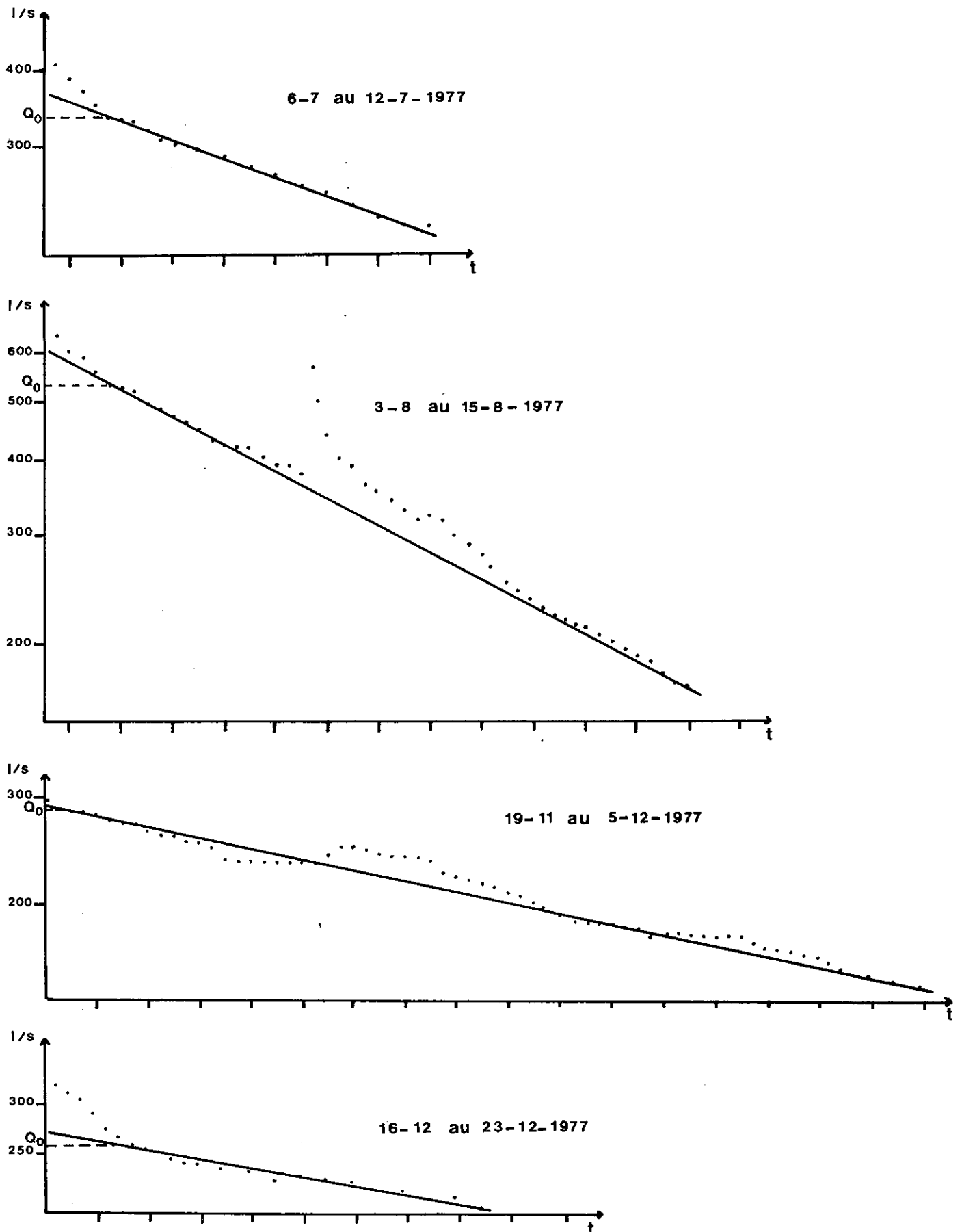


fig 59 : Courbes de tarissement

On peut donc ainsi voir un maximum en mai-juin 1978 et un minimum en septembre-octobre 1977. Pour comparer l'Ugine à d'autres cours d'eau du bassin lémanique nous ne disposons pas de données sur la même période, mais nous avons remarqué que les valeurs des précipitations et des températures moyennes pour l'année 1970 étaient à peu près identiques à celle de notre période d'étude.

Nous comparons ainsi les débits spécifiques caractéristiques de l'Ugine à ceux de la Dranse, du Rhône, du Brévon et des Blaves en 1970.

	Ugine	Brévon	Dranse	Rhône	Blaves
Débit moyen	33	30	64	39	10,5
DCM	86	73	101	105	21
DC ₆	28	23	26	27	5
DCE	6	9	3	14	0,8

Tableau 49 : Comparaison des débits caractéristiques de quelques cours d'eau du bassin lémanique (l/s/km²).

On remarque d'abord la similitude entre l'Ugine et le Brévon. Les débits spécifiques moyen et maximum sont plus faibles pour l'Ugine que pour la Dranse (écarts respectivement 48 % et 15 %), ces faibles valeurs étant dues à un stockage dans les formations quaternaires et ainsi qu'à des écoulements vers l'extérieur du bassin versant. Le débit spécifique d'étiage plus faible pour la Dranse par rapport à celui de l'Ugine, s'explique par le fait que les réserves sont plus importantes sur le bassin versant de l'Ugine que sur le bassin complet de la Dranse mais légèrement moins importantes que sur le bassin versant du Brévon.

VI-5-6- LES EAUX SOUTERRAINES (FIG. 59)

Pour étudier les courbes de tarissement de l'Ugine, il nous fut extrêmement difficile de trouver des périodes suffisamment longues où l'écoulement n'est pas influencé par les précipitations.

Sur toutes les crues observées en le 25 avril 1977 et le 1er août 1978, nous n'avons pu étudier que la crue du 12 décembre 1977.

Pour l'étude du tarissement nous utiliserons la formule de Maillet.

$$Q_t = Q_{oe}^{-\alpha t}$$

avec t = temps écoulé depuis le début du tarissement

Q_t = débit à l'instant t

Q_o = débit à l'instant $t = 0$

α = coefficient de tarissement

L'intégrale de cette équation permet d'évaluer les réserves superficielles du début du tarissement, nous avons ainsi

$$V = \int_0^{\infty} Q dt = \int_0^{\infty} Q_o e^{-\alpha t} dt$$

$$\text{d'où } V = \frac{Q_o}{\alpha}$$

Nous avons pu étudier la décrue et le tarissement de l'Ugine du 12 décembre au 23 décembre 1977. Le tarissement s'est observé entre le 16 décembre à 18 h et le 23 décembre à 12 h.

$$Q_0 = 259 \text{ l/s} \quad \alpha = 0,038$$

d'où l'équation du tarissement est :

$$Q = 259 e^{-0,038t}$$

Le volume des réserves était donc de 595 800 m³.

D'autres courbes de tarissement bien que moins bonnes que la précédente ont pu être étudiées. Dans le tableau ci-dessous nous avons reporté les caractéristiques de ces courbes qui correspondent à des épisodes se situant en été ou en automne.

Début de la crue	Début du tarissement	Fin du tarissement	Q_0 l/s	α	Volume des réserves en m ³
29. 6.1977	6. 7.1977	12. 7.1977	337	0,071	420000
30. 7.1977	3. 8.1977	15. 8.1977	525	0,098	476000
14.11.1977	19.11.1977	5.12.1977	290	0,042	593330

Il aurait été intéressant de pouvoir calculer de la même façon le volume des réserves en hiver et au printemps mais les fortes précipitations ainsi que la fonte des neiges ne permettent pas de réaliser ce calcul.

Les résultats que nous avons obtenus montrent cependant que d'un épisode à l'autre les variations des réserves sont faibles et qu'il y a une restitution rapide du volume d'eau emmagasiné qui pourrait indiquer une faible participation du substratum dans les écoulements.

Les valeurs plus faibles des réserves en été par rapport à celles de l'hiver sont dues essentiellement à l'influence de l'évapotranspiration sur le tarissement. En effet le calcul des réserves n'est qu'une estimation par défaut car on ne tient pas compte de l'évapotranspiration et des pertes vers l'extérieur du bassin versant. Etant donné que pour les deux périodes on ne peut estimer les pertes vers l'extérieur du bassin versant, nous ne considérons que l'influence de l'évapotranspiration sur les courbes de tarissement, cette influence est représentée par la figure 60.

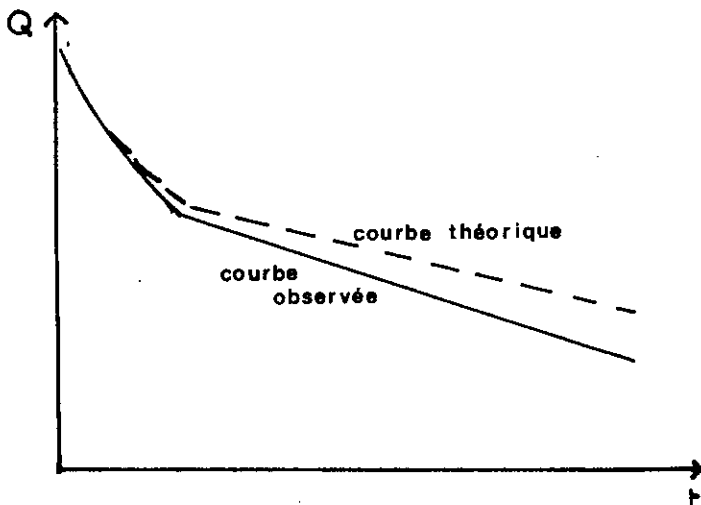


Figure 60 : Courbe de tarissement théorique et courbe de tarissement observée.

On s'aperçoit ainsi que l'influence de l'évapotranspiration se marque par une décroissance plus rapide des débits donc à une valeur plus élevée du coefficient de tarissement.

L'évapotranspiration étant importante en juillet et août on observe donc des coefficients de tarissement plus forts qu'en novembre, décembre où l'évapotranspiration est faible, voire nulle.

Cette influence de l'évapotranspiration sur le tarissement montre que les réserves sont surtout localisées dans la zone superficielle.

Pour une même saison le volume des réserves est bien lié à l'importance des précipitations ; en effet pour la crue du 30 juillet 1977 les précipitations étaient plus importantes que pour la crue du 29 juin et pour le volume des réserves il en est de même.

VI-6- CONCLUSION A L'ETUDE HYDROCLIMATOLOGIQUE

L'étude climatologique, pour laquelle nous avons pu bénéficier des données de nombreuses stations du Nord-Est du Chablais, nous a permis à l'aide de corrélations statistiques d'étudier divers paramètres sur cette région. Nous avons ainsi pu déterminer un gradient altimétrique annuel moyen des précipitations pour la période 1963-1977 (81 mm/100 m) ainsi que les gradients pour les deux périodes d'études : (Juillet 1976-Juin 1977 : 69 mm/100 m ; Juillet 1977-Juin 1978 : 113 mm/100 m). De même, nous avons constaté que durant la seconde période d'étude, alors qu'en bordure du Léman et jusqu'à une altitude de 700 à 800 m la pluviométrie avait une valeur moyenne, en altitude elle présente un excédent de 20 à 35 % par rapport à la moyenne. Cette étude nous a permis de constater par ailleurs que l'on pouvait appliquer dans la région, en dehors de la zone d'influence du Léman, c'est-à-dire pour des altitudes supérieures à 600 m, la valeur du gradient altimétrique annuel de température déterminée par Angot (0,53°C/100 m) ; malheureusement il ne nous a pas été possible de déterminer les valeurs des gradients mensuels.

Pour déterminer les valeurs des précipitations, des températures et de l'évapotranspiration sur le bassin versant de l'Ugine nous avons utilisé les gradients altimétriques de précipitations et de températures. Nous avons calculé les valeurs moyennes de ces paramètres pour la période 1963-1977 et les valeurs pour les périodes juillet 1976 - juin 1977 et juillet 1977 - juin 1978. Nous avons pu ainsi constater un excédent de précipitations respectivement de 18 % et de 28 % pour ces deux dernières périodes, des températures moyennes annuelles inférieures respectivement de 0,2 et 0,7° à la moyenne. L'évapotranspiration qui représente en moyenne sur la période 1963-1977 21 % des précipitations ne représente plus que 18 % des précipitations (juillet 1976-juin 1977) et 16 % (juillet 1977-juin 1978) pour le bassin versant de Trossy.

Du point de vue de l'écoulement de surface le régime de l'Ugine semble se rapprocher de celui du Brévon ; on observe aussi une faible variation des réserves ainsi que des coefficients de tarissement assez élevés indiquant la faible participation du substratum dans la constitution des réserves.

Les divers paramètres déterminés sur le bassin versant de l'Ugine nous ont permis une approche du bilan hydrologique que nous aborderons dans le chapitre VII.

CHAPITRE VII

APPROCHE DU BILAN HYDROLOGIQUE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE

VII-1- LES TERMES D'UN BILAN HYDROLOGIQUE

Les termes d'un bilan hydrologique classique se décomposent en entrées et sorties.

Les entrées :

P = Alimentation directe : précipitations totales (pluie, neige...).
La précision sur l'évaluation de ce paramètre est de l'ordre de 10 %.

Q_E = Alimentation indirecte : apports issus de l'extérieur du bassin versant ?

R_1 = Réserves souterraines au début de la période considérée.

Les sorties

Q = Débit de l'écoulement de surface qui est déterminé avec une précision proche de 5 %.

E_{tr} = Evapotranspiration réelle. Ce terme est le plus délicat à évaluer et la précision atteinte varie de 10 à 50 % ; nous prendrons comme précision la valeur moyenne de 30 %.

C = Prélèvements par captages ; il s'agit des prélèvements sur le bassin versant, servant à l'alimentation en eaux de secteurs extérieurs au bassin versant

Q_S = Ecoulement souterrain vers l'extérieur ?

R_2 = Réserves souterraines à la fin de la période considérée.

La formule générale du bilan est donc :

$$P + Q_E + R_1 = Q + E_{Tr} + C + C + Q_S + R_2$$

Pour le bassin versant de l'Ugine ne pouvant estimer les réserves à la fin et au début de la période d'étude le bilan s'écrira :

$$P + Q_E = Q + E_{Tr} + C + (Q_S - Q_E)$$

où dans le terme ($Q_S - Q_E$) sont comprises les variations des réserves

On peut ainsi écrire :

$$Q_S - Q_E = P - (Q + E_{Tr} + C)$$

Selon le signe du terme ($Q_S - Q_E$) des écoulements non visibles peuvent être mis en évidence à condition qu'il soit supérieur à 10 % des précipitations ; s'il est positif, il existe des écoulements du bassin versant vers l'extérieur, s'il est négatif les écoulements se font de l'extérieur vers le bassin versant.

VII-2- BILAN HYDROLOGIQUE SUR LA PERIODE JUILLET 1977 - JUIN 1978

VII-2-1- BILAN HYDROLOGIQUE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE A L'AMONT DE TROSSY

La quantité d'eau prélevée par les captages a été déterminée à l'aide des données de prélèvements pour l'alimentation de la ville d'Evian au Charmet (946242 m³) et à l'aide de l'estimation du volume prélevé sur la source "Sur les Scies" pour l'alimentation en eau de la commune de Bernex. Le volume total prélevé par les captages est d'environ 1080000 m³ soit une lame d'eau de 90 mm pour le bassin versant réel et 77 mm pour le bassin versant géographique. Les termes du bilan sont donc :

	Bassin versant réel		Bassin versant géographique	
P (mm)		2317		2335
Q (mm)	45 % de P	1038	38 % de P	893
E_{Tr} (mm)	16 % de P	372	16 % de P	369
C (mm)	4 % de P	90	3 % de P	77
$(Q_S - Q_E)$ (mm)	35 % de P	+ 817	43 % de P	+996

Tableau 50 : Bilan hydrologique du bassin versant de Trossy (Juillet 1977-Juin 1978).

En volume ($Q_S - Q_E$) représente 9,80 10⁶ m³ pour le bassin réel et 13,89 10⁶ m³ pour le bassin versant géographique.

En faisant la différence entre les deux valeurs ci-dessus on obtient le volume stocké ou écoulé vers l'extérieur au niveau du synclinal de Mémise. Ce volume est égal à 4,09 10⁶ m³ soit 129 l/s.

VII-2-2- ESTIMATION DU BILAN SUR LE BASSIN VERSANT A L'AMONT DE GRANGE BLANCHE

La quantité d'eau prélevée par les captages, déterminée par les données fournies par le service des Eaux de la Ville d'Evian et par l'estimation du volume prélevé aux captages des Rosées et des Faverges, est de 1 556 000 m³ soit une lame d'eau de 66 mm pour le bassin versant réel et de 61 mm pour le bassin versant géographique.

Les termes du bilan sont donc :

	Bassin versant réel	Bassin versant géographique
P (mm)	2104	2126
Q (mm)	47 % de P 984	43 % de P 909
ET _r (mm)	19 % de P 397	19 % de P 394
C (mm)	3 % de P 66	3 % de P 61
(Q _S - Q _E) (mm)	31 % de P + 657	35 % de P +762

Tableau 51 : Bilan hydrologique du bassin versant de Grange Blanche
(juillet 1977 - Juin 1978)

En volume l'excédent représente $15,479 \cdot 10^6$ m³ pour le bassin versant réel et $19,439 \cdot 10^6$ m³ pour le bassin versant géographique. D'où le volume d'eau stockée ou écoulee vers l'extérieur au niveau du synclinal de Mémise est de $3,96 \cdot 10^6$ m³, soit un écart de 3 % par rapport à la valeur trouvée au paragraphe précédent.

VII-3- BILAN EXCEDENTAIRE MAXIMUM ET MINIMUM

VII-3-1- BASSIN VERSANT DE TROSSY

Compte-tenu des précisions sur la détermination des différents termes du bilan, nous avons calculé les excédents maximum et minimum.

* Bilan excédentaire maximum en mm

(Précipitations maximum, débits et ET_r minimas)

	P	- (Q + ET _r + C)	= (Q _S - Q _E)
B. V. Réel	2549	- (986 + 247 + 90)	= + 1226 mm
B.V. Géographique	2569	- (848 + 244 + 77)	= + 1400 mm

* Bilan excédentaire minimum en mm

(Précipitations minimum, débits et ET_r maximas)

	P	- (Q + ET _r + C)	= (Q _S - Q _E)
B.V. Réel	2085	- (1090 + 457 + 90)	= 448 mm
B.V. Géographique	2101	- (938 + 454 + 77)	= 632 mm

Les excédents sont donc compris

. B.V. réel : + 448 mm $< (Q_S - Q_E) < + 1226$ mm

. B.V. géographique: + 632 mm $< (Q_S - Q_E) < + 1400$ mm

Soit 19 % de P $< (Q_S - Q_E) < 53$ % de P pour le bassin réel ;

27 % de P $< (Q_S - Q_E) < 60$ % de P pour le bassin géographique.

En volume ces valeurs minimales et maximales des excédents sont

Bassin réel 5 376 000 m³ $< (Q_S - Q_E) < 14 712 000$ m³

Bassin géographique 8 816 400 m³ $< (Q_S - Q_E) < 19 530 000$ m³

Ce qui donne pour le synclinal de Mémise un volume d'eau stockée ou écoulée vers l'extérieur :

3 440 400 m³ $< (Q_S - Q_E)_M < 4 818 000$ m³

soit 109 l/s $< (Q_S - Q_E)_M < 153$ l/s

VII-3-2- BASSIN VERSANT DE GRANGE BLANCHE

Compte-tenu du mode de détermination du débit la précision est de 10 %.

* Bilan excédentaire maximum

	P	- (Q + ETr + C)	= (Q _S + Q _E)
Bassin réel	2314	- (886 + 277 + 66)	= 1086 mm
Bassin géographique	2339	- (818 + 274 + 61)	= 1186 mm

* Bilan excédentaire minimum

	P	- (Q + ETr + C)	= (Q _S + Q _E)
Bassin réel	1894	- (1082 + 517 + 66)	= + 229 mm
Bassin géographique	1913	- (1000 + 514 + 61)	= + 338 mm

Les excédents sont donc compris

Bassin réel + 229 mm $< (Q_S + Q_E) < + 1085$ mm

Bassin géographique + 338 mm $< (Q_S + Q_E) < + 1186$ mm

soit pour le bassin réel 11 % de P $< (Q_S + Q_E) < 52$ % de P

pour le bassin géographique
16 % de P $< (Q_S + Q_E) < 56$ % de P

Ce qui donne en volume

Bassin réel 5 395 240 m³ $< (Q_S + Q_E) < 25 562 600$ m³

Bassin géographique 8 622 380 m³ $< (Q_S + Q_E) < 30 254 860$ m³

	P mm	ETr mm	Q mm	C mm	Stockage mm	Stockage cumulé mm
a						
Juillet	267	99	65	8	95	95
Août	179	68	73	8	30	125
Septembre	35	39	26	7	- 37	88
Octobre	154	27	25	7	95	183
Novembre	235	0	54	5	176	359
Décembre	160	0	65	5	90	449
Janvier	204	0	46	7	151	600
Février	243	0	70	7	166	764
Mars	249	0	93	7	149	915
Avril	117	16	81	5	15	930
Mai	231	56	152	5	18	948
Juin	261	87	143	6	31	979
Année	2335	386	893	77		
b						
Juillet	266	99	76	9	82	82
Août	177	68	85	10	14	96
Septembre	35	39	31	8	- 43	53
Octobre	153	27	29	8	89	142
Novembre	233	0	63	6	164	306
Décembre	158	0	76	6	76	382
Janvier	202	0	53	8	141	523
Février	241	0	81	8	152	675
Mars	248	0	109	8	131	806
Avril	116	16	94	6	0	806
Mai	229	56	176	6	- 9	797
Juin	259	81	165	7	6	803
Année	2317	386	1038	90		

Tableau 52 : Bilan hydrologique mensuel pour le bassin versant de Trossy : (a) géographique ; (b) réel.

30 AOÛT 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 : pialour@ujf-grenoble.fr

On obtient ainsi pour le synclinal de Mémise

$$3\,227\,140\text{ m}^3 < (Q_s + Q_e) M < 4\,692\,260\text{ m}^3$$

soit $102\text{ l/s} < (Q_s + Q_e) M < 149\text{ l/s}$

Une partie des écoulements vers l'extérieur du bassin versant se font certainement au niveau de la limite occidentale du bassin.

Il est très difficile de préciser vers où se font exactement les autres écoulements extérieurs car toutes les bordures du bassin versant sont susceptibles d'être le siège de ces écoulements. Pour déterminer ces directions d'écoulements il faudrait réaliser une étude sur les bassins versants entourant celui de l'Ugine mais il n'est pas sûr que l'on obtienne des résultats probants.

Pour le synclinal de Mémise, le stockage et l'écoulement vers le plateau de Thollon et le bassin versant du ruisseau de Locum peuvent être estimés à un total de 4.10^6 m^3 à 20 % près.

VII-4- BILAN MENSUEL

Le stockage mensuel représente la différence entre les précipitations et la somme de l'écoulement de surface et l'évapotranspiration.

Si le résultat est positif il y a un excédent des entrées, s'il est négatif il y a un déficit.

Nous avons réalisé ce calcul pour les bassins versants géographique et réel en amont de Trossy.

Si l'on considère le bassin versant géographique, il n'y a prélèvement sur les réserves qu'en septembre. Pour le bassin réel, il y a prélèvement en septembre et pour les mois d'avril à juin : le stockage est faible (0 mm en avril et 6 en juin) ou le prélèvement est faible (-9 mm en mai).

Les stockages importants en novembre, janvier, février et mars se font essentiellement sous forme de neige.

CONCLUSION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

Au cours de cette étude nous avons pu mettre en évidence la non appartenance du synclinal de Mémise au bassin versant réel de l'Ugine ainsi que la relation existant entre les nappes du Lain et du Fayet sur le plateau de Thollon.

L'étude climatologique nous a permis de définir les paramètres climatiques du bassin versant de l'Ugine d'une part pour la période 1963-1977 et pour les périodes juillet 1976 - juin 1977 et juillet 1977 - juin 1978.

Les caractéristiques pour les bassins versants réels sont :

Bassin versant	Périodes	P mm	T °C	ET _r mm
Grange Blanche	1963 - 1977	1649	4,3	303
	juillet 1976 - juin 1977	1970	4,4	410
	juillet 1977 - juin 1978	2104	4	394
Trossy	1963 - 1977	1803	3,3	377
	juillet 1976 - Juin 1977	2101	3,5	385
	juillet 1977 - Juin 1978	2317	3	367

L'écoulement de surface durant la période juillet 1977-juin 1978 a été de 395 l/s soit 33 l/s/km² pour le bassin de Trossy et de 735 l/s soit 31 l/s/km² pour le bassin de Grange Blanche.

Le calcul du bilan hydrologique a mis en évidence des écoulements souterrains vers l'extérieur des bassins versants représentant 35 % des précipitations (soit l'équivalent d'un débit de 311 l/s) pour le bassin versant de Trossy et représentant 31 % des précipitations (491 l/s) pour le bassin versant de Grange Blanche.

L'écoulement vers le plateau de Thollon et le bassin versant du ruisseau de Locum au niveau du synclinal de Mémise ainsi que le stockage au niveau de ce synclinal représentent 4×10^6 m³, c'est-à-dire 84 % des précipitations sur le synclinal (127 l/s).

Cette étude hydrogéologique doit être complétée par une étude hydrochimique afin de connaître les caractères physico-chimiques des différentes sources et les possibilités des différents terrains d'être aquifères.

TROISIEME PARTIE

H Y D R O C H I M I E

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROCHIMIQUE DES SOURCES ET DES COURS D'EAU

CHAPITRE IX : APPROCHE DU BILAN HYDROCHIMIQUE DU BASSIN VERSANT DE
L'UGINE

CONCLUSION A L'ETUDE HYDROCHIMIQUE

CHAPITRE VIII

ETUDE HYDROCHIMIQUE DES SOURCES ET DES COURS D'EAU

L'étude hydrochimique consistera à déterminer les propriétés physico-chimiques des eaux des sources et des cours d'eau.

Les renseignements fournis par la chimie permettent en général de connaître l'origine des eaux et les terrains dans lesquels elles ont circulé.

Les sources que nous avons pu étudier dans la vallée de l'Ugine et sur le plateau de Thollon émergeant pratiquement toutes des formations quaternaires, leur chimismes nous permettra de les différencier.

Les analyses chimiques des mois de juillet et octobre 1976, d'avril et septembre 1977 et de janvier 1978 ont été effectuées au CRG de Thonon les Bains par Mme A. Noir. Les éléments dosés au CRG sont les suivants :

SiO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Sr^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- et P total.

Toutes les autres analyses chimiques mensuelles nous les avons faites à l'Institut Dolomieu de Grenoble. Nous avons analysé les mêmes éléments sauf NH_4^+ , Sr^{2+} , P total. Les éléments suivants, Na^+ , K^+ ont été dosés par Mme B. Uselle.

VIII-1- LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

VIII-1-1- LES PARAMETRES PHYSIQUES

* Le débit

Le débit des sources a été mesuré soit à l'aide d'un seau gradué pour les petits débits, soit à l'aide d'un micromoulinet.

* Le pH

Le pH a été mesuré en laboratoire, à l'Institut Dolomieu à l'aide d'un pH-mètre électrique.

La précision est de 0,1 unité pH.

* La conductivité

La détermination de la conductivité se fait en mesurant la conductivité électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine maintenues parallèles. Elles s'exprime en microsiemens par centimètres à 25°C

(ou μ mho. cm^{-1}). La conductivité est proportionnelle à la minéralisation.

Elle a été mesurée en laboratoire.

* La température

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure avec une précision de $0,1^{\circ}\text{C}$.

VIII-1-2- LES PARAMETRES CHIMIQUES

Les paramètres chimiques que nous utiliserons sont les concentrations en éléments suivants :

SiO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Sr^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- . Les résultats sont exprimés en mg/l.

VIII-1-2-1- Les méthodes d'analyses à l'Institut Dolomieu

Trois méthodes sont utilisées pour les dosages :

- . la titrimétrie
- . la colorimétrie
- . la spectrométrie d'absorption atomique ou d'émission de flamme.

* Les dosages titrimétriques

Ils ont été utilisés pour déterminer les teneurs en calcium, magnésium, chlorures et enfin l'alcalinité.

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique totale (T.H.)

Pour les eaux que nous avons étudiées on peut considérer que Ca^{2+} et Mg^{2+} contribuent seuls à la dureté totale.

L'analyse consiste à doser la somme $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ d'une part et Ca^{2+} seul d'autre part ; Mg^{2+} sera obtenu par différence des deux valeurs mesurées.

Principe du dosage de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

Complexation à pH 10 par l'acide éthylènediamine-tétracétique (EDTA) de Ca^{2+} et Mg^{2+} en présence d'un indicateur coloré, le noir d'ériochrome.

Principe du dosage de Ca^{2+}

Complexation de Ca^{2+} par l'EDTA en présence de Mg^{2+} et à pH 12 (dans ces conditions, Mg^{2+} ne peut interférer puisqu'il précipite sous forme d'hydroxyde de magnésium).

L'indicateur coloré utilisé est la murexide

La précision sur la dureté totale est de 2 %. La précision sur la valeur de Mg^{2+} est de 20 % parfois 50 % pour des teneurs inférieures à 2 mg/l et est inférieure à 10 % pour des teneurs de l'ordre de 5 mg/l.

- L'alcalinité

On distingue deux titres alcalimétriques :

. Le titre alcalimétrique (TA) qui correspond à la teneur de l'eau en ions OH^- et CO_3^{2-} .

. Le titre alcalimétrique complet (TAC) qui correspond à la teneur de l'eau en ions OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- .

Pour les eaux dont le pH est inférieur à 8,3 les teneurs en ions OH^- et CO_3^{2-} sont négligeables, la valeur de leur TA sera nulle et ainsi le TAC représentera la teneur des eaux en HCO_3^- , c'est le cas des eaux que nous avons analysées.

La détermination du TAC se fait à l'aide d'une solution d'acide sulfurique 0,02 N en présence de méthyl-orange comme indicateur coloré. L'évolution du titrage peut se suivre sur un pH mètre, le point équivalent se situant pour nos eaux à pH 4,4 - 4,5.

- Les chlorures

Les teneurs en chlorures étant faibles nous avons utilisé la méthode de Clarke au nitrate mercurique pour faire ces dosages. Cette méthode consiste à ajouter des ions Hg^{2+} qui forment avec les ions Cl^- un complexe soluble et peu dissocié.

L'excès d'ions mercuriques fait virer l'indicateur coloré, le bleu de bromophénol-diphénylcarbazonne en milieu acide (HNO_3), par formation d'un complexe violet.

La précision, dépendant de la concentration, est d'environ 10 % pour les teneurs de l'ordre de 5 à 10 mg/l et de 20 % pour 1 mg/l.

* Les dosages colorimétriques

Les éléments suivants ont été dosés par colorimétrie : SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- et la silice soluble SiO_2 .

L'appareil utilisé est un photomètre à lecture directe Hach DC-DR (précision de 20 à 30 %).

Eléments	Méthodes	Réactif	mesure nm
SO_4^{2-}	turbidimétrie	sulfaver IV pour Hach	444,5
NO_3^-	colorimétrie	nitra-ver VI pour Hach	554,3
NO_2^-	colorimétrie	nitriver III pour Hach	444,5
PO_4^-	colorimétrie	phos-ver III pour Hach	240,8
Silice	colorimétrie	molybdate et acide pour silice, acide citrique, amino-acide	240,8

* Les dosages par spectrométrie

Ces dosages concernent les éléments suivants :

Na^+ dosé par spectrométrie d'absorption atomique

K^+ dosé par spectrométrie d'émission de flamme

Appareil utilisé : Varian Techtron

Eléments dosés	Principes de dosage	Longueur d'onde d'absorption nm
NH_4^+	Dosage en milieu alcalin en présence de diphénol et d'hypochlorite de potassium	630
NO_3^-	En milieu acétique formation d'un colorant azoïque rouge entre l'acide sulfanilique diazoté et de l' α naphtylaniline	520
NO_2^-	En milieu sulfurique concentré, nitration de l'acide phénol-disulfonique. Le dérivé nitré est coloré en jaune par passage en milieu alcalin ammoniacal.	410
Cl^-	Dosage en présence de thyocyanate mercurique et de fer	460
PO_4^{--}	Réduction du complexe phosphomolybdique par l'acide ascorbique	882
P total	Hydrolyse oxydante à 120° des composés phosphorés en ortho-phosphates	882
Silice SiO_2	Réduction du complexe silico-molybdique par l'acide amino 1, naphthol 2, sulfonique 4	810
Sulfates	Turbidimétrie du sulfate de baryum en présence d'un agent tensioactif (Tween 20)	420

Principes de dosages colorimétriques

Eléments	Longueur d'onde nm	dosage en mg/l	Sensibilité pour 1 % d'absorption en ppm	Remarque
Na	588,8	(0 - 1 1 - 3	0,025	Etalonnage avec des solutions contenant 70 ppm de Ca^{2+} et 0,5 ppm de Mg^{2+}
K	766,3	0 - 2	0,02	

VIII-1-2-2- Les méthodes d'analyses au C.R.G.

Trois méthodes sont utilisées pour les dosages

- . la titrimétrie
- . la colorimétrie
- . la spectrométrie d'absorption atomique

* Les dosages titrimétriques

Les teneurs en chlorures et les titres alcalimétriques sont déterminés par ce type de dosages. Les méthodes utilisées sont les mêmes que celles que nous avons appliquées à l'Institut Dolomieu.

* Les dosages colorimétriques

Le laboratoire du C.R.G. est équipé d'un spectrophotomètre Beckmann Acta II. L'erreur relative sur les dosages est de quelques pourcents, elle dépend de la concentration de l'ion dosé.

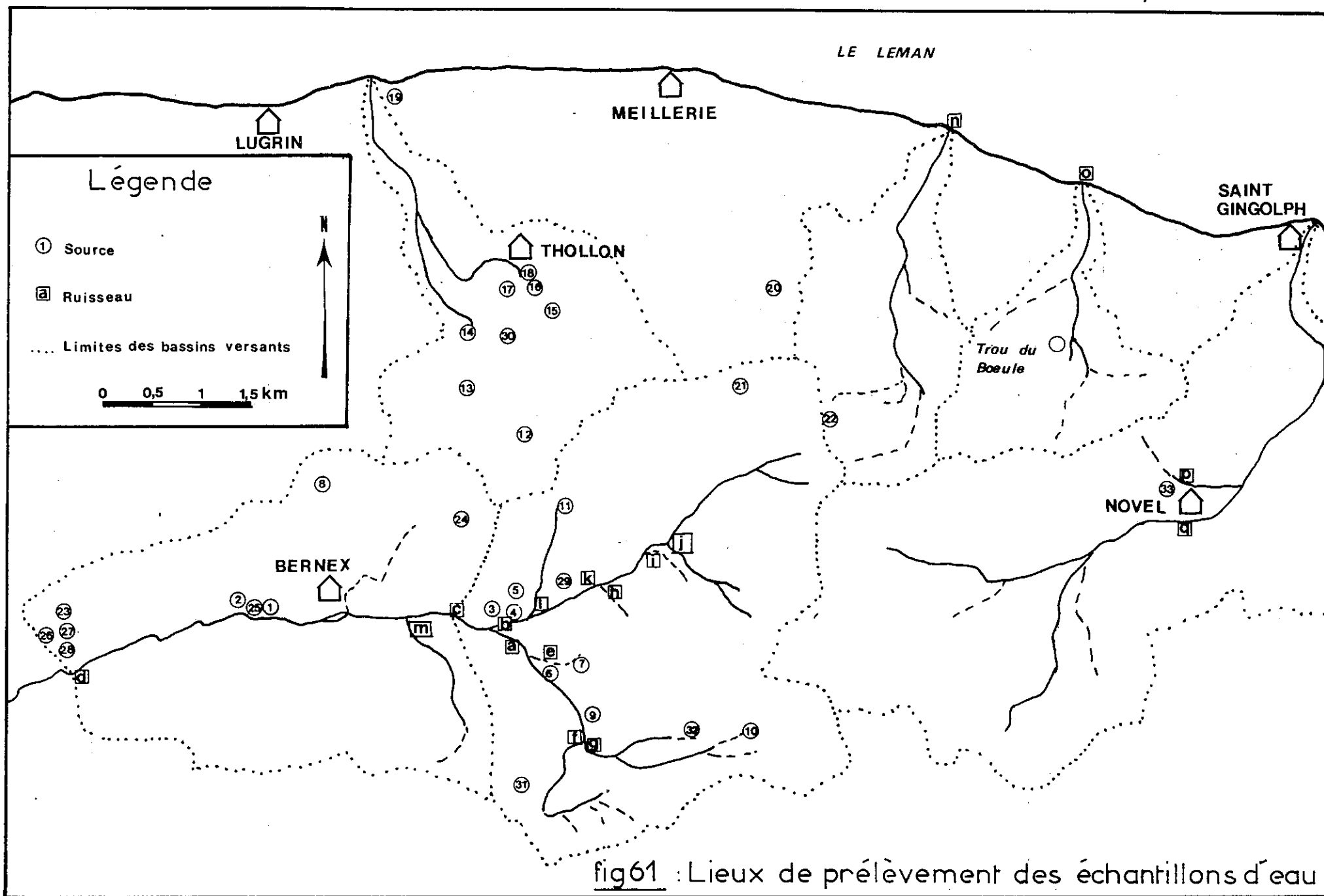
Dans le tableau de la page 186 nous avons reporté les éléments dosés et les principes de dosages.

* L'absorption atomique

Les éléments suivants, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Sr^{2+} sont dosés par addition de 5 % d'une solution de lanthane à 10 % dans HCl comme tampon spectral.

L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique 303 Perkin-Elmer.

Eléments	Longueur à onde utilisée nm	Domaine d'utilisation (ppm)	Sensibilité pour 1 % d'absorption (ppm)
Ca^{2+}	422,7	0 - 200	0,07
Mg^{2+}	285,2	0 - 25	0,01
Na^+	589	0 - 8	0,02
K^+	766,5	0 - 4	0,02
Sr^{2+}	460,7	0 - 2	0,15



VIII-1-2-3- Comparaison de résultats obtenus dans les deux laboratoires

Prélèvements	Laboratoire	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
Cornus	C.R.G.	112,1	15,8	1,55	138,2	259	0,43
	Dolomieu	109,4	15,3	2,02	135	255	0,35
Malpasset	C.R.G.	57,7	3,7	0,48	17,2	180	0,4
	Dolomieu	56,1	3,2	1,02	12,8	173	0,35
Ugine (Trossy)	C.R.G.	66,2	6,7	0,85	33,9	197	0,20
	Dolomieu	70,1	5,6	1,29	26,2	211	0,15

Tableau 53 : Comparaison entre des analyses chimiques réalisées au C.R.G. et à l'Institut Dolomieu.

Cette comparaison a été réalisée sur des analyses du mois d'avril 1977. Les variations entre les deux analyses sont de 2 à 6 % pour Ca²⁺, de 3 à 16 % pour Mg²⁺, 2 à 23 % pour SO₄²⁻, 1 à 10 % pour HCO₃⁻, 10 à 20 % pour NO₃⁻, 20 à 30 % pour Cl⁻. Pour Mg²⁺ et SO₄²⁻ les écarts les plus élevés s'observent pour les plus faibles teneurs.

