Etude hydrogéologique du massif du Dévoluy, Hautes-Alpes - Alpes françaises

Victor Luparini

▶ **To cite this version:**

Victor Luparini. Etude hydrogéologique du massif du Dévoluy, Hautes-Alpes - Alpes françaises. Hydrologie. Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1975. Français. NNT : . tel-00603954

HAL Id: tel-00603954

https://theses.hal.science/tel-00603954

Submitted on 27 Jun 2011

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.

DOCTORAT DE 3eme CYCLE
— N° d'ordre —

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

THESE

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR DU 3eme CYCLE

INSTI... GRENOBLE
8 JUIN 1976

SPECIALITE : Sciences de la terre.

Mention : Géologie Appliquée.

par

victor luparini

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU MASSIF DU DEVOLUY

--HAUTES-ALPES--

— SOUTENUE LE JANVIER 75 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN —

PRESIDENT : *R. BARBIER* — Professeur.

EXAMINATEURS : *R. MICHEL*. Professeur *et J. SARROT-REYNAUD*. Directeur de Thèse.

INVITE : *F. PELISSIER*. Ingénieur en Chef du G.R.E.F.

10112195

SOMMAIRE

Pages

CHAPITRE I

A) INTRODUCTION 1
- Origine de l'étude
- Situation géographique
- Situation géologique

B) GEOLOGIE DU MASSIF DU DEVOLUY 5

I. - Stratigraphie 5
Le Jurassique
Le Lias
Le Dogger
Le Callovo-Oxfordien
Le Lusitanien
Le Kimméridgien
Le Portlandien (Tithonique)

Le Crétacé 8
- Le Crétacé inférieur
. Le Berriasien
. Le Valanginien
. L'Hauterivien et le Barrémien inférieur
. Le Barrémien supérieur et l'Albien inférieur
. L'Aptien supérieur et l'Albien inférieur
. L'Albien supérieur

- Le Crétacé supérieur 12
. Le Cénomanien, le Turonien, le Sénonien inférieur
. Le Sénonien

Le Nummulitique 13
- Le Nummulite marin
. Les formations détritiques de base
. Les calcaires nummulitiques
. Les calcschistes
. Les marnes noires

- La série tertiaire détritique
. Les microbrèches ou conglomérats
. Le Flysch
. Les grès verts (grès de St-Disdier)
. La molasse rouge

Le Quaternaire 19
. Les dépôts glaciaires
. Les dépôts fluvioglaciaires
. Les éboulis et les brèches de pente

II. - Tectonique 19

1 - Les phases tectoniques en Dévoluy 19
Le socle hercynien
* la phase tectonique antésénonienne ou phase turonienne
* les phases tectoniques tertiaires

2 - Description des éléments structuraux du massif 20

Sommaire (suite)

Pages

a) le synclinal St-Disdier - col du Festre 20
- le réseau de failles des Gillardes
- le horst chevauchant du Mt-Gicon
- le chevauchement du Flysch supérieur
- le pli-faille de Malmort
- fracturation des flancs du synclinal

b) l'anticlinorium du massif d'Aurouze 24

c) le synclinal de Saint-Etienne-en-Dévoluy 24

CHAPITRE II

A. - BASSIN VERSANT DU DEVOLUY - DESCRIPTION 29

- Limites
- Paramètres topographiques
- Le réseau hydrographique

B. - LE BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU DEVOLUY 31

I. - Introduction 31
- but et limites du calcul
- appareillage de mesure

II. - Les précipitations 32
a) hauteur de précipitation
b) hauteur moyenne de précipitation
c) remarques sur les mesures nivales

III. - Les températures 35

IV. - L'évapotranspiration 35
. méthode de Coutagne
. méthode de Turc
. méthode de Thornthwaite
. discussion des résultats

V. Lame d'eau écoulée 36

VI. - Approche du bilan 37

VII. - Discussion du bilan 37

C. - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX 39

I. - Débits 39
a) les sources : mesures : débit de crue ; débit d'étiage ; débit moyen, variabilité...
b) les rivières : mesures ; débits d'étiage, moyen, spécifique, ruissellement

II. - Températures 41
a) analyses des résultats
b) différents facteurs influant sur la température

III. - Résistivité électrique 43
- méthode
- résultat

IV. - Le pH 44

Pages

Sommaire (suite)

V. - La composition chimique 46
a) les éléments retenus
b) représentation graphique des résultats
c) analyse des résultats
d) analyse isotopique, teneur en tritium des eaux 47

CHAPITRE III

ETUDE DES DIFFERENTS AQUIFERES

I. - Le Sénonien transgressif 53

A) Localisation 53

B) Position structurale 53
1 - Le substratum 53
a) les éléments du substratum ; influence sur l'aquifère
- les marno-calcaires du Kimméridgien
- les calcaires tithoniques
- les marno-calcaires du Berriasien
- les marno-calcaires et les marnes du Valanginien, Hauterivien et Barrémien inférieur
- les calcaires du Barrémien supérieur et de l'Aptien inférieur
- les marnes noires de l'Aptien supérieur et de l'Albien inférieur
- les grès glauconieux de l'Albien
- les calcaires du Cénomanien, Turonien et Sénonien inférieur

b) conclusion

2 - L'aquifère sénonien 54
a) Epaisseur et variations
b) Structure d'ensemble
c) La tectonique
d) Surface d'affleurement
e) L'état de surface des calcaires

C) Les circulations 56
a) Alimentation
b) Ruissellement, infiltration
c) Pénétration de l'eau depuis la surface
* la fissuration
* étude de la fissuration
* la stratification
* le lapiaz
* les dolines
* les dépressions fermées
* les ouvertures du karst
* répertoire des chourums 62
d) Acheminement de l'eau vers la nappe : le karst sénonien 65
1) Rôle des fractures
2) Le karst
. localisation
. formes et profondeur du karst
. naissance et développement du karst
. karst et connaissance des circulations
. karst et réserves souterraines
e) La nappe 70

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

Sommaire (suite)

Pages

f) les Gillardes 73
1 - Géologie : conditions d'émergence 73
2 - Les caractères physico-chimiques 73
2.1 - le débit
2.2 - caractéristiques hydrodynamiques
2.3 - la température
2.4 - la résistivité
2.5 - la composition chimique : pH, chimie, teneur en tritium
2.6 - coloration du karst sénonien 81
a) chourum de la Parza
b) chourum Martin
c) chourum des Aiguilles
g) conclusion 89

II. - Le Sénonien chevauchant 90

A) Situation géographique

B) Position structurale

C) Style de circulation

D) Ecoulement

E) Caractères physiques 94
1 - Le débit
2 - La température
3 - La résistivité

F) La composition chimique 97
1 - Le pH
2 - La chimie

G) Conclusion

III. - Les éboulis de Sénonien 97

A) Les sources étudiées 99

B) Les caractères physico-chimiques 99
1 - Le débit
2 - La température
3 - La résistivité
4 - La composition chimique

C) Etude des sources du Mouche Chot 103

IV. - Les dépôts glaciaires 106

A) Présentation des sources étudiées 106
1 - La source des Cypières
2 - La source des Combes
3 - La source du Bois Rond
4 - La source du Villard
5 - La source de l'Enclus
6 - La source de Truziaud

B) Les caractères physico-chimiques 109
1 - Les débits
2 - Les températures
3 - Les résistivités

Pages

Sommaire (suite)

4 - la chimie
- pH
- chimie

V. - Sources des grès verts 115
A) Présentation des sources étudiées 115
1 - La source du Lavore
2 - La source du torrent des Pertusets
3 - La source des Coutières

B) Caractères physico-chimiques 116
1 - Les débits
2 - Les températures
3 - Les résistivités
4 - La chimie

VI. - Sources de la molasse rouge 118
A) Caractères physiques
1 - Les débits
2 - Les températures
3 - Les résistivités

B) Caractères chimiques
- pH
- Chimie

VII. - Conclusion sur les différents aquifères

VIII. - Récapitulatif des grands traits à retenir sur le bassin versant du Dévoluy 121

CHAPITRE IV

- ETUDE DE LA POLLUTION (commune de St-Etienne-en-Dévoluy) 123

I. - Renseignements généraux

II. - ETUDES EN CONTINU DES EFFLUENTS

III. - INFLUENCE SUR LE MILIEU RECEPTEUR : LA SOULOISE 124

IV. - ETUDE HYDROBIOLOGIQUE 126

V. - CONCLUSION 126

- BILANS COMMUNAUX 127
- Commune de St-Etienne-en-Dévoluy
- Commune d'Agnières-en-Dévoluy
- Commune de St-Disdier-en-Dévoluy
- Possibilités pour accroître les ressources
- Répertoire des sources suivies sur chaque commune 129

- CONCLUSION GENERALE 131

- BIBLIOGRAPHIE 133

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	Pages	
1	2	Le Dévoluy, situation géographique
2	3	Le Dévoluy, schéma structural
3	6-7	Variation d'épaisseur du Jurassique en Dévoluy
4	10-11	Variation du Crétacé inférieur en Dévoluy
5	14-15	Variation du Crétacé supérieur en Dévoluy
6	16-17	Variation des faciès tertiaires en Dévoluy
7	21	Schéma structural
8	22	Le chevauchement du Flysch d'après L. GLANGEAUD et d'ALBISSIN
9	23	"Horst" du St-Gicon et chevauchement du Flysch
10	26	Légende de la carte géologique
11	27	Carte géologique du massif du Dévoluy
12	30	Répartition altimétrique des surfaces
12 b	38 b	Courbe des débits majeurs à l'Infernet en fonction de la hauteur moyenne de précipitation sur le bassin versant du Dévoluy
13	40	Débit moyen journalier de la Souloise à l'Infernet Précipitations journalières aux Cypières
14	42	Température des sources en fonction de l'altitude
15	45	Variation de la résistivité en fonction de la minéralisation pour le bassin versant du Dévoluy
16	49	Corrélation entre les injections de H-5 thermonucléaire et les retombées de H-3 dans les précipitations en Europe
17	51	Les teneurs en tritium
17 b	66-67	Tectonique et forme karstique
18	71	Schéma hypothétique (puits des Bans)
19	74	Les Gillardes - Situation géologique
20	79	Les Gillardes - Débits moyens journaliers pour 1973
21	78	La Grande-Gillarde - Débit, température, résistivité
22	76	Courbe de tarissement des Gillardes
23	80	Analyse chimique des eaux - Grandes et Petites Gillardes
24	82	Chourum de la Parza
25	84	Chourum Dupont-Martin
26	85	Chourum des Aiguilles
27	86	Diverses colorations faites en Dévoluy
28	88	Variation de la concentration en rhodamine pendant le temps de passage
29	91	Coupe E-W de la crête de Porel
30	93	Géologie de chevauchement du col de Rabou
31	95	Les sources du Sénonien chevauchant (température, résistivité, débit)
32	96	Analyse chimique des eaux (sources du Sénonien chevauchant)
33	98	Sources d'éboulis de Sénonien (géologie)
34	100	Sources d'éboulis de Sénonien (température, résistivité, débit)
35	102	Sources d'éboulis de Sénonien (analyse chimique des eaux)
36	107	Conditions d'émergence ; sources de moraines
37	110	Sources de moraines (température, débit, résistivité)
38	111	Sources de moraines (température, débit, résistivité)
39	114	Sources de moraines ; analyse chimique des eaux
40	117	Sources des grès verts - analyse chimique des eaux
41	120	Sources de la molasse - analyse chimique des eaux
42	104	Sources de Mouche Chot
43	132	Bassin versant du Dévoluy - Sources et points de mesures
44	125	Bassin versant de la Souloise ; points de mesures pour l'analyse de pollution

INTRODUCTION

ORIGINE DE L'ETUDE

Séparé du reste des Hautes-Alpes par des cols d'accès peu facile (Festre, Noyer), le massif du Dévoluy avait une économie réduite à la transhumance ; ceci depuis fort longtemps.

Victor HUGO faisant passer Jean VALJEAN par cette région la décrivait déjà ainsi.

Or depuis quelques années, le Dévoluy subit un développement important dû à la création de centres de ski alpin (Superdévoluy, Agnières-en-Dévoluy, en projet).

Dans un cadre aussi désertique, l'accroissement brutal de population a posé avec vigueur le problème de l'eau.

En réponse à la demande des communes locales, la Direction Départementale de l'Agriculture de Gap et le Service Régional d'Aménagement des Eaux d'Aix-en-Provence se sont chargés d'entreprendre une étude avec l'Institut de Géologie de Grenoble.

Ce travail présentait un intérêt tout particulier car d'un côté la géologie n'avait pas été précisée par une carte géologique au 1/50 000 et l'hydrogéologie ne présentait aucune étude connue à cette date.

Il nous faudra donc rassembler le maximum de données pour établir une carte géologique même sommaire, permettant la compréhension du massif dans son ensemble et, en second lieu, grâce à l'appui géologique, réaliser une étude complète de l'hydrogéologie du Dévoluy.

SITUATION GEOGRAPHIQUE

- Le massif du Dévoluy

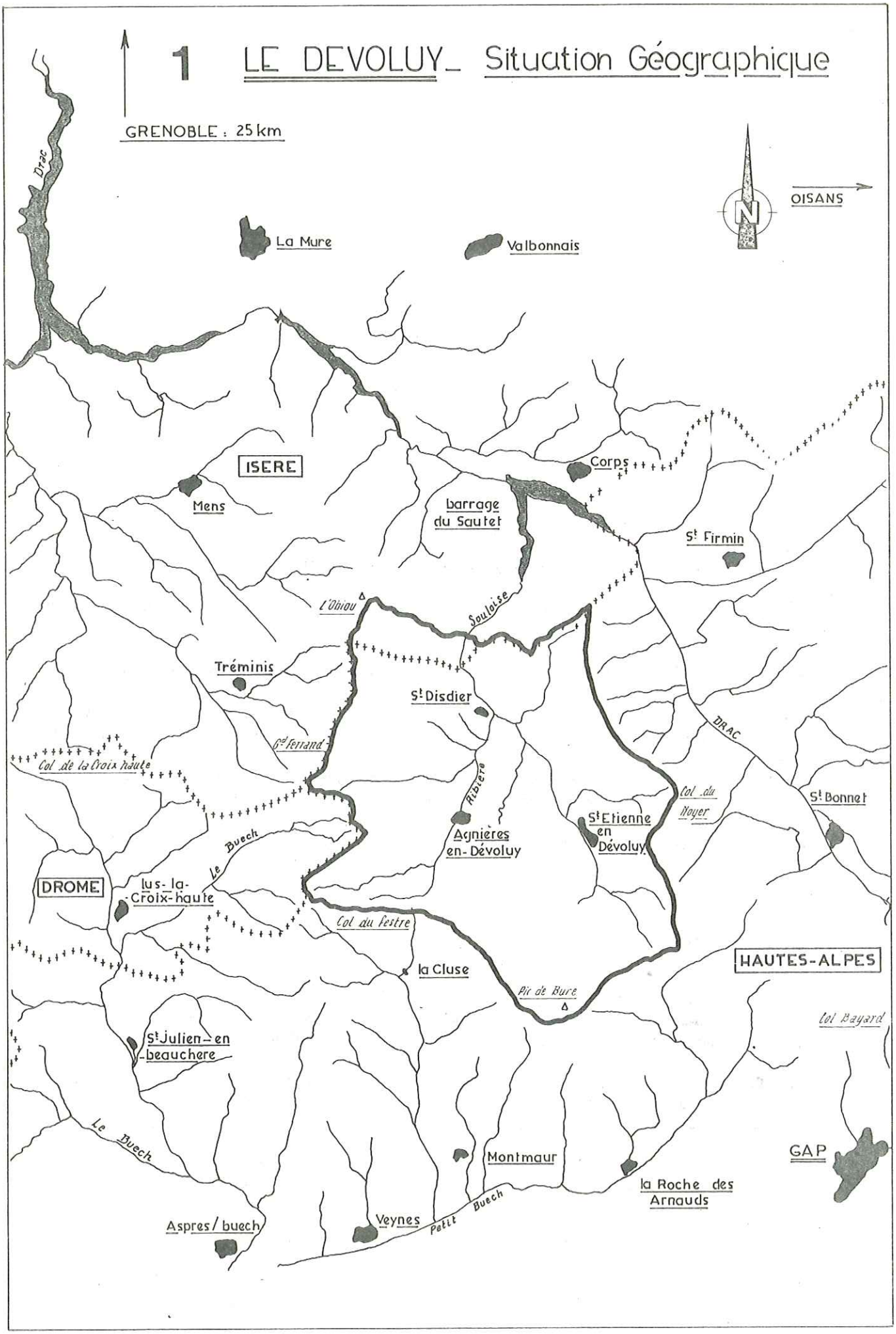
En 1896, P. LORY écrivait : "Le massif du Dévoluy occupe avec ses annexes, l'espace compris entre les dépressions du Trièves, du Champsaur, du col Bayard et des vallées du Buëch ; le massif de Ceuze le prolonge au Sud jusqu'à la Durance.

Pour être plus explicite nous dirons qu'il chevauche les départements des Hautes-Alpes, de l'Isère et de la Drôme. Il est limité au Nord et à l'Est par la vallée du Drac, au Sud par le Petit Buëch en alland de Gap vers Veynes et à l'Ouest par la vallée du Grand Buëch et le col de la Croix-Haute.

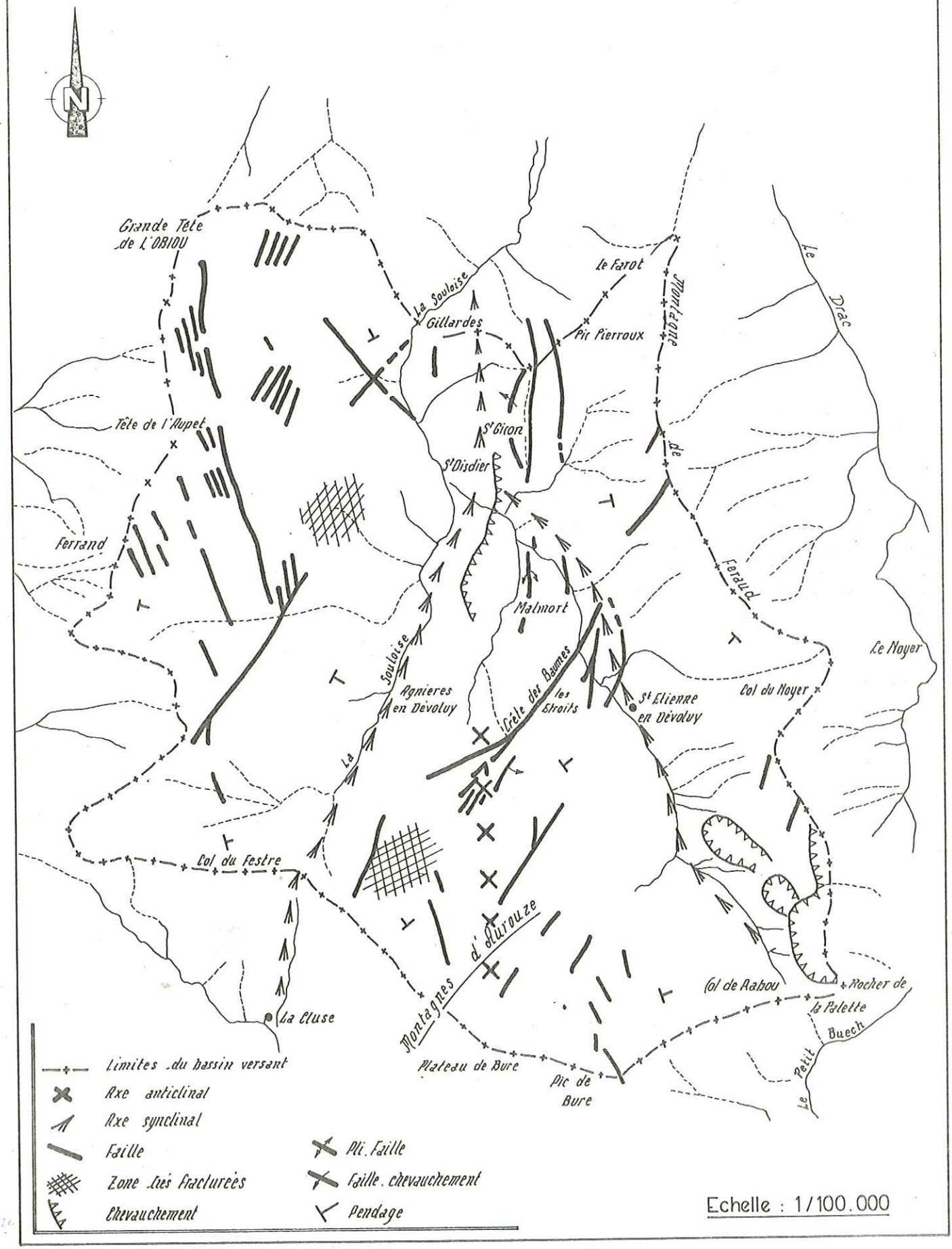
Placé à la limite des domaines provençal et alpin, il subit les influences des deux et ceci est notable dans les variations climatiques ; malgré son altitude il est soumis à un régime encore très méditerranéen.

- Cadre de l'étude

C'est la région la plus élevée du Dévoluy qui sera ici étudiée ; bordée de falaises atteignant parfois 500 mètres, le massif du Dévoluy au sens stricte s'étale en une vaste cuvette, légèrement basculée vers le Nord et limitée par les sommets de l'Obiou (2790 m), du Grand-Ferrand (2759 m), du Pic de Bure (2709 m) et de la montagne Féraud (2318 m).


1 LE DEVOLUY_ Situation Géographique
GRENOBLE : 25 km
N
OISANS
Drac
La Mure
Valbonnais
ISERE
Mens
barrage du Sautet
Corps
St Firmin
L'Obiou
Souloise
Tréminis
St Disdier
Gd Ferrand
Col de la Croix haute
DRAC
Col du Noyer
St Bonnet
Riviere
St Etienne en Dévoluy
Agnières en-Dévoluy
Le Buech
DROME
lus-la-Croix-haute
Col du Festre
la Cluse
HAUTES-ALPES
Pic de Bure
Col Bayard
St Julien-en-beauchere
Le Buech
Montmaur
GAP
la Roche des Arnauds
Aspres/buech
Veynes
Petit Buech

LE DEVOLUY : Schéma structural



Echelle : 1/100.000

Lorsqu'après un trajet très tortueux sur les routes du col du Festre ou du col du Noyer, on redescend vers la vallée de la Souloise, on est tout de suite surpris par l'aspect désolé des versants qui, forts abrupts, sont largement couverts d'éboulis.

Ce paysage de pierres où l'eau ne s'oublie pas longtemps en surface, peuplé de bergers et de moutons du printemps à l'automne est aussi un terrain de prédilection des spéléologues ; leur acharnement à vouloir découvrir la rivière de la nuit leur a permis d'atteindre la cote -980 m au Chorum des Aiguilles en 1972.

La rivière principale, la Souloise, draine avec son affluent la Ribière, les eaux superficielles et les déverse dans la retenue du barrage du Sautet sur le Drac.

Au pays des Chorums (aven dans le dialecte local), l'écoulement de surface est réduit mais par contre l'écoulement souterrain est nettement supérieur ; c'est ainsi que la résurgence des Gillardes vient grossir la Souloise au sortir du Dévoluy en multipliant son débit de 5 à 40 fois suivant la saison.

Le sol étant en général peu épais, le paysage est formé de grandes étendues de champs, de forêts assez réduites et regroupées dans les vallées, le tout bordé de nappes d'éboulis s'accrochant à des falaises abruptes et très déchiquetées.

Trois communes recouvrent le Dévoluy :

- Saint-Etienne-en-Dévoluy,
- Agnières-en-Dévoluy,
- Saint-Disdier-en-Dévoluy.

L'économie étant limitée à l'élevage, elles ne dépassent pas quelques centaines d'habitants ; certains hameaux ne possédant qu'une ou deux familles.

SITUATION GEOLOGIQUE

Le Dévoluy appartient aux chaînes externes alpines. C'est une région plissée présentant une discordance très accusée entre le Crétacé supérieur et le Crétacé inférieur et le Jurassique supérieur ; cette discordance non identifiable ailleurs en fait sa particularité.

Le massif est formé de deux plis synclinaux allant de St-Disdier, où ils sont juxtaposés, l'un à Montmort, (La Cluse) et l'autre au col de Rabou ; entre les deux, le massif de l'Aurouze forme un anticlinal fortement fracturé.

La carapace sénonienne forme le squelette du massif et lui donne sa morphologie qui est ici conforme ; elle repose en discordance sur le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur fortement plissés ; elle se trouve remplie par des dépôts tertiaires s'étalant dans le cœur des plis synclinaux.

La fracturation intense de l'ensemble permet une karstification importante au niveau des différents calcaires : tithoniques, nummulitiques et surtout sénoniens.

Nous verrons que c'est la fracturation qui conditionne l'hydrologie du massif.

GEOLOGIE

STRATIGRAPHIE

Les plus anciens relevés stratigraphiques datent de Ch. et P. LORY, ils ont été complétés par ceux faits par l'établissement des deux éditions de la carte géologique au 1/80 000 (feuille de Die).

Les données les plus récentes sont dues au Laboratoire de Géologie Dynamique de la Sorbonne (années 1958 à 1962).

L'échelle stratigraphique qui suit est tirée de ces travaux mais est complétée par quelques précisions liées au secteur étudié.

Il n'est pas encore paru de carte géologique au 1/50 000 de la région (feuille St-Bonnet) ; aussi pour permettre un travail plus précis et une meilleure compréhension du massif, il nous a fallu en établir une.

Cette carte n'a pas la prétention d'être parfaite, mais de faire apparaître les principaux accidents et de positionner les différents terrains pour réaliser ensuite une étude hydrogéologique avec une base meilleure qu'une carte au 1/80 000.

- LE JURASSIQUE

. Le Lias

Il apparaît au Nord du Dévoluy à la faveur d'un réseau de failles (réseau de Beaufin).

A 1 km au Nord Ouest du pic Farot, on observe un contact par faille entre le Valanginien au Sud Est et le Lias au Nord Ouest.

L'importance du Lias dans le cadre de cette étude est négligeable mais on la note ici pour donner une échelle stratigraphique complète.

Représenté par des calcaires argileux noirs, il est bien lité, en bancs de 30 à 50 cm avec des passées plus marneuses de 5 à 20 cm.

Il est riche en ammonites donnant un âge sinémurien ou pliensbachien.

. Le Dogger

Le Dogger n'affleurant pas à la périphérie du Dévoluy nous ne pouvons pas en décrire les éléments constitutifs.

. Le Callovo-oxfordien : les terres noires

Les terres noires sont des marnes schisteuses à faible cohésion se débitant en plaquettes brunes à cassure brun foncé. Elles sont entrecoupées de bancs calcaires à patine ocre, plus fréquents vers le sommet.

Des filons de calcite parallèles à la stratification et des miches calcaires ovoïdes à nodules pyriteux ou à débris d'ammonites sont visibles dans ces marnes.

Fossiles : Ammonites (Euaspidoceras Sp ; Périsphinctes Sp. ; Phylloceras tortisulcatum
Phyllocéras Sp. ; Sowerbycéras Sp.)
Cardioceras cordatum ; Quenstedtoceras mariae.
Belemnites
Aptychus.

Cet horizon n'étant pas totalement observable, on n'a pas pu en estimer l'épaisseur. On sait qu'elle varie entre 1000 et 3 000 mètres aux environs de Gap.

Les terres noires affleurent en divers points à la périphérie du Dévoluy et s'étendent sous tout le massif, formant un puissant horizon d'arrêt des circulations souterraines.

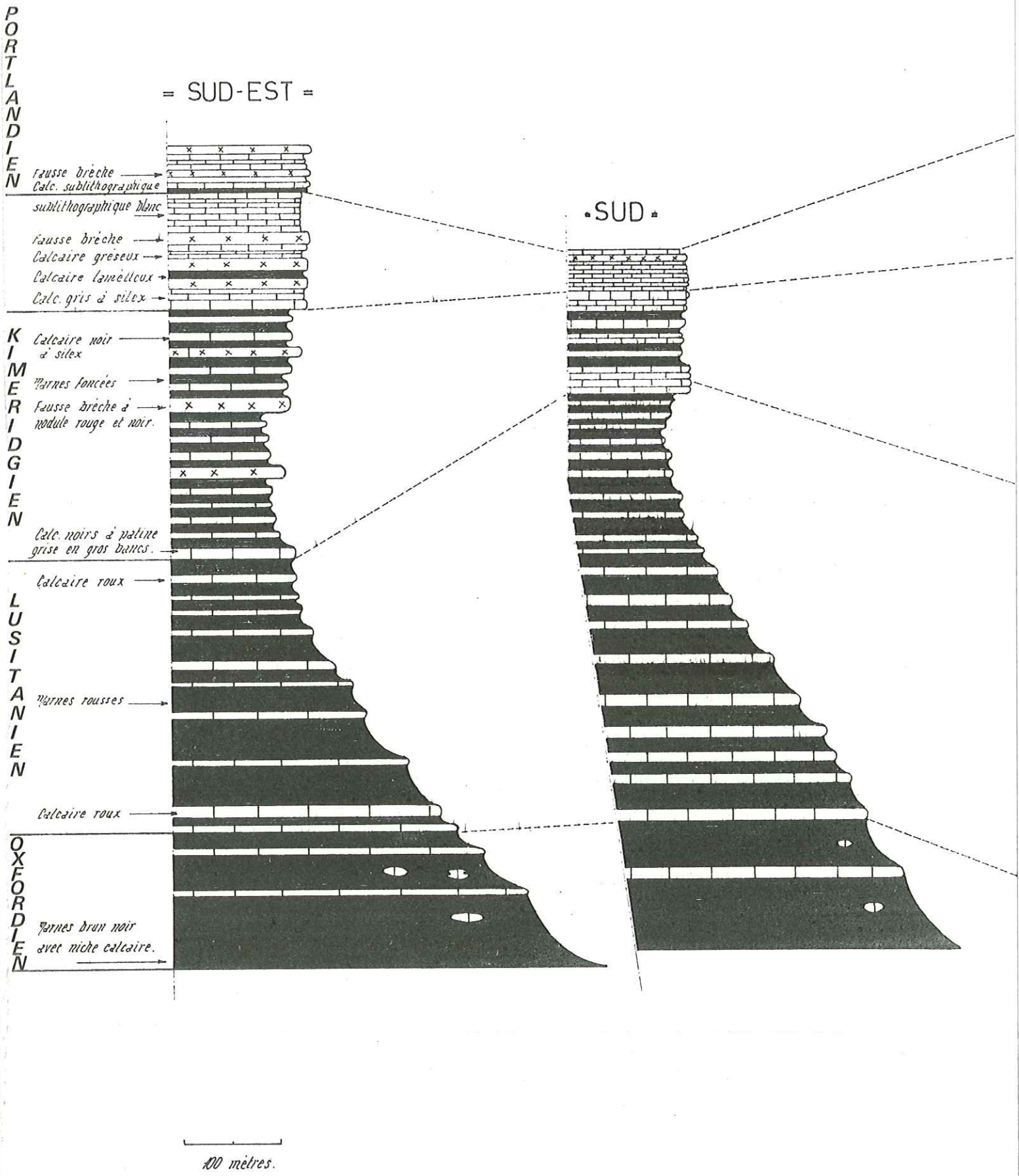
Quelques affleurements sont observables à la limite nord du massif ; au Nord du pic Chauvet ; au Sud Est du Bois Noir ; dans le ravin de la Combe de Lucles.

. Le Lusitanien : Marno-calcaires ocres

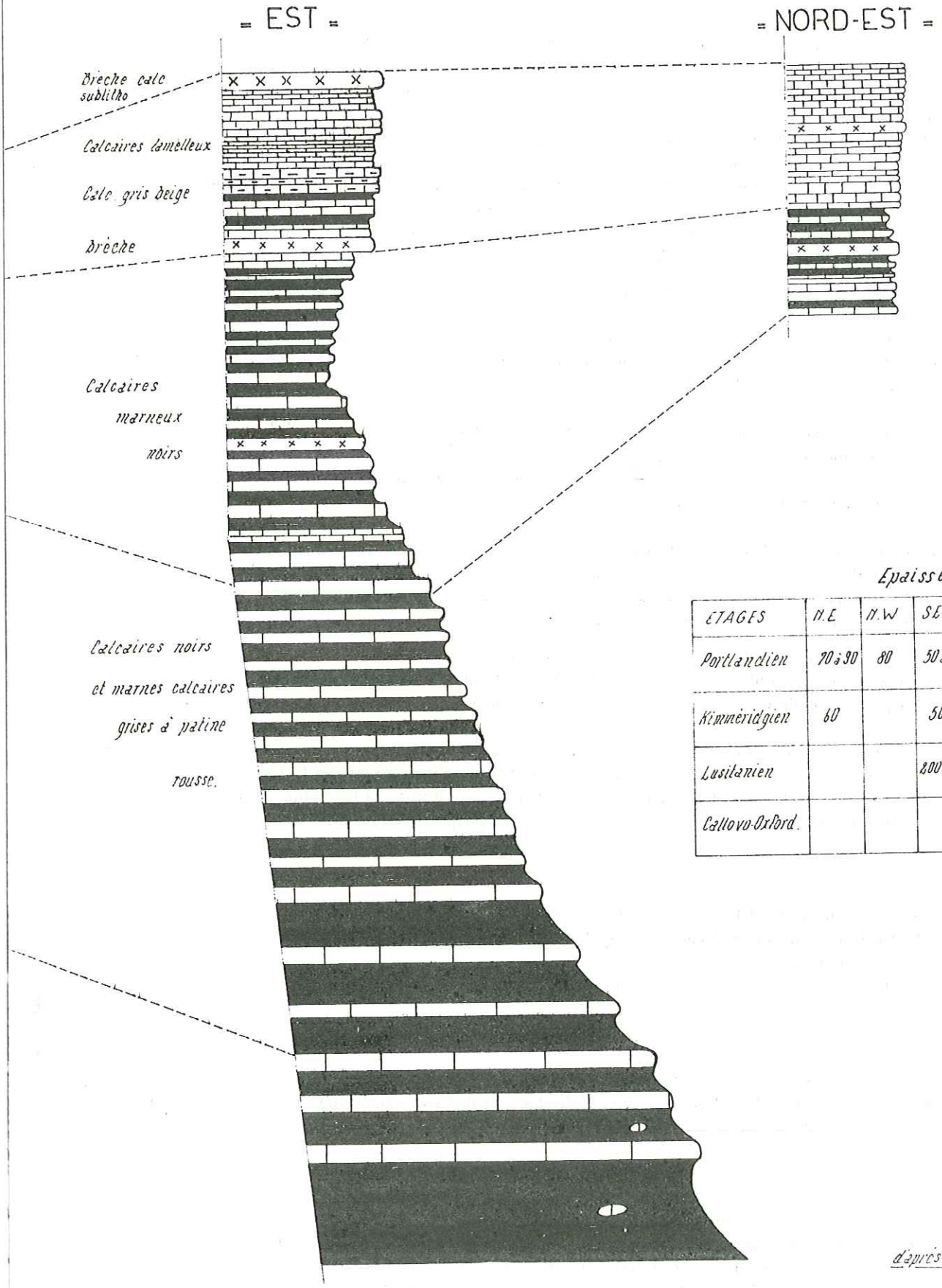
On les divise classiquement en deux parties :

- une inférieure - formée de marnes rousses nettement plus calcaires que les marnes oxfordiennes, avec des bancs de ca calcaire très espacés et plus fréquents à la base. Les marnes se débitent en plaquettes bosselées.

_VARIATIONS D'EPAISSEU
EN DE



EUR DU JURASSIQUE _ 3
DEVOLUY



Epaisseur en m.

ETAGES	N.E	N.W	SE	S	SW
Portlandien	70 à 90	80	50 à 80	25	60
Kimméridgien	60		50	50	50
Lusitanien			200 à 300	200	
Callovo-Oxford.				> 200	

d'après Truillet, Dubois et Alchain.

- une supérieure - formée d'alternances de calcaire marneux roux et de marnes calcaires grises à rousses. Au sommet les calcaires sont plus nombreux ; l'ensemble se présente avec une patine jaune roux.

Une schistosité oblique à la stratification est présente un peu partout et des traces de slumping sont parfois visibles (col du Noyer).

Fossiles : Ammonites : Périsphinctes Sp. ; Taramellicéras ; Discosphinctes Sp.

L'épaisseur du Lusitanien varie de 200 à 350 mètres ; il affleure sur le pourtour du Dévoluy où il forme la bordure des plaines du Champsaur et de Tréminis. Ces affleurements de bordure permettent d'affirmer que les marno-calcaires ocres forment avec les marnes noires le "soubassement" du massif et le dernier horizon d'arrêt pour les circulations souterraines.

. Le Kimméridgien inférieur : marno-calcaires

Il se divise également en deux parties :

- partie inférieure - formée de calcaires sombres en bancs de 80 cm à 1 m, compacts alternant avec des marnes en bancs de 5 à 10 cm ;
- partie supérieure - les calcaires prédominent sur les marnes ; ce sont des bancs de fausses brèches, compacts, noirs avec des nodules tantôt rouges, bleus ou noirs.

Les bancs sont épais et atteignent deux mètres. La fréquence de ces bancs est variable. Le sommet est formé par des calcaires à silex, épais (60 à 80 cm), alternant avec des passées marneuses.

Dans l'ensemble la patine de la formation est gris clair, et la cassure gris sombre. Les marnes présentent un débit en plaquettes alors que les calcaires sont à grains fins.

Fossiles : Lithoceras (Progéronia) ; Taramellicéras ; Périsphinctes cunelus ; Phyllocéras loryi
Radiolaires ; Spicules ; Ostracodes.

L'épaisseur de la formation varie entre 150 et 200 m ; elle forme la base de la corniche tithonique ; ses affleurements se répartissent sur le pourtour du Dévoluy et par conséquence sous l'ensemble du massif pour former un niveau d'arrêt des eaux d'infiltration.

. Le Tithonique : Kimméridgien supérieur - Portlandien

Il s'agit d'une formation entièrement calcaire.

- Elle débute par une fausse brèche ou par des calcaires gris, cristallins à silex roux.
- Surmontant ces calcaires, on trouve des calcaires lamelleux à cassure foncée, à patine gris-beige et à niveaux pseudo-bréchiques.
- Ensuite viennent des calcaires gris-beige à silex noirs branchus
- Puis des calcaires lamelleux, sombres en bancs de 5 cm.
- La formation se termine par un calcaire sublithographique clair, en bancs de 25 cm environ.
- Dans certains secteurs, on observe des traces de slumping.

Fossiles : Hoplites callisto ; H. delphinensis ; H. privanensis
Phylloceras semisulcatus ; Périsphinctes pseudocolubrinus ; Peltoceras cortazari.
Aptychus, Radiolaires ; Foramminifères (calpionelles).

L'épaisseur de la corniche tithonique varie entre 50 et 100 m ; elle est un des traits caractéristiques de la morphologie, mais s'estompe parfois sous le Sénonien transgressif qui est nettement plus puissant que le Tithonique.

Cette formation s'étale sous l'ensemble du massif ; mais par suite des effets de la tectonique, elle joue un rôle de niveau aquifère et donne des sources parfois importantes (Sigouste) à la périphérie du massif.

CONCLUSION

Aucune coupe n'a pu être faite et la série jurassique ne peut être donnée dans son ensemble.

Toutefois elle paraît assez monotone ; partant d'une dominante marneuse, un enrichissement progressif nous fait aboutir aux calcaires tithoniques.

Les limites des différentes formations sont imprécises en raison de la monotonie de l'ensemble.

LE CRETACE

Moins monotone que la série jurassique, le Crétacé présente des étages mieux délimités et des faciès plus tranchés.

La tectonique antésénonienne suivie d'une émersion prolongée entraîne une série crétacée en général incomplète et une forte discordance entre ses termes inférieurs et supérieurs.

LE CRETACE INFERIEUR

. Le Berriasien : marno-calcaire

Le passage du Portlandien au Berriasien est peu visible ; la séparation est faite grâce à l'enrichissement en joints marneux, au sein des calcaires sublithographiques marron clair (en bancs de 20 cm environ).

Ces marnes deviennent ensuite plus importantes et se présentent en bancs de 15 à 20 cm.

Le sommet est formé de bancs calcaires gréseux à patine rousse et parfois d'une lumachelle à aptychus.
La patine est généralement gris jaune ; la cassure grise avec verniculation.

Fossiles : Hoplites boissiéri ; H. occitanicus... ; Holcostephanus negreli
Berriasella cf. ; Paramacillenta ; Holophyllocéras berriasense ; aptychus ; radiolaires.

Prolongeant la barre tithonique sur une épaisseur variant de 50 à 100 m, le Berriasiendonne un relief plus mou.

Cette assise affleure un peu partout à la périphérie du Dévoluy et se prolonge donc sous celui-ci ; sa tendance étant plutôt marneuse elle jouera un rôle d'écran vis-à-vis des circulations souterraines.

. Le Valanginien : marno-calcaires et marnes

Il se divise en deux parties bien différenciées :

- Valanginien inférieur

Formé de bancs de calcaires détritiques (20 à 30 cm) et de lits marneux (15 à 20 cm). La patine est gris-jaune ; les ammonites sont nombreuses.

- Valanginien supérieur

Les marnes se développent fortement ; les calcaires disparaissent ; la patine est franchement rousse ; l'ensemble est très friable et se débite en plaquettes bosselées.

Des calcaires marneux roux apparaissent progressivement avec des bancs de calcaires détritiques à silex noir, toujours englobés dans la masse marneuse.

L'ensemble se termine par deux bancs (2 mètres) formant barre, de calcaires siliceux roux à silex noir pouvant servir de repère grâce à leur constance.

Fossiles : Ammonites pyriteuses : Phyllocéras (P. semisulcatum., Ptychophyllocéras calypso...) Lytocéras ; hoplites néocomiensis Kilianella ; Néocomites (néocomiensis)
Tintinides ; spicules ; radiolaires ; foramminifères ; aptychus.

Cette formation variant de 200 à 400 m donne un relief mou (versant à faible pente, col...).
Présente en de nombreux points sur le pourtour du Dévoluy et très souvent coincée sous le Sénonien (Nord du massif) ; elle s'étend donc sous l'ensemble du Dévoluy pour former un excellent niveau d'arrêt des circulations souterraines.

. Hauterivien et Barrémien inférieur - Marno-calcaires

Formé d'une alternance de bancs calcaires (25 cm) à patine gris bleu, parfois tachetée de rose et à zones pyriteuses, et de marnes plus foncées en bancs de 15 à 20 cm.

Fossiles : Hoplites radiatus ; Crioceras angulicostatum
Olcostéphanus ; phyllopachyceras gr. infundibulum ; Lamellaptychus ; Bochianites.

Ces marno-calcaires constituent une formation assez puissante (350 à 500 m) et donnent un relief encore mou, mais plus accusé que le Valanginien ; souvent coincés sous l'Urgonien ou le Sénonien, ils disparaissent en partie sous leurs éboulis.

Comme les formations précédentes Hauterivien et Barrémien inférieur s'étendent sous l'ensemble du massif, pour former un écran pour les eaux infiltrées.

. Barrémien supérieur - Aptien inférieur - Calcaires

Ces deux étages sont groupés sous le même faciès zoogène (calcaires à débris suburgoniens). On peut toutefois diviser cette formation en deux zones dont les faciès sont assez distincts :

- horizon de base

Formé d'une alternance de calcaires et de marnes semblables au Barrémien inférieur avec en plus des bancs de calcaires zoogènes de plus en plus fréquents en montant dans la série.

Après disparition des calcaires et des marnes à patine bleue, on obtient le faciès suburgonien.

Fossiles : Chlamys ; Milioles ; Echinodermes ; Gastéropodes.

- barre suburgonienne

Il s'agit d'un ensemble compact de calcaires à patine grise ou rousse à cassure grise ; les calcaires sont rugueux avec des stratifications peu visibles.

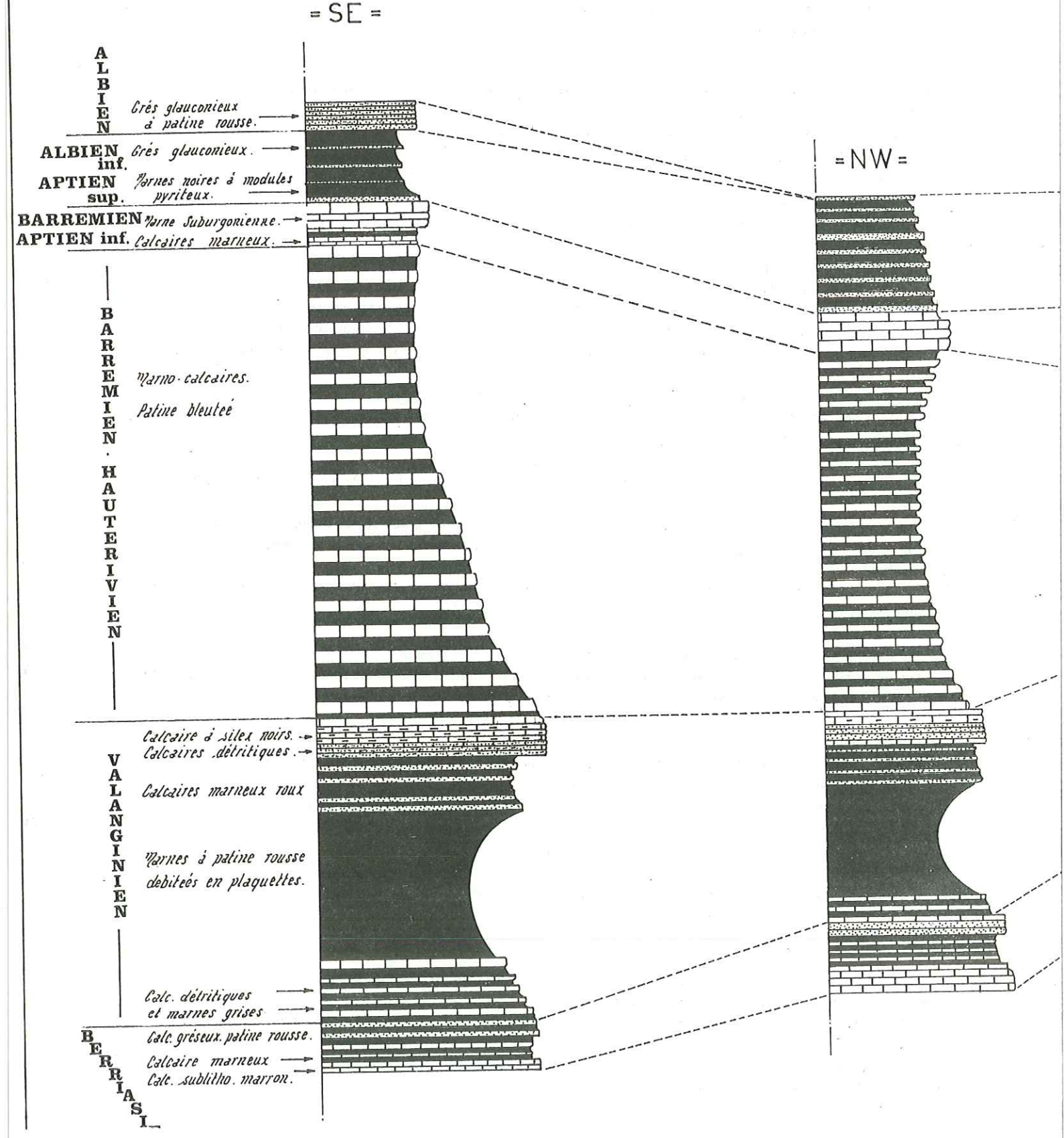
Fossiles : Lytoceras phestus ; Costidiscus recticostatus ; Milioles ; Gastéropodes.

L'épaisseur de cette formation varie entre 30 et 50 mètres et donne une barre massive, très souvent surmontée par la falaise sénonienne qui masque son rôle morphologique.

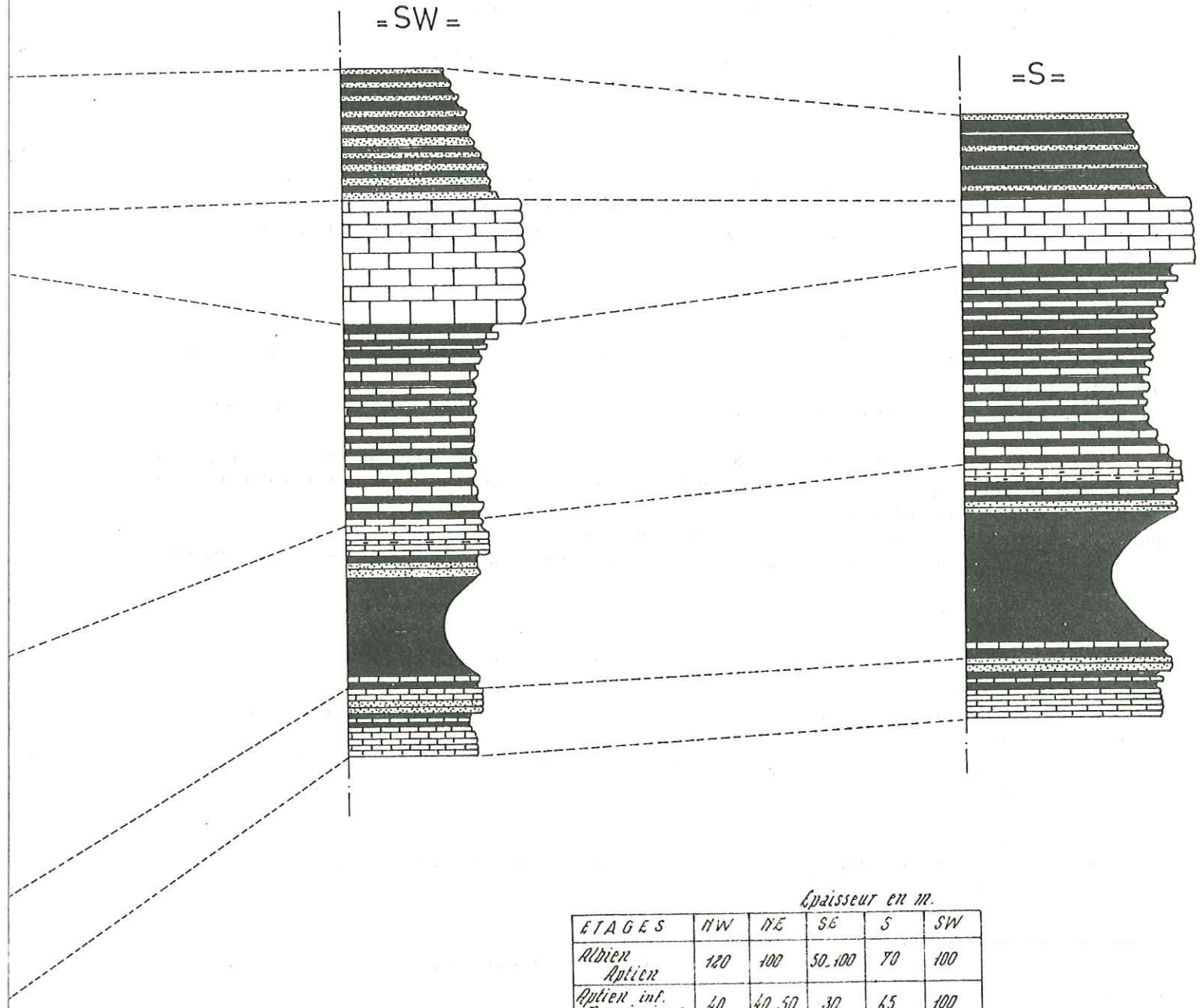
L'émersion antésénonienne et l'érosion qui l'a accompagnée, ont réduit en divers endroits cette barre et l'ont parfois fait disparaître.

Partout où elle existe, l'horizon de base joue un rôle d'écran pour les eaux d'infiltration, alors que la barre elle-même est faiblement aquifère (fissuration).

VARIATIONS DU CRETACE



E INFERIEUR EN DEVOLUY



Epaisseur en m.

ETAGES	NW	NE	SE	S	SW
Albien Aptien	120	100	50.100	70	100
Aptien inf. Barrémiens	40	40.50	30	65	100
Hauterivien Barremiens	380	350	500	150	170
Valanginien	200	250	250.400	150	140
Berriassien	100	120	50.80	50	50

. Aptien supérieur et Albien inférieur - Marnes noires

La formation débute par quelques bancs de calcaires bleuâtres, puis est formée d'une masse marneuse noirâtre à bleu foncé, se débitant en petites plaquettes friable et marquée par une schistosité assez constante.

Des bancs de 5 à 20 cm de grès glauconieux à patine jaune vert s'intercalent sur toute la hauteur ; on trouve encore dans ces marnes des nodules pyriteux.

Fossiles : Bélemnites semicanaliculatus ; Milioles.

L'épaisseur de ces marnes varie entre 50 et 200 m ; elles forment une dépression très marquée entre les barres sub-urgonienne et sénonienne (au Sud Ouest du massif : le vallon des Aiguilles est caractéristique).

Ces marnes s'étendent sous tout le Dévoluy mais sont fortement réduites en de nombreux points par suite de l'érosion antésénonienne ; partout où on les trouve, elles jouent un rôle d'écran pour les eaux d'infiltration.

. Albien supérieur - Grès glauconieux

Les grès qui sont très réduits au niveau de l'Albien inférieur représentent surtout l'Albien supérieur (grès subaptien).

Très riches en glauconie, ils ont une patine rousse et une cassure brun vert à grain fin.

Leur épaisseur varie entre 30 et 50 m ; ils s'observent uniquement dans la partie sud est du Dévoluy.

Leur extension à l'ensemble du massif est peu probable d'autant plus que l'érosion antésénonienne en a enlevé la majeure partie.

Ces grès glauconieux sont remplacés par des calcaires blancs au-delà de la limite sud du Dévoluy.

- LE CRETACE SUPERIEUR

La longue continuité de la sédimentation jurassique et crétacée est interrompue au Crétacé supérieur par des mouvements orogéniques qui acquièrent dans cette région une importance toute spéciale.

Un bossellement à peu près général trnasforme le Dévoluy en terre émergée, en grande partie au moins à l'époque turonienne.

. Le Cénomanien, Turonien, Sénonien inférieur - Calcaires bleutés

Rarement présents, ils sont écrasés et en grande partie érodés sous la masse du Sénonien ; il est difficile de les dater avec précision.

Ce sont des calcaires sublithographiques bleutés en cassure, s'éclaircissant vers le sommet et s'enrichissant en rognons de silex.

Leur épaisseur varie entre 150 et 200 m suivant l'affleurement. Leur présence très réduite en Dévoluy ne permet de les observer qu'en de rares points comme dans le synclinal de Saint-Etienne (Rif froid) où l'érosion a totalement décapé le Sénonien chevauchant pour les faire apparaître.

Fossiles : Schloenbachia varians ; Acanthoceras rothomagense ; Acmantelli ; Inocérames.

Notons que ces calcaires joueront le même rôle hydrologique que le Sénonien et seront fréquemment karstifiés.

. Le Sénonien - Calcaires

La transgression sénonienne est graduelle ; chacun de ses termes peut être en discontinuité, avec ou sans discordance angulaire sur son substratum.

P. LORY (1901-1902) donne six subdivisions pour les calcaires sénoniens, surtout basées sur les faciès :

- Assise I : Enschérien

Calcaires blancs, sublithographiques et grès grossiers glauconieux avec des Pulvinulina tricarinata ; cette assise est très réduite en général.

- Assise II : Campanien inférieur

Calcaires marneux et marnes bleu noir en bancs de 10 cm environ à Scaphités hippocrepis.

La patine est bleu foncé et à cassure noire.

- Assise III : Maestrichtien

Calcaires gris, bien lités, à surface plane, un peu cristallins à zones siliceuses, avec des passages de grès grossiers à Scaphites constrictus et Bélemnitella mucronata.

Les bancs font environ 50 cm, la patine est jaune et la cassure grise.

- Assise IV : Maestrichtien

Calcaires à grain fin jaune ou rosé à rognons de silex, en bancs de 60 cm dont les surfaces sont bosselées.

On y trouve Térébratula carnéa.

- Assise V : Maestrichtien

Calcaires à silex allongés en couches bosselées ; les silex de cette zone sont gréseux et ont dans la masse le même aspect que le rocher.

On y trouve de grandes formes d'Ostréa vésicularis.

- Assise VI : Maestrichtien

L'ensemble devient vraiment sableux et les Ostrées sont plus nombreuses.

L'épaisseur totale du Sénonien varie entre 50 et 600 mètres ; je pense que dans la partie nord (zone des Gillardes), la série est supérieure à 500 mètres.

Les calcaires du Sénonien par leur forte épaisseur, leur rigidité forment l'ossature du Dévoluy. Ils transgressent sur les terrains inférieurs, du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur, et moulent les terrains tertiaires dont la discordance est faible avec le Sénonien.

Sous l'angle morphologique ce sont les calcaires du Sénonien qui donnent avec les calcaires nummulitiques les traits principaux du relief :

- falaises abruptes (Obiou, Grand-Ferrand, Mont-de-Féraud) ;
- pics audacieux (pic de Bure, avec plus de 500 m de falaise) ;
- gorges profondes (les étroits près de Saint-Etienne-en-Dévoluy, défilé de la Souloise).

Tout ceci n'étant que le résultat d'une tectonique cassante. Le comportement hydrogéologique du massif enfin est essentiellement déterminé par la présence des calcaires sénoniens, qui, profondément karstifiés, représentent l'Aquifère de base pour toutes les eaux tombant sur le massif.

- LE NUMMULITIQUE

Faisant suite à l'importante série sénonienne, le tertiaire transgressif sera divisé en deux ensembles :
- une série marine : le nummulitique marin ;
- une série détritique : le tertiaire détritique.

. Le Nummulitique marin

Lorsqu'il est complet :
- Marnes
- Calcschistes
- Calcaires à nummulites
- Conglomérats de base

* Formation détritique de base :

Son épaisseur et ses faciès varient fortement d'un point à un autre du Dévoluy.

En général on observe soit des conglomérats, soit des brèches ou microbrèches.
- Les conglomérats sont constitués de galets, bien roulés, arrachés au substratum sénonien ; galets de silex ou de calcaires d'environ 30 cm, cimentés par une microbrèche.
- Les microbrèches sont formées d'éléments très anguleux de calcaires ou de silex sénoniens assemblés par un ciment à grain grossier

Cette formation présente une épaisseur variant de 50 à 60 m (gorge de la Souloise, de St-Disdier) à moins d'un mètre (synclinal de St-Etienne) ; elle donne une corniche entre les calcaires sénoniens et nummulitiques et possède une perméabilité fort réduite pouvant parfois être un horizon d'arrêt en cas de forte épaisseur et la fracturation n'est pas suffisante pour permettre une circulation de fissures.

* Les calcaires à nummulites

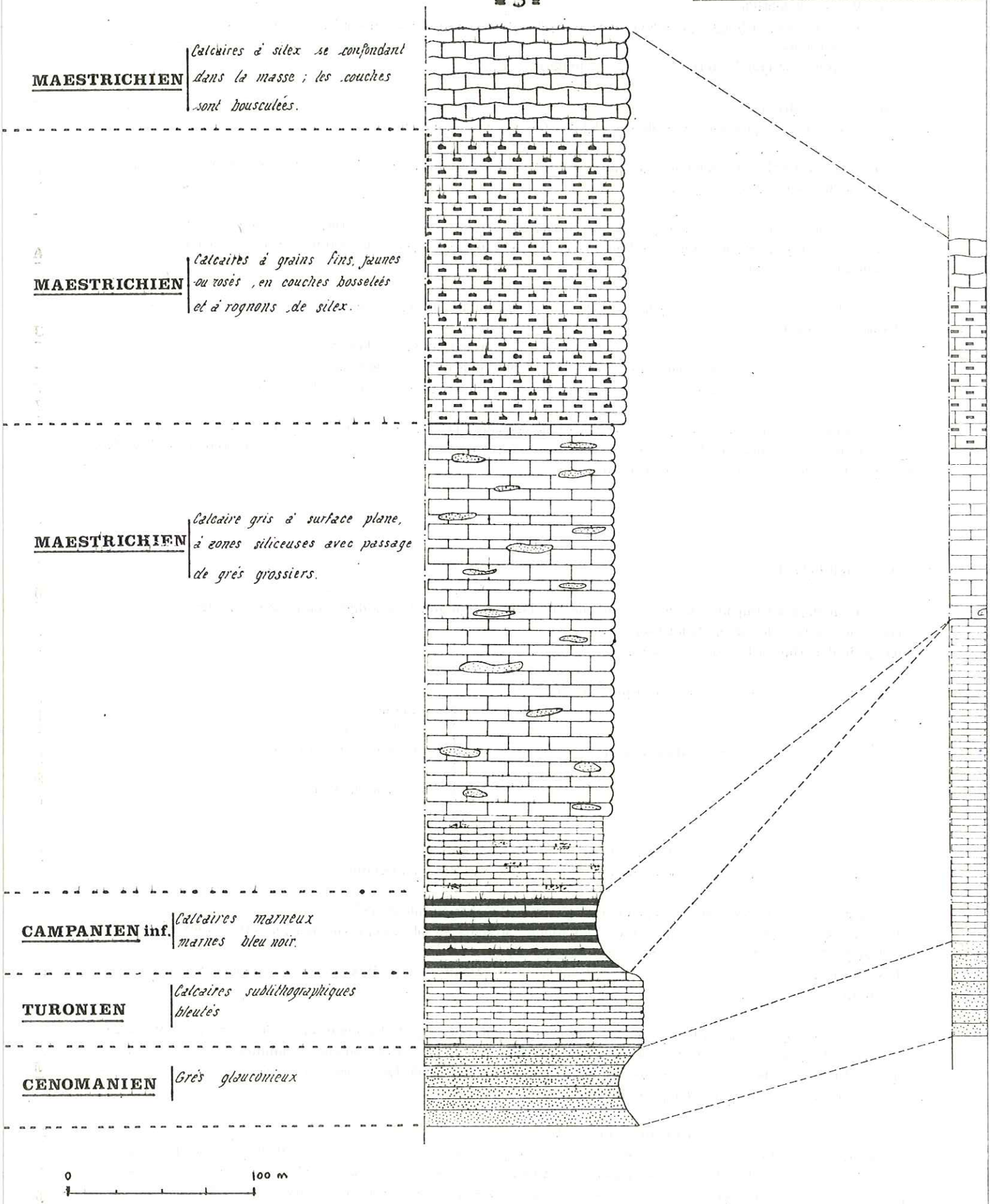
Calcaires gris clair, marron en cassure, se présentant en bancs de 20 à 40 cm et parfois de plusieurs mètres.

En dalle structurale, ils ont un aspect laiteux et sont très lapiazés ; les surfaces de bancs sont ondulées. Leur épaisseur varie entre 20 et 120 m ; le faciès lui aussi est très variable ; d'une couleur très claire, il passe à une teinte presque noire à l'Ouest.

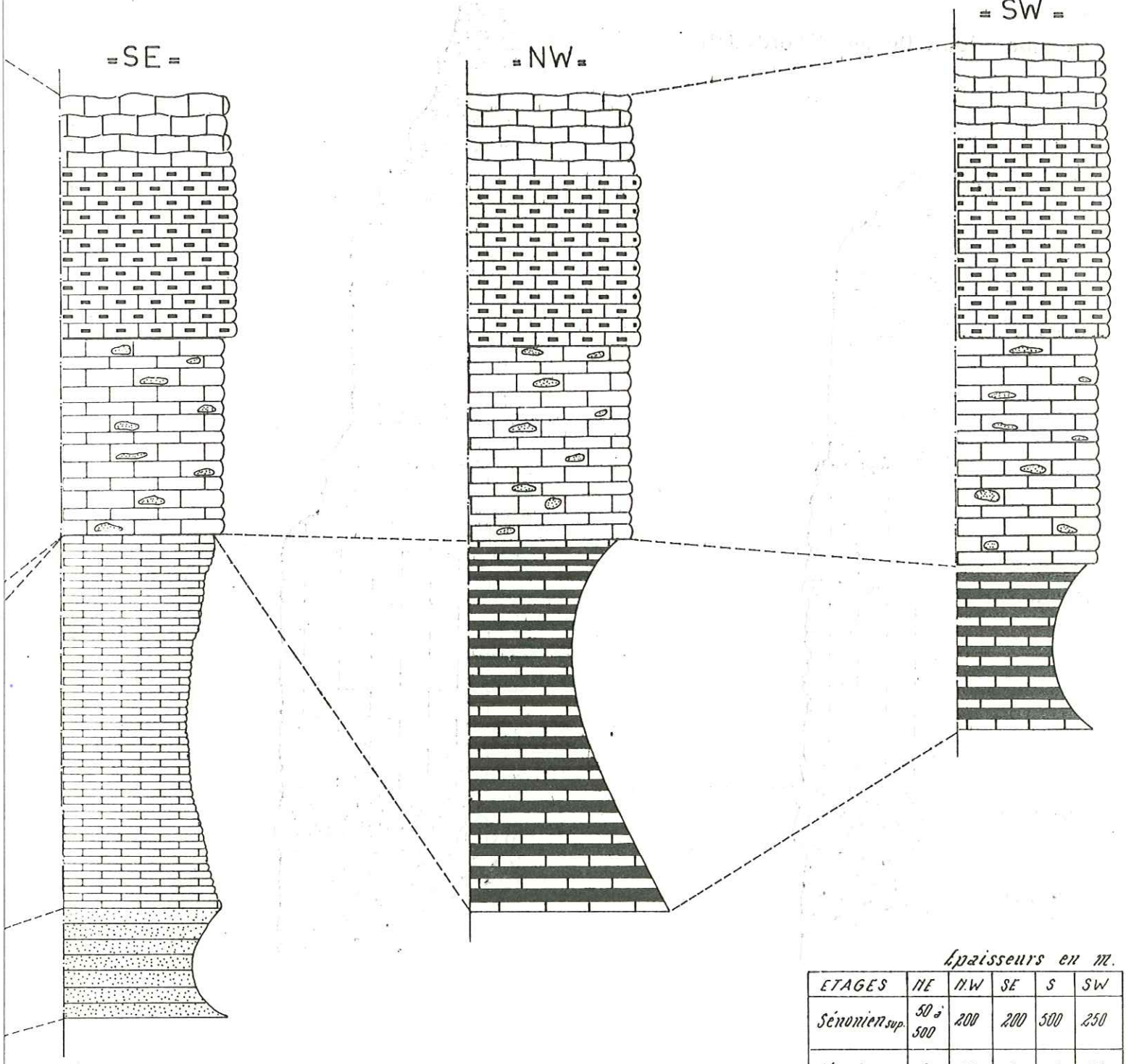
Ils fournissent Nummulites striatus, N. vascus, N. intermedius, etc.

Ces calcaires possèdent une perméabilité de fissures et d'interlits très illustrée par des zones très lapiazées (col de Rabou) ou à fort suintement (abrupts surplombant la Souloise)

VARIATIONS DU



S DU CRETACE SUPERIEUR EN DEVOLUY



Epaisseurs en m.

ETAGES	NE	N.W	SE	S	SW
Sénonien sup.	50 à 500	200	200	500	250
Sénonien inf.	0	200	0	50	100
Turonien	0	0	200	40	0
Cénomanien	0	0	30 à 50	50	0

d'après Truillet, Dubois et Alchain.

