Etude hydrogéologique du bassin versant du Petit Buëch : région de Veynes, Hautes-Alpes- Alpes françaises

Pierre Duluc

▶ **To cite this version:**

Pierre Duluc. Etude hydrogéologique du bassin versant du Petit Buëch : région de Veynes, Hautes-Alpes- Alpes françaises. Hydrologie. Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1973. Français. NNT : . tel-00608479v2

HAL Id: tel-00608479

https://theses.hal.science/tel-00608479v2

Submitted on 13 Feb 2013

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

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

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

DOCTORAT DE 3eme CYCLE
N° d'ordre

THESE

PRESENTEE

A LA FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE 3eme CYCLE

Spécialité : Sciences de la Terre

Mention : Géologie appliquée

par

Pierre DULUC

— ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH —

Région de VEYNES — Hautes-Alpes

Soutenue le décembre 1973 devant la commission d'examen

Président	:	R. BARBIER	Professeur
Examinateurs	:	R. MICHEL	Professeur
		J. SARROT-REYNAULD	Professeur - Directeur de thèse
Invité	:	F. PELISSIER	Ingénieur en chef du GREF

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

REMERCIEMENTS

Arrivé au terme de cette étude, je tiens à remercier ceux qui ont participé à sa réalisation.

Monsieur le professeur J. SARROT-REYNAULD a bien voulu me confier et diriger cette thèse. Son aide et son amitié m'ont permis de la mener à bien.

Messieurs les professeurs R. BARBIER et R. MICHEL me font l'honneur de participer au jury.

Monsieur PELISSIER, ingénieur du Génie Rural et des Eaux et Forêts, chef du Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Provence - Côte d'Azur a permis la réalisation de cette étude.

Monsieur de CARMANTRAN, ingénieur du Génie Rural a suivi et facilité le déroulement de mon travail.

Nombreux sont ceux qui, au S.R.A.E., m'ont apporté leur concours, que ce soit au laboratoire, au bureau ou sur le terrain, je ne peux les citer tous, mais qu'ils sachent que j'ai été heureux de collaborer avec eux.

Monsieur CAMBON, hydrogéologue au Centre Technique du Génie Rural et des Eaux et Forêts, à Aix-en-Provence, a contribué au dépouillement des mesures.

Monsieur LAMBERBOURG, ingénieur des Travaux Ruraux à la Direction Départementale de l'Agriculture des Hautes-Alpes m'a apporté son aide matérielle et fait profiter d'une documentation abondante.

Monsieur LAMBERT, ingénieur géologue m'a aidé au cours des sorties sur le terrain à comprendre l'histoire quaternaire de la région.

Monsieur P. OLIVE, du Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon-les-Bains a permis la réalisation des mesures de tritium.

Je remercie les habitants de la région de Veynes qui m'ont apporté leur aide et particulièrement ceux qui ont effectué les relevés quotidiens de pluviométrie et de température.

La réalisation technique de ce mémoire est due à Madame MARTIN et à Monsieur POUPON pour le S.R.A.E. et à Madame TELMAT et à Monsieur CHABERT pour l'Institut Dolomieu.

Je dois enfin exprimer ma reconnaissance à mes parents qui m'ont aidé et encouragé tout au long de mes études universitaires.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

SOMMAIRE

Pages

INTRODUCTION

A. - But de l'étude 1
B. - Cadre régional 1

CHAPITRE I - LE BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH

A. - Description topographique et limites du bassin 5
B. - Répartition altitudinale de la surface du bassin 7
C. - Aperçu géologique 7
D. - Aperçu hydrographique 9

CHAPITRE II - LE BILAN HYDROLOGIQUE

A. - Intérêt et limites du calcul du bilan 13
B. - L'équipement du bassin 13
C. - Les précipitations 14
D. - Les températures 17
E. - Représentativité de la période étudiée 19
F. - L'évapotranspiration 19
G. - La lame d'eau écoulée 20
H. - Etablissement du bilan 21

CHAPITRE III - STRATIGRAPHIE ET TECTONIQUE LEUR ROLE SUR LES CIRCULATIONS

A. - Généralités 25
B. - Du Dogger au Stampien 25
C. - Rôle de la tectonique sur les circulations 31
D. - Le Quaternaire 33

CHAPITRE IV - ETUDE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

A. - Généralités 39
B. - Le débit 39
C. - La température 42
D. - La résistivité 45
E. - Le pH 47
F. - La composition chimique 49
G. - La teneur en silice 50
H. - La composition isotopique - Teneur en tritium 53
I. - Conclusions 56

CHAPITRE V - CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES DES PRINCIPALES FORMATIONS AQUIFERES

	Pages
A. - Introduction	57
B. - Les marnes jurassiques	57
C. - Le Tithonique	59
D. - Le Sénonien	65
E. - Les alluvions fluvio-glaciaires des Eygaux	79
F. - Les moraines	83
G. - Conclusions	88

CHAPITRE VI - LA VALLEE DU PETIT BUECH

A. - Introduction	91
B. - La plaine de la Roche-des-Arnauds - Le Devès	92
C. - La cuvette de Montmaur	105
D. - La vallée du Petit Buëch de Veynes à Pont-la-Barque	108
E. - Conclusions sur la vallée du Petit Buëch	118

CONCLUSIONS GENERALES 119

BIBLIOGRAPHIE 123

ANNEXE

A. - Inventaire des sources et des points d'eau - débits	126
B. - Analyses chimiques des eaux	129
C. - Concentrations en tritium	130

HORS-TEXTE

Carte du bassin versant au 1/50 000 , avec localisation des sources

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LISTE DES FIGURES

N° de figure		Pages
1	Plan de situation	
2	Moyennes annuelles des hauteurs de précipitation	2
3	Carte topographique du bassin versant	4
4	Courbe hypsométrique	6
5	Carte géologique	8
6	Schéma hydrographique	10
7	Gradient altimétrique de précipitation	15
8	Méthode de Thiessen	16
9	Températures moyennes mensuelles de l'air	16
10	Les précipitations à Veynes	18
11	Les précipitations à Gap	18
12	Débits moyens journaliers du Petit Buëch	22
13	Série stratigraphique	26
14	Série stratigraphique	28
15	Série stratigraphique	30
16	Quelques dispositions structurales	32
17	Carte de l'extension des glaciers quaternaires	34
18	Glacis ancien et glacis actuel	36
19	Température des sources en fonction de l'altitude	44
20	Relation résistivité - Minéralisation	46
21	Représentation graphique des analyses chimiques	48
22	Solubilité de la silice dans l'eau	51
23	Les concentrations en silice	52
24	Les teneurs en tritium	54
25	Les sources du Tithonique	60
26	La source de la Gerle	61
27	Caractères physiques des eaux du Tithonique	63
28	Composition chimique des eaux du Tithonique	64
29	Massif de Bure-Aurouze : situation des émergences	66
30	Les sources de la rive gauche de la Béoux	68
31	Les sources de la Sigouste	70
32	Caractères physiques des eaux du Sénonien	72
33	Composition chimique des eaux du Sénonien	74
34	Composition chimique des eaux de la source de la Sigouste	75
35	Composition chimique des eaux de la vallée du Mouchechot	76
36	Le fluvio-glaciaire des Eygaux	78
37	Caractères physiques des eaux du fluvio-glaciaire des Eygaux	80
38	Composition chimique des eaux du fluvio-glaciaire des Eygaux	82
39	Les sources de moraine	84
40	Caractères physiques des eaux des moraines	85
41	Composition chimique des eaux des moraines	87
42	Composition chimique des eaux des différents aquifères	89
43	La plaine de la Roche - Le Devès : carte géologique	94
44	La bordure nord de la plaine de la Roche - Le Devès	96
45	Les conditions d'émergence de la source du Ruissan	98
46	Caractères physiques des eaux de la plaine de la Roche	99
47	Composition chimique des eaux de la plaine de La Roche (mai 1972)	101

LISTE DES FIGURES (suite)

N° de figure		Pages
48	Composition chimique des eaux de la plaine de la Roche (novembre 1972)	102
49	La cuvette de Montmaur	104
50	Composition chimique des eaux de la Béoux	107
51	Les sources de la plaine de Veynes	110
52	La source de la Virginie	111
53	Caractères physiques des eaux de la plaine du Buëch	114
54	Source du Fontanil : crue du mois d'octobre 1972	115
55	Composition chimique des eaux de la plaine du Buëch	116

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

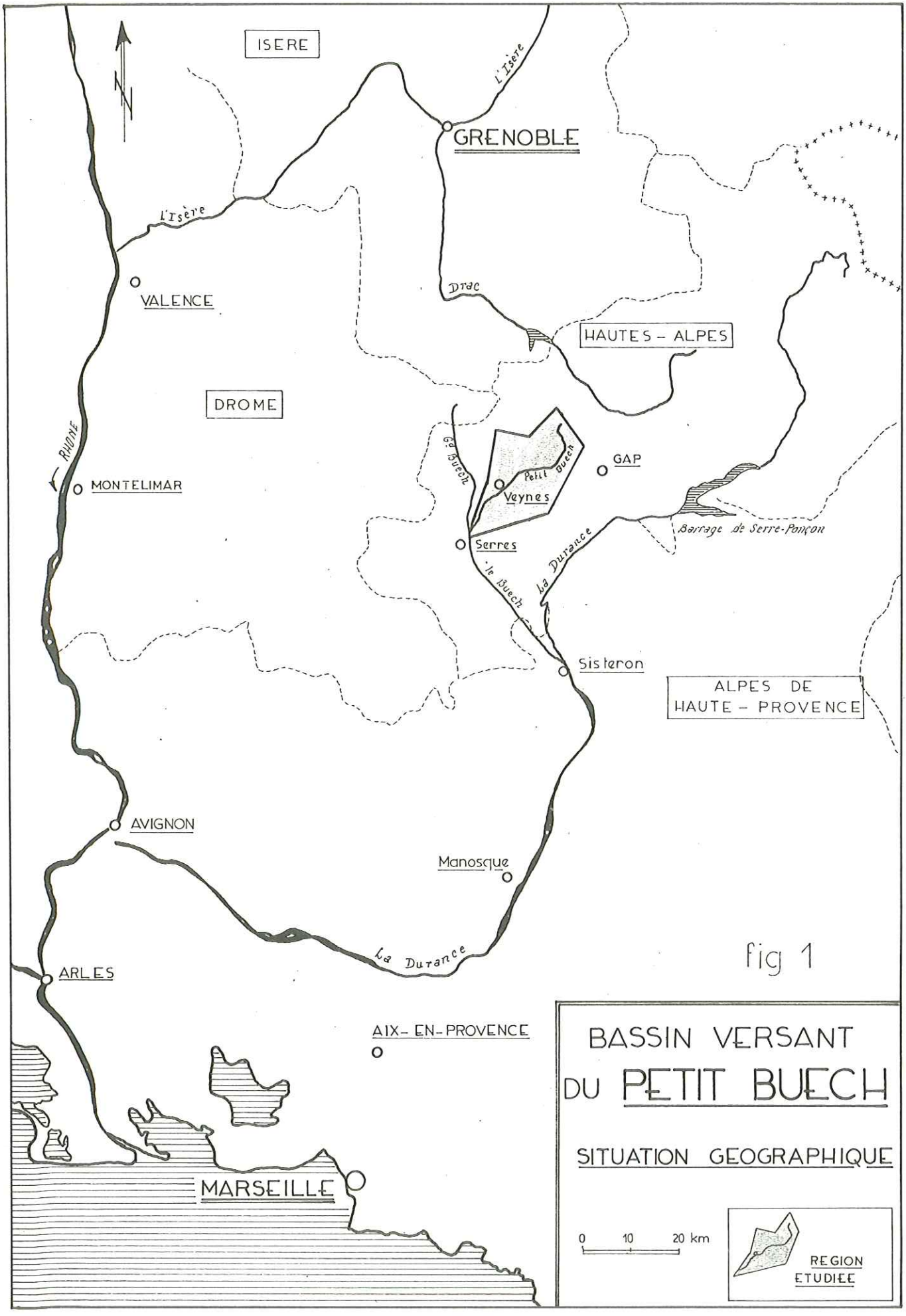


fig 1

INTRODUCTION

A. - BUT DE L'ETUDE

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre le Service d'Hydrogéologie du Laboratoire de Géologie de L'Université de Grenoble et le Service Régional de l'Aménagement des Eaux (S.R.A.E.) de Provence - Côte d'Azur, dont le siège est à Aix-en-Provence.

Le Service d'Hydrogéologie se consacre depuis plusieurs années à l'étude des propriétés aquifères des formations géologiques des chaînes subalpines tandis que l'objectif du Service Régional de l'Aménagement des Eaux est l'inventaire des ressources en eaux de surface ou souterraine afin d'en assurer l'utilisation ou la protection.

Leur collaboration s'est déjà traduite par l'élaboration d'une étude, en cours dans les Hautes-Alpes, entreprise par Monsieur Lucien TRON sur le bassin versant du Buëch, entre Serres et Laragne. Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant de travailler en continuité géographique et géologique avec cette étude en choisissant d'étendre les recherches à un bassin limitrophe.

B. - CADRE REGIONAL

1 - Cadre géographique et géologique

Le Buëch rejoint la Durance à Sisteron, il est formé par la réunion du Grand Buëch dont le bassin versant est situé dans le département de la Drôme et dans celui des Hautes-Alpes, et du Petit Buëch dont le bassin versant est entièrement situé dans le département des Hautes-Alpes.

Géologiquement cette région appartient à la couverture sédimentaire de la zone externe des Alpes, les terrains que l'on y rencontre s'étagent du Trias au Tertiaire et sont recouverts de formations quaternaires variées.

2 - Cadre climatique

On situe traditionnellement la frontière entre "Alpes humides" et "Alpes sèches" à la ligne des cols : col de la Croix-Haute, col du Festre, col Bayard. En réalité il n'existe pas de limite aussi tranchée mais plutôt des zones de transition étalées de part et d'autre de ces cols et où l'on trouve superposés des caractères climatiques de type alpin et méditerranéen. Par exemple : les hauteurs moyennes annuelles de précipitations (fig. 2) sur les massifs du Champsaur et du Dévoluy sont semblables aux valeurs que l'on rencontre plus au Nord, mais les averses brutales, les fortes pluies d'automne et les étés secs sont caractéristiques d'un régime méditerranéen.

3 - Cadre économique et humain

Extrêmement peuplée jusqu'au début de ce siècle la région a été peu à peu désertée par ses habitants. Aujourd'hui cet exode s'est ralenti et, si les hameaux continuent à disparaître, les villages les plus importants se maintiennent et nous citerons, un peu comme une justification et un point de départ à cette étude, la conclusion que donne Monsieur R. MERIAUDEAU à son "étude de l'aménagement du secteur rural de Veynes" : ..." mais aujourd'hui, et demain plus qu'aujourd'hui, une fois résolu le problème de l'eau, de l'eau moyen de confort et source de vie pour l'homme, de l'eau instrument de production agricole et matière première industrielle, les handicaps du passé deviennent les atouts du présent :

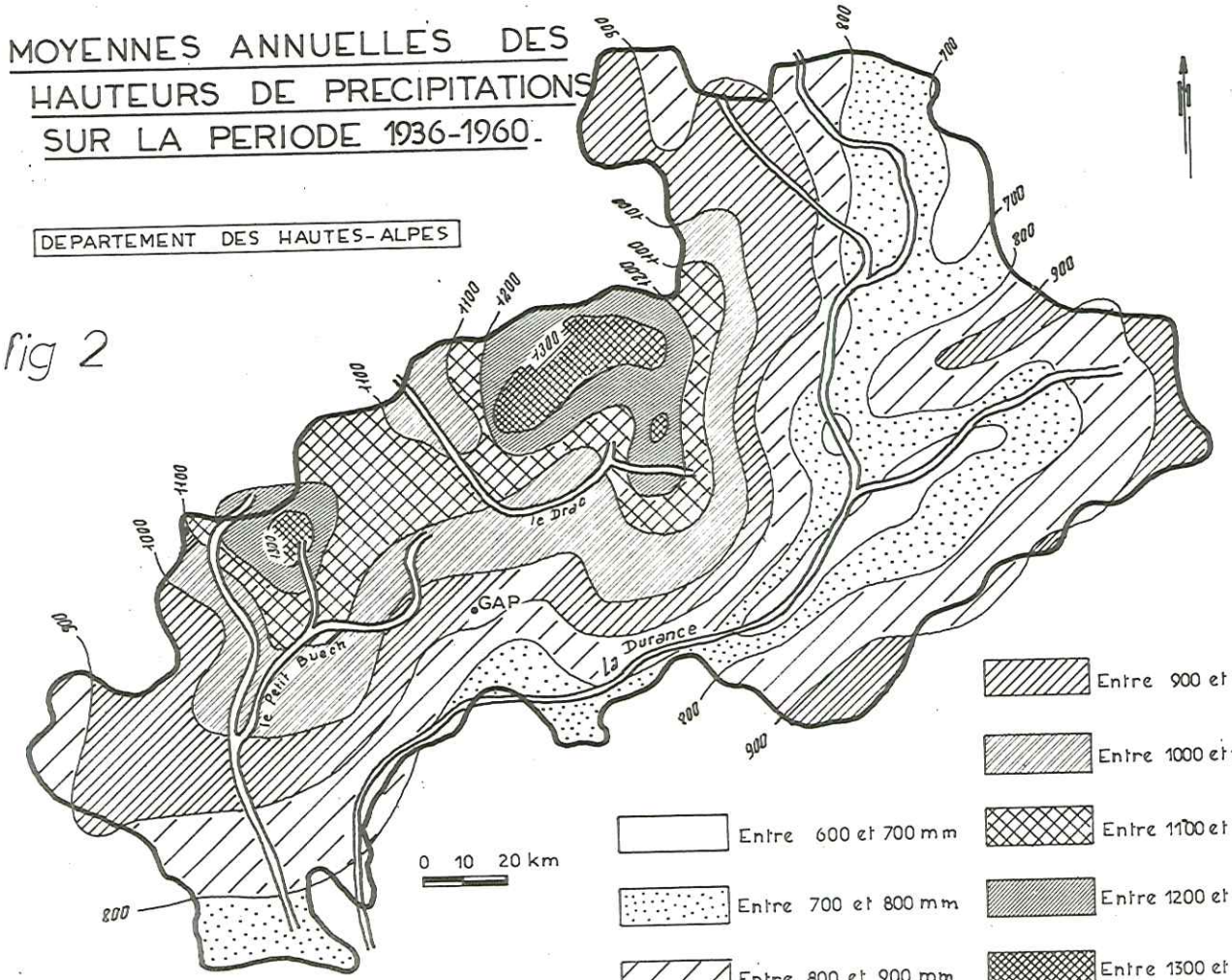
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

MOYENNES ANNUELLES DES HAUTEURS DE PRECIPITATIONS SUR LA PERIODE 1936-1960.

DEPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

fig 2



d'après E.D.F-ALPES

la neige, la pente et le soleil apparaissent en Dévoluy, et dans une moindre mesure à Lus-la-Croix-Haute, comme des atouts touristiques de première importance, tandis que la moyenne montagne du bassin des Grand et Petit Buëch est aussi riche de virtualités touristiques que de possibilités agricoles, voire même dispose de quelques chances industrielles autour du carrefour ferroviaire et routier du Moyen-Borhaine".

4 - Choix du bassin versant du Petit Buëch

Il fallait donc, dans la région présentée ci-dessus, choisir un bassin versant ; notre choix s'est porté sur le secteur de Veynes et du bassin du Petit Buëch car il possède les avantages suivants :

- la diversité des formations lithologiques y est grande, c'est le seul endroit, dans la région, où affleurent à la fois les calcaires sénoniens et les étages inférieurs et où l'on pouvait sur un espace réduit, comparer des formations aquifères différentes assez nombreuses ;
- avec ses 3 600 habitants l'agglomération de Veynes est la seule du secteur à mériter le nom de "ville" et si la région doit se développer c'est autour de Veynes qu'elle le fera.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

- CHAPITRE I -

LE BASSIN VERSANT DU PETIT-BUECH

A. - DESCRIPTION TOPOGRAPHIQUE ET LIMITES DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant topographique du Petit Buëch a une superficie de 400 km^2. IL englobe tout ou partie des communes suivantes : Aspres-sur-Buëch, Saint-Auban-d'Oze, la Batie-Montsaleon, Chabestan, Chateauneuf-d'Oze, La Cluse, Esparron, Furmeyer, Gap, Manteyer, Montmaur, Oze, la Roche-des-Arnauds, le Saix, Savournon et Veynes.

La morphologie du bassin se caractérise par l'absence d'unité, il n'existe pas un ensemble naturel homogène mais plusieurs entités topographiques distinctes qui sont :

1 - le haut bassin du Petit Buëch

Il a la forme d'une gouttière circulaire entourant le Pic Melette (2 082 m) et dont la bordure externe est une succession de crêtes et de sommets :

- à l'Est : dominant la cuvette de Gap et le col Bayard, la montagne de Charance, le Pic de Gleize (2 159 m) et le sommet de Coste Folle (2 044 m) ;
- au Nord et à l'Ouest : les contreforts du Dévoluy, avec la montagne des Barges et le pic de Bure qui, de ses 2 709 m, domine tout le bassin versant du Petit Buëch.;
- au Sud : la tête de Clappe (2 021 m) et la cluse de Rabou.

2 - La vallée du Mouchechot-Beoux

Allongée dans le sens nord-sud, entre le col du Festre (1441 m) et le village de Montmaur, elle est dominée :

- à l'Est : par la montagne d'Aurouze,
- à l'Ouest : par le prolongement de la ligne de crêtes qui constitue la bordure ouest du Dévoluy et, depuis la Grande-Tête de l'Obiou (2 790 m), par les Aiguilles de Lus, le Roc de Garnesier (2 388 m) et la tête de Jarret (1815 m) vient aboutir à Veynes.

3 - La vallée du Petit Buëch

Entre la Roche-des-Arnauds et Pont-la-Barque cette vallée, orientée d'abord Est-Ouest puis Nord Ouest - Sud Ouest, a une longueur de 25 km et une largeur qui varie de 0,5 à 1,5 km. Le point le plus bas du bassin, qui est la confluence du Petit Buëch avec le Grand Buëch est à la cote 670 m.

4 - La région située au Sud de la vallée du Petit Buëch

Elle est formée par une série de crêtes, à l'altitude moyenne de 1 500 mètres, et de vallées à l'orientation désordonnée. Il s'en détache la cuvette perchée de Ceüse et le bassin du torrent de Maraize qui dominent la vallée de la Durance.

BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH

REPARTITION ALTIMETRIQUE DES SURFACES

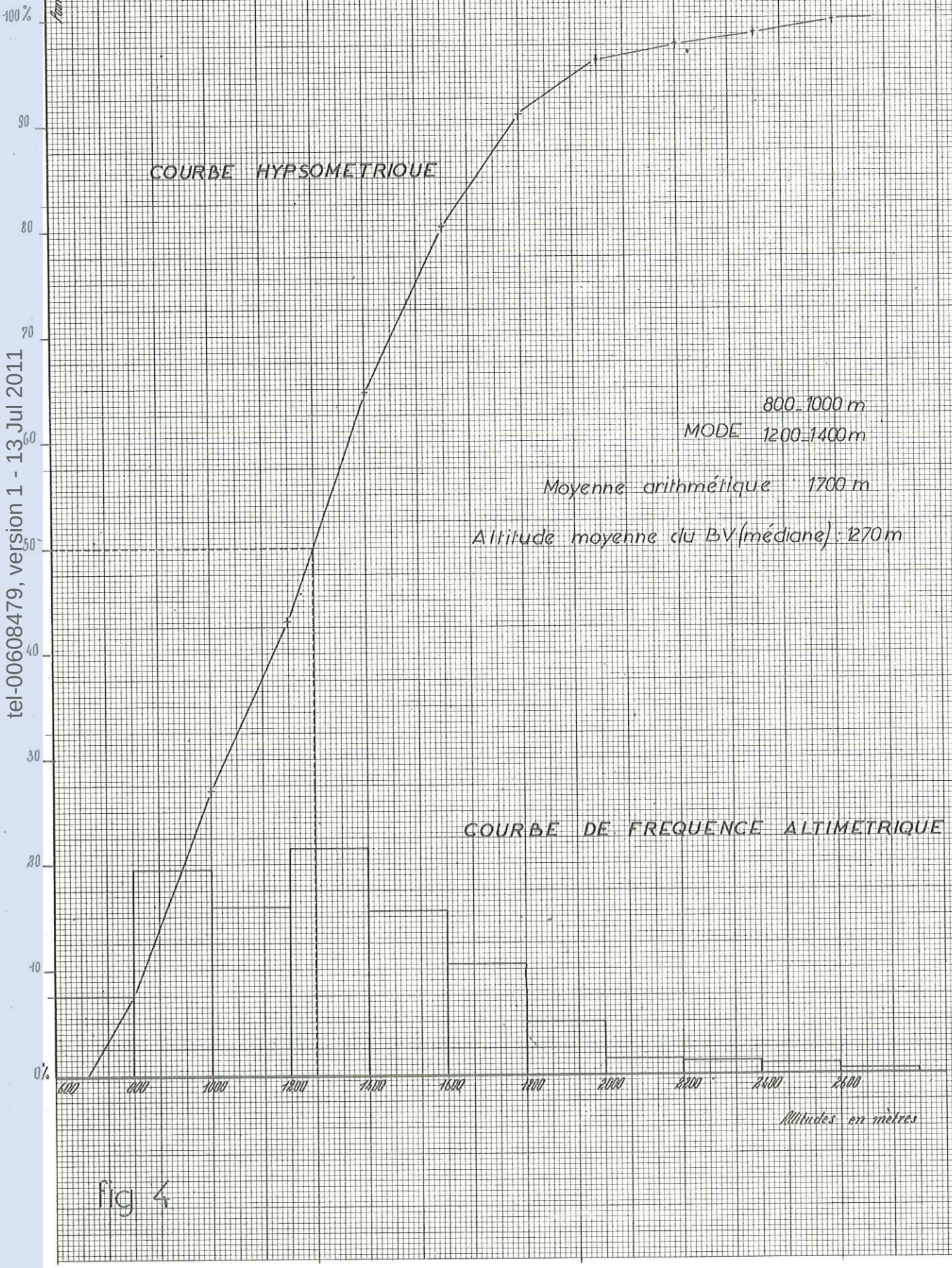


fig 4

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

B. - REPARTITION ALTITUDINALE DE LA SURFACE DU BASSIN

La surface du bassin versant est distribuée entre les altitudes 670 m et 2 709 m ; nous avons calculé cette distribution par tranches d'altitude et à partir des résultats obtenus nous avons tracé la courbe de fréquence altimétrique et la courbe hypsométrique :

Tranches d'altitude	Surface en km^2	Somme des surfaces en km^2	%	Somme des %
inférieure à 800 m	30	30	7,5	7,5
800 - 1 000	78	108	19,5	27,0
1 000 - 1 200	64	172	16,0	43,0
1 200 - 1 400	86	258	21,5	64,5
1 400 - 1 600	63	321	15,7	80,2
1 600 - 1 800	43	364	10,7	90,9
1 800 - 2 000	20	384	5,0	95,9
2 000 - 2 200	6	390	1,5	97,4
2 200 - 2 400	5	395	1,3	98,6
2 400 - 2 600	4	399	1,0	99,7
supérieure à 2 600 m	1	400	0,3	100

L'altitude moyenne du bassin versant du Petit Buëch est de 1 270 mètres

C. - GEOLOGIE DU BASSIN

La structure géologique du bassin peut être décrite globalement comme étant celle d'un synclinal à cœur crétacé supérieur et tertiaire, allongé dans le sens NNW-SSE depuis le col du Festre jusqu'à Chatillon-le-Désert et encadré par deux anticlinaux à cœur callovo-oxfordien : l'anticlinal de la Roche-des-Arnauds et l'anticlinal de la Bâtie-Montsaléon.

Deux accidents majeurs recoupent la zone médiane dans le sens de son allongement : le chevauchement de Bure-Ceüse et l'accident de la Cluse -Chatillon-le-Désert. Une coupe complète de la structure est fournie par la vallée du Petit Buëch qui l'a entaillée dans le sens est-ouest.

1 - La zone anticlinale de la Roche-des-Arnauds

Il s'agit d'une dépendance de l'anticlinal de Gap ; elle est affectée par le passage du chevauchement de Bure-Ceüse qui fait chevaucher au Nord le synclinal du Rif de l'Arc et au Sud le synclinal perché de Ceüse. Le front du chevauchement est marqué par de nombreux accidents tels le redoublement et le plissement du Tithonique de la crête des Rortes, l'anticlinal perché du Pennas au-dessus du bois de Combe Noire ou le rebroussement des couches du Crétacé supérieur autochtone du synclinal du Villard-de-Montmaur. Sa trace disparaît dans la plaine car il y met en contact des Terres Noires avec d'autres Terres Noires.

2 - La zone synclinale - Le Festre-Chatillon

Elle s'étend du col du Festre à Chatillon-le-Désert, avec un élargissement au niveau de la plaine de Montmaur où un ensellement du synclinal a permis la passage du Petit Buëch. L'accident rectiligne la Cluse-Chatillon qui la parcourt affecte tous les terrains y compris les molasses oligocènes mais, à la différence de l'accident de Bure-Ceüse avec lequel il est sans doute contemporain la composante de chevauchement y est faible, il s'agit essentiellement d'une faille coulissante, à décrochement horizontal et vertical dont le plan a été légèrement basculé. A l'Ouest de ce décrochement la bande de terrains comprise entre Montmaur et Veynes, appelée "bande faillée de Veynes" par les auteurs, montre un ensemble d'anticlinaux dont les principaux sont les anticlinaux du col de Lauteret, du Chauvet et du Vorge, au Nord, d'Espreaux, de Chateauneuf-d'Oze et du Saix, au Sud. Ces anticlinaux ont des axes à convexité nord, ils sont découpés par un réseau complexe de failles et de plus ils sont affectés d'accidents locaux tardifs tels le

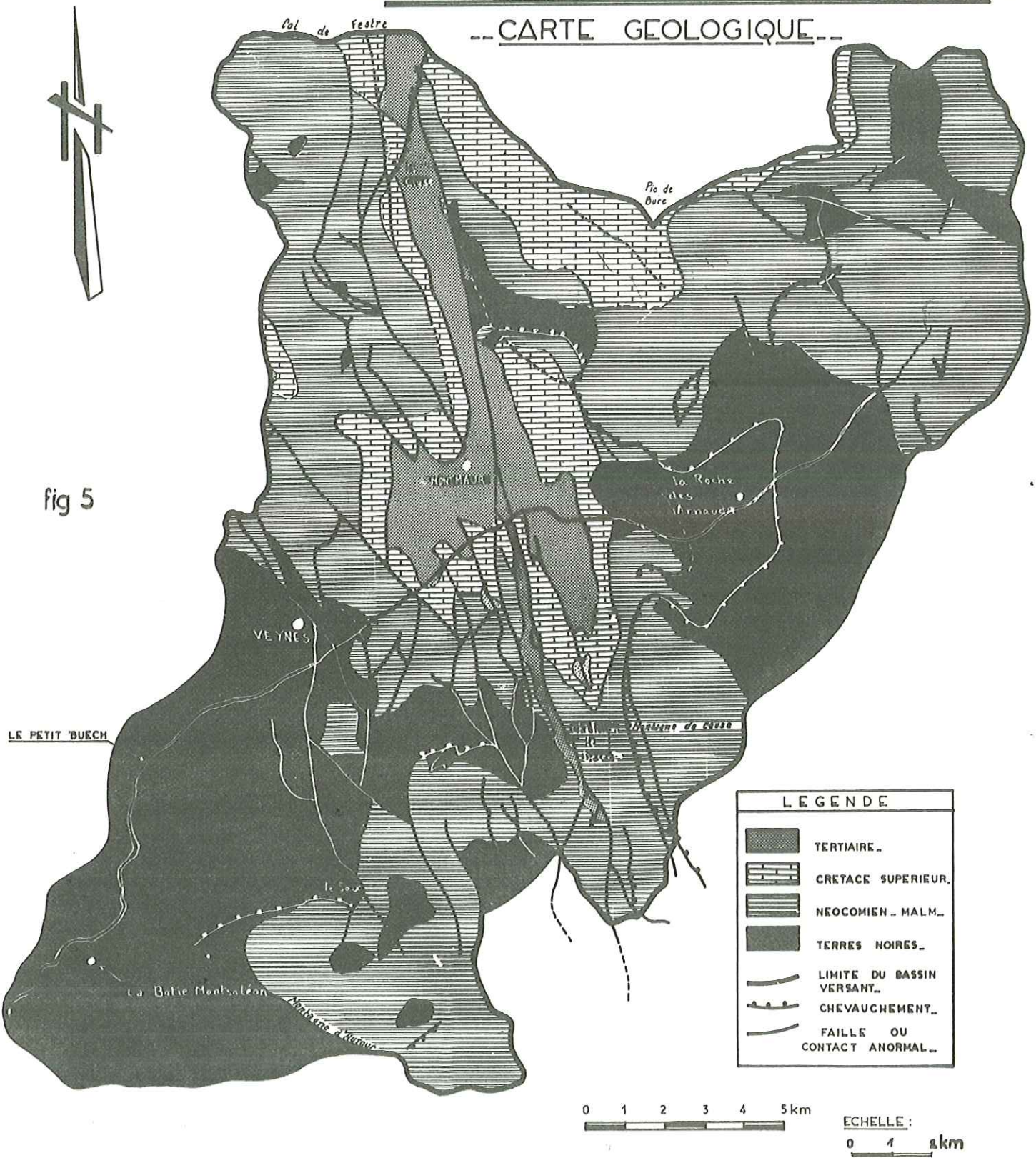
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH

CARTE GEOLOGIQUE

fig 5



renversement d'une portion du flanc nord de l'anticlinal du Lauteret, le coin chevauchant de la Garde-Meillon, au Nord de Chateauneuf-d'Oze ou le chevauchement dirigé tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud, de Chateauneuf-d'Oze-le Saix.

3 - La zone anticlinale de la Bâtie-Montsaléon

A l'Ouest de la bande faillée de Veynes, une fois franchie une ligne Veynes - montagne d'Aujour, on rentre dans les Terres Noires de la Bâtie-Montsaléon qui font partie du dôme anticlinal d'Aspres-sur-Buëch. Les structures y sont sinon plus simples du moins non apparentes. On peut remarquer que ce secteur communique largement vers le Sud par la trouée de Savournon mais que le Buëch a choisi comme passage les cluses tithoniques de la montagne d'Arambre et de Serres.

D. - APERÇU HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN

Nous donnerons ici quelques chiffres concernant les bassins versants des principaux affluents du Petit Buëch (représentés sur la figure 6). Pour ne pas avoir à y revenir par la suite nous donnerons en même temps quelques valeurs caractéristiques des débits. Ces valeurs, obtenues par des mesures discontinues représentent surtout un ordre de grandeur.

1 - Le Rif de l'Arc.

Surface du bassin versant : 11,5 km^2

2 - Le torrent de Sigouste

Surface du bassin versant : 16 km^2. Ses limites topographiques et géologiques sont difficiles à préciser dans la partie nord. On sait que ce torrent draine une partie du plateau de Bure.

Le débit minimum mesuré a été de 120 l/s, soit 7,5 l/s/km^2 le 2-10-1972. Une prise au fil de l'eau, installée à la sortie des gorges, alimente en eau domestique la commune de Montmaur.

3 - Le torrent de Béoux (ou du Labéou)

Surface du bassin versant : au pont du Bas-Etroit : 57 km^2
: à la confluence avec le Petit Buëch : 62 km^2.

Au Bas-Etroit : le débit maximum mesuré a été de 6 m^3/s soit 105 l/s/km^2 le 6-6-72;
le débit minimum mesuré a été de 0,110 m^3/s, soit 2 l/s/km^2 le 5-1-72.

4 - Le torrent de Glaisette

Surface du bassin versant : 9 km^2.

5 - Le torrent du Moulin

Surface du bassin versant : 11 km^2.

6 - Le torrent du Villard

Surface du bassin versant : 5 km^2. Le débit minimum mesuré a été de 2 l/s, soit 0,4 l/s/km^2 le 20-7-72.
Le bassin versant réel est sans doute inférieur au bassin versant topographique.

7 - Le torrent du Drouzet

Surface du bassin versant : - au pont des Jouquetis : 37 km^2
- à la confluence avec le Petit Buëch : 38 km^2.
Au pont des Jouquetis - le débit maximum mesuré a été de 3 m^3/s, soit 81 l/s/km^2 le 7-12-71
- le débit minimum mesuré a été de 15 l/s, soit 0,4 l/s/km^2 le 4-11-71.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

BASSIN VERSANT DU P^tit BUECH

SCHEMA HYDROGRAPHIQUE

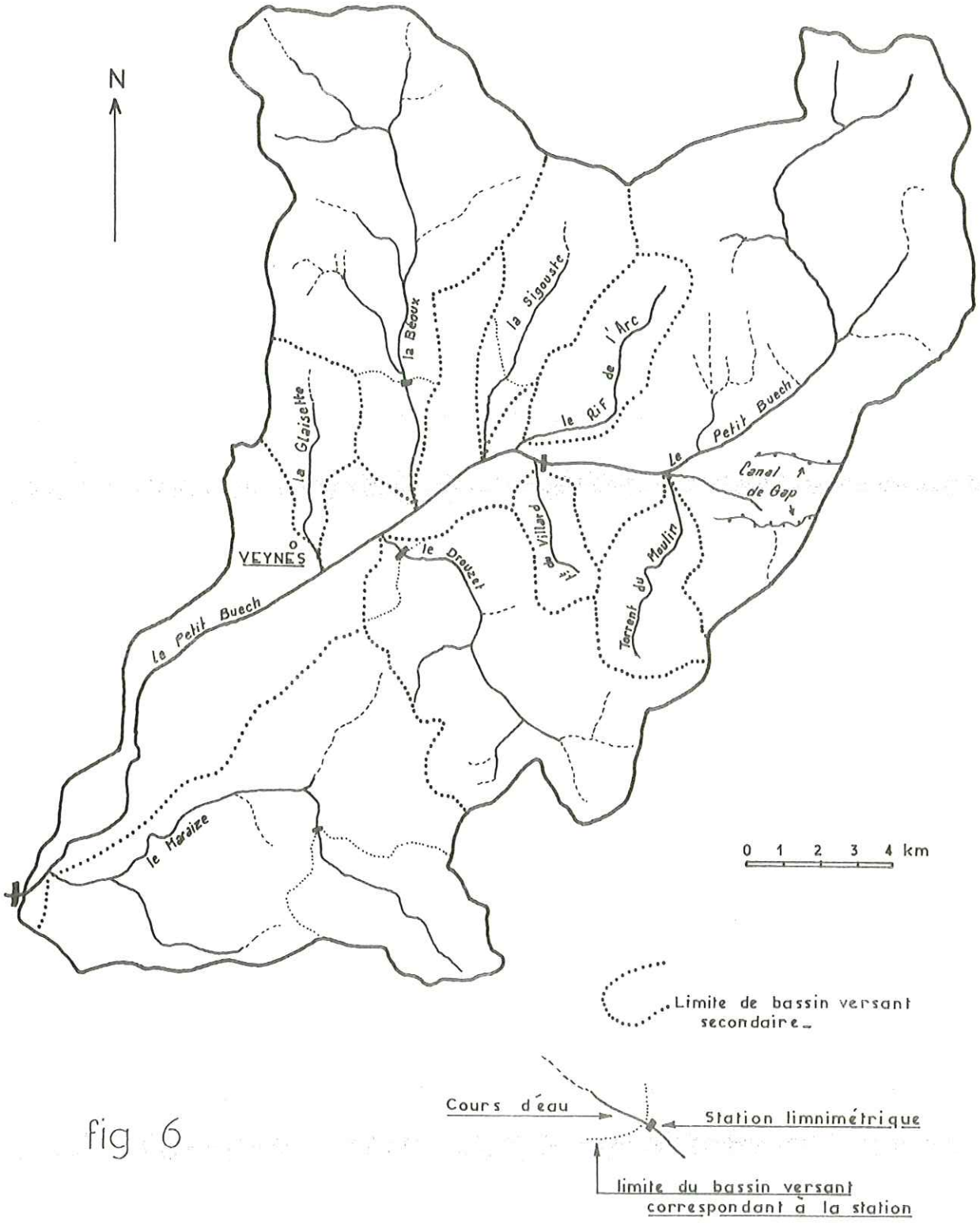


fig 6

8 - Le torrent de Maraize

Il est amputé d'une partie de son bassin versant par une capture naturelle au profil du torrent de Beynon qui rejoint directement la Durance.

Surface du bassin versant : - 5 km^2 à la cluse de Peyssier où une retenue collinaire est à l'étude.
14 km^2 au défilé du Gouravour.
61 km^2 à la confluence avec le Petit Buëch.

On peut noter aussi que le bassin de Maraize est parallèle au cours du Petit Buëch et qu'il ne lui apporte ses eaux que très à l'aval, près de la confluence avec le Grand Buëch. Au Gouravour le débit maximum mesuré a été de 5,75 m^3/s, soit 410 $l/s/km^2$ le 13-4-70. Le débit minimum mesuré a été de 15 l/s, soit 1,07 $l/s/km^2$ en été 1970.

9 - Le Petit Buëch

Il est formé par la réunion de tous les cours d'eau précédents. Les valeurs caractéristiques de son débit représentent une moyenne des valeurs précédentes.

Surface du bassin versant : 400 km^2 à Pont-la-Barque.
Le débit maximum mesuré a été de 84 m^3/s, soit 210 $l/s/km^2$ le 28-10-1972.
Le débit minimum mesuré a été de 0,8 m^3/s, soit 2 $l/s/km^2$ le 3-11-1971.

10 - Conclusion

Si l'on compare les débits spécifiques entre eux on constate, aux erreurs de mesure, et surtout aux lacunes d'observation près, que les débits spécifiques minimum des affluents situés au Nord et en altitude : Béoux et Sigouste sont supérieurs à ceux des affluents situés au Sud : Drouzet et Maraize.

Ceci s'explique par la plus grande importance du stock neigeux, sa fonte plus tardive qui recharge les nappes au début de l'été et par le pouvoir régulateur des calcaires sénoniens abondants au Nord et quasi absents au Sud.

On ne peut comparer les débits maximums de façon simple car ils sont difficiles à "attraper" lorsqu'on ne dispose pas d'une station limnigraphique et de plus ils peuvent être la conséquence d'un évènement pluviométrique local.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

CHAPITRE II

LE BILAN HYDROLOGIQUE

A. - INTERET ET LIMITES DU CALCUL DU BILAN

Le calcul du bilan hydrologique d'un bassin versant répond à deux buts principaux qui sont :

- connaître les quantités d'eau disponibles dans le bassin aux différentes époques de l'année et sous leurs différentes formes : précipitations pluvieuses ou neigeuses, eaux superficielles et eaux souterraines ;
- préciser les limites du bassin versant en décelant des fuites ou des apports souterrains en direction ou en provenance d'une zone extérieure au bassin versant topographique et dus à la structure géologique du bassin.

Pour obtenir des résultats significatifs il est nécessaire de réunir une certaine précision des mesures et une durée d'observations assez longue, de l'ordre de quelques années.

Initialement le bilan devait être effectué sur la moitié aval du bassin versant du Petit Buëch, les limites retenues étaient : à l'aval, la confluence avec le Grand Buëch et à l'amont le pont sur le Petit Buëch au lieu-dit le Devès. Cette limite amont semblait acceptable du fait du resserrement de la vallée à l'entrée de la plaine de Montmaur et son choix se traduit dans la répartition de l'équipement de mesure. Par la suite il est avéré impossible de mesurer les débits entrant dans le bassin ainsi délimité et nous avons étendu le calcul du bilan à l'ensemble du bassin versant en extrapolant les mesures obtenues à partir de l'équipement initial. Ces extrapolations ajouteront un facteur d'imprécision supplémentaire aux imprécisions habituelles dues aux erreurs de mesure, à l'interpolation des mesures et à l'emploi de formules.

En ce qui concerne la durée des mesures, s'il existe dans la région des stations météorologiques qui fonctionnent depuis de nombreuses années, il n'existait par contre aucune station de mesure de débit du Petit Buëch. Le S. R. A. E. a donc procédé, au mois d'octobre 1971, à l'installation d'une station limnigraphique sur le Petit Buëch, au lieu-dit Pont-la-Barque.

Pour cette raison les mesures de débit, donc le calcul du bilan, portent sur une période de 12 mois, de novembre 1971 à octobre 1972.

En conclusion

L'étude du bilan a consisté en la mise en place de l'infrastructure qui permettra plus tard, si nécessaire, de calculer un bilan portant sur plusieurs années et en un premier calcul de ce bilan, établi sur 12 mois de mesures.

B. - L'EQUIPEMENT DU BASSIN

Nous avons utilisé l'infrastructure existante, qui dépend essentiellement des services de la Météorologie Nationale, complétée par le matériel installé pour cette étude par le S.R.A.E.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

1 - L'équipement existant

Il était constitué par :
- des pluviomètres : aux Cypières (1350 m), à Barcillonnette (850 m), à Gap-ville (775 m), à Serres (670 m) et à Veynes (815 m), ce dernier étant en service depuis 1965 ;
- un pluviographe installé au Saix en 1965 par le S.R.A.E. ;
- des thermomètres : à Gap-ville (775 m), au col Bayard (1250 m) et aux Cypières (1350 m) ;
- un limnigraphe, à puits et flotteur, installé sur le torrent de Maraize, au lieu-dit le Gouravour, en 1971 par le S.R.A.E.

2 - L'équipement mis en place pour l'étude

Il est constitué par :
- un pluviographe à Veynes (815 m) ;
- deux pluviomètres du type "tube totalisateur" : l'un au hameau des Garcins (1400 m) l'autre à Chateauneuf-d'Oze (980 m) ;
- deux thermomètres à minimums-maximums : l'un aux Garcins (1400 m), l'autre à la Bâtie-Montsaléon (703 m) ;
- des échelles limnimétriques :
  . sur le Petit Buëch, au pont du Devès,
  . sur le torrent du Drouzet, au pont des Jouquetis,
  . sur le torrent de Béoux, au pont du Bas-Etroit ;
- une station limnigraphique, équipée d'un limnigraphe à flotteur, sur le Petit Buëch, à l'aplomb du pont ferroviaire de Pont - La Barque.

Les mesures de débit permettant d'établir les courbes de tarage ont été effectuées une fois par mois au moulinet, soit à la cyclo-potence soit à la perche, par une des équipes de jaugeage du S.R.A.E.

Les échelles limnigraphiques ont subi les avatars habituels dans les régions de montagne : engravement, exhaussement, gel et détournement du lit de la rivière.
La station limnigraphique de Pont-la-Barque a fonctionné correctement.

On dispose d'autre part des renseignements recueillis par L. TRON sur la station météorologique installée dans le bassin versant expérimental de Saint-Génis, à proximité du bassin du Petit Buëch.

C. - LES PRECIPITATIONS

1 - Hauteurs et gradient de précipitations

A partir des mesures recueillies à l'aide des pluviographes et des pluviomètres énumérés ci-dessus nous avons établi les hauteurs mensuelles et annuelles de précipitation pour les stations situées sur et à proximité du bassin versant. Les résultats figurent sur le tableau suivant :

PRECIPITATIONS MENSUELLES DE NOVEMBRE 1971 à OCTOBRE 1972 (en mm)

Stations	altitude	N_{71}	D_{71}	J_{72}	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total
Les Garcins	1400	130	15	40	140	50	60	75	158	3	60	80	153	864
Les Cypières	1350	106	20	51	142	53	46	96	184	31	52	72	269	1122
Ch^{f}-d'Oze	980	140	15	60	157	50	60	30	150	6	70	60	165	963
Le Saix	971	80	17	60	175	52	56	80	121	28	37	64	186	956
Barcillonnette	850	150	20	62	168	70	61	77	151	47	45	42	167	1060
Veynes	815	123	13	54	136	49	60	53	148	6	79	54	128	903
Gap	775	124	13	36	114	53	60	65	126	53	35	42	148	849
Serres	670	156	10	76	191	67	54	45	165	4	35	59	154	1016

Les chiffres ci-dessus représentent les précipitations pluvieuses et neigeuses. L'expérience montre que 1 cm de hauteur de neige équivaut à 1 mm de hauteur de pluie.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

A partir des hauteurs annuelles de précipitations on peut tenter d'établir s'il existe un gradient altimétrique de précipitations, en reportant en fonction de l'altitude de chaque station la hauteur de précipitations correspondante.

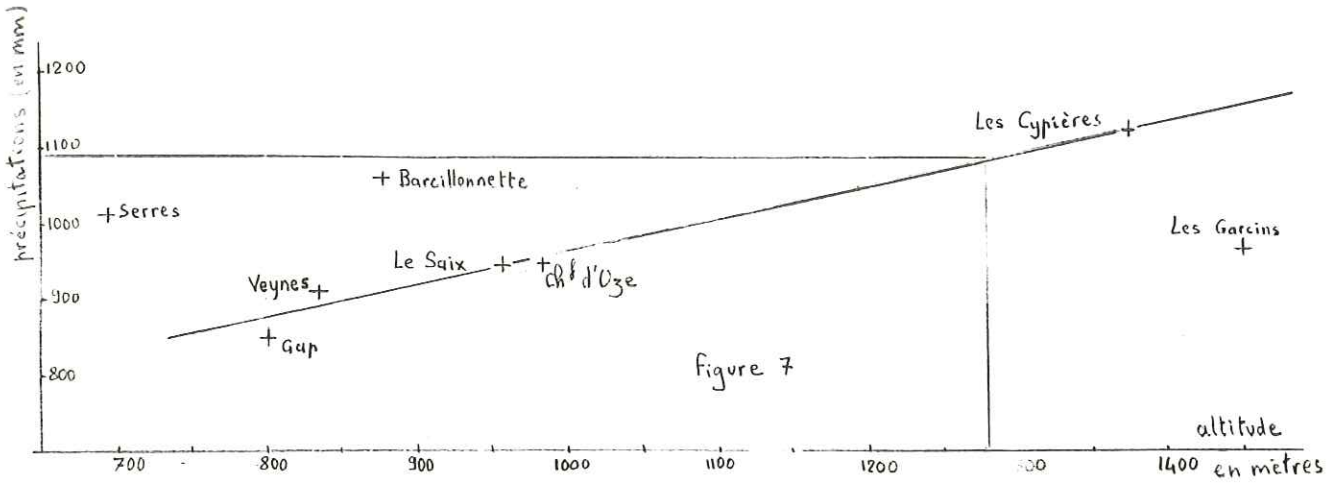


Figure 7

Il existe bien un gradient altimétrique de précipitations, sa valeur est de 0,43 mm par mètre, mais il ne concerne que 5 stations sur 8. L'abondance des précipitations à Serres et Barcillonnette peut s'expliquer par la position de ces stations qui se trouvent sur le flanc sud des premiers reliefs que rencontrent les masses d'air humide venues du Sud et du Sud Est. Quant à la faiblesse des précipitations enregistrées aux Garcins on peut l'attribuer soit à un fonctionnement défectueux du pluviomètre, soit à des conditions climatiques locales.

2 - Hauteurs moyennes de précipitation sur l'ensemble du bassin

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la hauteur de précipitation sur l'ensemble d'un bassin à partir de données ponctuelles. Nous avons choisi deux de ces méthodes qui sont la méthode de Thiessen et la méthode du gradient altimétrique de précipitation.

a) La méthode de Thiessen (fig. 8)

Elle consiste à attribuer à chaque station un "poids" proportionnel à la distance qui la sépare des autres stations. Ainsi dans le cas présent le résultat final sera donné à 19 % par la station de Chateauneuf d'Oze, à 19 % également par celle des Garcins, à 17 % par celle de Veynes, à 17 % par celle du Saix, à 12 % par celle de Gap, à 10 % par les Cypières et à 4 % et 1 % respectivement par les stations de Serres et de Barcillonnette. La somme des valeurs données par toutes les stations représentant la valeur moyenne du bassin.

On a calculé par cette méthode les hauteurs moyennes mensuelles et annuelles de précipitation sur l'ensemble du bassin :

	N_{71}	D	J_{72}	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total
Précipitations moyennes en mm	119	19	56	148	56	60	65	146	15	58	65	40	947

b) Calcul de la hauteur moyenne de précipitation à l'aide du gradient altimétrique

Cette méthode consiste, connaissant l'altitude moyenne du bassin versant (1270 mètres) et le gradient altimétrique de précipitations, à calculer la hauteur de précipitation correspondant à l'altitude moyenne du bassin. Il nous suffit donc de reporter (figure 7) l'altitude 1270 m sur la droite du gradient, il lui correspond une hauteur moyenne de précipitations de 1 090 mm

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

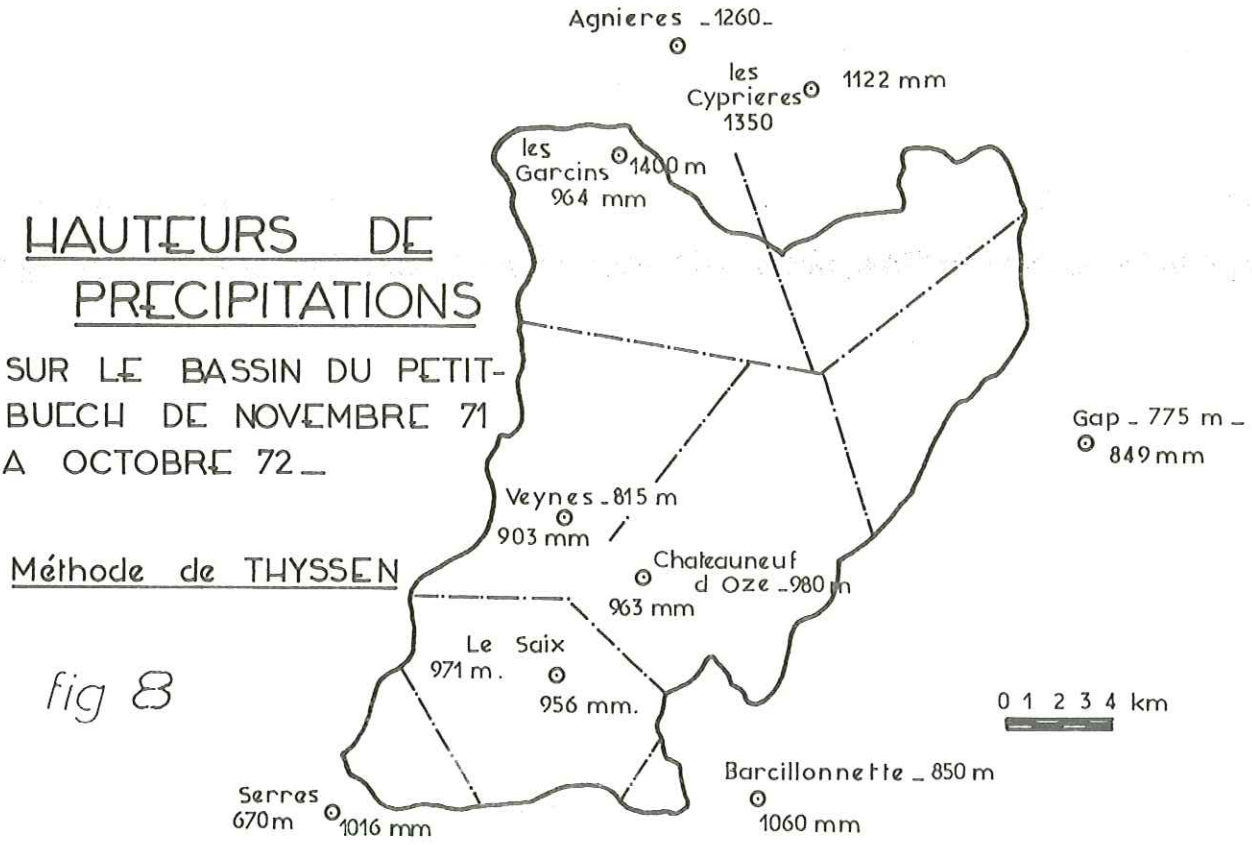


fig 8

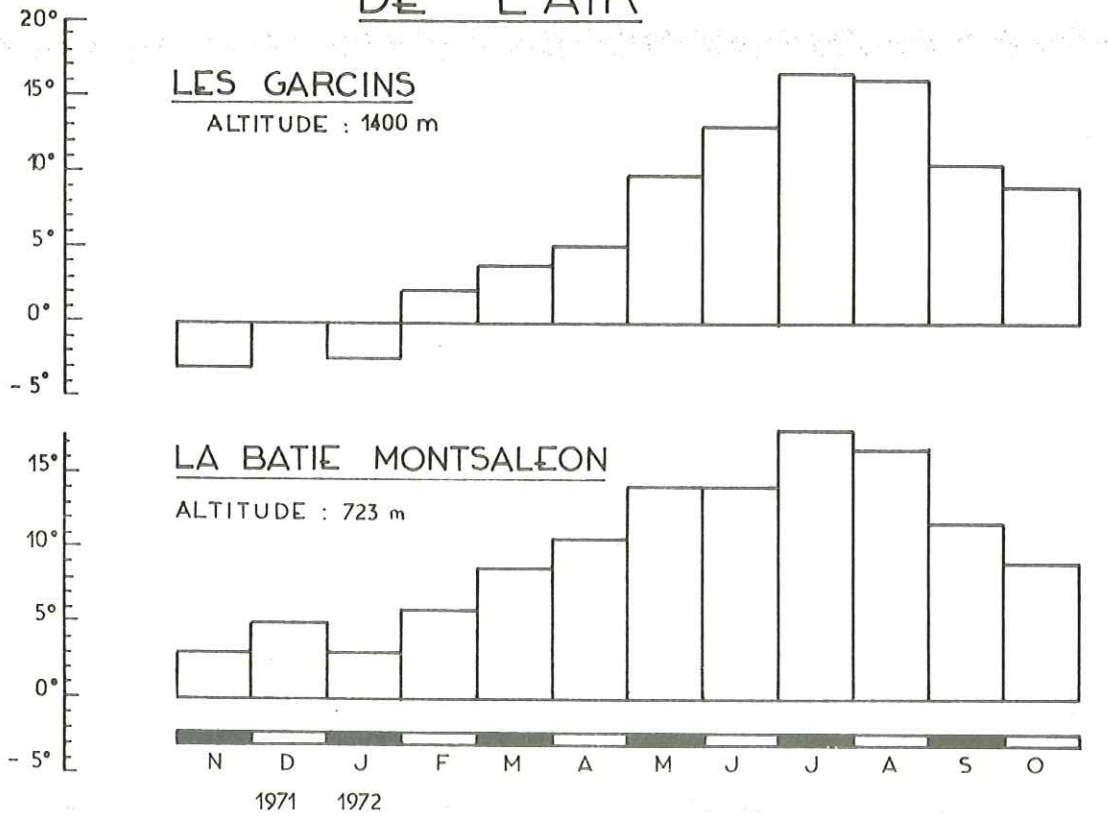


fig 9

c) Comparaison des résultats

En employant la méthode de Thiessen dans notre cas nous commettons une erreur qui est de représenter le bassin par un groupe de stations dont l'altitude moyenne est inférieure à celle du bassin, le résultat obtenu sera donc inférieur à la valeur réelle.