VIII-2- L'ETUDE DES SOURCES

Sur la figure 61 nous avons localisé les sources et les ruisseaux prélevés.

VIII-2-1- LES CARACTERES GENERAUX DES EMERGENCES

VIII-2-1-1- Relation entre la conductivité et la minéralisation totale

La minéralisation totale correspond à la somme des teneurs des différents ions. Pour 229 couples la relation est la suivante (sources) :

$$\chi = 1,078 C + 51 \quad \text{avec} \quad \text{en } \mu\text{mho cm}^{-1} \text{ à } 25^{\circ}\text{C}$$

C en mg/l

Le coefficient de corrélation étant de 0,978

La relation générale pour les analyses des sources et des ruisseaux est

$$\chi = 1,092 C + 44 \quad r = 0,965 \text{ (340 couples)}$$

Sur la figure 62 nous avons représenté les variations de la conductivité en fonction de la minéralisation totale pour toutes les analyses effectuées.

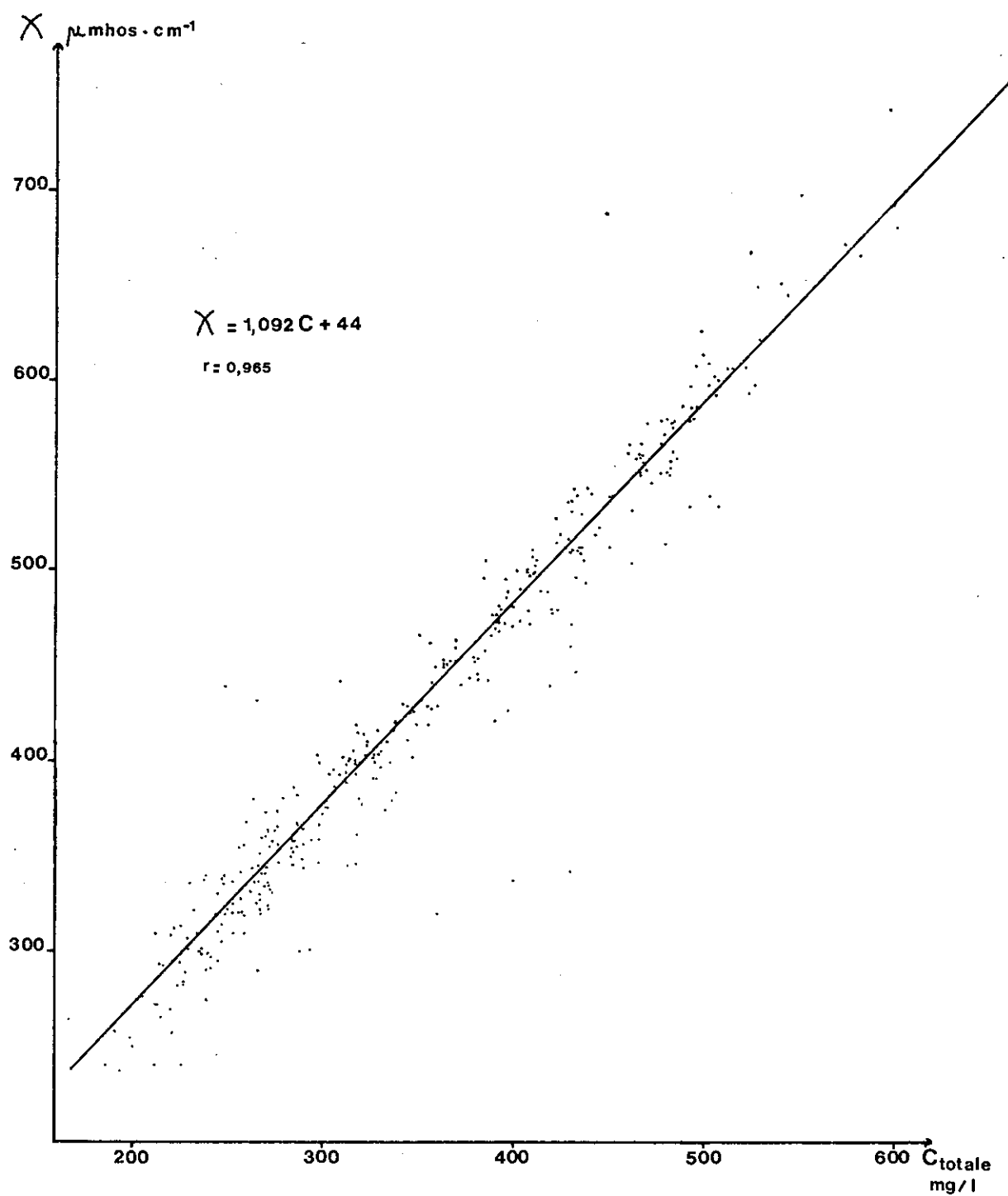


fig 62 : Relation conductivité-minéralisation totale

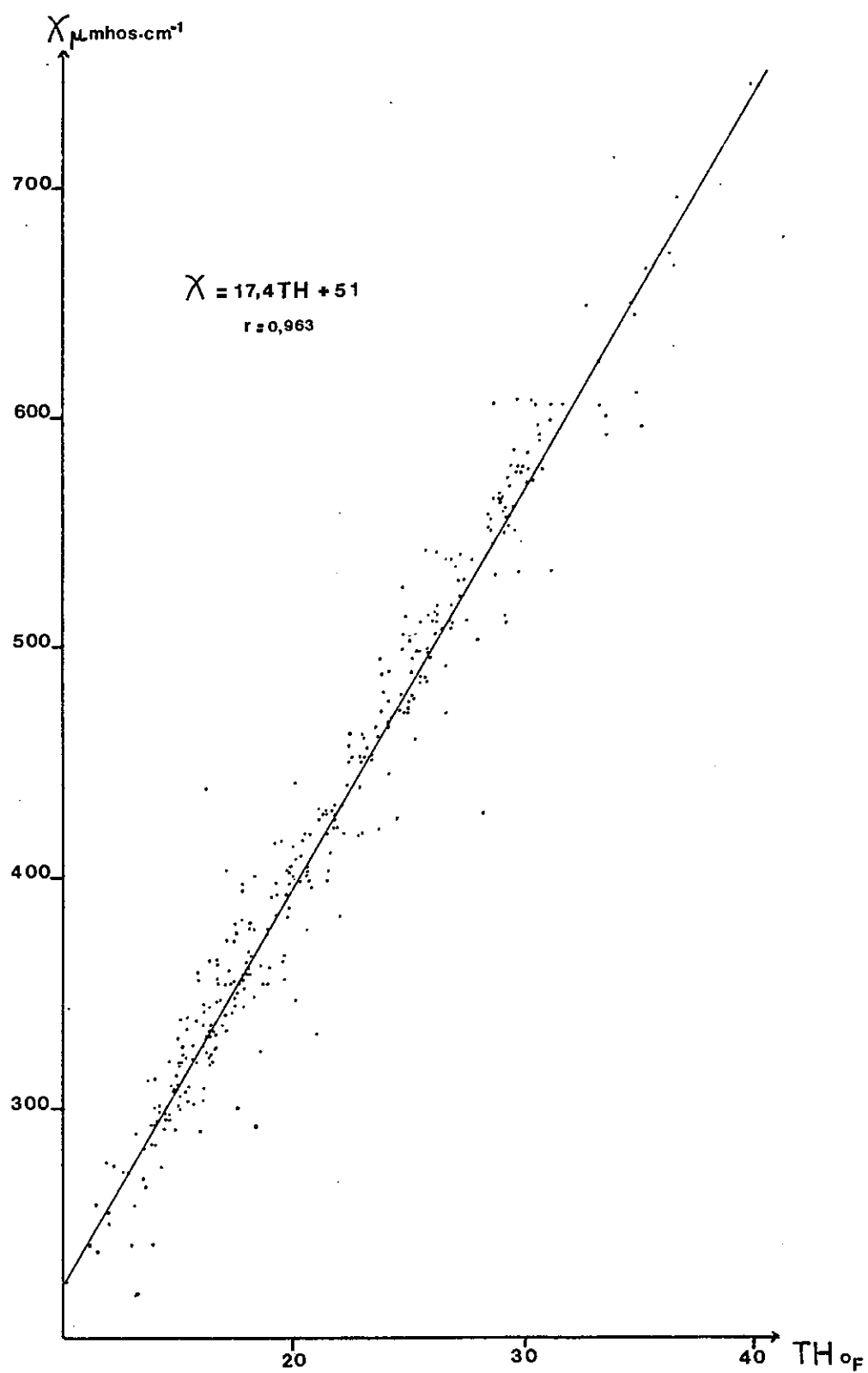


fig 63 : Relation conductivité - TH

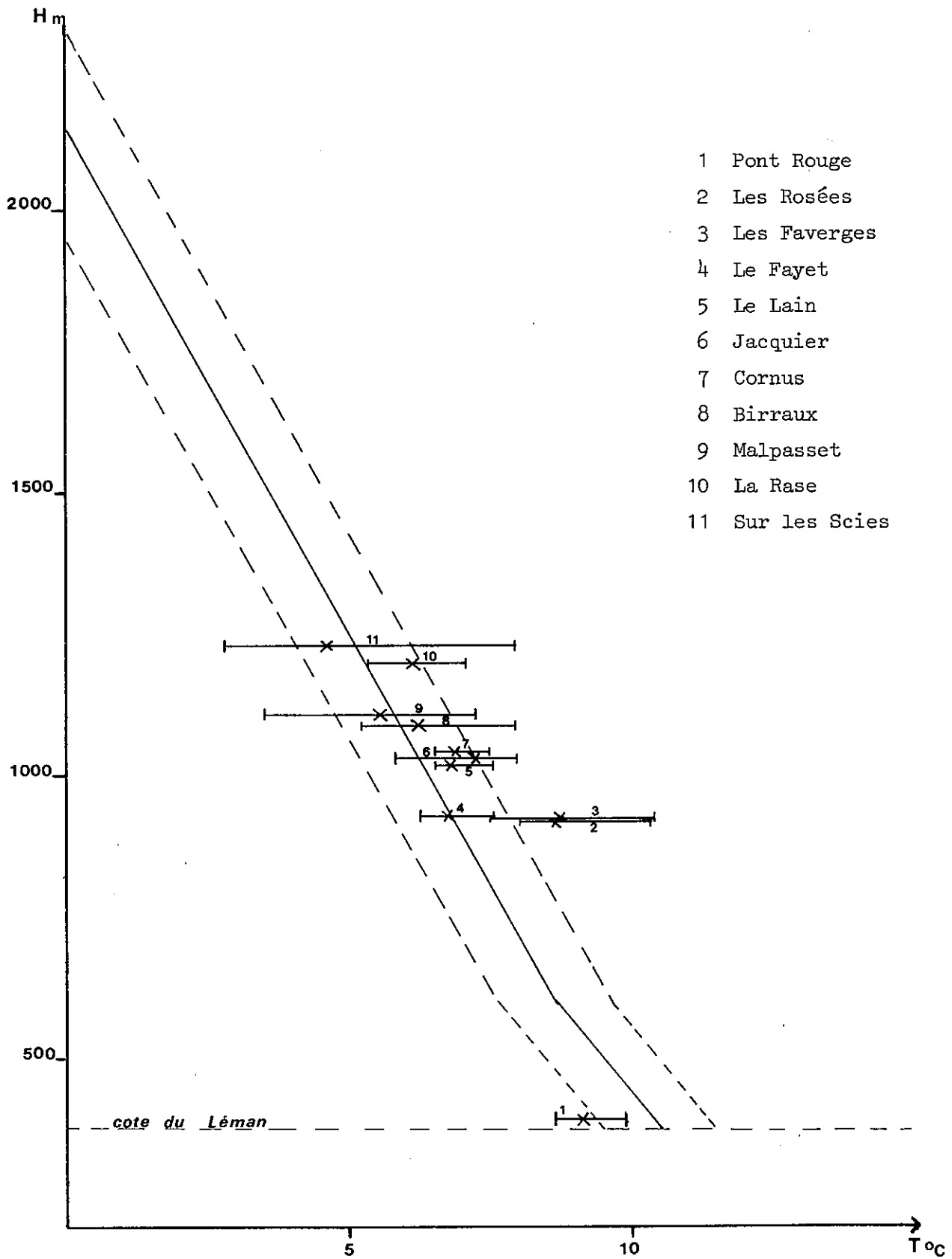


fig 64 : Températures moyennes de l'air et des émergences en fonction de l'altitude

VIII-2-1-2- Relation entre la conductivité et le titre hydrotimétrique total (TH)

Le calcium et le magnésium représentant 90 à 98 % des cations, la variation de la conductivité en fonction du TH représentera la variation de la conductivité en fonction de la teneur en cations des eaux.

Pour les sources uniquement la relation est :

$$\chi = 17,3 \text{ TH} + 52 \qquad r = 0,978$$

avec en $\mu\text{mho cm}^{-1}$ à 25°C

TH en degrés français

Pour l'ensemble sources et ruisseaux cette relation devient

$$\chi = 17,4 \text{ TH} + 51 \qquad r = 0,963$$

Sur la figure 63 nous avons reporté les variations de la conductivité en fonction du TH pour toutes les analyses effectuées.

VII-2-1- 3- Relation température - altitude

R. Michel (1960) a pu mettre en évidence la concordance entre la température moyenne annuelle de l'air et la température des sources dans le département de l'Isère. Au-dessous de 1200 m cette concordance est bonne mais pour des altitudes supérieures la température moyenne des sources est supérieure à celle de l'air, ceci s'expliquant par le rôle d'isolant thermique de la neige.

Sur la figure 64, nous avons représenté les variations de la température moyenne de l'air en fonction de l'altitude ainsi que les températures moyennes des émergences prélevées régulièrement pendant 12 mois. Aucune de ces sources ne dépassent l'altitude de 1250 m. Nous pouvons ainsi voir que trois sources sortent du domaine des températures moyennes normales des sources.

* La source du Pont Rouge dont la température a une valeur de 1°3 inférieure à la normale. Ceci peut s'expliquer par le fait que le bassin versant de la source est constitué par le cône de déjection de Lugrin dont l'altitude est comprise entre 670 et 390 m, son altitude moyenne étant de 500 m environ.

* Les sources des Rosées et des Faverges, situées à l'entrée amont de la plaine des Faverges ont des températures moyennes supérieures de 2 % à la température moyenne annuelle de l'air. Nous pensons que cette anomalie thermique pourrait être due à la présence de l'accident N150 des Faverges (cf. II.2.2.2.3), il y aurait ainsi au niveau des sources un mélange entre des eaux d'origine morainiques et des eaux issues du substratum.

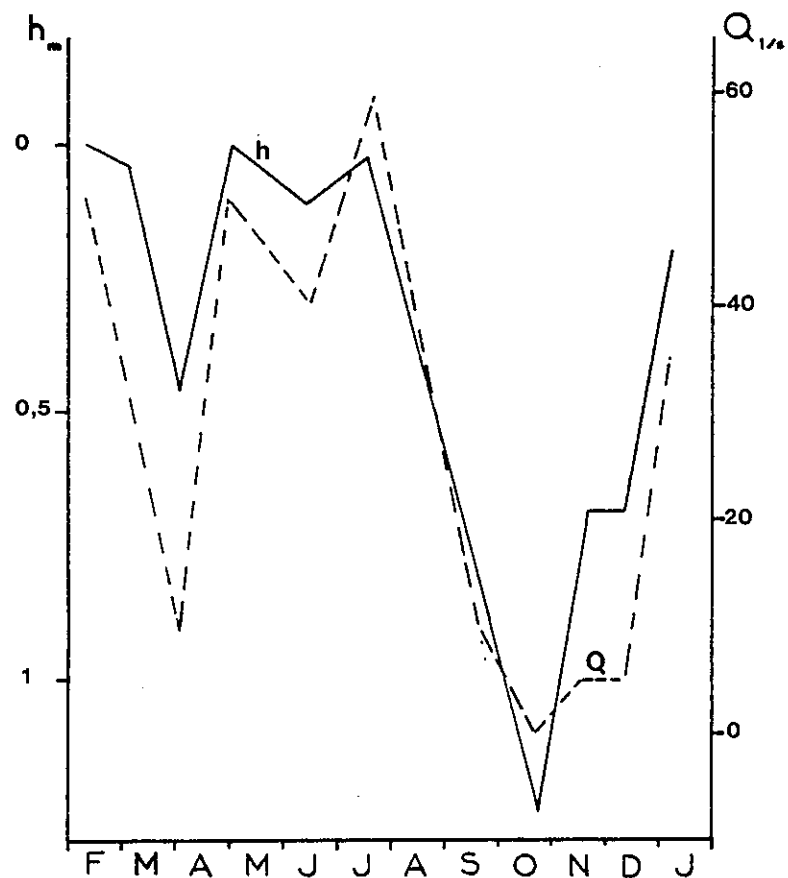


Fig. 65 : Niveau piézométrique (h) dans la plaine du Lain et débit du trop plein (Q).

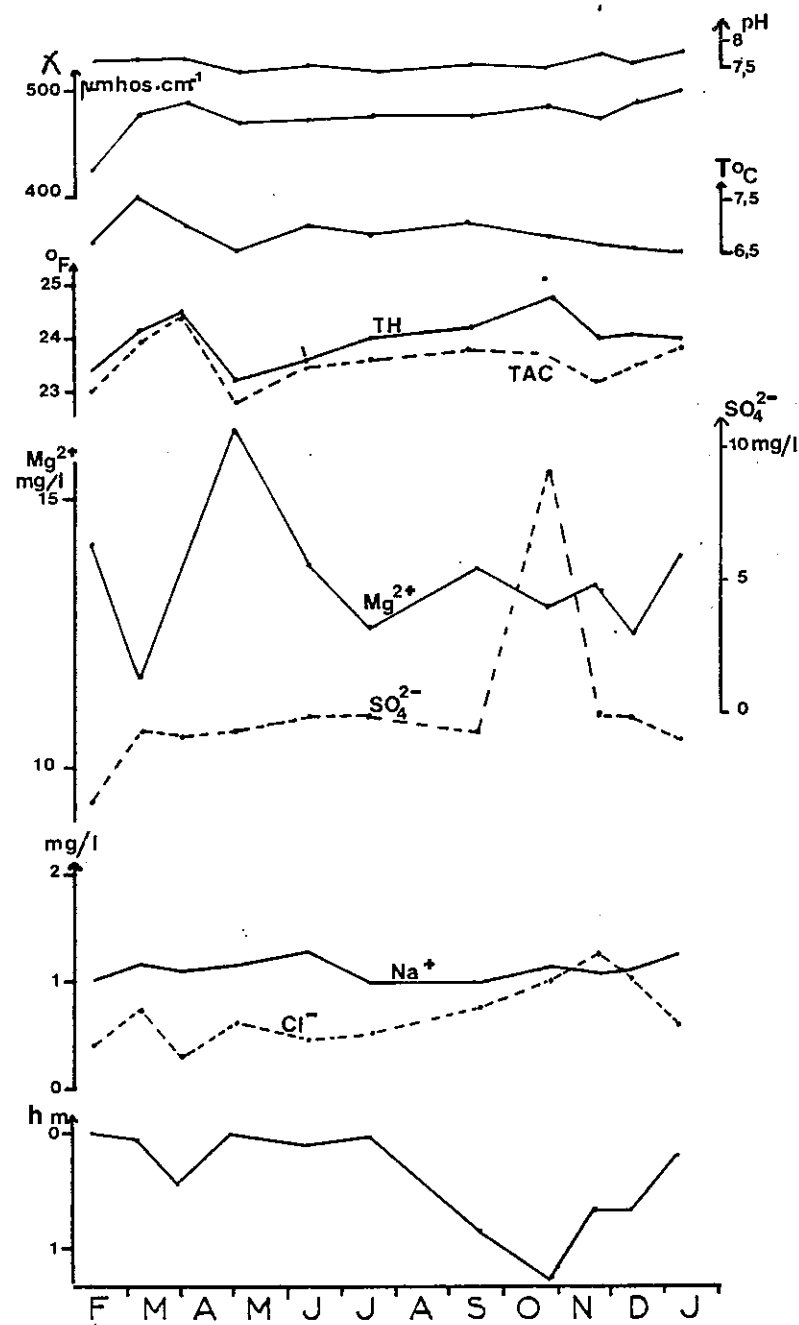


Fig. 66 : Variations des paramètres physicochimiques de la source du Lain.

VIII-2-2- LES SOURCES DU PLATEAU DE THOLLON

Nous avons étudié régulièrement les sources du Lain et du Fayet ; ces sources sont les exutoires de deux nappes. Les autres sources étudiées sont situées dans les éboulis ou les moraines.

VIII-2-2-1- La source du Lain (source n° 13)

X = 934,95 Y = 2163,53 Z = 1025 m

Cette source est captée pour l'alimentation en eau de la commune de Thollon. Son trop plein constitue en partie le ruisseau participant à l'alimentation de la nappe du Fayet.

* Situation géologique

Le captage est situé sur un replat sur lequel des forages ont été réalisés. Les résultats de ceux-ci sont :

Profondeur (m)	Nature des terrains
0 - 5,70	argiles et éboulis
5,70 - 10,5	matériaux graveleux
10,5 - 16	matériaux à dominante argileuse
16 - 16,80	graviers très propres
16,80 - 20,20	graviers argileux
20,20 - 26,80	graviers très argileux avec intercalation de blocs calcaires entre 21,6 et 23,7 m
26,80 - 39,20	graviers peu argileux et quelques blocs calcaires
39,20 - 40	argiles
40,20	arrêt des forages sans avoir atteint le substratum

On voit donc que l'on est en présence d'un remplissage gravelo-argileux dans un surcreusement profond du substratum.

	Le Lain			Le Fayet			Le Bois de la Corne			Le Creux des Esserts		
	moy.	max.	min.	moy.	max.	min.	moy.	max.	min.	Avril 77	Sept.77	
Q l/s	477	503	426	433	463	30	258	275	0,1	2	0,1	
$\chi_{pmho} \cdot cm^{-1}$	7,55	7,8	7,3	7,7	7,9	396	8,0	8,1	237	258	240	
pH	6,8	7,5	6,5	6,8	7,5	7,5	5,2	6,5	7,9	8	7,6	
T°C						6,2			4,3	3	12,4	
TH _{OF}	25	25,8	24	22,1	23,4	19,8	12,2	12,9	11,5	11,4	11,1	
TAC _{OF}	24,3	25,4	23,8	21,2	22,5	19,8	11,6	12,1	11,6	11,2	11,1	
Ca ²⁺ (mg/l)	81,9	83,4	77,8	74	77,8	68,8	44,7	45,7	42,8	44,8	43,3	
Mg ²⁺	11,1	15,6	9,4	8,8	10	8,2	2,36	3,22	1,92	0,5	0,7	
Na ⁺	1,1	1,3	1	1	1,97	0,64	0,57	0,73	0,51	0,2	0,16	
K ⁺	0,4	0,52	0,27	0,4	0,53	0,27	0,32	0,35	0,25	0,18	0,09	
Cl ⁻	0,7	1,27	0,33	0,9	1,64	0,35	1,28	3,59	0,40	0,17	0,57	
SO ₄ ²⁻	5,1	10,6	1,4	4,5	6,4	2,5	6,9	9,7	4,0	3,4	1	
HCO ₃ ⁻	300	309	290	259	275	242	142	147	137	137	135	
NO ₃ ⁻	0,84	1,37	0,10	0,97	1,77	0,22	1,37	1,86	0,97	1,77	0,62	
SiO ₂	4,8			4,3			2,9			2,8		
rMg/ rCa	0,22	0,33	0,19	0,21	0,22	0,19	0,09	0,11	0,005	0,02	0,03	
rSO ₄ / rCl	5,3	12,2	2,1	3,72	12	1,13	4	18,5	1,00	14,2	1,3	
$\frac{r(Na+K)}{rCa}$	0,014	0,016	0,012	0,014	0,026	0,010	0,015	0,016	0,014	0,006	0,004	

Tableau 54 - Les paramètres physicochimiques des sources du Lain, du Fayet, du Bois de la Corne et du Creux des Esserts.

* Les paramètres physicochimiques

Dans le tableau 54 nous avons reporté les valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres physico-chimiques de la source.

Nous n'avons pas donné les valeurs des débits car nous préférons étudier les variations du niveau piézométrique. Sur la figure 65, nous avons reporté les variations de ce niveau piézométrique comparé avec celles des débits du trop plein de la source et l'on peut remarquer que, comme il se doit, la concordance entre les deux est bonne.

La valeur la plus faible de la conductivité a été observé en février 1977 (426 $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$) ceci étant dû au fait que le prélèvement s'est effectué au cours d'une période très pluvieuse.

La température la plus forte a été observé en mars 1977.

Le faciès chimique de la source est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} \gg r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

Sur la figure 65 nous avons reporté les variations des différents paramètres physico-chimiques dans le temps.

Les variations de SO_4^{2-} , Cl et Mg^{2+} ne sont guère significatives du fait des faibles teneurs observées pour ces éléments.

Remarque :

Pour le faciès chimique lorsque nous avons noté $>$ cela veut dire que le rapport entre les teneurs des ions considérés est inférieurs à 10 et lorsque l'on note $\gg$ il est supérieur à 10

VIII-2-2-2- La source du Fayet (source n° 14)

X = 934,53

Y = 2163,60

Z = 940 m

Cette source n'est pas captée mais par contre les eaux de la nappe, dont la source est le trop plein, sont utilisées pour l'alimentation en eau d'une maison familiale. Cette source est à l'origine de l'un des bras du ruisseau se jetant dans le Léman au niveau du Pont Rouge (Lugrin)

* Situation géologique

Nous ne disposons pas comme pour le plateau du Lain de coupes géologique du remplissage du plateau du Fayet, nous n'avons qu'une coupe établie par prospection électrique.

Profondeur	Résistivité ($\Omega \cdot \text{m}$)	Nature des terrains
0 - 7 m	500	formation gravelo-argileuse
7 - 17 m	120	moraines
17-27 m	700	graviers
27	120	substratum

Les épaisseurs sont sous-estimées (d'après le rapport de Mr B. DOUDOUX)

* Les paramètres physico-chimiques

Les débits ici ont été mesurés à l'aide d'un déversoir triangulaire installé 100 m à l'aval de la source.

Dans le tableau 54, nous donnons les valeurs moyennes maximales et minimales de ces paramètres.

La valeur minimale de la conductivité s'observe en mai 1977 puis on observe une remontée régulière jusqu'en janvier 1978 (fig. 67)

Le faciès chimique est $r\text{Ca} > r\text{Mg} \gg r\text{Na} > r\text{K}$
 $r\text{HCO}_3 \gg r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r\text{NO}_3$

Sur la figure 67, nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques dans le temps. Comme pour la source de Lain, on voit que la température maximale s'observe en mars 1977.

On peut observer une augmentation importante du TH et du TAC entre février 1977 et janvier 1978.

En comparant les analyses du Lain et du Fayet on s'aperçoit que malgré les teneurs en ions, plus importantes au Lain, les rapports entre ces différents éléments sont identiques.

L'origine similaire de ces eaux est donc bien confirmée.

VIII-2-2-3- Les autres sources du plateau de Thollon

VIII-2-2-3-1- Les sources d'éboulis

* La source du Creux des Esserts (n° 20)

X = 937,98 Y = 2163,7 Z = 1160 m

Cette source est issue des éboulis situés sous les falaises de la Montagne de Mémise au Sud du hameau de Lajoux ; nous l'avons prélevé en avril et septembre 1977. Les caractéristiques physico-chimiques sont reportés dans le tableau 54.

Les températures de l'eau correspondent à celle de l'air.

Le faciès chimique est : $r\text{Ca} \gg r\text{Mg} > r\text{Na} > r\text{K}$
 $r\text{HCO}_3 \gg r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r\text{NO}_3$

* La source du Bois de la Corne

X = 935,58 Y = 2162 Z = 1250 m

Cette source est issue des éboulis situés sous le col des Trois Pertuis à l'Ouest de la Montagne de Mémise.

Nous avons prélevé la source à cinq reprises entre février et septembre 1977.

Les caractéristiques physico-chimiques sont reportés dans le tableau 54.

Les températures de la source comme pour la source du Creux des Esserts correspondent à la température de l'air au moment du prélèvement.

Le faciès chimique est $r\text{Ca} \gg r\text{Mg} \gg r\text{Na} > r\text{Ca}$
 $r\text{HCO}_3 \gg r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r\text{NO}_3$

On peut remarquer que cette source du Bois de la Corne est légèrement plus minéralisée que celle du Creux des Esserts. La principale différence étant la teneur plus élevée en Mg^{2+} de cette source.

VIII-2-2-3-2- Les sources des moraines

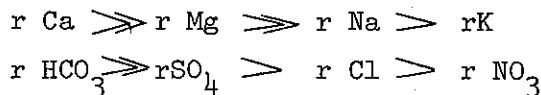
Nous avons étudié cinq sources de ce type, quatre de ces sources sont situées près de l'église de Thollon, nous les avons dénommées Thollon inférieure, moyenne (1 et 2) et supérieure, la cinquième est située le long du chemin conduisant du hameau de "chez les Vesins" aux chalets du Lain, elle émerge d'une petite carrière creusée dans l'écroulement des Plagnes ; cet écroulement est formé par de gros blocs calcaires du Malm supérieur, entre ces blocs la matrice est argileuse ; l'écroulement est recouvert par de la moraine. Cette source n° 30 est donc plutôt une source d'origine mixte.

* La source Thollon supérieure (n° 15)

X = 935,8 Y = 2163,33 Z = 1020

Nous avons prélevé cette source à cinq reprises en février, mars, avril, mai et septembre 1977 et ayant observé de grandes différences entre d'une part les quatre premières analyses et l'analyse du mois de septembre nous donnerons dans le tableau 55 les paramètres physico-chimiques moyens des quatre premières analyses ($\bar{X}$) et ceux de l'analyse du mois de septembre.

Le faciès chimique est le suivant :



On remarque donc dans le tableau 55 que les rapports entre les teneurs en ions ne sont pas très différentes entre la moyenne des premières analyses et l'analyse de septembre. L'augmentation de la minéralisation est principalement due à une augmentation des teneurs en Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^- .

* La source Thollon moyenne 1 (n° 17)

X = 935,25 Y = 2163,6 Y = 935 m

Cinq prélèvements ont été faits en avril, mai, novembre et décembre 1977 et en janvier 1978 ; observant le même phénomène que pour la source précédente nous donnerons dans le tableau 55 les paramètres physico-chimiques des deux premières analyses d'une part ($\bar{X}_1$) et des trois autres d'autre part ($\bar{X}_2$). Cette source n'a pu être prélevée en mars car elle était tarie.

Le faciès chimique est $r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$
 $r \text{ HCO}_3 > r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

La différence de minéralisation est due à l'augmentation des teneurs en Ca^{2+} , HCO_3^- . Les rapports entre les teneurs en ions sont conservés.

* Sources Thollon moyenne 2 (n° 16)

Il s'agit d'une source intermittente qui n'est active qu'en période de fortes précipitations ; son débit peut atteindre 100 l/s.

Cette source ayant été prélevée trois fois nous donnerons les résultats obtenus sur les trois analyses dans le tableau 55.

Le faciès chimique est $r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$
 $r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

	Thollon supérieure		Thollon moyenne 1		Thollon moyenne 2			Thollon inférieure		Source n° 30	
	x	Septembre	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	2.1977	5.1977	11.1977	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$
QI/s	6 à 18	1	3 à 7	1 à 0,1	25	30	4	0,5 à 5	0,1 à 0,5	4 à 5	0,15 à 0,4
$\chi_{\text{pmho}} \cdot \text{cm}^{-1}$	339	466	451	524	378	399	509	478	595	400	474
pH	7,8	7,7	7,7	7,9	7,8	7,5	7,6	7,4	7,35	7,7	7,9
T _{OC}	4,5	10,9	6,1	5,5	6,2	5,7	8,1	6,4	8,0	7,0	6,0
TH _{OF}	16,7	24,1	22,8	27	20,6	20,3	26,4	24	30,5	20,5	24,3
TAC _{OF}	16,4	23,6	22,5	26,6	20,2	19,6	26,0	23,5	29,7	19,2	23,6
Ca ²⁺ (mg/L)	61,1	89	81,6	97,4	74	71,7	94,2	84,8	109,4	65,5	87,1
Mg ²⁺	3,4	4,6	5,8	6,7	5,0	5,8	6,6	6,7	8	10,0	7,9
Na ⁺	0,4	0,4	0,81	0,95	0,94	0,9	0,62	1,26	1,87	0,54	0,53
K ⁺	0,13	0,07	0,72	1,34	0,86	0,78	0,20	1,62	3,33	0,25	0,26
Cl ⁻	0,7	0,6	1,27	1,59	1,27	2,10	0,49	3,68	3,06	1,00	0,53
SO ₄ ²⁻	2,6	2,8	2,65	2,15	4,0	2,5	3,0	4,45	4,28	3,4	2,8
HCO ₃ ⁻	199	288	274	324	246	239	317	287	362	235	288
NO ₃ ⁻	0,85	0,27	2,28	3,42	1,06	0,62	2,74	2,95	2,67	0,93	1,43
SiO ₂	2,6	2,9	3,58	3,84				3,44	4,10		3,8
rMG/rCa	0,09	0,09	0,12	0,11	0,11	0,13	0,11	0,13	0,12	0,25	0,16
rSO ₄ /rCl	2,74	3,41	2,75	1,33	2,31	0,88	4,43	1,2	1,2	2,47	3,62
r (Na+K)/rCa	0,007	0,004	0,015	0,016	0,017	0,016	0,007	0,023	0,030	0,010	0,007

Tableau 55 : Les paramètres physicochimiques des sources issues des moraines du plateau de Thollon

Les rapports entre les différentes teneurs en ions sont identiques à ceux des sources précédentes.

La composition chimique de cette source en novembre est identique à celle de la source n° 17 ce qui semble indiquer une même origine.

★ La source Thollon inférieure (n° 18)

X = 935,28 Y = 2163,60 Z = 930 m

Sept prélèvements entre février 1977 et janvier 1978.

Nous fournissons dans le tableau 55 les paramètres physico-chimiques moyens pour les prélèvements de février, mars, avril et mai 1977 ($\bar{x}_1$) d'une part et pour les prélèvements de novembre, décembre 1977 et janvier 1978 ($\bar{x}_2$) d'autre part.

Le faciès chimique est $r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} \approx r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ Cl} \quad r \text{ SO}_4 > r \text{ NO}_3$

Par rapport aux autres sources déjà étudiées issues des moraines celle-ci est la plus minéralisée.

Tous les éléments présentent des teneurs plus élevées que celles des autres sources et la proportion de Na et K est plus importante.

★ La source n° 30

X = 935,25 Y = 2162,9 Z = 1000 m

C'est cette source qui est prélevée dans une petite carrière située entre les chalets du Lain et le hameau de "Chez les Vesins".

Cinq prélèvements ont été réalisés en juillet, septembre, novembre, décembre 1977 et janvier 1978. En octobre 1977 nous n'avons pu effectuer de prélèvement car la source était tarie. Dans le tableau 55, nous avons reporté les paramètres physicochimiques moyens des deux premières analyses ($\bar{x}_1$) et des trois autres ($\bar{x}_2$).

Le faciès chimique est $r \text{ Ca} > r \text{ Mg} \gg r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

L'augmentation de la minéralisation est due à l'augmentation de la teneur en Ca^{2+} et HCO_3^- ; par contre on assiste à une diminution de la teneur en Mg ce qui provoque une forte baisse du rapport $r \text{ Mg}/r \text{ Ca}$, ce qui n'empêche pas ce rapport d'être le plus important des sources des moraines sur le plateau de Thollon.

VIII-2-2-4- La source du Pont Rouge (n° 19)

Bien que cette source soit éloignée de notre secteur d'étude nous l'avons prélevée car elle est en partie alimentée par les eaux venant du plateau de Thollon.

X = 933,85 Y = 2165,40 Z = 390 m

Cette source ou plutôt ces sources émergent au front de taille de la carrière de l'entreprise Bochaton.

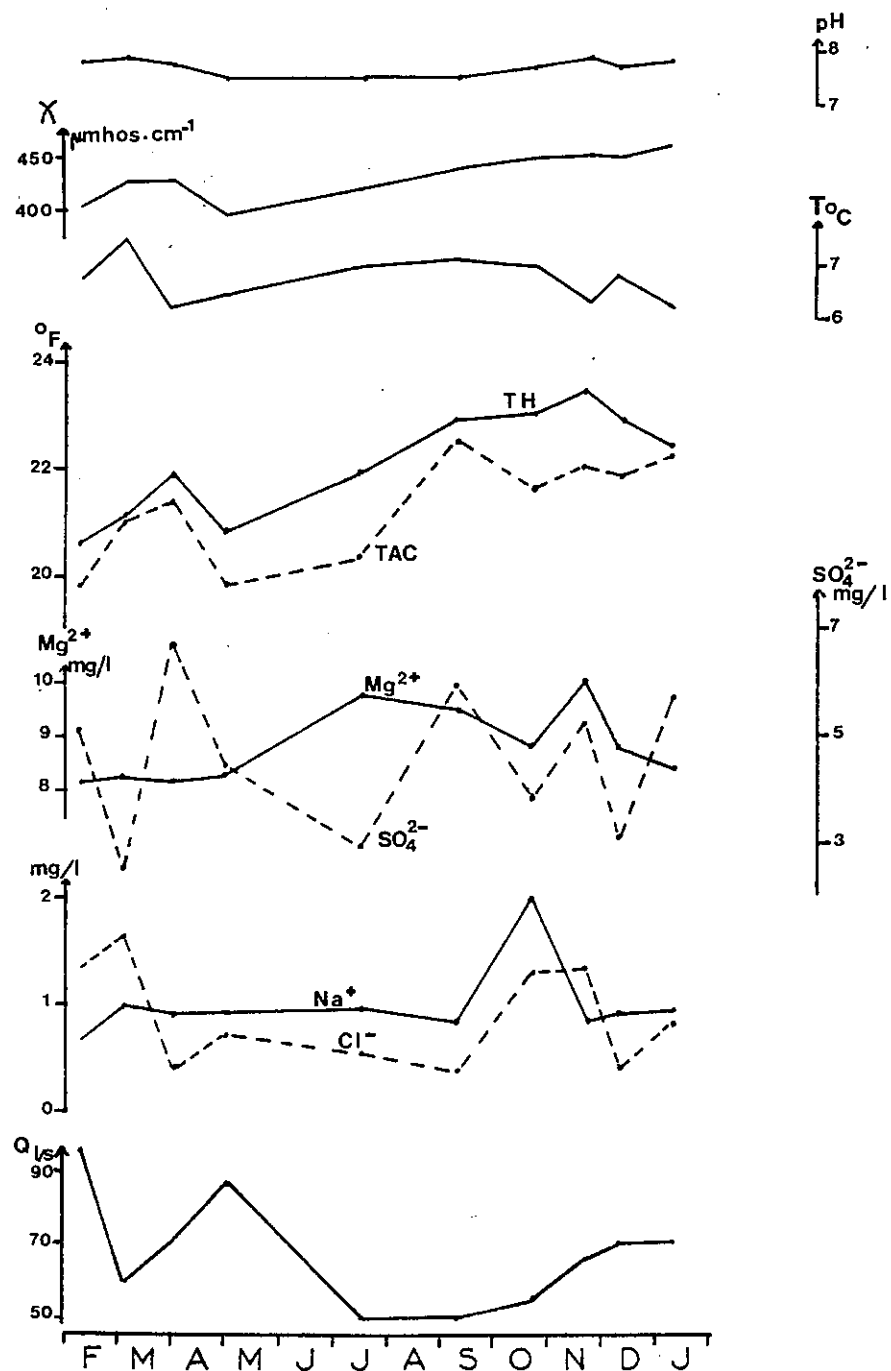


Fig. 67 : Variations des paramètres physicochimiques de la source du Fayet.

