



HAL
open science

Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Clarée (Hautes-Alpes)

Jean Paul Blais

► **To cite this version:**

Jean Paul Blais. Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Clarée (Hautes-Alpes). Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1978. Français. NNT: . tel-00638703

HAL Id: tel-00638703

<https://theses.hal.science/tel-00638703>

Submitted on 7 Nov 2011

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

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

DOUBLE
205.142
1978
52

205142
1978
52

THESE

présentée

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE
GRENOBLE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE SPECIALITE
(GEOLOGIE APPLIQUEE)
Option HYDROGEOLOGIE.



HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAREE (HAUTES-ALPES)

par

Jean-Paul BLAIS

soutenu le 26 Mai 78 devant la commission d'examen :

PRESIDENT

R. BARBIER

Professeur

EXAMINATEURS

J. SARROT-REYNAULD

Professeur

J.L. TANE

Maitre-assistant

INVITES

F. PELISSIER

Ingénieur en chef du G.R.E.F

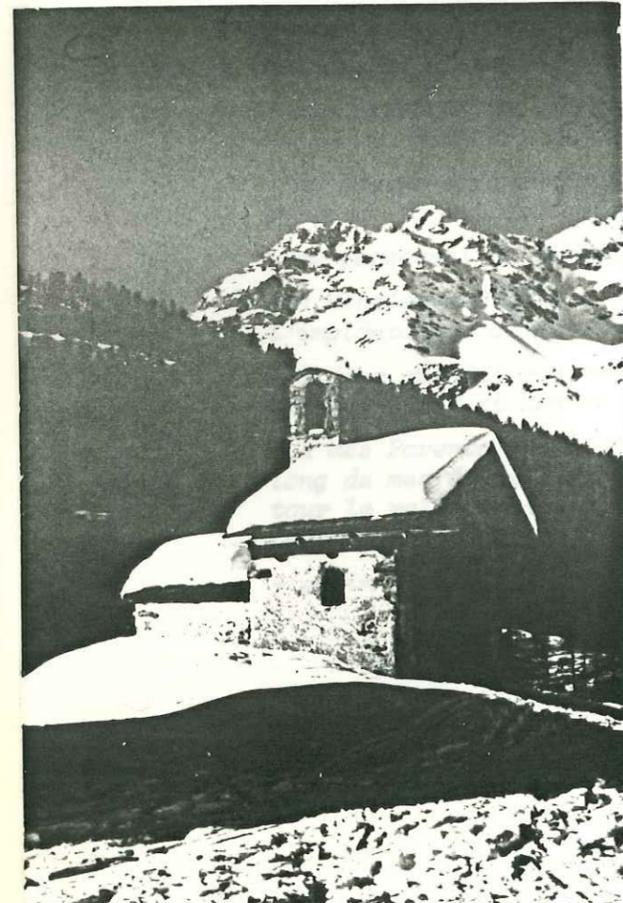
M. GUET

Ingénieur en chef du G.R.E.F

B. de CARMANTRAND

Ingénieur civil du Génie Rural

DOUBLE
205.142
1978
52



"..... Cette rivière de diamant, qui
tombe de cascades en cascades,
s'enfonce sous les rochers,
reparaît sous la verdure,
s'attarde coquettement dans
une cuvette herbeuse pour mieux
se faire admirer ...".

-Capitaine X. le Briançonnais.

(Annuaire 1901 de la Société des
Touristes du Dauphiné).

AVANT - PROPOS

Au moment de conclure cette étude, c'est pour moi un agréable devoir d'exprimer ma profonde reconnaissance:

- à Monsieur le Professeur R. BARBIER, qui m'a fait l'honneur de présider le Jury;
- à Monsieur le Professeur J. SARROT-REYNAULD, qui a bien voulu me confier et diriger ce travail et grâce à qui, par ses conseils et ses encouragements cette étude a pu voir le jour;
- à Monsieur F. PELISSIER, Ingénieur du Génie Rural et des Eaux et Forêts, Chef du Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Provence - Côte d'Azur, qui a facilité le déroulement de mon étude et permis la réalisation de ce travail;
- à Messieurs B. de CARMANTRAND et F. POULALLION, Ingénieurs au S.R.A.E. d'Aix-en-Provence, qui m'ont fait profiter de leur savoir et de leur expérience en matière hydrologique;
- à Messieurs M. GUET, Ingénieur en Chef, Directeur Départemental de l'Agriculture des Hautes-Alpes et J.L. TANE, Maître-Assistant, pour avoir aimablement accepté de faire partie du Jury.-
- à tous les techniciens, jaugeurs, chimistes, et autres agents du S.R.A.E. qui sur le terrain comme en Laboratoire, avec compétence et gentillesse m'ont apporté leurs concours. Qu'ils sachent, ici, que j'ai été très heureux de collaborer avec eux;
- aux Services de l'Équipement de Briançon et plus particulièrement Monsieur BOSSUET, Ingénieur T.P.E.;
- au Centre Briançonnais de Recherches Bioclimatiques et au personnel du poste de la météorologie nationale de Briançon;
- au personnel du Service des Eaux de la ville de Briançon;
- à Messieurs DUBOIS à La Vachette et ROUX à Nevache, qui ont permis l'implantation d'appareils dans leur propriété;
- à ceux qui ont contribué à la réalisation technique de ce mémoire: Madame MARTIN et Monsieur POUPON du S.R.A.E.;
- à mes Parents qui n'ont cessé de m'aider et de m'encourager tout au long de mes études, et plus particulièrement mon Père qui fut tour à tour le releveur des appareils durant mes absences, et le compagnon idéal sur le terrain;
- enfin à CHANTAL, ma femme, à qui je dédie ce travail.

- . CADRE REGIONAL.
- . CHAPITRE I : Le Bassin versant de la Clarée.
- . CHAPITRE II : Facteurs hydrologiques du Bassin versant de la Clarée.
- . CHAPITRE III : Géologie du Bassin Versant de la Clarée.
- . CHAPITRE IV : Rôles de la tectonique et de la fracturation sur les circulations.
- . CHAPITRE V : Hydrogéologie descriptive des différents aquifères par l'étude de leurs émergences.
- . CHAPITRE VI : Hydrogéologie comparative des différents aquifères.
- . CHAPITRE VII : La Moyenne et Basse Clarée entre Nevache et la Vachette.
- . CHAPITRE VIII : Les Lacs d'altitude.
- . CHAPITRE IX : Etude de la pollution (Commune de Montgenèvre).
- . CHAPITRE X : Approche du bilan hydrologique du bassin versant de la Clarée.
- . CHAPITRE XI : Bilans Communaux, dans la perspective d'un aménagement de la vallée.
- . CONCLUSIONS GENERALES.
- . ANNEXES
- . BIBLIOGRAPHIE - Listes des figures et des tableaux.
- . TABLE DES MATIERES.

-O-O-O-O-

Ce travail est le fruit d'une étroite collaboration entre le laboratoire d'hydrogéologie de l'Institut Dolomieu (Université de Grenoble) et le Service Régional de l'Aménagement des Eaux (S.R.A.E.) de "Provence - Alpes - Côte d'Azur" dont le siège est à Aix en Provence.

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

La vallée de la Clarée, dont le bassin versant englobe les hautes sources de la Durance, intéressait particulièrement ces deux services.

Afin de compléter les nombreuses études en cours, ou soutenues (Géotechnique, Géographique, Agronomique, de Végétation...), une étude hydrogéologique s'imposait.

De plus, le merveilleux de ses sites, la beauté de ses "ballades" estivales, aussi bien qu'hivernales, ont été quelques uns des critères de choix de notre étude.

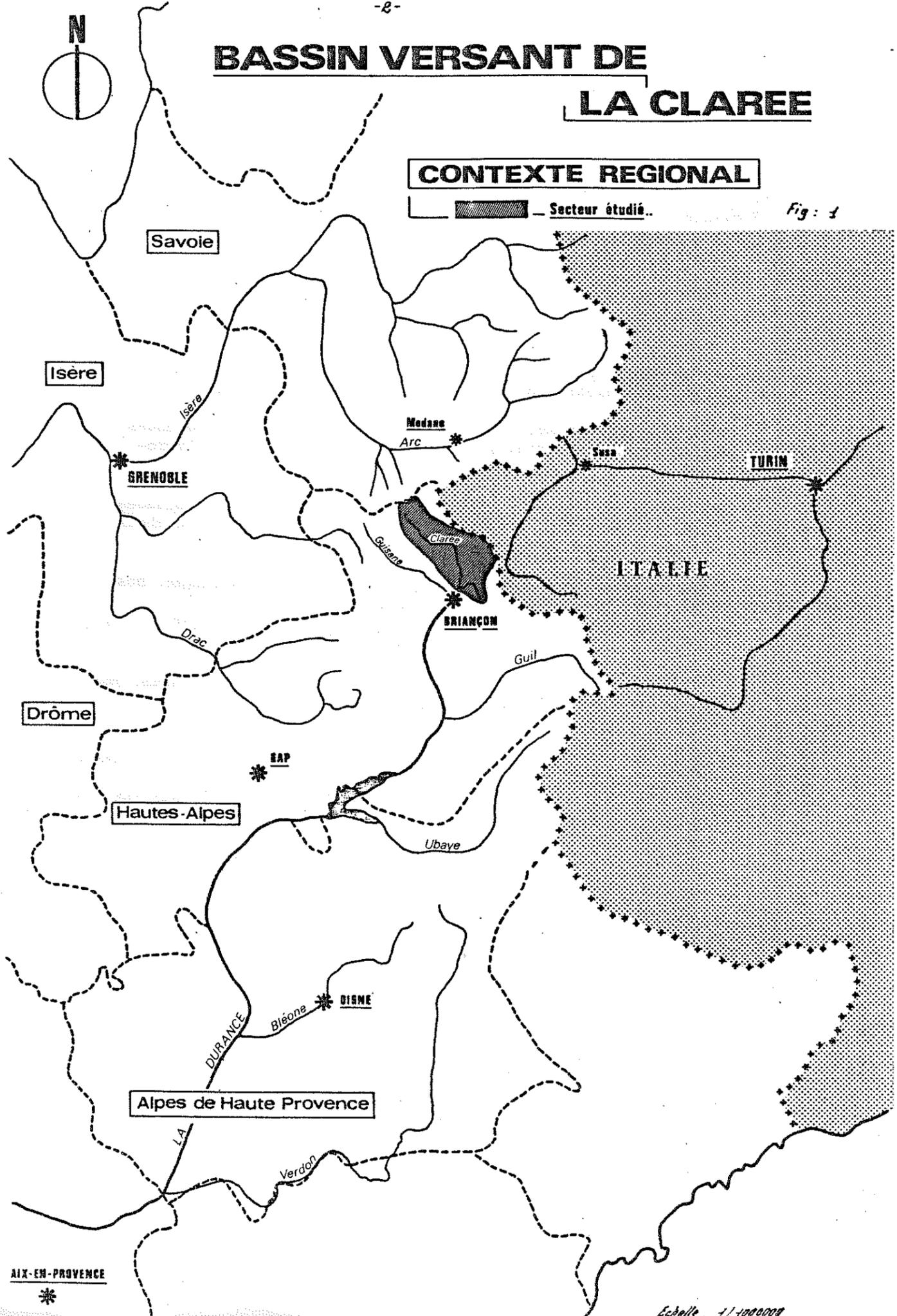
Comme la vallée est nécessairement appelée à être aménagée, nos travaux contribueront, nous l'espérons, à son essor.

BASSIN VERSANT DE LA CLAREE

CONTEXTE REGIONAL

 - Secteur étudié..

Fig: 1



AIX-EN-PROVENCE

Echelle: 1/100000

CADRE REGIONAL

1- Cadre géographique

Située, dans la zone interne des Alpes franco-piémontaises, sous le 45ème parallèle, au Nord du Département des Hautes Alpes, entièrement en territoire français, la vallée de la Clarée ou vallée de Névache, s'étire de l'Ouest vers l'Est, puis du Nord vers le Sud sur une trentaine de kilomètres (voir fig.n°1).

La Guisane, issue du Col du Lautaret, coulant du Nord-Ouest au Sud-Est, comme la Cerveyrette, issue de la haute vallée des Fonts, coule du Sud-Est au Nord Ouest, ainsi que la Clarée, perdant son nom en cours de route pour devenir Durance, convergent vers un large bassin où se trouve la ville de Briançon.

C'est certainement à cette disposition en étoile que la région doit à la fois son histoire, ses activités, sa réputation. Briançon commande l'un des grands carrefours intérieurs des Alpes, tout comme Grenoble l'un des grands carrefours extérieurs (dixit P. VEYRET).

Le Briançonnais, doit sa profonde originalité dans tous les domaines; d'abord à son relief, caractérisé à la fois par la hauteur de ses massifs, et par l'ampleur de ses creux. Comme le disait Vauban, dans ce style si imagé du XVIIème siècle: "il comprend des montagnes qui touchent aux nues, et des vallées qui descendent aux abîmes".

2 - Cadre géologique

Géologiquement, cette région appartient à la zone interne des Alpes françaises et plus précisément à la zone dite briançonnaise, composée d'un noyau houiller et permien, surmonté de couches sédimentaires, secondaires et tertiaires décollées et repliées, dont les gypses, cargneules, dolomies et calcaires du Trias, constituent la plus grande partie.

Le modelé glaciaire quaternaire s'inscrit de tous côtés dans le paysage, par son érosion et par ses dépôts.

3 - Cadre climatique

Pays de haute montagne, il connaît des températures froides, mais beaucoup moins qu'on ne pourrait s'y attendre à cette altitude. En effet, malgré sa continentalité, il subit encore largement l'influence méditerranéenne, et son célèbre ensoleillement lui assure un certain réchauffement.

Bien abritée à l'Ouest, par l'écran du massif des Ecrins, la région appartient à une zone particulièrement sèche des Alpes.

Tout cet ensemble vaut à notre vallée, froid, pluie, neige, mais aussi sécheresse, clarté et luminosité.

La vie humaine dans le Briançonnais est particulièrement riche d'enseignements, car elle témoigne, tout au long de son histoire, d'une tenace et intelligente adaptation aux conditions fluctuantes de l'économie en haute montagne. Les cols, relativement bas, lui ouvrent des accès vers les régions voisines et notamment vers l'Italie et lui ont de tous temps assuré une prospère position de carrefour.

La vallée de la Clarée, dans ce contexte régional, constitue, du point de vue routier, "un cul de sac". Le seul salut économique de la vallée est de se tourner soit vers Briançon, comme elle le fait actuellement, soit vers l'Italie par les cols de l'Echelle et du Montgenèvre, ou par le futur tunnel routier de l'Echelle.

De plus, il faut noter une très nette régression démographique, puisqu'en une centaine d'années, la population globale a diminué d'environ 80 %. L'agriculture, qui occupait 70 % des habitants voilà 20 ans, ne mobilise aujourd'hui que 5 % des autochtones.

Mais une lente reconversion s'opère au profit d'une population entièrement étrangère à la vallée. En effet, la presque totalité des chalets d'alpage ou d'altitude a été achetée par des vacanciers citadins, faisant ainsi revivre la vallée pendant la saison d'été.

Ainsi, il nous faut constater le déclin actuel de cette vallée de haute montagne.

L'avenir se présente comme une conciliation des possibilités de développement, avec la sauvegarde d'une nature incomparable. C'est le type même du dilemme qui ne peut se résoudre que par un compromis entre l'expansion et la protection. Les études en cours semblent s'orienter vers une partition de la vallée.

Savoie

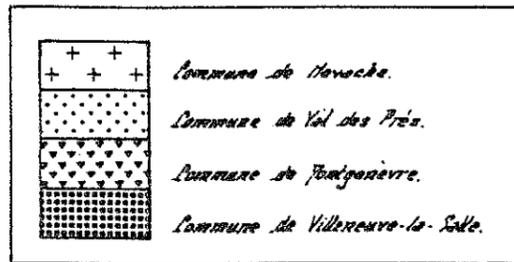
BASSIN VERSANT DE LA CLAREE

LIMITES ADMINISTRATIVES

Fig. 2



ITALIE



Echelle : 1/100.000

CHAPITRE I

LE BASSIN VERSANT DE LA CLAREE

I - Description topographique et limites du bassin versant

1 - Limites administratives (voir fig. 2)

Le bassin versant topographique de la Clarée a une superficie de 210 km².

Il englobe :

- * Une grande partie de la commune de Nevache : 146,5 km²
(La vallée étroite, jadis italienne, n'appartient pas à notre domaine d'étude), avec les hameaux de Ville Haute, Ville Basse, Le Cros, Sallé et de Flampinet situé plus à l'aval (au total en 1968, 128 habitants permanents).
- * La totalité de la commune de Val des Prés : 42 km²
constituée par les hameaux de la Draye, Pra Premier, Le Serre, Le Rosier et la Vachette (217 personnes en 1968).
- * La presque totalité de la commune de Montgenèvre : 12 km²
Son hameau principal : les Alberts, situé au pied du col qui abrite la doyenne des stations françaises de sport d'hiver puisqu'elle fut "lancée" dès 1907 par le premier concours, militaire, de ski.
- * Une enclave topographique de la commune de Villeneuve la Salle : 9,5 km²
constituée par les hauts vallons de Cristol et de l'Oulâ.

La vallée de la Clarée possède, comme la plupart des vallées alpines un second type d'habitation : habitation temporaire.

Ces chalets ne montent pas très haut en altitude ; ils dépassent rarement 2.100 mètres, pour des raisons qui tiennent au mode d'exploitation des alpages supérieurs, jadis livrés aux bovins sans lait et aux moutons.

Tous les chalets de la Haute Clarée (Lacou, Verney, Lacha, Fontcouverte, Le Jadis, Laval, Roche Noire, Rif Tord, Queyrellin, Laroux, Basse Gardiole, Buffère, Vallon, Le Serre) étaient aux mains des Névachais. Les chalets des Thures et des Acles appartenaient aux habitants de Flampinet. Les chalets du Granon venaient des habitants de Val des Prés, ceux du Vallon les habitants de la Vachette.

Actuellement 15.000 moutons transhumants occupent ces alpages.

Au milieu de ces groupes de chalets, il n'est pas rare de voir s'élever une chapelle. La plus célèbre, classée monument historique : Sainte Marie de Fontcouverte, mentionnée dès 1627.

SCHEMA
OROGRAPHIQUE
DU
Bassin Versant de
la CLAREE..

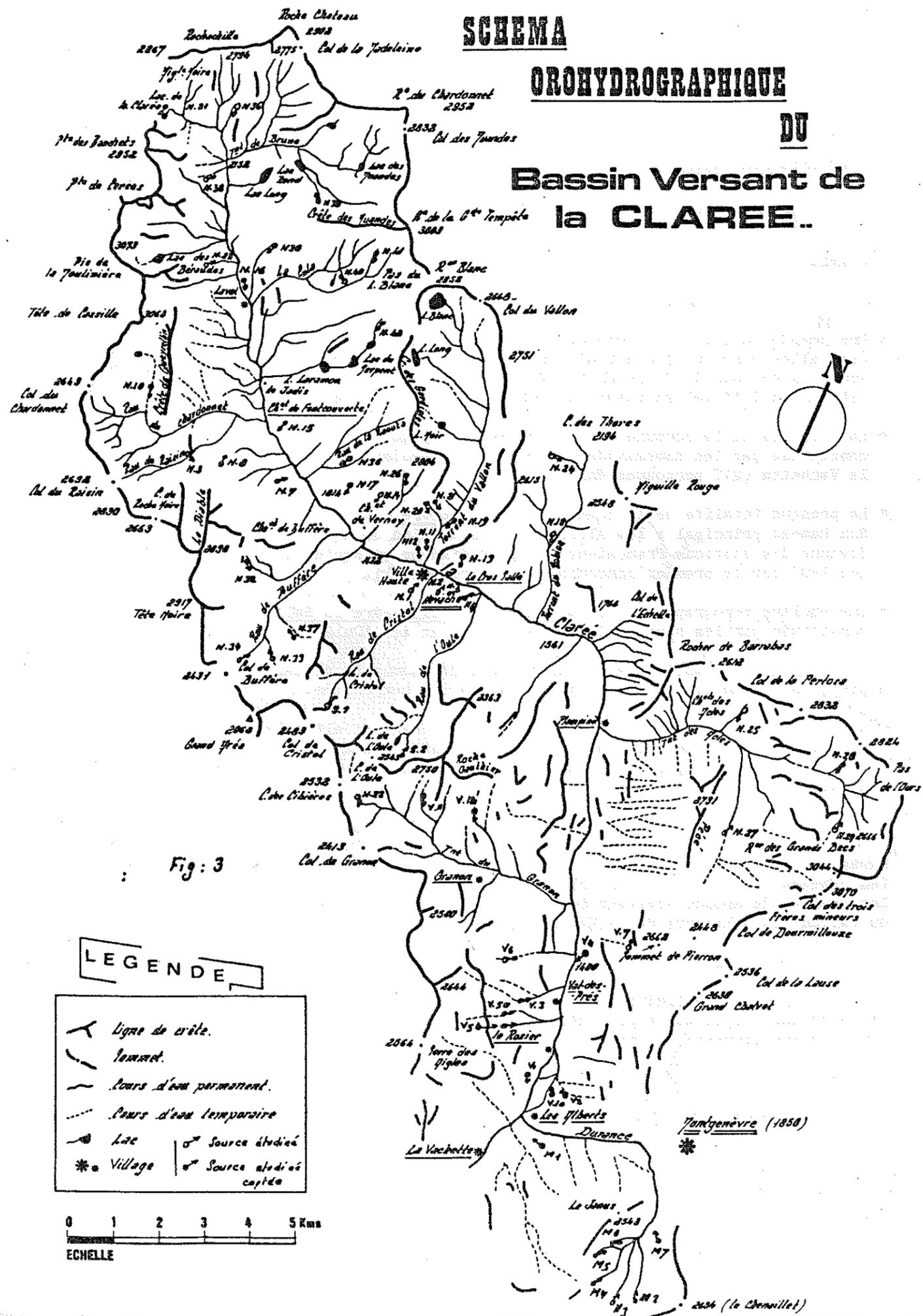
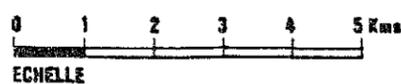


Fig: 3

LEGENDE

- Ligne de crête.
- Sommet.
- Cours d'eau permanent.
- Cours d'eau temporaire.
- Lac
- Village
- Source étudiée
- Source étudiée captée



3 refuges de hautes montagnes, voient chaque année défilier des milliers de randonneurs. Il s'agit des 2 refuges privés du Chardonnet et de Ricou, et d'un récemment construit par le Club Alpin Français : le refuge des Drayères.

La position frontalière de la vallée a favorisé la construction de nombreux forts ou fortins, barrant ainsi la route vers la France, à un éventuel envahisseur italien. Il s'agit des forts de l'Olive, de l'Enlon, des Gondrans, du Janus, et des fortins des Acles, de Buffère et des Rochilles. Ils furent redoutables et redoutés, en leur temps.

2 - Description topographique.

La morphologie du bassin versant de la Clarée se caractérise par la présence d'une unité topographique. En effet, il existe un ensemble naturel homogène, caractérisé par une ligne de crêtes, des flancs de ruissellement et un fond de vallée (voir fig. 3).

La pointe des Cerces (3095 m) constitue le point culminant de la vallée, qui est limitée au Sud et à l'Ouest par les puissants reliefs calcaires de la Serre des Aigles (2564 m), du Grand Aréa (2865 m), de la Tête Noire (2917 m), de la Grande Manche (2821 m) et de la Moulinière (3073m). Elle est séparée au Nord de la vallée étroite (Vallée devenue française depuis la dernière guerre mondiale), par les lourdes croupes houillères, du Chardonnet (2947 m), de la Grande Tempête (3002 m) et des Rochers Blancs (2851 m). La frontière franco-italienne constitue en majeure partie sa limite Est, avec notamment les Rochers des Grands Becs (3044 m), la pointe des 3 scies (3070 m) et le Chenaillet, plus au Sud (2654 m).

D'une étude détaillée des Crêtes, nous relevons les faits suivants :

- l'altitude relativement basse de la ligne de partage des eaux Durance - Doire
- au contraire la forte altitude de la ligne de partage des eaux Clarée-Arc
- la ligne de partage des eaux Clarée - Guisane apparaissant comme intermédiaire : infranchissable à l'amont, échanquée de cols à l'aval.

Les crêtes dépassent toutes 2400 m, et ne s'abaissent qu'une seule fois à 1768 m, au col de l'Echelle, qui, après le Brenner, est le col de faite le plus bas de l'Arc Alpin, de Nice à Vienne. Ouvert profondément entre 2 falaises calcaires de plus de 500 m de haut, sur 2 km de long et 200 m de large, il se présente comme un berceau suspendu.

La vaste échancre du col du Montgenèvre (1850 m), a procuré de tous temps, le passage le plus commode vers l'Italie, puisqu'Hannibal, César et Napoléon passèrent par là. Ch. Peguy, fait de ces 2 cols, des cols de captures.

2 autres cols présentent aussi des particularités morphologiques : le Col des Rochilles (2493 m) et celui des Thuers (2194 m). En fait, il s'agit de cols de diffluence ou de transfluence glaciaire. Du dernier des 3 lacs dormant dans la dépression des Rochilles, jaillit la rivière qui fait l'objet de notre étude : la Clarée. Le col des Thuers était le lieu de passages des glaces de Vallée Etroite allant se "jeter" dans celles de la Clarée.

Les cols d'arêtes constituent, quant à eux, des échancrures plus ou moins grandes dans les crêtes. Citons :

- Le col de Barteaux (2580 m)
- Le col du Granon (2413 m)
- Le col des Cibières (2582 m)
- le col de Cristol (2483 m)
- le col de Buffère (2431 m)
- le col de Roche Noire (2663 m)
- le col du Raisin (2692 m)
- le col du Chardonnet (2649 m)
- le col de la Madeleine (2775 m)
- le col des Muandes (2832 m)
- le col du Vallon (2668 m)
- le col de l'Étroit du Vallon (2492 m)
- le col de la Pertusa (2228 m)
- le col de la Chaux d'Acles (2280 m)
- le col de la Grande Hoche (2636 m)
- le col des Desertes (2566 m)
- le col des 3 Frères mineurs (2540 m)
- le col de la Lauze (2536 m)

Nous constatons qu'ils se situent pratiquement tous au dessus de 2.400 m.

Les versants de la vallée de la Clarée, d'un point de vue général, opposent des pentes douces dues aux grès houillers dans son secteur amont, à des versants beaucoup moins amples et en pente beaucoup plus raide à l'aval, due à la traversée du Trias, de Flampinet à la Vachette. Les cirques glaciaires sont nombreux dans la haute vallée et sont occupés le plus souvent par des lacs ou des laquets. Nous reviendrons sur cette morphologie glaciaire, parsemée d'épaulements, de verrous, d'ombilics, d'amas morainique, lors du chapitre géologie du quaternaire.

II - Répartition altitudinale de la surface du bassin.

La surface du bassin versant de la Clarée est répartie entre les altitudes 1355 m à la Vachette et 3098 m à la pointe des Cerces.

Nous avons calculé cette distribution par tranches d'altitudes et à partir des résultats obtenus, nous avons tracé la courbe de fréquence altimétrique et la courbe hypsométrique (voir figure 4. et 5. et tableau n°1).

tranches d'altitude.-	Surface en km2	Somme des surfaces	%	Somme des %
1335 - 1400	2,375	2,375	1,13	1,13
1400 - 1500	6,225	8,60	2,97	4,10
1500 - 1600	7,075	15,675	3,37	7,47
1600 - 1700	8,775	24,45	4,18	11,66
1700 - 1800	9,25	33,70	4,41	16,08
1800 - 1900	11,225	44,925	5,35	21,43
1900 - 2000	12,625	57,55	6,02	27,46
2000 - 2100	16,05	73,60	7,65	35,11
2100 - 2200	17,425	91,025	8,31	43,43
2200 - 2300	21,35	112,375	10,18	53,62
2300 - 2400	24,60	136,975	11,73	65,35
2400 - 2500	24,725	161,70	11,79	77,15
2500 - 2600	18,743	180,443	8,94	86,09
2600 - 2700	16,683	197,125	7,96	94,05
2700 - 2800	7,30	204,425	3,48	97,54
2800 - 2900	3,625	208,05	1,72	99,27
2900 - 3000	1,225	209,275	0,58	99,85
3000 - 3098	0,30	209,575	0,14	100

Tableau I : Répartition hypsométrique et fréquence altimétrique.

Ces courbes permettent, en particulier de définir les altitudes caractéristiques du bassin :

- l'altitude moyenne (déterminée par l'ordonnée moyenne de la courbe hypsométrique) : 2226 m.
- l'altitude de fréquence $\frac{1}{2}$ (correspondant à l'abscisse $\frac{1}{2}$ de la courbe de fréquences altimétriques) : 2270 m.
- l'altitude la plus fréquente (définie par le mode de la courbe des fréquences altimétriques) : comprise entre 2300 m et 2500 m (représentant plus de 23,5 % de la superficie totale du bassin).

Ces résultats entraînent quelques commentaires :

- * la très bonne correspondance entre l'altitude moyenne et celle de fréquence 1/2 (2226 m et 2270 m).
- * l'altitude moyenne relativement élevée de la vallée de la Clarée (2226 m), par rapport à celle de la vallée de la Haute Maurienne (2020 m) qui lui fait directement suite au Nord.
- * la présence d'un mode, autour des valeurs 2300 - 2500 m, correspondant à un palier, témoigne un passage glaciaire important (Signalons que c'est précisément entre ces altitudes là que nous trouvons tous les lacs de la vallée de la Clarée).
- * La croissance des valeurs depuis 1.400 m jusqu'à 2.400 m, puis une descente progressive jusqu'à 2.700 m et très rapide jusqu'à 3.100 m.

Ainsi le bassin de la Clarée apparaît-il comme un bassin bien limité, avec un fond relativement étroit et parfaitement homogène dans sa morphologie.

Le périmètre du bassin est d'environ 81 km, pour une surface de 210 km² ; nous pouvons en déduire l'indice de Gravelius ou indice K de forme :

$$K = \frac{P}{2A}, \text{ où } P \text{ représente le périmètre et } A \text{ la surface, ce qui}$$

donne :

$$K = 0,28 \times \frac{81}{210} = 1,56. \text{ Le bassin est donc moyennement étiré.}$$

(ceci représente aussi le rapport entre le périmètre du bassin et le périmètre du cercle de surface équivalente).

III - Aperçu hydrographique du bassin.

1 - Origine historique.

...."O Clarée, joyeusement tu te hâtais vers le grand fleuve, ou même vers la mer, quand, après avoir baigné les vertes prairies des Val des Prés et des Alberts, un méchant petit ruisseau, descendu d'un col fameux, est venu sournoisement se glisser dans ton lit, beaucoup trop large pour son filet d'eau, et de ce fait, tu as cessé d'exister"..... C'est en ces termes que Rostolland (1930) plaide "la cause" de la Clarée.

C'est seulement à partir de son confluent avec la Clarée que la Durance prend une certaine importance. En effet, la Durance, issue des pentes du Gondran, arrive aux Alberts avec 20, voire 30 fois moins d'eau que la rivière dans laquelle elle va se jeter. C'est la Clarée, qui en réalité devrait porter le nom de Durance.

De nombreux auteurs se sont penchés, sur le problème de cette confluence. Voici comment s'exprime, à ce sujet, Henri Ferrand : (dans un ouvrage intitulé : le Pays Briançonnais).

....."Dans leur ignorance, dans leur négligence des choses de la montagne, les anciens ont ici commis une indiscutable erreur, qu'il est aujourd'hui impossible de rectifier. Ils ont donné le rôle prépondérant au mince filet d'eau qui découle du ravin du Mont-Genèvre, et leur préterition a réduit au rôle secondaire d'affluent le torrent qui, au moment de la jonction, avait un cours et un volume dix fois plus importants. Cette erreur est tellement frappante que certains auteurs ont essayé de l'expliquer par une confusion ultérieure. Mais, en présence des textes, il est impossible de s'y tromper : Druentia est bien le nom que Jules Cesar et tous les géographes latins donnent à la grande et longue vallée qui draine ces montagnes. Druentia était si bien pour eux le nom du ravin qui découle du Mont-Genèvre que nous voyons 3 des vases Apollinaires * employer ce mot pour désigner le col lui-même. Ce sont donc bien les Romains qui ont appelé Druentia, Durance, le mince ruisseau descendant du col et qui ont continué ce nom à la rivière et à la vallée sans se préoccuper du cours d'eau bien plus important, qui, venu du fond de la combe, entraînait dans ses flots, comme un mince fétu, le pauvre petit écoulement du col...."

Pour d'autres auteurs :"Les premiers voyageurs qui cherchèrent à l'Ouest le passage des Alpes pour se rendre du Pô, au Rhône remontèrent d'abord la Dora Riparia par Suse et Cesanne. Parvenus au col du Montgenèvre, ils suivirent le cours d'eau qui descendait sur l'autre versant de la montagne et comme il paraissait n'être, pour ainsi dire, que la continuation de la Doire, ils la nommèrent Durance (même racine que Dora). Au bas de la descente des Alberts, ils virent le petit torrent qui leur avait servi de guide, se perdre dans une véritable rivière, mais qui, venant du Nord, était par conséquent inutile à leurs vues. Comme ils ignoraient même le nom de cette rivière, ils continuèrent de l'appeler Durance jusqu'à Avignon ; là où la Durance se jette dans le Rhône".....

Voilà les raisons historiques de cette appellation.

Mais un autre problème toponymique se pose également : Doit-on appeler cette "Eau de Nevache", claire, claret, clairée ou clarée ? Nous avons, en effet, rencontré ces 4 noms dans les textes anciens consultés. "Cette rivière d'argent aux eaux sans pareilles", dont l'éthymologie même réside dans la pureté et la clarté de ces eaux, porte bien son nom. Actuellement, et même s'il n'est pas rare de rencontrer sur certains ponts enjambant la rivière, le nom clairée, du point de vue administratif, c'est le terme clarée qui est conservé et que nous emploierons.

* Vases Apollinaires - vases d'argent trouvés à Vicarello, au nombre de 4, portant gravés les noms des stations de la voie de Cadi à Rome et leur distance en milles.

2 - Aperçu hydrographique.

C'est du lac de la Clarée, ou Mère de l'eau, au seuil des Rochilles à 2425 m d'altitude, que jaillit la Clarée. Ce torrent va descendre les paliers que lui a préparés le glacier disparu, se précipitant en plusieurs cascades (Eycharène, Fontcouverte, Basse Sausse, Debrepets), puis va devenir rivière en s'étalant tranquillement dans la Basse Vallée, parcourant au total une distance de 29 kilomètres.

Ce contraste entre la haute et la basse vallée est bien visible sur le profil en long de la rivière (fig 6.) où nous notons dans sa partie haute une succession de replats et de cascades dus aux ombilics (Lacou, Verney - Lacha, Fontcouverte - Roche Noire - Sous Laval - Laval) et aux verroux glaciaires (Lacou, Sausse - Fontcouverte - Faou - Roche Noire - Laval). Au contraire, dans la basse vallée, la rivière présente un profil régulier et monotone, tendant vers le profil d'équilibre. La Durance, quant à elle, présente un profil beaucoup plus serré et pentu, dû à son caractère torrentiel permanent.

La Clarée coule selon en tracé général NW - SE, avec deux changements notables de direction (NW - SE dans la haute vallée - W-E dans la plaine de Névache, puis N-S dans la basse vallée).

A l'amont de Névache, la Clarée est sans cesse grossie de torrents qui descendent des 2 versants de la vallée. Ce sont pour la plupart les exutoires de lacs ou l'aquets qui sont nombreux en Névachie (nous en dénombrons une trentaine, tous d'origine glaciaire), et de nombreux replats tourbeux.

A l'aval de Névache, par contre, seulement 3 petits torrents permanents (dont la Durance), et de nombreux ruisseaux temporaires, alimentent la Clarée.

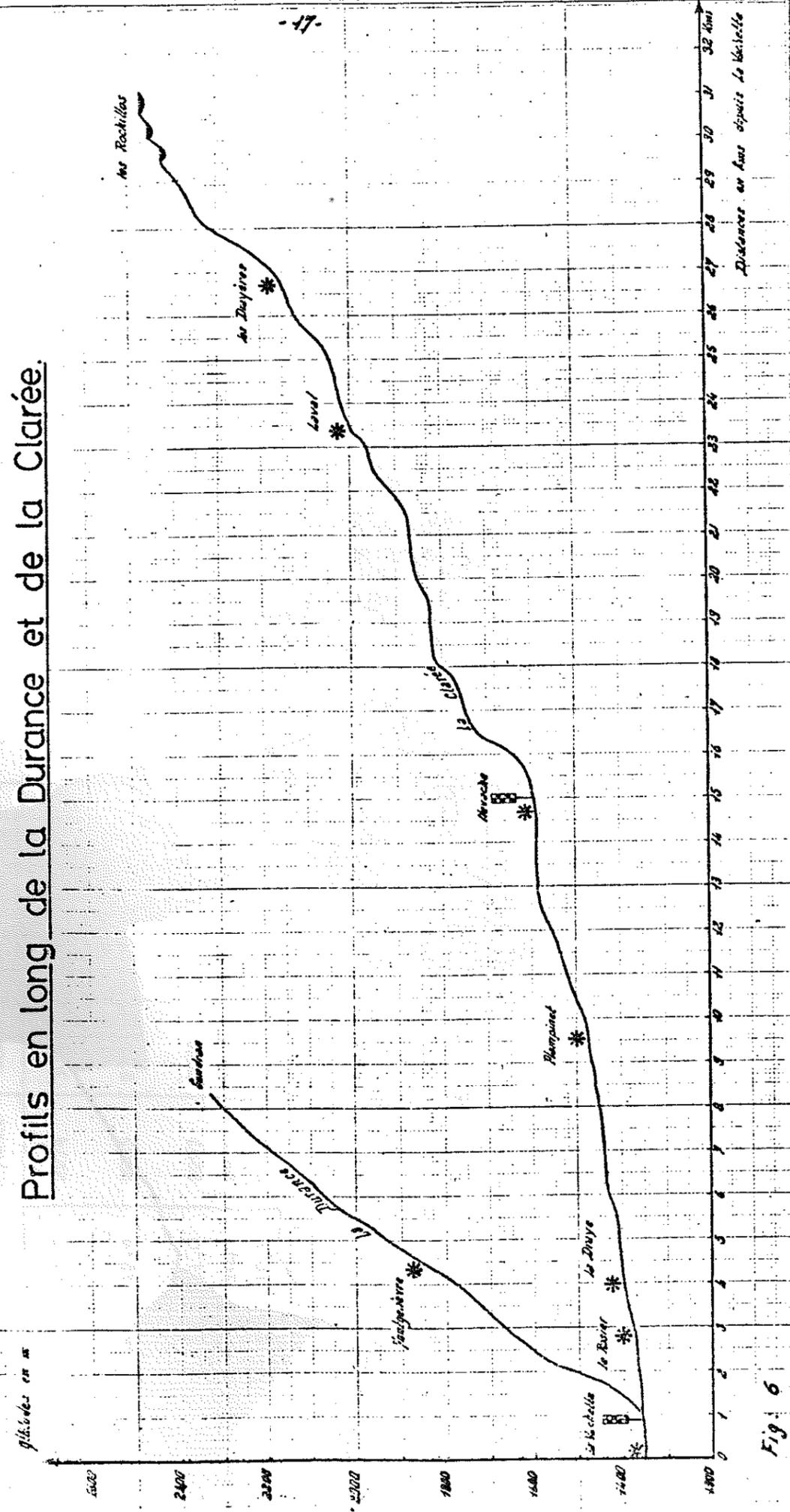
Nous sommes ici en présence de 2 unités hydrogéologiques bien distinctes : une unité amont imperméable à ruissellement de surface important et permanent (que nous appellerons unité de Névache), et une unité aval perméable à ruissellement de surface faible et temporaire (que nous appellerons unité de la Clarée). Nous touchons là, certainement, à un des fonds du problème, mais nous y reviendrons.

Pour l'ensemble du bassin versant de la Clarée (210 km²) nous avons calculé le coefficient de drainage (d) et la densité du réseau hydrographique :

$$d = \frac{\text{Surface du bassin versant drainé}}{\text{longueur totale de cours d'eau}} = \frac{210}{310} = 0,68$$

$$D = \frac{\text{Nombre total de cours d'eau}}{\text{Surface du bassin versant drainé}} = \frac{192}{210} = 0,91$$

Ces 210 km² du bassin versant de la Clarée présentent une série de sous bassins versants bien individualisés. Nous en dénombrons 17 importants (voir fig 7). Le tableau II dresse les caractères de ces différents bassins versants secondaires (Superficie, Altitude moyenne minimale et maximale, longueur total de cours d'eau, nombre total des principaux cours d'eau, coefficient de drainage, densité du réseau hydrographique, et pour certains des débits mesurés au micromoulinet), classés par ordre décroissants de superficie. Les sous bassins appartenant à l'unité imperméable de Névache, à l'inverse de ceux de l'unité perméable de la Clarée, ont une densité du réseau hydrographique élevée (supérieure à 1,3) et un faible coefficient de drainage (inférieur à 0,5).



Profils en long de la Durance et de la Clarée.

Fig 6

BASSIN VERSANT DE LA CLAREE

SCHEMA HYDROGRAPHIQUE-

Bassins Versants Secondaires de

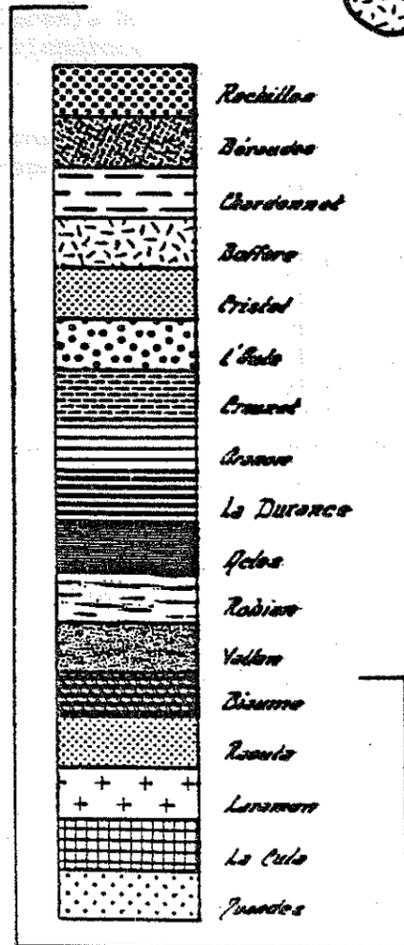
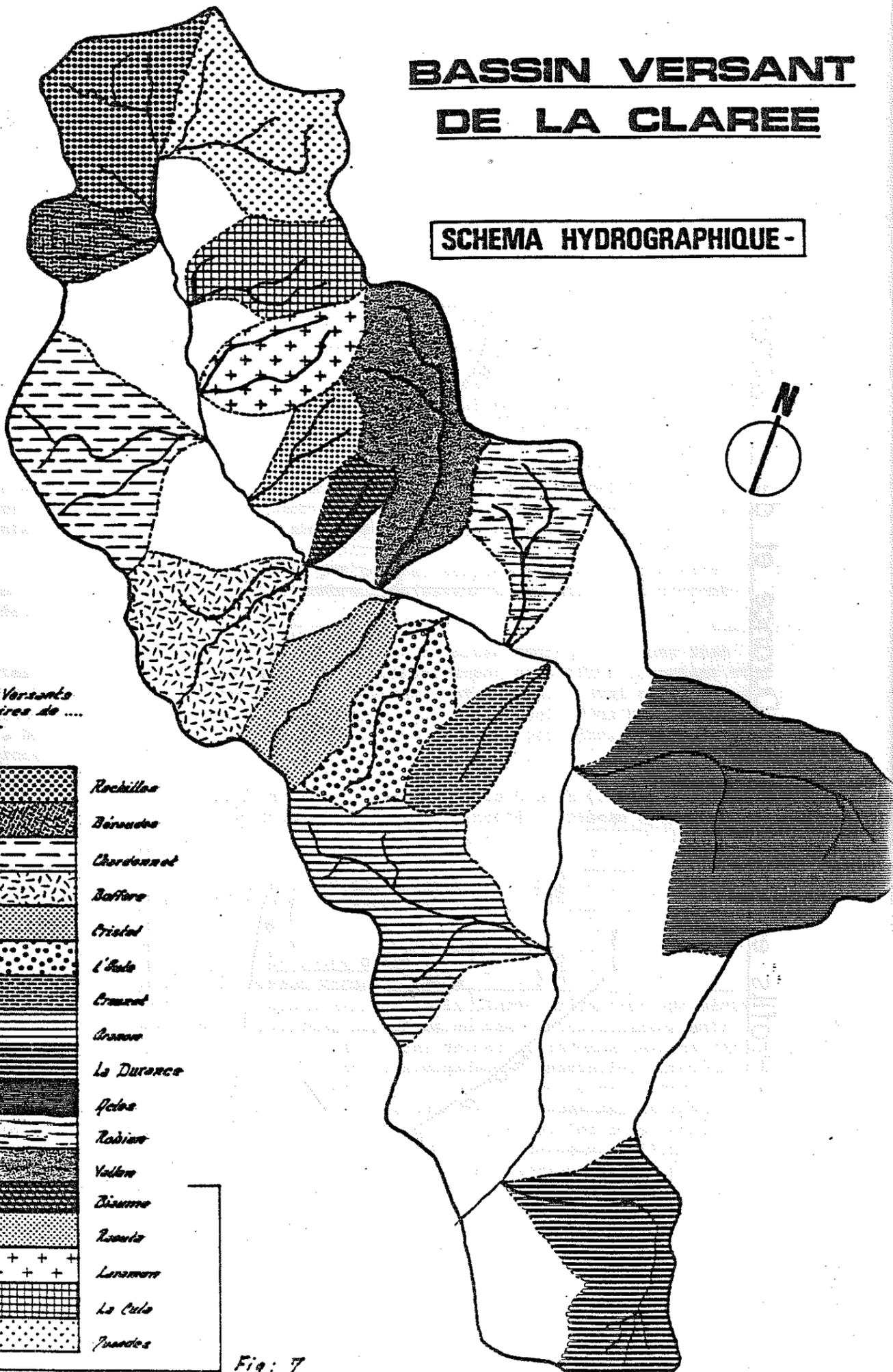


Fig: 7



Bassins versants secondaires de ...	Superficie (en km ²)	Altitude (en m)		long.tot. de cours d'eau(L) (en km)	Nbre tot de cours d'eau d'eau (N)	Densité du res. hydro. D=N/S	Débits en l/s mesurés.
		Moyenne	max. mini.				
Acles	21,7	2274	3070	1478	31	1,43	à Flampinet 228 l/s (24.9.77) 1694 l/s (9.6.77)
Granon	12,4	2085	2750	1420	13	1,05	à Val des Prés 79,6 l/s(24.9.77) 2084 l/s(9.6.77)
Vallon.	11,0	2297	2989	1605	11	1,0	Aux Alberts 80,8 l/s (24.9.77) 153 l/s (9.6.77)
Chardonnet	10,3	2459	3069	1850	15	1,46	
Durançe	10,2	2000	2634	1365	7	0,69	
Buffère	10,0	2323	2916	1730	6	0,60	
Muandes	8,3	2576	3002	2152	15	1,80	
Rochilles	7,5	2599	3098	2100	14	1,87	
Robion	6,5	2101	2617	1585	6	0,92	
Cristol	6,2	2170	2750	1590	4	0,64	à la confluence 219 l/s (9.6.77) à Névache 2100 l/s (9.6.77)
Oule	6,0	2167	2748	1586	3	0,50	à Névache 460 l/s (9.6.77)
Cula	5,9	2491	3002	1981	8	1,36	
Laramon	5,1	2429	2978	1880	6	1,18	
Creuzet	4,0	2139	2748	1530	1	0,25	
Rauata	3,7	2387	2955	1820	3	0,41	
Béraudes	3,5	2574	3098	2050	6	1,70	
Biaume	2,4	2240	2761	1720	2	0,83	à la confluence 51 l/s (9.6.77)

Tableau II : Caractères altimétriques et hydrographiques des bassins versants secondaires.

CHAPITRE II

PRINCIPAUX FACTEURS HYDROLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA CLARÉE

A - CLIMATOLOGIE

I - Equipement du bassin.

Nous avons utilisé pour les mesures climatologiques l'infrastructure existante qui dépend des services de la Météorologie Nationale, les résultats nivométriques de l'E.D.F., complétés par le matériel installé pour notre étude par le S.R.A.E. (voir fig n° 8)

1 - Equipement existant

2 postes pluviométriques de la météorologie nationale se trouvent situés sur le bassin versant de la Clarée :

- Le poste de Névalche (hameau du Sallé, près du bâtiment de la Gendarmerie) (1660 m) possède l'équipement suivant :

- 1 pluviographe à augets basculeurs, depuis 1926
- 1 thermomètre enregistreur maxi - mini depuis 1947
- 1 bac à neige

- Le poste de Montgenèvre (près de la Gendarmerie) (1850 m) possède l'équipement suivant :

- 1 pluviographe à augets basculeurs depuis 1956
- 1 thermomètre enregistreur maxi-mini depuis 1968
- 1 bac à neige

Notons la fermeture du poste de la Vachette (près du bâtiment des Eaux et Forêts) (1360 m), depuis 1969, nous en possédons les résultats pluviométriques et nivométriques depuis 1936 et les résultats thermométriques depuis 1959.

De plus, nous disposons des mesures périodiques effectuées par les services de l'E.D.F., d'enneigement en différents points du bassin versant de la Clarée (Névalche 1590 m - Laramon 2340 m - Serpent 2435 m - Saume Longue 2240 m - Plan d'Argent 2455 m - Pont de Pierre 2155 m - Le Laus 2580 m - Cabane de l'Ours 2460 m - Pra Riat 1960 m - Serré Thibaud 2320 m).

Nous ferons intervenir dans notre étude climatique, les données de la station de la météorologie nationale de Briançon, située à proximité de l'Hôpital Civil à 1324 m d'altitude, et dont les résultats, depuis 1961, sont exploités par le Centre Briançonnais de Recherches Bioclimatiques.

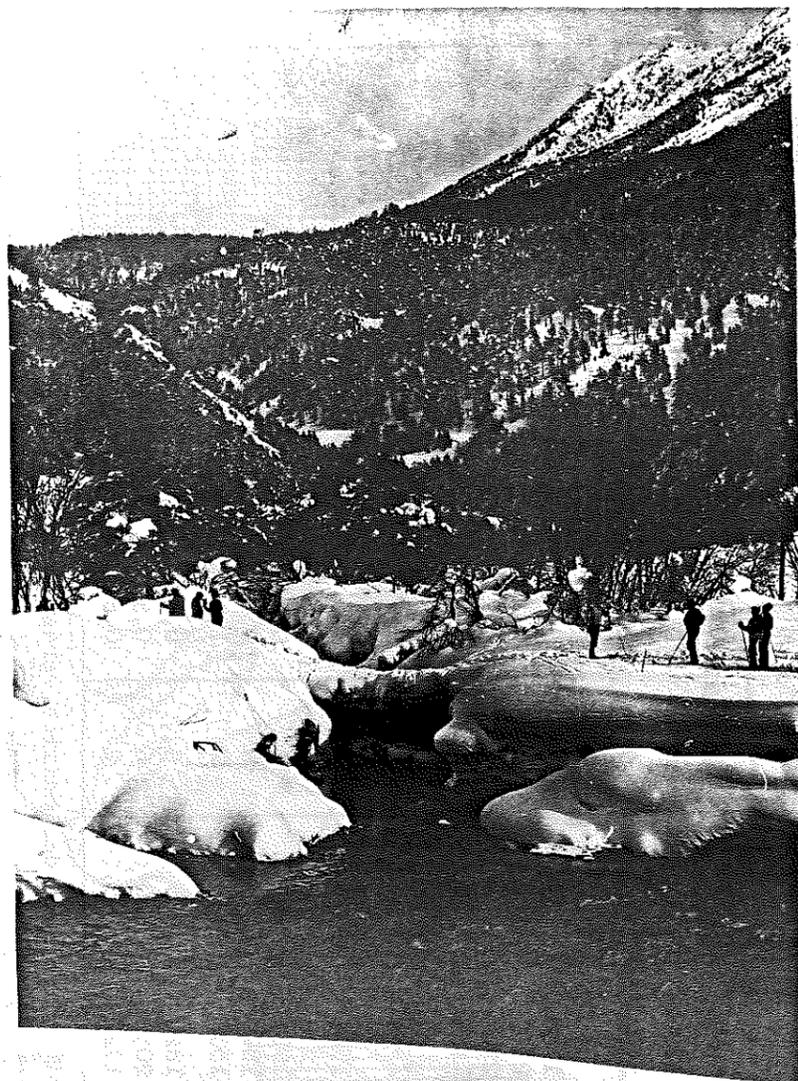
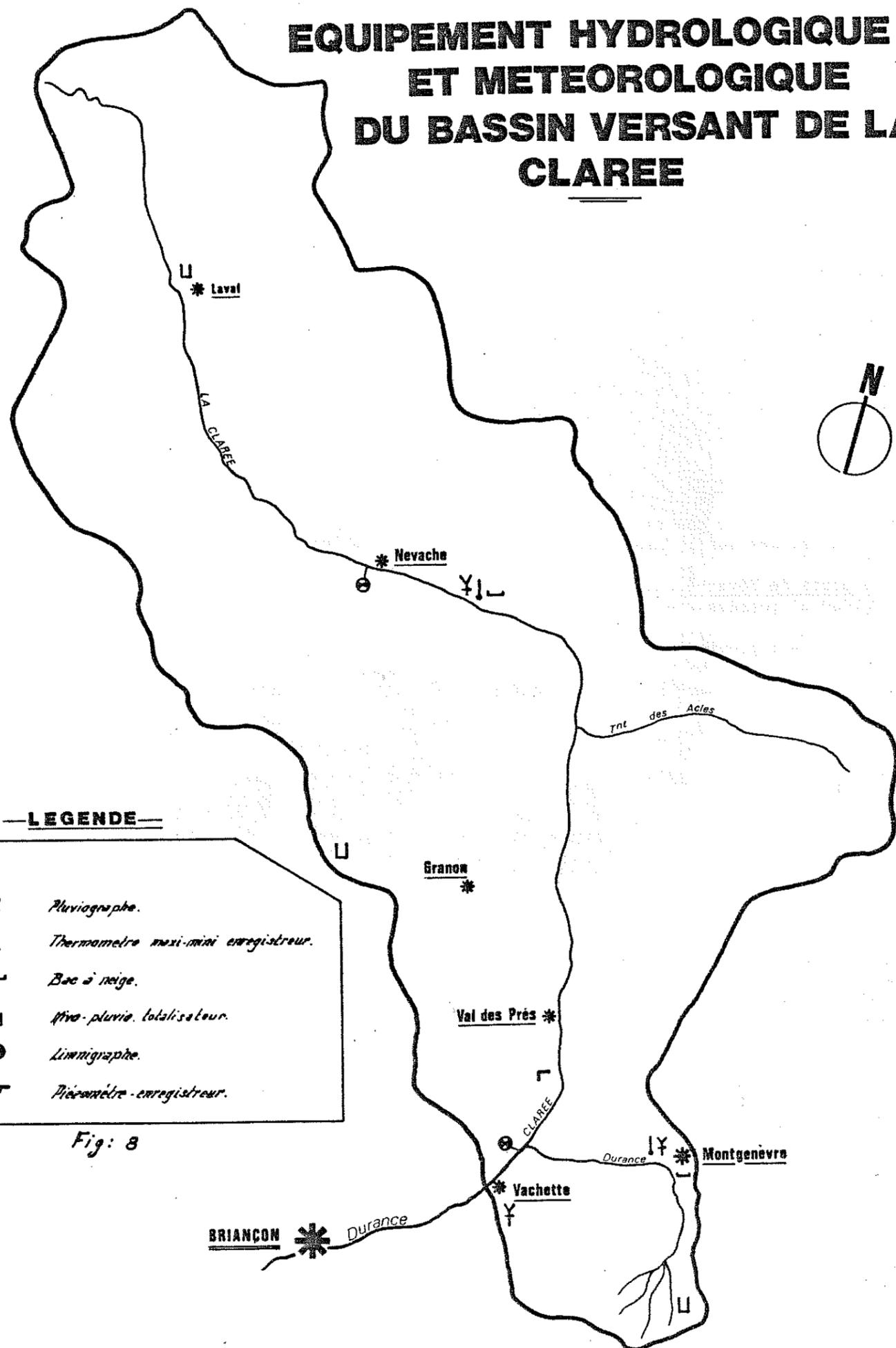


Photo I : Confluence Durance - Clarée

EQUIPEMENT HYDROLOGIQUE ET METEOROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAREE



La station dispose, en plus des instruments d'analyse des polluants de l'atmosphère, de l'équipement suivant :

- 1 anémomètre, girouette, avec enregistrement à tambour journalier
- 1 psychomètre Jules Richard
- 1 évaporomètre Piche
- 1 héliographe Jordan
- 1 thermographe enregistreur
- 1 hydrographe enregistreur
- 1 barographe enregistreur
- 1 pluviographe à augets basculeurs type R 208 A.
- 1 table et une perche à neige.

2 - Equipement mis en place pour l'étude.

Le S.R.A.E., a mis en place, pour notre étude :

- Un Nivo-pluviographe chauffant de type Filotecnica de 1.000 cm² à relevé hebdomadaire, à la Vachette (x = 942,43, Y = 299,79 et z = 1360 m) à proximité de l'ancienne station de la météo nationale, chez Mr. DUBOIS, depuis le 8 Septembre 1976.

La Vachette constituant le point le plus aval et le plus bas de notre bassin versant, il était indispensable d'en connaître les données pluviométriques. De plus, des relevés hebdomadaires de températures minima et maxima, y ont été effectués.

- 3 tubes nivo-pluviomètres totalisateurs, depuis le 1er Septembre 1976. Il s'agit de tubes plastiques de type PVC, fixés au sol par 3 haubans, de 3,00 m de hauteur, et de 0,20 m de diamètre. 2 litres d'antigel et un litre d'huile minérale, afin d'éviter l'évaporation, ont été déversés à l'intérieur.

Nous avons installé ces tubes en 3 endroits bien distincts du bassin versant de la Clarée :

- * à Laval (x = 929,85 ; y = 315,15 et z = 2040 m), à 300 mètres du terminus de la route goudronnée.
- * près du col du Granon (x = 936,7 ; y = 305,3 et z = 2387 m), à proximité de la route en terre Col du Granon - Val des Prés
- * dans les prairies des Gondrans (x = 946,55 ; y = 298,1 et z = 2260 m), à proximité de la route en terre Montgenèvre - Gondrans.

Des relevés trimestriels ont été effectués. Chacun sait l'incertitude des résultats fournis par de tels appareils. Nous admettons une erreur de 20 %. Le tube du Granon a donné des résultats complètement aberrants, ceux de Laval et des Gondrans des résultats exploitables.

II - Les vents

La vallée de la Clarée est soumise à de fortes influences aériennes, variables en intensité suivant leurs directions. Les vents sont particulièrement fréquents et influencent la pluviométrie de façon très nette.

1 - La bise ou Vent du Nord.

Il s'agit d'une branche du Mistral, venant du Nord principalement. C'est un vent sec et froid, soufflant toujours après le passage de perturbations venant d'Ouest. Il nettoie le ciel et la limpidité de l'atmosphère est alors extraordinaire.

L'hiver, où il est le plus fréquent, il entasse les congères, déchaîne la tourmente, rend la circulation très difficile, fait voltiger la neige, et "fumer" les sommets.

Au printemps, la bise est responsable des gelées, et en été du dessèchement des sols.

En passant par le col des Thures, la bise venue de la Vallée Etroite, rencontre, à Névache, celle, descendant des Rochilles ("vent des Rochilles"), provoquant ainsi, un abaissement considérable de la température (cf chapitre Thermométrie).

2 - La lombarde.

C'est un vent d'Est, en provenance d'Italie soufflant en toutes saisons, et qui est, le plus souvent, synonyme de vent du mauvais temps.

La lombarde franchit le col du Montgenèvre, s'abat sur la Vachette (elle représente 60 % des vents à la Vachette) et s'engouffre ensuite dans la vallée de la Durance. Il est rare qu'elle remonte la haute et moyenne vallée de la Clarée.

Quand, en hiver, une forte dépression règne sur l'Ouest de la France, la Lombarde accompagne toujours de grosses chutes de neige, engendrant tourmentes et bourrasques.

Au printemps, souvent "La Lombarde laisse le temps comme elle le prend".

Elle peut être, également, chaude et baptisée alors foehn (qui n'a rien de comparable avec le vrai foehn Tyrolien par exemple). Elle déclenche alors des avalanches, gonfle les rivières et provoque des inondations catastrophiques (comme en 1957, dans le Queyras et le Briançonnais).

3 - La brise de Vallée.

Il s'agit d'un vent propre à la montagne et particulièrement sensible en haute Clarée. Son sens s'inverse le jour et la nuit.

Le jour, les reliefs mieux ensoleillés se rechauffent plus vite que le fond de la vallée et aspirent l'air vers l'amont : C'est la brise montante, sensible, vers midi, en fond de vallée, et environ une heure plus tard, sur les crêtes.

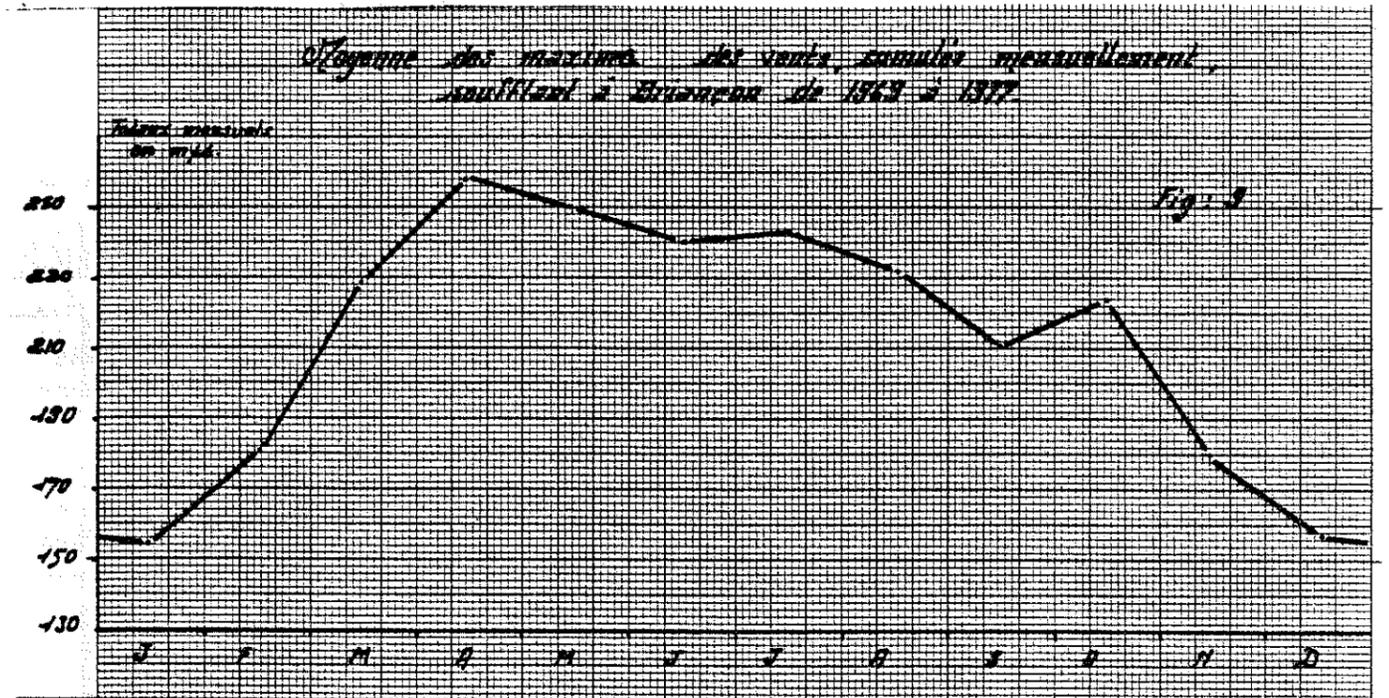
La nuit, les sommets se refroidissent plus vite que le fond de la vallée et l'air descend vers l'aval : c'est la brise descendante, souvent ressentie comme un coup de vent assez violent, en fin de soirée.

La brise tempère les chaleurs estivales et provoque des inversions de températures.

La brise montante paraît surtout fréquente en Briançonnais, l'été et la descendante, l'hiver, quand la lombarde vient la renforcer.

4 - Variation des totaux mensuels du maximum de vent, soufflant dans une journée, à Briançon

Disposant des totaux mensuels des maxima de vent, soufflant dans une journée, enregistrés à la station météo de Briançon de 1969 à 1977, nous en avons établi des moyennes (voir fig n° 9).



Nous constatons que les totaux mensuels les plus importants se situent au printemps (le mois d'avril constitue le maximum annuel). L'été est marqué par des vents relativement importants et constants.

Octobre est le mois le plus venté d'automne.

Les vents d'hiver sont relativement plus faibles que ceux des autres saisons (janvier étant le mois le moins venté de l'année).

Remarquons que ces observations très ponctuelles, valables à Briançon ne le sont certainement déjà plus, dans le détail, à la Vachette, et, encore moins, à Névache.

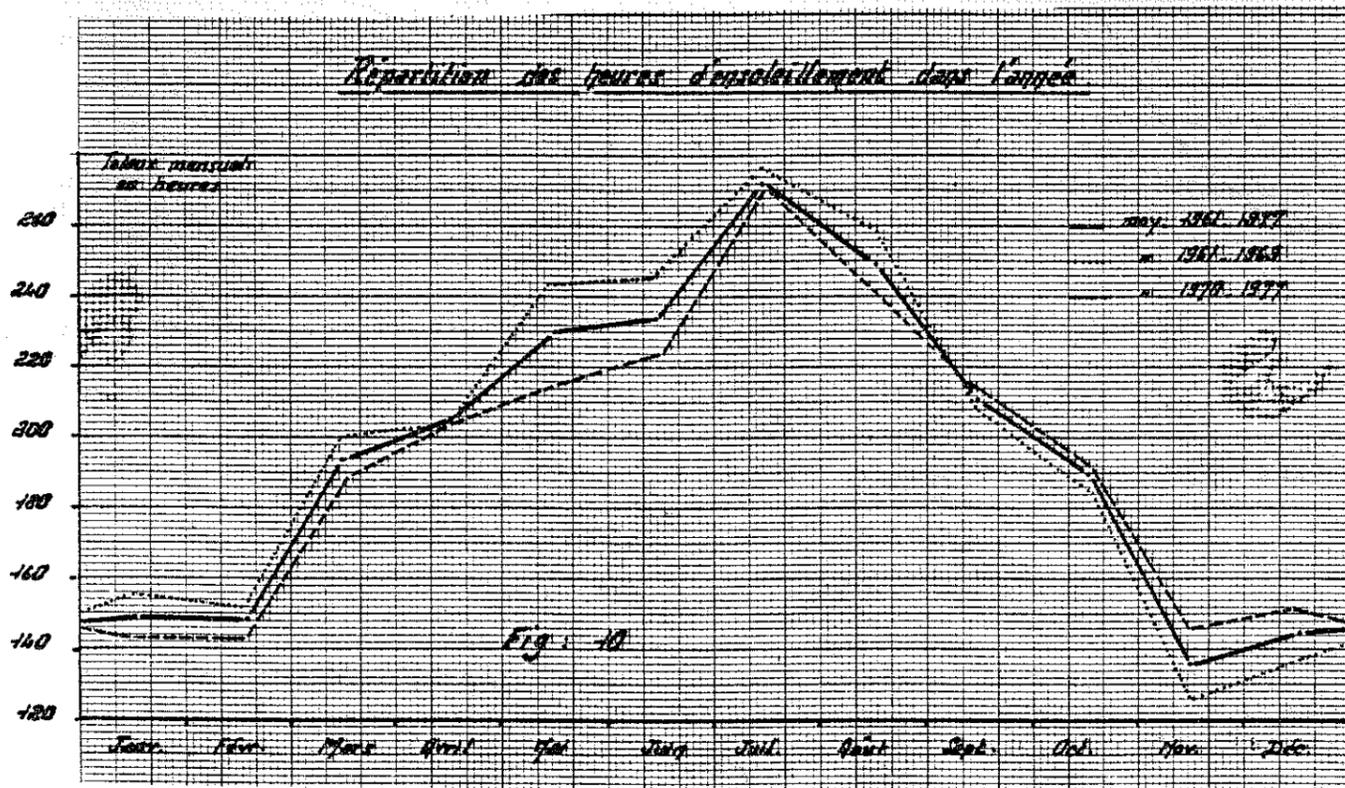
III - L'ensoleillement

L'ensoleillement exceptionnel, dont jouit le Briançonnais et plus particulièrement la vallée de la Clarée, constitue un atout touristique très important. Les "300 jours de soleil par an" de Briançon sont bien connus.

La station météo de Briançon (CRBC) dispose d'un héliographe Jordan en service depuis 1961. Cet appareil impressionne une bande de papier graduée en heure et 1/10ème d'heure. L'ensoleillement, ainsi mesuré, constitue une donnée brute, mais, cette valeur, obtenue en fond de vallée, est évidemment différente de celle obtenue sur les reliefs environnants. Il a été ainsi mis au point, afin de corriger la mesure, un coefficient appelé effet d'écran. A Briançon, cet effet d'écran représente 20 % de l'insolation brute (à Embrun, par exemple, il est de 16 %, à Nice de 1,5 %). Donc, l'ensoleillement mesuré ne représente que 80 % de celui qu'on aurait constaté, sans cet écran dû aux reliefs. C'est ainsi, qu'à Briançon (pour une moyenne de 1946 - 1970), l'insolation brute annuelle (donc mesurée), représente 2451 heures et l'insolation relative annuelle (donc corrigée) 3064 heures. La durée relative d'ensoleillement dans le Briançonnais est supérieure de 3 % à celle de Nice et de 32 % à celle de Paris.

1 - Répartition des heures d'ensoleillement dans l'année.

La répartition des heures d'ensoleillement dans l'année, varie suivant les mois (voir fig n° 10)



Pour la période 1961 - 1977, le mois de Juillet constitue le maximum annuel (274 heures) et le mois de Novembre le minimum (136 heures). Remarquons, d'une manière générale, que l'évolution actuelle de l'ensoleillement tend à s'uniformiser. En effet, les minima augmentent et les maxima baissent. Ainsi, les heures d'ensoleillement des mois de Janvier, Février, Mars, Mai, Juin Juillet et Aout de la période 70 - 77 sont nettement inférieures à celles de la période 61 - 69. Par contre, les heures d'ensoleillement des mois d'octobre, Novembre, Décembre, sont supérieures (avril et septembre ont les mêmes valeurs).

2 - Taux d'ensoleillement

Le taux d'ensoleillement représente le rapport de l'ensoleillement effectif à l'ensoleillement théorique.

Le taux annuel (1961 - 1977) est de l'ordre de 68,3 %.

C'est dire que, sur 3 heures possibles, le soleil brille effectivement plus de 2 (de Mai à Octobre, plus de 3h30 de soleil sur les 5 heures possibles ; de novembre à Avril, plus de 3 h de soleil, sur les 5 heures possibles).

3 - Répartition journalière de l'insolation.

En moyenne, 17 jours par an représente le nombre de jours où le soleil n'a pas brillé du tout (Aucun jour en juillet - aout). Le soleil brille de façon continue 75 jours par an (12 jours pour le seul mois d'octobre).

4 - La luminosité.

Les brouillards sont extrêmement rares en Briançonnais et inexistantes en Névachie. L'atmosphère est d'une exceptionnelle limpidité ; les vents abondants déblayent très rapidement les nuages.

Il est fréquent de voir du brouillard sur le versant italien du col du Montgenèvre, alors que le versant français est noyé sous le soleil. De même, le contraste est frappant depuis le seuil des Rochilles, entre la Haute Clarée lumineuse et limpide et Valloire et le col du Galibier sombre et brumeux.

IV - l'Hygrométrie.

L'humidité relative, ou rapport entre la vapeur d'eau contenue dans l'air et celle que cet air pourrait contenir à la saturation, à la même température, est enregistrée à la station météo de Briançon, à l'aide d'un hygromètre à cheveux.

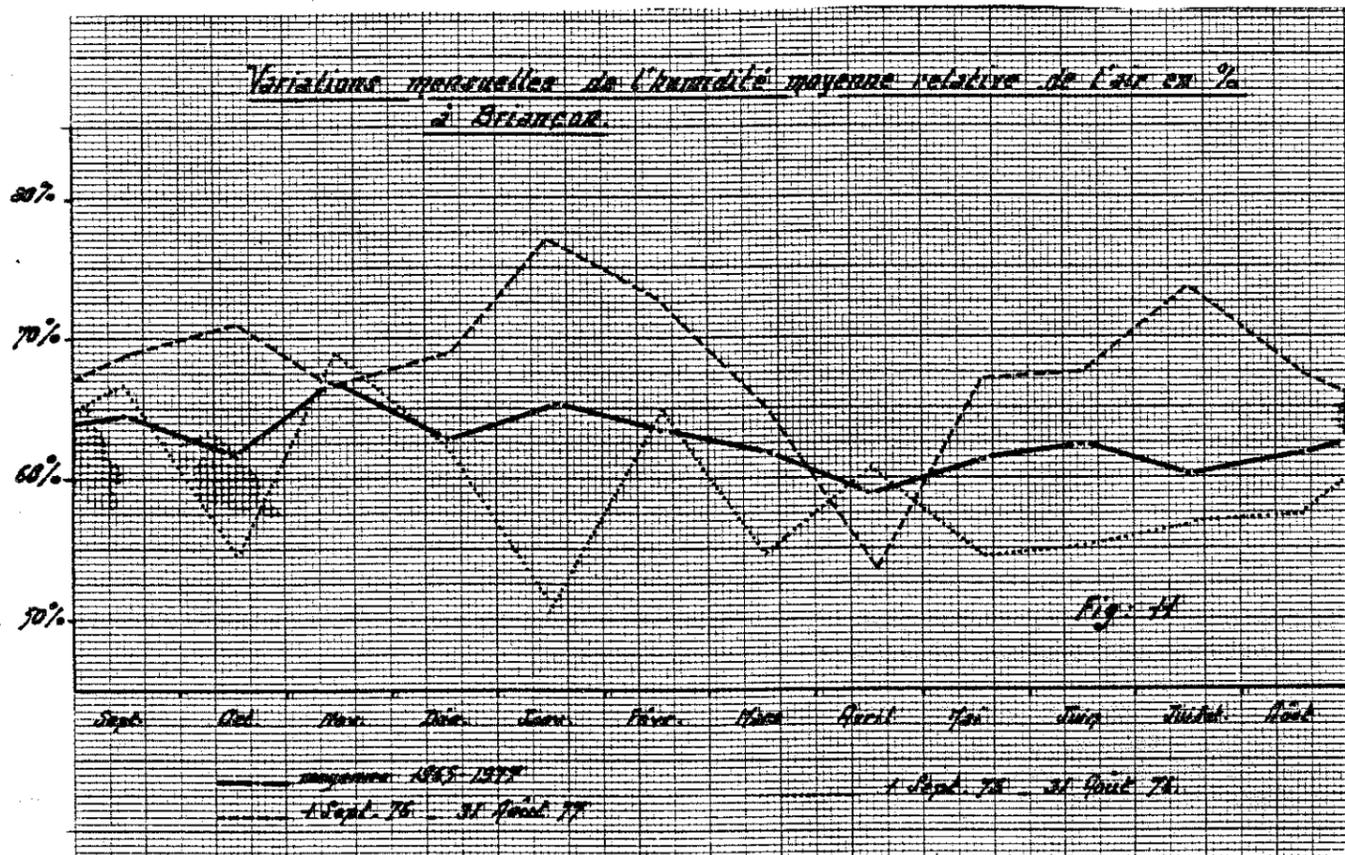
Pour la première année de notre étude (1er septembre 1975 - 31 Aout 1976), nous trouvons une valeur moyenne de 59 %, inférieure à la valeur moyenne générale (1965 - 1977) égale à 62,7 % (voir fig n° 11 et tableau n° 111)

Cette période d'allure générale bien inférieure à la moyenne présente des variations très nettes d'un mois sur l'autre.

Le maximum se situe, comme pour la courbe moyenne en Novembre, grâce principalement aux précipitations d'automne. Le minimum correspond à un mois de Janvier peu neigeux et relativement sec. Les variations durant l'année sont de l'ordre de 18,5 %.

Pour la seconde année de notre étude (1er Sept 76 - 31 Aout 77), la valeur moyenne est de 68,3 % donc bien supérieure aux 62,7 % de la valeur moyenne générale. Cette période est marquée par de fortes précipitations et d'importantes chutes de neige, ce qui lui confère une allure générale bien

supérieure à la moyenne. Notons un maximum en janvier, un minimum en avril, comme pour la courbe moyenne, et une variation annuelle de 24,2 %.



D'une manière générale, le printemps est la saison où l'humidité est la plus faible ; la fin de l'automne et le début de l'hiver, la période où elle est la plus importante ; les variations annuelles sont de l'ordre de 8 %.

L'humidité relative, croissant à partir du sol, pour atteindre 100 % au niveau des couches nuageuses, si elles existent, dépendra de l'altitude et sera bien évidemment supérieure sur les reliefs qu'en fond de vallée.

V - La pollution atmosphérique.

Si le Briançonnais est devenu un lieu de repos et de soins pour les malades, c'est principalement grâce à son air montagnard non pollué. En effet, celui-ci reçoit une forte intensité de radiations ultraviolettes, qui possèdent un fort effet bactéricide. Nous mentionnerons quelques résultats obtenus par le Centre Briançonnais de Recherches Bioclimatiques, au sujet des polluants de l'air.

- Le gaz carbonique

Le gaz carbonique à Briançon représente environ 4×10^{-4} d'un volume donné d'air ; à Paris par contre il représente 8×10^{-4} d'un même volume donné d'air. C'est dire qu'il y a 2 fois plus de gaz carbonique dans l'air à Paris qu'à Briançon.

Mois	1er Sept.75 - 31.8.76			1er.9.76 - 31.8.77			Moyenne 65 - 77		
	mini	maxi	moyenne	mini	maxi	moyenne	mini	maxi	moyenne
Sept.	40,4	93,1	66,7	45,3	92,6	69,0	38,3	90,9	64,6
Oct.	28,2	80,9	54,5	51,2	91,3	71,3	38,4	85,1	61,7
Nov.	49,1	90	69,5	50,0	82,7	66,4	47,3	86,3	66,9
Dec.	46,1	78,2	62,2	52,6	85,6	69,1	44,3	81,1	62,7
Janv	27,6	74,5	51,1	62,3	92,1	77,2	46,1	84,8	65,4
Fev.	44,6	84,4	64,5	54,3	91,2	72,8	40,8	86,0	63,4
Mars	29,3	79,6	54,5	40,0	90,6	65,3	38,4	85,2	61,8
Avril	34,8	87,4	61,1	34,0	71,9	53,0	34,8	83,0	58,9
Mai	27,4	81,3	54,4	43,7	90,0	66,9	35,5	87,4	61,4
Juin	25,3	85,6	55,5	44,1	90,8	67,5	36,1	88,3	62,2
Juil.	29,8	84,2	57	58,4	88,8	73,6	32,9	87,9	60,4
Aout	31,3	83,5	57,4	44,2	90,3	67,3	33,9	89,5	61,7
Moy.	34,5	83,6	59,0	48,3	88,2	68,3	39,1	86,3	62,7

Tableau III : Humidité relative de l'air en % (Minima, Maxima, mensuelle et annuelle) à Briançon C.R.B.C.

- Le gaz sulfureux

Le gaz sulfureux, surtout dû à l'industrie et au chauffage domestique, est nocif à l'égard de l'organisme humain. Le gaz sulfureux à Briançon, représente environ 13×10^{-9} d'un volume donné d'air. Notons à titre comparatif d'autres valeurs :

- à Lyon il représente 260×10^{-9} du même volume donné d'air
- à Paris, 1000×10^{-9}
- à Londres (par temps de brouillard) = 1400×10^{-9}

Notons que le seuil de nocivité immédiate est de 10000×10^{-9}

VI - La thermométrie.

1 - Températures moyennes annuelles.

Les températures moyennes annuelles ont été calculées pour les stations de Briançon, la Vachette, Nevache et Montgenèvre par intégration des enregistrements hebdomadaires.

Les moyennes annuelles sont

	Briançon 1324 m	La Vachette 1360 m	Nevache 1660 m	Montgenèvre 1860 m
Période 1948 - 1976	mini + 2°3 maxi +13°3 ----- moyenne + 7°8	-	mini - 2°7 maxi +10°7 ----- moyenne + 4°	-
Période 1959 - 1968	+ 2°2 +13°5 ----- + 7°9	- 2°1 + 13°5 ----- + 5°7	- 2°6 +10°7 ----- + 4° 1	-
Période 1970 - 1976	+ 1°8 +12°9 ----- + 7,4	-	- 3°4 +10°6 ----- + 3° 6	- 1°1 + 7° 6 ----- + 3° 3
Période 1er Sept. 1975 - 31.8.76	+ 2°3 +13°7 ----- + 8 °	-	- 2°9 +11°3 ----- + 4° 2	- 1° + 8°7 ----- + 3° 8
1er Sept. 1976 - 31.8.77	+ 1°5 +11°5 ----- + 6°5	-	- 2°7 + 9°5 ----- + 3° 4	-

Tableau n° IV. Températures moyennes annuelles.

Les moyennes annuelles sont d'une manière générale basses.

La vallée de la Clarée est une vallée froide, compte tenu de l'altitude moyenne de celle-ci. C'est la vallée la plus froide du département des Hautes-Alpes.

Notons que la première période d'étude (1er septembre 75 - 31 Aout 1976) est plus chaude que la moyenne 48 - 76 de + 0,2, et que la seconde période d'étude (1er sept. 76 - 31 Aout 1977) est plus froide que la moyenne 48 - 76 (plus marqué à Briançon = - 1°3 qu'à Néevache = - 0°6)

L'évaporation va donc nécessairement varier d'une année à l'autre.

2 - Températures moyennes mensuelles et amplitude annuelle.
(voir fig. n° 12 et 13 et tableau n° V).

Le mois incontestablement le plus chaud, dans la vallée de la Clarée est Juillet, suivi de près par Aout.

Les mois les plus froids sont bien évidemment les mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février).

Notons pour la période d'étude, des inversions de températures pour les mois de décembre 75, Janvier, Juin, Juillet et Décembre 76, et Janvier - Février 77. Ainsi, les températures moyennes mensuelles de Nevache sont inférieures à celles enregistrées à Montgenèvre situé 200 m plus haut en altitude.

Paradoxalement ce sont les extrêmes qui subissent ces inversions.

La station météo de Montgenèvre, située sur un col, donc en proie à de nombreux phénomènes de vents, de turbulence et de brouillard, donne des résultats thermométriques et comme nous le verrons plus loin pluviométriques, assez aberrants. L'air froid, l'hiver, est balayé et va s'accumuler en fond de vallée où il va stationner. Il ne sera guère réchauffé par les rayons de soleil arrêtés par les reliefs.

En outre la station de Nevache se trouve située, dans un fond de vallée encaissé d'axe Est - Ouest, au carrefour des 2 vents froids (Vents des Thures et des Rochilles) donne de ce fait, des températures plus basses que la moyenne.

L'amplitude annuelle, c'est à dire l'écart entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, est très élevée.

Nous relevons ainsi pour les 2 périodes d'études, une amplitude de + 18°9 à Briançon, + 19°1 à Nevache et + 18°4 à Montgenèvre.

Ces amplitudes sont importantes surtout pour une région appartenant aux Alpes du Sud.

Tableau n° V : Températures Moyennes mensuelles pour les 2 périodes d'étude.

Mois	1er Sept. 75 - 31 Aout 1976			1er sept 76 - 31 Aout 1977		
	Briançon.	Névache	Montgenèvre.	Briançon	Nevache	Montgenèvre
Sept.	13°6	9°4	8°9	10° 7	7° 3	6° 3
Oct.	8°1	5°2	4°1	7°8	5° 6	4°
Nov.	2°5	0°1	- 2°4	2°2	- 1° 3	- 3° 3
Dec.	1°2	- 5°2	- 2°	- 2°	- 6° 4	- 5°
Janv.	1°4	- 3°8	- 1°8	- 1°9	- 6°	- 5°
Fev.	1°8	- 1°7	- 3°3	0°5	- 3° 6	- 2° 9
Mars	3°3	- 0°5	- 1°2	5°	1° 6	0° 7
Avril	5°4	2°7	1°2	6° 2	2° 7	?
Mai	11°4	8°1	6°6	8° 7	6° 2	?
Juin	15°6	12°2	12°7	12°2	9° 2	?
Juil.	16°9	12°7	12°9	15°2	13° 4	?
Aout	14°8	11°	10°6	13°9	11° 2	?
Moy. annuelle	8°	4°2	3°8	6°5	3° 4	-

TEMPERATURES MENSUELLES (Moyenne 1948-1976.)

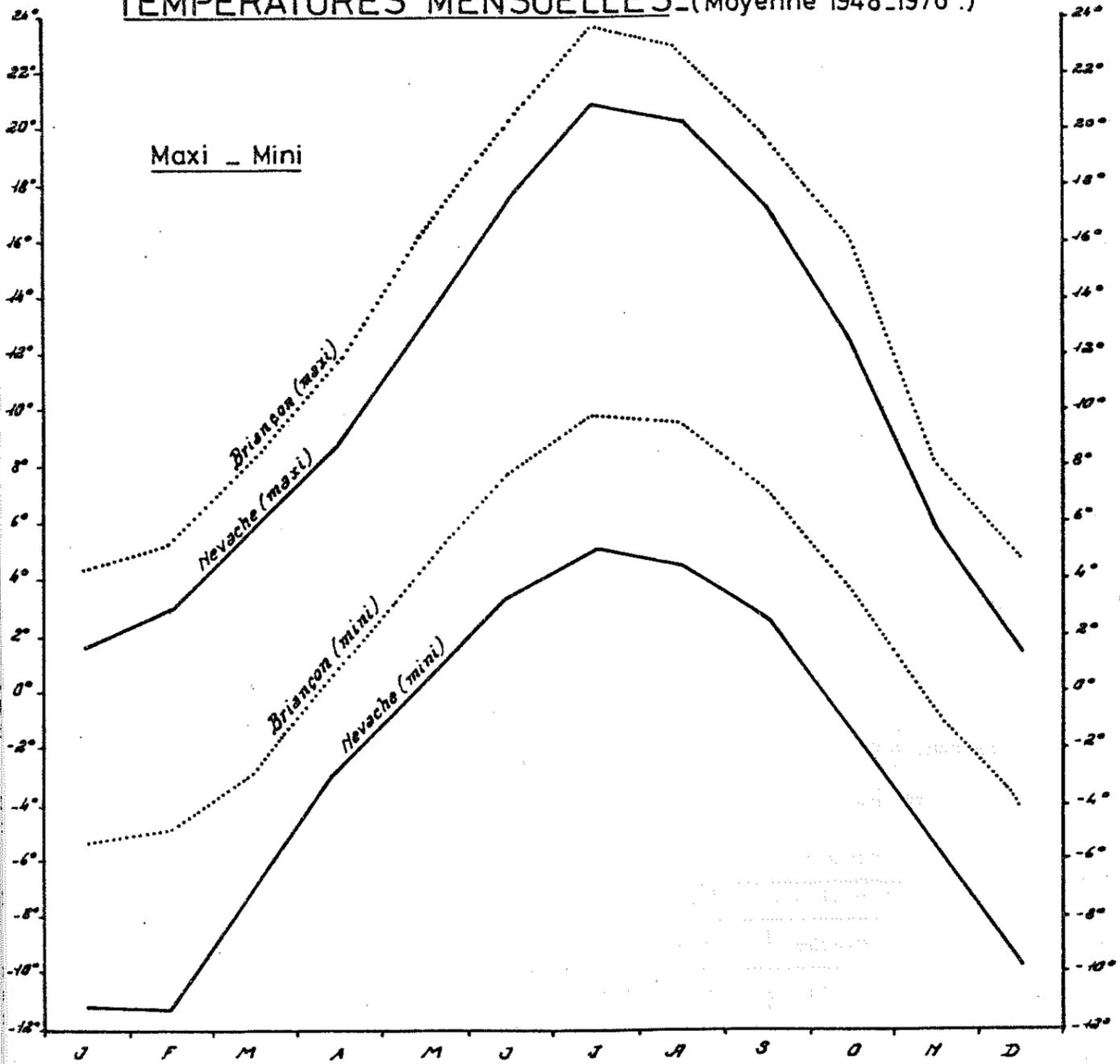
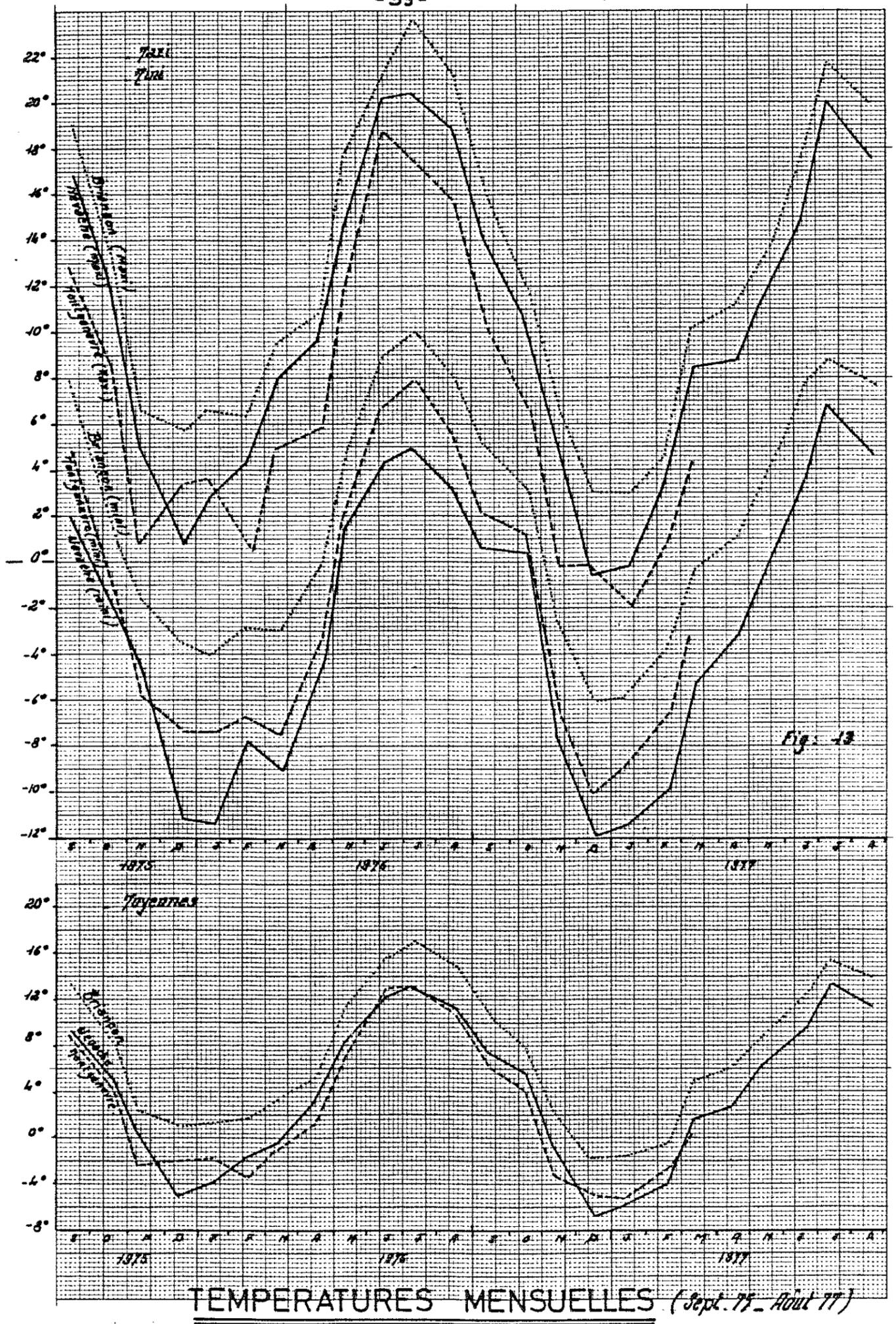
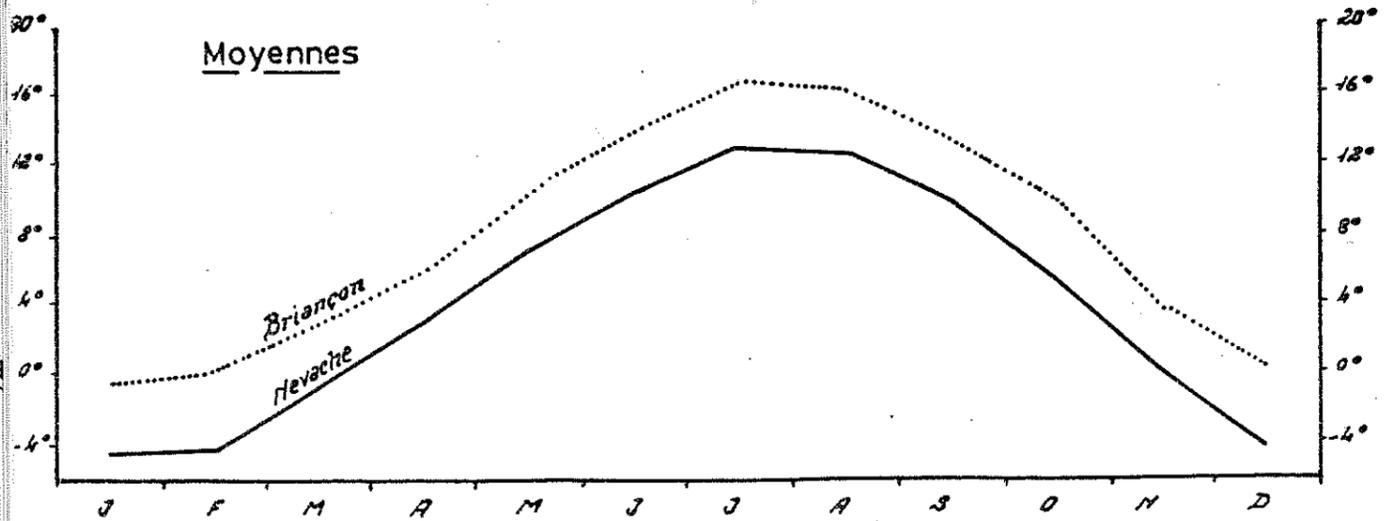


Fig: 12



Les extrêmes de températures sont importants dans la vallée de la Clarée. Ainsi, a-t-on signalé un + 30° à Névache et + 32° à la Vachette en Juillet 52, et à l'opposé un - 27°3 à Névache en janvier 66 (Le thermomètre serait descendu de mémoire d'homme à - 35 °).

Cela constitue des écarts énormes de plus de 60 ° dans les températures de la vallée.

Nous avons noté à Névache pour la décennie 1961 - 1970, en moyenne par an :

- 222 jours de gelée sous abris. (Température minimale quotidienne $\leq 0^\circ$) contre 144 à Briançon et 115 à Gap.
- 74 jours de grand froid, sous abris (Température minimale quotidienne $\leq -10^\circ$) contre 15 à Briançon et 7 à Gap.
- 40 jours sans dégel, sous abris (Température maximale quotidienne $\leq 0^\circ$) contre 22 à Briançon et 9 à Gap.
- 10 jours chauds, sous abris (température maximale quotidienne $\geq +25^\circ$) contre 32 à Briançon et 71 à Gap.

C'est dire que sept mois par an, à Névache, le thermomètre descend en dessous de 0°, et un mois et demi par an les températures restent inférieures à 0° toute la journée !. Ces chiffres constituent des records pour le département des Hautes-Alpes. Notons que des localités comme Pelvoux, St Veran, ou la Grave sont plus chaudes que Nevache.

4 - Gradient Altimétrique de Température.

Seules les données des stations de Névache et de la Vachette ont été exploitées pour l'établissement du gradient altimétrique de Température. En effet, la station de Montgenèvre donne, pour certains mois, des inversions de température, comparativement à celles des fonds de vallée (voir plus haut). En outre la station de Briançon, bien exposée, sur un versant plein Sud, reconnu pour être très chaud, présente des caractères thermiques différents de ceux de la vallée de la Clarée.

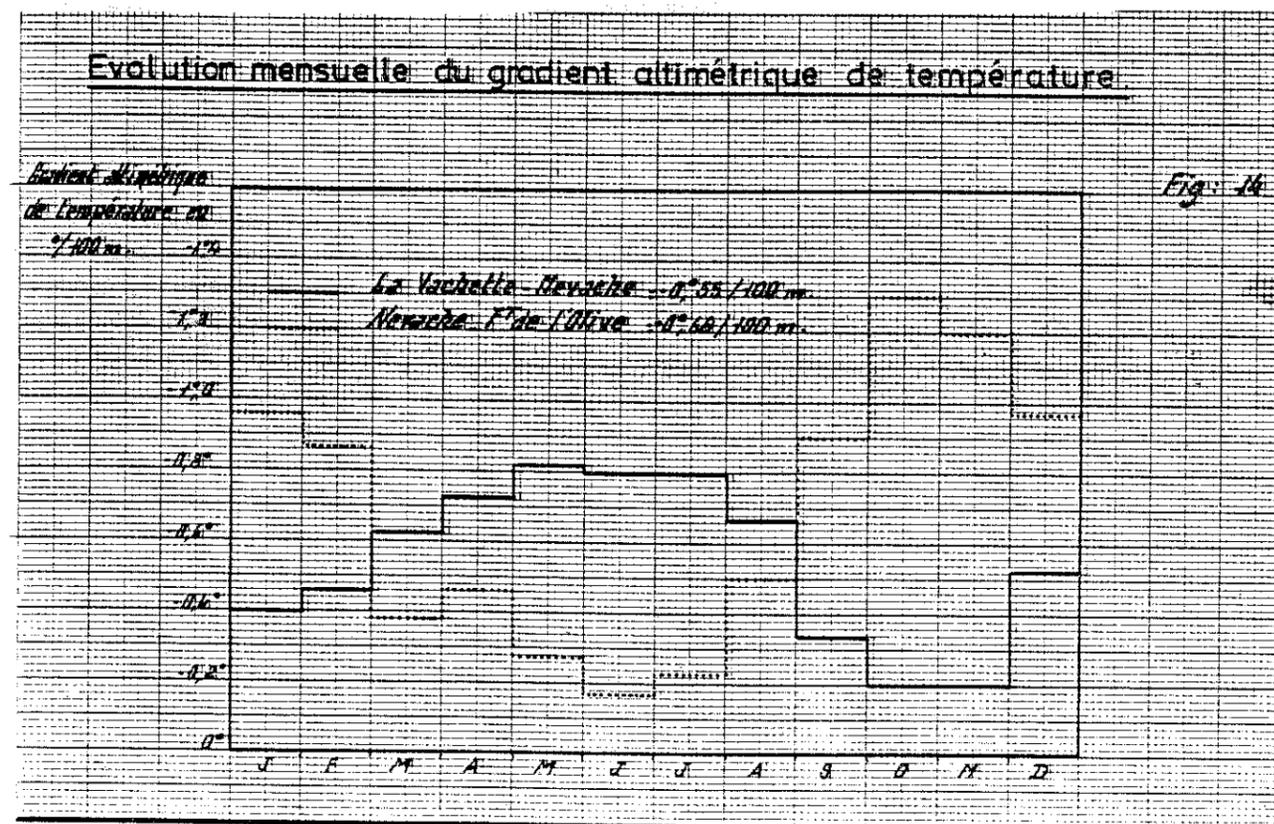
Afin d'évaluer ce gradient altimétrique de température, nous avons choisi une période où nous possédons à la fois les températures de la Vachette et celles de Nevache, c'est à dire la période 1959 - 1968, soit 10 ans.

Possédant, en plus de très vieilles données militaires (malheureusement incomplètes) enregistrées aux différents forts du Janus, des Gondrans, de l'Infernet, de l'Olive, de Plampinet et des Acles, nous avons établi entre Névache et le fort de l'Olive (2250 m - Sud Est de Nevache) pour une période semblable, un gradient altimétrique de température de haute altitude.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau n° VI et la figure n° 14.

Mois.	Grad.Alt.de temp.par 100 m entre la Vachette-Névache.	Grad.Alt. de temp.par 100 m entre Nevache Font de l'Olive.	Saison.	Grad.Alt.de temp.par 100 m entre la Vachette - Nevache.	Grad.Alt. de temp.par 100 m entre Nevache Font de l'Olive.
Janv.	- 0° 4	- 0° 97	Hiver	- 0° 50	- 0° 74
Fev.	- 0° 46	- 0° 87			
Mars	- 0° 63	- 0° 38			
Avril	- 0° 73	- 0° 47			
Mai	- 0° 83	- 0° 28	Printemps	- 0° 80	- 0° 30
Juin	- 0° 80	- 0° 17			
Juil	- 0° 80	- 0° 23			
Aout	- 0° 67	- 0° 50	Eté	- 0° 60	- 0° 54
Sept.	- 0° 33	- 0° 90			
Oct.	- 0° 20	- 1° 3			
Nov.	- 0° 20	- 1° 2	Automne	- 0° 31	- 1° 15
Dec.	- 0° 53	- 0° 97			
Année	- 0° 55	- 0° 68	Année	- 0° 55	- 0° 68

Tableau n° VI : Variations mensuelles et saisonnières du Gradient Altimétrique de température.



Nous avons donc, entre la Vachette et Névache, un gradient annuel de température de l'ordre de $-0^{\circ} 55$ par 100 mètres. Ce chiffre varie suivant les saisons : le plus fort gradient se situe au printemps ($-0^{\circ} 80/100$ m), saison marquée par de brusques variations thermiques et par des gelées locales ; l'automne possède le plus faible gradient, ($-0^{\circ} 30/100$ m), caractérisant des températures basses et constantes ; l'été et l'hiver sont les 2 saisons où le gradient ($-0^{\circ},60/100$ et ($0^{\circ}50/100$ m) est proche de la moyenne.

Entre Névache et le fort de l'Olive, le gradient annuel de Température est de $-0^{\circ}68$ par 100 mètres donc supérieure de $-0^{\circ} 13$ au précédent. Il subit des inversions au printemps et en automne, puisque le maximum saisonnier est en automne ($-1^{\circ} 13/100$ m), et le minimum au printemps ($-0^{\circ}30/100$ m). Hiver et Eté sont, comme précédemment, les 2 saisons où le gradient est proche de la moyenne.

Cela voudrait dire qu'en Automne, il fait plus froid en altitude qu'en fond de vallée, et qu'au Printemps, le réchauffement est beaucoup plus sensible sur les sommets que dans les fonds de vallée.

Ainsi le gradient Altimétrique de température, varie en fonction de la saison et de l'altitude.

Nous avons choisi 1.800 mètres, comme limite supérieure du gradient égal à $-0^{\circ} 55/100$ m, donc limite inférieure de celui égal à $-0^{\circ} 68/100$ m. Cette cote (1800 m), représente à notre avis, l'altitude supérieure des fonds de vallée. De 1300 m à 1800 m, les variations semblent constantes. Au delà les températures subissent de brusques variations indépendantes de celles des fonds de vallée.

Nous avons construit, avec l'aide des différents gradients mensuels, une carte de positionnement moyen, mensuel de l'isotherme 0° (voir fig n° 15). Il se situe annuellement à une altitude voisine de 2300 m.

En décembre, Janvier, Février, il est inférieur à 1.300 m et sort de la vallée, tout comme en Mai, Juin et Juillet, Aout où il est supérieur à 3.000 m. Par contre, durant les autres mois, il se localise bien précisément. Ainsi les mois du printemps, le voient remonter progressivement en altitude. (Septembre : 2.750 m, Octobre : 2.150 m, Novembre : 1.700 m).

5 - Températures moyennes annuelles des 2 périodes étudiées.

Grâce au gradient altimétrique, il nous est facile, connaissant l'altitude d'un lieu, d'en déterminer la température moyenne annuelle ou mensuelle.

D'après la fig n° 16, la température moyenne annuelle correspondant à l'altitude moyenne du bassin versant de la vallée de la Clarée (2.226 m), sera de.:

+ $0^{\circ} 72$	(du 1er septembre 75 au 31 Aout 1976)
- $0^{\circ} 05$	(du 1er septembre 76 au 31 Aout 1977)

Positions moyennes mensuelles de l'isotherme 0°
BASSIN VERSANT DE LA CLARÉE

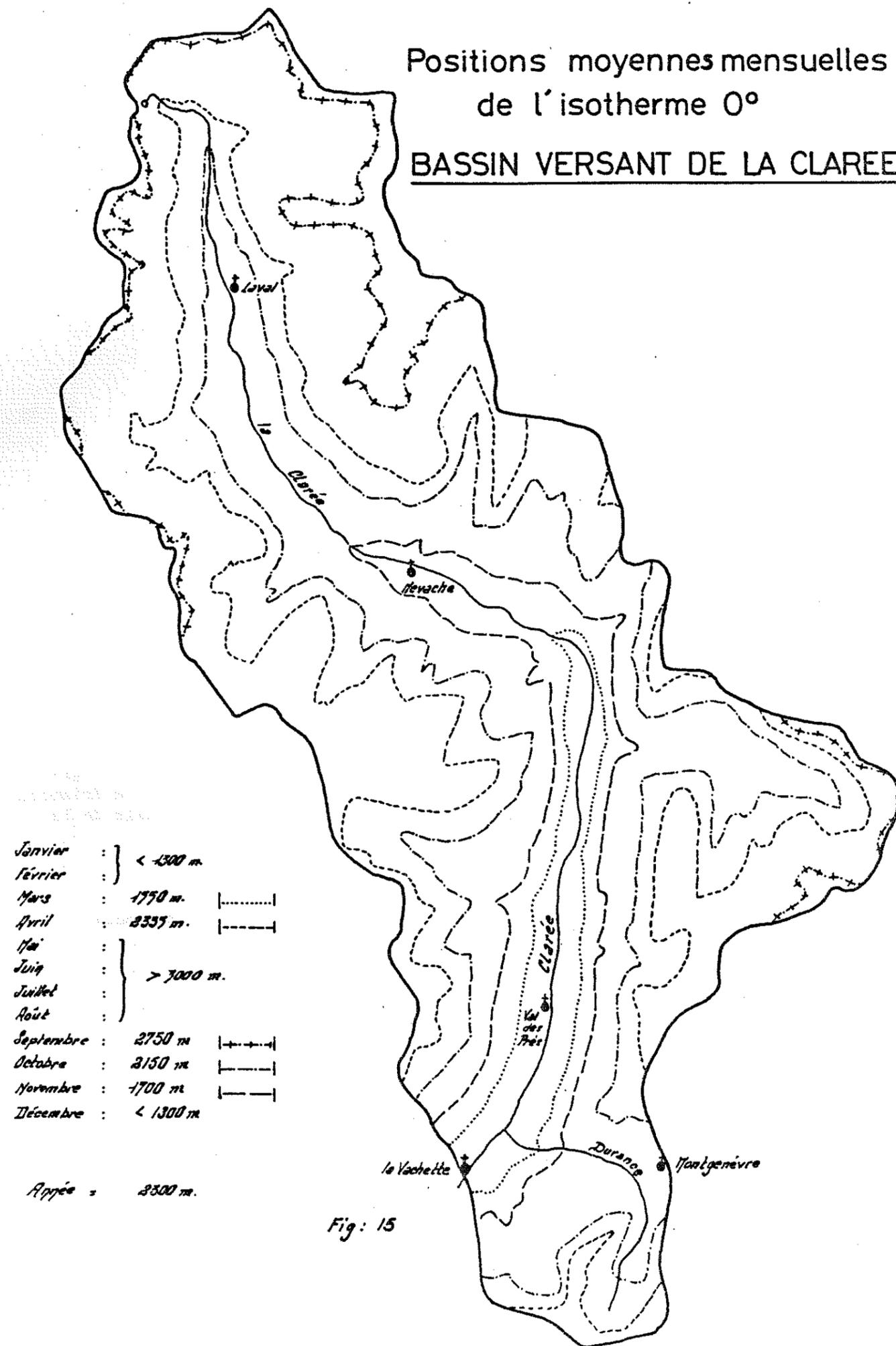
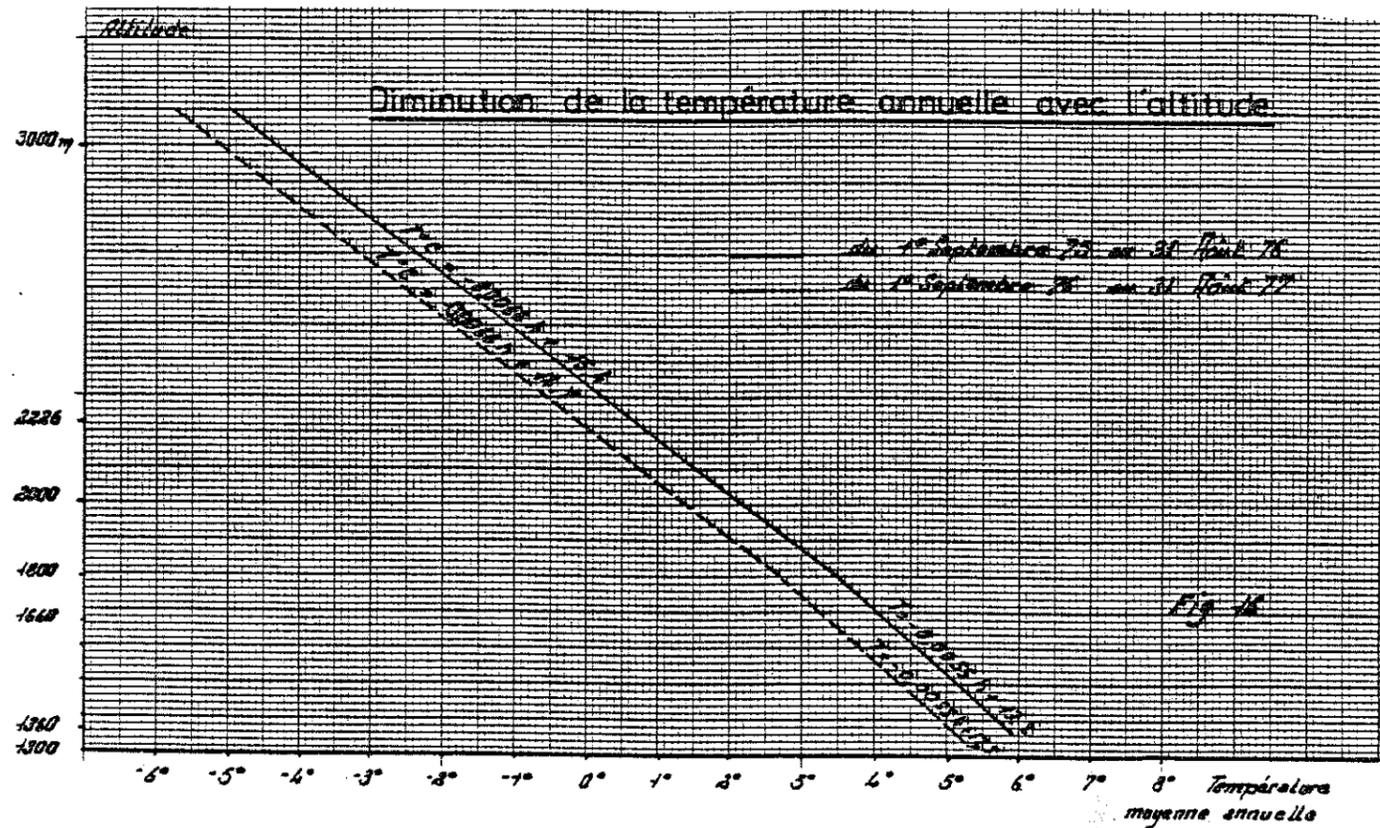


Fig: 15



VII - La Fluviométrie.

I- Modules pluviométriques annuels.

a - Anciens relevés.

Nous disposons, grâce aux différentes stations de la météorologie nationale des hauteurs de précipitations annuelles depuis 1926 pour les stations de Briançon et Névache, depuis 1956 pour celle de Montgenèvre et de 1936 à 1969 pour celle de la Vachette (tableau n° VII).

1) Moyennes.

Le module moyen établi sur 30 ans (1947 à 1976) pour Briançon (1324 m) donne 733 mm.

Celui de Névache (1.660 m) établi sur 50 ans (1927 à 1976) est de 784 mm.

Pour la Vachette (1.360 m) établi sur 34 ans (1936 à 1969) il est de 717 mm.

Celui de Montgenèvre (1.850 m) établi sur 21 ans (1956 à 1976) est de 736 mm.

Années	Briançon 1324 m	La Vachette 1360 m	Névache 1660 m	Montgenèvre 1850 m
1947	818	754	900	-
1948	754	702	575	-
1949	447	598	750	-
1950	728	673	893	-
1951	1.089	1.003	1.026	-
1952	882	823	861	-
1953	364	595	601	-
1954	785	735	783	-
1955	1.014	802	967	-
1956	576	560	592	531
1957	599	588	643	582
1958	673	727	760	645
1959	828	790	815	749
1960	1.196	1.242	1.270	1.094
1961	601	557	728	590
1962	658	654	635	476
1963	1.071	876	830	939
1964	622	626	616	680
1965	791	770	770	793
1966	608	675	680	743
1967	560	552	531	583
1968	892	926	1.040	988
1969	574	490	701	640
1970	806	-	816	809
1971	610	-	683	644
1972	716	-	664	754
1973	779	-	715	917
1974	596	-	606	708
1975	661	-	601	711
1976	682	-	778	869
1977				
Moyenne 56.69	732	722	758	717

tableau n° VII

Modules pluviométriques annuels (en mm).

Afin de pouvoir comparer les résultats entre eux, nous avons choisi une période de référence commune aux 4 stations, c'est à dire de 1956 à 1969. Cela nous donne les résultats suivants :

- Briançon (1.324 m) = 732 mm
- La Vachette (1.360 m) = 722 mm
- Névache (1.660 m) = 758 mm
- Montgenèvre (1.850 m) = 717 mm.

Nous constatons déjà, qu'il pleut moins à Montgenèvre qu'à la Vachette, pourtant situé 500 m plus bas en altitude!

2) Valeurs extrêmes.

A titre indicatif, nous avons relevé quelques valeurs extrêmes annuelles :

* Années sèches.

Ainsi, 1953 est une année sèche, avec seulement 364 mm de précipitations à Briançon (indice pluviométrique = $\frac{P_i}{P} = 0,49$)

1929 marque Névache de 506 mm de pluie (indice pluviométrique = 0,64)

1969, pour la Vachette est une année sèche, puisque seulement 490 mm d'eau l'ont arrosé (indice pluviométrique = 0,68).

1962 marque Montgenèvre de sa sécheresse, avec seulement 476 mm de précipitations (indice pluviométrique = 0,64).

La vallée de la Clarée n'a pas été affectée par la sécheresse qui a marqué la France en 1976, puisque les valeurs annuelles des différentes stations sont proches du module moyen.

* Années humides.

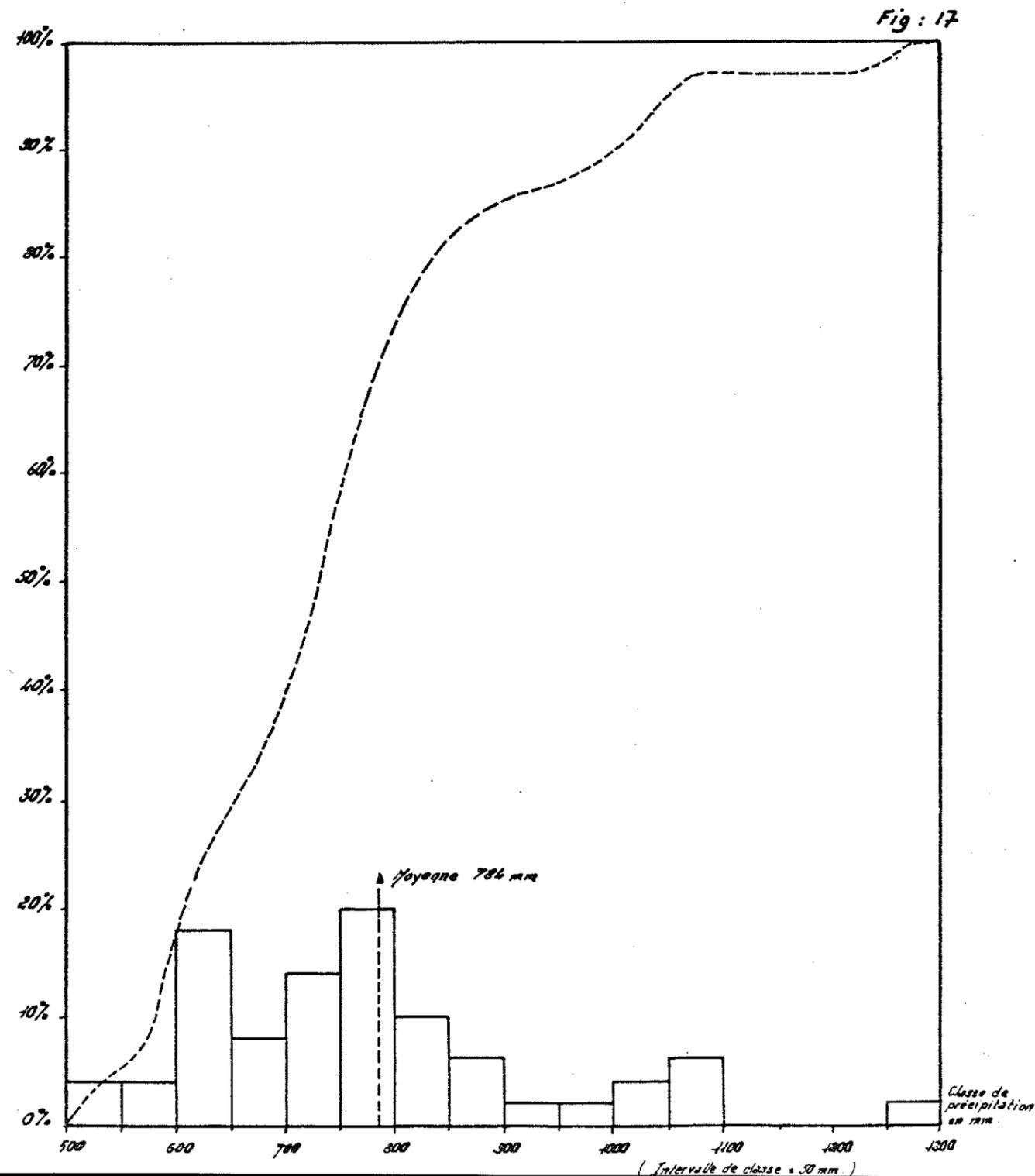
1960 sera l'année humide typique avec :

- 1.196 mm à Briançon (indice pluviométrique : 1,6)
- 1.242 mm à la Vachette (" : 1,7)
- 1.270 mm à Névache (" : 1,6)
- 1.094 mm à Montgenèvre (" : 1,5)

3) Répartition des fréquences.

Pour les cinquantes années d'observations pluviométriques (1927 à 1976) à Névache, nous avons tracé le polygone des fréquences et la courbe des fréquences

POLYGONE DES FREQUENCES ET
FREQUENCES CUMULEES DES MODULES ANNUELS
PLUVIOMETRIQUES,
A NEVACHE DE 1927 A 1976.



cumulées des modules annuels pluviométriques (voir fig n° 17). Ces résultats mettent en évidence 2 modes pluviométriques : l'un correspondant à la classe 600 - 650 mm, et l'autre, centré sur la moyenne (784 mm), correspondant à l'intervalle 750 - 800 mm.

La courbe des fréquences cumulées des modules annuels pluviométriques admet 2 paliers, l'un correspondant à l'intervalle 900 mm - 1000 mm et l'autre à l'intervalle 1100 mm - 1250 mm.

4) Variations cycliques du module pluviométrique annuel.

Le module pluviométrique annuel varie au cours du temps (voir fig n° 18). Ainsi, il est rare de trouver 2 années sèches ou humides consécutives.

A une année sèche, correspond bien souvent l'année d'après une année humide, elle même bien souvent suivie d'une année sèche et ainsi de suite, ce qui donne cette allure en dent de scie aux courbes, avec des pointes axées de part et d'autre de la moyenne.

b - Relevés concernant la période d'étude.

Nos deux années d'étude nous donnent des résultats différents par rapport à la moyenne.

La période allant du 1er septembre 1975 au 31 Aout 1976 représente une année déficitaire par rapport à la moyenne des stations et donne les indices pluviométriques suivants :

- Briançon : 0,66 (total précipitations : 486 mm)
- Névache : 0,74 (total précipitations : 583 mm)
- Montgenèvre : 0,81 (total précipitations : 601 mm).

La seconde période allant du 1er septembre 1976 au 31 Aout 1977 représente, une année excédentaire et donne les indices pluviométriques suivants :

- Briançon : 1,69 (total précipitations = 1.242 mm)
- La Vachette : 1,81 (total " = 1.304 mm)
- Névache : 1,51 (total " = 1.183 mm)

constituant ainsi, un record extrême pour Briançon et la Vachette.

Les tubes à neige, installés le 1er septembre 1976, nous donnent pour la seconde période d'étude :

- 1.960 mm à laval (2.040 m)
- 1.820 mm au Gondran (2.266 m).

Celui du Granon (2.387 m) nous donne un résultat aberrant (700 mm) dû certainement à sa situation en un endroit venté et nous n'exploiterons par ces données.

PLUVIOMETRIE ANNUELLE

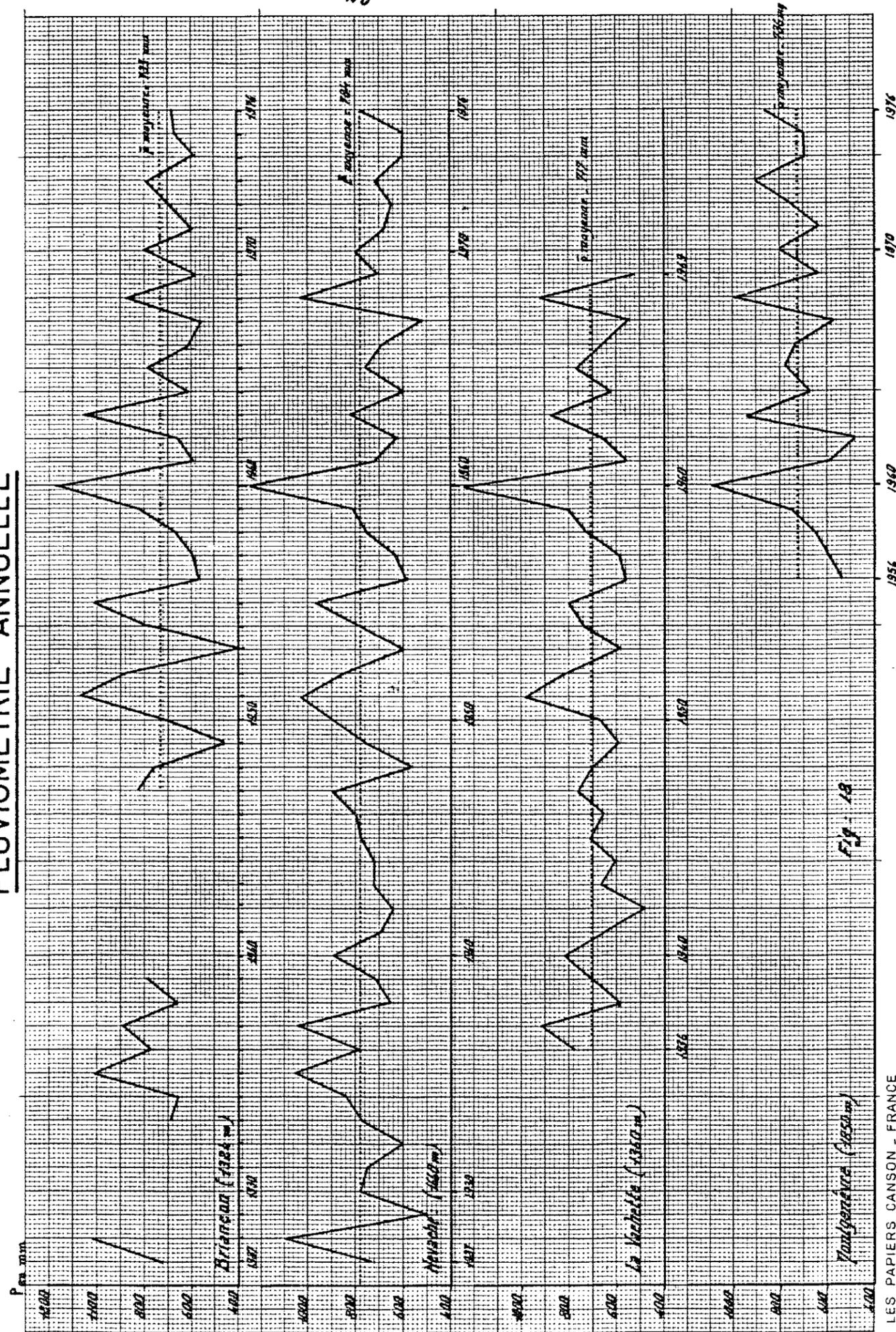


Fig. 18

2 - Modules pluviométriques mensuels.

a - Anciens relevés.

Afin de pouvoir comparer les différents modules pluviométriques mensuels entre eux, nous avons limité notre étude à la période 1956 - 1969 correspondant au fonctionnement simultané des 4 stations météo de Briançon, La Vachette, Névache et Montgenèvre (voir fig. n° 19 et tableau n° VIII). Il existe une certaine homogénéité dans les résultats, c'est à dire que les différentes valeurs mensuelles pour les 4 stations sont proches les unes des autres (ainsi pour le mois de Janvier, nous obtenons les 4 mêmes valeurs -56mm-).

L'écart, le plus important, se situe au mois de septembre avec 14 mm d'amplitude. D'une manière générale, le mois le moins pluvieux est le mois de juillet (5 % du total annuel à Briançon, 6 % à Montgenèvre et Névache, et 7 % à la Vachette).

Le mois le plus pluvieux est le mois de Novembre (13 % du total annuel) 7 mois sont inférieurs à la moyenne mensuelle (janvier, février, Mars, avril, Mai, Juillet, Aout) et 5 mois supérieur (Juin, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre).

Au point de vue saisonnier, les moyennes mensuelles de 1956 à 1969 donnent les valeurs suivantes :

Mois.	Briançon	La Vachette	Nevache	Montgenèvre
Altitude	1.324 m	1.360 m	1.660 m	1.850 m
Janvier	56	56	56	56
Février	58	53	58	57
Mars	54	47	45	48
Avril	57	53	54	47
Mai	50	51	61	53
Juin	55	64	64	63
Juillet	38	50	48	43
Aout	57	58	55	58
Septembre	65	59	73	67
Octobre	71	74	70	68
Novembre	93	90	97	94
Décembre	77	67	70	65
Année	732	722	758	717

Tableau VIII
Modules pluviométriques mensuels (en mm) de 1956 à 1969.

MODULES PLUVIOMETRIQUES MENSUELS

PERIODE 1956-1969

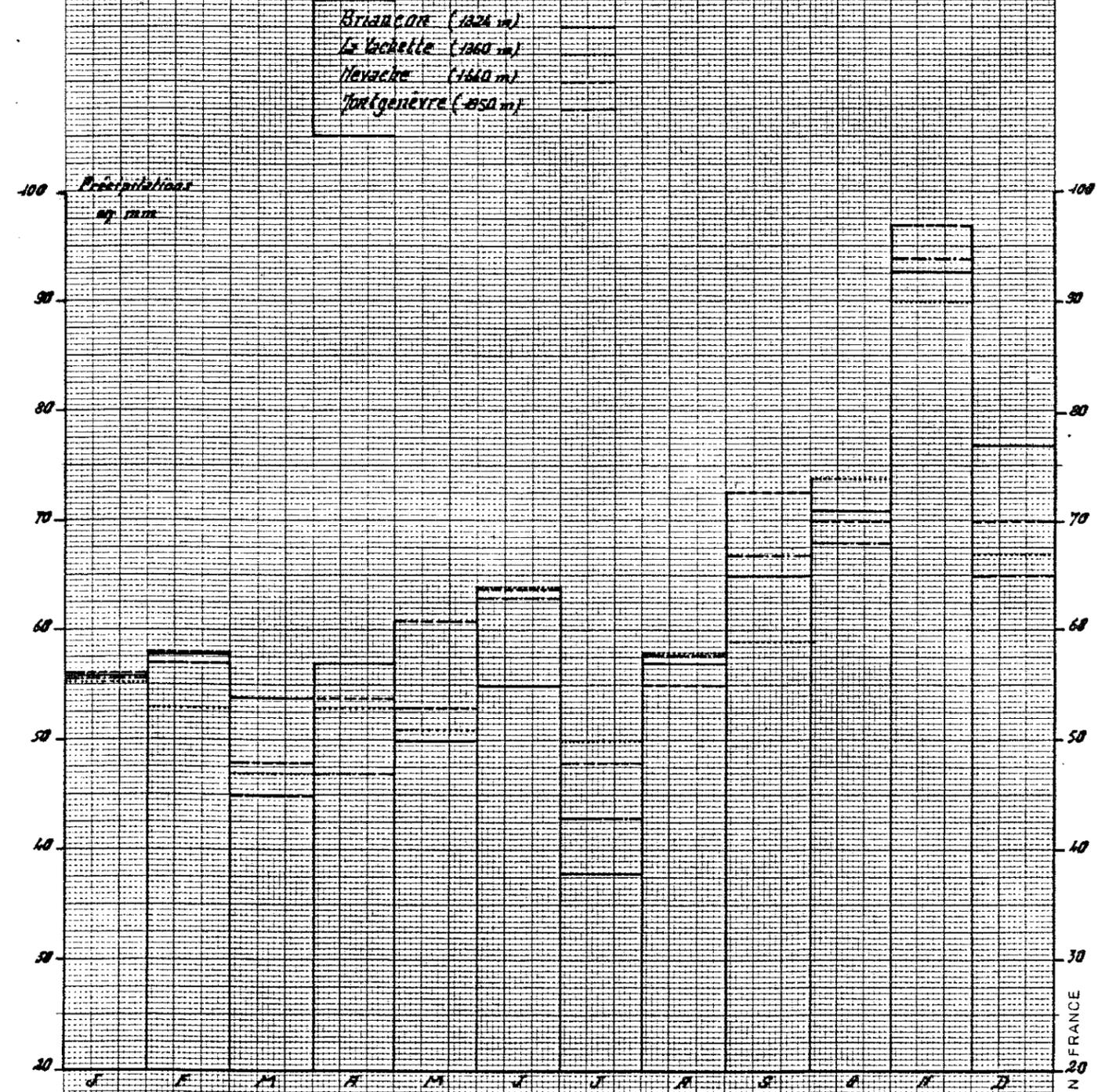


Fig. 19

	Briançon	La Vachette	Nevache	Montgenèvre
Hiver	168 mm 22,9 %	156 mm 21,7 %	159 mm 20,9 %	161 mm 22,5 %
Printemps	162 mm 22,2 %	168 mm 23,2 %	179 mm 23,6 %	163 mm 22,6 %
Eté	160 mm 21,9 %	167 mm 23,1 %	176 mm 23,2 %	168 mm 23,3 %
Automne	241 mm 33,0 %	231 mm 32,0 %	237 mm 31,3 %	227 mm 31,6 %

Tableau n° IX : Moyennes pluviométriques saisonnières et pourcentages.

On en déduit des indicatifs saisonniers de type :

A.H.P.E. pour Briançon

A.P.E.H. pour la Vachette

A.P.H.E. pour Névache

A.E.P.H. pour Montgenèvre.

En conclusion, nous pouvons dire que l'automne est marqué par une forte pluviométrie, tandis que Printemps, Eté et Hiver sont des saisons pluviométriques semblables et moyennes (avec cependant une dominante pour le printemps).

Quelques extrêmes.

Notons ici quelques extrêmes :

Le minimum est évidemment le 0 obtenu très souvent en hiver.

- Février 32 et 59 ; Avril 38 et 55 ; Octobre 69 à Nevache.
- Janvier 64 ; Février 43 et 59 ; Mars 61 ; Avril 55 à La Vachette.
- Février 65 ; Mars 61 ; Octobre 69 à Montgenèvre
- Janvier 64 ; Février 49 et 56 ; Octobre 69 à Briançon.

Nous relevons 2 maxima, correspondant aux pluies d'Automne :

- Octobre 1960 (280 mm à Briançon, 274 mm à la Vachette ; 295 mm à Névache et 256 mm à Montgenèvre).

	Briançon 1324 m	La Vachette 1360 m	Nevache 1660 m	Montgenèvre 1850 m
Septembre 75	151		173	123
Octobre	9		10	15
Novembre	56		50	60
Décembre	30		19	28
Janvier 76	2		2	5
Février	37		40	57
Mars	24		17	36
Avril	26		33	32
Mai	36		71	107
Juin	30		33	28
Juillet	31		73	41
Aout	54		62	69
ANNEE.....	486	-	583	601
Septembre 76	135	126	152	106
Octobre	110	116	116	200
Novembre	104	89	103	90
Décembre	93	86	75	98
Janvier 77	143	146	113	141
Février	116	113	104	118
Mars	71	75	64	82
Avril	87	74	88	?
Mai	119	154	124	?
Juin	68	79	75	?
Juillet	103	142	77	?
Aout	93	104	92	?
ANNEE	1.242	1.304	1.183	

Tableau n° X : Précipitations (en mm) de sept 75 à Aout 77.

PLUVIOMETRIE MENSUELLE (Sept. 75 à Aout 77)

Briançon : (1324 m) ———
 La Vachette : (1360 m)
 Nevache : (1660 m) - - - -
 Montgenèvre : (1850 m) - - - -

Précipitations en mm.

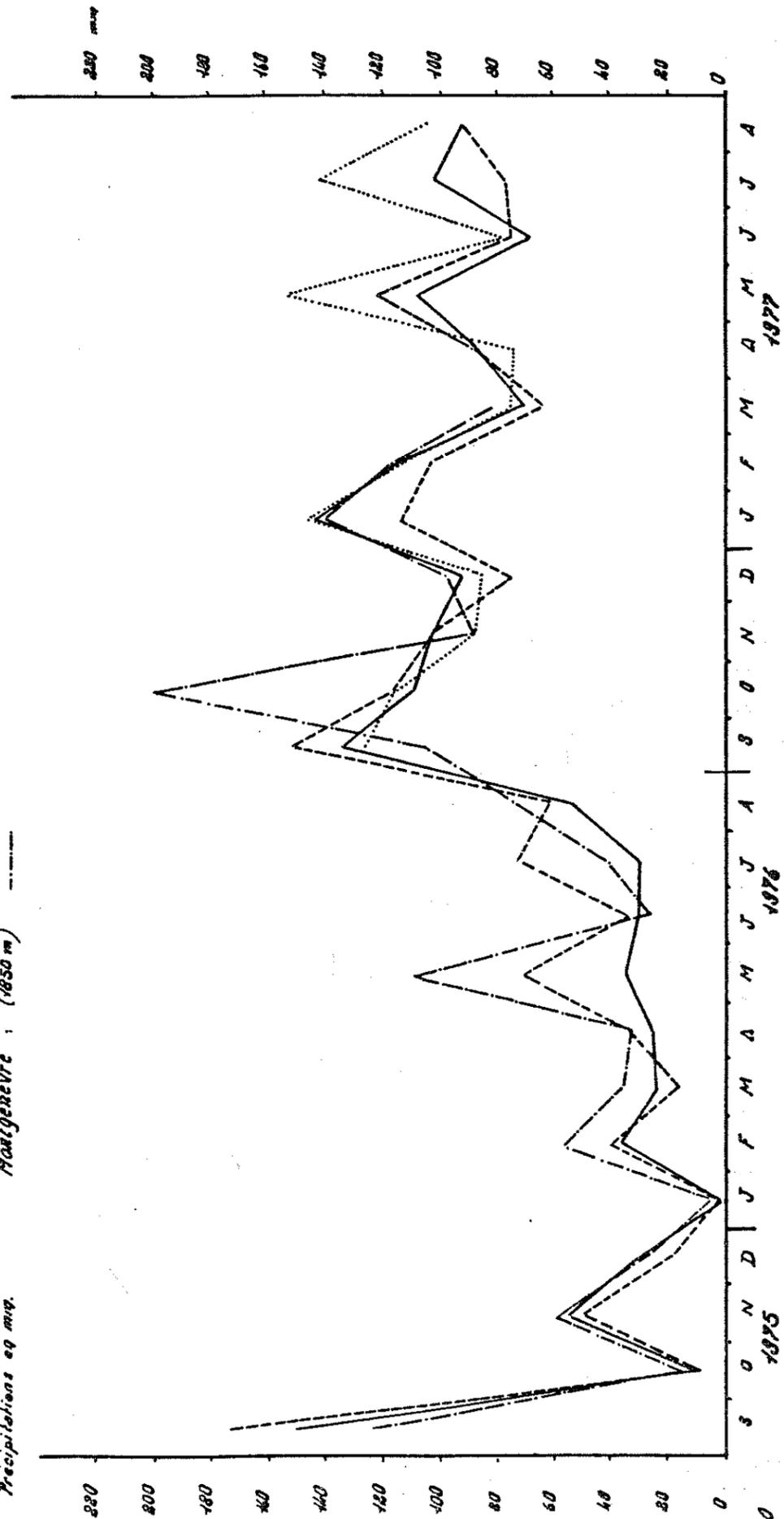


Fig: 20

b - Relevés concernant la période d'étude.

Pour la première période d'étude (1er sept 75 - 31 Aout 1976), le mois de Septembre 75 est excédentaire à Briançon - Névache et Montgenèvre, Mai et Juillet à Nevache et Montgenèvre, et Aout à Nevache. Les autres mois sont tout comme la période d'étude, déficitaires (voir fig n° 20 et tableau n° X).

Pour la seconde période (1er sept 76 - 31 Aout 77), tous les mois sont, comme la totalité de la période, très largement excédentaires. Du point de vue saisonnier, les valeurs mensuelles de la station de Nevache, nous donnent les résultats suivants :

- Automne 75 = 233 mm soit 40 %
 - Hiver 75 - 76 = 61 mm soit 10,4 %
 - Printemps 76 = 121 mm soit 20,6 %
 - Eté 76 = 169 mm soit 29 %
- soit un indicatif saisonnier de type A.E.P.H
- Automne 76 = 371 mm soit 31,4 %
 - Hiver 76 - 77 = 292 mm soit 24,7 %
 - Printemps 77 = 276 mm soit 23,3 %
 - Eté 77 = 244 mm soit 20,6 %
- soit un indicatif saisonnier de type A.H.P.E.

Si nous comparons ces résultats aux moyennes, nous arrivons aux mêmes conclusions, c'est à dire que l'automne est marqué par de fortes précipitations, et que les 3 autres saisons sont pratiquement semblables et moyennes (avec cependant un été 76 plus fort que la moyenne compensant un hiver plus faible).

3 - Fréquence et Intensité des Précipitations.

La pluviométrie journalière nous donne une idée de la fréquence et de l'intensité des précipitations, qui jouent un rôle prépondérant dans le régime des cours d'eau.

a - Fréquence

Pour la première période d'étude (1er sept 75 - 31 Aout 76) nous relevons 83 jours de précipitations > 0,1 mm à Névache.

Pour la seconde période (1er Sept. 76 - 31 Aout 77), nous relevons, 140 jours de précipitations > 0,1 mm à Névache.

Nous notons pour la decennie 1961 - 1970, 106 jours de précipitations annuelles égales ou supérieures à 0,1 mm à Névache, 116 jours à Briançon et seulement 84 jours à Montgenèvre. Remarquons également, que pour la même decennie, il y eut en moyenne 24 jours par an où la pluviométrie fut supérieure ou égale à 10 mm aux 3 stations.

Pour la decennie 1951 - 1960 : 106 jours de précipitations annuelles

- 0,1 mm à Briançon, 95 à Névache ; 86 à la Vachette ; 27 jours de précipitations annuelles
- 10 mm à Briançon et la Vachette et 23 jours à Nevache.

En prenant, comme moyenne (sur 30 ans) 100 jours de précipitations annuelles

- 0,1 mm à Névache, nous constatons qu'il a plu 40 jours de plus que la moyenne, durant la seconde période d'étude (d'où fréquence plus forte) et 17 jours de moins durant la seconde période (d'où fréquence plus faible).

La vallée de la Clarée est donc marquée par une faible fréquence des précipitations (106 jours de précipitations annuelles à Nevache pour la decennie 61.70, contre par exemple 144 à Grenoble, 160 en Chartreuse et 201 jours à Brest). On retrouve là, une marque nettement méditerranéenne.

Cette fréquence ne semble pas liée à l'altitude car Montgenèvre (1850 m) enregistre 22 jours pluvieux de moins que Nevache située 200 m plus bas.

b - Intensité.

De septembre 75 à Aout 76, la hauteur des précipitations journalières la plus forte est de :

- 68 mm à Nevache (4 sep. 75)
- 75 mm à Montgenèvre (9 Mai 76)

De septembre 76 à Aout 77, la hauteur de précipitations journalières la plus forte est de :

- 40,2 mm à la Vachette (30 juillet 77)
- 42,6 mm à Briançon (" ")
- 38,0 mm à Nevache (29 Aout 77)
- 50 mm à Montgenèvre (26 Aout 76)

Les plus fortes pluies journalières relevées dans le Briançonnais et dans la vallée de la Clarée avoisinent 100 mm (100 mm le 4 Février 61 à Névache, 82,5 mm le 20 Oct 55 à la Vachette, 78,5 mm en Novembre 63 à Montgenèvre), et sont relativement rares.

4 - Nivométrie.

La couverture nivale est un facteur important dans l'hydrologie du bassin versant de la Clarée. La neige accumulée, bien souvent, d'octobre à juin en altitude (pratiquement 7 à 8 mois), et de Novembre à Avril en fond de vallée (6 mois à Névache, 4 mois à la Vachette) représente un stockage potentiel liquide très grand. Sa fonte, pouvant être activée précipitamment par des vents chauds ou par des orages peut provoquer des catastrophes (voir plus loin) et représente au printemps un danger permanent pour les habitants de Nevache et de Val des Prés.

NOMBRE MENSUEL DE JOURS DE CHUTE DE NEIGE

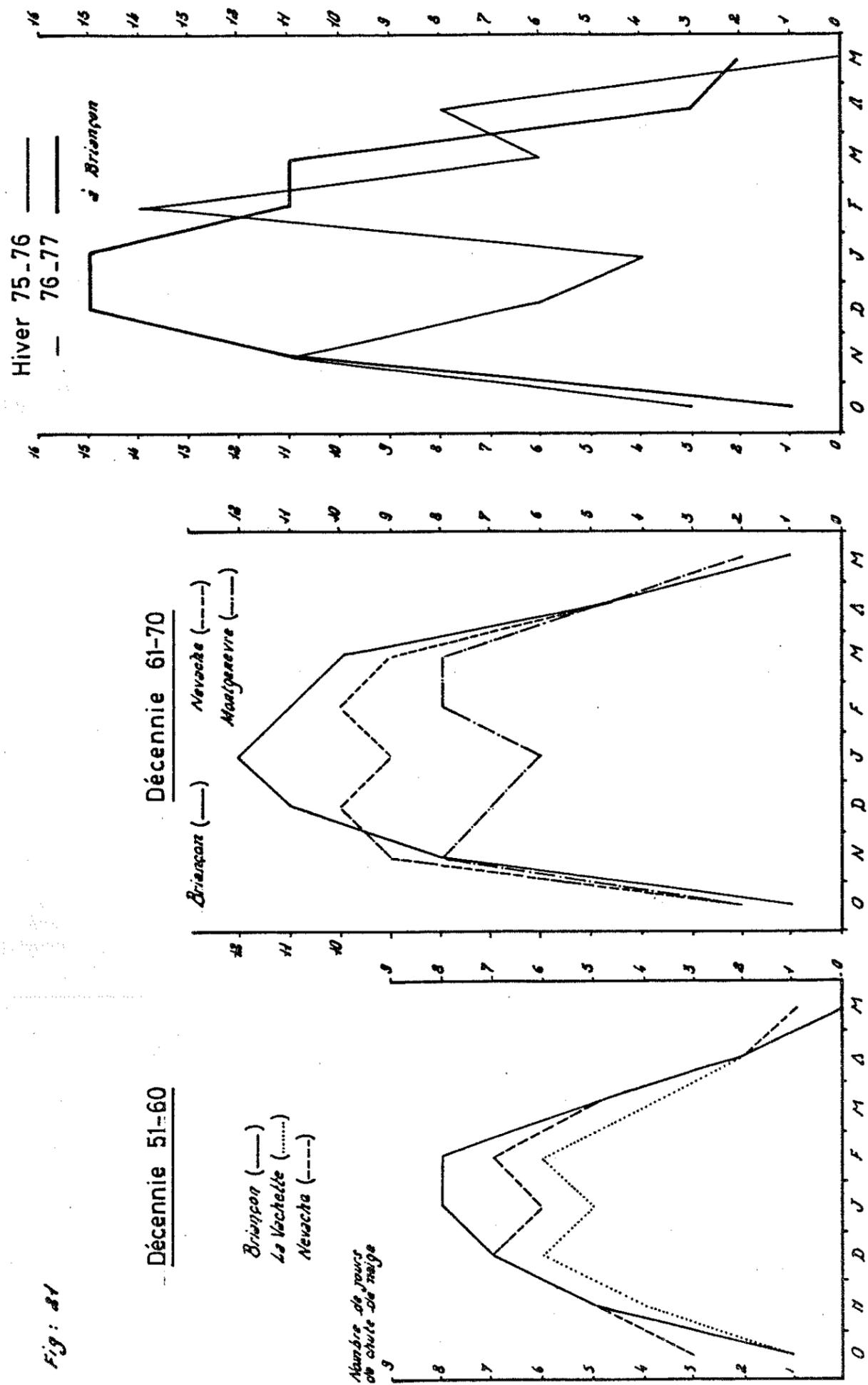


Fig: 81

Nombre de jours de chute de neige

La rivière, peut en quelques minutes multiplier par 10 son débit d'étiage. Les crues sont alors inévitables et dévastatrices.

Durant notre période d'étude, nous avons eu la chance d'avoir une "année à neige" : c'est à dire l'hiver 76 - 77, ce qui fit que les autochtones, durent dégager leur maison, de la neige fraîche, pratiquement tous les jours de cet hiver.

La première neige fit son apparition à Névache, et en altitude, le 16 Septembre 1976 sous forme de neige fondante. Le 24 Octobre, la neige occupa définitivement le fond de Vallée, pour ne disparaître que vers fin avril. On obtient, à Briançon, un total de 52 jours de chutes de neige, pour l'hiver 75 - 76, représentant 184 cm de hauteur de chutes de neige cumulées, contre 70 jours de chute pour l'hiver suivant, qui représentent 404 cm de hauteur de chutes de neige cumulées, soit plus de 4,00 mètres !

a - Nombre annuel mensuel de jours de chutes de neige. (voir fig n° 21).

Il neige en moyenne 50 jours par an à Briançon et 47 à Névache. Ceci s'explique, en partie, avec la Lombarde qui remonte rarement la vallée de la Clarée et influence plus la vallée de la Durance.

Par contre Briançon, se trouvant à un carrefour de vallée, subit les influences de vents plus importantes, ce qui se traduit, non par un enneigement plus grand, mais par un nombre de jours neigeux plus élevé.

Décembre, Janvier et Février présentent en moyenne une dizaine de jours de neige. Notons qu'octobre et Mai donnent un jour de neige, en moyenne :

Decennie 51.60	O	N	D	J	F	M	A	M	Année
Briançon	1	5	7	8	8	5	2	-	36
Nevache	3	5	7	6	7	5	2	1	36
La Vachette	1	4	6	5	6	4	2	-	28
Decennie 61.70	O	N	D	J	F	M	A	M	Année
Briançon	1	8	11	12	11	10	5	1	59
Nevache	2	9	10	9	10	9	5	1	55
Montgenèvre	2	8	7	6	8	8	5	2	46

Tableau n° XI : Nombre moyen mensuel de jours de chute de neige.

b - Quantité annuelle et mensuelle de neige.

1) Quantité annuelle

C'est une notion évidemment bien délicate à évaluer, car l'heure de la mesure peut varier énormément dans la journée (alors que dire des valeurs hebdomadaires données par certaines stations). Néanmoins, en tenant compte d'une erreur possible de 10 %, nous pouvons tirer quelques conclusions intéressantes.

Remarquons, une certaine irrégularité dans l'enneigement. Certains hivers (1948 - 1949 ou 1963 - 1964) n'ont vu que quelques centimètres de neige, alors que d'autres en ont enregistré plusieurs mètres (1976 - 1977), par exemple = plus de 4 mètres à Briançon ou 1977 - 1978 = plus de 5m50).

Certains habitants de Névache prétendent, et nous les croyons volontiers, avoir enregistré plus de 10 mètres de chutes de neige, dans leur village, au cours d'un seul hiver.

La hauteur de neige croît, bien naturellement, avec l'altitude ce qui va donner naissance à un gradient d'enneigement (voir plus loin). Celui-ci sera tributaire de nombreux facteurs (exposition, vent, végétation, nature du sol, pente etc..).

2) Quantité mensuelle.

La neige tantôt précoce, tantôt tardive, est un phénomène capricieux dépendant à la fois de l'humidité et de la température. La répartition mensuelle de la hauteur de neige sera fonction de la température de l'air. Ainsi s'il fait trop froid, la légère fusion nécessaire à la formation des flocons par liaisons des cristaux de neige entre eux, n'est alors pas possible. C'est ainsi, qu'il tombe, moins de neige en janvier qu'en décembre ou en février. 2 maxima apparaissent donc, l'un en décembre, l'autre en février ou mars, et d'après Benevent, si on continue à prendre de l'altitude, on constate que ces 2 maxima s'écartent de plus en plus et qu'ainsi les 2 mois pendant lesquels, le massif de la Meige recevrait le plus de neige seraient Juin et Octobre.

Pour Nevache, les plus fortes intensités nivométriques seraient en Janvier et Février par vents d'Est - Nord Est dominants et en décembre par vents d'Est - Nord Est et Nord - Nord Ouest dominants. Pour la Vachette, les plus fortes intensités seraient en Décembre, Janvier par vents de Nord - Nord Ouest dominants, et en Février par vents de Nord - Nord Ouest et Sud - Sud-Est dominants. Pour les 2 stations, le vent de Sud - Sud-Est est prépondérant en Novembre et joue encore un rôle important en mars et avril.

La figure 22 met en évidence un gradient nivométrique d'altitude mensuel entre la Vachette et Nevache.

Il semble pratiquement constant durant les 4 principaux mois d'hiver (Novembre, Décembre, Janvier et Février, de l'ordre de 0,7 mm par mètre). Mars et Avril le voit considérablement diminuer (0,40 mm par mètre), quant à Octobre et Mai, il est pratiquement nul.

Cela nous donne un gradient nivométrique annuel de l'ordre de 3,7 mm par mètre.

Ces valeurs ne sont valables que pour les fonds de vallée (Altitude inférieure à 1800 m) mais non pour une altitude plus élevée, car le gradient varie en fonction de l'exposition.

c - Durée et épaisseur moyenne du manteau nival au sol.

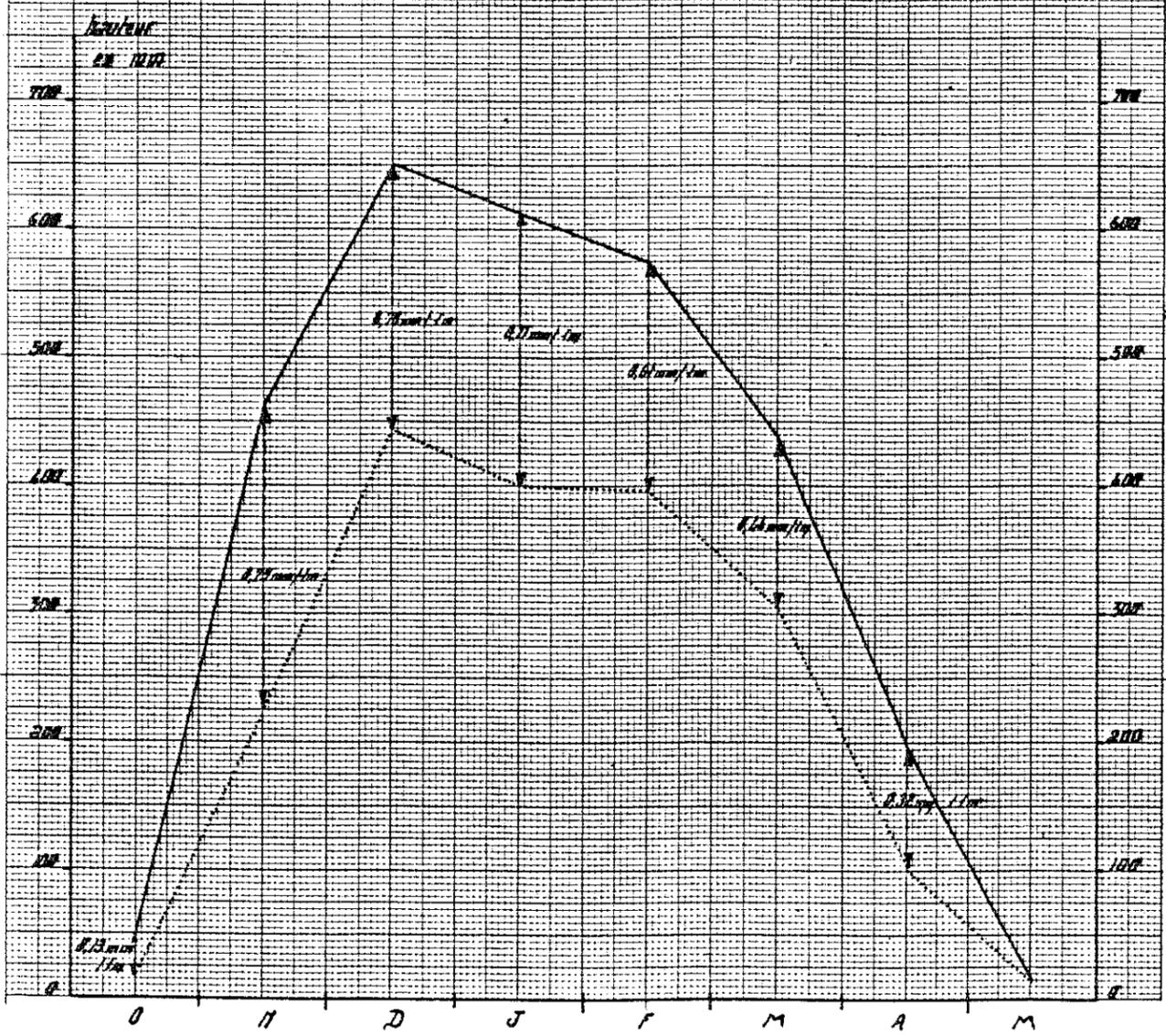
1) La durée. au sol du manteau neigeux, fait intervenir un certain nombre de facteurs, pratiquement tous liés à l'altitude (hauteur totale annuelle, légèreté de la neige; quantité de neige qu'il tombe en moyenne par chute, existence de sous-couche glacée due aux chutes d'automne, renouvellement du stock, température extérieure, exposition.....).

HAUTEURS MOYENNES MENSUELLES DES CHUTES DE NEIGE

- 1921 - 1953 -

ET VALEURS MOYENNES MENSUELLES DU GRADIENT NIVOMETRIQUE ENTRE LA VACHETTE (—) ET NEVACHE (---)

Fig. 22



LES PAPIERS CANSON - FRANCE

On constate qu'à 1.300 m d'altitude, à l'ubac, 14 fois sur 19, il y a de la neige à Noël, mais seulement 1 fois sur 18, le 15 Avril. Par contre à 1800 m, il y a toujours eu de la neige à Noël et 14 fois sur 18 mi avril.

Un des facteurs les plus importants, est certainement celui de l'exposition. En effet, pour une même chute, la neige subsistera beaucoup plus longtemps à "l'envers" (Ubac) qu'à "l'endroit" (adret). Il existe, ainsi un dénivelé dans l'enneigement de l'ordre de 400 m entre les 2 versants.

D'une manière générale, le manteau neigeux persiste à Névache 6 mois par an (1er Novembre au 30 Avril), et seulement 4 mois à la Vachette (20 Novembre - 20 Mars). En altitude, au delà de 2.000 m, il peut durer 8 mois et même davantage en donnant des névés. En effet, il n'est pas rare en plein mois de juillet, de pouvoir faire des boules de neige à 2.000 m.

2)- Epaisseur moyenne du manteau nival au sol.

Le rôle de l'exposition est bien net pour les différentes valeurs enregistrées de part et d'autre du col de Montgenèvre, entre Serre Thibault (2320 m) situé plein sud sur les pentes du Chalvet et Pra Riat (1.960 m) situé plein Nord, sur les pentes du Chenaillet. 400 mètres de dénivelé séparent ces 2 points, or c'est l'enneigement de Pra Riat qui est le plus important et ce pour n'importe quelle année.

Ceci est valable également entre les points de Laramon (2340 m) et Serpent (2435 m) situés Rive gauche de la Clarée à l'adret, et ceux de Saume Longue (2240 m) et Plan d'Argent (2455 m) situé Rive droite à l'Ubac.

L'écart, pour ces stations d'égale altitude, est important (de l'ordre de 1 mètre pour les hivers moyens et 1,50 mètre pour les hivers très enneigés).

L'exposition joue donc un rôle dominant dans l'enneigement. Elle efface bien souvent les influences pouvant être liées à l'altitude (voir plus haut).

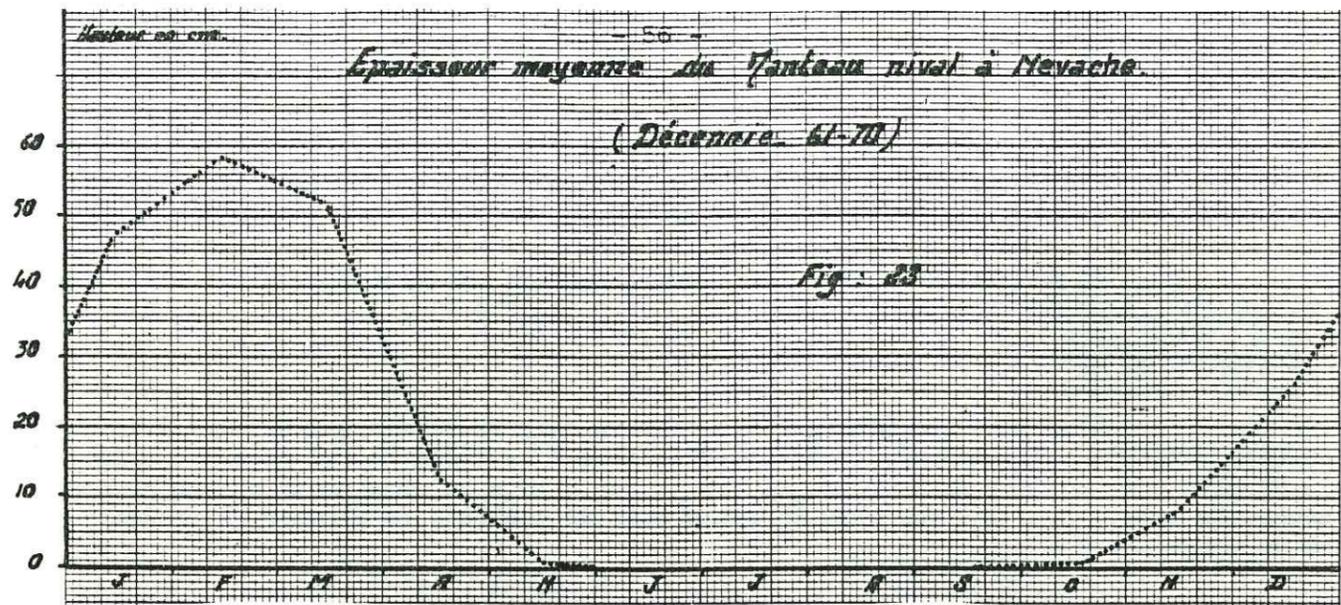
Nous trouvons un gradient altimétrique moyen hivernal, de hauteur de neige au sol de l'ordre de 15 cm par 100 m d'élévation pour l'adret, c'est à dire Rive gauche de la Clarée, Rive droite de la Durance, du double (environ 30 cm/100 m) par l'ubac, c'est à dire Rive droite de la Clarée et rive gauche de la Durance.

Le fond de vallée est assimilable au gradient d'ubac.

A Névache, par la decennie 61.70, nous avons relevé une épaisseur moyenne mensuelle de l'ordre de 40 à 50 cm, avec 1 maximum pour le mois de Février (voir fig. n° 23).

Le mois de Février, et cela est bien connu, des skieurs, est le mois où l'enneigement est, de par sa qualité et sa quantité le meilleur.

Remarquons des maxima, pour les 20 dernières années, où la neige au sol atteignait près de 1,50 m.



En altitude, l'épaisseur de la neige au sol peut être très importante et impressionnante. En effet, nous notons 3m90 de neige au sol, le 8 Avril 62 au Laus (2580 m) et à Plan d'Argent (2455 m), le 7 Avril 62, 2m32 au Lac du Serpent (2435 m), 2m00 au Lac Laramon (2340m), 1,80 m sur les pentes du Pra rial (1960 m) le 13 Avril 62.

A titre comparatif, nous donnons dans la figure n° 24, quelques hauteurs de neige au sol, mesurées au cours de l'hiver 75 - 76, au cours d'un hiver très enneigé -61.62) et au cours d'un hiver très peu enneigé (63.64), en différents points du bassin versant de la Clarée.

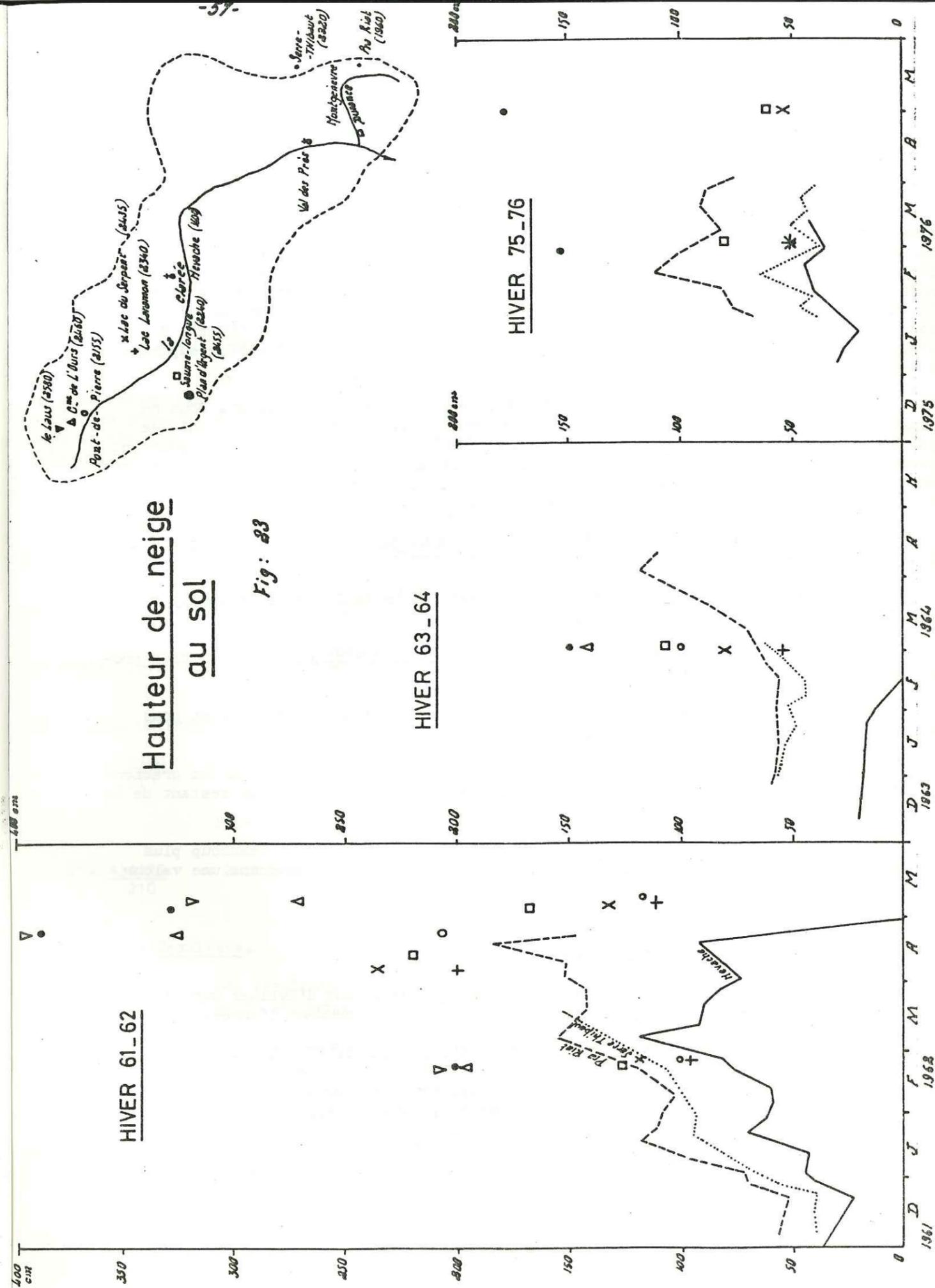
d - Densité moyenne de la neige.

Le rapport du volume de l'eau de fusion, au volume originel de la neige, indique la densité de la neige. Certains auteurs préfèrent faire usage du rapport inverse, que l'on appelle légèreté spécifique de la neige. L'ordre de grandeur théorique est de 0,12. En fait d'après les données nivométriques de l'E.D.F., concernant le bassin versant de la Clarée, cette valeur est toujours dépassée.

La densité varie bien évidemment avec l'altitude, l'exposition et surtout avec l'âge de la neige. C'est dire qu'une neige proche de la fusion aura une densité élevée, alors que celle d'une neige poudreuse de janvier, par exemple, sera faible.

A Nevache (1590 m), elle atteint une valeur moyenne hivernale de l'ordre de 0,20 (comme au cours de l'hiver 69 -70 : la première neige le 20 Décembre a une densité de 0,08 ; celle-ci ne va cesser d'augmenter au fur et à mesure des chutes et du tassement progressif des couches pour atteindre 0,39 le 24 Avril).

En altitude, le processus d'augmentation de la densité est le même, avec des valeurs supérieures (Ainsi, quand la neige est proche de son point de fusion, elle peut atteindre une densité de l'ordre de 0,45 à 0,50. C'est dire que 2 mètres de neige représentent une équivalence en eau de l'ordre de 1000 mm, soit 1 mètre !).



5 - Gradient Altimétrique Pluviométrique.

La variation linéaire de la hauteur pluviométrique avec l'altitude de la surface topographique, pour un versant dont l'exposition aux vents est quasi uniforme, nous a amené à définir un gradient pluviométrique.

A partir des mesures recueillies entre 1950 et 1970, nous avons déterminé, pour le Briançonnais (regroupant les stations de Briançon 1324 m - Cervières 1640 m - La Grave 1780 m - Monétier les Bains 1490 m - Montgenèvre 1850 - Pelvoux 1220 m - Nevache 1660 m - Puy St Vincent 1350 m - La Vachette 1360 m) un gradient altimétrique moyen, annuel de 64 mm pour 100 m. Ce gradient est à comparer, par la même période, avec celui du Queyras (40 mm/100m), de l'Embrunais (55 mm/100 m), du Devoluy (62 mm/100 m), du Champ-saur Valgaudemar (63 mm/100m) et Gapençais - Serrois - Laagnais (88 mm/100 m). Mais d'une manière générale, dans les Hautes-Alpes, la position joue un rôle bien supérieur à celui de l'altitude.

Pour la vallée de la Clarée, le calcul est plus délicat. Nous ne pourrions tenir compte de la station de Montgenèvre, qui, située sur un col, balayée par les vents, donne des résultats plus faibles que la station de la Vachette pourtant située 500 m plus bas. De plus, Névache donne des résultats faibles qu'il faudra majorer. En effet, la station est située à la confluence de 2 vents (vent des Rochilles et celui des Thures) perturbant ainsi les résultats.

Seule la station de la Vachette nous paraît fiable. Malheureusement nous avons un manque d'observation de 8 ans (1963 - 1976).

Des 3 tubes totalisateurs installés, un seul (celui de Laval) paraît donner des résultats cohérents.

D'une manière générale, le gradient altimétrique se trouve très prononcé l'hiver et atténué l'été.

Les 2 périodes d'étude, l'une sèche et l'autre humide, vont nous donner des gradients très différents.

Ainsi du 1er septembre 75 au 31 Aout 1976, nous trouvons un gradient de l'ordre de 35 mm/100m (calculé entre Briançon et Névache et intégré au restant de la vallée).

Du 1er Septembre 76 au 31 Aout 77, le gradient est beaucoup plus élevé, puisque calculé entre Briançon, la Vachette et Laval, il nous donne une valeur voisine de 96 mm/100 m.

6 - Calcul de la lame d'eau tombée.

Le calcul de la lame d'eau tombée, a pour but d'évaluer sur l'ensemble du bassin, l'épaisseur de la tranche d'eau précipitée pendant l'année.

Plusieurs méthodes permettent d'approcher cette valeur.

Malheureusement, dans notre cas, nous ne pouvons pas appliquer la méthode de THESSSEN, à cause du manque de station pluviométriques, ni la méthode arithmétique, car il y a un trop gros déséquilibre dans la répartition altimétrique des stations (aucune station n'est en effet supérieure à l'altitude moyenne du bassin versant). Aussi, 2 méthodes seulement peuvent s'appliquer à nos calculs.

a - à l'aide du gradient pluviométrique.

Cette méthode, consiste, connaissant l'altitude moyenne du bassin versant (2.226 m) et le gradient altimétrique pluviométrique, à calculer la hauteur de précipitations correspondant à l'altitude moyenne du bassin.

Pour la première période sèche (1er sept 75 - 31 Aout 76), le gradient étant de 35 mm/100m, la hauteur d'eau correspondante sera de 762 mm.

Pour la seconde période, humide, (1 Sept. 76 - 31 Aout 77), le gradient étant de 96 mm/100m, la hauteur d'eau correspondante sera de 2.140 mm.

b - à l'aide des courbes isohyetes.

Après avoir reporté sur une carte les différentes stations de mesures, il faut relier les points d'égale pluviométrie, par des courbes dites isohyetes, en tenant compte du gradient altimétrique précédemment défini. Ces courbes évoluent, bien évidemment, dans le temps et dans l'espace. Nos 2 périodes d'études donnent ainsi, des courbes isohyetes relativement différentes (voir fig. n° 25 et n° 26).

Après avoir tracé ces courbes, il nous faut planimétrer les surfaces comprises entre les courbes successives et affecter à chacune de ces surfaces la pluviométrie moyenne entre les totaux pluviométriques relatifs aux 2 courbes qui délimitent chaque surface. Nous obtenons ainsi des volumes partiels.

La lame d'eau tombée est alors obtenue par le quotient de la somme de ces volumes partiels par la surface totale du bassin.

Le planimétrage, puis les différents calculs donnent les résultats suivants (voir tableaux n° XII et n° XIII).

Pour la première période d'étude, et pour l'ensemble du bassin versant, nous obtenons une lame d'eau voisine de :

$$P = \frac{162760}{210} = 775 \text{ mm}$$

Pour la seconde période :

$$P = \frac{434125}{210} = 2070 \text{ mm}$$

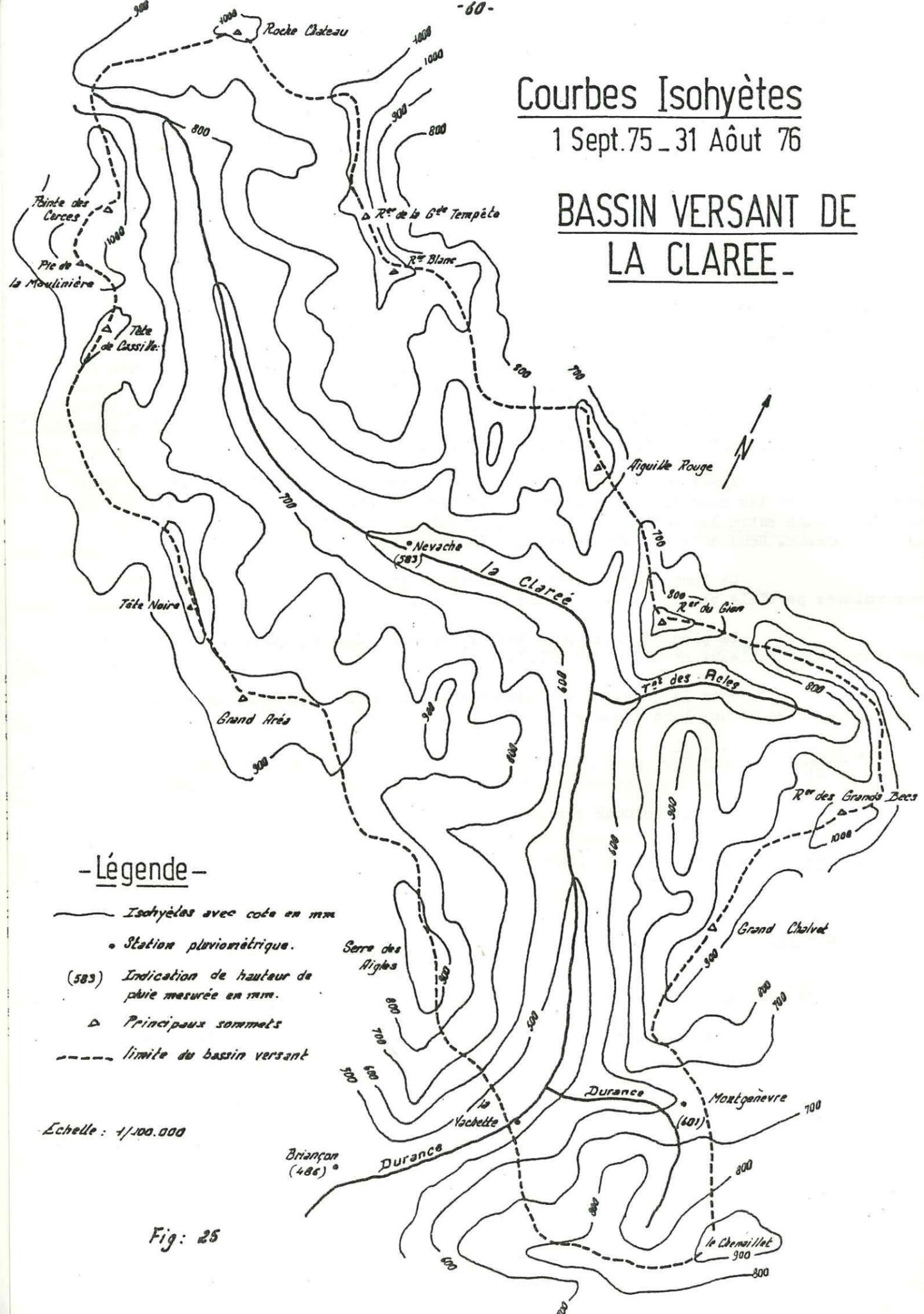
c - Résultats.

Les résultats obtenus, soit par la méthode du gradient, soit par celle des isohyetes sont assez proches.

Pour la suite de notre étude, nous retiendrons les valeurs suivantes :

P (1 Sept 75 - 31 Aout 76)	=	770 mm ± 70 mm
P (1 Sept 76 - 31 Aout 77)	=	2105 mm ± 200 mm

en admettant une erreur relative de 10 %.



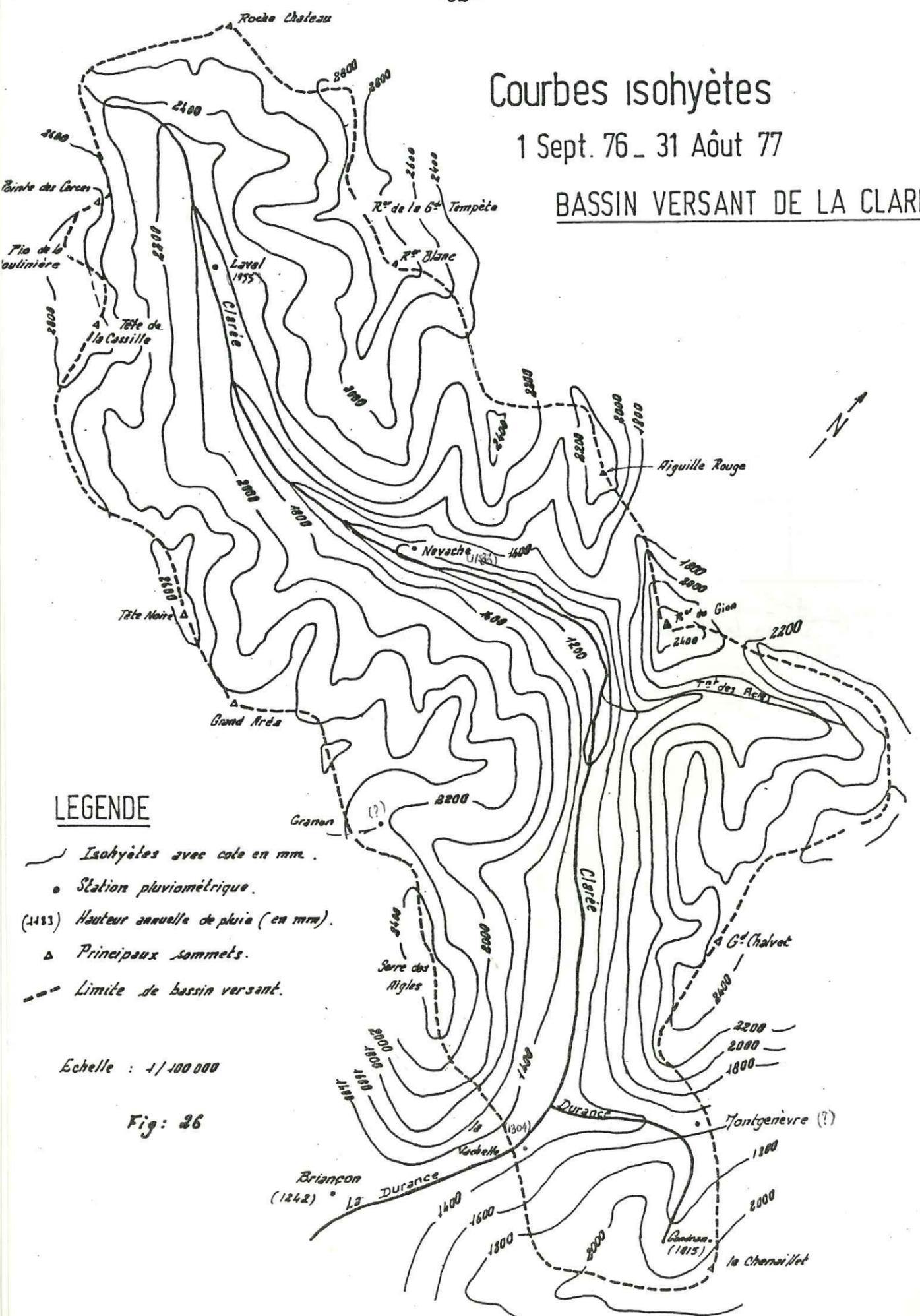
PRECIPITATIONS (mm d'eau)		SUPERFICIES DELIMITEES		VOLUME D'EAU RECU.	
limite des isohyetes	Valeur moyenne mm	km2.	%	Annuellement 10 ³ m3	m3/s
500	490	6	2,9	2940	0,09
500 600	550	22,5	10,7	12485	0,4
600 700	650	30,5	14,5	19825	0,63
700 800	750	54	25,7	40500	1,28
800 900	850	55	26,2	46750	1,48
900 1000	950	37,5	17,8	35625	1,13
1000	1030	4,5	2,2	4635	0,15
Total ou moyenne	754	210	100	162760	5,16

tableau n° XII -
Calcul de la lame d'eau tombée à l'aide des courbes isohyetes du 1er septembre 1975 au 31 Aout 1976.

Courbes isohyètes

1 Sept. 76 - 31 Août 77

BASSIN VERSANT DE LA CLAREE



LEGENDE

- Isohyètes avec cote en mm.
- Station pluviométrique.
- (1483) Hauteur annuelle de pluie (en mm).
- ▲ Principaux sommets.
- - - Limite de bassin versant.

Echelle : 1/100 000

Fig: 26

PRECIPITATIONS (mm d'eau)		SUPERFICIES DELIMITEES		VOLUME D'EAU RECU.	
Limite des Osphyetes	Valeur moyenne mm	km2	%	Annuellement 10 ³ m3	m3/s
1200	1190	2,5	1,2	2975	0,09
1200 1400	1300	14,5	6,9	18850	0,59
1400 1600	1500	15,5	7,4	23250	0,74
1600 1800	1700	21	10	35700	1,13
1800 2000	1900	32	15,2	60800	1,93
2000 2200	2100	38	18,1	79800	2,53
2200 2400	2300	37	17,6	85100	2,70
2400 2600	2500	33	15,7	82500	2,62
2600 2800	2700	13,5	6,4	36450	1,16
2800	2900	3	1,5	8700	0,28
Total ou moyenne	2010	210	100	434125	13,77

Tableau n° XIII

Calcul de la lame d'eau tombée à l'aide des courbes isohyètes du 1er Septembre 1976 au 31 Aout 1977.

VIII - Evaporation et Evapotranspiration.

L'évapotranspiration constitue le transfert de l'eau vers l'atmosphère sur un bassin versant donné, toutes causes confondues. Il s'agit donc aussi bien de l'évaporation sur un sol nu, ou une surface d'eau libre, que de la transpiration de la végétation. C'est un paramètre très difficile à mesurer car il dépend de très nombreux facteurs variant dans le temps et dans l'espace (température, précipitation, état du sol, de la végétation; des vents).

Pour un bassin versant aussi montagneux et divers que celui de la Clarée (plus de 1.700 m de dénivelé) le calcul de l'évapotranspiration, par une même formule, va être périlleux.

1 - Evaporation

a - Evaporation des lacs.

Le bassin versant de la Clarée possède une trentaine de petits lacs. Ces lacs vont subir une certaine évaporation qu'il est difficile d'estimer vu l'absence totale de données les concernant. Mais devant la faible superficie totale de ces plans d'eau (environ 1 km²) nous négligerons ce facteur.

b - Evaporation à partir de la neige.

La neige recouvre en moyenne, 4 mois les fonds de vallée et 6 mois les versants. Le phénomène de sublimation, accompagnant alors l'évaporation de l'eau liquide souvent mélangée à de l'eau solide, et subissant des variations de densité, de température selon l'époque est difficile à évaluer.

D'après FITZGERALD, en montagne, l'évaporation de la neige serait de 50 mm par mois sous un vent de 2 m/s et en moyenne de 15 mm par mois. Le vent apparaît donc, comme l'un des facteurs essentiels de l'évaporation. Si l'on admet que la neige persiste en moyenne 5 mois, sur l'ensemble du bassin versant, son évaporation sera de 5 x 15 = 75 mm, représentant un volume d'eau évaporé de 15,75 x 10⁶ m³.

Mais ce résultat va se trouver intégré dans les formules suivantes.

2 - Evapotranspiration.

Les méthodes de calcul de l'évapotranspiration sont très nombreuses pour des domaines d'application très variables.

a - Evapotranspiration annuelle réelle selon TURC.

Cette formule fait intervenir la pluviométrie, et la température moyenne annuelle du bassin. Elle n'est applicable que si les précipitations annuelles sont supérieures à 500 mm et la température moyenne annuelle inférieure à 14°C.

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

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

où P est la précipitation annuelle en mm

et T la température moyenne annuelle en°C.

* pour la première période

P = 770,0 mm et T = 0°,72
nous obtenons

$$E = 296 \text{ mm}$$

* pour la seconde période

P = 2105 mm et T = - 0°,05 c
nous obtenons

$$E = 296,1 \text{ mm}$$

b - Déficit d'écoulement selon COUTAGNE.

$$D = 210 + 30 T$$

où T est la température moyenne annuelle en ° C.
et D le déficit d'écoulement en mm.

Nous n'avons pas utilisé la première formule de COUTAGNE $E = P - \sqrt{P^2}$, car celle-ci nous a donné des résultats quelque peu aberrants.

* pour la première période

$$E = 232 \text{ mm}$$

* pour la seconde période

$$E = 209 \text{ mm}$$

c - Selon SERRA.

$$E = 270 e^{0,0644 T}$$

où T est la température annuelle de l'air en °C.

* pour la première période

$$E = 283 \text{ mm}$$

* pour la seconde période.

$$E = 269 \text{ mm}$$

d - Evapotranspiration potentielle mensuelle selon THORNTHWAITE.

La formule, assez complexe, tient compte de la température moyenne mensuelle et de la latitude (introduite implicitement dans la durée d'insolation).

Mois	Température Moyenne (en °C)	i	Evapotranspiration non corrigée (mm)	facteur C de correction	Evapotranspiration corrigée (mm).
Septembre 75	4,3	1,3	3,4	1,04	35,2
Octobre	- 2,1	(-0,63)	-	0,94	-
Novembre	- 6,7	(-2,03)	-	0,79	-
Décembre	- 10,7	(-3,24)	-	0,75	-
Janvier 76	- 9,3	(-2,82)	-	0,79	-
Février	- 6,6	(-2,00)	-	0,81	-
Mars	- 2,8	(-0,85)	-	1,02	-
Avril	0	0	0	1,13	0
Mai	6,5	1,97	46,6	1,28	59,2
Juin	11,2	3,39	71,1	1,29	90,3
Juillet	11,4	3,45	72,1	1,31	93,1
Aout	8,2	2,48	56	1,21	67,1
TOTAUX		12,6			344
Septembre 76	2,2	0,67	23,6	1,04	24,5
Octobre	- 1,7	(-0,51)	-	0,94	-
Novembre	- 8,1	(-2,45)	-	0,79	-
Décembre	- 11,9	(-3,60)	-	0,75	-
Janvier 77	- 11,5	(-3,48)	-	0,79	-
Février	- 8,5	(-2,57)	-	0,81	-
Mars	- 0,5	(-0,15)	-	1,02	-
Avril	0	0	0	1,13	0
Mai	4,6	1,39	40,2	1,28	51,4
Juin	8,2	2,48	60,3	1,29	77,7
Juillet	12,1	3,66	78,1	1,31	102,3
Aout	9	2,72	64,4	1,21	77,9
TOTAUX		10,92			333,8

Tableau n° XIV : Evapotranspiration potentielle mensuelle selon THORNTHWAITE.

$$E_p = 1,6 \left(10 \frac{t}{I}\right)^{0,4}$$

$$\text{avec } = 0,49239 + 1,792 \times 10^{-5} I - 771 \times 10^{-7} I^2 + 675 \times 10^{-9} I^3$$

$$I = \int_1^{12} i = \text{Indice thermique annuel}$$

$$i = \text{indice thermique mensuel} = 0,09 t^{3/2} = \left(\frac{t}{3}\right) \times 1,514$$

Les valeurs E_p mensuelles sont corrigées par un facteur C, fonction de la latitude du bassin.

Les résultats sont donnés dans le tableau n° XIV.

* de Septembre 75 à Octobre 76

$$E_p = 344 \text{ mm}$$

* de Septembre 76 à Octobre 77

$$E_p = 334 \text{ mm}$$

c - Mesure du pouvoir évaporant de l'atmosphère.

Le pouvoir évaporant de l'atmosphère a été mesuré à la station météo de Briançon grâce à un évaporant Piche.

Pendant les mois d'hiver, et quand la température est négative l'évaporomètre n'est pas en service.

Sept. 75	=	72,9 mm		Sept. 76	=	76,1 mm
Oct. 75	=	102,1 mm		Oct. 76	=	63,6 mm
Mai 76	=	152,2 mm		Mai 77	=	93,5 mm
Juin 76	=	146,9 mm		Juin 77	=	77,4 mm
Juil. 76	=	140,4 mm		Juil 77	=	98,6 mm
Aout 76	=	128,5 mm		Aout 77	=	75,6 mm
Total.....		743 mm		Total		484,2 mm

Ces résultats (de Briançon) sont très supérieurs à ceux trouvés précédemment pour l'ensemble du bassin de la Clarée, et ne sont donnés ici qu'à titre indicatif.

Notons, cependant la très forte évaporation de l'été 76, due à de fortes chaleurs et à une légère sécheresse.

f - Comparaison des résultats.

Le tableau suivant regroupe les résultats :

EVAPOTRANSPIRATION en mm	1er sept. 75 31 Aout 76	1er sept. 76. 31 Aout 77
Formule de TURC	296	296
Formule de COUTAGNE	232	209
Formule de SERRA	283	269
Formule de THORNTHWAITE (Etp)	344	334

Il apparait que les différents résultats sont relativement proches les uns des autres, surtout ceux obtenus par les formules de TURC et de SERRA.

Nous adopterons, en l'absence de mesures plus précises, pour l'ensemble du bassin versant de la Clarée, une évapotranspiration moyenne annuelle de l'ordre de

Ev (75 - 76) =	300 mm	+ 50 mm
Ev (76 - 77) =	290 mm	+ 50 mm

en admettant une erreur d'appréciation de 20 %

B - ETUDE DU RUISSELLEMENT ET MESURE DE LA LAME D'EAU ECOULEE.

Nous ne reviendrons pas, ici, sur la constitution exacte du réseau hydrographique de surface, vue plus haut (chapitre I : Le bassin versant de la Clarée).

I - Mesure de débits.

Afin de déterminer précisément la lame d'eau écoulee sur le bassin versant de la Clarée, il est nécessaire d'en connaître le ruissellement. Pour ce faire, 2 stations particulières ont été équipées.

1 - Localisation des stations.

Deux limnigraphes ont donc été mis en place sur la Clarée par l'équipe de jaugeage du S.R.A.E.

L'exutoire aval du bassin versant de la Clarée, a été équipé d'un limnigraphe de type OTT XX, à enregistrement horaire, à la Vachette. Il fut mis en service le 27 Aout 75 au pont de la Vachette, sur la Durance, à l'emplacement de l'ancienne station E.D.F., ayant fonctionnée de 1917 à 1973. Malheureusement, 2 mois plus tard, la station fut complètement détarée, par les service de l'Equipement, qui en voulant consolider la pile du pont supportant la station, cimentèrent purement et simplement la crépine et la prise d'eau !. Aussi, dut-on déplacer la station et l'installer un pont en amont, à celui des Alberts, situé juste après la confluence Durance - Clarée.

Les coordonnées Lambert II de cette station sont :

X = 942,70

Y = 300,64

Z = 1360,40 m

La superficie du Bassin Versant géographique, au droit de la station représente 210 km².

La seconde station limnigraphique fut installée le 28 Aout 1975, à Névache, au pont de l'Outre sur la Clarée.

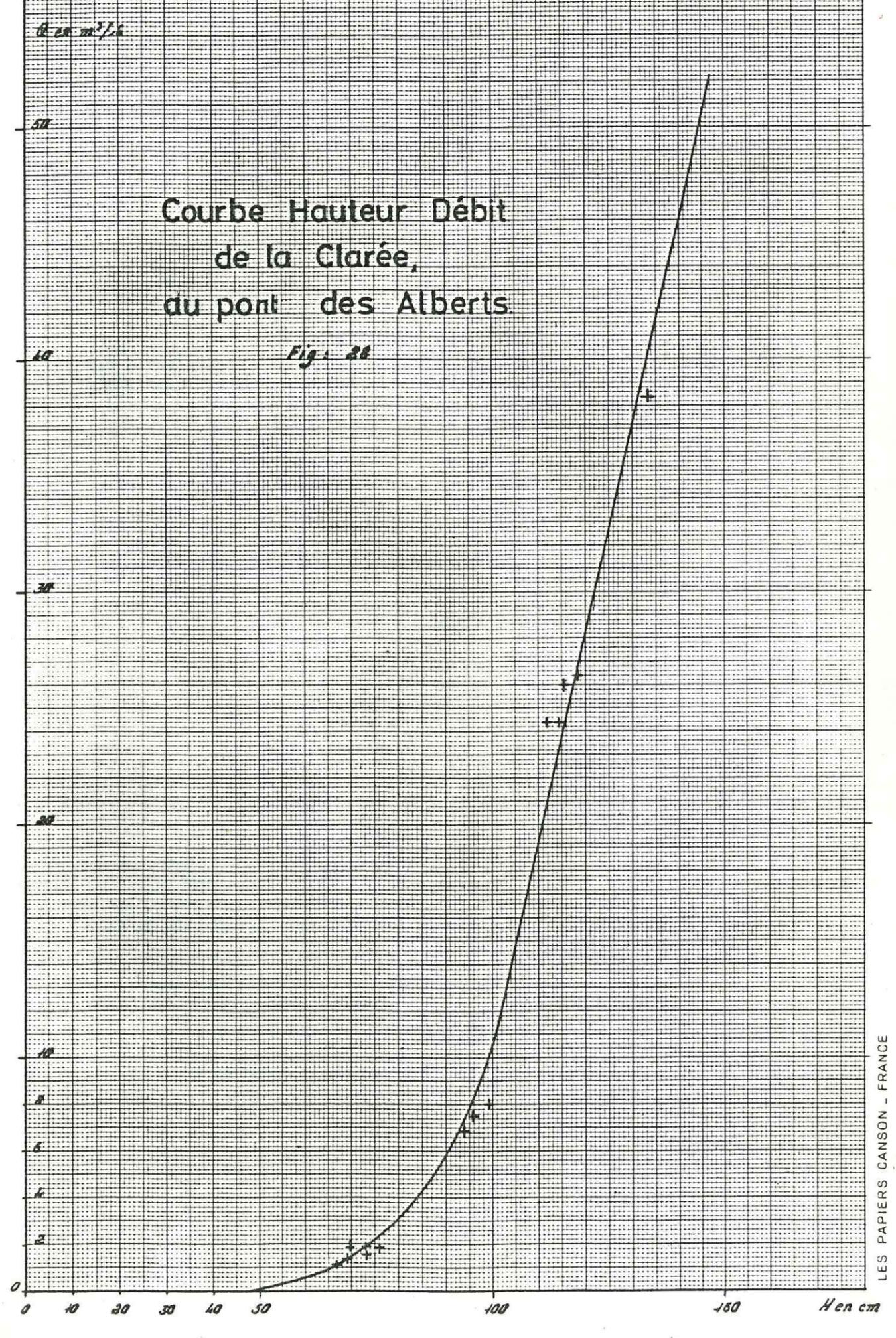
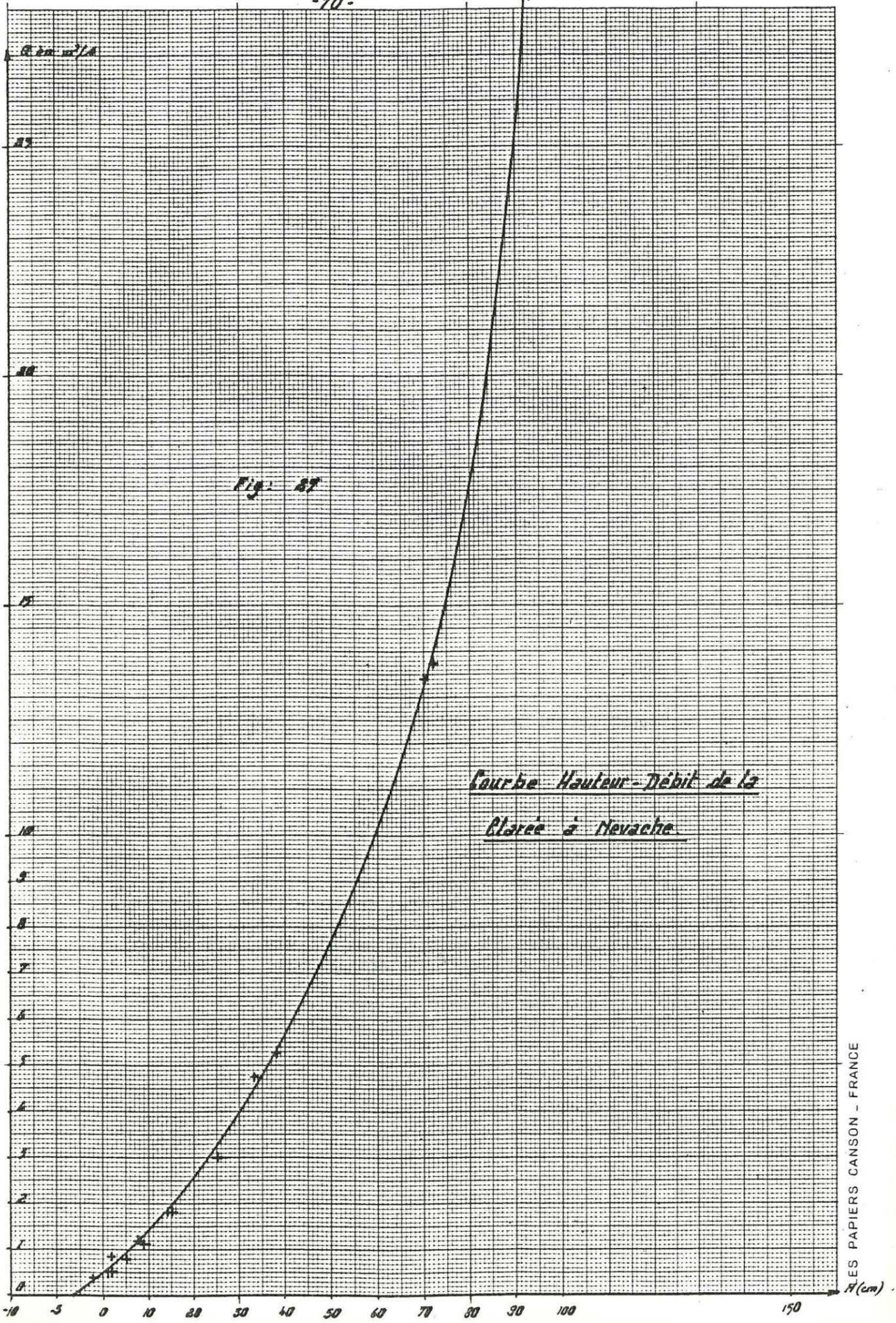
Il s'agit d'un limnigraphe de type NEYRPIC, bulle à bulle, Télimip à enregistrement horaire, mis en place à l'abris des intempéries dans le garage de Monsieur ROUX (Actuellement, dans une cabane calorifugée en bordure de rivière). Malheureusement, cet appareil d'utilisation très délicate en haute montagne (froid, gel, neige, variation brusque de température...) subit quelques avatars, durant les hivers rigoureux (gel et engravement de la prise d'eau, tuyauterie mal purgée, mécanisme d'enregistrement - piles-arrêté à cause du froid...). Cependant, d'après les hauteurs lues à l'échelle quotidiennement pour les absences d'information, l'établissement des débits journaliers moyens n'a pas posé de gros problèmes. Les coordonnées Lambert II de cette station sont :

X = 936,12

Y = 310,72

Z = 1596,36 m

La superficie du bassin versant géographique, au droit de la station représente 88 km².



2 - Tarages des stations.

Des jaugeages sont effectués par les jaugeurs du S.R.A.E., à des périodes différentes de l'année, en particulier pendant les crues et les étiages afin d'obtenir une gamme de débits très étalée. Les mesures de débits sont faites au moulinet, soit à la cyclopotence, soit à la perche. A chaque station, une quinzaine de mesures ont été effectuées. Elles nous permettent de déterminer la loi hauteur - débit, de la Clarée à Nevache et à la Vachette (voir fig.n° 27 et n° 28).

3 - Débitmétrie.

a) Débits moyens mensuels et régime.

Les courbes de tarage, ainsi obtenues, donnent l'estimation des débits moyens journaliers et des débits instantanés (voir fig n° 31). A partir des débits moyens journaliers, on peut calculer les différents débits moyens mensuels et les débits spécifiques.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux n° XV et n° XVI. Nous avons étudié 2 années hydrologiques consécutives : la première commençant le 1er septembre 75 et se terminant le 31 Aout 76, et la seconde débutant le 1er septembre 76 et finissant le 31 Aout 77.

Ces 2 années, sont pour la première déficitaire et la seconde excédentaire (voir fig. n° 29).

Leur comparaison appelle quelques commentaires.

Les courbes de débits journaliers sont marquées par des crues d'Automne (Septembre - Octobre) et de Printemps (Mai - Juin). Les débits d'étiage (400 à 500 l/s à Névache, et 1.700 à 2000 l/s à la Vachette) se situent en hiver (Décembre - Janvier - Février - Mars - Avril). (L'année 77 est frappée par de très fortes crues en Juin et Juillet liées à une très importante fonte de neige tardive. Un redoux accompagné de pluies importantes accélèra la fonte vers la fin mars. De violents coups de froid bloquèrent ce processus vers fin avril et mi mai, ce qui explique que le stock neigeux d'altitude, d'importance exceptionnelle, se retrouva restitué en eau que vers début juin et continua à fondre jusqu'à fin Juillet).

Les débits moyens journaliers à la Vachette représentent, grossièrement le double de ceux enregistrés à Névache. Mais il est quasi impossible d'établir une courbe de corrélation des débits à la Vachette et à Névache, car trop de facteurs interviennent sur le ruissellement entre ces 2 stations (Apports souterrains - Apports de surface - Evaporation - Alimentation ou drainage de nappe...).

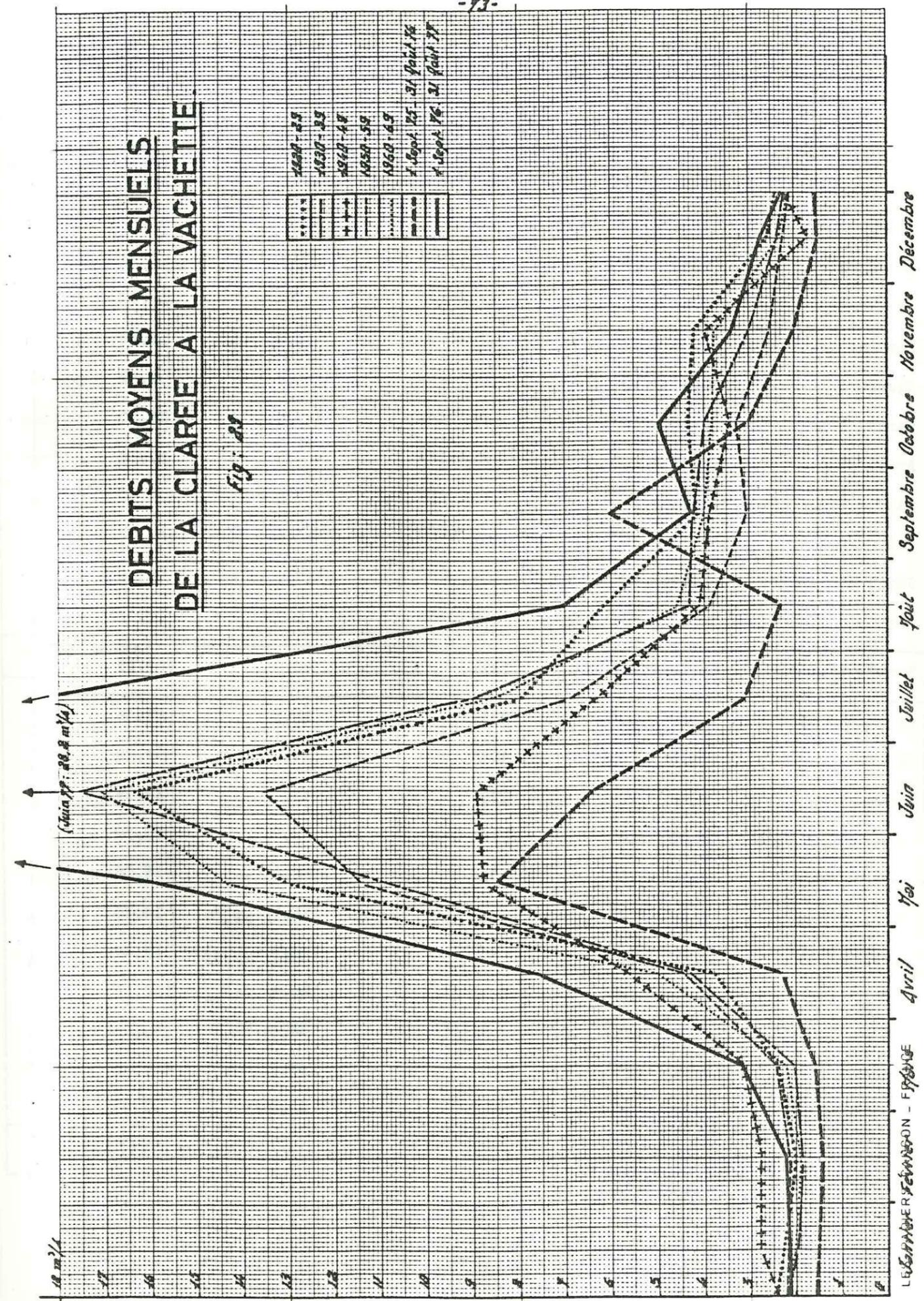
Remarquons, cependant quelques maxima et minima instantanés notoires :

- Minimum enregistré à Névache = 240 l/s le 23 Février 1976
- " " à la Vachette = 1,45 m3/s du 21 au 26 Février 1976
- Maximum enregistré à Névache = 40,0 m3/s le 10 Juin 1977
- Maximum " à La Vachette = 45,0 m3/s le 11 et 13 Juin 1977.

Les variabilités sont très grandes (rapport de l'ordre de 1 à 31 pour la Vachette, et de 1 à 170 pour Névache !).

DEBITS MOYENS MENSUELS DE LA CLARÉE A LA VACHETTE

Fig. 29



LE 1er SEPTEMBRE 1975 - FÉVRIER 1976 - AVRIL 1976 - MAI 1976 - JUIN 1976 - JUILLET 1976 - AOUT 1976 - SEPTEMBRE 1976 - OCTOBRE 1976 - NOVEMBRE 1976 - DÉCEMBRE 1976

Tableau n° XV

- 74 -

Débit moyen mensuel en l/s, Débit spécifique mensuel en l/s/km², volume en m³ et lame d'eau écoulée en mm à NEVACHE, de la CLAREE (surface B.V = 88 km²).

Mois	Volume (m ³)	Débit mensuel (l/s)	Débit spécif. (l/s/km ²)	Lame d'eau écoulée (mm)
Sept. 1975	10,21 x 10 ⁹	3940	44,8	116,12
Octobre	4,84 x 10 ⁹	1810	20,6	55,16
Novembre	2,52 x 10 ⁹	974	11,1	28,77
Décembre	1,87 x 10 ⁹	700	7,9	21,15
Janvier 1976	1,04 x 10 ⁹	390	4,4	11,78
Février	0,83 x 10 ⁹	332	3,8	9,52
Mars	2,26 x 10 ⁹	847	9,6	25,70
Avril	1,56 x 10 ⁹	602	6,8	17,62
Mai	15,12 x 10 ⁹	5646	64,2	171,92
Juin	11,53 x 10 ⁹	4452	50,6	131,15
Juillet	4,02 x 10 ⁹	1503	17,1	45,79
Aout	2,32 x 10 ⁹	868	9,9	26,51
Module Annuel	58,12 x 10 ⁹	1838	20,9	661,19
Septembre 1976	6,09 x 10 ⁹	2353	26,8	69,46
Octobre	8,18 x 10 ⁹	3055	34,7	92,92
Novembre	3,46 x 10 ⁹	1337	15,2	39,39
Décembre	2,42 x 10 ⁹	769	8,7	27,50
Janvier 1977	1,40 x 10 ⁹	526	6,0	16,06
Février	1,29 x 10 ⁹	535	6,1	14,76
Mars	1,52 x 10 ⁹	571	6,5	17,41
Avril	9,68 x 10 ⁹	3738	42,5	110,16
Mai	23,21 x 10 ⁹	8669	98,5	263,78
Juin	42,82 x 10 ⁹	16521	187,8	486,77
Juillet	29,29 x 10 ⁹	10938	124,3	332,87
Aout	12,76 x 10 ⁹	4764	54,1	144,90
Module Annuel	142,12 x 10 ⁹	4481	50,9	1615,98

- 75 -

Tableau n° XVI

Débit moyen mensuel en l/s, débit spécifique mensuel en l/s/km², volume en m³ et lame d'eau écoulée, en mm, de la CLAREE à LA VACHETTE (surface BV : 210 km²).

Mois	Volume (m ³)	débit mensuel (l/s)	Débit spécif. (l/s/km ²)	Lame d'eau écoulée (mm).
Septembre 1975	15,78 x 10 ⁹	6090	29	75,17
Octobre	8,30 x 10 ⁹	3100	14,8	39,63
Novembre	5,70 x 10 ⁹	2200	10,5	27,21
Décembre	4,41 x 10 ⁹	1650	7,9	21,15
Janvier 1976	4,30 x 10 ⁹	1608	7,7	20,62
Février	3,79 x 10 ⁹	1513	7,2	18,04
Mars	4,31 x 10 ⁹	1610	7,7	20,62
Avril	6,34 x 10 ⁹	2445	11,6	30,06
Mai	22,88 x 10 ⁹	8545	40,7	108,99
Juin	16,56 x 10 ⁹	6390	30,4	78,79
Juillet	8,42 x 10 ⁹	3145	15,0	40,17
Aout	6,49 x 10 ⁹	2424	11,5	30,79
Module annuel	107,28 x 10 ⁹	3393	16,2	511,24
Septembre 1976	11,32 x 10 ⁹	4369	20,8	53,91
Octobre	13,44 x 10 ⁹	5018	24,0	64,27
Novembre	9,04 x 10 ⁹	3488	16,6	43,02
Décembre	7,25 x 10 ⁹	2708	12,9	34,54
Janvier 1977	5,93 x 10 ⁹	2216	10,6	28,38
Février	5,51 x 10 ⁹	2277	10,8	26,12
Mars	8,64 x 10 ⁹	3227	15,4	41,24
Avril	19,48 x 10 ⁹	7517	35,8	92,79
Mai	42,89 x 10 ⁹	16014	76,3	204,33
Juin	73,08 x 10 ⁹	28196	134,3	348,11
Juillet	51,06 x 10 ⁹	19064	90,8	243,16
Aout	21,12 x 10 ⁹	7885	37,5	100,44
Module annuel	268,76 x 10 ⁹	8498	40,5	1280,31

Possédant les débits mensuels de la Clarée à la Vachette de 1920 à 1977, et à Plampinet de 1904 à 1911 (très vieille station, dont malgré d'abondantes recherches, nous n'avons retrouvé la trace que dans le travail de CH. PEGUY : Haute Durance et Ubaye), nous avons pu établir les différents pourcentages mensuels de l'écoulement annuel de, la Clarée à la Vachette (moyenne 1920 - 1977 ; année ler sept 75 - 31 Aout 76 ; année ler sept 76 - 31 Aout 77), à Plampinet (moyenne 1904 - 1911) et à Névache (année ler sept 75 - 31 Aout 76 ; année ler septembre 76 - 31 Aout 77) (voir fig. n° 30). L'automne 75 à la Vachette est excédentaire par rapport à la moyenne, l'hiver 75 - 77 est proche de la moyenne, le printemps 76 et l'été 76 déficitaires.

L'automne 76 est légèrement déficitaire, l'hiver 76 - 77 déficitaire, et le printemps et l'été 77 très nettement excédentaires (les 28 m³/s mensuel de juin 77, constituent le maximum mensuel depuis 1920 !).

D'une manière générale, les grands écarts dans les pourcentages, enregistrés à Névache et à Plampinet, ont tendance à se minimiser à la Vachette. La rivière tend à régulariser légèrement les débits, grâce essentiellement à la largeur de la plaine alluviale qui "encaisse mieux le choc".

Le régime de la Clarée, à l'amont de Névache, est typiquement torrentiel.

La Clarée à la Vachette, présente les caractéristiques d'un cours d'eau, dont le bassin versant est encore très élevé, mais totalement dépourvu de glacier, présentant 2 maxima de crues, l'un assez prononcé, avancé en saison (mai - Juin) correspondant à la fonte des neiges, et l'autre vers septembre - Octobre (ce dernier peut être faible selon les quantités de pluies tombées en automne), et un minima hivernal assez long avec forte rétention nivale. Les variations d'une année à l'autre sont importantes. Il s'agit donc d'un régime typiquement nival.

b) Débits moyens annuels (voir tableau n° XVII)

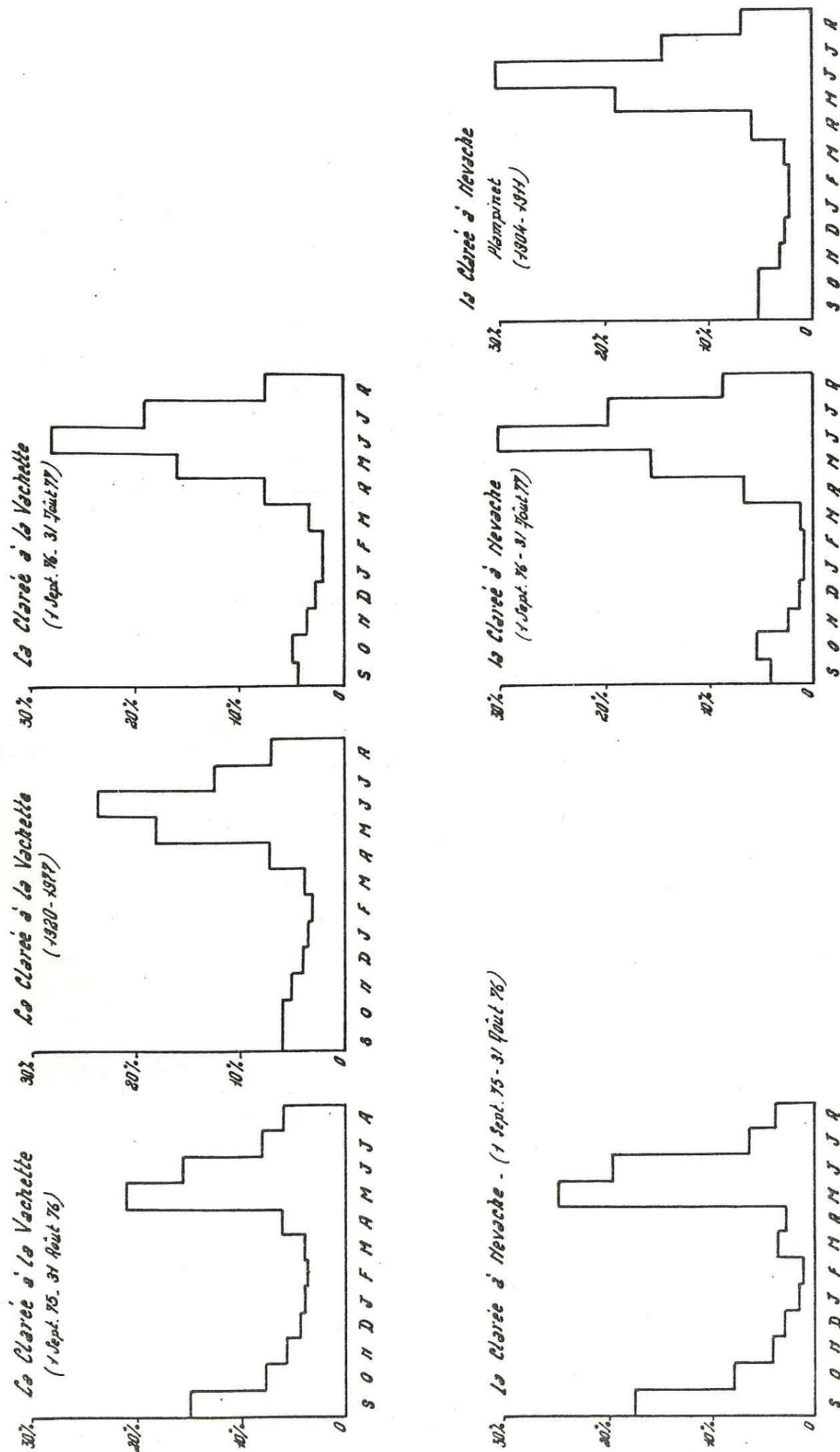
Les débits moyens annuels de la Clarée à Névache, représentent 55 % de l'écoulement moyen annuel à la Vachette ; alors que le bassin versant de Névache ne représente que 42 % du bassin versant de la Vachette (voir chapitre : La Moyenne et Basse Clarée).

Les débits spécifiques de Névache sont année humide, comme année sèche, supérieurs à ceux enregistrés à la Vachette. Ceci correspond à la nature géologique des terrains traversés. Les formations houillères quasi imperméables permettent un ruissellement par km², relativement important, à l'inverse des terrains triasiques très favorables à l'infiltration.

Les débits de Plampinet, ne peuvent pas être exploités, faute de valeurs comparatives et sont donnés à titre purement indicatif. Remarquons cependant la quasi similitude des débits spécifiques annuels à la Vachette (1920 - 1977) et Plampinet (1904 - 1911).

POURCENTAGES MENSUELS DE L'ÉCOULEMENT ANNUEL DE LA CLARÉE

Fig: 30



	Nevache (BV:88km ²)	La Vachette (BV=210km ²)	Plampinet (BV=125km ²)	Nevache	La Vachette	Plampinet
1er sept 75 31 Aout 76	1,8	3,4	-	20,90	16,2	6
1er sept 76 31 Aout 77	4,5	8,5	-	51,0	40,5	-
1920 - 1977	-	5,3	-	-	25,5	-
1904 - 1911	-	-	3,5	-	-	28
Tableau n° XVII	Débits Moyens Annuels en m ³ /s			Débits spécifiques annuels en l/s/km ²		

c) Débits caractéristiques.

Sur les figures n° 31,32,33 et 34, nous avons classé les débits par valeurs décroissantes, en fonction du temps, définissant ainsi les valeurs caractéristiques de l'écoulement.

Nous avons défini :

- le débit caractéristique maximum = DC 10
(débit dépassé 10 jours par an)
- le débit caractéristique moyen = DC 180
(débit dépassé 6 mois par an)
- le débit caractéristique d'été = DCE
(débit dépassé 355 jours par an).

ainsi que les débits dépassés 1 mois (DC 30), 3 mois (DC 90) et 9 mois (DC 330).

Les résultats se trouvent rassemblés dans les tableaux suivants (tab. n° XVIII et XIX).

	Années	DC 10	DC 30	DC 90	DC 180	DC 330	D.C.E.
NEVACHE	1er Sept 75 31 Aout 76	8,0	5,7	2,5	1,4	0,5	0,35
	1er Sept 76 31 Aout 77	19,2	15,0	7,8	2,5	0,6	0,3
La VACHETTE	1er Sept 75 31 Aout 76	14,0	8,0	4,4	3,2	2,0	1,6
	1er Sept 76 31 Aout 77	34,0	26,5	11,6	4,5	2,8	2,4

Tableau n° XVIII : Débits caractéristiques en m³/s de la Clarée.

	Années	DC 10	DC 30	DC 90	DC 180	DC 330	D.C.E.
NEVACHE	1er Sept 75 31 Aout 76	90,9	64,8	28,4	15,9	5,7	4,0
	1er Sept 76 31 Aout 77	218,2	170,5	88,6	28,4	6,8	3,4
LA VACHETTE.	1er Sept 75 31 Aout 76	66,7	38,1	20,9	15,2	9,5	7,6
	1er Sept 76 31 Aout 77	161,9	126,2	55,2	21,4	13,3	11,4

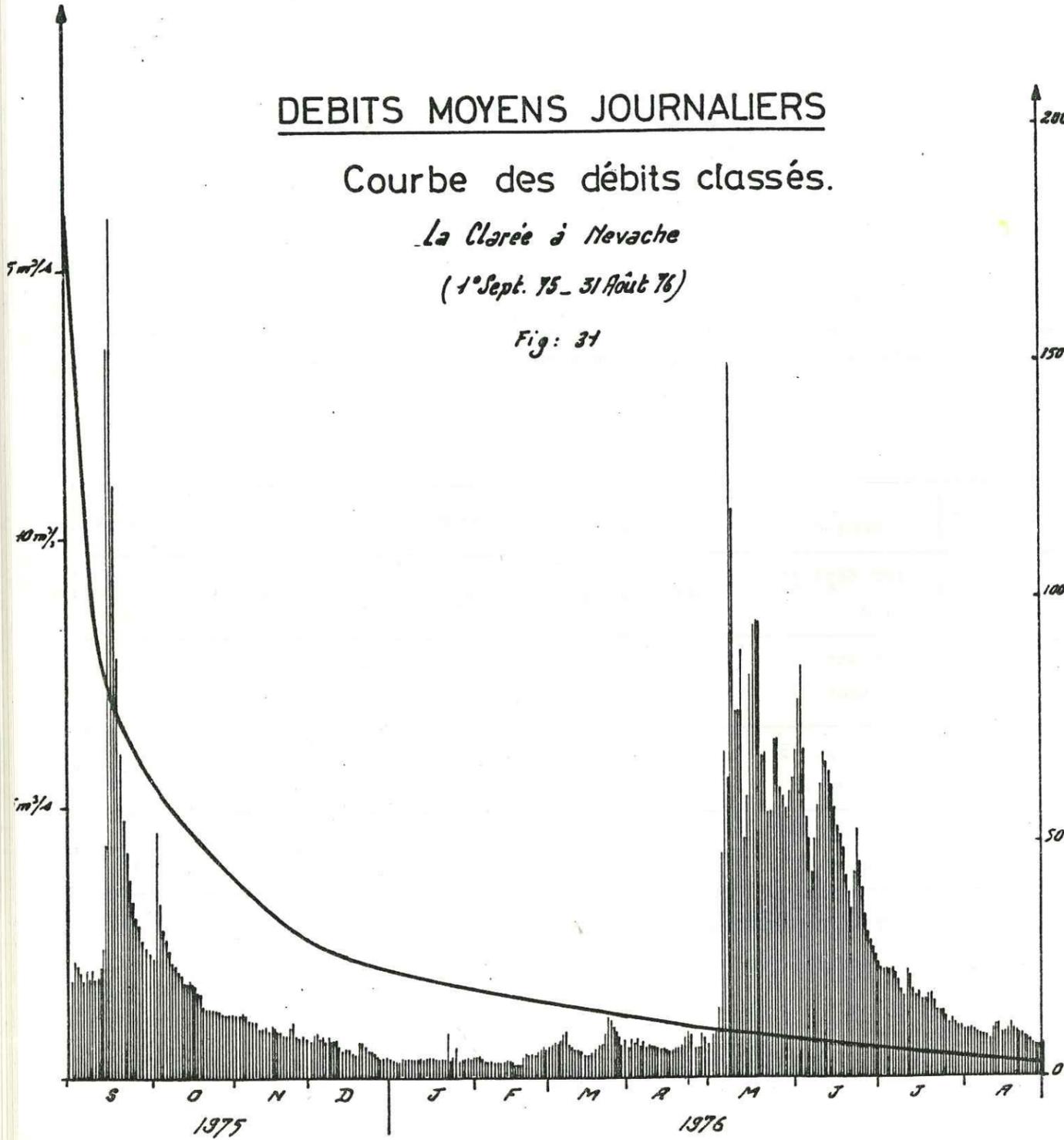
Tableau n° XIX : Débits caractéristiques en l/s/km² de la Clarée.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

Courbe des débits classés.

La Clarée à Nevache
(1^{er} Sept. 75 - 31 Août 76)

Fig: 31

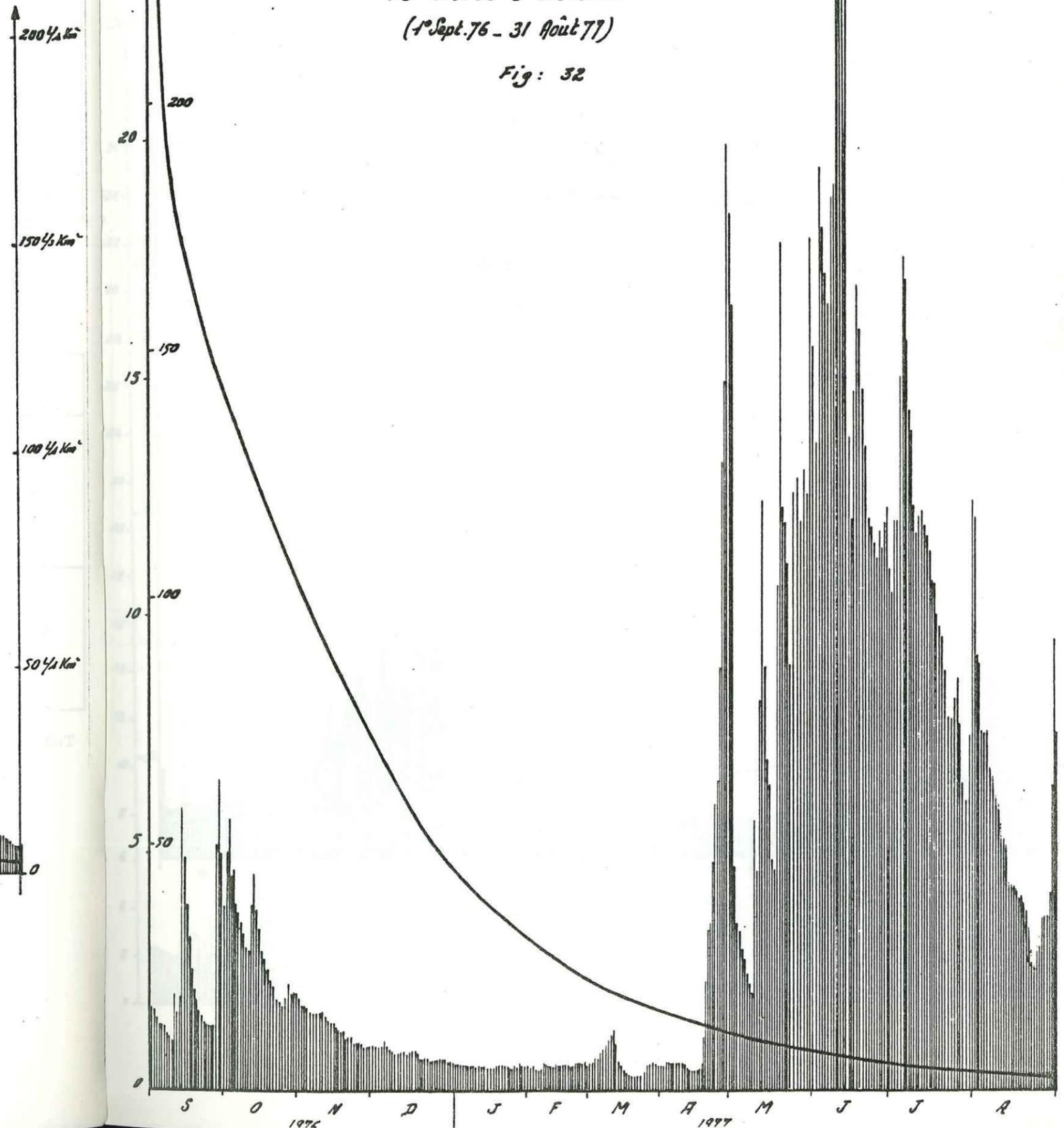


DEBITS MOYENS JOURNALIERS

- Courbe des débits classés -

La Clarée à Nevache
(1^{er} Sept. 76 - 31 Août 77)

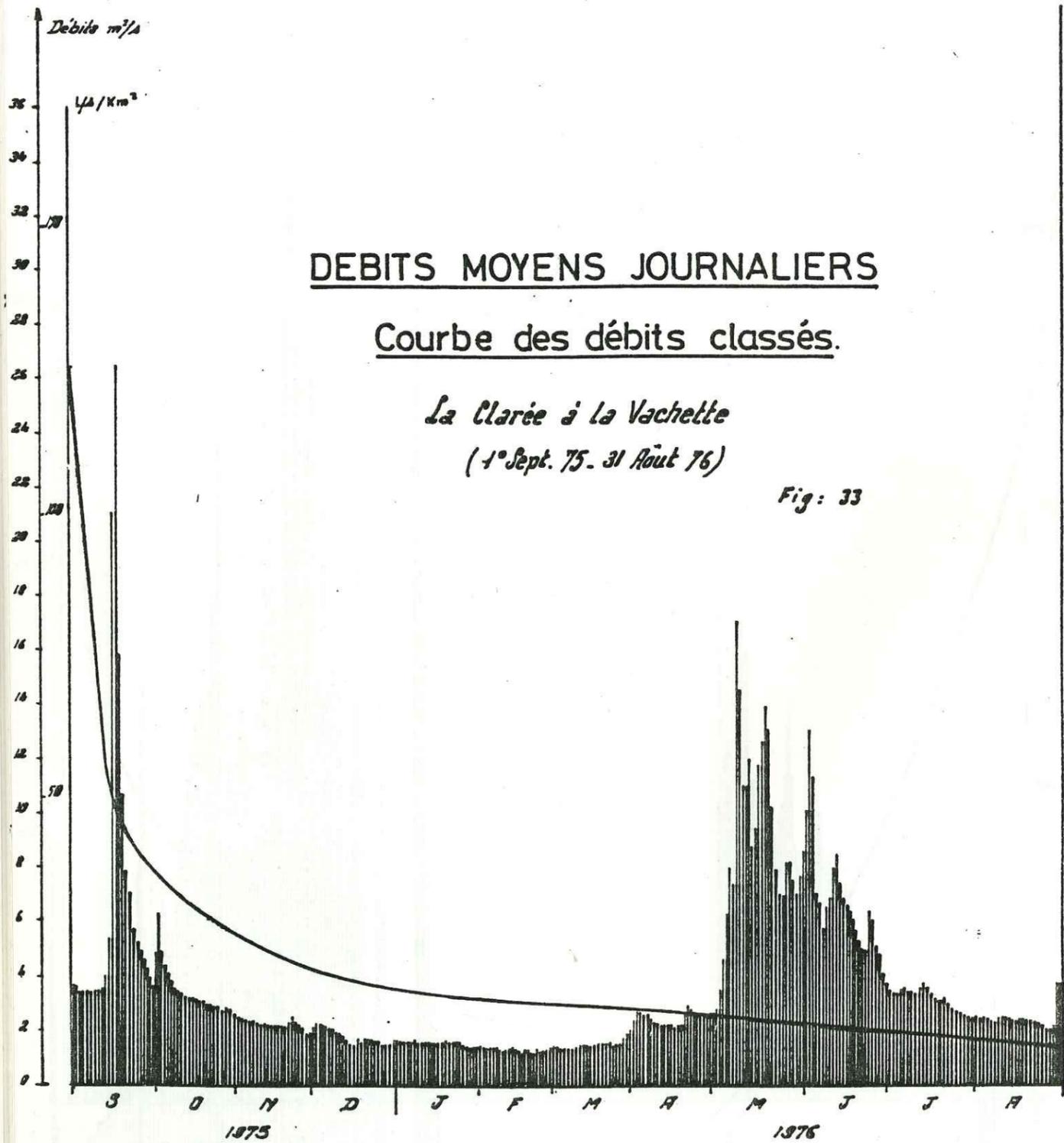
Fig: 32



DEBITS MOYENS JOURNALIERS
Courbe des débits classés.

La Clarée à la Vachette
(1^{er} Sept. 75 - 31 Août 76)

Fig: 33

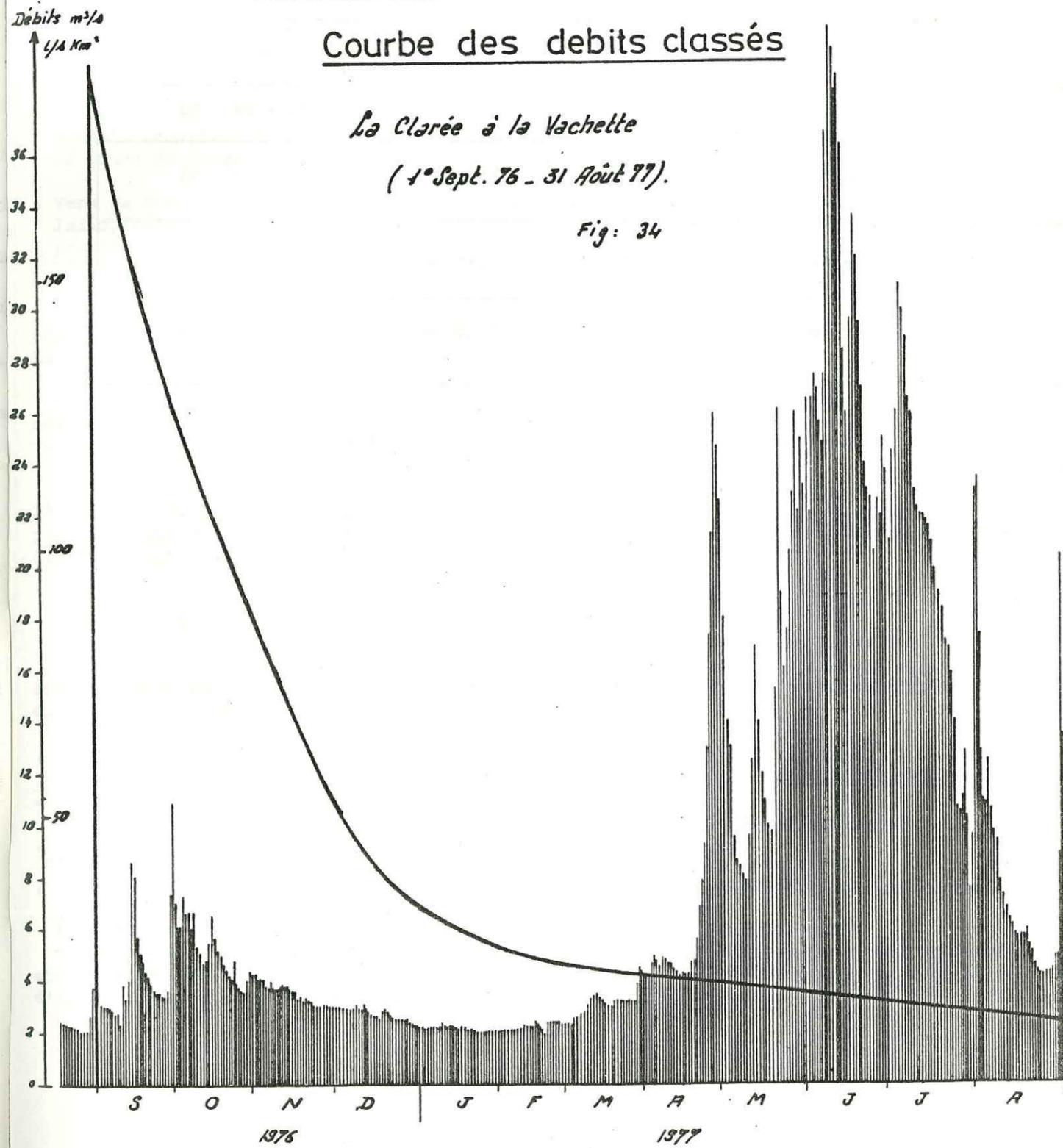


DEBITS MOYENS JOURNALIERS

Courbe des débits classés

La Clarée à la Vachette
(1^{er} Sept. 76 - 31 Août 77)

Fig: 34



d - Lame d'eau écoulée.

Les débits spécifiques mensuels permettent d'exprimer la hauteur de la lame d'eau écoulée, ou indice d'écoulement, ainsi que le volume d'eau écoulé.

La hauteur de la lame d'eau écoulée représente la hauteur du cylindre dont le volume serait égal à celui de l'eau ayant traversé la station, durant toute la période considérée et qui aurait pour base l'aire du bassin, alimentant ladite station.

		Lame d'eau écoulée	volume d'eau écoulé
La Clarée à Nevache	1er Sep. 75 - 31 Aout 76	662 mm	58 x 10 ⁹ m3
	1er Sept 76 - 31 Aout 77	1616 mm	142 x 10 ⁹ m3
La Clarée à la Vachette =Ruissellement total.	1er Sept 75 - 31 Aout 76	511 mm	107 x 10 ⁹ m3
	1er Sept 76 - 31 Aout 77	1280 mm	269 x 10 ⁹ m3

Nous admettrons une erreur de 10 % sur le résultat final, c'est

à dire :

Ruissellement total :			
• 1er sept 75 - 31 Aout 76	=	511 mm	+ 50 mm
• 1er sept 76 - 31 Aout 77	=	1280 mm	+ 130 mm

II - Etude des crues.

1 - Les crues exceptionnelles historiques.

Signalons ici, quelques inondations exceptionnelles dues aux débordements de la Clarée et de ses affluents.

Comme nous l'avons dit plus haut (cf : chapitre géologie du quaternaire) il existait un lac au lieu-dit Fanagier ; en 1286 après de violentes pluies, la Clarée s'ouvrit un passage, au bas du Guion. Le lac se déversa tout d'un coup, et la rivière emporta une partie du village de Rame, situé en face de la Roche, sous Briançon :

• Le 28 et 29 Mai 1436, la Clarée emporte 22 Maisons, des 11 ponts, un seul résiste.

• En 1577 et en 1581, tous les ponts sont rasés.

• En 1657, une avalanche accompagnée d'abondantes pluies, avait arrêté le ruisseau des Acles. Au printemps, le torrent déborda; la Clarée grossie par cette trombe d'eau, chargea en graviers tous les terrains plats, couverts de belles prairies naturelles et de champ bien cultivés à l'aval de Plampinet sur 4 kms.

• En 1706 et 1707, Névache et Plampinet sont menacés.

• Le 18 Juin 1848, Ville Haute (de Nevache) est menacé par le torrent du Vallon et par la Clarée. Les ponts de l'Outre, des Armands, et de Plampinet sont emportés.

• Le 28 Mai 1856, après 3 jours de pluies, le torrent du Vallon déborde et envahit Ville Haute. Il faut plus de 4 heures pour le rejeter vers la Clarée. Plampinet est fortement menacé. Le 6 juin de la même année, la pluie se remet à tomber, la crue recommence. Après 12 jours de travail acharné, tout rentre dans l'ordre.

• Vers la fin Juillet 1914, les eaux du ruisseau du lac Laramon envahissent la plaine du Jadis, celle du Ruisseau du Chardonnet la plaine entre le Jadis et Fontcouverte. Les prairies du Verney, de la Gravie (rive gauche entre Ville Haute et Ville Basse), de l'Icle (rive droite entre le pont de Fortville et celui de La Lame) sont inondées.

Toutes les constructions élevées de Ville Haute, ainsi que les ponts de la Menille, Lacha, Ville Basse, Armands, Fanagier, Plampinet sont emportés. La route sous le Robion est coupée sur 250 m.

Comme nous le voyons, les crues, surtout printanières, restent et resteront un danger permanent pour les habitants, les habitations et les cultures de la vallée de la Clarée.

Les crues de printemps 77, auraient pu être catastrophiques, vu l'épaisseur du manteau neigeux à fondre. Heureusement la fonte fut bloquée plusieurs fois par des coups de froid, régularisant ainsi l'écoulement et provoquant des débits anormalement élevés jusqu'à la mi aout.

2 - Les courbes de tarissement.

L'hydrogramme simple enregistré à une station de jaugeage après une averse tombée sur un bassin versant présente la forme générale d'une courbe en cloche dissymétrique, que l'on divise en 4 parties :

• la courbe de concentration ou partie correspondant à la montée de la crue,

• la pointe ou zone entourant le maximum de la crue,

• la courbe de décrue ou zone afférente à la diminution du débit,

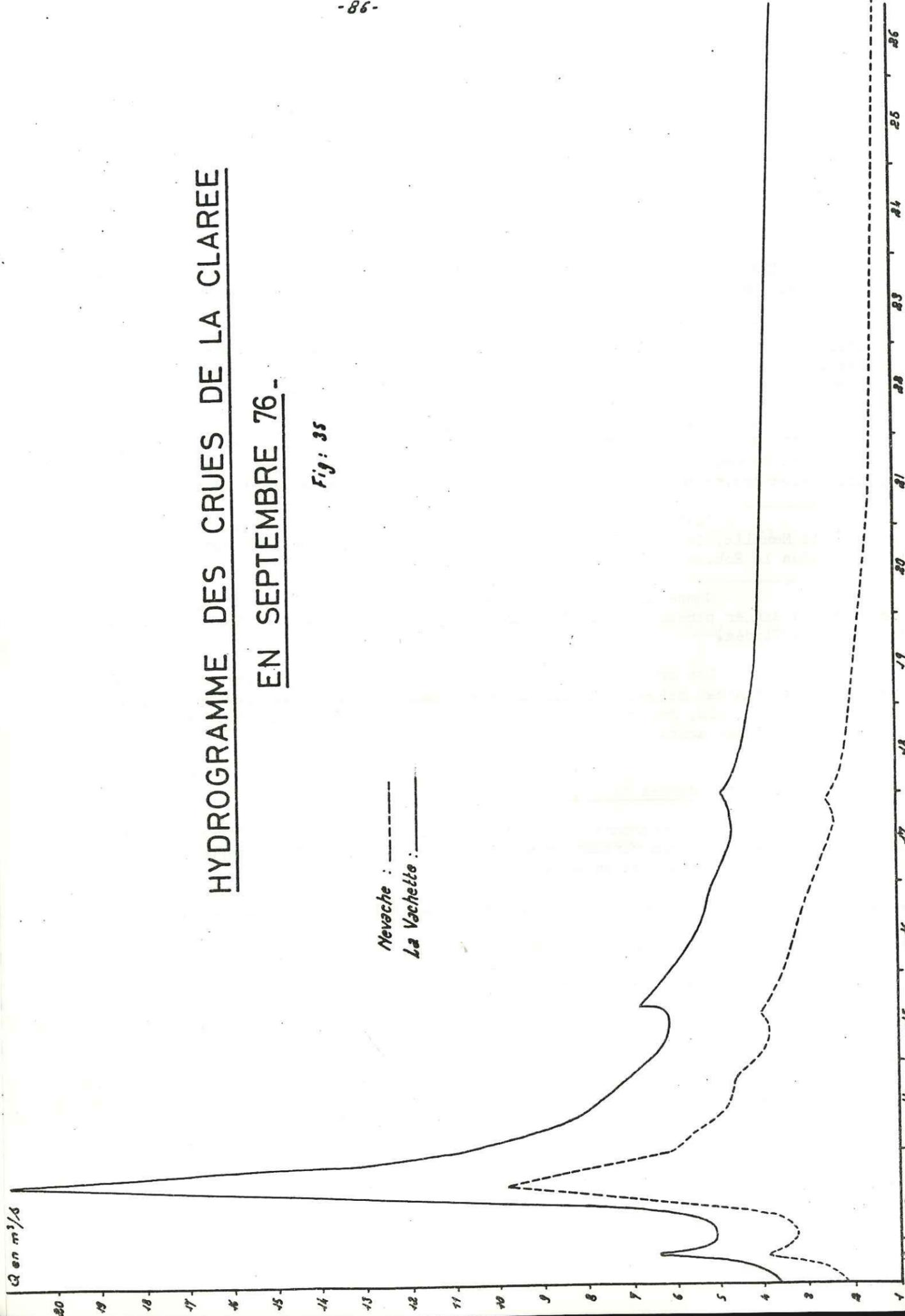
• la courbe de tarissement, ou partie figurant la décroissance du débit, au bout d'un temps assez long pour que tout ruissellement de surface ait cessé.

C'est grâce aux courbes de tarissement (ou courbe de décrues des eaux souterraines) que nous allons pouvoir calculer les coefficients de tarissement, les volumes d'eau emmagasinés, les indices d'emmagasinement (voir fig n° 35)

HYDROGRAMME DES CRUES DE LA CLAREE EN SEPTEMBRE 76.

Fig: 35

Nevache : - - - - -
La Vachette : _____



a) Coefficients de tarissement

La courbe de tarissement est assimilable à une courbe de décroissance exponentielle des débits (Q), en fonction du temps (t). La formule de MAILLET est la formule qui s'applique le mieux pour calculer le tarissement d'un écoulement laminaire, en régime noninfluencé :

$Q(t) = Q(0)e^{-\alpha t}$, qui donne le débit Q(t), à l'instant t (temps écoulé depuis le début de tarissement), en fonction du débit Q(0) (débit au début du tarissement, à l'instant t₀ origine du tarissement ; α étant le coefficient de tarissement.

La formule ci-dessus peut s'écrire sous la forme :

$$\log Q(t) = \log Q(0) - \alpha \cdot t \log e$$

$$\text{ou } \log Q(t) = \log Q(0) - (\alpha t \times 0,4343),$$

qui montre qu'en coordonnées semi logarithmiques, les courbes de décrues et de tarissement sont représentées par des droites. Il est donc facile de déterminer graphiquement la valeur du coefficient de tarissement.

Nous avons choisi une période non influencée entre le 13 et le 26 septembre 76 soit 13 jours consécutifs, suffisant pour donner une décroissance des débits. Il aurait été intéressant de refaire ces calculs sur d'autres crues, malheureusement, nous n'avons pas trouvé d'autres crues suffisamment longues et non influencées.

Cette décroissance s'effectue bien de façon exponentielle, comme en témoigne les différentes courbes en coordonnées semi logarithmiques (voir fig n° 36). Le maximum de crue se produit à 15 h à Néevache (10 m³/s) et à 16 h à la Vachette (21 m³/s).

1 - à Néevache

Le graphique 36 permet de préciser les valeurs suivantes :

$$Q_0 = 1,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 1,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = 6 \text{ jours}$$

D'où la formule de Maillet :

$$\log 1,7 = \log 1,28 - (0,4343 \times 6 \times \alpha)$$

d'où $\alpha = 0,0472$

La formule de tarissement de la Clarée à Néevache, peut alors s'écrire :

$$Q_t = 1,7 e^{-0,047 t}$$

2 - A la Vachette

Le graphique 36 précise les valeurs suivantes :

$$Q_0 = 4,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = 8,6 \text{ jours}$$

Courbes de tarissement de la Clarée en septembre 76

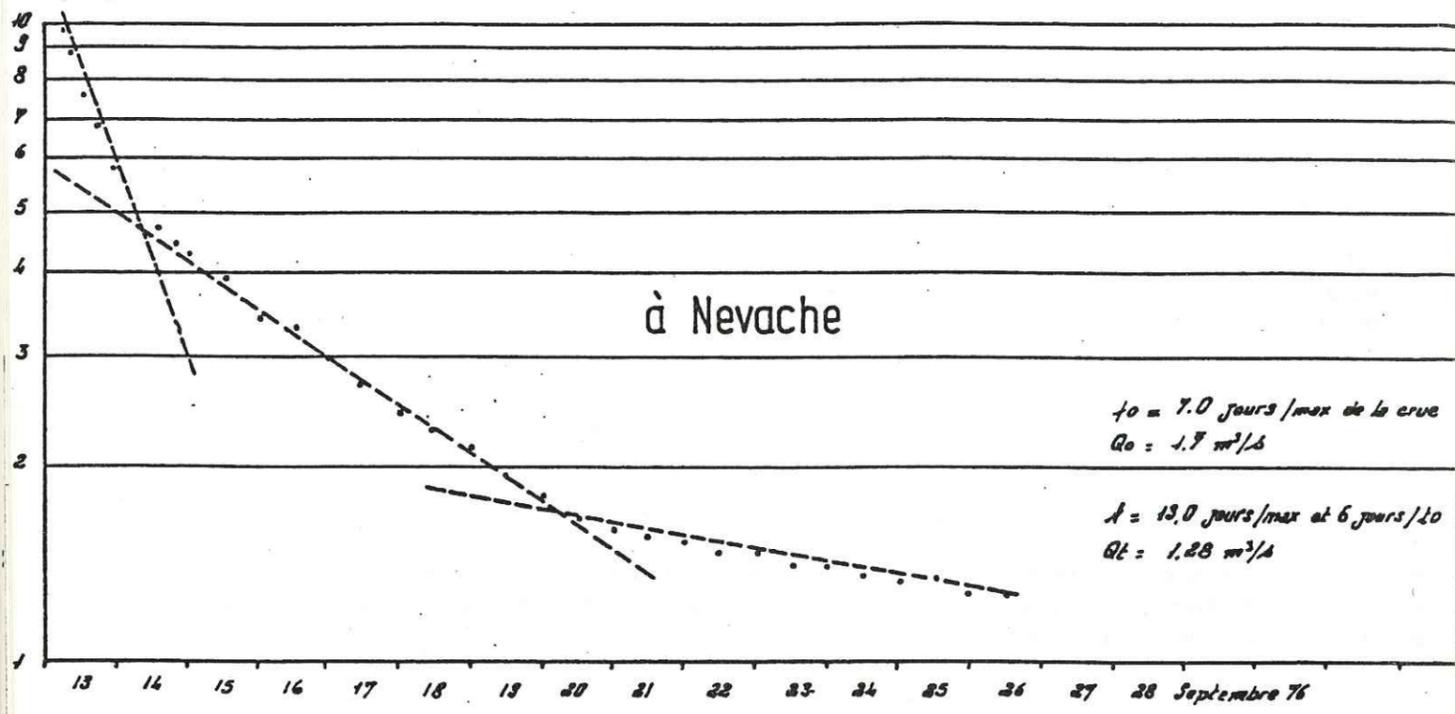
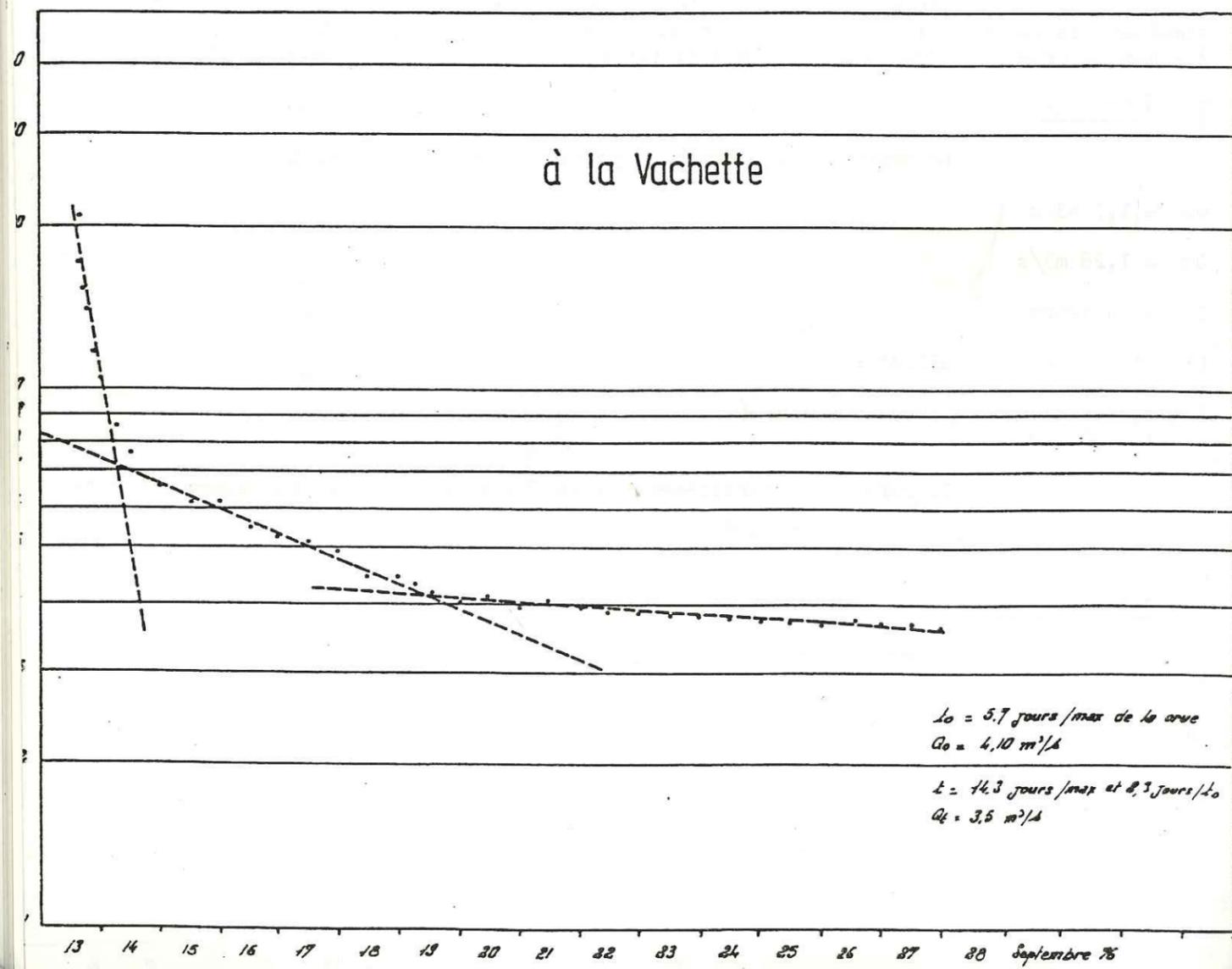


Fig: 36



D'où la formule de Maillet

$$\log 4,10 = \log 3,5 - (0,4343 \times 8,6 \times \alpha)$$

d'où $\alpha = 0,0184$

La formule de tarissement de la Clarée à la Vachette (pour l'écoulement global du bassin versant) s'écrit :

$$Qt = 4,1 e^{-0,018 t}$$

b) Volume d'eau emmagasiné.

C'est la quantité d'eau emmagasinée dans les réserves souterraines du bassin à l'instant 0 choisi comme origine.

Elle peut être considérée comme une estimation de la capacité de rétention du bassin.

Ce volume W est représenté par l'intégrale de la courbe de tarissement (calculé entre $t_0 = 0$ et l'infini)

$$W = \int_0^{\infty} Qt dt = \int_0^{\infty} Q(0) e^{-\alpha t} dt$$

d'où $W = \frac{Q(0)}{\alpha}$

$$W = \frac{86400 \times Q_0}{\alpha}$$

avec W en m³
et Q₀ en m³/s.

1 - à Névache.

$$W = \frac{86400 \times 1,7}{0,0472}$$

d'où $W = 0,3 \times 10^7 \text{ m}^3$

2 - à la Vachette.

$$W = \frac{86400 \times 4,10}{0,0184}$$

d'où $W = 1,92 \times 10^7 \text{ m}^3$

c) Indice d'emmagasinement.

L'indice d'emmagasinement représente la lame d'eau emmagasinée à l'instant to.

Cette valeur exprimée en mm est comparative, avec les autres hauteurs entrant dans la composition du bilan.

Cet indice d'emmagasinement (dw) représente le volume d'eau stocké (w) par unité de surface (A).

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

1) à Névache.

$$dw = \frac{0,3 \times 10^7}{88 \times 10^6}$$

soit $dw = 34 \text{ mm}$

2) à La Vachette

$$dw = \frac{1,9 \times 10^7}{210 \times 10^6}$$

soit $dw = 90,4 \text{ mm}$

d) Commentaires

Nous avons calculé par différence (La Vachette - unité totale --- Névache unité de Névache), les différents facteurs de l'unité de la Clarée.

Les résultats se trouvent rassemblés dans le tableau suivant (tableau n° XX) : Caractères des unités hydrogéologiques du bassin versant de la Clarée.

Unités hydrogéologiques	Névache	La Clarée (totale - Névache)	Totale (La Vachette)
Surface bassin versant	88 km ² 42 %	122 km ² 58 %	210 km ²
Coefficient de tarissement = α	0,047	-	0,018
Volume d'eau emmagasiné = W	0,3 x 10 ⁷ m ³ 16 %	1,6 x 10 ⁷ m ³ 84 %	1,9 x 10 ⁷ m ³
Indice d'emmagasinement = d w	34 mm	131 mm	90 mm

Le coefficient de tarissement de Névache est supérieur à celui de la Vachette (Il nous a été matériellement impossible de calculer le coefficient de tarissement de l'unité de la Clarée).

C'est dire que la vidange des terrains houillers s'effectue beaucoup plus rapidement que pour la totalité du bassin.

La restitution de l'eau tombée sur l'unité de Névache se fait immédiatement ou presque, les terrains présentant une faible perméabilité.

Par contre, l'unité de la Clarée restitue très mal ce qu'elle emmagasine. Les terrains triasiques (calcaire dolomitique, gypse et cargneule), très perméable, freinent la restitution des eaux superficielles de ruissellement.

Le volume d'eau emmagasiné dans l'unité de la Clarée représente 84 % du volume total emmagasiné dans le bassin versant, par contre celui de Névache représente 16 %. Ceci confirme ce que nous avons dit plus haut.

Les indices d'emmagasinement sont, eux aussi, bien différents. La valeur globale de la Vachette représente une valeur moyenne pour tout le bassin versant.

SITUATION GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAREE DANS SON CADRE REGIONAL

REGIONAL

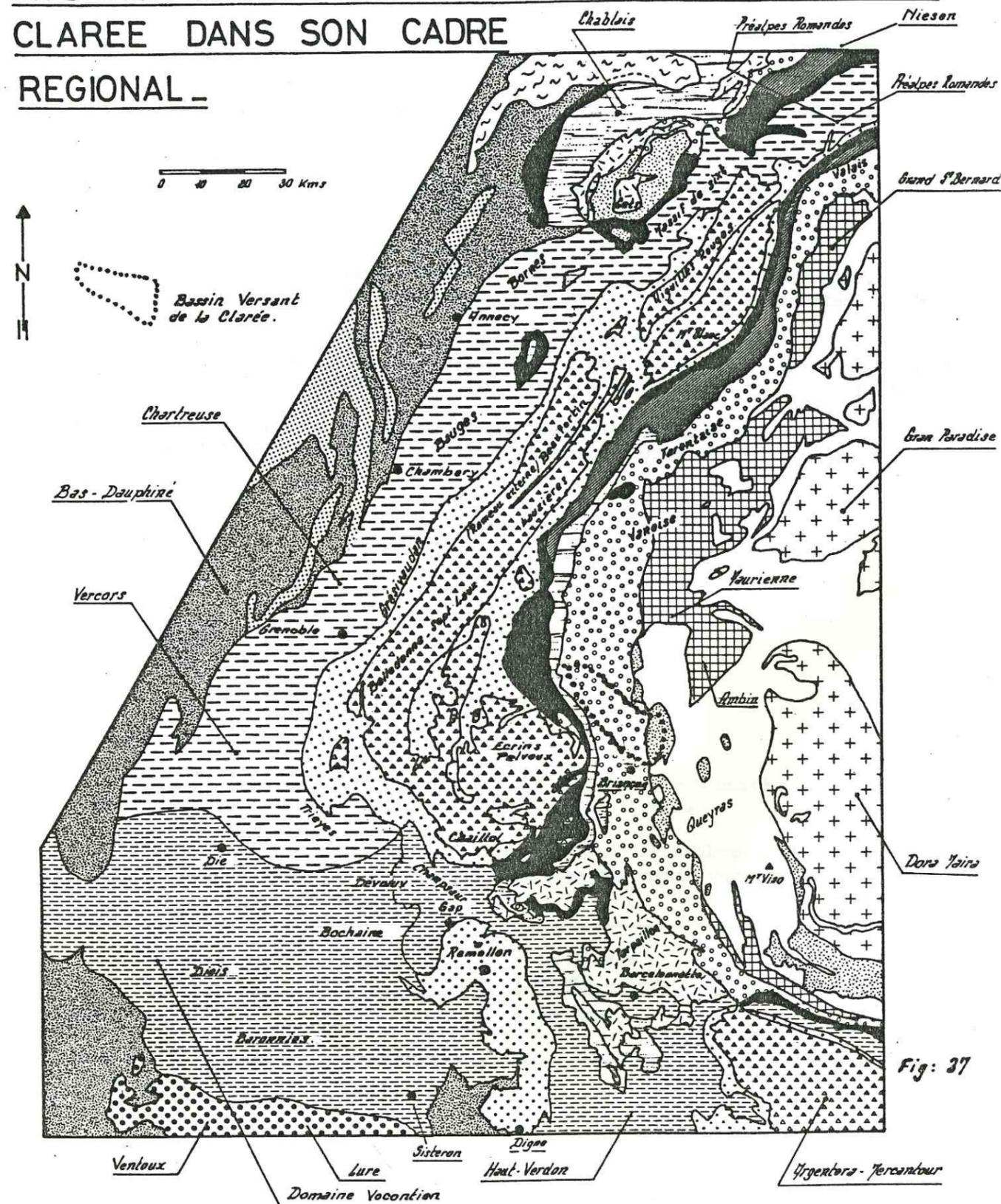


Fig: 37

Domaine Piemontais et Austro-Alpin

- Mappes de Nisch à Helminthoides.
- Zone des schistes lustrés Piemontais.
- Massifs cristallins internes.
- Zone des brèches du Chablais, Zone du Gondran.

Domaine Briançonnais

- Zone du G^d St Bernard, Vanoise, Accèglio.
- Zone Briançonnaise proprement dite et Préalpes médianes rigides.
- Zone Briançonnaise, Préalpes médianes plastiques.

Domaine Dauphinois

- Zone de Tarentaise, du Ferret et du Niesen.
- Zone ultra Dauphinoise et ultra Helvétique.
- Zone Dauphinoise.
- Massifs cristallins externes.
- Massifs subalpins.

Domaines Extra-Alpins

- Zone molassique périalpine.
- Jura

CHAPITRE III

GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAREE.

De part, la large place occupée par les terrains quaternaires de recouvrement, nous diviserons ce chapitre en 2 grandes parties : la première consacrée à la géologie du substratum et la seconde à la géologie du quaternaire.

A - Géologie du substratum.

La région étudiée appartient aux zones internes alpines, caractérisées par leur structure en nappes de charriages complexes (voir fig n° 37). Les zones internes des Alpes Françaises sont subdivisées en 2 unités principales : une zone occidentale, dite zone briançonnaise ou zone houillère, caractérisée par des terrains carbonifères, recouverts ou non de sédiments triasiques, et une zone orientale dite zone piémontaise où des schistes peu métamorphisés, appelés schistes lustrés, recouvrent divers massifs cristallins.

Une grande partie des terrains rencontrés, dans le bassin versant de la Clarée appartiennent à la zone houillère briançonnaise.

Seule la bordure orientale de la vallée touche à des terrains appartenant à la zone piémontaise, et à une zone de transition entre la zone briançonnaise et la zone piémontaise : la zone du Gondran. Nous aborderons la description des différentes formations géologiques rencontrées sous l'angle stratigraphique, en commençant par les terrains les plus anciens, puis sous l'angle structural et tectonique.

I - Stratigraphie et lithologie.

1 - La zone briançonnaise.

a - Le Permo houiller Briançonnais.

Le Permo-Houiller, constituant le substratum de la zone houillère briançonnaise, non métamorphique présente une série (épaisse de 2000 m environ), d'abord limnique (Namurien à Stéphaniens), localement productive, puis devenant plus désertique dans le Permien, avec d'assez fréquentes émissions volcaniques.

Le Permo-Houiller briançonnais affleure en France de façon continue, sur plus de 100 km de long, depuis l'Argentière la Bessée au Sud, jusqu'au Col du Petit St Bernard au Nord. C'est dans la vallée de l'Arc, que cette bande houillère briançonnaise atteint sa plus grande largeur : 16 km.

Le houiller briançonnais se trouve réparti en 3 régions géographiques distinctes séparées par des crêtes à 3.000 m d'altitude : le Briançonnais proprement dit au Sud, ou haute vallée de la Durance, la Maurienne au centre, ou vallée de l'Arc, et enfin la Tarentaise au nord, drainée par l'Isère.

Dans le secteur étudié, la bande houillère affleure de façon continue sur une vingtaine de kilomètres du Nord au Sud, et avec une largeur maximale de 6 km représentant une superficie totale de 72 km² (soit 34 % de la superficie totale).

Les reliefs houillers sont puissants et trapus, aux pentes sombres et douces vêtues de mélèzes, parfois hérissées de ressauts ou de petites falaises de grès ou de microdiorites. Ils culminent à un peu plus de 3.000 m, au rocher de la Grande Tempête.

1) Les formations ante-houillères.

Nous ignorons actuellement, si le Houiller est séparé par une discordance de base d'un véritable socle cristallin, ou bien s'il passe insensiblement vers le bas aux séries métamorphiques. Jusqu'à présent la discordance n'a pas été observée. En effet, un sondage effectué, dans la vallée de la Durance, à proximité de Briançon, et profond de 300 m, n'a pas quitté le Houiller.

2) Le carbonifère. (voir fig. n° 38)

• Pétrographie.

Du point de vue pétrographique, le Carbonifère est ici formé, comme dans toutes les Alpes Françaises de schistes, grès et poudingues, avec nombreuses couches d'antracite. Tous les termes de passage, entre ces différentes sortes de roches peuvent y être observés. La couleur générale va du gris clair au noir.

Des roche éruptives y sont fréquemment intercalées, en filons-couches ou laccolites.

• Les schistes.

Ils peuvent être charbonneux ou gréseux. Souvent leur schistosité est conforme à la stratification ; ceci pour des secteurs tectoniquement calmes. Mais il peut se développer une schistosité secondaire, indépendante de la stratification, quand les terrains ont souffert d'efforts tectoniques violents (par exemple au Nord de Névache, ou niveau de la bordure orientale de la bande houillère, sur la crête de Gueyta, près du Lac Noir). Ces schistes se débitent alors, en une quantité de petits batonnets esquilleux.

• Les Grès.

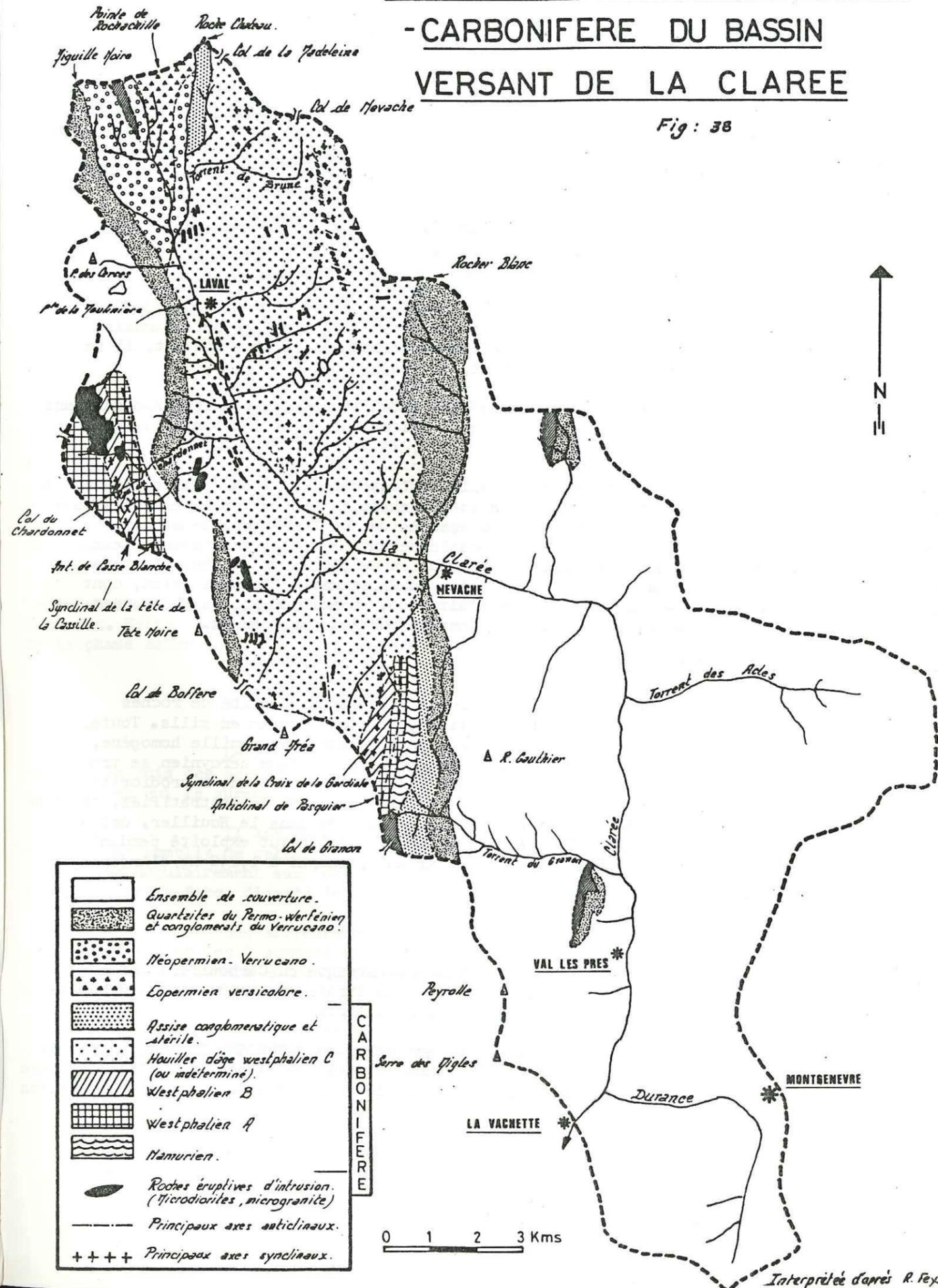
Ce sont eux qui forment la majeure partie des terrains houillers briançonnais. Ce sont également eux qui forment l'ossature des croupes, des crêtes, des verroux et des roches moutonnées.

Ils sont d'une grande variété, depuis les schistes chargés de petits grains de quartz détritique, jusqu'aux grès grossiers, passant aux poudingues. Ils sont stratifiés en gros bancs plongeant dans l'ensemble vers l'ouest, avec des replis localisés donnant des synclinaux et anticlinaux (Synclinal de la Tête de Cassille, Anticlinal de Casse Blanche, Anticlinal de Baude, Synclinal de la Croix de la Gardiole, Anticlinal de Pasquier, Synclinaux de la Tempête) voir fig n° 38.

Ils peuvent se déliter et s'altérer, en donnant sur place des cubes, aux arêtes émoussées, qui s'accumulent en chaos caractéristiques. Le stade ultime de la désagrégation est marqué par une arène grise, tachée d'une fine terre noire, donnant un terrain relativement fertile, quoique pauvre en carbonates.

CARTE GEOLOGIQUE DU PERMO-CARBONIFERE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAREE

Fig : 38



Interprétée d'après R. Feys

Leur fracturation sera étudiée plus bas.

• Les Conglomérats.

Les bancs de conglomérats sont généralement peu épais et souvent lenticulés. Les galets, toujours bien roulés sont formés de quartz blanc, parfois de quartzite, micaschiste, schiste siliceux de roches houillères remaniées. L'absence de granite dans ces conglomérats, fait dire que le massif du Pelvoux, n'a pas alimenté la sédimentation houillère briançonnaise.

Ce sont les produits de démantèlement de massifs de roches métamorphiques anciennes, qui constituent ces conglomérats.

• Les niveaux charbonneux.

On trouve du charbon, à tous les niveaux du houiller briançonnais. Il s'agit toujours d'antracite, très pauvre en matières volatiles. Le plus souvent, il se présente sous forme broyé plus ou moins finement, et réaggloméré.

Les différences de richesse des secteurs, sont dues soit aux conditions de dépôt, soit très souvent aux efforts tectoniques qui ont abimé le charbon, plus que tout autre roche.

La puissance des couches exploitables, dans les zones calmes est de 1 à 2 mètres, parfois plus. L'antracite briançonnais fut exploité naguère, par des mines payannes, pauvres et pittoresques. Notons les concessions de Fontaine Lombarde et de l'Echerenne, en rive droite de la Clarée qui occasionnèrent de petits grattages. C'est le métamorphisme de contact qui a engendré une évolution de plusieurs couches d'antracite en graphite, et qui a donné le gisement de graphite du Chardonnet. L'exploitation, dont la concession remonte à 1824, située à 2700 m d'altitude, au nord du col du Chardonnet, n'a jamais été très importante, et les travaux sont aujourd'hui abandonnés.

• Les roches éruptives d'intrusion.

Le houiller briançonnais renferme une grande quantité de roches éruptives d'intrusion, parfois en dykes ou laccolites, le plus souvent en sills. Toutes ces roches (microgranite, microdiorite quartzique ou non) forment une famille homogène, et dériveraient d'un seul et même magma profond. Le centre éruptif d'âge hercynien se trouverait près de la Cée Haute (région du Col du Chardonnet) ou affleure une microdiorite de structure presque grenue, sous forme de laccolite, plus ou moins interstratifiés, et d'un cortège de sills et de dykes. Une vingtaine de filons encaissés dans le Houiller, ont été dénombrés. Ils renferment surtout de l'ankérite, et seul un filon fut exploité pendant quelques années vers 1830 pour le Cuivre, Plomb et Argent (minerai à 1,240 kg d'Argent par tonne).

•• Stratigraphie.

C'est dans son étude sur "l'Etude Géologique du Carbonifère briançonnais" (1963), que Robert FEYS décrit avec précision la stratigraphie du houiller briançonnais, d'après les travaux de GREBER, sur la flore houillère.

Le premier étage à être défini est celui du NAMURIEN. Il s'agit d'après ces auteurs, du plus ancien terrain sédimentaire connu et daté, des Alpes françaises. La base de cette formation est inconnue et là, où elle affleure le plus largement, on en voit environ 100 à 200 m d'épaisseur.

On trouve cet étage sur la rive droite de la Clarée, sur la crête de Pasquier, sur la crête joignant la Grande Cime au pic du Longet. Ce Namurien, dont la série est grise et noire, essentiellement gréseuse, avec de nombreux niveaux charbonneux est partout constitué par du terrain houiller productif.

Il est surmonté en succession normale, par une puissante assise productive, correspondant au WESTPHALIEN A. Nous la trouvons sur la crête du Chatellard, dans le vallon de la Casse Blanche et dans la région du Chardonnet où elle atteint une puissance de l'ordre de 500 m.

Le WESTPHALIEN B, lui fait suite directement, ayant le même ordre d'épaisseur. Il affleure notamment près de la Croix de la Gardiole.

C'est le WESTPHALIEN C, qui constitue la majeure partie des affleurements du terrain houiller anthracifère du bassin versant de la Clarée. Son épaisseur doit être de 500 à 1000 m au moins, probablement davantage.

Le WESTPHALIEN D, est absent de la série houillère briançonnaise.

Toutes ces formations présentent les mêmes caractères pétrographiques : sédimentation gréseuse, avec bancs conglomératiques lenticulaires irrégulièrement répartis.

Le STEPHANIEN MOYEN, affleure sous forme de conglomérats très grossiers, gris clair ou même blanc sale vu de loin, composés de galets de quartz blanc, dans un ciment arkosique très cristallin, complètement stérile, dans la région de Granon où la puissance atteint quelques centaines de mètres, sur la crête du Grand Meyret, la crête de Pasquier, le pic du Longet, au nord de la Grande Cime, la crête de Moume, et des Gardeolles, à Roche Chateau.

Cette puissante assise stérile du Stephanien moyen de la zone Houillère briançonnaise repose indirectement en discordance sur le Westphalien moyen inférieur, ou le Namurien. Cette transgression post Westphalienne et ante Stephanienne est liée aux mouvements de la phase asturienne.

3) Le Permien

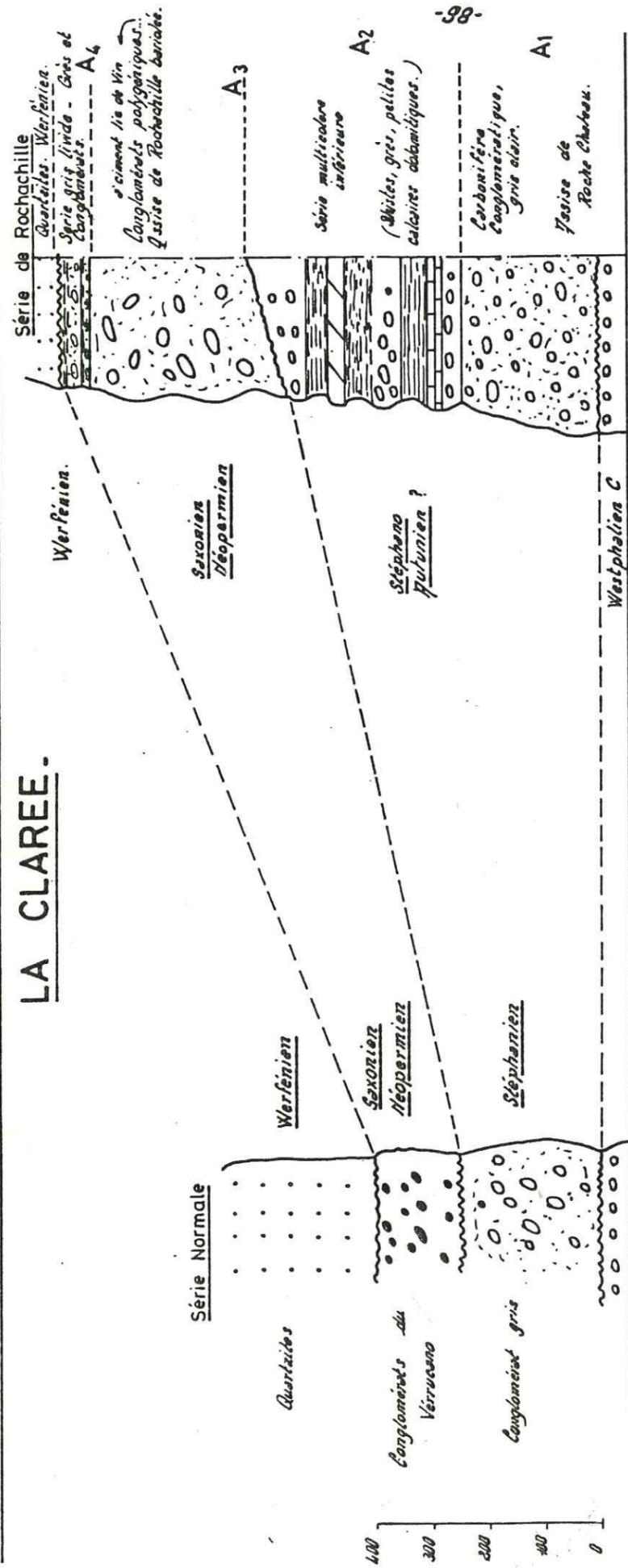
Le Permien présente dans le paysage, de belles teintes vives, qui tranchent à la fois des assises houillères sombres sous-jacentes, et des quartzites Werfeniens blanchâtres qui le surmontent.

Il affleure sous forme de conglomérats dit du Verrucano ; ces conglomérats sont remplis de galets violets de liparite et de galets de quartz rosé. Ce Verrucano, discordant angulairement sur tous les terrains sous jacents, considéré comme Permien supérieur, pourrait être, d'après Feys, le conglomérat de base des quartzites du Trias.

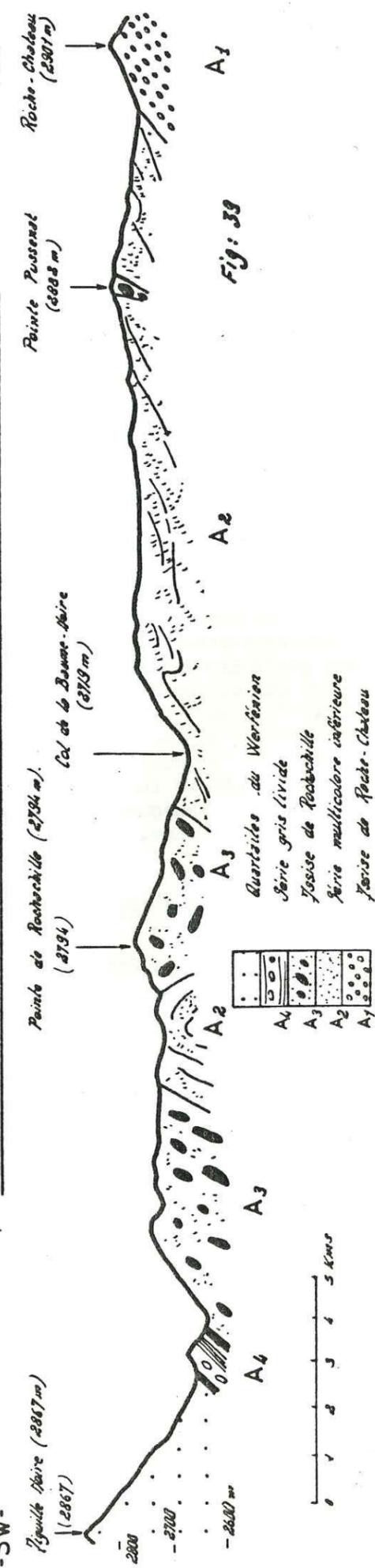
Ses affleurements, dans la haute vallée de la Clarée, s'inscrivent dans un triangle dont les 3 sommets sont Roche Chateau, l'Aiguille Noire et un troisième constitué par la confluence entre le torrent descendant du lac des Beraudes et la Clarée, légèrement au Nord-Ouest de Laval.

Le massif de Rochachille, tout au fond de la haute vallée présente une série particulière du permo-carbonifère briançonnais (voir fig. n° 39).

VARIATION DE FACIES DU PERMO-CARBONIFERE DANS LA HAUTE VALLEE DE LA CLAREE.



COUPE TRANSVERSALE DE L'AIGUILLE NOIRE A ROCHE-CHATEAU



Le carbonifère se termine par un conglomérat gris clair, stérile, avec phtanites et bois silicifiés constituant l'assise de Roche Château (A1) puis vient une série multicolore inférieure, d'une épaisseur de 300 m environ, affleurant sous forme de schistes, grès, pélites avec bancs de calcaires dolomitiques gris bleutés à cassure fraîche (A2)

Au dessus, nous trouvons l'assise de Rochachille, proprement dite reposant en discordance angulaire sur les différents termes sous-jacents, composée de conglomérats polygéniques à ciment lie de vin à verdâtre. Ils constituent l'épanouissement du Verrucano Briançonnais (A3). Cette série se termine par une cinquantaine de mètres de schistes grès et conglomérats sériciteux, gris livide (A4). Cette variation de couleur du sommet de l'assise conglomératique est liée à un changement climatique qui préluderait à l'arrivée des quartzites blancs Werfénien.

Ce permio houiller de la haute vallée de la Clarée, jouera de par sa grande imperméabilité un important rôle d'écran, aux différentes circulations souterraines.

b - La couverture secondaire et tertiaire.

La couverture secondaire et tertiaire de la vallée de la Clarée est presque toujours décollée de son substratum primaire et repliée sur elle-même en petites unités superposées ("écailles ou nappes Briançonnaises"), se relayant sur de courtes distances.

Le Trias, épais de 300 à 600 m constitue une grande partie de ce matériel avec 3 termes caractéristiques :

- les quartzites du Werfenien inférieur
- un niveau de schistes, cargneules et gypses du Werfenien supérieur
- un ensemble calcareo dolomitique du Trias moyen (Amsien - Ladinien) et du Trias supérieur (Carnien et Morien).

L'absence complète de Lias est une des caractéristiques de la zone Briançonnaise. La mer ne réenvahissant le Briançonnais qu'au Dogger, en déposant des calcaires néritiques noirs et au Malm, des calcaires massifs.

La série sédimentaire se termine par des dépôts éocrétacés de brèches et marbre en plaquettes.

1) Le Trias

Nous étudierons successivement les 3 termes triasiques :

... Les quartzites du Werfenien inférieur.

Ce sont des quartzites blancs, classiques à patine vert bronze, à cassure blanche verte ou même violette, donnant dans le paysage des falaises abruptes, ou des pitons déchiquetés. Ils passent de façon continue à la base aux conglomérats du Verrucano. Cette transition s'effectue par l'intermédiaire de quelques mètres de grès quartzueux blancs, roses ou verts.



Ces quartzites sont dans l'ensemble, homogènes et massifs, formés de grains fins de quartz, bien engrénés, ce qui confère à la roche un caractère quasiment insoluble et pratiquement inaltérable. Elles donnent naissance, sous l'effet de la fracturation (voir plus loin) à des éboulis résiduels bien délimités, caractéristiques, sous forme de cubes (Lac de Privé, Casse Blanche). Ils sont plus ou moins bien stratifiés (une très belle stratification est visible au seuil des Rochilles). Des stratifications obliques peuvent être observées. L'épaisseur de ces quartzites est assez importante, puisque elle varie entre 150 et 250 m, pour atteindre près de 300 m à la tête de la Cassille.

Ils affleurent sous forme d'une bande continue d'axe grossièrement Nord-Sud, depuis le Rocher Blanc au Nord jusqu'à l'Ouest de Peyrolle au Sud. Ils délimitent la partie Est du massif des Cerces, de la Tête Noire, et forment un affleurement relativement important à l'ouest de Val des Prés.

Les quartzites sont attribués comme partout dans le Briançonnais au Werfenien inférieur.

... Les schistes, cargneules et gypses du Werfenien supérieur.

Ce sont des roches sulfatées, massives ou cavernueuses, très solubles, plastiques et gonflantes.

Ces formations tendres donnent toujours des vires, des couloirs, et des petits cols, teintés de jaune par les cargneules. De par la tectonisation facile à ce niveau, des recouvrements quaternaires, et du jeu de l'érosion différentielle, ces terrains sont souvent masqués au sein des dépressions et les coupes complètes sont très rares.

Les affleurements du gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), d'un blanc éclatant lorsqu'il est pur, souvent saccharoïde, sont relativement peu fréquents. L'érosion du gypse est très rapide, de par son importante solubilité, et les éboulements sont très fréquents (exemple = Robion, Thures, Bois Noir).

Les Cargneules (carbonate double de calcium et de magnésium, plus ou moins dissous) se distinguent du blanc du gypse par leur couleur jaune ocre, bien visible dans le paysage. Elles peuvent se rencontrer sous 3 formes :

- des cargneules, proprement dites, plus ou moins corrodées chimiquement sous l'action des eaux séléniteuses, d'aspect caverneux grisâtre, alvéolaire, pouvant donner des pitons isolés, des tours (étymologie vraisemblable du mot Thures, de l'italien "Tura"). (rive gauche - Basse Vallée).
- des brèches intraformationnelles, constituées d'agrégats de roches broyées cimentées par la calcite ou de la dolomie (appelées aussi fausse cargneule).
- des roches argileuses, jaunâtres faites des résidus de roches corrodées, associés à des roches argilo-dolomitiques.

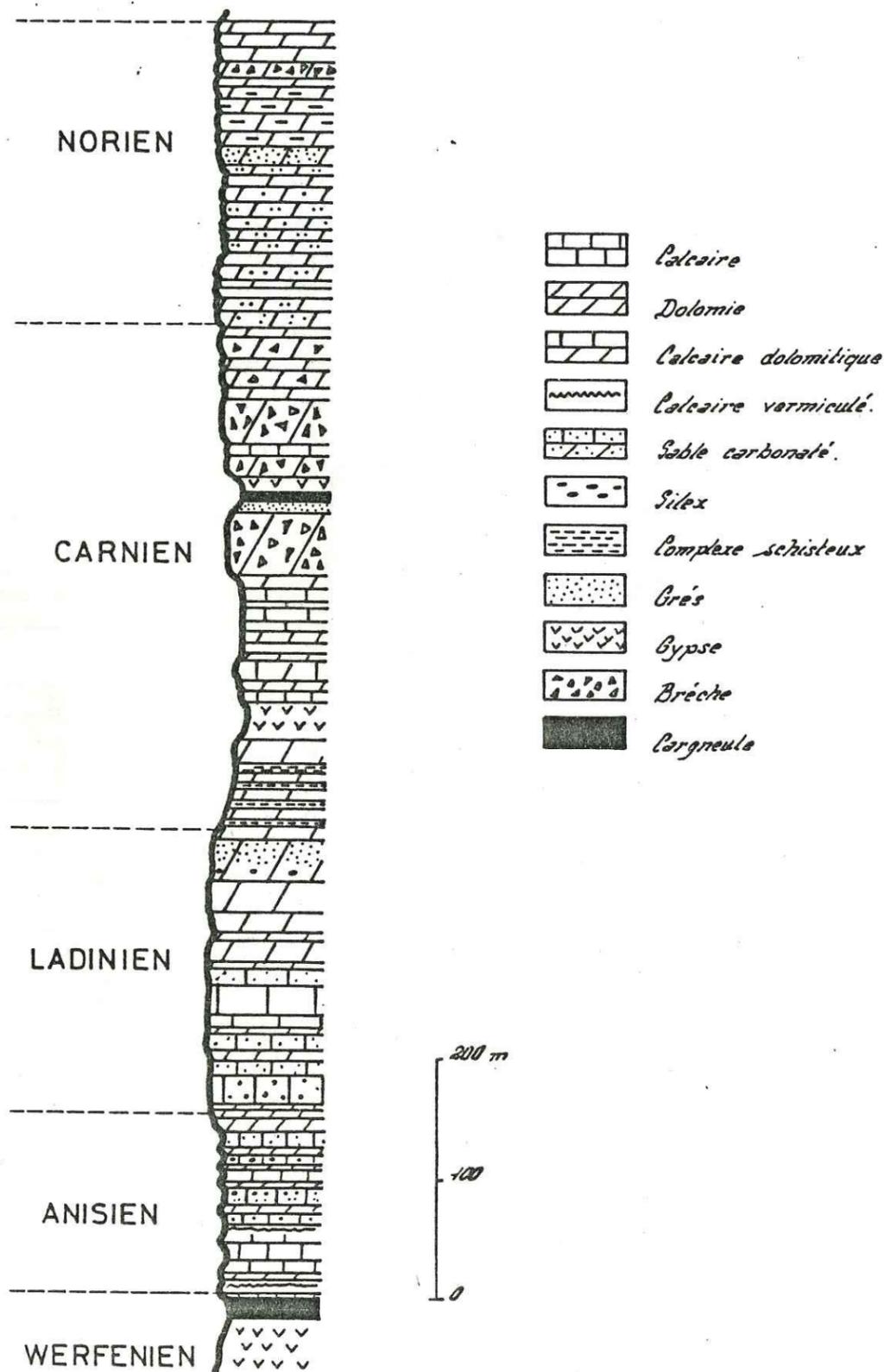
Ces cargneules, plus ou moins pulvérulentes peuvent renfermer des lentilles de roches très variées, qui sont des écailles arrachées aux unités voisines ou disparues. Par exemple, le long du flanc Est du Col de l'Echelle, au nord de la route, on trouve une écaille de dolomie triasique, une plus réduite de calcschistes gris et rouges du Crétacé et une minuscule esquille de schistes chloriteux qui représenterait un socle ancien d'une unité briançonnaise très interne.

Des niveaux de schistes, peuvent accompagner ces gypses et cargneules. Il s'agit de schistes gris-noir finement micacés, plus ou moins bréchiés, à passées dolomitiques brunes ; leur épaisseur étant relativement faible.

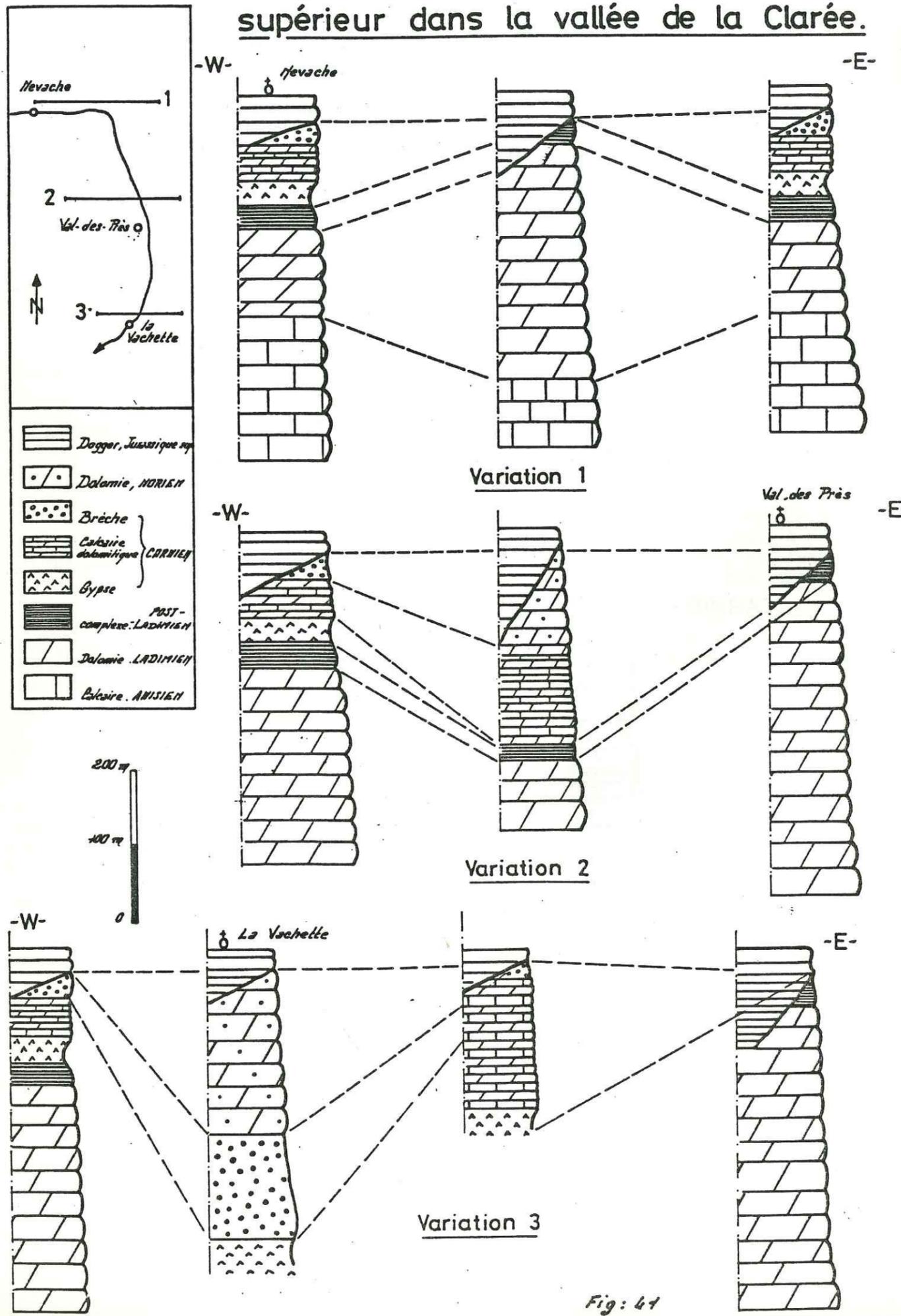
COUPE SYNTHETIQUE DU TRIAS MOYEN ET

SUPERIEUR BRIANÇONNAIS

Fig: 40



Variations latérales du Trias moyen et supérieur dans la vallée de la Clarée.



Ces dépôts d'évaporites sont caractéristiques de sédimentation en milieu lagunaire, dans un bassin peu profond, confirmant ainsi le dépôt des quartzites du Werfenien inférieur.

Ces roches lagunaires affleurent, aux Thures, Bois Noir, à l'Ouest de la Pointe de Pécé, au niveau des Alberts. Ces affleurements présentent tous, une direction privilégiée = Nord - Nord-Ouest - Sud - Sud-Est.

Ce niveau de schistes, cargneules et gypses correspond à un plan de décollement constant, responsable de la plupart des chevauchements de couverture.

... L'ensemble calcareo-dolomitique du Trias moyen et supérieur.

L'ossature des montagnes briançonnaises est formée en grande partie, par ce Trias calcareo - dolomitique.

Il peut atteindre des épaisseurs considérables, de l'ordre de 500 m et même plus (Sud de la Crête du Queyrellin, Rochers de Crepin dans le massif des Cerces, Crêtes du Guion et des Rochers de la Sueur), mais l'érosion l'ayant amputé de l'un ou de plusieurs de ses étages, aucune coupe complète ne peut être vue sur le terrain. Nous en proposons une coupe synthétique (voir fig n° 40).

Ce trias moyen débute par un niveau de calcaire, attribué à l'ANISIEN (d'une puissance de 150 m).

Son niveau inférieur (10 m environ) est caractérisé par des calcaires vermiculés (Les vermicules étant pour certains, d'origine organique résulteraient du remplissage par la vase de terriers d'animaux fouisseurs et pour d'autres des phénomènes de remaniements diagénétiques).

Puis se développe une alternance de calcaires noirs prédominant longuement de dolomies claires à grains fins et de schistes dolomitiques jaunes ouverts, d'une puissance d'une centaine de mètres.

Vient ensuite le LADINIEN (d'une puissance de 250 m environ), où l'on peut distinguer une série inférieure calcareo dolomitique, d'une série dolomitique massive, composée de dolomies massives sombres bien cristallisées, de dolomies blanches à grain fin au toucher farineux, et de dolomies grises. Cette succession (dolomie noire, blanche, puis grise) forme une trilogie caractéristique, bien repérable dans le paysage.

Le CARNIEN (d'une puissance moyenne de 400 m), débute par un complexe encore mal daté dit post Ladinien, complexe de brèches calcareo dolomitiques, à patine jaune brun, de schistes dolomitiques, et de bancs de dolomies claires. L'étage, proprement dit, est caractérisé par des dépôts carbonatés (calcaire gris - dolomie claire), détritiques et évaporitiques (gypses et cargneules), dans lesquels les formations bréchiques schistes - dolomitiques intraformationnelles prennent un développement important.

Le Trias se termine par le NORIEN, caractérisé par 250 à 300 m de dolomies bien litées, avec interlits argileux et siliceux, débutant à la base par quelques bancs de calcaire gris. Il correspond à la reprise d'une sédimentation carbonatée rythmique avec émergences fréquentes.

Ce trias moyen et supérieur rencontré sur le bassin versant de la Clarée présente des séries, et des épaisseurs très variables, suivant les endroits. Ainsi selon 3 axes Est - Ouest, passant respectivement par Névache, Val des Prés et La Vachette, nous enregistrons des variations importantes. (voir fig. n° 41).

Fig: 41

2) Le jurassique.

... La lacune du Lias.

Le Jurassique briançonnais est caractérisé par la lacune du Lias, et du Dogger inférieur.

Elle est quasi générale et correspond à une émergence du domaine briançonnais. Celui-ci devait être alors, une grande île allongée (sur plusieurs centaines de kilomètres) et soumise à l'action d'un climat latérisant.

Nous pouvons rencontrer des formations rubefiées, des "siderolithiques fossiles", donnant des flancs de montagne à l'aspect "sanguinolant", comme sur le versant oriental du Serre des Aigles, de la Grande Peyrolle, de Roche Gautier. Ces roches, rugueuses au toucher, de couleur rouge brique, constituées essentiellement de calcite, quartz, hematite, classiquement considérées comme liées à la période d'émergence finiliasique briançonnaise, et comme étant des produits de l'érosion de sols tropicaux, pourraient être selon D. MERCIER, des calcaires rubéfiés riches en quartz résultant de l'érosion d'un sol fersialitique, développé aux dépens de roches carbonatées sous climat tempéré humide, éventuellement méditerranéen et accumulé dans un réseau de failles subméridiennes, postérieur à la phase de tectonique tangentielle alpine majeure donc très probablement entre le Miocène et le Quaternaire.

Le post Lias, est caractérisé par sa faible épaisseur et ses lacunes stratigraphiques. Seuls quelques affleurements, dans la vallée de la Clarée, témoignent des émergences et des immersions successives de la ride briançonnaise.

... Le Dogger Supérieur

Il est essentiellement calcaire et se développe de 0 à 50 m. Sa base datée du Bathonien est souvent conglomératique avec localement des intercalations de niveaux charbonneux. Ces calcaires sont les témoins de dépôts en milieu marin calme et peu profond.

On le rencontre dans le massif de la Tête Noire, Roche Gautier.

... Le Malm.

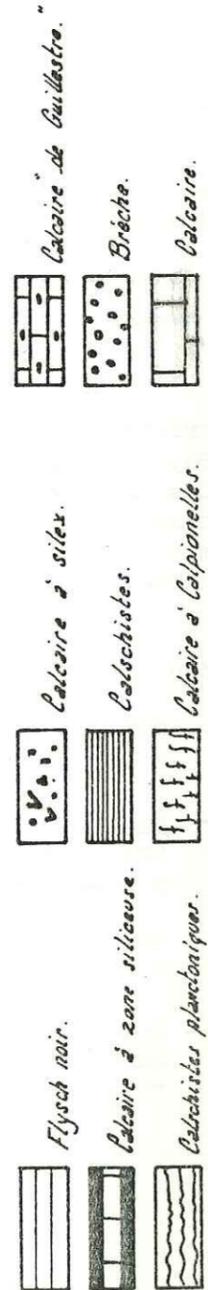
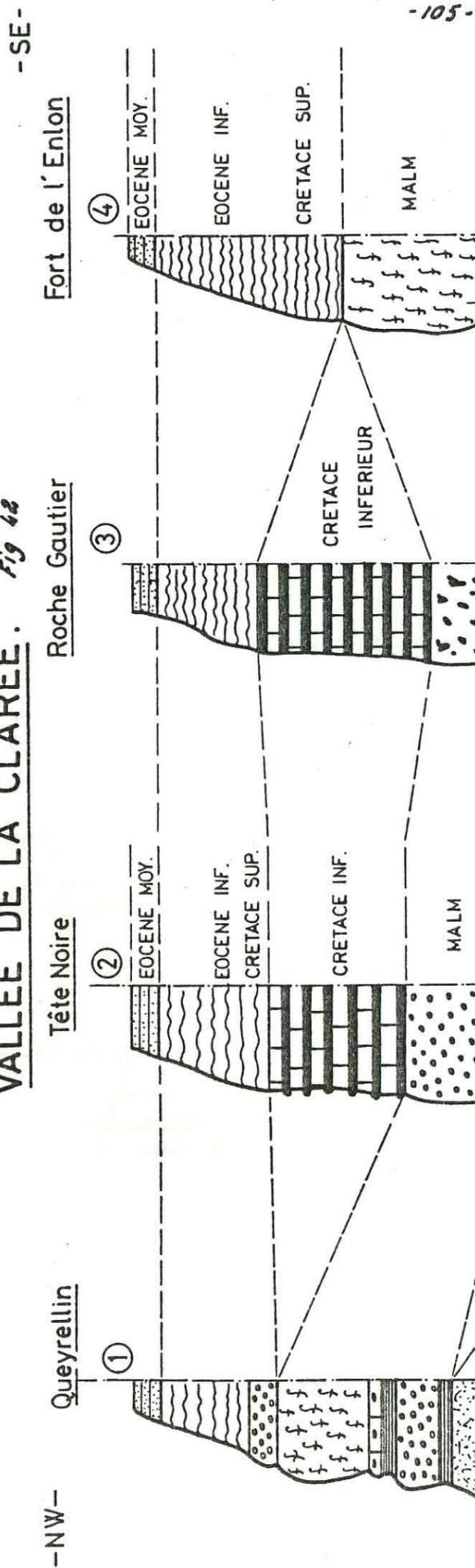
Le Malm forme une barre calcaire de 10 à 30 m, comprenant, à la base des calcschistes rouges violacés, des brèches à ciment calcaire, puis des calcaires moduleux rose, appelés "marbre de Guillestre", au sommet des calcaires massifs clairs à grains fins, à Calpionelles.

Il a subsisté, à l'érosion dans la vallée de la Clarée, au sein d'un synclinal au sud du Queyrellin, dans le massif de la Tête Noire, au lac des Beraudes, Roche Gautier, à l'Enlon.

3) Le Crétacé.

Le Crétacé supérieur marque la reprise de la sédimentation interrompue dans la région depuis la fin du Malm. Le Crétacé repose sur le Malm (Grande Manche) ou sur les calcaires triasiques, quand le Malm a été arraché par l'érosion. A la Roche des Beraudes, le Crétacé repose même sur les quartzites Werfeniens.-

VARIATIONS DE SERIES POST-TRIASIQUES RENCONTREES DANS LA VALLEE DE LA CLAREE. Fig 42



La base du Crétacé supérieur est constituée par des brèches polygéniques (à éléments du Trias, de grandes tailles) et marquée, souvent, par un encroustement ferrugineux et phosphaté. Des calcschistes planctoniques (à cassure marmoréenne, rouges et verts à la base, puis jaunes ou gris) ou "marbre en plaquettes" leur font suite. Les brèches peuvent être très développées comme dans le massif des Cerces ou manquer totalement plus au Sud, comme à Roche Gautier ou à l'Enlon (voir fig n° 42).

Ce Crétacé peut passer de quelques mètres à 200 mètres. Il occupe au Queyrellin et à la Grande Manche, une position synclinale et de ce fait les affleurements se trouvent réduits.

4) L'Eocène.

Les calcschistes du Crétacé supérieur sont quelquefois surmontés, toujours en concordance d'un ensemble de schistes pélitiques ou argilo pélitiques noirs, au sein desquels s'intercalent de minces bancs de grés, ou de quartzites bruns, ensemble désigné sous le terme de "Flysch noir", attribué à l'Eocène moyen.

L'Eocène termine les affleurements attribués au substratum de la zone Briançonnaise, du bassin versant de la Clarée.

La très grande perméabilité de la couverture secondaire et tertiaire, de la vallée de la Clarée, et l'importante solubilité de ses terrains, confèrent à cette formation, un rôle hydrogéologique majeur (circulations internes, dissolution, émergences..)

2 - La zone Piémontaise.

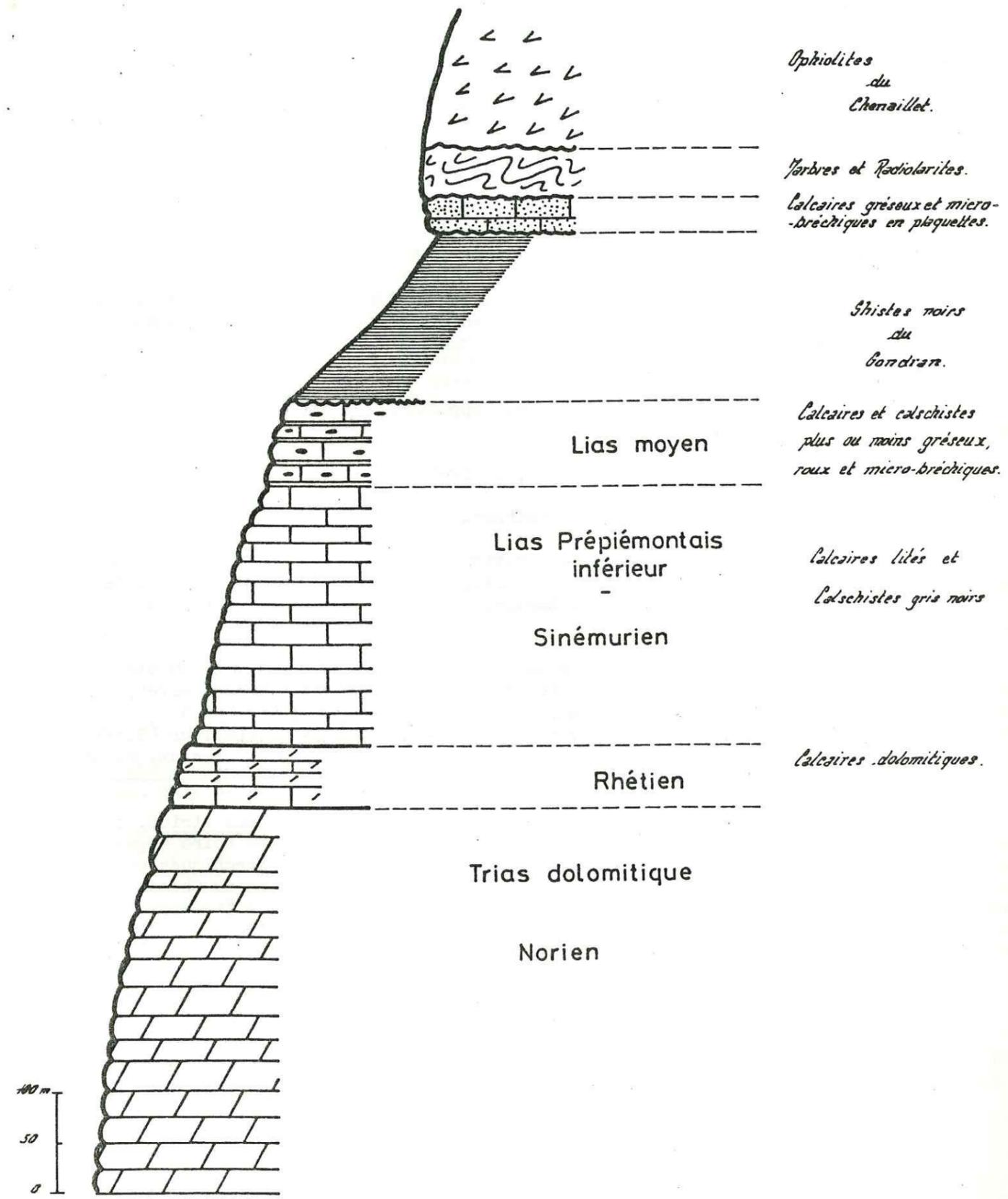
A la latitude du col du Montgenèvre, la limite géologique des séries Briançonnaise et piémontaise, ne coïncide pas avec la limite géographique entre le Pays Briançonnais aux reliefs de Trias dolomitique, et le pays des schistes piémontais. Ces derniers sont en effet séparés du Briançonnais interne (défini par sa série post triasique) par des massifs montagneux (Chaberton, Gondran) dont l'ossature de Trias dolomitique supporte les termes post-triasiques de la série dite du Gondran, d'affinités piémontaises et non Briançonnaises.

Sur une transversale d'Ouest en Est, nous rencontrons la succession des unités tectoniques suivantes :

- Unité du Briançonnais Interne (Trias moyen, calcareodolomitique ; Dogger, Malm, Calcschiste planctoniques néocrétacés paleocènes, flysch noir).
- Ecailles complexes à semelle siliceuse (Cristallophylien, Permien - Werfenien), avec transgression de formations post-triasiques d'affinités tantôt Briançonnaises, tantôt piémontaises
- Unité de la zone du Gondran (Trias calcareo dolomitique ; Rhetien, Lias prépiémontais et jurassique moyen ; flysch).
- Schistes Piémontais (puissante série de calcschistes sériciteux microplissés et généralement appelés schistes lustrés) souvent associés à des massifs de roches vertes (serpentinites, gabbros etc..).

SERIE STRATIGRAPHIQUE DE LA ZONE DU GONDRAAN (A la Replatte du Gondran.)

Fig: 43



... Les Ecailles

Ces écailles, dites intermédiaires, sont formées de terrains divers : calcaires, quartzites, micaschistes chloriteux, micaschistes noirs, associés à des masses de gypses et de cargneules. Ces écailles, à semelle siliceuse, proviendraient d'une zone qui a subi vers la fin du Trias et le début du jurassique, une importante érosion ayant éliminé le Trias calcareo-dolomitique, mettant à nu les roches werfeniennes ou plus anciennes, riches en quartz. Sur la zone même, sans transport, et sans tri mécanique important, ont pu s'édifier des roches sédimentaires particulières comme certains conglomérats à ciment quartziteux ou micaschistes. Ces écailles sont rattachées à la zone d'Acceglio plus au Sud. Leur épaisseur est très variable.

Nous les rencontrons à l'Est de Val des Prés, au Nord de Montgenèvre (Tête des Fourneous, Sommet du Pierron).

... La zone du Gondran.

La zone du Gondran, déterminée par M. LEMOINE, correspond à la partie la plus externe de la zone piémontaise c'est au lieu-dit : Les Gondrans (Sud de Montgenèvre, sources de la Durance) qu'a été définie la série du Gondran de la zone du Gondran, ou zone prépiémontaise (suivant les auteurs).

2 grandes unités tectoniques, appartenant à cette zone, affleurent sur notre terrain :

- l'une, rive gauche de la Basse Clarée (Acles, Chalvet, Chaberton)
- l'autre, où a été définie la série : aux Gondrans.

Les limites de la série stratigraphique qui les constitue, ne sont pas faciles à préciser. La limite inférieure correspond à un décollement (présence de gypse et de cargneule) ou à une troncation basale, sous le terme inférieur (Trias dolomitique).

La crête de la replatte du Gondran, allant du Chenaillet au pied du Janus, livre une coupe qui semble complète (voir fig n° 43). On y observe en effet, au dessus du Trias dolomitique épais du Norien, un Rhétien calcaréo dolomitique à lumachelles, des calcaires lités et calcschistes gris à noir, du Lias inférieur (Sinemurien) une formation détritique rousse de calcaires, calcschistes plus ou moins greseux, et de microbrèches du Lias moyen.

Ces 4 termes, représentant la série du Gondran au sens strict, constituent une succession stratigraphique normale. Puis viennent des schistes noirs argilo-pélitiques dits du Gondran non datés, des calcaires greseux micacés et microbrechiques en plaquettes, des marbres et radiolarites, et enfin "les célèbres" ophiolites du Chenaillet (Serpentinites, syenites albitiques, gabbros, diabases, en pillow lava à l'endroit variolités). M. LEMOINE fait de ces 4 derniers termes une succession d'écailles tectoniques.

La série complète correspond à un empilement d'écailles.

Ce hiatus entre le domaine Piémontais et le domaine Briançonnais, que constitue la zone du Gondran, serait un morceau de couverture décollée, ayant entraîné à sa base des copeaux arrachés au substratum (Schistes cristallins, Verrucano, quartzites).

... Les Schistes Piémontais.

Les Schistes lustrés Piémontais, constituent une série monotone où la stratigraphie est difficile à déchiffrer. Il s'agit de calcschistes métomorphiques, souvent associés, comme nous l'avons vu précédemment pour la zone du Gondran, à des massifs de Roches Vertes, à de puissantes masses phiolitiques. L'épaisseur des schistes lustrés Piémontais, replissés, est évaluée, pour certains auteurs, à plus de 2.000 m. Ils affleurent sur le bassin versant de la Clarée en une petite bande étroite, orientée Nord - Sud, au niveau des chalets des Acles.

Du point de vue hydrogéologique, la zone Piémontaise présente un rôle différent suivant les formations ; ainsi certaines joueront un rôle d'écran plus ou moins étanche, à toutes circulations (Schistes, Roches Vertes) alors que d'autres draineront les eaux (dolomies Noriennes - Calcaires).

II - Aperçu tectonique et Structural.

La tectonique de la région du bassin versant de la Clarée est dominée par le charriage des séries piémontaises sur les séries briançonnaises, elles mêmes charriées à l'ouest sur les séries sub-briançonnaises (voir fig n° 44).

1 - Evolution paléogéographique et structurale (du Carbonifère au Tertiaire).

Elle comprend 2 périodes géosynclinales (carbonifère - Trias et Flysch) encadrant une période géanticlinale (Lias - Cretacé), suivies des différentes phases orogéniques alpines.

Le Carbonifère continental et très puissant, n'a pu se déposer que dans une zone à forte subsidence. C'est la phase asturienne qui marque un arrêt de sédimentation.

Le Permien supérieur, après la phase Saalienne, marque la reprise générale des dépôts, se poursuivant au Trias Inférieur et moyen. Le Géanticlinal briançonnais est caractérisé par 6 phases tectoniques.

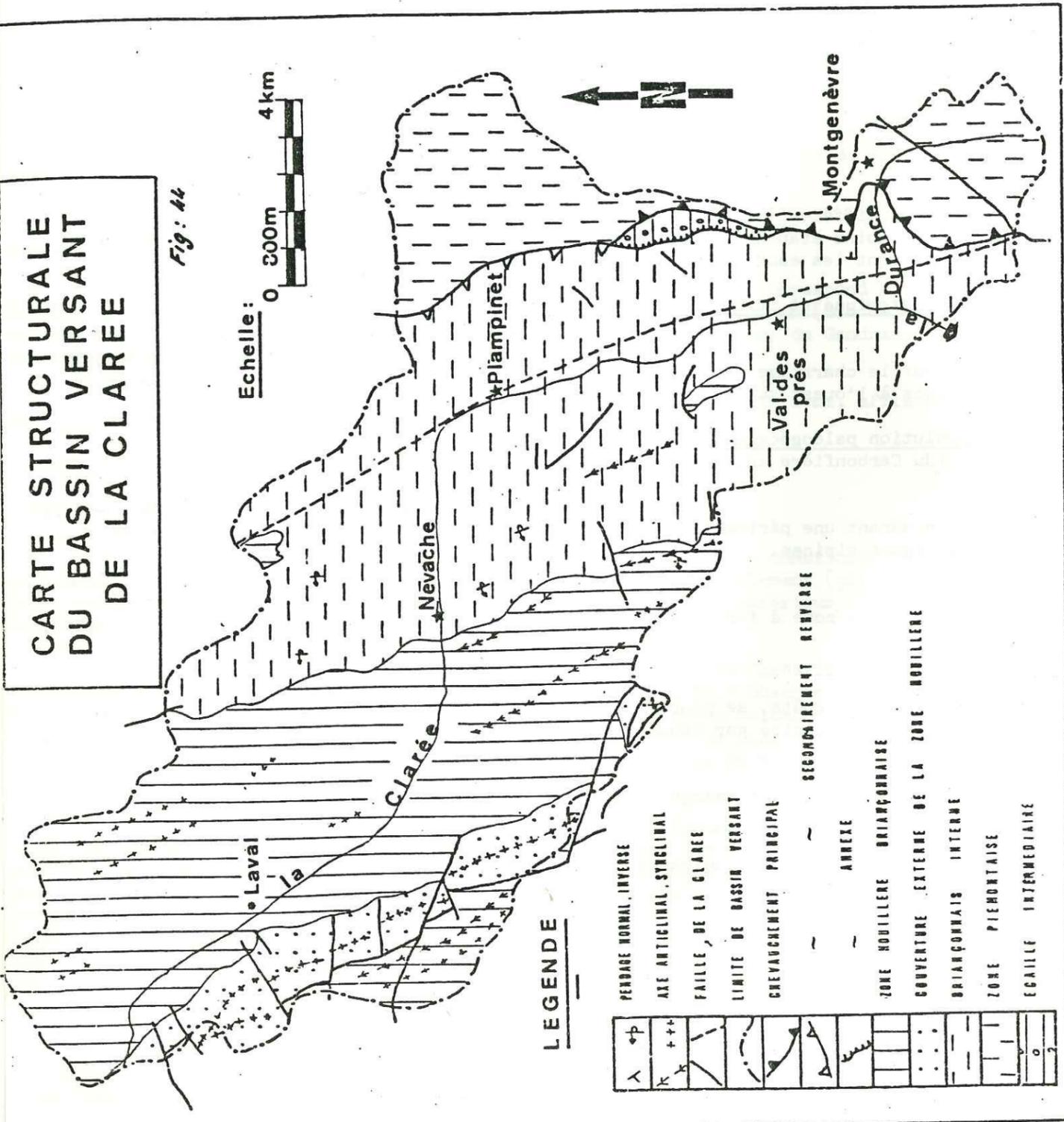
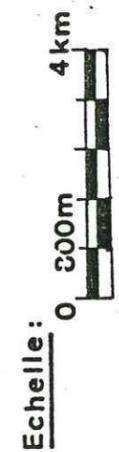
-Erosion anté bathonienne.
(la région, au Lias, était émergée et soumise à une double érosion).

-Transgression bathonienne.
qui va recouvrir en partie seulement, le domaine considéré.

-Erosion anté argovienne.
Plus importante que la précédente, correspond à une émergence de l'Oxfordien.

CARTE STRUCTURALE DU BASSIN VERSANT DE LA CLARÉE

Fig. 44



LEGENDE

	PENEGE NORMAL, INVERSE
	AXE ANTICLINAL, SYNCLINAL
	FAUILLE, DE LA CLARÉE
	LIMITE DE BASSIN VERSANT
	CHEVACHEMENT PRINCIPAL
	SECONDAIREMENT REVERSE
	ANNEXE
	ZONE HOUILLERE BRIANÇONNAISE
	COUVERTURE EXTERNE DE LA ZONE HOUILLERE
	BRIANÇONNAIS INTERNE
	ZONE PIÉMONTAISE
	EGAILLE INTERMÉDIAIRE

- Transgression Argovienne
plus générale que celle du Bathonien, a vraisemblablement recouvert toute la région.
- Erosion Ante Senonienne
marquée par un paysage de haut fond pélagique, par endroit immergé, par endroit émergé. Des mouvements précoces donnent des reliefs marqués (faille longitudinale du Queyrellin).
- Transgression Supra Cretacé
Elle est générale et marque un approfondissement et le début de la seconde phase géosynclinale : celle du Flysh noir affectant les terrains briançonnais.

A l'Eocène moyen, la mer alpine résiduelle se trouve rejeté vers l'Ouest par le soulèvement de la zone piémontaise, interrompant ainsi la sédimentation. C'est à cette période que débute l'orogénèse alpine. C'est à l'oligocène inférieur que se produit le paroxysme du plissement des zones internes. La nappe des schistes lustrés piémontais venue de l'Est glisse vers l'Ouest sur la zone briançonnaise à la faveur d'un niveau particulièrement lubrifiant constitué par les gypses et les cargneules. Le socle houiller siliceux briançonnais se trouve lui aussi charrié à l'ouest sur la zone subbriançonnaise provoquant un resserrement et même un chevauchement par lui même, et un décollement de sa couverture postwerfenienne (synclinaux des Cerces). Durant cette phase prend naissance la faille longitudinale des Cerces, abaissant le compartiment Est. D'autres cassures Est - Ouest jouent. Il s'en suit un retrocharriage des zones briançonnaise et piémontaise, refluant vers l'Est, vers leur lieu d'origine, donnant ainsi le fameux éventail briançonnais.

L'oligocène supérieur et le Miocène sont marqués par une période relativement calme.

Les derniers mouvements paroxysmaux débutent au Pontien et continuent au cours du Pliocène. La totalité de la chaîne se trouve affectée par cette crise. Son effet se superpose à celui des phases précédentes (écaillage, faille longitudinale de la Clarée, rejeu des failles Nord 120°, apparition de petites cassures Est - Ouest). Des mouvements verticaux accompagnent cette crise et donnent à la chaîne sa physionomie actuelle, en accentuant le soulèvement des grands massifs.

2 - Principaux accidents tectoniques affectant le bassin versant de la Clarée

a) Les accidents du Carbonifère.

La présence de niveaux charbonneux extrêmement plastiques, au sein du Carbonifère briançonnais, lui confère un comportement tectonique particulier, caractérisé par des décollements et glissements couche sur couche. Le houiller Briançonnais a encaissé, avec beaucoup de souplesse les différents efforts tectoniques, qui ont complètement bouleversé les formations susjacentes plus dures, plus rigides d'où plus cassantes. Donc la structure d'ensemble du Carbonifère, malgré de multiples accidents de détail reste simple.

1) Les axes synclinaux et anticlinaux

Enrive droite de la Clarée, nous rencontrons d'Ouest en Est la succession suivante :

-- Synclinal de la tête de Cassille.

Il s'observe depuis le col de Roche Noire, de part et d'autre de la tête de Cassille dans des terrains affectés au Westphalien A.

-- Anticlinal de Casse Blanche.

Ebauché sur les crêtes du col de Roche Noire, cet anticlinal ne subsiste qu'avec une partie de son flanc Ouest sur la Tête de Casse Blanche.

-- Anticlinal de Baude.

Le Westphalien C constitue cet anticlinal qui doit être replié sur lui-même.

-- Synclinal de la Croix de la Gardiole.

Son axe passe par le sommet de la Croix de la Gardiole, au Nord du Col des Cibières.

-- Anticlinal de Pasquier

Il s'agit d'une bande anticlinale déversée vers l'Est.

La rive gauche de la Clarée est marquée par le prolongement vers le Nord, de l'anticlinal de Baude, épanoui en anticlinorium. De nombreux petits replis synclinaux ou anticlinaux affectent cette rive, notamment dans la région de la Grande Tempête où le Houiller se trouve plié en une succession de synclinaux.

Les lambeaux houillers de l'Infernet près du Val des Près et du Vallon, se trouvent isolés et coincés, au milieu du Trias du Briançonnais oriental.

2) Les Accidents longitudinaux

Un grand accident accompagne l'enfoncement du Houiller vers l'Est sous les synclinaux mésozoïques de la Grande Manche et du Queyrellin.. Les Quartzites du Trias, le Verrucano se trouvent laminés et presque complètement supprimés.

Des accidents de moindre ampleur produisent des laminages tectoniques et sont, eux-aussi, responsables de la disparition de certains bancs.

3) Les accidents transversaux.

Les plus importants se traduisent par de brusques abaissements axiaux, interrompant ainsi la continuité de la remontée générale vers le Nord.

C'est à la faveur de ces accidents qu'ont pu se mettre en place les filons transversaux de roches éruptives.

b) Les Synclinaux mésozoïques.

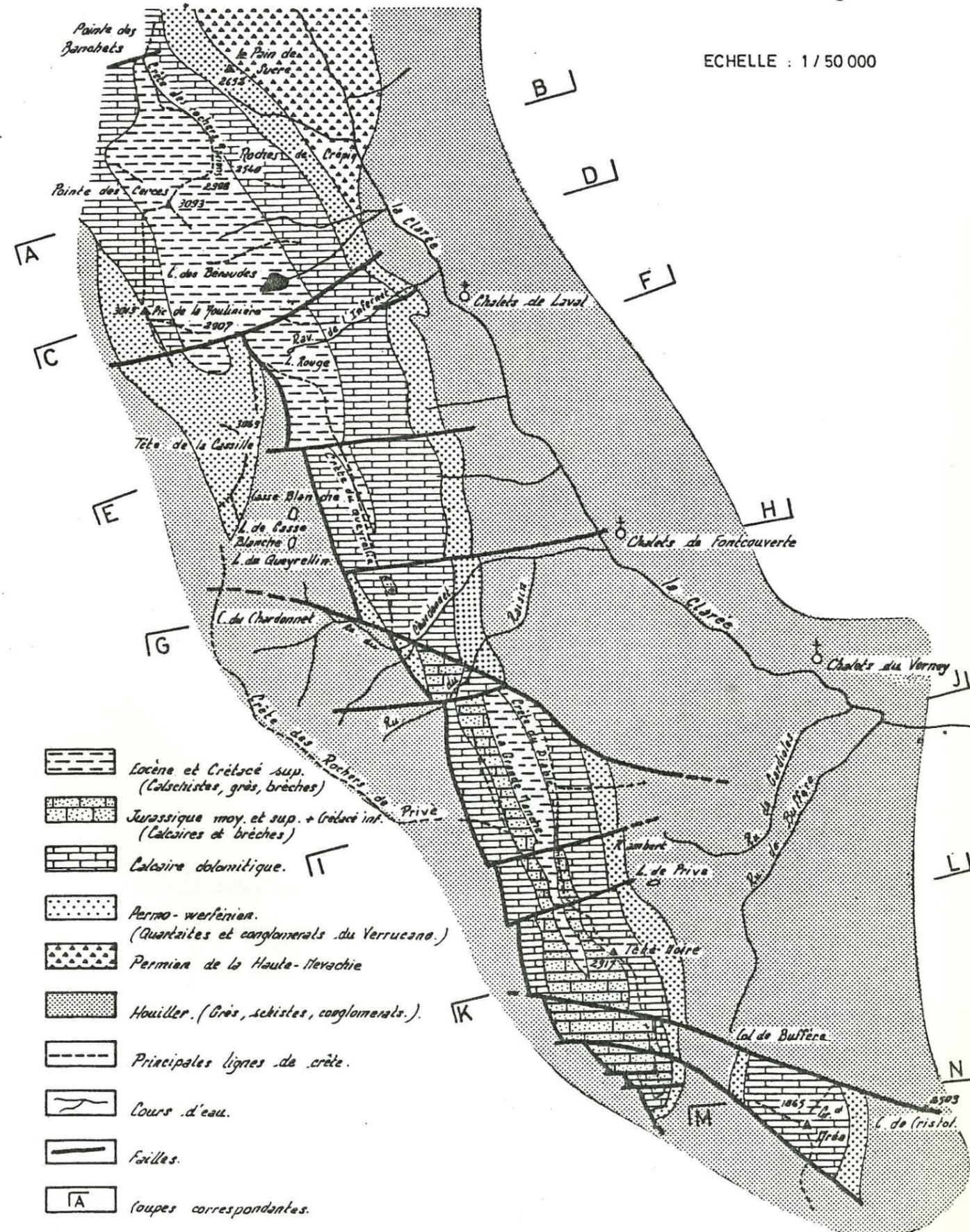
La vallée de la Clarée est séparée, au Sud Ouest de la vallée de la Guisane par une série de synclinaux mésozoïques "flottant" sur l'énorme masse de Houiller et semblant peu profondément enracinés (Cerces, Queyrellin, Grande Manche, Tête Noire, Grand Area).

Les coeurs crétacé de ces synclinaux, forment des cirques glaciaires et son isolés des croupes Houillères par de grandes barrières abruptes de Trias et de brèches crétacées en bancs subverticaux.

- 113 -
CARTE GEOLOGIQUE DES SYNCLINAUX MESOZOIQUES
DE LA HAUTE VALLEE DE LA CLAREE

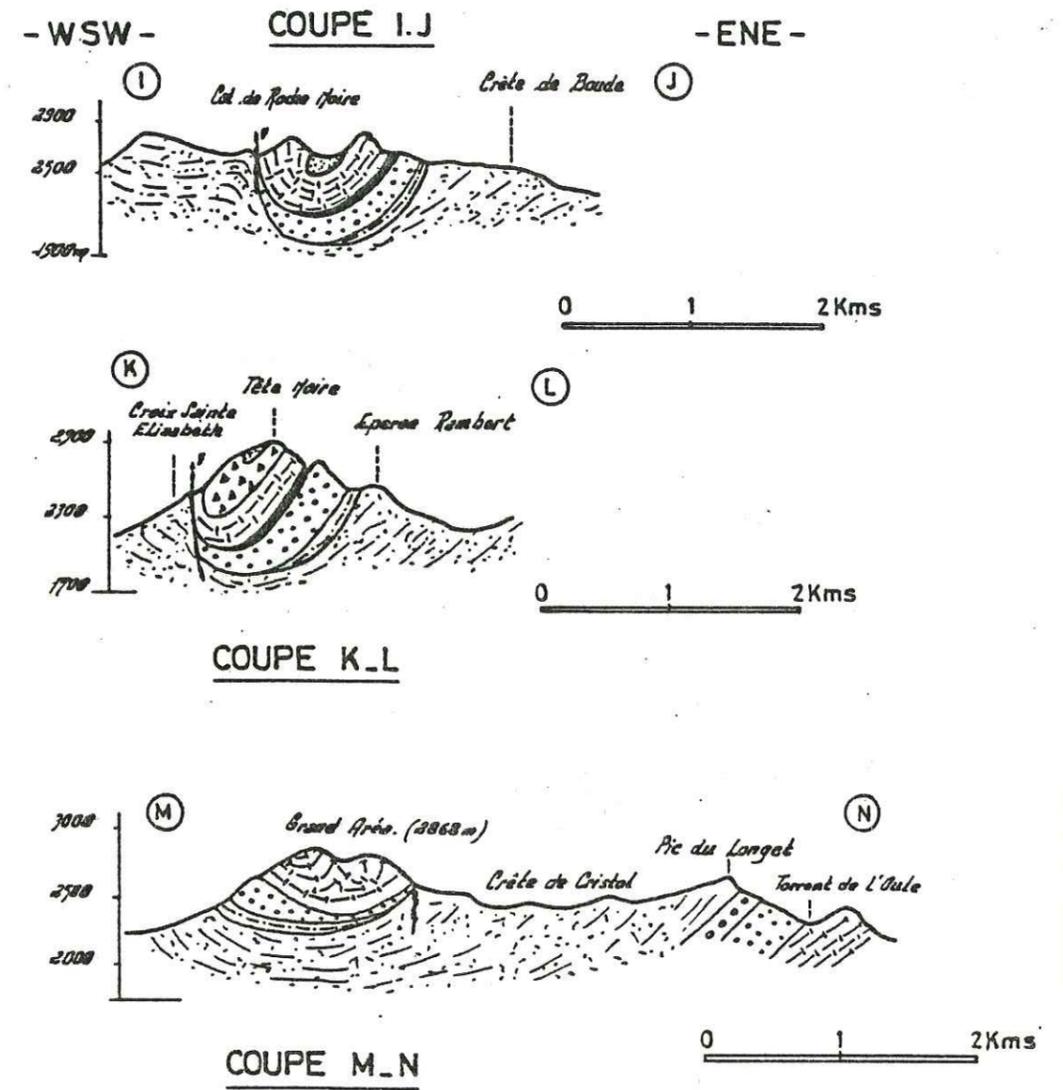
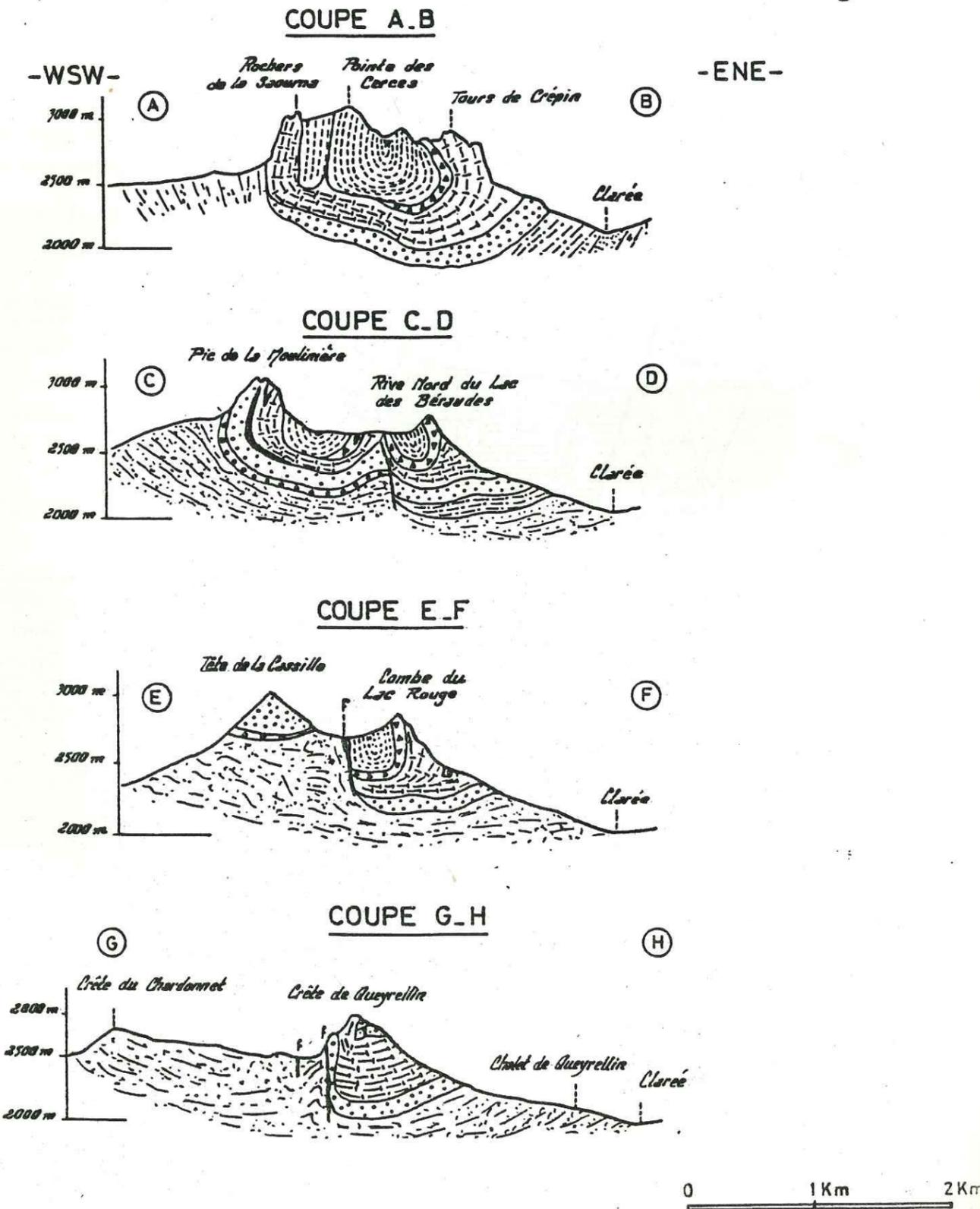
Fig : 46

ECHELLE : 1 / 50 000



COUPES TRANSVERSALES AUX SYNCLINAUX MESO-ZOÏQUES DES CERCES, QUEYRELLIN, TÊTE NOIRE ET GRAND AREA. (d'après Tissot, Barfety et Feys)

Fig 46



- Crétacé supérieur.
- Brèches Jura. Crétacé
- Jurassique
- Calcaire dolomitique
- Quartzites (Werfénien)
- Permien supérieur
- Verrucano (Conglomérats)
- Houilles. (Westphalien-Namurien)
- Carboneux et schistes (Werfénien sup.)

Ces synclinaux se trouvent affectés d'un grand accident longitudinal sur leur flanc Ouest, et d'accidents transversaux qui les décrochent sur plusieurs centaines de mètres (voir fig n° 45).

1) Accident longitudinal.

Un grand accident longitudinal de direction Nord 160 °, apparaît depuis la courbe du lac Rouge, traverse Casse Blanche, longe la crête du Queyrellin, le Chatellard, la Tête Noire, et se poursuit vers Villeneuve la Salle. Tout au long, les quartzites ont disparu.

Son rejet vertical est au minimum de 500 m. Cette faille, relativement récente, a profité d'une zone de moindre résistance de la couverture calcaire, parce que déjà très érodée, pour prendre naissance.

2) Accidents transversaux.

Ces accidents transversaux sont subparallèles, d'orientation Nord 120°, et nous rencontrons du Nord au Sud :

- Accident de l'Infernet
au niveau du déversoir du Lac Rouge. Cette faille abaisse le compartiment nord.
- Faille de Casse Blanche.
Faille Est - Ouest, mettant en contact le Crétacé du compartiment Nord, avec le Houiller du compartiment Sud.
- Faille du Sud-Queyrellin.
Faille Est-Ouest, dont le rejet de 100 m peut être apprécié grâce à un banc de dolomies blanches.
- Failles du Chatellard
Un groupe de failles subparallèles, décalent les synclinaux du Queyrellin et de Grande Manche - Tête Noire. Elles se poursuivent dans le Houiller. Leur rejet sont inconnus.
- Faille de la Crête de Tête Noire.
Elle se poursuit plus à l'Est, avec la faille de Cristol. Son rejet est de 150 m.
- Faille du Grand Aréa.
Parallèles à la précédente, entraînent là encore, un retrait vers l'Est des compartiments.

Sur la figure n° 46, nous proposons une série de coupes traversant ces synclinaux en blagues à tabac.

Nous verrons plus tard, que ces synclinaux vont agrandir ou diminuer notre bassin versant géologique.

c) Les autres grands accidents tectoniques.

Ces accidents affectent principalement le Trias.

1) Les failles.

Des failles longitudinales subméridiennes ont été mises en évidence par J.C BARFETY et M. GIDON. Il s'agit de grandes fractures à rejet plurikilométrique, tardives par rapport aux principaux charriages, et même à une grande partie

des mouvements de rétrodéversements. Cette zone fracturée se poursuit sur plus de 50 km au moins, depuis Modane au Nord jusqu'au col de l'Izoard au Sud. La cassure majeure, appelée "Faille de la Clarée", emprunte le talweg de cette rivière dans la basse vallée. Sigalons d'autres cassures : celles de la limite des schistes lustrés, celle passant grossièrement par Nevache, celle du Rio Secco.

Les failles longitudinales de ce faisceau, coexistent avec un double système de fractures transverses. Il s'agit de 2 familles conjuguées :

- la première d'orientation moyenne Nord 50, avec rejet dextre (notamment la faille de Roche Gautier, celle du Chenaillet Janus),
- la seconde d'orientation moyenne Nord 130, avec rejet senestre (en particulier, tout un groupe à l'Est de Val des Prés et au nord de Montgenèvre).

Ces fractures transverses faisant un angle de 45°, avec les failles longitudinales, paraissent s'interrompre contre ces dernières. Elles seraient donc soit antérieures aux failles longitudinales, soit cogénétiques et synchrones, avec interaction des 2 réseaux l'un sur l'autre.

2) Les chevauchements.

Nous en avons déjà parlé. Ils sont le témoignage du grand charriage de la zone piémontaise sur la zone briançonnaise. Notons leur orientation grossièrement Nord-Sud. Nous les trouvons rive gauche de la Basse Clarée, au Nord de Montgenèvre.

Comme ils sont de 2 types, leur sens de déversement sont différents :

- les uns, dits chevauchements principaux, regardent principalement vers l'Est.
- les autres, dites chevauchements principaux secondairement renversés, dus au rétrocharriage de la zone piémontaise, regardent principalement vers l'Ouest.

Des écaillles tectoniques sont coincées entre ces chevauchements comme nous l'avons vu plus haut.

Tous les auteurs le reconnaissent, ces chevauchements sont d'une structure tectonique assez complexe.

B - Géologie du Quaternaire.

I - La Genese des vallées.

Il nous faut retarcer la période préglaciaire.

Tout d'abord le tracé même de la rivière.

La Clarée suit le rebord oriental des synclinaux des Cerces dans le sillon houiller, fonce vers l'Est dans la rainure transversale de Névahe, où les gypses et cargneules ont permis la dilation de la vallée, puis s'enfonce droit au Sud et perce transversalement un épais système triasique qui la domine de ses rudes falaises calcaires.

Elle a profité là, selon Ch. PEGUY d'un abaissement d'axes ou d'une flexure, située dans le prolongement d'un accident tectonique passant par la Romanche, le Col du Lautaret, et le col du Chardonnet, allant même, pour certains auteurs, jusqu'au vallon des Acles.

Les torrents parallèles du Chardonnet et du Raisin ont profité du même accident pour forcer par érosion régressive le synclinal du Queynellin.

Le talweg de la Clarée, en aval de Névache, entre Plampinet et la Vachette, semble être établi dans un repli synclinal des assises triasiques.

Tout se passe comme si la vallée profonde était dérivée d'une structure superficielle dont il ne reste plus de traces, tandis que toutes les petites vallées supérieures adjacentes se sont adaptées à la structure visible.

D'autre part, le réseau hydrographique actuel n'est pas originel et pourrait s'être établi peu à peu, après toute une série de captures.

H. de VAUNAS, propose une Romanche d'origine piémontaise (présence de radiolarites dans la Basse Isère), logée sur l'emplacement de l'actuelle vallée de la Doire, s'insinuant vers l'Ouest le long de l'inflexion transverse Lautaret-Acles, son bassin serait appuyé, au Sud sur la culmination Grand Aréa et Grands Becs. Cette Romanche, aurait eu, du Nord par le Col de l'Echelle le gros renfort des eaux de Rochemolles et de la Vallée Etroite.

Les objectifs pour cette hypothèse de capture (même par l'auteur) ne manquent pas. L'hypothèse de Ch. P. Peguy, paraît plus vraisemblable. Pour cet auteur, le col du Montgenèvre, aurait vu passer les eaux des torrents des Thures et de la Ripa (actuellement confluent à Cesana Torinese et affluent de la Dora Ripacia) (voir fig n° 47). Les torrents de Rochemolles et de la Vallée Etroite auraient rejoint eux, la Clarée par dessus le col de l'Echelle. La Doire et le torrent de Bardonneche auraient effectué ensuite ensemble leurs conquêtes (torrent des Thures et Ripa pour la Doire et torrents de Rochemolles et Vallée Etroite pour celui de Bardonneche) par érosion régressive, partant du bassin d'Oulx.

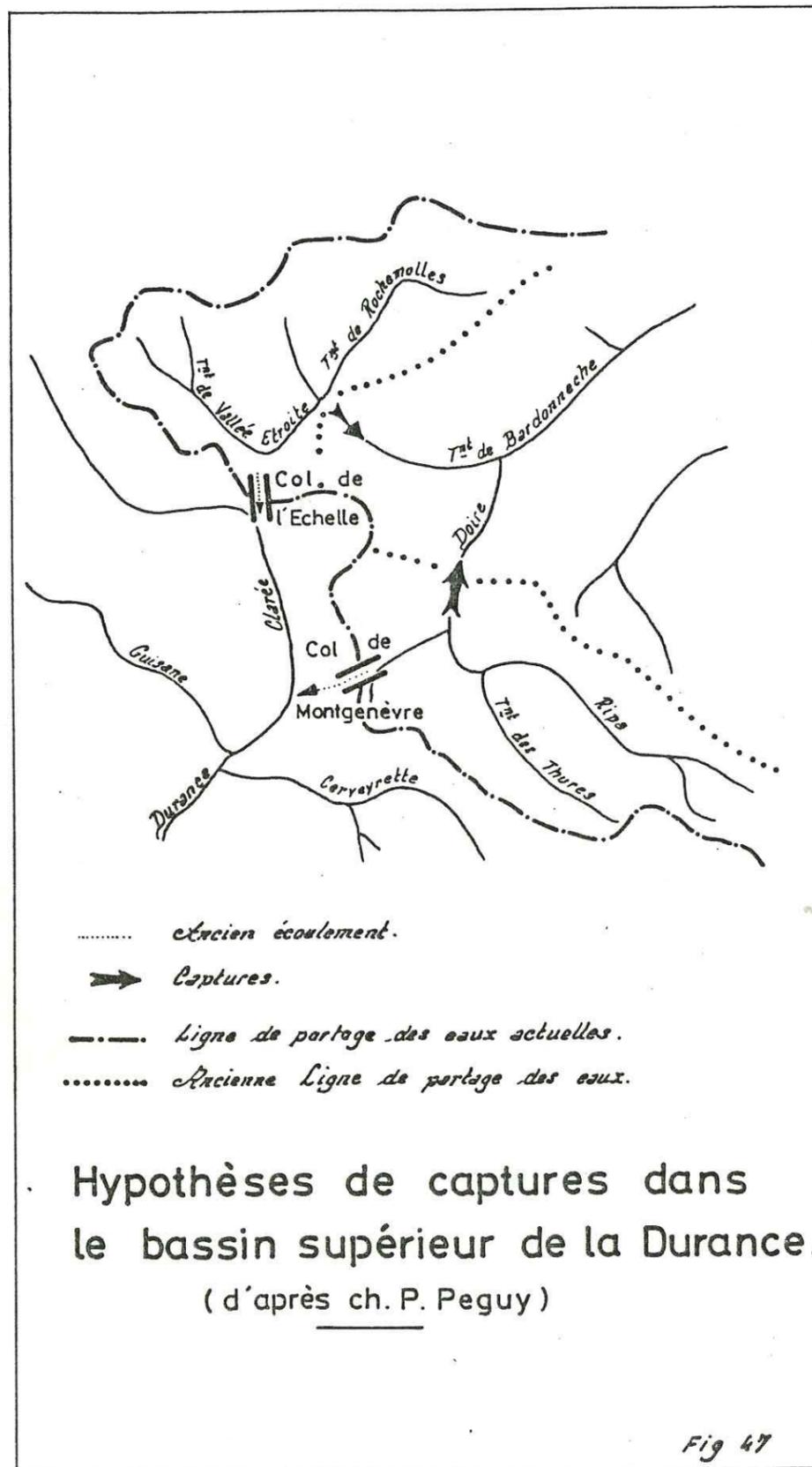
Toutes ces captures datent d'avant les glaciations.

II - L'Intermède glaciaire.

1 - L'appareil et le modelé.

C'est l'apparition de l'appareil glaciaire, auquel nous devons le plus clair du modelé actuel, qui bouleversa complètement l'évolution normale du modelé (réseau hydrographique établi, captures effectuées, enfoncement de talwegs en cours).

Le glacier de la Clarée appartenait à l'ensemble glaciaire Durance - Guisane - Cerveyrette qui venait confluer à Briançon. Ce "glacier Durancien" parcourait en aval tout l'Embrunnais, pour aller mourir près de Sisteron. Le grand nombre de verrous de la haute Clarée, prouve que le glacier ne devait pas être très puissant. En effet nous avons dénombré 6 verrous entre Laval et Nevache, c'est à dire en 9 km (Laval - Roches Noires - Faou - Fontcouverte - Sausse - Lacou). Il donnent, abrasés par les forces vives du glacier, souvent des roches moutonnées (La Chapelle de Fontcouverte est construite sur de très belles roches moutonnées), polies et striées. La Clarée, afin de franchir ces noyaux de roches relativement dures (en l'occurrence des grès houillers), a dû les entailler et passer en cascades, donnant des dénivellations relativement importantes



(jamais supérieures à 60 m), souvent sur une centaine de mètres de longueur.

A ces verroux correspondent de verdoyants ombilics (Laval - Sous Laval - Roches Noires - Jadis, Fontcouverte - Lacha - Lacou - Verney), encombrés quelques fois de blocs erratiques. Ces ombilics, souvent sagneux, sont pour la plupart des anciens lacs comblés par les alluvions de la Clarée et des torrents adjacents.

Le profil en long de la rivière (voir fig n° 6) met bien en évidence cette succession morphologique d'ombilics et de verroux.

A une auge très aérée, très douce de la Haute Vallée de la Clarée, correspond une auge très encaissée, très brutte de la Basse Vallée (voir fig n° 40).

En effet, en aval de Névache, le glacier a dû entailler les roches dures (calcaires dolomies) du Trias, et donner une belle vallée glaciaire typique en forme de U, au fond alluvial, quasiment plat et aux versants redressés presque à la verticale.

Le glacier principal se voit grossir et alimenter par des langues glaciaires latérales venues des versants.

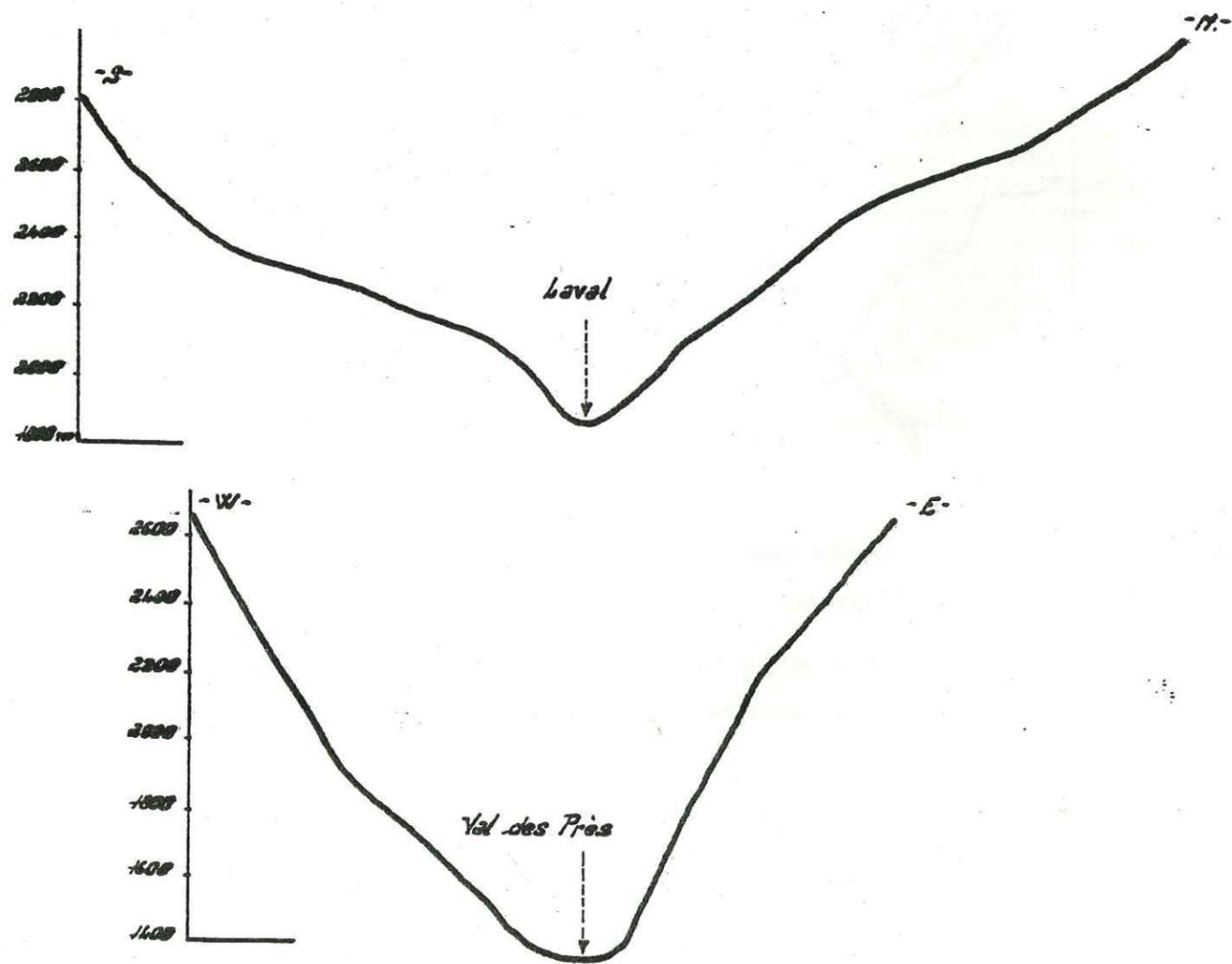


Fig: 48

Profils transversaux de l'auge glaciaire de la Haute-Vallée à Laval, et de celle de la Basse Vallée de la Clarée à Val-des-Prés.

Ainsi, nous pouvons dénombrer un certain nombre d'auges d'altitude (Muandes, Cula, Gardioles, Vallon, Thures, Echelle, Acles, Durance, Creuzet, Granon, Oule, Cristol, Buffère, Chardonnet). Elles se raccordaient souvent au glacier principal, par un gradin de confluence. Les plus remarquables sont ceux des Thures, des Acles, de l'Echelle, de Montgenèvre. Le gradin de confluence des Thures mérite une petite description. Nous avons là, un plateau mollement incliné (15 %), qui est latéralement tronqué, vers le bas par 2 ravins récents. (Cette érosion actuelle, bénéficiant de terrains gypseux très affouillables, est si active que les chalets des Thures construits sur le bord même du replat sont gravement menacés). En prolongeant la section amont du plateau vers l'aval, on restituerait un ancien confluent à 270 m au dessus du lit actuel de la Clarée. Par la même construction nous arrivons à 200 m pour le torrent des Acles sur la rivière, et à 150 m pour la Durance. C'est dire que le glacier disparu devait présenter une surface chaotique et certainement bossellée et irrégulière provoquant des dénivellations relativement importantes.

Notons enfin, la présence, dans les cirques glaciaires, de nombreux hauts replats (au dessus des chalets du Queyrellin, plateau de l'Olive, l'Enlon..). Ces cirques sont très souvent occupés par un lac ou plusieurs. Afin d'analyser l'altitude de ces cirques nous avons dressé un tableau de classement des lacs de cirques en fonction de leur altitude et de leur exposition. Nous avons choisi les lacs d'importance relative (voir tableau n° XXI). Ces lacs ou laquets symbolisent bien des accidents à l'écoulement normal des eaux.

Tranches d'altitude (en m)	2100	2200	2300	2400	2500	2600	TOTAUX
	2200	2300	2400	2500	2600	2700	
Adret	1	1	3	4	1	4	14
Ubac	-	1	4	5	2	3	15
Totaux.	1	2	7	9	3	7	29

Tableau n° XXI.
Classement des lacs en fonction de leur altitude et de leur exposition.

Nous avons ainsi, recensé :

Adret	Ubac.
Lac des Thures (2190 m)	Lac de Cristol (2245 m)
" Bellety (2290 m)	" du Chardonnet (2310 m)
" Laramon (2350 m)	" du Chatellard (2310 m)
" Long des Muandes (2380 m)	" du Privé (2310 m)
" Noir (2390 m)	" Rond de Cristol (2338 m)
" du Serpent (2438 m)	" de la Barre (2042 m)
" de la Cula (2450 m)	" de l'Oule (2425 m)
" Rond des Muandes (2450 m)	" de la Clarée (2430 m)
" Chatellard du Vallon (2490 m)	" Rond des Rochilles (2450 m)
" des Muandes (2589 m)	" du Grand Ban (2480 m)
" des Gardioles (2630 m)	" des Beraudes (2520 m)
" de la Madeleine (2633 m)	" Rouge (2570 m)
" Long du Vallon (2650 m)	" de la Mine (2620 m)
" Blanc (2695 m).	" de Queyrellin (2640 m)
	" de Casse Blanche (2670 m).

Ces lacs ou laquets sont en même nombre dans les cirques d'adret, que dans les cirques d'Ubac (14 et 15). Mais ils semblent, en moyenne, plus élevés à l'adret qu'à l'Ubac. Nous constatons 2 modes importants : un situé entre 2350 et 2450 m d'altitude et un second entre 2600 et 2700 m. C'est dire, que le glacier aurait, à 2 époques bien précises caractérisées par des hauteurs spécifiques, creusé érodé davantage, laissant ainsi, des cicatrices plus prononcées dans le paysage (l'une entre 2350 et 2450 m et l'autre entre 2600 et 2700 m). Nous reviendrons plus loin par une étude détaillée de ces lacs glaciaires.

2 - Les dépôts glaciaires.

Nous distinguerons successivement le glaciaire ancien, et le glaciaire récent.

a - Le glaciaire ancien.

La haute vallée est le siège d'accumulations morainiques importantes. Le glacier de la Clarée tout au long de son histoire, a édifié un certain nombre de moraines. Les seuls vestiges en sont à l'heure actuelle, les moraines latérales (les moraines frontales et médianes ayant été balayées par l'érosion actuelle). Notons que ces moraines latérales ont empêché durant les phases inter glaciaires, l'écoulement normal latéral des versants ; des dépressions ont été créées à l'amont de ces moraines. L'eau a pu s'y accumuler et donner des lacs. Ces moraines latérales se rencontrent en haute Clarée, en un cordon relativement continu entre 2100 et 2400 m d'altitude, au pied de la Grande Manche, du Queyrellin, du massif des Cerces pour la rive droite, et de façon plus discrète en rive gauche, mais également en cordon discontinu, sous forme principalement de placages glaciaires. Les moraines sont, d'une manière générale très hétérogènes. Elles sont ici, composées, de blocs de grès, conglomérats carbonifères et de quartzites à l'amont de Névache et de blocs de calcaires et de dolomies à l'aval. Ces éléments sont plus ou moins usés suivant la distance de transport. La matrice provenant de la dissolution des éléments solubles rencontrés par le glacier est sombre pour la haute vallée

(dissolution des schistes) et brune pour la basse vallée (dissolution des cargneules et gypses).

D'après les travaux en laboratoire de SACONE et HUGONIN, ces moraines présenteraient une perméabilité très variable (de $1,7 \times 10^{-4}$ à 10^{-10} m/s). Ce qui prouve la grande hétérogénéité et diversité de ces moraines. Les petits glaciers adventifs, occupant les cirques d'altitude, ont, eux aussi, déposé des moraines; moraines frontales et médianes dans ce cas là. Le glacier, issu du cirque de la Grande Manche a déposé une très belle moraine frontale. La confluence de 2 glaciers de cirques peut donner des moraines médianes ; c'est le cas des 2 glaciers adventifs de Gardiole et de Buffère séparés par un cordon morainique important.

Les fonds plats des vallées principales et suspendues sont souvent occupés par un matériel glaciaire remanié (fluvioglaciaire ou glaciolacustre à l'amont des verrous), caractérisé par une certaine homogénéité de classement et par une perméabilité relativement importante (2×10^{-4} à 2×10^{-5} m/s).

b) Le Glaciaire récent

1 - Moraines de névé.

Ce sont des petits arcs morainiques qui prennent naissance à la base des cônes d'éboulis. Leur nombre se trouve souvent multiplié par les glissements (Rochilles, Sud des Cerces, Beraudes, Sud du Queyrellin).

2 - Rocks glaciers (ou glaciers rocheux).

Ces appareils à matériel toujours très hétérogène, se développent sur les versants Nord et Est et sur un substratum peu incliné. Des moraines latérales et des bourrelets ou lobes transversaux arqués, serrés, convexes vers l'aval, les caractérisent. Leur front est toujours abrupt, élevé. Leur origine est complexe. D'après les auteurs, les rocks glaciers seraient dus :

- soit à une langue de débris - les bourrelets transversaux seraient, comme pour les sols polygonaux et les sols striés, dus à des phénomènes de dilatation saisonniers, alternance gel - dégel).
- soit à une forme de regression d'un ancien glacier, soumis à des phénomènes, de solifluction (présence d'un coussin de glace).
- soit à un glissement successif de moraines de névé.

Nous rencontrons ces rocks glaciers, tout au long du versant Nord de la Tête Noire, à la Grande Manche : col de Buffère, chalets de Buffère, lac de Privé, Bois de Souly (ayant flué très bas vers la Clarée), au pied du versant nord de la crête de l'Echaillon, sur le versant nord et Est du Grand Aréa, au pied du Chenaillet.

III - Les Accumulations Post-glaciaires.

1 - Les cônes de déjection.

On les trouve au débouché de torrent dans une vallée plus large. En amont de Névache, ils sont quasi inexistantes. Les seuls notables sont ceux du Ruisseau des Beraudes et de celui de Biaume. L'imperméabilité pratiquement totale de substratum perméable a

développé un ruissellement de surface très abondant et relativement diffus, enrayant ainsi l'édification de cônes de déjection de nature importante.

Les torrents descendant des massifs calcaires, à matériel soluble, des Cerces, du Queyrellin, de la Grande Manche, auraient dû édifier des cônes de déjection. Mais la présence de la barrière quartzitique à franchir a empêché cette édification. En effet ces noyaux de roches dures ont constitué un barrage et provoqué la sédimentation à l'amont coupant ainsi la vigueur de ces torrents (Des fosses à sédimentations naturelles - comme les appellent les Eaux et Forêts - ont été ainsi constituées, régularisant le profil des torrents).

En aval de Névache, les cônes de déjection ont une action prépondérante sur les circulations superficielles et souterraines.

Issu du bassin versant composé de roches solubles (gypses et cargneules) et de roches très perméables (calcaires et dolomies), chaque torrent construit son propre cône, qui peut devenir très important. Citons les cônes des torrents de Cristul, Robion, Creuzet, Sables obscurs, Granon, Ruine, Durance, Vallon de la Vachette..).

Ils peuvent s'emboîter les uns dans les autres, les uns sur les autres (Bois des Bauches ; Nord Est de Nevache entre le torrent de Vallon et celui du Robion, sous la crête de la Grande Chalanche).

La perméabilité des cônes est très hétérogène suivant un profil transversal. On comprend aisément, la différence de nature d'alluvionnements, d'apports, suivant les différentes crues édifiant des chenaux de circulations différentielles. Ainsi la perméabilité varie entre 8×10^{-4} et 2×10^{-8} m/s.

Certains torrents (Oule, Cristol, Creuzet) en période d'étiage, arrivent au sommet du cône, s'infiltrant et ne réapparaissent plus, alimentant ainsi souterrainement la Clarée.

Les cônes de déjection ont pratiquement tous été colonisés par l'homme. En effet, celui-ci a installé son habitation, et ses cultures sur les faibles pentes de cône (10 à 20 %). Tous les hameaux de Nevache, Val des Prés, les Alberts et la Vachette se trouvent bâtis sur des cônes ou en marge, se protégeant ainsi d'une éventuelle crue de la Clarée, et trouvant quelquefois leur alimentation en eau potable dans la nappe suspendue souterraine du cône (Source des Sagnes à Nevache ...), malgré le danger permanent que représente les crues des torrents.

De nombreux hameaux ont été, ainsi rayés de la carte. Citons par exemple le village du Robion, ancien chef lieu de la commune de Nevache, édifié sur le cône de déjection du "Rageur" (Robion) qui fut rasé par le torrent en 1736.

Au 8ème siècle, un "cataclysme" engloutit les villages du Bourget et de Maisons Longues. Jusque là, le Bois Noir n'était pas séparé du Rocher de l'Olive par un ravin. Au sommet, se trouvait un lac (Lac du Creuzet), dont les eaux lors d'une crue particulièrement forte, accompagnée d'un brusque degel, entraînent une partie de la montagne, ouvrirent le ravin du Creuzet et ensevelirent sous le mas des Arras, les deux malheureux villages. Depuis lors, les apports du nouveau torrent de Creuzet, qui s'accumulent à chaque inondation, ont rejeté peu à peu le cours de la Clarée, plus au Nord, entraînant ainsi l'ancien hameau de Fanagier.

Phénomène un peu comparable en basse vallée, où les cônes de déjection des 2 rives se repoussent la rivière, imposant à celle-ci un tracé quelque peu sinueux.

Mais à l'heure actuelle, on a endigué tous les torrents susceptibles de causer des dommages, curant ainsi au maximum le fond du chenal (Robion, Cristol), reboisé les zones nues des versants sujets à l'érosion (Thures), créé des fosses à sédimentation, amenant ainsi le torrent vers son profil d'équilibre (Robion, Ruire, Bessé...).

2 - Les éboulis.

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

a) Les éboulis récents ou vifs.

Ils sont alimentés principalement, par les falaises calcaréo dolomito quartzitiques. En effet, il est relativement rare de voir un cône d'éboulis vif, d'importance certaine au pied de reliefs permo-houillers, car ceux-ci ne présentent pas de falaises subverticales susceptibles de former et d'alimenter une accumulation de blocs.

C'est l'action combinée du gel et du degel, qui provoque, notamment au printemps, le délitage de la roche et sa chute. Les blocs empruntent tout d'abord un petit chenal d'écoulement, couloir sujet aux avalanches l'hiver, et viennent se "classer", suivant leur taille, dans un bruit sourd sur le cône ; les plus gros venant au front du cône. Les cônes d'éboulis vifs peuvent former une sorte de gaine au fond de vallée, sur plusieurs kilomètres, en une véritable chaîne continue (comme dans la vallée du Vallon, où les cônes d'éboulis vifs se relayent depuis le col du Vallon jusqu'à Névache sur 6 kilomètres, issus des falaises calcaires des crêtes de la Paria et de la Grande Chalanche. Le paysage en est d'ailleurs assez saisissant et quelque peu désertique). La haute vallée des Acles, est elle aussi tapissée d'éboulis vifs.

En formant une sorte de guirlande continue, ils soulignent la structure mère préexistante (Grande Manche, Queyrellin, Cerces, Crête de Pécé). Ils peuvent former des dépressions, des combes, presque fermées, souvent occupées par un lac (Lac des Beraudes, Lac Sorcier, Lac Rouge). Très souvent, ils sont le siège de circulations internes très importantes et rapides, vu la pente générale souvent relativement forte. Il n'est pas rare de rencontrer une source ou plusieurs à la base de tels cônes (voir plus loin).

b) Les éboulis anciens.

C'est l'évolution normale d'un éboulis vif, qui a pour cause, d'une part l'atténuation de l'apport de la falaise susjacent et d'autre part l'action combinée de la gélivation et de la solifluxion. L'éboulis devient alors stable (pente voisine de 35°) et la végétation d'abord composée de cryptogames (mousse - lichen..), puis d'arbustes et enfin d'arbres conifères (sapin, mélèze) le colonise. On dit alors qu'il est mort.

L'éboulis est devenu fortement consolidé et est alors sujet à l'érosion. Des sources témoignent des circulations souterraines moins violentes et rapides que pour les éboulis vifs, de par la présence d'éléments plus fins au sein de l'éboulis, empêchant l'eau de le parcourir trop vite. L'écoulement de surface est comme pour les éboulis vifs, pratiquement inexistant.

La perméabilité est de l'ordre de 10^{-4} , à 10^{-6} m/s.

3 - Les alluvions fluviatiles.

Nous distinguons 3 niveaux d'alluvions fluviatiles :

a) Les alluvions fluviatiles anciennes.

Nous avons vu plus haut, que la haute vallée de la Clarée présente derrière ses verroux, des ombilics encombrés de matériel glaciaire remaniés par la rivière du fluvioglaciaire. Nous n'y reviendrons pas. Des dépôts alluviaux de lacs de barrage glaciaire s'observent sur les rampes du Montgenèvre. Ils ont dû se déposer quand le glacier de la Clarée barrait encore le débouché du vallon du Montgenèvre, déjà libre des glaces. Il s'agit d'alluvions consolidées, recouvertes de moraines plus ou moins glissées, considérées comme interglaciaires.

La plaine de Nevache (hameau du Sallé, du Gros) est marqué par des dépôts alluviaux anciens. En effet, d'après les archives vers 1250, un lac existait dans l'actuelle plaine de Nevache. Ce lac aurait été constitué par la confluence des 2 cones de déjection du Creuzet et du Robion, barrant ainsi le cours normal de la Clarée et créant à l'amont, un lac de barrage (comme dans la plaine de Bourg d'Oisans avec les torrents de l'Infernet et de la Voudaine créant le lac de Saint Laurent, disparu en 1219). Un alluvionnement important s'en suivit (ce qui expliquerait l'aspect élargi et plat de ce secteur). Après de violentes pluies en 1286, la Clarée ouvrit un passage et le lac se déversa tout d'un coup.

b) Les terrasses.

Des lambeaux d'anciennes terrasses fluviatiles peuvent être observés tout au long de la moyenne et basse Clarée. Mais ces terrasses se sont vues, petit à petit, recouvertes par les cones de déjection sus-jacents. Citons les terrasses du Gros à Nevache, celle située au pied du cone de déjection du Creuzet, celle du Bois des Bauches en rive droite sous la crête de Pécé, celle des Alberts.

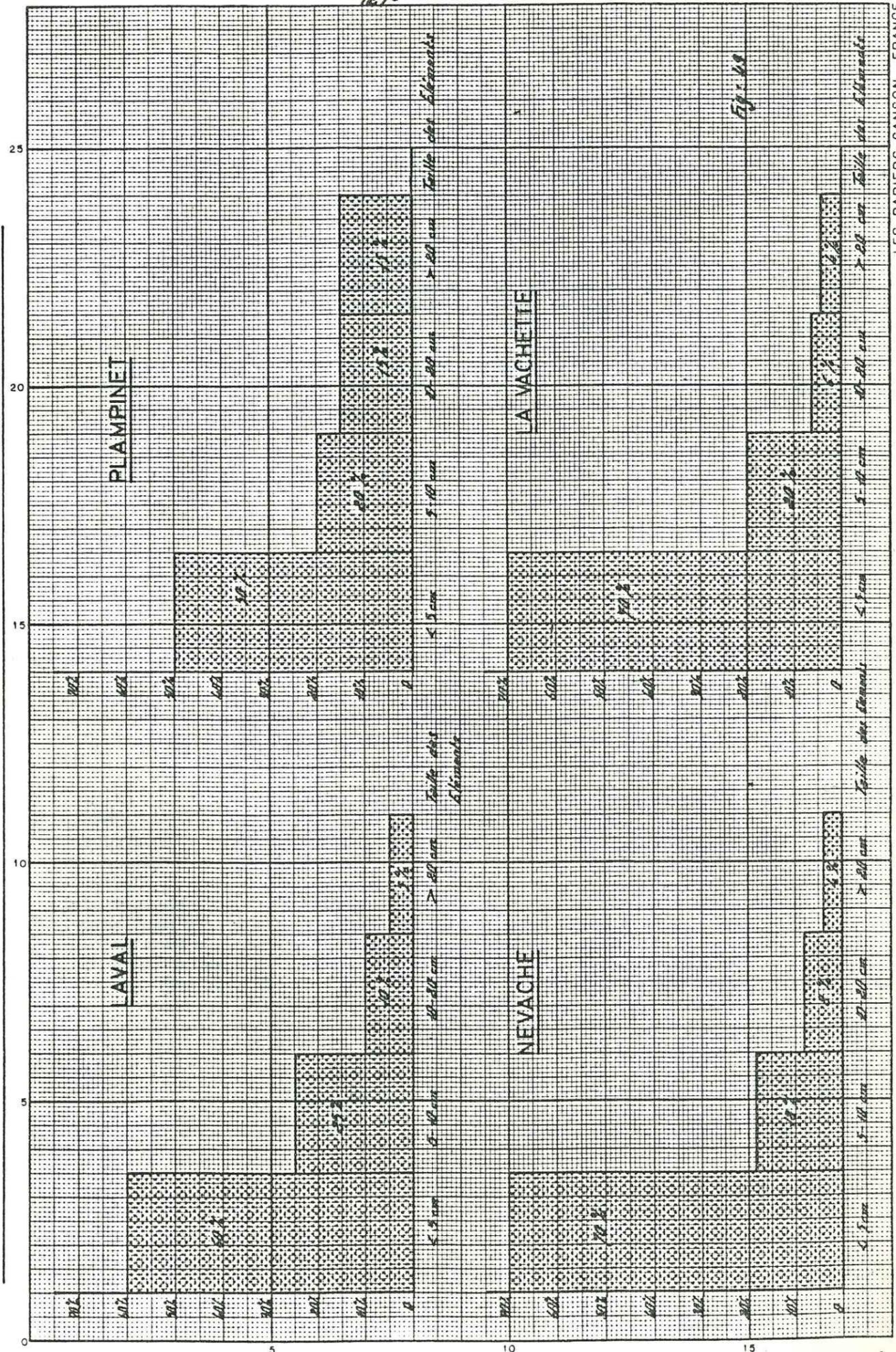
Ces restes de terrasses sont observables en photographies aériennes et le talus les séparant des alluvions modernes est souvent très faible.

c) Les alluvions fluviatiles modernes.

Elles occupent tout le fond de la vallée, et plus particulièrement la basse, en cordon quasi continu, et représentent les zones inondables de la rivière. Elles s'interrompent quand 2 cones de déjection latéraux viennent se rejoindre (La Draye - Le Rosier - La Vachette) et créent ainsi à l'amont de ces barrages torrentiels des petites plaines alluviales avec nappes aquifères puissantes. Citons la petite plaine alluviale des Alberts, qui fera l'objet d'une étude complète plus loin. Notons, pour l'instant, la perméabilité moyenne des alluvions modernes, évaluée in situ à 10 m/s. Nous avons effectué une granulométrie (à la ficelle) sur ces alluvions de la Clarée à Laval, Nevache, Flampinet et la Vachette. Nous avons déterminé 4 classes de tailles différentes (< 5 cm ; 5 - 10 cm ; 10-20 cm ; > 20 cm) (voir fig N°49).

Nous constatons une symétrie dans les pourcentages de taille, à Laval et Flampinet d'une part et à Nevache et la Vachette d'autre part. C'est dire que le matériel schistogreux permohouiller se trouve relativement usé à Nevache, tout comme le matériel calcaréo dolomitico - gypso - cargneulique - triasique à la Vachette. Les gros éléments disparaissent en donnant des plus petits. Les gros blocs très solubles de cargneules ou gypses à Flampinet sont vite réduits, et il est rare à la Vachette de trouver de gros blocs. Les seuls gros éléments sont calcaires ou dolomitiques. Les gros blocs gréseux houillers, eux ne subissent pas grande usure, le transport n'étant pas assez long, même s'il est violent par endroits (cascades, ressauts).

Granulométrie des alluvions fluviatiles actuelles de la Clarée.



4 - Les glissements de terrains.

Les glissements de terrain affectent principalement la rive gauche de la haute vallée de la Clarée. Des panneaux entiers de substratum houiller peuvent, tout comme la moraine, glisser. Notons les glissements du bed rock carbonifère de la Recare, de la Raouata, Sausse, Biaume et ceux morainiques de Riftord.

L'écoulement des eaux y est incohérent, et a participé à la mise en mouvement des terrains. La partie sommitale d'arrachement du glissement peut être occupée par des zones marécageuses, des sagnes (Recare), ou même par des sources (Raouata, Biaume). Des émergences peuvent également apparaître au pied ou sur les bords des zones glissées (Sausse, Queyta).

Remarquons l'ancienneté de ces glissements fini Würmien. Aucun glissement récent et actif n'est à signaler, sauf des glissements très locaux et petits (exemple : sous le Serre du Vallon).

CHAPITRE IV

ROLES DE LA TECTONIQUE ET DE LA FRACTURATION SUR LES CIRCULATIONS.

Les différents événements tectoniques de la région, ont eu des répercussions sur l'hydrogéologie ; répercussions qui peuvent avoir un caractère très local (disposition particulière des terrains en un endroit donné, ou fracture locale, permettant l'accumulation ou l'émergence d'une rappe) ou plus général (direction et orientation semblables de fractures pour l'ensemble d'une formation, ou très grand accident affectant la totalité d'une structure).

I - Rôles de la tectonique.

Observons, ici, le rôle joué par les grands accidents structuraux (les accidents locaux seront examinés lors de l'étude, des différentes émergences, et la fracturation de chaque formation sera vue plus loin).

1 - Les synclinaux mesozoïques de la haute vallée de la Clarée, de par leur structure géologique particulière (voir fig n° 46), doivent jouer un rôle hydrogéologique intéressant.

Ainsi, nous pensons, que l'eau qui s'infiltré et qui circule au niveau de ces synclinaux, à coeur calcaire et calcaire dolomitique, trouve dans des formations permo-werfeniennes (quartzites et conglomérats), un niveau imperméable qui va jouer le rôle d'écran. Comme ces synclinaux (des Cerces, du Queyrellin, et du Grand Aréa) se déversent vers le Bassin Versant de la Clarée, nous serions amenés à trouver une série d'émergences, au niveau de la zone de contact calcaire dolomitique - quartzite houiller.

Malheureusement, un important recouvrement quaternaire empêche de matérialiser cette hypothèse. Cependant, nous constatons, sur la carte au 1/20.000, que la courbe de niveau 2400 m sur le versant Est des falaises calcaires des Cerces et du Queyrellin (La Moutouze, les Brusas - Grande Plate - Cote Martine) matérialise le départ de très nombreux ruisseaux temporaires. Cette cote correspond grossièrement à la zone de contact perméable - imperméable. Sous l'action de précipitations importantes, ces systèmes torrentiels se déclenchent, car la moraine susjacent est très vite saturée en eau. Ainsi, nous pensons que les émergences de ces synclinaux mesozoïques se situent vers 2400 m sur leur flanc Est, qu'en période de basses eaux, la moraine supérieure absorbe la totalité des débits pour la restituer plus bas au niveau du houiller imperméable, qu'en période de hautes eaux l'émergence se fait à la cote réelle. De cette manière, le bassin versant, hydrogéologique de la Clarée se trouverait augmenté d'une certaine surface prise à celui de la Guisane. (Ceci, pour les synclinaux des Cerces et du Grand Aréa ; celui du Queyrellin étant entièrement situé sur le bassin versant de la Clarée). Mais, pour le synclinal de Tête Noire, c'est le phénomène inverse qui se produit. En effet, son déversement est à l'opposé des précédents. Il soutire donc de l'eau au bassin versant de la Clarée.

Nous constatons, donc, que les phénomènes sont compensatoires, que les surfaces s'annulent (après planimétrie), et que le bassin versant de la Clarée, conserve ses 210 km², avec cependant des légères modifications, dans ses contours hydrogéologiques.

2 - Les failles, liées aux synclinaux, jouent, à notre avis, des rôles différents.

Ainsi, les failles transversales (Est-Ouest), parallèles au réseau hydrographique de surface, décalant les synclinaux entre eux, doivent jouer un rôle de drain, et collecter les eaux au niveau de ces synclinaux.

Le grand accident longitudinal (N 160°) se présente comme un immense écran, contre lequel viennent buter les circulations profondes.

Ces fractures, d'ordre régional, permettent des émergences toujours masquées par les importantes formations de couverture. Ce sont les trop pleins de ces synclinaux (les précédentes sources étant des émergences de vidange des massifs).

Les failles du houiller, sont le lieu de circulations non négligeables. En effet, si cette formation imperméable présente des fractures, l'eau s'empressera de les occuper, même si la solubilité des terrains encaissants est très faible.

Quant aux terrains triasiques, leur dissolution est telle, que les accidents tectoniques les affectant, présentent un rôle hydrogéologique secondaire.

II - Rôles de la fracturation.

1 - Généralités - Méthodes - Mesures.

La fracturation est l'un des éléments qui va permettre à l'eau de quitter la surface du sol pour commencer son infiltration vers l'aquifère. Presque toujours d'origine tectonique, les fractures affectent plus ou moins intensément un massif, et présentent souvent des ouvertures différentes. La pénétration de l'eau dans ces fractures, combinée à l'action complémentaire du gel et du dégel, permet souvent le délitage systématique et rapide de certains reliefs.

Nous avons mesuré cette fracturation, et essayé de comparer les différents résultats obtenus.

Nous avons opéré de la manière suivante :

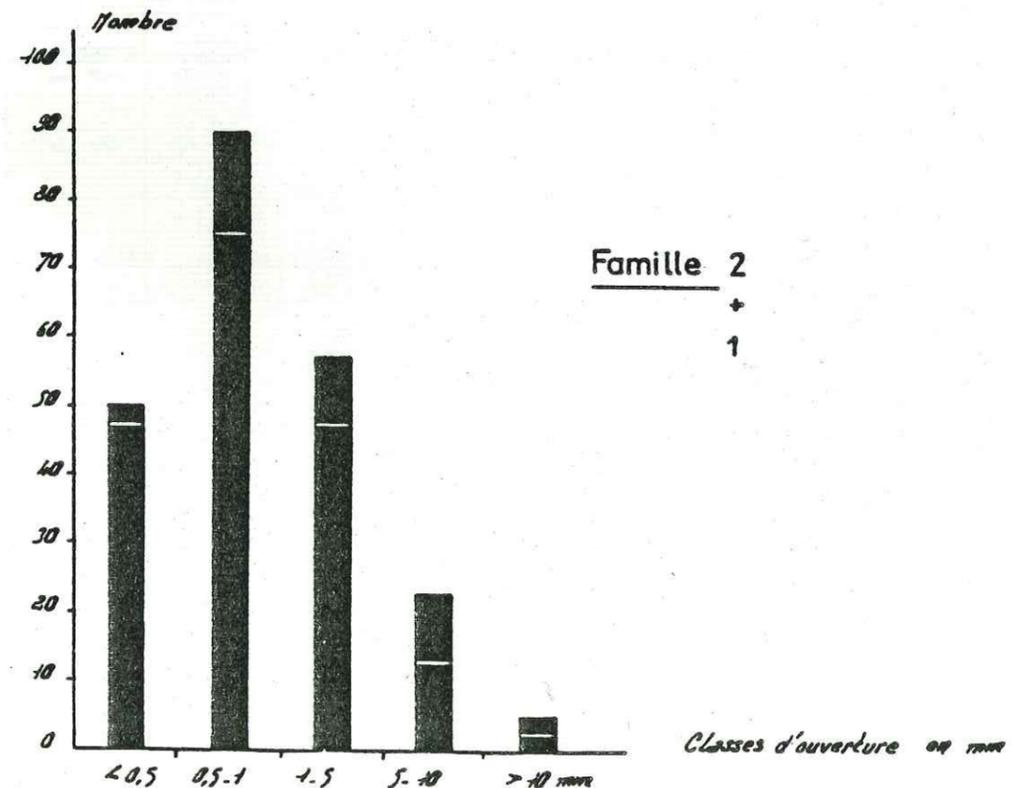
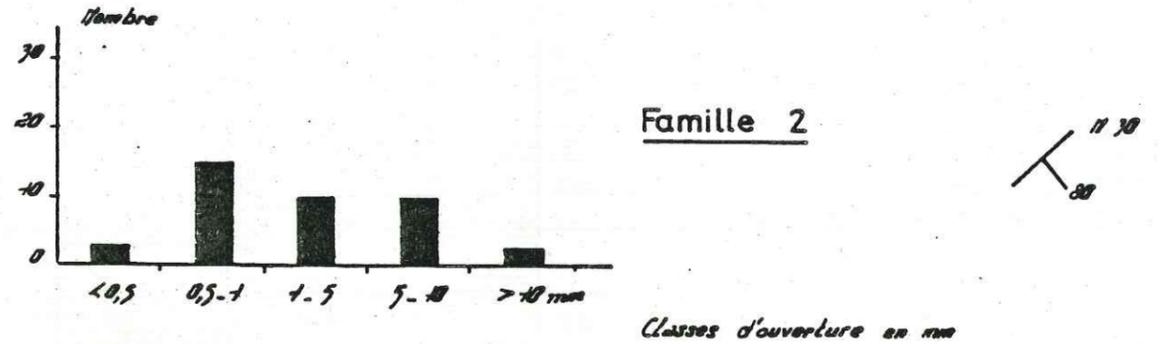
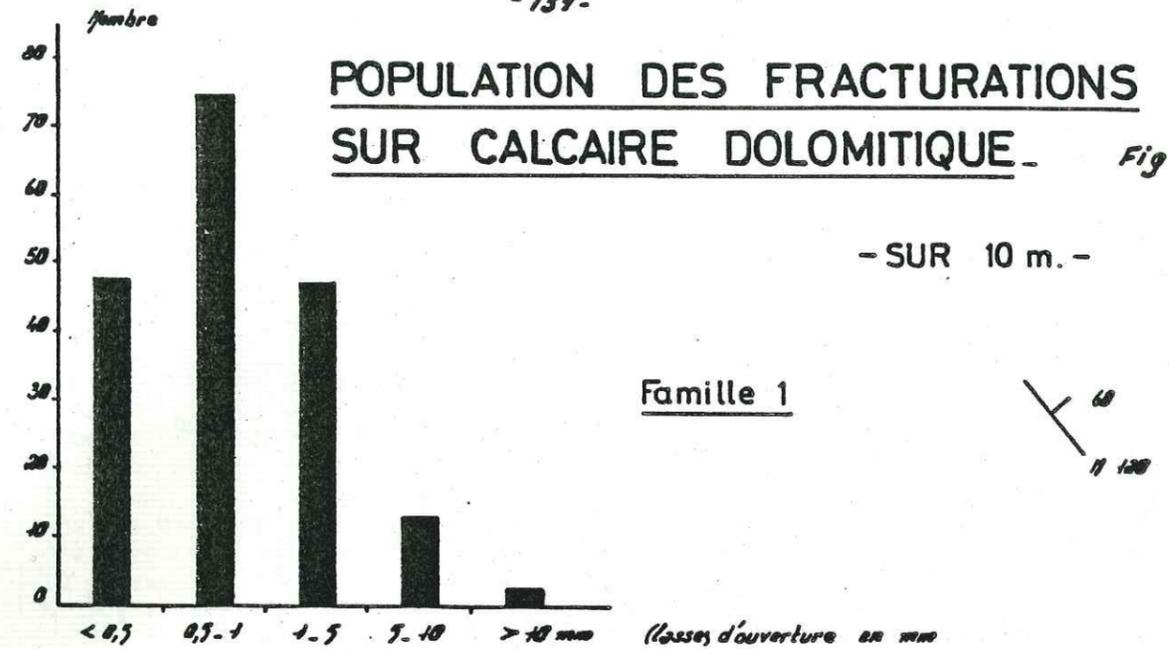
Ayant choisi le type de roches à mesurer, nous avons tendu horizontalement une ficelle de 10 mètres, sur l'affleurement puis constaté que la ficelle interceptait un certain nombre de fractures, d'orientation, de pendage et d'ouvertures différents.

Nous avons classé les fractures tout d'abord en famille, déterminant ainsi une orientation et un pendage, et ensuite, au sein de chaque famille, établi 5 classes d'ouvertures :

- classe d'ouverture < 0,5 mm
- " " comprise entre 0,5 et 1 mm
- " " " 1 et 5 mm
- " " " 5 et 10 mm
- " " > 10 mm.

POPULATION DES FRACTURATIONS
SUR CALCAIRE DOLOMITIQUE Fig : 50

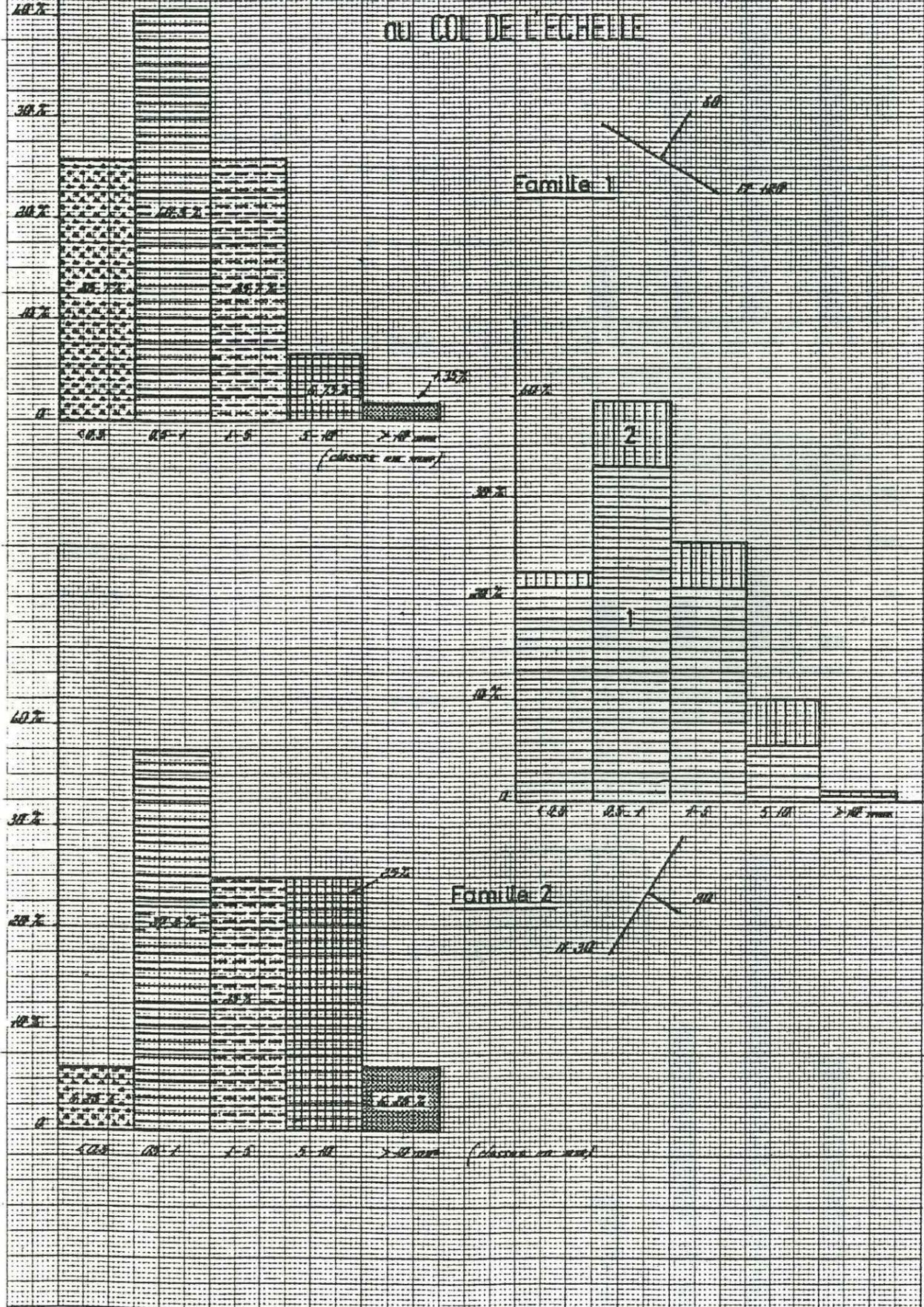
- SUR 10 m. -



MESURES DE FRACTURATION SUR CALCAIRE

DOLOMITIQUE Pourcentage DU COL DE L'ECHELLE

Fig. 51



LES PAPIERS CANSON - FRANCE

Ayant ainsi pu dénombrer les différents types de fractures, nous avons ensuite, recommencé la manipulation, un peu plus loin, toujours sur le même affleurement et toujours sur 10 mètres, obtenant ainsi, une nouvelle série de mesures. Afin d'approcher au plus près le résultat, nous avons effectué la moyenne des 2 séries obtenues, retenant ainsi une série de valeurs certes statistiques, mais relativement proches de la vérité naturelle.

Les résultats ont été représentés:

- a) par des diagrammes, dans lesquels sont portés en abscisse, les différentes classes d'ouverture en millimètres, et en ordonnée leur pourcentage par rapport à la famille étudiée (Un diagramme général étant effectué à la fin de chaque étude) (voir fig. n° 51, 53 et 55).
- b) par des diagrammes dans lesquels sont portés en abscisse les différentes classes d'ouverture en millimètres et en ordonnée leur nombre rencontré sur une longueur de 10 mètres (un diagramme général étant effectué en fin de chaque étude) (voir fig n°: 50, 52, 64).

Après avoir choisi 4 types de roches, présentant des circulations d'eau souterraine particulièrement différentes, nous avons travaillé sur :

- des calcaires dolomitiques, au col de l'Echelle
- des quartzites, au seuil des Rochilles
- des grès houillers, au verrou de Lacou
- des schistes Permians, au Drayères.

2 - Fracturations des calcaires dolomitiques (voir fig. 50 et 51).

Les mesures de fracturations sur calcaires dolomitiques ont été faites au Col de l'Echelle, près de la Cabane des douanes. Nous avons mis en évidence 2 grands types de familles, de fractures différentes : la première orientée Nord 120°, et pendant de 60° vers le Nord Est (Famille (1))

la seconde orientée Nord 30°, et pendant de 80° vers le Sud-Est (Famille (2))

Ces deux familles se recoupent à pratiquement 90°, formant ainsi une sorte de conjugué.

Nous avons noté :

- * le très grand nombre de fractures rencontrées : plus de 23 fractures ou diaclases par mètre, intercepté par une horizontale,
- * la différence de densité des 2 familles : la famille (1) représentant 80 % du total et 20 % pour la famille (2).
- * l'importance de la classe d'ouverture 0,5 - 1 mm, pour les 2 familles, représentant près de 40 % du total.
- * la quasi-similitude des 2 classes d'ouverture 0,5 mm et 1 - 5 mm, encadrant la classe maximum.

* le très faible pourcentage de la classe d'ouverture maximum (> 10 mm) (2,6 % du total général).

Les calcaires dolomitiques sont donc des roches très fracturées, présentant 2 familles de fractures bien distinctes conjuguées, au pourcentage quasi semblable.

Les fractures offrent des ouvertures relativement faibles. Les grosses fractures (> 10 mm) sont peu importantes.

3 - Fracturations des Quartzites (voir fig n° 52 et 53).

Les mesures de fracturations sur Quartzites, ont été faites au seuil des Rochilles, en bordure du sentier conduisant du Lac de la Clarée au Lac Rond des Rochilles.

Nous avons mis en évidence 3 grandes familles de fractures :

- la première, orientée Nord 30° ayant un plongement subvertical (famille (1)).
- la seconde, orientée Nord 50°, pendant de 45° vers le Sud Est (famille (2)).
- la troisième, orientée Nord 10°, pendant de 35° vers l'Ouest (famille (3)).

Si les plongements diffèrent, les directions des familles de fractures sont voisines.

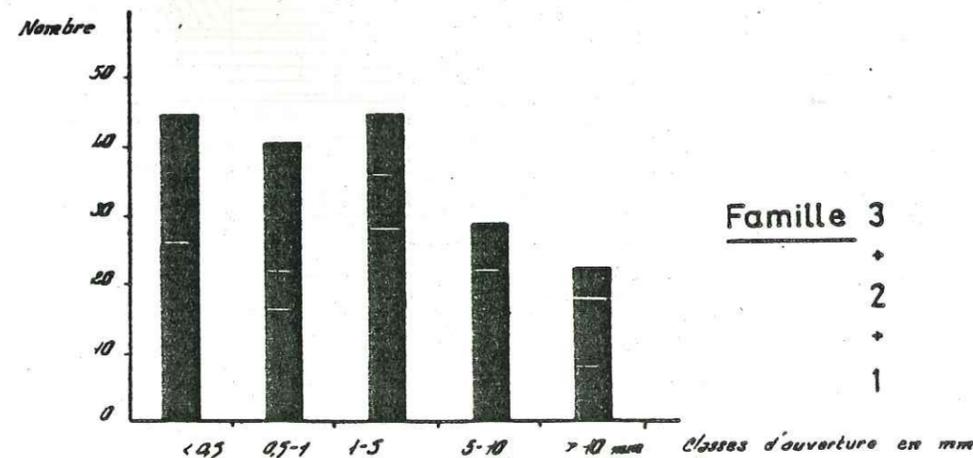
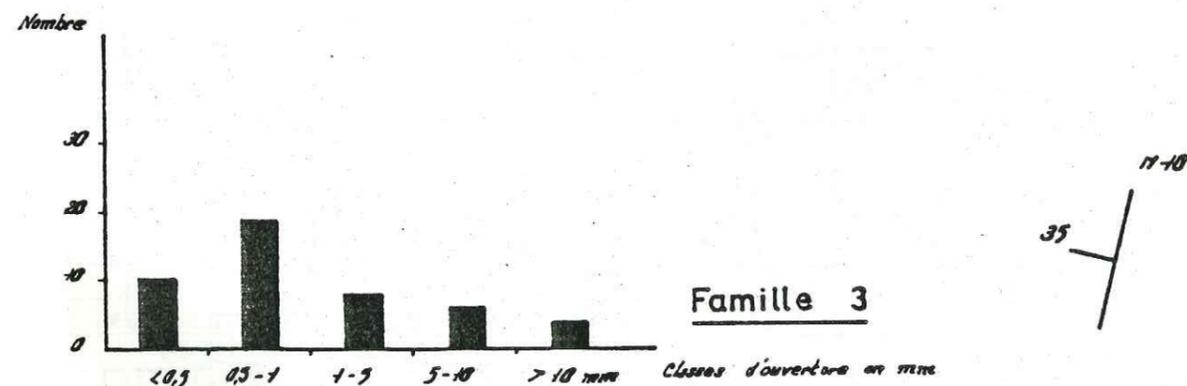
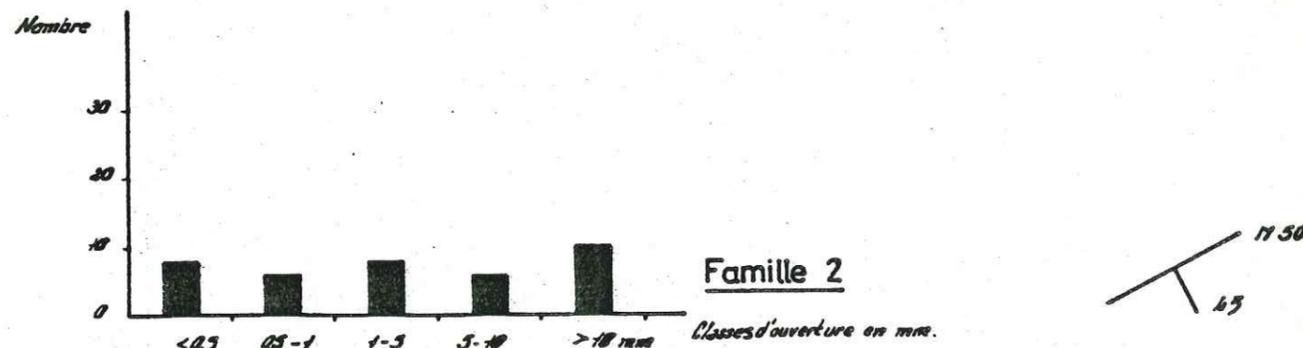
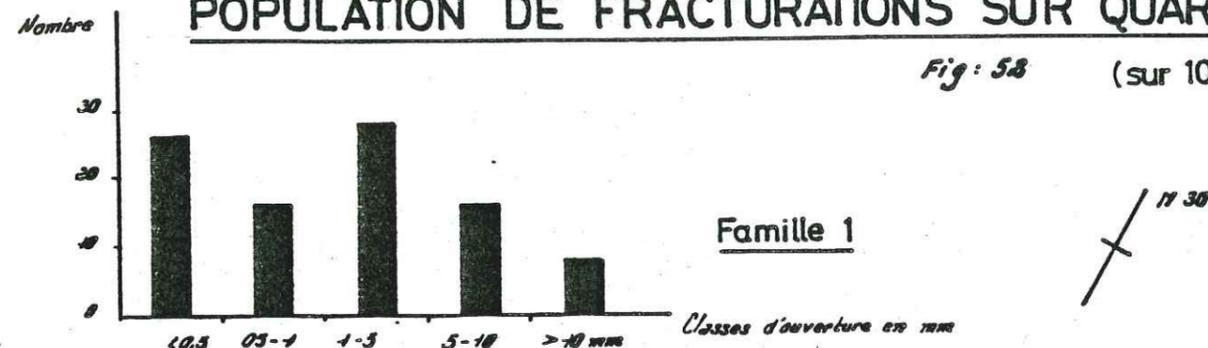
Nous avons relevé :

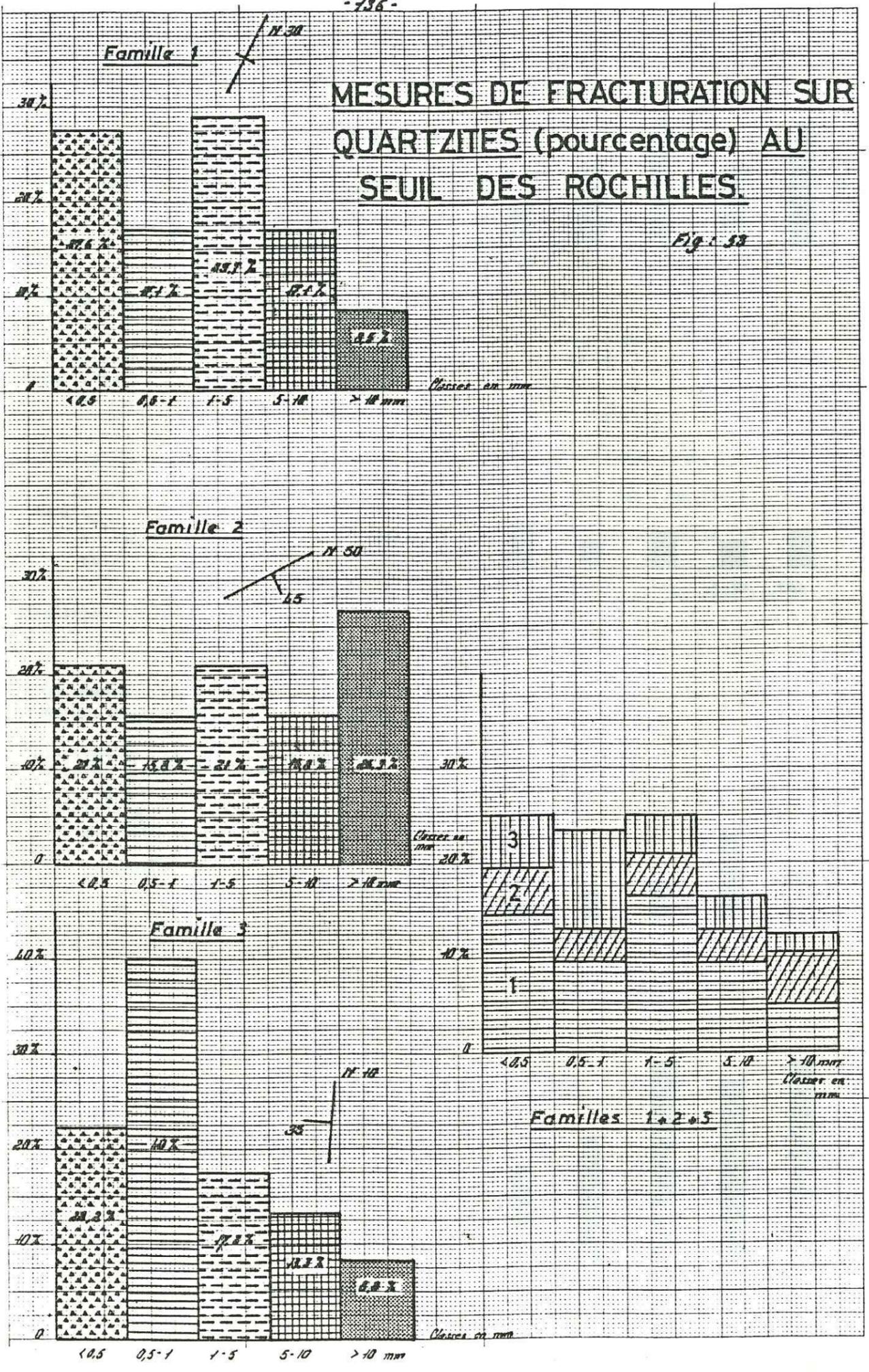
- * un nombre relativement important de fractures rencontrées = près de 17 fractures par mètre, intercepté par une horizontale.
- * la famille (1) est la plus importante (53 %). Les familles (2) et (3) ont des pourcentages globaux assez semblables.
- * Il n'y a pas de classe maximum ; en effet les 3 classes d'ouverture < 0,5, 0,5 - 1, et 1-5 mm représentent chacune près de 25 % du total.
- * les classes supérieures sont relativement bien représentées.
- * les 3 familles, dans le détail sont différentes :
 - la famille (1) présente 2 pics maximums (< 0,5 et 1,5 mm)
 - la famille (2) n'a pas de pic
 - la famille (3) présente un seul pic maximum (0,5 - 1 mm).

Les quartzites, sont donc des roches relativement fracturées, possédant 3 familles de fractures aux orientations proches, mais aux pourcentages différents. Les fractures ne présentent pas de maximum d'ouverture. Les grosses fractures sont importantes.

POPULATION DE FRACTURATIONS SUR QUARTZITES.

Fig: 58 (sur 10 m.)



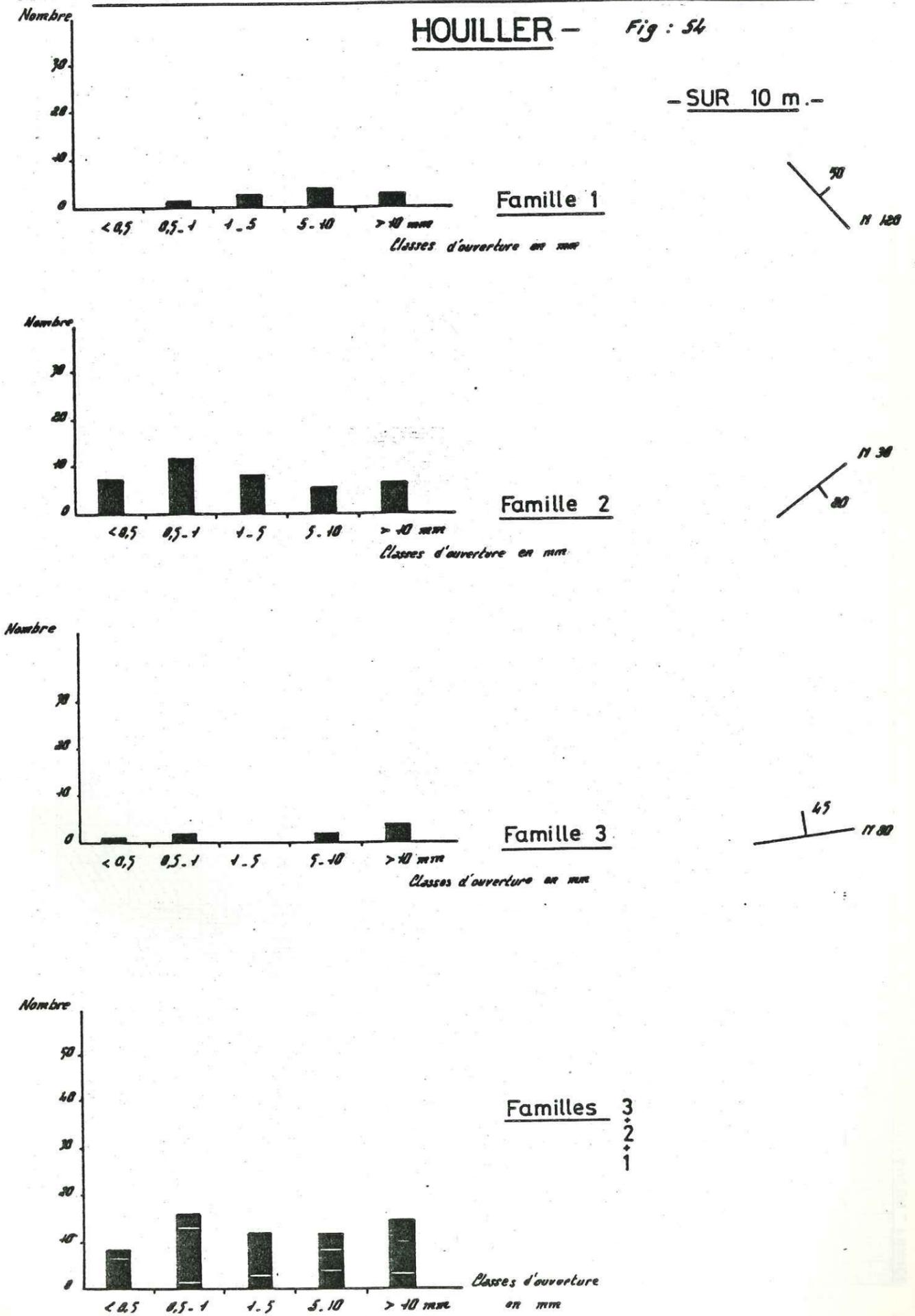


LES PAPIERS CANSON - FRANCE

-POPULATION DE FRACTURATIONS SUR GRES

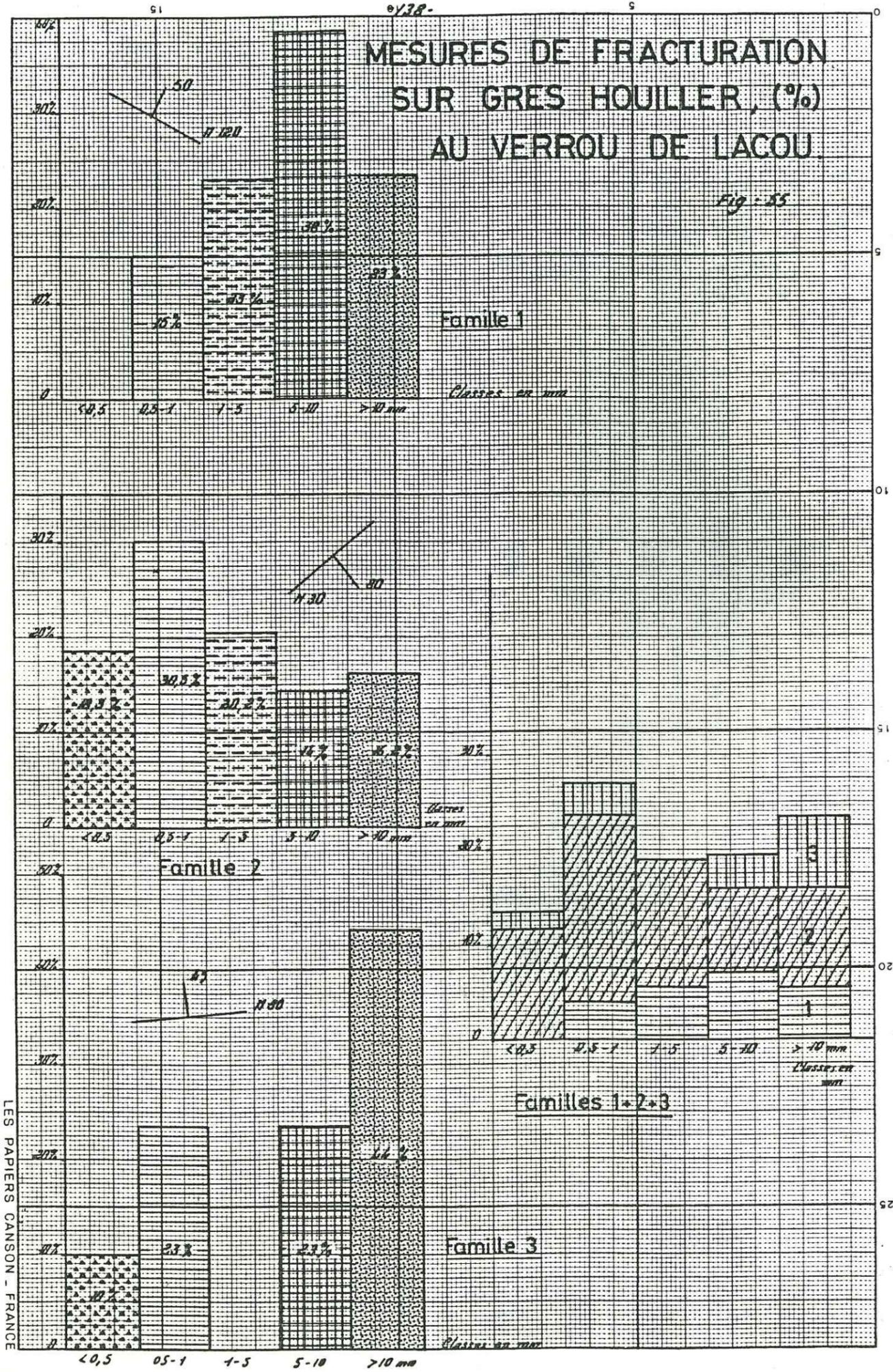
HOULLER - Fig. 54

- SUR 10 m. -



MESURES DE FRACTURATION SUR GRES HOULLIER, (%) AU VERROU DE LACOU

Fig - 55



4 - Fracturations des Grés Houiller (voir fig n° 54 et 55)

Les mesures de fracturation sur grés houiller, ont été faites au verrou de Lacou, en bordure de la route.

3 grandes familles de fractures ont été mises en évidence :

- la première, orientée Nord 120°, plongeant de 50° vers le Nord-Est (famille (1))
- la seconde, orientée Nord 30°, plongeant de 80° vers le Sud-Est (famille (2))
- la troisième, orientée Nord 80°, plongeant de 45° vers le Nord (famille (3)) .

Les directions et les plongements des familles sont relativement différents entre eux.

Nous remarquons :

- * un faible nombre de fractures rencontrées : environ 6 fractures par mètre intercepté par une horizontale,
- * la famille (2), représente près de 65 % du total. Les familles (1) et (3) sont d'un pourcentage semblable.
- * 2 classes dominent les autres, en présentant des pourcentages supérieurs à 25 % ; il s'agit des classes (0,5 - 1 mm) et > 10 mm.
- * les 3 autres classes sont proches les unes des autres et représentent chacune près de 15 %.
- * dans le détail, les 3 familles, sont différentes : en effet la classe (5 - 10 mm) représente le maximum pour la famille (1), la classe (0,5 - 1 mm) le maximum pour la famille (2), et la classe > 10 mm pour la famille (3).
- * une absence d'éléments pour certaines classes (classe < 0,5 mm famille (1), classe (1.5 mm) famille (3))

Les grés houillers se présentent comme des roches peu fracturées avec 3 familles de fractures aux orientations, pendages et pourcentages différents. Les fractures présentent 2 maximums d'ouverture (moyen et très fort).

5 - Fracturations des schistes permien.

Les mesures de fracturation sur schistes permien, ont été faites près des Drayères, en bordure du sentier des Rochilles.

Une seule famille a été mise en évidence ; elle est orientée Nord 70° et son pendage est subvertical. Seules les grosses fractures supérieures à 10 mm d'ouverture existent. Nous en avons rencontré 2 par mètre. Il est à remarquer que cette formation possède une schistosité intense d'orientation Nord 160° et de pendage subvertical schistosité et fracturation font entre elles un angle de 90°.

Les schistes permien sont donc des roches peu fracturées, à schistosité importante. Seules de grandes fractures d'ouverture supérieures à 10 mm marquent cette formation.

6 - Comparaison des différents tableaux.

a) Pourcentage globaux entre eux.

La lecture des tableaux, des pourcentages globaux, des calcaires dolomitiques, des quartzites et des grés houiller, met en évidence des différences relativement importantes pour chaque type de roches.

• Les maximums de classes d'ouverture sont différents :

- * classe (0,5 - 1) mm pour les calcaires dolomitiques
- * classes < 0,5, (0,5 - 1) et (1,5) mm pour les quartzites
- * classes (0,5 - 1) et > 10 mm pour les grés houillers.
- * classe > 10 mm pour les schistes Permien.

• Les minimums, sont, eux aussi, bien différents :

- * classe > 10 mm pour les calcaires dolomitiques.
- * classe > 10 mm pour les quartzites
- * classe < 0,5 mm pour les grés houillers.

• Les classes intermédiaires elles sont assez constantes.

b) Densités globales entre elles.

Les tableaux de densités globales comparées entre elles, n'apportent pas d'éléments nouveaux, et confirment que les calcaires dolomitiques présentent de très nombreuses fractures, les quartzites de nombreuses et les grés houillers peu.

c) Regroupement des familles.

Nous remarquons que les 3 formations géologiques étudiées, possèdent toutes les 3 la même famille : d'orientation NOrd 30° et de pendage 80° Est.

Elle représente pour les quartzites, et les grés plus de la moitié des autres familles, pour les calcaires dolomitiques seulement 20 %.

La distribution, de chaque famille au sein de chaque type de roches, en est relativement proche, avec un pic maximum. En revanche, les fractures Nord 120° pendant de 50 - 60 ° vers l'Est n'affectent que les calcaires dolomitiques et les grés. Ces fractures représentent 80 % de celles des calcaires dolomitiques et, seulement, 20 % de celles des grés houiller. C'est dire que ce type de fractures serait intensément développé dans les calcaires dolomitiques et s'atténuerait dans les grés houillers voisins. Les 3 familles restantes (Nord 50° pendant 45° Est, Nord 10° pendant 35° Ouest, Nord 80° pendant 45° Nord) affectent les quartzites (les 2 premières) et les grés houillers (la troisième), semblent assez parasites et propres aux comportements mécaniques de l'encaissant.

Donc, une grande famille de fractures affecte les 3 formations, une seconde, conjuguée à la précédente, touche les calcaires dolomitiques et les grés houillers.

7 - Roles sur les circulations.

Le tableau XXII, résume l'étude, et précise le rôle de la fracturation de chaque formation sur les circulations.

- les calcaires dolomitiques, étant des roches très fracturées, donc très perméables, permettent des circulations aquifères très importantes.
- les quartzites, dont la fracturation est plus faible que celle des calcaires dolomitiques demeurent des roches perméables, permettant des circulations relativement importantes.
- les grés houillers, tout comme les schistes permien, ne présentant pas une fracturation très abondante, sont des aquifères peu ou pas perméables, limitant les infiltrations et les circulations internes.

Tableau XXII : Types de fracturations et rôles joués sur les circulations, au sein des différentes formations géologiques du Bassin Versant de la Clarée.

types de Roches	Nombre de familles	Nature	Famille la plus importante	maximum d'ouverture	densité fracturation (toutes clas. d'ouv., conf.)	Perméabilité	circulations.
CALCAIRE DOLOMITIQUE.	2			0,5 - 1 mm	23/m	très perméable	très importante
QUARTZITE	3			<ul style="list-style-type: none"> • < 0,5 mm • 0,5-1 mm • 1,5 mm 	18/m	perméable	importante
GRES HOULLIER	3			<ul style="list-style-type: none"> • 0,5 - 1 mm • > 10 mm 	6/m	peu perméable	faible
SCHISTES PERMIEN.	1			> 10 mm	2/m	quasi imperméable	très faible

- 142 -

CHAPITRE V.-

HYDROGEOLOGIE DESCRIPTIVE DES DIFFERENTS AQUIFERES, PAR L'ETUDE DE LEURS EMERGENCES.-

I - Methodologie de l'étude.

L'eau émergeant d'un réservoir rocheux, présente des caractères physiques et chimiques qui sont fonction de son état initial, de la nature du réservoir, et du temps qu'elle y est restée. A partir des paramètres physico-chimiques mesurables, on peut espérer en déduire des renseignements sur le ou les modes de circulation et sur le ou les terrains traversés.

De plus l'étude de l'évolution dans le temps des teneurs des différents éléments permettra une meilleure compréhension du fonctionnement des circulations souterraines.

Le bassin versant de la Clarée présente un grand nombre de sources. Nous en avons, dans un premier temps, effectué l'inventaire. Après avoir regroupé les sources par grandes familles, d'après les mesures de terrain (Résistivité - température - débit), et la géologie de leur bassin versant et de leur émergence, nous en avons choisi une vingtaine, assez représentatives de l'ensemble du bassin. Nous les avons "suivies" de juillet 76 à Octobre 77, en effectuant des mesures de terrain, des prélèvements, et des analyses de laboratoire périodiquement. (une fois par quinzaine ou une fois par mois, suivant la source)..

Très rares sont les émergences situées en bordure de route (celle-ci, à partir de Névache, n'est pas déneigée). Les conditions d'accès de certaines sources sont, notamment en hiver, difficiles (risques d'avalanches, trace à faire, éloignement). De plus, malgré le repérage d'automne (jalons, piquets...), certaines sources furent plusieurs fois introuvables en hiver, de part la très grande épaisseur de neige de l'hiver 76.77. Il aurait été intéressant d'étudier d'autres sources, mais vu leur situation géographique, et le temps nécessaire à leur prélèvement, cela nous a été malheureusement impossible.

Nous rappellerons, dans les pages suivantes, les méthodes de mesures ou de calculs, des différents paramètres physiques et chimiques.

1 - Analyses physiques.

Nous avons retenu, parmi les principales analyses physiques, : celles qui nous paraissent les plus intéressantes, quant à leur interprétation : débit, température, et résistivité électrique, tous trois mesurés sur le terrain.

a - Le débit.

Les débits ont été mesurés, soit au micromoulinet, soit par capacité jaugée. Nous avons dû pour certaines zones d'émergences diffuse, aménager le site et collecter les eaux, afin d'éviter des pertes éventuelles.

Le débit est certainement le facteur le plus important, si l'on envisage de capter la source, mais il va également permettre de préciser la manière dont celle-ci est alimentée.

Des débits d'étiage et de crue, nous pourrions déduire des débits moyens et des coefficients de variabilité (rapport entre débit maximum, et débit minimum).

Dans les conditions les meilleures, de mesure, nous adopterons une incertitude relative de l'ordre de 10 %.

b - La température.

La température de l'eau nous renseigne sur la nature et la profondeur du terrain traversé. En effet, pendant leur circulation souterraine, les eaux ont tendance à se mettre en équilibre thermique avec les formations rencontrées ; mais les facteurs de ces échanges restent complexes.

La température permet de différencier plusieurs types de sources :

* Sources, dont la température présente des variations importantes liées aux variations de la température atmosphérique. Elles ont des origines très superficielles ; leurs réserves subissant, alors, d'importantes variations, et des étiages sévères en hiver.

* Sources, dont la température constante est indépendante des variations de la température de l'air. Elles ont des origines profondes, leurs réserves sont importantes, et leur captage peut alors être envisagé.

Mais il faut distinguer 2 cas, suivant la position de la température moyenne annuelle de l'eau, par rapport à celle de l'air au lieu d'émergence.

--- Si la température moyenne annuelle de l'eau est inférieure ou égale à la température moyenne annuelle de l'air, les circulations s'effectuent dans des zones de terrain de profondeur suffisante, afin de n'être influencé ni par le gradient géothermique, ni par les variations de la température atmosphérique et se traduisent par des oscillations lentes et très amorties.

--- Si la température moyenne annuelle de l'eau est supérieure à la température moyenne de l'air, les circulations s'effectuent dans des zones profondes (au delà de 30 mètres), et sont influencées par le gradient géothermiques (+ 1° par 30m en moyenne). Nous avons rencontré de telles sources sur le bassin versant de la Clarée.

Du point de vue pratique, la température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué en 1/10ème de degré centigrade. L'incertitude est de ± 0,05°C.

c - La résistivité électrique.

Le principe de cette méthode d'investigation rapide, praticable sur le terrain est le suivant : il s'agit de déterminer la résistance présentée par l'eau contenue dans une cellule de mesure, au passage d'un courant donné. Cette résistance est déterminée de façon précise, par un dispositif de mesure basé sur le principe du pont de Wheastone. La résistivité s'exprime en ohm x cm 2/cm ou ohm/cm (Ω /cm).

Nous avons mesuré les résistivités électriques sur le terrain, à l'aide d'un résistivimètre portatif à électrodes en acier inoxydable, ne pouvant indiquer que des valeurs inférieures à 4000 Ω/cm, et d'une précision toute relative à plus ou moins 200 Ω/cm près.

Au laboratoire, sur tous les échantillons destinés à l'analyse chimique, nous avons mesuré les résistivités à l'aide d'un résistivimètre de type Philips GM4249 à électrodes en platine, à ± 20 Ω/cm près.

La résistivité électrique d'eau eau, est directement liée et inversement proportionnelle à la concentration en ions qu'elle renferme, et cela pour une température donnée. C'est ainsi qu'une concentration élevée en sel dissous dans une solution entrainera une faible résistivité et inversement.

Mais, la résistivité est également liée à la température de l'eau. Si la température augmente, la résistivité diminue et inversement. Il faut donc, afin de comparer les mesures entre elles, les ramener à une température standard de + 20°C.

La résistivité électrique d'une eau donne donc un renseignement rapide et intéressant sur sa minéralisation globale.

La conductivité est l'inverse de la résistivité et s'exprime en mhos par centimètre.

2 - Analyses chimiques.

a - Le PH.

Le PH indique la concentration en ions H+ d'une solution, et conditionne les teneurs respectives en ions carbonate, bicarbonate, hydroxyde et en CO₂ libre ou dissous.

Nous avons effectué les mesures de PH, au laboratoire, sur tous les échantillons analysés, à l'aide d'un pHmètre électrique à électrodes au calomel et en verre. Les résultats sont exprimés en unité PH, avec une incertitude de l'ordre de ± 0,05 unité PH.

Sa connaissance ne nous a apporté que peu de renseignements et nous a seulement permis de différencier une eau acide d'une eau basique.

b - Les paramètres chimiques.

La section qualité des eaux du S.R.A.E. d'Aix en Provence, et moi-même au laboratoire d'hydrogéologie de l'Institut Dolomieu, avons effectué pour l'ensemble de l'étude, et par les mêmes méthodes, 220 analyses chimiques, d'échantillons d'eau. Sur tous les prélèvements, on a recherché les anions carbonate (HCO₃⁻), Sulfate (SO₄⁻), chlorure (Cl⁻), nitrate NO₃⁻) et les cations calcium (Ca⁺⁺), magnésium (Mg⁺⁺), Sodium (Na⁺) et potassium (K⁺). Sur certains prélèvements on a déterminé, en outre, l'ion fer total, et la silice dissoute sous forme de SiO₂.

3 méthodes nous ont permis de doser, ces paramètres chimiques :

*) Dosages volumétriques.

Nous les avons utilisés pour la détermination des ions, Calcium, Magnésium, Carbonate et Chlorure.

1 - Calcium et Magnésium.

Nous avons, dans un premier temps, dosé la somme $Ca^{++} + Mg^{++}$ (représentant la dureté totale ou titre hydrotimétrique total ou plus simplement THT, exprimé en degré français), puis Ca^{++} seul, obtenant Mg^{++} par différence $THT - Ca^{++}$. Du point de vue pratique, ces dosages s'effectuent de la manière suivante :

- la somme $Ca^{++} + Mg^{++}$, est dosée par complexiométrie à PH 10, en présence de noir ériochrome T, indicateur des ions Ca^{++} et Mg^{++} libres, par l'ADTA (Acide ethylénédiamine tétracétique).
- Ca^{++} est titré, en présence de soude normale (PH > 12) et de murexide, indicateurs des ions Ca^{++} libres, avec l'EDTA. Nous adopterons une incertitude sur les dosages, de l'ordre de $\pm 0,15$ meq/l.

2 - Bicarbonate.

Le dosage de ces ions nous renseigne sur l'alcalinité du milieu. nous avons déterminé, ainsi, le titre alcalimétrique complet (TAC, exprimé en degré français), correspond à la somme des ions $HCO_3^- + OH^- + CO_3^{--}$, et le titre alcalimétrique (TA), correspondant à la teneur en ions $OH^- + CO_3^{--}$.

Le dosage du TAC, se fait par acidimétrie en présence d'acide sulfurique $\frac{N}{50}$ à PH = 4,6, qui neutralise l'alcalinité, et d'hélianthine comme indicateur.

Nos eaux ayant toutes des Ph < 8,3, les teneurs en ions $OH^- + CO_3^{--}$ (c'est à dire les TA) se sont avérées nulles, en totalité. Ce qui a été vérifié, avec l'absence de virage (avec la phénolphtaléine, comme indicateur coloré).

Nous adopterons une incertitude sur les dosages de l'ordre de ± 10 mg/l.

3 - Chlorure

Nous avons dosé l'ion Cl^- , par mercurimétrie, vu les faibles teneurs voisines de 1 mg/l.

On ajoute, donc, des ions Mg^{++} , qui avec les ions Cl^- de la solution forment un complexe soluble et peu dissocié. L'indicateur bleu de bromophénol diphénylcarbazone en milieu acide dilué (HNO_3), met en évidence l'excès d'ion mercurique par formation d'un complexe violet.

La précision moyenne d'un tel dosage est de l'ordre de 15 %.

* Dosages colorimétriques.

Nous les avons utilisés pour la détermination des ions sulfate, nitrate, fer total, et la silice soluble.

Nous avons employé un colorimètre, photomètre à lecture directe de type Hach DC -DR. La méthode consiste à précipiter les différents ions, en présence de réactifs composés qui maintiennent le précipité en suspension à l'état dispersé. Il suffit, ensuite, de mesurer la quantité de lumière absorbée par le précipité à la longueur d'onde correspondante. Cette méthode nécessite souvent des dilutions pour les teneurs élevées en sulfate et nitrate.

Nous adopterons une précision moyenne de l'ordre de 10 à 20 %.

* Dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique ou d'émission de flamme

Nous les avons utilisés pour la détermination quantitative des ions sodium et potassium.

L'ion sodium (Na^+) a été dosé par émission dans une flamme d'acétylène (la longueur d'onde d'émission est de 588,8mm). L'ion potassium (K^+) a été dosé par absorption atomique, après injection dans une flamme de propane et utilisation d'une lampe de longueur d'onde d'excitation de 766,3 mm.

Ces dosages, très précis, sont donnés à 3 % près.

3 - Présentation des résultats.

Les résultats d'analyses d'ions seront donnés en milligramme par litre (mg/l) et également en milliequivalent par litre (meq/l).

$$1 \text{ meq/l} = \frac{\text{poids de l'élément en solution (en mg/l)}}{\text{équivalent chimique } \frac{A}{N}}$$

Les différents titres seront exprimés en degré français pour le TAC, (en degré français) = $\frac{\text{Teneur en } HCO_3^- + OH^- + CO_3^{--} \text{ (en mg/l)}}{12,2}$

$$\text{pour, le THT (en degré français)} = \frac{\text{Teneur en } Ca^{++} \text{ (en mg/l)}}{4,008} + \frac{\text{Teneur en } Mg^{++} \text{ (en mg/l)}}{2,431}$$

On définira également, certains rapports caractéristiques (rapport de certains éléments chimiques exprimés en meq/l) et en particulier

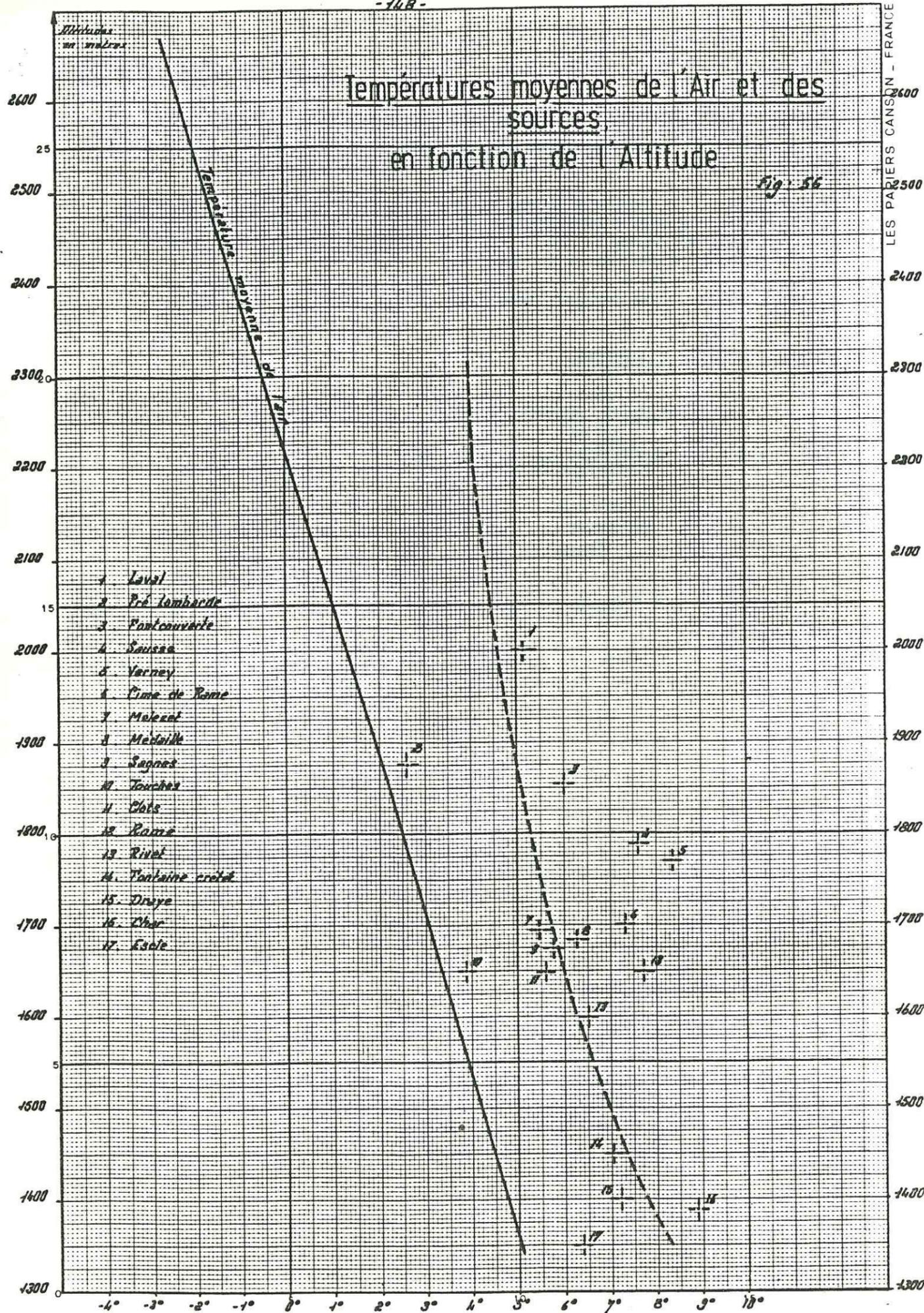
$$r \frac{Ca}{Mg} \qquad r \frac{SO_4}{Cl} \qquad r \frac{Na}{Cl}$$

Afin de pouvoir comparer entre elles, les différentes analyses chimiques, nous avons employé le diagramme de Schoeller -Berkaloff. Ce diagramme comporte plusieurs échelles logarithmiques sur lesquelles, on porte les teneurs des principaux ions en mg/l.. Ces échelles sont disposées de telle sorte, par rapport à celle des meq/l figurée de part et d'autre, que le même point soit représentatif dans les 2 systèmes d'unité. Les points reportés sont ensuite reliés par une ligne brisée qui visualise la minéralisation et facilite les comparaisons et les classements.

II - Caractères généraux des émergences.

1 - Relation température - altitude (fig n° 56)

Sur la figure n° 56, nous avons représenté les courbes définissant la température moyenne annuelle de l'air, en fonction de l'altitude pour le bassin versant de la Clarée. Nous avons ensuite reporté la température moyenne annuelle de chaque source étudiée, en fonction de son altitude.



D'une manière générale, la température des émergences est plus élevée de 1 à 2 degrés que celle de l'air au même endroit. Ceci est dû au manteau nival, qui amortit l'effet des températures fortement négatives, et qui joue de ce fait, le rôle d'isolant thermique.

Remarquons que, pour une même altitude, on obtient des écarts de 1 à 2 degrés entre diverses sources. Ceci est dû principalement à l'influence de l'exposition. Les sources de l'adret présentent des températures moyennes annuelles supérieures à celles des sources de l'ubac. (Exemple = entre les sources des Clots, Melezet et Touches situées sur le versant Nord, et les sources de Rame et de Cime de Rame, situées sur le versant Sud, à la même altitude, de part et d'autre de Nevache, il existe une différence de 1 à 2°).

2 - Relation Resistivité -Minéralisation globale (fig n 57).

Sur la figure n° 57, nous avons reporté la résistivité de chaque échantillon analysé, d'eau de source en fonction de sa minéralisation globale exprimée en milliéquivalent par litre.

Nous constatons, dans un premier temps, que les eaux du bassin versant de la Clarée sont très différentes, car elles peuvent être très ou presque pas minéralisées.

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

La courbe semble admettre 2 asymptotes pour $y = 500 \Omega/cm$ et pour $x = 1,0 meq/L$. C'est dire que les eaux de minéralisation globale importante tendent vers des résistivités semblables (comprises entre 800 et 500 Ω/cm), tout comme celles de résistivité élevée, vers une semblable et faible minéralisation globale (entre 1 et 1,5 meq/l..).

Dans la première partie de la courbe, un accroissement de 1000 Ω/cm correspondra à une augmentation de 0,4 meq/l en moyenne.

Par contre, dans la seconde partie, un même accroissement de 1000 Ω/cm correspondra à une augmentation de 4 meq/l en moyenne. (donc 10 fois plus, en moyenne, que dans la première partie).

Ceci est intéressant, car les faibles variations seront plus facilement mises en évidence.

Il existe donc bien, une relation entre la minéralisation globale et la résistivité des eaux de source ; et la résistivité diminue de moins en moins vite quand la minéralisation augmente.

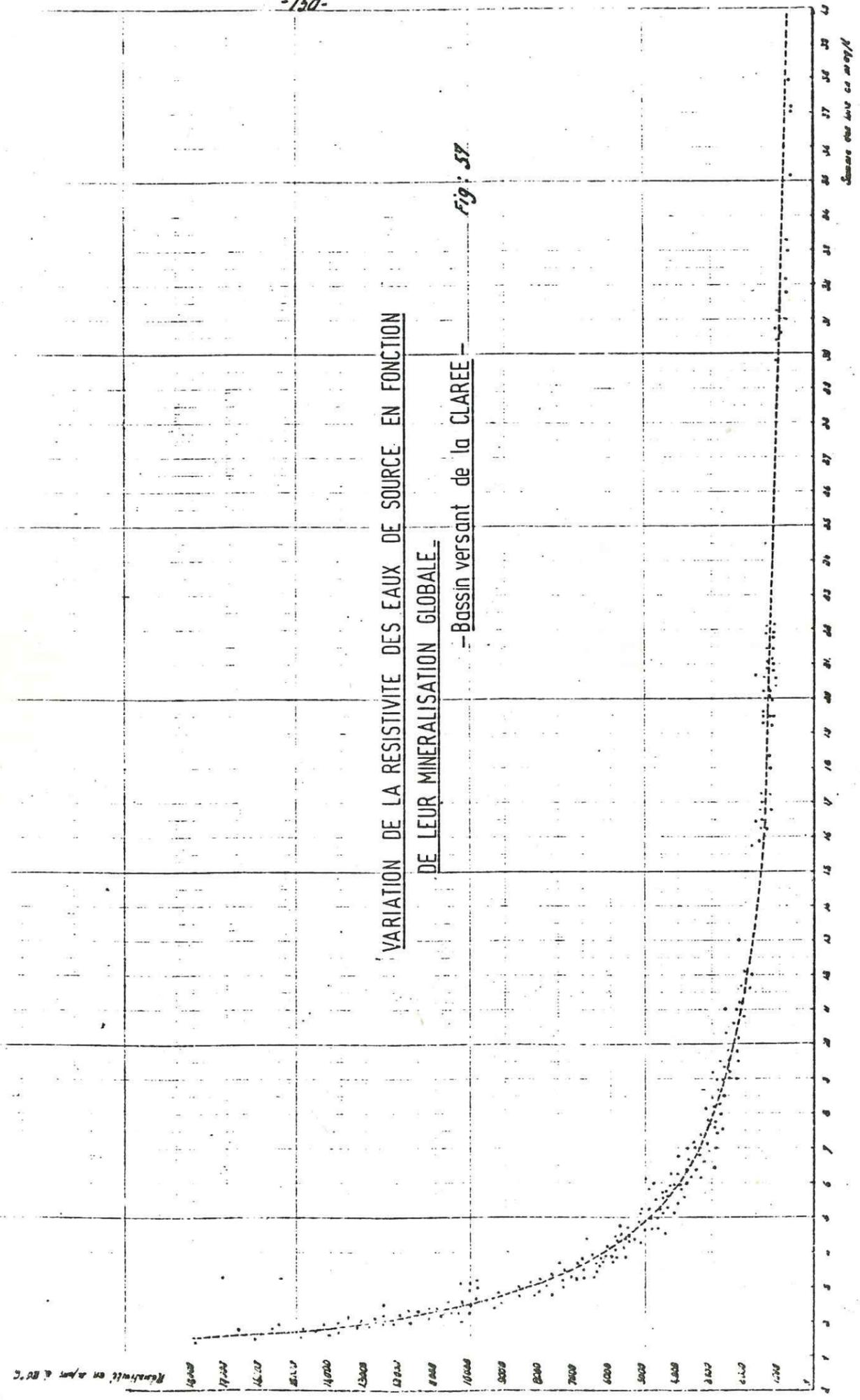
3- Relation Resistivité -Titre hydrotimétrique total (THT) (fig n° 58)

Les eaux des émergences du bassin versant de la Clarée, présentent une grande diversité chimique. Aussi, avons nous essayé de relier d'une manière générale la résistivité à la concentration en calcium, magnésium, bicarbonate et sulfate (Ces 4 termes entrent pratiquement pour 98% dans la composition chimique de chaque source). Vu la nature très différente des terrains d'où sont issues les sources (Houiller, Trias, Quaternaire), il nous a été impossible de dresser une loi générale : Résistivité - anion (bicarbonate et sulfate).

VARIATION DE LA RESISTIVITE DES EAUX DE SOURCE EN FONCTION DE LEUR MINERALISATION GLOBALE

- Bassin versant de la CLAREE -

Fig. 57

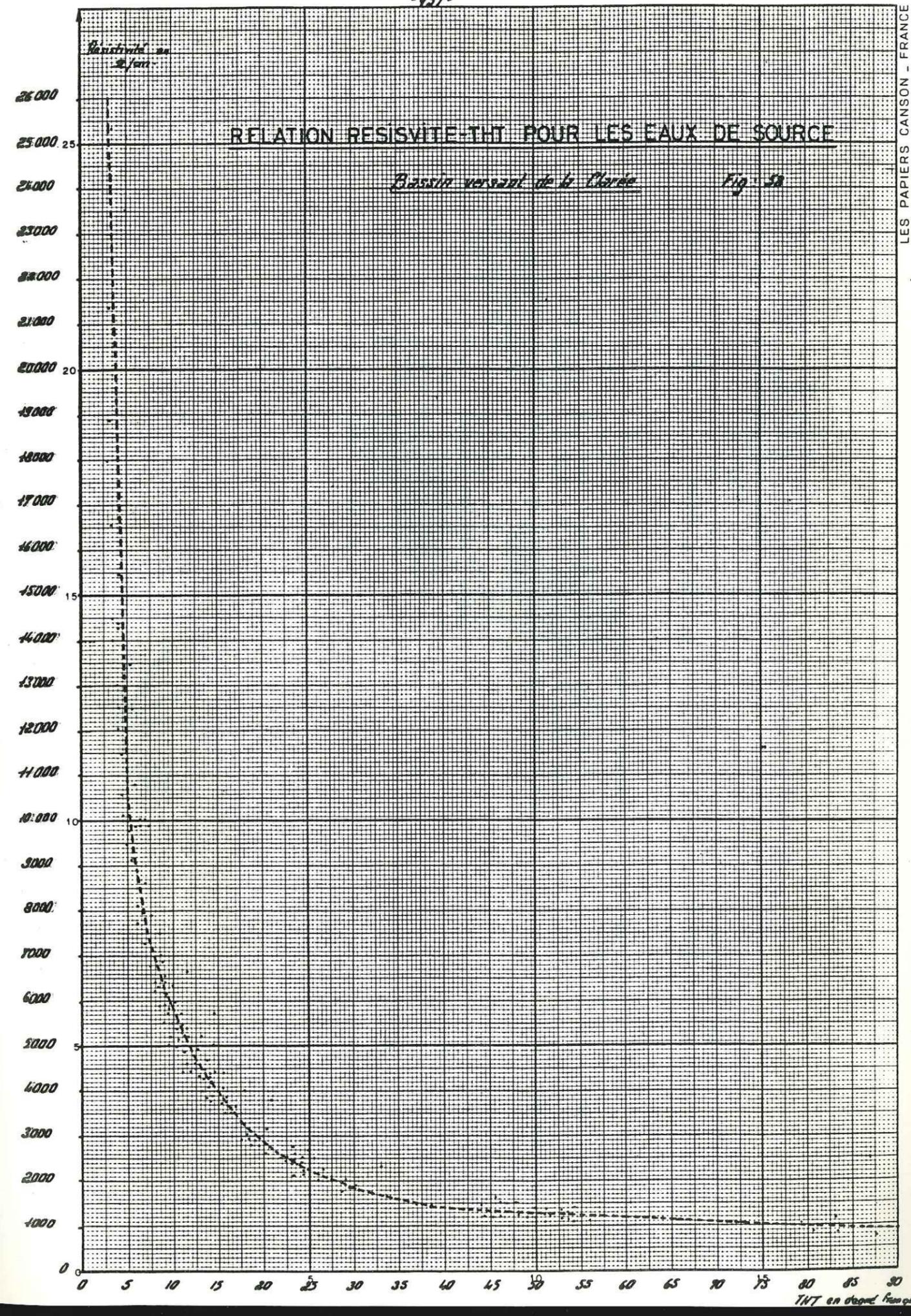


Summary des données de la page 150

RELATION RESISTIVITE-THT POUR LES EAUX DE SOURCE

Bassin versant de la Claree

Fig. 58



THT en degré Français

Par contre, la résistivité semble plus liée avec le titre hydro-timétrique total qui regroupe la teneur des ions Calcium et Magnésium (fig n°58). Cette loi paraît semblable à celle énoncée précédemment ; à savoir que la résistivité diminue de moins en moins vite quand le THT (c'est à dire la concentration des ions calcium et magnésium) augmente et qu'elle augmente de plus en plus vite quand le THT diminue.

III - Etude des émergences.

A - Sources du Substratum.

1 - Sources du Houiller.

Le houiller, comme nous l'avons vu lors de l'étude de la fracturation, est un terrain très peu perméable. Malgré la grande étendue de ses affleurements dans le bassin versant de la Clarée, seulement quelques petites sources en émergent.

Il se comporte, du point de vue hydrogéologique, comme le mur des formations aquifères supérieures quaternaires. En effet, les terrains houillers sont très souvent recouverts de moraines ou de matériel cryoclastique quaternaire, très perméable. C'est à leur contact, que l'eau va bien souvent émerger (voir plus loin).

Les schistes dupermocarbonifère sont imperméables et nous n'avons noté aucune source qui leur était directement liée.

En revanche, les conglomérats, et plus particulièrement les grès houillers, nous donnent quelques sources.

Nous en avons étudié plus précisément 3 : il s'agit des sources de Saint Jacques (N 30), de Laval (N 16) et du Verney (N14).

a) Localisation.

Ces 3 sources se situent en rive gauche de la Clarée.

- la source du Verney se trouve près du hameau du même nom, sur le versant de Soubeyranne. Son déversoir, 200 m plus bas, au niveau de la route Nevache - Laval, a été aménagé en une petite fontaine pour les promeneurs.

Ses coordonnées Lambert II sont :

X = 934,31 Y = 311,40 et Z = 1950 m.

- les sources de Laval et de St Jacques se localisent près des chalets de Laval, au terme de la route Nevache - Laval, sur le versant de la Cula, à proximité d'un sentier muletier.

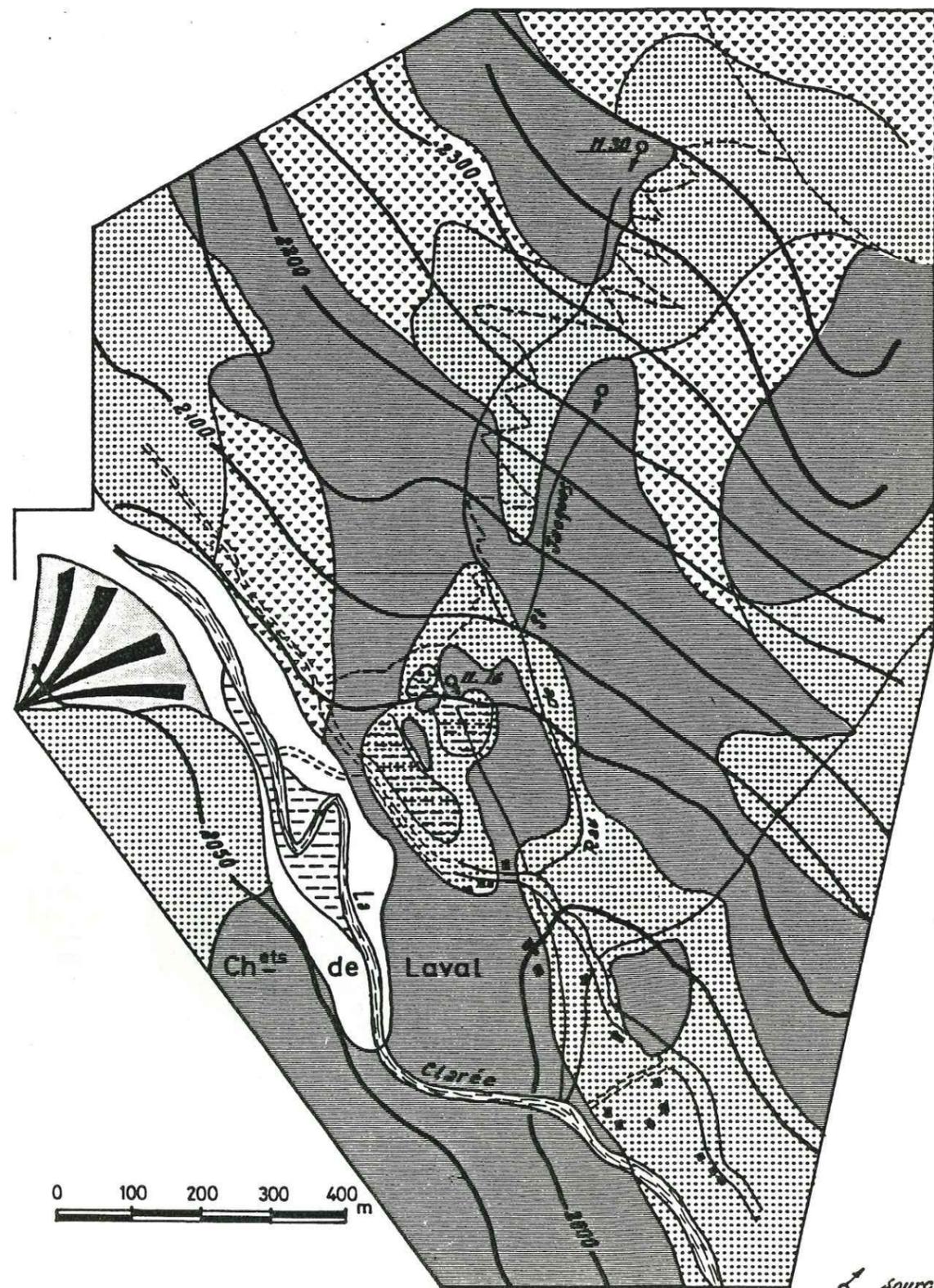
Leurs coordonnées Lambert II sont :

- source de Laval (N 16)
X = 929,89 Y = 315,31 et Z = 2090 m.

- source de St Jacques (N 30)
X = 930,12 Y = 316,01 et Z = 2390 m.

SOURCES DE LAVAL ET DE S^t JACQUES

Fig: 59



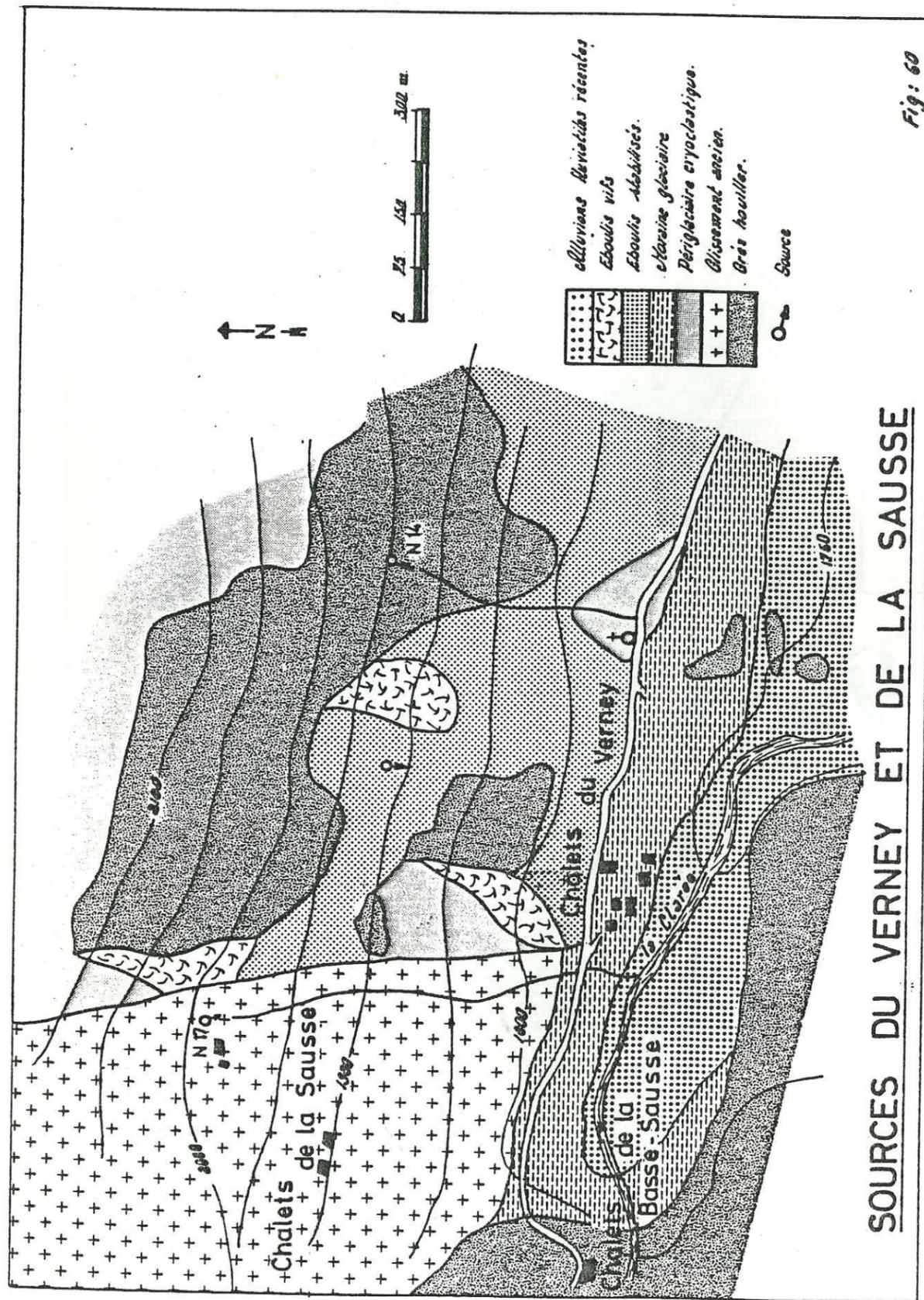


Fig: 60

b) Conditions d'émergence (voir fig n° 59 et n°60).

Les seules conditions qui permettent à l'eau, circulant dans les grès houillers, d'en sortir, sont des conditions tectoniques.

En effet, seule la fracturation de la roche permet l'émergence des eaux. Les grès houillers sont peu fracturés. Mais ce sont ces fractures, ces diaclases qui favorisent la pénétration, la circulation et la sortie des eaux.

En particulier, pour la source de Laval, nous avons mis en évidence 2 familles de fracturations principales de direction Nord 50° et Nord 150° et de pendage 60° Est et subvertical.

c) Les débits. (voir fig. n°61).

L'évolution annuelle des débits des sources de Laval et du Verney est semblable. Ils sont sensiblement constants durant l'année. L'étiage d'hiver est peu marquée et dure de Novembre à Février. La fonte des neiges influence légèrement ces sources qui voient leur débit augmenter sensiblement en avril.

En été, le débit de ces émergences se stabilise vers des valeurs proches de la moyenne (6,5l/s pour laval et 2 l/s pour le Verney). Le coefficient de variabilité est très faible, compris entre 2 et 3.

d) Les températures.

La température de ces eaux ne subit pratiquement pas l'influence de la température atmosphérique.

L'hiver est marqué par des températures sensiblement plus fraîches qui sont dues à la couverture neigeuse et à la présence de glace à l'intérieur des fractures.

La fonte de neige n'influence pas les variations de température. En été, elle se stabilise.

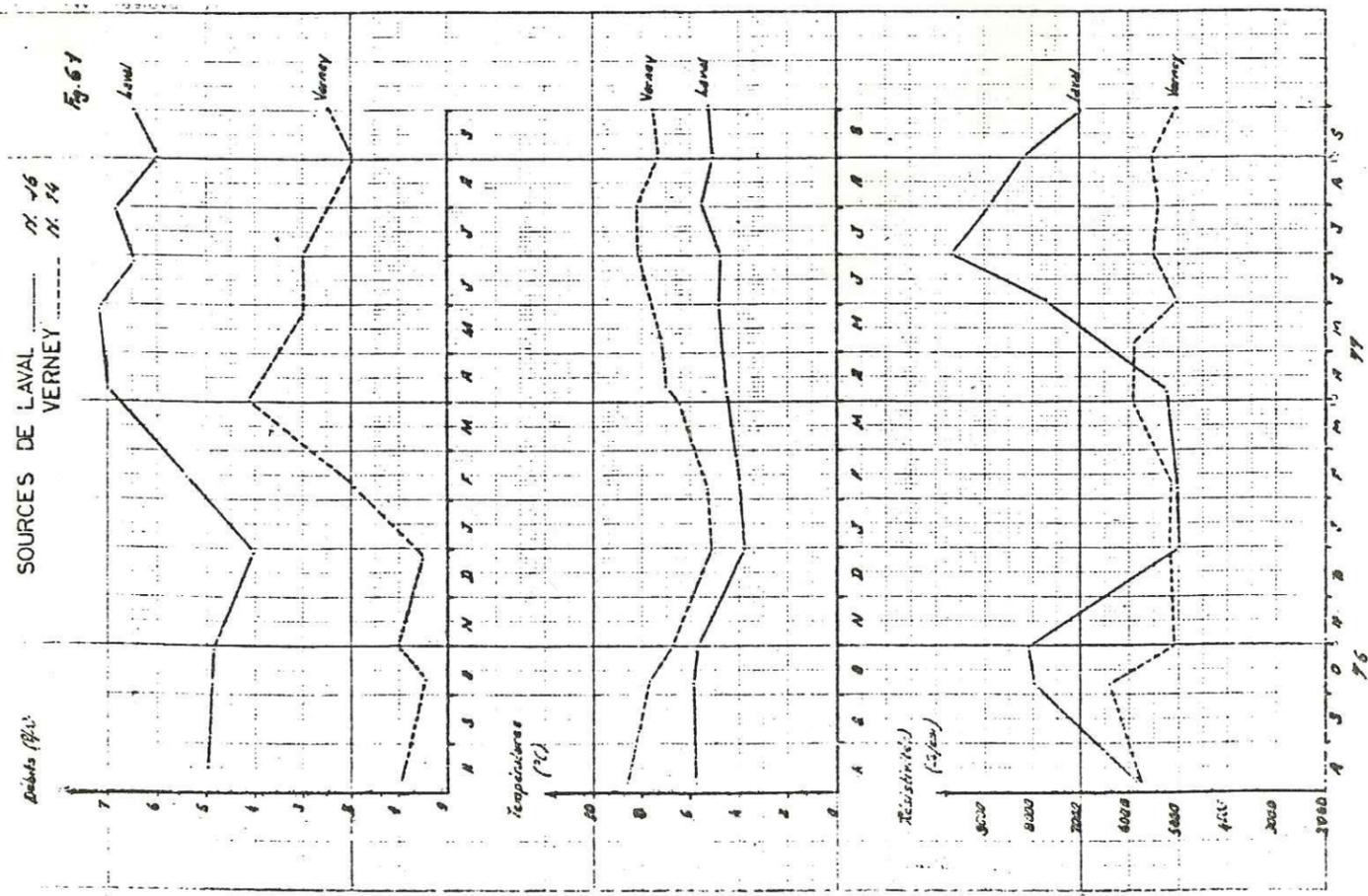
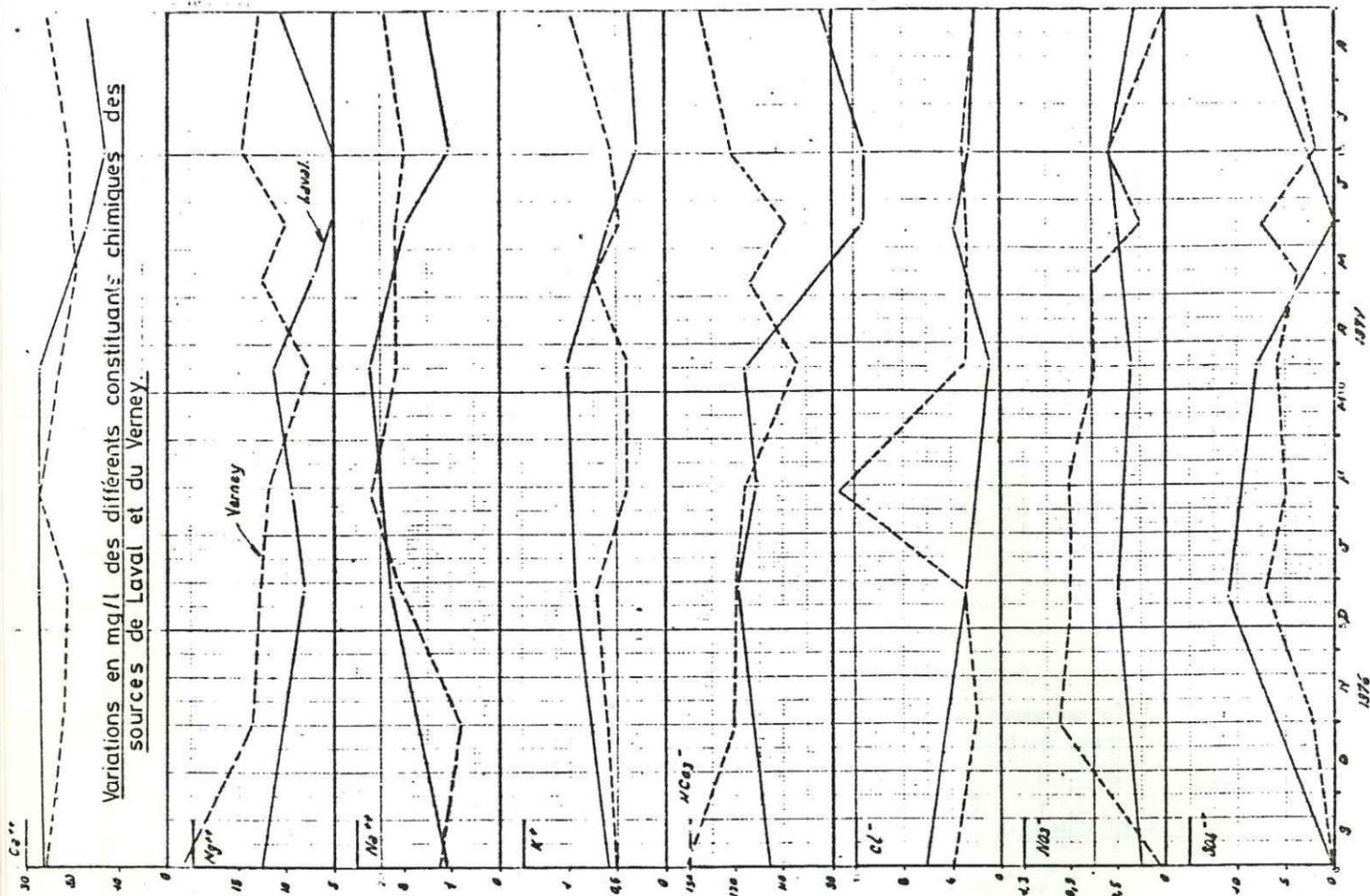
La température moyenne annuelle de la source de Laval est de 5°2 et celle du Verney de 7°. L'altitude joue un rôle prépondérant dans cette différence.

Ces sources possèdent donc, une température relativement constante peu influencée par les conditions extérieures.

e) Les résistivités.

Si la source du Verney ne subit pas de grandes variations de résistivité durant l'année, il n'en est pas de même pour celle de Laval.

En effet, cette source présente une faible résistivité (voisine de 5.000 Ω /cm) en hiver, qui va augmenter au printemps, afin d'atteindre un maximum (9700 Ω /cm) fin juin. En été, elle va se stabiliser en décroître. C'est dire que l'alimentation principale et profonde de cette source se fait en hiver. L'eau, stockée en automne, après avoir lessivé la roche encaissante (cela se retrouve dans le détail des différents éléments chimiques : voir plus loin), est restituée en hiver. En été, l'alimentation se fait principalement par des précipitations qui ressortent assez rapidement. Ce qui expliquerait ces très fortes résistivités. Le processus semble se continuer d'une année sur l'autre.



La source du Verney, quant à elle, ne subit pas de grandes modifications. Mais l'allure générale reste voisine de la précédente avec un maximum de minéralisation en hiver et un minimum en début d'été.

La variabilité de cette source est voisine de 1000 Ω/cm.

La valeur moyenne de la résistivité est de 5.500 Ω/cm. (Celle de Laval est de 7.000 Ω/cm).

f) Constitution chimique (voir fig n° 61).

La minéralisation annuelle moyenne de la Source du Verney est légèrement supérieure à celle de Laval, mais les variations sont quasi-parallèles. Ces eaux ne subissent pas de grosses modifications pendant l'année.

La dureté totale oscille entre 5°5 et 12°.

La teneur en Calcium est constante pendant l'année et voisine de 25 mg/l. Celle en Magnésium subit quelques petites variations au printemps et en été.

Le rapport $r \frac{Ca}{Mg}$ est proche de 1,1 ; ce qui indique que les valeurs en Calcium et Magnésium sont très proches, et entrent pour autant dans la constitution chimique totale.

La teneur en Sodium est relativement élevée (voisine de 2 mg/l). Le TAC, se trouve compris entre 6° F et 12° F, avec une baisse très sensible de la teneur en bicarbonate au début de l'été.

Les chlorures, nitrates et sulfates ne subissent pas de grandes variations, hormis un pic très prononcé de Cl⁻ au mois de février pour la source du Verney.

$$1 < r \frac{SO_4}{Cl} < 2$$

Le PH est voisin de 7,9;8 pendant toute l'année.

La teneur en silice soluble semble élevée et constante (voisine de 6 mg/l). Les grès houillers sont assez siliceux, ce qui explique cette teneur relativement haute.

	PH	Résis- tivité	Unité	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Fe ⁺⁺	SiO ₂
Source du Verney	7,9	5500 Ω/cm	mg/l meq/l	22 1,09	13 1,07	2,0 0,09	0,6 0,02	120 1,96	4 0,11	0,75 0,01	5 0,10	0	6,5 0,22
Source de Laval	8,0	7000 Ω/cm	mg/l meq/l	20 1	10 0,83	2 0,09	0,6 0,02	115 1,88	2 0,66	0,35 0,006	5 0,1	0	4 0,13
Source de St Jacques	8,1	7500 Ω/cm	mg/l meq/l	21 1,04	10 0,83	0,45 0,02	0,4 0,01	106 1,74	2 0,06	0,6 1	8 0,17	0	5 0,17

g) Conclusion.

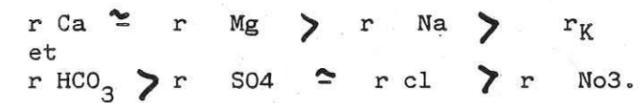
Ces eaux issues des grés et conglomérats du houiller sont bicarbo-
natées calcico-magnésiennes avec des teneurs en sodium importantes par rapport aux autres
eaux du bassin versant.

Elles ne subissent pas de grandes variations annuelles.

Elles émergent, à la faveur de petites failles ou diaclases.

Leur débit est constant et moyen.

Les formules chimiques caractéristiques sont les suivantes :

2 - Sources des Quartzites.

Nous trouvons ce type de sources à la base des Quartzites Werfeniennes,
bien souvent au contact avec la formation susjacent. La source haute de la Clarée, au seuil
des Rochilles est issue de quartzites, dont les eaux, avant d'alimenter le petit lac de la
Clarée filtrant à travers des éboulis de la même formation.

2 autres sources importantes émergent à proximité de Nevache, au
contact quartzite - calcaire dolomitique.

Il s'agit des sources de Rame et de Cime de Rame.

a) Localisation.

Ces 2 sources se trouvent en rive gauche de la Clarée, à environ
300 m de la route Nevache - Laval, à la sortie du village de Nevache, à proximité du torrent
du Vallon.

Les coordonnées Lambert II sont :

- Source de Rame (N 12)
X = 935,84 Y = 311,06 et Z = 1.660 m.

- Source de Cime de Rame (N 11).
X = 935,88 y = 311,16 et Z = 1.700 m.

Ces 2 sources ont été captées pour l'alimentation de Nevache.

Les conduites d'aménées franchissent le torrent du Vallon, sujet à
de nombreuses crues, par un petit pont spécialement construit à cet effet.

LES SOURCES DE RAME ET DE CIME DE RAME

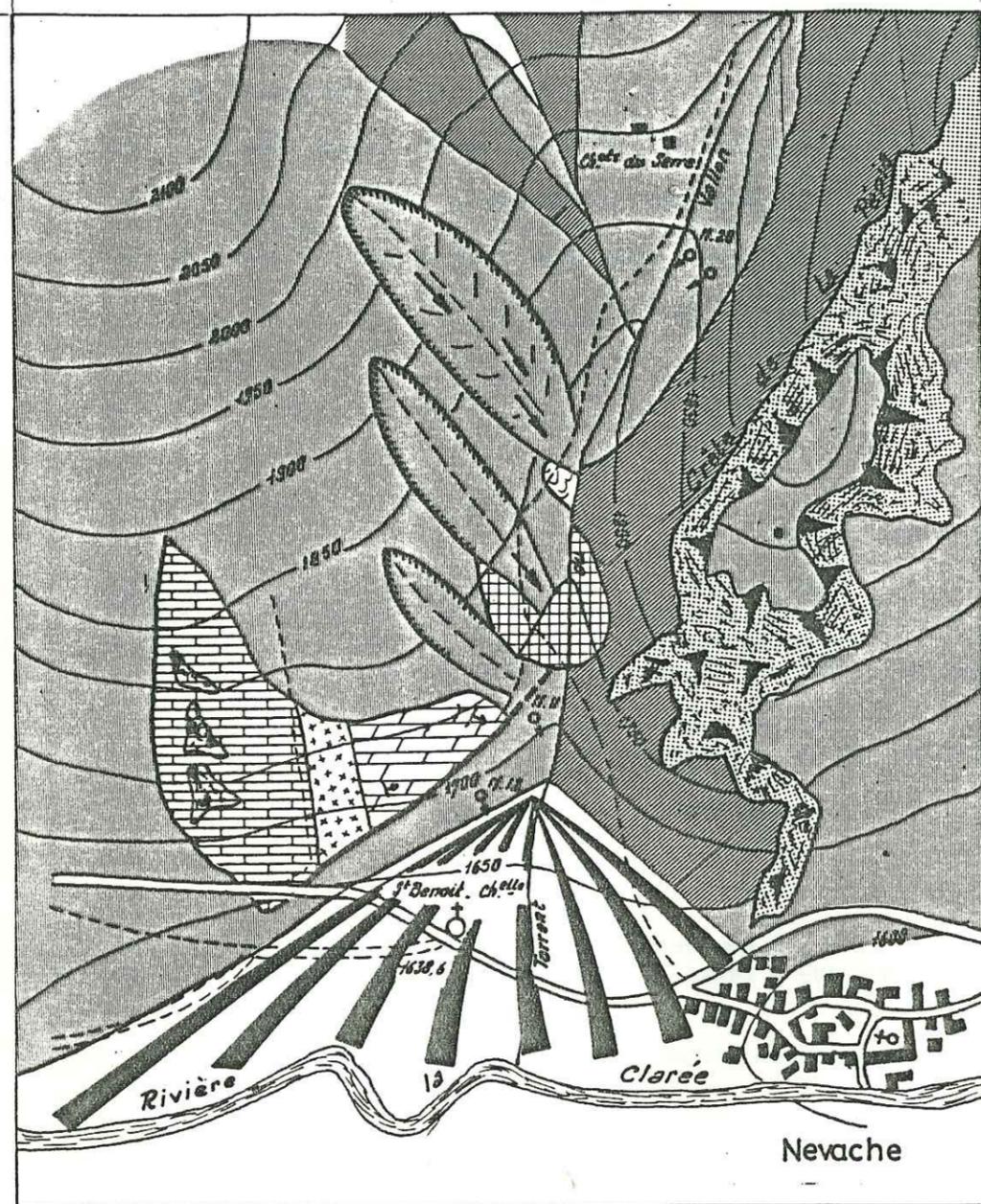
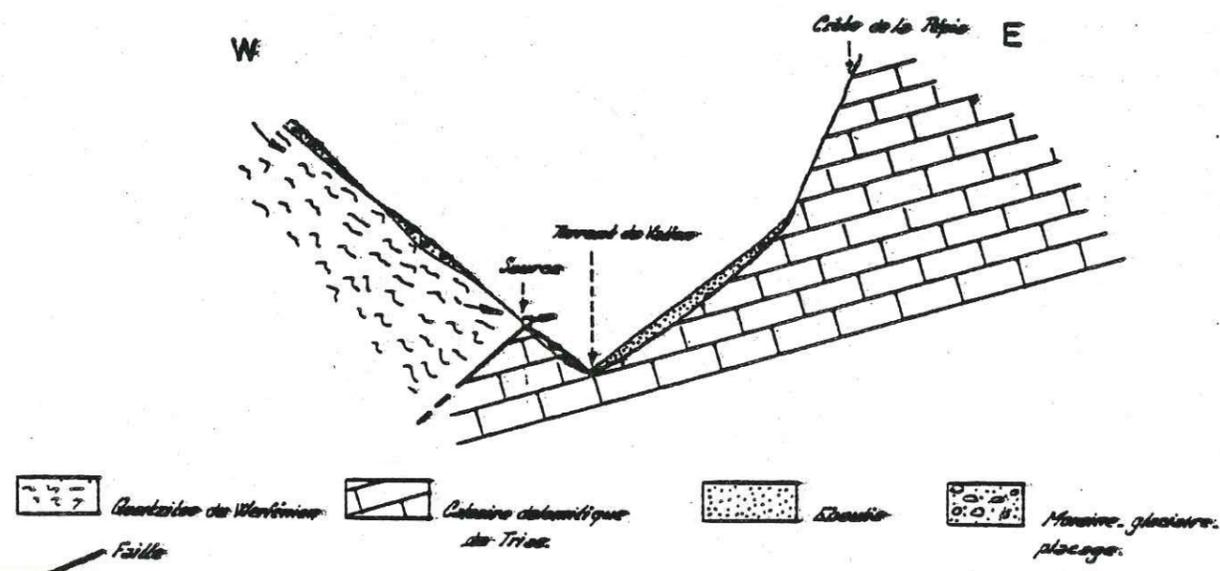


Fig: 63

b) Conditions d'émergence (voir fig n° 62).

Ces eaux émergent au contact d'une faille orientée Nord 45°, mettant en contact les quartzites werferniens à l'ouest et les calcaires dolomitiques triasiques à l'Est. Cette faille joue ici un rôle d'écran, puisque les eaux après infiltration et circulation dans les quartzites fracturés viennent buter contre cette faille. Elles ne peuvent donc entrer en contact avec les calcaires - dolomitiques, eux-mêmes, aquifère important. Elles se collectent donc le long de cette faille, avant d'émerger au niveau de placages morainiques peu épais (voir fig. n°63).



Conditions d'émergence des sources de Rame et de Cime de Rame.

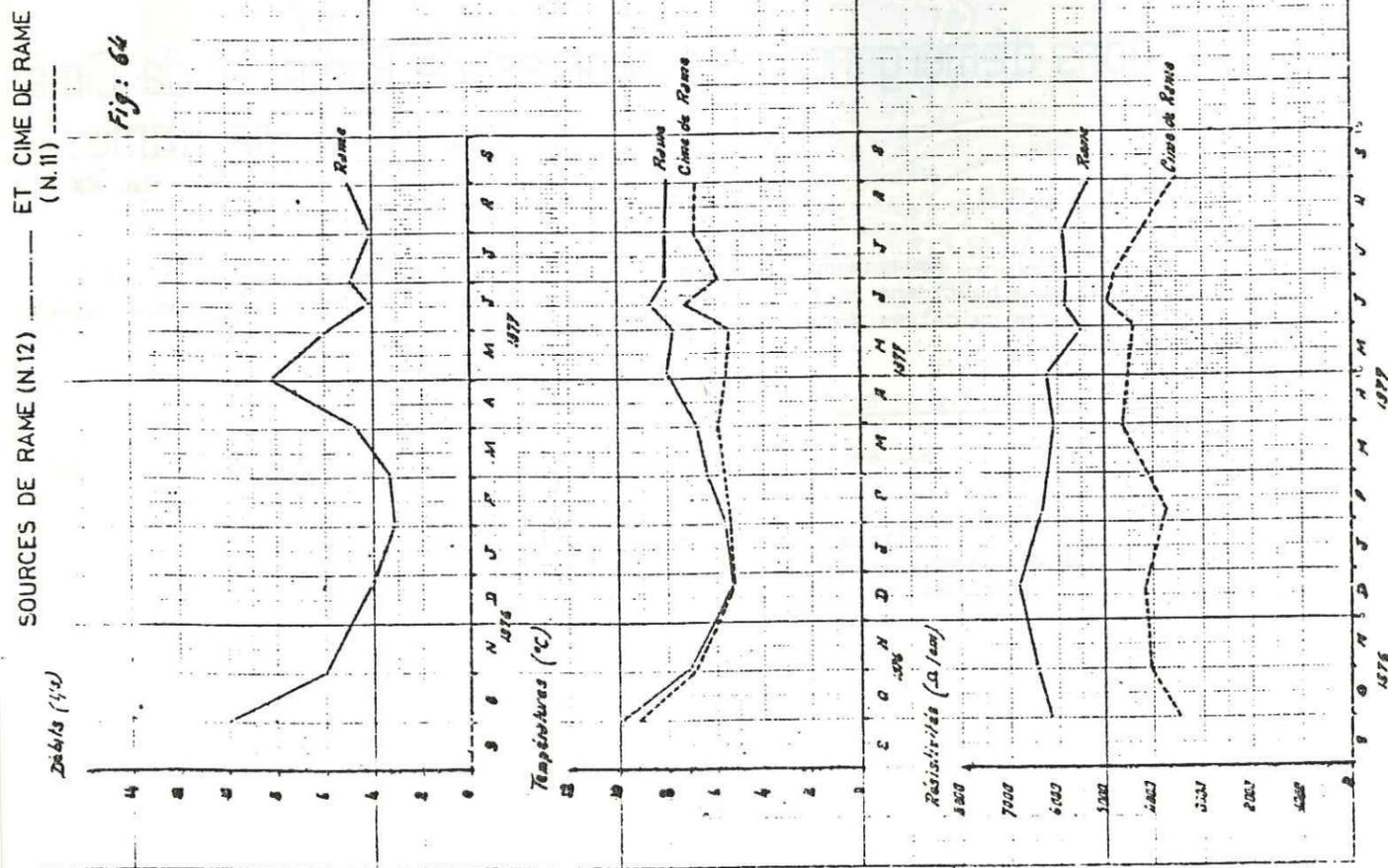
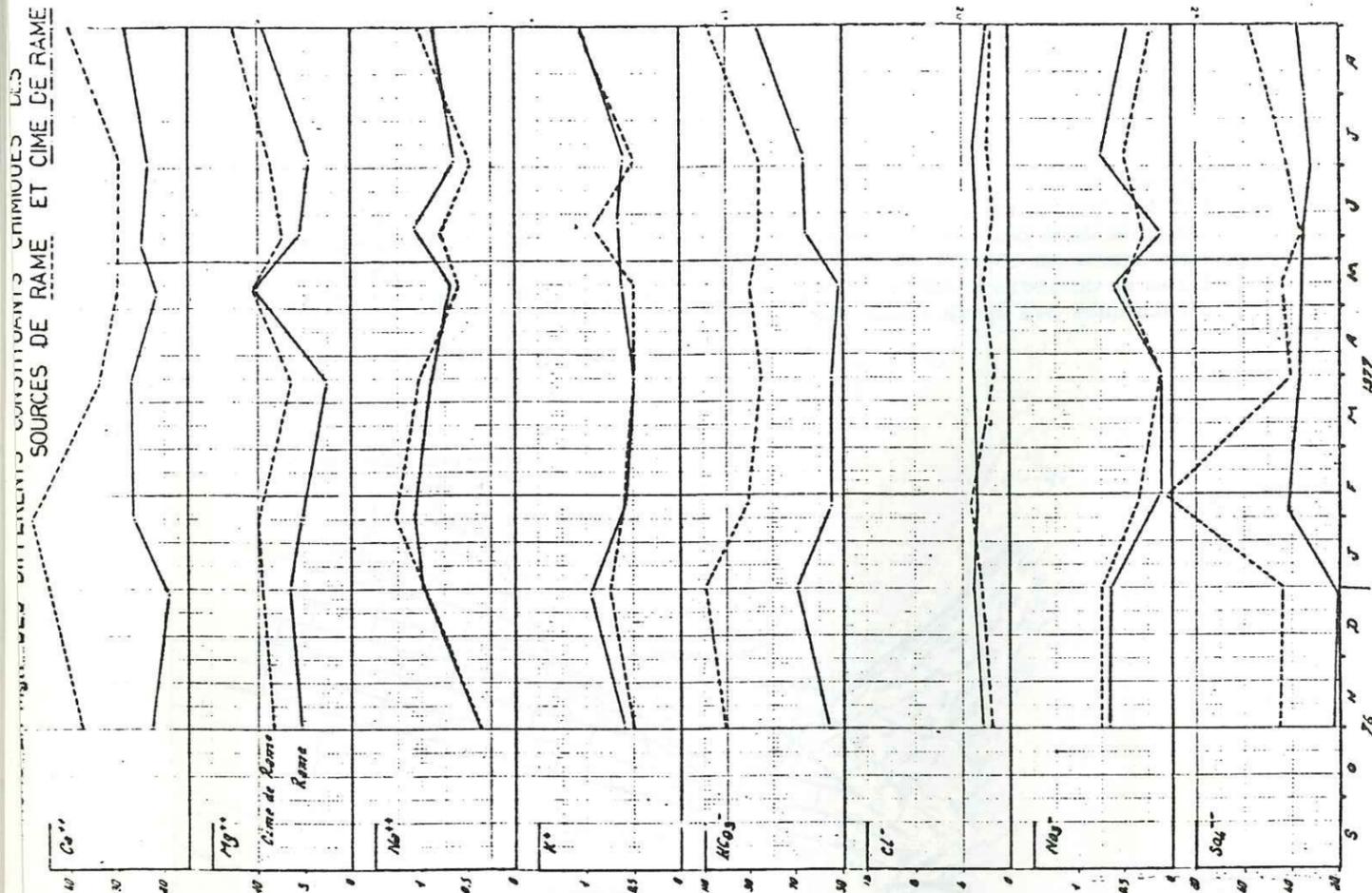
Fig: 63

Remarquons la présence de sources sur le versant Est de la crête de la Pepia, plus haut dans la topographie (sources du Serre N° 20), ce qui semble logique, vu le pendage des calcaires dolomitiques à cet endroit.

c) Les débits (voir fig n° 64).

Les débits moyens des 2 sources sont pratiquement semblables et de l'ordre de 4,5 l/s.

L'étiage d'hiver est relativement peu marqué (3,0 l/s). La fonte des neiges, au printemps, vient, en s'infiltrant dans les placages morainiques susjacentes, légèrement augmenter les débits de ces sources (débits voisins de 8 l/s).



Les débits d'été sont particulièrement constant, peu influençables et proches de la valeur moyenne annuelle.

Le coefficient de variabilité est faible, voisin de 3,5.

d) Les températures.

La température de ces eaux de source subit très légèrement l'influence de la température atmosphérique.

Les variations saisonnières des 2 sources sont semblables.

La température décroît jusqu'en décembre, afin d'atteindre un minimum voisin de 5°3, et effectue ensuite une remontée au début du printemps, pour se stabiliser fin avril, vers une valeur de l'ordre de 8° pour la Source de Rame et de 7° pour celle de Cime de Rame. Notons un pic de 1°, au mois de Juillet visible sur les profils des 2 sources.

La température moyenne annuelle est de 7°7, pour la source de Rame et de 7°3 pour celle de Cime de Rame.

Ces eaux subissent, donc, une faible variation annuelle, et une température relativement constante.

e) Les Résistivités.

Les Résistivités évoluent, normalement, en sens inverse des températures. Ainsi l'hiver est marqué par une résistivité plus élevée qu'en été. (Les eaux issues du manteau neigeux sont peu minéralisées, donc très résistantes).

En été, les résistivités semblent se stabiliser vers un palier.

Les variations annuelles atteignent une amplitude de 1.500 Ω/cm.

La valeur moyenne annuelle de la Source de Rame est de 6.000 Ω/cm. et celle de la source de Cime de Rame de 4.200 Ω/cm.

La première est moins minéralisée que la seconde et la différence de résistivité, assez constante est proche de 2.000 Ω/cm.

f) Constitution chimique (voir fig. n° 64).

Comme nous l'avons vu précédemment, la minéralisation de la source de Rame (3,7 meq/l en moyenne) est plus faible que celle de la source de Cime de Rame (5,4 meq/l en moyenne).

Néanmoins, les différents teneurs sont, dans les mêmes rapports, semblables. Les concentrations sont relativement constantes durant l'année.

Le pH est voisin de 7,9 - 8, pendant toute l'année.

La dureté totale varie de 7°5 à 11° pour la source de Rame et de 11° à 16° pour celle de Cime de Rame.

La teneur en calcium augmente à la fin de l'hiver pour se stabiliser au début du printemps. Celle en magnésium suit les mêmes variations : $r \frac{Ca}{Mg} = 2,5$.

Les sulfates sont relativement abondants et constants (de l'ordre de 30 mg/l pour Rame et 45 mg/l pour Cime de Rame).

Remarquons pour la source de Cime de Rame un pic important au mois de février.

Les chlorures sont constants pendant toute l'année (2,5 mg/l)

$$r \frac{SO_4}{Cl} = 10$$

La teneur en silice est relativement élevée, comprise entre 5 et 6 mg/l ; ce qui s'explique par la percolation des eaux au sein des quartzites riches en quartz et par conséquent en silice.

	Source de CIME DE RAME.		Source de RAME.	
Résistivité	4.200 Ω /cm		6.000 Ω /cm	
Ph	7,9		8,0	
Unités	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	35	1,74	25	1,24
Mg ⁺⁺	9	0,74	6	0,49
Na ⁺	0,75	0,03	0,75	0,03
K ⁺	0,75	0,02	0,75	0,02
HCO ₃ ⁻	85	1,4	60	1
Cl ⁻	2,0	0,06	2,8	0,08
NO ₃ ⁻	0,5	0,01	0,5	0,01
SO ₄ ⁻	45	0,94	30	0,6
FE ⁺⁺				
Sio ₂	5	0,17	6	0,20

g) Conclusion.

Ces eaux, circulant au sein des quartzites werfeniens, arrêtés par une faille écran permettant leur émergence, sont bicarbonatées calciques avec des teneurs importantes en sulfate et silice dissoute.

Les formules chimiques caractéristiques sont les suivantes :

$$r Ca > r Mg > r Na > r K$$

et

$$r HCO_3 > r SO_4 > r Cl > r NO_3..$$

3 - Sources des calcaires dolomitiques.

Les calcaires dolomitiques triasiques de la zone Briançonnaise, sont, comme nous l'avons vu plus haut, très fracturés. L'infiltration abondante sur le sommet et les flancs des massifs provoquent des circulations importantes, accompagnées d'une grande dissolution de l'aquifère. La majeure partie de l'eau, contenue dans les calcaires dolomitiques, émerge indirectement. En effet, l'eau, après avoir lessivé cette formation, sort bien souvent à la limite supérieure du niveau de base hydrogéologique dans des formations de couverture (cone d'éboulis - moraine - placages glaciaires - alluvions). Chaque type de sources sera étudié plus loin, dans leur rapport avec la nature de la couverture.

Les émergences directes, sont assez rares. Elles peuvent avoir lieu essentiellement à la faveur de certains contacts géologiques, ou à la faveur de certains accidents tectoniques plus ou moins importants. Ces sources se localisent au pied des massifs.

C'est le cas des sources du Rivet, des Ruines, des Gamattes au pied de la montagne de Peyrolle et de la petite source de la Médaille au pied de la Crête de la Pepia.

a) Localisation.

Les sources du Rivet (ou de l'Eycharla), des Ruines, et des Gamattes sont situées sur le territoire de la commune de Val des Prés, à l'ouest de ce village, en rive droite de la Clarée, sur le versant du Clot de la Cime et du Raou, au pied de la falaise calcaréo-dolomitique de Peyrolles.

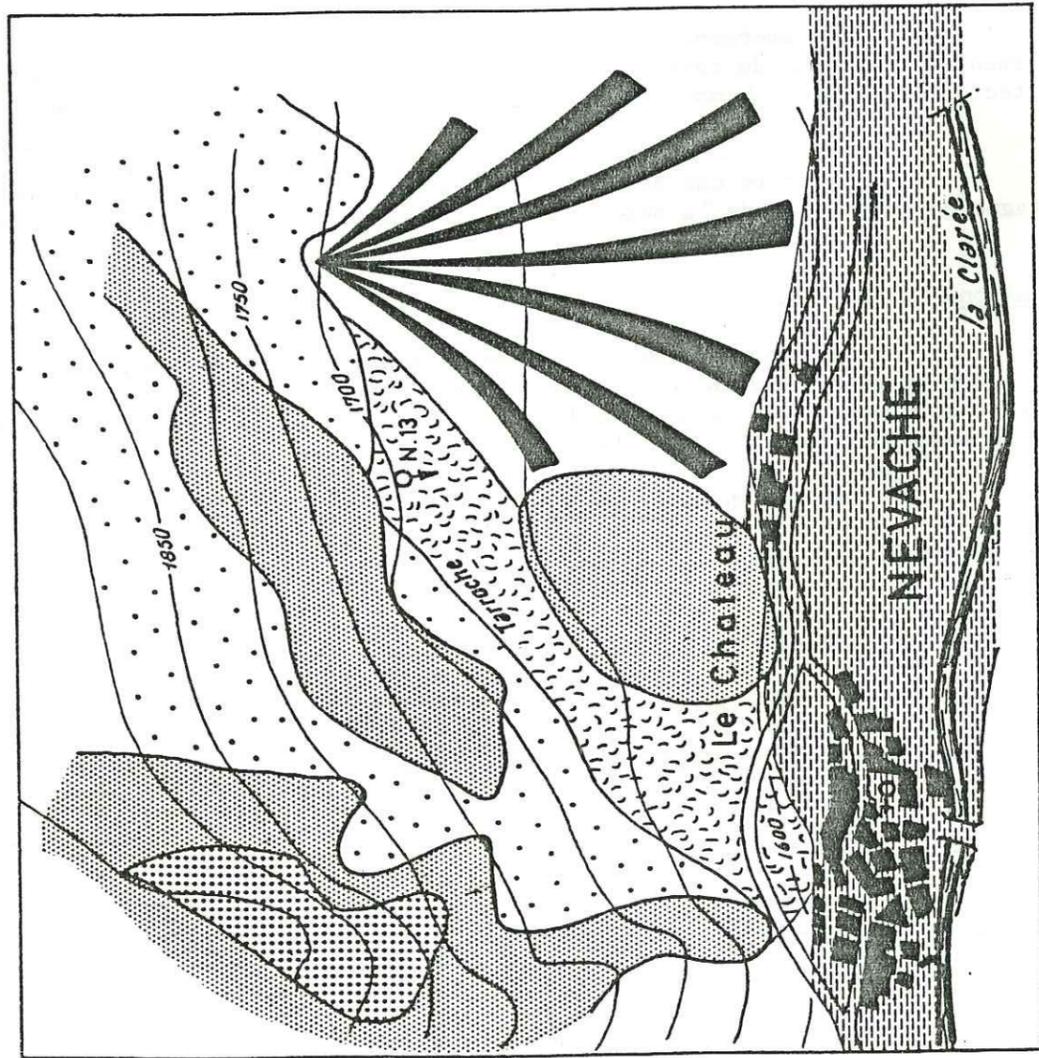
Les coordonnées Lambert II sont :

- Source du Rivet (V 3)
X = 941,77 Y = 302,88 et Z = 1.600 m.
- Sources des Ruines (V5a et V5b)
... X = 941,62 Y = 302,69 et Z = 1.770 m.
... X = 941,61 Y = 302,62 et Z = 1.710 m.
- Source des Gamattes (V6).
X = 941,11 Y = 303,75 et Z = 1.780 m.

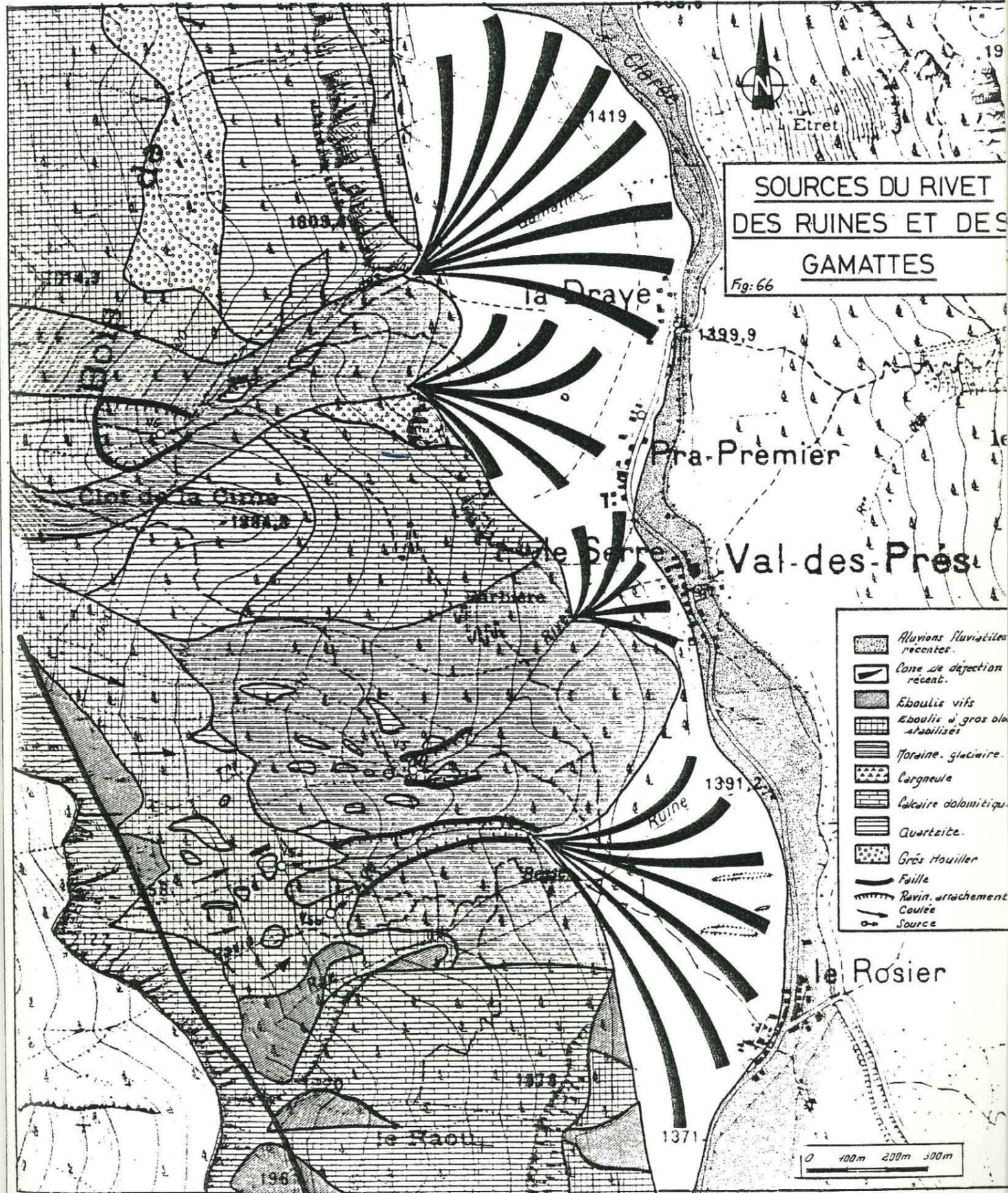
La source du Rivet a été captée en 1939 pour l'alimentation du village de Val des Prés. Celles des Ruines et des Gamattes avaient été étudiées en 1933, en vue d'un captage pour la ville de Briançon afin d'abaisser le THT des eaux de la source de la Draye, captée par la même alimentation (voir plus loin : source de la Draye).

SOURCE DE LA
MEDAILLE

Fig: 65



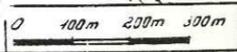
- Alluvions fluviales récentes.
- Éboulis récents.
- Éboulis fins, colonisés par la végétation.
- Moraine glaciaire.
- Cône de déjection ancien, fixé.
- Calcaire dolomitique.
- Source.



SOURCES DU RIVET
DES RUINES ET DES
GAMATTES

Fig: 66

- Alluvions fluviales récentes.
- Cône de déjection récent.
- Éboulis récents.
- Éboulis à gros blocs stabilisés.
- Moraine glaciaire.
- L'argente.
- Calcaire dolomitique.
- Quartzite.
- Grès houiller.
- Faille.
- Ravin, attachement.
- Coulee.
- Source.



La source de la Medaille se situe sur la commune de Nevache, au Nord du hameau du Chateau, sous la crête calcaréo-dolomitique de la Pepia, au lieu-dit Tarroche.

Les coordonnées Lambert II sont :

X = 936,69

Y = 311,34

et Z = 1.680 m.

b) Conditions d'émergence. (voir fig. n° 65 et 66)

Les conditions d'émergence sont à notre avis, de nature tectonique. En effet seules des fractures permettent la sortie de ces eaux, qui normalement devraient émerger plus bas ; le niveau de base hydrogéologique des formations triasiques se situe pratiquement au niveau de la rivière.

Nous avons relevé au point de vue fracture, pour la source Nord des Ruines (V5a) une faille orientée Nord 90° subverticale, d'où émergent ces eaux, pour la source des Gamattes une fracture également subverticale orientée Nord 80°. C'est dire que dans ce secteur de la montagne de Peyrolles, les calcaires dolomitiques grisâtres et finement cristallins du Trias, aux couches orientées Nord 45° et pendant de 45° à l'Est, présentent une famille principale de fractures d'orientation générale nord 90° et subverticale par lesquelles l'eau peut en grande partie circuler à l'intérieur du massif, et par lesquelles elle peut en émerger.

Elle en émergera, d'ailleurs, d'une manière diffuse, comme pour les sources des Ruines, au niveau de placage d'éboulis à gros blocs provenant de l'écroulement des crêtes sommitales. Signalons que les habitants désignent par le terme très juste et expressif de "ruine", un terrain instable siège de ravinement et d'éboulement continus. Les matériaux morainiques tendres, accumulés à l'aval de ces sources, vont être fortement lessivés par ces eaux très agressives. Ces endroits sont le siège d'importants arrachements et de raviements. Ce sont ces petits ruisseaux qui ont édifié les vastes cones de déjection de la Draye et du Rosier.

c) Les débits (voir fig n° 67).

Seuls les débits de la source de la Medaille ont pu être mesurés dans des conditions favorables.

Ils mettent, cependant, en évidence, une constance annuelle.

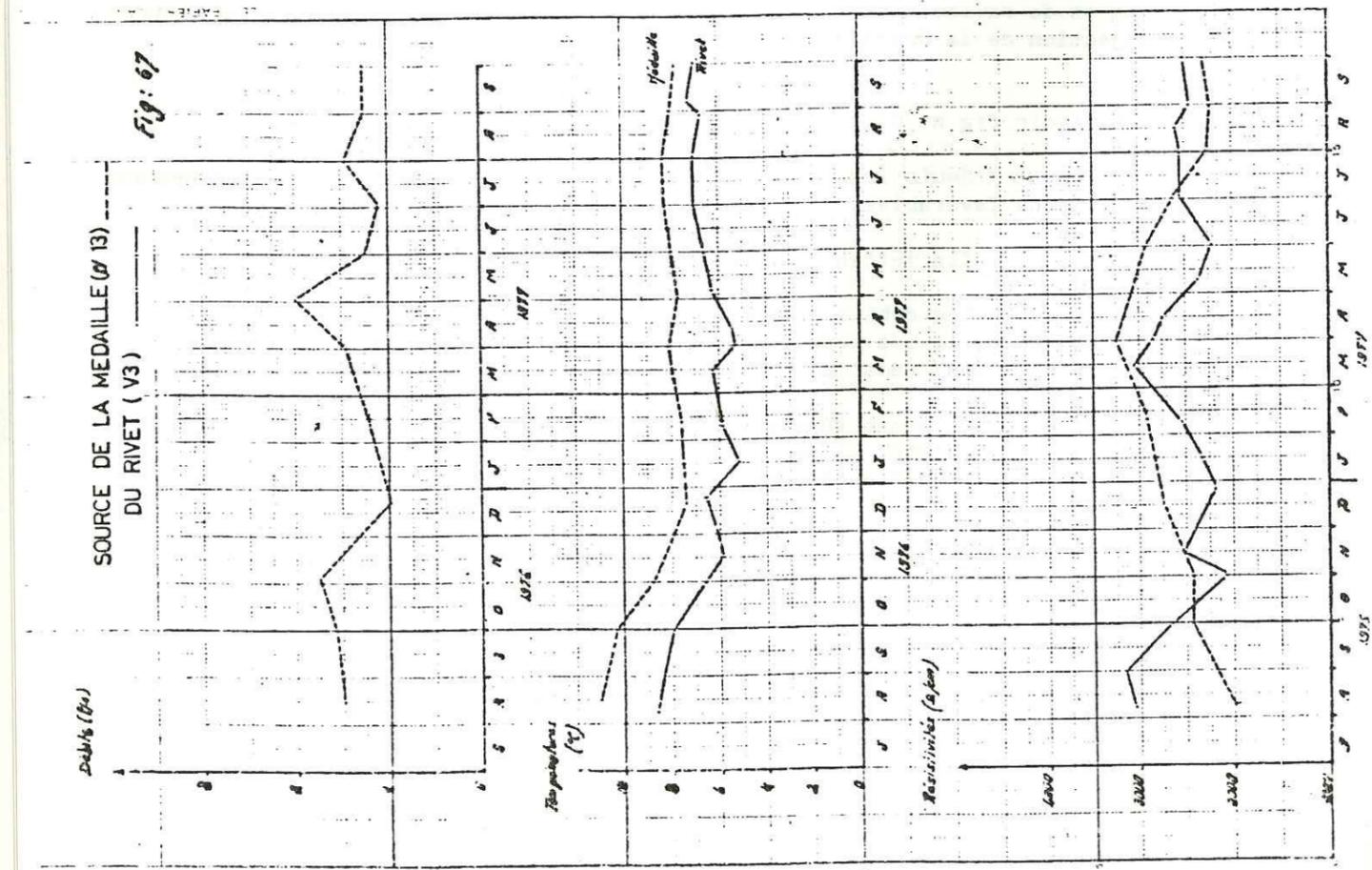
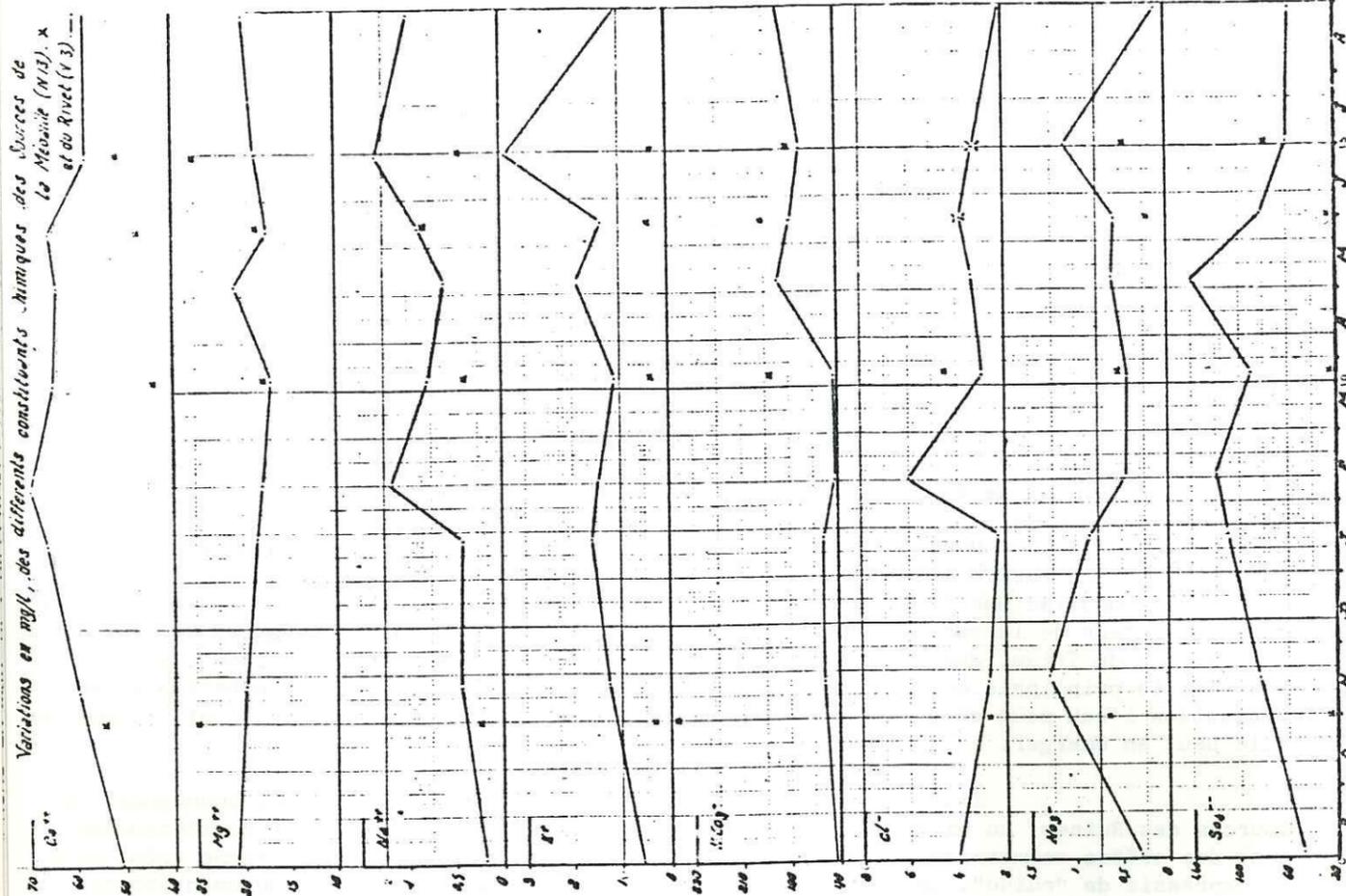
Les débits s'écartent peu de la valeur moyenne (1,51/s pour la source de la Medaille, 12 l/s pour les 2 sources des Ruines, 8 l/s pour celle du Rivet et 10 l/s pour celle des Gamattes).

Ils sont sujets à un léger étiage d'hiver (1 l/s pour la Medaille), et paradoxalement à un d'été. La petite crue de printemps est due, sans aucun conteste, à l'apport rapide du produit de la fusion de la neige, et de la glace dans les fractures.

Le coefficient de variabilité est très faible puisque voisin de 2.

d) Les températures.

La constance des températures témoigne de circulations relativement profondes.



En effet, la température de la Source de la Médaille oscille autour de 8°C et celle du Rivet autour de 7°C. (Bien que la Source de la Médaille soit plus haute en altitude que celle du Rivet (100 m), la température moyenne des eaux est plus forte. Ceci est dû à un effet de versant. En effet, la Médaille est située au versant chaud : l'adret et le Rivet, au versant froid : l'ubac.

La température de ces eaux ne subit à aucun moment de l'année l'influence de la température de l'air. En effet, les températures d'hiver sont semblables à celles d'été.

Notons que la température moyenne annuelle des eaux de 76 à 77 va en se redroissant. Il existe, en effet, un écart de 1 à 2° entre aout 76 et aout 77 pour les 2 sources. C'est dire que la température de l'alimentation va vers un rafraichissement.

e) Les résistivités.

La courbe des variations de résistivités confirme celle des débits. Elles sont parallèles. En effet, les apports pluviométriques ou nivométriques se traduisant par une augmentation sensible de débits, provoquent des diminutions de la minéralisation (printemps). (ce qui est tout à fait normal, les eaux de pluies étant très peu minéralisées) Mais, d'une manière générale, ces eaux issues des calcaires dolomitiques ne subissent pas de grandes variations de la résistivité.

La résistivité moyenne annuelle de toutes les eaux provenant de tels massifs, est de 2.500 Ω /cm, ce qui témoigne d'une minéralisation moyenne (10 meq/l).

f) Constitution chimique (voir fig n° 67).

Le pH est compris entre 7, 6 et 8,1..

La dureté totale de ces eaux est accentuée (entre 22° et 25°). Ceci est dû à la forte solubilité du calcium et du magnésium contenus dans les calcaires et dolomies du Trias.

Les teneurs en Ca^{++} et Mg^{++} sont sensiblement constantes durant l'année.

$r \frac{Ca}{Mg} = 1,2$; pour la Source de la Médaille (les formations triasiques à cet endroit sont en grande partie constituées de dolomies, ce qui explique la teneur élevée en Magnésium).

$r \frac{Ca}{Mg} = 2$; pour les sources de Val des Prés.

La teneur en Potassium est plus importante que celle en Sodium, ce qui est rare pour les eaux du bassin versant de la Clarée. Le TAC est voisin de 180, et la teneur en bicarbonate est constante avec cependant une légère augmentation au printemps. Les chlorures présentent un pic en février, sinon sont stables pendant l'année, voisins de 3 mg/l.

Les nitrates, aux teneurs notables sont proches de 0,75 mg/l.

La teneur élevée des sulfates est normale pour des eaux issues de roches riches en SO_4 .

L'évolution des sulfates semble liée à celle du Calcium.

En effet, les 2 courbes de variation sont parallèles.

Notons que le même phénomène se produit pour le Magnesium et les bicarbonates. Ces 2 types de courbes évoluent en sens inverse. C'est dire qu'à une augmentation de Ca^{++} et de SO_4^{--} , correspond une diminution de Mg^{++} et de HCO_3^- , et inversement.

Le rapport $r \frac{SO_4}{Cl}$ nous donne cet intervalle de variations :

$$10 < r \frac{SO_4}{Cl} < 19$$

La teneur en SiO_2 , est faible proche de 2,5 mg/l.

Valeurs moyennes annuelles

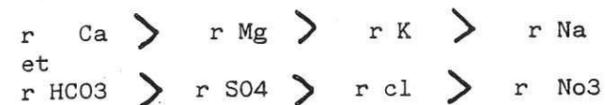
	Source de la Médaille.		Source du Rivet		Sources des Ruines.	
Résistivité	2.500 Ω /cm		2.500 Ω /cm		3.400 Ω /cm	
PH	7,9		7,8		8,0	
Unités	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca^{++}	50	2,5	65	3,1	38	1,9
Mg^{++}	25	2,1	18	1,5	17	1,4
Na^+	0,6	0,03	0,75	0,03	0,6	0,03
K^+	0,4	0,01	1,5	0,04	0,9	0,03
HCO_3^-	190	3,11	180	2,9	160	2,6
Cl^-	3,1	0,1	3	0,1	3	0,1
NO_3^-	0,4	0,06	0,75	0,01	0,70	0,01
SO_4^{--}	50	1,04	90	1,9	40	0,8
Fe^{++}	0,05	-	0	-	0	-
SiO_2	2,5	0,11	2,5	0,11	2,0	0,06

g) Conclusion.

Ces eaux sortant des calcaires dolomitiques du Trias, grâce à une fracturation abondante présentent des débits, températures et résistivités constants, témoins d'une circulation profonde.

Elles sont moyennement minéralisées, bicarbonatées calciques, de dureté accentuée, remarquables par leur teneur importante en sulfate de Magnesium.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :



4 - Sources des Gypses et des Cargneules.

Nous avons distingué les gypses et les cargneules, des calcaires dolomitiques, pourtant appartenant à la même époque triasique, car ces 2 types de roches présentent des caractères hydrogéologiques différents.

Ces roches peuvent être massives ou cavernueuses, solubles, plastiques gonflantes, donc sèches ou aquifères. Leurs affleurements sont relativement abondants dans la basse vallée de la Clarée. Leur position géologique est assez complexe. En effet, elles se situent souvent proches d'un contact tectonique mettant en rapport 2 grandes formations (comme calcaire dolomitique - houiller sur la bordure occidentale de la zone briançonnaise ou calcaire dolomitique - schistes lustrés sur sa bordure orientale). D'importantes sources se manifestent dans de telles circonstances et en particulier les sources de Fontaine Cretet, du Char, de l'Isclé, que nous étudierons.

Ces roches sulfatées ne possèdent pas de fracturation vraiment nette, mais sont souvent broyées par les violents efforts tectoniques. Ce broyage est accompagné de faibles circulations d'eau, qui peuvent se traduire par des suintements ou des toutes petites émergences. C'est le cas de la Source de la Maison Forestière du Robion.

a) Localisation

....Fontaine Cretet (ou Fontaine Napoleon).

La célèbre, Fontaine Crétet, serions nous tentés de dire, car Napoléon allant conquérir de nouvelles terres y fit boire son cheval, se situe au pied du col de Montgenèvre, à proximité de la R.N 94, sur le territoire de la commune de Montgenèvre, en rive gauche de la Haute Durance. Elle a été captée (par le hameau des Alberts) et aménagée en fontaine par l'intermédiaire d'un monument.

2 sources principales émergent à proximité du vieux chemin charretier de Montgenèvre (actuellement GR 5)

Les coordonnées Lambert II sont :

- Source captée de Fontaine Cretet (M1)

X = 943,60 Y = 300,60 et Z = 1.450 m

- Source haute, non captée, de Fontaine Cretet (M1a)

X = 943,75 Y = 300,65 et Z = 1.500 m.

....Sources du Char et de l'Isclé.

Ces 2 sources voisines, situées, pour celle du Char sur la commune de Val des Prés, et pour celle de l'Isclé sur Montgenèvre, émergent à proximité du camping du bois de Boulogne, et de la route reliant les Alberts au Rosier, en rive gauche de la Clarée.

La source du Char a été aménagée et reliée à un système de canaux d'arrosage bien utile en pays de montagne et notamment en briançonnais.

Celle de l'Isclie a également été aménagée afin d'alimenter un tout récent plan d'eau pour le camping du Bois de Boulogne.

Les coordonnées Lambert II de ces sources sont les suivantes :

-Source duChar (V2) X = 943,28 Y = 301,66 et Z = 1.400 m

-Source de l'Isclie (V8) X = 942,93 Y = 301,52 et Z = 1.370 m.

.... Source de la Maison forestière du Robion (N18).

Cette petite source, se trouve comme son nom l'indique à proximité de la Maison Forestière duRobion et du torrent du même nom, sur le territoire de la commune de Nevache. Elle est situé en rive gauche de la Clarée, tout près duchemin muletier reliant Nevache aux chalets des Thures, donc la Clarée à Vallée Etroite (actuel GR5). Elle a été captée et aménagée par l'O.N.F. en une petite fontaine pour promeneurs.

Ses coordonnées Lambert II sont :

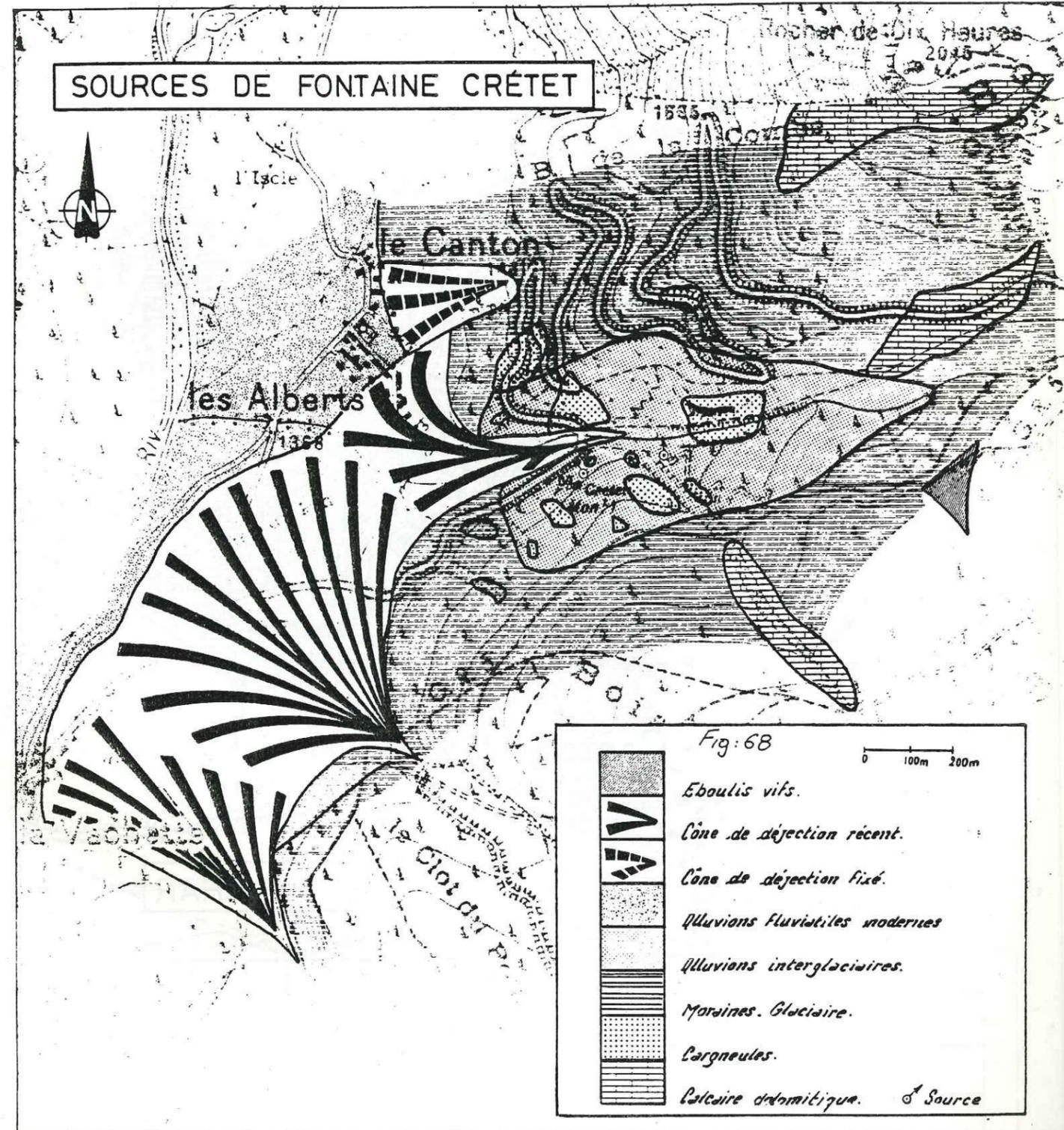
X =938,23 Y = 312,27 et Z = 1.748 m.

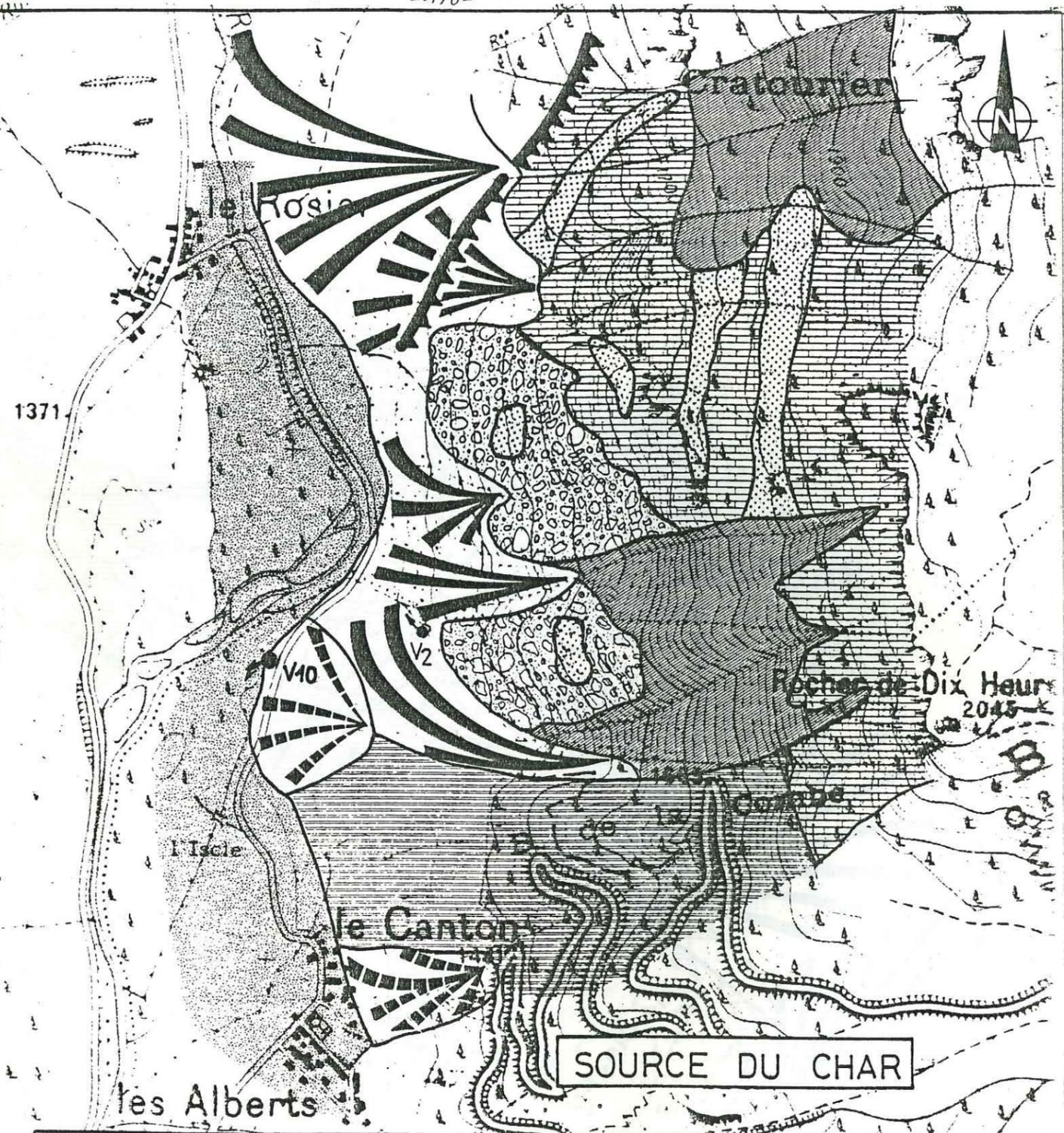
b) Consitions d'émergence. (voir fig n° 68 -69).

Comme nous l'avons vu plus haut, les conditions d'émergence sont de 2 types :

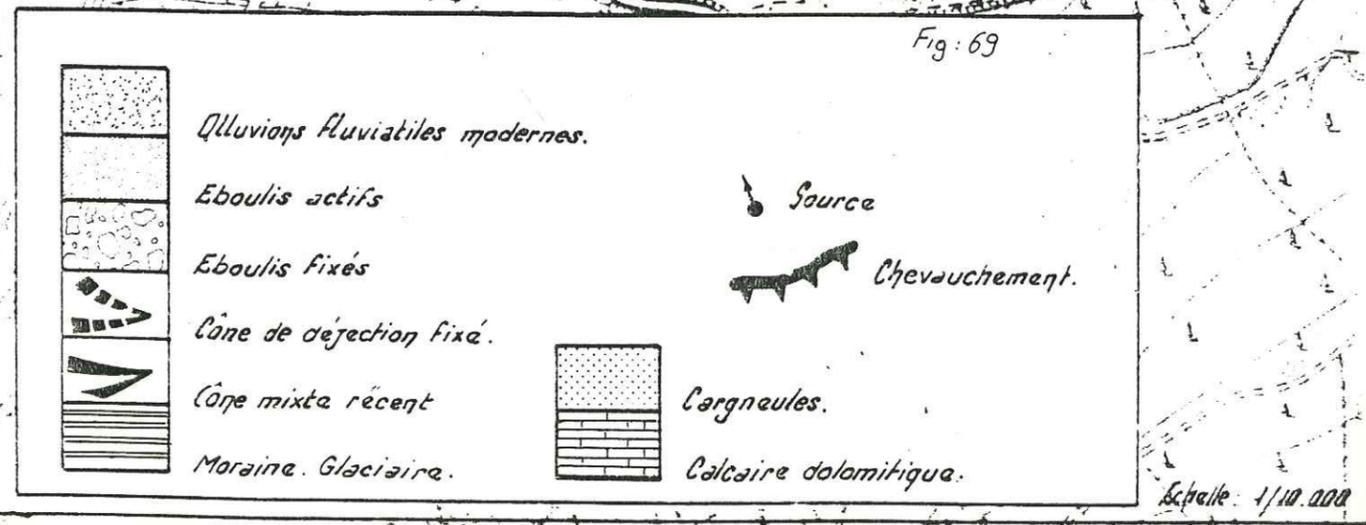
- Les gypses et cargneules au niveau de la maison forestière du Robion ont subi, suite au différents efforts tectoniques (décollement - chevauchement de couverture, failles) d'importants broyages. Ces roches caverneses, gorgées d'eau sont le siège de nombreuses circulations. A la faveur de cet écrasement, l'eau peut en émerger de façon très diffuse et donner d'importants suintements, qui une fois collectés, peuvent être considérés comme une source. C'est le cas de la petite émergence de la maison forestière du Robion

- Les sources de Fontaine Cretet, du Char et de l'Isclie, issues de cargneules et de gypses, s'aligent grossièrement et sont situées pratiquement à la même altitude. Une seule explication à cela : elles matérialisent le contact géologique entre les calcaires dolomitiques, de la zone briançonnaise, perméables, et les micaschistes chloriteux et quartzites, des écailles intermédiaires, imperméables (voir fig n° 73).





1371



Ces émergences se trouvent situées plus haut que le niveau de base général des calcaires dolomitiques (légèrement inférieur au lit de la Clarée).

Pour les sources de Fontaine Cretet, une faille permet d'expliquer l'émergence de ses eaux. En effet, à cet endroit, le toit de l'échelle intermédiaire n'est pas affleurant. Cette faille, invisible en surface, serait le prolongement de la faille longitudinale, dite de la Clarée.

Ces eaux de source proviennent exclusivement du drainage vers l'Ouest dans les reliefs de la rive gauche de la Basse Vallée de la Clarée (Tête Noire, Cratourier, Rocher de 10 Heures).

Notons une source symétrique à celle de Fontaine Cretet, par rapport au col du Montgenèvre. Il s'agit de la source tuffeuse, située en bordure de la petite Doire, en territoire Italien, au niveau de l'intersection de la route Montgenèvre.- Cesanne et de celle du Monte della Luna. L'altitude 1.500 m est la même que celle de Fontaine Cretet. C'est dire que ces 2 sources jouent un rôle hydrogéologique semblable. Elles drainent l'une vers l'ouest, l'autre vers l'Est, les eaux infiltrées dans les moraines perméables du Montgenèvre, et qui percolent au sein des formations triasiques, l'émergence italienne semble, comme pour celles de Fontaine Cretet, être liée à un contact anormal par faille entre les dolomies noriennes d'une part et les schistes lustrés piémontais d'autre part.

c) Les débits (voir fig n° 71).

Pour les sources de Fontaine Cretet, du Char et de l'Isclé, les débits présentent une certaine régularité. Néanmoins, ils sont marqués par un long étiage d'hiver (Novembre à avril), de l'ordre de 4 l/s, dû au tarissement progressif du massif. Au printemps, la fonte des neiges alimente directement les formations glaciaires, sus-jacentes, de couverture qui permettent rapidement l'infiltration dans les calcaires dolomitiques et dans les niveaux gypso-cargneuliques. Cette fonte provoque de légères crues sur les débits de nos sources, atteignant un maximum en juin (8 l/s à 11 l/s). L'été et l'automne sont marqués par une constance dans l'évolution des débits. Les fortes pluies de juillet et d'août ne les influencent pas. Remarquons 2 pics en novembre et janvier témoignant d'apports extérieurs certainement superficiels. Pour les 2 sources de Fontaine Cretet le débit moyen sera de 7l/s (pour la source haute non captée) + 6 l/s (pour la source captée) pour la source du Char = 8 l/s.

Notons un coefficient de variabilité égal à 2,2 donc faible.

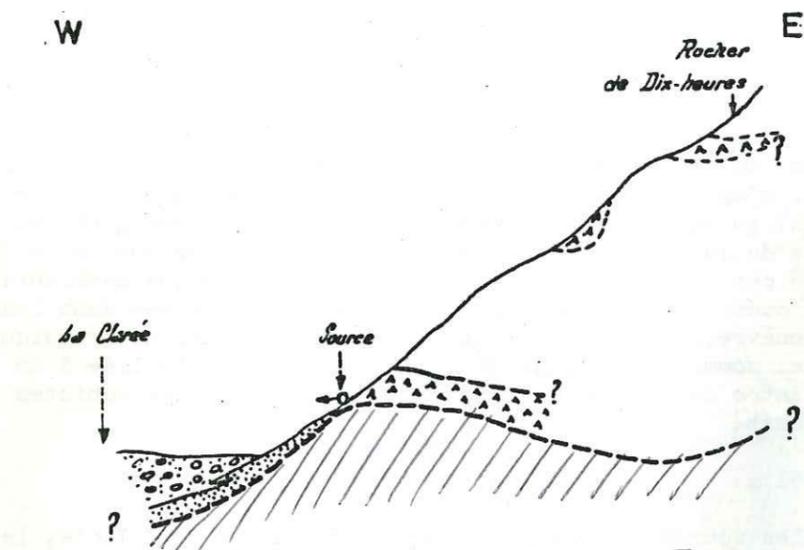
Les débits de la source de la Maison Forestière du Robion sont très faibles, voisins de 0,5 l/s. Ils subissent un tarissement notable en hiver.

d) Les températures.

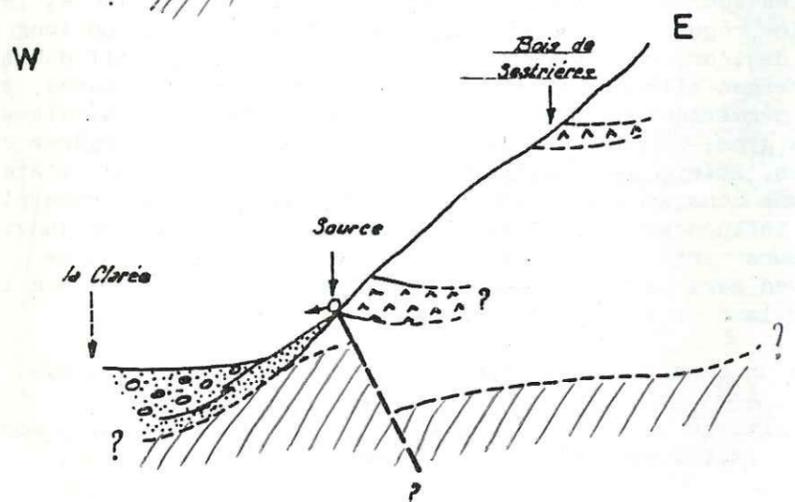
Les températures sont marquées par de légères oscillations, mais restent cependant, dans leur grande ligne, constantes pendant l'année et voisines de 7°C (pour Fontaine Cretet et la source de la Maison Forestière du Robion et de 8°C pour celles du Char et de l'Isclé). Remarquons, néanmoins des points bas mi novembre, mi janvier, mi avril et fin mai, correspondants à des apports extérieurs plus froids. Ce qui confirme ce que l'on a supposé précédemment pour les débits. C'est dire qu'à ces périodes là, les précipitations alimentent directement ces sources en provoquant des baisses de températures voisines de 2°C. Les températures semblent se stabiliser en été et automne. La variabilité est de l'ordre de 4°C.

Schémas d'émergence des sources de Fontaine Cretet du Char et de l'Isclé

Fig: 70

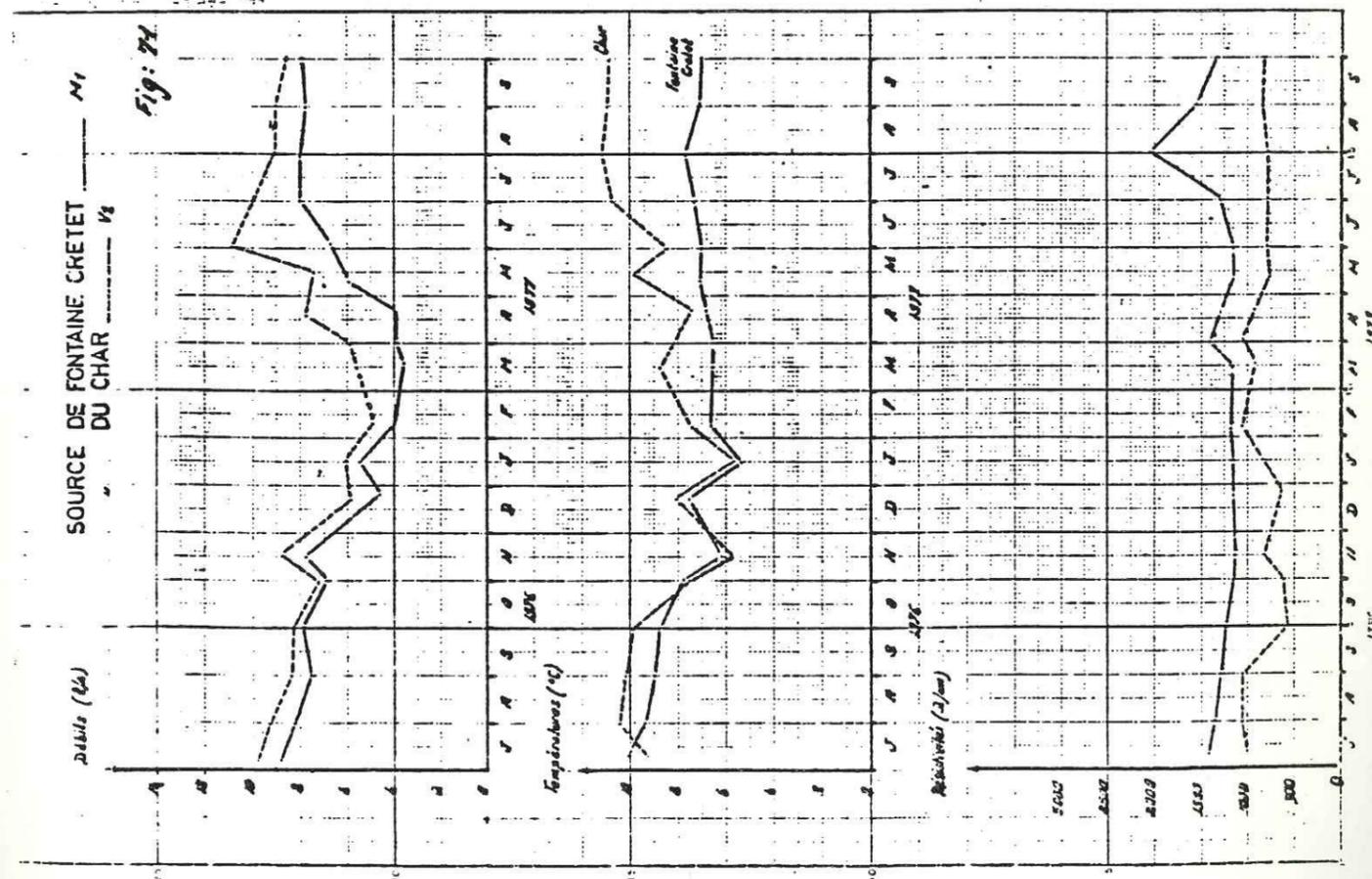
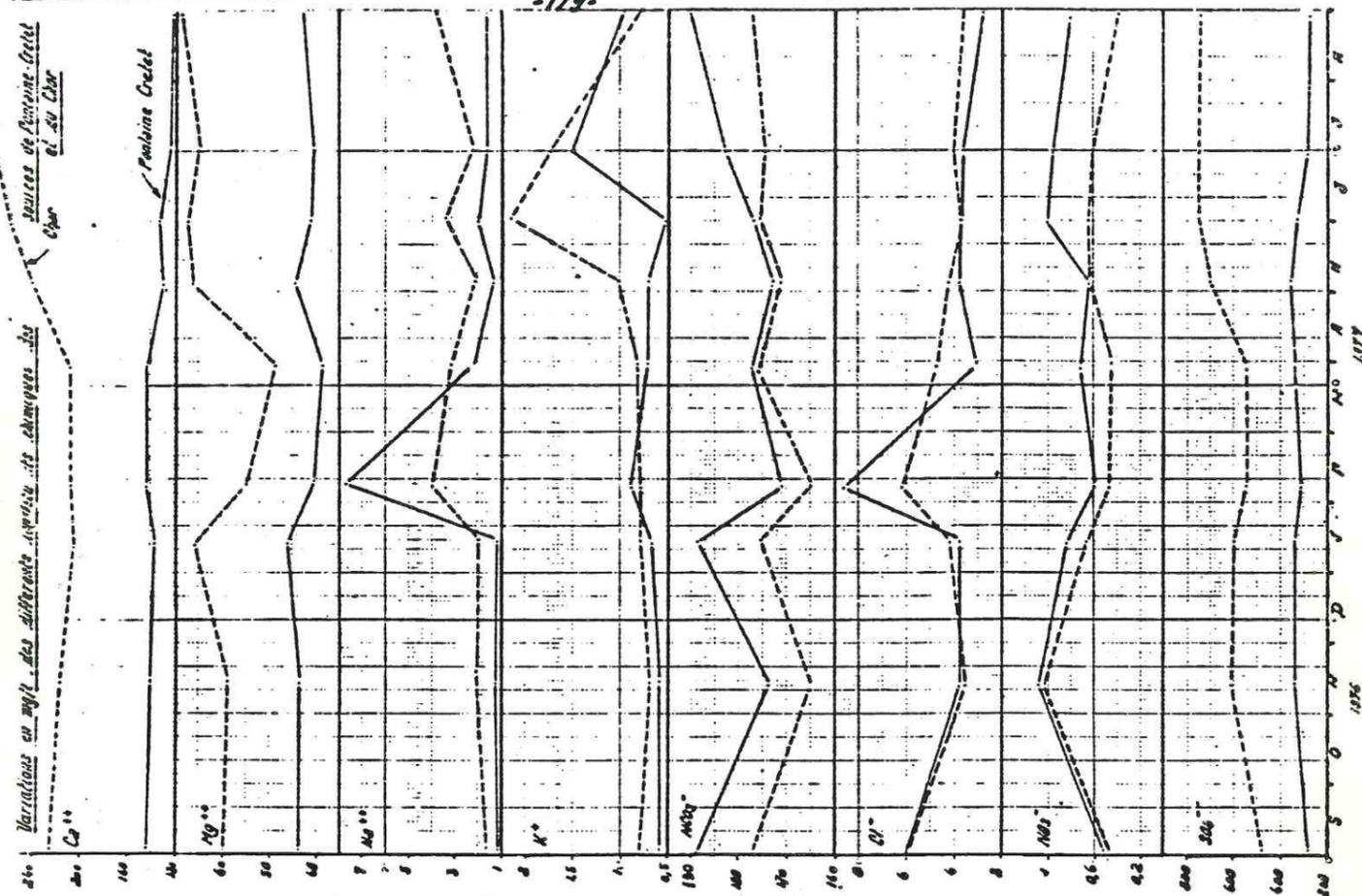


-1- Type char et Isclé



-2- Type Fontaine Cretet

- Alluvions fluviales modernes
- Eboulis ou conglomérats
- gypses et coralliens perméables
- Calcaire dolomitique perméable
- Schiste intermédiaire (mica-schiste + quartzite) imperméable



e) Les Résistivités.

Ces eaux présentent une très faible résistivité. Ce sont les plus minéralisées de tout le bassin versant de la Clarée. L'amplitude annuelle est faible, voisine de 500 Ω /cm. L'évolution des 2 sources de Fontaine Cretet et du Char est pratiquement semblable. Les variations de la source du Char sont plus marquées, car la minéralisation globale est plus forte que celle de Fontaine Cretet, dont plus sensible aux apports.

Notons une résistivité moyenne annuelle de 750 Ω /cm pour la source du Char et de l'Isclé, de 1100 Ω /cm pour les sources de Fontaine Cretet, et de 600 Ω /cm pour la source de la Maison Forestière du Robion.

f) Constitution chimique. (voir fig n° 71).

La minéralisation globale de ces eaux est donc très élevée (70 meq/l pour la source de la Maison Forestière du Robion, 35 meq/l pour celles du Char et de l'Isclé et 20 meq/l pour celles de Fontaine Cretet.)

Les pH sont voisins de 7,8.

Les variations des différents ions des sources du Char, et de Fontaine Cretet sont semblables.

Ces eaux sont très dures (170°F pour la source de la Maison Forestière du Robion, 90°F pour celles du Char et de l'Isclé et 50°F pour Fontaine Cretet).

La teneur en Calcium de la Fontaine Cretet est constante toute l'année (voisine de 130mg/l). Celle du Char après une période stable, augmente début avril, pour atteindre un palier au début de l'été (200mg/l). Remarquons les 550 mg/l de la source de la Maison Forestière du Robion.

Les teneurs en Magnésium sont semblables, avec un petit pic mi janvier et un point bas début mars.

Les fortes dissolutions des roches calcaïques et magnésiennes sont responsables de ces importants teneurs.

Le rapport $\frac{r_{Ca}}{Mg} \approx 2$ par les sources du Char, Isclé et Fontaine Cretet est égal à 4 pour celle de la Maison Forestière du Robion.

La teneur en potassium présente une forte augmentation début juin pour la source du Char et un mois plus tard pour Fontaine Cretet. Ces eaux sont peu bicarbonatées ; en effet le TAC est voisin de 14°, témoignant d'une concentration moyenne en HCO₃⁻ de l'ordre de 180 mg/l. L'évolution annuelle de la teneur encarbonate est relativement stable.

Les nitrates sont très peu élevés, et ne subissent pas de grosses variations. Les sulfates, quant à eux, caractérisent ce type d'eau. Leur teneur, due à la forte solubilité des roches sulfatées que sont les gypses et les cargneules est très élevée (1500 mg/l pour la source de la maison forestière du Robion, 650 mg/l pour celles du Char et de l'Isclé et 300 mg/l pour Fontaine Cretet). Leur teneur est constante tout au long de l'année. De part la position de ces sources, en contrebas de routes enneigées et

salées durant l'hiver, nous enregistrons une très forte augmentation de chlorure et de sodium en février. Le pic est moins prononcé pour la source du Char, car celle-ci se trouve plus éloignée de la RN 94 que Fontaine Cretet. La teneur annuelle de Sodium est élevée (2 mg/l pour Fontaine Cretet et les sources du Char et de l'Isclé, 8mg/l pour celle de la Maison Forestière du Robion), tout comme celle des chlorures (4 mg/l et 14-mg/l respectivement)

Le rapport r_{SO4} est variable puisque égal à 64 pour Fontaine Cretet, 132 pour les sources du Char et de l'Isclé et 243 pour celle de la Maison Forestière du Robion.

La teneur en silice est élevée par rapport aux autres sources de la Clarée (voisines de 7 mg/l pour Fontaine Cretet, Char et Isclé). Par contre, elle est faible pour la Maison Forestière du Robion, car égal à 2 mg/l.

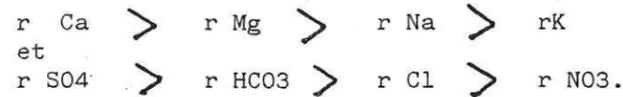
Valeurs moyennes annuelles.

	Source de Fontaine Cretet		Source du Char		Source de l'Isclé		Source de la Mais. Forest. Robion	
Résistivité	1.100 Ω /cm		750 Ω /cm		750 Ω /cm		600 Ω /cm	
PH	7,8		7,8		7,8		7,7	
Unités	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	140	7	230	11,5	230	11,5	552	27,2
Mg ⁺⁺	45	3,7	65	5,3	61	5,0	81	6,7
Na ⁺	1,4	0,6	2,5	0,1	2,4	0,1	8	0,3
K ⁺	0,8	0,02	1,0	0,02	1,0	0,02	0,1	0,002
HCO ₃ ⁻	180	2,95	177	2,9	170	2,8	85	1,4
Cl ⁻	4,0	0,11	4	0,11	4	0,11	14	0,4
NO ₃ ⁻	0,9	0,01	0,7	0,01	1,0	0,02	2	0,03
SO ₄ ⁻⁻	340	7,1	700	14,5	650	13,5	1500	31,2
Fe ⁺⁺	0	-	0	-	0	-	0,30	0,02
SiO ₂	7,0	0,23	6,8	0,22	6,7	0,22	2,0	0,07

g) Conclusion.

Ces eaux issues des gypses et cargneules triasiques peuvent émerger grâce à des conditions tectoniques particulières (contacts anormaux, failles). Les circulations au sein de ces formations sont relativement profondes et peu influencées par les conditions extérieures. Les eaux se minéralisent abondamment au contact de la roche encrassante et sont sulfatées calcaïques avec de fortes teneurs en Magnésium, Sodium et Chlorure.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :



5 - Sources des Roches Vertes.

Nous trouvons ce type de sources, au pied du massif de roches Vertes du Chenaillet. 2 sources principales émergent de ses versants. Il s'agit de celle de Sagne Enfonza et de celle des Fontaines.

a) Localisation.

Ces 2 sources se trouvent dans le haut vallon de la Durance, au sud du village de Montgenèvre, sur les rebords des prairies du Gondran, au pied du versant Ouest du massif du Chenaillet, à proximité du chemin enterré reliant Montgenèvre et le fort du Gondran.

Leurs coordonnées Lambert II sont :

- Source de Sagne Enfonza (M2)

X = 946,68 Y = 298,63 et Z = 2.221 m

- Source des Fontaines (M7)

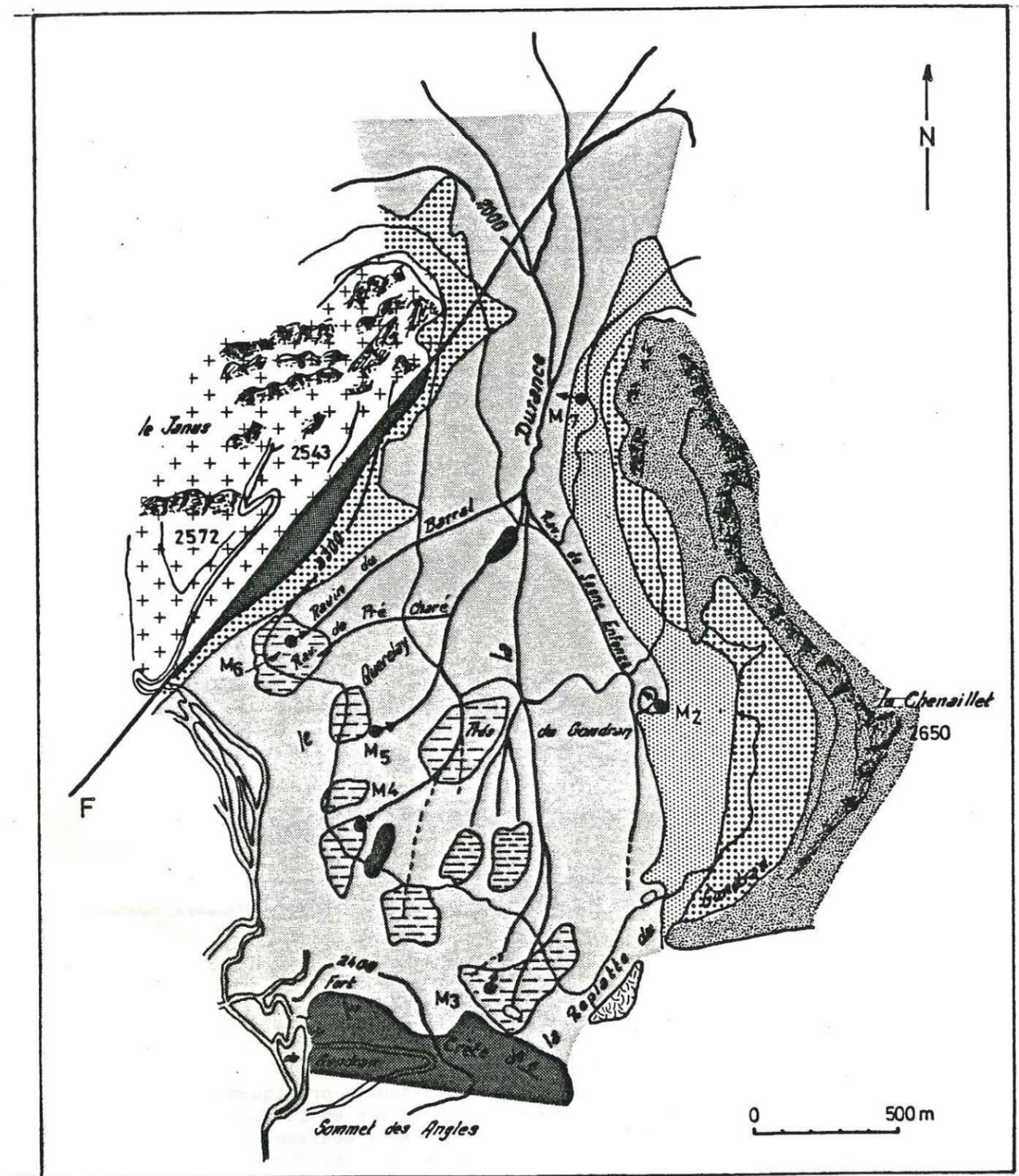
X = 946,43 Y = 299,65 et Z = 2.100 m.

Ces 2 sources, ont été captées pour l'alimentation de l'agglomération de Montgenèvre. Le captage de la source des Fontaines très vétuste, a été amélioré, il y a une trentaine d'années. Celui de la source de Sagne Enfonza a été effectué il y a une quinzaine d'années. Notons le caractère très rudimentaire de ce captage. En effet, il s'agit de 2 drains (en y) serpentant à ciel ouvert sur une vingtaine de mètres au milieu de marécages ne récoltant qu'une faible partie des eaux disponibles, et sujets à de nombreuses causes de pollution (notamment animales, avec les troupeaux de moutons qui ont, depuis bien longtemps, détruit le périmètre de protection).

b) Conditions d'émergence (voir fig n° 72).

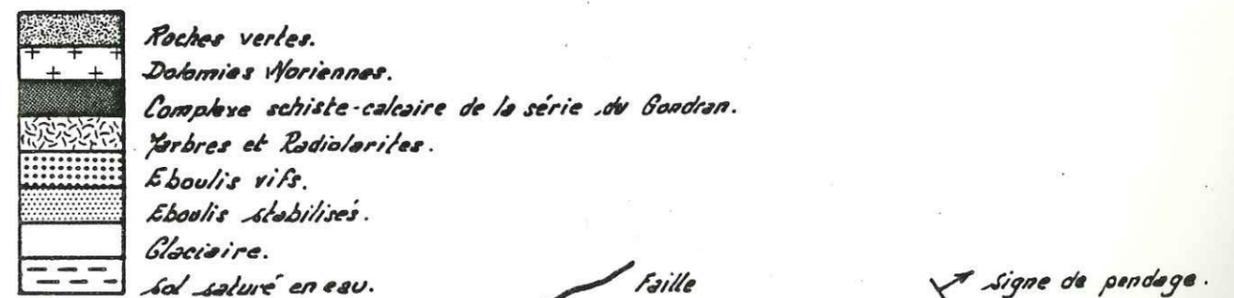
Ces sources sortent à travers les éboulis sur moraines, qui tapissent tout ce versant montagneux. Il est probable que les eaux de ces émergences résultent des infiltrations qui se produisent au niveau de nombreuses fissures et diaclases qui accidentent le massif éruptif (roches basiques, gabbros altérés, serpentines....) du Chenaillet, qui joue ici, le rôle de véritable château d'eau (voir fig n°77).

Les eaux profondes viennent affleurer d'une manière diffuse au centre d'une zone déprimée, bien délimitée, et à la base d'une petite falaise drapée d'éboulis.



SOURCES DE LA DURANCE, de Sagne-Enfonza, et des Fontaines.

Fig: 72



Conditions d'émergence des sources des Fontaines et de la Sagne Enfonza.

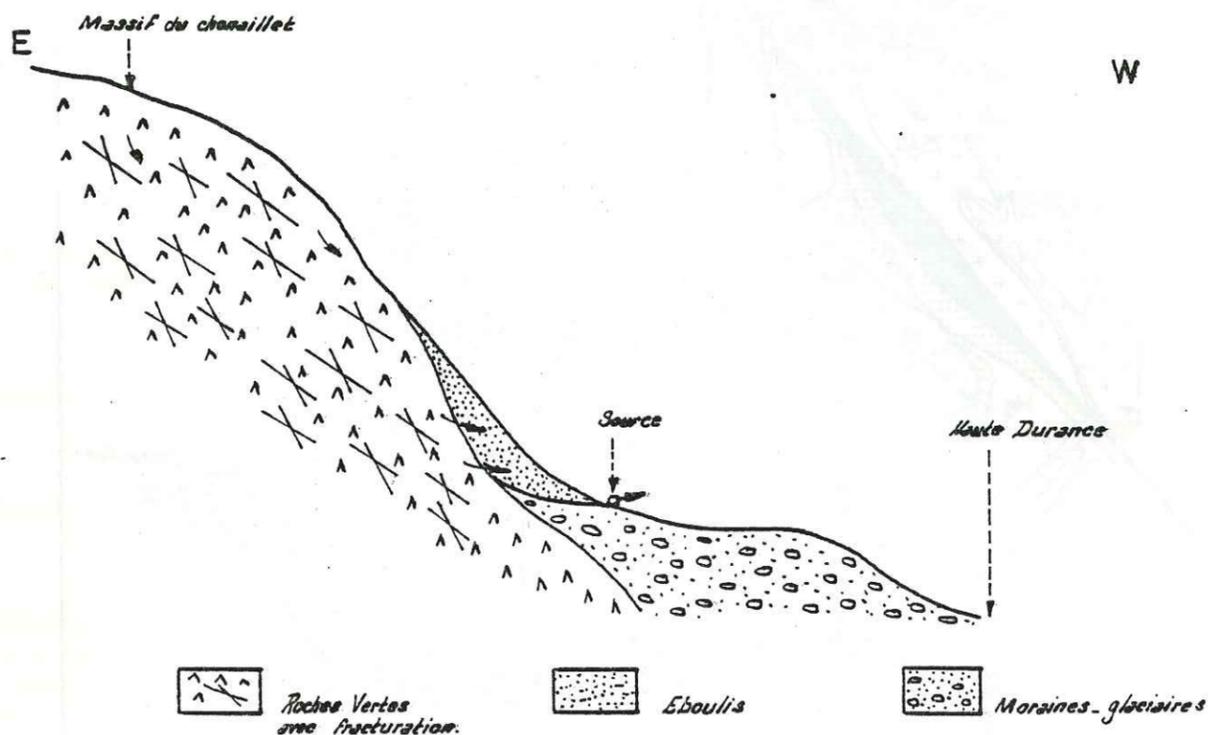


Fig: 73

c) Les débits.

Les 2 sources sont marquées par des débits pratiquement semblables. Les débits d'étiage sont relativement prononcés en hiver (3 l/s en février). L'alimentation en eau du Massif réservoir du Chenaillet est bloquée par l'épaisse couche de neige le recouvrant. Les débits de crue sont importants au mois de Juin, dus à la fonte du manteau neigeux, sur leur bassin versant (débits voisins de 25 l/s).

Le coefficient de variabilité est relativement élevé et de l'ordre de 7.

d) Les températures.

La température de ces eaux de source subit légèrement l'influence de la température de l'air.

La température moyenne annuelle des eaux est de l'ordre de 6°C avec des maxima en été (juillet - août = 8,5°C) et des minima en hiver (Janvier - Février 3,5°C).

Les circulations, à l'intérieur du massif de Roches Vertes du Chenaillet doivent s'effectuer à profondeur respectable.

e) Les résistivités.

Les résistivités de ces eaux sont très élevées et toujours supérieures à 1.200 Ω/cm, avec un maximum lié aux crues de printemps (en juin) de l'ordre de 25000 Ω/cm.

On peut donc dire, que les eaux issues du massif du Chenaillet sont dues, en grande partie, à la fonte des neiges recouvrant le massif, et aux précipitations, qui vont circuler à l'intérieur du massif à la faveur de diaclases, mettant très légèrement en solution les constituants des roches vertes. En effet, ceux-ci sont particulièrement insolubles (quartz - amphibole - pyroxène). Ces sources ont la particularité d'avoir les résistivités les plus élevées du bassin versant de la Clarée.

f) Constitution chimique.

Les teneurs enregistrées pour chaque élément chimique sont faibles. Le PH, ne subit pas de grosses variations pendant l'année. La dureté totale évolue de 4°F à 6°F, atteignant les valeurs les plus faibles en juin.

La teneur en ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺, diminue, quand les débits augmentent, car l'eau provient surtout de la fonte des neiges, donc les sels sont moins solubles à froid.

Les teneurs en Calcium et Magnesium sont très voisines puisque $r \frac{Ca}{Mg}$ est proche de 1.

Les teneurs en bicarbonates sont faibles (TAC compris entre 3° et 4,5°F). Les sulfates sont présents, en moyenne, dans l'ordre de 5 mg/l.

Les chlorures proviennent des précipitations

$$r \frac{SO4}{Cl} = 1,25$$

Valeurs moyennes annuelles.

		Sources des Fontaines et de Sagne Enfonza.	
Résistivité		14400 Ω /cm	
PH		7,6	
Unités		mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺		8	0,4
Mg ⁺⁺		5	0,4
Na ⁺		0,8	0,03
K ⁺		0,15	0,04
HCO ₃ ⁻		45	0,75
Cl ⁻		3	0,08
NO ₃ ⁻		0,6	0,01
SO ₄ ⁻		5	0,10
Fe ⁺⁺		-	-
SiO ₂		-	-

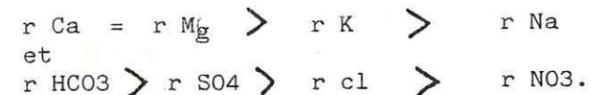
g) Conclusion.

Les conditions d'alimentation sont simples = infiltration directe mais faibles des précipitations dans le massif du Chenaillet.

Les circulations se font par diaclases ou failles, puis filtration au niveau de placage d'éboulis.

Les eaux sont bicarbonatées calciques et magnésiennes. (La forte teneur en magnésium est due à la mise en solution de certains minéraux ferromagnésiens constituant les différentes roches vertes du Chenaillet).

Les formules chimiques caractéristiques sont :



B - Sources des terrains de couverture.

1 - Sources de moraines et de placages morainiques.

Comme nous l'avons vu plus haut (voir chapitre géologie du Quaternaire), la vallée de la Clarée est le siège de nombreux dépôts glaciaires (moraines, placage morainiques).

Ces accumulations de couverture sont très perméables et constituent de véritables éponges.

— Dans la haute vallée de la Clarée, le substratum houiller, en très grande partie imperméable, permet les circulations susjacentes. Il favorise tout naturellement, les différentes émergences de ces formations morainiques, que nous trouvons à toutes les altitudes et sur les 2 versants. Notons, cependant, que la rive droite de la Clarée donne des sources de moraines et que celle de gauche, des émergences de placages morainiques. Nous avons rencontré ces types de sources - il serait fastidieux de nommer ici les innombrables émergences - très souvent au contact aval moraine - houiller. Citons cependant le versant Est du massif des Cerces, du Queyrellin, de la Grande Manche et de la Tête Noire (Beraudes - Infernet - Roche Noire - Cote Martine - Saune Longue - Chardonnet - Raisin - Buffère - Cristol - l'Oule)

En rive gauche, ces sources moins nombreuses que sur l'autre versant se retrouvent dans les vallons des Muandes, de la Cula, des Gardioles, du Vallon.

— Le matériel morainique recouvrant le substratum triasique peut également donner quelques petites sources. Mais celles-ci sont très rares de par la grande perméabilité des calcaires dolomitiques, gypses et cargneules du Trias. Notons cependant des petites sources aux Thures, dans les hauts vallons des Acles et du Granon.

— Nous avons identifié une dernière catégorie de circulation au sein de formation morainique. En effet, dans le secteur des Gondrans, près des sources de la Durance, le substratum est iciconstitué, en grande partie d'un complexe de flysch attribué à la série du Gondran, qui présente la particularité hydrogéologique d'être totalement imperméable. C'est ainsi que les circulations dans la moraine susjacente sont très abondantes et donnent naissance, quand les conditions d'émergence sont favorables, à de nombreuses sources. C'est le cas des sources de la Durance.

Nous sommes donc en présence de trois types de circulation et d'émergence, en fonction du substratum sous-jacent. Nous les étudierons tour à tour.

a/ Sources de moraines sur substratum houiller.

Comme nous venons de le voir, ces émergences sont très nombreuses. Nous avons étudié, plus particulièrement la petite source de Fontcouverte, issue du contact moraine - houiller.

D'autres études ont été également effectuées, et nous avons indiqué les résultats obtenus en annexe. Il s'agit des sources du Chatellard (à proximité du Vallon du Chardonnet), de celle des Cibières (à proximité du col du même nom), de celle des Brusas (sous le lac des Beraudes), de celles de la Cula et de celles des Rochilles. Toutes ont donné des résultats physico-chimiques semblables, prouvant leur même origine.

a) Localisation.

La source de Fontcouverte (N 15) se trouve située, sur le territoire de la Commune de Nevache, à proximité de la route Nevache-Laval, en rive gauche de la Clarée, alimentant le hameau du même nom par une petite fontaine.

Ses coordonnées Lambert II sont :

X = 932,18 Y = 312,34 et Z = 1.930 m.

b) Conditions d'émergence.

Les grés conglomératiques houillers affleurent dans le village de Fontcouverte (La Celèbre Chapelle étant construite sur un magnifique polyglaciaire de formation houillère). La couverture morainique est à cet endroit très faible. Les conditions d'émergence sont donc simples et classiques.

L'eau pénétrant sur le versant dans la moraine perméable, va circuler à l'intérieur de celle-ci, de manière très rapide.

Elle ne pourra pas descendre très profondément, car le substratum houiller sous-jacent imperméable l'en empêche. Les circulations vont se faire à son niveau. La disparition de la couverture (décapage, érosion...) va provoquer des émergences plus ou moins importantes et des écoulements de surface.

Ces conditions sont celles de la source de Fontcouverte, mais également de la majeure partie des sources issues de moraines sur formation houillère.

c) Les débits (voir fig. n°74).

Les débits sont très irréguliers.. La longue durée du manteau neigeux provoque un étiage d'hiver très important de Novembre à Mars (1,4 l/s). Les circulations au sein des moraines sont fortement diminuées (action du gel, non alimentation du bassin versant), ou même bloquées.

La fonte des neiges, au printemps, provoque des crues importantes et recharge la nappe morainique (9 l/s).

Les pluies d'été marquent également ces sources par des crues très notables (10 l/s).

En automne, les débits diminuent plus ou moins rapidement suivant le stockage emmagasiné durant le printemps et l'été. Remarquons un fort coefficient de variabilité égal à 7,2.

d) Les températures.

Les températures subissent elles- aussi, d'importantes variations saisonnières. Elles sont liées aux températures de l'air, et de ce fait sont fraîches en hiver (3°4) et chaudes en été (8°). Nous nous attendions cependant, à trouver un plus fort écart thermique. Nous retiendrons une valeur moyenne annuelle de 6°C.

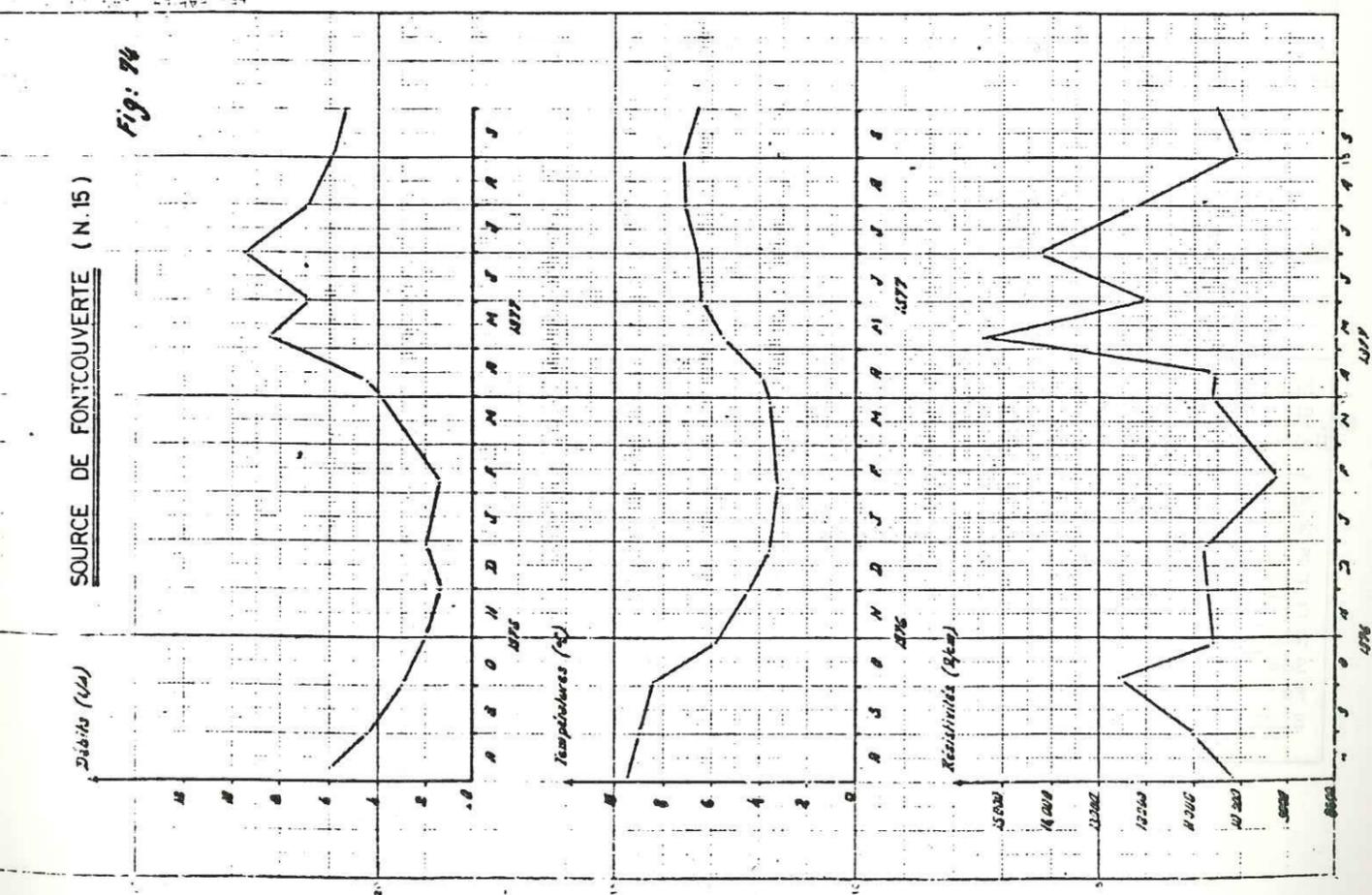
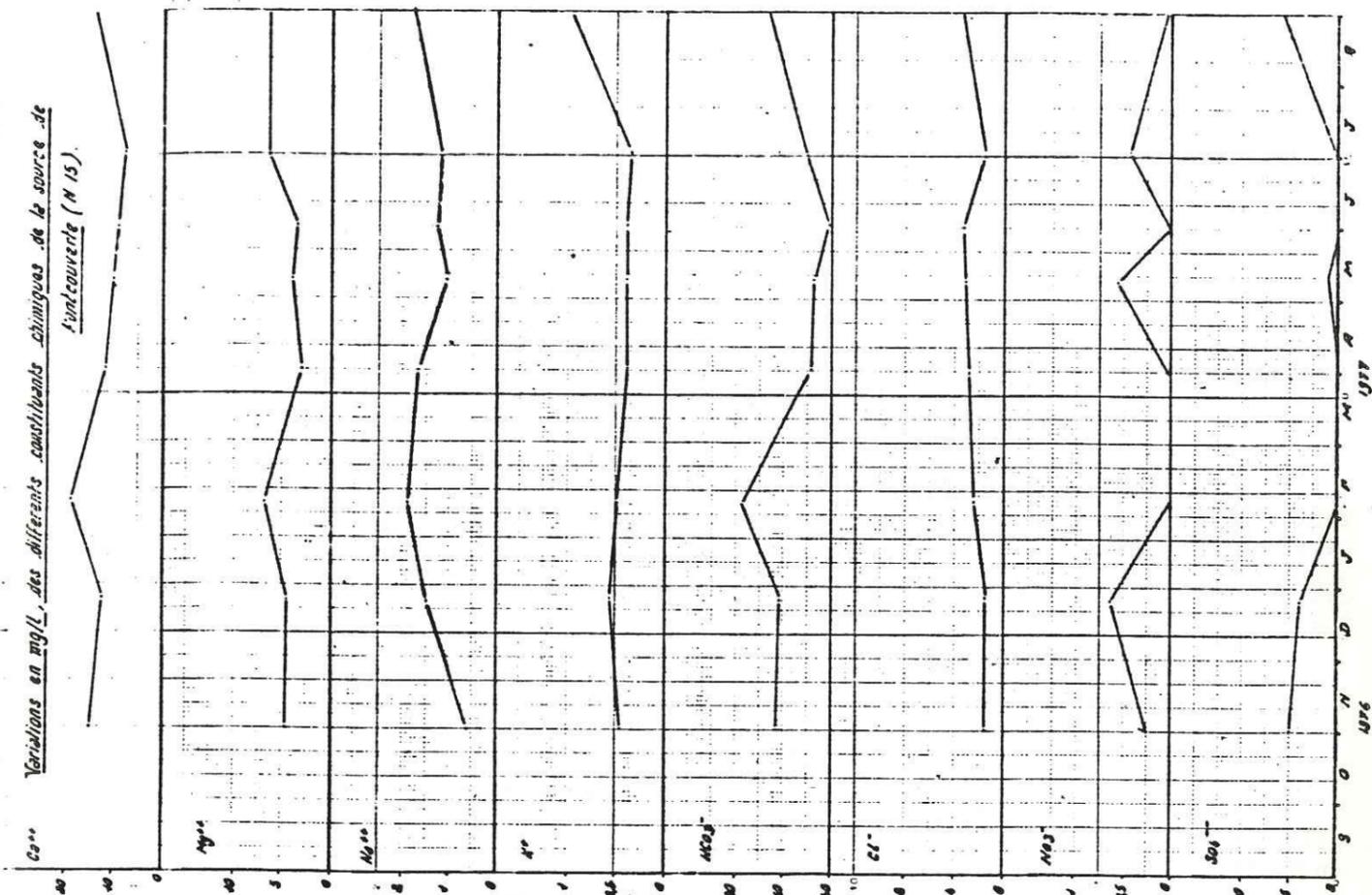
e) Les Résistivités.

Ces eaux sont très peu minéralisées, donc très résistantes.

Le profil annuel de résistivité évolue de la même manière que celui des 2 facteurs physiques précédemment étudiés.

A savoir, un "étiage" d'hiver, suivi de crues abondantes de printemps d'été et d'automne.

La variabilité est grande (6.000 Ω /cm), témoignant d'importants et rapides apports extérieurs pluviométriques (Mai et Juin).



Une augmentation de débit est toujours lié à une augmentation de résistivité et inversement.

Nous prendrons une valeur moyenne annuelle voisine de 11.000 Ω /cm.

f) Constitution chimique (voir fig n°74).

Ces eaux sont très peu minéralisées (2 meq/l en moyenne) et présentent peu de variations au cours de l'année.

Le PH subit peu de modifications et oscille entre 7,8 et 8,0.

Remarquons que c'est en hiver (plus précisément en janvier), que les eaux possèdent la plus forte teneur en Calcium, Magnesium, Sodium, Carbonate. Durant cette période d'étiage, les formations morainiques ne sont alimentées que par leurs réserves accumulées en été et automne. Les minéralisations de leurs eaux sont alors élevées par rapport à celles du restant de l'année, qui, influencées par les pluies et la neige, sont très faibles.

La dureté totale est voisine de 5° F.

Le rapport $\frac{r Ca}{Mg}$ est égal à 1,8.

L'importante teneur en Magnesium par rapport à celle en Calcium s'explique par la nature même de la moraine à matériaux grésos-conglomératiques houillers riches en Magnesium.

Le Sodium, comme pour les sources du houiller est relativement important (1,2 mg/l.)

Le TAC est proche de 5° F, témoignant de faibles concentrations de bicarbonates (60 mg/l).

Les chlorures, nitrates et sulfates sont pratiquement inexistantes.

La teneur moyenne en silice soluble est de l'ordre de 5,2 mg/l.

Valeurs moyennes annuelles.

Source de Fontcouverte.		
	11000 Ω /cm	
	7,9	
Résistivités	mg/l	meq/l
PH		
Unités		
Ca ⁺⁺	12	0,6
Mg ⁺⁺	4	0,33
Na ⁺	1,2	0,05
K ⁺	0,4	0,01
HCO ₃ ⁻	60	1
Cl ⁻	2,5	0,07
NO ₃ ⁻	0,4	0,007
SO ₄ ⁻⁻	2	0,04
Fe ⁺⁺	0	-
SiO ₂	5,2	0,17

g) Conclusion.

Ces eaux issues de formations morainiques sur substratum houiller ont des conditions d'émergences simples.

Les circulations sont très irrégulières, très peu profondes et très peu minéralisées.

Ce sont des eaux bicarbonatées calciques à teneur non négligeables de Magnesium et de Sodium.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :



B/ Sources de moraines sur substratum triasique.

Les formations triasiques, peuvent être recouvertes de moraines. Ces moraines sont le siège de circulations abondantes, qui vont alimenter en majeure partie, l'aquifère triasique sous-jacent très perméable. Mais, elles peuvent, et ceci est relativement rare, émerger à la faveur d'un colmatage du toit des terrains triasiques, et donner alors de petites sources (Remarquons que si ces mêmes formations de calcaires dolomitiques, de gypse et de cargneule, se colmatent en surface, elles peuvent donner naissance à des petits lacs peu profonds ; c'est le cas sur le plateau des Thures, des lacs Belletis et des Thures).

C'est ainsi, que nous avons relevé quelques petites sources de ce type dans les hauts vallons des Acles et du Granon, et sur le plateau des Thures.

Ces sources présentent des débits faibles et certaines tarissent durant l'hiver. Leur variabilité est très importante.

Leurs températures subissent de grande variation saisonnière et la température moyenne annuelle est voisine de 8°C.

Ces eaux sont relativement minéralisées (4500 Ω /cm), mettant en évidence un matériel morainique soluble.

Nous notons un PH de l'ordre de 7,8, une dureté de 15° F, et un $\frac{r Ca}{Mg} = 2,4$ (pour les sources des Thures, et = 1,3 pour les sources des Acles sur dolomies moriennes, donc magnésiennes). Les teneurs en Sodium et Potassium sont pratiquement nulles (celle en Potassium est supérieure à celle en Sodium, ceci est notoire).

Le TAC est voisin de 15°F indiquant une charge importante en bicarbonate (fait tout à fait logique, vu la nature du substratum).

Les teneurs en chlorures et nitrates sont très faibles.

Celle en sulfate, voisine de 15 mg/l indique une présence notable de roches sulfatées.

Les teneurs en SiO2 sont très faibles voisines de 2 mg/l.

Ces eaux sont donc bicarbonatées calciques, avec une teneur importante en Magnesium, et non négligeable en Sulfate.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :



C/ Sources de Moraines sur substratum de Flysch de la série du Gondran.

Au sud du village de Montgenèvre, existe un vaste vallon, encadré à l'Est par le massif de roches vertes du Chenaillet, à l'ouest par le massif de dolomies noriennes du Janus. Ce lieu, constituant les alpages du Gondran, peut être considéré comme une immense zone marécageuse. Le sol, est en effet, en de très nombreux endroits, saturé en eaux. Les formations glaciaires morainiques, accumulées dans cette zone de faible pente, recouvrant un substratum imperméable constitué de Flysch (série détritique de schiste, grés et plaquettes calcaires) de la série du Gondran, sont le siège d'importantes circulations au niveau du toit de cette formation.

Les émergences en sont très nombreuses, puisque dans ce seul secteur nous en dénombrons une quinzaine. Toutes ces sources, vers 2.100 m, vont confluer et donner la Durance proprement dite.

Nous nous sommes attachés, plus particulièrement à l'étude de 4 émergences principales (Durance (1), (2), (3), (4)..)

a) Localisation.

Les sources de Durance (1) et (2), se trouvent en bordure du chemin Montgenèvre -Gondran.

Durance (3), est située sous le versant Est de la crête du Querelay.

Durance (4), se trouve au pied de la falaise dolomitique du Janus, et donne naissance au petit ruisseau du Barral.

Leurs coordonnées Lambert II ont :

-Durance (1) (M3)		
X = 946,20	Y = 297,51	et Z = 2.355 m.
-Durance (2) (M4)		
X = 945,73	Y = 298,09	et Z = 2.260 m.
-Durance (3) (M5)		
X = 945,77	Y = 298,46	et Z = 2.250 m.
-Durance (4) (M6)		
X = 945,38	Y = 298,71	et Z = 2.280 m.

b) Conditions d'émergence (voir fig n°72).

Les conditions d'émergence sont, comme pour les autres sources issues de moraines, relativement classiques.

La moraine perméable repose sur une formation imperméable. Si le terrain de couverture diminue fortement, ou vient à manquer, l'émergence est inévitable. De plus, nous remarquons qu'à l'amont de toutes ces sources, le sol est saturé en eau, ce qui signifie que la moraine à ces endroits là ne peut plus subir aucune circulation interne. Seule, une circulation de surface est alors possible, par l'intermédiaire d'émergences.

c) Les débits.

Les débits de ces sources subissent d'importantes variations saisonnières.

C'est ainsi qu'en hiver, nous avons relevé des débits très faibles, voisins de 0,5 l/s pour certaines émergences.

Le printemps et l'été sont marqués par des débits beaucoup plus importants (5 l/s à 8 l/s en moyenne).

Nous avons donc un très fort coefficient de variabilité voisin de 15, interdisant tout captage.

d) Les températures.

Les températures, comme les débits, subissent de grosses fluctuations liées à la température de l'air.

Mais il est à remarquer un fait intéressant concernant ces températures.

En effet, pour les sources de Durance 1 et 2, au cours de l'été 77, nous avons enregistré des températures très élevées, voisines de 18° (souvent supérieures à la température de l'air !). Il ne s'agit en aucun cas de sources thermominérales. Mais l'eau, avant d'émerger circule, près de la surface, dans des zones marécageuses peu pentues bien exposées au soleil, favorisant ainsi, un important réchauffement.

Ceci prouve bien que les circulations, dans ce type de moraines, sont très peu profondes.

D'une manière générale, pour l'ensemble des sources de la Durance, nous prendrons comme température annuelle moyenne, 9°C.

e) Les résistivités.

Les résistivités des différentes sources sont assez voisines, et nous notons une valeur moyenne annuelle de 5.500 Ω/cm.

Ceci témoigne d'une minéralisation assez moyenne, qui cependant fluctue énormément durant l'année (plus de 10000 Ω/cm). Les résistivités les plus élevées (14000 Ω/cm) se trouvent au printemps lors de la fonte des neiges.

f) Constitution chimique.

Ces eaux peu minéralisées (5 meq/l) présentent une dureté totale moyenne de l'ordre de 15° F.

Les teneurs en calcium et Magnesium sont peu élevées et le r $\frac{Ca}{Mg} \approx 2,4$. Celles en Sodium et Potassium sont très faibles.

Le TAC est très variable d'une source à une autre, puisque la teneur en bicarbonate varie entre 60 et 200 mg/l.

Les différentes teneurs en chlorure, nitrate et sulfate sont négligeables.

valeurs moyennes annuelles.

	Sources de la Durance.	
Résistivité	5500 Ω /cm	
Ph	8,0	
Unités	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	38	1,9
Mg ⁺⁺	10	0,8
Na ⁺	0,6	0,03
K ⁺	0,25	0,006
HCO ₃ ⁻	150	2,5
Cl ⁻	2,5	0,07
NO ₃ ⁻	0,6	0,01
SO ₄ ⁻	3	0,06
Fe ⁺⁺	0	-
Sio ₂	-	-

g) Conclusion.

Les sources de la Durance sont issues de moraines reposant sur un complexe imperméable de la série des Gondrans.

Leurs circulations sont peu profondes et particulièrement influencables (débit, résistivité, température) par les conditions extérieures.

Les eaux sont bicarbonatées calciques, avec de très faibles teneurs en Sodium, Potassium, chlorure, nitrate et sulfate.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :



2 - Sources de terrains de couverture glissés.

De nombreuses zones glissées affectent la haute vallée de la Clarée. Ces glissements anciens touchent particulièrement les terrains de couverture et notamment les moraines et les placages morainiques quaternaires. Le substratum houiller imperméable est propice aux glissements susjacents. Les circulations d'eau, responsables en grande partie de la dynamique du mouvement, continuent de se produire. Des émergences très souvent diffuses, accompagnent ces déplacements. Elles se situent en général, au niveau du replat médian de la loupe d'arrachement. Une grande partie du versant situé rive gauche de la Clarée, est le siège de glissements de terrains de couverture, donnant naissance à des sources (Citons les sources de Queta, de Biaume, de la Raouata, de Ricou, du Vallon et de Sausse). Elles matérialisent, bien souvent le départ de la moraine ou du placage morainique.

Des chalets d'alpage ont été construits, à proximité de ces sources, qui durant l'été apportent, à leurs habitants l'eau nécessaire.

Nous avons plus particulièrement étudié la source de Sausse.

a) Localisation.

La source de Sausse (N 17), se trouve située, sur le territoire de la Commune de Nevache, à proximité des chalets de Sausse, en rive gauche de la Clarée, à 600 m de la route Nevache -Laval.

Une partie de ces eaux a été captée rudimentairement, au niveau de la route afin d'alimenter les chalets du Verney situés en contrebas.

Ses coordonnées Lambert II sont :

X = 933,68 Y = 311,62 et Z = 1.990 m.

b) Conditions d'émergence (voir fig n°60).

Cette source de Sausse, émerge de façon très diffuse en plusieurs points, distants de quelques mètres, en créant un véritable petit marecage (Notons la présence très abondante d'épilobes, caractérisant les milieux humides et sagneux). Cette émergence est le fruit d'une profonde désorganisation du matériel morainique de couverture qui a glissé vers le fond de vallée, provoquant un bouleversement complet du réseau hydrographique souterrain et de surface.

La source se trouve située sur le flanc oriental d'un immense glissement affectant ce versant de la Raouata, sur un petit replat tourbeux. Le substratum houiller imperméable, ici, doit constituer un point haut favorisant ainsi cette émergence.

Remarquons la présence de sources semblables, 200 m plus haut, sur le flanc occidental dumême glissement, également situées sur un replat.

c) Les débits (voir fig n° 75).

Les débits de ce type de sources, sont évidemment conditionnés par la pluviométrie, etreprésentent une grande variabilité.

Les précipitations, avec la fonte de neige alimentent directement et très rapidement le bassin versant de telle source.

Celui-ci, constitué de matériel morainique est très perméable, et favorable à une grande infiltration, influençant les débits des sources sous jacentes.

L'étiage d'hiver est long (5 mois), mais le tarissement, même s'il n'existe pas dans le cas de la source étudiée, peut, et nous l'avons constaté, avoir lieu.

Au printemps, les débits augmentent rapidement, sous l'action de la fonte de neige, occasionnant quelques petites crues (10 l/s)..Les pluies d'été se retrouvent très rapidement dans le circuit.

Nous prendrons, pour la source de Sausse, un débit moyen de 6l /s et un coefficient de variabilité voisin de 5.

d) Les températures.

La température de l'eau évolue de la même manière que celle de l'air. Elle en suit, toutes les oscillations.

Ainsi nous trouvons un minimum (2°8), tout naturel, fin décembre, etun maximum (11°), début aout.

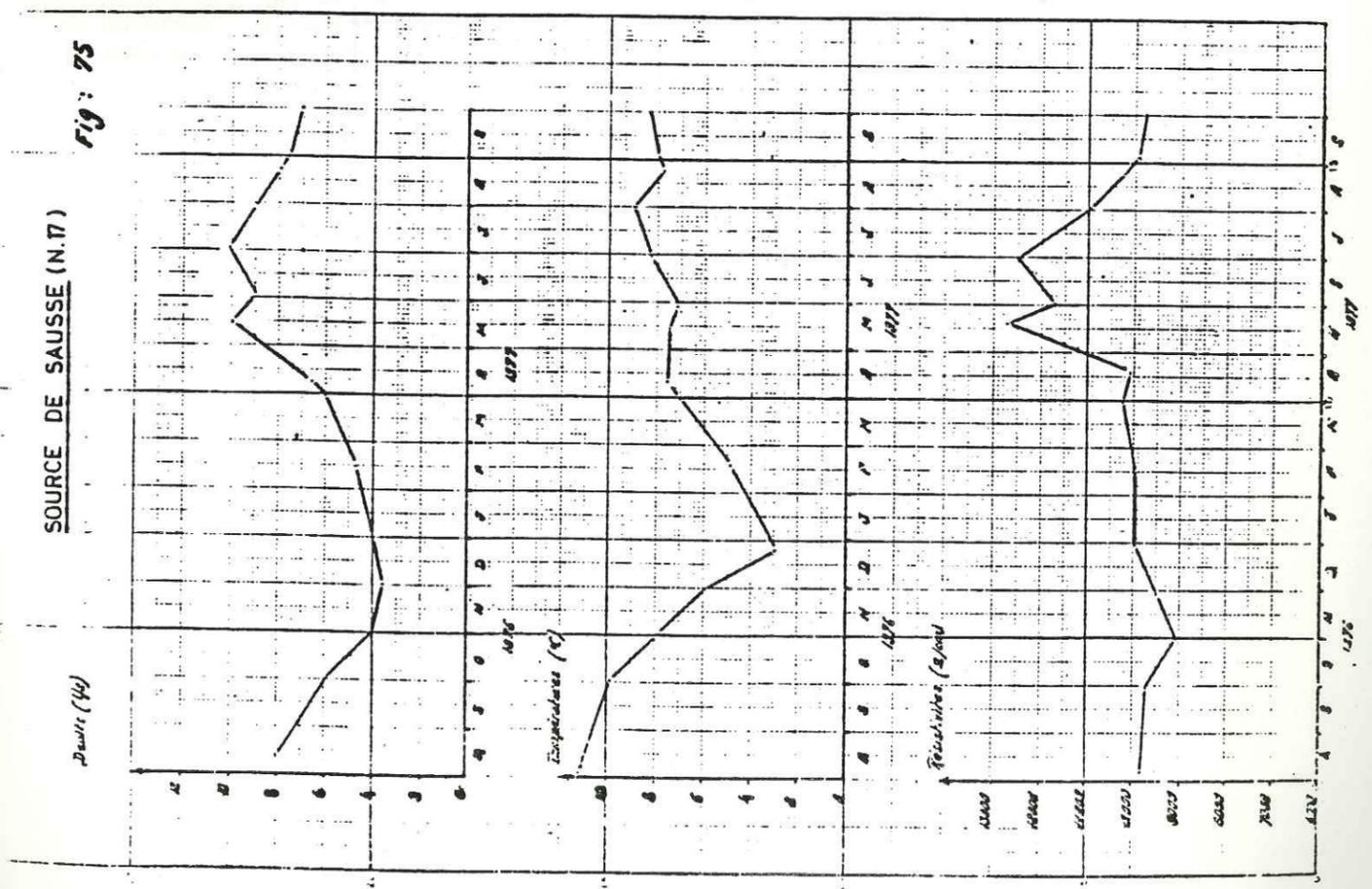
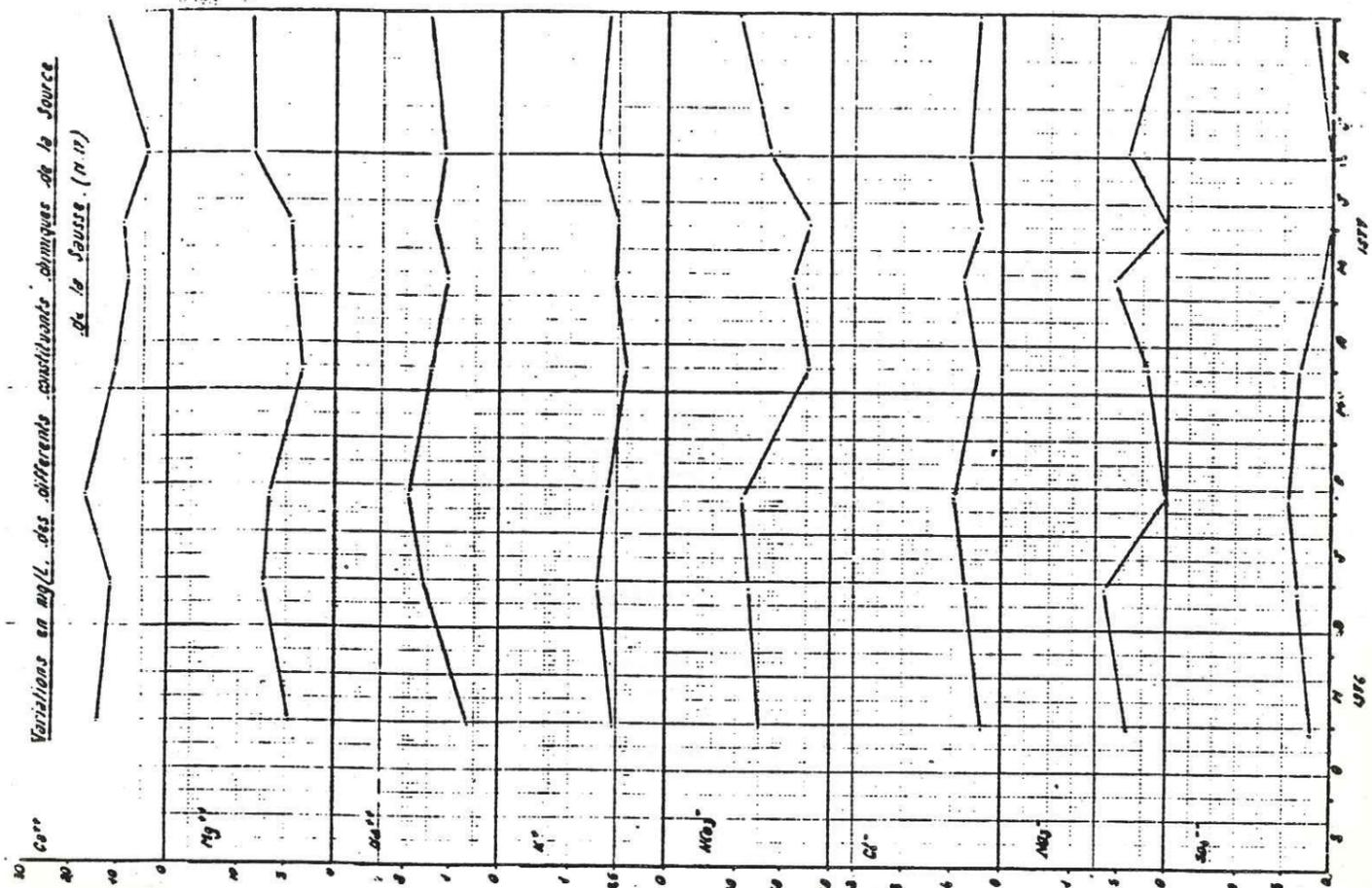
Si les variations saisonnières sont très sensibles, les journalières le sont également. (C'est ainsi qu'au mois de Juillet, nous avons noté une amplitude de 1°4 entre le jour et la nuit !).

Les circulations, sont donc très peu profondes.

e) Les résistivités.

Ces eaux présentent une résistivité assez importante (10.000 $\Omega \cdot m$ /cm) (Pour les sources de Queyta, nous avons relevé des résistivités proches de 30500 $\Omega \cdot m$ /cm). Ceci matérialise une faible minéralisation, due au temps de transit très court de l'eau, au sein des formations morainiques à matériel houiller peu soluble.

La variation annuelle des résistivités est à mettre en parallèle, avec celle des débits. Ces 2 courbes évoluent de la même manière. A une augmentation de débit, correspond une augmentation de résistivité et inversement (Ceci est bien visible pour les mois de Mai, Juin, Juillet 77). C'est dire que ces matériaux morainiques glissés se trouvent vite saturés en eau, et que la première pluie ou fonte de neige importante, va circuler dans cette formation, très rapidement. Ces eaux n'auront pas le temps



nécessaire à un enrichissement minéralogique, et elles apparaîtront alors à la faveur des émergences très résistantes.

f) Constitution chimique (voir fig n° 75).

Ces eaux, comme nous venons de le voir, sont très peu chargées. Le PH est voisin de 7,8. La dureté totale est peu élevée, proche de 5°F. La teneur en calcium ne subit pas de grosses variations et présente un point bas fin juin. Celle en Magnesium (maximum en hiver) est relativement importante. N'oublions pas que les formations morainiques glissées, sont constituées en majeure partie, de matériaux houillers, donc riches en Magnesium. Le rapport $r \frac{Ca}{Mg} = 1,2$ témoigne de cet état de fait. (pour la source de Queyta $r \frac{Ca}{Mg} = 0,57$)

La teneur en Sodium est élevée (1,3 mg/l en moyenne), présentant un maximum d'hiver. Celle en Potassium est faible et constante. Le TAC moyen est de 5°F, mettant en évidence une faible teneur en bicarbonate (60 mg/l), qui présente 1 minimum de printemps.

Les chlorures, nitrates, sulfates, en teneurs très faibles, ne subissent pas de variations notables.

$$r \frac{SO4}{Cl} = 0,5$$

La teneur en SiO2 est assez moyenne (5 mg/l).

Valeurs moyennes annuelles.

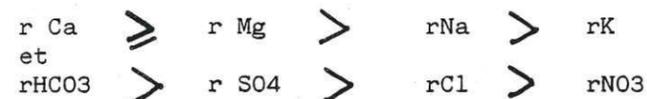
Source de Sausse.	
Résistivité	10.000 Ω /cm
pH	7,8
Unités	mg/l meq/l
Ca ⁺⁺	10 0,5
Mg ⁺⁺	5 0,41
Na ⁺	1,3 0,06
K ⁺	0,5 0,01
HCO3 ⁻	60 1
Cl ⁻	3 0,08
NO3	0,25 0,008
SO4 ⁻⁻⁻	2,0 0,04
Fe ⁺⁺	0 -
SiO2	5 0,17

g) Conclusion.

Les eaux issues de terrains morainiques glissés, ne présentent guère de différence desdits terrains non glissés. Seules les conditions d'émergence sont particulières. Les circulations sont superficielles, très courtes et directement liées à la pluviométrie.

Ces sources ne peuvent être captées, d'une manière permanente. Ces eaux sont bicarbonatées calciques, avec une teneur importante en Magnesium et Sodium, due à la proximité des terrains houillers.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :



3 - Sources d'éboulis.

C'est dans la moyenne et basse vallée de la Clarée, que nous trouvons d'importants cones d'éboulis susceptibles de donner des émergences. Ces formations quaternaires récentes se situent toujours au pied des falaises triasiques. L'absence de falaises subverticales dans les reliefs houillers empêche la formation et l'alimentation de tel cone.

Les éboulis vifs ou anciens sont le siège d'importantes circulations souterraines, qui peuvent être rapides, vu leur pente générale souvent forte. C'est tout naturellement au pied de ces cones que nous trouvons des émergences. Celles-ci peuvent être très importantes (comme la Draye), ou alors, ne constituer que de faibles suintements. Mais ce n'est pas une règle générale ; en effet, la base de nombreux éboulis est totalement absente de toute émergence. Nous avons rencontré de telles sources dans le vallon du torrent du Vallon (sources du Serre, de Veyre) au pied de la Grande Chalanche, dans le vallon des Acles (Sources de Charra, de Bon Voisin, des Lauzes), sous la crête de Pecé et du Pierron (Sources des Sables Obscurs, des Rousses, de la Pinatelle).

Nous avons plus particulièrement étudié 4 sources de ce type, situées au pied de falaises triasiques ayant édifiées des cones d'éboulis vifs ou stabilisés.

Il s'agit des sources de la Draye, des Clots, des Touches, du Melezet.

a) Localisation.

La source de la Draye (V4) est située sur la commune de Val des Prés, en bordure de la RN 94 g, la Vachette - Nevache, en rive gauche de la Clarée, après le pont de la Draye, au pied des falaises triasiques de Rocher de Tête Noire et des Fourneous.

Ses coordonnées Lambert II sont :

$$X = 942,42 \qquad Y = 304,10 \qquad et \ Z = 1.400 \text{ m.}$$

Cette source est captée pour l'alimentation de la ville de Briançon, depuis 1934, mais nous reviendrons plus loin sur les conditions de ce captage.

Les sources des Clots, des Touches et duMelezet, se trouvent sur le territoire de la Commune de Nevache, au sud du village, en rive droite de la Clarée, au pied de la falaise calcaréo - dolomitique de la Grande Cime, non loin d'usentier muletier allant de Nevache, au vallon de Cristol.

Leurs coordonnées Lambert II sont :

- Source des Clots (N2)
X = 936,44 Y = 310,34 et Z = 1.660 m.
- Source des Touches (N3)
X = 936,67 Y = 310,18 et Z = 1.690 m.
- Source duMelezet (N4).
X = 936,85 Y = 310,25 et Z = 1.650m.

Ces 2dernières sources ont été captées pour l'alimentation du village de Nevache.

b) Conditions d'émergence (fig n° 76 et 77).

Les massifs triasiques dominant et alimentant ces cones d'éboulis présentent de très nombreuses circulations. Celles-ci suivant le pendage des couches peuvent percoler à l'intérieur des éboulis, tapissant les flancs des falaises. Les circulations internes sont très rapides de par les nombreux vides et la grande hétérogénéité des éboulis de roches solubles.

L'eau sortira à la base de ceux-ci, quand la formation sous-jacente deviendra moins perméable (glaciaire - moraine - alluvions).

Dans le cas des sources de la Grande Cime (Clots, Touches, Melezet) la moraine, occupant le fond de vallée, se trouve gorgée d'eau (très grande zone marécageuse), et ne supportera plus aucune alimentation, provoquant ainsi, au contact des éboulis, des émergences relativement importantes.

Pour la source de la Draye, c'est le contact alluvions récentes de la Clarée et Eboulis, qui provoque la sortie des eaux. Lors, du captage de cette source, on s'est posé le problème de savoir si les eaux de source n'étaient pas simplement une résurgence des eaux de la rivière. Des colorations à la fluoresceine, et des analyses chimiques des eaux de la rivière et de la Source, effectuées le même jour ont donné des résultats absolument négatifs = les eaux de la Draye, n'ont rien de commun avec celle de la Clarée. Etant donné l'altitude basse de cette source (1.400 m) et son débit très important et régulier (80 l/s), nous pensons que cette émergence peut être le trop plein naturel du massif triasique susjacent, et correspondre, de ce fait, au niveau de base hydrogéologique des formations triasiques.

c) Les débits. (voir fig n° 78).

Les débits des sources duMelezet et des Touches, ont été mesurés sur le trop plein des captages, et de ce fait, n'indiquent pas le débit total ; pour celle de la Draye, nous avons cumulé, les débits de consommation (sur compteur) et le trop plein indiquant ainsi le débit intégral.

SOURCES DES SAGNES, DES CLOTS, DU MELEZET ET DES TOUCHES.

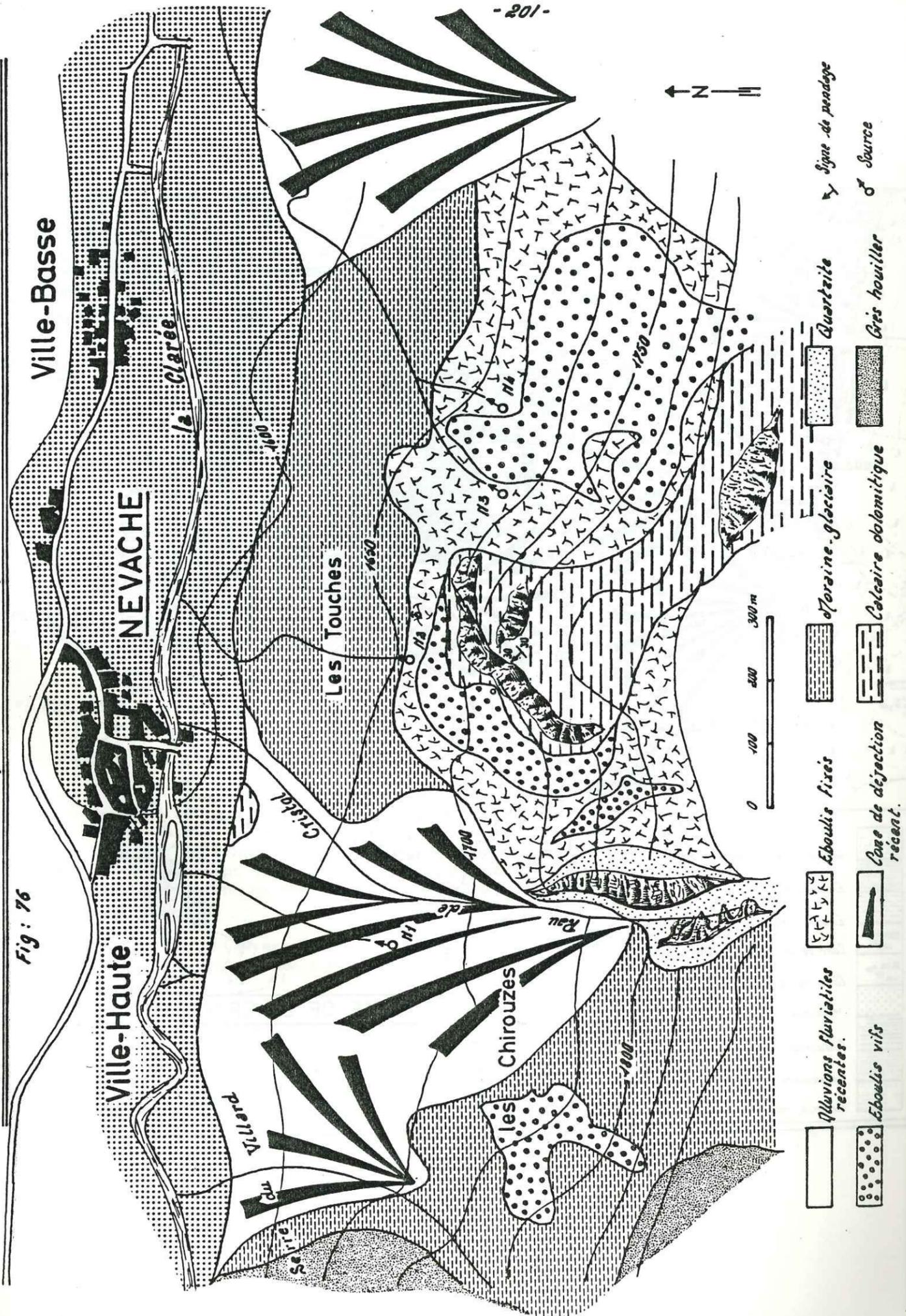
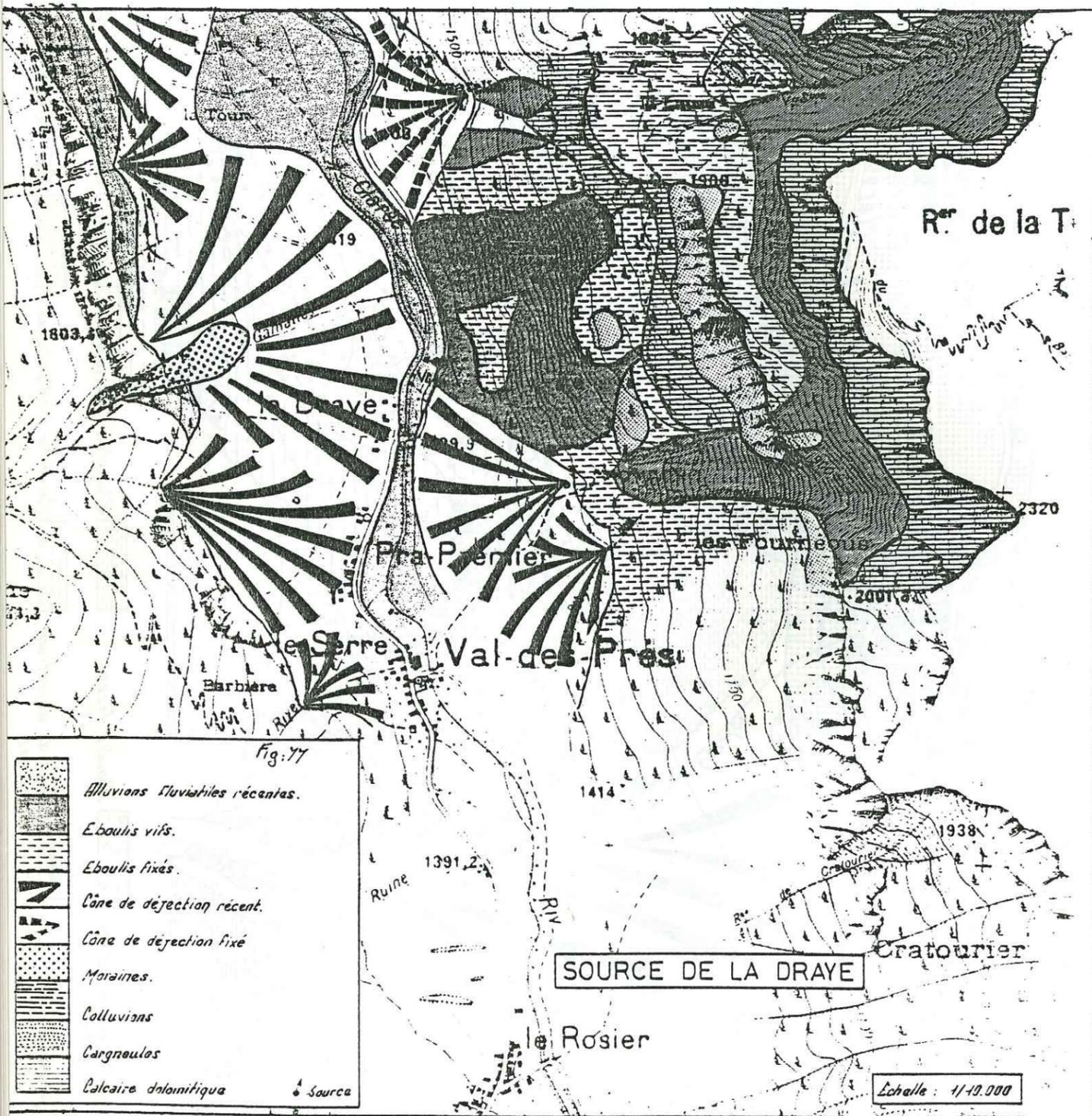


Fig: 76



Ils subissent des variations saisonnières très sensibles.

Comme pour toutes les sources des formations de couverture, celles issues des éboulis subissent un étiage d'hiver très net (60 l/s pour la Draye, 12 l/s pour les Clots, 10 l/s pour les Touches et 2 l/s pour le Melezet).

Les débits maximum (115 l/s pour la Draye, 40 l/s pour les Clots, 35 l/s pour les Touches, 15 l/s pour le Melezet), se trouvent en Septembre et Juin, lors de pluies importantes, et de la fonte de neige.

Nous notons un fort coefficient de variabilité pour la source du Melezet, (7,5), et un plus faible pour les sources des Clots et des Touches (3,5), pour celle de la Draye (2).

d) Les températures.

Les températures, et cela est particulièrement notoire, sont assez constantes durant l'année.

Ainsi, après une chute de 3° en octobre, pour toutes les sources, les températures se stabilisent à 5° pour les Clots, 4°5 pour les Touches et 6° pour la Draye. Ce qui signifie une régularité dans la température des apports, et des circulations relativement profondes. La fonte de neige provoque sur ces sources qu'une légère remontée thermique.

La source du Melezet, est plus sujette aux variations de la température de l'air, puisqu'elle présente un minimum d'hiver (1°2) et un maximum d'été (6°4). Les circulations sont donc pour cette source peu profondes.

e) Les résistivités.

Suivant la composition chimique exacte du massif triasique et de l'éboulis, la résistivité variera.

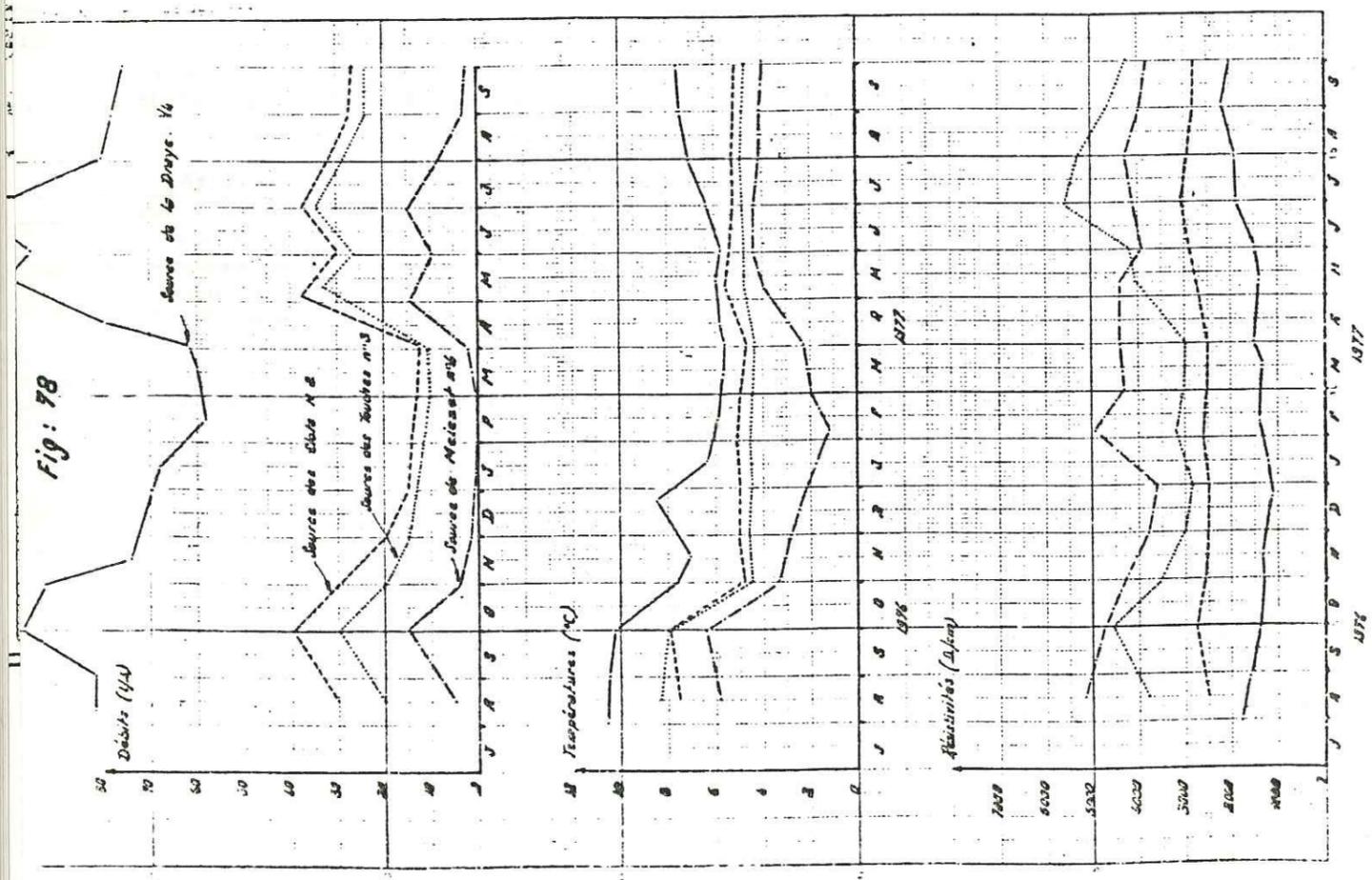
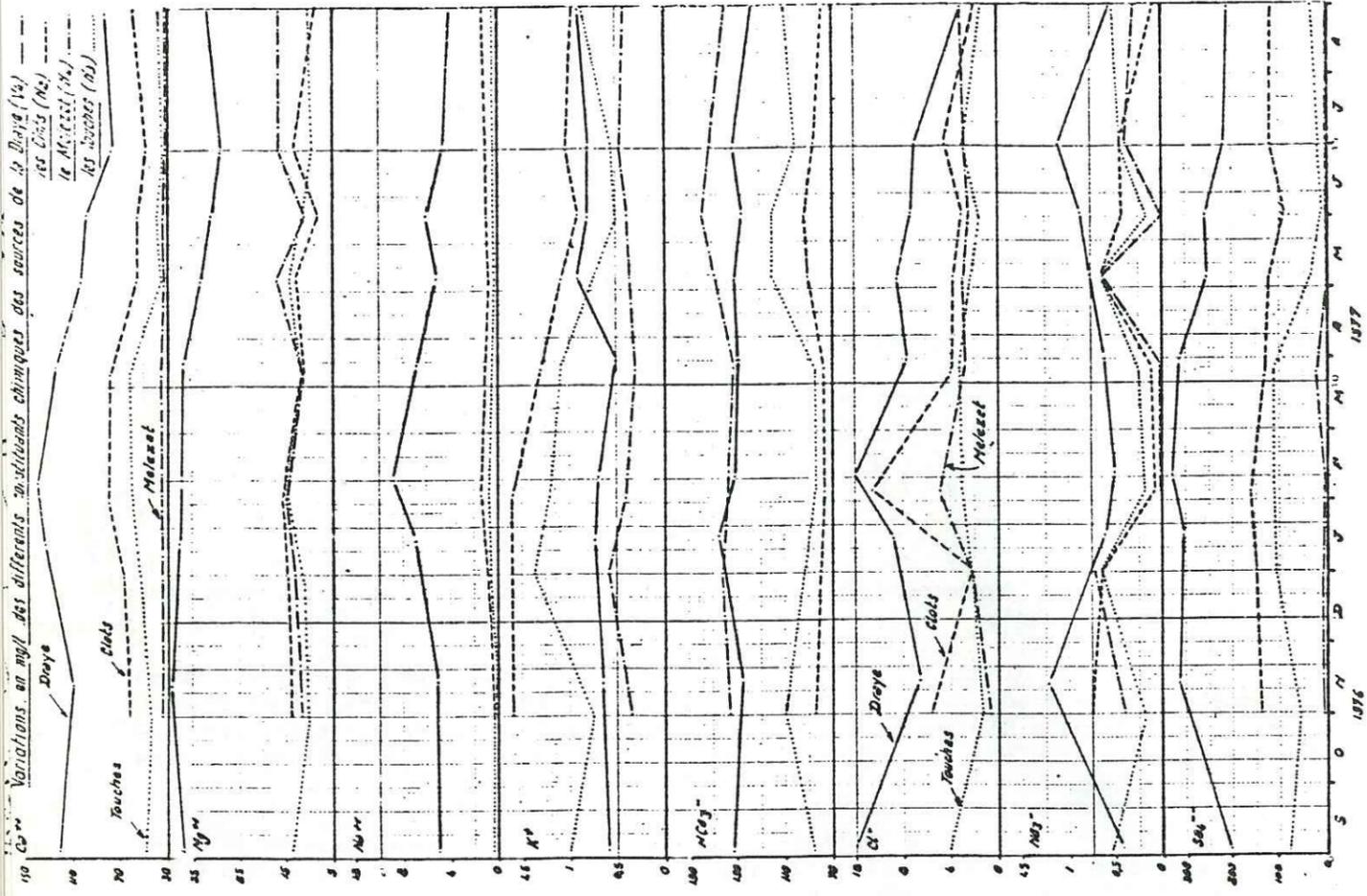
Ainsi, nous notons pour la source de la Draye, une résistivité moyenne annuelle de 1.300 Ω/cm, pour celle des Clots 2.700 Ω/cm, pour celle des Touches 3.800 Ω/cm, et pour celle du Melezet 4.200 Ω/cm. Les minéralisations les plus importantes (La Draye, Les Clots) ne subissent pas de grosses variations saisonnières, et ne s'écartent que légèrement de la moyenne. Celles des sources des Touches et du Melezet présentent de très sensibles oscillations, témoignant d'apports de fonte de neige et de pluies.

La variabilité la plus forte est enregistrée pour la source des Touches puisqu'elle représente 2.500 Ω/cm, la plus faible pour la source des Clots (500 Ω/cm).

Ainsi, nous constatons pour certaines sources une constance minéralogique dans l'apport..

f) Constitution chimique (voir fig n°78).

Nous devons séparer ici, les eaux de la Draye, très chargées, des eaux des 3 autres sources.



Les eaux des sources de la Grande Cime, sont moyennement minéralisées (entre 6 et 9 meq/l).

L'allure générale des courbes de variations des différents constituants chimiques, montre une baisse progressive des teneurs en Calcium, Potassium, Sulfate au printemps, une stabilité de la teneur en magnésium, sodium et chlorure, une augmentation de la teneur en bicarbonate, et des variations cycliques des nitrates.

Les PH varient entre 7,7 et 8,1.

Ces eaux sont moyennement dures puisque leur THT est compris entre 26° F et 11° F.

Le rapport $r \frac{Ca}{Mg}$ est compris entre 1,3 et 2,5 (La dissolution des dolomies des formations triasiques sous-jacentes, est à l'origine de ce pourcentage important de magnésium par rapport au Calcium). Les teneurs en potassium sont supérieures à celles en sodium, pour l'ensemble des 3 sources.

Le TAC oscille entre 6°5 et 14°, témoignant d'une assez grande différence dans les teneurs en bicarbonate (de 85 mg/l, pour la source des Clots, à 160 mg/l pour la source du Melezet).

Les sulfates subissent, eux aussi, de grandes variations (5 mg/l pour la source du Melezet et 130 mg/l pour la source des Clots). Nous constatons que d'Ouest en est, les sources subissent, en moyenne annuelle, un appauvrissement de la teneur en Calcium, sulfate, sodium et potassium, et un enrichissement de la teneur en Magnésium et Carbonate. C'est dire que les apports se modifient considérablement du point de vue chimique, d'Ouest en Est. On peut prévoir la présence de niveaux gypseux et carnéoliques, présents à proximité de la source des Clots, diminuant près de celle des Touches et disparaissant au niveau de celle du Melezet.

Les teneurs en silice sont faibles, voisines de 3mg/l.

Les eaux de la source de la Draye, sont très minéralisées (20 meq/l), ce qui n'a d'ailleurs pas empêché leur captage.

Nous devons faire ici, un petit historique :

Vers 1933, par suite de l'extension rapide de la ville de Briançon, le volume d'eau provenant des sources de l'Addoux (1.880 m), situées sur les pentes Ouest de la Croix de Toulouse, et de celles du Fontenil (1.276 m) en amont de la ville, dans la vallée de la Durance, s'est révélé nettement insuffisant et depuis plusieurs hivers en introduisant dans le réservoir de mise en charge du Fontenil, et sans aucune stérilisation, l'eau de la Durance, prise directement à la rivière. Après examen de toutes les sources de la région (on pensa à la dérivation d'une source située à Cervières, et même à la prise des eaux de la Clarée à proximité du hameau des Alberts !), le choix fut porté sur les sources de la Draye situées sur le territoire de la commune de Val des Près, à environ 8 kilomètres de Briançon. Les jaugeages effectués à différentes époques de l'année indiquèrent un débit suffisant (60 l/s en moyenne), pour le cube que l'on se proposait de capter. Les analyses chimiques accusèrent un THT de 50°..

Ne pouvant livrer à la consommation des eaux accusant une telle salinité, il convenait de mélanger les eaux de la Draye, avec celles de sources plus pures, afin de ramener le degré hydrotimétrique à une valeur acceptable. C'est ainsi qu'on envisagea de capter les sources des Gamattes, et des Ruines, situées sur la

commune de Val des Près, à proximité des sources de la Draye, d'un THT maximum de 24°. On aurait alors mélangé 30 l/s à 22°F (des sources des Gamattes et des Ruines) à 30 l/s à 50°F (des sources de la Draye),obtenant ainsi 60l/s à 37°F. Cette eau, aurait alors été satisfaisante aux usages domestiques. On capta la source de la Draye. On alimenta Briançon et au passage les hameaux du Rosier et de la Vachette.Mais les sources d'altitude des Gamattes et des Ruines, ne furent jamais captées.. De plus le périmètre de protection du captage situé en bordure de route, donc sujet à de très nombreuses pollutions animales ou humaines est inexistant.

Examinons de plus près la nature chimique de ces eaux.

Les PH sont relativement faibles, puisque oscillant entre 7,5 et 7,9.

La dureté totale, comme nous venons de le voir, est très élevée (50° F en hiver, et 30° F en été).Les teneurs en Calcium et Magnesium évoluent de la même manière, avec une baisse lente et régulière provoquée par la fonte des neiges, et un maximum notable en hiver.

$r \frac{Ca}{Mg} = 1,9$, indiquant l'importance de la solubilité des dolomies.

Le TAC varie peu durant l'année (12°F), provoquant une constance dans les teneurs en bicarbonate (150 mg/l).

Les nitrates présentent 2 maxima, l'un en novembre et l'autre en juin.Les sulfates, sont très abondants (270 mg/l), et évoluent de la même manière que les ions Calcium et Magnesium. Cette teneur élevée indique la présence certaine en amont de la source de niveau de gypse etde cargneule importants.

Les teneurs en chlorure de Sodium subissent la traditionnelle remontée des sources situées à proximité des routes, que l'on sale en hiver.

La teneur enSiO2 est moyenne, voisine de 4 mg/l.

Valeurs moyennes annuelles.

	Sources des Clots - des Touches, duMelezet.		Sources de la Draye.	
Résistivités	3.500 Ω /cm		1.300 Ω /cm.	
Ph	7,8		7,7	
Unités	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	46	2,3	110	5,5
Mg ⁺⁺	14	1,1	3,5	2,9
Na ⁺	0,5	0,02	6	0,3
K ⁺	1,0	0,03	0,75	0,02
HCO3 ⁻	110	1,8	150	2,5
Cl ⁻	3	0,1	8	0,2
NO3 ⁻	0,4	0,006	0,8	0,02
SO4 ⁻⁻	68	1,4	270	5,6
Fe ⁺⁺	0	-	0	-
SiO2	3	0,1	4	0,13

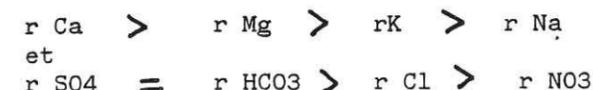
g) Conclusion.

Ces sources issues déboulis vifs ou fixés, au pied des falaises triasiques présentent des caractéristiques chimiques propres àchacune, influencées par la nature exacte des terrains traversés.

Les circulations peuvent être subaffleurantes ou plus profondes, relativement rapides et importantes si le temps de transit des eaux est long.

Les eaux sont moyennement à fortement minéralisées de par l'abondance des roches solubles présentes dans ces éboulis.Elles sont, soit bicarbonatées calciques, soit sulfatées calciques avec d'importantes teneurs en Magnesium.

Leur formule chimiques caractéristiques sont :



4 - Sources de cone de déjection.

De nombreux cones de déjection tapissent les flancs de la moyenne et basse vallée de la Clarée. Les torrents s'infiltrent bien souvent, dans leur propre cone, qu'ils ont édifiés, pour ne ressortir qu'au pied de celui-ci, au contact avec les alluvions de l'affluent principal.

Une zone d'émergence diffuse marque alors ces endroits. C'est le cas de la source des Sagnes, que nous avons étudiée.

a)Localisation.

La source des Sagnes (N1) se situe en rive droite de la Clarée, au Sud Est de Névache, sur le versant des Chirouzes, sur le cone de déjection du torrent de Cristol.

Ses coordonnées Lambert II sont :

X = 935,87 Y = 310,39 et Z = 1.670 m.

b) Conditions d'émergence. (voir fig. n°76).

Les eaux de la Source des Sagnes sont dues essentiellement aux infiltrations de celles du torrent de Cristol, dans son cone de déjection. Elles émergent,à la faveur d'un point haut du substratum imperméable houiller. (Notons d'ailleurs, le coude imposé au torrent par le substratum).

Une étude comparative qualitative des eaux de la source des Sagnes et de celles du torrent de Cristol, a mis en évidence leur parité. La zone d'émergence est diffuse et ressemble à un petit marécage (le mot Sagne, en pays briançonnais signifie marecageux, gorgé d'eau).

c) Les débits (voir fig n° 79).

Les débits de la Source des Sagnes suivent ceux du torrent de Cristol. Ils subissent de grosses variations.

L'étiage très marqué (5 l/s) se situe de décembre à Mars.

Les crues de printemps provoquées par la fonte de neige, et celles d'été occasionnées par de longues pluies ou de violents orages, influencent positivement, bien évidemment la Source (30 l/s).

Le débit moyen annuel est voisin de 18 l/s..

Le coefficient de variabilité, important, est de l'ordre de 7.

d) Les températures.

Les températures des eaux de la source des Sagnes suivent la même loi que les débits, c'est à dire qu'elles sont fortement influencées par la température des eaux du torrent de Cristol, et par conséquent par celle de l'air.

Elles sont marquées par une baisse d'automne, un minima d'hiver (1°8), une remontée de printemps et un maxima d'été (8°4).

Elles présentent donc une forte variabilité.

La température moyenne annuelle est de 5°8..

e) Les résistivités.

Ces eaux présentent une très forte résistivité. Les variations sont comme pour les débits et températures, liées à celles du torrent de Cristol.

La minéralisation des mois d'hiver est la plus forte (12.000 Ω /cm). Mais la neige, très peu changée, va fondre et alimenter les eaux du torrent, donc celles de la source, et provoquer sur celle-ci une très notable augmentation, afin d'atteindre fin juin un maximum (25.000 Ω /cm).

L'été est marqué par la décrue dans tous les domaines et notamment pour les résistivités.

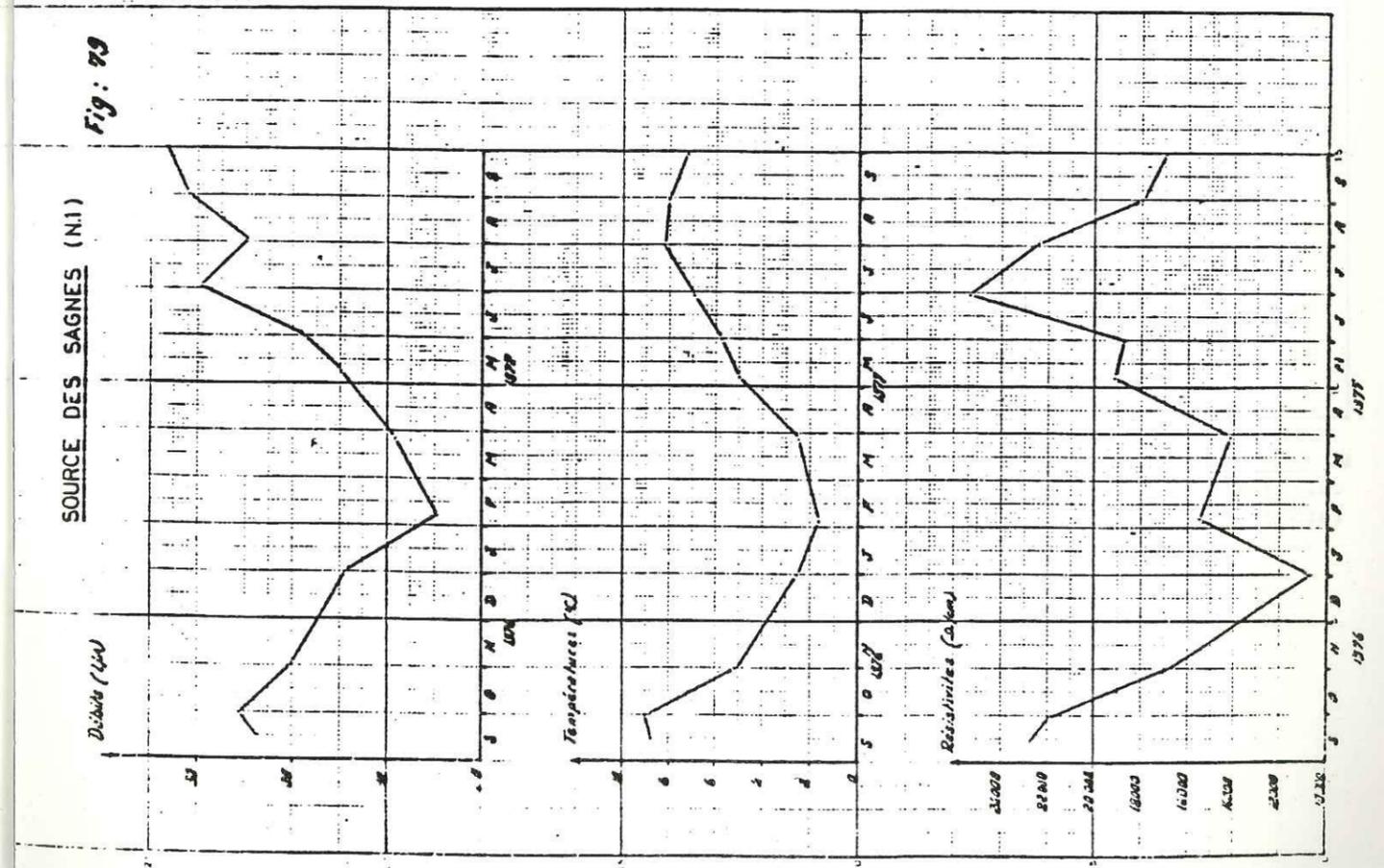
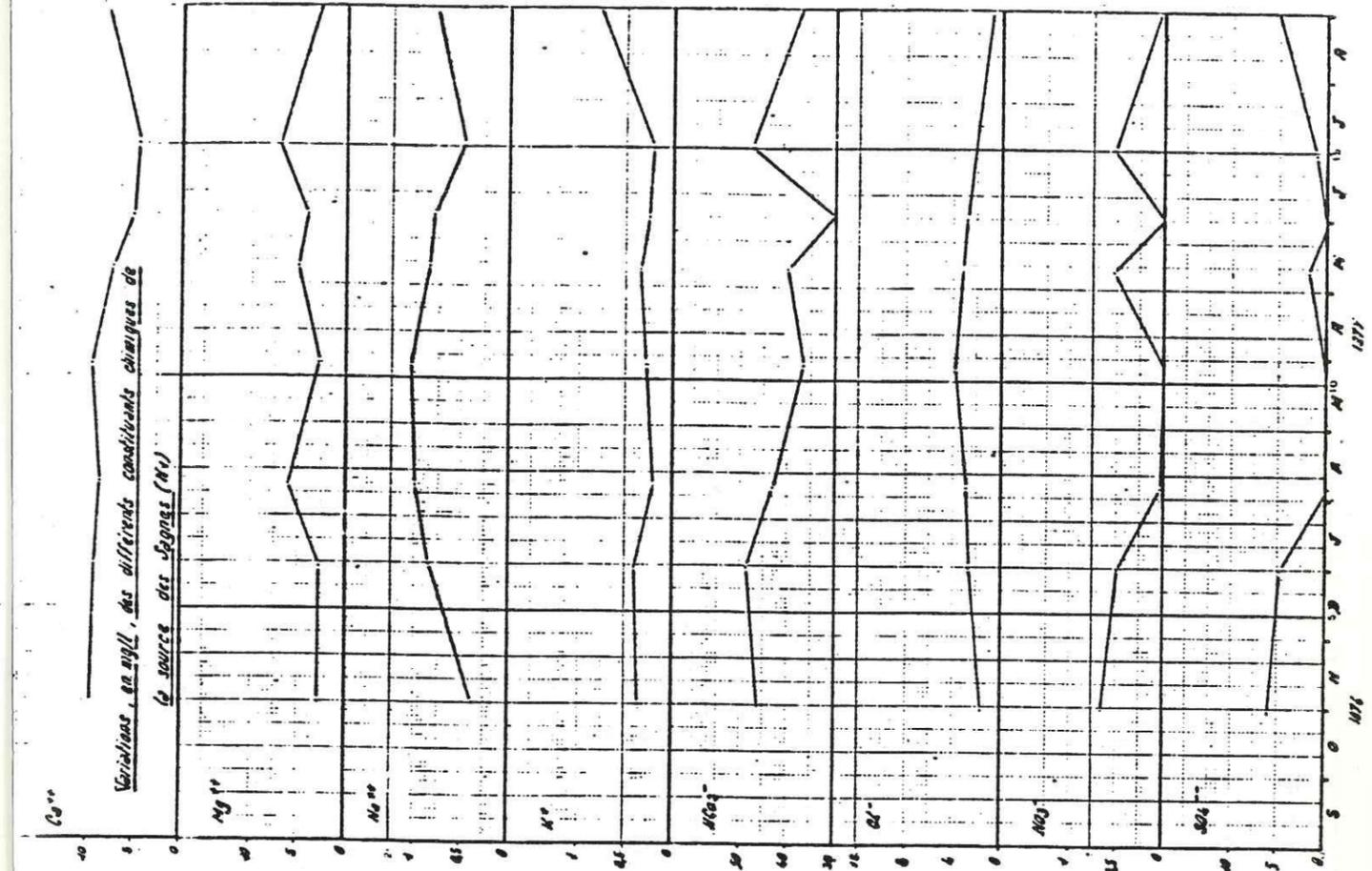
La variabilité, là aussi est très importante (14000 Ω /cm).

La résistivité moyenne annuelle est de 18.000 Ω /cm).

f) Constitution chimique. (voir fig. n° 79)..

Les teneurs des différents constituants chimiques de la source des Sagnes sont faibles. Etant donné ces faibles teneurs, il est difficile de discerner des variations importantes.

Notons que l'analyse détaillée de chaque ion, consolide ce que nous venons de voir précédemment.



Le Ph subit des variations notables (7,2 à 8,3).

La dureté totale varie entre 3°1 et 4°7. Les teneurs en Calcium et Magnésium sont constantes, avec cependant de légères variations pour le magnésium. Ces 2 teneurs sont très proches, var le $r \frac{Ca}{Mg}$ est voisin de 1,2 (Comme le bassin versant du torrent de Cristol, est entièrement situé sur du Houiller, les eaux sont fortement chargées en Magnésium).

Les bicarbonates suivent la loi générale et le TAC varie entre 2°5 et 4°.

Les chlorures sont constants pendant l'année.

Sulfates et nitrates subissent d'infimes variations.

$$r \frac{SO_4}{Cl} = 0,78$$

La teneur en silice est faible, voisine de 3 mg/l.

Valeurs moyennes annuelles :

Source de Sagnes.	
Résistivité	18.000 Ω /cm
Ph	7,6
Unités	mg/l meq/l
Ca ⁺⁺	8 0,4
Mg ⁺⁺	4 0,32
Na ⁺	0,75 0,03
K ⁺	0,3 0,01
HCO ₃ ⁻	40 0,66
Cl ⁻	3 0,09
NO ₃ ⁻	0,3 0,005
SO ₄ ⁻⁻	3 0,07
Fe ⁺⁺	0 -
SiO ₂	3 0,1

g) Conclusion. Ces eaux issues de cones de déjection sont bicarbonatées calciques, avec une teneur importante en magnésium. Leur minéralisation est très faible.

L'alimentation se fait exclusivement par le torrent susjacent, qui influence tous les paramètres physico-chimiques de la source. Les circulations sont rapides et très peu profondes.

Devant ces irrégularités, de telles sources ne peuvent être captées.

Leur formules chimiques caractéristiques sont :

$$\begin{array}{l} r Ca \gg r Mg > r Na > r K \\ \text{et} \\ r HCO_3 > r Cl > r SO_4 > r NO_3. \end{array}$$

5 - Sources de nappes phréatiques.

Les petites plaines alluviales de la moyenne et basse vallée de la Clarée possèdent toutes une ou plusieurs nappes. Celles de surface peuvent donner un exutoire visible ou souterrain. Certaines présentent un trop plein naturel - une sorte de point haut - situé au milieu de la plaine. C'est le cas de la source de l'Esclé, dont les eaux proviennent de la plaine alluviale des Alberts.

a) Localisation.

La source de l'Esclé (V1), se localise sur le territoire de la Commune de Val des Prés, au sud du hameau du Rosier, à proximité de la route RN 94 g, en contrebas de celle-ci, sur la bordure occidentale de la petite plaine alluviale.

Ses coordonnées Lambert II sont :

$$X = 942,68 \quad Y = 301,82 \quad \text{et } Z = 1.370 \text{ m.}$$

b) Conditions d'émergence.

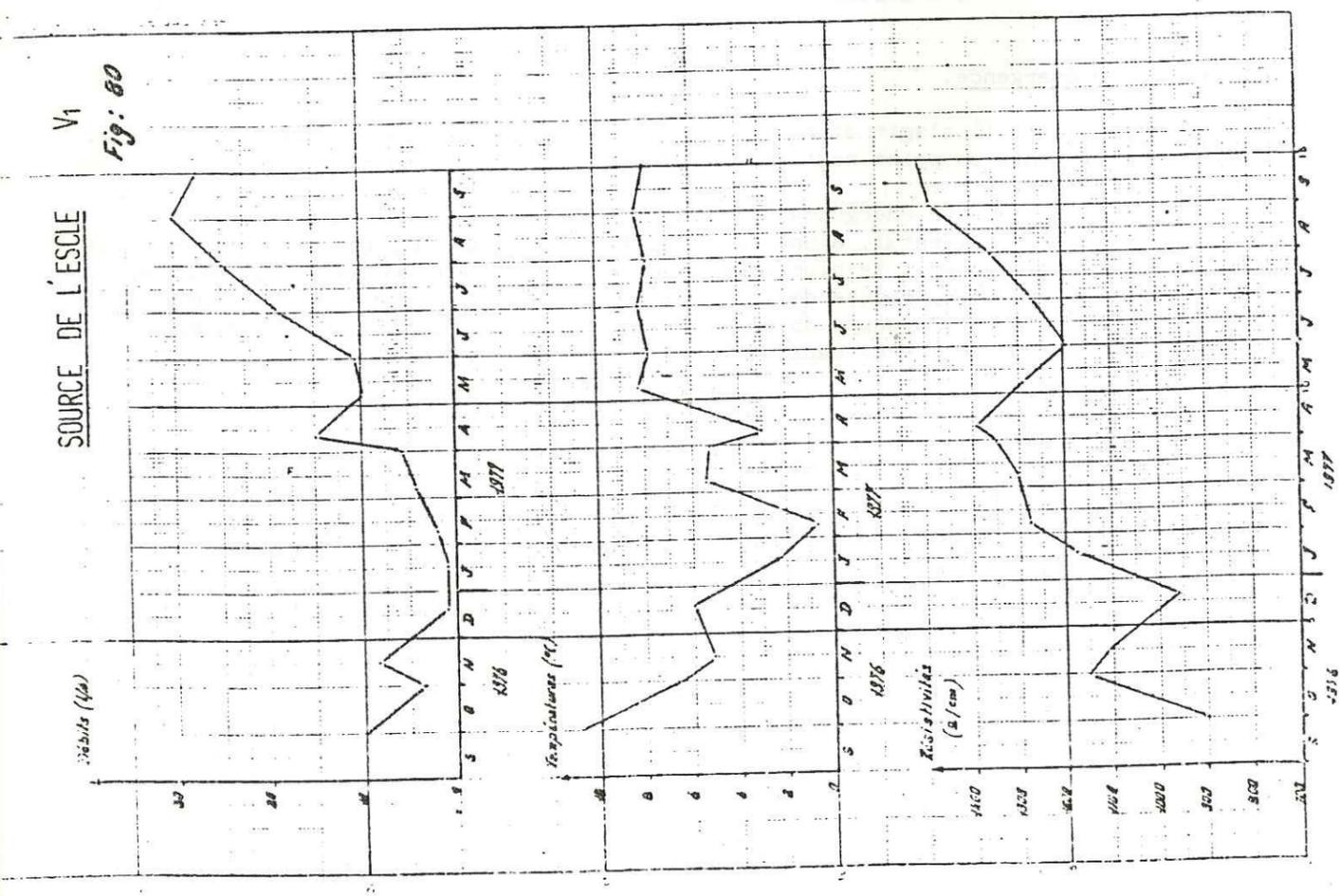
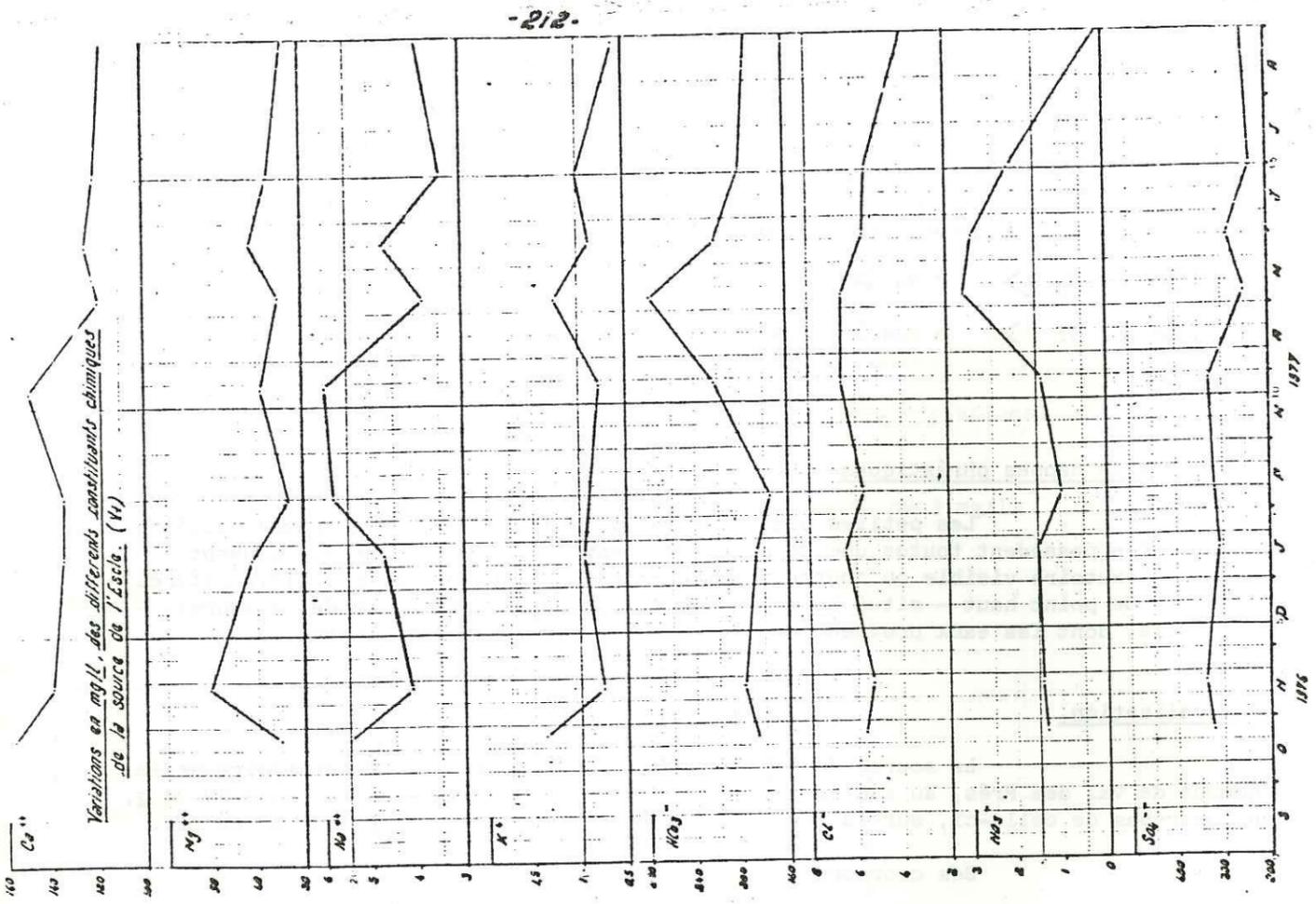
Il s'agit d'un trop plein naturel de la nappe de surface. Celle-ci, à cet endroit présente un point haut et devient alors subaffleurante.

Cette émergence est due soit, comme nous ne sommes pas tellement loin du versant occidental, à une remontée du substratum calcaréo dolomitique triasique, soit ce qui paraît le plus vraisemblable à un niveau argileux imperméable, des alluvions de la Clarée, proche de la surface. Quoiqu'il en soit, cette eau est bien la même que celle de la nappe de surface. Ce qui a été vérifié par une étude comparative qualitative des deux eaux.

c) Les débits. (voir fig n° 80).

Les variations de débits suivent les fluctuations de la hauteur de nappe. C'est ainsi qu'en hiver, nous avons un débit d'étiage très faible (1 à 2 l/s), car la nappe est elle aussi à son minimum.

La source peut, à notre avis, se tarir suivant l'importance du stockage sousjacent.



La fonte de neige provoque une très importante remontée de la nappe (voir chapitre VII). Les débits de la source de l'Escla, suivent cette progression et nous notons des grandes crues (20 l/s).

En été, suivant les conditions pluviométriques, les débits peuvent être très importants.

Le coefficient de variabilité est très élevé, puisqu'il peut atteindre 30. Le débit moyen annuel est de 10 l/s.

d) Les températures.

Les températures de la source de l'Escla, nous renseignent sur les températures de la nappe de surface.

Ces températures subissent d'importantes variations, et semblent liées à celle de l'air. En effet, elles décroissent très rapidement en automne, afin d'atteindre un minimum, en février, proche de la solidification (+ 0°8). Les températures printanières ne sont guère élevées, car liées à la fonte des neiges, et à l'action du gel - degel sur un sol à peine déneigé. Elles se stabilisent à la fin du printemps et en été autour de 8°, car la nappe est alors alimentée de façon régulière et constante par les eaux des versants, ou de la rivière, à température relativement stable.

La température moyenne annuelle est de 6°.

Les circulations sont donc peu profondes, puisqu'influencées par la température atmosphérique.

e) Les résistivités.

Les eaux de la Source de l'Escla sont très minéralisées puisque la résistivité moyenne est voisine de 1.200 Ω /cm.

L'étude des variations annuelles de la résistivité, va nous permettre de préciser certains points concernant la nature de l'alimentation de la source de l'Escla, donc de la nappe de surface de la plaine des Alberts.

L'hiver est marqué par la plus forte minéralisation (950 Ω/cm), témoignant d'un vidange lente et progressive des eaux très chargées de la nappe. Au printemps, l'importante couche de neige recouvrant la plaine va fondre et alimenter directement par infiltration la nappe sous-jacente, donnant une forte augmentation de la résistivité. La neige fondue, le niveau de la nappe va descendre, elle ne sera alors alimentée que par les versants à la rivière, d'où baisse de la résistivité (juin). L'été et l'automne marqués par d'abondantes pluies provoquent une augmentation constante et régulière de la résistivité (1.400 Ω/cm).

Ainsi le processus d'alimentation paraît simple, à tout moment conditionné par la climatologie extérieure.

f) Constitution chimique. (fig n° 80).

Ces eaux, comme nous venons de le voir, sont très minéralisées.

D'une manière générale, les différents ions ne subissent pas de grande variation annuelle. Le Ph est bas, puisque voisin de 7,5.

La dureté totale oscille entre 44° et 56°. Les teneurs élevées en Calcium et Magnésium s'expliquent par la nature chimique des alluvions, et des versants au sein desquelles les eaux circulent (formation triasique).

$r \frac{Ca}{Mg} = 1,96$, indique une prépondérance du Calcium par rapport au Magnésium.

Le TAC, varie entre 15° et 23°, avec un maxima de bicarbonate au mois de mai.

Les nitrates sont importants pendant toute l'année ; de nombreux ovins et bovins paissent en permanence sur ces pâturages naturels, déversant ainsi un potentiel assez appréciable de nitrates.

Les sulfates présentent une teneur élevée et ne subissent pas de variations pendant l'année. Cette grande teneur s'explique comme pour le Calcium et le Magnésium par la nature même des roches réservoirs.

$r \frac{SO4}{Cl} = 36,8$

La teneur en chlorure de sodium est importante en hiver, témoignant du salage des routes voisines de la source.

La silice est stable, voisine de 5 mg/l.

Valeurs moyennes annuelles.

	Source de l'Esclé.	
Résistivité	1.200 Ω /cm.	
PH	7,5	
Unités	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	130	6,5
Mg ⁺⁺	40	3,3
Na ⁺	5	0,22
K ⁺	1	0,03
HCO ₃ ⁻	200	3,3
Cl ⁻	6	0,17
NO ₃ ⁻	2	0,03
SO ₄ ⁻	300	6,25
Fe ⁺⁺	0	-
SiO ₂	5	0,17

g) Conclusion.

Ces eaux issues de la source de l'Esclé, sont étroitement liées à la nappe alluviale sous-jacente, qui détermine les fluctuations de ses débits, la nature de son alimentation, et le mode de circulation peu profonde.

Elles sont sulfatées calciques, avec des teneurs notables en nitrate et chlorure de sodium.

Leur captage, de par les conditions médiocres de la qualité des eaux et les grosses variations de débit est à éviter à tout prix.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :

$r Ca > r Mg > r Na > r K$
 et
 $r SO4 > r HCO3 > r Cl > r NO3$.

6 -Sources de Rocks glaciers (ou glaciers rocheux).

Le glacier rocheux est "une masse de débris anguleux qui énoient une lentille de glace qui flue lentement vers l'aval sous l'effet de la gravité"(V.GUITER).

Il est indispensable à sa formation que les versants encaissants soient constitués de roches massives se débitant en gros blocs anguleux (comme les calcaires triasiques de la zone briançonnaise), dont la production de débris est facilitée par la multiplication de fissures ou de diaclases permettant au gel d'agir efficacement.

L'altitude des glaciers rocheux (2.000 - 3.000 m dans les Alpes) conditionne les fortes amplitudes thermiques, donc l'abondance des cycles gel - dégel. La morphologie de ces appareils est particulière. En effet, ils rappellent l'aspect des vrais glaciers : en forme de langue, accident de riches ou de bourrelets concentriques vers l'aval, se déroulant sur plusieurs centaines de mètres, ou en forme de lobes plus trapus.

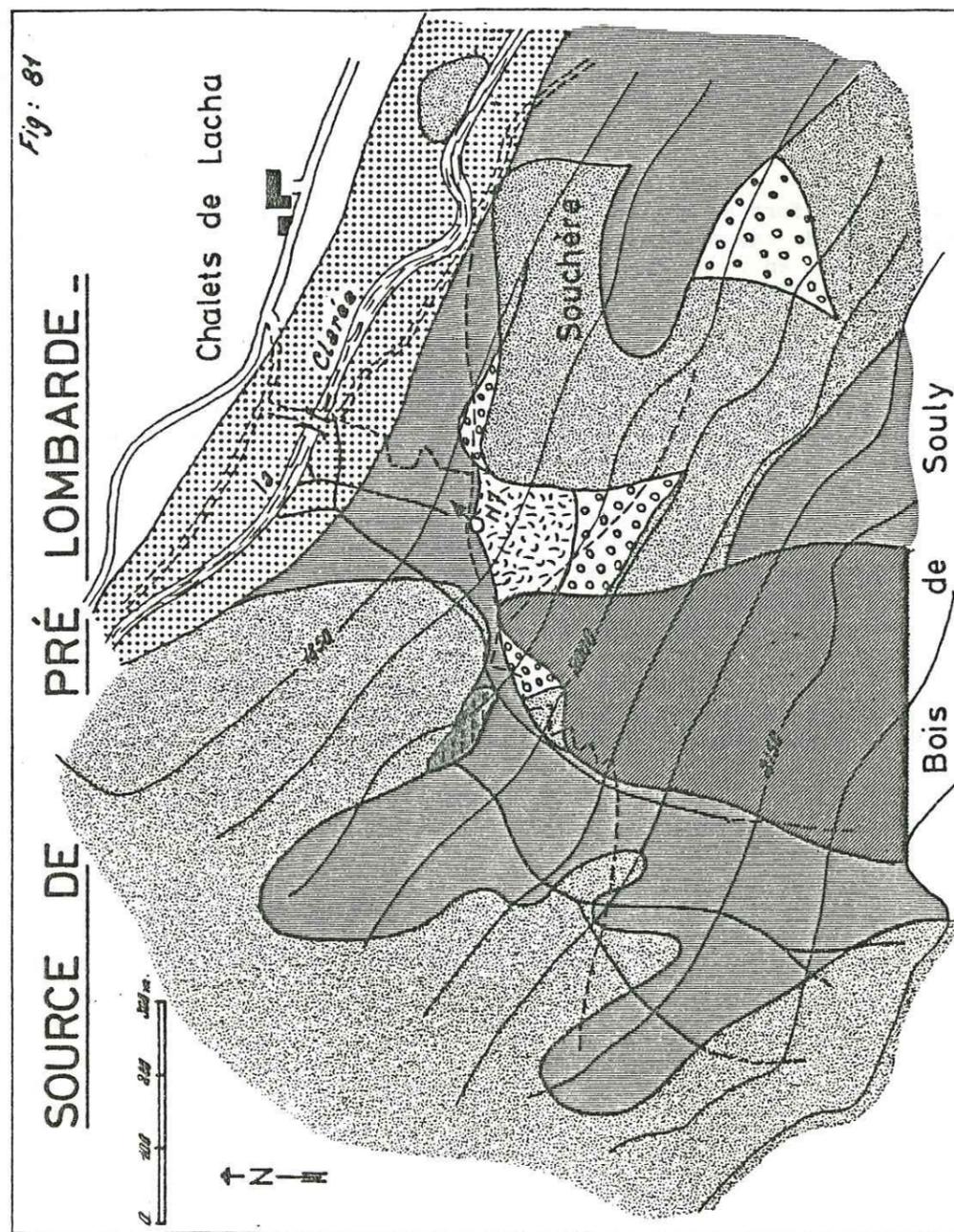
Génétiquement, le rock glacier apparaît comme le résultat du recul d'appareil glaciaire classique, par diminution de leur alimentation (à la suite de modification climatique), et par enfouissement sur place de la glace (et de la neige), sous la couverture de débris provenant des versants encaissants.

Sur le terrain, on remarque la présence d'arbres dit "en tuyau de pipe", indiquant un écoulement indéniable vers l'aval, une végétation basse composée essentiellement de rhododendrons, et un sol recouvert de mousse humide, témoignant de circulations peu profondes et importantes. Ce fluage, vers l'aval, semblable à celui d'une matière visqueuse, est bien visible en photographie aérienne.

Comme nous l'avons vu plus haut, nous rencontrons ces rocks glaciers dans la haute vallée de la Clarée, au pied du versant Nord des massifs de Tête Noire, de la grande Manche, du grand Aréa et de la Crête de l'Echaillon.

Ces appareils donnent à leurs extrémités, ou sur leurs bords, des émergences. C'est le cas pour le glacier rocheux de Buffère, et de ceux de la Grande Manche et du Bois de Souly.

Nous avons ainsi étudié les sources de Pré Lombarde et du Raisin.



- Fluvions fluviales récentes.*
- Eboulis vifs*
- Eboulis fixés*
- Sol saturé en eau.*
- Periglaciaire cryoclastique.*
- Rock glaciaire.*
- Grès et conglomérats du Houiller.*
- Source.*

a) Localisation.

La source de Pré Lombarde (N7), se situe en rive droite de la Clarée, à proximité des Chalets de Lacha, au pied du Bois de Souly, près d'une ancienne mine dans le houiller.

Ses coordonnées Lambert II sont :

X = 932,24 Y = 311,25 et Z = 1.875 m.

La source du Raisin (N8) se trouve sur le même versant que la précédente, à proximité du sentier Fontcouverte - Chardonnet, au pied de la Grande Manche.

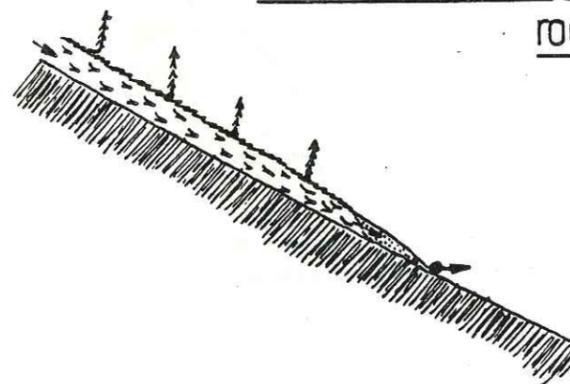
Ses coordonnées Lambert II sont :

X = 930,80 Y = 311,08 et Z = 2.240 m.

b) Conditions d'émergence (voir schéma n° 81 et 82).

Ces rocks glaciaires sont des formations, de par leur grande hétérogénéité, très perméables, sujettes à de nombreuses circulations internes et peuvent être assimilés aux moraines. Le substratum houiller imperméable, permet des circulations dans les formations de couverture. Si celles-ci deviennent peu épaisses, ou disparaissent, l'eau pourra s'échapper de sa roche réservoir et donner naissance à des sources à son front ou sur ses bords. Des éboulis fixés, perméables également, prolongent souvent la partie terminale duglacier rocheux allongeant ainsi les circulations.

Conditions d'émergence des sources liées à des rocks glaciaires



- Légende**
- Substratum houiller imperméable*
 - Rocks glaciaires.*
 - Eboulis fixés*
 - Source*

Fig: 82

c) Les débits (fig n° 83).

L'hiver influence très fortement et négativement le débit de ces sources. En effet, nous trouvons un très fort étiage durant cette saison. Certaines émergences tariront même. Pour la source de Pré Lombarde le débit minimum est de 2 l/s de décembre à Avril. Le manteau neigeux empêche toute infiltration. La source se trouve alimentée par ses propres réserves uniquement. Celles-ci sont constituées en grande partie de glace, qui étant donné la longue période de gel, ne pourra pas fondre. En hiver, toute la formation réservoir est bloquée. Seules de très faibles circulations sont possibles.

Au printemps, commence le dégel progressif, et la fonte est alors bien régulière. Aucune crue digne de ce nom n'est à noter.

Son débit maximum (30 l/s) est atteint au mois de septembre.

Nous remarquons donc un très fort coefficient de variabilité égal à 15.

d) Les températures.

C'est le facteur physique, qui nous a permis la distinction de telle source.

En effet, les températures de ces eaux de sources sont très froides puisqu'elles n'excèdent jamais plus de 4°C, au cours de l'année.

Les eaux circulant au sein du glacier rocheux, au contact de la glace emprisonnée, se refroidissent énormément et donnent des températures anormalement basses.

C'est en hiver que nous relevons les minima (0°3), (température proche de la solidification), et en été, les maxima (+3°9).

Le printemps sous l'action de la fonte de neige rechauffe légèrement la température, et l'amène à un palier (3°5).

Nous prendrons comme température moyenne annuelle = 2°8.

e) Les résistivités.

Les résistivités des eaux de la source de Pré Lombarde sont assez élevées (puisque la résistivité moyenne annuelle est de 6.500 Ω /cm).

La fin du printemps est marquée par un apport d'eau peu minéralisée (fonte de neige) provoquant sur la source une augmentation notable de la résistivité, qui va atteindre fin juillet un maximum (8.500 Ω /cm).

De novembre à Mai, les résistivités évoluent peu et sont proches des valeurs minimales (6000 Ω /cm).

Les eaux de la source du Raisin sont plus chargées, car leur résistivité moyenne annuelle est de 5.000 Ω /cm. La présence du massif calcaire-dolomitique triasique de la Grande Manche, à son amont, explique certainement ces eaux plus chargées.



f) Constitution chimique (fig n° 33).

Ces eaux peu minéralisées (3,8 meq/l en moyenne) ne subissent pas de grandes variations saisonnières.

Remarquons cependant une augmentation des différentes teneurs en hiver, et une baisse à la fin du printemps.

Le PH en est assez élevé, puisque proche de 8,15.

La dureté totale est voisine de 9°F. La teneur en calcium est bien supérieure à celle en magnésium, car $r \frac{Ca}{Mg} = 2,9$. (Le substratum houiller influence peu ces 2 différentes teneurs).

La teneur en Sodium présente un pic important au début de l'hiver. Le TAC moyen est de 8°5, témoignant une teneur moyenne en bicarbonate (100 mg/l).

Les teneurs en chlorure, nitrate sont très faibles.

Celle en sulfate, s'annule en juin; les eaux issues de la fonte de neige effectuent, un important lessivage à cette époque là.

$$\frac{r SO4}{Cl} = 8$$

La teneur en Silice soluble est faible (3 mg/l).

Valeurs moyennes annuelles..

	Source de Pré Lombarde.-	
Résistivité	6.500 Ω /cm	
Ph	8,15	
Unités	mg/l	meq/l
Ca ⁺⁺	25	1,25
Mg ⁺⁺	5,3	0,43
Na ⁺	0,75	0,03
K ⁺	0,35	0,01
HCO3 ⁻	100	1,6
Cl ⁻	3	0,01
NO3 ⁻	0,75	0,01
SO4 ⁻⁻	4	0,08
Fe ⁺⁺	0	-
SiO2	3	0,01

g) Conclusion.

Ces eaux issues des glaciers rocheux présentent des températures annuelles très basses (2°7), la présence de la glace est responsable de cette anomalie thermique.

Les circulations sont peu profondes et très irrégulières.

Les eaux sont moyennement minéralisées et bicarbonatés calciques.

Leurs formules chimiques caractéristiques sont :

$$r Ca > r Mg > r Na > r K$$

et

$$r HCO3 > r SO4 > r NO3 = r Cl.$$

CHAPITRE VI.

HYDROGEOLOGIE COMPARATIVE DES DIFFERENTS
AQUIFERES.

De la précédente étude, nous avons rassemblé les résultats obtenus sous forme de tableaux (voir tableaux n° XXIII et XXIV), et avons tiré les conclusions suivantes :

I - Les facteurs physiques.

1 - Les débits.

Les sources issues du substratum présentent de faibles variations annuelles (sauf pour les émergences de roches vertes).

Celles, issues des formations de couverture, en présentent de fortes.

C'est le facteur qui déterminera le captage ou non d'un tel type de source. Si l'on est contraint de capter une émergence issue de terrains quaternaires, on veillera à surveiller le débit d'étiage hivernal, afin de voir s'il est supérieur au besoin demandé.

2 - Les températures

Ce facteur dépend en grande partie de l'altitude, du versant, et de la pente de l'écoulement.

Les sources issues du quaternaire, possèdent les mêmes températures moyenne annuelles que celles de leur substratum.

Les émergences du Trias sont plus chaudes, en moyennes, que les autres (Houiller, Roche Verte).

La température moyenne annuelle très froide d'une source témoigne d'un rock glacier dans son alimentation directe.

3 - Les résistivités.

Nous constatons la très grande échelle des eaux du bassin versant de la Clarée (de 600 Ω /cm à 30.000 Ω /cm).

C'est dire la très grande diversité des sources et de leurs roches réservoirs. Nous distinguerons les eaux issues du Trias calcaréo dolomitico - gypso - cagneulique (de 600 à 3.000 Ω /cm), celles des quartzites (4.000 à 6.000 Ω /cm), celles du houiller (5.500 à 7.500 Ω /cm), et celles des roches vertes (12.000 à 25.000 Ω /cm).

Roches Réservoir.-	Formules Chimiques Caractéristiques.	Résistivités (en Ω /cm).	coef. de varia. de débits.	PH	temp. moy. annuelle
Houiller	r Ca = r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r SO ₄ = r Cl > r NO ₃	de 5.500 à 7.500	2	8,0	entre 5° et 7°
Quartzites	r Ca > r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r SO ₄ > r Cl > r NO ₃	de 4.000 à 6.000	3,5	7,9	7°5
Calcaires Dolomitiques	r Ca > r Mg > r K > r Na r HCO ₃ > r SO ₄ > r Cl > r NO ₃	de 2.000 à 3.000	2	7,9	entre 7° et 8°
Gypses et Cargneules.	r Ca > r Mg > r Na > r K r SO ₄ > r HCO ₃ > r Cl > r NO ₃	de 600 à 750	2,2	7,8	entre 7° et 8°
Roches Vertes	r Ca = r Mg > r K > r Na r HCO ₃ > r SO ₄ > r Cl > r NO ₃	de 12.000 à 25.000	7	7,6	6°
Eboulis du Trias	r Ca > r Mg > r K > r Na r SO ₄ = r HCO ₃ > r Cl > r NO ₃	de 1.000 à 5.500	de 3,5 à 7,5	7,7	entre 5° et 6°
Moraines sur Houiller	r Ca > r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r Cl > r SO ₄ > r NO ₃	de 9.000 à 15.000	7,2	7,9	6°
Moraines sur Calc. dolom.	r Ca > r Mg > r K > r Na r HCO ₃ > r SO ₄ > r Cl > r NO ₃	de 4.000 à 6.000	15	7,8	8°
Moraines sur Flysch	r Ca > r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r Cl > r SO ₄ > r NO ₃	de 4.000 à 14.000	15	8,0	9°
Terrains glissés	r Ca = r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r SO ₄ > r Cl > r NO ₃	de 9.000 à 30.000	5	7,8	7°
Cône de déjection	r Ca > r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r Cl > r SO ₄ > r NO ₃	de 11.000 à 25.000	7	7,6	6°
Nappes	r Ca > r Mg > r Na > r K r SO ₄ > r HCO ₃ > r Cl > r NO ₃	de 900 à 1.500	30	7,5	6°
Rocks glaciers	r Ca > r Mg > r Na > r K r HCO ₃ > r SO ₄ > r NO ₃ = r Cl	de 5.000 à 8.500	15	8,15	2°8

Tableau n° XXIII

Elements pour une classification des sources dans le bassin Versant de la Clarée (05).

Les formations quaternaires possèdent dans un même rapport, des valeurs semblables à celles des terrains qu'elles recouvrent ; mais sont d'une manière générale beaucoup plus élevées (4.000 à 30.000 Ω /cm).

4 - Les PH.

Les mesures de PH, faites en général en laboratoire, sont soumises à trop d'impondérables pour permettre une classification exacte.

II - Les facteurs chimiques.

La constitution chimique exacte de l'eau permettra de donner des renseignements précieux sur la nature et la composition des circulations.

Ainsi, les eaux issues du Trias, sont soit bicarbonatées calciques et magnésiennes, soit sulfatées calciques et magnésiennes, témoignant de circulations profondes importantes, s'établissant dans les calcaires dolomitiques au niveau de fractures élargies avec le temps, par la dissolution, et dans les cargneules et gypses, sous forme de nombreux chenaux, façonnant depuis la surface des entonnoirs de dissolution. La mise en solution de la roche réservoir (très soluble) est très grande. Ces eaux sont bien souvent impropres à la consommation.

Les eaux, issues des formations houillères, sont bicarbonatées calciques et magnésiennes, mettant en évidence des circulations assez faibles, et mal organisées.

Les eaux, issues des Roches Vertes, sont bicarbonatées calcico-magnésiennes soulignant un lessivage relativement important des minéraux magnésiens contenus dans de telles roches.

Les eaux, issues des terrains de couverture, sont, soit bicarbonatées calcico-magnésiennes, soit sulfatées calciques. Elles sont très influencées par la nature du substratum qu'elles recouvrent et en possèdent les rapports chimiques. Remarquons le rôle notable joué par les ions et cations secondaires tels que Sodium, Potassium, chlorure et Nitrate.

A la suite des analyses chimiques, nous avons reporté les résultats sur les diagrammes de Schoeller - Berkloff.

L'étude détaillée de ces émergences nous a permis de tracer les courbes enveloppes de minéralisation des eaux (fig n° 84 à 88) qui caractérisent ainsi, l'origine de la source selon sa chimie et sa géologie, mais il faudra être prudent, quant à la détermination des sources liées aux terrains de couverture, car, la courbe enveloppe relative à ces dépôts, montre une gamme de minéralisation étendue.

III - Caractères hydrogéologiques des différents aquifères.

Tout cet ensemble de propriétés physico-chimiques, caractérise chaque formation, en lui conférant sa personnalité hydrogéologique.

Nous avons regroupé ces différents caractères sur le tableau XXIV qui nous permettra :

- . Connaissant un, ou plusieurs, caractères géologiques ou physico-chimique d'une nappe, d'en déterminer la formation aquifère d'origine.
- . Connaissant de quelle formation aquifère il s'agit, de prévoir les caractéristiques de la nappe ou des émergences qui lui sont liées.

Cette étude souligne la différence hydrogéologique très grande qui existe entre la Haute Clarée et la moyenne et basse Clarée.

En effet, ces 2 secteurs représentent 2 unités hydrogéologiques bien distinctes.

- 1) la première = unité de Nevache, ou unité amont, regroupe toute la haute vallée de la Clarée, à l'exception des synclinaux mésozoïques des Cercès, Queyrellin, Grande Manche, Tête Noire et Grand Aréa ; elle est limitée sur sa bordure orientale par le contact Houiller - Trias (grossoirement Nord-Sud, du Lac Blanc au Nord, jusqu'au col du Granon au Sud).

Cette unité présente un très abondant écoulement de surface, avec un réseau hydrographique très développé. Les paysages sont verdoyants. Les infiltrations et circulations souterraines s'effectuent en majeure partie dans les terrains de couverture. Le substratum houiller, confère à cette unité, un caractère imperméable. Quelques émergences du bed-rock sont à noter (quartzite - houiller). Elles sont relativement rares et peu abondantes. Les terrains quaternaires donnent la grande majorité des sources (Moraines - Placages morainiques - glissements - Rock glaciers). Celles-ci sont très nombreuses et peuvent caractériser cette unité. Les eaux sont peu chargées.

- 2) la seconde = unité de la Clarée, ou unité aval, regroupe toute la moyenne et basse vallée de la Clarée, à laquelle nous pouvons rattacher les différents synclinaux mésozoïques.

Le réseau hydrographique est très faible (seulement quelques petits torrents). Le paysage est aride, marqué par quelques entonnoirs de dissolution. La moindre goutte d'eau qui tombe sur cette région, s'infiltrer immédiatement dans les terrains triasiques solubles et perméables qui la caractérisent. Ils sont sujets à de très nombreuses circulations. Les émergences sont rares. Les plus importantes sont celles trouvées à la base de certains cônes d'éboulis. Remarquons quelques sources du Trias lui-même, de moraines, de cônes de déjection, et de nappes. Leurs eaux sont très chargées.

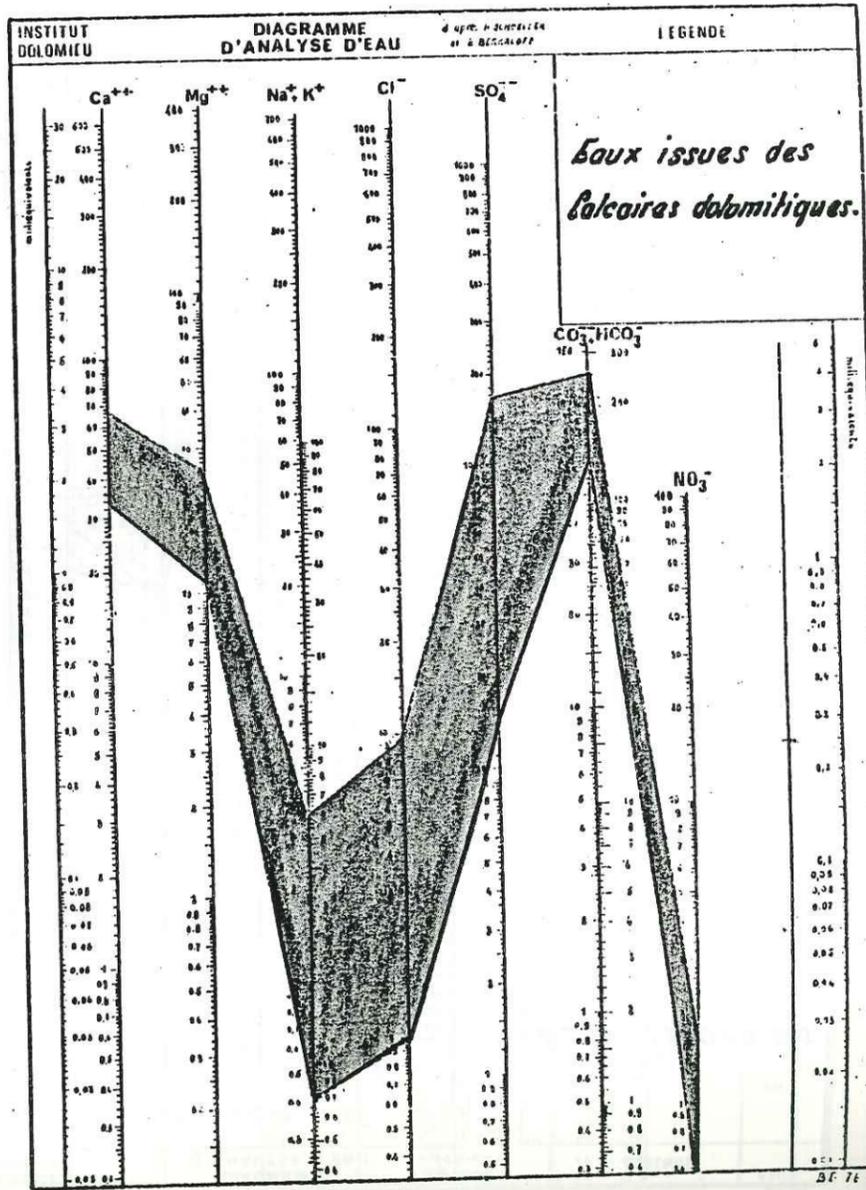
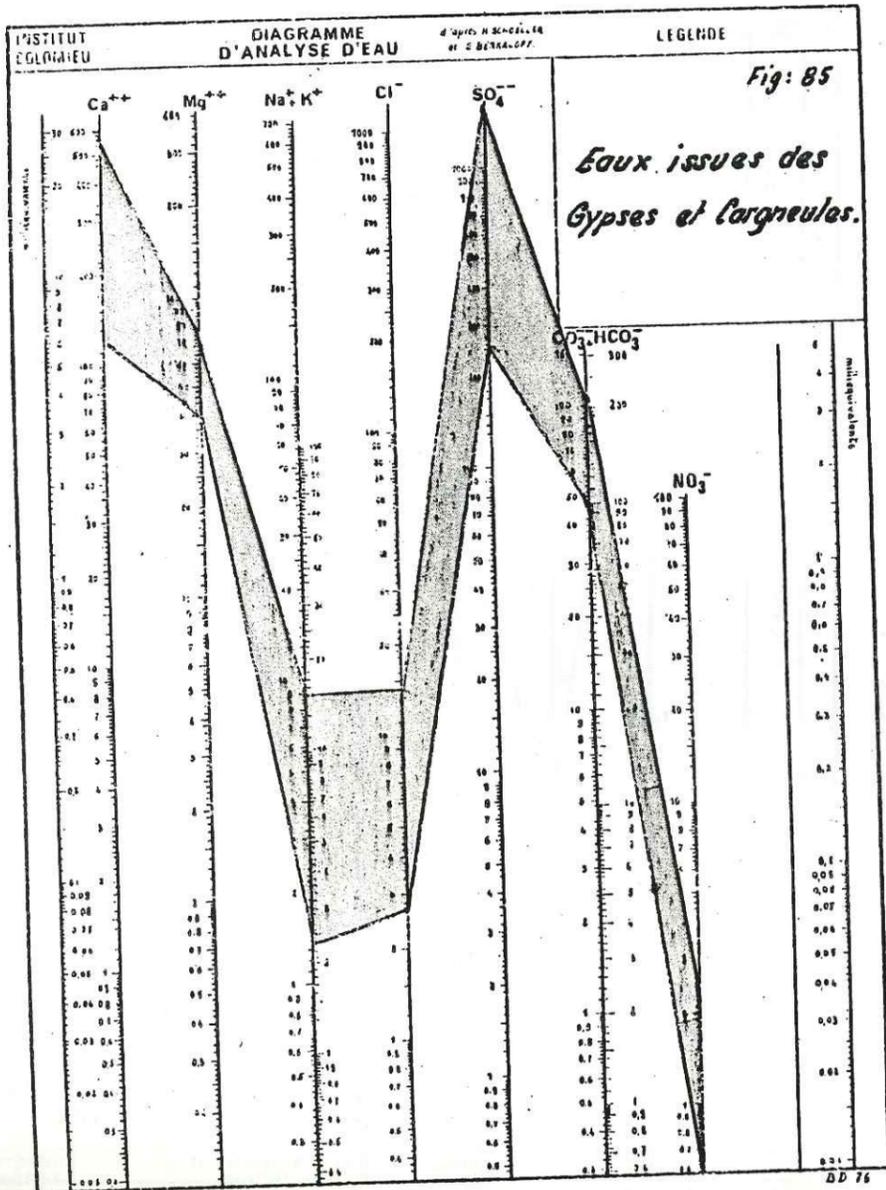
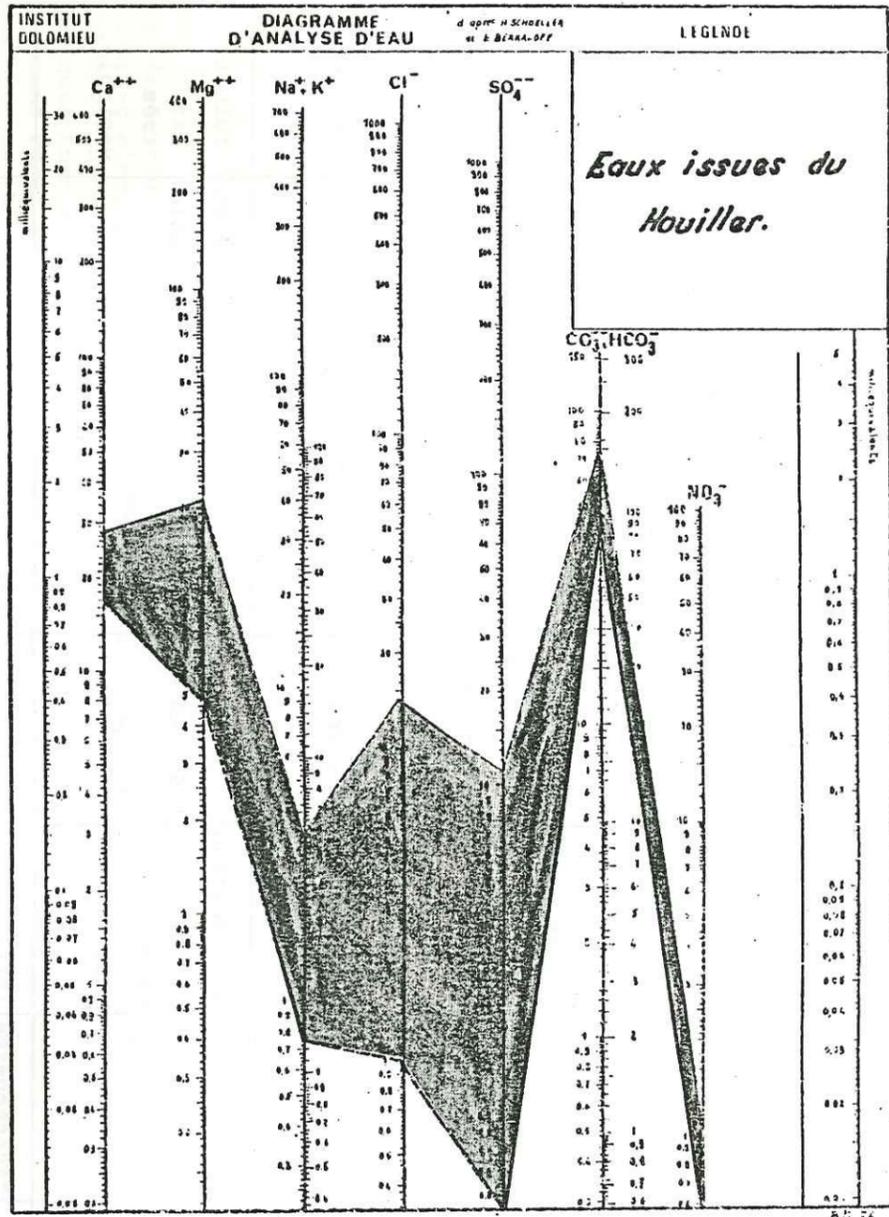
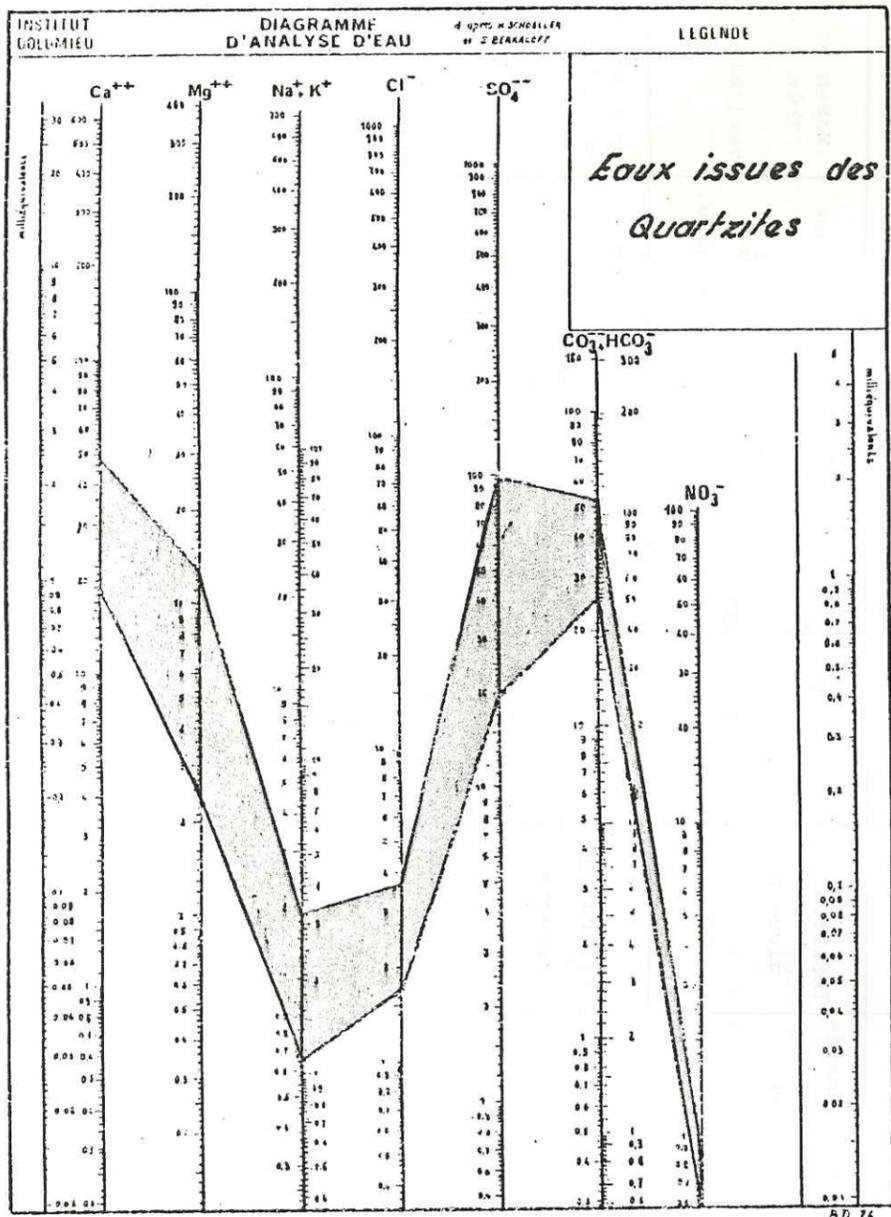
- 3) Nous avons relevé une petite sous-unité indépendante des précédentes. Il s'agit de la sous-unité des Gondrans.

En effet, cette région est marquée, par un substratum de flysch totalement imperméable permettant des sources abondantes dans la moraine susjacente (Sources de la Durance), et également par une roche réservoir constituée de Roches Vertes sur sa bordure orientale qui peut donner à sa base quelques émergences.

Origine	Nature de l'eau	Alimentation	Mode de circulation.	conditions d'émergence	Resistivités	températures	Débits.
HOULLIER.	bicarbonatée calcico-Magnésienne	Infiltration lente ou après ruissellement	.mal organisé .percolation lente .drainage par failles	petit accident tectonique local.	Moyenne et stable	basse et stable	faible et constant.
TRIAS	bicarbonatée calcico Magnésienne ou sulfatée calcico-magnésien.	Infiltration directe	.au niveau des fractures .sous forme de chenaux.	.par fracture .par contact géologique	très basse et stable	élevée et stable.	moyen et constant.
ROCHES VERTES	bicarbonatée calcico-magnésienne.	Infiltration lente ou après ruissellement	.percolation très lente .drainage par failles	petit accident tectonique local	très élevée et variable	basse et variable	faible et très variable.
EBOULIS.-	bicarbonatée ou sulfatée calcique	Infiltration directe de surface ou par le substratum.	Percolation + chenaux.	.remontée du substratum. .point bas topographique .niveau de base hydrogéol.	basse à moyenne et variable	basse et variable	Important et variable.
MORAINES.-	bicarbonatée calcique	Infiltration directe	Percolation + chenaux	.remontée du substratum .niveaux argileux dans la moraine.	très élevée et variable	Moyenne et très variable.	Moyen et très variable.
autres types de quart. cônes de dej. - nap. - Rock	bicarbonatée ou sulfatée calcico-magnésienne.	Infiltration directe	Percolation + chenaux.	. remontée du substratum .niveaux argileux.	élevée ou basse et très variable	basse ou élevée et très variable	important ou faible et variable.

Tableau n° XXIV..
Classification des sources dans le bassin versant de la Clarée (Hautes-Alpes).

Fig: 84



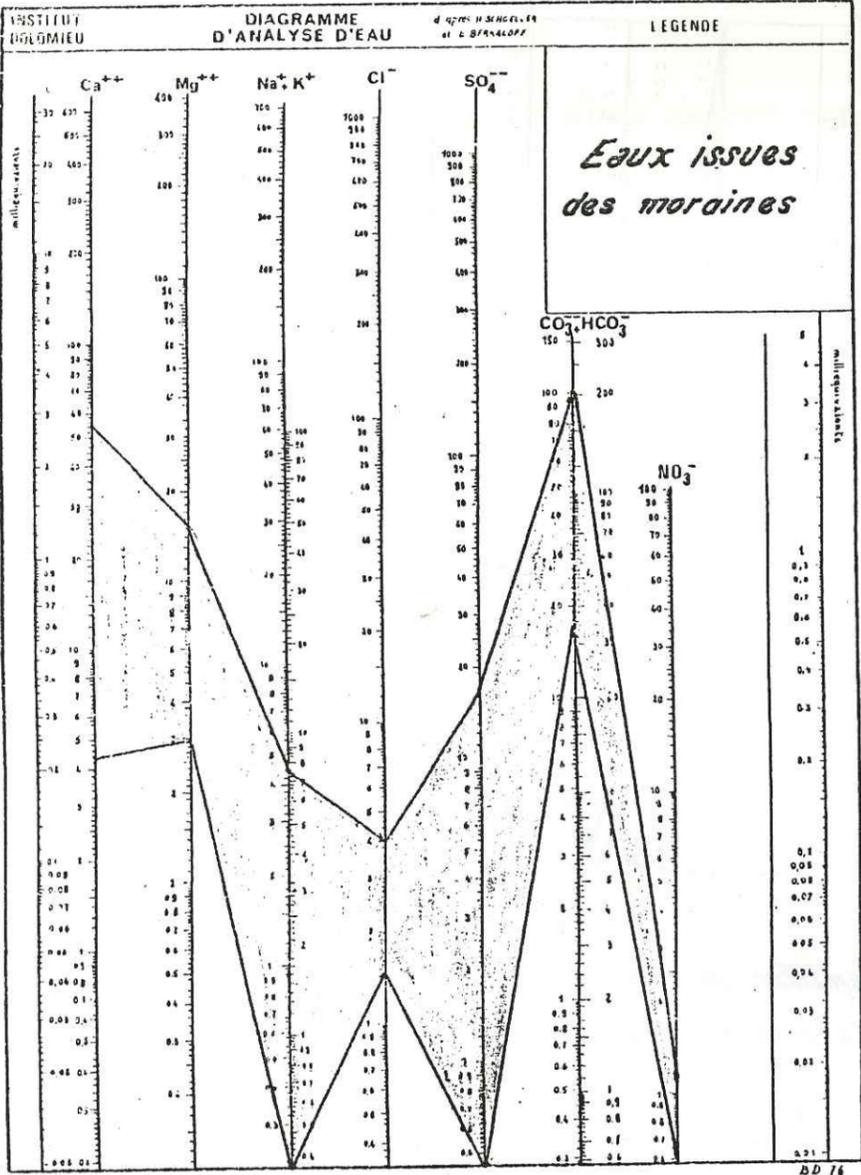


Fig. 86

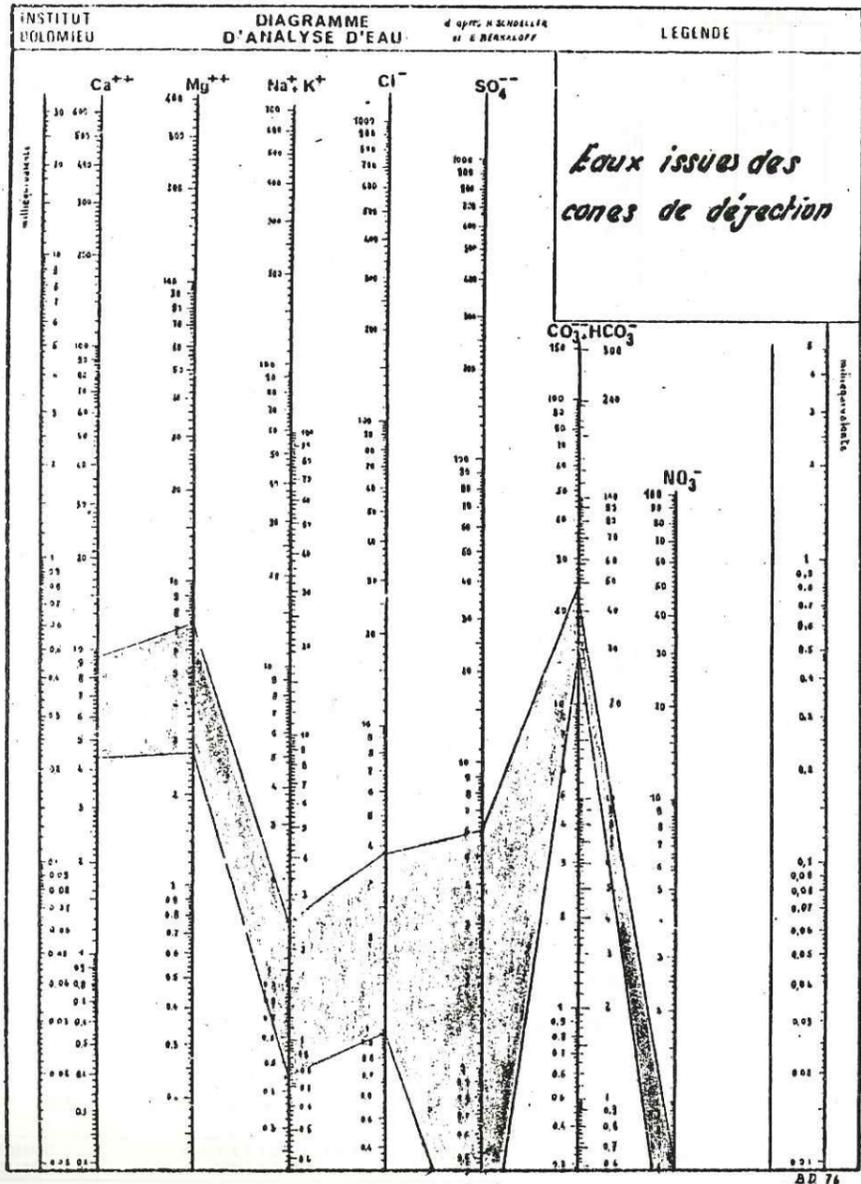
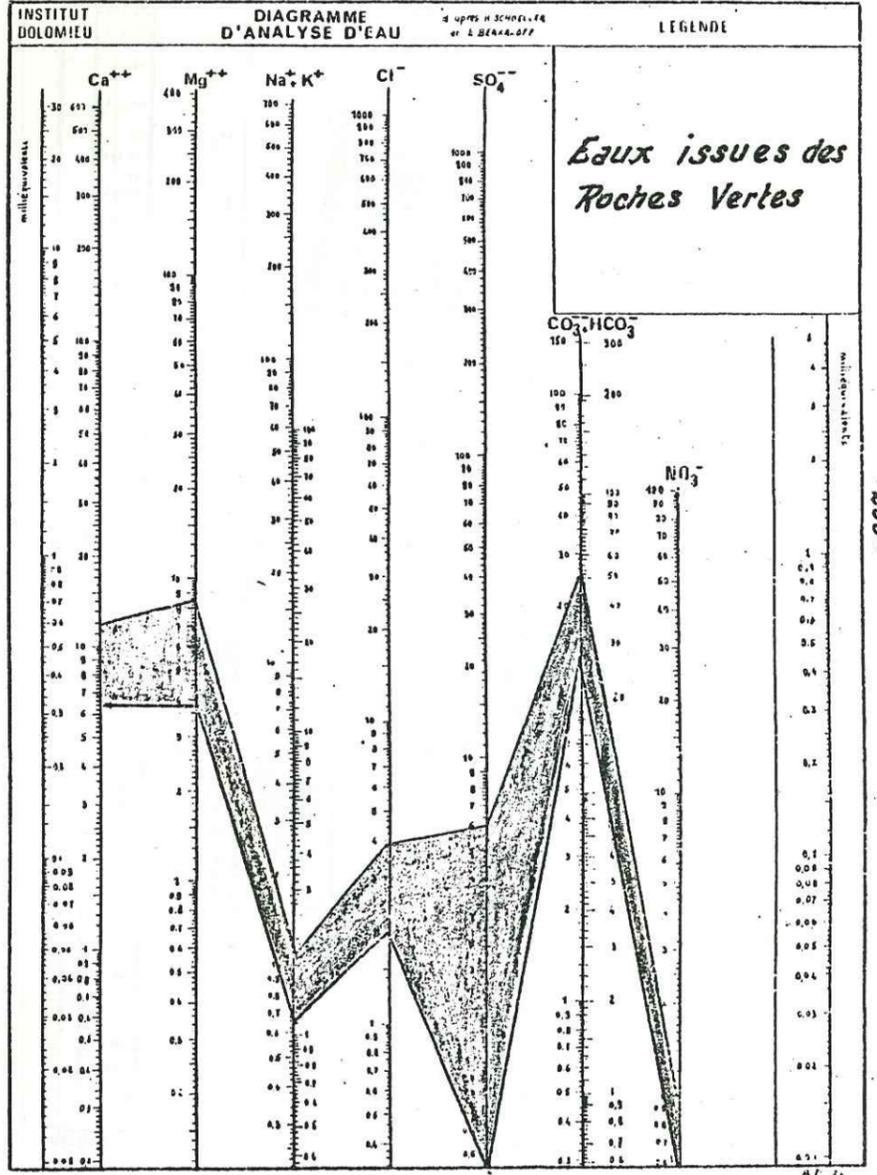
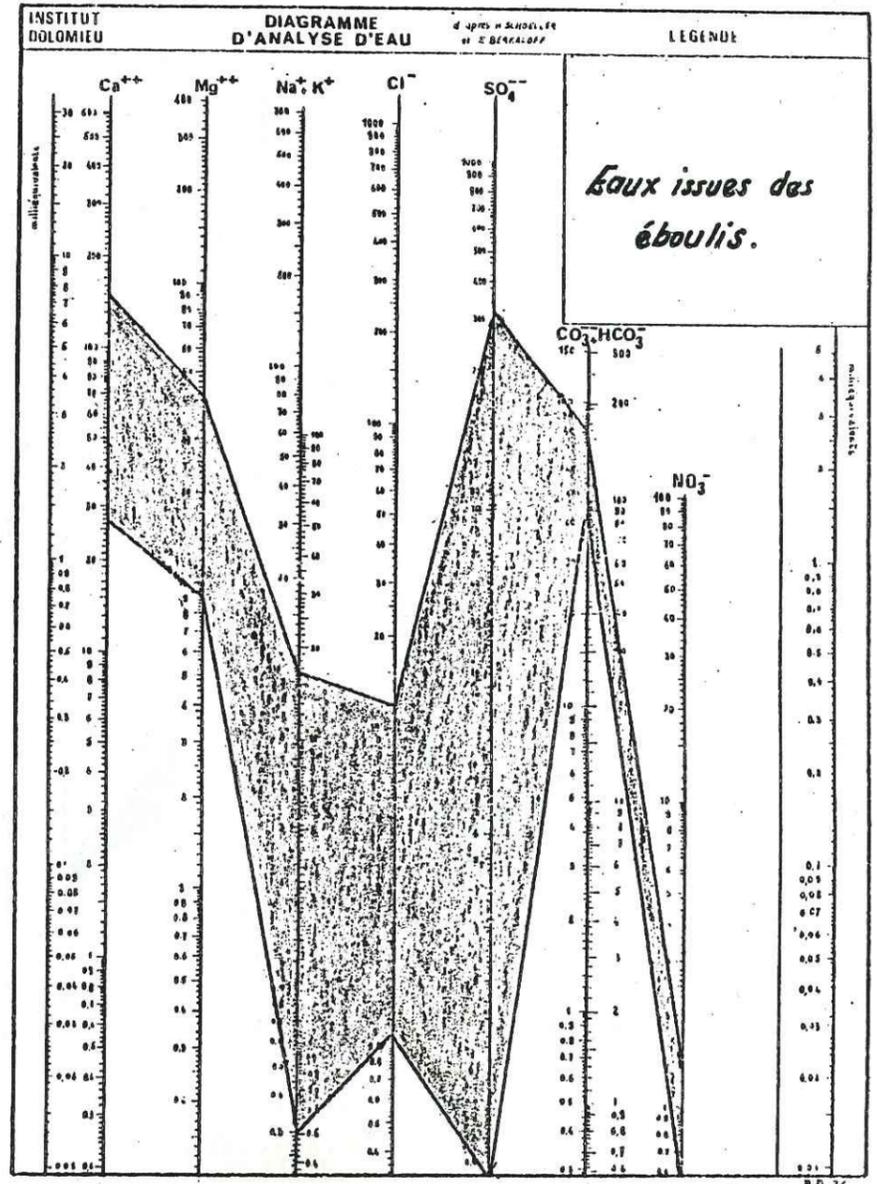


Fig. 87



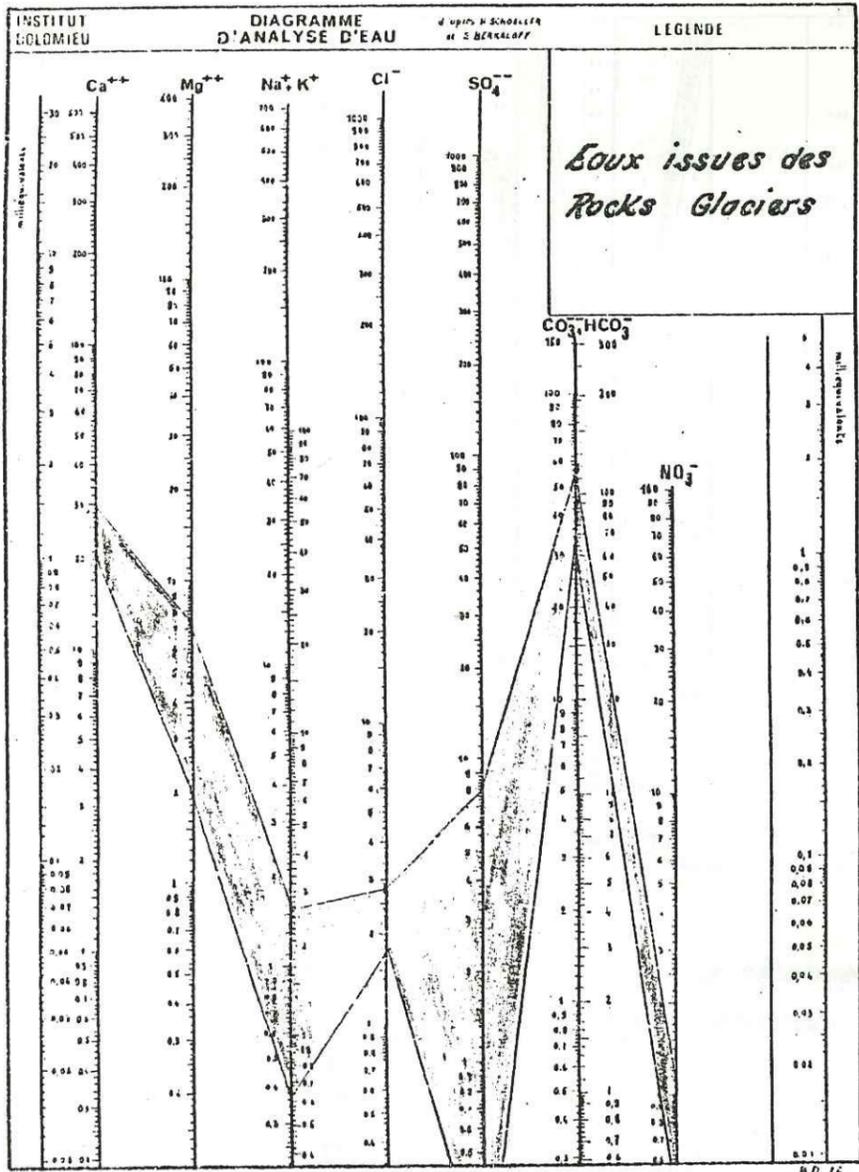
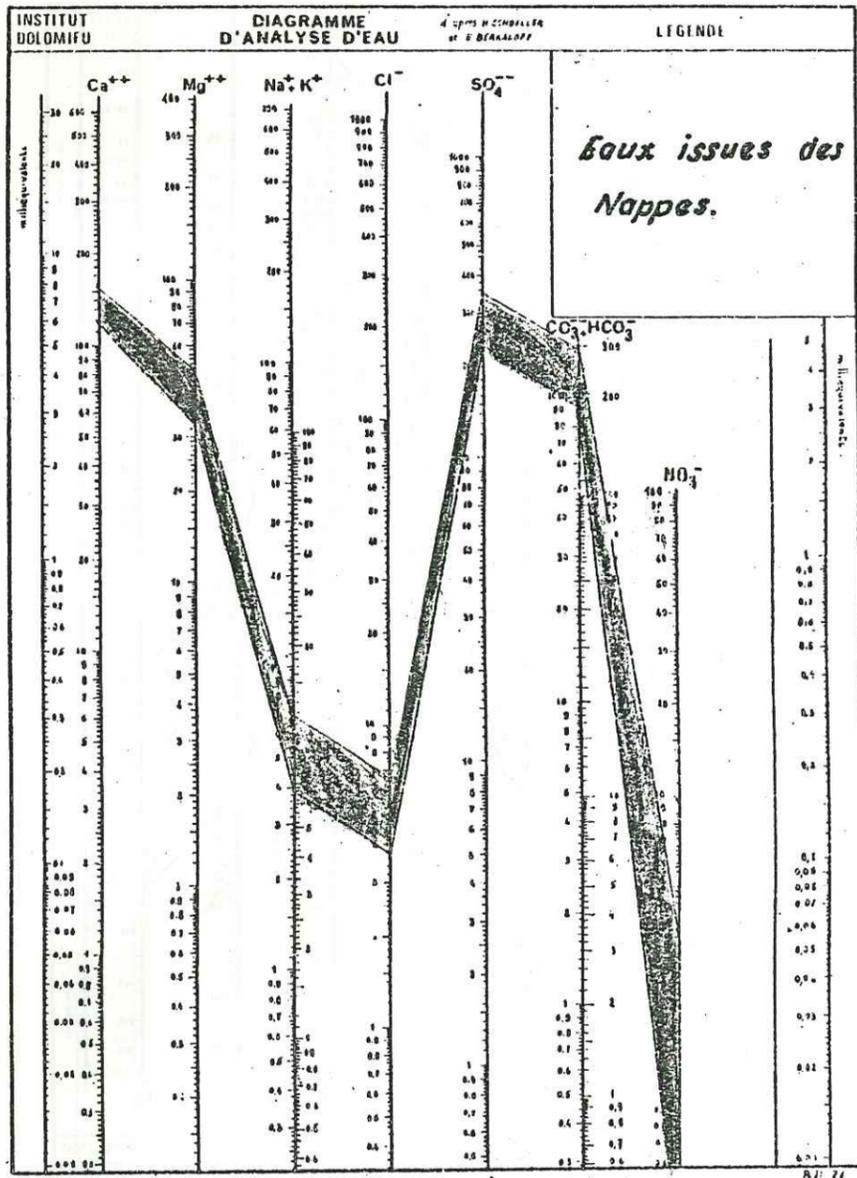


Fig. 82



232



Photo n° 2 : Plaine des Alberts - vu vers l'amont.

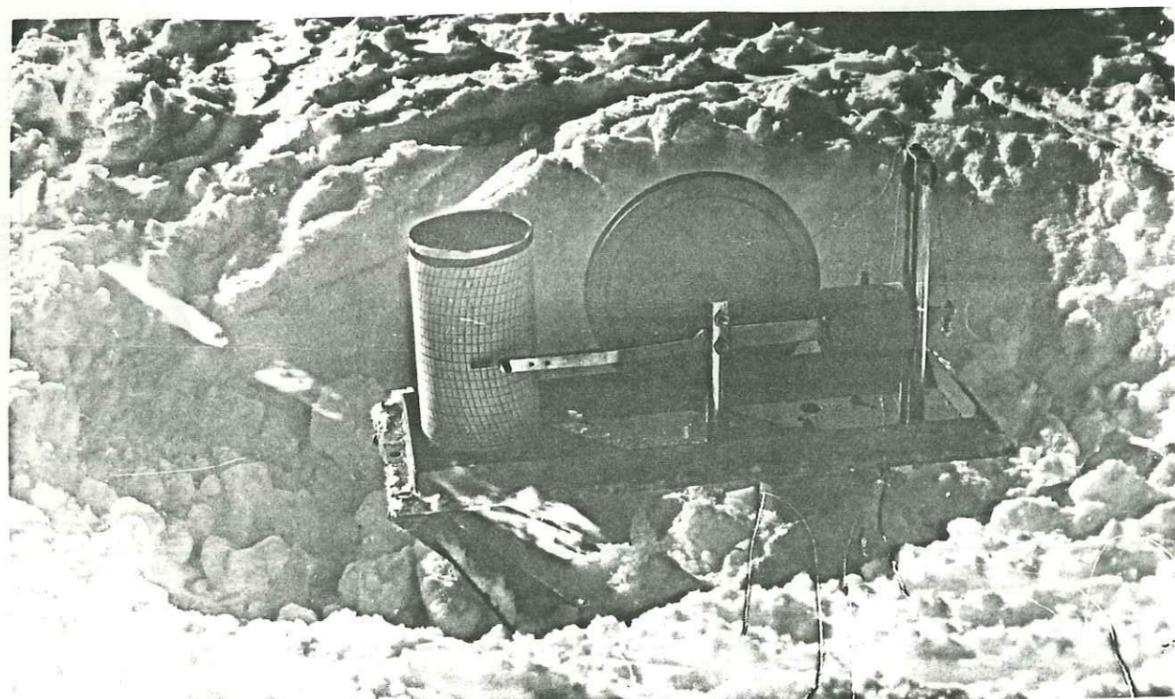


Photo n° 3 : Piézo limé enregistreur de la plaine des Alberts (hiver 76-77).

CHAPITRE VII

LA MOYENNE ET BASSE CLARÉE ENTRE NEVACHE ET LA VACHETTE.

I - Les ombilics de la haute Clarée, et les petites plaines alluviales de la moyenne et basse Clarée.

Comme nous l'avons vu plus haut, la haute vallée de la Clarée, en amont de Névache, présente une série d'ombilics séparés par des verroux que la rivière entaille et franchit en cascade. Chaque ombilic, rempli de matériel fluvioglacière, surmonté d'un remblayage peu épais et superficiel de limon et de tourbe possède sa nappe alluviale ; une nappe limitée à l'aval par un verrou de terrain houiller imperméable, alimentée principalement par les versants, recouverts de terrains quaternaires (éboulis, moraines) permettant d'abondantes circulations, et également par la Clarée, elle-même.

Ces nappes d'ombilics, (au total 6 : Lacou Verney - Lacha - Jadis Fontcouverte - Roche Noire - Sous Laval - Laval) communiqueraient entre elles grâce à la présence de sillons latéraux, entaillant les verroux et aujourd'hui remblayés.

Malheureusement, aucune investigation ni profonde, ni de surface n'a pu mettre en évidence de tels sillons latéraux remblayés.

La moyenne et basse vallée de la Clarée, à l'aval de Nevache, présente, elle aussi, une série de nappes isolées les unes des autres par des dépôts torrentiels, sous forme de cônes de déjection, descendant des 2 versants, séparant ainsi la vallée en plusieurs parties.

Ces nappes, alimentées par les versants (circulation intense à travers les éboulis et également au sein des calcaires dolomitiques) communiquent certainement entre elles. En effet, le "verrou" aval constitué par le barrage des 2 cônes de déjection latéraux est loin d'être étanche. Ces cônes de déjection repoussent la rivière en lui imposant un tracé quelque peu sinueux.

Nous avons, ainsi, identifié, la plaine alluviale de Nevache barrée à l'aval par les cônes de déjection des torrents du Creuzet en rive droite et du Robion en rive gauche.

Entre Plampinet à l'amont et Val des Prés à l'aval, sous le bois de Pécé, la Clarée s'étale dans une petite plaine toute en longueur, fermée à l'aval par la jonction des cônes de déjection des torrents du Granon et des Gamattes en rive droite et de celui des Fourneux en rive gauche.

Enfin, le hameau des Alberts se trouve au coeur de la plus grande des plaines alluviales, s'étalant depuis le Rosier en amont jusqu'à la Vachette en aval. Cette plaine est barrée à l'aval par la confluence des cônes de déjection du torrent de l'Enrouye en rive droite et de celui du torrent du Vallon et de la Durance en rive gauche.

De nombreux petits lambeaux de plaine s'étirent entre ces 3 plaines principales (citons par exemple, la petite plaine en amont de Plampinet).

La Moyenne et basse Clarée a mérité, à nos yeux, une étude plus complète, car si la vallée est appelée un jour à un aménagement, la haute vallée ne présentera aucun problème d'alimentation en eau, tant la quantité de ces sources est

importante, et la qualité de ses eaux, bonne, par contre la moyenne et basse vallée posera es problèmes certains, quant à l'alimentation en eau potable. Il faudra, alors, aller chercher l'eau non pas sur les versants, qui sont, comme nous l'avons vu plus haut, constitués de calcaires dolomitiques triasiques très perméables, mais bien là où on a le plus de chance de la trouver, c'est à dire au sein de ces petites plaines alluviales, même si un traitement chimique s'impose (voir plus loin).

Il nous a donc semblé intéressant, dans un premier temps, d'étudier les différents apports souterrains quantitativement et qualitativement de ces plaines alluviales, et en l'occurrence de la Clarée, et dans un second temps d'étudier dans le détail une plaine alluviale caractéristique : celle des Alberts.

II - Alimentation souterraine de la moyenne et basse Clarée.

1 - Etude quantitative.

Disposant d'une station limnimétrique à Névache, et d'une autre à la Vachette (point le plus aval du bassin), il nous est facile de faire pour des débits instantanés la différence entre les 2 stations et d'évaluer ainsi les apports théoriques ou éventuellement les pertes.

Afin d'ajuster au mieux nos mesures, nous avons effectué un certain nombre de jaugeages, au micromoulinet, sur les différents affluents de surface (torrents de Cristol, de l'Oule, du Creuzet, du Robion, des Acles, du Granon, de la Pinatelle, de la Durance) et au seau calibré, sur les différentes sources alimentant directement la Clarée, (Sources des Clots, du Melezet, des Touches, du Rivet, des Ruines, des Gamattes, de la Draye, de l'Isle, de Fontaine Crêtet), entre Nevache et la Vachette. Afin de comparer les valeurs, nous avons choisi une période d'étiage (le 25 Septembre 1975), et une période de crues violentes (le 9 Juin 1977).

a - A l'étiage (le 25 Septembre 1975)

Les débits n'ayant pratiquement pas varié au cours de cette journée, nous prendrons comme valeurs :

- .. débit Clarée à Nevache = 2,8 m3/s.
- .. débit Clarée la Vachette = 4,4 m3/s.

Ce qui nous donne un apport total entre Nevache et La Vachette de 1,6 m3/s.

1) Apports visibles de surface.

Les différents jaugeages ont donné :

- .. Torrent de Cristol = sec
- .. Torrent de l'Oule = sec
- .. Torrent du Creuzet = sec
- .. Torrent du Robion = sec

- .. Torrent des Acles = 228 l/s
- .. Torrent du Granon = 79,6 l/s
- .. Torrent de la Durance = 80 l/s.

Total des apports torrentiels 388 l/s ≈ 400 l/s

Total des apports dus aux sources ≈ 200 l/s

total des apports visibles de surface = 600 l/s = 0,6 m3/s.

2) Apports souterrains.

Ces chiffres mettent en évidence une différence de :

1,6m 3/s - 0,6 m3/s = 1,0 m3/s,

due aux apports souterrains et latéraux.

b - En période de crue (le 9 Juin 77).

Au cours de cette journée, les débits ayant sensiblement varié, nous prendrons une valeur moyenne, correspondant au temps nécessaire pour n'effectuer les jaugeages sur les différents torrents et sources :

- . débit Clarée à Nevache = 19 m3/s
- . débit Clarée à la Vachette = 38 m3/s.

Ce qui nous donne un apport total entre Nevache et la Vachette de 19 m3/s :

... Apports visibles de surface.

Les différents jaugeages nous ont donné les valeurs suivantes :

- Torrent de Cristol = 2.100 l/s
- Torrent de l'Oule = 410 l/s
- Torrent du Creuzet = 51 l/s
- Torrent du Robion = 209 l/s
- Torrent des Acles = 1.694 l/s
- Torrent du Granon = 2.086 l/s
- Torrent de Pinatelle = 59 l/s
- Torrent de la Durance = 1.531 l/s

- Torrent des apports torrentiels visibles 8.150 l/s

- Torrent des apports dus aux sources 660 l/s

Total des apports visibles de surface = 8.810 l/s ≈ 9 m3/s.

... Apports souterrains.

Des 19 m3/s d'apport total entre Nevache et la Vachette, seulement 9m3/s viennent des apports visibles de surface.

Donc (19 - 9) = 10 m3/s sont dus à des apports souterrains et latéraux.

C - Discussion.

Nous avons résumé les différents résultats sur un petit tableau indiquant les valeurs des débits exprimés en m3/s et en %, à l'étiage et en crue.

Les pourcentages sont exprimés par rapport au débit total enregistré à la station limnimétrique de la Vachette.

Débits	La Clarée à Nevache	La Clarée à La Vachette.-	différence La Vachette Nevache	Apports de surface (affluents).	Apports souterrains.
Etiage	2,8 m3/s /63 %	4,4 m3/s	1,6 m3/s	0,6 m3/s /14 %	1 m3/s /23 %
Crue	19 m3/s / 51 %	38 m3/s	19 m3/s	9 m3/s / 23 %	10 m3/s / 26 %

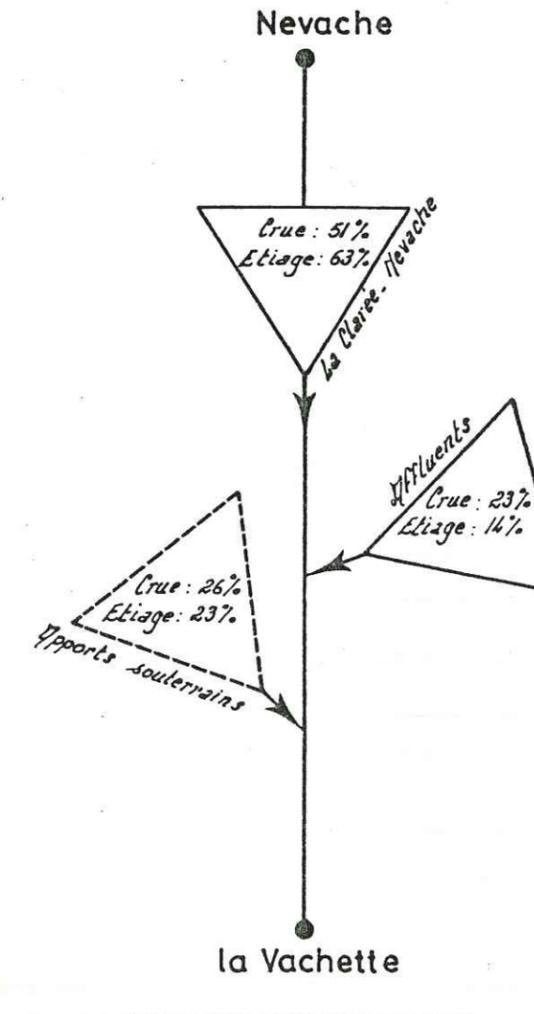
Tableau XXV : Débits et pourcentage des différents apports de la Clarée de Nevache à la Vachette.

Nous constatons une certaine ressemblance des résultats obtenus. Dans les apports enregistrés à la Vachette, les apports de la Clarée de Nevache représentent plus de 50 %.

Les affluents, voient leurs débits, en pourcentage, supérieurs en période de crues qu'en étiage (23 % contre 14 %). Ceci est certainement dû, au fait, que le sol, certes perméable, lors de violentes précipitations n'a pas le temps nécessaire à une complète infiltration et permet un certain ruissellement supérieur à celui d'étiage. De plus certaines formations, en particulier les terrains quaternaires de couverture (éboulis - moraine), deviennent vite saturés en eau et "rejetent" immédiatement tout ce qui tombe.

Les apports souterrains, quant à eux, présentent un pourcentage constant (26 % en crue et 23 % à l'étiage). C'est dire que même si les débits varient, dans l'absolu de 1 à 10, les apports restent proportionnels au débit de la rivière. Ce sont les versants, qui, par l'intermédiaire des petites nappes alluviales alimentent la Clarée. Ces versants, constitués de roches très solubles (cargneules - gypse) et très perméables (calcaire dolomitique), recouverts de grandes gaines d'éboulis, jouent un rôle de véritable drain. En effet, ils drainent, en leur sein, par l'intermédiaire

POURCENTAGE DES DIFFERENTES ALIMENTATIONS
DE LA CLAREE EN CRUE ET EN PERIODE
D'ETIAGE A LA VACHETTE - Fig: 89



de nombreuses fissures, diaclases, failles (voir chapitre fracturation) et par celui des matériaux très hétérogènes des éboulis, de véritables petits ruisseaux souterrains, alimentant çà et là, entre Nevache et Val des Prés, la Clarée.

Afin de mieux visualiser le problème, nous avons résumé ces observations sur un petit schéma (fig n° 89).

Les débits exprimés en débits spécifiques sont très parlants. Pour cela, il nous faut calculer les surfaces des différents bassins (surface et souterrain).

Le Bassin versant de la Vachette moins le bassin versant de Nevache représente $(210 \text{ km}^2 - 88 \text{ km}^2) = 122 \text{ km}^2$.

Ces 122 km² regroupent le bassin versant des affluents (torrents et sources) plus une certaine surface regroupant les différentes zones sans écoulement de surface. Ces zones n'étant pas incluses dans un bassin versant, représentent donc bien le bassin versant des apports souterrains (en supposant que le bassin versant superficiel corresponde au bassin versant profond). Nous obtenons, ainsi, pour le bassin versant des affluents de surface, une somme totale de 70 km² d'où $(122 - 70) = 52 \text{ km}^2$ présentent un bassin versant souterrain (voir tableau n° XXVI).

Débits spécifiques.	La Clarée à Nevache.-	La Clarée à La Vachette	différence La Vachette - Nevache	Apports de surface (affluents).	Apports souterrains.
surface du bassin versant	88 km ²	210km ²	122 km ²	70km ²	52 km ²
Etiage	31,8 l/s/km ²	20,95 l/s/km ²	13,11 l/s/km ²	8,5 l/s/km ²	19,23 l/s/km ²
Crue	215,9 l/s/km ²	180,95 l/s/km ²	155,75 l/s/km ²	128 l/s/km ²	192,3 l/s/km ²

tableau XXVI : Débits spécifiques des différents apports de la Clarée entre Nevache et la Vachette.

Le bassin versant des affluents présente en crue, comme en période d'étiage des débits spécifiques inférieurs à ceux enregistrés pour le bassin versant des apports souterrains.

Le bassin versant des affluents est constitué, lui aussi, de roches perméables et une certaine partie de l'eau tombée sur celui-ci s'infiltré et alimente le réseau de circulation souterraine. Le débit spécifique des affluents en crue, est supérieur, proportionnellement, à celui-ci en période d'étiage. Alors que le débit spécifique du réseau souterrain reste proportionnel et varie avec les mêmes écarts.

Il aurait été intéressant de faire une série de jaugeages entre Nevache et La Vachette, tout au long de la Clarée, afin d'évaluer exactement les lieux précis d'apports. Malheureusement, les débits roulés en période de crues, nous en ont empêché. Mais l'étude qualitative, nous a permis (voir plus loin) de cerner les lieux de ces apports souterrains.

2 - Etude qualitative.

Afin d'évaluer qualitativement les apports souterrain de la Clarée et des plaines alluviales, nous avons effectué une série de profils de résistivités, de températures, de PH, et de teneurs en sulfate, de la rivière entre Nevache et la Vachette :

- * profil de résistivités et températures, le 21 Juillet 75 (entre 14h et 16h).
- * profil de résistivités, et températures, le 15 Octobre 76 (entre 14h et 16h).
- * profil de résistivités, températures, Ph, et teneurs en SO₄⁻⁻⁻ le 2 Mai 77 (entre 10 h et 12h) (voir fig n° 90 a - 90 b - 90 c).

Le 15 Octobre 1976, la rivière présentait un débit d'étiage, et le 2 Mai 1977 était en crue.

a) Tendance physico-chimique générale de la Clarée.

La Clarée présente d'amont en aval, d'une vue générale, une baisse progressive de la résistivité, une certaine stabilité de son PH, une augmentation modérée de sa température, et enfin une remontée très nette de sa teneur en sulfate.

Dans le détail, nous constatons que la rivière présente des anomalies dans sa constitution physico-chimique par des variations brusques de résistivités, de température, de PH ou de teneur en SO₄⁻⁻⁻.

Nous examinerons, tout d'abord les anomalies que nous qualifierons de normales, dues aux apports de surface.

b) Anomalies dues aux affluents.

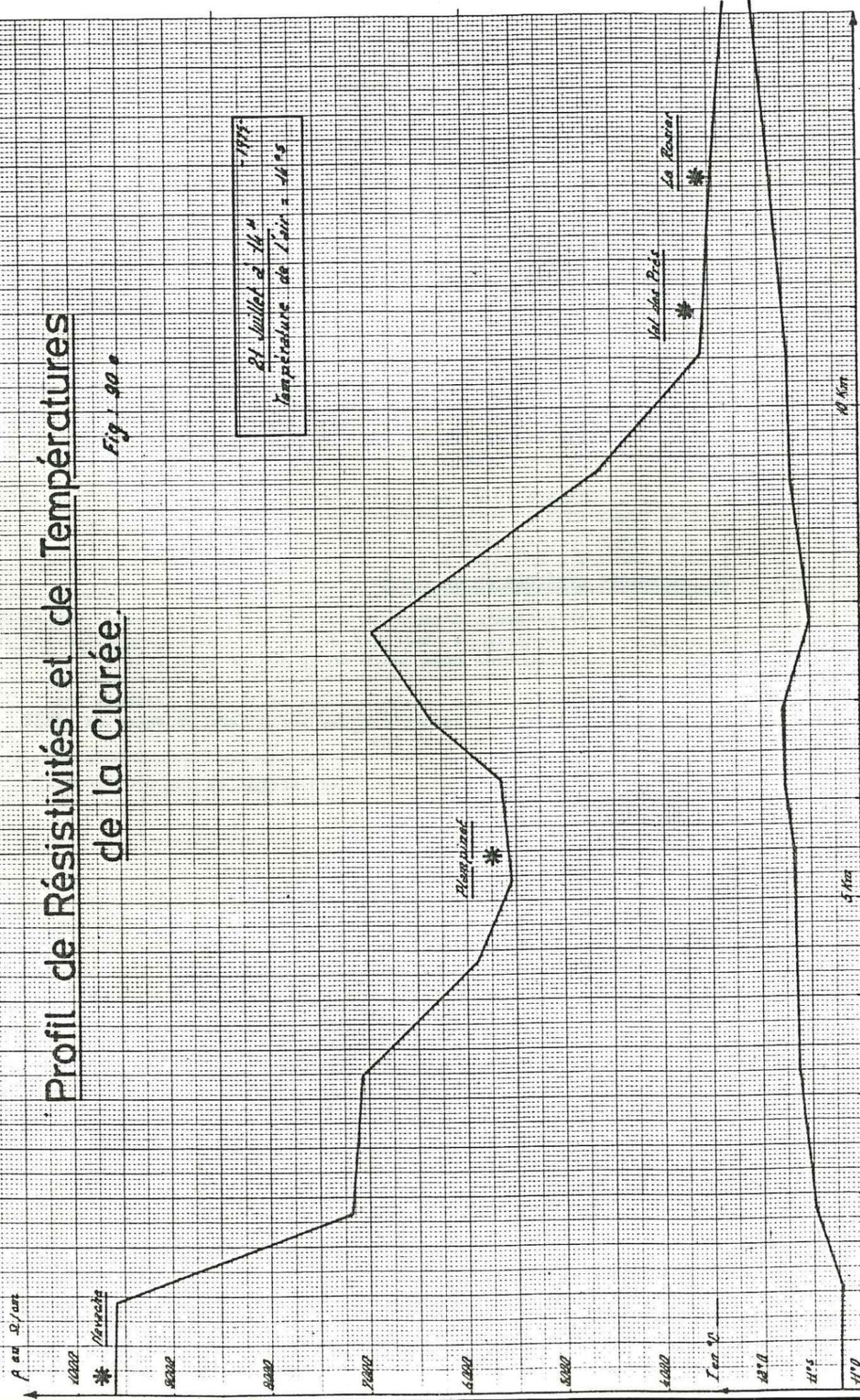
Le 2 Mai 1977, 4 torrents principaux alimentent la Clarée entre Nevache et la Vachette. Il s'agit des torrents du Robion, des Acles, du Granon et de la Durance. Ils ont une influence certaine sur la Clarée, car ils provoquent des anomalies.:

... Anomalies de résistivité.

- le torrent du Robion, très minéralisé (son bassin versant est constitué essentiellement de gypses et de cargneules), provoque une baisse violente de la résistivité de la rivière (plus de 1000 Ω /cm). De plus, en période de crues, il modifie la teinte de la Clarée qui de transparente devient ocre vif après la confluence, malgré les débits faibles du torrent par rapport à ceux de la rivière.
- la Durance provoque une légère baisse de la résistivité de la Clarée.
- le torrent des Acles impose une remontée rapide à la résistivité de la rivière, car

Profil de Résistivités et de Températures de la Clartée

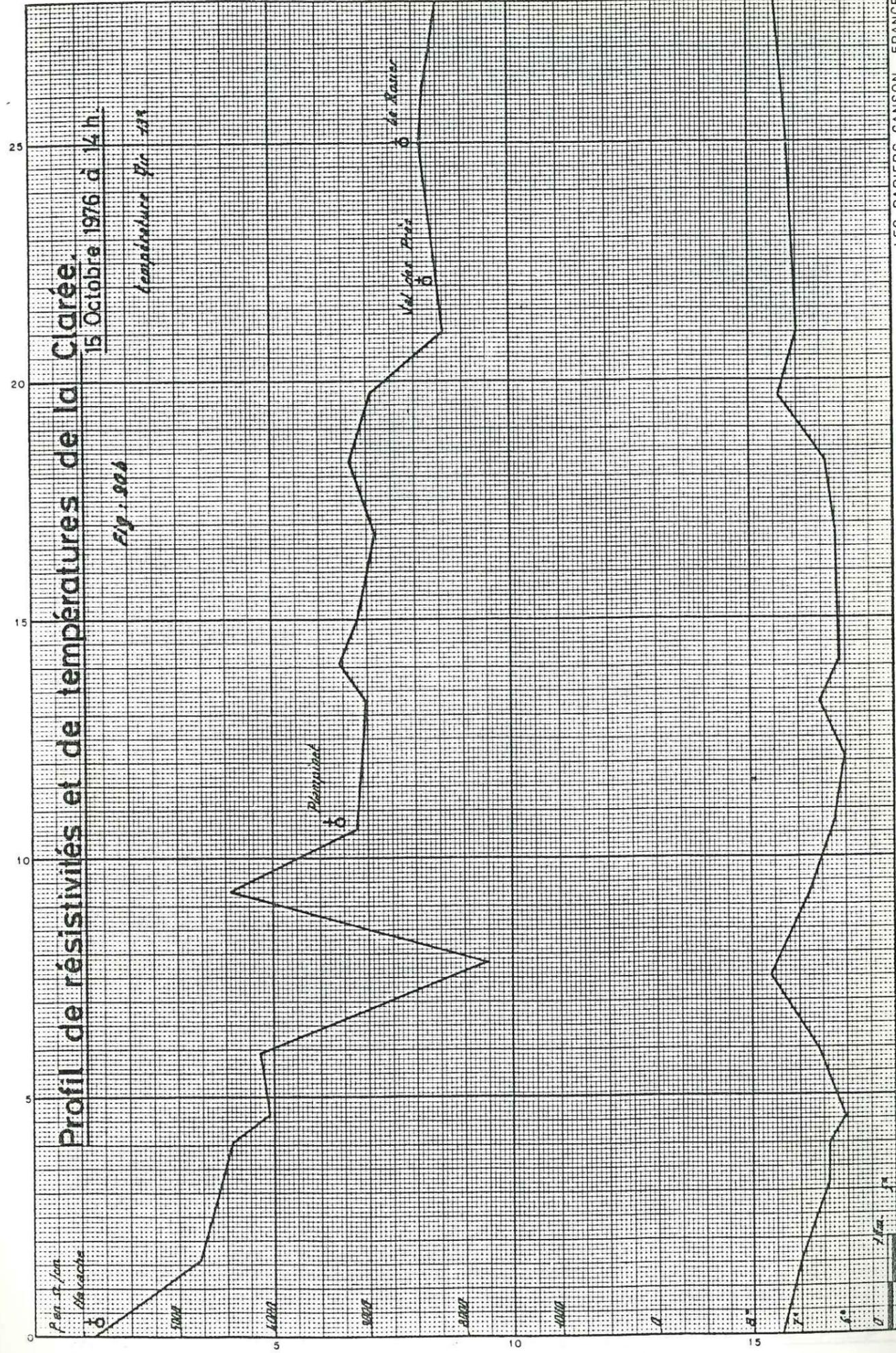
Fig. 900

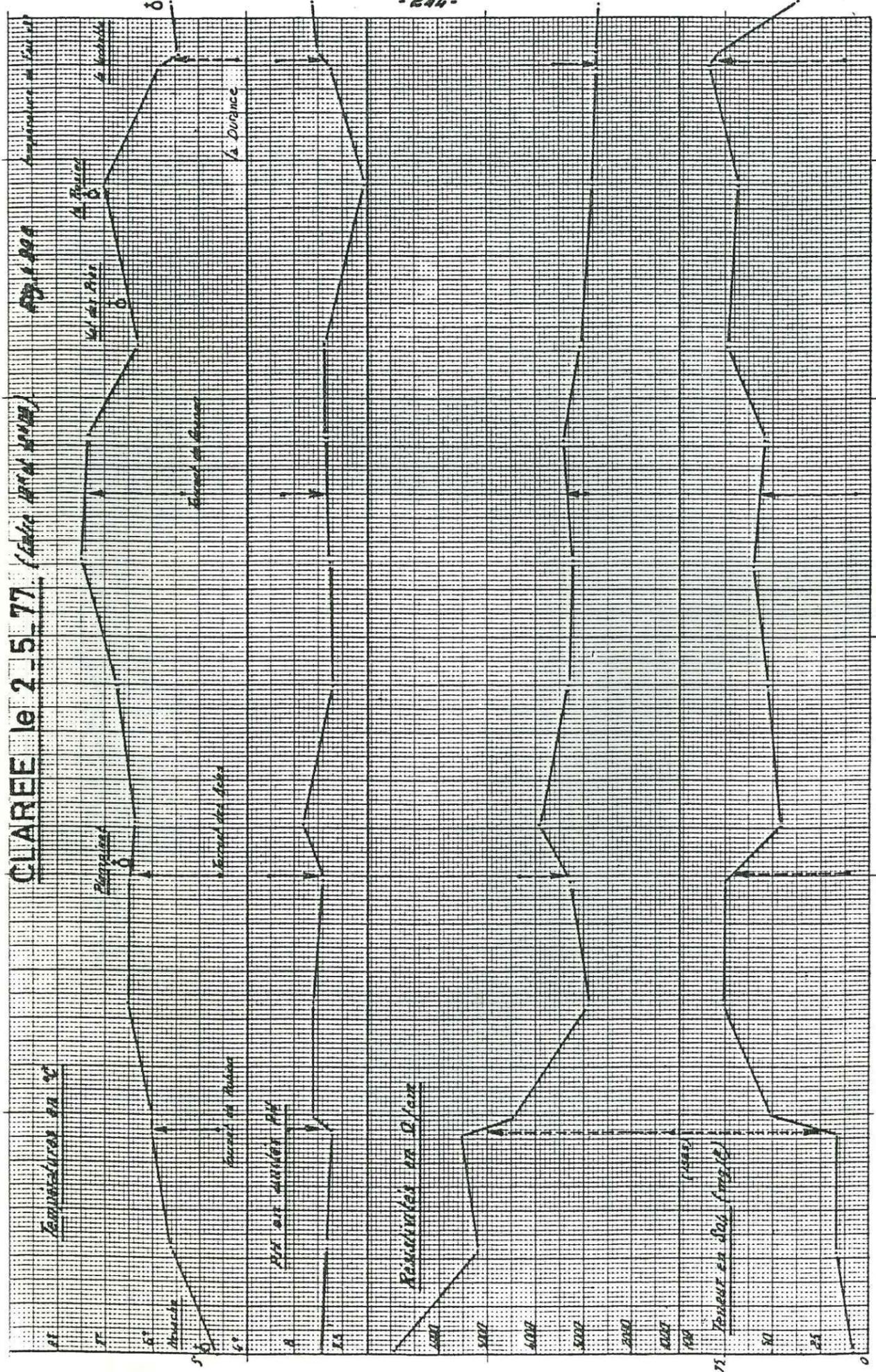


Profil de résistivités et de températures de la Clartée

15 Octobre 1976 à 14 h

Fig. 904





CLARÉE le 2-5-77 (Clarée 1000 m)

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

ses eaux, au débit relativement fort, sont peu chargées.

- quant au torrent du Granon, il est plus minéralisé que la Clarée et provoque cependant une augmentation de résistivité de celle-ci ! Il doit se passer au niveau de la confluence, d'autres phénomènes plus importants que la confluence elle-même. (voir plus loin).

... Anomalies de PH.

- 3 torrents font évoluer la Clarée dans le même sens. En effet, les torrents du Robion, des Acles, et de la Durance, de PH supérieur à celui de la rivière font augmenter sa teneur assez vivement.

- le torrent du Granon, dont le PH est pourtant très supérieur à celui de la Clarée, ne fait que très légèrement augmenter la teneur de la rivière.

... Anomalies de températures.

Tous les affluents de températures inférieures à celles de la Clarée provoquent sur celle-ci des baisses sensibles à importantes :

- Les torrents des Acles et du Granon n'influencent que très légèrement la température de la rivière, en donnant une baisse sensible à celle-ci.

- La température de la Durance fait chuter celle de la Clarée de près de 0°5 C.

- Le torrent du Robion, de débit faible, malgré une température bien inférieure à celle de la Clarée ne provoque sur la rivière aucune modification.

... Anomalies des teneurs en sulfates.

- Seul, le torrent du Robion, très chargé en SO4⁻⁻⁻ (1525 mg/l) influence positivement la rivière. Sa teneur importante en Sulfate provoque une remontée de plus de 30mg/l de SO4 de la Clarée.

- Les 3 autres torrents de teneur générale très faible (10 mg/l) font baisser avec importance (Torrent des Acles) ou légèrement (torrents du Granon et de la Durance) la teneur en sulfates de la rivière.

c) Anomalies dues aux apports souterrains.

D'après les différents profils, nous avons pu mettre en évidence 8 zones particulièrement intéressantes présentant des anomalies (montée ou baisse de tel ou tel facteur physico-chimique).

Il s'agit :

- de la partie située en amont de la confluence torrent du Robion - Clarée, dans la plaine de Néveche, que nous appellerons : Bois noir.

- de la région située à l'amont de la confluence torrent du Creuzet - Clarée, que nous appellerons : Les Airas.

- de la zone comprise entre la confluence Creuzet - Clarée à l'amont et le village de Plampinet, à l'aval, que nous appellerons : La Broua.
- de la région située à l'aval du Plampinet, au niveau de la grande ligne droite de la route : Bois de Pécé.
- de la zone localisée à l'aval de la confluence torrent de Granon - Clarée et du premier hameau de Val des Prés : La Draye.
- de la partie correspondant au hameau de Val des Prés appelée Pra Premier.
- de la zone correspondant à la petite plaine alluviale des Alberts.
- et enfin, d'une petite zone située à l'amont de la Vachette à la confluence des 2 cônes de déjection des torrents du Vallon et de l'Enrouye.

Nous avons reporté sur le tableau XXVII, ces 8 zones et noté les influences de leurs apports sur la Clarée, ainsi que celles des affluents. La nature quaternaire dominante des versants, correspondant au lieu des apports souterrains a également été portée sur ce tableau.

Nous constatons que tous les apports souterrains n'influencent pas de la même manière la rivière. Certains provoquent sur celle-ci, des baisses sensibles ou rapides de tel ou tel facteur physico-chimique, alors que d'autres l'influencent positivement avec des degrés différents. Il serait fastidieux, de détailler ici, pour chaque apport la nature de l'influence sur la Clarée. Aussi avons nous préféré regrouper les apports présentant une action semblable sur la rivière en les examinant tour à tour, en période de crue (2 Mai 77) et en période d'étiage (15 Oct 76), afin de regrouper les similitudes.

.... Zones d'apports souterrains provoquant une baisse de la résistivité de la rivière.

Là, où les apports souterrains présentent une résistivité inférieure à celle de la rivière (donc une minéralisation supérieure), celle-ci voit sa résistivité baisser. Ces apports de minéralisation importante sont dus en grande partie aux ions Ca^{++} et SO_4 qui composent pour beaucoup la nature chimique de l'apport. Les dissolutions importantes des cargneules et des gypses sont responsables, au cours des circulations internes, de ces teneurs élevées en Calcium et Sulfate.

En période de crue, nous avons remarqué que les zones suivantes étaient influencées :

- . Airas.
- . Draye
- . Pra Premier
- . Les Alberts
- . La Vachette

Par contre à l'étiage, les zones provoquant une baisse de résistivité de la rivière sont :

- . Bois Noir
- . Airas
- . Draye
- . Les Alberts
- . La Vachette.

Influences des apports souterrains et des affluents sur la CLAREE.

	Température	PH	Résistivité	SO ₄	Nature Quaternaire dominante des versants.	
					Rive Droite	Rive Gauche
<i>Bois Noir</i>	↗	↔	↗	↔		
<i>Les Airas</i>	↗	↔	↓	↑		
<i>La Broua</i>	↔	↘	↗	↔		
<i>Bois de Pécé</i>	↗	↓	↘	↗		
<i>La Draye</i>	↓	↗	↘	↑		
<i>Pra Premier</i>	↗	↓	↘	↘		
<i>Les Alberts</i>	↓	↑	↔	↗		
<i>La Vachette</i>	↔	↗	↔	↓		

<i>Torrent du Robion</i>	↔	↑	↓	↑
<i>Torrent des Hèles</i>	↘	↗	↑	↓
<i>Torrent du Granon</i>	↘	↗	↗	↘
<i>Le Duranc</i>	↓	↑	↗	↘

Légende :

Apports provoquant :

↔ Une stabilité

↓ Une baisse rapide

↑ Une augmentation rapide.

↗ Une augmentation lente.

↘ Une baisse lente.

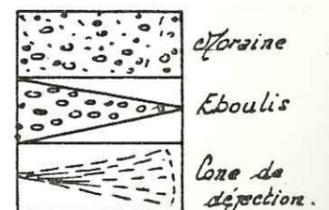


Tableau: xx VII

.... Zones d'apports souterrains provoquant une augmentation de la résistivité la rivière.

Les apports souterrains, ici, possédant une résistivité supérieure à celle de la rivière (donc une minéralisation inférieure) provoquent sur celle-ci une augmentation de la résistivité.

Ces apports, traversent des terrains peu solubles ou n'ont pas le temps de se charger chimiquement, au contact des terrains très perméables comme les éboulis, car leur vitesse de circulation est rapide.

Nous avons pu identifier en période de crues, les zones suivantes :

- Bois Noir,
- Broua,
- Bois de Pécé.

En période d'étiage :

- Broua,
- Bois de Pécé.
- Pra Premier.

.... Zones d'apports souterrains semblables, indépendants de la hauteur des eaux.

6 zones présentent des similitudes dans les apports en période de crues ou d'étiage. C'est dire qu'il existe, pour ces zones, une certaine constance qualitative des apports. La durée et la hauteur des précipitations l'influencent en rien les circulations souterraines alimentant la Clarée et les petites plaines alluviales.

Il s'agit des zones suivantes :

- Les Airas
- La Broua,
- Bois de Pécé
- La Draye,
- Les Alberts,
- la Vachette.

.... Zones d'apports souterrains différents, suivant la hauteur des eaux.

2 zones influencent soit positivement, soit négativement la Clarée suivant la période de crues ou d'étiage.

Il s'agit du Bois Noir et de Pra Premier.

Elles évoluent, d'ailleurs toutes les deux, de manière différente. En effet, en période de crues, les eaux des apports de la zone située près du Bois Noir font augmenter la résistivité de la rivière, tandis que celles de Pra Premier la font baisser. En période d'étiage, c'est l'inverse (Les eaux du Bois Noir font diminuer la résistivité de la rivière, et celles de Pra Premier la font croître).

Nous avons là, 2 zones hydrogéologiquement intéressantes, car suivant la hauteur des eaux, elles provoquent des effets contraires sur la Clarée. Les dépôts morainiques, que l'on trouve sur les versants de ces régions sont peut être en partie responsables de ce comportement. En effet, les moraines du Boir Noir à matériaux argoneuliques et gypsifères, lors de fortes précipitations, deviennent vite saturées en eau et ne peuvent plus permettre, comme en période d'étiage, des circulations sulfatées. Les eaux météoriques sont ainsi immédiatement restituées intactes à la rivière.

Les dépôts morainiques de Pra Premier, constitués de matériaux à prédominance calcaréodolomitique triasique, doivent jouer un rôle inverse.

3 - Commentaires.

D'une manière générale, nous constatons à travers cette petite étude que la Clarée et les plaines alluviales sont alimentées souterrainement par les versants entre Nevache et la Vachette, que ces apports sont différentiels dans le temps et dans l'espace suivant la hauteur des eaux.

Ces apports sont particulièrement importants à l'amont de Val des Prés et provoquent des modifications notables sur la physico-chimie de la Clarée, en produisant des augmentations ou des baisses sensibles des différents facteurs.

III - Etude d'une petite plaine alluviale. La Plaine des Alberts..

1 - Situation géographique.

Située à l'entrée du bassin versant de la Clarée, la petite plaine alluviale des Alberts s'étale depuis la Vachette à l'aval, jusqu'au Rosier à l'Amont, sur une longueur totale de 2 kms environ et sur une longueur moyenne de 600 m. Cette plaine, orientée grossièrement Nord-Sud, se voit divisée, administrativement par les communes de Montgenève et de Val des Prés.

L'ensemble de la plaine est drainé par la Clarée.

Une seule petite vallée affluente y débouche ; il s'agit de la haute vallée de la Durance.

Du point de vue économique, la plaine des Alberts, fait vivre une population à vocation semi-agricole, groupée dans les villages de la Vachette au Sud, des Alberts au centre, et du Rosier au Nord.

2 - Cadre géologique (fig n° 91.).

a - Les versants

*) Les terrains de couverture.

Selon un type morphologique classique dans la région, la plaine des Alberts est limitée en amont et en aval, par de grands cones de déjection latéraux, qui barrent la vallée.

En amont, en rive droite, il s'agit de ceux des ravins du Bessé, et des Ruines, au pied desquels le hameau du Rosier est construit ; en aval, et en rive gauche, ceux des ravins du Vallon, et de la Durance au pied desquels sont édifiés les hameaux de la Vachette et des Alberts.

Sur les versants, entre le Rosier et la Vachette, on observe d'autres cones de déjection de moindre importance, des cônes mixtes d'éboulis et de déjection (rive gauche entre le Rosier et les Alberts, des placages d'éboulis et des amas morainiques.

*) Le Substratum.

Le substratum rocheux, est représenté, sur les versants de la plaine des Alberts, par des formations triasiques importantes, extrêmement plissées et fracturées, caractérisées par des calcaires dolomitiques, des cargneules, et du gypse (versant Est).

b - Le remplissage alluvial.

Les alluvions de la Clarée et les cones de déjection sont argilo-caillouteux et contiennent une nappe aquifère puissante, permanente et continue, alimentée par les ruissellements et les infiltrations des versants et du lit de la rivière.

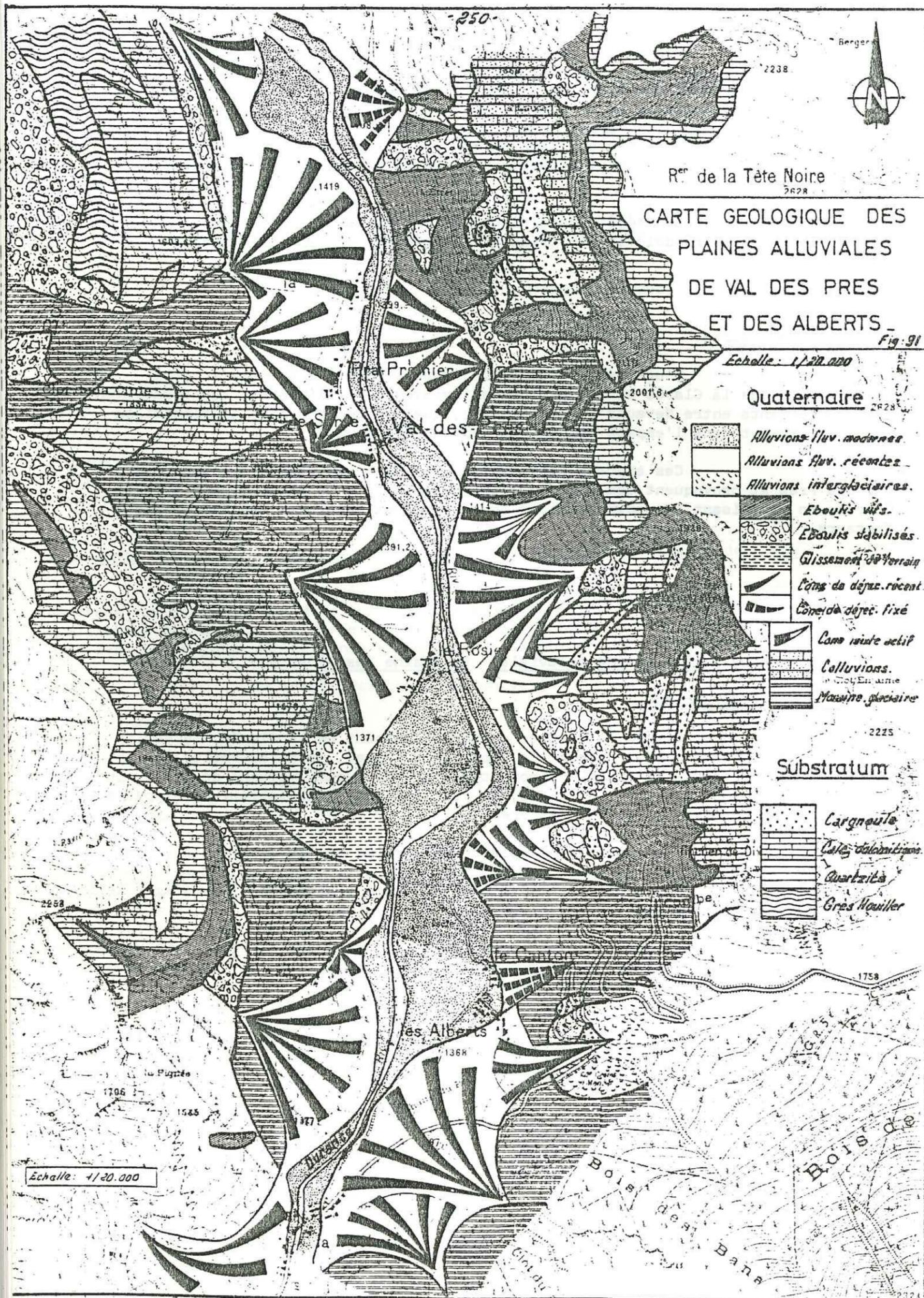
Cette dernière débouche de la zone barrée par le cône de déjection du Rosier au pied du versant Est, puis traverse de Nord Est en Sud Ouest la plaine dans sa partie médiane et coule ensuite au pied de son versant Ouest.

3 - Origine des travaux entrepris.

La station de Montgenèvre, doit devant l'expansion de son domaine immobilier, accroître ses ressources en eau potable, pour obtenir 3.000 m3 par jour (soit 120m3 par heure, par pompage permanent de 24 h/24 h). De tels débits, ne peuvent être obtenus, dans la région du col de Montgenèvre. En effet, la demande en eau potable est importante en hiver, et les sources sont à leur débit d'étiage: Le déficit, très grand, va croissant.

Les seules possibilités, d'alimentation en eau potable, se situent au Sud du village, dans le vallon des sources de la Durance. Deux points d'eau sont actuellement exploités. Il s'agit des sources des Fontaines, et de la Sagne Enfonza situées sur le flanc Ouest du massif du Chenaillet (voir étude des émergences). Le débit souvent très faible, et l'absence de massif réservoir interdisent le captage des sources proprement dites de la Durance.

Quatre solutions, afin de palier à cette pénurie d'eau potable, avaient été alors envisagées, conjointement par la Mairie de Montgenèvre, et les services de l'Equipement de Briançon.



La première consistait, à édifier, au lieu-dit la Sagne Enfonza, dans le haut vallon de la Durance, une petite retenue colinaire, recevant toutes les eaux de surface partant du vallon, et constituant ainsi une réserve d'eau permanente.

Après une étude géologique sommaire du site, qui a souligné l'extrême perméabilité et l'instabilité des terrains de couverture, devant supporter l'ouvrage, la faible étendue de la cuvette, les difficultés d'accès, ce projet fut abandonné.

La seconde solution, qui est à l'origine des travaux entrepris dans la plaine alluviale des Alberts, consistait à pomper l'eau de la nappe de cette petite plaine, la traiter, et la refouler 500 m plus haut en altitude jusqu'à la station de Montgenèvre. De part les résultats obtenus (Mauvaise composition chimique des eaux - difficulté d'acquisition des terrains - et par voie de conséquence le coût élevé de l'installation) (voir plus loin), ce projet fut abandonné.

On pensa alors à prospecter "la vallée du col" du Montgenèvre en vue de trouver une nappe profonde ou de surface permettant son exploitation. Un forage fut effectué (à l'emplacement du futur poste des Douanes). Il confirma l'hypothèse d'un important surcreusement glaciaire, comblé par des moraines argileuses. En effet, le sondage traversa 40 m de matériaux détritiques sans atteindre le substratum soulignant, un réservoir aquifère très peu développé, des niveaux perméables peu nombreux et des débits escomptés dans les forages très faibles (- 1 m³/h). Pour subvenir aux besoins de la station, il aurait fallu multiplier les installations, ce qui aurait été prohibitif.

Un quatrième projet s'offrait alors, au crucial problème de l'alimentation en eau potable de la station. Il consistait en l'aménagement d'une retenue colinaire, au col même du Montgenèvre. Il fut envisagé, un moment de réaliser une telle retenue à l'entrée Ouest du Montgenèvre, mais le terrain dans ce secteur est trop en pente et ceci aurait entraîné des terrassements très importants. On pensa alors, à aménager cette même retenue colinaire, à la sortie Est de la station, au lieu-dit "Clot de la Vieille". Il s'agit d'un bas fond "sagneux", très argileux avec un verrou favorable à l'établissement d'une telle retenue. Elle serait alimentée par une petite dérivation des eaux de la Durance, et celle de la Petite Doire. A la suite de plusieurs campagnes de prospection, l'implantation semble être envisagée.

4 - Nature et résultats des travaux.

a - Nature.

La première étude de la plaine alluviale des Alberts a été effectuée, par le Bureau d'Etudes Géotechniques de Marseille au cours de l'été 72. Cette étude a débuté par une campagne de prospection géophysique (trainé de résistivité électrique de 80 points de mesures, 13 sondages sismiques et 5 sondages électriques), puis 3 forages mécaniques carottés avec essais de perméabilité Lefranc, essais de pompage sur la nappe de surface et analyses physico-chimiques ont été effectués.

Le Centre d'Etudes Technique de l'Equipement d'Aix en Provence, est alors intervenu afin d'effectuer un sondage de 44 m, avec essais de pompage sur la nappe profonde.

Nous avons, conjointement avec le S.R.A.E., décidé d'équiper ce piézomètre naturel qu'était ce dernier forage, d'un limnigraphe à enregistrement continu, de variations de hauteur de la nappe.

b - Résultats.

*1) d'ordre géophysique.

Le trainé de résistivité électrique, effectué dans la partie Nord de la plaine alluviale des Alberts a montré que sa partie centrale était peu résistive ($p < 150 \Omega \cdot m$), alors que sa partie amont et les pieds des versants apparaissaient comme très résistifs ($p > 500 \Omega \cdot m$). Si les alluvions argilo-caillouteuses sont de nature granulométrique à peu près constante, on peut lier ces observations à la résistivité de l'eau de la nappe (d'autant plus faible, qu'elle est plus minéralisée) ou à la sa profondeur. Ceci confirmerait que l'eau de la nappe est peu profonde et très minéralisée à l'aval, peu profonde et peu minéralisée en amont, et profonde et très minéralisée aux pieds des versants.

Les sondages électriques et sismiques, effectués à proximité du trainé ont vérifié que les caractéristiques hydrogéologiques locales du sous-sol variaient peu en un endroit donné en profondeur. Ainsi, dans la zone aval, la vitesse sismique des alluvions homogènes était de 2.000 m/s et leur résistivité moyenne de $150 \Omega \cdot m$; dans la partie amont (zone d'imbrication du cône de déjection du Rosier et de la plaine) on notait des vitesses sismiques et des résistivités électriques plus variables ($> 500 \Omega \cdot m$ jusqu'à 20 m, puis égale à $150 \Omega \cdot m$).

*2) des sondages mécaniques, des essais hydrauliques, et des analyses physico-chimiques

... Les 3 sondages, effectués par le B.E.G, l'ont été en 3 points particulièrement représentatifs de la structure de la plaine.

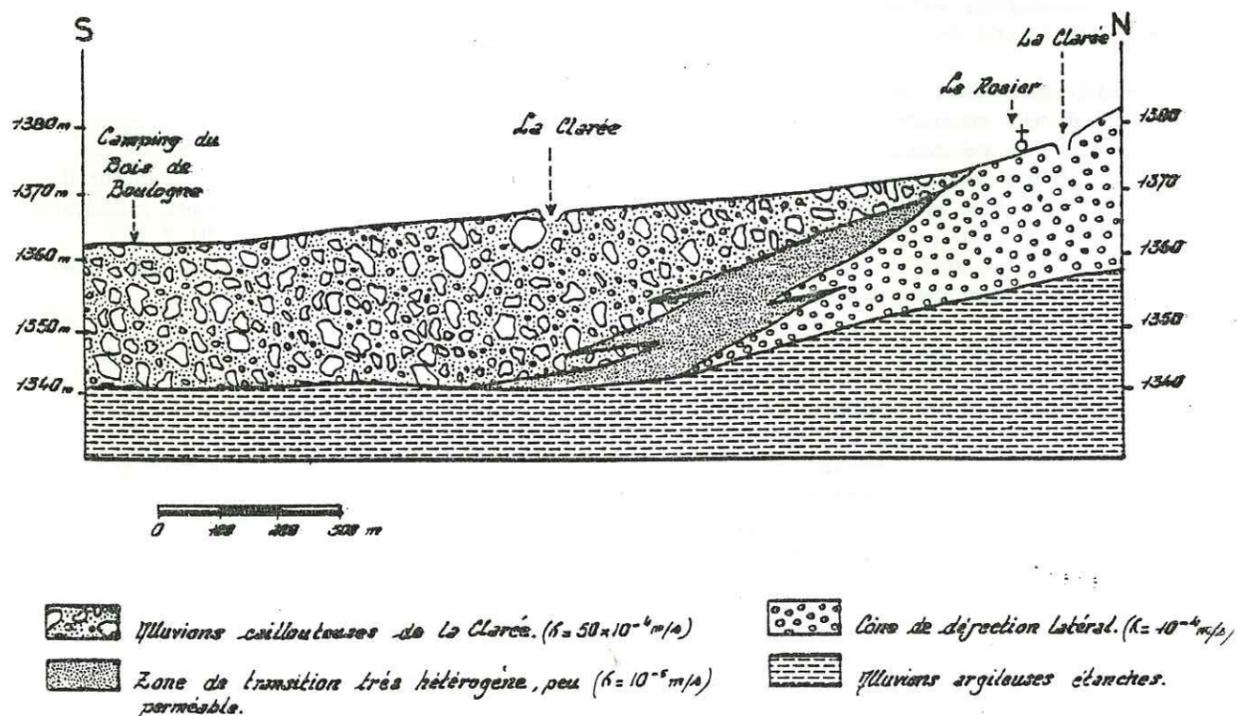
- . Le premier est dans la partie centrale de la plaine alluviale peu résistive ($p \sim 150 \Omega \cdot m$), en bordure de la Clarée, au Sud du Camping du Bois de Boulogne. Il a traversé 25m de cailloutis sableux représentant les alluvions récentes de la rivière, avant d'atteindre une formation d'argile noire peu compacte, étanche dans laquelle il a été arrêté. La perméabilité moyenne de ces alluvions assez homogènes est de 5×10^{-4} m/s. Les qualités physico chimiques de l'eau sont = PH 7,5 ; TH = 85° ; SO₄ = 700 mg/l. Ce sondage met en évidence une zone hydrauliquement intéressante, mais dans laquelle l'eau est particulièrement minéralisée.
- . Le second sondage se trouve, dans la zone de transition moyennement résistive ($p \sim 250 \Omega \cdot m$), entre la plaine proprement dite et les cônes de déjection du versant Est, en bordure de la Clarée, au Nord du camping du Bois de Boulogne. Il a traversé sur une quinzaine de mètres d'épaisseur, des alluvions hétérogènes parfois très argileuses, dont la perméabilité moyenne est inférieure à 10^{-5} m/s, avant d'atteindre la formation argileuse étanche. L'eau y est moins minéralisée que pour le premier sondage (PH = 7,8 ; Th = 50° F ; SO₄ = 350 mg/l). Cette zone est hydrauliquement peu intéressante et l'eau y est encore très sulfureuse.
- . Le troisième forage, se trouve immédiatement en amont de la limite entre la plaine et le cône du Rosier très résistif ($p > 500 \Omega \cdot m$), à proximité du moulin du Rosier. Il a traversé 22 m de cailloutis sablo argileux assez hétérogènes et moyennement perméables ($k = 10^{-4}$ m/s), avant de rencontrer la formation argileuse profonde. On a noté, au cours des essais, que ces alluvions étaient assez instables sous l'effet de pompage, en observant soit des colmatages, soit des développements et des afflux de sable. L'eau puisée est encore assez minéralisée. (PH = 8 ; TH = 35° F et SO₄ = 250 mg/l.)

La formation argileuse noire, peu compacte, étanche, rencontrée à la fin des trois sondages mécaniques vers une vingtaine de mètres de profondeur et mise en évidence par sa faible résistivité dans certains sondages électriques, n'est pas une formation du substratum, mais une formation récente, vraisemblablement de dépôts lacustres, antérieure à l'alluvionnement caillouteux récent de la Clarée et aux cônes de déjection.

Nous avons regroupé, ces différents résultats sur une coupe d'axe Nord Sud, subparallèle à la Clarée et allant du Rosier en amont, jusqu'au Camping du bois de Boulogne enaval (fig n° 92).

CONTACT CONE DE DEJECTION - PLAINE ALLUVIALE

Fig. 92



.... Les 20 premiers mètres du sondage, effectué par l'entreprise BACHY, pour le Ministère de l'Équipement, en rive droite de la Clarée, à 600 m environ, en aval du Rosier et 50m de la route départementale 94,6 (de coordonnées Lambert X = 942,64, Y = 302,06 et Z = 1368m), ont confirmé les premières reconnaissances effectuées par le B.E.G.

C'est à dire :

- * Un faible recouvrement de la nappe de surface (- 1 m).
- * La présence d'un horizon aquifère, constitué d'alluvions de la Clarée (de perméabilité voisine de 10^{-5} m/s), de 1,40 m à 8,30m.
- * de 8,30 m à 17,70 m, un horizon à tendance limoneuse, peu perméable.
- * de 17,70 m à 35 m, un niveau très sableux relativement perméable, mais dont l'exploitation serait délicate (entraînement de fines).
- * un horizon profond constitué de blocs de calcaires, très aquifères.

Ce forage, a donc mis en évidence la présence de 2 nappes superposées = une de surface, et l'autre profonde.

L'analyse physico-chimique, de la nappe de surface a donné des résultats relativement satisfaisants = PH = 7,6, TH = 34°F et $SO_4 = 170$ mg/l. Cette eau possède une dureté un peu élevée. Cependant afin d'obtenir dans le cadre du pompage de la nappe = 100 m³/h, et compte tenu de la faible puissance des alluvions, il aurait fallu multiplier les puits.

La nappe profonde, quant à elle, est très alimentée et présente une forte perméabilité (1,10m de rabattement pour 10 m³/h dans un sondage uniquement alimenté par l'ouverture à la base d'un tubage ; remontée à son niveau statique (-0,63 m) en 15secondes). On peut donc espérer obtenir 100m³/h dans cette formation. Malheureusement, l'analyse physico-chimique est peu encourageante = PH = 7,20 ; HT = 127°F ; TH = 86°F ; TH mg = 41°F et $SO_4 = 106,1$ mg/l. Cette eau, très dure, ne peut être exploitée à des fins domestiques.

*) Conclusion.

Il apparaît, ainsi, très clairement que seule la partie amont de la plaine alluviale des Alberts, au contact du cône de déjection du Rosier, présente des caractères, hydrogéologiquement acceptables, en vue d'une exploitation d'eau souterraine :

- . perméabilité moyenne de 10^{-4} m/s.
- . résistivité moyenne de l'aquifère supérieur à 500 Ω . m.
- . TH = 35° F.
- . $SO_4 = 250$ mg/l.

5 - Relations Hauteur de nappe - Précipitations - Ecoulement.

Nous avons donc, conjointement avec le S.R.A.E, équipé ce dernier forage, d'un limnigraphe enregistreur des variations des hauteurs de la nappe de surface

(des éboulements, au cours et après les travaux, ayant de nouveau isolé les 2 nappes), le 17 Aout 1976.

Notons, tout d'abord, un phénomène curieux se produisant sur les enregistrements du piézo limnigraphe. En effet, nous constatons qu'à intervalles réguliers (tous les jours à midi, la nappe subit une légère descente (5 cm), pour ensuite revenir à son niveau initial, en 3 ou 4 heures. Ceci se produit toute l'année, autant en descente générale de la nappe, qu'en remontée. Signalons que celle-ci ne subit aucun pompage.

Aussi, avons nous avancé un certain nombre d'exploitations.

Nous avons pensé, tout d'abord, à des phénomènes de dilatation du tubage, liée à la température maximum vers midi, entraînant de ce fait une baisse du niveau de la nappe. Mais alors, pourquoi l'hiver, alors que plus d'un mètre de neige recouvre le sol, et que la température maximale est négative, la baisse du niveau s'effectue quand même ?

La marée lunaire et son influence sur l'attraction terrestre aurait-elle des conséquences sur la surface de la nappe, et produirait-elle des variations ? Malheureusement pour cette hypothèse, la variation de la hauteur de la nappe se produit cycliquement toutes les 24 heures, et non pas toutes les 24h.50 mm comme se produit la marée lunaire.

La vitesse de filtration, à travers un milieu poreux, que sont les alluvions, aurait-elle une influence périodique ?

Ou bien, tout simplement, ne s'agit-il pas d'une erreur technique liée au fonctionnement de l'appareil ?

Toujours est-il, que ce résultat curieux, pose un problème qui n'est pas spécifique à cette nappe. Nous avons ainsi noté des phénomènes semblables en Camargue, ou en Crau, sur des nappes de dimensions bien supérieures à celle des Alberts.

XXXXX
XXX

Disposant d'un pluviographe à la Vachette (exutoire de la nappe) et d'un limnigraphe sur la Clarée, au pont des Alberts, il nous a paru intéressant de porter sur un même graphique, ces 3 données (hauteur d'eau de la nappe, précipitations et écoulement de surface, groupés par période de 5 jours), afin de mettre en évidence les relations qui peuvent exister entre elles (voir fig n° 93).

Analysons les résultats, saison par saison :

a) Les crues d'automne.

Les pluies d'automne, abondantes et rapides, provoquent sur la Clarée des crues notables. La nappe n'est que partiellement influencée ; la remontée générale, pour un total de précipitations égales à 70 mm, est de l'ordre de 20 cm, alors que la Clarée en surface, double son écoulement.

Des précipitations faibles, provoquant une remontée du débit de la Clarée, n'influencent pas la nappe.

Relations hauteur de nappe . Précipitations . Écoulement de surface . Nappe de la Plaine des Alberts.

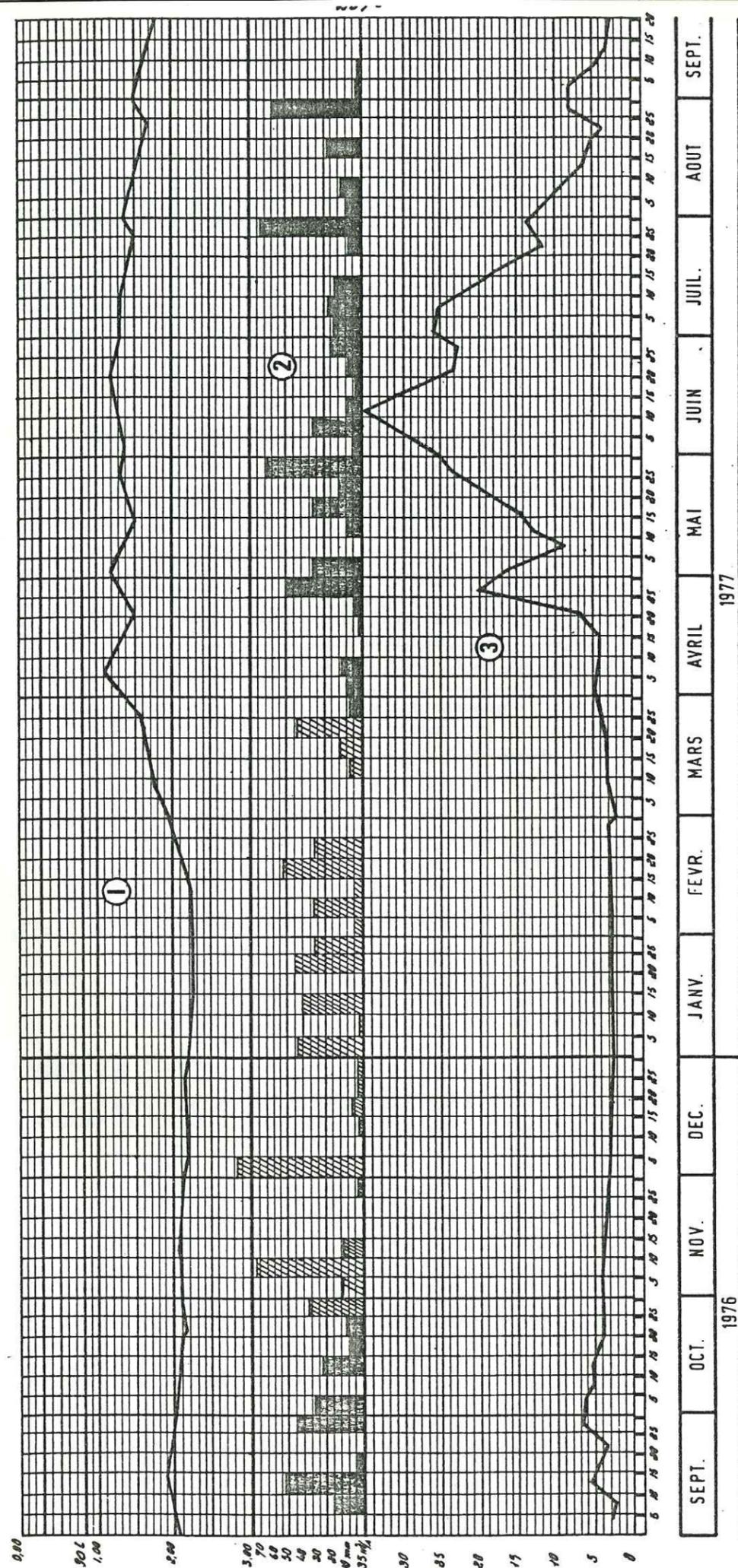


Fig:93

- 1- Variations de la hauteur de Nappe de la Plaine des Alberts, en m, par rapport au sommet du piézomètre.
- 2- Précipitations en mm à la Vachette.
- 3- Débits de la Clarée, au pont des Alberts en m³/s.

Types de précipitations
Pluie
neige

b) L'étiage d'hiver.

La nappe atteint son niveau d'étiage, vers le début de l'hiver, (c'est à dire début décembre). Elle se stabilise, après une courte descente de fin novembre, vers moins 1,40m (niveau d'étiage). La rivière, quant à elle, atteint son étiage vers le début janvier.

La couche de neige, épaisse sur la plaine (elle a atteint un maximum de 1,35 m de hauteur de neige au sol), empêche toute infiltration et alimentation superficielle de la nappe, et naturellement toute évaporation de son potentiel d'aquifère.

c) La fonte des neiges, du printemps.

Alors que le sol est toujours recouvert de neige, la nappe remonte à partir du 10 Février. Les températures extérieures se rechauffant, l'important stock neigeux fond petit à petit, activé en cela, par des chutes de neige fondante proches de la fusion. La Clarée, quant à elle, n'est influencée par la fonte des neiges des fonds de vallée, qu'un mois plus tard, c'est à dire vers le 5 Mars.

La fonte s'accélère et la nappe se retrouve pratiquement en charge vers le 7 Avril, alors que la rivière n'a presque pas varié. Le stock neigeux de la basse vallée étant pratiquement tout passé sous forme liquide, la température extérieure se refroidissant brutalement, les précipitations s'estompant, la fonte s'arrête et les niveaux de la nappe et de la rivière baissent.

Vers fin avril, le processus de fonte recommence, avec de fortes pluies sur la neige restée au sol. La rivière présente un temps de réponse plus rapide dans sa montée des eaux, que la nappe.

Début mai, après un point haut de la nappe (quasi-charge), toute la neige du fond de vallée ayant fondue, la nappe baisse lentement. La fonte de la neige en altitude, vers la mi-mai commence à grossir la Clarée. Cette fonte d'altitude n'influence que très légèrement la nappe (petite remontée due à la fonte des versants). La rivière atteint son maximum d'écoulement vers le 12 Juin.

La nappe n'est alors rechargée que par les pluies et les infiltrations latérales des versants.

d) Les pluies d'été.

La fin de chaque mois d'été (juillet et Aout) est marquée par de fortes précipitations, violentes, influençant simultanément nappe et rivière. Entre les 2 montées de la nappe et de la rivière, nous notons un décalage de 2 jours. Le temps de réponse de la Clarée, de par ses terrains imperméables à l'amont de Névache est très rapide.

Ainsi, par exemple, pour des précipitations débutant le 28 Juillet, la Clarée enregistre une crue le 29 ; et seulement le 31 Juillet, la nappe voit son niveau augmenter. Il en est de même pour les pluies de fin Aout.

Mais, d'une manière générale, en été, la nappe, comme la rivière est en descente progressive, allant vers une vidange complète et tendant l'une et l'autre vers leur niveau d'étiage.

6 -Conclusion.

*Il existe 2 nappes superposées, séparées par un niveau limoneux, dans les alluvions de la plaine des Alberts.

La puissance de la nappe de surface varie de 1 m à 25 m (maximum atteint vers le centre de la plaine). La perméabilité de cette formation aquifère (alluvions de cailloutis sableux) est de l'ordre de 5×10^{-5} m/s à 10^{-4} m/s.

La nappe profonde présente plus d'inconnues (forte perméabilité puissance variable et relativement importante).

Les eaux de ces 2 nappes sont très minéralisées (eau très dure et très sulfatée), ce qui en empêche toute exploitation, sans traitement.

*L'alimentation latérale de la nappe par les versants (gaine inégalement développée d'éboulis et de cones de déjection successifs) est très importante.

* La nappe et la rivière sont étroitement liées et évoluent de façon quasi parallèle suivant les saisons. (Les remontées de nappe s'accompagnent de crues de surface et les baisses de nappe de tarissement de la rivière, tendant vers l'étiage).

*Nous avons mis en évidence le rôle d'alimentation ou de drainage de la nappe de la plaine des Alberts par la Clarée. Ainsi nous assistons à une vidange de la nappe en automne et en hiver, à une recharge au printemps et à une période de vidange et de recharge successive et peu importante en été.

*Ne connaissant pas le débit de la Clarée à l'entrée de la plaine des Alberts (au Rosier), il nous est matériellement impossible d'établir un bilan mensuel (ou annuel) précis de la nappe.

Relevons simplement les entrées suivantes :

- Infiltration directe (précipitations, fonte de neige, irrigation).
- Alimentation latérale (1 seul affluent = la Durance).
- Alimentation occulte (par les versants quaternaires, par la Clarée).

et les pertes :

- Evaporation directe.
- Exutoire de la nappe (Source de l'Escle)
- Sorties occultes (filtration vers la nappe profonde, vers la Clarée).

* Cette nappe de surface possède les caractéristiques suivantes :

- . Superficie = 0,936 km² = S
- . Longueur moyenne = 1,9 km = L
- . Largeur moyenne = 0,5 km = l
- . Epaisseur moyenne = 10 m = e

- . Perméabilité moyenne = 5×10^{-5} m/s = K
- . Volume de l'aquifère = $9,5 \times 10^5$ m³ = V
- . Pente moyenne = 0,63 % (angle = 0,37) = i
- . Débit d'écoulement moyen de cette nappe au niveau du hameau des Alberts,
(selon la formule de Darcy : $Q = K \times e \times l \times i = 0,1575$ m³/s.

* L'intérêt économique de la plaine alluviale des Alberts est d'autant plus marqué que les possibilités hydrogéologiques des versants sont très faibles..

CHAPITRE VIII

LES LACS D'ALTITUDE.

Les nombreux lacs de montagne, du bassin versant de la Clarée, représentent une réserve toute relative en eau, et sont des lieux récréatifs fort appréciés des pêcheurs, ou des promeneurs.

Malheureusement, leur accès, relativement difficile pour certains, ne nous ont pas permis de faire une étude complète sur toute une année. Nous présentons, ici, quelques valeurs ponctuelles durant les années 75 à 77, sur quelques lacs.

Ces lacs d'altitude mériteraient, à eux seuls, une thèse complète. C'est dire la multitude de ces lacs, la diversité de leur bassin versant, de leurs apports chimiques, de leur situation géologique.

Nous avons divisé l'étude de chaque lac en 2 parties : la première consacrée à son bassin versant (1 - situation géographique, 2 - Géologie, 3 - Hydrologie), la seconde au lac proprement dit (1 - origine, 2 - Morphométrie, bathymétrie, fluctuation du niveau du plan d'eau, 2 - caractères chimiques généraux).

A tableaux regroupent les caractéristiques générales des différents lacs et de leur bassin versant (voir tableaux: XXVIII et XXIV).

Les lacs étudiés sont les suivants :

- . Lacs des Rochilles (Lac du Grand Ban, Rond et de la Clarée)
- . Lacs des Muandes (Lac Long et Rond)
- . Lac des Beraudes
- . Lac de la Cula
- . Lacs des Gardioles (Lac Laramon et du Serpent)
- . Lacs de Cristol (Grand Lac, et lac Rond)
- . Lacs de l'Oule (Grand Lac et lac de la Barre)
- . Lac Blanc.

I - Lacs des Rochilles.

1 - Bassin versant.

1) Situation Géographique.

Situé, à environ 14 kilomètres, au Nord Ouest de Névache, à la limite Savoie - Dauphiné, les 3 lacs des Rochilles (Grand Ban, Lac Rond, Lac de la Clarée), occupent la dépression dite des Rochilles, limitée au Sud, par la pointe des Banchets (2952 m) et la Pointe de la Fourche (2836 m) et au nord par le pic de l'Aigle (2776 m). (voir fig n° 94).

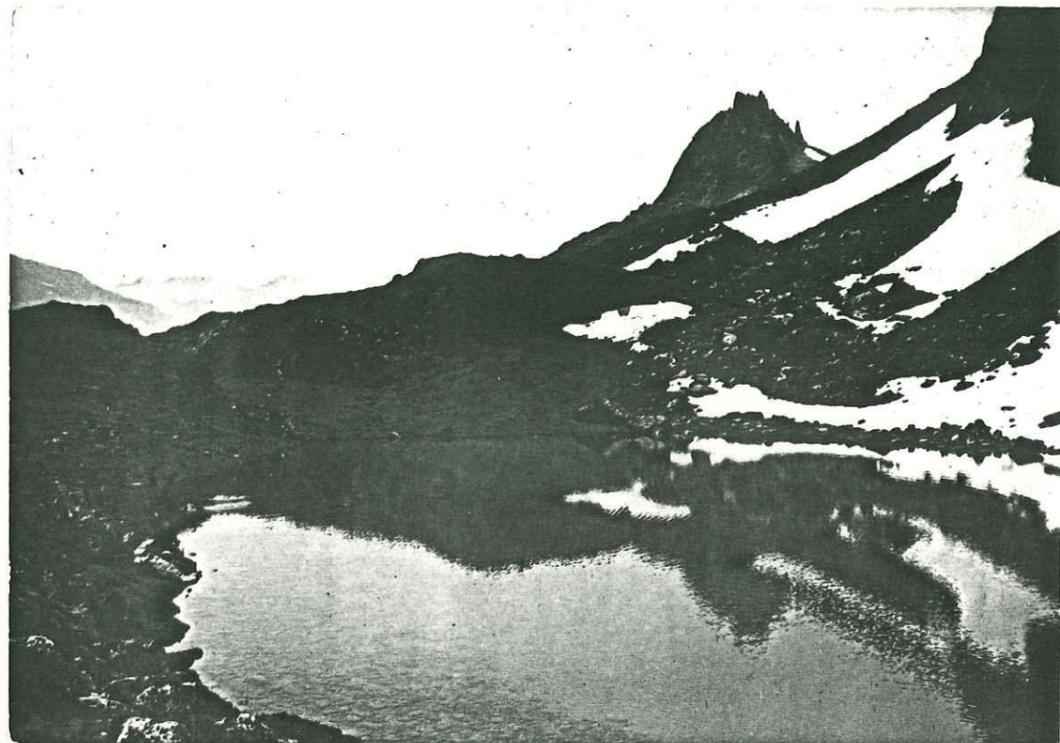


Photo 4 : Lac de la Clarée



Photo 5 : Lac des Gardioles.-

Caractéristiques Générales des Bassins versants des différents Lacs d'altitude du Bassin versant de la Clarée.

Tableau: xxviii

	Rochilles			Muandes		Beraudes	Cula	Gardiales		Cristal		Oule		Blanc
	Grand Banc	Lac Rond	de la Clarée	Long	Rond			Laramou	Serpent	G ^d Lac	Lac Rond	Grand Lac	Barre	
Superficie (en Km ²)	1,53			2,31		1,38	0,08	2,66		1,97		0,46		0,61
Périmètre en Km	5,4			7,8		5,2	1	6,8		5,3		2,6		2,5
Altitude maximum en m.	2950			3002		3098	2487	2978		2750		2650		2989
Altitude moyenne (en m)	2686			2693		2900	2468	2664		2497		2526		2842
Niveau du plan d'eau en m.	2455	2450	2422	2385	2449	2515	2449	2350	2438	2245	2338	2424	2402	2696
Indice de Compacité (ou de Grevelius) $K = \frac{L}{2\sqrt{\pi A}}$	1,23			1,45		1,24	1,05	1,18		1,06		1,08		0,90
Pluviométrie moyenne annuelle (75-76-77) en mm	1740			1740		1825	1610	1730		1620		1635		1840
Température moyenne annuelle (75-76-77) en °C	-2,7			-2,9		-3,4	-1,5	-2,6		-1,5		-1,6		-3,7

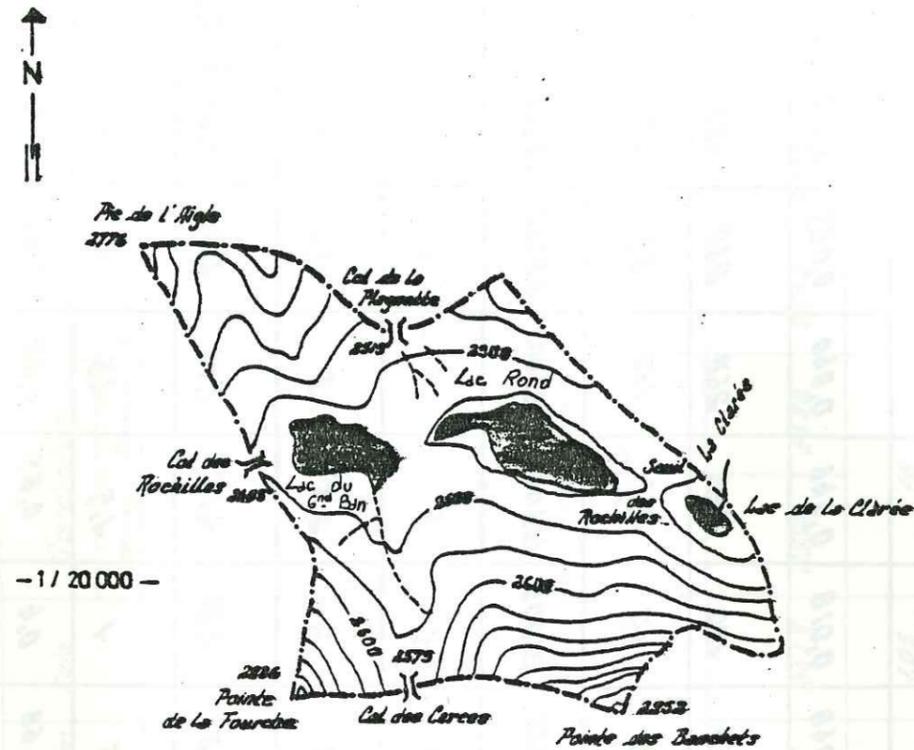
Caractéristiques Générales des différents lacs d'altitude du Bassin versant de la Clarée.

Tableau: xxix

	Rochilles			Muandes		Beraudes	Cula	Gardiales		Cristal		Oule		Blanc
	du 6 ^e banc	Rond	de la Clarée	Long	Rond			Laramou	Serpent	G ^d Lac	Rond	G ^d Lac	Barre	
Altitude du plan d'eau en m.	2455	2450	2422	2385	2449	2515	2449	2351	2438	2245	2338	2424	2402	2696
Superficie en Km ²	0,048	0,076	0,013	0,044	0,038	0,048	0,018	0,046	0,060	0,029	0,010	0,028	0,008	0,068
Longueur en m.	320	550	140	330	180	350	150	320	260	260	100	240	100	330
Largeur moyenne en m	140	150	60	140	100	100	60	150	160	80	60	60	40	200
Volume moyen en m ³	144000	114000	36000	88000	56800	96000	36000	180000	125000	43500	10000	42000	8000	204000
Profondeur max. en m	12	6	9	6	6	8	6	7	8	6	4	8	5	8
Profondeur moy. en m	3	1,5	3	2	2	2	2	2,5	3	1,5	1	1,5	1	3
Indice de Compacité $K = L' / 2\sqrt{\pi A'}$	1,08	1,43	1,0	1,24	0,98	0,87	0,86	1,12	1,16	0,86	0,68	0,89	0,63	0,95
Fluctuation du niveau du lac en m.	6	4	2	1	1	5	1	1,5	1,5	1	1	1,5	1	5
Périmètre en Km.	0,84	1,4	0,39	0,92	0,58	0,68	0,4	0,85	0,82	0,52	0,24	0,53	0,20	0,88
Période de gel.	Décembre à Juin			Décembre à Mai		Nov. à Juin	Déc. à Mai	Décembre à Mai		Nov. à Mai		Nov. à Mai		Nov. à Juin
Rapport Sup. lac / Sup. bassin	0,031	0,049	0,008	0,019	0,012	0,034	0,22	0,017	0,015	0,014	0,005	0,06	0,017	0,11

BASSIN VERSANT DES LACS DES ROCHILLES

Fig: 96



C'est du dernier des 3 lacs que jaillit la Clarée.

Les coordonnées Lambert II de ces lacs sont :

- . Lac du Grand Ban
X = 925,6 ; Y = 317,5 ; Z = 2.455 m.
- . Lac Rond des Rochilles
X = 926,2 ; Y = 317,6 ; Z = 2.450 m.
- . Lac de la Clarée
X = 926,7 ; Y = 317,5 ; Z = 2.422 m.

2) Géologie.

Le bassin versant des lacs des Rochilles se trouve situé sur le rebord occidental des synclinaux mésozoïques de la haute Clarée. La dépression des Rochilles, encombrée d'importants dépôts glaciaires, révèle un substratum de calcaire dolomitique et de quartzite du Trias.

3) Hydrologie.

Seuls de petits écoulements de surface, (provenant du col des Cerces, et de celui des Plagnettes), en période de fonte de neige, caractérisent l'hydrologie de ce bassin versant.

On pourrait s'attendre, vu la disposition superposée des différents plans d'eau, à des déversements successifs de surface.

En fait, il n'en est rien. Mais, étant donné, le débit permanent et abondant du dernier lac (qui en plus est le moins grand des 3), nous pouvons supposer une alimentation souterraine de chacun des lacs, par celui situé plus haut. C'est ainsi que le lac du Grand Ban en période de pluviométrie très déficitaire (comme durant l'été 76), se trouve pratiquement asséché, alors que le lac de la Clarée déverse un débit toujours aussi constant et important. Une circulation abondante s'effectue donc dans les moraines, derrière lesquelles stagnent ces différents plans d'eau.

Notons la présence importante de nevés, dans cette dépression des Rochilles. Ceux-ci par leur fonte alimentent directement les lacs.

2 - Les lacs.

1) Origine.

C'est un verrou glaciaire de roches quartzitiques du Werfenien, qui a permis la formation du lac de la Clarée.

Les 2 autres lacs des Rochilles, s'étalent dans de plus larges dépressions. Celles-ci, sous l'action des glaciers, ont pu se développer, car le substratum est ici très tendre, il s'agit, en effet, des calcaires dolomitiques triasiques.

Le lac Rond des Rochilles a pris naissance à la faveur de dépôts morainiques encombrant la dépression, mais surtout grâce à un immense cône d'éboulis de calcaire dolomitique descendant de la pointe des Banchets, barrant ainsi la vallée, jusqu'au seuil des Rochilles.

Le lac du Grand Ban, se trouve enfermé dans un véritable petit cirque, dont les flancs sont tapissés de cônes d'éboulis et de placage morainique. C'est justement une moraine frontale de l'ancien glacier des Rochilles qui a permis la formation de ce lac.

2) Morphométrie, bathymétrie, fluctuation.

Le lac de la Clarée, coincé derrière son verrou quartzitique, présente une forme ovoïde et une relative profondeur.

Le lac Rond des Rochilles, n'a de rond que son nom. En effet sa longueur est plus de 3 fois supérieure à sa largeur. Ce lac, peu profond, diffère de forme suivant les hauteurs d'eau.

Le lac du Grand Ban est, comme le précédent, allongé dans le sens Est-Ouest, sens parallèle à l'axe duglacier disparu. C'est un des lacs, à notre avis, les plus profonds du bassin versant de la Clarée.

Comme nous l'avons vu, plus haut, les plans d'eau des 2 lacs supérieurs (Lacs du Grand Ban et Rond) fluctuent énormément. Si l'alimentation diminue fortement, leur écoulement souterrain étant permanent, leur niveau va considérablement baisser, allant même jusqu'à l'assèchement quasi-total. Le lac de la Clarée, ne subit pas de grosses fluctuations. Le substratum imperméable et la moraine à matériel quartzitique sont à l'origine de cette stabilité.

3) Caractères chimiques généraux.

Ces lacs, de couleur bleutée, présentent une minéralisation faible, très semblable, prouvant leur même origine.

Leurs résistivités très proches, oscillent entre 8.600 Ω /cm et 7.600 Ω /cm. Seules les teneurs en Calcium et bicarbonates varient légèrement d'un lac à un autre. Les teneurs en sulfate diminuent du lac du Grand Bas, au lac de la Clarée (voir fig n°).

Les principaux rapports ioniques sont :

Lacs des Rochilles	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO_4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
Lac du Grand Ban	1,83	2,3	0,003	0,005
Lac Rond	1,4	2	0,0025	0,004
Lac de la Clarée	1,6	1,3	0,002	0,003

Les rapports r SO₄/Cl, r Na/ca et r Na/Mg, ont tendance à diminuer de l'amont vers l'aval.

Ces eaux, sont, d'une manière générale, bicarbonatées - calciques. Celles-ci, donnant naissance à la Clarée, subissent finalement peu de variations physico-chimiques dans l'espace, depuis le lac supérieur (lac du Grand Ban), jusqu'au lac inférieur (lac de la Clarée), en passant par le lac intermédiaire (lac Rond) des Rochilles.

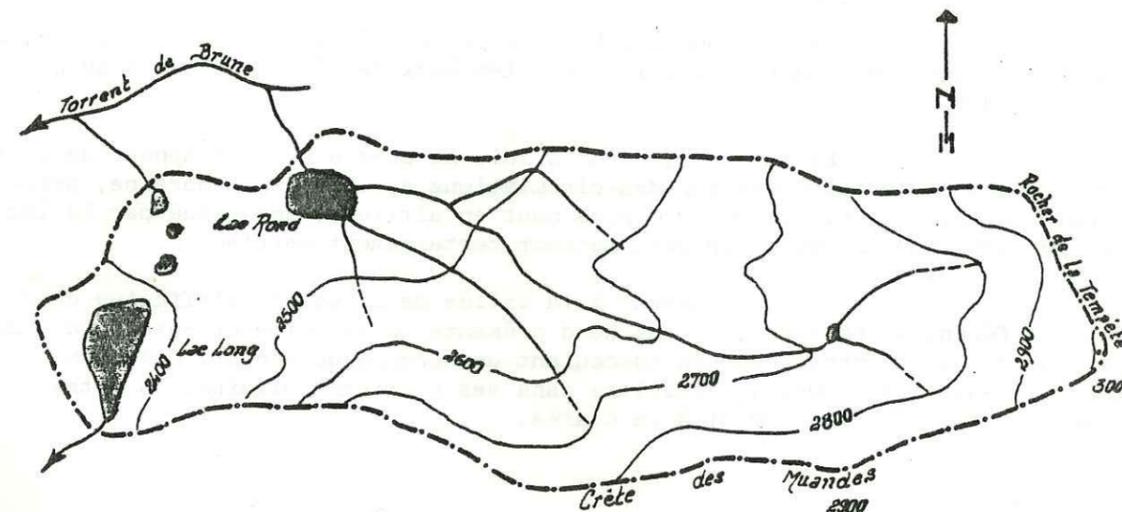
II - Lacs des Muandes.

1 - Bassin versant

1) Situation géographique.

Situé, à environ 12 kilomètres, au Nord Ouest de Névache, à l'Est du refuge des Drayères, en rive gauche de la Clarée, le bassin versant des lacs Long et Rond des Muandes, se trouve très étiré en longueur et limité au sud par la crête des Muandes (2.900 m) et au Nord par les Rochers de la Tempête (3.002 m) (voir figure n° 95)

BASSIN VERSANT DES LACS ROND ET LONG
DES MUANDES. Fig: 95



1 / 20.000

Les lacs Long et Rond, distant de 500 m, et de nombreux petits laquets se développent sur un replat glaciaire vallonné, situé à la limite du rebord de l'auge principale de la Clarée. Ces lacs sont "suspendus", au dessus du cours supérieur de la Clarée.

Leurs coordonnées Lambert II sont :

- . Lac Long des Muandes :
X = 929,3 ; Y = 317,3 et Z = 2.385 m
- . Lac Rond des Muandes
X = 929,8 ; Y = 317,8 et Z = 2.449 m.

2) Géologie.

Le bassin versant des lacs Long et Rond des Muandes, se situe sur le rebord occidental de la zone houillère briançonnaise, constituant des croupes molles et herbeuses, des tapis d'éboulis en bas de pente, et des replats.

Les dépressions occupées par les lacs Long et Rond et par les petits laquets, ont été comblées par un remplissage glacio-lacustre, caractérisé par des matériaux meubles (blocs et galets de conglomérats, schiste et grès houiller), accumulés par la langue glaciaire des Muandes actuellement disparue, et arrachés aux crêtes houillères des Muandes et de la Tempête. Ces matériaux sont alignés dans le sens de l'auge, ou disposés en bourrelets semi-circulaires, derrière lesquels sont retenus les lacs Long et Rond des Muandes.

Notons une géomorphologie semblable pour le lac des Muandes proprement dit, et ceux de la Madeleine, situés en amont des précédents.

3) Hydrologie.

Le lac Rond des Muandes présente 2 affluents principaux, aux débits relativement importants qui collectent les eaux depuis les éboulis au pied des crêtes à 2.700 m.

Le lac Long, quant à lui, ne présente aucun apport de surface. Il est alimenté souterrainement par des circulations au sein de la moraine, provenant du grand réservoir naturel situé 60 m plus haut en altitude, constitué par le lac Rond et par les laquets, qui s'interalimentent certainement entr'eux.

Le raccordement à la vallée de la Clarée s'effectue de 2 manières différentes. En effet, le lac Rond présente un exutoire orienté Nord - Sud, qui se raccorde au torrent des Muandes coulant en bordure du replat. Celui du lac Long, orienté Est - Ouest, s'infiltré dans ses premières dizaines de mètres, avant de se raccorder directement à la Clarée.

2 - Les Lacs.

1) Origine

Le lac rond des Muandes est un lac de barrage de bourrelet morainique à matériel houiller, tandis que le lac long des Muandes est un lac de verrou houiller.

2) Morphométrie - bathymétrie - fluctuation.

Ces 2 lacs portent bien leur nom. En effet le lac long est réellement allongé (d'axe Nord Sud), et le lac rond réellement arrondi. Ils semblent tous deux peu profonds.

Ils présentent une faible fluctuation de leur plan d'eau.

L'alimentation souterraine morainique paraît relativement constante d'où un temps de renouvellement des eaux certainement très long.

3) Caractères chimiques généraux.

Ces lacs comme tous ceux du houiller ont une couleur légèrement verdâtre. Leurs eaux sont peu chargées (fig n° 102)

Leurs résistivités sont proches (27.000 Ω /cm pour le lac rond et 28.600 Ω /cm pour le lac long). Les PH sont très semblables : entre 7,7 et 7,9 unités PH.

Les principaux rapports ioniques sont :

Lacs des Muandes	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
Lac Rond	1,5	4,3	0,042	0,063
Lac Long	2	2,7	0,036	0,071

Les eaux de ces lacs sont bicarbonatées calciques.

Leurs compositions chimiques présentent peu de différence.

Le lac Long présente des teneurs légèrement supérieures en Calcium, Sodium, Potassium et nitrate ; la lac rond, des teneurs supérieures en Magnésium, Chlorure, Sulfate, et bicarbonates.

Ces eaux ont donc la même origine.

III - Lac des Béraudes.

1 - Bassin versant.

1) Situation Géographique.

Situé à environ 10 kilomètres au Nord Ouest de Névache, en rive droite de la Clarée, le bassin versant du lac des Béraudes est un cirque d'altitude enfermé entre la crête des Béraudes (2.836 m) et la Roche des Béraudes (2.894 m) au Sud, le Pic de la Moulinière (3.072 m) à l'ouest et le Rocher de la Saouma (3.073 m), la Pointe des Cercès (3.098 m) et la Crête de la Moutouze (2.790 m) au Nord. (voir fig n°96)

Ses coordonnées Lambert II du lac sont :

X = 928,0 Y = 314,8 et Z = 2.515 m.

Le lac rouge au Sud, et le lac Sorcier au Nord, constituent 2 petits cirques d'altitude, identiques à celui occupé par le lac des Béraudes.

2) Géologie.

Celui-ci se trouve, situé géologiquement au coeur du synclinal mésozoïque, dit des Cercès, d'axe perpendiculaire à celui du lac.

Le coeur de ce synclinal est occupé par des calschistes, grés, et brèches de l'Eocène et du Crétacé supérieur, masqués en grande partie par d'importants cônes d'éboulis qui tapissent les flancs du bassin versant du lac des Béraudes.

Les rebords Ouest, et Est de ce synclinal, sont représentés par des calcaires dolomitiques triasiques et des terrains plus anciens (quartzites et conglomérats) du Permo-Werfenien.

3) Hydrologie

Aucun cours d'eau permanent n'alimente ce lac.

Son alimentation se fait uniquement par les eaux météoriques, par la fonte de neige au printemps et des névés en été et par une circulation intense au sein des cônes d'éboulis.

2 - Le Lac.

1) Origine

Une belle moraine frontale barre le débouché du lac et a constitué un piège, à l'amont pour les eaux, lors de la fonte et du retrait du glacier suspendu des Béraudes.

Elle a été aidé en cela, par la présence d'un petit verrou, en rive gauche dudéversoir, et d'un important cone d'éboulis en rive droite.

Le lac des Béraudes, est donc un lac glaciaire d'origine assez mixte (moraine + verrou + éboulis).

2) Morphométrie - Bathymétrie - Fluctuation.

Le lac occupe une position sensiblement Est - Ouest, très étiré dans le sens de la longueur. Sa partie amont est peu profonde.

La partie aval, et les rives Nord et Sud semblent présenter une profondeur, plus importante. L'alimentation souterraine par les éboulis et la fonte des neiges et des névés ne sont pas suffisantes pour donner au lac des Béraudes, un plan d'eau stable. Nous avons, ainsi constaté des fluctuations de l'ordre de 3 à 4 m entre l'été 75 et l'été 76 (saison particulièrement sèche).

3) Caractères chimiques généraux.

Le lac des Béraudes présente une couleur bleue, due certainement à son alimentation par fonte de neige et névé, permettant une prolifération particulière d'algues et de micro-organismes.

Les eaux de ce lac sont peu chargées. La résistivité moyenne est voisine de 10.500 Ω /cm, le PH de 7,45 unités PH (fig n° 102).

Seules les teneurs en calcium et bicarbonates sont importantes.

Les principaux rapports ioniques sont :

Lac des Béraudes	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO_4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
	5	0,67	0,003	0,014

Les eaux du lac des Béraudes sont donc bicarbonatées calciques.

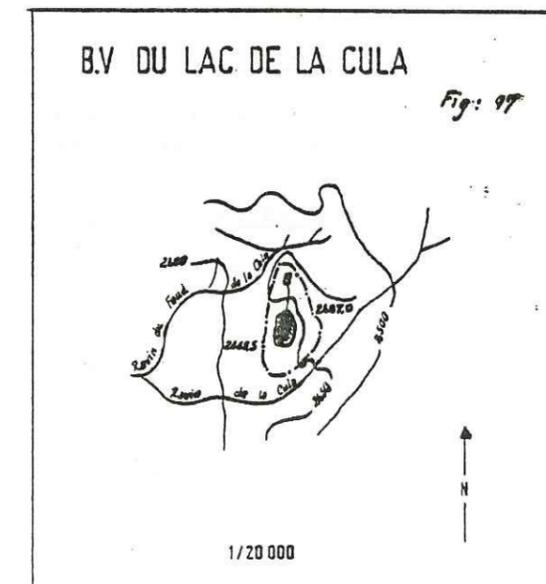
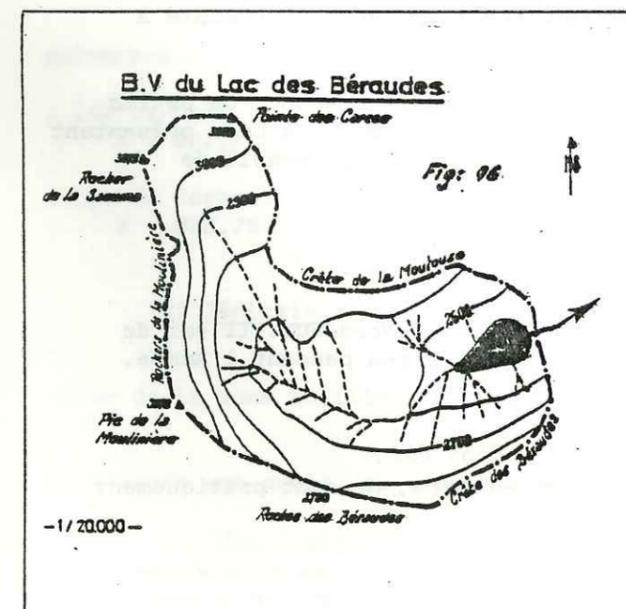
IV - Lac de la Cula.

1 - Bassin Versant.

1) Situation géographique.

Situé à environ 10 kilomètres au Nord Ouest de Nevache, en rive gauche de la Clarée, le bassin versant du lac de la Cula est le plus petit de tous ceux étudiés (il représente, à peine, 0,08 km²).

Il se trouve localisé dans le haut vallon de la Cula, ou de la Cule, au pied des crêtes des Muandes, des Rochers de la Tempête et de la crête de la Cula (voir fig n° 97).



Les coordonnées Lambert II, de ce petit lac de la Cula sont les suivantes :

X = 931,7 Y = 315,65 et Z = 2.449 m.

2) Géologie.

Le bassin versant du lac de la Cula se trouve en plein coeur de la zone houillère briançonnaise (schistes, grés, conglomérats). Ce substratum imperméable, a été passablement usé par les glaciers et remodelé par les dépôts morainiques.

3) Hydrologie.

Aucun cours d'eau de surface n'est visible dans ce petit bassin versant.

Le lac, orienté parallèlement au sens du glacier principal, disparu, de la Clarée se déverse par un petit ruisseau au sein d'une zone marécageuse, dans laquelle stagne un petit laquet. 2 ruisseaux, de direction Est-Ouest, encadrent la dépression occupée par le petit lac. Il s'agit des ruisseaux de la Cula, et du Fond de la Cula.

2 - Le lac.

1) Origine.

Il se trouve "coincé" entre 2 buttes cotées 2.465,5 m et 2.487,0 m, correspondant à 2 points durs du substratum houiller, qui ont résisté à l'érosion glaciaire.

Ces verrous ont permis la formation, à leur amont, de petits lacs. Les nombreux lacquets et zones marécageuses, du haut vallon de la Cula présentent la même origine géologique, et s'abritent tous derrière un noyau imperméable de roches houillères.

2) Morphométrie - bathymétrie - fluctuation.

Le lac de la Cula, s'étire dans le sens Nord-Sud. Il est de profondeur moyenne et le niveau de son plan d'eau fluctue très peu pendant l'année.

3) Caractères chimiques généraux.

Les eaux de ce lac, de couleur verdâtre, ne sont pratiquement pas chargées (fig n° 102).

La résistivité moyenne de celles-ci est une des plus élevées de tout le bassin versant de la Clarée (48.000 Ω /cm). Ceci s'explique par une alimentation météorique (pluie, neige) quasi totale. Il y a peu ou pas d'alimentation souterraine.

Les principaux rapports ioniques sont :

Lac de la Cula	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO_4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
	1,4	3,3	0,07	0,1

Ce sont des eaux bicarbonatées calciques, avec des teneurs assez notables en Magnesium et Sulfate, et une dureté totale et un titre alcalimétrique complet, très faibles (1°2 Français).

V - Lacs des Gardioles.

1 - Bassin Versant

1) Situation géographique.

Situé, à environ 8 kilomètres au Nord Ouest de Névache, en rive gauche de la Clarée, le Bassin Versant des Lacs des Gardioles (Lacs Laramon, et du Serpent), occupe le cirque d'altitude des Gardioles, limité à l'Ouest par la crête de la Cula (2.775 m) et à l'Est par la crête des Gardioles (2.859 m) (voir fig n° 98). Les lacs Laramon et du Serpent s'étalent sur 2 replats, témoins des anciennes glaciations. 80 mètres de dénivelé, les séparent.

Les coordonnées Lambert II de ces lacs sont les suivantes :

. Lac Laramon :
X = 932,2 Y = 313,9 et Z = 2.350 m.

. Lac du Serpent :
X = 932,75 Y = 314,3 et Z = 2.438 m.

2) Géologie.

Le bassin versant des lacs des Gardioles est localisé au coeur de la zone houillère briançonnaise.

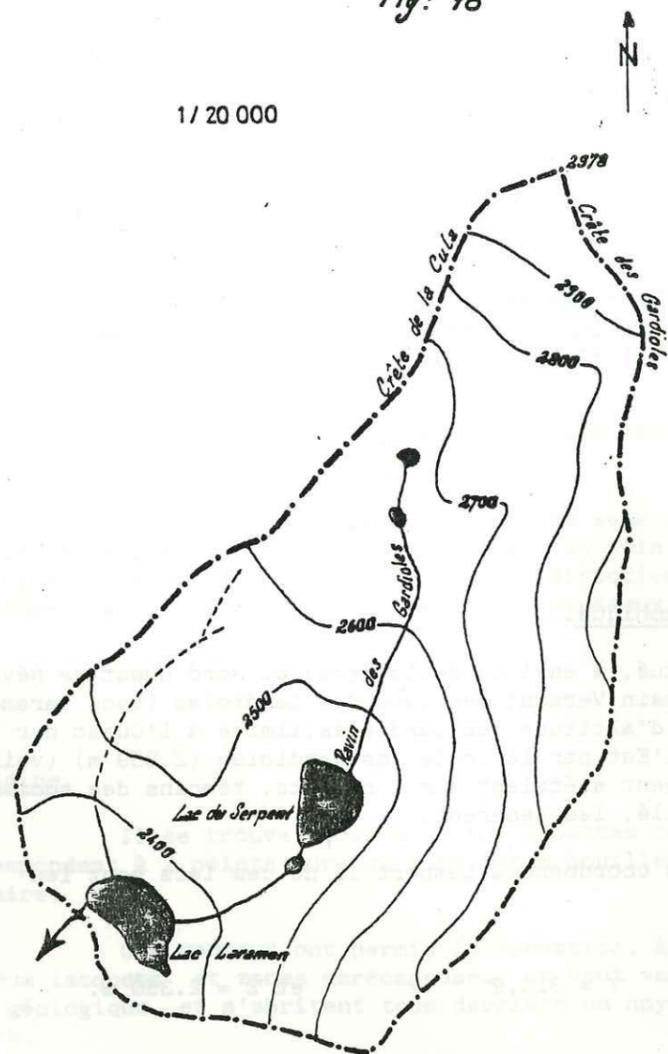
Les roches houillères (grés, conglomérats), de ce cirque d'altitude ont subi, au quaternaire, une forte influence glaciaire (érosion - dépôts).

3) Hydrologie.

Le torrent du Ravin des Gardioles (20 à 30 l/s), collectant ses eaux, à la base des éboulis jalonnant les pentes sous les crêtes de la Cula et des Gardioles, alimente le lac du Serpent. Celui-ci, par un écoulement de surface, déverse ses eaux dans le lac Laramon, qui donne naissance au ruisseau du lac de Laramon, affluent de la Clarée.

Fig: 98

1/20 000



B.V. des Lacs de Gardiolles

2 - Les lacs.

1) Origine.

Le lac Laramon s'étale dans un lassez large ombilic, s'abritant derrière une belle moraine latérale de l'auge principale du glacier, disparu, de la Clarée.

Le lac du Serpent, se trouve enserré au sein de roches houillères, et un verrou, de grés, a piégé les eaux venues du haut vallon des Gardiolles.

2) Morphométrie - Bathémétrie -Fluctuation.

Le lac du Serpent présente une forme grossièrement arrondie. Le lac Laramon s'étire selon un sens Nord Ouest - Sud Est, parallèle à celui de l'auge principale de la Clarée.

La profondeur du lac du Serpent, de part sa structure géologique, semble plus importante que celle du lac Laramon.

Les plans d'eau de ces lacs fluctuent peu.

Le lac Laramon, étant donné sa faible profondeur sur sa rive Ouest, peut évoluer et changer de forme, au cours de l'année.

3) Caractères chimiques généraux.

Ces lacs, comme leurs voisins situés sur substratum houiller, présentent une couleur verte (fig n° 102).

Leurs eaux sont relativement chargées. En effet, leur alimentation de surface est longue et se minéralise, au contact des nombreux terrains houillers, sur lesquels elle ruisselle. Les résistivités des 2 lacs sont proches : 5.500 Ω /cm pour le lac Laramon, et 6.000 Ω /cm pour le lac du Serpent.

Toutes les concentrations ioniques des eaux du lac Laramon sont supérieures ou égales à celles du Lac du Serpent.

C'est dire, que durant leur transit entre les lacs supérieurs et inférieur, les eaux s'enrichissent ioniquement, au contact des terrains houillers, qu'elles traversent :

Les principaux rapports ioniques sont :

Lac des Gardiolles	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
Lac du Serpent	3,1	2	0,015	0,045
Lac Laramon	3,0	2	0,013	0,040

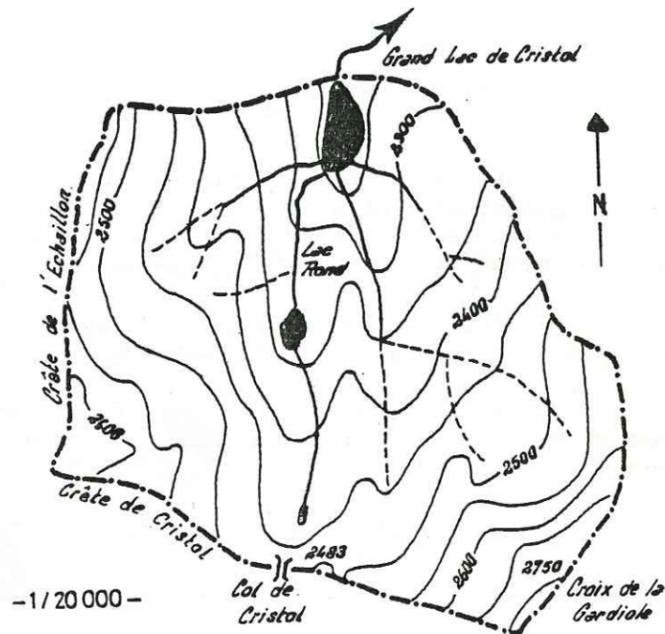
Les eaux de ces lacs sont bicarbonatées calciques, assez chargées enMagnesium

VI - Lacs de Cristol.

1 - Bassin Versant

1 - Situation géographique.

Situé, à environ 3 kilomètres, au Sud de Nevache, en rive droite de la Clarée, le bassin versant du Grand lac de Cristol et du lac rond de Cristol, se trouve compris entre la Croix de la Gardiole (2750 m), la crête de la Gardiole (2500 m) et la crête de Cristol (2600 m) au Sud Est, et la crête de l'Echailion (2540 m) à l'Ouest. (voir fig n° 99). Ces 2 lacs de Cristol, occupent un vallon à pente douce, propice aux alpages, aux paturages et aux rhododendrons. Le vallon de Cristol, se trouve coincé entre le vallon de Buffère à l'ouest et celui de l'Oule à l'Est.



B.V des lacs de Cristol

Fig 99

Les coordonnées Lambert II, de ces lacs sont les suivantes :

- . Grand Lac de Cristol
X = 935,35 Y = 308,0 et Z = 2.245 m.
- . Lac rond de Cristol
X = 935,2 Y = 307,4 et Z = 2.338 m.

2) Géologie

Le Bassin versant des lacs de Cristol, se situe sur le rebord oriental de la zone houillère briançonnaise.

Le vallon est constitué de lourdes croupes de grès et surtout de conglomérats, usées par le glacier de Cristol, qui est à l'origine des lacs par un barrage de bourrelets morainiques.

3) Hydrologie.

Le lac rond de Cristol, alimenté par une petite source sous le col de Cristol, se déverse dans le grand lac de Cristol, lui-même collectant ses eaux, à l'Est et à l'Ouest du lac rond, à une altitude voisine.

2 - Les lacs.

1) Origine.

Le lac Rond de Cristol, est un lac de barrage de bourrelet morainique, situé en demi cercle à l'est et au Nord du lac. Celui retenant le grand lac de Cristol a plus ou moins disparu et le plan d'eau s'étale dans un petit ombilic glaciaire à remplissage glacio-lacustre.

2) Morphométrie - bathymétrie - fluctuation.

Le grand lac de Cristol se trouve très étiré en longueur dans la direction parallèle à celle de l'ancien glacier de Cristol, et perpendiculaire à l'axe principale de la Clarée, c'est à dire Nord-Sud.

Le lac Rond de Cristol est également légèrement étiré dans le même sens.

Leurs profondeurs ne semblent pas trop importantes.

La fluctuation de leurs plans d'eau paraît faible.

En effet, le substratum houiller pratiquement imperméable, permet l'infiltration dans la moraine susjacente, assurant ainsi, aux lacs, une alimentation quasi-constante.

3) Caractères chimiques généraux.

Ces lacs, lieux d'alevinage important, sont de couleur verdâtre. Leurs eaux sont très peu chargées. Leurs résistivités sont très élevées (38000 Ω /cm pour le grand Lac et 66.000 Ω /cm pour le lac Rond) (fig n° 102).

Le grand Lac présente des concentrations supérieures à celles du Lac Rond pour le Calcium - Potassium - bi carbonate - Chlorure et Nitrate. La teneur en Magnesium du lac Rond est supérieur à celle du Grand Lac et également à sa propre teneur en calcium.

Les minéralisations particulières (blende, galène.....) situées à proximité des lacs, et ayant occasionné de nombreuses tranchées et galeries actuellement entièrement éboulées, ne semblent pas influencer la physico-chimie des eaux.

Les principaux rapports ioniques sont :

Lacs de Cristol.	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO_4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
Grand Lac	1,6	0	0,06	0,1
Lac Rond	0,6	0	0,12	0,07

Peu de différence existe donc entre les eaux de ces 2 lacs. Elles se chargent tout naturellement, au contact des terrains houillers de l'amont vers l'aval.

Elles sont bicarbonatées calcico-magnésiennes.

VII - Les lacs de l'Oule.

1 - Bassin Versant.

1)- Situation géographique.

Situé, à environ 4 kilomètres au Sud de Nevache, en rive droite de la Clarée, le Bassin Versant des lacs de l'Oule se trouve abrité sous la crête du Pasquier (2540 m) au Sud Est et la dépression du col de l'Oule (2545 m) au Sud. (voir fig n° 100). Occupant le vallon de celui de Cristol, ces lacs de l'Oule sont au nombre de 2.

A l'inverse de Cristol, c'est le grand lac (de l'Oule), qui se déverse dans le lac de la Barre.

Leur bassin versant présente une superficie relativement faible (0,466 m²).

Les coordonnées Lambert II, de ces lacs sont :

. Grand Lac de l'Oule			
X= 936,95	Y = 307,05	et Z = 2424 m.	
. Lac de la Barre			
X= 937,16	Y = 307,2	et Z = 2402 m.	

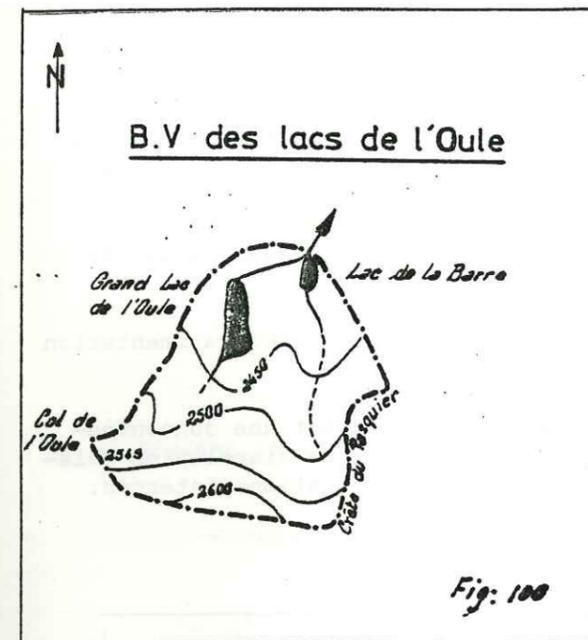
2)- Géologie.

Du point de vue géologique, le bassin versant des lacs de l'Oule se situe au niveau d'une zone de contact entre le Houiller Briançonnais sur son flanc Ouest (conglomérats du Houiller supérieur -attribués au Stéphaniens), et du Verrucano, et les calcaires dolomitiques triasiques sur son flanc Est. De plus, une grande faille, d'orientation N..70°, coupe l'ensemble du bassin versant.

De vastes cones d'éboulis à très gros blocs tapissent le flanc des crêtes.

B.V DU LAC BLANC

Fig: 101



3) Hydrologie.

Le lac de la Barre, est alimenté en surface par le déversoir du grand Lac, d'orientation Est-Ouest.

Celui-ci est alimenté par une petite source, et par des circulations abondantes au sein du grand cône d'éboulis, descendant de la crête de Pasquier, et venant buter sur la rive Sud du lac.

Le déversoir commun de ces 2 lacs donne naissance au torrent de l'Oule, d'orientation Nord-Sud, affluent de la Clarée.

2 -Les Lacs.

1) Origine.

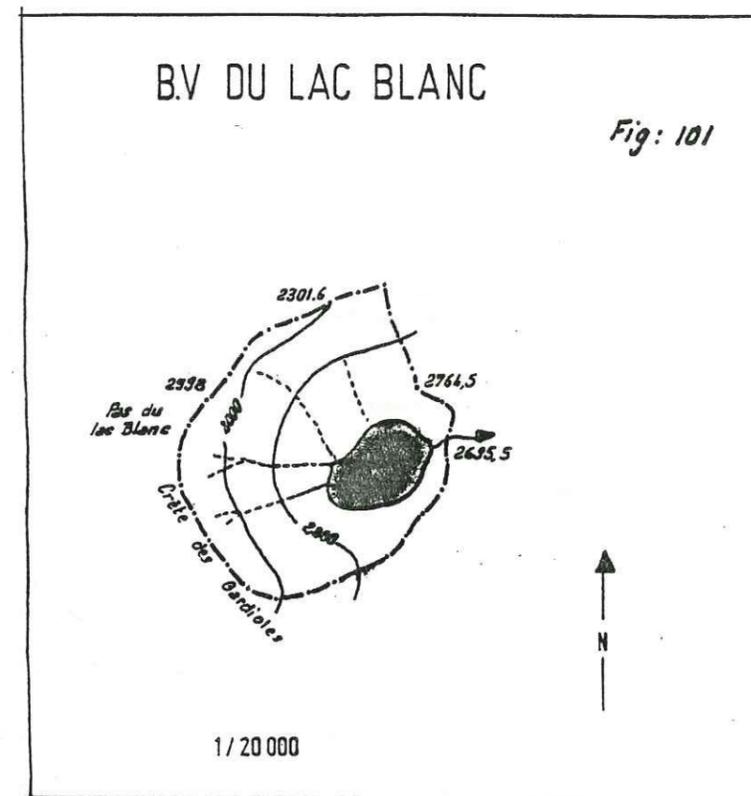
Les 2 lacs s'étalent dans une petite depression quaternaire, creusée par le petit glacier de cirque de l'Oule, aujourd'hui disparu.

L'origine de ces lacs est mixte, puisqu'à la fois constituée par un barrage de bourrelet morainique et par un petit verrou houiller

2) Morphométrie -Bathymétrie - fluctuation.

Comme les lacs de Cristol, les 2 lacs de l'Oule sont étirés dans le sens de la longueur, parallèle au sens de l'ancien glacier de l'Oule et perpendiculaire à celui de l'auge de la Clarée. La profondeur du Grand Lac semble relativement irrégulière : faible au Nord, importante au Sud, sur le rebord du cone d'éboulis.

La fluctuation des plans d'eau parait peu importante, de l'ordre de 1,5 mètre, modifiant les contours du grand Lac dans sa partie Nord.



3) Caractères chimiques généraux.

Ces lacs, de couleur verte, ont des eaux relativement chargées en comparaison de celles des lacs voisins de Cristol (fig n° 102).

Leurs résistivités sont proches (10.000 Ω /cm pour le lac de la Barre, et 14.000 Ω /cm pour le Grand Lac), tout comme leur PH (8,05 pour le lac de la Barre et 8,20 pour le Grand Lac).

La minéralisation globale et dans le détail des eaux du lac de la Barre est supérieure à celle du Grand Lac.

C'est dire que le Grand Lac ne constitue pas la seule alimentation du lac de la Barre.

En effet, les eaux du lac de la Barre présentent une concentration très importante en Magnesium, due certainement à des phénomènes de dissolution relativement importants des calcaires dolomitiques voisins, par des circulations internes.

Les principaux rapports ioniques sont :

Lacs de l'Oule	r $\frac{Ca}{Mg}$	r $\frac{SO4}{Cl}$	r $\frac{Na}{Ca}$	r $\frac{Na}{Mg}$
Lac de la Barre	0,64	2,14	0,004	0,003
Grand Lac.	2,5	1,6	0,013	0,03

Les eaux des lacs de l'Oule sont bicarbonatées calcico magnésiennes, avec des teneurs non négligeables en sulfate.

VIII - Lac Blanc.

1 - Bassin Versant.

1 - Situation Géographique.

Situé, à 4 kilomètres au Nord de Nevache, en rive gauche de la Clarée, le bassin versant du Lac Blanc constitue le cirque d'altitude du torrent du Vallon.

Il est encadré par le rocher Blanc (2851,6m) au Nord et par la crête des Gardioles au Sud (voir fig n° 101).

Les coordonnées Lamberts II du Lac Blanc sont les suivantes :

X = 933,95 Y = 316,15 et Z = 2.696 m.

2) Géologie.

Ce bassin versant occupe une position géologique assez particulière. En effet, il se situe au niveau du contact Nord - Sud houiller - Trias (quartzite - calcaire dolomitique). La partie occidentale du bassin versant se trouve dans la zone houillère Briançonnaise, imperméable, et sa partie orientale est constituée principalement de quartzites du Werfenien, qui ont résisté à l'érosion glaciaire et ont donné un verrou derrière lequel s'abrite le lac Blanc. De grands cônes d'éboulis tapissent les flancs de ce cirque d'altitude.

3) Hydrologie.

Aucun cours d'eau de surface n'est visible.

Seuls d'abondants névés et une percolation au sein des éboulis, alimentent le lac.

Le déversoir, suivant la hauteur des eaux, est superficiel ou souterrain.

2 - Le lac.

1) Origine

Le lac Blanc a pris naissance, après la disparition des glaces, à l'endroit du surcreusement glaciaire imposé par le niveau très dur de roches quartzitiques werfeniennes.

Il s'agit donc d'un lac de verrou glaciaire.

2) Morphométrie - Bathymétrie - Fluctuation.

Ce lac, grossièrement arrondi, est assez profond.

Les fluctuations du niveau de son plan d'eau sont assez importantes.

3) Caractères chimiques généraux.

Les eaux du lac Blanc, de couleur bleutée, due à une alimentation en majeure partie de fonte de neige et de névés (d'où le nom Lac Blanc, car il est pendant 6 à 8 mois gelé), sont très peu minéralisées.

Leur résistivité est très élevée (voisine de 25.000 Ω /cm).

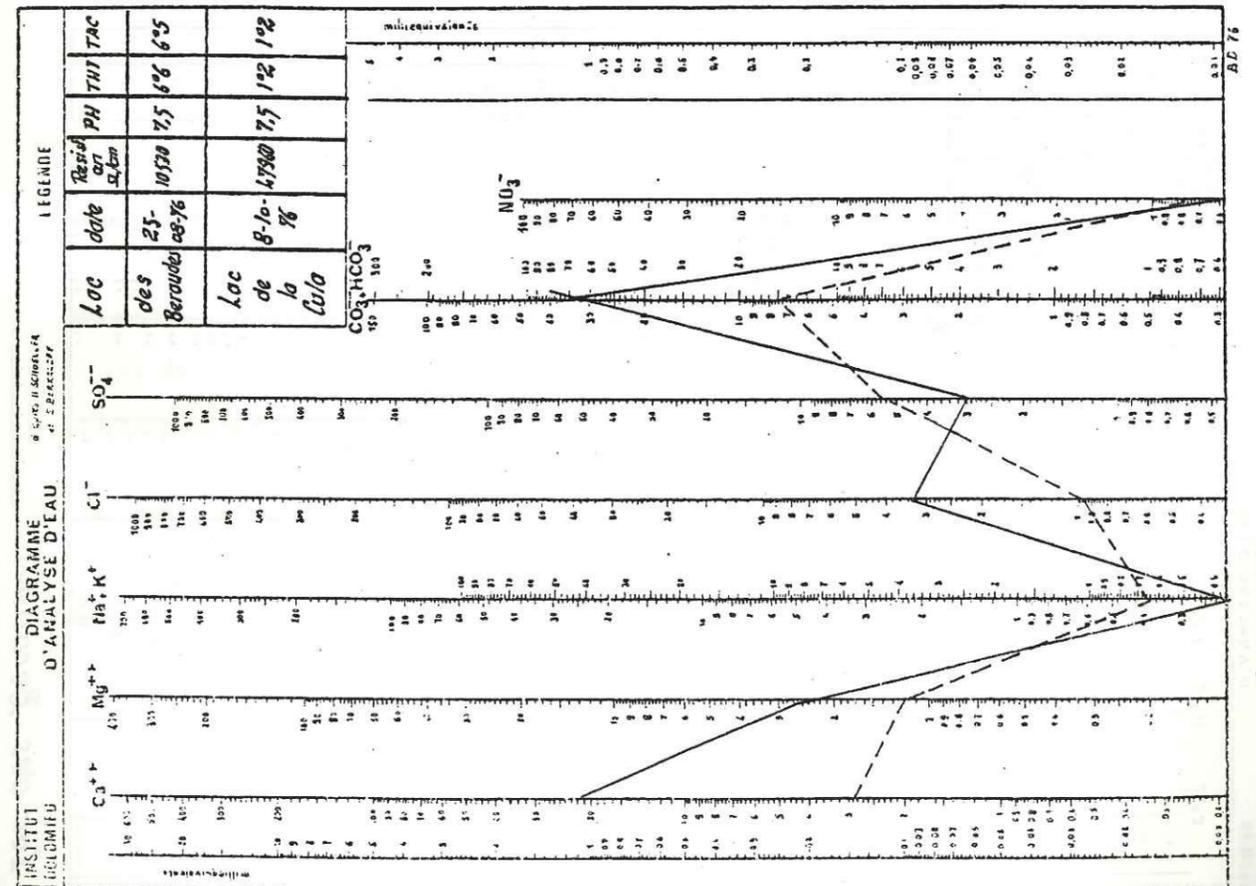
IX - Conclusion.

Tous les lacs du Bassin versant de la Clarée présentent une origine glaciaire commune, avec cependant certaines nuances.

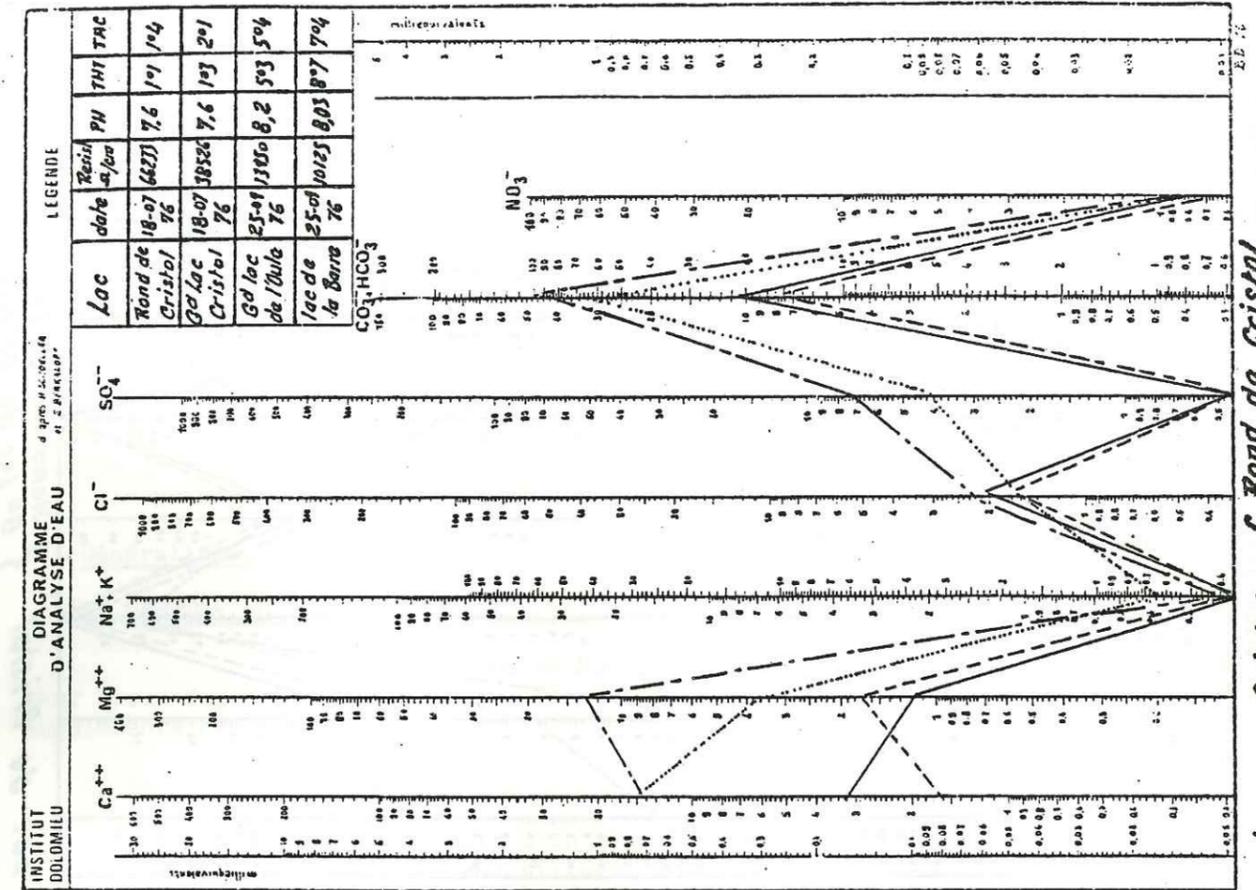
Ainsi nous trouvons :

- * des lacs de barrage de bourrelets morainiques (comme le lac Laramon, ceux de Cristol, le lac du Grand Ban des Rochilles, le lac Rond des Muandes).
- * des lacs de barrages de verrou houiller (comme le lac long des Muandes, le lac de la Cula, le lac du Serpent).
- * des lacs de barrages de verrou quartzitique (comme le lac de la Clarée, lac Blanc)
- * des lacs d'origine plus mixte :
 - . Moraine + éboulis (comme le lac Rond des Rochilles)
 - . Moraine + verrou (comme les lacs de l'Oule)
 - . Moraine + verrou + éboulis (comme le lac des Beraudes)

Les eaux issues de ces lacs, sont d'une manière générale, peu minéralisées, bicarbonatées calciques (ou magnésiennes pour les lacs situés sur un substratum houiller).



Lac des Beraudes
Lac de la Cula



Lac de Cristol
Lac de l'Oule
Lac de la Barre

CHAPITRE IX

ETUDE DE LA POLLUTION (Commune de MONTGENEVRE).

La section "qualité" des eaux du S.R.A.E. d'Aix en Provence, ayant effectué des recherches sur la pollution des eaux, dans le secteur de la station de sports d'hiver de Montgenèvre, il nous a paru intéressant de synthétiser ici, les principaux résultats obtenus.

I - Généralités..

1) Population.

La Commune de Montgenèvre abrite 284 personnes, donc 189 au Chef Lieu. En période de vacances, la station reçoit près de 5.000 résidents (4.000 lits supplémentaires sont prévus).

2) Réseau d'assainissement.

Il s'agit d'un réseau pseudo-séparatif. Un réseau unitaire assainit les habitations du vieux village, se terminant au pied des pistes, sous l'aspect d'une source (indiquée non potable). Un réseau séparatif dessert les lotissements récents ; son exutoire se situait, avant la construction de la station d'épuration, à 1,5km de l'agglomération, dans le ravin en contrebas de la RN 94, dans la Durance dont le débit est pratiquement nul en hiver.

II - Etude en continu des effluents.

Une étude des effluents bruts a été faite le 12 et 13 Février 1974, correspondant à une fréquentation très importante d'hivernants. Les débits ont été mesurés grâce à un limnigraphe sur puits de mesure, relié à un seuil, et les prélèvements effectués en continu.

1) Débits.

Les valeurs suivantes ont été atteintes :

- débits de pointe = 12 l/s
- débits minimum (nuit) = 2 l/s.

Les fluctuations sont variables, et 3 pointes sont notables : à 9 h, 13 h et à 20h.

Le débit nocturne est très marqué de 0h à 6h.

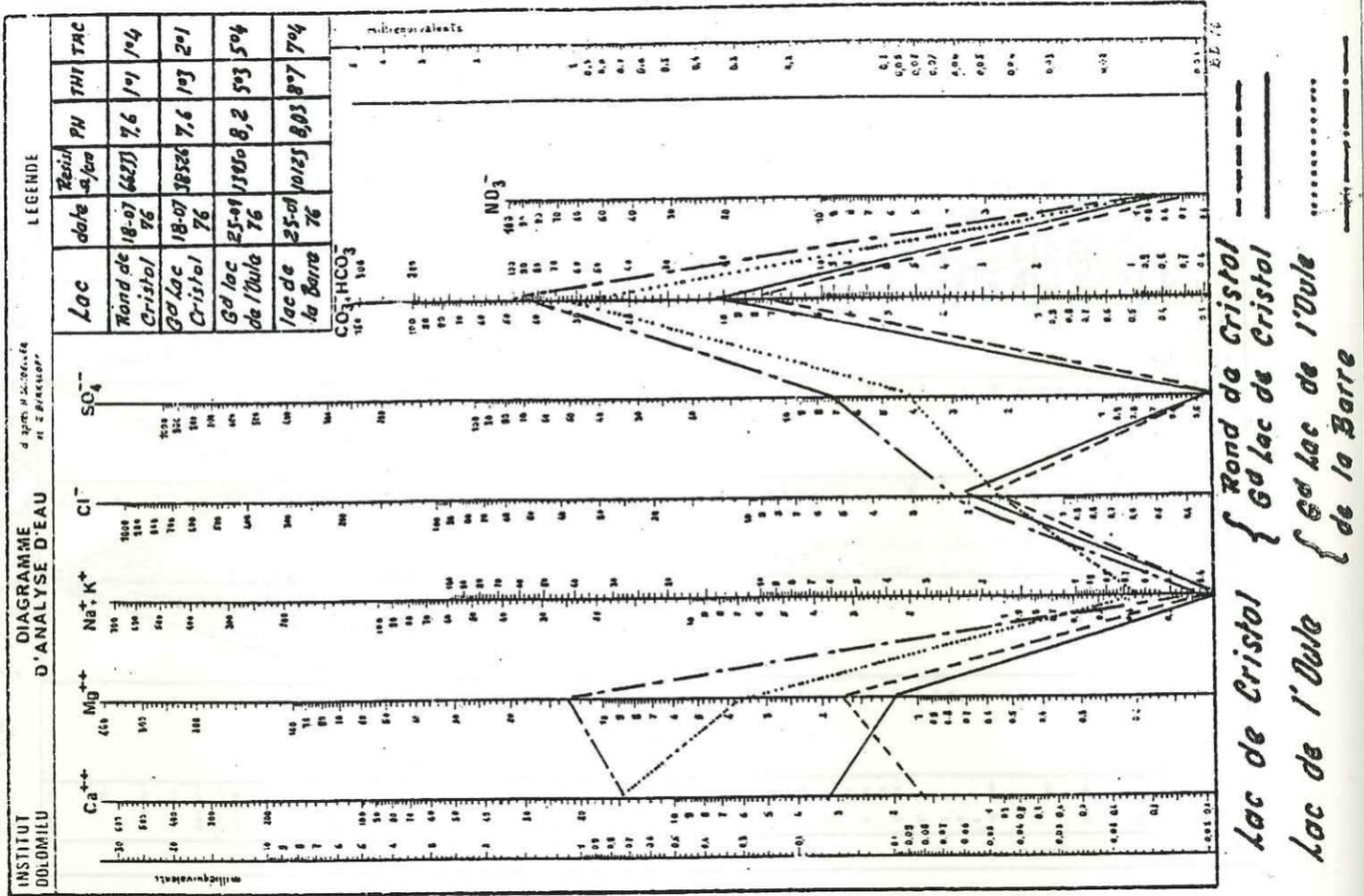
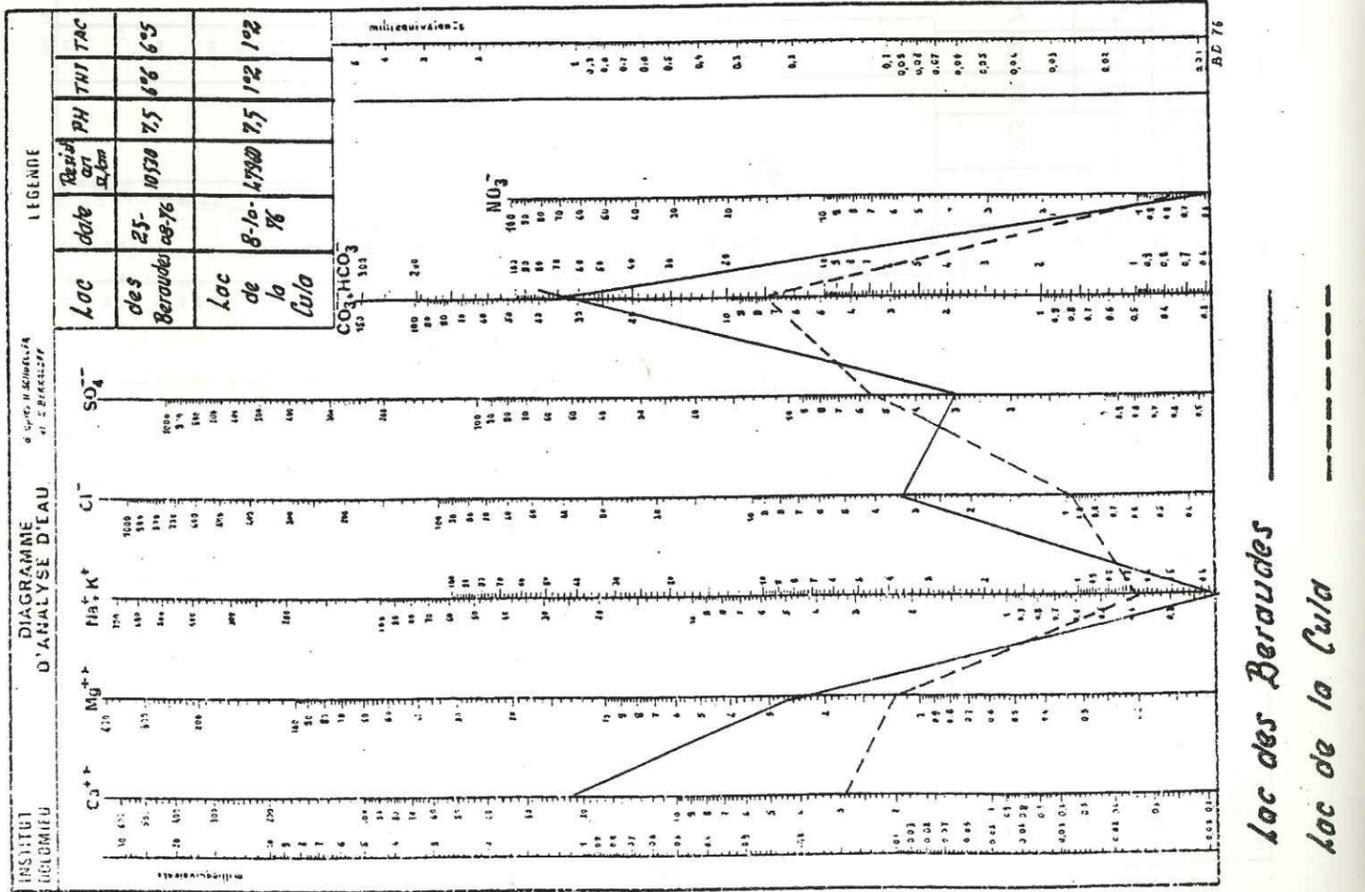


Fig. 102b



Lac des Beraudes
Lac de la Cula

Débits enregistrés, en m ³ /h, les 12 et 13 février 1974.		
. débit moyen	=	18,7 m ³ /h
. débit minimum	=	7,2 m ³ /h
. débit maximum	=	39,6 m ³ /h
. débit moyen de jour	=	3,4 m ³ /h
. débit moyen de nuit	=	7,6 m ³ /h.

2) Physico-chimie.

Les variations des courbes de débit, de PH et de conductivité sont analogues.

Les périodes de rejet intense sont ainsi, particulièrement bien soulignées.

L'échantillon nocturne apparait assez peu chargé, par rapport à l'échantillon moyen de jour, qui, lui, l'est beaucoup plus (voir résultats dans le tableau suivant).

	Echantillon moyen de jour.-	Echantillon moyen de nuit.
pH	7,8	7,8
Conductivité	578	256
DB05	310	39
Oxyd.	45	7,3
Matière en susp.	265	16
DCO	740	92
Cl ⁻	57	20
SO ₄ ⁻	34	17
NH ₄ ⁺	13	2
NO ₂ ⁻	0,37	0,14
NO ₃ ⁻	6,8	2,3
Na ⁺⁺	51	15
K ⁺	17	6,2
Ca ⁺⁺	16	15
Mg ⁺⁺	5,4	5,4
HCO ₃ ⁻	305	145
PO ₄ ⁻	24	6,1
Détergents	2,7	0,66

III - Influence sur le milieu récepteur : la Durance -Clarée.

Des prélèvements ont été effectués en 3 points, lors des mesures en continu, en février 1974, (dont entièrement à la mise en service de la station d'épuration) :

- le premier sur la Clarée (100 m en amont de la confluence avec la Durance).
- le second sur la Durance (en amont immédiat de la confluence avec la Clarée).
- le troisième sur la Durance (100 m en aval de la confluence avec la Clarée).

1 - Physico-chimie.

Dans l'ensemble, la Clarée n'est pratiquement pas ou peu influencée par l'arrivée de la Durance qui transporte les eaux usées de Montgenèvre.

. l'autoconsommation et la DB05 n'accusent pas de différence.

. la constance de l'oxydabilité montre que la pureté des eaux n'est pratiquement pas affectée.

. le cycle de l'azote n'est pas perturbé.

. les variations de la minéralisation sont très minimes.

L'irrégularité du flot pollué dans le temps et le rapport des débits (20 l/s se diluant dans 1.400 l/s), sont responsables de cet état de chose.

Dans la Durance, elle même, la pollution enregistrée au débouché de l'égout, diminue très fortement tout au long des 2,5 kilomètres de trajet qui conduisent à la confluence.

Parmi les facteurs favorisant cette autoépuration, interviennent certainement :

- l'allure en cascade de la Durance et sa forte oxygénation due à la pente (400 m de dénivellé).
- l'abandon des plus gros déchets en cours de route et le travail effectué par les microorganismes qui se développent dans une sorte de zooglye qui endruit les blocs.
- les dilutions qui s'effectuent par la fonte de la couche inférieure de neige.
- les apports latéraux (sources) ne sont pas à négliger.

Seul le tronçon de Durance allant de Montgenèvre aux Alberts, subit donc une pollution irrégulière et décroissante.

2 - Hydrobiologie.

Des examens hydrobiologiques, parallèles aux examens physico-chimiques ont permis de préciser les phénomènes.

La charge polluante des rejets de Montgenèvre s'atténue très largement au cours de la descente jusqu'à la confluence.

La pollution épisodique et visible de la Durance amont ne se manifeste plus en aval de la confluence que par des légers dépôts en faciès lentique et une augmentation localisée du degré de trophie.

IV - L'épuration actuelle.

Depuis 1976, la commune de Montgenèvre possède une station complète, accessible et couverte, de traitement des eaux usées, située au débouché du réseau séparatif à la cote 1757 m, à l'ouest du col.

Les principales caractéristiques en sont :

-Prétraitement

- . Degrillage automatique.
- . Déssableur et degraisseur aérés.

-traitement biologique.

Il est adapté à une gamme de variation de 500 à 6.500 habitants, grâce à une programmation prévue pour :

- . 2 bassins de 172 m3.
- et 2 bassins de 216 m3.

-traitement chimique

Une floculation par le chlorure ferrique peut être effectuée dans un décanteur chimique.

- Traitement des boues.

Elles sont évacuées sur l'usine d'incinération des ordures ménagères de la ville de Briançon située à l'aval de la Vachette.

V - Conclusion.

La forte dilution masque presque totalement l'influence des rejets.

Le caractère irrégulier des rejets, reste un élément atténuateur favorable (débit clair la nuit, population plus faible une certaine partie de l'année).

Les effluents de Montgenèvre, bien qu'ayant une action très minime sur la Clarée, ont justifié une épuration. Cela permet de retenir les matières en suspension et de ramener les valeurs DBO et de DCO à des normes plus acceptables pour le cours d'eau, en se prêtant mieux à une autoépuration rapide sur le secteur amont.

En construisant la station d'épuration, on a ainsi diminué les risques encourus au moment des périodes de crues et de fréquentation et contribué à la récupération partielle de la Durance amont.

CHAPITRE XII

APPROCHE DU BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAREE.

I - Bilan Annuel.

Les termes d'un bilan hydrologique, dans le cas d'une évaluation classique, se décomposent en apports (ou entrées) et en pertes (ou sorties) du bassin versant.

On a l'expression générale :

$$P = Q + E + (D + \Delta r)$$

$$\text{Entrées} = \text{Sorties}$$

- P = Précipitations
- Q = Ecoulement de surface
- E = Evapotranspiration réelle
- D = Déficit d'écoulement réel
- Δr = Variation des ressources du bassin entre 2 cycles hydrologiques.

Toutes ces données sont indiquées en mm d'eau.

Etant donné les erreurs possibles sur les trois termes : P, Q et E, la valeur (D + Δr) ne sera pas donnée avec une grande précision. En effet, nous avons obtenu la pluviométrie avec 10 % d'erreurs absolues (70 mm pour la première période et 200 mm pour la seconde), l'écoulement de surface avec 10 % (50 mm et 130 mm) et l'évapotranspiration réelle avec 20 % (50 mm pour les 2 périodes), ce qui donne 170 mm d'erreur pour la première période et 380 mm pour la seconde.

Nous avons donc pour la première période d'étude (1er sept 75 au 31 Aout 76) :

- P = 770 mm
- Q = 511 mm
- E = 300 mm

$$\begin{aligned} \text{d'ou } (D + \Delta r) &= P - (Q + E) \\ (D + \Delta r) &= 770 - (511 + 300) \\ (D + \Delta r) &= - 41 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Pour la seconde période d'étude (1er septembre 76 - 31 Aout 77)

- P = 2.105 mm
- Q = 1.280 mm
- E = 290 mm

$$\begin{aligned} \text{d'ou } (D + \Delta r) &= 2.105 - (1.280 + 290) \\ (D + \Delta r) &= + 535 \text{ mm.} \\ \Delta r \text{ de la précédente période est de } &- 41 \text{ mm} \\ \text{donc } D &= 535 - 41 = 494 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Nous constatons que d'une année sur l'autre, le bilan hydrologique peut être soit déficitaire soit excédentaire.

* Pour la première année d'étude, il est déficitaire.
Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cet état de chose :

.... Tout d'abord, il nous faut envisager la possibilité d'erreur commise sur l'évaluation du gradient pluviométrique altimétrique.

De ce fait, la valeur de la pluviométrie annuelle s'en trouvera faussée. Il faudrait, peut être dans le cas de cette période sèche, légèrement la majorer.

Ensuite, la valeur de l'évapotranspiration présente une certaine incertitude liée à la présence de neige pendant la moitié de l'année, à l'absence de végétation sur la moitié du sol du bassin versant, à la valeur assez basse de la température moyenne annuelle, compte tenu de l'altitude moyenne élevée du bassin, et enfin, à l'inadaptation des formules employées pour des zones de haute montagne. La valeur de l'écoulement, quant à elle, représentant 60 % des précipitations, semble assez fiable.

.... Nous devons également émettre l'hypothèse d'éventuels apports, certes faibles, mais qui permettraient d'équilibrer notre bilan.

Ces apports, extérieurs au bassin versant de la Clarée, pourraient provenir, soit par l'intermédiaire des vastes cols de captures ou de transfluence glaciaire à recouvrements morainiques (Rochilles, Thures, Echelle, Montgenèvre) des vallées voisines, soit de la vallée de la Guisane par l'intermédiaire des synclinaux mesozoïques des Cerces à dversement Est.

.... Nous devons souligner que nous ne connaissons pas le stockage du bassin au 1er Septembre 1975. C'est dire que celui-ci peut posséder une certaine réserve qui permettrait de compenser le déficit final du 31 Aout 1976.

* Pour la seconde année d'étude, le bilan est excendaire. Ceci est à mettre en liaison avec :

.... Comme précédemment d'éventuelles erreurs commises principalement sur l'estimation de la pluviométrie annuelle.

Eneffet, le gradient altimétrique pluviométrique trouvé, paraît assez élevé, bien que la période considérée corresponde à une année très humide, bien supérieure à la moyenne pluri-décennale.

.... La probabilité que le bassin versant de la Clarée, présente certaines fuites vers l'Italie par le Col du Montgenèvre, vers la vallée Etroite par les cols de l'Echelle et des Thures, vers la vallée de l'Arc par le col des Rochilles, et également vers la vallée de la Guisane par l'intermédiaire des synclinaux mesozoïques des Cerces à deversement Ouest.

Ces recouvrements morainiques quaternaires et ces synclinaux, pourraient, suivant la hauteur des eaux, jouer un rôle inverse et mettraient en communications aquifères les différentes vallées encadrant la vallée de la Clarée avec celle-ci. Il ne faut pas non plus oublier que de nombreuses formations triasiques sont très fracturées et permettraient une fuite des eaux du bassin de la Clarée vers les autres bassins voisins (Guisane, Vallée Etroite et Doire).

.... Une accumulation des réserves qui s'effectuent au sein des formations triasiques et quaternaires (Moraines et alluvions principalement).

Le stockage pourrait présenter une vidange très lente.

Même si certaines sources possèdent un temps de réponse aux précipitations, assez rapides, d'autres (comme les émergences de la Draye, de Fontaine Cretet, du Char ou de l'Isclle par exemple), plus importantes, liées au niveau de base régional, donnent des débits réguliers et peu influencés par les conditions pluviométriques extérieures (coefficient de variabilité de débits voisin de 2).

Donc une grande partie de l'eau excédentaire pourrait se trouver stockée dans le sous-sol, et même sur le sol, car une partie de l'important stock neigeux, n'a pas totalement fondu et constitue des névés pendant l'été. Cette eau se remettrait dans le circuit lentement et progressivement.

Mais, afin de mieux comprendre le bilan général global, nous avons calculé les bilans des unités de Nevaché et de celle de la Clarée. Les résultats sont regroupés dans le tableau n° XXX .

Unité	Altitude moyenne	Période étudiée.	Précipitations (en mm)	Evapotranspiration (en mm)	Écoulement (en mm)	Déficit d'écoul. et stock. (en mm)
Unité globale du bassin versant de la Clarée.	2226 m	1.9.75 31.8.76	770	300	511	- 41
		1.9.76 31.8.77	2105	290	1280	+ 494
Unité de Nevache.-	2380 m	1.9.75 31.8.76	824	300	661	- 137
		1.9.76 31.8.77	2253	290	1617	+ 209
Unité de la Clarée	2215 m	1.9.75 31.8.76	768	300	401	+ 67
		1.9.76 31.8.77	2100	290	1041	+ 702

Tableau n° XXX : Bilans hydrologiques des différentes unités de la vallée de la Clarée.

Ceci ne fait que confirmer ce que nous venons de voir précédemment :

.. L'unité de Nevache, très peu perméable, présente, la première année, un déficit d'écoulement très important (- 137 mm) et la seconde période, un stockage ou des fuites faibles (209 mm) comparativement à l'ensemble du bassin versant.

.. L'unité de la Clarée, très perméable, donne évidemment des valeurs opposées, avec un stockage faible (+ 67 mm) pour la première période, et très important (702 mm) la seconde période. Cela souligne donc bien la prédominance du stockage au détriment des fuites potentielles.

Nous constatons combien l'approche du bilan hydrologique annuel, dans une région de haute montagne est délicate. Certes, nous avons eu la chance de "tomber" sur une année sèche suivie d'une année très humide. Ceci nous a permis de mettre en évidence la grande variabilité du bilan, qui peut être soit excédentaire, soit déficitaire.

Afin d'affiner aumieux nos intestigations, la présence de plusieurs postes pluviométriques et thermométriques fiables, en haute altitude aurait été fort utile.

2. Bilans mensuels.

Il est intéressant de dresser le bilan mensuel pour chaque période d'étude (voir tableau n° XXXI a et b)

Le stockage représente la différence Précipitations - (Evapotranspiration + lame d'eau écoulée). Si le résultat est positif, nous avons un excédent des entrées et s'il est négatif, un déficit des entrées :

	Précipitations (en mm).	Evapotrans- piration (mm)	lame d'eau écoulée (mm)	stockage (enmm)	stockage cumulé (mm)
Sept. 75	204	30,3	75,2	98,5	98,5
Oct.	11	0	39,7	- 28,7	69,8
Nov.	50	0	27,3	22,7	92,5
Dec.	19	0	21,2	- 2,2	90,3
Janv. 76.	2	0	20,6	- 18,6	71,7
Fev.	45	0	18	27	98,7
Mars	17	0.	20	- 3,6	95,1
Avril	44	0	30,1	13,9	109
Mai	128	52,2	109,1	- 33,3	75,7
Juin	38	78,3	78,1	- 118,4	- 42,7
Juil.	138	81,1	40,2	16,7	- 26
Aout	74	58,1	30,9	- 15	- 41
Total.	770	300	511	- 41	- 41

Tableau n° XXXI a : Bilan mensuel de la Vallée de la Clarée à la Vachette (1er sept 75 au 31 Aout 76).

	Précipitations (en mm)	Evapotrans. (enmm).	Lame d'eau écoulée (mm)	stockage (en mm)	stockage cumulé (mm).
Sept 76	180	21,5	53,9	104,6	63,6
Oct.	137	0	64,3	72,7	136,3
Nov.	107	0	43	64	200,3
Dec.	100	0	34,5	65,5	265,8
Janv. 77	161	0	28,4	132,6	398,4
Fev.	120	0	26	94	492,4
Mars.	107	0	41,2	65,8	558,2
Avril.	90	0	92,8	- 2,8	555,4
Mai	390	45,6	204,3	140,1	695,50
Juin	159	67,7	348	- 256,7	438,8
Juil.	371	87,3	243,1	40,6	479,4
Aout	183	67,9	100,5	14,6	494
total.	2.105	290	1.280	535	494

Tableau n° XXXI b : Bilan mensuel de la vallée de la Clarée à la Vachette (1er sept 76 au 31 Aout 77).

Nous nous apercevons que par la première période nous avons une recharge des nappes en Septembre, Novembre, Février, Avril et Juin et un prélèvement sur les réserves en octobre, Décembre, Janvier, Mars, Mai, Juillet et aout. Le prélèvement sur les réserves, pendant les mois d'hiver, certes relativement secs, paraît assez surprenant.

Pour la seconde période d'observation, nous avons un prélèvement sur les réserves en avril et juin et une recharge des nappes pendant le restant de l'année.

Le stockage se constitue par recharge des nappes aquifères et par constitution du stock neigeux.

Le prélèvement sur les réserves se fait d'abord, surtout aux dépens du stock neigeux, puis au dépens des nappes aquifères.

Remarquons la recharge mensuelle brute la plus importante se produit en mai 77 (140 mm) et que la vidange mensuelle brute la plus importante s'effectue paradoxalement le mois d'après en juin 77 (-256 mm), correspondant au maximum de la fonte de neige.

Figure, également sur ces tableaux, le stockage cumulé mensuellement, qui représente l'état des réserves en eau du bassin versant. Nous supposons, vu la manque de données que le 1er Septembre 1975, le stockage était nul. Par contre, il nous reste à la fin de la première période, un déficit des entrées de - 41 mm, qui se retrouvera dans la premier mois de la seconde période.

Nous arrivons à un prélèvement sur les réserves, effectué uniquement pendant l'été 76 assez sec. Durant les autres mois des 2 années d'observation, les nappes se rechargent avec certaines fluctuations.

CHAPITRE XI

BILANS COMMUNAUX DANS LA PERSPECTIVE D'UN AMENAGEMENT DE LA VALLEE .-

Le bassin versant de la vallée de la Clarée se subdivise en

3 communes :

- la commune de Nevache,
- la commune de Val des Prés,
- la commune de Montgenèvre.

Dans la perspective d'un aménagement futur de la vallée, il est intéressant de donner ici quelques indications concernant les ressources potentielles en eau potable de chaque commune.

1 - Commune de Nevache.

Cette commune ne devrait pas connaître de problèmes (hormis le hameau de Plampinet).

En effet, nous avons vu la multitude des sources (de moraines entre autres) émergeant dans la haute vallée. Chaque village ou groupe de chalets trouve là, son alimentation. L'étiage d'hiver peut, si le stock emmagasiné est faible, faire subir quelque tarissement à certaines sources. Aussi une étude détaillée des débits sur une année complète sera nécessaire avant tout captage.

Le village de Névache possède des ressources en eau particulièrement abondantes et très proches du chef lieu. Si le besoin s'en faisait sentir, on pourrait capter les sources des Clots et des Sagnes, obtenant ainsi un débit exploitable total de l'ordre de 80 l/s.

Actuellement, les 500 habitants permanents de Nevache consomment à raison de 400 l/jour et par personne, environ 2,5 l/s. C'est dire que même si la population se trouvait multipliée par 10 (correspondant à une demande en eau de l'ordre de 25 l/s à 2.000 m³/jour) les ressources en eau de la Commune seraient largement suffisantes pour couvrir les besoins.

Le hameau de Plampinet est alimenté par une prise directe dans le torrent des Acles. Ainsi, ce village connaîtra des problèmes en eau dans un avenir très proche. Devant l'absence d'émergences sur les versants, suffisamment importantes pour subvenir aux besoins en eau du village, l'alimentation de celui-ci pourrait se faire sur un raccord de réseau de distribution de Nevache.

2 - Commune de Val des Prés.

Cette commune possède la source la plus importante du bassin versant de la Clarée (Source de la Draye). Celle-ci a été captée pour les besoins de la ville de Briançon, alimentant au passage les hameaux du Rosier et de la Vachette. Le village de Val des Prés est lui même alimenté par une source de versant (Rivet) Les

quelques émergences des versants calcaréo dolomitiques triasiques, aux débits relativement bas en hiver, se trouvant assez éloignées du chef lieu, nécessiteraient, dans le cadre d'une extension démographique du village, d'importants travaux de captage et d'amenée. Aussi, à notre avis, la meilleure réserve aquifère de cette commune se trouve accumulée dans les petites plaines alluviales (de Val des Prés et des Alberts). La quantité de cette eau de nappe, après pompage et traitement (car elle présente un THT et une teneur en SO4 relativement élevés) devrait être suffisante aux besoins futurs de la commune.

3 - Commune de Montgenèvre.

C'est la commune qui devant son grand essor démographique temporaire connaît le plus gros problème. C'est durant la saison de ski que la demande en eau est la plus importante, et c'est justement durant cette période que les sources (sources de Sagne Enfonza et des Fontaines) sont à leur débit d'étiage. Nous avons expliqué le problème et les solutions envisagées lors de l'étude de la plaine alluviale des Alberts (chapitre VII).

Retenons qu'à l'heure actuelle, après avoir envisagé de pomper et traiter l'eau de la nappe de la Clarée située 500 m plus bas, le projet d'édifier une retenue collinaire à Montgenèvre sur le col même semble être retenu. C'est certainement la meilleure solution au problème, qui devient crucial en hiver (surtout si l'automne précédent a été sec).

Le hameau des Alberts situé en contrebas du col ne connaît aucun problème en eau, et dans le cadre d'une expansion, il trouverait, lui aussi ses ressources dans la plaine alluviale sous-jacente.

CONCLUSIONS GENERALES.-

Au terme de cette étude sur le bassin versant de la Clarée, nous pensons avoir mis en évidence la plupart des caractéristiques hydrogéologiques de cette région de haute montagne. Nous voudrions en tirer, ici les principaux enseignements :

... Dans une premier stade, nous avons tout d'abord, replacé le bassin de la Clarée dans son contexte géographique et climatologique. C'est ainsi que ce bassin nous apparaît comme bien limité avec un fond relativement étroit, et homogène dans sa morphologie. Son altitude moyenne est de 2.226 m.

Malgré l'exploitation difficile des résultats météorologiques, nous avons pu déterminer un gradient thermométrique, variant en fonction de la saison et de l'altitude (- 0°55/100 m jusqu'à 1.800 m ; - 0°68/100 m au delà), et un gradient pluviométrique, faible pour la première période d'étude du 1er septembre 75 au 31 Aout 76 (35 mm/100 m) soulignant une année sèche, et fort pour la seconde période du 1er Septembre 76 au 31 Aout 77 (96 mm/100 m), soulignant une année très humide.

Nous avons insisté sur l'importance que tient la neige dans l'hydrologie de la région, et le rôle que joue l'exposition sur celle-ci (Gradient de hauteur de neige au sol : 15 cm/100 m à l'adret, et 30 cm/100 m à l'ubac).

Ces différents gradients nous ont permis d'établir la température moyenne annuelle et la lame d'eau précipitée qui permettra, par la suite de mieux comparer les résultats des paramètres hydrologiques :

	température moyenne annuelle	lame d'eau précipitée.
1er Sept 75 - 31 Aout 76	+ 0°,72	770 mm
1er Sept 76 - 31 Aout 77	- 0°,05	2.105 mm

Nous avons ensuite observé les écoulements de la Clarée dans l'espace et dans le temps. Son régime est typiquement nival avec de fortes crues printanières dévastatrices, liées à la fonte des neiges, et un étiage hivernal assez long.

La lame d'eau écoulee enregistrée au point le plus aval du bassin est de :

511 mm	(1er Septembre 75 - 31 Aout 76)
1.280 mm	(1er Septembre 76 - 31 Aout 77).

D'une étude sur le tarissement, nous avons mis en évidence deux régions aux comportements hydrologiques différents.. L'une, à l'amont de Névache restitue l'eau tombée immédiatement ou presque. L'autre, à l'aval de Névache, emmagasine un volume d'eau important et le restitue très mal.

... Dans un second stade, nous avons décrit d'une part le rôle des différentes formations géologiques du substratum et de couverture, dans les circulations souterraines, et d'autre part l'influence de la fracturation et de la tectonique sur celles-ci.

De ceci, nous retiendrons la présence d'un ensemble de terrains permo-carbonifères très peu fracturés et quasi imperméables, d'une formation triasique (calcaire, dolomie, cargneule et gypse) très fracturée, très soluble, sujette à de nombreuses circulations, en majeure partie sous forme de chenaux, et enfin d'un ensemble de formations de couverture, quaternaires, aux caractéristiques hydrogéologiques variables.

Nous émettons l'hypothèse que les synclinaux mésozoïques des Cercès peuvent augmenter ou diminuer le bassin versant hydrogéologique de la Clarée suivant le sens de déversement de ces synclinaux.

.... Dans un troisième stade, nous avons effectué une étude physico-chimiques (Résistivités, températures, débits analyses chimiques de terrain et de laboratoire), assez précise des émergences caractéristiques des différents aquifères, afin de déterminer plus aisément, l'origine géologique des circulations.

Ceci nous a permis de constater la très grande diversité des eaux du bassin versant de la Clarée et de leurs roches réservoirs et d'enregistrer d'importantes différences entre elles (Ainsi par exemple, la Résistivité fluctue de 500 à 33.000 Ω /cm et la nature de l'eau peut être soit :

- bicarbonatée calcique
- " magnésienne
- " calcico-magnésienne
- sulfatée calcique
- " calcico-magnésienne.)

Ceci nous a confirmé la présence de 2 unités hydrogéologiques fondamentalement distinctes et d'une sous unité intermédiaire.

L'unité de Névache (amont du village) imperméable, présente un abondant écoulement de surface, caractérisé par de très nombreuses émergences issues de formations quaternaires (Moraines, placages morainiques, glissements).

L'unité de la Clarée (aval de Névache), perméable, au réseau hydrographique de surface très faible, présente des circulations souterraines très importantes dans les formations solubles, et quelques sources, de substratum, correspondant au niveau de base régional, et de terrains de couverture (Eboulis, cones de déjection, moraines).

Enfin, la sous unité des Gondrans aux caractères hydrogéologiques mixtes.

.... Dans un quatrième stade, il nous a paru intéressant de préciser la nature qualitative et quantitative des apports souterrains de la Clarée entre Névache et la Vachette soulignant ainsi, la prépondérance des circulations souterraines dans ce secteur.

Les apports sont différentiels dans le temps et dans l'espace suivant la hauteur des eaux et représentent en moyenne 25 % des apports totaux de la Clarée.

Nous avons ensuite recherché les ressources souterraines de la plaine alluviale des Alberts, souligné l'existence de 2 nappes relativement importantes, et leur évolution quasi parallèle avec la rivière en fonction de la pluviométrie.

.... Dans un cinquième stade, afin d'en évaluer les caractères hydrologiques, nous nous sommes penchés sur les lacs d'altitude et sur leur bassin versant. Nous avons relevé une origine glaciaire commune, avec cependant quelques petites nuances. Leurs eaux sont en général, peu minéralisées, liées principalement à une alimentation directe pluviométrique et nivométrique.

.... Enfin dans un sixième stade, nous avons établi le bilan hydrogéologique. Pour ce faire, il nous a fallu calculer les valeurs de l'évapotranspiration (voisines de 300 mm pour les 2 périodes d'étude).

Le bilan fait apparaître un déficit d'écoulement relativement important (494 mm) pour la seconde période ; alors que la première période d'étude laisse apparaître un léger excédent certainement dû à des erreurs commises et admissibles.

Le fait que nous trouvions un bilan bénéficiaire, vient confirmer l'hypothèse de stockage important au sein des formations perméables triasiques. Nous pourrions également supposer d'éventuelles fuites vers la vallée de la Guisane par l'intermédiaire des synclinaux mésozoïques des Cercès.

Pour conclure nous soulignons que les besoins en eau potable des communes de la Clarée sont assurés par les seules eaux gravitaires, et qu'il existe, dans le cadre d'un aménagement, au sein des nappes alluviales de la moyenne et basse Clarée d'importantes réserves, même si un traitement chimique s'impose.

Nous pensons avoir mis en évidence, le comportement hydrogéologique des différentes formations rencontrées dans le bassin versant de la Clarée. Nous constatons qu'il existe une bonne concordance entre la géologie et les circulations souterraines..

Nous avons pu voir qu'en partant des caractères physico-chimiques d'une eau de source, nous pouvons déterminer l'origine de l'émergence. L'hydrochimie de l'eau présente des répercussions possibles sur une utilisation potentielle.

Ce travail a souligné l'importance des données pluviométriques, nivométriques et thermométriques en haute altitude, sur un bassin aussi montagneux que celui de la Clarée. Ces renseignements peu connus, mériteraient une investigation plus complète, et seraient d'une utilité précieuse pour l'établissement d'un bilan hydrologique plus élaboré. Il serait intéressant, afin de prolonger notre travail de pouvoir relier ce bilan, à ceux des vallées voisines, afin de préciser et localiser les échanges possibles entre elles et de comparer leurs paramètres hydrogéologiques.

Nous espérons que notre étude contribuera à une meilleure connaissance des phénomènes d'infiltrations, de circulations et d'émergences dans une région aussi variée que celle de la vallée de la Clarée.

ANNEXES



PRINCIPAUX RESULTATS D'ANALYSES D'EAU



Point	Date	Température	pH	Turbidité	Chlorure	Sulfate	Calcium	Magnésium	Chlorure + Sulfate
1	10/01/50	12	7.5	10	100	150	100	50	250
2	15/01/50	10	7.2	15	120	180	120	60	300
3	20/01/50	8	7.0	20	150	200	150	80	350
4	25/01/50	6	6.8	25	180	250	180	100	430
5	30/01/50	4	6.5	30	200	300	200	120	500

Echantillon	Date	Temp. eau en °C	Resis. en Ω/cm	PH	THT en °F	TAC en °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Lac du Gd Ban	9.10.76	7°6	7453	8,2	8°5	8°	22,04	7,29	0,075	0,18	97,6	1,2	0,66	3,5	-	-
Lac Rond des Rochilles	9.10.76	7°6	8600	7,9	7°	6°7	16,03	7,29	0,05	0,19	81,7	1,1	0,48	3	-	-
Lac de la Clarée	9.10.76	5°2	7581	8,25	8°	7°5	20,04	7,29	0,05	0,18	89,1	1,1	0,79	2	-	-
Lac Rond des Muandes	11.10.76	9°2	27000	7,7	2°	2°5	4,8	1,94	0,25	0,18	30,5	1,1	0,70	6,5	-	-
Lac Long des Muandes	11.10.76	9°6	28600	7,9	2°1	2°2	5,61	1,7	0,29	0,23	26,8	1,0	1,1	4	-	-
Lac des Beraudes	25.08.76	11°5	10530	7,45	6°6	6°5	22,04	2,7	0,075	0,19	79,3	3,1	0,53	3	-	-
Lac de la Cula	8.10.76	8°6	47960	7,5	1°2	1°2	2,8	1,21	0,28	0,23	14,6	0,98	0,62	5	-	-
Lac du Serpent	21.08.76	8°	5913	7,8	9°	9°2	27,25	5,34	0,48	0,5	112,2	1,1	0,62	3	-	-
Lac Laramon	21.08.76	8°3	5528	7,8	9°7	9°9	29,6	6,02	0,51	0,70	121,1	1,1	0,66	3	-	-
Lac Rond de Cristol	18.07.77	8°1	66233	7,6	1°1	1°4	1,6	1,7	0,25	0,18	18,3	1,86	0,57	0	-	-
Gd Lac Cristol	18.07.77	8°7	38526	7,6	1°3	2°2	3,2	1,2	0,20	0,20	26,8	2,02	0,75	0	-	-
Gd Lac de l'Oule	25.09.76	9°	13930	8,2	5°3	5°4	15,2	3,6	0,20	0,30	65,9	1,7	0,66	4	-	-
Lac de la Barre	25.09.76	9°8	10125	8,05	8°7	7°4	13,6	12,9	0,06	0,26	90,3	2,5	0,40	7	-	-
Torrent de Brune (niveau Drayère)	9.10.76	8°4	27000	7,7	2°	2°5	4,8	1,94	0,25	0,18	30,5	1,02	0,71	6,5	-	-
Ruis. Rochilles (conf. Clarée)	9.10.76	9°4	28250	7,65	2°	1°5	2,8	3,16	0,075	0,18	18,3	1,4	0,26	3	0,003	2,15
Ruis. Beaume Noir (conf. Clarée)	9.10.76	9°	42360	7,7	1°7	1°2	6,01	0,48	0,32	0,07	14,6	1,9	0,44	2	-	-
Ruis. de la Cula (niveau lac)	8.10.76	8°2	12028	8	4°7	3°8	10,4	5,1	0,35	0,3	46,4	1,3	1,14	3	-	-
Ruis. fond de Cula (niv. Lac)	8.10.76	11°8	14175	8,3	4°5	6°	15,2	1,7	0,3	0,2	73,2	1,9	0,31	1	-	-
La Clarée (niveau Laval)	27.12.76	0°7	8592	7,6	6°5	6°2	17,2	5,3	0,98	0,38	75,6	2,3	1,01	4	-	-
La Durance (niv. Montgenèvre)	29.03.77	1°4	5618	8,0	9°7	9°	31	4,9	2,1	0,2	110	1,9	0,44	7	-	7,2
La Durance (niv. Clot Enjaime)	29.03.77	1°9	2793	8,0	21°	18°	56	17	14	0,6	220	29	3,8	10	-	6,1
La Durance (niv. Vachette)	29.03.77	4°1	2262	8,2	26°3	17°5	71	21	8,7	1,9	213	19	10	78	-	6,9
La Clarée (niveau Vachette)	29.03.77	5°8	1500	8,0	47°1	14°	131	35	4,4	0,7	171	5,8	0,9	330	-	4,8
Précipitations. Neige	12.11.76	-	125581	6,35	0°5	2°	2,0	0	0,46	0,47	24,4	1,9	1,1	4	0	-

-2-

Echantillon	Date	Temp eau en °C	Resis. en Ω/cm	PH	THT en °F	TAC en °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Neige + Pluie	6.02.77	-	52631	6,9	1°2	0°98	2,5	1,5	5	0,2	12	1,9	0,04	0	0	0
Neige "Sableuse"	27.03.77	-	40000	6,8	1°	0°98	3,5	0,3	0,3	0,6	12	2,9	0	0	0	0,35
Pluie	26.05.77	-	41666	6,0	0°5	0°5	1,5	0,3	0,2	0,3	6,1	2,8	0,78	0	0	0,55
Source de LAVAL (N16)	16.08.76	6°	6756	7,8	11°4	9°5	26	12	1,1	0,6	116	6,0	0,24	0	0	-
"	27.12.76	3°9	4990	7,8	10°1	10°6	27,2	8	2,3	0,93	129,3	2,78	0,49	11	0	-
"	6.04.77	4°3	5305	7,5	11°5	10°4	27,2	11,4	2,7	1,05	126,9		0,35	8	-	-
"	30.05.77	4°4	7751	8,0	6°1	6°	17	4,6	2,0	0,6	73	3,8	0,48	0	-	3,3
"	30.06.77	4°9	9780	7,8	5°5	6°2	13,6	5,1	1,0	0,31	75,6	2,5	0,6	3	-	-
"	31.08.77	5°3	6850	8,0	8°8	7°9	17	11	1,6	0,40	97	1,9	0,29	8	-	4,4
Source de St Jacques (N30)	8.10.76	6°6	7533	8,15	9°4	8°2	21,6	9,7	0,45	0,41	106,1	2,1	0,88	8	0	4,9
Source Verney (N14)	16.08.76	8°6	5780	8,1	14°9	12°5	25	21	1,2	0,5	152	4,0	0	0	-	-
"	30.10.76	6°8	5051	7,9	11°	10°5	21,6	13,6	0,78	0,6	128,1	2,2	1,1	2,0	0,002	6,02
"	27.12.76	5°1	5190	7,8	10°5	10°6	20,4	13,1	2,12	0,68	129,3	2,7	0,97	7,0	-	-
"	7.02.77	5°3	5179	8,0	11°7	10°	27	12	2,7	0,40	122	14	1,0	5,0	0	1,65
"	31.03.77	6°5	5952	7,8	8°7	8°5	22	7,9	2,2	0,40	104	2,9	0,73	6,0	-	6,1
"	9.05.77	7°3	5835	7,9	9°7	10°2	18,4	12,4	2,15	0,74	124,4	3,2	0,79	4,0	-	-
"	30.05.77	7°7	5025	8,0	9°1	8°9	20	10,5	2,2	0,5	109	2,8	0,23	8,0	-	6,9
"	30.06.77	8°2	5445	7,9	11°	10°7	20	14,6	1,95	0,53	130,5	2,7	0,6	2,0	-	-
"	31.08.77	7°7	5100	8,0	9°5	12°	25	13	2,4	1,0	146	1,9	0	6,0	-	7,8
Source Rame (N12)	30.10.76	7°3	6478	8,1	8°	4°5	22,8	5,6	0,34	0,57	54,9	2,3	0,66	21	0,001	6,75
"	27.12.76	5°4	6770	7,8	7°5	5°8	19,2	6,6	0,94	0,96	70,7	3,2	0,66	19	-	6,0
"	4.02.77	5°7	6451	8,1	9°	4°5	27	5,4	1,1	0,6	55	2,8	1,12	40	0	1,6
"	31.03.77	6°9	6172	8,1	7°7	4°5	27	2,4	0,9	0,5	55	2,9	0,1	35	-	5,3
"	9.05.77	8°3	6352	7,8	10°	4°3	22,1	11	0,72	0,64	52,5	2,8	0,66	33	-	-
"	30.05.77	7°9	5524	7,7	8°7	6°	25	5,9	1,1	0,7	67	2,8	0,06	33	-	6,0
"	30.06.77	8°2	5941	7,9	8°	5°5	24,1	4,7	0,65	0,62	67,1	2,6	0,71	29	-	-
"	31.08.77	8°1	5435	7,8	11°	7°	28	9,8	0,9	1,1	85	1,9	0,38	35	-	6,8
Source de Cime de RAME (N11)	30.10.77	7°1	4017	7,9	13°	8°3	38,1	8,5	0,37	0,51	101,3	1,7	0,75	45	0,001	5,7
"	4.02.77	5°7	3759	7,8	16°3	7°5	49	10	1,3	0,6	92	3,5	0,4	95	0	1,3
"	31.03.77	6°0	4651	8,1	11°4	7°	35	6,4	1,0	0,5	85	1,9	0,1	39	-	4,4
"	9.05.77	5°4	4506	7,8	12°5	7°0	32,1	11	0,67	0,56	90,3	3,2	0,57	43	-	-
"	30.05.77	5°5	4385	7,9	10°7	7°	31	7,2	0,8	0,9	85	1,9	0,36	33	-	4,4
"	30.06.77	6°	4802	7,7	11°3	7°	30,5	9	0,5	0,55	85,4	2,1	0,57	40	-	-
"	31.08.77	7°	3584	7,9	15°8	9°	42	13	1,1	1,1	110	1,9	0,29	56	-	5,1

Echantillon	Date	Temp. eau en °C	Resis. en Ω/cm	PH	THT en °F	TAC en °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Source de la MEDAILLE (N13)	22.07.75	9°	2175	7,65	27°6	11°5	67,2	26,2	0,9	0,8	140	1	0	155	0,05	2,4
"	30.10.76	8°8	2464	7,9	24°	20°5	54,9	25,1	0,23	0,33	250,1	2,7	0,66	21	-	3,75
"	9.05.77	7°8	3102	7,9	18°	16°2	43,7	17,4	0,41	0,37	197,7	4,5	0,57	22	-	-
"	30.05.77	8°	2915	7,8	19°1	16°5	47	18	0,8	0,4	201	3,8	0,19	22	0	3,0
"	30.06.77	8°3	2496	7,9	23°3	15°6	51,7	25,3	0,44	0,39	190,3	3,3	0,44	78	-	-
Source du RI-VET (V3)	14.08.76	8°1	3921	7,7	21°4	14°	51	21	0,2	0,6	171	4,0	0,31	47	-	-
"	15.11.76	6°	2594	7,6	23°3	14°5	60,5	19,9	0,45	1,32	176,9	2,6	1,32	85	-	-
"	15.01.77	5°3	2366	7,5	24°2	14°5	66,5	18,5	0,41	1,64	176,9	2,2	0,84	110	-	-
"	10.02.77	5°9	2638	8,1	24°9	14°	70	18	1,2	1,5	171	6,0	0,46	120	0	1,45
"	29.03.77	5°4	2739	8,1	23°2	14°	65	17	0,8	1,1	171	2,9	0,42	90	-	2,6
"	9.05.77	6°3	2332	7,9	24°5	16°	64	21	0,65	1,35	195,2	3,4	0,57	140	-	-
"	27.05.77	6°6	2237	7,9	23°5	15°5	66	17	0,9	1,4	189	3,8	0,56	78	-	2,9
"	30.06.77	7°1	2558	7,9	22°	15°2	57,7	18,5	1,35	3,5	185,5	3,3	1,1	60	-	-
"	31.08.77	7°3	2488	8,0	22°5	16°	57	20	1,0	1,1	195	1,9	0,12	55	-	3,0
Source des RUINES (V5a)	31.08.77	7°0	3496	7,9	16°5	13°	38	17	0,6	0,2	159	1,9	0	27	-	2,5
" (V5b)	27.05.77	7°6	3773	8,3	13°7	12°	35	12	0,8	0,6	146	4,7	0,78	14	-	2,7
" (V5b)	31.08.77	8°6	3731	8,3	15°6	12°5	36	16	0,5	0,9	153	1,9	0,1	20	-	1,8
Source du CHAR (V2)	16.08.76	10°4	1112	7,4	83°1	14°5	234	60	1,7	0,8	177	6,0	0,53	480	-	-
"	15.11.76	5°8	824	8,1	80°8	13°6	228,4	57,8	2,1	0,68	165,9	3,7	1,1	612	-	6,65
"	15.01.77	5°7	823	8,15	83°4	14°4	224	66,6	2,0	0,81	175,7	4,2	0,66	600	-	-
"	10.02.77	7°6	1055	8,0	78°8	13°4	225	55	3,8	0,8	165	6,2	0,46	550	0	1,95
"	29.03.77	8°2	1040	8,3	76°3	14°5	225	49	3,4	0,6	177	4,8	0,46	550	-	5,2
"	9.05.77	10°	758	8,0	88°	14°2	242,5	66,7	2,2	1,1	173,2	4,4	0,66	700	-	-
"	27.05.77	8°5	763	7,4	93°8	14°5	264	68	3,6	2,2	177	3,8	0,66	750	-	6,9
"	30.06.77	10°8	744	7,6	94°6	14°3	270,9	65,7	2,25	1,7	174,5	4,0	0,62	750	-	-
"	31.08.77	11°4	806	8,1	97°7	14°5	276	70	4,1	0,8	177	3,8	0,4	750	-	6,8
Source de (M1) FONTAINE CRETET	16.8.76	8°2	1373	7,7	54°3	15°5	145	44	1,1	0,6	189	6,0	0,53	290	-	-
"	14.11.76	6°2	1194	7,6	53°6	14°3	142,3	44	1,25	0,6	174	3,7	1,1	350	0,001	7,4
"	15.01.77	5°3	1150	7,8	53°8	15°5	138,3	47	1,21	0,71	189,1	3,4	0,84	345	-	-
"	10.02.77	6°7	1426	7,9	53°5	14°	145	42	8,2	0,9	171	8,6	0,59	335	0	2,0
"	31.03.77	6°5	1408	7,9	51°7	14°5	143	39	2,1	0,5	177	2,9	0,7	340	-	5,6
"	9.05.77	7°1	1166	8,05	51°	14°2	130,3	44,9	1,4	0,75	173,3	3,9	0,66	360	-	-
"	27.05.77	7°	1169	7,8	51°5	14°5	137	42	2,0	0,5	177	3,8	1,0	335	-	6,1

Echantillon	Date	temp. eau en °C	Resis. en Ω/cm	PH	THT ° F	TAC °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Source de (M1) FONTAINE CRETET	30.06.77	7°3	1275	7,7	48°2	15°	125,1	41,3	1,6	1,5	183	3,9	0,93	290	-	-
"	31.08.77	7°1	1511	7,9	47°9	16°5	121	43	1,8	1,0	201	2,8	0,8	290	-	6,1
La DURANCE (niv. Font. Cre.)	14.11.76	2°5	2460	8,0	24°5	15°6	60,1	23,1	3,0	1,0	190,3	5,2	6,26	55	-	-
"	15.01.77	1°5	2055	7,85	26°	17°5	65,3	23,6	5,1	1,9	213,5	8,5	5,28	91	-	-
"	10.02.77	2°4	2409	8,0	25°3	15°	70	19	9,5	2,3	183	29	8,4	110	0	2,0
"	29.03.77	4°	2262	8,2	26°3	17°5	71	21	8,7	1,9	213	19	10	78	-	6,9
"	9.05.77	6°2	3213	8,3	18°7	15°5	45,3	18	2,25	0,64	189,1	6,7	3,3	20	-	-
"	27.05.77	6°	4694	8,1	10°6	10°	28	8,7	1,6	0,4	122	2,8	1,4	10	-	5,1
"	30.06.77	11°2	3434	8,1	15°5	13°1	41,3	12,6	2,20	0,71	160	5,5	2,42	23	-	-
"	31.08.77	9°4	3770	8,2	23°	20°5	56	22	2,1	1,0	250	2,8	3,1	27	-	6,8
Source de l'ISCLE (V8)	4.12.77	5°8	798	7,95	82°5	14°1	229,7	61,3	2,0	0,8	172	1,7	1,54	650	-	-
See Maison (N13) Fores. ROBION	15.07.77	10°9	572	7,76	171°3	7°	552	81,6	8,7	0,1	85,4	14,2	2,0	1536	0,3	2,0
Torrent ROBION (niv. conf. Clarée)	14.8.76	9°4	502	7,58	158°	8°7	593,2	24,3	0,8	1,6	106,1	4,5	1,65	1400	-	-
See de SAGNE ENFONZA (M2)	15.08.76	8°5	21384	7,6	3°2	2°8	6,4	3,9	0,79	0,12	34,2	2	0,62	5	-	-
"	30.06.77	8°	12500	7,8	6°5	4°5	12	8,5	0,6	0,2	55	4	0,37	0	-	-
See FONTAINES (M7)	30.06.77	6°	14452	7,7	4°1	3°9	8,1	5,1	1,07	0,07	47,6	2,3	0,88	6	-	-
See des CLOS Bis (N2b)	30.05.77	4°6	5025	8,0	14°5	12°5	40	11	0,7	0,5	152	2,8	0,45	16	-	3,0
See CLOS (N2)	30.10.76	4°8	2508	7,9	22°	7°1	64,12	14,58	0,22	1,6	86,6	5,7	0,75	140	0	4,9
"	31.12.76	5°	2249	7,9	23°3	6°7	68,9	14,8	0,56	1,66	81,7	2,4	0,66	150	0	-
"	4.02.77	5°2	2564	7,6	26°5	6°5	80	16	1,2	1,6	79	10,5	0,04	160	0	1,5
"	28.03.77	4°7	2580	7,8	23°7	6°5	77	11	1,0	1,3	79	3,8	0,1	130	-	4,2
"	9.05.77	5°7	2780	7,4	19°2	7°4	55,3	13,1	0,44	1,13	90,3	3,8	0,66	120	-	-
"	30.5.77	5°6	2873	7,9	17°4	7°5	56	8,3	0,90	0,9	91	2,8	0,4	90	-	4,1
"	30.6.77	5°3	3031	7,8	17°9	7°	49,3	13,6	0,39	1,07	85,4	4,1	0,44	120	-	-
"	31.08.77	5°3	2833	7,8	18°	6°5	57	9,1	1,0	0,9	79	1,9	0,07	110	-	4,4
See TOUCHES (N3)	14.8.76	8°4	4032	7,8	17°8	7°	48	14	0,30	1,0	85	4	0,53	79	-	-
"	30.10.76	4°6	3513	8,1	16°	9°	46,1	10,9	0,13	0,76	109,8	1,5	0,22	60	-	3,5
"	31.12.76	4°5	2895	8,1	18°	7°6	51,3	12,6	0,36	1,35	92,7	2,2	0,66	110	-	-
"	4.02.77	4°6	3225	7,7	20°6	7°	58	15	0,90	1,2	85	2,9	0,17	115	0	1,45
"	28.03.77	4°5	2949	8,0	19°9	7°	60	12	0,70	1,1	85	3,8	0,26	120	-	3,7
"	9.05.77	4°7	4136	7,9	14°4	10°	34,5	14,1	0,31	0,75	122	2,1	0,66	33	-	-

Echantillon	Date	Temp. eau en °C	Resis. en Ω/cm.	PH	THT en °F	TAC °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Source des TOUCHES (N3)	30.05.77	4°8	4255	8,0	14°	10°	38	11	0,60	0,5	122	1,9	0,19	10	-	2,9
"	30.06.77	5°	5545	7,8	10°6	8°4	27,3	9,2	0,20	0,52	102,5	2,8	0,48	18,5	-	-
"	31.08.77	4°9	4673	7,9	12°6	9°	34	10	0,50	0,9	110	1,9	0,55	30	-	3,2
Source du MELEZET (N4)	30.10.76	3°4	4293	8,1	13°	12°8	32,1	12,15	0,12	0,32	156,2	1,0	0,39	3	0	3,05
"	31.12.76	2°2	4325	7,9	13°5	13°5	31,2	13,8	0,42	0,6	164,7	2,8	0,7	2	-	-
"	4.02.77	1°1	4901	7,9	14°1	13°	32	15	0,6	0,4	159	4,8	0,07	0	0	1,3
"	27.03.77	2°3	4484	8,1	13°4	12°5	34	12	0,6	0,3	152	2,9	0	20	-	2,9
"	9.05.77	4°	4373	8,0	14°5	14°	30,1	17	0,29	0,4	170,8	3,3	0,66	1	-	-
"	30.05.77	4°5	3921	8,1	13°7	14°5	35	12	0,9	0,4	177	2,8	0	0	-	3,1
"	30.06.77	4°4	4167	8,0	14°3	14°2	30,9	16	0,36	0,48	173,2	2,8	0,40	0	-	-
"	31.08.77	4°1	3921	8,1	14°1	13°	30	16	0,6	0,4	159	2,8	0,31	5	-	3,1
Source de la DRAYE (V4)	16.08.76	10°5	1680	7,6	46°2	12°5	124	37	4,7	0,6	153	12	0,4	200	-	-
"	15.11.76	7°1	1318	7,3	45°	12°	112,2	41,3	5,1	0,65	146,4	6,25	1,18	315	0	4,25
"	15.01.77	6°4	1190	7,8	49°9	13°4	134,3	38,9	7,1	0,71	163,5	8,5	0,66	300	-	-
"	10.02.77	5°9	1400	7,8	50°1	12°5	138	38	8,8	0,7	153	12	0,49	335	0	1,8
"	29.03.77	5°6	1510	7,8	46°4	12°5	125	37	6,7	0,5	152,5	7,7	0,6	325	-	4,1
"	9.05.77	6°	1385	7,9	42°5	12°5	106,6	33,8	5,25	0,9	153	8,3	0,75	255	-	-
"	27.05.77	5°8	1481	7,8	37°	12°	97	31	6,0	0,8	146	7,6	0,86	260	-	4,1
"	30.06.77	6°4	1886	7,8	30°5	12°5	74,2	29,2	4,5	0,8	152,5	7,0	1,1	225	-	-
"	31.08.77	7°5	2370	7,9	33°1	11°1	80	32	4,0	0,9	135	2,8	0,5	215	-	3,9
Scie de la PINATELLE (V7)	9.08.77	11°	4617	8,2	12°3	11°8	33,3	9,7	-	-	144	3,3	2,6	0,1	-	-
Source de (N15) FONTCOUVERTE	30.10.76	5°8	10552	8,1	5°5	5°2	14	4,9	0,6	0,45	63,4	1,7	0,22	5	0,001	5
"	27.12.76	3°6	10740	7,8	5°1	5°1	12,4	4,9	1,6	0,48	62,2	1,6	0,66	4	-	-
"	7.02.77	3°3	9345	8,0	7°5	6°5	19	6,8	1,9	0,5	79	2,5	0	0	0	1,65
"	31.03.77	3°6	10638	7,9	4°2	4°	12	3	1,7	0,4	49	2,9	0	0	-	5
"	9.05.77	5°7	15513	8,0	4°2	4°	10,4	4	1,07	0,4	48,8	3,7	0,57	1	-	-
"	30.05.77	6°5	12048	7,9	3°8	3°5	9,5	3,5	1,3	0,4	42	3,8	0	0	-	5,2
"	30.06.77	6°5	14288	7,8	4°4	4°2	7,2	6,3	1,2	0,34	51,2	1,7	0,44	0	-	-
"	31.08.77	7°3	10022	7,8	6°1	5°5	14	6,3	1,8	1	67	3,8	0	6	1	5,6
Scie des CIBIERES (N22)	25.09.76	7°8	9950	7,7	7°1	8°	22,1	3,9	0,45	0,35	90,3	2,2	0,62	5	0,001	3,5
Source du CHATELLARD (N9)	7.09.76	10°	5500	7,8	10°	9°5	36,1	2,4	0,41	0,55	115,9	2,6	0,75	28	0	3,2

Echantillon	Date	temp. eau °C	Resis en Ω/cm	PH	THT °F	TAC °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Source du (N10) QUEYRELLIN	7.09.76	6°	6885	7,7	8°2	8°2	25,2	4,6	0,24	0,27	100	1,7	0,4	16	0	3,5
Scie BRUSAS (N23)	11.10.76	5°6	5054	8,3	11°4	10°8	32,5	8	0,15	0,24	131,8	2,8	0,75	10	0	3
Scie THURES (N24)	6.9.76	11°	4400	7,9	16°	16°2	40,1	9,7	0,18	0,44	197,7	2,7	0,53	7	0,002	2,9
Scie ACLES (N25)	18.9.76	6°	5022	7,7	14°8	13°5	34,1	15,3	0,06	0,17	176,9	2,3	1,0	14	0	2,3
Source de la (M3) DURANCE (1)	15.08.76	12°	2590	8,3	20°1	19°	56	15	3,5	1,1	232	4	0,19	8	-	-
"	30.06.77	18°	4339	8,2	13°	14°8	37,3	9	0,75	0,26	280,6	2,7	0,75	1	-	-
Scie DURANCE (2) (M4)	30.06.77	20°	13560	7,8	5°2	5°	14,8	3,7	0,30	0,27	61	2,3	0,92	4	-	-
Scie DURANCE (3) (M5)	30.06.77	9°6	3521	8,1	17°3	16°9	48,5	12,6	0,87	0,23	206,2	2,7	0,57	3	-	-
Scie DURANCE (4) (M6)	30.06.77	10°4	4418	8,3	13°6	13°7	36,1	11,2	0,62	0,23	167,1	3,5	0,84	2	-	-
Scie SAUSSE (N17)	30.10.76	7°8	9111	8,2	5°5	5°8	14,4	4,6	0,63	0,57	70,8	1,7	0,4	2	0,002	6,0
"	27.12.76	3°1	10024	7,8	6°	6°2	12	7,3	1,51	0,7	75,6	2,8	0,66	3	-	-
"	7.02.77	4°4	10000	8,4	7°	6°5	17	6,8	1,9	0,6	79	3,8	0	4	0	1,55
"	31.03.77	7°1	10309	8,0	4°2	4°	11	3,6	1,5	0,4	49	1,9	0,2	3	-	4,8
"	9.05.77	7°7	12927	7,85	3°8	4°5	8,4	4,1	1,13	0,54	54,9	2,8	0,57	1	-	-
"	30.05.77	7°3	11764	7,7	4°3	4°	9,5	4,8	1,4	0,5	49	1,9	0	0	-	4,7
"	30.06.77	8°5	12542	7,8	4°6	5°3	4,4	8,5	1,2	0,71	64,7	2,6	0,4	0	-	4,4
"	31.08.77	8°1	10000	8,0	7°	6°5	13	8,4	1,6	0,6	79	1,9	0	2	-	5,3
Scie QUETA 1 (N 20)	29.06.77	7°5	30637	7,7	2°5	2°5	3,6	3,9	0,27	0,17	30,5	1,3	0,57	2	-	-
Scie des SAGNES (N1)	30.10.76	5°1	16621	8,05	3°6	3°8	9,6	2,9	0,35	0,33	46,4	1,7	0,66	6	0	4,3
"	31.12.76	2°5	14431	8,25	3°5	4°	9,2	2,9	0,80	0,41	48,8	2,6	0,49	5	-	-
"	4.02.77	1°7	15625	7,4	4°7	3°5	8,9	6,1	1,0	0,2	43	2,8	0,04	0	0	1,3
"	27.03.77	2°5	14084	7,6	3°5	3°	9,5	2,7	1,0	0,3	37	3,8	0	0	-	3,3
"	9.05.77	5°1	19206	7,75	4°	3°3	7,2	5,3	0,85	0,34	40,3	3,2	0,57	2	-	-
"	30.05.77	5°8	18867	7,4	3°1	2°5	5,5	4,1	0,8	0,25	30	2,8	0	0	-	2,8
"	30.06.77	7°	25400	7,3	4°	3°9	4,4	7,1	0,47	0,2	47,6	2,1	0,53	1	-	-
"	31.08.77	8°1	18000	7,5	3°1	3°	7,8	2,7	0,8	0,8	37	0,96	0	5	-	3,5
Source de l'ESCLE (V1)	29.10.76	6°7	1148	7,7	53°7	15°3	157,5	35	5,5	1,4	186,7	5,7	1,34	325	-	5
"	15.11.76	5°2	1113	7,4	56°4	16°	141,8	51	4,2	0,77	195,2	5,3	1,45	340	0,001	-

Echantillon	Date.	temp. eau en ° C.	Resist. en C.a/cm.	PH	THT en °F	TAC °F	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
Source de l'ESCLE (V1)	15.01.77	2°3	1180	7,5	51°5	15°5	136,7	42,3	4,8	0,98	189	6,6	1,54	310	-	-
"	10.02.77	0°7	1475	7,5	47°2	14°5	135	33	5,8	0,9	177	5,8	1	315	0	2
"	29.03.77	5°3	1351	7,5	53°5	18°5	150	39	6	0,8	226	6,7	1,4	330	-	5,1
"	9.05.77	8°3	1290	7,8	45°	23°	120,2	36,5	3,85	1,3	280,6	6,7	3,21	255	-	-
"	27.05.77	7°9	1197	7,7	48°7	18°5	126	42	4,8	0,9	226	5,7	3	290	-	4,9
"	30.06.77	8°3	1272	7,6	46°	16°8	122,2	37,7	3,5	1,05	205	5,6	2,16	240	-	-
"	31.08.77	8°4	1493	7,7	43°7	16°	119	34	4	0,6	195	3,8	0,2	257	-	3,9
Source du RAISIN (N8)	7.09.76	2°	5750	7,9	11°3	9°3	32,1	8	0,15	0,34	113,5	2,2	0,66	24	0	3,15
Source de PRE LOMBARDE (N7)	17.09.76	3°5	5913	7,95	9°	9°	25,3	6,6	0,34	0,35	117,1	1,8	1,0	3	-	-
"	30.10.76	2°6	7068	8,3	8°6	7°6	26,4	4,8	0,29	0,35	92,7	1,7	0,22	4	0,001	4,25
"	27.12.76	0°3	6257	8,2	9°	9°	24	7,3	0,95	0,52	109,8	2,2	1,1	5	-	-
"	7.02.77	1°4	6578	8,1	9°2	8°5	28	5,4	1,5	0,5	104	2,9	0,47	8	0	1,5
"	31.03.77	1°1	5847	7,8	9°4	8°5	30	4,6	1,3	0,4	104	3,8	0,48	6	-	3,5
"	9.05.77	3°5	6205	8,0	9°	9°1	24,1	7,3	0,43	0,27	111	3,9	0,88	2	-	-
"	30.05.77	3°5	6289	8,1	7°8	7°5	28	2	0,6	0,4	91	2,8	0,75	0	-	2,6
"	30.06.77	3°5	8137	8,1	6°5	6°5	20	3,6	0,7	0,43	79,3	2,7	0,93	0	-	-
"	31.08.77	3°9	7400	8,1	7°1	7°	20	5,2	0,7	0,3	85	19	0,6	8	-	2,2

BIBLIOGRAPHIE
-- ABREVIATIONS. --

- B.R.G.M. : Bureau de Recherche Géologique et Minière - (Orléans).
 C.E.T.E. : Centre d'Etude Technique de l'Equipement (Aix en Provence)
 C.R.A.S. : Compte rendu de l'Académie des Sciences (Paris).
 C.R.G. : Centre de Recherche Géotechnique (Thonon les Bains).
 C.R.S.S.G.F : Compte rendu sommaire de la Société Géologique de France (Paris).
 D.D.A : Direction Départementale de l'Agriculture
 H.A : Hautes-Alpes
 I.N.P.G : Institut National Polytechnique de Grenoble.
 R.G.A. : Revue de Géographie Alpine (Grenoble).
 T.E.R. : Travail d'Etude et de Recherche
 T.L.G : Travaux du laboratoire de Géologie (Grenoble).

AVOCAT CH : (1973) "Le Briançonnais"
Partie de thèse de géographie - D.D.A des Hautes-Alpes.

BACULAT B (1975) : "Relations entre les températures dans le sol et la couverture neigeuse dans le Briançonnais" - Note technique n° 5.75 - Service Technique d'études des facteurs climatiques de l'environnement - 84 Montfavet.

BALSEINTE (1966) : "Climat montagnard et stations d'altitude en France" - Thèse de lettres - Grenoble.

BARFETY J.C (1965) : "Etude géologique des environs du Montonetier les Bains (H.A) zones sub-briançonnaise et briançonnaise. Thèse de 3ème cycle - Grenoble.

BARFETY J.C (1967) : "Au sujet d'une série post-triasique inhabituelle dans la zone briançonnaise, près de Nevache (H.A.) Trav.Lab. Géol. Grenoble t.43 p.41.45.

BARFETY J.C et GIDON M. - KERKHOVE G. 1968 : "Sur l'importance des failles longitudinales dans le secteur durancien des Alpes internes française" Cras T 270, série D, p.384 - 397.

BARFETY J.C - GIDON M. et LEMOINE M (1970) : " Observations nouvelles ethypothèses sur le Trias sup. de la zone briançonnaise près de Briançon (H.A.) Cras t.270, série D, p. 2900 - 2902.

BARFETY J.C (1972) : "Les variations du Trias médois-supérieur dolomitique et leur répartition dans la zone briançonnaise entre la vallée Etroite et le Guil (H.A) - CRAS T.274 - série D - p.636.

- BARFETY J.C et GIDON M. (1975) : " La place des failles longitudinales dans la structure du Briançonnais oriental (Alpes Occidentales). "CRAS t. 281, série D.p.1677 1680.
- BENEVENT E :(1913) "La pluviosité de la France du Sud-Est" RGA ; p.323.442
- BENEVENT E :(1926) "Le climat des Alpes Française" Mémorial de l'Office National météorologique, n°14
- BLANCHARD R : (1950) "Les Alpes Occidentales" -tome V2 : Les grandes Alpes Française du Sud Tome VI : Le versant Piémontais - Ed. Arthaud -Grenoble.
- BOGOMOLOV :(1962) "Hydrogéologie et notions de géologie de l'Ingénieur" Ed. de la Paix Moscou 278 p. 134 fig.
- BOISVERT J.T (1955) : "La neige dans les Alpes Française". RGA 1955 tome XLIII - fascicule II, p. 357 à 435.
- BOUROIN (1948) : "Lacs d'altitude des Alpes Françaises" II, Les Alpes du Sud RGA 1948, tome XXXVI p. 161.167.
- BRAVARD Y :(1959) "Les Alpes du Sud" - RGD 1959 tome XLVII, fascicule III p. 437 à 443
- B.R.G.M. (1963) : "Bassin du Briançonnais, Voyage d'étude n° 5" 5ème congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère.
- fascicule I : Structure des Alpes - fascicule II : Carbonifère et Permien.
- B.R.G.M. (1968) : "Etude des ressources hydrologiques et hydrogéologiques du Sud-Est Fascicule 4 - Bassin de la Haute Durance.
- BUFFAULT (1913) : "Briançonnais forestier et pastoral" - PARIS.
- BUREAU D'ETUDES GEOTECHNIQUES (1972) : " Recherche d'eau souterraine dans la vallée de la Clarée" Rapport n° 72.88
- CABY R : (1964) "Etude géologique du bord interne de la zone briançonnaise et de la bordure des schistes lustrés entre Modane et la vallée Etroite".
Geol. Alpine Tome n°40 p.131 - 186.
- CABY R (1968) "Les Minéralisations du Chardonnet" Bull du B.R.G.M II, 2 p.91-94
- CADEI G et GILOT JC : (1963) "Documents pour la carte de végétation des Alpes. Feuille de Briançon (XXXV 36)" - Laboratoire de Biologie végétale de Grenoble.
- CASTANY G :(1967)"Traité pratique des eaux souterraines" Dunod Ed.
- CASTANY G (1968) "Prospection et exploitation des eaux souterraines Dunod Ed.
- C.E.T.E. d'Aix en Provence (1975) "Prospection de la nappe profonde de la vallée de la Clarée" - Dossier n° 75.6.187.47
- CHARBONNEAU R.(1974) "Modèle mathématique en hydrologie - Cas d'un bassin versant montagneux à régime nivo-pluvial : La Durance à Serre-Ponçon" Thèse de docteur Ingénieur.INPG Grenoble.
- CHAUVET P et PONS P (1975) : "Les Hautes-Alpes hier, aujourd'hui - demain" Société d'étude des Hautes-Alpes -Gap - 2 vol. p.1001.
- DAZY J (1973) : "Cours d'hydrochimie des analyses d'eau et leur interprétation". Faculté des sciences. Université d'Alger.
- DEBELMAS J (1950) : "Hydrogéologie du département des Hautes-Alpes" Bull de l'inst. Nat. d'Hygiène, t5 n° 3 p 532 - 541.
- DEBELMAS J. et POTIE L (1960) : "Sur l'âge du "Malm" Briançonnais. CRAS t.250 p 3862-3864 séance du 8Juin 1960.
- DEBELMAS J. et LEMOINE M (1961) : Etat actuel de nos connaissances sur la stratigraphie du Trias dans le Briançonnais sensu stricto". Colloque sur le Trias de la France etdes régions limitrophes, Montpellier p.232.242.
- DEBELMAS J. (1970) : "Alpes Savoie et Dauphiné" Guides géologiques régionaux (Masson et Cie - p.213).
- DEBELMAS J (1974) : "Géologie de la France" - t2 - Alpes franco italienne p.387 - 442 Doin. ed.Paris.
- DEGREMONT (1963) "Memento technique de l'eau" -Dégrémont - Paris 643 p.
- DULUC P. (1973) "Etude hydrogéologique du bassin versant du Petit Buech (région de Veynes (H.A). -Thèse de 3ème Cycle - Grenoble.
- DUSSART B (1966) : "Limnologie, l'étude des eaux continentales" Ed Geauthier Villard Paris 677 p.
- ELLENBERGER F.,LEMOINE M (1955) : "Les faciès prépiémontais et le problème du passage de la zone du Briançonnais aux schistes lustrés piémontais".
C.R.S de la Soc. Gerl. de France n° 7.
- FABRE (1961) : "Contribution à l'étude de la zone houillère -Mémoire du BRGM n° 2.
- FAUBE-MULLET (1949) "Les rocks streams ou pseudo moraines du massif de l'Argentière Mercantour" -C.R.S.O.M Soc. Géol. Fr p. 118 - 120.
- FEYS R. (1963) : "Etude géologiques du carbonifère Briançonnais (Hautes-Alpes) Mémoires du BRGM n° 6 - 389 p. 3 cartes.
- GIGNOUX M. et RAGUIN E :(1931) "Sur la stratigraphie duTrias de la zone du Briançonnais". CRAS , t 193, p 102 - 104
- GIGNOUX M etMORET L (1938) : "Description géologique du bassin supérieur de la Durance" Grenoble Ed. Allier 295 p. IX pl.
- GOGEL J (1942) : "Sur les caractères de l'érosion souterraine dans les gypses" C.R Société Geol de France p. 139 - 140.
- GRANDJACQUET C. et HACCARD (1973) : "Mise en évidence de la nature sédimentaire et de l'âge néogène de certaines séries de "cargneules" et de gypses de chaines subalpines ; implications structurales. CRAS t.276, p.2369-2371,séance du 16 Avril 1973.

- GUI TER V.(1972) : "Une forme montagnarde - le rock glacier -R.G.A Tome LX 1972 fascicule 3 -p.467 - 489.
- GUI TER P. (1974) : "Concours international d'aménagement en montagne La névachie" (Ed. SAM -Grenoble 85p.).
- GUI TER P. (1975) : "Climatologie comparée de quelques vallées alpines etpyrénnéennes". RGA Tome LXIII, fascicule 2 p. 379.
- HUGONIN J. etSACCONE J.M (1976) : "Les conditions géologiques d'un aménagement régional : la Vallée de NEVACHE (H.A.)". -Thèse de 3ème cycle -Grenoble.
- LEFEVRE (1972) : "Nappes à matériel permo-werfenien dans la zone Briançonnaise interne des Alpes cottiènes méridionales franco-italiennes". CRAS tome 274, p. 3176.
- LEMOINE M. :(1950) "Le jurassique supérieur et le crétacé près de Névache (Briançonnais, Hautes-Alpes)". CRAS, t. 230,p.1679 - 1680,séance du 8Mai 1950.
- LEMOINE M.(1951) : "Stratigraphie des terrains post-triasiques à l'Est de Briançon" CRAS, t. 232, p.86 - 88 séance du 3 Janvier 1951.
- LEMOINE M. (1951) : "Données nouvelles sur la géologie du Briançonnais Oriental et sur le problème de la quatrième écaille". -Bull. de la Soc. Géol. de France 6ème série t.I p.191.204.
- LEMOINE M (1952) "Le paleozoïque supérieur de la haute vallée de Nevache (Zone du Briançonnais)-CRAS t. 234. p.2468 - 2470 séance du 16 Juin 1952.
- LEMOINE M (1952) : "Le décollement de la couverture Briançonnaise et ses conséquences" CRAS t 234, p. 1195 - 1197 - séance du 10 Mars 1952.
- LEMOINE M :(1953) "Le problème de la transgression des marbres en plaquettes dans la zone Briançonnaise" - CRAS t.236 p. 1056-1058 séance du 9 Mars 1953.
- LEMOINE M. (1953) "Remarques sur les caractères et l'évolution de la paléogéographie de la zone Briançonnaise au secondaire et au tertiaire". - Bull de la Soc. Géol. de France - 6ème série, t. 111 p. 105 - 120.
- LEMOINE M. (1954) : "Sur le problème des rapports entre zones duBriançonnais et schistes lustrés aux latitudes de Briançon etdu Queyras". Compte rendu sommaire des séances de la Societé Geol. de France n° 4.
- LEMOINE M. (1959) : "Remarques à propos de quelques faits et hypothèses concernant l'âge des schistes lustrés piémontais dans les Alpes cottiennes et Briançonnaises". Bull de la Soc.Geol. de France 7ème série t. I p.90.92.
- LEMOINE M.(1960) : "Présence de Flyschs exotiques liés à la "quatrième écaille" près Briançon (H.A.)". -CRAS t.250 p.3684-3686 séance du 30 Mai 1960.
- LEMOINE M. (1971) "Données nouvelles sur la série du Gondran. Reflexions sur les problèmes stratigraphiques et paléogéographiques de zone piémontaise. Geol. Alpine t.47 p 181 - 201.
- LE ROUX (1970) "Briançon, étude de Géographie urbaine" Public. Dia. Monetier (05).
- LES HAUTES-ALPES - REALISATIONS ET PROJETS (1965) Technique de l'eau et assainissement n° 227 p.35 - 37.

- LETOURNEUR J : (1942) "Observations sur le massif de la Tête Noire entre le Monetier les Bains et Nevache" C.R.S. SGF p.138 - 139.
- LETOURNEUR J. et MICHEL R : (1971) "Géologie du Génie Civil" (Colin Paris 728 p.).
- LLIBOUTRY L. (1955) "Origine et évolution des glaciers rocheux -CRAS t.240 - p. 1913 - 1915.
- LUPARINI V (1975) "Etude hydrogéologique du massif du Devoluy" Thèse de 3ème cycle Grenoble.
- MARNEZY A (1977) "Glaciers Rocheux etphénomène périglaciaire dans le vallon de la Rocheuse (massif de la Vanoise) -RGA Tome LXV - 1977 fascicule 2 p 147-169.
- MEGARD-GALLI J. (1972) "Données nouvelles sur le Carnien dans la zone Briançonnaise entre Briançon et la vallée du Guil. Conséquences tectoniques et paléo géographiques" -Geol. Alpine. t48 fascicule I p. 131.142
- MEGARD GALLI J : (1974) : "Age et caractéristiques sédimentologiques du Trias dolomitique des unités piémontaises externes (Zone du Gondran) entre Arc etUbaye(06). Geol. Alpine t50 p. 111 - 129.
- MERCIER D : (1977). "Les modalités de la transgression jurassique dans la zone Briançonnaise (région de Briançon (H.A.) Etude stratigraphique et sédimentologique. Thèse de 3ème cycle - Paris VI.
- MICHEL M. (1971) : "Hydrogéologie du bassin versant de Theys (Isère) - Thèse de 3ème cycle Grenoble.
- MICHEL R. (1960) "Contribution à l'étude des températures des sources dans le département de l'Isère" - TIG Grenoble Tome 26.
- MICHEL R. (1961) "Aperçu d'ensemble sur la structure du département de l'Isère dans ses rapports avec l'hydrogéologie souterraine" - RGA Tome XLIX.
- NICOUD G (1973) "Hydrogéologie de laHaute Vallée du Chéran, massif des Bauges (Savoie) Thèse de 3ème cycle - Grenoble.
- OBLED C (1971) "Modèles mathématiques de la fusion nivale" Thèse de doctorat Grenoble INPG.
- PAPPINI G : (1976) "Hydrogéologie du bassin versant du Haut Gelon (Savoie) Thèse 3ème cycle - Grenoble.
- PARDE M. (1925) "Le régime du Rhône - Etude hydrologique" -Thèse de Lettres 2vol. Grenoble.
- PARDE M. (1959) "Sur la fonte des neiges lors des crues. La grande crue alpestre de juin 1957. Quelques données" - RGA Tome XLVII fascicule III, p325.
- PEGUY CP (1947) "Haute Durance et Ubaye - Esquisse de zone intrapalpine des Alpes françaises du Sud". Thèse grenoble - Ed. Arthaud in 8° 314 p. 74 fig 21 pl.
- PEGUY CP : (1968) "La neige" Collection Que sais-je Ed. P.U.F.
- POGGI A :(1959) "La fusion de la neige et les crues de juin 1957 dans les Alpes françaises orientales" -RGA Tome XLVII, fascicule III p 363.

PUSSENOT C : (1930) "La nappe du Briançonnais et le bord de la zone des schistes lustrés"
Imp. Allier -Grenoble.

PUSZTASZERI L : (1969) "Etude pétrographique du massif du Chenaillet (Hautes-Alpes) France
Bulletin suisse de Minéralogie et Pétrographie vol. 49/3 p. 425 -466.

REMENIERAS G (1965) "L'hydrogéologie de l'Ingénieur" Eyrolles Ed.

ROCHE M. (1963) "Hydrologie en surface" Ed. Gauthiers Villard.

ROSTOLLAND H (1930) "Névache et la haute vallée de la Clarée" Ed Jean Gap 318 p.

ROYER J.M (1974) : "Détermination directe de l'évapotranspiration et de l'infiltration
sur bassins versants". Thèse de doctorat Grenoble INPG.

SALOMEZ P : (1968) "Le Climat du Briançonnais" TER de Géographie -Grenoble.

SARROT REYNAUD J. (1964) "Le carbonifère des zones externes des Alpes Françaises"
C.R. 5ème congrès Strat. Carb. Paris p. 119.173

SERRA BERTRAL G (1976) "Etude morphométrique, physicochimique et sédimentologique de
quelques lacs de montagne des préalpes du Chablais (H.Savoie)
Thèse de docteur Ingénieur - C.R.G. de Thonon les Bains (74).

SURREL A :(1841) "Etude sur les torrents des Hautes-Alpes" XI 287 p.6 pl hors texte
(15 fig) 2ème édition avec une suite par CEZANNE E.
T.I (Dunod) in 8° 317 p 4 pl hors texte - T II 1870 in 8° 386 p 2 pl.

TISSOT B : (1954) "Etude géologique du massif des Cerces" Trav Lab Géologie t 32
p 111 - 192 - Grenoble.

VACHER J.P (1971) "Contribution à l'étude hydrologique du bassin de l'Isère".
Thèse de 3ème cycle -Bordeaux.

VALLET O : (1975) "Hommes et nature en montagne - Les Hautes-Alpes"
Ed. Berger Levrault -Paris 204 p.

VAUMAS E de : (1940) "Le Briançonnais. Etude morphologique". Ann. Geogr, p 183-204
1 fig.

WILHELM I : (1913) "La Durance. Etude de l'utilisation de ses eaux et de l'amélioration
de son régime par la création de barrages". (Marseille 360 p).

AVANT PROPOS

SOMMAIRE

<u>CADRE REGIONAL</u>	3
<u>CHAPITRE I</u> : Le bassin versant de la Clarée	7
I : Description topographique et limites du bassin versant.	7
II : Répartition altitudinale de la surface du bassin	10
III : Aperçu hydrographique du bassin	14
<u>CHAPITRE II</u> : Principaux facteurs hydrologiques du bassin versant de la Clarée	21
A : Climatologie.	
I - Equipement du bassin	21
II - Les vents	23
III - L'ensoleillement	25
IV - L'Hygrométrie	27
V - La pollution atmosphérique	28
VI - La Thermométrie	29
VII - La pluviométrie	38
1 . Modules pluviométriques annuels	38
2 . Modules pluviométriques mensuels	44
3 . Fréquence et intensité des précipitations	49
4 . Nivométrie	50
5 . Gradient altimétrique pluviométrique	58
6 . Calcul de la lame d'eau tombée	58
a - à l'aide du gradient pluviométrique	59
b - à l'aide des courbes isohyètes	59
c - résultats	59
VIII - Evaporation et Evapotranspiration	64
1 . Evaporation	64
2 . Evapotranspiration	64
a - Selon TURC	64
b - Selon COUTAGNE	65
c - Selon SERRA	65
d - Selon THORNTHWAITE	65
e - Mesures du pouvoir évaporant de l'atmosphère.	67
f - Comparaison des résultats	68
B : Etude du ruissellement et mesure de la lame d'eau écoulee ..	69
I - Mesure de débits.....	69
1 . Localisation des stations	69
2 . Tarages des stations	72
3 . Débit-métrie	72
II - Etude des crues	84
1 . Les crues exceptionnelles historiques	84
2 . Les courbes de tarissement	85
a - Coefficient de tarissement	87
b - Volume d'eau emmagasiné	89
c - Indice d'emmagasinement	90
d - Commentaire	90

CHAPITRE III : Géologie du Bassin versant de la Clarée.	93
A : Géologie du substratum.	93
I - Stratigraphie et lithologie	93
1 - La zone briançonnaise	93
a - Le permo houiller briançonnais	93
1) Les formations anté houillères	94
2) Le Carbonifère	94
3) Le Permien	97
b - La couverture secondaire et tertiaire	99
1) Le Trias	99
2) Le Jurassique	104
3) Le Crétacé	104
4) L'Eocène	106
2 - La zone piémontaise	106
a - Les écaillles intermédiaires	108
b - La zone du Gondran	108
c - Les schistes piémontais	109
II - Aperçu tectonique et structural	109
1 - Evolution paléogéographique et structurale	109
2 - Principaux accidents tectoniques	111
a - Les accidents du carbonifère	111
b - Les synclinaux mesozoïques	112
c - Les autres grands accidents tectoniques	116
B : Géologie du quaternaire	117
I - La Genèse de la Vallée	117
II - L'intermède glaciaire	118
1 - L'appareil et le modelé	118
2 - Les dépôts glaciaires	122
III - Les accumulations post-glaciaires	123
1 - Les cônes de déjection	123
2 - Les éboulis	125
3 - Les alluvions fluviatiles	125
4 - Les glissements de terrain	128
CHAPITRE IV : Roles de la tectonique et de la fracturation sur les circulations	129
I - Rôles de la tectonique	129
1 - Les synclinaux mesozoïques	129
2 - Les failles	130
II - Rôles de la fracturation	130
1 - Généralités - Méthodes - Mesures	130
2 - Fracturation des calcaires dolomitiques	133
3 - Fracturation des quartzites	134
4 - Fracturation des grés houillers	139
5 - Fracturation des schistes Permiens	139
6 - Comparaison des différents tableaux	140
7 - Rôles sur les circulations	141
CHAPITRE V : Hydrogéologie descriptive des différents aquifères pour l'étude de leurs émergences.....	143
I - Méthodologie de l'étude	143
1 - Analyses physiques	143
a - Le débit	143

b - La température	144
c - La résistivité électrique	144
2 - Analyses chimiques	145
a - Le PH	145
b - Les paramètres chimiques	145
c - Présentation des résultats	147
II - Caractères généraux des émergences	147
1 - Relation température - altitude	147
2 - Relation Résistivité - Minéralisation globale	147
3 - Relation Résistivité - titre hydrotimétrique total	149
III - Etude des émergences	152
A - Sources du Substratum	152
1 - Sources du houiller	152
(localisation, condition d'émergence, débits, températures, résistivités, constitution chimique, conclusion)	
2 - Sources des quartzites	159
3 - Sources des calcaires dolomitiques	165
4 - Sources des gypses et des cargneules	173
5 - Sources des Roches Vertes	182
B - Sources des terrains de couverture	186
1 - Sources de moraines et de placages morainiques	186
2 - Sources de terrains de couverture glissés	195
3 - Sources d'Eboulis	199
4 - Sources de cônes de déjection	207
5 - Sources de nappes phréatiques	211
6 - Sources de Rocks glaciers	215
CHAPITRE VI : Hydrogéologie comparative des différents aquifères	223
I - Les facteurs physiques	223
1 - Débits	223
2 - Températures	223
3 - Résistivités	223
4 - PH	225
II - Les facteurs chimiques	225
III - Caractères hydrogéologiques des différents aquifères ...	225
1 - Unité de Nevache	226
2 - Unité de la Clarée	226
3 - Sous-unité des Gondrans	226
CHAPITRE VIII : La Moyenne et Basse Clarée entre Nevache et la Vachette.	235
I - Les ombilics de la haute Clarée et les petites plaines alluviales de la moyenne et basse Clarée	235
II - Alimentation souterraine de la moyenne et basse Clarée..	236
1 - Etude quantitative	236
a - à l'étiage	237
b - en période de crue	238
c - discussion	238
2 - Etude qualitative	241
a - tendance physico-chimique générale de la Clarée.	241
b - Anomalies dues aux affluents	241
c - Anomalies dues aux apports souterraines	245
3 - Commentaires	249

III - Etude d'une petite plaine alluviale : la plaine des Alberts	249
1 - Situation géographique	249
2 - Cadre géologique	249
a - Les versants	249
b - Le remplissage alluvial	261
3 - Origine des travaux entrepris	251
4 - Nature et résultats des travaux	252
5 - Relations hauteur de nappe - Précipitations - Ecoulement	255
6 - Conclusions	259
<u>CHAPITRE VIII</u> : Les Lacs d'altitude.	263
I - Lacs des Rochilles	263
1 - Bassin versant (situation géographique, géologie, hydrologie)	263
2 - Les lacs (origine, morphométrie, bathymétrie, fluctuation, caractères chimiques).....	267
II - Lacs des Muandes.....	268
1 - Bassin versant	268
2 - Les lacs	270
III - Lac des Beraudes	271
1 - Bassin versant	271
2 - Le lac	272
IV - Lac de la Cula	273
1 - Bassin versant	273
2 - Le lac	274
V - Lacs des Gardioles	275
1 - Bassin versant	275
2 - Les lacs	276
VI - Lacs de Cristol	277
1 - Bassin Versant	277
2 - Les lacs	279
VII - Lacs de l'Oule	280
1 - Bassin versant	280
2 - Les lacs	281
VIII - Lac Blanc	282
1 - Bassin versant	282
2 - Le lac	283
IX - Conclusion	283
<u>CHAPITRE IX</u> : Etude de la pollution (Commune de Montgenèvre)	287
I - Généralités.	287
II - Etudes en continu des effluents.....	287
III - Influence sur le milieu récepteur la Durance - Clarée.....	289
IV - L'épuration actuelle.....	290
V - Conclusion	290
<u>CHAPITRE X</u> : Approche du bilan hydrologique du bassin versant de la Clarée	291
I - Bilan annuel	291
II - Bilans mensuels	294

<u>CHAPITRE XI</u> : Bilans communaux dans la perspective d'un aménagement de la vallée	297
<u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	299
<u>ANNEXES : RESULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX</u>	
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	
<u>LISTE DES FIGURES</u>	
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	
<u>TABLE DES MATIERES</u>	

LISTE DES FIGURES.

1	- Contexte régional du bassin versant de la Clarée	2
2	- Limites administratives " " "	6
3	- Schema orohydrographique " " "	8
4	- Carte hypsométrique " " "	12
5	- Répartition altimétrique des surfaces et courbe hypsométrique	13
6	- Profil en long de la Durance et de la Clarée	17
7	- Schema hydrographique - Bassins versants secondaires	18
8	- Equipement hydrologique et météorologique du bassin versant de la Clarée	22
9	- Moyenne des maxima des vents, cumulés mensuellement, soufflant à Briançon de 1969 à 1977	25
10	- Répartition des heures d'ensoleillement dans l'année	26
11	- Variations mensuelles de l'humidité moyenne relative de l'air en %, à Briançon	28
12	- Températures mensuelles (moyenne 1948 - 1976)	32
13	- Températures mensuelles (Septembre 75 - Aout 77)	33
14	- Evolution mensuelle du gradient altimétrique de température	35
15	- Positions moyennes mensuelles de l'isotherme 0°	37
16	- Diminution de la température annuelle avec l'altitude	38
17	- Polygone des fréquences et fréquences cumulées des modules annuels pluviométriques à Nevache de 1927 à 1976.	41
18	- Pluviométrie annuelle	43
19	- Modules pluviométriques mensuels - Période 1956 - 1969	45
20	- Pluviométrie mensuelle (septembre 75 à Aout 77)	48
21	- Nombre mensuel de jours de chute de neige	51
22	- Hauteurs moyennes mensuelles des chutes de neige (1921-1953) et valeurs moyennes mensuelles du gradient nivométrique entre la Vachette et Nevache	54
23	- Epaisseur moyenne du manteau nival à Nevache (Décennie 61 -70).	56
24	- Hauteur de neige au sol	57
25	- Courbes isohyètes du 1er sept 75 au 31 Aout 76 - Bassin versant de la Clarée	60
26	- " " " 76 au 31 aout 77 " "	62
27	- Courbe hauteur -débit de la Clarée à Nevache	70
28	- Courbe hauteur - débit de la Clarée, au pont des Alberts	71
29	- Débits moyens mensuels de la Clarée à la Vachette	73
30	- Pourcentages mensuels de l'écoulement annuel de la Clarée	77
31	- Débits moyens journaliers - Courbe des débits Classés - la Clarée à Nevache - 1er sept 75 - 31 Aout 76	80
32	- " " " 1 sept 76 - 31 Aout 77	81
33	- " " " La Clarée à la Vachette 1er septembre 75 - 31 Aout 76	82
34	- " " " " " 1er septembre 76 - 31 Aout 77	83
35	- Hydrogramme des crues de la Clarée en septembre 76	86
36	- Courbes de tarissement de la Clarée en septembre 76	88
37	- Situation géologique du bassin versant de la Clarée dans son cadre régional	92
38	- Carte géologique du Permo-carbonifère du bassin versant de la Clarée	95
39	- Variation de faciès du Permo carbonifère dans la haute vallée de la Clarée	98
40	- Coupe synthétique du Trias moyen et supérieur briançonnais	101

41	- Variations latérales du Trias moyen et supérieur dans la vallée de la Clarée	102
42	- Variations de series post triasiques rencontrées dans la vallée de la Clarée	105
43	- Série stratigraphique de la zone du Gondran (à la replatte du Gondran)	107
44	- Carte structurale du bassin versant de la Clarée	110
45	- Carte géologique des synclinaux mesozoïques de la haute vallée de la Clarée	113
46	- Coupes transversales aux synclinaux mesozoïques des Cerces, Queyrellin Tête Noire et Grand Aréa.	114
47	- Hypothèses de captures dans le bassin supérieur de la Durance	119
48	- Profils transversaux de l'Auge glaciaire de la Haute Vallée à Laval, et de celle de la Basse Vallée de la Clarée à Val des Près	120
49	- Granulométrie des alluvions fluviatiles actuelles de la Clarée	127
50	- Population des fracturations sur calcaire dolomitique	131
51	- Mesures de fracturation sur calcaire dolomitique - Pourcentage	132
52	- Population de fracturations sur quartzites	135
53	- Mesures de fracturation sur Quartzites (pourcentage)	136
54	- Population de fracturations sur gres houiller	137
55	- Mesures de fracturation sur grés houiller (pourcentage)	138
56	- Températures moyennes de l'air et des sources en fonction de l'altitude	148
57	- Relation de la résistivité des eaux de source en fonction de leur minéralisation globale	150
58	- Relation résistivité - THT pour les eaux de source	151
59	- Sources de Laval et de St Jacques	153
60	- Sources du Verney et de Sausse	154
61	- Physicochimie des sources de Laval et de Verney	156
62	- Sources de Rame et de Cime de Rame	160
63	- Conditions d'émergence des sources de Rame et de Cime de Rame	161
64	- Physicochimie des sources de Rame et de Cime de Rame	162
65	- Source de la Medaille	166
66	- Sources de Rivet, des Ruines et des Gamattes	167
67	- Physico chimie des sources de la Medaille et de Rivet	170
68	- Sources de Fontaine Cretet	175
69	- Source du Char	176
70	- Schéma d'émergence des sources de Fontaine Cretet, du Char et de l'Isclé	178
71	- Physico chimie des sources de Fontaine Cretet et du Char	179
72	- Sources de la Durance, de Sagne Enfonza et des Fontaines	183
73	- Conditions d'émergence des sources des Fontaines et de Sagne Enfonza	184
74	- Physico chimie de la source de Fontcouverte	189
75	- Physico chimie de la source de Sausse	197
76	- Source des Sagnes, Clots, Melezet et Touches	201
77	- Source de la Draye	202
78	- Physico chimie des sources de Clots - Melezet et Touches et Draye	204
79	- " " des Sagnes	209
80	- " " de l'Esclé	212
81	- Source de Pré Lombarde	216
82	- Conditions d'émergence des sources liées à des Rocks glaciers	217
83	- Physico chimie de la source de Pré Lombarde	219
84	- Diagrammes d'analyse d'eau issue des quartzites et des grés houillers	228
85	- " " gypses cargneules, et calcaires dolomitiques	229
86	- " " moraines et des Roches vertes	230
87	- " " cones de déjection et des éboulis	231



88 - Diagrammes d'analyses d'eau issue de Rocks glaciers et des nappes	232
89 - Pourcentage des différentes alimentation de la Clarée en crue et en période d'étiage à la Vachette	239
90a - Profil de résistivité et de température de la Clarée le 21.07.75	242
90b - " " " " 15.10.76	243
90c - " " " et PH et de SO4 le 2.05.77	244
91 - Carte géologique des plaines alluviales de Val des Prés et des Alberts	250
92 - Contact Alluvions -cones de déjection	254
93 - Relations hauteur nappe - précipitations - écoulement de surface	257
94 - Bassin versant des lacs des Rochilles	266
95 - " " " Long et Rond des Muandes	269
96 - " du lac des Beraudes	273
97 - " " de la Cula	273
98 - " des lacs des Gardioles	276
99 - " de Cristol	278
100 - " lacs de l'Oule	281
101 - " du lac Blanc	281
102 - Diagrammes d'analyse des eaux des lacs .	285

I - Répartition hypsométrique et fréquence altimétrique	11
II - Caractères altimétriques et hydrographiques des bassins versants secondaires	19
III - Humidité relative de l'air en % (Minima, mensuelle et annuelles) à Briançon	29
IV - Températures moyennes annuelles.	31
V - Températures moyennes mensuelles pour les 2 périodes d'étude	35
VI - Variations mensuelles et saisonnières du gradient altimétrique de température	39
VII - Modules pluviométriques annuels	46
VIII - Moyennes pluviométriques saisonniers et pourcentages	47
X - Précipitations de sept 75 à Aout 77	52
XI - Nombre moyen mensuel de jours de chute de neige	61
XII - Calcul de la lame d'eau tombée, à l'aide des courbes isohyetes du 1er Sept 75 au 31 Aout 76	63
XIII - Calcul de la lame d'eau tombée, à l'aide des courbes isohyetes du 1er Sept 76 au 31 Aout 77	66
XIV - Evapotranspiration potentielle mensuelle selon Thornthwaite	74
XV - Débit moyen mensuel en l/s, débit spécifique en l/s/km2, volume en m3 et lame d'eau écoulée en mm de la Clarée à Nevache	75
XVI - Débit moyen mensuel en l/s, débit spécifique en l/s/km2, volume en m3 et lame d'eau écoulée en mm de la Clarée à la Vachette	78
XVII - Débits moyens annuels et spécifiques.	79
XVIII - Débits caractéristiques en m3/s de la Clarée	82
XIX - Débits caractéristiques en l/s/km2 "	89
XX - Caractères des unités hydrogéologiques du bassin versant de la Clarée	121
XXI - Classement des lacs en fonction de leur altitude et de leur exposition	142
XXII - Types de fracturations et roles joués sur les circulations au sein des différentes formations géologiques du bassin versant de la vallée de la Clarée	224
XXIII - Eléments pour une classification des sources dans le bassin versant de laClarée	227
XXIV - Classification des sources dans le bassin versant de la Clarée	238
XXV - Débits et pourcentages des différents apports de la Clarée de Nevache à la Vachette	240
XXVI - Débits spécifiques des différents apports de la Clarée entre Nevache Nevache et la Vachette	247
XXVII - Influences des apports souterrains, et des affluents sur la Clarée	264
XXVIII - Caractéristiques générales des bassins versants des différents lacs d'altitude du bassin versant de la Clarée	265
XXIX - Caractéristiques générales des différents lacs d'altitude du bassin versant de laClarée	293
XXX - Bilans hydrologiques des différentes unités de la vallée de la Clarée	294
XXXIa - Bilan mensuel de la Vallée de la Clarée à La Vachette (1 sept 75 - 31 Aout 76).	295
XXXIb - Bilan mensuel de la vallée de laClarée à la Vachette (1 sept 76 -31 Aout 77)	295

Dernière page d'une thèse

VU

Grenoble, le 24 mars 1978

Le Président de la thèse

R. B. C.

Vu, et permis d'imprimer,

Grenoble, le

Le Président de l'Université
Scientifique et Médicale