Lorsque nous employons la méthode du gradient altimétrique nous introduisons des incertitudes en admettant que le gradient obtenu précédemment correspond à la réalité et que les valeurs aberrantes étaient des exceptions locales. Mais de toutes façons nous savons qu'il existe un gradient altimétrique de précipitations, quelle qu'en soit la valeur exacte et si avec la méthode de Thiessen nous commettions une erreur certaine dans le cas présent il ne s'agit plus que d'une incertitude.

Nous pouvons donc retenir comme meilleure la hauteur moyenne annuelle obtenue par le gradient altimétrique. Pour obtenir les hauteurs moyennes mensuelles nous multiplierons les valeurs mensuelles obtenues grâce à la méthode de Thiessen par le rapport :

$$\frac{\text{hauteur annuelle gradient}}{\text{hauteur annuelle Thiessen}} \text{ soit } \frac{1\,090}{947} = 1,15$$

ce qui donne :

	N_{71}	D	J_{72}	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total
Précipitations moyennes en mm	135	25	66	167	66	70	75	164	21	68	75	158	1 090

D. - LES TEMPERATURES

Comme il n'existait aucun relevé thermométrique sur la surface du bassin nous avons installé deux thermomètres mini - maxi relevés tous les jours par des observateurs locaux. Le choix des emplacements était conditionné par la présence d'un observateur mais nous avons heureusement pu installer ces thermomètres à des altitudes différentes : le premier à 723 mètres, à la Bâtie Montsaléon et le second à 1 400 mètres, au hameau des Garcins.

Ce type de thermomètre donnant la température minimale et la température maximale atteintes depuis le dernier relevé et les relevés étant effectués tous les jours, nous avons pris comme température moyenne journalière la moyenne arithmétique des températures minimale et maximale journalière, soit :

$$T \text{ moy} : \frac{T \text{ maxi} + T \text{ mini}}{2}$$

On a calculé ensuite la température moyenne mensuelle qui est la moyenne arithmétique des températures moyennes journalières. Connaissant les températures moyennes mensuelles pour les deux stations on peut connaître le gradient altimétrique de température qui permet d'obtenir les températures moyennes mensuelles et annuelle à l'altitude de 1 270 m, c'est-à-dire sur l'ensemble du bassin.

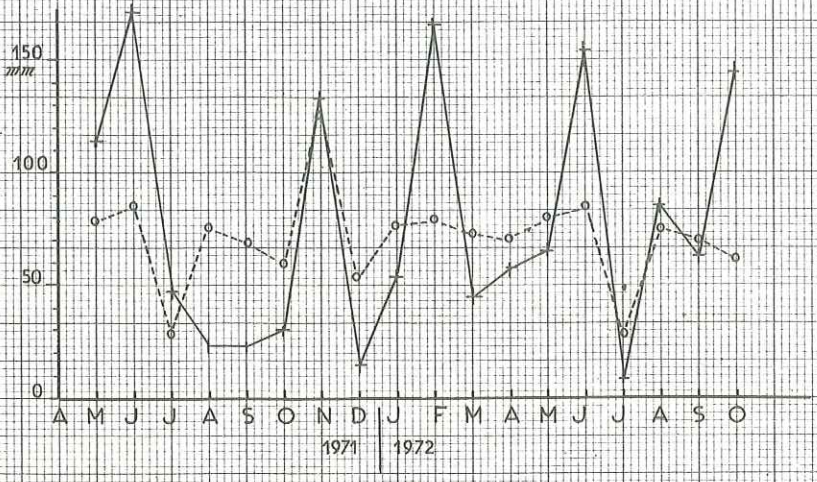
	Altitude	N_{71}	D	J_{72}	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total
Les Garcins	1400	-2,9	0	-2,6	1,9	3,7	5,1	9,7	13,0	16,4	16,1	10,4	9,1	6,6° C
La Bâtie	723	3,0	4,9	3,0	5,7	8,5	10,6	14,0	14,0	17,7	16,5	11,5	8,6	9,1° C
Gradient en d°/100 m		0,8	0,7	0,8	0,5	0,7	0,8	0,6	0,1	0,2	0,06	0,15	-0,7	0,35° C
Bassin versant	1270	-1,9	+0,9	-1,6	1,6	2,8	4,1	8,9	12,9	16,1	16,0	10,2	9,2	7,0° C

La température moyenne du bassin sur l'ensemble des 12 mois étudiés est 7,0° C

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Précipitations mensuelles



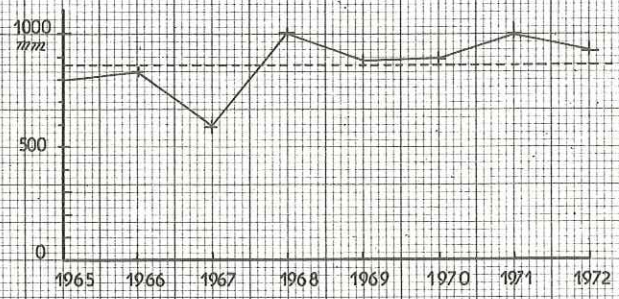
Hauteurs mensuelles de précipitations

Moyenne mensuelle de 1965 à 1972

fig 10

STATION DE VEYNES

Précipitations annuelles



Hauteurs annuelles de précipitations

Moyenne annuelle de 1965 à 1972

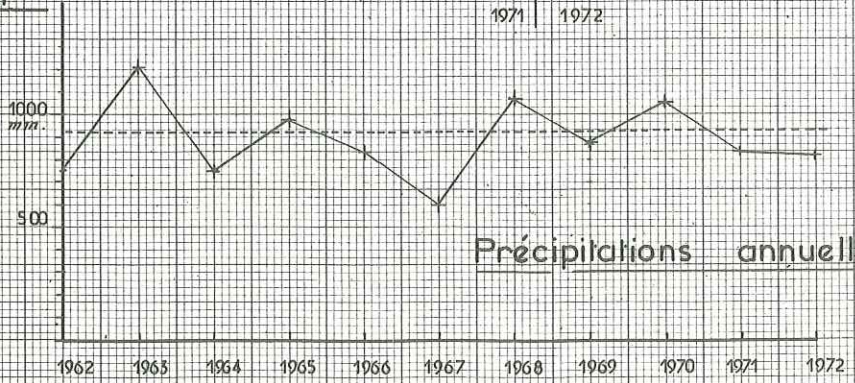
Précipitations mensuelles

Hauteur mensuelle de précipitations

Moyenne mensuelle de 1951 à 1970

fig 11

STATION DE GAP



Précipitations annuelles

Hauteurs annuelles de précipitations

Moyenne annuelle de 1951 à 1970

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

E. - REPRESENTATIVITE DE LA PERIODE ETUDIEE

La période durant laquelle est calculé le bilan est imposée par les circonstances, d'autre part elle n'est que de 12 mois ; il s'agit alors de savoir dans quelle mesure ces 12 mois sont représentatifs d'une année hydrologique moyenne. Parmi tous les facteurs qui conditionnent les échanges hydrauliques à l'intérieur du bassin et entre le bassin et le milieu environnant il existe un facteur dominant qui est la hauteur des précipitations et leur répartition dans le temps. Nous allons donc comparer les précipitations de 1971 - 1972 avec les moyennes de précipitations établies sur plusieurs années.

Nous avons choisi deux stations de référence qui sont :
- la station de Gap-ville, où les relevés pluviométriques vont de 1951 à 1972 ;
- la station de Veynes, où la période de référence est plus courte : de 1965 à 1972, mais qui est située au centre de la zone étudiée.

Sur la figure 10 on a reporté, pour Veynes et pour Gap :
- les hauteurs mensuelles de précipitation en 1971 - 1972 et les moyennes mensuelles ;
- les hauteurs annuelles de précipitation des 10 dernières années et la moyenne annuelle.

Au vu de ces graphes, on peut dire que les variations pluviométriques sont identiques pour Veynes et pour Gap, ce qui confirme une homogénéité du climat que nous avions postulé lors de l'étude des précipitations.

D'autre part les hauteurs de précipitation de 1971, de 1972 et de la période novembre 1971 - octobre 1972 sont proches des hauteurs moyennes annuelles.

On remarque encore que l'été 1971 a été exceptionnellement sec et que cette sécheresse s'est poursuivie jusqu'au mois de novembre ; cet été 1971 avait cependant été précédé d'un printemps particulièrement pluvieux et le tarissement des sources et des cours d'eau s'est fait à partir de réserves initialement importantes.

En conclusion

Même en tenant compte de l'étiage persistant de l'automne 1971 le bilan hydrologique que l'on va établir et qui porte sur 12 mois, de novembre 1971 à octobre 1972, sera bien représentatif du bilan hydrologique moyen du bassin versant du Petit Buëch.

F. - L'EVAPOTRANSPIRATION

Il n'existe pas de nappe d'eau libre sur le bassin versant, il n'y a donc pas d'évapotranspiration directe mais seulement évaporation par le sol et évapotranspiration par la végétation. L'évapotranspiration, qui retire au bassin une grande partie de son eau, est un paramètre difficile à mesurer car il dépend non seulement de la température et des précipitations mais aussi de l'état du sol, de la végétation et des vents, toutes choses qui varient dans le temps et dans l'espace. Aussi vouloir calculer à l'aide d'une même formule l'évapotranspiration qui se produit sur le plateau de Bure, karstique, situé à 2 500 mètres d'altitude et recouvert de neige 6 mois par an, et l'évapotranspiration qui se produit sur les terrasses planes et herbeuses dans la vallée, est une opération téméraire ; tout au plus peut-on espérer que la formule que l'on utilisera intègre tous les éléments et, par un heureux hasard, s'approche de la réalité.

Pour tenter tout de même de réduire la marge d'incertitude nous calculerons l'évapotranspiration à l'aide de plusieurs méthodes qui sont celles de Coutagne, de Thornthwaite et de Turc.

1 - L'évapotranspiration par les formules de Coutagne

Il existe deux formules de Coutagne, la première qui est la plus simple, ne fait intervenir que la température moyenne annuelle T. Elle a pour domaine d'application les régions comprises entre 30 et 50 degrés de latitude nord et une pluviométrie annuelle comprise entre 960 et 640 mm.

Elle est de la forme $D = 210 + 30\,T$

dans notre cas $D = 210 + 30 \times 7,0$ soit $D = 420$ mm

D étant le déficit d'écoulement en mm.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

La seconde formule, plus récente, fait intervenir la pluviométrie annuelle P.

Elle s'écrit $E = P - \lambda P^2$ avec $\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14\ T}$

avec E et P exprimés en m/an

ce qui nous donne :

$E = 410$ mm

2 - L'évapotranspiration par la formule de Turc

La formule de Turc fait intervenir la pluviométrie et la température moyenne annuelle.

Elle s'écrit : $E = \frac{P}{2 \qquad 0,9 + \frac{P^2}{L^2}}$

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

Dans le cas présent on obtient $E = \frac{1090}{0,9 + \frac{1\ 098\ 100}{417\ 316}}$

Soit $E = 582$ mm

3 - L'évapotranspiration par la méthode de Thornthwaite

Cette méthode est plus précise car elle fait intervenir la pluviométrie à l'échelle mensuelle. Il existe plusieurs formules plus ou moins simplifiées et tenant compte de la hauteur des précipitations, de la température et de l'insolation.

Le calcul de l'évapotranspiration mensuelle a été effectué à l'aide de cette méthode sur la station météorologique de Saint-Genis, il a donné les résultats suivants :

	N_{71}	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total
Evapotranspiration en mm	6,8	6,0	2,6	16,0	33,0	41,3	69,9	90,3	113,0	94,8	58,2	44,2	576,1

4 - Comparaison des résultats

Il existe une disparité entre les résultats obtenus par les formules de Coutagne et ceux obtenus par les méthodes de Thornthwaite et de Turc. Nous choisirons de préférence ces derniers parce qu'ils ont été obtenus par des méthodes plus précises et parce que nous aurons besoin de connaître les hauteurs mensuelles d'évapotranspiration, que seule donne la formule de Thornthwaite, lors de la discussion du bilan.

On peut donc poser : E est compris entre 576 mm et 582 mm.

G. - LA LAME D'EAU ECOULEE

On a mesuré les débits du Petit Buëch à la station limnigraphique de Pont-la-Barque, à une centaine de mètres à l'amont de la confluence avec le Grand Buëch. Une partie des eaux du Petit Buëch est prélevée à l'amont du limnigraphe et amenée à l'aval par un canal sans être enregistrée par le limnigraphe ; nous en avons tenu compte en ajoutant aux débits enregistrés un débit de 0,23 m^3/s, représentant le débit approximatif de ce canal, durant les mois de mai, juin, juillet et août 1972.

Le dépouillement des limnigraphes a été effectué à l'aide d'un ordinateur qui fournit, en plus des débits moyens journaliers, les débits moyens et spécifiques mensuels et la lame d'eau mensuelle écoulée.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

	N_{71}	D	J_{72}	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Moyenne annuelle
Débit moyen mensuel en m^3/s	2,29	1,87	3,00	11,00	13,2	14,2	7,03	12,3	2,58	1,19	1,87	7,03	6,47 m^3/s
Débit spécifique mensuel en $l/s/km^2$	5,7	4,7	7,5	27,5	33,0	35,6	17,5	30,8	6,4	3,0	4,7	17,5	16,2 $l/s/km^2$
Lame d'eau mensuelle en mm	14,8	12,5	20,1	69,3	88,2	92,2	46,8	78,0	15,8	6,4	12,1	47,0	503 mm

Sur la figure 12 on a représenté les débits moyens journaliers du Petit Buëch à Pont-la-Barque et les hauteurs journalières de précipitation mesurées au pluviographe de Veynes. Il apparaît que les relations pluie - débit ne sont pas toujours simples et varient au cours des saisons ; nous allons préciser ces relations par le calcul du bilan.

H. - ETABLISSEMENT DU BILAN

1 - Bilan annuel

On représente habituellement le bilan des échanges hydrauliques d'un bassin avec le milieu extérieur par la formule suivante :

$$P = Q + Et + W$$

qui exprime dans quelles proportions les précipitations P ont été affectées aux différentes fonctions qui sont l'écoulement Q, l'évapotranspiration Et et enfin la recharge des nappes W. Pour le bassin versant du Petit Buëch et pour la période allant de novembre 1971 à octobre 1972, nous pouvons écrire :

P	=	Q	+	Et	+	W
1090 mm	=	503 mm	+	576 mm	+	W ce qui donne W = 11 mm, c'est-à-dire que la

recharge des nappes est négligeable, quantitativement toute l'eau amenée par les précipitations s'est écoulée ou a été évapotranspirée : le bilan est équilibré.

2 - Bilan mensuel

L'équilibre du bilan n'est atteint qu'à la fin de la période étudiée, durant toute cette période il y a déséquilibre c'est-à-dire qu'il y a , soit stockage de l'eau dans le bassin, soit prélèvement d'eau dans ce stock.

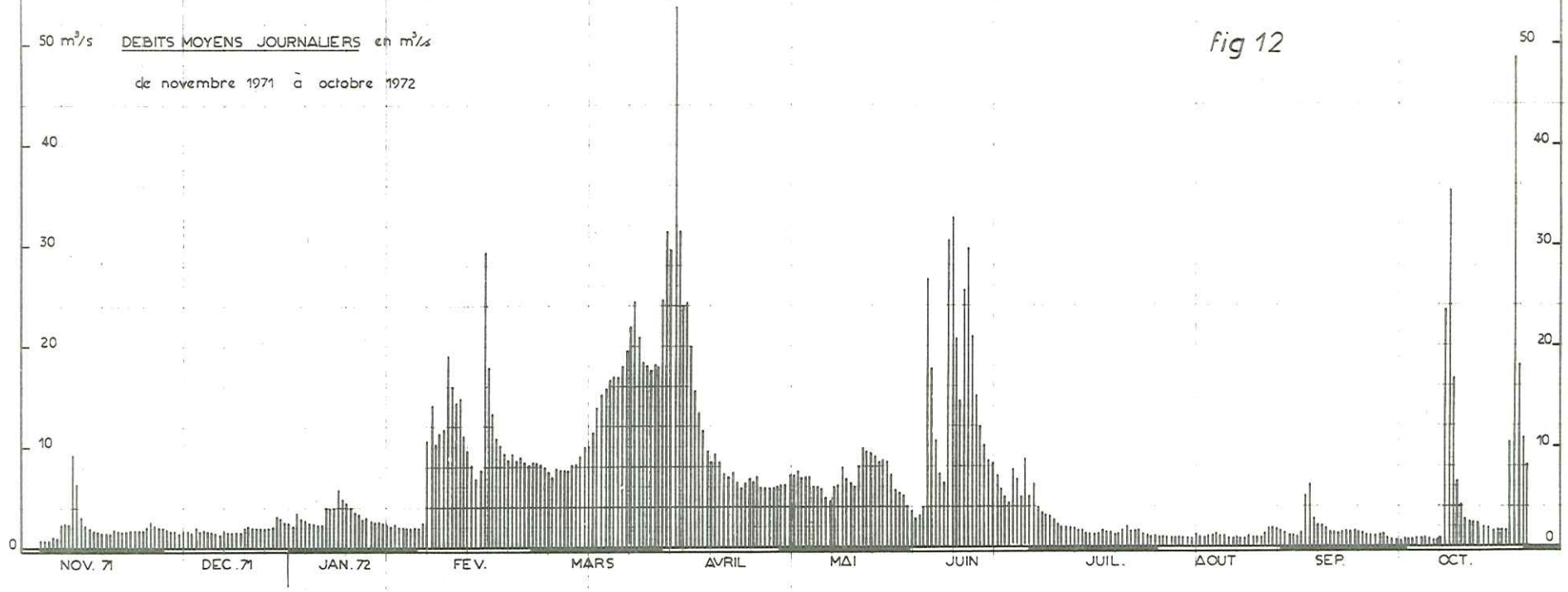
En regroupant les résultats obtenus dans les paragraphes précédents (précipitations, évapotranspiration, lame d'eau écoulée) nous pouvons dresser le bilan mois par mois.

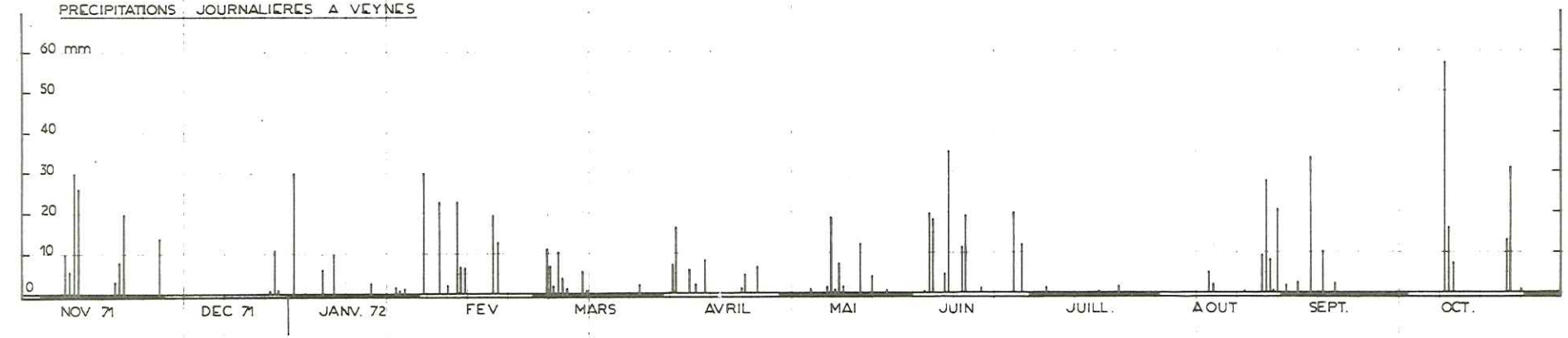
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LE PETIT-BUECH A PONT LA BARQUE

fig 12





	N_{71}	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total
Précipitations en mm	135	25	66	167	66	70	75	164	21	68	75	158	1090
Evapotranspiration en mm	6,8	6,0	2,6	16,0	33,0	41,3	69,9	90,3	113,0	94,8	58,2	44,2	576,1
Lame d'eau écoulée en mm	14,8	12,5	20,1	69,3	88,2	92,2	46,8	78,0	15,8	6,4	12,1	47,0	503
Stockage en mm	113,4	6,5	43,3	81,7	-55,2	-63,5	-41,7	-4,3	-107,8	-33,2	4,7	66,8	11
Stockage cumulé en mm	113,4	119,9	163,2	244,9	189,7	126,2	84,5	80,2	-27,6	-60,8	-56,1	0,11	11

La rubrique "stockage" représente le résultat de la balance Précipitations - (Evaporation + lame d'eau écoulée) nous connaissons, lorsque le stockage est positif l'excédent des entrées sur les sorties et lorsque le stockage est négatif l'excédent des sorties sur les entrées.

Ce stockage quantifie les relations de transfert Précipitations - Débit que l'on pouvait déceler graphiquement sur la figure 12. Les principaux phénomènes mis en évidence sont :

- l'accumulation d'eau dans le bassin, de novembre 1971 à février 1972 et en octobre 1972, cette accumulation se faisant par recharge des nappes aquifères et par constitution d'un stock neigeux ;
- le prélèvement sur les réserves, du mois de mars au mois d'août 1972, ce prélèvement se faisant d'abord surtout aux dépens du stock neigeux puis aux dépens des nappes aquifères.

Dans la rubrique "stockage cumulé" figure l'état des réserves en eau du bassin versant, à une constante près qui est la valeur de la réserve préexistante au 1er Novembre 1971. Il se pose alors le problème de savoir si la capacité de stockage du bassin lui permet d'absorber, en plus des réserves existant au 1er novembre 1971, les 245 mm de stock maximum existant théoriquement en février 1972. Ceci est probable car la réserve initiale était faible et d'autre part le nouveau stock se répartit sous forme de recharge des nappes et sous forme de manteau neigeux.

Quant à savoir si le stock initial était capable de supporter le prélèvement maximum de 61 mm du mois d'août 1972, rien ne permet de l'affirmer.

Quoi qu'il en soit nous pouvons dire que les réserves augmentent de novembre 1971 à février 1972, qu'elles diminuent à partir de février jusqu'à août - septembre 1972, date à laquelle elles sont déficitaires par rapport à leur état initial du 1er Novembre 1971, puisqu'elles reviennent à cet état initial au mois d'octobre 1972.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

CHAPITRE III

STRATIGRAPHIE ET TECTONIQUE - LEUR ROLE SUR LES CIRCULATIONS

A. - GENERALITES

Le bilan hydrologique que nous avons calculé précédemment concerne globalement le passage de l'eau des précipitations à l'écoulement sans distinguer entre les divers modes de ce passage qui sont :

- le ruissellement superficiel,
- l'infiltration et la circulation dans le sol, à faible profondeur,
- l'infiltration et la circulation à plus grande profondeur, dans le terrain.

Cette distinction entre ruissellement et circulation à diverses profondeurs, nous allons l'établir lors de l'étude détaillée des principaux aquifères de la région, mais auparavant il nous faut considérer le milieu où ces phénomènes se produisent et voir de quelle manière sa nature et son histoire conditionnent ses caractères hydrogéologiques actuels.

L'histoire géologique de la région de Veynes et du Petit Buëch a fait l'objet de travaux et de publications récents : 1969 : GIDON et PAIRIS ; 1970 : GIDON, PAIRIS, ARNAUD, APRAHAMIAN et USELLE et enfin, en 1971 parution de la carte géologique de Gap au 1/50 000. Ces travaux m'ont servi de documents géologiques de base durant toute cette étude.

L'intérêt porté à la région vient de ce qu'elle représente la zone d'enracinement du chevauchement de Digne et de ce que les calcaires sénoniens et les formations tertiaires qui y affleurent permettent, sans masquer comme dans le Dévoluy les structures antésénoniennes, d'observer les rapports entre mouvements anté et post-sénoniens et oligocènes.

Il n'est pas question d'exposer ici en détail toute l'histoire sédimentaire et tectonique, fort complexe, de la région mais d'en reprendre les grandes lignes en dégageant les événements majeurs ayant abouti à l'état hydrogéologique actuel.

B. - DU DOGGER AU STAMPIEN

1 - Au Jurassique inférieur et moyen

La région appartient au domaine vocontien, la sédimentation y est de type dauphinois, c'est-à-dire marneux, par opposition au type provençal, carbonaté, que l'on trouve plus au Sud.

Les terrains les plus anciens qui affleurent dans le bassin versant du Petit Buëch sont les "Terres Noires" de l'Oxfordien ; ces marnes friables donnent des paysages de collines basses, à la couleur sombre, ravinées par une infinité de thalwegs.

Leur faible perméabilité, jointe à leur grande épaisseur, en fait le niveau de base de nombreuses nappes des terrains de couverture. Les cours d'eau y sont le plus souvent à sec mais peuvent charrier des dévits énormes en période de crue.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

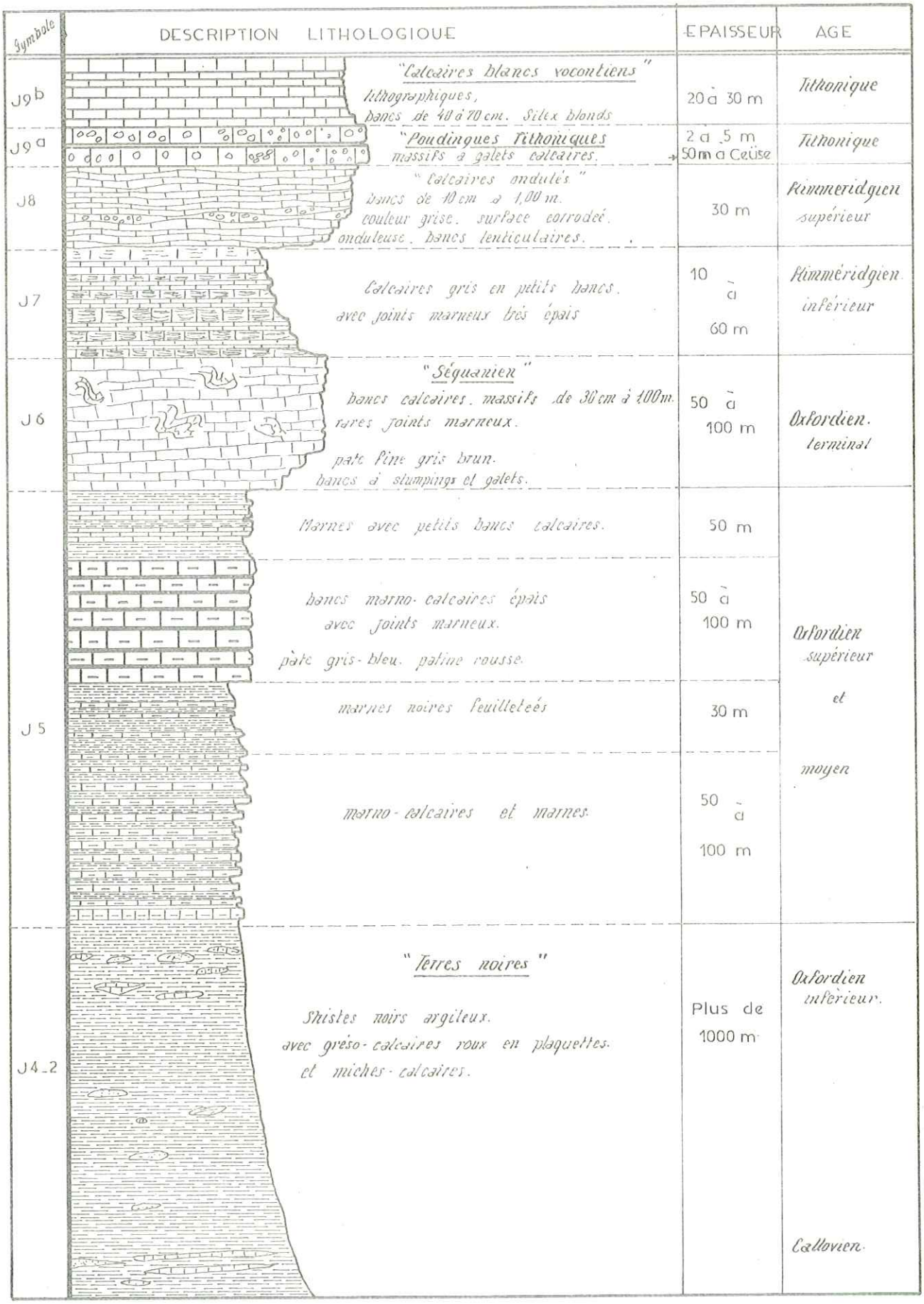


fig 13

Ces Terres Noires passent progressivement aux marno-calcaires de l'"Argovien" qui sont en général aussi imperméables et se distinguent des Terres Noires par des pentes plus fortes et une teinte plus claire.

Cette formation des Terres Noires - Argovien affleure principalement dans les secteurs de la Roche-des-Arnauds et la Bâtie Montsaléon, dans les anticlinaux de la bande faillée de Veynes et, de part et d'autre du contact du chevauchement de Bure, dans le secteur de Rabioux - La Montagne - La Sigouste.

2 - Au Malm

La sédimentation devient de plus en plus carbonatée, les calcaires qui vont former la "barre séquanienne" et la "corniche tithonique" se déposent en même temps que s'effectuent le plissement et l'érosion des assises sous-jacentes, ce qui explique les lacunes fréquentes, notamment des "calcaires ondulés" du Kimméridgien inférieur, et le dépôt de poudingues à galets de calcaires kimméridgiens. Ces poudingues tithoniques calcaires à galets calcaires sont très épais au Sud et au Sud Ouest du bassin, ils sont réduits dans la région de Veynes où ils ne forment qu'un seul banc de 2 à 3 m d'épaisseur et ils redeviennent plus épais dans le Nord du bassin. Il en est de même, d'ailleurs, pour l'ensemble du Tithonique. Ces calcaires, en eux-mêmes imperméables, ont acquis une perméabilité en grand lors des phases tectoniques ultérieures, avec l'ouverture de failles, de fissures, de diaclases et avec l'élargissement des joints de stratification.

Le Tithonique apparaît souvent dans le paysage comme une barre calcaire au sommet des talus de Terres Noires - Argovien. Il est entaillé par les cours d'eau en donnant des cluses comme les cluses de Rabou, de Veynes et d'Arambre sur le Buëch, de la Gerle sur la Glaisette ou du Gouravour sur le Maraize. On y trouve quelques réseaux ou cavités karstiques peu développés, comme le Trou de Sigaud sur le bord E de la Corniche de Ceüse ou le Pertuis sur le bord W du synclinal du Rif de l'Arc.

3 - Au Crétacé inférieur et moyen

La région fait toujours partie du domaine vocontien. Les calcaires du Berriasien inférieur se confondent, au double point de vue morphologique et hydrogéologique avec les calcaires tithoniques. Ils contiennent des passées de poudingues à éléments kimméridgiens.

Les alternances marno-calcaires du sommet du Berriasien se confondent, elles, avec les marnes valanginiennes. Ces marnes valanginiennes, dites "marnes jaunissantes" donnent des dépressions topographiques : vallons, cols et parfois des pentes couronnées d'une barre de calcaire gréseux à silex comme dans le synclinal de Tré-Maroua, au Sud du Saix. Imperméables, elles peuvent servir de niveau de base à de petites nappes localisées dans les terrains de couverture tels qu'éboulis ou moraines.

Les marno-calcaires hauteriviens sont rendus imperméables par l'épaisseur des joints marneux ; dans les zones ayant subi d'assez fortes contraintes tectoniques les bancs calcaires ont été découpés en parallélépipèdes, de plus, lorsque ces marno-calcaires affleurent en surface structurale avec un pendageincliné ils ont souvent glissé sur leur base de marnes valanginiennes, ce qui a favorisé l'élargissement des fissures et des joints de stratification tout en évitant la dispersion des blocs calcaires dans la matrice argileuse. On trouve alors des sources qui semblent émerger de ces marno-calcaires, comme les sources du Torrent du Moulin et de la Sapie dans la Montagne de Ceüse ou les sources du bois de Combe Noire mais il est difficile de savoir si l'Hauterivien représente le véritable aquifère ou seulement une zone de transit entre un réservoir, formé d'éboulis et de moraine, et l'émergence.

Au Barrémo-Bédoulien des "calcaires à débris" se déposent dans le Nord du bassin, ils affleurent largement à la tête du Rif de l'Arc et au Nord du col du Lautaret, vers le Sud se déposent des calcaires avec seulement quelques passées bioclastiques. Assez compact, peu épais et encadré de terrains marneux, cet étage ne joue aucun rôle hydrogéologique notable dans notre secteur.

Les "marnes bleues" albiennes par endroits très épaisses, se traduisent comme les autres formations marneuses par des dépressions topographiques comme le bassin du Torrent de Glaisette au Nord de Veynes ou le col de Villauret au Sud de Saint-Auban-d'Oze. Elles peuvent servir de substratum imperméable aux terrains de couverture et au Crétacé supérieur, elles imprimeront leur marque à la chimie des eaux qui les lessivent en leur fournissant des ions sulfate ; elles contiennent en effet souvent des modules de pyrite et dans le secteur de Peyssier, dans le haut bassin du Maraize, existe un gisement de barytine mamelonnée apparemment lié à une faille et accompagné de géodes de calcite dont le diamètre peut atteindre 50 à 60 cm.

Au Turonien inférieur une première phase de mouvements anté-sénoniens occasionne des lacunes et la discordance des calcaires turoniens.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

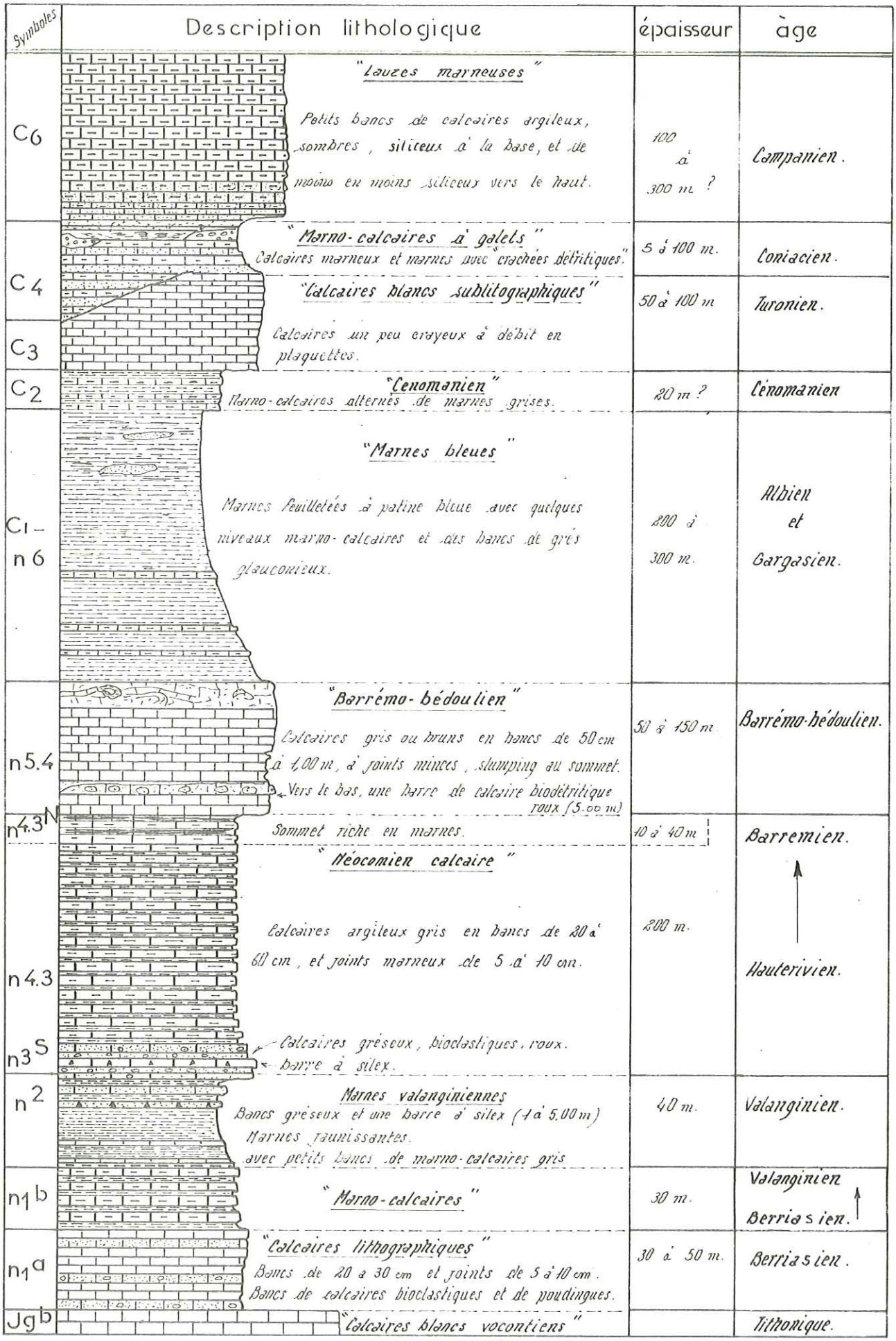


fig 14

4 - Le Crétacé supérieur

a) Au Coniacien

Les plissements antésénoniens provoquent l'érosion du Turonien et des formations plus anciennes, la discordance des formations sus-jacentes et la sédimentation de formations détritiques ; grès et poudingues noyés dans des marnes prélevées sur place.

Ces formations détritiques sont abondantes à l'Est de Montmaur : dans le ravin de la Mèque et sur les flancs du synclinal du Villard-de-Montmaur ; elles sont imperméables et peuvent éventuellement servir de niveau d'arrêt aux circulations du Sénonien lorsque ces circulations sont allées jusqu'à atteindre la base des calcaires marneux campaniens. Les mouvements qui se produisent à cette époque ont surtout pour effet la formation des plis antésénoniens orientés à N 75°. Malgré l'existence de phases tectoniques antérieures ce sont les plis antésénoniens qui vont constituer la charpente sur laquelle s'exerceront les contraintes ultérieures, c'est leur disposition qui va conditionner en grande partie la localisation des fractures, les phénomènes de morphotectonique et en fin de compte les circulations souterraines futures.

b) Au Campanien et au Maestrichtien

Les mouvements se poursuivent, occasionnant des lacunes et des discordances internes dans les calcaires argileux puis siliceux qui se déposent. Les nouvelles structures commencent à prendre une orientation à N 120°. L'épaisseur de la formation et son gisement fréquent en petits bancs sans joints argileux favoriseront la karstification qui est le caractère dominant de l'hydrogéologie de ces calcaires sénoniens. C'est d'ailleurs le karst sénonien qui alimente la résurgence des Gillardes, dont le débit peut atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes par seconde, au Nord du Dévoluy.

A la fin du Maestrichtien un épisode de soulèvement et d'émersion amène la formation de poudingues de démantèlement des calcaires sénoniens ; ces poudingues, enveloppés dans un ciment argileux rougeâtre, sont parfois associés à des calcaires lacustres ou à des paléosurfaces. Ils affleurent de façon particulièrement visible à proximité du quartier de la Madeleine dans la plaine de Montmaur et en bordure de la route de Montmaur - La Cluse, au Nord du défilé de Potrachon.

5 - L'Eocène

Au Priabonien, les calcaires à Nummulites, puis les marnes à Globigérines, se déposent à l'Est d'une ligne le Festre - Chatillon en remplissage de synclinaux orientés de N 120° à N 150° et en discordance sur des assises qui ont pu être érodées très profondément. La discordance des calcaires à Nummulites sur les calcaires sénoniens peut être observée au pied du synclinal du Villard-de-Montmaur grâce à la coupe fournie par l'entaille du Petit Buëch, à la Montagne de Montmaur ces mêmes calcaires à Nummulites reposent directement sur l'Argovien. Ils sont peu épais et on ne leur a trouvé aucun rôle dans les circulations souterraines ; les marnes à Globigérines, par contre, en recouvrant les calcaires sénoniens sur une assez grande surface, dans le synclinal du Villard-de-Montmaur y limitent l'infiltration et peuvent de plus y retenir une nappe captive ou semi-captive.

6 - L'Oligocène

Au Stampien, avec peut-être une légère discordance sur les marnes à Globigérines, s'accumulent des marnes, molasses et poudingues dans un ordre de succession variable selon les endroits. Ce sont des formations étanches, elles peuvent avoir plusieurs fonctions hydrogéologiques simultanées comme de favoriser le ruissellement, servir de substratum imperméable à desnappes de terrains de couverture, moraines ou alluvions, et éventuellement rendre captives des nappes des calcaires sénoniens.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

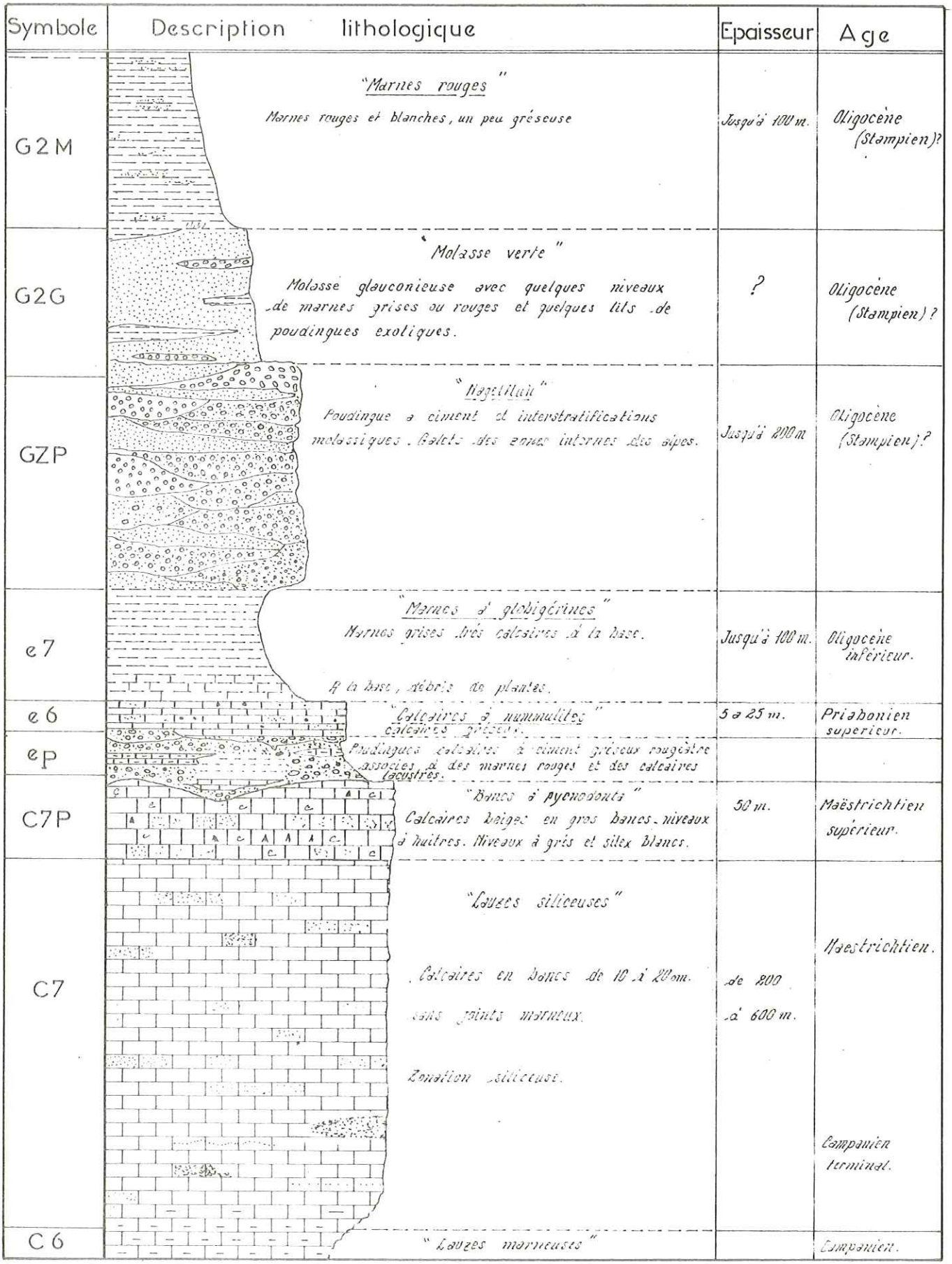


fig 15

7 - Après l'Oligocène

Après l'Oligocène ont lieu des mouvements importants que l'on peut décomposer en deux phases ; une phase cisaillante d'abord, une phase de compression ensuite.

a) la phase cisaillante

Ses principaux effets sont les suivants :

- un grand accident décrochant qui s'allonge depuis le col du Festre jusqu'à Chatillon-le-Désert et de là se poursuit vers Barcillonnette pour aller se raccorder au chevauchement de Digne. Il affecte tous les terrains, y compris l'Oligocène et sa composante horizontale atteint plus d'un kilomètre ;
- à l'Est de l'accident précédent un ensemble de failles d'orientation subméridienne ;
- l'écaillage du Sénonien du rebord sud de la cuvette de Montmaur, dans le secteur de Furmeyer ;
- à l'Ouest, des failles orientées N 150° et N 10° qui découpent les plis antésénoniens en un réseau grossièrement losangique, c'est la "bande faillée de Veynes" entre Montmaur et Veynes.

b) la phase de compression

Les poussées qui sont à environ N 30° et dirigées vers le SW s'exercent sur des structures érodées. Par le jeu de la morphotectonique elles aboutissent à des résultats divers comme :

- le repliement des terrains le long de l'accident le Festre - Chatillon en un synclinal pincé ;
- le chevauchement de Bure - Ceüse dont l'amplitude augmente du Nord vers le Sud mais reste toujours limitée ;
- des plis subméridiens, dans l'Est du bassin, accompagnés de chevauchement locaux tels le chevauchement des Teyssonnières sur le synclinal du Rif de l'Arc ou celui de la Tête-de-Clappe ;
- l'écrasement des écailles précédemment crées dans le secteur de Furmeyer ;
- le déplacement d'ensemble vers le Nord, de la bande faillée de Veynes. Ce déplacement s'accompagne de la torsion à convexité nord des plis antésénoniens et de l'avancée vers le Nord de portions de structures limitées par des failles, ce qui prouve d'ailleurs l'antériorité de la fracturation sur le déplacement. Un exemple en est donné par l'anticlinal du Lautaret dont la portion centrale limitée par des failles s'avance vers le Nord avec, de plus, un renversement vers le Nord des couches supérieures de l'anticlinal (fig.16 b).

Si le déplacement d'ensemble se fait vers le Nord certains mouvements locaux peuvent avoir une direction différente, c'est le cas, par exemple, de l'accident de Chateauneuf-d'Oze - le Saix qui est chevauchant par endroits vers le Sud et par endroits vers l'Ouest.

Cette compression provoque enfin l'écrasement et le dépliage des flancs des plis primitifs et l'on voit les couches, autrefois orthogonales aux plans des failles, pivoter et venir se disposer parallèlement à ces plans (fig. 16 a). Le phénomène est particulièrement net sur les flancs ouest et nord de l'anticlinal d'Espréaux.

C. - LE ROLE DE LA TECTONIQUE SUR LES CIRCULATIONS

Si nous retenons les principaux événements tectoniques vécus par la région nous pouvons établir la liste suivante :

- mouvements du Jurassique supérieur - Crétacé inférieur,
- formation des plis antésénoniens d'axe N 75°,
- formation de failles et de plis de direction N 120° depuis le Sénonien jusqu'à l'Oligocène,
- phase cisaillante et décrochante post-oligocène,
- phase tardive de compression.

Ces événements ont eu de nombreuses répercussions sur l'hydrogéologie de la région, répercussions qui peuvent avoir un caractère local : disposition particulière des terrains en un lieu donné ou faille locale permettant l'accumulation ou l'émergence d'une nappe, mais elles peuvent aussi avoir un caractère plus général lorsque, par exemple, les contraintes tectoniques ont donné à telle ou telle formation tel ou tel type de fracturation ou bien ont répété la même structure à plusieurs exemplaires.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

QUELQUES DISPOSITIONS STRUCTURALES DANS LE BASSIN DU PETIT BUECH.

_A_ Dépliage des flancs des plis anteséноniens

_D'aprés Gidon et Pairis_1969_

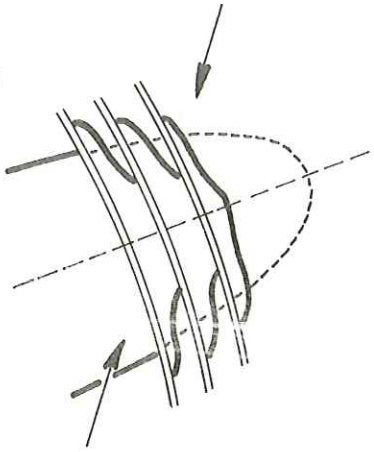
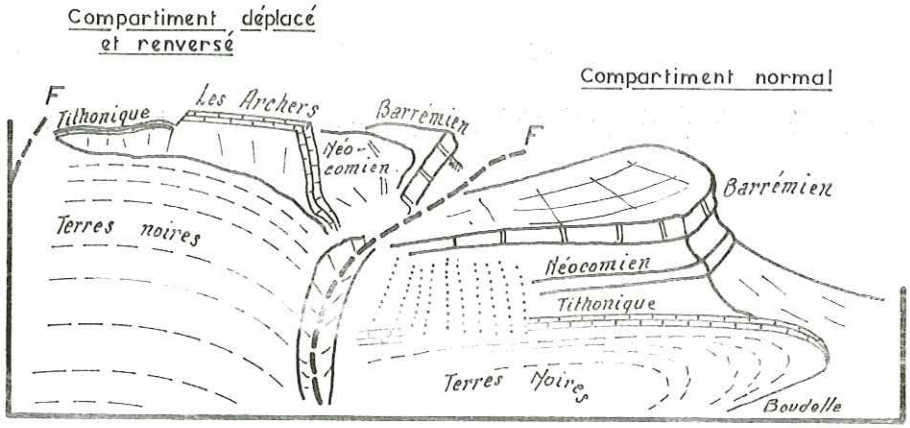
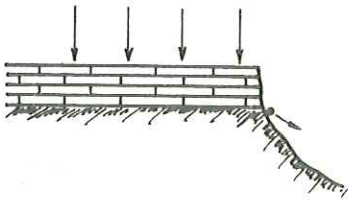


fig 16

_B_ L'Anticlinal de Lauteret

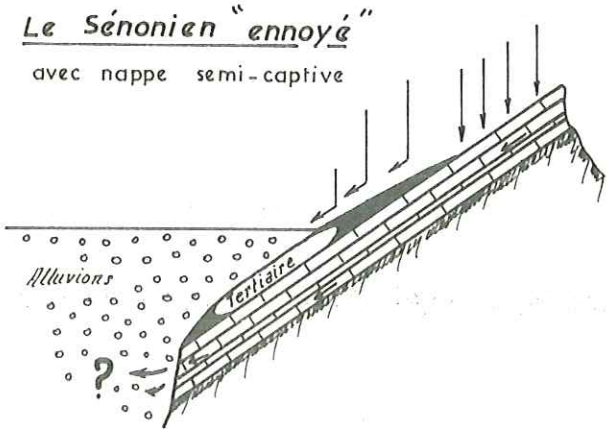


Le Sénonien "perché" _C_



_D_ Le Sénonien "ennoyé"

avec nappe semi-captive



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Les calcaires tithoniques ont subi le maximum de contraintes, ils ont vu leur perméabilité augmenter en même temps que leur fracturation. Ils ont d'abord été plissés par la phase antésénonienne, plus tard les plis qu'ils formaient ont été sectionnés par un réseau de failles ; dans l'Est du bassin, lors de la phase tardive de compression, ils se sont déplacés en masse et ont conservé des structures de grandes dimensions susceptibles de contenir des nappes importantes ; dans la région de Veynes les calcaires tithoniques ont été décomposés en "panneaux" qui se sont rangés parallèlement au plan des failles (fig. 16 a). Ces panneaux sont indépendants, de dimensions assez réduites et fortement pentés. Le Tithonique dans la région de Veynes donnera donc des émergences nombreuses et aux débits limités et très variables.

Le Sénonien a subi moins de bouleversements, ses structures sont moins disloquées et leur continuité permet le regroupement de débits importants.

Les mouvements antésénoniens ont occasionné la discordance des calcaires sénoniens sur les assises sous-jacentes et les mouvements sénoniens des discordances internes. Il sera donc difficile, pour ne pas dire impossible, de connaître avec précision l'épaisseur de l'aquifère sénonien et la forme et la nature de son niveau de base.

C'est encore à la tectonique que l'on doit la différenciation du Sénonien en deux ensembles :
- les calcaires sénoniens "perchés" (fig. 16 c) dont la base est à une cote supérieure à celle des vallées et dont les exutoires se trouveront à l'air libre ;
- les calcaires sénoniens "ennoyés" (fig. 16 d) ce sont de grandes dalles inclinées comme celles qui entourent la cuvette de Montmaur, leur partie haute affleure en surface structurale et sert de zone d'infiltration, leur moitié inférieure est recouverte de marnes ou de molasses tertiaires, imperméables, qui emprisonnent les circulations, et leur base disparaît dans les alluvions. Les calcaires sénoniens ennoyés n'auront donc jamais d'exutoire visible

D. - LE QUATERNAIRE

1 - Les formations glaciaires

a) Généralités

Pendant une grande partie du Quaternaire une calotte glaciaire recouvrait la région de Gap. Lors des phases de refroidissement du climat ce glacier s'étalait sur les régions avoisinantes : au Nord vers la vallée du Drac, au Sud vers la vallée de la Durance et à l'Ouest vers celle du Petit Buëch. Les phénomènes d'érosion et d'accumulation liés à ces pulsations glaciaires ont pris une part active à la création du paysage actuel. (fig. 17).

Plusieurs auteurs ont contribué à la reconstitution de l'histoire quaternaire du secteur de Veynes et du Petit Buëch, parmi eux nous citerons : DAVID MARTIN (1926), TRICART (1945, 1961), F. BOURDIER (1958, 1961), BONIFAY (1967), M. GIGOUT (1969), MONTJUVENT et GIDON (1969).

Nous retiendrons la synthèse qui en a été donnée dans la carte géologique de Gap au 1/50 000 parue en 1971 et qui distingue trois phases glaciaires principales en se basant sur l'existence de trois types distincts de dépôts :

. une glaciation très ancienne d'âge hypothétique MINDEL, à laquelle on rattache les alluvions fluvio-glaciaires de la partie basale des collines de Corréo, à l'Est de la Roche-des-Arnauds et les terrasses anciennement datées du Pliocène, des collines d'entre les Buëch : plateaux des Egarets et des Eygaux et bois de Sellas ;

. une glaciation intermédiaire d'âge hypothétique RISS à laquelle on attribue les lambeaux morainiques éparpillés dans le secteur, surtout dans les vallées adjacentes comme celle du Villard-de-Montmaur ou de la Béoux. Si ces restes morainiques sont contemporains il devait exister, en plus du glacier principal qui recouvrait presque tout le bassin actuel du Petit Buëch, un glacier affluent, issu du Dévoluy par le col du Festre ;

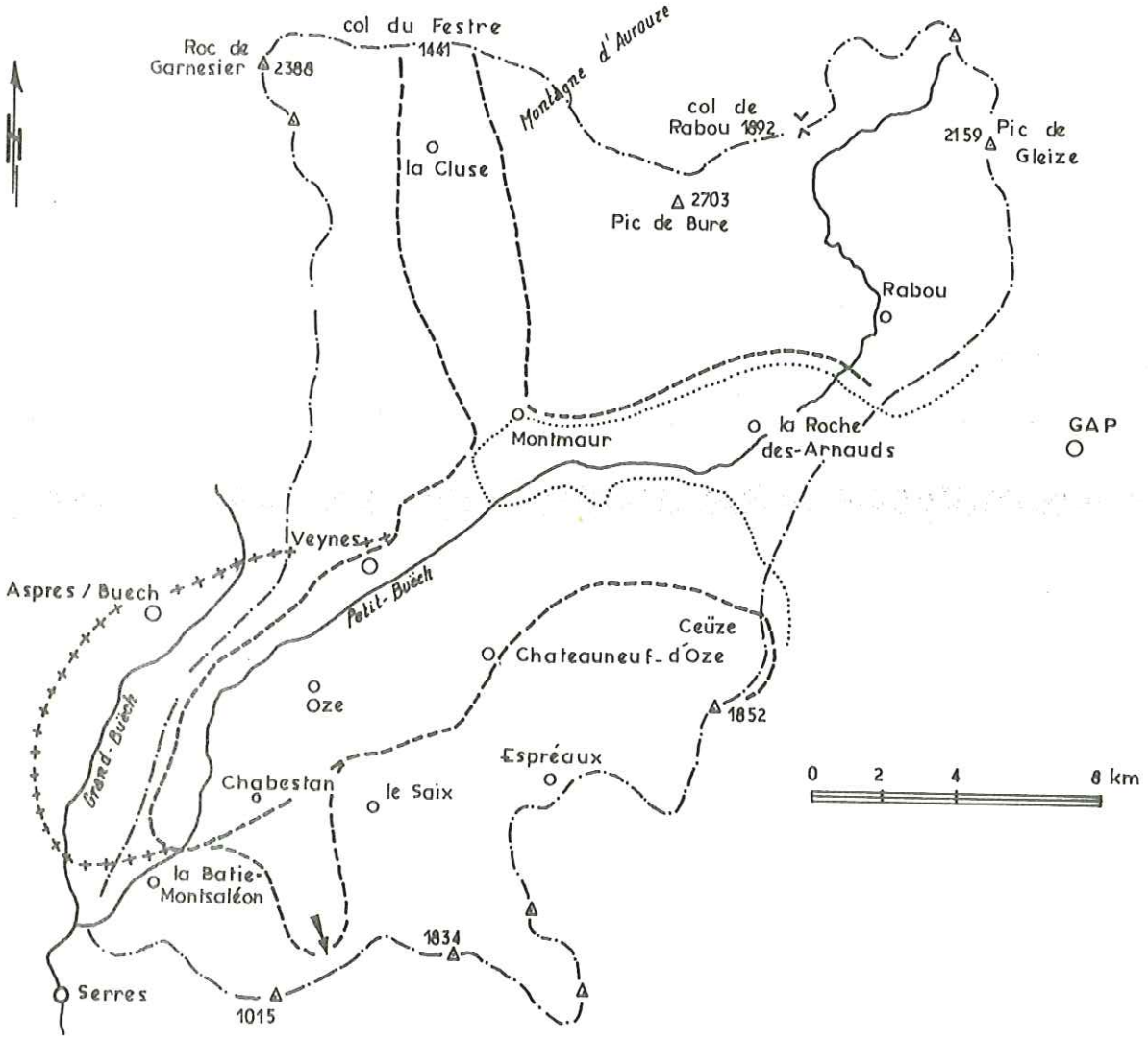
. la glaciation du Würm dont les témoins sont mieux conservés ; on a pu y distinguer plusieurs stades par l'étude notamment des moraines de Corréo et de la Freissinouse. Le point d'avancée maximum dans la vallée du Petit Buëch se situait probablement entre Montmaur et Veynes.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

EXTENSION DES GLACIERS QUATERNAIRES DANS LA REGION DE VEYNES

fig 17



Limites du bassin versant du petit-Buech _

Limites de l'avancée maximum du würm _

Limites des formations du glaciaire intermédiaire _Riss ? _

Limites des formations fluvio-glaciaires dites des Eygaux _ Mindel ? _

b) rôle hydrogéologique

Les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires fournissent des émergences assez nombreuses mais d'importance réduite.