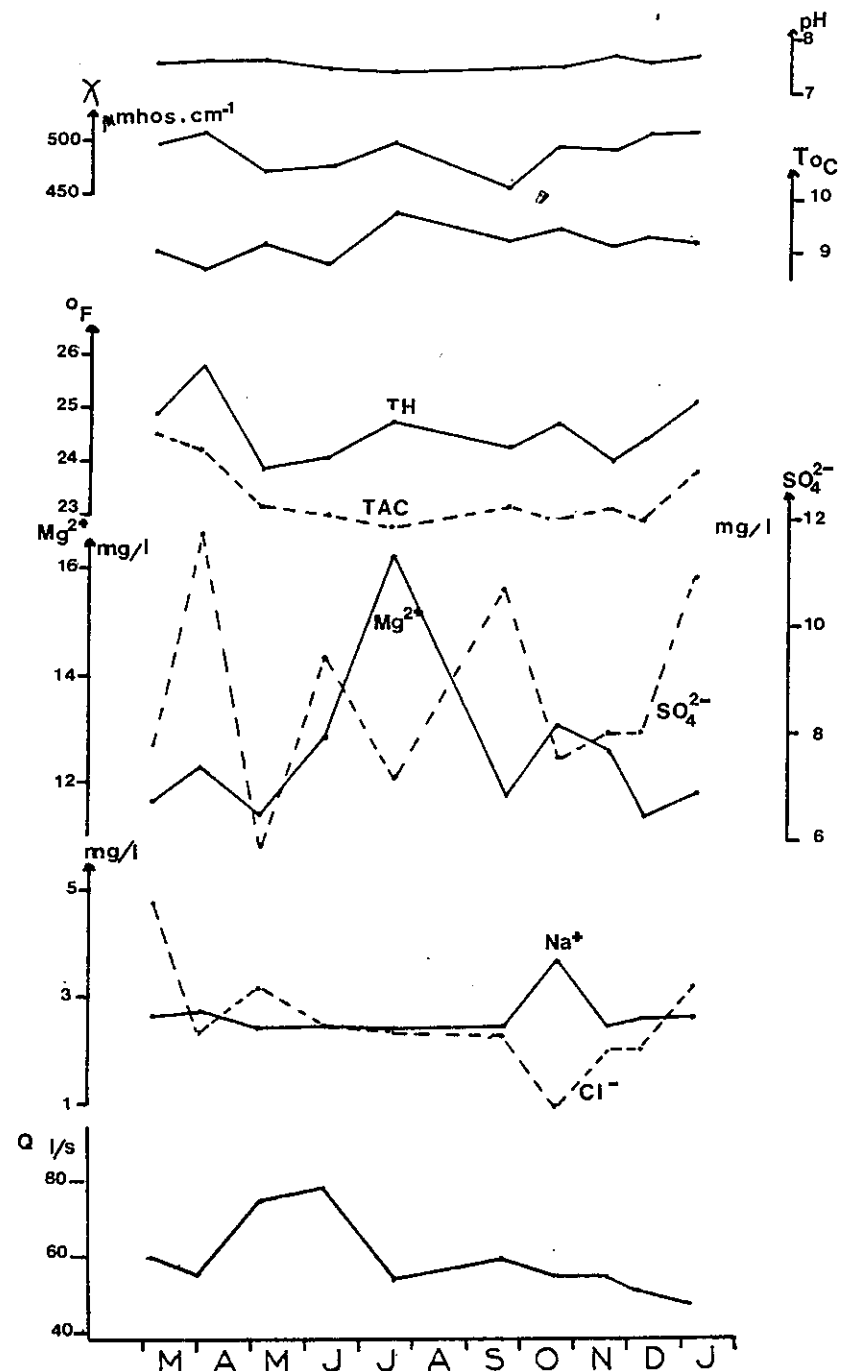


Fig. 68 : Variations des paramètres physicochimiques de la source de Pont Rouge.

* Situation géologique

La carrière dans laquelle sont situées les émergences est creusée dans un cône de déjection. Ce dernier est formé d'une alternance de graviers et de sables inclinés de 30° vers le Nord, le tout est surmonté d'une moraine.

* Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques moyens et extrêmes sont reportés dans le tableau 56.

Les différents paramètres physiques varient peu et la conductivité varie bien selon les débits, c'est la source où l'on observe la meilleure concordance entre les variations de ces deux paramètres.

Le faciès chimique est $r\text{ Ca} > r\text{ Mg} \gg r\text{ Na} > r\text{ K}$
 $r\text{ HCO}_3 \gg r\text{ SO}_4 > r\text{ Cl} > r\text{ NO}_3$

Sur la figure 68 nous avons reporté les variations des différents paramètres physico-chimiques.

Ces sources de Pont Rouge diffèrent des sources du plateau de Thollon comme la source du Lain non par sa minéralisation totale mais par des teneurs plus élevées en Na^+ et K^+ , Cl^- .

VIII-2-2-5- Le captage de Novel (n° 33)

Nous avons étudié cette source bien qu'elle ne fasse pas partie du plateau de Thollon et du bassin versant de l'Ugine, parce qu'elle est issue de formations quaternaires situées au pied de falaises composées de calcaire du Malm supérieur.

X = 942,2

Y = 2161,9

Z = 950 m

Cette source se trouve à 20 m à l'Ouest du ruisseau descendant du col Blanchard.

Les moraines dont est issue la source recouvrent les formations du Dogger, du Néocomien et les Couches rouges.

Nous avons prélevé la source à six reprises entre février et octobre 1977, au trop plein du captage.

* Les paramètres physico-chimiques

Cette source est fortement influencée par le ruisseau situé à une vingtaine de mètres au Nord, et lorsque ce dernier a un débit important, la composition de la source est pratiquement celle du ruisseau ; c'est ce qui explique la teneur en K^+ soit plus importante que la teneur en Na^+ pour les 3 premières analyses.

Le faciès chimique de la source est :

en période influencée : $r\text{ Ca} > r\text{ Mg} > r\text{ K} > r\text{ Na}$

$r\text{ HCO}_3 \gg r\text{ SO}_4 > r\text{ Cl} > r\text{ NO}_3$

en période peu influencée :

$r\text{ Ca} > r\text{ Mg} > r\text{ Na} > r\text{ K}$

$r\text{ HCO}_3 \gg r\text{ SO}_4 > r\text{ Cl} > r\text{ NO}_3$

	Pont Rouge			Novel		Malpasset			La Taillaz	
	moy.	max.	min.	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	moy.	max.	min.	7.1977	9.1977
Q l/s		78	40			11	23	5	3	2
$X_{\text{nmho} \cdot \text{cm}}^{-1}$	497	515	472	298	351	343	380	289	352	361
pH	7,5	7,7	7,4	7,9	7,9	7,8	8	7,6	7,5	7,7
T _{°C}	9,1	9,3	8,6	7,2	7,7	5,9	8,4	3,6	7,9	8,7
TH _{°F}	25,7	26,8	24,9	14,6	17,5	16,3	17,9	13,2	18,4	19
TAC _{°F}	24,5	25,5	23,8	14,3	16,7	14,3	15,1	13,5	18,2	19
Ca ²⁺ (mg/l)	82,1	87	76,6	54,8	63,9	58,9	64,4	54,9	68,9	72,3
Mg ²⁺	12,6	16,3	11,4	2,3	3,8	3,8	5,35	2,6	2,9	2,2
Na ⁺	2,69	3,75	2,44	0,84	2,06	1,08	1,45	0,84	1,28	1,35
K ⁺	1,13	1,06	1,20	3,42	0,45	0,36	0,43	0,31	0,55	0,50
Cl ⁻	2,6	4,77	1,0	0,82	0,52	0,88	2,44	0,30	0,49	0,57
SO ₄ ²⁻	8,7	11,7	5,8	3,9	4,2	18,2	36,1	5,4	2	3,8
HCO ₃ ⁻	299	311	293	175	204	175	183	159	222	232
NO ₃ ⁻	3,28	4,38	2,30	0,97	0,73	1,64	2,43	1,02	0,44	1,11
SiO ₂	5,3			2,8		2,72	3,04	2,5		3,8
rMg/rCa	0,25	0,27	0,23	0,07	0,10	0,11	0,15	0,08	0,07	0,05
rSO ₄ /rCl	2,48	5,57	1,33	0,7	6,75	15,2	94	3	3	5
r(Na+K)/rCa	0,036	0,045	0,033	0,046	0,038	0,019	0,026	0,015	0,02	0,02

Tableau 56 : Les paramètres physico chimiques des sources de Pont Rouge, de Novel, de Malpasset et de la Taillaz

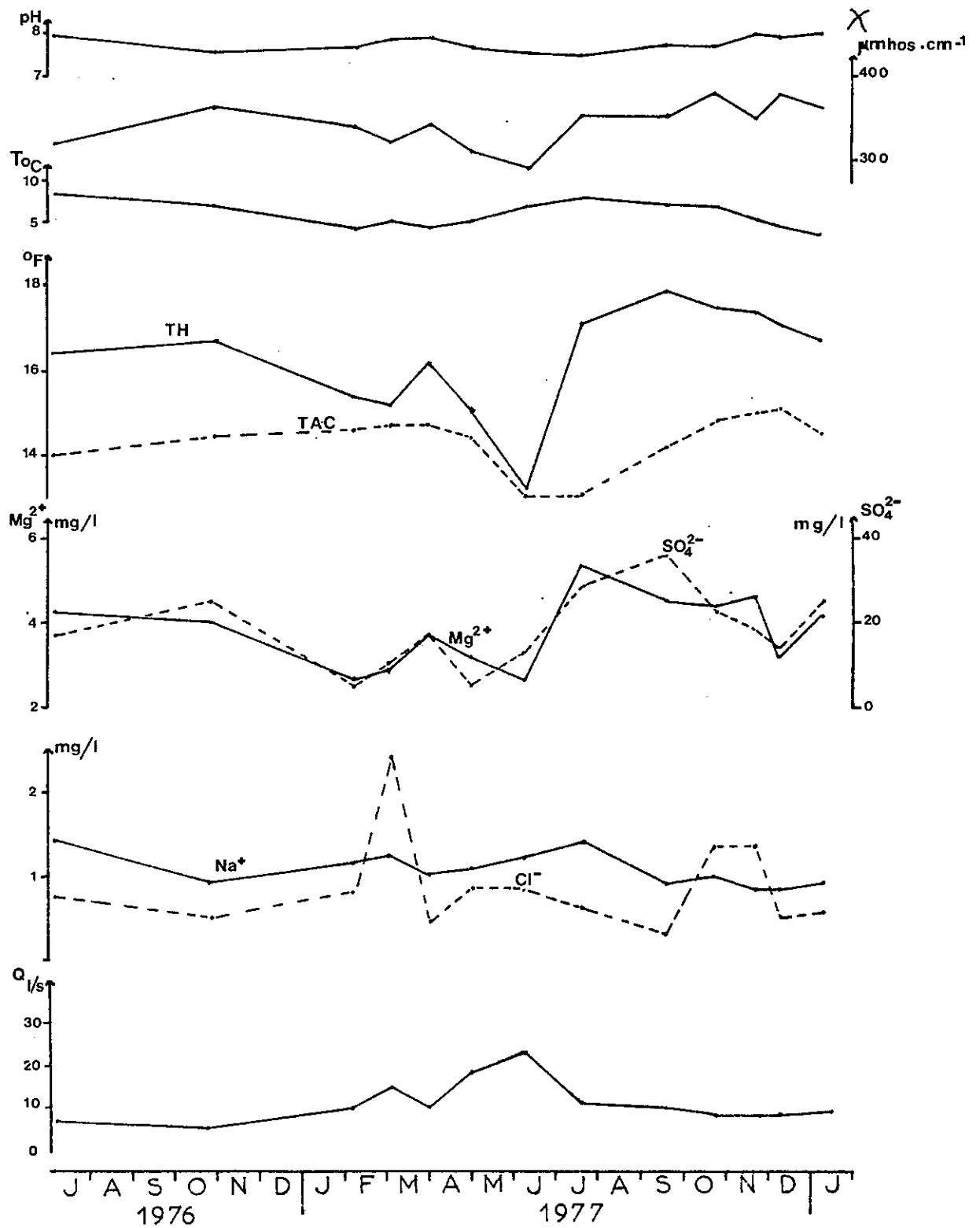


Fig. 69 : Variations des paramètres physicochimiques de la source de Malpasset.

VIII-2-2-6- Conclusion à l'étude des sources du plateau de Thollon

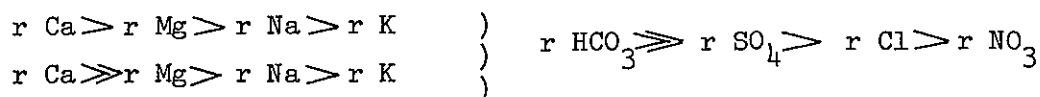
Les sources du Lain et du Pont Rouge ont des teneurs en Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- et SiO_2 semblables ; par contre les teneurs en Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^- et NO_3^- sont supérieures à celles des sources du Pont Rouge.

Les teneurs en Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- et SiO_2 sont plus faibles à la source du Fayet qu'à la source du Lain ; les autres éléments ont des teneurs identiques. Cette différence est due au fait que la source du Fayet est alimentée à la fois par les eaux du Lain et par des eaux d'origine plus superficielle.

La minéralisation importante dans ces sources du Lain, du Fayet, du Pont Rouge résulte d'une circulation lente des eaux.

Dans les eaux issues des moraines les fortes variations de minéralisation entre d'une part le printemps et l'été et d'autre part l'automne et l'hiver indiquent un mélange au printemps et un été entre des eaux circulant rapidement donc peu minéralisées et des eaux circulant lentement... En automne et en hiver ces eaux présentent des teneurs en Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- plus importantes que celles observées dans les sources du Lain et de Pont Rouge ; ceci indique une circulation plus lente des eaux de moraines ce qui est en somme toute logique.

Le faciès chimique des sources du plateau de Thollon est



VIII-2-3- LES SOURCES DU BASSIN VERSANT DE L'UGINE

VIII-2-3-1- Les sources de la vallée supérieure de l'Ugine

Il s'agit des sources situées dans le bassin versant de l'Ugine en amont du Pont de la Chevrette.

VIII-2-3-1-1- La source Malpasset (n° 6)

X = 935,96 Y = 2159,63 Z = 1106 m

La source de Malpasset est située en bordure de la route, reliant le pont Morgon à la Fétuière, près des Granges de Malpasset. Le captage est visible sur un replat alluvial formé par l'Ugine à l'aval d'un étranglement.

* Situation géologique

Le substratum des formations quaternaires au niveau du captage est formé de Néocomien. La source de Malpasset trouve son origine dans les terrains morainiques argileux à gros blocs dans lesquels existent des niveaux graveleux. La source est en partie alimentée par l'Ugine en effet lors de récents travaux, qui avaient pour but de modifier le cours de l'Ugine en amont du captage, les eaux du captage se sont trouvées chargées en particules argileuses à la suite d'un orage. L'exploitation de la source fut arrêté pendant deux mois.

* Conditions de prélèvements

Ne pouvant ouvrir le captage lui-même, nous avons prélevé cette source dans la chambre de mise en charge de Charmet. Mais à ce niveau elle avait reçu l'apport d'une autre source moins importante, la source de la Taillaz.

La source de Malpasset est utilisée pour l'alimentation en eaux de la ville d'Evian. Nous avons prélevé la source 13 fois: en juillet

et octobre 1976 et régulièrement entre février 1977 et janvier 1978.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 56)

Le faciès chimique est :



Sur la figure 69, nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques dans le temps. Sur cette figure on voit que la conductivité varie en concordance avec le débit et les teneurs en éléments ont des variations qui suivent à peu près celle de la conductivité.

Les teneurs relativement importantes en SO_4^{2-} s'expliquent par la présence de Trias dans la zone d'alimentation de la source..

VIII-2-3-1-2- La source de la Taillaz (n° 7)

X = 936,2

Y = 2159,80

Z = 1220 m

Cette source, dont une partie des eaux ont mélangé avec celles de la source de Malpasset émerge de la moraine, mais une certaine partie des eaux provient des calcaires du Malm supérieur. Deux prélèvements ont été fait en juillet et septembre 1977.

* Les paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont reportés dans le tableau 56.

Le faciès chimique est :



Lorsque l'on compare ces analyses avec celles de la source de Malpasset au même moment on s'aperçoit que cette source est plus calcique et bicarbonatée, par contre, elle est moins magnésienne et beaucoup moins sulfatée ce qui est logique car sur le bassin versant de la source de la Taillaz il n'y a pas de Trias (dans une source non alimentée par des eaux issues du Trias, les teneurs en SO_4^{2-} et Mg^{2+} seront plus faibles que dans une source dont les eaux proviennent en partie des formations triasiques).

VIII-2-3-1-3- La source "Sur les Scies" (n° 9)

X = 936,3

Y = 2159,33

Z = 1200 m

Cette source est située au-dessus du lit de l'Ugine environ 500 m en amont de Malpasset, et elle est captée pour l'alimentation en eaux de la commune de Bernex.

Nous avons prélevé la source au réservoir de Charmet afin de pouvoir le faire régulièrement. Les prélèvements ont eu lieu en octobre 1976 et de février 1977 à janvier 1978.

L'émergence se situe dans des éboulis formant tout le versant situé entre l'Ugine et les contreforts occidentaux du massif de la Dent d'Oche.

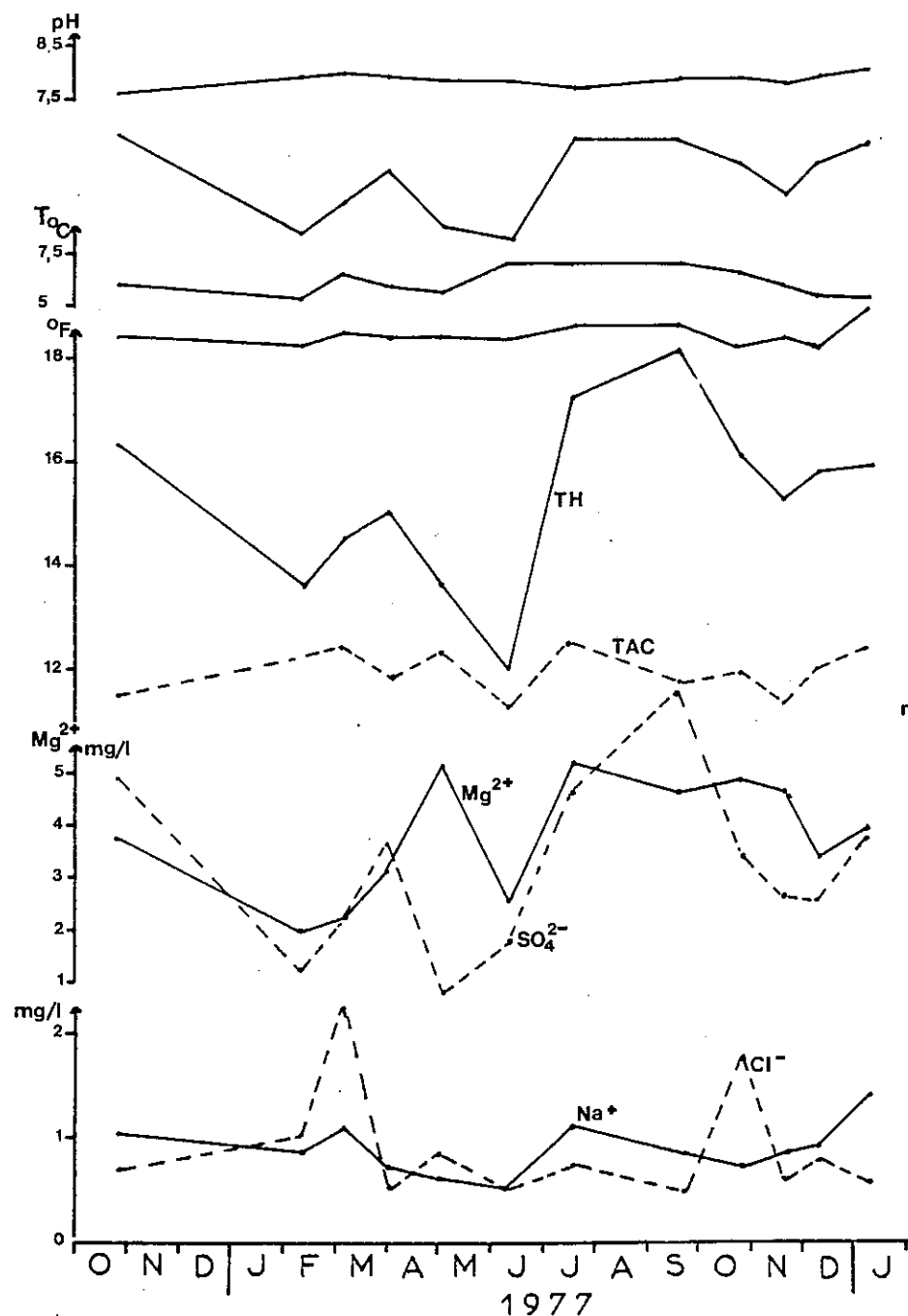


Fig. 70 : Variations des paramètres physicochimiques de la source de Sur les Scies.

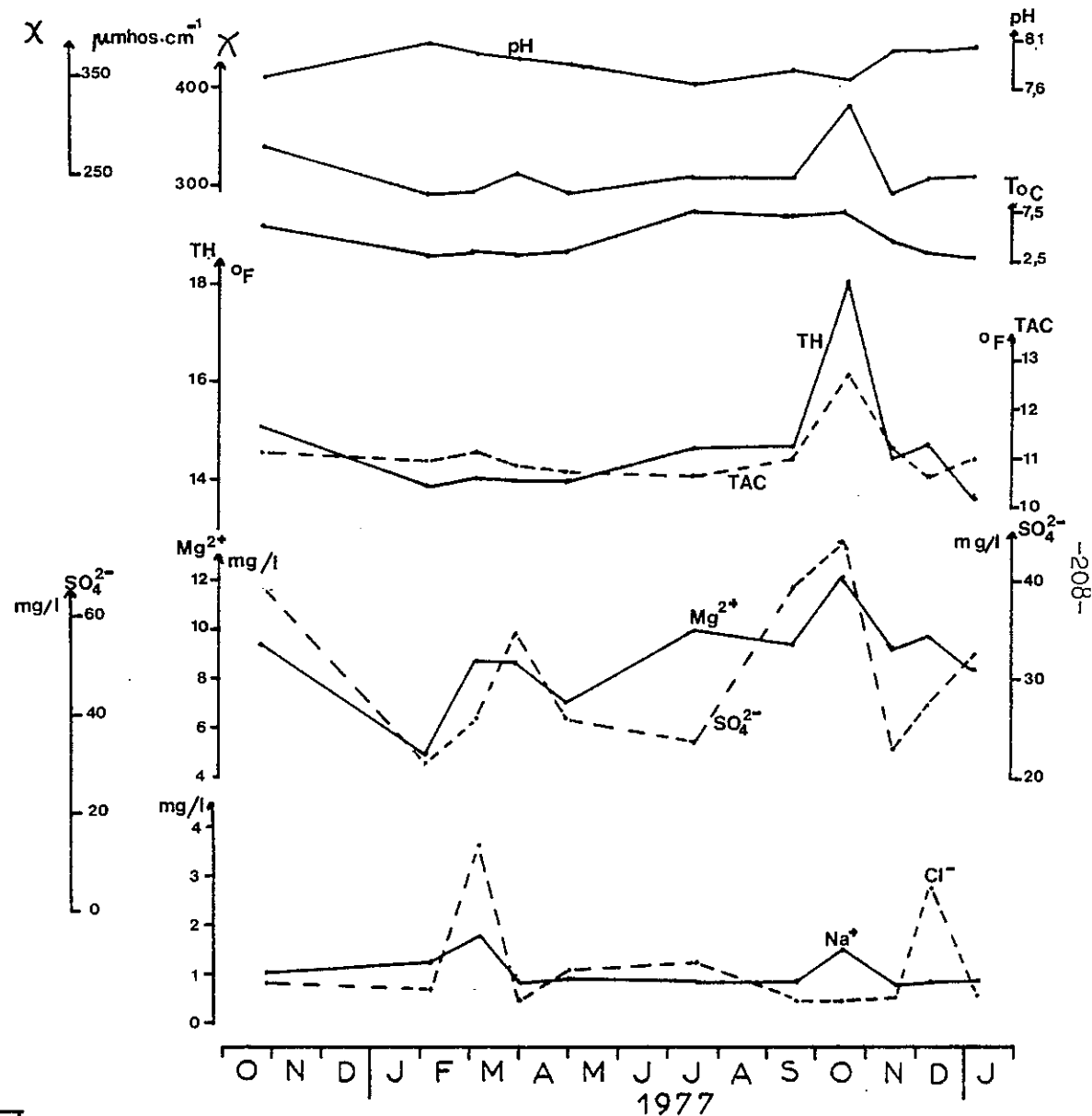


Fig. 71 : Variations des paramètres physicochimiques de la source de la Rase.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 57)

Les débits n'ont pas été mesurés car nous avons effectués les prélèvements au trop plein du réservoir donc ils ne sont pas significatifs.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} \gg r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ NO}_3 > r \text{ Cl}$

Sur la figure 70, nous avons reporté les variations des paramètres physicochimiques dans le temps. On remarque ainsi une bonne concordance entre les variations de la conductivité et de la plupart des paramètres chimiques. Les variations du TH sont importantes alors que celle du TAC sont faibles. Les maximas de concentration en Cl^- s'observent en mars et octobre 1977.

VIII-2-3-1-4- Les autres sources du secteur

Nous avons prélevé trois autres sources dans ce secteur, deux dans le vallon d'Oche et une au chalet de Pré Richard.

* La source d'Oche (n° 10)

X = 937,86

Y = 2159,13

Z = 1665 m

Elle est située 300 m à l'Est des Chalets d'Oche, au pied des éboulis situés entre la Dent d'Oche et le Roc du Château d'Oche ;

Nous avons prélevé cette émergence qui est l'une des sources de l'Ugine, le 31 octobre 1977 ; les paramètres physico-chimiques sont reportés dans le tableau 57.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} \gg r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ NO}_3 > r \text{ Cl}$

Cette source est plus minéralisée que les sources d'éboulis étudiées sur le plateau de Thollon.

* La source des Chalets d'Oche (n° 32)

X = 937,38

Y = 2158,95

Z = 1610 m

Cette source située à environ 200 m à l'Ouest des Chalets d'Oche, est issue d'un petit marécage dont le substratum est formé par les Couches rouges ; elle constitue l'une des sources de l'Ugine.

Nous l'avons prélevé le 31 octobre 1977 ; les paramètres physico-chimiques sont reportés dans le tableau 57. Il faut noter que la teneur en NO_2^- était de 0,21 mg/l et en PO_4^- de 0,026 mg P/l.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} \gg r \text{ K} > r \text{ Mg} > r \text{ Na}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ NO}_3 > r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl}$

	Sur les Scies			Oche	Chalets d'Oche	Pré-Richard		La Rase		
	moy.	max.	min.			9.1977	10.1977	moy.	max.	min.
Q l/s	321	364	265	3	2	0,5	0,3	313	381	293
$X_{\mu mho \cdot cm^{-1}}$				282	432	366	393			
pH	7,9	8,1	7,6	7,9	7,8	7,9	7,8	7,9	8,1	7,6
T°C	6,1	7	5,3	3,8	5,6	7	6,9	4,7	7,9	2,8
TH _{OF}	15,2	18,1	11,9	13,6	21	18,2	19,7	14,7	18,1	13,9
TAC _{OF}	11,9	12,5	11,2	13,6	20,8	15,9	16,2	11,1	12,7	10,6
Ca ²⁺ (mg/l)	55	64,9	43,7	52,1	81,4	60,9	65,3	44,1	52,5	40,8
Mg ²⁺	3,75	5,10	1,9	1,46	1,7	7,3	8,3	8,9	12,2	4,9
Na ⁺	0,88	1,42	0,48	0,94	1,17	0,35	0,39	1,04	1,79	0,81
K ⁺	0,38	0,66	0,23	0,25	8,6	0,7	1,47	0,9	1,52	0,70
Cl ⁻	0,88	2,22	0,46	0,3	0,46	0,81	1,42	1,19	3,66	0,44
SO ₄ ²⁻	31,3	48,8	7	2	2,9	17,8	22,8	30,7	44	21,6
HCO ₃ ⁻	146	153	138	166	254	194	198	135	155	129
NO ₃ ⁻	1,95	2,79	1,24	1,85	7,52	2,43	3,54	2,43	3,45	0,71
SiO ₂	2,65	2,74	2,60	2,45	5,1	3,05		3,26	3,36	3,16
rMg/rCa	0,11	0,18	0,06	0,05	0,03	0,20	0,21	0,33	0,39	0,11
rSO ₄ /rCl	26	54	6,4	5,25	4,62	16,1	11,9	18,8	65,4	5,3
r(Na+K) rCa	0,017	0,024	0,013	0,018	0,067	0,011	0,016	0,031	0,058	0,025

Tableau 57 - Les paramètres physico-chimiques des sources de " Sur les Scies " , d'Oche, des Chalets d'Oche, de Pré Richard et de la Rase.

La teneur en K^+ nettement supérieure à toutes celles que nous avons pu observer dans toutes les autres sources étudiées est due à la présence de marnes au sein des Couches rouges, car les particules argileuses qui entrent dans la composition des marnes contiennent du potassium en assez grande quantité. La teneur relativement importante en silice dissoute s'explique de la même façon.

Les teneurs élevées en nitrates, nitrites et phosphates sont dues à une pollution de la source par les eaux usées des Chalets d'Oche qui se déversent dans le petit marécage et ces eaux usées sont à l'origine de la formation de celui-ci.

* La source de Pré Richard (n° 31)

X = 935,7 Y = 2158,7 Z = 1405 m

Cette source nous l'avons prélevé à l'abreuvoir situé derrière les chalets de Pré Richard. Elle émerge du glissement de terrain ancien sur lequel sont construits les chalets ; le substratum du glissement de terrain est constitué de Trias, Malm, Couches rouges et de flysch de la nappe supérieure des Préalpes.

Les paramètres physico-chimiques lors des prélèvements du 10 septembre et du 22 octobre 1977 sont reportés dans le tableau 57.

Le faciès chimique est :

$r\ Ca > r\ Mg \gg r\ K > r\ Ca$

$r\ HCO_3 > r\ SO_4 > r\ NO_3 > r\ Cl$

La teneur plus élevée en K^+ qu'en Na^+ s'explique par la présence de niveaux argileux dans les terrains traversés par les eaux. Les teneurs relativement importantes en SO_4^{2-} et Mg^{2+} s'expliquent par la présence de Trias.

VIII-2-3-2- Les sources du versant nord de la vallée de l'Ugine

Dans ce groupe de source nous avons réuni les sources étudiées entre les Chalets de Mémise et le Mont Bénant.

VIII-2-3-2-1- La source de la Rase (n° 24)

X = 934,75 Y = 2161,38 Z = 1230 m

Cette source captée se situe 50 m au Sud des Chalets de la Rase ; elle alimente les hameaux de Creuzat, Bénant et chez Buttay. Elle émerge d'éboulis anciens constitués de calcaires du Malm supérieur, de marno-calcaires du Dogger et de cargneules, ces dernières indiquant la présence de Trias sous les éboulis.

La source a été prélevée au réservoir de Creuzat.

Les prélèvements ont été faits en octobre 1976 et entre février 1977 et janvier 1978.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 57)

Le débit du trop plein du réservoir a varié de 2,5 l/s à 0 l/s, ce qui donne un débit de la source, compte-tenu du débit utilisé, variant de 3,5 l/s à 0,5 l/s.

Le faciès chimique est :

$r\ Ca > r\ Mg \gg r\ Na > r\ K$

$r\ HCO_3 > r\ SO_4 > r\ NO_3 > r\ Cl$

	Chalet de Mémise			Mémise		Sous l'échelle				Source n° 29		
	2.1977	7.1977	9.1977	7.1977	9.1977	2.1977	7.1977	9.1977 (1)	9.1977 (2)	moy.	max.	min.
Q l/s	5	8	3	0,2	0,1	7	5	3	5			
$X_{\mu\text{mho cm}^{-1}}$	348	341	351	454	462	292	354	333	323	414	453	363
pH	8	7,9	7,7	7,7	7,7	8,3	7,8	8,2	8,3	7,95	8,3	7,6
T _{°C}	6,2	5,9	3,4	10,5	6,5	4,7	7	7	7,2	7,3	12	3
TH _{°F}	18,1	17,4	19,6	23,4	23,6	13,9	17,7	16,4	16,5	21,3	23,1	18
TAC _{°F}	17,8	17,1	19,2	22,6	23,0	13,0	16,4	15,4	12,5	20	22,7	16
Ca ²⁺ (mg/l)	68,9	60,9	73,9	83	84	48,7	65,7	53,9	50,2	67,2	72,5	48,5
Mg ²⁺ "	2,2	5,35	2,9	6,6	6,4	4,3	8,3	7,3	9,3	10,8	14,4	9,0
Na ⁺ "	0,82	0,64	1,39	2,09	1,08	1,26	0,78	1,67	3,32	1,87	2,19	1,69
K ⁺ "	0,44	0,22	0,61	2,3	1,22	0,31	0,26	0,39	0,34	0,99	2,64	0,46
Cl ⁻ "	0,85	0,43	0,28	0,56	0,48	0,94	0,47	0,43	0,34	0,97	1,68	0,33
SO ₄ ²⁻ "	5	5	6	1,9	1,9	10,6	12,5	14,4	18,1	5,7	7,8	4,1
HCO ₃ ⁻ "	217	209	230	276	281	159	200	187	187	244	277	195
NO ₃ ⁻ "	1,2	0,49	1,95	1,02	2,74	0,53	0,22	0,62	0,40	0,62	0,97	0,13
SiO ₂ "		5,3	5,5	6,8	6,95			3,52	3,80	5,02		
rMg/rCa	0,05	0,15	0,07	0,13	0,12	0,15	0,21	0,22	0,31	0,27	0,49	0,20
rSO ₄ /rCl	4,3	8,6	15,8	2,47	2,83	8,15	20	25	37,6	4,41	17	2
r(Na+K) rCa	0,014	0,011	0,021	0,036	0,027	0,026	0,010	0,031	0,062	0,024	0,047	0,02

Tableau 58 - Paramètres physicochimiques des sources des Chalets de Mémise, de Mémise, de " Sous l'Echelle " et de la source n° 29.

Nous avons reporté sur la figure 71 les variations des paramètres physico-chimiques en fonction du temps. On peut ainsi constater une bonne concordance entre les variations de la conductivité et des paramètres chimiques. Pour les chlorures on observe un pic en mars et novembre 1977.

Les teneurs en SO_4^{2-} assez élevées ainsi que les teneurs en Sr^{2+} (0,54 mg/l) qui sont égales au double de celles observées sur la plupart des sources, confirment bien la présence de Trias sous les éboulis.

VIII-2-3-2-2- Les sources du synclinal de Mémise

* La source des chalets de Mémise (n° 22)

X = 938,65 Y = 2162,50 Z = 1680 m

La localisation que nous donnons est celle du réservoir du Chalet de Mémise qui récupère les eaux franchissant les calcaires du Malm supérieur en cascade. En fait, il ne s'agit pas d'une seule source mais de plusieurs qui drainent une partie du versant situé entre le flanc sud du synclinal de Mémise et la Pte de Boré. Cette source ne fait pas partie du bassin versant de l'Ugine puisque lors de l'expérience de multitraçage de mai 1977, on a pu voir nettement que les eaux issues du réservoir s'écoulaient en direction du Chalet de la Plaine à l'Est. Nous l'avons étudié car les eaux sont issues de moraines recouvrant du Dogger, du Lias moyen siliceux et du Rhétien. Nous avons prélevé la source en février, juillet et septembre 1977.

Les paramètres physico chimiques des eaux lors des prélèvements sont reportés dans le tableau 58.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} \gg r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

La teneur en silice assez élevée est due à la présence du Lias moyen siliceux sur le bassin d'alimentation de la source.

* La source de Mémise (n° 21)

X = 938,2 Y = 2162,7 Z = 1605 m

Cette source est située au point d'injection de l'uranine lors de l'expérience de multitraçage de mai 1977 ; elle est issue du Flysch schisto-gréseux. Nous l'avons prélevé en juillet et septembre 1977.

Les paramètres physico-chimiques sont reportés dans le tableau 58.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ NO}_3 > r \text{ Cl}$

Les teneurs en silice soluble importantes sont dues à la présence de silice dans le flysch, de même que la proportion d'éléments alcalins (K et Na) plus importante que dans la plupart des sources est due à la présence dans le flysch de particules micacées et argileuses.

VIII-2-3-2-3- Source "sous l'Echelle" (n° 11)

X = 936,03

Y = 2161,4

Z = 1380 m

La source est située à l'extrémité ouest du synclinal de Mémise, elle est issue d'un écoulement composé essentiellement de blocs de calcaire du Malm supérieur.

Nous avons prélevé cette source en février, juillet et septembre 1977 ; en septembre nous avons fait deux prélèvements, la source par elle-même et le ruisseau (le Nant Bévin), auquel elle donne naissance, 250 m à l'aval de la source.

* Les paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont reportés dans le tableau 58 ; pour le mois de septembre la source est notée 1 et le Nant Bévin 2.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} \gg r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 \gg r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

Deux choses sont à signaler :

- Les teneurs en sulfates relativement élevées semblent indiquer la présence de Trias soit dans l'écroulement sous forme de débris soit dans la zone d'où proviennent les eaux qui ne sont pas uniquement issues de l'écroulement.

Les variations entre le prélèvement de la source et celui du Nant Bévin, se traduisent principalement par l'augmentation des teneurs en Mg^{2+} , Na^+ et SO_4^{2-} , ce qui semble bien confirmer l'hypothèse de la présence du Trias dans les formations dont sont issues ces eaux et la variation de la teneur en Sr^{2+} en est aussi le témoin (0,35 mg/l à 0,57 mg/l).

VIII-2-3-2-4- Les autres sources du secteur

* Source n° 29

X = 936,3

Y = 2160,63

Z = 1170 m

Cette source est située en contre-bas du chemin Les Chons-La ferme de la Frête, elle est issue des moraines recouvrant le Dogger et le Lias siliceux. Nous l'avons étudiée de juillet 1977 à janvier 1978.