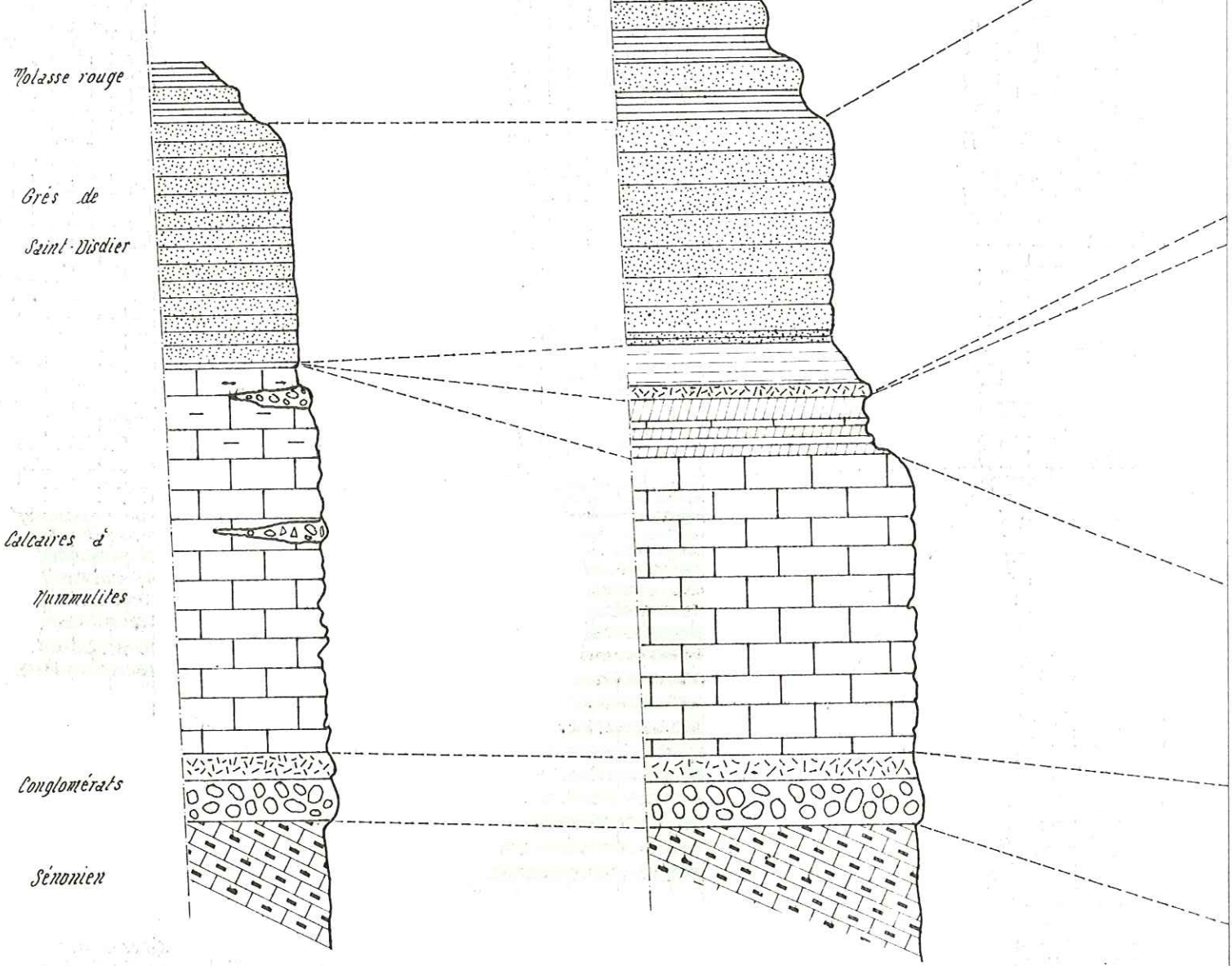
VARIATIONS DES FAC

=NW=

Coupe : Saint-Disdier–Villard-Joli

=NE=

Coupe : Saint-Disdier–Bas-Gigon



ECHELLE 1/20000

Calcaires

Poudingues

Calcaires à silex

Brèches

Calcaires marneux

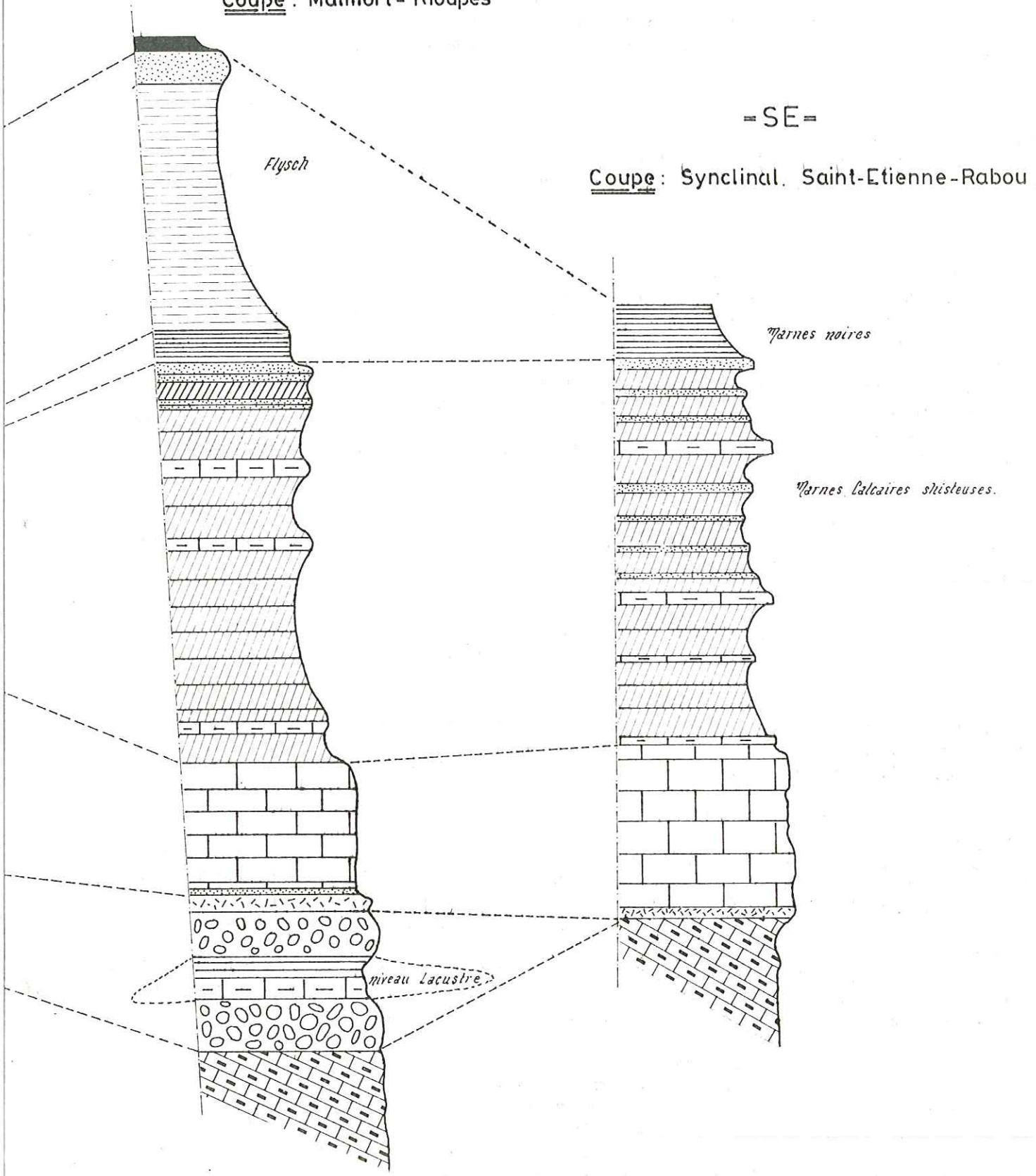
ACIES TERTIAIRES EN DEVOLUY _ _ 6

-S-

Coupe : Malmort - Rioupes

-SE-

Coupe : Synclinal. Saint-Etienne-Rabou



Microbrèches | Marnes | Grés | Marnes calcaires schisteuses | Flysch

eux

d'Après ARCHIAC et HEVEU -

* Les calcschistes

Très calcaire à la base ("crème" à pectens du Bois Rond), cette formation s'enrichit progressivement en marnes ; en cassure, ces marno-calcaires sont gris foncé. La patine est en général gris clair ou jaune ; ils présentent toujours une schistosité très forte, et on y trouve des Gastéropodes, des Bryozoaires.

Cette formation est bien représentée dans le synclinal de Saint-Etienne et sur le flanc de la montagne de Féraud où grâce à un pendage très relevé, elle forme des chevrons au pied des falaises sénoniennes.

Son épaisseur varie entre 50 et 250 mètres ; le faciès est constant du Nord au Sud, mais s'enrichit en calcaires d'Est en Ouest.

A l'affleurement, ces calcschistes se délitent rapidement donnant de petits talus de plaquettes grises avec une pente parfois forte.

Ils sont imperméables par nature, mais en masse on a tendance à penser que des circulations sont possibles grâce à la fracturation et aux interlits ; des pertes importantes de la Souloise ont été notées sur un parcours d'environ 1 km sur ces calcschistes.

* Marnes noires (schistes noirs)

Coiffant les calcschistes et terminant ainsi la série marine, elles se débitent en petits cubes noirs et présentent de loin en loin des bancs de grès de 10 à 30 cm à patine rousse. On y rencontre des algues et des débris de poissons et parfois des lits de lignite (en amont de Saint-Etienne). Leur épaisseur est d'environ 20 mètres ; elles forment des zones moutonnées (vallée de la Souloise) avec paturages ou des talus abrupts de style "bad land".

Ces marnes sont totalement imperméables.

Cette série nummulitique est à attribuer au Priabonien terminal ; elle présente une grande variété de faciès avec une prédominance des niveaux marneux à l'Est et une variation progressive vers l'Ouest.

On trouve beaucoup de marnes dans le synclinal de Saint-Etienne ; bien moins sur la montagne de Féraud et plus du tout dans le synclinal de Saint-Disdier où elles sont remplacées par des grès et des formations de type Flysch.

Les calcaires, eux, dominent dans la partie ouest du Dévoluy.

* La série tertiaire détritique - (Oligocène)

Elle semble en continuité avec la précédente ; mais on observe en de nombreux points (Mont de Ferrand - Obiou une position transgressive sur les séries précédentes.

La série détritique se présente ainsi :
- Molasse rouge
- Grès verts ou Flysch
- Microbrèche ou conglomérats ?

* Microbrèche ou conglomérat

C'est une formation que je n'ai jamais observé dans le massif du Dévoluy ; on la cite dans certains diplômes ; elle est donc notée ici pour mémoire.

Il s'agirait d'un banc conglomératique de 1 à 2 mètres d'épaisseur, à éléments sénoniens et nummulitiques.

* Les grès verts et le Flysch

- Le Flysch

On le rencontre en de larges affleurements au Haut de Gicon et au Puy de Rioupes. D'après M. GIDON il est l'équivalent stratigraphique des schistes noirs du synclinal de Saint-Etienne. Il s'agit d'une alternance de bancs de grès et de marnes avec dominance des marnes à la base et des grès au sommet. Les marnes sont gris noir à patine verte et jaune et les grès sont grossiers, micacés à stratification entrecroisée et à patine brune. On y trouve des débris de végétaux.

Le Flysch a une épaisseur de 0 à 200 mètres et ne se rencontre que dans le synclinal de Saint-Disdier - Montmaur. Cette formation donne des pentes assez abruptes et en gradins ; l'eau qui arrive à imbiber les grès ressort presque immédiatement au niveau des bancs marneux ; la perméabilité de l'ensemble est presque nulle.

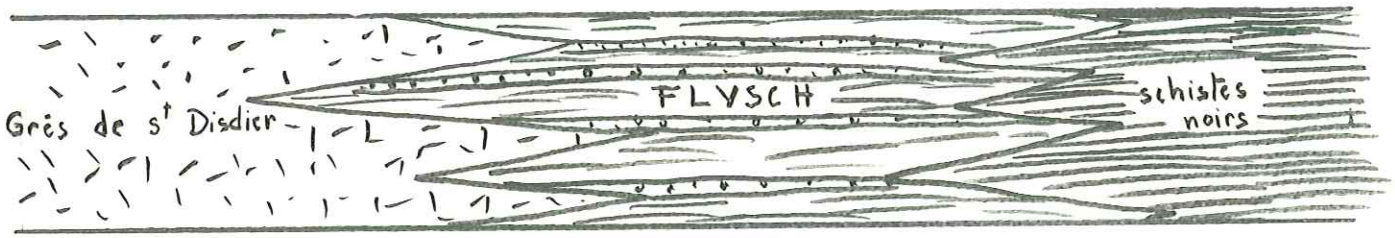
* Les grès verts ("grès de Saint-Disdier")

Là encore les grès verts sont un passage vers l'Ouest du faciès Flysch et correspondent à la même formation que les schistes noirs de la vallée de Saint-Etienne. Ce sont des grès grossiers en bancs de 2 à 3 mètres avec des stratifications entrecroisées. Formés d'éléments de quartz et de calcite ils ont une couleur verte due à la chlorite.

On les trouve dans le synclinal de Saint-Disdier - col du Festre avec une épaisseur variant de 50 à 100 mètres. Cette formation peut, par endroit, être aquifère et donner de petites sources.

Représentons les variations de faciès de cette formation dans le Dévoluy

NW ⟶ SE



* La Molasse rouge

Elle est formée de marnes vertes ou violettes et de grès verts identiques à ceux de l'horizon inférieur (en raison d'un passage continu). On la trouve dans le synclinal de Saint-Disdier - Montmaur ; cette molasse a une épaisseur variant entre 20 et 200 mètres. Elle a fourni des Characées d'âge stampien.

Sur le plan hydrologique, cette molasse a une perméabilité quasiment nulle, sinon une faible humidité de surface.

- LE QUATERNAIRE

* Les dépôts glaciaires

Les dépôts morainiques reconnaissables en Dévoluy sont d'âge post Würmien ; ils sont constitués par une majorité d'éléments de Sénonien et pour une faible part de calcaires nummulitiques ou de grès verts.

La gangue, qui donne une patine blanchâtre aux affleurements morainiques est formée d'éléments argilo-sableux. Dans un paysage aux formes violentes, les dépôts morainiques adoucissent le relief et présentent des épaisseurs variant de 10 à 100 m. Elles occupent les cœurs des synclinaux (Saint-Etienne, Saint-Disdier-Le Festre) et sont en général d'excellents aquifères surtout lorsqu'elle coiffent les dépôts tertiaires peu perméables.

* Les dépôts fluvio-glaciaires

Ils sont peu importants en Dévoluy et forment de petites terrasses (ne dépassant jamais 5 ou 6 m) ; surplombant la Souloise ; d'importantes terrasses (plus de 100 m) se situent au sortir du bassin versant du Dévoluy où elles sont entaillées par la Souloise, leurs matériaux vont combler la retenue du barrage du Sautet sur le Drac.

En général ces terrasses, très argileuses, ne présentent pas de circulations souterraines.

* Eboulis et brèches de pente

Ils sont un des traits majeurs du paysage ; en effet d'immenses draperies d'éboulis recouvrent sur une forte épaisseur la base de toutes les falaises sénoniennes ceinturant le massif et cachant ainsi les séries inférieures.

La tectonique, le diaclasage et surtout la rigueur du climat qui donne les différences de température de 60° à 70° sont les éléments principaux du délitage des falaises.

Les éboulis anciens sont colonisés par la végétation et déjà cimentés par une gangue argilo-sableuse ; alors que les éboulis récents présentant des blocs plus anguleux sont peu ou pas colonisés et en général très actifs.

Les circulations souterraines sont actives dans ces formations (sauf dans les éboulis très anciens fortement cimentés) ; on trouve souvent de petites sources au bas des éboulis et parfois à mi-pente mais leur régime est très variable car l'infiltration est trop rapide.

II. - TECTONIQUE

- LES PHASES TECTONIQUES EN DEVOLUY

Le massif du Dévoluy, depuis la phase hercynienne a subi de nombreux mouvements orogéniques, tous compliqués par des fractures, des chevauchements, des disharmonies de plis et même des glissements superficiels.

Avant meme d'entrer dans le détail il faudra tenir compte des faits suivants :

- plusieurs phases tectoniques se sont succédées en Dévoluy entre lesquelles l'érosion a joué ;
- on trouvera des disharmonies de plis entre les calcaires et les niveaux plastiques ;
- une évolution morphologique s'est faite à l'air libre entre la fin du Crétacé ou l'Eocène et les premiers conglomérats nummulitiques ;
- il s'est réalisé des glissements superficiels avec fracturation ;
- enfin, succédant aux poussées orogéniques, des phases d'ajustement isostatiques avec failles ont eu lieu, affectant même le socle.

. Le socle hercynien

Il n'apparaît qu'à la partie nord est du Dévoluy en un petit affleurement au Nord Est de Monestier-d'Ambel. Le Houiller paraît y présenter une direction nord-sud ; mais l'affleurement est trop exigu pour définir rigoureusement les directions hercyniennes régionales.

Une faille fait buter la série jurassique contre le primaire ; on doit donc tenir compte des relations existant entre les cassures du socle et les plis de la couverture.

La phase tectonique antésénonienne ou phase turonienne

Cette phase a donné lieu à la formation de plis assez simples oscillant autour de la direction est-ouest.

Tous les plis visibles dans les parties où la couverture formée par le Crétacé supérieur a été érodée appartiennent à la phase antésénonienne.

On observe en général des dômes ou des brachyanticlinaux ; en effet les synclinaux sont difficiles en mettre en évidence. Faisant suite à cette phase, une érosion assez puissante, a modelé une morphologie assez douce sur laquelle la transgression sénonienne s'est effectuée, recouvrant ainsi des terrains allant du Valanginien au Cénomanien inclus.

Phases tectoniques tertiaires

a) - La phase post-sénonienne

Elle se traduit par une discordance des poudingues nummulitiques sur le Crétacé supérieur ; cette phase qui annonce déjà la phase alpine est d'âge probablement Lutétien-Priabonien

b) - La "phase intra tertiaire"

Cette dénomination peu précise employée par plusieurs auteurs, désigne l'ensemble des mouvements qui se continuent pendant le Tertiaire si bien que la série détritique est discordante sur la série nummulitique, et transgresse même en certains endroits le Sénonien.

c) - La phase alpine

Elle va affecter toute la série sédimentaire et donner la structure actuelle du Dévoluy ; le paroxysme se placerait, d'après P. LORY et A.F. de LAPPARENT, entre le Lattorfien et le Stampien. Elle est en réalité plus tardive, (post-Oligocène) et fait que le Sénonien et le Nummulitique se trouvent redressés et plissés ; des disharmonies apparaissent entre les niveaux durs et les niveaux mécaniquement plus faibles ; elle est responsable des grands accidents du massif (chevauchements du flysch, et du col de Rabou).

A la fin du Nummulitique la mer est peu à peu rejetée vers l'Ouest.

d) - Déformations post-paroxysmales

Elles seront responsables de relaxation avec distension et ajustement isostatique provoquant des jeux verticaux de failles. Enfin des déformations à grand rayon de courbures plio-quaternaire se superposent à tout cet ensemble.

DESCRIPTION DES ELEMENTS STRUCTURAUX DU MASSIF

a) - Synclinal Saint-Disdier - col du Festre

- réseau de failles des Gillardes,
- le horst chevauchant du Mont-Gicon,
- le chevauchement du flysch supérieur,
- le pli faille de Malmort,
- fracturations des flancs du synclinal

b) - L'anticlinorium du massif de l'Aurouze

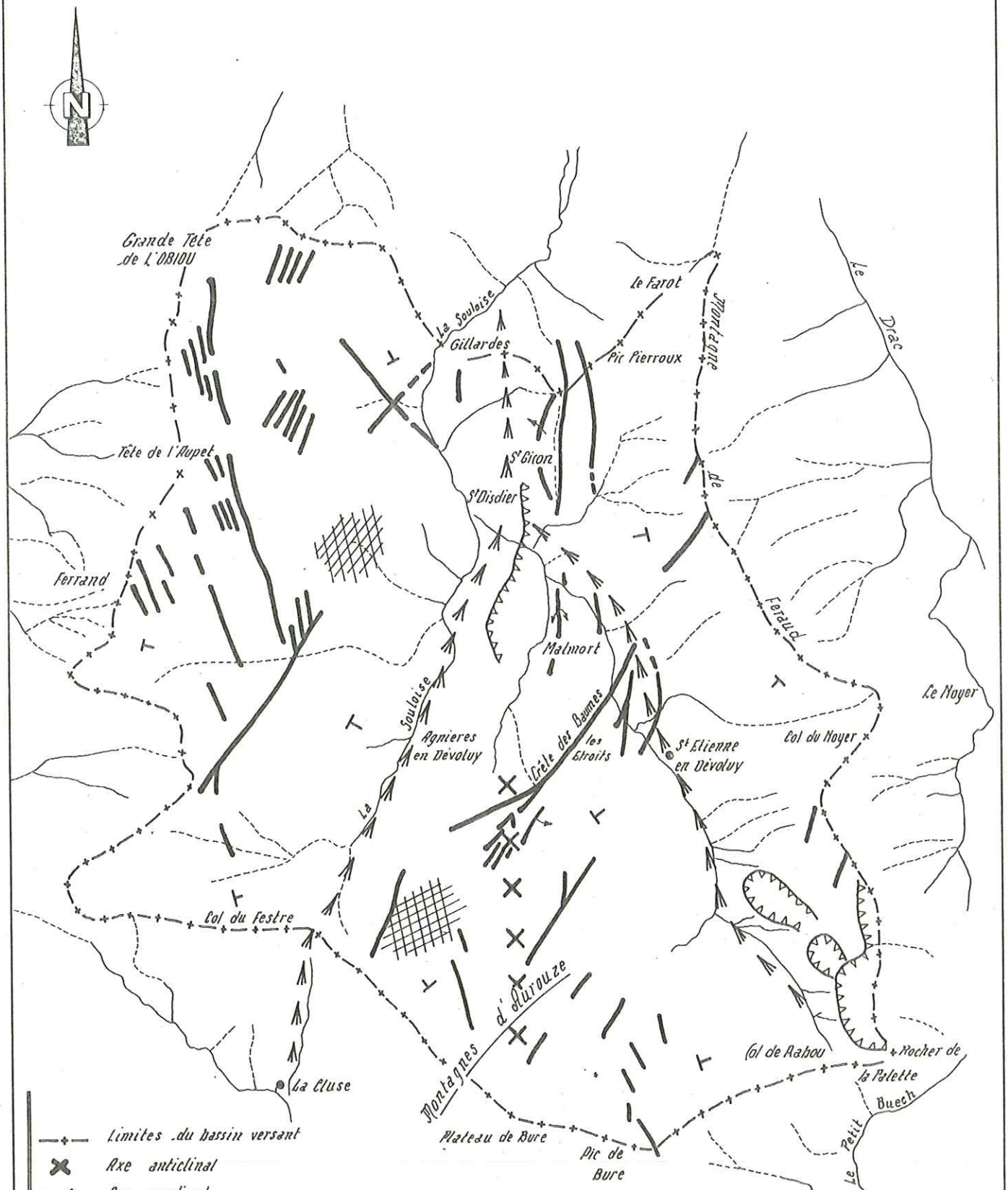
c) - Le synclinal de Saint-Etienne-en-Dévoluy

a) - Le synclinal Saint-Disdier - col du Festre

Il forme à lui seul la majeure partie du Dévoluy ; si l'on suit son axe depuis les Gillardes (extrémité nord du massif) jusqu'au col du Festre (extrémité sud) il passe de l'altitude 890 m à l'altitude 1440 m ; l'axe plonge donc du Sud vers le Nord, en notant toutefois qu'il commence à se relever avant l'extrémité nord du massif. Les deux flancs formés par les calcaires sénoniens se relèvent à l'Est et à l'Ouest mais le flanc est présente une remontée plus forte.

Le cœur même du synclinal est comblé par les dépôts tertiaires et présente un certain nombre d'accidents.

LE DEVOLUY : Schéma structural



Echelle : 1/100.000

- Le réseau de failles des Gillardes

Il s'agit d'un ensemble de failles de direction nord ouest sud est et nord nord est sud sud ouest se recoupant à proximité de l'émergence des sources des Gillardes qui drainent la quasi totalité des eaux souterraines du massif.

Ces failles ne présentent rien de très particulier d'autant plus qu'elles sont difficiles à suivre en raison de l'épaisseur du Quaternaire qui les recouvre ; mais elles doivent être signalées car elles contribuent pour une grande part à la résurgence des Gillardes.

- Le "horst" chevauchant du St-Gicon

La montagne de Saint-Gicon, située au Nord Est de Saint-Disdier est limitée sur son flanc ouest par une faille chevauchante. Il faut d'abord signaler qu'à l'Ouest de cette faille la série crétacée supérieure dépasse nettement 500 m d'épaisseur, alors qu'à l'Est elle est fortement disloquée et érodée variant entre quelques mètres et 200 m d'épaisseur.

On se trouve là en présence d'un "horst" selon la terminologie de L. GLANGEAUD limité par des accidents subverticaux d'âge anténummulitique qui ont rejoué avec une grande ampleur pendant la phase post-oligocène et se sont trouvés bousculés du fait de la différence des pressions horizontales entre les compartiments est et ouest.

Cet accident, qui s'amortit rapidement vers le Sud a un décalage maximum de 500 m et met en contact la série sénonienne et le Flysch.

- Le chevauchement du Flysch

Le Flysch chevauche les molasses rouges du Saint-Gicon jusqu'au Puy de Rioupes ; au-delà, le chevauchement disparaît sous les formations glaciaires pour réapparaître au niveau du col du Festre.

Ce sont les déformations paroxysmales de la phase alpine (donc post-oligocène) qui sont responsables de ce chevuachement.

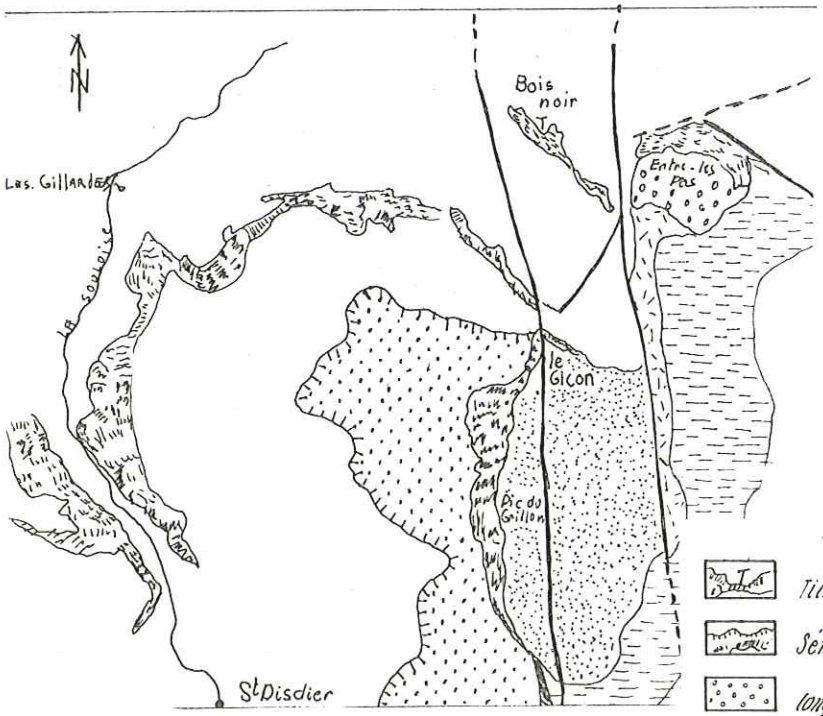
La forte schistosité que présentent les calcschistes qui recouvre le Saint-Gicon dans sa partie est fait penser à certains auteurs que ces calcschistes ont suivi le mouvement du Flysch et ont glissé avec lui ; ils n'appartiendraient pas à la couverture normale du St-Gicon mais seraient aussi allochtones.

Or, lorsqu'on descend la série flysch chevauchante en allant de l'Ouest vers l'Est et que l'on observe le passage du Flysch aux calcschistes, ce passage a l'air presque normal ; d'autant plus que s'intercalent, pendant quelques mètres des marnes noires qui sont stratigraphiquement la séparation entre le Flysch et les calcschistes (cette observation peut se faire sur le chemin allant du Haut-de-Gicon au col de l'Aup).

La série stratigraphique étant bien respectée, ainsi que les pendages qui sont en continuité, il n'est pas impossible que le Flysch et les calcschistes se soient déplacés ensemble, et c'est certainement ce qui s'est produit (voir coupe).

- Le pli-faille de Malmort

Il s'agit d'un pli en genou, d'axe nord-sud, couché vers l'Ouest et faillé ; il se produit donc un léger chevauchement de la partie est mettant en contact les calcaires à nummulites avec les calcschistes.

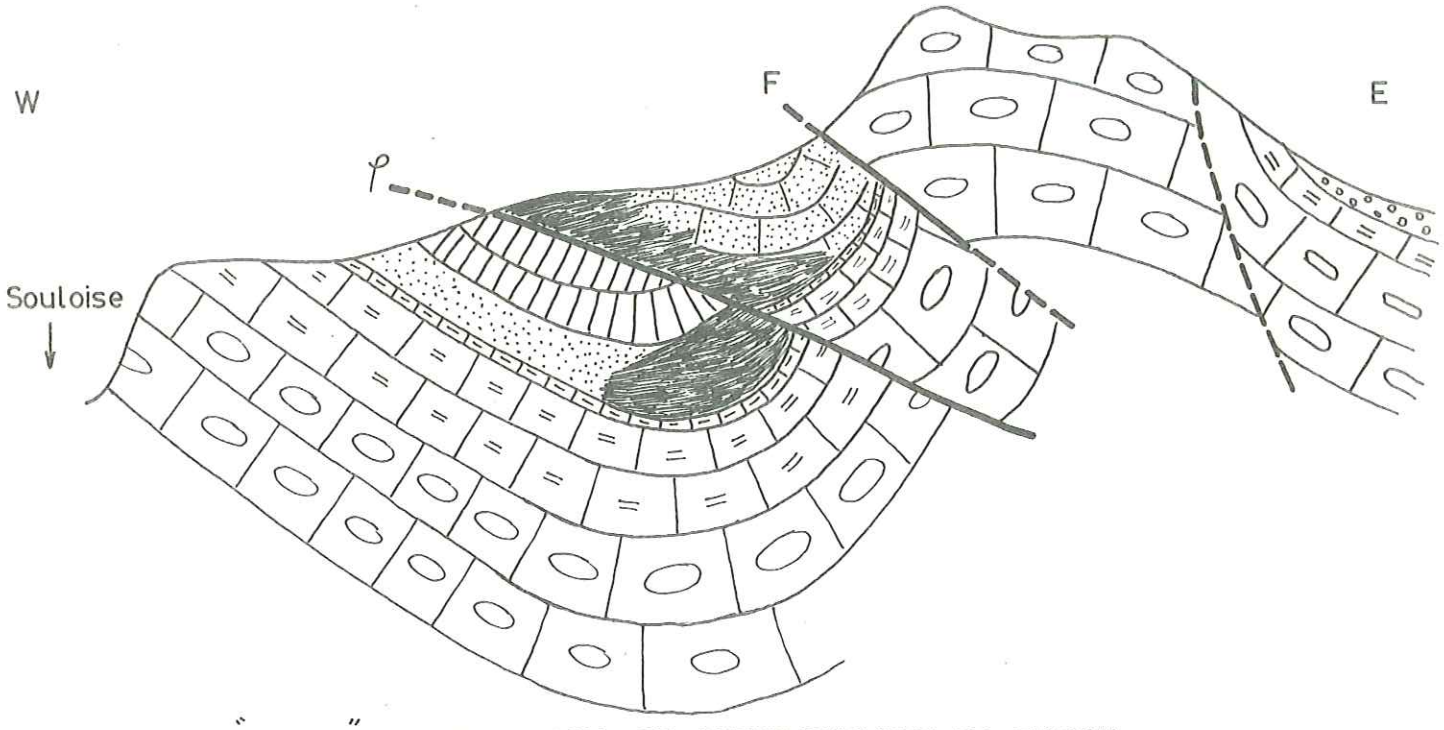


Le chevauchement du Flysch
d'après L. GLANGEAUD et M. ALBISSIN

Tithonique
Sénonien
Longo-Priabonien
Crétacé supérieur et Poudingues nummulitiques
Ecailles et Klippes sédimentaires
Calcschistes
Marnes
Flysch
Faille
Front des unités chevauchantes

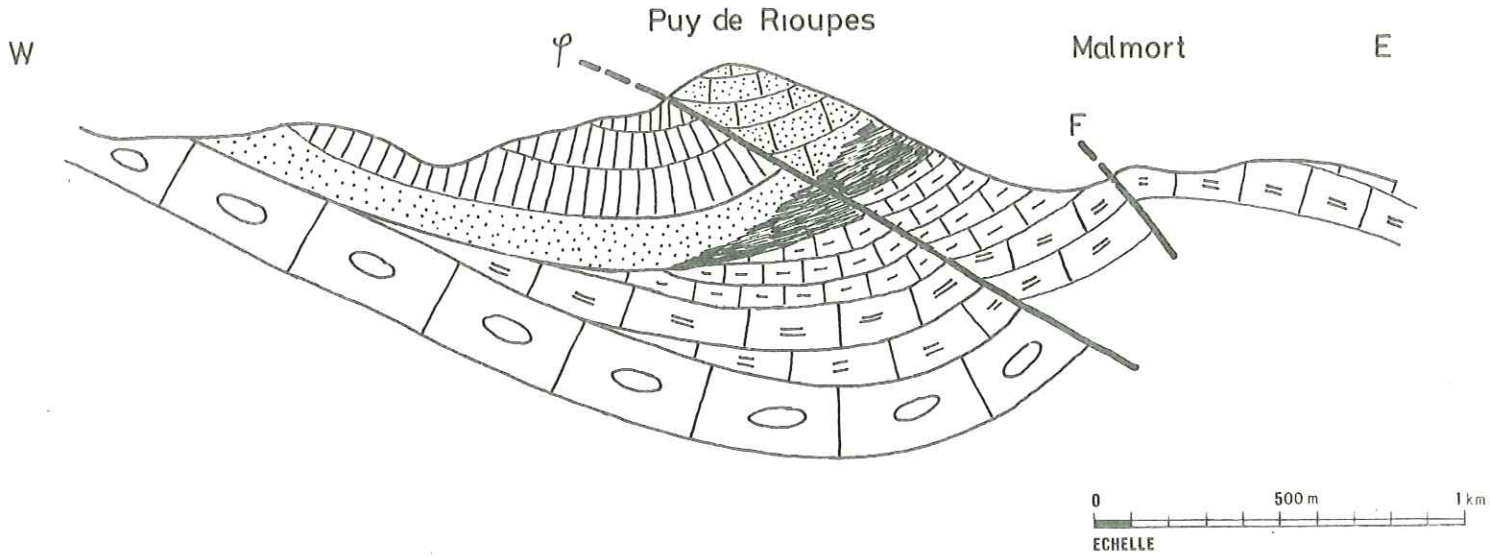
8

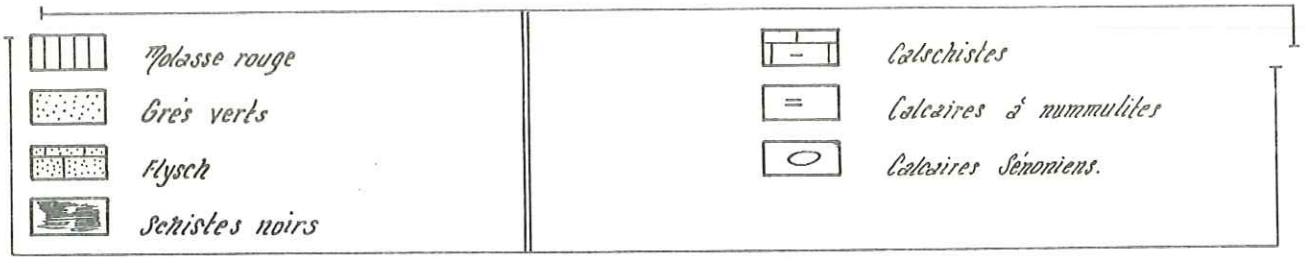
MONTAGNE DE SAINT-GICON



- "HORST" DU SAINT-GICON ET CHEVAUCHEMENT DU FLYSCH -

CHEVAUCHEMENT DU FLYSCH AU PUY DE RIOUPES





- Le pli faille de Malmort

Il s'agit d'un pli en genou d'axe nord-sud, couché vers l'Ouest et faillé ; il se produit donc un léger chevauchement de la partie est mettant en contact les calcaires à nummulites avec les calcschistes.

Cet accident se développe sur une distance d'environ 2 km de Rioupes (lieu-dit la Combette) jusqu'à la Souloise au niveau du Puits des Bans (aven qui prend naissance sur une faille fracturant la charnière) où le pli faille s'amortit en un simple pli puis s'estompe vers le Nord.

- Fracturation des flancs du synclinal

A l'Est, le flanc du synclinal est formé par la montagne de Féraud et à l'Ouest par celle de Ferrand - Obiou.

+ Sur le flanc est, qui est beaucoup plus relevé on observe une grande faille ; celle de la brèche de Féraud ; elle a une direction sud ouest - nord est et un rejet de 300 m (partie sud qui monte) qui s'amortit très vite vers le Sud.

De plus des traces de ripage des calcaires sénoniens sont observables sur ce flanc et sont directement en rapport avec le chevauchement du Flysch.

A la hauteur du col de Festre, une faille nord nord ouest - sud sud ouest affaisse le Sénonien sur le versant est du col.

+ Sur le versant ouest, plus calme, on n'observe que quelques failles de direction nord-sud et nord nord ouest - sud sud est intrasénoniennes d'ajustement isostatique.

Au niveau du col de Festre, on note de nombreuses variations de pendages ; la structure est assez tourmentée ; les joints de stratification se décollent sous l'effet de la tectonique.

Au niveau du vallon des Aiguilles, le Sénonien, fortement érodé, laisse apparaître les structures antésénoniennes.

b) - L'anticlinorium du massif de l'Aurouze

Bordé à l'Ouest par le synclinal de St-Disdier - col du Festre et à l'Est par celui de St-Etienne, l'anticlinal de l'Aurouze a une extension maximum de 8 km. Il est formé, en majeure partie de calcaires sénoniens ; seules les retombées anticlinales sont recouvertes par le Tertiaire (surtout les calcaires nummulitiques).

L'axe de cet anticlinal est orienté nord-sud et plonge vers le Nord.

Dans son ensemble, le massif d'Aurouze ne présente pas d'accidents importants mais dans le détail il est découpé par une grande quantité de failles d'orientation nord nord est - sud sud ouest et nord nord ouest - sud sud est, dont les plus importantes sont les failles de la crête des Baumes et celles des Etroits.

Ces failles sont en majorité intrasénoniennes ; elles forment des faisceaux au sein desquels elles sont toujours parallèles ; le plan de faille est en général vertical et son extension en profondeur ne semble pas très importante.

Par endroit on trouve des zones hachées que l'on pourrait assimiler à un diaclasage si l'on n'observait pas un certain rejet.

L'importance de ce réseau de fractures se note surtout par son influence sur la morphologie et sur le karst.

En effet, presque toutes les falaises importantes sont régies par le jeu d'une ou plusieurs failles (ex. : pic de Bure, Sommarel, crête des Baumes...), et de même la majorité des avens s'ouvre sur une faille.

Ce chevauchement des calcaires sénoniens sur les terrains marneux et gréseux du Tertiaire, est heureux vu sous l'angle hydrologique, car il permet la naissance d'un certain nombre de sources à l'origine de la Souloise.

Cet anticlinal du massif de l'Aurouze se termine au Sud par le plateau de Bure. Il est le plus haut plateau d'Europe (2 600 m d'altitude moyenne) formé entièrement de calcaires sénoniens, haché lui aussi de nombreuses failles et décollé de son substratum crétacé inférieur dans sa partie sud ouest.

Pour terminer, décrivons rapidement les failles des Etroits et de la crête des Baumes.

Le réseau de fractures des Etroits est formé de trois failles quasi verticales ; en venant de St-Etienne par la route, on rencontre d'abord la faille du tunnel de direction sud ouest - nord est, qui met en contact les calcaires à nummulites et le Sénonien avec les calcschistes (rejet environ 30 m), ensuite la faille du Puy de direction nord-sud intrasénonienne (rejet plus de 100 m) et la faille des Etroits (accident de faible amplitude).

Au sortir des Etroits, après le pont de Giers, on recoupe la faille de la crête des Baumes de direction sud ouest - nord est d'environ 100 m de rejet vertical ; la partie est est remontée mettant en contact le Sénonien et le Tertiaire.

c) - Le synclinal de St-Etienne

Ce synclinal forme la haute vallée de la Souloise ; son axe orienté nord nord ouest - sud sud est passe par St-Etienne-en-Dévoluy et le col de Rabou avec un plongement nord.

Le cœur du synclinal est largement rempli par les dépôts tertiaire et quaternaire, tandis que les flancs se dénudent peu à peu de Tertiaire, pour faire apparaître en leur sommet le Sénonien.

Le synclinal a une forme dissymétrique ; en effet, si la remontée du flanc sud ouest est tranquille (avec toutefois quelques ondulations à grand rayon) la remontée du flanc nord est, est nettement plus brutale et même chevauchante.

La violence de la tectonique alpine dans ce secteur, a relevé les calcaires sénoniens jusqu'à la verticale (crête de Lieraver et donne même un large chevauchement de ce flanc sur lui-même (crête de Porel).

On observe donc rive droite de la Souloise, en descendant du col de Rabou, le chevauchement des calcaires sénoniens sur la série tertiaire avec deux klippes plus avancées, laissées là par l'érosion -ensemble de Piocel et celui de Plate-Tête).

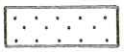
Ce chevauchement des calcaires sénoniens sur les terrains marneux et gréseux du Tertiaire est heureux vu sous l'angle hydrologique, car il permet la naissance d'un certain nombre de sources à l'origine de la Souloise.

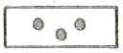
La carte géologique au 1/50 000 qui est présentée ici, a été levée par l'auteur à des fins pratiques. Elle n'a donc pas la précision qui est généralement souhaitée pour des cartes de cette échelle ; d'autant plus que le Quaternaire n'a pas été relevé dans le détail.

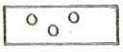
Toutefois elle fait apparaître les accidents majeurs des massifs, plis, failles, chevauchements, ainsi que les différents terrains que l'on y rencontre avec leurs pendages et le maximum de précisions dans l'étendue de leurs affleurements ; ceci permet d'avoir une base sûre pour effectuer tout travail hydrogéologique précis, que l'on va entreprendre dans la seconde partie de cette étude.

LEGENDE

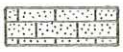
Cône de déjection.

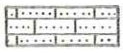

Eboulis et brèches de pente.


Alluvions anciennes.


agl Dépots glaciaires.

m_r Molasses rouges.


m_{I-II} Grès vert de Saint-Nisdier.

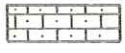

m_I Flysch supérieur.

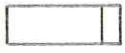
e^{3c} Marnes noires.

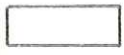
Faciès de l'Oligocène inférieur.

e^{3b} Calschistes à pecten

e^{3a} Calcaires nummulitiques.


e^3 Conglomérat de base.


c^8 Sénonien : calcaires.


Discordance

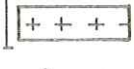
c^{4-3} Cénomanien

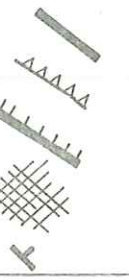
c_I Aptien

c_{II} Barrémien

c_{IV} hauterivien

c_V Valanginien.


Limites du massif


Faille

Chevauchement

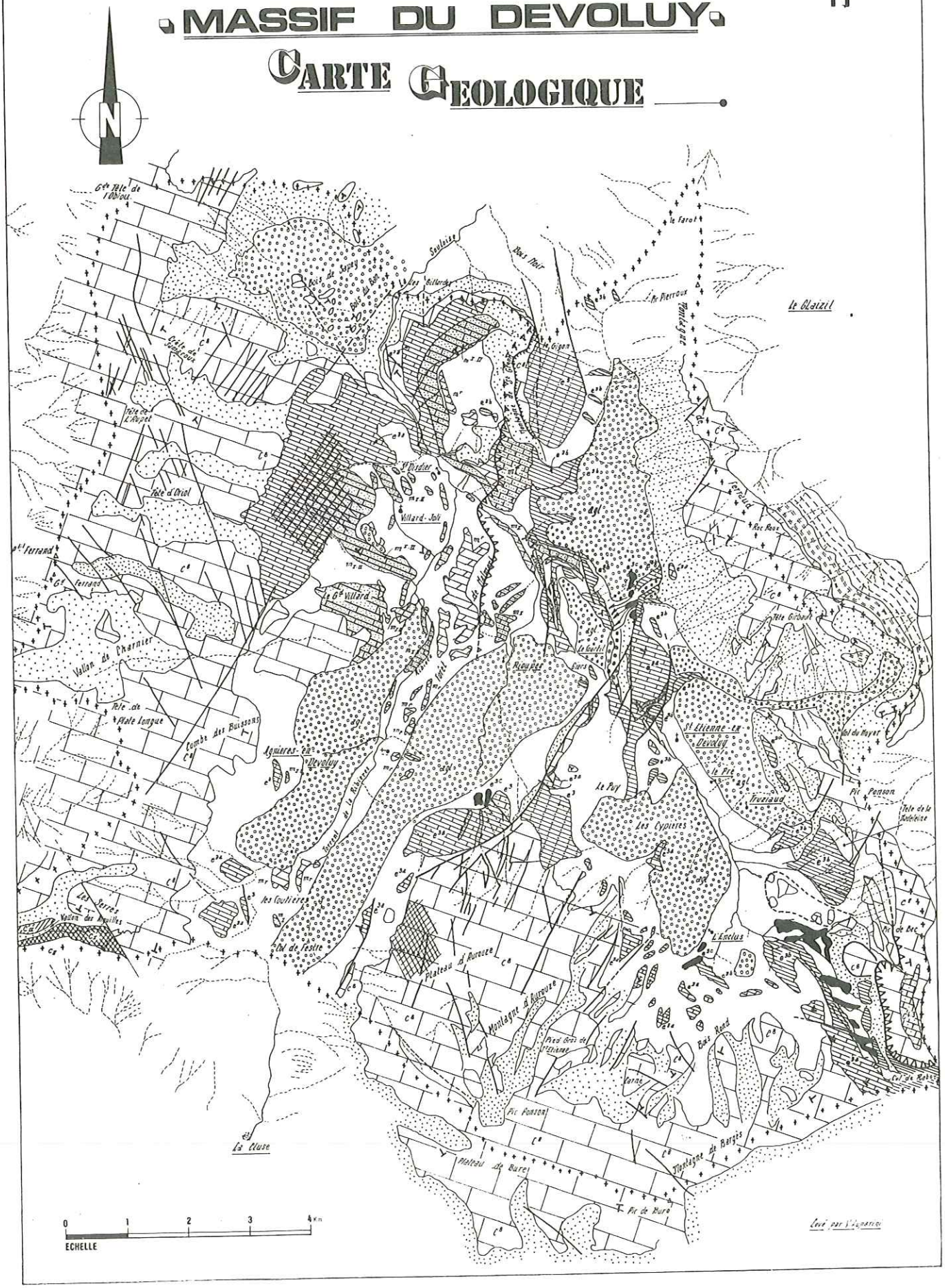
Faille chevauchante

Zone fracturée

Pendage

MASSIF DU DEVOLUY

CARTE GEOLOGIQUE



CHAPITRE II

A - BASSIN VERSANT DU DEVOLUY - DESCRIPTION

- Limites

Le massif du Dévoluy forme un bassin versant unique et parfaitement fermé. Il s'agit d'une cuvette synclinale, inclinée vers le Nord et drainée dans cette direction. Toutes les eaux qui s'infiltrent ou qui ruissellent se retrouvent à la sortie du bassin versant dans la Souloise ou à la résurgence des Gillardes.

Ce bassin est limité :

- à l'Ouest par la ligne de crête allant de l'Obiou jusqu'au col des Aiguilles en passant par la Tête de l'Aupet et le Grand-Ferrand ;
- au Sud du col des Aiguilles au plateau de Bure en passant par le col du Festre et le pied gros d'Agnières ;
- à l'Est par la ligne de crête passant par le pic de Bure, la crête des Planes, le col de Rabou, le bec de l'Aigle, le col du Noyer et la crête de la montagne de Feraud ;
- au Nord au niveau de la résurgence des Gillardes.

- Les paramètres topographiques

Le bassin versant du Dévoluy présente dans son ensemble une superficie de 168 km^2 répartie entre 900 et 2 800 m d'altitude.

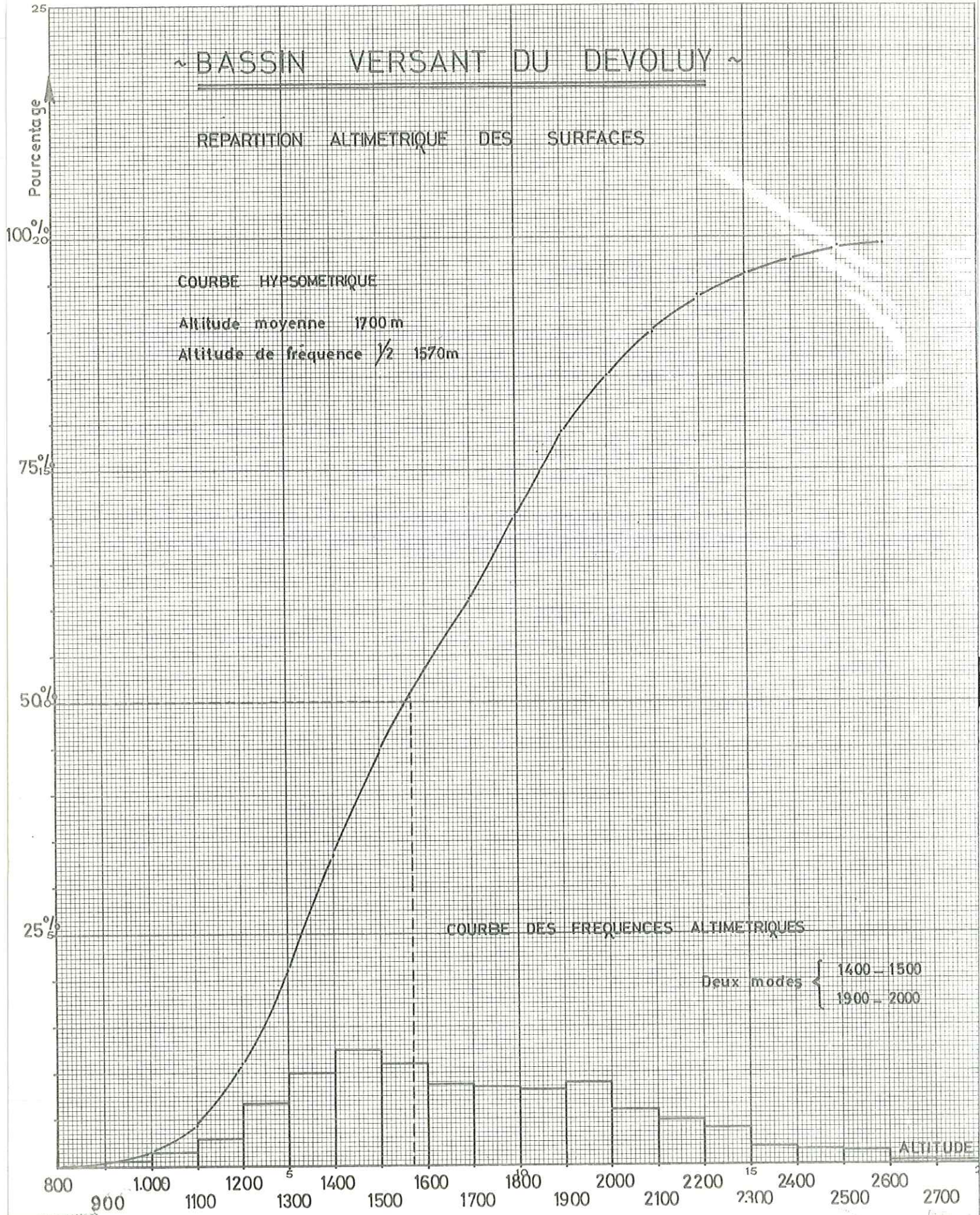
Les fonds de vallée sont très larges, encombrés de dépôts tertiaires et quaternaires, à relief mou, alors que les versants se relèvent rapidement pour atteindre des altitudes variant entre 2 400 et 2 800 mètres. Il s'agit d'un type de relief à modelé glaciaire.

Nous allons calculer la distribution altitudinale de la surface par tranche d'altitude de 100 mètres. On établira ainsi la courbe hypsométrique du bassin versant du Dévoluy et la courbe de fréquence altimétrique.

tranches d'altitude	Surfaces en km^2	Somme des surfaces en km^2	Pourcentage	Somme des pourcentages
800. 900	0,068	0,068	0,04	0,04
900. 1000	0,70	0,768	0,41	0,45
1000. 1100	1,97	2,738	1,17	1,62
1100. 1200	4,82	7,558	2,87	4,49
1200. 1300	11,24	18,798	6,69	11,18
1300. 1400	16,96	35,758	10,10	21,28
1400. 1500	20,86	56,618	12,41	33,69
1500. 1600	18,31	74,928	10,90	44,59
1600. 1700	14,59	89,518	8,68	53,27
1700. 1800	14,12	103,638	8,41	61,68
1800. 1900	14,13	117,768	8,41	70,09
1900. 2000	14,90	132,668	8,87	78,96
2000. 2100	10,11	142,778	6,02	84,98
2100. 2200	8,22	150,998	4,90	89,88
2200. 2300	6,73	157,728	4,01	93,89
2300. 2400	3,30	161,028	1,96	95,85
2400. 2500	2,70	163,728	1,60	97,45
2500. 2600	2,70	166,428	1,60	99,05
2600. 2700	0,55	166,978	0,32	99,37
2700. 2800	0,084	167,062	0,05	99,42

~ BASSIN VERSANT DU DEVOLUY ~

REPARTITION ALTIMETRIQUE DES SURFACES



L'établissement des courbes permet de définir les altitudes caractéristiques du bassin versant :
- l'altitude moyenne : définie par l'ordonnée moyenne de la courbe hypsométrique = 1700m
- l'altitude de fréquence 1/2 correspondant à l'abscisse 1/2 de la courbe des fréquences altimétriques = 1570m ;
- l'altitude la plus fréquente par les modes de la courbe des fréquences altimétriques. On trouvera ici deux modes :
  1400.1500
  1900.2000

Le mode le plus marqué, celui de 1450 mètres, correspond aux fonds de vallées qui sont très larges.
Le second faiblement marqué (1950) correspond sans doute au plateau d'Aurouze et aux quelques vallées perchées (vallon des Aiguilles...).

- Le réseau hydrographique

Deux torrents principaux (la Ribière et la Souloise drainent le bassin versant en direction du Nord ; ces deux torrents n'en font qu'un seul au niveau de Saint-Disdier : la Souloise, qui va grossir la retenue du barrage du Sautet sur le Drac.

. La Souloise

Elle prend sa source au col du Rabou ; puis est très vite grossie par une dizaine de sources en rive droite dont la plus importante est celle du Rif froid.
Ensuite à l'Enclus elle reçoit encore le torrent du Riou en rive gauche.
Puis :
- la fontaine de la Vache (rive droite) ;
- le torrent du Merdarel (rive droite) ;
- les sources des Cypières (rive gauche) ;
- le Rif (rive droite) affluent important ;
- le torrent de Rioupes (rive gauche) affluent important également ;
- la Ribière (en rive gauche) ;

et enfin les sources des Gillardes au bas du bassin versant qui multiplient le débit entre 5 et 40 fois.

. La Ribière

Elle prend sa source sous le village des Coutières ; elle reçoit :
- le torrent du vallon des Aiguilles (rive gauche),
- le torrent de la Combe (rive droite),
- le ruisseau des Près de la Frédière (rive gauche) affluent important,
- le torrent des Adroits (rive gauche),
- le torrent des Pertusets (rive gauche),
- le torrent de Truchières (rive gauche)

- Géologie et réseau hydrographique

Les torrents sont surtout marqués dans les zones de dépôts tertiaires plus imperméables. En effet, les calcaires sénoniens et nummulitiques ne présentent aucun drainage de surface.
L'orientation est à la fois celle de la plus grande pente mais aussi celle des axes synclinaux ; les fractures ont un rôle négligeable sur l'orientation des cours d'eau superficiels.
On peut déjà noter que le drainage souterrain doit suivre la même loi que le drainage superficiel puisque les sources des Gillardes résurgent au niveau même de la Souloise à la sortie du bassin versant.

B - LE BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU DEVOLUY

I - Introduction

. But et limites du calcul

Le massif du Dévoluy, nous l'avons déjà dit, semble être un bassin aux limites bien connues et avec une étanchéité de fond, presque certaine.
Donc toute eau, s'infiltrant ou ruissellant sur le massif, devrait se retrouver dans la Souloise après les résurgences des Gillardes.
Une station limnigraphique E.D.F. implantée au sortir du bassin versant, depuis plus de vingt ans, donne des résultats assez précis. Parallèlement, la météorologie nationale et l'E.D.F. possèdent un réseau de stations pluviométriques réparti sur le Dévoluy depuis vingt cinq années.

En possession de toutes ces mesures, on est donc tenté d'établir le bilan hydrologique du massif. En effet, en connaissant suffisamment bien la surface, en étant à peu près sûr de l'étanchéité du bassin, des mesures de pluies et des mesures limnigraphiques, on doit obtenir des résultats suffisamment parlants quant à l'évapotranspiration d'un bassin versant d'altitude.

En contre partie, si l'on ne peut rien reprocher aux mesures de débits, ni à l'étanchéité du massif (les fuites ne peuvent être prouvées), les mesures pluviométriques laissent des doutes certains. Trois stations fiables couvrent le Dévoluy, placées entre 1250 et 1350 m alors que le massif s'étale entre 900 et 2 800 m. Cette remarque sera un des points particuliers du bilan : peut-on préciser la pluviométrie en altitude ?

Les mesures qui seront faites ne s'étendent que sur un peu plus d'une année : là encore il faudra dire si on peut les rapprocher des plus anciennes.

. Appareillage de mesure

On utilisera les résultats des appareils de la météorologie nationale, ainsi que de l'E.D.F. avec un complément des appareils installés pour les besoins de l'étude par le S.R.A.E. d'Aix-en-Provence.

* Pluviométrie

Lieu	alt.	Origine	Début mesures	Type d'appareil
Agnières en Dévoluy	1245	Météo E.D.F.	1931	seau pluviométrique
St-Etienne-en-Dévoluy	1265	Météo E.D.F.	1931	thermo pluviographe
Cypières	1350	Météo E.D.F.	1957	seau pluviométrique
Garcins	1410	S.R.A.E.	1971	Nivopluvio totalisateur
Superdévoluy	1500	S.R.A.E.	1972	Pluviographe
Rochassac	1690	Météo E.D.F.	1953	Nivopluvio totalisateur
Plateau d'Aurouze	1920	S.R.A.E.	1973	Cabane nivo totalisateur *
Jas de la selle	2050	Météo E.D.F.	1953	nivo pluvio totalisateur

* Débits (sur la Souloise uniquement).

Station de jaugeage de l'Infernet ; en aval des Gillardes (résurgence) E.D.F. depuis 1951.

Station de jaugeage du Pont de la Baume, en amont des Gillardes S.R.A.E. depuis 1972.

Station de jaugeage de Saint-Etienne-en-Dévoluy : entrée des Etroits S.R.A.E. depuis 1972.

* températures	. Agnières-en-Dévoluy	1245 m	Météo
	. St-Etienne-en-Dévoluy	1265 m	Météo
	. Cypières	1350 m	Météo
	. Superdévoluy	1500 m	S.R.A.E.

* Evaporation, ..., pression barométrique, hydrométrie, Superdévoluy S.R.A.E. 1973.

Toutes ces mesures ont été complétées par des relevés de chute de neige et d'épaisseur de neige en divers points afin de connaître s'il existe une variation notable avec l'altitude.

II - Les précipitations

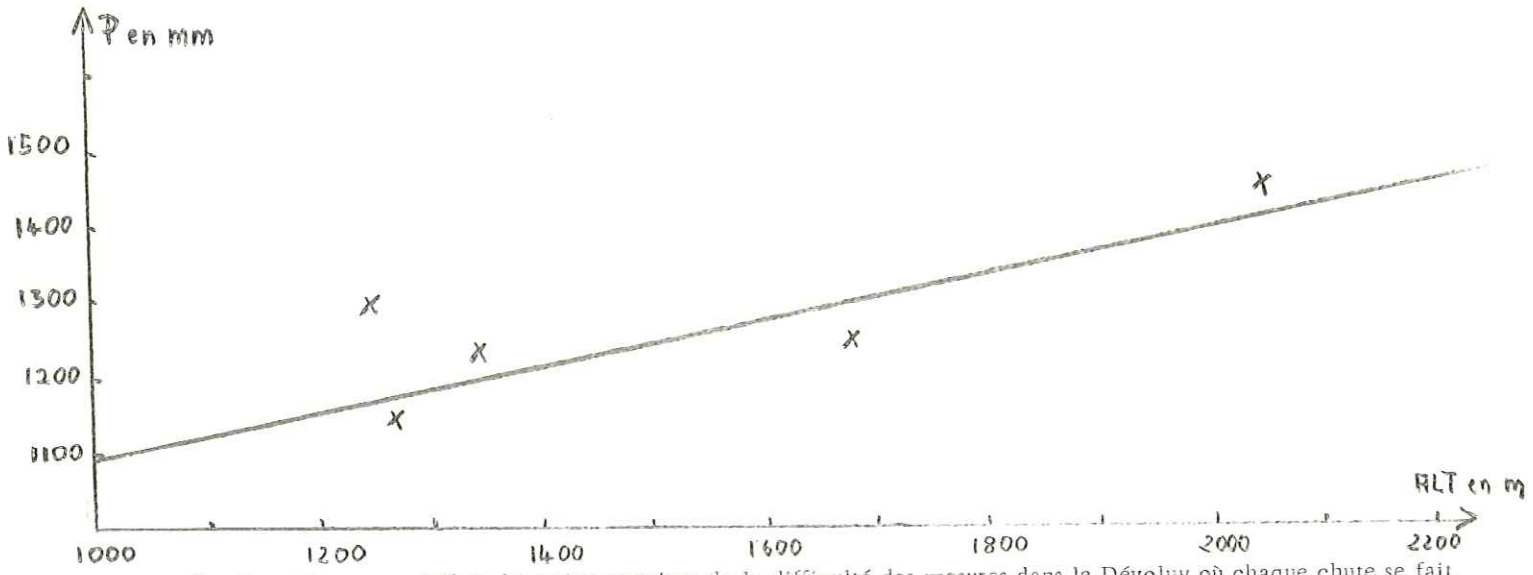
a) - Hauteur des précipitations

Avant de se pencher sur l'analyse des résultats de l'année 1973 (période d'étude du bilan) ; on va tout d'abord dépouiller les mesures les plus anciennes pour voir ensuite, si celles de 1973 sont conformes aux précédentes.

En effet, il est bon de connaître si l'année étudiée est représentative, excédentaire ou déficitaire, afin de savoir si le calcul du bilan est influencé par une mise en stock d'une certaine quantité d'eau, ou bien par l'écoulement de réserves habituelles.

A partir des plus anciennes moyennes annuelles de hauteurs de pluie connues, on va essayer de tracer une courbe de pluie en fonction de l'altitude.

Station	Altitude	Moyennes 1958,1972
Agnières-en-D.	1245	1300 mm
St-Etienne-en-D.	1265	1139 mm
Les Cypières	1350	1234 mm
Refuge de Rochassac	1690	1240 mm
Jas de la Selle	2050	1436 mm



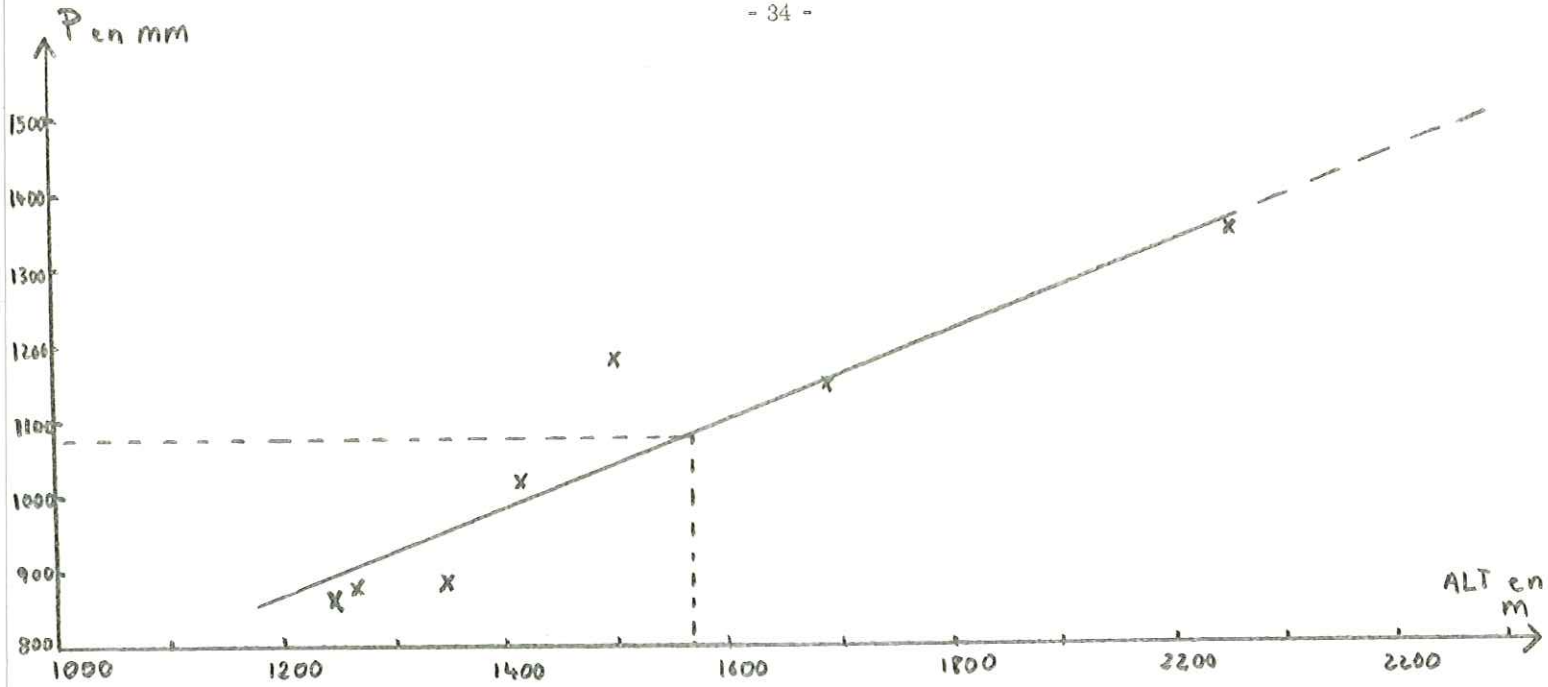
La disposition assez diffuse des points provient de la difficulté des mesures dans le Dévoluy où chaque chute se fait avec des vents assez forts et où des vallées sont nettement plus arrosées (cas d'Agnières) en fonction du relief qui les borde.

