



Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Guisane (Hautes-Alpes) - Alpes françaises.

Eric Carencu

► To cite this version:

Eric Carencu. Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Guisane (Hautes-Alpes) - Alpes françaises.. Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1982. Français. NNT : . tel-00563907

HAL Id: tel-00563907

<https://theses.hal.science/tel-00563907>

Submitted on 7 Feb 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.

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

THESE DE DOCTORAT DE SPECIALITE

SPECIALITE : GEOLOGIE APPLIQUEE

OPTION : HYDROGEOLOGIE

***HYDROLOGIE ET
HYDROGEOLOGIE DU BASSIN
VERSANT DE LA GUISE
(Hautes-Alpes)***

27 MAI 1982

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

par **ERIC CARENCO**

Thèse soutenue le 5 mai 1982 devant la Commission d'Examen:

R. BARBIER	Professeur Emérite	Président
J. SARROT REYNAULD	Professeur	Rapporteur
J. ROCHAT	Professeur	Examineur
J.C. FOURNEAUX	Maître Assistant	Examineur
F. PELISSIER	Ingénieur en chef du S.R.A.E	Invité

10108038

*Je dédie cette thèse
à Nathalie et Clothilde*

*à mon grand-père
à ma grand-mère*

à Grany

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

AVANT - PROPOS

Au terme de ce travail effectué avec le concours d'une allocation d'étude D.G.R.S.T., il m'est agréable de remercier toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation et qui ont bien voulu le juger.

Monsieur le Professeur R. BARBIER qui me fait l'honneur de présider le Jury.

Monsieur le Professeur J. SARROT-REYNAULD qui m'a laissé une grande liberté d'action, et avec beaucoup de patience m'a encouragé tout au long de sa réalisation.

Monsieur J.C. FOURNEAUX, Maître-Assistant, qui m'a fait profiter de ses conseils judicieux tout au long de mes études à Grenoble et qui n'a cessé de m'aider grâce à son expérience. Ses nombreuses interventions dans mon travail m'ont fait apprécier ses qualités d'hydrogéologue.

Monsieur ROCHAT, de la faculté de Pharmacie, pour m'avoir facilité le dosage de certains éléments, et pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail dans une région qu'il aime beaucoup.

Monsieur F. PELLISSIER, Ingénieur en Chef du Génie Rural des Eaux et Forêt, Chef du Service Régional de l'Aménagement des Eaux Provence - Alpes Côte d'Azur, qui m'a apporté une aide matérielle indispensable en faisant installer et exploiter trois limnigraphes et une station pluviométrique.

Messieurs B. de CARMANTRAND et F. POULALLION, Ingénieurs au SRAE d'Aix-en-Provence qui m'ont fait profiter de leur expérience en hydrologie et dont les conseils ont été extrêmement utiles pour mon étude.

Messieurs BRESSE, CAYOL, PASCAL, POUPON, VIGUIER pour leurs concours apporté dans différents domaines avec une grande compétence et sympathie. Qu'ils sachent que j'ai toujours eu de l'enthousiasme à travailler avec eux, que ce soit sur le terrain ou dans leur Service à Aix-en-Provence.

Madame MARTIN qui a assuré avec rapidité la dactylographie de cette thèse.

Messieurs LECHANTRE et LAMBERBOURG de la D.D.A. des Hautes Alpes pour leur aide matérielle.

Messieurs KECK, CORTOT, NICOLLET et JUGE du Parc National des Ecrins qui ont effectué les relevés du pluviographe chauffant installé au Casset.

Monsieur J.L. BONNARDEL qui a assuré le bon fonctionnement des limnigraphes sur le torrent du Rif au Lauzet, et Monsieur PLAINDOUX pour les relevés météorologiques à Monétier.

Je remercie Bernard FRANCOU de m'avoir fourni ses relevés de températures effectués dans le vallon de Laurichard et pour les nombreux renseignements qu'ils m'ont apporté sur les formations quaternaires.

Je tiens à remercier tout particulièrement Bernard et Geneviève NICOLLET qui m'ont toujours accueilli chez eux à Monétier après mes journées de jaugeages. Pendant toute la durée de mon travail, Bernard m'a fait part de ses observations très précieuses qui m'ont beaucoup aidé dans mon travail et je garde en souvenir les tournées effectuées ensemble.

Enfin, je remercie de tout coeur mes parents et beaux-parents qui m'ont aidé à poursuivre mes études grâce à leur soutien moral et financier.

BUT DE L'ETUDE :

. CHAPITRE I - Le bassin versant de la Guisane.

- 1 - Situation géographique.
- 2 - Définition et recherches des limites du bassin versant.
- 3 - Les caractéristiques physiques

. CHAPITRE II - Etude géologique générale.

- 1 - Situation géologique.
- 2 - Description lithostratigraphique des différentes zones.
- 3 - Histoire géologique régionale.
- 4 - Architecture et fracturation résultante.
- 5 - Les formations quaternaires.

. CHAPITRE III - Etude de la climatologie.

- 1 - Le réseau météorologique.
- 2 - Etude des précipitations.
- 3 - Etude des températures.
- 4 - Etude de l'évapotranspiration.

. CHAPITRE IV - Hydrologie de la Guisane.

- 1 - Le régime de la Guisane.
- 2 - Les débits de la Guisane en 1979 et 1980.
- 3 - Les débits des sous-bassins versants en 1980.
- 4 - Etude des crues.
- 5 - Etude du tarissement.
- 6 - Bilan hydrogéologique.

. CHAPITRE V - Etude physico-chimique et hydrogéologique des émergences.

- 1 - Les méthodes utilisées pour l'étude physico-chimique et hydrogéologique.
- 2 - Etude des quelques émergences et de leurs bassins versants.
- 3 - Conclusions.

. CHAPITRE VI - Les sources thermales.

CONCLUSIONS GENERALES.

- BUT DE L'ETUDE -

=====

Cette recherche a pour but d'étudier l'hydrogéologie du bassin versant de la Guisane, afin de mieux connaître les modalités d'alimentation des sources et des torrents, en relation avec la géologie et d'établir un bilan hydrogéologique.

Après avoir sélectionné un certain nombre de sources et de torrents, nous avons axé notre travail sur l'étude de leurs débits. Afin de comprendre les variations des débits dans le temps, nous avons étudié la climatologie pour connaître la nature et la quantité des apports.

Grâce à une étude hydrologique menée à bien par les Services du S.R.A.E., nous avons pu comparer les débits des deux années de mesures de notre étude à des mesures anciennes de débits qui nous ont été précieuses.

Enfin, une étude physico-chimique complète de certaines sources a pu mettre en évidence des réserves naturelles souterraines importantes, ainsi que le lieu et le mode de circulation des eaux en fonction du cadre géologique.

Ce travail n'est pas un inventaire complet de toutes les ressources en eau de la vallée de la Guisane, mais une approche des problèmes types qui se posent dans de nombreuses vallées des Alpes. Seules des mesures coordonnées de climatologie, d'hydrologie et d'hydrochimie en relation avec la géologie peuvent aboutir à des renseignements précis, sur les modes de stockage et de circulation, en vue d'une exploitation de ces ressources naturelles.

C'est ainsi que l'on a pu mettre en évidence des apports souterrains venant depuis des bassins versants voisins, jusque dans celui de la Guisane.

--oo00oo--

CHAPITRE I - LE BASSIN VERSANT DE LA GUISE.

1 - Situation géographique.

2 - Définition et recherche des limites du bassin versant.

a) Définition du bassin versant

b) Recherche des limites du bassin versant réel.

3 - Les caractéristiques physiques.

a) Caractéristiques topographiques :

- le bassin versant total.

- le bassin versant fermé à Chantemerle.

- le sous-bassin versant de la Guise fermé au Pont des Granges.

- Les sous-bassins versants.

b) Caractéristiques glaciologiques.

Fig: 1

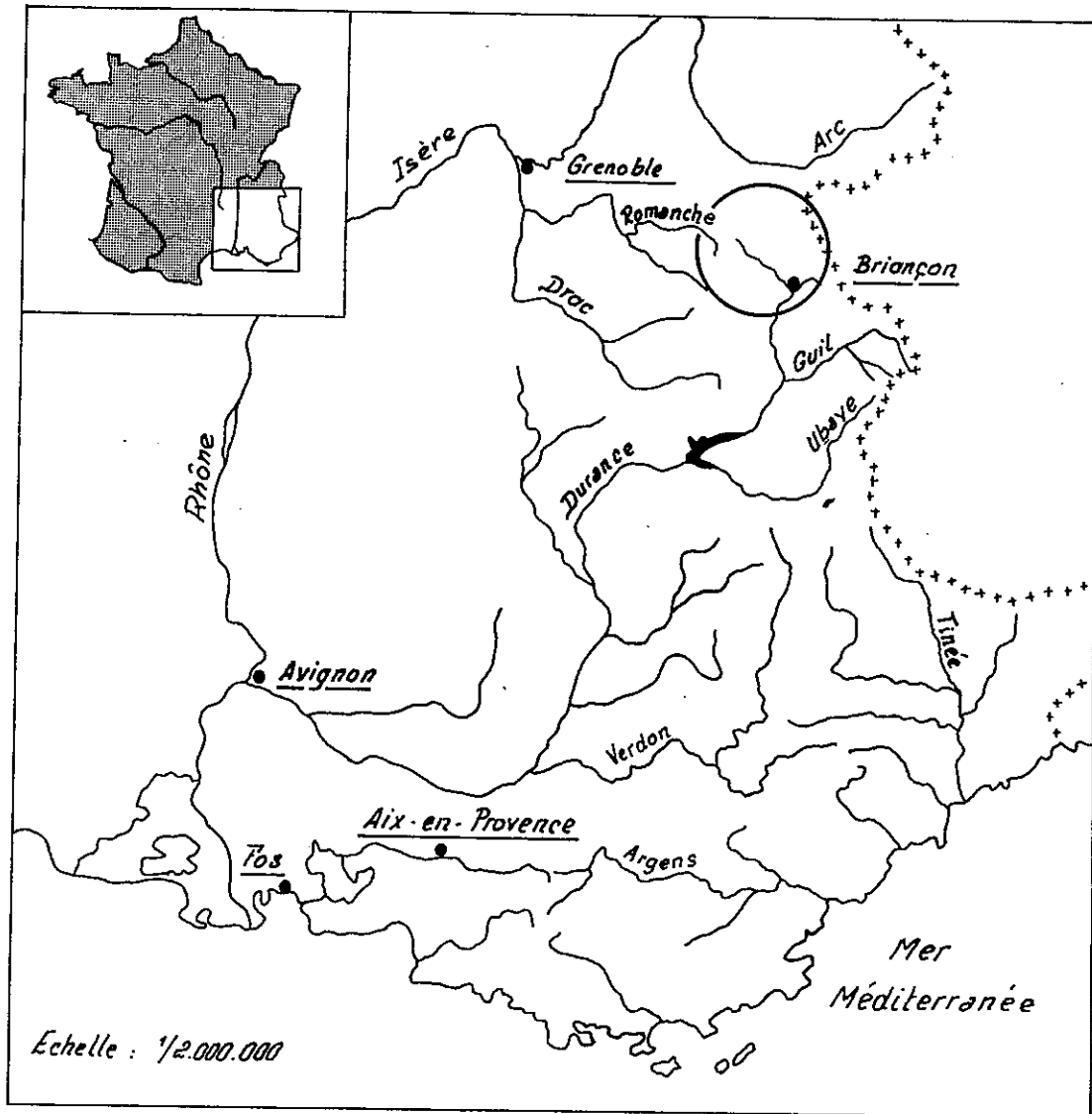


Fig: 1a

SITUATION GEOGRAPHIQUE DU B.V DE LA GUISENE .

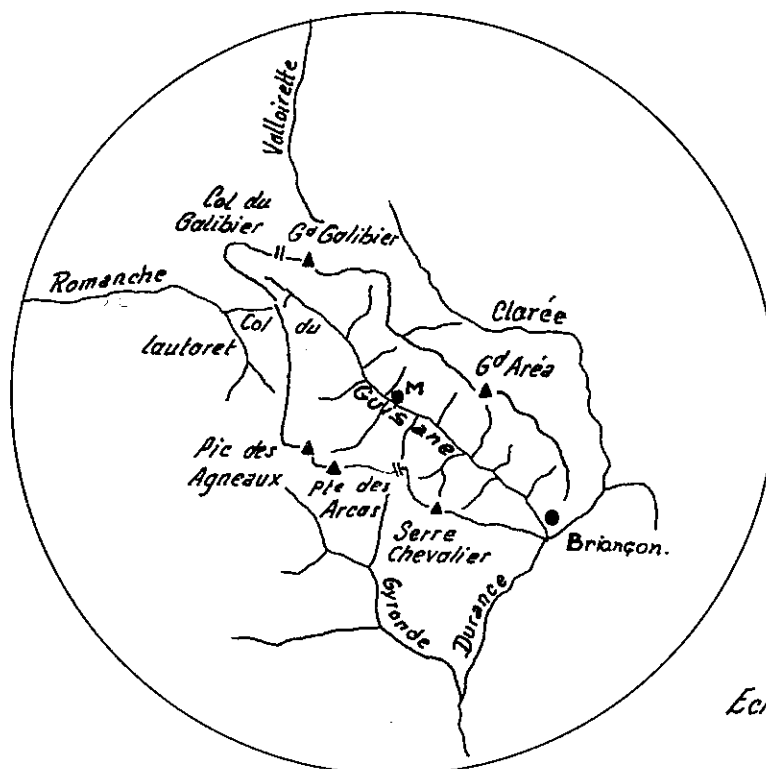


Fig: 1b

Echelle : 1/500.000

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE.

La carte de la figure 1a. représente le bassin versant de la Guisane dans son cadre géographique et hydrographique régional.

Le bassin versant de la Guisane se trouve sur la bordure Nord-Est du massif du Pelvoux. Il présente une superficie de 196 km² (fig. n° 1b). La partie haute du bassin versant se situe entre le Col du Lautaret et le Col du Galibier. La vallée de la Guisane est assez large, témoin d'une ancienne vallée glaciaire, de direction générale Nord-Ouest - Sud-Est. D'amont en aval on rencontre successivement les villages du Casset, Monestier les Bains, Villeneuve la Salle, Chantemerle, Saint Chaffrey et enfin Briançon où la confluence avec la Durance est la limite inférieure du bassin versant.

Ce bassin versant est séparé de celui de la Valloirette au Nord-Ouest par les massifs du Galibier et des Cerces. Au Nord-Est les massifs des Cerces, Tête Noire et du Grand Aréa le délimitent avec le bassin versant de la Clarée.

Le massif du Combeynot et le glacier d'Arsine séparent les bassins de la Guisane et de la Romanche. Au Sud et Sud-Est la séparation avec le bassin de la Gyronde se fait depuis la pointe des Agneaux, la pointe des Arcas jusqu'au col de l'Eychauda et les sommets de Serre Chevalier.

2 - DEFINITION ET RECHERCHES DES LIMITES DU BASSIN VERSANT.

a) Définition du bassin versant :

Le bassin versant est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents à l'amont de la section considérée.

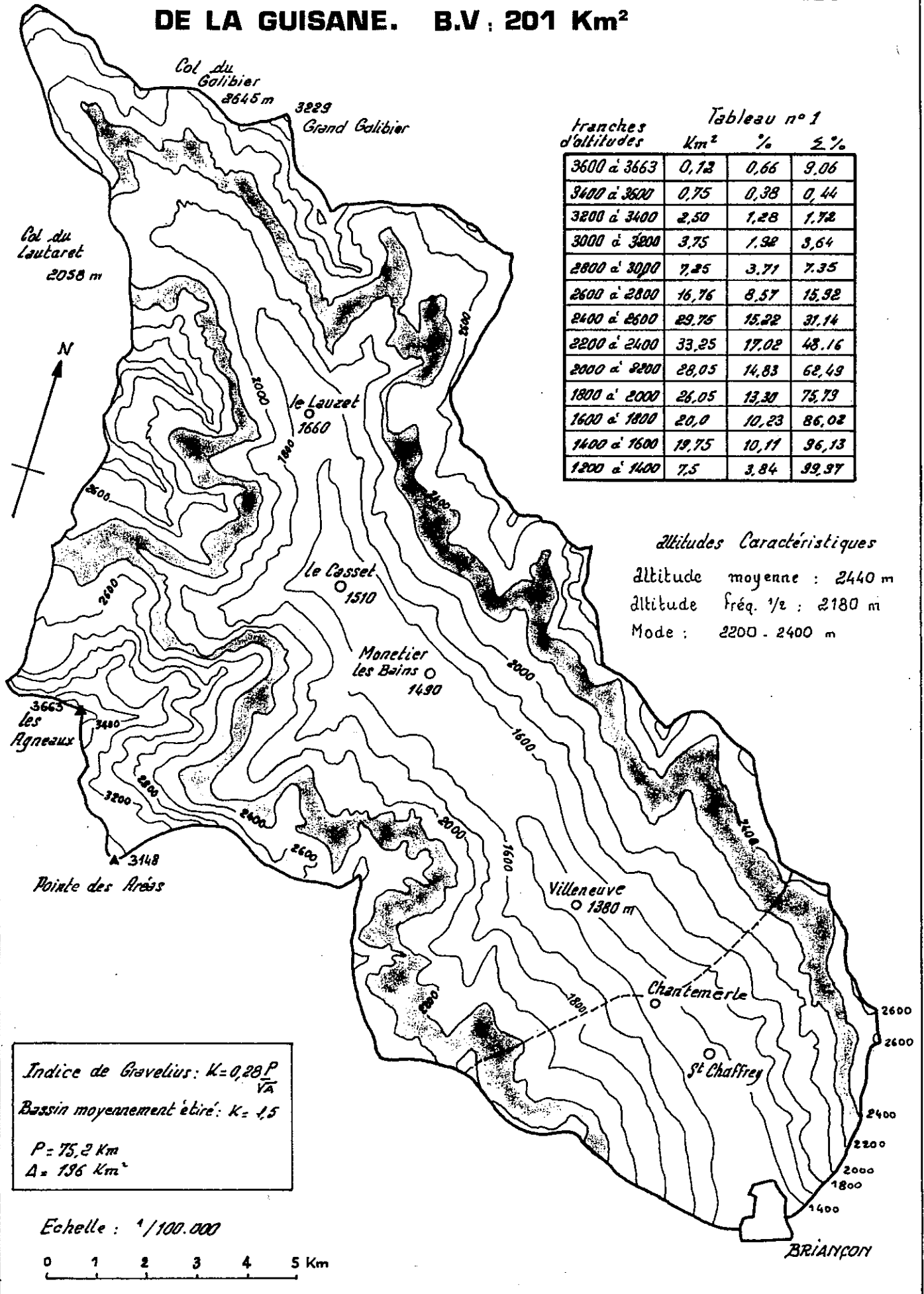
Cette définition entraîne automatiquement des exceptions. En effet, comme c'est le cas pour notre étude, il se peut que le bassin versant topographique soit différent du bassin versant réel du fait d'écoulements souterrains, dont l'effet peut être positif ou négatif pour le bassin considéré.

b) Recherche des limites du bassin réel :

Un des principaux buts de cette étude est de prouver que le bassin versant réel, appelé encore bassin versant géologique, est supérieur au bassin versant topographique, en raison de l'existence d'écoulements souterrains dans le substratum ou dans les formations superficielles.

Fig: 3

CARTE HYPSONOMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA GUISE. B.V : 201 Km²



Pour prouver l'existence de tels écoulements souterrains, il a fallu envisager une campagne de mesures systématiques de débits ainsi qu'une étude hydrochimique.

Lors du déroulement de ce travail, on devait d'abord utiliser les valeurs de débits afférentes au bassin versant topographique puisque l'on ne savait pas qu'elle était l'importance du bassin versant géologique.

Si la différence de surface entre bassin versant réel et bassin versant apparent ne représente qu'un faible pourcentage de la surface de celui-ci (200 km²), elle a par contre une importance notable sur les bassins versants secondaires concernés (Le Grand Tabuc et le Petit Tabuc), et donc sur leur hydrologie.

3 - LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES.

a) Caractéristiques topographiques.

Le bassin versant de la Guisane a son point culminant à 3.663 m d'altitude, au sommet de la montagne des Agneaux.

Le point le plus bas correspond à l'ancienne station limnigraphique du Pont Neuf de Briançon, situé à l'altitude de 1.206 mètres. La nature des terrains conditionne la topographie de façon très nette.

- la répartition des diverses tranches d'altitudes est donnée:

- . Pour le bassin fermé au Pont Neuf à Briançon (fig 2 et 3) et tableau n° 1.
- . Pour le bassin fermé à Chantemerle (fig 3 et 4 et tableau n° 2).
- . Pour le bassin fermé au Pont des Granges (fig. 5) et tableau n° 3.
- . Pour les sous-bassins versants : La Guisane à la Madeleine, le torrent du Rif, le Petit Tabuc, le Grand Tabuc (fig 6).

- Intérêt des courbes hypsométriques.

- 1) Elles permettent de calculer l'altitude de fréquence 1/2 qui est l'altitude médiane. Celle-ci présente un grand intérêt pour le calcul de la lame d'eau précipitée moyenne sur le B.V.. L'altitude de fréquence 1/2 sera prise en considération pour tous les calculs entrant dans la composition du bilan hydrogéologique.
- 2) En montagne, comme c'est le cas ici, elles indiquent directement la surface intéressée par la fusion nivale lorsque l'isotherme 0 remonte. Le mode de l'histogramme de fréquence indiquera la tranche d'altitude qui conditionne la crue correspondant à la fonte des neiges.



Bassin versant de la Guisane fermé à Briançon

Fig: 2

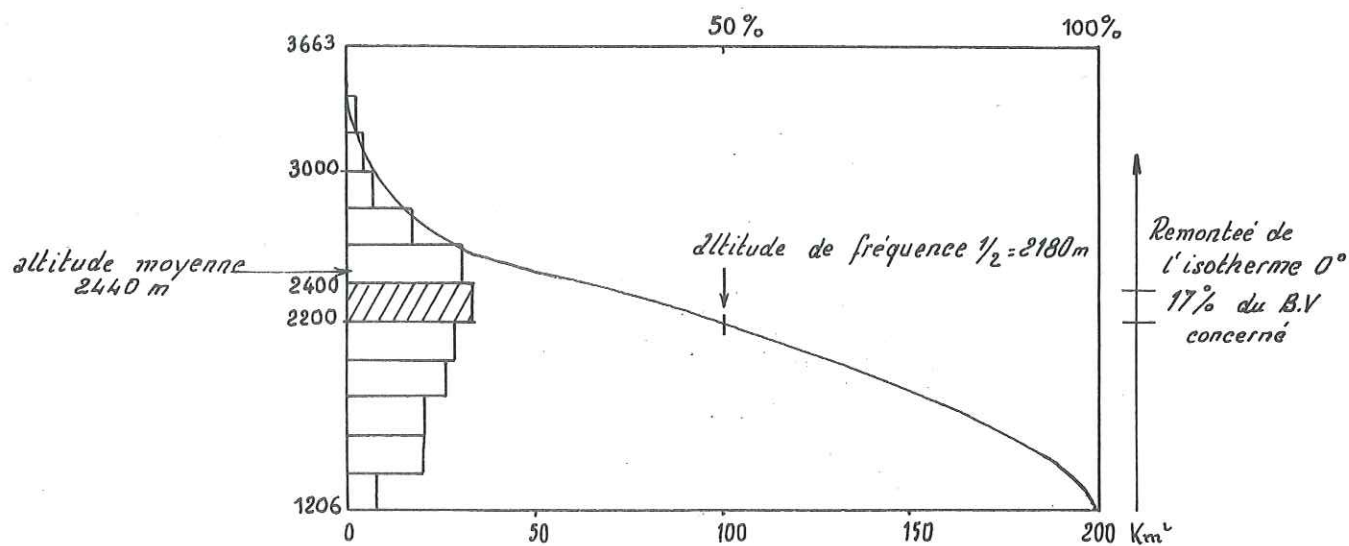
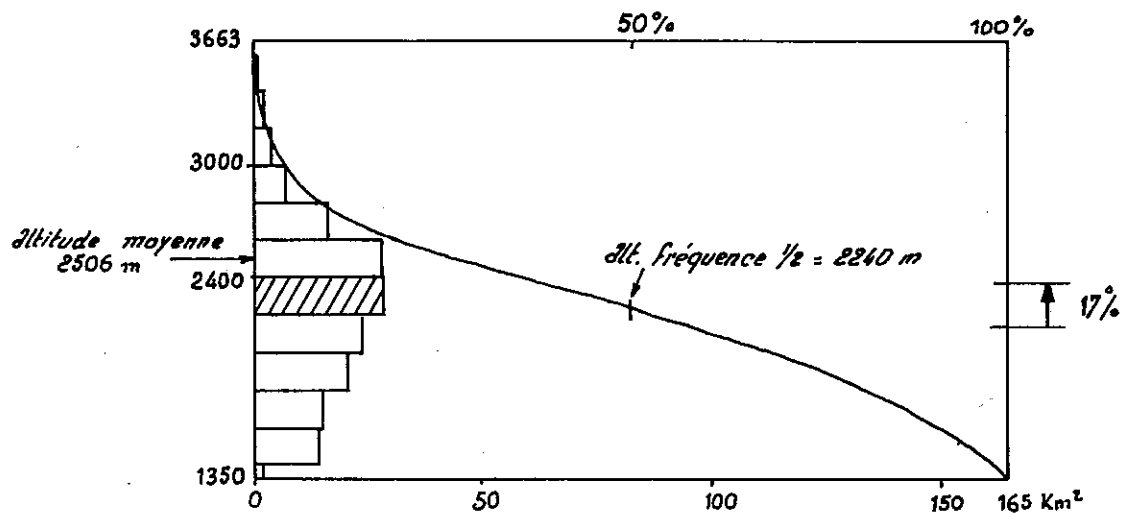


Tableau n°2

<i>Tranches d'altitudes</i>	<i>km²</i>	<i>%</i>	<i>± %</i>
3600 . 3663	0.12	0.07	0.07
3400 . 3600	0.75	0.45	0.52
3200 . 3400	2.50	1.51	2.03
3000 . 3200	3.75	2.27	4.30
2800 . 3000	7.25	4.39	8.69
2600 . 2800	16.75	10.15	18.84
2400 . 2600	28.15	17.06	36.90
2200 . 2400	28.70	17.39	53.29
2000 . 2200	24.00	14.54	67.83
1800 . 2000	21.00	12.73	80.56
1600 . 1800	15.30	9.27	89.83
1400 . 1600	14.55	8.82	98.65
1350 . 1400	2.30	1.39	100.04

B.V de la Guisane fermé à chontemerle . S = 165 Km²

Fig: 4



CARTE HYPSONOMETRIQUE DU B.V DE LA GUISENE FERME AU PONT DES GRANGES

B.V : 80 Km²

Fig: 5a

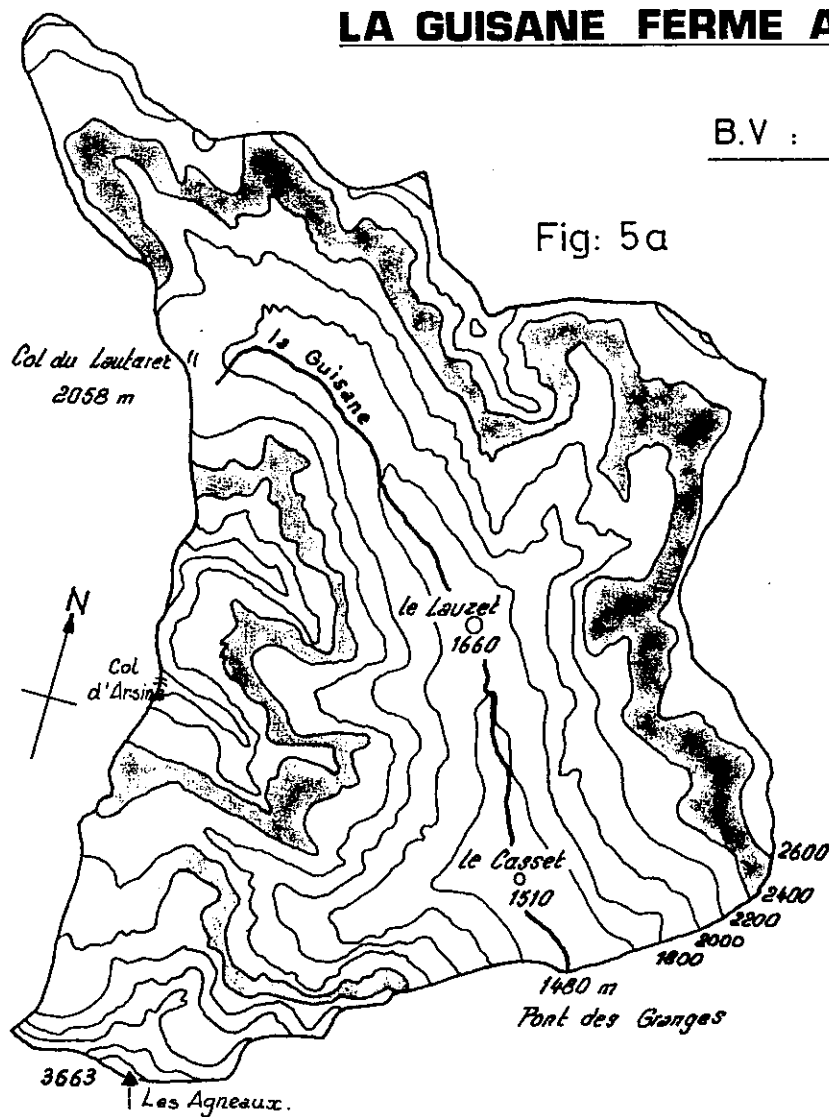


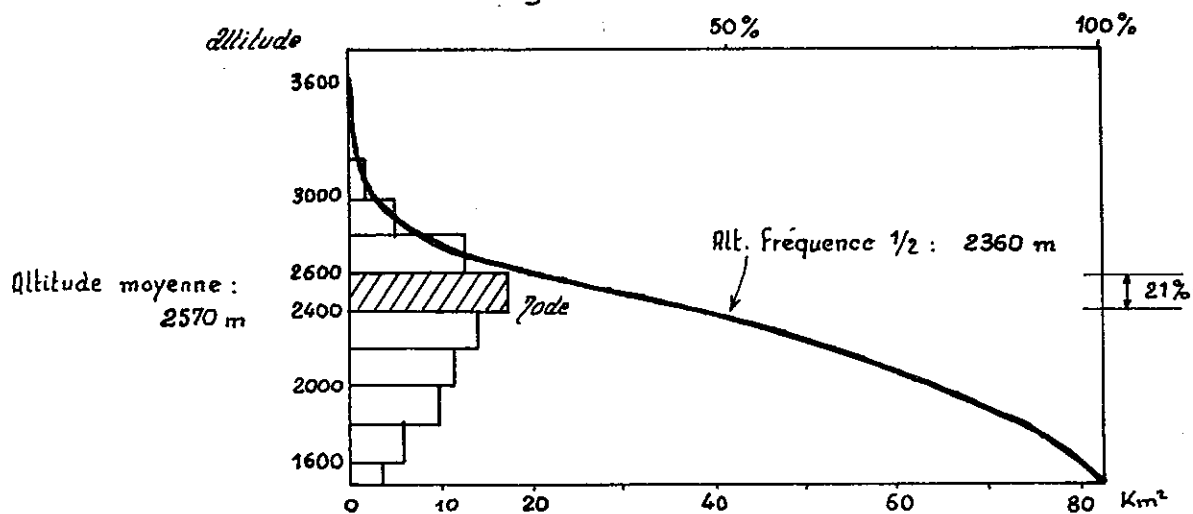
tableau n° 3

Tranches d'altitude	Km ²	%	Σ%
3600 - 3663	0.11	0,10	0,10
3400 - 3600	0.25	0,30	0,40
3200 - 3400	0.75	0,90	1,30
3000 - 3200	1.62	1,95	3,25
2800 - 3000	5.0	6,02	9,27
2600 - 2800	12.75	15,34	24,61
2400 - 2600	17,50	21,05	45,66
2200 - 2400	14.0	16,84	62,50
2000 - 2200	11,5	12,83	76,33
1800 - 2000	9,75	11,73	88,06
1600 - 1800	6,5	7,42	95,95
1480 - 1600	3,37	4,05	100

Altitudes caractéristiques

Altitude moyenne: 2570 m
Altitude fréq. 1/2 = 2360 m
Mode: 2400 - 2600 m.

Fig: 5b



- Altitudes caractéristiques :

- Le bassin versant total, de 200 km² de superficie, a une altitude moyenne de 2.440 m et une altitude de fréquence 1/2 de 2.180 m. Le mode de l'histogramme de fréquence étant celui de la tranche d'altitude 2.200 à 2.400 mètres.
(voir les figures 2 et 3 et le tableau n° 1).

Pour apprécier la forme du bassin versant, nous avons calculé l'indice de Gravelius, afin de le comparer à celui de la Clarée, (calculé par J.P BLAIS en 1978).

$$K \text{ étant l'indice de Gravelius} : K = \frac{P}{2 \sqrt{\pi S}} = 0,28 \times \frac{75,2}{\sqrt{200}} = 1,48$$

P : périmètre du bassin versant

S : surface du bassin versant

pour la Guisane : K = 1,48

pour la Clarée : K = 1,56

En définitive, le bassin de la Guisane est un bassin moyennement étiré, mais légèrement plus compact que celui de la Clarée.

- Le bassin versant fermé à Chantemerle montre les altitudes caractéristiques suivantes : (voir figure 4 et tableau n° 2).

altitude moyenne : 2506 m

altitude de fréquence 1/2 : 2.240 m

mode : 2.200 - 2.400 m

$$\text{indice de Gravelius} \quad K = 0,28 \times \frac{68,2}{\sqrt{165}} = 1,48$$

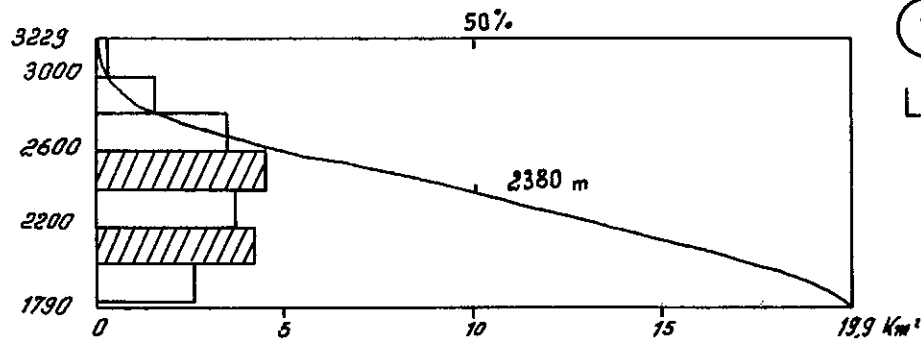
- Le sous bassin versant de la Guisane fermé au Pont des Granges présente les altitudes caractéristiques suivantes (figure 5).

altitude moyenne : 2.570 m

altitude fréquence 1/2 : 2.460 m

mode : 2.400 à 2.600 m

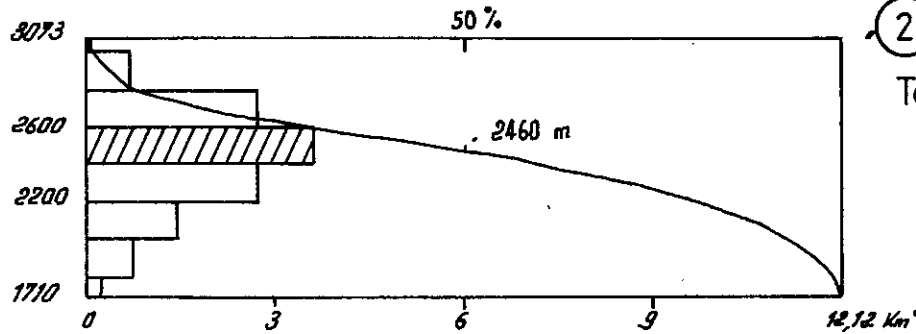
$$\text{indice de Gravelius} \quad K = 0,28 \times \frac{45}{\sqrt{90}} = 1,33$$



①

La GUISANE à
la MADELEINE

$B.V. = 19,9 \text{ km}^2$

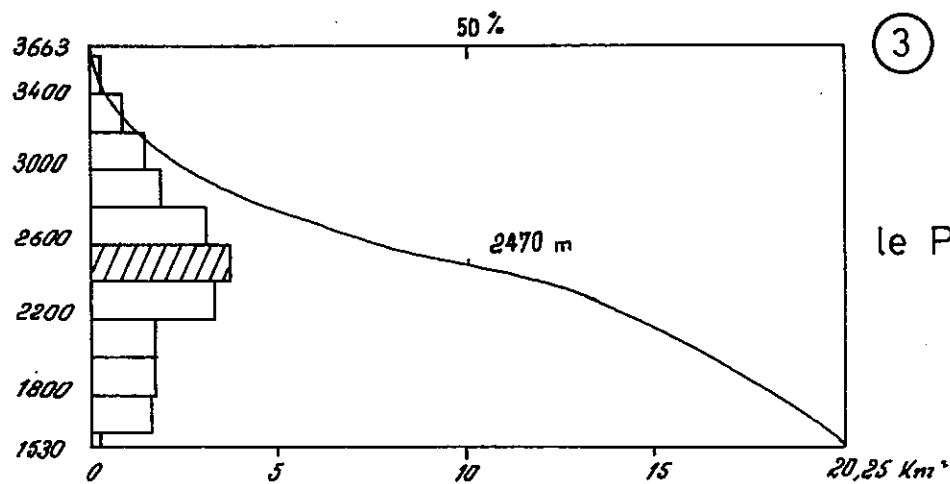


②

Torrent du RIF

$B.V. = 12,12 \text{ km}^2$

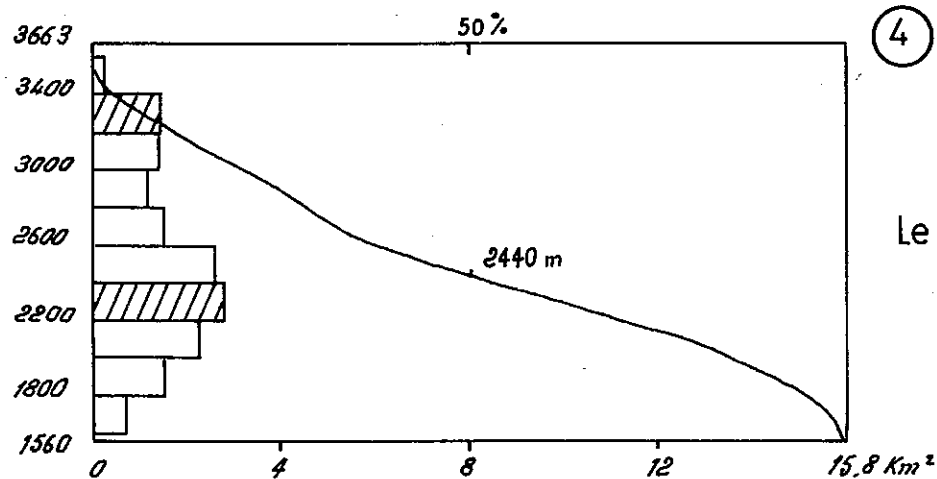
HYPSONETRIE DES BASSINS VERSANTS SECONDAIRES



③

le PETIT TABUC

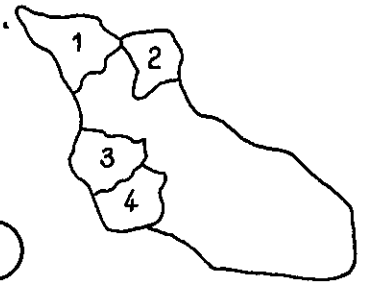
$B.V. = 20,25 \text{ km}^2$



④

le GRAND TABUC

$B.V. = 15,8 \text{ km}^2$



. Les sous-bassins versants :

Certains sous bassins versants ont été plus particulièrement étudiés (fig 6)

- La Guisane à la Madeleine :

L'histogramme de fréquence altimétrique présente 2 modes : 2.000 - 2.200 et 2.400 - 2.600 m. On est en présence d'un bassin assez évasé et qui va répondre de façon rapide et violente à la remontée de l'isotherme 0°, du fait de la nature des terrains imperméables qui s'y trouvent en majorité tels les flyschs.

- Le torrent du Rif :

Un mode (2.400 - 2.600 m) se détache nettement dans l'histogramme, ce qui aurait dû accentuer la crue de printemps, au moment de la remontée de l'isotherme 0°, sans la présence du Grand Lac qui n'a pas d'exutoire mais diminue l'effet de la crue.

- Le Petit Tabuc :

Sa majeure partie en ubac et la présence d'un palier important entre 2.200 et 2.800 m, vont entraîner un retard de la fonte par rapport à l'ensemble du bassin. L'altitude de fréquence 1/2 est la plus élevée du bassin avec 2.470 m.

- Le Grand Tabuc :

L'altitude de fréquence 1/2 est élevée ; 2.440 m. l'histogramme présente 2 modes : 2.200 - 2.400 m : ce mode correspond aux terrains sédimentaires plus érodés que le cristallin sur lequel ils reposent.

3.200 - 3.400 m : ce mode correspond au dôme glaciaire du glacier de Monetier. Sa présence permet un étalement des débits soutenus jusqu'en août. Ce sont les falaises qui isolent les 2 modes.

b) Caractéristiques glaciologiques.

Si la superficie des glaciers (5,12 km²) est relativement faible par rapport au bassin versant total (2,5 %) et au bassin versant géologique total (3,75 %), la proportion par rapport aux bassins versants du Petit Tabuc et du Grand Tabuc devient bien plus importante. :

Pour le Petit Tabuc :
$$\frac{\text{Surface de glaciers}}{\text{Surface B.V topo}} = \frac{2,5 \text{ km}^2}{20,25 \text{ km}^2} = 0,123 \text{ soit } \underline{12,3 \%}$$

Pour le Grand Tabuc :
$$\frac{\text{Surface de glaciers}}{\text{Surface B.V. topo}} = \frac{2,62}{15,8} = 0,165 \text{ soit } \underline{16,5 \%}$$

Si l'on considère maintenant le B.V réel et ses glaciers, on a encore une augmentation du pourcentage de glacier. On prend ici la surface maximum possible du B.V réel.

Pour le Petit
Tabuc : $\frac{\text{Surface de glaciers}}{\text{Surface B.V réel}} = \frac{3,875}{21,625} = 0,179$ soit 17,9 %

Pour le Grand
Tabuc : $\frac{\text{Surface de glaciers}}{\text{Surface B.V. réel}} = \frac{3,625}{18 \text{ km}^2} = 0,201$ soit 20,1 %

En conclusion, on peut dire que le B.V du Petit Tabuc possède au moins 15 % de sa superficie en glaciers, et le Grand Tabuc en aurait 18 %. On considère en effet que les apports souterrains n'intéressent pas la totalité du bassin géologique.

Ces bassins versant du Petit Tabuc et du Grand Tabuc sont dans un rapport de surface de : $\frac{21,6 \text{ km}^2}{18,0 \text{ km}^2} = 1,2$ dont les glaciers représentent $\frac{3,875 \text{ km}^2}{3,625 \text{ km}^2} = 1,07$.

Il y aura donc à peu près la même réaction de fusion glaciaire pour les deux bassins versants.

Actuellement, les glaciers régressent. Des travaux sur les bilans de masse annuels du Glacier de Sarenne effectués par Serge MARTIN montrent que l'altitude de la surface de ce glacier accuserait une baisse d'environ 46mètres depuis 1882 jusqu'à nos jours.

Il en est de même pour les glaciers de la vallée de la Guisane. La fin du Petit âge de glace (vers 1850) s'exprime par un très net recul des glaciers depuis 150 ans. La lecture des cartes topographiques montre très bien cette évolution régressive des glaciers.

CONCLUSION.

La situation géographique du bassin de la Guisane ainsi que ses caractéristiques physiques laissent prévoir le type du régime hydrologique.

Nous verrons que dans le détail, la géologie joue un rôle particulièrement important sur la restitution des débits des torrents et des sources.

Evidemment, l'exposition des versants en adret ou en ubac sera, avec l'altitude moyenne, déterminante pour la fonte de neige.

CHAPITRE II - ETUDE GEOLOGIQUE GENERALE.-

- 1 - Situation géologique.
 - a) La zone dauphinoise.
 - b) La zone ultradauphinoise.
 - c) La zone subbriançonnaise.
 - d) La zone briançonnaise.

- 2 - Description lithostratigraphique des différentes zones.
 - a) La zone dauphinoise.
 - b) La zone ultradauphinoise.
 - c) La zone subbriançonnaise.
 - d) La zone briançonnaise.

- 3 - Histoire géologique régionale.
 - a) Au Primaire
 - b) Le Permo-Houiller
 - c) Au Trias
 - d) Du Jurassique au Crétacé inférieur.
 - e) Le Crétacé supérieur - Eocène.
 - f) A l'Oligocène inférieur.
 - g) Fin Oligocène, Miocène, Pliocène.

- 4 - Architecture et fracturation résultante.

- 5 - Les formations quaternaires.
 - a) Les dépôts glaciaires
 - b) Les dépôts post-glaciaires
 - c) Les accumulations post-glaciaires

- 6 - Conclusion à l'étude géologique.

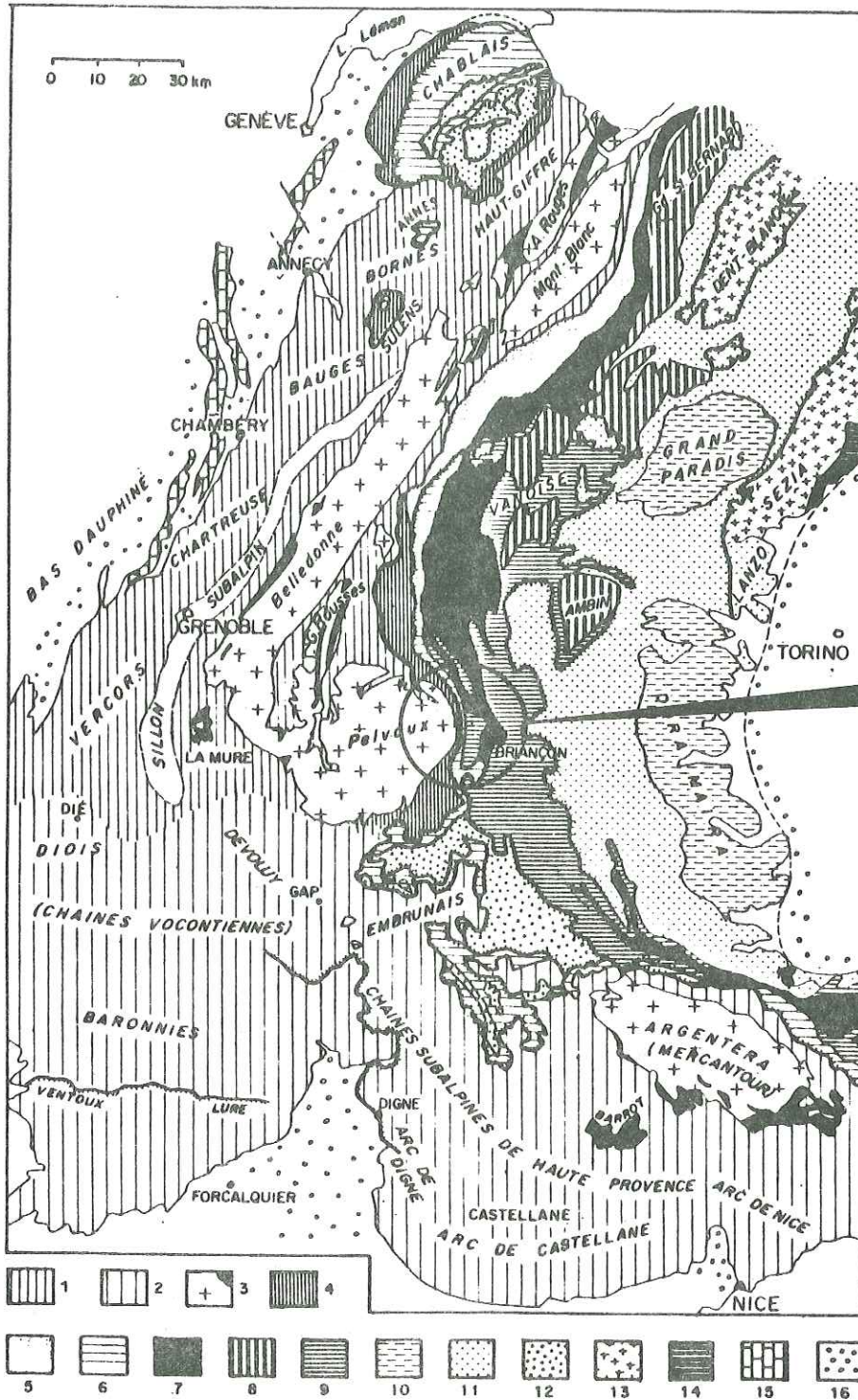


FIG. 1. - Schéma structural des Alpes franco-italiennes.

1. Chaînes subalpines septentrionales. - 2. Chaînes subalpines méridionales.
3. Massifs cristallins externes et bassins permo-houillers. - 4. Zone ultradauphinoise.
5. Zone valaisane. - 6. Zone subbriançonnaise. - 7. Zone houillère briançonnaise.
8. Zone Vanoise - Mont Pourri (Permo-Houiller briançonnais métamorphique).
9. Mésozoïque briançonnais. - 10. Massifs cristallins internes piémontais. - 11. Zone des Schistes lustrés piémontais. - 12. Nappes du Flysch à Helminthoïdes et Flysch de la Simme sl. - 13. Zone Sesia. - 14. Zone d'Ivrée. - 15. Jura. - 16. Bassins molassiques per-alpins.

in. J. Debelmas - 1974

SITUATION GEOLOGIQUE DU B.V DE LA GUIANE

La géologie régionale, très diversifiée et très complexe a attiré de nombreux géologues qui ont étudié les massifs qui nous intéressent. Il était difficile de résumer toutes les observations et les travaux effectués.

Ce sont les éléments ayant le plus d'intérêt au point de vue de l'hydrogéologie qui ont été retenus.

Les divers travaux utilisés sont cités en bibliographie.

1 - SITUATION GEOLOGIQUE.

Le bassin versant de la Guisane se trouve à la limite entre les zones externes, à l'ouest, et les zones internes, à l'Est des Alpes Occidentales françaises (fig 7).

Il recouvre d'Ouest en Est les quatre zones suivantes : (voir fig 8a et 8b).

- la zone dauphinoise dans le secteur du Col d'Arsine, du Glacier du Casset, de la montagne des Agneaux. Elle représente une zone peu étendue sur le bassin, mais la plus élevée et formée presque essentiellement de granite et de gneiss.
- la zone ultradauphinoise : elle couvre la surface allant du Col du Lautaret au massif de Combeynot, jusqu'au Rocher de l'Yret et au Col des Grangettes.
- la zone subbriançonnaise s'étire depuis le Col du Galibier jusqu'au Col de l'Eychauda en passant par Monetier. La composition des terrains sédimentaires calcschistes et flyschs, permet une érosion plus importante qui correspond à des cols et à la vallée de la haute Guisane.
- la zone briançonnaise : recouvre les secteurs du Grand Galibier, du massif des Cerces, du Grand Aréa, de la Tête du Grand Pré jusqu'à Briançon. Le houiller prédomine avec des reliefs doux, les calcaires et dolomies marquant les sommets.

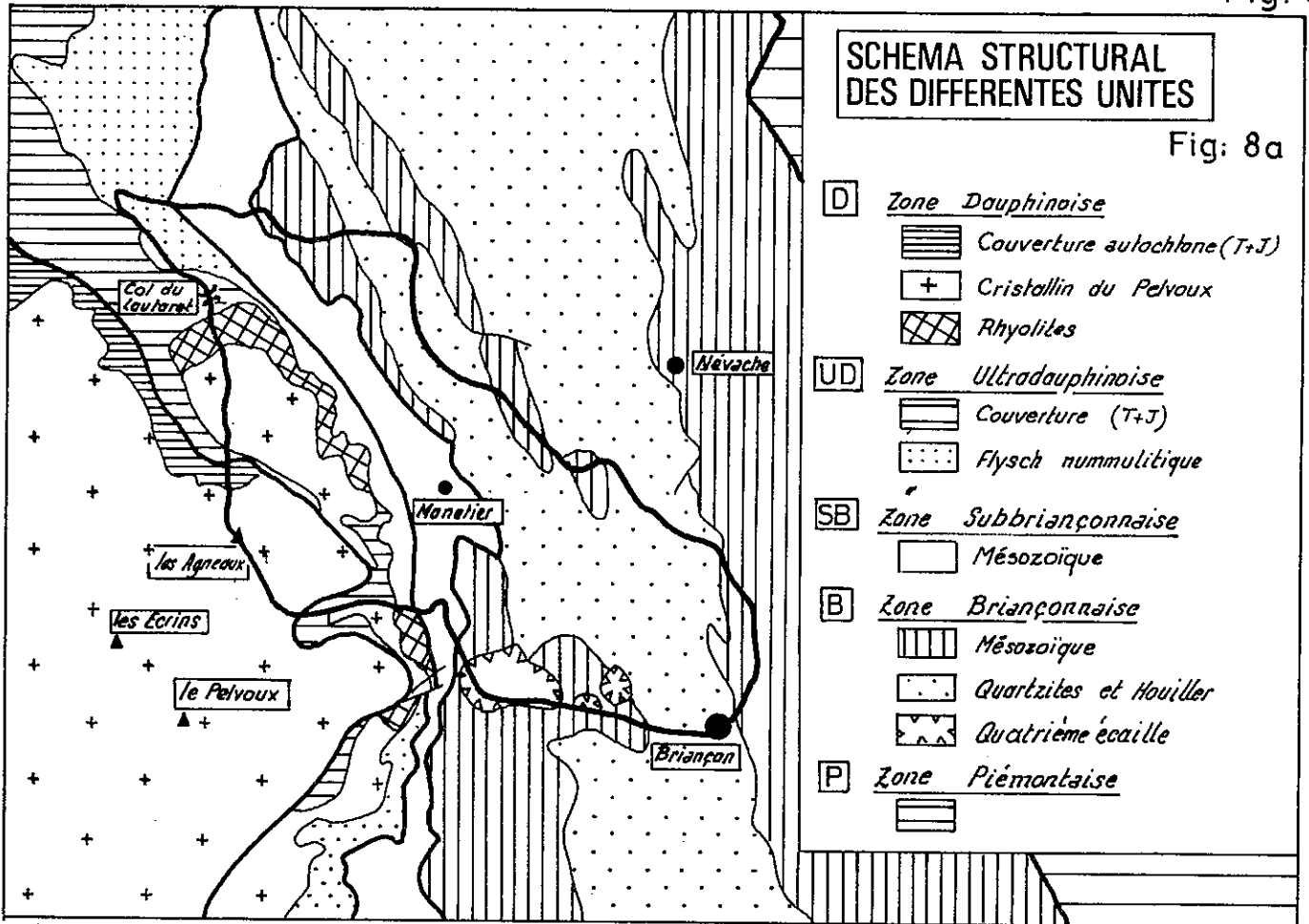
Afin de montrer l'aspect géologique général existant dans la vallée, on a effectué des coupes sérieées de direction SW - NE perpendiculaire à son axe. Ces coupes sont présentées sur la figure 8b.

2 - DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES DIFFERENTES ZONES.

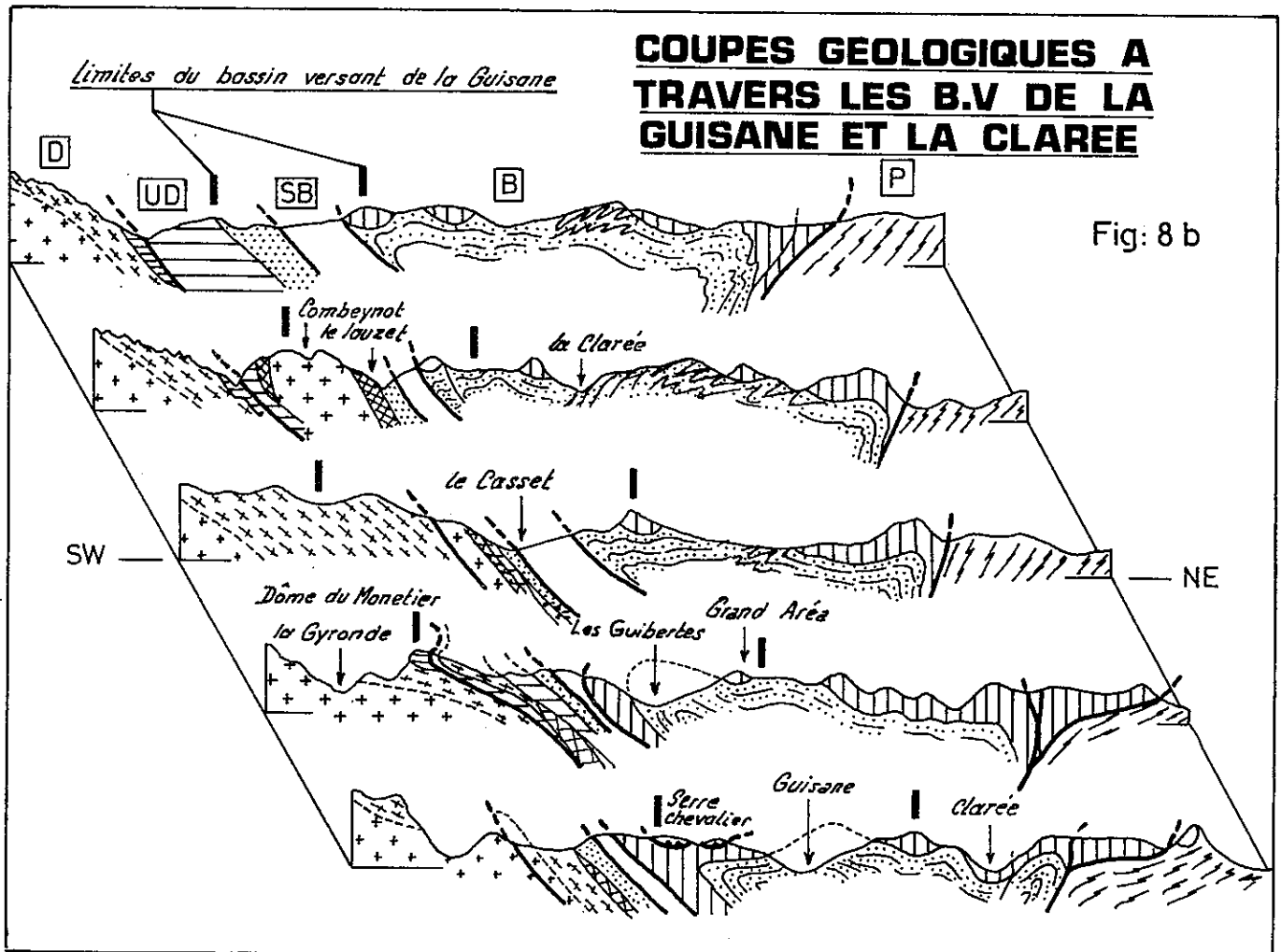
Les figures 3 et 9 illustrent les commentaires qui suivent :

1 - La zone dauphinoise :

C'est la seule zone autochtone. Le socle cristallin est représenté au Sud-Ouest du bassin, dans le massif des Agneaux par les granites et migmatites du Pelvoux.



d'après la carte au 1/250000 de M. GIDON (simplifiée)



Cette zone présente une couverture jurassique composée par un Aalénien schisteux. Le passage à la zone Ultradauphinoise se fait par l'intermédiaire d'un contact anormal majeur marqué par du gypse et des cargneules.

2 - La zone Ultra-dauphinoise.

Elle présente un caractère para-autochtone. Cette zone montre un déversement des plis plus important, avec la présence de plusieurs écailles : écaille des Albies, écaille des Trois Evechés, du Lautaret, des Anrouchers.

D'Ouest en Est, on passe de séries à faciès proche du type dauphinois à des séries néritiques et moins épaisses.

Les formations en présence sont :

- le granite et les écailles cristallines, de gneiss et de grauwackes.
- la couverture jurassique et tertiaire comprenant le lias calcaire autochtone du Domérien (Ecaille du Lautaret), puis le flysch des Aiguilles d'Arves avec les grés et conglomérats de base (Bois de la Madeleine, Rochers de Guerre), surmontés du flysch gréseux (Priabonien.) Tous ces termes reposent en transgression sur le substratum.

3 - La zone subbriançonnaise :

On y rencontre du Trias, du Jurassique moyen et supérieur et du Paléocène. La base des formations est composée de gypses et cargneules du Trias correspondant à un niveau de décollement. Elle est surmontée par des calcschistes bruns zoogènes du Lias supérieur. Le jurassique moyen est représenté par des calcaires organo-détritiques.

Cette zone présente deux digitations :

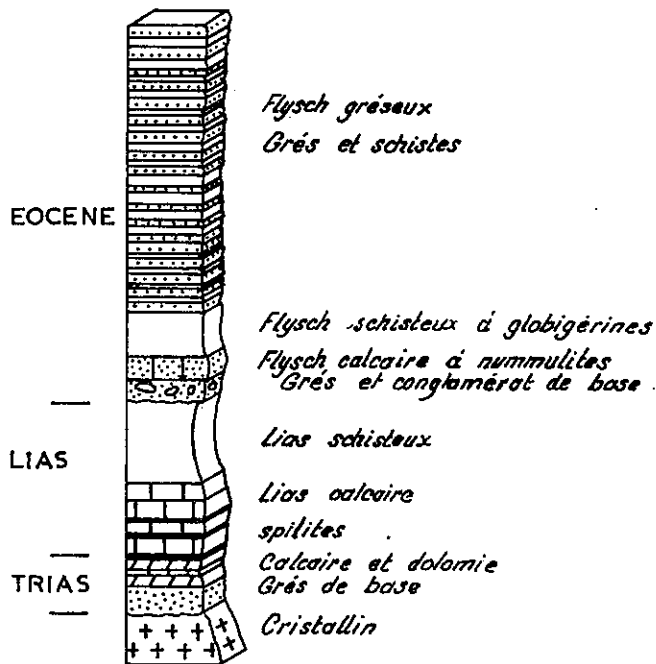
- la digitation du Petit Galibier avec une série très mince allant du Lias à l'Oxfordien (écailles du Plan Paradis, des Sestrières et du Fontenil).
- la digitation du Lauzet - Roche Olvera comportant des calcaires massifs du Lias - Dogger (Lauzet - Roche Olvera) et un ensemble Oxfordien - Eocène au niveau des crêtes du Galibier.

On trouve au-dessus des schistes noirs Oxfordiens, puis le Jurassique terminal formé de calcaires clairs et de calcschistes à zones siliceuses visibles du Pic Blanc du Galibier.

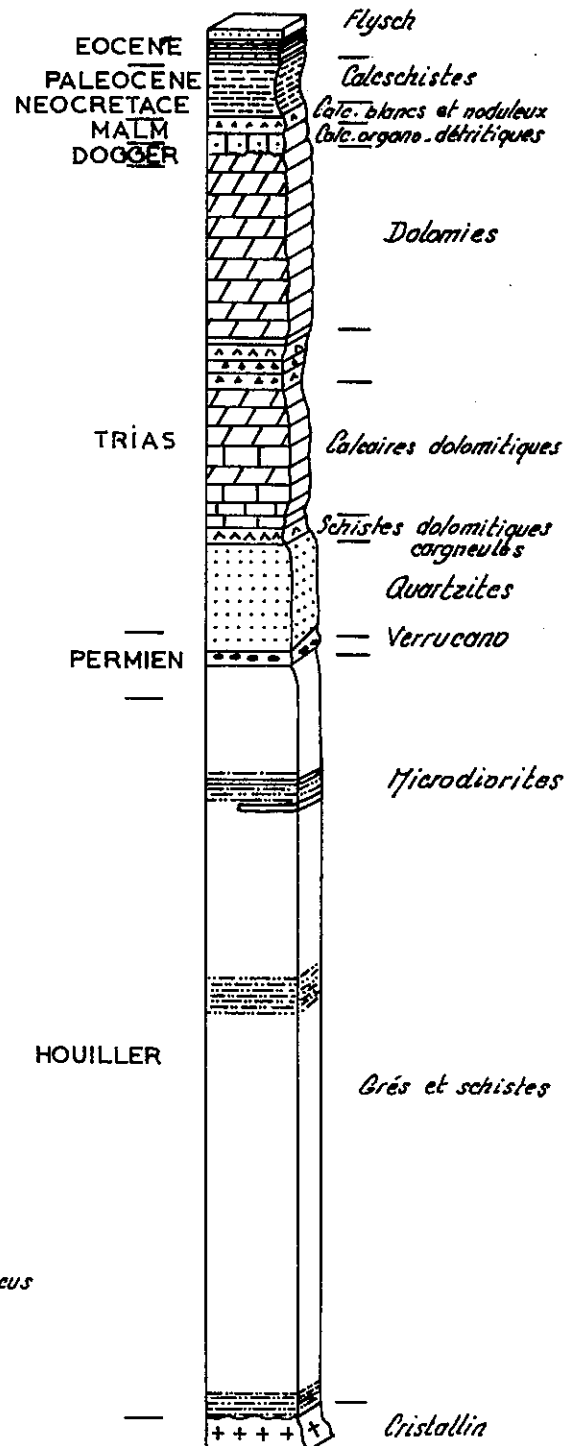
Au Néocomien se sont déposés des calcaires gréseux à micro-brèches. Du Néocrétacé au Paléocène se déposent des calcschistes.

COLONNES STRATIGRAPHIQUES DES DOMAINES PALEOGEOGRAPHIQUES DE LA GUISE.

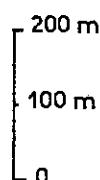
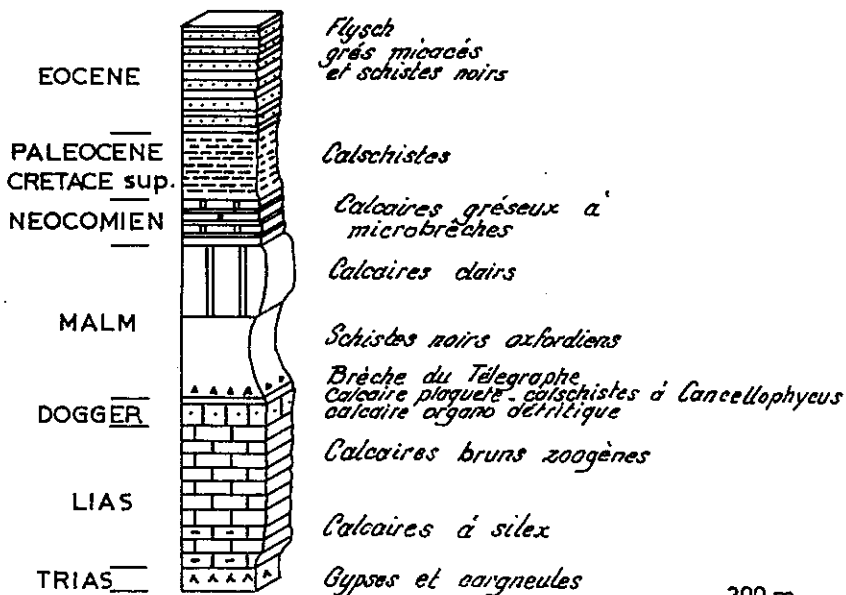
ULTRA DAUPHINOIS



BRIANÇONNAIS



SUB BRIANÇONNAIS



ECHELLE

Enfin des flyschs Lutétien-Priabonien ont été découverts sous la pointe de Tête Noire à la limite Nord du bassin versant.

4 - La zone briançonnaise :

Deux groupes de terrain se distinguent :

- Les terrains siliceux : Houiller, Permien, Trias inférieur. Cette semelle siliceuse est formée de bas en haut par :

- . un Houiller détritique, gréseux, avec des passées plus ou moins charbonneuses, ainsi que des filons couches de microdiorite dus au volcanisme.
- . un Trias inférieur composé de quartzites du Werfénien inférieur.

Enfin un trias moyen comportant des schistes, cargneules, gypses du Werfenien supérieur.

- La couverture calcaréo-dolomitique : appartenant au Trias moyen (Anisien - Ladinien) et au Trias supérieur (Carnien-Norien). Cette couverture est décollée et chevauchante sur la zone subbriançonnaise au niveau du Grand Galibier et de Roche Colombe.

Au col du Galibier, des lames de terrains briançonnais sont pincées dans les séries subbriançonnaises.

On note l'absence totale du Lias ; la mer revient au Dogger durant laquelle déposent des calcaires néritiques noirs, puis au Malm représenté par des calcaires massifs.

Des brèches et "marbres en plaquettes" se déposent au Crétacé inférieur.

III - HISTOIRE GEOLOGIQUE REGIONALE (fig 10).

Afin de montrer l'architecture résultante de l'histoire sédimentologique et tectonique des terrains, il était souhaitable de retracer les événements géologiques essentiels survenus dans la région. Nous nous intéresserons surtout aux phases alpines qui ont modelé les formations à l'image que l'on en a actuellement, par la création de plis, de chevauchements, de failles dont l'intérêt hydrogéologique est fondamental.

Ce paragraphe plutôt descriptif servira de référence pour les diverses considérations hydrogéologiques.

a) Au Primaire :

Les terrains les plus anciens, d'âge paléozoïque forment trois ensembles qui sont, des plus profonds au plus superficiels :

- le socle antéhercynien métamorphisé (migmatites de la Meije)
- l'ensemble des gneiss.
- le complexe volcanodétritique peu métamorphique, constituant la zone des schistes verts que l'on trouve au Combeynot.

Le tout est recoupé par le granite hercynien du Combeynot, daté du Dinantien (325 à 345 M.A).

b) Le Permo-houiller.

Les premiers sédiments se sont déposés en milieu continental et résultent de la désagrégation du socle.

La série carbonifère débute au Namurien et se poursuit au Westphalien inférieur et moyen avec des sédiments fluviatiles ou marécageux suivis par des dépôts très conglomératiques (avec sédiments éruptifs qui proviennent des intrusions de microdiorites du Stéphano-Autunien). Un nouveau volcanisme suivra, avec des dacites et micridiorites.

Cet ensemble sera recouvert en discordance par un conglomérat à galets éruptifs : le Verrucano.

c) Au Trias :

Le secondaire débute par une invasion marine se faisant d'Est en Ouest. Les formations du Trias sont importantes dans le Briançonnais où règne un milieu sursalé avec des dépôts de gypse et dolomie du Werfenien supérieur.

Au Trias moyen on est en présence d'une épaisse série de calcaires et dolomies à algues calcaires. La mer est peu profonde et très salée.

Le Trias supérieur, très mince, montre le retour d'un régime continental avec des pélites colorées du Carnien.

d) Du Jurassique au Crétacé inférieur :

- au Lias : deux domaines paléogéographiques se distinguent :

l'un à l'Est, l'autre à l'Ouest.

à l'ouest des sédiments épais du type dauphinois dans lesquels on observe des spilites qui proviennent d'émissions près des massifs cristallins.

à l'Est, la plateforme briançonnaise émerge, empêchant toute sédimentation.

- au Dogger : la présence des calcaires néritiques montre l'envahissement local par la mer.
- au Malm : les dépôts sont toujours très minces.

Des dépôts à brèches puis à éléments très fins se poursuivent jusqu'au Crétacé moyen : ce sont des calcaires à Calpionelles.

Du Jurassique au Crétacé inférieur, le Subbriançonnais correspond à une zone de passage, entre la fosse dauphinoise et le géanticlinal briançonnais, où alternent des séries minces de hauts-fonds (type Petit Galibier) et des séries épaisses de sillons (type Lauzet). Les séries sont plus complètes que les séries briançonnaises, car l'Oxfordien et le Crétacé inférieur y sont représentés.

e) Le Crétacé supérieur - Eocène.

De la fin du Crétacé au Paléocène les zones Ultra dauphinoise et Dauphinoise sont soumises à la tectonique anténumulitique et présenteront des plis d'axe Est-Ouest. Le serrage se faisant dans le sens NW - SE déforme le cristallin du Pelvoux et provoque des écaillages tangentiels affectant le cristallin, le Trias et le Lias (crête des Grángettes, vallon du Tabuc).

Au début du Crétacé supérieur (Turonien), le Subbriançonnais et le Briançonnais sont envahis par la mer où se déposent des sédiments fins qui sont des calcschistes planctoniques encore appelés "marbres en plaquettes". Ce type de dépôt se poursuivra jusqu'à l'Eocène.

Des reliefs sous marins, preuve d'une tectonique synsédimentaire active, donneront naissance à des brèches épaisses, comme c'est le cas au droit de la faille des Cerces.

Au Lutétien se déposeront les "flyschs noirs" peu épais.

Au Priabonien :

- . à l'ouest, les flyschs des Aiguilles d'Arves transgressifs sur les plis anténumulitiques montrent à leur base un conglomérat et des olistolites de cristallin.
- . à l'est, on assiste au dépôts des flyschs à Helminthoïdes.

f) A l'Oligocène inférieur :

C'est le paroxysme alpin, avec la mise en place des différentes nappes briançonnaises et subbriançonnaises.

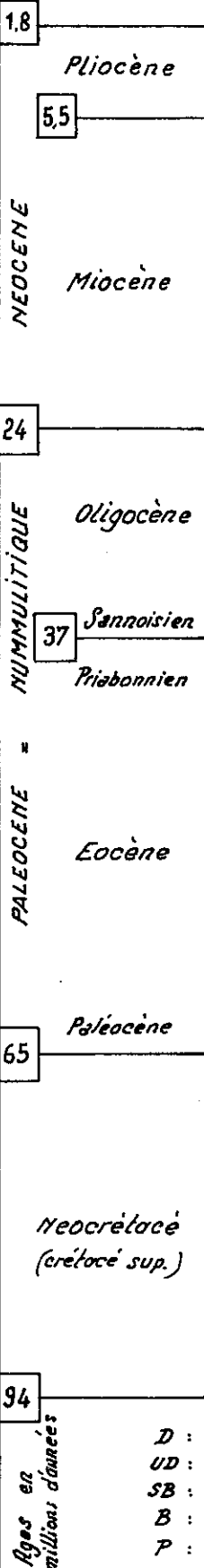
Dans le domaine externe se produisent de nouveaux écaillages et la reprise des plissements de la phase arvinche.

HISTOIRE GEOLOGIQUE REGIONALE SCHEMATISEE DEPUIS LE CRETACE SUPERIEUR

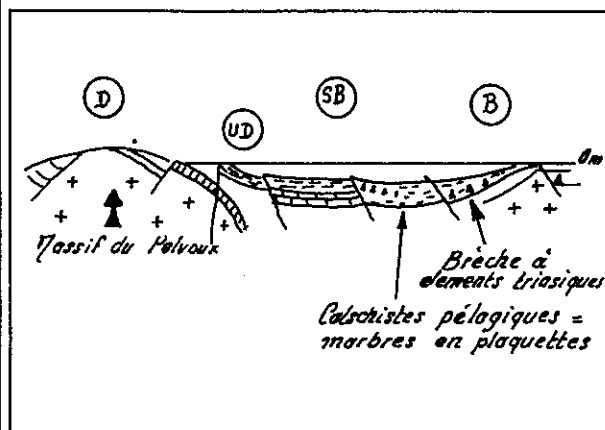
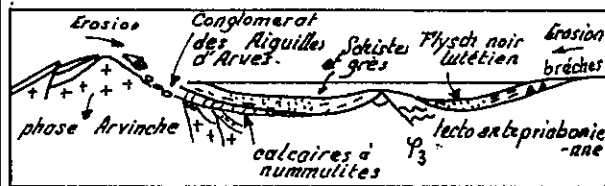
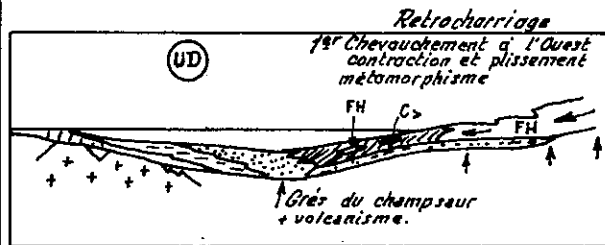
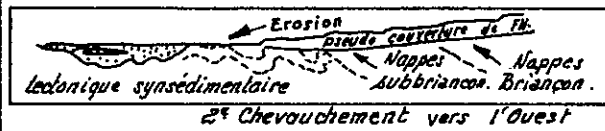
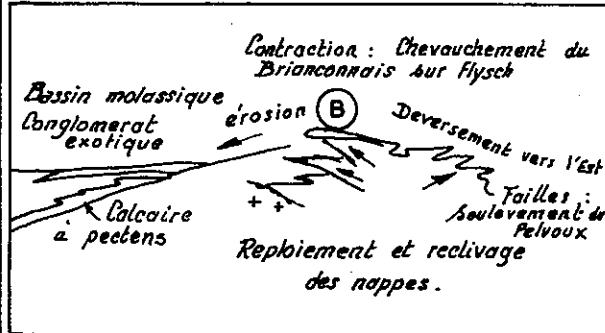
QUATERNAIRE

ERE TERTIAIRE

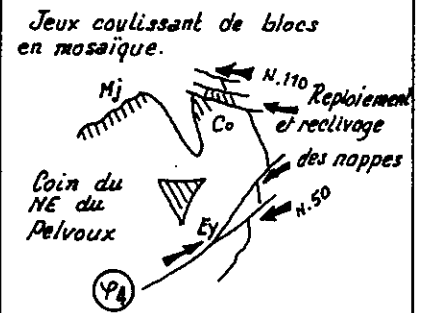
ERE SECONDAIRE



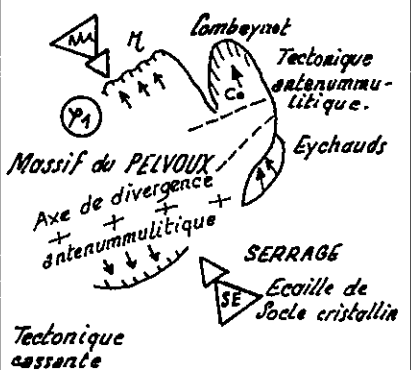
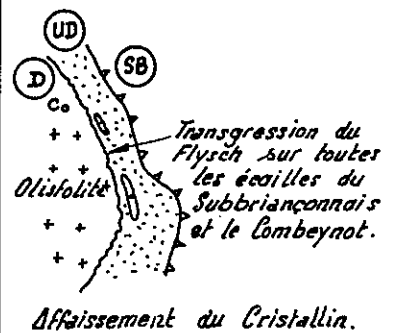
VUE EN COUPE



VUE EN PLAN



Tectonique Post nummulitique



PHASES ALPINES RECENTES

PHASE ARVINCHE

PHASES ALPINES PRECOCES

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| D : Zone Dauphinoise. | FH. Flysch à helminthoïdes |
| UD : " Ultradauphinoise. | MJ: Meije |
| SB : " Subbriançonnaise. | Co : Combeynot |
| B : " Briançonnaise. | Ey : Eychauda. |
| P : " Piémontaise. | |

g) Fin Oligocène, Miocène, Pliocène.

La phase post-nummulitique limite ses effets à un basculement général vers l'Est, avec un redressement des dispositions antérieures. C'est la phase de retrocharriage.

Les zones internes soulevées se trouvent émergées et attaquées par l'érosion qui alimente les bassins molassiques.

A la fin du Miocène, les massifs cristallins externes se soulèvent à leur tour, accentuant le plissement de la couverture sédimentaire.

A l'Est, le flysch des Aiguilles d'Arves et les nappes internes se redressent et se plissent une dernière fois pour former les anticlinaux et synclinaux de nappes (arêtes de la Bruyère, Aiguillette du Lauzet) et les klippes du Galibier.

Le rôle des accidents cassants avec coulissage de blocs en mosaïques a été déterminant, mais seul le dernier rejeu post-nappe est très net.

Les failles de décrochement appartiennent au réseau de failles conjuguées (failles senestres N 110 et dextres N.50) dû au serrage de direction E.NE - W.SW, dans lequel le massif du Pelvoux joue le rôle d'un môle résistant.

L'évolution de la sédimentation a permis le dépôt de terrains perméables en petit ainsi que de terrains imperméables. L'évolution tectonique ayant favorisé le développement de fractures, a permis la création d'une perméabilité de fractures dans les roches compétentes, comme le granite, les calcaires, les quartzites. Cette perméabilité de fracture doit être considérée à différentes échelles.

IV - ARCHITECTURE ET FRACTURATION RESULTANTES :

L'architecture héritée de l'histoire géologique au niveau du bassin versant a été résumée dans le schéma structural de la figure 11.

Celui-ci met en évidence les relations entre les différentes zones structurales, ainsi que les formes synclinales et anticlinales qui se succèdent dans les formations sédimentaires.

La présence de formations perméables est due :

1) A la nature de roches telles que :

- les calcaires karstifiés du jurassique à Roche Colombe (Cerces)
- les dolomies et calcaires dolomitiques.
- certaines formations quaternaires (éboulis, glaciers rocheux, moraines, alluvions....).

Univ. J. Fourier - GRENOBLE
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
TEL. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 45 58
E-mail: p.four@ujf-grenoble.fr

LES FORMATIONS QUATÉNAIRES

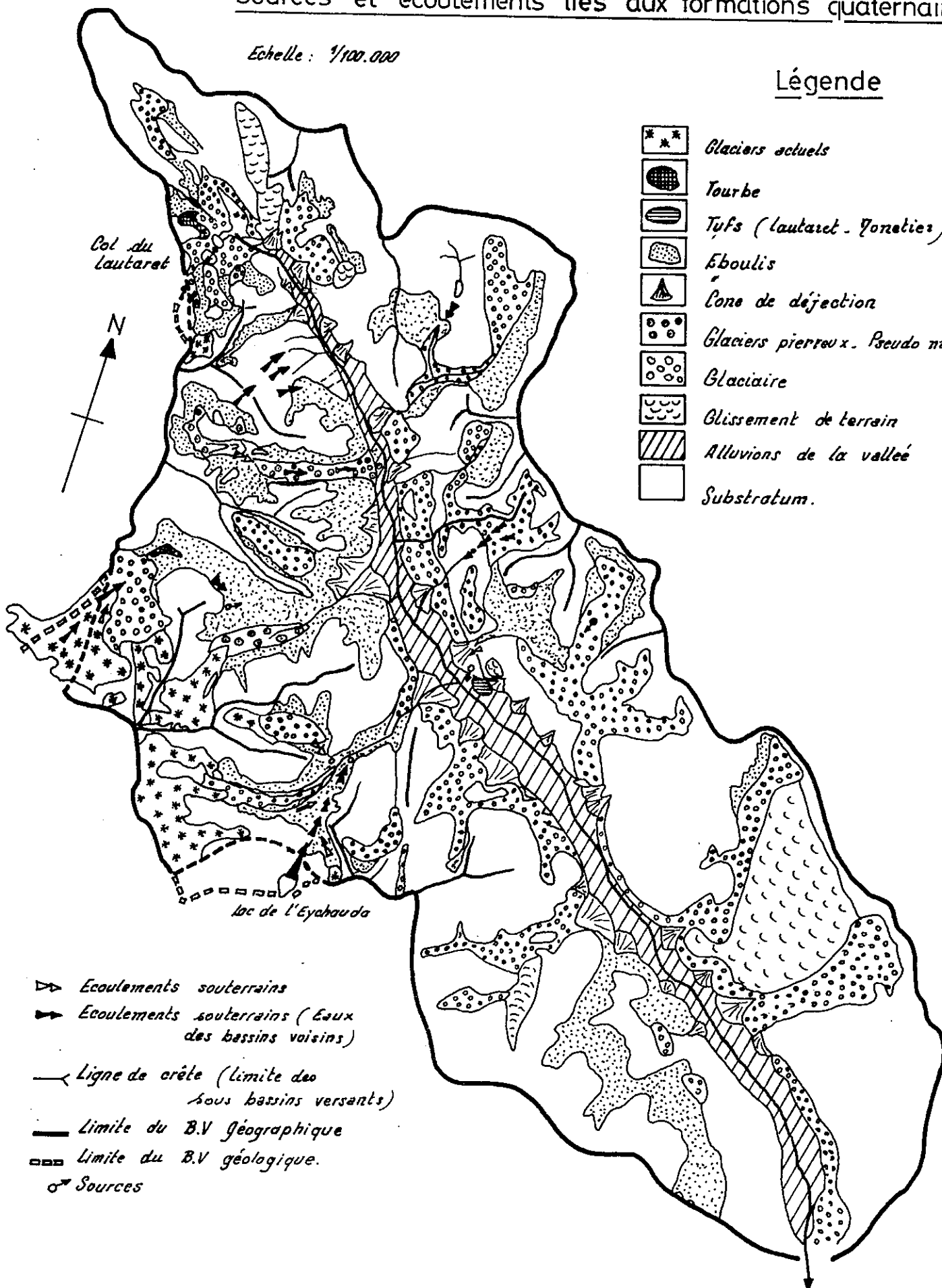
Fig : 12

Sources et écoulements liés aux formations quaternaires

Echelle : 1/100.000

Légende

	Glaciers actuels
	Tourbe
	Tufs (l'autaret - Jonetier)
	Éboulis
	Cône de déjection
	Glaciers pierreux. Pseudo moraines.
	Glaciaire
	Glissement de terrain
	Alluvions de la vallée
	Substratum.



2) A la fracturation :

La fracturation affecte les terrains les plus compétents qui se cassent sous l'effet de contraintes tectoniques, et qui vont devenir des aquifères.

Ces terrains sont essentiellement cristallins (granite, gneiss) calcaires et dolomitiques.

V - LES FORMATIONS QUATERNAIRES.

Nous avons tracé une carte des formations quaternaires (figure 12) pour pouvoir évaluer l'importance de leur superficie.

Cette superficie représente 57 % du bassin versant de la Guisane avec 114 km².

Les différents types de formations ont un rôle hydrogéologique car très souvent les formations quaternaires permettent le passage des eaux contenues dans les massifs fracturés vers les torrents ou directement vers la Guisane ou la nappe aquifère de celle-ci.

La cartographie détaillée des stades post-würmien du vallon de Fontenil, établi par B. FRANCOU(1980) a été reproduite (figure 13).

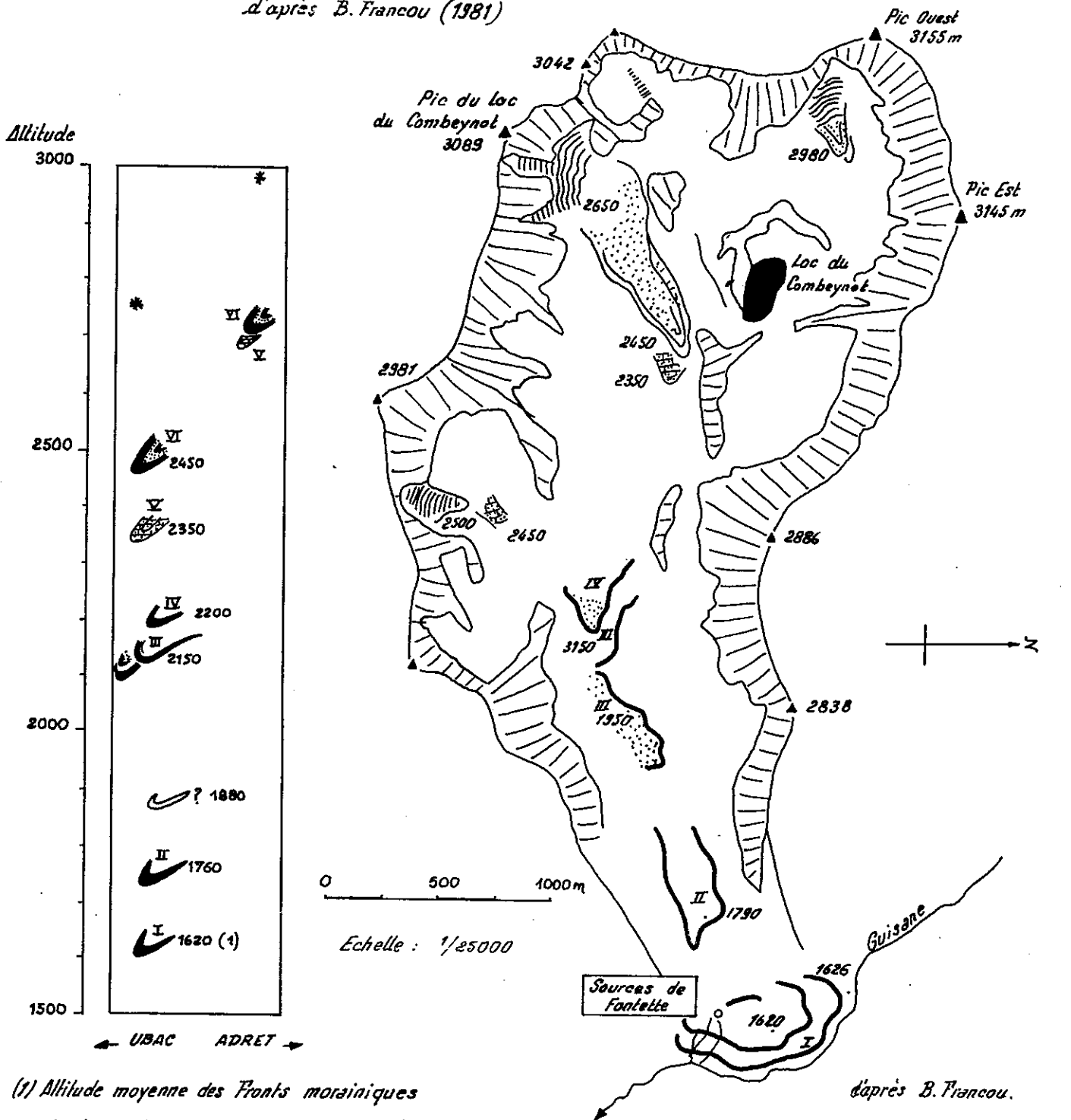
a) Les dépôts glaciaires :

- . Les dépôts de la fin du Würm (période glaciaire) correspondent au retrait des glaciers. Ils forment des placages en fond de vallée et au pied de certains versants comme à Villard-Laté. Ils datent d'avant 15000 BP (BP : Before Présent). Du point de vue hydrogéologique ils se comportent comme un niveau imperméable du fait de l'importante proportion de fines et d'argiles glaciaires.
- . Les dépôts tardi-glaciaires : Ils datent d'environ 13000 BP. On les trouve sur les versants et dans les vallons adjacents, d'où ils descendent souvent jusque dans la vallée principale. Dans la haute Guisane, ils forment des bouchons morainiques de fond de vallée comme pour le torrent du Rif et le vallon du Fontenil (Fig 13). Ils créent ainsi des barrages naturels au sein de la nappe, permettant une alimentation de la rivière par la nappe. Le versant de la Madeleine est recouvert de ce type de dépôt. Il s'agit de formations plutôt imperméables à leur base.
- . Les vieux glaciers rocheux : Ils se situent entre 1800 et 2200 mètres, et peuvent atteindre 2400 mètres. Le glacier rocheux du Lautaret en est un bel exemple. Les vieux glaciers rocheux ont une bonne perméabilité, et ce sont de bons aquifères qui donnent souvent naissance à des sources à la base des bourrelets frontaux.

LE GLACIAIRE POST WURMIEN DANS LE VALLON DU FONTENIL

Fig. 13

d'après B. Francou (1981)



(1) Altitude moyenne des Fronts morainiques

Les stades Post-Wurmiens dans le vallon du Fontenil.

legende du tableau

LEGENDE

- * Nêves perennes
- ☞ Moraine frontale
- ☞ Glacier rocheux
- ☞ Glacier rocheux (holocène moyen)

- Stade: I { Dryas I (15000-13500 B.P.)
- II { Dryas II (11000-10300 B.P.)
- III { Pré Boréal (10.300. 8800 B.P.)
- IV { Sub. Boréal / Sub. Atlantique
- V { Fernau (4700.0)

- ▨ Substratum cristallin
- ☞ Tardiglaciaire I. II. III. IV
- ☞ Holocène moyen
- ☞ Holocène récent
- ▨ Nêves pérennes glaciaires
- ☞ Glacier rocheux

b) Les dépôts post-glaciaires :

Leur mise en place va de 8000 BP jusqu'au Petit âge de glace du 16ème siècle (et même jusqu'en 1850). Ils remplissent des cirques au dessus de 2.400 mètres.

Les deux types principaux sont :

- Les glaciers rocheux : entre 2500 et 2600 mètres, ils sont inactifs. Très perméables, ils laissent transiter l'eau de façon rapide entre les blocs.
- Les complexes morainiques récents fonctionnant partiellement comme celui de Prés les Fonds ou bien la moraine du Combeynot. Ils donnent lieu à des circulations souterraines importantes suivant des chenaux qui alimentent des sources dont le débit est très élevé au moment de la fonte des neiges et des névés, mais qui disparaissent généralement en hiver.

c) Les accumulations post-glaciaires.

- Les éboulis anciens stabilisés avec présence de végétation, présentent une pente d'environ 35°. La perméabilité peut être importante, mais variable en fonction de la nature des roches composant l'éboulis.
- Les éboulis récents ou éboulis vifs sont alimentés par les falaises de roches cristallines, de calcaires, de dolomies et de quartzites du fait de l'action répétée du gel-dégel.

Dans les éboulis, les écoulements de surface sont inexistants, et on peut employer à leur égard le terme de "panneaux non drainés" décrit par J.C FOURNEAUX. Ils forment donc des zones très perméables.

- Les cônes de déjection à la base des torrents, sont responsables de la perte d'une partie du débit superficiel, par infiltration, et alimentent ainsi la nappe alluviale de façon conséquente.

Le débit d'infiltration dépend de la pente et de la longueur du cône ainsi que des éléments le constituant. Les bassins versants secondaires comportant une forte proportion de flyschs ou de calcschistes vont donner naissance à des cônes de déjection imperméables comme celui du torrent de Roche Noire.

Quant à ceux qui auront une forte proportion de roches cristallines, ils laisseront s'infiltrer un débit proportionnel au débit amont.

- Les alluvions fluviatiles ou fluvioglaciaires dans le fond de la vallée, sont toujours interpénétrés par les cônes de déjection et les éboulis depuis le bord de la vallée. Ceci crée des zones de circulations préférentielles dans la nappe.

Une étude géophysique, demandée par la D.D.A. de GAP,

a été réalisée en juin 1980. Les résultats montrent des zones de perméabilités très différentes dont certaines seraient le lieu d'écoulements souterrains importants.

- Les glissements de terrain : le plus important se trouve au nord de Chante-merle sur le Houiller briançonnais, au dessus de Villard-Laté. Il est formé de dépôts du Tardiglaciaire qui se comportent plutôt comme un imperméable par rapport aux glaciers rocheux qui l'entourent dans la partie amont et qui jouent le rôle de drains latéraux.

Le recouvrement quaternaire joue un rôle très important dans l'hydrogéologie de la Guisane et surtout au niveau des bassins versants secondaires de la Haute Guisane, où la capacité de rétention est conséquente.

On notera leur importance dans les vallons du Grand Tabuc, du Petit Tabuc, du Vallon de Fontenil constitués d'éléments cristallins et dans lesquels les moraines et éboulis ne sont pas atteints par l'érosion. En raison de la grande perméabilité qui existe entre les blocs, l'eau peut circuler sans provoquer de ravinement de surface.

De plus, cette "porosité" en grand permet une forte condensation sur les parois des blocs. Cet apport d'eau occulte favorise, peut-être, la diminution du déficit d'écoulement avec l'altitude et expliquerait la présence de placages de glace observés à un mètre de profondeur environ dans certains glaciers rocheux (observation faite avec Bernard FRANCOU sur le glacier rocheux de Laurichard).

Ces formations quaternaires ont pour effet d'atténuer les débits après les pluies ou la fonte des neiges, par une régulation due au cheminement perturbé des écoulements souterrains de l'eau.

Les relations existant entre les formations quaternaires et le substratum vont permettre, en fonction de la topographie et de l'architecture de la roche, des écoulements dans des directions préférentielles pouvant amener les eaux à changer de bassin versant.

VI - CONCLUSION A L'ETUDE GEOLOGIQUE

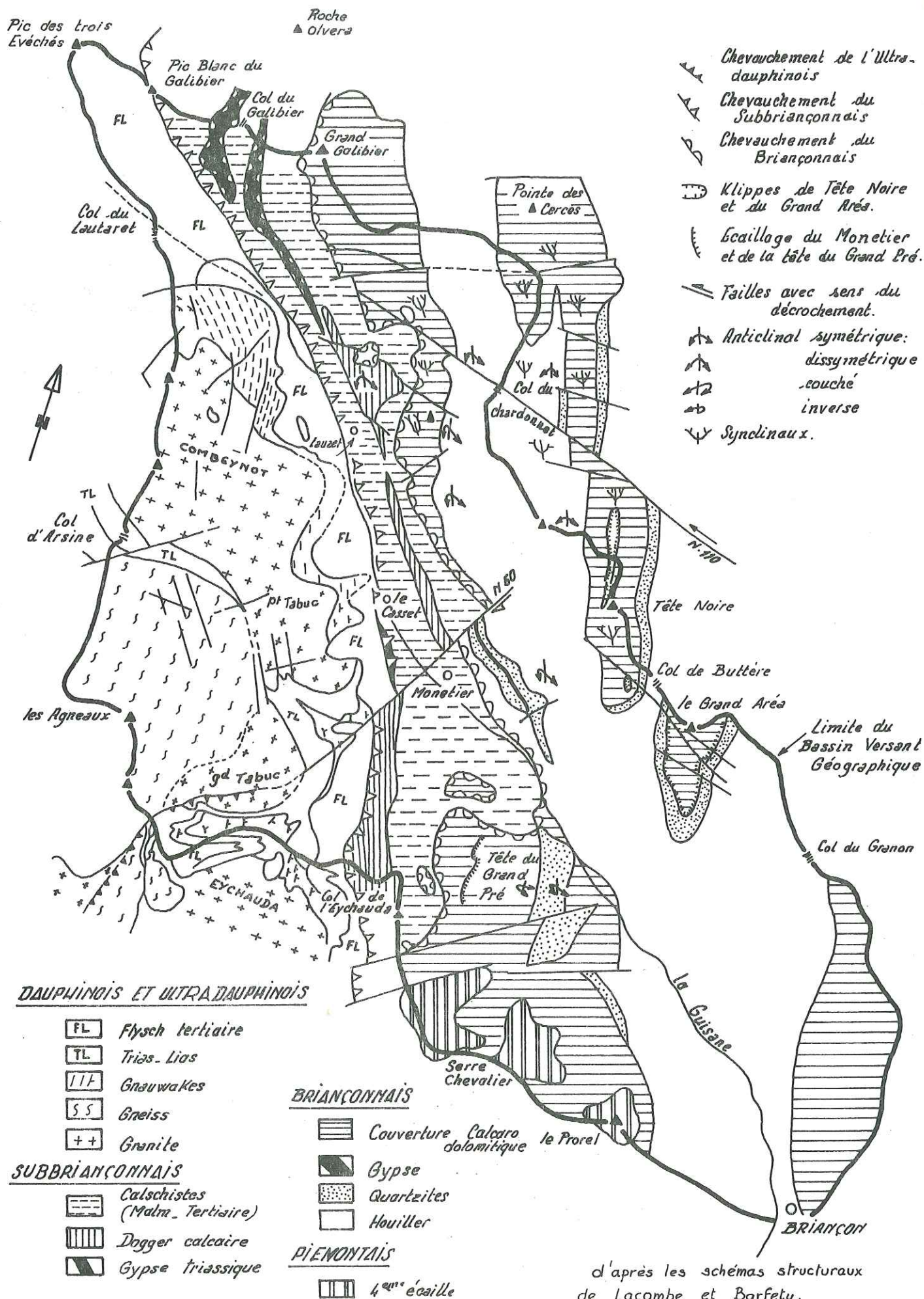
La différenciation de nature des terrains permet de localiser les réserves aquifères naturelles et les zones d'écoulements préférentiels soit par leur composition (calcaires, dolomies, certaines formations quaternaires) soit par leur fracturation due à une tectonique très intense.

Ainsi la géométrie de certains synclinaux se trouvant à cheval sur deux bassins versants, permet un écoulement préférentiel vers l'un de ces bassins aux dépens de l'autre. Plusieurs exemples existent pour la limite Nord-Est du bassin versant de la Guisane, où le bassin est tantôt déficitaire, tantôt excédentaire, au point de vue des écoulements.

Il en est de même pour des écoulements souterrains dus à la géométrie du substratum cachée par les formations quaternaires. Tel est le cas du glacier d'Arsine.

SCHEMA STRUCTURAL AU 1/100 000

Fig: 11



Les fractures qui sont le lieu de circulations privilégiées peuvent amener les eaux à changer de bassin versant dans certaines conditions géométriques.

Nous verrons que les circulations se font par une suite d'écoulements à la fois dans le substratum et dans les formations quaternaires.

Le schéma de fonctionnement des écoulements est commandé par une succession de vidanges de réservoirs naturels dont la capacité de rétention et le temps de vidange varient en fonction du volume, de la perméabilité et de la topographie des formations perméables ainsi que des formations imperméables.

Nous ne ferons pas un inventaire détaillé de la géomorphologie, mais les travaux sur le terrain ont souvent été dirigés par l'interprétation de la géométrie des versants ou des vallons.

CHAPITRE III - ETUDE DE LA CLIMATOLOGIE.
--

Introduction.

1 - Le réseau météorologique.

a) Réseau déjà existant.

b) Réseau installé pour l'étude par le S.R.A.E. d'Aix en Provence.

2 - Les précipitations.

a) Pluviométrie annuelle.

b) Répartition pluviométrique interannuelle.

c) Répartition mensuelle des précipitations et régime pluviométrique

d) Fréquence et intensité des précipitations.

e) Le gradient des précipitations.

f) Calcul de la lame d'eau précipitée moyenne sur le bassin.

g) La nivométrie.

Conclusion.

3 - Etude des températures.

a) Températures moyennes annuelles.

b) Températures moyennes mensuelles.

c) Les températures extrêmes.

d) Le gradient altimétrique de température.

Conclusion à l'étude des températures de 1979 à 1980.

4 - Etude de l'évapotranspiration.

a) L'évapotranspiration potentielle : ETP

b) L'évapotranspiration réelle (Etr) ou déficit d'écoulement (De)

Conclusion.

5 - Conclusion à l'étude climatologique.

Introduction.

Notre étude porte sur les deux années 1979 et 1980, mais nous avons la chance de posséder des relevés météorologiques depuis 1929 pour Monetier et 1947 pour Briançon.

Dans cette approche sommaire de la climatologie, j'ai largement utilisé les études effectuées par Ch.P. PEGUY en 1977 - 1978 sur "Le climat de Monetier et de Briançon. Recherche méthodologique et actualisation des données", qui m'ont été d'un grand secours et m'ont fait gagner beaucoup de temps en m'évitant de nombreux calculs.

De plus, la vallée de la Guisane, a fait l'objet de nombreuses études locales (E.D.F. - C.T.G.R.E.F., Centre d'Etude de la neige...) et il existe de nombreuses observations, mais qui ne sont pas toujours faites en même temps et sur de longues périodes.

Seules les observations faites à Monetier et à Briançon permettent une approche statistique satisfaisante, grâce à la longueur et la permanence des observations.

Il serait très intéressant de prendre le bassin versant de la Guisane comme bassin expérimental pour procéder à des mesures systématiques de débit sur plusieurs années afin d'établir des corrélations avec la météorologie. Une synthèse de l'ensemble des données sur le bassin de la Haute-Durance a été effectué par Charles Obled en décembre 1980 dans le cadre du projet "Inter-comparaison des modèles de fonte de neige" mis sur pied par la Commission Hydrologique de l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.).

1 - Le réseau météorologique (figure 14).

a) Réseau déjà existant.

- 1 - Station du C.B.R.B.C. à Briançon : altitude 1324 mètres.

Les mesures sont effectuées depuis 1947 sur les précipitations, les températures, l'ensoleillement, l'humidité relative de l'air, le vent.

- 2 - Station de Monetier : altitude 1.490 mètres.

Depuis 1929 sont mesurées les précipitations et les températures.

- 3 - Station du Lautaret au lieu-dit "Les Sestrières" : altitude 1.945 mètres
Mesures des Précipitations de 1948 à 1965.

- 4 - Pluvio-totalisateur Mangin - vallon du Grand Tabuc : altitude 2180 m

Quelques années de mesures permettent de calculer un gradient local.

- 5 - Station du Vallon de Laurichaud : Des mesures de températures et de nivométrie ont été effectuées par Bernard FRANCOU à partir de 1979.

b) Réseau installé pour l'étude par le S.R.A.E. d'Aix en Provence

- 1) 1 pluviographe (chauffant) au Casset, mis en service par le S.R.A.E. depuis Octobre 1979. Deux lampes de 100 watts commandées par un thermostat s'allument à l'intérieur du pluviographe et réchauffent le cône en période de chutes de neige. On a ainsi obtenu des pluviogrammes très précis des chutes de neige (en équivalent d'eau).
- 2) 7 tubes totalisateurs avaient été installés par mes soins en août 1979 afin d'établir deux profils pluviométriques. Malheureusement cette opération s'est conclue par un échec pour des raisons techniques et à cause de la difficulté à opérer régulièrement des relevés sur ces tubes totalisateurs.
 - Pour certains, la soudure de la base du tube n'a pas supporté le gel.
 - Deux sont tombés par terre.
 - Deux tubes ont disparu .

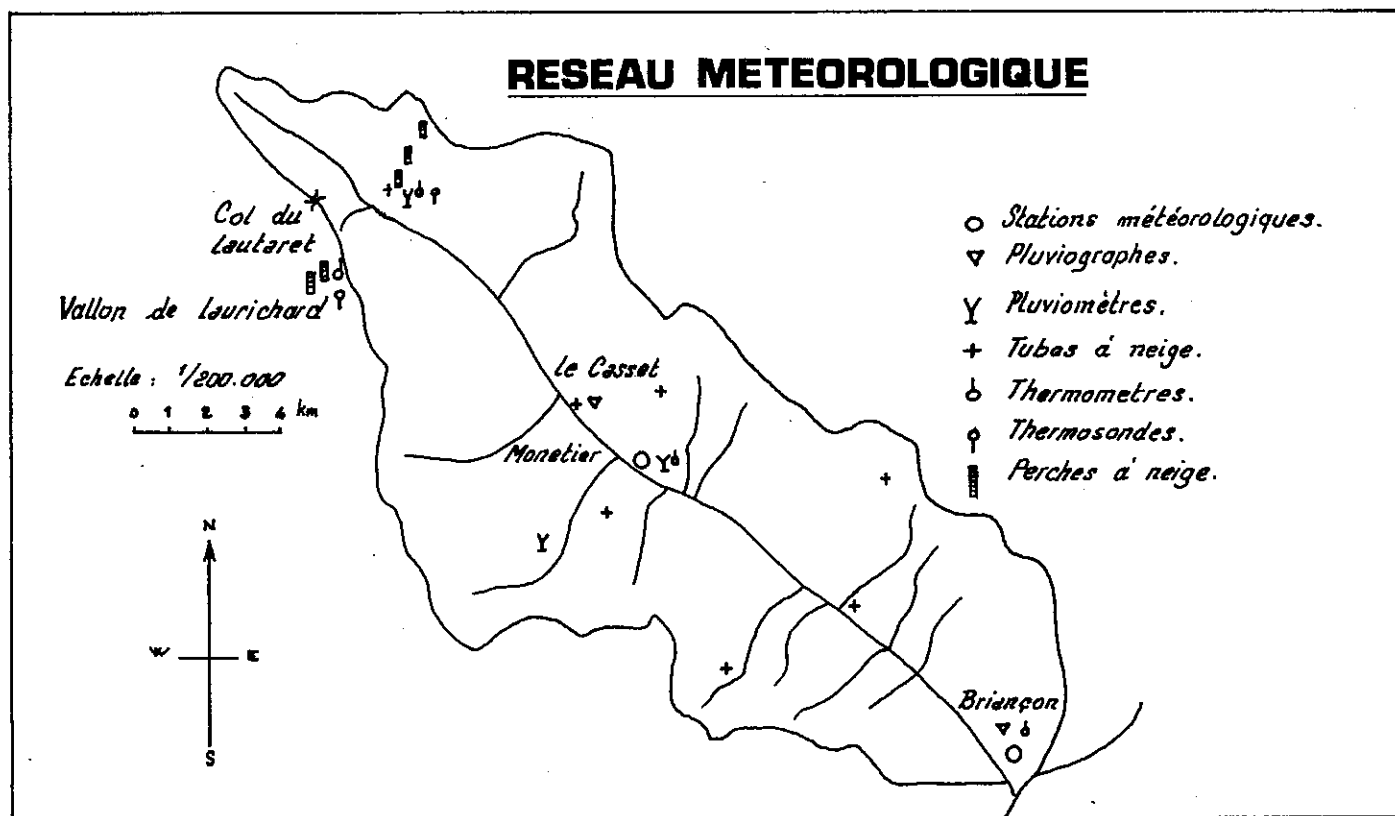
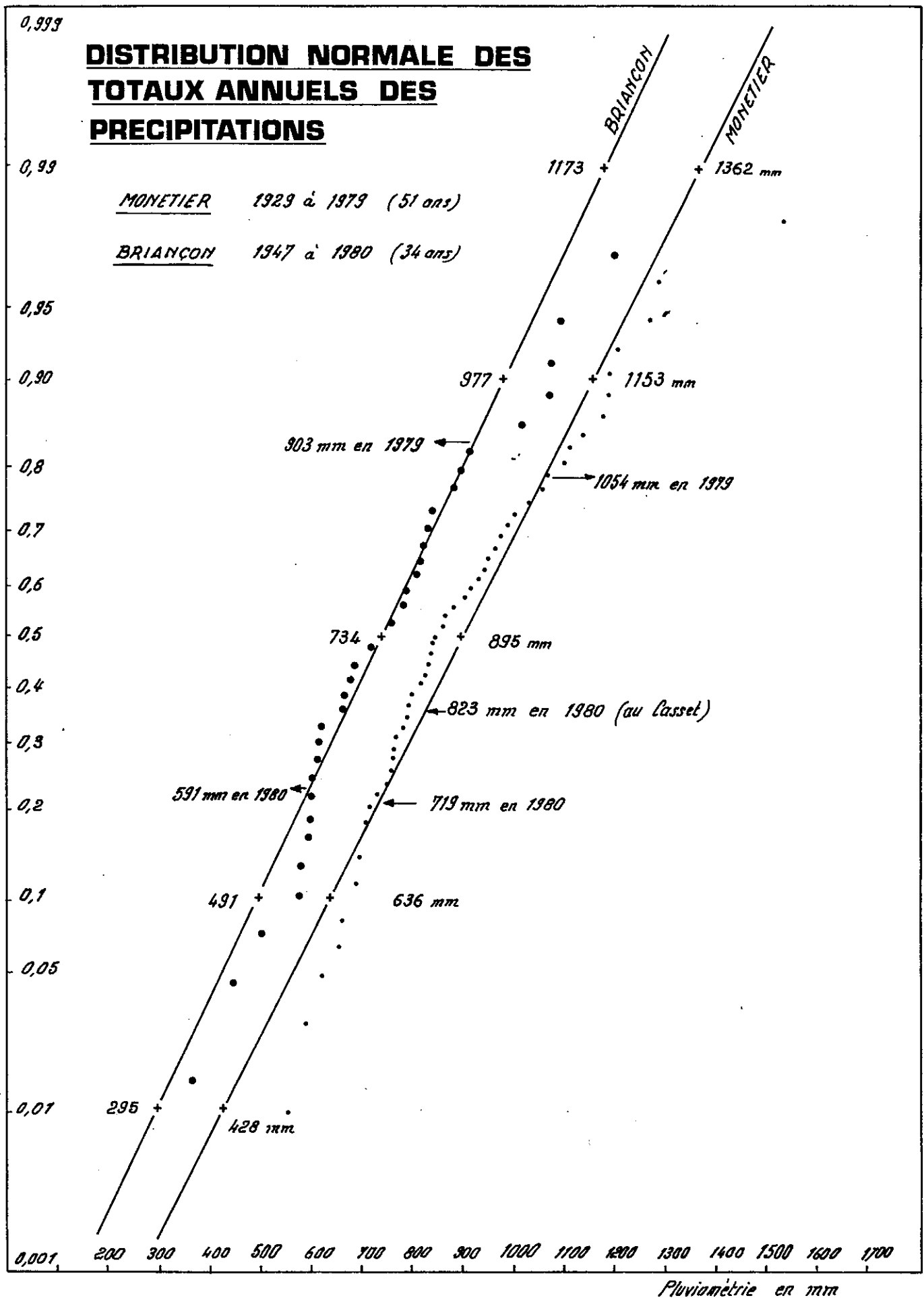


Fig. 14



2 - Les précipitations.

On dispose de données en continu pour trois stations : Briançon - Monetier et le Lautaret, ainsi que de quelques années de mesure pour un pluviographe totalisateur de type Mangin dans le vallon du Grand Tabuc.

A - Distribution temporelle des précipitations :

a) Pluviométrie annuelle :

Le calcul des moyennes a été effectué pour les plus longues périodes de mesures connues à chaque station, ainsi que pour la période comprise entre 1948 et 1965 qui est commune aux trois stations.

Stations	altitude	Période connue	moyenne	Période commune : 18ans - 1948 à 1965
BRIANCON	1324 m	1947 à 1980	734 mm	761 mm
MONETIER	1490 m	1929 à 1980	895 mm	965 mm
LAUTARET	1945 m	1932 à 1965	897 mm	891 mm

On s'aperçoit d'une anomalie dans les mesures à la station du Lautaret. En effet les précipitations à 1945 mètres sont inférieures à celles observées à Monetier qui se trouve 455 mètres plus bas. On ne pourra donc pas calculer de gradient de précipitation entre ces deux stations du fait de la non représentativité probable de celle du Lautaret.

Ajustement à la loi de GAUSS des précipitations annuelles.

Grâce aux longues séries de mesure, on a procédé à un ajustement des valeurs à la loi de GAUSS pour 51 ans à Monetier et 32 ans à Briançon. On remarque un alignement satisfaisant des points. On peut donc admettre un bon ajustement à la loi et l'on a calculé les quantiles caractéristiques extrêmes des précipitations annuelles (tableau n° 4).

Les années millénales figurant dans ce tableau ne doivent pas être considérées comme représentatives.

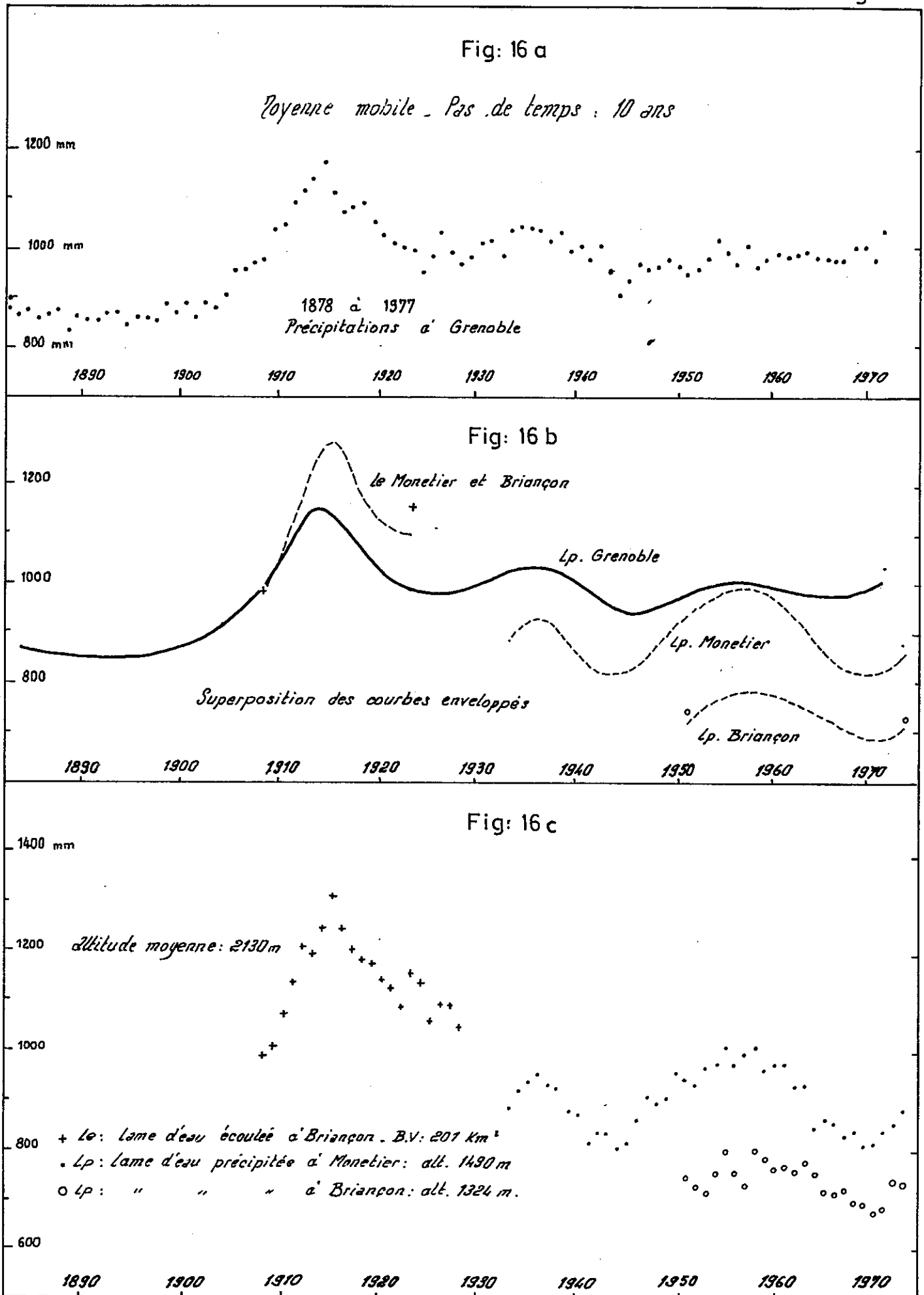


tableau n° 4.

	Monetier	Briançon.
année millénale humide	1.501 mm	1.321 mm
année centennale humide	1.362 mm	1.173 mm
année decennale humide	1.153 mm	977 mm
année moyenne	895 mm	734 mm
année decennale sèche	636 mm	491 mm
année centennale sèche	428 mm	295 mm
année millenale sèche	289 mm	147 mm.

L'année 1979 est une année excédentaire pour Monetier et Briançon. Le temps de retour de cette année humide étant d'environ 5 ans pour Monetier (excédent = 159 mm) et 6 ans pour Briançon (excédent = 169 mm). L'année 1980 est une année déficitaire pour la vallée. Le temps de retour est de 4 ans pour Monetier, 5 ans pour Briançon avec des déficits respectifs de 176 et 143 mm.

b) Répartition pluviométrique interannuelle (figure 16).

En 1976, J.J. JEREMIE et Ph. OLIVE montrent qu'il existe des fluctuations globales de la pluviosité en utilisant les moyennes mobiles qui atténuent les fluctuations interannuelles.

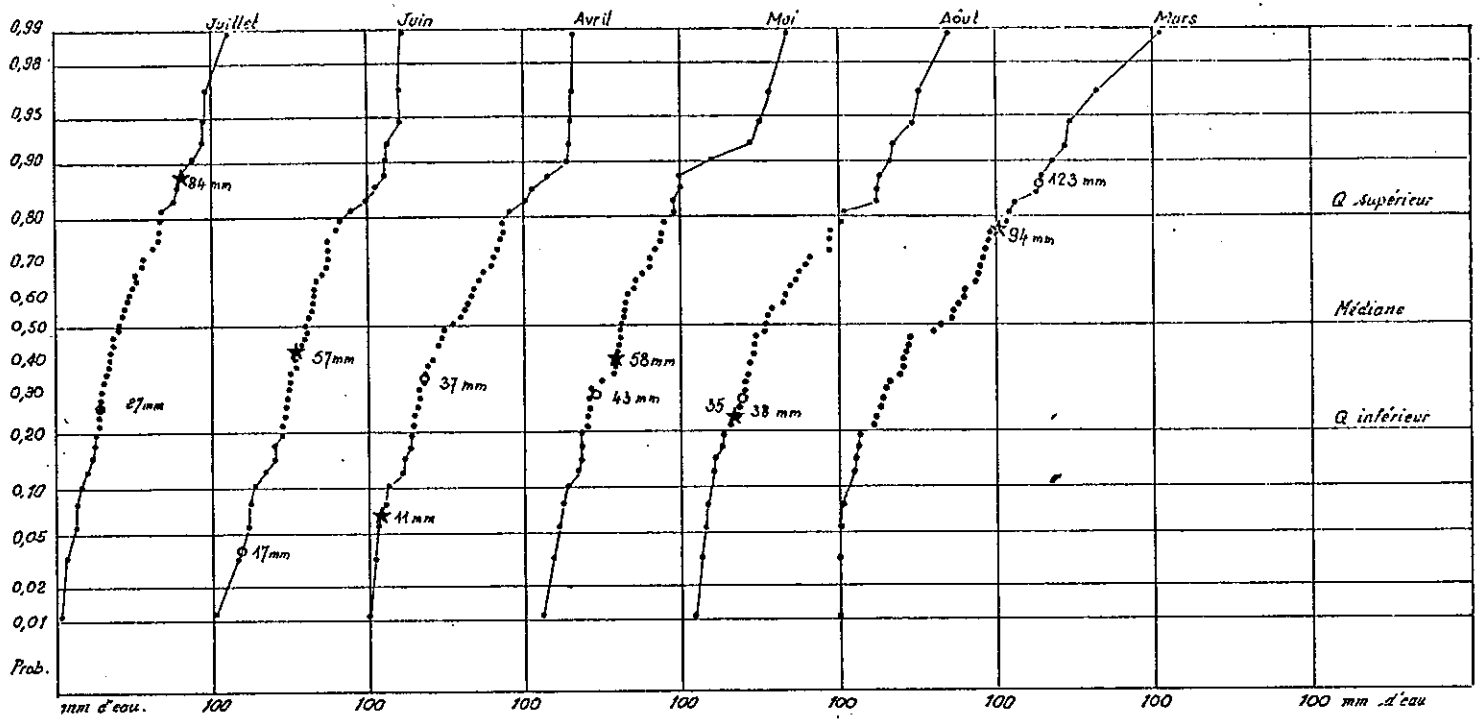
Cette méthode a été appliquée avec un pas de temps de 10 ans, pour Monetier de 1929 à 1980 et pour Briançon de 1947 à 1980. On a de même appliqué cette méthode à la lame d'eau écoulée mesurée aux deux stations limnimétriques. Les points obtenus se superposent presque exactement, et seule la lame d'eau écoulée à Briançon a été représentée et ce pour la période 1904 à 1943.

On se rend compte à l'observation de la figure 16 c que l'on manque d'informations en continu. Afin d'avoir les fluctuations sur une période plus longue, nous avons appliqué la méthode aux précipitations à Grenoble de 1878 à 1977, soit 100 ans, pour les comparer à celles de la Guisane.

Les courbes de la figure 16 b montrent des variations à peu près synchrones de la moyenne mobile des précipitations comme de la lame d'eau écoulée. On constate que le bassin de la Guisane semble subir les mêmes influences que la région de Grenoble, mais nous nous garderons d'interpréter de telles similitudes.

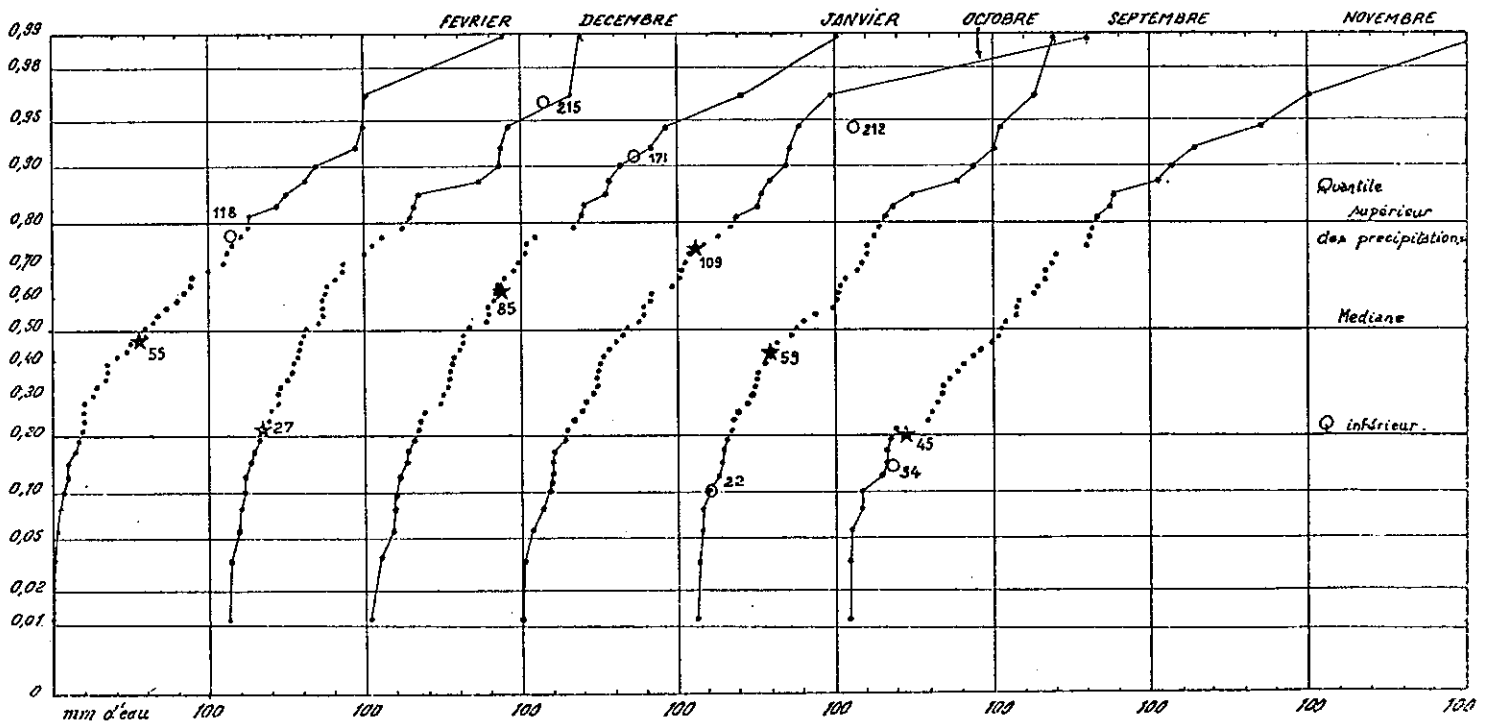
On a aussi fait une comparaison avec une étude sur le glacier de Saint Sorlin où Serge MARTIN a mis en évidence des périodes

Fig: 17



○ Précipitation observée en 1979
★ Précipitation observée en 1980

Monetier 1931-1975
Précipitations mensuelles
Fréquences cumulée
loi gamma incomplète



Monetier 1931-1975 (45 ans)

Précipitations mensuelles.
Fréquences cumulée.
loi gamma incomplète.

○ 1979
★ 1980

de fonte de glacier plus rapide qui correspondent aux périodes de faibles précipitations, la stabilisation du glacier coïncidant avec une période de fortes précipitations.

En fait, il faut signaler que le bassin de la Guisane présente un régime intermédiaire entre le régime alpin et le régime méditerranéen.

c) Répartition mensuelle des précipitations et régime pluviométrique :

- Les précipitations mensuelles :

Ch. P. PEGUY a étudié les ajustements des précipitations mensuelles à la loi de GAMMA incomplète. L'étude est faite sur les précipitations mensuelles à Monetier de 1931 à 1965, soit 45 années. Il en résulte le tableau suivant, qui présente la valeur du quantile supérieur, du quantile inférieur, de la médiane et de l'écart type.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Quantile Sup.	127,5	113,6	99,7	87,1	95,3	86,2	66,0	96,1	131,2	129,2	171,9	120,7
Médiane	68,9	57,0	53,6	52,5	61,8	59,9	42,2	57,2	75,1	66,6	94,9	66,9
Quantile Inf.	31,9	22,2	24,6	28,6	37,1	39,6	25,0	30,5	37,8	28,6	45,3	32,0
Ecart type	63,0	66,5	49,5	37,2	36,3	28,6	25,7	41,8	60,3	67,3	82,8	57,9

d'après Ch.P. PEGUY.

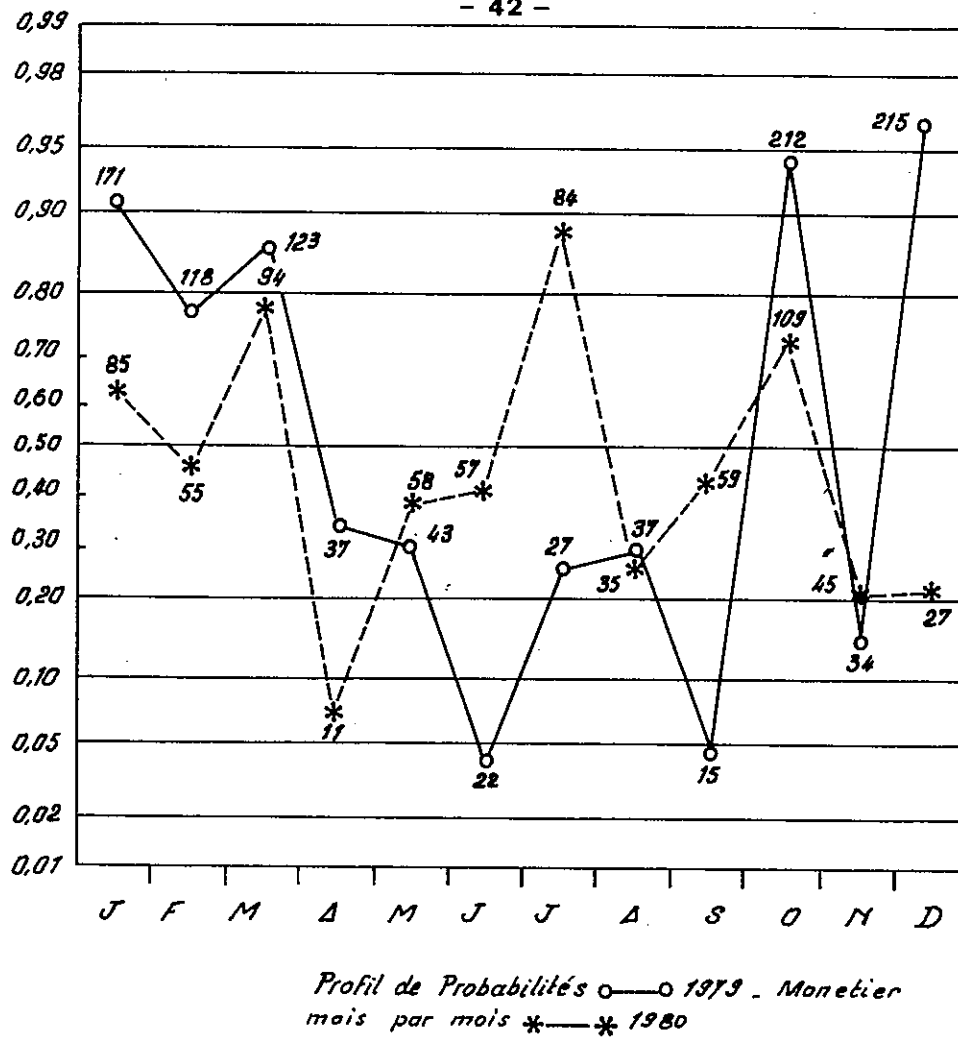
Les précipitations mensuelles selon la loi de GAMMA incomplète sont présentées sur les figures 17a et 17b.

L'intérêt de ces courbes est de souligner la plus ou moins grande dissymétrie des séries mensuelles par rapport à la moyenne.

L'évolution au cours de l'année analysée par le Pr. PEGUY peut être résumée comme suit :

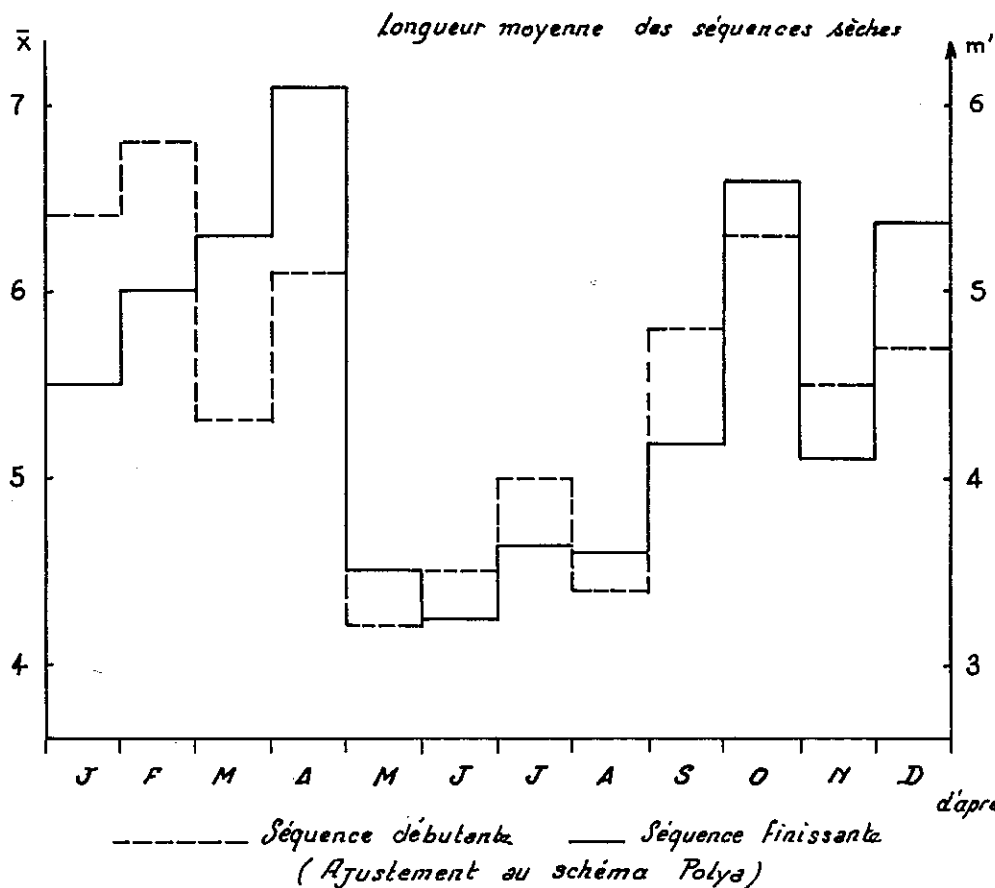
- . Décembre à Mars : le temps est généralement beau ou mauvais, plus souvent beau. La probabilité de voir se dérouler des séquences sèches de plus de 15 jours est la plus forte.
- . Février : présente une très forte variabilité interannuelle et une distribution des hauteurs d'eau fortement dissymétrique ($\lambda = 1,5$).
- . Avril : mois de transition et mois "changeant".

Fig: 18



MONETIER. 1947-1975

Fig: 19



d'après Ch. P. Péguy.

- . Mai - Juin : le nombre de jours intermédiaires augmente. Juin présente une variabilité interannuelle très faible.
- . Juillet - août : c'est la belle saison. Juillet étant en général le mois le moins arrosé.
- . Septembre - On note une forte variabilité interannuelle des précipitations, surtout en octobre.
- . Novembre : est le mois qui présente les plus fortes précipitations moyennes mensuelles. La variabilité interannuelle est la plus forte.

- Précipitations mensuelles à Monetier, Briançon et au Casset en 1979 et 1980.

1979

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
Monetier	171	118	123	37	43	22	27	37	15	212	34	215	1054mm
Briançon	143	83	120	28	34	29	30	45	25	196	35	135	903mm

1980

Le Casset	92	78	101	15	64	62	77	39	93	133	45	24	823 mm
Monetier	85	55	94	11	58	57	84	35	59	109	(45)	27	719 mm
Briançon	55	47	61	10	71	32	48	35	72	100	39	21	591 mm

Nous avons représenté les valeurs des précipitations mensuelles de Monetier (1979 et 1980) sur les figures 17a et 17b afin d'apprécier la probabilité qu'elles avaient d'être atteintes ou dépassées.

A partir des valeurs de probabilité, nous avons établi les profils de probabilité de pluie mensuelle sur la figure 18 pour 1979 et 1980. On remarque de fortes variations autour de la moyenne, autant vers les faibles précipitations que vers les fortes précipitations mensuelles.

- Le régime pluviométrique à Monetier :

A Monetier, la pluviométrie mensuelle moyenne de 1946 à 1975 est :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	P de 1946 à 1975
88	87	69	57	69	66	44	66	78	74	121	80	899 mm

Ce qui représente pour chaque saison :

Hiver : 244 mm soit 27,2 %

Printemps : 192 mm soit 21,3 %

Eté : 188 mm soit 20,9 %

Automne : 275mm soit 30,6 %.

La répartition des précipitations est homogène sur l'année et se traduit par l'indice saisonnier du type A.H.P.E.

On remarquera qu'il n'y a pas de saison transitoire.

C'est donc en automne qu'il y a le plus de précipitations, dont une partie peut être stockée en altitude sous forme de neige.

d) Fréquence et intensité des précipitations :

- La fréquence : On peut apprécier la fréquence à partir de l'étude des séquences de jours consécutifs avec ou sans précipitations. A Monetier les jours sans précipitations sont beaucoup plus nombreux que les jours pluvieux.

En effet, on note à Monetier : 278 jours sans précipitations contre 87 pour les moyennes annuelles, soit un rapport $r = 3,19$.

On a calculé ce rapport r pour les années 1979 et 1980 :

Monetier en 1979 : 249 contre 116 : $r=2,15$ (il a plu 1 jour sur 3)

Briançon en 1979 : 206 contre 159 : $r = 1,30$ (il a plu 1 jour sur 2).

On rappelle que l'année 1979 a été une année humide :

Monetier en 1980 : 276 contre 89 : $r = 3,10$ (il a plu 1 jour sur 4).

Briançon en 1980 : 246 contre 119 : $r = 2,07$ (il a plu 1 jour sur 3)

Le Casset en 1980 : 263 contre 102 : $r = 2,57$ (il a plu moins d'un jour sur 3).

On rappelle que l'année 1980 a été une année sèche. On peut dire qu'en général il pleut (ou il neige) 1 jour sur 3 dans la vallée de la Guisane.

La longueur moyenne des séquences sèches varie suivant les mois. Elle est la plus faible pour les mois de mai, juin, juillet, et août. La figure 19 illustre ces séquences. Ce graphe a été établi pour une période de 29 ans (1947 à 1975) par Ch.P. PEGUY.

.Nombre mensuel et annuel de jours de précipitations égales ou supérieures à 0,1 mm (tableau n° 5).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1979
Briançon	19	14	18	12	10	13	9	13	6	18	7	20	158
Monetier	15	12	13	7	7	7	7	8	3	17	5	15	116

1980													
Briançon	9	6	15	7	16	11	9	8	7	12	11	8	119
Monetier	7	3	13	4	15	10	7	4	4	8	(8)	6	89
Le Casset	9	4	12	5	14	13	9	6	5	13	8	4	102

- L'intensités de précipitations :

A la station du Casset, les précipitations journalières (figure 20), pour l'année 1980 sont telles que :

- . 27 jours ont vu tomber plus de 10 mm soit 26 % des jours de pluie.
- . 7 jours ont dépassé 25 mm soit 7 % des jours de pluie.
- . Le 4 février 1980, il est tombé 50,0 mm d'équivalent d'eau (chute de neige) en 24 heures. C'est la plus forte précipitation de l'année.

On ne peut passer sous silence les pluies d'octobre 1979 qui ont été exceptionnelles. L'intensité a atteint 56,5 mm au Casset le 14 Octobre. Du 10 au 17 Octobre, il est tombé 169 mm. Ceci a eu pour effet une augmentation très sensible des débits et une recharge importante des réserves.

En général, les précipitations assez intenses sont regroupées sur quelques jours auxquels fait suite une période relativement longue sans précipitation.

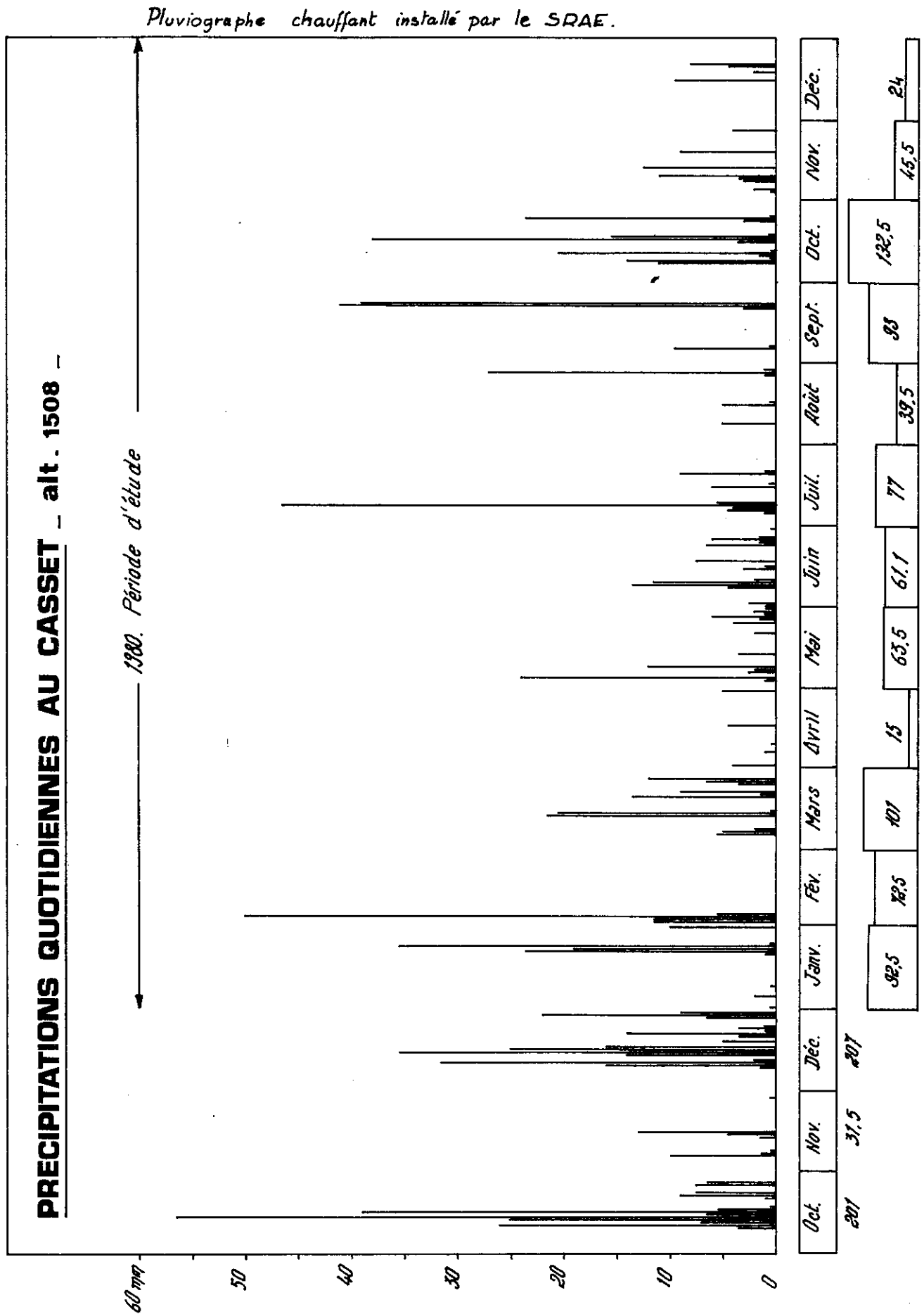
Pour la station de Monetier, la pluie décennale journalière est de 84 mm en 24 heures.

e) Le Gradient des précipitations :

Le gradient est calculé à partir des stations de Monetier et Briançon dont la différence d'altitude est de 166 m.

En 1979 le gradient est de 91 mm/100 m.

En 1980 le gradient est de 77 mm/100 m.



On remarque une différence notable du gradient suivant l'année. La station du Lautaret étant déficitaire par rapport aux autres stations, on ne tiendra pas compte des valeurs de précipitation qu'on y a relevées. Les mesures effectuées au pluviomètre totalisateur Mangin dans le vallon du Grand Tabuc sont très intéressantes car elles montrent des précipitations importantes. Il y a donc grosso-modo une compensation entre les deux secteurs. En fait cela montre assez simplement que la pluie et la neige soufflées depuis le Col du Lautaret vers le Sud-Est vont retomber dans les vallons très encaissés du Petit et du Grand Tabuc.

De plus les massifs élevés qui entourent le vallon du Grand Tabuc maintiennent les nuages et la lame d'eau précipitée dans le fond du vallon est sensiblement celle qui devrait correspondre aux altitudes proches de 3.000 mètres.

En calculant le gradient entre Monetier et le pluviomètre du Grand Tabuc à 2.197 mètres d'altitude, on trouve pour 1980 : 73 mm/100 m ce qui est très proche du gradient calculé dans la vallée (77 mm/100 m).

Il est très regrettable que les tubes à neige que j'avais installés n'aient pu donner entière satisfaction, car cela aurait permis de calculer de façon plus précise la lame d'eau précipitée sur le bassin versant.

Faute de mieux, nous avons finalement appliqué la méthode du gradient altimétrique des précipitations, bien que son application soit sujette à de nombreuses objections concernant par exemple la situation des stations (Briançon en adret).

f) Calcul de la lame d'eau précipitée moyenne sur le bassin.

Nous utilisons l'altitude dite "moyenne" du bassin versant fermé à Chantemerle qui est en fait l'altitude de fréquence 1/2 soit 2.360 mètres (B.V = 165 km²). Ensuite nous utilisons le gradient calculé pour chaque année à partir de l'altitude de la station de Monetier (1.490 m).

Nous avons également effectué le calcul pour le bassin fermé au Casset (B.V = 80 km²).

Pour l'année 1979 : B.V 165 km² = 1.736 mm soit 1750 ± 170 mm

B.V. 80 km² = 1.846 mm soit 1850 ± 180 mm

Pour l'année 1980 : B.V. 165 km² = 1.296 mm soit 1.300 ± 130 mm

B.V. 80 km² = 1.389 mm soit 1.400 ± 140 mm

L'erreur admise étant d'environ 10 %.

Fig: 21

Hauteurs du manteau neigeux dans le vallon de Laurichard.
d'après B. Francou (alt. 2050 et 2450 m)
et à Monetier d'après C. Plaindoux. (alt 1490 m)

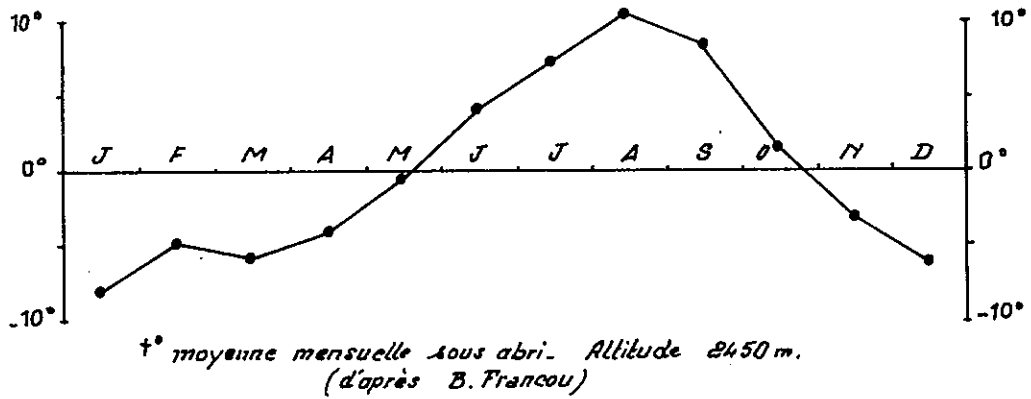
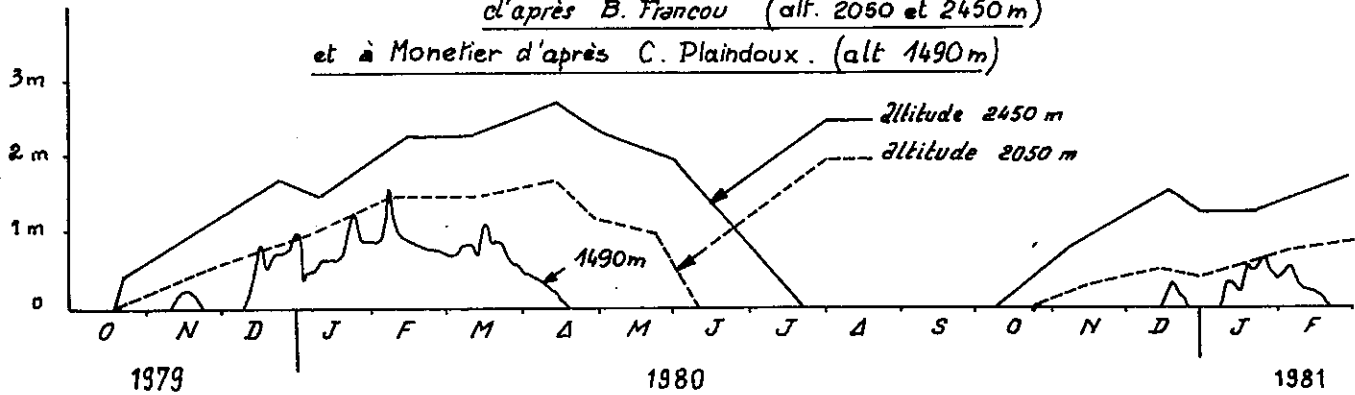
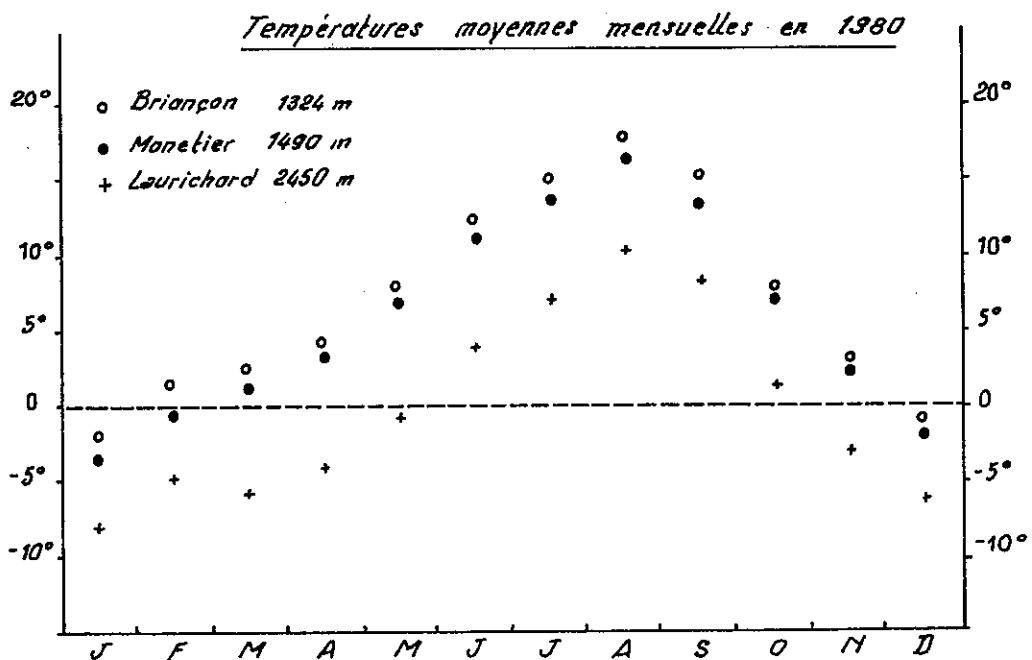


Fig: 22



L'année hydrologique et l'année astronomique ont été confondues pour des raisons pratiques. De toutes façons cela ne doit pas introduire de grosses erreurs sur un cycle hydrologique.

g) La nivométrie.

C'est le facteur déterminant de l'hydrologie de la Guisane. La neige s'accumule de novembre - décembre jusqu'en avril - mai suivant les années, et la fonte du manteau neigeux se termine entre avril et juillet suivant l'altitude considérée.

Le manteau neigeux persiste donc de 5 à 9 mois suivant l'altitude.

Le stock d'eau présent avant la fonte des neiges est considérable et représente en moyenne près du tiers des précipitations annuelles comme nous l'indiquent les indices saisonniers.

- Evolution du manteau neigeux :

L'évolution du manteau neigeux est étudiée grâce à des relevés de perches à neige.

La figure n° 21 présente l'évolution du manteau neigeux :

- dans le Vallon de Laurichard aux altitudes 2.450 m et 2.050 m.

Ces relevés ont été effectués par B. FRANCOU depuis octobre 1979.

- au village de Monetier les Bains à 1.490 mètres d'altitude à la station météorologique dont les relevés sont effectués par C. PLAINDOUX.

Nous comparons les températures moyennes mensuelles à 2.450 mètres afin de montrer l'influence de la température sur l'évolution du manteau neigeux.

o La fonte des neiges est commandée par la remontée de l'isotherme 0°.

Il existe une différence de l'évolution du manteau neigeux entre les deux versants opposés de la vallée de la Guisane qui peut atteindre 400 ou 500 mètres de dénivelée, entre l'adret et l'ubac.

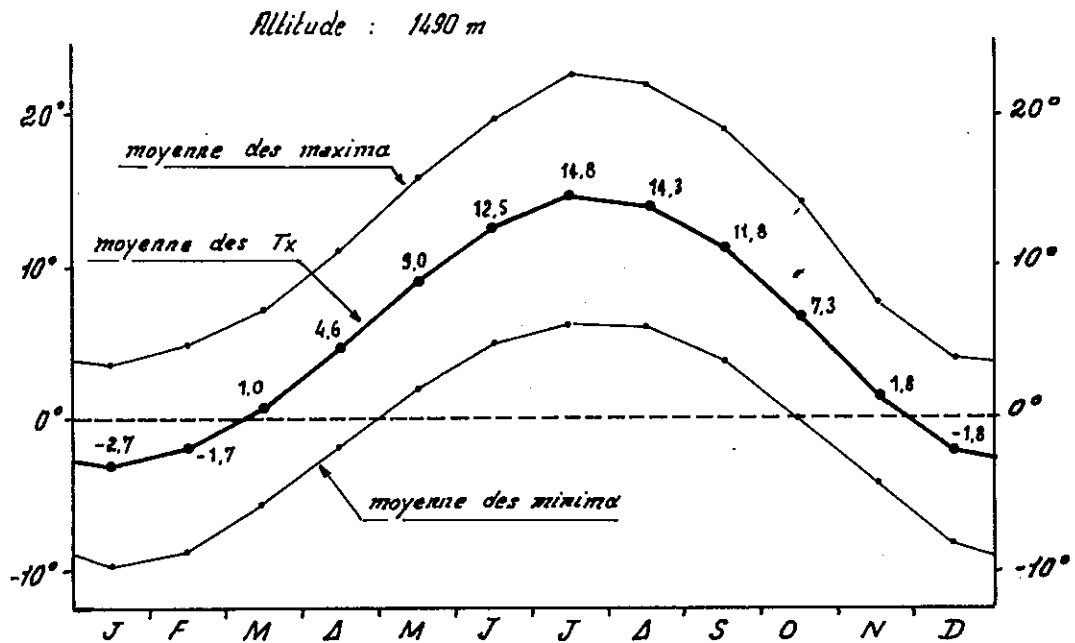
L'insolation importante de la vallée provoque en adret la sublimation de la neige, et une fonte par réchauffement de ce versant.

Conclusion à l'étude des précipitations.

Le bassin versant de la Guisane se situe à la limite d'un climat de type océanique humide (venant du Nord Ouest) et d'un climat de type méditerranéen (versant du Sud). Ceci lui confère un climat de caractère particulier dont la fréquence et l'intensité des précipitations sont le reflet.

REGIME THERMIQUE ET VARIABILITE INTERANNUELLE DE TEMPERATURE A MONETIER LES BAINS. 1946-1977

Altitude : 1490 m

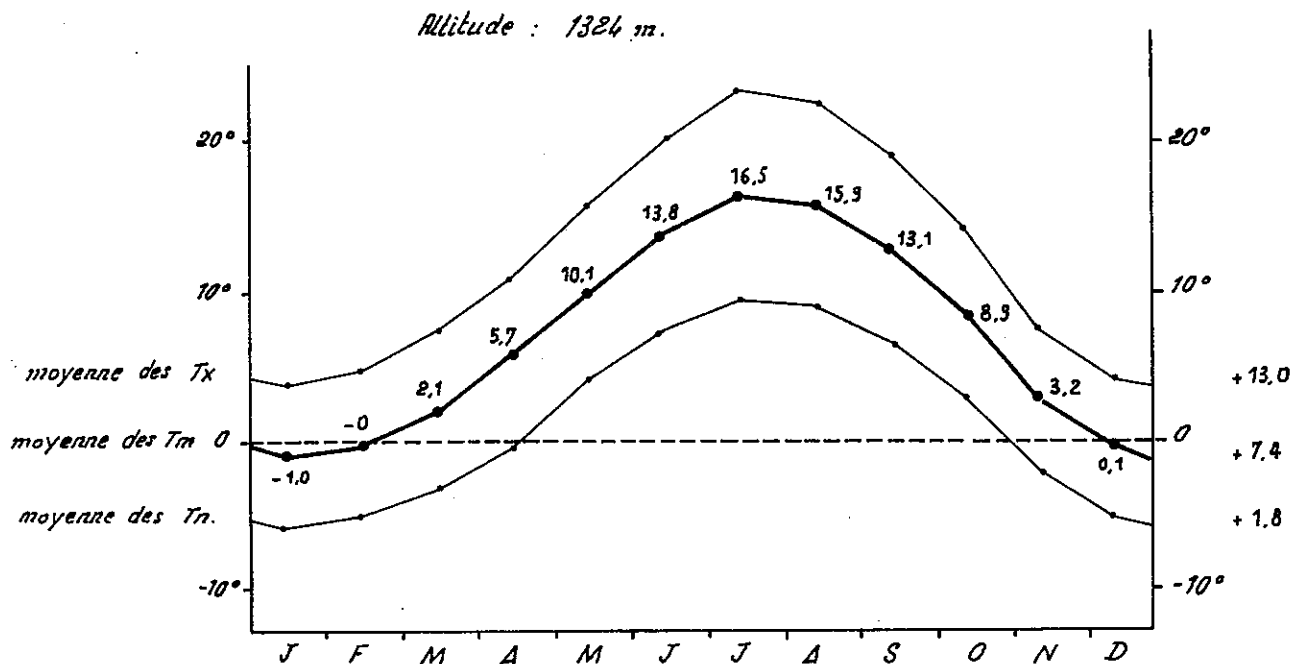


d'après Ch. P. Peguy. TLGP Paris VIII. n°5 1977. 1978

Fig: 23b

A BRIANCON. 1961-1979

Altitude 1324 m.



3 - Etude des températures.

a) Températures moyennes annuelles.

Elles sont variables selon les périodes considérées. Ces variations sont toutefois peu importantes ; de l'ordre de quelques dixièmes de degré.

à Monetier : période 1951 à 1975 : $T = + 6^{\circ}0$

en 1979 : $T = + 6^{\circ}7$

en 1980 : $T = + 5^{\circ}8$

à Briançon : période 1951 à 1975 : $T = 7^{\circ}75$

période 1961 à 1980 : $T = 7^{\circ}38$

en 1979 : $T = 7^{\circ}20$

en 1980 : $T = 7^{\circ}05$

La température de l'année 1980 est sensiblement inférieure à celle de l'année moyenne.

Ceci a influencé les débits de juin et juillet de façon notable.

b) Températures moyennes mensuelles.

Toutes les températures moyennes mensuelles sont calculées de la façon suivante : $T_m = \frac{T_x + T_n}{2}$

Ceci induit forcément des erreurs, mais qui sont négligeables pour les considérations hydrologiques.

- moyennes sur de longues périodes :

. Monetier de 1946 à 1977 - figure 23a

. Briançon de 1961 à 1979 - figure 23b

Ces moyennes vont servir de base pour mettre en évidence les différences avec les années particulières de 1979 et 1980 dont on étudiera les écarts par rapport à la moyenne mensuelle interannuelle.

- moyennes mensuelles des températures en 1979 et 1980.

Dans le tableau n° 6 sont présentées les valeurs des moyennes mensuelles. Les figures 24a et 24b montrent les variations mensuelles par rapport à la moyenne interannuelle, sauf pour la station du vallon de Laurichard qui fonctionne depuis 1979.

c) Les températures extrêmes.

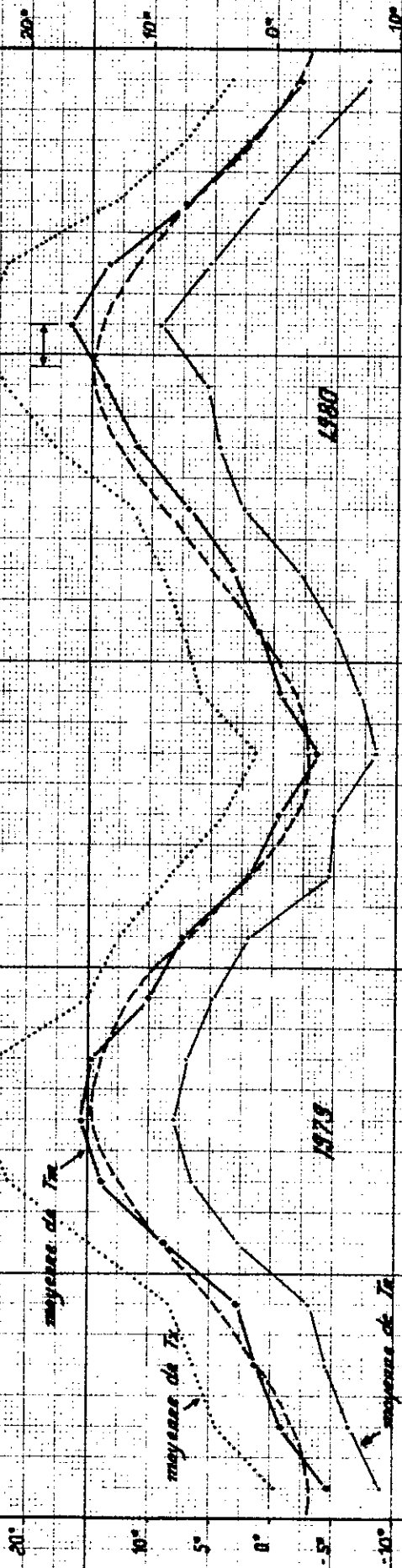
- Nombre annuel de jours de gelée (t° maximales $\leq 0^{\circ}$ sous abri)

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES

Fig. 24

moyenne de Tm (1966-1977)

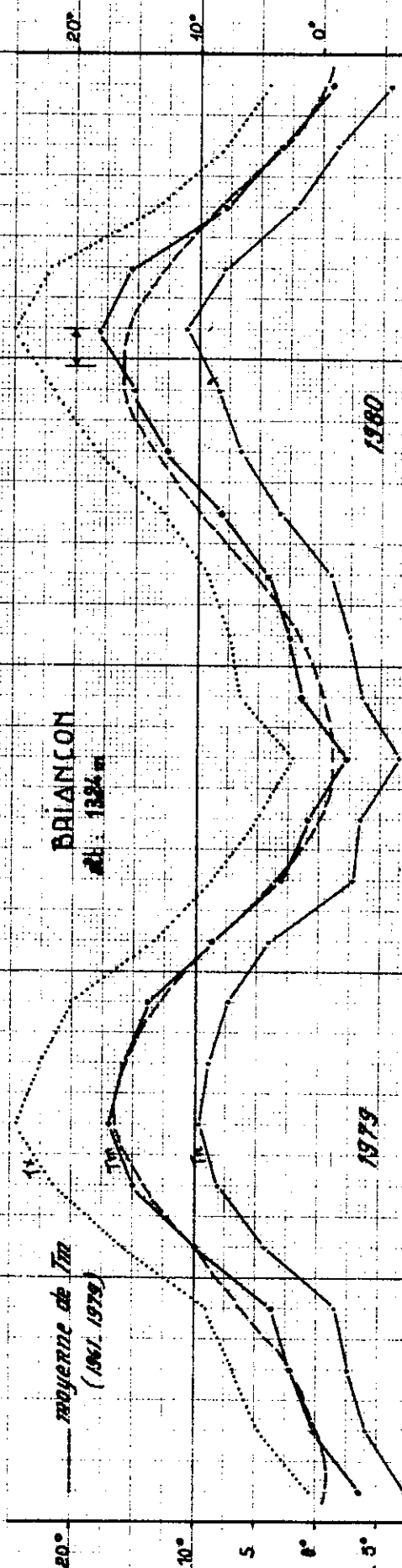
MONETIER
alt : 1490 m



BRIANÇON

alt : 1324 m

moyenne de Tm (1961-1979)



J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D

Tableau n° 6
THERMOMETRIE : moyennes mensuelles des Tn, Tx et Tm.

Tn = température minimale quotidienne sous abri.

Tx = " " maximale " "

Tm = $\frac{T_x + T_n}{2}$

Année 1979	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Monetier : 1490 m													
Tn	- 8,9	- 6,1	- 4,5	- 2,9	2,8	6,5	7,9	7,0	4,9	1,9	- 4,5	- 4,8	0,4
Tx	- 0,2	4,3	6,2	8,3	14,7	21,7	23,5	22,6	20,0	12,3	8,3	3,9	13,8
Tm	- 4,3	- 0,9	0,9	2,7	8,7	14,0	15,7	14,8	12,5	7,1	2,0	- 0,5	7,1
Briançon : 1324 m													
Tn	- 7,2	- 4,0	- 2,6	- 1,3	4,2	8,1	9,6	8,7	7,3	4,0	- 2,8	- 3,2	1,7
Tx	0,6	4,7	6,7	9,0	15,8	21,6	24,5	22,6	20,1	13,2	8,7	5,1	12,7
Tm	- 3,3	0,3	2,1	3,9	10,0	14,8	17,0	15,6	13,7	8,6	3,0	1,0	7,2

Année	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Monetier : 1490 m													
Tn	- 8,3	- 7,1	- 5,1	- 2,0	2,3	4,5	5,5	9,3	5,3	1,2	- 2,9	- 7,4	- 0,4
Tx	1,5	6,0	7,2	9,2	11,5	18,0	21,8	24,1	21,9	13,3	7,3	3,7	12,1
Tm	- 3,4	- 0,5	1,0	3,6	6,9	11,2	13,6	16,7	13,6	7,2	2,2	- 1,9	5,8
Briançon : 1.324 m													
Tn	- 6,4	- 3,4	- 2,4	- 1,0	3,3	6,5	8,3	11,0	7,8	2,1	- 1,2	- 5,6	1,6
Tx	2,1	6,5	7,3	9,2	12,7	18,2	21,7	24,9	21,8	13,5	7,8	4,3	12,5
Tm	- 2,2	1,5	2,5	4,1	8,0	12,3	15,0	16,0	14,5	7,8	3,3	- 0,6	7,05
Vallon de Laurichard : 2.450 m													
Tn	(- 6,3)	- 7,7	- 8,7	- 5,3	- 2,8	1,4	4,6	7,8	5,6	0,3	- 5	- 8,2	- 2,0
Tx	(- 10,5)	- 2,3	- 3,5	- 3,1	1,5	5,9	9,6	12,9	10,8	3	- 1,1	- 4,1	+ 1,6
Tm	(- 8,2)	- 5,0	- 6,0	- 4,2	- 0,8	3,7	7,0	10,3	8,2	1,3	- 3,1	- 6,2	- 0,3

1979 (Briançon : 158 jours
(Monetier : 183 jours

1980 : Briançon : 165 jours.

- Nombre annuel de jours de grand froid (t° minimales $\leq 10^{\circ}$ sous abri)

1979 (Briançon : 17 jours
(Monetier : 29 jours

1980 : Briançon : 6 jours.

- Nombre annuel de jours sans dégel (t° maximales $\leq 0^{\circ}$)

1979 (Briançon : 19 jours
(Monetier : 25 jours

1980 : Briançon : 14 jours

- Nombre annuel de jours chauds (t° maximales $\geq 25^{\circ}$)

1979 (Briançon : 27 jours
(Monetier : 26 jours

Juin	Juillet	août
3	15	9
6	12	8

1980 : Briançon : 26 jours : Juillet = 10 jours août : 15 jours
septembre : 1 jour

d) Le gradient altimétrique de température : figure 25.

- Gradient pour l'année 1980.

Les études de température faites dans le vallon de Laurichard (2450 m) ont permis un calcul précis du gradient de température de $-0,60^{\circ}/100$ m pour la vallée de la Guisane.

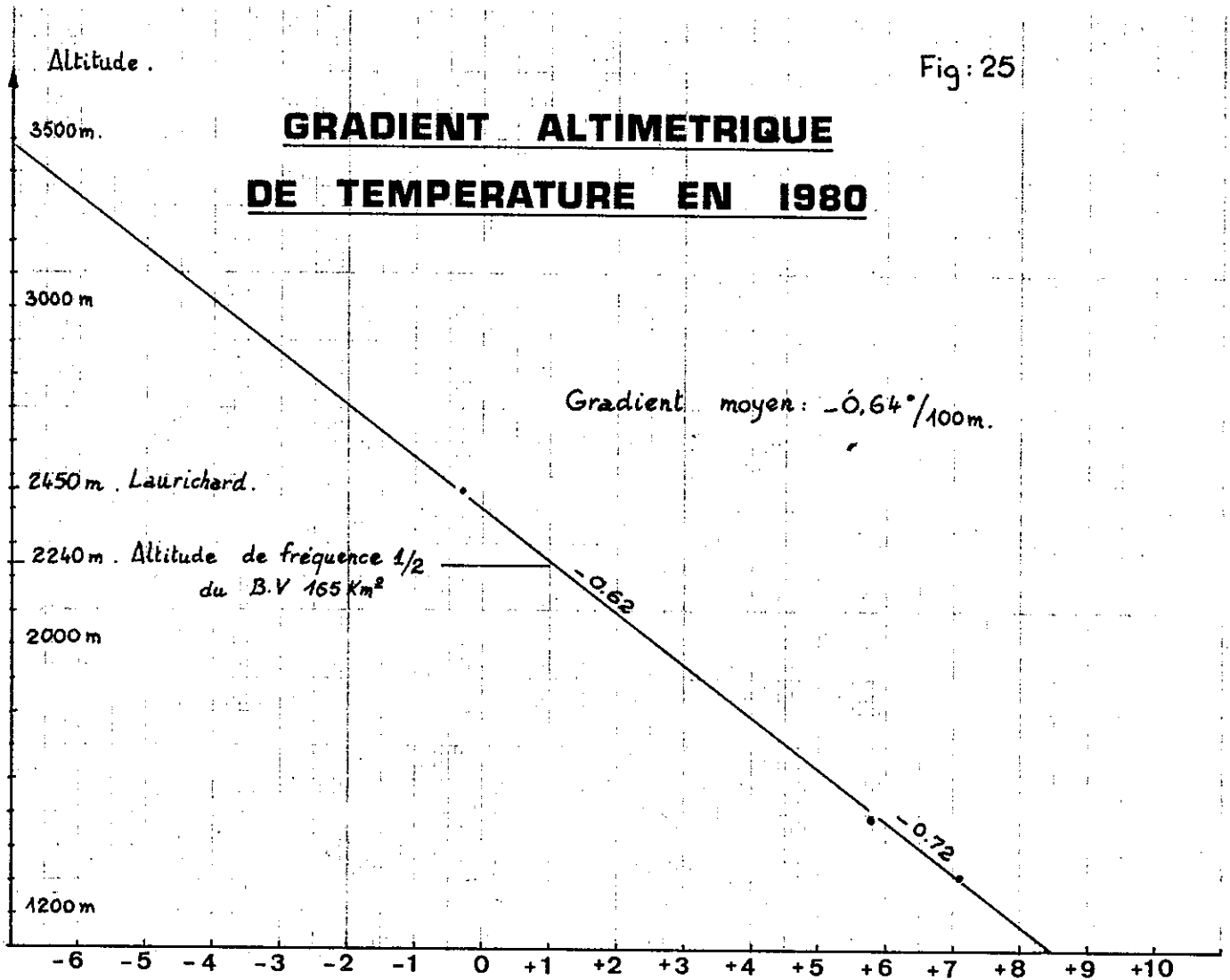
- Gradient mensuel des températures.

On a calculé le gradient altimétrique mensuel de température entre Monetier et Briançon :

Gradient en $^{\circ}\text{C}/100$ m en 1980 :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-0,72	-1,20	-0,90	-0,30	-0,66	-0,63	-0,84	-0,42	-0,54	-0,33	-0,66	-0,78

Fig: 25



On remarque que le gradient est élevé de décembre à mars. Cela est dû au fait que Monetier se trouve rapidement dans l'ombre du massif du Dôme du Monetier. Le gradient du mois de juillet est dû à la particularité de l'année 1980 qui a eu des températures très basses pour la saison.

On a ainsi calculé ce gradient entre Briançon et la station de Laurichard.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-0,53	-0,58	-0,75	-0,74	-0,78	-0,76	-0,71	-0,51	-0,65	-0,58	-0,57	-0,48

Les différents gradients ne présentent pas d'écarts importants, car les conditions d'ensemble des deux stations ne subissent pas de changements notables comme à Monetier. En effet la station de Briançon se trouve nettement en adret, et la station de Laurichard est en ubac.

Il semble que le gradient calculé entre la station de Briançon et celle de Laurichard soit très représentatif de la moyenne du bassin versant.

C'est avec ces derniers gradients mensuels que nous avons calculé les températures moyennes mensuelles à l'altitude de fréquence 1/2 du bassin versant pour calculer ensuite l'évapotranspiration.

Pour le bassin versant de 165 km², l'altitude de fréquence 1/2 est 2.240 mètres ($\delta_H = 2.240 - 1.324 = 916$ m), d'où les températures moyennes mensuelles calculées pour l'altitude 2.240 m en 1980 :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T en °C.	-7,05	-3,81	-4,37	-2,68	+0,85	5,34	8,50	11,33	8,55	2,49	-1,92	-5,00

On remarque que six mois de l'année ont une température moyenne mensuelle inférieure à 0° pour 2.240 mètres d'altitude.

- Conclusion à l'étude des températures de 1979 et 1980 :

Un des points essentiels qu'il faut retenir de cette étude est la période à laquelle l'isotherme 0° atteint une certaine altitude. En effet lorsque l'isotherme 0°C sera atteinte ou dépassée il y aura début de la fonte des neiges et donc augmentation du débit.

Certains petits torrents ou certaines sources d'altitude, comme par exemple les sources de la Guisane, sont presque uniquement influencées par la température. Ces sources ont un débit nul en hiver et dès que l'isotherme 0° dépasse leurs altitudes, il y a écoulement.

L'année 1979 présente des mois de juin, juillet et août plus chauds que la moyenne. Le mois d'avril ayant été nettement plus froid.

L'année 1980 présente une période nettement plus froide que la moyenne. Faisant suite à un mois de février plus chaud que la moyenne, les mois d'avril, mai, juin et juillet ont été plutôt froids, ce qui se traduit par un blocage de la fonte et une baisse des débits.

Les fortes chaleurs du mois d'août se sont poursuivies jusqu'en septembre, ce qui entraîne des débits relativement importants pour les torrents alimentés par des glaciers.

Les relevés de température effectués par B. FRANCOU pendant l'année 1980 ont permis de calculer un gradient moyen de $0,64^{\circ}/100$ m pour le bassin versant total.

4 - Etude de l'évapotranspiration.

Cette étude est une étape de l'approche du bilan hydrologique de la vallée pour l'année 1980. Elle a pour but d'estimer la quantité d'eau retournant à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

On utilisera à cet effet, le bassin versant fermé à Chantemerle, d'une superficie de 165 km^2 , et dont l'altitude de fréquence $1/2$ est égale à 2.240 m .

On a déterminé les valeurs des paramètres climatiques à cette altitude à l'aide des gradients calculés précédemment.

a) L'évapotranspiration potentielle: Etp.

Définition : elle correspond à l'évapotranspiration d'une surface qui serait suffisamment approvisionnée en eau pour évaporer la quantité d'eau maximale dans les conditions climatiques observées.

- calcul de l'Etp selon Thornthwaite. :

Nous avons calculé l'évapotranspiration potentielle par la formule de Thornthwaite.

Expression de la formule :

$$\text{Etp} = 1,6 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \cdot K$$

où : Etp s'exprime en cm par mois.

$$a = \frac{1,6}{100} + 0,5 \text{ d'après la simplification de Serra.}$$

nous avons calculé a : 0,575

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{où } i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514} \quad \text{ici, } I = 4,68$$

t : température mensuelle en $^{\circ}\text{C}$

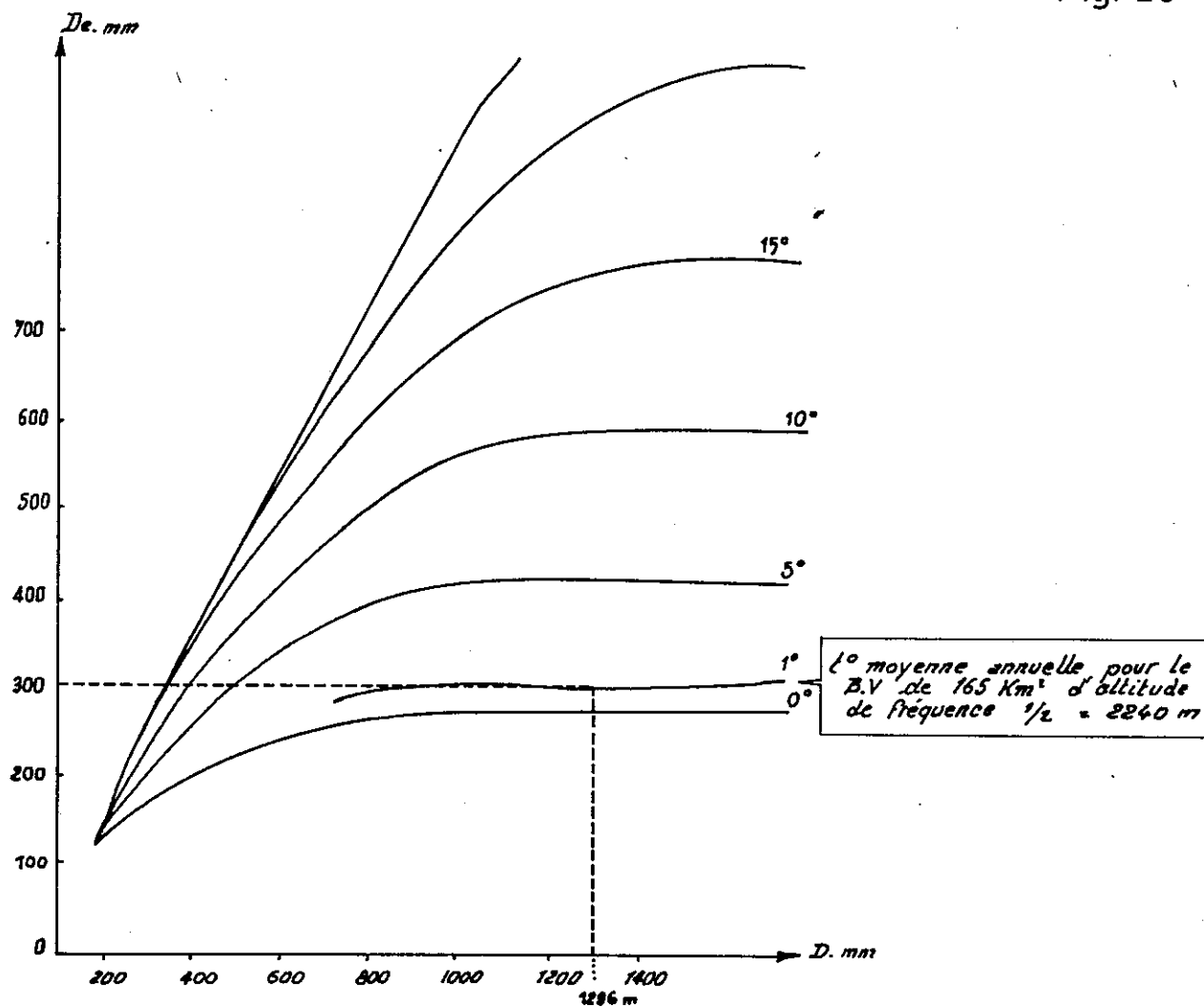
K : coefficient d'ajustement mensuel.

Pour le bassin versant fermé à Chantemerle, l'évapotranspiration mensuelle est :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année 1980
Etp en cm	0	0	0	0	2,9	8,5	11,2	1,9	4,3	0	0	0	29

soit $290 \text{ mm} + 30 \text{ mm}$ pour l'année 1980. Ce qui représente 22 % des précipitations annuelles.

Fig: 25



Déficit d'écoulement d'après le diagramme de WUNDT.

b) L'évapotranspiration réelle (Er) ou déficit d'écoulement (De)

L'évapotranspiration réelle (Er) est appelée souvent déficit d'écoulement (De) bien que celui-ci corresponde à l'évapotranspiration réelle et à l'infiltration.

Nous appliquons plusieurs formules pour calculer ce déficit d'écoulement.

- Er selon la formule de Turc.

La formule de 1954 est :

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

avec P = hauteur des précipitations annuelles (en 1980 : 1.296mm)

$$L = 300 \times 25t + 0,05 t^3$$

t = température annuelle en degrés Celsius (t 1980 = + 1,0°)

$$Er = 316,2 \text{ mm.}$$

soit $Er = 316 \pm 32 \text{ mm}$: ce qui représente 24 % des précipitations.

Nous avons trouvé le même résultat, soit 320 mm, en utilisant le diagramme de TURC.

- Déficit d'écoulement selon Coutagne :

La formule est : $D = 210 + 30 T$

où T = température moyenne annuelle en °C.

soit $D = 240 \pm 25 \text{ mm}$: ce qui représente 18 % des précipitations.

- Déficit d'écoulement selon la méthode de Wundt :

Il est déduit d'un diagramme dans lequel on tient compte de la température et les précipitations (voir figure 25).

soit $D = 310 \pm 30 \text{ mm}$ (24 % des précipitations).

- Le bilan hydrologique selon Thornthwaite donne une valeur de 290 mm soit : $E_{Tr} = E_{Tp}$. En effet les précipitations mensuelles ont toujours été supérieures à l'évapotranspiration potentielle, sauf au mois de juillet où les réserves ont pu pallier le déficit des précipitations.

c) Conclusion :

En 1980, l' E_{Tp} a toujours été inférieure aux précipitations, donc l'évapotranspiration potentielle est égale à l'évapotranspiration réelle.

Les valeurs de l'évapotranspiration sont :

ETp selon Thornthwaite	:	290 mm
Er selon Turc	:	316 mm
selon Coutagne	:	240 mm
selon Wundt	:	310 mm
selon Thornthwaite	:	290 mm

La moyenne des ETs est 290 mm qui est la valeur trouvée par la formule de Thornthwaite et correspond à une moyenne pour le bassin versant. Il semblerait donc que cette formule s'adapte bien en pays de montagne.

Il est bien évident que les réponses des différents terrains au phénomène de l'évapotranspiration seront très variables, du fait de leur hétérogénéité. Cette différence est en effet fonction de l'orientation du versant, en adret ou en ubac, du couvert végétal et de la nature géologique du sol et du sous-sol.

Le chiffre de 290 mm nous paraît tout à fait correct et correspond à ce qu'ont démontré J. SARROT REYNAULD et J.C FOURNEAUX (1977) quant à la diminution de l'évapotranspiration avec l'altitude dans les Alpes du Nord.

5 - Conclusion à l'étude climatologique.

Pour le bassin versant de la Guisane limité à 165km² et d'altitude moyenne de 2.240 mètres, l'année 1980 a été marquée par les phénomènes suivants :

- une lame d'eau précipitée de 1.296 mm.
- un gradient de pluviosité de + 77 mm/100 m.
- une température moyenne de + 1,0 °C.
- un gradient altimétrique de température de -0,64° C/100 m.
- une évapotranspiration réelle de 290 mm.

Cette année 1980 a été déficitaire quant aux précipitations et a montré des températures moyennes mensuelles basses. Ceci a pour effet une restitution des débits qui sera faible et peu régulière en raison des températures "très basses" observées en juillet.

CHAPITRE IV - HYDROLOGIE DE LA GUISE.

1 - Le régime de la Guisane .

- a) Données de base pour l'étude du régime.
- b) Analyse statistique des débits.
 - Variations interannuelles ; étude des modules.
 - Les modules de 1979 et 1980.
 - Variations mensuelles.
 - Les quantiles des débits mensuels.
 - Les débits moyens mensuels.
 - Les débits spécifiques mensuels.
 - Les débits relatifs mensuels.
- c) Conclusion sur le régime de la Guisane.

2 - Les débits de la Guisane en 1979 et 1980.

- a) Les débits absolus.
- b) Les courbes des débits classés et les débits caractéristiques.
- c) Les débits spécifiques, lame d'eau écoulée et volume d'eau correspondant.
- d) Les débits relatifs mensuels.

3 - Les débits des sous-bassins versants en 1980.

- Les mesures sur le terrain.
- Situation des stations de jaugeage des bassins versants secondaires.
- a) Les débits moyens mensuels.
- b) Les débits spécifiques.
- c) Les débits relatifs mensuels.
- d) Les relations débits - températures.

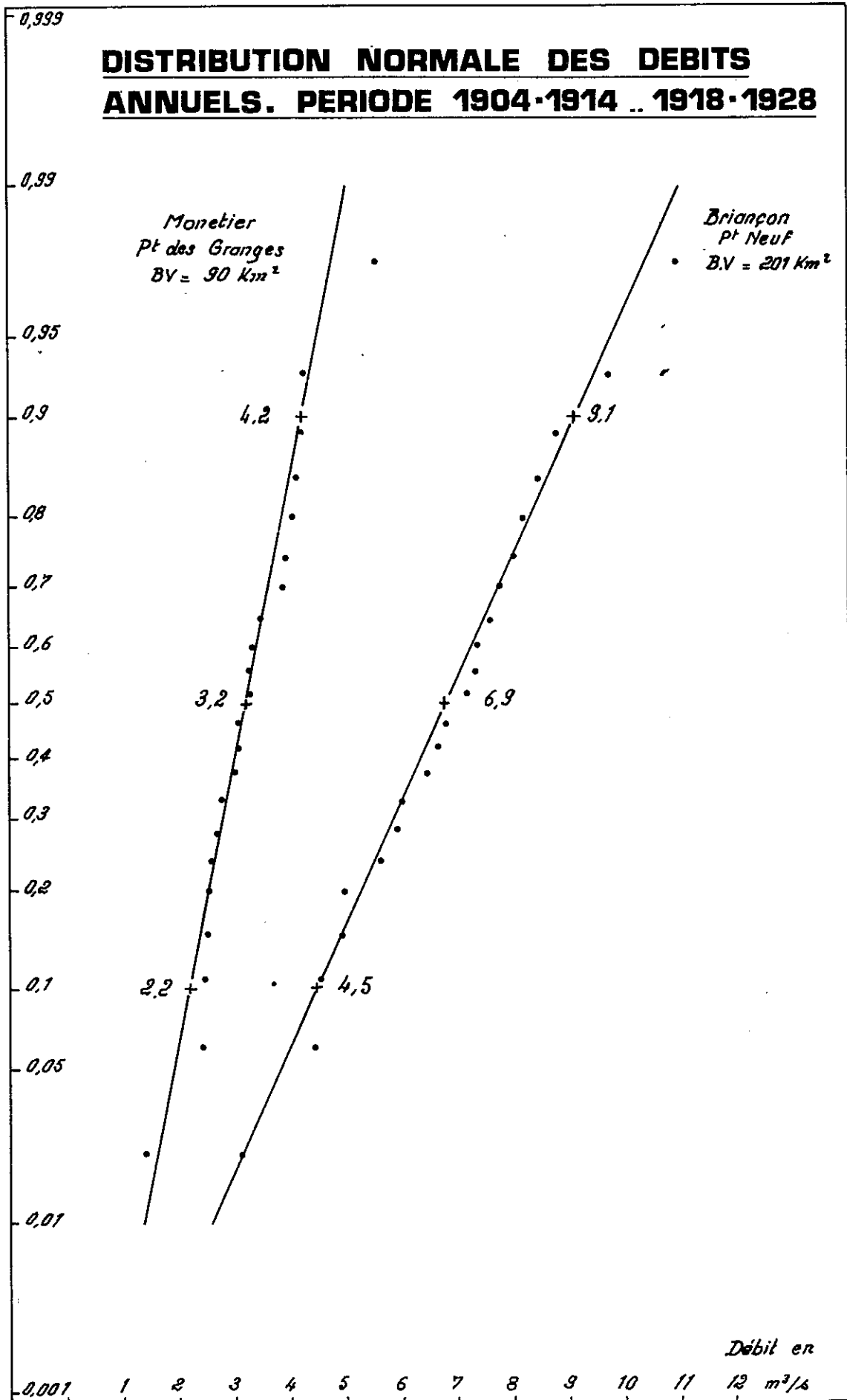
4 - Etude des crues.

- a) Crues de fonte de neige pour le bassin fermé au Pont Neuf.
- b) Crues de fonte de neige mesurées au Pont des Granges.
- c) Les crues historiques.
- d) Estimation de la crue décennale par la méthode SØCØSE.
- e) Les crues pluviales.

5 - Etude du tarissement.

- a) La Guisane à Chantemerle.
- b) La Guisane au Casset.
- c) Comparaison entre la Haute et la Basse Guisane.

6 - Bilan hydrogéologique.



1 - Le régime de la Guisane.

a) Les données de base :

Deux stations ont été mises en service dès 1904 sur la Guisane. Il s'agit des stations du Pont des Granges à Monétier (altitude 1.480 m) et du Pont Neuf à Briançon (alt. 1.206 m) (voir les tableaux 7 et 8).

Ces deux stations ont fonctionné régulièrement jusqu'en 1928 (avec un arrêt de 3 ans pour la station de Monétier (1915 à 1917). Après 1928, il n'y a plus de mesure pour Monétier.

En ce qui concerne Briançon, il existe encore une vingtaine d'années de mesures, mais qui ne correspondent pas à une période continue.

L'étude du régime de la Guisane concerne donc uniquement la période commune aux deux stations: 1904 - 1914 et 1918 - 1928.

Malgré quelques incertitudes, ces vingt deux années vont nous permettre une approche correcte du régime de ce cours d'eau.

Ces stations avaient été mises en service par E.D.F. et c'est le S.R.A.E. d'Aix en Provence qui a installé deux nouvelles stations en octobre 1978. Une station au Casset (alt 1512 m) et une station à Chantemerle (alt. 1350 m).

b) Analyse statistique des débits :

- Variations interannuelles : étude des modules.

Pour les deux stations limnigraphiques, nous possédons les modules pour 22 années. Nous avons ajusté ces modules à la loi de Gauss (fig n° 26).

Les points sont bien alignés suivant une droite, pour chacune des deux stations, et nous pouvons conclure à un bon ajustement à cette loi.

On a calculé les extrêmes des modules :

	Pont des Granges BV = 90 km ²	Pont Neuf à Briançon BV = 200 km ²
année centennale humide	5.0 m ³ /s	11,0 m ³ /s
année decennale humide	4,2 m ³ /s	9,1 "
année moyenne	3,2 "	6,9 "
année decennale sèche	2,2 "	4,5 "
année centennale sèche	1,4 "	2,6 "

Ces deux remarques ont une importance quant au bilan hydrologique. Il ne faudra pas négliger les pertes et les apports par la nappe, au niveau des stations d'enregistrement.

- Variations mensuelles :

a) Les quantiles des débits mensuels.

Afin de présenter ces données sous une forme standard, nous avons calculé les quantiles des débits mensuels. La loi de Gamma incomplète se prête bien aux distributions de débits mensuels. La loi a pour densité de probabilité :

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma^2 \lambda} e^{-\frac{x}{e}} \left(\frac{x}{e}\right)^{\lambda - 1} \quad \text{avec } \lambda = \frac{x^2}{\sigma^2} \quad \text{et } e = \frac{\sigma^2}{x}$$

$\bar{x}$ est la moyenne

σ est l'écart type.

Les tableaux 7 et 8 présentent les valeurs obtenues pour Monetier et Briançon.

Les fluctuations mensuelles des quantiles 10,25,50,75 et 90 % sont représentées sur les figures 27a et 27b.

Le quantile 90 % signifie le débit mensuel atteint ou dépassé dans 90 % des cas, le quantile 50 % est atteint ou dépassé une fois sur deux.

. La dispersion des débits moyens mensuels.

Les courbes des débits mensuels classés d'après leur fréquence montrent clairement la dispersion des débits par rapport à la médiane (50 %) et donc l'intervalle de variation des débits mensuels.

NOTE :

Dans les figures 27a et 27b ont été représentées les valeurs des débits moyens mensuels de 1979 à 1980. Ces valeurs sont brutes, elles n'ont pas été affectées d'un coefficient de bassin versant. En effet, en régime nivo-glaciaire, les variations de débit sont surtout influencées par la température et la surface mise en cause est donc différente suivant les mois.

Bien que cela ne soit pas rigoureux du point de vue quantitatif, il nous a paru intéressant de situer les deux années de mesure afin d'apprécier la forme de la courbe, sans chercher à en déduire des valeurs de fréquence.

Tableau n° 7

DEBIT MENSUEL SELON LA FREQUENCE (22 ans)
STATION DU PONT DES GRANGES A MONETIER (1904.14 - 1918.28).

Monetier	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec.
Q moy. mens m ³ /s	968	947	926	2.171	6.248	8.502	6.261	4.014	3.009	2.668	2.108	1.328
Ecart type	292	348	420	1.147	2.596	2.819	2.132	1.133	1.401	1.679	1.551	671
λ λ table	11,0 11	7,4 7	4,8 5	3,6 3,5	5,8 6	9,0 9	8,6 9	12,5 13	4,6 4,5	2,5 2,5	1,8 2	5,9 -
Q 10	1.299	1.385	1.504	3.682	9.839	12.206	9.231	5.472	4.847	4.903	4.265	2.241
Q 25	1.147	1.127	1.180	2.776	7.866	10.148	7.675	4.781	3.755	3.526	2.947	1.716
Q 50	940	877	879	1.950	5.997	8.147	6.161	3.977	2.760	2.317	1.846	1.235
Q 75	759	622	634	1.308	4.405	6.286	4.754	3.274	1.947	1.427	1.055	652
Q 90	417	512	458	860	3.349	5.102	3.859	2.719	1.373	856	574	584

Tableau n° 8

DEBIT MENSUEL SELON LA FREQUENCE (25 ans)
STATION DU PONT NEUF A BRIANCON (1904 à 1928)

Briançon.-	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin.	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec.
Q moy. mens. m ³ /s	2.679	2.343	2.763	5.686	15.386	17.604	11.422	7.384	5.965	5.439	4.819	3.453
Ecart type	741	556	887	2.370	6.384	5.937	3.970	2.006	2.167	2.489	2.456	1.210
table	13,1 13	17,7 15	9,7 10	5,7 6	5,8 6	8,8 9	8,3 8	13,5 14	7,6 8	4,8 5	3,8 4	8,1 8
Q 10	3.579	3.036	3.983	8.982	23.816	25.707	16.515	10.170	9.015	8.910	8.203	5.024
Q 25	3.127	2.646	3.344	7.181	19.040	21.373	13.577	8.746	7.411	6.994	6.287	4.138
Q 50	2.601	2.263	2.714	5.475	14.516	17.158	10.759	7.322	5.873	5.202	4.519	3.279
Q 75	2.141	1.901	2.164	4.076	10.808	13.536	8.377	6.118	4.572	3.758	3.119	2.553
Q 90	1.778	1.623	1.747	3.057	8.106	10.746	6.511	5.075	3.554	2.713	2.136	1.964

COURBE DES DEBITS MENSUELS D'APRES LEUR FREQUENCE

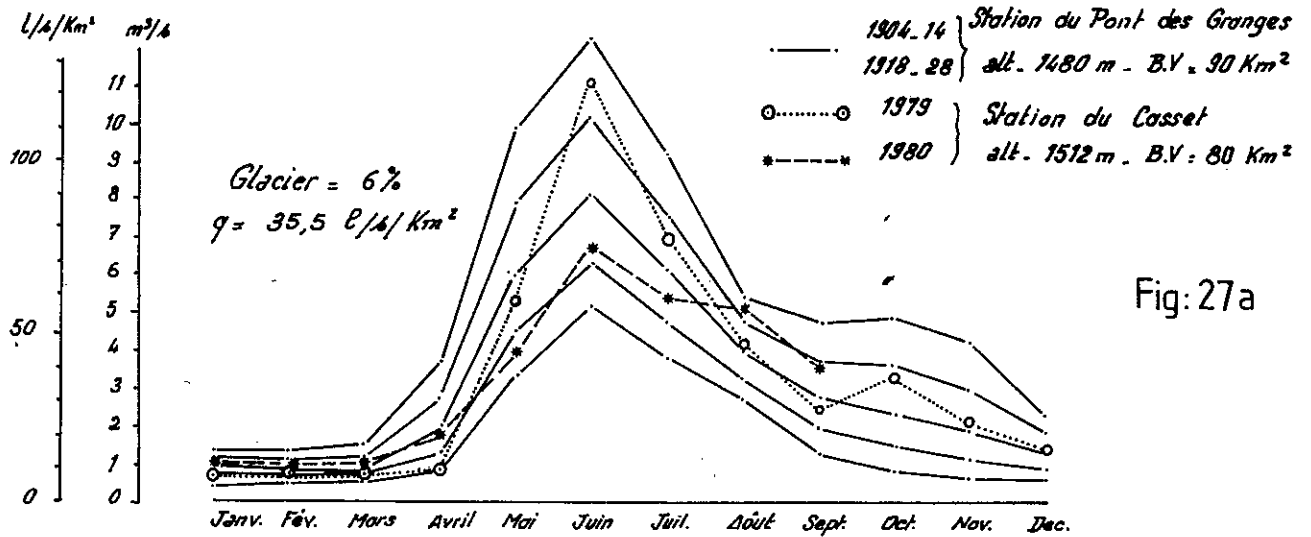


Fig: 27a

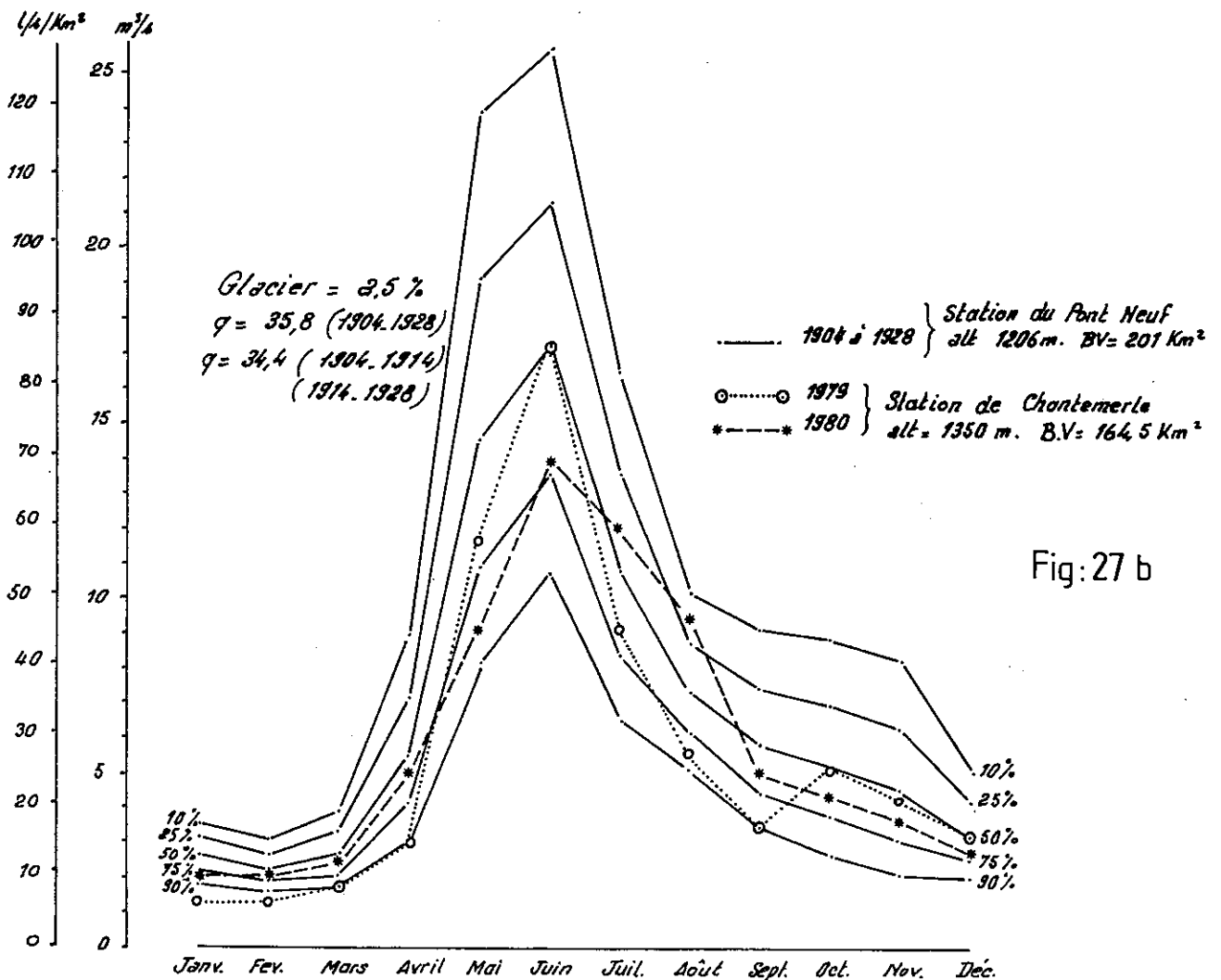


Fig: 27 b

les courbes cotées 10, 25... 90% indiquent les valeurs du débit mensuel qui ont respectivement 10, 25... 90 chances sur 100, d'être atteintes ou dépassées.

L'erreur semblerait faible pour la station du Casset, car il n'y a qu'une différence de surface de 10 km² entre bassins (soit 11 % du sous-bassin) et les apports sont faibles sur la portion du cours de la Guisane intéressée. Entre le Casset et le Pont des Granges, le Torrent de la Pisse et le torrent de St Joseph sont les deux seuls affluents qui ont tous les deux des débits peu importants.

b) Les débits moyens mensuels : figures 28a et 28b.

Les courbes moyennes des débits moyens mensuels se superposent très bien avec les courbes de fréquence 50 % correspondantes, figures 27a et 27b. Quant aux valeurs des maxima et minima, on remarquera de grandes différences en particulier pour les minima de mai - juin - juillet et pour les maxima de septembre - octobre et novembre.

Les tableaux ci-dessous présentent les valeurs des débits moyens mensuels de 1904 à 1914 et 1918 à 1928.

Monetier au Pont des Granges.

Q maxi m ³ /s	1,810	1,920	2,620	4,840	10,780	14,020	11,570	6,460	8,300	9,390	7,480	3,650
Q mini m ³ /s	0,580	0,490	0,470	0,650	1,660	2,130	2,640	1,570	1,370	1,270	0,700	0,390
Q moyen	0,968	0,947	0,926	2,171	6,248	8,502	6,261	4,014	3,009	2,668	2,108	1,328

Briançon au Pont Neuf.

Q maxi m ³ /s	4,358	3,660	4,870	11,470	28,710	24,965	18,860	9,640	12,180	13,920	10,950	6,420
Q mini m ³ /s	1,580	1,500	1,580	2,220	3,750	4,410	5,160	4,309	3,169	2,517	1,930	1,660
Q moyen	2,7 69	2,3 43	2,7 63	5,686	15,386	17,604	11,422	7,384	5,965	5,439	4,819	3,453

Le "Q maxi" et le "Q mini" sont les débits moyens mensuels maximum et minimum observés pour chaque mois.

Le "Q moyen" est la moyenne des débits moyens mensuels pour la période considérée.

c) Les débits spécifiques mensuels : figures 28a et 28b.

Le débit spécifique est le débit par unité de surface du bassin versant considéré.

La connaissance des débits spécifiques est essentielle lorsque l'on étudie un bassin versant. En effet, c'est à partir de leurs valeurs moyennes que l'on peut apprécier si un sous bassin versant comporte un bassin réel supérieur au bassin versant topographique.

COURBES DES DEBITS MOYENS MENSUELS DE 1904-1924 ET 1918-1928

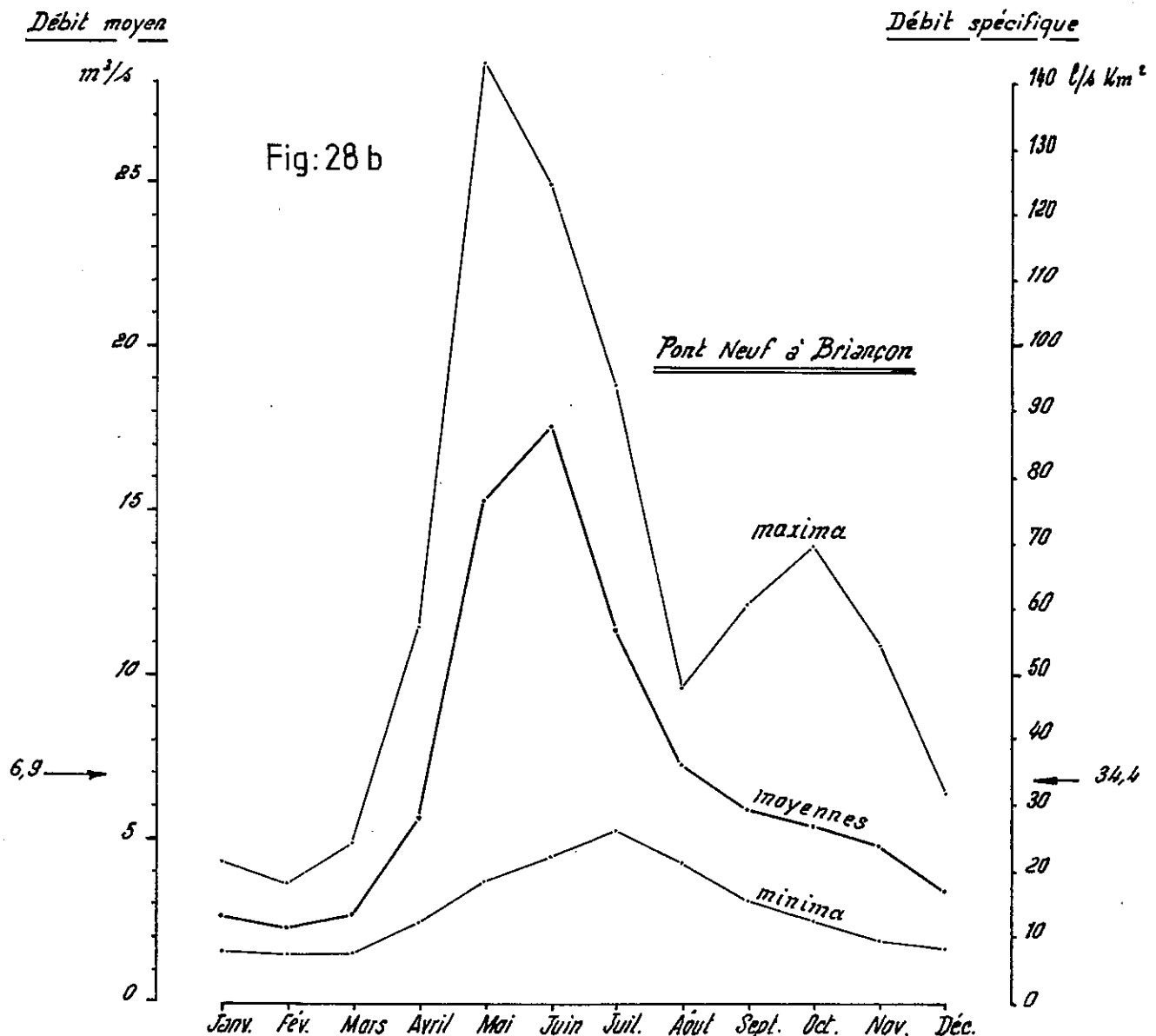
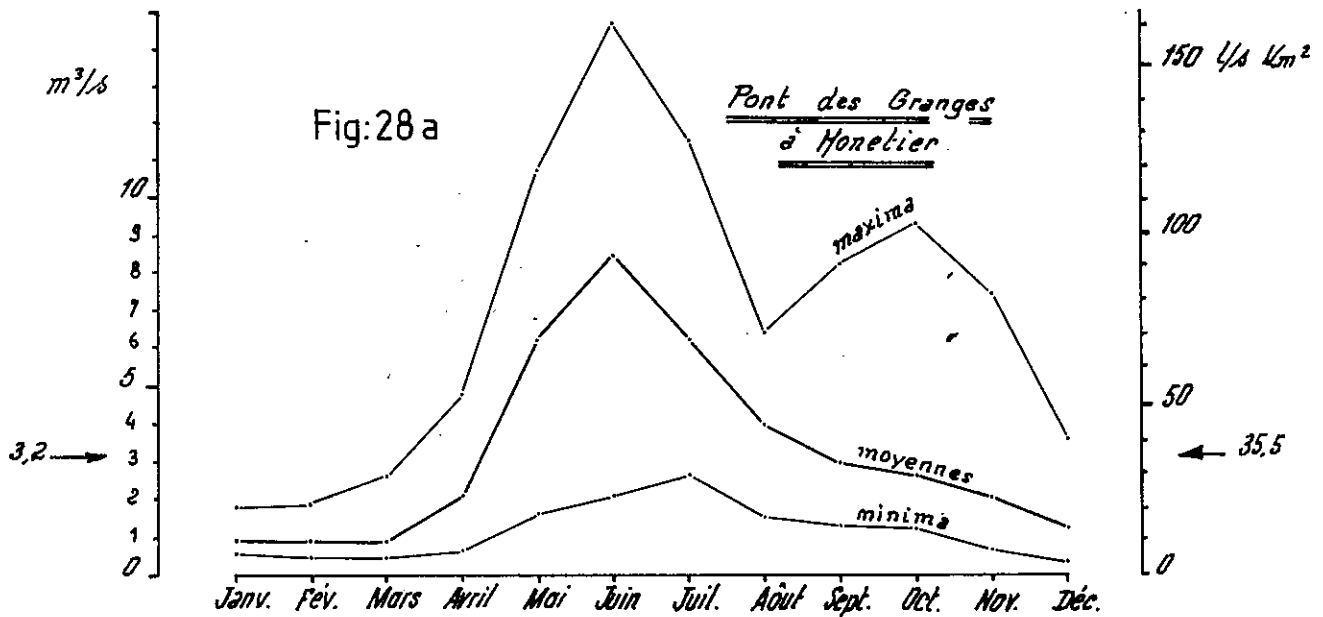
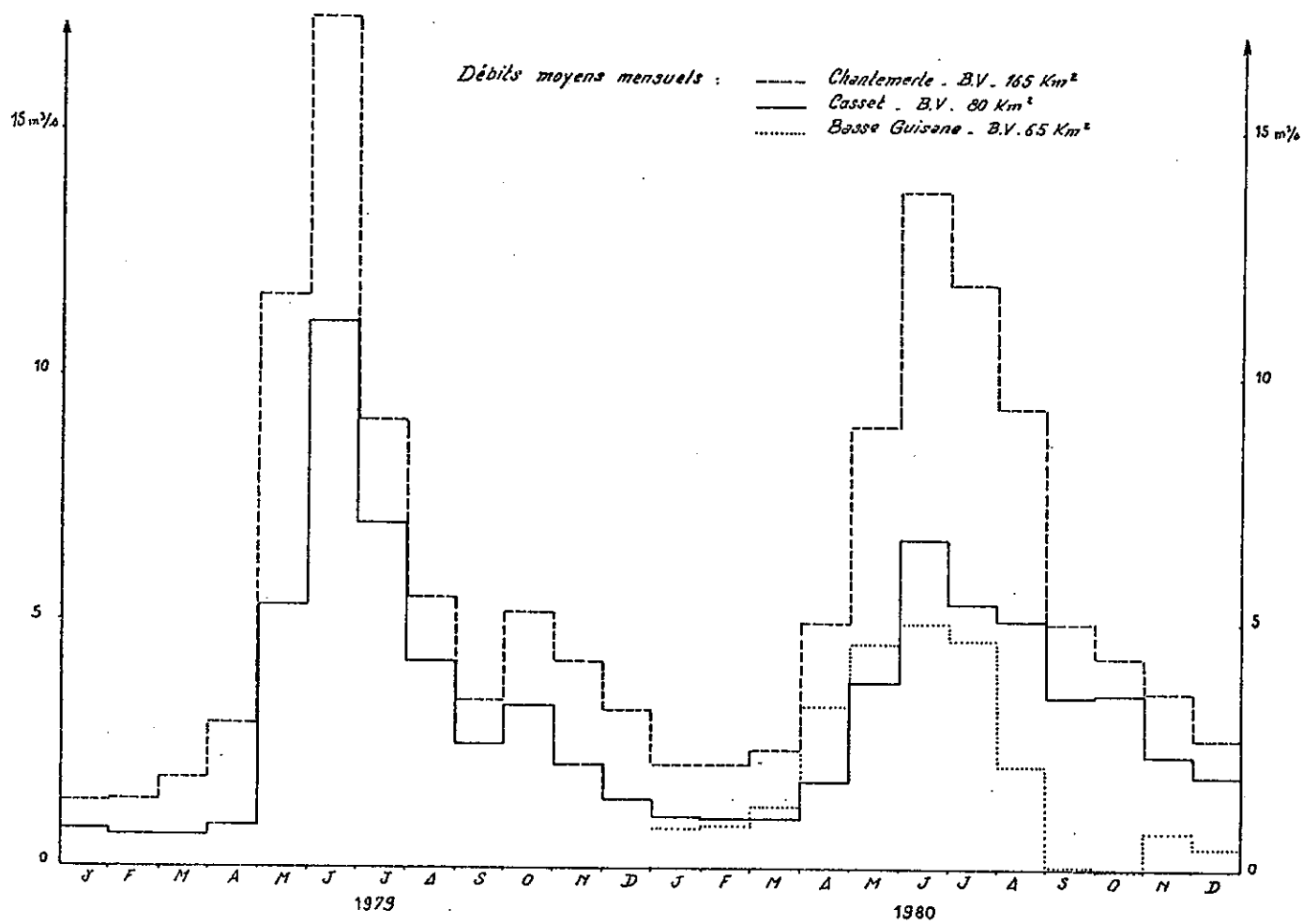


Fig: 29



Dans le cas présent, on se contentera d'examiner les différentes valeurs atteintes chaque mois ; l'étude sera plus détaillée pour 1979 et 1980 pour lesquelles on distinguera la participation de chaque sous bassin versant.

Le tableau suivant indique les débits mensuels pour les débits maximum, minimum et moyen.

Monetier au Pont des Granges - B.V. = 90 km²

q = 35,5 l/s/km².

Q max	20,1	21,3	29,1	53,8	119,8	155,8	128,5	71,8	92,2	104,3	83,1	40,5
Q moyen	10,7	10,5	10,3	24,1	69,4	94,5	69,6	44,6	33,4	29,6	23,4	14,7
Q mini	6,4	5,4	5,2	7,2	18,4	23,7	29,3	17,4	15,2	14,1	7,8	4,3

Briançon au Pont Neuf B.V : 201 km²

q = 34,4 l/s/km².

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q max.	21,7	18,2	24,2	57,1	142,8	124,2	93,8	48,0	60,6	69,2	54,5	31,9
Q moyen	12,8	11,4	13,5	28,1	70,4	83,1	52,7	34,9	28,8	27,7	24,0	16,9
Q mini	7,9	7,5	7,9	11,0	18,6	21,9	25,7	21,4	15,8	12,5	9,6	8,3

d) Les débits relatifs mensuels ou coefficients mensuels de débits.

Il s'agit du rapport du débit mensuel sur le débit annuel: $X \text{ janvier} = \frac{Q \text{ janvier}}{\text{Module}}$

Nous avons calculé ce coefficient en considérant le débit moyen mensuel des 22 années ainsi que leur module.

	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Monetier	0,30	0,30	0,29	0,68	1,95	2,65	1,96	1,25	0,94	0,83	0,66	0,41
Briançon	0,38	0,34	0,40	0,83	2,09	2,46	1,56	1,04	0,85	0,82	0,71	0,50

Ces coefficients ont été représentés mois par mois sur un cercle afin de visualiser les périodes pour lesquelles le coefficient est supérieur ou inférieur à 1 (figure 33).

Ce coefficient est supérieur à 1 pour les mois de mai - juin - juillet et août. C'est à Monetier que le coefficient atteint les valeurs extrêmes avec 2,65 en juin et 0,29 en mars. Il y a une légère atténuation à Briançon avec 2,46 en juin et 0,34 en février. A Monetier le coefficient reste très soutenu avec 1,96 en juillet et 1,25 en août.

On a donc des coefficients qui sont dans un rapport de 1 à 10 pour la Haute Guisane et de 1 à 7 à l'exutoire du bassin versant fermé à Chantemerle.

c) Conclusion sur le régime de la Guisane.

L'allure des courbes des figures 28a et 28b permet de conclure à un régime mixte de type nivo-glaciaire.

Le régime nivo-glaciaire est caractérisé par un maximum au début de l'été (mois de juin) et par un minimum à la fin de l'hiver (mois de février).

Le maximum de juin est assez long, la fonte glaciaire prenant le relais de la fonte nivale.

Les variations d'une année à l'autre sont importantes, ainsi que les variations diurnes pendant la saison chaude.

L'écoulement est important ; pour la Guisane à Monetier 35,5 l/s/km²; pour la Guisane à Briançon 34,4 l/s/km². Ces chiffres sont calculés sur la même période de 22 années.

- Le régime de la Guisane au Pont des Granges :

- le maximum de juin : ce maximum dû à la fonte des neiges, montre la grande dispersion interannuelle des débits.

En fait, le début de la fonte dépend du gradient des températures dans la vallée et de l'épaisseur du manteau neigeux atteint par l'isotherme 0°. Il faut considérer ici, l'importance de la courbe hypsométrique de la haute Guisane (figure 5a) dont l'altitude de fréquence 1/2 est de 2.360 m et le mode 2400 - 2600 m. On constate que l'année 1979 reflète mieux le régime de la Guisane que ne le fait l'année 1980. En juillet 1980, une période anormale de froid a bloqué la fonte et le relais fonte de neige - fonte de glacier ne s'est pas déroulé normalement, d'où la baisse des débits enregistrés sur les bassins secondaires du Petit Tabuc et du Grand Tabuc et sur la Guisane.

Ce relais est particulier à la haute vallée de la Guisane et il est précédé de la fonte sur les versants en adret par rapport aux versants en ubac.

Ceci a été prouvé par l'étude des débits moyens journaliers des différents bassins versants secondaires.

Pour la Guisane à la Madeleine et le torrent du Rif qui sont principalement exposés en adret, le maximum se situe en juin.

Les torrents du Petit Tabuc et du Grand Tabuc sont plutôt en ubac et à haute altitude, ce qui fait qu'ils répondent plus tard à la remontrée de l'isotherme 0°. Le maximum de débit s'observant fin juillet - début août.

- L'étiage d'hiver :

Malgré l'importance du manteau neigeux et les températures très basses observées pendant les mois de janvier, février et mars 1980, les débits spécifiques moyens sont de l'ordre de 10 à 15 l/s/km².

Ceci est dû à l'importance des réserves naturelles du bassin de la Guisane et aux précipitations très importantes des mois d'octobre et décembre 1979.

- Le régime de la Guisane au Pont Neuf.

On constate le même type d'évolution que pour la station de Pont des Granges avec toutefois un maximum en mai - juin plus marqué. Ceci est dû à l'altitude et à l'exposition de la basse Guisane, favorisant une fonte plus rapide de la neige.

Si l'on ne considérait que les débits dus au bassin versant de la basse Guisane, on se rapprocherait d'un régime du type nivo-pluvial.

2 - Les débits de la Guisane en 1979 et 1980.

Les mesures sur le terrain sont effectuées tous les mois par les jaugeurs du S.R.A.E. afin de contrôler sans cesse la validité de la courbe de tarage.

Dans ce paragraphe nous présenterons les débits mesurés en 1979 et 1980 à l'aide de deux limnigraphes enregistreurs installés par les soins du S.R.A.E. d'Aix en Provence. Les stations se trouvant au Casset et à Chantemerle.

Par différence, on obtient le débit correspondant à un bassin versant de 85 km² comprenant le Grand Tabuc. On notera dans les tableaux (Chantemerle - Casset) la différence entre le débit à Chantemerle et le débit au Casset.

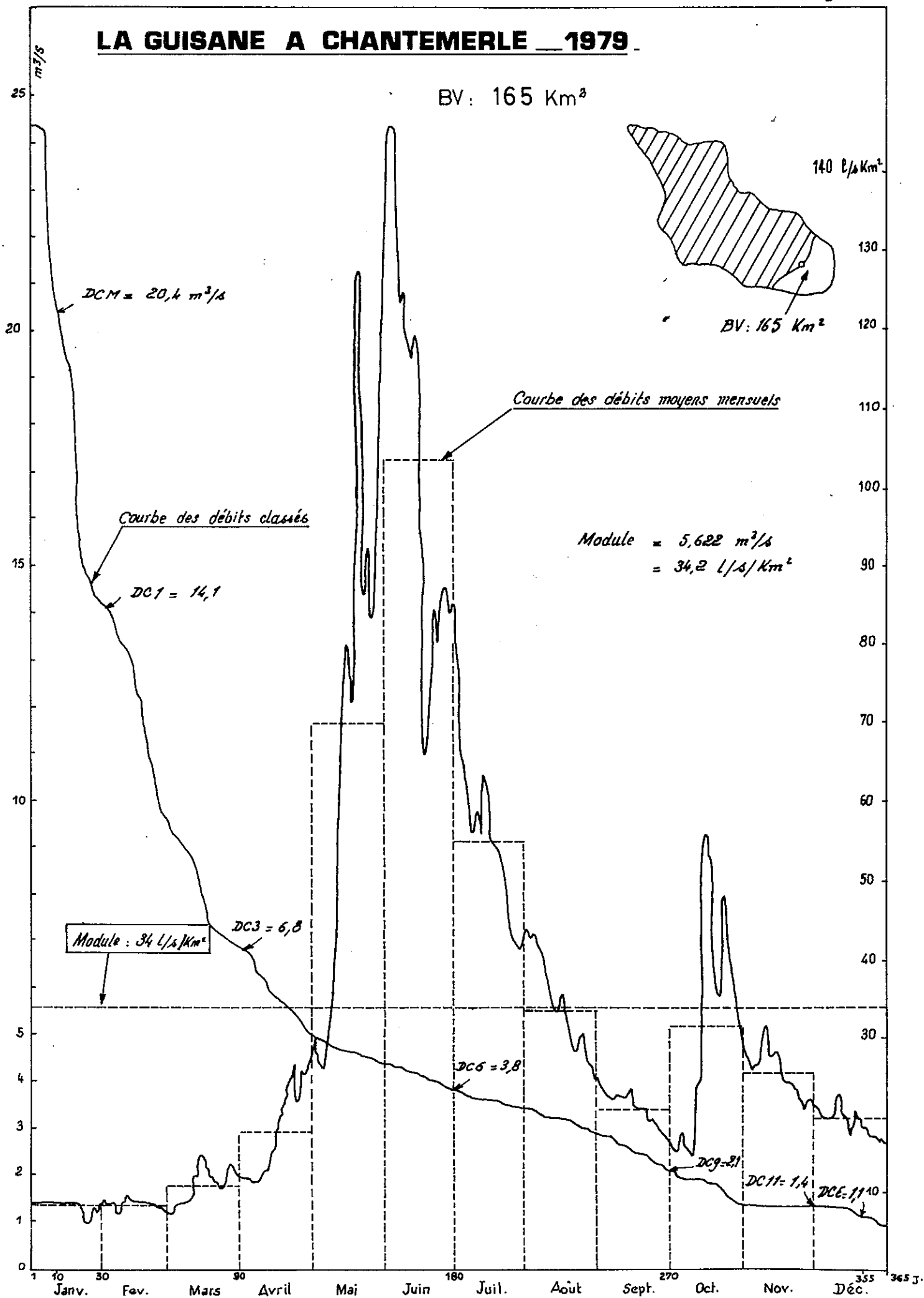
De plus, en retranchant encore à ce dernier débit, le débit au Grand Tabuc, on obtiendra le débit de la "basse Guisane" correspondant à 65 km² compris entre Monetier et Chantemerle.

Ces différentes coupures nous permettront d'évaluer les relations rivière - nappe. C'est à dire les périodes où la Guisane et les bassins versants secondaires alimentent la nappe et les zones d'échanges rivière - nappe (ou nappe - rivière).

Pour tous les résultats concernant les débits, on tiendra compte d'une erreur de plus ou moins 5 %.

LA GUISANE A CHANTEMERLE _1979_

BV: 165 Km²



a) Les débits absolus. :

- Les débits moyens journaliers.

Les figures 30 à 33 présentent les débits moyens journaliers de la Guisane au Casset et à Chantemerle en 1979 et 1980.

Pour chaque année, les courbes ont sensiblement la même allure; on se limitera donc à l'observation de détail d'une seule station, celle qui se trouve le plus près de l'exutoire, c'est la station de Chantemerle.

En 1979. : En janvier - février, l'étiage est bas. C'est à la mi-mars que commence la fonte des neiges. La montée des débits est régulière et assez rapide pour atteindre son maximum de crue au début juin. La décrue qui a suivi a été régulière et s'est poursuivie jusqu'au début du mois d'octobre. Les fortes pluies d'octobre ont entraîné un pic très net des débits, suivi d'un tarissement assez lent, montrant une bonne capacité de rétention du bassin versant, se poursuivant jusqu'en février 1980.

En 1980 : L'étiage de janvier - février montre des débits relativement importants qui sont dus, comme nous venons de le voir, aux fortes pluies de décembre 1979 qui avaient alimenté les aquifères de façon assez considérable pour la saison (207 mm en décembre 1979 et 44 mm pour les mois d'octobre, novembre et décembre à la station du Casset).

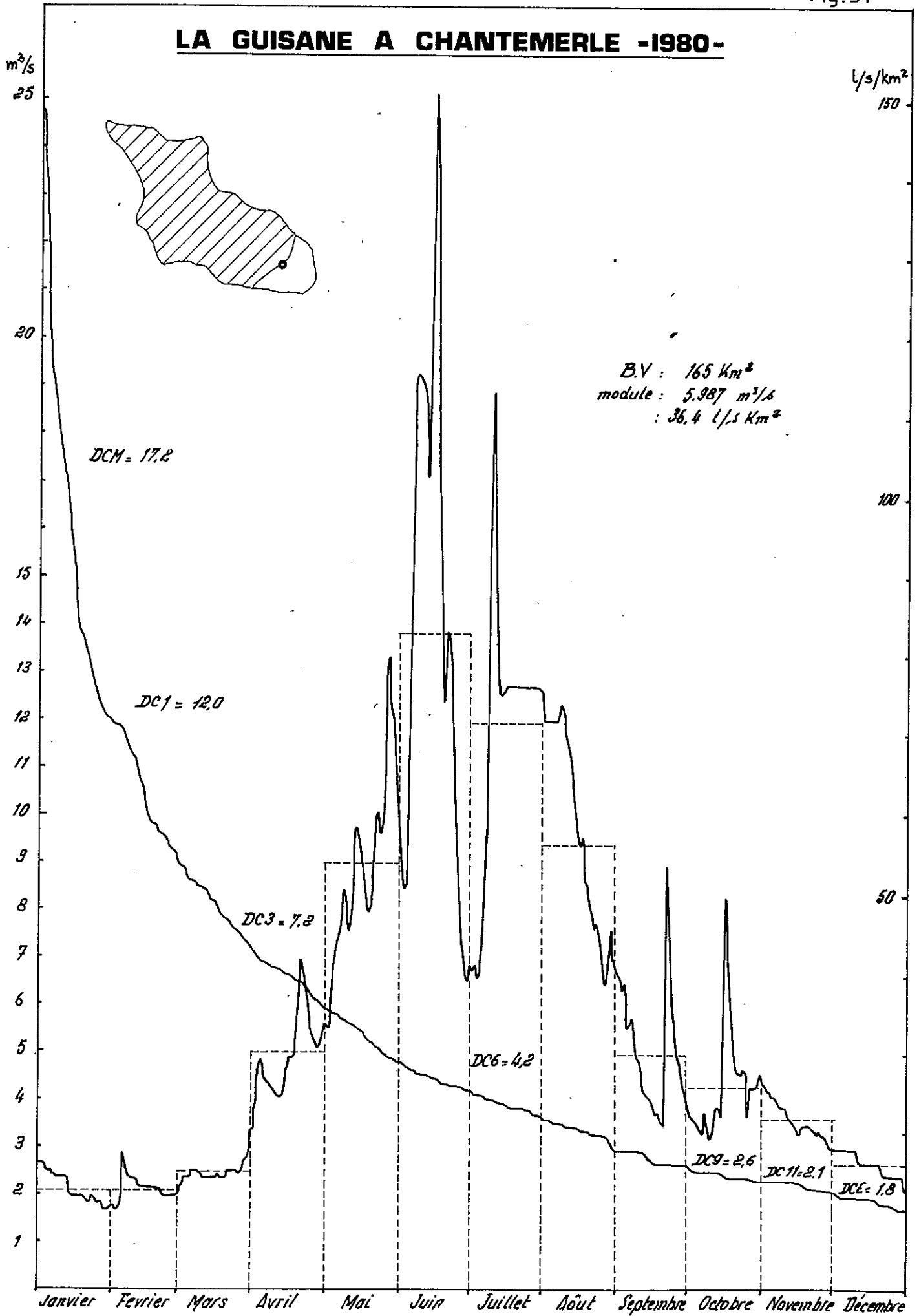
A ces débits déjà importants pour l'étiage de la vallée s'ajoute une fonte de neige précoce, assez exceptionnelle au mois de Février, où les températures ont été exceptionnellement douces pour la saison.

C'est fin mars - début avril que va commencer la crue. Très progressive au début et ayant montré de nombreux pics avant d'atteindre la valeur maximale à la fin Juin. Une chute brutale des débits a suivi, en raison des températures très faibles pour la saison (en mi-juillet) qui ont provoqué l'arrêt de la fonte des neiges. Ce blocage s'est produit à la période où la fonte des glaciers prend le relais de la fonte des neiges.

Fin août - début septembre on a assisté à un tarissement brutal, après la période très chaude de fin juillet - début août qui avait vu une remontée importante des débits.

Très tôt, à la mi septembre, sont apparues de fortes pluies d'automne, quise sont renouvelées à la mi-octobre. Deux pics aigus des débits leur correspondent. Ces pics présentent un intérêt tout particulier pour l'hydrodynamique souterraine que nous étudierons plus en détail dans l'étude du tarissement.

LA GUISANE A CHANTEMERLE -1980-



En 1981 : Le début de l'année a été exceptionnellement pauvre en précipitations. Le manteau neigeux n'a atteint que la moitié environ de celui d'une année moyenne.

Il sera intéressant de poursuivre des mesures pendant l'année 1981 qui va sans doute montrer des débits de crue très faibles et un tarissement important des réserves.

b) Les courbes de débits classés et les débits caractéristiques.

A partir de la courbe des débits classés annuelle on peut connaître les débits caractéristiques :

DCM : Débit caractéristique maximum = débit dépassé 10 jours par an.

DC1, DC3, DC6 Débits dépassés respectivement 1,3,6 ...mois par an.

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

Tableau n° 9 - Débits caractéristiques de la Guisane en 1979 et 1980.

1979 - Débits caractéristiques			DCM	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCE
La Guisane à Chantemerle	165 km ²	m ³ /s	20,4	14,1	6,8	3,8	2,1	1,4	1,1
		l/s/km ²	123,6	85,4	41,2	23,0	12,7	8,5	6,7
La Guisane au Casset	80 km ²	m ³ /s	11,6	8,3	4,5	1,8	0,7	0,6	0,55
		l/s/km ²	143,7	103,7	56,2	22,5	8,7	7,5	6,9

1980.

La Guisane à Chantemerle		m ³ /s	17,2	12,0	7,2	4,2	2,6	2,1	1,8
		l/s/km ²	104,2	72,7	43,6	25,4	15,7	12,7	10,9
La Guisane au Casset		m ³ /s	7,7	6,3	4,2	2,6	1,2	1,0	0,95
		l/s/km ²	96,2	78,7	52,5	32,5	15,0	12,5	11,9

Ces courbes sont représentées sur les figures 30 à 33.

c) Les débits spécifiques , lame d'eau écoulee et volume d'eau correspondant :

- Les débits spécifiques : Ils s'expriment en litres par seconde par kilomètre carré. On les note : q en l/s/km².

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 53 54 27 - Fax 04 76 51 43 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

Leur étude comparative permet de déceler des alimentations souterraines ou bien des pertes. Ils seront étudiés en détail dans le chapitre sur les bassins versants secondaires.

Les valeurs des débits spécifiques sont indiquées en ordonnées sur les figures 30 à 33.

- Les débits moyens mensuels :

Les courbes des débits moyens mensuels sont représentées en tiretés sur les figures 30 à 33. Le tableau n° 10 donne les valeurs correspondantes.

Tableau n° 10 : Débits moyens mensuels de la Guisane en 1979 et 1980 en m3/s

	1979	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec.
Chantemerle 165 km2	5,622	1,338	1,374	1,795	2,962	11,642	17,295	9,129	5,554	3,466	5,210	4,220	3,250
Le Casset 80 km2	3,333	0,750	0,642	0,644	0,832	5,360	11,103	7,063	4,210	2,540	3,340	2,110	1,410
Chant. Casset 85 km2	2,289	0,588	0,732	1,151	2,130	6,282	6,192	2,066	1,334	0,926	1,870	2,110	1,840

1980

Chantemerle 165 km2	5,987	2,110	2,110	2,480	5,014	9,014	13,852	11,965	9,390	4,989	4,301	3,624	2,667
Le Casset 80 km2	3,121	1,036	1,022	1,013	1,787	3,871	6,722	5,407	5,075	3,508	3,570	2,351	1,918
Chant - Casset 85 km2	2,806	1,074	1,088	1,467	3,223	5,143	7,130	6,558	4,315	1,481	0,731	1,273	0,749
Basse Guisane 65 km2	1,956	0,814	0,888	1,277	3,003	4,663	5,030	4,658	2,115	0,031	-0,319	0,723	0,449

Nous voyons que pour la Basse Guisane, en septembre et Octobre, on obtient respectivement une valeur très faible de débit, et même une valeur négative. Ceci met en évidence le fait qu'il existe des infiltrations importantes vers la nappe entre le Casset et Chantemerle.

En 1979 : à Chantemerle, le mois ayant le plus fort débit est juin avec 17,295 m3/s, le mois ayant le plus faible débit est janvier avec 1,338 m3/s. Le rapport est de 1 à 13.

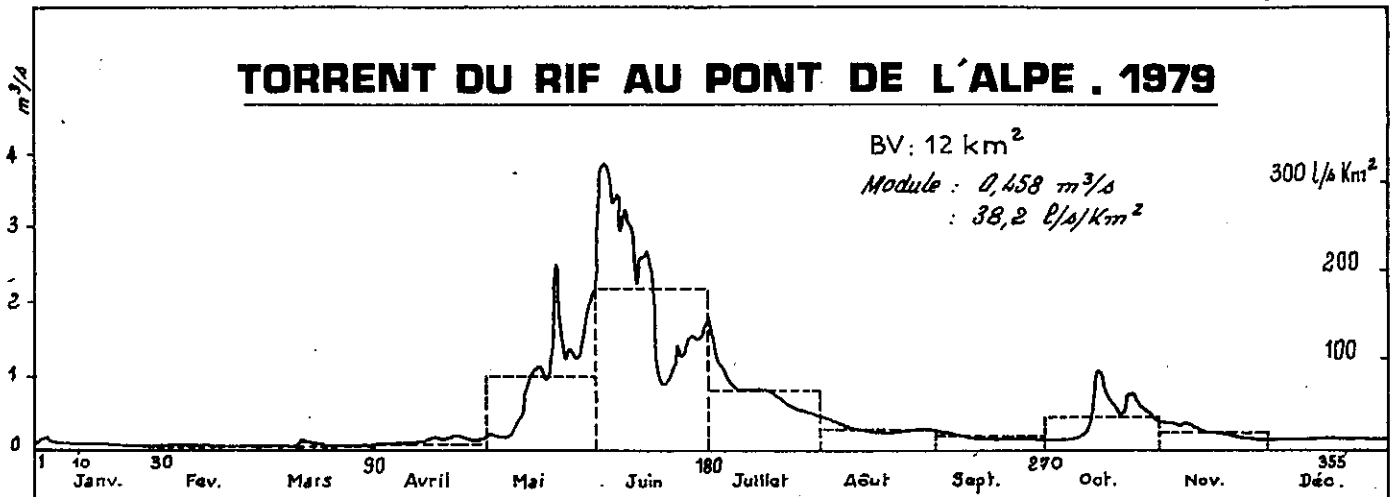
TORRENT DU RIF AU PONT DE L'ALPE . 1979

BV : 12 km²

Module : 0,458 m³/s

: 38,2 l/s/km²

300 l/s/km²



LA GUISANE AU CASSET. 1979

BV : 80 km²

Module = 3,333 m³/s

= 41,7 l/s/km²

BV : 12 km²

le Pont de l'Alpe

Le Casset

BV : 80 km²

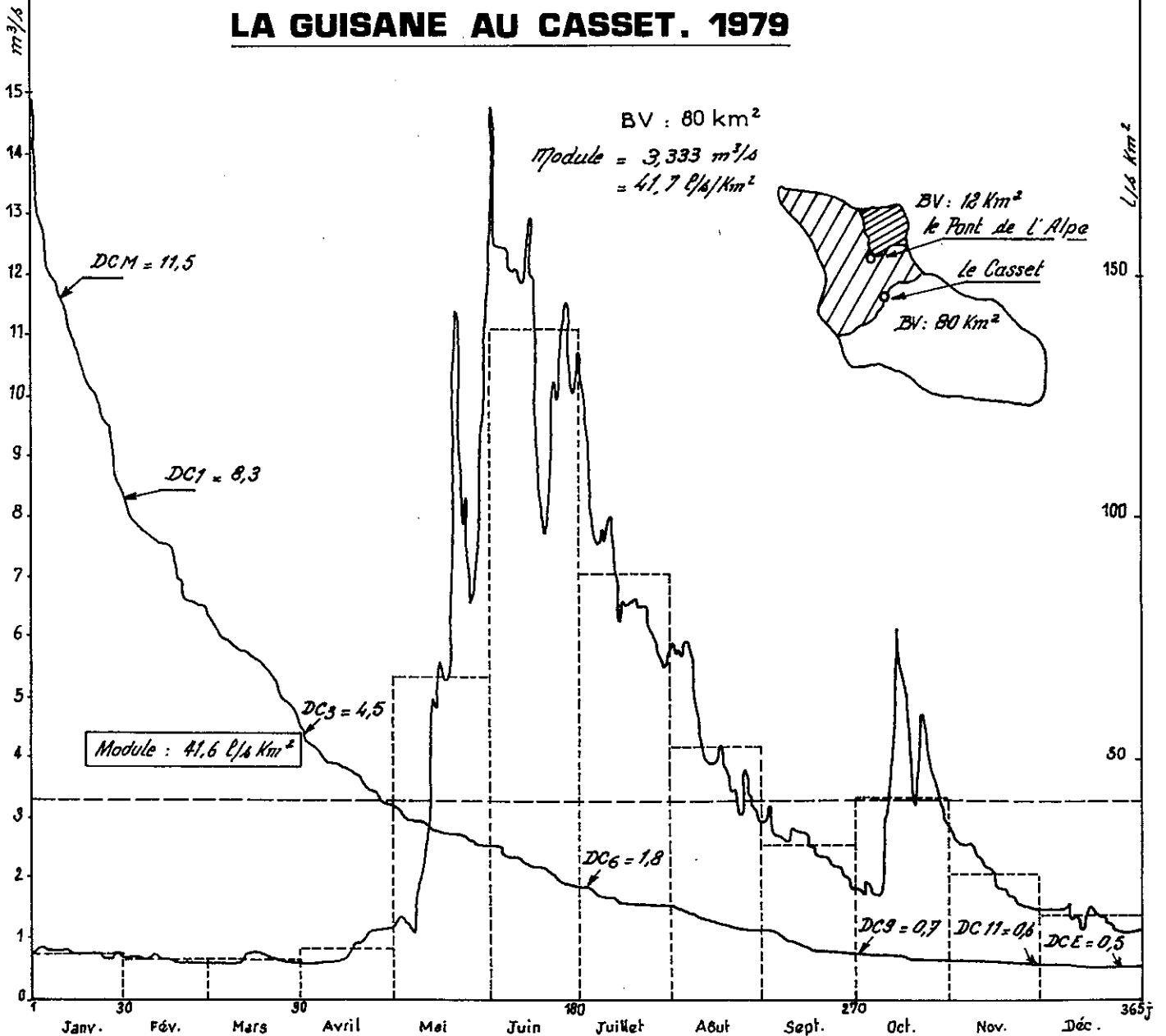
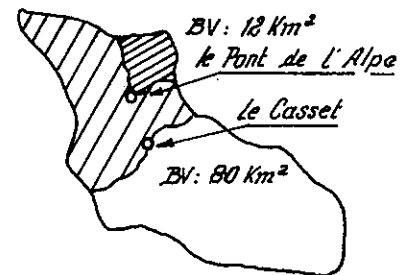


TABLEAU n° 11 DEBITS SPECIFIQUES, LAME D'EAU ECOULEE ET VOLUME D'EAU ECOULEE.

	1979.	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec.
Chantemerle 165 km ²	Qm : m ³ /s	1,338	1,374	1,795	2,962	11,642	17,295	9,129	5,544	3,466	5,210	4,220	3,250
	qsp : l/s/km ²	8,1	8,3	10,9	18,0	70,8	105,1	55,5	33,7	21,1	31,7	25,6	19,6
	Le : mm	21,7	20,1	29,2	46,7	189,6	272,4	148,6	90,2	54,7	84,9	66,3	52,5
	Volume 10 ⁹ m ³	3,58	3,32	4,81	7,68	31,18	44,82	24,45	14,85	8,98	13,95	10,94	8,70
Le Casset 80 km ²	Qm : m ³ /s	0,750	0,642	0,644	0,832	5,360	11,103	7,063	4,210	2,540	3,340	2,110	1,410
	qsp : l/s/km ²	9,4	8,0	8,0	10,4	67,0	138,8	88,3	52,6	31,7	41,7	26,4	17,6
	Le : mm	25,2	19,3	21,4	26,9	179,4	359,8	236,5	140,9	82,2	111,7	68,4	47,1
	Volume : 10 ⁹ m ³	2,01	1,55	1,72	2,16	14,36	28,78	18,92	11,28	6,58	8,94	5,47	3,78

1 9 8 0

Chantemerle	Qm : m ³ /s	2,110	2,110	2,480	5,010	9,014	13,852	11,965	9,390	4,989	4,301	3,624	2,667
	qsp : l/s/km ²	12,8	12,8	15,1	30,5	54,8	84,2	72,7	57,1	30,3	26,1	22,0	16,2
	Le : mm	34,3	31,0	40,4	79,1	146,8	218,2	194,7	152,9	78,5	69,9	57,0	43,4
	Volume 10 ⁹ m ³	5,65	5,10	6,64	12,98	24,14	37,10	32,05	25,15	12,93	11,54	9,39	7,14
Le Casset	Qm : m ³ /s	1,036	1,022	1,013	1,787	3,871	6,722	5,407	5,075	3,508	3,570	2,351	1,918
	qsp : l/s/km ²	12,9	12,7	12,6	22,3	48,4	84,0	67,6	63,4	43,8	44,6	29,4	24,0
	Le : mm	34,5	30,7	33,7	57,8	129,6	217,7	181,0	169,8	113,5	119,4	76,2	64,3
	Volume 10 ⁹ m ³	2,77	2,47	2,71	4,63	10,37	18,00	14,48	13,59	9,09	9,56	6,09	5,14

TABLEAU n° 12

DEBITS RELATIFS MENSUELS.

1 9 7 9	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Chantemerle	0,24	0,24	0,32	0,53	2,07	3,07	1,62	0,99	0,62	0,93	0,75	0,58
Le Casset	0,22	0,19	0,19	0,25	1,61	3,33	2,12	1,26	0,76	1,00	0,63	0,42
Chantemerle - Casset	0,26	0,32	0,50	0,93	2,74	2,70	0,90	0,58	0,40	0,82	0,92	0,80

1 9 8 0

Chantemerle	0,35	0,35	0,41	0,84	1,50	2,31	2,00	1,57	0,83	0,72	0,60	0,44
Le Casset	0,33	0,33	0,32	0,57	1,24	2,15	1,73	1,63	1,12	1,14	0,75	0,61
Chantemerle - Casset	0,37	0,38	0,51	1,12	1,79	2,49	2,29	1,50	0,52	0,25	0,44	0,26
Basse Guisane	0,42	0,45	0,65	1,53	2,38	2,57	2,38	1,08	0,016	-0,16	0,37	0,23

Moyenne 1979 - 1980.

Chantemerle	0,295	0,295	0,365	0,685	1,785	2,690	1,810	1,280	0,725	0,825	0,675	0,510
Le Casset	0,275	0,260	0,255	0,410	1,425	2,740	1,925	1,445	0,940	1,070	0,690	0,515
Chantemerle - Casset	0,315	0,350	0,505	1,020	2,260	2,600	1,590	1,040	0,460	0,530	0,680	0,530

Au Casset : en juin 11,103 m³/s en février 0,642 m³/s - rapport de 1 à 17.

En 1980 à Chantemerle : en juin 13,852 m³/s en janvier et février 2,210 m³/s - rapport de 1 à 6,5.

au Casset : en juin 6,722 m³/s, en mars 1,013 m³/s - rapport de 1 à 6,6.

Ceci montre que l'année 1980 a été beaucoup moins contrastée que 1979.
(voir la figure 29 des débits moyens mensuels de la haute Guisane.)

- La lame d'eau écoulee et le volume correspondant.

On considère la lame d'eau (Le) entrant dans la composition du bilan hydrogéologique, calculé pour le bassin de 165 km².
La lame d'eau écoulee à Chantemerle est :

en 1979 : Le =	1.078 mm	volume d'eau = 177,29. 10 ⁹ m ³
en 1980 : Le =	1.148 mm	volume d'eau = 188,81. 10 ⁹ m ³

La lame d'eau écoulee au Casset est supérieure ; en effet, il y a eu : 1.913 mm en 1979 et 1.230 mm en 1980.

En 1979 : Le =	1.313 mm	volume d'eau = 105,04. 10 ⁹ m ³
En 1980 : Le =	1.230 mm	volume d'eau = 98,40. 10 ⁹ m ³

d) Les débits relatifs mensuels.

Le débit relatif mensuel (X) est le rapport du débit moyen mensuel (Q) sur le module de l'année (M).

$$X1 = \frac{Q1}{M}$$

Les débits relatifs mensuels, appelés aussi coefficients mensuels de débits, mettent en évidence la variation de débit de mois en mois au cours de l'année. Ces variations oscillent autour de 1.

Fig: 33

TORRENT DU RIF AU PONT DE L'ALPE . 1980

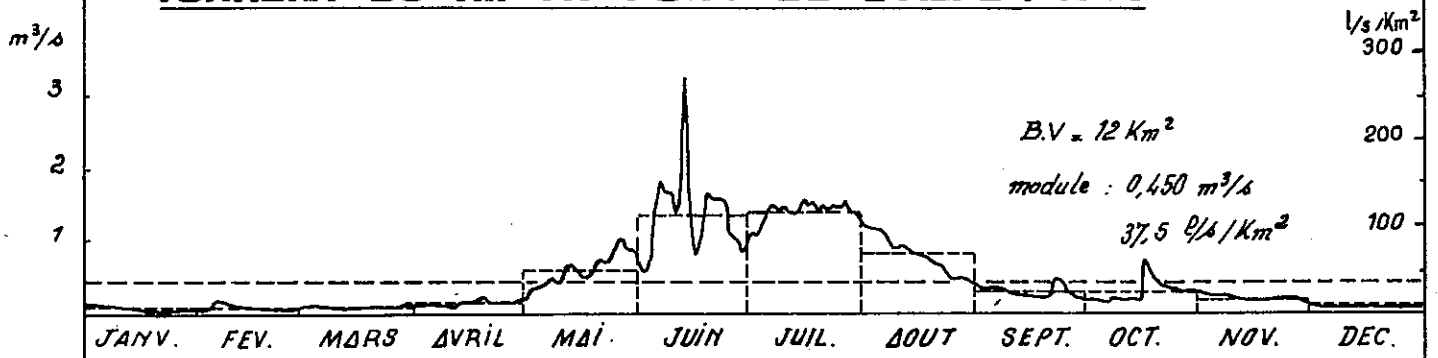
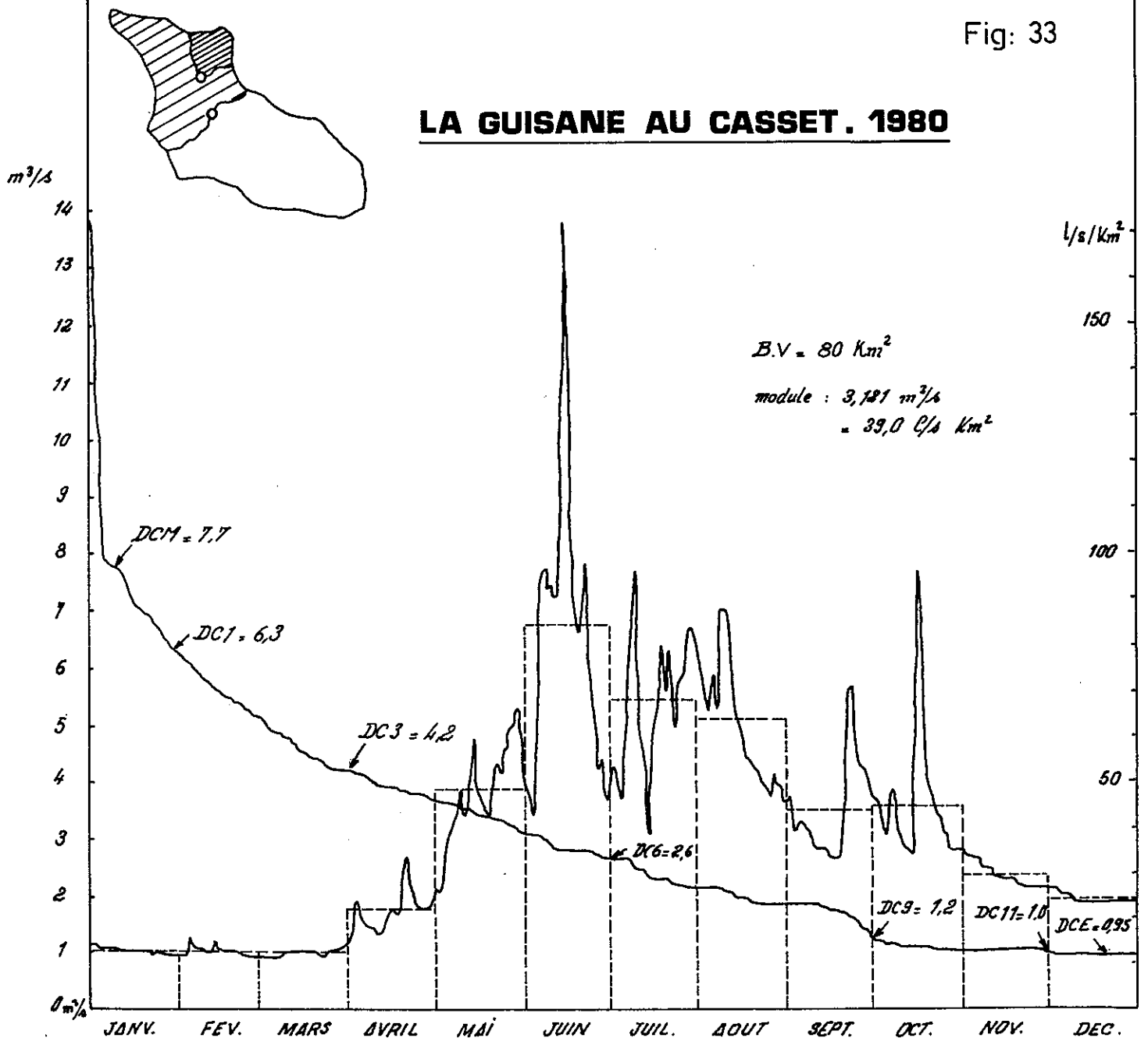


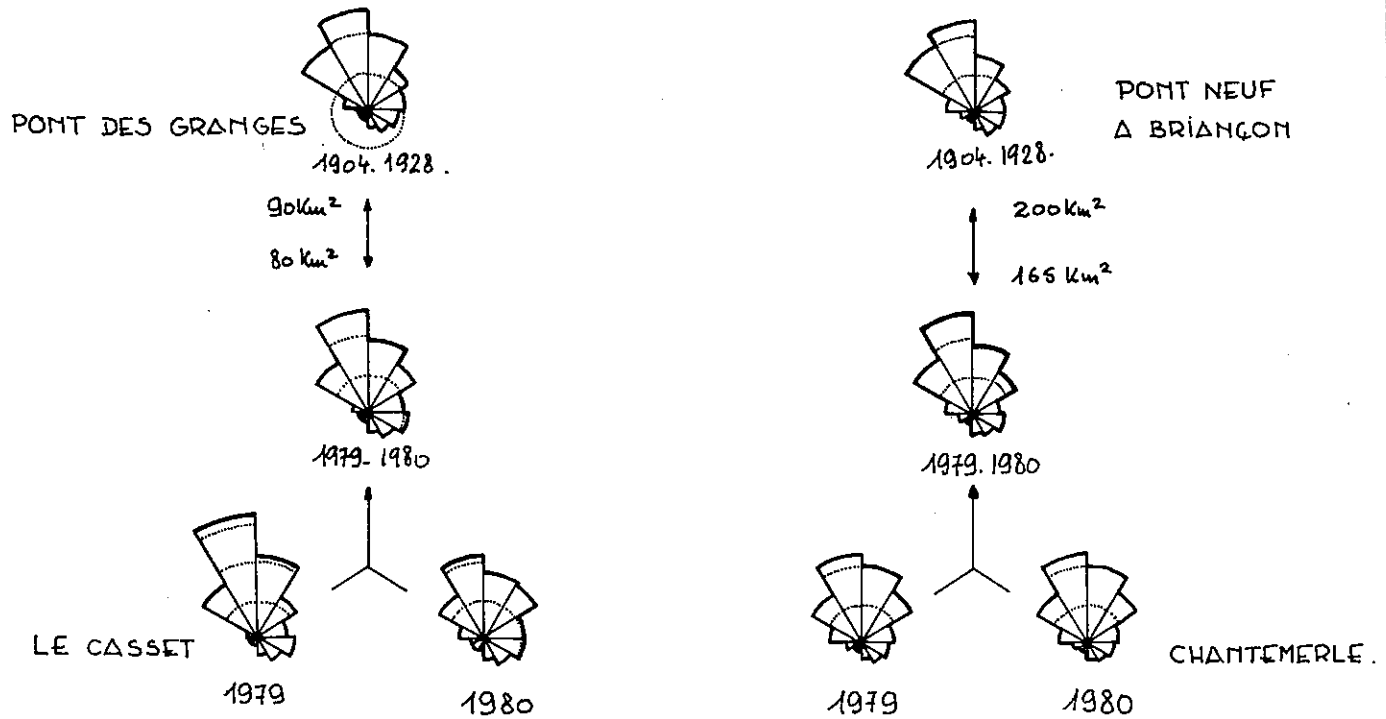
Fig: 33

LA GUISE AU CASSET . 1980



**COMPARAISON DES DEBITS RELATIFS MENSUEL
DES DIFFERENTES STATIONS**

Fig: 34



Pour l'année 1980, nous avons établi une carte des débits relatifs mensuels où figurent les stations du Casset et de Chantemerle (figure n° 37 page 90). Ceci a pour but de montrer la participation des bassins versants secondaires au débit pendant l'année. Les réactions dans le temps pour chaque bassin versant se font en fonction de son altitude moyenne et de son exposition.

Nous présentons, figure 34, la comparaison des débits relatifs mensuels entre 1904 - 1928 et 1979 - 1980 pour les différentes stations. On retrouve le même type d'évolution des débits relatifs pour les différentes stations.

3. - Les débits des sous-bassins versants en 1980 :

- Les mesures sur le terrain.

Dans ce paragraphe il sera question de jaugeages effectués par mes soins depuis octobre 1979, pendant l'année 1980, et poursuivis en 1981.

Au point de vue de l'espacement des mesures dans le temps et de leur représentativité par rapport à la courbe réelle des débits moyens journaliers, il a été procédé comme suit :

- . en période d'étiage, de décembre à mars, une mesure par mois au moins.
- . le reste du temps, une mesure tous les 10 à 15 jours suivant l'évolution de l'écoulement.

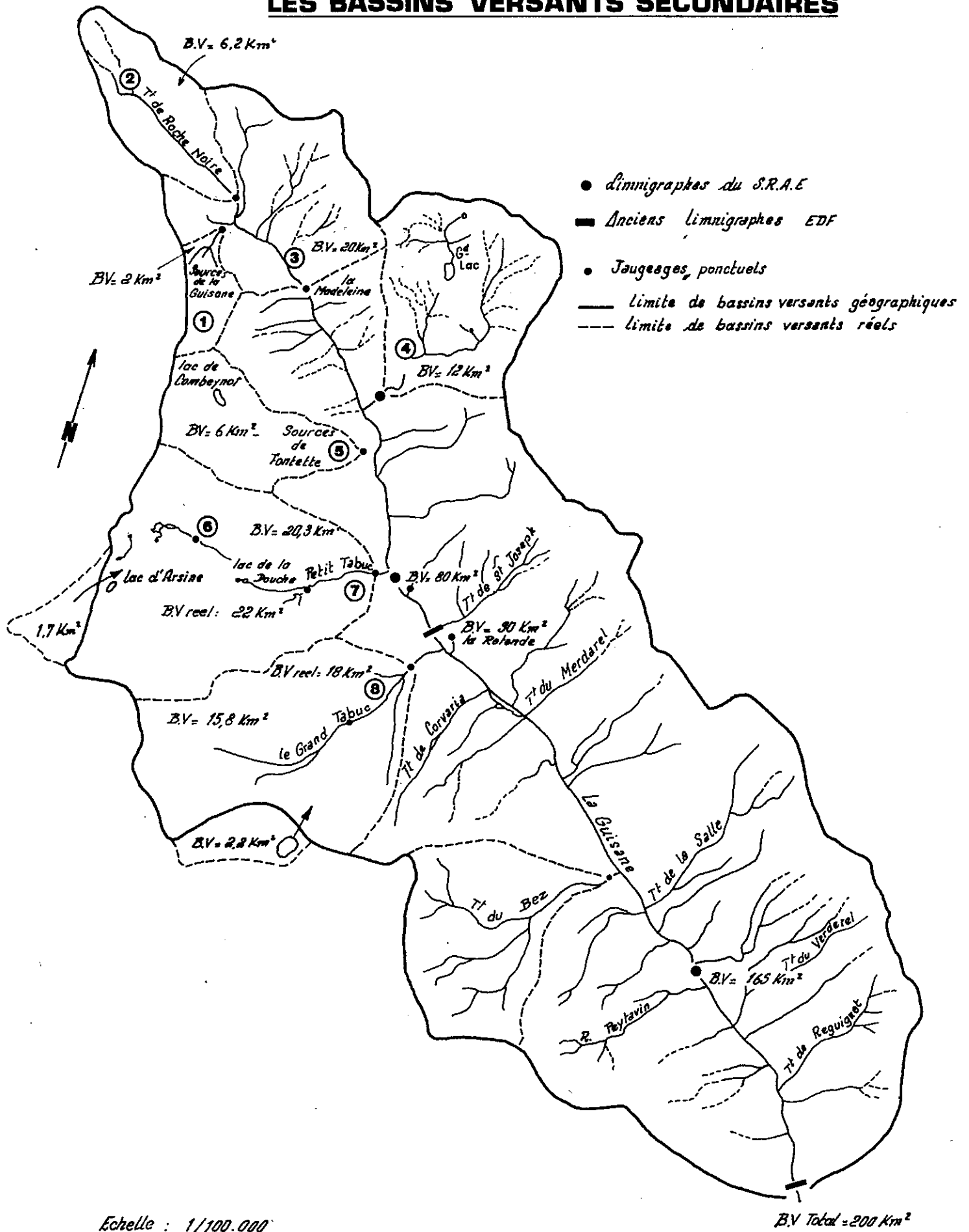
Quelques périodes ont fait l'objet de relevés journaliers, ou tous les deux jours (mois de juillet et août).

Etant donné que l'on ne pouvait effectuer de relevés en continu, on admettra une marge d'erreur de plus ou moins 20 % sur les résultats présentés.

Afin d'éviter d'effectuer de trop nombreux jaugeages, on a installé une échelle ou pris un repère fixe sur un rocher. On a procédé ensuite au tarage de l'échelle ou du repère comme pour une station limnigraphique, en veillant au maintien de la section du cours d'eau surtout après les crues où il a été fait des jaugeages systématiques de contrôle.

Environ, 110 jaugeages au micromoulinet OTT ont été exécutés afin de mener à bien cette campagne.

LES STATIONS DE MESURE DE DEBIT ET LES BASSINS VERSANTS SECONDAIRES



De plus, un limnigraphe installé sur le torrent du Rif a enregistré les débits depuis octobre 1978, et a permis d'apprécier les variations d'un bassin versant en adret.

- Situation des stations de jaugeage des bassins versants secondaires.

La figure 35 indique les lieux de jaugeage ainsi que la surface du bassin versant fermé correspondant.

Les sous-bassins versants étudiés plus particulièrement sont situés dans la haute Guisane. Il s'agit, en partant de l'amont vers l'aval, des sources de la Guisane (altitude : 2.035 m), du torrent de Roche Noire, de la Guisane à la Madeleine, du torrent du Rif, des sources de Fontette, du Petit Tabuc et du Grand Tabuc.

a) Les débits moyens mensuels.

A partir des mesures de débits absolus faites sur le terrain, et des courbes obtenues sur les limnigraphes, on a extrapolé les courbes des débits moyens journaliers pour chaque bassin versant secondaire.

Ainsi a-t-on pu calculer les débits moyens mensuels consignés dans le tableau n° 13.

b) Les débits spécifiques.

Nous nous intéressons surtout aux débits spécifiques moyens mensuels de l'année 1980.

Après avoir estimé les débits moyens mensuels pour tous les sous bassins, on a calculé les débits spécifiques correspondants. On sait que les débits spécifiques annuels varient en fonction du lieu et de l'altitude. Mais ces variations peuvent être très marquées si le bassin versant réel est supérieur au bassin versant topographique, ce qui est le cas pour le Grand Tabuc et pour le Petit Tabuc.

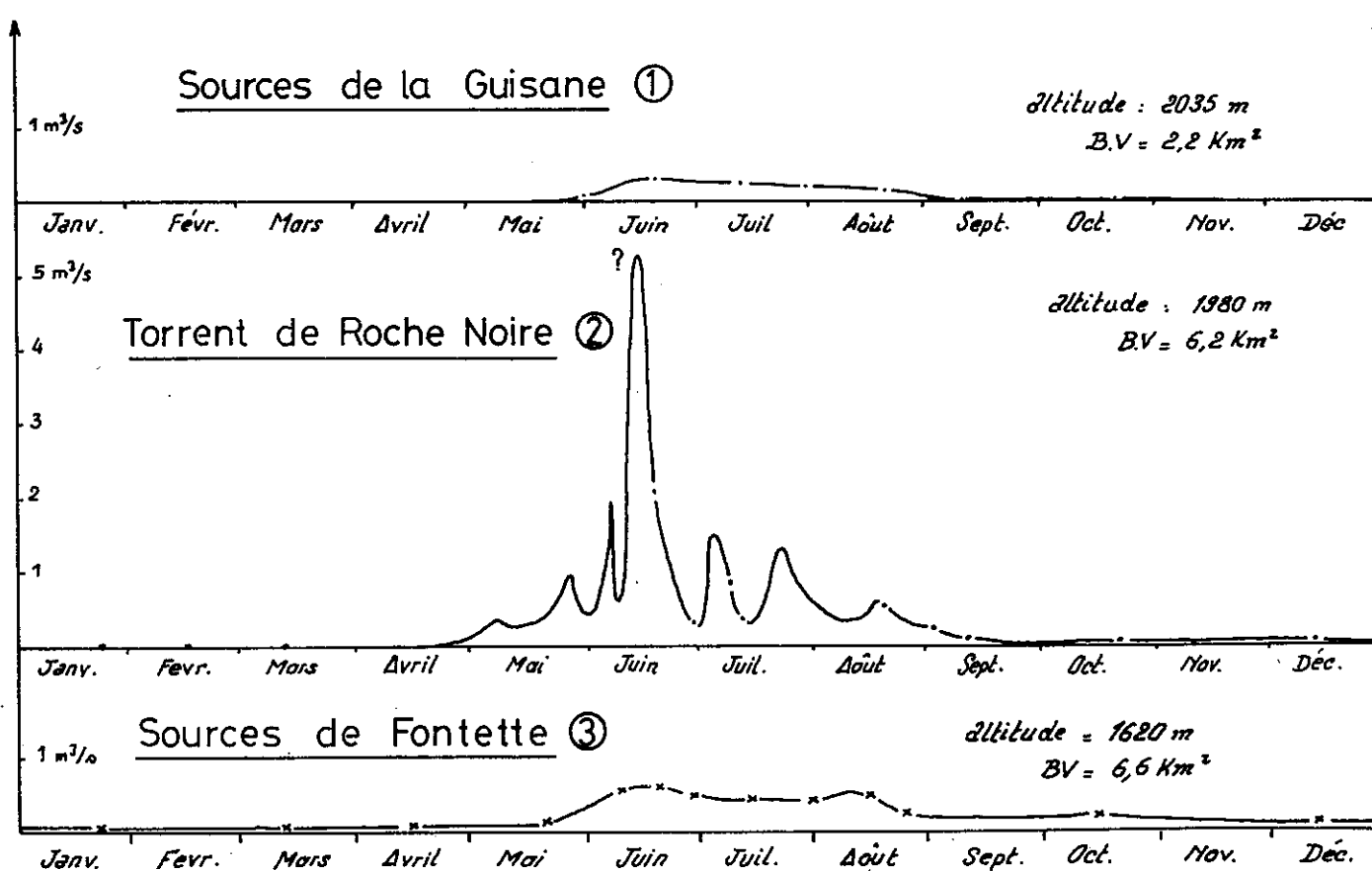
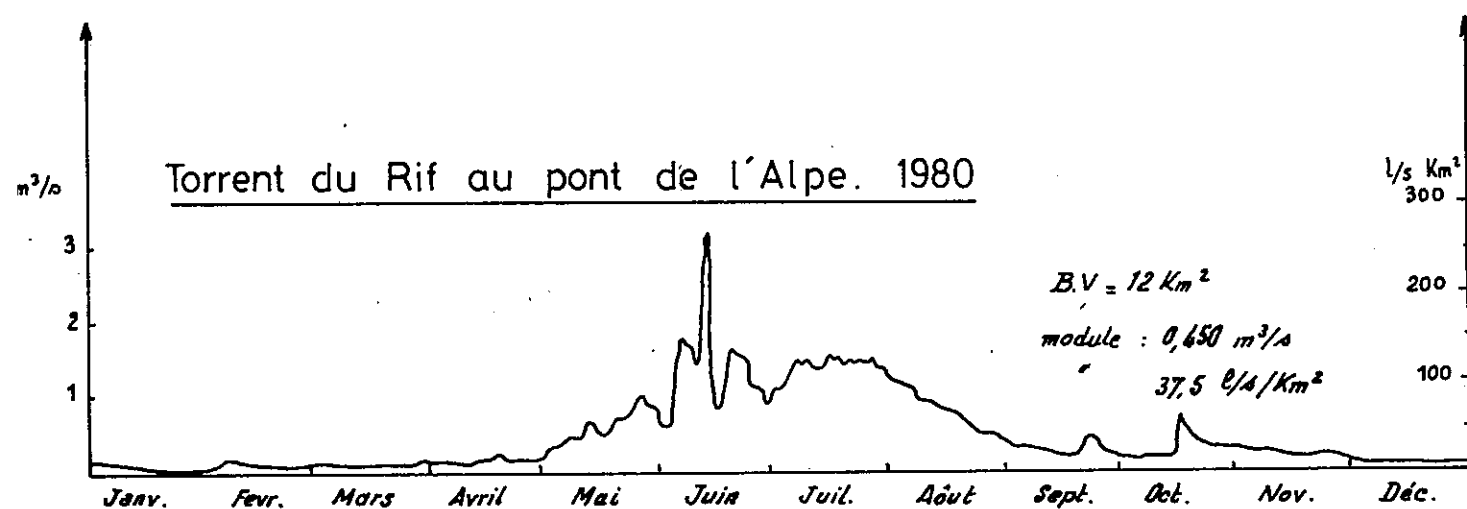
- Le Petit Tabuc.

Dans l'ordre chronologique des faits, c'est en mesurant les débits que j'ai constaté une nette anomalie sur le Petit Tabuc, et ceci dès le début de l'année 1980.

J'en ai, par la suite, cherché les causes.

En remontant le cours d'eau, j'ai pu déterminer un débit spécifique très élevé au niveau de l'altitude 2.165 m, en aval du Col d'Arsine.

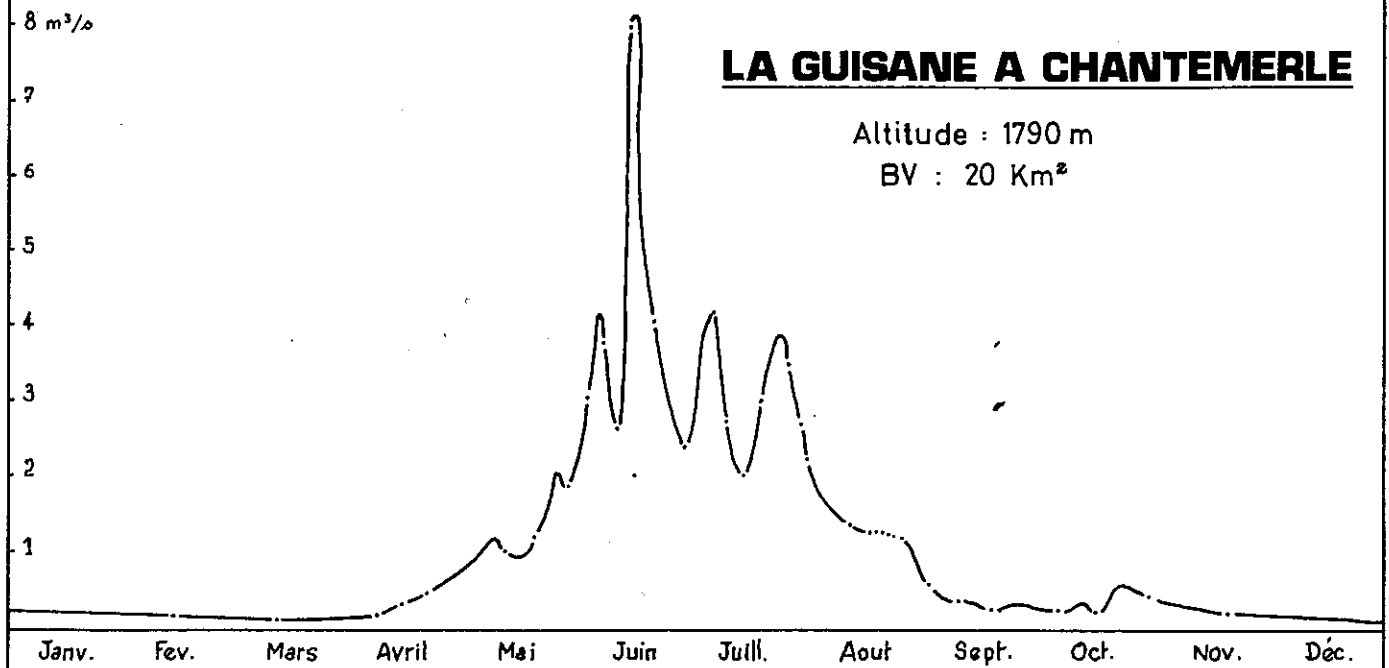
Les valeurs extrapolées sont de 73 l/s/km² pour l'année 1980, et d'environ 250 l/s/km² en août 1980, ce qui serait la valeur observée la plus forte du bassin versant de la Guisane. Bien entendu cette valeur extrême a une explication hydrogéologique. Le bassin versant réel, à l'amont de ce point de jaugeage, serait de 9,25 km² au lieu de 7,25 km².



LA GUISANE A CHANTEMERLE

Altitude : 1790 m

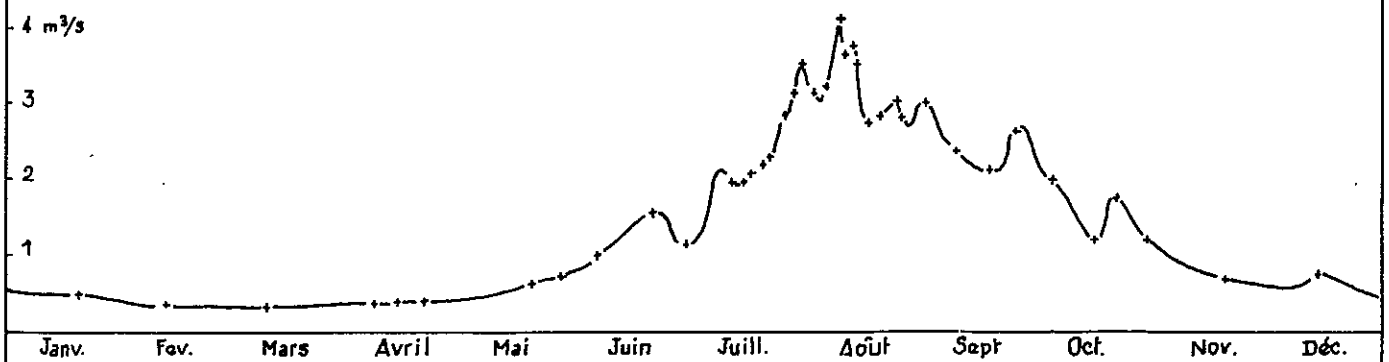
BV : 20 Km²



LE PETIT TABUC

Altitude : 1520 m

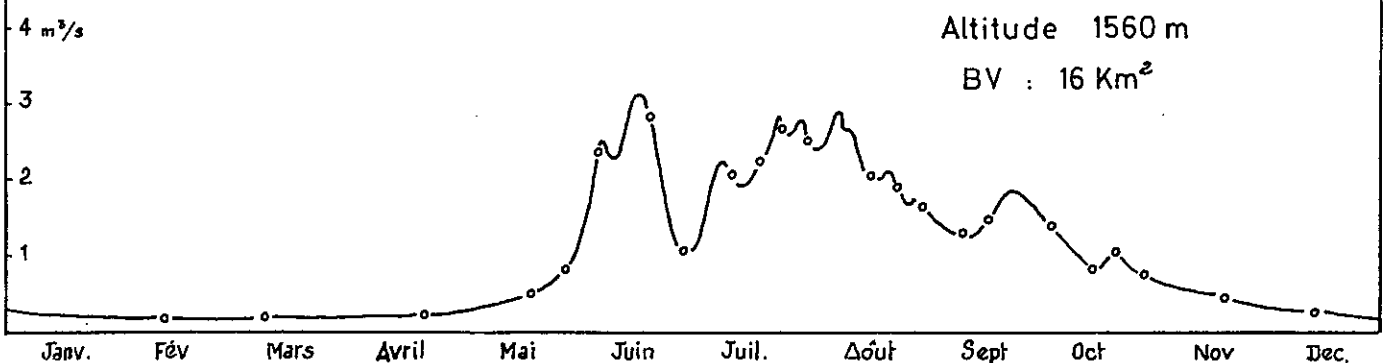
BV : 20 Km²



LE GRAND TABUC

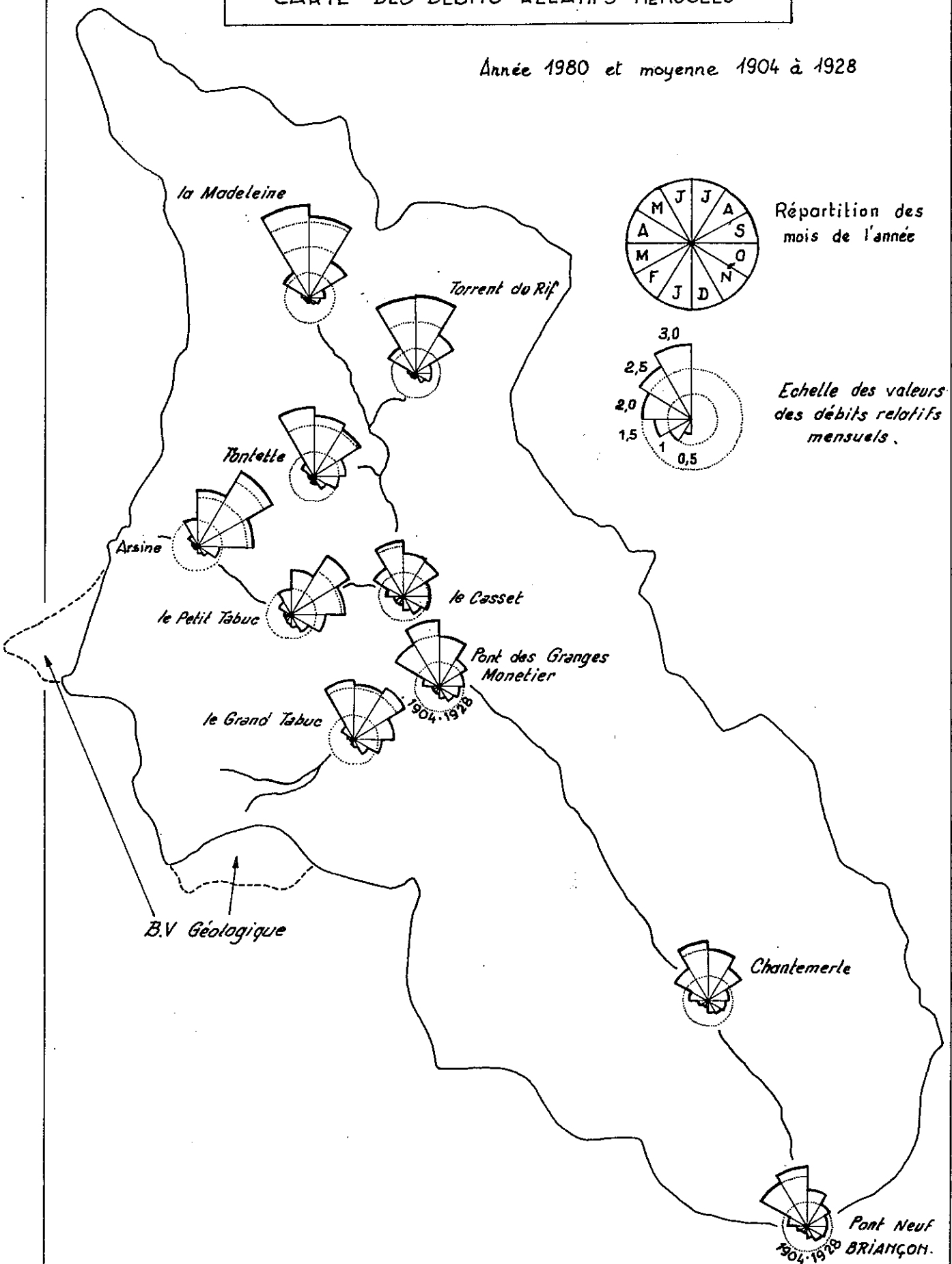
Altitude 1560 m

BV : 16 Km²



CARTE DES DÉBITS RELATIFS MENSUELS

Année 1980 et moyenne 1904 à 1928



Pour le Petit Tabuc à l'altitude 2.165 m, on a trouvé un débit spécifique de 73 l/s/km² en considérant le bassin versant topographique égal à 7,25 km². Si l'on prend le bassin versant réel, avec le maximum d'extension possible, soit 9,25 km² on arrive au résultat de 56 l/s/km², ce qui est tout à fait correct pour de telles altitudes.

On remarque que le débit spécifique à 1.520 m est de 58,5 l/s/km². La différence s'explique par d'importantes infiltrations dans le cône de déjection. Ce cône formé d'éléments cristallins et à faible pente, est donc très perméable.

La différence de 15 l/s/km² constatée entre les débits amont et aval correspond à un débit souterrain de 300 l/s en moyenne sur l'année.

- Le Grand Tabuc.

Le débit spécifique annuel de 1980 mesuré à l'altitude 1.560 m est de 57 l/s/km².

Avec le Petit Tabuc, ce sont les deux torrents qui ont les plus forts débits spécifiques mensuels en automne et en hiver au moment de l'étiage.

Ici encore l'hypothèse d'un bassin versant géologique supérieur au bassin versant topographique est proposée.

La zone extérieure au bassin topographique qui alimenterait le Grand Tabuc serait le bassin du Lac de l'Eychauda (2,2 km²) qui n'a pas de déversoir vers le torrent de l'Eychauda. Ici le rôle des accidents et fractures tectoniques serait fondamental pour la vidange de ce lac par drainage des eaux du lac par les failles puis écoulement dans les formations quaternaires.

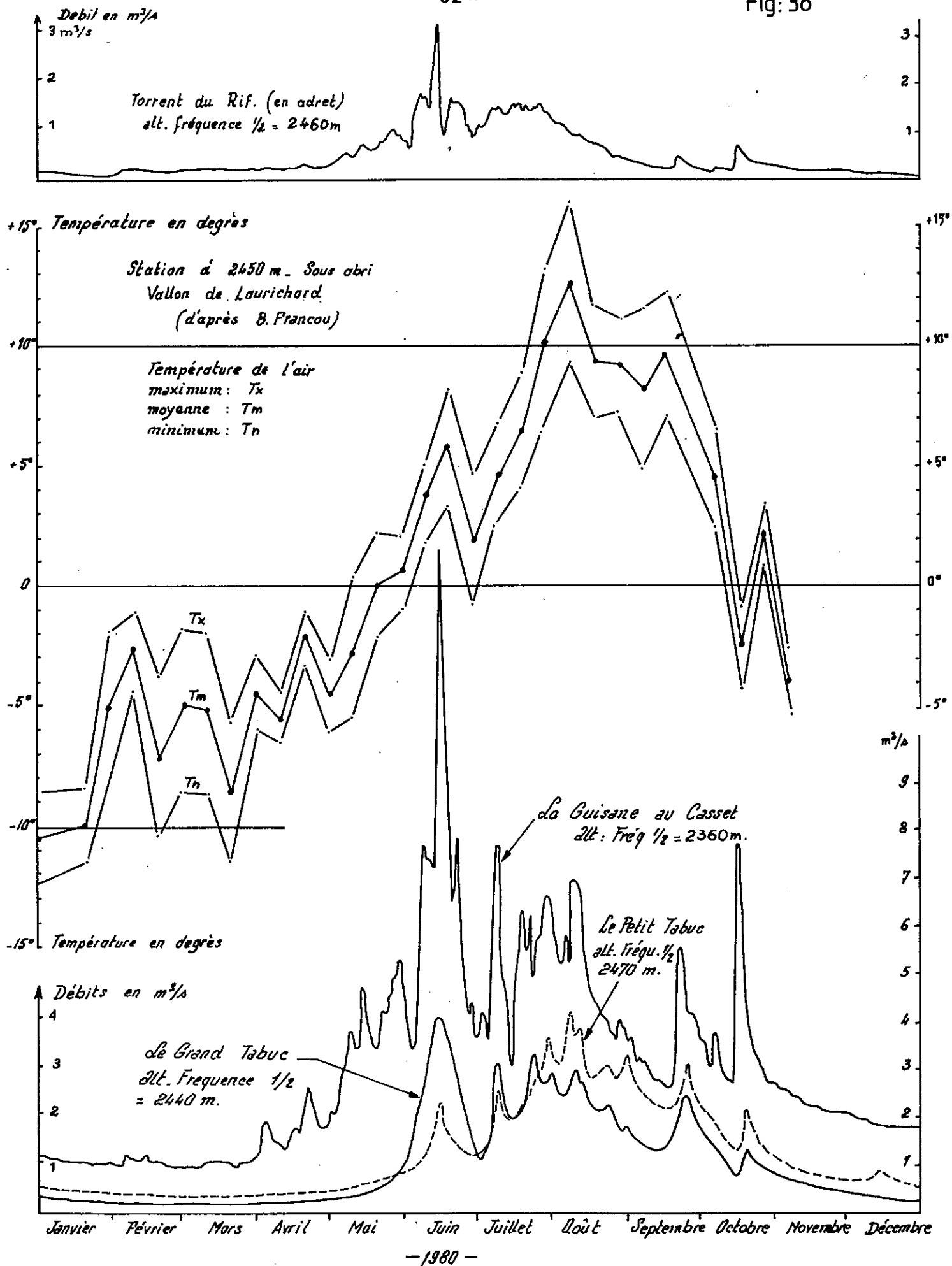
En admettant une répartition égale des débits vers les deux bassins versants, de la Guisane et de la Gyrone, il apparaît qu'une superficie de 1,0 km² alimente le Grand Tabuc. Avec un débit spécifique de 60 l/s/km² cela fait un débit moyen annuel de 60 l/s.

Le volume d'eau écoulé en un an sera de :

$$60 \times 31,536.10^6 = 1.892.10^6 \text{ m}^3.$$

Le lac ayant une superficie d'environ 0,5 km², il présentera une baisse de 3 à 4 mètres pour l'alimentation du Grand Tabuc et sans doute autant pour l'alimentation du torrent de Vallouise.

Le 4 aout 1980, j'ai constaté un débit de 1 m³/s se déversant dans le lac de l'Eychauda venant de la fonte du glacier de Seguret - Foran. En admettant que le débit moyen journalier est de 500 l/s pendant le mois d'août on arrive à un débit spécifique de 250 l/s/km², comme pour le Petit Tabuc à l'altitude 2.165 m, le lac de l'Eychauda se trouvant à 2.516 m.



RELATIONS DEBITS-TEMPERATURES

La fonte du glacier de Séguret Foran, pour les mois de juillet et août fournit un volume d'eau approximatif de :

$$0,500 \text{ m}^3/\text{s} \times 86400 \times 60 \text{ jours} = 2,59.10^6 \text{ m}^3.$$

Si l'on y ajoute le volume de la lame d'eau précipitée on aboutit à un volume supérieur à celui des écoulements dus uniquement à la fonte glaciaire.

c) Les débits relatifs mensuels :

Les débits relatifs mensuels montrent très bien l'évolution mensuelle de débit suivant l'altitude, l'exposition et le pourcentage de surface de glacier de ce sous-bassin.

La figure 37 est une carte des débits relatifs mensuels, qui est la synthèse des résultats obtenus. Elle montre l'évolution du coefficient mensuel de débit pendant l'année pour les bassins versants secondaires et pour les zones intermédiaires comprises entre les deux limnigraphes.

Les valeurs correspondant aux graphiques se trouvent dans le tableau n° 15.

d) Les relations débits - températures.

Les relevés de températures sous abri effectués par B. FRANCOU dans le vallon de Laurichard à l'altitude 2.450 m sont très intéressants. La coïncidence a voulu que l'altitude où sont faits ces relevés soit pratiquement la même que l'altitude de fréquence 1/2 de plusieurs sous-bassins de la Guisane.

Altitude de fréquence 1/2	de la Guisane au Casset	:	2.360 m
	du Petit Tabuc	:	2.470 m
	du Grand Tabuc	:	2.440 m
	du Torrent du Rif	:	2.460 m
	de la Guisane à la Madeleine	:	2.380 m

On constate une très nette influence des températures sur les débits.

Un point particulier pour l'année 1980 a été le refroidissement de la fin juin - début juillet qui a provoqué une chute spectaculaire de débit après la crue nivale de la mi-juin.

TABLEAU n° 13

DEBITS MOYENS MENSUELS ESTIMES EN l/s.

	Janv	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Module en 1980
Sources de la Guisane	0	0	0	0	10	250	220	180	60	40	20	5	65
Torrent de Roche Noire	0	0	0	30	350	1.500	700	400	150	50	40	20	270
La Guisane à la Madeleine	160	140	120	240	1.000	3.000	2.600	1.300	450	320	280	100	810
Torrent du Rif	101	98	93	145	597	1.357	1.382	797	282	280	170	61	450
Sources de Fontette	50	35	25	35	110	480	420	380	220	180	100	50	174
Petit Tabuc aval du Col d'Arsine	100	100	100	150	300	550	1.200	1.800	1.200	450	250	150	530
Petit Tabuc	460	350	340	380	600	1.200	2.200	3.200	3.500	1.600	850	600	1.170
Grand Tabuc	260	200	190	220	480	2.100	1.900	2.200	1.450	1.050	550	300	910

Tableau n° 14

DEBITS SPECIFIQUES DES BASSINS VERSANTS SECONDAIRES EN 1980.

1980	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
Sources de la Guisane alt : 2030 m	0	0	0	0	5	125	110	90	30	20	10	2,5	32,5
La Guisane à la Madeleine alt : 1785 m	8	7	6	12	50	150	130	65	22,5	16	14	5	40,4
Le torrent du Rif alt : 1705 m	8,4	8,2	7,7	12,1	49,7	113,1	115,1	66,4	23,5	23,3	14,2	5,1	37,5
Fontette alt : 1620 m	7,6	5,3	3,8	5,3	16,7	72,7	63,6	57,6	33,3	27,3	15,5	7,6	26,3
Le Petit Tabuc alt : 1520 m	21	16	15	17	27	54	110	145	114	73	39	27	58,5
Le Petit Tabuc alt : 2165 m	14	14	14	21	41	76	165	248	165	62	34	21	73,0
Le Grand Tabuc alt : 1560 m	16	12	12	14	30	133	120	139	92	66	35	19	57,6

q : débit spécifique en l/s/km².

Tableau N° 15

DEBITS RELATIFS MENSUELS DES BASSINS VERSANTS SECONDAIRES. en m³/s

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
La Guisane à la Madeleine	0,20	0,17	0,15	0,30	1,23	<u>3,70</u>	<u>3,20</u>	1,60	0,55	0,40	0,34	0,12
Torrent du Rif	0,22	0,22	0,21	0,32	1,33	<u>3,01</u>	<u>3,07</u>	1,77	0,63	0,62	0,38	0,13
Fontette	0,29	0,20	0,17	0,20	0,63	<u>2,76</u>	<u>2,41</u>	<u>2,18</u>	1,26	1,03	0,57	0,29
Le Petit Tabuc alt:2165 m	0,19	0,19	0,19	0,28	0,56	1,04	<u>2,26</u>	<u>3,40</u>	<u>2,26</u>	0,85	0,47	0,28
alt:1520 m	0,39	0,30	0,29	0,32	0,51	1,03	1,88	<u>2,73</u>	<u>2,14</u>	1,37	0,73	0,51
Le Grand Tabuc	0,28	0,22	0,21	0,24	0,53	<u>2,21</u>	<u>2,09</u>	<u>2,62</u>	1,59	1,15	0,60	0,39
La Guisane au Carret	0,33	0,33	0,32	0,57	1,24	<u>2,15</u>	1,73	1,63	1,12	1,14	0,75	0,61
La Guisane à Chantemerle	0,35	0,35	0,41	0,84	1,50	<u>2,31</u>	<u>2,00</u>	1,57	0,83	0,72	0,60	0,44

Les valeurs des débits relatifs supérieurs à 2 ont été soulignées.

Les très fortes chaleurs du début du mois d'août ont nettement influencé les débits du Petit Tabuc et du Grand Tabuc car les glaciers et les derniers névés ont fondu.

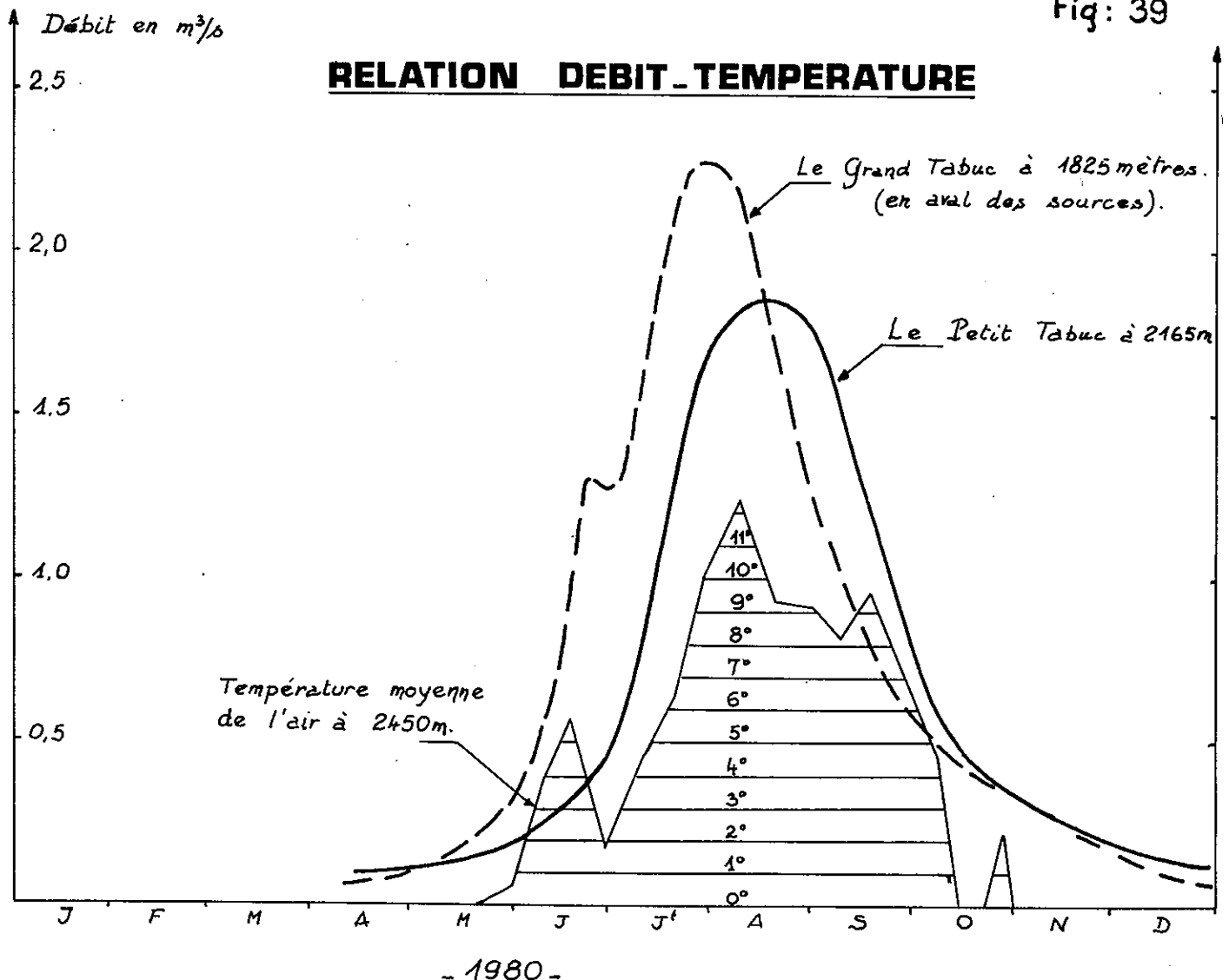
On se reportera aux courbes correspondant aux débits du Petit Tabuc à l'altitude 2.165 m et du Grand Tabuc en amont des sources à l'altitude 1.835 m (figure 39).

Un refroidissement progressif de l'air jusqu'au début septembre a fait ensuite diminuer lentement les débits avant une remontée des températures à la mi-septembre accompagnée de fortes pluies.

Ce n'est qu'à partir du 15 octobre qu'il n'y a plus d'influence des glaciers sur les débits. Ceux-ci vont alors être alimentés uniquement par le stock des réserves souterraines et les pluies.

On constate un même type de variation pour les débits du Petit Tabuc et ceux du Grand Tabuc. En effet, le Grand Tabuc est alimenté à l'automne par les réserves contenues dans la nappe des formations quaternaires de son vallon et par le lac de l'Eychauda; le Petit Tabuc, à l'altitude 2.165 m, l'est par l'énorme volume des moraines du glacier d'Arsine.

Fig: 39



4 - Etude des crues.

Le bassin de la Guisane présente deux types de crues :

- Les crues de fonte de neige : fin mai, début juin.
- Les crues pluviales d'automne : surtout en octobre.

Dans ce paragraphe nous parlerons du débit de crue à propos du débit moyen journalier maximum d'une année.

Nous avons pu étudier par une méthode probabiliste les "crues" pour le bassin versant fermé au Pont Neuf (201 km²) puis au Pont des Granges (90 km²) de 1904 à 1928. Cette étude porte uniquement sur les crues de fonte de neige, quelquefois grossies par de fortes pluies, qui sont les plus importantes.

Il est tout de même intéressant de noter que les débits de crues d'automne dépassent parfois ceux du printemps. Au point de vue des risques naturels, on voit donc que les crues pluviales d'automne peuvent être aussi dangereuses que les crues nivales.

- Ajustement à la loi de Gumbel.

La loi de Gumbel est la loi dite des valeurs extrêmes, dont la fonction de répartition est de la forme :

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}}$$

Cette loi va nous permettre d'estimer les crues ayant une faible probabilité d'être atteinte, c'est à dire la crue centennale et la crue millénaire.

a) Crues de fonte de neige pour le bassin fermé au Pont Neuf :

Nous possédons 25 années de mesures que nous avons classées par ordre croissant en calculant pour chacune, la fréquence (tableau n° 16).

Nous avons porté les points sur un graphique de Gumbel (fig 36). Ensuite nous avons calculé la moyenne et l'écart-type :

moyenne : $\bar{x} = 28,5 \text{ m}^3/\text{s}$

écart type : $\sigma = 9,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Les paramètres sont :

$$\frac{1}{\alpha} = 0,780 \sigma = 7,41$$
$$x_0 = \bar{x} - \frac{0,577}{\alpha} = 24,2$$

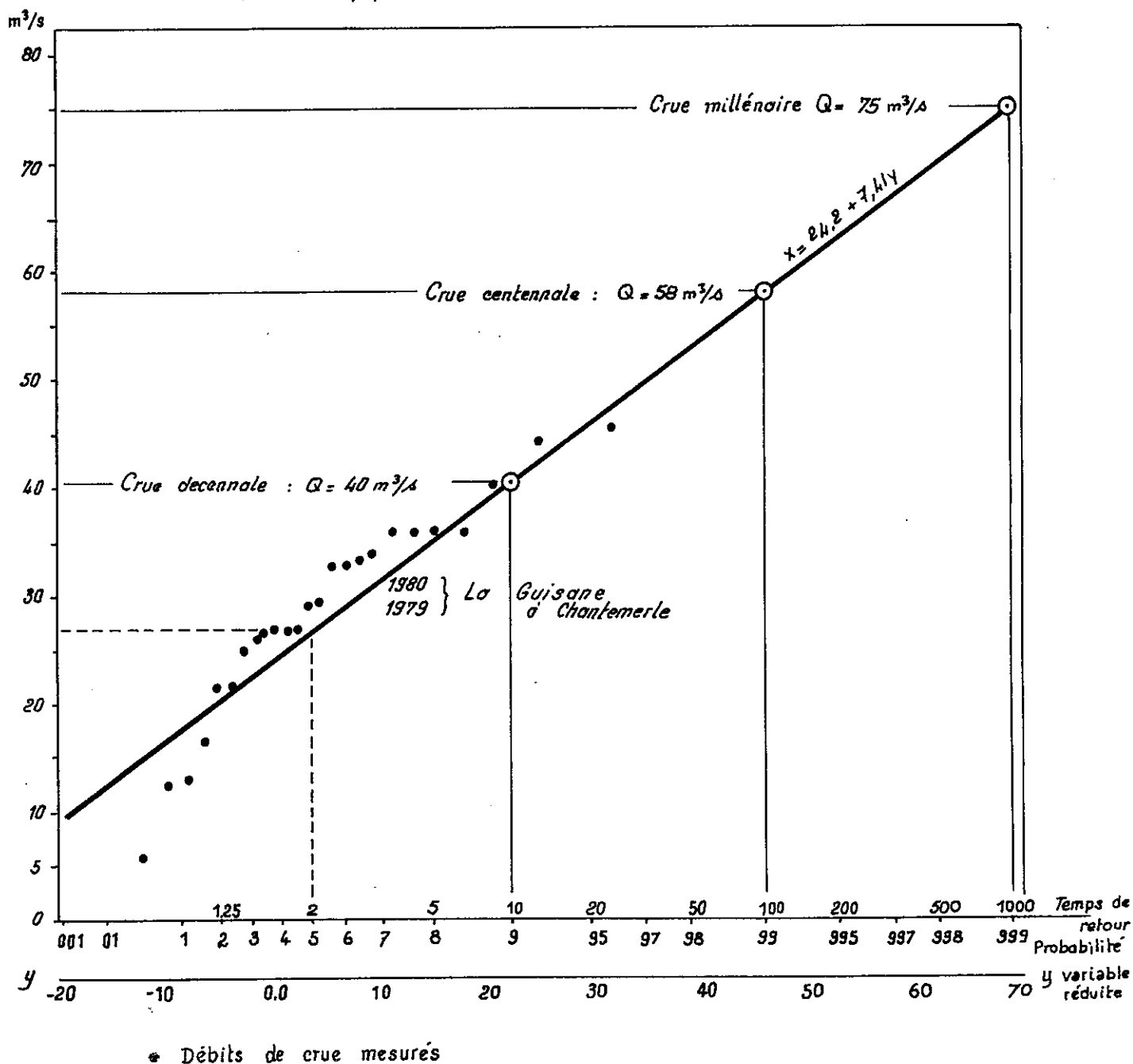
VALEURS MAXIMALES ANNUELLES DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS AU PONT NEUF.

Rang	Fréquence $F(x) = \frac{m}{n+1}$	Débit de crue m ³ /s	Date de la crue.
1	0,038	6,2	6 Juin 1921
2	0,077	12,4	17 Juin 1918
3	0,115	12,7	26 Avril 1909
4	0,154	16,7	25 Aout 1905
5	0,192	21,7	14 Juin 1907
6	0,230	21,8	9 Mai et 12 Juin 1923
7	0,269	25,0	7 Juin 1925
8	0,308	26,0	11 Juin 1911
9	0,346	26,5	30 Mai 1926
10	0,384	27,0	5 Juin 1910
11	0,423	27,1	23 Mai 1904
12	0,461	27,2	1er Juin 1927
13	0,500	29,0	26 Mai 1922
14	0,538	29,2	19 Mai 1924
15	0,577	32,8	26 Mai 1916
16	0,615	32,8	23 Mai 1908
17	0,654	33,2	20 Juin 1912
18	0,692	33,8	1er Juin 1906
19	0,731	36,0	12 Juin 1919
20	0,769	36,0	22 Mai 1920
21	0,807	36,0	29 Mai 1917
22	0,846	36,0	11 Juin 1928
23	0,885	37,6	18 Mai 1915
24	0,923	44,0	2 Juin 1913
25	0,961	45,4	23 Juillet 1914

Fig:40

AJUSTEMENT A LA LOI DE GUMBEL DES CRUES ANNUELLES DE LA GUISANE AU PONT NEUF SUR 22 ANNEES . 1904-1928

Tracé à partir de papier de Gumbel.



Dans ce cas, la loi limite de GUMBEL relative aux crues de la Guisane est représentée par une droite d'équation :

$$x = 24,2 + 7,41 y.$$

L'ajustement paraît correct surtout pour les plus fortes crues observées, celles qui nous intéressent le plus. Ainsi, peut-on estimer :

- . la crue decennale à 40 m³/s (de probabilité 1/10)
- . la crue centennale à 58 m³/s (de probabilité 1/100)
- . la crue millénaire à 75 m³/s (de probabilité 1/1000).

Pendant la période d'observation de 1904 à 1928 il a été observé 2 fois des débits dépassant la crue decennale.

en 1913 : 44 m³/s avec un temps de retour de 14 ans.

en 1914 : 45,4 m³/s avec un temps de retour de 25 ans.

Il est intéressant de noter que ces crues ont eu lieu deux années consécutives.

On a tenté de replacer les deux années d'observations récentes (1979 - 1980) sur la droite de la loi limite de Gumbel, en affectant aux débits de crues observés un coefficient de bassin de $1,21 = \frac{200 \text{ km}^2}{165 \text{ km}^2}$.

Ceci, bien que pouvant prêter à discussion, semble assez correct vu la topographie du bassin versant, et la tranche d'altitude intéressée par la remontée de l'isotherme 0°.

On a donc pour Chantemerle :

en 1979 : $24,4 \times 1,21 = 29,5 \text{ m}^3/\text{s}$

en 1980 : $24,8 \times 1,21 = 30,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Ces débits de crue correspondent à des valeurs légèrement supérieures à la crue de durée de retour deux ans que nous pouvons estimer à 28 m³/s.

- Estimation de la hauteur de neige fondue pendant les crues :

On cherche à évaluer la hauteur de neige qui a fondu, (ou la hauteur d'eau équivalente) le jour de la crue par rapport à la hauteur de fonte moyenne.

Il est d'ailleurs difficile de parler de fonte moyenne car si l'on observe l'évolution du manteau neigeux en fin de périodes de fonte, on constate qu'elle se fait avec des vitesses différentes.

Une étude a été réalisée en 1979 par Vincent RISSER, intitulée : "Etude fréquentielle de l'enneigement et analyse des derniers stades de l'évolution du manteau neigeux dans les stations témoins des Alpes françaises". Il présente en particulier la station de Serre Chevalier (2230 m) et Serre Ratier (1910m).

Cette étude montre que l'évolution du manteau neigeux se termine fin mai - début juin avec la plus forte probabilité. On voit que l'accélération de la fonte du manteau, en fin d'évolution, est synchrone à la crue annuelle.

Il en résulte que la fusion nivale moyenne augmente de la fin avril jusqu'à la fin juin.

Les décades qui nous intéressent, ainsi que la fusion moyenne calculée pour Serre Chevalier sont :

d'après V.RISSER

Décades et dates limites	Fusion moyenne encm.	hauteur d'eau correspondante en mm	hauteur d'eau en mm/jour = Le
11 avril	17	16	1,5
21 avril	27	66	7
1er mai	31	96	10
11 mai	39	151	15
21 mai	47	200	20
1er juin	50	214	21
11 juin	52	234	24
21 juin	58	270	27
1er Juillet	68	315	31

SERRE CHEVALIER 2230 m.

Tout d'abord, il est intéressant de noter que la station où ont été effectués les relevés se trouve à 2.230 m et que l'altitude de fréquence 1/2 du bassin fermé à Chantemerle est de 2240 m. Ceci facilite l'estimation que nous présentons.

Ce tableau permet les considérations suivantes :

En 1979 et 1980, les crues semblables de 25 m³/s avaient un débit spécifique q correspondant à 150 l/s/km² soit une lame d'eau de 13 mm et une hauteur de neige fondue de 28 mm pour un jour.

On a effectué les mêmes calculs pour les différentes crues :

	Q 'm3/s''	q	H neige en mm/j	Le mm
1979 - 1980	25 m3/s	150 l/s/km2	28	13 mm
crue decennale	40 "	242 "	46	21
crue centennale	58 "	351 "	67	30
crue millenaire	75 "	455 "	87	39

On constate qu'une forte pluie arrivant avec un redoux, et provoquant une accélération de la fonte du manteau neigeux en fin d'évolution, provoquera obligatoirement une crue dont le débit dépendra de la hauteur du manteau neigeux au sol, et de son état, ainsi que de l'intensité et la durée de la pluie. D'autres facteurs entrent en jeu dans la vitesse de fonte du manteau neigeux tels la température de la neige, la température extérieure, la température de l'eau de pluie.

La durée de la pluie est un facteur très important, car la capacité de rétention du sol et du sous-sol du bassin versant va être saturée très rapidement du fait que l'on sera en période de fusion nivale.

b) Crues de fonte de neige mesurées au Pont des Granges :

Nous avons opéré de la même façon que pour les crues de la station du Pont Neuf. Nous n'avons ici que 22 années de mesures. De 1904 à 1914 et de 1918 à 1928.

Le tableau suivant donne les valeurs mesurées et leur classement (tableau n° 17).

Les paramètres se rapportant à ce tableau sont :

. la moyenne : $\bar{x} = 12,9 \text{ m3/s}$

. l'écart-type : $\sigma = 4,26$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,780 \quad \sigma = 3,32$$

$$x_0 = \bar{x} - \frac{0,577}{\alpha} = 10,98$$

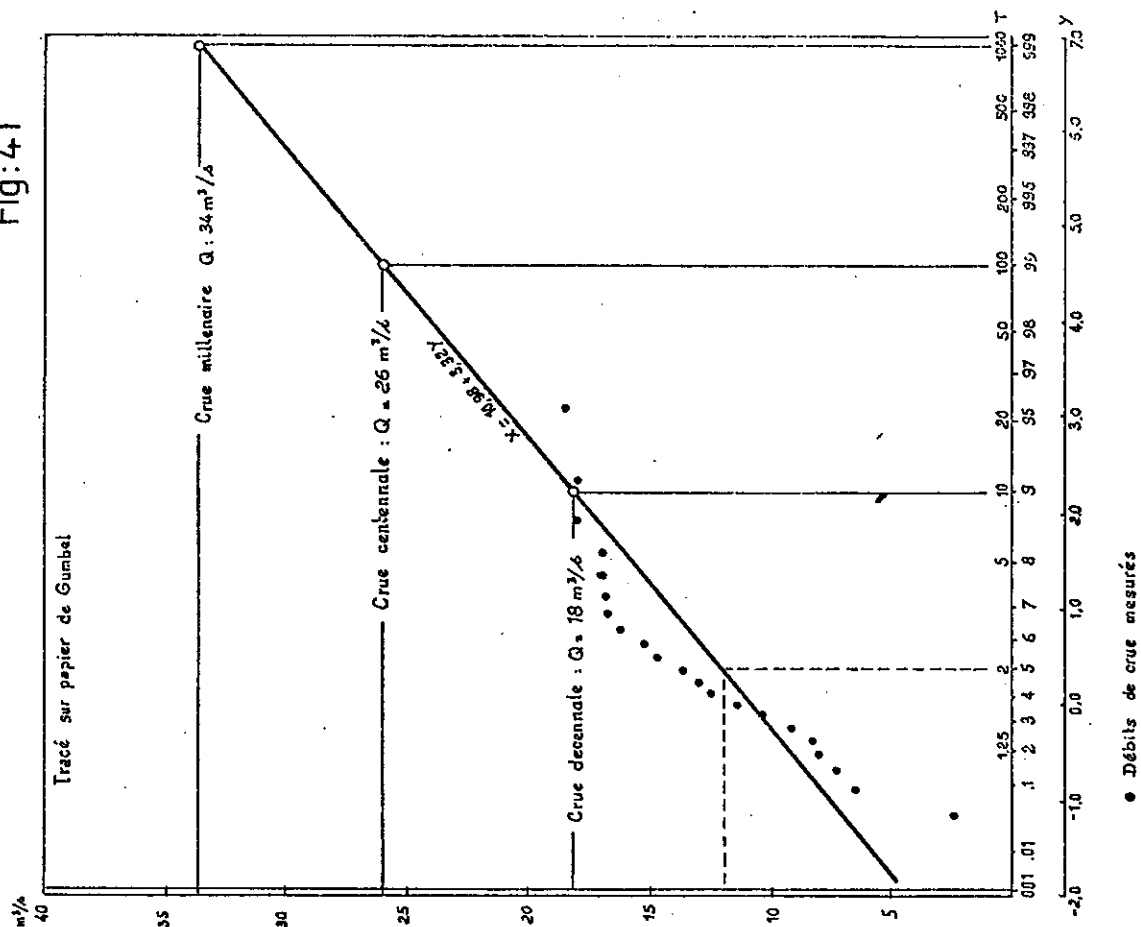
La loi limite de Gumbel est la droite représentée par la droite :

$$x = 10,98 + 3,32 y$$

(voir figure n° 41).

AJUSTEMENT A LA LOI DE GUMBEL DES CRUES ANNUELLES DE LA GUISEANE AU PONT DES GRANGES SUR 22 ANNEES.

Fig:41



Rang m	Fréquence $F(x) = \frac{m}{n+1}$	m³/s Débit de la crue	Date de la crue.
1	0,045	2,4	19 Mai 1921
2	0,091	6,5	26 Mai 1909
3	0,136	7,3	6 Juin 1905
4	0,182	8,0	11 Mai 1908
5	0,227	8,4	28 Mai 1907
6	0,273	9,2	29 Mai 1906
7	0,318	10,6	19 Mai 1904
8	0,364	11,5	25 Mai 1920
9	0,409	12,6	11 Juin 1923
10	0,454	13,0	18 Juillet 1926
11	0,500	13,7	9 Juin 1925
12	0,545	14,7	20 Mai 1924
13	0,590	15,2	10 Juin 1910
14	0,636	16,2	2 Juin 1913
15	0,682	16,8	20 Juin 1911.
16	0,727	16,8	16 Juin 1912
17	0,772	17,0	23 Juillet 1914
18	0,818	17,0	2 Juin 1927
19	0,864	18,0	11 Juin 1928
20	0,909	18,0	26 Mai 1922
21	0,954	18,5	10 Juin 1919.

L'ajustement n'est pas très bon, mais l'équation de la loi limite nous permet d'approcher les valeurs des crues suivantes :

- la crue décennale : 18 m³/s. Ce débit a été atteint ou dépassé 3 fois en 22 années de mesure. L'ordre de grandeur serait donc correct. En 1979 et 1980, les crues de la Guisane au Casset ont été respectivement de 14,9 m³/s et 13,8 m³/s (le 1er juin 1979 et le 14 juin 1980).
- la crue centennale : 26 m³/s
- la crue millénaire : 34 m³/s.

De tels débits n'ont jamais été mesurés, mais il semble qu'il y ait eu des débits supérieurs.

c) Les crues historiques.

Dans sa thèse sur la Clarée, J.P BLAIS (1978) cite les années de crues historiques suivantes : 1286, 1436, 1577, 1581, 1657, 1706, 1707, 1848, 1856 et 1914.

Les seuls documents que nous possédions, écrits par le Père LIOTHAUD prêtre du Casset, se réfèrent aux années 1848 et 1856.

Le 23 Mai 1848 : "La fonte subite des neiges des montagnes, occasionnée par un temps très doux et une pluie abondante qui a duré plusieurs jours de suite pendant la semaine a produit une forte inondation.....".

Les 29, 30 et 31 Mai 1856 : "Par l'effet d'une pluie torrentielle et fort abondante, jointe à la fonte trop subite des neiges des montagnes environnantes, le tout pendant les trois jours précités, nous avons eu la douleur de voir la colline de Monetier, comme inondée par les eaux qui venaient de toutes parts grossir les torrents et les ruisseaux de chaque versant de la colline, soit à droite soit à gauche de la rivière appelée Guisane..... la dite Guisane était tellement enflée de l'eau très multipliée de chaque torrent qui y tombe, que tout ce qui avait l'air de plaine, de chaque coté, a été inondé.....

Le premier et le second jour de l'inondation, l'eau était si forte et si grosse, qu'elle interceptait presque le chemin pour aller du presbytère à l'église"

L'échelle de la station limnigraphique installée au Pont du Casset a permis d'établir une courbe de tarage qui indique un débit de 18 m³/s pour 0,90 m à l'échelle.

En extrapolant ces valeurs, on arrive à une valeur approximative de 60 m³/s pour 2 mètres à l'échelle et 100 m³/s pour 3 mètres. On ne retiendra qu'un ordre de grandeur approximatif pour ces débits extrapolés, le procédé d'estimation nous obligeant à formuler des réserves. L'approche peut toutefois paraître correcte vu la régularité de la section mouillée délimitée par des berges construites qui assurent une pérennité du profil en travers.

Le dernier chiffre de 100 m³/s peut paraître excessif. Pourtant le document précité, concernant la crue de 1856 indique que le pont du Casset a été emporté et que le niveau de l'eau arrivait sur la route.

Ceci permet de penser que le débit atteint a dû approcher ou dépasser les 80 m³/s.

d) Estimation de la crue décennale par la méthode SØCØSE :

La méthode SØCØSE est une méthode sommaire d'estimation de la crue décennale sur un petit bassin versant non jaugé. Elle a été mise au point dans le cadre d'une synthèse nationale des crues effectuée sur un ensemble d'environ 200 petits bassins versants essentiellement observés par les S.R.A.E. (Service Régionaux d'Aménagement des Eaux), en collaboration avec le Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture et la Division Hydrologie - Hydraulique Fluviale du C.T.G.R.E.F.

Le modèle de la méthode SØCØSE se limite à la correspondance des quantités des pluies et des quantités des débits et non pas des événements concomittants.

Dans cette étude, nous proposons de nous attacher aux ordres de grandeurs plus qu'aux chiffres mêmes trouvés par la méthode.

Nous verrons que, malgré le fait que le bassin ne réponde pas aux conditions d'utilisation normale de la méthode, nous pourrions affecter les valeurs trouvées à une période de fonte de neige pendant laquelle se produit une pluie decennale.

Nous rappelons en effet que le domaine d'application de la méthode est défini par les caractéristiques suivantes :

- superficie de 2 à 200 km².
- bassins versants ni karstiques ni excessivement perméables (D sans signification).
- bassins non situés en haute montagne (rôle prépondérant de la neige).

Cette méthode, mise au point sur l'ensemble du territoire métropolitain a été adapté et affinée régionalement par la section hydrologie du CEMAGREF du Tholonet et le S.R.A.E d'Aix en Provence.

Il a été procédé à une étude approfondie des résultats obtenus sur une soixantaine de stations hydrométriques de la région Provence - Alpes - Côte d'Azur et des départements limitrophes (Drôme, Isère, Savoie).

Il est bon de noter que 18 des stations prises en considération ont une altitude minimale supérieure à 1000 mètres.

Les quelques modifications ainsi apportées permettent d'obtenir une meilleure précision quant à l'estimation des débits de pointes pouvant être rencontrés sur les cours d'eau de la région, y compris, à l'intérieur des zones de montagne. C'est cette dernière méthode qui sera développée ci-après.

Nous avons appliqué la méthode sur le bassin versant de la Guisane fermé à Chantemerle (165 km²) et au Casset (80 km²).

1 - Détermination du débit decennal de la Guisane à Chantemerle.

Longueur du thalweg : 24,4 km Surface du B.V. : 165 km²
 Altitude maximale : 3118 m Coefficient b de Montana :
 Altitude minimale : 1325 m $b = 0,64$
 Dénivelé = 1.793 m

Pluie moyenne interannuelle : $P_a = 915$ mm.

Pluie de 24 heures de fréquence decennale : $P = 84$ mm.

- Estimation de la durée caractéristique de crue D (=durée pendant laquelle le débit est supérieur à $Q_{1/2}$).

$$D = 12,5 + 4,3 \frac{S \cdot L}{\Delta} - 22 \sqrt{\frac{P}{P_a}} = 12,5 + 4,3 \times \frac{165 \times 24 \times 4}{1793} - 22 \cdot \sqrt{\frac{84}{915}}$$

$$D = 15,489 \text{ heures}$$

- Estimation de l'interception potentielle J :

$$J = 64 + 0,048 P^{1,5} - \frac{0,11 \Delta}{50,33} = 64 + 0,048 \times 84^{1,5} - \frac{0,11 \times 1793}{165^{0,33}}$$

$$J = 64,377$$

- Calculs intermédiaires :

$$\text{- coefficient : } k = \frac{24^b \times P}{21 (1 + \frac{\sqrt{S}}{30 \sqrt[3]{D}})} = \frac{24^{0,64} \times 84}{21 (1 + \frac{\sqrt{165}}{30 \sqrt[3]{15,489}})}$$

$$k = 26,094$$

$$\text{- nombre intermédiaire : } e = 1 - \frac{J}{5 K (1,25 D)^{1-b}}$$

$$e = 0,830$$

pour $b = 0,64$ et $e = 0,83$ on a $\mathcal{E} = 0,96$

$\mathcal{E}$ est peu différent de 1.

- calcul du débit décennal Qd :

$$Q_d = \frac{k S}{(1,25 D)^b} \cdot \frac{e^2}{15 - 12 e}$$

$$Q_d = \frac{26,094 \times 165}{(1,25 \times 15,489)^{0,64}} \times \frac{(0,83)^2}{15 - 12 (0,83)}$$

$$Q_d = 88,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit décennal calculé à Chantemerle est de 88 m³/s.

2 - Détermination du débit decennal de la Guisane au Casset :

Le calcul effectué de la même manière que pour la Guisane à Chantemerle donne les résultats suivants :

$$D = 8,829 \text{ heures} \quad J = 59,3 \quad K = 26,72 \quad e = 0,810$$

$$Q_d = 57,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit décennal calculé au Casset est de 58 m³/s.

- Comparaison des résultats des différentes méthodes :

Nous avons calculé dans quel rapport se trouvaient le débit maximum instantané annuel et le débit maximum journalier annuel (à partir duquel on a tracé la droite de Gumbel).

Pour la Guisane au Casset on a eu en 1979 et 1980 :

$$\frac{17,4 \text{ m}^3/\text{s}}{13,9 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,25 \text{ en 1979 et } \frac{16,0 \text{ m}^3/\text{s}}{12,3 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,30 \text{ en 1980.}$$

Le débit decennal journalier obtenu par la droite de Gumbel étant de 18 m³/s, on aurait un débit decennal instantanné de :

$$18 \times 1,30 = 23,4 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Pour la Guisane à Chantemerle on a :

$$\frac{28,5}{24,8} = 1,15 \text{ en 1979 et } \frac{25,7}{24,4} = 10,5 \text{ en 1980.}$$

Le débit decennal journalier calculé étant de 40 m³/s on aurait :

$$40 \times 1,1 = 44 \text{ m}^3/\text{s.}$$

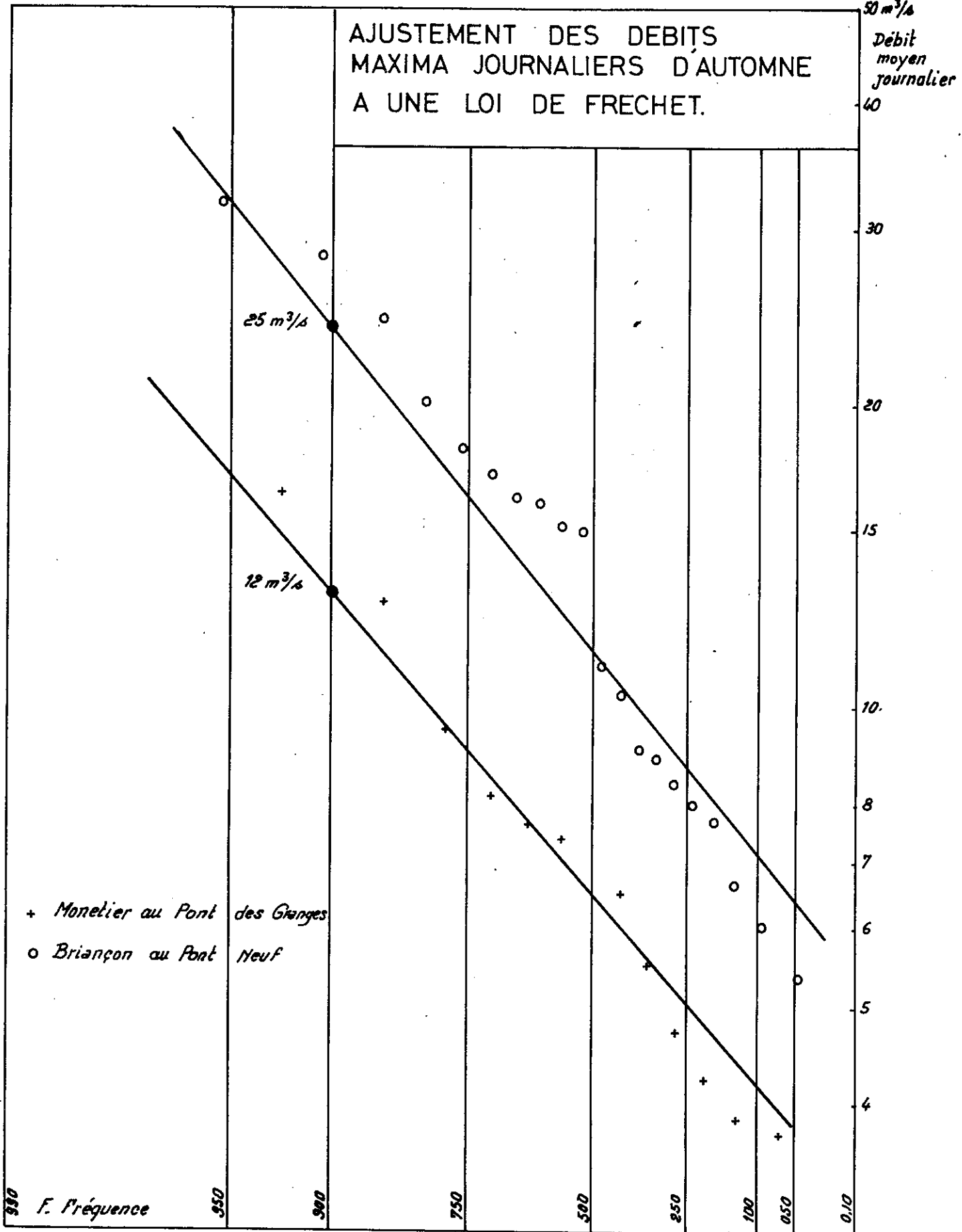


DIAGRAMME DE FRECHET

On peut maintenant comparer les débits décennaux instantanés entre eux :

	au Casset	à Chantemerle
Méthode GUMBEL	24 m ³ /s	44 m ³ /s
Méthode SØCØSE	58 m ³ /s	80 m ³ /s.

La différence, entre la méthode de Gumbel qui estime le débit de crue décennale à partir de données réelles et la méthode SØCØSE qui est basée sur des calculs théoriques vient du fait que la méthode SØCØSE s'applique pas à des bassins versants excessivement perméables (condition du domaine d'application).

L'étude hydrogéologique du bassin versant nous prouve par plusieurs méthodes (étude du tarissement de la Guisane, étude du débit des sources et des bassins versants secondaires) que ce bassin versant présente une très grande perméabilité et donc une grande capacité de rétention.

Si, a priori, on se rend compte que l'on ne peut appliquer la méthode SØCØSE à ce type de bassin versant, il existe toutefois une période de l'année où les conditions sont telles que l'on peut l'utiliser.

Il s'agit de la période de fonte de neige, au printemps, lorsqu'une forte proportion des formations quaternaires est saturée ainsi que la nappe de la Guisane. Si une pluie de forte intensité (de fréquence très faible) intervient, le bassin va répondre comme un bassin de type plutôt imperméable.

En fait, il semble que les inondations observées en 1848 et 1856 ont été provoquées par des pluies torrentielles dont le temps de retour semble très élevé. Nous avons vu que les mois de mai et juin montraient une forte proportion de jours "intermédiaire" c'est à dire avec une pluviométrie ayant une faible variabilité interannuelle.

Le temps de retour pour une pluie de 84 mm au mois de juin est bien supérieur à 10 ans, il serait de l'ordre de 50 ans ou plus.

e) Les crues pluviales.

Si nous considérons l'échantillon des débits maximaux journaliers des crues à l'automne, nous constatons que ces débits de crues sont faibles, et même très souvent inférieurs aux débits engendrés par la fonte de neige.

Un ajustement de ces échantillons laisse apparaître pour une crue de durée de retour 10 ans, des débits de l'ordre de :

Pont des Granges $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ (B.V = 90 km²)

Pont Neuf $Q = 25 \text{ m}^3/\text{s}$ (B.V = 200 km²).

La figure 37 b représente l'ajustement des débits maximaux journaliers d'automne à une loi de Frechet.

En épisode de fonte de neige, les débits extrêmes pour une fréquence identique étaient respectivement de 18 m³/s et 40 m³/s soit un rapport voisin de 1,5 :

$$\frac{18 \text{ m}^3/\text{s}}{12 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,5 \quad \text{et} \quad \frac{40 \text{ m}^3/\text{s}}{25 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,6$$

Bien que la méthode SØCØSE trouve, dans le cas présent, son domaine d'application en automne (saison des pluies), elle surestime largement les valeurs des débits de crue pour les raisons géologiques indiquées précédemment.

5 - Etude du tarissement.

C'est par l'étude de la courbe de tarissement que l'on estime l'hydrodynamique souterraine d'un bassin versant. Cela permet de calculer le coefficient de tarissement, ainsi que le volume des réserves* et les indices d'emmagasinement.

La courbe de tarissement est liée à l'écoulement des réserves souterraines, au mode de circulation des eaux dans ces réserves et à la nature des terrains aquifères. On peut l'assimiler à une courbe de décroissance exponentielle des débits en fonction du temps ; le régime de l'écoulement est considéré comme laminaire du fait de la présence de milieux poreux.

Pour cette étude nous utiliserons uniquement la méthode de Maillet qui permet une approche correcte.

L'équation de Maillet repose sur la schématisation du bassin par un réservoir poreux se vidant sous sa propre charge et admet une décroissance exponentielle des débits en fonction du temps.

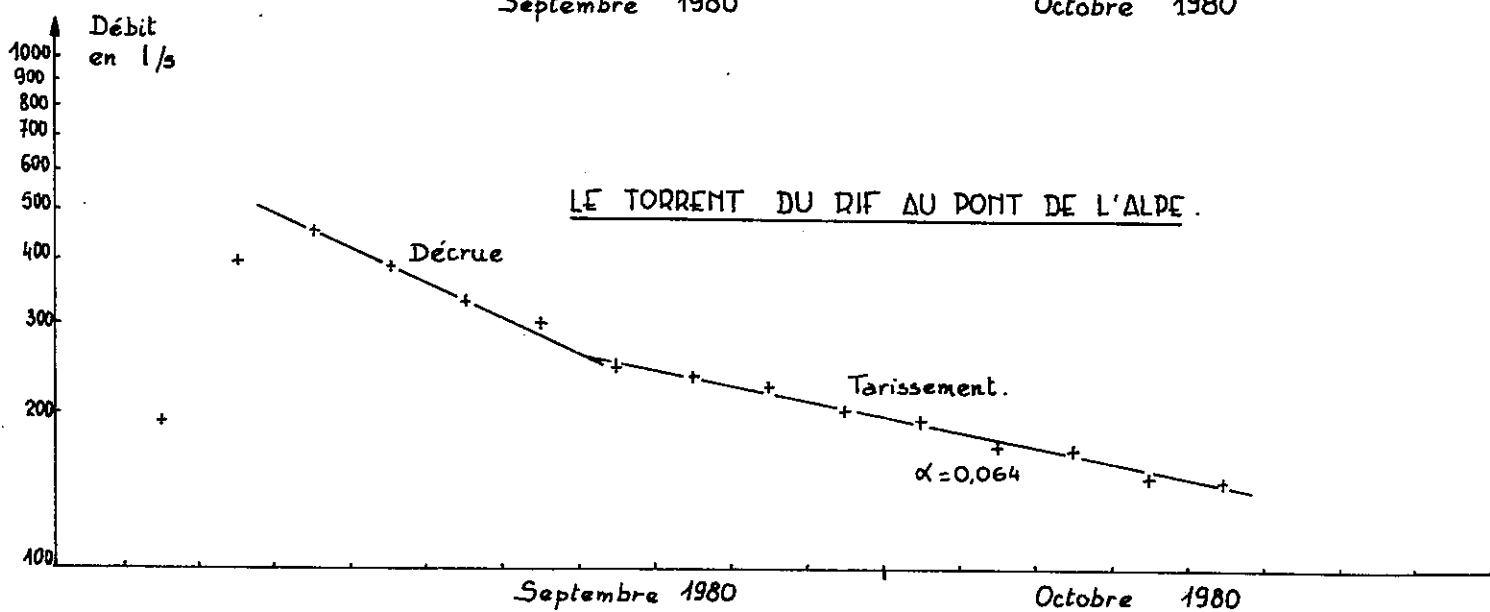
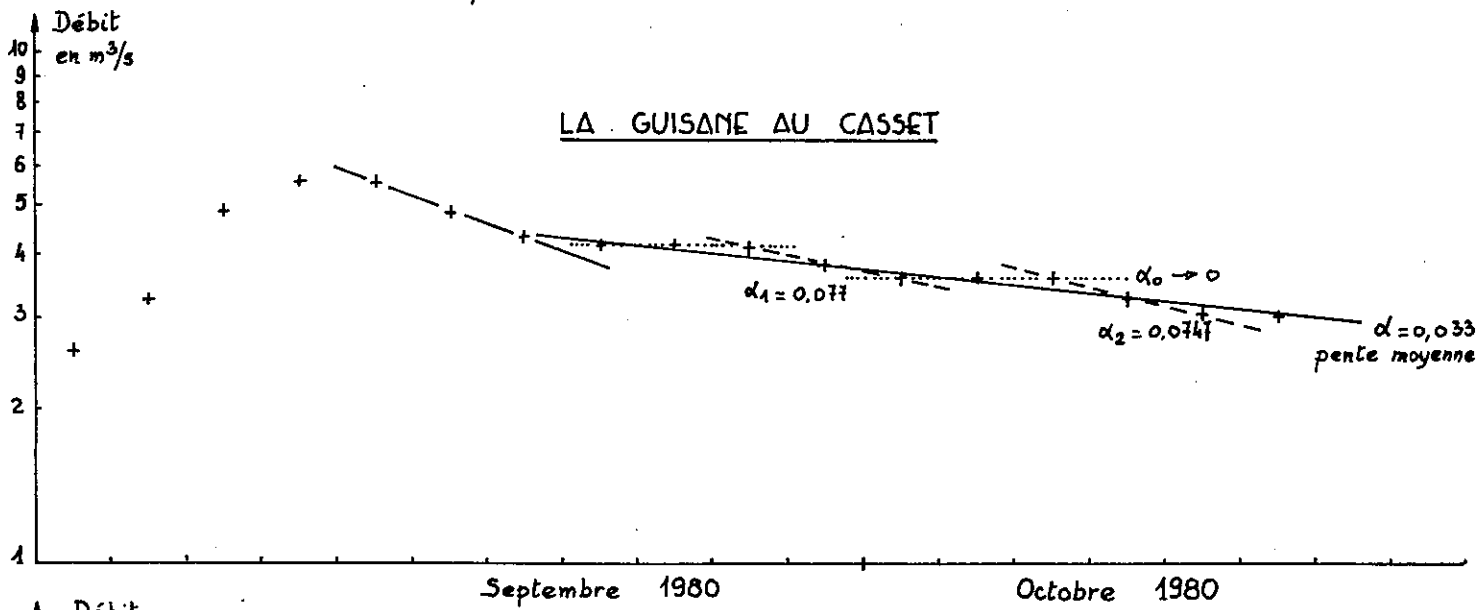
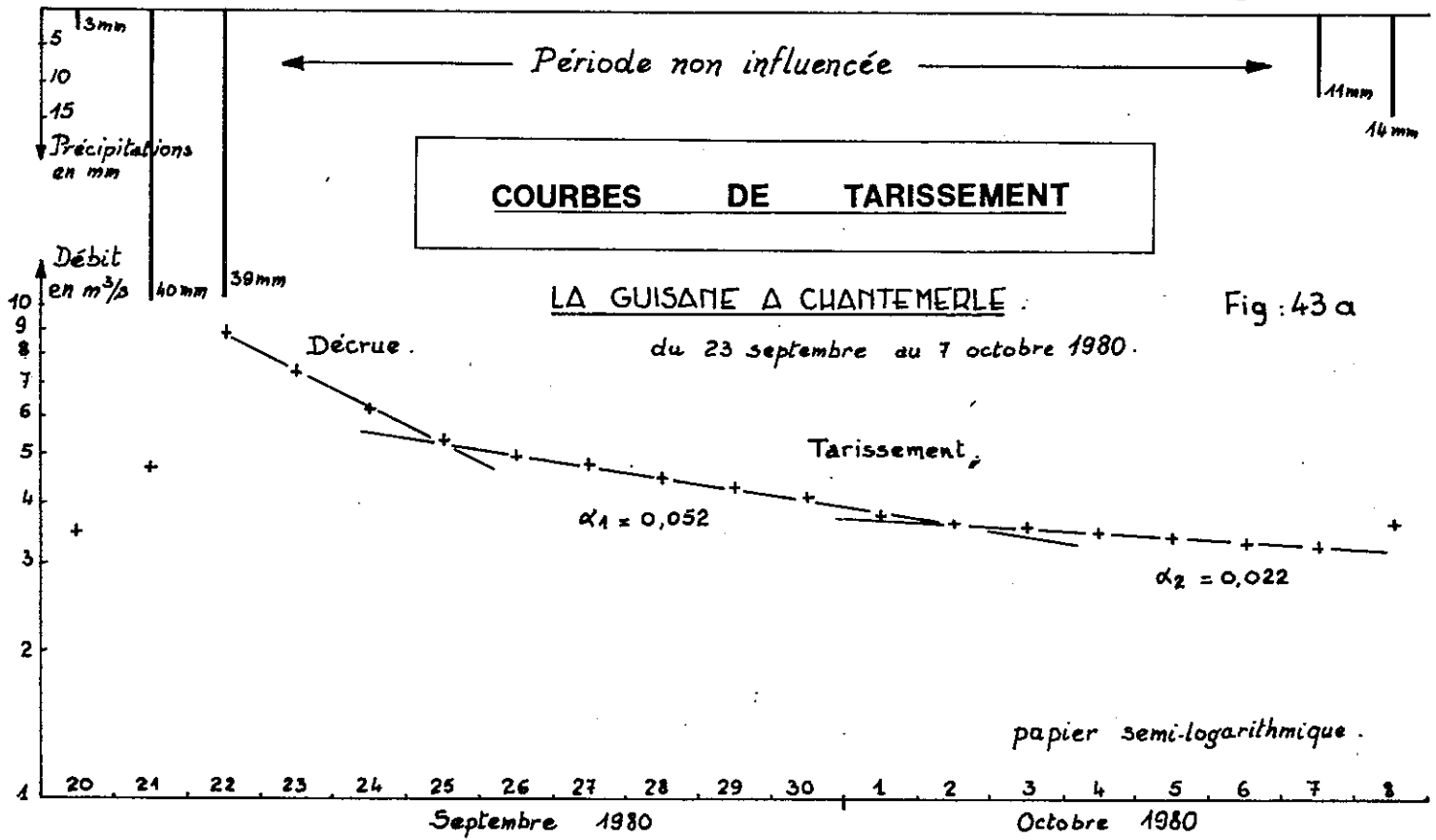
La formule s'enonce comme suit :

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

avec $Q(t)$: débit à l'instant t en m³/s

$Q(0)$: débit au début du tarissement

* Il s'agit en fait du volume des réserves emmagasinées à la suite d'une crue mais ce volume est généralement inférieur au volume des réserves qui se relayent dans le sous-sol au cours de l'année du fait des crues d'automne et du printemps.



α : coefficient de tarissement égal à $\frac{1}{T}$ où T est le temps nécessaire pour que le débit initial décroisse dans un rapport $\frac{1}{e}$. Sur papier semi-logarithmique, cette fonction est une droite de pente négative (voir figure 38).

a) La Guisane à Chantemerle.

. Calcul du coefficient de tarissement α :

La période choisie pour l'année 1980 va du 23 septembre au 7 octobre, période qui n'a pas été influencée par des pluies.

La figure 43a montre qu'il existe en fait 2 droites de pentes différentes qui vont définir deux coefficients de tarissement α_1 et α_2 .

$$\text{On a : } \log Q(t) = \log Q(o) - \alpha \log e^t.$$

1°) Pour la période du 25 septembre au 2 octobre :

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

$$Q_t = 3,65 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$\text{d'où } \log 3,65 = \log 5 - (0,4343 \alpha_1) \times 6$$

$$\alpha_1 = 0,052$$

La formule de tarissement correspondante peut s'écrire :

$$Q_{(11)} = 5 \cdot e^{-0,052 t}$$

2°) Pour la période du 2 octobre au 7 octobre :

$$Q_o = 3,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$t = 4 \text{ jours.}$$

$$\text{d'où } \log 3,3 = \log 3,6 - (0,4343 \alpha_2) \times 4$$

$$\alpha_2 = 0,022$$

La formule de tarissement correspondante peut s'écrire

$$Q(t_2) = 3,6 \cdot e^{-0,022 t}$$

Enfin la formule du tarissement du bassin versant de la Guisane à Chantemerle est :

$$Q = Q_{t1} + Q_{t2}$$

$$Q = 5 \cdot e^{-0,052 t} + 3,6 \cdot e^{-0,022 t}.$$

. Le volume d'eau emmagasiné : W.

Son expression est : $W = \int_0^{\infty} Q_t \cdot dt$

ou encore : $W = \int_0^{\infty} Q_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt$

d'où : $W = \frac{Q_0}{\alpha}$

soit $W \text{ m}^3 = \frac{86.400 \cdot Q_0 \text{ m}^3/\text{s}}{\alpha}$

$W_1 = \frac{86.400 \times 5}{0.052} = 8307692 = 8,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$W_2 = \frac{86400 \times 3,6}{0,022} = 14138182 = 14 \cdot 10^6 \text{ m}^3.$

$W = W_1 + W_2 = (8,3 + 14) 10^6 = 22,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3.$

. L'indice d'emmagasinement.

Exprimé en mm, cet indice représente la lame d'eau emmagasiné à l'instant t_0 (début du tarissement), cette valeur entre dans la composition du bilan hydrogéologique.
dw (en mètre) : indice d'emmagasinement représente le volume d'eau stocké W par unité de surface A.

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

à Chantemerle : $dw = \frac{22,3 \cdot 10^6}{165 \cdot 10^6} = 0,13515 \text{ m}.$

$dw = 135,1 \text{ mm}.$

b) La Guisane au Casset :

- Calcul du coefficient de tarissement :

La période du 24 septembre au 6 octobre 1980 permet les calculs suivants :

$Q_0 = 4,2 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_t = 3,1 \text{ m}^3/\text{s} \quad t = 9 \text{ jours}.$

d'où $\log 3,1 = \log 4,2 - (0,4343 \alpha) \times 9.$

$\alpha = 0,03374.$

La formule de tarissement s'écrit : $Q_t = 4,2 e^{-0,033 t}.$

Nous avons considéré la pente moyenne obtenue sur le graphique de la figure 38 b.

En fait le tarissement s'effectue par paliers et on retrouve successivement deux valeurs de α .

Aux paliers correspondent des valeurs de α o tendant vers zero.

Les autres valeurs de α sont :

$$\alpha_1 = 0,07707.$$

$$\alpha_2 = 0,07476.$$

Ces paliers peuvent s'expliquer par la vidange successive des réserves naturelles des bassins versants secondaires, où les circulations sont fortement déphasées.

- le volume d'eau emmagasiné :

$$W = \frac{86400 \times 4,2}{0,03374} = 10755187 \text{ m}^3$$
$$W = 10,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

- L'indice d'emmagasinement :

$$dw = \frac{W}{A} = \frac{10,7 \cdot 10^6}{80 \cdot 10^6} = 0,13375 \text{ m.}$$

$$\text{soit } dw = 133,7 \text{ mm.}$$

Cet indice est très proche de celui calculé à Chantemerle (135,1 mm).

c) Comparaison entre la haute et la basse Guisane.

Sur la Guisane nous obtenons :

- . haute Guisane : $W = 10,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et $dw = 133,7 \text{ mm}$ (B.V = 80 km²)
- . basse Guisane : $W = 11,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et $dw = 136,5 \text{ mm}$ (B.V = 85 km²)
- . total de la Guisane : $W = 22,3 \cdot 10^6$ et $dw = 135,1 \text{ mm}$ (B.V = 165 km²).

Ceci montre que la haute Guisane présente une très bonne rétention de l'eau semblable quantitativement à celle de la vallée alluviale entre le Casset et Chantemerle. En effet l'indice d'emmagasinement avoisine 135 mm pour les deux zones.

En 1976 J.P BLAIS avait effectué ces calculs pour la vallée de la Clarée :

- haute Clarée : $W = 3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et $dw = 34 \text{ mm}$ (B.V. = 88 km²).
- basse Clarée : $W = 16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et $dw = 131 \text{ mm}$ (B.V. = 122 km²).
- Total de la Clarée : $W = 19 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et $dw = 90 \text{ mm}$ (B.V = 210 km²).

En définitive, on peut constater que si dans la Clarée, il y a une bonne rétention dans la partie aval, et une restitution très rapide dans la partie haute, il n'en est pas de même pour la Guisane, où les deux parties se comportent de la même façon quant à la restitution moyenne des débits. La différence se fait surtout sur la partie haute de chaque vallée. La haute Clarée est composée essentiellement de houiller imperméable et ne possède qu'une très petite vallée alluviale en amont de Névache. Par contre, la Guisane, en amont du Casset, possède une petite plaine très perméable qui permet des échanges nappe - rivière et rivière - nappe jouant un rôle de régulateur des débits, ainsi que de frein sur les montées et descentes de crues. En plus de cette plaine, un substratum très fracturé et des formations quaternaires épaisses, de superficie importante, facilitent la rétention et un ralentissement des écoulements.

Les rapports des coefficients d'emmagasinement sont :

haute Guisane/Total de la Guisane 1

haute Clarée/Total de la Clarée 1/3

haute Guisane/haute Clarée 4.

Le coefficient d'emmagasinement de la haute Guisane est 4 fois supérieur à celui de la haute Clarée.

6 - Bilan hydrologique de la Guisane :

Les études climatologique et hydrologique permettent de faire un bilan hydrologique de la Guisane.

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

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

P = Précipitations.

Q = Ruissellement.

E = Evapotranspiration.

D = Déficit d'écoulement réel.

R = Variation des réserves du bassin entre deux cycles hydrologiques.
Ce terme prend en considération les variations de la nappe (ou des nappes) et des glaciers pour le cas particulier de la Guisane.

En 1980, on a obtenu les valeurs suivantes pour le bassin de la Guisane fermé à Chantemerle.

$$P = 1.296 \text{ mm (incertitude de 5 \% soit } \pm 65 \text{ mm)}$$

$$Q = 1.148 \text{ mm (" de 10 \% soit } \pm 115 \text{ mm)}$$

$$E = 290 \text{ mm (" de 20 \% soit } \pm 60 \text{ mm)}.$$

La somme des incertitudes est : $\sum i = 240 \text{ mm}$, soit une valeur proche de l'évapotranspiration. Ceci peut donner lieu à discussion sur le résultat du bilan. Il faut en fait considérer les ordres de grandeurs de chaque terme du bilan, plus que leurs valeurs propres.

On détermine le déficit d'écoulement : $D \pm R$.

$$D \pm R = P - (Q + E) = 1.296 - (1148 + 290) = - 142 \text{ mm}.$$

Ceci montre que le déficit d'écoulement est inférieur à la variation des réserves. Il se serait écoulé plus d'eau que ce qu'il en serait tombé en 1980.

Trois phénomènes viennent confirmer cette observation des faits :

- l'automne 1979 a été extrêmement pluvieux (environ 500 mm de pluie d'octobre à décembre), ce qui a permis une recharge très importante de toutes les réserves.
- la fonte des glaciers au mois d'août doit apporter une quantité d'eau importante.

Cette quantité d'eau de fonte a été estimée par S. MARTIN (1977) sur le glacier de Sarenne (Massif des Grandes Rousses) entre 2.800 et 3.200 m. Ce glacier est situé à 30 km à vol d'oiseau du glacier d'Arsine.

Des mesures topographiques faites de 1906 à 1950 montrent une perte de 27,39 mètres de glace soit un équivalent de 24,64 mètres d'eau. Sur la même période, S. MARTIN obtient par le calcul en bilans annuels reconstitués un chiffre de 24,61 mètres. Ce qui fait en moyenne : $\frac{24,6 \text{ mètres}}{46 \text{ ans}} = 0,535 \text{ mètre d'eau par an}$.

Pour le bassin de la Guisane, les Glaciers représentent environ 3 % de la surface, ce qui fait en moyenne :

$$535 \text{ mm} \times 0,03 = 16 \text{ mm}.$$

- les formations géologiques interviennent de par leur nature et leur géométrie pour ramener l'eau vers le bassin versant de la Guisane. L'inexistence du sol sur les formations quaternaires d'altitudes élevées limiterait considérablement l'évapotranspiration. De plus le phénomène de condensation dans les éboulis et les glaciers rocheux peut réduire l'importance de l'évapotranspiration.

Nous avons pensé qu'il serait souhaitable de calculer le bilan sur les deux années 1979 et 1980 afin d'avoir une valeur moyenne :

$$P = 1.296 + 1.336 = 3.032 \text{ mm.}$$

$$Q = 1.148 + 1.078 = 2.226 \text{ mm.}$$

$$E = 290 + (310) = 600 \text{ mm.} \quad (310) \text{ valeur estimée.}$$

$$(D + \Delta R) = 3.032 - (2.226 + 600) = 206 \text{ mm.}$$

Ce qui donne une moyenne de 100 mm par an pour $D + \Delta R$

Ceci montre bien que le déficit moyen est faible, et est en faveur de l'hypothèse de l'existence d'écoulements souterrains en direction du bassin versant de la Guisane.

Le déficit d'écoulement de la Guisane sera tantôt positif tantôt négatif suivant les précipitations de l'année, en moyenne il sera toutefois positif et proche de 100 à 200 mm par an.

CHAPITRE V - ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE ET HYDROGEOLOGIE DES EMERGENCES.

Introduction

- 1 - Les méthodes utilisées pour l'étude physico-chimique et hydrogéologique
 - a) Les mesures physiques.
 - b) Les analyses chimiques.
 - c) Le choix des sources.
 - d) Interprétations hydrogéologiques..

- 2 - Etudes de quelques émergences et de leurs bassins versants.
 - a) Les sources de la Guisane
 - b) Les sources de Fontette
 - c) Les sources du bassin versant du Grand Tabuc
 - d) Les sources du bassin versant du Petit Tabuc
 - e) Les sources du virage du col du Lautaret
 - f) La source du Torrent de la Pisse.

- 3 - Conclusion à l'étude hydrogéologique des torrents et de leurs sources.

INTRODUCTION.

Les eaux des sources sont "marquées" par les terrains qu'elles traversent et dans lesquels elles séjournent. Afin de déterminer le cheminement suivi par les eaux, ainsi que la nature des terrains traversés, nous procédons à la mesure des paramètres physiques et chimiques sur le terrain et en laboratoire, dont les résultats seront la base des interprétations hydrogéologiques.

1 - METHODES UTILISEES POUR L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE :

En général la différence entre les deux types d'études vient du fait que les paramètres physiques doivent être mesurés sur le terrain.

a) Les mesures physiques :

- Le débit :

Seules les sources présentant un débit important ont fait l'objet de mesures. Celles qui présentaient un débit peu important (de l'ordre de 1 l/s) n'ont pas fait l'objet de mesures précises, mais d'une estimation car très souvent les conditions d'émergence ne permettaient pas de mesures avec une capacité jaugée.

- La température :

Ce paramètre a l'avantage d'être facilement mesurable et d'être de plus très précis.

Comme l'avait fait R. MICHEL pour des sources du département de l'Isère, nous avons établi la relation températures - altitudes des sources et de l'air pour le haut bassin versant de la Guisane (figure 44) jusqu'à des altitudes de 2.100 mètres.

Ceci nous permet de différencier deux types de sources :

- . Les sources dont la température est proche de la température moyenne de l'air (nous avons mesuré des températures très basses de 1,8 à 2,5°C à 2.100 m d'altitude).
- . Les sources dont la température est nettement supérieure à la température moyenne de l'air : il s'agit alors de sources thermales comme la Liche des Chamois, la Rotonde, Font-Chaude, la source minéralisée du Lautaret appelée "source de la Marionnaise", ainsi que la source du virage du Col du Lautaret.

- La résistivité :

La résistivité de l'eau est liée à la concentration en ions contenus dans l'eau. Plus une eau sera minéralisée, et plus sa résistivité sera faible. Les valeurs sont ramenées à la température de référence de 18°C.

- le pH :

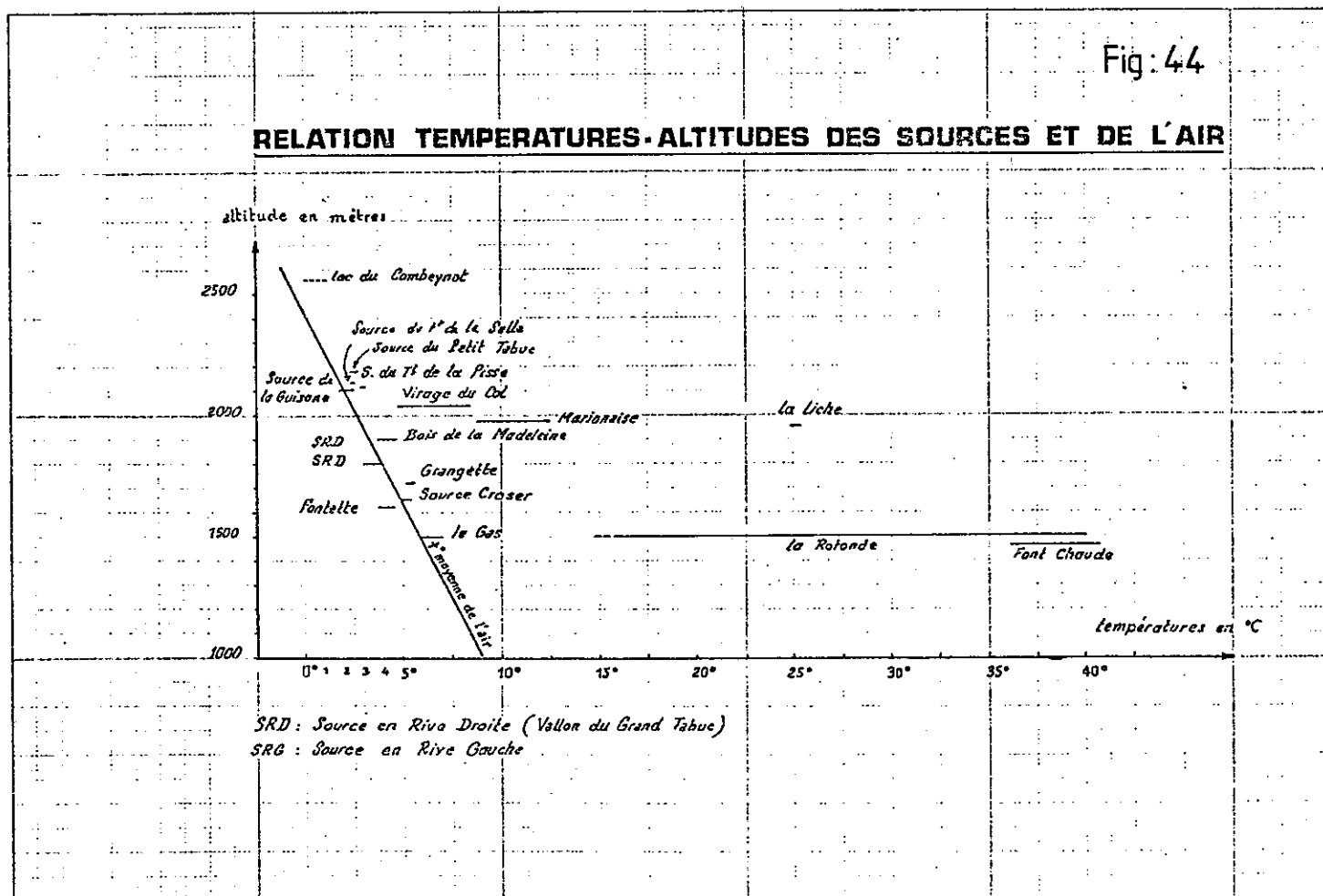
Le pH est le cologarithme de la concentration en ion H^+ . La mesure est effectuée au laboratoire à l'aide d'un pHmètre à électrode combinée verre - calomel.

b) Les analyses chimiques.

Les analyses chimiques effectuées en laboratoire à partir des échantillons prélevés sur le terrain portent sur le pH et les teneurs en anions et cations suivant différentes méthodes.

Les analyses ont été effectuées à partir des méthodes suivantes :

- . dosages volumétriques pour les ions suivants : Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^- , Cl^-
- . dosages par colorimétrie pour les ions : Si^{++} , Fe^+ , SO_4^{--} .
- . dosages par spectrophotométrie pour les cations Na^+ et K^+ .



c) Le choix des sources.

Pendant l'été 1979 nous avons procédé à un grand nombre d'observations et de mesures des paramètres des sources.

Parmi celles qui ont été retenues, nous ne présenterons que les résultats concernant les sources les plus caractéristiques.

Seules, celles qui présentent des conditions d'émergences particulières et un intérêt hydrogéologique (hydrométrie ou hydrochimique) assez caractérisé, ont été présentées.

On ne doit pas oublier que le choix a souvent été imposé par l'accessibilité, surtout pour les mois d'hiver, à cause du manteau neigeux qui cache ces sources et des risques d'avalanches dans certains vallons. Le temps d'accès influence sensiblement ce choix pour les relevés réguliers.

Dans les considérations hydrogéologiques nous signalerons certaines sources sans présenter le détail de leurs caractéristiques. Les résultats concernant ces sources font l'objet d'un rapport inédit remis à la D.D.A des Hautes-Alpes, à Gap.

d) Interprétations hydrogéologiques.

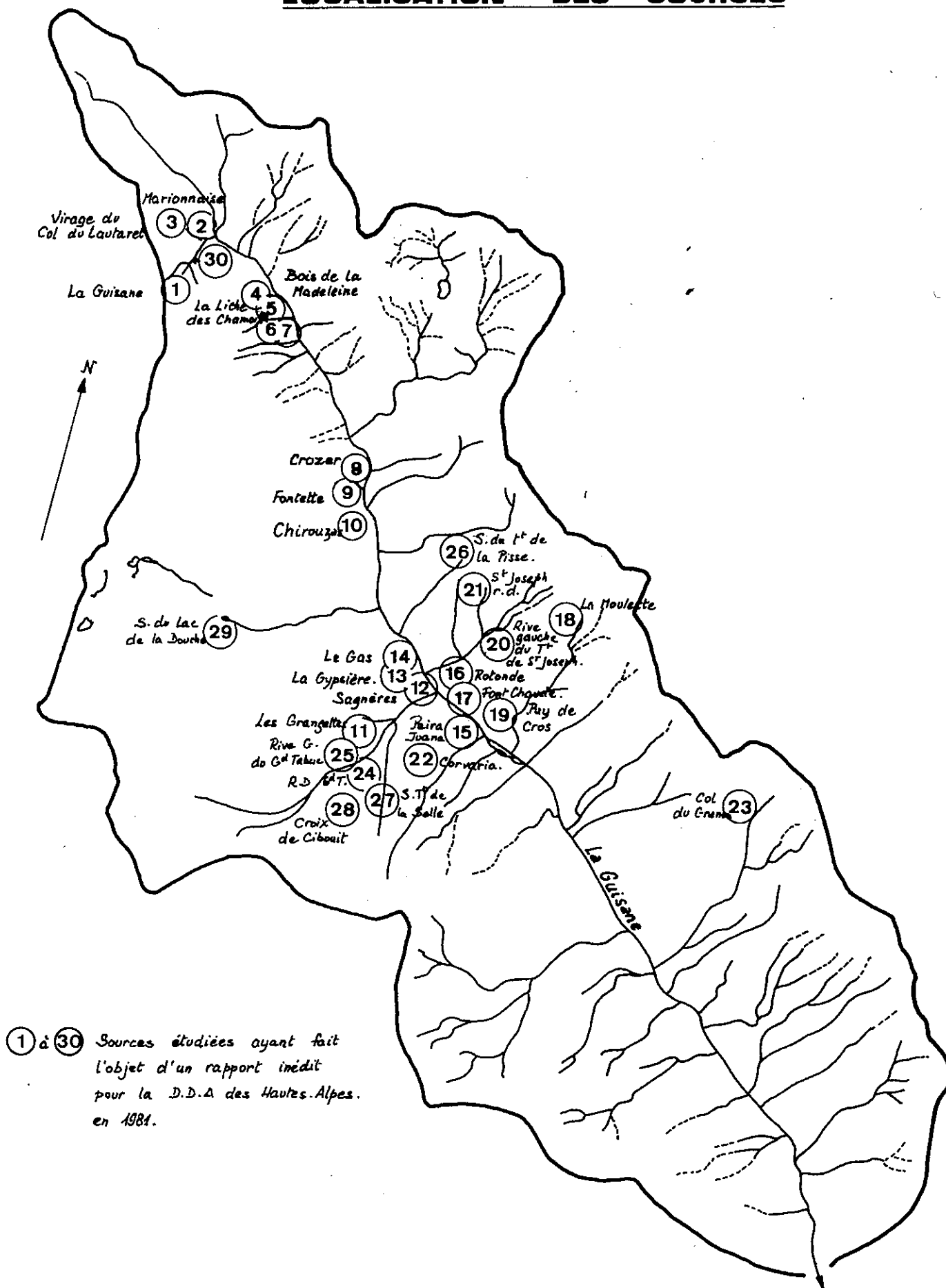
Les différentes méthodes de recherche et de prospection hydrogéologique: géologie, géomorphologie, climatologie, hydrométrie, hydrochimie, ont été utilisées afin d'établir les relations entre la géologie et les eaux souterraines, de localiser "l'habitat" de l'eau dans les diverses formations géologiques et d'en estimer les réserves.

Il était donc souhaitable de présenter une synthèse pour les bassins versants secondaires ainsi que pour les zones ayant fait l'objet de recherches particulières aboutissant à des résultats concrets.

Pour la clarté de l'exposé, de nombreuses mesures ne seront pas mentionnées ici.

L'étude hydrogéologique va donc permettre de préciser les conditions d'émergence des sources ainsi que le mode d'écoulement des torrents, et par là, leurs bassins versants d'alimentation.

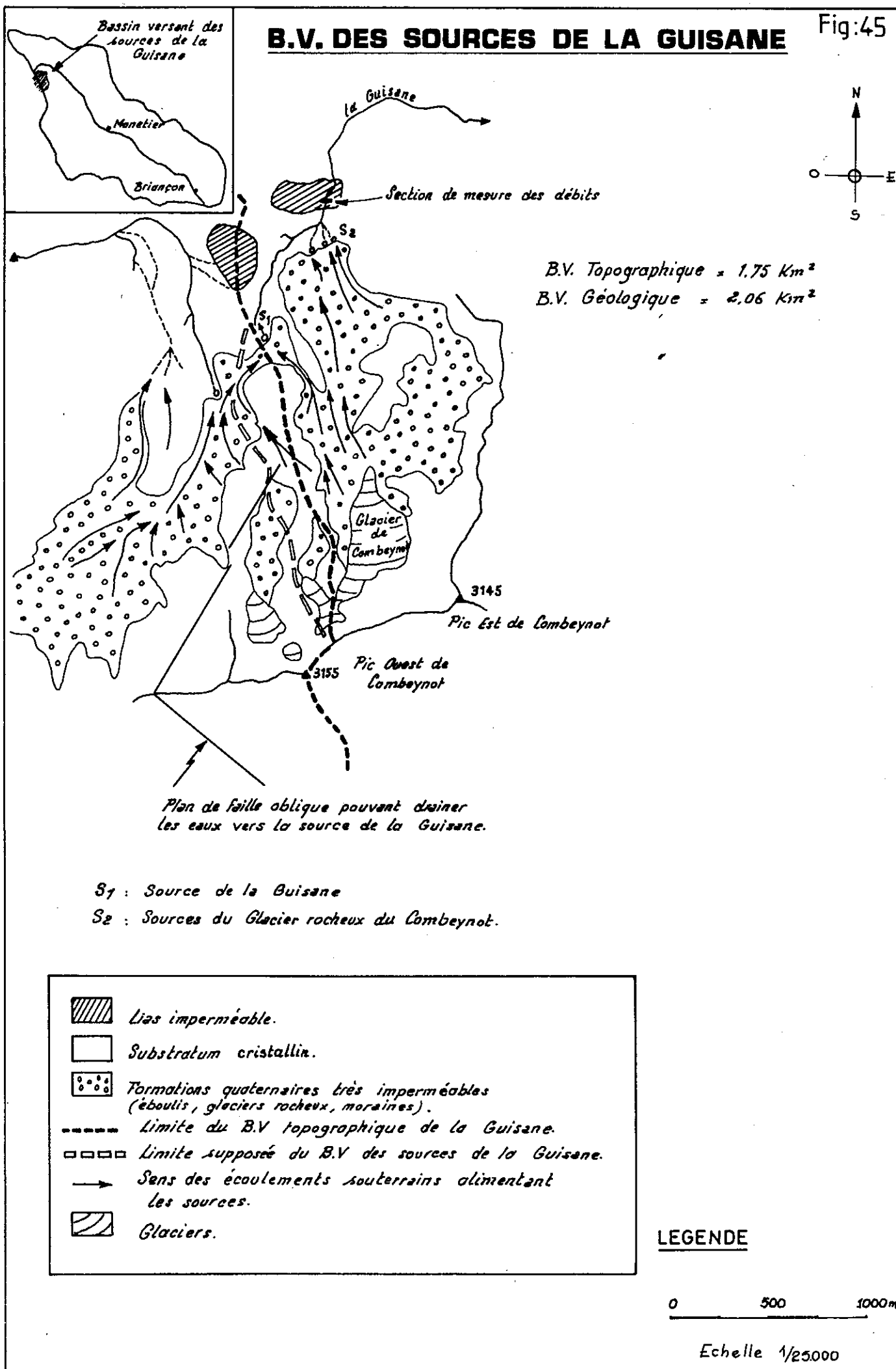
LOCALISATION DES SOURCES



① à ③① Sources étudiées ayant fait l'objet d'un rapport inédit pour la D.D.A des Hautes-Alpes. en 1981.

Echelle : 1/100.000

Fig:45



2 - ETUDE HYDROCHIMIQUE DES DIFFERENTES SOURCES.

a) Les sources de la Guisane.

Nous présentons ici les résultats concernant deux points particuliers :

- . la source de la Guisane proprement dite qui se trouve à l'altitude de 2100 m.
- . l'ensemble des sources dont le débit a été mesuré à l'altitude 2.030 m. Les mesures ont été réalisées sur une section dont le fond est formé de Lias imperméable, ce qui permet de connaître la totalité du débit à l'exutoire de ce sous-bassin.

- Situation de la source de la Guisane : (figure 45).

Cette source se trouve au pied des parois nord du Combeynot. L'émergence est plus ou moins diffuse entre les blocs et cailloux de cristallin provenant des éboulis et des glaciers rocheux.

- Les débits (figure 46).

Les débits ont pu être mesurés de façon précise à l'altitude 2.030 m, à l'aide d'un micro moulinet, la source de la Guisane proprement dite ne présentant pas de bonnes conditions pour des jaugeages. Le débit a été estimé au niveau de la cabane des bergers (2.070 m).

L'altitude élevée des sources et de leur bassin versant entraîne un tarissement total des sources pendant quelques mois d'hiver (figure 46). Le bassin versant ayant une superficie peu importante (2 km²) présente des pentes très fortes, qui favorisent une vidange rapide de l'eau de fonte nivale. De plus, son exposition en ubac empêche tout ensoleillement pendant plusieurs mois d'hiver.

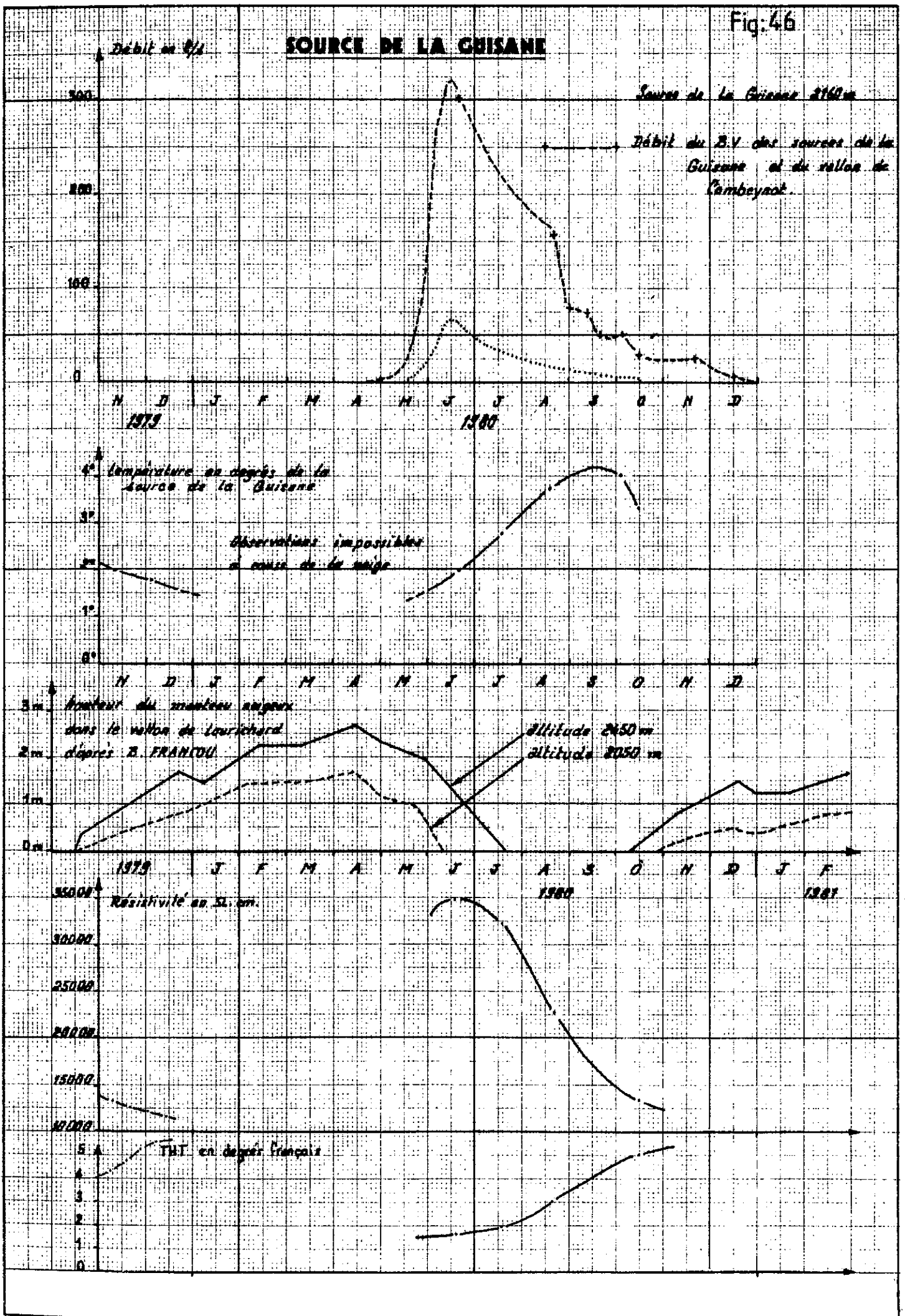
On a comparé graphiquement l'évolution du manteau neigeux dans le vallon de Laurichard avec les débits à l'exutoire des sources de la Guisane (figure 46). On remarque que la pointe de crue correspond à la fin de l'évolution du manteau neigeux qui s'est produite au mois de juin 1980. Pour une année moyenne, la crue de juin sera plus marquée, si l'évolution de la température n'est pas perturbée comme en juin et juillet 1980.

- La température de la source de la Guisane :

Les températures mesurées sont les plus basses que nous ayons observées sur le bassin versant. Elles varient de 1,8° à 4° C.

Les plus basses températures s'observent au début de la fonte des neiges, au mois de mai et avant le tarissement dû au froid du mois de décembre qui fige l'eau sous forme de neige et de glace. Il n'est pas rare que l'eau à la section de la cote 2.030 m soit entièrement gelée pendant les mois de décembre et janvier.

Fig:46



Ensuite la température de l'eau augmente progressivement jusqu'au mois de septembre où elle atteint son maximum à 4,2°C. Cette température correspond à des eaux de fonte qui ont circulé suffisamment longtemps dans les formations quaternaires pour atteindre une température d'équilibre.

On remarquera que les sources de Fontette et les sources en rive droite du Grand Tabuc présentent des variations autour de cette température de 4°C et proviennent d'eaux ayant circulé assez longtemps dans des formations quaternaires pour une altitude comparable.

- La résistivité.

L'évolution est semblable à celle des débits. La résistivité atteint des valeurs de 35.000 Ω .cm au mois de juin, puis diminue progressivement jusque vers 13000 Ω .cm au mois d'octobre.

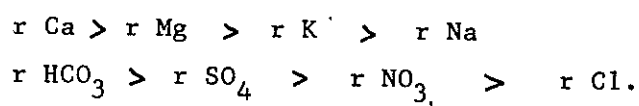
- La minéralisation.

La source de la Guisane est la moins minéralisée du bassin versant. Les teneurs de chaque élément augmentent avec le temps à partir du mois de juin. On remarque que les variations interannuelles sont très faibles car en novembre 1980, on retrouve les mêmes valeurs qu'en novembre 1979.

La composition chimique des eaux exprimée en mg/l est présentée dans le tableau suivant :

date	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺⁺	SiO ₂	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
4.10.1979	13,2	4,6	0,20	0,45	0,005	-	0,34	14,0	0,50	59,8
12.11.1979	11,2	4,4	0,15	0,30	0,01	-	0,33	11,0	1,04	51,2
6.12.1979	12,4	5,8	0,20	0,65	0,01	2,5	0,36	13,5	1,12	51,2
20.06.1980	4,8	1,5	0,10	0,20	0,02	2,1	0,26	0,0	-	25,6
18.07.1980	5,6	1,7	0,10	0,20	0,01	2,1	0,34	0,0	-	28,1
20.08.1980	6,0	4,1	0,12	0,25	0,03	1,9	0,46	0,0	-	35,4
15.10.80	13,6	4,4	0,15	0,34	0,01	1,8	0,40	9,0	-	57,3
19.10.80	12,4	3,6	0,15	0,45	0,01	-	0,60	-	-	42,7

Il en résulte le faciès chimique suivant :



La minéralisation de l'eau se fait au travers des roches cristallines et en particulier dans le granite du Combeynot qui a été analysé par BARBIERI et LACOMBE en 1970. Ce granite leucocrate à gros grains est composé de quartz (35 % en volume), de feldspath potassique (35 % qui est un microcline perthitique rose, de plagioclase (27 % : albite blanc laiteux) de biotite riche en fer souvent chloritisée (30 % de la biotite)

Analyse chimique du granite du Combeynot d'après BARBIERI et LACOMBE (1970).

numéro	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe O ₃	Fe O	Mg O	Ca O	Na ₂ O	K ₂ O	Ti O ₂	P ₂ O ₅	Mn O	H ₂ O
398	72,90	12,75	1,45	0,30	0,75	0,85	2,30	6,20	0,20	0,30	0,05	1,00
397	75,10	12,75	1,55	0,70	0,70	0,90	2,10	5,50	0,20	0,10	0,05	0,85

Si l'on compare les analyses des eaux avec celles des roches, on retrouve les mêmes rapports Na/K proches de 0,5. Ce rapport varie pour Ca/Mg, ce qui tend à montrer que le calcium est plus difficilement mobilisé que le magnésium.

- Hydrogéologie.

. Les conditions d'émergence :

La source de la Guisane apparaît de façon progressive d'amont en aval entre des blocs d'éboulis, non loin des parois rocheuses du Combeynot. Les autres sourdent du pied du glacier rocheux du vallon du Combeynot, au niveau d'un replat. Sur la figure 45, ces sources ont été respectivement notées S1 et S2.

. Le bassin d'alimentation des sources :

La source de la Guisane à l'altitude 2.160 m est alimentée d'une part par les eaux de fonte du glacier de Combeynot et les précipitations tombant sur son bassin et d'autre part par une partie des eaux souterraines venant de la rive droite du Vallon de Laurichard.

La figure 45 illustre le sens des écoulements souterrains alimentant les différentes sources.

Il est certain que le Lias imperméable joue un rôle très important sur les écoulements souterrains et sur la présence des sources. En effet le plan de chevauchement qui sépare le cristallin du Combeynot (au dessus) du Lias schisteux (au dessous) montre un pendage Nord Est, et permet un écoulement vers la source de la Guisane au travers du cristallin fracturé.

Le sens du pendage de ce plan de chevauchement explique aussi le fait qu'il n'existe pas de sources sur le versant nord-ouest du côté de la Romanche.

Ces sources de la Guisane sont caractéristiques de sources issues de formations glaciaires perméables reposant sur un substratum cristallin imperméable.

b) Les sources de Fontette :

- Situation des sources : (figure 47 et figure 13).

Elles se trouvent à la base du vallon du Fontenil, au niveau du sentier qui va du Casset aux Boussardes. L'altitude des émergences est de 1.610 m.

- Les débits.

Les valeurs des débits mesurés, de ces sources ainsi que les conditions d'émergence, permettent de penser que le débit souterrain passant dans les moraines n'est pas négligeable. A partir des valeurs des débits spécifiques obtenus sur les bassins versants voisins, nous avons estimé le débit spécifique mensuel total du bassin versant de la source de Fontette, et par différence avec le débit superficiel, nous obtenons le débit souterrain.

On a comparé graphiquement le débit superficiel des sources au débit souterrain estimé sur la figure 48.

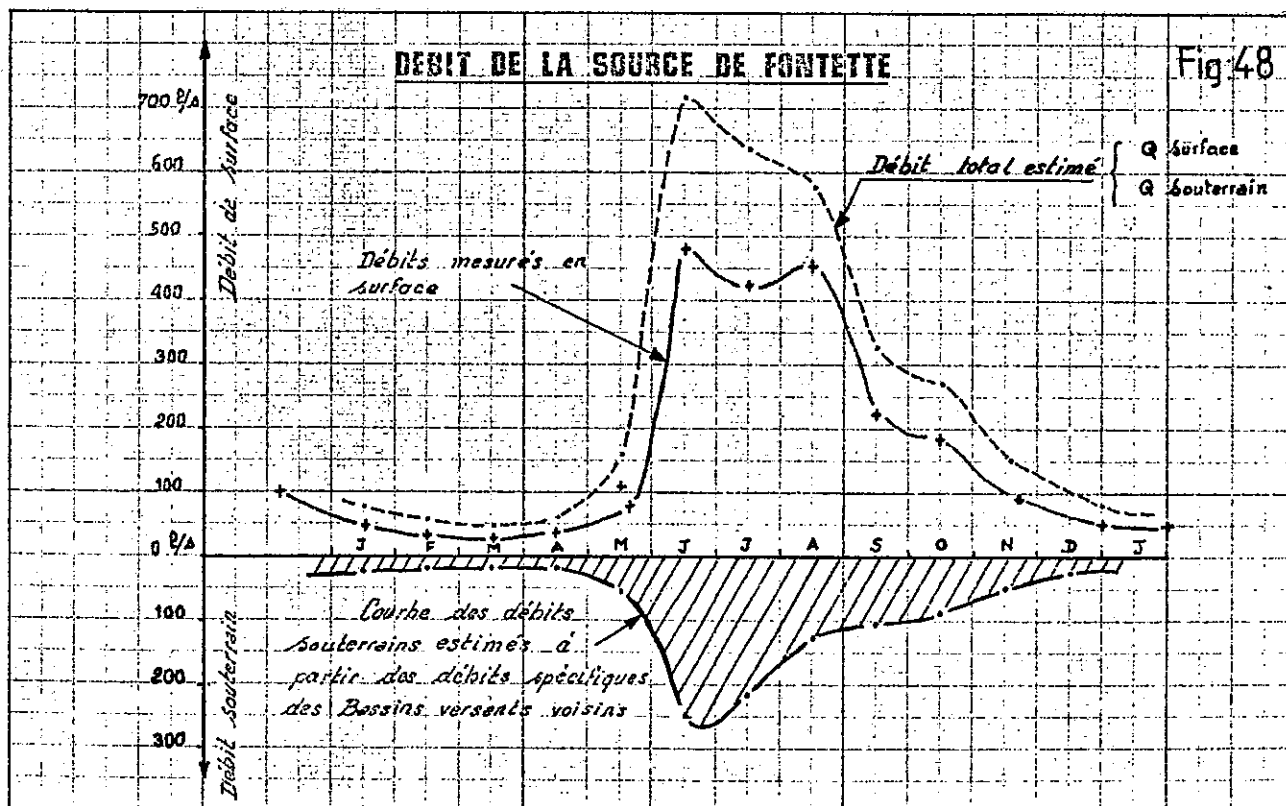
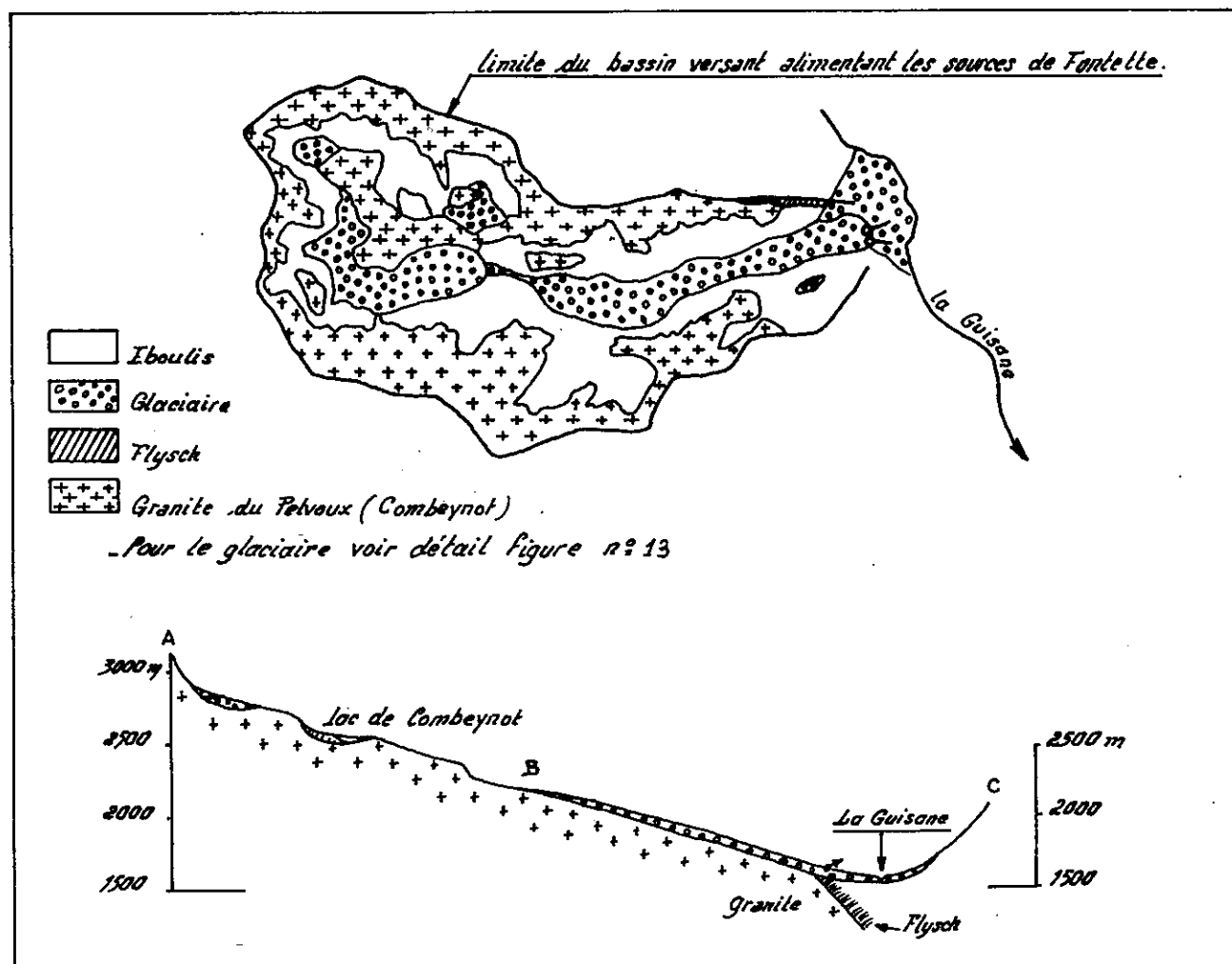
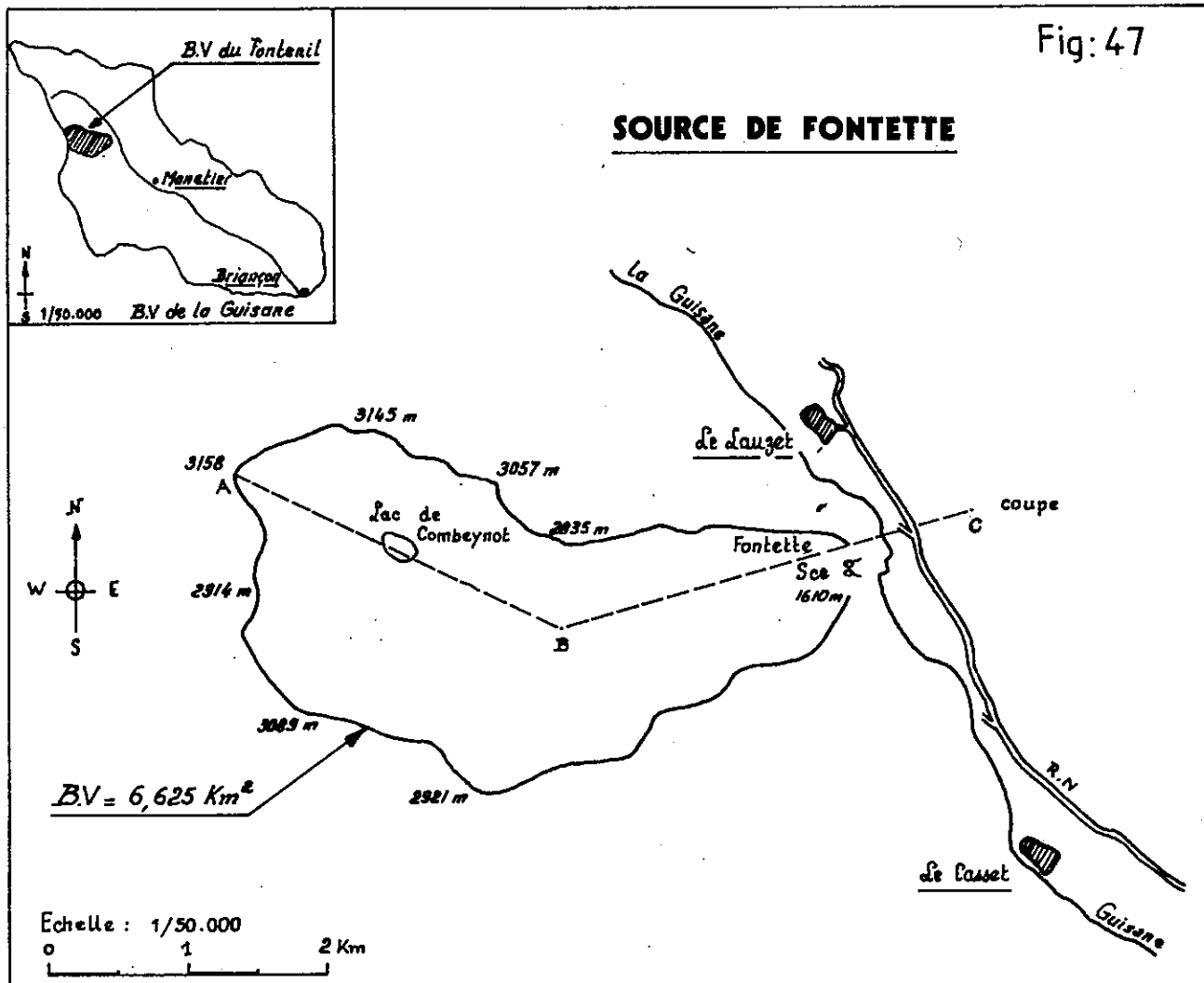


Fig:47



La courbe des débits superficiels montre un étiage très marqué en février - mars. Ensuite l'on retrouve une évolution du débit étroitement liée à la température, comme c'est le cas pour les bassins versants de haute altitude. On remarquera aussi la baisse du débit au mois de juillet, due à une période anormale de températures plus fraîches.

En 1980, on avait comme module 26,3 l/s/km² pour le débit superficiel de Fontette alors qu'il était de 37,5 l/s/km² au torrent du Rif et 40,4 l/s/km² à la Madeleine. On a donc estimé les débits souterrains de Fontette à partir des débits du torrent du Rif où les écoulements souterrains sont pratiquement inexistantes.

Dans tout le vallon du Fontenil, il n'existe aucun écoulement en surface, en raison de la nature et de l'importance des formations glaciaires et des éboulis. L'infiltration de l'eau est totale et immédiate. Seul, le lac du Combeynot fait exception par sa présence ; celui-ci se trouvant sur le substratum imperméable à l'emplacement d'un ancien surcreusement glaciaire.

- La température (figure 49).

La circulation des eaux qui se fait entièrement de façon souterraine permet une régulation thermique très prononcée, puisque les températures ne varient que de quelques dixièmes de degré sur toute l'année : entre 3,8°C et 4,5°C, soit 0,7°C d'amplitude maximale mesurée.

- la résistivité (figure 49).

Les variations de résistivité sont beaucoup plus marquées : de 6000 à 18000 Ω /cm ; elles indiquent très nettement les périodes de fonte de neige par une élévation maximale au mois de juin proche de 18000 Ω /cm.

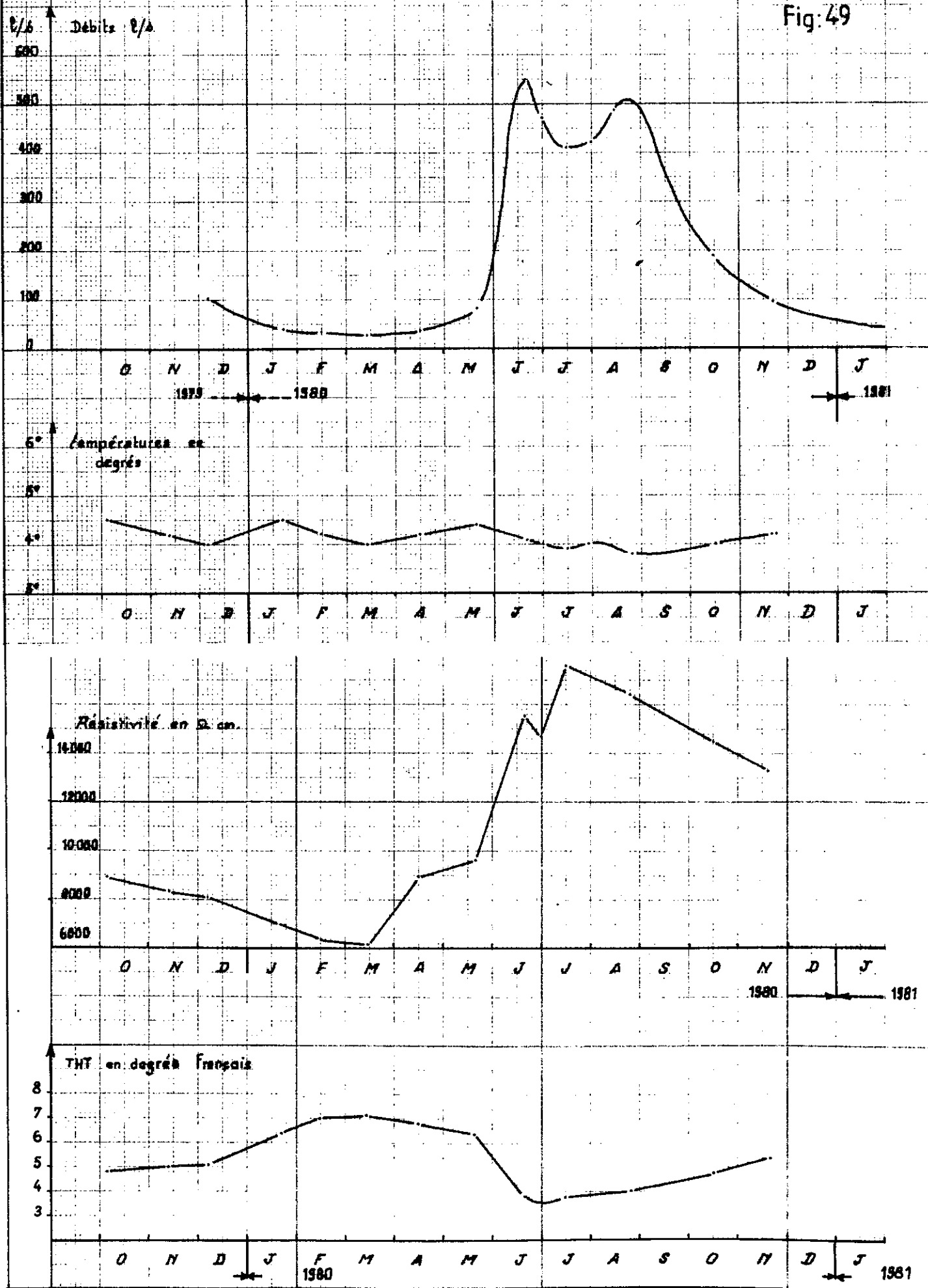
Les valeurs de résistivité les plus faibles ont été observées en février et mars 1980. Ces faibles résistivités correspondent à la période d'étiage des sources. La concentration minérale de l'eau est, à ce moment-là, plus élevée pour deux raisons : d'une part, il n'y a pas de mélange avec les eaux de pluie, d'autre part, ces eaux ont séjourné plus longtemps dans les massifs et les formations quaternaires, ce qui leur a permis d'acquérir une minéralisation plus importante.

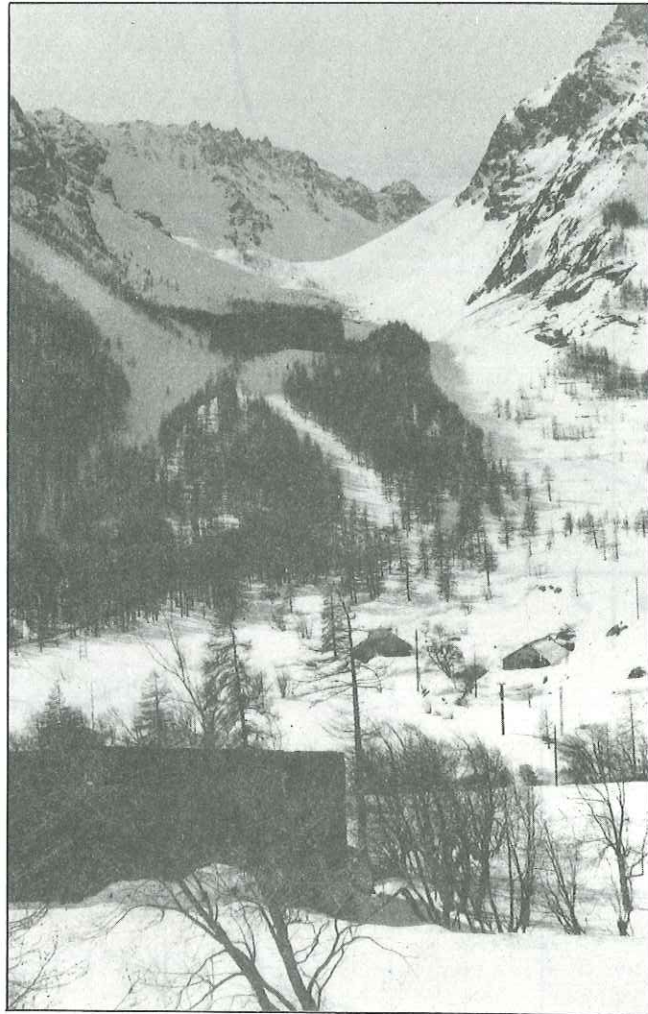
- la minéralisation :

La composition chimique exprimée en mg/l est présentée dans le tableau suivant :

SOURCE DE FONTETTE

Fig:49



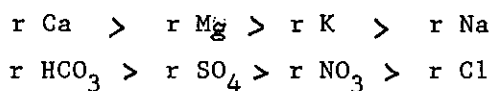


Le vallon du Fontenil en janvier.

date	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺	SiO ₂	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
4.10.79	11,6	4,6	0,27	0,35	0	-	0,15	14,5	0,37	58,6
12.11.79	13,2	4,1	0,25	0,70	0	-	0,04	12,5	0,62	54,9
6.12.79	13,2	4,4	0,27	0,45	0,04	5,4	0,04	16,2	0,42	52,5
22.01.80	14,8	6,5	0,32	0,45	0,02	4,9	0,48	17,2	0,46	54,9
15.02.80	17,6	6,3	0,40	0,55	0,01	4,7	0,56	21,0	-	56,1
13.03.80	18,0	6,3	0,40	0,55	0,04	4,8	0,62	21,0	-	57,3
16.04.80	18,0	5,6	0,40	0,60	0,01	4,2	0,56	20,0	-	59,8
20.05.80	17,6	4,8	0,37	0,60	0,01	4,4	0,68	21,0	-	61
20.06.80	9,2	3,6	0,20	0,45	0,02	4,6	0,42	3,0	-	43,9
15.07.80	10,4	2,9	0,18	0,35	0,01	4,5	0,50	6,5	-	41,5
25.08.80	11,2	2,9	0,20	0,25	0,02	4,0	0,72	5,5	-	43,9
15.10.80	12,4	3,9	-	-	0,01	-	0,72	10,0	-	52,5
19.11.80	13,6	4,6	0,25	0,60	0,01	-	0,56	-	-	51,2

La plus forte dilution, causée par l'eau de fonte de neige, apparaît au mois de juin.

Le faciès chimique des sources de Fontette est le suivant :



Ce faciès est le même que celui des eaux de la source de la Guisane, ce qui est normal, puisque les bassins d'alimentation sont tous les deux situés dans le granite du Combeynot.

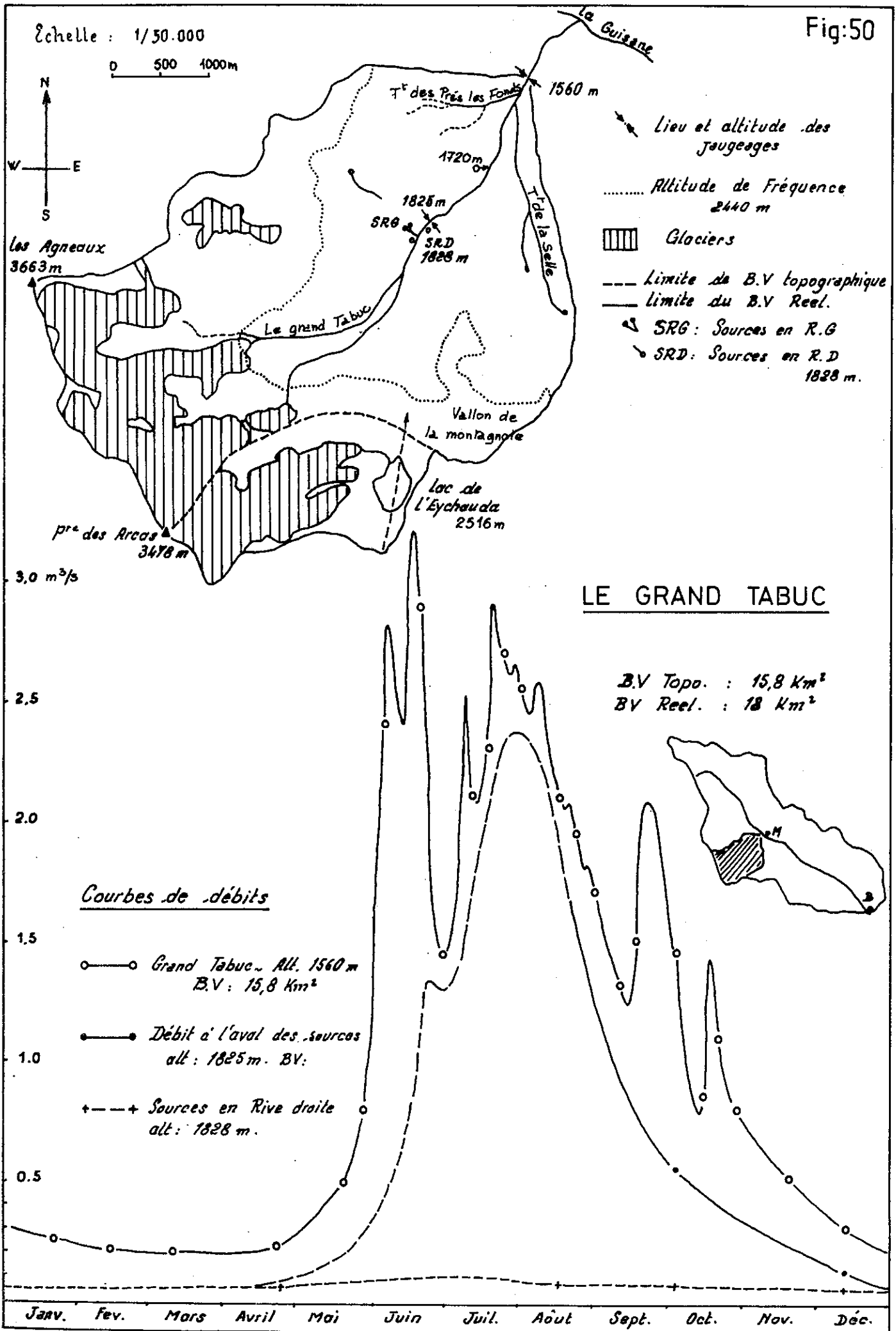
La concentration minérale des eaux des sources de Fontette est plus élevée, ce qui prouverait un temps de circulation plus long, et une meilleure rétention de l'aquifère.

On n'a pas observé de tarissement de ces sources en hiver.

- Interprétations hydrogéologiques.

Les sources de Fontette apparaissent à la limite entre les moraines würmiennes et les moraines tardiglaciaires qui les recouvrent. Les variations de perméabilité et le colmatage par les fines glaciaires permettent à l'eau d'atteindre la surface du sol.

Fig:50



En période d'étiage, les sources situées en amont voient leurs débits diminuer jusqu'au tarissement total.

En période de crue, les sources atteignent un niveau topographique supérieur correspondant aux conditions aux limites.

c) Les sources du bassin versant du Grand Tabuc.

L'étude détaillée de certaines sources du bassin versant du grand Tabuc a permis de préciser leurs conditions d'émergence et leurs zones d'alimentation.

- Localisation des sources : figure 50

Nous étudierons principalement trois sources ou groupes de sources qui sont d'amont en aval :

- . les sources de rive gauche (SRG) à 1850 mètres d'altitude,
- . les sources de rive droite (SRD) à 1828 mètres.
- . la source des Grangettes située entre les granges et la passerelle à 1710 mètres d'altitude.

- Les débits.

La figure 50 montre les variations du débit des sources de rive droite qui ont pu être mesurées au micromoulinet.

Ces sources présentent un débit très régulier au cours de l'année et apparemment ne tarissent jamais. Le débit d'étiage doit varier entre 40 et 60 l/s selon les années.

Ceci prouve l'existence de réserves importantes, dont le lac de l'Eychauda pourrait faire partie.

Par contre les sources de rive gauche tarissent en même temps que le débit du Grand Tabuc en amont des sources de rive droite. Le maximum de débit devrait atteindre 200 l/s. pour ces sources.

En hiver, ces sources de rive gauche se situent au dessus du niveau des basses eaux de la nappe.

Il est difficile d'évaluer les débits des sources de rive gauche car celles-ci émergent des formations quaternaires de pente souvent à moins d'un mètre du cours du Grand Tabuc, mais ils doivent varier entre 0 et 500 l/s.

Quant à la source des Grangettes, elle présente de faibles variations de débits allant de 1 à 5 l/s environ, son alimentation se faisant par l'intermédiaire de formations quaternaires.

- Les températures :

Le domaine de variation des températures est très réduit, ce qui prouve des circulations souterraines à une certaine profondeur dans des formations quaternaires. Les SRG ont toujours montré une température égale à 3,6°. Malgré un nombre peu important de mesures (avril, août et octobre 1980), il semble que les variations soient très

faibles, ce qui est un élément très favorable pour l'hypothèse d'une alimentation par la nappe phréatique du vallon, dont l'existence reste cependant hypothétique. Il en est de même pour les sources de rive droite. Les variations se font entre 3,4° et 4,0°, l'amplitude thermique de 0,6°C est donc très faible. La source des Grangettes a un domaine de variation de 0,5°C, les températures variant entre 5,0° et 5,5°C.

On remarque que le minimum annuel de température s'observe au mois d'août pour les sources de rive droite, ce qui prouverait une alimentation importante par des eaux de fonte de glaciers de haute altitude, d'une part du glacier de Monetier et d'autre part du glacier de Séguret Foran par l'intermédiaire du lac de l'Eychauda. (fig. 51 et 52).

On constate que les températures de ces trois sources subissent l'influence du gradient altimétrique de température de l'air (voir la figure 44).

- La résistivité.

Seule la source des Grangettes montre une faible résistivité variant de 1000 à 1800 Ω /cm. Les trois autres sources ont une résistivité beaucoup plus élevée : les eaux des sources de rive droite entre 5000 et 10500 Ω /cm. Celle des eaux des sources de rive gauche et de celle venant du glacier de Prés les Fonds sont plus élevées encore (de 10.000 à 22.000) mais on manque ici d'informations précises.

- La minéralisation.

Seule la source des Grangettes présente une minéralisation importante du fait de la présence de gypses au niveau du chevauchement du Subbriançonnais sur l'Ultradauphinois.

Les autres sources circulant en majeure partie dans les massifs cristallins et les formations quaternaires sont peu minéralisées.

Les variations de concentration des éléments sont assez faibles au cours de l'année.

Nous présentons les résultats d'analyses chimiques des différentes sources dans le tableau n° 16.

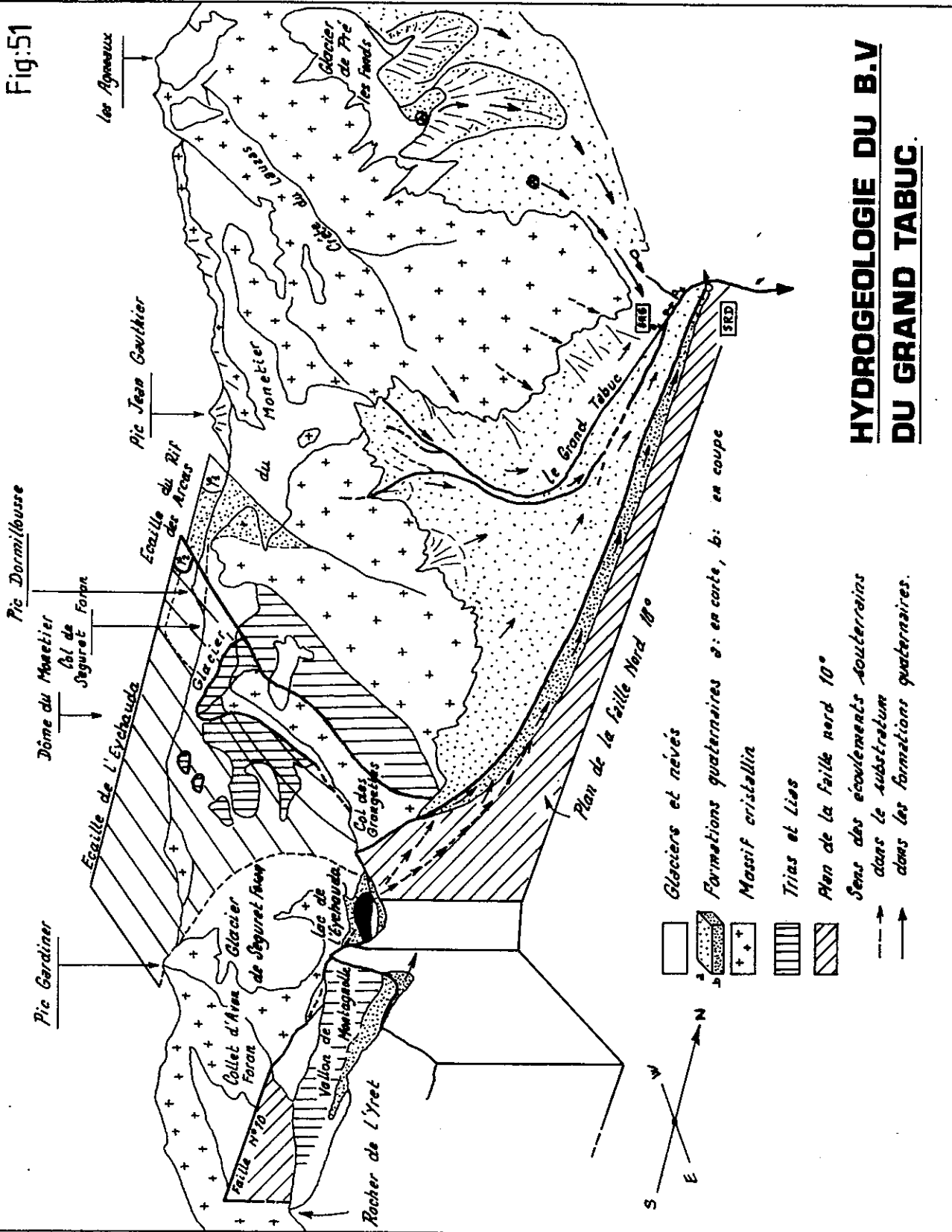
Les faciès chimiques de chaque source sont les suivants :

. Source des Grangettes

$r_{Ca} > r_{Mg} > r_K > r_{Na}$

$r_{SO_4} > r_{HCO_3} > r_{NO_3} > r_{Cl}$.

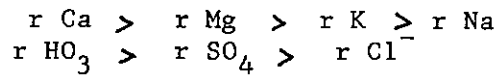
Fig:51



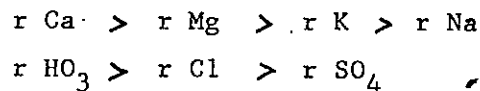
HYDROGEOLOGIE DU B.V DU GRAND TABUC.

La minéralisation en calcium et en sulfates est très importante et doit être en liaison au niveau de l'accident chevauchant du subbriançonnais sur l'ultradauphinois, avec la présence de gypse sous les formations quaternaires.

. Les Sources de rive droite (SRD)



. Les Sources de rive gauche (SRG)



- Hydrogéologie du bassin versant du Grand Tabuc.

Les débits spécifiques élevés de ce bassin versant de 15,8 km² montrent qu'il reçoit une alimentation supplémentaire d'un bassin versant voisin.

Les recherches ont été orientées dans le but de prouver cette hypothèse.

Nous avons mis en évidence l'existence de sources importantes en rive droite à l'altitude 1828 m.

Il s'agit de plusieurs émergences se faisant à un mètre environ au dessus de la rive du Grand Tabuc. La venue la plus importante ayant fait l'objet de mesures de débits et d'analyses précédemment décrits.

Le débit de ces sources varie peu (rapport de 1 à 4) et montre que l'alimentation est régulière tout au long de l'année. En février 1981, on a eu la chance de pouvoir jauger cette source et d'en comparer le débit avec celui du torrent du Grand Tabuc en amont des sources à l'altitude 1835 mètres. En effet le manteau neigeux, pratiquement inexistant en février, (soit 10 à 20 cm de neige au niveau des Grangettes à l'altitude 1.750 m) n'a pas permis de coulées de neige au niveau des sources, qui les années précédentes étaient ensevelies sous la neige.

Grâce à ce déneigement exceptionnel, on a pu constater que le Grand Tabuc avait un débit pratiquement nul (environ 1 litre par seconde) alors que pour les sources de rive droite ce débit était de 53 l/s et que les sources de rive gauche avaient tari.

Ces observations ainsi que les résultats d'analyses chimiques et des paramètres physiques amènent à proposer trois hypothèses concernant l'alimentation des sources. (voir figure 52).

1ère hypothèse. Alimentation depuis le lac de l'Eychauda par une faille de direction nord 10°, passant par le col des Grangettes, et disparaissant au sud sous le lac de l'Eychauda et au nord, sous les formations quaternaires du vallon du Grand Tabuc (voir la fig 52).

Le lac de l'Eychauda ne présente en effet pas d'exutoire et un ancien verrou glaciaire formé de granite sert de barrage naturel aux écoulements qui auraient dû se faire en direction du torrent de l'Eychauda.

C'est ainsi que nous proposons de délimiter le bassin versant géologique des sources comme sur la figure 50. C'est à dire en y englobant le bassin versant du lac de l'Eychauda.

Toute cette surface n'est pas concernée en totalité par des écoulements en direction du nord, vers le Grand Tabuc.

Le gel du lac pendant les mois d'hiver jusqu'en juin - juillet ne permet pas de faire des mesures de variation du niveau de la surface mais il est certain qu'il contient toujours de l'eau, même en hiver. Ceci permet la mise en charge de l'eau dans le drain créé par la faille N 10 et l'alimentation de façon régulière des sources en rive droite du Grand Tabuc.

2ème hypothèse. Les sources de rive droite seraient alimentées par les eaux de la nappe contenues dans les formations quaternaires, qui existent à l'amont de ces sources, où il y a une accumulation considérable de blocs et de gros cailloux provenant des éboulis et des moraines glaciaires.

On note que dans le vallon de la Montagnolle, il n'existe aucun écoulement superficiel apparent.

L'infiltration de l'eau entre les blocs est instantanée. Le sol y est peu développée et la végétation rare.

Les circulations souterraines étant sans doute ralenties par la présence de farine glaciaire entre les blocs.

Le temps de transit de l'eau et la capacité de rétention seront augmentés et le temps de restitution des débits sera assez important.

3ème hypothèse. Il semble que ces sources de rive droite soient alimentées des deux façons proposées ci-dessus.

Les sources existant sur les deux rives ne feraient que matérialiser le niveau de la nappe, si nappe il y a, et son intersection avec la surface topographique.

Les sources tarissent progressivement d'amont en aval en même temps que le niveau de la nappe baisse pendant la vidange des réserves.

On peut expliquer de plus la position des sources par des écoulements latéraux préférentiels, facilités par la présence de blocs d'anciennes moraines latérales, qui formeraient actuellement des drains préférentiels de la nappe. Ce phénomène pourrait être accentué par les apports de farine glaciaire, au moment des crues, qui permettraient la formation d'un revêtement imperméable dans la partie axiale sur lequel le Grand Tabuc pourrait s'écouler sans voir la totalité de son débit disparaître entre les blocs.

Les observations et les jaugeages effectués le 4 Octobre 1980 tendent à prouver ces hypothèses. Le débit du Grand Tabuc à l'altitude 1.830 mètres était de 150 l/s (en amont des sources de rive gauche). Le débit total des sources de rive gauche était de 300 l/s dont 100 l/s pour la source venant du glacier des Prés les Fonds. Les sources de rive droite avaient un débit de 70 l/s.

Au mois de décembre 1980, le Grand Tabuc a été jaugé à 40 l/s en amont des sources de rive droite, celui-ci étant alimenté pratiquement que par les sources de rive gauche. Les sources de rive droite donnant environ 50 l/s. Un autre jaugeage à l'aval de toutes ces sources a montré un débit de 130 l/s pour le Grand Tabuc, ce qui prouverait l'existence de venues d'eau sous le torrent entre les sources amont et les sources aval.

D'autres observations en février 1981, nous ont permis d'observer un tarissement total des sources de rive gauche, et un débit de 1 l/s sur le Grand Tabuc juste à l'amont des sources de rive droite, celles-ci ayant un débit de 53 l/s.

On est donc en présence de sources et d'un torrent alimentés directement par la nappe aquifère qui parvient à la surface en raison d'un ressèchement du vallon et d'une diminution d'épaisseur des formations quaternaires.

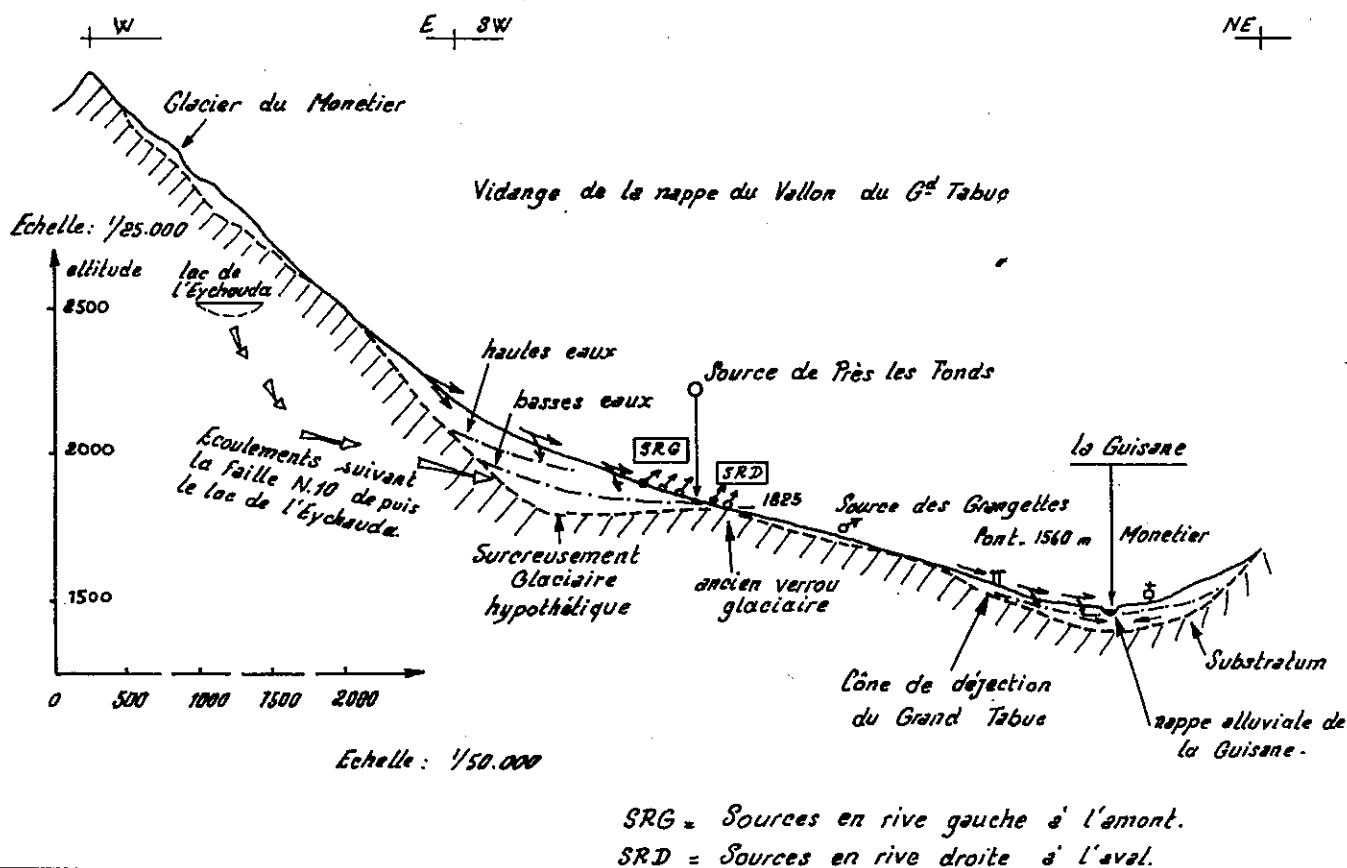
La majeure partie du débit souterrain passe de ce fait en débit superficiel entre les sources amont et en aval des sources de rive droite ; plus précisément à l'altitude 1.820 m où on a observé des venues d'eau sur le bord du torrent.

On se reportera à la figure 52 qui schématise cette interprétation en montrant les niveaux de la nappe de hautes eaux de printemps et d'été et de basses eaux d'hiver.

- Hydrogéologie du torrent de la Selle : (voir figure 50)

Ce torrent est un affluent de rive droite du Grand Tabuc. Il est alimenté par des sources issues de formations quaternaires dans la partie supérieure de son bassin versant. Ces nombreuses sources se trouvent entre 2100 et 2150 mètres d'altitude et le débit était de 100 l/s le 4 Août 1980 à l'altitude 2.050 mètres. Le même jour, ce débit était de 5 l/s avant la confluence avec le Grand Tabuc (1.580 m).

PROFIL EN LONG DU TORRENT DU GRAND TABUC



On est donc en présence d'infiltrations importantes sur le parcours inférieur du torrent de la Salle. Ces pertes auraient deux origines.

- d'une part, la présence d'éboulis, alimentés en matériaux par les Crêtes de la Lauzières, permet des infiltrations au pied des pentes de ces éboulis.
- d'autre part, on peut observer des trous de forme conique de quelques mètres de profondeur qui seraient des cônes d'ablation

Ce phénomène, décrit par R. BARBIER, correspond à une ablation de matériaux qui a pour cause la dissolution de gypse en profondeur (nous sommes encore une fois au niveau du chevauchement du Subbriançonnais sur l'Ultradauphinois).

Cette ablation étant facilitée par des écoulements souterrains. Il y a donc formation de cavités souterraines en profondeur et de cônes d'ablation en surface.

Les eaux ainsi disparues de la surface pourraient d'une part rejoindre le cône de déjection du Grand Tabuc par l'intermédiaire des formations quaternaires et d'autre part circuler dans des

chenaux de dissolution dans des gypses pour sortir en partie, aux sources de Sagnères qui sont très minéralisées. Ces sources se situent à environ une centaine de mètres du pont d'altitude 1560 mètres. Elles se présentent sous la forme de venues plus ou moins diffuses avec un faible débit (quelques litres par seconde).

- Hydrogéologie de la source de la "Gypsière".

Cette source émerge au Bois des Sagnères à la limite des formations quaternaires et du substratum. Ce substratum est composé de gypses et cargneules matérialisant le chevauchement du subbriançonnais sur l'Ultradauphinois.

L'eau de cette source entaille les gypses et cargneules sur environ deux cents mètres avant d'atteindre à nouveau les recouvrements quaternaires de la vallée de la Guisane.

C'est au niveau de cette dernière limite que l'on peut constater que la totalité du débit de la source disparaît dans un trou. Ce trou présente des bords instables, composés d'éléments quaternaires plaqués sur des cargneules broyées.

En période de fonte de neige, ou après une averse on a pu constater qu'un débit de 10 à 15 l/s disparaissait dans ce trou. Non loin de cette perte superficielle et à environ cinquante mètres en aval, on trouve un trou de deux mètres de profondeur sur deux mètres de diamètre dû à un effondrement souterrain provoqué par ablation de matériaux.

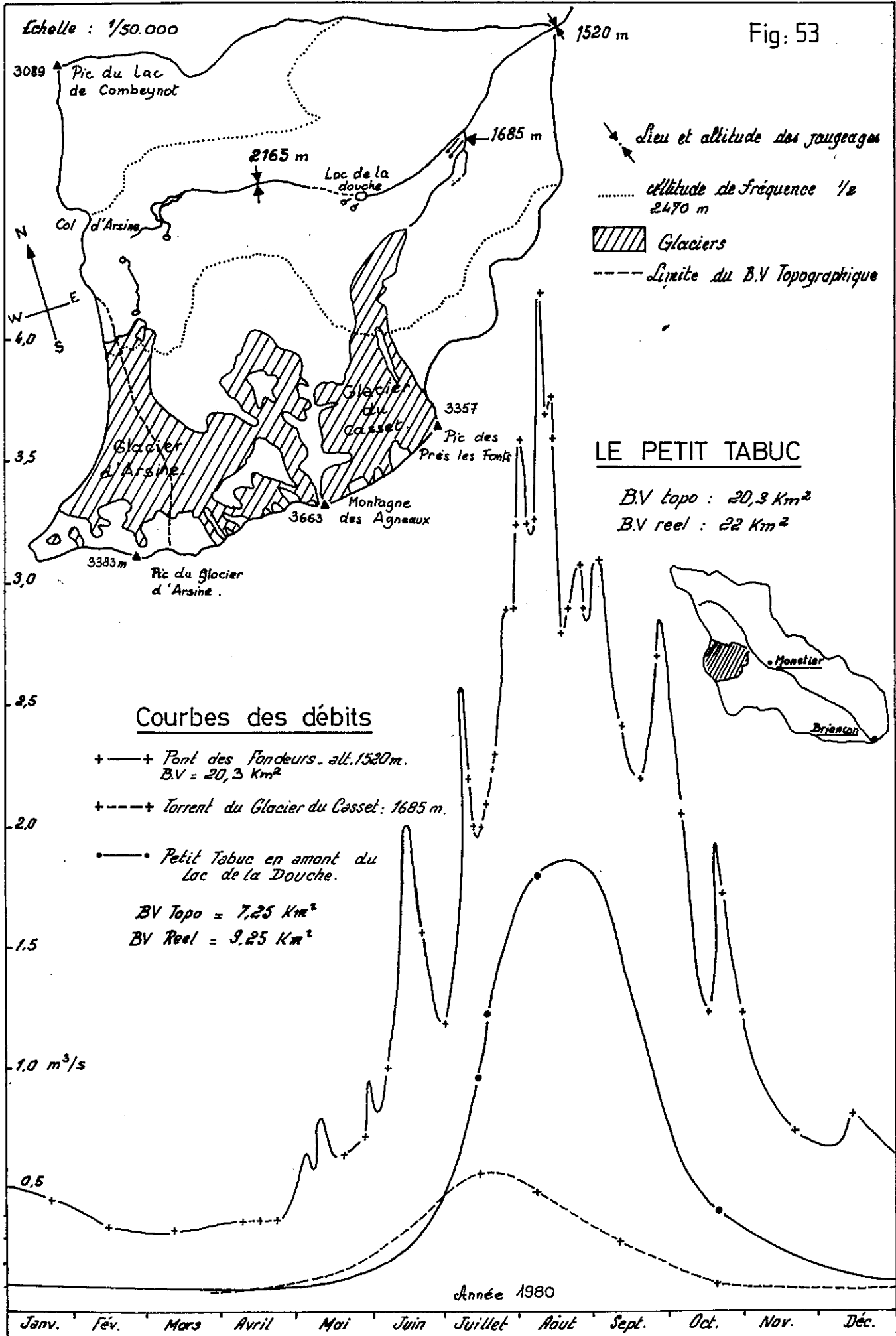
Le débit qui disparaît de la surface alimente sans doute la nappe de la Guisane à travers les terrasses latérales, et pourrait aussi alimenter la source de la Rotonde comme nous le verrons par la suite mais ne représenterait qu'une partie du débit de la source de la Rotonde.

d) Les sources du bassin versant du Petit Tabuc.

Nous nous sommes essentiellement intéressé aux débits de l'exutoire du glacier d'Arsine du côté du versant du Petit Tabuc.

- Localisation des sources (figure 53).

Les sources étudiées se situent d'amont en aval au pied du Glacier d'Arsine, au niveau des chalets d'Arsine entre 2230 et 2300 mètres, et au dessus du lac de la Douche entre 1950 et 2000 mètres d'altitude. Pour des raisons d'accessibilité en hiver, nous avons effectué les prélèvements à l'altitude 2165 m, au niveau de la section jaugée pour les sources du glacier d'Arsine.



- Les débits.

L'étude des débits des sources mesurés à l'altitude 2.165 mètres s'est avérée extrêmement intéressante. En effet, c'est grâce à des conditions topographiques et géologiques particulières que le débit superficiel domine très largement le débit souterrain. Plus en aval, les conditions changent et favorisent au contraire des écoulements souterrains très importants.

La figure 53 présente la courbe des débits moyens journaliers estimés à partir de quelques valeurs ponctuelles à l'altitude 2.165 m. Malgré la pauvreté des informations, nous pouvons penser que l'aspect de la courbe qui a été tracé reflète la réalité. Ces débits apportés par l'eau de fonte des glaciers voient leur maximum au mois d'août avec un débit de 1,8 m³/s environ. La période d'étiage observée en février 1981 a permis de mesurer un débit de 100 l/s, ce qui représente un débit spécifique de 16 l/s/km², double de ceux observés sur les autres bassins versants secondaires, mis à part celui du Grand Tabuc.

- les températures.

Les températures mesurées à 2165 mètres sont de 2,5°C sauf au mois de juillet avec 5,8°C. Il semblerait que les variations estivales soient dues au réchauffement de l'eau dans les mares au niveau des chalets d'Arsine.

Ces sources sont parmi les plus hautes du bassin versant, et leur température suit la relation température - altitude montré sur la figure n° 44.

- la résistivité.

A l'altitude 2.165 mètres, la valeur maximale de résistivité est de 14.000 Ω /cm, elle correspond au débit maximum dû à la fonte des glaciers.

La valeur de résistivité la plus basse atteint 3.200 Ω /cm ce qui est faible. Cette faible résistivité peut être expliquée par la présence du trias au niveau des Chalets d'Arsine. On peut observer du gypse au bord du chemin.

L'avancée du glacier doit éroder les terrains sédimentaires et en même temps permettre à l'eau qui circule dans le fond du glacier de se minéraliser au contact de ces formations.

On retrouve les mêmes résistivités aux sources du lac de la Douche ce qui laisse supposer que ces sources sont directement alimentées par le Petit Tabuc qui se perd à l'altitude 2.160 mètres.

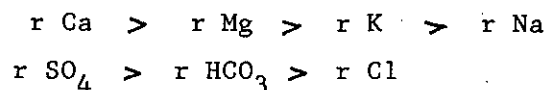
- La minéralisation.

A titre de document, nous présentons des analyses d'eaux recueillies à 2.165 mètres et aux sources du Lac de la Douche.

Date	Ω	pH	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cl	SO ₄	HCO ₃
Petit Tabuc 2165 m 21.10. 1980	3220	7,7	77,8	7,8	0,20	1,00	0,03	-	115	68,3
19.11.1981	3200	7,9	72,1	15,3	-	-	-	0,58	-	57,3
Source du lac dela Douche 21.10.1980.	3450	8,0	66,4	12,6	0,22	0,85	0,04	0,52	110	51,2

Nous remarquons des teneurs élevées pour certains éléments comme Ca, SO₄, compte tenu du fait que les échantillons ont été prélevés au mois d'octobre et de novembre. La minéralisation est relativement importante.

Le faciès chimique est le suivant :



ce qui fait ressortir la forte proportion des sulfates, due à la présence de gypses triasiques affleurant à une centaine de mètres des Chalets d'Arsine du fait de l'existence du chevauchement du Granite du Combeynot et d'un système d'accidents tectoniques de coulissage de blocs.

- Interprétation hydrogéologique des écoulements.

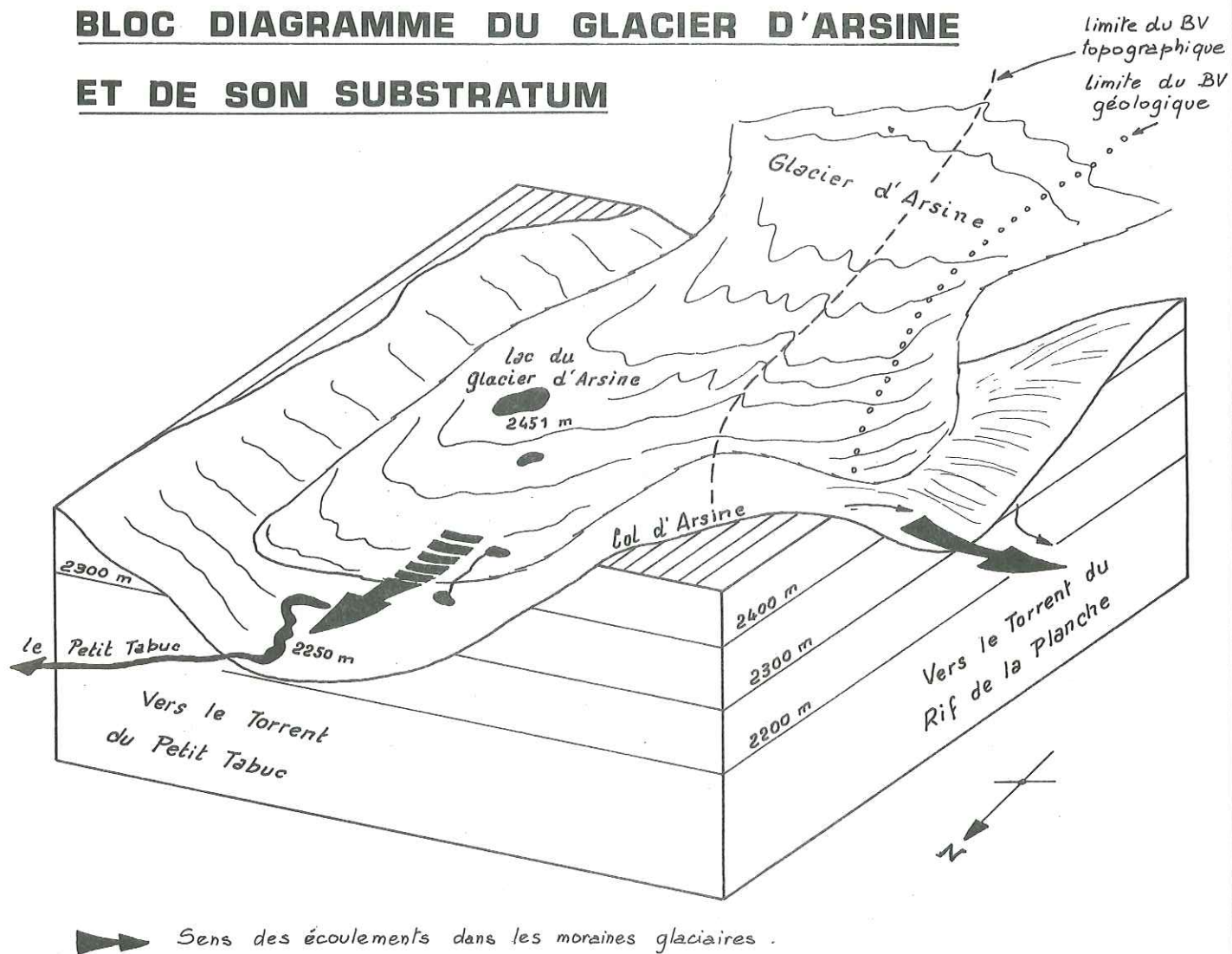
Après avoir constaté que les débits spécifiques du Petit Tabuc étaient bien supérieurs à la moyenne du bassin versant de la Guisane, nous avons remarqué que les débits s'écoulant du glacier d'Arsine vers la Romanche d'une part et vers la Guisane d'autre part étaient très différents. En effet, les débits sont beaucoup plus importants du côté du Petit Tabuc. En août 1980 on a mesuré 250 l/s à 2.250 m sur le Rif de la Planche (versant Romanche) alors qu'il y avait 1.800 l/s sur le Petit Tabuc à 2.165 m d'altitude.

Ceci nous permet d'affirmer un bassin versant géologique supérieur au bassin versant géographique pour le Petit Tabuc, et l'inverse pour le Rif de la Planche.

Deux hypothèses complémentaires sont envisagées quant à la direction préférentielle des écoulements souterrains :

- . un surcreusement glaciaire plus important en rive droite du glacier,
- . une remontée du substratum due à une faille, remontant le panneau de rive gauche du glacier.

BLOC DIAGRAMME DU GLACIER D'ARSINE ET DE SON SUBSTRATUM



**PHOTOGRAPHIE
AERIENNE DU GLACIER
D'ARSINE**



Ce décalage par faille jouerait le rôle d'un écran imperméable pour les eaux souterraines qui se dirigent alors vers le Petit Tabuc. La combinaison des deux phénomènes est certainement l'origine la plus vraisemblable des débits élevés du côté du Petit Tabuc (voir figure n° 54).

Le torrent du Petit Tabuc présente de plus quelques particularités.

Ce torrent, dont les sources se situent au pied de la moraine frontale du glacier d'Arsine, présente des débits spécifiques très élevés surtout dans sa partie supérieure. Ces débits ont pu être mesurés à l'altitude 2.165 mètres, grâce à une section particulièrement favorable, et ceci en toutes saisons.

A quelques dizaines de mètres de distance en aval de cette section, à l'altitude 2.160 m, le torrent disparaît entièrement dans les éboulis avant la rupture de pente.

Ce n'est qu'au mois d'août que le Petit Tabuc montre un débit superficiel continu jusqu'au lac de la Douche.

Le débit superficiel du torrent est visible pendant les mois d'été jusqu'aux altitudes 2.050 m où un second replat permet à nouveau la disparition d'un important débit.

Il semblerait que les sources de rive droite se déversant dans le lac de la Douche soient alimentées par le Petit Tabuc. Les eaux infiltrées rencontreraient une zone de plus grande perméabilité entre les blocs d'éboulis qui jouerait le rôle d'une gouttière dérivant les écoulements latéralement.

Ces sources sortent entre 1950 et 2000 mètres, soit 50 mètres au dessous de la zone de replat à 2050 mètres.

La "farine" glaciaire venant des moraines du glacier d'Arsine devrait jouer un rôle très important dans le cheminement des eaux. En amont, la zone de replat entre 2160 et 2170 mètres est entièrement couverte de ce matériau imperméable et le torrent s'écoule lentement sur quelques centaines de mètres à la façon d'un ruisseau.

La figure 55a montre une coupe théorique du lit du torrent à l'altitude 2.165 m, et comment le débit du Petit Tabuc peut subsister en surface grâce au rôle de zone imperméable que joue la "farine" glaciaire.

Lorsque la pente va devenir plus forte, ces fines particules vont être entraînées jusque vers une nouvelle zone plate comme celle du lac de la Douche.

Entre deux zones de replat, le débit souterrain sera très important, et on peut penser qu'il s'écoulera de part et d'autre du môle imperméable formé de "farine" glaciaire (voir la figure 55 b). Ceci expliquerait les écoulements souterrains jusqu'aux sources existant en rive droite au dessus du lac de la Douche.

Comme pour le Grand Tabuc, nous constatons d'importants débits souterrains latéraux dont la présence de sources ayant de forts débits est une preuve.

Ainsi donc, nous pensons que ce schéma de circulations dans les formations quaternaires peut s'appliquer à de nombreux bassins versants secondaires, tels le Vallon du Fontenil, le Vallon de Moulette etc.....

Fig: 55 a

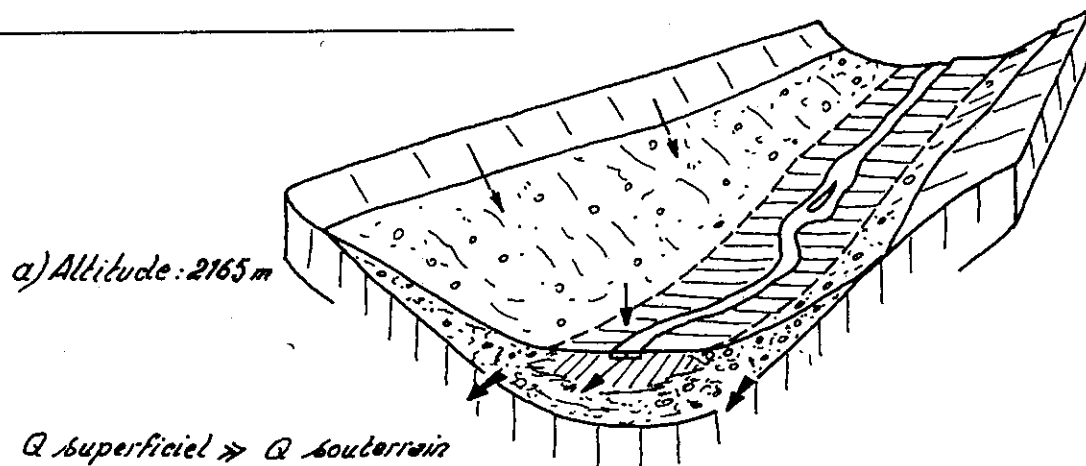
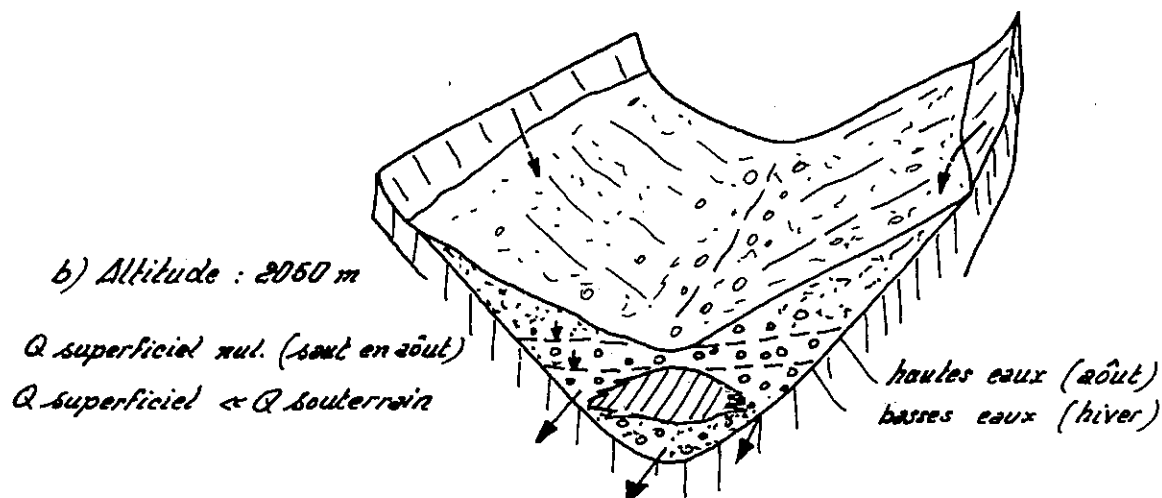


Fig: 55 b



Légende :

-  Eboulis très perméable
-  Remplissage par la "farine" glaciaire = imperméable
-  Substratum présentant une perméabilité de fracture

TORRENT DU PETIT TABUC

Fig:55

Schémas théoriques montrant le rôle de la "farine" glaciaire sur les débits superficiels et les débits souterrains dans les B.V du cristallin.

e) Les sources du virage du col du Lautaret.

Ces sources se situent au sud-est de la crête de Chaillol entre la route du Col du Lautaret à Monetier et la route du col du Galibier. Entre 2.030 et 2.050 mètres, ces sources sont dispersées dans une tourbière.

- le débit.

Il semblerait que ces sources tarissent en hiver; il n'a pu être effectué d'observations à cause du manteau neigeux. Au mois de décembre 1979 il a été observé 1 l/s ce qui laisse prévoir un tarissement certain en janvier.

Les débits souterrains, s'ils existent, sont difficiles à évaluer.

- La température :

Le domaine de variation est assez important (de 4,5° à 8,6° soit 4,1° d'amplitude). Les écoulements superficiels sont sans doute la cause de températures assez élevées entre juin et août.

- La résistivité :

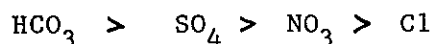
Ces eaux sont minéralisées puisque leur résistivité varie de 2.800 à 5.900 Ω /cm. La fonte des neiges et les pluies sont responsables des variations, dont les maxima ont été relevés du mois de juin à août.

- la minéralisation :

Ces sources, issues d'un substratum composé de flysch, présentent une minéralisation particulièrement importante, dont l'origine serait la présence d'accidents verticaux de direction Est-Ouest, permettant l'existence de tufs à l'Est et à l'Ouest du col du Lautaret.

On constate une très forte concentration en bicarbonates qui s'élève à 180 mg/l en moyenne. Les variations de concentrations de chaque élément sont très faibles sauf pour les sulfates où le rapport varie de 1 à 3.

Le faciès chimique est le suivant :



Ce sont des eaux carbonatées calciques et sulfatées.

- Hydrogéologie.

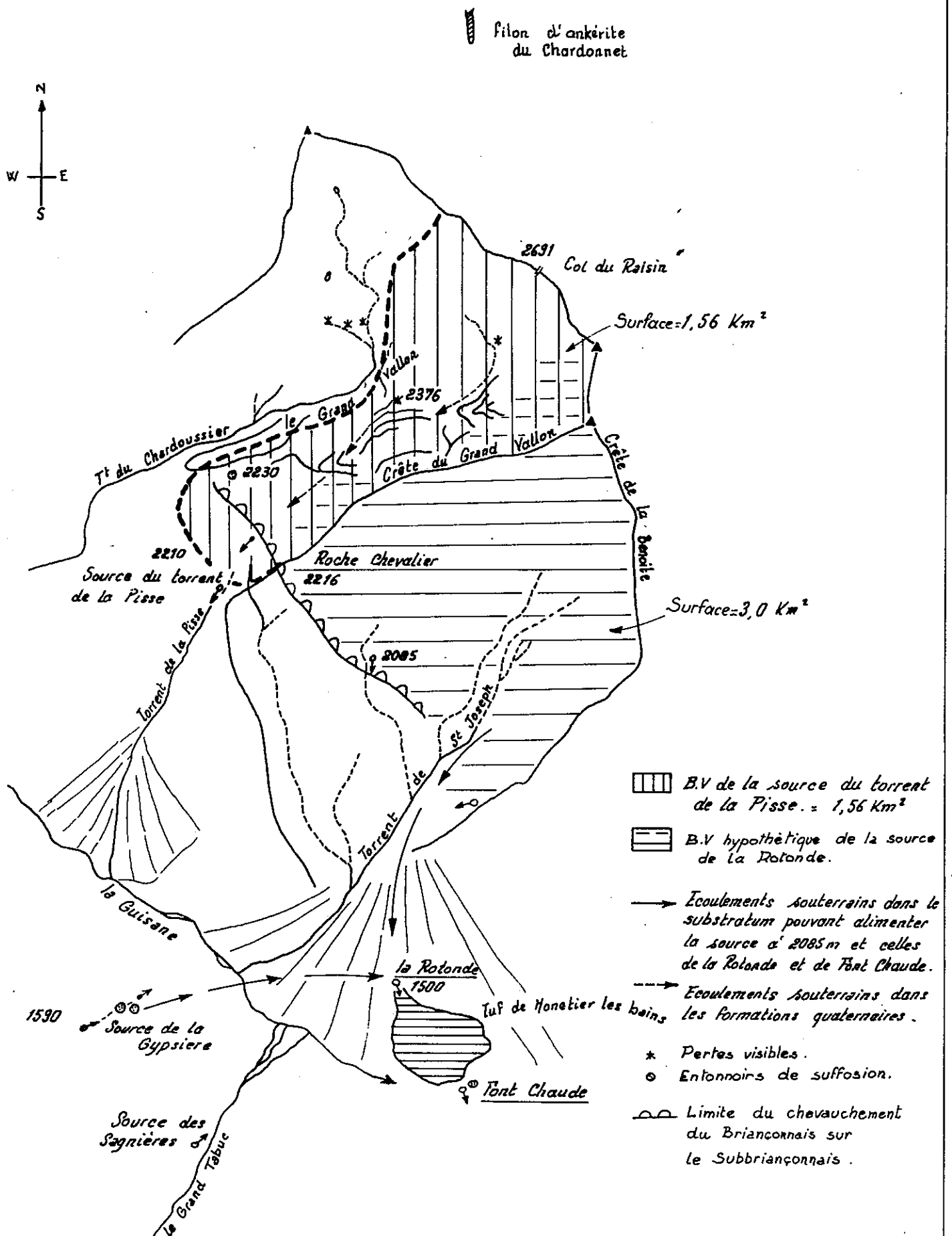
Le bassin versant alimentant ces sources est de 0,5 km². Nous avons calculé un débit moyen annuel de 7,5 l/s soit 15 l/s/km² ce qui est la moitié des valeurs moyennes de cette partie du bassin versant de la Guisane. On ne peut proposer d'interprétation à cause du manque de données de débits.

Source du virage du Col du Lautaret.

date	Q	t°	Ω	pH	Ca	Mg	Na	K	SiO ₂	Fe	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃
8.10.1979	1 l/s	7°	2810	7,8	38,1	16,5	0,25	1,00	-	0,01	192,7	15	0,36	0,30
12.10.1979		5°	3640	7,9	46,9	10,0	0,25	1,00	-	0,01	186,6	12	0,36	0,55
6.12.1979		4,8°	3580	8,1	49,3	9,7	0,25	0,95	7,4	0,02	185,4	11,9	0,0	0,40
20.06.1980	35	8,6	5250	7,7	46,4	8,5	0,22	0,90	5,9	0,12	178,1	5,0	0,44	-
18.07.1980	20		5520	8,2	45,2	8,5	0,20	0,80	5,4	0,03	179,3	8,5	0,62	-
20.08.1980	15	8,3°	5890	8,2	38,4	8,3	0,20	0,85	6,9	0,04	162,3	10,0	0,54	-
15.10.1980	8	4,8°	4800	8,2	48,8	8,7	0,22	0,90	-	0,01	187,8	11,0	0,66	-
19.11.1980	5	4,5°	4910	8,2	48,8	9,5	0,22	0,85	-	0,02	190,3	-	0,64	-

SOURCE DU TORRENT DE LA PISSE

Fig. 56



Echelle : 1/25000

f) La Source du torrent de la Pisse (figure 56).

- Situation.

Le torrent de la Pisse se jette dans la Guisane, en rive gauche de celle-ci, en aval du village du Casset.

La totalité de son débit est dû à une source située à 2.110 mètres d'altitude, à l'Est de Roche Chevalier.

- Les débits.

Quelques mesures ponctuelles permettent d'apprécier les variations de débit au cours de l'année.

Le maximum observé est en juin, le débit décroît ensuite passant de 350 l/s à 0 l/s en décembre 1980.

- Température et résistivité.

Le 16 juillet 1980 nous avons relevé une température de 3,0°C à 2.110 mètres pour une résistivité de 20600 Ω /cm.

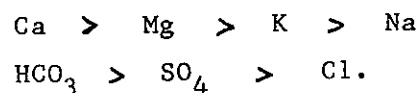
- Minéralisation :

Une analyse complète de l'eau de cette source a été effectuée sur un prélèvement du 16 juillet 1980.

Le résultat est le suivant (en mg/l)

Ca = 10,4	Mg = 2,2	Na = 0,15	K = 0,40	SiO ₂ = 4,5
Fe = 0,01	HCO ₃ = 43,9	Cl = 0,50	SO ₄ = 6,5	

le faciès correspondant est :



Malgré le fait que le prélèvement ait été fait en période de crue, donc fortement dilué, on peut penser que cette source présente une eau très peu minéralisée du fait que son bassin d'alimentation soit un glacier rocheux à éléments houillers.

- Hydrogéologie : figure n° 56.

- Les conditions d'émergence : Cette source apparaît au milieu d'un éboulis de forte pente. Au dessus se trouvent le houiller et les calcaires dolomitiques du Briançonnais formant de petites falaises. Ensuite on arrive dans le grand Vallon où existent des formations glaciaires très importantes.

- Le bassin versant d'alimentation.

La zone du Grand Vallon va servir de bassin d'alimentation de la source. Les eaux s'infiltrant directement dans les glaciers rocheux et les moraines anciennes. On peut observer, aux abords du point coté 2.376 mètres, un petit ruisseau qui disparaît entièrement dans ces formations glaciaires. Quant au vallon qui se trouve au pied du Col du Raisin, il ne présente qu'un écoulement superficiel partiel entre 2.550 et 2.450 mètres.

Une particularité réside dans la présence d'un entonnoir important, d'une quinzaine de mètres de profondeur, se trouvant à 2.230 mètres entre le torrent du Chardoussier et la source du torrent de la Pisse. Il s'agit probablement là d'un véritable cône d'ablation tel que les a décrit R. BARBIER [1953]

Il est fort probable qu'une partie des eaux ainsi infiltrées puissent rejoindre le plan de chevauchement matérialisé par des gypses et alimenter la source de la Rotonde après avoir atteint la faille de direction N 55 dans le vallon du torrent de St Joseph.

3 - Conclusion à l'étude hydrogéologique des torrents et de leurs sources.

La carte hydrogéologique, figure 57, est une synthèse des relations entre les différentes formations géologiques et leurs conséquences hydrogéologiques sur la régulation des écoulements souterrains et des sources.

Cette carte permet de différencier les zones présentant une bonne perméabilité de celles qui jouent le rôle d'imperméable.

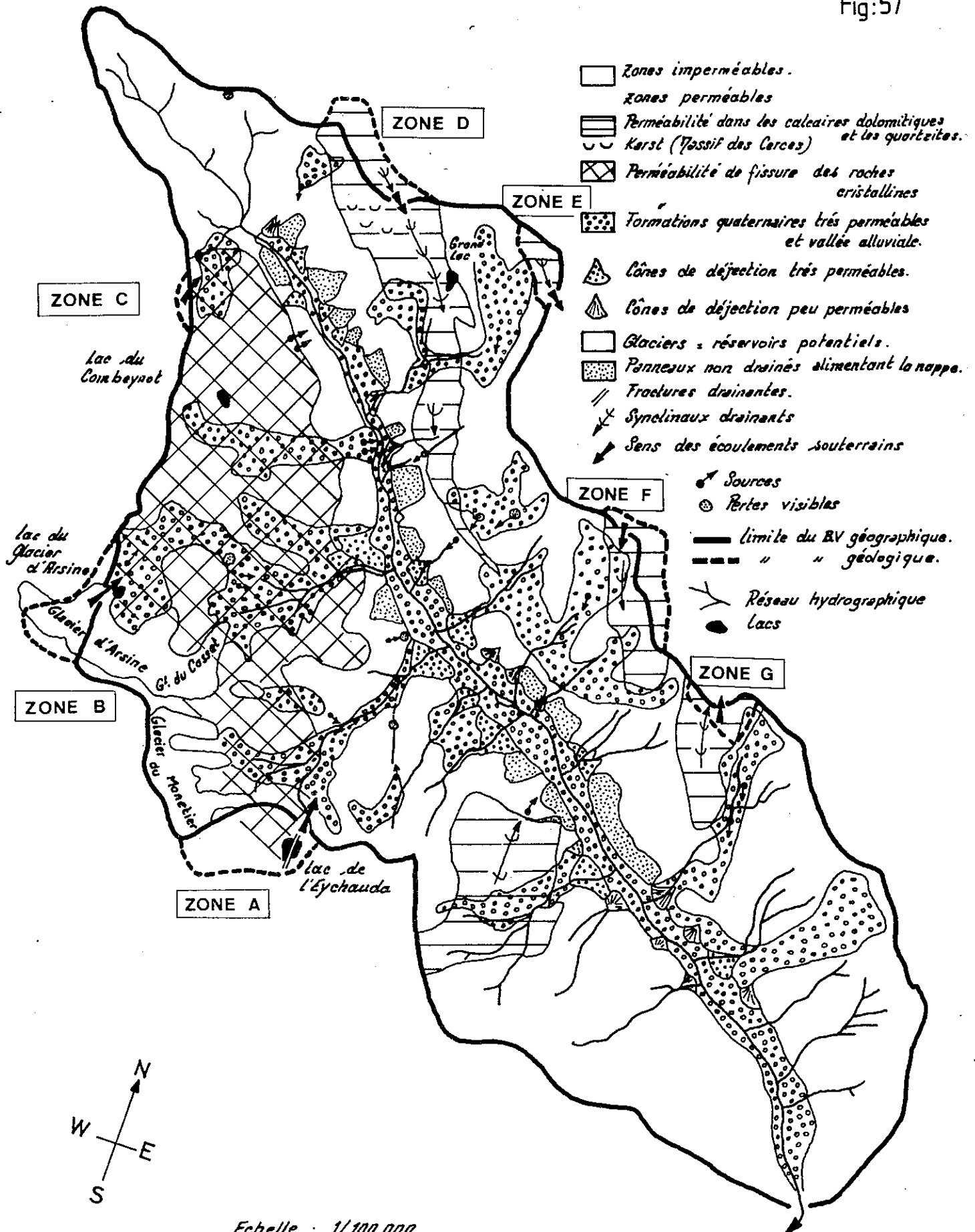
Les zones à bonne perméabilité sont les massifs cristallins fracturés, les calcaires et calcaires dolomitiques, les formations quaternaires grossières (éboulis, cônes de déjection, alluvions). Les zones jouant le rôle d'imperméable correspondent en particulier au houiller, aux flyschs et calcschistes. Les glaciers, quant à eux, jouent le rôle de réserves qui alimentent les bassins versants secondaires du Petit Tabuc et du Grand Tabuc, en juillet et en août.

Cette carte met en évidence les relations par écoulements souterrains entre les bassins versants principaux. Ainsi, celui de la Guisane communique au nord avec celui de la Clarée, à l'ouest avec celui de la Romanche et au sud avec celui de la Gyronde.

Le bassin versant de la Guisane semble drainer une partie des eaux s'écoulant dans le lac de l'Eychauda, par le vallon du Grand Tabuc (zone A). Une importante part des eaux de la rive gauche du Glacier d'Arsine qui devait normalement s'écouler vers la Romanche rejoint également le bassin versant de la Guisane (zone B).

CARTE HYDROGEOLOGIQUE SYNTHETIQUE DU B.V DE LA GUISE.

Fig:57



Ce phénomène intéresse aussi des secteurs moins importants au point de vue de la surface mise en jeux et des débits concernés. Ce sont le secteur nord du Grand Galibier drainé vers le torrent du Rif (zone D) et le secteur nord-est du massif de Tête Noire drainé vers le torrent de Merdarel et le torrent de la Moulette (figure 57, zone F). Ces deux derniers cas résulteraient du plongement axial, vers la Guisane, d'une forme synclinale formant ainsi une gouttière.

Le même schéma s'applique aux massifs du Pic de la Moulière et Tête de Cassille (zone E), ainsi qu'au massif du Grand Aréa (zone G) dont une partie des eaux s'écoule vers la Clarée.

Si l'on fait un bilan approximatif de la répartition des ressources en eaux souterraines, le secteur de rive gauche de la Guisane semble être légèrement excédentaire en raison d'apports supérieurs aux sorties ; mais dans la section de rive droite de la Guisane, cet excédent est certain du fait des apports provenant du Grand Tabuc et du Petit Tabuc.

L'étude hydrochimique et l'étude hydrométrique des sources se complètent et permettent d'expliquer le sens des écoulement souterrains.

En effet grâce aux études hydrométriques, nous avons pu comparer les valeurs des débits spécifiques, estimer les surfaces des bassins versants alimentant chaque source, et évaluer l'influence de la fonte nivale et des pluies sur les débits, en fonction de l'altitude et de l'exposition des bassins considérés.

L'étude hydrochimique permet alors de vérifier si la minéralisation que l'eau a acquise est bien celle des terrains situés en amont de l'émergence considérée dans le bassin versant ainsi déterminé.

CHAPITRE VI - LES SOURCES THERMOMINÉRALES

- . Les études antérieures.
- . Les recherches actuelles.

1 - Les sources de la Rotonde et de Font Chaude.

- a) La source de la Rotonde.
- b) La source de Font Chaude.
- c) Hydrogéologie des sources de la Rotonde et de Font Chaude.
 - Conditions d'émergence des sources.
 - Les conditions de mise en place des sources.
 - Le bassin d'alimentation des sources.

2 - La source de la Liche des Chamois.

3 - La source de la "Marionnaise".

4 - Conclusion à l'étude des sources thermominérales.

- Les études antérieures.

Pierre André POULAIN, dans sa thèse soutenue en 1977 sur les eaux minérales et thermominérales dans le département des Hautes-Alpes, a effectué des travaux très intéressants dont nous indiquerons quelques résultats afin de montrer la permanence de la composition chimique de l'eau et des débits de ces sources.

Nous invitons le lecteur à consulter cette thèse où se trouvent de très nombreux résultats et interprétations sur les sources thermales des Hautes-Alpes et en particulier celles de la vallée de la Guisane.

- Les recherches actuelles.

Si nous avons à nouveau étudié les sources de la Rotonde et de Font-Chaude à Monetier les Bains, de la Liche des Chamois, et de la Marionnaise (encore appelée source "Sous le col" par P.A. POULAIN), c'est d'abord parce que l'on pouvait les comparer aux autres sources et ensuite pour voir si elles étaient influencées ou non par la fonte des neiges, les pluies et les périodes d'étiage.

P.A. POULAIN, grâce à l'étude des teneurs en Tritium, a montré que les sources de la Rotonde et de Font Chaude étaient largement mélangées avec des eaux de surface alors qu'il n'en était rien pour la Liche des Chamois.

Ces sources ont, comme le montre la figure n° 44, des températures supérieures à la température moyenne annuelle de l'air.

Nous avons voulu mettre en évidence quelques relations qui pourront servir à une éventuelle exploitation de la géothermie, tels que la relation débit - température, ou bien précipitation - débit ou encore fonte du manteau neigeux - débit.

La source de la Rotonde se prête particulièrement bien à ce type de recherche, du fait de son accessibilité et des variations notables que l'on y observe.

La source de la Liche des Chamois est rendue inaccessible en hiver par les avalanches qui descendent dans le torrent de la Liche. Il est souvent possible d'observer que cette Source fonctionne bien en hiver, grâce à la fonte de la neige au contact de l'eau chaude.

1- Les sources de la Rotonde et de Font Chaude :

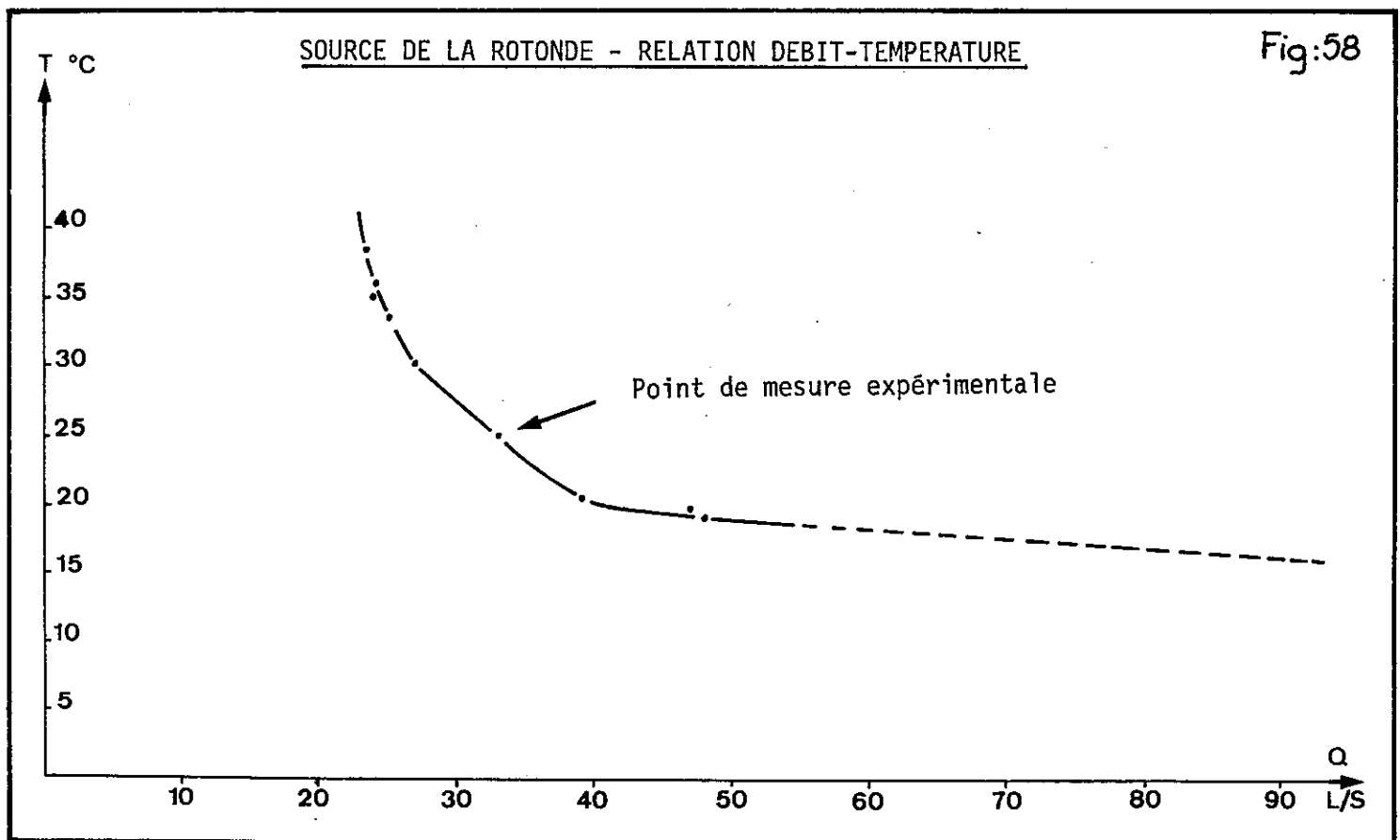
a) La source de la Rotonde :

. Situation.

La source de la Rotonde se trouve à la limite nord du village de Monetier, à l'altitude de 1.500 mètres ; elle sort d'un vieux bâtiment hexagonal appelé la Rotonde.

. Les débits : (figure 59)

Nous nous sommes particulièrement intéressé aux débits de cette source, et afin de multiplier les mesures, nous avons établi une relation entre ce débit et la température de la source, comme le montre la figure n°58.



Ainsi à partir d'une mesure simple et précise comme la température, on pouvait connaître le débit avec environ 10 % d'erreur seulement.

La figure 59 montre les variations de débits dont la valeur minimale est proche de 23 l/s pour 38°C et la valeur maximale dépasse 100 l/s pour 16°C.

Le maximum de débit s'observe au printemps, au moment de la fonte des neiges des versants exposés au sud, et en automne au moment des pluies torrentielles (en particulier du 11 au 17 Octobre 1979, pour la période d'étude).

Nous remarquons que le temps de réponse du débit après une averse est assez bref; il est estimé à quelques heures.

Nous voyons donc que cette source thermale est nettement influencée par un régime d'écoulement superficiel.

. Les températures : (figure 59).

Nous venons de le voir, cette source peut atteindre une température de 38°C, en période non influencée. La température maximale qu'elle pourrait atteindre serait d'environ 40°C. Le domaine de variation mesuré va de 38 à 16°C soit 22,5°C d'amplitude thermique.

Nous constatons donc que cette source est très nettement influencée par les chutes de pluie, et la fonte des neiges. Après une pluie, la température baisse et le débit augmente à cause d'un mélange important avec les eaux de surface.

Le temps de réponse de la source à l'influence d'une pluie est rapide, puisque la pluie a débuté le 10 Octobre 1979 à 12h30 et que la baisse de température a eu lieu entre le Jeudi 11 Octobre à 18 h00 ($t = 38^{\circ}\text{C}$) et le vendredi 12 Octobre à 13h00 ($t = 31^{\circ}\text{C}$).

Soit un temps de réponse compris entre 30 et 40 heures.

. Les résistivités.

Comme les précédents paramètres, la résistivité varie sensiblement (entre 400 et 1500 $\Omega\cdot\text{cm}$) suivant le taux de mélange avec les eaux superficielles.

. Le pH

Le pH est généralement très acide mais varie de 5,9 à 7,7. Cette acidité provient du mélange, avec des eaux ayant circulé dans un réservoir profond, d'eau superficielle.

. La minéralisation (voir tableau n° 17).

Cette source présente une minéralisation extrêmement importante, proche de 2 grammes par litre.

Si l'on considère un débit moyen annuel de 30 l/s, on trouve un débit solide dissous de 1900 tonnes par an pour cette source.

Par l'analyse du 6 Octobre 1979, où la source était en période non influencée par des mélanges, on constate les valeurs suivantes :

Fig:59 VARIATIONS DE TEMPERATURE ET DE DEBIT DE LA SOURCE
DE LA ROTONDE
EN FONCTION DES PRECIPITATIONS

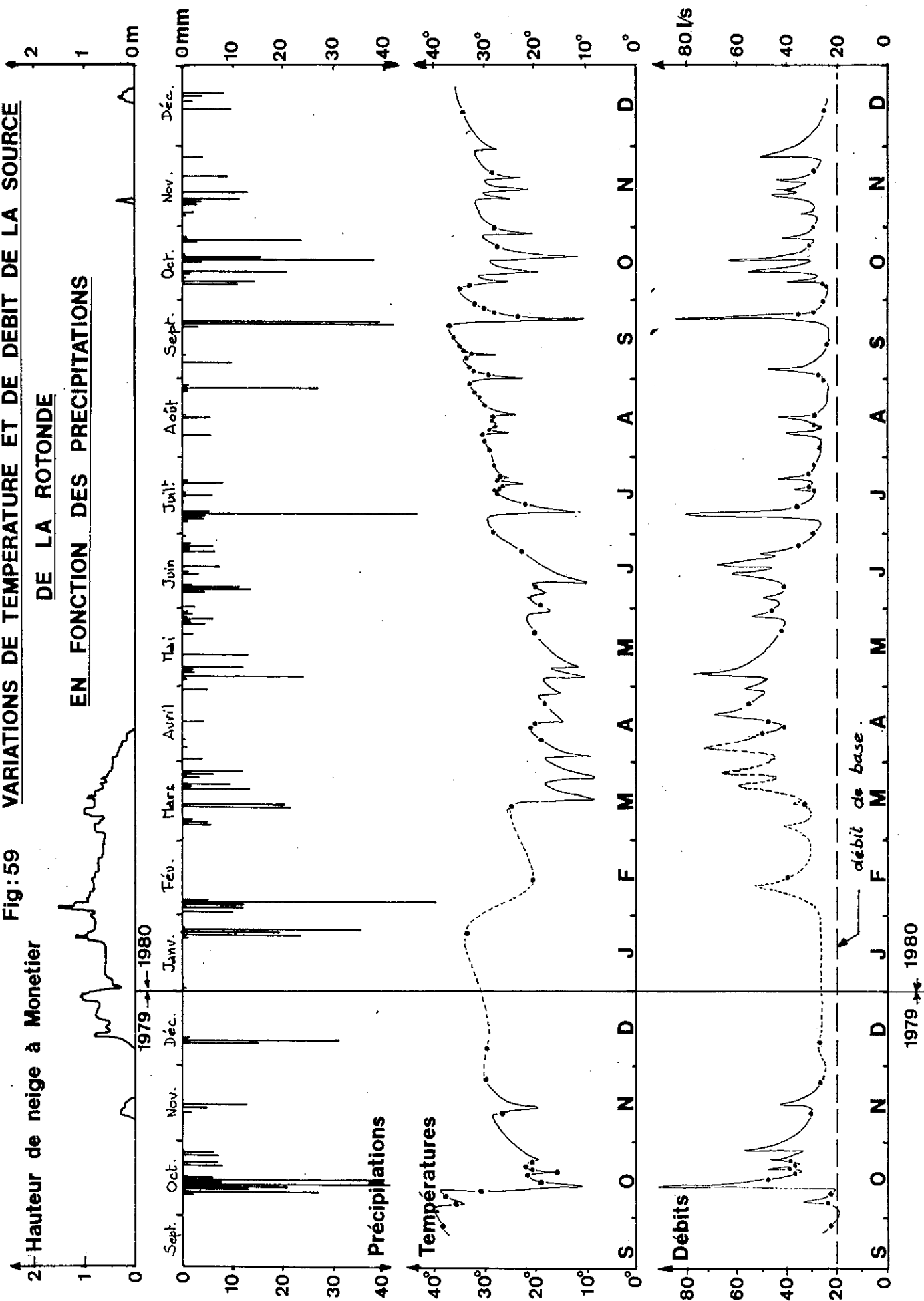


Tableau n° 17 - Paramètres physico-chimiques de la source de la Rotonde.

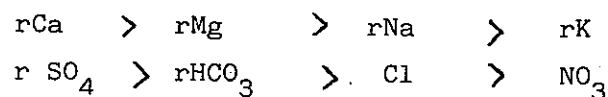
Date	débit l/s	t°	Ω	pH	Ca	Mg	Na	K	SiO ₂	Fe	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃
1896					229	14,8	108,9		36	2,31	146,0	496,7	122,4	
1904					570,4	89,4	186,1		20,4	0,19	264,6	830,9	600,8	
20.11.1973		35,4°	255	6,4										
1974		30°	410	6,45	492	50,0	224	14	23	0,29	333,7	1100	497,1	4,7
6.10.1979		36°	368	5,9	436,0	51,0	26,0	18	-	1,51	288	740	495	0,35
12.10.1979		31	592	6,65	528,3	-	10,0	9	-	1,38	218	510	427	0,54
14.10.1979		23,5	914	6,7	208,4	7,5	13,0	14	-	0,76	111	320	333	0,49
18.10.1979		16,2	1440	7,1	121,0	42,0	4,5	4	-	0,01	88	204	233	0,86
13.11.1979		26,5	535	6,6	332,6	0	18,0	12	-	0,65	265	480	372	0,52
8.12.1979	27	30,1	440	6,5	384,7	41,3	24,5	16	17,2	0,61	290	600	433	0,42
22.01.1979	25	33,5	405	6,9	440,9	50,3	29,5	18	18,7	1,08	294	640	573	0,42
14.02.1980	39	20,5	570	6,8	280,5	31,6	4,5	11	-	0,26	34	400	427	-
14.03.1980	33	25,0	610	6,7	288,6	43,7	7,0	12	-	0,52	34	400	427	-
9.04.1980	48	19,2	780	7,5	-	-	-	-	10,6	0,19	-	230	-	-
16.04.1980	42	19,9		6,9	204,4	34,0	11,5	19	13,0	0,06	130	240	341	-
20.05.1980	42	19,9	770	6,9	200,4	53,5	12,0	19	13,5	0,20	141	270	366	-
20.06.1980		22,6	630	6,55	268,5	24,3	16,0	11	14,5	0,88	174	370	427	-
15.07.1980		28,0		7,75	372,7	12,1	22,0	14	16,0	0,36	265	600	500	-
25.08.1980		32,7		7,1	432,8	43,7	28,0	18	17,2	1,56	314	690	537	-
4.10.1980		35,5		7,05	489,0	36,5	29,0	19	21,0	1,40	-	760	585	-

Etudes antérieures

Etudes actuelles

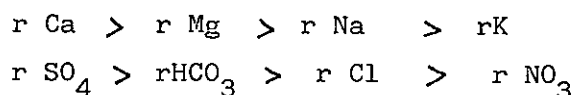
Ca = 436 mg/l	Mg = 51,0 mg/l	Na = 26,0 mg/l
K = 18,0 mg/l	Cl = 288,2 mg/l	SO ₄ = 740 mg/l
HCO ₃ = 495,3 mg/l	NO ₃ = 0,35 mg/l	

ce qui permet d'écrire la formule suivante caractérisant les faciès :



Il est intéressant d'étudier les variations de concentration des différents éléments pendant le mois d'octobre 1979, où nous avons effectué quatre analyses complètes. Les fortes pluies du 11 au 17 Octobre sont responsables d'une diminution de concentration du calcium, du sodium, du fer, des chlorures, des sulfates, de bicarbonates, et d'une augmentation en nitrates.

Le faciès-chimique est le suivant :



La similitude de la composition chimique de ces deux sources permet d'affirmer qu'elles sont alimentées par un même tronc thermal ; cela semble la solution la plus plausible.

b) La source de Font-Chaude.

. Situation.

Il s'agit de la source alimentant l'ancien bâtiment thermal au sud du village de Monetier les Bains, à l'altitude de 1.460 m.

. Les débits.

Il nous a été difficile de mesurer ce débit. Grâce à l'aide de Monsieur J.P GUGLIELMETTI nous avons procédé à un pompage des bassins et nous avons jaugé un débit de 1,07 l/s le 14 mars 1980, avec une température de 40°.

En 1830, le débit avait été mesuré et égal à 70 l par minute soit 1,16 l/s avec une température de 42°.

Monsieur COUCHOUX, propriétaire de la source et du bâtiment, nous a signalé avoir effectué une mesure de débit par pompage ayant eu pour résultat 1.350 l en 18 minutes soit 1,25 l/s et une augmentation de température de 25°C à 36°C.

On constate donc une légère variation du débit en fonction de la température. Comme pour la Rotonde, il y a une influence des précipitations et de la fonte nivale, mais ici, il semblerait que ces variations soient dues aux conditions de pressions dans le circuit.

Il est intéressant de constater que depuis 150 ans, le débit et la température de cette source n'ont pratiquement pas changés.

. Les températures.

Le domaine de variation est de 36°C à 41°C soit 5°C d'amplitude thermique, ce qui prouve que cette source subit le même type d'influence que la source de la Rotonde, mais dans des proportions différentes.

. Les résistivités.

Elles varient entre 380 et 550 Ω /cm. Cette source est peu influencée par des mélanges et sa résistivité est très constante.

. Le pH : Le pH qui varie de 6,5 à 7,9 oscille autour de la neutralité.

. La minéralisation :

Elle est semblable à celle de la Rotonde.

Si l'on compare les analyses effectuées sur les échantillons du 6 Octobre 1979, où les deux sources sont en périodes non influencées par des pluies, on retrouve presque exactement les mêmes valeurs pour les différents éléments, lesquelles valeurs sont légèrement plus élevées pour Font-Chaude.

c) Hydrogéologie des sources de la Rotonde et de Font-Chaude.

- Conditions d'émergence des sources :

Ces deux sources sortent de part et d'autre d'un dépôt de tuf important sur lequel est construit le village de Monetier.

Au Nord, la source de la Rotonde se trouve en amont de ces tufs, et il semble que ce soit cette source qui par sa position a permis à l'eau très chargée de déposer les tufs et travertins sur le cône de déjection du torrent de Saint-Joseph.

Quant à la source de Font Chaude, elle se trouve au niveau de la plaine alluviale de la Guisane, au bas des tufs.

- Les conditions de mise en place des sources.

Il est difficile de dater la mise en place de ces sources, car les glaciers quaternaires ont probablement effacé tous dépôts antérieurs à leur existence.

Les dépôts de tufs actuellement présents sont donc postérieurs à la dernière phase glaciaire (WURM). Ce qui n'exclut pas l'existence de sources chaudes bien avant cette époque, dans des conditions topographiques différentes de l'heure actuelle.

Il est évident que ces sources sont liées au système de failles conjuguées N 55 et N 110, qui ont joué lors d'une phase tectonique cassante au Miocène puis lors de rejeux plus récents du Pléistocène, ainsi qu'aux failles subméridiennes qui sont les plus récentes.

Ces mouvements tectoniques seraient-ils à l'origine de la mise en place du filon d'ankérite du Chardonnet (au nord de Monetier), des Clochettes (à l'Est de la Liche des Chamois) et d'indices d'un filon non localisé dans le bois des Sagnères trouvés en aval de la Source de la Gypsière ? Et quels pourraient être leurs rapports avec les sources thermales ?

Ces sources sont liées à un système de failles profondes permettant des circulations suffisamment importantes pour assurer le réchauffement de l'eau et une remontée rapide le long de conduits assez importants (voir figure 62).

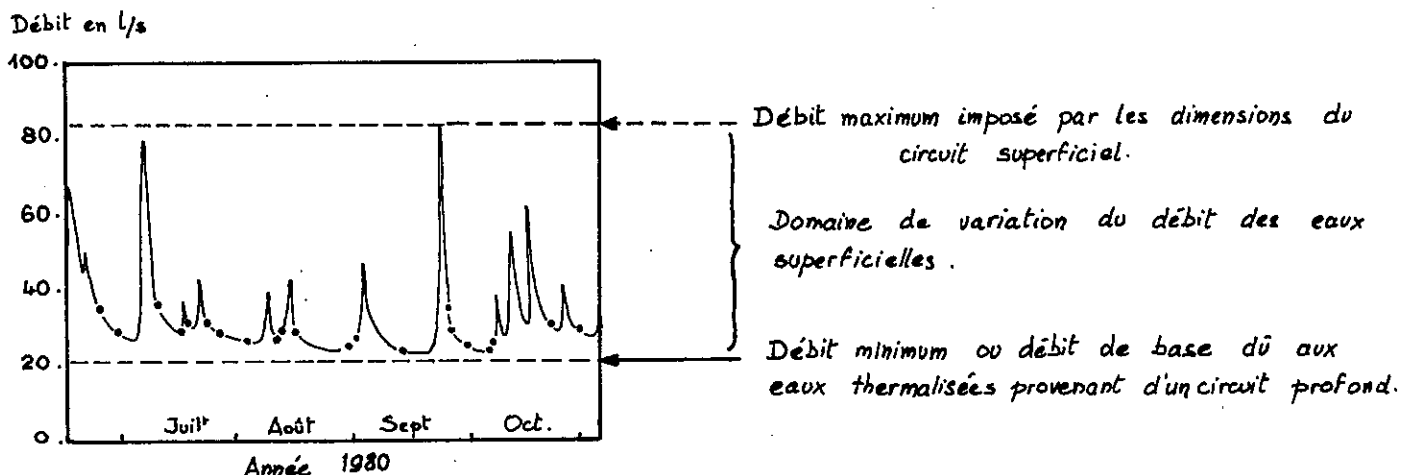
- Le bassin d'alimentation des sources :

. L'étude du débit de la source de la Rotonde montre qu'en période d'étiage, celui-ci ne baisse jamais en dessous de 20 l/s.

La figure 60 montre qu'il existe un débit minimal constant qui correspond à des eaux thermales, et qu'à partir de ce débit de base, on peut déterminer un domaine de variation du débit de la source qui se limite pour les débits maxima vers 100 à 120 l/s. Ce débit maximal est conditionné par les dimensions du circuit terminal proche de la surface.

Fig:60

DIFFERENCIATION DES EAUX SUPERFICIELLES
ET DES EAUX PROFONDES A LA SOURCE DE LA ROTONDE



Le débit de la Source de la Rotonde augmente très nettement après une chute de pluie ou une fonte de neige.

Il semble qu'un débit maximum puisse être atteint lors de la saturation du circuit superficiel. A ce moment-là, la source de Font Chaude voit le niveau des piscines monter, qui correspond à une augmentation du débit et qui prouverait une communication avec le circuit souterrain de la Source de la Rotonde, provoquant une mise en charge plus importante au niveau de la source de Font-Chaude.

Afin de déterminer l'origine des eaux superficielles de la source de la Rotonde, nous avons comparé la courbe des débits journaliers de cette source avec celle de la Guisane au Casset et de certains bassins versants secondaires.

Ceci a pour résultat de montrer que le bassin versant d'alimentation des eaux superficielles de la Rotonde se trouve en adret et à basse altitude (entre 1.500 et 1.800 mètres), puisque le maximum se trouve aux mois d'avril et mai pour l'année 1980 alors que pour le torrent du Rif, ce maximum se trouve plus tard, en juin, comme pour la Guisane au Casset.

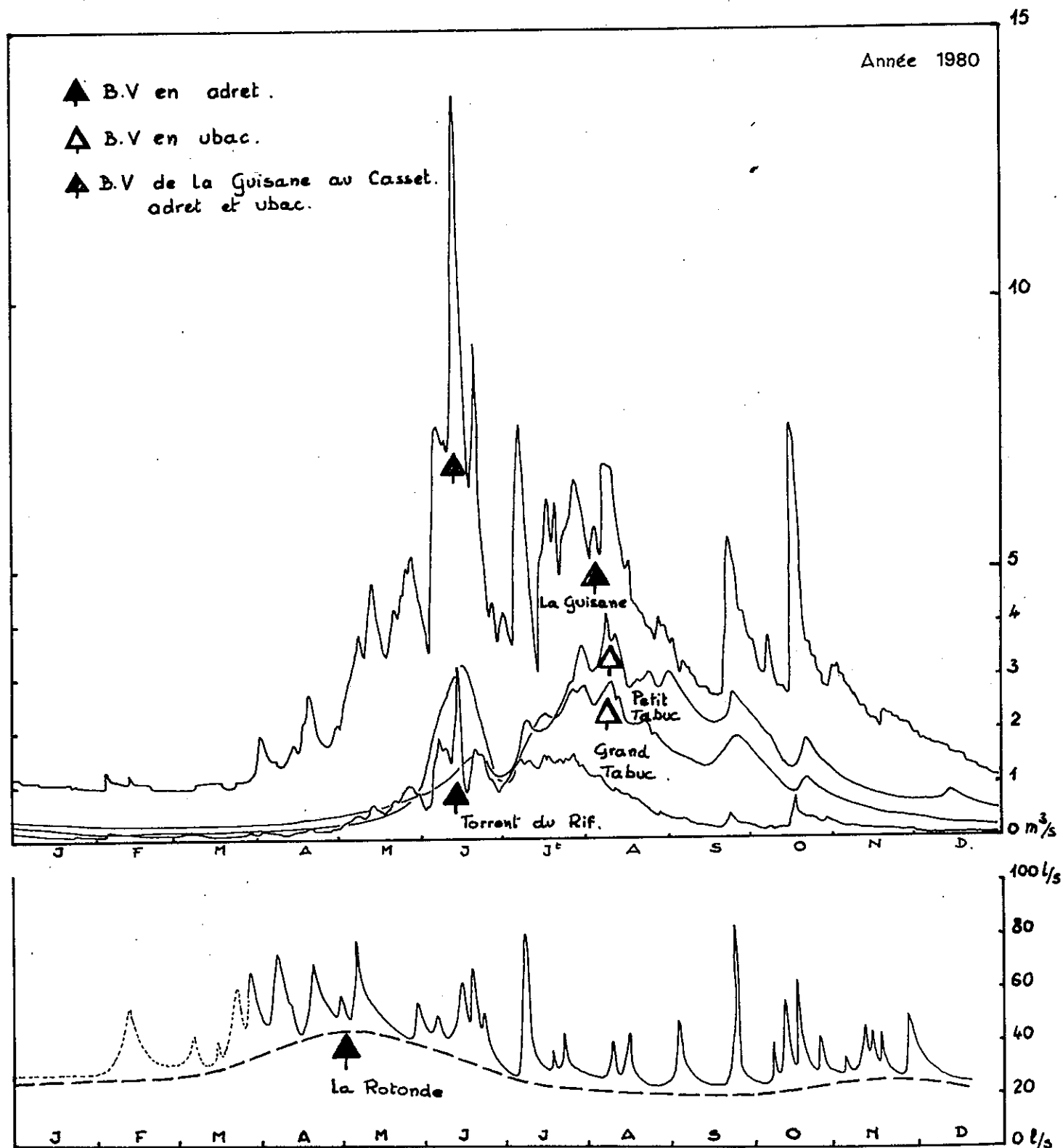


Fig: 61 .

**DETERMINATION DE L'ORIGINE DES EAUX
 SUPERFICIELLES DE LA SOURCE DE LA ROTONDE**

- . L'étude des températures montre des variations inverses de celles des débits. Lorsque le débit augmente, la température baisse à cause du mélange avec les eaux superficielles froides. Les variations enregistrées à Font Chaude sont moins importantes, ce qui tend à prouver que le mélange avec les eaux de surface est plus faible qu'à la Rotonde.
- . L'étude du Tritium, réalisée en 1977 par P.A POULAIN a montré une différence des teneurs en Tritium des eaux de la Rotonde avec 81 UT (unité Tritium) et des eaux de Font Chaude avec 60 UT.

Là encore on a la preuve d'un mélange avec des eaux de précipitations récentes, plus important pour la première que pour la seconde.

A titre de comparaison nous signalons qu'à la source de la Liche des Chamois, P.A POULAIN a mesuré 4 UT, ce qui prouve que le circuit est alimenté par des eaux de pluie antérieures à 1952.

- . L'étude des résultats des analyses chimiques montre qu'il y a une influence des eaux superficielles sur la concentration des éléments.
- . L'étude systématique de la minéralisation montre aussi qu'il y a un mélange important avec des eaux superficielles non minéralisées.
- . L'étude des géothermomètres peut être effectuée à partir des analyses d'eau prélevées en octobre 1980 pendant une période présentant un minimum de mélange avec des eaux superficielles.

Nous avons choisi le géothermomètre Silice qui semble être le moins influencé par la présence de gypse et que l'on peut calculer par la formule de R.O Fournier et A.H Truesdell (1974)

$$t \text{ en } ^\circ\text{C} = \frac{1522}{5,75 - \log \text{SiO}_2 \text{ en ppm.}} - 273$$

D'après A. POULAIN: "Le Géothermomètre Silice permet de calculer à partir de la teneur en silice observée à l'émergence, la température à laquelle le quartz, la calcédoine, la cristobalite ou la silice résultant de l'hydrolyse des feldspaths des roches cristallines ont été mis en solution, sous réserve de vérification que la silice observée ne provient pas de dissolutions au niveau et à la température de l'émergence de la silice de grés, quartzites ou même d'argiles. En fait, dans le cas de mélange entre eaux chaudes profondes et eaux superficielles ou semi-superficielles, la température T1 calculée par ce géothermomètre est la température minimale nécessaire à la mise en solution de la quantité de silice contenue par les eaux à l'émergence, étant entendu qu'une partie de la silice contenue dans les eaux chaudes profondes peut avoir précipité dans la zone de mélange, du fait de l'abaissement de la température des eaux."

Les températures que l'on peut calculer par cette formule sont nettement plus élevées que celles observées aux émergences mais certainement inférieures aux températures maximales atteintes par les eaux en profondeur.

Ce géothermomètre a donc été utilisé pour calculer des températures correspondant à une période très peu influencée par des pluies.

Nous avons donc :

- La Rotonde le 4.10.80	$t^{\circ} = 35,5$	$\text{SiO}_2 = 21$	$T1 = 70^{\circ}$
- Font Chaude le 4.10.80	$t^{\circ} = 39,0$	$\text{SiO}_2 = 24,5$	$T1 = 75^{\circ}$
le 20.05.80	$t^{\circ} = 40,0$	$\text{SiO}_2 = 28,5$	$T1 = 81,4^{\circ}$

Si l'on compare avec les valeurs obtenues par P.A. POULAIN en 1974, on constate une faible différence :

- La Rotonde	$t = 35,4^{\circ}$	$\text{SiO}_2 = 23$	$T1 = 73$
- Font Chaude	$t = 34,5^{\circ}$	$\text{SiO}_2 = 25$	$T1 = 76$

Toutefois, on constate que la période que nous avons choisie en 1980 donne des valeurs de températures plus élevées. Il est possible d'en conclure que cette méthode est d'autant plus valable que la part des eaux chaudes dans le mélange est plus élevée.

L'aquifère profond qui alimente la Rotonde et Font Chaude apporte de 12 à 15 l/s d'une eau qui est en profondeur à une température voisine de 80° .

Il s'agit d'un débit important pour une source thermominérale mais faible si l'on envisage une exploitation géothermale.

Maintenant, rien ne permet d'affirmer qu'une partie des eaux n'échappe pas aux deux émergences connues pour se propager dans les alluvions.

Toutes ces observations nous permettent de conclure sur les conditions de circulation des eaux alimentant les sources de la Rotonde et de Font Chaude.

Il semble que l'alimentation de ces sources se fasse suivant deux types principaux :

- un apport de débit pratiquement constant par un circuit profond où le débit, la température et la minéralisation sont constants, et où la vitesse de circulation est lente, permettant à l'eau d'acquies sa thermalité.
- un apport superficiel dû à l'eau de pluie ou de fonte de neige, qui influence le débit, la température et la minéralisation par un mélange important.

L'étude des différents paramètres physico-chimiques au cours des années 1979 et 1980 permettent de confirmer certaines conclusions déjà avancées en 1977 par P.A. POULAIN.

Les "zones d'alimentation".

Il est difficile de parler d'un bassin d'alimentation pour de telles sources car seule une faible part des eaux tombées sur un bassin versant peut échapper aux circulations superficielles et s'infiltrer en profondeur.

Les conditions hydrodynamiques particulières de la région permettent d'envisager plusieurs origines possibles comme le montre la figure 62.

En effet, les zones fracturées peuvent constituer des circuits isolés, ce qui permettrait à certaines eaux de rejoindre (rapidement) le circuit profond et la zone où l'eau acquiert son thermalisme.

On a ainsi des alimentations qui peuvent se faire depuis des zones très différentes :

- 1 - Le bassin d'alimentation le plus logique, est celui du torrent du Saint Joseph qui se trouve immédiatement en amont des sources et dont le torrent passe au dessus de la fracture N 55.

L'eau peut ainsi traverser et lessiver les gypses qui limitent la base du chevauchement du Briançonnais, et plonger ensuite rapidement jusque vers la zone où l'eau sera reheuffée et mélangée avec des eaux d'origine profonde.

- 2 - Le bassin versant du Chardoussier peut amener des eaux depuis sa partie supérieure, par infiltration dans les formations quaternaires et les fractures jusqu'au niveau des gypses du chevauchement briançonnais. Les eaux pourront ensuite rejoindre la faille N 55 en s'écoulant sur le plan de chevauchement, là où les gypses auront été dissous.
- 3 - Il est possible que les fractures aient pu atteindre le substratum jusque dans le vallon de la Moulette, dans quel cas, l'eau contenue dans les formations quaternaires pourra percoler en direction du circuit profond des sources.

Il est possible qu'il existe une relation d'existence entre le filon d'ankérite du Chardonnet et les sources thermominérales.

La mise en place de ce filon n'a pu se faire sans provoquer quelques failles profondes. On pourrait ainsi envisager que les sources thermales soient en relation directe avec la mise en place de ces filons hydrothermaux. (l'ankérite étant un carbonate de fer et la source représentant une forte teneur en fer et en carbonate). On peut de plus penser que la mise en place du filon a pour origine une fracture longitudinale de direction nord-sud semblable à la "faille de la Clarée" décrite par J.C BARFETY et M. GIDON en 1975 (hypothèse déjà proposée* par P.A. POULAIN). La fracture dont nous envisageons l'exis-

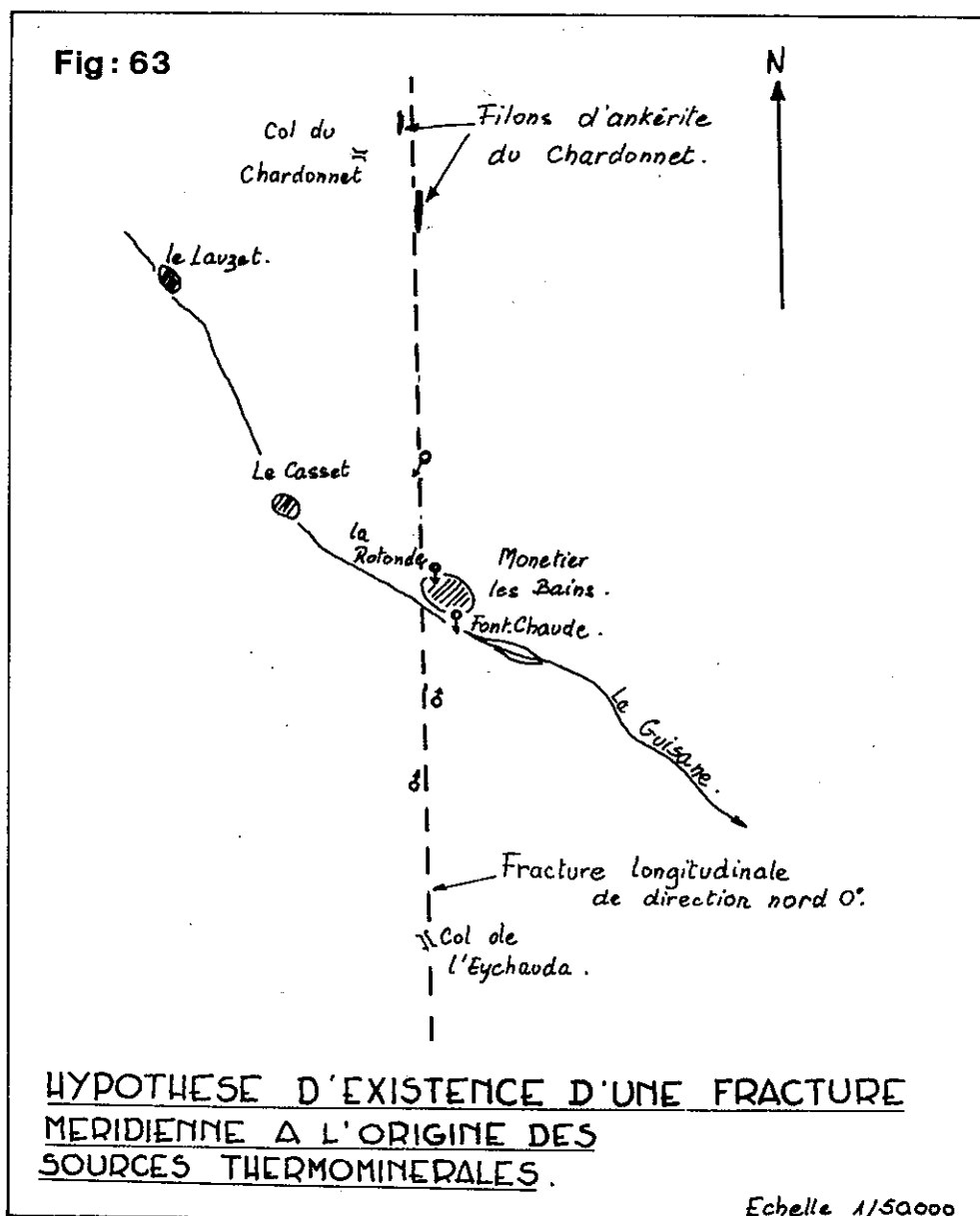
* 1974

tence est matérialisée par la source de la Rotonde, la source de Font Chaude ainsi que d'autres petites sources minérales mais non thermales, et qui s'alignent très bien avec le filon d'ankérite de Chardonnet selon une direction nord 0° (voir figure 63).

- 4 - Les eaux de la nappe de la Guisane pourraient aussi participer à un apport régulier. On constate en effet un débit constant supérieur à 20 l/s en hiver, ce qui laisse supposer des conditions hydrodynamiques constantes en période d'étiage.

Les eaux de la nappe maintiendraient une pression hydrostatique constante qui entraîne une constance du débit minimum, et par là une température supérieure limite.

- 5 - Enfin une dernière hypothèse très discutable, mais qui pourrait être vérifiée par une coloration, est celle d'un apport depuis la rive droite de la Guisane, au niveau de la source de la Gypsière. La perte du débit de cette source observée à la limite des gypses laisse supposer qu'une importante dissolution en profondeur permettrait des écoulements importants vers la faille traversant la Guisane. Ces dissolutions se seraient en fait créées après un rejeu de la faille N 55.

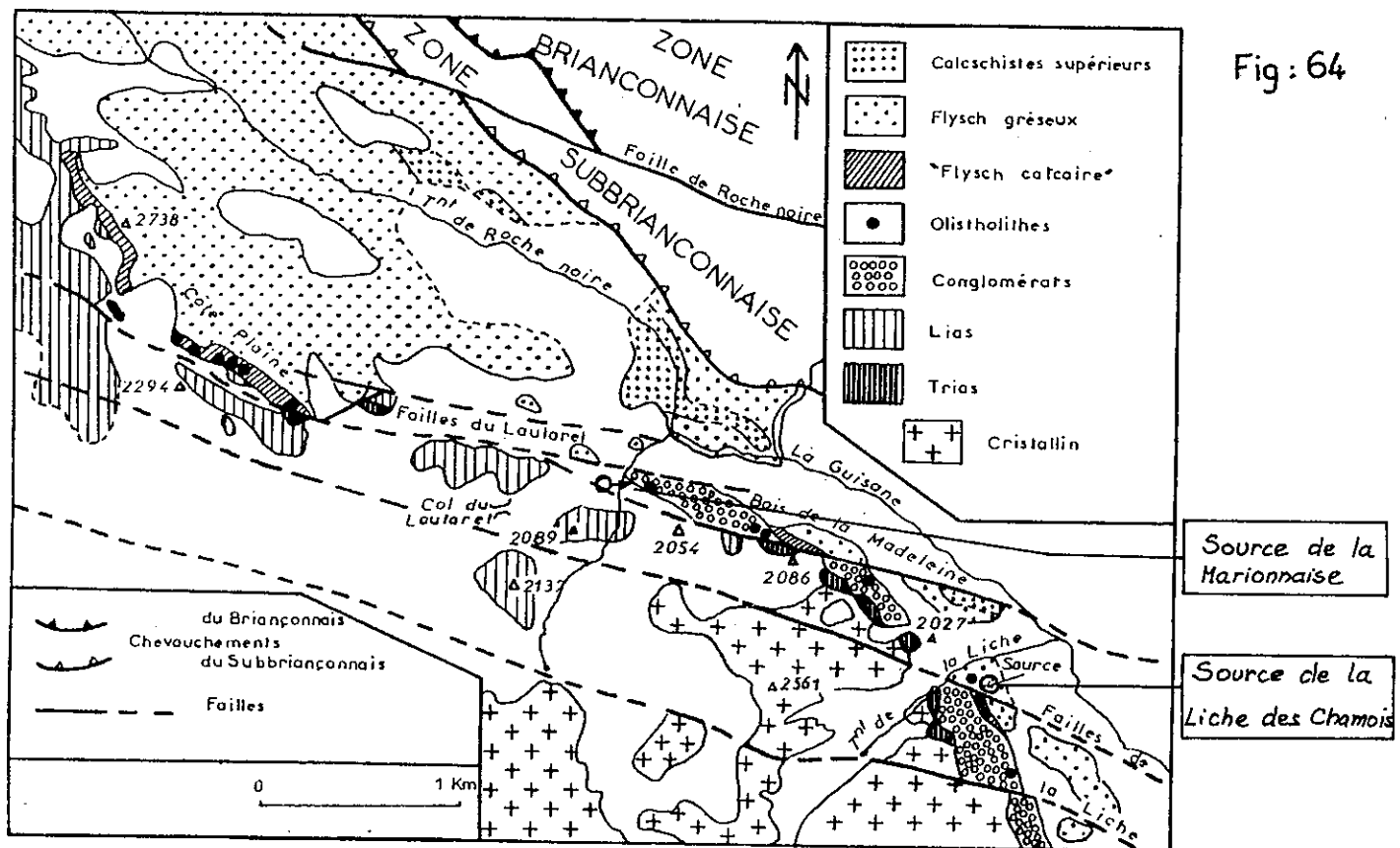


2 - La source de la Liche des Chamois.

- Situation de la Source (fig 64)

Cette source se situe en rive droite de la Guisane, au dessus du lieu-dit la Madeleine, à 1.950 mètres d'altitude.

Il existe en fait plusieurs petites émergences dans un périmètre réduit d'une vingtaine de mètres qui ont déposé des tufs ferrugineux visibles depuis la route nationale.



- Carte géologique des abords du col du Lautaret.

d'après M. GIDON
et C. BRAVARD.

. Les débits :

Ces débits sont très faibles, de l'ordre de 0,5 l/s.

. Les températures (tableau n° 19). Cette source est caractérisée par la constance de la température de l'eau à 25°C.

. Les résistivités (tableau n° 19).

Elles sont extrêmement faibles et varient entre 220 et 260 Ω /cm, ce qui annonce une minéralisation très importante.

. Le pH :

Il varie autour de la neutralité entre 6,7 et 7,7.

. La minéralisation (tableau n° 19).

C'est la source la plus minéralisée, avec 4 à 4,5 g/litre.

On remarquera la forte proportion de sulfates (2.160 mg/l) et de chlorures (972 mg/l). Ensuite celle du calcium (545 mg/l) et des bicarbonates (462 mg/l). Viennent enfin le sodium (255 mg/l) et le magnésium (150 mg/l). Ces valeurs correspondent à l'analyse d'un prélèvement effectué le 7 Décembre 1979.

Tableau n° 19 : Les paramètres physico-chimiques de la source de la Liche des Chamois :

Date	Température	Résistivité	pH	Ca	Mg	Na	K	Si O ₂	Fe	HCO ₃	Cl	mg/l SO ₄
1974	D'après P.A POULAIN			554	136	994	40,6	44,0	54	454,4	862,6	2600
4.10.1979	25,0°	220	6,9	362	196	261	60	-	0,91	472	833	1960
7.12.1979	25,0°	240	6,6	545	150	255	56	37	0,29	462	972	2160
20.6.1980	24,8°	255	6,7	525	163	252	56	38	0,94	549	445	1650
23.8.1980	25,0°	260	7,7	517	141	255	56	38	0,85	463	202	1600

. Hydrogéologie de la source de la Liche des Chamois :

Il est difficile d'avancer des interprétations sur cette source à cause du manque de données, mais les mesures réalisées montrent toutefois une grande régularité de la température de cette source.

Les débits observés sont faibles, et le taux de mélange avec des eaux superficielles semble peu important.

3- La source de la Marionnaise (source "sous le col").

. Situation de la source (figure 61).

Cette source se trouve en contrebas du paravalanche de la Marionnaise, à 1.950 mètres d'altitude. Elle est très facilement repérable grâce au dépôt de tufs ferrugineux que ses eaux déposent. Ces dépôts forment un ressaut au droit de la Guisane.

. Les débits.

Le débit provenant de plusieurs petites émergences est de l'ordre de 1 à 3 l/s suivant la saison. Les variations sont donc assez faibles.

. Les températures (tableau n° 20)

Les températures mesurées tout au long d'une année varient de 8,8 °C à 12,4°C. Malgré les valeurs assez faibles de ces températures, on peut affirmer qu'elles sont influencées par des venues thermales car elles sont nettement plus "chaudes" que d'autres sources à la même altitude. On se reportera pour cela à la figure n° 44 qui permet de comparer la température des sources à celle de l'air en fonction de l'altitude.

. Les résistivités (tableau n° 20)

Elles varient entre 830 et 1.270 Ω /cm. La plus forte résistivité ayant été mesurée au mois de juin, au moment de la fonte de neige, ce qui montre une nette influence des venues superficielles sur l'alimentation de la source.

. Le pH.

Le pH est plutôt basique. Il varie de 7,3 à 8,0.

. La minéralisation (tableau n° 20).

La minéralisation importante permet des dépôts de tufs à la surface du sol.

Les eaux sont sulfatées et bicarbonatées calciques.

On remarque une très faible proportion de chlorures par rapport aux sources de la Liche, de la Rotonde et de Font Chaude.

Tableau n° 20 - Paramètres physico-chimique de la source de la "Marionnaise".

Date	débit l/s	t°	Résis	pH	Ca	Mg	Na	K	SiO ₂	Fe	HCO ₃	Cl	SO ₄	mg/l NO ₃
4.10.1979	2,5	10°,0	830	7,3	348	44,5	1,0	3,0	-	0,26	247,6	9,0	810	0,24
12.11.1979	-	9,5	860	7,6	347	104,5	1,0	3,0	-	0,74	250,1	3,4	760	0,48
6.12.1979	1,0	8,8	870	7,6	375	52,3	1,1	3,0	12,4	0,25	247,6	1,5	820	0,26
20.6.1980	1,2	12,4	1270	7,4	264	55,9	0,7	2,9	11,6	0,15	305,0	6,8	440	-
18.07.1980	1,0	11,1	920	7,9	345	75,3	1,4	3,0	13,8	0,23	317,2	1,8	600	-
20.8.1980	0,3	11,4	895	8,0	376	70,5	1,4	3,0	14,2	0,76	353,8	2,1	700	-
15.10.1980	-	9,2	885	7,4	376	51,0	1,1	3,0	-	0,18	366,0	-	730	-

. Conclusion à l'étude des sources thermominérales.

L'existence de plusieurs sources thermominérales dans la vallée de la Guisane est bien évidemment en relation avec l'existence de limites structurales majeures, même si les émergences sont le plus souvent situées sur des accidents moins importants.

Nous rappellerons à ce sujet la présence d'autres sources thermominérales dans le Briançonnais telle que la source de Plan de Phasy.

L'ensemble des mesures et des observations faites sur les différentes émergences permet aujourd'hui une meilleure connaissance de ces sources. La source de la Rotonde est une émergence superficielle d'un aquifère qui alimente aussi Font-Chaude. Mais alors que les eaux de cette dernière ne sont pratiquement pas mélangées à des eaux superficielles, il n'en est pas de même pour la Rotonde. La température de la Source de la Rotonde augmente jusqu'à 38° en période hivernale avec un débit proche de 25 l/s. Ceci permet d'envisager l'installation d'une pompe à chaleur pour chauffer des bâtiments publics.

Un projet envisagé par la commune de Monétier les Bains devrait pouvoir se réaliser dans un proche avenir.

La source de Font Chaude qui était jadis utilisée comme station thermale, pourrait être remise en exploitation car la pérennité de son débit et la qualité de son eau n'ont pas changé depuis environ 150 ans.

Un captage moderne de cette source avec un périmètre de protection strictement appliqué devrait permettre son exploitation avec toutes les garanties d'hygiène requises pour une telle exploitation.

Les éventuels curistes pourraient à nouveau bénéficier des nombreux avantages de ces eaux ainsi que du climat exceptionnel du Briançonnais.

CONCLUSION GENERALE.

Cette étude du bassin versant de la Guisane a contribué à une meilleure connaissance de l'hydrologie générale de ce secteur des Alpes.

Les nombreuses méthodes utilisées apportent chacune des éléments à la compréhension des circulations à travers les massifs rocheux et les formations quaternaires.

Il ressort de cette étude que les débits des torrents et des sources, s'ils sont liés à la climatologie (précipitations et températures) dépendent surtout de la géologie qui peut influencer radicalement les écoulements souterrains et de surface.

Une étude détaillée des débits des torrents et des sources du Petit et du Grand Tabuc a montré que ceux-ci avaient un bassin versant réel supérieur au bassin versant géographique.

Pour cela les observations de terrain, tant du point de vue géologique (tectonique et lithologie) qu'hydrogéologique (hydrométrie et hydrochimie) ont été fondamentales.

On a ainsi démontré que l'étiage d'hiver de certains torrents étaient soutenu uniquement par le débit des sources (ex Grand Tabuc). Ces sources étant essentiellement alimentées par des formations quaternaires dont les glaciers rocheux semblent être les meilleurs aquifères.

Ceci revient à dire que par une étude géomorphologique sur le terrain et sur photographies aériennes, on pourra localiser d'éventuels projets de captage de sources au pied de ces glaciers rocheux dont l'eau est souvent de très bonne qualité. Bien évidemment, il faudra effectuer une campagne de mesures systématiques des paramètres physico-chimiques et hydrométriques pour s'assurer de la pérennité de la source, comme cela a été fait dans ce travail.

Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs points :

- 1 - Une bonne connaissance des ressources en eau dans la haute Guisane et l'intérêt d'étudier l'hydrogéologie des massifs cristallins encore mal connue.
- 2 - L'origine d'une partie des eaux qui proviennent de bassins versants géographiques voisins.
- 3 - La nécessité de posséder des mesures d'hydrologie sur de longues périodes.
- 4 - Préconiser une protection en même temps qu'une utilisation rationnelle de ces ressources.

1 - Des ressources en eau intéressantes pour des captages de sources dans la Haute Guisane.

En effet, à l'heure actuelle se pose le problème de l'alimentation en eau des stations de ski pendant la saison hivernale qui correspond à la période d'étiage des sources et des cours d'eau de montagne.

Ce travail de recherche a mis en évidence l'existence de sources importantes qui ne tarissent pas pendant cette période, et ce, même pendant l'hiver 1980 - 1981 qui a été particulièrement sec. Il s'agit des sources situées dans les vallons du Grand Tabuc, du Petit Tabuc et de Fontette ; elles sont sur un versant nord au sein du massif granitique. Ces sources sont capables, à elles seules, de soutenir le débit d'étiage du torrent qui est pratiquement sec en amont des sources.

Il est intéressant de faire remarquer que ces sources permettent l'alimentation partielle de la nappe contenue dans la vallée de la Guisane, et ceci laisse espérer que l'on puisse trouver des zones de pompage possible dans cette nappe.

Ces réserves naturelles sont contenues à la fois dans les massifs cristallins fracturés, et dans les formations quaternaires dans lesquelles se développent de véritables aquifères capables de contenir de grandes quantités d'eau. Ces deux systèmes étant en communication permanente, ils constituent un ensemble qui a pour avantage d'écarter les crues et de mieux soutenir les étiages. L'importance des glaciers rocheux et des zones d'éboulis est indéniable, sans oublier la présence des glaciers qui permettent une restitution progressive de la lame d'eau précipitée d'une saison à l'autre.

Il faut de plus insister sur l'excellente qualité de ces eaux, et nous avons montré la permanence des paramètres physico-chimiques (température, minéralisation...) et les faibles variations de débit de certaines sources.

Toujours au sujet de ces sources, on n'excluera pas la possibilité d'importants écoulements souterrains, même au niveau de l'émergence des sources, comme cela a été montré pour la source de Fontette et dans le vallon du Petit Tabuc.

L'intérêt d'étudier l'hydrogéologie de massifs cristallins.

L'étude hydrogéologique du bassin versant de la Guisane est la première étude d'un bassin versant concernant des terrains cristallins pour un affluent de la Durance. Les autres thèses effectuées en collaboration entre l'Institut Dolomieu et le S.R.A.E. d'Aix en Provence concernent des terrains sédimentaires :

- Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Clarée par J.P BLAIS en 1978 (terrains du Houiller et de l'ère secondaire),
- Etude hydrogéologique du bassin versant du Petit Buech par P.DULUC en 1974 (terrains de l'ère secondaire et tertiaire).

- Etude hydrogéologique du massif du Devoluy par V. LUPARINI en 1975 (terrain de l'ère secondaire et tertiaire).

Les résultats de l'étude montre que l'on doit considérer avec intérêt les massifs cristallins au point de vue des ressources naturelles en eau, et qu'il est d'une part fondamental de mieux connaître ces massifs par des études menées en étroite collaboration avec des services tels que le S.R.A.E, D.D.A, le Parc des Ecrins, la météorologie nationale.... et d'autre part qu'il est tout à fait indispensable de préserver ces ressources contre toute agression ou pollution par l'homme, en désignant des périmètres de protection.

Enfin, il est très intéressant de constater que les zones de passage entre des terrains cristallins et des terrains sédimentaires présentent un grand intérêt du point de vue hydrogéologie à cause de leur complexité tectonique. En effet des différences de comportement des terrains permet le développement d'un réseau de fractures, complexes où circulent les eaux souterraines.

- 2 - L'origine d'une partie des eaux qui proviennent de bassins versants géographiques voisins.

L'origine des débits importants observés sur quelques bassins versants secondaires est en liaison avec l'altitude et aussi une alimentation souterraine depuis un bassin versant voisin dû à une architecture complexe, héritage d'un passé géologique très mouvementé.

En effet l'étude hydrologique effectuée dans les bassins versants secondaires du Petit Tabuc et du Grand Tabuc nous a permis de prouver l'existence de venues d'eaux souterraines.

Il est donc indispensable d'observer et de mesurer des débits au delà des limites strictes du bassin versant géographique dont on s'est fixé la limite d'étude dans certains cas.

- 3 - La nécessité de posséder des mesures d'hydrologie sur de longues périodes.

Cette étude permet de comparer les deux années d'étude (1979 et 1980) aux années précédentes d'une part pour les précipitations et d'autre part pour l'hydrologie puisque des mesures de débit avaient été poursuivies pendant environ vingt années par E.D.F. à Monetier les Bains au Pont des Granges et à Briançon au Pont Neuf. On a donc pu réaliser une étude statistique de l'hydrologie et apprécier les débits de la Guisane en 1979 et 1980 par rapport à une notion de régime moyen.

A partir de ces mesures, l'étude des débits spécifiques s'est avéré être un élément très intéressant et apporte des renseignements précieux sur les écoulements, en particulier sur la surface du bassin versant géologique par rapport au bassin versant géographique.

- 4 - Préconiser une protection en même temps qu'une utilisation rationnelle de ces ressources.

Il est évident que grâce à une bonne connaissance de l'hydrogéologie des sources et des cours d'eau, l'utilisation éventuelle de ceux-ci pourra être rationnelle et l'on pourra déterminer un débit réservé digne de ne pas compromettre la vie de la faune et de la flore du ruisseau résultant de la source.

Enfin il ne serait certainement pas utopique de proposer l'étude du bassin versant de la Guisané de façon beaucoup plus systématique, afin d'établir des relations plus précises entre les mesures de terrains et les modèles mathématiques tel que le projet OMM - WMOD qui se fait sur la Durance (intercomparaison des modèles de fonte de neige).

Il est certain qu'un certain nombre de paramètres à caractère purement hydrogéologique pourraient faire évoluer nettement ces modèles.

On ne saurait conclure sans préciser que tout travail de recherche est conditionné par les moyens que l'on a pour effectuer les observations de terrain et que seules ces observations et mesures permettent d'approcher l'hydrogéologie d'une région. C'est pourquoi je remercie particulièrement le Service Régional de l'Aménagement des Eaux d'Aix en Provence d'avoir mis de tels moyens à ma disposition.

- A B R E V I A T I O N -

B.S.G.F. : Bulletin de la Société Géologique de France
CEMAGREF : Centre National du machinisme agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts.
C.N.R.S. : Centre National de la Recherche Scientifique.
C.R.A.S. : Compte rendu de l'Académie des Sciences (Paris).
C.R.S.S.G.F. : Compte rendu sommaire de la Société Géologique de France (Paris).
D.D.A : Direction Départementale de l'Agriculture,
E.N.S.H.G : Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Grenoble.
M.S.G.F. : Mémoire de la Société Géologique de France.
R.G.A. : Revue de géographie alpine (Grenoble).
S.R.A.E. : Service Régional de l'Aménagement des Eaux
T.L.G : Travaux du Laboratoire de Géologie (Grenoble).

- B I B L I O G R A P H I E -

- ANDRE H - AUDINET M - MAZERAN G - RICHER C (1976) hydrométrie pratique des cours d'eau - Eyrolles Paris.
- ARMAND C (1978) Régime des eaux souterraines et paléomorphologie, géologie et hydrogéologie de la basse vallée de l'Arve (Haute Savoie) thèse de 3ème cycle Grenoble p.303
- ARMAND C et DELAQUAIZE B (1977) Analyse physico-chimique des eaux. Memento pratique. Publication interne du laboratoire d'hydrogéologie de l'Institut Dolomieu.
- BARBIER R et GIGNOUX M. (1951) Géologie des barrages - Masson Paris.
- BARBIER R (1953) "Une curieuse forme d'érosion : les entonnoirs d'ablation" TLG Grenoble - tome 30.
- BARBIER R (1954) L'âge des spilites du versant sud du Pic des Trois Evechés près du col du Lautaret (H..A) CRSSGR p. 148 - 149.
- BARBIER R (1956) a - Remarques sur la tectonique et la stratigraphie de la zone Dauphinoise orientale au Nord du Pelvoux - CRSSGF p.49
- BARBIER R (1956) c - L'importance de la tectonique "anténommulitique" dans la zone ultradauphinoise au nord du Pelvoux : La Chaîne Arvinche. BSGF - 6ème série t6 p. 335 à 370.
- BARBIER R (1963) Reflexion sur la zone Dauphinoise et la Zone Ultradauphinoise NSGF. tome II. p.321 à 330.
- BARBIER R. (1963) La tectonique de la zone Ultradauphinoise au N.E du Pelvoux TLG 39. p. 239 à 246.
- BARBIER R. (1963) La zone Subbriançonnaise dans la région du Col du Galibier TLG 39.
- BARBIER R et BARFETY J.C (1972) Les structures Est-Ouest de la zone Ultradauphinoise du Pays des Arves et leur signification Feuille la Grave et St Jean de Maurienne au 1/50.000) Géologie Alpine t 48 fasc. 2 p 151 à 158.
- BARBIER R, BARFETY, BOCQUET, BORDET, LEFORT, MELOUX, MOUTERDE, PECHER, PETITEVIELLE - Notice explicative de la carte géologique de la Grave (1/50.000)
- BARBIERI A (1970) Etude pétrographique de la partie orientale du Massif des Ecrins - Pelvoux : les granits. Aperçu sur la géochronométrie du massif Thèse 3ème cycle Grenoble.
- BARFETY J.C (1967) Etude géologique des environs de Monestier les Bains (H.A.) Zone Subbriançonnaise et Briançonnaise. Thèse 3ème cycle Grenoble 91 p.
- BARFETY J.C, GIDON M, et KERCHKOVE C (1968) Sur l'importance des failles longitudinales dans le secteur durancien des Alpes internes françaises CRAS t 267 p. 394 à 397.
- BARFETY J.C et GIDON M (1975) "La place des failles longitudinales de la structure du Briançonnais oriental (Alpes occidentales) CRAS t 281 série D p. 1677 - 1680.
- BLAIS J.P (1978) Hydrologie et hydrogéologie du bassin versant de la Clarée (H.A.) thèse 3ème cycle - Grenoble.
- BOIS Ph - hydrologie générale (cours ENSHG) 155 p.

- BOZONAT J.P (1980) Infiltration et circulation des eaux dans les calcaires fissurés. Hydrogéologie et bilan hydrique du secteur septentrional du massif de la Chartreuse. Thèse 3ème cycle - Grenoble 353 p.
- BRAVARD C, GIDON M (1979) La structure du revers oriental du massif du Pelvoux observations et interprétations nouvelles TLG Grenoble N° 55.
- CABY R (1968) Les minéralisations du Chardonnet - Bull. du B.R.G.M. II - 2 p 91 à 94
- CARRET J.P et FOURNEAUX J.C (1979) Analyse des facteurs influents sur l'infiltration dans les cônes de déjection - 104ème Congrès National des Sociétés Savantes (Fascicule 3).
- CARRET J.P (1979) L'infiltration dans les cônes de déjection. La vallée de la Basse Tarentaise - Savoie - thèse de 3ème cycle.
- CASTANY G (1967) Traité pratique des eaux souterraines - DUNOD.
- CHARBONNEAU R (1974) Modèle mathématique en hydrologie. Cas d'un bassin versant montagneux à régime nivo-pluvial : la Durance à Serre Ponçon 209 p.
- DEBELMAS J (1970) Alpes Savoie et Dauphiné. Guides géologiques régionaux - Masson.
- DEBELMAS J (1974) Géologie de la France t2 - Alpes franco italiennes p387 à 442.
- DEHAYS H (1980) Paléomorphologie et circulations des eaux souterraines Etude hydrogéologique des ressources en eau de la haute vallée de la Fure et ses relations avec les bassins de Paladru et de l'Ainan (Bas Dauphiné Oriental) thèse de 3ème cycle - Grenoble.
- DELAQUAIZE B (1979) Etude géologique, hydrogéologique et limnologique dans une région de moyenne montagne : le bassin versant des lacs de Laffrey et Petichet (Isère) thèse 3ème cycle Grenoble.
- DULUC P (1974) Etude hydrogéologique du bassin versant du Petit Buech (H.A)
- FEYS R (1963) Etude géologique du carbonifère briançonnais (H.A) Mem. B.R.G.M. 6.387 b.
- FOURNEAUX J.C (1976) Les formations quaternaires de la vallée de l'Isère dans l'ombilic de Grenoble TLG Grenoble t.52 p31 à 72.
- FOURNEAUX J.C et SARROT REYNAUD J (1977) Déficit d'écoulement et évapotranspiration dans les Alpes du Nord - 102ème Congrès National des Sociétés Savantes - Limoges.
- FRANCOU R (1977) Formes d'éboulis élevés en Briançonnais p. 63 à 77 R.G.A - tome LXV 1977 (1)
- FRANCOU R (1977) La "moraine de névé" du Lautaret - BAGF n° 5 p. 445 - 446
- FRANCOU R (1981) Géodynamique des éboulis et formes associées de la Combe de Laurichaud - H.A.) Thèse de 3ème cycle Grenoble 153 p.
- GIDON P (1954) Les rapports des terrains cristallins et leur couverture sédimentaire dans les régions orientales et méridionales du Pelvoux - TLG t.31 (p 1 à 204).
- GIDON M (1965) Sur l'interprétation des accidents de la bordure méridionale du massif du Pelvoux TLG t 41 p 177 à 185.
- GIGNOUX M et RAGUIN E (1932) Découverte d'écaillés de roches granitiques au N.W du Col du Lautaret à la base de la nappe du Flysch des Aiguilles d'Arves - BSGF 5 II.

- GIGNOUX M et MORET L (1937) Description géologique du bassin supérieur de la Durance - TLG t 21
- GIGNOUX P et MORET L (1938) Supplément à la description du bassin supérieur la Durance TLG t 22.
- GIGNOUX M (1946) Une moraine de névé particulièrement typique près du Col du Lautaret - CRSSGF.
- JEANTIN M (1979) Les sources minérales carbogazeuses de la haute Ardèche. Etude géologique et hydrogéologique - thèse de 3ème cycle Grenoble.
- JEREMI J.J et OLIVE P. (1976) Les précipitations autour du Léman de 1901 à 1974, mise en évidence d'un rythme de 50 ans. Archives des sciences de Genève. Vol 29 fasc 2.
- KAISER B et LECOMPTE M (1977 - 1978) Recherche sur la dynamique des versants de montagne dans le Briançonnais : ex du versant sud de la Tête Noire du Galibier (1950 - 2843 m) TLG Paris - Université de Paris VII - n° 5 fascicule I.
- LACOMBE J.C (1970) Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins Pelvoux : le complexe volcano-sédimentaire - thèse de 3ème cycle Grenoble 109 p.
- LARDEAU J.P (1977) Evaluation et comparaison de modèle mathématiques hydrologiques de bassins versants en haute montagne. Application au bassin de la Haute Durance - thèse de docteur ingénieur ENSHG.
- LEFORT P et PECHER A (1971) géologie des terrains cristallins de la Meige (Alpes du Dauphiné) Géologie Alpine t 47 fasc 1 p. 67 à 78.
- LEGUY C (1979) Application des mesures isotopiques des teneurs en Tritium à l'étude des circulations et mélanges d'eaux souterraines dans différents milieux poreux. Thèse de 3ème cycle Grenoble 151 p.
- LEMOINE M (1951) Données nouvelles sur la géologie du Briançonnais oriental et sur le problème de la "quatrième écaille" BSGF 6ème série TI p. 191 à 204
- LEMOINE M (1952) Le décollement de la couverture briançonnaise et ses conséquences CRAS t 234 p. 1195 à 1197.
- LEMOINE M (1960) Présence de flyschs exotiques liés à la "quatrième écaille" près de Briançon (H.A.) CRAS t 250 p3684 à 3686 séance du 30 Mai 1960.
- LEMORDANT Y (1977) Infiltration et transfert des eaux souterraines en pays karstique. Le plateau du Mont Revard (Savoie) thèse de 3ème cycle Grenoble
- LETOURNEUR J et MICHEL R - Géologie du Génie Civil - Armand Colin - Paris.
- LLIBOUTRY L. (1955) Traité de glaciologie - Masson 2 volumes - Paris.
- LLIBOUTRY L. (1955) Origine et évolution des glaciers rocheux CRAS t 240 p. 1913 à 1915.
- LUPARINI V (1975) Etude hydrogéologique du massif du Devoluy. Thèse de 3ème cycle Grenoble.
- MARTIN S (1978) Analyse et reconstitution de la série des bilans annuels du glacier de Sarennes, sa relation avec les fluctuations du niveau de trois glaciers du massif du Mont Blanc - Bossons, Argentière, Mer de Glace) Symposium Uber die dynamik temperierter gletscher p. 127 à 152)
- MASSONAT G (1981) Hydrogéologie en milieu fissuré et thermalisme. Etude du massif de Brannefarine et du nord du massif d'Allevard. La source thermominérale d'Allevard (Isère France) 313 p.

- MICHEL R (1960) Contribution à l'étude de la température des sources dans le département de l'Isère - TLG tome 36 - p 115 à 131.
- MONTJUVENT G (1978) Le Drac - Morphologie, stratigraphie et chronologie quaternaire d'un bassin alpin (CNRS).
- OBLED Ch (1980) Ensemble de données sur la Durance (en amont de Serre-Ponçon) 1er Octobre 1969 au 30 Septembre 1979 - 21 p Projet OMM-WMOD - Inter-comparaison des modèles de fonte de neige.
- PAPPINI G (1976) Hydrogéologie du bassin versant du Haut Gelon Savoie -thèse de 3ème cycle Grenoble 175 p.
- PEGUY Ch. P (1977-1978) Le Climat de Monetier et de Briançon - Recherches méthodologiques et actualisation des données - TLGP - Université de Paris VII n° 5 fasc 2.
- POULAIN PA. (1977) Les eaux minérales et thermominérales dans le département des Hautes-Alpes -thèse Grenoble.
- REMENIERAS G (1965) L'hydrologie de l'ingénieur - Eyrolles Ed.
- RISSE V (1979) Etude fréquentielle de l'enneigement et analyse des derniers stades de l'évolution du manteaux neigeux dans des stations témoins des Alpes françaises- thèse de 3ème cycle 188p.
- ROCHE M. Hydrologie de surface - Paris Ed. Gauthier Villars
- SARROT REYNAUD J, PAULAIN PA, MARCE A (1977) Tectonique et anomalies géothermiques. Les sources thermominérales des bordures orientales et méridionales du massif du Pelvoux - Géologie Alpine t 53 p75 à 82.
- SARROT REYNAUD S et SARROT REYNAUD J (1977) Alimentation des nappes et mélanges des eaux souterraines. Origine des eaux souterraines dans la plaine de Bourg d'Oisans (vallée de la Romanche - Isère).
- SCHOELLER H (1962) Les eaux souterraines - Masson, Paris 642 p.
- SIMEON - DUPANLOUP Y (1980) Etude hydrogéologique des sources thermominérales de Tarentaise (Savoie) Brides-les-Bains, Salins les Bains, La lèche thèse de 3ème cycle Grenoble 219 p.
- S.R.A.E. (1980) Synthèse nationale sur les crues des petits bassins versants.
fascicule 1 : Eléments de pluviométrie 46 p.
fascicule 2 : La méthode SØCØSE 39 p.
fascicule 3 : La méthode CRUPEDIX 36 p.
- Estimation des crues. Etude sur la mise en oeuvre de la méthode SOCØSE dans la région Provence Alpes Côte d'Azur - CEMAGREF 65 p.
- TISSOT B (1955) Etude géologique du massif du grand Galibier et des Cerces (Zone Briançonnaise - Hautes Alpes et Savoie) TLG 32 p 110 à 192.
- TERMIER P (1903) Les montagnes entre Briançon et Vallouise - MSCGF 1903.

- LISTE DES FIGURES. -

Figure n°

- 1 a et b - Situation géographique du bassin versant de la Guisane
- 2 - Fréquence altimétrique et courbe hypsométrique de la Guisane à Briançon.
- 3 - Carte hypsométrique du bassin versant de la Guisane
BV : 201 km²
- 4 - Fréquence altimétrique et courbe hypsométrique de la Guisane à Chantemerle.
- 5 a - Carte hypsométrique du B.V de la Guisane fermé au Pont des Granges B.V 80 km²
- 5 b - Fréquence altimétrique et courbe hypsométrique.
- 6 - Hypsométrie des bassins versants secondaires.
- 7 - Le bassin versant de la Guisane dans le contexte géologique des Alpes Occidentales Françaises.
- 8 a - Schéma structural des différentes unités.
- 8 b - Coupes géologiques à travers les B.V de la Guisane et la Clarée.
- 9 - Colonnes stratigraphiques des domaines paléogéographiques de la Guisane.
- 10 - Histoire géologique régionale schématisée depuis le Crétacé supérieur.
- 11 - Schéma structural au 1/100.000
- 12 - Les formations quaternaires.
- 13 - Le glaciaire post-Wurmien dans le vallon du Fontenil.
- 14 - Réseau météorologique.
- 15 - Distribution normale des totaux annuels des précipitations.
- 16 - Fluctuations interannuelles des précipitations.
- 17 a et b - Précipitations mensuelles à Monetier.
- 18 - Profil de probabilité.
- 19 - Longueurs moyennes des séquences sèches - Monetier 1947-1975
- 20 - Précipitations quotidiennes au Casset en 1980.
- 21 - Hauteurs du manteau neigeux dans le vallon de Laurichard et à Monetier.
- 22 - Températures moyennes mensuelles en 1980.
- 23 - Régime thermique et variabilité interannuelle des températures
 - 23 a - à Monetier les Bains (1946 - 1977)
 - 23 b - à Briançon (1961 - 1979).
- 24 - Températures moyennes mensuelles (Monetier et Briançon en 1979 et 1980).

- 25 a - Gradient altimétrique de température en 1980
- 25 b - Déficit d'écoulement d'après le diagramme de WUNDT.
- 26 - Distribution normale des débits annuels.
- 27 - Courbe des débits mensuels d'après leur fréquence
 - 27 a - station du Pont des Granges BV : 90 km²
 - 27 b - station du Pont Neuf BV : 201 km².
- 28 - Courbes des débits moyens mensuels de 1904 - 1914 et 1918-1928
 - 28 a - Pont des Granges à Monetier
 - 28 b - Pont Neuf à Briançon.
- 29 - Débits moyens mensuels de la Guisane.
- 30 - La Guisane à Chantemerle 1979 courbe des débits moyens journaliers
- 31 - " " 1980 " "
- 32 - La Guisane au Casset 1979 " "
- 33 - " " 1980 " "
- 34 - Comparaison des débits relatifs mensuels des différentes stations
- 35 - Les stations de mesure de débit et les bassins versants secondaires.
- 36 - Courbes des débits moyens journaliers des bassins versants secondaires
 - 36 a - Source de la Guisane - La Guisane à la Madeleine - le torrent du Rif - Source de Fontette.
 - 36 b - La Guisane à Chantemerle - Le Petit Tabuc - Le Grand Tabuc
- 37 - Carte des débits relatifs mensuels.
- 38 - Les relations débits - températures.
- 39 - Relation débit - température.
- 40 - Ajustement à la loi de Gumbel des crues annuelles de la Guisane au Pont Neuf sur 22 années - 1904 - 1928.
- 41 - Ajustement à la loi de Gumbel des crues annuelles de la Guisane au pont des Granges sur 22 années.
- 42 - Ajustement des débits maximum journaliers d'automne à une loi de Frechet.
- 43 - Courbes de tarissement - La Guisane au Casset et à Chantemerle
 - 43 a La Guisane au Casset
 - 43 b la Guisane à Chantemerle.
- 44 - Relation température - altitude des sources et de l'air.
- 45 - Le bassin versant des sources de la Guisane.
- 46 - Variations dans le temps des paramètres physiques de la source de la Guisane.
- 47 - Situation des sources de Fontette.
- 48 - Les débits de la source de Fontette.

- 49 - Variations dans le temps des paramètres physiques de la source de Fontette.
- 50 - Situation des sources du Vallon du Grand Tabuc et courbes des débits des Sources et du Torrent.
- 51 - Hydrogéologie du bassin versant du Grand Tabuc.
- 52 - Profil en long du torrent du Grand Tabuc.
- 53 - Situation des sources du vallon du Petit Tabuc et courbes des débits.
- 54 - Bloc diagramme du glacier d'Arsine et de son substratum.
- 55 - Schémas théoriques montrant le rôle de la farine glaciaire sur les débits superficiels et les débits souterrains dans les bassins versants du cristallin.
- 56 - Hydrogéologie du bassin versant du torrent de la Pisse.
- 57 - Carte hydrogéologique du bassin versant de la Guisane.
- 58 - Relation débit - température de la source de la Rotonde.
- 59 - Les variations de température et de débit de la source de la Rotonde en fonction des précipitations.
- 60 - Différenciation des eaux superficielles et des eaux profondes à la source de la Rotonde.
- 61 - Détermination de l'origine des eaux superficielles de la source de la Rotonde.
- 62 - Alimentation des sources de la Rotonde et de Font-Chaude.
- 63 - Hypothèse d'existence d'une fracture longitudinale méridienne à l'origine des sources thermominérales.
- 64 - Situation géologique de la source de la Liche des Chamois et de la source de la Marionnaise.

27 MAI 1982

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

RESUME

Une étude hydrogéologique du bassin versant de la Guisane (200 Km²), entre le col du Lautaret et la ville de Briançon, a été réalisée sur une période de deux ans (1979-1980).

L'étude de la topographie du bassin versant, de la géologie du substratum et de ses structures, ainsi que des formations quaternaires a permis d'orienter la recherche des limites du bassin versant géologique de la Guisane.

L'étude climatologique a permis de comparer, par l'analyse statistique, les années 1979 et 1980 à la moyenne interannuelle.

L'étude hydrologique a déterminé le régime de la Guisane comme étant un régime mixte de type nivo-glaciaire. Un bilan hydrogéologique a été dressé grâce aux limnigraphes installés par le Service Régional de l'Aménagement des Eaux d'Aix-en-Provence.

Ensuite, une étude hydrogéologique, basée sur l'hydrologie et l'hydrochimie des torrents et des sources, a mis en évidence des apports souterrains venant des bassins versants géographiques voisins vers celui de la Guisane. Ceci explique l'existence de réserves naturelles souterraines intéressantes, essentiellement localisées dans les vallons du Grand Tabuc, du Petit Tabuc et du Fontenil.

Enfin, l'étude des différents paramètres des sources thermominérales a permis de préciser leurs conditions d'alimentation.

MOTS CLES

Hydrologie, hydrogéologie, sources thermominérales, quaternaire, glacier rocheux, roches fissurées, jaugeages, débits spécifiques, crues, tarissements, Hautes Alpes, briançonnais, vallée de la Guisane, massif du Combeynot, massif des Cerces.

27 MAR 1982

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