Les paramètres physico-chimiques (tableau 58).

Les fortes variations des températures sont le signe d'une circulation des eaux dans la zone superficielle des moraines.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} \gg r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ Na}$

La minéralisation la plus faible a été observée en octobre 1977 durant la période d'étiage observée en 1977 dans le secteur étudié, cela s'explique par le fait que la source a été prélevée après une forte chute de pluie, ce qui confirme une circulation des eaux dans la zone superficielle des moraines.

* La source n° 8

X = 933,47

Y = 2131,37

Z = 1180 m

Il s'agit d'une source issue de la moraine, qui présente un débit très faible voire nul, lorsque nous l'avons prélevé en octobre 1977 le débit était de 0,2 l/s, la conductivité de 512 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, le pH de 7,7 et la température de 11,5°. La composition chimique est la suivante :

TH oF	TAC oF	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l	$\frac{r\text{Mg}}{r\text{Ca}}$	$\frac{r\text{SO}_4}{r\text{Cl}}$	$\frac{r(\text{Na} + \text{K})}{r\text{Ca}}$
27,5	23,5	94,2	9,73	1,44	0,42	1,09	3,4	333	1,28	5,4	0,17	2,37	0,016

Cette source se rapproche des sources du plateau de Thollon issues des moraines.

VIII-2-3-3- Les sources de la plaine des Faverges

VIII-2-3-3-1- La source des Rosées (n° 1)

X = 932,93

Y = 2160,10

Z = 920 m

Le captage de la source est situé au-dessus du lit de l'Ugine au débouché de celle-ci dans la plaine des Faverges. Autrefois l'émergence était située un peu plus en amont mais comme elle provoquait des glissements de terrain elle a été drainée et canalisée jusqu'au captage actuel mais cela bien avant la réalisation de celui-ci. Dans ce secteur des Rosées il y a une autre source captée (n° 25) et qui est mélangée à la précédente. Ces caractéristiques sont identiques à celle de la source des Rosées.

Ces sources sont issues de sables et graviers aquifères que l'on rencontre au sein des moraines argileuses.

Nous avons effectué onze prélèvements entre février 1977 et janvier 1978.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 59)

Le débit indiqué est celui de l'ensemble des deux sources n° 25 et n° 1. Les variations de débits sont surtout dues aux variations du débit de la source n° 25 la source n° 1 ayant un débit régulier aux alentours de 8 l/s.

Le faciès chimique est :

$r\text{Ca} > r\text{Mg} \gg r\text{Na} > r\text{K}$

$r\text{HCO}_3 \gg r\text{SO}_4 > r\text{Cl} > r\text{NO}_3$

Sur la figure 74 nous avons reporté les variations des paramètres physicochimiques.

La concordance entre les variations de la conductivité et des paramètres chimiques n'est pas très bonne.

Les maximas de teneurs en chlorures s'observent en octobre, novembre et février mars.

	Les Rosées			Les Faverges			Les Faverges (1.1978)			Source n° 28		
	moy.	max.	min.	moy.	max.	min.	1	2	3	moy.	max.	min.
Q l/s	10	15	8		11	5						
$\chi_{\text{pmho} \cdot \text{cm}^{-1}}$	553	579	514	577	650	534	667	607	607	565	707	529
pH	7,4	7,6	7,2	7,4	7,5	7,2	7,6	7,8	7,8	7,4	7,7	7,1
T _{°C}	8,6	10,2	8	8,8	10,3	7,8	7	8	7,2	9,6	12,6	6,3
TH _{°F}	29	29,6	28,4	30	32,6	28,4	35,2	31,1	30,4	29,9	31,1	28,2
TAC _{°F}	28,3	28,8	27,8	29	31,4	27,4	34,3	29,9	30,5	28,9	30,6	27,6
Ca ²⁺ (mg/l)	87,4	89,8	82	93,6	104,6	88,6	119,6	97,4	95,7	103,8	109,9	99
Mg ²⁺ "	17,55	19,70	14,6	16	19,2	14,6	13,1	16,5	15,7	9,2	11,2	8,3
Na ⁺ "	2,68	3,3	2,02	1,24	4,49	0,67	3,49	4,64	3,27	1,86	2,64	1,38
K ⁺ "	0,9	1,2	0,66	0,82	1,24	0,67	2,81	0,75	0,56	0,73	1,94	0,21
Cl ⁻ "	1,97	2,5	1,45	4,48	6,50	3,13	4,06	6,5	4,66	1,71	2,33	1,22
SO ₄ ²⁻ "	6,8	10,3	3,5	8,9	12,3	4,0	10,1	11,4	8,23	5,1	7,2	1,5
HCO ₃ ⁻ "	346	351	339	354	383	334	419	365	372	353	366	337
NO ₃ ⁻ "	1,79	2,57	0,93	2,39	3,41	0,70	3,01	3,41	4,47	2,08	3,72	0,93
SiO ₂ "	7,05			7,6			6	7,33	6,88	4,82		
rMg/rCa	0,33	0,40	0,27	0,28	0,36	0,25	0,18	0,28	0,27	0,14	0,18	0,12
rSO ₄ /rCl	2,54	5,22	1,46	1,46	2,82	0,90	1,84	1,30	1,31	2,21	4,35	0,7
r (Na+K) rCa	0,032	0,039	0,025	0,046	0,049	0,040	0,037	0,045	0,033	0,019	0,030	0,012

Tableau 59 - Les paramètres physico-chimiques des sources des Rosées, des Faverges et de la source n° 28.

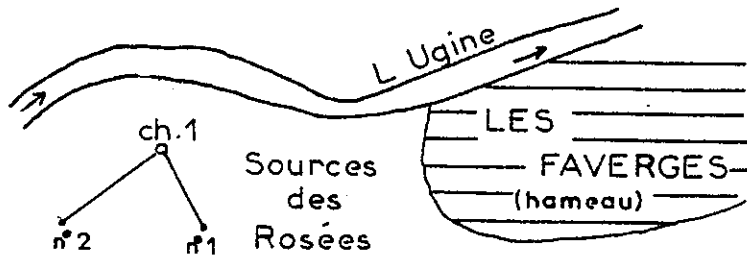
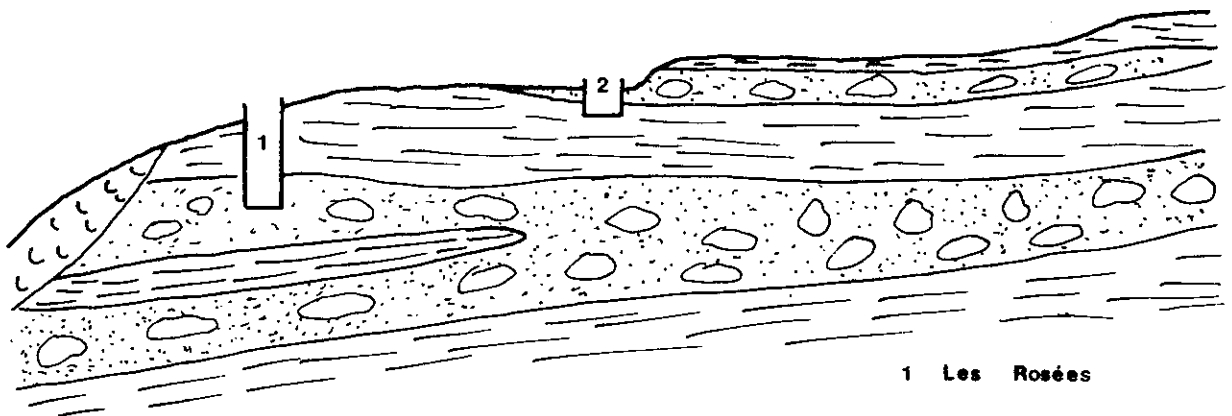
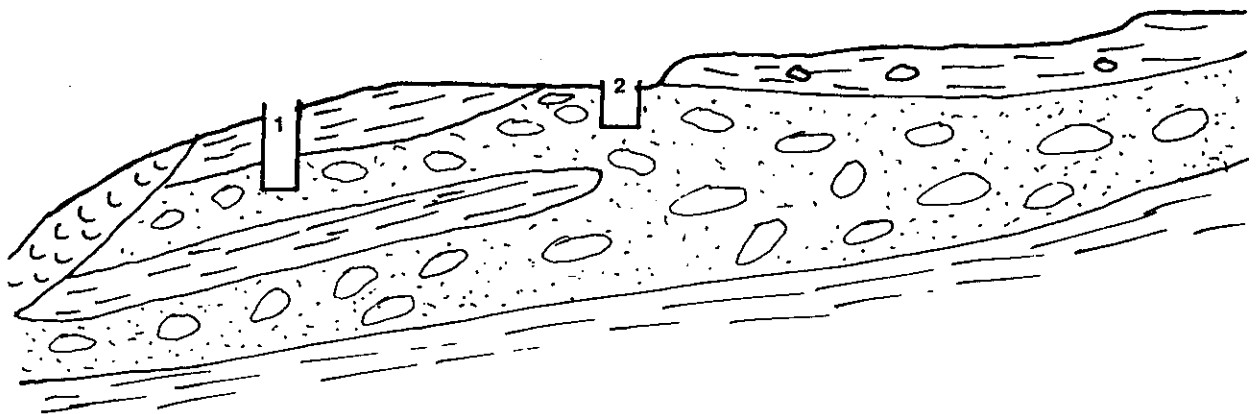
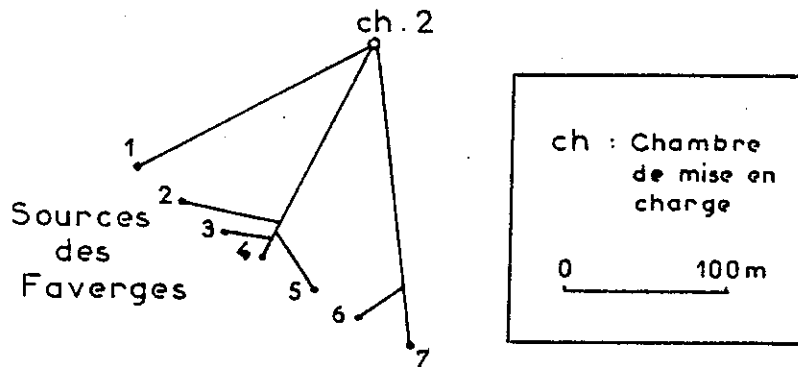
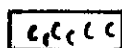


fig 72 Localisation des émergences des Rosées et des Faverges

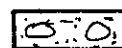


1 Les Rosées

2 Les Faverges



Glissement de terrain



Sables et graviers



Moraine

fig 73: Deux hypothèses sur l'origine des sources des Rosées et des Faverges

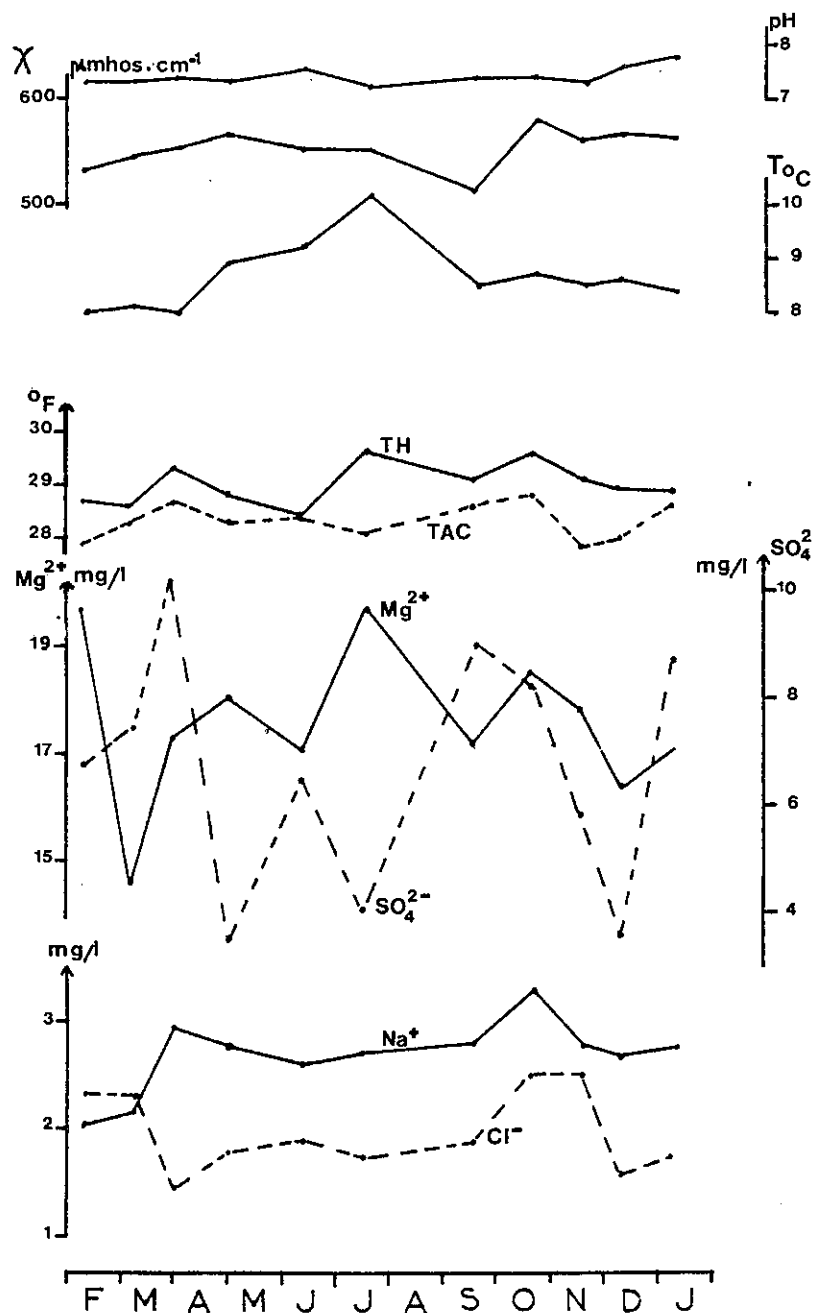


Fig. 74 : Variations des paramètres physicochimiques de la source des Rosées.

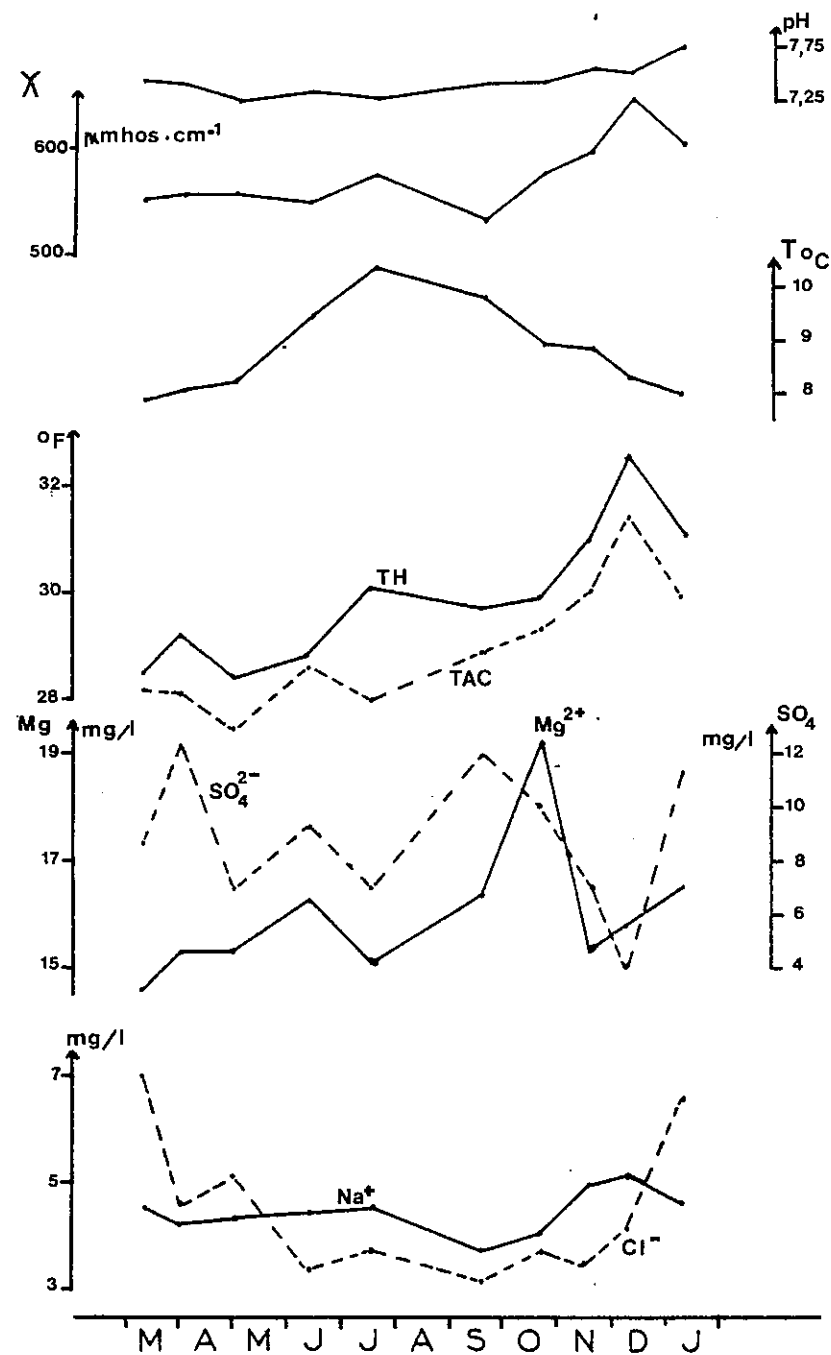


Fig. 75 : Variations des paramètres physicochimiques de la source des Faverges.

VIII-2-3-3-2- Les sources des Faverges (n° 2)

X = 932,75

Y = 2160,38

Z = 925 m

Les sources des Faverges sont situées au niveau de la rupture de pente que l'on observe au Nord du hameau des Faverges, entre 940 et 950 m. La localisation fournie ci-dessus est celle de la chambre de réunion des eaux des captages.

Ces sources sont issues des graviers et des sables existant dans les moraines. Une question à laquelle la chimie nous permettra de répondre est la suivante : s'agit-il des mêmes niveaux que ceux dont sont issues les sources des Rosées ou de niveaux différents (fig. 73)? A côté de cette origine dans les moraines, nous avons vu que les eaux de ces sources pouvaient avoir une origine dans le substratum.

Nous avons prélevé de mars 1977 à janvier 1978 ; seuls les points 3, 4, 5 (fig. 72) réunis en une seule venue ont été prélevés. En janvier nous avons prélevé les trois arrivées à la chambre de réunion des Faverges.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 59)

Les débits fournis ont été estimés car ils sont très difficiles à mesurer.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

Sur la fig. 75 nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques dans le temps.

Les variations des paramètres chimiques suivent à peu près celles de la conductivité.

Les teneurs maximales en chlorures s'observent en mars et janvier.

Il faut noter que les teneurs en strontium sont assez élevées (0,75 mg/l) et plus importantes que celles de la source des Rosées (0,55 mg/l), il en est de même pour les teneurs en Cl^- , celles-ci étant les plus élevées que nous avons pu observer au cours de notre étude.

* Comparaison entre les paramètres physico-chimiques des trois points d'arrivée à la chambre de réunion

Dans le tableau 59 la colonne 1 correspond à l'arrivée des points 1 et 2 de la figure 72, la ligne 2 aux points 3, 4, 5 et la ligne 3 aux points 6, 7.

On voit dans le tableau 59 que les eaux de la première arrivée sont nettement différentes des autres qui ont des compositions à peu près identiques entre elles ; les différentes émergences n'ont donc pas toutes les mêmes aquifères.

* Comparaison entre les eaux des Faverges et des Rosées

Les différences comme l'on voit s'observent surtout au niveau des teneurs en Na^+ , Sr^{2+} , Cl^- et NO_3^- et des rapports $r \text{ Mg}/r \text{ Ca}$ et $r (\text{Na} + \text{K})/r \text{ Ca}$.

Ceci nous pousse à penser que les niveaux d'origine des eaux des Faverges et des Rosées ne sont pas les mêmes quoique peu différents par leur nature. Ces eaux par leurs minéralisations importantes et leurs teneurs

en SiO_2 élevées par rapport à celles mesurées sur toutes les eaux que nous avons ² utilisées indiquent une circulation lente dans les formations quaternaires.

VIII-2-3-3-3- Les sources de l'extrémité occidentale de la plaine des Faverges

* Source n° 28

X = 931,05 Y = 2159,55 Z = 855 m

Cette source est située légèrement en retrait de la route départementale 32 à 100 m au N.W. du pont de Grange Blanche ; elle est utilisée pour l'alimentation des maisons de Grange Blanche. Les eaux sont issues des conglomérats de la plaine des Faverges. Nous l'avons prélevée de juin 1977 à janvier 1978 au trop plein du captage.

Les paramètres physico-chimiques (tableau 59): Les débits n'ont pas été mesurés car les prélèvements se sont faits au trop-plein du captage.

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

Si on compare ces paramètres à ceux des sources des Faverges et des Rosées, on observe dans cette source des teneurs en Ca^{2+} plus élevées, mais des teneurs en Mg^{2+} , Na^+ et SiO_2 plus faibles ce qui a pour conséquence de donner des rapports $r\text{Mg}/r\text{Ca}$ et $r (\text{Na} + \text{K})/r \text{ Ca}$ deux fois plus faibles. Ces résultats sont logiques étant donné que l'aquifère dans ce cas est un conglomérat fluvio glaciaire et que dans le cas des sources des Faverges et des Rosées ce sont des niveaux sablo-graveleux au sein des moraines.

Comme pour la plupart des sources étudiées la minéralisation la plus faible s'observe en juin et les plus élevées en septembre - octobre.

* Source n° 26, 27 et 23

A vrai dire ce ne sont pas particulièrement des sources mais plutôt des collecteurs de ruissellements diffus.

- Le point 26 collecte les eaux directement à l'Est de la route départementale 32 à 50 m au Nord-Ouest de la source n° 28.

- Le point 27 collecte les eaux de l'ancienne carrière de "chez Bochet".

- Le point 23 correspond au plan d'eau de la nouvelle carrière de "Chez Bochet".

Nous ne détaillerons pas ici les caractéristiques physico-chimiques de ces sources (hors-texte) pour la bonne et simple raison qu'elles ne sont pas toujours significatives du fait de la contamination fréquente des eaux par les eaux de pluie et les ruissellements superficiels comme pour la source 27.

Pour la source 26 des teneurs anormales en Na^+ et Cl^- en novembre, décembre sont dues au salage des routes.

VIII-2-3-4- Les sources du Charmet

Ces sources et la source de Malpasset sont les sources utilisées pour l'alimentation de la ville d'Evian. Nous les avons prélevées dans la chambre de mise en charge du Charmet.

VIII-2-3-4-1- La source Jacquier n° 3

Cette source dont le captage n'est plus visible émergeait dans les champs situés derrière la chambre de mise en charge, elle correspond à une brutale rupture de pente.

L'émergence se trouve dans le recouvrement morainique qui recouvre les bordures et le fonds de la vallée. Il paraît peu probable que les alluvions récentes du ruisseau des Lanches interviennent dans l'alimentation de la source.

Nous avons fait onze prélèvements de cette source en octobre 1976 et entre mars 1977 et janvier 1978.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 60)

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 \gg r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} \approx r \text{ NO}_3$

Sur la figure 76, nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques. Ce qu'il faut remarquer sur cette figure c'est l'augmentation quasiment régulière du TH et du TAC de mai à décembre 1977. Les teneurs maximales en Cl^- s'observent en mars et octobre. Il faut aussi signaler que la teneur en Sr^{2+} est de 0,54 mg/l.

VIII-2-3-4-2- La source Cornus n° 4

X = 935,5

Y = 2160,2

Z = 1035 m

La source est située à 80 m à l'Est du pont Morgon en bordure de la route longeant le ruisseau des Lanches en rive droite.

* Situation géologique

L'émergence se trouve dans une formation morainique argilo-sableuse mêlée à des vestiges d'écroulement rocheux, les blocs peuvent être de taille importante ; ces vestiges ont pu être observés en 1971 par P. Antoine au cours d'une expertise mais à l'heure actuelle on ne voit plus rien car cette observation s'est faite dans le chantier de terrassement de la piscine de la colonie de vacances de Gènevilliers située au-dessus de la source.

Le captage est situé sur le replat correspondant au début des alluvions du ruisseau des Lanches. Les drains sont situés à une profondeur de 2 m. Le captage doit se situer au niveau de raccordement de la nappe de versant et de la nappe accompagnant le ruisseau, la composition chimique des eaux nous le confirmera.

Il faut signaler que la source fut polluée, il y a quelques années par les rejets des effluents de la colonie de vacances ; les eaux usées étaient rejetées dans le Nant Bévin qui lui, se jette dans le ruisseau des Lanches. La distance entre l'extrémité amont des drains de la source et le ruisseau est de 50 m ; les alluvions torrentielles perméables, formant les terrains le long de ces 50 m, ont des qualités filtrantes médiocres ce qui conduit à une pollution de la source. Des travaux ont été réalisés en 1977 pour évacuer les effluents de la colonie directement dans le lit du ruisseau des Lanches.

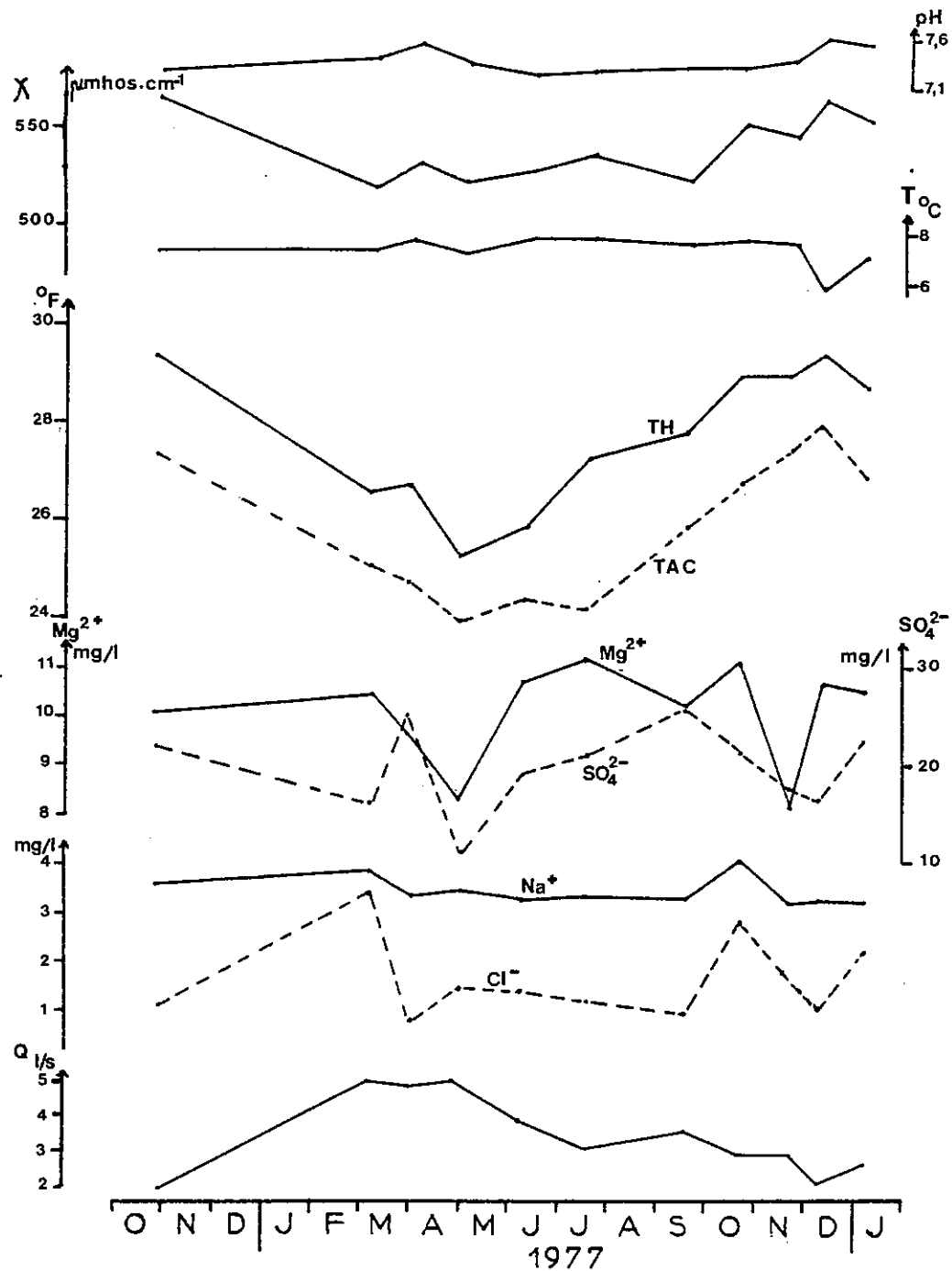


Fig. 76 : Variations des paramètres physicochimiques de la source Jacquier.

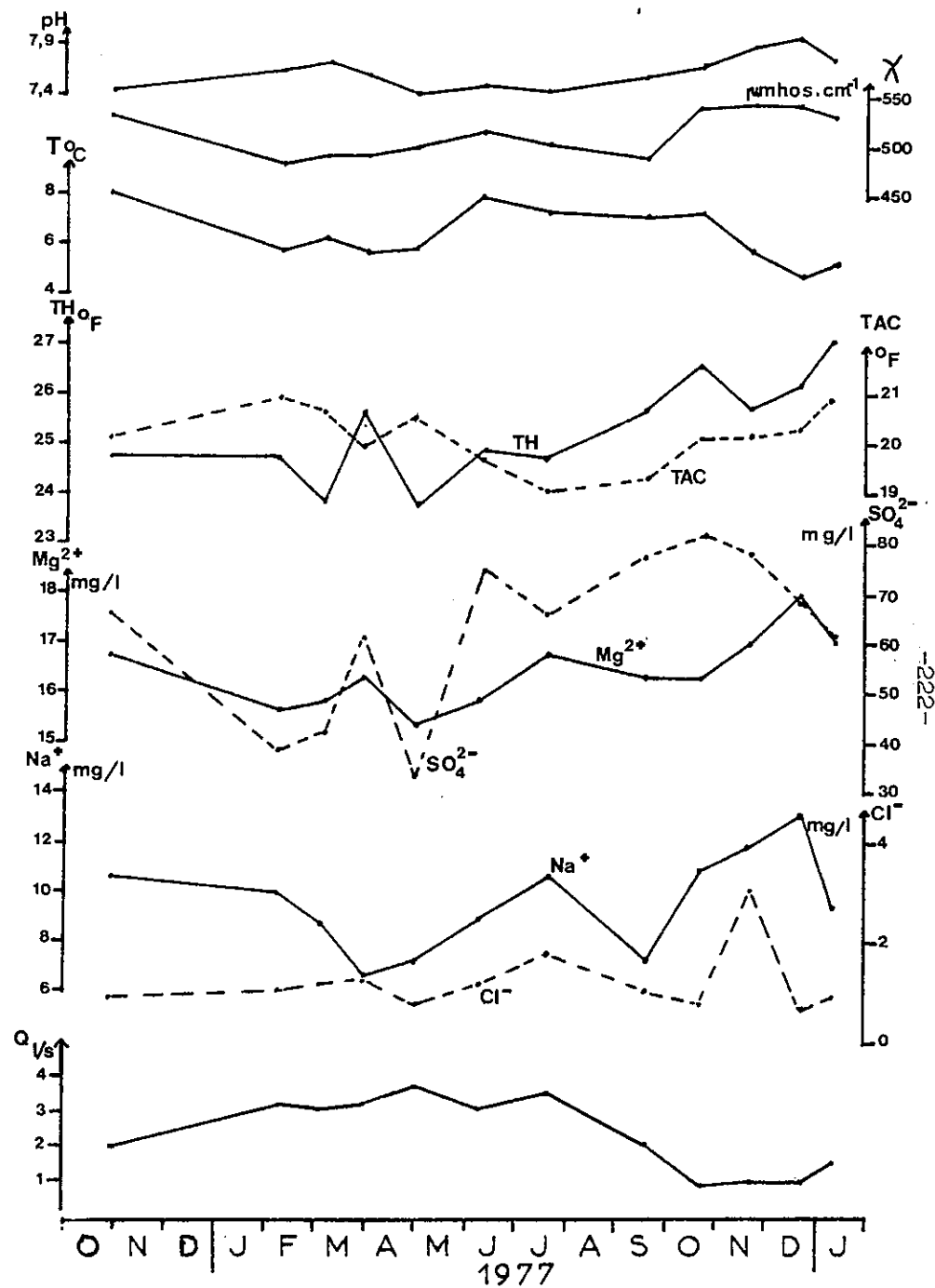


Fig. 77 : Variations des paramètres physicochimiques de la source Birraux.

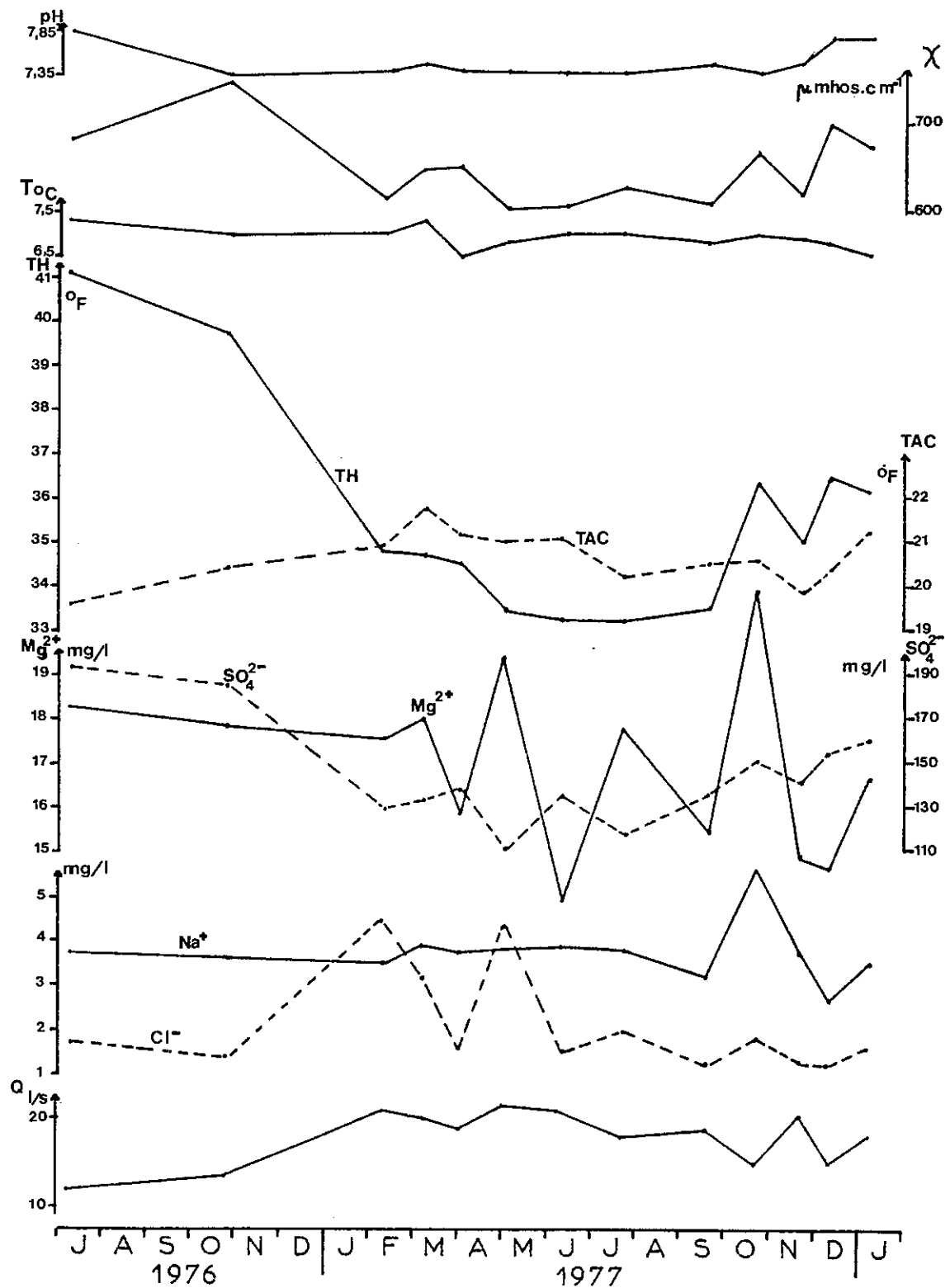


Fig. 78 : Variations des paramètres physicochimiques de la source Cornus.

	Jacquier			Cornus			Birraux		
	moy.	max.	min.	moy.	max.	min.	moy.	max.	min.
Q l/s	3,3	5	2	17,7	21,5	12	2,2	3,7	0,8
X_{minhocm}^{-1}	537	588	492	649	747	602	511	539	480
pH	7,35	7,6	7,2	7,5	7,85	7,35	7,7	7,9	7,4
T _{oC}	7,4	7,9	5,8	6,9	7,3	6,5	6,4	8	4,8
TH _{oF}	27,8	29,6	25,3	35,5	41,1	33,2	25,3	27,1	23,7
TAC _{oF}	26	28,1	24	20,7	21,8	19,6	20,1	20,9	19,0
Ca ²⁺ (mg/l)	94,6	103,4	86,6	114	133,9	101,8	74,2	80,7	69,7
Mg ²⁺ "	10,1	11,2	8,0	17	20,9	13,9	16,4	18	15,3
Na ⁺ "	3,45	4,04	3,22	3,71	5,58	2,56	9,6	13,2	6,6
K ⁺ "	0,67	0,88	0,58	0,66	0,82	0,60	0,84	1,06	0,66
Cl ⁻ "	1,64	3,47	0,78	2,05	4,41	1,12	0,84	3,05	0,66
SO ₄ ²⁻ "	19,9	26,0	10,9	144,8	193,5	110	63,3	82	31,5
HCO ₃ ⁻ "	317	343	293	252	266	240	245	255	232
NO ₃ ⁻ "	2,79	3,5	1,59	2,17	3,54	1,55	3,14	4,78	2,12
SiO ₂ "	4,17			5,2			4,32		
rMg/rCa	0,18	0,20	0,13	0,25	0,31	0,20	0,36	0,39	0,34
rSO ₄ /rCl	9	20	3,4	52	102	18	41,2	95,6	19,9
$\frac{r(\text{Na+K})}{r\text{Ca}}$	0,035	0,041	0,030	0,031	0,038	0,027	0,119	0,136	0,088

Tableau 60 - Paramètres physico-chimiques des sources du Charmet

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 60)

Nous avons prélevé cette source en juillet et octobre 1976 et entre février 1977 et janvier 1978.

Il faut noter pour cette source le faible écart entre les températures maximale et minimale

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} > r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 > r \text{ SO}_4 \gg r \text{ Cl} > r \text{ NO}_3$

La figure 78 donne les variations des paramètres physico-chimiques.