Nous pouvons déjà noter un gradient de précipitation qui est de 0,3 mm de pluie par mètre. Des mesures faites en 1971 (J.L. BONHOMME) à l'aide de diverses stations pluviométriques dans la vallée de St-Etienne donnaient un gradient de l'ordre de 0,5 mm par mètre.

Des mesures faites en 1973 - 1974 donnent encore un gradient de 0,55 mm. Voyons maintenant si l'année 1973 présente des hauteurs de précipitations se rapprochant des moyennes précédentes.

Agnières-en-Dévoluy	1245 m	867 mm
St-Etienne-enDévoluy	1265 "	881 "
Les Cypières	1350 "	863 "
Les Garcins	1410 "	1033 "
Superdévoluy	1500 "	1193 "
Refuge de Rochassac	1690 "	1150 "
Jas de la Selle	2050 "	1350 "

	Précipitations mensuelles pour l'année 1973												
Stations	altitude	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Agnières-en-Dévoluy	1245	71	51	30	87	87	66	155	42	75	94	32	77
Moy. 1956.1965		87	75	108	91	73	95	65	75	114	119	129	128
St-Etienne-en-Dévoluy	1265	72	41	31	84	113	81	179	23	85	83	43	46
Moy. 1956.1965		80	60	106	99	73	95	63	72	128	129	132	118
Les Cypières	1350	82	39	31	74	108	77	160	25	83	91	44	49
Les Garcins	1410	73	74	26	90	82	92	151	87	90	123	83	62
Superdévoluy	1500	150	135	57	127	112	90	200	37	89	111	35	50



L'année 1973 présente un déficit, par rapport aux années précédentes de l'ordre de 20 %. Le déficit est surtout dû à un automne très sec (on l'observe par comparaison avec les moyennes des années précédentes).

L'influence de ce déficit ne se fera sentir que très tard dans la saison mais ne faussera pas le bilan de l'année 1973, car nous le verrons plus tard, le transit est rapide dans le Dévoluy.

b) - Hauteur moyenne de précipitation

On fera ce calcul uniquement à l'aide de la hauteur moyenne du bassin versant qui est ici de 1570 m, car les mesures existantes n'étant précises qu'entre 1245 m et 1500 m, On ne peut pas employer d'autres méthodes.

La hauteur moyenne est donc lisible sur la courbe précédente 1080 mm.

c) - Remarques sur les mesures nivales

Quelques faits méritent d'être cités sur les mesures nivales et nivo-pluviales qui ont été réalisées sur le massif.

Pour obtenir des résultats précis dans ces mesures, certaines règles doivent être respectées et la bonne connaissance de l'appareillage employé est nécessaire.

- Appareillage

Nivo-pluviographe chauffant

Il donne les résultats les meilleurs et son emploi doit être fait chaque fois que possible ; les seuls inconvénients sont sa cherté et la nécessité de point d'alimentation (électrique en général). C'est la raison pour laquelle nous n'avons pu utiliser qu'un seul appareil de ce type.

Nivo-pluviomètre totaliseur

Ce sont des tubes plastiques (d'environ 2,50 m), dont le fond est vissé ; les résultats sont très médiocres car les turbulences qui se forment près de l'orifice empêchent la neige de pénétrer ; de plus il est fréquent que le fond ne soit pas étanche et occasionne des pertes importantes ; enfin suivant la température ambiante lors de la lecture, la dilatation du tube peut donner des variations de 10 %.

Nous avons constaté qu'en général ces appareils donnent des valeurs trop faibles (de 10 à 30 %) par rapport à celles que l'on peut observer par vérification directe.

Sean pluviométrique

Les résultats sont un peu plus précis que pour l'appareil précédent, mais il faut les relever journalièrement avec l'aide de plusieurs habitants.

Choix de l'emplacement

La théorie veut que chaque appareil qui est implanté, soit éloigné d'obstacle environnant. Hélas, la pratique prouve le contraire ; si l'on place un pluviomètre en rase campagne, il donne en général des résultats totalement aberrants ; (pour les chutes de neige de 1 m, il recueille seulement 10 cm). Ceci en raison du vent qui souffle presque toujours lors de chutes de neige et qui réalise des turbulences autour de l'orifice.

Des résultats intéressants et sûrs sont fournis par les mesures d'épaisseur de chaque chute ; en cinq ou dix lieux que l'on a repéré comme représentatifs, on mesure chaque chute avec une règle et l'on prélève un échantillon pour connaître la densité de la neige ; en faisant la moyenne on obtient des valeurs très précises. C'est ce que nous avons fait durant l'hiver 1973-1974 et nous a permis de recouper les résultats fournis par divers appareillages.

Sublimation de la neige

Il est intéressant de savoir quelle peut être la sublimation (ou évaporation) de la neige pendant une période hivernale pour l'établissement du bilan.

Régulièrement pendant trois mois et en trois points du massif voisin de 1500 m d'altitude placés suivant des expositions différentes, des relevés ont été faits tous les deux jours en tenant compte de chaque chute de neige.

J'ai pu ainsi constater que pour l'hiver 1974, la perte enregistrée sur le stock neigeux n'a pas été supérieure à 5 % pour l'altitude de 1500 m. Cette faible valeur est due à un hiver très peu ensoleillé et très brumeux ; aussi on ne peut pas dire que ce résultat soit très représentatif et puisse être généralisé. Il fixe tout de même l'ordre de grandeur du phénomène et il serait bon de faire systématiquement de telles mesures, si cela est possible, car elles peuvent fournir des éléments importants pour l'établissement du bilan.

III - Les températures

Pour avoir une valeur moyenne représentative du bassin versant du Dévoluy, une multitude de points de mesures est nécessaire.

En fait, il faudrait des mesures sur chaque versant d'orientation différente et dans le fond de chaque vallée.

Ceci étant impossible il a donc fallu trouver un point de mesure suffisamment représentatif des températures de l'altitude moyenne (1570 m) du bassin versant. La station des Cypières située à 1340 m sur un versant nord semble donner des résultats satisfaisants.

Des vérifications d'écarts de température ont été faites avec d'autres points du massif (Superdévoluy 1500 m, Truziaud 1377 m), les écarts ne dépassent jamais plus de quelques degrés les valeurs des Cyprières et s'estompent dans les moyennes.

On se servira donc de cette station en la jugeant comme suffisamment représentative. La moyenne des années 1961 - 1972 est de 5;7° C.

Pour l'année 1973, on a relevé :

	J		F		M		A		M		J	
min. max.	-6,2	2,5	-9,4	0,3	-6,8	3,3	-4,1	5,8	4,6	13,8	7,1	19,1
moy.	-1,9		-4,6		-1,8		0,9		10,2		13,1	

	J		A		S		O		N		D	
min. max	8,9	19,4	9,9	19,4	6,2	18,5	0,7	4,8	-3,1	7	-7	2
moy.	14,2		15,6		12,4		6,3		2		-2,5	

La moyenne annuelle est donc : 5,3° C

IV - L'évapotranspiration

Bien que de nombreuses formules donnent des résultats à partir de quelques paramètres, leur emploi est des plus douteux. Si elles ont donné de bons résultats pour certains bassins versants expérimentaux je ne pense pas qu'il soit bon de les appliquer à tous les bassins versants et qu'il vaut mieux considérer chacun d'eux comme un cas d'espèce.

En effet, que va-t-on dire de l'évapotranspiration dans le Dévoluy où 50 % de surface sont recouverts de neige cinq mois par an et ne possèdent aucun drainage superficiel ; où la pluviométrie varie avec chaque versant ainsi que le régime des vents et où une végétation assez dense ne s'observe que dans le fond des vallées.

Qu'une formule puisse intégrer tous ces paramètres, je pense qu'il est difficile de l'avancer.

Nous allons toutefois appliquer les méthodes classiques pour savoir quelles sont les valeurs que l'on obtient ; ensuite, par différences entre l'apport et l'écoulement, nous verrons la part que l'on peut donner à l'évapotranspiration (méthode qui me paraît plus sure pour le secteur étudié).

Evapotranspiration par la méthode de Coutagne

Il existe plusieurs formules de Coutagne en fonction de la latitude, et de la pluviométrie.
Dans le cas présent on emploiera les formules suivantes :

Pour P $>$ 1000mm

Première formule

$$Dm = 0,20 + 0,035\ T$$

avec

$T = 5°3$ on obtient $Dm = 0,20 + 0,035 \times 5,3 = 0,385$ m

soit : **385 mm**

Deuxième formule

$$D = P - \lambda P2$$

$$D = 1,08 - 0,65\ (1,08)^2 = 0,326$$

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14\ T} = 0,65$$

326 mm

Evapotranspiration selon TURC - PRemière formule

Cette formule fait intervenir la température moyenne et les précipitations annuelles tombées sur le bassin.

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

avec $L = 300 + 25\ T + 0,5\ T^3$

et ici pour le Dévoluy

$T = 5°3$

$P = 1080$ mm

$L = 504,2$

$$E = \sqrt{\frac{1080}{0,9 + \frac{1166400}{254217}}} = \boxed{461 \text{ mm}}$$

Evapotranspiration par la méthode de Thornthwaite

Beaucoup plus complexe, elle fait intervenir l'indice thermique mensuel I dans l'évapotranspiration qui se calcule chaque mois.

avec

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

La formule s'écrit ainsi $Ep = 1,6 \left(\frac{10\ T}{I}\right)^a$

avec $a = 0,49239 + 1792\ 10^{-5}\ I - 771\ 10^{6}\ I^2 + 675\ 10^{-9}\ I^3$

Le résultat est encore corrigé par un cœfficient fonction de la latitude du bassin

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
I	-	-	-	0,28	2,8	4,24	4,76	5,5	4	1,32	0,82	-
Ep en mm	-	-	-	5	50	90	100	112	80	42	11	-

Pour l'année le résultat est de **490 mm**

Discussion des résultats

Nous le voyons, ils sont très divers et s'étalent entre 326 et 490 mm, mais avec certaines réserves ; malgré le bon accord obtenu par les méthodes de Turc et de Thornthwaite on ne peut pas à priori choisir entre ces résultats et ceux fournis par la méthode de Coutagne, qui comme dans bien d'autres régions s'avérera plus proche de ce que l'on peut penser être la réalité.

V - Lame d'eau écoulée

Les débits sont mesurés par la station limnigraphique de l'Infernet sur la Souloise, qui enregistre toutes les eaux sortant du bassin en aval de la résurgence des Gillardes.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-après : :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy. an.
Débit moy. mensuel en m^3/s	1,44	1,29	2,66	5,90	16,8	5,75	7,4	2,01	1,78	3,62	1,42	1,04	4,29
Débit spécifique mensuel en $l/s/km^2$	8,5	7,7	15,9	35,3	100	34,4	44,3	12	10,6	21,6	8,5	6,2	25,4
Lame mensuelle em mm	23	20,7	42,6	94,5	269	93,2	118	32,2	28,6	58	22,8	16,7	819,3

La lame d'eau écoulée pour l'année 1973 est de 819,3mm.

VI - Approche du bilan

La formule suivante représente l'équilibre du bilan d'un bassin versant :

$P = Q + Et + W$ où P = précipitation

$1080 = 819 + 470 - 209$ Q = l'écoulement

on obtient donc $W = -209$ W = Recharge des nappes

Et = évapotranspiration

On arrive donc à la contradiction suivante : alors que l'année est bien moins pluvieuse que la moyenne habituelle (et surtout que l'année précédente → en 1972 P = 1260 mm). Les nappes devraient fournir 209 mm à l'évapotranspiration ; ce qui paraît matériellement impossible.

VII - Discussion sur le bilan

Après ce que nous venons de constater, il nous faut maintenant chercher d'où provient l'erreur dans le calcul du bilan.

En effet, alors que l'année est déficitaire, on obtient un surplus de 209 mm d'eau (soit environ 20 %).

Analysons en détail chaque élément du bilan.

* La pluviométrie P

Les résultats obtenus par le réseau météo donnent-ils des valeurs trop faibles ? Cela est certes une hypothèse, mais tout de même une hypothèse peu probable ; en effet, les mesures proviennent de stations implantées depuis 10 à 25 ans, qui semblent assez fidèles et qui s'accordent avec de nouvelles stations implantées pour les besoins de l'étude.

En outre si l'on compare les précipitations et les écoulements des années 1972 et 1973 voici ce que l'on observe. (On a choisi l'année 1972, car autant en écoulement qu'en pluviométrie elle est représentative des vingt années précédentes).

1972 P moy. = 1260 mm Qm = 6,3 m^3

1973 P moy. = 1080 mm Qm = 4,3 m^3

Nous voyons qu'en 1973 le débit est de 30 % inférieur alors que les précipitations ne le sont que de 20 %.

Donc les précipitations relevées en 1973 ne sont pas trop faibles, mais auraient plutôt tendance à être trop fortes ; l'erreur ne peut provenir de la pluviométrie.

* l'écoulement Q : l'erreur maximum ne peut dépasser 5 %.

* L'évapotranspiration E

Nous l'avons déjà dit, les résultats obtenus par les méthodes employées sont loin d'être précis, et surtout adaptés au type de bassin en présence.

On a obtenu des mesures variant entre 326 mm et 490 mm.

Donc à mon avis, l'erreur la plus importante dans le calcul du bilan provient de l'évapotranspiration.

Pendant les 15 dernières années (1957 - 1972) la différence entre l'apport moyen et l'écoulement moyen peut se noter ainsi :

volume apporté	220 000 000 m^3
volume écoulé	180 000 000 m^3
différence	40 000 000 m^3

Le déficit que l'on peut attribuer à l'évapotranspiration n'est que d'environ 20 %, chose rare sous nos climats (en général 40 à 50 %).

Il est maintenant important de faire remarquer ; que nous sommes en présence d'un bassin versant d'altitude (où la température moyenne annuelle n'est que de 5°3) et qu'en plus, seulement 1/3 du bassin peut donner une évapotranspiration normale car les 2/3 restants sont des terrains sans végétation, fortement karstifiés et recouverts de neige pendant cinq mois de l'année, et d'éboulis pendant les autres mois.

Pour l'année 1973 on a relevé ce qui suit :

apports 180 000 000 m^3

écoulement 141 000 000 m^3

dont un déficit de 22 %.

D'un autre côté, si l'on divise le bassin versant en deux parties :
- une imperméable (dépôts tertiaires au fond des vallées) formant le bassin versant de la Souloise (environ 60 km^2);
- une perméable car très karstifiée formant le bassin versant des Gillardes (environ 110 km^2).

Et si l'on compare l'apport et l'écoulement de chacun on obtient :

bassin versant de la Souloise :

apport 53 860 000 m^3

écoulement 41 000 000

soit un déficit de 24 %.

bassin versant des Gillardes

apport 126 140 000 m^3

écoulement 100 000 000 m^3

soit un déficit de 20 %.

Il est intéressant de présenter ici une autre méthode pour calculer l'évapotranspiration qui s'identifie assez bien à notre étude.

Sur le bassin versant du Dévoluy la station limnigraphique de l'Infernet nous permet d'obtenir les valeurs cumulées de l'infiltration et du ruissellement, puisqu'elle mesure globalement les débits de la Souloise et des sources des Gillardes.

Si l'on reporte dans un graphique les débits moyens des crues mesurés à l'Infernet lors de chaque précipitation, en fonction de la hauteur d'eau tombée en mm, on obtient une droite. Ces résultats ont été exploités pendant le mois de juillet à décembre 1973 seulement, car les chutes de neige de l'hiver faussent totalement les valeurs (une chute de neige ne donnant pas d'augmentation de débit).

La droite que l'on obtient (voir fig. p.38b)prouve qu'il y a une parfaite régularité dans les rapports pluies moyennes sur le bassin versant et les débits moyens des crues à l'Infernet.

Cette droite coupe l'axe des abscisses au point x = 4 mm d'eau, ce qui revient à dire que pour une précipitation de 4 mm on n'obtient pas de débit.

Le réservoir souterrain du massif du Dévoluy revenant rapidement à l'équilibre après de fortes précipitations (nous entendons par là que tout apport massif d'eau est très rapidement rendu dans la Souloise et qu'il n'y a quasiment pas de mise en réserve) on peut avancer que les 4 mm enregistrés représentent bien l'évapotranspiration qui se réalise lors de chaque pluie.

Pour les mois de juillet à décembre 1973 ce phénomène donne un déficit de 141 mm d'eau pour une hauteur totale de précipitations de 481 mm.

L'évapotranspiration a été de 141/481 = 0,29.

Si l'on veut tenir compte de l'hiver où l'évapotranspiration est très réduite, en raison du manteau nival, on doit avoisiner pour toute l'année 1973 une valeur comprise entre 20 et 25 % d'évapotranspiration.

Nous voyons que cette méthode illustre assez bien les résultats que l'on obtient sur le bassin versant du Dévoluy.

En conclusion :

On peut avancer que l'évapotranspiration pour un bassin d'altitude tel que le Dévoluy ne se situe pas autour de 50 % des précipitations annuelles mais bien plus bas.

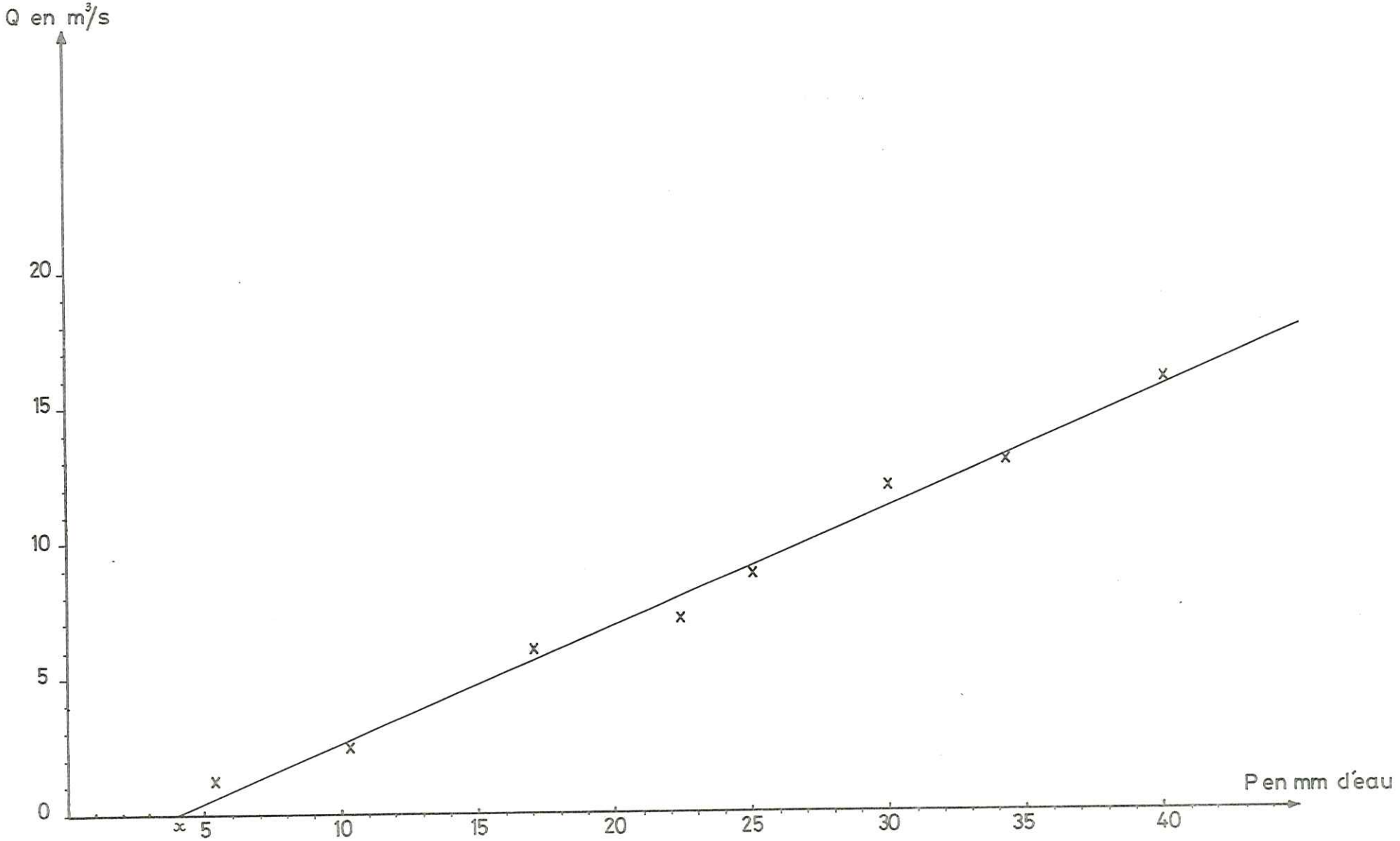
Dans le cas présent on obtient une évapotranspiration d'environ 20 % de précipitations, avec évidemment les données que nous possédons ; peut être est-elle supérieure mais il est déjà certain qu'elle n'atteint jamais 40 %.

On remarquera encore que la partie karstique d'altitude donne une évapotranspiration plus faible, sûrement en raison de la neige et du peu de végétation, que les fonds de vallées à végétation plus abondante.

* Le stockage W

On ne peut pas parler de stockage pour le massif du Dévoluy. Les sources sont peu nombreuses et représentent une très faible part de l'écoulement. Seule la source des Gillardes qui donne à elle seule 70 % de l'écoulement pourrait emmagasiner certaines réserves en période de fortes précipitations ; or, ce n'est pas le cas,car après des pluies importantes, son débit augmente presque instantanément puis quelques jours plus tard revient rapidement à son régime d'avant la crue.

Courbe des débits moyens à l'Infernet en fonction de la hauteur moyenne de précipitation sur le bassin versant du Dévoluy lors de chaque pluie, du 1_7_73 au 31_12_73 __



C - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Lors d'une pluie, l'eau arrive au sol avec une certaines température et une certaine composition chimique. Ces deux paramètres vont rapidement se modifier pendant l'infiltration ou le ruissellement. Après un trajet plus ou moins long, en surface ou en profondeur, l'eau va se présenter sous un état qui ne dépendra que du terrain qu'elle aura traversé et aussi du temps mis à la traverser.

Pour essayer de voir les rapports qui existent entre l'eau et le terrain où elle chemine un certain nombre de mesures ont été faites.

Des relevés périodiques (tous les mois, pendant un an environ) ont été faits sur presque toutes les émergences importantes du bassin.

Lors de ces relevés des mesures de débit, de températures, de résistivité et de pH ont été réalisées. Il est évident que seules des mesures en continu auraient pu nous donner toutes les variations qui se sont faites ; ceci étant matériellement irréalisable on interprétera ici des résultats périodiques.

Des mesures de laboratoires ont enfin complété ces relevés de terrain ; à partir d'échantillons prélevés sur place on a pu obtenir des compositions chimiques à diverses périodes de l'année.

I. - Débits

Ces mesures ont été faites à la fois sur les sources et sur les rivières ; on étudiera donc les résultats séparément.

a) sources

- Mesures

La majorité des sources du bassin versant ne dépassant pas les 15 l/s, les mesures ont été effectuées par capacité jaugée ; pour avoir un résultat suffisamment précis, il nous a fallu refaire plusieurs fois chaque mesure avant de l'accepter pour juste. En divers endroits la section a été aménagée d'un tuyau plastique pour permettre encore une plus grande précision.

Seules les sources des Gillardes, dont le débit s'étale entre 0,4 et 50 m^3/s a subi un enregistrement continu grâce à deux limnigraphes.

En effet, ces sources qui se jettent dans la Souloise sur une vaste zone, ne pouvaient être mesurées elles-mêmes ; aussi leur débit a été calculé par différence en plaçant un limnigraphe en amont et un en aval.

Les courbes de tarage de ces seuils ont été établies par jaugeage au moulinet, et par jaugeages chimiques (pour la station aval).

- Débit de crue

Dans le Dévoluy on enregistre deux crues :

La première, celle du printemps est de loin la plus importante, elle correspond en général à la fonte brutale du stock neigeux facilitée en plus par des pluies assez fortes.

Cette crue se situe pendant les mois d'avril et de mai. Elle est très rapide, et l'on voit les débits se multiplier par 2, par 5 ou par 40 suivant la source considérée.

Les sources de moraines donnent des débits doubles ; celles de Sénonien peu karstifié des débits quadruplés, et les sources vraiment karstiques ou celles d'éboulis récents donnent des débits multipliés par 30 ou 40.

Ces hauts débits sont très rapides et ne durent que quelques heures ; c'est pourquoi il est en général difficile de les mesurer si l'on n'enregistre pas en continu.

La seconde crue se fait à l'automne, en général au mois de novembre ; mais parfois plus tard, elle est moyenne et contribue surtout à la recharge des sources.

Si la neige tombe très tôt, l'hiver sera pauvre en réserves en eaux.

- Débit d'étiage

Que l'année soit pluvieuse ou non, on arrive toujours à des étiages assez bas en Dévoluy. En effet, l'existence de nappes très importantes et surtout à forte pente de charge est très rare, si bien que l'on se rapproche rapidement des débits d'étiage.

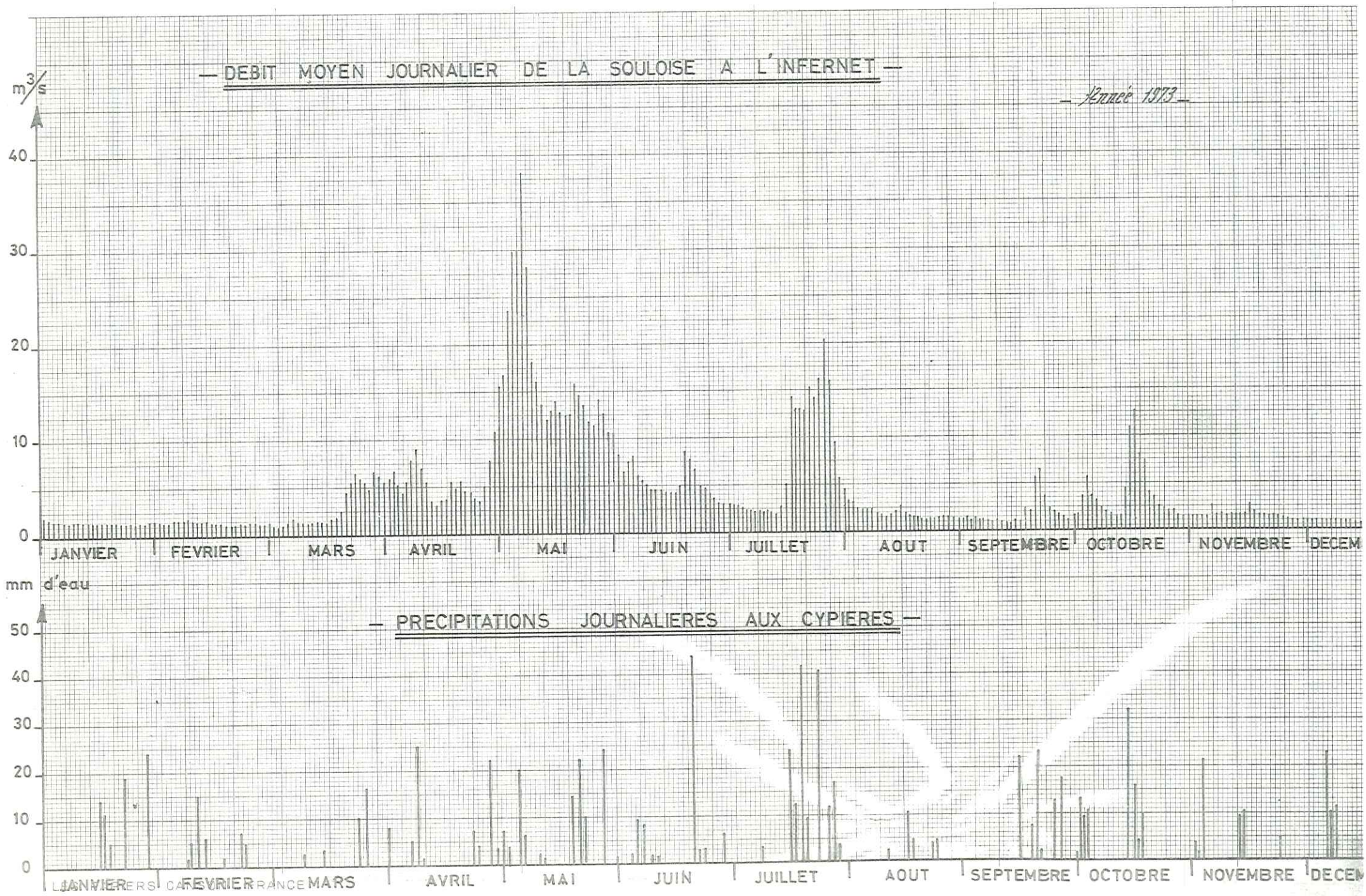
Il peut être deux ou trois fois inférieur au débit de crue lorsqu'il s'agit d'une bonne source, mais en général il est 5 à 10 fois inférieur, parfois jusqu'à 40 fois et arrive même à être nul.

Là encore on trouve deux étiages :

Un en automne, qui dure parfois jusqu'en début du mois de décembre et qui dans ces cas donne le débit le plus faible de l'année. Cet étiage est fonction évidemment des pluies de l'été, et de la recharge faite lors de la fonte des neiges.

Même si le manteau neigeux a été très puissant, la vidange des réserves est très rapide ; ce ne sont que les pluies de l'été d'assez longue durée qui donnent un débit d'étiage plus fort.

Un en hiver, qui se situe en général entre le 15 février et le 15 mars, il peut être très fort si les chutes de neige se sont faites très tôt dans la saison et si l'automne a été sec.


— DEBIT MOYEN JOURNALIER DE LA SOULOISE A L'INFERNET —
— Année 1973 —
m³/s
40
30
20
10
0
JANVIER
FEVRIER
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUILLET
AOUT
SEPTEMBRE
OCTOBRE
NOVEMBRE
DECEM
mm d'eau
— PRECIPITATIONS JOURNALIERES AUX CYPIERES —
50
40
30
20
10
0
JANVIER
FEVRIER
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUILLET
AOUT
SEPTEMBRE
OCTOBRE
NOVEMBRE
DECEM

En effet, à partir du mois de décembre le sol est gelé et l'alimentation des sources ne se fera plus jusqu'à la fonte de la neige, aussi si avant le mois de décembre le débit des sources n'est pas suffisamment important on est certain que l'étiage d'hiver sera très bas.

C'est en connaissant parfaitement les débits d'étiage (surtout des années sèches) que l'on pourra affirmer si une source mérite d'être captée ou non. De nos jours en montagne, les besoins en eau se font sentir l'été, et l'hiver en raison des stations d'altitude.

Au mois d'août l'étiage n'es tpas encore très fort, mais en février-mars des problèmes risquent de se poser lorsque des petites communes voient leur nombre d'habitants s'accroître de 5 000 à 10 000 personnes.

- Débit moyen

Il n'intéresse pas l'ingénieur qui veut réaliser un captage. Mais, en contrepartie, il peut permettre de comparer des sources entre elles, de visualiser leur importance, et même leur bassin versant.

C'est le débit moyen dont on se servira, chaque fois que l'on aura des calculs à réaliser sur une source.

- Variabilité du débit

C'est le rapport du débit maximum sur le débit minimum. Dans le cas du Dévoluy il varie de 1,5 à 90. Il est fonction essentiellement de la perméabilité de l'Aquifère et de sa géométrie ; en second lieu l'altitude (température de l'air) et la pluviométrie ont encore quelque influence. Nous verrons que chaque type de terrain possède un cœfficient de variabilité qui lui est propre.

b) Rivières

- Mesures

Trois limnigraphes ont été placés sur la Souloise, ce sont des appareils limnigraphiques avec puits et flotteurs ; une échelle leur est associée. Le tarage de chaque seuil est effectué par des mesures au moulinet et par des mesures chimiques pour l'un d'eux (celui de l'Infernet).

Si les débits d'étiage sont faciles à mesurer, les crues qui sont très rapides (durée de 1/4 d'heure à quelques heures) ne sont presque jamais mesurées aussi la courbe de tarage doir être extrapolée et présente des valeurs incertaines pour les forts débits.

- Débits de crue, d'étiage et moyens spécifiques

Les crues et les étiages correspondent avec ceux des sources et ont pratiquement les mêmes caractéristiques, aussi je ne m'étendrai pas plus longtemps sur leur sujet.

Le débit moyen est souvent employé ; en effet, on le calcule journalièrement, mensuellement et annuellement ; il est représentatif du bassin versant, et donne une idée de l'importance de l'écoulement.

Le débit spécifique s'exprime en $l/s/km^2$; il est lui aussi représentatif du bassin versant ; plus il est élevé et plus le bassin versant est riche en ressources hydrauliques.

- Ruissellement

On parle souvent de ruissellement, mais il est généralement assez difficile d'exprimer quelle quantité d'eau ruisselle vraiment et provient directement de l'écoulement de surface et non du débit des différentes sources.

Pour le bassin versant du Dévoluy le ruissellement peut être déduit plus facilement. En effet le débit moyen de sortie du bassin est de 4,29 m^3/s pour 1973.

Il représente le débit du torrent de la Souloise et le débit des sources des Gillardes. Les débits moyens des Gillardes pour 1973 est de 3,56 il ne reste donc que 0,73 m^3/s du débit moyen pour la Souloise.

Le débit moyen de toutes les sources couvrant le bassin versant, peut être estimé d'après le relevé que nous avons fait entre 0,20 et 0,30 m^3/s.

En conclusion, on pourra dire que le ruissellement véritable du Dévoluy se situe entre 0,43 m^3/s et 0,53 m^3/s ; ou encore qu'il représente 12 % de l'écoulement total du bassin versant.

Si l'on convertit ces résultats en mm de pluies ; le ruissellement réel du bassin versant se situe entre 80 mm et 100 mm d'eau pour une pluie de 1080 mm en 1973.

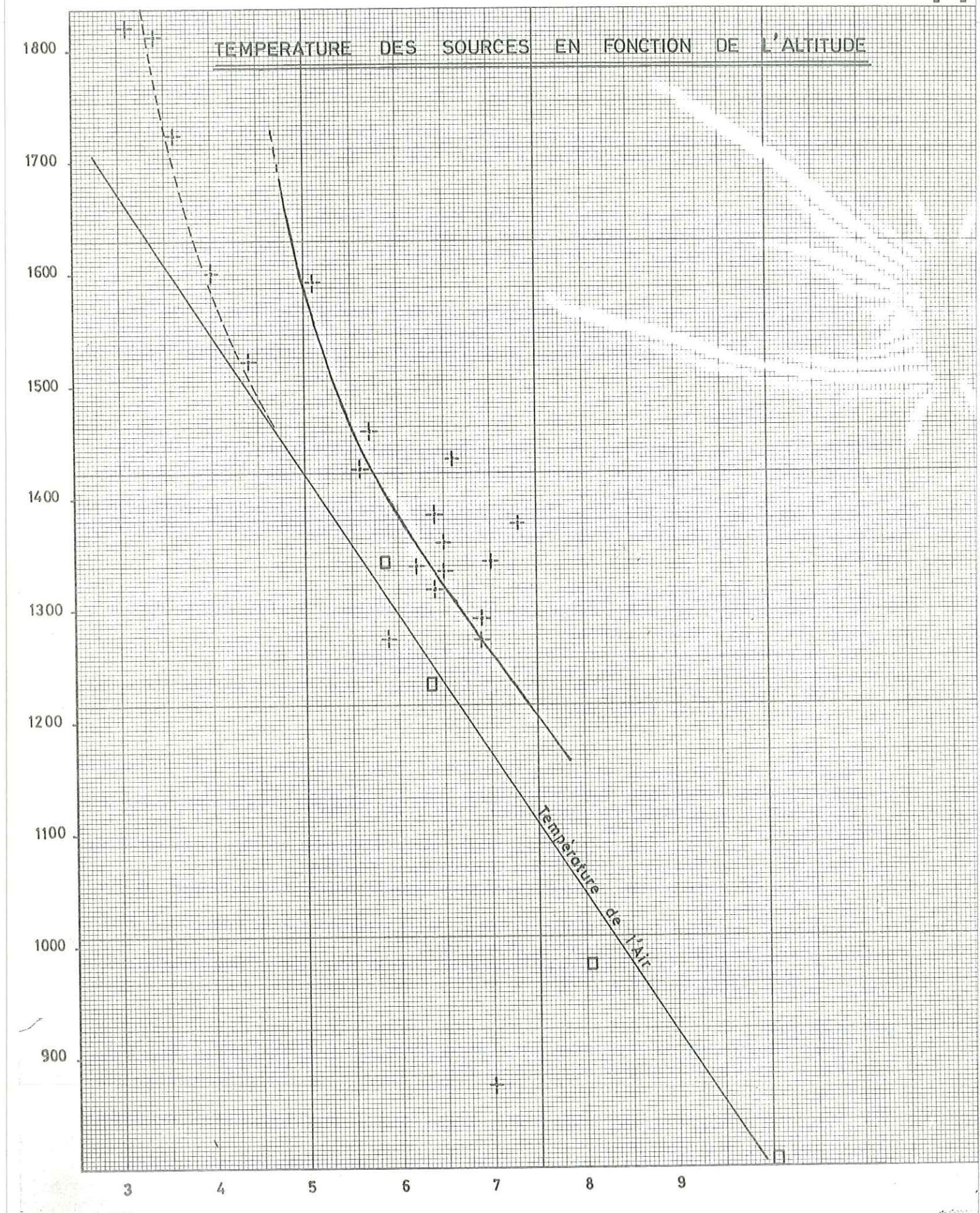
II - Températures

Pendant une pluie, l'eau avant de s'infiltrer, a acqui une température voisine de celle de l'air. C'est ainsi, qu'en fonction de la température de l'atmosphère lors de la précipitation l'eau a déjà une certaine température plus ou moins élevée. Ensuite, pendant son transfert dans l'aquifère elle va avoir tendance à se mettre en équilibre thermique avec celui-ci.

Si le transfert est suffisamment long l'équilibre peut se réaliser, par contre s'il est très court, l'eau ressortira plus chaude ou plus froide que le terrain traversé.

En général, il a été observé que la température moyenne annuelle d'une source est proche de la température moyenne annuelle de l'air au niveau de la source.

Nous reportons donc dans un tableau la courbe des températures de l'air en fonction de l'altitude ; quelques points connus du bassin versant nous permettent de la tracer ; on obtient une droite. Ensuite on reporte chaque source avec sa température moyenne annuelle et son altitude.


TEMPERATURE DES SOURCES EN FONCTION DE L'ALTITUDE
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
3
4
5
6
7
8
9
Température de l'Air

a) Analyses des résultats

L'observation des résultats nous montre que d'une manière générale, la température des sources est plus élevée de quelques dixièmes à un ou deux degrés que celle de l'air à la même altitude, en raison du manteau nival qui amortit l'effet des températures fortement négatives.

C'est en général ce que l'on observe ; donc le bassin versant ne présente pas de particularités vis-à-vis de la température des sources sinon que l'on obtient deux courbes parallèles dont l'espacement représente un écart de température de 0,7°, cette dualité étant due à l'influence de l'exposition ; (la courbe de droite représentant les sources du versant sud).

Un écart important toutefois est la température de la source des Gillardes ; la moyenne annuelle est de 7° alors que pour cette altitude elle devait être d'environ 10°.

Deux raisons peuvent expliquer cette faible température ; tout d'abord le bassin versant se situe à une altitude comprise entre 1500 et 2 700 mètres alors que l'émergence est à 870 m seulement.

Ensuite il s'agit d'une source karstique donc avec un transfert assez rapide et l'équilibre thermique n'a pas le temps de se réaliser malgré un écoulement qui est assez profond (environ 100 m, 400 m sous le niveau du sol).

b) Différents facteurs influant sur la température

On peut noter sur le graphique, que pour une même altitude, on obtient des écarts allant de 1 à 2 degrés entre diverses sources.

Plusieurs facteurs sont à l'origine de ces écarts :

+ l'altitude du bassin versant

On vient d'en parler pour la source des Gillardes ; une source ayant un bassin versant plus élevé peut avoir une température plus faible si la circulation souterraine est suffisamment rapide.

+ l'exposition

Les températures des sources de flanc nord sont généralement plus faibles que celles des flancs sud, étant évidemment dans les mêmes conditions (terrain, altitude...). Sur le bassins versant du Dévoluy (à proximité du col du Noyer) deux sources voisines de 50 m donnent des écarts de un à deux degrés ; en effet, l'une a son bassin versant exposé au Sud et l'autre au Nord Est. L'influence de l'exposition se voit très nettement sur le graphique des températures des sources en fonction de l'altitude ; les écarts entre les sources de versant nord et sud étant en moyenne de 0,7°.

* La profondeur et la nature du terrain

Une source alimentée par une eau ayant circulé à grande profondeur, donne des écarts de température plus faible qu'avec une alimentation peu profonde ; elle est en général plus chaude.

De même une source de moraine, où la circulation est lente, présente une température proche de celle de l'air, tandis qu'une source karstique donne des variations importantes en fonction de la température de l'eau au niveau de son alimentation (névé, pluie d'altitude ou le contraire).

* Variation de la température pendant les crues

1) Le réseau ne présentant aucun stockage, toute variation de température des eaux d'infiltration se répercute immédiatement à l'émergence.

2) Les eaux de ruissellement superficiel en période de fortes précipitations peuvent "shunter" les cheminements normaux en empruntant des circuits plus courts qui ne permettent pas une régularisation des températures.

3) Lors de précipitations importantes les eaux souterraines peuvent emprunter des réseaux moins profonds que ceux utilisés en période de basses eaux, ce qui se traduit par une absence de mélange des eaux dans les réseaux inférieurs d'où variations brutales de température à l'émergence (système amixtique).

4) On peut observer aussi des variations de température des eaux souterraines à la suite du phénomène de "piston flow", les eaux d'infiltration plus chaudes ou plus froides suivant les saisons que les eaux emmagasinées dans les réseaux souterrains poussant celles-ci devant elles sans qu'il y ait mélange.

Notons que la source des Gillardes, source karstique par excellence, avec un débit moyen de 6 m^3/s présente des baisses brutales de température lors des crues ; ce qui traduit un non mélange certain avec des réserves souterraines et permet d'écarter partiellement l'idée de l'existence d'une véritable nappe.

III. - Résistivité électrique

C'est un facteur intéressant dans l'étude des eaux souterraines. Il ne faut pas penser que grâce à la résistivité on pourra faire une classification des sources, ceci est impossible ; car des sources souvent très différentes ont à certaines périodes des résistivités analogues.

Par contre, l'étude des variations de la résistivité dans le temps pourra nous donner des indications sur les variations de minéralisation, et de là, sur les caractéristiques de l'aquifère et parfois sur le temps du transit.

La résistivité électrique d'une eau est fonction de sa résistance au passage d'un courant électique ; plus la résistivité est faible et plus l'eau est riche en ions conducteurs d'électricité.

La résistivité est donc l'image de la nature chimique d'une eau ; elle s'exprime en Ohms centimètres (Ω.cm).

- Méthode d'étude

Des relevés de résistivités des eaux de sources ont été faits de deux manières :

- sur le terrain, à l'aide d'un résistivimètre portatif (appareil fonctionnant comme un pont de Wheastone) : on établit l'équilibre entre une résistance connue et la résistivité d'un certain volume d'eau, placé entre deux électrodes d'acier inoxydable).

Ces relevés ont été réalisés, sur environ 50 sources du bassin versant, avec une périodicité d'un mois, pendant une année. Si bien que pour une source donnée, on connaît à la fois les résistivités de crues et les résistivités d'étiage.

- en laboratoire, sur des échantillons prélevés sur une vingtaine de sources, deux fois dans l'année en moyenne ; les mesures de résistivité sont effectuées à l'aide d'un résistivimètre à électrodes de platine.

Les mesures faites sur le terrain et celles de laboratoire ont parfois des écarts importants ; ceci provient du fait que les cœfficients correcteurs de l'appareillage de terrain nous donnent des valeurs trop élevées.

Toutefois, si ces valeurs s'identifient mal les unes aux autres, leurs variations vont dans le même sens et c'est ce qui nous intéresse le plus.

- Résultats obtenus

Les mesures de résistivité imagent les variations globales de l'ensemble des ions. Donc on ne pourra pas s'apercevoir si une variation est fonction d'un seul ion ou de l'ensemble

Ces résultats seront précisés par les analyses chimiques.

L'ensemble de mesures effectué a été ramené à la température de référence - ici 18° C -.

Sur la figure n° 15 on a reporté les résistivités des quelques sources principales en fonction de leur minéralisation globale.

La forme de la courbe nous montre que la résistivité diminue très vite en début de minéralisation et moins rapidement ensuite.

En effet, lorsqu'on passe d'une résistivité de 6 000 Ω.cm à 5 000 Ω.cm on a un enrichissement de 1 m eq alors que pour la même variation de 3 000 Ω.cm à 2 000 Ω.cm il faudra un accroissement de 3, 25 m eq soit plus du triple.

Ce fait est intéressant car la majorité des eaux du Dévoluy est peu ou moyennement minéralisée et les faibles variations seront plus facilement décelées.

Pendant l'année 1973, les résistivités ont donné les variations suivantes :

- pour une même formation (et quelle que soit la distance parcourue par l'eau dans l'aquifère), la valeur de la résistivité à l'étiage est sensiblement la même quelle que soit l'émergence.

La valeur la plus nette s'observe en hiver où aucune pluie ne vient modifier le régime de la source.

- du printemps à l'automne, les variations sont fonction des apports mais il arrive encore de trouver des variations synchrones.
- chaque crue s'est caractérisée en général par une augmentation de la résistivité :
  - . cette augmentation peut être très forte (jusqu'à 1 200 Ω.cm) dans le cas d'aquifère très ouvert (karst) ;
  - . elle peut être faible (50 à 100 Ω.cm) pour des aquifères à faible gradient (c'est le cas des sources de moraines).

Ces variations brutales de résistivité illustrent les phénomènes dont nous avons parlé au chapitre précédent ; en effet lors d'une forte pluie c'est de l'eau très récente qui arrive à courcicuiter l'écoulement normal de la nappe.

Lorsque le pic des variations de résistivité est synchrone avec celui des débits, on se trouve dans le cas du shunt des réserves souterraines. Lorsqu'il y a retard du pic des résistivités par rapport à celui des débits on se trouve alors dans le cas de "piston flow". Si par contre on ne constate aucune variation notable des résistivités lors de la crue c'est que l'on a un bon mélange et probablement des circulations en milieu poreux (non karstique) à faible perméabilité.

Ce phénomène ne se produit pas dans les nappes non karstiques et à faible perméabilité, où les transmissions de pression lors d'une crue laissent écouler d'abord l'eau la plus ancienne.

IV- le pH

Il s'agit du logarithme de l'inverse de la concentration en ions H^+. Le pH donne la concentration en ions hydrogènes (c'est-à-dire la quantité de gramme-équivalents de ces ions dans un litre d'eau).

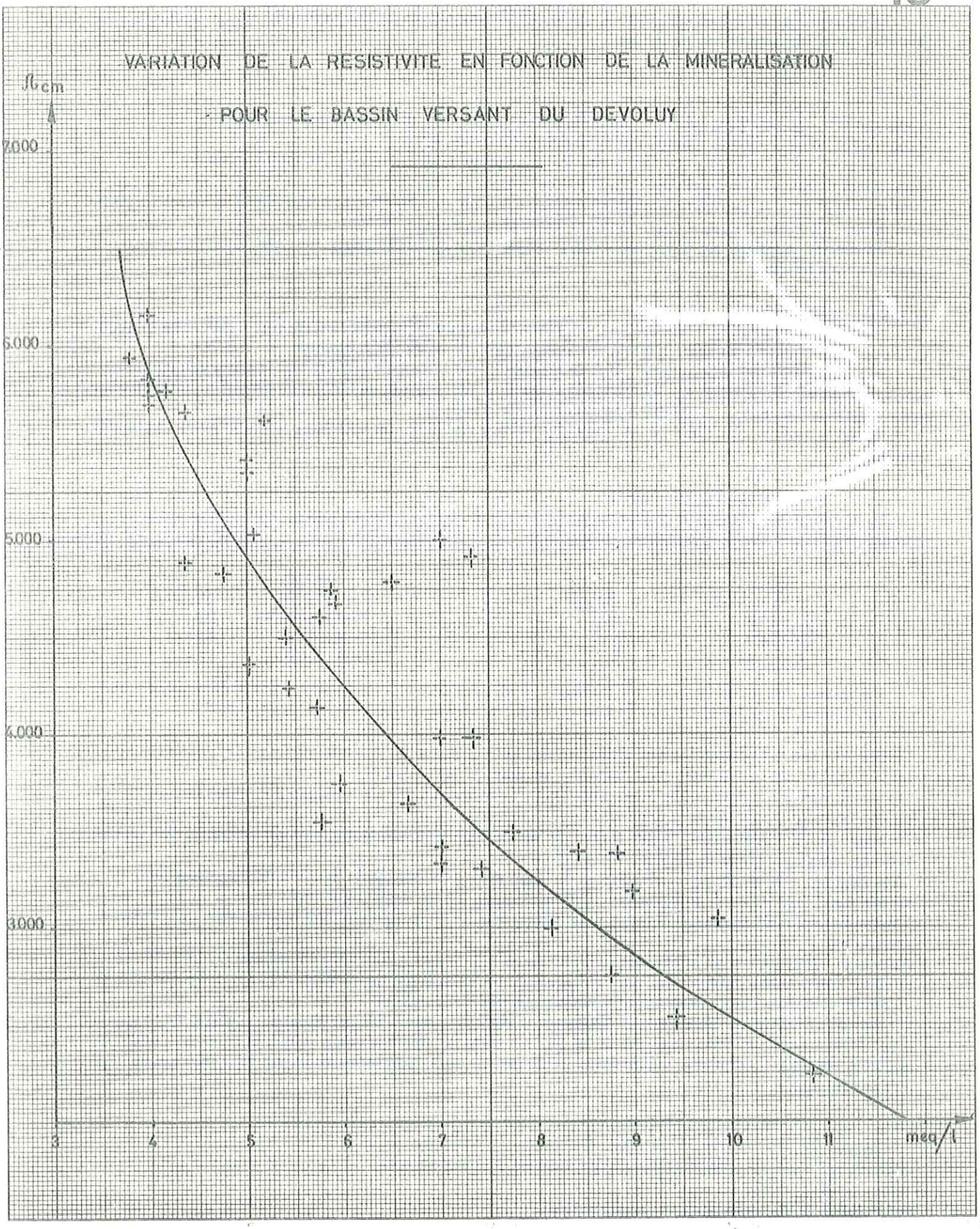
Il est convenu de l'exprimer ainsi $pH = -\log (H^+)$.

L'échelle pH va de 0 à 14 ; de 0 à 7 le pH est acide ; pH = 7 représente la neutralité ensuite de 7 à 14 l'eau est dite basique.

Les mesures faites sur le terrain ont été réalisées par colorimétrie à l'aide de bleu de bromothymol donnant des valeurs comprises entre 6,5 et 8,5 unités pH.

VARIATION DE LA RESISTIVITE EN FONCTION DE LA MINERALISATION

- POUR LE BASSIN VERSANT DU DEVOLUY



La majorité des résultats se situe entre 7,5 et 8,5 unités pH. En laboratoire, les mesures ont été faites avec un pH mètre électrique à électrodes au calomel.

Résultats

Sur l'ensemble des mesures effectuées on a pu déduire que :

- pour une même source le pH varie peu, sauf si la source possède une alimentation très superficielle ;
- pour l'ensemble du massif la moyenne des pH se situe entre 7,8 et 8,2 ;
- les sources d'origine karstique ont un pH d'environ 8,2 unités pH et de 7,9 là où le karst est profond ;
- les sources d'éboulis et de moraines ont un pH proche de 8 ;
- enfin, dans le cas d'alimentations superficielles (entre 1 et 4 m) avec des terrains à forte végétation, on a en général un pH plus faible de l'ordre de 7 (c'est souvent le cas d'anciens captages pollues).

Les analyses chimiques ont relevé dans ces cas, de plus fortes teneurs en chlore, de fortes teneurs en nitrates, en potassium et en sodium.

V La composition chimique

Les mesures de résistivité nous donnaient une valeur de la minéralisation globale des eaux : mais il est fréquent que deux eaux de même résistivité présentent des compositions chimiques très différentes.

L'intérêt des analyses chimiques sera donc de connaître le pourcentage de chaque ion. Les éléments chimiques proviennent du travail souterrain de l'eau (action mécanique et chimique) sur le terrain traversé ; si le temps de contact eau - roche a été très court, la minéralisation sera faible et vice-versa.

Suivant qu'une eau sera plus riche en un élément plutôt qu'un autre, cela indiquera la nature même de l'aquifère traversé.

a) Les éléments retenus

Le Dévoluy étant constitué de terrains sédimentaires et surtout de terrains calcaires, marneux et gréseux, les éléments retenus pour l'analyse ont été les suivants :

anions		cations	
l'ion bicarbonate	CO_3H^-	l'ion calcium	Ca^{++}
l'ion sulfate	SO_4^{--}	l'ion magnésium	Mg^{++}
l'ion chlore	Cl^-	l'ion sodium	Na^+
l'ion nitrate	NO_3^-	l'ion potassium	K^+

Pour chaque analyse chimique on a aussi mesuré le pH, la résistivité à 20° C, et enfin la teneur en silice car le Sénonien présente de nombreux nodules siliceux et il était intéressant de voir leur taux de dissolution.

- Comme dans tous les cas d'aquifère en roches sédimentaires et surtout de calcaires, les ions bicarbonates et calcium sont de loin les plus importants et proviennent de la dissolution des calcaires.
- Les ions magnésium, très rares dans les eaux du Dévoluy proviennent, soit de décomposition de passées dolomitiques où plus fréquemment de passées marneuses.
- De même, les ions potassium et sodium presque toujours présents mais avec des teneurs très faibles proviennent sûrement de minéraux argileux ou bien des précipitations.
- L'ion chlorure, toujours présent et avec une teneur égale pour toutes les sources (sauf une ou deux exceptions) est certainement apporté par les précipitations et en faible teneur par les argiles (moraines).
- L'ion sulfate semble être accidentel et lié à des terrains marneux avec aussi une forte augmentation de la teneur en magnésium.
- Enfin l'ion nitrate indique en général une pollution animale ou végétale. Il est toujours présent dans les eaux du Dévoluy mais en faible teneur. Ceci n'est pas surprenant car vu la faible épaisseur des sols, leur traitement intensif et la densité d'animaux (transhumance) les facteurs de pollution sont nombreux.
- Les mesures de teneurs en silice y ont été exprimées en mg/l ; les plus fortes sont celles des moraines qui se groupent autour de 2,5 mg/l ; les plus faibles sont celles des eaux d'éboulis avec une valeur voisine de 1,3 mg/l ; celles des calcaires sénoniens donnent des concentrations proches de 1,8 mg/l ; pour les eaux des grès verts elles varient entre 1,7 et 2,4 mg/l.

b) Représentation des résultats

Dans le massif du Dévoluy les aquifères les plus importants sont les suivants :

- les calcaires sénoniens et les calcaires à nummulites qui leur sont associés ;
- les éboulis de Sénonien ;
- les moraines de calcaire sénonien et nummulitique.

Les autres aquifères n'ont qu'un rôle très secondaire. Aussi les eaux alimentant les différentes sources transitent dans des terrains qui ont des compositions presque semblables, si bien qu'elles présentent des minéralisations similaires, du moins en pourcentage de concentration entre les divers ions.

D'une manière générale, on s'est aperçu que les eaux d'une même formation avaient des proportions ioniques et des concentrations globales semblables, ce qui ne nous surprend pas puisqu'elles transitent dans un même terrain.

La représentation graphique des analyses aura pour unique but, non pas de rechercher des familles d'eaux, mais plutôt d'imager les résultats, de les rendre plus lisibles et d'observer plus clairement si une source ne suit pas le comportement de celles qui lui sont associées.

Or, les représentations graphiques classiques ne pourront être utilisées dans le cas des sources du Dévoluy car certains ions ont des valeurs très faibles et ne peuvent se représenter facilement.

Nous avons donc choisi de nous servir du graphique ci-contre, déjà employé par P. DULUC dans sa thèse sur la région de Veynes (périphérie sud du Dévoluy), dans lequel des échelles décalées pour les ions à fortes et faibles concentrations font mieux apparaître les groupements.

- Chacun des ions est représenté en pourcentage de milliéquivalents par litre ; si bien que la concentration ne joue plus mais au contraire le rapport entre les différents ions.
- Les concentrations globales sont notées dans le tableau supérieur.
- Les échelles employées sont arithmétiques et de même importance pour tous les ions
- Pour rendre plus pratique la représentation, l'échelle des ions CO_3H^- et Ca^{++} va de 25 % à 50 % et celle des ions Mg^{++}, Na^+, Cl^- et SO_4^{--} va de 0 % à 20 % ; ces valeurs sont très rarement dépassées.
- Le pH a été placé arbitrairement en début de tableau sur un axe vertical, avec une échelle arithmétique quelconque.

Cette méthode de représentation s'avère très fonctionnelle pour les types de compositions chimiques que l'on trouve dans les eaux du Dévoluy.

c) Analyse des résultats

Il est difficile de faire apparaître des familles d'eaux. Ceci provient du fait que dans l'ensemble toutes les analyses se ressemblent. En effet l'élément de base de tous les aquifères est le calcaire sénonien qui prend part aux moraines, aux éboulis, aux alluvions.

Toutefois si des ions différents ne caractérisent pas tel ou tel type d'aquifère des différences en teneur peuvent le faire.

C'est ainsi que l'on a pu observer :

* du point de vue de la minéralisation globale :
  - de fortes teneurs en minéralisation pour les eaux des grès verts et des molasses (en moyenne 9 m eq par litre) ;
  - des teneurs bien plus faibles pour les eaux des calcaires sénoniens (en moyenne 4,7 m eq/l et encore moins pour celles des éboulis de Sénonien (moyenne 4,3 m eq/l) ;
  - des teneurs moyennes sont celles qui caractérisent les moraines (avec 6,5 m eq/l).

* certaines sources peuvent être choisies comme sources type d'un aquifère.

Par exemple :
- la source des Gillardes pour les calcaires sénoniens (bassin versant entièrement sénonien) ;
- la source des Cypières pour les moraines (forte épaisseur de moraine).

* sous l'angle des variations ioniques on a pu noter :
  -Les variations les plus fortes se font pour le CO_3H^- et Ca^{++}

A titre d'exemple : les eaux des grès verts présentent une teneur moyenne de 4 m eq/l de CO_3H^- alors que les eaux des calcaires sénoniens n'ont que 2,5 m eq/l en moyenne.

- La présence de sulfates est nulle ou insignifiante dans les eaux de calcaires sénoniens et des moraines. Par contre elle est déjà plus importante dans les eaux des grès vests et dans celles des éboulis de natures diverses.

- Le magnésium :
  . est faiblement représenté dans les eaux des calcaires sénoniens.
  . absent dans les eaux des moraines . plus important dans les grès et les éboulis.

d) Analyse isotopique ; teneur en tritium des eaux

Ce type d'analyse a été réalisé uniquement sur la source des Gillardes, nous donnerons donc intégralement les résultats dans ce paragraphe pour éviter de nous répéter au chapitre suivant.

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

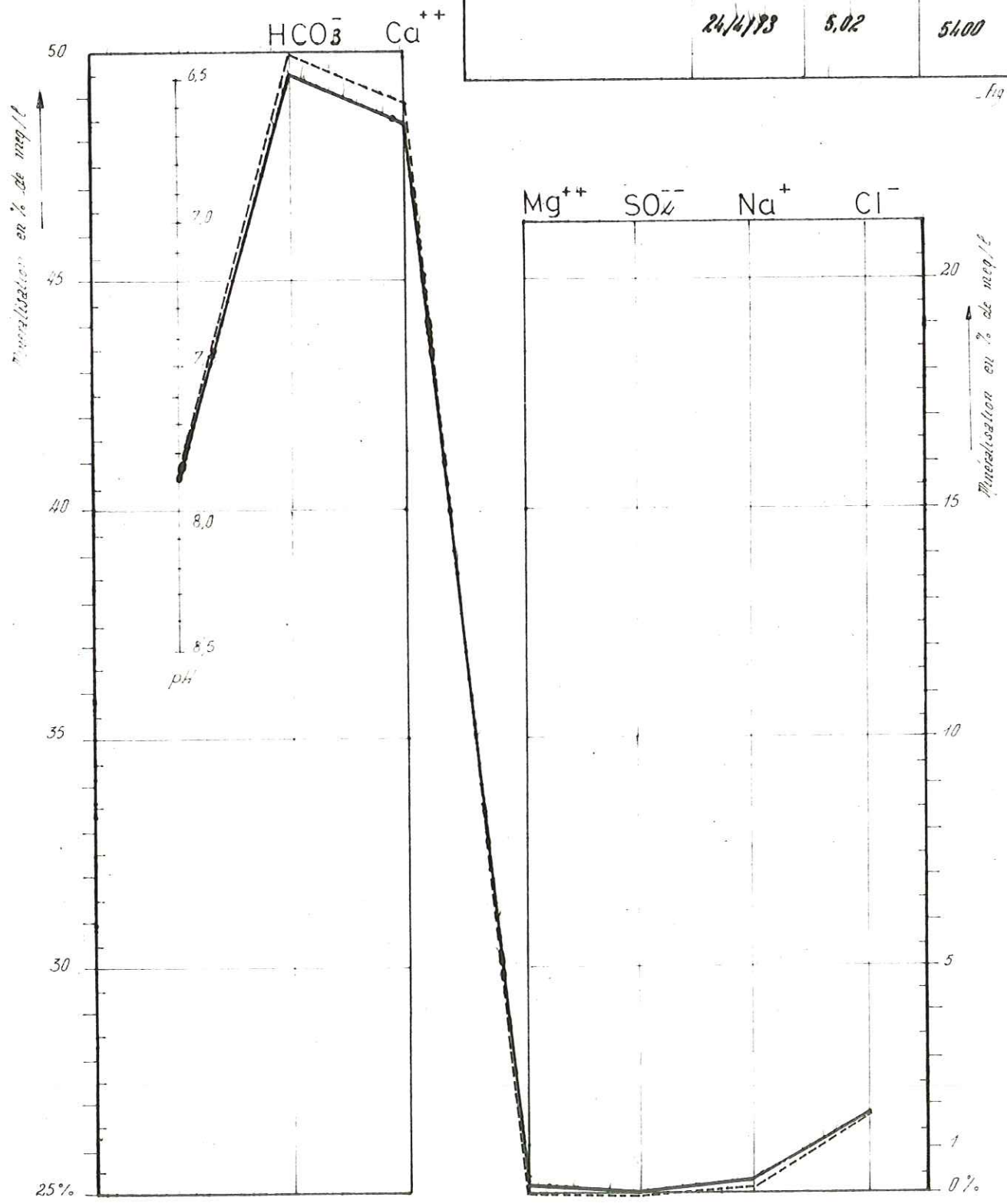
23

Grande Gillarde ——

Petites Gillardes - - - - - -

Echantillon	Date du prélèvem.	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Grande Gillarde	8-8-73	4,39	4850
	28/4/73	5,03	5400
Petites Gillardes	5/8/73	4,62	4970
	24/4/73	5,02	5400

fig 41



Généralités

Dans la composition des molécules d'eau, les atomes d'hydrogène peuvent se présenter sous trois variétés isotopiques qui sont les suivantes :

- le protium $^{1}_{1}H$ ou hydrogène léger dont le noyau comporte un proton ; c'est un isotope stable ;
- le deutérium $^{2}_{1}H$ dont le noyau comporte un proton et un neutron, il est lui aussi un isotope stable ;
- le tritium $^{3}_{1}H$ dont le noyau contient un proton et deux neutrons ; il est instable.

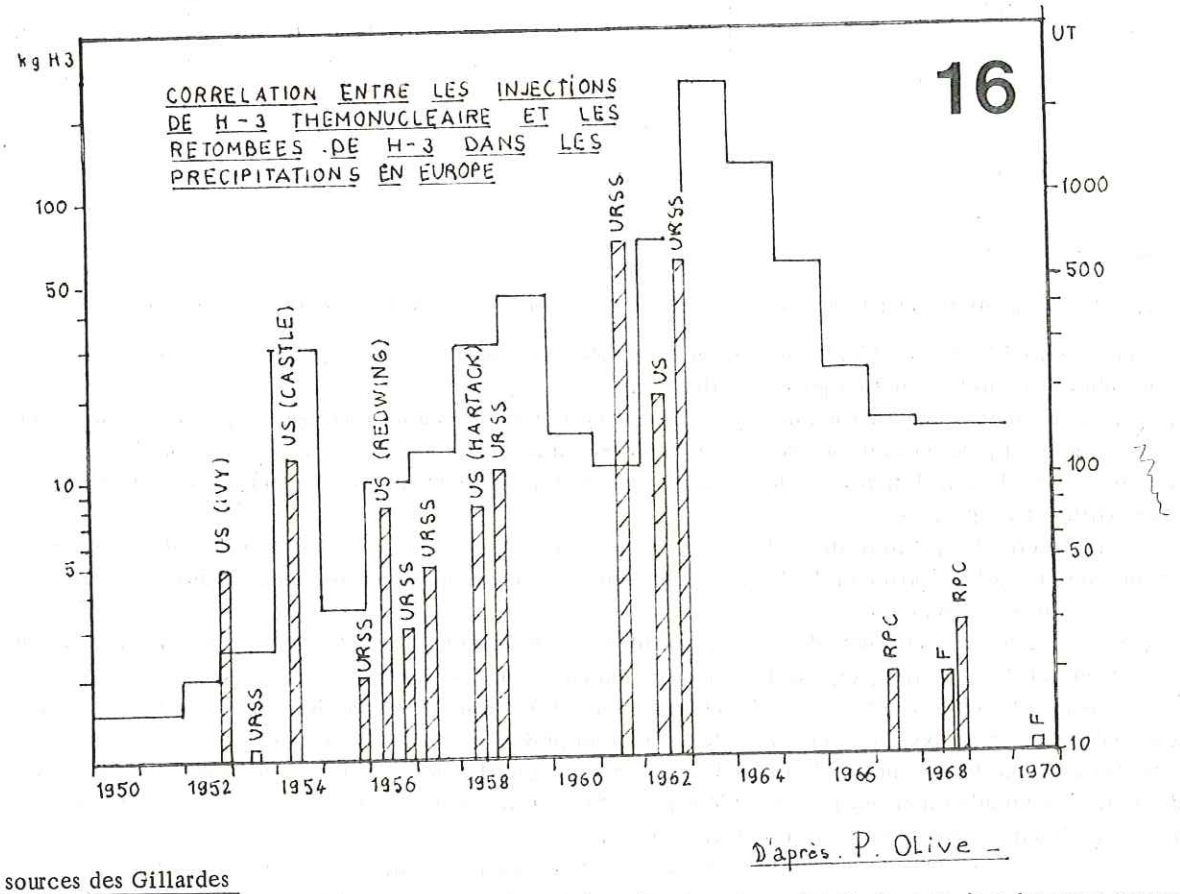
Le tritium, lié à une origine naturelle est peu abondant ; on le trouve en haute atmosphère et il provient du bombardement par des neutrons cosmiques des constituants gazeux de l'atmosphère tel que l'azote.

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{12}_{6}C + ^{3}_{1}H$$

Depuis le début des essais nucléaires, une forte quantité de tritium artificiel se rencontre dans l'atmosphère. Ce tritium s'intègre aux molécules d'eau et suit dès lors le cycle de celles-ci ; on le rencontrera dans les précipitations, dans les nappes souterraines, les rivières et les océans.