2 - Les cônes de déjections

On en trouve au débouché de chaque torrent dans une vallée plus large. Dans la vallée du Petit Buëch les cônes de déjections ont une action déterminante sur les circulations superficielles et souterraines ; dans les vallées plus étroites où il n'existe pas de nappe alluviale leur rôle se borne à repousser le lit de la rivière dans laquelle ils se jettent et en conséquence à accélérer l'érosion du versant opposé. C'est ce qui se passe indirectement dans la vallée de la Béoux, à l'aval de la Cluse, où les cônes de déjections des torrents descendus du flanc ouest du plateau de Bure repoussent la Béoux sur sa rive droite, on a donc aussi repoussé la route, ce qui a amené la reprise de l'érosion du versant.

Rappelons aussi que le pont et le tunnel qui franchissent le Défilé de Potrachon remplacent l'ancien pont qui franchissait autrefois le torrent de la Béoux plus à l'amont, à la confluence avec le torrent de Rabioux. En 1954 ce "rabioux" a enseveli la route et le pont sous une épaisseur de plusieurs mètres d'un matériau constitué de blocs calcaires sénoniens et de marnes du Crétacé inférieur et moyen.

3 - Les éboulis

Il existe plusieurs générations d'éboulis, que nous classerons en deux catégories :

a) les éboulis récents

Ils peuvent être actifs ou stabilisés, ils sont alimentés principalement par les falaises tithoniques et sénoniennes. Les éboulis des falaises sénoniennes sont très étendus, ils couvrent de spectaculaires draperies les flancs des montagnes de Bure et d'Aurouze ; leur matériau est formé de blocs de petite taille.

Les éboulis actuels des falaises tithoniques sont peu développés mais les blocs qu'ils contiennent peuvent atteindre des tailles respectables, il s'agit alors de véritables écroulements comme sur les pentes externes de la montagne de Ceüse.

Les éboulis actuels représentent le plus souvent une zone de transit entre la couche calcaire dont ils sont issus et l'émergence qui se trouve à leur base. Sauf dans le cas des éboulis sénoniens de la montagne de Bure il est rare qu'ils aient la superficie nécessaire pour former un véritable récepteur des précipitations et leur rôle se bornera à masquer l'émergence réelle et à compliquer l'observation géologique.

b) les éboulis anciens

Ils sont de granulométrie variable, mais le plus souvent fins et réguliers, car dus à la gélivation des roches sous climat glaciaire ou périglaciaire. Ils forment la couverture des talus d'Argovien - Terres Noires qui se présentent dans la région sous l'aspect de glacis. Ces glacis sont de formation ancienne, leur raccordement avec certaines terrasses fluvio-glaciaires leur fait attribuer un âge au moins égal au Würm. Ils peuvent atteindre de grandes dimensions, comme celui qui, à l'Ouest de la montagne d'Aujour et de la Crête-des-Selles, s'étale de la vallée du Petit Buëch à la vallée de la Durance. Formés par gélivation et par solifluxion, puis colonisés par la forêt, ils se sont fortement consolidés, mais ils sont actuellement attaqués par l'érosion selon un processus, généralisé dans la région, et qui est le suivant (fig. 18):

Un premier thalweg se creuse pour une raison quelconque dans le flanc du glacis ancien, l'axe de ce thalweg se comble d'éboulis, le ruisseau qui le parcourait se scinde alors en deux filets de part et d'autre de l'éboulis créant chacun un nouveau ravin qui se comble aussi d'éboulis. Le phénomène s'étend de proche en proche, la surface érodée s'élargit non par approfondissement des thalwegs mais par "balayage" et l'on aboutit finalement à un nouveau glacis, encastré dans l'ancien, à pente plus forte et recouvert d'éboulis à blocs car la totalité du Tithonique apparaît sous forme de falaise et peut donc s'écrouler alors que dans les glacis anciens le talus incliné montait jusqu'au Kimméridgien supérieur.

Les circulations souterraines que l'on peut trouver dans ce type de région sont de deux sortes :
- des nappes dans les éboulis du glacis ancien, elles émergeront en bordure de l'entaille créée par les thalwegs récents ;

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

GLACIS ANCIEN ET GLACIS ACTUEL

(montagne d'aujour)

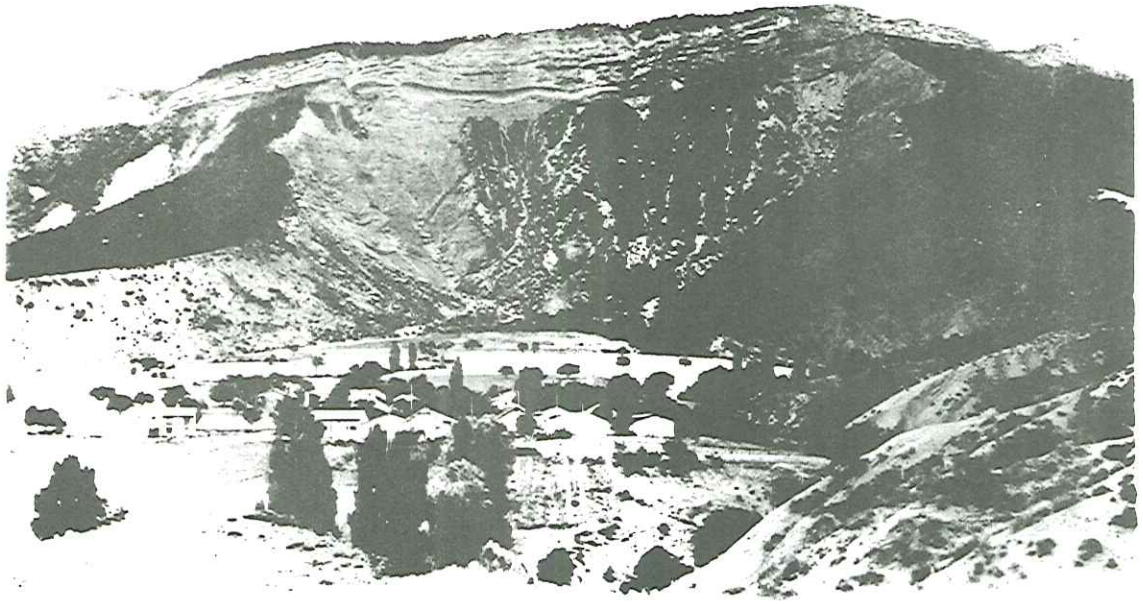


fig 18

- des nappes dans les éboulis actuels, elles émergent à l'aval du nouveau glacis, là où parce qu'on s'éloigne de la pente, le matériau transporté devient de plus en plus fin et imperméable

Ces deux types de sources se rencontrent au hameau de Villelongue, au pied de la montagne d'Aujour. Elles donnent des débits qui peuvent être importants mais malheureusement très variables.

4 - Les alluvions fluviatiles

On peut distinguer plusieurs niveaux d'alluvions fluviatiles :

a) des alluvions fluviatiles anciennes

Des alluvions fluviatiles anciennes formant des terrasses élevées, comme le plateau du Devès au Nord de Chabestan ou du Marésier au Nord Est de la Bâtie Montsaléon. On les attribue à des épandages fluviatiles ou fluvio-glaciaires de retrait du Riss.

b) moyennes terrasses

Des moyennes terrasses attribuées à des épandages contemporains du retrait du Würm, c'est la terrasse de Champ Crose, au Nord Ouest de Chabestan ou la plaine de Lachau au pied de la Bâtie Montsaléon.

c) basses terrasses

Des basses terrasses, qui sont des alluvions récentes mais cependant réentaillées par le lit actuel du Petit Buëch.

d) alluvions actuelles

Les alluvions actuelles, inondables à moins qu'elles ne soient protégées par des digues.

e) Leur rôle hydrogéologique

Les alluvions fluviatiles ou fluvio-glaciaires anciennes sont peu importantes en superficie. Elles peuvent contenir une nappe aquifère et comme elles forment des terrasses perchées on trouvera l'émergence de la nappe au contact entre le substratum et la terrasse.

Les alluvions des moyennes terrasses sont aussi perméables, étant souvent adossées à des Terres Noires elles pourront être alimentées en plus de l'infiltration directe des précipitations, par les eaux qui ont ruisselé sur ces Terres Noires. C'est le cas des sources du Poteau-Saint-Luc et de la Virginie.

Les basses terrasses et les alluvions inondables sont relativement imperméables, elles vont servir à retenir dans les moyennes terrasses l'eau qui s'y trouve.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

CHAPITRE IV

ETUDE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

A. - GENERALITES

L'eau qui sort d'un réservoir rocheux possède des caractéristiques physiques et chimiques qui sont fonction de son état initial, de la nature du réservoir et du temps qu'elle y est restée. On peut donc espérer, à partir de la mesure des paramètres physiques et chimiques des eaux à l'émergence, déduire des renseignements sur le mode de circulation et sur l'aquifère.

Certains des paramètres sont mesurés sur le terrain, il s'agit des : débit, température, résistivité et pH.

D'autres sont mesurés en laboratoire sur des échantillons prélevés sur le terrain, ce sont la composition chimique, la teneur en silice et la composition isotopique.

La fréquence des mesures a été très variable selon l'intérêt présenté par chaque émergence et les difficultés d'accès ou de mesure. Ces mesures espacées dans le temps ont permis d'obtenir de nombreux résultats mais il apparaît nécessaire de disposer du maximum d'appareils de mesure automatiques fonctionnant en continu ou à intervalles de temps rapprochés.

Ces appareils tels que thermographes, résistivigraphes ou analyseurs automatiques de certains ions permettraient de déceler des variations trop rapides ou trop faibles pour être décelées par des mesures hebdomadaires. Un exemple en est donné par le limnigraphe installé sur la source de la Sigouste et qui a permis de mettre en évidence des variations horaires de débit indécelables autrement.

Dans les pages suivantes nous passerons en revue les paramètres physiques ou chimiques mesurés, pour chacun d'eux nous rappellerons brièvement la méthode de mesure ou de calcul, de quelle manière on peut établir la relation connaissance de l'eau - connaissance du terrain, puis nous donnerons un bref exemple de résultat obtenu en en réservant le développement pour l'étude détaillée des circulations souterraines.

B. - LE DEBIT

1 - Mesure

Les débits ont été mesurés soit au micromoulinet, soit par capacité jaugée. Ils sont donnés en litres/seconde (l/s) ou en mètres cubes par seconde (m^3/s). Pour les émergences importantes que sont les sources du Ruissan, de la Virginie et de la Sigouste on a installé à demeure un canal en tôle avec seuil de jaugeage rectangulaire permettant l'établissement d'une courbe de tarage par quelques jaugeages au micromoulinet ; sur la source de la Sigouste on a en plus installé un limnigraphe à puits et flotteur.

Pour des raisons matérielles il n'est pas toujours possible de mesurer la totalité du débit réel, dans ce cas-là il faut considérer la courbe du débit en fonction du temps comme représentant uniquement le sens de variation du débit et ce d'autant plus que le rapport débit mesuré / débit total varie avec le débit total.

A partir des débits instantanés on peut calculer divers paramètres qui nous seront utiles directement, si l'on envisage de capter la source ou indirectement car ils nous aideront à préciser la manière dont celle-ci est alimentée.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

2 - Le débit d'étiage

C'est la valeur minimale atteinte par le débit à la suite d'une période de sécheresse et à partir de laquelle il commence à se stabiliser, c'est-à-dire à décroître très lentement. C'est l'élément le plus important à connaître si l'on envisage de capter la source.

a) lorsque le débit devient nul

Il arrive parfois que le débit diminue jusqu'à s'annuler complétement, il faut alors distinguer deux cas :
- l'exutoire se trouve à la base du réservoir, et dans ce cas-là la vidange est complète ;
- l'exutoire n'est pas à la base du réservoir, il ne s'agit que d'un trop-plein dont le tarissement complet indique simplement que le sommet de la nappe est à une cote inférieure .

Dans le premier cas il est inutile de capter la source, dans le second cas on peut exploiter les eaux de la nappe successivement par gravité et par pompage.

On établira la distinction entre les deux cas par l'observation géologique et par l'étude des caractères physiques et chimiques des eaux ; par exemple, la différence de résistivité entre la période de tarissement et la reprise de l'écoulement est plus faible dans le cas d'une vidange incomplète que dans celui d'une vidange complète, car il y a mélange avec les eaux précédentes.

On peut aussi se baser sur l'âge moyen des eaux : une nappe qui arrive à s'assécher complètement possède peu de réserves et donc des eaux récentes ; inversement, une nappe dont les eaux ont un âge moyen élevé, ce que l'on peut montrer par l'étude des concentrations en tritium, comme nous l'avons fait pour la nappe qui alimente la source du Ruissan, cette nappe, donc, possède des réserves importantes qui sont un volant régulateur du débit et aura peu de chances de se vider complètement avant la reprise de l'alimentation.

b) étiage d'automne, étiage d'hiver

Dans les régions situées à basse altitude l'étiage se produit à la fin de l'été, vers les mois de septembre-octobre ; dans les régions situées à haute altitude on observe un étiage d'automne vers les mois de septembre-octobre et un nouvel étiage, appelé étiage d'hiver, aux environs des mois de janvier-février. L'importance absolue et relative des étiages d'été et d'hiver peut varier d'une année à l'autre, pour une source donnée car elle dépend des conditions atmosphériques qui ne sont, bien entendu, jamais les mêmes.

L'étiage d'hiver n'est en général pas dû au gel de l'eau à l'intérieur du terrain, mais à l'absence d'alimentation, l'eau demeurant à l'extérieur sous forme de neige.

Dans notre bassin versant, faisant suite à un été particulièrement sec, les précipitations du mois de novembre 1971 se sont produites sous forme de neige ; les sources dont la zone d'alimentation se trouve à moyenne ou basse altitude ont été alimentées par la fonte de cette neige au mois de décembre, leur étiage d'hiver n'a donc pas été trop prononcé ; les sources dont la zone d'alimentation se trouvait à une altitude trop élevée pour être atteinte par le dégel de décembre n'ont pas été alimentées depuis le mois de juin 1971 jusqu'aux environs du mois de mars 1972, époque à laquelle la neige a commencé à fondre, leur débit d'hiver a donc été exceptionnellement faible.

On notera enfin que s'agissant de l'alimentation en eau des stations de sports d'hiver, la période de besoins maximums correspond à la période de disponibilités minimums.

3 - La variabilité du débit

Pour chaque émergence nous avons calculé le cœfficient de variabilité, qui est le rapport du débit maximum sur le débit minimum. La variabilité du débit dépend de plusieurs facteurs dont le régime d'alimentation, c'est-à-dire la hauteur des précipitations et leur espacement dans le temps. On a négligé la différence de régime due à l'altitude et supposé le régime d'alimentation unique pour le secteur. Les autres facteurs qu'intègre le cœfficient de variabilité sont principalement la perméabilité du réservoir et sa géométrie. La variabilité augmente avec la perméabilité et avec l'inclinaison de la couche aquifère.

Lors de l'étude des principales formations aquifères nous constaterons que chaque type de formation possède un cœfficient de variabilité qui lui est caractéristique.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

4 - Le débit moyen et le module d'alimentation

a) définition

Le débit moyen d'une source ou d'une rivière est la valeur qu'aurait ce débit s'il était réparti uniformément dans l'année. On l'obtient en intégrant la courbe débit-temps, ce qui donne le volume écoulé puis en divisant ce volume par le temps écoulé.

Le module d'alimentation d'une source est la quantité d'eau qui s'infiltre dans sa zone d'alimentation et va ressortir à l'émergence. On peut l'exprimer en millimètre de hauteur d'eau pour la surface de la zone d'alimentation ou en litre par seconde et par kilomètre carré (l/s/km^2). Nous allons déterminer quelles valeurs peut prendre le module d'alimentation dans notre région.

On peut diviser les précipitations qui tombent sur la zone d'alimentation d'une source en deux fractions : une première fraction qui est ruisselée, immédiatement ou après un court trajet dans le sol, ou évapotranspirée mais ne participe en aucun cas au débit de la source ; une seconde fraction qui s'infiltre et ressort à l'émergence pour constituer la totalité du débit, c'est cette fraction que nous appelons le module d'alimentation.

D'autre part, l'écoulement à la sortie du bassin est la somme du ruissellement et des écoulements souterrains, on en déduit que les écoulements souterrains, c'est-à-dire le module d'alimentation sur l'ensemble du bassin sera égal à l'écoulement total diminué du ruissellement.

Le ruissellement est difficile à connaître, on peut le mesurer sur des crues particulières grâce à la méthode de l'hydrogramme de crue. L'équipe du Centre de Recherches Géodynamiques, de Thonon-les-Bains, a montré par la mesure des concentrations en tritium, que lors d'une crue le volume d'eau ruisselée pouvait représenter de 1 à plus de 50 % du volume des précipitations. Madame LACROIX, dans son étude hydrogéologique de la plaine de Grenoble, considère un ruissellement de 50 mm par an, pour des valeurs de précipitations proches des nôtres.

Nous supposerons donc que le ruissellement est compris entre 50 et 300 mm/an. Sur l'ensemble du bassin versant du Petit Buëch l'écoulement lors de la période étudiée a été de 503 mm. Pour un ruissellement compris entre 300 et 50 mm la lame d'eau fournie par les écoulements souterrains varie donc entre 203 mm et 453 mm ou bien encore entre 6,5 l/s/km^2 et 14,5 l/s/km^2.

Il va de soi qu'il s'agit là d'une valeur calculée sur l'ensemble du bassin ; le module d'alimentation varie avec les mêmes facteurs qui régissent le ruissellement, l'évapotranspiration et les circulations souterraines et de plus toute l'eau infiltrée ne ressort pas par des émergences individualisées. En conséquence, pour une source donnée le module d'alimentation peut fort bien être inférieur à 6,5 l/s/km^2, mais il sera rarement supérieur à 14,5 l/s/km^2.

b) utilisation

Lorsqu'on connaît les débits d'une source et qu'on connaît, ou croit connaître, sa zone d'alimentation on choisit un intervalle de temps, en général d'une année, où les débits se retrouvent au même niveau donc où quantitativement toute l'eau des précipitations a été écoulée ou évapotranspirée. On calcule alors à partir des débits mesurés le débit moyen correspondant à la période choisie, puis on calcule le débit moyen théorique, ou espéré, correspondant à la zone d'alimentation apparente de la source.

On compare alors le débit moyen annuel réel et le débit moyen théorique :
- si le débit réel est inférieur au débit espéré c'est que le bassin d'alimentation réel est inférieur au bassin d'alimentation apparent ou bien que le module d'alimentation est plus faible que prévu ;
- si le débit réel est supérieur au débit espéré c'est que le cœfficient d'alimentation a été sous-estimé ou bien que la zone réelle d'alimentation est plus étendue qu'il n'apparaît.

Cette méthode est peu précise mais facile à utiliser, la seule condition nécessaire à son emploi est que la différence entre débit moyen réel et débit moyen espéré soit grande. En l'appliquant à la source de la Virginie, située sur la commune de la Bâtie Montsaléon, nous trouvons :

- débit moyen annuel réel supérieur ou égal à 40 l/s,
- surface de la zone d'alimentation apparente : 2 km^2,
- débit théorique, espéré : entre 13 et 29 l/s.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Même en choisissant un module d'alimentation élevé le débit réel est bien supérieur au débit attendu d'après la zone d'alimentation apparente, il nous faudra donc rechercher la provenance des 11 à 27 l/s excédentaires.

C. - LA TEMPERATURE

Les eaux contenues dans un matériau poreux se mettent, au bout d'un temps plus ou moins long, en équilibre thermique avec celui-ci. En mesurant la température de l'eau c'est donc la température du terrain que l'on mesure et la température du terrain nous renseigne sur sa nature et sur sa profondeur. Ces affirmations appellent bien entendu des nuances et des précisions, que nous allons apporter.

1 - La méthode

Les températures sont données en degrés centigrades ou °C.

On a mesuré la température des émergences le plus près possible du griffon à l'aide d'un thermomètre à mercure dont la précision est de 0,1 °C.

Pour chaque point de mesure il faut au minimum 3 mesures par an, à condition que ces mesures soient effectuées à des saisons différentes. On calcule alors la température moyenne et l'amplitude de la variation de température.

a) la température moyenne

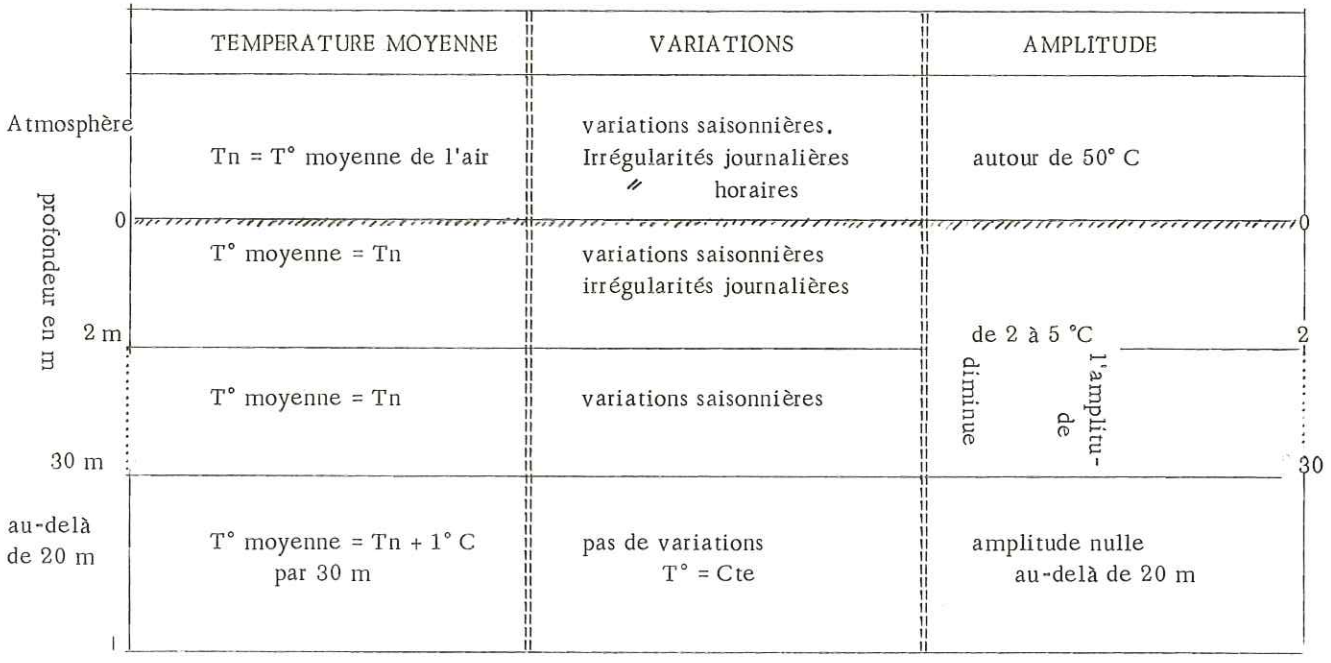
L'expérience montre que la température des eaux de source varie de façon à peu près sinusoïdale en fonction du temps avec un minimum l'hiver et un maximum l'été. On peut donc prendre comme température moyenne la moyenne arithmétique des températures maximale et minimale mesurées, soit :

$$T\ moy = \frac{(T\ maxi + T\ mini)}{2}$$

b) l'amplitude des variations de température ou variation totale

Elle est égale à la différence entre les températures maximale et minimale mesurées, soit :
amplitude = T maxi - T mini.

2 - Température moyenne ; variation et amplitude des températures en fonction de la profondeur



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Le tableau ci-contre schématise l'influence de la profondeur sur la température d'un terrain et de l'eau qu'il contient. Les chiffres avancés représentent un ordre de grandeur, ils varient avec les conditions locales et les propriétés thermiques du matériau. On sait par exemple que le sol ne gèle pas en dessous de 1 à 2 mètres de profondeur, mais dans le karst du massif de Bure on rencontre des stalactites de glace à plusieurs dizaines de mètres de profondeur.

Tn représente la température moyenne, calculée sur plusieurs années, de l'air dans la même région et à la même altitude ; nous l'appellerons la "température normale" pour l'altitude considérée. De la même manière que Monsieur R. MICHEL a établi la courbe des températures des sources en fonction de l'altitude pour le département de l'Isère, nous avons établi notre courbe des températures normales pour la région en reportant sur un graphique les températures Tn de différentes stations météorologiques de la région en fonction de leur altitude.

- A une profondeur de 20 à 30 mètres, si l'on en croit les auteurs, il y a équilibre entre le refroidissement dû à l'atmosphère et le réchauffement dû au flux géothermique : la température est constante et proche de Tn ; au-delà la température croît avec la profondeur. Le degré géothermique dans le secteur est d'environ 30 mètres, il est seulement de 27 mètres à Barcillonnette* ; la température du terrain est donc égale à la température "normale" majorée de 1° C par 30 mètres de profondeur.

3 - Cas particuliers et causes d'imprécision

a) Lorsqu'une eau traverse plusieurs terrains elle tend à se mettre en équilibre thermique avec le dernier terrain traversé et si cet équilibre est atteint il devient impossible de connaître son état thermique antérieur ; on entend par état thermique non seulement la température instantanée mais aussi la température moyenne et l'amplitude. Le cas le plus fréquent est celui d'un trajet dans le sol, donc à faible profondeur, entre le réservoir et le griffon : la température moyenne se rapproche alors de la température normale et l'amplitude augmente.

Le cas inverse est celui où l'influence des conditions initiales se maintient. Prenons un exemple : lorsqu'une source est alimentée par un névé, l'alimentation de la nappe se fait, même en été, à la température de 0° C. Si le trajet de l'eau est assez court la température moyenne à l'émergence reste inférieur à la normale.

b) L'orientation des versants, elle n'est pas prise en compte lorsqu'on trace la courbe des températures normales, mais deux nappes aquifères situées dans des versants d'orientation opposée et toutes conditions égales par ailleurs, peuvent avoir des températures moyennes qui diffèrent de 1 à 2° C.

c) Lors d'une crue la température à l'émergence peut varier brutalement, ceci pour deux raisons différentes :

- première raison : des eaux de précipitation ou de fonte des neiges court-circuitent la nappe et arrivent à l'émergence au bout d'un temps très court ; si leur température est très différente de celle de la nappe la température à l'émergence varie brusquement ;

- deuxième raison : entre l'intérieur d'un massif aquifère et l'émergence, la température de l'eau, comme celle du terrain, suit un gradient, qui peut être de croissance ou de décroissance. Lors de précipitations l'augmentation de la pression hydrostatique fait croître la vitesse de circulation de l'eau et le débit, il s'agit du phénomène dit de "piston flow", l'eau passe plus rapidement du centre du massif à l'émergence et sa température à l'émergence se rapproche brusquement de sa température au centre du massif. Ceci a été montré sur le système karstique du Baget, dans l'Ariège, par C. ANDRIEUX (voir bibliographie).

L'étude simultanée des températures et des résistivités doit permettre de dire si l'on a affaire à un phénomène de court-circuit ou de mise en pression.

4 - Application à la région de Veynes

Sur le graphique de la figure 19 on a reporté :

- la température moyenne de l'air établie sur une ou plusieurs années, en fonction de l'altitude de la station météo considérée : c'est la courbe des "températures normales" ;

- la température moyenne des eaux de chaque source en fonction de l'altitude de l'émergence, d'après les mesures effectuées du mois d'août 1971 au mois de décembre 1972.

---

* ARTRU 1973.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

TEMPERATURE DES SOURCES EN FONCTION DE LEURS ALTITUDES

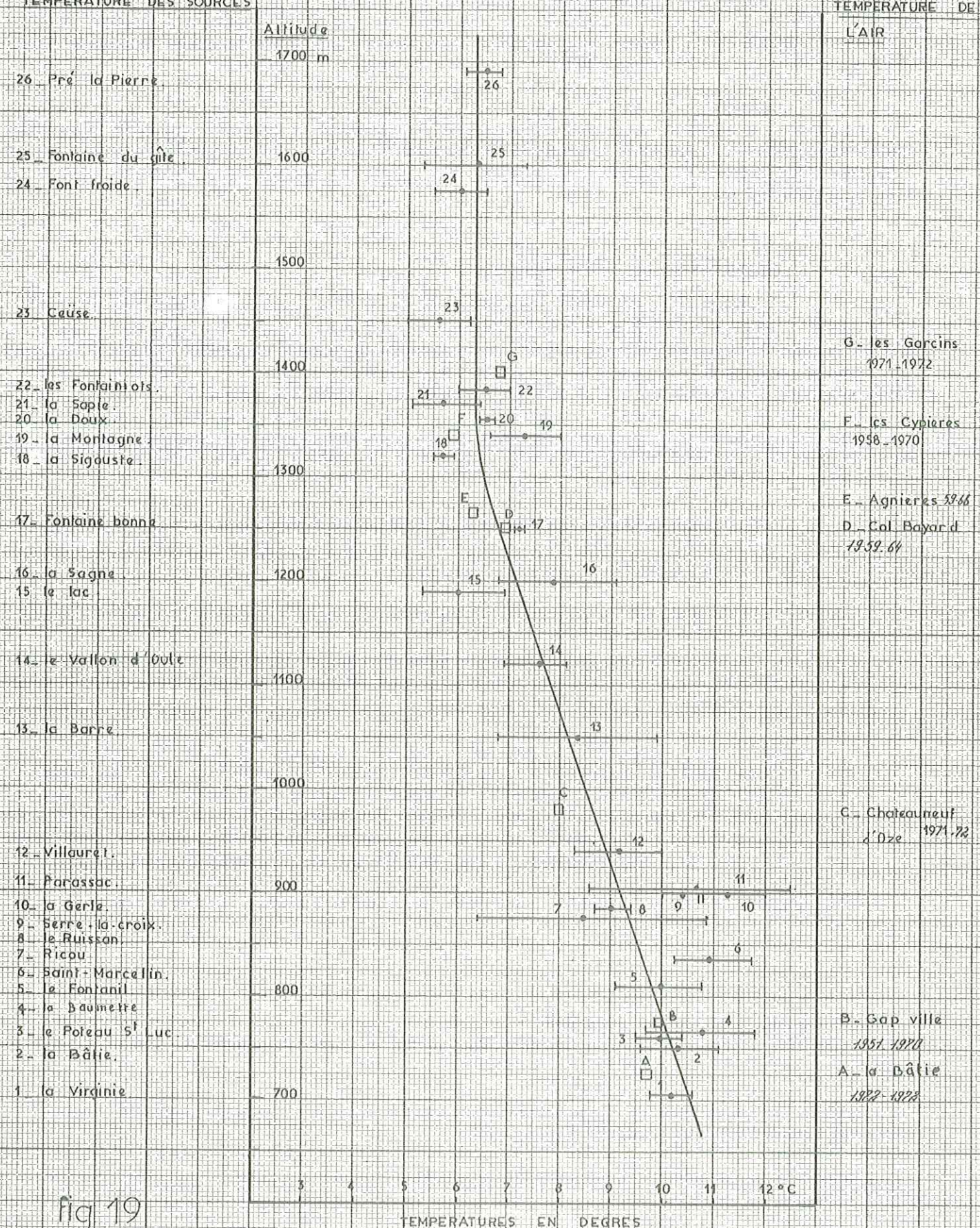


fig 19

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Au vu de la courbe obtenue, on peut faire plusieurs remarques :
- les points représentatifs des mesures s'alignent assez bien ;
- à partir de 1300 - 1400 mètres la température moyenne des eaux diminue beaucoup moins vite avec l'altitude, ce phénomène est bien connu, on l'attribue à la protection du manteau neigeux qui limite les températures inférieures du terrain ;
- puisque les résultats semblent homogènes les points qui s'écartent de la courbe obtenue doivent correspondre à des conditions géologiques ou géographiques particulières. Les sources dont la température moyenne est inférieure à la normale sont la source de Ricou, située dans la plaine du Petit Buëch et la source du Lac qui sort au-dessus du torrent de Béoux, à l'aval du village de La Cluse.

D. - LA RESISTIVITE ELECTRIQUE

1 - Généralités

La résistivité électrique d'un matériau caractérise sa résistance au passage d'un courant électrique. On l'exprime en ohms centimètres ou Ω.cm. L'inverse de la résistivité est la conductivité, que l'on exprime en mhos par centimètre.

L'eau pure est très résistante et si les eaux naturelles laissent passer le courant électrique c'est grâce aux ions qu'elles contiennent en solution et qui forment un électrolyte. En mesurant la résistivité électrique d'une eau on doit donc pouvoir déterminer la quantité d'ions y dissous.

2 - Mesures et interprétation

On a mesuré les résistivités électriques sur le terrain à l'aide d'un résistivimètre portatif à électrodes en acier inoxydable, d'une précision de $\pm$ 30 Ω.cm. Au laboratoire, sur tous les échantillons destinés à l'analyse chimique on a mesuré les résistivités à l'aide d'un restivimètre à électrodes en platine. Les mesures obtenues sur le terrain et celles obtenues au laboratoire diffèrent parfois sensiblement, à cause sans doute de la différence d'appareil et de réactions chimiques qui peuvent se produire entre la collecte de l'échantillon et la mesure au laboratoire.

La relation minéralisation $\longleftrightarrow$ resistivité est rendue complexe par les faits suivants :

- les ions de nature différente ne conduisent pas le courant de façon identique, les ions SO_4^{--} par exemple sont plus conducteurs que les ions CO_3H^-;
- la résistivité varie avec la température et cette variation est encore différente selon la nature de l'ion.

Pour pouvoir tout de même comparer des eaux de composition chimique différente on ramène d'abord les résistivités mesurées à la valeur qu'elles auraient à une température unique, que l'on choisit égale à 18° C ou à 20° C, à l'aide d'une formule qui ne tient pas compte de la nature des ions et l'on considère, que la minéralisation globale est directement proportionnelle à la résistivité.

La figure 20 donne la justification et les limites de la méthode ; sur cette figure on a reporté la résistivité de chaque échantillon en fonction de sa minéralisation totale et l'on peut voir que :

- il existe bien une relation entre la minéralisation et la résistivité,
- la résistivité diminue de moins en moins vite quand la concentration augmente.

De cette deuxième constatation on déduit que l'eau qui s'infiltre dans le sol et se minéralise à vitesse supposée constante voit sa résistivité diminuer d'abord très vite puis de plus en plus lentement. On peut exprimer la même chose d'une autre manière en disant qu'une même différence de résistivité représente une différence de minéralisation plus importante pour des valeurs faibles que pour des valeurs élevées de minéralisation.

3 - Applications

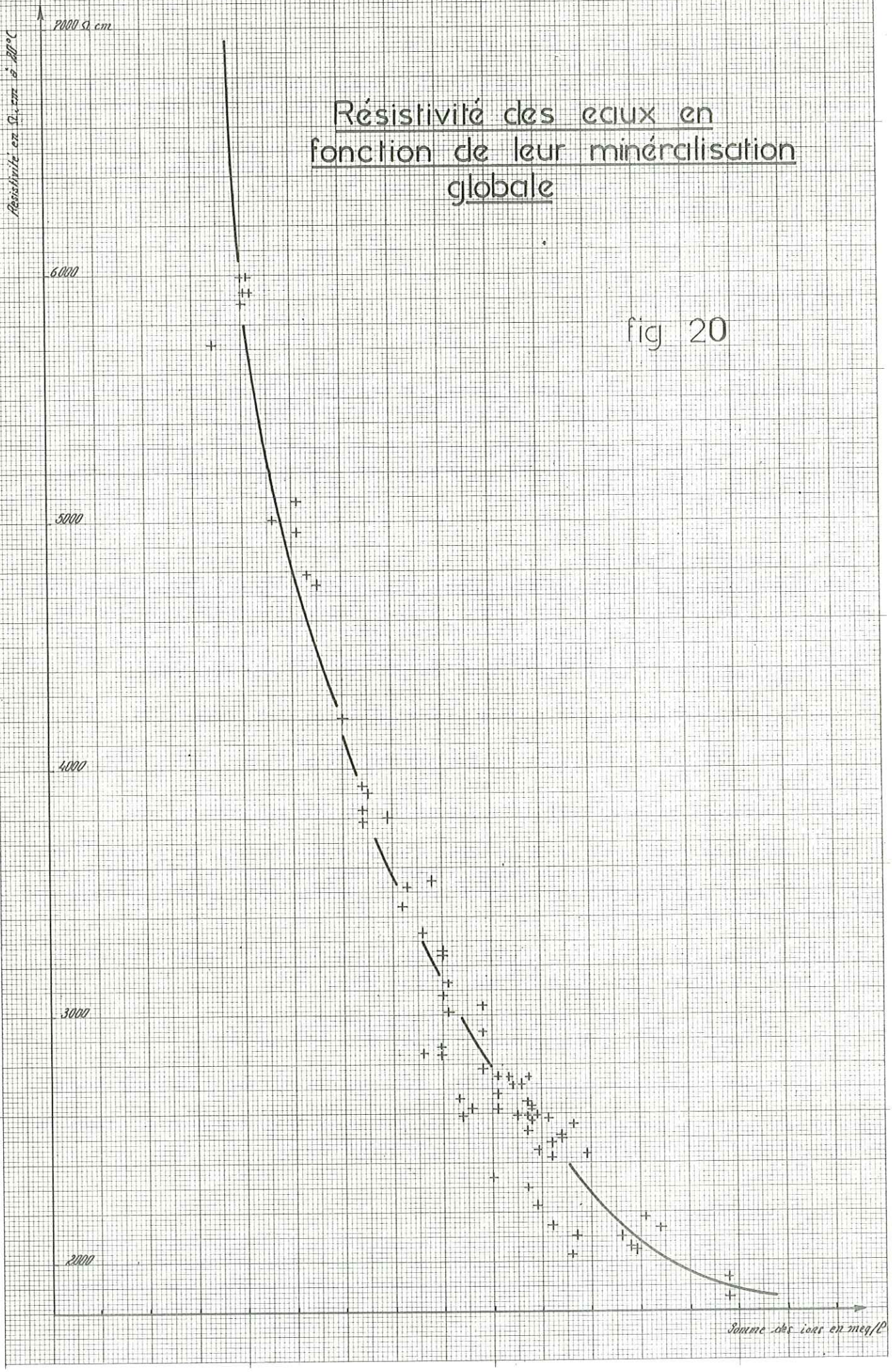
Une fois réglé le problème de la relation résistivité $\longleftrightarrow$ minéralisation il reste à voir les rapports minéralisation $\longleftrightarrow$ nature du terrain et minéralisation $\longleftrightarrow$ mode de circulation. Ceci relève de l'étude chimique mais on peut d'ores et déjà dire que, la température des eaux étant à peu près constante dans un terrain et les concentrations des différents sels restant bien inférieures à leurs limites de solubilité, la vitesse des échanges chimiques entre l'eau

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Résistivité des eaux en fonction de leur minéralisation globale

fig 20



LES PAPIERS CANSON - FRANCE

et la roche est constante et le degré de minéralisation reflète le temps de contact de l'eau avec le terrain, ceci pour un même réservoir rocheux. Pour une source donnée et en dehors de variations brutales et provisoires, la résistivité est inversement proportionnelle à l'âge moyen des eaux.

Dans la région étudiée, et sur une période de 1971 - 1972 on peut remarquer que la résistivité de la plupart des émergences varie de façon identique :

- en été, les résistivités de toutes les sources d'une même formation géologique sont égales,
- de l'automne au printemps les résistivités de ces mêmes sources varient indépendamment sous l'action de pluies ou d'eaux de fonte des neiges qui lessivent le sol et court-circuitent plus ou moins la nappe ;
- dès le printemps les résistivités convergent à nouveau vers une valeur commune, caractéristique de l'aquifère pour l'année.

On a constaté que les résistivités caractéristiques des divers aquifères ont été moins élevées en 1972 qu'en 1971, ce qui peut avoir deux raisons différentes :

- la première raison à envisager est que cette différence serait due au résistivimètre par suite du changement de caractéristiques d'un de ses composants. C'est une cause d'erreur impossible à vérifier à postériori et qu'il aurait fallu prévenir par des étalonnages répétés de l'appareil ;

- dans le cas où l'appareil ne serait pas en cause et en partant de l'hypothèse que les eaux qui émergent en 1972 ont un âge moyen plus grand que les eaux qui émergent en 1972, on peut tenir le raisonnement suivant :

Chaque année il y a mise en réserve dans le bassin d'un certain volume d'eau des précipitations et écoulement d'un autre volume d'eau ancienne. Lors de la période étudiée ces deux volumes sont égaux car le bilan est équilibré, il n'y a donc pas de prélèvement excédentaire sur les réserves qui justifierait le passage d'eau plus ancienne durant l'été 1972 que durant l'été 1971 ; par contre, il peut y avoir un changement dans les proportions d'eau ancienne/eau écoulée, c'est-à-dire que la proportion d'eau ancienne remplacée par de l'eau de l'année, par rapport à l'écoulement total est plus importante.

On peut résumer ceci en disant que les eaux d'âge moyen élevé n'ont pas été mobilisées lors de la sécheresse de l'été - automne 1971, mais qu'elles ont été chassées, selon un processus hydraulique non précisé, par les précipitations qui ont suivi cette sécheresse.

4 - Conclusion

A condition d'effectuer les mesures avec le même appareil et dans les mêmes conditions la mesure de la résistivité permet d'avoir rapidement une idée de la minéralisation globale d'une eau et des variations de cette minéralisation. Elle nous permet de différencier les apports d'eau qui se succèdent à l'émergence. A l'intérieur d'un bilan équilibré et moyen elle nous permet de distinguer une variation dans la proportion d'eau ancienne dans le volume total écoulé.

E. - LE pH

1 - Généralités

Le pH indique la concentration en ions H^+ d'une solution. C'est lui qui conditionne les concentrations respectives en ions carbonate, bicarbonate, hydroxyle et en gaz carbonique libre ou dissous.

2 - Mesure - Applications

Nous avons mesuré le pH sur le terrain à l'aide d'un pH mètre à réactif de bleu de bromothymol et à comparateur colorimétrique, dont la gamme de mesure était comprise entre 6,5 et 8,5 unités pH. Nous n'avons jamais trouvé de pH inférieur à 6,6, mais ils ont été souvent supérieurs à 8,5.

La mesure du pH a aussi été effectuée sur tous les échantillons analysés au laboratoire, à l'aide d'un pH mètre électrique à électrodes au calomel et en verre. Le pH mesuré sur le terrain est différent du pH mesuré en laboratoire, ce dernier tendant vers la valeur moyenne de pH7.

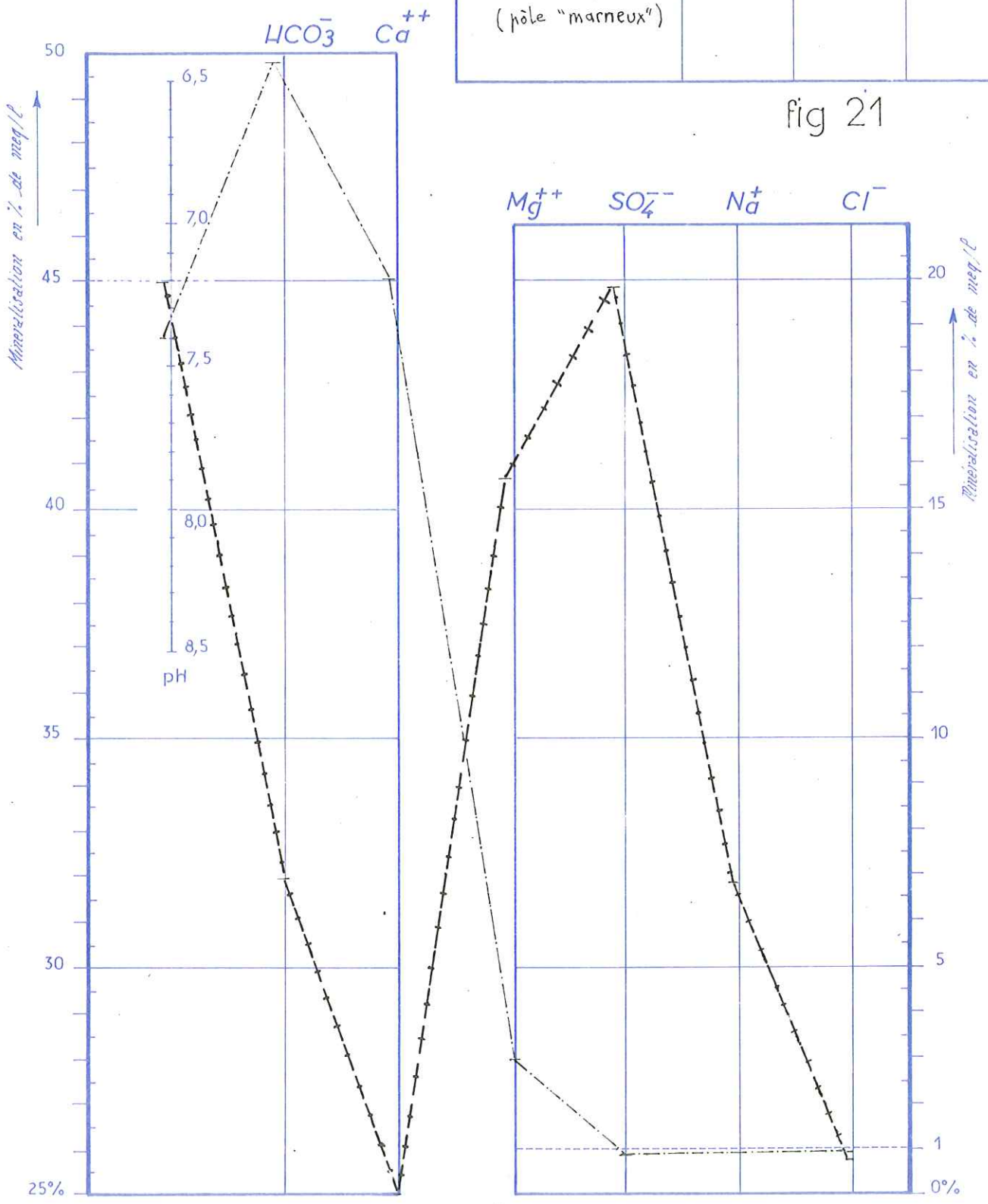
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

EXEMPLES

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
La Gerle (pôle "calcaire")	8.5.72	10,4	2510
Serre Pointu (pôle "marneux")	9.5.72	13,8	1930

fig 21



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Il ressort des mesures effectuées que :
- le pH d'une source varie peu au cours du temps ; il augmente depuis l'émergence vers l'aval de l'écoulement ;
- le pH des cours d'eau superficiels est généralement supérieur à 8,5.

En définitive, la mesure du pH permet de distinguer localement des écoulements différents mais à l'échelle du bassin ou d'une formation aquifère ; elle nous a apporté assez peu de renseignements.

F. - LA COMPOSITION CHIMIQUE

1 - Généralités

L'eau en contact avec une roche attaque celle-ci par action mécanique et chimique, se charge des éléments qui la constituaient et les transporte plus loin. Comme nous l'avons dit à propos de la résistivité, en comparant les concentrations de ces éléments nous pourrons avoir une idée des durées relatives de contact entre l'eau et la roche. De plus, l'analyse des éléments transportés par l'eau nous renseigne directement sur la nature chimique du matériau aquifère, par là, sur sa nature pétrographique et enfin sur la formation géologique auquel il appartient.

Nous allons examiner rapidement la liste des éléments recherchés, quelle peut être leur origine, la méthode employée pour comparer les différentes analyses et enfin les principaux résultats obtenus.

2 - Les éléments recherchés

Les analyses, au nombre de 66, ont été effectuées au laboratoire du S. R. A. E. à Aix-en-Provence. Sur tous les échantillons on a recherché les anions :
carbonate CO_3H^-, sulfate SO_4^{--}, chlorure Cl^- et les cations calcium Ca^{++}, magnésium Mg^{++}, sodium Na^+ et potassium K^+.
On a aussi mesuré le pH et la résistivité à 20° C. Sur certains des échantillons on a recherché en outre les ions fer ferreux et ferrique, ou nitrate NO_3^- ou bien encore la silice dissoute sous forme de $Si\,O_2$.

Les ions carbonate et calcium sont les plus abondants, ils proviennent essentiellement des carbonates de calcium constituant les calcaires.

Les ions magnésium peuvent provenir de la dolomie ou des minéraux des argiles. S'ils proviennent de la dolomie on constatera une proportion de carbonate supérieure à la proportion de calcium, s'ils proviennent des argiles ils seront accompagnés de sulfate et on ne constatera pas d'excès des carbonates sur le calcium.

L'ion chlorure est peu abondant, mais toujours présent car il est amené par les précipitations. Lorsqu'il est abondant il peut être le signe d'une pollution.

Le sodium et le potassium peuvent provenir des minéraux argileux ou des précipitations ou bien encore d'une pollution.

La présence de nitrate indique une pollution animale ou la décomposition de matière végétale ; on l'a parfois rencontré mais à des concentrations faibles.

Le sulfate semble le plus souvent lié au magnésium et au sodium et ceci dans des eaux ayant lessivé des marnes. Il peut être simplement lié au calcium et provenir du gypse, mais ceci est rare dans notre secteur.

3 - Représentation graphique et comparaison des résultats

66 analyses comportant chacune de 10 à 12 termes, cela représente environ 700 termes à comparer, le seul moyen, à part l'analyse statistique, est la représentation graphique des résultats et la comparaison des graphes ; le but à atteindre étant d'attribuer à chaque formation aquifère un type d'analyse qui lui soit propre.

Lorsque les eaux analysées peuvent être classées en "familles" distinctes ayant des compositions chimiques très différentes, le mode de représentation graphique importe peu car les différences apparaîtront toujours. Dans le cas

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

présent les compositions chimiques sont peu différentes car l'eau circule presque uniquement dans des calcaires plus ou moins marneux et dans des marnes plus ou moins calcaires. Il fallait donc trouver un mode de représentation graphique qui fasse ressortir toutes les différences ; après de nombreux essais nous avons retenu le modèle figurant sur la figure 21 et qui est établi de la façon suivante :

- chaque ion est représenté par le pourcentage de milliéquivalents par litre (meq/l) qu'il représente pour l'échantillon. La comparaison en pourcentage permet de regrouper des eaux de composition chimique identique mais à des concentrations différentes, elle n'indique pas cependant la concentration, que l'on inscrit dans un tableau à part en milliéquivalents par litre ;

- le pourcentage de chaque ion est représenté par un point sur un axe vertical à échelle arithmétique. Il faut noter à ce propos que l'on n'emploiera pas l'échelle logarithmique car elle masque les variations des ions les plus abondants au profit des ions les plus rares ; l'échelle arithmétique accorde, elle, une égale importance aux variations de tous les ions, quelles que soient leurs proportions.

- les ions potassium K^+, ayant des valeurs très faibles, ne seront pas représentés.

- pour des raisons pratiques les échelles des ions CO_3H^- et Ca^{++} vont de 25 à 50 % et les échelles des ions Mg^{++}, Na^+, Cl^- et SO_4^{--} vont de 0 à 25 %.

- le pH est représenté sur un axe vertical, à échelle arithmétique positionnée de façon quelconque.

4 - Résultats

La composition chimique des eaux est étudiée en détail à propos de chaque formation aquifère. Les conclusions qui se dégagent de ces études détaillées sont les suivantes :

- on a pu mettre en évidence un "pôle calcaire" et un "pôle marneux" entre lesquels varient les compositions chimiques ;

- on a pu, grâce au mode de représentation adopté, déterminer des relations entre les différents ions ;

- il est difficile de distinguer les "familles" d'eaux à partir de leur seule composition chimique ;

- à l'intérieur d'une même famille, individualisée grâce à l'emploi de plusieurs méthodes, on peut préciser par l'analyse chimique les conditions d'alimentation et de circulation propres à chaque émergence.

G. - LA TENEUR EN SILICE

1 - Généralités

Si l'on se limite à la recherche des éléments précédemment cités il apparaît que les eaux issues des calcaires sénoniens ont la même composition chimique, carbonatée calcique, que les eaux issues des calcaires tithoniques. Pour tenter de les différencier, il fallait trouver un élément qui soit présent dans une formation et absent dans l'autre.

La simple observation à l'œil nu nous montre que le Sénonien, du moins sa partie supérieure, contient beaucoup de silice, sous la forme de silex, de passées gréseuses ou de lits siliceux alors que le Tithonique contient seulement quelques silex.

A partir de cette constatation on a pensé à distinguer les eaux à partir de la différence de leurs teneurs en silice dissoute. Il existe une difficulté, c'est la faible solubilité de la silice et le fait que cette solubilité soit fonction de nombreux facteurs, dont les principaux sont :

- la température,
- le degré de cristallisation et la taille des particules de silice,
- la présence d'autres ions dans l'eau,
- le pH.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

L'étude approfondie des valeurs mesurées en fonction de ces divers facteurs demanderait beaucoup trop de temps, aussi nous contenterons-nous de considérer l'influence du pH qui est le facteur dominant sur la solubilité de la silice. Cette influence est représentée sur la figure 22. On constate que la solubilité de la silice dans l'eau est faible et à peu près constante aux alentours de pH 7 - 8 et augmente rapidement à partir de pH 9. Les valeurs du pH mesurées au laboratoire sont toutes inférieures à 8, quant aux mesures sur le terrain notre appareil ne va pas au-delà de pH 8,5, mais il est peu probable que le pH aille au-delà de 9 et de plus, les concentrations en silice sont bien inférieures aux limites de solubilité.

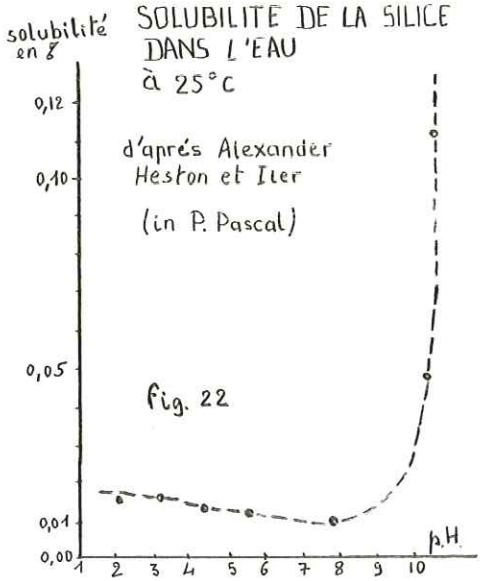


Fig. 22

Il semble donc que, dans notre cas, le risque d'erreur soit minime si l'on néglige l'influence du pH.

Il faut aussi savoir que les valeurs obtenues varient beaucoup avec les méthodes d'analyse car celles-ci peuvent compter la silice sous une forme ou sous une autre. On aura donc intérêt, plus encore que pour les autres éléments, à effectuer un échantillonnage complet et une seule série d'analyses dans les mêmes conditions.

2 - Représentation graphique

Les concentrations en silice dissoute sont indiquées en milligramme de SiO_2 par litre. Nous avons reporté les valeurs obtenues sur deux figures :

- sur la figure 23 A est représentée la localisation géographique schématique des échantillons analysés avec leurs teneurs respectives, en valeur absolue ;

- sur la figure 23 B est représentée la teneur en silice en fonction de la minéralisation totale de l'échantillon.

La première figure est destinée à mettre en évidence d'éventuelles relations entre une rivière et une source. Si l'on suppose que le terrain où se fait le passage rivière ⟶ source ne contient pas de silice, la concentration de la source ne devra pas dépasser la concentration de la rivière, ceci d'une manière générale car il pourrait y avoir dépôt de la silice à certains moments dans cette zone de passage et remise en solution à d'autres moments.

La seconde représentation graphique a pour but de faire figurer tout de même des eaux dont la faible concentration en silice n'est pas due qu'à l'absence éventuelle de silice, mais à de mauvaises conditions générales de mise en solution du terrain ; la source du Mouchelot par exemple possède une teneur en silice qui est faible en valeur absolue, mais forte relativement à sa minéralisation totale.

3 - Résultats

De l'étude simultanée des figures 23 A et 23 B nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

a) on peut grouper les concentrations en trois ensembles

- un ensemble de teneurs faibles, en l'occurrence inférieures à 1,5 mg/l et qui correspondent à des eaux n'ayant lessivé que des marnes et des calcaires jurassiques ;

- un ensemble de teneurs fortes, correspondant à des eaux ayant lessivé des calcaires sénoniens ; c'est le cas des sources du Mouchelot, sans doute du Ruissan, du Rif de l'Arc et du torrent de Glaisette. Quant au Buëch, c'est par l'intermédiaire de ses affluents qu'il s'est chargé en silice ;

- un ensemble de teneurs moyennes dans lesquelles il est difficile de faire la part des différents apports possibles : eau de rivière chargée en silice, eau de versant chargée en silice par lessivage de calcaire sénonien ou d'alluvions glaciaires et eau de versant non chargée en silice.