On remarque la bonne concordance entre les variations de la conductivité et les variations du TH, mais par contre pas entre la conductivité et le TAC, et on peut l'expliquer par le fait que contrairement à la plupart des sources étudiées ici le TAC ne représente pas la teneur en anions étant donné les fortes teneurs en sulfates.

Si l'on regarde la teneur en sulfates on s'aperçoit qu'elle augmente quand le débit diminue ; et étant donné que ce débit augmente lorsque le débit du ruisseau des Lanches augmente, ceci tend à prouver l'existence d'apports à la source par la nappe d'accompagnement du ruisseau. Ainsi lorsque les débits du ruisseau des Lanches sont très faibles 20 à 40 l/s les teneurs en sulfates de la source sont importantes, c'est ce qui s'est passé en juillet et octobre 1976. Les teneurs en Sr^{2+} sont élevées (2,6 à 2 mg/l). D'après ces données et celle de la géologie on peut conclure que la source des Cornus est une source mixte alimentée par des eaux profondes en contact avec le Trias, par des eaux issues du recouvrement morainiques dans lequel il existe des débris triasiques, et enfin par les eaux de la nappe d'accompagnement du ruisseau des Lanches.

VIII-2-3-4-3- La source Birraux (n° 5)

X = 935,65 Y = 2160,5 Z = 1090 m

La source émerge à l'altitude 1090 m au niveau d'une rupture de pente située sous le Mont César et qui marque la limite inférieure de la forêt sur le versant sud du Mont César.

La rupture de pente correspond à la base d'éboulis et d'écroulements anciens issus du Mont César.

Nous avons prélevé la source en octobre 1976 puis de février 1977 à janvier 1978.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 60)

Le faciès chimique est :

$r \text{ Ca} > r \text{ Mg} > r \text{ Na} \gg r \text{ K}$

$r \text{ HCO}_3 > r \text{ SO}_4 \gg r \text{ NO}_3 > r \text{ Cl}$

Sur la figure 77 sont reportés les variations des paramètres physico-chimiques.

On peut remarquer que le TH est inférieur à 25 °F entre octobre 1976 et juillet 1977 puis supérieur à 25,5 °F entre septembre 1977 et janvier 1978. Les teneurs en Sr^{2+} (1,3 à 1,24 mg/l) sont les plus élevées observées après celles de la source des Cornus de même que les teneurs en SO_4^{2-} .

Aquifère	Sources	T _{oC}	pH	Variabilité des débits	$\frac{\Delta TH}{TH} \times 100$	$\frac{\Delta TAC}{TAC} \times 100$	χ mhos cm	$\frac{\Delta \chi}{\chi} \times 100$
Graviers et sables des for- mations glacio- lacustres et torrentielles	Le Lain	1	0,5		7	7	477	16
	Pont Rouge	0,7	0,3	2	7	7	494	9
	Le Fayet	1,3	0,4	3,3	13	13	458	9
	Plaine des Favergeres	6,4	0,6		10	10	565	14
Moraines	Thollon inférieure	2,3	0,3	50	26	23	528	25
	Thollon moyenne 1	1,4	0,5	70	21	17	495	35
	Thollon moyenne 2	2,4	0,3	25	27	29	429	31
	Thollon supérieure	6,6	0,3	18	44	43	365	37
	Novel	0,9	0,2		22	25	325	25
	Source n°30	1	0,3	25	16	22	444	19
	Source n°29	9	0,7	20	24	34	414	13
Eboulis et moraines	Sur les Scies	1,7	0,5		41	10	321	26
	Malpasset	4,8	0,4	4,6	28	11	343	27
	La Rase	5,1	0,5	7	29	19	313	14
Formations sablo- graveleuses au sein des moraines	Les Rosées	2,2	0,4	2	4	4	553	12
	Les Favergeres	2,5	0,3	2,2	14	14	577	20
Moraines du ver- sant sud du Mt Cesar	Jacquier	2,1	0,4	2,5	15	16	537	18
	Cornus	0,8	0,5	1,8	22	11	649	22
	Birraux	3,2	0,5	4,6	13	9	511	12

Tableau 61 - Variations des principaux paramètres physico-chimiques des sources étudiées.

Il faut noter aussi que cette source présente les rapports $r \text{ Mg}/r \text{ Ca}$ et $r (\text{Na} + \text{K})/r \text{ Ca}$ les plus élevés de toutes les sources étudiées et les teneurs en Na^+ sont de loin les plus élevées observées.

Cette source comme celle des Cornus est une source mixte dont les eaux proviennent du Trias et des formations plus superficielles. La proportion d'eaux superficielles est plus importante ce qui donne une grande variabilité des températures et des teneurs en SO_4^{2-} plus faibles que dans la source des Cornus.

VIII-2-4- CONCLUSION A L'ETUDE DES SOURCES DU BASSIN VERSANT DE L'UGINE ET DU PLATEAU DE THOLLON

Toutes les eaux analysées sont assez dures voire très dures ($\text{TH} > 20$) sauf pour les sources d'éboulis et du secteur de la Haute Ugine.

Toutes les eaux sont bicarbonatées calciques parfois un peu magnésiennes ou sulfatées.

Toutes les sources situées sur le versant sud du Mont César présentent des teneurs élevées en sulfates.

Dans le tableau 61 les variations des principaux paramètres physico-chimiques des sources les plus importantes du plateau de Thollon et de la vallée de l'Ugine sont classées par type d'aquifères. Les variations du TH, TAC et de la conductivité (différences entre les valeurs minimale et maximale) sont exprimées en pour-cent de la valeur moyenne de ce paramètre pour la source considérée.

* Les sources issues des graviers et sables glacio-lacustres et torrentiels

Les variations des différents paramètres sont en général faibles, inférieures à 16 % des valeurs moyennes. Ces faibles variations ainsi que la conductivité élevée montrent qu'il y a une circulation lente des eaux dans ces formations sablo-graveleuses.

Pour la source du Fayet, les variations un peu plus fortes que pour les sources du Lain et de Pont Rouge proviennent de l'alimentation de cette source par des eaux plus superficielles.

Pour la source de la plaine des Faverges, les variations là aussi importantes proviennent de l'influence des eaux superficielles car l'aquifère de cette source n'est pas séparé de la zone superficielle par un niveau argileux imperméable comme c'est le cas pour le Lain, et pour la source du Pont Rouge.

* Les sources issues des moraines

Ces sources sont caractérisées par des variations des paramètres physico-chimiques comprises entre 20 et 45 % des valeurs moyennes. La variabilité des débits est de l'ordre de 20 pouvant dépasser 50.

Pour les sources du plateau de Thollon, les plus faibles valeurs de ces paramètres s'observent au printemps, les plus fortes en automne. Ceci nous montre qu'au printemps ce sont les eaux circulant rapidement dans la zone superficielle des moraines qui alimentent principalement ces sources alors qu'en automne ce sont les eaux issues des zones plus profondes des moraines et circulant lentement qui alimentent ces sources. Nous pensons que les aquifères profonds des moraines sont des formations sablo-graveleuse dans lesquelles se forment des nappes en relation les unes avec les autres (cf. IV-4).

Pour la source n° 29 les fortes variations sont dues au fait que l'alimentation de la source se fait pratiquement exclusivement par la zone superficielle des moraines. Le temps de réponse entre une averse et l'augmentation

du débit de la source est court ce qui explique que les valeurs minimales des différents paramètres physico-chimiques de la source ont été observées en octobre car le prélèvement s'est effectué le lendemain d'un orage.

* Sources des éboulis et moraines

Ces sources montrent des variations des différents paramètres physico-chimiques importantes mais moins que pour la catégorie précédente de sources ; ces sources sont donc influencées par les eaux superficielles et par les eaux de l'Ugine pour la source de Malpasset.

Les teneurs importantes en SO_4^{2-} montrent que les sources sont aussi alimentées par des eaux issues du substratum.

Pour cette catégorie de sources il existe donc au moins deux types d'aquifère :

La zone superficielle et le substratum.

* Les sources issues des niveaux sablo-graveleux des moraines

Les variations des différents paramètres sont faibles pour la source des Rosées et un peu plus élevées pour la source des Faverges ; la variabilité des débits est de l'ordre de 2.

Les anomalies thermiques observées semblent indiquer une participation du substratum dans l'alimentation de ces sources.

Ces variations ainsi que la forte conductivité des eaux indiquent une circulation lente au sein des aquifères. Les différences observées entre les deux sources montrent qu'elles ne sont pas issues du même aquifère. La source des Faverges correspond à sept points d'émergence qui présentent des caractéristiques légèrement différentes et dont un certain nombre ont des débits nuls en période d'étiage, ils seraient donc alimentés en plus forte proportion par des eaux issues de la zone superficielle.

* Les sources des moraines du versant sud du Mont César

Pour ces sources, les variations des différents paramètres sont comprises entre 10 et 30 % des valeurs moyennes de ceux-ci.

Ces sources dont la conductivité est importante ont elles-aussi une alimentation multiple, c'est ce qui indiquent d'une part les variations des différents paramètres montrant une influence des eaux superficielles et d'autre part les teneurs élevées en SO_4^{2-} surtout pour les sources Cornus et Birraux montrant l'origine profonde (substratum) des eaux.

En conclusion, les caractères physico-chimiques des eaux des graviers et sables glacio-lacustres et torrentiels et des niveaux sablo-graveleux des moraines indiquent une circulation lente au sein de ces formations.

Les caractères des eaux issues des moraines montrent une alimentation par les eaux superficielles circulant rapidement et une alimentation soit par des niveaux plus profonds au sein des moraines soit par le substratum.

VIII-3- L'ETUDE DE LA CHIMIE DES COURS D'EAU

Nous avons réalisés des prélèvements sur divers types de ruisseaux, certains étant situés à l'extérieur du bassin versant de l'Ugine.

Nous étudierons tout d'abord ces derniers puis les divers petits cours d'eau étudiés sur le bassin versant de l'Ugine et pour terminer l'Ugine et son affluent principal le ruisseau des Lanches.

VIII-3-1- LES RUISSEAUX EXTERIEURS DU BASSIN VERSANT DE L'UGINE

Nous avons étudié quatre ruisseaux de ce type :

- . Le ruisseau de Locum (N)
- . Le ruisseau des Trois Loups (O)
- . Le ruisseau de l'Aritte (P)
- . La Morge (Q)

VIII-3-1-1- Les ruisseaux de Locum et des Trois Loups

Nous avons prélevé ces cours d'eau à leurs embouchures dans le Léman à Locum pour le premier et à 1 km à l'Est de Brêt pour le second. Sur les bassins versants de ces ruisseaux, on peut observer toute la série stratigraphique de la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques ainsi que tous les types de formations quaternaires.

Nous avons prélevé ces cours d'eau en avril, mai et octobre 1977, nous ne donnerons que les caractéristiques physico-chimiques de la période d'étiage d'octobre 1977 (tableau 62).

Ces deux ruisseaux dont les bassins versants sont géologiquement identiques, ont des compositions chimiques similaires. Il n'y a qu'au niveau de Ca^{2+} et Mg^{2+} que l'on observe quelques différences ; cela est certainement dû au fait que le ruisseau des Trois Loups est alimenté en partie par la résurgence karstique du Trou de Boeule.

VIII-3-1-2- Le ruisseau de l'Aritte

Ce ruisseau qui descend du col Blanchard sur le village de Novel a été prélevé à trois reprises en avril, mai et septembre 1977 au-dessus du village.

Le bassin versant est constitué par la partie supérieure de la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques du Dogger aux Couches rouges ainsi que de moraines.

Les paramètres physico-chimiques de l'étiage de septembre (en octobre le débit était nul) sont reportés dans le tableau 62.

L'absence de la partie inférieure des Préalpes Médiannes Plastiques sur le bassin versant se remarque par les teneurs plus faibles en Mg^{2+} et SiO_2 par rapport à celle des ruisseaux précédents. La minéralisation totale par cm^3 contre est plus élevée.

	Locum	Les Trois Loups	L'Ante	La Morge	Mal- passet	Les Combes	Hte Ugine	Les Côtes	Bonnes eaux	Neuva	La Frête	Le Nant Bévin				Le ruisseau de Mont Baron			
												moy.	max.	min.	Etiage 9.1977	moy.	max.	min.	Etiage 1.1978
$X_{\text{pmhocm}^{-1}}$	344	344	358	398	320	354	309	305	327	322	333	400	439	354	420	377	403	345	403
pH	8,1	8,2	8,1	8,2	8,05	8,1	8,2	8,2	8,25	8,2	8,2	8,15	8,35	8,1	8,3	8,1	8,25	7,8	8,2
$T_{\text{°C}}$	10,1	9,6	8	5,8	9	5,8	7,8	9	9,2	7,8	10,8	5,7	10	2,5	7,3	3,7	7,1	1,3	1,3
TH_F	17,5	17,1	18	19,9	16,5	16,6	15,5	15,1	16,1	16,4	16,6	19,9	22,8	16,8	21,5	18,5	20,1	16,1	20,1
TAC_F	15,8	15,2	17,5	12,7	15,8	14,8	15,1	14,5	15,6	15,4	16,1	17	18,2	15,5	17,1	18	19,6	16	19,6
Ca^{2+}	52,9	54,5	67,3	65,3	57,3	45,3	56,5	53,3	60,9	50,1	49,3	61,3	69,2	54	65,5	68,9	74,6	63,7	74,6
Mg^{2+} (mg/l)	10,5	8,5	2,9	8,8	5,35	12,7	3,4	4,4	2,2	9,5	10,5	11,2	13,6	8,0	12,6	3,1	4,1	0,5	3,7
Na^+ "	2,69	2,47	1,98	0,82	2,97	0,43	0,85	1,29	1,11	2,34	2,59	2,24	2,91	1,13	2,54	1,26	1,75	0,89	1,3
K^+ "	0,66	0,73	1,67	0,4	0,63	0,46	0,87	0,54	1,01	0,7	0,65	0,69	0,92	0,27	0,87	0,52	0,76	0,45	0,48
Cl^- "	0,3	0,3	0,44	0,11	0,26	0,33	0,15	0,04	0,48	0,11	0,17	1,2	5,92	0,27	0,48	0,72	1,56	0,11	0,56
SO_4^{2-} "	13,5	14	6	63	3,8	10,8	3,0	5,5	5,9	7	7,9	28,6	49,9	14,1	49,9	6,7	10,8	1,5	7,65
HCO_3^- "	193	185	214	155	193	181	184	177	190	188	196	208	222	189	209	220	239	195	239
NO_3^- "	1,68	1,46	0,44	1,51	0,93	0,97	1,77	1,24	1,55	0,80	0,10	1,02	1,40	0,66	1,02	1,1	3,76	0,44	1,06
NO_2^- "	0,003	0,002	0,000	0,010	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,010	0,000	0,000	0,003	0,007	0,000	0,007

Tableau 62 - Les paramètres physico-chimiques des cours d'eau de la vallée de l'Ugine et de la région de St Gingolph

VIII-3-1-3- La Morge

Le ruisseau de la Morge draine tout le vallon de Novel ; nous l'avons prélevé 4 fois en avril, mai, septembre et octobre 1977, sous le village de Novel au niveau du pont-frontière entre la France et la Suisse.

Sur le bassin versant, on rencontre la série complète des Préalpes Médiannes Plastiques et le Trias y est important. En effet, comme nous l'avons déjà vu c'est dans ce secteur que passent les chevauchements de la Dent d'Oche-Chaumény et de Vacheresse-Neuteu. Les caractéristiques physico-chimiques d'étiage sont reportés dans le tableau 62.

La présence de masses importantes de Trias dans le bassin versant est bien mise en évidence par la teneur en SO_4^{2-} élevée.

VIII-3-2- LES AFFLUENTS DE L'UGINE ET DU RUISSEAU DES LANCHES

VIII-3-2-1- La Haute UGINE et ses affluents

Nous avons étudié en période d'étiage le ruisseau de Malpasset (E), le ruisseau des Combes (F) et la Haute UGINE elle-même en amont de la Fetuière (G).

Le bassin versant du ruisseau de Malpasset est formé de moraines et d'éboulis recouvrant du Trias, du Malm supérieur et du Lias supérieur.

Le bassin versant des Combes est formé d'éboulis, de Couches rouges, de Malm supérieur, de Lias inférieur et de Trias des Médiannes Plastiques et enfin de flysch de la nappe supérieure des Préalpes. Le ruisseau des Combes se jette dans l'UGINE 50 m à l'aval du pont de la Fetuière en rive gauche.

Le bassin versant de la Haute UGINE est composé de Couches rouges, de Malm supérieur, de Lias inférieur et de Trias des Médiannes Plastiques.

Nous donnons les caractères physico-chimiques de ces trois cours d'eau en octobre 1977 dans le tableau 62.

La présence de Trias plus important en proportion sur le bassin versant des Combes se traduit par des teneurs plus élevées en Mg^{2+} et SO_4^{2-} .

Ces trois cours d'eau sont caractérisés par une minéralisation plus faible que celle des ruisseaux extérieurs au bassin versant de l'UGINE.

VIII-3-2-2- Les affluents du ruisseau des Lanches

Nous avons choisi quatre ruisseaux :

Les ruisseaux des Côtes (H), de Neuva (J), de la Bonne Eau (I), en rive gauche et le ruisseau de la Frête (K) en rive droite.

Le Nant Bévin sera étudié à part car nous l'avons prélevé sur une période plus longue :

- Le bassin versant du ruisseau des Côtes est recouvert de moraines masquant les Couches rouges, le Néocomien, le Malm supérieur des Médiannes Plastiques.

- Sur les bassins versants des ruisseaux de la Bonne Eau et de Neuva on rencontre la partie supérieure de la série des Préalpes Médiannes et le Trias du chevauchement de la Dent d'Oche uniquement pour le ruisseau de Neuva, ces formations sont la plupart du temps recouverts par du Quaternaire.

- Le bassin versant du ruisseau de la Frête est formé par la partie inférieure des Préalpes Médiannes Plastiques, du Rhétien au Dogger, et de moraines.

* Les paramètres physico-chimiques d'étiages (tableau 62)

On remarque ainsi les teneurs assez importantes en Mg^{2+} et SO_4^{2-} pour les ruisseaux de Neuva et de la Frête. Pour le ruisseau de Neuva la présence du Trias du chevauchement de la Dent d'Oche explique ce fait, mais pour le ruisseau de la Frête le Trias n'est pas visible et pour expliquer ces teneurs il faut se rappeler que nous avons émis l'hypothèse de l'existence d'un accident décalant le Trias vers le Nord dans ce secteur, la présence de Trias sous les moraines expliquerait ainsi les teneurs en sulfates, les teneurs en Mg^{2+} peuvent aussi s'expliquer par la présence de Rhétien dolomitique.

VIII-3-2-3- Le Nant Bévin (L)

Ce ruisseau, comme nous l'avons vu a pour origine la source sous l'"Echelle" (n° 11).

Les formations que l'on peut voir sur son bassin versant sont le Dogger, le Malm supérieur et le Quaternaire (Eboulis et moraines).

Nous avons prélevé ce ruisseau 11 fois en juillet et octobre 1976 et de mars 1977 à janvier 1978.

Nous donnerons les caractéristiques physico-chimiques moyennes et de l'étiage de septembre 1977 puisqu'en octobre le ruisseau était à sec.

* Les paramètres physico-chimiques (tableau 62)

Le Nant Bévin est le cours d'eau le plus minéralisé parmi les affluents de l'Ugine et du ruisseau des Lanches, et le fait le plus important à retenir de ces paramètres physico-chimiques ce sont les teneurs élevées en Mg^{2+} et SO_4^{2-} . Pour compléter cette étude il nous faut comparer les caractères physico-chimiques de ce ruisseau à sa source et à sa confluence avec le ruisseau des Lanches ; nous le ferons sur les eaux prélevées le 19 septembre 1977 (tableau 63). Dans ce tableau la ligne n° 1 correspond à la source de "sous l'Echelle", la ligne n° 2 au Nant Bévin 200 m à l'aval de la source et la ligne n° 3 au Nant Bévin à sa confluence avec le ruisseau des Lanches.

	TH _{OF}	TAC _{OF}	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Sr ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
1	16,4	15,4	53,9	7,3	1,67	0,30	0,35	0,43	14,4	187	0,62
2	16,5	15,4	50,2	9,6	3,32	0,46	0,57	0,34	18,1	187	0,40
3	21,5	17,1	65,5	12,6	2,54	0,87	0,84	0,48	49,9	209	1,02

	χ $\mu mho \cdot cm^{-1}$	Q l/s	$\frac{r Mg}{r Ca}$	$\frac{r SO_4}{r Cl}$	$\frac{r (Na + K)}{r Ca}$
1	333	3	0,22	25	0,31
2	323	5	0,31	37,6	0,62
3	420	10	0,32	74,1	0,40

Tableau 63 : Comparaison des paramètres physico-chimiques en divers points du Nant Bévin.

Ce qu'il faut retenir du tableau 63 c'est l'augmentation des rapports $r \text{ Mg/r Ca}$ et $r \text{ SO}_4/\text{r Cl}$ d'amont en aval d'une part et de la teneur en Sr^{2+} d'autre part. Il apparaît donc que le ruisseau est alimenté le long de son cours par des eaux chargées en sulfates provenant soit du Trias soit des formations quaternaires contenant des débris triasiques; c'est grâce à ce fait et aux teneurs élevées en sulfates des sources des Cornus, Birraux et de la Rase que nous avons émis l'hypothèse de l'existence de l'accident décalant le Trias vers le Nord de ce secteur.

VIII-3-2-4- Le ruisseau du Mont Baron (M)

Le ruisseau draine tout le secteur du Mont Baron. Le bassin versant est recouvert de moraines, d'éboulis et de glissements de terrain masquant le substratum composé par la partie supérieure de la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques.

Nous l'avons prélevé entre septembre 1977 et juin 1978. Durant cette période l'étiage fut observé en janvier 1978 contrairement aux autres ruisseaux.

* Les caractéristiques physico-chimiques (tableau 62)

Les eaux de ce ruisseau sont un peu moins minéralisées que celles du Nant Bévin. Les teneurs en Ca^{2+} et HCO_3^- sont plus élevées, par contre les teneurs en Mg^{2+} et SO_4^{2-} sont beaucoup plus faibles ce qui est normal étant donné l'absence de Trias sur le bassin versant.

VIII-3-3- L'UGINE ET LE RUISSEAU DES LANCHES

Nous avons étudié le ruisseau des Lanches et l'Ugine avant leur confluence et l'Ugine aux limnigraphes des ponts de Trossy et de Grange Blanche.

VIII-3-3-1- La Haute Ugine (A)

Nous avons prélevé la Haute Ugine au pont de la Chevrette en octobre 1976 et de février 1977 à juin 1978.

Sur son bassin versant, on rencontre toute la série des Médiannes Plastiques ainsi que le flysch de la nappe supérieure des Préalpes.

Les paramètres physico-chimiques moyens et d'étiages (tableau 66).

Sur la figure 79 nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques dans le temps.

Les variations de ces divers paramètres sont à peu près concordantes.

Nous avons calculé les corrélations pouvant exister entre la conductivité et les différents paramètres chimiques ; ces relations peuvent nous permettre d'avoir une idée de la minéralisation du cours d'eau ne connaissant que la conductivité.

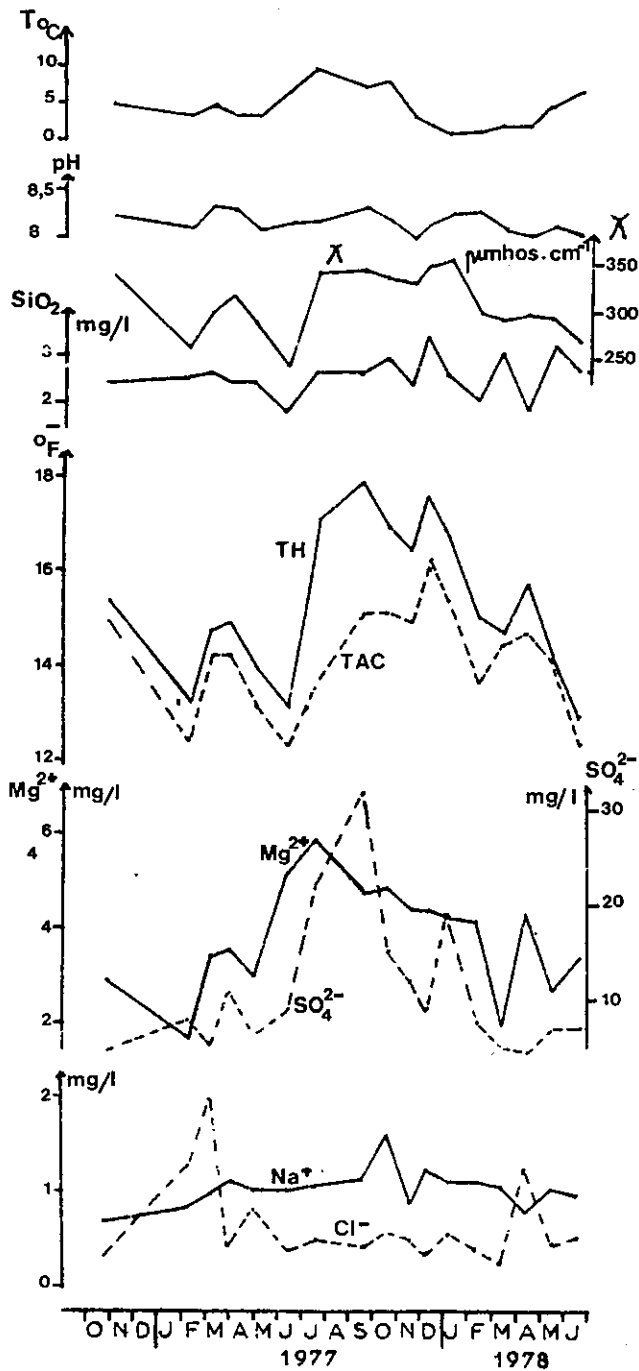


Fig. 79 : Variations des paramètres physicochimiques de la Haute Ugine.

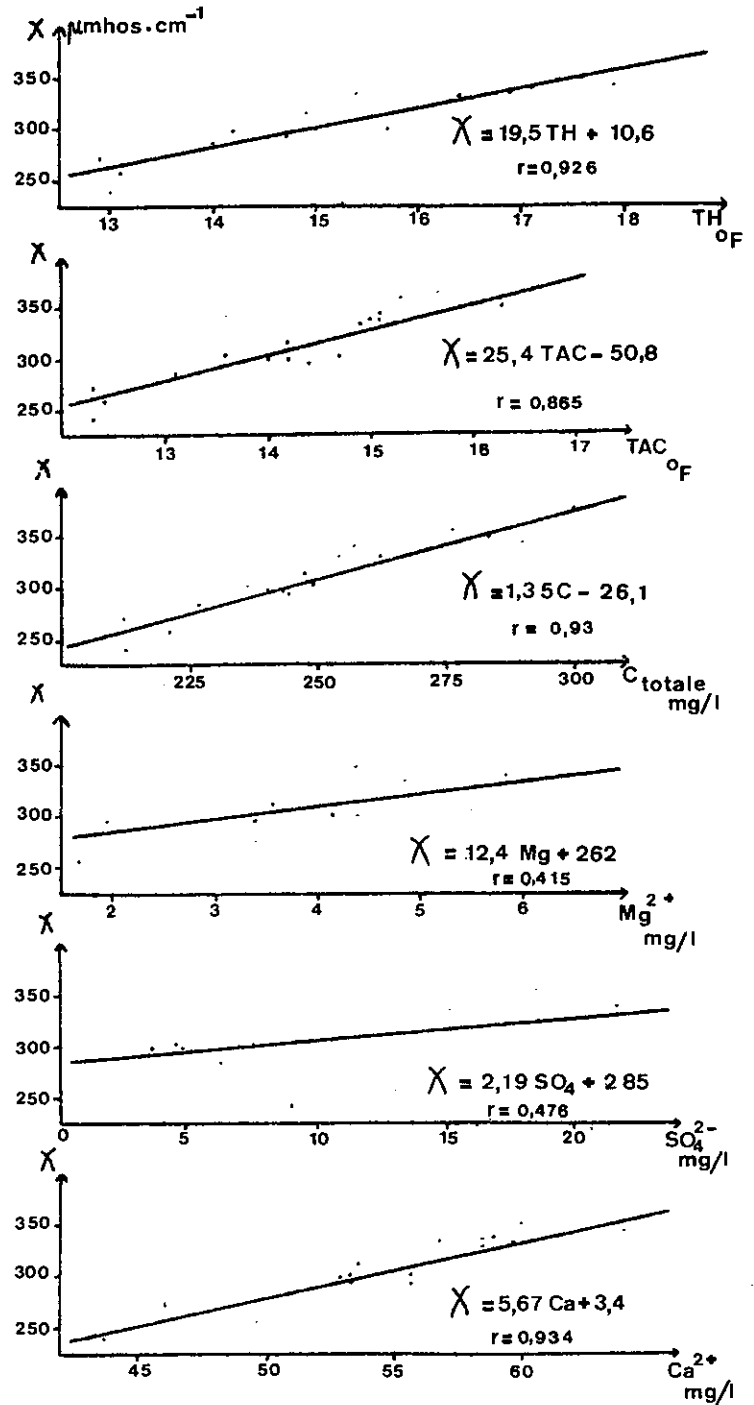


Fig. 80 : Corrélations conductivité-paramètre chimique pour la Haute Ugine.

Le tableau 64 et la figure 80 donnent les résultats obtenus.

	Coefficient de corrélation	Qualité corrélation	Relation
T H	0,926	bonne	$\chi = 19,5 \text{ TH} + 10,6$
TAC	0,865	assez bonne	$\chi = 25,4 \text{ TAC} - 50,4$
TAC + 5r SO ₄	0,905	bonne	$\chi = 20,4 (\text{TAC} + 5r \text{ SO}_4) - 2,8$
Minéralisation totale (C)	0,930	bonne	$\chi = 1,35 \cdot C - 26,1$
Mg ²⁺	0,415	mauvaise	$\chi = 12,4 \text{ Mg}^{2+} + 262$
SO ₄ ²⁻	0,476	mauvaise	$\chi = 2,19 \text{ SO}_4^{2-} + 285$
Ca ²⁺	0,934	bonne	$\chi = 5,67 \text{ Ca}^{2+} + 3,4$

Tableau 64 : Corrélations conductivité-paramètre chimique pour la Haute Ugine

Le fait d'ajouter au TAC, cinq fois la teneur en SO₄²⁻ améliore la corrélation.

Les mauvaises corrélations pour Mg²⁺ et SO₄²⁻ s'expliquent par les erreurs de dosage.

VIII-3-3-2- Le ruisseau des Lanches (B)

Nous avons prélevé ce ruisseau en même temps que la Haute Ugine.

Sur le bassin versant on rencontre toute la série des Préalpes Médiannes Plastiques.

Les paramètres physico-chimiques moyens et d'étiage sont reportés dans le tableau 66.

Comme le montre ce tableau le ruisseau des Lanches est la principale source d'apports en éléments dissous de l'Ugine. Ce qui est le plus important à retenir de ce tableau ce sont les teneurs élevées en SO₄²⁻.

Les variations des paramètres physico-chimiques sont reportés sur la figure 81.

Nous avons déterminé les relations pouvant exister entre la conductivité et certains paramètres chimiques.

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 65 et sur la figure 82.

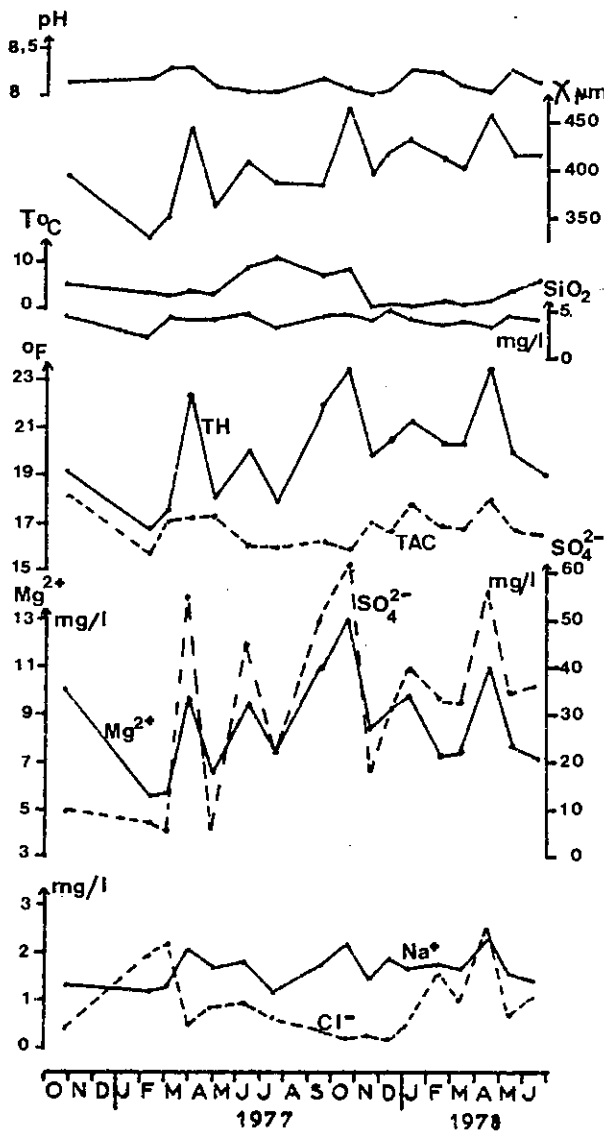


Fig. 81 : Variations des paramètres physicochimiques pour le ruisseau des Lanches

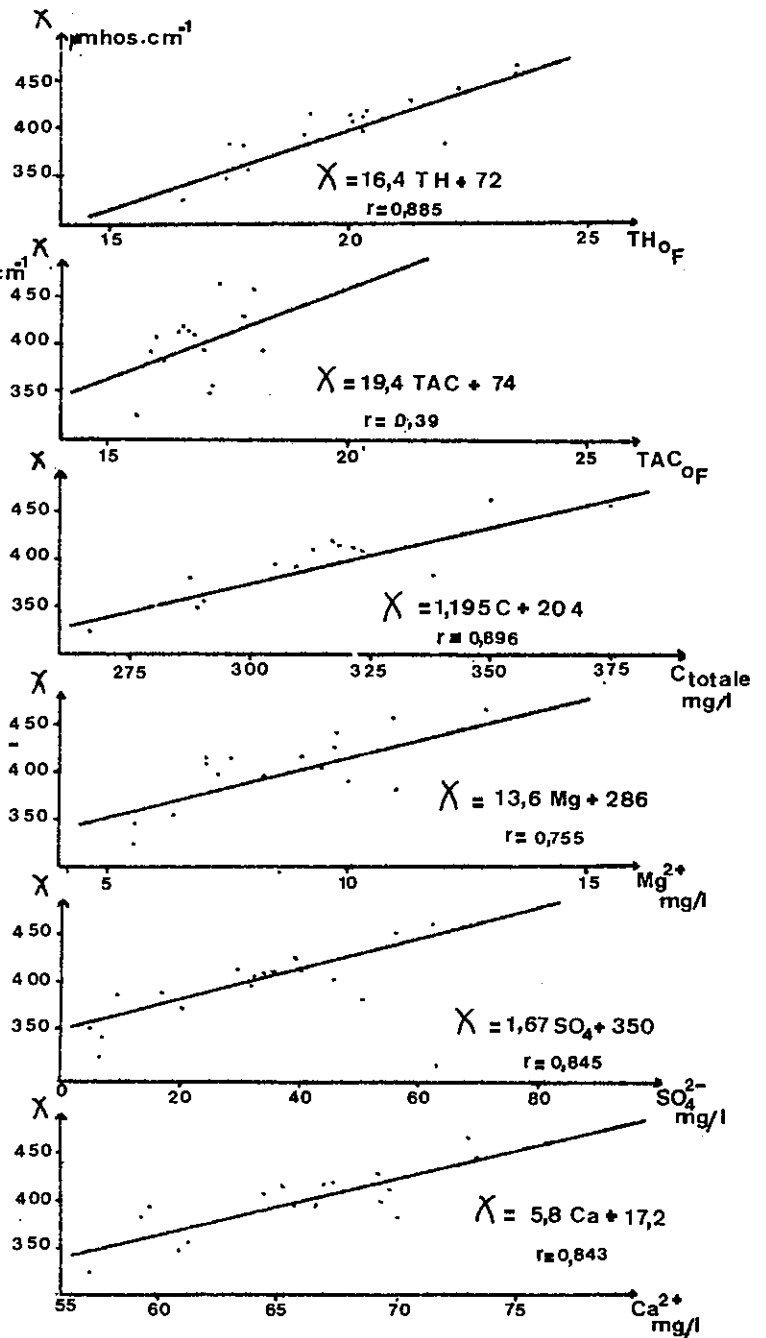


Fig. 82 : Corrélations conductivité paramètre chimique pour le ruisseau des Lanches.

Eléments	r	Qualité corrélacion	Relation
TH	0,885	assez bonne	$\chi = 16,4 \text{ TH} + 72$
TAC	0,390	mauvaise	$\chi = 19,4 \text{ TAC} + 74$
TAC+5r SO ₄	0,919	bonne	$\chi = 15,9 (\text{TAC}+5\text{r SO}_4)+83$
Minéralisation totale	0,896	assez bonne	$\chi = 1,195 \text{ C} + 20,4$
Mg ²⁺	0,755	moyenne	$\chi = 13,6 (\text{Mg}^{2+}) + 286$
SO ₄ ²⁻	0,845	assez bonne	$\chi = 1,67 (\text{SO}_4^{2-}) + 350$
Ca ²⁺	0,843	assez bonne	$\chi = 5,8 (\text{Ca}^{2+}) + 17,2$

Tableau 65 : Corrélations conductivité-paramètre chimique pour le ruisseau des Lanches

Les mêmes remarques peuvent être faites que celles faites pour la Haute Ugine.

VIII-3-3-3- L'Ugine à Trossy (C)

Nous avons prélevé l'Ugine de Mars 1977 à Juin 1978.

* Les paramètres physico-chimiques

Nous donnons dans le tableau 66 les paramètres physico-chimiques moyens et ceux de l'étiage d'octobre 1977.

Sur la figure 83 nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques.

Quand on observe les résultats ci-dessus on s'aperçoit que l'Ugine à Trossy est plus minéralisée que le ruisseau des Lanches, ce qui nous conduit à penser que la rivière est alimentée par les versants entre le pont Morgon et le pont de Trossy. Sur le versant rive droite les eaux ont des teneurs en sulfates assez importantes ce qui a pour conséquence d'augmenter les teneurs en SO₄²⁻ entre les deux ponts.

* Relations entre conductivité et paramètres chimiques

Nous avons calculé les relations existant entre la conductivité et les paramètres chimiques.

Les résultats sont reportés dans le tableau 67 et sur la figure 84.