La période du tritium est de 12,26 années ; sa concentration dans les eaux s'exprime en unité tritium ou U.T. Une unité tritium correspondant à un atome de tritium pour 10^{18} atomes d'hydrogène.

Le tableau ci-dessous présenté par P. OLIVE donne les variations en tritium des précipitations en Europe.



D'après P. Olive -

Etude des sources des Gillardes

L'observation de l'évolution des concentrations en U.T. dans les eaux des précipitations et dans les eaux souterraines, permet si les résultats sont cohérents, de déterminer l'âge moyen des eaux à l'émergence.

Pour l'étude des circulations souterraines dans le Dévoluy, 12 échantillons d'eau de pluie (représentant l'eau du mois) ont été prélevés au pluviographe de Superdévoluy 1 500 m d'altitude) de décembre 1972 à décembre 1974.

Parallèlement 11 échantillons ont été prélevés aux sources des Gillardes de janvier 1973 à janvier 1974.

Les résultats d'analyses sont les suivants :

	Pluies	Gillardes	Débits moyens mensuels des Gillardes	Pluies moyennes mensuelles
Décembre 1972	56^{+}_{-} 4 U.T.			95 mm
Janvier 1973	51^{+}_{-} 4	95^{+}_{-} 4 U.T.	1.30 m^3/s	120 mm
Février 1973	47^{+}_{-} 4	95^{+}_{-} 4	1.03 m^3/s	135 mm
Mars 1973	91^{+}_{-} 4	94^{+}_{-} 4	2.00 m^3/s	57 mm
Avril 1973	76^{+}_{-} 4	100^{+}_{-} 4	4.37 m^3/s	127 mm
Mai 1973	81^{+}_{-} 4	95^{+}_{-} 4	14.7 m^3/s	112 mm
Juin 1973	119^{+}_{-} 4	90^{+}_{-} 4	5.30 m^3/s	90 mm
Juillet 1973	74^{+}_{-} 4	89^{+}_{-} 4	6.69 m^3/s	200 mm
Août 1973	105^{+}_{-} 4	116^{+}_{-} 5	1.75 m^3/s	37 mm
Septembre 1973	45^{+}_{-} 4	112^{+}_{-} 5	1.60 m^3/s	89 mm
Octobre 1973	49^{+}_{-} 4		2.35 m^3/s	111 mm
Novembre 1973		115^{+}_{-} 4	1.21 m^3/s	35 mm
Décembre 1973	42^{+}_{-} 4		0.72 m^3/s	50 mm
Janvier 1974		77^{+}_{-} 4		

Analyse des résultats

En reportant les résultats dans un graphique (p. 51 , n°17) on s'aperçoit que la courbe représentant les teneurs en tritium aux sources des Gillardes est décalée d'environ deux mois par rapport à celle représentant les pluies. Le pic du mois de juin pour les pluies se retrouve en août pour les Gillardes.

On peut en première approximation dire que l'eau recueillie aux Gillardes a un âge moyen d'environ 2 mois.

Pour poursuivre et préciser cette analyse, nous avons effectué un traitement mathématique simple des mesures. Pour cela nous avons étudié la corrélation entre les quantités de tritium apportées mensuellement par les précipitations et les quantités de tritium à l'émergence.

En ce qui concerne les précipitations, les quantités de tritium apportées sur le bassin versant du Dévoluy sont proportionnelles au produit C x h (exprimé en U.T. x mm) produit des concentrations en tritium, C, des précipitations par la hauteur, h, de ces précipitations.

Les quantités de tritium aux Gillardes sont proportionnelles au produit Q x C (exprimé en U.T. x m^3/s) produit du débit moyen mensuel des Gillardes, Q, par la concentration en tritium, C à ces sources.

Si l'on reporte ces résultats dans un graphique (p. 51 , n°17) il semblerait que les courbes de teneur en tritium des pluies et des Gillardes soient presque synchrones ou ont tout au plus un décalage de un mois.

Il faut signaler que la présence et la fonte du stock neigeux (avril, mai, juin) faussent toute la première partie de la courbe des Gillardes jusqu'au mois de juin. Ce n'est qu'ensuite que les courbes peuvent être véritablement exploitées. On note alors un synchronisme assez net entre ces deux courbes.

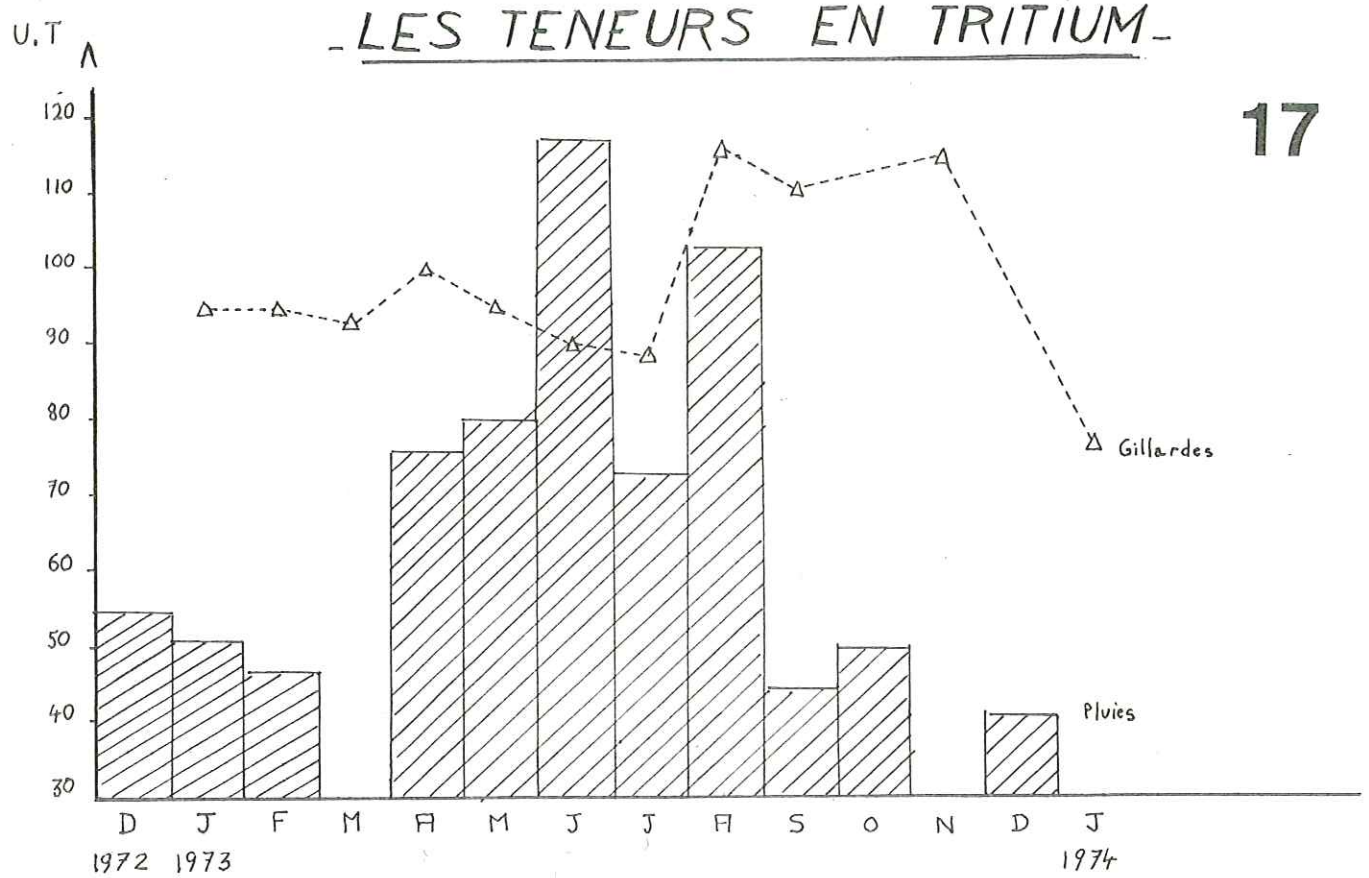
Cette manière de présenter des résultats quantitatifs de teneurs en tritium, nous donne un âge moyen d'un mois maximum pour les eaux des sources des Gillardes. Nous verrons par la suite que cette valeur est tout à fait plausible.

D'une façon générale, comme le précise P. OLIVE, le milieu karstique est constitué par deux types de circulation :

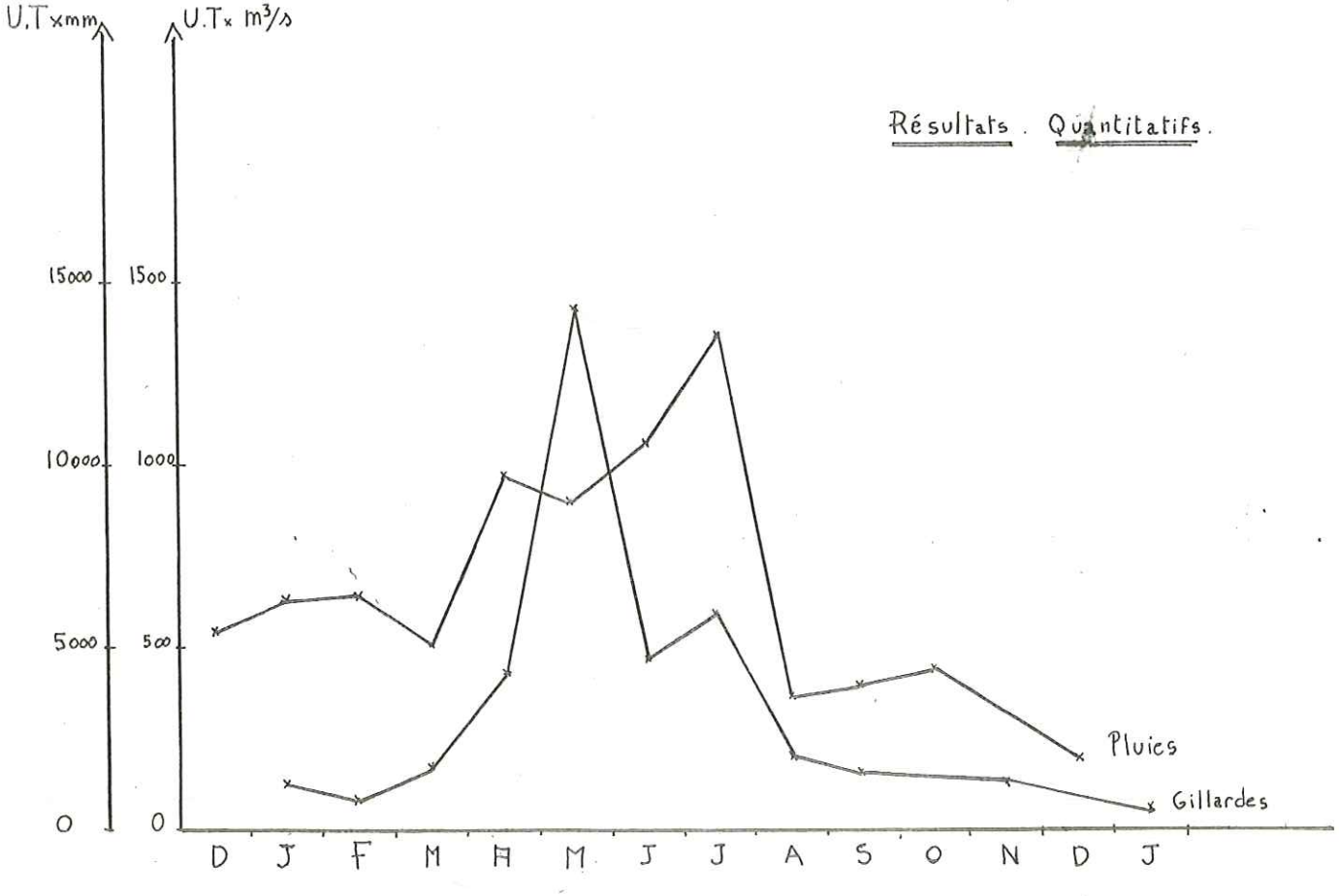
- une circulation superficielle qui parcourt la zone d'alimentation et le drainage et qui est soumise aux conditions climatiques et topographiques. Elle est actuellemnt caractérisée par des teneurs en tritium de l'ordre de la centaine d'U.T. (c'est ce que l'on obtient aux Gillardes) ;
- d'autre part une circulation profonde qui parcourt la zone des réserves (qui doit être assez réduite dans le Dévoluy). Elle est indépendante des conditions climatiques et topographiques et est liée à un niveau de base général.

Dans le cas des Gillardes, ce sont en majorité des eaux des circulations superficielles que l'on a recueillies. Elles sont donc très récentes ; l'étude des courbes de teneur en tritium leur attribue un âge compris entre 15 jours et 2 mois suivant la méthode employée.

-LES TENEURS EN TRITIUM-



Résultats . Quantitatifs .



CHAPITRE III

1. - LE SENONIEN TRANSGRESSIF

A. - LOCALISATION

C'est lui qui s'étend sous tout le massif du Dévoluy pour lui donner ses formes. En effet, présent sur la totalité du bassin versant, avec une épaisseur qui varie entre 50 mètres et 600 mètres, il forme à la fois les points les plus hauts (Obiou, pic de Bure) et les plus bas (sources des Gillardes).

On pense qu'il est la zone de circulation privilégiée de toutes les eaux souterraines du Dévoluy dont il draine plus de 90 %.

La surface d'alimentation de cet aquifère se situe au-dessus de 1 500 mètres ; il s'agit de tous les flancs de montagne bordant le Dévoluy, ainsi que la montagne d'Aurouze et le plateau de Bure ; cette surface représente environ 70 % du bassin versant total.

L'ensemble des eaux est drainé vers une émergence unique : les sources des Gillardes situées au sortir du bassin.

B. - POSITION STRUCTURALE ET DIFFERENTS CARACTERES

Une émersion, accompagnée d'une érosion par endroit très violente, a permis au Sénonien de transgresser indifféremment des termes, allant du Jurassique supérieur au Crétacé moyen et plus rarement jusqu'au Crétacé supérieur.

Avant d'arriver à l'étude hydrogéologique de cet aquifère, on va devoir connaître à la fois le substratum avec ses différents éléments de même que le Sénonien avec ses particularités.

1) - Le substratum

C'est lui qui va jouer le rôle principal en formant le niveau d'arrêt des eaux d'infiltration.

Or, étant donné qu'il disparaît sous la carapace sénonienne sur toute l'étendue du massif, on le connaît seulement par les affleurements de bordure, là où on le voit s'enfiler sous le Sénonien transgressif.

Ces affleurements présentent des terrains allant du Kimméridgienjusqu'au Turonien, avec, il faut le signaler, une grande dominance pour les terrains du Crétacé inférieur (Valanginien, Hauterivien).

Leur position structurale est très variable ; parfois presque concordante avec le Sénonien et quelquefois présentant une discordance angulaire avec celui-ci (c'est le cas de nombreux plis de la bordure ouest, du col du Noyer, etc.).

a) * Les éléments du substratum ; influence sur l'aquifère sénonien

Les divers terrains en contact avec l'aquifère sénonien sont respectivement :

. les marno-calcaires du Kimméridgien

Avec une épaisseur de 150 mètres environ, on les trouve très rarement en contact avec le Sénonien ; de plus, ces marno-calcaires jouent un rôle d'écran hydrologique et ne pourront réaliser aucun drainage au détriment de l'aquifère.

. les calcaires du Tithonique

Ils se présentent sur une épaisseur de l'ordre de 80 m ; ils sont presque toujours très fracturés et même quelquefois karstifiés. L'observation régionale nous fait savoir qu'ils contiennent des aquifères parfois importants, et ils pourront donc provoquer des fuites sérieuses en cas de contact avec l'aquifère étudié.

Les contacts observables à la périphérie du massif sont au nombre de trois et en général très limités (pic Grillon, col du Portail, pic de Coste Belle).

Ceci ne veut pas dire, que sous le recouvrement sénonien les contacts n'existent pas ; ils sont évidemment possibles, mais l'observation extérieure nous permet de penser qu'ils doivent être réduits.

De plus, aucune source bordant le massif et sortant des calcaires tithoniques ne semble avoir un débit fortement supérieur à son bassin versant pour etre alimentée par l'aquifère dévoluyard.

Seule la source de la Sigouste, émergeant des calcaires tithoniques, dans la bordure sud du massif est alimentée par la bordure sud du plateau de Bure, formée de calcaires sénoniens, ceci a été prouvé par une coloration faite par P. DULUC. L'incidence de ces pertes vis-à-vis de l'ensemble du bassin du Dévoluy ne peut cependant n'être que très limitée et par conséquent négligeable.

Il semble qu'un heureux hasard ne permette pas de contact suffisamment important entre les calcaires sénoniens et les calcaires tithoniques pour que les seconds soutirent un volume important d'eau, de l'aquifère des premiers. Il est peut être possible que l'érosion anté-sénonienne n'ait pas permis la karstification du Tithonique ou que son karst n'ait été totalement colmaté.

La presque certitude de l'absence de fuite est encore confirmée par l'étude du bilan hydrologique du massif qui ne présente pas un résultat déficitaire mais bien au contraire plutôt excédentaire.

. les marno-calcaires du Berriasien

Leur épaisseur moyenne est de l'ordre de 70 m ; leur contact est assez fréquent avec le Sénonien, mais ils jouent un rôle d'écran hydrologique.

. Marno-calcaires et marnes du Valanginien, Hauterivien et Barrémien inférieur. L'épaisseur moyenne de l'ensemble est de 700 à 800 mètres, ce sont les terrains les plus fréquemment en contact avec le Sénonien.

Dans la masse, on doit les considérer comme totalement imperméables et ils vont former l'horizon d'arrêt le plus puissant pour l'aquifère sénonien.

. calcaires du Barrémien supérieur et Aptien inférieur

Cet horizon est peu épais ; 40 mètres d'épaisseur en moyenne. De plus il est totalement imperméable ; même en cas de fracturation, les circulations sont réduites car les interstices sont colmatés par les marnes qui l'englobent.

. Les marnes noires de l'Aptien supérieur et Albien inférieur

Leur épaisseur est d'environ 100 mètres ; elles sont bien évidemment totalement étanches et participent à renforcer l'horizon d'arrêt hydrologique.

. les grès glauconieux de l'Albien

D'une épaisseur d'environ 30 mètres ils n'affleurent qu'en un seul point du Dévoluy. Leur perméabilité est presque nulle, on pense qu'ils ne peuvent intervenir sous le massif car ils ont une extension très limitée.

. les calcaires du Cénomanien, Turonien, Sénonien inférieur

Peuvent donner lorsqu'on les observe, jusqu'à 200 mètres d'épaisseur, mais le plus souvent l'érosion antésénonienne les a décapés et leurs affleurements sont très réduits.

Quoiqu'il en soit, même s'ils sont présents à l'état de lambeaux sous le Sénonien ils participent avec celui-ci à l'aquifère.

b) * Conclusion

On peut maintenant affirmer que le seul horizon pouvant donner des fuites est celui des calcaires tithoniques. Or ses contacts éventuels avec le Sénonien semblent réduits et la probabilité de l'existence des fuites appréciables étant réduite, le substratum de l'aquifère du massif du Dévoluy, sera considéré comme étanche.

2) - L'aquifère sénonien

a) Epaisseur et variations

L'épaisseur du Sénonien en Dévoluy varie entre 50 et 600 m. Les séries les plus complètes semblent se situer au centre du massif et sur les bordures sud est et nord ouest.

En fonction de la sédimentation, mais aussi de l'érosion post sénonienne, la série peut se réduire jusqu'à seulement 50 mètres. Ces faibles épaisseurs, non observables au centre du Dévoluy forment les couches redressées des bordures sud ouest et nord est du massif.

La partie centrale, à la fois la plus basse et la plus épaisse, est le siège des réserves souterraines et sera donc favorable à un emmagasinement maximum.

Il faut bien faire remarquer qu'à l'épaisseur de Sénonien, il faut aussi ajouter les terrains crétacés supérieurs (sous-jacents) et surtout les conglomérats et calcaires à nummulites qui participent eux aussi à l'aquifère.

Ils présentent en effet les mêmes caractères hydrogéologiques que le Sénonien et doivent être inclus globalement dans un seul et même ensemble.

b) Structure d'ensemble

Il s'agit d'une cuvette synclinale presque parfaite, avec son axe orienté nord-sud et déversée vers le Nord, sens dans lequel se font toutes les circulations souterraines.

A partir de la bordure du massif, toutes les couches plongent vers l'intérieur de la cuvette, sauf dans la partie sud (plateau de Bure) où elles sont subhorizontales et où il est délicat de prévoir un sens de circulation privilégiée.

L'axe synclinal est légèrement décalé vers l'Est par rapport au point bas du massif.

Les flancs de cette cuvette sont très redressés dans leurs parties sommitales, ce qui sera favorable à des circulations rapides depuis l'extérieur vers l'intérieur.

Nous voyons donc que la structure d'ensemble du massif est favorable à une circulation rapide des eaux souterraines et à une focalisation de celles-ci en son centre.

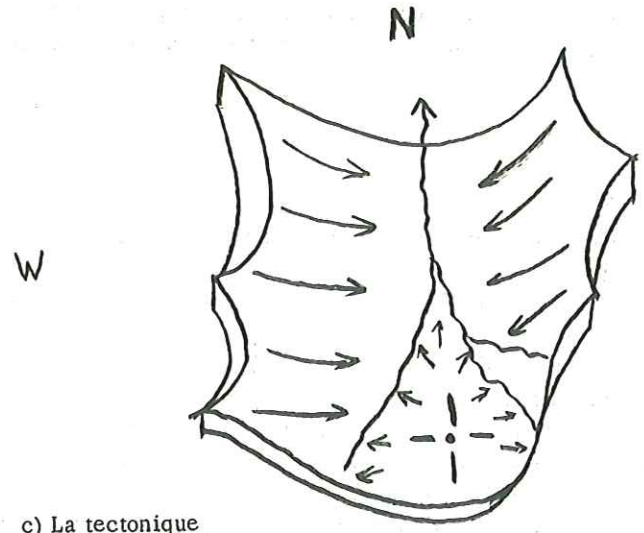


Schéma représentant le bassin versant du Dévoluy

c) La tectonique

Pour l'ensemble, Sénonien - calcaires à nummulites, très épais, donc très rigides, les éléments majeurs de la tectonique seront les failles.

Elles se présentent en deux réseaux :
un premier d'orientation nord - nord est - sud sud ouest ;
un second d'orientation nord nord ouest - sud sud est.

- Le réseau NNE - SSW

Il est composé en majeure partie par l'ensemble des failles de la crête des Baumes ; cet accident donne un rejet important de la partie sud est vers le haut et découpe la montagne d'Aurouze en un faisceau de failles de même orientation.

Plus au Nord, l'accident de St-Gicon, se présente sous la même forme (surélévation de la partie est) et s'amortit par le pli de faille de Malmort vers le Sud.

Les accidents qui élèvent les parties externes du massif ont un rôle de drainage important de ces zones, d'autant plus que leur développement tant en profondeur qu'en surface est relativement important.

- Le réseau NNW - SSE

Contrairement aux précédentes, ces fractures ne présentent pas de rejet important. On a pu leur attribuer un rôle de drainage, favorisant l'acheminement des eaux depuis l'extérieur vers l'intérieur du massif.

d) Surface d'affleurement

Le bassin versant du Dévoluy possède une superficie d'environ 170 km^2. Or les calcaires sénoniens (et les calcaires qui lui sont associés pour former le même aquifère) ont une superficie d'affleurement de 110 km^2.

La répartition de cette surface se fait surtout en altitude (au-dessus de 1 400 m) sauf dans la partie basse du bassin où les calcaires descendent jusqu'à la source des Gillardes (870 m).

Nous comprenons l'importance de cet aquifère, qui a pour bassin versant les 2/3 du Dévoluy et pour émergence un seul point connu, les sources des Gillardes avec un débit moyen annuel de 6 m^3/s.

e) L'état de surface des calcaires

L'action des diverses intempéries et surtout du gel font que ces calcaires sont dans un état de désagrégation avancée.

En effet, suivant le niveau dans lequel on se trouve, ces calcaires sont complètement délités ; les chutes de pierres sont fréquentes dans les parois et les éboulis qui recouvrent largement la base des versants sont les témoins de ce type de destruction. De même les spéléologues connaissant bien la région, ne me contrediront pas lorsque je dirai, que dans le karst du Dévoluy les travaux de désobstruction s'avèrent très faciles ; il est fréquent de trouver des zones siliceuses dans un tel état de décomposition qu'elles s'effondrent en fins éléments sous l'effet du moindre choc.

Çà et là, on trouve encore de véritables lapiaz, plus fréquents dans les calcaires à nummulites, et parfois même des puits verticaux (plateau de Bure) de plusieurs mètres de diamètre et d'une vingtaine de mètres de profondeur.

Dans l'ensemble la surface de ces calcaires est très dénudée ; il arrive cependant que la végétation prenne naissance mais c'est toujours sur un sol peu épais qui n'aura pas grande influence sur l'infiltration.

Dernière observation de surface : les "chourums" : ce sont les gouffres en Dévoluy. On en connaît presque 200 répertoriés mais ils sont beaucoup plus nombreux que cela si l'on tient compte de tous ceux entre 3 et 10 mètres de profondeur, négligés par les spéléologues et surtout tous ceux qui restent à découvrir.

La majorité de ceux-ci s'ouvrent sur des fractures et quelques uns sur des joints de stratification.

C'est le karst qui va jouer un rôle essentiel sur le drainage souterrain. Bien que les parties connues, proches de la surface, soient plutôt sèches, il faut admettre qu'en profondeur, ces réseaux se plaçant le long de grandes fractures joueront un rôle de chenaux.

C) Les circulations

a) Alimentation

Le bassin versant des Gillardes se situe au-dessus de 1 400, 1 500 mètres d'altitude ce qui revient à dire que les apports seront du type nivopluvial.

Du mois de décembre jusqu'au mois d'avril, les apports se font sous forme de neige et n'alimentent pas (ou très peu) l'aquifère.

Ils forment un stock assez puissant qui fondra plus ou moins rapidement entre milieu avril et fin mai, c'est d'ailleurs la période des crues les plus fortes provoquées en général par la fonte et des pluies assez importantes.

L'observation sur place, lors de violents orages permet de noter que le ruissellement est presque nul sur ces surfaces et confirme la morphologie qui ne présente aucun drainage vraiment hiérarchisé descendant du plateau de Bure, ou sur les montagnes d'Aurouze, du Grand-Ferrand et de l'Obiou.

Les précipitations enregistrées montrent une influence méditerranéenne, avec de forts orages au printemps et même l'été et des pluies moins violentes en automne.

b) Ruissellement ; infiltration

Nous venons de le signaler ; le réseau de drainage superficiel est quasiment nul pour les calcaires sénoniens.

Plusieurs facteurs vont s'opposer au ruissellement :

. l'absence de pente est certainement le facteur le plus important.

En effet, le plateau de Bure est virtuellement plat et percé de puits et de dolines ; la montagne d'Aurouze légèrement redressée en son sommet se termine par une pente proche de l'horizontale ; il en est de même pour la montagne allant de l'Obiou au Grand Ferrand, les crêtes sont assez relevées mais la partie basse est presque plate.

Seule la montagne de Féraud présente une déclivité plus forte, mais elle se trouve encombrée d'éboulis qui rendent impossible tout drainage superficiel.

. l'absence de sol et de végétation : si un sol important recouvrait ces étendues, des petits ruisseaux pourraient se former ; or le sol est si rare et parfois inexistant que la végétation qui le recouvre n'est en général que de l'herbe.

. la présence de puissantes draperies d'éboulis

Partout où la pente s'accentue, elle est représentée soit par une falaise, soit par des éboulis. Ces éboulis qui ne sont pas colonisés laissent infiltrer directement les eaux de pluies qui iront rejoindre le Sénonien sous-jacent dans lequel elles s'enfouissent.

c) Pénétration de l'eau depuis la surface

Quels vont être les divers éléments qui vont permettre à l'eau de quitter la surface du sol pour commencer son infiltration vers l'aquifère ? C'est ce que nous allons détailler :

La pénétration de l'eau va être favorisée par :

- la fissuration,
- la stratification,
- le lapiaz,
- les dolines,
- les ouvertures du karst
- les dépressions fermées

* La fissuration

Presque toujours d'origine tectonique, les fissures affectent plus ou moins intensément tout le massif et seront plus facilement observables si le calcaire est finement lité. En effet lorsqu'il est lité, il se décompose en petits blocs ou en plaquettes anguleuses si bien que chaque affleurement a tendance peu à peu à se transformer en un tas de petites pierres.

La pénétration de l'eau dans ces fissures, combinée à l'action du gel permet le délitage systématique et rapide du relief, toutes les routes du Dévoluy bordées par les falaises sénoniennes sont en permanence recouvertes de petites pierres, que les Ponts et Chaussées doivent balayer sans cesse.

Cette fissuration très intense, transforme les affleurements en de véritables éponges qui absorbent rapidement toute pluie.

* Etude de la fissuration

Au cours de cette étude, nous avons fréquemment parlé de formations très fracturées, peu fracturées ou encore moyennement fracturées ; avec l'aide de ces mots on peut certes se faire une image plus ou moins exacte de l'état de la roche dont on parle, mais on aura du mal, si l'on veut savoir une valeur précise, à donner une réponse.

Aussi pour être plus explicite nous allons essayer maintenant de mesurer la fracturation.

- Méthode

Pour ce faire il nous a fallu délimiter une dizaine de surfaces structurales en divers points du massif ; ces surfaces présentaient des superficies comprises entre 10 m^2 et 200 m^2 suivant les possibilités offertes.

Nous avons fait en sorte de choisir des affleurements très variés vis-à-vis de la tectonique locale afin d'être sûr de ne pas obtenir des résultats liés à un seul type de fracturation. Certains des affleurements étudiés étaient très tectonisés, d'autres pas du tout ; ceci nous permettra une comparaison en fonction des lieux et surtout pour faire ressortir l'influence de la tectonique sur la roche.

Ensuite sur chaque point de mesure nous avons compté mètre carré après mètre carré les diverses fractures et fissures recoupant l'ensemble de la surface en les classifiant ainsi :

* Fissures millimétriques

Elles sont comprises entre 0,5 mm (c'est-à-dire bien visible à l'œil nu) et 10 mm environ. Notons que dans cette échelle les dimensions les plus fréquemment rencontrées sont de l'ordre de 1 à 2 mm.

* Fissures ou diaclases centimétriques

Elles sont comprises entre 1 cm et 10 cm environ ; là encore la répartition n'est pas égale pour toutes les dimensions ; la fréquence la plus forte notée est pour les largeurs de 1 à 3 cm.

* Fractures décimétriques

Elles sont comprises entre 10 et 20 cm, ce ne sont pas obligatoirement des fractures mais le plus souvent des diaclases qui ont été largement ouvertes par la dissolution et formant lapiaz.

Précisons bien dès maintenant que les résultats qui vont être obtenus par ces mesures ne le sont qu'à partir d'observations de surface et ne doivent en aucune manière être extrapolées en profondeur. En effet en surface, l'état du rocher soumis à l'altération et à de faibles pressions, présente des discontinuités beaucoup plus importantes et nettement moins colmatées qu'en profondeur.

La fissuration de surface permettra une absorption rapide des eaux de pluie, qui s'organiseront différemment, à un ou deux mètres sous le niveau du sol, pour gagner les réseaux profonds.

Cette étude a été réalisée afin de préciser l'état de surface de l'aquifère sénonien, aussi nous avons choisi ses affleurements, qui sont, précisons-le, formés par les calcaires sénoniens mais aussi en de très nombreux endroits par les calcaires nummulitiques qui les recouvrent et font eux aussi partie de l'aquifère.

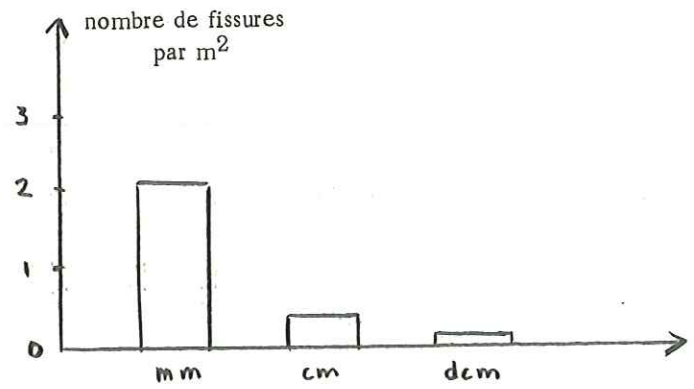
Résultats

Nous les avons représentés par des diagrammes dans lesquels sont portés en abscisse la dimension des fractures ou des fissures et en ordonnées leurs nombres au mètre carré.

A côté de ceux-ci nous avons encore donné la maille de chaque type pour imager un peu plus les résultats.

* Calcaires sénoniens

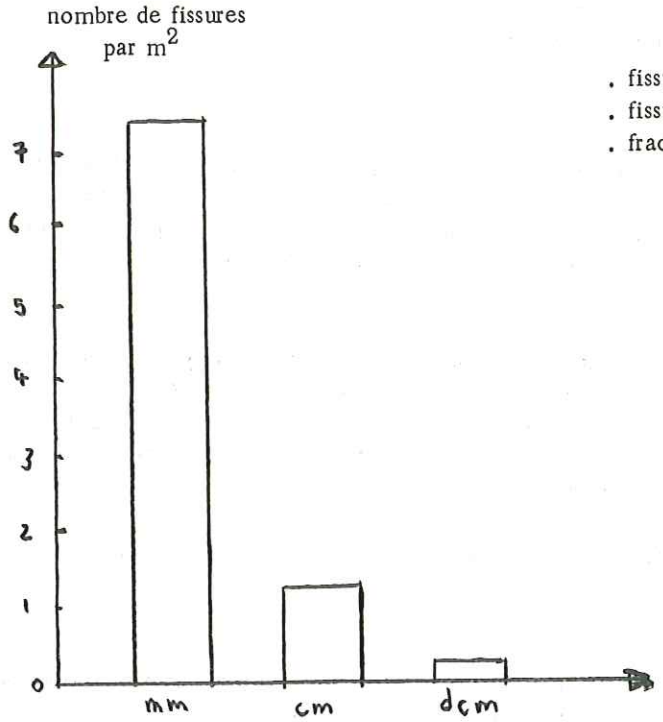
- zone peu tectonisée



. fissures millimétriques : maille de 50 cm
. fissures centimétriques : maille de 3 m
. fractures décimétriques : pratiquement inexistantes

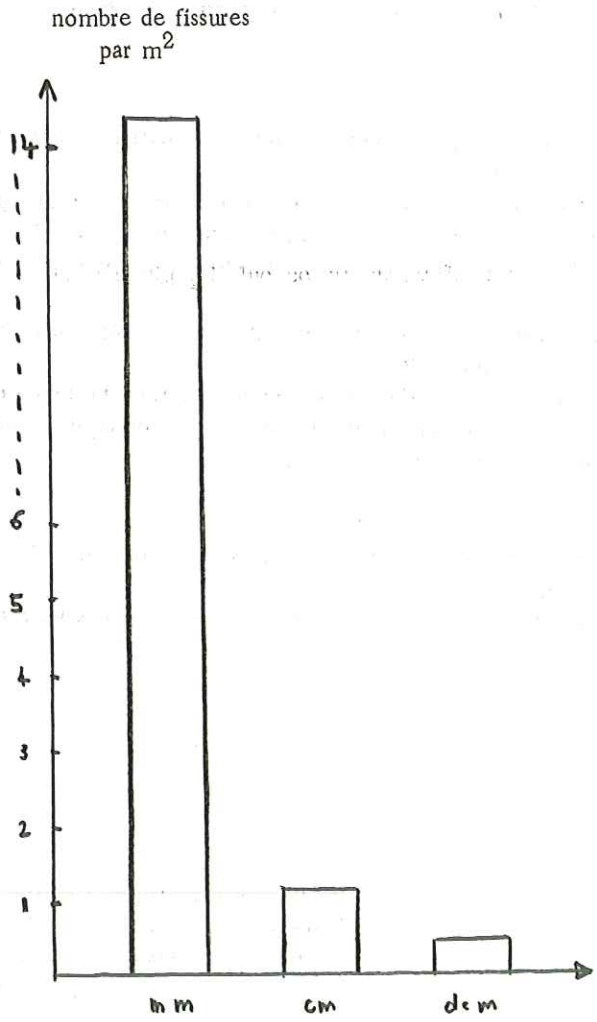
dimensions de l'ordre du .

- zone à tectonique moyenne



. fissures millimétriques : maille de 12 cm
. fissures centimétriques : maille de 1 m
. fractures décimétriques : assez rares

- zone à forte tectonique



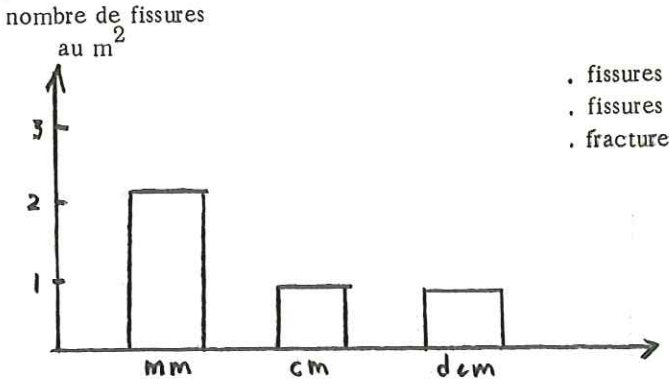
. fissures millimétriques : maille de 7 cm
. fissures centimétriques : maille de 1 m
. fractures décimétriques : variables mais fréquentes

La tectonique influence surtout les fissures millimétriques et les grosses fractures mais les moyennes restent inchangées

* Calcaires à nummulites

Pour l'étude de ces calcaires il a fallu séparer les zones lapiazées, qui ont un indice de vide beaucoup plus important, des zones non lapiazées.

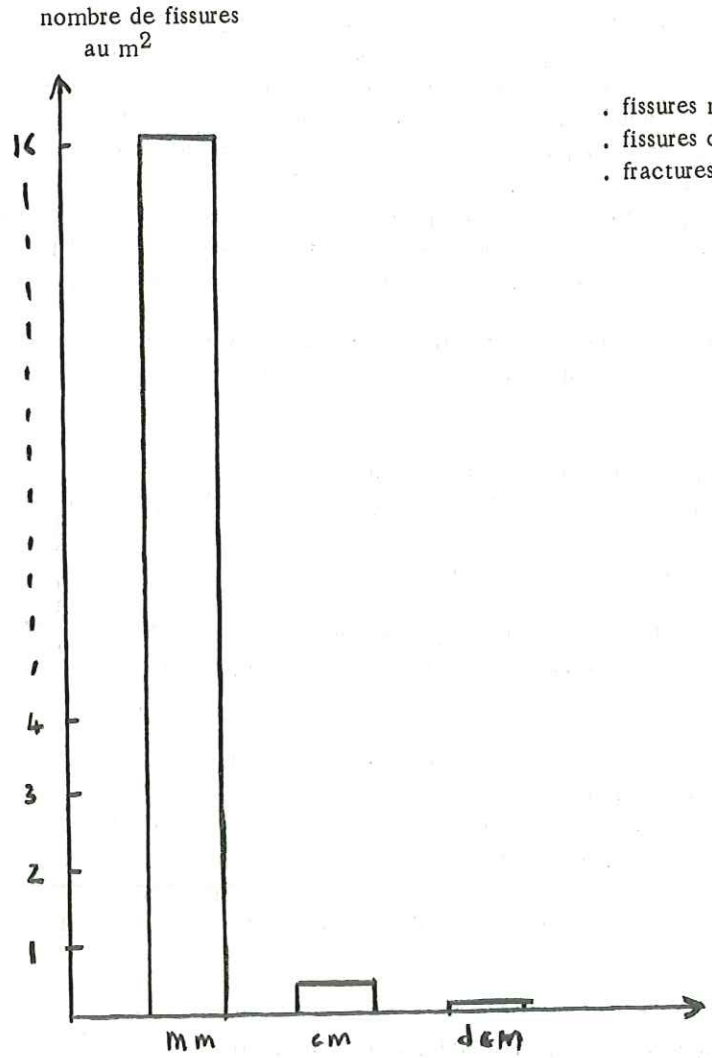
- zone lapiazée



. fissures millimétriques : maille de 50 cm
. fissures centimétriques : maille de 1 m
. fractures décimétriques : maille de 1 m

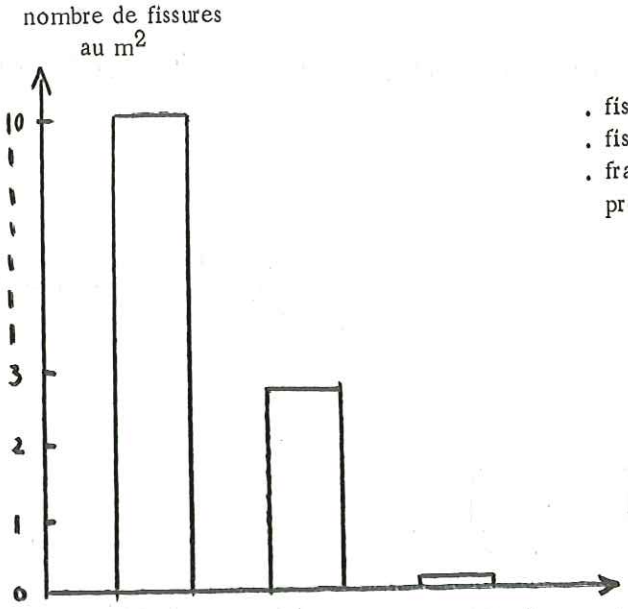
Lorsque les lapies sont très évolués on arrive en certaines zones jusqu'à 50 % de vides ; ceux-ci ne se réalisent pas obligatoirement en zones tectonisées, on en trouve de très avancées en zone tectoniquement très calme.

- zone sans lapiaz
  - peu tectonisée



. fissures millimétriques : maille de 6 cm
. fissures centimétriques : presque inexistantes
. fractures décimétriques : nulle

- très tectonisée



. fissures millimétriques : maille de 10 cm
. fissures centimétriques : maille de 40 cm
. fractures décimétriques : peu nombreuses mais présentes

En général, l'effet de la tectonique est plus marqué sur les calcaires à nummulites que sur les calcaires sénoniens ; se sont surtout les fissures centimétriques qui sont le plus influencées dans le cas du Nummulitique.

Conclusion

Ces différents résultats ne prétendent pas englober d'une manière précise tous les affleurements du massif, mais veulent donner une idée sur la fracturation telle que l'on peut l'observer en divers points.

Il est donc difficile d'avoir une image parfaite, mais déjà d'après ces résultats on peut se rendre compte de l'influence de la tectonique et s'apercevoir qu'elle n'a pas tout à fait les mêmes effets sur les calcaires à Nummulites et sénoniens.

Les premiers voient une augmentation rapide des fractures centimétriques avec la tectonique et pour les seconds cet accroissement se réalisera surtout par les fissures millimétriques et par les fractures décimétriques.

De plus on s'est aperçu que dans le cas de lapiaz l'indice des vides peut arriver à dépasser largement les 50 %.

On peut encore affirmer que la couverture de calcaires à nummulites sur les calcaires sénoniens n'est pas un écran à l'infiltration, mais au contraire un avantage pour l'aquifère puisque ces calcaires sont plus lapiazés et souvent plus fissurés que les calcaires sénoniens.

Enfin même si par endroit la fissuration est très faible, elle est toujours existante et avec les compléments apportés par la stratification et le délitage, on obtient généralement des surfaces très favorables à une bonne infiltration.

* La stratification

Ce mode de pénétration de l'eau est en général peu courant pour deux raisons :
- les pendages et la surface sont en général presque concordants en Dévoluy, si bien que ce n'est que très rarement que l'on rencontre les couches par leur tranche ;
- les joints de stratification sont assez fermés si la tectonique n'a pas été violente dans le secteur.

Toutefois ce type de pénétration s'avère possible partout où l'on rencontre des couches à contrepente et où la tectonique s'est manifestée par une forte fracturation et des décollements au niveau de la stratification.

* Le lapiaz

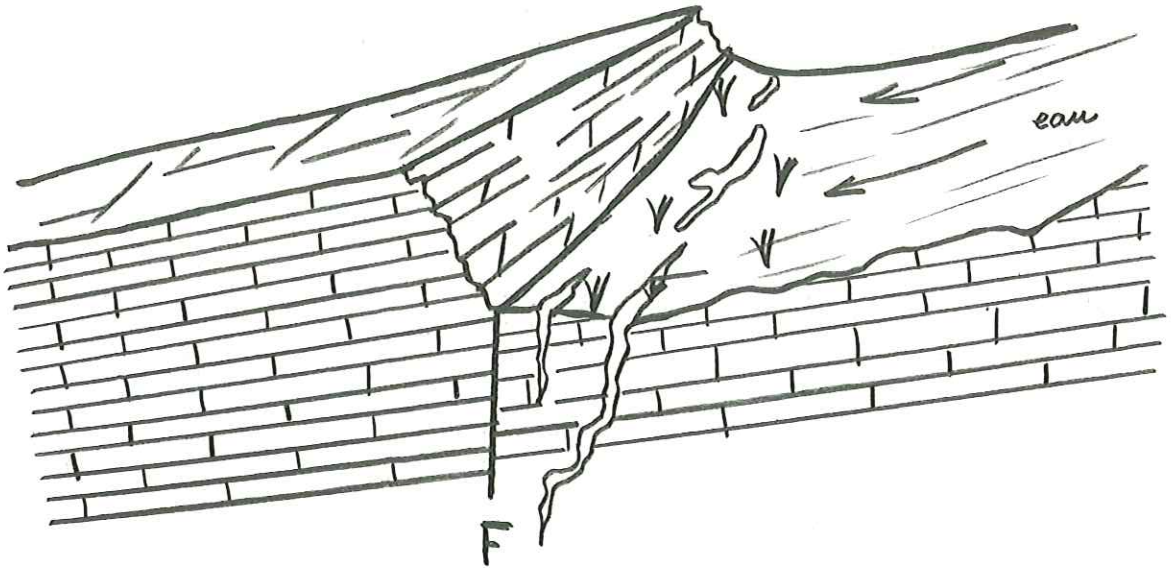
En dalle structurale, il se développe parfaitement surtout sur les calcaires à nummulites (exemple : col de Rabou). Sa formation sera d'autant plus facile que la pente sera faible.

Les calcaires du Sénonien sont nettement moins lapiazés dans l'ensemble ; là encore tout dépend de l'horizon dans lequel on se trouve ; le lapiaz se forme plus facilement dans des niveaux plus compacts ayant subi une fracturation importante.

Ces surfaces sont évidemment un piège idéal pour les eaux de ruissellement qui vont être entraînées directement en profndeur.

* Les dolines

Le massif du Dévoluy est recouvert d'un assez grand nombre de dolines. Les plus petites, et aussi les plus nombreuses ont en général pour origine un joint de stratification facilement altérable. Ce genre de phénomène est fréquent dans les zones siliceuses où la silice arrive à se " désagréger sur place et après nettoyage par l'eau la doline peut prendre naissance.



Ce même type de petites dolines peut prendre naissance par le croisement de plusieurs fissures, donnant une zone mécaniquement plus faible, vite déblayée par l'eau.

Une grande majorité parmi les dolines rencontrées sur le massif prennent naissance sur des zones de fractures.

Une disposition assez fréquente est celle représentée ci-dessus. Une petite faille placée en travers de la pente forme barrage aux eaux de ruissellement qui ainsi piégées, vont affouiller la zone en amont de l'accident jusqu'à former une dépression de plus en plus vaste, avec en son centre des pertes parfois bien visibles.

* Les dépressions fermées

La presque totalité des vallons qui bordent le pic de Bure, qui descendant des montagnes d'Aurouze, du Grand-Ferrand de l'Obiou se termine par une zone en creux, bordée par de petites barres recouvertes d'éboulis.

On peut penser qu'il s'agit d'une fracture en travers du vallon faisant remonter la partie inférieure de celui-ci, qui occasionne ces dépressions.

C'est quelquefois le cas, mais l'origine doit plutôt être cherché dans les phénomènes glaciaires qui se sont manifestés en Dévoluy.

Tous ces vallons devaient être comblés par de véritables glaciers ou de puissants névés, qui ont tout à la fois déposé des moraines frontales (peu évoluées car les blocs sont anguleux) au sortir de chaque vallon et surcreuser le fond de chacun d'eux.

Le vallons de Pierra d'Agnières est représentatif de ce genre de dépression. Sa partie basse est surcreusée d'environ 25 mètres ; on arrive à plus de 100 mètres pour le vallon d'Ane.

On comprend que tout eau tombant dans ces vallons ne pourra ressortir de celui-ci par un ruissellement mais va s'infiltrer directement.

Il est assez fréquent d'observer des gouffres dans la zone formant le verrou ; l'écoulement de l'ancien glacier (ou névé) devrait se faire par ces chourums.

* Les ouvertures du karst

Paradoxalement on trouve ces ouvertures perchées sur des flancs de petits vallons ; on expliquera ensuite ce qu'il faut en penser. Dans ces cas-là, il est bien évident que le drainage des eaux de ruissellement, qu'ils pourront réaliser est très restreint. D'autres s'ouvrent dans les fonds des vallons, au niveau du verrou glaciaire et ont encore un rôle à jouer dans le drainage ; hélas ils sont souvent colmatés par des éboulis où l'on voit disparaître l'eau.

D'une manière générale, les ouvertures du karst ne jouent qu'un rôle restreint de drainage des eaux de surface ; leur rôle sera plus important à l'intérieur de l'aquifère.

Répertoire des chourums

Montagne d'Aurouze

n°	Chourums		Altitude en m	Profondeur en m	Développement en m
1	Mirages		2020	18	30
4	Serres		2015	88	
5	Serre Lacroix		2010	22	
6	Jumeaux		1800	15	
7	Pélagie		1870	25	
8	Rond		1806	35	
10	Sommarel	n°1	2210	260	
16	Tête Ronde	n°1	2365	32	135
17	"	n°2	2370	7	48
18	"	n°3	2435	15	
19	"	n°4	2440	23	
20	"	n°5	2295	24	
21	"	n°6	2330	12	
26	Ponson	n°1	2320	331	650
27	"	n°2	2350	11	40
28	"	n°3	2358	5	
29	"	n°4	2355	9	
30	"	n°5	2395	6	
31	"	n°6	2312	22	
32	"	n°7	2300	87	
33	"	n°8	2240	8	
34	"	n°9	2275	15	
35	"	n°10	2400		27
36	Bure	n°3	2545		7
39	"	n°4	2540		17
40	"	n°5	2500	22	
41	"	n°6	2490		
42	Casses		1920		
48	Choucas		1860	150	
44	Chutards		2025		
45	La Fille		1624	360	160
46	Intermittent		1850	50	
47	Jas de la Selle		2095	88	
48	La Fillette		1964	8	
49	Bure	n°8	2550	12	
50	Tune	n°1	1600		
51	"	n°2	1550		
56	Pied gros	n°3	2110	13	
66	Tintarelle	n°1	1820	43	
67	"	n°2	1835	7	
68	Bonnet rouge	n°2	1955	28	
69	"	n°3	1955	75	
70	"	n°1	1760	20	
71	Peloureng	n°1	1940	30	
72	"	n°2	1990	7	
77	Festoure		1905	20	
78	Bure	n°7	2549	7	
79	Tête ronde	°	1845	8	
73	Le Breton		2060		
74	Tune	n°10	1550	120	650
[illegible]			[illegible]		
2	[illegible]		[illegible]		
[illegible]	[illegible]		[illegible]		
5	[illegible]		[illegible]		
6	[illegible]		[illegible]		
[illegible]	[illegible]	°	[illegible]	3	
[illegible]		°	[illegible]		
10		°	[illegible]		

Chaîne Ferrand - Obiou

n°	Chourums		Altitude en m	Profondeur en m	Développement en m
1	Bellot		1690		
2	Costebelle		1800		
4	Girier (1, 2, 3, 4)		1880	45	
5	Chaupins		1836	340	
6	Clot		1730	90	
8	Narrites	n°1	1980	60	
9		n°2	2500	40	
10		n°3	1998		
11	Parza		1670	155	
14	Goutourier		2325	153	
16	Chaudron		2731	235	
7	Camarguier		1590	65	
19	Dupont-Martin		1590	360	
21	Trente soupe s		1740	51	
22	Pointe		1870		
23	Glaisette		1360		
24	Plaisses		1430	11	
25	Aiguilles		2023	980	
26	Pot		1640	6	
27	Barbier		1677	6	
31	Long		1611	15	

Mont de Ferraud

7	Feraud	2100	60	

Pour de plus amples détails (coordonnées, topographies...) se reporter au répertoire des cavités du Dévoluy réalisé par l'abbé GALLOCHER du Spéléo Club de Marseille et par Gilbert ARTHAUD du Spéléo Club Vocontien.(voir bibliographie).

Répertoire des exurgences

Montagne d'Aurouze

N°	Exurgence		altitude en m	profondeur en m	développement en m
2	Plate	n°1	2180		18
3	"	n°2	2215		220
11	Sommarel	n°2	2310		114
12	"	n°3	2295		21
13	"	n°4	2360		31
14	"	n°5	2345		50
15	"	n°7	2315		48
22	Truie	n°1	2285		35
23	"	n°2	2295		22
24	"	n°3	2210		90
37	Bure	n°1	2530		18
38	"	n°2	2550		13
52	Pied Gros St-Etienne	n°6	2420		9
53	"	n°6	2240		65
54	"	n°5	2370	44	115
55	"	n°2	2040		
57	"	n°1	2015	30	
58	"	n°7	1960	20	86
59	"	n°8	1992		20
60	"	n°9	1895		51
61	"	n°10	1990		31
62	Chabreda		1680		15
63	Costebelle	n°1	2134		240
64	"	n°3	1995		31
65	"	n°2	1955		
74	Baume Noire	n°1	2150		75
75	"	n°2	2168		64
76	Barges	n°4	2040		42
80	"	n°1	1910		35
81	"	n°2	1920		15
82	"	n°3	1945		45
83	"	n°5	2040		42
84	"	n°6	2055		10
85	"	n°7	2190		10
25	Pied Gros Agnières		2140		10

Chaîne Ferrand - Obiou

3	Esculon	1925	39	
7	Méanne	1750		
12	Clausis	2090		
13	Etoile	2215		
15	Charnier	2090		
17	Petit Obiou	2360		
18	Sarrazine	1920		
20	Chanterelle	2160		
28	Bobby	1670		12
29	Lilli	1675		20
30	Jumelle	1690		10
32	Baume du Fromage	1910		400

Montagne du Féraud et Gicon

2	Cerise	1240		
3	Crévecœur			
1	Puits des Bans	1140	220	1500
4	Grandes Gillardes	870		
5	Petites Gillardes	875		
6	Pinet			

d) Acheminement de l'eau en profondeur : le karst sénonien

Après pénétration à l'intérieur de l'aquifère, l'eau doit maintenant être acheminée en profondeur.

Or le calcaire à l'état normal est totalement imperméable, aussi l'eau ne pourra s'infiltrer que grâce aux fractures et au karst avec pour unique moteur la gravité.

La gravité est un facteur important en Dévoluy où l'infiltration se situe entre 1 500 et 2 000 m alors que l'exurgence se trouve à 870 m ; on a tendance à penser que l'acheminement des eaux se réalisera très rapidement.

1) Rôle des fractures

Nous avons parlé précédemment de leur direction et de leur développement ; on n'y reviendra pas ici. Par contre, il est intéressant de savoir si elles vont jouer un rôle de drain ou celui d'écran.

Dans le Dévoluy, on peut affirmer que les fractures jouent toutes un rôle drainant. Elles sont en effet bien marquées dans la morphologie et aucune ne présente d'induration secondaire, ni de colmatage. Le karst nous permet d'observer avec précision la nature du colmatage : en aucun endroit on ne trouve de dépôts marneux obstruant le réseau, il s'agit en général de vastes éboulis qui arrêtent la progression du spéléologue mais jamais de l'eau.

C'est à partir des fractures que le karst a pu se développer ; en effet, si la stratification donne quelques "chourums" ils sont toujours réduits ; l'ampleur des gouffres est liée aux fractures.

L'image la plus réelle de cette remarque est qu'en Dévoluy les développements horizontaux des réseaux souterrains sont quasiment inexistants au profit des développements verticaux qui donnent des successions de puits parfois très profonds.

Le modèlé des gouffres prend naissance au profit des fractures : ceci se vérifie en profondeur où l'observation des plans de fractures à l'intérieur même des réseaux est fréquente ; on ne peut affirmer si les fractures d'entrée et celles observées en profondeur sont les mêmes, mais en général l'orientation est conservée.

La verticalité de l'ensemble de ces gouffres ne doit pas nous faire oublier qu'ils ont tout de même un développement horizontal, réduit mais existant.

C'est d'ailleurs le développement horizontal qui va nous dire dans quel sens s'effectue le drainage des eaux d'infiltration.

Le sens du développement des gouffres se fait en général de l'extérieur vers l'intérieur du massif, c'est-à-dire dans le sens des pendages (voir carte).

2) Le Karst

* Localisation

En observant la carte où sont reportés les différents chourums, on s'aperçoit qu'il existe deux pôles de forte densité de gouffres.

Le premier est localisé sur la Montagne d'Aurouze et le plateau de Bure ; le second le long de la chaîne Grand Ferrand - Obiou. Environ 90 % de ces gouffres se situent entre 1 800 et 2 300 mètres.

Par opposition, la Montagne de Feraud à l'Est ne présente aucune forme karstique connue ; ceci peut s'expliquer par deux raisons :

bien que ce versant soit formé des mêmes calcaires, il présente une pente beaucoup plus forte ne permettant pas une infiltration rapide et surtout une densité de fracture réduite au minimum.

Sur la Montagne d'Aurouze et la chaîne Ferrand - Obiou la pente est beaucoup plus faible et la majorité des gouffres vient se surimposer à une forte fracturation. On comprend donc l'importance des fractures dans la localisation des gouffres ; si elles n'existaient pas seulement quelques lapiaz de surface auraient pu se développer.

On se souvient que dans l'étude stratigraphique le Sénonien avait été divisé en six assises de I à VI en montant la série.

Les chourums du Dévoluy s'ouvrent et se développent principalement dans les assises III, IV et V.

C'est-à-dire : assise V : calcaires à silex non zoné en couche bosselée ;
assise IV : calcaires à silex zoné, avec passage de grès grossiers ;
assise III : calcaires durs à surface plane, et à lits siliceux, aspects zonés.

Statistiquement, c'est dans l'assise III, puis dans l'assise IV que les gouffres se répartissent plus abondamment ; l'altitude d'affleurement de ces calcaires s'étalant entre 1 500 et 2 300 mètres.

* Formes et profondeur du karst

En raison de leur position et de leur rôle on séparera les grottes (Baumes) des gouffres (chourums).

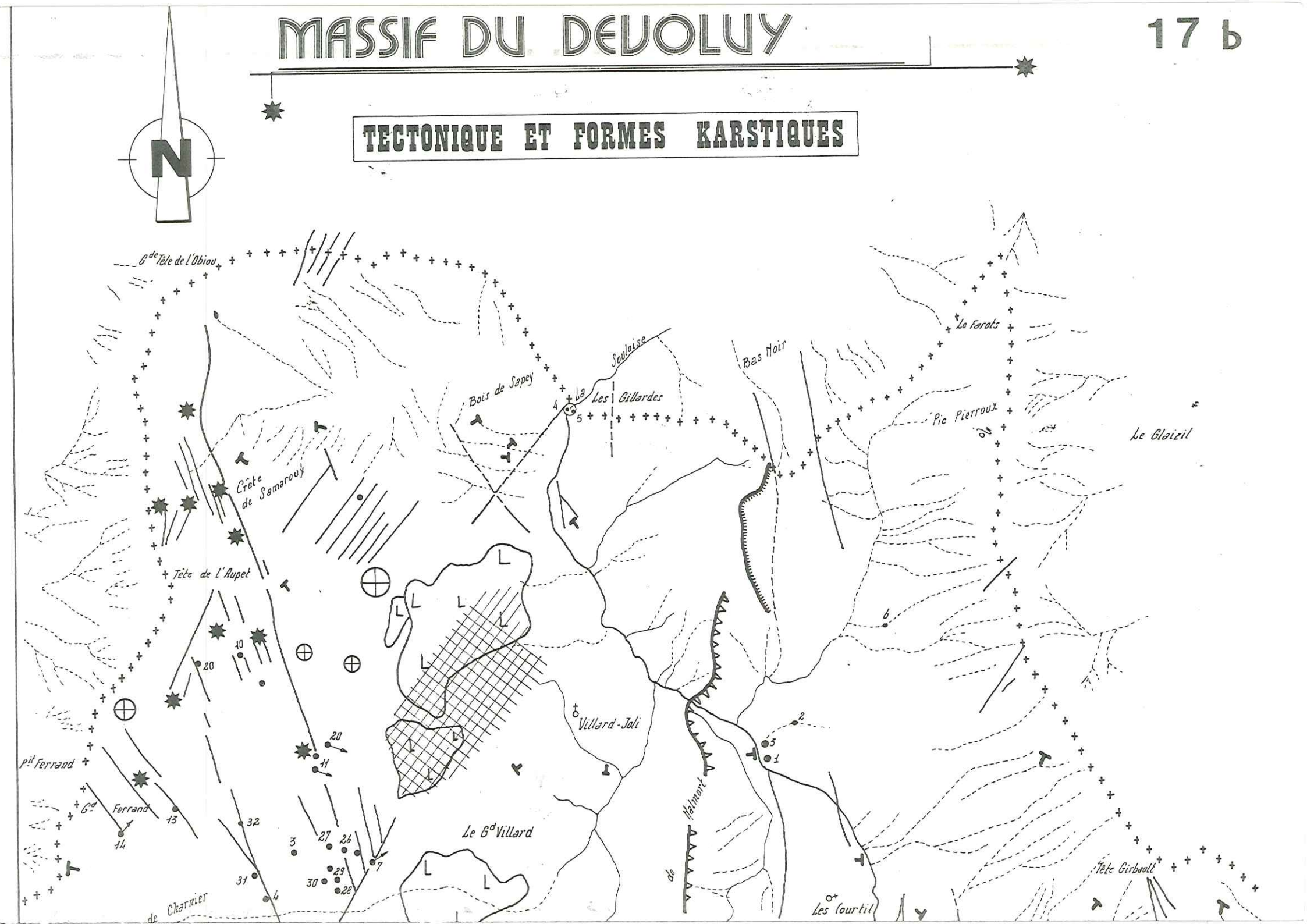
a) les Baumes

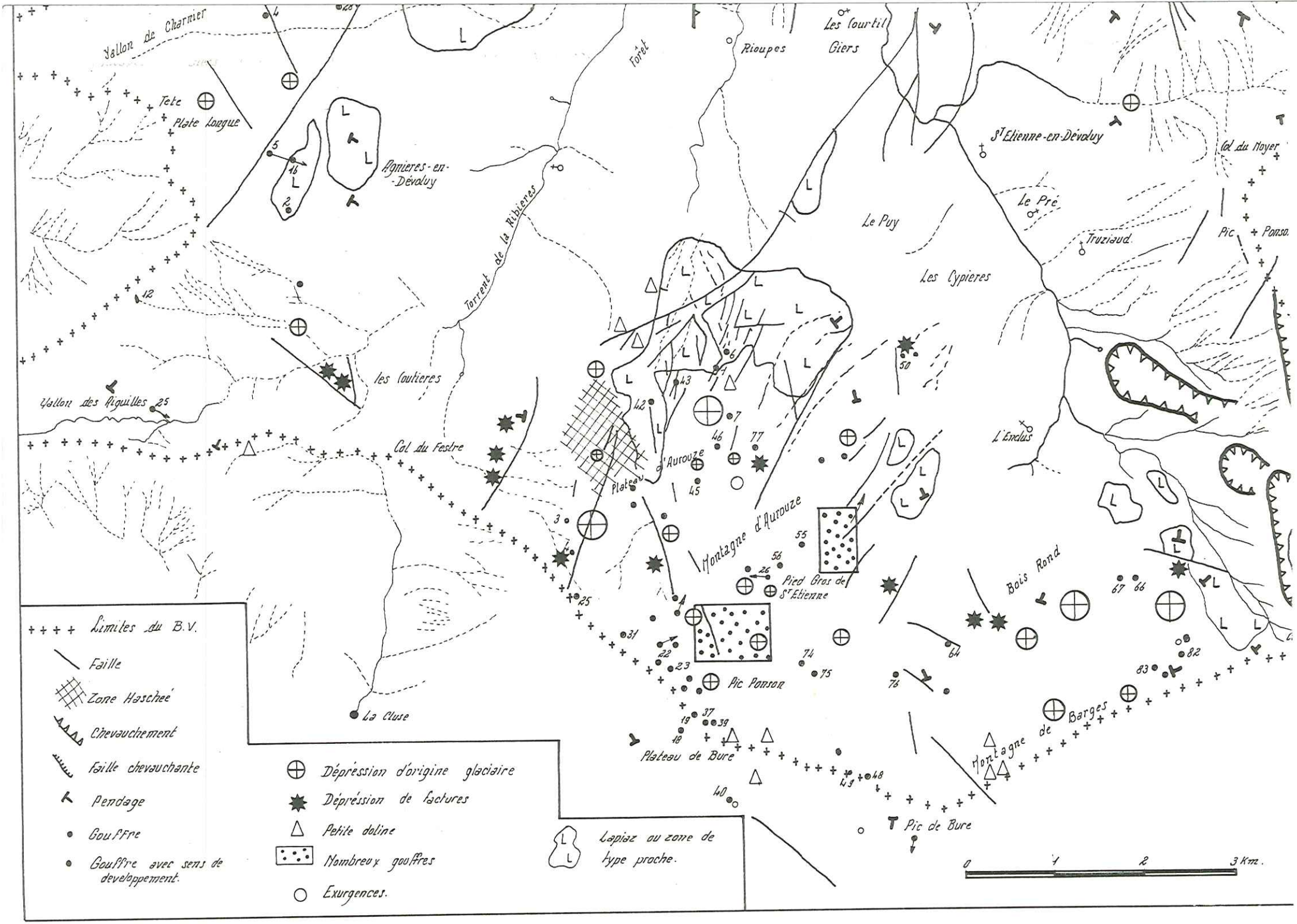
Elles s'ouvrent dans les falaises de calcaires sénoniens (à toutes les hauteurs) par un porche plus ou moins large mais toujours visible de très loin par l'aspect noirâtre qu'ils présentent.

Les réseaux qui se développent à partir de ces ouvertures sont assez courts ; le plus souvent ce sont des karsts remontant vers le plateau qui surmonte les falaises dans lesquelles ils s'ouvrent ; ceci n'est pas général, car il arrive quelquefois que les réseaux soient descendants et atteignent des profondeurs assez importantes (ex : le chourum Napoléon exploré jusqu'à plus de -175 mètres).