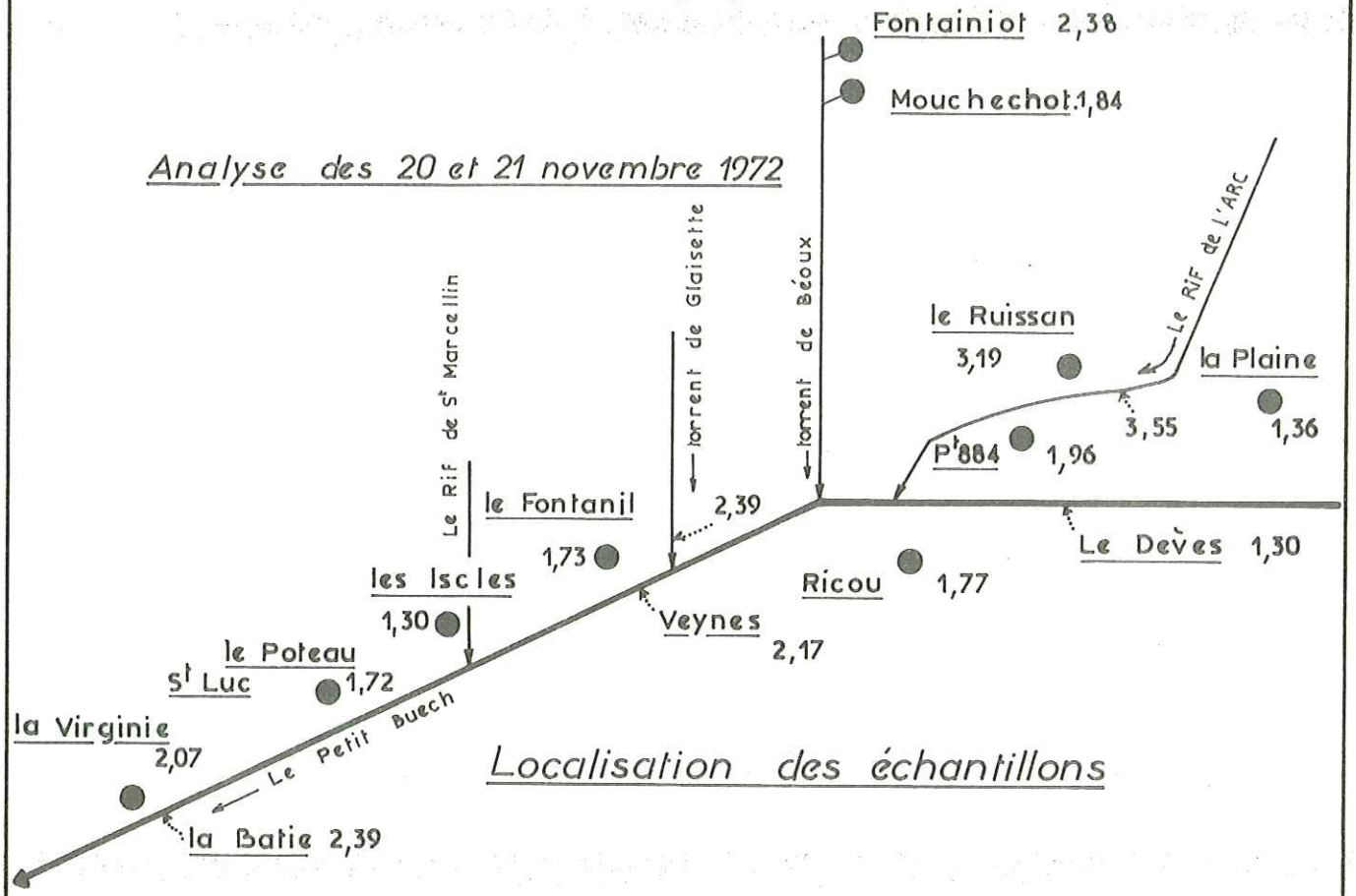
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

fig 23

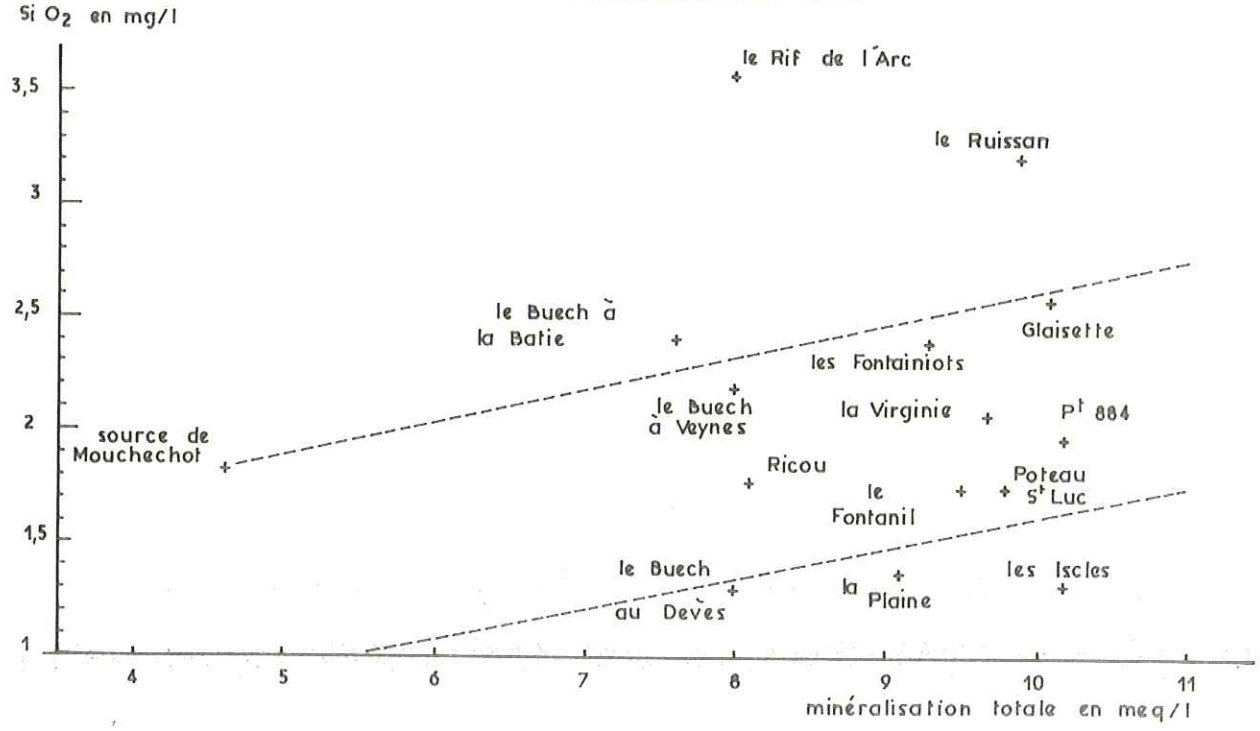
-A-

Concentration en silice (en mg/l)



-B-

SILICE DISSOUTE EN FONCTION DE LA MINERALISATION TOTALE



b) les relations rivière ⟶ source ne sont pas toujours évidentes, dans le cas de la source de Ricou il y a mélange d'eau du Buëch avec une eau d'origine différente.

Il en est de même pour la source du point 884.

La source de la Virginie se distingue par une teneur élevée montrant un apport d'eau du Buëch.

Les sources du Fontanil et du Poteau-Saint-Luc ont des teneurs assez faibles qui apportent peu de renseignements.

La source des Iscles montre une teneur très faible qui semble exclure une alimentation par le Petit Buëch, il s'agirait d'une résurgence plus ou moins directe du Rif de Saint-Marcellin.

4 - Conclusion

L'absence de silice dans les eaux ayant lessivé les Terres Noires et le Tithonique et son abondance dans les eaux issues des calcaires sénoniens semble faire de l'analyse des teneurs en silice une méthode d'investigation bien adaptée à notre secteur et qui permet de résoudre d'autres problèmes que la différenciation entre les eaux "du Sénonien" et les eaux "du Tithonique".

H. - LA COMPOSITION ISOTOPIQUE - TENEUR EN TRITIUM

1 - Généralités

Les atomes d'hydrogène qui entrent dans la composition des molécules d'eau présentent les variétés isotopiques suivantes :

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

Le tritium naturel est peu abondant, il se forme dans la haute atmosphère par le bombardement, par des neutrons cosmiques, des constituants gazeux de l'atmosphère tels que l'azote :

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

Le tritium artificiel provient des essais nucléaires aériens qui ont débuté en 1952. Ce tritium artificiel répandu dans l'atmosphère s'intègre aux molécules d'eau atmosphérique et on le retrouvera, par l'intermédiaire des précipitations, dans les eaux de surface ou souterraines.

Les concentrations en tritium sont généralement exprimées en unité - tritium ou UT. Une concentration de 1 UT correspond à 1 atome de tritium pour 10^{18} atomes d'hydrogène.

La période du tritium est de 12,26 ans, c'est-à-dire qu'une concentration de 100 UT à un instant donné passera à 50 UT au bout de 12, 26 ans, à 25 UT au bout de 24 ans et ainsi de suite.

Sur la figure 24 est représentée l'évolution des teneurs moyennes annuelles sous les latitudes moyennes de l'hémisphère nord. Ces teneurs qui étaient initialement de 15 UT ont augmenté jusqu'en 1963, date à laquelle elles ont atteint plus de 2 000 UT, et, depuis l'arrêt presque complet des expériences nucléaires dans l'atmosphère, elles décroissent régulièrement. Elles sont actuellement de l'ordre de 100 UT. Il s'agit là de teneurs moyennes car, pour diverses raisons les concentrations en tritium varient d'une pluie à l'autre et d'une région à l'autre.

2 - Représentation graphique

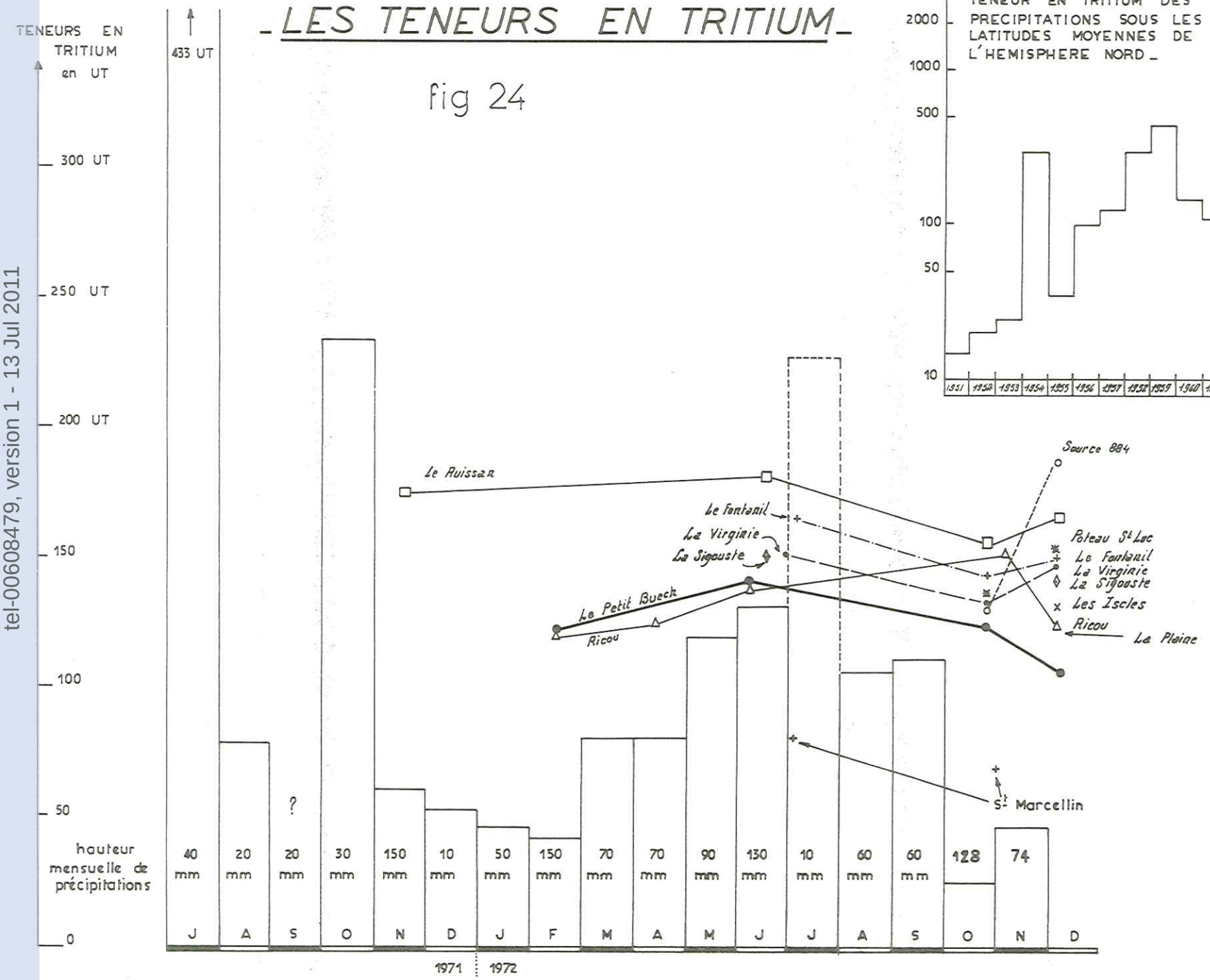
L'étude de l'évolution comparée des teneurs en tritium des eaux de précipitation et des eaux superficielles ou souterraines permet de déterminer l'âge moyen de ces dernières et de déceler d'éventuelles relations entre un cours d'eau et une source.

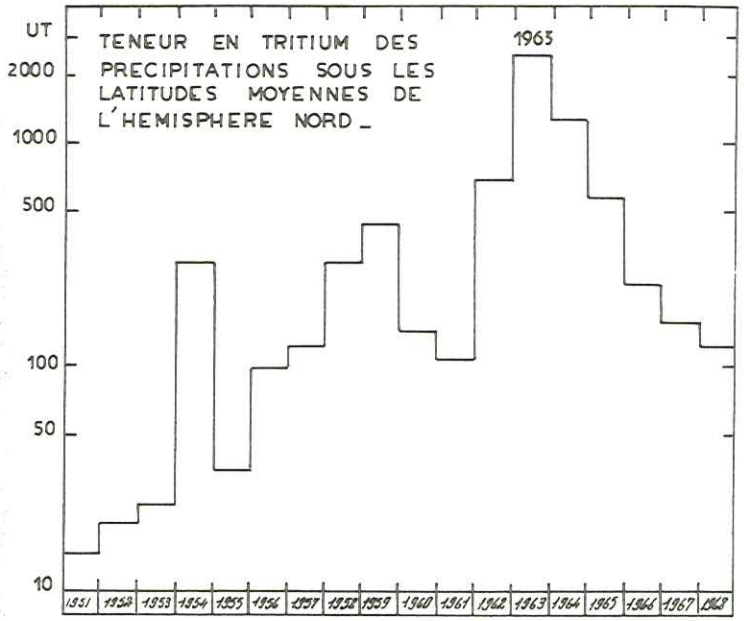
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES TENEURS EN TRITIUM

fig 24





En ce qui concerne notre bassin versant les mesures de concentration en tritium ont été effectuées au laboratoire du Centre de Recherches Géodynamiques à Thonon-les-Bains. Les échantillons analysés se répartissent comme suit :

- 4 échantillons sur le Petit Buëch, au lieu-dit le Devès ;
- 25 échantillons sur diverses émergences ;
- 2 échantillons de précipitations recueillies à Veynes.

L'analyse de ces deux échantillons a montré que les concentrations en tritium des précipitations étaient les mêmes sur le bassin versant du Petit Buëch que sur le bassin versant expérimental de Saint-Genis ; on a donc retenu comme teneurs des précipitations celles mesurées à Saint-Genis en 1971 et 1972.

Sur la figure 24 sont indiquées les hauteurs des précipitations mensuelles avec les teneurs correspondantes (résultats de Saint-Genis) et les teneurs des sources et du Petit Buëch.

3 - Résultats

Après avoir étudié la figure 24 nous pouvons faire les remarques suivantes :

- les concentrations en tritium des précipitations sont plus fortes en été qu'en hiver, il s'agit d'un phénomène habituel, lié aux caractéristiques des circulations atmosphériques ;

- la teneur moyenne des précipitations sur la période étudiée est inférieure à 100 UT, celle du Petit Buëch est d'environ 120 UT et celle des sources de 140 UT. Toutes ces teneurs suivent une évolution parallèle avec un décalage vers le haut plus ou moins prononcé par rapport aux précipitations. Toutes ces eaux ne peuvent donc être de l'année et sont un mélange d'eaux de précipitation avec des eaux plus anciennes ;

- les eaux du Petit Buëch, qui sont donc un mélange d'eaux de précipitation et d'eaux anciennes restituées par les sources, ont un âge moyen au moins égal à 1 an car, d'après les résultats de Thonon-les-Bains, il faut remonter à 1970 - 1971 pour trouver une concentration d'au moins 120 UT dans les précipitations;

- On ne peut classer l'âge moyen relatif des eaux de source à partir de leur décalage en hauteur, en effet, une teneur moyenne inférieure à une autre peut provenir d'une plus grande proportion d'eau des précipitations actuelles, mais elle peut provenir aussi d'une alimentation par des précipitations plus anciennes dont la concentration en tritium a subi une décroissance par décomposition radioactive. On peut tout de même dire que les eaux de source ont un âge moyen qui doit être supérieur à 1 ou 2 ans ;

- on remarque aussi les eaux du lavoir de Saint-Marcellin qui, comme nous l'expliquons plus loin, ont sans doute l'âge moyen le plus élevé parmi les eaux analysées ;

- la source du Ruissan possède la teneur moyenne la plus élevée, elle semble assez indépendante des précipitations et du Petit Buëch ; nous en tirerons des conclusions pratiques intéressantes ;

- quant à la source de Ricou, elle montre des concentrations identiques à celles du Buëch, ce qui semble prouver qu'elle constitue une résurgence de celui-ci.

4 - Conclusions

L'analyse des teneurs en tritium permet, à la fois, d'avoir une idée globale sur l'âge moyen des eaux du bassin versant et d'apporter une solution à des problèmes précis. Elle nous confirme par exemple l'âge moyen assez élevé des eaux du Petit Buëch et la faible importance du ruissellement dans l'écoulement total et elle nous permet de montrer l'indépendance du moins à court terme, de la source du Ruissan vis-à-vis du Petit Buëch.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

I. - CONCLUSION A L'ETUDE DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Nous venons de passer en revue un certain nombre de caractères physiques et chimiques des eaux et leurs méthodes d'étude. Comme il est impossible d'employer toutes les méthodes dès le début de l'étude on commence par utiliser les plus simples et les moins onéreuses et au fur et à mesure que les problèmes se précisent on en recherche de nouvelles qui soient mieux adaptées ; il en résulte des lacunes dans les observations, les mesures et l'échantillonnage mais ceci est inévitable.

Nous verrons par la suite qu'on ne peut, dans notre région, caractériser les eaux de chaque type d'aquifère à l'aide d'un seul paramètre, mais qu'il est nécessaire d'en connaître plusieurs. Il arrive cependant qu'à l'intérieur d'un groupe de nappes liées à un même type d'aquifère, la variation d'un seul paramètre permette de préciser, pour chacune ses conditions particulières d'alimentation ou de circulation.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

CHAPITRE V

LES CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES DES PRINCIPALES FORMATIONS AQUIFERES

A. - INTRODUCTION

Après avoir examiné les divers facteurs qui conditionnent les circulations souterraines, puis les méthodes d'étude, passons à l'examen détaillé de ces circulations elles-mêmes.

Il existe deux manières de procéder, la première est de découper la région en secteurs géographiques que l'on étudie l'un après l'autre, du point de vue de l'inventaire des ressources en eaux c'est la méthode la plus pratique ; la seconde manière consiste à étudier globalement les circulations aquifères liées à une même formation géologique, sans tenir compte de leur situation géographique, ce qui amène à traiter simultanément des problèmes sans aucun lien géographique, mais présente tout de même un certain nombre d'avantages.

En effet, une formation géologique donnée possède une certaine continuité régionale dans sa nature, sa texture, les contraintes et les déformations subies, le mode d'altération et par conséquent dans ses propriétés hydrogéologiques. Si l'on connaît ces propriétés dans un secteur donné on pourra extrapoler les résultats obtenus à des secteurs que l'on n'a pas étudié en détail, mais où la même formation est présente.

Nous allons donc voir les étages les plus intéressants du point de vue hydrogéologique, pour chacun d'eux nous procéderons de la façon suivante :

- d'abord un rappel des principaux caractères stratigraphiques et structuraux de l'étage ;
- étude, parfois détaillée, parfois rapide,des conditions d'alimentation, de circulation et d'émergence de plusieurs nappes liées à cet étage ;
- étude des caractères physico-chimiques des eaux de ces nappes ; on essaiera de dégager parmi ces caractères ceux qui semblent spécifiques de l'étage et ceux qui indiquent, dans le cadre de cet étage, des conditions particulières d'alimentation ou de circulation ;
- un bref résumé des caractéristiques hydrogéologiques de l'étage en question.

Une fois passées en revue les principales formations aquifères, nous établirons de façon synthétique la comparaison de tous leurs caractères hydrogéologiques reconnus

B. - LES MARNES JURASSIQUES

1 - Généralités

Cet ensemble, dans lequel on regroupe les Terres Noires du Callovo-Oxfordien et les calcaires marneux de l'Argovien, joue presque toujours le rôle de substratum imperméable. Si nous l'étudions en particulier c'est que les marnes influencent la chimie des eaux qui circulent à leur contact et leur fournissent d'autres ions que ceux de calcium et de carbonate. Dans les Terres Noires, sans parler des minéraux argileux, on trouve par exemple des gisements de pyrite, de barytine, du minerai de zinc et de la galène. En période de sécheresse un autre type de miné-

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ralisation apparaît et les marnes sont saupoudrées d'un dépôt blanc ; n'ayant pas effectué l'analyse de ce dépôt je me contenterai de citer P. ARTRU :"efforescences magnésiennes : les dépôts blancs qui incrustent en été le fond des ravins dans les Terres Noires ont depuis longtemps frappé les observateurs (GARNIER, 1878). L'analyse diffractométrique de ce produit a montré qu'il s'agissait d'un mélange en proportions variables de kiésérite (SO_4 Mg H_2O) et d'hexaédrite (SO_4 Mg 6 H_2O) les proportions varient en fonction de l'humidité et de la température. Les occurrences de ces minéraux sont très rares sous nos climats. Si les ions SO_4 peuvent provenir de la pyrite, la provenance du magnésium est plus difficile à expliquer. Peut-être ce métal provient-il de la dissolution de la dolomite par l'acide sulfurique résultant de l'oxydation de la pyrite".

2 - Les circulations

Les marnes jurassiques sont souvent altérées sur une épaisseur qui peut atteindre 3 à 4 mètres. Dans la région d'Embrun on rencontre le même type d'altération qui est d'origine périglaciaire et donne des marnes reconstituées sur place. Le contact entre la zone altérée et la zone non altérée est souligné par des suintements qui se poursuivent durant plusieurs jours après qu'il ait plu.

Lorsque la topographie le permet les matériaux d'altération sont érodés et rassemblés dans des dépressions, ils peuvent alors contenir quelques réserves aquifères qui, si elles sont négligeables à l'échelle du bassin ou d'une commune, constituent parfois la seule ressource en eau pour des fermes isolées dans les Terres Noires.

La source du Serre Pointu

Elle alimente en partie le village d'Oze et elle est située dans les collines marneuses qui séparent le village du torrent de la Bachassette. C'est l'exutoire d'une petite nappe contenue dans des matériaux d'altération rassemblés dans une cuvette. Son alimentation s'effectue par infiltration directe des précipitations et par infiltration après ruissellement sur les bords de la cuvette.

3 - Caractères physiques et chimiques des eaux

	Sce du Serre Pointu
débit minimum en l/s	0,05
variabilité	?
résistivité moyenne en ohms/cm	1900
pH moyen	7,9

Les débits sont faibles mais nous importent peu car nous sommes intéressés non par l'aspect "réservoir" des marnes jurassiques mais par leur aspect "marqueur chimique".

L'eau circule en contact étroit avec la roche qui est de nature schisteuse et la minéralisation est importante.

La composition chimique (figure 21) se caractérise par des teneurs relativement faibles en carbonate et calcium et relativement élevées en sulfate, magnésium et sodium. Elle nous servira à représenter le "pôle marneux" et par comparaison avec des analyses d'eau plus marquées par les calcaires nous chercherons les corrélations existant entre les différents ions.

4 - Conclusion

Les marnes jurassiques ne constituent pas un véritable aquifère puisque les seules réserves qu'elles contiennent se trouvent dans leur zone d'altération, et encore ces réserves sont-elles réduites ; aussi bien ne les a-t-on étudiées que pour avoir un point de référence chimique.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

C. - LE TITHONIQUE

1 - Généralités

Nous avons vu que le Tithonique était formé par la succession des terrains suivants :
- les calcaires sublitographiques de l'Oxfordien terminal ou "Séquanien" (J 6) ;
- les alternances de petits bancs calcaires et de marnes du Kimméridgien inférieur (J 7) ;
- les calcaires ondulés (J8), poudingues calcaires massifs (J9a) et calcaires lithographiques blancs (J9b), du Kimméridgien supérieur qui forment la corniche tithonique proprement dite.

On assimilera parfois au Tithonique les calcaires lithographiques beiges du Berriasien (n1a).

Au point de vue structural, par suite de la tectonique particulière du secteur de Veynes, le Tithonique se présente souvent sous la forme de panneaux redressés, très fissurés et pouvant contenir chacun une nappe aquifère, ce qui devrait donner des émergences nombreuses mais aux débits limités et très variables.

2 - Les circulations

a) la source du vallon d'Oule (fig. 25 A)

Elle se trouve sur le flanc ouest de la montagne d'Oule qui est formée de marnes et marno-calcaires jurassiques surmontés par les calcaires tithoniques plus ou moins plissés mais dans l'ensemble horizontaux. Sur le même flanc de la montagne d'Oule se trouve aussi la source du Basset qui alimente la commune d'Oze et qui sort à la base de la barre séquanienne (J6).

L'émergence de la source du vallon d'Oule est assez diffuse ; l'eau qui provient de l'infiltration de la pluie dans les calcaires lithographiques blancs du sommet, sort au milieu des éboulis calcaires qui remplissent un ravin creusé dans le talus argovien et l'on ne peut distinguer à quel niveau se situe l'émergence réelle.

b) la source de la Barre (fig. 25 B)

Elle se jette dans le torrent des Vaux, affluent de la Béoux, sur le flanc nord est de la colline du Vorge. Cette colline est un dôme anticlinal à carapace tithonique dont les calcaires, très redressés sur le flanc nord et entaillés par le torrent des Vaux, contiennent une nappe qui vient surverser par dessus les alluvions argileuses du torrent. L'émergence consiste en plusieurs griffons disposés au pied des calcaires ondulés (J8) et des poudingues calcaires (J9a) ce qui montre, tout à fait logiquement, que le rôle de niveau de base est joué par les marno-calcaires du Kimméridgien inférieur (J7).

c) la source de Villauret (fig. 25 C)

Au pied de la montagne de la Plane, qui est une dalle calcaire de forme triangulaire et inclinée vers le Nord, se trouve la source captée de Villauret. Bien que située sur le territoire de la commune de Saint-Auban-d'Oze elle alimente la commune du Saix. Le captage consiste en une galerie d'environ 10 mètres de long qui s'enfonce dans les éboulis du pied de la barre séquanienne (J6). Les calcaires séquaniens sont perméables mais ils affleurent sur une surface restreinte et ne peuvent donc être alimentés directement par les précipitations. Il faut que l'eau qui s'infiltre dans le Kimméridgien supérieur, perméable, arrive au Séquanien en traversant les marno-calcaires relativement imperméables du Kimméridgien inférieur ; elle peut le faire en empruntant l'un des nombreux accidents mineurs qui affectent la dalle tithonique.

d) la source de la Plaine (fig. 43 et 44)

Il s'agit d'une émergence intermittente, parfois artésienne, qui sort de façon diffuse sur la bordure sud du synclinal chevauchant du Rif-de-l'Arc.

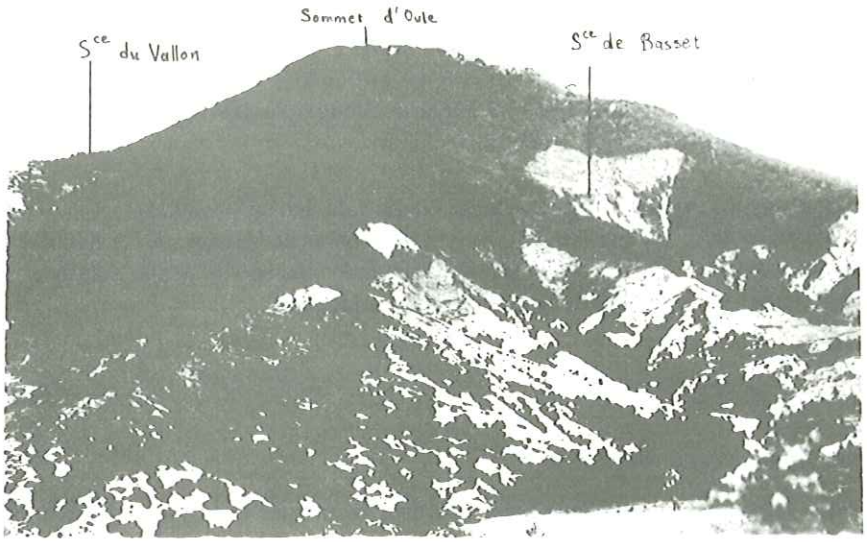
e) les sources de la Gerle (fig. 26)

La route qui part de Veynes en direction du Nord et conduit au hameau de Glaise longe le torrent de Glaisette qui recoupe une série monoclinale allant des Terres Noires jurassiques aux Marnes bleues albiennes. Au niveau de la cluse formée par la barre tithonique et en rive droite du torrent se trouvent les sources de la Gerle qui alimentaient autrefois l'agglomération de Veynes. Assez curieusement l'eau ne sort pas au niveau le plus bas de l'entaille creusée dans la barre calcaire mais en plusieurs griffons situés à des cotes différentes au-dessus de la route. Cette anomalie apparente est due à un accident dont l'importance est difficile à préciser mais qui au niveau de l'émergence, affecte

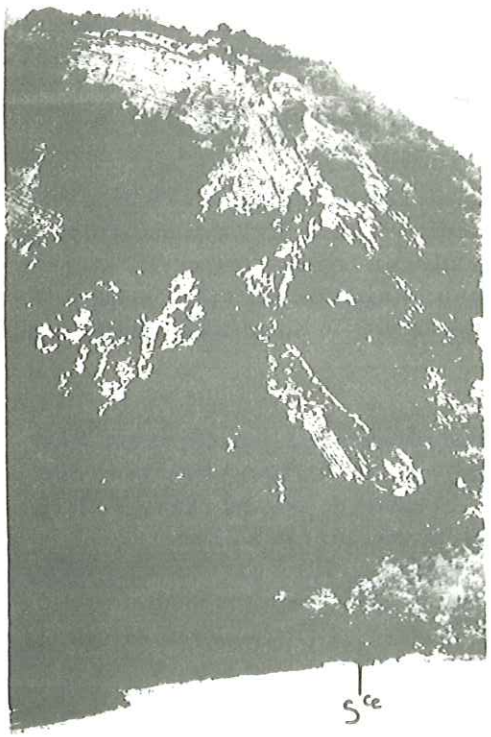
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DU TITHONIQUE

fig 25



A
source du
vallon d'oule



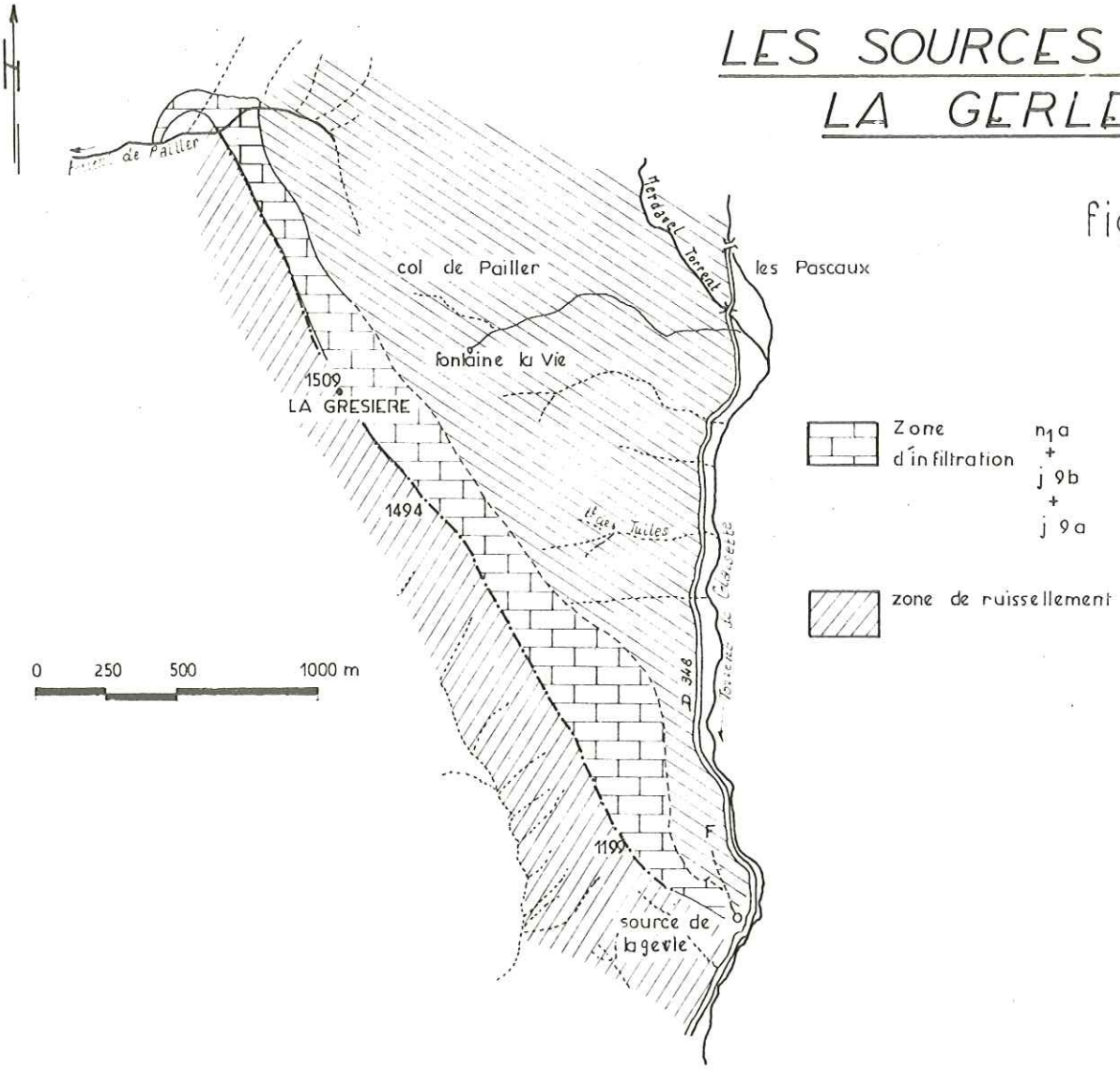
source de
la barre
B

C captage de
villauret

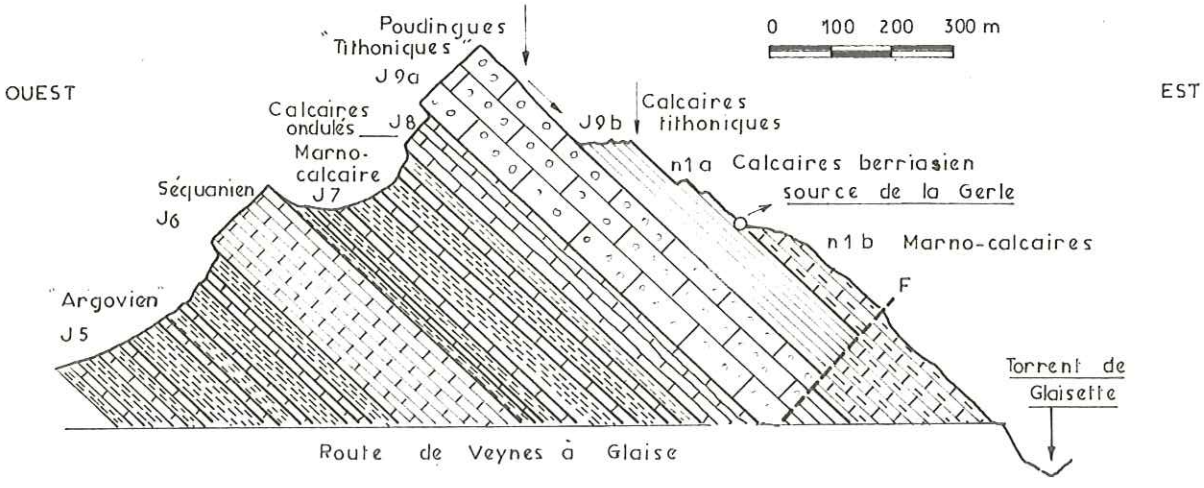
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DE LA GERLE

fig 26



- CARTE HYDROGEOLOGIQUE -



CONDITIONS GEOLOGIQUES DE L'EMERGENCE

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

au moins une partie du Tithonique et du Néocomien. Il s'agit d'un accident lié au redoublement de la série Tithonique-Néocomien, appelé "redoublement de Veynes" et dont la trace recoupe la pente de la rive gauche du torrent de Glaisette.

Examinons en détail les conditions géologiques de l'émergence (figure 26) :

Les griffons sont alignés le long d'une faille subverticale qui amène les marno-calcaires imperméables du sommet du Berriasien contre la section des calcaires tithoniques et berriasiens inférieurs. Les marno-calcaires imperméables forment un barrage pour l'eau qui circulait dans les calcaires et qui surverse alors.

L'alimentation des sources de la Gerle se fait par infiltration de la pluie dans les calcaires tithoniques et berriasiens qui affleurent en surface structurale, en une bande allongée nord ouest - sud est et pentée vers le nord est. L'eau circule dans les calcaires tithoniques, recouverts à partir d'une certaine cote par les formations marneuses du Néocomien, et vient émerger à la faveur de l'accident décrit plus haut.

3 - Caractères physiques et chimiques des eaux

	La Gerle	La Plaine	Villauret	vallon d'Oule	La Barre
Débit minimum en l/s	2	0	1	0,2	1
variabilité	10	?	6	26	10
Résistivité moyenne en Ω.cm	2300	2400	2400	2500	2500
pH moyen	7,7	7,0	7,5	8,3	7,5

a) Le débit

L'eau chemine par un réseau très dense de failles, de diaclases et de joints de stratification. Tous ces plans de circulation possible sont en intercommunication et lorsque la pression hydrostatique augmente l'eau n'a pas de difficultés à trouver d'autres voies d'évacuation que le conduit principal ; son action érosive n'est donc pas concentrée sur un seul conduit et ceci explique à la fois l'absence de réseau karstique développé et le fait que les émergences des nappes aquifères des calcaires tithoniques se présentent souvent sous la forme de plusieurs griffons étagés à des cotes différentes et qui entrent en activité en fonction de la charge de la nappe à l'amont. Lorsque le débit devient important et sort par une multitude d'orifices il devient souvent impossible de le mesurer en totalité ; pour cette raison, la courbe représentative des débits donnée sur la figure 27 représente surtout le sens de variation de ces débits. Le débit indiqué ne représente qu'une fraction du débit réel pour les sources de la Gerle et de la Barre et le débit total pour les sources de Villauret et du vallon d'Oule.

La variabilité est très grande, comme nous l'avions prévu à cause de la forte inclinaison de la plupart des panneaux tithoniques alimentant ces sources et de leur perméabilité importante.

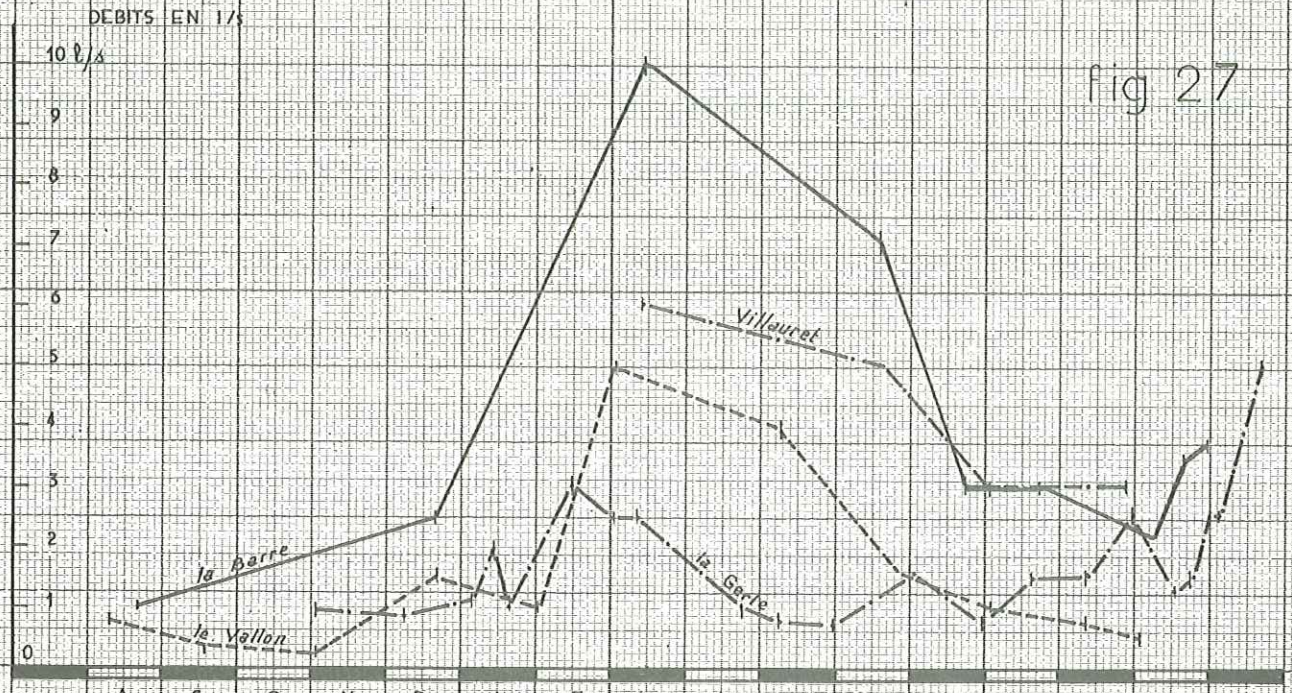
b) La température (se reporter à la figure 19)

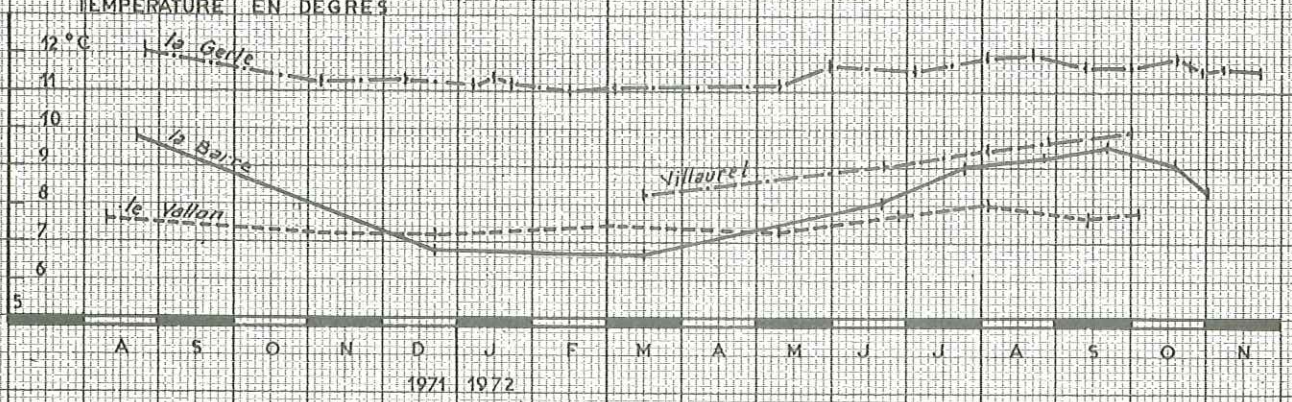
Les températures moyennes sont normales pour l'altitude des émergences, sauf pour la source de la Gerle dont les eaux ont une température moyenne supérieure de 1 à 2° C à la température normale. Il s'agit donc d'une nappe qui circule à une profondeur assez importante, disons une cinquantaine de mètres ; ceci correspond à ce que nous avions affirmé précédemment, à savoir qu'après s'être infiltrée dans les calcaires tithoniques qui affleurent en surface structurale, l'eau poursuivait son chemin dans ces mêmes calcaires, mais à un niveau où ils sont recouverts par les marnes et marno-calcaires néocomiens.

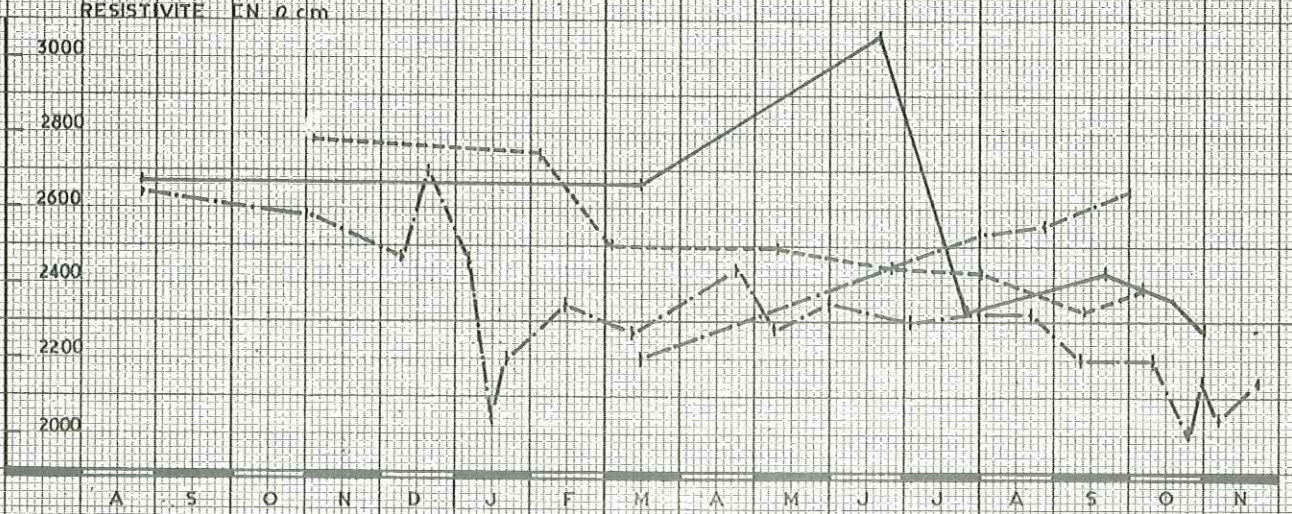
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DU TITHONIQUE

Fig 27







tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

c) La résistivité

Revoyons, dans le cas particulier des sources du Tithonique, le phénomène que nous avions décrit de façon générale dans le chapitre consacré à la résistivité des eaux.

- Durant l'été 1971 les résistivités des différentes sources du Tithonique sont identiques et se situent aux alentours de 2 700 Ω.cm.

- En hiver et au printemps 1972 elles varient de façon indépendante sous l'action des eaux de pluie et de fonte des neiges qui arrivent plus ou moins directement aux émergences.

- Dès le début de l'été les résistivités se regroupent à nouveau, mais cette fois aux alentours de 2 400 Ω.cm.

Si l'on considère que la résistivité, du moins lorsqu'elle n'est pas influencée par un lessivage momentané du sol, est inversement proportionnelle au temps moyen de séjour de l'eau dans l'aquifère, on peut dire que l'âge moyen des eaux qui émergent en 1972 est supérieur à l'âge moyen des eaux qui ont émergé en 1971. D'après l'étude du bilan hydrologique du bassin versant les réserves sont sensiblement les mêmes à l'automne 1972 qu'à l'automne 1971, il est possible cependant que plus d'eau ancienne se soit écoulée, remplacée par plus d'eau de précipitation et l'on peut dire que les pluies qui ont succédé à la sécheresse de l'été - automne 1971 ont entraîné des eaux anciennes qui stagnaient dans le terrain depuis plusieurs années.

d) La composition chimique (fig. 28)

Les calcaires tithoniques sont encadrés par des marnes, jurassiques à la base et néocomiennes au sommet ; les eaux qui en émergent seront donc carbonatées calciques avec des apports plus ou moins marqués des minéraux des marnes. Si l'on compare leurs analyses chimiques avec celles du Serre Pointu, on peut faire les remarques suivantes.

- L'influence des marnes se traduit par l'augmentation des teneurs en sulfate, magnésium et sodium et par une diminution corrélative des carbonate et calcium .

- L'eau la plus "calcaire" est celle de la Gerle ; ceci est intéressant car si nous savions auparavant qu'elle circulait à grande profondeur nous savons maintenant qu'elle se maintient dans les calcaires.

- Les eaux les plus "marneuses" sont celles de Villauret et de la Barre.

- L'eau de la source du vallon d'Oule est assez "marneuse" d'après les teneurs en sulfate et en sodium mais sa concentration en magnésium est plus forte que sa concentration en sulfate, ce magnésium est sans doute lié au carbonate et provient de la fraction dolomitique des calcaires.

- L'eau de la source de la Plaine, avec très peu de sulfate et de sodium et relativement beaucoup de magnésium est "calcaire" et "dolomitique".

4 - Conclusions sur le Tithonique

Les conditions d'alimentation, de circulation et d'émergence des nappes des calcaires tithoniques sont assez faciles à déterminer. D'une manière générale, l'eau des précipitations s'infiltre dans les calcaires du Kimméridgien supérieur, s'y maintient ou bien arrive jusqu'au "Séquanien" à la faveur d'une faille ; après un trajet plus ou moins long elle émerge, soit à un point bas topographique, soit à la faveur d'un accident local. Les émergences sont nombreuses, la karstification peu évoluée, et les débits irréguliers et moyennement importants.

L'étude des caractères physiques et chimiques des eaux permet de préciser les conditions spécifiques à chaque nappe ; nous avons pu, par exemple, mettre en évidence le caractère particulier de la nappe aquifère qui alimente les sources de la Gerle, nappe qui circule dans les calcaires, à profondeur importante, mais sans contact avec les marnes.

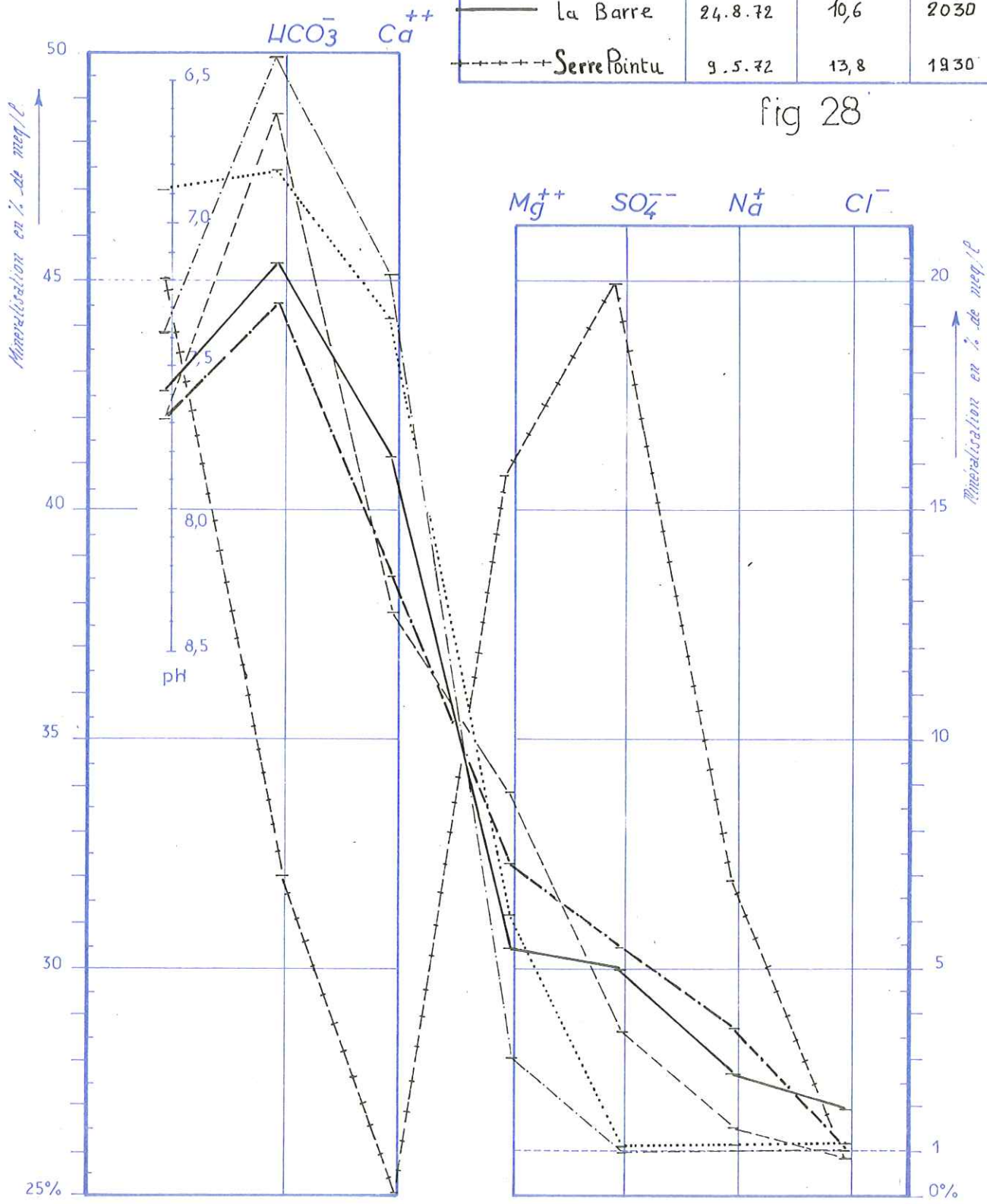
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

S^ces du Tithonique

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
La Gerle	8.5.72	10,4	2510
le Vallon d'Oule	9.5.72	9,7	2750
Villaret	24.8.72	9,9	2220
La Plaine	21.11.72	9,1	2750
La Barre	24.8.72	10,6	2030
Serre Pointu	9.5.72	13,8	1930

fig 28



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

D. - LE SENONIEN

1 - Généralités

Dans cette étude des principales formations aquifères, nous sommes passés directement du Tithonique au Sénonien car tous les terrains intermédiaires, c'est-à-dire ceux du Crétacé inférieur et moyen ont des capacités aquifères pratiquement nulles et servent seulement de niveau de base à des nappes des terrains de couverture ou du Crétacé supérieur.

Nous appellerons "Sénonien" l'ensemble formé par les calcaires argileux du Campanien (C6) surmontés par les calcaires siliceux du Maestrichtien (C7). Nous ne tiendrons pas compte du Coniacien (C4) peu répandu, qui consiste en marno-calcaires à galets et que l'on assimilera au substratum imperméable.

Les principaux caractères que nous avons reconnu au Sénonien sont :
- une position discordante sur un substratum plissé et érodé, d'où l'impossibilité de connaître la nature et la géométrie du niveau de base des circulations et de définir les limites exactes des réservoirs aquifères ;
- une épaisseur très importante et variable, pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres ;
- la karstification qui augmente la perméabilité en grand due aux joints, fractures et diaclases par le creusement de puits et de galeries aux dimensions parfois considérables. Le "chourum des Aiguilles", au Nord Ouest du col du Festre, accuse un développement vertical de 980 mètres dans les calcaires sénoniens ;
- la formation généralisée d'éboulis qui s'étalent au pied des falaises et masquent les émergences ;
- la différenciation entre "Sénonien perché" et "Sénonien ennoyé".

2 - Les circulations

Les seules circulations que l'on ait pu étudier sont celles qui ont lieu dans les calcaires sénoniens perchés et dont les exutoires, à l'exception de la source de la Doux, se trouvent sur le pourtour du massif de Bure-Aurouze.

a) la source de la Doux

Elle sort à la cote 1355 m, au pied du synclinal perché de Charajaille - Tête de Jarret ; ce synclinal fait partie d'une structure synclinale beaucoup plus vaste que l'on peut suivre depuis Lus jusqu'à Montmaur, il comprend les assises suivantes : à la base les Marnes bleues albiennes de la cuvette de Glaise, puis les calcaires lithographiques turoniens, les calcaires marneux et les calcaires siliceux du Sénonien, des poudingues de démantèlement de ces calcaires sénoniens et enfin un remplissage de molasses oligocènes. La source est captée sommairement à la limite inférieure des éboulis de calcaire sur les marnes albiennes et l'on ne distingue pas le niveau de l'émergence réelle.

Le débit moyen est de 10 l/s et la zone d'alimentation doit avoir une surface d'au moins 1 km^2. L'infiltration de la pluie se fait donc sur la surface qui s'étend entre le sommet de Charajaille et la Tête de Jarret ; l'eau profite de discontinuités de la couverture tertiaire pour s'infiltrer, à travers les poudingues de démantèlement, dans les calcaires siliceux du Maestrichtien. De là elle continue sa descente dans les calcaires marneux du Campanien, puis dans les calcaires lithographiques du Turonien pour émerger enfin au point bas du contact entre les calcaires turoniens et leur assise de marnes albiennes.

On essaiera de déterminer dans quelle mesure les éboulis qui sont à l'amont direct de la source participent à son alimentation mais on peut déjà dire qu'une partie au moins des eaux qui émergent à la source de la Doux suit un trajet assez long dans des formations variées.

b) La source de Font-Froide

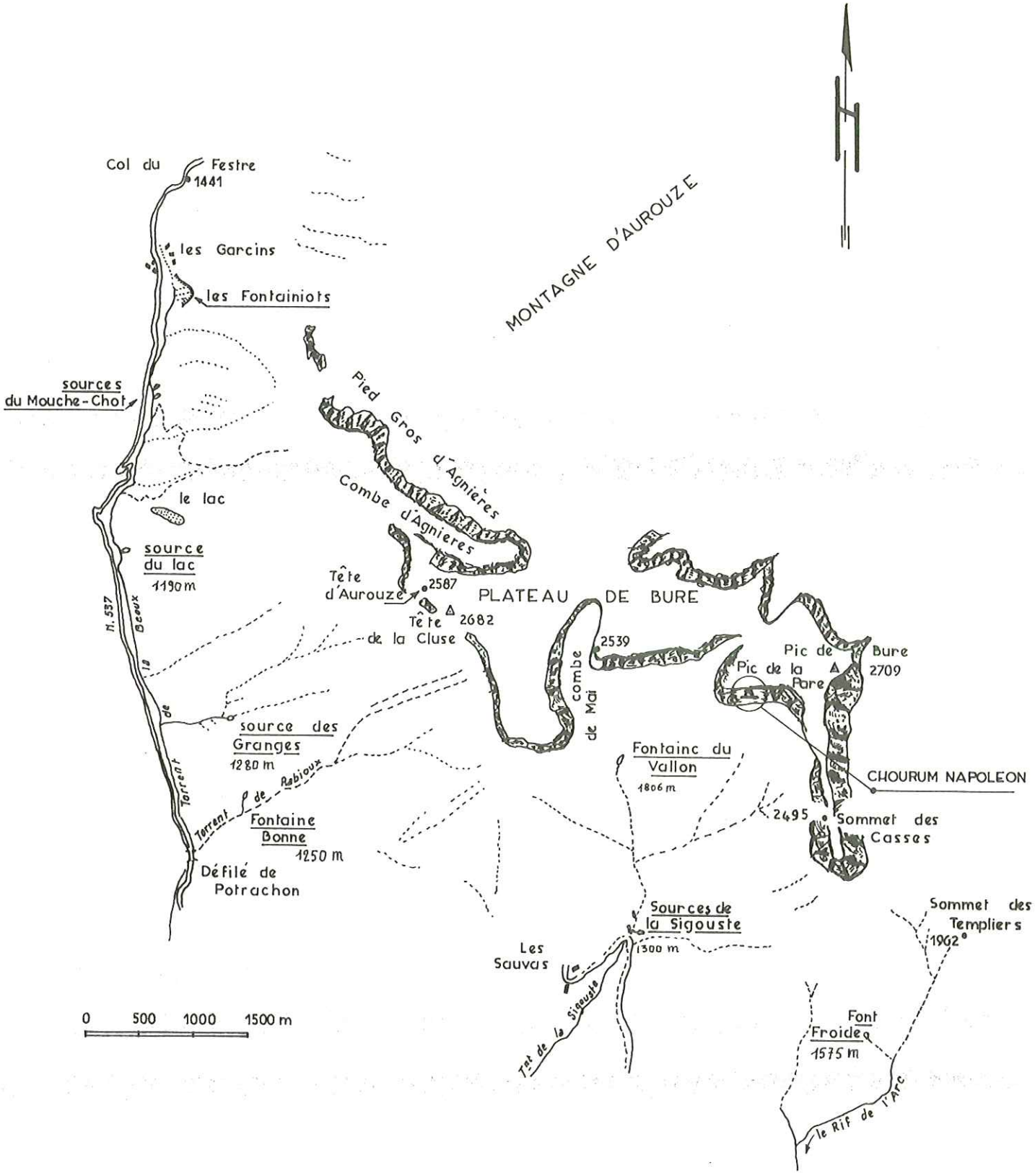
Le sommet des Casses représente le cœur sénonien du synclinal du Rif-de-l'Arc, il est constitué de calcaires siliceux surmontant des calcaires marneux. De la base des calcaires siliceux part une couverture presque continue d'éboulis qui descend jusqu'au niveau des marnes albiennes. La source de Font-Froide émerge à la cote 1575 m au contact de ces éboulis et de bancs marno-calcaires probablement cénomaniens et qui seraient alors le sommet des marnes albiennes.

D'après le débit moyen qui est d'environ 20 l/s, sa zone d'alimentation a une surface comprise entre 1 et 2 km^2 et s'étend au-delà des draperies d'éboulis, dans les calcaires sénoniens du sommet des Casses.

Des travaux sont en cours pour la capter et amener ses eaux à la Roche-des-Arnauds.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011



MASSIF DE BURE-AUROUZE

SITUATION DES EMERGENCES

fig 29

c) Les sources de la vallée de la Béoux

Il s'agit de trois sources situées sur le flanc ouest de la montagne d'Aurouze, entre le village de la Cluse et l'ancien village de Rabioux ; ce sont la source du Lac (1190 m), la source des Granges (1280 m) et la Fontaine-Bonne (1250 m). Mais avant d'aborder l'étude des émergences il nous faut considérer la structure géologique d'ensemble de la vallée de la Béoux, structure que l'on a représenté de façon schématique sur le bloc diagramme de la figure 30.

La coupe d'Ouest en Est de la vallée de la Béoux nous montre successivement :

- les calcaires sénoniens orientés nord-sud et à forte inclinaison vers l'Est, ils sont terminés par une paléosurface et s'ennoient dans les alluvions de la Béoux ;

- les molasses, marnes et poudingues tertiaires plus ou moins discordants sur les calcaires sénoniens ; c'est dans les molasses que le torrent de la Béoux creuse son lit ;

- une barre rocheuse discontinue due à une série d'écailles de calcaire sénonien broyé qui soulignent un accident parallèle à la vallée, il s'agit de la partie nord de l'accident le Festre Chatillon dont nous avons déjà parlé ;

- au contact des poudingues tertiaires ou des écailles sénoniennes on trouve les Terres Noires jurassiques et si l'on continue la coupe vers l'Est on remonte la série stratigraphique presque complète depuis le Jurassique jusqu'au Crétacé supérieur. Cette série est recouverte d'une couverture très épaisse d'éboulis.

Le compartiment oriental est légèrement chevauchant sur le compartiment occidental mais le décalage entre les couches est surtout à composante verticale. Ce décalage peut avoir été causé par un mouvement vertical ou bien par un coulissement qui aurait amené vers le Sud un ensemble de terrains, ceux du compartiment est, qui auraient été déjà topographiquement surélevés.

Voyons maintenant de quelle façon cette disposition structurale va influer sur les circulations souterraines.

L'alimentation des sources se fait par infiltration des précipitations dans les éboulis et les moraines qui recouvrent les contreforts du plateau de Bure. Il s'y ajoute des apports non visibles venant du plateau lui-même par des réseaux karstiques qui débouchent dans les éboulis au pied de la falaise. L'eau s'écoule dans les éboulis au contact du Crétacé supérieur, moyen et inférieur, puis du Tithonique et des Terres Noires, elle se heurte alors à l'écran formé par les écailles de Sénonien broyé ou par les poudingues tertiaires.

- Dans le cas de la source des Granges, l'eau circulait dans un ravin rempli d'éboulis, à l'arrivée dans les poudingues le thalweg devient moins profond, le remplissage d'éboulis ne suffit plus à contenir toute l'eau qui surverse à l'intérieur du thalweg lui-même.

- L'émergence de la Fontaine Bonne est due à ce que les filets d'eau qui descendaient la pente sont stoppés par une écaille de brèche sénonienne et circulent le long de celle-ci jusqu'à ce que le contact entre leur réservoir d'éboulis et leur substratum de Terres Noires soit recoupé par le torrent de Rabioux.

Pour la source du Lac les conditions d'alimentation sont sans doute les mêmes, mais l'eau arrive à franchir la zone de l'accident sans émerger et elle vient sortir en cascade au contact entre les éboulis et les molasses tertiaires entaillés par le torrent de la Béoux.

Le nom de "Source du Lac" lui vient d'un petit lac temporaire qui se trouve à environ 400 mètres au Nord Est et que l'on supposait rejoindre la source. Ce "lac" est dû à des éboulis de névés qui ont barré un thalweg. Il a un diamètre d'environ 50 mètres, son fond est argileux mais percé d'entonnoirs de 1 à 2 mètres de diamètre. Il vient s'y perdre un petit ruisseau dont le débit de quelques litres par seconde, toujours inférieur au débit de la source du lac, est fourni par du ruissellement et par une petite source située à une centaine de mètres plus à l'amont. De la fluoresceine injectée dans ce ruisseau est ressortie à la source du Lac dont le nom était bien justifié.

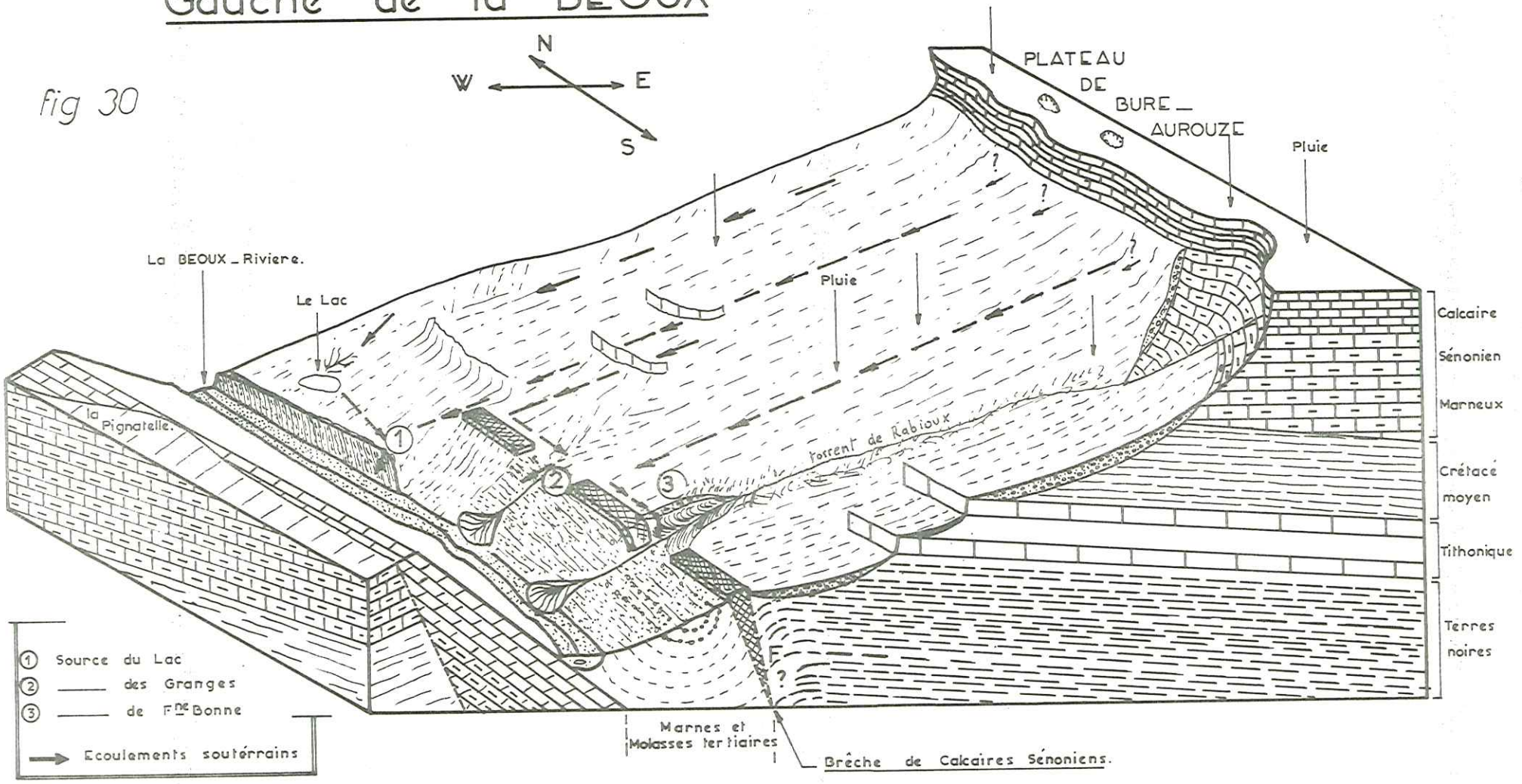
Quoi qu'il en soit l'apport du Lac ne représente qu'une fraction, peut-être 1/5 e ou 1/10e du débit de la source du Lac, le reste provenant directement des éboulis de l'amont.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Mode d'alimentation et d'émergence des Sources en rive Gauche de la BEOUX

fig 30



d) Les sources de la vallée du Mouchechot (fig. 29)

Entre le hameau des Garcins et le village de la Cluse, le torrent de Mouchechot est alimenté par plusieurs émergences situées sur sa rive gauche. On a distingué deux ensembles : les sources des Fontainiots, proches des Garcins et les sources du Mouchechot, à mi-distance entre les Garcins et la Cluse.

La structure géologique de la vallée est le prolongement de celle de la vallée de la Béoux à l'aval de la Cluse avec toutefois une diminution notable du rejet de la faille. Au droit de la Cluse par exemple ce ne sont plus les Terres Noires mais les marnes valanginiennes qui sont au contact du Tertiaire.

Les sources des Fontainiots sortent au pied d'une petite rupture de pente, celles du Mouchechot s'échelonnent au bord du torrent sur sa rive gauche. L'observation de leurs conditions d'émergence est compliquée par la densité de la couverture d'éboulis et de moraines.

e) Les sources de Fontaine du vallon de Bure et de la Sigouste (fig. 31)

Il s'agit d'une série d'émergences qui alimente le torrent de la Sigouste. De l'amont vers l'aval on trouve :

- la fontaine du vallon de Bure qui sort à la cote 1806 m dans des éboulis de névés, au pied de la Combe de Mai ; après un trajet de quelques dizaines de mètres en surface ses eaux se perdent dans les calcaires et le thalweg demeure sec jusqu'au "3e barrage" qui est un simple mur destiné à retenir la terre et les rochers ;

- à partir du 3e barrage, à la cote 1350 m, le torrent se remplit par des arrivées d'eau dans le lit lui-même ;

- en rive droite, entre le 3e et le 2e barrage, à la cote 1310 m, on note trois arrivées latérales dont il est difficile de dire s'il s'agit de sources ou de résurgences du torrent lui-même ;

- en rive gauche, à une cinquantaine de mètres du lits du torrent, à la cote 1336 m on trouve la source de la Sigouste proprement dite.

Géologiquement ce secteur appartient au compartiment chevauchant du chevauchement de Bure - Ceüse. La série stratigraphique semble complète depuis les Terres Noires jusqu'au Sénonien, c'est du moins ce qui apparaît en rive gauche du Torrent de la Sigouste, dans le ravin des Coqs mais la couverture d'éboulis est telle qu'au Nord et au Nord Est de la source de la Sigouste on ne distingue aucun affleurement entre les calcaires tithoniques et les calcaires sénoniens.

L'émergence de la source de la Sigouste se trouve à mi-pente d'un cône de déjections boisé, situé au pied de la barre tithonique par un ravin où cette dernière est affectée de plis semblables à des crochons de faille. Les raisons de l'émergence n'étaient donc pas très claires, quant à la zone d'alimentation de cette source elle posait aussi un problème ; en effet, quand on regarde la carte géologique du secteur on est tenté de relier la source de la Sigouste aux calcaires tithoniques et d'en situer la zone d'alimentation dans le secteur du col de Matacharre, mais plusieurs observations contredisaient cette hypothèse.

. Le débit moyen de la source est de 60 à 70 l/s ce qui, même en admettant un fort cœfficient d'alimentation, nécessite une surface d'alimentation d'au moins 3 km^2, donc bien supérieure à celle du col de Matacharre et même des éboulis du Bois-des-Couves, à l'amont direct de la source.

. Au début du mois de juillet 1972 on a pu observer, grâce à un limnigraphe installé sur la source, une variation horaire du débit, variation dont les caractéristiques étaient les suivantes :
diminution du débit au milieu de la journée et "crue" au début de la nuit, amplitude de la variation sur la bande enregistreuse : 1 à 1,5 mm correspondant à des variations de débit de 2 à 3 l/s pour un débit total de 120 l/s.

On pouvait interpréter ces crues journalières comme une fonte des neiges en milieu d'après midi avec un décalage de quelques heures pour que l'eau elle-même ou bien l'augmentation de pression arrive à l'émergence. Or, à cette époque, c'est-à-dire en juillet 1972 il ne restait plus de neige sur Matacharre, mais seulement quelques névés sur le plateau de Bure, distant de 3 km. Il fallait en conclure que la source de la Sigouste était alimentée, au moins en partie, par le plateau de Bure et que cette alimentation se faisait par l'intermédiaire d'un réseau karstique, seule explication possible à la rapidité de transmission de la crue.

Or, si l'on connaît de nombreux réseaux karstiques dans d'autres secteurs du Dévoluy, on n'en connaissait aucun dans celui, pourtant très fréquenté, du plateau de Bure.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DE LA SIGOUSTE ET LE CHOURUM NAPOLEON

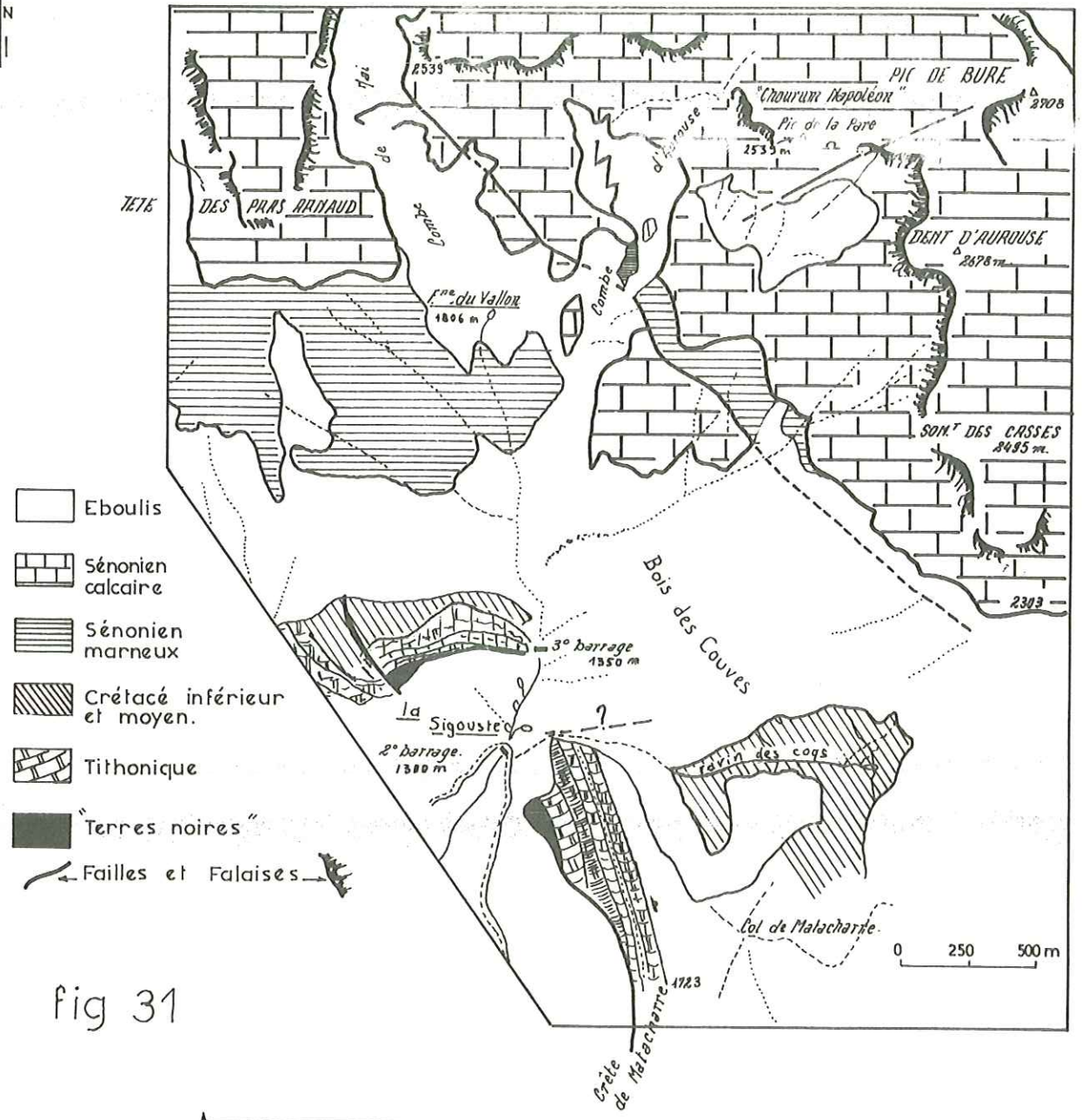
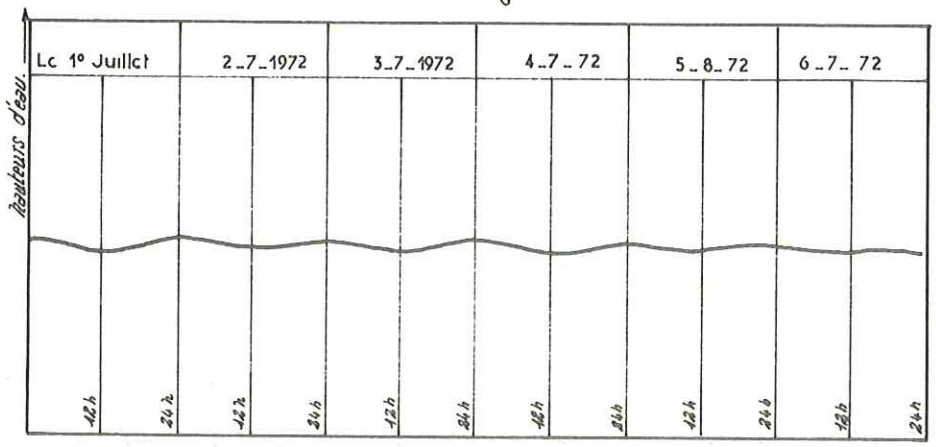


fig 31



LIMNIGRAMME DE LA SOURCE DE LA SIGOUSTE EN JUILLET 72

VARIATION HORAIRE DES DEBITS (DUE A LA FONTE DES NEVES SUR LE PLATEAU DE BURE?)

Le problème en était donc à ce stade quand un habitant de Veynes, Monsieur André CORNAND, me parla d'un gouffre qu'il avait découvert en 1969, mais qu'il n'avait pu explorer très loin, faute de matériel : le "chourum Napoléon' c'était sans doute là le réseau karstique espéré et nous en avons entrepris immédiatement la reconnaissance.

Le "chourum Napoléon" c'est un gouffre dont l'entrée actuelle, située à la cote 2520 m, s'ouvre dans la paroi du Pic de la Pare sur le bord sud du plateau de Bure. Son exploration et son relevé topographique sont en cours, menés par les spéléo-clubs de Serres, Gap et Sisteron. A partir de l'entrée le réseau se dirige d'abord vers l'Ouest jusqu'à la profondeur de 140 mètres à laquelle il rencontre la faille verticale dont on aperçoit la trace en surface, orientée nord est - sud ouest ; il se guide, alors, semble-t-il, sur cette faille et se dirige vers le Sud Ouest jusqu'à la profondeur de 170 mètres qui est la profondeur maximale atteinte à ce jour, car la progression est arrêtée par un siphon et par des étroitures.

Nous signalerons au passage la présence, à la cote -50 mètres de l'entrée, de concrétions de glace : cascades stalactites et stalagmites qui persistent même l'été et surtout la découverte, à la cote -90 mètres, du crâne et des ossements fossiles d'un ours. Ces restes, extrêmement bien conservés, sont en cours d'identification, il s'agirait d'après les spécialistes d'une espèce faisant la liaison entre le Spelaeus et le brun commun, car il a des caractères des deux ; c'est le cinquième de la sorte à avoir été découvert en Europe et il est à l'étude pour précisément en faire une espèce et un genre distincts.

L'orientation générale du réseau étant favorable à un écoulement vers le Sud nous avons effectué une coloration à la fluorescéine. Cette opération s'est déroulée tardivement, en mai 1973, elle avait pour but de prouver la communication du "chourum Napoléon" avec les sources de la Sigouste. Nous avons commencé par placer un fluocapteur au charbon actif en chaque point à contrôler, par la suite chaque fluocapteur prélevé était remplacé par un autre ; les points de contrôle étaient :

- la fontaine du vallon de Bure, l'exsurgence du torrent au 3e barrage, les trois sources (?) de la rive droite et la source rive gauche. On a aussi placé des fluocapteurs dans la plaine du Petit Buëch : à la source du Ruissan et dans le torrent du Rif-de-l'Arc, dans ce dernier cas il s'agissait de contrôler les eaux de la source de Font-Froide (fig. 29). On a injecté la fluorescéine dans un filet d'eau, d'un débit de 4 à 5 l/mn, qui recoupe la galerie principale à 120 m de profondeur.

COLORATION DU "CHOURUM NAPOLEON"

	date	durée	3e barrage	Sigouste R.D. 3pts	Sigouste RG	Le Ruissan	Ft-Froide	Fne vallon de Bure
Injection	27.5.73 à 12 h	0 h						
résultats	30.5.73 à 10 h	70 h	x	x	x	néant	néant	pas de prélèvement
résultats	5.6.73	9 jours	x	x	x	néant	néant	pas de prélèvement
résultats	10.6.73	14 jours	x	x	x	néant	néant	néant

N.B. : le signe x indique la présence de fluorescéine dans le fluocapteur.

Les enseignements que nous pouvons tirer de cette coloration sont les suivants :
- le "chourum Napoléon" est en communication avec les sources de la Sigouste ;
- la vitesse de propagation de la coloration est supérieure à 3 000 m/70 h, soit 43 m/h ;
- la fontaine du vallon de Bure n'est pas alimentée par cette partie du plateau de Bure, de même que les sources de Font-Froide et du Ruissan ;
- une partie au moins du plateau de Bure est drainée vers le Sud, c'est-à-dire vers le bassin du Petit Buëch, et non vers le Nord, c'est-à-dire vers l'exsurgence des Gillardes et le bassin du Drac

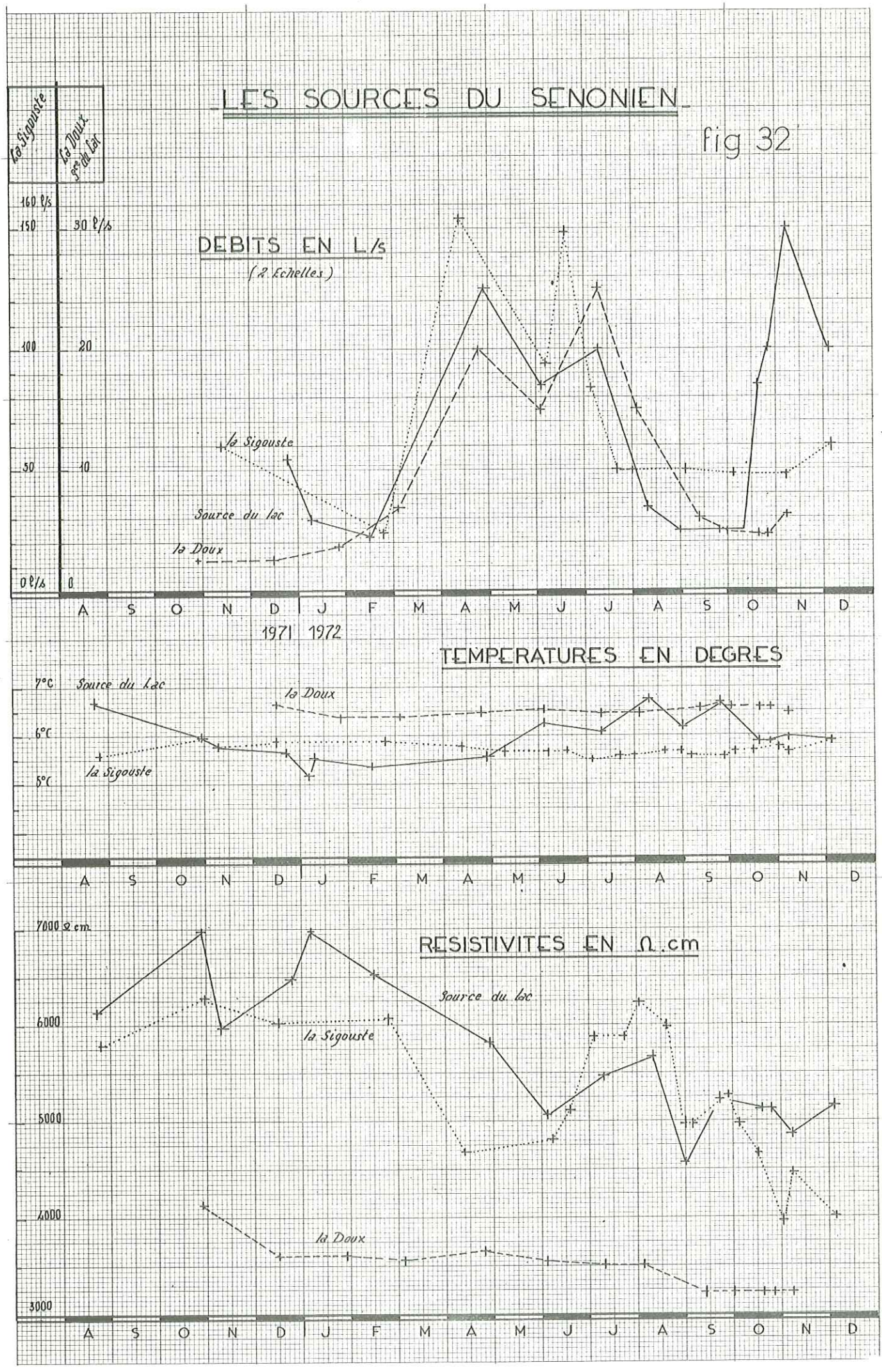
Il reste à savoir si le parcours de l'eau se fait entièrement dans un réseau karstique, ce qui voudrait dire que le Sénonien descend à une cote beaucoup plus basse qu'il n'apparaît et qu'il pourrait même venir buter contre le Jurassique soit par une faille, soit par une discordance stratigraphique ou bien si le parcours commencé dans le karst se poursuit dans les éboulis une fois atteinte la base des calcaires sénoniens. De la cote de la base du Sénonien dépend aussi la surface du plateau de Bure pouvant être éventuellement drainée vers le Sud.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DU SENONIEN

fig 32



LES PAPIERS CANSON - FRANCE

3 - Caractères physiques et chimiques des eaux

	La Doux	Ft-Froide	Sigouste R.G	val. Bure	Sce du Lac	Fontaniots	Mouchechot	Les Granges	Fne Bonne
Débit en l/s minimum	2,5	10	20	3	4,5	?	?	4,5	5
Variabilité	10	6	8	5	7	10	?	3	2
Résistivité moyenne	3700	4900	5200	6500	5800	2700	5500	4400	4900
pH moyen	7,9	8,5	8,5	8,4	8,5	7,7	?	8,5	8,0

a) Le débit

La première constatation que l'on fera, concernant les débits, est leur importance, les sources du Sénonien ont des débits minimums qui ne descendent pas en dessous de quelques litres par seconde ; on remarquera ensuite leur régularité : le cœfficient de variabilité n'a jamais dépassé 10. Cette régularité des débits peut étonner lorsqu'on voit l'aspect ruiniforme, en apparence très fracturé, des calcaires sénoniens et qu'on connaît l'existence de réseaux karstiques à l'intérieur de ces calcaires. On peut l'expliquer par la disposition horizontale des assises sénoniennes en question et aussi par le fait que leur perméabilité n'est pas aussi grande qu'il apparaît. Non seulement la base de la formation, c'est-à-dire les calcaires marneux du Campanien, est relativement imperméable mais la partie supérieure, c'est-à-dire les calcaires siliceux du Maestrichtien, est aussi extrêmement compacte, il suffit pour s'en convaincre d'observer les couches de calcaire sénonien non altéré mis à jour à la carrière de Montmaur.

Durant l'année le débit ne varie pas de la même façon pour les diverses sources.

L'étiage d'hiver est très marqué pour les sources de la Sigouste et du Lac, ceci est dû à la grande altitude de leur zone d'alimentation qui fait que la neige tombée en novembre 1971 n'a pas fondu en décembre et qu'il n'y a pas eu de recharge des nappes entre le printemps 1971 et l'hiver 1972.

La source de la Doux se distingue par son extrême régularité due sans doute à la longueur du trajet entre la zone d'alimentation et la source et au caractère régulateur des formations superficielles que l'eau doit traverser avant de s'infiltrer dans le terrain. Pour cette source, l'étiage d'automne se prolonge un peu plus longtemps, la neige tombée en novembre fond au mois de décembre et ne provoque une augmentation des débits qu'en janvier, masquant ainsi l'étiage d'hiver. Cette longueur du temps de réponse se remarquera encore à la suite des pluies du mois d'octobre 1972.

b) La température

Sauf pour la source du Lac qui est exposée à l'Ouest, les températures sont normales d'après l'altitude des émergences.

Les variations de température sont fortes pour la source du Lac, ce qui n'est pas étonnant lorsqu'on sait qu'une partie de son eau provient du lac de la Cluse.

Les eaux de la Sigouste et celles de la Doux ont des températures qui varient très peu, moins de 0,5° C, ce qui traduit, en principe, une circulation assez lente avec arrivée brutale à l'air libre, c'est sans doute vrai dans le cas de la Doux, mais en ce qui concerne la Sigouste, nous avons montré qu'une partie de l'eau circulait très rapidement dans son réseau d'alimentation. On peut en conclure que la fraction du débit qui transite rapidement ne représente qu'une faible partie du débit total.

c) La résistivité

Nous pouvons expliquer la résistivité élevée des eaux issues du Sénonien de plusieurs façons :

- leur température est basse, ce qui permet la dissolution de gaz carbonique dans l'eau et l'attaque des carbonates mais inversement diminue la vitesse des réactions chimiques.

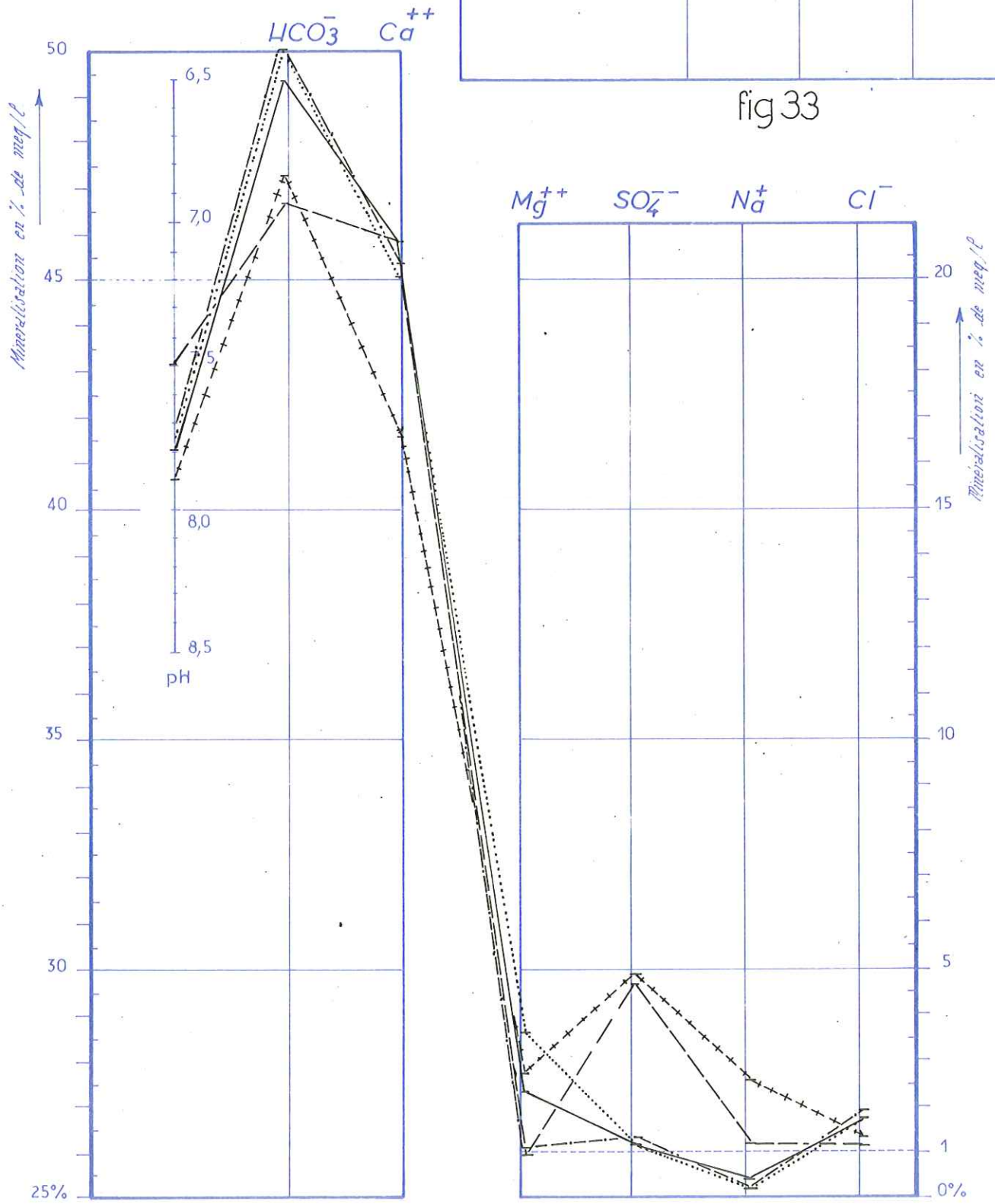
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

Sces du SENONIEN

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ω cm)
..... Sigouste R.G.	22.8.72	4,0	4900
——— Sce du Lac	26.4.72	4,0	5920
– – – – La Doux	24.4.72	6,4	3920
+ + + + Ft Froide	6.4.72	5,3	4780
—.—.— Vallon de Bure	29.4.72	3,5	7000

fig 33

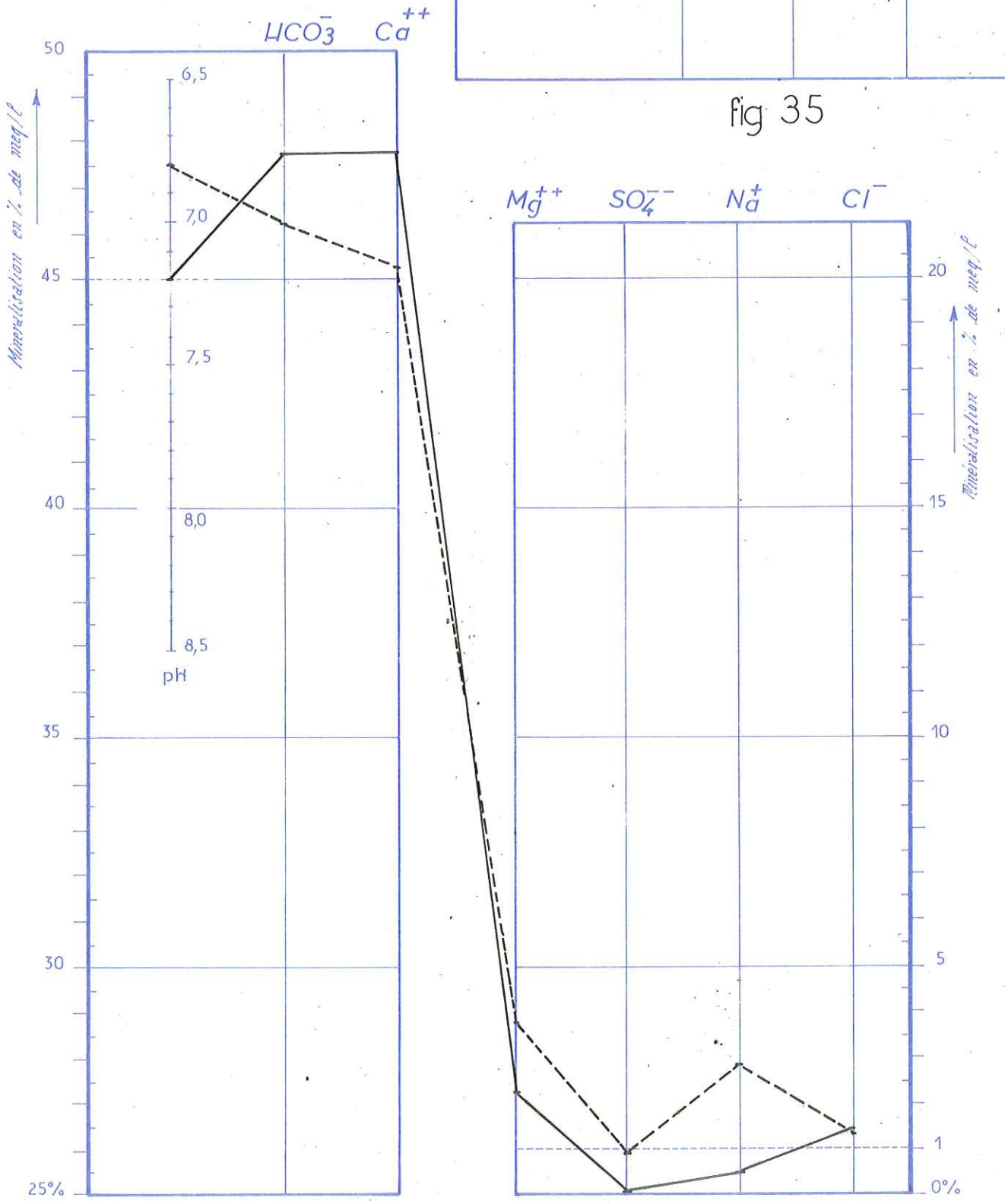


tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
—— Mouchechot	21.11.72	4,6	5000
---- Fontainiots	21.11.72	9,3	2750

fig 35



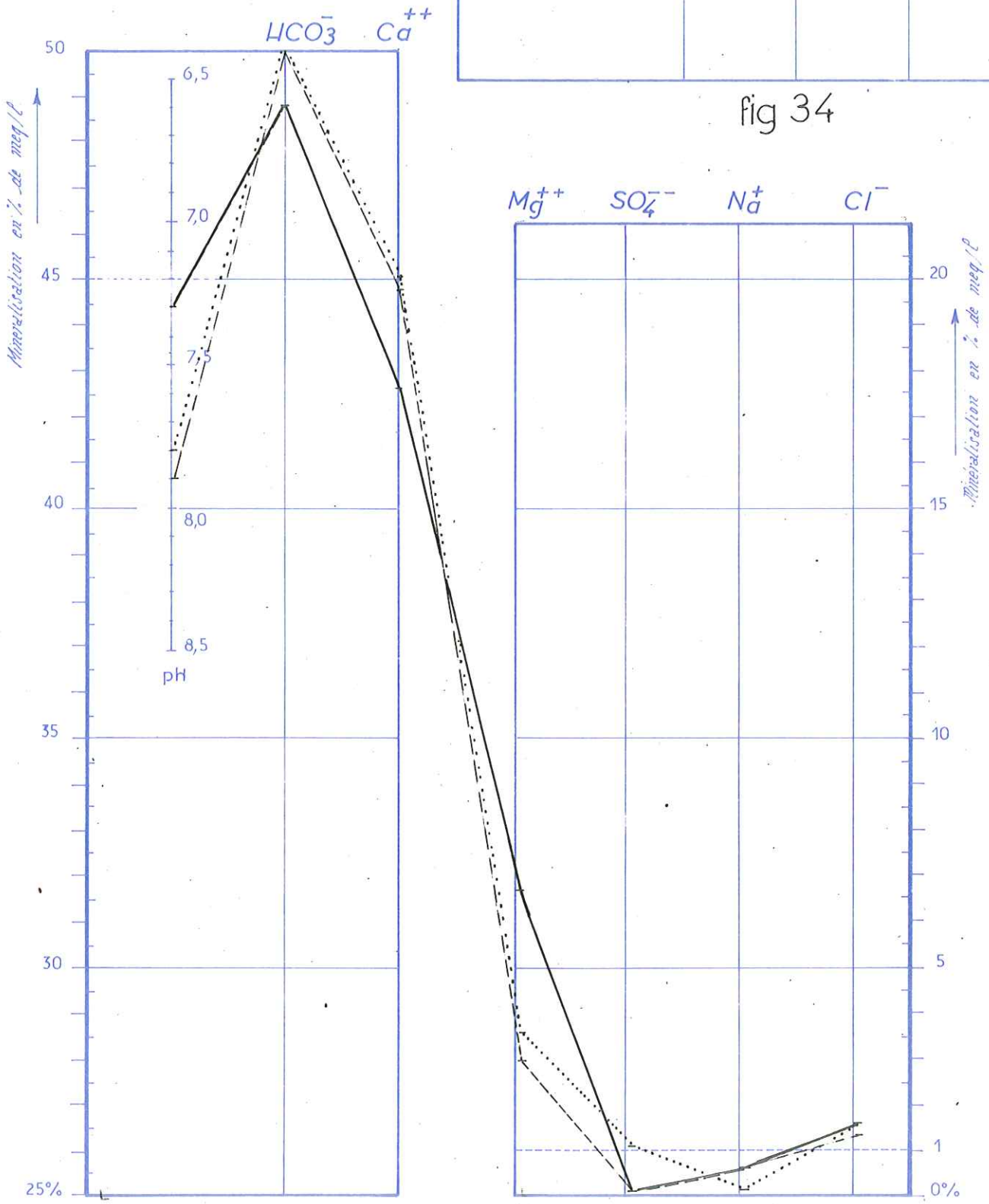
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

Sce de la Sigouste

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
—— Sigouste R.G	24.11.71	4,11	5980
— — — //	8.5.72	5,14	4950
..... //	22.8.72	4,0	

fig 34



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

. le temps de contact entre l'eau et la roche serait trop court mais nous venons de dire que le temps moyen de transit était long.

. La cause la plus vraisemblable est l'absence de végétation à la surface du plateau de Bure : l'eau qui s'infiltre ne peut se charger en CO_2 et ne pourra dissoudre les carbonates.

Certaines sources montrent des résistivités relativement faibles, ceci peut traduire un temps de transit assez long, comme dans le cas de la Doux, ou bien le fait que l'eau, même si elle est issue du Sénonien a traversé d'autres terrains c'est le cas de l'eau des Fontainiots qui lessive sans doute des moraines .

d) La composition chimique

Les eaux qui ont lessivé les calcaires sénoniens sont carbonatées calciques avec peu de magnésium. Elles ne contiennent pratiquemen pas de sulfate, sauf dans le cas des sources de la Doux et de Font-Froide où le sulfate doit provenir de la partie inférieure, marneuse du Sénonien. Il faut remarquer qu'à la différence de ce qui se passait avec les marnes jurassiques, ce sulfate, s'il semble lié au sodium ne s'accompagne pas de magnésium.

Nous avons représenté à part (fig. 34) la composition chimique de la source de la Sigouste à trois époques de l'année, il est clair que si la concentration varie de façon notable, la composition chimique reste à peu près la même.

Quant aux eaux des Fontainiots et de la source du Mouchechot elles montrent des compositions identiques malgré des concentrations très différentes ; par rapport aux sources du Sénonien, elles sont moins carbonatées et celles des Fontainiots possèdent plus de sodium.

On peut distinguer trois types de composition chimique :
- l'eau du Sénonien calcaire (type Sigouste) très carbonatée calcique avec un peu de magnésium, pas de sulfate ni de sodium.
- l'eau du Sénonien marneux (type Font-Froide, la Doux) : relativement peu carbonatée avec un peu de magnésium, beaucoup de sulfate et pas de sodium.
- l'eau de type Mouchechot-Fontainiots : relativement peu carbonatée avec un peu de magnésium, pas de sulfate et parfois du sodium. Ce dernier type d'analyse est sans doute moins représentatif du Sénonien.

Les eaux issues du Sénonien calcaire ont la même composition chimique que celles issues des calcaires tithoniques, on a heureusement pu les distinguer grâce à leur teneur en silice qui est beaucoup plus forte (se reporter au paragraphe G1, 2, 3).

e) La teneur en tritium (voir fig. 24)

On a mesuré les concentrations en tritium sur deux échantillons d'eau de la source de la Sigouste ; les valeurs trouvées sont semblables à celles des autres échantillons dont nous avions dit qu'elles correspondaient à un âge moyen qui n'était pas inférieur à 1 ou 2 ans, ce qui est loin des 70 heures mises par la coloration pour parvenir à l'émergence.

4 - Conclusions sur le Sénonien

Le Sénonien est donc un réservoir aquifère extrêmement intéressant, il est capable d'emmagasiner des réserves importantes et de les restituer de façon régulière. Il est beaucoup moins disloqué intérieurement qu'il n'apparaît au-dehors et les réseaux karstiques qui le parcourent, comme celui du "chourum Napoléon", sont formés de puits et de galeries très bien individualisés.

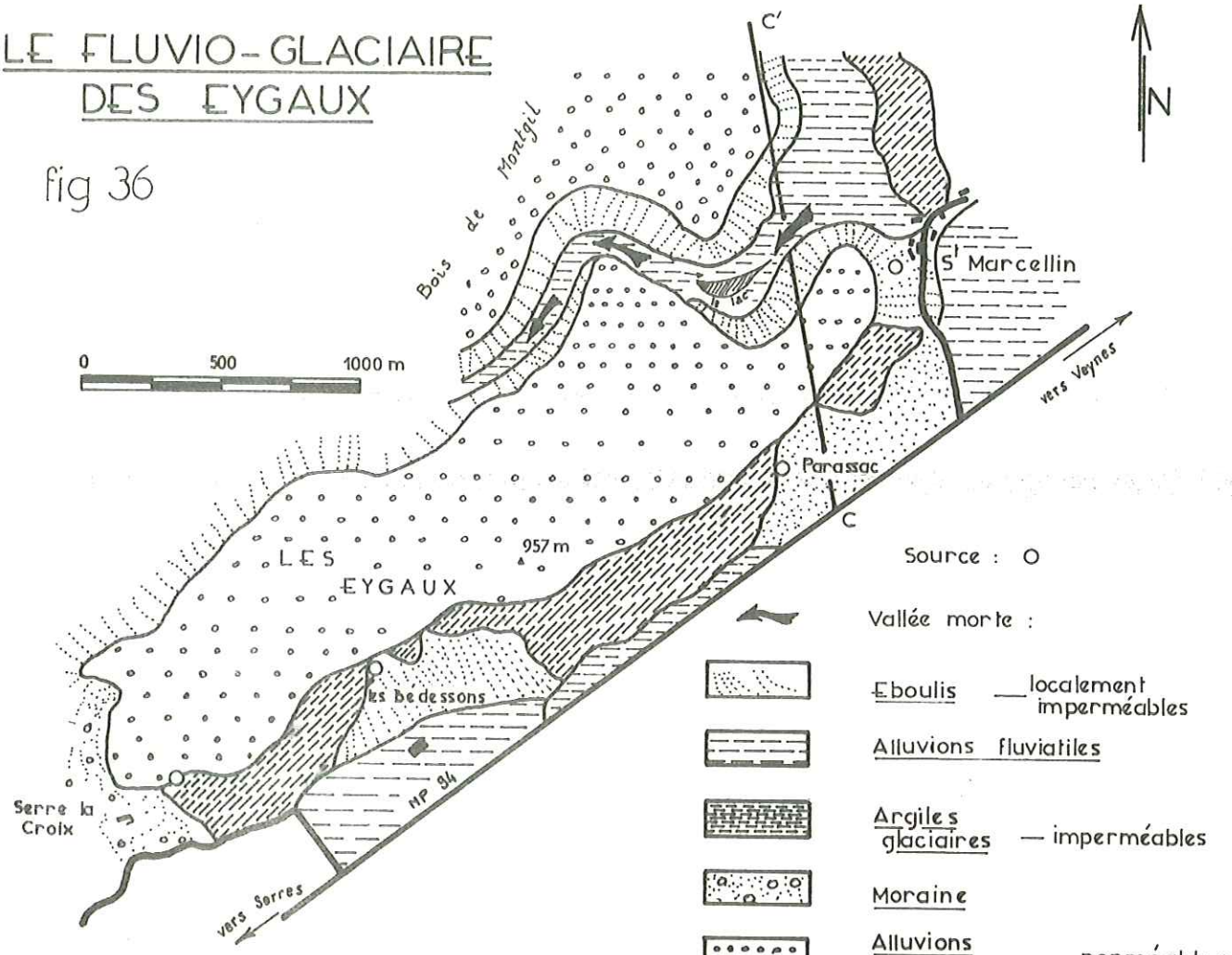
Il donne aux eaux qui le lessivent une minéralisation de type "calcaire" à laquelle s'ajoute une certaine quantité de silice dissoute.

Les calcaires sénoniens sont à l'origine de draperies d'éboulis qui masquent les exutoires, rendant ainsi difficile l'identification du niveau de base des circulations : calcaires marneux campaniens, marnes albiennes ou toute autre formation imperméable.

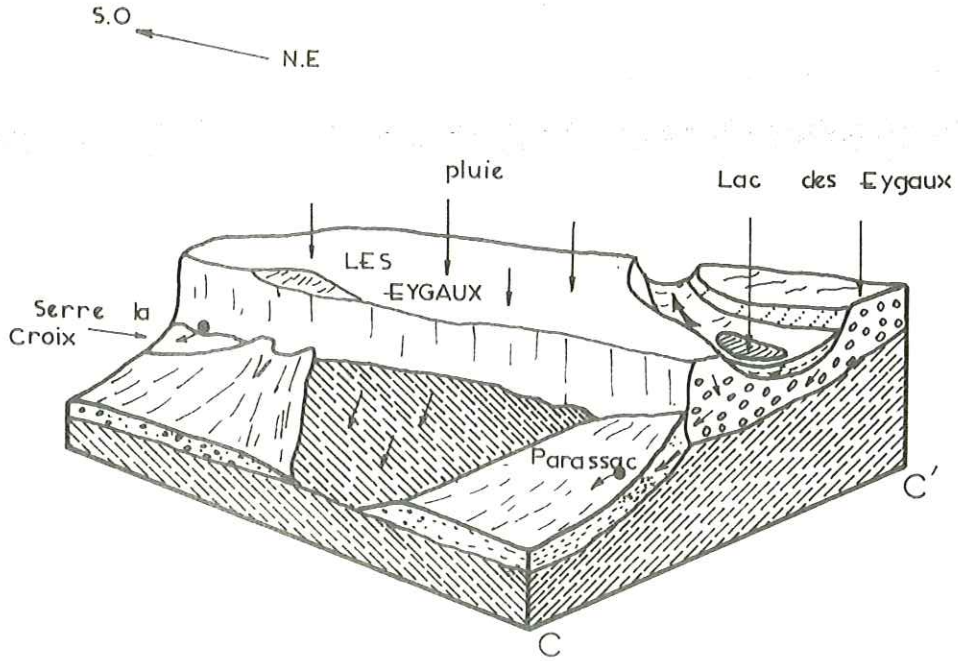
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LE FLUVIO-GLACIAIRE DES EYGAUX

fig 36



CARTE HYDROGEOLOGIQUE



CONDITIONS D'ALIMENTATION ET D'EMERGENCE

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Les conditions de circulation y sont variées : la nappe qui alimente la source de la Doux circule lentement et de façon homogène ; celle qui alimente la Sigouste est formée de plusieurs types de circulation, les plus rapides mettant quelques heures pour effectuer le parcours, sans doute à la faveur de trop-pleins successifs qui court-circuitent les obstacles où le reste de l'eau s'accumule tandis que les plus lentes, celles qui empruntent tous les siphons et qui s'évacuent chaque fois par le fond des différentes retenues, demeurent de nombreuses années dans le terrain.

Il faut aussi rappeler que nous n'avons étudié que des nappes du Sénonien perché et que le Sénonien ennoyé doit renfermer dans notre région des réserves autant, sinon plus importantes.

E. - LES ALLUVIONS FLUVIO-GLACIAIRES DES EYGAUX

1 - Généralités

Les alluvions fluvio-glaciaires attribuées au Mindel se présentent sous la forme de plusieurs plateaux juxtaposés provenant d'une terrasse primitive unique qui a été mise en relief et entaillée par l'érosion. On a retenu le plateau des Eygaux comme étant le plus représentatif de cette formation.

Le plateau des Eygaux a une altitude moyenne de 960 mètres ; lors d'une glaciation postérieure à la formation de la terrasse il a été parcouru par un cours d'eau qui drainait les eaux de fonte du glacier et des torrents latéraux, il en subsiste une vallée morte dont le fond est en partie occupé par un marécage : le "Lac des Eygaux".

L'épaisseur des alluvions est d'une cinquantaine de mètres, leur nature pétrographique est variée ; on y trouve des blocs de calcaire d'origine locale, mais aussi des blocs de granite, de pyroxénite et de roche verte, c'est-à-dire des roches amenées des zones plus internes des Alpes lors d'une phase glaciaire ancienne. Leur disposition varie latéralement et verticalement, avec parfois un aspect de moraine franche et parfois un aspect de sédiment fluviatile, il s'agit très certainement d'une formation morainique remaniée sur place.

2 - Les circulations

Cette terrasse fluvio-glaciaire renferme une nappe alimentée directement par la pluie qui s'infiltre sur sa surface plane et horizontale. Les exutoires de la nappe se trouvent, bien entendu, aux points bas du contact entre les alluvions fluvio-glaciaires et leur substratum de Terres Noires. Lorsque le contact entre les Terres Noires et la Terrasse est apparent l'eau sort directement à l'air libre, c'est le cas de la source de Serre-la-Croix, lorsqu'il est masqué par les éboulis de la terrasse l'eau peut circuler dans ces éboulis et n'émerger que plus bas, à la faveur d'une rupture de pente ou d'une moins grande perméabilité des éboulis, c'est le cas des sources de Parassac et du lavoir de Saint-Marcellin.

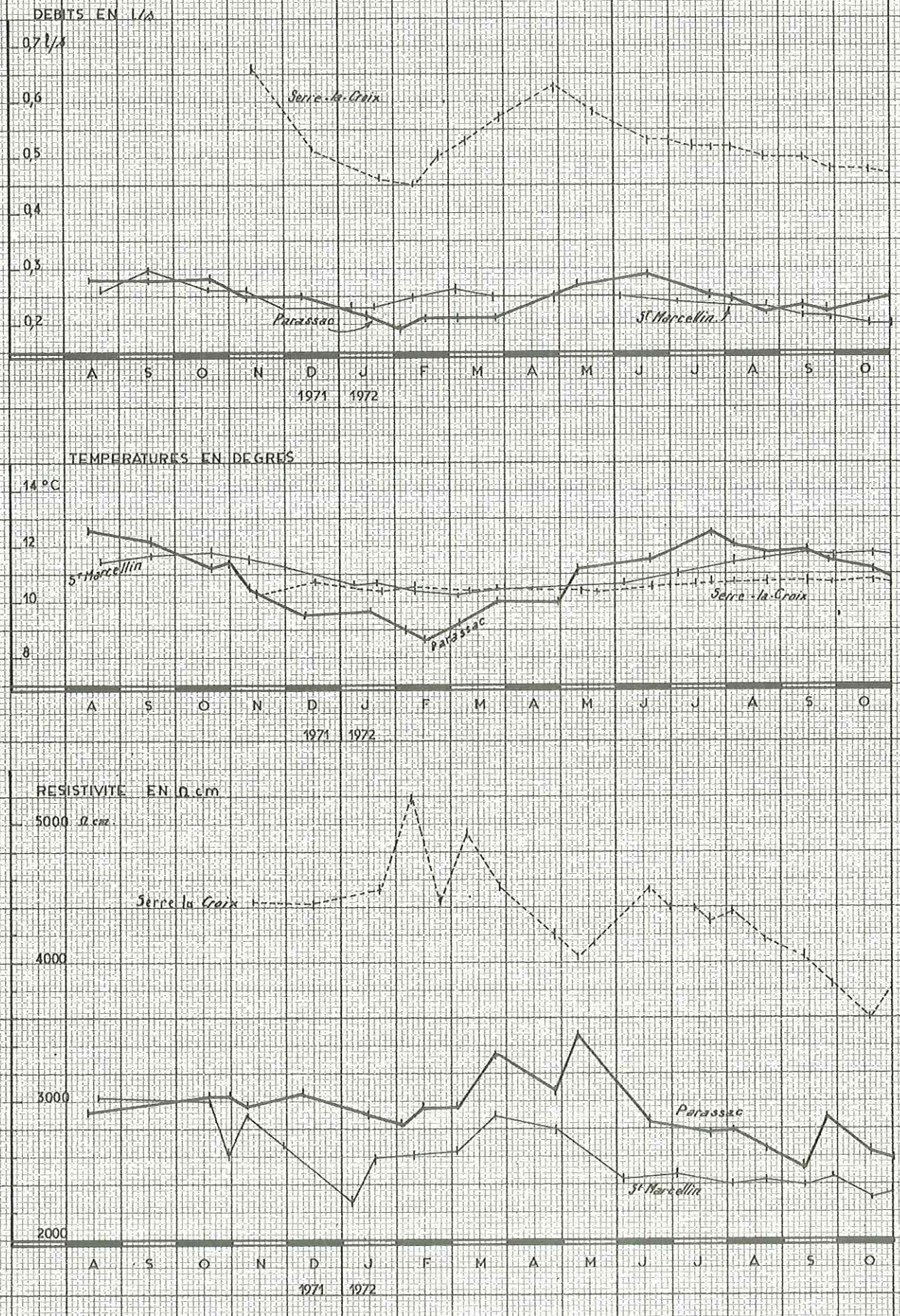
3 - Caractères physiques et chimiques des eaux

	Saint-Marcellin	Parassac	Serre-la-Croix
Débit minimum en l/s	0,20	0,19	0,45
Variabilité	1,5	1,5	1,4
Résistivité moyenne en Ω.cm	2700	3000	4400
pH moyen	7,3	7,8	7,9

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DU FLUVIO-GLACIAIRE "LES EYGAUX"

fig 37



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

S^ces "des Eygaux"

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ωcm)
—— St Marcellin	29-10-71	9,1	2680
—— Parassac	9-5-72	8,8	3040
---- Serre la Croix	9-5-72	5,5	4740

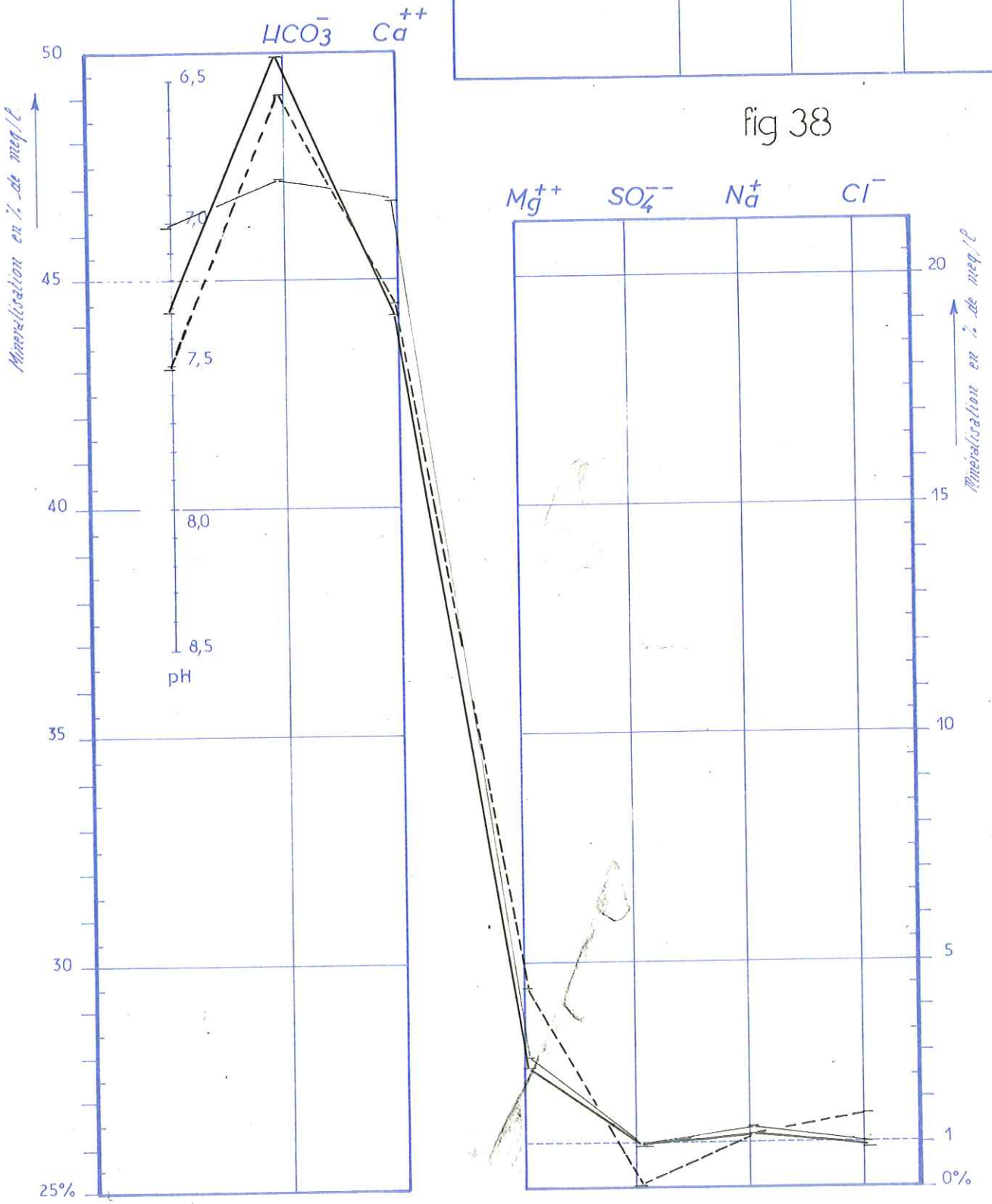


fig 38

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

a) Le débit

La perméabilité des alluvions, originellement faible, est encore réduite par la décomposition et la transformation en sable des roches cristallines qu'elles contiennent. Le sommet de la nappe est assez éloigné de la surface du plateau car le temps de réponse des émergences après la pluie est très long ; ainsi, les précipitations de l'automne 1971 n'arrivant à la nappe que très tard, l'étiage d'automne s'est prolongé jusqu'à se confondre avec l'étiage d'hiver. La variabilité des débits est la plus faible que l'on ait rencontrée, à cause sans doute, de la faible perméabilité et de l'étalement horizontal de l'aquifère ; elle a la même valeur pour les trois sources et montre ainsi que le matériau est homogène sur l'ensemble du plateau.

b) La température (voir figures 19 et 37)

Les eaux de toutes ces sources ont une température moyenne supérieure à la température "normale" pour l'altitude des émergences, on peut proposer plusieurs explications à cette anomalie, mais aucune n'est tout à fait satisfaisante :

- l'influence du flux géothermique sur la température de la nappe, ceci paraît peu probable si l'on considère la situation perchée de la terrasse ;

- la faible conductivité thermique du matériau. La température du terrain en 1972 serait influencée par la température de l'air en 1971 qui a été plus forte qu'en 1972, la "vague thermique" n'arrivant à la profondeur de la nappe qu'au bout de plusieurs mois. Il serait cependant fort étonnant que ce décalage soit justement de 12 mois ;

- la chaleur dégagée par des réactions chimiques au sein des roches cristallines de la terrasse ou des marnes jurassiques du substratum. Mais depuis le temps où les marnes ont été décapées par l'érosion, c'est-à-dire bien avant le dépôt de la terrasse, les réactions n'ont-elles pas fini de se produire ?

- il pourrait s'agir tout simplement d'un microclimat particulier au secteur, la température moyenne de l'air y serait supérieure à celle de la station météo de référence.

Les variations de température reflètent bien la distance entre l'aquifère proprement dit et le point d'émergence : la variation est de 0,5° C pour la source de Serre-la-Croix qui émerge directement, de 1,5° C pour le lavoir de Saint-Marcellin et de 4° C pour les eaux de la source de Parassac qui circulent dans les éboulis.

c) La résistivité

Les eaux de Parassac et de Saint-Marcellin sont plus minéralisées que celles de Serre-la-Croix, mais si l'on compare les diagrammes d'analyse chimique (fig. 38) on s'aperçoit que les minéralisations sont sensiblement de même nature et donc que ce surcroît de minéralisation est acquis par circulation dans des éboulis de même nature pétrographique que le matériau de l'aquifère.

d) La composition chimique (fig. 38)

Les eaux sont carbonatées calciques comme les eaux ayant lessivé des calcaires. Leur concentration en carbonate est très forte, elles contiennent peu de magnésium et pratiquement pas de sulfate.

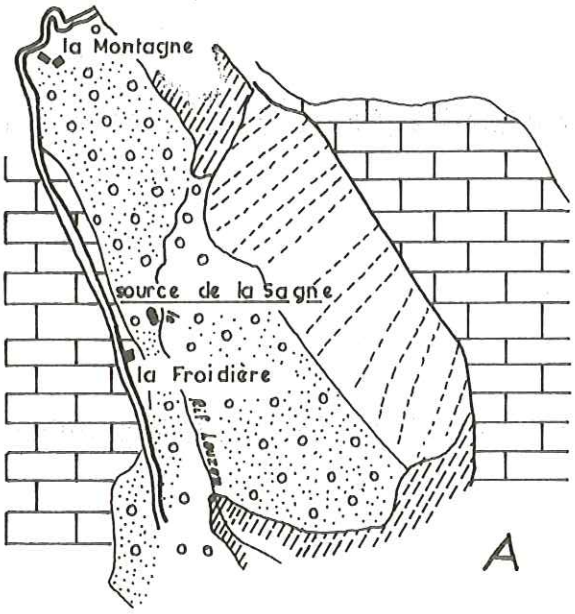
Il doit être possible de les distinguer des eaux issues des autres formations calcaires par la présence d'éléments chimiques provenant des roches cristallines et que l'on n'a pas recherchés ici.

e) La teneur en tritium (se reporter à la figure 24)

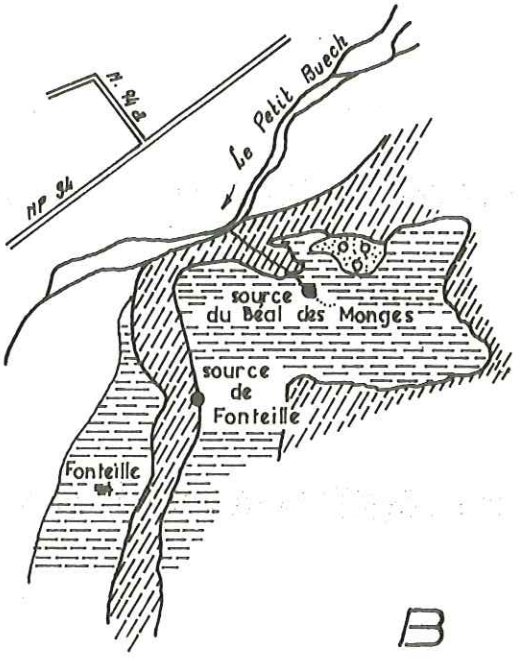
On a mesuré les concentrations en tritium sur deux échantillons d'eau du lavoir de Saint-Marcellin. Ces concentrations, entre 60 et 80 UT, sont inférieures à celles des autres sources. On pourrait relier ces faibles teneurs aux faibles teneurs des précipitations fin 1971 début 1972, ce qui donnerait aux eaux du lavoir de Saint-Marcellin un âge moyen de quelques mois, en tout cas de moins d'un an. Nous avons vu que les autres sources analysées avaient un âge moyen au moins égal à 1 ou 2 ans et il serait étonnant que les eaux de la nappe du plateau des Eygaux dont la perméabilité est particulièrement faible aient un âge moyen inférieur.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

_ LES SOURCES DE MORAINE _



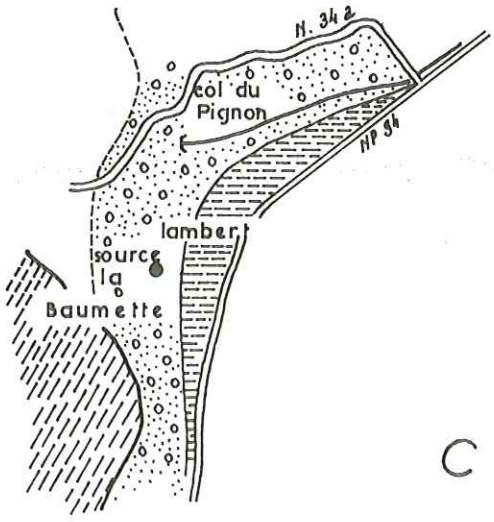
Source de la Sagne (Montmaur)



Sources de la Fonteille et des Monges (Oze)

0 500 1000 m

SCHEMAS HYDROGEOLOGIQUES



Source de la Baumette (Oze)

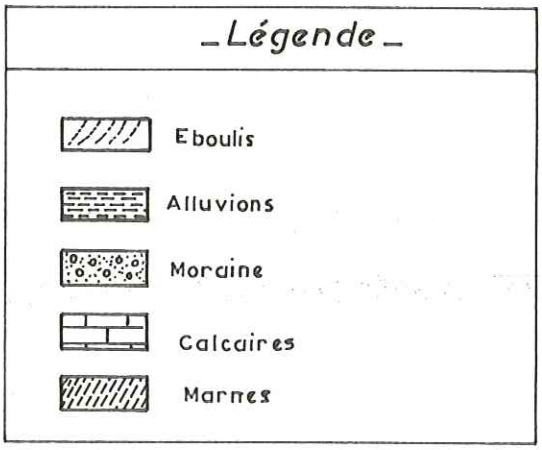
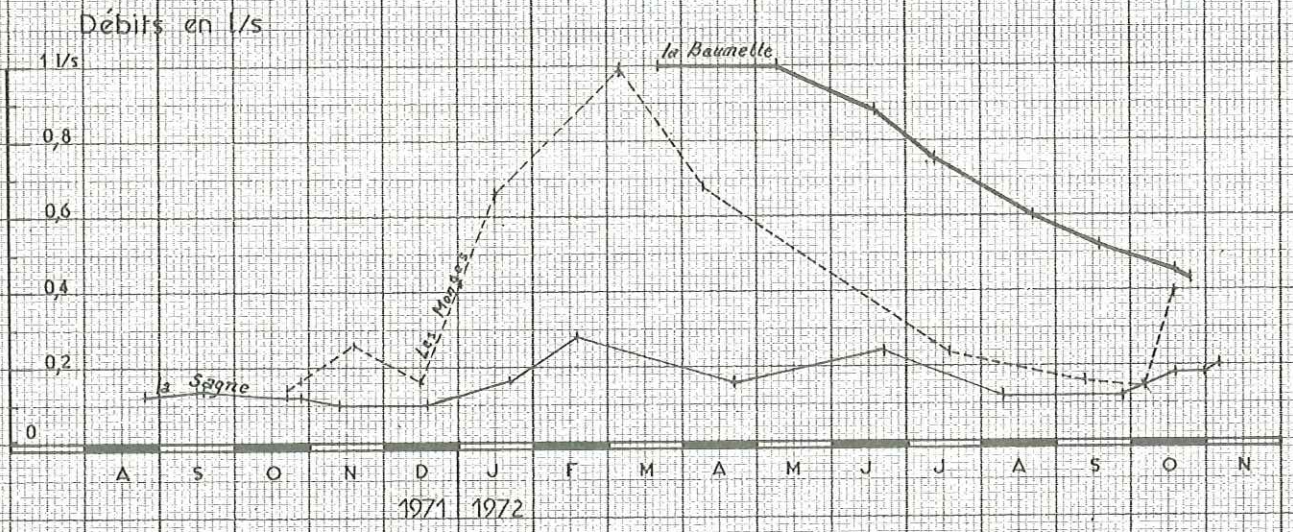


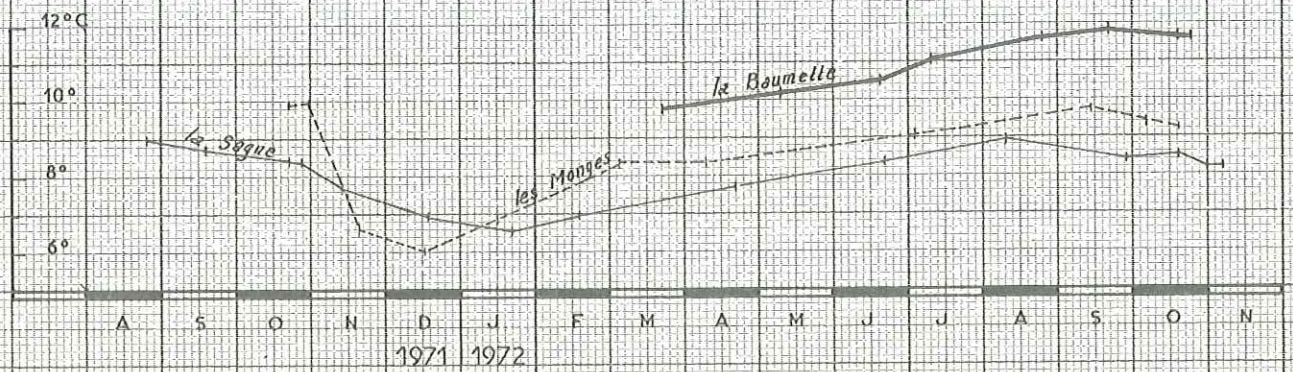
fig 39

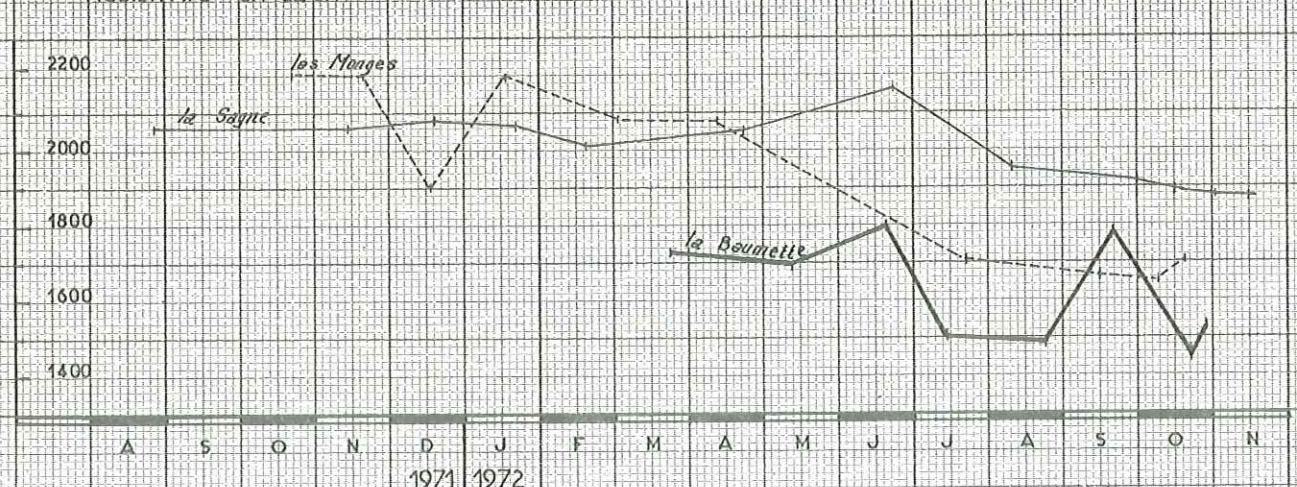
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DE MORAINE

fig 40







tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

c) La source de la Baumette (fig. 39 C)

Le glacier qui occupait la vallée du Petit Buëch a déposé une série de cordons morainiques allongés le long du flanc de la vallée et notamment sur le bord sud du col du Pignon ; chacun de ces cordons contient une petite nappe aquifère dont l'importance est limitée par le peu de surface d'alimentation. Aux lieux-dits la Baumette et Lambert on trouve plusieurs exutoires dont on ne peut dire s'ils sont dus à la remontée du substratum des Terres Noires ou à un niveau plus argileux du matériau morainique. On a choisi la fontaine qui se trouve dans la cour de la ferme "du Cha" pour représenter ces émergences.

3 - Caractères physiques et chimiques des eaux

	La Sagne	Les Monges	Fonteille	La Baumette
Débit minimum l/s	0,10	0,15	0,6	0,43
Variabilité	3	7	3	2,3
Résistivité moyenne en Ω. cm	2000	1900	2000	1600
pH moyen	7,2	7,0	7,6	7,1

a) Le débit

Il est soit moyen soit faible ; les cœfficients de variabilité sont assez homogènes et différents de ceux obtenus pour la terrasse fluvio-glaciaire des Eygaux. Les variations parfois rapides du débit montrent que si une partie de l'écoulement se fait par percolation une autre partie se fait par des chenaux créés par l'entraînement de la fraction fine du matériau. La source de la Baumette semble faire exception et diminue uniformément depuis mai jusqu'en octobre 1972.

b) La température

Les températures moyennes sont normales pour l'altitude des émergences quant aux variations de température elles sont assez importantes et montrent la faible épaisseur du recouvrement, du moins en fin de parcours.

c) La résistivité

Elle est à peu près identique pour toutes les eaux, sauf pour celles de la Baumette ; avec des valeurs proches de 1800 à 2000 Ω. cm, elle évoque la résistivité des eaux ayant circulé dans la zone d'altération des Terres Noires.

d) La composition chimique

Les eaux sont carbonatées calciques, elles contiennent en proportions faibles et identiques du magnésium, du sulfate, du sodium et du chlorure. L'analyse chimique montre donc que les circulations sont totalement indépendantes des marnes du substratum.

4 - Conclusions sur les moraines

Malgré leur dispersion géographique et la variété de leur mode de gisement ces lambeaux morainiques et les nappes qu'ils renferment font preuve d'une homogénéité remarquable de leurs caractéristiques : leurs variabilités sont peu différentes, leurs minéralisations sont semblables entre elles et distinctes de celles des eaux des autres formations aquifères qu'il s'agisse des marnes jurassiques, des calcaires tithoniques ou sénoniens ou des alluvions fluvio-glaciaires des Eygaux.

Leur mode d'alimentation est simple : infiltration directe des précipitations, la circulation se fait par percolation et par chenaux, seules les conditions d'émergence ne sont pas toujours nettes : il est parfois difficile de dire si l'on a affaire à une remontée du substratum ou à un niveau plus argileux du matériau aquifère lui-même.

Du point de vue pratique il s'agit de réserves pouvant présenter un intérêt à l'échelle d'une ferme ou même d'un hameau.

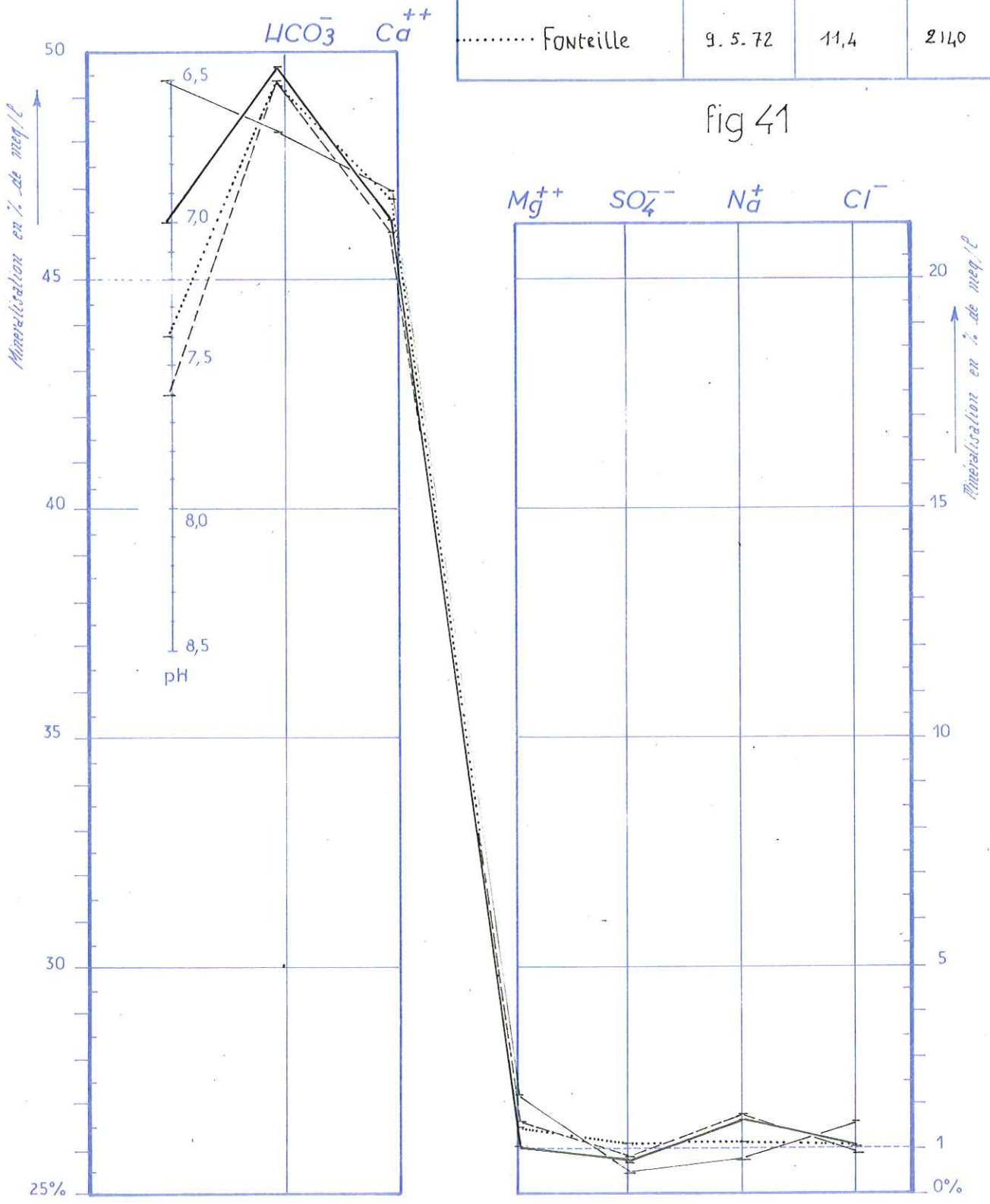
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

Sces de MORAINES

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ωcm)
La Baumette	9. 5. 72	12,1	2190
La Sagne	29. 10. 71	11,8	2060
Les Monges	29. 10. 71	13,8	1850
Fonteille	9. 5. 72	11,4	2140

fig 41



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

G. - CONCLUSIONS SUR LES CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES DES PRINCIPALES FORMATIONS AQUIFERES

Nous venons d'étudier un certain nombre de formations aquifères et nous avons montré que pour chacune d'elles il existait un caractère dominant. Pour les marnes jurassiques il s'agit de leur action sur la chimie des eaux, pour les calcaires tithoniques de leur grande perméabilité, pour les calcaires sénoniens de leur capacité aquifère, et pour les terrasses des Eygaux de leur pouvoir régulateur ; seules les moraines rissiennes ne possèdent pas de caractère original dominant.

Mais en plus d'un caractère dominant chaque formation possède un certain nombre de propriétés qui, prises séparément ne lui sont pas spécifiques, mais dont l'ensemble concourt à sa personnalité hydrogéologique.

Ce sont ces ensembles de propriétés que nous voulons maintenant présenter, pour plus de clarté nous les avons regroupé sous la forme d'un tableau à deux entrées qui nous permettra :

- si l'on connaît un ou plusieurs caractères géologiques ou physico-chimiques d'une nappe d'en déterminer la formation aquifère d'origine ;

- si l'on sait de quelle formation aquifère il s'agit, de prévoir les caractéristiques de la nappe ou des émergen- qui lui sont liées.

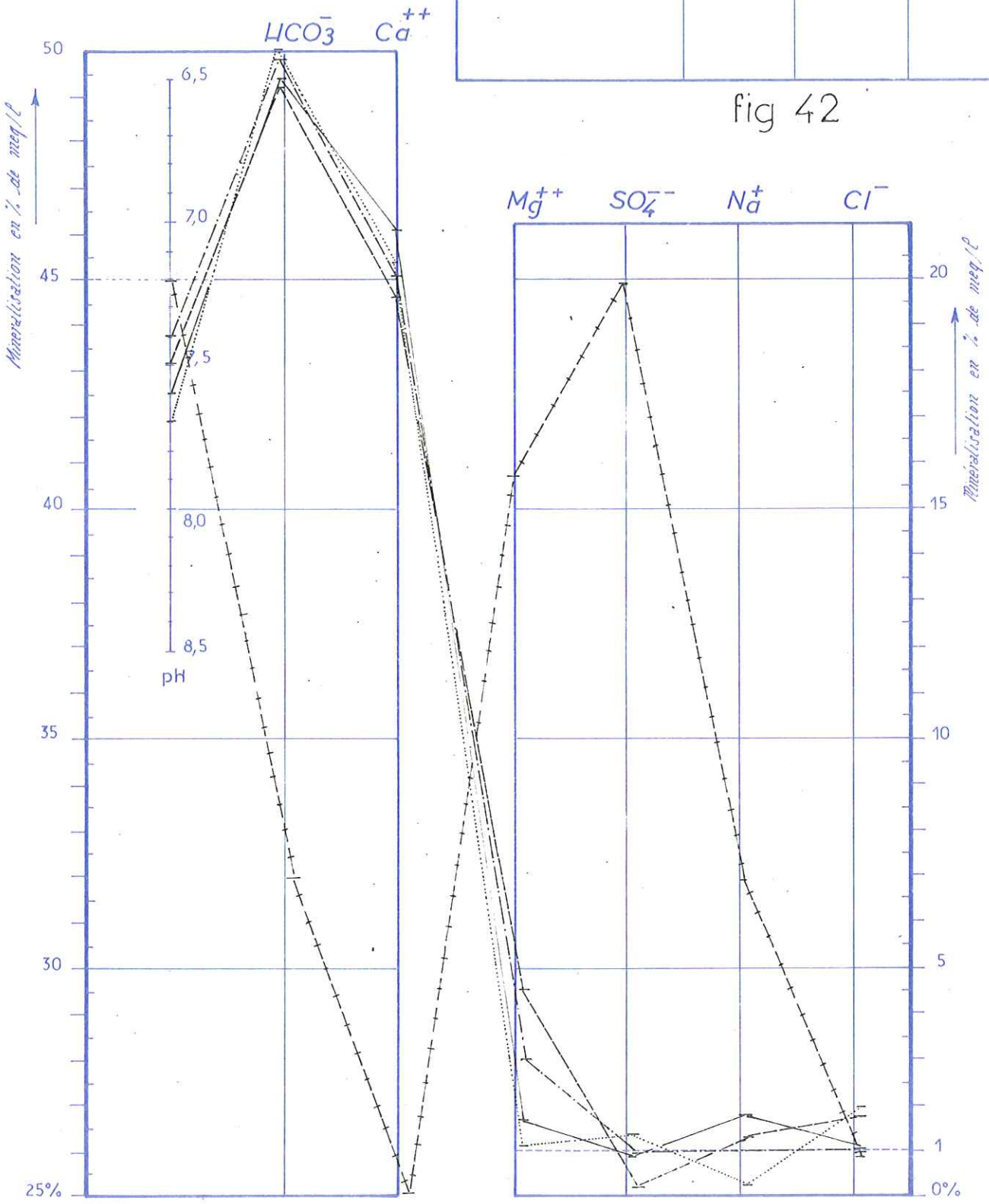
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
+ + + Terres Noires -·-·- Tithonique ····· Senonien – – – Les Eygaux ——— Morcine			

les différents aquifères

fig 42



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

	Mode de gisement de la formation aquifère	Alimentation	Mode de circulation	Conditions d'émergence	Résistivité	Température	Débit	Composition chimique
"TERRES NOIRES"	- collines basses ou glacis - altérées qur quelques mètres - matériaux d'altération érodés et rassemblés dans des cuvettes	infiltration directe ou après ruissellement	percolation lente drainage possible par faille	surverse de la nappe en un point bas topographique ou puits	2000 Ωcm	?	Les débits sont faibles : quelques litres par minute	influencée par les argiles forte proportion de sulfate, magnésium et sodium peu de silice dissoute
Tithonique	- synclinaux perchés ou panneaux redressés - très fracturés - cavités karstiques nombreuses mais de faibles dimensions	infiltration dans le Kimméridgien supérieur	nappe dans un réseau assez dense de discontinuités en général dans le Kimméridgien supérieur, passe parfois dans le Séquanien	au contact Terres-Noires -Tithonique ou accident local ou entaille du torrent lors des forts débits : nombreux griffons.	2400 Ωcm	normale sauf cas particulier ex. : La Gerle et la Plaine (circulation profonde)	débits moyens aux alentours de 5 l/s débits instantanés très variables : la variabilité est supérieure à 10	eaux "calcaires" avec parfois tendance "dolomitique" ou "marneuse" peu de silice dissoute
Sénonien	- grande épaisseur de calcaires en petits bancs dalles horizontales perchées ou dalles inclinées qui plongent dans les alluvions	infiltration directe de la pluie et fonte des névés	dans le réseau karstique circuit rapide (quelques heures + circuit lent (quelques années) nappe captive ou semi-captive ?	au contact Sénonien - substratum souvent masquée par les éboulis dans les alluvions ?	entre 4 000 et 7000 Ωcm	normale	débits moyens élevés pouvant atteindre 60 l/s variabilité moyenne : entre 6 et 10 dans notre région : étiage d'hiver prononcé (altitude).	eaux carbonatées calciques avec peu de magnésium calcaires siliceux : pas de sulfate; calcaires marneux : un peu de sulfate beaucoup de silice dissoute
Fluvio-Glaciaire "Les Eygaux"	Terrasses perchées sur les Terres Noires matétiel d'origine lointaine	infiltration directe	percolation très lente	au contact Terres-Noires - substratum parfois transit par les éboulis	4400 Ωcm diminue par passage dans éboulis	supérieure à la "normale"	débits moyens faibles (de 0,25 à 0,50 l/s) mais très réguliers : variabilité = 1,5	eaux très carbonatées calciques avec peu de magnésium et très peu de sulfate.
Moraines	affleurements dispersés plus ou moins remaniés reposent sur Terres Noires ou marnes tertiaires	infiltration directe	percolation + chenaux	remontée du substratum ou niveau plus argileux dans la moraine	de 1600 à 2000 Ωcm	normale	débits moyens faibles (de 0,20 à 0,50 l/s) variabilité de 3 à 7	eaux très carbonatées calciques avec très peu de magnésium et très peu de sulfate pas d'influence du substratum

CHAPITRE VI

LA VALLEE DU PETIT BUECH

A. - INTRODUCTION

1 - Généralités

La vallée du Petit Buëch n'est pas constituée par une formation aquifère unique mais par un ensemble de terrains qui communiquent les uns avec les autres comme par exemple, des calcaires des versants qui aboutissent dans les alluvions ou des alluvions qui se vidangent par l'intermédiaire des calcaires du versant. C'est pourquoi dans ce chapitre nous allons considérer globalement les terrains qui, en plus de leurs qualités propres, possèdent ce dénominateur commun d'appartenir à la vallée du Petit Buëch.

2 - Modification des conditions hydrogéologiques au cours des derniers siècles

Indépendamment de l'évolution morphologique naturelle qui s'est produite tout au long du Quaternaire, il faut savoir que deux sortes de phénomènes, liés à l'action de l'homme, ont modifié au cours des derniers siècles les conditions de circulation des eaux de surface et des eaux souterraines dans la vallée du Petit Buëch, il s'agit des variations d'étendue de la forêt et de la construction des digues.

a) Les variations d'étendue de la forêt

Elles ont suivi les fluctuations démographiques, à toute augmentation de la population correspondant une extension des cultures et des paturages et donc un déboisement.

Dans la région de Veynes, l'évolution de la surface boisée s'est faite dans le sens suivant :
- déboisement général depuis le 17e siècle jusque vers 1900 ;
- reboisement depuis cette époque jusqu'à nos jours. On sait par exemple qu'entre 1913 et 1963 la surface boisée dans le "secteur rural" de Veynes avait augmenté de 40 %.

A la suite du déboisement intensif les cours d'eau avaient acquis un régime torrentiel beaucoup plus marqué qu'actuellement et qui a pu avoir des effets totalement opposés selon les époques et selon les endroits :

- le gonflement des cônes de déjections des torrents affluents qui pouvaient alors barrer la vallée, obligeant la rivière principale à les contourner ; il peut donc exister d'anciens méandres contournant ces cônes de déjections ;

- inversement, la rivière principale, en l'occurrence le Petit Buëch, dont le bassin versant était déboisé à l'amont pouvait subir des crues importantes capables de déblayer les cônes de déjections qui obstruaient la vallée. Il peut donc exister d'anciens lits du Petit Buëch sous les cônes de déjections des torrents affluents.

b) La construction des digues

Les digues de la plaine de Veynes, le long du Petit Buëch et du torrent de Glaisette ont été construites de 1773 à 1786 ; plusieurs autres torrents tels le Rif-de-l'Arc ou le torrent de Sigouste ont été aussi endigués sur une partie de

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

leur cours. Ces travaux, qui avaient pour but la récupération de surfaces cultivables, ont eu de nombreux effets indirects comme :

- d'entailler certains cônes de déjections pour y forcer le passage de la rivière,
- l'abandon de certains méandres,
- le gonflement de certains cônes de déjections des torrents affluents qui n'étaient plus déblayés à leur base ; ce qui s'ajoutait aux effets du déboisement en cours. Il a fallu alors construire des digues sur ces torrents pour les empecher de trop divaguer, digues parfois énormes comme celles qui maintiennent le Rif-de-l'Arc et qui sont devenues sans objet depuis que le reboisement a fait disparaître les crues catastrophiques.

c) Conséquences pratiques

L'action de l'homme : déboisement, endigage et reboisement a provoqué une évolution très rapide de la physionomie de la plaine du Petit Buëch au cours des derniers siècles ; les résultats de cette évolution peuvent être très différents selon les endroits. Pratiquement on en retiendra que l'aspect actuel de la plaine est très récent, qu'il peut exister d'anciens cônes de déjections ou d'anciens méandres sous les alluvions fluviatiles actuelles et d'anciens lits sous les cônes de déjections actuels.

3 - Les régions naturelles de la vallée du Petit Buëch

Le Petit Buëch actuel prend sa source au pied du sommet de Coste Folle, au Nord du village de Rabou. Son cours actuel entre Coste Folle et le village de la Roche-des-Arnauds ne représentait sans doute, autrefois, qu'un affluent de la vallée principale qui venait de la région de Gap en direction de la Roche-des-Arnauds. Le surcreusement de la cuvette de Gap et de la vallée de la Durance ont limité, vers l'Est, le bassin versant du Petit Buëch au "seuil" de la Freissinouse.

Nous délaisserons la région située à l'amont de la Roche-des-Arnauds, aussi bien vers Rabou que vers Gap, et nous étudierons la vallée du Petit Buëch entre la Roche-des-Arnauds et la confluence avec le Grand Buëch.

A partir de la structure et de la morphologie on a distingué trois tronçons dans la vallée ; ce sont, de l'amont vers l'aval :

- la plaine de la Roche - Le Devès. Le Petit Buëch y recoupe la série stratigraphique depuis les Terres Noires jusqu'aux calcaires sénoniens ;
- la cuvette de Montmaur, qui est le cœur synclinal du bassin ;
- la plaine de Veynes - La Bâtie-Montsaléon. Le Petit Buëch y recoupe la série stratigraphique depuis les calcaires sénoniens jusqu'aux Terres Noires.

B. - LA PLAINE DE LA ROCHE-DES-ARNAUDS - LE DEVES

1 - Généralités

La zone d'étude initiale avait pour limite amont le pont sur le Petit Buëch, au lieu-dit le Devès ; il est apparu ensuite comme impossible d'étudier les importantes émergences situées dans ce secteur sans considérer aussi la plaine qui s'étend à l'amont, nous avons donc, tardivement, élargi la zone d'étude jusqu'à la Roche-des-Arnauds. C'est pour cette raison, jointe à l'absence quasi totale de renseignements sur l'épaisseur et la nature du remplissage alluvial que nous avancerons souvent plusieurs hypothèses sans affirmer avec certitude laquelle est la bonne.

2 - Géologie

Depuis la Roche-des-Arnauds jusqu'au Devès, la vallée orientée est-ouest, recoupe les formations suivantes (fig. 43 et 44) :

- au Sud, les marnes jurassiques surmontées du Tithonique et du Néocomien du bois de Combe Noire qui forment la bordure ouest de l'anticlinal de Gap et sont recouverts en discordance stratigraphique par les calcaires sénoniens plissés en un synclinal dont l'axe est incliné vers le Nord : le synclinal du Villard de Montmaur ;

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

- au Nord, le synclinal du Rif de l'Arc qui chevauche des terrains compris entre le Jurassique et le Crétacé moyen ; au front du chevauchement les calcaires tithoniques chevauchants sont plissés et redoublés. La vallée recoupe ensuite le Crétacé supérieur discordant et plissé en un synclinal dont l'axe plonge vers le Sud ; de plus ce Crétacé supérieur est affecté d'une faille qui partant de la plaine va recouper les gorges de la Sigouste et se prolonge au-delà.

3 - Le remplissage alluvial

Les renseignements concernant l'épaisseur et la nature du remplissage alluvial sont, nous l'avons dit, quasi inexistants. Un forage destiné à l'alimentation en eau de la commune de la Roche-des-Arnauds, et non utilisé, au lieu-dit Pré Roubert a rencontré des alluvions fluviatiles jusqu'à une profondeur de 17 mètres et des alluvions morainiques de 17 à 35 mètres, profondeur à laquelle il a été stoppé. Quant aux cônes de déjections, s'ils représentent une grande partie de la surface de la plaine on ignore leur importance du point de vue du volume. Le cône de déjections du Rif-de-l'Arc, par exemple, s'étend en surface sur toute la largeur de la plaine mais ceci est dû au déboisement et à l'éloignement du Buëch par la digue de la Roche-des-Arnauds, il est probable qu'avant le 17e siècle ce cône de déjections était beaucoup plus réduit et qu'il est moins important en volume qu'en surface.

4 - Les écoulements superficiels

a) Le Petit Buëch

Il est endigué à l'aval de la Roche-des-Arnauds et au Devès. Au début de chaque portion de digue une partie du débit disparaît qui poursuit son chemin dans les alluvions de l'ancien lit ; comme une partie du débit coule aussi dans les alluvions du lit actuel, il arrive souvent que ce dernier soit sec en surface. En été l'écoulement superficiel disparaît soit au début de la digue rive droite du Devès, soit au début de la digue de la Roche. Quel que soit l'endroit où l'eau s'infiltre elle réapparaît en rive droite un peu avant la confluence du ruisseau du Ruissan avec le Petit Buëch.

b) Les affluents rive gauche

Ce sont :
- le ruisseau qui draine la zone marécageuse dite "lac de la Roche",
- le torrent du Moulin, qui draine le synclinal perché de Ceüse,
- quelques petits torrents descendus du bois de Combe-Noire et qui rejoignent le Petit Buëch en surface, ou à travers leur cône de déjections.

c) Les affluents rive droite

Ce sont surtout des torrents intermittents, puis le Rif-de-l'Arc alimenté en partie par la source de Font-Froide. Aux eaux du Rif-de-l'Arc s'ajoutent celles du torrent intermittent de la Mèque, celles des sources du Ruissan et du Point 884 et d'autres sorties diffuses pour donner le ruisseau du Ruissan

5 - Les circulations souterraines

a) Le piézomètre de Pré Roubert

Il est situé à la cote 920 mètres, à l'extérieur de la digue qui maintient le Buëch et à quelques mètres de ce dernier. Les perméabilités mesurées lors du creusement sont de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-4} m/s. Le niveau de l'eau varie entre 10 mètres et plus de 35 mètres de profondeur, ce qui indique qu'à cet endroit le Buëch a colmaté son lit et, est relativement indépendant de la nappe.

b) La source de la Plaine (920 m)

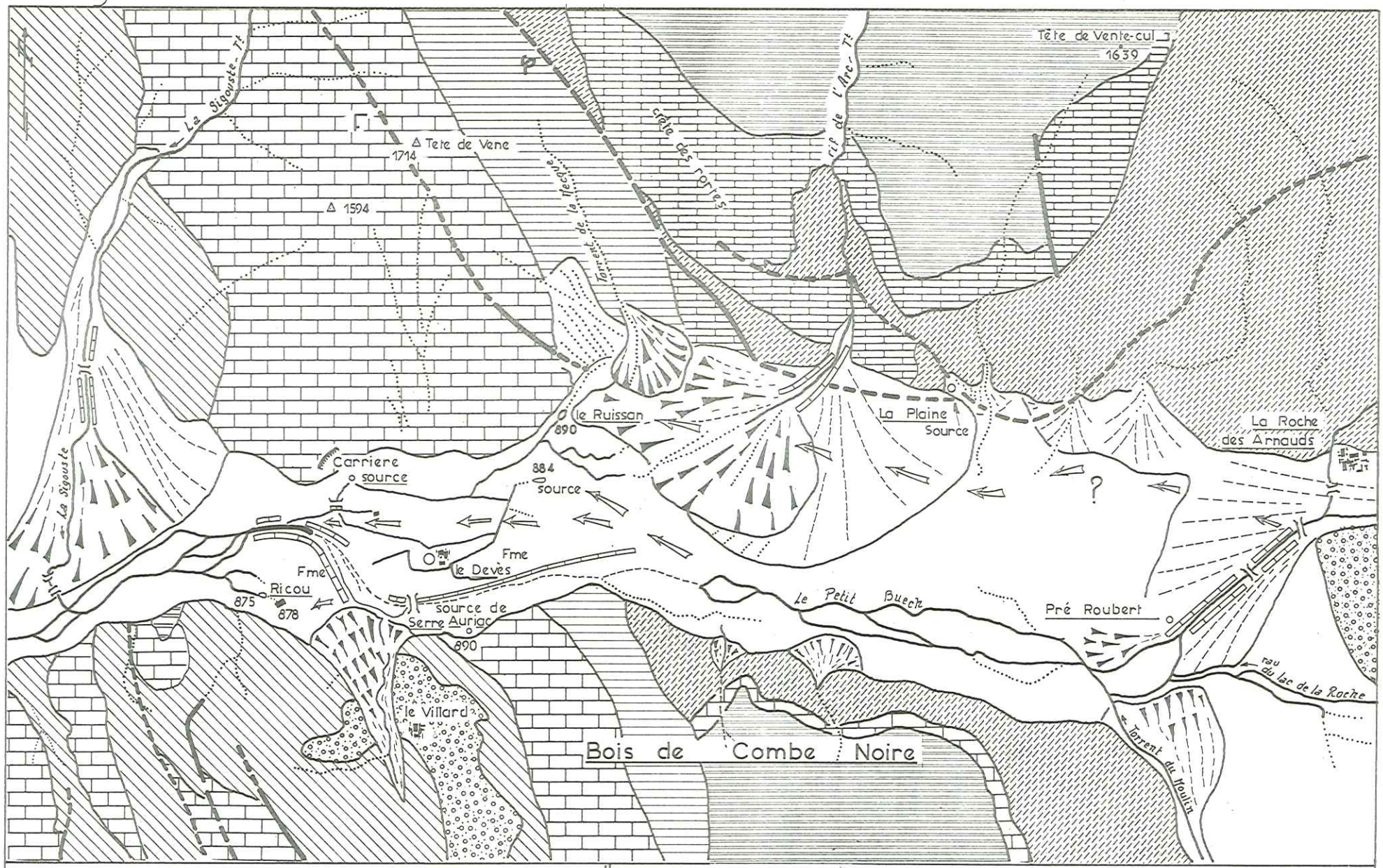
Nous avons déjà parlé à propos du Tithonique de cette source qui sort à la limite du chevauchement du Rif-de-l'Arc, elle consiste en plusieurs griffons dispersés dans un pré en pente au lieu-dit le Cansou ; au milieu du pré se trouve un tube vertical dont l'eau sort parfois de façon artésienne. D'après trois mesures de température effectuées en octobre et décembre 1972 il semble que la température moyenne de l'eau soit supérieure à 10,5° C ce qui, pour l'altitude d'émergence de 920 mètres indique une circulation profonde.

c) La source de la carrière de Montmaur (877 m)

Nous citerons pour mémoire cette petite émergence qui se trouve en bordure du ruisseau de Ruissan, en dessous de la carrière. En 1972 son débit a varié entre 0,20 et 4 l/s.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

fig 43



LA PLAINE DE LA ROCHE DES ARNAUDS
_ LE DEVES _

ECHELLE : 1/25.000

- Alluvions et ancien lit
- Moraine
- Eboulis
- Tertiaire imperméable.
- Digue.
- Crétacé sup. perméable.
- Crétacé sup. imperméable
- Crétacé inf. et moyen imperméable
- Calcaire "tithonique" perméable
- Terres noires jurassiques imperméable
- Cone déjections ancien / actuel

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

d) Le puits du Devès (880 m)

D'une profondeur de 7 mètres, ce puits creusé devant la ferme du Devès n'est jamais sec.

e) La source de Serre-Auriac (890 m)

Cette source intermittente sort au niveau de la plaine, au contact entre des alluvions assez récentes et les éboulis du pied des calcaires sénoniens entaillés par la rivière. Le débit maximum est de l'ordre de 20 l/s et il peut s'agir d'une résurgence de la rivière ou d'un exutoire des calcaires sénoniens.

f) La source du Point 884

Il s'agit encore d'une émergence temporaire mais son débit est plus important puisqu'il peut atteindre la centaine de l/s. Une série de griffons échelonnés sur 30 mètres, au milieu d'un pré alimente un ruisseau qui va rejoindre le Ruissan. Il peut s'agir d'une résurgence du Rif-de-l'Arc ou bien d'une résurgence du Buëch ou bien encore de l'émergence d'une nappe plus profonde.

g) La source de Ricou

Elle est formée d'une série de griffons disposés en bordure de deux thalwegs confluents dont l'un part de la ferme de Ricou et l'autre est situé un peu plus au Nord. En fonction du débit à évacuer, l'eau sort à des cotes différentes, la cote maximale étant atteinte dans la cour de la ferme de Ricou, à 878 mètres ; il arrive aussi que la source tarisse complétement à la fin des étés très secs, ce qui ne s'est produit ni en 1971, ni en 1972.

Il faut noter de suite que la composition chimique de l'eau des deux thalwegs est absolument identique et qu'il s'agit donc d'une même nappe .

Située au pied du cône de déjections du torrent du Villard-de-Montmaur, la source de Ricou aurait pu représenter une résurgence de ce torrent, des jaugeages effectués à l'amont et à l'aval du torrent montrent qu'il n'en est rien. Elle représente alors une résurgence du Petit Buëch et on peut l'expliquer de la façon suivante :

A l'amont du barrage formé par les déjections du torrent de Sigouste la plaine a été remblayée et la rivière a formé des méandres ; la source de Ricou se trouve sur l'emplacement de l'un de ces méandres. Pour éviter le retour de la rivière dans cette direction on a construit une digue, à l'aval de la confluence du torrent du Villard, perpendiculaire à l'axe de la vallée, en rive gauche. La digue retient les écoulements de surface mais les écoulements souterrains ne sont pas détournés, ils poursuivent leur route et émergent à la faveur d'une différence de perméabilité des alluvions ou de la remontée des poudingues tertiaires du substratum.

h) La source du Ruissan (890 mètres)

Cette émergence située à la limite nord de la plaine semble la plus intéressante de tout le bassin versant ; elle consiste en plusieurs venues d'eau dans un petit thalweg creusé dans les éboulis du pied des calcaires sénoniens de la Montagne de Vène, son débit peut varier de 0 à 200 ou 300 l/s.

De par sa situation à la frontière entre la plaine et le versant, cette source pose immédiatement le problème de son origine : s'agit-il de l'exutoire d'une nappe contenue dans le versant ou de l'exutoire d'une nappe alluviale ? Dans un cas comme dans l'autre il se pose aussi le problème de son alimentation. Voyons donc quelles sont les hypothèses que l'on peut avancer et les faits qui les confirment ou les contredisent:

- Résurgence du torrent de la Mèque, mais ce torrent a un bassin versant très réduit et imperméable, ce qui lui vaut un écoulement intermittent et un débit moyen très faible, sans commune mesure avec le débit de la source du Ruissan.

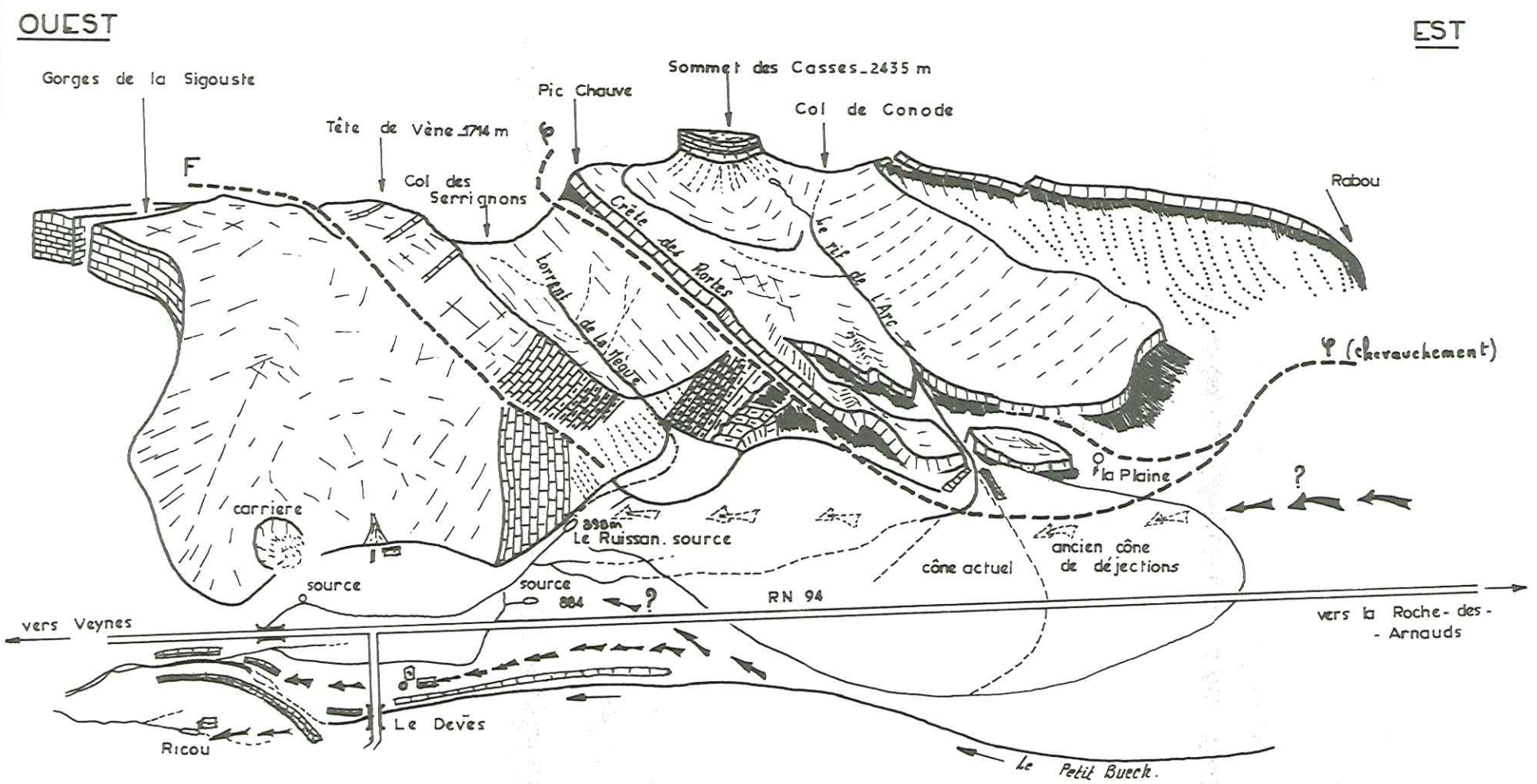
- Résurgence du Rif-de-l'Arc qui pourrait s'infiltrer dans son propre cône de déjections. Pour vérifier cette hypothèse nous avons effectué une coloration du Rif, la fluorescéine injectée dans celui-ci à l'amont du cône de déjections n'est pas ressortie à la source du Ruissan. Une deuxième vérification a consisté en mesures de débit à l'amont du cône de déjections, sur la source et à l'aval de leur confluence. Ces mesures de débit, effectuées le 14.03.1972 ont donné les résultats suivants :

* torrent du Rif-de-l'Arc à l'amont du cône de déjections : 160 l/s ;
* source du Ruissan : 140 l/s ;
* ruisseau à l'aval de la confluence du Rif-de-l'Arc et du Ruissan : 300 l/s.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

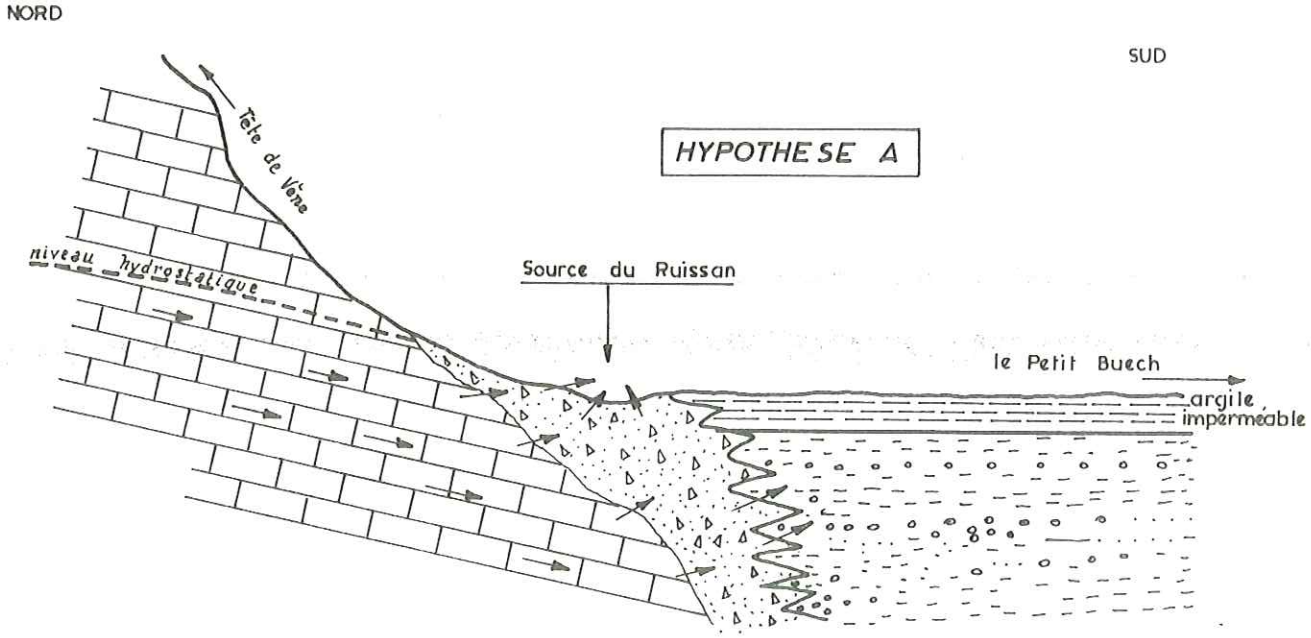
fig 44



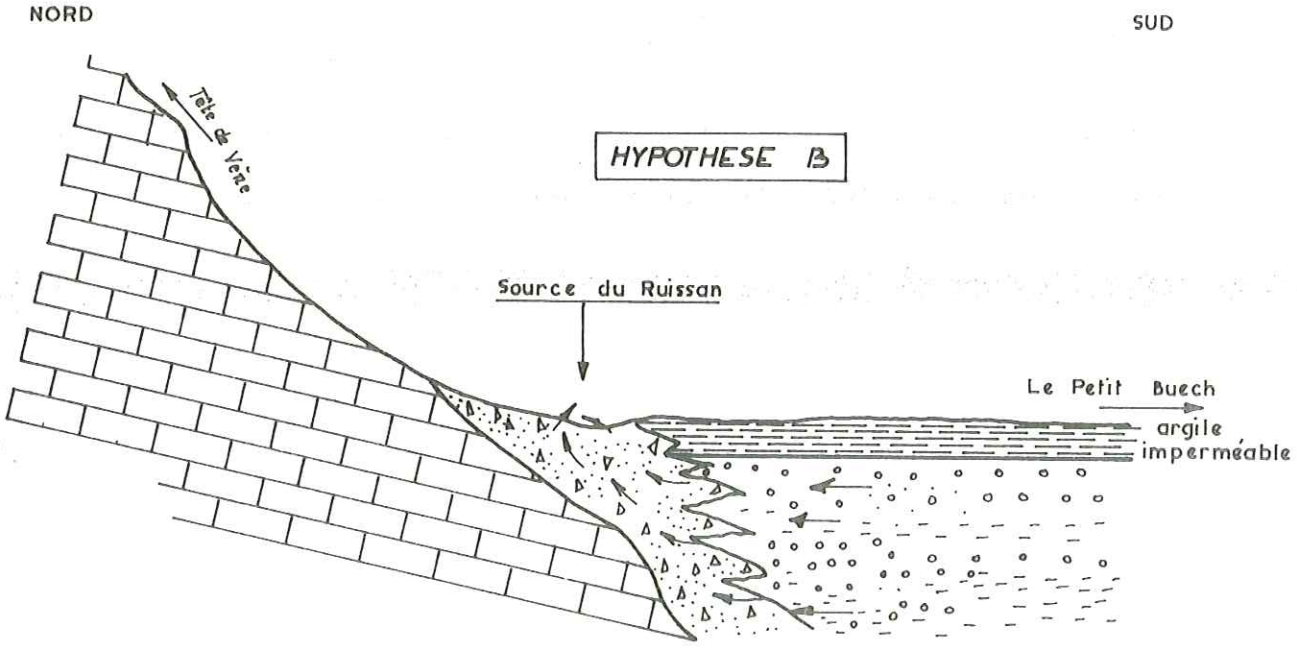
LA BORDURE NORD DE LA PLAINE DU PETIT-BUECH

LES CONDITIONS D'EMERGENCE DE LA SOURCE DU RUISSAN

fig 45



Cas d'une nappe contenue dans le versant et qui surverse au dessus de la plaine.



Cas d'une nappe contenue dans les alluvions et qui se vidange par l'intermediaire des éboulis du versant.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Il n'y a donc pas infiltration du Rif-de-l'Arc à l'amont de son cône de déjections et résurgence à la source du Ruissan.

- Alimentation par les calcaires tithoniques, autochtones ou chevauchants, qui s'ennoient dans la plaine et dans le cône de déjections du Rif-de-l'Arc. Ce serait en quelque sorte l'équivalent de la source de la Plaine, mais qui transiterait sous les alluvions.

- Exsurgence d'un karst sénonien noyé. Il est possible qu'une nappe contenue dans les calcaires sénoniens noyés vienne surverser par dessus les alluvions imperméables de la plaine (voir figure 45 A) mais il se pose alors le problème de l'alimentation de cette nappe.

Le débit moyen de la source est de l'ordre de 120 l/s, ce qui, pour un cœfficient d'alimentation de 20 l/s/km^2 par exemple nécessiterait déjà 6 km^2 de surface d'alimentation, or, il n'existe pas 6 km^2 de disponibles à l'amont direct de la source.

On a envisagé l'hypothèse selon laquelle cette nappe contenue dans les calcaires serait alimentée par l'infiltration d'une partie des eaux du torrent de Sigouste ; en effet, nous avons vu que la faille qui décale les calcaires sénoniens à proximité de la source du Ruissan recoupe les gorges de la Sigouste.

Lors de la coloration du "Chourum Napoléon" il y a eu coloration des eaux du torrent de la Sigouste et cette coloration n'est jamais apparue à la source du Ruissan, peut-être la dilution était-elle alors trop forte ? Une deuxième vérification a consisté, ici encore, en mesures de débit à l'amont et à l'aval des gorges. Ces mesures, effectuées le 2.10.72 ont donné les résultats suivants :

* (torrent + source rive droite) 13 l/s + source rive gauche 48 l/s, soit torrent à l'amont des gorges : 61 l/s ;
* torrent à l'aval des gorges, à quelques mètres à l'amont de la prise d'eau qui alimente Montmaur : 122 l/s.

Il n'existe donc aucune preuve d'une infiltration des eaux du torrent entre l'amont et la sortie des gorges.

Si la source du Ruissan représente l'écoulement d'une nappe des calcaires sénoniens, il faudra donc aller rechercher très loin la zone d'alimentation de cette nappe.

- Exsurgence d'une nappe alluviale. La plaine, dans ce secteur, est recouverte d'une couche d'argile épaisse de quelques mètres (limons de crue ou ancienne coulée boueuse du Rif-de-l'Arc ?) et le seul passage vers la surface est offert par les éboulis du versant (figure 45 B).

Cette nappe contenue dans les alluvions de la plaine peut, elle aussi, avoir plusieurs origines :

- ce peut être la continuation de la nappe que l'on a rencontré au piézomètre de Pré Roubert ;
- il peut s'agir des eaux du Petit Buëch qui s'infiltrent à la Roche-de-Arnauds et qui empruntent un ancien lit sous le cône de déjections actuel du Rif-de-l'Arc.
- il aurait pu s'agir des eaux du Petit Buëch qui s'infiltrent au début de la digue rive droite du Devès, mais cet endroit est à la même cote, 890 mètres, que la source du Ruissan et d'autre part la source du Point 884 située à une cote inférieure à celle de la source du Ruissan tarit avant cette dernière.

La source du Ruissan et celle du Point 884 sont donc indépendantes et la source du Ruissan n'est pas la résurgence des infiltrations du Buëch au début de la digue du Devès.

- La nappe peut même être alimentée par les calcaires sénoniens du Villard-de-Montmaur, sur la bordure sud de la vallée. En effet, ces calcaires affleurent en surface structurale et offrent une grande surface d'infiltration à la pluie, ils vont ensuite s'ennoyer dans les alluvions. Il est possible que selon son niveau la nappe s'écoule par la source du Ruissan ou par la source du Ruissan et par la source de Serre-Auriac, située un peu plus haut.

6 - Caractères physiques et chimiques des eaux

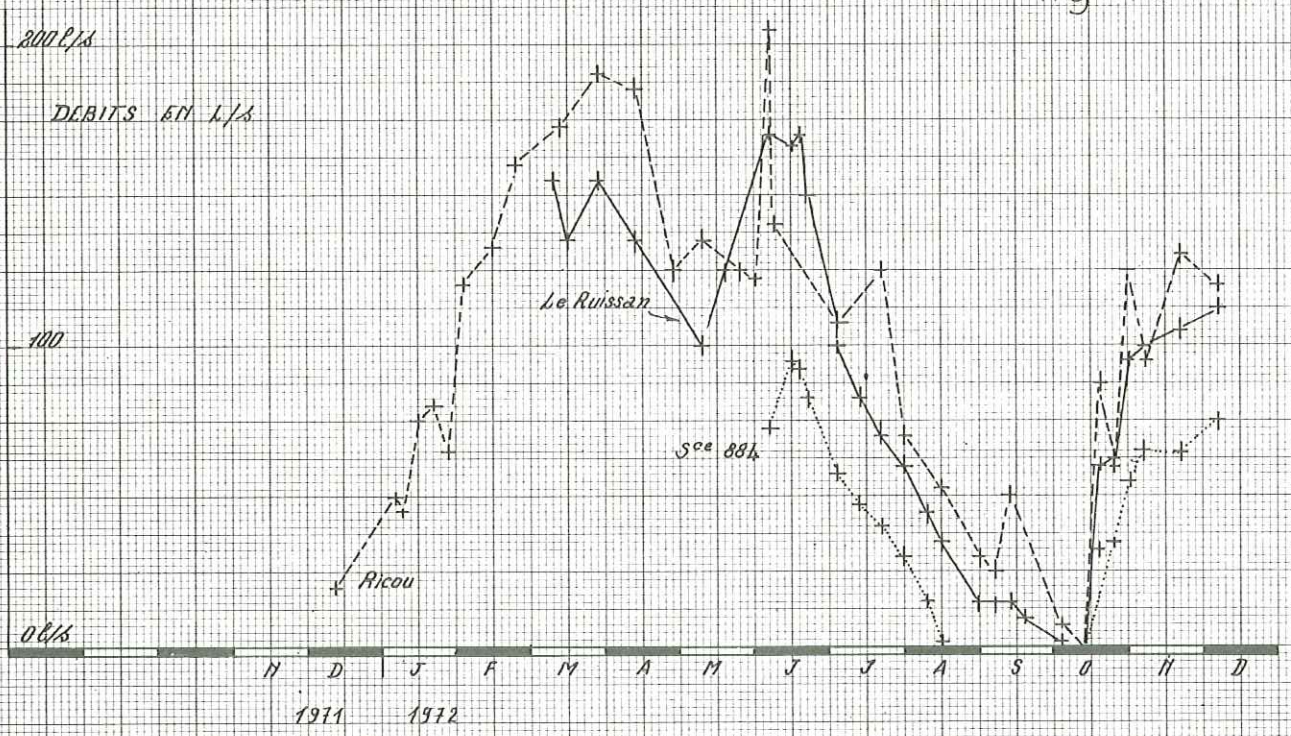
A partir des observations de surface nous avons émis et discuté un certain nombre d'hypothèses sur l'origine des principales émergences du secteur. Nous essaierons par l'étude des caractères physiques et chimiques des eaux de retenir ou d'éliminer certaines de ces hypothèses.

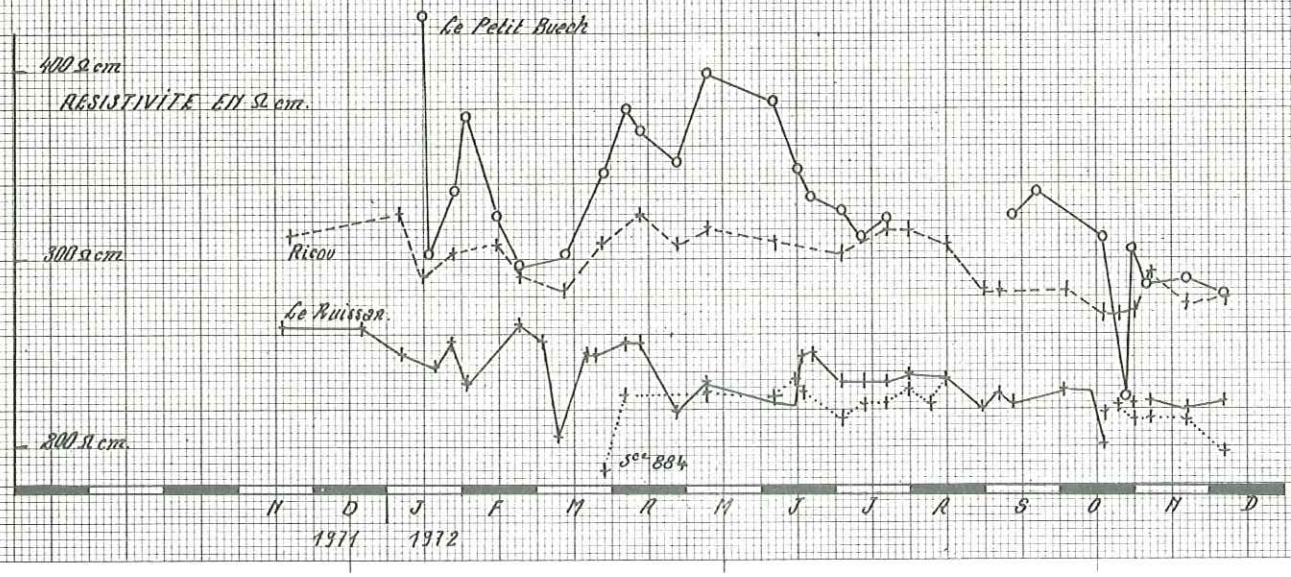
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DE LA ROCHE-LE DEVES

fig 46





LES PAPIERS CANSON - FRANCE

	La Plaine	La Carrière	Serre-Auriac	Ricou	Le Ruissan	Point 884	Rif-de-l'Arc	Buëch au Devès
Débit minimum possible en l/s	0	?	0	0	0	0	?	0
Débit minimum en 1972	0	0,2	0	6	10	0	30	0
Débit maximum en 1972 (en l/s)	15	4	25	200	300 ?	93	$2 m^3/s$	$10 m^3/s$
Résistivité moyenne en Ω.cm	2400	2400	2700	3000	2400	2200	3300	3200
pH moyen	7,0	7,3	7,8	7,7	7,4	7,3	8,5	8,5

a) Le débit

Sur le tableau précédent on a indiqué les débits minimums atteints en 1972 et surtout les débits minimums pouvant être atteints lors des années sèches. On remarque que toutes les sources sont capables de tarir complètement et l'on se pose la question de savoir si le débit s'annule par épuisement total des réserves ou si ces émergences représentent seulement des trop-pleins.

Les débits mesurés à la source de Ricou et au Point 884 représentent chaque fois la totalité du débit, pour la source du Ruissan le débit mesuré ne représente qu'une partie du débit réel. Ils varient tous de la même manière, parfois brutalement.

b) La température

Les températures moyennes sont normales pour l'altitude des émergences, sauf pour Ricou où elle est légèrement inférieure par manque d'ensoleillement. Les variations de température sont importantes pour les eaux des sources de Ricou et du Point 884, la fin de leur parcours s'effectue donc à faible profondeur. La température du Ruissan est, par contre, très constante, ce qui montre qu'il ne s'agit pas d'une résurgence locale du Rif-de-l'Arc ou du Petit Buëch, mais d'une nappe qui circule à une profondeur moyenne et qui émerge rapidement. Mais, encore une fois, cette nappe circule-t-elle dans les calcaires du versant ou dans les alluvions de la plaine ?

c) La résistivité

Sur le tableau des résistivités (fig. 46) on a rajouté la résistivité des eaux du Petit Buëch au pont du Devès. On remarque la similitude de résistivité entre, d'une part les eaux du Petit Buëch et celles de Ricou et d'autre part les eaux du Ruissan et celles du Point 884.

Nous pouvons dire, sur la foi des résistivités, que les eaux de Ricou sont les mêmes que celles du Buëch mais cet argument est de peu de valeur puisque nous dirons aussi que malgré leurs résistivités identiques les eaux du Ruissan et celles du Point 884 sont d'origines différentes. On remarquera enfin que la résistivité varie très peu au cours de l'année.

d) La composition chimique (fig. 47 et 48)

Les eaux du secteur ont des compositions chimiques assez proches et leurs différences risquent d'être peu significatives. Dans la série d'analyses effectuée en novembre 1972 (fig. 48) on trouve plus de magnésium que dans les analyses effectuées en mai 1972 (fig. 47) cette augmentation se constate à la fois dans les eaux du Buëch et dans celles des sources de la plaine mais on l'avait constaté ailleurs pour des sources indépendantes du Buëch. En définitive la composition chimique, comme la résistivité, nous apporte assez peu de renseignements.

e) La teneur en silice

Reportons-nous aux figures 23 A et B et rappelons ce que nous avions dit à leur propos:

Les eaux du Rif-de-l'Arc proviennent en grande partie du sommet des Casses et contiennent une grande quantité de silice. Le Petit Buëch au Devès qui n'a reçu jusque là que des eaux venant de terrains jurassiques ou crétacés inférieurs en contient très peu.

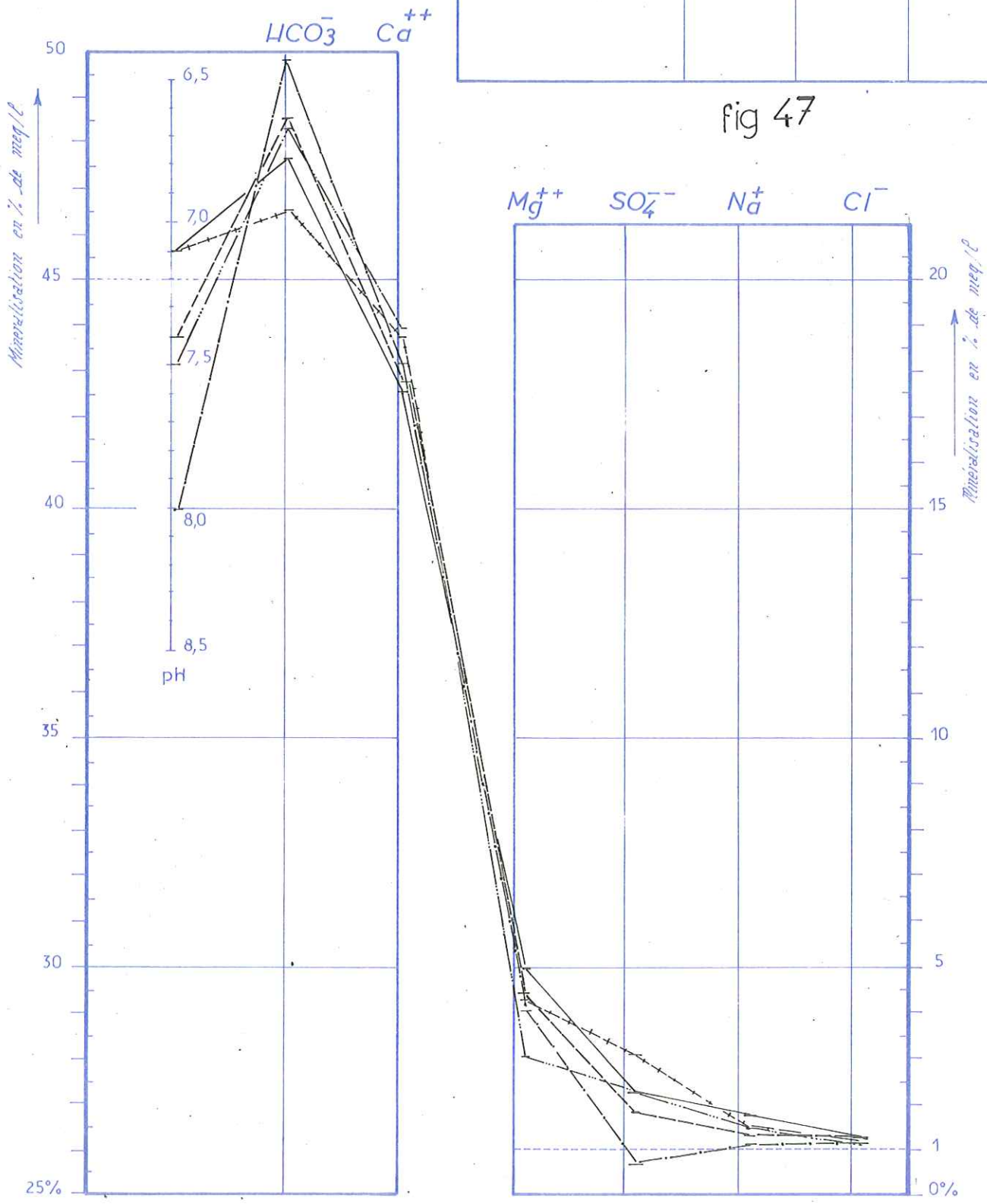
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

plaine de la roche - le devès

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
Le Buech au Deves	8.5.72	6,0	4200
Ricou	//	7,2	3510
Le Ruissan	//	9,9	2590
Carrière	//	9,7	2590
Serre Auriac	//	8,1	3130

fig 47



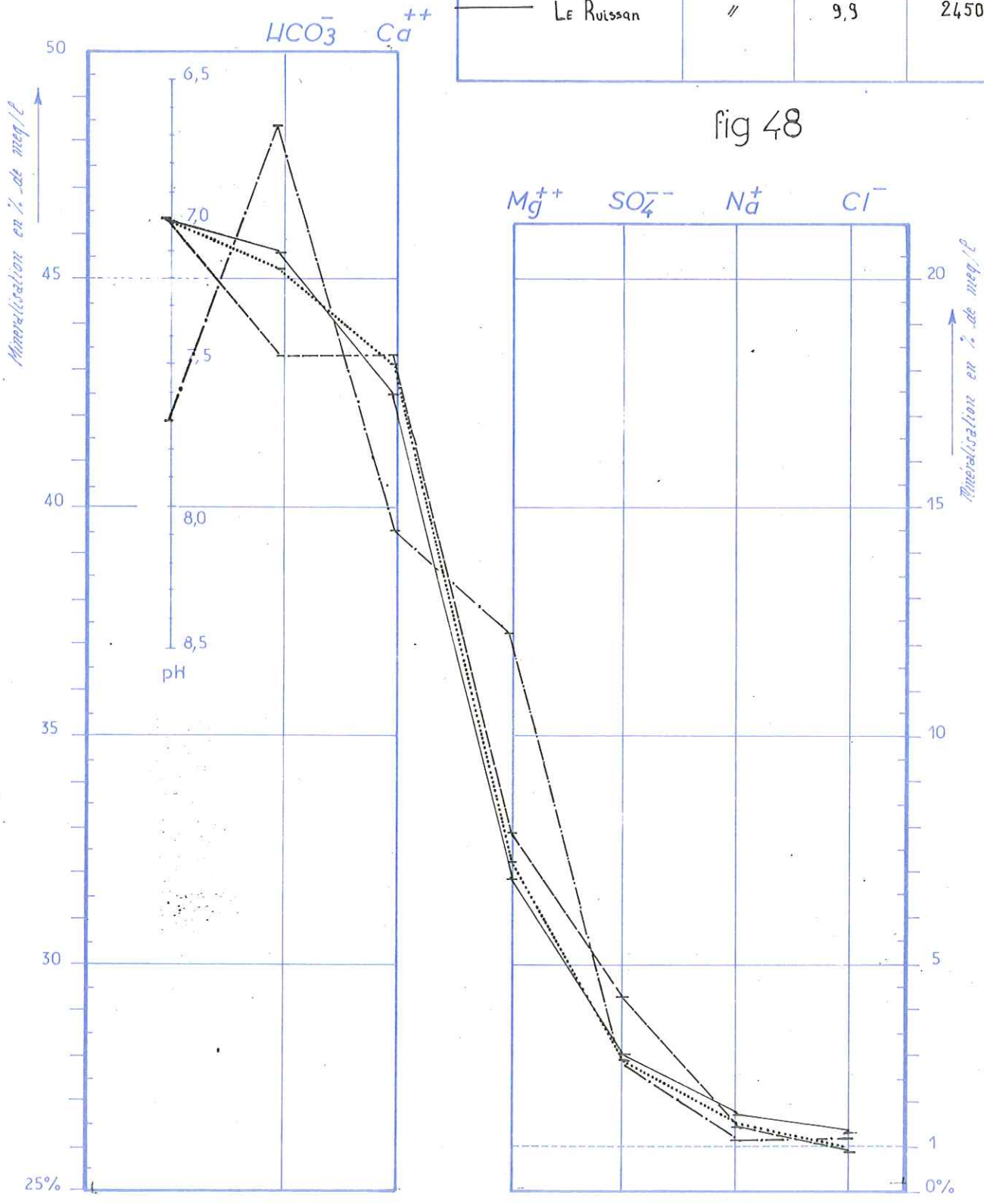
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

plaine de la roche - le devès

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq/l)	résistivité (en Ωcm)
Le Buech au Deves	21.11.72	8,0	3260
Ricou	//	8,1	3010
Point 884	//	10,2	2420
Le Ruissan	//	9,9	2450

fig 48



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

Les teneurs trouvées pour Ricou et pour la source du Point 884 s'accordent assez bien avec l'idée d'une alimentation de ces sources par le Petit Buëch à laquelle s'ajoute peut-être une alimentation annexe.

La source de la Plaine contient peu de silice, elle provient d'ailleurs du Tithonique, peu siliceux.

Le résultat le plus intéressant reste celui de la source du Ruissan dont les eaux montrent une concentration en silice proche de celle du Rif-de-l'Arc, on peut de nouveau se poser des questions :

- la source du Ruissan n'est-elle pas la résurgence d'eaux du Rif-de-l'Arc qui se seraient infiltrées beaucoup plus à l'amont que l'on ne pensait ? Seuls une série de jaugeages le long du torrent et un traçage de ces eaux permettraient de répondre à cette question mais ce que l'on sait de la structure géologique du secteur n'est pas favorable à une telle hypothèse ;
- n'a-t-on pas affaire à une nappe alluviale qui lessiverait en fin de parcours des alluvions à forte proportion de galets sénoniens ?
- s'il s'agit vraiment d'une nappe des calcaires du versant, où se trouve sa zone d'alimentation ?

f) La teneur en tritium (fig. 24)

Par la comparaison des teneurs en tritium des eaux des précipitations, du Buëch à la Roche-des-Arnauds, de Ricou, du Point 884 et du Ruissan nous obtenons les renseignements suivants :

- les eaux du Petit Buëch ont des concentrations qui varient comme celles des précipitations mais avec des valeurs supérieures. Nous avons vu (chapitre VI, paragraphe H) qu'il s'agissait d'un mélange d'eau des précipitations et d'eau restituée par les nappes, l'âge moyen des eaux de ce mélange n'étant pas inférieur à 1 an.

- les eaux de la source du Ricou ont des teneurs remarquablement proches de celles du Petit Buëch, il s'agit là encore d'un argument en faveur de l'alimentation de la source par la rivière.

- la source du Point 884 a présenté des concentrations très différentes. Si l'on se réfère à la courbe de variation des résistivités on constate que lors du premier prélèvement, le 25.10.72, la résistivité était la résistivité moyenne et que lors du second prélèvement le 5.12.72, la résistivité était une résistivité exceptionnelle, traduisant un passage d'eau assez superficielle. Ceci n'est pas incompatible avec une alimentation par le Buëch, il suffit d'y ajouter des apports intermittents d'eau de ruissellement, soit du Ruissan, soit du Rif-de-l'Arc.

- la source du Ruissan se distingue par des concentrations élevées en tritium. Voyons à quoi peuvent bien correspondre ces concentrations en fonction des deux principales hypothèses sur l'origine de la source : réservoir indépendant du Petit Buëch ou nappe alimentée par le Petit Buëch.

* Dans le cas d'un réservoir indépendant on peut dire que les eaux du Ruissan sont un mélange d'eaux de précipitations actuelles et d'eaux anciennes dont la teneur moyenne est supérieure ou égale à 180 UT, or, pour trouver une teneur moyenne de 180 UT dans les précipitations il faut remonter à plusieurs années avant 1972, ce mélange a donc un âge moyen de plusieurs années.

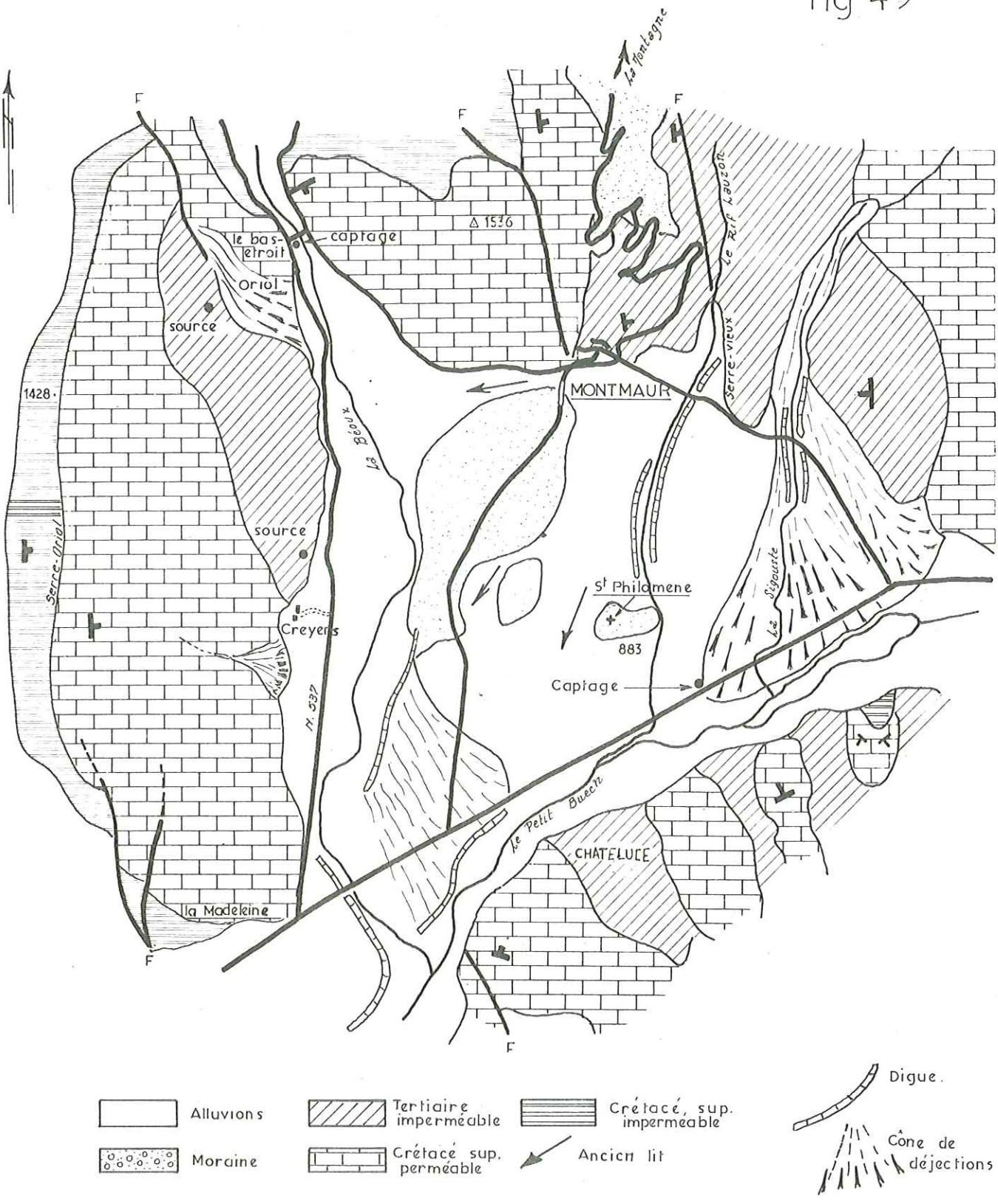
* Dans le cas d'une résurgence du Petit Buëch l'âge moyen initial des eaux d'alimentation est égal à l'âge moyen deseaux de la rivière, puisque ce sont les mêmes, et cet âge est de l'ordre de un an. Nous pouvons montrer que le temps moyen de transit entre la rivière et l'émergence est supérieur à 4 mois, en faisant le raisonnement suivant : en juin 1972 les eaux du Ruissan ont une teneur de 180 UT, s'il s'agit d'eaux d'infiltration du Buëch il fallait qu'elles aient une teneur au moins égale à 180 UT au moment où elles s'infiltraient... Or, on connaît les teneurs du Petit Buëch depuis février 1972 et elles sont inférieures à 180 UT. On en déduit que si les eaux de la source du Ruissan en juin 1972 proviennent du Petit Buëch, elles se sont infiltrées avant février 1972, ce qui donne un temps de transit de 4 mois. Encore s'agit-il là de la durée minimale prouvée, car si l'on tient compte du fait que la teneur de la rivière varie de façon amortie, on voit que la durée du transit, si transit il y a , est beaucoup plus longue.

Quelle que soit l'origine des eaux de la source du Ruissan : nappe indépendante ou nappe liée à la rivière, elles ont un temps moyen de séjour dans le terrain assez long ; le réservoir aquifère contient donc des réserves importantes. En rapprochant ceci du fait que la source s'assèche parfois complètement on peut dire que la source du Ruissan représente le "trop-plein" d'une nappe aquifère importante. Ceci présente un intérêt pratique immédiat car si l'on envisage de capter cette source on sait maintenant que lors des années exceptionnellement sèches il suffira de disposer d'un puits pour continuer à exploiter la nappe.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LA CUVETTE DE MONTMAUR

fig 49



Echelle : 1/25.000

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

7 - Conclusions sur la plaine de la Roche-des-Arnauds - le Devès

La vallée du Petit Buëch entre la Roche-des-Arnauds et le Devès est une région intéressante mais complexe du point de vue hydrogéologique. Le principal problème qui se pose est de faire la part des infiltrations et des résurgences du Petit Buëch et des torrents affluents, des exutoires de nappes et des apports de versant. L'étude morphologique du secteur associée à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux, surtout la mesure des teneurs en silice et en tritium, nous a permis de mettre un certain ordre parmi toutes ces circulations, tant souterraines que superficielles.

Voici ce que nous pouvons dire actuellement :

- Le Petit Buëch s'infiltre partiellement ou en totalité en divers points de son parcours, en général, au début de chaque portion de digue, il circule dans son ancien lit au Nord de la plaine, à l'aval de la Roche, au Nord de la ferme du Devès et dans le secteur de la ferme de Ricou ;

- il existe une nappe phréatique qui avait déjà été mise en évidence au lieu-dit Pré Roubert, son niveau varie rapidement, on n'en connaît pas l'exutoire ;

- en rive gauche du Buëch on trouve deux émergences : la source de Serre-Auriac et la source de Ricou qui sont sans doute des résurgences du Buëch ;

- en rive droite on trouve :
  . la source de la Plaine dont l'origine, assez lointaine, doit être recherchée vers le Nord du synclinal chevauchant du Rif-de-l'Arc,
  . la source du Point 884 qui est sans doute une résurgence du Buëch avec des apports accidentels d'origines différentes,
  . la source du Ruissan qui est le trop-plein d'une nappe importante difficile à localiser : d'après le débit moyen il s'agirait de l'exutoire d'une nappe alluviale et d'après les teneurs en silice il s'agirait d'une nappe de versant.

De nombreux travaux restent à effectuer :
- la détermination par prospection géophysique ou par sondages de l'épaisseur et de la nature du remplissage alluvial et de la présence de nappes aquifères ;

- un traçage des eaux du Petit Buëch qui permettrait de préciser de façon définitive quelles en sont les résurgences ;

- des profils de débit sur tout le cours des torrents affluents : Sigouste, Rif-de-l'Arc et torrent du Villard pour déterminer d'éventuelles infiltrations.

Les sources les plus intéressantes en vue d'un captage sont la source de la Plaine et surtout celle du Ruissan.

C. - LA CUVETTE DE MONTMAUR

1 - Généralités

La cuvette de Montmaur est une plaine de forme triangulaire d'environ 6 km de côté ; sa surface est irrégulière et elle est entourée de reliefs d'altitude moyenne. Géologiquement elle représente le cœur synclinal du bassin versant du Petit Buëch. Son ossature est constituée de dalles sénoniennes pentées vers le centre et recouvertes de formations tertiaires, on distingue à l'Ouest le Serre-Oriol, au Nord le château, à l'Est la montagne de Vène et au Sud les écailles de Chateluce.

2 - Le remplissage alluvial

Il peut exister des surcreusements importants car les glaciers ont stationné longtemps dans la plaine. On ne connaît ni la profondeur du substratum imperméable, ni sa nature qui doit consister en marnes, molasses ou poudingues tertiaires et par endroits en calcaires sénoniens. De meme on ne connaît pas la nature exacte des matériaux de remplissage. Les terrains qui affleurent sont des alluvions, des cônes de déjections et des moraines ; la plaine étant exiguë

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tous ces matériaux sont assez mélangés. Les moraines sont disposées en trois affleurements, dont celui de la butte de Sainte-Philomène, ce sont les restes d'un seul ensemble morainique, datant du Würm, qui a été entaillé par les torrents venus du Nord, c'est-à-dire la Béoux, le Rif Lauzon et peut-être la Sigouste.

3 - Les écoulements superficiels

a) Le Petit Buëch

Il a été repoussé vers le Sud de la plaine de Montmaur par les cônes de déjections de ses affluents rive droite, qui étaient les plus puissants.

b) Le torrent de la Sigouste

Nous avons vu qu'il était alimenté en partie par le plateau de Bure. Une fraction de ses eaux est captée dans les gorges pour alimenter l'agglomération de Montmaur, une autre fraction est dérivée plus à l'aval pour l'irrigation et une autre fraction s'infiltre dans le cône de déjections, si bien qu'à sa confluence avec le Petit Buëch le torrent est souvent sec.

c) Le Rif Lauzon

Ce petit torrent qui draine le synclinal de Montmaur-la Montagne est endigué sur une bonne partie de la traversée de la cuvette. C'est surtout lui qui, en divaguant, a entaillé la moraine würmienne.

d) Le torrent de Béoux

Descendu du bord sud du Dévoluy le torrent de Béoux, ou du Labéou, a un débit important mais coule en grande partie dans ses alluvions. Une fraction de ses eaux est dérivée par une prise au fil de l'eau en rive gauche sous le pont du Bas-Etroit et va servir à l'irrigation.

4 - Les circulations souterraines

Il existe trois sortes de circulations souterraines dans la cuvette de Montmaur : des écoulements dans les pentes qui bordent la cuvette, des nappes contenues dans les alluvions et enfin des nappes possibles dans les calcaires sénoniens.

a) Les écoulements de bordure

Les terrains de couverture tels qu'éboulis, paquets glissés de Sénonien ou molasse altérée peuvent retenir de petites nappes aquifères qui s'écoulent au contact des marnes ou molasses tertiaires imperméables, c'est le cas par exemple de la source de Creyers et de la source d'Oriol sur la bordure ouest de la cuvette. Au Nord de Montmaur, l'eau issue des moraines circule dans la zone d'altération des molasses et y provoque des glissements de terrain dont on voit les signes tout au long de la route qui mène de Montmaur à la Montagne.

b) Les nappes des alluvions

La ville de Veynes est alimentée par deux captages situés dans la plaine de Montmaur, tous deux fonctionnent par gravité ou par pompage, ce sont :

- le captage dit "de la Sigouste" car il recueille les eaux du torrent de Sigouste infiltrées dans le cône de déjections ;
- le captage dit "de la Béoux" car il recueille une partie de l'écoulement sous-alluvial de la Béoux au moyen d'un puits creusé dans les alluvions à quelques mètres du torrent lui-même à proximité du pont du Bas-Etroit.

C'est là tout ce que l'on connaît actuellement des réserves aquifères de la plaine ; en réalité il doit exister des nappes à différents niveaux du remplissage et leur reconnaissance demanderait une prospection géophysique ou mécanique. Dans cette éventualité on aurait intérêt à prospecter en priorité la partie nord de la plaine car le remplissage, formé surtout de blocs de calcaires sénoniens venus du Dévoluy, y est certainement plus perméable que celui de la partie sud, formé surtout de marnes et de marno-calcaires jurassiques et néocomiens amenés par le Petit Buëch.

c) Les réserves du Sénonien

Il peut exister des nappes captives ou semi-captives dans les dalles sénoniennes qui forment l'ossature de la cuvette car ces dalles perméables présentent une grande surface d'infiltration à la pluie, elles ont un pendage dirigé vers le centre de la cuvette et elles sont recouvertes, jusqu'à quelle profondeur ? par des formations tertiaires imperméables (fig. 49).

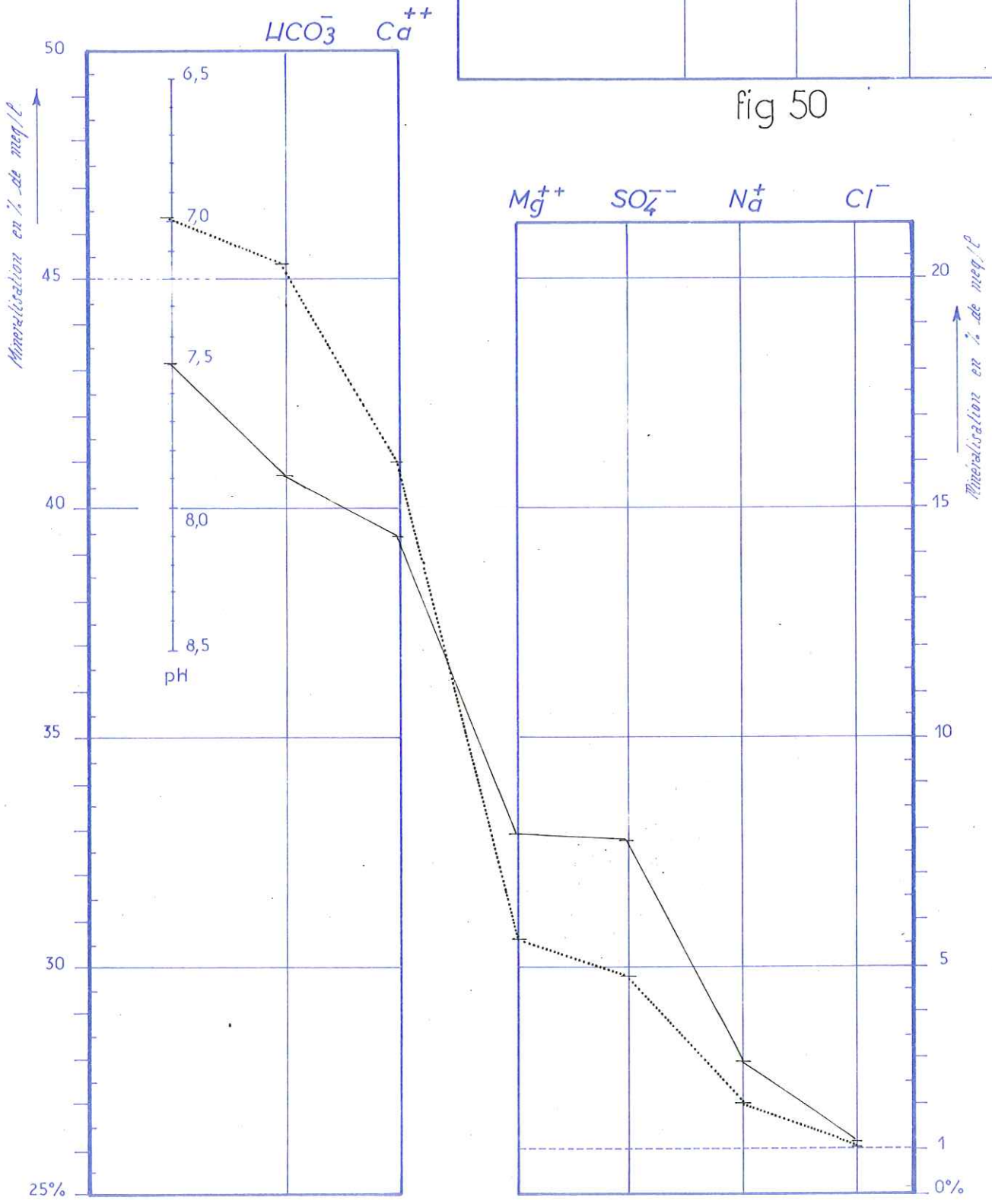
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

LA BEOUX

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
—— Béoux (torrent)	7. 1. 72	7, 6	2840
..... Captage Béoux	//	8, 6	2620

fig 50



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

5 - Caractères physiques et chimiques des eaux

Les sources des bordures présentaient peu d'intérêt, quant aux deux captages de la ville de Veynes ils étaient difficiles d'accès, c'est pourquoi nous ne donnons ici que l'analyse des eaux du captage de la Béoux comparée avec l'analyse des eaux de surface de la Béoux. On constate que l'eau qui circule dans les alluvions est proportionnellement plus carbonatée et calcique et moins sulfatée et magnésienne que l'eau de surface.

6 - Conclusions sur la cuvette de Montmaur

La cuvette de Montmaur est le lieu de convergence de nombreux écoulements de surface et sans doute souterrains. On y trouve des réserves aquifères de plusieurs sortes qui sont :

- des nappes des terrains de couverture, sur les bordures. Elles sont peu importantes ;
- des nappes probables à divers niveaux du remplissage : alluvions, déjections et moraines ;

Seule la partie la plus superficielle de ces réserves est exploitée et sert à alimenter Veynes.

- des nappes captives ou semi-captives possibles dans les calcaires sénoniens qui plongent vers le centre de la cuvette.

D. - LA VALLEE DU PETIT BUECH, DE VEYNES A PONT LA BARQUE

1 - Géologie

A la sortie de la cuvette de Montmaur la rivière va recouper à nouveau la série stratigraphique depuis le Crétacé supérieur jusqu'au Jurassique moyen.

La vallée est d'abord étroite entre le lieu-dit la Madeleine et la ville de Veynes car elle franchit les calcaires sénoniens et la barre tithonique redoublée. A l'aval de Veynes elle s'élargit un peu mais surtout circule parmi des reliefs beaucoup moins élevés, formés de collines de Terres Noires recouvertes par endroits d'anciennes terrasses fluvio-glaciaires ou fluviatiles. Après avoir traversé toute la zone des Terres Noires le Petit Buëch rejoint le Grand Buëch un peu à l'aval de Pont-la-Barque ; ensemble ils franchissent par une cluse le Tithonique de la montagne d'Arambre qui représente la retombée sud ouest de l'anticlinal de la Bâtie-Montsaléon.

2 - Le remplissage alluvial

D'après les quelques sondages que l'on connaît il ne faut pas s'attendre à des surcreusements importants du substratum, d'ailleurs le glacier rissien était beaucoup plus haut que le niveau actuel de la plaine, il n'existe pas de trace probante de la présence d'un glacier würmien au-delà de la cuvette de Montmaur et si l'on trouve parfois au milieu des alluvions fluviatiles des blocs d'origine glaciaire il semble s'agir de blocs éboulés, détachés des terrasses qui recouvrent les plateaux d'entre les Buëch.

Le remplissage consiste essentiellement en cônes de déjections et en terrasses d'alluvions fluviatiles. Les cônes de déjections sont très argileux, ils sont formés d'un mélange de Terres Noires et de blocs de calcaire tithonique. Les terrasses alluviales ne sont pas perchées mais adossées aux versants de marnes jurassiques et celà influera sur leur mode d'alimentation. Nous avons vu dans le paragraphe consacré à la description des formations quaternaires qu'on peut classer les terrasses alluviales en plusieurs niveaux, ceux qui nous intéressent ici étant le niveau de la moyenne terrasse, assez perméable et les niveaux de la basse terrasse et des alluvions récentes et actuelles, moins perméables.

3 - Les circulations de surface

a) Le Petit Buëch

Il est endigué sur certaines portions de son cours, en général sur sa rive droite, à l'exception de la digue des Savoyons à la confluence du torrent de Drouzet.

Il traverse actuellement une phase de creusement qui se traduit par l'enfoncement du lit et le déchaussement des piles de pont ; ce phénomène serait causé, d'après certains, par la supression, déjà ancienne, du barrage sur le Buëch entre Pont-la-Barque et Serres, ce peut être aussi le résultat du prélèvement de matériaux dans le lit de la rivière.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

b) Les affluents rive droite

Ce sont principalement le torrent de Glaisette et le Rif de Saint-Marcellin. Ce dernier est souvent sec car l'eau passe dans les alluvions qui sont très épaisses.

c) Les affluents rive gauche

Ce sont : le Drouzet qui draine le flanc ouest de la montagne de Ceüse et les anticlinaux d'Espréaux et de Châteauneuf d'Oze, des torrents intermittents comme celui de la Bachassette et enfin le torrent de Maraize.

4 - Les circulations souterraines

Les principales émergences que l'on rencontre sont, de l'amont vers l'aval : la source du Fontanil, la source des Iscles, la source du Poteau, Saint-Luc et enfin la source de la Virginie.

a) La source du Fontanil (808 m)

Cette émergence située dans un pré en contrebas de l'agglomération de Veynes est un bel exemple de la modification des conditions hydrogéologiques par l'action de l'homme. Si l'on pouvait s'expliquer facilement la présence d'une nappe aquifère dans les alluvions de la plaine il était plus difficile de comprendre les raisons de son émergence. L'étude en photographie aérienne nous a permis de reconstituer la physionomie de la plaine avant l'endigage du Petit Buëch et par là-même d'avancer une hypothèse sur les raisons de l'émergence de la source du Fontanil.

- L'aspect de la plaine de Veynes avant l'endigage du Buëch :

La rivière coule au milieu de la plaine, elle longe au Nord le cône de déjections du torrent de Glaisette, les restes d'une basse terrasse puis le pied de la moyenne terrasse mélangée aux déjections du Rif de Saint-Marcellin ; au Sud les cônes de déjections des torrents descendus du flanc nord de la montagne d'Oule s'étalent largement dans la plaine, mêlant leurs matériaux argileux aux alluvions fluviatiles du Petit Buëch.

- Après l'endigage, c'est-à-dire actuellement, la plaine se présente comme suit :

Le Petit Buëch est repoussé sur le bord sud de la vallée ; le torrent de Glaisette a été endigué dans la traversée de la plaine jusqu'au Buëch, il a remblayé son lit et se trouve en surélévation par rapport au niveau de la plaine. Le tracé du Petit Buëch, devenu rectiligne, recoupe les anciens cônes de déjections de la rive gauche en les scindant en deux parties : une partie amont qui est la racine du cône et qui forme alors une "fausse terrasse" comme la fausse terrasse de la Morelle, et une partie aval : la base du cône, moins évidente et d'autant moins que le niveau de la plaine a été égalisé ; à la base de ces anciens cônes l'ancien lit mineur reste plus étroit et ses alluvions plus argileuses.

On peut donc supposer que l'émergence du Fontanil, qui se trouve au droit de l'ancien cône de déjections du torrent de la Morelle est justement due à ce cône qui a rétréci l'ancien lit tout en rendant ses alluvions moins perméables, conditions tout à fait favorables à l'émergence d'une nappe.

Une fois ce problème résolu il reste à trouver l'origine de l'eau, en effet avec un débit moyen de 35 l/s cette source a besoin d'une surface d'alimentation d'au moins 2 à 3 km^2. On peut envisager différents modes d'alimentation qui fonctionnent simultanément ou successivement, ce sont :

- l'infiltration directe de la pluie sur la surface de l'ancien lit du Buëch ;
- l'infiltration dans les alluvions de l'eau ruisselée sur le versant nord de la vallée ;
- l'infiltration d'une partie des eaux de la Glaisette, soit à l'amont de son cône de déjections, soit durant sa traversée de la plaine ;
- l'infiltration du Petit Buëch quelque part à l'amont ;
- l'infiltration, à partir des canaux d'irrigation qui sillonnent la plaine, d'eau provenant du Petit Buëch.

Plusieurs solutions existent donc mais il semble que seule l'infiltration partielle d'un cours d'eau ayant déjà un certain débit puisse suffire à alimenter la source du Fontanil.

b) La source des Iscles (785 m)

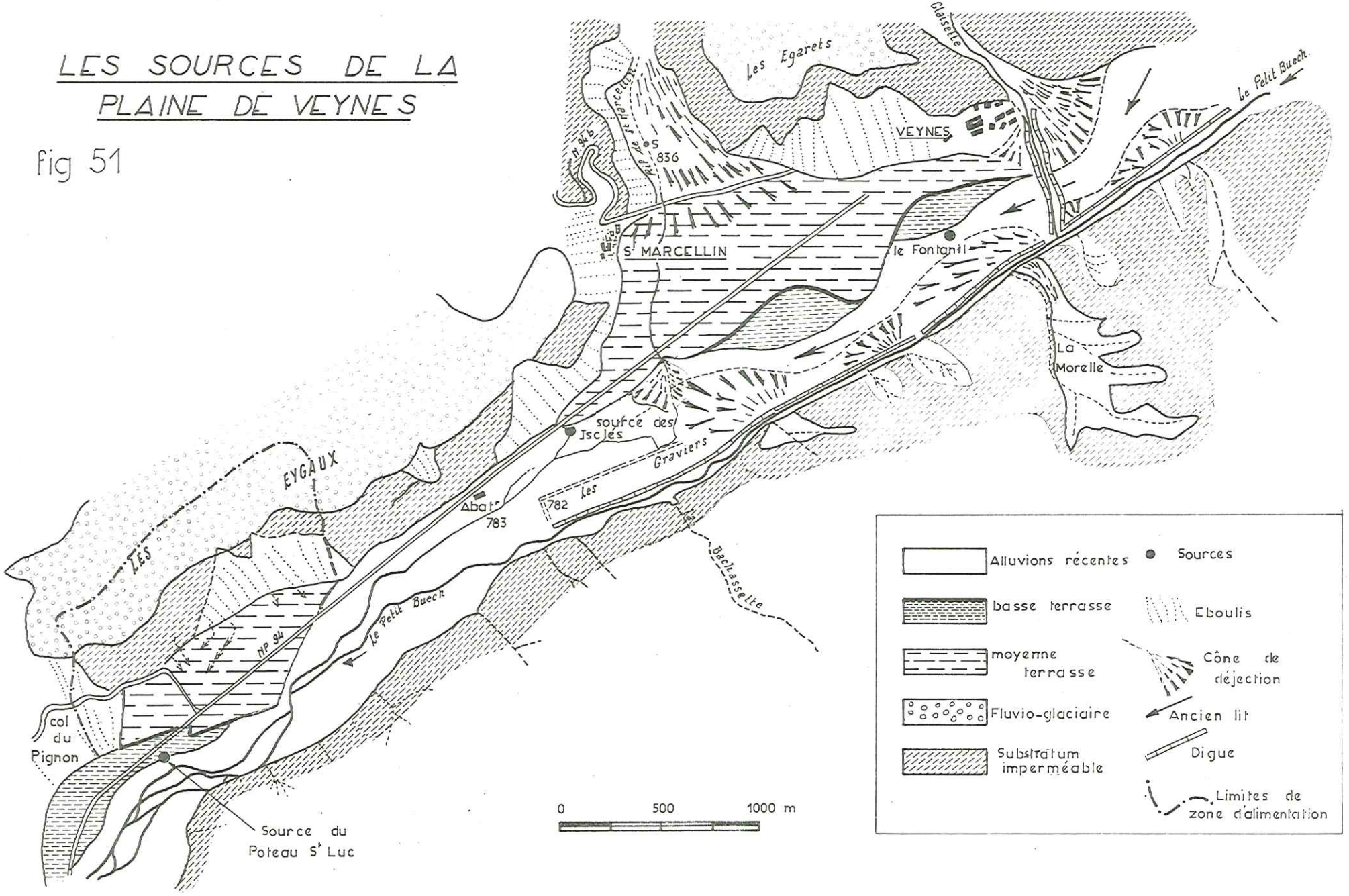
Elle se trouve au pied de la moyenne terrasse, en contrebas de la route, à mi-chemin entre le pont sur le Rif de Saint-Marcellin et les anciens abattoirs. Son débit moyen est de 10 à 15 l/s ; il ne semble pas s'agir d'une résurgence du Petit Buëch mais plutôt de l'exutoire d'une nappe de versant, le versant étant constitué en l'occurrence par la

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

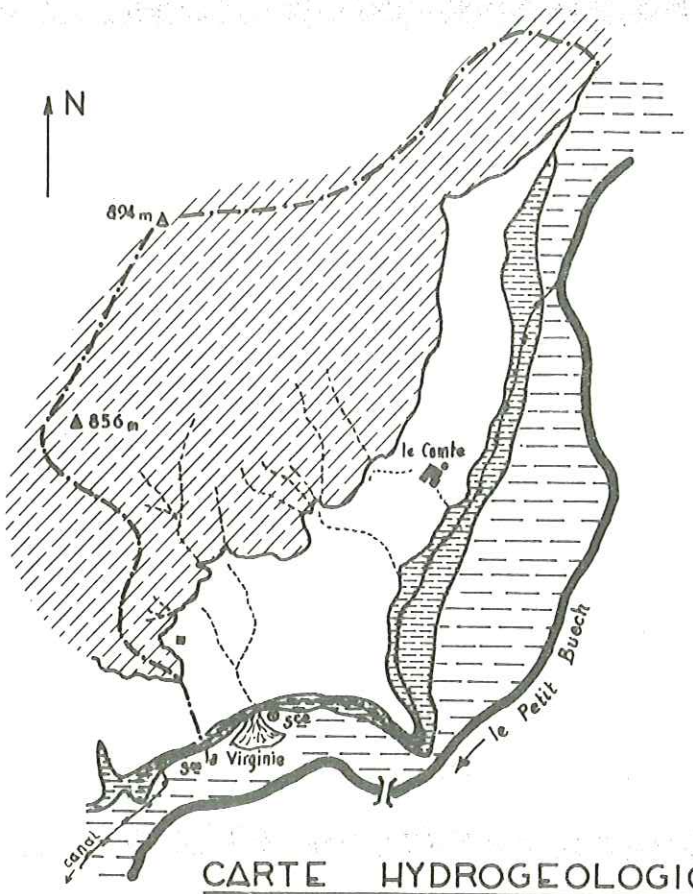
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DE LA PLAINE DE VEYNES

fig 51



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011



Limites du bassin versant d'alimentation de la source.

Thalweg à écoulement temporaire.

Cône de déjection.

Alluvions récentes - imperméables.

Basse terrasse - imperméable.

Haute terrasse - perméable.

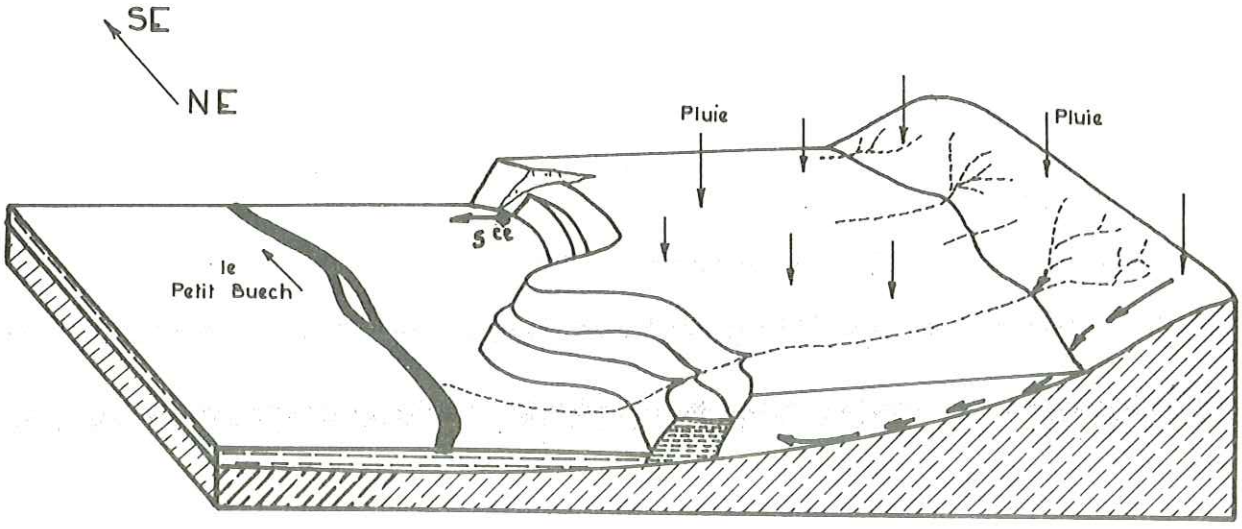
Terres noires - imperméables Jurassique.

CARTE HYDROGEOLOGIQUE

0 250 500 750 1000 m

SOURCE DE LA VIRGINIE

fig 52



LES CONDITIONS D'ALIMENTATION ET D'EMERGENCE

moyenne terrasse mélangée aux déjections du Rif de Saint-Marcellin, et accessoirement, aux éboulis du plateau des Eygaux. La nappe peut être alimentée par le Rif de Saint-Marcellin mais suivre un trajet souterrain important ; signalons à ce sujet qu'un sondage mécanique situé à la cote 836 m dans le lit du Rif de Saint-Marcellin (fig. 51) a traversé plus de 45 mètres de galets avant d'atteindre le substratum marneux.

c) La source du Poteau Saint-Luc (760 m)

Située un peu à l'aval du carrefour du Poteau Saint-Luc cette source est en partie captée au profit des communes de la Bâtie-Montsaléon et de Chabestan.

Elle est alimentée par infiltration directe de la pluie dans la moyenne terrasse et par infiltration dans la moyenne terrasse de l'eau qui a ruisselé sur le versant marneux. On distingue d'ailleurs plusieurs thalwegs qui partent des versants et viennent s'interrompre brutalement au milieu de la moyenne terrasse, sans doute au-dessus d'un ancien lit qui draine donc les écoulements superficiels et souterrains et vient déboucher dans la basse terrasse, à l'emplacement de l'émergence actuelle.

La surface de la zone correspondant à ce double mode d'alimentation est de 1,3 km^2, ce qui peut fournir un débit moyen de 10 à 20 l/s. Le débit moyen mesuré à la surverse du captage est de 7 l/s, il semble qu'il représente la moitié du débit réel et dans ce cas il est inutile de rechercher un apport complémentaire par le Petit Buëch.

d) La source de la Virginie (703 m)

Il s'agit d'une source située au pied du talus de la voie ferrée, au lieu-dit la Virginie, au Nord Ouest de la Bâtie-Montsaléon.

La carte et le bloc diagramme de la figure 52 nous expliquent les conditions d'alimentation et d'émergence à partir de la disposition géométrique des différents terrains. On observe :

- un substratum de Terres Noires,
- une moyenne terrasse reposant sur les Terres Noires,
- une basse terrasse accolée à la moyenne terrasse et reposant elle aussi sur les Terres Noires,
- une plaine d'alluvions récentes.

L'émergence est constituée par une série de griffons à la base de la moyenne terrasse, à l'endroit où la basse terrasse s'interrompt, érodée par la rivière. A partir de cette constatation on peut supposer qu'il existe une nappe à l'intérieur de la moyenne terrasse, que cette nappe est retenue par la basse terrasse moins perméable et s'écoule dès que cette basse terrasse n'est plus là pour la retenir, l'eau surverse alors par-dessus les alluvions récentes peu perméables.

La nappe aquifère est alimentée par l'infiltration directe des précipitations dans la moyenne terrasse et par l'infiltration, toujours dans la moyenne terrasse, des eaux qui ont ruisselé sur les Terres Noires. La surface correspondant à ce double mode d'alimentation est de 2 km^2, le débit moyen devrait donc être de l'ordre de 15 à 30 l/s or, nous sommes sûrs, malgré le manque de mesures, que le débit moyen réel de la source de la Virginie n'est pas inférieur à 40 l/s. Il existe donc une alimentation complémentaire qui ne peut venir que du Buëch, soit directement, soit par l'intermédiaire du canal d'arrosage qui passe au-dessus de la source.

5 - Caractères physiques et chimiques des eaux

Ici encore le but principal de l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux sera de déterminer d'éventuelles relations entre le Buëch ou toute autre rivière et chacune des sources étudiées. Rappelons les diverses hypothèses :

- source du Fontanil : alimentation par le Petit Buëch et (ou) par la Glaisette ;
- les Iscles : alimentation par le Rif de Saint-Marcellin ou par le Petit Buëch ;
- le Poteau Saint-Luc : alimentation, peu probable, par le Petit Buëch ;
- la Virginie : alimentation par le Petit Buëch ou par le canal d'arrosage.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

	Le Fontanil	Les Iscles	Le Poteau Saint-Luc	La Virginie
Débit minimum en l/s	11	10 ?	5	30
Variabilité	7	?	?	3,5
Résistivité moyenne en Ω.cm	2400	2150	2400	2200
pH moyen	7,4	7,3	7,4	7,4

a) Le débit

Les valeurs indiquées sur le graphique de la figure 53 représentent la totalité du débit pour les sources du Fontanil et de la Virginie et une partie seulement du débit pour la source du Poteau Saint-Luc.

Voyons, à partir de la source du Fontanil, comment varient les débits au cours du temps.

On observe une première crue, peu importante, au moins de janvier puis une seconde, beaucoup plus forte, en février - mars. Ces crues sont dues aux pluies et à la fonte des neiges. Après les faibles débits du mois de mai on observe une nouvelle crue due aux précipitations du mois de juin, jusqu'ici rien que de très normal mais durant les mois de juillet et août on assiste à une nouvelle augmentation des débits alors que les pluies sont très faibles ainsi que les débits du Petit Buëch et du torrent de Glaisette. On en concluera qu'à cette époque de l'année qui est celle où l'on arrose, la source du Fontanil est alimentée par les canaux d'irrigation.

Le même phénomène semble se produire sur la source de la Virginie mais non sur celle du Poteau Saint-Luc.

b) La température

Les températures moyennes sont normales pour l'altitude des émergences, les variations sont moyennement importantes.

Sur la source du Fontanil on remarque en février 1972 une chute brusque de la température de l'eau, liée à un pic de débit et à une chute brutale de la résistivité. Il s'agit manifestement du passage d'une quantité assez importante d'eau superficielle froide qui a lessivé le sol avant d'arriver très vite à l'émergence.

c) La résistivité

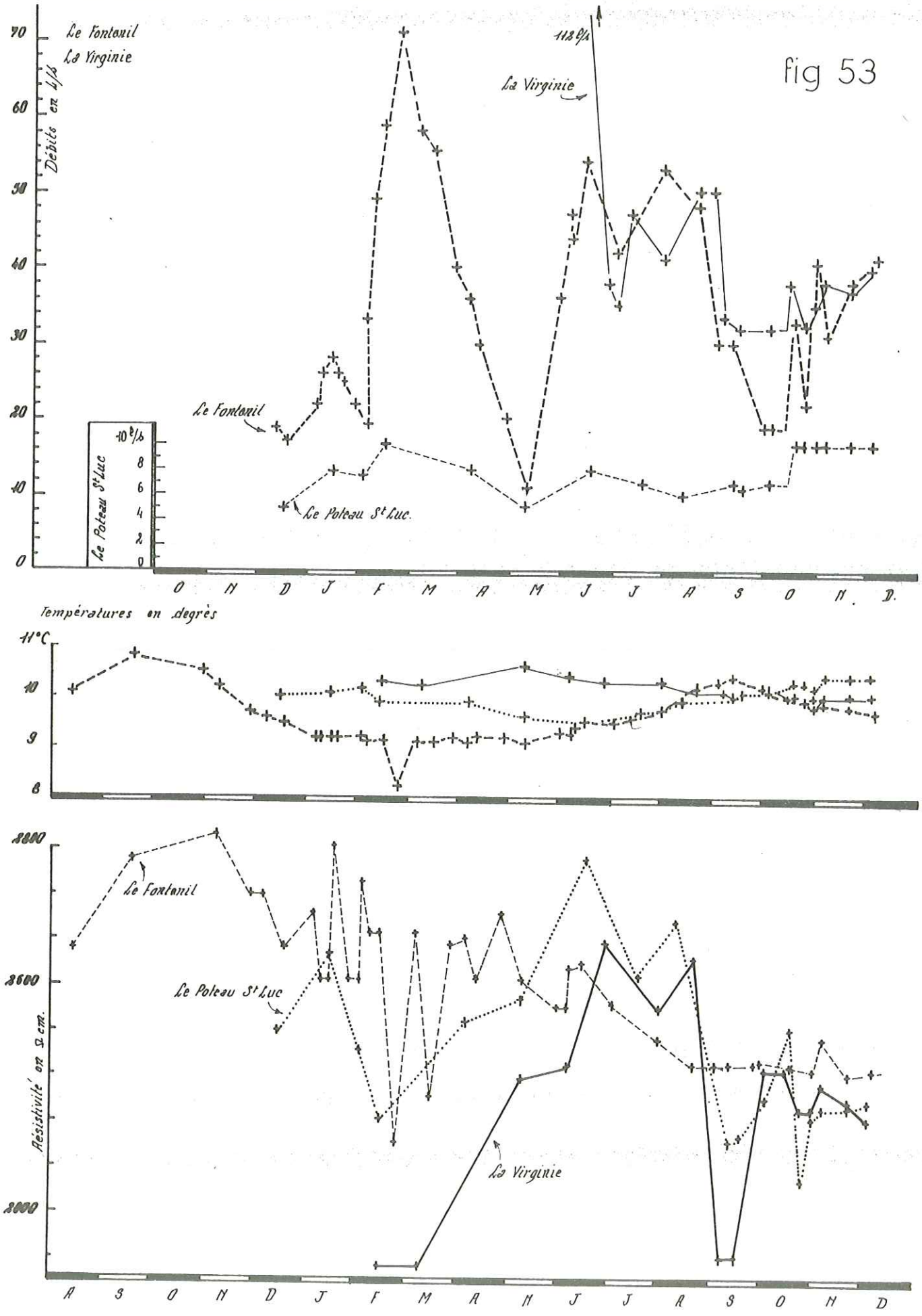
Les résistivités moyennes sont du même ordre de grandeur. Elles décroissent globalement de 1971 à 1972. Les variations sont beaucoup plus importantes que sur les autres sources, ainsi pour la source de la Virginie il semble exister au moins deux paliers : un palier à 1900 Ω.cm et un autre à 2 300 Ω.cm ; on peut y voir la marque du passage des eaux d'origines différentes.

Parmi les variations de la source du Fontanil on a sélectionné une crue au cours de laquelle on a suivi les variations conjointes du débit, de la température et de la résistivité. En comparant ces paramètres nous arriverons à distinguer les divers apports qui se succèdent à l'émergence (fig. 54).

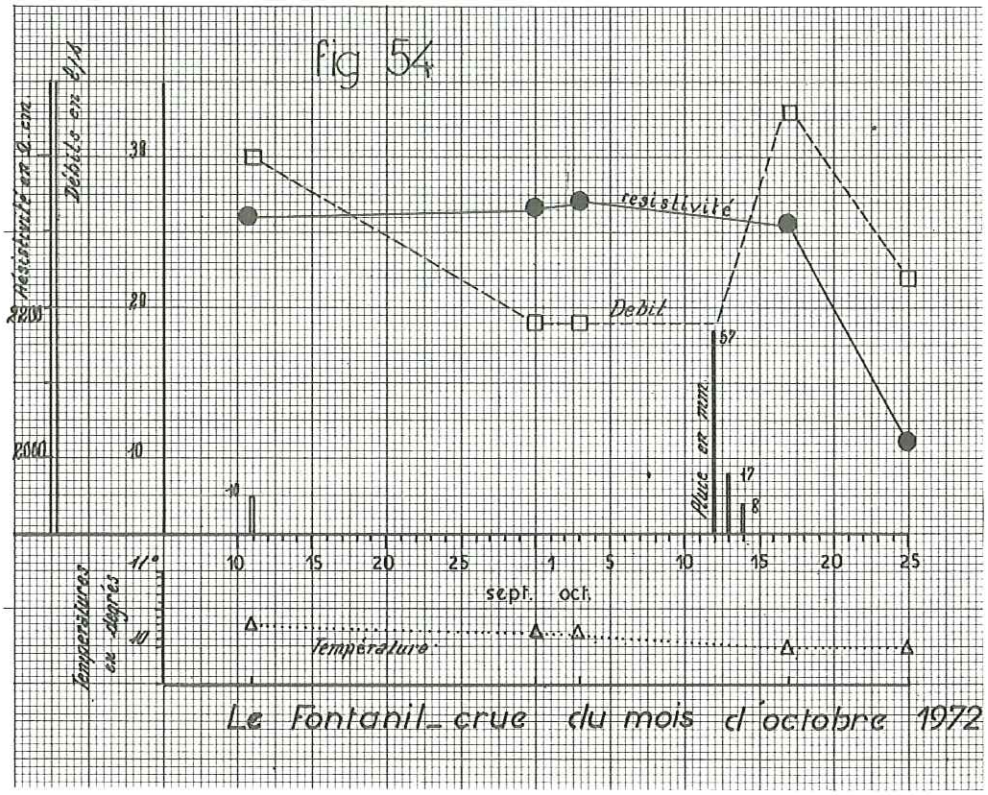
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

LES SOURCES DE LA PLAINE DU BUECH

fig 53



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011



En octobre 1972, après une longue période de sécheresse le débit est faible, la résistivité est constante, l'eau qui émerge à ce moment-là est celle de la nappe, c'est-à-dire une eau "moyenne" provenant de tous les apports possibles ; de plus la température de l'air et celle de la nappe commencent à diminuer. Arrivent les pluies du 11 au 13 octobre. Le débit croît mais la résistivité ne varie pas : il s'agit toujours d'eau de la nappe, laquelle a été mise en pression quelque part à l'amont.

Le 25 octobre le débit a diminué mais la résistivité aussi a diminué fortement, l'eau qui passe alors est la même que la précédente avec en plus une certaine proportion d'eau superficielle qui a lessivé le sol puis est arrivée rapidement à l'émergence. La température a peu varié mais ceci peut signifier que la température de cette eau superficielle était proche de celle de la nappe ou qu'elle a eu letemps de s'aligner sur elle.

Ainsi, à la suite des précipitations on a pu distinguer deux phénomènes successifs : le premier a été une mise en pression de la nappe, il a mis entre 0 et 5 jours pour se manifester ; le sec ond phénomène a été le passage d'eau superficielle, il a mis entre 5 et 12 jours pour se produire. Quant aux conclusions à tirer de ces constatations elles sont assez délicates, on peut penser que lors de la crue étudiée, la mise en pression de la nappe est due à l'arrivée de la pluie au sommet de celle-ci mais que l'eau à faible résistivité provient d'un cours d'eau car si elle provenait de la pluie elle arriverait à l'émergence en moins de 5 jours.

d) La composition chimique

Les compositions chimiques sont très proches pour toutes les eaux analysées, elles sont moyennement carbonatées calciques avec un peu de sulfate, de sodium et de magnésium ; elles somportent autant de carbonate que de calcium.

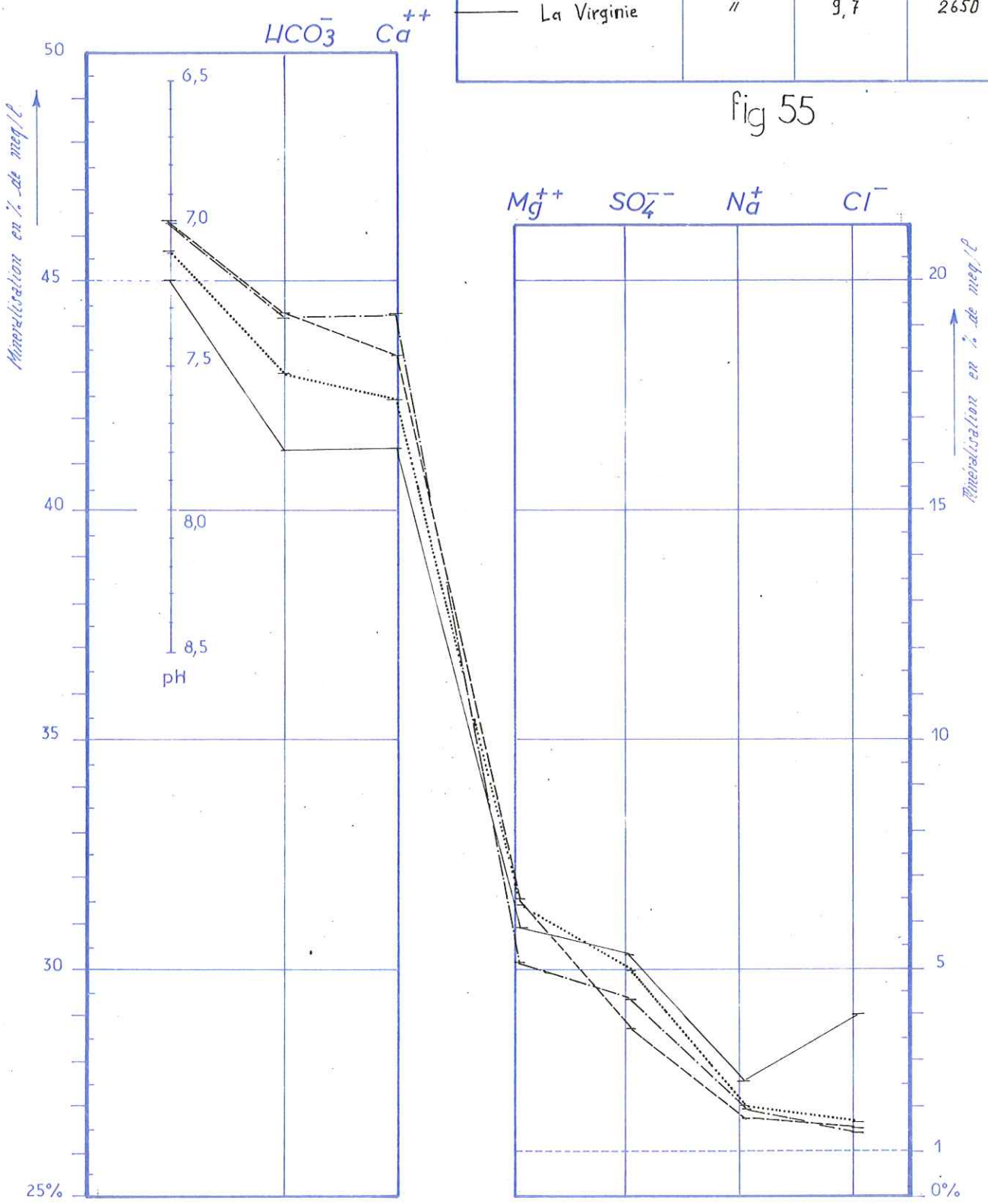
tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX

la plaine du buech

Echantillon	date du prélevement	minéralisation (en meq / l)	résistivité (en Ω cm)
Le Fontanil	20.11.72	9,5	2590
Les Isoles	//	10,2	2480
Le Poteau St Luc	//	9,8	2630
La Virginie	//	9,7	2650

fig 55



tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

La source de la Virginie se distingue par une concentration anormale en chlorure, on peut se demander si ce chlorure provient du Petit Buëch, et pour répondre à cette question comparer les valeurs absolues des concentrations en chlorure dans la rivière et dans la source:

	Chlorure en mg/l	
	le 9.5.72	le 20.11.72
Le Buëch au pont de la Bâtie-Montsaléon	5	5
La Virginie	14	13

La teneur en chlorure des eaux de la source de la Virginie ne provient pas du Petit Buëch, comme elle ne vient certainement pas de la pluie, ni du matériau aquifère il s'agit sans doute d'une pollution du canal d'arrosage qui par infiltration vient contaminer la source. Précisons qu'il s'agit plutôt d'un indice de pollution car les valeurs mesurées sont largement tolérables.

e) La teneur en silice (fig. 23)

Le secteur étudié ne contient en principe pas de source de silice, si l'on néglige l'apport des plateaux fluvio-glaciaires, et il devrait être possible d'utiliser la silice comme un traceur des eaux du Buëch. Ce dernier en effet a vu sa concentration augmenter à partir du pont de Devès par l'arrivée d'affluents qui eux, en sont chargés.

La source des Iscles contient très peu de silice ce qui confirmerait qu'il s'agit d'une nappe dont le bassin d'alimentation est constitué de Jurassique et de Crétacé inférieur non siliceux.

Les sources du Fontanil et du Poteau Saint-Luc montrent des concentrations moyennes dont il est difficile de tirer des conclusions, on ne pourrait d'ailleurs pas distinguer pour le Fontanil, les apports du Petit Buëch et ceux du torrent de Glaisette car ils contiennent tous deux de la silice.

Nous constatons tout de même en ce qui concerne la proportion d'eau de rivière que si elle existe elle ne représente qu'une partie du débit total.

Enfin, la source de la Virginie se fait remarquer par une concentration assez forte en silice ; comme les terrasses au pied desquelles elle se trouve n'ont aucune raison d'être plus siliceuses que les autres ; il faut voir là l'influence du Petit Buëch.

f) La teneur en tritium (fig. 24)

Les concentrations en tritium des eaux des sources de la plaine varient toutes parallèlement avec un décalage non dans le temps mais dans les valeurs de concentration ; il n'est pas possible de dire si ces décalages correspondent à des âges moyens supérieurs ou inférieurs les uns par rapport aux autres. Par rapport au Petit Buëch les sources présentent des concentrations supérieures, ce qui montre encore une fois que, dans le cas où elles seraient alimentées par celui-ci, il ne s'agirait que d'une alimentation partielle.

6 - Conclusions sur la plaine du Buëch, de Veynes à Pont-la-Barque

Ce secteur de la plaine du Buëch est riche en exsurgences importantes. Les conditions d'émergence sont liées à la morphologie quaternaire et sont différentes. L'émergence du Fontanil est liée à l'ancien cône de déjections du torrent de la Morelle et à l'endigage du Buëch ; les autres émergences sont liées à la disposition réciproque des terrasses de divers niveaux.

Les conditions d'alimentation sont à peu près les mêmes : infiltration directe dans les terrasses alluviales, infiltration dans ces terrasses après ruissellement sur les Terres Noires et enfin apport éventuel d'un cours d'eau superficiel.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

En ce qui concerne les principales émergences nous avons vu que :
- le Fontanil est alimenté par des infiltrations des canaux d'irrigation, il reçoit peut-être aussi des apports du Buëch et (ou) du torrent de Glaisette ;
- la source des Iscles est indépendante du Buëch, elle est peut-être en relation avec le Rif de Saint-Marcellin ;
- la source du Poteau Saint-Luc semble indépendante du Buëch ;
- la source de la Virginie est alimentée en partie par le canal d'arrosage qui passe à proximité.

D'un point de vue pratique les sources les plus intéressantes seront donc le Poteau Saint-Luc et la source des Iscles.

E. - CONCLUSIONS SUR LA VALLEE DU PETIT BUECH

Nous avions coupé un peu arbitrairement la vallée du Petit Buëch en trois tronçons, il apparaît que cette division était adéquate et que les trois zones individualisées en fonction de leur structure géologique présentent des caractères hydrogéologiques différents.

- La zone amont, c'est-à-dire la plaine de la Roche-des-Arnauds - le Devès est caractérisée par un remplissage alluvial très épais, l'absence de terrasses et l'importance des cônes de déjections. Le Buëch y coule souvent dans les alluvions de son lit actuel endigué ou de ses anciens méandres. On connaît l'existence d'une nappe phréatique à fort battement à la Roche-des-Arnauds mais on en ignore l'exutoire. On y trouve des émergences importantes : la source de Ricou, la source du Point 884 ou la source du Ruissan par exemple ; ces émergences arrivent parfois à sécher complètement, elles peuvent être alimentées soit par des infiltrations des cours d'eau, soit par des apports souterrains des versants.

- La zone centrale, c'est-à-dire la cuvette de Montmaur est caractérisée par un petit nombre d'exutoires visibles, et par une structure géologique et un remplissage quaternaire favorables à existence de réserves importantes.

- La zone aval est caractérisée par un remplissage réduit du fond de vallée : le Petit Buëch coule souvent sur les marnes jurassiques. On y trouve plusieurs émergences importantes liées aux terrasses mais qui peuvent recevoir des infiltrations de la rivière ou des canaux d'arrosage. Les apports des versants aux nappes contenues dans les terrasses ne sont plus souterrains mais de ruissellement.

Les méthodes d'étude qui nous paraissent le mieux adaptées aux problèmes qui se posent dans la vallée du Petit Buëch sont la mesure des débits moyens, celle de la concentration en silice et celle de la concentration en tritium.

Une nouvelle phase d'étude devrait porter sur la reconnaissance géophysique et mécanique du remplissage des zones amont et milieu et des réserves qui s'y trouvent. On résoudra aussi de nombreux problèmes par des expériences de traçage des eaux, effectuées avec méthode, dans les zones amont et aval de la vallée.

Les sources sur lesquelles on peut fonder le plus d'espoir sont celles de la Plaine, du Ruissan, des Iscles et du Poteau Saint-Luc.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

CONCLUSIONS GENERALES

En examinant, au début de cette étude, le bassin versant du Petit Buëch, nous avons remarqué qu'il résultait de l'assemblage d'un certain nombre de régions géographiquement et géologiquement distinctes. Nous avons donc commencé par calculer le bilan hydrologique global puis nous avons examiné les différents types de circulations qui participent à ce bilan et enfin nous avons terminé par l'étude de la vallée du Petit Buëch qui recoupe les principaux secteurs constitutifs du bassin et représente, en quelque sorte, un résumé des formations et des structures que l'on y rencontre.

Le bilan hydrologique du bassin versant a été établi sur une seule année, de novembre 1971 à octobre 1972 mais il est tout de meme représentatif du bilan moyen car les précipitations ont été proches des précipitations moyennes. Nous avons précisé mois par mois l'évolution des réserves du bassin, et mis en évidence l'accumulation d'eau, sous la forme de recharge des nappes et de stock neigeux, de septembre à février et sa restitution de février à octobre. Le bilan ainsi établi est en équilibre puisque durant cette période les volumes d'eau entrés et sortis du bassin sont quantitativement les mêmes. Par la suite, l'étude des résistivités nous a montré que dans le cadre de ce bilan équilibré et moyen il y a eu un renouvellement des réserves des nappes sans doute plus complet que durant les autres années. Nous avons émis l'hypothèse que ce renouvellement était dû au départ d'eau ancienne, chassée du terrain par les précipitations qui ont succédé à la sécheresse de l'été - automne 1971.

Lors de l'étude des circulations aquifères nous avons déterminé les caractères hydrogéologiques propres à chaque type de formation et le rôle de l'histoire sédimentaire et tectonique dans l'apparition et l'évolution de ces caractères ; en même temps, nous avons recherché quelles étaient les méthodes d'investigation les mieux adaptées à l'étude des écoulements de surface et souterrains de la région.

- Les marnes jurassiques, ou Terres Noires, sont épaisses et imperméables, elles servent de niveau imperméable et de plus, minéralisent de façon caractéristique les eaux qui circulent à leur contact.

- Les calcaires tithoniques ont subi de nombreuses phases tectoniques, depuis les plissements antésénoniens jusqu'à la phase de compression post-oligocène, ils en sont sortis tout faillés et bouleversés. Ils arrivent tout de même parfois à conduire l'eau sur des distances et à des profondeurs importantes, comme dans le cas des sources de la Gerle et de la Plaine. Ils donnent des émergences nombreuses, souvent exploitées et aux débits intéressants mais très variables.

- Les calcaires sénoniens affleurent sur une grande partie du bassin, ils sont très épais, ont subi moins de contraintes que les calcaires tithoniques et en conséquence sont restés beaucoup plus homogènes ; malgré leur aspect ruiniforme et la présence de réseaux karstiques très développés, ils sont finalement moins perméables que prévu.

Les seuls affleurements où l'on rencontre des exutoires sont ceux des calcaires horizontaux perchés de la montagne de Charajaille et surtout du massif de Bure-Aurouze. Nous avons démontré que ce massif était partiellement drainé vers le Sud et que le plateau de Bure au lieu d'appartenir au bassin de la Souloise et du Drac appartenait, au moins en partie, à celui du Buëch car il alimente les sources et le torrent de la Sigouste par l'intermédiaire du réseau karstique du Chourum Napoléon.

Les calcaires sénoniens fournissent des débits considérables et assez réguliers ; le temps moyen de transit des eaux y est sans doute de 2 à 3 ans et résulte du mélange de circulations rapides, de quelques heures, avec des circulations lentes qui durent plusieurs années.

- Les alluvions fluvio-glaciaires du type "Plateau des Eygaux" se caractérisent par une perméabilité réduite, des émergences aux débits faibles mais réguliers et des eaux d'âge moyen élevé.

- Il existe aussi à travers le bassin une multitude de lambeaux morainiques dans des conditions de gisement très diverses et qui contiennent de petites nappes aquifères.

Les méthodes d'étude employées ont été nombreuses, certaines ont donné peu de résultats, d'autres par contre, se sont révélées bien adaptées aux problèmes de la région.

- La température moyenne des eaux de l'émergence diminue régulièrement quand l'altitude augmente, les anomalies constatées sont dues généralement à l'exposition des versants ou bien, lorsque la température moyenne est excessive, à des circulations profondes.

- Le calcul du débit moyen des sources permet de préciser les limites de leur zone d'alimentation en partant du principe que le module d'alimentation a peu de chances d'excéder 15 à 20 l/s/km^2. Cette méthode n'est pas très précise mais, même si l'on choisit une marge d'incertitude élevée, permet souvent de faire un choix parmi diverses hypothèses sur les conditions d'alimentation d'une émergence.

- La composition chimique des eaux de la région est peu variée, elle est le plus souvent "calcaire" c'est-à-dire carbonatée calcique, parfois "dolomitique" lorsqu'il s'y ajoute du magnésium et va jusqu'à être "marneuse" avec du sulfate, du magnésium et du sodium.

- La silice est peu abondante dans les eaux ayant lessivé les diverses formations géologiques du secteur, sauf les calcaires sénoniens ; elle permet de différencier des eaux dont les compositions chimiques sont par ailleurs identiques, elle peut servir aussi de "traceur" pour déceler des relations entre sources et cours d'eau superficiels.

- La connaissance des teneurs en tritium nous donne une idée d'ensemble sur le temps moyen de transit des eaux dans les différents réservoirs. Les eaux du Petit Buëch ont un âge moyen au moins égal à un an car elles sont un mélange d'eau de précipitation ruisselée et d'eau souterraine restituée par les nappes. Les eaux de la majorité des sources ont un âge moyen vraisemblablement un peu supérieur à 2 ans.

Les eaux qui émergent à la source du Ruissan et surtout celles du lavoir de Saint-Marcellin ont un âge moyen de plusieurs années.

La vallée du Petit Buëch récolte sur son passage tous les écoulements superficiels et souterrains, on y distingue trois secteurs : un secteur amont, entre la Roche-des-Arnauds et la cuvette de Montmaur, un secteur central qui est la cuvette de Montmaur elle-même et un secteur aval qui s'étend de Veynes à Pont-la-Barque.

- Le secteur amont, entre la Roche-des-Arnauds et le lieu-dit le Devès a été surcreusé par les glaciers, y compris les glaciers würmiens, qui s'y sont succédés. L'aspect de la plaine a beaucoup changé au cours des derniers siècles, modifié par l'action de l'homme : construction de digues et déboisement.

Le remplissage alluvial est important, on y trouve une nappe phréatique assez puissante, atteinte par forage au lieu-dit Pré Roubert, à proximité du village de la Roche-des-Arnauds.

Le Buëch disparaît souvent pour couler dans les alluvions de son lit actuel ou de ses anciens méandres. Le problème majeur est de différencier les apports de versant des écoulements sous-alluviaux superficiels et des exutoires de la nappe alluviale principale. Dans ce secteur se trouve la source du Ruissan qui est le trop-plein d'une nappe importante et qui représente sans doute la solution aux problèmes d'alimentation en eau de la région.

- La cuvette de Montmaur présente une structure géologique et un remplissage quaternaire favorables à l'emmagasinement de réserves considérables mais nécessitant des moyens matériels importants pour être inventoriées.

- La vallée du Petit Buëch entre Veynes et Pont-la-Barque a été réentaillée beaucoup plus profondément par la rivière actuelle. Le remplissage alluvial consiste en terrasses étagées au pied desquelles on rencontre plusieurs émergences de fort débit, malheureusement, ces émergences reçoivent souvent, comme à la Virginie, des infiltrations d'eau de rivière ou des canaux d'arrosage.

Revenons, pour terminer, sur le problème des ressources en eau qui était un des aspects majeurs de ce travail. Nous avons montré qu'il existait plusieurs types de ressources adaptées aux différents types de besoins, ainsi par exemple les sources de moraine sont capables d'alimenter un hameau, les sources du Tithonique suffisent pour un village, le débit trouvé aux sources du Mouchechot permettra d'alimenter une partie du Dévoluy et les réserves du secteur amont de la vallée du Petit Buëch sont suffisantes pour alimenter une agglomération importante.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

En définitive, nous n'avons pas résolu tous les problèmes qui se posaient, mais nous avons montré la méthode à suivre dans ce type de région de moyenne montagne, stratigraphiquement et structuralement variée. Cette méthode consiste à utiliser d'abord un certain nombre de techniques telles que l'observation géologique, des expériences de traçage des eaux, des mesures de caractères physiques des eaux : débit, température, résistivité, des analyses chimiques et isotopiques. Ce n'est qu'après avoir comparé tous les résultats obtenus par ces techniques relativement peu onéreuses, une fois précisées les zones intéressantes, que l'on emploiera avec profit les méthodes habituelles de reconnaissance : prospection géophysique et sondages.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

BIBLIOGRAPHIE

ANDRIEUX (C.), 1973. - Le système karstique du Baget (Ariège). Sur la thermique des eaux au niveau de l'exutoire principal. Note préliminaire. Annales de spéléologie, t. 27.

ARCHAMBAULT (M.), 1967. - Découverte des restes d'une formation forestière fossile entre deux nappes colluviales quaternaires (vallée de la Channe, affluent du Buëch, Hautes-Alpes. C.R.A.S., t. 265.

ARTRU (P.), 1973. - Les Terres Noires du Bassin Rhodanien. Bajocien supérieur et Oxfordien moyen. Thèse de doctorat - Lyon

BARBIER (J.L.), 1972. - Etude hydrogéologique de la haute vallée de la Vernaison et de ses bordures. Thèse 3e cycle - Grenoble.

BONHOMME (J.L.), 1972. - Etude hydrogéologique et hydrodynamique du karst des calcaires sénoniens - Dévoluy. Conservatoire National des Arts et Métiers, thèse d'ingénieur géologue.

BONIFAY (E.), 1967. - Glaciaire et fluvio-glaciaire duranciens dans la région de Sisteron. Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire, p. 179.

CATALAN, 1969. - Quimica del agua. Editoriel Blume.

CROUZET (E.), HUBERT (P.), OLIVE (P.), SIWERTS (E.) et MARCE (A.), 1970. - Le tritium dans les mesures d'hydrologie de surface. Détermination expérimentale du cœfficient de ruissellement. Journal of Hydrology, t. II.

GIDON (M.), et MONTJUVENT (G.), 1969. - Essai de coordination des formations quaternaires de la moyenne Durance et du haut Drac (Hautes-Alpes). Bull. de l'Association française pour l'étude du Quaternaire, 2, p. 145-161.

GIDON (M.) et PAIRIS (J.L.), 1969. - Sur l'existence et la signification d'un système de fractures subméridiennes dans le Dévoluy méridional, environs de Veynes (Hautes-Alpes), C.R.A.S., t. 268.

GIDON (M.) et PAIRIS (J.L.), 1971. - Remarques sur l'évolution structurale et les caractères des mouvements tectoniques dans la branche nord ouest de l'Arc de Castellane. C.R.A.S., t. 272.

GIDON (M.) et PAIRIS (J.L.), ARNAUD (H.), APRAHAMIAN (J.) et USELLE (J.P.), 1970. - Les déformations tectoniques superposées du Dévoluy méridional (H.-A.). Travaux du Laboratoire de Géologie - Grenoble, t. 46.

GIGOUT (M.), 1969. - Sur le Quaternaire glaciaire et périglaciaire dans la vallée du Buëch (H.-A.). C.R.A.S., t. 268.

JUSSERAND (C.), 1973. - Contribution à l'étude de l'hydrogéologie karstique du haut bassin du Colin. - Annales de Spéléologie, C.N.R.S., t. 27.

MERIAUDEAU (R.), 1970. - Contribution à l'étude de l'aménagement du secteur rural de Veynes. Thèse géographique - Grenoble.

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

MICHEL (R.) et LETOURNEUR (J.), 1971. - Géologie du Génie Civil. Ed. Armand Colin.

OLIVE (P.), 1970. - Contribution à l'étude géodynamique du cycle de l'eau dans l'hémisphère nord par la méthode du tritium. Thèse, Paris.

TRICART, 1934. - Périglaciaire et fluvio-glaciaire - Essai de corrélation du Quaternaire de la Durance. - Mémoire du Centre de Documentation Cartographique du C.N.R.S., IV.

WIDMANN (M.), 1955. - Un exemple de formation de laves torrentielles. Le torrent à clappes du Rabioux (La Cluse en Dévoluy, Hautes-Alpes). Revue Forestière Française.

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

ANNEXE

A) - INVENTAIRE DES SOURCES ET DES POINTS D'EAU - DEBITS

B) - RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX

C) - RESULTATS DES MESURES DE CONCENTRATION EN TRITIUM

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

A) - INVENTAIRE DES SOURCES - DEBITS

N° de référence	Nom	Commune	Coordonnées			débit mesuré (l/s) ou connu		Remarques	pages
			x	y	z	mini	maxi		
A 1	Sce SNFCF	Aspres/Buëch	872,4	250,2	760	0,23	0,75	ancienne fontaine	
A 2	Sce Serre-la-Croix	"	872,3	251,4	900	0,45	0,66	alimente la ferme	79.81
AO 1	Sce de la Tourache	St-Auban d'Oze	879,3	249,5	1045	0,5	7,0		
AO 2	La Font-Vaillant	"	880,5	249,4	1300	1,7	7,0		
AO 3	Sce du Clot du Pin	"	879,3	250,3	1015	0,4	1,9	alimente la commune	
B 1	Sce du haut de la Bâtie	La BâtieMontsaléon	871,7	245,3	750	0,08	0,10	fontaine	
B 2	Sce de la Garenne	"	871,2	245,6	702	0,4	0,9	alimente la ferme	
B 3	Sce de la Virginie	"	871,5	246,2	703	30	112		39.41 - 109 à 120
CB 1	Sce de la Montagne	Chabestan	875,1	246,4	855	0,3	1,9	alimente la commune	
CO 1	Sce de la Lauze	Chf d'Oze	881,2	253,4	995		2		
CO 2	Sce du Chazal	"	881,5	253,6	930		0,88	alimente le hameau	
CO 3	Font-Froide d'Oze	"	880,9	251,1	1150	0,33	2,0	alimente le village	
C 1	Fontaine Bonne	La Cluse	880,0	263,3	1250	5	10		67 - 73
C 2	Sce des Granges	"	879,8	264,0	1300	4,5	12		67 - 73
C 3	Sce des Grosses Pierres	"	879,9	265,0	1512		2,5		
C 4	Sce du Lac	"	878,7	265,5	1190	4,5	30		45 - 67 - 73
C 5	Sces de Maniboux	"	878,8	264,5	1435		1 + 1	2 émergences	
C 6	Font Bidouine	"	876,9	264,2	1530		1,5		
C 7	Sce de Pré Rond	"	876,4	265,8	1470	1,16	20		
C 8	Fontaine du Gîte	"	876,4	265,4	1600	3,5	15		
C 9	Sce de Lara	"	875,5	265,5	1650	0,2	2,0		
C 10	Sce du tt de Pré la Pierre	"	875,4	265,4	1690	0,4	4,0		
C 11	Sces du Mouchechot	"	878,9	267,0	1350			plusieurs émergences	51-69 à 77 - 120
C 12	Les Fontainiots	"	879,2	268,0	1385			" "	69 à 77
C 13	Sce des Garcins	"	878,4	268,2	1485	0,1	0,3	alimente le hameau	
C 14	Sce de Vaugelé	"	879,7	268,6	1450	0,11	15,0	alimente le Festre	
E 1	Sce captée d'Espréaux	Esparron (Espréaux)			1185		0,2	prise dans le torrent alimente le village	
E 2	Sce non captée	"	881,7	247,9	1220	0,53	1,1		

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

A) - INVENTAIRE DES SOURCES - DEBITS (suite)

N° de référence	Nom	Commune	Coordonnéés			débit mesuré (l/s) ou connu		Remarques	Pages
			x	y	z	mini	maxi		
Mt 1	Sces de Combe Noire	Manteyer	884,7	256,2	1175	0 + 0,3	0,6 + 2	deux émergences	27
Mt 2	La Fontarine	"	885,7	256,1	1180	0,3	2,0		
Mt 3	Sce de la Sapie (Ceüse)	"	886,4	253,5	1370	1	3	captée sommairement	27
Mt 4	Sce du Tt du Moulin	"	886,2	252,9	1450	2	10		27
M 1	Sce de Ricou	Montmaur	882,4	257,0	875	0	205	résurgence du Buëch ?	45-53 - 55
M 2	Sce de la Carrière	"	882,9	257,5	877	0,2	4,0		93 à 105-118
M 3	Puits du Devès	"	883,3	257,2	881			devant la ferme du Devès	95
M 4	Sigouste rive gauche	"	883,6	262,2	1336	20	155		39 - 69 à 79
M 5	Sigouste rive droite	"						plusieurs émergences	97 - 119
M 6	Fme du vallon de Bure	"	883,7	263,8	1806	3	15		69-71 à 73
M 7	Sce de la Sagne	"	880,7	260,5	1200	0,10	0,25		83 - 87
M 8	Sce de la Froidière	"	880,8	260,2	1160	0,33	1,5		
M 9	Sce de la Montagne	"	880,6	261,9	1340	0,1	3,75	alimente le hameau de la Montagne	
M 10	Sce de Brunsel	"	880,1	262,0	1220	0,15	0,75		95-100 à 105
M 11	Sce de Serre-Auriac	"	883,7	257,1	881	0	25		
O 1	Sce du Serre Pointu	Oze	876,2	250,9	905	0,05	0,2		58
O 2	Sce du vallon d'Oule	"	877,2	251,9	1120	0,20	5,0		59 à 64
O 3	La Baumette	"	872,4	250,4	700	0,43	1,0	Fontaine	86
O 4	Sce Fontaine Lambert	"	872,5	250,6	700		0,27	alimente la ferme	
O 5	Sce du Béal des Monges	"	873,8	250,7	830	0,15	1,0		83 à 87
O 6	Sce du château de Veras	"	875,3	251,8	805		0,3	plusieurs émergences dans un pré	
O 7	Sce de Fonteille	"	873,4	250,3	800	0,6	2,0	captée	83 à 87
O 8	Sce du Poteau St-Luc		873,1	251,0	760	5	10	alimente Chabestan et la Bâtie	53-109 à 118
R 1	Sce Garcin (Hte Corréo)	Roche-des-Arnauds	890,5	257,8	1150	0,21	1,16		
R 2	Font-Froide de Bure	"	880,8	251,1	1575	10	60	doit alimenter la commune	65 à 77
R 3	Sce du Ruissan	"	883,9	257,6	890	0	200		39-51-93 à
R 4	Sce du Point 884	"	883,8	257,6	884	0	93		105-118-120
R 5	Sce de la Plaine		885,8	258,1	920	0	15		59 à 64
									90 à 105-118
									119

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

A) - INVENTAIRE DES SOURCES - DEBITS (suite)

N° de référence	Nom	Commune	Coordonnées			débit mesuré (l/s)ou connu		Remarques	Pages
			x	y	z	min	maxi		
Sx 1	Sce de Villauret	Le Saix	879,3	247,5	940	1	6	alimente la commune	59 à 64
Sx 2	Sce du Gouravour	"	879,8	248,4	920	0,8	2		
Sx 3	Sce de l'Airette	"	879,6	248,4	1240		0,4		
Sv 1	Sce de Villelongue	Savournon	876,6	243,2	900		0,3	alimente le hameau	
Sv 2	Sce du Fourlan	"	874,6	243,4	818	0,8	1,0		
V 1	Sces de la Gerle	Veynes	877,0	255,2	900	2	<15	débit total	59 à 64 - 90-119
V 2									
V 3	Sce des Nays des Pascaux	"	872,5	257,7	1100	0,08		alimente la ferme	
V 4	Font la Vie	"	875,9	257,2	1250	0,11	1,5		
V 5	Sce de la Doux	"	875,8	259,2	1355	2,5	25		65 à 79
V 6	Sce de la Barre	"	877,4	261,6	1050	1 ?	10		59 à 64
V 7	Sce du Petit Vau	"	878,8	259,6	960	0,2	10	alimente le hameau	
V 8	Sce du Fontanil	"	876,9	253,5	808	11	71		53-109 à 118
V 9	Sce des Iscles	"	875,1	252,5	785		20		53-109 à 118
V 10	Lavoir St-Marcellin	"	875,2	253,4	835	0,20	0,30		55-79 à 83-120
V 11	Sce de Parassac	"	874,8	252,8	900	0,19	0,29		79 à 81
V 12	Sce des Bédessons	"	873,3	251,9	860		1		79
V 13	Sce d'Auvergne	"	874,8	252,7	900	0,13	0,25		
V 14	Sce de Greyers	"	879,9	258,6	905	0,1	0,8		106
V 15	Sce d'Oriol	"	879,0	258,0	1025	0,20	0,43	alimente la ferme	106

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

B) - ANALYSES DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES DU BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH (en mg/l)

Appellation	N°	date du prélèvement	résistivité (en Ω.cm)	pH	CO_3H^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	SO_4^{--}	Cl^-	NO_3^-	Fe	SiO_2
Serre la Croix	A 2	[illegible].9.5.72	4740	7,5	165	49	2,9	1,5	0,15	0	3		0	
La Tourache	AO 1		2620	7,4	250	75	10	8,0	0,78	34	2,0	0		
		9.5.72	2560	8,0	262	79	12	6,4	0,58	48	2		0	
La Virginie	B 3	9.5.72	2590	7,2	250	79	5,2	8,7	1,1	24	14		0	
		20.11.72	2650	7,2	244	79	6,6	5,2	1,9	24	13	4,5		2,07
Poteau St-Luc	CB 3	9.5.72	2720	7,2	256	83	5,9	3	0,75	20	4		0	
		20.11.72	2630	7,1	256	83	7,3	3,9	1,1	22	5	4,9		1,72
Sce du Lac	C 4	29.10.71	5880	7,4	122	36	1,2	0,5	0,38	1	3,0	0		
		26.4.72	5920	7,9	122	37	1,1	0,3	0,3	2	2		0	
Sce de Pré Rond	C 7	16.9.71	3800	7,5	195	59	3,8	1,4	0,4	12	4,0	0		
Sce de Pré la Pierre	C 10	24.10.71	3540	7,3	220	61	9,7	1,9	0,8	7	4,0	traces		
Sce du Mouchechot	C 11	20.11.72	5000	7,2	134	44	1,2	0,5	0,25	0	2			1,84
Sce des Fontainiots	C 12	20.11.72	2750	6,8	262	84	4,2	6,1	0,66	4	4			2,38
Ricou	M 1	7.1.72	2840	7,3	226	67	6,0	2,2	1,0	10	3,0	0,4		
Ricou thalweg sud		8.5.72	3510	7,4	214	62	3,8	2,1	0,3	6	3		0	
thalweg nord		8.5.72	3440	7,4	214	63	3,2	2,1	0,3	6	2		0	
Ricou		21.11.72	3010	7,0	213	70	7,4	2,2	0,76	16	2			1,77
Sce de la Carrière	M 2	8.5.72	2590	7,1	275	85	4,7	3,1	0,58	14	4		0	
Sigouste R.G.	M 4	24.11.71	5980	7,3	122	35	3,3	0,5	0,3	0	2	0		
		8.5.72	4950	7,9	159	46	1,8	0,6	0,15	0	2	0		
		22.8.72	4900	7,8	122	36	1,7	0	0,14	2	2,0	0,4		4,8
Sigouste R.D.	M 5	29.10.71	5980	7,2	122	36	0,8	0,3	0,15	0	2,0	0		
		8.5.72	5920	7,7	128	38	1,1	0,3	0	0	2		0	
Fne vallon Bure	M 6	29.4.72	7000	7,8	110	32	0,4	0	0	2	2		0	
		22.8.72	5710	7,8	98	33	0	0	0,1	4	2	0,8		3,6
Sce de la Sagne	M 7	29.10.71	2060	6,5	348	111	3,0	1,7	1,5	2	6,0	6,6		
Sce Serre Auriac	M 11	8.5.72	3130	7,5	238	71	3,3	2,6	0,35	8	3		0	

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

B) - ANALYSES DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES DU BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH (en mg/l) (suite)

Appellation	N°	date du prélèvement	résistivité	pH	CO_3H^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	SO_4^{--}	Cl^-	NO_3^-	Fe	SiO_2
Sce Serre Pointu	O 1	9.5.72	1930	7,2	268	68	26	21	2,85	131	3		0	
Sce vallon d'Oule	O 2	9.5.72	2750	7,7	287	73	10,1	2,9	0,4	16	2		0	
Sce de la Beaumette	O 3	9.5.72	2190	7,0	366	112	1,4	4,2	0,35	4	4		0	
Sce Béal Monges	O 5	29.10.71	1850	7,6	415	127	2,3	5,0	0,62	5	4	0		
Sce de Fonteille	O 7	9.5.72	2140	7,4	372	117	2,0	2,9	0,25	6	4		0	
La Font-Froide	R 2	6.4.72	4780	7,0	153	44	1,7	2,9	0,3	12	2		0	
Sce du Ruissan	R 3	7.1.72	2300	7,0	274	83	6,8	3,6	1,3	10	3	0,9		
		8.5.72	2590	7,1	287	84	5,9	3,7	0,6	10	4		0	
		16.8.72	2150	7,7	287	85	6,6	3,7	0,6	21	4	3,2		
		21.11.72	2450	7,0	274	84	7,9	3,5	1,0	14	4			3,19
Sce du Point 884	R 4	9.5.72	2500	7,1	293	91	6,6	2,9	0,6	14	4		0	
		21.11.72	2450	7,0	281	88	8,6	3,0	1,0	14	3			1,96
Sce de la Plaine	R 5	21.11.72	2750	6,9	262	79	6,6	1,9	0,5	4	3			1,36
Sce de Villauret	Sx 1	24.8.72	2220	7,7	268	76	8,4	7,6	1,0	25	3	0,5		5,8
Sce de la Gerle (1)	V 1	8.5.72	2510	7,4	317	94	3,6	1,9	0,3	4	3		0	
Sce de la Gerle (2)	V 2	8.5.72	2510	7,4	317	94	3,6	1,7	0,3	4	3		0	
Sce de la Doux	V 5	28.10.71	3780	7,1	189	59	1,3	1,7	0,6	4	2	0		
		24.4.72	3920	7,5	183	59	0,7	1,5	0,4	14	2		0	
Sce de la Barre	V 6	24.8.72	2030	7,6	293	87	6,6	6,0	1,4	24	6	0,7		6,4
Sce du Fontanil	V 8	29.10.71	2610	6,7	262	83	4,0	2,7	0,9	6	3	0,8		
		8.5.72	2720	7,2	268	82	4,1	3,5	0,7	15	4		0	
		20.11.72	2590	7,0	256	82	7,3	3,3	1,2	16	4			1,73
Sce des Iscles	V 9	20.11.72	2480	7,0	274	90	6,1	3,7	1,3	20	4			1,30
Lavoir St-Marcellin	V 10	29.10.71	2680	7,0	262	85	3,1	2,6	0,7	4	3	0,4		
Sce de Parassac	V 11	29.10.71	2930	6,7	268	80	3,3	2,4	0,4	0	3	traces		
		9.5.72	3040	7,3	268	77	2,8	2,3	0,1	4	2		0	
Sce des Greyers	V 14	29.10.71	2050	6,5	360	108	4,0	3,1	0,4	2	4	1,2		
Sce d'Oriol	V 15	8.5.72	2440	7,3	336	84	12,6	4,5	0,4	2	2		0	
Tt de Béoux	[illegible]	7.1.72	2840	7,5	189	60	7,1	4,9	3,0	28	3	0,4		
au Bas-Etroit captage de la Béoux		7.1.72	2620	7,0	238	70	5,7	3,8	1,8	19	3	0,4		
Le Petit Buëch au Devès		14.1.72	2880	7,7	220	65	7,2	2,5	1,0	14	3	0,4		

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

B) - ANALYSES DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES DU BASSIN VERSANT DU PETIT BUECH (en mg/l) (suite)

Appellation	N°	date du prélèvement	résistivité	pH	CO_3H^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	SO_4^{--}	Cl^-	NO_3^-	Fe	SiO_2
Le Petit Buëch au Devès		8.5.72	4200	8,0	183	52	3,1	1,5	0,3	2	2		0	
		21.11.72	3260	7,7	213	63	11,6	1,8	0,7	10	3			1,30
Le Petit Buëch Pt de la Morelle Veynes		20.11.72	3260	7,6	201	63	8,2	6,8	1,2	25	3			2,17
Au Pont de la Bâtie Montsaléon		9.5.72	3830	8,0	171	52	5,5	3,3	0,6	12	5		0	
		20.11.72	3330	7,7	189	58	8,2	3,7	1,6	28	5	1,4		2,39
Le Rif de l'Arc		8.5.72	3900	8,0	195	51	4,3	3,8	0,4	11	2		0	
		21.11.72	3080	7,6	207	61	13,7	2,2	0,8	12	2			3,55
Tt de Glaisette		20.11.72	2590	7,6	232	78	9,7	8,5	2,4	53	3			2,39

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

C) - CONCENTRATIONS EN TRITIUM - PRECIPITATIONS EN 1971 - 1972

Station de Saint-Genis

date		Hauteur de précipitation (en mm)	Concentrations (en UT)
Juillet 1971	6		433 ± 32
Août	26		78 ± 10
Octobre	9		234 ± 20
Novembre	6		45 ± 9
	9		83 ± 9
	18 et 19		45 ± 8
	21		83 ± 10
Décembre	28		52 ± 10
Janvier 1972			
	9 et 12	22 mm	46 ±
Février	3 et 4	30 mm	42 ± 8
	5	32 mm	23 ± 5
	9	23 mm	39 ± 8
	17	18 mm	102 ± 10
	18	41 mm	87 ± 9
Mars	2 et 3	8 mm	78 ± 8
Avril	4 et 5	20 mm	71 ± 9
	6 et 7	13 mm	75 ± 9
	15, 16 et 17	8 mm	95 ± 10
	21 et 23	5 mm	128 ± 12
Mai	14, 15 et 16	28 mm	113 ± 11
	20 et 23	15 mm	123 ± 12
Juin		120 mm	156 ± 14
Juillet		38 mm	227 ± 19
Août		50 mm	105 ± 11
Septembre		74 mm	110 ± 12
Octobre		128 mm	45 ± 5
Novembre		74 mm	45 ± 9
Station de Veynes			
Février	4		38 ± 7
Juin	15		129 ± 11

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

C) - CONCENTRATIONS EN TRITIUM (suite)

Sources et rivières

Nom	Date	Débit (en l/s)	Concentration (en UT)
Le Petit Buëch au Pont du Devès	14.02.1972		121 ± 11
	06.06.1972	5000	139 ± 13
	25.10.1972	600	122 ± 11
	05.12.1972	004	104 ± 10
Sce de la Sigouste	18.06.1972	150	151 ± 13
	04.12.1972	100	141 ± 12
Sce de la Plaine	05.12.1972	10	104 ± 10
Sce du Point 884	25.10.1972	34	128 ± 11
	05.12.1972	70	175 ± 14
Sce de Ricou	14.02.1972	135	120 ± 11
	11.04.1972	185	124 ± 11
	06.06.1972	220	138 ± 13
	06.11.1972	95	151 ± 14
	05.12.1972	100	123 ± 11
Sce du Ruissan	18.11.1971	?	175 ± 14
	16.06.1972	170	179 ± 15
	25.10.1972	2200	155 ± 13
	05.12.1972	110	164 ± 14
Sce de St-Marcellin	03.07.1972	0,25	78 ± 8
	31.10.1972	0,20	67 ± 8
Sce du Fontanil	03.07.1972	42	164 ± 14
	25.10.1972	20	141 ± 12
	05.12.1972	30	149 ± 13
Sce du Poteau St-Luc	25.10.1972	15	137 ± 12
	04.12.1972	20	143 ± 12
Sce de la Virginie	29.06.1972	40	150 ± 13
	25.10.1972	30	131 ± 11
	04.12.1972	40	146 ± 13
Sce des Iscles	05.12.1972	20	130 ± 12

tel-00608479, version 1 - 13 Jul 2011

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

CIRCONSCRIPTION D'ACTION REGIONALE
PROVENCE — COTE - D'AZUR

SERVICE REGIONAL DE L'AMENAGEMENT DES EAUX

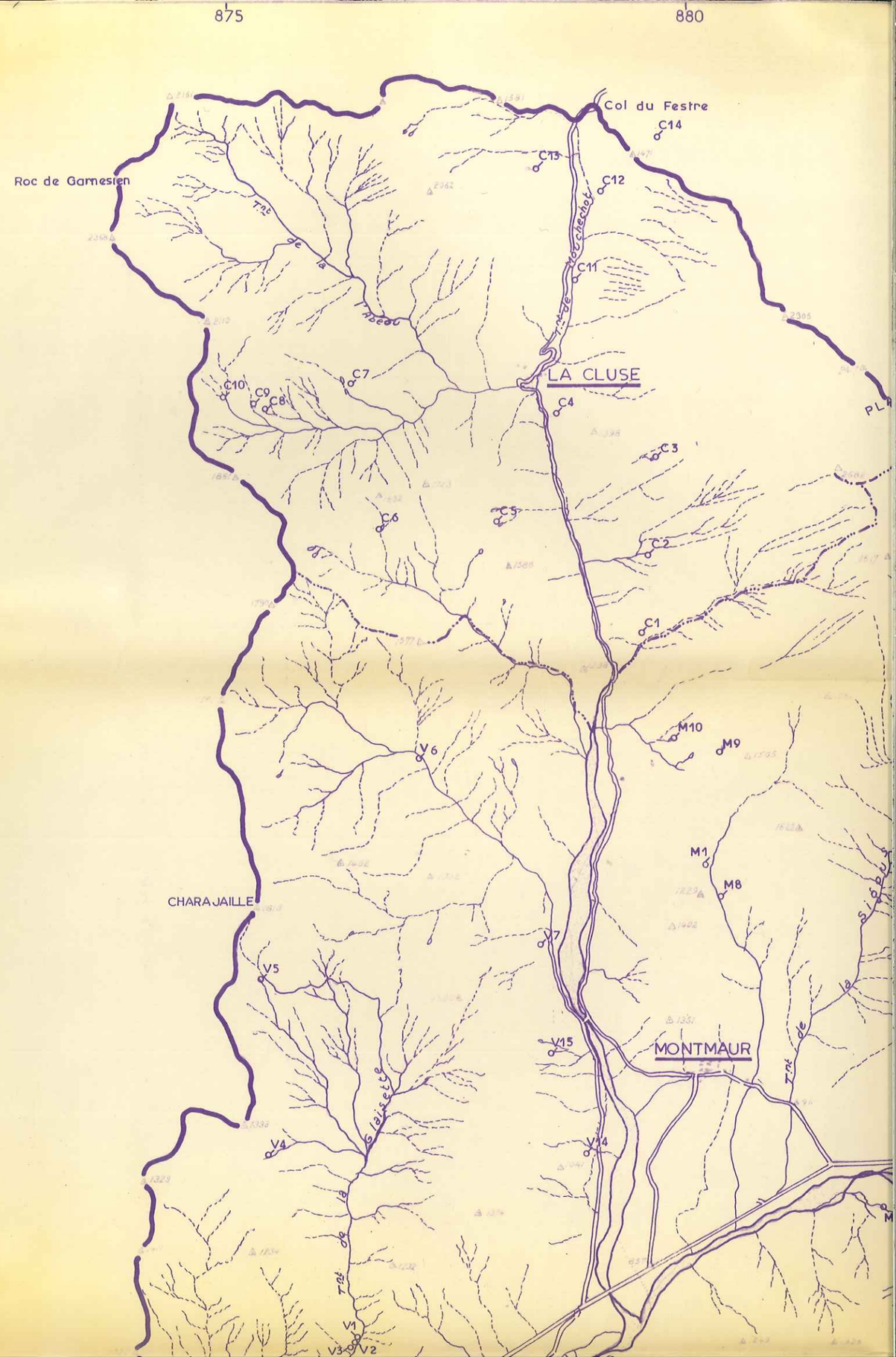
DEPARTEMENT DES HAUTES ALPES

BASSIN DU PETIT BUECH

INVENTAIRE DES RESSOURCES EN EAUX

Réalisé par Mr Pierre DULUC

Echelle : 1/50.000e



880 885 890 895

270

265

260

Col du Festre
C14
C13
C12
Mont Cherchet
C11
LA CLUSE
C4
C3
C5
C6
C2
C1
PLATEAU DE BURE
Pic de BURE
M6
M5
M4
M10
M9
V6
M1
M8
Sapelle
V7
V15
MONTMAUR
Torrent de la
V14
M2
M3
M1
M11
R3
R4
R2
R5
IMT1
IMT2
RABOU
Petit Buech
R1
LA ROCHE
-des-Arnauds
le

865

870

250

245

240

VEYNES

Buech

le petit

Plouzet

C01

C02

CHATEAUNEUF d'OZE

C03

V8

V10

V11

V13

V12

V9

A2

A1

O1

OZE

O2

O3

O4

O5

O6

O7

O8

A03

St AUBAN D'OZE

A01

A02

SX3

SX1

SX2

E1

E2

CHABESTAN

Le SAIX

la Maraize

de la Thuile

CB1

B3

B2

B1

LA BATIE Montsaléon

le Buech

SV2

SV1

SERRES

865

870

875

880

Buech

Rouzet

MANTEYER

CHATEAUNEUF d'OZE

St AUBAN D'OZE

C01

C02

C03

A01

A02

A03

SX1

SX2

SX3

E1

E2

MT3

MT4

255

250

245

880

885

890

895