	Haute Ugine (Pont de la Chevrette)				Les Lanches				Ugine (Pont de Trossy)				Ugine (Pont de Grange Blanche)				
	moy.	max.	min.	Etiage (9.1977)	moy.	max.	min.	Etiage (10.1977)	moy.	max.	min.	Etiage (10.1977)	moy.	max.	min.	(7.1976)	Etiage (10.1977)
$\chi_{\mu\text{mho cm}^{-1}}$	309	356	240	344	402	466	325	466	405	507	422	507	454	536	392	505	536
pH	8,2	8,35	8	8,35	8,15	8,35	8,05	8,10	8,15	8,4	8,0	8,0	8,2	8,5	7,9	8,4	8,2
T _{°C}		9,6	1	7,2		11,2	1	8,4		10,8	2,4	8,6		14,5	1,1	14,5	10
TH _F	15,3	17,9	12,9	17,9	20,1	23,5	16,2	23,5	20,5	26,1	15,3	26,1	23	27,9	18,4	27,9	27
TAC _F	14,1	16,3	12,3	15,1	16,9	18,2	15,6	17,3	17,1	20,2	15,2	17,8	20,7	23	17,7	21,9	23
Ca ²⁺ (mg/l)	55,1	64	46,1	64	66,4	73	57,2	73	70	88,2	53,7	88,2	80,6	95,6	64,5	95,6	93,4
Mg ²⁺ "	3,8	5,8	1,7	4,8	8,5	12,9	5,5	12,9	7,2	10	4,4	10	7,6	12,4	4,1	9,7	9
Na ⁺ "	1,02	1,60	0,68	1,15	1,63	2,35	1,15	2,15	1,94	3,15	1,40	3,15	3,42	5,35	2,39	3,31	3,7
K ⁺ "	0,57	0,79	0,35	0,43	0,56	1,17	0,43	1,17	0,88	1,26	0,65	1,26	2,08	5,4	1,33	1,78	2,07
Cl ⁻ "	0,63	1,99	0,31	0,41	0,97	2,57	0,22	0,22	1,78	3,82	0,33	0,46	3,09	6,82	0,57	3,04	0,7
SO ₄ ²⁻ "	11,0	31,8	4,5	31,8	31,5	62	4,8	62	33,9	84	14,8	84	21,1	52,3	9,4	52,3	32,8
HCO ₃ ⁻ "	173	199	150	184	206	222	190	211	208	246	185	217	252	283	216	267	283
NO ₃ ⁻ "	1,11	2,12	0,18	0,75	0,96	1,41	0,35	0,93	1,42	3,23	0,35	2,04	2,34	3,59	1,11	2,61	2,70
NO ₂ ⁻ "	0,010	0,033	0,000	0,000	0,010	0,023	0,000	0,023	0,084	0,131	0,003	0,030	0,06	0,259	0,007	0,039	0,056

Tableau 66 - Les paramètres physico-chimiques du ruisseau du Lanches et de l'Ugine

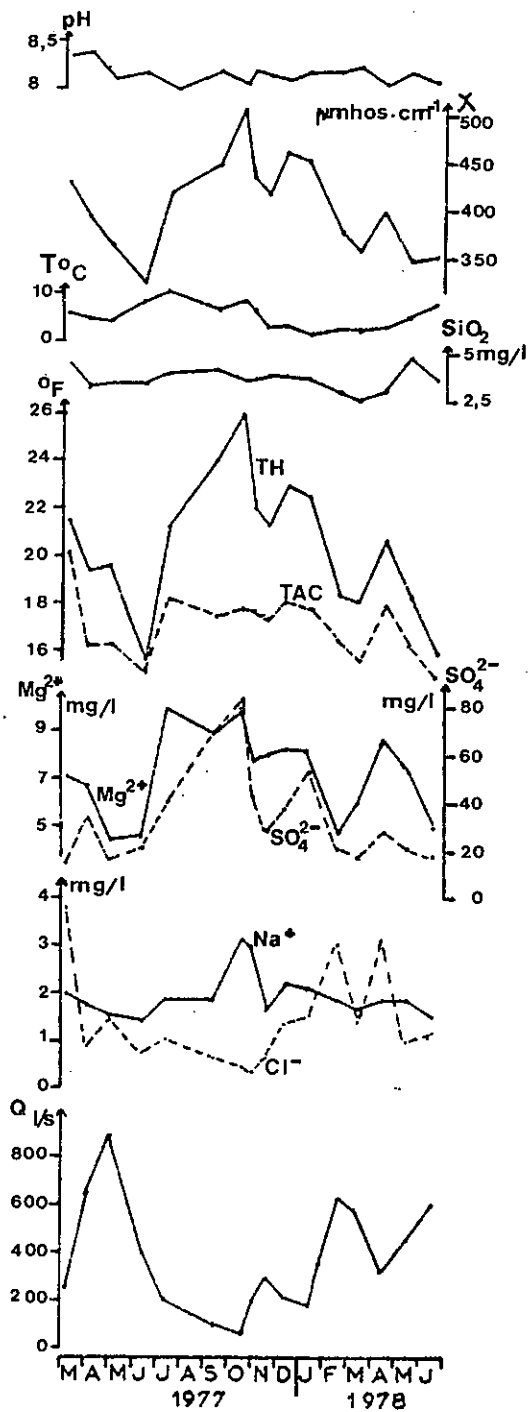


Fig. 83 : Variations des paramètres physicochimiques pour l'Ugine à Trossy.

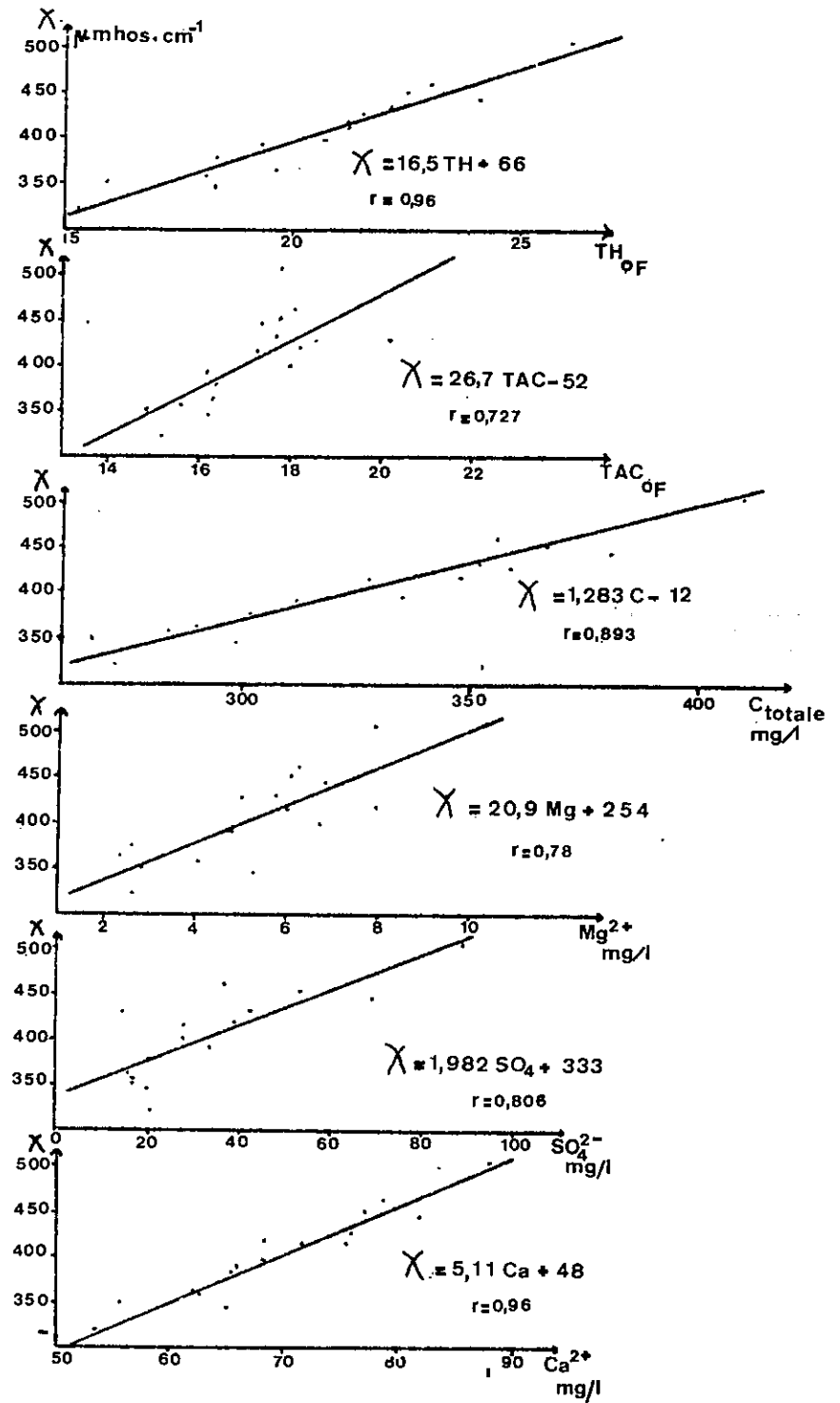


Fig. 84 : Corrélations conductivité-paramètre chimique pour l'Ugine à Trossy

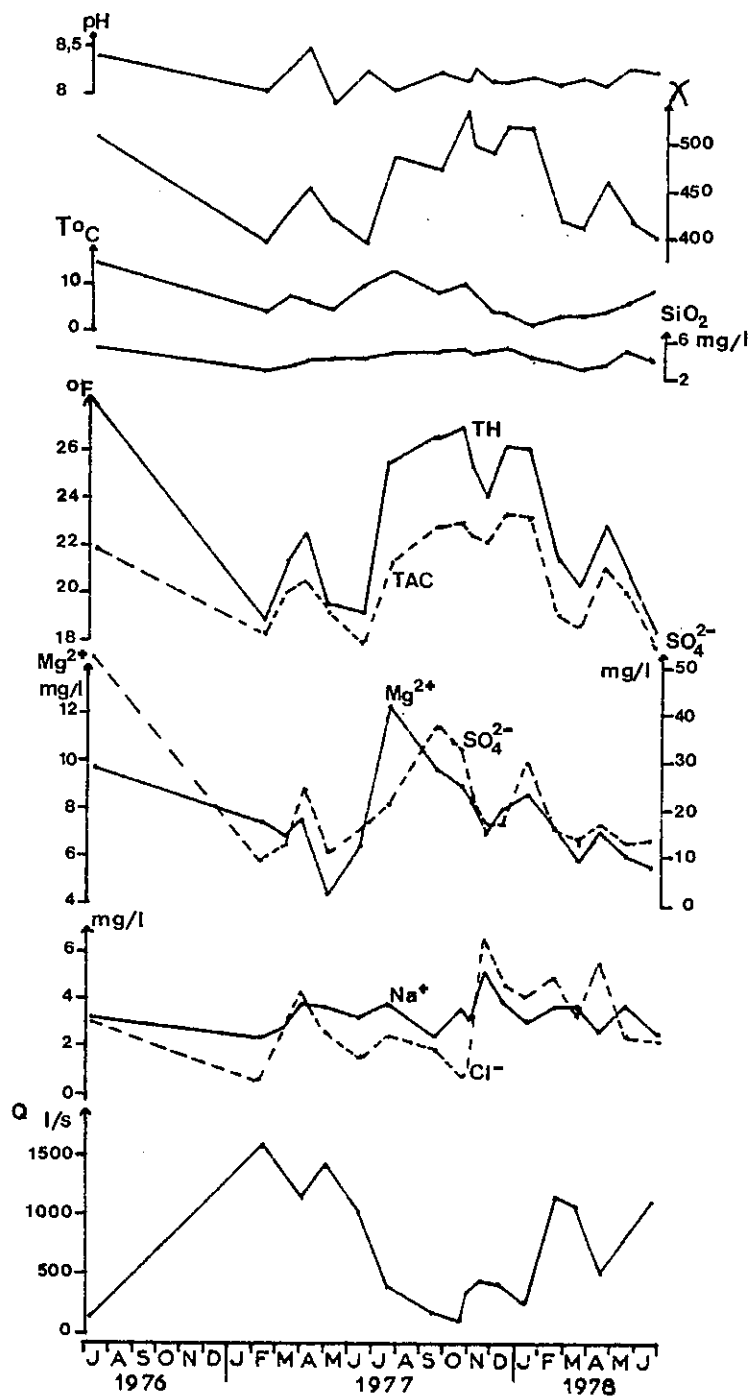


Fig. 85 : Variations des paramètres physicochimiques de l'Ugine à Grange Blanche.

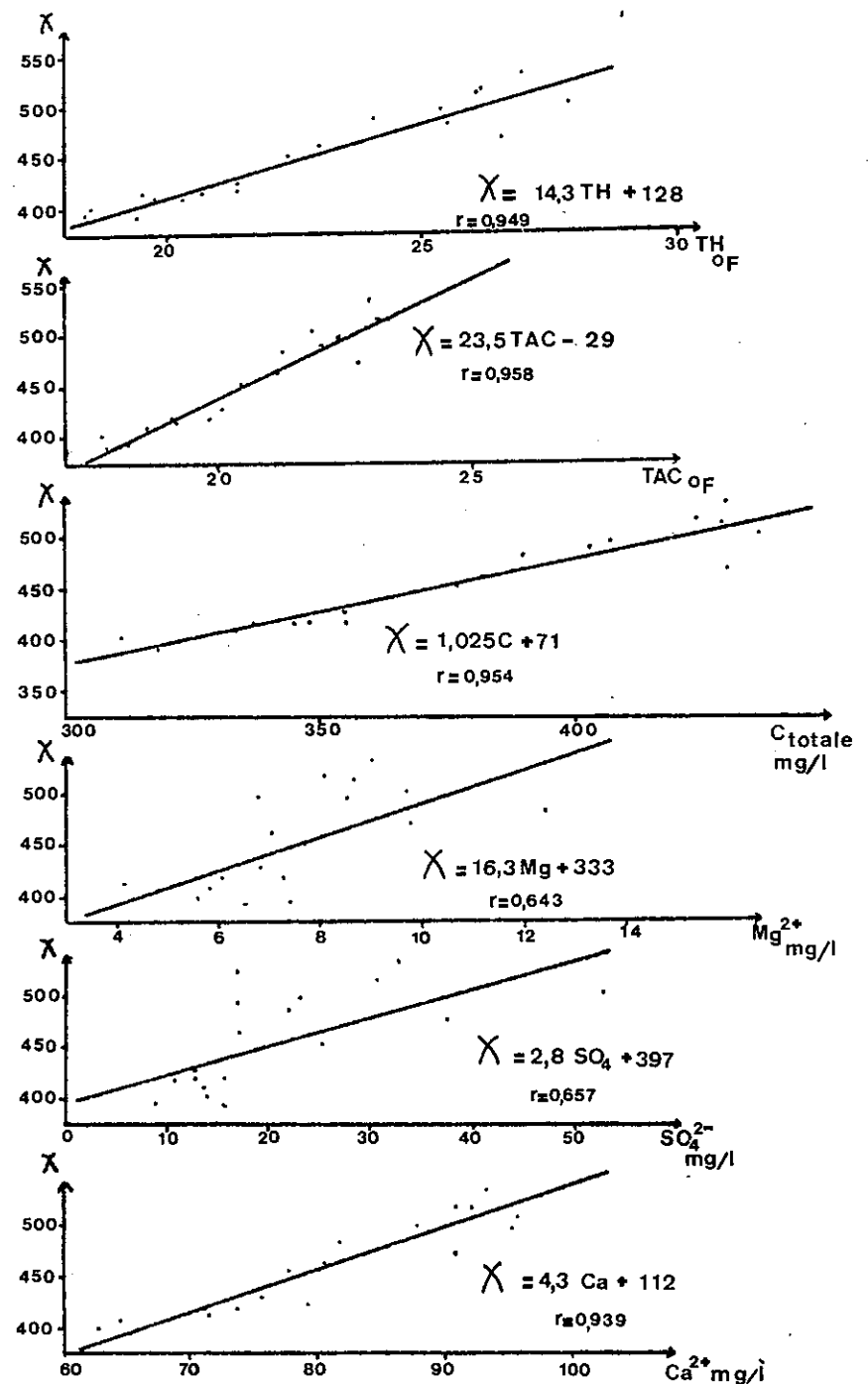


Fig. 86 : Corrélations conductivité-paramètre chimique pour l'Ugine à Grange Blanche.

Eléments	r	Qualité corrélation	Relation
TH	0,96	bonne	$\chi = 16,5 \text{ TH} + 66$
TAC	0,727	moyenne	$\chi = 26,7 \text{ TAC} - 52$
TAC + 5r SO ₄	0,943	bonne	$\chi = 16,6 (\text{TAC} + 5r \text{ SO}_4) + 63$
Minéralisation totale	0,893	assez bonne	$\chi = 1,283 \text{ C} - 12$
Mg ²⁺	0,780	moyenne	$\chi = 20,9 (\text{Mg}^{2+}) + 254$
SO ₄ ²⁻	0,806	assez bonne	$\chi = 1,982 (\text{SO}_4^{2-}) + 337$
Ca ²⁺	0,96	bonne	$\chi = 5,11 (\text{Ca}^{2+}) + 48$

Tableau 67 : Corrélations conductivité-paramètre chimique pour l'Ugine à Trossy

Les corrélations sont meilleures que celles observées pour le ruisseau des Lanches et la Haute Ugine.

Les relations entre le débit et les paramètres chimiques seront étudiées dans le chapitre IX.

VIII-3-3-4- L'Ugine à Grange Blanche (D)

Nous avons effectué 18 prélèvements de l'Ugine à Grange Blanche en juillet 1976 et de février 1977 à juin 1978.

* Les paramètres physico-chimiques

Nous donnons dans le tableau 66 les paramètres physico-chimiques moyens et ceux des étiages de juillet 1976 et octobre 1977.

En comparant les paramètres physico-chimiques à Grange Blanche avec ceux de Trossy on remarque :

- une plus forte minéralisation totale à Grange Blanche ;
- une diminution de l'amont vers l'aval des teneurs en SO₄²⁻ ;
- une augmentation de l'amont vers l'aval des teneurs en Ca²⁺ ;
- une augmentation de l'amont vers l'aval des teneurs en azote et phosphate due à la présence de la localité de Bernex et des hameaux situés à l'aval de cette dernière (0,009 mg de P/L pour Trossy en moyenne et 0,022 mg de P/l pour Grange Blanche.

L'augmentation de la minéralisation totale est due principalement aux apports de la plaine des Faverges que l'on peut observer le long de la rivière entre les Faverges et Grange Blanche.

Sur la figure 85 nous avons reporté les variations des paramètres physico-chimiques.

* Relations entre conductivité et paramètres chimiques

Les relations calculées entre la conductivité et différents paramètres chimiques sont reportées dans le tableau 68 et la figure 86.

Elément	r	Qualité corrélacion	Relation
TH	0,949	bonne	$\chi = 14,3 \text{ TH} + 128$
TAC	0,958	bonne	$\chi = 23,5 \text{ TAC} - 29$
TAC + 5r SO ₄	0,932	bonne	$\chi = 15,7 (\text{TAC} + 5\text{rSO}_4) + 96$
Minéralisation totale	0,954	bonne	$\chi = 1,025 \text{ C} + 71$
Mg ²⁺	0,643	très moyenne	$\chi = 16,3 (\text{Mg}^{2+}) + 333$
SO ₄ ²⁻	0,657	très moyenne	$\chi = 2,8 (\text{SO}_4^{2-}) + 397$
Ca ²⁺	0,939	bonne	$\chi = 4,3 (\text{Ca}^{2+}) + 112$

Tableau 68 : Corrélations conductivité paramètre chimique pour l'Ugine à Grange Blanche.

Les corrélations sont meilleures qu'à Trossy sauf pour Mg²⁺ et SO₄²⁻.

VIII-3-4- CONCLUSION A L'ETUDE DE LA CHIMIE DES COURS D'EAU

- Les étiages dans les cours d'eau étudiés s'observent en septembre ou octobre.

- Durant les mois de mai et juin on observe les minéralisations les plus faibles dans les cours d'eau, cela est bien entendu la conséquence de la fonte des neiges durant cette période.

- L'étude de l'Ugine nous a permis de mettre en évidence une alimentation de la rivière par les versants. Entre le pont Morgon et le pont de Trossy l'alimentation se fait essentiellement par des eaux assez riches en sulfates. Entre le pont de Trossy et le pont de Grange Blanche l'alimentation se fait par les eaux issues de la plaine des Faverges, très certainement par des eaux issues de la plaine située entre le pont de Trossy et Bernex, et enfin par les eaux issues du versant sud de la vallée de l'Ugine (Le Chenay - Les Trables) car sur ce dernier nous n'avons observé aucune source réellement importante.

Un profil de conductivité de l'Ugine entre la confluence de la Haute Ugine et du ruisseau des Lanches et le pont de Grange Blanche nous aurait certainement permis de visualiser les apports autres que ceux de la plaine des Faverges qui eux, sont visibles entre le hameaux des Faverges et le pont de Grange Blanche, mais pour des raisons matérielles il n'a pu être réalisé.

CHAPITRE IX

APPROCHE DU BILAN HYDROCHIMIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'UGINE

Afin de compléter l'étude hydrochimique du bassin versant de l'Ugine nous allons procéder à une approche du bilan hydrochimique du bassin versant.

IX-1- LA METHODE DE CALCUL DU BILAN HYDROCHIMIQUE

Pour calculer le bilan en éléments dissous nous avons conscience que le nombre de prélèvements durant la période considérée (1er juillet 1977-30 juin 1978) est nettement insuffisant mais notre but n'est pas de donner une valeur exacte mais plutôt de donner une estimation des quantités d'éléments dissous transportés par l'Ugine.

Deux solutions se présentaient pour calculer le bilan soit à partir des échantillonnages mensuels soit à partir des relations concentration - débit.

IX-1-1- CALCUL A PARTIR DE L'ECHANTILLONNAGE MENSUEL

A partir d'un prélèvement mensuel, pour calculer le bilan mensuel il nous suffit de multiplier les concentrations, déterminées sur ce prélèvement, par le débit moyen mensuel.

Cette méthode revient à considérer les résultats du prélèvement comme représentatif du mois où il a été effectué ce qui est loin d'être la réalité. D'après M. Haubert (1975) cette méthode de calcul donne des résultats supérieurs de 15 à 20 % à ceux donnés par les autres méthodes qu'il a appliquées sur le Brévon.

Nous n'utiliserons donc pas cette méthode.

IX-1-2- CALCUL A PARTIR DES RELATIONS CONCENTRATION - DEBIT

Plusieurs types de modèles mathématiques existent pour calculer les concentrations à partir des débits (M. Haubert, 1975) ; étant donné le nombre de prélèvements effectués nous avons adopté le modèle le plus simple c'est-à-dire une relation du type

$$C = aQ^b \quad \text{avec } C \text{ concentration en mg/l} \\ Q \text{ débit en l/s}$$

Pour calculer la quantité annuelle d'éléments dissous transportés par l'Ugine trois possibilités se présentent :

. Calcul de la quantité journalière d'éléments dissous transportés par l'Ugine à partir du débit moyen journalier. Pour calculer la quantité annuelle il suffit de faire la somme des 365 valeurs obtenues ;

	r	Qualité Corrélation	Relation
Minéralisation totale	0,907	bonne	$C = 779 Q^{-0,1523}$
Conductivité	0,843	assez bonne	$C = 884 Q^{-0,1382}$
SiO ₂	0,201	très mauvaise	$SiO_2 = 5,72 Q^{-0,0827}$
Ca ²⁺	0,849	assez bonne	$Ca^{2+} = 166 Q^{-0,1529}$
Mg ²⁺	0,817	assez bonne	$Mg^{2+} = 39 Q^{-0,3022}$
Na ⁺	0,729	moyenne	$Na^+ = 6,45 Q^{-0,2148}$
K ⁺	0,194	très mauvaise	$K^+ = 1,17 Q^{-0,0519}$
Cl ⁻	0,398	mauvaise	$Cl^- = 0,14 Q^{-0,3648}$
SO ₄ ²⁻	0,847	assez bonne	$SO_4^{2-} = 943 Q^{-0,6081}$
HCO ₃ ⁻	0,760	moyenne	$HCO_3^- = 301 Q^{-0,0651}$
N total	0,344	mauvaise	$N = 1,35 Q^{-0,2539}$
P total	0,219	mauvaise	$P = 0,037 Q^{-0,0741}$
Sr ²⁺			$Sr^{2+} = 2,28 Q^{-0,2118}$

Tableau 69 : Relations concentration-débit pour l'Ugine à Trossy

	r	Qualité Corrélation	Relation
Minéralisation totale	0,886	assez bonne	$C = 816 Q^{-0,1234}$
Conductivité	0,871	assez bonne	$C = 888 Q^{-0,1061}$
SiO ₂	0,725	moyenne	$SiO_2 = 11,25 Q^{-0,1546}$
Ca ²⁺	0,879	assez bonne	$Ca^{2+} = 187 Q^{-0,1358}$
Mg ²⁺	0,677	moyenne	$Mg^{2+} = 26,3 Q^{-0,2003}$
Na ⁺	0,068	très mauvaise	$Na^+ = 3,72 Q^{-0,0164}$
K ⁺	0,087	très mauvaise	$K^+ = 2,38 Q^{-0,0305}$
Cl ⁻	0,103	très mauvaise	$Cl^- = 1,51 Q^{-0,084}$
SO ₄ ²⁻	0,864	assez bonne	$SO_4^{2-} = 355 Q^{-0,4634}$
HCO ₃ ⁻	0,867	assez bonne	$HCO_3^- = 450 Q^{-0,0921}$
N total	0,214	mauvaise	$N = 1 Q^{-0,0947}$
P total	0,017	très mauvaise	$P = 0,031 Q^{-0,096}$
Sr ²⁺			$Sr^{2+} = 1,15 Q^{-0,1297}$

Tableau 70 : Relations concentration-débit pour l'Ugine à Grange-Blanche

. Calcul de la quantité mensuelle d'éléments dissous transportés par l'Ugine à partir du débit moyen mensuel et il suffit de faire la somme des 12 valeurs pour obtenir la quantité annuelle ;

. Calcul de la quantité annuelle d'éléments dissous à partir du débit moyen annuel.

Nous avons choisi la dernière méthode pour plusieurs raisons :

. Le calcul des quantités journalières nous aurait demandé trop de temps avec le matériel dont nous disposions pour le réaliser ;

. Le calcul des quantités mensuelles réalisé sur les éléments les plus importants donne les valeurs des quantités annuelles différentes de moins de 2 % des valeurs calculées directement à partir du débit moyen annuel.

Le choix de cette méthode est critiquable mais étant donné que les corrélations concentration-débit sont approximatives à cause du nombre réduit de prélèvements, 16 ou 18 au total, nous ne pensons pas que le calcul des quantités journalières nous aurait permis de donner un bilan plus précis.

IX-1-3- LES RELATIONS CONCENTRATION-DEBIT POUR L'UGINE

Nous avons déterminé les relations concentration-débit pour l'Ugine aux ponts de Trossy et de Grange Blanche.

Les coefficients de corrélations ne sont pas excellents mais comme nous l'avons déjà dit cela provient du nombre réduit de prélèvements : 16 pour l'Ugine au pont de Trossy et 18 pour l'Ugine au pont de Grange Blanche.

Nous donnons dans le tableau 69 les relations pour l'Ugine à Trossy et dans le tableau 70 pour l'Ugine à Grange Blanche.

Etant donné que les relations concentration -débit pour Na^+ , K^+ , Cl^- , N et P sont données par des corrélations mauvaises ou très mauvaises nous considérons que la concentration moyenne annuelle de ces éléments est la moyenne calculée à partir des prélèvements effectués entre juillet 1977 et juin 1978.

IX-2- LES APPORTS ATMOSPHERIQUES

L'atmosphère contient des corps chimiques transportés soit sous forme de poussières soit par les pluies.

Les chlorures et les sulfates proviennent essentiellement des zones urbaines, les nitrates sont d'origine soit naturelle (atmosphère, humus) soit artificielle (industries).

Pour déterminer les apports atmosphériques nous ne disposons que des analyses des précipitations mensuelles à la station des C.R.G. entre juillet 1977 et juin 1978.

Nous avons modifié ces résultats pour les éléments suivants, SO_4^{2-} et HCO_3^- ; en effet on sait que les apports en sulfates varient avec l'urbanisation (M. Haubert, 1975), nous avons donc divisé les teneurs en sulfates des précipitations à Thonon par 1,5 pour avoir une valeur approchée des teneurs sur le bassin versant de l'Ugine ; d'autre part les apports en HCO_3^- sont plus importants en altitude (M. Haubert, 1975) nous avons donc multipliés les teneurs en HCO_3^- par 1,5.

Bassin versant		SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N	P	Total
Grange Blanche géographique	T/an	6	103,9	9,7	26	20	11,9	60,6	133,7	225,7	5,9	0,7	604,1
	T/km2/an	0,24	4,07	0,38	1,02	0,78	0,47	2,38	5,24	8,85	0,23	0,03	23,69
Grange Blanche réel	T/an	5,4	95	8,9	23,8	18,3	10,8	55,4	122,2	206,3	5,4	0,6	552,1
	T/km2/an	0,23	4,03	0,38	1,01	0,78	0,46	2,35	5,19	8,76	0,23	0,03	23,45
Trossy géographique	T/an	3,6	62,4	5,9	15,6	12	7,1	36,4	80,3	135,6	3,5	0,4	362,8
	T/km2/an	0,26	4,47	0,42	1,12	0,86	0,51	2,61	5,76	9,72	0,25	0,03	26,01
Trossy réel	T/an	3	53,4	5	13,3	10,3	6,1	31,1	68,7	115,9	3	0,4	310,2
	T/km2/an	0,25	4,45	0,42	1,11	0,86	0,51	2,59	5,73	9,66	0,25	0,03	25,86

Tableau 71 : Les apports atmosphériques sur le bassin versant de l'Ugine

		SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N	P	Total
Grange Blanche	C mg/l	4,06	76,3	7,01	3,42	2,08	0,052	0,49	3,38	16,7	245	0,543	0,053	
	T/an	94,1	1768,6	162,5	79,3	48,2	1,2	11,4	78,3	387,1	5678,9	12,6	1,2	8323,4
	T/km2/an (1)	3,69	69,33	6,37	3,11	1,89	0,05	0,45	3,08	15,17	222,6	0,49	0,05	326,28
	T/km2/an (2)	3,99	75,07	6,89	3,37	2,05	0,06	0,48	3,32	16,43	241	0,53	0,06	353,29
Trossy	C mg/l	3,49	66,4	6,42	1,79	0,86	0,041	0,64	1,78	24,9	204	0,349	0,037	
	T/an	43,5	826,9	80	22,3	10,7	0,5	8	22,2	309,7	2542,3	4,4	0,5	3871
	T/km2/an (1)	3,12	59,28	5,74	1,60	0,77	0,04	0,57	1,59	22,2	182,24	0,32	0,04	277,51
	T/km2/an (2)	3,63	68,91	6,67	1,86	0,89	0,04	0,67	1,85	25,81	211,80	0,37	0,04	322,60

Tableau 72 : Transport dissous par l'Ugine entre juillet 1977 et juin 1978

Pour calculer les apports atmosphériques annuels deux méthodes sont à notre disposition soit le calcul à partir des valeurs moyennes des concentrations en éléments, correspondant à la moyenne des concentrations mensuelles, soit le calcul direct des apports mensuels à partir des concentrations mensuelles et des précipitations mensuelles.

Les concentrations moyennes mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine calculées par les deux méthodes sont les suivantes en mg/l.

	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Sr ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N	P
Moyenne des concentrations mensuelles	0,11	1,93	0,18	0,53	0,48	0,431	0,001	1,86	2,63	2,9	0,119	0,041
Moyennes pondérées par les précipitations	0,11	1,92	0,18	0,48	0,37	0,219	0,001	1,12	2,47	4,17	0,109	0,013

* Les apports atmosphériques sur le bassin versant de l'Ugine entre le 1er juillet 1977 et le 30 juin 1978

Nous avons calculé ces apports grâce aux valeurs déterminées par la deuxième méthode (tableau 71).

IX-3- LES QUANTITES D'ELEMENTS DISSOUS TRANSPORTES PAR L'UGINE

Nous avons vu que le débit moyen annuel de l'Ugine entre le 1er juillet et le 30 juin 1978 est de 395 l/s à Trossy et de 735 l/s à Grange Blanche.

Nous avons vu que pour calculer les quantités d'éléments dissous transportés par l'Ugine nous devons déterminer les concentrations moyennes annuelles à l'aide des relations $C = aQ^b$ pour Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Sr²⁺ et de la moyenne des concentrations de chaque prélèvement de la période considérée pour Na⁺, K⁺, Cl⁻, N, P.

Dans le tableau 72 nous donnons les résultats obtenus pour les charges spécifiques (T/km²/an) ; nous donnons d'abord celles du bassin versant géographique (1) puis celles du bassin versant réel (2).

Les valeurs des charges spécifiques de l'Ugine sont comparées avec celle du Rhône, de la Dranse (M. Meybeck, 1970) du Brévon (M. Haubert, 1975) et enfin du Redon et de la Léchère (R. Vial, 1976) (Tableau 73).

Les valeurs obtenues sur les différents cours d'eau l'ont été en période plus sèche c'est pour cela que nous avons pris les résultats obtenus sur le Brévon en 1970. Il faut noter que lorsque le débit moyen annuel baisse les charges spécifiques baissent aussi.

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	Total
Rhône (1968-1969)	44	5,4	3,3	1,4		4,3	54	93	3,2	208,6
Léchère (1974)	23,7	2,8	4,3	2,1	0,3	5,7	13,4	88,3	1,7	142,3
Redon (1974)	35,3	4,5	1,8	1,4	0,1	2,8	21,2	101,1	2,3	170,5
Dranse (1968-1969)	100	11,8	2,3	1,6		1,3	81	268	5	471
Brévon (1970-1973)	54,3	5,1	1,5	0,9	0,6	1,6	41	132	2,3	239,3
Brévon (1970)	72	6,5	2	1,2	0,7	2,3	44,5	183	3,2	315,4
Ugine (Grange Blanche réel)	75,1	6,9	3,4	2,1	0,5	3,3	16,4	241	4	352,7
Ugine (Trossy réel)	68,9	6,7	1,9	0,9	0,7	1,9	25,8	211,8	3,6	322,4

Tableau 73 : Comparaison des charges spécifiques de quelques cours d'eau de la région lémanique.

* Calcium

Pour l'Ugine, les charges spécifiques en Ca²⁺ sont équivalentes de celle du Brévon en 1970. Cette valeur élevée est due à la présence de calcaires et dolomies au sein du substratum et à ce que le calcium est un composant de certaines argiles (montmorillonite) rencontrées dans les Couches rouges et dans la matrice des moraines (M. Haubert, 1975).

* Magnésium

Mêmes remarques que pour le calcium. Le magnésium provient des dolomies et calcaires dolomitiques et parfois de niveau d'altération au sein des formations quaternaires.

* Le sodium et le Potassium

Pour le bassin versant en amont de Grange Blanche les charges spécifiques sont en général plus élevées que celles des autres cours mais pour le bassin versant en amont de Trossy on obtient des valeurs comparables à celles obtenues sur le Brévon. Ceci est normal car le sodium est en général associé aux minéraux argileux, illite et montmorillonite, de la moraine, et le potassium lui, est abondant dans les argiles sous forme de feldspaths inaltérés, de particules micacées ou d'illites, les formations quaternaires sont plus importantes sur le bassin versant de Grange Blanche que sur celui de Trossy.

* Le strontium

Les valeurs sont semblables à celles obtenues sur le Brévon. Les origines du strontium sont certainement les formations triasiques où il est associé aux sulfates, pour constituer la célestine SrSO₄, et les formations quaternaires où il peut être incorporé dans les minéraux argileux.

* Les sulfates

Malgré la présence de Trias les charges spécifiques en sulfates ne sont pas très importantes, comparables à celles du Redon et de la Léchère. Les sulfates proviennent des dolomies et des calcaires dolomitiques et parfois des niveaux d'altération au sein des formations quaternaires.

* Les bicarbonates

Mêmes remarques que celles faites pour le calcium, bien que les charges spécifiques soient supérieures à celles du Brévon.

* La silice

Les charges spécifiques en silice transportées par l'Ugine sont équivalentes à celles du Brévon en 1970. Les différences entre les bassins versants de Trossy et de Grange Blanche reflètent bien la répartition différente des terrains sur les bassins versants.

IX-4- APPROCHE DE L'ÉROSION CHIMIQUE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'UGINE

Afin de chiffrer l'érosion chimique sur le bassin versant il faut soustraire aux quantités d'éléments dissous transportés par l'Ugine, les apports atmosphériques.

Dans le tableau 74, nous donnons l'érosion chimique en T/km²/an. Dans ce tableau la valeur entre parenthèse dans la colonne Azote total correspond à l'azote ammoniacal, nitreux et nitrique alors que l'autre valeur correspond aux deux derniers types d'azote ; de même la valeur entre parenthèse dans la colonne total correspond à la somme des bilans de chaque éléments y compris l'azote ammoniacal.

Ce tableau nous montre que pour un certain nombre d'éléments il y a fixation au lieu d'érosion mais nous n'avons pas tenu compte pour établir ce bilan des faits suivants :

. une quantité d'eau égale au 1/10 de l'écoulement par l'Ugine est prélevée pour alimenter des agglomérations situées hors du bassin versant ;

. le bilan hydrologique donnant un déficit d'écoulement, représentant 30 à 40 % des précipitations il faudrait modifier les apports atmosphériques en conséquence.

Donc pour calculer l'érosion chimique il nous faut ajouter aux quantités d'éléments dissous éliminés par les captages et soustraire à cette somme les apports atmosphériques modifiés qui représentent 60 à 70 % des apports totaux.

Les résultats obtenus en T/km²/an sont donnés dans le tableau 75.

Les valeurs déterminées pour l'érosion chimique sur les bassins versants en amont de Trossy et de Grange Blanche montrent bien les différences entre les proportions de substratum et de Quaternaire sur les bassins versants, cela se voit nettement au niveau des éléments tel que le sodium, le potassium, le strontium et les sulfates. La présence d'une activité humaine entre les ponts de Trossy et de Grange Blanche est surtout marquée au niveau des chlorures. Pour l'azote et le phosphate il y a un équilibre entre les apports atmosphérique et les rejets puisque les valeurs de l'érosion chimique sont pratiquement nulles.

Les valeurs de l'érosion chimique sur les bassins versants réel sont supérieures à celles déterminées pour le Brévon (190 T/km²/an en moyenne mais de 250 T/km²/an pour 1970) et inférieures à celle du bassin versant de la Dranse (470 T/km²/an cette dernière valeur ne tient pas compte des apports atmosphériques la valeur de l'érosion chimique doit être d'environ 440 T/km²/an).

Compte-tenu des résultats obtenus sur le bassin versant en amont de Trossy (345 T/km²/an) et sur le bassin en amont de Grange Blanche (367 T/km²/an) l'érosion chimique entre les ponts de Trossy et de Grange Blanche est de 390 T/km²/an .