MASSIF DU DEVOLUY

TECTONIQUE ET FORMES KARSTIQUES




Vallon de Charnier
Tete
Plate Longue
Agnieres-en-Dévoluy
Forêt
Rioupes
Les Courtil
Giers
St Etienne-en-Dévoluy
Col du Noyer
Le Pré
Truziaud
Pic Ponso
Le Puy
Les Cypieres
Torrent de la Ribieres
les Coulieres
Vallon des Aiguilles
Col du Festre
Plateau d'Aurouze
Montagne d'Aurouze
L'Enclus
Pied Gros de St Etienne
Bois Rond
Pic Ponson
La Cluse
Plateau de Bure
Montagne de Barges
Pic de Bure
0 1 2 3 Km.
Limites du B.V.
Faille
Zone Haschée
Chevauchement
Faille chevauchante
Pendage
Gouffre
Gouffre avec sens de developpement.
Dépression d'origine glaciaire
Dépression de factures
Petite doline
Nombreux gouffres
Exurgences.
Lapiaz ou zone de type proche.

L'origine de ces baumes est liée aux glaciers ; en effet tous ces porches s'ouvrent dans des vallons glaciaires ; il s'agit donc d'anciens karsts que l'érosion glaciaire a recoupé très près de leur origine ; suivant l'importance du karst et surtout du lieu où il a été sectionné, l'ouverture est plus ou moins importante.

Après ces observations, on peut déjà affirmer que la karstification était déjà avancée à la période glaciaire puisque les karsts étaient déjà très évolués au moment où ils ont été recoupés.

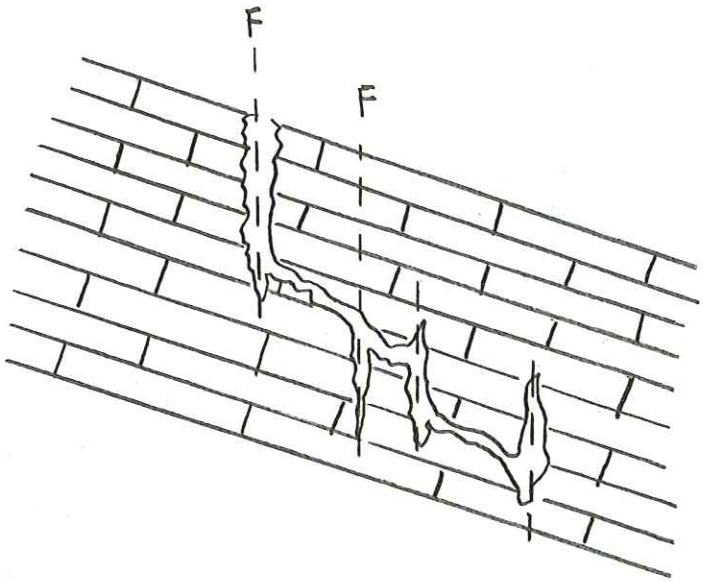
) Les chourums

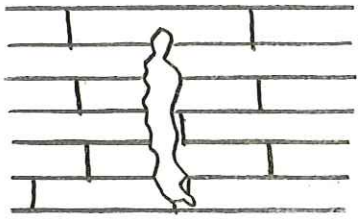
La fracturation étant étroitement liée au karst, le modèle de celui-ci suivra donc les grands traits de la tectonique.

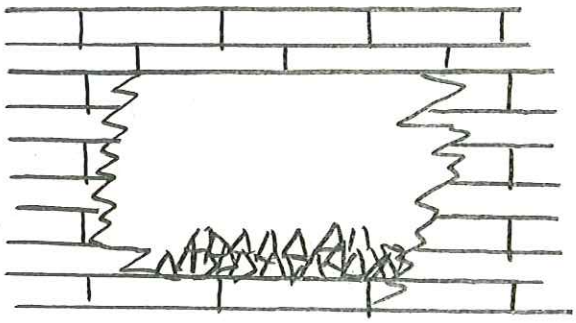
Les ouvertures sont déjà allongées suivant la ligne de fracture ; ensuite il est très fréquent que ces chourums débutent par un puits plus ou moins important (ex : La Parza, les Aiguilles, le Dupont Martin, le Chaudron, le Ponson n°1) ✕

Nous avons à faire en général à une succession plus ou moins espacée de puits sur fractures, reliés les uns aux autres par des galeries assez étroites, suivant la stratification et plus ou moins incliné en fonction du pendage.

Cas assez fréquent







Le croisement de plusieurs failles se caractérise souvent par des salles à l'aspect tourmenté, et au plancher recouvert par d'immenses chaos.

La composition chimique des eaux circulant dans les calcaires sénoniens, pauvres en CO_2, fait que les chourums du Dévoluy ne présentent aucun concrétionnement.

Le spéléologue qui découvre le réseau souterrain du Dévoluy, le trouve dénudé, gris et délité avec des passages étroits et déchiquetés, ou vastes et chaotiques, meublés d'importants éboulis qui ne manquent pas d'arroser les puits de généreuses chutes de pierres remplaçant l'eau qui est très rare ; un panorama aussi désolé à l'intérieur du massif qu'il l'est à l'extérieur.

Ces chourums sont dans l'ensemble assez profonds, c'est ainsi que le chourum des Aiguilles présente un dénivellé de 985 m (3e record mondial) ; après lui on trouve des profondeurs de 360, 340, 330 mètres, etc. Les spéléologues en sont certains, beaucoup de chourums peuvent dans le Dévoluy égaler celui des Aiguilles et même aller plus profond ; hélas, certains passages sont colmatés par de vastes éboulis interdisant la progression.

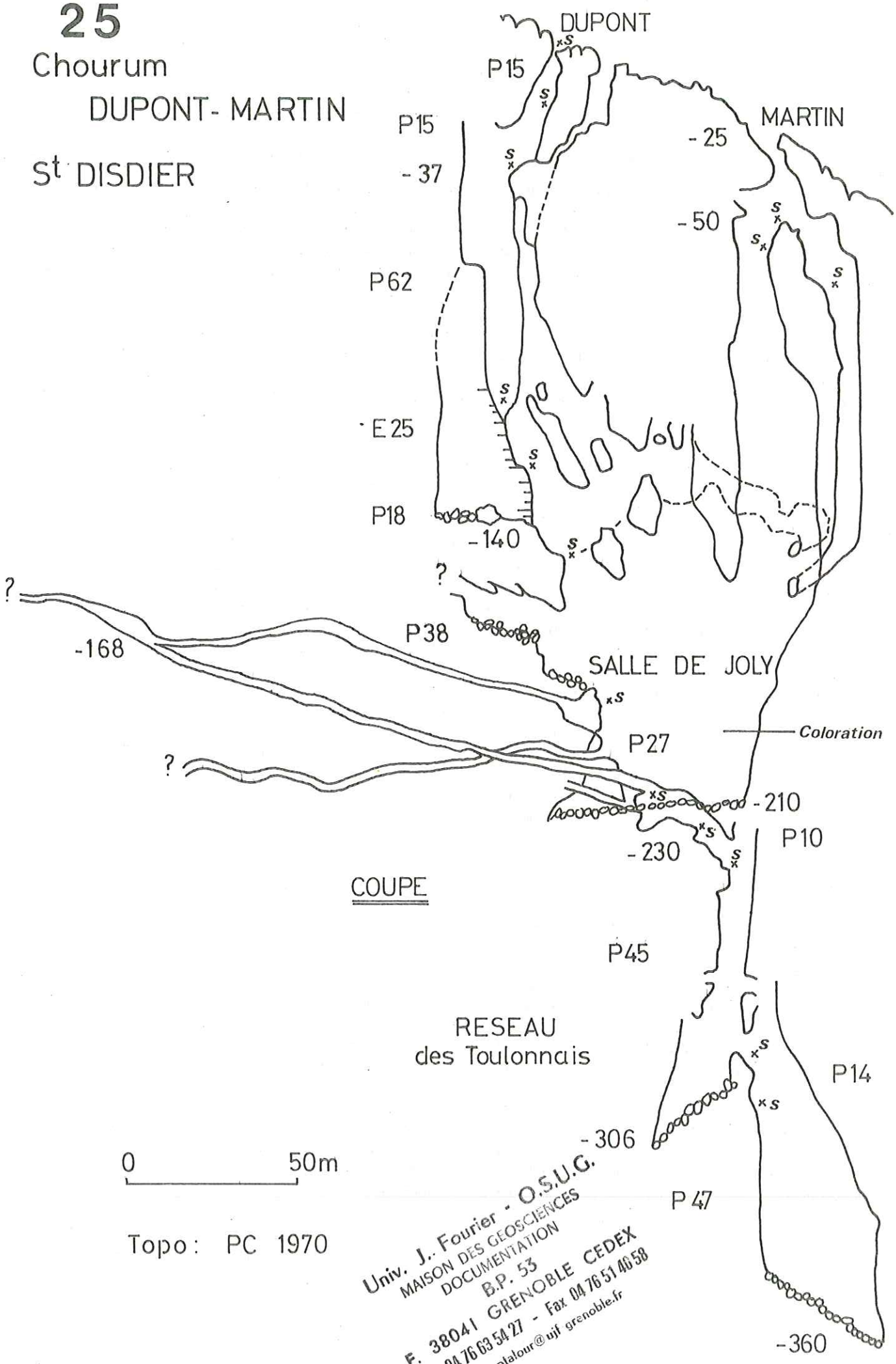
Prenons l'exemple du Ponson n° 1 qui se termine à -248 m par un puits de plus de 10 m de rayon dont le fond est brutalement colmaté par un éboulis, il est certain que le karst ne se termine pas là ; la continuation est évidente, vu la taille du réseau en cet endroit ; un shunt est tenté pour contourner l'éboulis par une diaclase ouverte où souffle un puissant courant d'air, témoins d'un volume karstifié important après ce passage ; mais la progression des spéléologues est difficile dans cette étroiture qu'il faut élargir sans cesse ; l'avenir nous dira sûrement comment se continue le réseau au-delà de cet éboulis.

25

Chourum

DUPONT- MARTIN

St DISDIER



Topo : PC 1970

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 46 58
Mail : plalour@ujf grenoble.fr

) Naissance et développement du karst

Le karst que l'on observe de nos jours et qui se développe sur les fractures intrasénoniennes est lié à l'origine de ces fractures.

Succédant aux dépôts des calcaires sénoniens et avant la venue de la mer tertiaire une phase tectonique postsénonienne suivie d'une érosion s'est manifestée ; le karst aurait pu prendre naissance à cette époque, mais en aucun point du massif il n'a été observé de formes karstiques comblées par des dépôts tertiaires.

Ces mouvements orogéniques se manifestent encore pendant tout le Tertiaire dévoluyard puisque les différents dépôts de cette ère sont discordants sur les calcaires sénoniens et nummulitiques. Là encore on n'a aucune preuve d'évolution du karst. Après la fin de ces dépôts la tectonique s'est encore manifestée par des fractures, des plis failles (pli de Malmort) et des chevauchements (flysch du col de Rabon) puis par des réajustements postérieurs à ces phases s'étendant jusqu'au Quaternaire.

La naissance du karst a dû se réaliser après l'achèvement de ces premiers mouvements (pli faille chevauchement) puisqu'il se surimpose à eux, ensuite évoluer déjà valablement jusqu'aux périodes glaciaires où il sera recoupé par le creusement glaciaire ; et se développer au maximum pendant cette époque où l'alimentation en eau et leur agressivité était importante ; enfin de nos jours il a tendance à se combler peu à peu par de vastes éboulis ; son évolution est au ralenti.

Karst et connaissance des circulations

Le massif du Dévoluy est très lapiazé, très fracturé et surtout très karstifié si bien que chaque karst possède un bassin versant extrêmement réduit. L'exploration des réseaux se réalise après la fonte des neiges ; l'alimentation est très limitée à cette époque et il est rare de recouper des circulations importantes ; des débits faibles peuvent être rencontrés à des profondeurs supérieures à 200 ou 300 mètres mais ils dépassent jamais le litre seconde.

La verticalité des chourums permet un transit très rapide des écoulements et ce n'est que très profond que le rassemblement de cette eau se fera.

Aucune rivière souterraine n'a pu être observée dans le Dévoluy. Les différents clubs de spéléologie s'acharnent pour trouver le collecteur principal, mais s'il existe ce n'est que très profond.

De l'observation du karst on doir donc retenir que les eaux d'infiltration parcourent très rapidement le trajet les menant de la surface à une profondeur voisine de celle de l'exurgence (environ 150 m) et qu'ensuite on ne sait pas s'il existe une rivière souterraine importante drainant tout le massif puis alimentant une nappe, s'il existe seulement une nappe largement répartie au fond de la cuvette et alimentée par les diverses venues de surface, ou encore s'il n'existe qu'une rivière souterraine allant directement aux sources des Gillardes.

Nous verrons ensuite ce que l'on pourra dire d'après l'observation physico-chimique des sources des Gillardes.

* karst et connaissance des réserves souterraines

De l'ensemble des chourums du Dévoluy un seul peut être retenu par les connaissances qu'il nous donne sur la zone d'accumulation des eaux. Il s'agit du puits des Bans.

Il se situe à environ 2 km au Sud de Saint-Disdier sur la rive droite de la Souloise, à 50 mètres de son lit et s'ouvre dans un chaos de gros blocs à la base d'une falaise.

L'entrée du gouffre se situe dans les poudingues (conglomérat de base du Nummulitique et on passe très vite en profondeur (-70) aux calcaires sénoniens dans lesquels il se développe presque entièrement.

- Observations tectoniques

L'entrée du puits des Bans est située sur une fracture qui casse les plis en genou à sa tête, pli en genou qui est l'amortissement du pli faille de Malmort dont on a parlé dans le chapitre tectonique.

Cette fracture N-S est décalée en profondeur d'Est en Ouest par ripage des couches. La partie médiane du réseau se développe au profit des joints de stratification décollés par la tectonique.

Enfin dans la partie terminale, le karst suit à nouveau un plan de fracture N-S à pendage E.

- Observations recueillies

Le puits des Bans s'ouvre à la cote 1140 m ; sa profondeur est de 220 m. On arrive donc à la cote 920 m au niveau du siphon terminal. C'est-à-dire 50 mètres au-dessus du niveau des sources des Gillardes.

Des plongeurs ont pu descendre de 40 m dans les eaux de ce siphon, empruntant un puits quasi vertical, sans avoir la possibilité de trouver une nouvelle sortie dans une galerie inconnue.

Cette étendue d'eau, dont la cote ne va pas plus bas pourrait marquer le niveau d'une nappe alimentant les Gillardes. De plus, en période de pluies très violentes le niveau de ce siphon monte très rapidement et certaines années, lorsqu'à la pluie s'ajoute un vent chaud venant d'Italie (le Lombard) le puits des Bans crache jusqu'à parfois 20 mètres d'altitude, on a donc dans ces cas une remontée de 240 mètres.

De ces observations, on peut conclure que :

- deux hypothèses peuvent rendre compte du fonctionnement de ce système :

1) - le puits des Bans est un piézomètre naturel qui atteint la nappe alimentant les Gillardes et le niveau du siphon terminal varie avec cette nappe. Les différents relevés du niveau faits par les spéléologues semblent cadrer avec les variations saisonnières.

En hiver, le niveau est stable ; au printemps il monte régulièrement, suivant la fonte des neiges ; en été, il tend vers la stabilité et en automne, il varie en fonction de la pluviométrie.

Admettre que le puits des Bans est une cheminée d'équilibre de la nappe, c'est admettre que lorsque le niveau monte de 240 mètres, le niveau de la nappe se trouve à 300 mètres au-dessus des sources des Gillardes ; ce fait paraît surprenant mais peut être admis si le réservoir souterrain est assez réduit. Mais alors s'il est réduit, comment se fait-il que pendant les périodes sans forte pluviométrie le niveau de la nappe se raccorde toujours à la cote -220 m.

En effet, lorsqu'il subit une variation brutale de 240 m pourquoi le plan d'eau terminal se stabilise-t-il à un niveau précis alors que le débit des Gillardes continue à diminuer ; une même pression devrait donner un même débit d'autant plus que le débit des Gillardes varie de 1 à 50 et que la décrue est assez progressive.

2) - Il s'agit d'un réseau indépendant

Le puits des Bans s'ouvre sur un grand accident nord-sud qui part de St-Gicon et qui rejoint presque le village de Rioupes (environ 5 km) accident qui surélève le compartiment est.

Il se peut que cette faille draine uniquement la partie est du Dévoluy et se déverse ensuite par des interlits décollés dansle réseau drainant rattaché aux Gillardes et situé plus à l'Ouest.

Dans ce cas sous l'effet d'une très forte alimentation, ce réseau qui est quand même limité, peut se mettre rapidement en charge et donner naissance à une remontée brutale.

Le puits des Bans serait dans ce cas un siphon véritable, appartenant à ce réseau, se mettant en charge avec lui, mais s'en désolidarisant en période de décrue, d'où le retour fréquent à une même cote (-220 m).

De ces deux hypothèses on verra laquelle retenir après les analyses physico-chimiques faites à l'exurgence.

e)La "nappe"

La thèse établie par J.L. BONHOMME (1972) sur l'hydrodynamique du karst des calcaires sénoniens en Dévoluy arrive à la conclusion suivante :

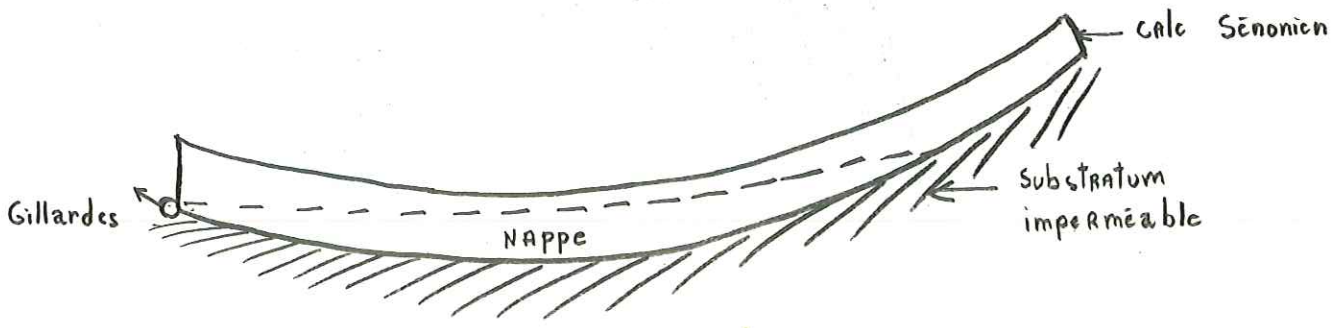
"Les résultats d'ordre tectonique, structural, complétés et vérifiés par les observations spéléologiques conduisent à prouver la présence, dansle s calcaires sénoniens du Dévoluy, d'une nappe de chenaux, de fractures et de fissures et excluent définitivement l'existence d'une rivière souterraine drainant les eaux infiltrées dans le Sénonien vers les Gillardes.

Quels sont les arguments que présente J.L. BONHOMME en faveur de l'existence de cette nappe ?

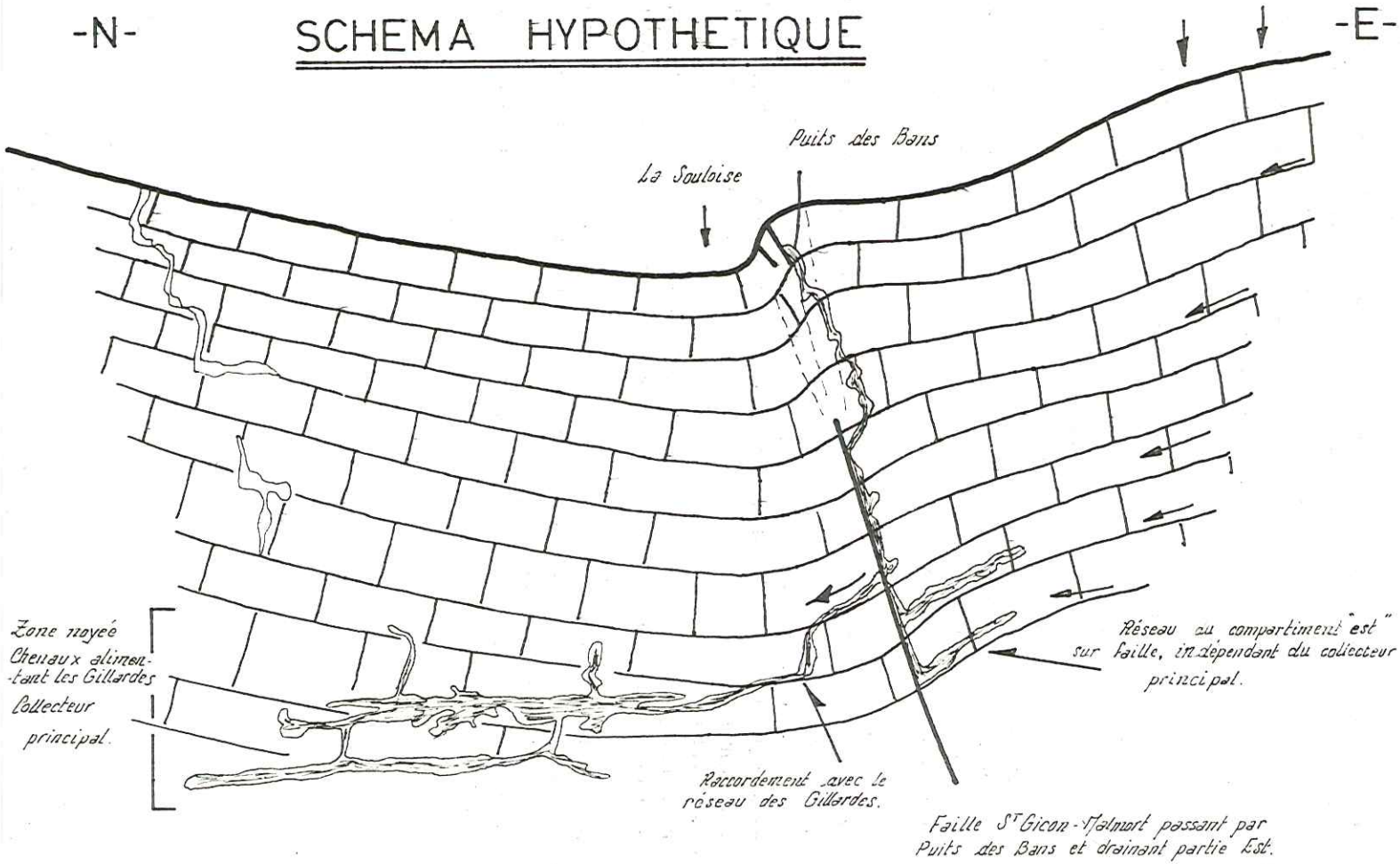
1) - La structure du Dévoluy se présente comme une cuvette allongée qui se relève fortement avant d'arriver aux Gillardes.

Sur une épaisseur de 400 à 500 mètres de calcaires sénoniens ; seulement 130 à 150 mètres sont situés au-dessus du niveau des Gillardes, dans la partie basse de la cuvette, ce qui revient à dire que 270 à 370 mètres sont au-dessous de la cote de l'exurgence et que cette partie-là peut être le siège de la nappe.

De plus l'ensemble des fractures, et les pendages font en sorte que l'eau va se concentrer vers le point bas de la cuvette (l'observation du karst prouve que c'est vraiment ce qui se passe).



SCHEMA HYPOTHETIQUE



2) - La pente va à l'encontre d'une rivière souterraine, en effet à partir du fond des chorums les plus profonds connus, la pente ne dépasse jamais 5 % jusqu'aux Gillardes.

3) - J.L. BONHOMME considère les puits des Bans comme un véritable piézomètre naturel ; le sommet de la nappe en cet endroit n'indique donc plus qu'une pente à 0,95 % jusqu'aux Gillardes.

4) - Les caractéristiques hydrodynamiques obtenues à partir des courbes de tarissement, bien que très délicates à interpréter, ont permis d'ajouter ceci :

La capacité totale de la nappe pour une mise en charge moyenne est de 31×10^6 m^3 avec 80 % pour les fissures et seulement 20 % pour les chenaux.
On aurait dans ce cas essentiellement une nappe de fissures.

La théorie de J.L. BONHOMMEparaît très séduisante, avec évidemment comme argument majeur, le puits des Bans.

Voyons maintenant ce que nous pouvons lui opposer :
1) - tout d'abord ce que nous avons déjà avancé à propos du puits des Bans, c'est-à-dire qu'il ne serait pas un piézomètre naturel et que le plan d'eau inférieur, qui se stabilise toujours à un même niveau alors que le débit des Gillardes continue à descendre, appartient à un réseau annexe et indépendant de la nappe des Gillardes (voir p. 71, fig. 18).

2) - Les variations de débit des Gillardes
D'après les résultats hydrodynamiques obtenus par J.L. BONHOMME, la nappe alimentant les Gillardes serait composée par 80 % d'emmagasinement dans les fissures et 20 % dans les chenaux.

Si le volume attribué aux fissures est si important, comment se fait-il que les débits des Gillardes chutent si brusquement ? En effet, les débits des crues montent jusqu'à 50 m^3/s alors que ceux d'étiage descendent jusqu'à 300 à 400 l/s.

Citons encore cet exemple : le 6.4.73 on a enregistré des débits allant jusqu'à 40 m^3/s et le 8.4.73, c'est-à-dire 48 heures après, le débit était déjà inférieur à 15 m^3/s bien que le réseau soit encore influencé.
Des résultats de ce genre font penser à un réseau très ouvert et à forte majorité de chenaux.

3) - De plus l'observation des gouffres qui se situent dans l'assise où se trouve cette "nappe" montre surtout des chenaux et une fissuration très réduite.

4) - Enfin différents caractères chimiques des eaux de cet aquifère sont favorables à une circulation rapide ; nous allons étudier ces caractères dans le chapitre qui suit et nous donnerons alors une réponse plus précise sur l'éventualité de l'existence d'une nappe.

f) Les Gillardes

Elles se situent au sortir nord du bassin versant du Dévoluy ; les petites Gillardes au nombre de trois sont en rive droite de la Souloise (environ 50 m) et la Grande Gillarde en rive gauche à quelques centaines de mètres des précédentes.

Elles font partie d'un même système et sont l'unique exurgence du karst sénonien. La Grande Gillarde est de loin la plus importante, en effet alors que les petites s'assèchent en période d'étiage, elle donne encore un débit de l'ordre du m^3/s.

Les Gillardes prennent la troisième place parmi les sources françaises après la Fontaine de Vaucluse et la Fontaine l'Evêque.

Leurs débits varient entre 50 à 60 m^3/s et 300 à 400 l/s pour un bassin versant d'environ 110 km^2.

Les chapitres précédents nous ont fait comprendre l'importance d'une étude précise de ces exurgences en vue de la connaissance de l'aquifère qui les alimente.

Après une mise en mémoire stratigraphique et structurale du site de ces sources nous nous étendrons plus en détails sur les caractères physico-chimiques.

1. - Géologie - Conditions d'émergence

Les observations les plus anciennes connues sur le site des Gillardes (1921 - 1922) ont été faites par un ingénieur de la Société des Forces Motrices et concluaient que les Gillardes apparaissaient bien à la cote 870 m mais que l'eau quittait le Sénonien à 3 km à l'Ouest en direction de l'Obiou, à l'altitude de 1 800 m pour former un vaste ruisseau sous éboulis et que les grondements entendus par les gens du pays tendaient bien à certifier cette hypothèse. Des travaux de galeries ont été faits pour arriver à capter cette illusion mais sans résultat évidemment.

Fort de ces travaux du passé voyons ce que l'on peut dire aujourd'hui sur les conditions d'émergence des Gillardes?

Deux premières remarques éclairent rapidement nos recherches :

- les sources se situent au voisinage des plus bas affleurements de Sénonien ;
- lorsqu'on lève les yeux, en rive droite environ 500 mètres de Sénonien formant falaise surmontent l'émergence ; il ne doit donc plus en rester beaucoup sous le niveau des sources, car l'épaisseur dans cette zone est de 500 m maximum.

En nous reportant à la carte qui suit, voyons ce que l'on peut encore ajouter :

- on voit apparaître le substratum de l'aquifère (Valanginien, Berriasien...) en rive droite très près de l'émergence. Le niveau d'arrêt doit donc se prolonger sous le site des Gillardes ;
- en rive gauche, la forte épaisseur d'éboulis, de fluvio-glaciaire et de végétation ne permet pas d'affirmer certains faits tectoniques. L'étude détaillée du secteur faite par J.L. BONHOMME lui permet de soupçonner une faille passant entre le bois du Sapey et les côtes de l'Oranier puis par le site des Gillardes. Cette faille permettrait d'expliquer la trop forte épaisseur decalcaire sénonien (de l'assise II) constatée en cet endroit.

En outre, surélevant le compartiment nord est, cet accident jouerait un rôle d'écran (Crétacé inférieur) permettant l'émergence plus facile des Gillardes.

Notons que cette faille n'est qu'hypothétique, les observations de terrain étant difficiles dans cette zone.

En dernier lieu, il est bon de préciser comment se réalise la venue de l'eau vers les Gillardes, car la focalisation de celle-ci, réalisée par les failles et les pendages, se fait dans le secteur du Gicon - puits des Bans où passe l'axe synclinal de bassin versant. A partir de cette zone située à 1 500 m à l'Est des Gillardes il va falloir trouver le principe d'acheminement de l'eau vers les sources.

Plusieurs hypothèses sont à retenir :

- le drainage a pu se réaliser grâce à la faille des Gillardes qui bloquerait les circulations à l'Est et les draineraient jusqu'au site. Notons qu'aucune continuation de cette faille supposée n'est visible à l'Est, mais l'éventualité n'est pas à rejeter ;
- la tectonique violente en ce secteur a pu décoller la couverture sénonienne du substratum, permettant la circulation de l'eau à ce niveau et le détournement vers les Gillardes serait favorisé par l'anticlinal du Crétacé inférieur faisant barrage à l'Est ;
- ou bien plus simplement les joints de stratification, plus décollés dans cette zone permettent le passage latéral de l'eau ; ceci s'observe déjà au puits des Bans par des ripages de couches de l'Est vers l'Ouest dans lesquels le réseau se développe.

2. - Les caractères physico-chimiques

2.1 - Le débit

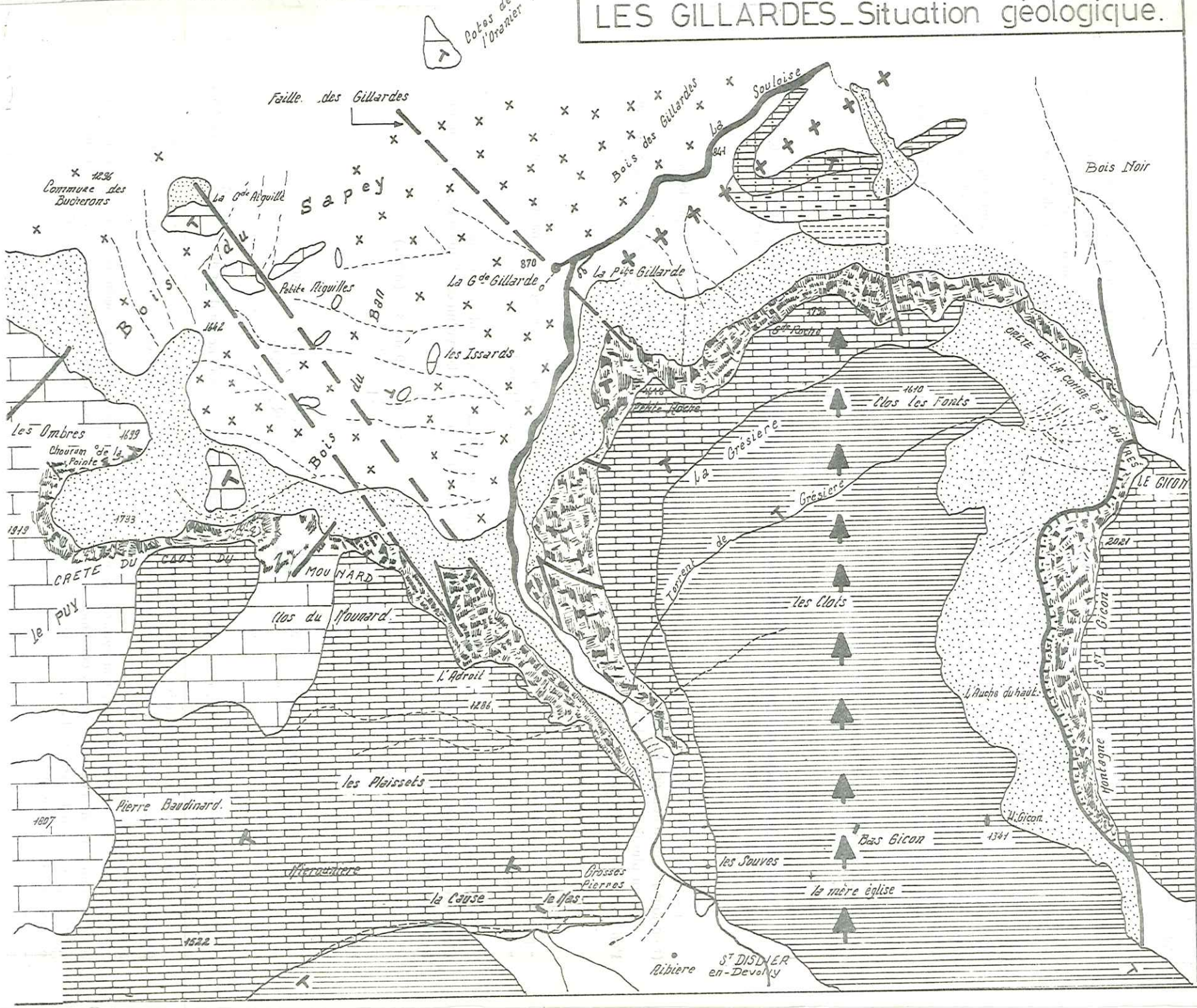
Le débit, étant difficile à mesurer, car l'émergence se fait en plusieurs points et les sections n'étant pas favorables à des jaugeages éventuels, on a décidé de faire les mesures de débit par différence.

Un limnigraphe (station E.D.F. de l'Infernet) placé sur la Souloise en aval des sources donne des résultats depuis 25 ans sur les débits cumulés des Gillardes et de la Souloise. Aussi on a placé (S.R.A.E.) un second limnigraphe à l'amont (pont de la Baume) afin de connaître uniquement les débits de la Souloise. C'est ensuite par différence que le débit des Gillardes a pu être connu.

On a représenté sur le graphique p. 79 les débits moyens journaliers des sources des Gillardes pour l'année 1973.

Le débit moyen annuel a été de 3,1 m^3/s.

LES GILLARDES_Situation géologique.



Pour cette même année, le débit maximum enregistré a été de 40 m^3/s pendant le mois de mai ; il est le résultat de fortes pluies sur la Montagne d'Aurouze en particulier, accompagné de fonte du stock neigeux restant encore en cette saison.

Le débit minimum a été relevé au milieu du mois de décembre (étiage assez tardif) ; il a été de l'ordre de 400 l/s ; c'est un débit très bas, rarement atteint ; il provient d'un déficit très violent dans la pluviométrie de l'automne 1973.

Ces deux résultats onnent un indice de variabilité de 100 pour les sources des Gillardes.
L'observation des résultats depuis 1952 nous permet de relever ceci :

- les étiages les plus marqués se situent en décembre,
- les crues les plus violentes au mois de mai,
- une valeur intéressante peut être signalée. En janvier 1957, la moyenne mensuelle a été de 530 l/s ; d'après ce que l'on connaît des Gillardes, on pense que le débit a dû descendre bien en dessous de 400 l/s, débit très faible pour l'ampleur du bassin versant. Le cœfficient de variabilité des Gillardes présente une valeur très élevée et qui est nettement supérieure à celle de la Souloise (égale à 70).

Les autres sources du Sénonien étudiées ultérieurement auront des variabilités allant de 3,5 à 12 seulement. Il est donc impossible de penser qu'avec un indice aussi fort l'alimentation des Gillardes se fasse par une nappe, et de plus, par une nappe de fissures.

Après une pluie violente, le temps de réponse de la source est de quelques heures (de même ordre que la Souloise).

2.2 - Caractères hydrodynamiques

Je ne reprendrai pas à nouveau cette étude qui a été réalisée dans le détail par J.L. BONHOMME ; je vais donc me contenter d'en donner les résultats.

Les caractéristiques hydrodynamiques ont été obtenues par l'application de l'expression analytique du tarissement proposé par M. MAILLET.

L'hypothèse de la vidange d'un seul réservoir étant admise ; J.L. BONHOMME a utilisé comme loi de vidange (décrue + tarissement) la décroissance exponentielle du débit en fonction du temps (équation de MAILLET).

$$Qt = Qo \quad e^{-\alpha t}$$

Les données ont été reportées sur des diagrammes semi-logarithmiques avec en abscisse arithmétique les temps (t en jours) et en ordonnées logarithmiques les débits (Q en m^3/s).

Parmi plus de 50 courbes de tarissement tracées, seulement 5 peuvent s'identifier à une courbe de base que l'on que l'on peut observer ci-contre :

Elle se compose de deux pentes différentes :
- première pente : forte sur 12 jours
- deuxième pente : faible sur 72 jours

Ces deux segments sont accordés par une pente moyenne de six jours.

Après l'analyse détaillée de cette courbe de base, J.L. BONHOMME arrive aux résultats suivants :
L'aquifère du karst des calcaires sénoniens est constitué de chenaux et de fissures. Les volumes d'eau enmagasinés au temps to par les deux types sont :

- pour les chenaux $W = \frac{86\,400\,Qo}{\alpha_1}$ avec $Qo = 20\ m^3/s$ (moy.), $\alpha_1 = 0,3$

$$W = 5,76\ 10^6\ m^3.$$

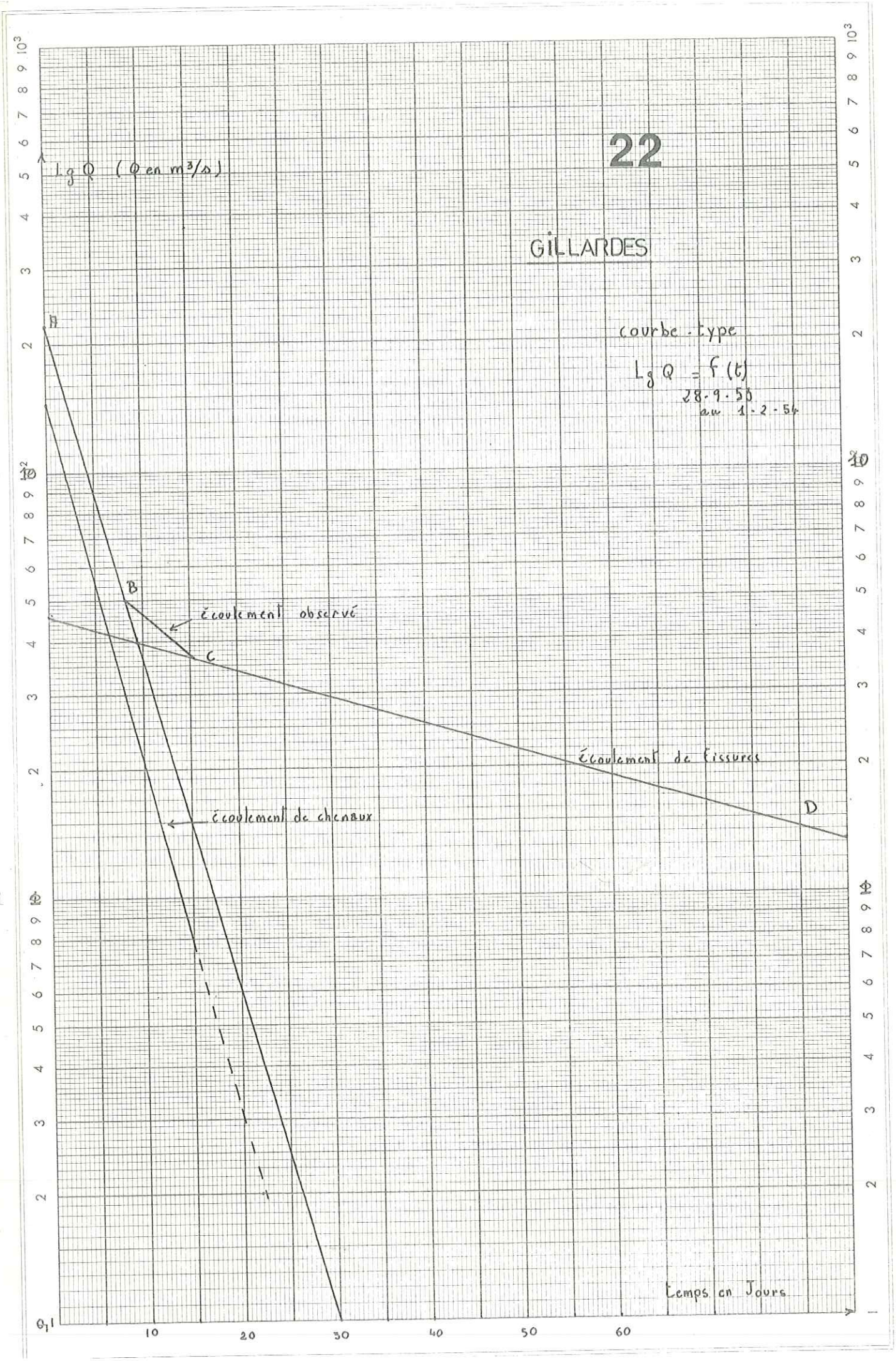
- pour les fissures $W = \frac{86\,400\,Qo}{\alpha_2}$ avec $Qo = 3\ m^3/s$ (moy.), $\alpha_2 = 0,01$

$$W = 25,92\ 10^6\ m^3$$

On arrive donc à la conclusion, que pour une mise en charge moyenne le volume total est de $31 \times 10^6\ m^3$ avec 80 % appartenant aux fissures.

L'analyse des caractères hydrodynamiques du karst sénonien présente celui-ci comme un karst noyé, avec une dominance de fissures ; l'existence d'une nappe dans ce cas paraît certaine, ce qui s'oppose à ce que nous avons avancé jusqu'à présent.

J.L. BONHOMME semble cependant avoir eu beaucoup de difficultés pour trouver une courbe type pour son analyse ; il est donc téméraire de faire entièrement confiance à ses résultats qui dépendent de très nombreux paramètres qui ont été négligés pour simplifier le calcul (influence de la pluviométrie, débit de la Souloise qui entre dans le débit des Gillardes, complexité du réservoir).


22
GILLARDES
courbe - type
Lg Q = f (t)
28-9-50
au 1-2-54
Lg Q (Q en m³/s)
A
B
C
D
écoulement observé
écoulement de fissures
écoulement de chenaux
Temps en Jours
10
20
30
40
50
60

2.3 - La température

La température moyenne des sources des Gillardes est de 7° pour l'année 1973, ce qui est très faible pour une altitude d'émergence de 870 mètres, mais on comprend très bien que cette source ne suive pas la loi de variation avec l'altitude car son bassin versant se situe à une altitude comprise entre 1 500 et 2 800 mètres.

En outre, par comparaison avec les autres sources du bassin versant elle subit des variations assez faibles.

La température maximale enregistrée pendant l'année 1973 est de 7°,5 pendant le mois d'août et la température la plus faible est de 6°4 au mois de juin, ceci donne un écart de 1°1 qui est très faible mais justifiable par l'ampleur de l'aquifère qui amortit les écarts violents.

Sur l'ensemble des mesures l'influence saisonnière est sensible, mais ceci n'est pas général. La température de l'eau à l'émergence est liée à la dernière pluie, c'est ainsi que si par un temps très froid on a un orage violent en altitude la température à l'émergence va alors baisser brutalement, ceci a été observé pendant le mois de juillet 1973.

Par contre, la fonte des neiges dont la phase initiale est relativement lente se fait sentir très tard à l'émergence. Il semble que l'abaissement de la température ne corresponde qu'à la fonte du stock d'altitude ; ce qui ne se réalise que vers la fin du mois de mai au moment de la débacle.

La courbe "en dent de scie" donnée par les températures, image un aquifère facilement influençable par les précipitations ; je pense qu'il s'agit d'un élément nouveau s'opposant à l'éventualité d'une nappe.

Si une nappe importante existait, les variations de températures seraient amorties et ne seraient pas si brutales après une pluie, sauf si l'on admet dans chaque cas, le phénomène cité précédemment de non mélange entraînant vers l'émergence une masse d'eau très récente.

Un tel phénomène nécessiterait la présence d'une forte quantité de chenaux pour se réaliser et ce système complexe est plus difficile à imaginer qu'une rivière souterraine.

On doit signaler enfin, que les petites Gillardes ont une température en général 1 à 2 dixième de degré de plus que la Grande Gillarde ; on peut expliquer ceci par une venue annexe se joignant à elles très près de l'émergence et augmentant la température de celle-ci.

2.4.--La résistivité

Pour l'année 1973, la résistivité moyenne des Gillardes a été de 5 000 Ω cm.

Cette résistivité est très élevée, et même supérieure aux eaux de sources du col de Rabou qui pourtant sortent aussi d'un aquifère sénonien.

Cette résistivité très élevée traduit une minéralisation très faible. On ne peut pas expliquer le déficit en minéralisation par les terrains traversés car ils sont presque identiques à ceux du col de Rabou ; de même l'altitude et les conditions d'infiltrations sont similaires ; il n'y a que le parcours souterrain qui nous est inconnu ; pour obtenir une minéralisation si faible il faut admettre un parcours très rapide d'autant plus que la distance entre les points d'apport et l'émergence est très longue (10 à 15 km depuis le plateau d'Aurouze).

En second lieu les variations de résistivité sont aussi intéressantes à analyser, plusieurs cas nous ont montré que les variations brutales de débits sont suivies rapidement par celles de la résistivité. Ainsi les plus forts débits mesurés se traduisent par les résistivités les plus élevées.

Il faut être présent dès le début de la crue pour enregistrer la montée brutale de la résistivité car elle décroît ensuite avec la décrue qui ne tarde pas à se manifester ; c'est ainsi que les périodes de hautes eaux se traduisent par des résistivités qui sont hautes mais pas obligatoirement très fortes.

On observe toutefois sur le graphique ci-joint qu'aux basses eaux d'automne et d'hiver correspondent des résistivités assez basses et qu'aux hautes eaux de printemps et d'été correspondent des résistivités plus élevées.

Cette suite fidèle de la résistivité sur le débit prouve à nouveau un transit rapide ; en période de crue l'eau qui arrive à l'émergence est très récente.

Des différences de résistivités sont paffois relevées entre la grande et les petites Gillardes, là encore, comme on l'a signalé dans le chapitre précédent il s'agit souvent d'une perturbation près de l'émergence.

2.5.- Composition chimique

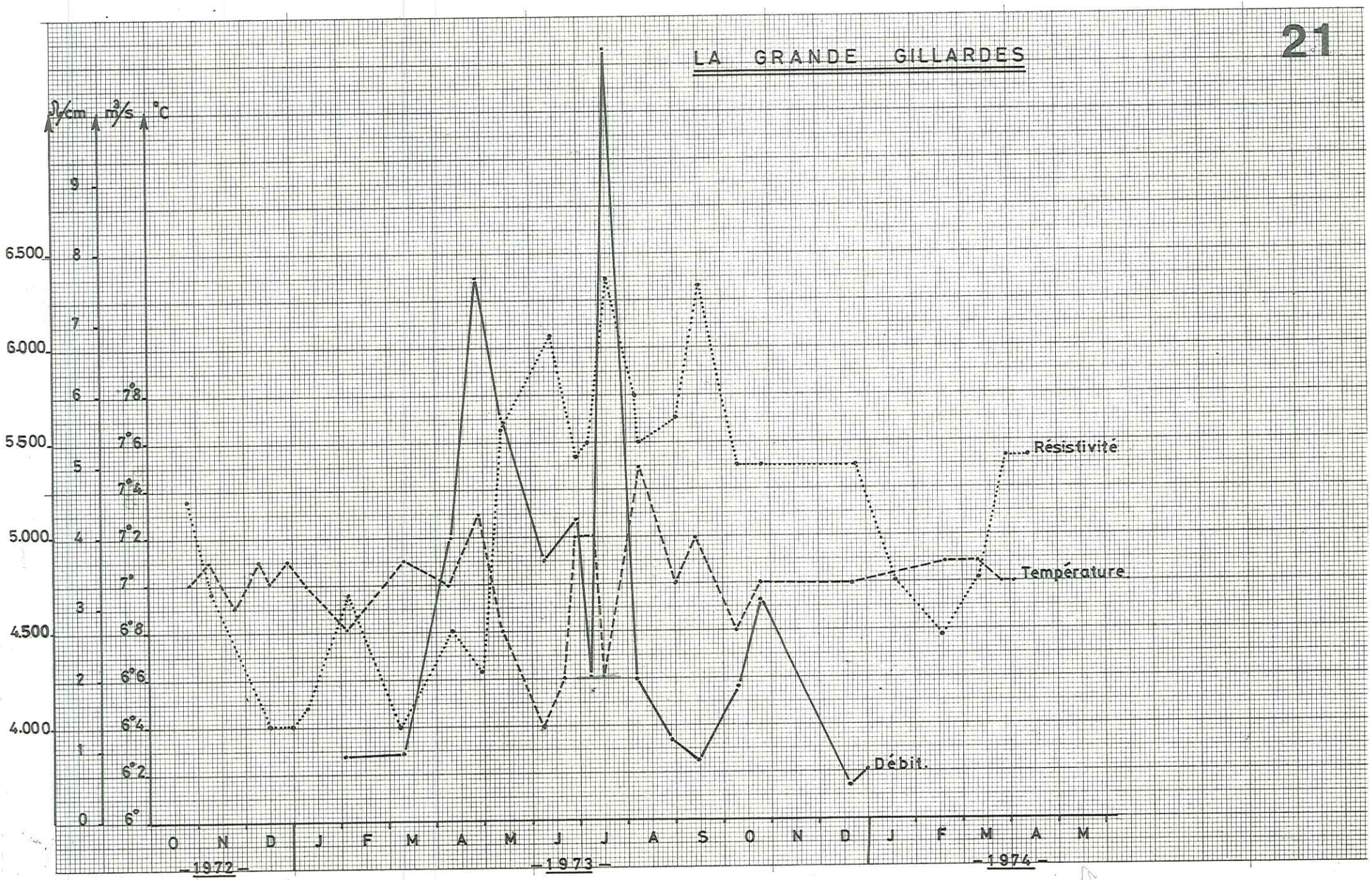
pH

Le pH est en général assez constant et donne des valeurs variant entre pH 7,8 et pH 8. Une seule variation brutale a été relevée le 17-7-73 ; suite à des orages très violents et nocturnes, avec une intensité très marquée sur le plateau d'Aurouze, une augmentation brutale du débit s'est effectuée, avec une baisse notable de la température (pluies nocturnes) et aussi une élévation du pH bien au-dessus du pH 8,5).

Notons encore que ce jours là est la seule et unique fois où j'ai constaté un léger trouble dans les eaux des Gillardes.

La violence des précipitations ajoutée à la rapidité du transit est la cause de ces manifestations brutales.

LA GRANDE GILLARDES



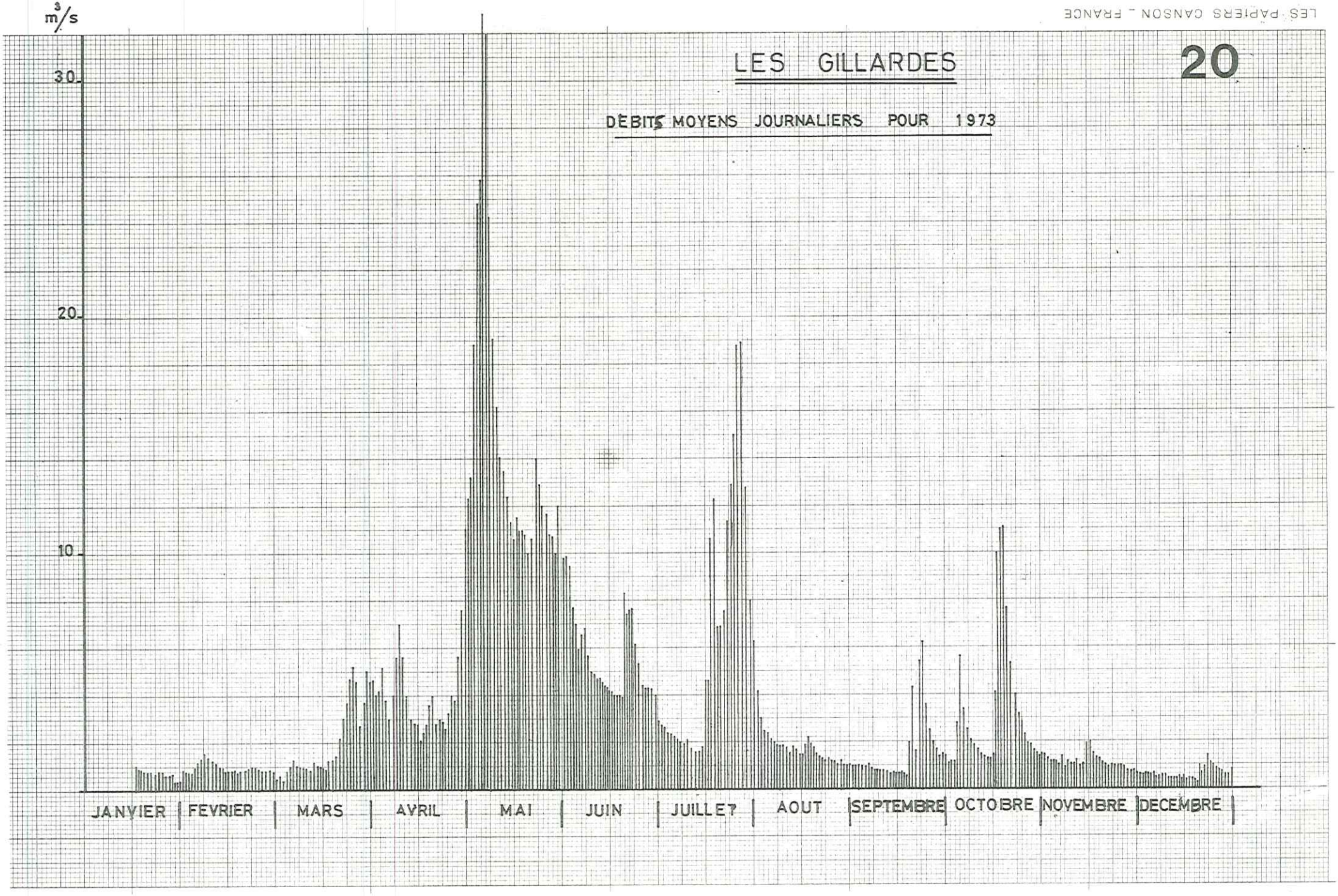
LES PAPIERS CANSON - FRANCE

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

LES GILLARDES

20

DÉBITS MOYENS JOURNALIERS POUR 1973



ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

23

Echantillon	Date du prélèvem.	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Grande Gillarde	8-8-73	4,39	4850
	28/4/73	5,03	5400
Petites Gillardes	5/8/73	4,62	4.978
	24/4/73	5,02	5400

Grande Gillarde ——

Petites Gillardes ------

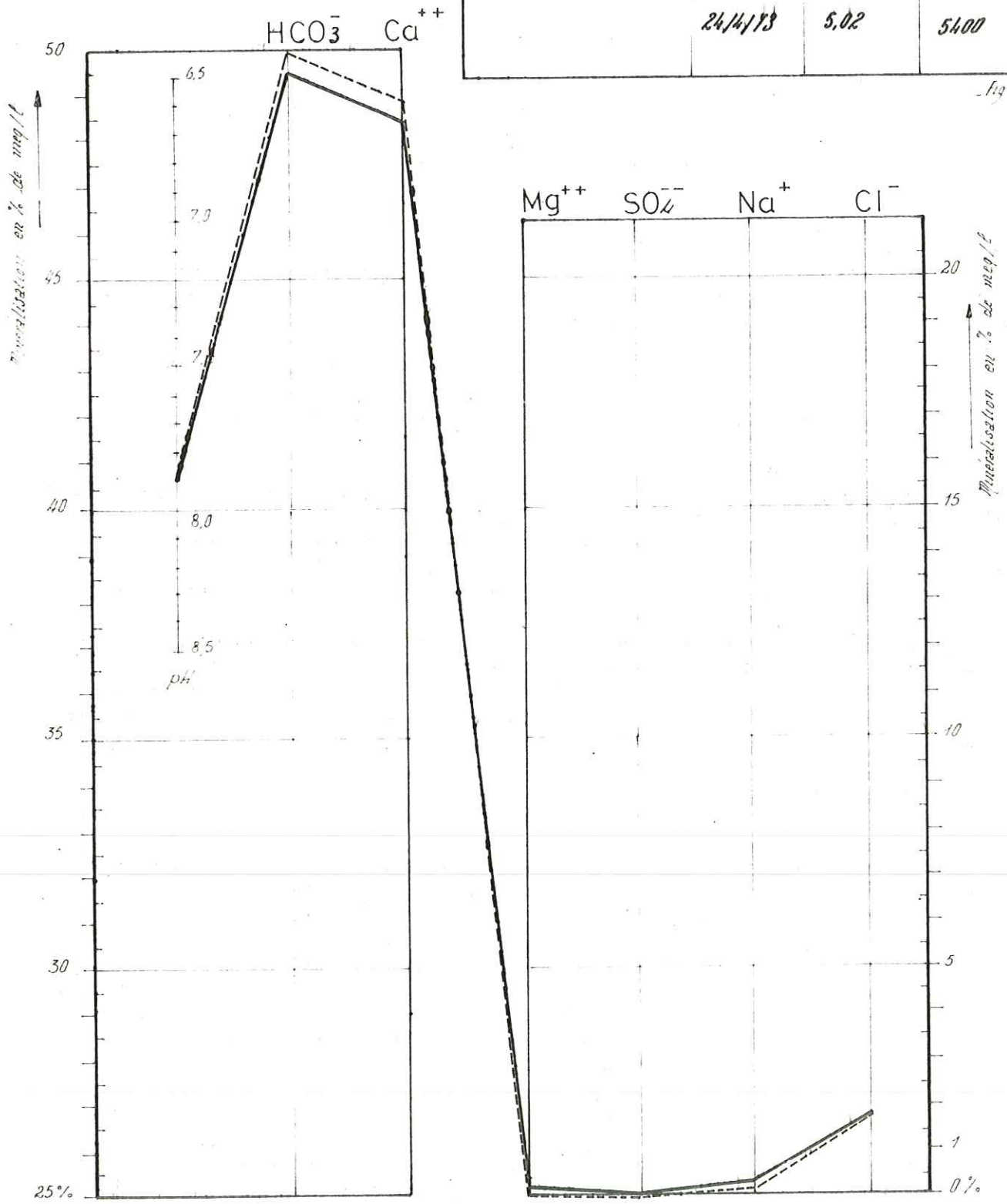


fig 41

Chimie

Voyons ce que les différentes analyses nous ont donné :

	résistivité	Cl^- en meq/l	SO_4^{--} en mq/l	NO_3^- en mq/l	Na^+ en mq/l	K^+ en mq/l	Ca^{++} en mq/l	Mg^{++} en mq/l	CO^3H^- en mq/l	total en mq/l	$Si O_2$ en mg/l
Grande Gill. 8.8.73	4850	0,0846	0,077	0,0177	0,0287	traces	2,095	0,0411	2,132	4,39	1,7
Petites Gillardes 5.8.73	4970	0,0846	0	0,0096	0,0338	traces	2,195	0	2,296	4,62	2
Grande Gillarde 28.4.73	5400	0,0846	0	0,0161	0,0522	0,0206	2300	0	2,560	5,03	-
Petites Gillardes 28.4.73	5400	0,0846	0	0,0161	0,0275	0,0120	2300	0	2,560	5,02	1,45

Les eaux des Gillardes sont bicarbonatées calciques.

Les teneurs en différents éléments sont assez faibles pour une source de cette importance, mais il faut s'imaginer que, vu le volume mis à contribution, la dissolution ne peut être aussi importante que pour les sources à faible débit avec un aquifère à forte fissuration d'autant plus que les quantités de CO^2 disponibles pour les mises en solution paraissent très limitées. Les résultats sont analogues aux autres sources du Sénonien.

A part le Ca^{++} et le CO^3H^- les autres ions sont en quantité infime et ne peuvent donner de précisions intéressantes sur l'aquifère.

Les teneurs en silice sont variables avec la saison mais normales pour une source du Sénonien.

2.6 - Colorations du karst sénonien

Voilà maintenant plus de trente ans que les spéléologues s'acharnent pour arriver à atteindre la rivière souterraine alimentant les Gillardes, mais aucune coloration prouvant la jonction certaine des plus grands chourums avec ces sources, n'a pas été tentée. Les travaux les plus récents effectués au puits des Bans n'ont pas permis de prouver leur liaison avec les Gillardes, puisque les colorations qui y ont été faites se sont avérées négatives.

C'est donc presque sans preuve matérielle que l'on admettait ou du moins que l'on recherchait la jonction des différents gouffres du Dévoluy avec les sources des Gillardes.

Il m'est donc apparu nécessaire de faire un effort de ce côté-là, qui est à mon avis très important, car si une coloration "passe", le temps de transit nous donnera les caractéristiques de l'aquifère dans lequel elle a circulé.

Le premier travail a été tout d'abord de fouiller dans les annales spéléologiques et c'est avec surprise que j'ai découvert qu'une coloration faite en 1959 avait été positive alors que l'ensemble des spéléologues pensait qu'aucune n'avait réussi.

a) Coloration au "chourum de la Parza"

Ce gouffre se situe à l'altitude 1670 m sur la chaîne du Ferrand - Obiou, au-dessus du village de Villard Joli et au bas du vallon de Truchière.

Sa profondeur est de 145 m pour un développement de l'ordre de 100 m ; il se développe entièrement sur une faille. L'intérieur, jusqu'à environ -100 m est rempli par une glacière qui permet un débit très très faible mais continu en été.

La distance à vol d'oiseau, du chourum de la Parza aux sources des Gillardes est de 4 500 m pour un dénivellé de 771 m depuis l'entrée.

La coloration a été faite à l'uranine le 18.8.59 au fond du gouffre avec un débit très faible.

Des prélèvements d'eau effectués chaque jour aux Gillardes n'ont donné aucun résultat pendant cinq jours ; ce n'est que le sixième jour, le 24.8.59 que la coloration est ressortie et ensuite plus rien.

Un détail qui a son importance, est que le 23.8.59 dans la journée de violents orages se sont abattus sur le massif et ce sont peut-être eux qui ont permis au colorant de passer pour ressortir le lendemain.

Donc déjà en 1959 une jonction avait été réalisée par coloration entre le Sénonien de la chaîne Ferrand - Obiou et les Gillardes.

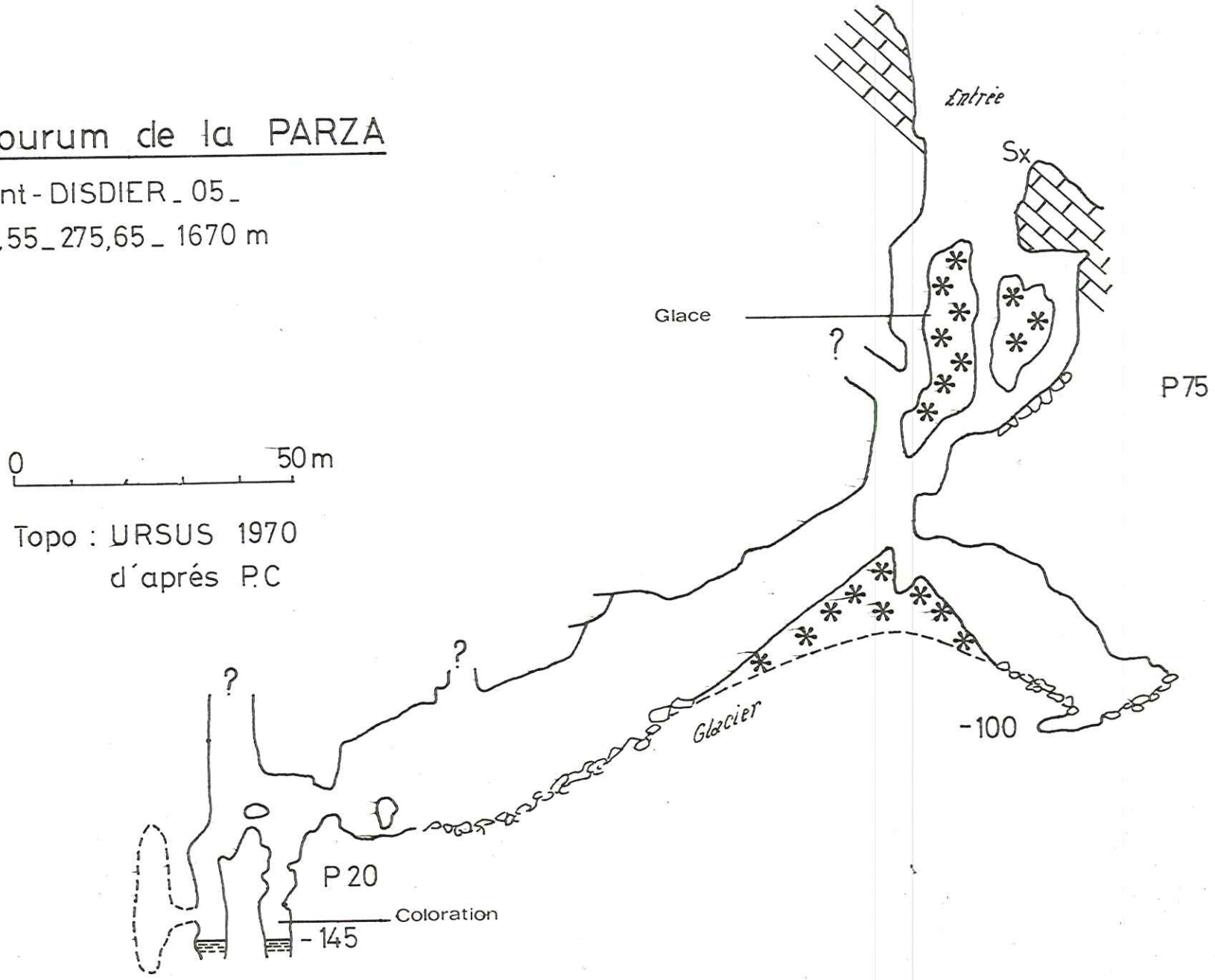
Pour entreprendre les nouvelles colorations, il nous a fallu tirer leçon de la première ; en effet, il me semble que si les violents orages du 23.8.1959 ne s'étaient pas manifestés la coloration ne serait pas arrivée aux Gillardes le lendemain.

Nous avons donc attendu la période de fonte des neiges (mois de mai) qui de plus est en général très pluvieuse pour effectuer de nouveaux essais.

24 Chourum de la PARZA

Saint-DISDIER_05_

878,55_275,65_1670 m



La première occasion s'est présentée avec une expédition du spéléoclub de la Tronche au chourum Martin pendant le week-end de Pâques 1974.

"Coloration au chourum Martin"

Ce chourum s'ouvre sur une grande faille d'orientation nord-sud à l'altitude 1 590 m à environ 2 km au-dessus du village du Grand-Villard, au bas du vallon du même nom sur la chaîne du Ferrand-Obiou.

Sa profondeur totale est de 360 m ; il s'agit d'une succession de puits ; la distance, en ligne droite du chourum Martin aux Gillardes est de 5,4 km pour un dénivellé de 720 mètres depuis l'entrée et de 510 mètres depuis le point de coloration.