Bassin Versant	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N	P	Total
Grange Blanche Géographique	3,45	65,26	5,99	2,09	1,11	0,45	0,7	9,93	213,75	0,26 (-0,16)	0,02	303,01 (302,59)
Grange Blanche Réel	3,76	71,04	6,51	2,36	1,27	0,48	0,97	11,24	232,28	0,3 (-0,1)	0,03	330,24 (329,84)
Trossy Géographique	2,86	54,81	5,32	0,48	-0,09	0,57	- 1,02	16,44	172,52	0,07 (-0,4)	0,01	251,97 (251,5)
Trossy Réel	3,38	64,46	6,25	0,75	0,03	0,67	- 0,74	20,08	202,2	0,12 (-0,35)	0,01	297,21 (296,74)

Tableau 74 : Erosion chimique sur le bassin versant de l'Ugine entre juillet 1977 et juin 1978
(Valeurs non corrigées)

	SiO ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N	P	Total
Grange Blanche Géographique	3,86	72,35	6,95	2,66	1,43	0,52	1,70	15,74	233,38	0,37 (0,07)	0,03	338,99 (338,69)
Grange Blanche Réel	4,17	78,39	7,52	2,89	1,56	0,56	1,85	17,11	252,83	0,40 (0,09)	0,04	367,32 (367,01)
Trossy Géographique	3,29	63,73	6,37	1,2	0,27	0,67	0,25	25,18	194,03	0,22 (-0,03)	0,02	295,23 (294,98)
Trossy Réel	3,85	74,34	7,42	1,45	0,41	0,78	0,43	29,6	226,13	0,26 (0)	0,02	344,69 (344,43)

Tableau 75 : Erosion chimique corrigée sur le bassin versant de l'Ugine (juillet 1977-juin 1978)

Les valeurs fournies pour le bassin versant de l'Ugine ne sont qu'indicatives puisque le nombre de prélèvements dans l'Ugine n'est pas suffisant pour calculer avec précision les quantités d'éléments dissous transportés par l'Ugine, en plus l'importance du déficit d'écoulement empêche de connaître réellement l'érosion chimique sur le bassin versant de l'Ugine qui tout compte fait doit être plus importante et se rapprocher de l'érosion chimique sur le bassin versant complet de la Dranse voire la dépasser.

IX-5- CONCLUSION

- Les apports atmosphériques sur le bassin versant de l'Ugine entre le 1er juillet 1977 et le 30 juin 1978 sont d'environ 25 T/km²/an.

- L'Ugine durant cette période a transporté 3870 T d'éléments dissous à Trossy ce qui correspond à une charge spécifique de 323 T/an/km² pour le bassin versant réel. A Grange Blanche, elle a transporté 8323 T d'éléments dissous correspondant à une charge spécifique de 353 T/km²/an pour le bassin versant réel.

- L'érosion chimique sur le bassin versant en amont de Trossy est de 345 T/km²/an soit 4140 T/an sur le bassin versant en amont de Grange Blanche elle est de 367 T/km²/an soit 8647 T/an.

CONCLUSION A L'ETUDE HYDROCHIMIQUE

L'étude hydrochimique nous a permis de mettre en évidence plusieurs points :

- . Le substratum, la nappe des Préalpes Médiannes Plastiques, présente peu d'aquifères importants car les rares sources que l'on peut observer ont des débits très faibles. Le recouvrement quaternaire masque la plupart des éventuelles venues d'eau au toit du substratum.

- . La participation des eaux du substratum triasique dans l'alimentation des sources du versant sud du Mont César, a pu être mise en évidence grâce aux teneurs en sulfates et strontium importantes de ces eaux.

- . Toutes les sources étudiées sont bicarbonatées calciques à l'exception des eaux du secteur défini ci-dessus où les eaux sont légèrement sulfatées et magnésiennes et des eaux du secteur de la plaine des Faverges où les eaux sont légèrement plus magnésiennes.

Le bilan hydrochimique nous a permis de constater que l'érosion chimique sur le bassin versant (345 T/km²/an pour Trossy, 367 T/km²/an pour Grange Blanche) est plus importante que celle calculée sur le bassin versant du Brévon (M. Haubert, 1975) et plus faible que celle déterminée sur le bassin complet de la Dranse (M. Meybeck, 1970).

Cette valeur de l'érosion chimique sur le bassin versant de l'Ugine est très certainement plus élevée compte-tenu du déficit d'écoulement observé sur la période de calcul.

C O N C L U S I O N S G E N E R A L E S

CONCLUSIONS GENERALES

1- GEOLOGIE DU NORD-EST DU CHABLAIS

L'étude géologique que nous avons réalisée peut se subdiviser en deux parties :

- L'étude du substratum
- l'étude du Quaternaire

1-1- GEOLOGIE DU SUBSTRATUM

* L'étude stratigraphique des Préalpes Médiannes Plastiques au Nord-Est du Chablais a permis de mettre en évidence les variations de faciès et de puissance qui s'observent au sein des formations mésozoïques et cénozoïques (Figure 12 p. 30).

. Les formations du Lias inférieur (70 à 100 m de puissance) constituées de calcaires à débris et spathiques au Nord de la Dent d'Oche s'épaississent au Sud de celle-ci (500 m) et en même temps les calcaires deviennent siliceux (Sinémurien).

. Le Lias moyen (calcaires siliceux ou spathiques) et le Lias supérieur (calcaires marneux ou spathiques) disparaissent au Sud de la Dent d'Oche. Le Dogger ne disparaît pas complètement mais son épaisseur varie de 400 m dans le secteur de Thollon à 10 ou 20 m dans le secteur de la Dent d'Oche (base des Couches de Vervine : calcaires oolithiques) et dans le secteur de Darbon (base des Couches à Mytilus : marnes).

. Les calcaires massifs du Malm supérieur ont à peu près partout une puissance de 200 m, mais au niveau de la Dent d'Oche, elle est de 400 m.

. Le Néocomien n'est visible qu'au Nord du chevauchement de la Dent d'Oche-Chaumeny ; son épaisseur peut atteindre 300 m (synclinal de Mémise).

Les variations d'épaisseur des différentes formations ont pour conséquences de réduire la puissance totale de la série des Préalpes Médiannes Plastiques du Nord-Est du Chablais.

Cette puissance varie de 1750 m dans le secteur de Thollon à 1000 m dans les secteurs de la Dent d'Oche et de Darbon (épaisseur de la série au-dessus du gypse).

* L'étude tectonique nous a permis de relier entre elles différentes structures plissées existant dans notre secteur d'étude (fig. 20 p. 54).

Nous avons pu mettre en évidence divers accidents dextres N120 et N150 (fig. 20) qui seraient les manifestations en surface d'une zone décrochante dextre N140 résultant d'une compression N-S. Ces accidents peuvent se poursuivre dans les nappes et l'autochtone situés sous la nappe des Préalpes Médiannes mais par suite de l'absence de données sur la structure de ces unités en raison de l'importance du recouvrement quaternaire, nous nous sommes bien gardé de tracer le prolongement de ces accidents au niveau de la nappe du Gurnigel et de la molasse.

Ces accidents jouent un rôle dans les relations entre aquifères du substratum et des formations quaternaires ; ces accidents en effet peuvent être responsables d'apports d'eau issue du substratum dans les formations quaternaires du plateau de Gavot et au niveau de la vallée de l'Ugine où l'anomalie thermique des sources des Rosées et des Faverges peut s'expliquer par la présence de l'accident des Faverges.

1-2- LE QUATERNAIRE

* Grâce aux données géophysiques et géologiques nous avons établi une carte des isohypses du toit du substratum du plateau de Gavot, dans sa partie occidentale. Une ancienne vallée de la Dranse située à l'Est de la vallée actuelle a pu être mise en évidence ainsi que l'existence de surcreusements S.W.-N.E. au niveau de Marin et des Tours.

* Nous avons pu à l'aide d'une étude sédimentologique caractériser les différentes formations quaternaires de surface observées sur le plateau de Gavot.

Au sein des moraines rhodaniennes du Würm nous avons différencié deux zones séparées par une ligne N.S. correspondant au ruisseau de Coppy. A l'Ouest de cette limite les proportions de fines et de fragments de roches cristallines sont plus importantes qu'à l'Est, ce qui est naturellement en accord avec un écoulement du glacier rhodanien d'Est en Ouest, confirmé également par la direction Est-Ouest des structures de surface (vallums morainiques).

Au sein des formations interstadias (Vallée de l'Ugine) ou de bordure du glacier lors de son retrait, les analyses sédimentologiques nous ont permis de confirmer que ces sédiments ont été transportés par des cours d'eau torrentiels et déposés dans des lacs.

* Grâce aux résultats de cette étude sédimentologique et de l'étude morphologique des formations quaternaires nous avons pu définir pour notre secteur d'étude divers stades de retrait du glacier rhodanien qui ont pu être corrélés avec ceux définis dans la région de Thonon-Douvaine par R. Vial (1976). Nous pensons ainsi que les formations lacustres des vallées de l'Ugine et des Dranses se sont déposés postérieurement à l'interstade de Tursac (23 000 ans) et antérieurement au début de la formation des "Terrasses de Thonon" (16 000 ans) et c'est durant celle-ci que se sont formées les divers familles de vallums glaciaires observables sur le plateau de Gavot.

2- L'HYDROGEOLOGIE

* Au cours de cette étude nous avons pu montrer que le synclinal de Mémise, formant la structure la plus nette de tout le Nord-Est du Chablais, n'appartenait pas au bassin versant de l'Ugine et cela grâce à une expérience de multitracage.

Cette dernière complétée sur le plateau de Thollon par un traçage entre les nappes du Lain et du Fayet nous a permis de donner un schéma des relations pouvant exister entre les aquifères du synclinal de Mémise et des formations quaternaires du plateau de Thollon.

* L'étude climatologique durant deux années (juillet 1976-juin 1977 et juillet 1977-juin 1978) montre que ce sont deux périodes particulièrement pluvieuses en altitude puisque les précipitations calculées sur le bassin de l'Ugine en amont de Trossy sont de 2100 mm pour la première année et de 2320 mm pour la seconde (1800 mm/an en moyenne pour la période 1963-1977).

En bordure du Léman la première période fut particulièrement pluvieuse (année humide ayant un temps de retour de 25 ans) alors que la seconde fut une année moyenne. Cette différence durant la seconde période entre les zones basses et les zones d'altitude induit une valeur élevée du gradient altimétrique annuel des précipitations (112 mm/an), bien supérieure à la valeur moyenne (81 mm/an).

* L'étude des températures moyennes annuelles sur la période 1966-1974 nous a permis de montrer que le gradient déterminé par Angot dans les Alpes (0,53°C/100 m) pouvait être appliqué dans notre secteur au-dessus de 600 m, c'est-à-dire lorsque l'influence du Léman du point de vue thermique ne se fait plus ressentir.

* Le caractère pluvieux des deux années d'étude se retrouve dans les valeurs faibles de l'évapotranspiration ; sur le bassin versant de l'Ugine, elle représente 17 % des précipitations contre 21 % en moyenne pour le bassin en amont de Trossy et de 20 % contre 24 % en moyenne pour le bassin en amont de Grange Blanche.

* En comparant les débits de l'Ugine avec ceux d'un certain nombre de cours d'eau de la région lémanique durant l'année 1970, année présentant à peu près les mêmes caractéristiques climatologiques que celles de la période de mesures sur l'Ugine au pont de Trossy (juillet 1977-juin 1978), nous avons pu mettre en évidence une similitude entre l'Ugine et le Brévon.

* Entre juillet 1977 et juin 1978 les bilans hydrologiques pour les bassins versant de l'Ugine à l'amont de Trossy et de Grange Blanche peuvent s'écrire :

$$\begin{aligned} P &= Q_{\text{surf}} + E_{\text{Tr}} + \text{Captage} + Q_{\text{ext}} \\ \text{Trossy 100 \%} &= 45 \% + 16 \% + 4 \% + 35 \% \\ \text{Grange Blanche} &= 47 \% + 19 \% + 3 \% + 31 \% \\ 100 \% & \end{aligned}$$

Les écoulements vers l'extérieur ainsi mis en évidence sont susceptibles de se faire en direction de la majeure partie des bassins versants entourant celui de l'Ugine tel que ceux du Nant de Darbon et de la Morge.

En comparant les bilans pour les bassins versants réels et géographiques, l'écoulement au niveau du synclinal de Mémise vers le plateau de Thollon et le bassin versant du ruisseau de Locum a pu être estimé à 4.10^6 m³ pour la période juillet 1977-juin 1978 soit 84 % des précipitations tombant sur ce synclinal.

3- HYDROCHIMIE

* L'inventaire des sources ainsi que l'étude des paramètres physico-chimiques de celles-ci ont mis en évidence la faible participation du substratum dans l'alimentation des aquifères des formations quaternaires du bassin versant de l'Ugine ainsi que les faibles possibilités aquifères de ce substratum.

Les sources sont toutes bicarbonatées calciques mais parfois les teneurs en magnésium ou en sulfates peuvent différencier quelques sources (sources des Faverges et des Rosées, sources du Charmet).

* Le bilan hydrochimique pour la période juillet 1977-juin 1978 a montré que l'Ugine du Pont de Trossy a transporté 3870 T d'éléments dissous soit 323 T/km²/an. L'estimation des quantités d'éléments dissous transportés par l'Ugine au pont de Grange Blanche donne une valeur de 8 323 T soit 353 T/km²/an.

Le calcul de l'érosion chimique (transport dissous moins apports atmosphérique) sur le bassin versant de l'Ugine soit 345 T/km²/an (B.V. de Trossy) et 367 T/km²/an (B.V. de Grange Blanche) donne des valeurs supérieures à celles déterminées sur le bassin du Brévon en 1970 mais inférieures à celles déterminées sur le bassin total de la Dranse.

4- CONCLUSION A L'ETUDE DU NORD-EST DU CHABLAIS

Pour compléter ces conclusions nous voudrions répondre à une question qui nous fut posée au début de notre étude. Existe-t-il des possibilités de prélèvements d'eau autres que ceux déjà existants au niveau du bassin versant de l'Ugine et de la région de Thollon ?

Au niveau du bassin versant de l'Ugine en amont de Trossy la réponse est négative car les sources les plus importantes sont celles déjà captées. De plus nous avons vu que le substratum présentait peu d'intérêt en tant qu'aquifère.

Dans la plaine des Faverges, il nous semble envisageable d'effectuer des prélèvements mais auparavant une étude détaillée de cette plaine devrait être réalisée par géophysique et forages; pour des raisons indépendantes de notre volonté il nous a été impossible d'aborder cette étude.

Pour la région de Thollon, nous avons répondu à cette question dans le chapitre consacré aux expériences de traçage ; en effet nous avons émis l'hypothèse de l'existence de nappes non visibles dans les formations quaternaires du plateau de Thollon mais dans ce cas aussi des études complémentaires (géophysiques) devraient être entreprises.

Le synclinal de Mémise du fait de l'inexistence d'exutoire visible présente peu d'intérêt pour la résolution des problèmes d'alimentation en eau.

L'absence de ressources accessibles au niveau du bassin versant de l'Ugine correspond peut être au fait qu'après avoir circulé dans le substratum les eaux vont rejoindre les aquifères du plateau de Gavot, dont celui des eaux d'Evian.

Il nous semble indispensable à la fin de notre étude d'envisager que ces eaux puissent provenir de circulations profondes dans des chenaux est-ouest communiquant entre eux soit directement par l'intermédiaire d'accidents transverses tels que ceux dont nous avons envisagé l'existence au cours de notre étude tectonique soit par l'intermédiaire de chenaux se calquant sur ces accidents.

Après l'étude géologique réalisée tant sur les formations quaternaires que sur le substratum il nous semble logique de vouloir rechercher l'origine de ces eaux dans les formations quaternaires et le substratum, en abandonnant les schémas simples fournis par des coupes transversales ou les études chimiques.

Ceci nécessiterait la réalisation d'une étude très approfondie de la géologie de tout le plateau de Gavot par prospection géophysique et forages. Ainsi, en utilisant toutes les données chimiques, isotopiques et hydrologiques dont on disposerait, pourrait-on arriver à une meilleure connaissance de l'origine des eaux d'Evian. Celle-ci permettrait de savoir s'il est possible d'exploiter normalement les ressources superficielles du plateau de Gavot sans altérer l'alimentation de l'aquifère de ces eaux.

Pour résoudre en hydrogéologie, un problème tel que l'origine des eaux d'Evian, cette étude montre la nécessité d'avoir, comme toujours en géologie, une vision en trois, voire quatre dimensions, lorsque le facteur temps ne doit pas être négligé. Ce problème ne pourra donc être résolu, comme nous l'avons déjà signalé, que lorsque l'aquifère des eaux d'Evian aura été nettement replacé dans son contexte régional, c'est-à-dire le plateau de Gavot et le substratum situé sous et au Sud de ce dernier.

Cette étude montre la nécessité, pour résoudre en hydrogéologie, un problème tel que l'origine des eaux d'Evian, d'avoir, comme toujours en géologie une vision en trois, voire quatre dimensions, lorsque le facteur temps ne doit pas être négligé. Ce problème ne pourra donc être résolu, comme nous l'avons déjà signalé, que lorsque l'aquifère des eaux d'Evian aura été nettement replacé dans son contexte régional, c'est-à-dire le plateau de Gavot et le substratum situé sous et au Sud de ce dernier.

Il apparaît en effet impossible de dissocier l'hydrogéologie des formations superficielles de l'hydrogéologie du substratum et les résultats que nous avons obtenus nous paraissent particulièrement significatifs en ce qui concerne le mode d'alimentation des aquifères, c'est-à-dire l'infiltration des eaux et les relations étroites entre aquifères superficiels et aquifères profonds.

De ce point de vue la région étudiée constitue donc un bon exemple de phénomènes que l'on retrouve bien souvent à beaucoup plus grande échelle.

BIBLIOGRAPHIE

- AMINOT A. - 1974 -Géochimie des eaux d'aquifères karstiques : les analyses chimiques en hydrogéologie karstique - Ann.Spéléo 29-4. p. 461-484.
- AMINOT A. - 1975 - Géochimie des eaux d'aquifères karstiques : le pH, aspect théorique, mesure et interprétation géochimique. Ann. Spéléo 30-1, p. 7-20.
- ANTOINE P. - 1971 - Rapport sur les conditions géologiques et sanitaires de certaines sources alimentant la ville d'Evian.
- ARDESTANI H.- 1965 - Monographie hydrologique du bassin de la Dranse d'Abondance. Thèse de Docteur Ingénieur - Paris.
- ARMAND C. - 1978 - Régime des eaux souterraines et paléomorphologie : géologie et hydrogéologie de la basse vallée de l'Arve (Haute Savoie) - Thèse 3ème cycle - Grenoble.
- ARMAND C., DELAQUAIZE B. - 1978 - Analyse physicochimique des eaux. Mémento pratique. Publication interne du laboratoire d'hydrogéologie - Grenoble.
- ARMAND C., FOURNEAUX J.C. - 1977 - Les formations quaternaires de la basse vallée de l'Arve. Arch.Sci.Genève 30-3, p. 399.419
- BADOUX H. - 1960 - Géologie des Préalpes valaisanne (rive gauche du Rhône) Mat. Carte. Géol.Suisse, NS 113
- BADOUX H. - 1960 - Feuille Montreux. Atlas Géol.Suisse 1/25 000ème.
- BADOUX H. - 1965 - Feuille Monthey - Atlas Géol.suisse 1/25 000 ème.
- BADOUX H. - 1965 - Feuille Thonon-Chatel - Carte géol. de la France 1/50 000 ème.
- BADOUX H, MERCANTON C.H. - 1962 - Essai sur l'évolution tectonique des Préalpes médianes du Chablais - Eclo. Géol. Helv. 55-1, p. 135-188.
- BADOUX H.,NORBERT J. - 1952 - Une fenêtre d'Ultrahelvétique dans les Préalpes médianes du Chablais (région de Vacheresse). Bull. Lab.Géol.Lausanne n° 104.
- BAKALOWICZ M. - 1974 - Géochimie des eaux d'aquifères karstiques, relation entre minéralisation et conductivité. Ann. Spéléo, 29 - 2 , p. 167-174.
- BAKALOWICZ M, OLIVE P., SIWERTZ E.- Sur la position respective du niveau d'Armoy et du conglomérat des Dranses- C.R.A.S. Paris, 271, p.892-895
- BARBIER R., 1948 - Les zones ultradauphinoise et subbriançonnaise entre l'Arc et l'Isère - Thèse de Doctorat d'Etat - Grenoble.
- BECKER J. - 1952 - Etude palynologique des tourbières flamandaises des Alpes françaises. Mem. Serv. Carte Géol.Alsace Lorraine. 11, p.1-63.
- BLAVOUX B. - 1965 - Les sources minérales d'Evian. Etude climatologique et hydrochimique des formations fluvioglaciales quaternaires du Bas-Chablais. Thèse 3ème cycle - Paris.
- BLAVOUX B. - 1978 - Etude du cycle de l'eau au moyen de l'oxygène 18 et du tritium : possibilités et limites de la méthode des isotopes du milieu en hydrologie de la zone tempérée. Thèse Doctorat d'Etat - Paris.

- BLAVOUX B., BRUN A. - 1966 - Nouvelles données sur les terrains quaternaires de la région lémanique. CRAS, 262, p. 2569-2572.
- BLAVOUX B., DRAY M. - 1971 - Les sondages dans le complexe quaternaire du Bas-Chablais et leurs enseignements stratigraphiques. Leur intérêt pour l'hydrogéologie et l'hydrochimie régionale. Rev. Géogr. et Géol. Dyn XIII-1, p.17-34.
- BLAVOUX B. - DUSSART B., MANEGLIER H., SALVETTI Cl. - 1962 - La région du Léman du point de vue hydrométéorologique. Le Globe 102,p. 49-68.
- BOUDON J. et al. - 1976 - L'arc alpin occidental : réorientation de structures primitivement E.W. par glissement et étirement dans un système de compression global N.S? Eclo. Géol. Helv. 69-2, p. 509-521.
- BOURDIER F. - 1958 - Le bassin de Rhône au quaternaire. Thèse Docteur d'Etat - Paris.
- BRUN A. - 1966 - Révision stratigraphique des dépôts quaternaires dans la basse vallée de la Dranse (Hte Savoie) . Rev.Géogr.Phy. et Géol. Dyn. VII - 5 - p.399-404
- BRUN A. - 1977 - Données floristiques et paléoclimatologiques du Pleistocène supérieur dans le Chablais (Hte Savoie) - Résultats synthétiques et chronostratigraphique. Bull. de l'A.F.E.Q., 52 - p. 39-54.
- BRUN A., DELIBRIAS G. - 1967 - Datation et caractéristiques palynologiques des sédiments glaciaires de la coupe d'Armoy (Ht Savoie) C.R.A.S., Paris, 264, p. 215-217.
- BUCHLI H., PAQUIN R. DONZE A. - 1976 - Etude géoélectrique et gravimétrique du Chablais entre Anièrès et Evian. Matériaux pour la géologie de la Suisse. Publication géophysique n° 18.
- BURRI M. - 1963 - Le quaternaire des Dranses. Mem. Soc. Vaud.Sc.Nat., 13, p.1-34.
- BURRI M. - 1977 - Sur l'extension des derniers glaciers rhodaniens dans le bassin lémanique. Bull. Lab.Géol. Lausanne, 223.
- CAILLEUX A., TRICART J. - 1959 - Initiation à l'étude des sables et galets. Centre de documentation de l'Université de Paris, 3 tomes.
- CARON C. - 1972 - La nappe supérieure des Préalpes médianes : subdivisions et principaux caractères du sommet de l'édifice préalpin. Eclo.Géol.Helv., 65-1, p. 57-73.
- CARON C.- 1976 - La nappe du Gurnigel dans les Préalpes. Eclo.Géol.Helv, 69-2, p. 297-308.
- CASTANY G. - 1963 - Traité pratique des eaux souterraines. Ed. Dunod, Paris.
- CASTANY G. - 1967 - Introduction à l'étude des courbes de tarissements. B.R.G.M., Chronique d'Hydrogéologie, 10.
- CASTANY G. - 1968 - Prospection et exploitation des eaux souterraines. Ed. Dunod, Paris.

- CHARRIERE R. - 1974 - Perfectionnements à la mesure de traceurs fluorescents.
Applications à l'hydrogéologie. Thèse 3ème cycle, Grenoble.
- CHAMOT G.A. - 1961 - La nappe des Préalpes médianes entre les Cornettes de Bise
et le col du Corbier (Chablais français). Bull. Lab.Géol de Lausanne 131.
- CHESSEX R. - 1959 - La géologie de la haute vallée d'Abondance (Hte Savoie) Eclo.
Géol. Helv., 52-1, p. 295-400.
- DEBELMAS J. - 1970 - Alpes (Savoie et Dauphiné). Guides géologiques régionaux,
Masson Paris.
- DEBELMAS J. - 1974 - Géologie de la France - Tome II. Doin, Paris.
- DESCOEUDRE G. - 1958 - Etude géologique de la région du Mont Baron. Travail de
diplôme de géologue. Université de Lausanne
- DOUDOUX B. Rapports sur les sources des Faverges et des Rosées. Communes de St Paul
en Chablais (Hte Savoie)
- DOUDOUX B. - 1969 et 1970 . Rapports sur les sources du Fayet et du Lain. Commune de
Thollon (Hte Savoie)
- DOUDOUX B. - 1975 - Rapports sur la source du Pont Rouge. Commune de Lugrin (Hte Savoie)
- DRAY M. - 1970 - Etude hydrogéologique du Quaternaire de la région de Thonon - Thèse
3ème cycle- Paris
- DRAY M. - 1971 - Le sondage de Chessy. Contribution nouvelle à la géologie du Qua-
ternaire du Bas-Chablais. Arch. Sci.Genève, 24-1, p. 57-72.
- FOURNEAUX J.C. - 1976 - Les formations quaternaires de la vallée de l'Isère dans
l'ombilic de Grenoble. Géol.Alp. 52.
- FREYMOND P.-1971- Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St Maurice
et le Léman, d'après les résultats des sondages d'étude de l'autoroute et
de l'aménagement hydroélectrique. Bull. Soc.Vaud.Sc.Nat, 335.
- GAGNEBIN E. - 1937 - Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. Bull.Soc.Vaud.
Sc.Nat., 59, p. 335-416
- GAGNEBIN E. - 1938 - Les lacs de la Burnaz au dessus d'Evian (HtSavoie). Bull.Lab.
Géol. Lausanne, 60.
- GAGNEBIN E. - 1939 - Découverte d'un lambeau de la nappe de la Simme dans les
Préalpes du Chablais (Col de Queffais)C.R.A.S., Paris, 208, p.822.
- GAGNEBIN E. - 1944 - Présence de Barrémien ultrahelvétique à St Gingolph. Eclo.
Géol.Helv., 37-2, p. 195.197
- GIDON M., MONJUVENT G., STEINFATT E. - 1968 - Sur la morphologie fluvioglaciaire
aux marges des glaciers würmiens alpins. Le dispositif moraine-chenal mar-
ginal. Bull. A.F.E.Q., 2,p.125-149.

- GIDON P. - 1957 - Rapport sur les conditions géologiques de protections des sources, captées pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Evian les Bains (Hte Savoie).
- HAUBERT M. - 1975 - Bilan hydrochimique d'un bassin versant de moyenne montagne : La Dranse de Bellevaux (Ht Savoie) - Thèse 3ème cycle. Paris.
- JACOB C. - 1904 - Notes sur les terrains de transport de la région de Thonon-les-Bains (Haute Savoie). Trav. Lab.Géol.Univ de Grenoble, 7, p. 116-126.
- JAMIER D., OLIVE P., SIWERTZ E., VIAL R. - 1973 - Des accidents profonds N 50 conditionnent-ils la structure de l'ensemble Jura-Plateau molassique - Préalpes. C.R. des S.éances, S.P.H.N. Genève, NS, 8, p. 45-52.
- JEREMIE - 1976 - Contribution à l'étude des paramètres hydrologiques de la région lémanique. Thèse 3ème Cycle, Paris.
- LEPILLER M. - 1976 - Résultats de mesures des précipitations sur le massif du Semnoz Bull.Clim.Mens. de la Haute Savoie - Janvier 1976.
- LEPILLER M. - 1976 - Résultats et interprétations de cinq opérations de traçages effectuées sur les systèmes karstiques du Semnoz et de la montagne de Bange-Bois de Prépoûlain (Massif subalpin des Bauges, Savoie et Hte Savoie, France). Deuxième colloque d'hydrogéologie en pays calcaire. Besançon, Octobre 1976.
- LEMORDANT Y. - 1977 - Infiltration et transfert des eaux souterraines en pays karstique. Le plateau du Mont Revard (Savoie) - Thèse 3ème Cycle, Grenoble.
- LEMOINE M. - 1978 - Conférences sur la formation des Alpes - Cours D.E.A. de Géologie Appliquée, Grenoble.
- LETOURNEUR J., MICHEL R. - 1971 - Géologie du Génie Civil. Ed. Colin, Paris.
- LUPARINI V. - 1975 - Etude hydrogéologique du massif du Devoluy. Thèse 3ème Cycle. Grenoble.
- MANGIN A. - 1970 - Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décrue et de tarissement. Ann.Spéléo, 25-3, p.581-610.
- MEYBECK M. - 1970 - Bilan hydrochimique et géochimique du lac Lemman. Thèse 3ème Cycle, Paris.
- MEYBECK M. et al. - 1969 - Nouvelles données obtenues par sismique continue sur la structure de la cuvette lémanique. C.R.A.S., Paris, 269, p. 2503-2508.
- MICHEL R. - 1960 - Contribution à l'étude de la température des sources dans le département de l'Isère. Trav.Lab.Géol. Grenoble, 36.
- MICHOUD P. - 1957 - Etude géologique de la région du Pic Blanchard. Travail de diplôme de géologue. Université de Lausanne.
- NICOUD G.- 1973 - Hydrogéologie de la haute vallée du Chéran. Massif des Bauges (Savoie Thèse 3ème Cycle, Grenoble.
- NORBERT J. - 1951 - Etude géologique de la région de Vacheresse. Travail de diplôme de géologue. Université de Lausanne.

- OLIVE P. - 1972 - La région du lac Léman depuis 15000 ans. Données paléoclimatologiques et préhistoriques. Rev. de Géogr. et Géol. Dyn., XIV.3, p252-264.
- OLIVE P. - 1974 - Eléments de climatologie C.R.G. Thonon.
- OLIVE P., MARCE A., MANGANO F. - 1971 - Paléohydrogéologie et paléoclimatologie. Revue Géogr. Phys. et Géol. Dyn., XIII-3, p. 203-206.
- PAPPINI G. - 1976 - Hydrogéologie du bassin versant du Haut Gélon (Savoie) - Thèse 3ème Cycle. Grenoble.
- PONCET C. - 1977 - Le delta de la Dranse (Hte Savoie) . Climatologie, Hydrogéologie et géochimie. Thèse 3ème Cycle, Paris.
- REMEMENIERAS G. - 1976 - 2ème ed. rev. et aug. - Hydrologie de l'Ingénieur. Ed. Eyrolles Paris.
- ROCHE M. - 1963 - Hydrologie de surface. Ed Gauthier. Villars, Paris.
- RODIER J. - 1960 - Analyse chimique et physicochimique de l'eau. Ed. Dunod. Paris
- ROBERT J.P. - 1976 - Les décrochements : fracturations et mouvements de blocs associés. Exemples des massifs subalpins dauphinois. Thèse 3ème Cycle, Grenoble.
- SAVARY G. - 1957 - Etude géologique de la région comprise entre les rochers de Mémise et la Dent d'Oche. Travail de diplôme de géologue. Université de Lausanne.
- SCHOELLER H. - 1962 - Les eaux souterraines. Ed. Masson, Paris.
- SERRUYA C., LEENHARDT O., GLANGEAUD L. - 1964 - Structure et évolution post-oligocène de la région du lac Léman. (France-Suisse). C.R.A.S. , Paris, 259, p.1752-1755.
- SERRUYAC C., LEENHARDT O., LOMBARD A. - 1966 - Etude géophysique dans le lac de Léman. Interprétation géologique. Arch. Sci. Genève, 19-2, p. 179-196.
- SIWERTZ E. - 1973 - Etude expérimentale par le tritium et l'oxygène 18 de l'infiltration sur les lysimètres et le bassin de Thonon. Thèse 3ème Cycle, Paris.
- TALOUR B. - 1976 - Hydrogéologie karstique du massif du Grand-Som (Chartreuse-Isère). Thèse 3ème Cycle, Grenoble.
- VERNET J.P., HORN R. - 1971 - Etude sédimentologique et structurale de la partie occidentale du lac Léman par la méthode de sismique réflexion. Ecl. Géol. Helv., 64-2, p. 291-317.
- VERNET J.P., HORN R., BADOUX H., SCOLARI G. - 1974 - Etude structurale du Léman par sismique à réflexion continue. Ecl. Géol. Helv. 67-3, p. 515-530.
- VIAL R. - 1975 - Le Quaternaire dans le Bas-Chablais (Hte Savoie). Dernier épisode de retrait glaciaire. Géol. Alp., 51, p. 129-144.
- VIAL R. - 1976 - Etude géologique et hydrogéologique de la région de Thonon-Douvaine (Hte Savoie) Thèse 3ème Cycle, Grenoble.
- VIAL R., JAMIER D., OLIVE P.- 1976 - Adaptation de la morphologie quaternaire à la structure tectonique dans la région du Bas-Chablais (Hte Savoie). Rev. Géogr. Alp., 64 - 1, p. 79-92.