L'injection a été faite le 5.4.74 à 10 heures par une équipe de spéléoclub de la Tronche à la cote -185 m à l'aide de 6 litres d'uranine diluée à25 %. Le débit au point d'injection était très fort, et de l'ordre de 25 l/s ; le colorant avait totalement disparu à 15 heures.

En aucun point du réseau inférieur la fluoresceine n'a été retrouvée, les eaux s'infiltrant dans l'éboulis de -185 m ne circule donc pas dans le réseau aval.

Des fluocapteurs ont été placés aux sources des Gillardes ; l'analyse par spectrofluorimétrie a donné un résultat positif de même que pour un échantillon d'eau prélevé le 17.4.74 à 12 heures c'est-à-dire 50 heures après l'injection.

L'uranine était donc passée en un temps nettement inférieur à 50 heures ; c'est-à-dire que le transit s'est effectué à une vitesse supérieure à 100 m/h.

Cette coloration a été faite en période de fonte des neiges, avec un débit de départ de 25 l/s et un débit de sortie d'environ 7 m^3/s, c'est-à-dire dans les conditions optimales pour une circulation rapide, aussi a-t-elle donné de bien meilleurs résultats que cette réalisée à la Parza en été.

On peut déjà affirmer que la jonction entre le flanc ouest du synclinal de St-Disdier et les Gillardes doit se faire par un système de chenaux très ouverts pour justifier une telle vitesse de transit.

Coloration du "chourum des Aiguilles"

Après le résultat prometteur de cette coloration, j'ai pensé qu'il fallait maintenant tenter le maximum, c'est-à-dire choisir un gouffre très éloigné des Gillardes et prouver que le parcours souterrain à travers l'ensemble du massif ne présente pas plus d'inconvénients que pour une distance réduite.

Sans trop d'hésitation j'ai choisi le chourum des Aiguilles ; tout d'abord pour sa position à l'extrême sud ouest du massif et aussi parce que même en été on y rencontre toujours des circulations plus ou moins importantes, et enfin pour sa profondeur (-980 m), qui l'a rendu très célèbre auprès des spéléologues, et par l'absence de coloration depuis sa découverte.

Ce chourum s'ouvre sur une grande faille d'orientation SSE - NNW à l'altitude 1995 m sur le flanc nord du vallon des Aiguilles dans l'angle sud ouest du massif du Dévoluy.

Se développant entièrement dans les calcaires sénoniens, son tracé est essentiellement déterminé par la stratification.

Depuis l'entrée située à la cote 1995 m jusqu'au siphon terminal le dénivellé total est de 650 m, c'est la jonction avec le chourum du Rama qui lui donne une profondeur de 980 m.

Du siphon terminal jusqu'aux Gillardes le dénivellé est de 455 m pour une distance de 11 km.

La coloration effectuée à la cote -160 m devait parcourir un dénivellé de 950 m pour atteindre les Gillardes, toujours pour une distance de 11 km.

Cette coloration a été réalisée le 31 mai à 17 heures par deux de mes amis du spéléoclub de Marseille et moi-même à la cote -160 m dans un débit de l'ordre de 0,4 l/s avec 16 litres de rhodamine B.

Méthode employée

Nous avons jugé bon d'employer la rhodamine B comme traceur pour cette manipulation, car elle donne une plus grande fidélité que d'autres colorants et surtout que l'uranine. On a prouvé qu'en milieu karstique les résultats que l'on obtenait étaient plus précis ; son emploi dans de nombreux karsts, du Vercors, de la Chartreuse et même de la périphérie du Dévoluy s'était avéré très utile et de plus, beaucoup moins utilisée, elle risquait moins de donner lieu à des interférences.

Sur les conseils de R. CHARRIERE (auteur d'une thèse sur les traceurs fluorescents à la faculté de Grenoble) nous avons injecté 4 kg de rhodamine B afin d'obtenir une concentration finale 100 fois supérieure au seuil de détection.

Ce poids a été calculé à partir du débit des sources des Gillardes (prévu à 7 m^3/s pendant la coloration) ; de la distance à parcourir (11 km) et du nombre de jours de transit (on s'est arrêté à un maximum de 10 jours).

L'injection a été faite en solution (300 g/l).

On a ensuite prélevé des échantillons d'eau aux sources des Gillardes, au nombre de un chaque jour à compter de la date de l'injection, ceci pendant quinze jours. Le dosage quantitatif du traceur a été fait par spectrofluorimétrie sur chacun des échantillons.

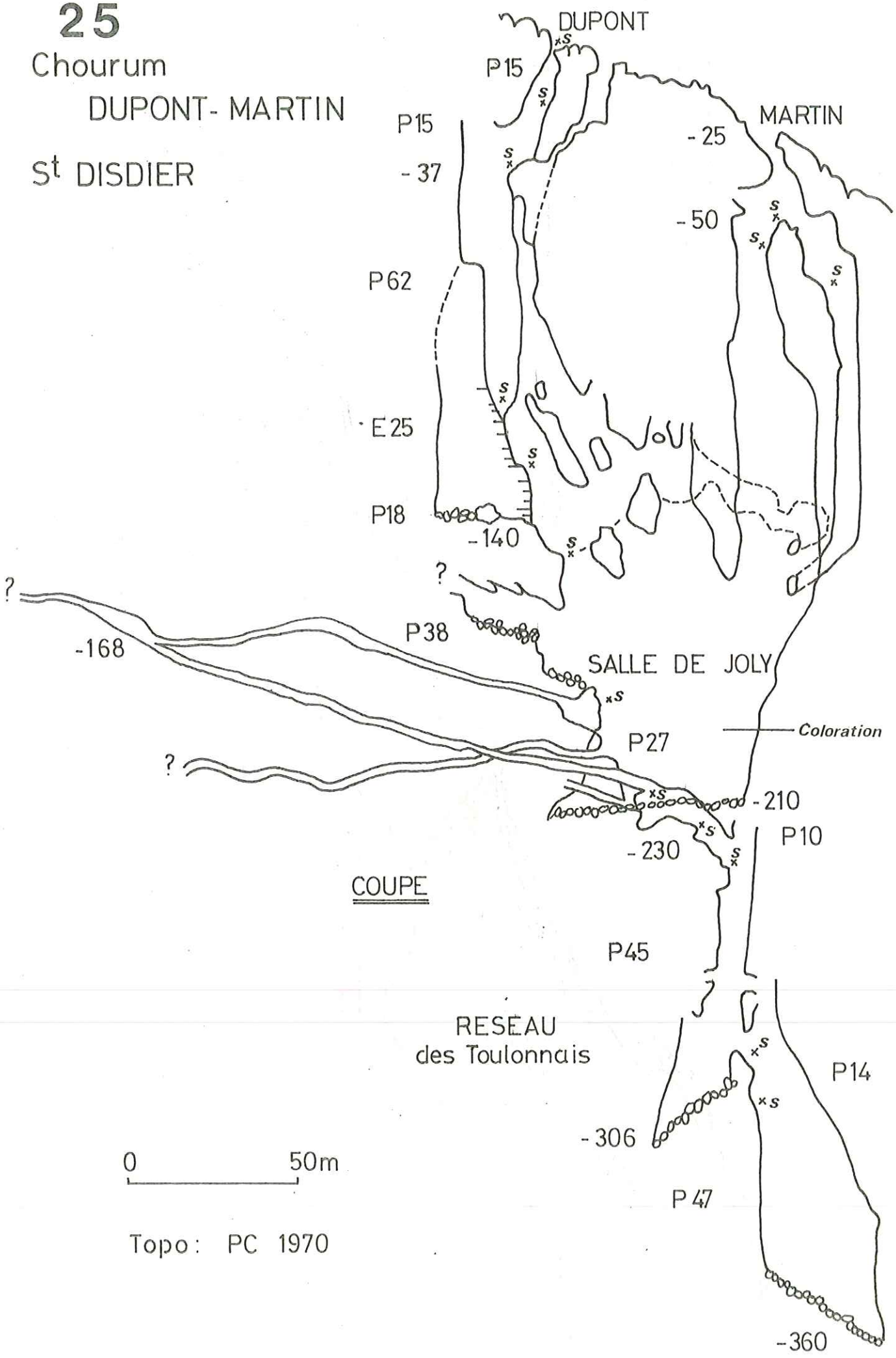
Le tableau suivant donne l'ensemble des résultats d'analyses.

25

Chourum

DUPONT- MARTIN

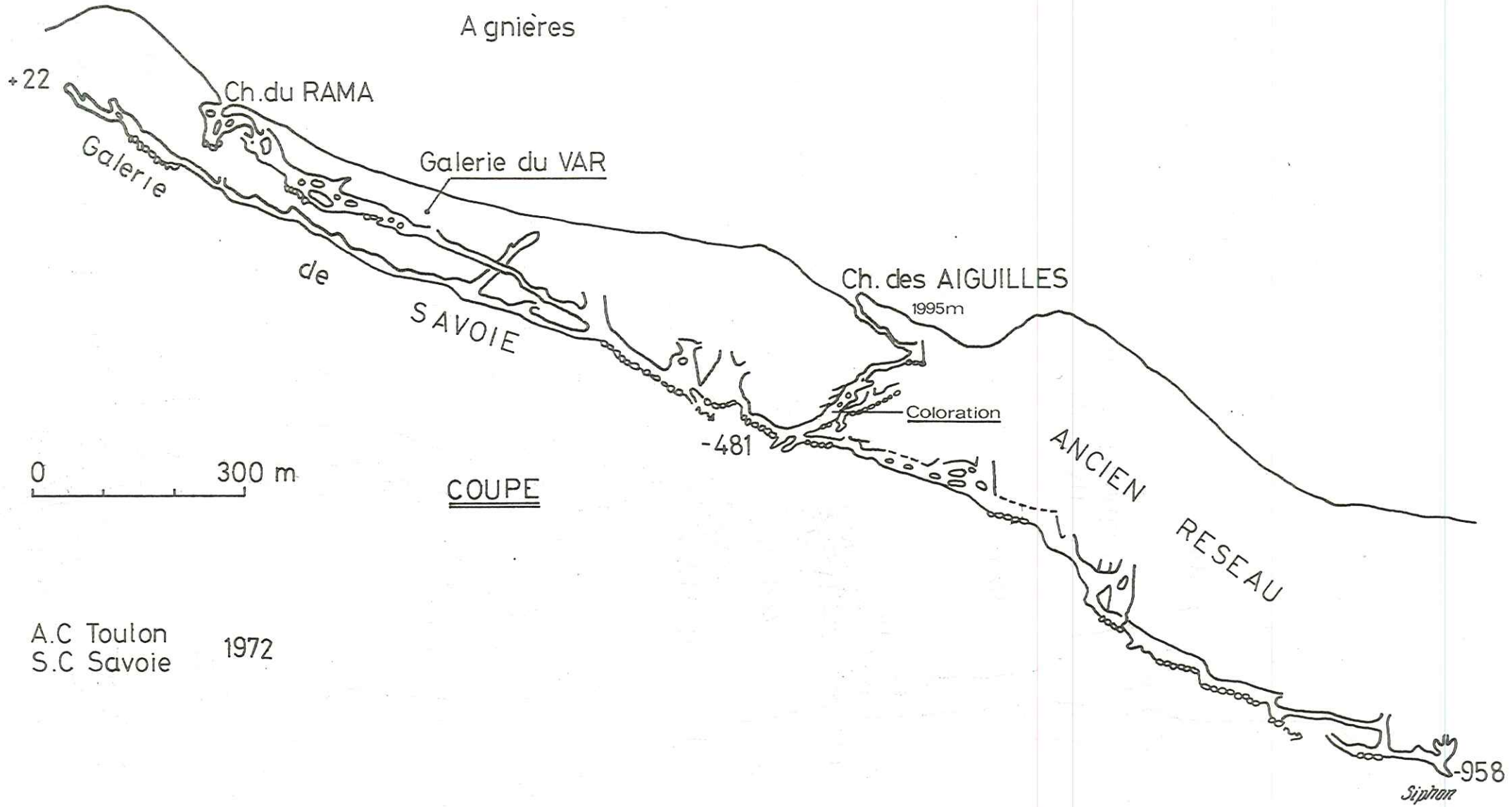
St DISDIER



Topo: PC 1970

-RESEAU DES AIGUILLES-

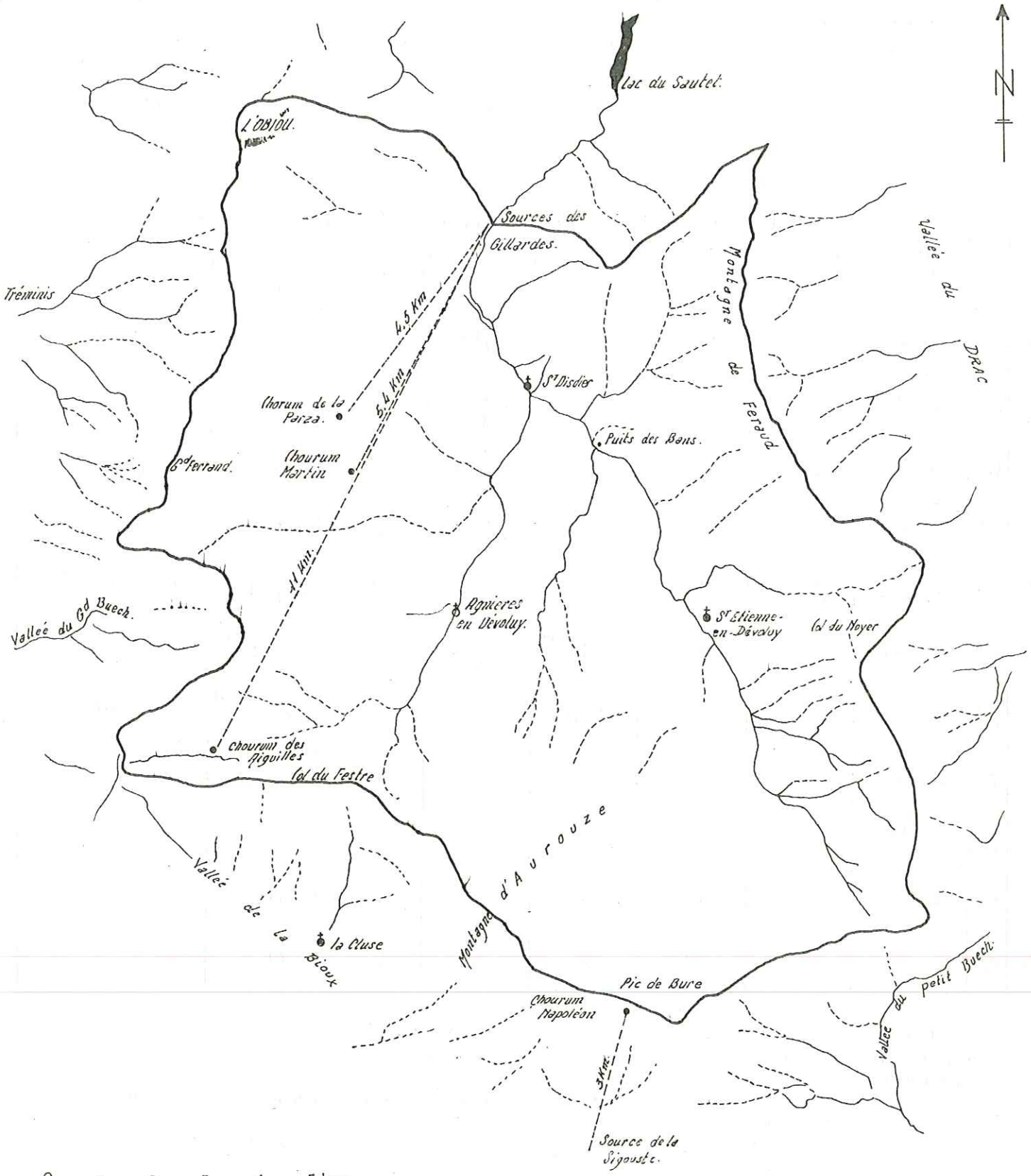
Agnières



COUPE

A.C Toulon
S.C Savoie
1972

DIVERSES COLORATIONS FAITES EN DEVOLUY



0 1 2 3 4 5 km

1 / 100. 000

Résultats obtenus

Pendant les deux jours qui ont suivi l'injection, aucune trace de rhodamine n'a été décelée ; ce n'est que le troisième jour que le premier résultat positif a été noté.

Le traceur a mis entre 47 heures et 70 heures pour arriver aux sources des Gillardes, ce qui revient à dire que pour nous une distance de 11 km il s'est déplacé à une vitesse comprise entre 235 m/h et 160 m/h donc très rapidement.

Pendant quatre journées encore on a pu déceler un passage net de rhodamine avec une concentration chaque jour décroissante.

On a établi ensuite une courbe donnant la variation de la concentration en fonction du temps (fig. 28)

			Grande Gillarde			Petites Gillardes			G+P Gillardes
date	heure	Sensibilité de l'appareil	déviation notée	déviation moins bruit de fond	concentration en kg/l.	déviation notée	déviation moins bruit de fond	concentration en kg/l.	concentration moyenne en kg/l.
31/5	9h	x 30	3 (bruit	0	0	2 (bruit	0	0	0
1/6	20h	x 30	3 de	0	0	2 de	0	0	0
2/6	16h	x 30	3 fond)	0	0	2 fond)	0	0	0
3/6	15h	x 30	47	44	$12 \cdot 10^{-10}$	48	46	$12,2\ 10^{-10}$	$12\ 10^{-10}$
4/6	15h	x 30	32	29	$7,6\ 10^{-10}$	27	25	$6,7\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-10}$
5/6	11h	x 30	7	4	$1 \cdot 10^{-10}$	7,5	5,5	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
6/6	15h	x 30	8	5	$1 \cdot 1 \cdot 10^{-10}$	5,5	3,5	$0,8\ 10^{-10}$	$1\ 10^{-10}$
7/6	16h	x 30	5	2	0	3,5	1,5	0	0
8/6	16h	x 30	3	0	0	3	1	0	0
9/6	15h	x 30	3	0	0	3	1	0	0
10/6	16h		3	0	0	3	1	0	0

Le premier point de cette courbe ne nous donne évidemment pas le maximum ; que l'on a hélas manqué, faute de prélèvements plus fréquents ; aussi pour amortir cette erreur nous avons fait en sorte que la courbe englobe ce point sans savoir à quelle concentration exacte se situe le pic.

Après planimétrage de la surface obtenue et division par le temps de passage on obtient une concentration moyenne de 5×10^{-10} kg/l.

On peut maintenant calculer , quelle masse de rhodamine est passée aux sources entre le 2.6 et le 7.6 inclus en employant la formule suivante :

$$M\ kg = Q\ l/s \times Ts \times C\ kg/l$$

avec Q qui est le débit moyen des Gillardes pendant cette période ; les enregistrements limnigraphiques nous donnent une valeur de 13 m^3/s.

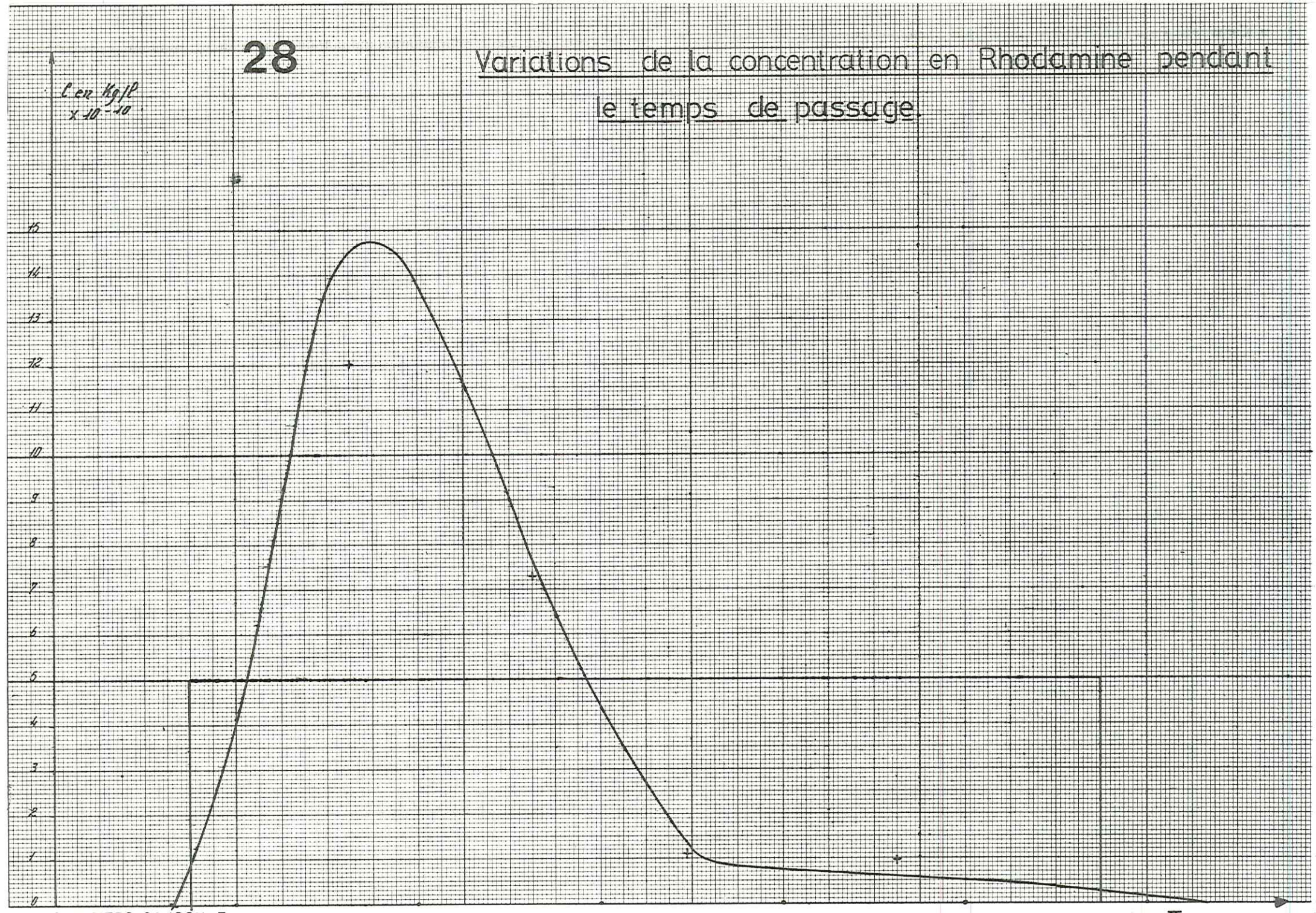
T qui est le temps de passage en secondes : ici 43 200

C la concentration moyenne pendant le passage : 5×10^{-10} kg/l

On obtient M = 2,8 kg

28

Variations de la concentration en Rhodamine pendant le temps de passage.



LES PAPIERS CANSON France

On avait injecté 4 kg de rhodamine au chourum des Aiguilles, la restitution s'est donc effectuée à 70 % ; ce qui est proche de l'optimum en milieu karstique pour le produit employé et surtout pour le temps de transit et la distance parcourue.

f) Conclusions

Elles sont très importantes, car grâce à ces mesures on a pu connaître trois caractéristiques fondamentales du massif du Dévoluy.

1) La forme très ouverte du réseau souterrain qui le draine

En effet la vitesse de transit se situe aux alentours de 200 m/h en moyenne pour la distance parcourue. Le circuit souterrain étant évidemment bien plus long et surtout l'acheminement depuis le point d'injection jusqu'au réseau principal devant être très lent (car le débit est très faible) on peut penser qu'au sein même du massif où se collectent l'ensemble des eaux, la vitesse de transit est très importante.

En raison de la pente que l'on connaît très faible, il me semble logique d'affirmer, que le drainage profond des eaux souterraines du massif du Dévoluy se fait par de vastes chenaux, voire par une rivière souterraine.

2) L'étanchéité du massif dans son ensemble

Celle-ci est prouvée par le rendement presque optimum que l'on a obtenu en recueillant les échantillons.

Si des fuites éventuelles avaient eu lieu dans les parties profondes du massif, la perte d'une grande quantité de traceur aurait été notée et aurait même permis de connaître l'ampleur de ces fuites. Or ce n'est pas le cas et l'on peut confirmer que l'aquifère du Dévoluy repose sur un substratum parfaitement étanche.

3) Les sources des petites et des grandes Gillardes font partie d'un même ensemble

C'est ce que nous soupçionnions depuis le début de l'étude. La sortie simultanée du traceur a une même date, et avec la même concentration prouve bien que ces deux sources se comportent pour l'ensemble de l'aquifère comme un seul et unique point d'émergence.

g) Conclusion

En possession de tous les résultats que nous avons cités dans les chapitres précédents, il est temps maintenant de se prononcer sur l'éventualité d'une nappe, ou d'une rivière souterraine au sein des calcaires sénoniens du massif du Dévoluy.

Analysons un à un les résultats obtenus.

* en premier lieu ceux relatifs aux puits des Bans

M. J.L. BONHOMME considère ce "chourum" comme un piézomètre naturel atteignant la nappe alimentant les Gillardes ; son hypothèse est très séduisante et parfaitement compréhensible. Personnellement je pense qu'un fait ne paraît pas aller avec cette idée, c'est la cote -220 m fréquente du plan d'eau terminal ; s'il s'agit réellement de la partie supérieure de la nappe, sa position doit varier en permanence avec le débit des Gillardes.

A mon avis, l'éventualité d'un siphon appartenant à un réseau annexe du réseau principal alimentant les Gillardes me paraît plus plausible et expliquerait mieux les fluctuations du plan d'eau terminal autour d'une même cote.

* en second lieu, les caractères hydrodynamiques semblent favorables à une nappe essentiellement de fissures ; c'est évidemment un résultat que l'on ne peut nier ; mais on est en droit de se demander si la formule employée pour obtenir cette affirmation englobe tous les paramètres existants, c'est-à-dire si le modèle choisi pour appliquer les formules est bien identique au karst sénonien.

On peut avancer que l'existence d'un réservoir unique est loin d'être certaine et ce que nous avons dit sur le puits des Bans fait penser au contraire à un complexe de plusieurs réservoirs se déversant les uns dans les autres.

* ensuite les caractères physico-chimiques s'opposent fortement à l'existence d'une nappe importante en Dévoluy ; en effet les variations brutales, dans les débits qui donnent des indices de variabilité voisins de 100, dans les pH et dans les températures qui devraient rester constants dans le cas d'une vaste nappe et enfin la présence de résistivités si élevées pour une source de cette importance, orientent nos idées vers une circulation souterraine à prédominance de chenaux.

* de même les analyses de tritium nous ont donné un âge variant entre 15 jours et deux mois, ce qui est très bas pour une circulation de type karstique (en général on obtient des valeurs d'une année) et prouve que c'est en permanence une eau très récente qui se trouve aux sources des Gillardes.

* enfin les résultats des colorations sont très parlant, ils prouvent la rapidité des circulations ; les vitesses ne peuvent être liées à une nappe mais plus certainement à une rivière souterraine.

Maintenant on peut préciser qu'en période de crue ou de hautes eaux, il est presque certain que les chenaux doivent être mis en pression ; par contre, en période d'étiage où le débit arrive à être 100 fois inférieur il n'est pas impossible que ces chenaux se transforment en véritables rivières souterraines.

A mon avis, il ne faut pas voir le karst du Dévoluy comme un réservoir unique, mais au contraire comme un ensemble de plusieurs réseaux, formés au gré des failles, se déversant les uns dans les autres et ayant leur propre niveau hydrostatique ; c'est ainsi qu'il est peut-être difficile de placer une nappe avec un niveau (unique) dans les calcaires sénoniens du Dévoluy.

En conclusion, je crois qu'il faut voir le réseau souterrain du Dévoluy, comme un réseau noyé en période de crue, formé d'un ensemble de réservoirs à des niveaux très divers (celui des puits des Bans peut remonter parfois de 240 m) se déversant les uns dans les autres pour alimenter les sources des Gillardes, donnant lors de la décrue d'abord un tarissement des zones noyées puis celui des zones dénoyées et enfin en période d'étiage une véritable rivière souterraine qui peut se manifester plus ou moins loin des sources des Gillardes.

II. - LE SENONIEN CHEVAUCHANT

A. - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Ce chevauchement se trouve sur la bordure est du bassin versant du Dévoluy, il forme la crête de Porel, le sommet de Raz de Bec et se termine à la tête de la Madeleine.

L'érosion a laissé deux klippes. Celle de Plate tête et celle de Piocel. Cette région où prend naissance la Souloise, torrent qui draine tout le Dévoluy se termine brutalement au Sud par le col de Rabou.

B. - POSITION STRUCTURALE

Le synclinal de Saint-Etienne-en-Dévoluy, sous l'effet de violentes forces tectoniques venues de l'Est, se chevauche lui-même dans sa partie est. Le flanc d'abord relevé à la verticale (crête de Lieraver) se casse brutalement, si bien que le Sénonien vient largement chevaucher le Nummulitique (voir fig. 29)

Les calcschistes du Nummulitique, qui sont formés de calcaires marneux et de marnes à leur sommet, sont recouverts par les calcaires à nummulites et par une forte épaisseur (environ 150 à 200 m) de calcaires sénoniens et turoniens.

Si bien que l'eau qui pénètre dans ces calcaires, après avoir circulé dans les divers interstices, arrive sur le niveau marneux du Nummulitique et donne les diverses sources qui sont à l'origine de la Souloise.

C. - STYLE DE CIRCULATION

Lorsqu'on observe le bassin versant de ces sources, c'est-à-dire la crête de Porel, on rencontre un lapiaz légèrement effacé par la végétation (alpage) mais où quelques dolines sont bien visibles (10 à 20 m de rayon).

L'eau s'infiltre donc par cette zone très lapiazée et circule ensuite par les fractures qui dans ce secteur sont nombreuses ; en effet la tectonique violente et surtout très cassante a disloqué l'ensemble et l'eau peut pénétrer aussi bien da dans les fractures que dans les joints de stratification qui ont été décollés.

Doit-on parler de karst dans cette région ? Je pense que la karstification de ce secteur est certaine, bien qu'aucun "chourum" n'ait été découvert, mais elle doit être réduite et colmatée par les éboulis des calcaires turoniens.

Les sources qui ne s'assèchent pas en période d'étiage doivent être liées à une nappe de fissures, cette nappe ne tarit pas ; malgré une période hivernale de cinq mois où elle ne reçoit pas d'alimentation car les précipitations sont neigeuses, elle est toutefois très réduite, vu le faible bassin versant dont elle dépend. Cette remarque ne fait que confirmer la fissuration intense qui permet à ces calcaires de se comporter comme un réservoir possédant des qualités non négligeables.

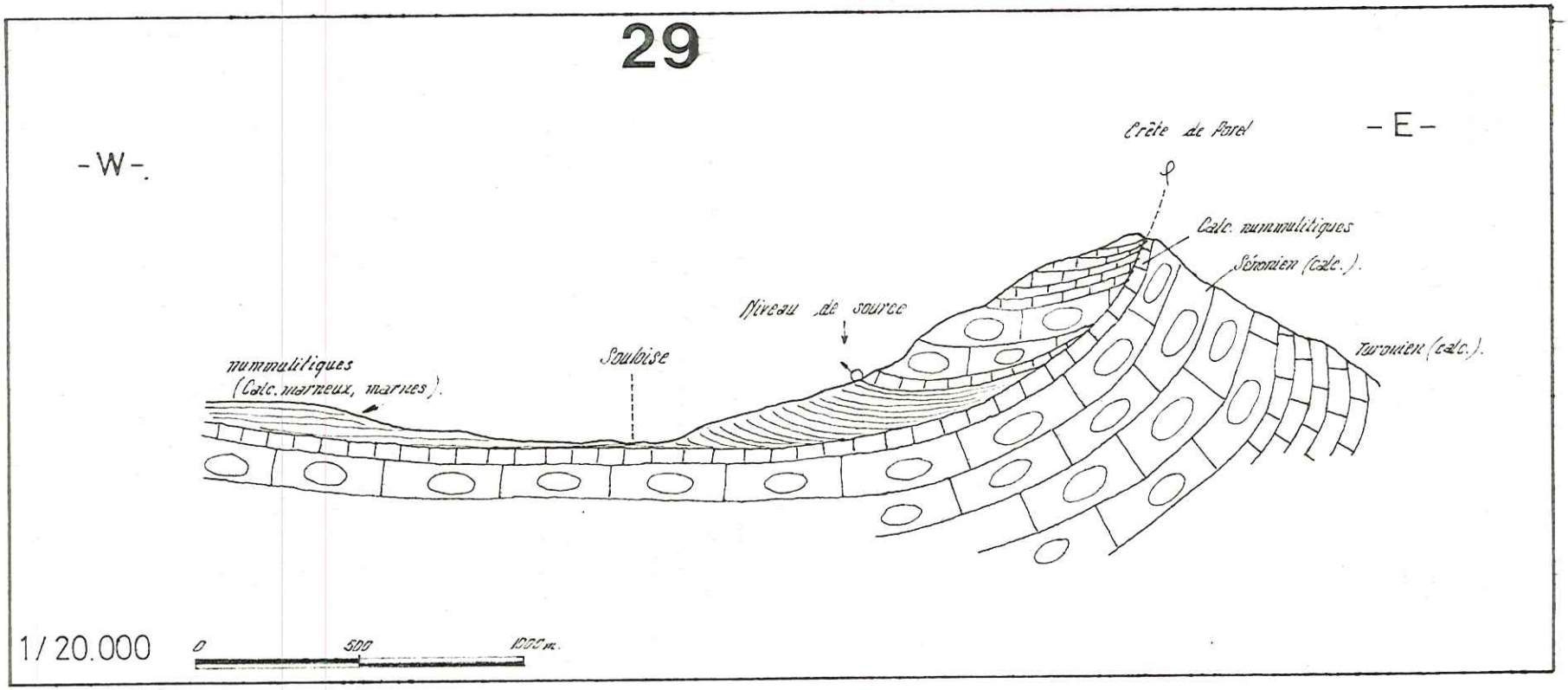
D. - ECOULEMENT

Une série d'environ une dizaine de sources, suit la limite du chevauchement des calcaires sénoniens sur les marnes du Tertiaire.

Pour simplifier l'étude nous n'avons retenu que cinq sources qui sont d'ailleurs les plus importantes ; on les rencontre dans l'ordre suivant en descendant depuis le col de Rabou en rive droite de la Souloise :

* source 1 800 x = 888,6
y = 267,4 St-Bonnet n° 7
z = 1 810

29


-W-
-E-
Crête de Rotel
Calc. nummulitiques
Sénonien (calc.).
Turonien (calc.).
Niveau de source
Soulaise
nummulitiques
(Calc. marneux, marnes).
1/20.000
0
500
1000 m.

* Source des Nuages	x = 886,7 y = 267,6 z = 1 820	St-Bonnet n° 7
* Source de Plate Tête	x = 888,4 y = 268 z = 1 720	St-Bonnet n° 7
* Source du Rif Froid	x = 888,1 y = 268,9 z = 1 600	St-Bonnet n° 7
* Source de la Fontaine de Vache	x = 887,3 y = 269,8 z = 1 380	St-Bonnet n° 7

1) La source 1 800

Elle prend naissance bien au sommet des marnes nummulitiques. Son bassin versant est très difficile à définir, car de nombreuses petites sources s'écoulent un peu partout et la crête qui les surmonte est presque plate, si bien que l'on a du mal à imaginer le sens de circulation des eaux.

D'après le débit moyen qui est de 4,4 l/s il faut s'attendre à un bassin versant d'environ 0,3 km^2.

L'altitude à laquelle elle se trouve lui donne une alimentation de printemps et même d'été assez continue par la fonte des névés et de la glace qui emplit les fissures. Par contre l'hiver, l'alimentation est nulle ; la crête de Porel (bassin versant) se trouvant à plus de 2 000 m est entièrement enneigée.

2) La source des Nuages

Elle prend naissance à la limite même des éboulis du Sénonien et des calcaires marneux du Nummulitique. On pourrait croire qu'il s'agit d'une source d'éboulis, mais lorsqu'on connaît son débit moyen, on comprend que le bassin versant formé par la mince nappe d'éboulis qui surmonte l'émergence est beaucoup trop faible et qu'il s'agit bien d'une source du Sénonien qui forme barre au-dessus de ces éboulis.

Son débit moyen est de 6 l/s, ce qui correspond à un bassin versant d'environ 0,35 km^2.

Le bassin versant se situe là encore au niveau de la crête de Porel et cette source présente les mêmes caractèristiques que la source 1 800.

Les températures sont aussi très basses, de l'ordre de 3° en moyenne ; il s'agit donc d'une alimentation d'eau de fonte.

3) Source de Plate Tête

Elle prend naissance au contact des marnes nummulitiques en position normale et des calcaires marneux du Nummulitique chevauchant.

L'eau a donc réussi à s'infiltrer à partir du Sénonien et des calcaires à nummulites chevauchants, à travers la faible épaisseur de calcaires marneux ; cette source se trouve donc au contact entre la série normale et la série inverse.

Le bassin versant se situe à "cheval" sur l'extrémité nord ouest de la crête de Porel et sur la klippe que forme le rocher de Plate-Tête.

Le débit moyen est de 3,6 l/s, ce qui correspond à un bassin versant d'environ 0,25 km^2, valeur qui cadre d'ailleurs avec les paramètres topographiques.

4) Source du Rif froid

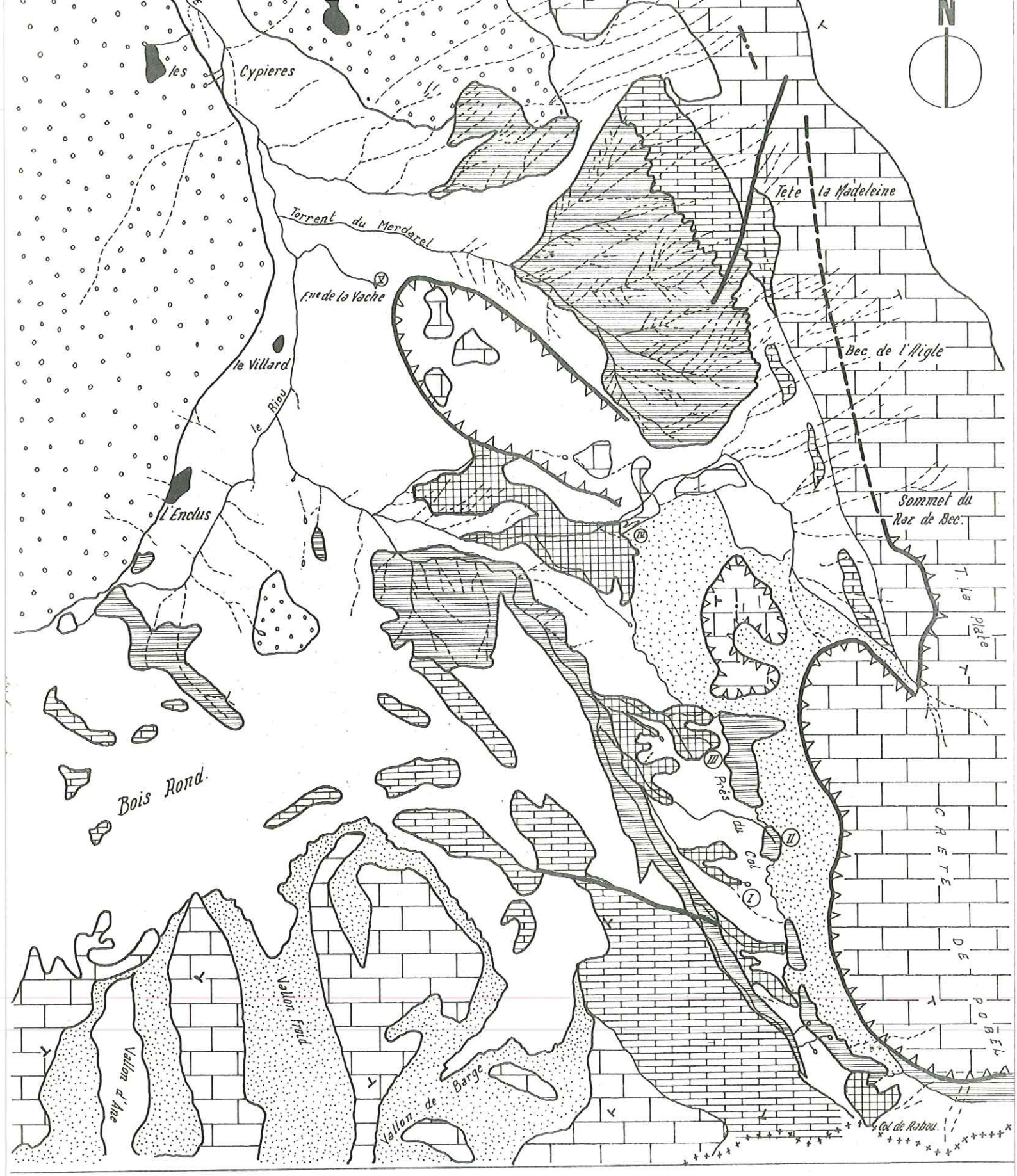
Elle prend naissance au pied d'un énorme bloc de Sénonien chevauchant planté dans les marnes du Nummulitique, le contact à cet endroit est parfait.

Le bassin versant qui part du sommet de Plate-Tête est en fait formé de lambeaux de Sénonien, disloqués par la tectonique et par l'érosion, lambeaux qui marquent la trace du chevauchement entre les klippes de Plate-Tête et de Porel. Le bassin versant est donc difficile à définir, c'est un immense chaos de Sénonien en gros blocs et en éboulis avec aussi des blocs de calcaires à nummulites et de calcaire marneux ; le tout reposant sur les marnes.

Le débit moyen est ici de 19 l/s, ce qui donne un bassin versant d'environ 1 km^2.

5) Source de Fontaine la Vache

Là, l'émergence est plus diffuse, en effet du Sénonien s'y trouve en affleurement 50 m plus haut, et environ 100 à 150 m plus bas on trouve les marnes nummulitiques ; entre les deux la végétation et le sol masquent le passage ; il est toutefois quasi certain qu'à nouveau cette source marque le chevauchement du Sénonien sur les marnes du Nummulitique.


N
les Cypieres
Torrent du Merdarel
Tete la Madeleine
Bec de l'Aigle
Sommet du Roc de Bec.
fne de la Vache
le Villard
le Riou
l'Enclus
T. la plate
Bois Rond.
Prés du Col.
CRETE DE POBEL
Vallon d'Ane
Vallon Frnd
Vallon de Barge
Col de Rabou.
Eboulis
Moraines
Marnes nummulitiques
Calcaires marneux nummulitiques
Calcaires nummulitiques
Calcaires sénoniens.
Limite des calc. sénonien. Chevauchement.
Faille.
Pendage.
I Source 1800 m.
II Source des Nuages.
IV Source du Rif Froid
V Source de Font la Vache.
III Source de Plate-Tête
Echelle : 1/20.000.

Le bassin versant est représenté par la klippe de Piocel ; sur la carte on peut l'estimer à 0,7 km^2, le débit moyen étant de 9,1 l/s ; il correspond à un bassin versant de 0,5 km^2 environ. Si l'on tient compte des écoulements qui ne sont pas observables, ou mesurés, on peut dire que ces deux valeurs concordent.

Dans le cas de cette source, qui est beaucoup plus basse (1380 m), la température sera plus élevée et l'alimentation sera moins liée à la fonte ; un tampon plus important de végétation lui donne des variations, de température et de débit beaucoup moins accusés.

Cette source a été captée pour alimenter le village de St-Etienne-en-Dévoluy. L'étiage de l'année 1973 est de 4 l/s ; il semble que lors d'année sèche, celui-ci peut descendre jusqu'à 2 l/s.

E. - CARACTERES PHYSIQUES

Nom et altitude	1 800 1 810 m	Nuages 1 820 m	Plate-Tête 1 720 m	Rif Froid 1 600 m	Font la Vache 1 380 m
Débit min.	1,7 l/s	1,7 l/s	1 l/s	7 l/s	4 l/s
Débit max.	13 l/s	13 l/s	12 l/s	45 l/s	14 l/s
Variabilité	7,6	7,6	12	7,4	3,5
Débit moyen	4,4 l/s	6 l/s	3,6 l/s	19 l/s	9,1 l/s
Résistivité moyenne en Ω.cm	5330	5170	5100	5170	3760
pH moyen	7,9	8,1	8	8	7,9
t° moyenne en °C	3,4	3,1	3,6	4	6,4

1) Le débit

Les débits de ces sources d'altitude, qui ont un bassin versant plutôt réduit, sont dans l'ensemble assez élevés, puisque les débits moyens varient entre 3,6 et 19 l/s.

La roche sénonienne dans cette région semble donc être un aquifère important ; nous l'avons déjà dit, ceci est dû à une forte fissuration qui augmente le volume d'enmagasinement.

De même le cœfficient de variabilité qui varie entre 3,5 et 12 fait preuve d'une régularité surprenante pour un aquifère calcaire et assez karstifié ; il faut aussi préciser que dans bien des cas, les calcaires marneux du Nummulitique participent aussi à l'aquifère dans sa partie inférieure et ceci permet un certain retard dans l'écoulement.

Nous l'observons sur des diagrammes, les variations de débit des cinq sources étudiées sont synchronisés ; l'étiage d'hiver est toujours le plus marqué et il se situe durant le mois d'avril pour les sources les plus hautes et quinze jours plus tôt pour les plus basses.

Le second étiage s'est situé pour l'année 1973 au mois d'octobre. Quant aux crues, elles se manifestent aux mois de mai et juin par la plus forte (fonte des neiges) et en novembre par la plus faible (pluies d'automne).

Le temps de réponse de ces sources est toujours extrêmement rapide (une dizaine d'heures environ) on le voit d'ailleurs par la brutalité des variations enregistrées.

2) La température

Ces sources font toutes partie d'un même versant, exposé au Sud Ouest ; leurs températures moyennes varient entre 3°1 et 6°4 ; lorsqu'une source présente des températures de l'ordre de 2°5 à 3° on a tendance à la qualifier de "mauvaise source" et à croire qu'elle va tarir en hiver, car des températures si faibles font penser à une alimentation par eau de fonte. Ce n'est pourtant pas le cas ici, les faibles températures proviennent surtout de l'altitude et de l'aquifère qui doit avoir un équilibre thermique très bas tout au long de l'année.

Malgré des variations de débits importants, les températures présentent des variations d'un degré environ entre maximum et minimum, ce qui est faible ; l'eau a donc tendance à s'équilibrer rapidement avec l'état thermique de son aquifère ; le chemin qu'elle parcourt doit être très long ; on revient donc à l'idée d'une forte fissuration, puisque le bassin versant est réduit.

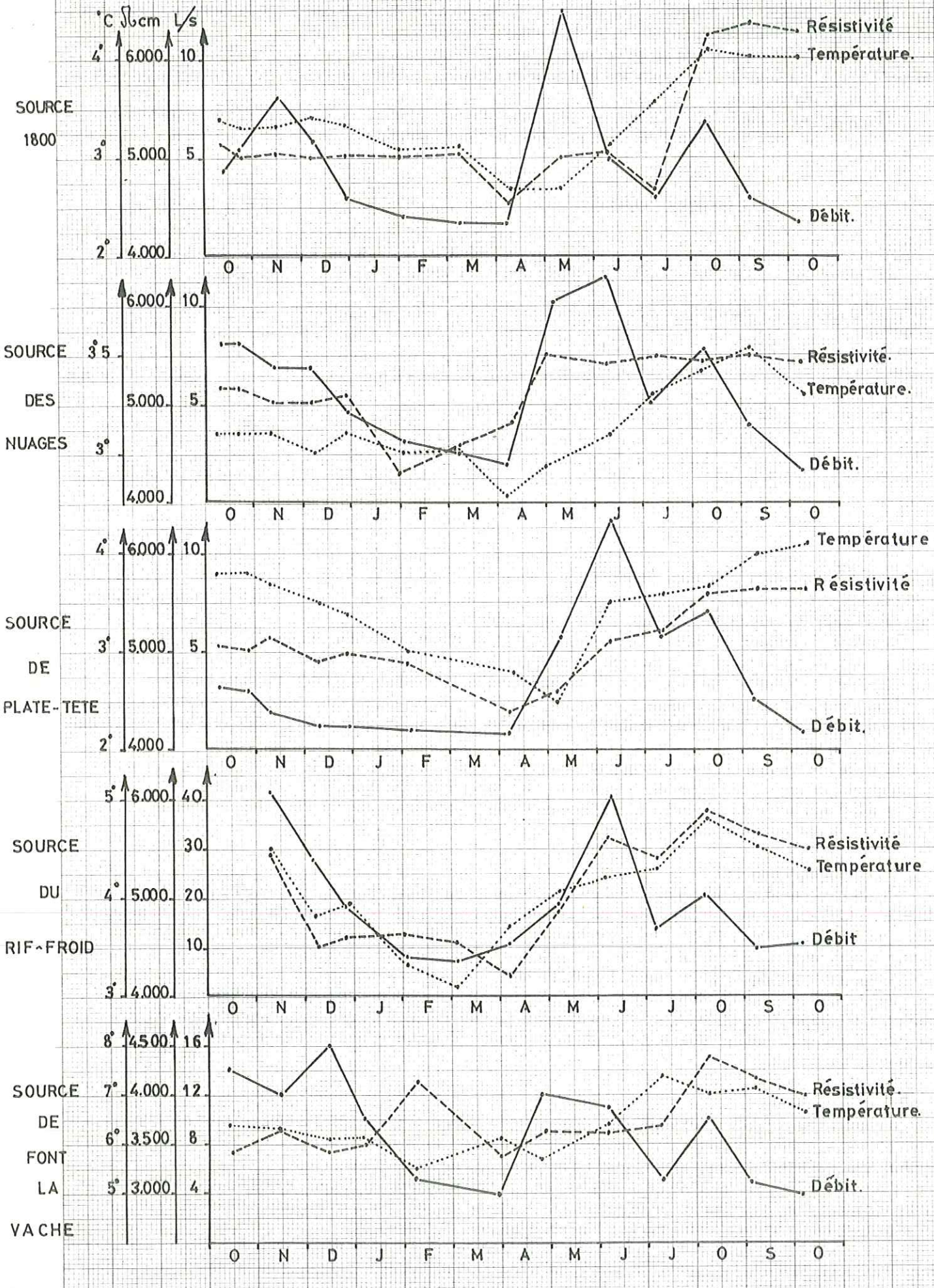
3) La résistivité

On observe sur le tableau précédent, que la résistivité croît avec l'altitude, ceci semble bizarre, en réalité ce n'est qu'un problème de temps de circulation. Les sources hautes ont des bassins versants réduits et de là des circulations plus rapides, donc une faible minéralisation, d'autant plus que les sels sont plus solubles à froid.

Quoi qu'il en soit, les résistivités sont élevées dans l'ensemble des cas. Ceci provient de la rareté de la végétation, sur les bassins versants, qui entraine une pauvreté en CO_2 dans les eaux et donc une dissolution réduite des carbonates ; cette attaque chimique sera d'autant plus faible que les eaux sont très froides.

Dans le cas de la source de Fontaine la Vache, la minéralisation plus importante provient d'un temps de transit plus long, d'une température plus élevée et sûrement d'une teneur en CO_2 plus forte (en effet la végétation est plus importante sur son bassin versant).

— LES SOURCES DU SENONIEN —



LES PAPIERS CANSON - FRANCE

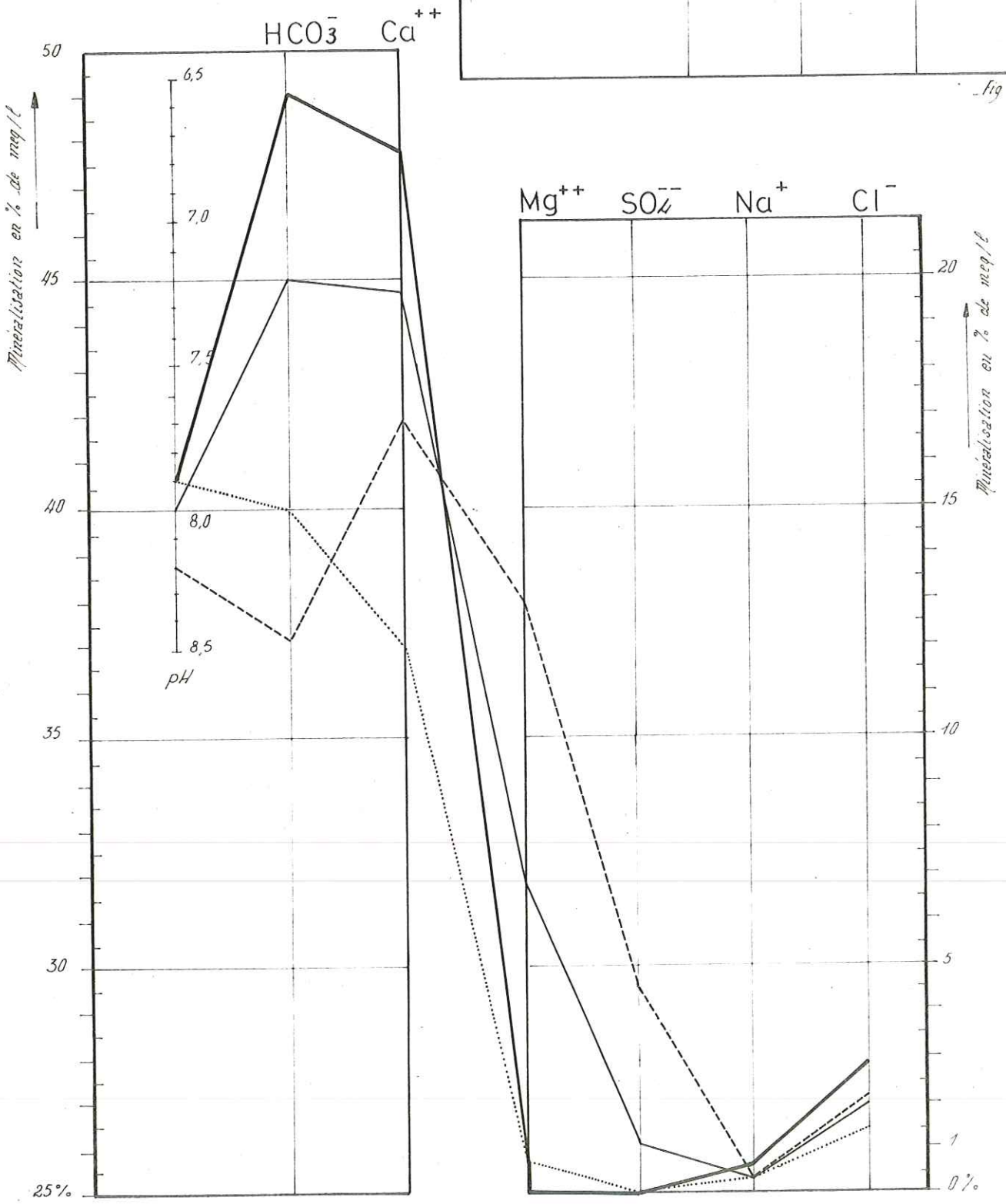
ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

32

Source 1800 ———
Source des nuages - - - - - - - -
Source du Rif froid .....
Source du Font la Vache ————

Echantillon	Date du prélèvem.	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Source 1800	5/8/73	4,05	5610
Source des Nuages	5/8/73	4,39	5610
Source du Rif froid	5/8/73	5,20	5610
Source de Font la Vache	5/8/73	5,73	4150

Fig 41



On remarquera enfin sur les diagrammes précédents que les variations de débits et de résistivités sont presque synchronisées ; ceci rend compte d'un temps de transit rapide des eaux récemment infiltrées, donc peu minéralisées arrivent rapidement à la source.

I. - La composition chimique

1) Le pH

Les valeurs moyennes du pH se situent entre 7,9 et 8,1 pour les différentes sources : on a donc un groupement assez serré. Les variations de degrés pH sont en général assez faibles et ne semblent pas traduire des caractères bien précis, elles paraissent suivre les variations des débits mais avec beaucoup d'irrégularités ; en effet les pH sont faibles à l'étape de printemps.

2) La chimie

* été

	pH	résistivité en Ω.cm	Cl^- en meq/l	SO_4^{--}	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	CO_3H^-	total	SO_2 en mg/l
Source 1800	8	5610	0,084	0,041	0,024	0,017	traces	1,796	0,328	1,80	4,05	1,7 *
Source de	8,2	5610	0,084	0,208	0,024	0,017	traces	1,846	0,575	1,64	4,39	1,9 *
Nuages	7,8	5780	0,084	0	0,020	0,013	0,002	1,572	0	1,64	4,12	1,55
Source du	8,1	5610	0,084	0	0,009	0,022	traces	1,946	0,032	2,13	5,2	2,0 *
Rif Froid	8,1	5800	0,084	0	0,012	0,027	0,003	1,846	0	1,96	4,0	1,5
Source de	7,9	4150	0,141	0	0,017	0,040	0,015	2,744	0	2,78	5,73	2,25
Font La Vache	7,7	4670	0,084	0	0,024	0,037	0,005	2,750	0	2,78	5,67	2,1

Les eaux sortant de ces calcaires sénoniens, sont bicarbonatées calciques. Les teneurs des autres ions sont très faibles. Pour le magnésium les teneurs sont très basses et parfois absentes, le potassium est toujours à l'état de traces. La présence de sulfates (toujours très basse) provient certainement du lessivage des calcaires marneux du Nummulitique qui participent parfois à l'aquifère. Le sodium en quantités très faibles, est constant dans ces eaux avec des teneurs analogues pour les diverses sources. La minéralisation totale, essentiellement formée de bicarbonates et de calcium présente des quantités équivalentes pour toutes les sources, seule la Fontaine la Vache est un peu plus minéralisée car le transit dans l'aquifère est plus long.

Les teneurs en silice, sont plus fortes en été qu'au printemps, ceci doit être dû à un circuit plus lent de l'eau dans l'aquifère ; et encore au fait que la silice est plus soluble avec un pH élevé, ce qui n'est plus le cas en hiver où le CO_2 donne un pH plus faible. Pour des eaux de calcaires sénoniens, (riches en silice) ces valeurs obtenues (1,7 mg/l en moyenne) sont assez faibles. Il faut croire que l'influence du parcours souterrain est primordial ; en effet, des quatre sources étudiées, la plus riche en silice est celle de Font la Vache, où le bassin versant est très étendu.

G. - CONCLUSION

Le Sénonien chevauchant du col de Rabou est un aquifère intéressant, surtout par son intense fissuration, permettant un enmagasinement important et un écoulement lent et régulier.

Les circulations de types chenaux sont à rejeter, au profit de celle de fissures. Enfin, les diverses sources qui naissent de cet aquifère ont des caractères physiques et chimiques très proches, si bien que l'on peut les grouper en un seul ensemble.

III. - Les éboulis du Sénonien

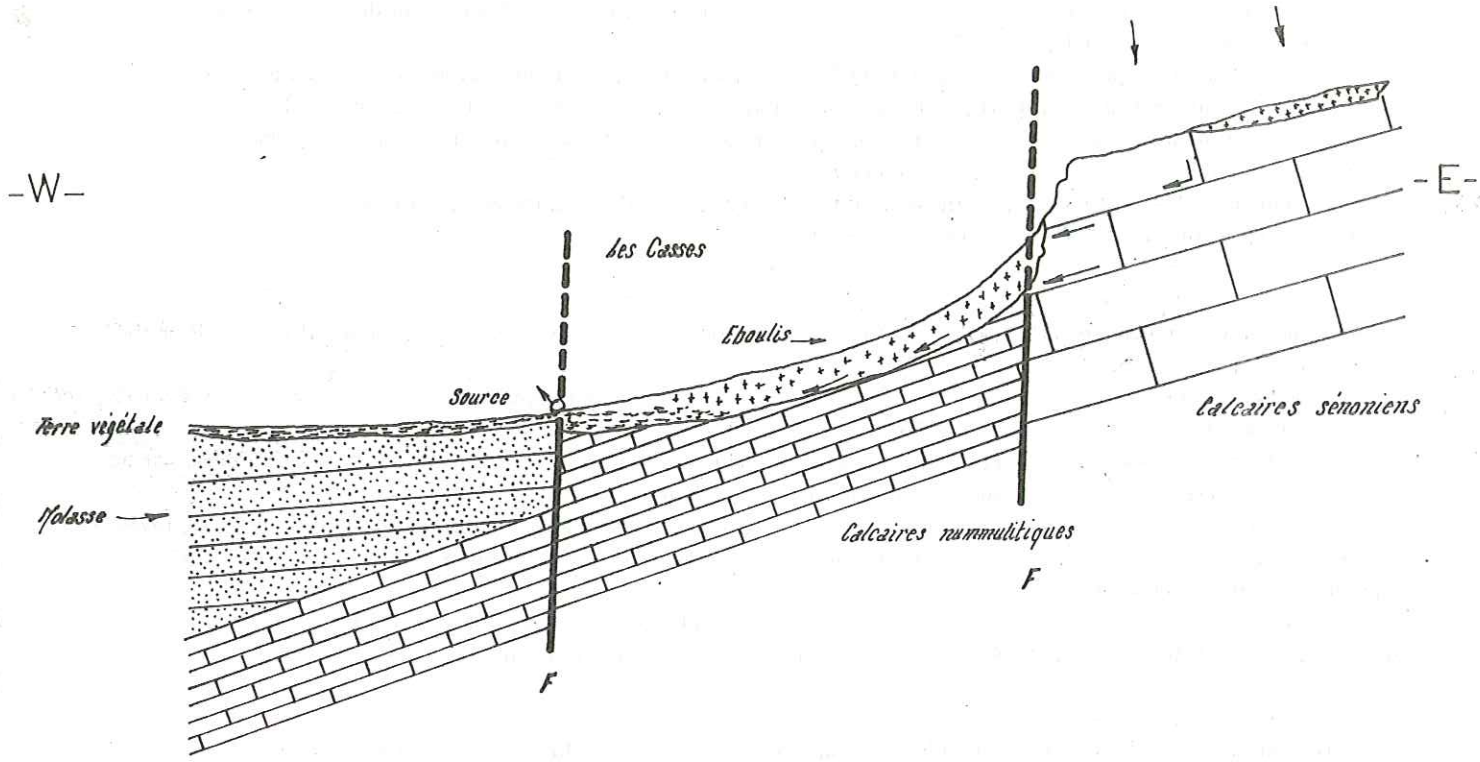
Les épandages d'éboulis de Sénonien, s'étalent sur une surface qui est loin d'être négligeable, un planimétrage de cette surface nous a donné un résultat de 31 km^2 essentiellement répartis sur le bassin versant des Gillardes, qui est de 110 km^2.

Lorsqu'on observe le paysage on n'est pas surpris par ce chiffre, en effet, chaque falaise donne à sa base une très large nappe d'éboulis, les crêtes qui bordent le massif sont elles aussi fréquemment faites en éboulis, souvent ce sont des vallons entiers qui sont formés par ces dépôts (Vallon Pierra, vallon d'Ane, vallon Froid...).

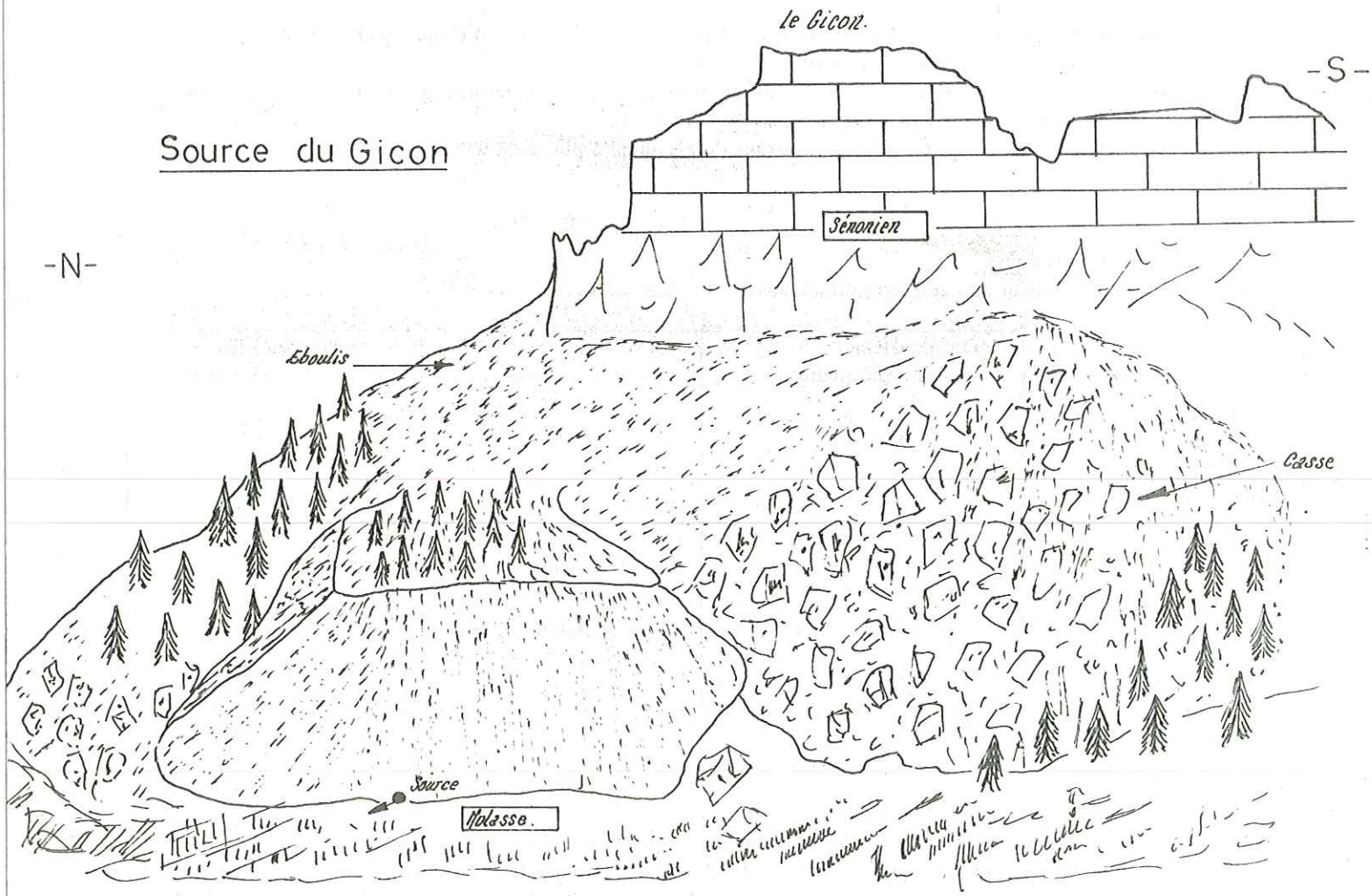
En général, il est très rare d'observer des sources importantes provenant de ces formations ; car elles s'étendent sur une forte épaisseur et sur un substratum (presque toujours le Sénonien) très perméable qui soutire l'eau qu'ils reçoivent.

Qelques fois les conditions sont favorables pour permettre le retour en surface des eaux infiltrées. Nous étudierons seulement trois sources de ces formations.

Source du Festre



Source du Gicon



A - Les sources étudiées

1) Captage du Haut-Gicon

Cette source prend naissance à l'altitude 1 450 mètres, à l'endroit-même où se termine l'immense draperie d'éboulis du Sénonien qui descend de la Montagne de St-Gicon et où commencent les terrains de molasse tertiaire qui forment les champs du lieu-dit les Bernards.

Cette source a été captée pour alimenter le village du Haut-Gicon. Le débit moyen qui y a été mesuré donne un bassin versant très inférieur à celui qu'il paraît être sur le terrain ; cette source ne draine donc qu'une faible partie de l'éboulis qui la surmonte et soit il y a des pertes par infiltrations dans les terrains sous-jacents, soit quelques petites sources non observables écoulent le volume manquant.

Les conditions d'émergence sont faciles à définir : l'eau ressort à l'extrémité des éboulis à l'endroit même où l'on passe au substratum imperméable formé par la molasse.

2) Captage du Festre

La source prend naissance à l'altitude 1 460 m, au lieu-dit les Casses. Elle a été captée pour alimenter le petit village de Festre.

Son bassin versant, estimé à 0,1 km^2 est trop petit pour le débit moyen enregistré, des venues karstiques des calcaires sénoniens qui surmontent ces éboulis doivent être envisagées.

Les conditions d'émergence en cet endroit ne sont pas évidentes, on observe une grande casse se terminant par un léger replat où se forme un petit ruisseau qui naît au milieu des éboulis.

Les travaux réalisés pour le captage ont permis de mieux comprendre l'acheminement de l'eau ; une faille invisible en surface, forme barrage à la base des éboulis, en plaçant la molasse tertiaire en proéminence, derrière laquelle se forme un petit lac qui vient déborder en surface.

Cette faille fait sûrement partie du réseau de failles de la vallée de la Béoux qui sont très importantes et que l'on voit peu à peu disparaître en montant vers le col du Festre où éboulis et moraines masquent la géologie.

3) La source du lac

Cette source, déjà étudiée par P. DULUC dans une thèse sur l'hydrogéologie de la région de Veynes, se situe à l'extérieur du bassin versant du Dévoluy. Ses caractéristiques étant comparables aux sources étudiées dans ce chapitre il nous a semblé bon d'en retenir les résultats.

Le débit moyen obtenu lui confère un bassin versant d'environ 0,8 km^2 ; topographiquement et géologiquement il est impossible de le vérifier en raison de la disposition des éboulis.

Les conditions d'émergence sont à nouveau liées au substratum formé de molasse tertiaire, la source tombe en cascade dans le torrent de la Séoux depuis une basse falaise de molasse.

Son altitude est de 1 190 mètres et son bassin versant s'étale jusqu'à plus de 2 000 mètres aux confins du plateau de Bure.

B - Caractère physico-chimiques

Reportons dans un tableau les caractères principaux

	Haut de Gicon 1 450 mètres	Col du Festre 1 460 mètres	Source du Lac 1 190 mètres
Débit minimum en l/s	0,1	0,13	4,5
Débit maximum en l/s	1,1	6	30
Variabilité	11	46	7
Débit moyen en l/s	0,4	2,2	14
Résistivité moyenne en Ω.cm	5 800	4400	5 800
pH moyen	8,0	7,7	8,5
t° moyenne en °C	4°4	5°7	6°

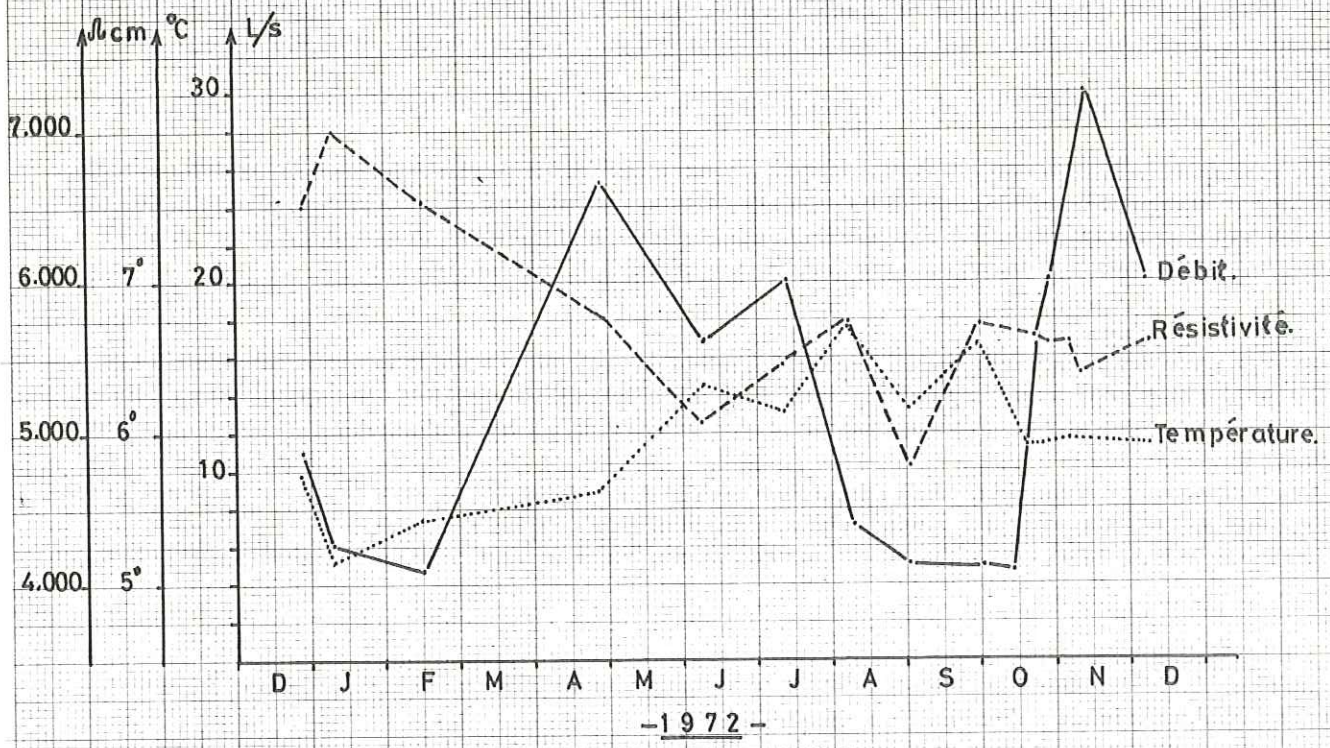
1) Le débit

Evidemment il est variable avec le bassin versant, les conditions d'alimentation et celles d'émergence.

Les débits minimums sont en général très faibles ; si celui de la source du Lac est élevé, la raison en est que son bassin versant est très vaste et que les éboulis sont certainement quelque peu colmatés dans leur partie basse par des mélanges morainiques.

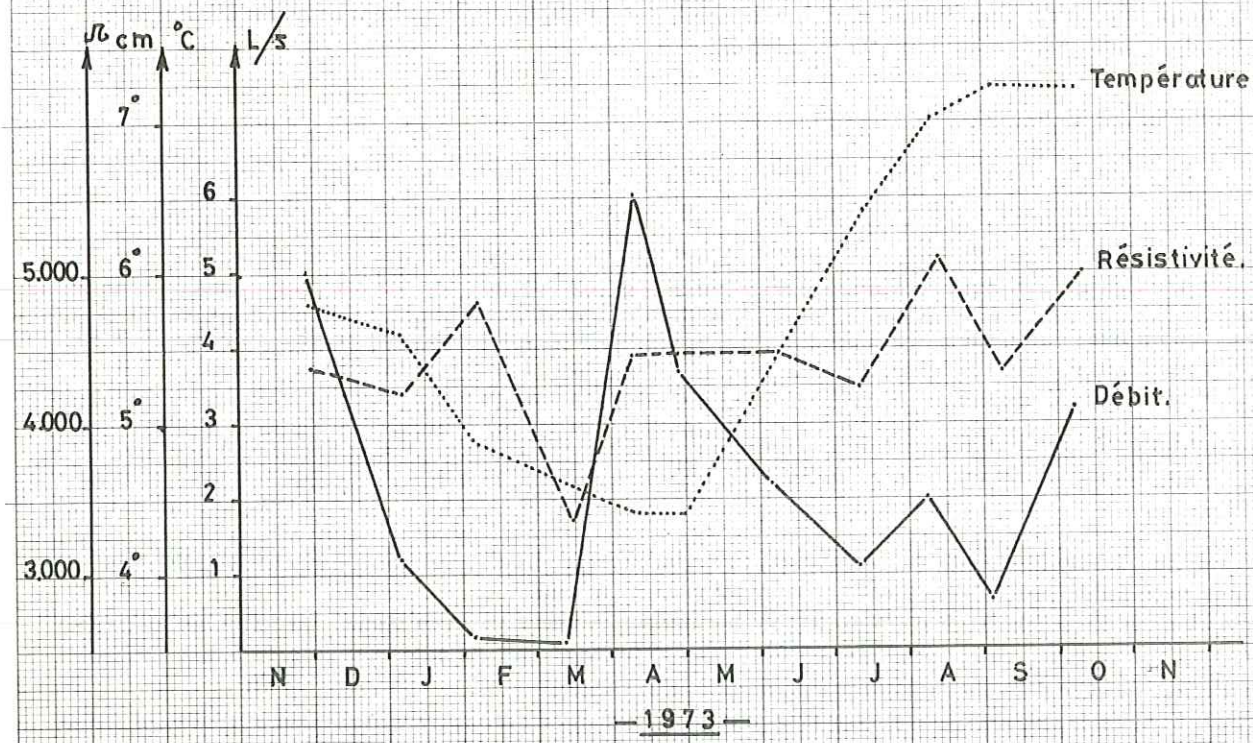
Par contre les variabilités sont élevées, celle de 46 pour la source du col du Festre est représentative du type de régime de ces formations.

~ SOURCE DU LAC ~



-1972-

~ SOURCE DU FESTRE ~



-1973-

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

La fonte des neiges donne des débits très forts ; de même à la suite d'orages violents on enregistre de hauts débits mais ils sont en général de courte durée.

Il faudra toujours se méfier du régime des sources d'éboulis lorsqu'on a l'intention de les capter ; des mesures d'étiages sur plusieurs années doivent être faites ; il ne faut pas croire non plus que l'étiage se fait pendant un mois bien précis ; en février et en août par exemple, et ne mesurer que ces deux périodes.

Un redoux peut se faire en hiver et réalimenter valablement les sources (le cas est fréquent) par contre, l'été est souvent soumis à des orages violents et c'est en général à la fin de l'automne que l'on obtient les débits les plus bas (en décembre).

C'est ainsi que le village de Festre, souffre du manque d'eau surtout à la fin de l'automne où la source arrive presque à tarir.

On peut toutefois avancer, que les étiages les plus violents sont ceux qui proviennent d'un automne très sec et ils se manifestent au mois de décembre. Ensuite les chutes de neige même tardives alimentent toujours un peu les sources si elles ont un bassin versant inférieur à 1 500 mètres. L'étiage d'hiver se fait alors sentir au mois de février pour des sources inférieures à 1 300 m et au mois de mars pour celles supérieures à 1 300 mètres.

2) La température

Pour l'altitude des émergences, les températures moyennes sont normales ; seule la source du haut Gicon a une température plus basse, d'environ 1 degré : on peut expliquer ce cas par un bassin versant peu ensoleillé et par des éboulis qui sont très ouverts (casse) ne permettant pas le réchauffement des eaux d'infiltration qui transitent rapidement dans l'aquifère.

Ces sources sont très influencées par la température extérieure ; on enregistre de fortes températures en été, celles de l'hiver sont plutôt protégées par le manteau neigeux et ne chutent qu'avec la fonte des neiges.

Les écarts de températures entre l'été et l'hiver varient entre 2° et 3°, ce qui n'est pas trop violent pour des sources d'éboulis.

3) Les résistivités

Les résistivités moyennes de ces sources d'éboulis de Sénonien sont dans l'ensemble élevées ; elles varient entre 4 500 et 5 800 Ω.cm, ceci peut s'expliquer par plusieurs raisons.

Les sources que nous avons retenues présentent des aquifères très ouverts, la variabilité nous l'a démontré ; aussi le transit qui doit se faire rapidement ne permet pas une minéralisation élevée.

De surcroit la température de ces eaux est plutôt basse et de là les échanges chimiques vont se trouver ralentis ; enfin la couverture végétale des éboulis de Sénonien étant nulle un déficit important en CO_2 des eaux d'infiltration est à prévoir et provoquera une dissolution réduite des carbonates.

La résistivité, plutôt basse, de la source du col de Festre est difficilement explicable en premier lieu. En effet, les facteurs cités précédemment en faveur d'une faible minéralisation sont aussi valables pour cette source ; mais lorsque nous avons parlé de son bassin versant on a précisé que les calcaires sénoniens qui surmontent cet éboulis devaient sûrement y participer ; aussi des venues en eaux déjà valablement minéralisées venant de ces calcaires doivent se joindre à celles des éboulis pour en abaisser leur résistivité.

4) La composition chimique

ions en m eq	pH	résisti en Ωcm	Cl^- en meq/l	SO_4^{--} meq/l	NO^{3-} meq/l	Na^+ meq/l	K^+ meq/l	Ca^{++} meq/l	Mg^{++} meq/l	CO_3H^- meq/l	total en meq/l	
captage du Festre	7,9	4850	0,084	0	0,019	0,017	traces	2,28	0,082	2,301	4,78	7.73
	7,6	4370	0,011	0	0,025	0,043	0,003	2,30	0	2,56	5,08	4.73
Source du Lac	7,6	5960	0,139	0,127	0, [illegible]	0,023	0,006	1,60	0,200	1,73	3,82	7.66
	7,6	5616	0,026	0,125	0	0,003	0,006	1,61	0,546	2,00	4,32	4.72
	7,4	5880	0,084	0,020	0	0,022	0,008	1,80	0,985	1,98	3,98	10.71
	7,9	5920	0,056	0,040	0	0,013	0,007	1,84	0,964	1,98	4,90	4.72
Captage Haut-Gicon	8,3	5850	0,084	0	0,029	0,020	traces	1,87	0	1,80	3,80	7.73

Les eaux ayant traversé les éboulis du Sénonien sont bicarbonatées calciques. Les minéralisations globales sont dans l'ensemble assez faibles mais s'identifient aux autres sources du Sénonien.

A l'exception des fortes teneurs en Ca^{++} et CO_3H^- les autres ions sont à l'état de traces. Les fortes concentrations en Ca^{++} et CO_3H^- de la source du col de Festre prouvent bien qu'il s'agit d'un lessivage plus long des calcaires sénoniens et non d'échanges avec d'autres terrains (du substratum par exemple).

Les teneurs en sulfates sont nulles, sauf pour la source du Lac ; dans ce cas, je pense qu'il faut attribuer cet ion au substratum qui comprend tous les terrains depuis le Crétacé inférieur jusqu'au Tertiaire inclus.

De faibles teneurs en nitrate ont été relevées pour le captage du Haut de Gicon et du Festre, signe d'une filtration assez médiocre entraînant une pollution qui reste toutefois faible. Les échanges avec le substratum donnent parfois quelques ions magnésium (source du Lac).

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

35

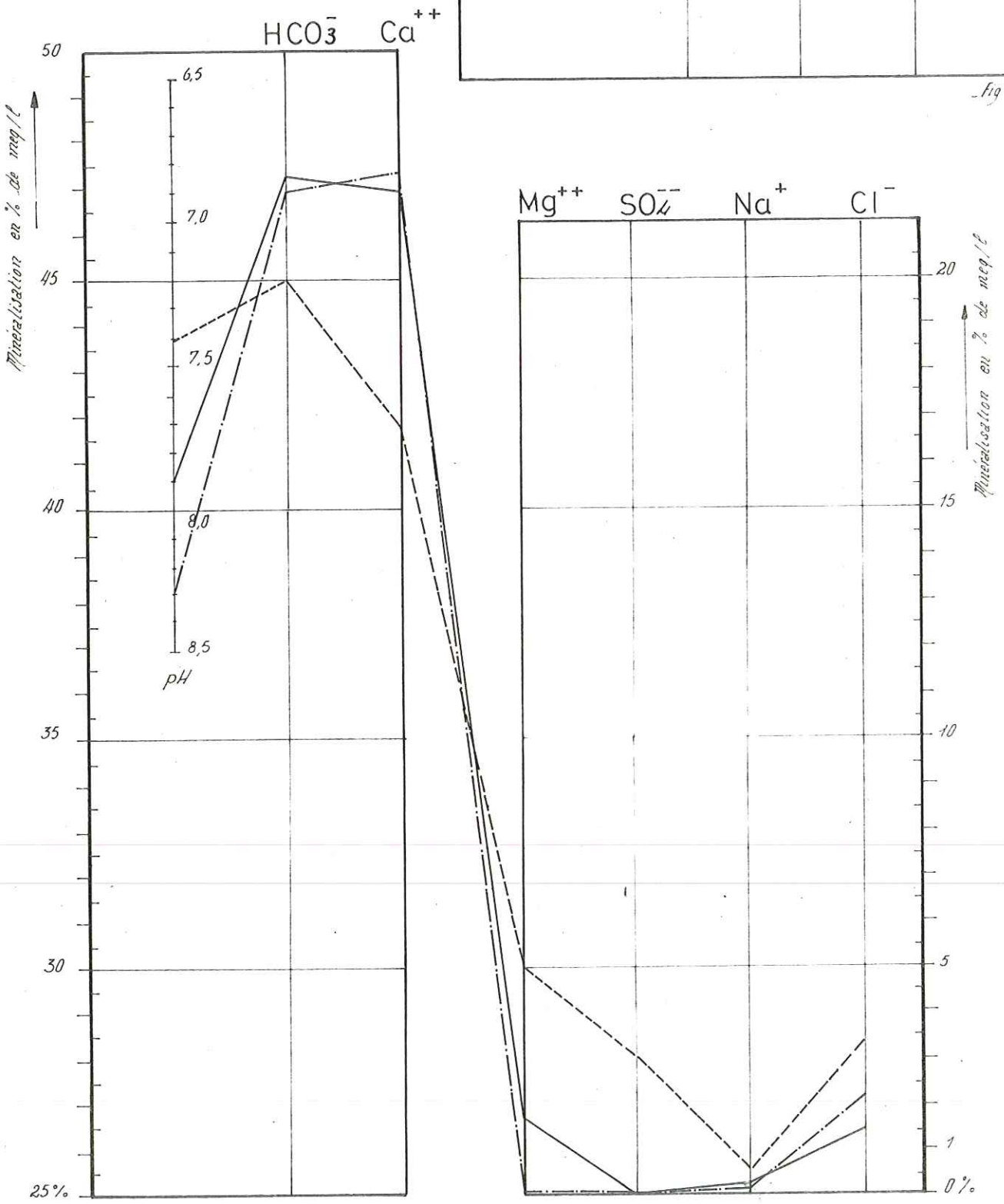
Echantillon	Date du prélèvem.	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Captage du Festre	6/8/73	4,78	4850
Source du Lac	8/66	3,82	5960
Captage du haut Gicon.	6/8/73	3,80	5850

Captage du Festre

Source du Lac

Captage du haut de Gicon

Fig 41



Leurs teneurs en silice enfin, sont de l'ordre de 1,5 mg/l ; il s'agit d'une valeur moyenne et inférieure aux sources classiques du Sénonien qui avoisinent les 2 mg/l. Bien que moins complète du fait de l'absence de mesures chimiques systématiques il nous paraît intéressant de donner ici l'étude des sources du Mouche Chot qui est un bon exemple de sources d'éboulis reposant sur son substratum complexe.

C - Etude des sources du Mouche Chot

Origine de l'étude

L'origine de cette étude est étroitement liée à celle de la thèse dans son ensemble ; en effet, en raison de la construction future de la station de sport d'hiver d'Agnières-en-Dévoluy, la commune d'Agnières a demandé à ce qu'un rapport lui soit communiqué sur les ressources en eau de la région, en vue de l'alimentation des constructions à établir.

Or, dès le début de l'étude on s'est aperçu que sur la commune même d'Agnières, il serait fort difficile de trouver une source (ou même plusieurs) qui pourrait alimenter un complexe de 2 000 à 3 000 personnes, et qui aurait une situation facilitant l'exploitation. C'est donc pour cela qu'il a été décidé de suivre les sources du torrent du Mouche Chot, sources qui en période d'étiage fournissent environ 90 % du débit de ce torrent dont l'ampleur méritait d'être précisé.

Situation géographique

Ces sources s'étagent le long du torrent du Mouche Chot, en rive gauche, entre les villages des Garcins et de la Cluse. Elles sont donc situées sur la commune de la Cluse.

Sur la figure n°42 nous les avons précisées par des croix ; il s'agit des points II, IV, V et VI, le dernier point étant, de loin, le plus important.

Zones d'émergences

Le point II est formé d'un chapelet de petites sources apparaissant en rive gauche du torrent à 16 mètres environ de celui-ci ; une seule a été mesurée, il s'agit de la plus importante, qu'un habitant du village des Garcins a dégagé grâce à une tranchée qui permet de recueillir un maximum de débit.

Les points IV et V sont à nouveau deux sources bien marquées dans un coude qui forment le torrent à l'endroit où celui-ci se rapproche le plus de la route. Ces deux sources ont été aménagées avec des buses pour faciliter les mesures.

Le point VI est en réalité une zone d'environ 12 mètres sur laquelle des venues plus ou moins importantes viennent alimenter le torrent mais toujours d'une manière diffuse ; la venue la plus forte semble se faire sous un bloc d'éboulis très fracturé, d'un volume supérieur à 100 m^3.

Une émergence dissociée du lit du torrent a été mesurée dans ce secteur, c'est elle que nous appellerons point VI dans les mesures de débit.

Géologie du secteur

Nous pouvons l'observer sur la figure n°42 ; on s'aperçoit que l'aquifère de ces sources est essentiellement formé par les éboulis (avec quelques placages morainiques çà et là) qui recouvrent entièrement tout le versant rive gauche du torrent jusqu'aux falaises de la tête de Pied gros.

L'épaisseur de ces éboulis est difficile à déterminer car les variations sont très fortes, mais je pense que partout elle dépasse 10 mètres.

La surface de cet aquifère, bien que colonisée (surtout par de l'herbe) dans les parties basses ne permet pas de drainage superficiel important et toute l'eau tombant sur ce versant va s'infiltrer, puis suivre le substratum et enfin ressortir dans le lit du torrent ou aux sources que nous étudions.

Le substratum, lui, est formé dans sa partie haute par les calcaires sénoniens, dans sa partie médiane par les marnes valanginiennes et dans sa partie basse par la molasse tertiaire, il est difficile de dire si la répartition des diverses séries est exactement celle réalisée dans le schéma n°42 car les observations de terrains sont impossibles : cette coupe a été établie à partir de relevés réalisés au Nord (col de Festre) et plus au Sud (région de la Cluse). C'est ainsi que la faille placée entre les marnes valanginiennes et le Tertiaire a peut être un rejet plus faible car on sait qu'elle s'amortit en allant vers le Nord et qu'il n'est plus que de quelques mètres au col du Festre.

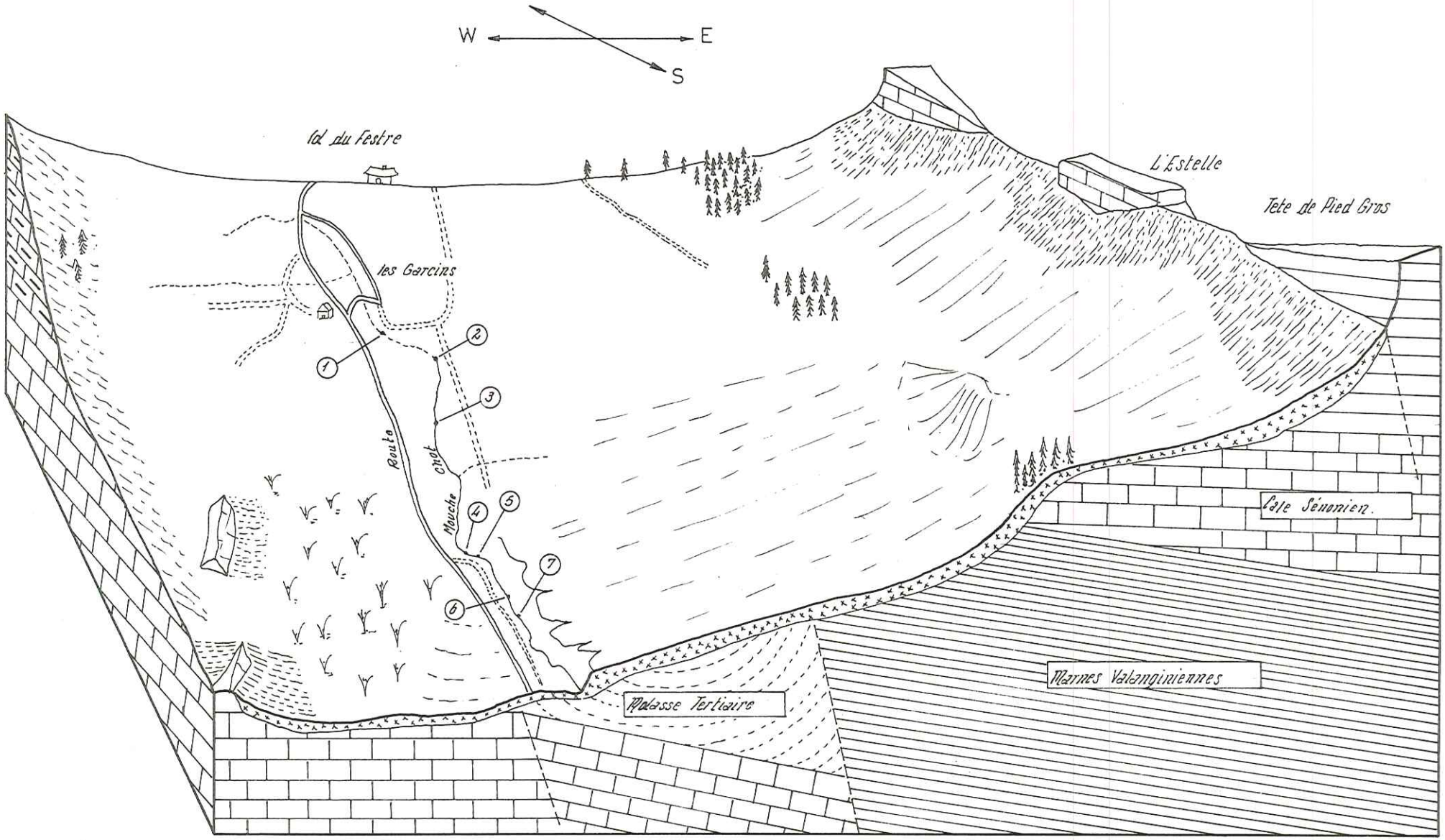
Quoi qu'il en soit, à part quelques légères fuites au niveau des calcaires sénoniens, le substratum est entièrement étanche et permet donc un bon acheminement de l'eau vers les sources.

Mesures effectuées

Les sources n° II, IV, V étaient évidentes car facilement observables, mais elles ne justifiaient pas le débit qui s'écoulait dans le torrent à l'aval ; en effet, alors qu'elles donnent un débit total de l'ordre de 10 l/s environ, on obtient 50 l/s dans le lit du torrent au point VII.

Ce complèment de débit ne pouvait venir de l'amont (en amont du point I) car au point I on n'avait en moyenne que quelques litres/seconde d'eau de ruissellement dans le lit du torrent ; il se faisait donc entre le point I et le point VII et l'observation nous permettait déjà de prévoir des venues entre les points IV et VII.

42 Sources du Mouche-Chot



1_3_7_ ——→ Points de jaugeages.

2_4_5_6 ——→ Sources et points de jaugeages.

On réalisa donc une série de jaugeages au moulinet dans ce secteur, qui nous permit de déceler un accroissement brutal du débit sur une zone de vingt mètres environ encadrant le point VI ; ces venues doublaient presque le débit du torrent.

Parallèlement des mesures de température effectuées le 18.7.73 le long du torrent donnaient une température constante de 11°5 avant le point IV, puis une baisse progressive jusqu'à 9°5 du point IV jusqu'à 10 mètres après le point V ; un palier à cette température puis une chute brutale de 9°5 à 8°5 en passant devant le gros bloc en éboulis du point VI ; c'est donc à cet endroit que s'effectue la plus forte arrivée d'eau, ensuite la température remonte progressivement.

Les jaugeages ont été réalisés aux divers points notés sur la figure n° 42

I - Buse dans le lit du torrent pour avoir le débit initial (eaux usées, ruissellement...) ;
II - Source aménagée par un drain et une buse ;
III - Deux buses dans le lit du torrent ;
IV - Source aménagée avec une buse ;
V - Source aménagée avec une buse ;
VI - Source aménagée avec une buse ; elle représente une faible part de la venue la plus importante qui émerge directement dans le lit du torrent ;
VII - Quatre buses placées dans le lit du torrent pour connaître le débit maximum que l'on pouvait capter si les travaux étaient effectués.

Voici quels sont les résultats :

	I	II	III	IV	V	VI	VII
4.1.73	5 l/s	10 l/s	30 l/s	2,1/s	7 l/s	5 l/s	85 l/s
1.2.73	0,7	5	11 l/s	0,5	5	4	55
9.3.73	0,15	3	4	0,35	4,1	2,5	32
28.3.73	6,5	4,6	16	0,19	5	2,8	95
24.4.73	13	9,5	31	0,8	6,5	3,2	100
3.6.73	6	11	--	4,2	5,5	5	100
2.7.73	1	5,5	--	1	6	3	50
3.8.73	4	3,8	--	0,6	5	2,5	65
30.8.73	1,6	3,9	--	0,12	5,2	2	49
9.10.73	0,16	2,7	--	0	5	1,1	35

Conclusions

L'ensemble des résultats nous permet de voir comment varie chacun des points de mesure pendant une longue période, mais en vue d'un captage c'est le débit d'étiage qui nous intéresse le plus et c'est à partir de lui que nous tirerons nos conclusions.

Parmi les émergences visibles, seules les sources II et V présentent un débit d'étiage exploitable (3 l/s et 5 l/s) et surtout une régularité qui ne doit pas occasionner de surprise. Je pense que dans le plus mauvais des cas (année très sèche) on peut encore espérer un débit total de l'ordre de 5 l/s pour ces deux sources.

Ensuite le débit du torrent de Mouche Chot en aval de ces sources (point VII) a été de 32 l/s à l'étiage ; il représente à 90 % le débit des sources car le ruissellement est presque nul en période d'étiage. (sol encore gelé).

Là encore il est possible que lors d'une année exceptionnellement sèche le débit d'étiage soit plus faible et en prévoyant le pire, qu'il descende jusqu'à 20 l/s. L'automne 1973 qui a été très sec a été suivi d'un étiage d'hiver 1974 de l'ordre de 30 l/s, soit équivalent à l'année précédente. Je ne pense pas que ce secteur puisse subir des étiages très poussés pour deux raisons :

- tout d'abord l'éboulis qui forme l'aquifère est très étendu et semble former un excellent réservoir, par sa richesse en fins matériaux ;
- ensuite, bien que l'hiver soit caractérisé par des chutes de neige, celle-ci a du mal à tenir dans cette zone, et sa fonte permet toujours une faible réalimentation de la nappe.

Un captage de l'ensemble des sources de ce secteur devrait donner un débit qui dans le plus mauvais des cas ne soit pas inférieur à 15 ou 20 litres/seconde, ce qui est de loin suffisant pour le projet envisagé.

En conclusion, il apparaît que les sources du Mouche Chot, par la structure du substratum sur lequel reposent les éboulis qui constituent leur aquifère et par la finesse de ces éboulis, sont un cas remarquable des circulations des eaux dans les formations superficielles à perméabilité relativement réduite.

IV. - LES DEPOTS GLACIAIRES

Ces dépôts, d'origines morainiques, forment des aquifères importants pour le massif du Dévoluy. Groupés, entre 1 100 m et 1 500 m, ils couvrent une superficie de 23 km^2 sur les 168 km^2 du bassin versant étudié, et s'étalent essentiellement dans les fonds des vallées de St-Etienne et d'Agnières-en-Dévoluy.

Leur rôle, au point de vue ressource en eau est loin d'être négligeable, et on peut avancer que, sans les dépôts glaciaires le Dévoluy serait assoiffé.

Les sources les plus importantes prennent naissance dans cet aquifère ; deux d'entre elles alimentent la station du Superdévoluy et la commune d'Agnières-en-Dévoluy dans son ensemble, c'est-à-dire 80 à 90 % de la population du canton.

Ces dépôts glaciaires, d'âge post-würmien, sont constitués essentiellement d'éléments d'origine dévoluarde. Il s'agit en majeure partie de blocs de calcaires sénoniens auxquels s'ajoutent des éléments de calcaires à nummulites et de grès verts nummulitiques.

La matrice, argilo-sableuse, et surtout à dominance sableuse ne donne pas de solidité à l'ensemble ; son origine est à chercher dans la désagrégation des blocs roulés par les glaciers et dans le substratum nummulitique sur lequel ces moraines se sont répandues.

Du point de vue hydrologique, ces moraines, fortement sableuses seront un excellent réservoir. Si en quelques points elles s'étalent sur les calcaires sénoniens et à Nummulites qui dans ce cas soutirent l'eau enmagasinée, en général le substratum est quasiment imperméable et des niveaux de sources vont se former à la périphérie de ces affleurements morainiques (ce cas est matérialisé par la moraine des Cypières qui donne un chapelet de petites sources à sa périphérie (de l'Enclus aux Cypières). Ce substratum imperméable est constitué de terrains tertiaires et plus précisément des calc-schistes, de la molasse rouge et quelquefois des grès verts du Nummulitique.

L'épaisseur de ces dépôts est très variable ; elle peut aller jusqu'à 100 m mais parfois ces dépôts ne sont que de simples placages d'environ 20 mètres et quelquefois moins.

Six sources seront étudiées dans ce chapitre ; nous les avons retenues car elles sont suffisamment représentatives de l'aquifère et aussi car nous les avons suivi précisément pendant une année ; les deux premières, la source des Cypières et celle des Combes, sont les plus caractéristiques des dépôts morainiques, autant par leurs caractères physiques que chimiques et par l'ampleur de l'aquifère qui leur donne naissance ; c'est donc à elles qu'il faudra prêter le plus d'attention.

Pour les sources du Bois Rond, de l'Enclus, de Truziaud et du Villard, l'ensemble des résultats obtenus se rattache aux précédents, mais en général leur aquifère est moins puissant et les caractères physico-chimiques sont parfois influencés par d'autres aquifères ou par un transit trop court.

A. - PRESENTATION DES SOURCES ETUDIEES

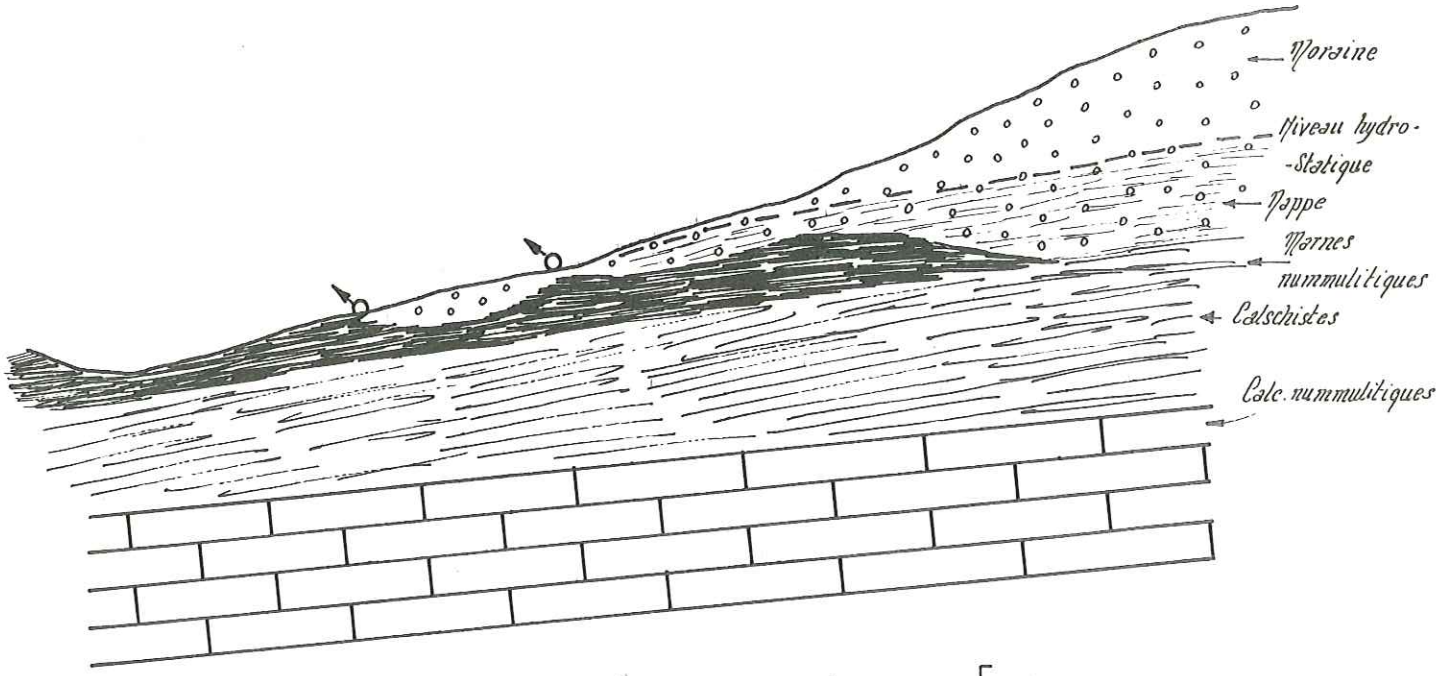
1 - La source des Cypières

Elle prend naissance à l'altitude 1335 m, à 50 mètres au Nord du village de Cypières. L'émergence se faisait auparavant en trois sources qui ont été captées et regroupées en vue de l'alimentation en eau de la station de sports d'hiver de Superdévoluy.

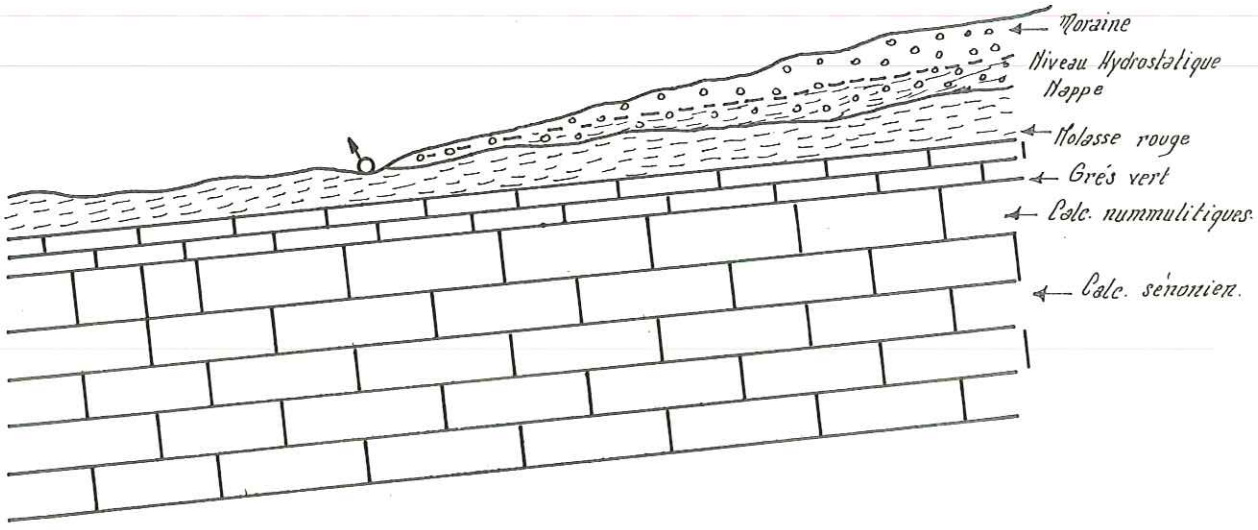
Ces trois points étaient les endroits les plus marqués de l'émergence ; mais en réalité dans toute cette zone la nappe subaffleure et l'on rencontre des suintements disséminés çà et là dans les champs environnants. De petites sources ponctuelles peuvent encore se manifester au bas des talus.

Des sources appartenant encore à ce même aquifère sont visibles tout au long du lit de la Souloise, à environ 50 m plus bas que les précédentes si bien qu'il est impossible de savoir quel est le bassin versant de chacune d'elles et même si elles ne sont pas le résultat d'infiltration des sources supérieures qui se répandent dans les champs ; quoi qu'il en soit une partie du débit des sources basses provient de réinfiltration des sources hautes.

Conditions d'émergences



Emergence de type
- Cypieres
- Bois-Rond
- Villard
- L'Enclus
- Truziaud.



Emergence de Type _____ Les Combes.

Le débit moyen de la source des Cypières lui attribue un bassin versant de l'ordre de 0,45 km^2. L'épaisseur des dépôts morainiques dans ce secteur est très forte (environ 100 m) et l'aquifère qui alimente ces sources est donc très puissant.

L'émergence se réalise grâce à la remontée des marnes ou des calcschistes du Nummulitique très près de la surface ; cet horizon imperméable, oblige l'eau de sortir en surface.

2 - La source des Combes

Elle prend naissance à l'altitude 1 360 m à 1 km au Nord du col de Festre, dans le fond d'un petit ravin aux versants formés de moraines, au lieu-dit les Combes.

Actuellement cette source est captée pour alimenter presque l'ensemble de la commune d'Agnières en Dévoluy et servira peut-être aussi dans l'avenir à l'alimentation de la station de sport d'hiver de la Joue du Loup.

Son débit moyen de 16 l/s lui attribue un bassin versant d'environ 0,9 km^2 ; c'est exactement la surface occupée par les dépôts glaciaires entre le col de Festre et la source des Combes.

On peut donc penser qu'elle est la seule à drainer toute cette zone et qu'il n'y a pas ou peu de pertes par le substratum.

3 - La source du Bois Rond

On la rencontre à l'altitude 1 500 mètres sur le chemin forestier du Bois Rond, 200 mètres après avoir pénétré à l'intérieur du bois. Elle a été aménagée par le Service des Eaux et Forêts pour en faire une fontaine où les promeneurs peuvent se désaltérer.

Le bassin versant est ici impossible à connaître, car il est totalement recouvert par la forêt et l'on a même du mal à affirmer qu'il s'agit de dépôts glaciaires ; on arrive à cette conclusion, après observation (avant le bois) de dépôts morainiques à la même altitude que la source ; on peut penser que cette formation se continue dans le bois avec la même répartition et donne naissance à la source du Bois Rond. De toute façon on ne voit pas bien quelle autre formation pourrait donner un aquifère dans cette zone.

Le bassin versant calculé à partir du débit moyen est de 0,05 km^2 ; c'est-à-dire très réduit. L'émergence se fait à nouveau à la limite des affleurements glaciaires avec les calcschistes du Nummulitique qui forment le substratum imperméable.

4 - La source du Villard

On l'a appelé ainsi car elle a été captée pour alimenter le petit village du Villard. En réalité, faisant partie du même placage morainique que la source du Bois Rond, elle se situe en bordure du chemin forestier du Bois Rond, 500 m avant celui-ci et à 30 m environ au-dessus du chemin, à l'altitude 1430 mètres.

L'émergence se fait encore dans les mêmes conditions que pour la source du Bois Rond ; c'est-à-dire que le placage de dépôts glaciaires, peu épais en cet endroit (20 mètres au maximum) se termine au point même où la source prend naissance et où les calcschistes nummulitiques qui forment le substratum apparaissent.

La focalisation de l'eau vers la source se réalise par un talweg creusé dans les calcschistes et emplis actuellement de moraines.

Le bassin versant est encore très réduit ; il est de l'ordre de 0,15 km^2, ce qui paraît logique et cadre avec les observations de surface.

5 - La source de l'Enclus

On la trouve à 800 mètres au Sud Ouest du village de l'Enclus, au lieu-dit "la Sauvatte" avec une altitude de 1440 mètres. Elle émerge à la limite sud est de l'affleurement de moraine des Cypières ; le substratum en cet endroit arrive tout de suite en surface ; il s'agit des marnes qui coiffent les calcschistes nummulitiques.

Ici l'épaisseur de moraines paraît conséquente (une cinquantaine de mètres environ) mais le drainage des eaux dans la direction de la source semble peu favorable ; certaines directions morphologiques du substratum doivent détourner l'eau vers le Nord, si bien que le débit moyen de cette source ne correspond à un bassin versant thermique que de 0,05 km^2 seulement alors que le volume de moraine qui la surmonte est très imposant..

Cette source a tout de même été captée pour alimenter le petit village de l'Enclus.

6 - La source de Truziaud

On la trouve à l'altitude 1440 mètres à environ 600 mètres à l'Est et au-dessous du village de Truziaud, entre le ravin de la Trene et le torrent de Gearette.

L'épaisseur de moraine en cet endroit est assez faible (15 à 20 mètres environ). Il n'est pas facile de préciser comment l'eau revient en surface, il est presque certain qu'il s'agit d'une remontée du substratum imperméable formé par les calcschistes nummulitiques, mais peut-être aussi par une passée plus marneuse au sein de la moraine.

Le bassin versant calculé d'après le débit moyen de cette source est de 0,1 km^2, les éboulis du Sénonien qui font suite vers le haut, aux dépôts glaciaires participent certainement à l'aquifère et nous verrons que leur influence est décelable dans certains caractères physiques et chimiques particuliers.

B. - LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES

Résumons dans un tableau les principaux résultats

en l/s	Cypières 1 335 m	C Combes 1 360 m	B Bois Rond 1 520 m	Villard 1 430 m	Enclus 1 440 m	Truziaud 1 440 m
débit minimum en l/s	5	8	0,2	0,2	0,2	0,45
débit maximum en l/s	10	24	1	5	1	2,2
variabilité	2	3	5	25	5	5
débit moyen en l/s	7,6	16	0,5	1,6	0,5	1
résistivité moyenne ω. cm	3100	3300	2710	3330	3000	3740
pH moyen	7,7	7,6	8	7,9	7,5	7,7
température moyenne en °C	6°7	6°4	4°4	5°6	6°6	6°5

1 - Le débit

Il est bien caractéristique de ce type d'aquifère dans lequel l'eau a du mal à circuler ; les écarts entre les débits minimum et maximum sont très réduits ; si bien que l'on obtient des variabilités comprises entre 2 et 5 ; une seule exception, la source du Villard, mais dans ce cas la forte variabilité provient du faible volume de l'aquifère, ce qui entraîne un transit très court.

Les sources des Cypières et des Combes ont des variabilités respectives de 2 et 3. On a donc à faire à un aquifère à perméabilité très réduite ; la fonte des neiges, où les fortes chutes de pluie mettent un certain temps à se faire ressentir et les augmentations de débit ne sont que progressives.

De surcroît ces moraines sont de zones de végétation plus intense allant même jusqu'à la forêt ; cette végétation aura un rôle régulateur sur l'infiltration et évitera les montées brutales de la nappe.

Ce genre d'aquifère englobe évidemment une nappe assez importante, avec sûrement un fort gradient, qui s'écoule avec lenteur à sa périphérie ; la comparaison avec une éponge détrempée est ici la meilleure image.

Les crues les plus marquées se font à l'automne (novembre, décembre) et surtout au printemps (mois d'avril) après la fonte des neiges. L'étiage le plus net est celui du mois de mars ; un second peut être enregistré à la fin de l'été si celui-ci n'a pas été trop pluvieux.

Les étiages et les crues sont moins violents que pour les autres sources en fonction des caractéristiques de l'aquifère. On comprend pourquoi la presque totalité de ces sources sont captées pour l'alimentation en eau de divers villages ; en cas d'année sèche on aura beaucoup moins de surprises avec une source de moraines qu'avec toutes autres en Dévoluy, car le débit met beaucoup plus de temps à diminuer et les réserves s'épuisent moins vite.

2 - La température

La température des sources de moraine est celle qui suit le mieux la loi de variation avec l'altitude ; des écarts faibles peuvent être relevés mais ils sont dus en général à l'exposition ou à la rapidité du transit dans un aquifère trop peu développé.

Les sources ont d'ailleurs tendance à donner des valeurs plus élevées que plus faibles, mais l'écart est toujours très léger. Les variations de température de chacune des sources suivent celle des débits. Cette bonne homogénéité entre les températures et les débits est le signe de sources très régulières avec un aquifère qui absorbe les variations brutales.

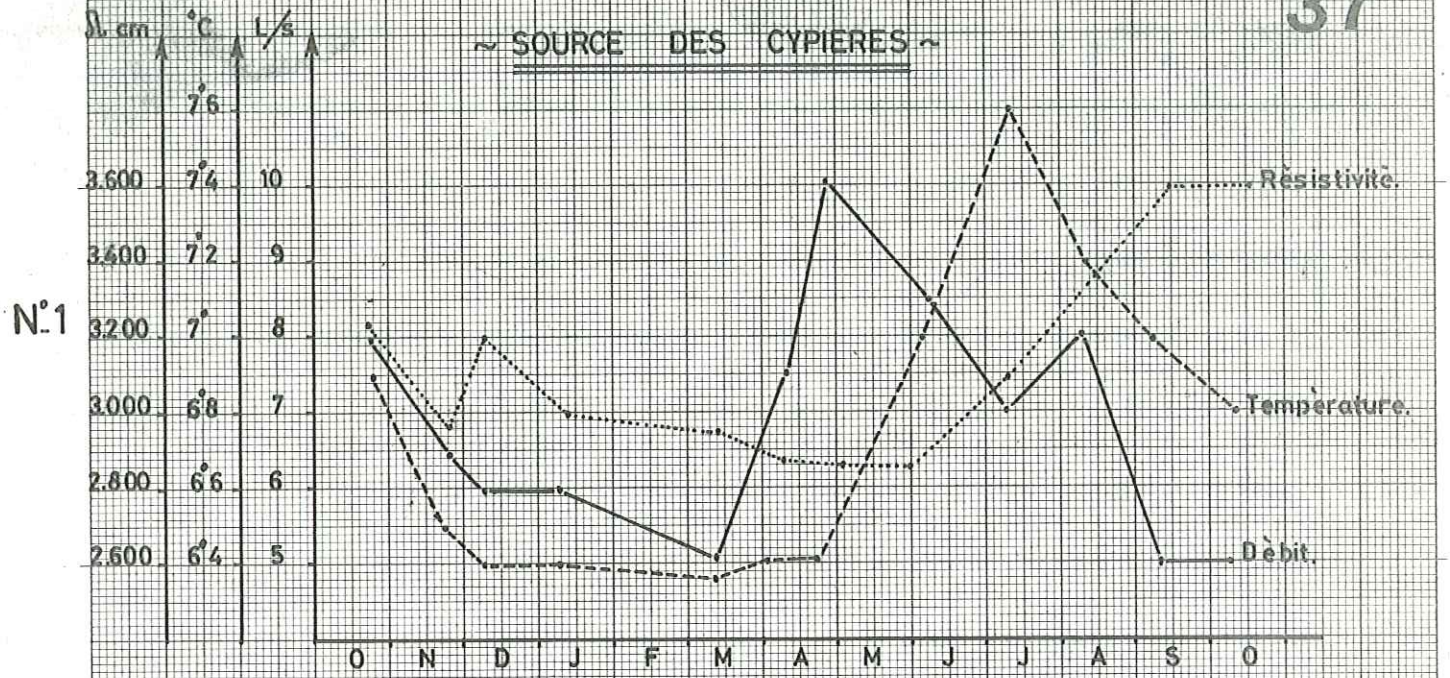
Les températures les plus basses sont enregistrées à la fin de l'hiver, aux environs des mois de mars et avril ; mais contrairement à ce que l'on observe très souvent, il n'y a pas de chute brutale de température avec la fonte du manteau neigeux, l'aquifère amortit bien l'abaissement de température qui risquerait de se manifester.

Les températures les plus hautes sont notées à la fin de l'automne, la température croît progressivement depuis le printemps avec le réchauffement du sol, là encore, il n'y a pas de brusque baisse ou augmentation ; la croissance est très progressive.

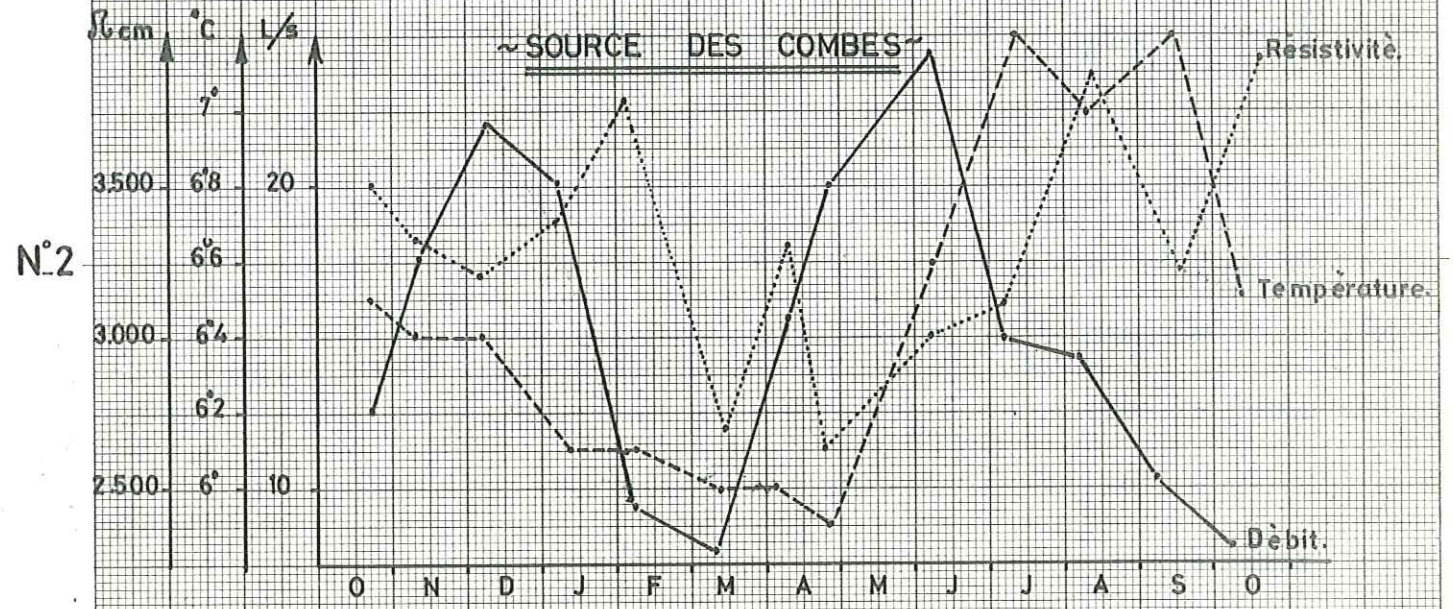
3 - Les résistivités

La résistivité moyenne de ces sources de moraine varie aux environs de 3 200 ω. cm ; ce sont les plus basses enregistrées jusqu'alors dans le Dévoluy ; elles traduisent une minéralisation globale assez élevée des eaux.

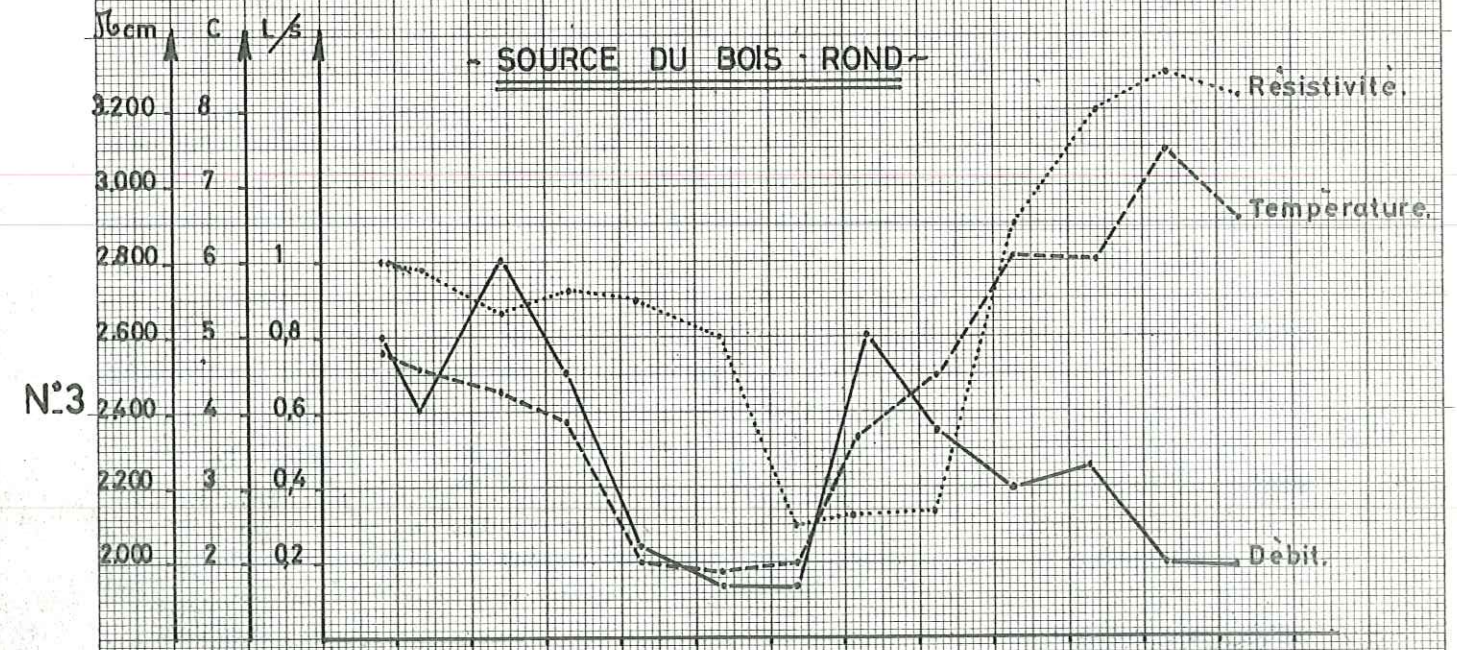
~ SOURCE DES CYPIERES ~



~ SOURCE DES COMBES ~

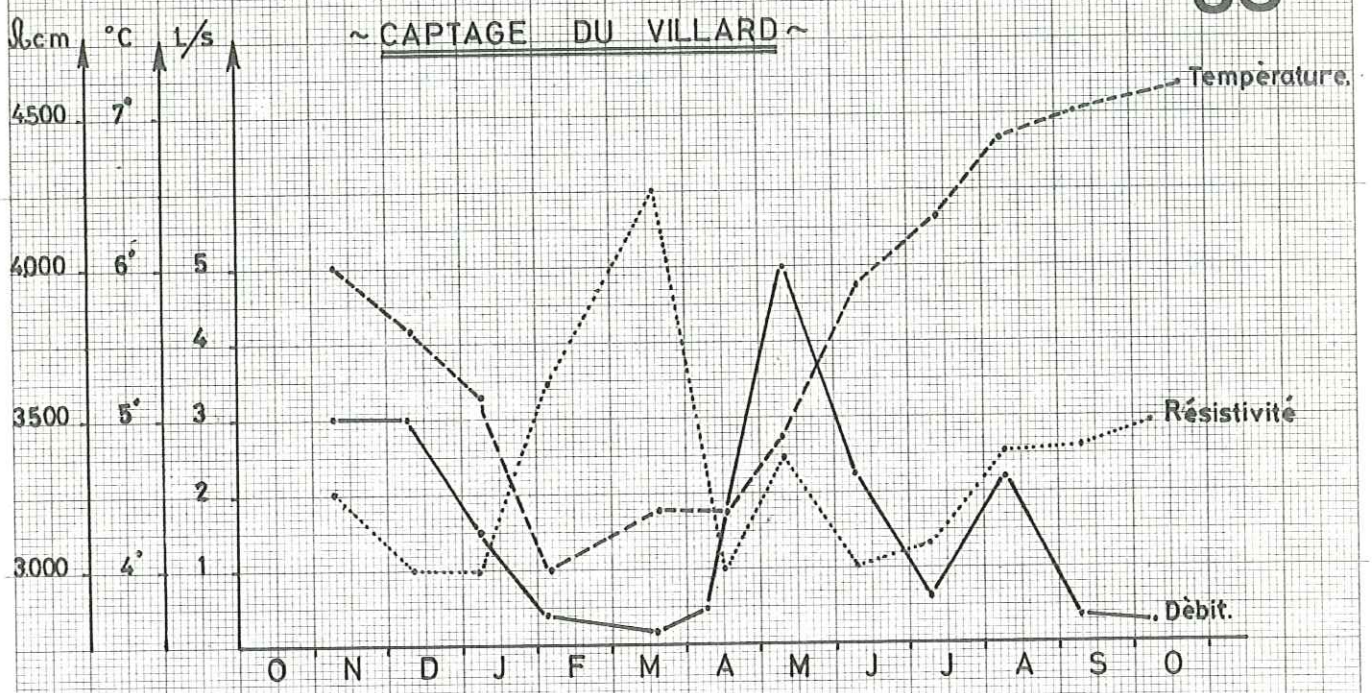


~ SOURCE DU BOIS ROND ~

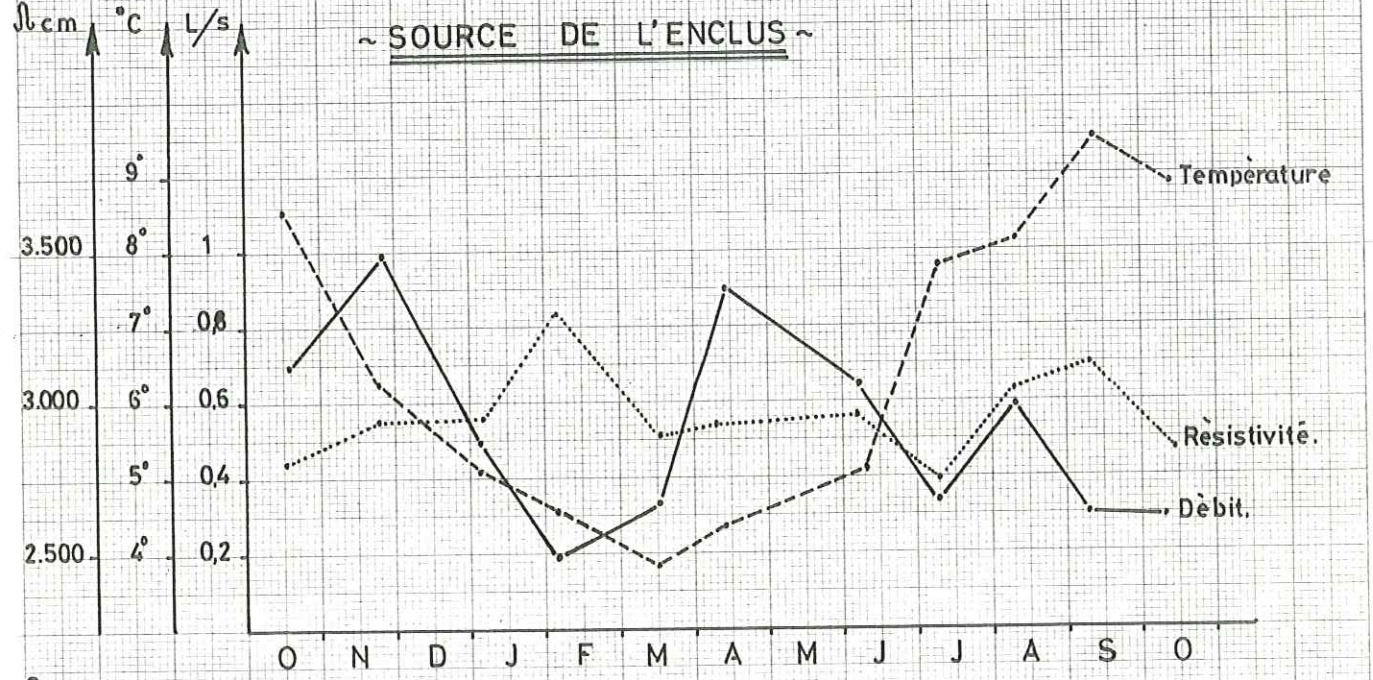


LES PAPIERS CANSON - FRANCE

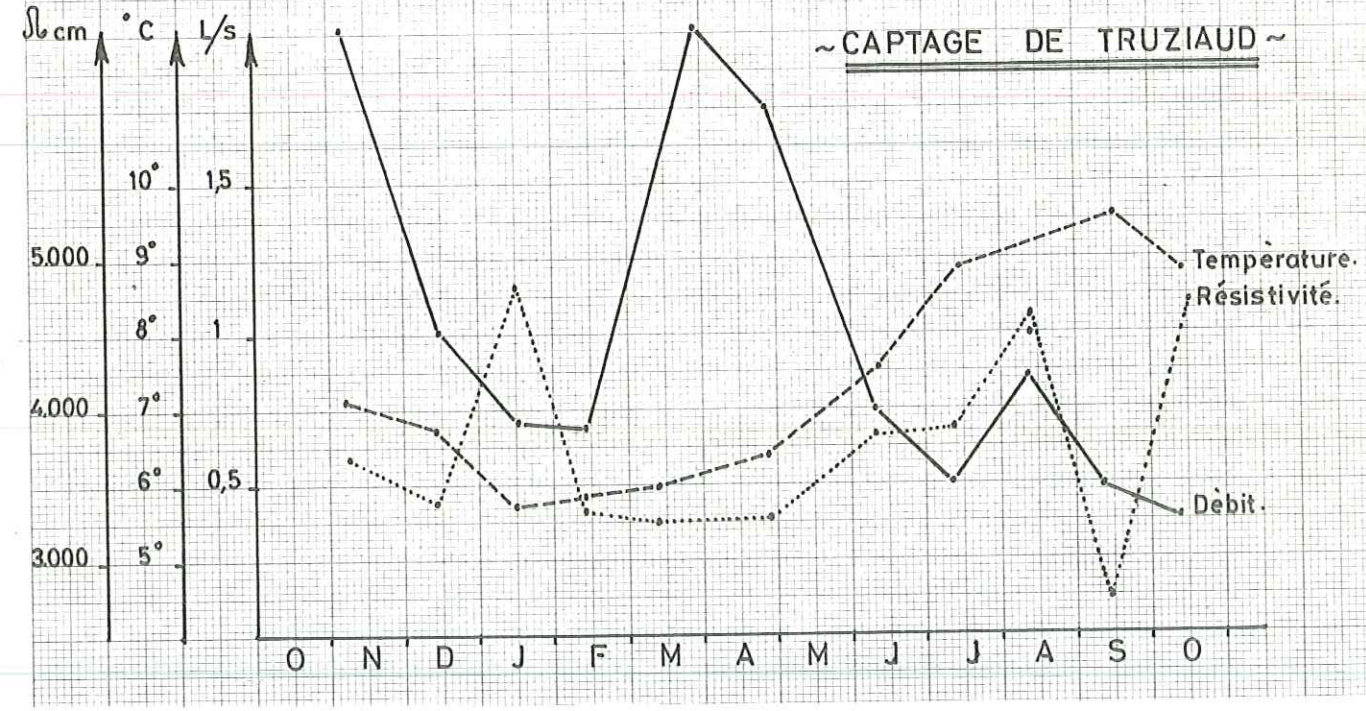
N°4



N°5



N°6



LES PAPIERS CANSON - FRANCE

Cette faible résistivité est due évidemment à un transit très long dans l'aquifère permettant les échanges chimiques prolongés. De plus le matériau se prête à des échanges puisque, presque entièrement sableux, il présente une surface de contact eau - roche qui est très grande.

Enfin, la végétation qui recouvre les moraines permet aux eaux d'infiltration une plus forte teneur en CO_2 et de là une dissolution plus importante des carbonates.

Un second caractère intéressant est la variation de la résistivité avec le débit ; là encore les variations présentent la même forme graphique, mais avec un décalage dans le temps.

C'est la valeur de ce décalage qui peut nous donner une idée du temps de transit moyen de l'eau dans l'aquifère.

Nous n'étudions que les diagrammes les plus représentatifs : c'est-à-dire ceux de la source des Cypières, de la source des Combes et de la source du Bois rond.

Pour la première, on enregistre un décalage de 3 à 4 mois entre le débit et les résistivités, pour la seconde, un décalage de deux mois en moyenne et pour la troisième, à nouveau un retard de deux mois de la résistivité sur les débits.

On peut donc dire que pour les sources de moraines possédant un aquifère assez important le temps de transit moyen de l'eau depuis l'infiltration jusqu'à la source est compris entre deux et trois mois.

Pour les captages du Villard et de Truziaud, les brusques variations de résistivité imagent un aquifère très réduit et influençable par des venues ayant déjà lessivées d'autres matériaux (c'est le cas de Truziaud, une partie de l'eau provient des éboulis supérieurs).

4 - La chimie

- pH

Le pH moyen de sources de moraines est compris entre 7,5 et 8 ; ses variations ne sont pas importantes, on note toutefois une légère baisse des pH au printemps et à l'automne ; ceci est difficilement explicable ; peut être est-ce la conséquence du fumage et du labourage des terres ? Il est impossible de l'affirmer.

- La chimie

Une fois de plus, les eaux des moraines sont bicarbonatées calciques ; ceci se comprend car dans le Dévoluy, la dominance des calcaires donne des eaux qui sont presque toutes semblables.

La minéralisation globale des eaux est assez élevée et, nous l'avons déjà dit, provient d'un contact prolongé avec l'aquifère.

Cette augmentation des teneurs ioniques se manifeste surtout et presque uniquement sur un accroissement en CO_3H^- et Ca^{++} ; ce sont donc les éléments de calcaires sénoniens et à Nummulites qui sont soumis à une dissolution plus importante ; lorsqu'on observe l'eau qui ruisselle sur les affleurements de moraine lors de violents orages, on s'aperçoit qu'elle a une couleur laiteuse ; en effet elle transporte de la poudre de roche qui est le résidu des chocs répétés des blocs de Sénonien à l'intérieur des glaciers ; cette poudre de roche a été déposée dans les moraines par les torrents sous-glaciaires.

On comprend alors pourquoi les échanges chimiques sont plus importants dans les moraines où le matériau est à l'état de poudre ; la teneur en silice n'a d'ailleurs jamais été aussi importante ; elle est en moyenne de 2,2 mg/l. Seule la source du Bois rond est très déficitaire en silice, ce cas est difficilement explicable.

Enfin les autres ions ne sont pas plus représentés que dans les eaux précédemment étudiées, on peut d'ailleurs grouper toutes ces sources en une seule famille.

P

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

	pH	Résis. en cm	Cl^- en mg/l	SO_4^{--}	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	CO_3H^-	total	SO_2 mg/l	date
Cypières	7,9	3410	0,0846	0	0,040	0,021	traces	3,400	0	3,444	6,99	2,3	7/8
	7,7	4000	0,1128	0	0,032	0,027	0,003	3,443	0	3,444	7,05	2,9	25/4
	7,5	4200	0,020	0	--	0,003	0,004	2,675	0,065	2,750	5,52		
	7,75	3200	0,041	0,028	--	0,003	0,008	3,240	0,764	3,966	8,05		
Festre	8,1	4800	0,1128	0	0,028	0,040	0,002	3,193	0	3,136	6,50	2,5	6/8
	7,6	3500	0,1128	0	0,030	0,037	0,005	3,193	0	3,28	6,60	2,45	23/4
L'Enclus	7,7	2980	0,0846	0	0,029	0,052	0,002	3,970	0	3,936	8,07	2,0	5/8
	7,6	3180	0,048	0,062	--	0,021	0,007	3,610	0,07	3,550	7,36		
Le Villard	8,1	3700	0,0846	0,026	0,020	0,027	traces	2,243	0,	3,28	5,84		
	8	4700	0,1128	0	0,013	0,017	0,003	2,744	0	2,952	5,85	2,2	4/5
Bois rond	7,6	3510	0,0846	0	0	0,029	traces	3,892	0	3,772	7,77	1,5	5/8
	7,4	3300	0,0846	0	0,008	0,043	0,0025	3,443	0	3,444	7,02	1,3	4/5
Truziaud	7,9	4260	0,0846	0	0,0120	0,0150	traces	2,700	0	2,624	5,43	2,25	7/8
	8	4650	0,006	0,016	--	0,023	0,003	2,400	0,2	2,480	4,94	2,45	16/4

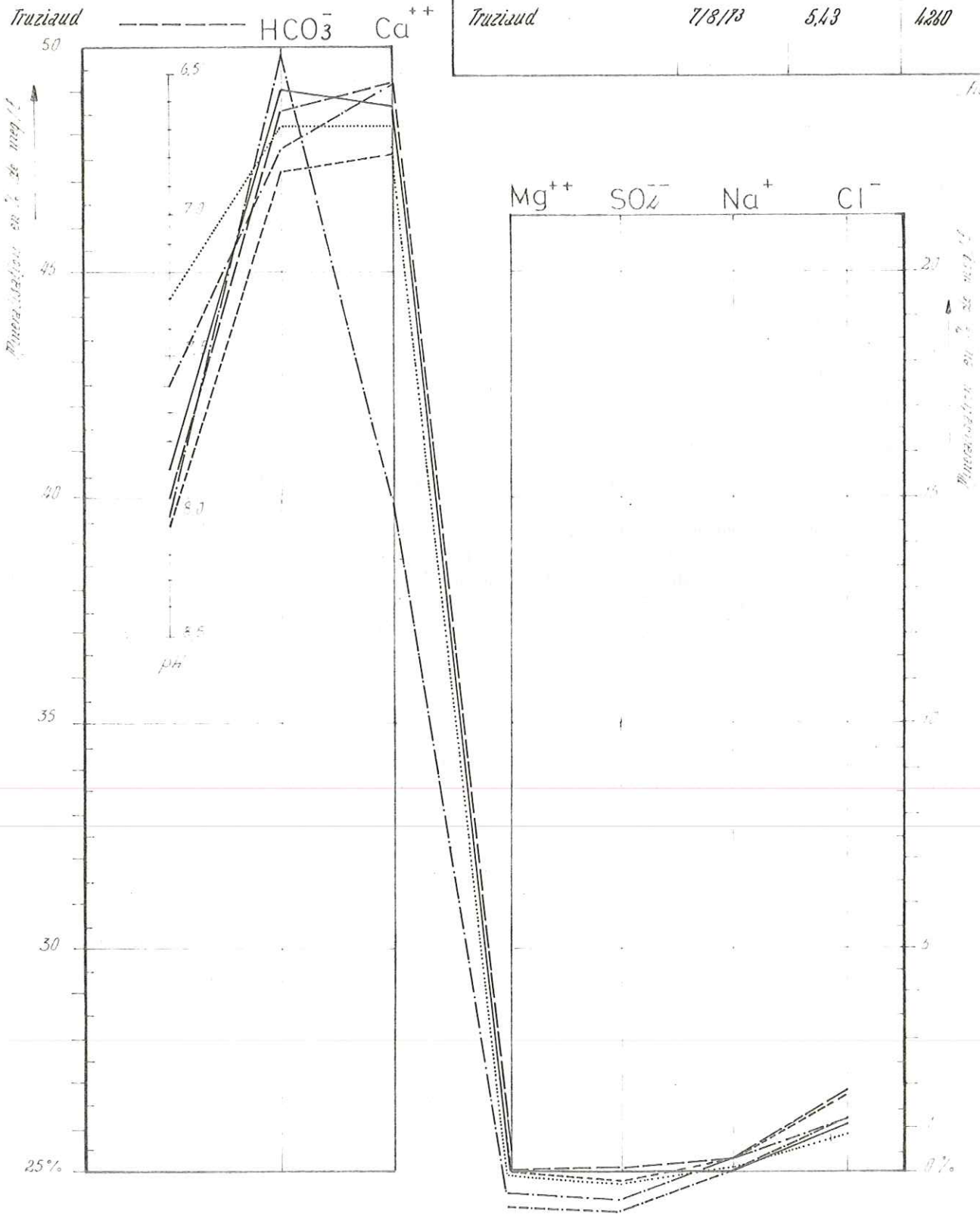
PRESENTATION DES RESULTATS D'ANALYSES POUR LES SOURCES DE MORAINES

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

39

Echantillon	Date du prélevem	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Cypieres	7/8/73	6,99	3410
Festre	6/8/73	6,50	4800
L'Enclus	5/8/73	8,07	2980
Le Villard	5/8/73	5,844	3700
Bois Rond	5/8/73	7,7	3510
Truziaud	7/8/73	5,43	4260

Fig. 41



V. - SOURCES DES GRES VERTS

Ces grès font partie de la série détritique du Nummulitique ; ils surmontent les formations du Flysch et sont souvent recouverts par la molasse rouge. Ce sont des grès grossiers en bancs de 2 à 3 mètres présentant des formes de stratifications entrecroisées ; ils sont composés de quartz, de calcite et aussi de chlorite qui leur donne une couleur verte. Ils sont uniquement présents dans le synclinal de St-Disdier-col du Festre où ils ont une épaisseur de 50 à 100 mètres suivant les endroits.

Bien que de nature très poreux, ils arrivent en quelques points à donner des sources assez réduites, mais qui serviront tout de même à l'alimentation de petits hameaux. Nous étudierons trois sources appartenant à cette formation ; il s'agit des sources du Lavore, des Pertusets et des Coutières ; elles sont les plus caractéristiques, mais surtout les seules qui soient vraiment marquées par une émergence précise.

A. - PRESENTATION DES SOURCES ETUDIEES

1 - La source du Lavore

On la trouve à l'Est du village de St-Disdier, sur le côté gauche de la route joignant St-Disdier à la Mère Eglise, environ 400 mètres avant la chapelle à l'altitude 1150 mètres. Cette source a été captée, mais le captage, très ancien semble à l'heure actuelle être délaissé.

L'émergence se fait au sein de la masse des grès verts, au niveau d'une interstrate ; un arrangement plus compact dans la granulométrie du banc inférieur doit le rendre plus impénétrable et favoriser l'émergence en ce point. Le bassin versant exact est ici impossible à connaître en raison de la végétation qui le recouvre.

2 - La source du torrent des Pertusets

Lorsque l'on va par la route du village du Villard-Joli à celui du Grand-Villard, on traverse le torrent des Pertusets en passant sur un pont (cote 1207,5 m). La source se situe 300 mètres plus bas dans le lit du torrent à l'altitude 1150 m. En période de fonte des neiges ou de violents orages, elle disparaît dans les eaux du torrent, sinon c'est elle qui alimente ce petit ruisseau. Dans ce cas encore, aucun accident tectonique n'est à l'origine de cette source, elle prend naissance dans les grès verts à la faveur sûrement d'une faible différence de perméabilité et aussi grâce à la morphologie très accusée du secteur (profond talweg). Elle est alimentée par drainage des grès verts de la rive droite et du lit supérieur du torrent.

En période de crue, la roche très poreuse, emmagasine une assez forte quantité d'eau qu'elle rend ensuite après la décrue ; s'il ne pleut pas pendant longtemps, cette source arrive à tarir, ou du moins l'écoulement disparaît sous le lit du torrent.

3 - Source des Coutières

On la trouve à 400 mètres au Sud Ouest du village des Coutières, elle émerge d'un affleurement réduit de grès verts. Son débit qui est toujours très faible, n'a pas été suivi en permanence ; seulement de l'eau a été prélevée pour effectuer des analyses.

Là encore, cette source arrive à tarir en cas de sécheresse prolongée.

B. - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES

	Source du Lavore	Source des Pertusets	Source des Coutières
Débit minimum en l/s	0,15	0,3	
Débit maximum en l/s	4	6	
Variabilité	28	20	
Débit moyen en l/s	1,2	2	
Résistivité moyenne en ohms cm	3 100	2 950	3 200
pH moyen	7,7	7,5	7,6
Température moyenne	7°	6°8	

1 - Le débit

Les variabilités qui sont comprises entre 20 et 28, imagent bien la valeur de l'aquifère ; en effet, on ne pourra avoir aucune confiance dans les sources de cette formation ; même si leurs débits moyens sont encore élevés, il est très fréquent de les voir tarir.

L'aquifère qui est très poreux a la possibilité d'absorber beaucoup d'eau, mais aussi de la rendre très rapidement. C'est ainsi que l'on aura de forts débits en période de fonte des neiges, ou encore en période très pluvieuse, mais peu de temps après, ces débits auront déjà des valeurs très basses.

2 - Les températures

Elles correspondent bien avec l'altitude des sources ; de même leurs variations suivent de très près celles de la température du lieu correspondant.

Là encore, ceci est la preuve d'un transit assez rapide au sein de la roche, d'une circulation assez superficielle et aussi d'un aquifère réduit ne pouvant obtenir une température stable.

Bien que la roche soit gréseuse, il ne faudra pas s'attendre à une très bonne filtration des eaux de ces sources pour les raisons que nous venons d'indiquer.

3 - Les résistivités

Elles sont très faibles, ce qui n'est pas surprenant vu le type de roche traversé ; la surface de contact entre l'eau et la roche étant très grande puisqu'il s'agit de grès, les échanges chimiques seront très favorables d'où les faibles résistivités relevées. Pour les diverses sources on trouve un groupement assez serré autour de 3 000 ohms cm. Ce sont les valeurs les plus basses que nous avons enregistrées jusqu'alors parmi les divers autres aquifères étudiés dans le Dévoluy.

En général, les variations de résistivité pour une même source pendant toute l'année sont assez peu accusées ; il n'y a donc pas d'emmagasinement d'eau dans l'aquifère. La vitesse du transit est quasiment la même en période de crue et en période de sécheresse. Ce qui entraîne bien souvent le tarissement de beaucoup de ces émergences.

4 - La chimie

Le pH moyen est de l'ordre de 7,6 ; il est assez bas ; cette tendance plus acide est peut-être due à des contacts plus fréquents avec la surface et la végétation d'une eau circulant à faible profondeur.

Nous présentons les résultats dans un tableau

	pH	résis. en cm	Cl^- en meq/l	SO_4^{--}	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	CO_3H^-	total en meq/l	date
source du Lavore	7,7	3120	0,1692	traces	0,0724	0,0870	0,051	3,742	0,296	3,930	8,34	11.1.74
source des Pertusets	7,8	3140	0,0846	0,0618	0,0120	0,0870	0,0025	3,750	2,712	4,100	10,81	7/8/73
source des Coutières	7,9 7,3	2800 3625	0,014 0,023	0,068 0,087		0,104 0,005	0,012 0,005	3,475 2,775	0,577 0,830	4,150 3,520	8,40 7,24	8/66 6/72

Les eaux circulant dans les grès verts du Dévoluy sont fortement bicarbonatées calciques. Elles sont très minéralisées puisque l'on obtient des valeurs de minéralisation totale comprise entre 7 et 11 meq/l ; ce sont les plus hautes teneurs enregistrées jusqu'à ce stade de l'étude dans le massif. Là encore, l'augmentation n'est pas effective sur tous les ions, mais uniquement sur le Ca^{++} et le CO_3H^- ; l'état très divisé des grès permet un contact plus étroit entre l'eau et la roche, d'où une dissolution plus importante.

Les ions restants ont des teneurs si faibles qu'ils ne peuvent en rien caractériser cet aquifère ; les fortes teneurs en Mg^{++} (Pertusets) doivent être liées à une pollution proche de la source (dépôts d'ordures au voisinage).

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

40

Source du Lavoré _____

Source des Pertusets _ _ _ _ _ _ _

Source des Coutieres _ _ . _ _ . _ _ . _ _

Echantillon	Date du prélevem.	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Lavoré	11/1/74	8,34	3120
Pertuset	7/8/73	10,81	3140
Coutières	8/66	8,40	2800

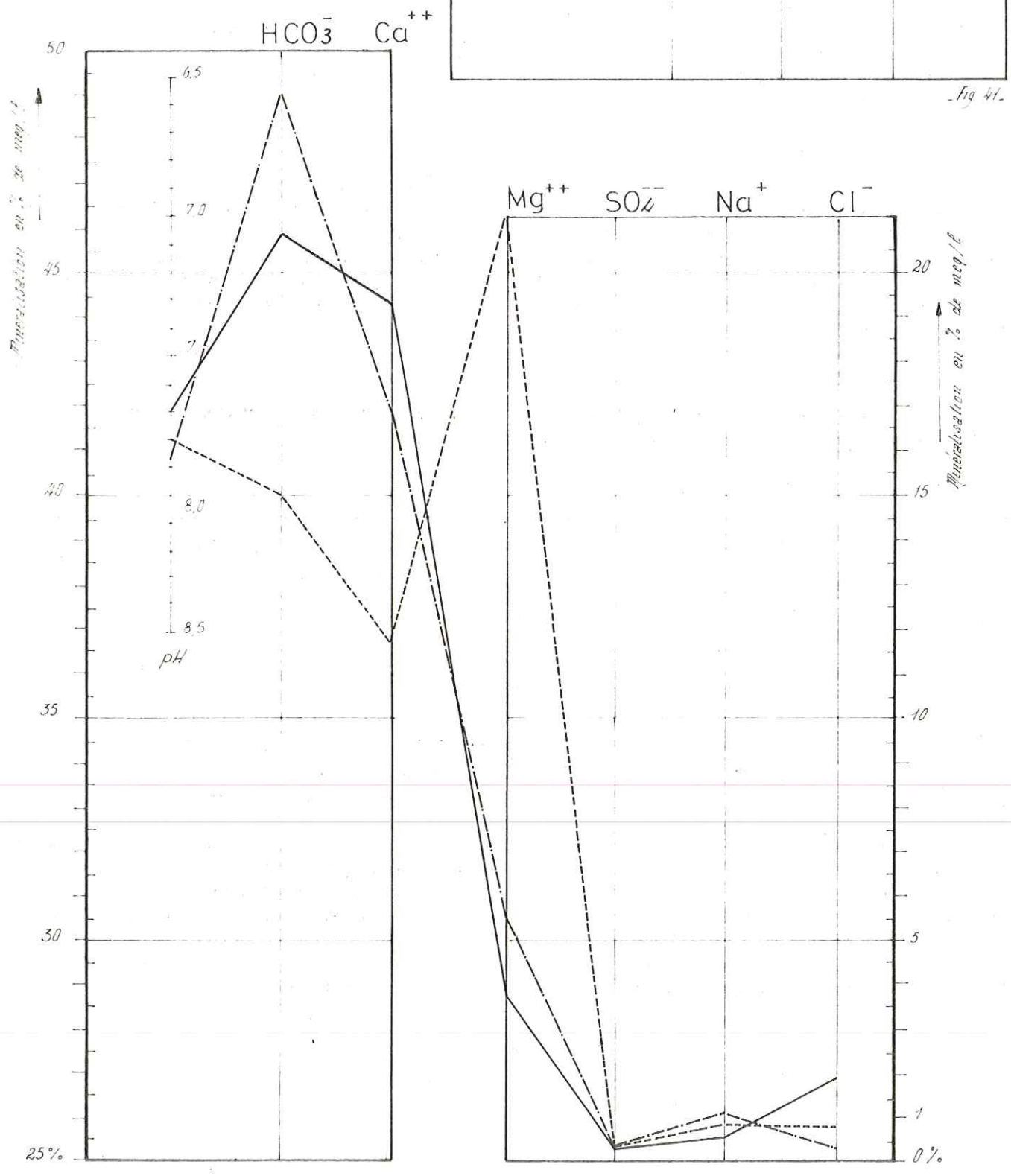


Fig 41

VI. - SOURCES DE LA MOLASSE ROUGE

Ce n'est qu'à titre indicatif que nous parlerons ici de ces émergences ; en effet, il s'agit de faibles écoulements que les molasses gorgées d'eau rendent à la manière d'une éponge.

Ce sont évidemment des eaux de surface ; la perméabilité des molasses étant très réduite, tout transit est presque impossible ; seule une épaisseur de 3 à 4 mètres, à partir de la surface est imbibée et rend avec une extrême lenteur l'eau qu'elle contient.

Dans la forêt de Malmort, qui occupe le centre du massif du Dévoluy, le sol est entièrement formé de molasse rouge, et une multitude de petites sources prennent naissance pour réaliser un chevelu inextricable, impossible à étudier ; le volume d'eau qui ruisselle de toute part est important mais hélas indomesticable.

Dans la terminaison sud de la forêt de Malmort, au-dessus du village d'Agnières-en-Dévoluy, les molasses rouges sont encore présentes avec des sources plus faibles mais qui ont été suivies.

Ce sont les sources des champs de Devant la Vière, situées à 500 mètres au Sud du village d'Agnières-en-Dévoluy. Il s'agit de trois sources, dont les deux plus hautes ont été groupées pour l'étude et la plus basse située à 200 mètres des premières a été relevée séparément.

A. - CARACTERES PHYSIQUES

	Sources basses	Sources hautes
Débit minimum en l/s	0,1	0,2
Débit maximum en l/s	3	2,6
Variabilité	30	13
Débit moyen en l/s	1	0,9
Résistivité en Ω.cm	2300	2500
pH	7,5	7,5
Température moyenne	5°9	6°4

1 - Les débits

Bien que l'aquifère soit peu perméable on obtient des variabilités qui sont très élevées ; ceci est dû à une circulation essentiellement de surface tributaire des précipitations ; en période fortement influencée, les débits seront très hauts mais en état de sécheresse, ou bien l'hiver en présence du manteau neigeux le tarissement sera très rapide.

Il s'agit d'aquifère très réduit mais les débits moyens sont toutefois importants (de l'ordre du l/s) ; le transit qui s'effectue à faible profondeur et sur une courte distance est très rapide, ce qui permet un renouvellement rapide des réserves en fonction des précipitations évidemment. Il est certain qu'avec de telles conditions de circulations il ne faut pas s'attendre à une bonne filtration ; elle est en général très mauvaise d'autant plus que ces sources se trouvent dans des zones à forte végétation.

2 - Les températures

La proximité de la surface donne aux eaux de ces émergences une température toujours voisine de celle de l'air ; on enregistre donc des écarts importants entre l'été et l'hiver (de l'ordre de 4 à 6°) ; les températures moyennes annuelles sont voisine de celle de l'air pour la même altitude (1 250 - 1 300 mètres).

3 - Les résistivités

Les résistivités enregistrées sont plus faibles que pour les grès verts, elles varient entre 2 300 et 2 700 Ω.cm. Le contact très étroit entre l'eau et son aquifère est encore la raison de ces faibles valeurs ; il est aussi envisagé qu'une partie de l'eau alimentant ces émergences a déjà lessivé les grès verts qui sont très voisins, et s'est donc enrichie en sels minéraux.

La proximité de la surface, et la forte densité de végétation permettent une richesse en CO_2 et par la suite une concentration élevée en calcium, nous le constaterons dans les analyses chimiques.

Caractères chimiques

pH

Les pH sont fréquemment très bas et voisins de 7 ; cette tendance de plus en plus marquée à l'acidité est due à une circulation proche de la surface permettant des échanges intenses avec les végétaux et surtout un enrichissement en acides de décomposition végétale.

Des observations empiriques ont permis de constater que dans le Dévoluy, toute baisse dans les pH est bien souvent liée à une pollution plus marquée ; en effet, il n'est pas rare de constater en période de fumage des champs, ou après la transhumance une chute des pH pour des sources alimentées par des circulations d'eaux superficielles.

Chimie

	pH	résis. en Ωcm	Cl^- en m.eq/l	SO_4^{--} en meq/l	NO_3^- en meq/l	Na^+ en meq/l	K^{++} en meq/l	Ca^{++} en meq/l	Mg^{++} en meq/l	CO_3H^- en meq/l	total en meq/l	SiO_2 en mg/l
sources hautes	7,6	2270	0,1974	0,046	0,0350	0,134	0,002	4,90	0,517	5,25	11,07	2,5
sources basses	7,3	2650	0,1974	traces	0,045	0,121	0,007	4,240	0,443	4,75	9,79	2,0

Après avoir lessivé les molasses rouges du Dévoluy, les eaux présentent une composition chimique de type bicarbonaté calcique.

Les teneurs en bicarbonates et en calcium sont très élevées et forment plus de 90 % des sels dissous ; les autres ions ont des teneurs très faibles et là encore ne pourront servir de critères de distinctions des eaux des molasses avec celles des autres aquifères. Même les teneurs en silice ne donnent pas plus de précision ; elles sont à peu près équivalentes à celles des moraines.

VII. - CONCLUSION SUR LES DIVERS AQUIFERES

Au terme de ce chapitre il est bon de tirer quelques conclusions afin de mettre en valeur les résultats obtenus. Nous avons étudié les différents aquifères c'est-à-dire successivement, les calcaires sénoniens (transgressifs puis chevauchants), les éboulis du Sénonien, les moraines, les grès verts et enfin les molasses rouges. Nous avons vu que pour chacune des formations il nous a fallu un ensemble de mesures conséquentes et étalées sur une période de plus d'une année, pour en obtenir quelques unes qui soient parlantes.

Grâce à des relevés fréquents de débits, on a pu obtenir les points hauts et les points bas de la courbe de débit et à partir de là, la variabilité de chaque source ; ce résultat est important car il nous fait connaître la véritable valeur de l'aquifère. L'exemple des Gillardes est remarquable : avec une variabilité voisine de 100, on est sûrement en présence d'un aquifère très ouvert où le trnasit est très rapide à l'opposé des sources de moraines qui ont des variabilités de 2 ou 3 et présentent des caractères inverses.

Les mesures de températures donnent elles aussi des indications bien précises ; une source qui a des températures trop faibles, est soit alimentée par un bassin versant d'altitude (exemple des Gillardes) et éloigné de la source, soit par la fonte de glace restant dans les fissures (exemple des sources du col de Rabou). Des variations brutales dans les températures sont le résultat d'une alimentation massive et surtout d'un transit très rapide au sein de l'aquifère.

De même les résistivités nous ont permis de séparer les eaux des différents aquifères et de noter les variations d'une même source, variations qui par leur rapidité ou leur lenteur imagent l'écoulement souterrain.

Les analyses chimiques encore sont un complément utile à toutes ces mesures ; elles nous ont surtout permis de bien différencier chaque eau en fonction de l'aquifère. C'est ainsi que nous avons relevé que les minéralisations totales étaient comprises :

- entre 3,5 et 5 mg/l pour les eaux des éboulis du Sénonien
- entre 4,5 et 5,5 mg/l pour les eaux des calcaires sénoniens
- entre 5 et 8 mg/l pour les eaux des moraines
- entre 7,5 et 11 mg/l pour les eaux des grès verts.
- entre 10 et 11 mg/l pour les eaux des molasses

Enfin les essais de coloration fournissent en milieu karstique un des résultats les plus nets, lorsqu'ils réussissent, car ils nous communiquent presque tous les paramètres de l'aquifère.

En conclusion, notre étude confirme que si avec une ou deux mesures, on ne peut rien affirmer en hydrogéologie, par contre, des relevés fréquents et divers permettent de caractériser un aquifère, si tous les résultats convergent vers une même solution.

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

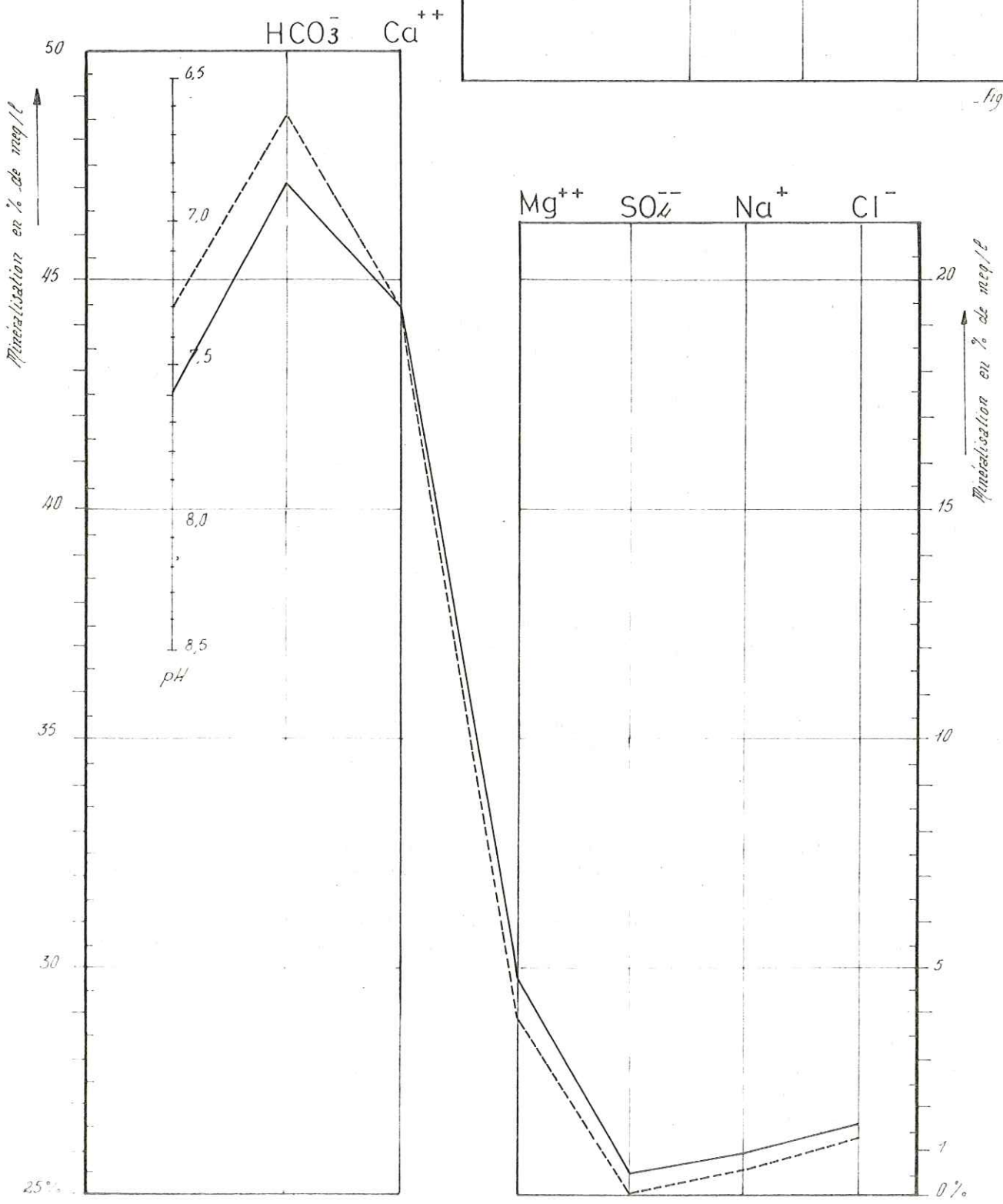
41

Sources Hautes

Sources Basses

Echantillon	Date du prélèvem.	Minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
Hautes	*6/8/73*	*11,07*	*2270*
Basses	*6/8/73*	*9,19*	*2650*

fig 41



GRANDS TRAITS A RETENIR SUR LE BASSIN VERSANT DU DEVOLUY

GEOLOGIE - STRATIGRAPHIE

- Présence d'un substratum formé par les terrains jurassiques supérieurs et crétacés qui ont été plissés au début du Crétacé supérieur.
- Existence d'une érosion de ces plis lors de l'émersion qui résulte de ces mouvements.
- Transgression du Sénonien calcaire sur les différents terrains du substratum qui est souligné par une importante discordance.
- Importance des calcaires sénoniens dont l'épaisseur varie entre 50 et 600 m environ, et qui forment l'ossature du massif ; très karstifiés, ils jouent un rôle hydrologique important.
- Dépôts des formations tertiaires et quaternaires qui remplissent les fonds des vallées.

TECTONIQUE

- Le massif du Dévoluy a pris la forme que les calcaires sénoniens lui imposent, c'est-à-dire une vaste cuvette synclinale, d'axe N-S basculée vers le Nord.
- Sous l'effet des contraintes alpines, le Sénonien et les terrains qui le recouvrent, se reploient sur eux-mêmes pour former le chevauchement du col de Rabou et celui du flysch.
- Les grands axes tectoniques (failles, plis) ont une direction environ N-S et seront les facteurs principaux de drainage des eaux suivant cette direction.

HYDROGEOLOGIE

Bilan

Après diverses approches, on doit admettre que l'évapotranspiration ne dépasse pas 25 % de la pluviométrie. Cette faible valeur peut être attribuée à :

- fort pourcentage d'éboulis sur la surface du bassin versant.
- une majorité d'affleurements calcaires très fissurés et karstiques ;
- une végétation rare et concentrée dans les fonds de vallées.

Ces trois facteurs favorisent une forte infiltration.

Niveau de base hydrologique

Il s'agit du substratum du massif, formé par le Jurassique supérieur et le Crétacé ; il est parfaitement étanche ; les diverses observations, le bilan et les colorations le prouvent.

Aquifère principal

Reposant sur le substratum, il est formé par les calcaires sénoniens et nummulitiques ; il fonctionne comme un réseau karstique très ouvert ; le drainage se fait du Sud vers le Nord, par collecte des eaux dans l'axe synclinal du massif, avec pour unique émergence, les sources des Gillardes.

Cet aquifère karstique, présente des circulations très ouvertes (type chenaux), se drainant les uns les autres. L'existence d'une nappe aquifère est possible dans la partie basse du synclinal (en amont des sources des Gillardes) mais je pense qu'elle est très réduite.

Aquifères secondaires

Parmi les aquifères secondaires on doit retenir ceux des moraines qui sont de loin les plus intéressants en donnant des sources aux débits importants et réguliers.

Les autres aquifères (grès verts, molasse rouge) ont un rôle mineur.

Caractères physico-chimiques

Les eaux des différentes sources du Dévoluy se différencient chimiquement, uniquement par leur minéralisation globale qui est plus ou moins importante suivant l'aquifère d'où elles sont issues. Toutes les eaux rencontrées sont bicarbonatées calciques avec une faible teneur en CO_2 libre, probablement due à l'absence de véritable sel et de végétation.

ETUDE DE LA POLLUTION

(commune de St-Etienne-en-Dévoluy)

Au cours de notre étude nous avons été amené à participer à des recherches sur la pollution des eaux dans le périmètre de la commune de St-Etienne-en-Dévoluy, lors d'une campagne organisée par le S R A E d'Aix-en-Provence et nous pensons qu'il est intéressant de donner ici une synthèse des principaux résultats obtenus.

I. - RENSEIGNEMENTS GENERAUX

a) - Population

Depuis le construction de la station de sports d'hiver de Superdévoluy, la population de la commune de St-Etienne se résume à :

- 412 habitants pour l'ensemble,
- 104 " " le village de St-Etienne.

En période de vacances, on obtient un nombre supérieur à 5.000 résidents dont 4 000 sont à Superdévoluy.

b) - Assainissement

Le réseau récent de Superdévoluy, se raccorde dans l'ancien réseau de St-Etienne ; l'épuration des eaux usées est assurée par un bassin de décantation - digestion prévu pour 400 usagers, c'est-à-dire plus de dix fois inférieur au nombre d'habitants en période de pleine fréquentation de la station ; de plus, son entretien paraît difficile d'après l'ensevelissement des dalles d'accès au bassin.

II. - ETUDES EN CONTINU DES EFFLUENTS

Deux études des effluents bruts ont été faites ; l'une à Pâques 1974 et l'autre en août 1974.
Les débits ont été mesurés à l'aide d'un déversoir triangulaire et d'un limnigraphe installés sur un regard et les prélèvements effectués en continu.

a) - Débits

On note deux pointes moyennes : une entre 14 h et 15 h
une en soirée à 21 h
et une pointe forte : en matinée à 9 h
Le débit de nuit est plus faible.

débits enregistrés en l/s	27/28 mars	12/13 août
débit moyen en 24 h	7,5	5,4
débit moyen de jour	8,8	6,6
débit moyen de nuit	4,2	2,4

b) - Physico-chimie

- La courbe représentant les conductivités en fonction du temps suit fidèlement celles des débits ; les pics de conductivité renseignent sur la répartition des flux polluants.
- La courbe du pH est elle, beaucoup plus capricieuse ; il est alcalin à la pointe de la matinée ; le déplacement vers le pôle basique (7 à 9 h et 17 à 19 h) correspond à l'utilisation de détergents et savons.

- Les matières en suspension suivent les chiffres de fréquentation.
- Les rejets d'eaux usées influent directement sur certaines teneurs salines (chlorures, sulfates, sodium, potassium). L'alcalinité augmente avec la période de rejet ainsi que la quantité de produits azotés (sous forme ammoniacale), phosphorés et de détergents.

III. - INFLUENCE SUR LE MILIEU RECEPTEUR : LA SOULOISE

Les prélèvements ont été effectués en trois séries ; les premiers lors d'une reconnaissance, puis les deux autres lors des mesures en continu (pendant 24 h) de mars 1974 et d'août 1974.

a) - Physico-chimie

- Tournée de reconnaissance.

Elle a été effectuée alors que la fréquentation de la station était quasiment nulle et que le débit de la Souloise était assez fort.

Malgré la charge légère de l'effluent on a observé, entre l'amont et l'aval du rejet :

+ que le pourcentage d'O_2 dissous, présentait une faible baisse ;
+ que la conductivité, l'alcalinité et les chlorures augmentaient en ayant des effets modérés.
+ l'apparition de traces d'ammoniaque et de détergents ;
+ une perturbation du cycle azoté ;
+ des valeurs anormales de l'autoconsommation et de la D.B.O.5 ;
+ l'enrichissement notable en Orthophosphates.

- Prélèvements de mars 1974

A cette époque la fréquentation de la station avoisinait son maximum (4 000 personnes). Les analyses ont confirmé les données précédentes.

+ Le pH est toujours alcalin,
+ Légère influence sur la conductivité,
+ L'O_2 dissous, présente une chute mais reste satisfaisant grâce au régime torrentiel et au fort débit pour cette période de l'année ; en effet, le cœfficient de dilution était de 100 à cette époque.
+ La présence (NH_4 + $-NO_2^-$) montre la perturbation du cycle de nitrification et indique des fluctuations semblables à celles entrevues au niveau de la DBO5.
+ Le rejet enrichit le milieu en ions Cl^- Na^+ et K^+.

Le flot polluant passe entre 8 h et 9 h à St-Etienne et se retrouve vers 17 h à la sortie du massif (pont de la Baume). Ces mesures du 27/28 mars montrent que l'influence des rejets de St-Etienne et de Superdévoluy sur le milieu est légère e en raison du débit exceptionnellement fort rencontré dans la Souloise ; toutefois l'effet des eaux usées reste assez virulent puisqu'on le perçoit jusqu'au sortir du massif malgré un facteur de dilution de 100.

- Prélèvements d'août 1974

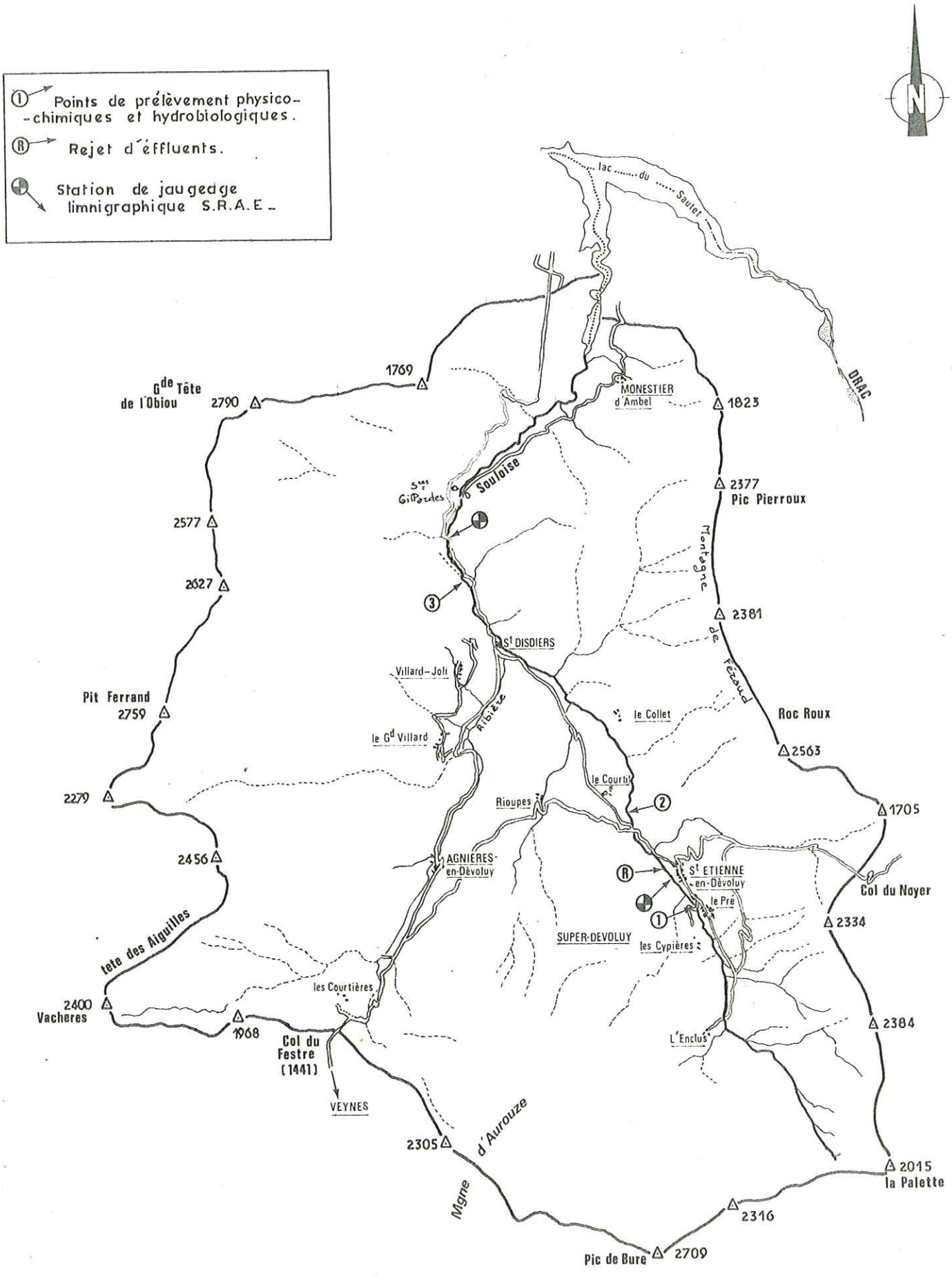
Les analyses nous montrent que les effets de la pollution domestique sont plus accusés pour une fréquentation plus f faible qu'au mois de mars.

On note :

+ une forte augmentation du pH ;
+ une forte montée de la conductivité ;
+ que la DBO5 et l'oxydabilité atteignent des valeurs très critiques au Courtil ;
+ que la DCO est inadmissible après le rejet ;
+ que l'effluent donne un apport conséquent en ions Na^+ et K^+ ;
+ que l'apparition de détergents et d'ammoniaque est bien plus massive qu'au mois de mars ;
+ que l'apport de NH_4^+ perturbe profondément le cycle azoté après le rejet.

Le facteur de dilution à cette époque était de 10 ; et malgré la forte pollution, le cours d'eau arrive à réagir et à presque se rééquilibrer avant sa sortie du massif.

44 — BASSIN VERSANT DE LA SOULOISE —



IV. - ETUDE HYDROBIOLOGIQUE

Des études hydrobiologiques, parallèles aux études chimiques ont montré que la faune subissait de fortes pertes lors de flux polluants, mais grâce aux périodes de repos des nuits et des intersaisons, elle arrivait toutefois à s'équilibrer et à subsister.

Si l'on se tient à ces trois séries de mesures, on peut affirmer que le caractère irrégulier du rejet et de la fréquentation permet la survie d'une partie de la faune. Si le rejet était continu, des désordres graves dans le milieu faunistique de la Souloise seraient observés.

En saison estivale, le développement d'algues filamenteuses est très important et l'indice biotique chute considérablement ; en effet, la longueur du cours d'eau pollué progresse fortement vers l'aval..

V. - CONCLUSION

Nous avons vu que si la Souloise arrive, tant bien que mal à subsister, c'est surtout grâce au facteur de dilution que nous avions lors des mesures. En été, alors qu'il était de 10 le flot polluant se déplaçait assez loin vers l'aval.

En période d'étiage (hiver comme été) il est fréquent de relever des débits de 20 à 30 l/s dans la Souloise, c'est-à-dire des dilutions qui sont de l'ordre de 2 à 3 si la station est correctement fréquentée. Dans des cas de ce type l'influence du rejet sur la Souloise doit être désastreuse ; et l'on comprend pourquoi certaines fois les pêcheurs se plaignent de destruction presque totale des réserves piscicoles du torrent.

Si rapidement, une station d'épuration n'est pas installée dans le Dévoluy, la faune de la Souloise sera totalement perdue, d'autant plus que la station de Superdévoluy prévoit 1000 lits supplémentaires, et que de son côté la commune d'Agnières-en-Dévoluy a projeté 2 500 lits qui seront réalisés d'ici 1 ou 2 ans et dont les effluents se joidront à la Souloise.

Des mesures sont donc à prendre pour éviter la pollution du torrent et des efforts à faire pour conserver la propreté du massif de plus en plus parcouru par les touristes, afin d'éviter la détérioration des eaux profondes qui ne subissent aucune filtration depuis leur pénétration dans le karst.

BILANS COMMUNAUX

Le massif du Dévoluy forme un seul canton qui se subdivise en trois communes :

- la commune de Saint-Etienne-en-Dévoluy,
- la commune d'Agnières-en-Dévoluy,
- la commune de Saint-Disdier-en-Dévoluy.

Chaque année sèche, plusieurs hameaux appartenant à ce canton souffrent pendant quelques semaines et parfois plusieurs mois de l'absence d'eau.

A la fin de cette étude, il nous est facile de comprendre comment ceci se réalise. En effet nous l'avons dit, la majorité des eaux de pluie arrosant le massif s'infiltre pour ressortir aux sources des Gillardes, lieu où elles ne sont plus exploitables.

Si par le passé le manque d'eau potable se faisait déjà sentir, de nos jours les servitudes de la vie moderne le rendent encore plus gênant.

La commune de Saint-Etienne-en-Dévoluy qui ne comptait qu'un peu plus de cent habitants, a maintenant pendant les périodes de pointes une population comprise entre 6 000 et 7 000 habitants, depuis la construction de la station d'altitude de Superdévoluy.

De même la commune d'Agnières va être confrontée aux mêmes problèmes puisqu'elle projette une station de ce type ; sa population passera alors de la centaine d'habitants à plusieurs milliers.

Les ressources en eau sont-elles suffisantes pour répondre aux nouvelles demandes ?
Nous allons essayer de le préciser commune par commune.

- Commune de Saint-Etienne-en-Dévoluy

Des jaugeages ont été effectués pendant toute l'année 1973 sur les sources les plus importantes du canton. Nous avons retenu tous les débits d'étiage de chacun ; après les avoir additionné on obtient :

Etiage de l'année 1973 = 27 l/s

Ce débit d'étiage est très proche de celui de la Souloise, dans les Etroits où une station limnigraphique est implantée, et où les eaux qui circulent, correspondent à l'étiage d'hiver, aux débits des différentes sources avec un peu de ruissellement.

Pour connaître grossièrement, quelles sont les ressources en eau de la commune, on pourra à l'avenir, mesurer le débit d'étiage de la Souloise (à l'entrée des Etroits). Cette mesure devra être réalisée au mois de février, par temps très froid, afin d'éviter l'influence de la fonte des neiges.

Pour l'année 1973 les ressources étaient de 27 l/s ; dans ce chiffre, 13 l/s étaient captés pour l'alimentation des diverses habitations. Il ne restait donc que 14 l/s exploitables.

En prévoyant une année particulièrement sèche, et en tenant compte des difficultés et des pertes d'exploitations on pourra encore récupérer 10 l/s dans le plus mauvais des cas pour l'alimentation en eau potable de nouvelles constructions.

On peut enfin préciser que les 10 l/s (débit d'étiage très bas) sont presque entièrement récupérables sur les sources du col de Rabou (sources -1800 ; des Nuages, de Plate-Tête, du Rif froid).

Toute exploitation future devra donc être réalisée à priori dans ce secteur.

- Commune d'Agnières-en-Dévoluy

Là encore, les jaugeages ont été effectués pendant toute l'année 1973. La somme des débits d'étiage nous donne un débit total de 12,5 l/s. Cette commune est donc beaucoup plus pauvre en eau domesticable.

De plus sur les 12,5 l/s recencés, 10 l/s sont déjà captés pour alimenter les divers villages. Si une année très sèche se manifeste, il est fort probable que les ressources en eau de la commune se trouvent comprises entre 8 l/s et 10 l/s.

Avec de telles prévisions, il est difficile de pourvoir à de nouvelles constructions, surtout à celles qui sont prévues (environ 2 500 lits) et qui vont en entraîner bien d'autres. Il est dans ce cas urgent d'envisager une alimentation en eau extérieure à la commune ; ce point d'eau peut être trouvé sur la commune de la Cluse, en aval du village des Garcins où l'étude des sources de Mouche Chot laisse espérer un débit d'étiage compris entre 15 et 20 l/s.

- Commune de Saint-Disdier-en-Dévoluy

Les jaugeages n'ont pas été réalisés sur tous les points d'eau de la commune ; aussi c'est une estimation des résultats que nous donnerons. La somme des débits d'étiage permet d'obtenir un débit total d'environ 8 l/s. Seulement 2 l/s sont captés pour alimenter cette petite commune qui ne dépasse pas la centaine d'habitants.

Il reste donc un potentiel important de ressource en eau. Hélas, la potabilité des eaux dans ce secteur, réduit considérablement le volume que l'on peut recueillir.

Si le besoin devait se présenter, c'est certainement avec difficultés, ou au prix de périmètres de protection très importants (source du village du bas de Gicon en priorité) que les travaux seront réalisés.

POSSIBILITES POUR ACCROITRE LES RESSOURCES

La majorité de l'eau utilisée dans le Dévoluy est employée pour des usages domestiques et non pour l'arrosage. Ce sont des ressources en eau potable qu'il faut rechercher.

On doit donc rejeter toute éventualité de barrage sur la Souloise, ou même de lac collinaire qui ne conviendrait pas à l'utilisation et qui serait même difficilement réalisable pour de grands volumes.

Afin d'obtenir une eau consommable (à l'heure actuelle) il serait bon de récupérer les circulations souterraines bien avant leur sortie aux Gillardes, ou tout simplement puiser dans les sources des Gillardes, dont le débit est nettement supérieur à toute demande (Q min. 0,4 m^3/h).

Il serait dangereux de faire un forage dans les calcaires sénoniens en espérant recouper une circulation souterraine ces calcaires étant karstiques, on a très peu d'espoir d'atteindre un karst avec des circulations importantes, et ceci même dans une zone à forte tectonique car on ne connaît pas exactement le cheminement des failles en profondeur.

La solution la plus sage serait de s'alimenter directement aux sources des Gillardes et de refouler l'eau dans un réservoir suffisamment haut pour qu'il puisse desservir tout le pays.

Si ce projet devait se réaliser un jour, des efforts considérables de propreté seront à faire sur l'ensemble du massif au-dessus de 1 400 m pour éviter toute pollution du karst dont la filtration est inexistante.

REPERTOIRE DES SOURCES

1. - Commune d'Agnières-en-Dévoluy

Nom	Commune	Coordonnées X	Y	Z	débit en l/s minimum	débit max.	variabilité	Remarques *
capt. (haut) Forestier	Agnières en Dévoluy	880,7	271,5	1320	0,3	2,5	8,5	ancien captage 1
capt. (bas) Forestier	"	880,7	271,5	1320	0,3	1	3,3	ancien captage 2
source de Devant la Vière	"	880,7	271,6	1270	0,1	3,1	31	3
source de l'Ubac	"	880,9	270,9	1340	0,6	5	8	ancienne fontaine du village de l'Ubac 4
captage de l'Ubac	"	880,9	271	1350	0,22	1	4,5	captée pour alimenter le village de l'Ubac 5
captage de Forest d'Agnières	"	880,2	270,1	1320	1,4	4,3	3	6
Fontaine de la Garcine	"	879,6	270,5	1320	0,2	4	20	fontaine du village de la Garcine 7
captage d'Agnières Source Combes	"	879,9	269	1360	8	25	3	captée par la commune d'Agnières 8
captage du col de Festre	"	880,15	268,5	1460	0,13	6	43	captée pour alimenter les villages du Festre et Coutières 9
captage de Maubourg	"	879,5	272	1380	0,3	4	13	captée pour alimenter le village Maubourg 10
Sources des Combe	"	880,2	272,2	1330	0,6	5,4	9	11
source des Près du Forest	"	881	273,8	1190	0,7	5,2	7,5	12

* Les numéros des sources sont reportés sur la planche n° 43

2. - Commune de Saint-Disdier-en-Dévoluy

Nom	commune	Coordonnées X	Y	Z	en l/s débit min.	débit max.	variabilité	Remarques
sources Gillardes	St-Disdier en Dévoluy	881,3	279,6	875	400	40 000	100	13
captage des Villard-Joli	"	880,7	275,8	1350	0,2	3,6	18	captée pour le village de Villard 14
source des Pertusets	"	881	274,8	1160	0,3	6	20	15
source du Bas Gicon	"	882,6	277,1	1270	4	12	3	16
captage du Haut Gicon	"	882,8	277,9	1450	0,1	1,1	11	captée pour vil. H Gicon 17
source du haut Gicon	"	882,9	277,2	1340	0,1	1,3	13	fontaine du H. Gicon 18

3. - Commune de Saint-Etienne-en-Dévoluy

Nom	Commune	Coordonnées X	Y	Z	Débit min.	Débit max.	Variabilité	Remarques
Pierre Grosse haute	St-Etienne en-Dévoluy	888,7	273	1590	0,8	25	31	19
Pierre Grosse basse	"	888,7	273	1590	0,1	6	60	20
Source des Nuages	"	888,7	267,6	1820	1,7	13	7,6	21
Source de Plate-Tête	"	888,4	268	1720	1	12	12	23
Rif-Froid	"	888,1	268,9	1600	7	45	6,5	24
Pré-Creux	"	887,9	269,1	1560	0,1	8	80	24
Fontaine-la-Vache	"	887,3	269,8	1380	4	16	4	captée pour village de St-Etienne 25
Captage de Truziaud	"	887,2	271	1440	0,45	2,2	5	captée pour village de Truziaud 26
Captage de l'Enclus	"	885,8	268,7	1440	0,20	1	5	captée pour village de l'Enclus 27
Captage du Villard	"	886,7	268,6	1430	0,30	3	10	captée pour village du Villard 28
Source du Bois-Rond	"	886,7	268	1520	0,15	1	6,5	aménagée par eaux et forêts 29
Captage du Pré	"	886,6	271,5	1305	0,07	0,3	4,3	ancien captage du village du Pré 30
Captage des Cypières	"	886,2	270,9	1340	5	10	2	captée pour la station de Superdévoluy 31
Cypières-haute	"	886,4	270,9	1300	0,6	3,1	5	32
Cypières-basse	"	886,4	270,8	1300	0,05	2	40	33
Torrent du Rif Ladoux	"	885,8	271,35	1350	0,9	20	22	34
Fontaine du Pommier	"	884,8	275	1350	1,3	3,2	2,6	captée pour le village du Collet 35
Captage de Giers	"	884,2	272,9	1300	0,75	3,5	4,7	captée pour le village de Giers 36
Source de la Bergerie du Forest du Puy	"	883,1	271,8	1550	0,04	0,7	17	aménagée en abreuvoir pour les moutons 37
Captage (bas) de Rioupes	"	882,3	273,2	1400	0,6	3	5	captée pour le village de Rioupes 38

CONCLUSION GENERALE

A la fin de cette étude sur le massif du Dévoluy, il s'avère nécessaire en quelques lignes d'essayer de synthétiser les résultats obtenus.

Nous sommes en présence d'un vaste ensemble karstique, qui ressemble en de nombreux points à d'autres massifs régionaux (massifs du Vercors, de la Chartreuse...) mais qui en des points plus particuliers est nettement différent. Ceci est le cas pour la chimie des eaux bien moins complexe dans le cas du Dévoluy et surtout pour l'évapotranspiration qui donne la valeur la plus faible rencontrée dans la région (elle est même la moitié de celle obtenue sur le bassin versant du Petit Buech, jointif par le Sud à celui du Dévoluy).

La structure du massif du Dévoluy, qui paraît simple en apparence ne l'est certainement pas au niveau de son réseau souterrain, qui doit se composer d'une série de réservoirs ne permettant pas l'existence d'une véritable nappe mais plus certainement d'une rivière souterraine.

D'autre part, les considérations mathématiques semblent mal adaptées à l'étude hydrodynamique du massif du Dévoluy ; par contre, on a pu s'apercevoir que les mesures physico-chimiques, les analyses de tritium et les colorations ont donné un appui plus précis par la connaissance de l'aquifère, d'autant plus que tous les résultats obtenus se sont groupés en un ensemble cohérent, permettant d'affirmer l'existence d'un aquifère très ouvert avec un trnasit rapide.

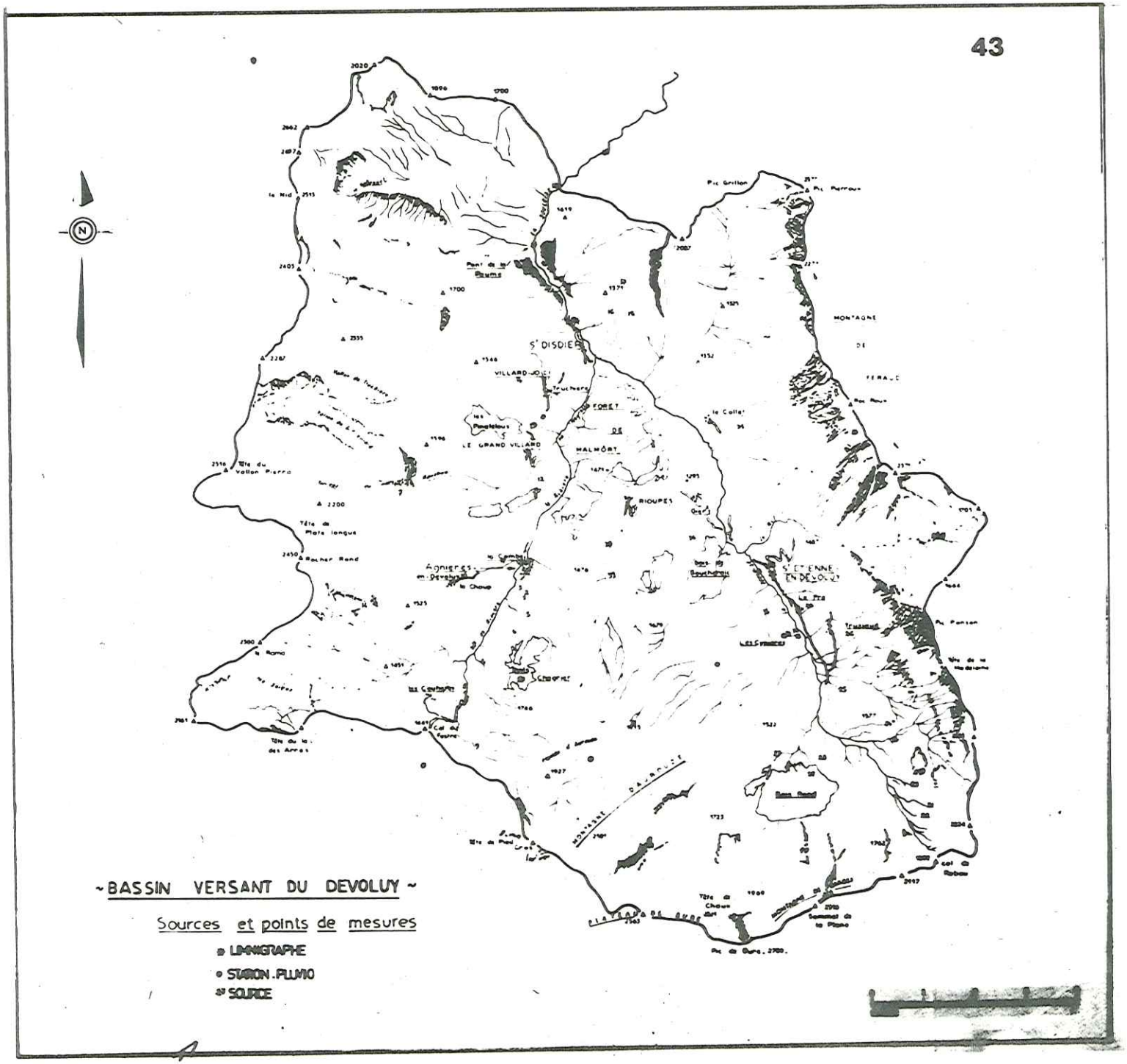
Ces conclusions sont fondées sur des observations et des mesures réalisées pendant deux années ; elles sont donc un stade dans la connaissance du Dévoluy ; l'avenir avec des études futures permettra certainement de préciser le fonctionnement hydrologique du massif.

Les essais de coloration, avec des produits divers, effectués en différents points du massif sont à conseiller, car réalisés en de bonnes conditions, ils donnent des résultats très parlants.

Un pompage intensif dans le puits des Bans, et surtout l'enregistrement des variations du siphon terminal avec le débit des Gillardes et la pluviométrie pourraient être un atout favorable dans la compréhension du fonctionnement de ce gouffre (piézomètre naturel ou simple siphon ?).

D'un autre côté, le renforcement du réseau d'enregistrement des précipitations avec des appareils bien adaptés à chaque condition, l'implantation de cuves hysimétriques (si cela est réalisable), des mesures d'évaporation de neige et précipitations sous forme de rosée devraient certainement préciser et confirmer les faibles valeurs d'évapotranspiration que l'on a enregistrées sur ce bassin versant d'altitude.

Le programme des recherches futures sur l'hydrogéologie du Dévoluy est donc bien chargé ; mon souhait à la fin de cette thèse serait que les résultats ici présentés puissent être à la fois la base et l'orientation des prochains travaux.



~ BASSIN VERSANT DU DEVOLUY ~

Sources et points de mesures

- LIMNIGRAPHE
- STATION PLUVIO
- SOURCE

BIBLIOGRAPHIE

AFCHAIN (Cl.), 1961. - Etudes géologiques dans la région de Saint-Etienne-en-Dévoluy. - D.E.S., Paris.

ALBISSIN (M.), 1959. - Etude structurale d'un micropli du synclinal de Saint-Disdier-en-Dévoluy, Hautes-Alpes. B.S.G.F. 7 es, T. I.

ARNAUD (H.), 1974. - Nouvelles données sur la tectonique "antésénonienne" des environs de la Jarjatte (Dévoluy occidental) C.R. Acad. Sci. Paris, t. 278, (4 février 1974) Série D, 697.

ARTHAUD (G.), - Les grands gouffres du Dévoluy, n° 4, 2e édition de la Revue du Spéléoclub Voconcien.

BARBIER (J.L.), 1972. - Etude hydrogéologique de la haute vallée de la Vernaison et de ses bordures. - Thèse de 3e cycle Grenoble.

BOGOMOLOV (G.), Hydrogéologie et notions de géologie d'ingénieur - Edition de la Paix. Moscou.

BONHOMME (J.L.), 1972. - Etude hydrogéologique et hydrodynamique du karst des calcaires sénoniens : Dévoluy (H.A.) Conservatoire national des Arts et Métiers. - Thèse d'ingénieur géologue.

BOURGIN (A.), 1949. - Le puits des Bans. An. de spéléo. OV, 1 p. 5.9,

-- 1942. - Dauphiné souterrain - Arthaud ed.

CASTANY (G.), 1967. - Traité pratique des eaux souterraines. Dunod.

CROUZET (E.), HUBERT (P.), OLIVE (P.), SIWERTS (E.) et MARCE (A.), 1970. - Le tritium dans les mesures d'hydrogéologie de surface. Détermination expérimentale du coefficient de ruissellement. Journal of. hydrology, T. II, p. 101 - 113.

DELTEIL (J.), 1972. - Etude géologique dans la région de Rabou et la Roche des Arnauds (massif du Dévoluy, D.E.S., Paris.

DUBOIS (R.), 1961. - La Montagne de Féraud. D.E.S., Paris.

DULUC (P.), Etude hydrogéologique du bassin versant du petit Buech ; région de Veynes (H.A.), thèse de 3e cycle Grenoble.1973.

GALLOCHER (P.), Annales spéléo du Spéléoclub de Marseille ; répertoire des gouffres du Dévoluy.

GIDON (M.), PAIRIS (J.L.), ARNAUD (H.), APRAHAMIAN (J.), USELLE (J.P.), 1970. - Les déformations tectoniques superposées du Dévoluy méridional (05). Trav. Lab. de Géologie de Grenoble, T. 46.

GLANGEAUD (L.) et d'ALBISSIN (M.), 1958. - Les phases tectoniques du Nord Est du Dévoluy et leur influence structurologique. - B.S.G.F.

LABESSE (B.), 1958. - Etudes géologiques dans le vallons de la Jargeatte, la chaîne de Ferrand et les Aiguilles de Lus. D.E.S., Paris.

LORY (C.), 1852. - Les terrains du Dévoluy (H.A.), B.S.G.F.

LORY (P.) et LAPPARENT (A.), 1937. - Remarques sur le Nummulitique du Dévoluy et du Champsaur (05). B.S.G.F.

LORY (P.)1890. - Note sur le massif du Dévoluy (05). B.S.G.F.

- le massif du Dévoluy : B SSI 1890 - 1892.
- les abîmes du Dévoluy. Bull. soc. de spéléo. 1890 - 1892.
- sur les plis anciens du Dévoluy et des régions voisines à l'époque crétacée. T.L.G., 1896.
- les mouvements du sol et la sédimentation en Dévoluy durant le Crétacé supérieur B.S.G.F., 1900
- contribution à l'étude micrographique du Crétacé supérieur dans le Dévoluy et les régions voisines T.L.G., 1901.

MANGIN (A.), 1970. - Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décrue et de tarissement. - Annales de spéléologie, t. 25, fasc. 3, p. 581-609.

MARTEL (E.A.), 1921. - Nouveau traité des eaux souterraines.

MERCIER (J.), 1958. - Sur l'âge de la phase tectonique antésénonienne à l'Ouest du massif du Dévoluy ; les synclinaux du Sud de la Croix-Haute et Glandage - Greyers, B.S.G.F.

MERCIER (J.), NEVEU (F.), 1956. - Le chevauchement du St-Gicon près de St-Disdier en Dévoluy, C.R.S.G.F., n°16, p. 319 - 322.

NEVEU (F.), 1957. - Etudes géologiques sur le Tertiaire du Dévoluy. D.E.S., Paris.

OLIVE (P.), 1970. - Contribution à l'étude géodynamique du cycle de l'eau dans l'hémisphère nord par la méthode du tritium. - Thèse, Paris.

SCHOELLER (H.), 1962. - Les eaux souterraines - Masson.

TRUILLET (R.), 1961. - Le Sud Est du Dévoluy. D.E.S., Paris
Le Nord Est du Dévoluy, Doctorat de 3e cycle, Paris 1963.