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
1 - Plan de situation.....	5
2 - Carte structurale simplifiée des Préalpes du Chablais.....	5
3 - Carte générale de situation.....	6
4 - Le Rhétien.....	15
5 - L'Hettangien.....	16
6 - Le Sinémurien spathique.....	18
7 - Le Dogger de la zone S.E.....	21
8 - Les Couches de Vervine.....	22
9 - Les Couches à Mytilus.....	23
10 - L'Argovien.....	24
11 - Les Couches rouges du synclinal de Mémise.....	27
12 - Séries stratigraphiques des Préalpes Médiannes Plastiques (Nord-Est du Chablais).....	30
13 - Coupes sériées de la région Thollon-Bernex-Vacheresse.....	36-37
14 - Face nord de la Montagne de Mémise (vue des chalets du Lain).....	42
15 - Schéma structural simplifié du synclinal Pic de Mémise - Pic de Blanchard.....	42
16 - Schéma structural simplifié du secteur Pointe de Borée - Dent d'Oche	44
17 - La Dent d'Oche : Face sud.....	45
18 - Schéma structural de la région située entre la Dent d'Oche et l'Eau Noire.....	47
19 - Les diverses interprétations de la structure du vallon de Queffaux...	48
20 - Schéma structural du Nord Est du Chablais.....	54
21 - Coupe schématique des Préalpes romandes.....	56
22 - Schéma tectonique de la région lémanique.....	58
23 - Carte de localisation des échantillons de l'étude sédimentologique...	62
24 - Coupe de la carrière de Crêt Thollon.....	64
25 - Coupe de la carrière de Bénant.....	65
26 - Coupe dans le lit de l'Ugine à Bernex.....	66
27 - Coupe de la carrière de la Ferme de Cutle.....	68
28 - Coupe dans la vallée du ruisseau de Coppy (Torrent 1).....	69
29 - Vallée du ruisseau de Coppy (Torrent 2).....	70
30 - Carte des isohypses du substratum antéquatenaire (d'après C.P.G.F., 1969).....	88

	<u>Pages</u>
31 - Carte des isohypses du substratum anté quaternaire (d'après B.R.G.M., 1971).....	89
32 - Carte des isohypses du substratum anté quaternaire (d'après C.P.G.F. 1969 et B.R.G.M. 1970).....	89
33 - Isohypse du toit du substratum.....	90
34 - Schéma de formation des vallums morainiques.....	94
35 - Le retrait du glacier rhodanien du plateau de Thollon.....	95
36 - Coupe à travers le Quaternaire du plateau de Gavot.....	96
37 - Essai de reconstitution des stades de formation des lacs péri-glaciaires des vallées de l'Ugine et des Dranses.....	99
38 - Spectre de fluorescence du couple de traceurs (uranine, rhodamine B) en solution dans l'eau.....	111
39 - Distribution des temps de séjour.....	112
40 - Les points d'injection et de prélèvement lors du multitraçage du synclinal de Mémise et du traçage du Fayet.....	114
41 - Courbe de restitution (traçage du Fayet).....	119
42 - Coupe schématique montrant les relations entre les aquifères du plateau de Thollon et du synclinal de Mémise.....	121
43 - Schéma de circulation des eaux entre le synclinal de Mémise et le plateau de Thollon.....	122
44 - Courbe de fréquence altimétrique et courbe hypsométrique du bassin versant de l'Ugine en amont de Grange Blanche et de Trossy.....	128
45 - Carte hypsométrique du bassin versant de l'Ugine en amont de Trossy.....	129
46 - Réseau hydrographique du bassin versant de l'Ugine.....	132
47 - Profil en long de l'Ugine et de ses affluents.....	132
48 - Réseau hydrométéorologique.....	136
49 - Précipitations moyennes mensuelles (1936-1977 ; 1947-1977 ; 1963-1977).....	140
50 - Précipitations mensuelles entre janvier 1976 et juin 1978.....	150
51 - Précipitations cumulées.....	151
52 - Amplitudes thermiques moyennes mensuelles à Abondance et à Thonon-Rives.....	155
53 - Amplitudes thermiques mensuelles à Abondance et à Thonon Rives entre juillet 1975 et juin 1978.....	155
54 - Courbe de tarage de la station de Trossy.....	163
55 - Corrélation entre les débits de l'Ugine à Trossy et à Grange Blanche.....	163
56 - Débits moyens journaliers de l'Ugine au pont de Trossy.....	164
57 - Courbe des débits classés.....	166
58 - Débits moyens mensuels.....	166
59 - Courbes de tarissement.....	168

61 - Lieux de prélèvement des échantillons d'eau.....	188
62 - Relation conductivité-minéralisation totale.....	190
63 - Relation conductivité - TH.....	191
64 - Températures moyennes de l'air et des émergences en fonction de l'altitude.....	192
65 - Niveau piézométrique dans la plaine du Lain et débit du trop plein...	194
66 - Variations des paramètres physicochimiques de la source du Lain.....	194
67 - Variations des paramètres physicochimiques de la source du Fâyet.....	202
68 - Variations des paramètres physicochimiques de la source du Pont Rouge.....	202
69 - Variations des paramètres physicochimiques de la source de Malpasset.	205
70 - Variations des paramètres physico-chimiques de la source de "Sur-les- Scies".....	208
71 - Variations des paramètres physicochimiques de la source de la Rase...	208
72 - Localisation des émergences des Rosées et des Faverges.....	217
73 - Deux hypothèses sur l'origine des sources des Rosées et des Faverges.	217
74 - Variations des paramètres physicochimiques de la source des Rosées...	218
75 - Variations des paramètres physicochimiques de la source des Faverges.	218
76 - Variations des paramètres physicochimiques de la source Jacquier.....	222
77 - Variations des paramètres physicochimiques de la source Birraux.....	222
78 - Variations des paramètres physicochimiques de la source Cornus.....	223
79 - Variations des paramètres physicochimiques de la Haute Ugine.....	234
80 - Corrélations conductivité-paramètre chimique pour la Haute Ugine.....	234
81 - Variations des paramètres physicochimiques du ruisseau des Lanches...	236
82 - Corrélations conductivité-paramètre chimique pour le ruisseau des Lanches.....	236
83 - Variations des paramètres physico-chimiques de l'Ugine à Trossy.....	239
84 - Corrélations conductivité-paramètre chimique pour l'Ugine à Trossy...	239
85 - Variations des paramètres physico-chimiques de l'Ugine à Grange Blanche.....	240
86 - Corrélations conductivité-paramètres chimique pour l'Ugine à Grange Blanche.....	240

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
1 - Forages de reconnaissance réalisés près d'Evian.....	34
2 - Analyses granulométriques des moraines de la partie ouest du plateau de Gavot.....	74
3 - Comparaisons des proportions de fines au sein de la moraine dans différents sondages mécaniques.....	74
4 - Granulométries des moraines de la partie est du plateau de Gavot...	75
5 - Répartition des éléments inférieurs à 20 mm dans les conglomérats de la vallée de l'Ugine.....	77
6 - Analyses granulométriques des formations de la Fin Chaffard.....	78
7 - Analyses granulométriques des formations de la Ferme de Cutle et du point 497.....	79
8 - Analyses granulométriques des formations du ruisseau de Coppy.....	80
9 - Analyses granulométriques du cône de déjection de Lugrin.....	80
10 - Comptages pétrographiques dans les moraines de la deuxième glaciation.....	82
11 - Comparaison entre les comptages pétrographiques effectués sur le terrain et en laboratoire.....	82
12 - Comptages pétrographiques dans les conglomérats du Moulin de la Gerbaz.....	83
13 - Comptages pétrographiques dans les formations de bordure du glacier.....	83
14 - Comptages pétrographiques (Cône de déjection de Lugrin).....	84
15 - Calcimétries des sables et argiles des moraines.....	85
16 - Calcimétries des formations interstadias de la seconde glaciation (Würm).....	86
17 - Calcimétries des formations de bordures du glacier rhodanien.....	86
18 - Calcimétries du cône de déjection de Lugrin.....	87
19 - Calcimétries des moraines de la récurrence glaciaire (rives du Léman).....	89
20 - Essai de corrélation entre les stades de retrait glaciaire des rives droite et gauche de la Dranse.....	101
21 - Caractéristiques physicochimique des traceurs fluorescents.....	110
21 bis - Répartition hypsométrique sur le bassin versant de l'Ugine.....	127
22 - Répartition lithologique sur le bassin versant de l'Ugine.....	133
23 - Stations météorologiques utilisées pour l'étude climatologique.....	137

	<u>Pages</u>
24 - Précipitations annuelles sur le Nord-Est du Chablais (1963-1977).....	138
25 - Comparaison des précipitations mensuelles déterminées sur plusieurs périodes.....	139
26 - Gradients altimétriques des précipitations.....	141
27 - Précipitations moyennes sur le bassin versant de l'Ugine (1963-1977).....	141
28 - Répartition moyenne des précipitations saisonnières.....	142
29 - Précipitations mensuelles (juillet 1976-juin 1977).....	143
30 - Gradients altimétriques des précipitations (juillet 1976-juin 1977).....	144
31 - Précipitations sur le bassin versant de l'Ugine (juillet 1976 - juin 1977).....	144
32 - Répartition saisonnière des précipitations (juillet 1976-juin 1977).....	145
33 - Les précipitations en mm durant la période juillet 1977 - juin 1978.....	146
34 - Gradients altimétriques des précipitations (juillet 1977-juin 1978).....	147
35 - Précipitations mensuelles sur le bassin versant de l'Ugine (juillet 1977 - juin 1978).....	148
36 - Répartition saisonnière des précipitations (juillet 1977 - juin 1978).....	151
37 - Températures moyennes annuelles.....	152
38 - Températures moyennes annuelles sur le bassin versant de l'Ugine..	154
39 - Températures moyennes mensuelles.....	156
40 - Températures moyennes mensuelles estimées sur le bassin versant de l'Ugine.....	157
41 - Evapotranspiration réelle selon la formule de Turc.....	158
42 - Déficit d'écoulement selon Coutagne.....	159
43 - Déficit d'écoulement selon Serra.....	159
44 - Evapotranspiration potentielle selon Thornwhaite.....	160
45 - Valeurs moyennes, maximales et minimales de l'évapotranspiration..	161
46 - Débits moyens mensuels et débits spécifiques mensuels de l'Ugine au pont de Trossy.....	165
47 - Débits caractéristiques de l'Ugine (juillet 1977 - juin 1978).....	167
48 - Lane d'eau écoulée à la station de Trossy.....	167
49 - Comparaison des débits caractéristiques de quelques cours d'eau du bassin lémanique.....	169
50 - Bilan hydrologique du bassin versant de Trossy (juillet 1977-juin 1978).....	174
51 - Bilan hydrologique du bassin versant de Grange Blanche (juillet 1977 - juin 1978).....	175

52 - Bilan hydrologique mensuel pour le bassin versant de Trossy.....	177
53 - Comparaison entre les analyses chimiques réalisées au C.R.G. et à l'Institut Dolomieu.....	189
54 - Les paramètres physicochimiques des sources du Lain, du Fayet, du Bois de la Corne et du Creux des Esserts.....	196
55 - Les paramètres physicochimiques des sources issues des moraines du plateau de Thollon.....	200
56 - Les paramètres physicochimiques des sources du Pont-Rouge, de Novel, de Malpasset et de la Taillaz.....	204
57 - Les paramètres physicochimiques des sources de "Sur les Scies", d'Oche, des Chalets d'Oche, de Pré-Richard et de la Rase.....	210
58 - Les paramètres physicochimiques des sources des Chalets de Mémise, de Mémise, de "Sous l'Echelle" et de la source n° 29.....	212
59 - Les paramètres physicochimiques des sources des Rosées, des Faverges et de la source n° 28.....	216
60 - Les paramètres physicochimiques des sources du Charmet.....	224
61 - Variations des principaux paramètres physicochimiques des sources étudiées.....	226
62 - Les paramètres physicochimiques des cours d'eau de la vallée de l'Ugine et de la région de St-Gingolph.....	230
63 - Comparaison des paramètres physico-chimiques en divers points du Nant-Bévin.....	232
64 - Corrélations conductivité-paramètre physicochimique pour la Haute-Ugine.....	235
65 - Corrélations conductivité-paramètre physicochimique pour le ruisseau des Lanches.....	237
66 - Les paramètres physicochimiques du ruisseau des Lanches et de l'Ugine.....	238
67 - Corrélations conductivité-paramètre physicochimique pour l'Ugine à Trossy.....	241
68 - Corrélations conductivité-paramètre chimique pour l'Ugine au pont de Grange Blanche.....	242
69 - Relations concentration-débit pour l'Ugine à Trossy.....	244
70 - Relation concentration-débit pour l'Ugine à Grange Blanche.....	244
71 - Les apports atmosphériques sur le bassin versant de l'Ugine.....	246
72 - Transport dissous par l'Ugine entre juillet 1977 et juin 1978....	246
73 - Comparaison des charges spécifiques de quelques cours d'eau de la région lémanique.....	248
74 - Erosion chimique sur le bassin versant de l'Ugine entre juillet 1977 et juin 1978 (valeurs non corrigées).....	250
75 - Erosion chimique corrigée sur le bassin versant de l'Ugine (juillet 1977 - juin 1978).....	250

ANALYSES CHIMIQUES DES RUISSEAUX

Ruisseau	Date	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Sr ⁺⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	P total (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	T (°C)	X 25°C (μmho)
Haute-Ugine	27.10.76	56,8	2,93	0,68	0,68	0,013	0,18	0,31	4,7	183	1,99	0,000	0,020	0,037	2,40	5,0	336
	10.02.77	49,6	1,68	0,85	0,68	0,014		1,27	13,0	151	0,18	0,026	0,016	0,017	2,58	3,6	257
	06.03.77	53,3	3,40	0,97	0,78	0,004		1,99	4,8	173	1,46	0,007	0,016		2,68	4,5	297
	02.04.77	53,6	7,54	1,09	0,61	0,029	0,22	0,37	10,7	173	1,24	0,007	0,005		2,46	3,2	314
	02.05.77	51,3	2,92	1,01	0,59	0,006		0,80	6,3	160	1,09	0,007	0,090	0,106	2,50	3,8	284
	12.06.77	43,7	5,11	0,99	0,59	0,013		0,36	9,0	150	0,58	0,007	0,012		1,88	7,1	240
	19.07.77	58,9	5,84	1,03	0,51	0,012		0,47	21,7	166	0,58	0,007	0,010		2,70	9,6	341
	19.09.77	64,0	4,76	1,15	0,43	0,006	0,36	0,47	31,8	184	0,75	0,000	0,016		2,74	7,2	344
	22.10.77	50,7	4,86	1,60	0,79			0,56	15,2	184	1,28	0,033	0,008	0,013	3,10	7,4	336
	19.11.77	58,5	4,38	0,82	0,56			0,47	11,8	182	1,24	0,016	0,007		2,50	3,0	331
	10.12.77	63,3	4,38	1,23	0,46			0,33	9,0	199	1,82	0,037	0,005		3,50	2,3	350
	08.01.78	60,0	4,22	1,09	0,41	0,013	0,28	0,55	18,5	186	1,64	0,007	0,007		2,64	1,0	356
	18.02.78	53,3	4,13	1,09	0,59			0,36	7,5	166	1,11	0,003	0,005	0,010	2,20	3,0	301
	13.03.78	55,7	1,95	1,03	0,46			0,22	5,0	176	1,15	0,000			3,25	1,8	295
	14.04.78	55,7	4,38	0,77	0,35			1,23	4,5	179	0,89	0,003			2,0	2,0	302
	15.05.78	52,9	2,68	1,02	0,63			0,43	7,0	171	1,11	0,003			3,40	4,5	208
	19.06.78	46,1	3,40	0,95	0,60			0,51	7,0	150	0,75	0,000			2,90	6,2	272
Lanches	27.10.76	59,7	10,0	1,30	0,48	0,014	0,37	0,36	9,7	222	1,06	0,000	0,000	0,004	4,26	5,5	392
	10.02.77	57,2	5,5	1,15	0,43	0,023		1,95	6,5	190	1,15	0,016	0,005		1,96	3,2	325
	06.03.77	60,9	5,6	1,24	0,43	0,019		2,14	4,8	209	1,02	0,007	0,000		4,10	3,0	348
	02.04.77	73,3	9,7	2,04	0,55	0,004	0,95	0,41	56,0	209	0,62	0,003	0,038	0,048	3,90	3,9	441
	02.05.77	61,3	6,3	1,63	0,43	0,122		0,82	4,9	210	0,93	0,000	0,011		4,00	3,1	356
	12.06.77	64,5	9,5	1,81	0,51	0,015		0,96	45,5	195	0,35	0,000	0,022		4,40	8,5	408
	19.07.77	59,3	7,3	1,17	0,59	0,022		0,60	20,4	194	0,38	0,013	0,016		3,15	11,2	382
	19.09.77	70,0	11,0	1,73	0,52	0,013	0,98	0,34	50,4	197	0,79	0,000	0,009	0,009	4,50	7,3	383
	22.10.77	73,0	12,9	2,15	1,17			0,22	62,0	211	0,93	0,023	0,004		4,60	8,4	466
	19.11.77	65,7	8,3	1,41	0,54			0,25	16,5	207	1,42	0,016	0,004		3,85	1,0	394
	10.12.77	67,3	9,0	1,84	0,53			0,18	29,5	203	1,28	0,020	0,007		5,00	1,3	419
	08.01.78	69,2	9,7	1,66	0,49	0,006	0,77	0,47	39,3	218	1,06	0,007	0,000	0,001	4,10	1,0	428
	18.02.78	69,7	7,1	1,73	0,49			1,57	32,5	205	1,20	0,003			3,40	2,5	410
	13.03.78	69,3	7,3	1,61	0,51			0,92	31,9	204	1,02	0,000			3,95	1,4	398
	14.04.78	76,2	10,9	2,35	0,64			2,57	56,0	222	1,11	0,007			3,05	2,3	459
	15.05.78	66,9	7,5	1,56	0,61			0,69	34,0	204	1,01	0,003			4,60	4,3	414
	19.06.78	65,3	7,1	1,30	0,53			1,09	36,0	201	0,97	0,000			4,20	6,8	415
Ugine-Trossy	07.03.77	75,6	7,1	1,98	1,13	0,010		3,82	14,8	246	3,23	0,032	0,007		4,48	5,5	428
	02.04.77	66,2	6,7	1,73	1,07	0,028	0,58	0,85	33,9	197	0,89	0,003	0,013	0,021	3,14	4,3	393
	02.05.77	62,1	4,4	1,54	0,94	0,084		1,48	15,7	199	1,15	0,007	0,004		3,35	4,1	364
	12.06.77	53,7	4,6	1,40	0,86	0,017		0,74	21,0	185	0,35	0,003	0,008		3,30	8,0	322
	19.07.77	68,5	10,0	1,86	1,13	0,026		1,05	39,3	222	0,60	0,131	0,005		3,90	10,8	419
	19.09.77	81,9	8,9	1,85	0,65	0,022	0,88	0,61	69,4	212	1,11	0,001	0,014	0,021	4,28	6,9	445
	22.10.77	88,2	10,0	3,15	1,26	0,006		0,46	84,0	217	2,04	0,020	0,008		4,70	8,6	507
	31.10.77	75,8	7,8	2,90	1,00	0,014		0,33	42,5	216	1,86	0,115	0,013		3,60	6,8	432
	19.11.77	71,7	8,0	1,61	0,77			0,62	28,0	211	2,04	0,191	0,006		3,75	3,0	416
	12.12.77	78,6	8,3	2,22	0,81			1,36	37,0	221	1,77	0,072	0,008		4,05	3,2	462
	08.01.78	77,0	8,1	2,10	0,77	0,144	0,75	1,51	53,6	218	1,77	0,016	0,021	0,039	3,96	1,4	452
	18.02.78	65,7	4,6	1,84	0,78			3,02	20,8	200	1,77	0,036			3,25	3,0	378
	13.03.78	62,5	6,1	1,66	0,82			1,39	16,9	190	1,51	0,003			2,60	2,4	358
	14.04.78	68,5	8,8	1,87	0,67			3,15	28,0	220	0,84	0,039			3,05	2,9	399
	15.05.78	64,9	7,3	1,86	0,70			0,91	20,0	198	0,89	0,033			4,0	5,0	346
	19.06.78	55,7	4,9	1,46	0,78			1,19	17,0	182	0,66	0,020			3,55	8,0	351
Ugine-Grange-Blanche	05.07.76	95,6	9,7	3,31	1,78	0,023	0,63	3,04	52,3	267	2,61	0,039	0,052	0,069	5,26	14,5	505
	10.02.77	62,8	7,4	2,40	1,33	0,019		0,57	9,4	222	2,52	0,056	0,020		2,93	4,0	305
	07.03.77	75,6	6,8	2,83	1,52	0,009		2,96	12,8	245	2,39	0,076	0,007		3,43	7,5	428
	02.04.77	77,8	7,6	3,91	2,08	0,063	0,47	4,35	25,4	250	1,33	0,033	0,034	0,046	3,94	5,8	453
	02.05.77	71,3	4,1	3,70	1,99	0,090		2,65	10,6	234	3,59	0,066	0,006		4,05	4,6	416
	12.06.77	65,7	6,6	3,30	1,76	0,017		1,52	15,8	217	1,37	0,032	0,035		4,13	9,6	392
	19.07.77	81,8	12,4	3,84	2,15	0,023		2,46	21,8	260	1,17	0,024	0,061		4,80	13,0	485
	19.09.77	90,7	9,7	2,50	1,37	0,030	0,60	1,91	37,4	279	2,39	0,023	0,020	0,028	4,92	7,9	472
	22.10.77	93,4	9,0	3,71	2,01			0,70	32,8	281	2,70	0,056	0,011		5,10	10,0	536
	31.10.77	87,8	8,5	3,20	1,89			1,04	23,0	273	3,28	0,197	0,020		4,75	8,2	499
	19.11.77	85,4	6,8	5,35	3,20			6,82	17,0	270	2,48	0,259	0,007		5,00	4,3	490
	10.12.77	91,8	8,0	4,00	2,00			4,63	17,0	287	3,50	0,108	0,016		5,30	4,0	519
	08.01.78	90,7	8,6	3,08	1,61	0,148	0,52	4,19	30,6	283	2,92	0,039	0,027	0,051	4,30	1,5	516
	18.02.78	73,7	7,3	3,78	2,03			5,03	15,8	233	3,54	0,066			3,75	3,4	419
	13.03.78	71,7	5,8	3,72	1,99			3,35	13,8	227	3,43	0,007			3,15	3,0	410
	14.04.78	80,6	7,1	2,66	5,4			5,72	17,2	259	1,51	0,032			3,55	3,7	463
	15.05.78	79,4	6,1	3,81	1,90			2,46	13,0	242	1,33	0,025			5,00	6,0	419
	19.06.78	64,5	5,6	2,51	1,50			2,24	14,0	216	1,11	0,023			4,05	9,0	401

Ruisseau	Date	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Sr ⁺⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻⁻ (mg/L)	P total (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	T (°C)	χ 25°C (μmho)
Les Combes	05.07.76	53,7	6,6	0,70	0,41	0,015	0,23	0,53	11,5	172	1,68	0,003	0,015	0,019	0,9	6,3	429
	19.07.77	41,3	7,3	0,60	0,36	0,022		0,80	6,1	178	0,93	0,000			0,85	5,6	321
	11.09.77	55,3	6,1	0,47	0,84	0,023		0,74	9,9	197	1,73	0,000			2,05	5,5	331
	22.10.77	45,7	12,7	0,43	0,46			0,33	10,8	181	0,97				2,10	5,8	336
Haute-Ugine amont de la Fétuière	05.07.76	59,3	3,2	0,91	0,73	0,028	0,16	0,25	5,3	186	2,12	0,000	0,020	0,037	1,74	13,8	308
	19.07.77	49,7	3,7	0,77	0,65	0,038		0,65	3,3	162	0,80	0,000			2,70	10,2	282
	11.09.77	58,1	2,4	0,86	0,72	0,054		0,80	4,9	197	0,44	0,000			2,50	7,5	321
	22.10.77	56,5	3,4	0,85	0,87			0,15	3,0	184	1,17				2,50	7,8	309
Les Côtes	27.10.76	53,3	3,1	1,19	0,47	0,009	0,21	0,44	4,8	175	1,24	0,000	0,001	0,003	3,92	6	320
	02.05.77	60,1	2,0	1,24	0,51	0,013		0,41	3,6	188	0,89	0,000			4,15	3,2	320
	11.09.77	54,1	3,4	1,09	0,41	0,008		0,68	3,6	172	0,53				3,60	7,1	290
	22.10.77	53,3	4,4	1,29	0,54			0,04	5,5	177	1,24				3,60	9,0	305
La Bonne Eau	11.09.77	60,1	2,9	1,04	0,80	0,080		0,54	5,0	193	0,53				3,40	6,3	330
	22.10.77	60,9	2,2	1,11	1,01			0,48	5,9	190	1,55				3,30	8,2	327
Neuva	05.07.76	56,2	6,7	2,14	0,55	0,021	0,28	0,18	8,3	193	0,40	0,003	0,004	0,008	3,50	14,0	324
	27.10.76	57,8	5,5	2,18	0,78	0,023	0,31	0,30	6,5	196	0,71	0,000	0,000	0,000	3,30	5,0	357
	11.09.77	56,5	5,2	1,84	0,62	0,019		1,02	7,8	194	0,18				3,50	6,2	324
	22.10.77	50,1	9,5	2,34	0,70			0,11	7	186	0,80				3,50	7,8	322
La Frête	19.09.77	58,6	10,5	2,18	0,41	0,005	0,57	0,21	8,6	226	0,13	0,000	0,005	0,029	6,00	7,5	354
	22.10.77	49,3	10,5	2,59	0,65			0,17	7,9	196	0,44				6,10	10,8	333
Nant Bévin	05.07.76	69,2	13,3	2,91	0,84	0,019	0,98	0,65	44,9	222	0,97	0,000	0,004	0,011	4,50	10,0	439
	28.10.76	54,0	8,0	1,75	0,38	0,015	0,38	0,48	14,1	189	0,89	0,000	0,000	0,008	3,50	6,3	354
	06.03.77	58,5	12,2	2,13	0,27	0,015		2,03	15,3	214	1,46	0,009			4,5	4,5	367
	02.04.77	50,1	10,3	2,54	0,92	0,135	0,71	0,55	31,5	202	1,42	0,009	0,044	0,056	3,62	4,1	388
	02.05.77	60,9	9,0	2,23	0,78	0,051		0,94	16,7	211	0,89	0,007			4,1	4,1	386
	12.06.77	59,7	11,7	2,37	0,86	0,017		5,92	39,5	206	0,66	0,009			8,0	8,0	403
	19.07.77	56,9	13,6	2,28	0,86	0,017		0,78	29,4	190	0,82	0,010			9,2	9,2	403
	19.09.77	65,5	12,6	2,54	0,87	0,010	0,84	0,48	49,9	209	1,02	0,000	0,009	0,012	4,08	7,3	420
	19.11.77	62,5	10,5	2,33	0,63			0,43	20,5	215	0,71				2,5	2,5	405
	10.12.77	63,7	10,0	2,27	0,61			0,27	19,0	209	1,28				3,2	3,2	402
	08.01.78	63,7	11,6	2,34	0,59	0,010	0,80	0,63	33,3	220	1,33	0,007	0,000	0,000	4,00	3,2	429
Baron	19.09.77	68,9	3,6	1,40	0,48	0,008	0,27	0,41	6,9	223	0,88	0,000	0,000	0,010	3,86	7,1	354
	22.10.77	71,3	3,7	1,81	0,76			0,15	6,2	223	0,44				4,05	9	398
	19.11.77	76,6	2,2	1,02	0,51			0,52	9,4	231	0,97				4,05	1,9	401
	10.12.77	73,4	4,1	1,21	0,45			0,11	5,0	236	0,97				4,10	2,4	403
	08.01.78	74,6	3,7	1,30	0,48	0,009	0,28	0,56	7,7	239	1,06	0,007	0,011	0,011	3,20	1,3	403
	18.02.78	65,3	2,0	1,29	0,48			0,83	5,8	205	0,97				2,95	2,0	403
	13.03.78	63,7	0,5	1,29	0,48			1,07	10,8	195	3,76	0,003			2,50	1,6	345
	14.04.78	65,7	5,4	0,89	0,64			1,56	3,0	221	0,44	0,008			2,55	2,0	362
	15.05.78	66,1	2,0	1,30	0,47			0,72	1,5	201	0,75	0,003			2,70	4,5	346
	19.06.78	63,7	4,1	1,20	0,48			1,27	11,0	214	0,80	0,000			4,45	7,0	376
Locum	02.04.77	53,6	7,0	1,71	1,08	0,006	0,48	0,57	16,3	186	1,24	0,003	0,003	0,010	3,60	7,3	344
	08.05.77	58,9	6,6	1,82	1,17	0,039		1,95	12,7	198	1,73	0,003			6,1	6,1	373
	22.10.77	52,9	10,5	2,69	0,66			0,30	13,5	193	1,68				10,1	10,1	344
Les Trois-Loups	02.04.77	56,0	2,9	0,78	0,31	0,006	0,21	0,34	8,3	179	1,86	0,003	0,009	0,016	2,92	7	323
	08.05.77	56,5	2,9	0,78	0,35	0,052		2,10	11,9	180	1,51	0,009			6,2	6,2	309
	22.10.77	54,5	8,5	2,47	0,73			0,30	14,0	185	1,46				9,6	9,6	334
L'Aritte	02.04.77	57,3	1,90	0,89	1,79	0,005	0,17	0,37	5,1	181	1,20	0,000	0,008	0,016	2,82	7,3	320
	08.05.77	54,9	1,7	0,85	1,72	0,006		1,11	1,0	176	0,75				7,0	7,0	291
	10.09.77	67,3	2,9	1,98	1,61	0,010		0,44	6,0	214	0,44				2,0	2,0	358
La Morge	02.04.77	56,5	3,9	0,69	0,52	0,005	0,39	0,25	23,5	167	1,42	0,000	0,007	0,017	2,6	6,1	327
	08.05.77	51,7	3,2	0,62	0,47	0,004		1,13	16,6	153	1,06				5,1	5,1	301
	10.09.77	62,1	6,3	0,65	0,36	0,004		0,85	47	155	0,62	0,026	0,005		5,4	5,4	363
	22.10.77	65,3	8,8	0,82	0,40			0,11	63	155	1,51				5,8	5,8	398

2 3

Malpasset

	Date	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Sr ⁺⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻⁻ (mg/L)	P total (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	T (°C)	x 25°C (μmho)
Sur les Scies	25.10.76	58,9	3,75	1,02	0,62	0,018	0,52	0,68	48,8	141	2,35	0,000	0,000	0,003	2,60	6,0	364
	10.02.77	50,8	1,92	0,85	0,55			0,98	11,4	149	1,64					5,3	269
	06.03.77	54,5	2,19	1,08	0,66			2,22	21,0	151	1,59					6,5	290
	02.04.77	55,0	3,11	0,70	0,26	0,008	0,41	0,46	36,1	145	2,21	0,000	0,011	0,017	2,60	5,8	330
	02.05.77	46,1	5,11	0,57	0,27			0,82	7,0	150	2,79					5,6	276
	12.06.77	43,7	2,43	0,48	0,23			0,48	17,5	137	1,24					7,0	265
	19.07.77	60,5	5,11	1,10	0,66			0,71	45,5	153	1,46					7,0	360
	19.09.77	64,9	4,60	0,83	0,26	0,004	0,67	0,46	65,7	143	1,64	0,000	0,011	0,014	2,66	7,0	358
	22.10.77	56,5	4,86	0,69	0,26			1,78	34,0	145	1,95					6,5	336
	19.11.77	53,7	4,62	0,86	0,23			0,58	26,1	138	2,26					5,9	307
Bois de la Corne	10.12.77	57,7	3,40	0,90	0,23			0,78	25,2	146	1,73					5,4	338
	08.01.78	57,5	3,92	1,42	0,27	0,004	0,44	0,53	37,9	151	2,57	0,001	0,001	0,018	2,74	5,3	355
	10.02.77	42,8	1,92	0,51	0,35			0,70	6,6	137	0,97					4,7	237
	06.03.77	43,7	2,68	0,55	0,35			3,59	5,0	140	1,86					5,5	250
	02.04.77	45,1	2,50	0,53	0,34	0,008	0,20	0,43	8,3	142	1,59	0,000	0,021	0,049	2,86	4,8	275
	02.05.77	45,7	1,46	0,51	0,31			1,27	4,9	142	1,33					4,3	254
	19.09.77	46,4	3,22	0,73	0,25	0,009	0,20	0,40	9,7	147	1,15	0,000	0,049	0,080	2,96	6,5	272
Le Lain	09.02.77	82,0	9,4	1,03	0,27			0,41	6,3	293	0,53					6,7	426
	05.03.77	83,4	10,7	1,17	0,39			0,74	1,4	304	0,71					7,5	478
	02.04.77	84,6	10,6	1,10	0,36	0,005	0,19	0,33	5,6	309	1,24	0,000	0,014	0,008	4,96	7,0	488
	02.05.77	79,4	10,7	1,15	0,35			0,64	10,6	290	0,71					6,5	470
	12.06.77	80,6	10,9	1,22	0,39			0,48	5,6	299	0,62					7,0	473
	17.07.77	82,2	10,9	1,99	0,27			0,54	3,2	300	0,53					6,8	477
	10.09.77	83,4	10,7	1,00	0,40			0,78	5,4	303	0,10					7,1	478
	22.10.77	77,8	15,6	1,13	0,52			1,02	3,9	301	1,20					6,8	486
	20.11.77	82,2	10,9	1,07	0,38			1,27	4,8	295	1,37					6,6	474
	11.12.77	82,6	10,9	1,10	0,37			1,05	3,0	299	1,11					6,6	490
Le Fayet	08.01.78	83,1	10,5	1,26	0,52	0,023	0,18	0,60	6,0	304	0,97	0,007	0,014	0,016	4,68	6,5	503
	09.02.77	68,8	8,2	0,64	0,27			1,31	5,1	242	0,62					6,7	405
	05.03.77	70,9	8,3	0,99	0,43			1,64	2,5	256	0,89					7,5	426
	02.04.77	74,0	8,2	0,89	0,38	0,006	0,18	0,39	6,4	262	1,28	0,007	0,014	0,012	4,12	6,2	427
	02.05.77	69,7	8,3	0,90	0,39			0,70	4,4	242	0,58					6,5	396
	17.07.77	71,7	9,7	0,94	0,39			0,52	2,9	248	0,53					7,0	420
	10.09.77	76,2	9,5	0,82	0,36			0,35	5,9	276	0,22					7,1	440
	22.10.77	77,8	8,8	1,97	0,53			1,26	3,8	264	1,77					7,0	451
	20.11.77	77,4	10,0	0,83	0,42			1,32	5,2	268	1,24					6,3	452
	11.12.77	77,4	8,8	0,92	0,36			0,38	3,0	266	1,28					6,8	453
Le Fayet (nappe)	08.01.78	76,3	8,3	0,93	0,37	0,024	0,16	0,81	5,7	271	1,15	0,000	0,000	0,016	4,10	6,2	463
	22.10.77	77,8	8,8	2,02	0,38	0,039		1,41	3,0	264	1,55					7,0	419
	08.01.78	76,5	8,0	0,80	0,34	0,021	0,15	0,56	4,9	273	1,20	0,003	0,001	0,001	3,98	6,5	458
Thollon supérieure	09.02.77	61,2	1,92	0,32	0,12			0,62	3,6	194	0,31					4,2	336
	05.03.77	61,7	3,16	0,37	0,13			1,40	0,5	201	1,33					4,3	332
	02.04.77	63,2	3,68	0,34	0,12	0,005	0,08	0,33	4,6	207	1,15	0,000	0,015	0,012	2,64	4,3	354
	02.05.77	58,6	4,62	0,48	0,16			0,62	1,5	196	0,62					5,2	336
	10.09.77	89,0	4,62	0,40	0,07			0,59	2,8	288	0,27					10,9	466
Thollon moyenne	02.04.77	83,3	5,59	0,79	0,70	0,063	0,15	0,69	4,8	279	1,42	0,000	0,029	0,042	3,58	6,2	452
	02.05.77	79,8	6,08	0,83	0,74	0,026		1,85	0,5	268	3,14					6,0	451
	20.11.77	99,0	6,08	0,72	1,26			0,72	1,5	329	1,15					6	523
	11.12.77	98,6	7,54	1,22	1,72			2,69	1	322	4,96					5,8	539
	08.01.78	94,6	6,32	0,90	1,03	0,031	0,15	1,36	3,9	322	1,15	0,023	0,033	0,037	3,84	4,8	512
Thollon inférieure	09.02.77	89,6	5,52	1,31	1,72			6,44	6,02	297	4,34					6,7	506
	05.03.77	83,4	7,30	1,26	1,64			3,12	3,60	286	1,90					7	473
	02.04.77	82,1	6,34	1,08	1,37	0,006	0,13	1,54	5,7	282	1,95	0,000	0,013	0,023	3,44	6	457
	02.05.77	84,2	7,54	1,38	1,76			3,62	2,5	283	3,59					5,9	477
	20.11.77	109,4	8,27	1,87	2,80			2,33	5,4	369	2,66					8,0	593
	11.12.77	111,4	7,30	2,31	4,70			4,42	2,5	359	1,77					8,2	607
	08.01.78	107,7	7,90	1,43	2,48	0,010	0,16	3,43	5,0	360	3,59	0,000	0,020	0,033	4,10	7,7	586
Pont Rouge	06.03.77	84,6	11,7	2,64	1,09			4,77	7,7	311	3,67					8,9	496
	02.04.77	87,0	12,3	2,74	1,18	0,008	0,23	2,34	11,7	308	3,94	0,000	0,010	0,018	5,42	8,6	509
	08.05.77	81,0	11,43	2,44	1,06			3,22	5,8	295	2,35					9,1	472
	12.06.77	79,4	12,9	2,51	1,06			2,52	9,4	305	2,88					8,7	479
	19.07.77	76,6	16,3	2,46	1,13			2,39	7,1	290	2,66					9,7	500
	19.09.77	81,9	11,8	2,52	1,12	0,006	0,22	2,34	10,7	295	3,76	0,000	0,012	0,034	5,42	9,2	490
	22.10.77	81,8	13,1	3,75	1,14			1,00	7,5	293	3,14					9,4	498
	20.11.77	79,8	12,6	3,56	1,11			2,10	8,0	295	2,30					9,1	496
	11.12.77	83,4	11,4	2,66	1,20			2,10	8,0	293	3,54					9,3	512
	08.01.78	85,3	11,9	2,66	1,20	0,015	0,21	3,23	10,9	304	4,38	0,000	0,000	0,007	5,28	9,2	515
Carrière Bochet	19.11.77	91,4	9,48	1,56	0,26			1,56	2,9	309	2,74					4,4	512
	10.12.77	51,1	4,13	0,88	0,13			0,85	1,2	176	2,43					2,9	327
Rosées 2	02.04.77	88,8	17,5	3,29	1,11	0,013	0,52	2,10	10,3	351	2,21	0,003	0,003	0,014	7,40	8,4	559
	02.05.77	85,8	17,5	3,22	1,06			1,85	3,6	345	1,15					2,9	566

	Date	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Sr ⁺⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	P total (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	T (°C)	X 25°C (μmho)
La Rase	21.10.76	44,5	9,4	1,02	0,86	0,026	0,57	0,84	39,5	136	3,45	0,000	0,000	0,003	3,28	6	339
	09.02.77	47,7	4,9	1,26	1,09			0,70	21,6	133	1,77					2,8	293
	06.03.77	42,1	8,8	1,79	1,52			3,66	26,0	135	3,54					3,5	294
	02.04.77	41,8	8,7	0,81	0,73	0,004	0,52	0,44	34,9	132	2,66	0,000	0,005	0,017	3,26	3,1	313
	02.05.77	44,5	7,1	0,92	0,82			1,09	26,0	131	2,17					3,4	292
	19.07.77	42,5	10,0	0,85	0,70			1,25	23,5	129	0,71					7,9	309
	19.09.77	43,2	9,5	0,87	0,71	0,005	0,54	0,46	39,2	134	1,99	0,000	0,003	0,014	3,36	6,9	310
	22.10.77	52,5	12,2	1,48	1,07			0,48	44,0	155	3,04					7,4	381
	19.11.77	42,9	9,2	0,74	0,82			0,54	23,0	137	3,28					4,4	295
	10.12.77	43,3	9,7	0,85	0,77			2,75	27,4	129	2,52					3,2	308
	08.01.78	40,8	8,5	0,86	0,78	0,012	0,52	0,59	32,7	134	2,57	0,007	0,007	0,008	3,16	3,0	312
N° 26	02.05.77	93,4	6,1	4,4	2,74			0,84	1,0	309	0,66	0,009				7,2	515
	19.11.77	107,8	7,8	5,9	0,80			10,17	6,0	348	0,49					4,3	586
	10.12.77	107,4	6,8	11,2	1,70			18,21	4,9	344	1,81					3,5	609
	08.01.78	107,1	6,9	3,6	0,38	0,006	0,21	4,74	7,0	354	0,62	0,016	0,000	0,003	4,10	1	587
N° 27	02.05.77	70,5	10,5	2,05	1,02			0,94	2,5	246	3,14					6,9	422
	19.07.77	64,9	8,8	2,83	2,48			2,21	0,5	236	0,22					13	387
	19.09.77	81,9	7,9	1,84	0,86	0,015	0,20	2,12	3,9	285	1,15	0,000	0,016	0,026	4,98	11	421
	19.11.77	92,6	9,0	2,56	2,00			3,26	5,5	312	1,73					5,3	511
	10.12.77	97,0	6,3	2,66	2,48			2,43	2,7	310	2,83					4,3	539
	08.01.78	99,2	8,9	1,86	0,88	0,005	0,20	2,29	7,1	338	4,21	0,007	0,008	0,014	3,96	1	557
N° 28	12.06.77	99,0	8,5	2,32	1,82			1,22	7,1	342	0,93					10,0	529
	19.07.77	103,0	11,2	2,15	1,94			1,45	7,2	354	0,93					12,0	574
	19.09.77	109,9	8,9	1,38	0,21	0,009	0,22	1,40	4,9	373	1,42	0,000	0,012	0,021	5,40	12,6	534
	22.10.77	109,4	8,3	1,89	0,21			2,33	3,9	366	2,21					10,3	579
	19.11.77	103,8	8,8	1,41	0,33			1,81	5	354	2,35					8,4	562
	10.12.77	100,6	10,2	2,74	0,31			1,57	1,5	348	3,01					8,4	571
	08.01.78	100,9	8,3	1,25	0,31	0,008	0,18	2,18	6,0	337	3,72	0,007	0,000	0,004	4,24	6,3	607
N° 29	19.07.77	65,5	12,4	1,94	2,64			0,67	5,3	243	0,13					11	416
	19.09.77	69,1	10,3	1,91	0,51	0,005	0,64	0,33	7,4	255	0,31	0,003	0,002	0,005	5,32	8,3	398
	22.10.77	48,5	14,4	2,19	0,75			1,67	4,5	195	0,62					12	363
	19.11.77	72,5	9,0	1,69	0,57			1,68	5,2	249	0,97					5,1	432
	10.12.77	71,3	9,0	1,71	0,46			0,72	4,1	246	0,84					4,3	419
	08.01.78	76,3	9,9	1,79	1,01	0,010	0,62	0,73	7,8	277	0,80	0,007	0,000	0,002	4,72	3,0	453
N° 30	17.07.77	64,9	10,8	0,68	0,23			0,92	2,9	233	1,06					7	401
	10.09.77	66,1	9,2	0,40	0,26			1,07	3,8	237	0,80					7	399
	20.11.77	84,6	9,0	0,50	0,26			0,58	1,0	292	1,33					6	472
	11.12.77	93,0	7,3	0,51	0,25			0,22	1,0	284	1,20					6,2	468
	08.01.78	83,6	7,4	0,58	0,26	0,013	0,13	0,78	3,9	290	1,77	0,003	0,000	0,006	3,80	6,0	481
Novel	09.02.77	52,8	3,1	0,85	3,48			0,62	4,1	167	0,66					7,5	300
	02.04.77	56,9	3,0	0,91	3,70	0,006	0,18	0,24	5,0	185	1,24	0,000	0,008	0,015	2,80	7,1	320
	08.05.77	54,6	1,7	0,76	3,09			1,60	2,5	173	0,97					7,1	274
	17.07.77	60,5	4,9	1,56	0,46			0,54	2,5	194	0,55					8	341
	10.09.77	65,7	3,7	0,92	0,42			0,68	5,2	214	0,40					7,6	358
	22.10.77	65,3	2,9	3,70	0,47			0,33	4,8	205	1,24					7,6	355

VU

Grenoble, le

Le Président de la thèse

Vu, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale