HAL
open science

Hydrogéologie karstique du massif du Grand Som (Chartreuse) _ Isère. Alpes françaises

Bruno Talour

To cite this version:

Bruno Talour. Hydrogéologie karstique du massif du Grand Som (Chartreuse) _ Isère. Alpes françaises. Hydrologie. Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1976. Français. NNT : . tel-00639031

HAL Id: tel-00639031

https://theses.hal.science/tel-00639031

Submitted on 8 Nov 2011

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

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

Doctorat de 3ème Cycle

N° d ordre

THESE

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE

pour obtenir

le titre de docteur de 3ème cycle

Spécialité Sciences de la Terre

Mention Géologie appliquée

par

Bruno TALOUR

HYROGEOLOGIE KARSTIQUE DU MASSIF DU GRAND SOM (CHARTREUSE, ISERE)

Soutenue le juin 1976 devant la comission d'examen

President : R BARBIER Professeur

Rapporteur: J. SARROT REYNAULD
Professeur Directeur de Thèse

Examinateur: J.C. FOURNEAU Assistant Docteur

Invités : P RENAULT Chargé de recherche au C.N.R.S.

J MOLINARI Ingenieur au C.E.N.G.

AVANT PROPOS

Au terme de cette étude , c'est avec plaisir que je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre à en venir à bout .

Je remercierais tout d'abord Monsieur le professeur J. SARROT REYNAULD avec qui j'ai choisi cette étude et qui m'a aidé et conseillé tout au long de sa réalisation , Monsieur le professeur R. BARBIER , qui a bien voulu présider ce jury , Monsieur J.C. FOURNEAUX , assistant , qui m'a procuré un travail d'appoint me permettant de résoudre les problèmes financiers , et qui a accepté de faire partie de ce jury , Monsieur Ph. RENAULT , Chargé de recherche au C.N.R.S. qui a si gentiment accepté de préfacer un ouvrage précédent sur le massif de la Chartreuse et qui a bien voulu se joindre à ce jury , Monsieur J. MOLINARI , ingénieur au C.E.N.G. et son équipe sans lesquels la belle expérience de multitraçages du vallon des Eparres n'aurait pu avoir lieu .

Il convient également de remercier Monsieur BINTZ , assistant , avec qui j'ai souvent évoqué les problèmes de datation du karst , Monsieur MAX MICHEL de la D.D.A. de l' Isére qui m'a communiqué les mesures des débits sur les guiers Vif et Morts , les nombreux spéléologues des clubs de la Tronche , de villeurbanne et du C.A.F.de Grenoble qui m'ont donné ainsi que mes camarades de l'institut un sérieux coup de main lors des traçages de juin 1975 , mes amis B. LISMONDE et M. LEPILLER avec qui j'ai si souvent évoqué les problèmes sur lesquels je travaillais , Monsieur CHABERT sans lequel ce"bouquin" n'aurait pu voir le jour , et par dessus tout mes parents qui m'ont toujours encouragé et ont supporté la lourde charge financière de mes études .

SOMMAIRE

CHAPITRE I		INTRODUCTION ET GENERALITES	p 2
	I - 1	Origine de l'étude	p 3
	I - 2	Situation géographique	p 3
	I - 3	Situation géologique	p 3
	I - 4	Le paysage	p 5

LES DONNEES

CHAPITRE II		L'HYDROLOGIE	p 7
	II - 1	Hydrologie de surface	p 10
	1 - 1	Le Guiers Vif et ses affluents	p 10
	1 - 2	Le Guiers Mort et ses affluents	p 12
	1 - 3	Régime et comparaisons	p 15
	II - 2	Les sources	p 18
	2 - 1	Les sources non karstiques	p 18
	2 - 2	Les sources de type karstique	p 21
	II - 3	Inventaire des sources du massif	p 48
CHAPITRE III		LE CLIMAT	p 53
	III - 1	Etude des précipitations	p 55
	III - 2	Etude des températures	p 64
	III - 3	Estimation de l'évapotranspiration	p 69
	III - 4	Conclusions	p 71
CHAPITRE IV		LES FORMES KARSTIQUES	P 73
	IV - 1	Le karst de surface	p 75
	IV - 2	Les formes karstiques profondes	p 79
	2 - 1	Les types de cavités	p 79
	2 - 2	Origine et morphologie des galeries	p 80
	IV - 3	Inventaire des cavités du massif du Grand Som	p 85
	IV - 4	Conclusions	p 89

CHAPITRE V		LES DONNEES GEOLOGIQUES	p 91
V - 1		Les facteurs lithologiques	p 94
V - 2		Les facteurs tectoniques	p 97
	2 - 1	Histoire tectonique de la région	p 97
	2 - 2	Les grandes structures	p 99
	2 - 3	La fissuration	p 101
		Conclusions	p 104
HYPOTHESES ET CONCLUSIONS			p 105
CHAPITRE VI		LES BASSINS VERSANTS KARSTIQUES	p 107
VI - 1		Les systèmes karstiques du synclinal des Eparres	p 108
	1 - 1	Les émergences concernées	p 108
	1 - 2	Les traçages	p 108
	1 - 3	Hypothèses suggèrées par ces résultats	p 115
	1 - 4	Autres systèmes karstiques	p 115
	1 - 5	Conclusion	p 116
VI - 2		Les systèmes karstiques de l'anticlinal des rochers de la Fitole et du synclinal d'Arpison	p 116
	2 - 1	Les émergences concernées	p 116
	2 - 2	Le traçage	p 117
	2 - 3	Hypothèses sur les systèmes karstiques de l'anticlinal des rochers de la Fitole et du synclinal d'Arpison	p 121
	2 - 4	Conclusions	p 122
CHAPITRE VII		ORIGINE DES PRINCIPAUX RESEAUX PENETRABLES	p 125
VII - 1		Le synclinal du Grand Som	p 127
VII - 2		Le synclinal des Eparres	p 129
VII - 3		Hypothèses sur le creusement	p 136
	3 - 1	Utilisation de la fracturation	p 136
	3 - 2	Hypothéses sur l'état de creusement de la vallée du Guiers Vif à la fin du dernier épisode glaciaire	p 138
	3 - 3	L'histoire du karst du massif de la Chartreuse	p 139
VII - 4		Conclusions	p 148
CHAPITRE VIII		GENERALISATIONS ET CONCLUSIONS	p 149
VIII - 1		Un grand dénivelé	p 150
VIII - 2		Des unités hydrologiques de faible étendue	p 150
VIII - 3		Un creusement rapide	p 150
VIII - 4		Une structure en volet ou en synclinal perché	p 151
VIII - 5		Une roche massive et peu fracturée	p 152
VIII - 6		Un coefficient d'infiltration élevé	p 152
VIII - 7		Prédominance de l'écoulement libre	p 152
VIII - 8		De faibles réserves	p 153
VIII - 9		Un mélange imparfait des eaux	p 153
		CONCLUSION GENERALE	P 155
TABLES ET BIBLIOGRAPHIES			p 157
1		Table des planches	p 158
2		Bibliographie spéléologique	p 160
3		Bibliographie géologique et géographique	p 164

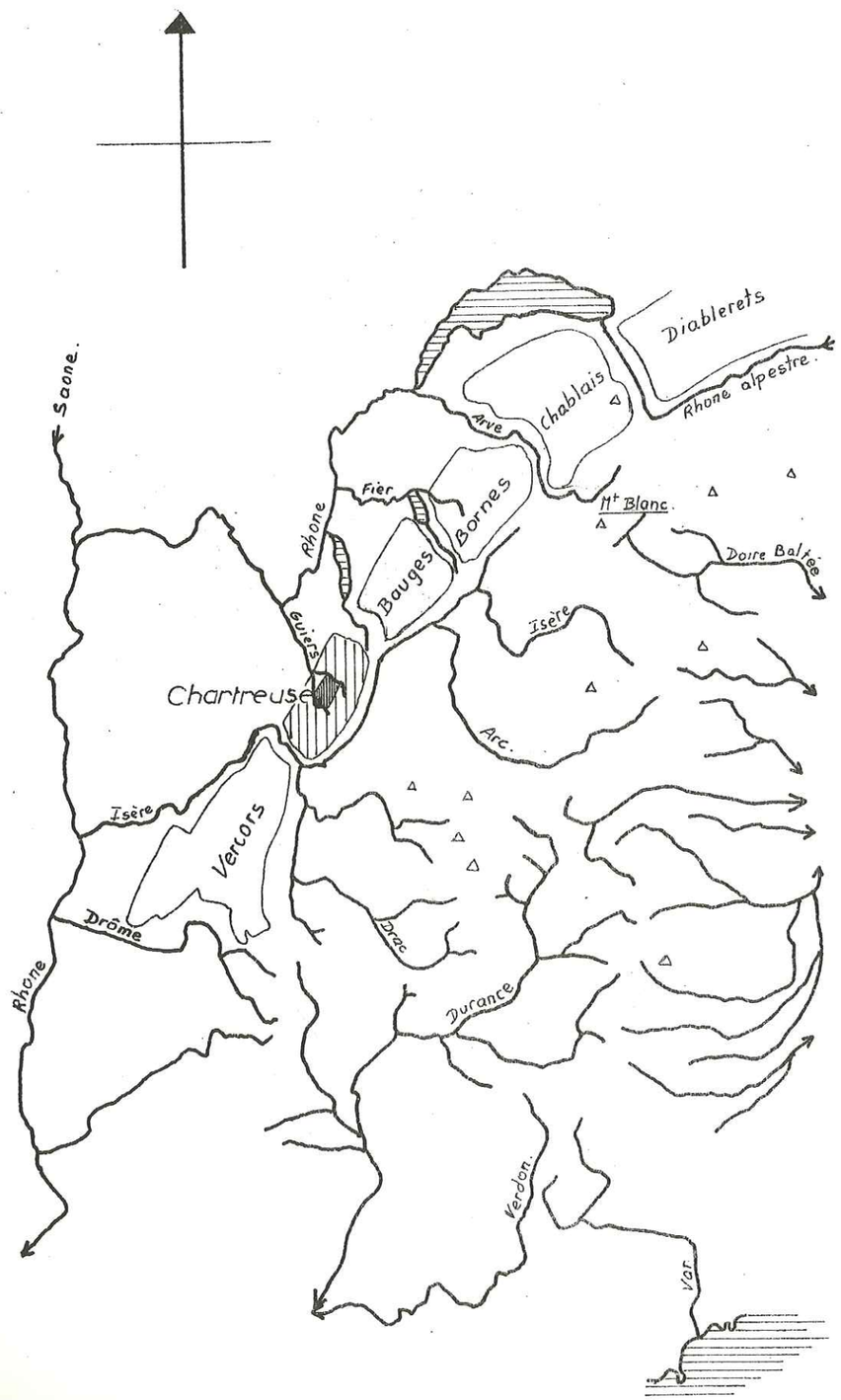
On est arrèté soudain par un bassin d'eau si calme et si noir , qu'on y met le pied sans le voir ; sous la roche plongeant partout , nous le trouvons sans issue . Mais les gouttes de bougie tombant dans la vasque révèlaient un léger courant . Nous y jetames donc 200 gm de fluoresceine ...

Le Guiers Vif

E.A. MARTEL La France Ignorée

Planche n° 1

LE MASSIF DE LA CHARTREUSE dans les ALPES occidentales



CHAPITRE I

INTRODUCTION ET GENERALITES

I - 1 Origine de l'étude

Originaire de l'Ouest de la France et spéléologue depuis de nombreuses années je suis venu à Grenoble afin de pouvoir étudier les phénomènes karstiques en région montagnarde . Le massif du Grand Som , en Chartreuse , présentait un intérêt particulier , lié à la fois à un relief vigoureux , à une complexité tectonique plus grande qu'en Vercors , à un climat exeptionnellement pluvieux et surtout à ce que les explorations y ont été particulièrement fructueuses et ont ainsi permi d'avoir une bonne connaissance du karst profond . Il était intèressant de pouvoir comparer le karst cartusien avec celui du Vercors et d'autre massifs sub-alpins et de dégager les caractères particuliers à ce karst forestier et supra-forestier , subissant des précipitations exeptionnelles .

I - 2 Situation géographique

La région étudiée se situe en France dans les Alpes du Nord , à cheval sur les départements de l'Isère et de la Savoie . Le massif de la Chartreuse fait partie des chaines sédimentaires sub-alpines situées en avant des massifs cristallins externes et séparées de ces derniers par la dépression du Grésivaudan . Nous avons plus particulièrement étudié le massif du Grand Som , ensemble délimité par le Guiers Vif au Nord , le col du Cucheron et les vallées du Couzon et de l'Herbétan qui en descendent à l'Est , le Guiers Mort au Sud , et la falaise occidentale de Charteuse dominant la plaine de St. Laurent du Pont à l'Ouest . De nombreuses observations ont également été réalisées en dehors de ce massif et permettrons des comparaisons sur les karsts d'altitude .

I - 3 Situation géologique

Le massif de la Chartreuse situé en avant de la chaine de Belledonne est

considéré traditionellement comme la couverture décollée et plissée de cette dernière . Sa stratigraphie sommairement résumée , présente quatre niveaux calcaires importants séparés par des intervalles marneux . Ce sont de bas en haut : les calcaires jurassiques (ou Tithonique) , valanginiens , urgoniens (Barrèmien - Aptien) , sénoniens ; présentant des systèmes karstiques en général indépendants , sauf s'il existe des complications tectoniques .

Le massif de la Chartreuse est constitué de séries de plis orientés SSW - NNE , fortement déjetés vers l'Ouest que recoupent d'importants coulissements SW - NE .

I - 4 Le paysage

Le paysage cartusien est franchement montagneux . Les vallées sont profondes et encaissées (gorges des Guiers) ; les crêtes plutôt aigues présentent d'imposantes falaises en majorité orientées vers l'Ouest . Les dénivelés sont de l'ordre de 1000 à 1700 m . Les vallées ont été déboisées à proximité des villages et la prairie y est cultivée . La forêt domine en superficie , le bois est la principale ressource locale . Les crêtes calcaires , nues et lapiazées au dessus de 1700 m dominent le paysage . En hiver , la neige est abondante . Les précipitations sont fortes et répartie à peu pres uniformément sur toute l'année , ce qui explique le caractère exubérant de la végétation . Bien que les phénomènes karstiques soient nombreux , l'eau ruisselle partout sur des versants raides et vient grossir d'importants torrents comme les Guiers Vif et Mort , la Vence et le ruisseau de Tenaison .

LES DONNEES

Chapitre II

HYDROLOGIE

II - 1 Hydrologie de surface

1 - 1 Le Guiers Vif et ses affluents

A Description

B Hydrologie

1 - 2 Le Guiers Mort et ses affluents

A Description

B Hydrologie

1 - 3 Règime et comparaisons

Comparaisons avec d'autres cours d'eaux des chaines sub-alpines .

Comparaisons entre Guiers Mort et Guiers Vif .

Conclusions sur l'hydrologie de surface .

II - 2 Les sources

2 - 1 Les sources non karstiques .

Quelques données sur les sources non karstiques .

La source du Couzon .

2 - 2 Les sources de type karstique

a) Les sources des calcaires sénoniens

LA SOURCE DE LA CAMBISE N° 59

b) Les sources des calcaires urgoniens

LA SOURCE DU CHATEAU N° 10

LA SOURCE DE COMBE CHAUDE N°54

LA SOURCE DE LA PORTE DE L'ENCLOS

LA RESURGENCE DE LA PASSERELLE N° 61

Caractèristiques communes aux sources des calcaires urgoniens .

c) Les sources des calcaires valanginiens

LA SOURCE DE NOIRFOND N° 7

LES SOURCES DES MAISONS FORESTIERES N° 56

LA SOURCE DU CARREFOUR EST DE LA CORRERIE N° 55

d) Les sources des calcaires jurassiques

LA SOURCE DE FONTAINE FROIDE N° 5

LA SOURCE DE PONT SAINT PIERRE N° 58

e) Conclusions sur les émergences de type karstique

f) Remarque sur l'eau de fonte de neige

g) Sur la chimie des eaux .

II - 3 Massif du Grand Som , inventaire des sources .

La Chartreuse , pays des torrents et des ruisseaux , est drainée par trois rivières principales : Le Guiers Vif au Nord , le Guiers Mort et la Vence au Sud . Deux de ces rivières , les deux Guiers , encadrent au Nord et au Sud le massif du Grand Som . L'étude de leurs débits sera une premiére approche des conditions hydrologiques qui règnent sur le massif ; l'étude des nombreuses sources , et plus particulièrement des émergences karstiques , posera le problème de leur origine .

II - 1 Hydrologie de surface

1 - 1 Le Guiers Vif et ses affluents

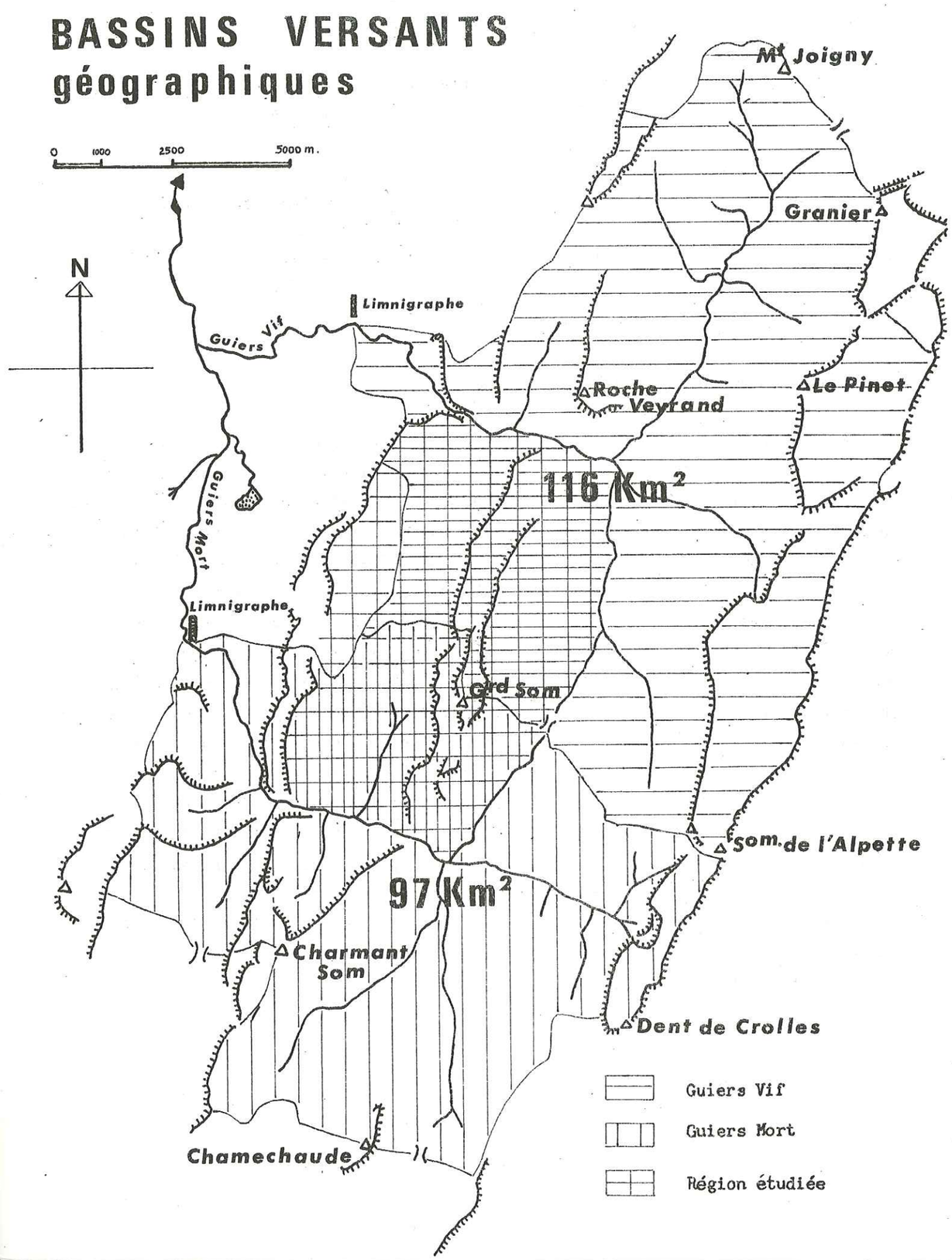
A) Description

Le Guiers Vif prend sa source à la grotte du même nom dans le cirque de St Même . C'est une puissante résurgence drainant le synclinal urgonien de l'Aup du Seuil . Il s'enfonce ensuite dans des gorges où il entaille les calcaires jurassiques de l'anticlinal de Perquelin ; puis sa vallée s'évase dans la dépression marneuse de St Pierre d'Entremont où il reçoit en rive gauche l'Herbetant descendant du col du Cucheron (limite Est du massif étudié) . En rive droite arrive le ruisseau du Cozon , provenant du col du Granier . Le Guiers Vif s'enfonce à nouveau dans des gorges , cette fois çi , creusées dans les calcaires urgoniens (le petit Frou) , puis dans les calcaires valanginiens où il reçoit en rive gauche l'importante résurgence de Noirfond . Il passe sous le village des Sermes dans une gorge étroite et profonde des calcaires jurassiques ; et à la sortie de laquelle jaillit en cascade la source de Fontaine Froide en rive gauche ; et où arrive en rive droite , le ruisseau du Gringalet , grossi de la source du même nom . Apres un ombilic boisé où arrivent les ruisseaux des Dix Huit Rieux et du Riou Brigou descendant du col de la Ruchère , le Guiers Vif s'enfonce profondément dans des gorges impénètrables creusées dans les calcaires urgoniens . Du belvédère du Pas du Frou , on peut voir en rive gauche , la résurgence du Grand Frou tomber par une cascade d'une vingtaine de mètres dans un profond plan d'eau . Après un élargissement dans les marnes hauteriviennes , les gorges se poursuivent en aval , dans les calcaires urgoniens du synclinal de Couz . Ce dernier est drainé par la source de Fontaine Vive , en rive droite . Au pont St. Martin , au débouché des gorges , la direction départementale de l'Agriculture de l'Isère a placé un limnigraphe . Le Guiers Vif rejoint le Guiers Mort en aval du village des Echelles .

B) Hydrologie

Le bassin versant du Guiers Vif s'étend sur 116 Km^2 . Le bassin versant géologique est

Planche n° 3



probablement un peu plus étendu , en raison de l'apport de la source de Fontaine Vive qui draine le synclinal de Couz ( ) . Par contre le massif de l'Alpette est à exclure , car ses eaux vont vers l'Isère par la résurgence du Cernon .

Données hydrologiques :

Période étudiée : du 1er Juin 1973 au 31 Octobre 1974

Débit moyen pendant la période d'étude	4,81 m^3/s
Ecart type	6,94 m^3/s
Coefficient de variabilité	1,44
Débit spécifique (B.V. = 116 Km^2)	41,8 l/s /Km^2
Lame d'eau écoulée (valeur annuelle)	1308 mm
Débit caractèristique maximum	21,1 m^3/s
Débit caractèristique minimum	0,42 m^3/s

II - 1 - 2 Le Guiers Mort et ses affluents

A) Description

Le Guiers Mort prend sa source dans le cirque de Perquelin à la grotte du même nom, émissaire du réseau de la Dent de Crolles . Il reçoit en rive droite deux ruisseaux provenant l'un de la source de Bellefond , l'autre , de l'émergence de Fontaine Noire . En rive gauche arrive un ruisseau provenant du col des Ayes , et en aval de Perquelin , un ruisseau émissaire de la source du Giglas . La vallée s'élargit considèrablement au niveau de St. Pierre de Chartreuse , ou le Guiers Mort reçoit en rive droite le ruisseau du Couzon provenant du col du Cucheron , et en rive gauche , le ruisseau des Corbeillers dont une branche vient du col de l'Emeindra , et l'autre du col de Porte . Le Guiers Mort franchit ensuite les gorges de la Porte de l'Enclos (Urgonien) . Deux émergences apparaissent ; l'une en rive droite : Combe Chaude , l'autre en rive gauche, la source de la Porte de l'Enclos . La vallée s'élargit , et en rive droite vient le ruisseau de Pont St. Pierre , grossi de la source du même nom ; en rive gauche arrive le ruisseau de Vallombré . Le Guiers Mort s'enfonce à nouveau dans des gorges profondes au niveau du Pic de l'Oeillette dans lesquelles il reçoit en rive droite un ruisseau issu de la grotte de la Cambise , et en rive gauche , la puissante émergence de la grotte de la Passerelle .Il franchit ensuite les gorges du pont St. Bruno, où arrive le ruisseau de Tenaison , et après Fourvoirie , débouche dans la plaine de St. Laurent du Pont . Un peu avant cette agglomèration , un limnigraphe a été placé par la Direction Départementale de l'Agriculture de l'Isère .

Planche n°4

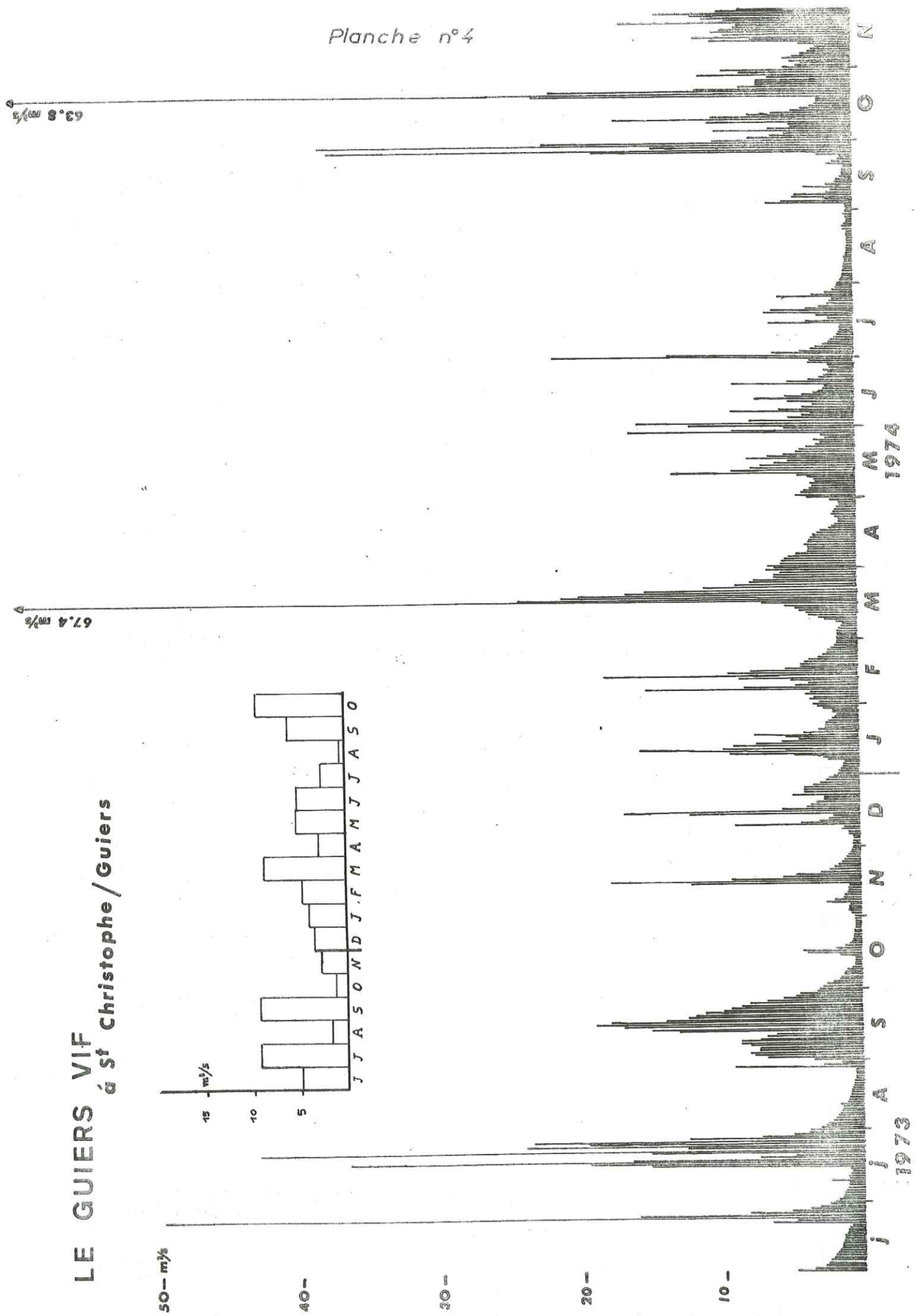
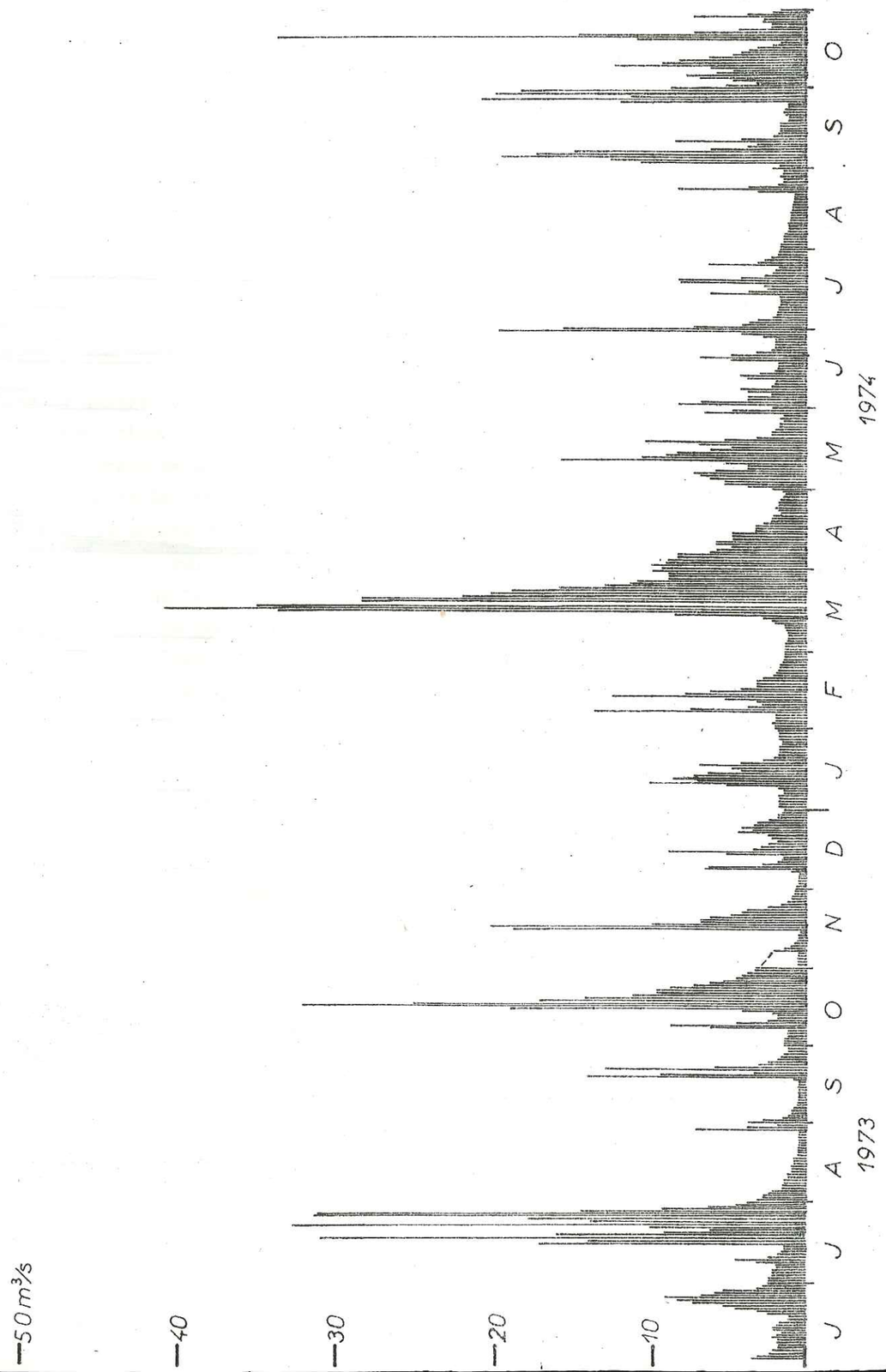


Planche n° 5



Données hydrologiques

Période étudiée : du 1er Juin 1973 au 31 Octobre 1974	
Débit moyen pendant la période étudiée	4,65 m^3/s
Ecart type	5,70 m^3/s
Coefficient de variabilité	1,22
Débit spécifique (B.V. = 97 Km^2)	48,0 $l/s/Km^2$
Lame d'eau écoulée (valeur annuelle)	1511 mm
Débit caractèristique maximum	20,73 m^3/s
Débit caractèristique minimum	0,62 m^3/s

II - 1 - 3 Régime et comparaisons

Le régime des Guiers apparait comme fortement influencé par la rétention nivale . En période hivernale , on n'enregistre que de petites crues dues à des précipitations qui n'ont lieu sous forme de pluie que dans les parties basses du bassin versant . Mars est marqué par la première crue de fonte de neige qui est en gènéral une des crues les plus importantes de l'année . Une seconde crue de fonte a souvent lieu en Juin , tandis que les crues d'orage s'y superposent . En Aout , le manteau neigeux étant épuisé , apparait l'étiage d'été . L'automne , pluvieux en 1973 et 1974 , présente à nouveau de fortes crues .

Comparaisons avec d'autres cours d'eau des chaines sub-alpines

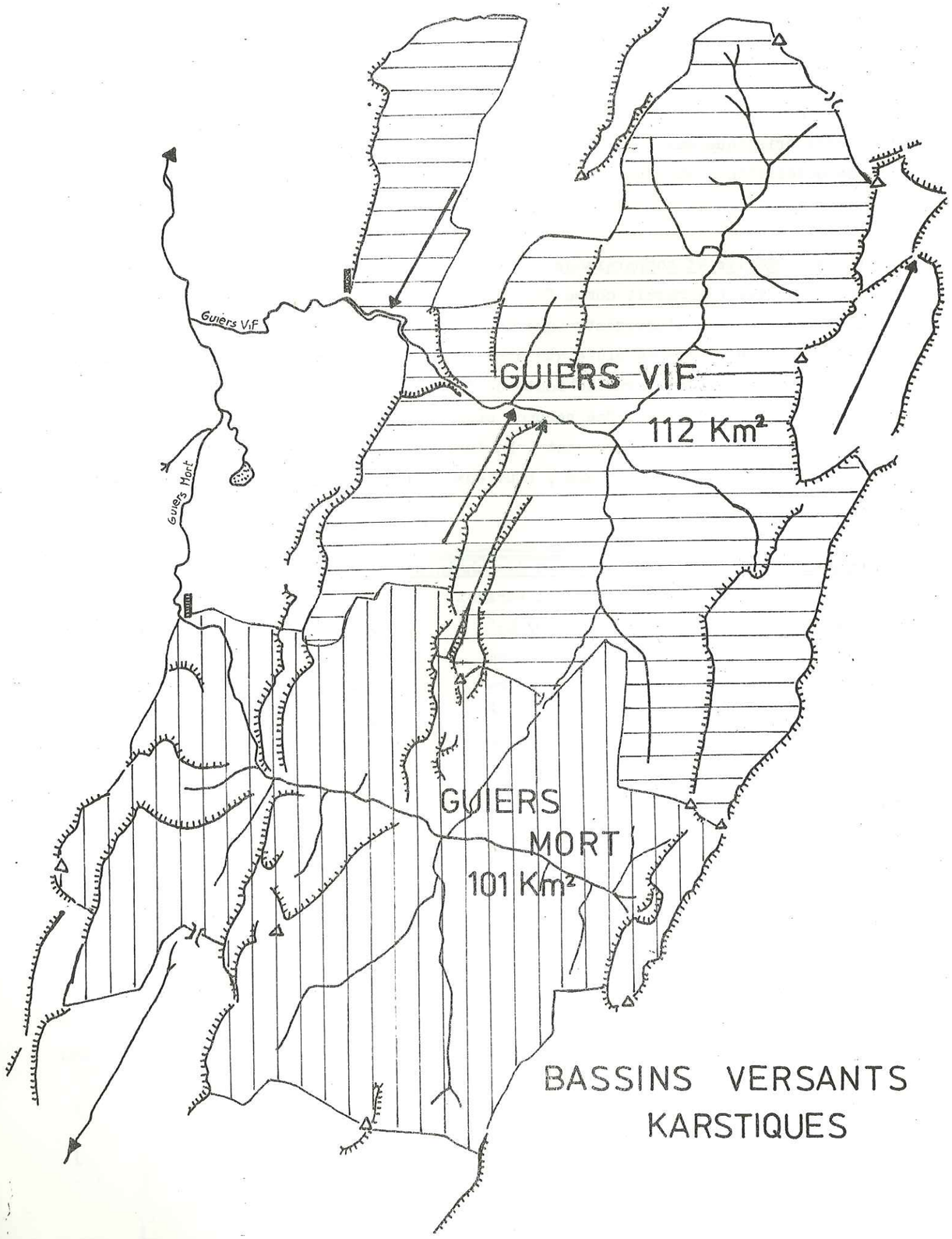
	Débit moyen	bassin versant	débit spécifique	période de référence
Guiers Mort	3,94 m^3/s	97 Km^2	40,7 $l/s/Km^2$	1970 - 1974
Guiers Vif	4,46 m^3/s	116 Km^2	38,5 $l/s/Km^2$	1970 - 1974
Bourne (Vercors)	6,20 m^3/s	232 Km^2	26,7 $l/s/Km^2$	1963 - 1967
Méaudret (Vercors)	0,55 m^3/s	22 Km^2	25 $l/s/Km^2$	1971
Chéran (Bauges)	2,25 m^3/s	96 Km^2	23,4 $l/s/Km^2$	1972 - 1973
Dranse (Chablais)	21 m^3/s	525 Km^2	40 $l/s/Km^2$	?
Rhône alpestre	180 m^3/s	5143 Km^2	35 $l/s/Km^2$	?

Seuls la Dranse ou le Rhône alpestre ont des débits spécifiques comparables à ceux des Guiers . Mais ces rivieres drainent des massifs de bien plus haute altitude que la Chartreuse .

Comparaisons entre Guiers Mort et Guiers Vif

Le bassin versant du Guiers Vif est un peu plus grand que celui du Guiers Mort (116 contre 97 Km^2) . Les débits moyens par contre sont de même ordre . Les bassins versants géologiques sont légèrement différents des bassins géographiques . Celui du Guiers Vif

Planche n° 6



voit une partie de ses eaux partir vers l'Isère au niveau du massif de l'Alpe par la résurgence du Cernon . Par contre , il reçoit en rive droite , dans les gorges de l'Echaillon , les apports du réseau Fontaine Vive - Fontaine Noire qui draine le synclinal de Couz . (Coloration du S.C.de Savoie à la grotte de la Folatière en Juin 1975) Le Guiers Mort voit arriver par la résurgence de la Passerelle (gorges du Pic de l'Oeillette) des eaux provenant de la forêt de Génieux , probablement fort au dela du col de la Charmette , ce qui accroit légèrement son bassin versant .

Guiers Mort	B.V. géographique	97 Km^2
	B.V. géologique	101 Km^2 , Q spécifique corrigé : 46,8 $l/s/Km^2$
Guiers Vif	B.V. géographique	116 Km^2
	B.V. Géologique	112,5 Km^2 , Q spécifique corrigé : 43,3 $l/s/Km^2$

On remarquera sur les courbes des débits journaliers (planches n° 4 et n° 5) que les débits du Guiers Mort apparaissent beaucoups plus pondérés que ceux du Guiers Vif . Les crues étant moins importantes et les étiages moin prononcés .
Coefficient de variation des débits du Guiers Mort : 1,22
Coefficient de variation des débits du Guiers Vif : 1,44

Conclusions sur l'hydrologie de surface

Le Guiers Vif et le Guiers Mort apparaissent comme deux torrents de montagne ayant un des plus forts débits spécifiques des chaines sub-alpines malgrès des bassins versants situées à une altitude modeste . Leur régime est de type pluvio - nival . Leurs bassins versants contigus présentent des surfaces à peu près équivalentes , surtout si l'on tient compte des écoulements karstiques . Cependant quelques différences apparaissent , débit spécifique plus fort pour le Guiers Mort , plus grande variabilité pour le Guiers Vif .

N.B. Les hypothèses sur les différents bassins versants karstiques affluents des Guiers , et n'appartenant pas au domaine de cette étude , sont celles que l'on pourra trouver dans l'Inventaire Spéléologique du massif de la Charteuse , B. TALOUR 1975 .

II - 2 Les sources

2 - 1 Les sources non karstiques

Elles ne constituent pas l'élément essentiel de notre étude , cependant nous définirons leurs principales caractèristiques afin de pouvoir les distinguer des sources de type karstique .

Quelques données sur les sources non karstiques

Dénomination	terrain	r Ohm	t °C	ρ Ohm/cm	ρ18° Ohm/cm	Q l/s
Source à la Coche	argiles glaciaires	1060	7,8	4770	3650	1 l/s
Source à la Coche	tuffs	1040	8,0	4680	3600	5
Source de l'Ivernon	argiles glaciaires	1060	7,6	4770	3630	1,5
Source des Combes		980	8,5	4410	4150	1,5
3 captages à la Grenaz	quaternaire	1120	?	5040		10
Source de la Grenaz	quaternaire	1050	?	4725		5
Source à la Grenaz	quaternaire	1160	?	5220		1,5
Ruisseau des Nants	quaternaire	880	?	3960		
Pont oublié	éboulis	920	7	4140	3090	1,5
Source	graviers	880	8,9	3960	3130	2
Vieux pont St.Bruno	sables fluvio-glaciaires	900	8,7	4050	3180	4
Pont du Fumeron		1000	9,8	4500	3650	2
Carrefour du Chateau	sables fluvio-glaciaires	800	6,7	3600	2660	1
Source du Couzon	drains ds. argiles	1020	7,2	4590	3450	1

Toutes ces valeurs ont été mesurées à la même époque : Juillet 1973

Parmi ces sources nous étudierons plus en détail celle du Couzon qui a été suivie à titre de comparaison pendant la période étudiée .

LA SOURCE DU COUZON

Situation St. Pierre de Charteuse

à 250 m au Sud du col du Cucheron , à l'Est de la route .

Coordonnées Lambert 873,80 349,18 1110 m

Conditions d'émergence Drain de graviers dans des argiles de type glaciaire .

Données physiques (planche n° 7) Les débits sont faibles et ne varient peu . Les températures au contraire , à cause de la proximité de la surface suivent les variations saisonnières . La résistivité (2500 Ω/cm , moyenne annuelle , contre 4500 à 5500 pour les eaux du karst urgonien) Lors des fortes pluies, des ruissellements de surface font

Planche n° 7

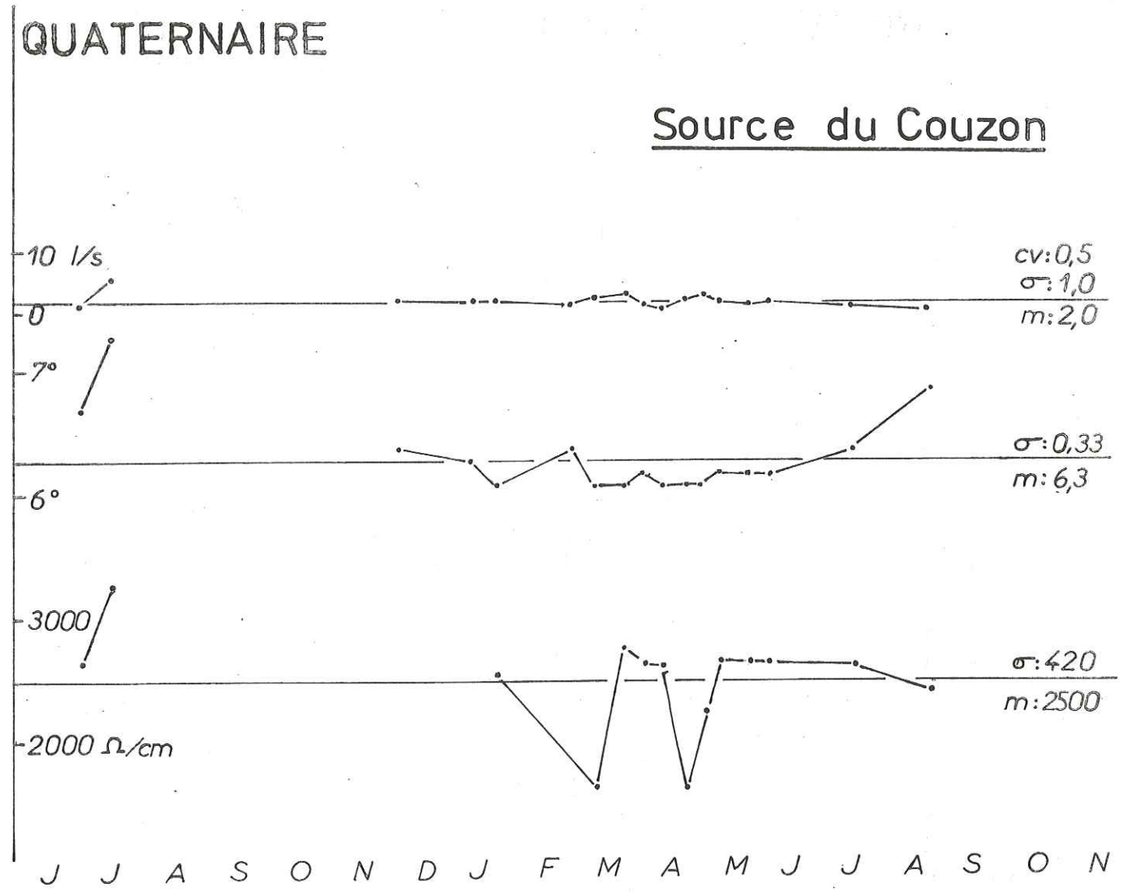
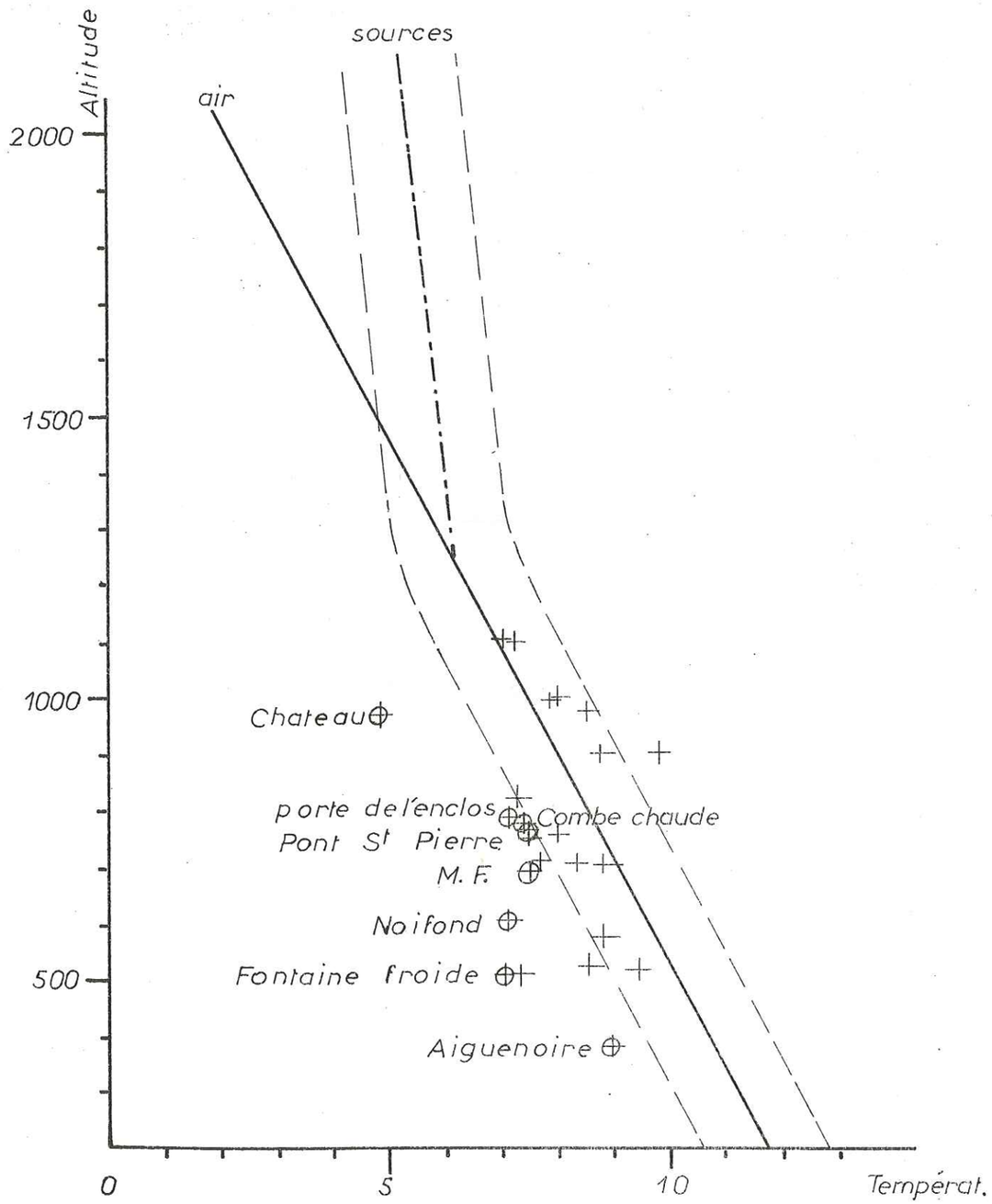


Planche n°8

RELATION TEMPERATURE-ALTITUDE



D'après R MICHEL (sources du département de l'Isère)

fortement diminuer les résistivités .

Ces caractères nous paraissent valables également pour la majorité des sources décrites plus haut et les distingent nettement des émergences karstiques .

II - 2 - 2 Les sources de type karstique

Parmi toutes les sources recencées sur le massif , un petit nombre se distingue par des débits plus importants et très variables . Leurs températures moyennes annuelles confrontées à la courbe de la planche n° 8 montre que leur origine se situe à une altitude nettement plus haute que l'émergence . Leur faible minéralisation les met également à part . Ce sont ces sources de type karstique que nous allons maintenant étudier .

a) Les sources des calcaires sénoniens

LA SOURCE DE LA CAMBISE N° 59

Situation St. Pierre de Chartreuse , au dessus du 4^{em} tunnel .

Accès De St. Pierre , descendre les gorges du Guiers Mort jusqu'à l'entrée du 4^{em} tunnel . Passer au dessus par un sentier invisible au départ . Il se précise plus haut. Il passe sous une barre rocheuse de gauche à droite , puis traverse un ravin et monte en le recoupant plusieures fois . Vers 870 m d'altitude , traverser horizontalement vers la gauche jusqu'à ce que l'on recoupe un ruisseau que l'on remonte jusqu'à la grotte .

Coordonnées Lambert 869,35 344,80 900 m

Situation géologique (planche n° 9) La grotte s'ouvre dans les calcaires schisteux du sénonien dans une zone très tectonisée , non loin du contact avec les calcaires urgoniens . A ce niveau , les couches décrivent une série de petits synclinaux pincés . La cavitè se développe dans l'axe du plus important d'entre eux .

Caractèristiques physiques et chimiques A cause de son éloignement , cette émergence n'a pu être suivie tout au long de la période d'étude . Une visite y a été effectuée le 26 / 6 / 73

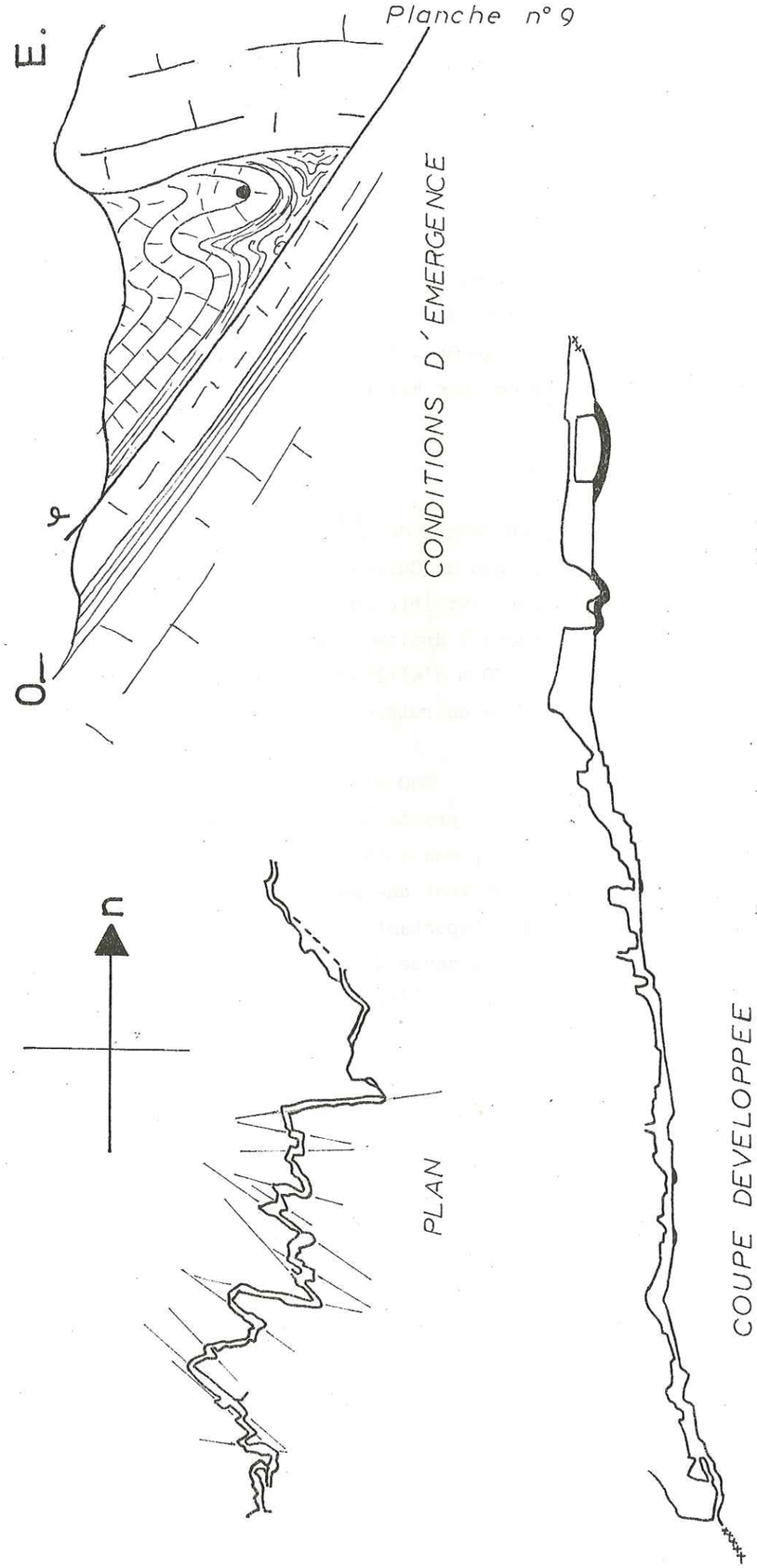
Débit	2 l/s
Température	8,7 °
Résistivité à 18°	4300 Ohms/cm

Aucune analyse chimique n'a été effectuée .

En période d'étiage , les eaux de la Cambise se perdent avant d'atteindre le Guiers Mort dans les calcaires urgoniens qui affleurent en contre-bas .

La source de la Cambise est la seule émergence des calcaires sénoniens connue dans le massif du grand Som . Son importance est réduite au point de vue des débits , cependant elle montre que les calcaires sénoniens peuvent être bien karstifiés et constituer un niveau indépendant .

Planche n° 9



GROTTE DE LA CAMBISE

b) Les sources des calcaires urgoniens

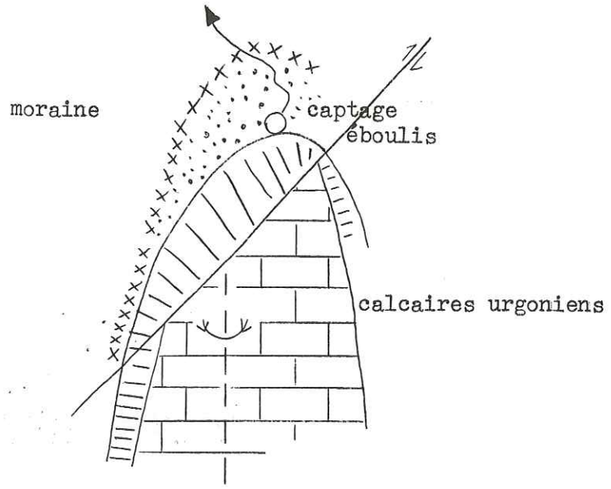
LA SOURCE DU CHATEAU N° 10

Situation St. Pierre d'Entremont ; elle est captée en amont du village du Chateau , au bas du vallon des Eparres .

Accès Prendre la route du vallon des Eparres , la source se trouve à gauche dans une prairie en dépression .

Coordonnées Lambert 873,88 351,34 970 m

Situation géologique : La source est captée dans des sables de type fluvio-glaciaire en arrière de la moraine du vallon des Eparres . Elle est située à 50 m , environ , de la terminaison Nord des calcaires urgoniens des rochers du Cernay , d'ou proviennent certainement les eaux .



Caractèristiques physiques et chimiques Cette émergence a été suivie pendant toute la période d'étude , soit de juillet 1973 à Octobre 1974 (planche n° 10)

Les débits :

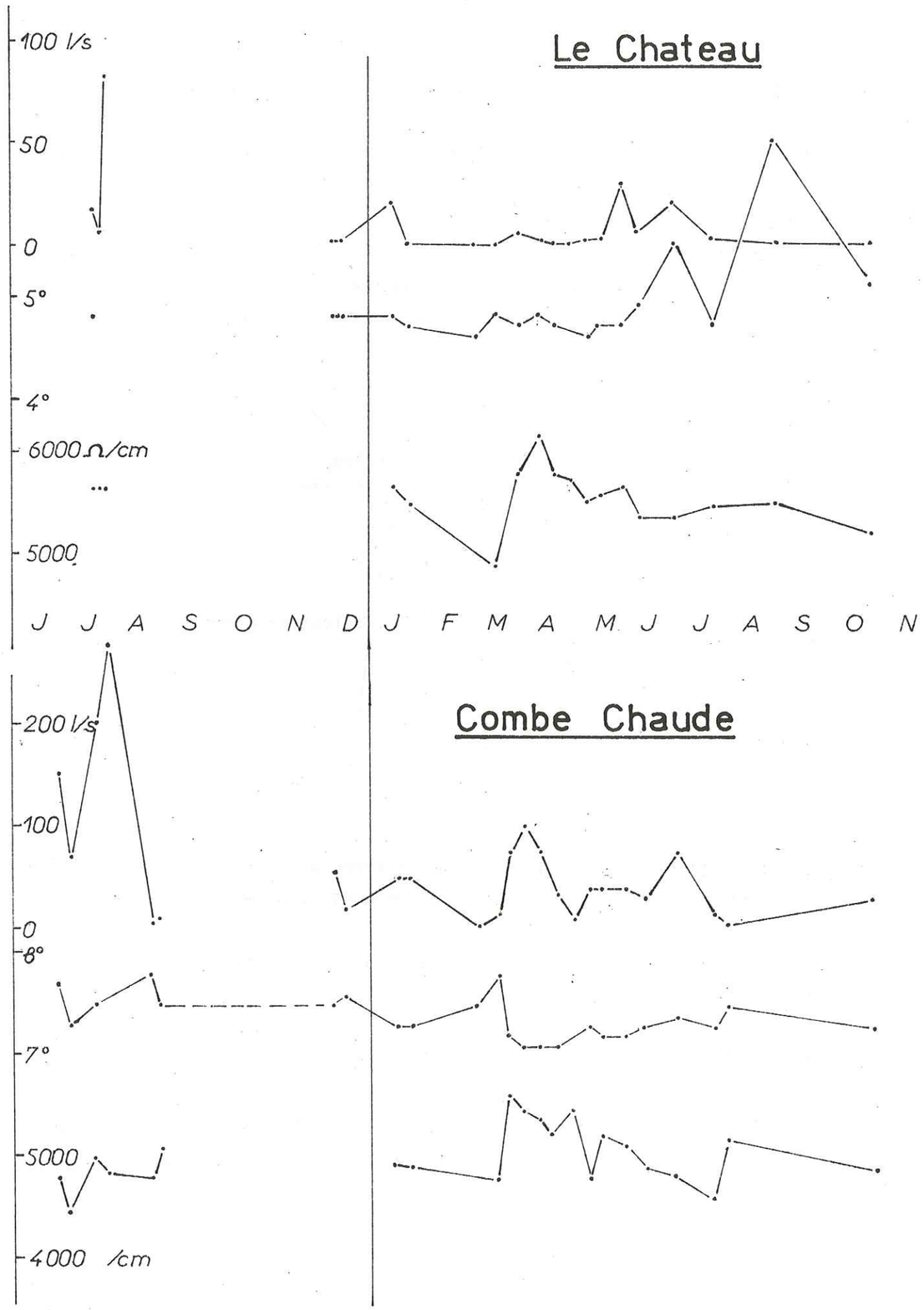
bien que peu précis , (estimation) leur corrèlation avec la température et la résistivitè permettra de bâtir des hypothèses . Une première fonte de neige a lieu fin Mars provoquant une crue peu marquée ; la seconde fonte en Mai est plus importante , ce qui dénote un bassin versant à alimentation principalement en altitude .

Les températures :

suivent la variation saisonnière de surface ; anormalement basses en hiver (4,6°) , elles remontent vers 6° a l'Automne lorsqu'il ne reste plus de neige dans les glacières . Le fait que les températures suivent la variation saisonnière , implique : soit un

Planche n° 10

LES SOURCES DES CALCAIRES URGONIENS



renouvellement rapide de l'aquifère , soit des échanges thermiques faciles avec ce dernier , peu profond ou bien ventilé .

Les résistivités :

baissent régulièrement durant l'étiage d'hiver , montrant la contribution d'eaux anciennes , depuis longtemps au contact de la roche ; ce qui est en contradiction avec l'hypothèse d'un renouvellement rapide de l'aquifère . La fonte des neiges apporte des eaux faiblement minèralisées qui font remonter la résitivité .

Hypothèses sur l'aquifère :

Nous avons vu que l'aquifère prèsentait des échanges thermiques avec l'extèrieur . Deux possibilités se présentent : 1) Il sagit d'une circulation d'eau à faible profondeur sous un éboulis encombrant le bas du vallon des Eparres ; 2) Ou d'un système karstique très bien ventilé , comme nous en connaissons un à la dent de Crolles, par exemple .

Chimie des eaux :

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg	SO_4
7,8	4341Ω/cm	2,19 meq	2,1 meq	0,2 meq	0,06 meq

Sur la planche n° 17 , ces eaux se situent dans un groupe à forte résistivité situé en haut du diagramme, avec les sources de la Passerelle , de Noirfond , de Combe Chaude et de la Porte de l'Enclos .

LA SOURCE DE COMBE CHAUDE N° 54

Situation St. Pierre de Chartreuse ; la source se trouve en rive droite du Guiers Mort , juste en amont du pont de la Porte de l'Enclos .

Accès Un griffon est facilement accessible sous l'ancien bâtiment de la Porte de L'Enclos .

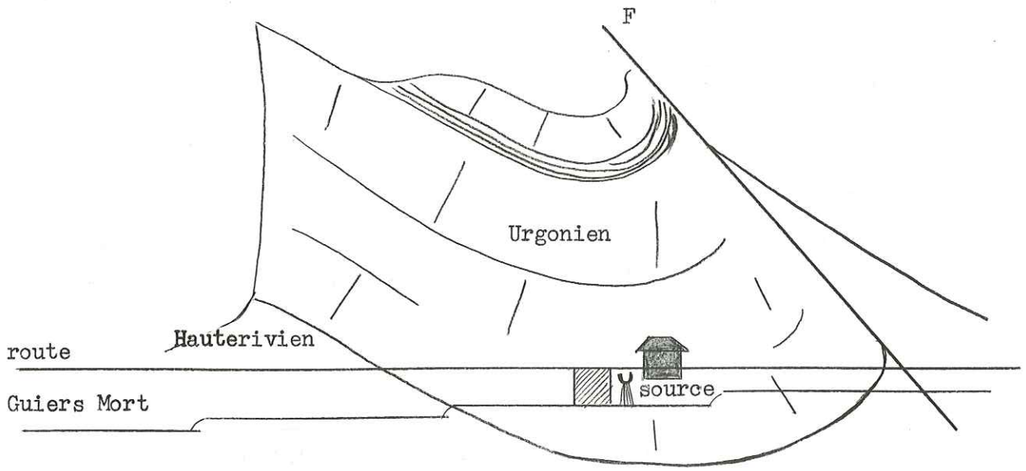
Coordonnées Lambert 871,40 343,95 770 m

Situation géologique Cette émergence a lieu au travers du remblai de la route par des conduits de drainage probablement fort anciens . Elle provient des calcaires urgoniens formant falaise en arrière de la route . Le point de sortie semble être assez proche du fond du Synclinal .

Caractèristiques physiques et chimiques

Les débits :

La source de Combe Chaude n'est pas très importante sur le plan des débits (1 l/s étiage). Les crues sont modèrées , mais nous soupçonnons l'existence d'un trop - plein dans le vallon affluent situé immédiatement à l'Est . Sur la planche n° 10 , la fonte des neiges , fin Mars , apparait comme l'évènement majeur . La seconde fonte de Mai est moins importante . Ceci implique un bassin versant de basse altitude , ou bien exposé;



ce qui est en fait le cas , ce dernier étant orienté au Sud .

Les températures :

Durant l'étiage d'hiver la température de l'eau va en s'élevant progressivement , montrant la sortie d'eaux anciennes réchauffées par géothermie . Au cours des deux ou trois premiers jours de la fonte des neiges , alors que le débit augmente , sortent encore des eaux chaudes . L'eau de fonte apparait quelques 48 h après , faisant chûter la température . l'onde de crue parvient donc bien avant l'eau nouvelle à l'émergence ; ce qui suppose un réseau noyé d'une certaine importance .

Les résistivités :

suivent une évolution synchrone , mais en sens inverse des températures , ce qui confirme l'hypothèse ci dessus . La source de Combe Chaude se situe sur la planche n° 17 en 4^{em} position dans le groupe des émergences à forte résistivité .

Chimie :

analyse partielle du 23 / 11 / 75

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg	SO_4
7,55	4341 Ω/cm	2,32 meq	2,34 meq	0,14 meq	0,08 meq

LA SOURCE DE LA PORTE DE L'ENCLOS

Bien que ne faisant à proprement pas parler ; partie du secteur étudié , cette émergence rive gauche du Guiers Mort , située en face de Combe Chaude , a été suivie en raison de sa facilité d'accès .

Situation St. Pierre de Charteuse . Un vaste porche s'ouvre en rive gauche du Guiers Mort , au dessus d'une sortie pérenne située pratiquement sous le pont de la Porte de l'Enclos .

Accès Les sorties pérennes sont facilement acessibles à partir de la grotte en passant sous une arche de l'ancienne route .

Coordonnées Lambert 871,40 343,94 770 m

Caractèristiques physiques et chimiques planche n° 12

Les débits :

Il a été impossible de mesurer les débits de cette émergence , les sorties d'eau se faisant en étiage dans le lit même du Guiers . Cependant des estimations restent possibles . Ces débits sont très variables , allant de 2 à 3 l/s étiage à plus de 2 m^3/s en crue . L'eau sort alors sous la forme d'un torrent tumultueux du porche et de nombreuses autres ouvertures en falaise . La réponse aux orages est très brûtale , la fonte des neiges , par contre , plus étalée , n'amène pas des débits aussi élevés .

Les tempèratures et les résistivités :

suivent la même évolution qu'à Combe Chaude . Par contre , avec le début de la crue sortent immédiatement des eaux plus froides et à résistivité élevée . Le système semble possèder moins de réserves que celui de Combe Chaude ; la brûtalité des crues et la faiblesse des étiages vont également dans le sens de cette hypothèse .

Chimie :

analyse partielle du 23 / 11 / 75

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg
7,7	4120 Ω/cm	2,60 meq	2,68 meq	0,12 meq

Sur la planche n° 17 , cette souce se situe en cinquième position parmi le groupe des émergences à forte résistivité .

LA RESURGENCE DE LA PASSERELLE N° 61

Bien que située également en rive gauche du Guiers Mort , cette émergence qui est la seule connue des gorges du Pic de l'Oeillette , est soupçonnée drainer à la fois les deux rives .

Situation St. Laurent du Pont ; en rive gauche du Guiers Mort , en amont de la passerelle s'ouvre un vaste porche en joint de strate . Ce dernier ne coule que lors des fortes crues .

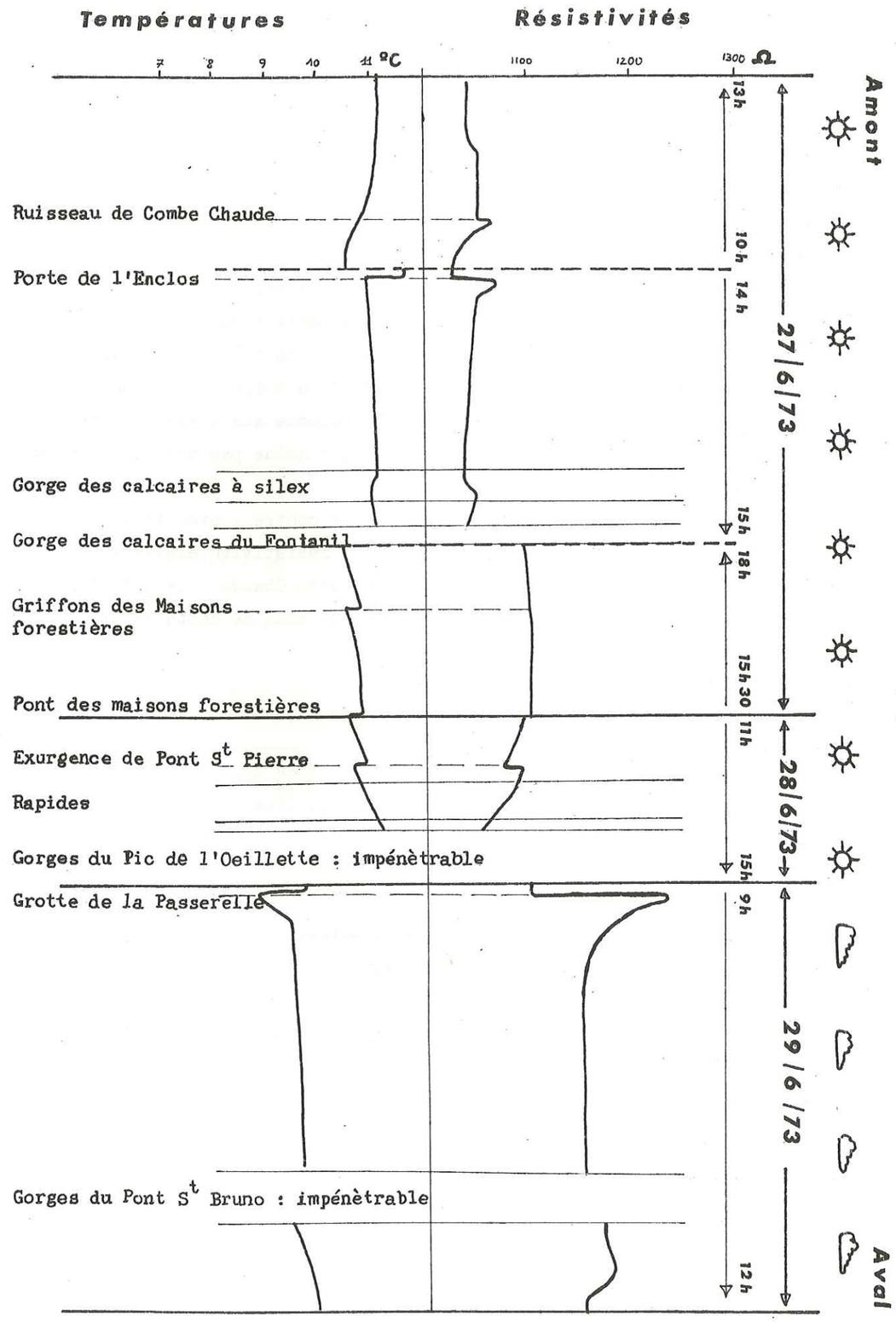
Accès Par la passerelle .

Coordonnées Lambert 869,01 344,48 650 m

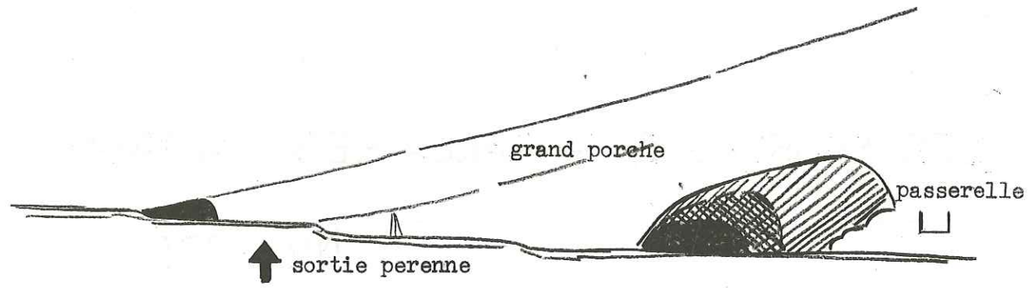
Situation géologique La grotte s'ouvre au fond du synclinal de la Monta ; synclinal fortement déversé vers l'Ouest et chevauché par l'anticlinal du Charmant Som .

Guiers Mort ; Profil :

Planche n° 11



Mise en évidence de l'émergence pérenne (planche n° 11) Nous avons mis en évidence l'éxistence à ce niveau d'une importante émergence pérenne , grace à la réalisation d'un profil résistivité - température éffectué au long du Guiers Mort . Au mois de Juin , en basses eaux , on constate à 100 m en amont du porche une brusque chûte de la température du Guiers de 1° C et une augmentation aussi brusque de la résistivité de 450 Ohms environ . On remarquera sur la planche n° 11 que c'est la plus importante variation enregistrée depuis la Porte de l'Enclos . Cette sortie d'eau se situe dans une zone profonde du Guiers Mort et est aussi invisible qu'inaccessible pour un non plongeur . A l'intérieur de la grotte , le réseau actif n'est accessible qu'en plongée à 25 m de profondeur . Néanmoins des plongeurs du Spéléo-club de la Tronche ont accepté de nous faire un prélèvement en ce point . Nous ne connaissons pas la température de l'eau , car le thermomètre n'a maheureusement pas résistè à la pression .



Caractèristiques physiques et chimiques

Analyse chimique partielle du 18 / 11 / 75

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg	SO_4
7,2	4745 Ω/cm	2,36 meq	2,34 meq	0,36 meq	0,13 meq

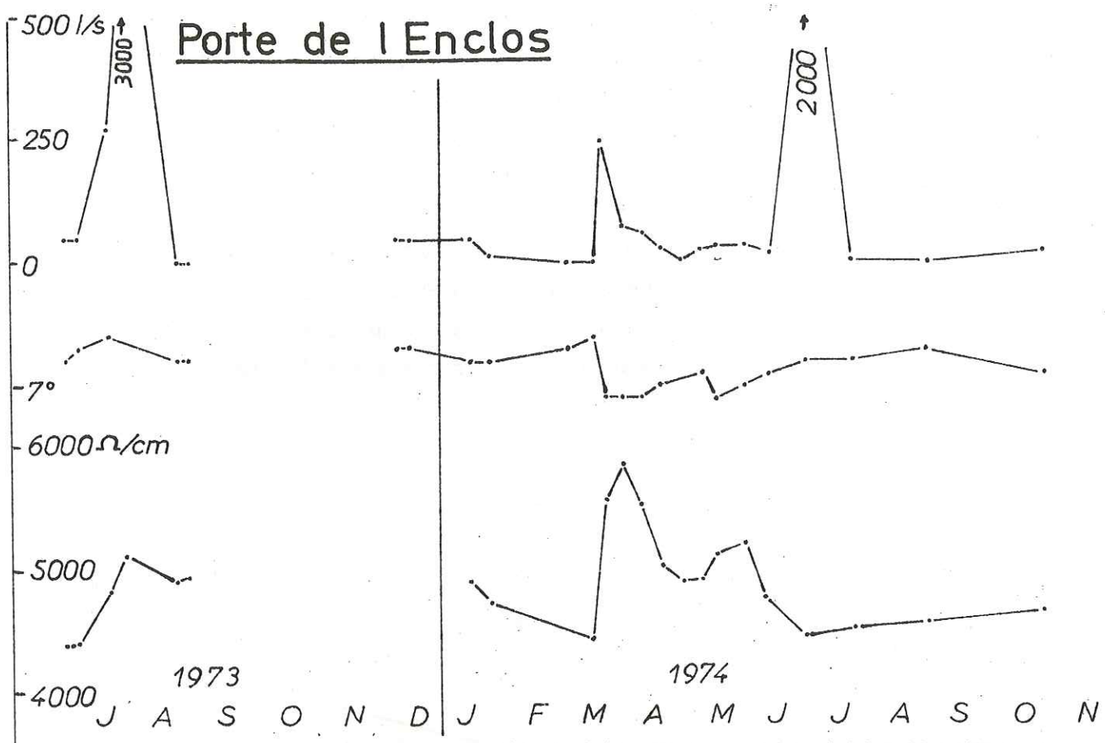
Ce qui sur notre tableau de la planche n° 17 place cette émergence parmi celles à forte résistivité des calcaires urgoniens , avec cependant une teneur un peu élevé en magnésium .

Caractèristiques communes aux sources des calcaires urgoniens

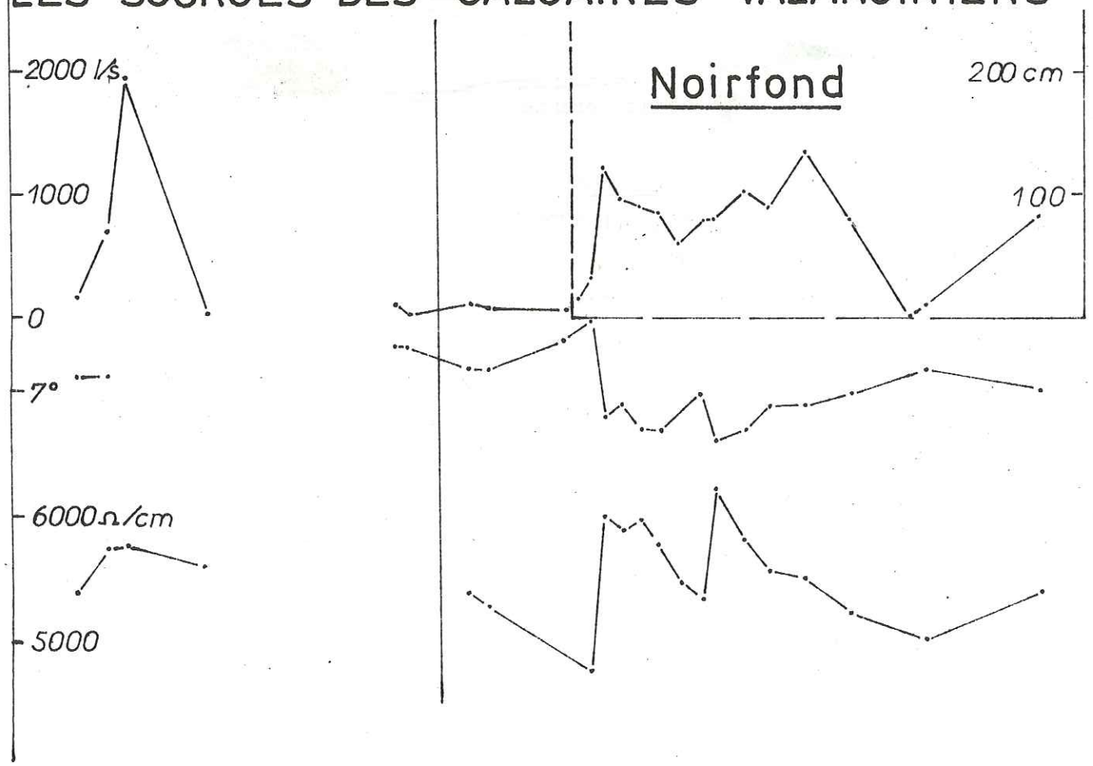
- Les débits sont importants , présentent une forte variabilité avec une réponse rapide aux averses ou fonte de neige .

Planche n° 12

LES SOURCES DES CALCAIRES URGONIENS



LES SOURCES DES CALCAIRES VALANGINIENS



- De toutes les émergences du massif , leurs résistivités sont les plus fortes . (entre 4000 et 6000 /cm)

c) Les sources des calcaires valanginiens

LA SOURCE DE NOIRFOND

C'est l'émergence la plus importante du massif du Grand Som .

situation Cette source se trouve en rive gauche , dans les gorges du Guiers Vif , en aval de la centrale .

Accès De la centrale , traverser le Guiers sur une passerelle , puis suivre un sentier vers l'aval . On arrive à la source après avoir traversé un ruisseau .

Coordonnées Lambert 873,71 352,48 600 m

Situation géologique L'émergence se fait dans les calcaires valanginiens à l'endroit où la couche est recoupée par la vallée . L'eau remonte à travers des éboulis au pied d'une petite barre .

Caractèristiques physiques et chimiques (planche n° 12)

Les débits :

Il nous a été impossible de les mesurer à cause de la proximité du Guiers . L'eau s'étale sur un éboulis et circule au travers de celui - çi avant d'atteindre la rivière . Cependant , une échelle graduée a été placée , permettant de noter les variations . Il est dommage que faute de moyens , il n'ait pas pu être placé un enregistreur en ce point .

Les températures :

Sur la planche n° 8 , on verra que le point moyen des températures de cette source se situe bien au dessous de la courbe , ce qui traduit un bassin versant d'assez haute altitude .

Les résistivités :

sont tres élevées et placent cette émergence des calcaires valanginiens parmi celles des calcaires urgoniens (planche n° 17)

La remontée des températures et de la minéralisation , avant,et tout au début de la fonte des neiges est remarquable .

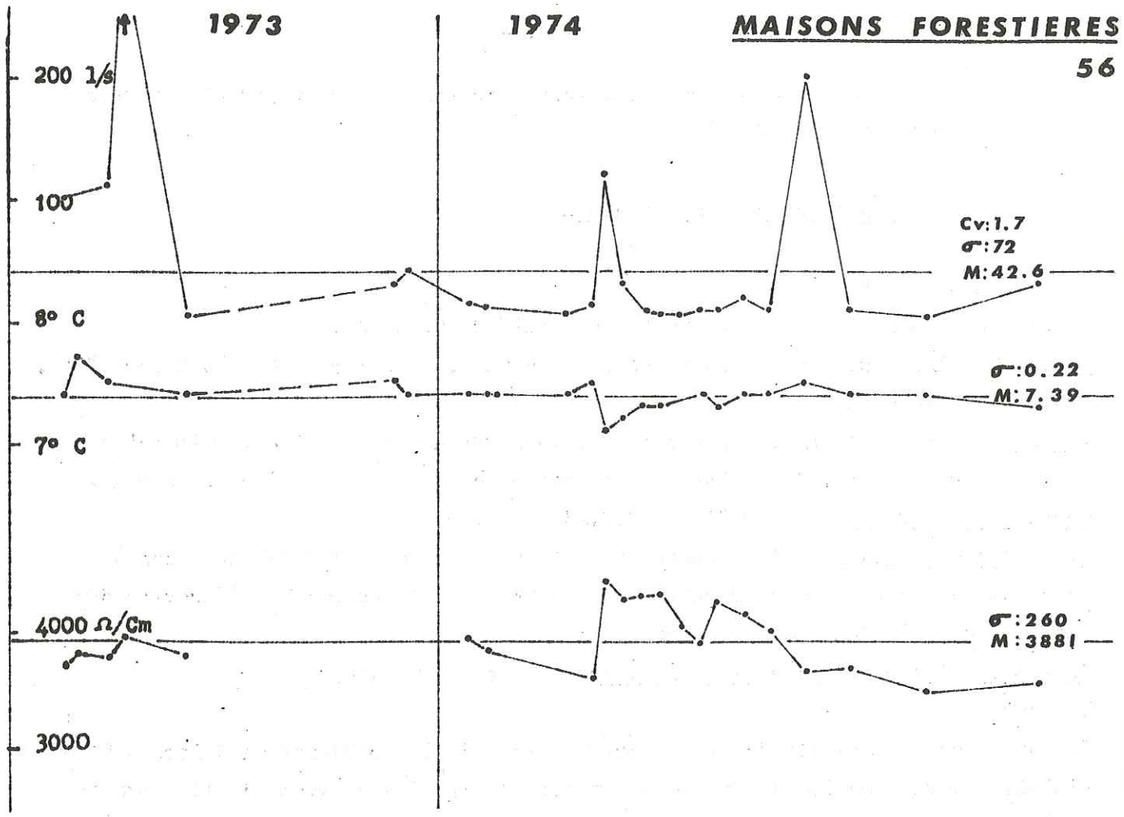
La chimie :

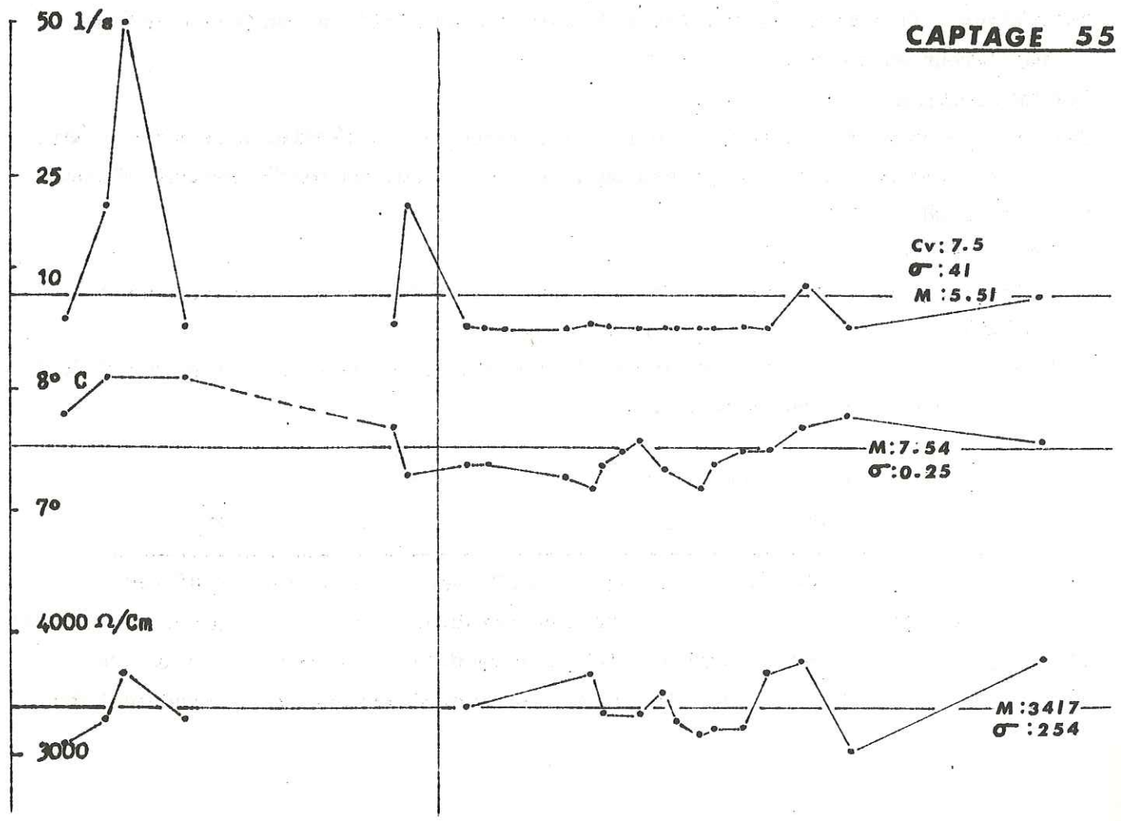
Analyse partielle du 23 / 11 / 75

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg	SO_4
7,8	3730Ω/cm	2,84 meq	2,58 meq	0,28 meq	o,19 meq

En raison des caractères çi-dessus , très comparables à ceux des sources des calcaires urgoniens , de la faible superficie d'affleurement de cette unité de calcaires valanginiens et de la présence plus au Sud de l'unité urgonienne du synclinal des

LES SOURCES DES CALCAIRES VALANGINIENS





Eparres qui ne possède pas d'émergence vers le Nord „ nous proposerons l'hypothèse que les eaux du synclinal urgonien du vallon des Eparres passent au niveau de la faille du pas Dinay aux calcaires valanginiens pour ressortir à Noirfond .

LES SOURCES DES MAISONS FORESTIERES N° 56

Faute de leur connaitre un autre nom, nous avons nommé ainsi un groupe de sources sortant des calcaires valanginiens par plusieurs griffons et ayant les mêmes caractèristiques physiques .

Situation Ces sources sont situées en rive droite du Guiers Mort , au fond des gorges et en amont des maisons forestières .

Accès D'un emplacement de stationnement , situé entre le carrefour Est de la Correrie et les maisons forestières , un sentier descend vers le Guiers . Il passe à proximité de la principale émergence .

Coordonnées Lambert 870,45 344,25 710 m

Situation géologique La principale sortie d'eau se fait dans le Valanginien supérieur sous une strate inclinée à 30° et plus ou moins éffondrée . Des griffons sortent plus bas sur une fissure horizontale . Les conditions d'émergence sont difficiles à apprècier à cause de la présence d'une couverture d'éboulis et de la densité de la végétation .

Caractèristiques physiques et chimiques (planche n° 13)

Les débits :

sont relativement peu importants : 2 l/s à 300 l/s . La variabilité est plus faible que pour les sources déja vues .

Températures et résistivités :

suivent une évolution de même type que les émergences précédentes (baisse de la résistivité durant l'étiage d'hiver et hausse des températures , sortie d'eaux anciennes au début de la crue de fonte des neiges). Les résistivités sont nettement inférieures à celles des calcaires urgoniens dénotant une minéralisation plus élevée .

Chimie :

analyse partielle du 23 /11 / 75

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg
7,35	3248 Ω/cm	2,48 meq	2,16 meq	0,14 meq

SOURCE DU CARREFOUR EST DE LA CORRERIE (CAPTAGE N° 55)

C'est un captage en fort mauvais état , déversant ses eaux au bord de la route .

Situation Un peu à l'Est du carrefour de la correrie , en bordure de route .

Accès De la route suivre l'eau .

Coordonnées Lambert 870,98 344,25 770 m

Situation géologique Dans le captage , l'eau sort d'une fissure concrétionnée et de sables au niveau des calcaires à silex du valanginien supérieur . Une couverture d'éboulis masque totalement les conditions d'émergence .

Caractèristiques physiques et chimiques (planche n° 13)

Les débits :

sont faibles (qq l/mn à 25 l/s). La part prise par le captage , s'il est encore fonctionnel , nous est inconnue ; elle contribue certainement à fausser les débits d'étiage . La fonte des neiges n'a pas ammené une augmentation sensible des débits .

Les températures :

La température moyenne : 7,26° , est proche des températures moyennes du département de l'Isère pour cette altitude (planche n° 8). Elle suit très nettement la variation annuelle , ce qui traduit que l'aquifère n'est pas situé profondément . En raison de la basse altitude du bassin versant , des eaux de ruissellement provenant de plus haut , et non de neige fondue sur place , provoquent à la fonte des neiges une remontée des températures .

Les résistivités :

sont faibles et se rapprochent de celles du quaternaire . Elles augmentent avec l'étiage d'hiver et baissent avec la fonte des neiges . (eaux de ruissellement provenant d'une zone supérieure ?)

Chimie :

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg
7,7	2780Ω/cm	3,70 meq	3,02 meq	0,26 meq

Par tous ses caractères cette source diffère des précédentes . Nous pensons qu'il ne sagit pas d'une source de type karstique , mais d'une source d'éboulis .

d) Les sources des calcaires jurassiques

LA SOURCE DE FONTAINE FROIDE (OU DES SERMES) N° 5

Situation Dans les gorges du Guiers Vif , en dessous du village des Sermes .

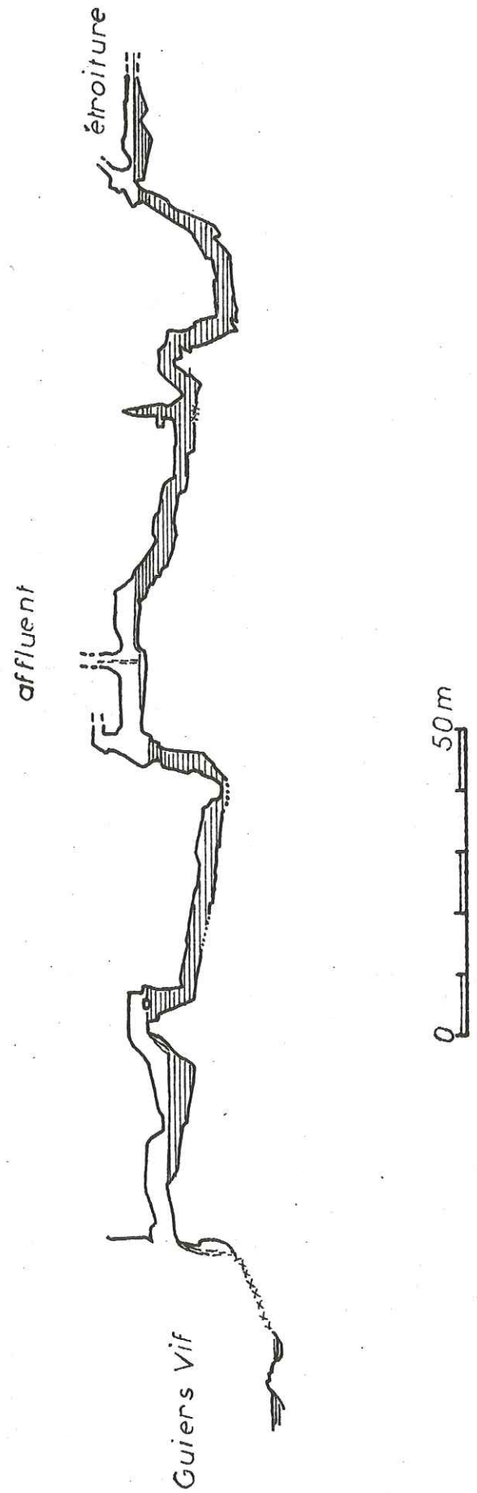
Accès A partir du virage de la route sous le hameau du Planay , descendre par une piste forestière en direction du Guiers . On rejoint une conduite forcée ; la suivre vers l'amont jusqu'à la grotte bien visible .

Coordonnées Lambert 872,97 352,69 520 m

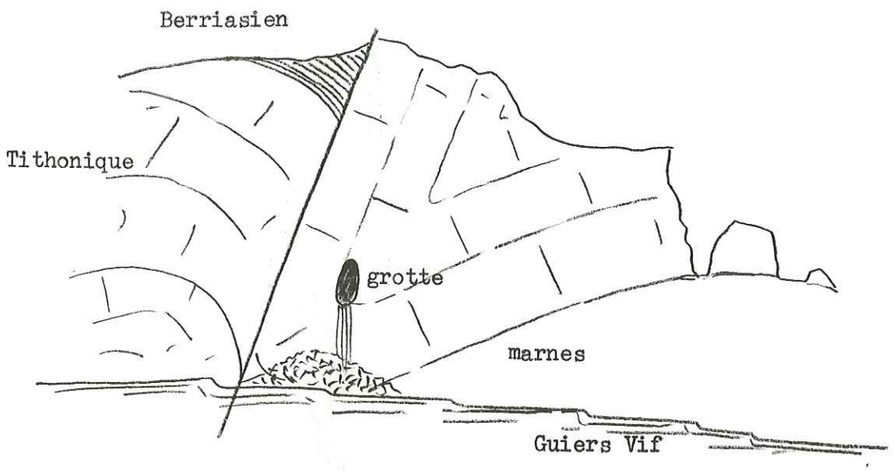
Situation géologique L'eau sort en cascade d'un petit porche situé au fond d'un synclinal déversé vers l'Ouest des calcaires tithoniques . Il s'agit d'un repli local de l'anticlinal des rochers de la Fitole qui réapparait à ce niveau .

PLANCHE N° 14

GROTTE DE FONTAINE FROIDE



croquis B. LEGER



Caractèristiques physiques et chimiques (planche n° 15)

Les débits :

ont été mesurés grace à une échelle ; maheureusement cette dernière , bien que située dans la grotte , a été volée avant d'être correctement tarée . On remarquera sur la p planche n°15 , que les débits de crue sont plus importants à la suite d'orages qu'à la fonte des neiges .

Les tempèratures :

varient en fonction de la saison et non des crues , au contraire des émergences précédentes .

Les résistivités :

par contre augmentent considèrablement avec la fonte des neiges ; mais cependant avec un décalage de près d'une semaine traduisant l'éxistence de réserves importantes .

Par ses résistivités , Fontaine Froide se situe sur la planche n° 17 juste après les sources des calcaires urgoniens .

Chimie :

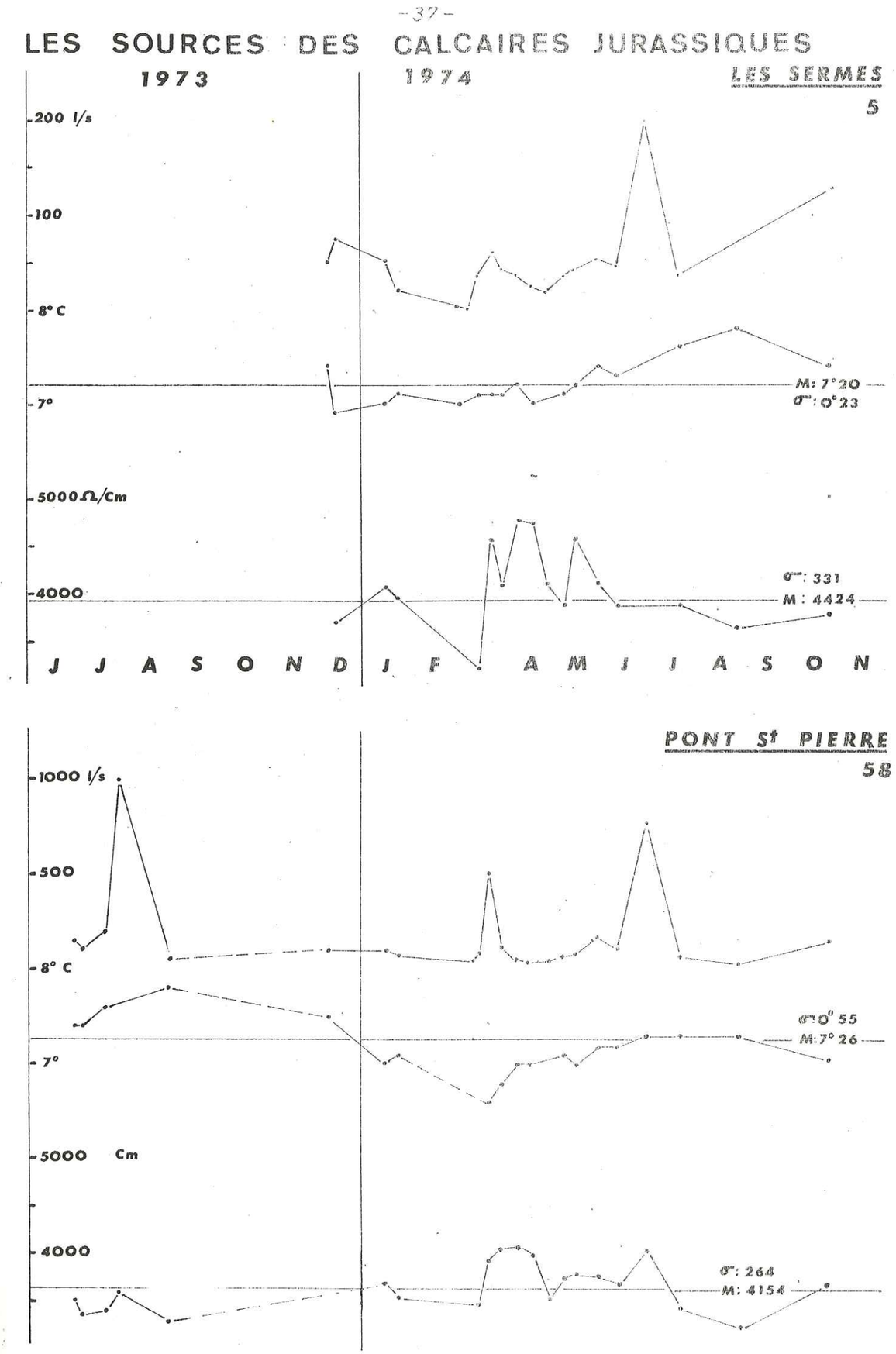
analyse partielle du 23 / 11 / 75

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg	SO_4
7,8	3730 Ω/cm	2,84 meq	2,58 meq	0,28 meq	0,19 meq

LA SOURCE DE PONT SAINT PIERRE N° 58

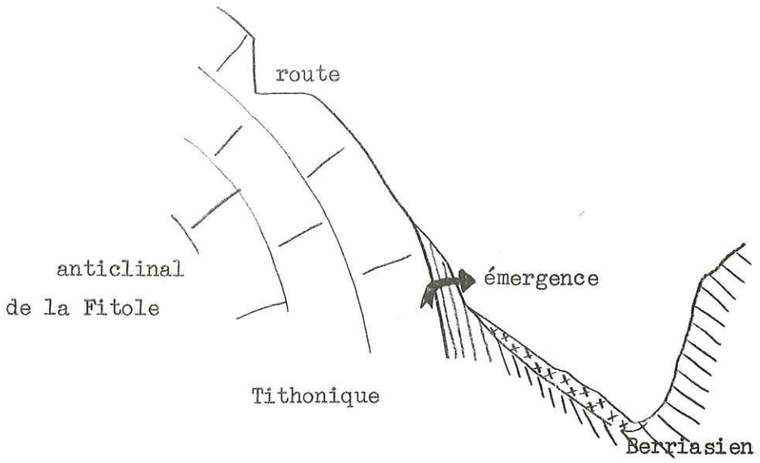
Situation St. Pierre de Chartreuse . La source se trouve en rive droite du ruisseau de St. Pierre , légèrement en amont de son confluent avec le Guiers Mort .

Accès En allant de St. Pierre de Chartreuse vers St. Laurent du Pont , s'arrèter à l'entrée du premier tunnel , un sentier raide descend à la source .



Coordonnées Lambert 869,99 344,40 710 m

Situation géologique Cette émergence s'ouvre dans les calcaires du Berriasien , au sommet des calcaires tithoniques .



Caractèristiques physiques et chimiques

Les débits :

vont nous servir à estimer la superficie du bassin versant de cette importante émergence dans un chapitre ultérieur . Ne disposant pas d'enregistreur , nous avons essayé d'estimer les débits caractèristiques annuels pour la période d'étude à partir de relevés d'échelle , malheureusement trop peu nombreux (25) que nous considèrerons comme un échantillon prélevé au hazard sur la période d'étude .

Lorsque l'on veut faire une analyse statistique ; il convient d'abord de savoir si la répartition des valeurs est gaussienne . Un coup d'oeil aux débits classés nous montre tout de suite que ce n'est pas le cas .

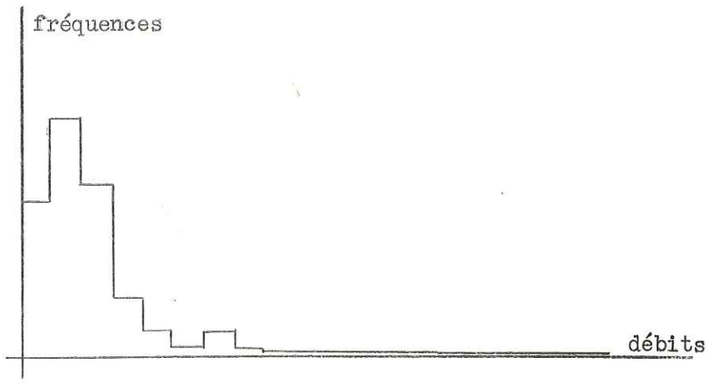
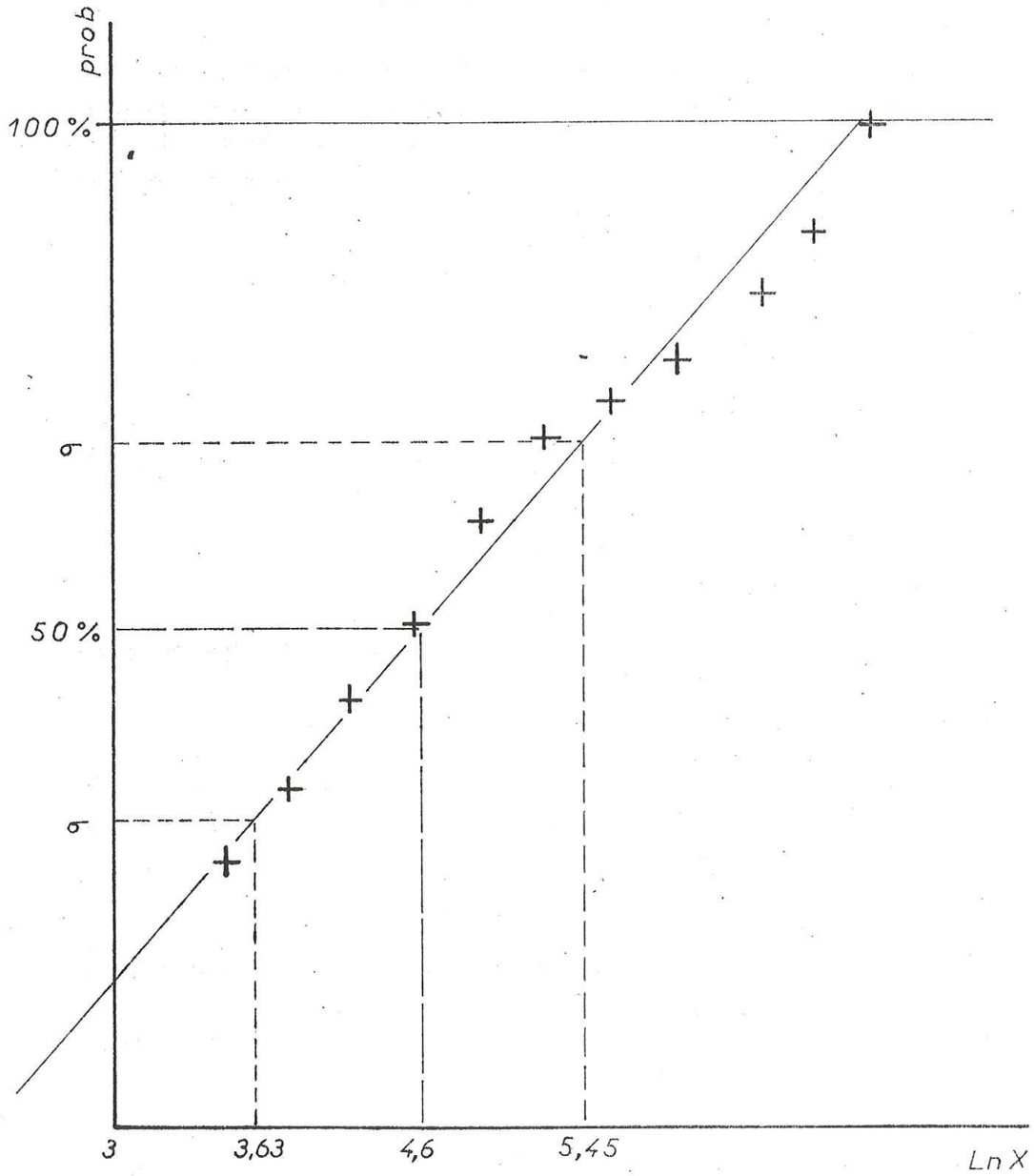


Planche n° 16

DROITE DE HENRY
Repartition des logarithmes des débits



Dans ce cas il nous est impossible d'utiliser directement la notion d'écart type et les estimations basées sur la loi de Laplace - Gauss .
Nous allons éssayer pour sortir de cette impasse de faire subir à nos valeurs une transformation logarithmique . La construction de la droite de Henry permettra de vérifier si la distribution est maintenant gaussienne . (planche n° 16)

La répartition des valeurs autour de la droite de Henry présente certains écarts . Cependant sachant que le nombre d'échantillons est assez faible , nous considérerons que la loi de répartition de nos valeurs est suffisament proche de la loi de Laplace-Gauss pour pouvoir estimer les caractèristiques des débits annuels de l'émergence .
A partir des valeurs transformées nous pouvons calculer :

la moyenne $\overline{Y} = 4,53$

L' écart type $r = 0,85$

Intervalle de confiance :

$$I = U \frac{r}{n^{1/2}}$$

Pour 90% de chances $U = 1,64$

$$I = 1,64 \frac{0,85}{25^{1/2}}$$

$$I = 0,28$$

La distribution n'étant pas normale , la moyenne des logarithmes n'est pas égale au logarithme de la moyenne , mais à la médiane .
La moyenne calculée sur les valeurs non transformées est de :

$$\overline{x} = 139 \text{ l/s}$$

Avec un intervalle de confiance à 90% de chances :

$$\overline{x} = 105 \quad 139 \quad 180 \quad \text{l/s}$$

Nous pouvons également estimer les débits extrèmes :

- Le débit d'étiage , valeur à laquelle le débit est inférieur ou égal dix jours par an ;
- Le débit de crue , valeur à laquelle le débit est superieur ou égal dix jours par an :

$$Y_{10} = Y - U$$
$$Y_{10} = 4,53 - 1,632 = 2,898$$
$$Y_{355} = 4,53 - 1,632 = 6,192$$

comme $X = e^{Y}$

Etiage	X_{10} =	14	18	24	l/s
Crue	X_{355} =	360	475	630	l/s

Les températures :
(planche n° 15) suivent les variations extèrieures , ceci est probablement dû aux nombreuses pertes qui alimentent cette émergence .
Les résistivités :
subissent par contre une évolution comparables à celles des autres sources de type karstique . La minéralisation est importante .
Chimie :
analyse partielle du 23 / 11 / 73

PH	ρ 18°	HCO_3	Ca	Mg	SO_4
7,5	3290 Ω/cm	3,60 meq	3,26 meq	0,33 meq	0,06 meq

e) Conclusions sur les émergences de type karstique
Facilement discernables par leurs débits , leurs tempèratures , leurs résistivités et leurs conditions d'émergence des sources du quaternaire , les sources de type karstique sont plus difficiles à classer entre elles .
Si sur le plan des résistivités (planche n° 17) , les sources des calcaires urgoniens se détachent nettement des autres par leur faible minéralisation ; il est bien difficile d'attribuer un caractère physico - chimique distinctif aux sources du Valanginien ou du Jurassique .
Par contre , en suivant l'évolution annuelle des différents facteurs pris en compte dans cette étude , c'est à dire : débits , températures , résistivités ; on arrive à classer ces émergences en deux types distincts .

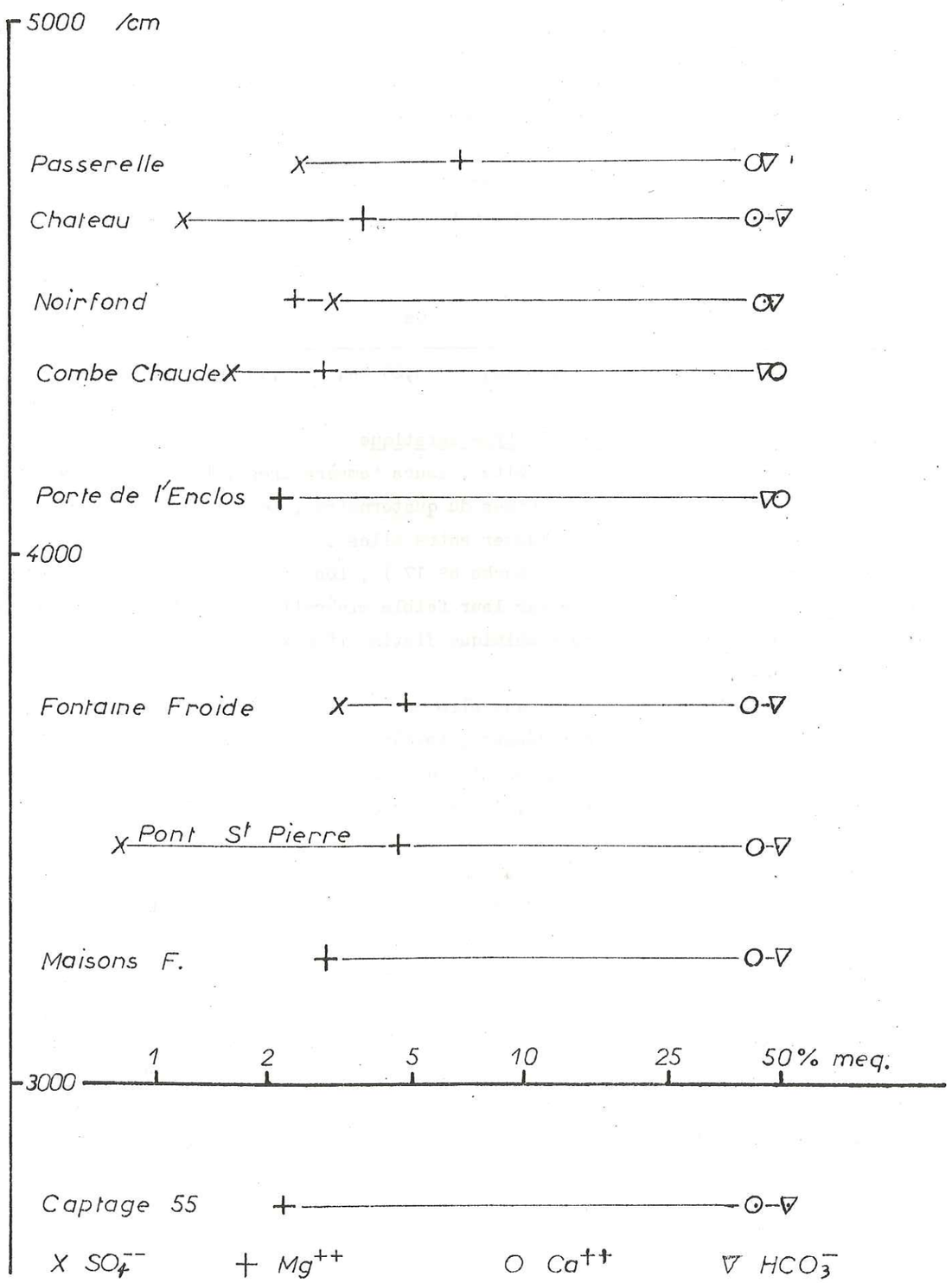
- Le type I comporte : Noirfond , Combe Chaude , La porte de l'Enclos , Maisons Forestières ;
- Un type II comporte : Le Chateau , Fontaine Froide , Pont St. Pierre .

La source du carrefour Est de la Correrie apparait comme un cas à part et est probablement une émergence d'éboulis ou de karst superficiel .

Type I
- Une crue d'hiver , alors que l'on n'est pas à l'étiage est due à des pluies ; avec un apport d'eaux plus chaudes que la neige . Comme toutes les crues brûtales elle utilise les drains et sur le moment ne concerne que peu le réseau de fissures .
- Pendant l'étiage d'hiver les drains s'assèchent , et c'est presque uniquement le

Planche n° 17

CHIMIE- RESISTIVITE



réseau de fissures qui alimente la source en eaux plus minèralisées et plus chaudes .

- Au début de la fonte des neiges , avant que les drains soient à nouveau fonctionnels (remplissage de plans d'eaux , humidification de parois sèches et de fissures , etc) la charge est transmise par le réseau de fissures et il sort encore des eaux anciennes alors que le débit augmente . Ensuite l'eau de fonte arrive très vite par les drains , les débits sont forts et les vitesses de transit importantes . L'eau froide dont la vitesse de réaction est ralentie n'a pas le temps de se minéraliser .
- Les mèmes phénomènes , bien qu'attènués , se produisent au cours de la seconde fonte .
- Lors d'une averse d'orage au début de l'été , il y a apport d'eau chaude , cette eau passe par les drains sans réchauffer notablement l'eau froide de fonte de neige qui maintenant imprègne les fissures .

A la Porte de l'Enclos , la première crue d'été chasse l'eau de neige et une eau plus minéralisée apparait .

	CHATEAU	NOIRFOND	COMBE C.	P. ENCLOS	FON. FR.	P. St. P.	M. F.	
crue d'hiver	→		↗		↘		↘	θ
	↗↘							ρ
étiage d'hiver	↘	↗	↗	↗	→	↘	→	θ
	↘	↘	↘	↘	↘	→	↘	ρ
1ère fonte	↗	↓	↓	↓	→	↗	↓	θ
	↗	↑	↑	↑	↑	↑	↑	ρ
2ème fonte	↗	↘	↘	↘	↗	↗	↘	θ
	↗	↗	↗	↗	↑	→	↑	ρ
1ére crue d'été	↗	→	↗↘	↗↘		↗	↗↘	θ
	↘	↘	↘↗	↘		↗	↘	ρ
type	2	1	1	1	2	2	1	

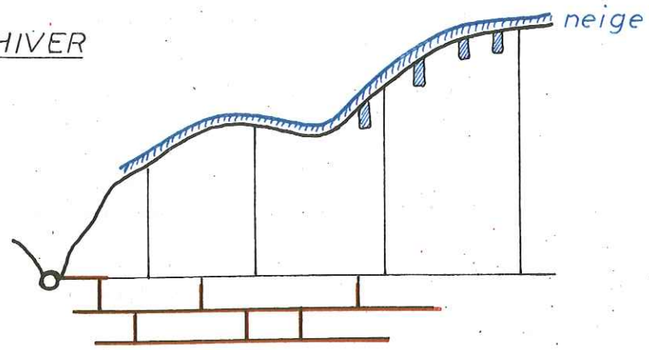
Type II

Nous prendrons la source de Pont St. Pierre comme exemple .

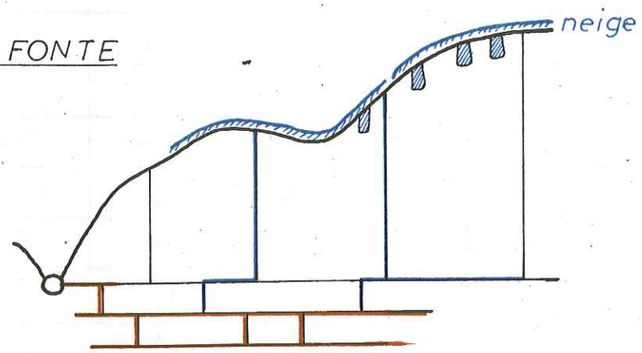
- Ce bassin versant est à plus basse altitude que ceux du type précédent ; la crue d'hiver amène des eaux froides qui font baisser la température et la résistivité .
- Au cours de l'étiage d'hiver , la source reste régulièrement alimentée par des

EVOLUTION ANNUELLE TYPE I

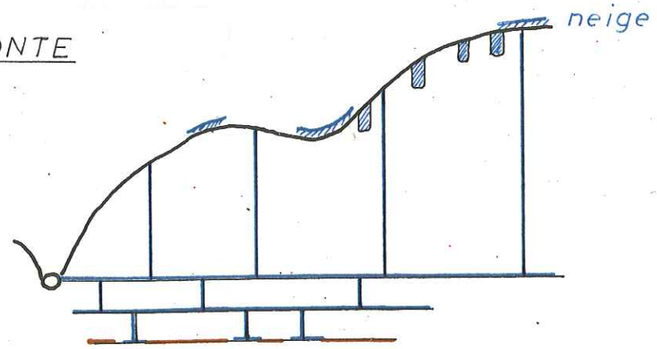
ÉTIAGE D HIVER



DÉBUT DE FONTE



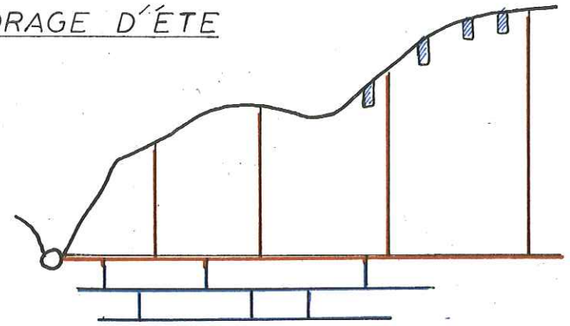
PLEINE FONTE



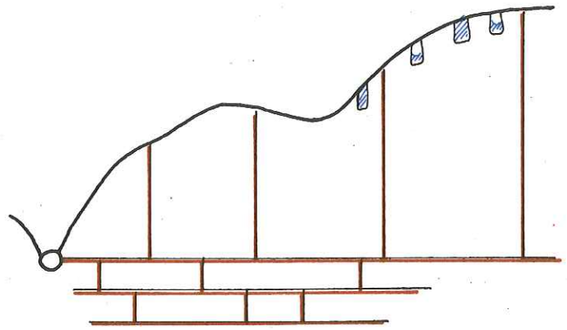
eau froide

eau chaude

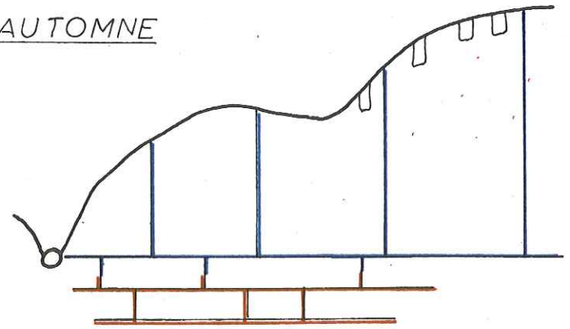
PREMIER ORAGE D'ÉTE



PLEIN ETE



PLUIES D AUTOMNE



fontes en basse altitude ; la tempèrature de l'eau baisse sensiblement . De plus par l'intermédiaire de plusieures pertes , le système est alimenté en continu en eau extèrieure . La partie du bassin proprement karstique , située à plus haute altitude est recouverte de neige et ne contribue que très peu à l'alimentation .
- A la fonte des neiges , qui , ici en raison d'une altitude plus basse , ne représente pas un très gros débit ; il y a apport d'eau plus chaude (réchauffement général , pluies , etc...) Par contre , avec un transit rapide de crue , les eaux n'ont pas le temps de se minéraliser .
- Au cours d'une crue d'été , il n'y a pas grande variation de température , car l'eau s'était déja réchauffée auparavant . Les débits augmentant , la resistivité diminue .

Dans ce système de plus basse altitude , l'étiage d'hiver est nettement moins marqué et l'infiltration n'étant pas stoppée entièrement par le gel ; les eaux hivernales alimentent l'émergence en eaux plus froides .

f) Remarque sur l'eau de la fonte des neiges

On peu voir sur les planches n° 10 , 12 , 13 , 15 , que les résistivités sont particulièrement élevées lors de la fonte des neiges , traduisant une très faible minéralisation . Ceci peut être dû à deux causes ; La plus évidente serait que les eaux de fonte transitant rapidement , n'auraient pas le temps de se minéraliser . Cependant , lors des pluies d'été , à débit égal ou même supérieur , les résistivités sont peu affectées . Mieux , à la fin de la fonte des neiges en 1974 , un épisode pluvieux important (voir planche n° , chapitre III) semble chasser l'eau de fonte , faisant remonter la tempèrature et chûter la résistivité . Il apparait donc que les eaux de pluie et les eaux de fonte sont loin d'avoir la même agressivité . L' hypothèse de la faible agressivité des eaux de fonte va à l'encontre des opinions couramment admises (CORBEL 1957) ; cependant certains auteurs plus récents ont déja sigalé le phénomène (C. EK 1964 , F.D. MIOTKE 1974 , R. MAIRE 1976) . Nous pensons que la faible activité de la végétation sous le manteau neigeux , la compaction , et par là même , le dégazage de ce dernier sont á l'origine de faibles teneurs en CO_2 , du moins par rapport aux valeurs estivales . R. MAIRE (1976) dans sa thèse , signale des P CO_2 de la neige fondante de l'ordre de 0,012 à 0,018% alors que la P CO_2 normale de l'atmosphère est de 0,03 % . Par contre , en été avec la végétation , les teneurs en CO_2 sont nettement plus importantes ; les acides humiques participent également á renforcer l'agressivité des eaux . Ce serait donc en été , lors des orages que l'intensité du creusement des réseaux karstiques serait maximum .

G) Sur la chimie des eaux

Il apparait que l'analyse d'échantillons isolés dans le temps n'apporte que peu d'éléments pour caractèriser tel ou tel type d'émergence karstique . Toutes ces sources sont bicarbonatées calciques dans de très fortes proportions . (185 à 109 mg/l de $Ca\ CO_3$.) Les teneurs en ions comme Mg^{++} ou SO_4^{--} ne présentent au niveau de nos analyses aucune corrèlation nette avec tel ou tel facteur . Par contre nous pensons que l'étude desvariations en teneur des éléments dissous sur un ou plusieurs cycles annuels permettrait peut - être , d'individualiser chaque émergence et de construire quelques hypothèses supplémentaires sur les modes de transfert de l'eau dans ces systèmes .

La haute variabilité du débit des rivières et des émergences , leurs caractèristiques physico-chimiques et leurs variations au cours du cycle annuel dépendent en premier lieu des conditions météorologiques que subit la région .

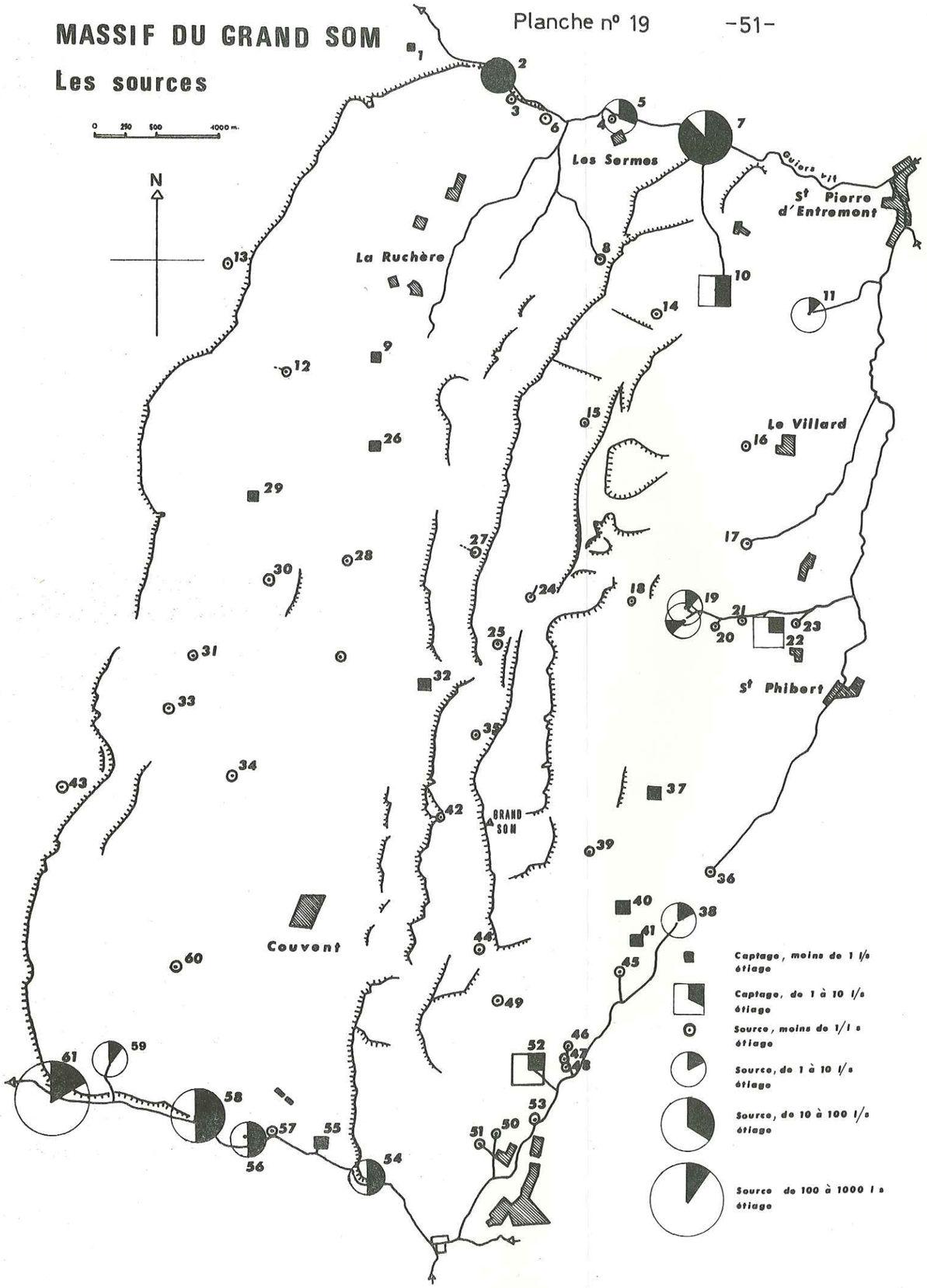
II - 3 Massif du Grand Som , inventaire des sources

1	Captage	871,03	353,015	580 m	éboulis sur valanginien
2	Résurgence du grand Frou	871,80	353,05	490 m	Urgonien inf.
3	Emergence temporaire	872,00	352,95	525 m	Urgonien
4	Source des Sermes				éboulis / Jurassique
5	Grotte de Fontaine Froide	872,97	352,69	520 m	calcaires tithoniques
6	Source	872,45	352,97	550 m	Urgonien , masse sup.
7	Résurgence de Noirfond	873,71	352,48	600 m	Valanginien
8	Source du Pas Dinay	872,90	351,50	1000 m	éboulis sur Hauterivien
9	Captage de la Ruchère	871;12	350,40	1120 m	quaternaire
10	Exurgence du Chateau	873,88	351,34	960 m	sables glaciaires
11	Source	874,62	351,015	820 m	quaternaire
12	Fontaine de Varius	870,40	350,50	1200 m	Sénonien marneux
13	Font Barthélémy	869,95	35I,40	850 m	éboulis sur Hauterivien
14	Fontaine	873,42	351,01	1040 m	quaternaire
15	Source des oiseaux	872,80	350,15	1250 m	Sénonien marneux
16	Source du Villard	874,20	350,00	970 m	Quaternaire
17	Source du Nant	874,20	349,30	1000 m	éboulis / Valanginien
18	Source des granges de Bovinant	873,62	348,70	1320 m	
19	Source du ruisseau de la Grenaz	873,70	348,70	1120 m	calcaires valanginiens
20	Source	874,00	348,90	1075 m	Quaternaire
21	Source	874,175	348,65	1050 m	Quaternaire
22	Source	874,35	348,63	1030 m	Quaternaire
23	Source	874,62	348,62	975 m	Quaternaire
24	Source de Bovinette	872,45	348,65	1580 m	Sénonien marneux
25	Source de Bovinant	872,20	348,35	1635 m	Sénonien marneux
26	Captage de la Ruchère	871,10	349,90	1120 m	
27	Source de Léchaud	871,93	349,06	1600 m	éboulis sur Hauterivien
28	Source de Pré Gervé	870,62	348,95	1335 m	
29	Source du Pré de la Morte	870,15	349,42	1255 m	Sénonien marneux
30	Source de l'Aliénard	870,32	348,75	1428 m	Hauterivien
31	Source	869,75	348,12	1405 m	Sénonien marneux
32	Source du Pas du Loup	871,62	348,00	1380 m	éboulis / Hauterivien

33	Source d'Arpison	869,55	347,70	1420 m	Sénonien
34	Fontaine de Billon	870,12	347,18	1260 m	
35	Source de Mauvernay	872,10	347,75	1630 m	éboulis sur Sénonien marneux
36	Source de l'Ivernon	874,00	346,60	1100 m	Quaternaire
37	Captage du Liatet	872,52	347,20	1320 m	
38	Source du Cucheron	873,80	346,18	1110 m	Quaternaire
39	Source des Aures	873,01	346,70	1450 m	
40	Source	873,32	346,25	1180 m	éboulis et moraine
41	Source	873,45	346,00	1120 m	moraine
42	Source du Rialet	871,88	346,95	1620 m	éboulis sur sénonien marneux
43	Source de Fétrus	866,75	347,00	1030 m	éboulis sur hauterivien
44	Source	872,20	345,88	1480 m	Quaternaire
45	Source	873,32	345,72	1060 m	Quaternaire
46	Source	872,68	345,10	1000 m	Quaternaire
47	Source	872,65	345,00	960 m	Quaternaire
48	Source	872,68	344,95	950 m	Quaternaire
49	Source du habert du Plat	872,45	345,43	1300 m	Quaternaire
50	Source de la Patassière	872,40	344,40	920 m	
51	Source de la Patassière	872,28	344,30	920 m	
52	Source de la Merlatière	872,65	344,92	1000 m	éboulis
53	Source du Pont du Fumeron	872,68	344,50	899 m	Quaternaire
54	Exurgence de Combe Chaude	871,40	343,95	770 m	Urgonien
55	Source du carrefour Est de la Correrie	870,98	344,25	770 m	Valanginien
56	Exurgence des Maisons forestières	870,45	344,25	710 m	Valanginien
57	Source	870,58	344,45	720 m	Quaternaire
58	Résurgence de pont St. Pierre	869,99	344,40	710 m	Berriasien inf.
59	Grotte de la Cambise	869,35	344,80	900 m	Sénonien
60	Fontaine de Chartrousette	869,75	345,60	1100 m	Quaternaire
61	Exurgence de la Passerelle	869,01	344,48	650 m	Urgonien
62	Source du vieux pont St. Bruno	868,05	344,90	570 m	Quaternaire
63	Exurgence	868,00	345,25	550 m	Valanginien
64	Exurgence				Jurassique
65	Source de Fourvoirie	867,25	347,45	500 m	Urgonien

MASSIF DU GRAND SOM

Les sources



CHAPITRE III

LE CLIMAT

Apperçu climatologique

III - 1 Etude des précipitations

Représentativité de la station de St. Pierre de Chartreuse

Place des années 1973 et 1974

Régime pluviomètrique

Intensité des précipitations

La neige

Rèpartition des précipitations

Comparaisons avec d'autres massifs

III - 2 Etude des températures

Les températures

La fonte des neiges

III - 3 Estimation de l'évapotranspiration

Par le bilan hydrologique du Guiers Mort

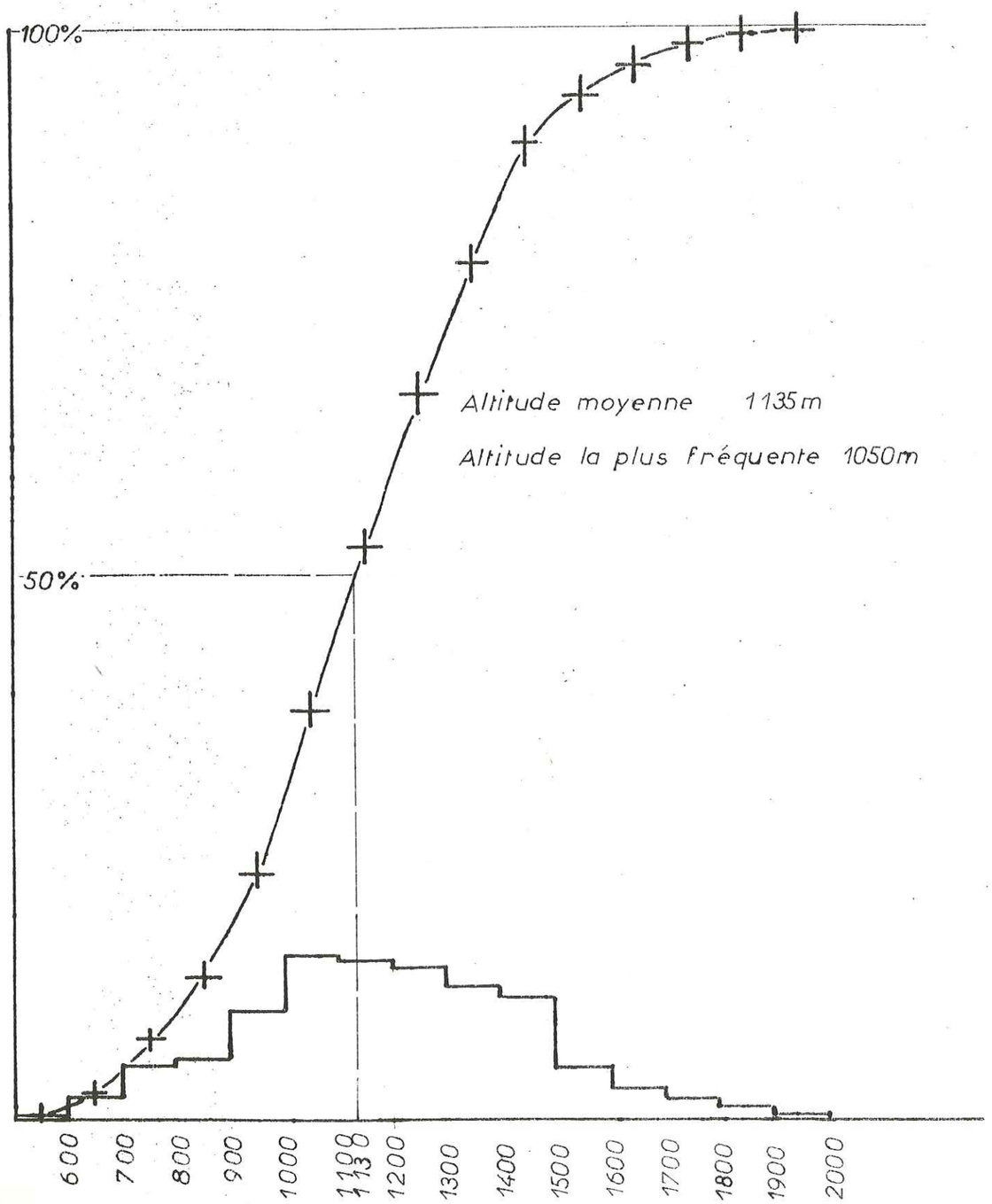
Par les formules

Conclusions sur l'évapotranspiration

III - 4 Conclusions

Planche n° 20

Repartition isohypse du massif du GRAND SOM



" Vous nous dites être en pays karstique , et pourtant l'eau ruisselle de partout ."

(Réflection entendue lors de l'excursion en Chartreuse du 2ém colloque sur l'hydrologie karstique du Vercors et de la Chartreuse)

Nous allons essayer dans ce chapitre de définir les conditions climatiques dans lesquelles est plongé le milieu karstique de Chartreuse . En raison de la disposition de la zone étudiée (massif et non bassin versant) , nous ne tenterons pas de " boucler" un bilan hydrologique du massif , mais plutôt de chercher quels sont les facteurs climatiques originaux du massif de la Chartreuse .

Apperçu climatologique

D'un relief plus montagnard que le Vercors , situé plus au Nord et exposé directement aux vents d'Ouest , le massif de la Charteuse bénéficie de précipitations exeptionnelles . Le climat tempèré et humide est celui des massifs de moyenne altitude .

III - 1 Etude des précipitations

L'étude est basée sur les relevés pluviomètriques de la Météorologie Nationale auquels nous avons pendant l'année 1974 ajouté deux stations de mesure en altitude (tubes totalisateurs). Nous nous intérèsserons plus particulièrement à 1973 et 1974 qui couvrent la période de notre étude .

III - 1 - 1 Représentativité de la station de St. Pierre de Chartreuse (Couvent)

Nous avons choisi la station de St. Pierre de Chartreuse (Couvent) comme station de référence pour le massif du Grand Som ; ceci en raison de sa position centrale par rapport au terrain d'étude et aux autres stations prises en compte :

St. Laurent du Pont

St. Pierre d'Entremont

Nous avons testé le degré de corrèlation sur les pluviomètries mensuelles entre ces deux stations . Sur les cinq dernières années nous obtenons :

Entre St. Pierre de Chartreuse et St. Laurent du Pont r = 0,92

entre St. Pierre de Chartreuse et St. Pierre d'Entremont r = 0,96 .

Ce qui nous semble satisfaisant . St. Pierre de Chartreuse (Couvent) est assez représentatif du massif ; cependant , le couvent étant situé à une altitude (945 m) nettement plus basse que l'altitude moyenne du massif (1135 m) , il s'est avèré néssessaire d'implanter deux tubes à neige en altitude ; l'un au col d'Arpison (1400 m) , l'autre dans le vallon des Eparres à proximité du collet de Léchaud,

PLUVIOMETRIE A St. PIERRE DE CHARTREUSE DEPUIS 1922

Valeurs annuelles

1922	2413	1958	2338
1923	2325	1959	1885
1924	1585	1960	2563
1925	1895	1961	1982
1926	1588	1962	1883
1927	2057	1963	2273
1928	2092	1964	1582
1929	1573	1965	2490
1930	2475	1966	2258
1931	2118	1967	1822
1932	1749	1968	2533
1933	1813	1969	1844
1934	1869	1970	2332
1935	2640	1971	1633
1936	2113	1972	1560
1937	2545	1973	1951
1938	1596	1974	2053
1939	2640		
1940	2322		
1941			
1942			
1943			
1944			
1945	1725		
1946	2163		
1947	1728		
1948	2249		
1949	1471		
1950	2032		
1951	2304		
1952	2408		
1953	1582		
1954	2505		
1955	1928		
1956	2082		
1957	1486		

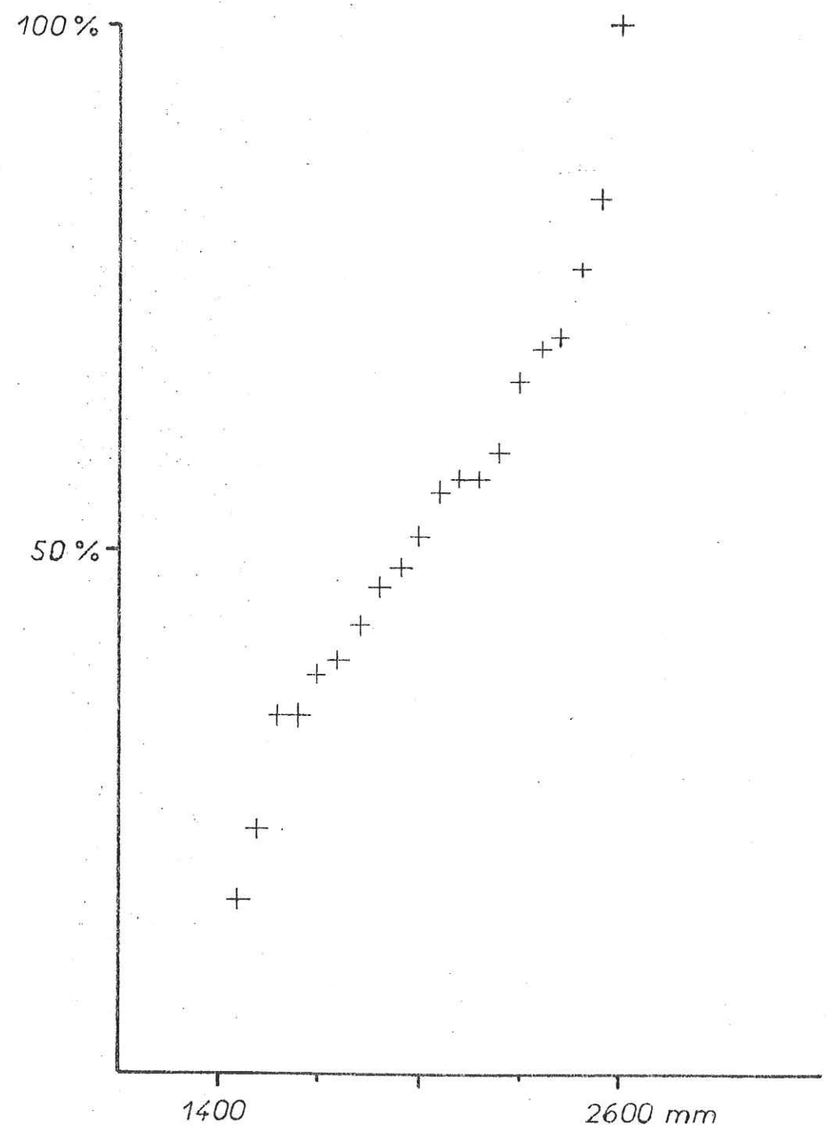
Valeurs classées

1471	2325
1486	2332
1560	2338
1573	2408
1582	2413
1582	2475
1585	2490
1588	2505
1596	2533
1633	2545
1725	2563
1728	2640
1749	2640
1813	
1822	
1844	
1869	
1883	
1833	
1895	
1928	
1951	1973
1982	
2032	
2053	1974
2057	
2082	
2092	
2113	
2118	
2163	
2249	
2258	
2273	
2304	
2322	

PLUVIOMETRIE

Valeurs annuelles classée

sur diagramme gausso-arithmetique



vers 1700 m .

III - 1 - 2 Place des années 1973 et 1974 dans la chronique des 50 dernières années

La Météorologie Nationale nous a fourni les valeurs annuelles des précipitations à St. Pierre de Chartreuse depuis 1922 (planche n° 21) . Le classement de ces valeurs reporté sur diagramme gausso - arithmétique des fréquences cumulées (planche n°22) montre que la distribution n'est pas gaussienne . Devant ce cas nous devrons nous contenter du rang des valeurs de 1973 et 1974 par rapport aux cinquante années précédentes .

Il faut retenir que :

49 % des valeurs sont inférieures à 1974 , ce qui en fait une année moyenne

45 % des valeurs sont inférieures à 1973 , ce qui en fait une année légèrement déficitaire .

III - 1 - 3 Régime pluviométrique

Pour 1974 , les calculs de pluviomètrie mensuelles et saisonnières (planche n° 23) donnent un hiver , un printemps et un été relativement secs devant un automne très pluvieux ; indice A.H.E.P. Sur cinq ans la répartition devient confuse , et sur dix ans la moyenne ne semble pas très significative (planche n° 23) Nous avons donc effectué les moyennes pluviométriques mensuelles sur les cinq/uante dernières années avec l'espoir de faire apparaitre une variation saisonnière .

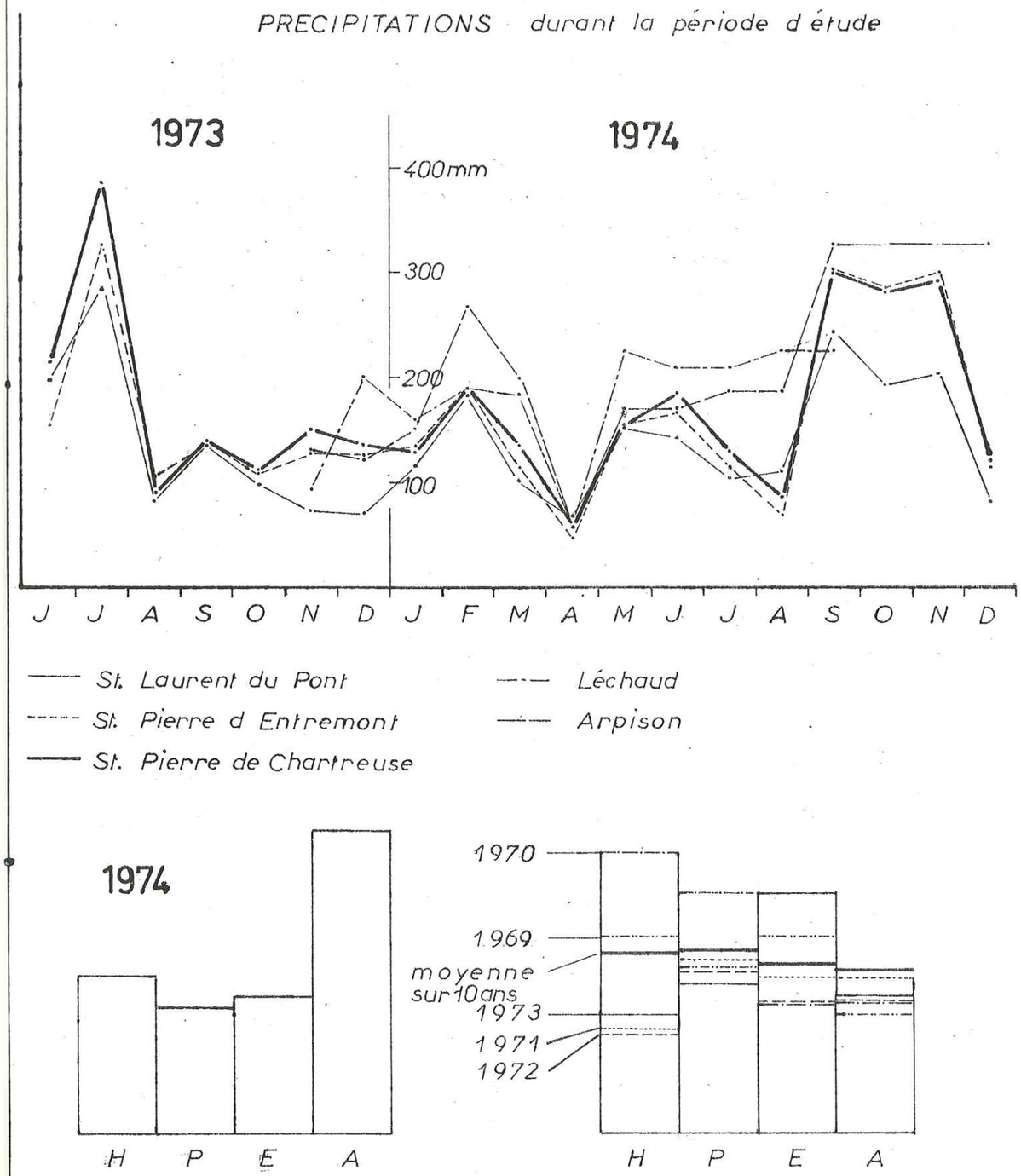
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
$\bar{x}$	156,8	169,6	150,6	173,7	177,0	194,0	154,9	179,1	163,8	153,8
s	82,7	107,2	91,8	80,7	66,2	86,6	80,6	98,2	85,0	93,9

	N	D
$\bar{x}$	182,5	174,8
s	98,3	107,3

Les écarts types sont extrèmement forts et les variations à première vue faibles . Un test d'analyse de variance montrera si ces variations sont au moins significatives. L'hypothèse nulle est celle où les écarts entre les moyennes mensuelles ne sont pas significatifs .

Il nous faut calculer $F = \dfrac{\sum x_i^2 - \sum \dfrac{T_j^2}{n_j}}{\sum \dfrac{T_j^2}{n_j} - C} \times \dfrac{ddl_j}{ddl_N}$

Planche n° 23



ou x_i = pluviométrie mensuelle

T_j = Somme des X_i d'un mois donné J

n_j = nombre de mois utilises pour la statistique sur le mois j

$C = T_g^2 / N$

avec T_g = total de toutes les valeurs x_i

N = nombre total de valeurs

ddl_j = degré de liberté sur le nombre de moyennes effectué

ddl_N = degré de liberté sur le nombre total de valeurs

Apres calcul :

F = 1,21

les tables de F donnent pour $ddl_j = v_1 = 11$ et $ddl_N = v_2 = 558$ à 5 % de chances : F = 1,75

L'hypothèse nulle est confirmée , les différences observées ne sont pas significatives . Nous nous refusons donc à définir un indice saisonnier , tout en remarquant qu'en général ce dernier est bien marqué au niveau annuel , mais extrèmement fluctuant d'une année à l'autre .

III - 2 - 4 Intensité des précipitations

On définit :

un coeficient de fréquence $\frac{\text{nombre de jours de précipitation}}{\text{nombre de jours dans le mois}}$

un coefficient d'intensité $\frac{\text{précipitations mensuelles}}{\text{nombre de jours de précipitations}}$

Coefficient de fréquence sur dix ans :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,47	0,54	0,52	0,59	0,56	0,53	0,43	0,44	0,38	0,32	0,51	0,49

Analyse de variance : F = 2,71 1,83 (valeur à 5 %)

l'hypothèse nulle est rejetée , ces variations sont significatives .

Sur le plan saisonnier nous obtenons :

H	P	E	A
0,50	0,56	0,44	0,40

Ce qui donne un indice saisonnier P.H.E.A. , ou l'automne apparait comme la saison la plus ensoleillée .

Coefficient l'intensité sur dix ans :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9,33	11,27	9,80	11,56	10,86	11,44	12,19	10,98	12,48	9,79	13,27	10,22

Analyse de variance : F = 0,74 1,83 (valeur à 5 %)

L'hypothèse nulle est acceptée , ces variations ne sont pas significatives .

III - 1 - 4 La neige

La neige est une composante importante du climat cartusien . Son abondance est liée à celle des précipitations . Par contre , le manteau neigeux est relativement instable à basse altitude à cause des influences du régime atlantique amenant des périodes ou les tempèratures hivernales sont largement positives . (voir le paragraphe sur les températures) Sur les cinq dernières années précédant la période étudiée , les hauteurs moyennes mensuelles (cumul des hauteurs quotidiennes de neige) se répartissent ainsi à St. Pierre de Charteuse :

0	3	74,8	70,6	52,0	137,2	104,0	81,0	0,6	0	cm de neige
0	3,6	89,8	84,7	62,4	164,6	124,8	97,2	0,7	0	mm H_2O

soit : 628 mm annuels (environ)

Pluviomètrie moyenne sur ces cinq dernières années : 1864mm

coefficient nivomètrique annuel au couvent : $\frac{628}{1864} = 0,34$

Autre approche :

A Arpison (1400 m) , le manteau neigeux s'est maintenu continu en 1973 - 1974 du 1er Novembre au 15 Avril . La fonte a réellement commencé vers le 15 Mars . Nous considèrerons que du 1er Novembre au 15 Mars toutes les précipitations ont été stockées ; ce qui donne un total pluviomètrique de 774 mm . En avril , il est retombé 0,20 m de neige , soit environ 24 mm d'eau . Total : 798 mm d'eau .

Du 1er Novembre 1973 au 31 Octobre 1974 , la pluviomètrie totale à Arpison a été de 2073 mm , soit un coefficient nivomètrique annuel de : 0,38

A Leschaud (1700 m) le même calcul nous conduit à un coefficient nivométrique de 0,34

Le coefficient nivomètrique ne semble pas varier en fonction de l'altitude , ceci est probablement dû :

1) à l'utilisation de deux méthodes différentes et sur des périodes différentes ;
2) à une surestimation au niveau du Couvent , ou en réalité le manteau neigeux n'est pas continu au cours de l'hiver ;
3) au manque de fiabilité des valeurs obtenues avec un tube à neige .

III - 1 - 5 Répartition des précipitations

Etant donné le caractère montagneux très accentué du massif et son exposition directe aux vents dominants d'Ouest , le gradient d'altitude diffère selon l'exposition . En calculant ce gradient entre deux stations situées à des altitude différentes sur un même versant , il est possible de construire une carte isoyète tenant compte des orientations .

Localité	altitude	précipitations	P	H	GRAD.
St. Laurent du Pont	415 m	1688 mm			
			1012 mm	985 m	1,03 mm/m
Arpison	1400 m	2700 mm			
			650 mm	455 m	1,43 mm/m
Couvent	945 m	2050 mm			
			1050 mm	755 m	1,39 mm/m
Léchaud	1700 m	3100 mm			
			1111 mm	1056 m	1,05 mm/m
St. Pierre d'Entremont	644 m	1989 mm			

Avec ces valeurs nous construisons la carte isoyète du massif du Grand Som (planche n° 24)

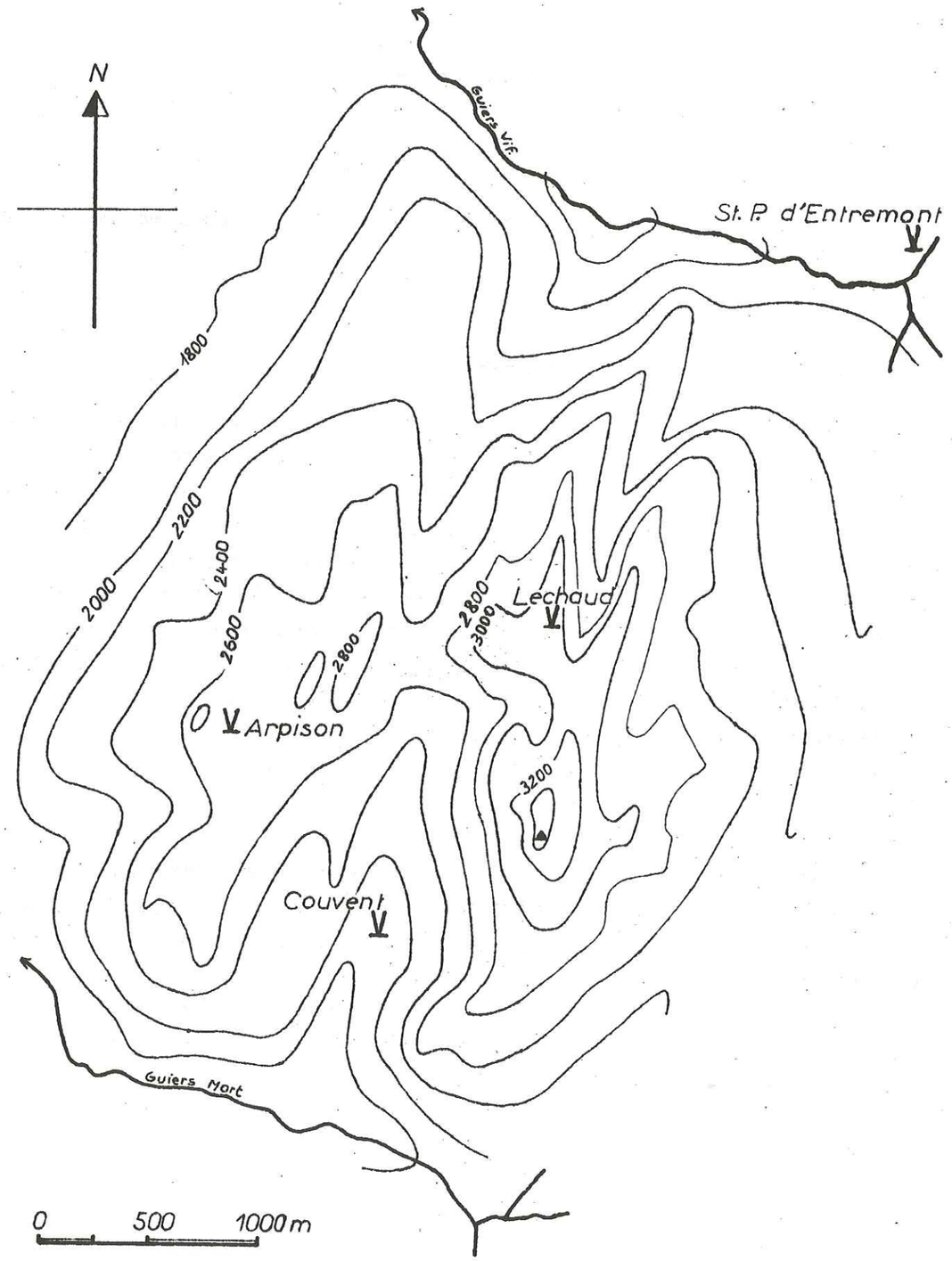
Contrairement aux observations faites dans le Nord Vercors (J.P. WINTER 1973) , il existe en Chartreuse un gradient pluviomètrique bien marqué .

III - 1 - 6 Comparaisons avec d'autres massifs

Massif	Station	Altitude	Précipitations	Période de référence
Dévoluy	Agnière en Dévoluy	1254 m	1159 mm	1956 -1965
	Superdevoluy	1500 m	1193 mm	1973
Vercors	Gresse en Vercors	1220 m	949 mm	1971
	Villard de Lans	1050 m	1157 mm	1971
	Autrans	1050 m	1548 mm	1905 - 1972
Chartreuse	St. Pierre d'Entremont	644 m	1990 mm	1974
	St. Pierre de Chartreuse	950 m	2057 mm	1922 - 1974
	Léchaud	1700 m	3100 mm	1973 - 1974
Bauges	Aillon le Jeune	900 m	1800 mm	1956 - 1965
	Chalets du Pra	1400 m	1500 mm	1972 - 1973

Planche n° 24

CARTE ISOYETE 1974



Chablais	Emosson	1800 m	1810 mm	
	Susanfe	1905 m	2370 mm	
Préalpes Romandes	Rochers de Naye	1982 m	2645 mm	1901 - 1940
Oberland	Engstligenalp	1955 m	1770 mm	
	Kleine Scheidegg	2061 m	1670 mm	
	Eiger gletscher	2320 m	1910 mm	

De toutes ces valeurs il apparait qu'à altitude égale , le massif de la Charteuse est le plus arrosé des chaines sub-alpines . On peu dire qu'il y pleut en gros deux fois plus qu'en Dévoluy et une fois et demi plus que dans les hautes Alpes calcaires de l'Oberland Occidental .

III - 2 Etude des tempèratures

2 - 1 Les tempèratures

La station du couvent ne peut être considèrée comme représentative du massif sur le plan des tempèratures ; car elle est située à une altitude inférieure à l'altitude moyenne du massif . Cependant la connaissance de l'évolution annuelle des températures permettra d'étudier le phènomène de la fonte des neiges qui présente un intérèt certain au niveau de la karstification . Sur la planche n° 25 , en haut sont représentées les températures (minima - moyenne - maxima) de la période d'étude , en bas , les températures mensuelles des cinq dernières années . Les moyennes mensuelles sur dix ans donnent une courbe parfaitement sinusoïdale sans intérêt pour nous . Nous remarquerons qu'au niveau de la période étudiée :

1) Hivers et étés sont nettement tranchés
2) A l'automne la baisse des températures est assez rapide ;
3) les température hivernales ne sont pas stables , des valeurs positives apparaissent au passage des perturbations ;
4) la remontée globale des températures au printemps est beaucoups plus progressive que la baisse de l'Automne . Surtout cette remontée se fait en deux fois (il a gelé en Mai). Si nous considèrons le graphe du bas de la planche n° 25 , on voit qu'au niveau de la remontée des températures au Printemps le phénomène de palier est presque toujours marqué , mais ne se produit pas chaque année au même moment , ce qui fait que ce phénomène n'est pas visible à partir d'une moyenne réalisée sur plusieures années .

III - 2 - 2 La fonte des neiges (planche n° 26)

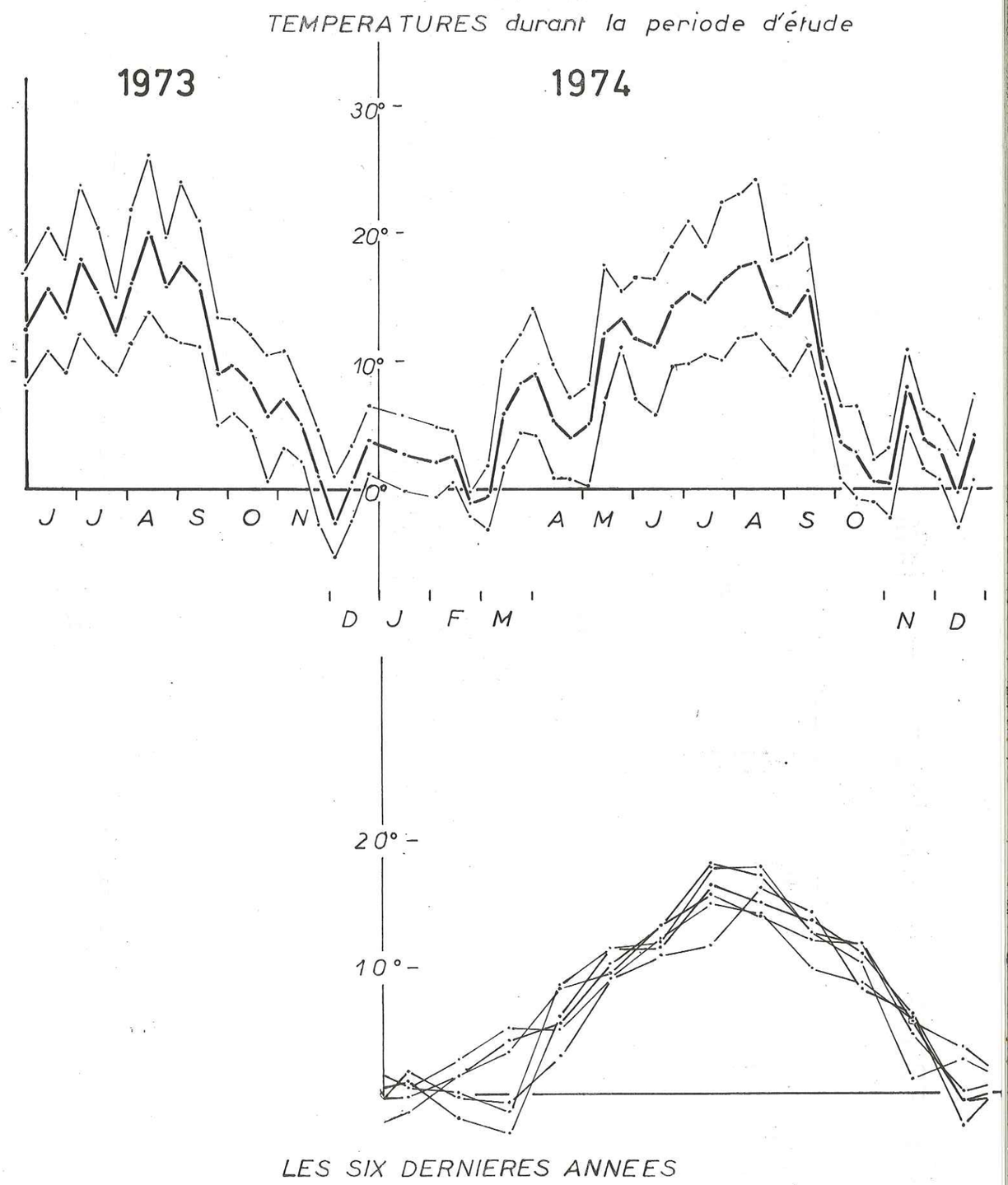
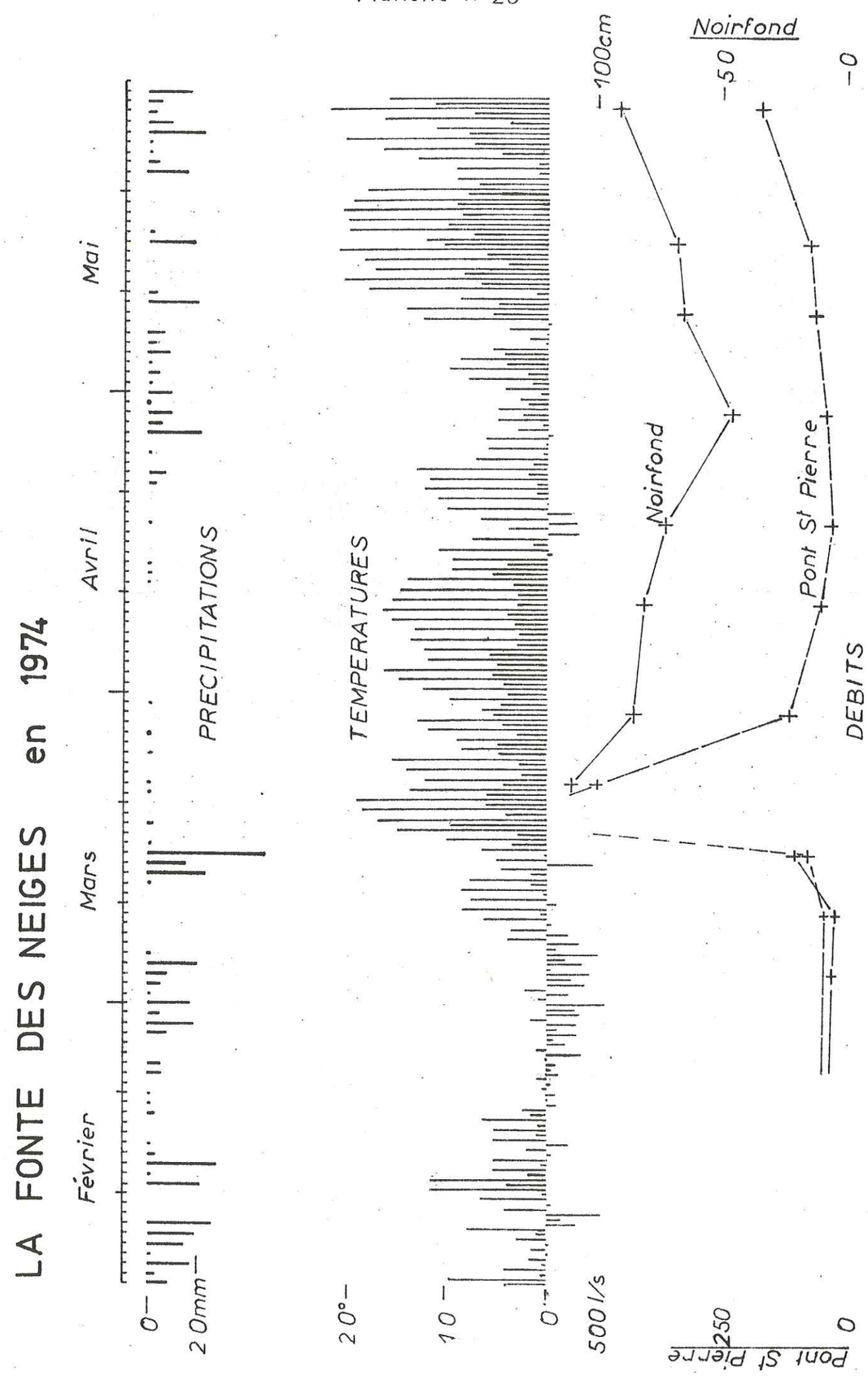


Planche n° 26



Bilan de la neige

Afin d'estimer pour le paragraphe suivant la valeur de l'évapotranspiration lorque le sol est couvert de neige (sublimation ?), nous allons faire le bilan de la neige

$$\begin{pmatrix}\text{Précipitations pendant}\\ \text{la période enneigée}\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\text{écoulement pendant}\\ \text{cette période}\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\text{quantité d'eau}\\ \text{restituée à la fonte}\end{pmatrix} = \text{déficit}$$

Le point de mesure des débits étant situé en aval des principales émergences du bassin versant , on peut considèrer que l'eau infiltrée a été restituée par les systèmes karstiques . En première approximation , nous considèrerons donc que le déficit d'écoulement en eau de neige peut être assimilé à la " sublimation " .

début des chûtes de neige : 1er Nov 1973
début de la fonte : 15 Mars 1974

soit 134 jours de neige

Précipitations au couvent pendant cette période : 669,9 mm
Lame d'eau précipitée : $73 \cdot 10^6$ m^3
Le couvent étant situé à une altitude inférieure à l'altitude moyenne du bassin versant , nous introduirons une correction à ces valeurs .

$$K = \frac{\text{pluv. ann. du B.V.}}{\text{pluv. ann. couvent}} = \frac{2322 \text{ mm}^*}{2050 \text{ mm}} = 1,13$$

Lame d'eau précipitée corrigée : $82,5 \cdot 10^6$ m^3
Lame d'eau écoulée pendant la même période sur le Guiers Mort : $37,15 \cdot 10^6$ m^3
soit un déficit d'écoulement hivernal de $45,3 \cdot 10^6$ m^3
Au paragraphe précédent , nous avons vu que $43 \cdot 10^6$ m^3 (environ) ont été restitués à la fonte . Ce qui donnerait à l'évaporation - sublimation une part de :

$3 \cdot 10^6$ m^3

soit 3 % des précipitations
soit 5,6 mm mensuels

FITZGERALD donne 15 mm mensuels pour la sublimation . Conscient de la très grande imprécision sur la valeur que nous venons de calculer , nous prendrons une estimation moyenne entre les deux , soit : 10 mm .

* Valeur calculée au paragraphe suivant .

La fonte des neiges est un des grands évènements hydrologiques de l'année , elle présente en 1974 un caractère brûtal dû à une remontée rapide des températures vers le 15 Mars , puis le temps se refroidissant progressivement les émergences sont revenues à des débits faibles . La fonte du reste du manteau neigeux a repris à partir du 10 Mai pour se poursuivre jusqu'en Juin . Le même phènomène s'est produit en 1975 et semble encore avoir lieu en 1976 . Par contre , en 1972 et 1973 , la fonte a été très étalée .

Volume d'eau libèré à la fonte des neiges

En 1974 , la fonte des neiges se déclanche brûtalement le 15 Mars à la suite d'un redoux bien marqué (planche n° 26) Les débits précédant cette fonte étaient sur le Guiers Mort de l'ordre de 1,20 m^3/s que nous considèrerons comme le flot de base . Les précipitations étant nulles ou insignifiantes jusqu'au 22 Avril, nous pouvons par différence estimer la part de la fonte de la neige dans l'écoulement . Fin Avril , le temps se refroidit et la fonte est stoppée .

En soustrayant des débits journaliers du Guiers Mort un débit de flot de base supposé constant nous obtenons du 15 Mars au 22 Avril un volume écoulé de 33,65 . 10^6 m^3

Une deuxième fonte a lieu en Mai avec un débit d'étiage précédent de 1,40 m^3/s

Le volume écoulé attribué à cette deuxième fonte est d'environ 9,47 . 10^6 m^3 .

Mais il n'a pas été sans pleuvoir durant cette période il faudra soustraire le volume représenté par les précipitations moins l' évapotranspiration .

Précipitations durant cette période : 76mm

évapotranspiration calculée par la méthode de Thornthwaite : 61 mm

ce qui laisse un écoulement de 15 mm que nous allons en première aproximation supposer réparti sur tout le bassin versant du Guiers Mort (101 Km^2) soit :

1,51 . 10^6 m^3 .

Volume total libèré par la 2^{em} fonte : 9,47 - 1,51 = 7,96 . 10^6 m^3

Total du volume libèré par la fonte des neiges en 1974 :

Mars - Avril	33,65 . 10^6 m^3
Mai	7,96 . 10^6 m^3
Total	41,61 . 10^6 m^3 soit 42 . 10^6 m^3

Volume écoulé du 1er Septembre 73 au 31 Aout 74 : 137,63 . 10^6 m^3

La fonte des neiges représente environ 30% du volume annuel écoulé . Cette valeur est à rapprocher de celle du coefficient nivomètrique . La fonte des neiges représente donc un apport important et limité dans le temps d'eaux présentant des caractèristiques physico-chimiques particulières .

III - 3 L'évapotranspiration

Nous allons éssayer d'estimer l'évapotranspiration globalement sur le bassin versant du Guiers Mort par différence entre la lame d'eau précipitée et la lame d'eau écoulée ; l'infiltration étant ici , en raison de la situation du point de mesure des débits supposée entièrement restituée au ruisellement . Dans un second temps nous utiliserons quelques formules classiques , afin de comparer leurs résultats à celui obtenu précédemment .

III - 3 - 1 Estimation de l'évapotranspiration par le bilan du Guiers Mort

Superficie du bassin versant karstique du Guiers Mort : 101 Km^2 répartis ainsi :

Altitude	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	+2000	m
Surface	1,92	3,89	18,31	19,63	28,34	19,57	7,80	1,43	0,11	Km^2
Précipitations en 1974 :	1746	1961	2175	2390	2605	2819	3034	3249	3463	mm

Les valeurs des précipitations à une altitude donnée ont été calculées à partir d'un gradient pluviomètrique global , intègrant toutes les stations de Chartreuse .

Lame d'eau précipitée :	255,4 . 10^6 m^3
Lame d'eau écoulée en 1974 :	176, . 10^6 m^3
Déficit d'écoulement :	79,5 . 10^6 m^3

Soit 32 % des précipitations .

En supposant que le point de mesure des débits se trouve en aval de toutes les sources du bassin versant et qu'ainsi l'infiltration est entièrement récupèrée par le ruissellement , cette valeur peut être considèrée comme l'évapotranspiration .

III - 3 - 2 Estimation par les formules

a) Méthode de Turc (au Couvent)

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{avec} \quad L = 300 + 25\,T + 0,05\,T^3$$

D = déficit d'écoulement annuel

P = précipitations annuelles

T = température moyenne annuelle

En 1973 T = 7,3°

P = 1951 mm

D = 488 mm soit 25 % des précipitations

b) Methode de Coutagne

Elle utilise les mêmes données que la précédente , mais ne s'applique pas au bassin versant du Guiers Mort , car les précipitations sortent des limites de validité de la formule .

c) Par la méthode de Thornthwaite (au Couvent)

$$E\ reel = K \cdot E\ pot$$

$$E\ pot = 1{,}06\left(10\,\frac{T}{I}\right)^{\alpha} \qquad \text{avec} \quad I = \sum_{1}^{12} i$$

$$\alpha = 0{,}49239 + 1792 \cdot 10^{-5}\, I - 771 \cdot 10^{-7}\, I^2 + 675 \cdot 10^{-9}\, I^3$$

E pot = évaporation potentielle

E reel= évapotranspiration calculée

I = Indice thermique annuel

i = indice thermique mensuel

K = coefficient de correction , fonction de la latitude , de la place du mois dans l'année et de son nombre de jours .

t = température moyenne mensuelle .

1973	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
t°	-0,1	-2,0	1,3	2,8	11,8	14,1	15,5	19,6	14,3	7,7	4,4	0,7
i			0,13	0,42	3,67	4,80	5,55	7,91	4,91	1,92	0,82	0,05
Epot mm			5	15	51	52	75	100	60	38	24	2
Ereel mm			5,1	17	65	67	98	121	62	36	19	1,5

soit au total : 492,24 mm

Au paragraphe précédent , nous avons estimé la"sublimation "

"sublimation" : 5 x 10 = 50 mm

Evapotranspiration totale : 542 mm

Précipitations en 1973 : 1951 mm soit 28 % **des précipitations .**

1974

3	1,1	4,5	6,13	12,3	12,4	15,5	16,6	12,4	2,3	4,0	2,3
0,46	0,10	0,85	1,36	3,91	3,96	5,55	6,15	3,96	0,31	0,71	0,31
17	5	22	35	65	65	80	87	65	13	22,5	13
13	4	22,5	39,5	83	84	105	105	68	12	18	10

Soit au total : 563 mm

"Sublimation" 5 x 10 = 50 mm

total 613 mm

précipitations en 1974 2053 mm

soit 30 % d'évapotranspiration

Ces valeurs sont certainement surestimées , car l'altitude du couvent (945 m) est bien inférieure à l'altitude moyenne du bassin versant du Guiers Mort (1230 m) et l'évapotranspiration calculée pour une altitude supérieure serait inférieure . Les valeurs obtenues par le bilan et par la formule de THORNTHWAITE semblent concorder . Il faut cependant faire remarquer que cette dernière valeur est surestimée . Le déficit d'écoulement serait donc plus important que l'évapotranspiration calculée . La formule de TURC qui ne tient compte que de la température moyenne annuelle donne des valeurs encore plus faibles . D'autre part , il est probable qu'en altitude sur les lapiez nus et en forêt dispersée sur lapiez , l' évapotranspiration soit particulièrement indigente , l'eau rejoingnant directement le karst profond . L'évaporation serait alors limitée à l'évaporation en été sur la roche chaude en début d'averse et à la pellicule d'eau retenue par capillarité à la surface de la roche à la fin de l'averse . Pour les karsts hauts - alpins (au dessus de 1700 m) les auteurs Suisses considèrent que l'évapotranspiration ne dépasse pas 10 % des précipitations (R. MAIRE 1976) . 25 % nous semblerait donc une valeur plus plausible au niveau du bassin versant du Guiers Mort . L'incertitude sur les précipitations est telle que la différence observée avec la première methode (140 mm) n'est pas forcément significative . Nous signalerons cependant que MAX MICHEL a montré qu'il existait au niveau de la nappe de St. Laurent du Pont un transit important provenant du massif de la Chartreuse . Il est possible que le Guiers Mort contribue à l'alimentation de cette nappe par des pertes situées en amont de notre point de mesure .

III - 4 Conclusions

Le massif de la Chartreuse reçoit des précipitations considèrables (2060 mm annuels au Couvent , 945 m) soit 133 % des précipitations de la station d'Autrans au Nord du Vercors , pourtant située à une altitude supérieure . Le gradient pluviomètrique est très fort : à 2000 m , sur le Grand Som , il est tombé en 1974 plus de 3200 mm d'eau .

Il pleut en moyenne un jour sur deux en Chartreuse , et ces précipitations sont réparties à peu près uniformément sur l'année ;ce qui entretient une humidité permanente . Les systèmes karstiques sont régulièrement alimentés , sauf en hiver où en raison de la rétention nivale apparait l'étiage le plus sévère de l'année .

La neige représente un volume important de l'ordre de 35 % des précipitations annuelles . Sa fonte libère en peu de temps (un mois et demi) 30 % du volume écoulé . Cette fonte est liée à la remontée des températures au printemps qui très souvent se fait en deux

fois , présentant un palier vers Avril .
Les températures hivernales ne sont jamais très basses et sont instables en raison des perturbations atlantiques fréquentes . Les températures d'été sont pour les mêmes raisons relativement modèrée .
L'évapotranspiration peut être calculée par plusieures méthodes qui concordent à peu près , bien qu'en laissant l'impression que le bassin versant du Guiers Mort comporte des pertes en amont du point de mesure .
Ces caractèristiques originales du climat cartusien vont influencer sur la morphologie des surfaces calcaires et sur le creusement du karst profond .

CHAPITRE IV

LES FORMES KARSTIQUES

Importance des calcaires dans le massif considéré

IV - 1 Le karst de surface
- La forêt
- le lapiaz sous forêt
- Essai statistique sur les puits à neige
- Les lapiez nus
- Les falaises
- La prairie

IV - 2 Les formes karstiques profondes

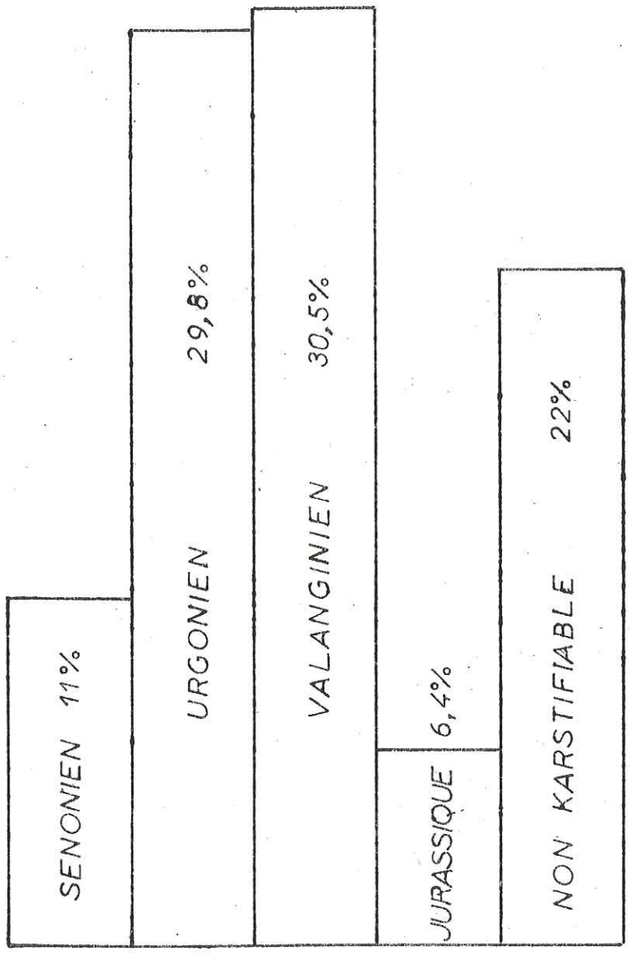
2 - 1 Les types de cavités
- Les puits à neige
- les gouffres d'altitude
- Les anciens réseaux
- Les émergences

2 - 2 Origine et morphologie des galeries
- Les discontinuités de sédimentation
- Les discontinuités tectoniques
- Forme des galeries
  - Le puits
  - Le méandre
  - Les galeries noyées
  - les galeries composées
  - Les salles

IV - 3 Inventaire des cavités du massif du Grand Som .

IV - 4 Conclusions

Planche n° 27



IMPORTANCE DES CALCAIRES
dans le massif du GRAND SOM

Importance des calcaires dans le massif considéré (planche n° 27)

Dans la série stratigraphique , quatre ensembles calcaires apparaissent comme karstifiables et donnent lieu à des émergences de type karstique . Leur répartition en surface pour le massif du Grand Som est la suivante :

Calcaires sénoniens	11,3 %
Calcaires urgoniens	29,8 %
Calcaires valanginiens	30,5 %
Calcaires jurassiques	6,4 %

Seuls 22 % des terrains affleurant ne sont pas à priori karstifiables . (marnes , calcaires marneux , éboulis , quaternaire) C'est dire l'importance des phénomènes karstiques au niveau de ce massif .

IV - 1 Le karst de surface

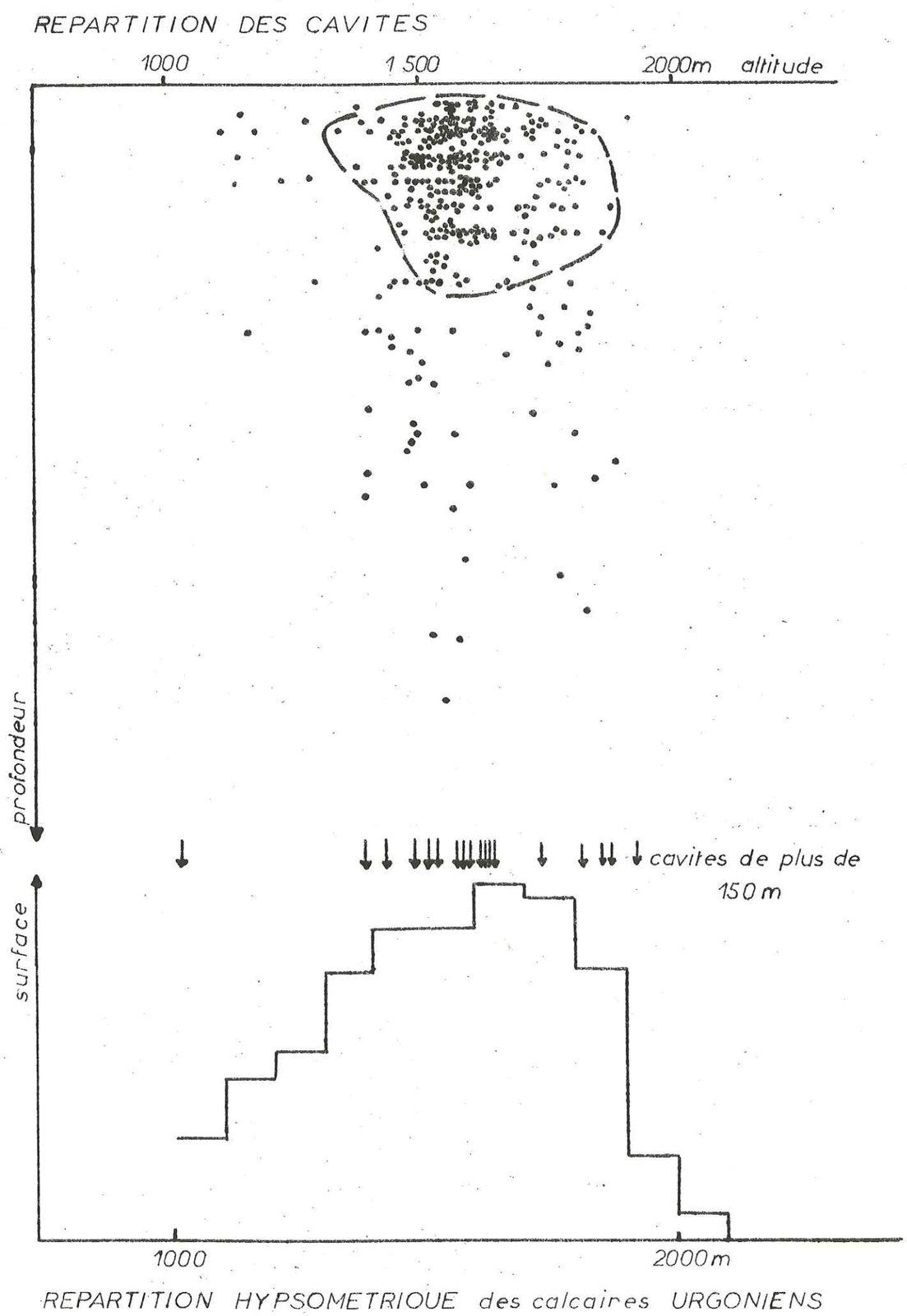
Selon la nature de la roche , l'altitude , l'exposition , le degré d'intervention humaine , les surfaces calcaires présentent un aspect différent . Nous distinguerons les cas suivants :

La forêt

La forêt est composée de conifères ou de feuillus selon l'altitude ou l'exposition . La roche n'affleure qu'à la faveur de falaises ou de barres rocheuses . Un sol constitué d'humus en général assez peu épais repose sur un cailloutis ou sur un lapiaz comblé . La karstification est très discrète , quelques gouffres de grande taille peuvent s'y ouvrir (environ un pour un kilomètre carré) . C'est une zone de percolation lente , l'humidité du sol est à peu près permanente (fougères , mousses) . Ce type de sol se développe principalement sur les éboulis fins , sur les calcaires marneux du Sénonien , du Valanginien ou du Jurassique , exeptionnellement sur les calcaires urgoniens dans les zones de basse altitude ou les feuillus prédominent .

Le lapiaz sous forêt

Ce type d'affleurement des calcaires se développe en général à une altitude supérieure à celui décrit précédemment (à partir de 1300 m). La forêt est composée en majeure partie de conifères , plus dispersés que dans le type çi-dessus . Sous bois , le lapiaz affleure . De grandes dalles de calcaire nu , profondément et intensément cannellées s'étendent sur plusieures dizaines de mètres carrés ; de profondes fissures garnies d'airelles et de mousses retiennent l'humidité . De place en place , le plus souvent sur un croisement de fracture , au point bas d'une dalle s'ouvre un puits à section nettement élargie par rapport à la fissure d'origine , aux parois cannellées .



La profondeur est variable , quelques mètres à quarante mètres) La plus part du temps un culot de neige en occupe le fond . Ces puits à neige sont une caractèristique de cette zone , ils sont nombreux vers 1500 - 1600 m et en général peu profonds . (voir l'étude statistique çi dessous) Les lapiaz sous forêt n'existent que sur les calcaires tithoniques (Forêt de la Fitole) et sur les calcaires urgoniens . Ce type de surface passe progressivement aux lapiez nus avec l'altitude .

Essais statistiques sur les puits à neige

Sur la figure 1 de la planche n° 28 , nous avons porté en abcisses l'altitude et en ordonnées la profondeur des cavités à entrée verticale situées sur les plateaux . (à l'exclusion des cavités situées en falaise) Environ 400 cavités ont été portées . (Inventaire spéléologique du massif de la Chartreuse , B. TALOUR 1975) En dessous , figure 2 , a été portée la répartiton hypsomètrique des calcaires urgoniens en Chartreuse . Il apparait immédiatement une forte concentration de cavités ne dépassant pas quarante mètres de profondeur entre 1450 et 1700 m ; ces cavités correspondent en majorité aux puits à neige , et sont situées à l'étage de la forêt clairsemée sur lapiaz . Plus haut leur densité diminue bien que ce soit l'étage le plus riche en affleurements urgoniens . Pour préciser la relation cavité - hypsomètrie , nous avons fait le rapport : nombre de cavités au kilomètre carré de calcaire urgonien en fonction de l'altitude . (figure 1 , planche 29) De cette façon l'influence de la répartiton hypsomètrique est théoriquement annulée . (En fait il faudrait aussi tenir compte des pentes qui sont plus fortes à proximité des crêtes .) La courbe présente cependant un pic très net pour les altitudes 1500 - 1600 m . Il s'agirait là de l'altitude optimum pour le développement des puits à neige en Chartreuse . Nous noterons également sur ce graphe , le nombre très faible de cavités s'ouvrant en dessous de 1400 m . Sur le même graphique (en noir) , a été porté de la même façon la répartition des cavités appartenant de toute évidence au karst profond . Celle çi est croissante avec l'altitude , alors que le nombre des petites cavités (puits à neige) tend à diminuer au dessus de 1600 m . Nous avons pour préciser ce rapport , tracé le graphique du pourcentage de cavités de plus de 50 m de développement par rapport au nombre total de cavités en fonction de l'altitude (figure 2 , planche 29) Celui - ci montre également l'importance des petites cavités entre 1450 et 1750 m , alors qu'au dessus de 1750 m ce rapport devient plus favorable aux grandes cavités . (Ceçi demande à être nuancé , car lors de leurs prospections sur le plateau sommital du Grand Som , il semble bien que les spéléologues du groupe de la Tronche n'aient pris note que des grandes cavités .)

Cette étude montre l'existence d'une forme de cavités liées à l'altitude , et peut être aussi à un type de végétation . Ainsi , en Chartreuse , les puits à neige seraient une forme de surface au même titre que le lapiaz . Ils sont liés à la partie

Planche n° 29

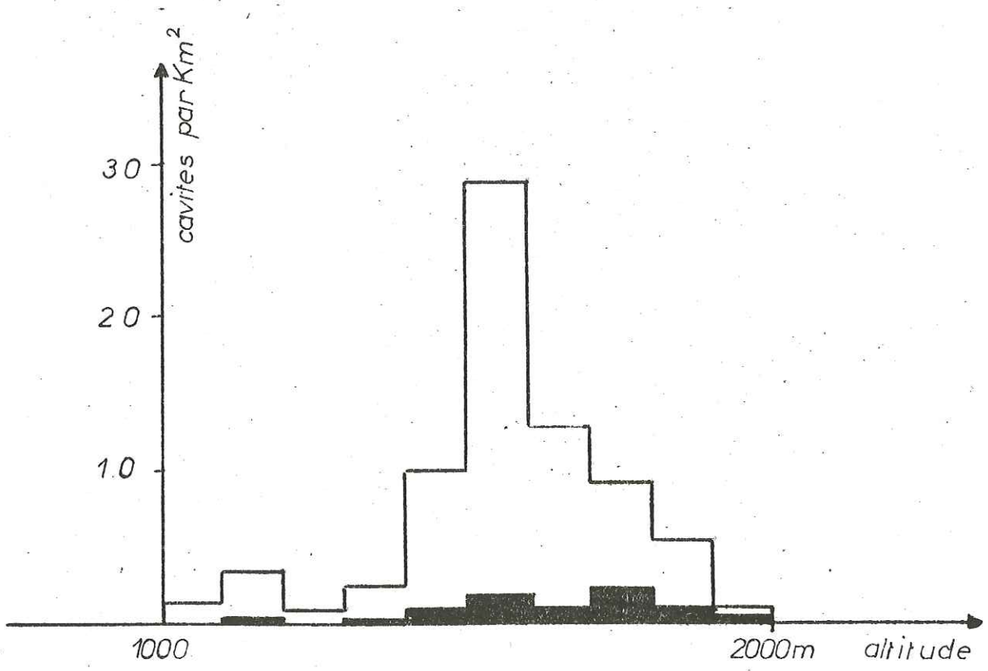


Figure 1

Densité de cavités en fonction de l altitude

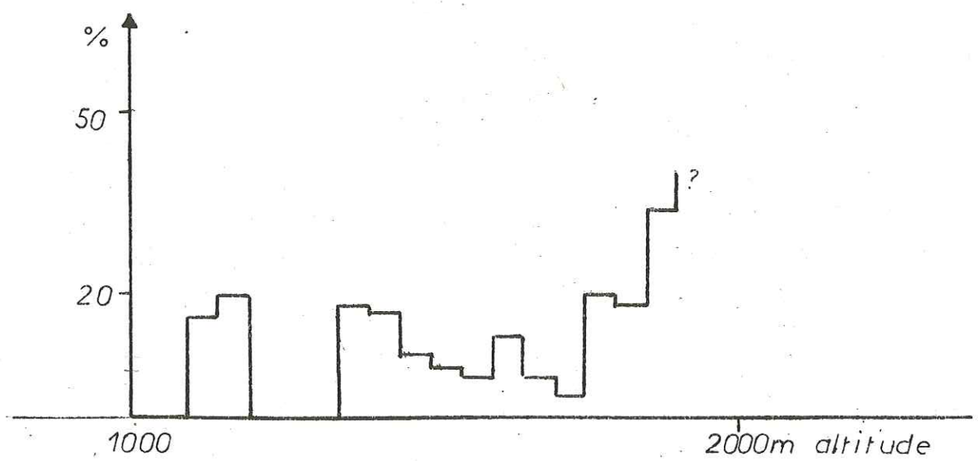


Figure 2

Pourcentage de grandes cavites

supérieure de la forêt et n'existent pratiquement pas en dessous de 1300 m .

Les lapiez nus

Sur les crêtes du Grand Som et des Eparres apparait un autre type de surface . La roche est entièrement nue , quelques rares épicéas rabougris s'accrochent de place en place dans les fissures . Un réseau de profondes crevasses encadre des dalles faiblement cannelées ou cupulées . Les zones de fractures présentent des lames verticales parallèles aux arêtes tranchantes . La gélifraction y est active , les crevasses sont souvent comblées par des cailloutis et des blocs poussés par la neige . Les puits à neige sont plus rares , par contre on trouve des dépressions tourmentées , au fonds déchiquetés . Constituant les crêtes , les calcaires urgoniens sont seuls à présenter ce type de lapiez .

Les falaises

Elles représentent une surface négligeable sur la carte , mais une surface réelle considérable à l'échelle du massif . Elles sont presque exclusivement orientées vers l'Ouest et de ce fait jouent un rôle important dans la collecte des eaux de pluie . Les falaises calcaires sont verticales , coupées de vires herbues ou boisées (sangles) correspondant à des bancs marneux de faible épaisseur intercallés dans la masse calcaire (vires à orbitolines dans l'Urgonien) . La surface de la roche présente , soit de larges dalles lisses , soit des surfaces guillochées de minuscules taffonis . Les accidents tectoniques qui recoupent la falaise sont à l'origine de cavités très hautes et peu profondes dues à la gélifraction . Sur les joints de stratification peuvent se former des baumes ayant la même origine . Par contre à cause de son recul dû à l'érosion , la falaise recoupe des réseaux karstiques profonds formant des grottes . Les plus belles falaises sont formées par les calcaires urgoniens (Grand Som , Eparres , rochers du Frou , de l'Oeillette , etc ...), ou par les calcaires valanginiens (rochers du Solitaire , petit Som) .

La prairie

Elle peut être naturelle ou provenir du déboisement . Naturelle , on la trouve en altitude (Bovinant , Leschaud , Arpison ?) Des dépressions en entonnoir peuvent s'y ouvrir ou même de vastes gouffres (Glacière d'Arpison) . Elle se constitue en altitude sur des terrains ou la roche est trop gélive pour former un lapiaz . (calcaires sénoniens et valanginiens) Artificielle , elle remplace la forêt (premier type) .

IV - 2 Les formes karstiques profondes

2 - 1 Les types de cavités

Parmi la centaine de cavités explorées par les spéléologues sur le massif , nous distinguerons plusieurs types de cavités :

- Les puits à neige Nous avons deja parlé au chapitre précédent de ce type de cavités que nous rattachons au karst de surface .

- Les gouffres d'altitude Ce sont des cavités au creusement récent , actives , à développement vertical prépondérant , aux galeries de petite taille , creusées presque uniquement en écoulement libre . Le concrétionnement y est extrèmement rare , les sédiments pratiquement absents . Les deux formes morphologiques de galeries les plus courantes sont le puits et le méandre . En général , la cavité se termine brusquement sur une galerie noyée . Nous classerons dans ce type :

- Le gouffre Roland ou P 508 (- 481 m)
- une partie du Puits Francis (- 715 m)

- Les anciens réseaux Ce sont des cavités actuellement fossiles ou semi fossiles (c'est à dire non parcourues en temps normal par des circulations importantes d'eau .) dont le creusement s'est fait en majorité en circulation noyée avec une sédimentation importante . Leur développement est principalement horizontal . L'abaissement de la surface topographique par érosion a fini par les recouper , ou l'utilisation postèrieure de certaines galeries par des réseaux actifs plus récents en a permi la visite . De ce type ou partiellement de ce type , nous connaissons :

- le Trou Lisse à Combone (- 300 m)
- Le Trou Pinambour (- 138 m)
- le gouffre à Maule (- 126 m)
- la partie supérieure du Puits Francis

- Les émergences Quelques émergences ou leurs trop - pleins sont pénètrables sur une certaine distance . On a affaire à des réseaux horizontaux de type noyé , actuellement actifs . Nous citerons :

- la grotte du Curé à Noirfond
- la grotte des Sermes ou Fontaine froide .

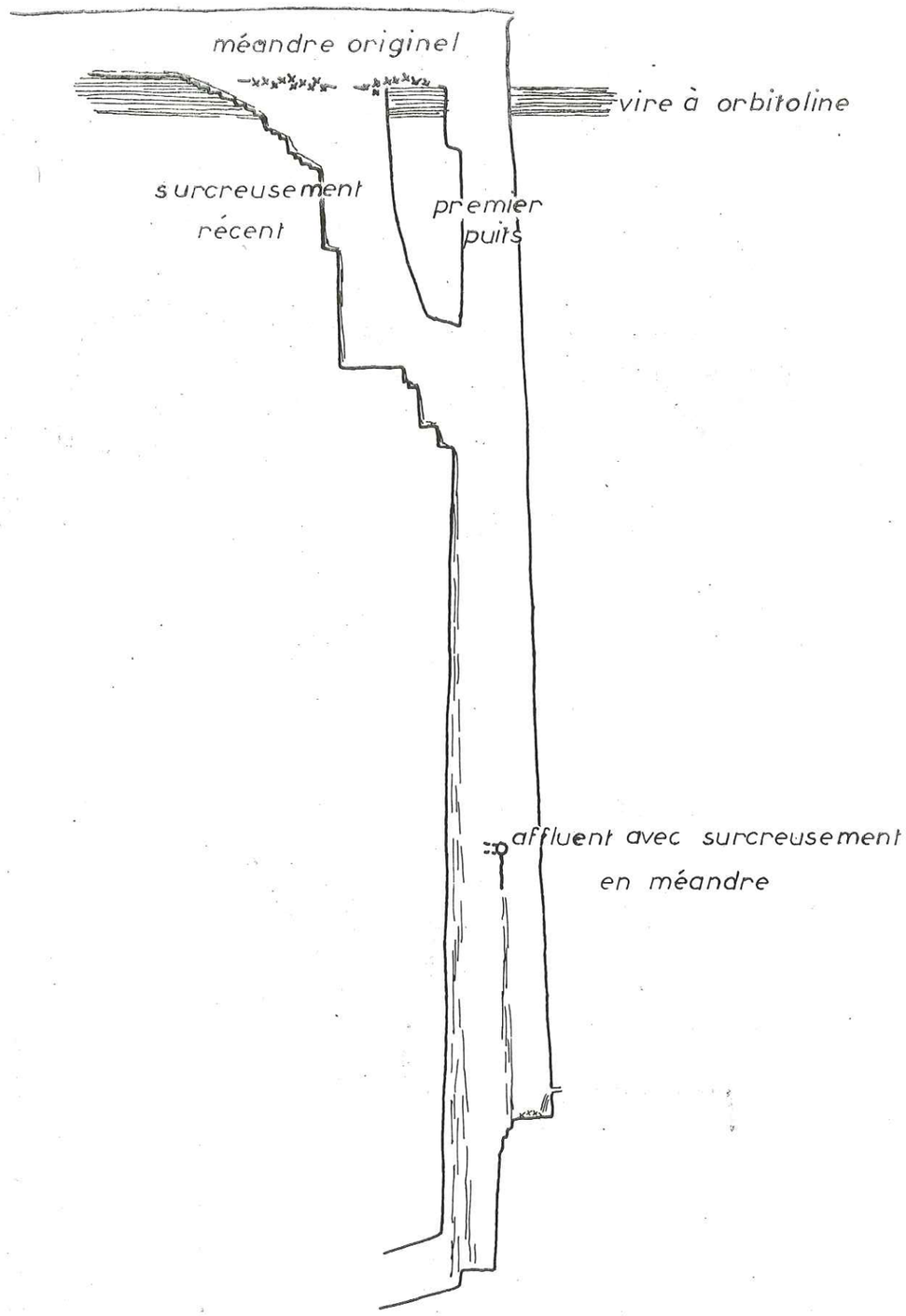
IV - 2 - 2 Origine et morphologie des galeries

En raison de la très faible perméabilité des roches calcaires en présence , nous pensons que seule la fissuration est à l'origine du creusement des galeries . Plusieurs types de discontinuitées peuvent être envisagées :

- Les discontinuités de sédimentation (joints de tratification , bancs sableux ou marneux .) jouent un grand rôle dans les karsts alpins ou à cause des éfforts tectoniques importants les bancs de la masse calcaire ont souvent glissé les uns sur les autres , et ce principalement sur les flancs des synclinaux .

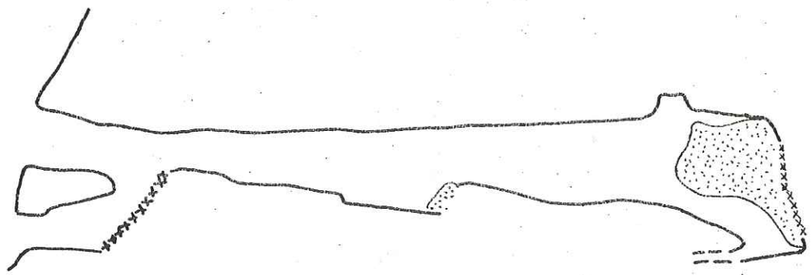
- Les discontinuités tectoniques (diaclases et failles) . Un réseau de diaclase parcourt tout massif compétent , même peu tectonisé . Les failles , discontinuités avec rejet peuvent selon qu'elles sont soit en extension ou en compression jouer des

Planche n° 30

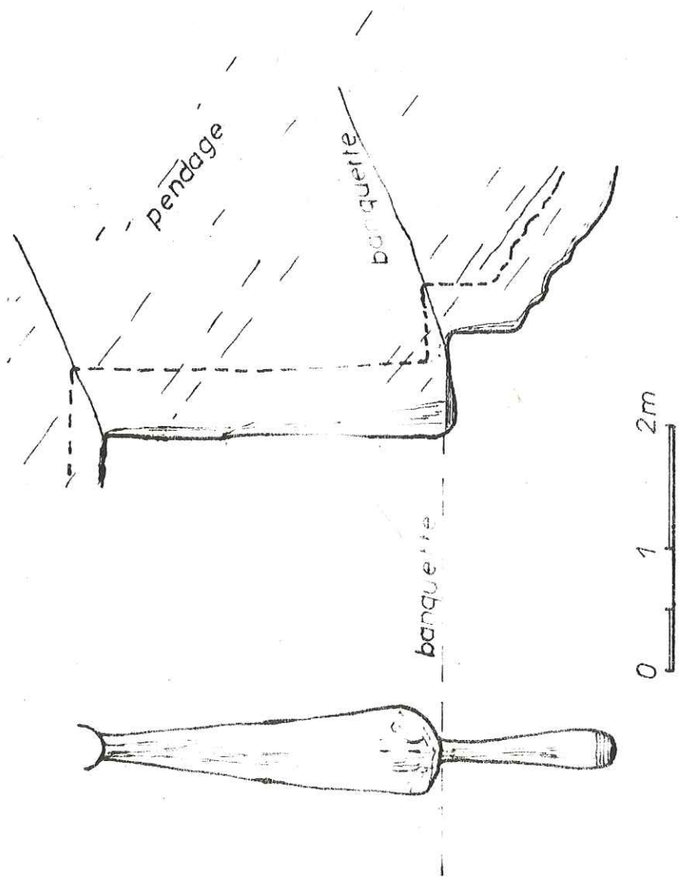


PUITS DE 200m au GOLET DU TAMBOURIN

(Alpette)



PUITS A NEIGE
(Forêt de Genieux)



BANQUETTES REMONTANTES
DANS UN MEANDRE
Gouffre du Combou de Liar
(Pyrénées)

roles différents . Elles peuvent également former écran si elles mettent en contact des terrains calcaires et des terrains imperméables .

L'écoulement pourra dès le départ être de deux types : noyé ou à surface libre . Un écoulement noyé tendra le plus souvent avec l'abaissement du niveau de base à devenir à surface libre . Plus rarement un réseau à écoulement libre pourra devenir noyé . (écroulement , remblaiement d'une vallée , mouvements tectoniques) .
Selon le type d'écoulement et la disposition des discontinuités originelles , plusieures formes de galeries peuvent se présenter :

- Le puits Nous apellerons puits un type de galerie verticale creusée en écoulement libre . Les puits de Chartreuse présentent en général une forme en éteignoir avec des parois lisses ou couvertes de micro - taffonis (action des embruns d'une cascade) . Les puits sont creusés à partir de discontinuités verticales ou sub-verticales . Leur forme évasée s'explique par la dispersion de la cascade au cours de sa chûte .
- Le méandre Aux puits sont en général associes les méandres . Ce type de galerie est très abondant en Chartreuse et dans les karsts d'altitude en général . Il peut avoir deux origines :

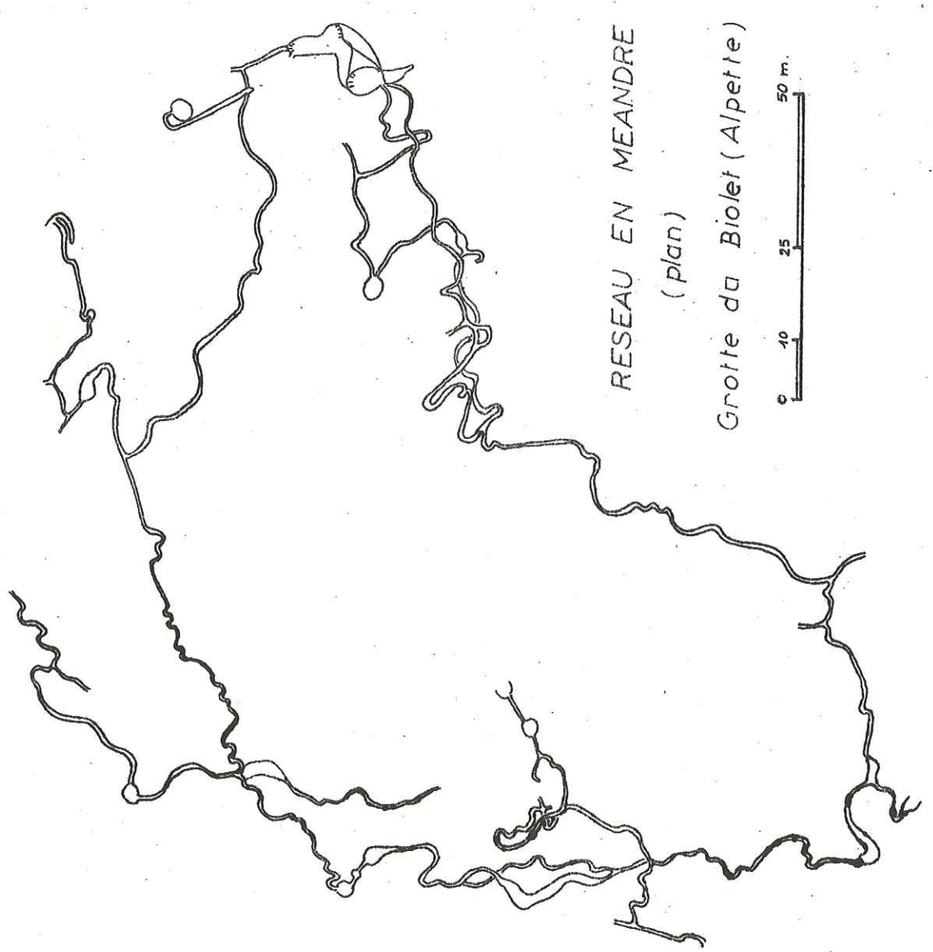
- Un joint de stratification horizontal ou modèrément incliné a vu l'eau y circuler de façon plus ou moins diffuse (méandre très accentué) , très vite un conduit s'individualise et on passe en écoulement libre . A partir de ce moment la dissolution n'a lieu qu'au plancher et le ruisseau s'enfonce dans la strate sous - jascente , creusant une sorte de micro-canon souterrain .Certains méandres de Chartreuse peuvent atteindre jusqu'à une cinquantaine de mètres de hauteur et même plus ! pour quelques décimètres de large . La largeur du méandre est probablement liée au débit du ruisseau souterrain et à sa vitesse d'écoulement (surface mouillée) . Au fur et à mesure de son enfoncement , le méandre a tendance à s'exagèrer et des recoupements sont fréquents .

- Une galerie à écoulement noyé passe en écoulement libre ; son plancher est alors entaillé par le ruisselet (galerie en trou de serrure) . Un méandre va se développer , mais en général moins contourné que ceux du type précédent .

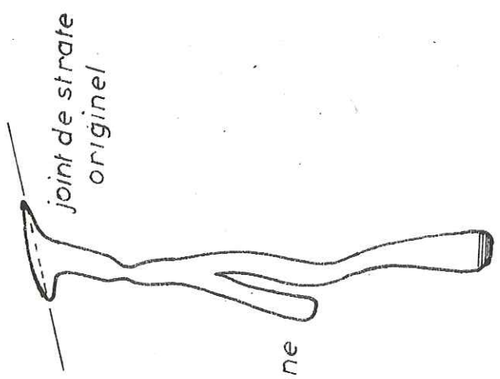
Le méandre évoluant comme un canon de surface présente des ressauts ou cascades (faux puits , ou polypuits) qui forment à leur base un élargissement dû à la dispersion de la gerbe d'eau ; alors qu'au sommet avec l'accélèration de l'écoulement due à la rupture de pente , le méandre se rétrécit en"trait de scie" . Ce retrécissement est à l'origine d'une double banquette remontant vers l'aval (planche n° 31)

- Les galeries noyées Une galerie noyée se développe à partir d'une ou de plusieures fissures ouvertes . Ph RENAULT (1966) distingue deux types de galeries noyées , selon

Planche n° 32



LES MEANDRES



MEANDRE (section verticale)

que les vitesses de l'eau sont sufisantes pour empêcher le dépot de sédiments ou non . Ce sont les galeries syngénétiques et para-génétiques . Dans le premier cas (galeries syngénétiques , absence de sédiments) la dissolution s'exerce sur la totalité des parois rocheuses et la galerie s'agrandit d'une façon à peu près uniforme . Dans le second cas (galeries paragénétiques) les alluvions protègent le plancher et même les parois de la galerie et la dissolution ne peut s'exercer que sur le plafond . Une augmentation de la section amène un ralentissement des vitesses et de nouveaux dépots . Ainsi la galerie se développe vers le haut à partir d'une discontinuité qui peut finalement disparaitre sous les alluvions .

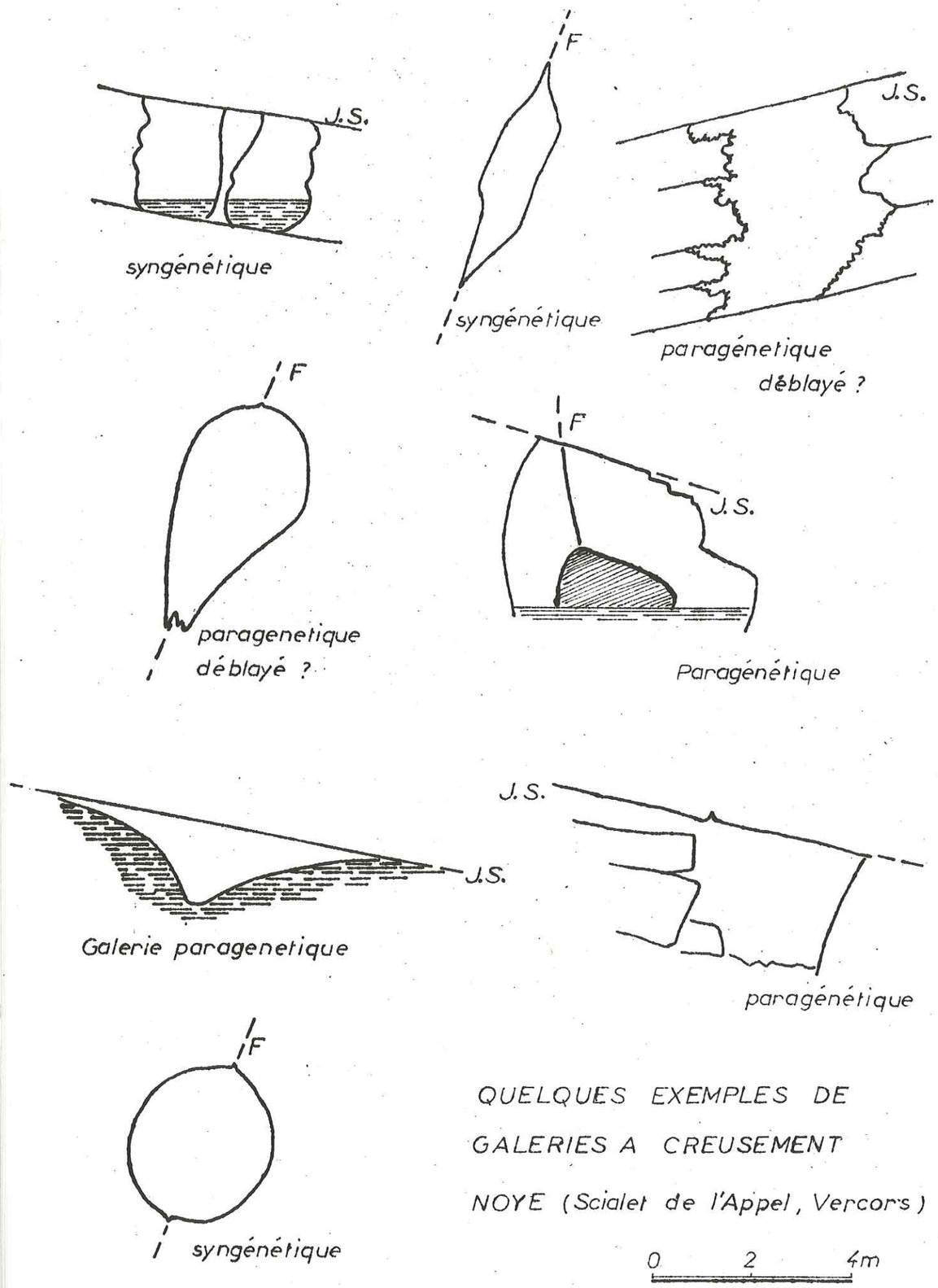
- Les galeries composées Lorsqu'une galerie passe en écoulement libre , les alluvions peuvent être entaillés en terrasses par le cour d'eau , ou même déblayés . D'autres remblaiements peuvent postèrieurement avoir lieu . L'évolution des réseaux karstique est complexe et de nombreux cas de figure peuvent avoir lieu .

- Les salles Avec Ph. RENAULT (1966) , nous apellerons salles des vides beaucoups plus importants que les galeries qui y accèdent . Les salles apparaissent comme des accidents dans un réseau , se développant sur des fractures importantes ou sur des zones fortement tectonisées selon le processus d'effondrement dissolution . Les vraies salles sont assez rares dans les réseaux du massif du Grand Som et ne concernent en général que des réseaux anciens (salles du Trou Lisse à Combone) .

IV - 3 Inventaire des cavités du massif du Grand Som

(Extrait de l'Inventaire Spéléologique du Massif de la Charteuse , B TALOUR 1975)

Symb	Nom	X	Y	Z	D	P	Observations
∩	Grotte	868,00	354,50	530 m			siphon
V	Gouffre A.S.N.	868,80	345,72	1180 m			
∩	Trou du Renard G.S.17	868,92	347,60	1430 m	20		en falaise
∩	Grotte n°1 d'Arpison	868,95	347,60	1445 m	20		
∩	Grotte n°2 d'Arpison	868,95	347,60	1445 m	25		
∩	Grotte du Pic de L'oeillette	869,02	344,52	670 m	100		
V	Gouffre d'Arpison	869,28	347,38	1445 m		-23	
∩	Grotte de la Cambise	869,35	344,80	900 m			
V	Puits du Sapin	869,40	347,48	1425 m		-50	salle
V	Gf. du col de Sariette	869,43	349,225	1300 m			
V	Perte d'Arpison	869,50	347,65	1420 m		-6	
V	Gf. de Riondette	869,62	349,75	1235 m		-20	
V	Golet du Glouton	869,79	347,66	1495 m		-70	



QUELQUES EXEMPLES DE GALERIES A CREUSEMENT NOYE (Scialet de l'Appel, Vercors)

0 2 4m

V	Gf. S.C.V. 63	870,16	349,05	1110m		-10	boisages
V	Gf. S.C.V. 62	870,23	346,30	1150 m		-6	siphon ?
V	Gouffre de la Ruchère	870,7	351,9	1200 m			B.R.G.M.
▽	Perte de la Ruchère	870,79	351,04	1170 m		-40	Courant d'air
V	Méandre	870,95	352,10	1150 m		- 7	
V	Grande glacière	870,99	352,06	1145 m		-15	
V	Gouffre	871,0	352,14	1140 m		-20	
∩	Grotte du Mouton	871,725	347,40	1750 m	15	-8	
∩	Trou des Lauzes rousses	871,750	347,02	1800 m	40	-20	courant d'air
∩	Grotte du Rialet	871,80	346,92				
V	Gf. n°107 de Mauvernay	871,80	347,50	1775 m			
V	Gf. n°108 de Mauvernay	871,80	347,51	1750 m		-8	
∩	Grotte de Léchaud	871,80	349,7				
V	Trou de Léchaud	871,85	349,70	1450 m		-52	
V	P 114	871,95	347,83	1672 m		-15	
V	Puits de l'Echo,P305	871,95	347,88	1660 m		-350	
V	Gf. de Mauvernay	871,97	347,83	1700 m			
∩	Trou de la Cheminée	872,00	348,65	1730 m	3	+10	G.S.8
∩	Grotte des deux	872,00	348,43	1790 m	150	55	G117
∩	Grotte	872,00	352,95	525 m			siphon
∩	Grotte	872,10	347,47	1800 m		-7	à 10m de haut
∩	Diaclase P115	872,10	347,60	1720 m		-8	
∩	Grotte du Balcon G116	872,11	348,49	1800 m		-50	
V	Puits de la Chèvre	872,11	348,57	1730 m		-8	
V	Gouffre de Bovinant	872,20	348,60	1680 m		-40	P304
V	Trou de la grande faille	872,20	349,70	1500 m	50	-20	décollement
V	Trou Badour, P301	872,28	348,52	1650 m		-6	
V	Trou du Pot	872,30	348,20	1600 m		-10	courant d'air
V	Gouffre G.S.49	872,39	349,56	1595 m		-11	
V	Gouffre P307	872,39	348,955	1580 m			
V	Gouffre P301	872,40	348,60	1620 m	15	-5	
V	Gouffre Ma-Thé G.S. 1	872,41	348,06	1830 m		-20	
V	Trou du Culte G.S.48	872,415	349,44	1575 m	20		
V	Trou Babasse G.S.45	872,42	349,635	1480 m		-15	
V	Gouffre G.s.40	872,425	349,38	1580 m		-5	
V	Trou Berculeux G.S.44	872,43	348,82	1585 m		-708	Puits Francis
V	Gouffre G.S. 39	872,445	349,44	1560 m		-37	
V	Trou Baisant P306	872,45	348,90	1590 m		-680	Puits Francis

V	Puits Francis	872,45	348,90	1590 m		-680
V	Gouffre G.S.32b	872,455	349,40	1555 m		-12
V	Gouffre G.S. 43c	872,465	349,115	1565 m		-28
V	Puits de la faille Q.P.E.C. N° 30 b	872,465	349,165	1565 m		-10
V	Gouffre G.S.32 a	872,465	349,405	1550 m		-30
V	Gouffres G.S.43 a et b	872,475	349,115	1565 m		-8
V	Puits de la faille Q.P.E.C. N° 30 a	872,475	349,160	1565 m		-35
V	Trou Lisse à Combone	872,48	349,59	1487 m		-300
V	Trou Lisse à Combone (entrée supérieure)	872,51	349,66	1435 m		
V	Gouffre P309	872,52	349,065	1555 m		
V	Gouffre P310	872,520	349,07	1555 m		
V	Gouffre G.S.57	872,52	349,86	1475 m	25	-10
V	Gouffre P308	872,525	349,065	1555 m		
V	Gouffre P501	872,53	347,24	1815 m		-9
V	Gouffre G.S.42 a	872,53	349,13	1535 m	52	-35
V	Couffre à Maule G.S. 61	872,53	349,23	1558 m		-130
V	Gouffre P502	872,54	347,23	1815 m		-12
V	Grotte P312	872,54	349,07	1550 m		
V	Trou Lisse à Combone (entrée inférieure) G.S. 47	872,54	349,67	1415 m		
V	Gouffre G.S.42 b	872,545	349,13	1525 m	52	-35
V	Trou Vreboite G.S.28	872,565	349,325	1535 m	30	-26
V	Gouffre G.S. 33	872,565	349,51	1515 m	40	-17
V	Gouffre G.S. 29	872,585	349,43	1510 m		
V	Gouffre G.S.34	872,585	349,535	1505 m	15	-10
V	Le Métro G.S.31	872,59	349,175	1535 m	20	-12
∩	Grotte G.S. 41	872,595	349,145	1520 m	10	
V	Gouffre Roland P508	872,6	347,2	1820 m		-481
V	Trou Pinambour G.S.25	872,61	349,25	1520 m		
∩	Grotte du Mond -Milch	872,63	349,345	1370 m	20	+5
V	Trou Yard G.S.35	872,63	349,59	1425 m	70	-33
V	Gouffre G.S. 26	872,635	349,265	1505 m	12	-9
V	Gouffre G.S.27	872,65	349,33	1490 m		-16
V	Gouffre G.S.51	872,655	349,715	1390 m		-8
V	Grotte G.S.46	872,66	349,56	1420 m	20	

V	Trou de la Fumée	872,66	349,59	1420 m		-10	
V	Puits du Tronc G.S.36	872,66	349,67	1385 m		-17	
V	Gouffre G.S.37	872,675	349,345	1345 m	12	-10	
V	Trou qu'on voit G.S.66	872,76	349,09	1670 m		-61	
V	Gouffre G.S.65	872,95	349,70	1670 m		-40	
V	Gouffre G.S. 52	872,96	349,805	1400 m	30	-20	
●	Résurgence de Fontaine Froide (ou des Sermes)	872,97	352,69	520 m			
V	Puits Skil S.C.V.64	873,21	351,15	1120 m	152	-34	
∩	Grotte sup. du Curé	873,70	352,47	640 m			
∩	Grotte inf. du Curé	873,71	352,47	610 m			courant d'air
V	Gouffre du Chateau G.S.50	874,08	352,08	900 m	20	-20	

IV - 4 Conclusions

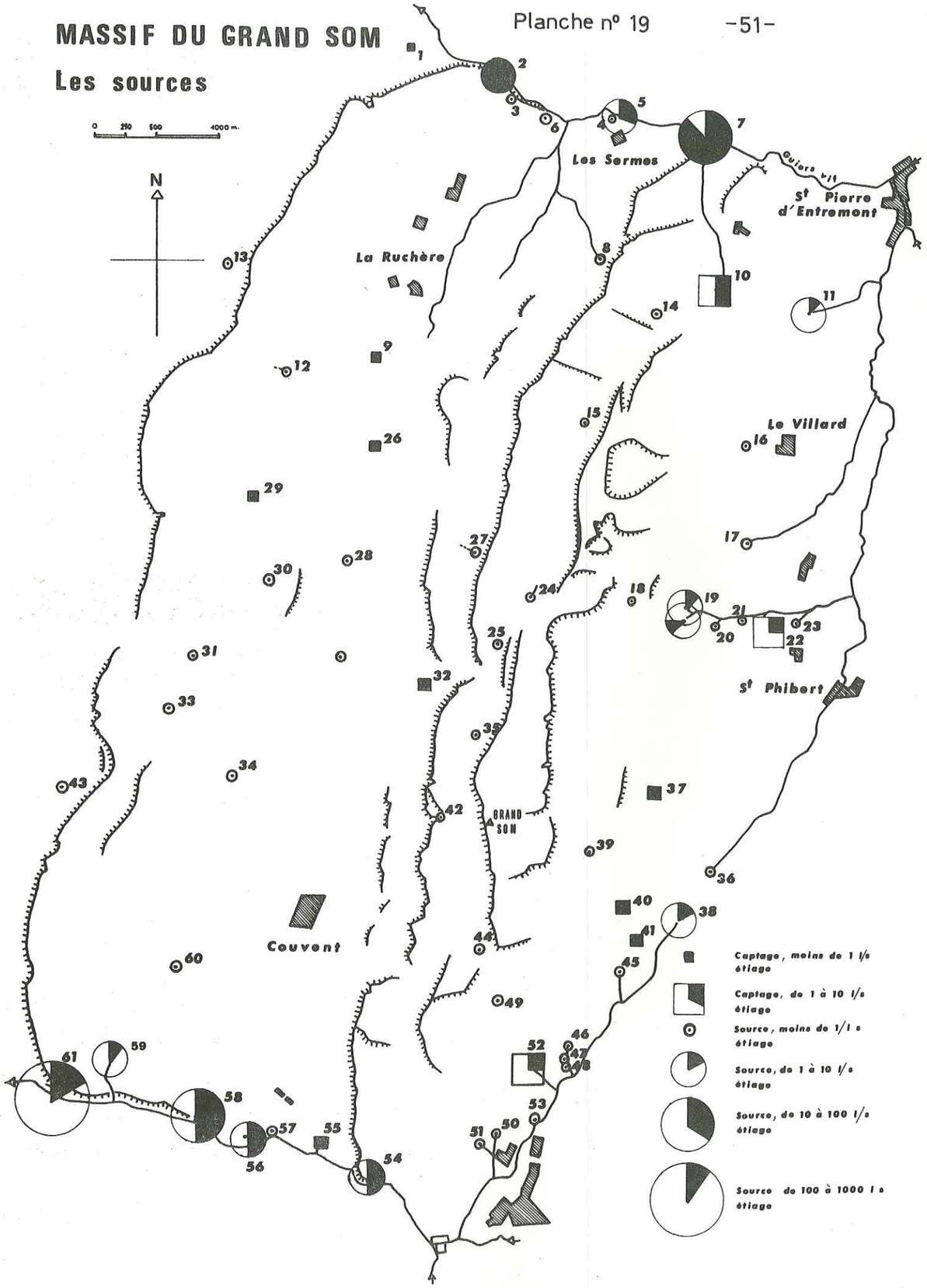
Les formes morphologiques de surface , variées selon l'altitude , de la forêt aux lapiez nus , de la prairie aux falaises , auront sur le ruissellement et l'évapotranspiration des influences tres diverses . L'eau qui tombe sur un lapiez d'altitude s'enfonce immédiatement par de multiples cannelures et fissures , trés rapidement elle est collectée en profondeur par les puits et les méandres . Elle n'est plus disponible pour l'évaporation . Seule la petite quantité stockée par capillarité à la surface ou dans les creux s'évaporera . Il en est pratiquement de même pour les falaises qui par leur exposition à l'Ouest collectent des quantités d'eau nettement supérieures à ce qu'on pourrait attendre de leur surface cartographique . Le ruissellement y est immédiat et l'eau disparait au pied , sous les éboulis . La Forêt , par contre , surtout lorsqu'elle est constituée de résineux présente une forte évapotranspiration qui dépasse certainement celle calculée dans les formules classiques .

L'origine de ces formes pose des problèmes que nous aborderons dans un chapitre ultérieur , on peut déja dire qu'elles sont liées aux différents épisodes glaciaires qui ont affecté le massif .

Les formes profondes témoignent de l'importance de l'écoulement libre , dû au fort dénivelé entre les zones collectrices et les émergences (plus de 1000 m) . Le puits est la galerie la plus fréquente avec le méandre dans la zone de descente . La zone noyée , moins accessible , présente des galeries d'un type tout à fait différent . Les vitesses y sont en général plus lentes , la sédimentation y est plus importante , le réseau se développe en trois dimensions sans polarité particulière vers le bas , dans les limites de la couche calcaire . C'est une zone qui au contraire

MASSIF DU GRAND SOM

Les sources



CHAPITRE III

LE CLIMAT

Apperçu climatologique

III - 1 Etude des précipitations

Représentativité de la station de St. Pierre de Chartreuse

Place des années 1973 et 1974

Régime pluviomètrique

Intensité des précipitations

La neige

Rèpartition des précipitations

Comparaisons avec d'autres massifs

III - 2 Etude des températures

Les températures

La fonte des neiges

III - 3 Estimation de l'évapotranspiration

Par le bilan hydrologique du Guiers Mort

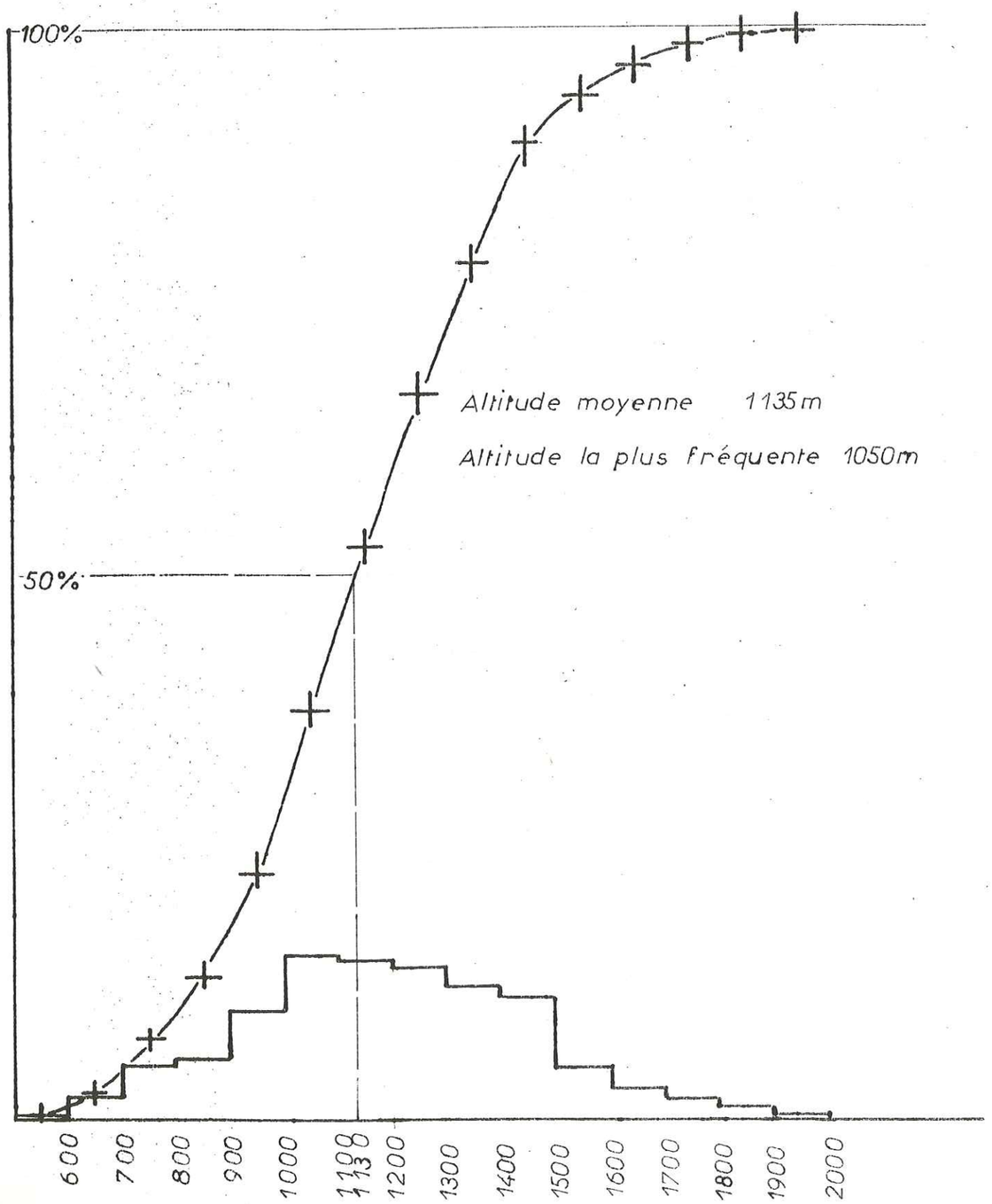
Par les formules

Conclusions sur l'évapotranspiration

III - 4 Conclusions

Planche n° 20

Repartition isohypse du massif du GRAND SOM



" Vous nous dites être en pays karstique , et pourtant l'eau ruisselle de partout ."

(Réflection entendue lors de l'excursion en Chartreuse du 2ém colloque sur l'hydrologie karstique du Vercors et de la Chartreuse)

Nous allons essayer dans ce chapitre de définir les conditions climatiques dans lesquelles est plongé le milieu karstique de Chartreuse . En raison de la disposition de la zone étudiée (massif et non bassin versant) , nous ne tenterons pas de " boucler" un bilan hydrologique du massif , mais plutôt de chercher quels sont les facteurs climatiques originaux du massif de la Chartreuse .

Apperçu climatologique

D'un relief plus montagnard que le Vercors , situé plus au Nord et exposé directement aux vents d'Ouest , le massif de la Charteuse bénéficie de précipitations exeptionnelles . Le climat tempèré et humide est celui des massifs de moyenne altitude .

III - 1 Etude des précipitations

L'étude est basée sur les relevés pluviomètriques de la Météorologie Nationale auquels nous avons pendant l'année 1974 ajouté deux stations de mesure en altitude (tubes totalisateurs). Nous nous intérèsserons plus particulièrement à 1973 et 1974 qui couvrent la période de notre étude .

III - 1 - 1 Représentativité de la station de St. Pierre de Chartreuse (Couvent)

Nous avons choisi la station de St. Pierre de Chartreuse (Couvent) comme station de référence pour le massif du Grand Som ; ceci en raison de sa position centrale par rapport au terrain d'étude et aux autres stations prises en compte :

St. Laurent du Pont

St. Pierre d'Entremont

Nous avons testé le degré de corrèlation sur les pluviomètries mensuelles entre ces deux stations . Sur les cinq dernières années nous obtenons :

Entre St. Pierre de Chartreuse et St. Laurent du Pont r = 0,92

entre St. Pierre de Chartreuse et St. Pierre d'Entremont r = 0,96 .

Ce qui nous semble satisfaisant . St. Pierre de Chartreuse (Couvent) est assez représentatif du massif ; cependant , le couvent étant situé à une altitude (945 m) nettement plus basse que l'altitude moyenne du massif (1135 m) , il s'est avèré néssessaire d'implanter deux tubes à neige en altitude ; l'un au col d'Arpison (1400 m) , l'autre dans le vallon des Eparres à proximité du collet de Léchaud,

PLUVIOMETRIE A St. PIERRE DE CHARTREUSE DEPUIS 1922

Valeurs annuelles

1922	2413	1958	2338
1923	2325	1959	1885
1924	1585	1960	2563
1925	1895	1961	1982
1926	1588	1962	1883
1927	2057	1963	2273
1928	2092	1964	1582
1929	1573	1965	2490
1930	2475	1966	2258
1931	2118	1967	1822
1932	1749	1968	2533
1933	1813	1969	1844
1934	1869	1970	2332
1935	2640	1971	1633
1936	2113	1972	1560
1937	2545	1973	1951
1938	1596	1974	2053
1939	2640		
1940	2322		
1941			
1942			
1943			
1944			
1945	1725		
1946	2163		
1947	1728		
1948	2249		
1949	1471		
1950	2032		
1951	2304		
1952	2408		
1953	1582		
1954	2505		
1955	1928		
1956	2082		
1957	1486		

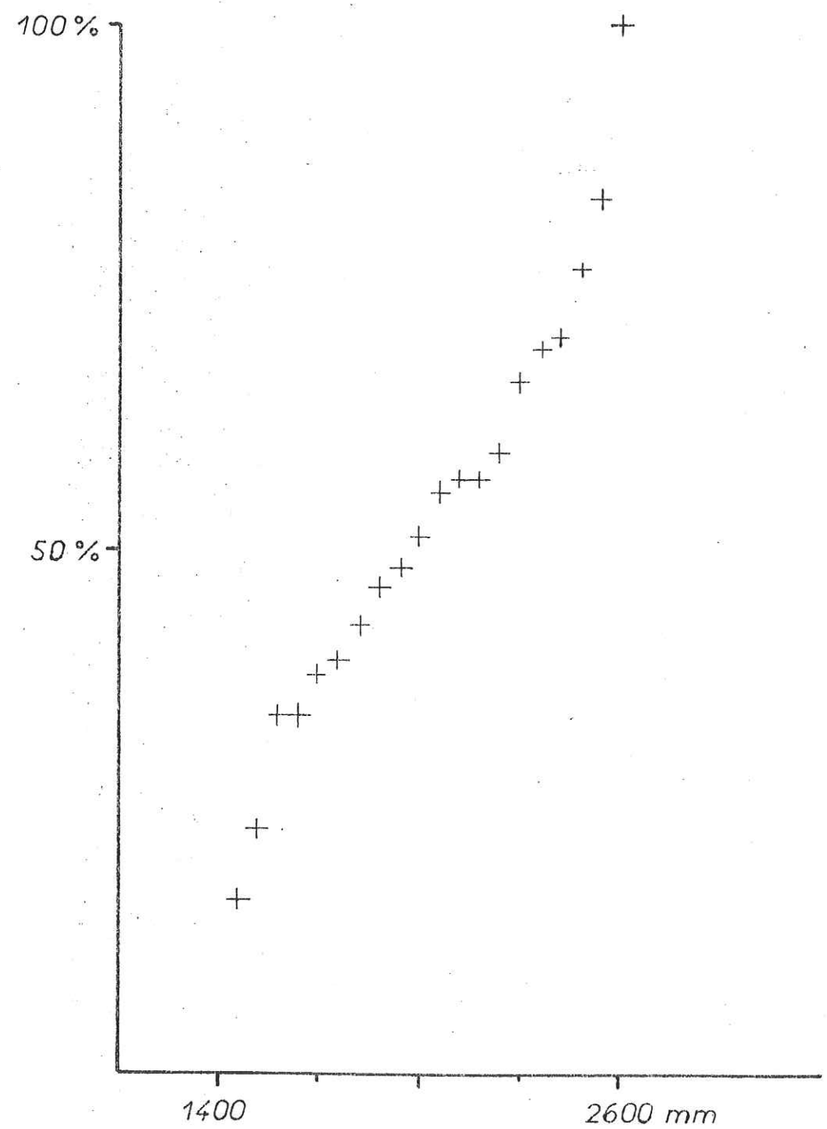
Valeurs classées

1471	2325
1486	2332
1560	2338
1573	2408
1582	2413
1582	2475
1585	2490
1588	2505
1596	2533
1633	2545
1725	2563
1728	2640
1749	2640
1813	
1822	
1844	
1869	
1883	
1833	
1895	
1928	
1951	1973
1982	
2032	
2053	1974
2057	
2082	
2092	
2113	
2118	
2163	
2249	
2258	
2273	
2304	
2322	

PLUVIOMETRIE

Valeurs annuelles classée

sur diagramme gausso-arithmetique



vers 1700 m .

III - 1 - 2 Place des années 1973 et 1974 dans la chronique des 50 dernières années

La Météorologie Nationale nous a fourni les valeurs annuelles des précipitations à St. Pierre de Chartreuse depuis 1922 (planche n° 21) . Le classement de ces valeurs reporté sur diagramme gausso - arithmétique des fréquences cumulées (planche n°22) montre que la distribution n'est pas gaussienne . Devant ce cas nous devrons nous contenter du rang des valeurs de 1973 et 1974 par rapport aux cinquante années précédentes .

Il faut retenir que :

49 % des valeurs sont inférieures à 1974 , ce qui en fait une année moyenne

45 % des valeurs sont inférieures à 1973 , ce qui en fait une année légèrement déficitaire .

III - 1 - 3 Régime pluviométrique

Pour 1974 , les calculs de pluviomètrie mensuelles et saisonnières (planche n° 23) donnent un hiver , un printemps et un été relativement secs devant un automne très pluvieux ; indice A.H.E.P. Sur cinq ans la répartition devient confuse , et sur dix ans la moyenne ne semble pas très significative (planche n° 23) Nous avons donc effectué les moyennes pluviométriques mensuelles sur les cinq/uante dernières années avec l'espoir de faire apparaitre une variation saisonnière .

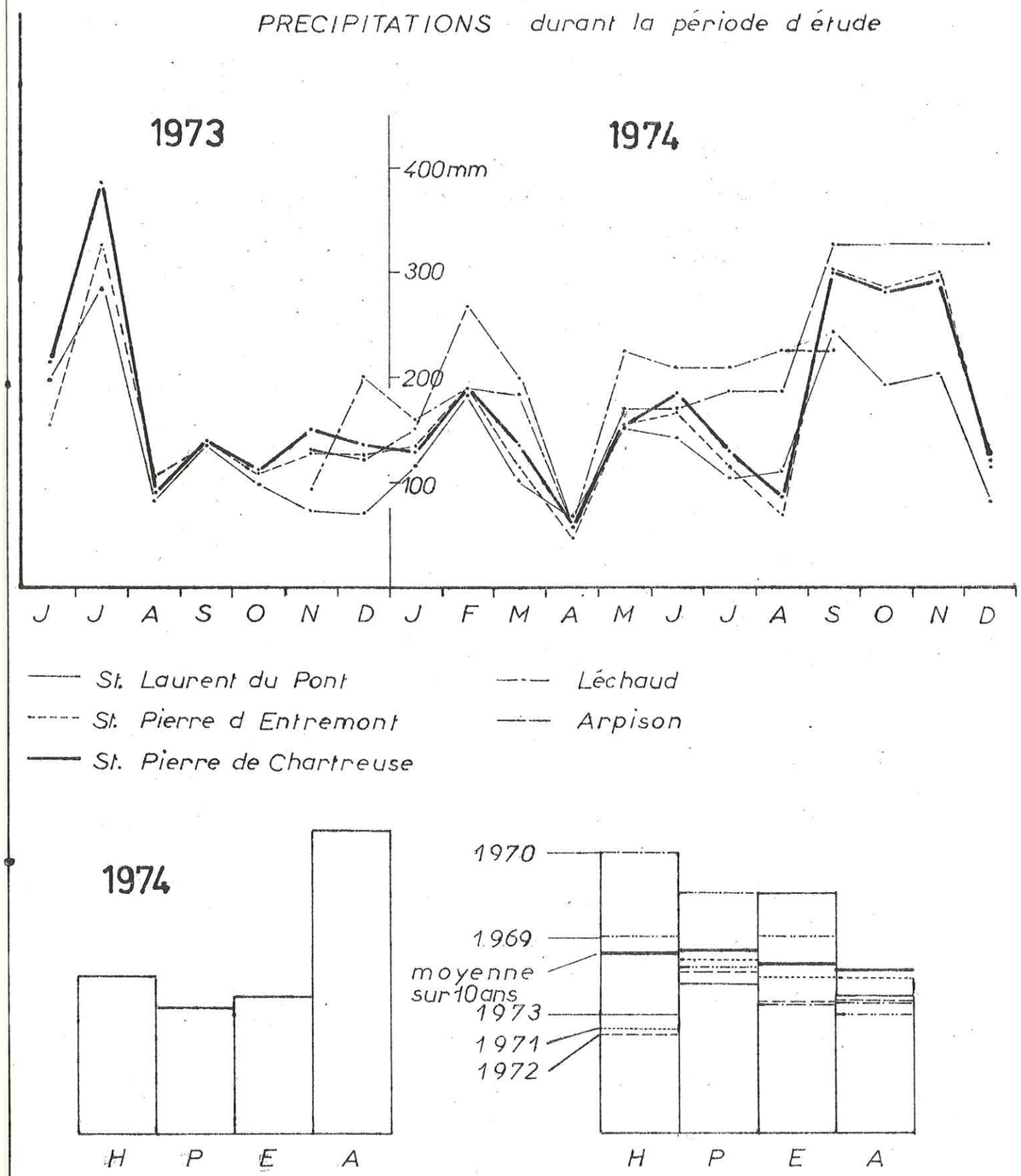
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
$\bar{x}$	156,8	169,6	150,6	173,7	177,0	194,0	154,9	179,1	163,8	153,8
s	82,7	107,2	91,8	80,7	66,2	86,6	80,6	98,2	85,0	93,9

	N	D
$\bar{x}$	182,5	174,8
s	98,3	107,3

Les écarts types sont extrèmement forts et les variations à première vue faibles . Un test d'analyse de variance montrera si ces variations sont au moins significatives. L'hypothèse nulle est celle où les écarts entre les moyennes mensuelles ne sont pas significatifs .

Il nous faut calculer $F = \dfrac{\sum x_i^2 - \sum \dfrac{T_j^2}{n_j}}{\sum \dfrac{T_j^2}{n_j} - C} \times \dfrac{ddl_j}{ddl_N}$

Planche n° 23



ou x_i = pluviométrie mensuelle

T_j = Somme des X_i d'un mois donné J

n_j = nombre de mois utilises pour la statistique sur le mois j

$C = T_g^2 / N$

avec T_g = total de toutes les valeurs x_i

N = nombre total de valeurs

ddl_j = degré de liberté sur le nombre de moyennes effectué

ddl_N = degré de liberté sur le nombre total de valeurs

Apres calcul :

F = 1,21

les tables de F donnent pour $ddl_j = v_1 = 11$ et $ddl_N = v_2 = 558$ à 5 % de chances : F = 1,75

L'hypothèse nulle est confirmée , les différences observées ne sont pas significatives . Nous nous refusons donc à définir un indice saisonnier , tout en remarquant qu'en général ce dernier est bien marqué au niveau annuel , mais extrèmement fluctuant d'une année à l'autre .

III - 2 - 4 Intensité des précipitations

On définit :

un coeficient de fréquence $\frac{\text{nombre de jours de précipitation}}{\text{nombre de jours dans le mois}}$

un coefficient d'intensité $\frac{\text{précipitations mensuelles}}{\text{nombre de jours de précipitations}}$

Coefficient de fréquence sur dix ans :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,47	0,54	0,52	0,59	0,56	0,53	0,43	0,44	0,38	0,32	0,51	0,49

Analyse de variance : F = 2,71 1,83 (valeur à 5 %)

l'hypothèse nulle est rejetée , ces variations sont significatives .

Sur le plan saisonnier nous obtenons :

H	P	E	A
0,50	0,56	0,44	0,40

Ce qui donne un indice saisonnier P.H.E.A. , ou l'automne apparait comme la saison la plus ensoleillée .

Coefficient l'intensité sur dix ans :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9,33	11,27	9,80	11,56	10,86	11,44	12,19	10,98	12,48	9,79	13,27	10,22

Analyse de variance : F = 0,74 1,83 (valeur à 5 %)

L'hypothèse nulle est acceptée , ces variations ne sont pas significatives .

III - 1 - 4 La neige

La neige est une composante importante du climat cartusien . Son abondance est liée à celle des précipitations . Par contre , le manteau neigeux est relativement instable à basse altitude à cause des influences du régime atlantique amenant des périodes ou les tempèratures hivernales sont largement positives . (voir le paragraphe sur les températures) Sur les cinq dernières années précédant la période étudiée , les hauteurs moyennes mensuelles (cumul des hauteurs quotidiennes de neige) se répartissent ainsi à St. Pierre de Charteuse :

0	3	74,8	70,6	52,0	137,2	104,0	81,0	0,6	0	cm de neige
0	3,6	89,8	84,7	62,4	164,6	124,8	97,2	0,7	0	mm H_2O

soit : 628 mm annuels (environ)

Pluviomètrie moyenne sur ces cinq dernières années : 1864mm

coefficient nivomètrique annuel au couvent : $\frac{628}{1864} = 0,34$

Autre approche :

A Arpison (1400 m) , le manteau neigeux s'est maintenu continu en 1973 - 1974 du 1er Novembre au 15 Avril . La fonte a réellement commencé vers le 15 Mars . Nous considèrerons que du 1er Novembre au 15 Mars toutes les précipitations ont été stockées ; ce qui donne un total pluviomètrique de 774 mm . En avril , il est retombé 0,20 m de neige , soit environ 24 mm d'eau . Total : 798 mm d'eau .

Du 1er Novembre 1973 au 31 Octobre 1974 , la pluviomètrie totale à Arpison a été de 2073 mm , soit un coefficient nivomètrique annuel de : 0,38

A Leschaud (1700 m) le même calcul nous conduit à un coefficient nivométrique de 0,34

Le coefficient nivomètrique ne semble pas varier en fonction de l'altitude , ceci est probablement dû :

1) à l'utilisation de deux méthodes différentes et sur des périodes différentes ;
2) à une surestimation au niveau du Couvent , ou en réalité le manteau neigeux n'est pas continu au cours de l'hiver ;
3) au manque de fiabilité des valeurs obtenues avec un tube à neige .

III - 1 - 5 Répartition des précipitations

Etant donné le caractère montagneux très accentué du massif et son exposition directe aux vents dominants d'Ouest , le gradient d'altitude diffère selon l'exposition . En calculant ce gradient entre deux stations situées à des altitude différentes sur un même versant , il est possible de construire une carte isoyète tenant compte des orientations .

Localité	altitude	précipitations	P	H	GRAD.
St. Laurent du Pont	415 m	1688 mm			
			1012 mm	985 m	1,03 mm/m
Arpison	1400 m	2700 mm			
			650 mm	455 m	1,43 mm/m
Couvent	945 m	2050 mm			
			1050 mm	755 m	1,39 mm/m
Léchaud	1700 m	3100 mm			
			1111 mm	1056 m	1,05 mm/m
St. Pierre d'Entremont	644 m	1989 mm			

Avec ces valeurs nous construisons la carte isoyète du massif du Grand Som (planche n° 24)

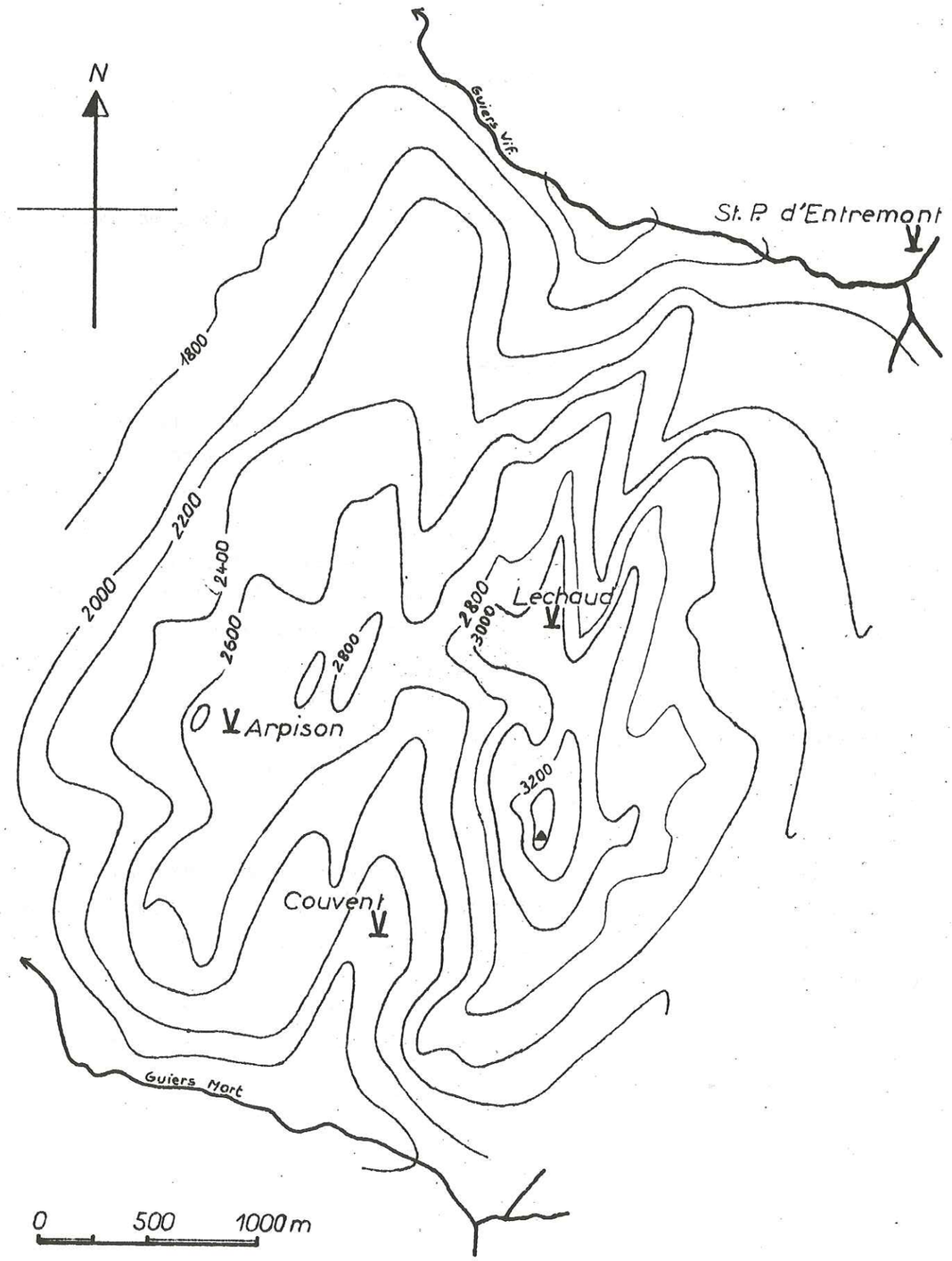
Contrairement aux observations faites dans le Nord Vercors (J.P. WINTER 1973) , il existe en Chartreuse un gradient pluviomètrique bien marqué .

III - 1 - 6 Comparaisons avec d'autres massifs

Massif	Station	Altitude	Précipitations	Période de référence
Dévoluy	Agnière en Dévoluy	1254 m	1159 mm	1956 -1965
	Superdevoluy	1500 m	1193 mm	1973
Vercors	Gresse en Vercors	1220 m	949 mm	1971
	Villard de Lans	1050 m	1157 mm	1971
	Autrans	1050 m	1548 mm	1905 - 1972
Chartreuse	St. Pierre d'Entremont	644 m	1990 mm	1974
	St. Pierre de Chartreuse	950 m	2057 mm	1922 - 1974
	Léchaud	1700 m	3100 mm	1973 - 1974
Bauges	Aillon le Jeune	900 m	1800 mm	1956 - 1965
	Chalets du Pra	1400 m	1500 mm	1972 - 1973

Planche n° 24

CARTE ISOYETE 1974



Chablais	Emosson	1800 m	1810 mm	
	Susanfe	1905 m	2370 mm	
Préalpes Romandes	Rochers de Naye	1982 m	2645 mm	1901 - 1940
Oberland	Engstligenalp	1955 m	1770 mm	
	Kleine Scheidegg	2061 m	1670 mm	
	Eiger gletscher	2320 m	1910 mm	

De toutes ces valeurs il apparait qu'à altitude égale , le massif de la Charteuse est le plus arrosé des chaines sub-alpines . On peu dire qu'il y pleut en gros deux fois plus qu'en Dévoluy et une fois et demi plus que dans les hautes Alpes calcaires de l'Oberland Occidental .

III - 2 Etude des tempèratures

2 - 1 Les tempèratures

La station du couvent ne peut être considèrée comme représentative du massif sur le plan des tempèratures ; car elle est située à une altitude inférieure à l'altitude moyenne du massif . Cependant la connaissance de l'évolution annuelle des températures permettra d'étudier le phènomène de la fonte des neiges qui présente un intérèt certain au niveau de la karstification . Sur la planche n° 25 , en haut sont représentées les températures (minima - moyenne - maxima) de la période d'étude , en bas , les températures mensuelles des cinq dernières années . Les moyennes mensuelles sur dix ans donnent une courbe parfaitement sinusoïdale sans intérêt pour nous . Nous remarquerons qu'au niveau de la période étudiée :

1) Hivers et étés sont nettement tranchés
2) A l'automne la baisse des températures est assez rapide ;
3) les température hivernales ne sont pas stables , des valeurs positives apparaissent au passage des perturbations ;
4) la remontée globale des températures au printemps est beaucoups plus progressive que la baisse de l'Automne . Surtout cette remontée se fait en deux fois (il a gelé en Mai). Si nous considèrons le graphe du bas de la planche n° 25 , on voit qu'au niveau de la remontée des températures au Printemps le phénomène de palier est presque toujours marqué , mais ne se produit pas chaque année au même moment , ce qui fait que ce phénomène n'est pas visible à partir d'une moyenne réalisée sur plusieures années .

III - 2 - 2 La fonte des neiges (planche n° 26)

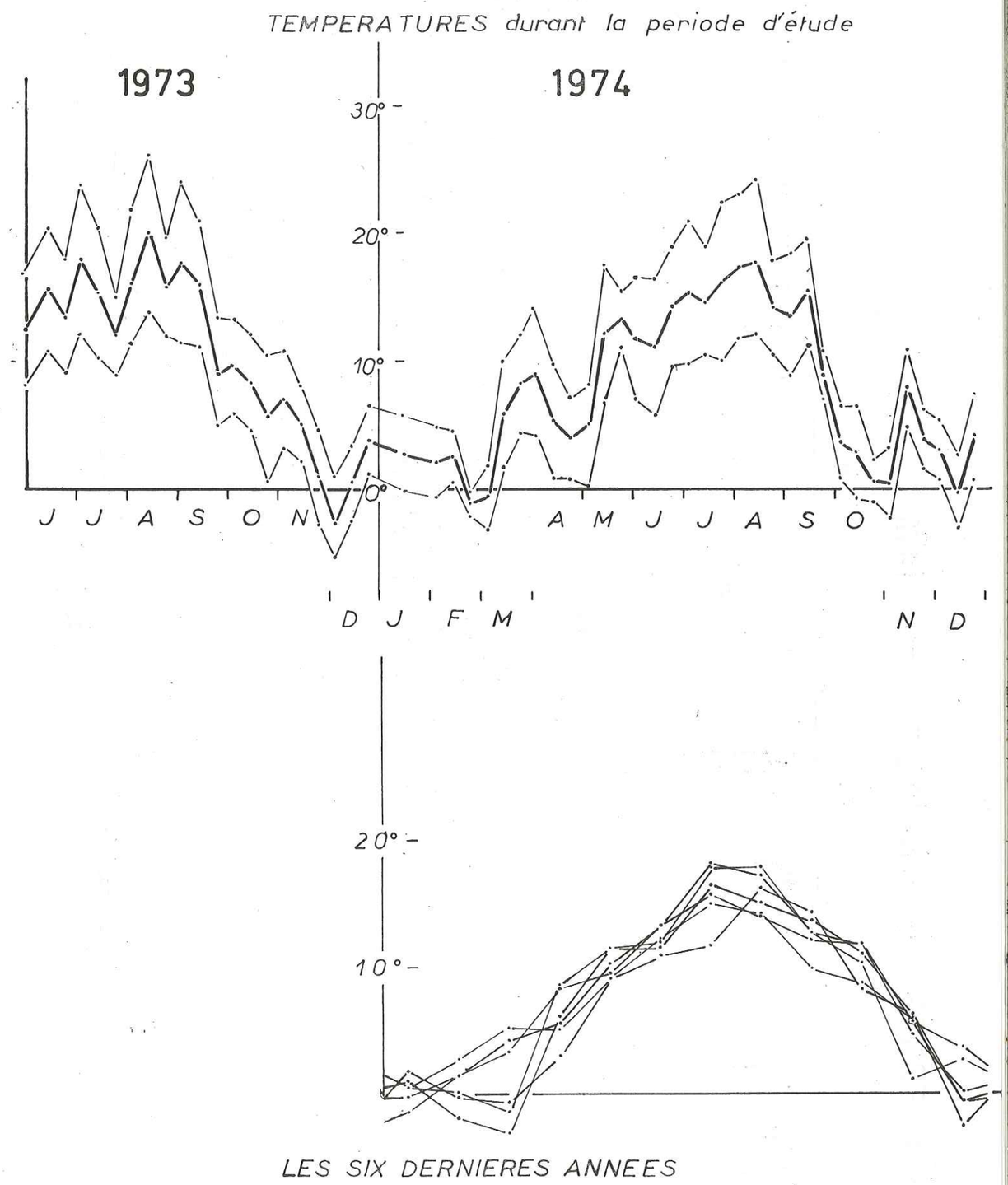
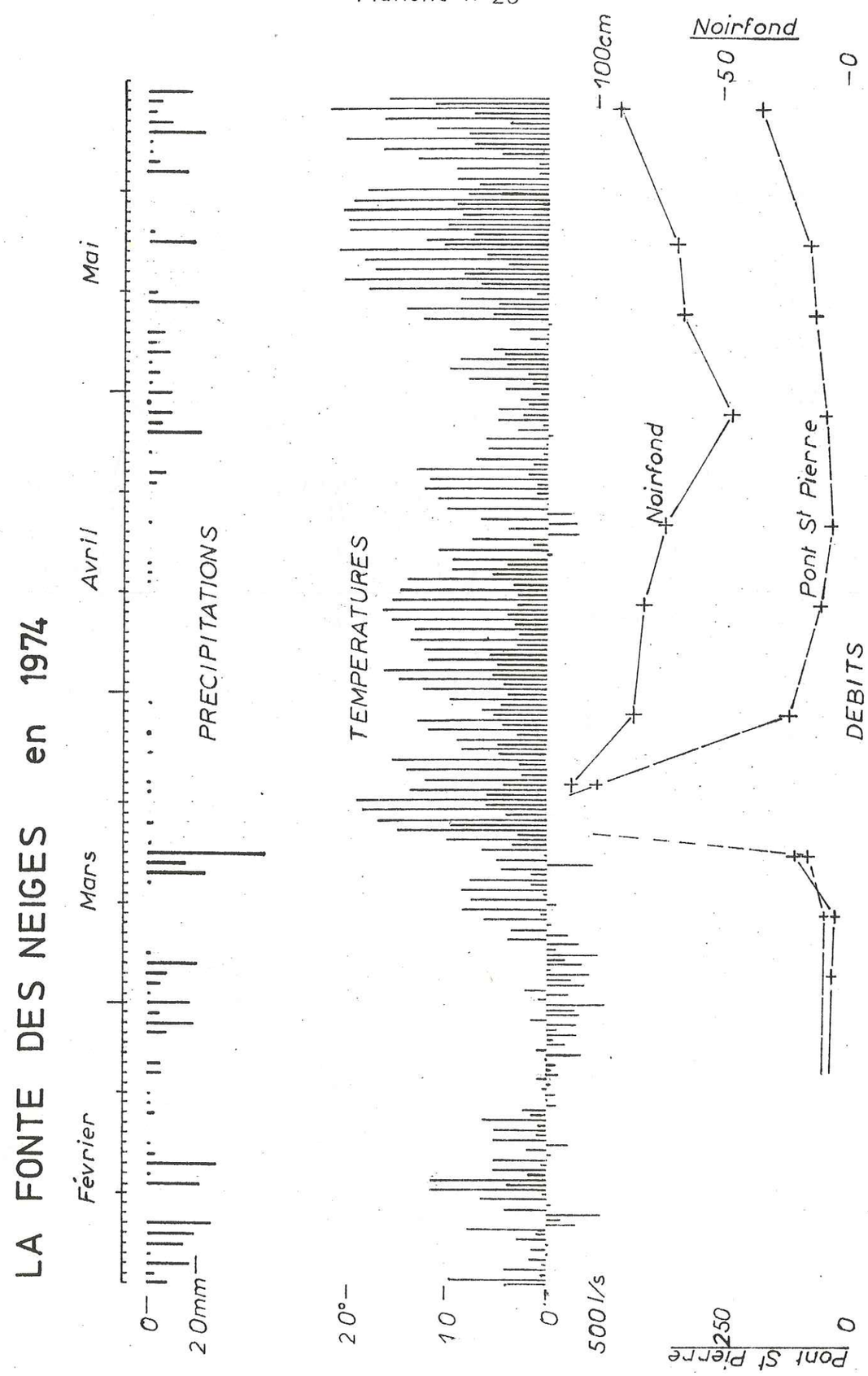


Planche n° 26



Bilan de la neige

Afin d'estimer pour le paragraphe suivant la valeur de l'évapotranspiration lorque le sol est couvert de neige (sublimation ?), nous allons faire le bilan de la neige

$$\begin{pmatrix}\text{Précipitations pendant}\\ \text{la période enneigée}\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\text{écoulement pendant}\\ \text{cette période}\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\text{quantité d'eau}\\ \text{restituée à la fonte}\end{pmatrix} = \text{déficit}$$

Le point de mesure des débits étant situé en aval des principales émergences du bassin versant , on peut considèrer que l'eau infiltrée a été restituée par les systèmes karstiques . En première approximation , nous considèrerons donc que le déficit d'écoulement en eau de neige peut être assimilé à la " sublimation " .

début des chûtes de neige : 1er Nov 1973
début de la fonte : 15 Mars 1974

soit 134 jours de neige

Précipitations au couvent pendant cette période : 669,9 mm
Lame d'eau précipitée : $73 \cdot 10^6$ m^3
Le couvent étant situé à une altitude inférieure à l'altitude moyenne du bassin versant , nous introduirons une correction à ces valeurs .

$$K = \frac{\text{pluv. ann. du B.V.}}{\text{pluv. ann. couvent}} = \frac{2322 \text{ mm}^*}{2050 \text{ mm}} = 1,13$$

Lame d'eau précipitée corrigée : $82,5 \cdot 10^6$ m^3
Lame d'eau écoulée pendant la même période sur le Guiers Mort : $37,15 \cdot 10^6$ m^3
soit un déficit d'écoulement hivernal de $45,3 \cdot 10^6$ m^3
Au paragraphe précédent , nous avons vu que $43 \cdot 10^6$ m^3 (environ) ont été restitués à la fonte . Ce qui donnerait à l'évaporation - sublimation une part de :

$3 \cdot 10^6$ m^3

soit 3 % des précipitations
soit 5,6 mm mensuels

FITZGERALD donne 15 mm mensuels pour la sublimation . Conscient de la très grande imprécision sur la valeur que nous venons de calculer , nous prendrons une estimation moyenne entre les deux , soit : 10 mm .

* Valeur calculée au paragraphe suivant .

La fonte des neiges est un des grands évènements hydrologiques de l'année , elle présente en 1974 un caractère brûtal dû à une remontée rapide des températures vers le 15 Mars , puis le temps se refroidissant progressivement les émergences sont revenues à des débits faibles . La fonte du reste du manteau neigeux a repris à partir du 10 Mai pour se poursuivre jusqu'en Juin . Le même phènomène s'est produit en 1975 et semble encore avoir lieu en 1976 . Par contre , en 1972 et 1973 , la fonte a été très étalée .

Volume d'eau libèré à la fonte des neiges

En 1974 , la fonte des neiges se déclanche brûtalement le 15 Mars à la suite d'un redoux bien marqué (planche n° 26) Les débits précédant cette fonte étaient sur le Guiers Mort de l'ordre de 1,20 m^3/s que nous considèrerons comme le flot de base . Les précipitations étant nulles ou insignifiantes jusqu'au 22 Avril, nous pouvons par différence estimer la part de la fonte de la neige dans l'écoulement . Fin Avril , le temps se refroidit et la fonte est stoppée .

En soustrayant des débits journaliers du Guiers Mort un débit de flot de base supposé constant nous obtenons du 15 Mars au 22 Avril un volume écoulé de 33,65 . 10^6 m^3

Une deuxième fonte a lieu en Mai avec un débit d'étiage précédent de 1,40 m^3/s

Le volume écoulé attribué à cette deuxième fonte est d'environ 9,47 . 10^6 m^3 .

Mais il n'a pas été sans pleuvoir durant cette période il faudra soustraire le volume représenté par les précipitations moins l' évapotranspiration .

Précipitations durant cette période : 76mm

évapotranspiration calculée par la méthode de Thornthwaite : 61 mm

ce qui laisse un écoulement de 15 mm que nous allons en première aproximation supposer réparti sur tout le bassin versant du Guiers Mort (101 Km^2) soit :

1,51 . 10^6 m^3 .

Volume total libèré par la 2^{em} fonte : 9,47 - 1,51 = 7,96 . 10^6 m^3

Total du volume libèré par la fonte des neiges en 1974 :

Mars - Avril	33,65 . 10^6 m^3
Mai	7,96 . 10^6 m^3
Total	41,61 . 10^6 m^3 soit 42 . 10^6 m^3

Volume écoulé du 1er Septembre 73 au 31 Aout 74 : 137,63 . 10^6 m^3

La fonte des neiges représente environ 30% du volume annuel écoulé . Cette valeur est à rapprocher de celle du coefficient nivomètrique . La fonte des neiges représente donc un apport important et limité dans le temps d'eaux présentant des caractèristiques physico-chimiques particulières .

III - 3 L'évapotranspiration

Nous allons éssayer d'estimer l'évapotranspiration globalement sur le bassin versant du Guiers Mort par différence entre la lame d'eau précipitée et la lame d'eau écoulée ; l'infiltration étant ici , en raison de la situation du point de mesure des débits supposée entièrement restituée au ruisellement . Dans un second temps nous utiliserons quelques formules classiques , afin de comparer leurs résultats à celui obtenu précédemment .

III - 3 - 1 Estimation de l'évapotranspiration par le bilan du Guiers Mort

Superficie du bassin versant karstique du Guiers Mort : 101 Km^2 répartis ainsi :

Altitude	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	+2000	m
Surface	1,92	3,89	18,31	19,63	28,34	19,57	7,80	1,43	0,11	Km^2
Précipitations en 1974 :	1746	1961	2175	2390	2605	2819	3034	3249	3463	mm

Les valeurs des précipitations à une altitude donnée ont été calculées à partir d'un gradient pluviomètrique global , intègrant toutes les stations de Chartreuse .

Lame d'eau précipitée :	255,4 . 10^6 m^3
Lame d'eau écoulée en 1974 :	176, . 10^6 m^3
Déficit d'écoulement :	79,5 . 10^6 m^3

Soit 32 % des précipitations .

En supposant que le point de mesure des débits se trouve en aval de toutes les sources du bassin versant et qu'ainsi l'infiltration est entièrement récupèrée par le ruissellement , cette valeur peut être considèrée comme l'évapotranspiration .

III - 3 - 2 Estimation par les formules

a) Méthode de Turc (au Couvent)

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{avec} \quad L = 300 + 25\,T + 0,05\,T^3$$

D = déficit d'écoulement annuel

P = précipitations annuelles

T = température moyenne annuelle

En 1973 T = 7,3°

P = 1951 mm

D = 488 mm soit 25 % des précipitations

b) Methode de Coutagne

Elle utilise les mêmes données que la précédente , mais ne s'applique pas au bassin versant du Guiers Mort , car les précipitations sortent des limites de validité de la formule .

c) Par la méthode de Thornthwaite (au Couvent)

$$E\ reel = K \cdot E\ pot$$

$$E\ pot = 1{,}06\left(10\,\frac{T}{I}\right)^{\alpha} \qquad \text{avec} \quad I = \sum_{1}^{12} i$$

$$\alpha = 0{,}49239 + 1792 \cdot 10^{-5}\, I - 771 \cdot 10^{-7}\, I^2 + 675 \cdot 10^{-9}\, I^3$$

E pot = évaporation potentielle

E reel= évapotranspiration calculée

I = Indice thermique annuel

i = indice thermique mensuel

K = coefficient de correction , fonction de la latitude , de la place du mois dans l'année et de son nombre de jours .

t = température moyenne mensuelle .

1973	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
t°	-0,1	-2,0	1,3	2,8	11,8	14,1	15,5	19,6	14,3	7,7	4,4	0,7
i			0,13	0,42	3,67	4,80	5,55	7,91	4,91	1,92	0,82	0,05
Epot mm			5	15	51	52	75	100	60	38	24	2
Ereel mm			5,1	17	65	67	98	121	62	36	19	1,5

soit au total : 492,24 mm

Au paragraphe précédent , nous avons estimé la"sublimation "

"sublimation" : 5 x 10 = 50 mm

Evapotranspiration totale : 542 mm

Précipitations en 1973 : 1951 mm soit 28 % **des précipitations .**

1974

3	1,1	4,5	6,13	12,3	12,4	15,5	16,6	12,4	2,3	4,0	2,3
0,46	0,10	0,85	1,36	3,91	3,96	5,55	6,15	3,96	0,31	0,71	0,31
17	5	22	35	65	65	80	87	65	13	22,5	13
13	4	22,5	39,5	83	84	105	105	68	12	18	10

Soit au total : 563 mm

"Sublimation" 5 x 10 = 50 mm

total 613 mm

précipitations en 1974 2053 mm

soit 30 % d'évapotranspiration

Ces valeurs sont certainement surestimées , car l'altitude du couvent (945 m) est bien inférieure à l'altitude moyenne du bassin versant du Guiers Mort (1230 m) et l'évapotranspiration calculée pour une altitude supérieure serait inférieure . Les valeurs obtenues par le bilan et par la formule de THORNTHWAITE semblent concorder . Il faut cependant faire remarquer que cette dernière valeur est surestimée . Le déficit d'écoulement serait donc plus important que l'évapotranspiration calculée . La formule de TURC qui ne tient compte que de la température moyenne annuelle donne des valeurs encore plus faibles . D'autre part , il est probable qu'en altitude sur les lapiez nus et en forêt dispersée sur lapiez , l' évapotranspiration soit particulièrement indigente , l'eau rejoingnant directement le karst profond . L'évaporation serait alors limitée à l'évaporation en été sur la roche chaude en début d'averse et à la pellicule d'eau retenue par capillarité à la surface de la roche à la fin de l'averse . Pour les karsts hauts - alpins (au dessus de 1700 m) les auteurs Suisses considèrent que l'évapotranspiration ne dépasse pas 10 % des précipitations (R. MAIRE 1976) . 25 % nous semblerait donc une valeur plus plausible au niveau du bassin versant du Guiers Mort . L'incertitude sur les précipitations est telle que la différence observée avec la première methode (140 mm) n'est pas forcément significative . Nous signalerons cependant que MAX MICHEL a montré qu'il existait au niveau de la nappe de St. Laurent du Pont un transit important provenant du massif de la Chartreuse . Il est possible que le Guiers Mort contribue à l'alimentation de cette nappe par des pertes situées en amont de notre point de mesure .

III - 4 Conclusions

Le massif de la Chartreuse reçoit des précipitations considèrables (2060 mm annuels au Couvent , 945 m) soit 133 % des précipitations de la station d'Autrans au Nord du Vercors , pourtant située à une altitude supérieure . Le gradient pluviomètrique est très fort : à 2000 m , sur le Grand Som , il est tombé en 1974 plus de 3200 mm d'eau .

Il pleut en moyenne un jour sur deux en Chartreuse , et ces précipitations sont réparties à peu près uniformément sur l'année ;ce qui entretient une humidité permanente . Les systèmes karstiques sont régulièrement alimentés , sauf en hiver où en raison de la rétention nivale apparait l'étiage le plus sévère de l'année .

La neige représente un volume important de l'ordre de 35 % des précipitations annuelles . Sa fonte libère en peu de temps (un mois et demi) 30 % du volume écoulé . Cette fonte est liée à la remontée des températures au printemps qui très souvent se fait en deux

fois , présentant un palier vers Avril .
Les températures hivernales ne sont jamais très basses et sont instables en raison des perturbations atlantiques fréquentes . Les températures d'été sont pour les mêmes raisons relativement modèrée .
L'évapotranspiration peut être calculée par plusieures méthodes qui concordent à peu près , bien qu'en laissant l'impression que le bassin versant du Guiers Mort comporte des pertes en amont du point de mesure .
Ces caractèristiques originales du climat cartusien vont influencer sur la morphologie des surfaces calcaires et sur le creusement du karst profond .

CHAPITRE IV

LES FORMES KARSTIQUES

Importance des calcaires dans le massif considéré

IV - 1 Le karst de surface
- La forêt
- le lapiaz sous forêt
- Essai statistique sur les puits à neige
- Les lapiez nus
- Les falaises
- La prairie

IV - 2 Les formes karstiques profondes

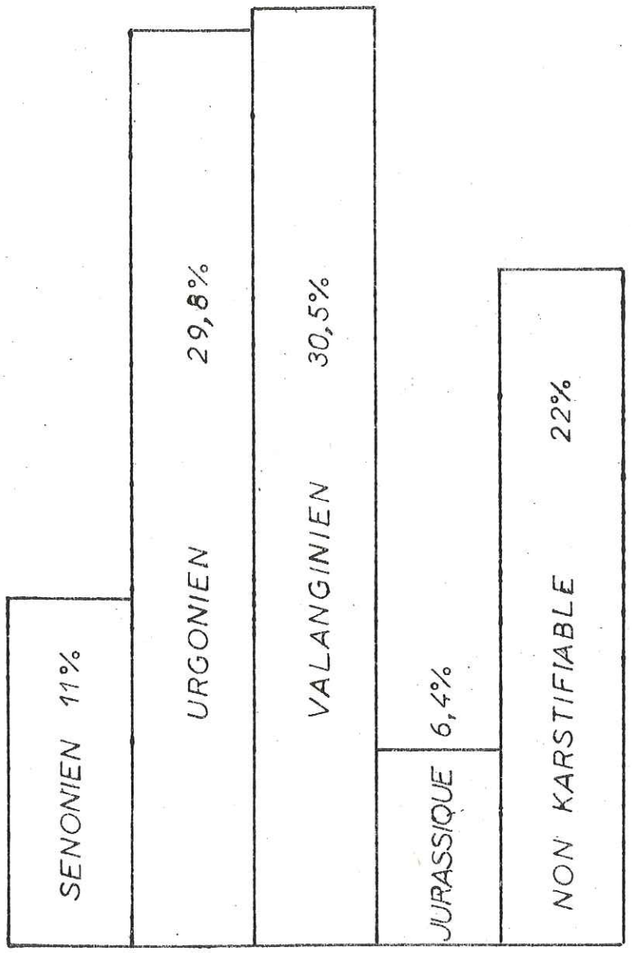
2 - 1 Les types de cavités
- Les puits à neige
- les gouffres d'altitude
- Les anciens réseaux
- Les émergences

2 - 2 Origine et morphologie des galeries
- Les discontinuités de sédimentation
- Les discontinuités tectoniques
- Forme des galeries
  - Le puits
  - Le méandre
  - Les galeries noyées
  - les galeries composées
  - Les salles

IV - 3 Inventaire des cavités du massif du Grand Som .

IV - 4 Conclusions

Planche n° 27



IMPORTANCE DES CALCAIRES
dans le massif du GRAND SOM

Importance des calcaires dans le massif considéré (planche n° 27)

Dans la série stratigraphique , quatre ensembles calcaires apparaissent comme karstifiables et donnent lieu à des émergences de type karstique . Leur répartition en surface pour le massif du Grand Som est la suivante :

Calcaires sénoniens	11,3 %
Calcaires urgoniens	29,8 %
Calcaires valanginiens	30,5 %
Calcaires jurassiques	6,4 %

Seuls 22 % des terrains affleurant ne sont pas à priori karstifiables . (marnes , calcaires marneux , éboulis , quaternaire) C'est dire l'importance des phénomènes karstiques au niveau de ce massif .

IV - 1 Le karst de surface

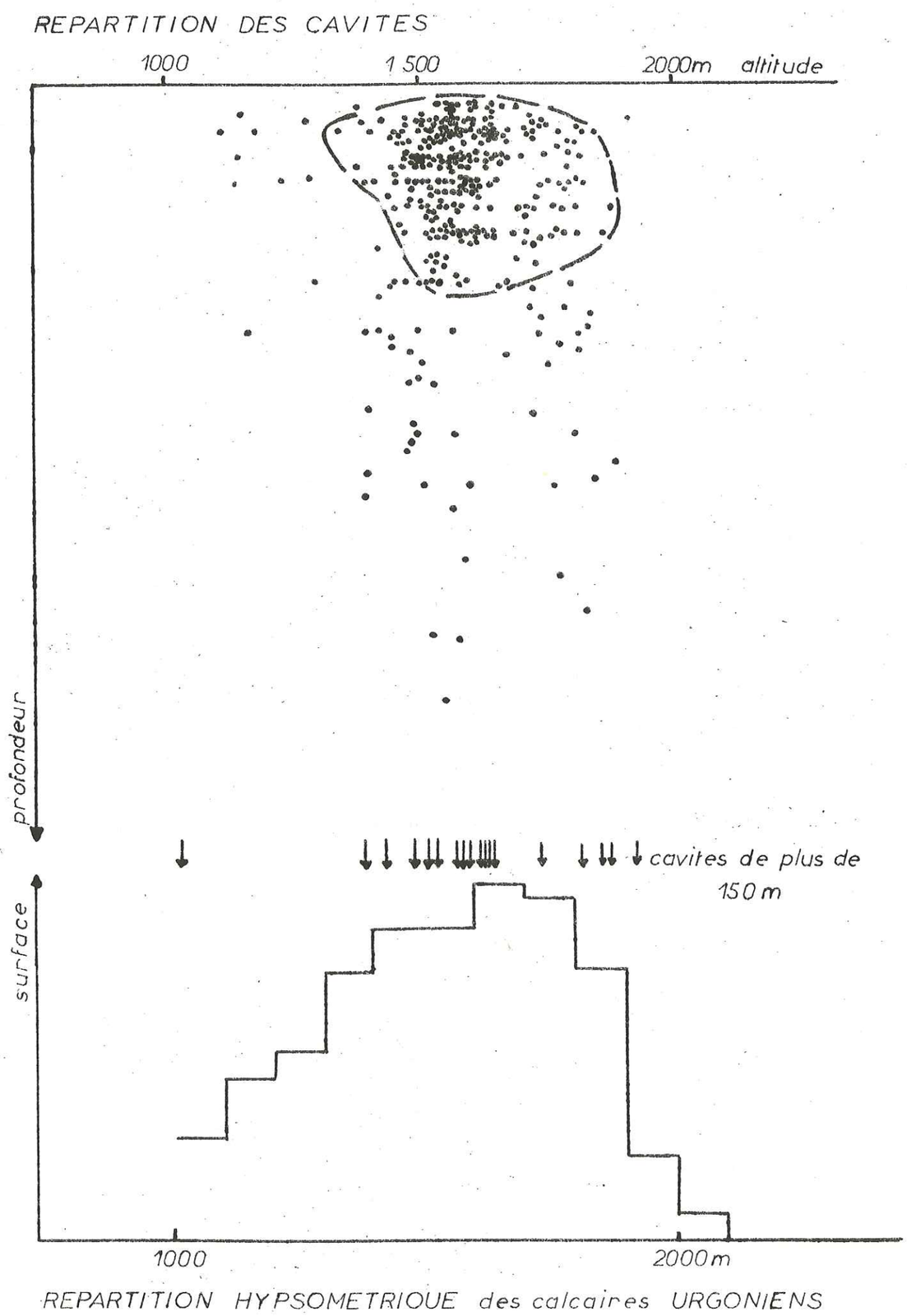
Selon la nature de la roche , l'altitude , l'exposition , le degré d'intervention humaine , les surfaces calcaires présentent un aspect différent . Nous distinguerons les cas suivants :

La forêt

La forêt est composée de conifères ou de feuillus selon l'altitude ou l'exposition . La roche n'affleure qu'à la faveur de falaises ou de barres rocheuses . Un sol constitué d'humus en général assez peu épais repose sur un cailloutis ou sur un lapiaz comblé . La karstification est très discrète , quelques gouffres de grande taille peuvent s'y ouvrir (environ un pour un kilomètre carré) . C'est une zone de percolation lente , l'humidité du sol est à peu près permanente (fougères , mousses) . Ce type de sol se développe principalement sur les éboulis fins , sur les calcaires marneux du Sénonien , du Valanginien ou du Jurassique , exeptionnellement sur les calcaires urgoniens dans les zones de basse altitude ou les feuillus prédominent .

Le lapiaz sous forêt

Ce type d'affleurement des calcaires se développe en général à une altitude supérieure à celui décrit précédemment (à partir de 1300 m). La forêt est composée en majeure partie de conifères , plus dispersés que dans le type çi-dessus . Sous bois , le lapiaz affleure . De grandes dalles de calcaire nu , profondément et intensément cannellées s'étendent sur plusieures dizaines de mètres carrés ; de profondes fissures garnies d'airelles et de mousses retiennent l'humidité . De place en place , le plus souvent sur un croisement de fracture , au point bas d'une dalle s'ouvre un puits à section nettement élargie par rapport à la fissure d'origine , aux parois cannellées .



La profondeur est variable , quelques mètres à quarante mètres) La plus part du temps un culot de neige en occupe le fond . Ces puits à neige sont une caractèristique de cette zone , ils sont nombreux vers 1500 - 1600 m et en général peu profonds . (voir l'étude statistique çi dessous) Les lapiaz sous forêt n'existent que sur les calcaires tithoniques (Forêt de la Fitole) et sur les calcaires urgoniens . Ce type de surface passe progressivement aux lapiez nus avec l'altitude .

Essais statistiques sur les puits à neige

Sur la figure 1 de la planche n° 28 , nous avons porté en abcisses l'altitude et en ordonnées la profondeur des cavités à entrée verticale situées sur les plateaux . (à l'exclusion des cavités situées en falaise) Environ 400 cavités ont été portées . (Inventaire spéléologique du massif de la Chartreuse , B. TALOUR 1975) En dessous , figure 2 , a été portée la répartiton hypsomètrique des calcaires urgoniens en Chartreuse . Il apparait immédiatement une forte concentration de cavités ne dépassant pas quarante mètres de profondeur entre 1450 et 1700 m ; ces cavités correspondent en majorité aux puits à neige , et sont situées à l'étage de la forêt clairsemée sur lapiaz . Plus haut leur densité diminue bien que ce soit l'étage le plus riche en affleurements urgoniens . Pour préciser la relation cavité - hypsomètrie , nous avons fait le rapport : nombre de cavités au kilomètre carré de calcaire urgonien en fonction de l'altitude . (figure 1 , planche 29) De cette façon l'influence de la répartiton hypsomètrique est théoriquement annulée . (En fait il faudrait aussi tenir compte des pentes qui sont plus fortes à proximité des crêtes .) La courbe présente cependant un pic très net pour les altitudes 1500 - 1600 m . Il s'agirait là de l'altitude optimum pour le développement des puits à neige en Chartreuse . Nous noterons également sur ce graphe , le nombre très faible de cavités s'ouvrant en dessous de 1400 m . Sur le même graphique (en noir) , a été porté de la même façon la répartition des cavités appartenant de toute évidence au karst profond . Celle çi est croissante avec l'altitude , alors que le nombre des petites cavités (puits à neige) tend à diminuer au dessus de 1600 m . Nous avons pour préciser ce rapport , tracé le graphique du pourcentage de cavités de plus de 50 m de développement par rapport au nombre total de cavités en fonction de l'altitude (figure 2 , planche 29) Celui - ci montre également l'importance des petites cavités entre 1450 et 1750 m , alors qu'au dessus de 1750 m ce rapport devient plus favorable aux grandes cavités . (Ceçi demande à être nuancé , car lors de leurs prospections sur le plateau sommital du Grand Som , il semble bien que les spéléologues du groupe de la Tronche n'aient pris note que des grandes cavités .)

Cette étude montre l'existence d'une forme de cavités liées à l'altitude , et peut être aussi à un type de végétation . Ainsi , en Chartreuse , les puits à neige seraient une forme de surface au même titre que le lapiaz . Ils sont liés à la partie

Planche n° 29

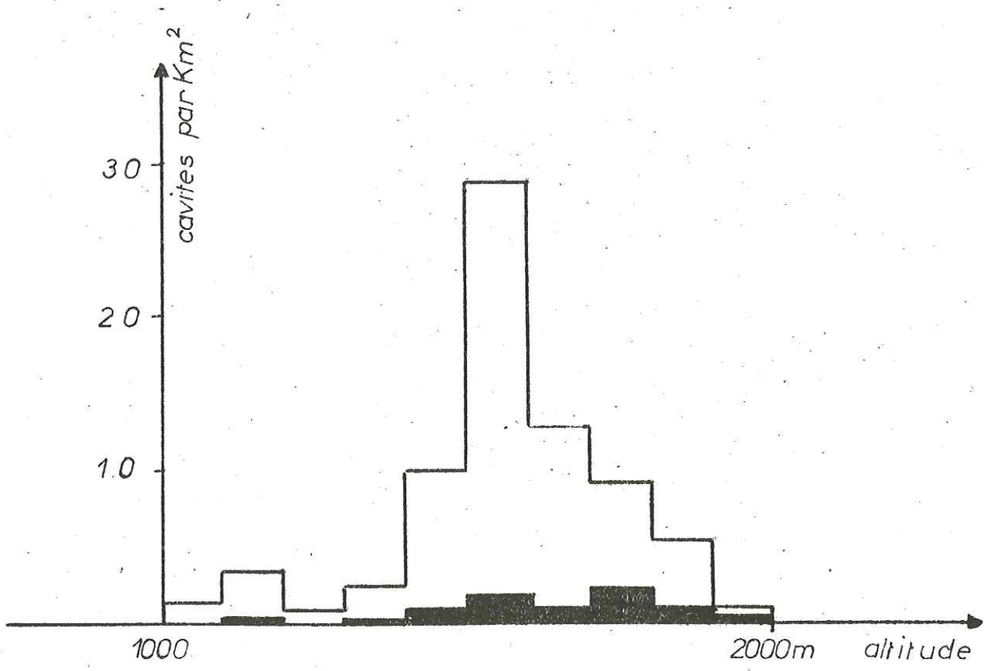


Figure 1

Densité de cavités en fonction de l altitude

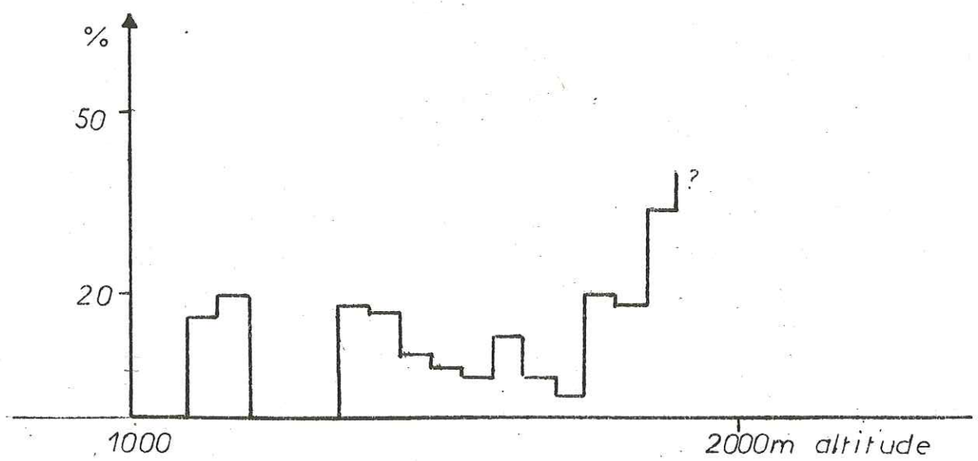


Figure 2

Pourcentage de grandes cavites

supérieure de la forêt et n'existent pratiquement pas en dessous de 1300 m .

Les lapiez nus

Sur les crêtes du Grand Som et des Eparres apparait un autre type de surface . La roche est entièrement nue , quelques rares épicéas rabougris s'accrochent de place en place dans les fissures . Un réseau de profondes crevasses encadre des dalles faiblement cannelées ou cupulées . Les zones de fractures présentent des lames verticales parallèles aux arêtes tranchantes . La gélifraction y est active , les crevasses sont souvent comblées par des cailloutis et des blocs poussés par la neige . Les puits à neige sont plus rares , par contre on trouve des dépressions tourmentées , au fonds déchiquetés . Constituant les crêtes , les calcaires urgoniens sont seuls à présenter ce type de lapiez .

Les falaises

Elles représentent une surface négligeable sur la carte , mais une surface réelle considérable à l'échelle du massif . Elles sont presque exclusivement orientées vers l'Ouest et de ce fait jouent un rôle important dans la collecte des eaux de pluie . Les falaises calcaires sont verticales , coupées de vires herbues ou boisées (sangles) correspondant à des bancs marneux de faible épaisseur intercallés dans la masse calcaire (vires à orbitolines dans l'Urgonien) . La surface de la roche présente , soit de larges dalles lisses , soit des surfaces guillochées de minuscules taffonis . Les accidents tectoniques qui recoupent la falaise sont à l'origine de cavités très hautes et peu profondes dues à la gélifraction . Sur les joints de stratification peuvent se former des baumes ayant la même origine . Par contre à cause de son recul dû à l'érosion , la falaise recoupe des réseaux karstiques profonds formant des grottes . Les plus belles falaises sont formées par les calcaires urgoniens (Grand Som , Eparres , rochers du Frou , de l'Oeillette , etc ...), ou par les calcaires valanginiens (rochers du Solitaire , petit Som) .

La prairie

Elle peut être naturelle ou provenir du déboisement . Naturelle , on la trouve en altitude (Bovinant , Leschaud , Arpison ?) Des dépressions en entonnoir peuvent s'y ouvrir ou même de vastes gouffres (Glacière d'Arpison) . Elle se constitue en altitude sur des terrains ou la roche est trop gélive pour former un lapiaz . (calcaires sénoniens et valanginiens) Artificielle , elle remplace la forêt (premier type) .

IV - 2 Les formes karstiques profondes

2 - 1 Les types de cavités

Parmi la centaine de cavités explorées par les spéléologues sur le massif , nous distinguerons plusieurs types de cavités :

- Les puits à neige Nous avons deja parlé au chapitre précédent de ce type de cavités que nous rattachons au karst de surface .

- Les gouffres d'altitude Ce sont des cavités au creusement récent , actives , à développement vertical prépondérant , aux galeries de petite taille , creusées presque uniquement en écoulement libre . Le concrétionnement y est extrèmement rare , les sédiments pratiquement absents . Les deux formes morphologiques de galeries les plus courantes sont le puits et le méandre . En général , la cavité se termine brusquement sur une galerie noyée . Nous classerons dans ce type :

- Le gouffre Roland ou P 508 (- 481 m)
- une partie du Puits Francis (- 715 m)

- Les anciens réseaux Ce sont des cavités actuellement fossiles ou semi fossiles (c'est à dire non parcourues en temps normal par des circulations importantes d'eau .) dont le creusement s'est fait en majorité en circulation noyée avec une sédimentation importante . Leur développement est principalement horizontal . L'abaissement de la surface topographique par érosion a fini par les recouper , ou l'utilisation postèrieure de certaines galeries par des réseaux actifs plus récents en a permi la visite . De ce type ou partiellement de ce type , nous connaissons :

- le Trou Lisse à Combone (- 300 m)
- Le Trou Pinambour (- 138 m)
- le gouffre à Maule (- 126 m)
- la partie supérieure du Puits Francis

- Les émergences Quelques émergences ou leurs trop - pleins sont pénètrables sur une certaine distance . On a affaire à des réseaux horizontaux de type noyé , actuellement actifs . Nous citerons :

- la grotte du Curé à Noirfond
- la grotte des Sermes ou Fontaine froide .

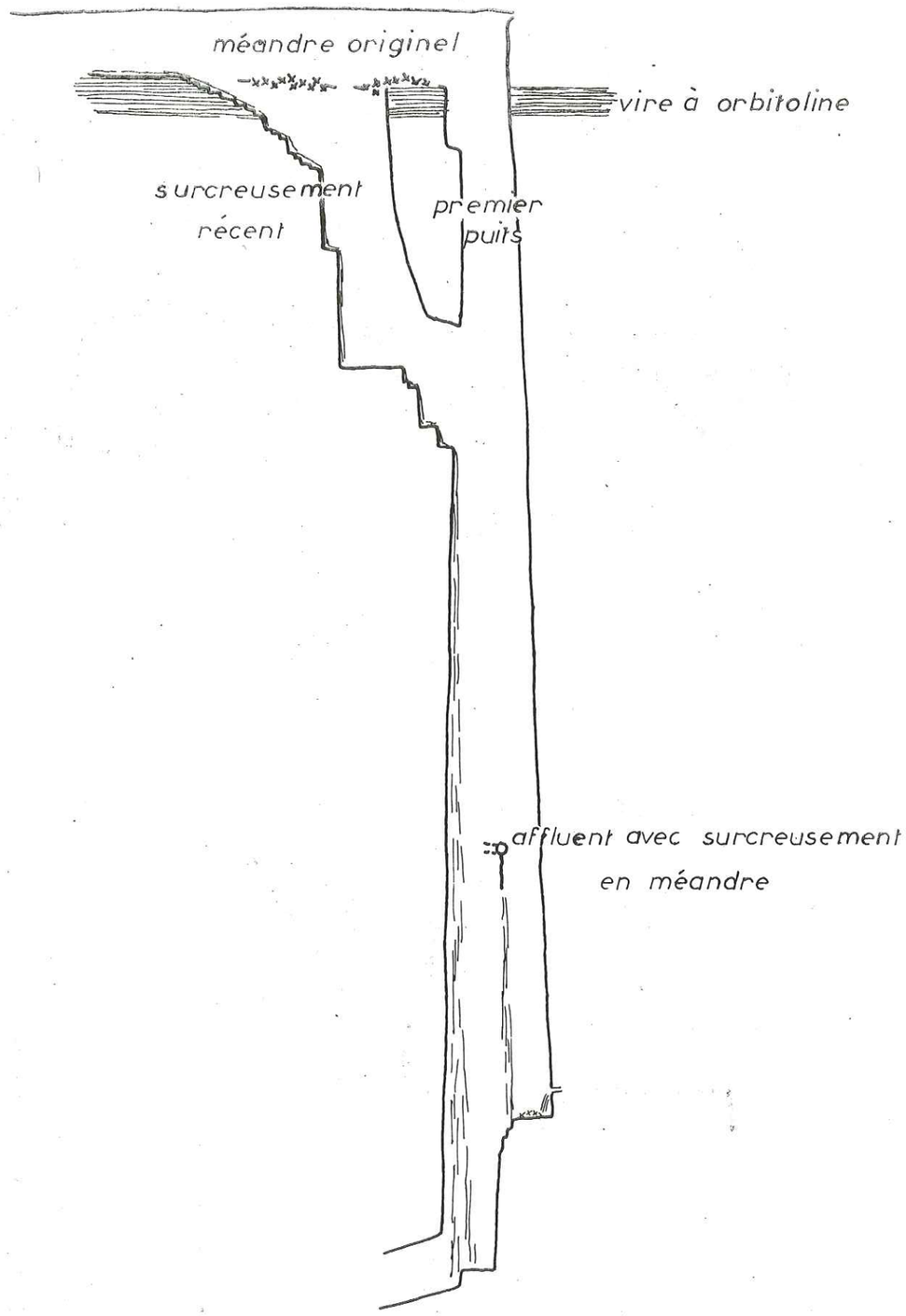
IV - 2 - 2 Origine et morphologie des galeries

En raison de la très faible perméabilité des roches calcaires en présence , nous pensons que seule la fissuration est à l'origine du creusement des galeries . Plusieurs types de discontinuitées peuvent être envisagées :

- Les discontinuités de sédimentation (joints de tratification , bancs sableux ou marneux .) jouent un grand rôle dans les karsts alpins ou à cause des éfforts tectoniques importants les bancs de la masse calcaire ont souvent glissé les uns sur les autres , et ce principalement sur les flancs des synclinaux .

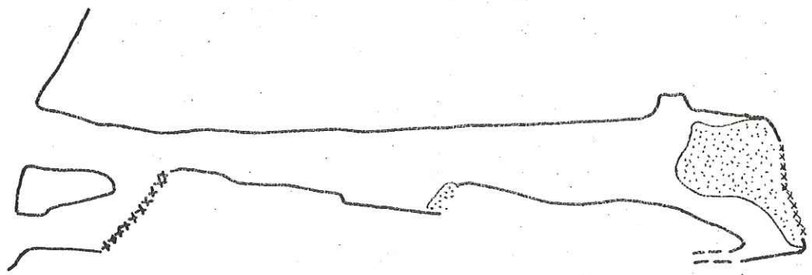
- Les discontinuités tectoniques (diaclases et failles) . Un réseau de diaclase parcourt tout massif compétent , même peu tectonisé . Les failles , discontinuités avec rejet peuvent selon qu'elles sont soit en extension ou en compression jouer des

Planche n° 30

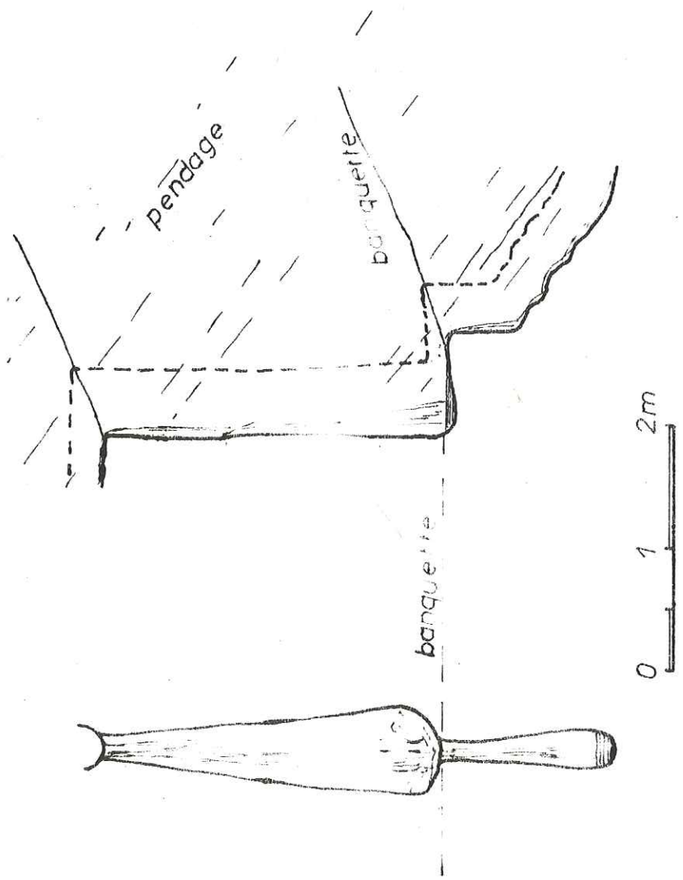


PUITS DE 200m au GOLET DU TAMBOURIN

(Alpette)



PUITS A NEIGE
(Forêt de Genieux)



BANQUETTES REMONTANTES
DANS UN MEANDRE
Gouffre du Combou de Liar
(Pyrénées)

roles différents . Elles peuvent également former écran si elles mettent en contact des terrains calcaires et des terrains imperméables .

L'écoulement pourra dès le départ être de deux types : noyé ou à surface libre . Un écoulement noyé tendra le plus souvent avec l'abaissement du niveau de base à devenir à surface libre . Plus rarement un réseau à écoulement libre pourra devenir noyé . (écroulement , remblaiement d'une vallée , mouvements tectoniques) .
Selon le type d'écoulement et la disposition des discontinuités originelles , plusieures formes de galeries peuvent se présenter :

- Le puits Nous apellerons puits un type de galerie verticale creusée en écoulement libre . Les puits de Chartreuse présentent en général une forme en éteignoir avec des parois lisses ou couvertes de micro - taffonis (action des embruns d'une cascade) . Les puits sont creusés à partir de discontinuités verticales ou sub-verticales . Leur forme évasée s'explique par la dispersion de la cascade au cours de sa chûte .
- Le méandre Aux puits sont en général associes les méandres . Ce type de galerie est très abondant en Chartreuse et dans les karsts d'altitude en général . Il peut avoir deux origines :

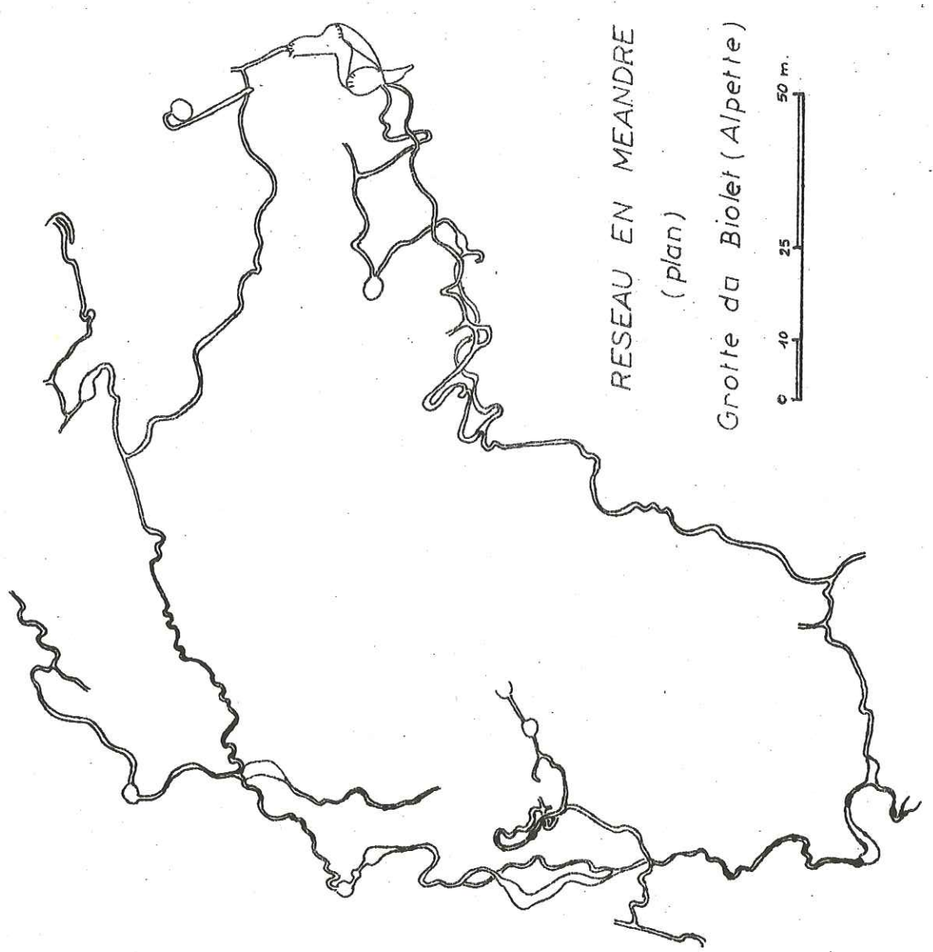
- Un joint de stratification horizontal ou modèrément incliné a vu l'eau y circuler de façon plus ou moins diffuse (méandre très accentué) , très vite un conduit s'individualise et on passe en écoulement libre . A partir de ce moment la dissolution n'a lieu qu'au plancher et le ruisseau s'enfonce dans la strate sous - jascente , creusant une sorte de micro-canon souterrain .Certains méandres de Chartreuse peuvent atteindre jusqu'à une cinquantaine de mètres de hauteur et même plus ! pour quelques décimètres de large . La largeur du méandre est probablement liée au débit du ruisseau souterrain et à sa vitesse d'écoulement (surface mouillée) . Au fur et à mesure de son enfoncement , le méandre a tendance à s'exagèrer et des recoupements sont fréquents .

- Une galerie à écoulement noyé passe en écoulement libre ; son plancher est alors entaillé par le ruisselet (galerie en trou de serrure) . Un méandre va se développer , mais en général moins contourné que ceux du type précédent .

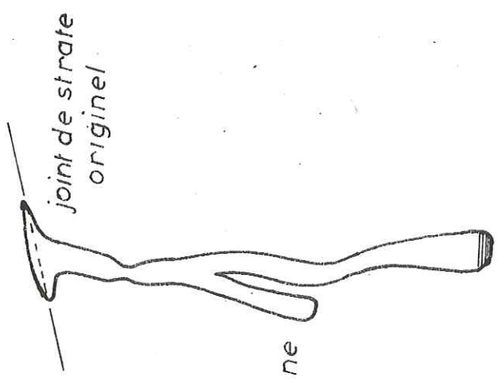
Le méandre évoluant comme un canon de surface présente des ressauts ou cascades (faux puits , ou polypuits) qui forment à leur base un élargissement dû à la dispersion de la gerbe d'eau ; alors qu'au sommet avec l'accélèration de l'écoulement due à la rupture de pente , le méandre se rétrécit en"trait de scie" . Ce retrécissement est à l'origine d'une double banquette remontant vers l'aval (planche n° 31)

- Les galeries noyées Une galerie noyée se développe à partir d'une ou de plusieures fissures ouvertes . Ph RENAULT (1966) distingue deux types de galeries noyées , selon

Planche n° 32



LES MEANDRES



MEANDRE (section verticale)

que les vitesses de l'eau sont sufisantes pour empêcher le dépot de sédiments ou non . Ce sont les galeries syngénétiques et para-génétiques . Dans le premier cas (galeries syngénétiques , absence de sédiments) la dissolution s'exerce sur la totalité des parois rocheuses et la galerie s'agrandit d'une façon à peu près uniforme . Dans le second cas (galeries paragénétiques) les alluvions protègent le plancher et même les parois de la galerie et la dissolution ne peut s'exercer que sur le plafond . Une augmentation de la section amène un ralentissement des vitesses et de nouveaux dépots . Ainsi la galerie se développe vers le haut à partir d'une discontinuité qui peut finalement disparaitre sous les alluvions .

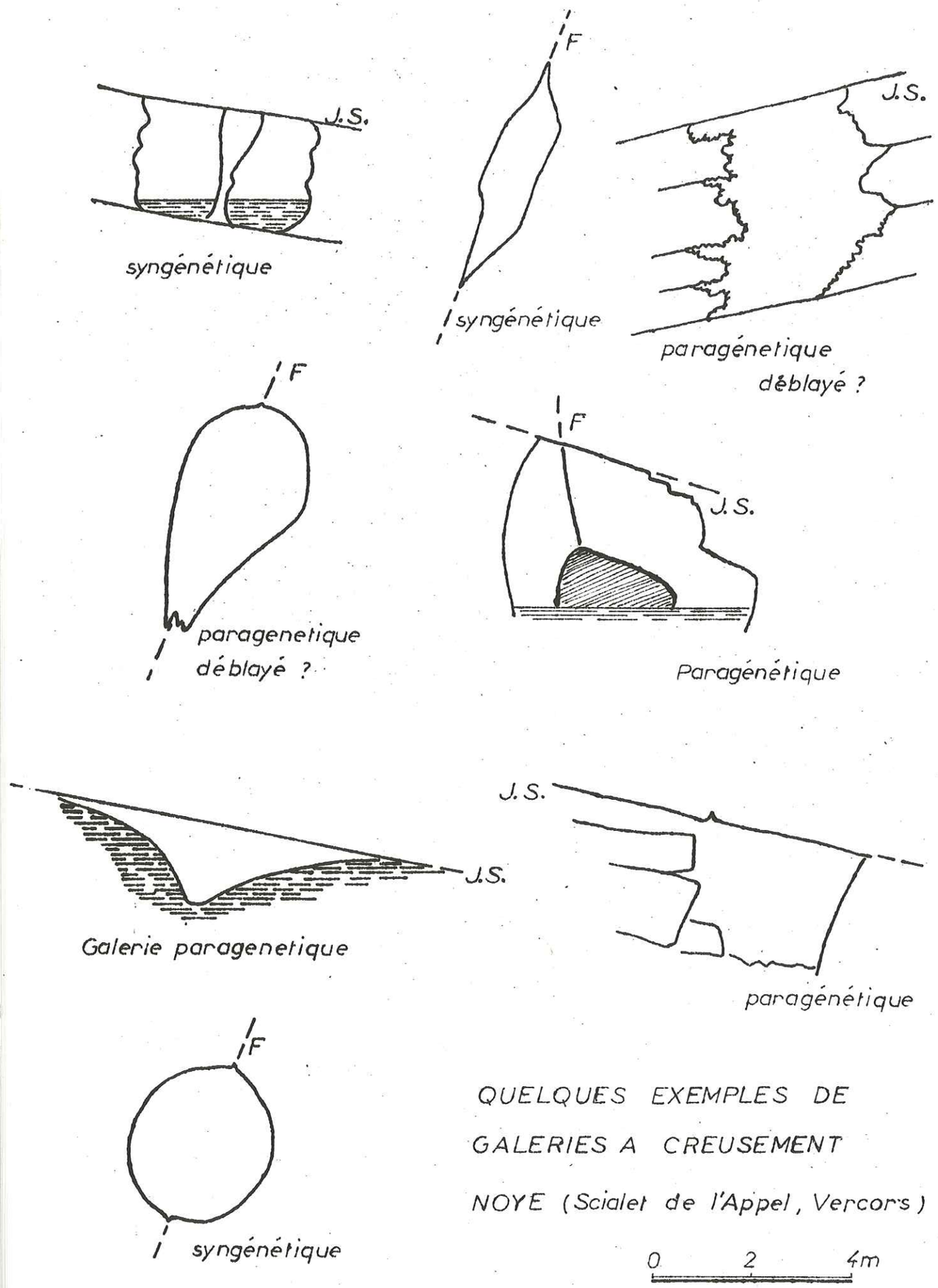
- Les galeries composées Lorsqu'une galerie passe en écoulement libre , les alluvions peuvent être entaillés en terrasses par le cour d'eau , ou même déblayés . D'autres remblaiements peuvent postèrieurement avoir lieu . L'évolution des réseaux karstique est complexe et de nombreux cas de figure peuvent avoir lieu .

- Les salles Avec Ph. RENAULT (1966) , nous apellerons salles des vides beaucoups plus importants que les galeries qui y accèdent . Les salles apparaissent comme des accidents dans un réseau , se développant sur des fractures importantes ou sur des zones fortement tectonisées selon le processus d'effondrement dissolution . Les vraies salles sont assez rares dans les réseaux du massif du Grand Som et ne concernent en général que des réseaux anciens (salles du Trou Lisse à Combone) .

IV - 3 Inventaire des cavités du massif du Grand Som

(Extrait de l'Inventaire Spéléologique du Massif de la Charteuse , B TALOUR 1975)

Symb	Nom	X	Y	Z	D	P	Observations
∩	Grotte	868,00	354,50	530 m			siphon
V	Gouffre A.S.N.	868,80	345,72	1180 m			
∩	Trou du Renard G.S.17	868,92	347,60	1430 m	20		en falaise
∩	Grotte n°1 d'Arpison	868,95	347,60	1445 m	20		
∩	Grotte n°2 d'Arpison	868,95	347,60	1445 m	25		
∩	Grotte du Pic de L'oeillette	869,02	344,52	670 m	100		
V	Gouffre d'Arpison	869,28	347,38	1445 m		-23	
∩	Grotte de la Cambise	869,35	344,80	900 m			
V	Puits du Sapin	869,40	347,48	1425 m		-50	salle
V	Gf. du col de Sariette	869,43	349,225	1300 m			
V	Perte d'Arpison	869,50	347,65	1420 m		-6	
V	Gf. de Riondette	869,62	349,75	1235 m		-20	
V	Golet du Glouton	869,79	347,66	1495 m		-70	



QUELQUES EXEMPLES DE GALERIES A CREUSEMENT NOYE (Scialet de l'Appel, Vercors)

0 2 4m

V	Gf. S.C.V. 63	870,16	349,05	1110m		-10	boisages
V	Gf. S.C.V. 62	870,23	346,30	1150 m		-6	siphon ?
V	Gouffre de la Ruchère	870,7	351,9	1200 m			B.R.G.M.
▽	Perte de la Ruchère	870,79	351,04	1170 m		-40	Courant d'air
V	Méandre	870,95	352,10	1150 m		- 7	
V	Grande glacière	870,99	352,06	1145 m		-15	
V	Gouffre	871,0	352,14	1140 m		-20	
∩	Grotte du Mouton	871,725	347,40	1750 m	15	-8	
∩	Trou des Lauzes rousses	871,750	347,02	1800 m	40	-20	courant d'air
∩	Grotte du Rialet	871,80	346,92				
V	Gf. n°107 de Mauvernay	871,80	347,50	1775 m			
V	Gf. n°108 de Mauvernay	871,80	347,51	1750 m		-8	
∩	Grotte de Léchaud	871,80	349,7				
V	Trou de Léchaud	871,85	349,70	1450 m		-52	
V	P 114	871,95	347,83	1672 m		-15	
V	Puits de l'Echo,P305	871,95	347,88	1660 m		-350	
V	Gf. de Mauvernay	871,97	347,83	1700 m			
∩	Trou de la Cheminée	872,00	348,65	1730 m	3	+10	G.S.8
∩	Grotte des deux	872,00	348,43	1790 m	150	55	G117
∩	Grotte	872,00	352,95	525 m			siphon
∩	Grotte	872,10	347,47	1800 m		-7	à 10m de haut
∩	Diaclase P115	872,10	347,60	1720 m		-8	
∩	Grotte du Balcon G116	872,11	348,49	1800 m		-50	
V	Puits de la Chèvre	872,11	348,57	1730 m		-8	
V	Gouffre de Bovinant	872,20	348,60	1680 m		-40	P304
V	Trou de la grande faille	872,20	349,70	1500 m	50	-20	décollement
V	Trou Badour, P301	872,28	348,52	1650 m		-6	
V	Trou du Pot	872,30	348,20	1600 m		-10	courant d'air
V	Gouffre G.S.49	872,39	349,56	1595 m		-11	
V	Gouffre P307	872,39	348,955	1580 m			
V	Gouffre P301	872,40	348,60	1620 m	15	-5	
V	Gouffre Ma-Thé G.S. 1	872,41	348,06	1830 m		-20	
V	Trou du Culte G.S.48	872,415	349,44	1575 m	20		
V	Trou Babasse G.S.45	872,42	349,635	1480 m		-15	
V	Gouffre G.s.40	872,425	349,38	1580 m		-5	
V	Trou Berculeux G.S.44	872,43	348,82	1585 m		-708	Puits Francis
V	Gouffre G.S. 39	872,445	349,44	1560 m		-37	
V	Trou Baisant P306	872,45	348,90	1590 m		-680	Puits Francis

V	Puits Francis	872,45	348,90	1590 m		-680
V	Gouffre G.S.32b	872,455	349,40	1555 m		-12
V	Gouffre G.S. 43c	872,465	349,115	1565 m		-28
V	Puits de la faille Q.P.E.C. N° 30 b	872,465	349,165	1565 m		-10
V	Gouffre G.S.32 a	872,465	349,405	1550 m		-30
V	Gouffres G.S.43 a et b	872,475	349,115	1565 m		-8
V	Puits de la faille Q.P.E.C. N° 30 a	872,475	349,160	1565 m		-35
V	Trou Lisse à Combone	872,48	349,59	1487 m		-300
V	Trou Lisse à Combone (entrée supérieure)	872,51	349,66	1435 m		
V	Gouffre P309	872,52	349,065	1555 m		
V	Gouffre P310	872,520	349,07	1555 m		
V	Gouffre G.S.57	872,52	349,86	1475 m	25	-10
V	Gouffre P308	872,525	349,065	1555 m		
V	Gouffre P501	872,53	347,24	1815 m		-9
V	Gouffre G.S.42 a	872,53	349,13	1535 m	52	-35
V	Couffre à Maule G.S. 61	872,53	349,23	1558 m		-130
V	Gouffre P502	872,54	347,23	1815 m		-12
V	Grotte P312	872,54	349,07	1550 m		
V	Trou Lisse à Combone (entrée inférieure) G.S. 47	872,54	349,67	1415 m		
V	Gouffre G.S.42 b	872,545	349,13	1525 m	52	-35
V	Trou Vreboite G.S.28	872,565	349,325	1535 m	30	-26
V	Gouffre G.S. 33	872,565	349,51	1515 m	40	-17
V	Gouffre G.S. 29	872,585	349,43	1510 m		
V	Gouffre G.S.34	872,585	349,535	1505 m	15	-10
V	Le Métro G.S.31	872,59	349,175	1535 m	20	-12
∩	Grotte G.S. 41	872,595	349,145	1520 m	10	
V	Gouffre Roland P508	872,6	347,2	1820 m		-481
V	Trou Pinambour G.S.25	872,61	349,25	1520 m		
∩	Grotte du Mond -Milch	872,63	349,345	1370 m	20	+5
V	Trou Yard G.S.35	872,63	349,59	1425 m	70	-33
V	Gouffre G.S. 26	872,635	349,265	1505 m	12	-9
V	Gouffre G.S.27	872,65	349,33	1490 m		-16
V	Gouffre G.S.51	872,655	349,715	1390 m		-8
V	Grotte G.S.46	872,66	349,56	1420 m	20	

V	Trou de la Fumée	872,66	349,59	1420 m		-10	
V	Puits du Tronc G.S.36	872,66	349,67	1385 m		-17	
V	Gouffre G.S.37	872,675	349,345	1345 m	12	-10	
V	Trou qu'on voit G.S.66	872,76	349,09	1670 m		-61	
V	Gouffre G.S.65	872,95	349,70	1670 m		-40	
V	Gouffre G.S. 52	872,96	349,805	1400 m	30	-20	
●	Résurgence de Fontaine Froide (ou des Sermes)	872,97	352,69	520 m			
V	Puits Skil S.C.V.64	873,21	351,15	1120 m	152	-34	
∩	Grotte sup. du Curé	873,70	352,47	640 m			
∩	Grotte inf. du Curé	873,71	352,47	610 m			courant d'air
V	Gouffre du Chateau G.S.50	874,08	352,08	900 m	20	-20	

IV - 4 Conclusions

Les formes morphologiques de surface , variées selon l'altitude , de la forêt aux lapiez nus , de la prairie aux falaises , auront sur le ruissellement et l'évapotranspiration des influences tres diverses . L'eau qui tombe sur un lapiez d'altitude s'enfonce immédiatement par de multiples cannelures et fissures , trés rapidement elle est collectée en profondeur par les puits et les méandres . Elle n'est plus disponible pour l'évaporation . Seule la petite quantité stockée par capillarité à la surface ou dans les creux s'évaporera . Il en est pratiquement de même pour les falaises qui par leur exposition à l'Ouest collectent des quantités d'eau nettement supérieures à ce qu'on pourrait attendre de leur surface cartographique . Le ruissellement y est immédiat et l'eau disparait au pied , sous les éboulis . La Forêt , par contre , surtout lorsqu'elle est constituée de résineux présente une forte évapotranspiration qui dépasse certainement celle calculée dans les formules classiques .

L'origine de ces formes pose des problèmes que nous aborderons dans un chapitre ultérieur , on peut déja dire qu'elles sont liées aux différents épisodes glaciaires qui ont affecté le massif .

Les formes profondes témoignent de l'importance de l'écoulement libre , dû au fort dénivelé entre les zones collectrices et les émergences (plus de 1000 m) . Le puits est la galerie la plus fréquente avec le méandre dans la zone de descente . La zone noyée , moins accessible , présente des galeries d'un type tout à fait différent . Les vitesses y sont en général plus lentes , la sédimentation y est plus importante , le réseau se développe en trois dimensions sans polarité particulière vers le bas , dans les limites de la couche calcaire . C'est une zone qui au contraire

de la précédente , présente une certaine réserve .
Les facteurs géologiques , que nous allons étudier dans le chapitre suivant , lithologie , tectonique , jouent également un très grand rôle dans la répartition des formes karstiques . La plus ou moins grande compacité de la roche , la densité et l'orientation de la fissuration sont autant de facteurs dont dépend la morphologie de surface ou profonde .

CHAPITRE V

LES DONNEES GEOLOGIQUES

V - 1 Les facteurs lithologiques

Les molasses
Les calcaires à silex
La craie marneuse
Les grès verts de l'Albien
La Lumachelle
Les calcaires urgoniens
Les marnes à miches
Les calcaires du Valanginien
Les marnes du Valanginien
Les calcaires jurassiques

V - 2 Les facteurs tectoniques

2 - 1 L'histoire tectonique dela région

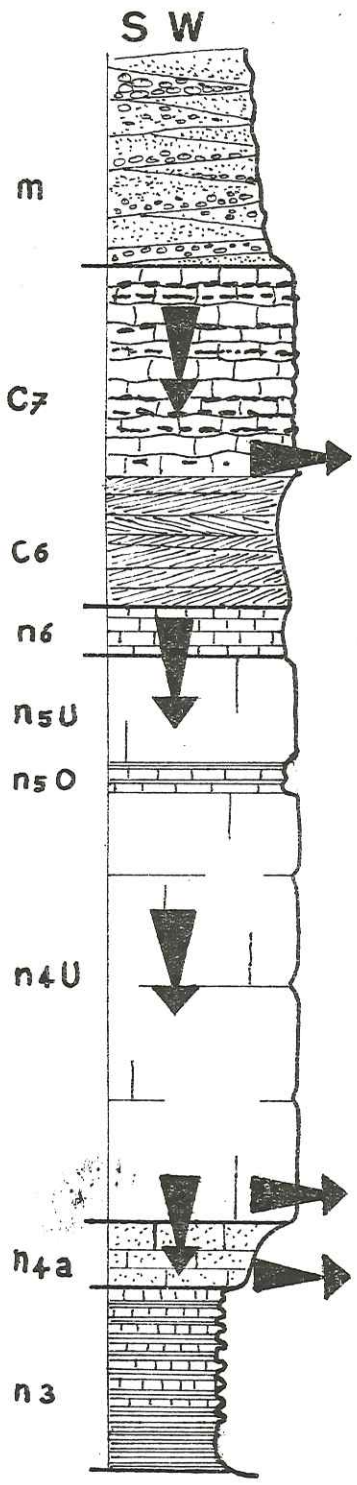
2 - 2 Les grandes structures

Le synclinal du Grand Som
Le synclinal des Eparres
L'anticlinal de calcaires jurassiques des rochers de la Fitole
Le synclinal d'Arpison
La retombée Ouest

2 - 3 La fissuration

Les grandes fractures
La micro - fissuration
La densité de la fissuration
Conclusion

CHARTREUSE
Les roches



Molasse; Grés et conglomérats à ciment calcaire.

Calcaires à silex (SENONIEN). Ils ont tendance à disparaitre vers le N W du massif.

Lauzes (SENONIEN) Calcaires détritiques, marneux et sableux.

Calcaires marneux (SENONIEN) peu épais, très schistosés.

Lumachelle (APTIEN sup.); calcaire spathique.

Calcaire Urgonien (APTIEN-BARREMIEN sup); calcaire cristallin.

Vire à Orbitolines ; **bancs sableux ou marneux**

Masse principale des **calcaires Urgoniens**

Calcaires gris (BARREMIEN inf.) sableux et marneux.

Marnes et calcaires (HAUTERIVIEN) en bancs alternés.

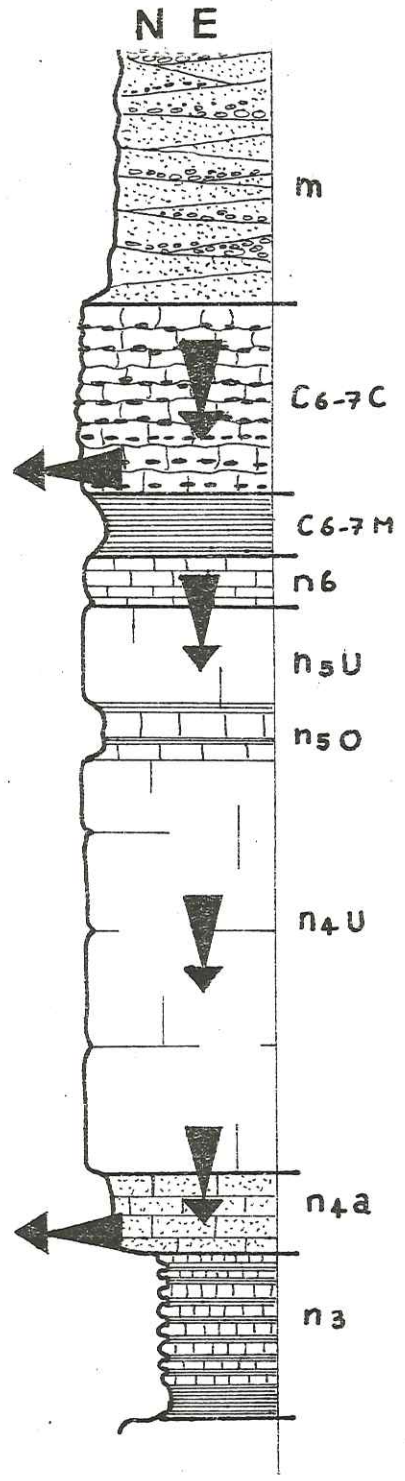
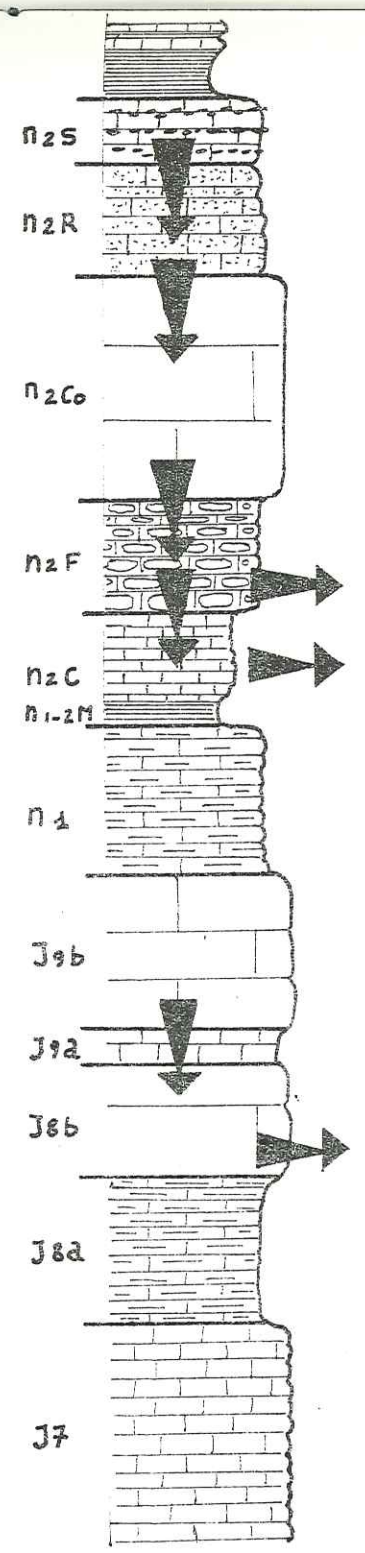


Planche n°34



Calcaires à silex (VALANGINIEN)

Calcaires roux (VALANGINIEN)

Calcaire récifal (VALANGINIEN)

Calcaires bicolores du Fontanil (VALANGINIEN)

Calcaires marneux

Marnes (VALANGINIEN)

Marnes et calcaires (BERRIASIEN)

Calcaire Tithonique (PORTLANDIEN) barre supérieure.

barre inferieure.

Bancs plus marneux
Barre inférieure

Calcaires marneux (KIMMERIDGIEN)

Calcaires marneux

Calcaire en petits bancs (SEQUANIEN)

Circulations karstiques

Niveau d'émergence

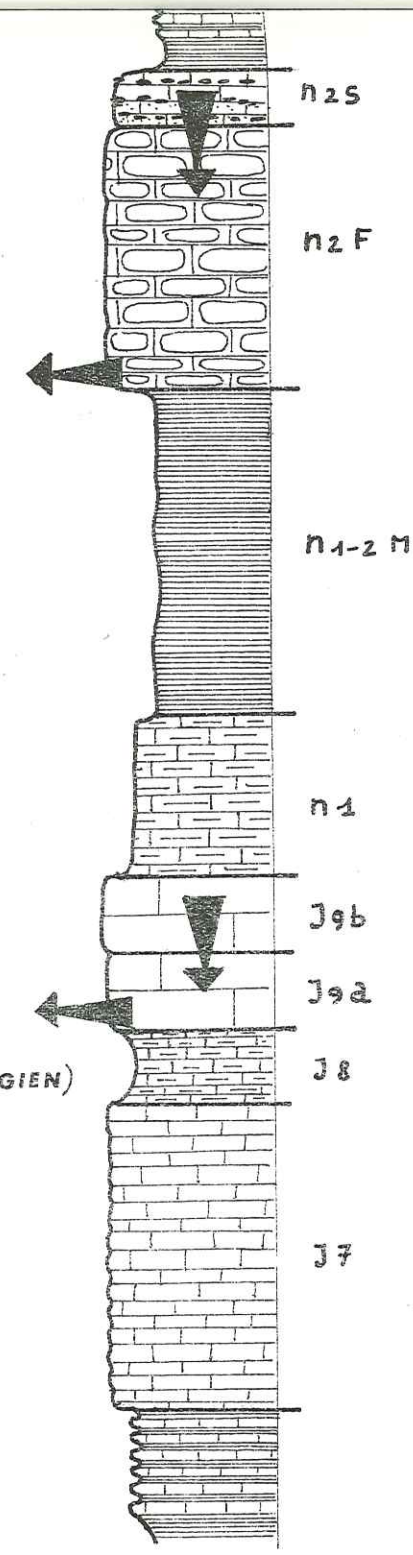


Planche n°34 bis

Les levés géologiques du secteur qui nous intéresse ont été éffectués au 1/50 000 par M. GIDON entre 1963 et 1967 . C'est à partir des notices des cartes géologiques Montmélian et Domène qu'a été rédigée l'étude lithologique çi - dessous . Nous nous sommes attaché à souligner à chaque fois les possibilités hydrologiques de chaque terrain .Pour évaluer encore mieux les possibilités de karstification , il a été procèdé à des analyses calcimètriques sur les différents niveaux calcaires , du Sénonien au Jurassique . Sur le plan tectonique une étude de l'orientation et de la densité de fracturation complète les données de la carte géologique .

V - 1 Les facteurs lithologiques

Les terrains sont décrits de haut en bas .

Les molasses : Ce sont des roches détritiques , allant des sables aux poudingues , en passant par des grès à ciment calcaire . Elles se développent sur de grandes épaisseurs en avant (Ouest) des massifs sub-alpins et au fond de certains synclinaux . (Dépression molassique des Echelles et du Synclinal de Couz) . Un petit affleurement éxiste dans le Nord du synclinal de la Ruchère . Faiblement perméables et d'une étendue très réduite sur la zone considèrée , ces terrains ne jouent içi aucun rôle hydrologique important .

Les calcaires à silex (Sénonien)

Ces calcaires blancs , bien lités avec des bancs de silex , présents plus au Sud (Synclinal de la Monta) , ne sont pas représentés dans le massif du Grand Som .

La craie marneuse (Sénonien) Epaisseur : environ 200 m

Ce sont des calcaires très feuilletés , blancs . Souvent en position synclinale pincée , ils présentent une forte schistosité . Ce terrain bien représenté dans le massif est plus calcaire que ne le laisse penser son nom . Nous avons fait réaliser quelques mesures calcimètriques sur quelques échantillons et obtenons les résultats suivants :

de haut en bas ,

S1	calcite	90 %	dolomie	0 %	insolubles	10 %
S2	"	79 %	"	11,5 %	"	9,5 %
S3	"	78,5 %	"	7 %	"	14,5 %

Ces calcaires sont bien plus karstifiés que l'on pourrait s'y attendre vu leur aspect . (Glacière d'Arpison , Grotte et résurgence de la Cambise , pertes de Bovinant , etc..) C'est ce que confirment les mesures çi dessus .

Les grès verts de l'Albien Ce sont des lentilles discontinues de grès glauconieux et tendres . Ils peuvent donner lieu , là où ils existent à de petites sources . Ils

ne constituent absolument pas , comme en Vercors , un niveau imperméable local à la base des calcaires Sénoniens .

La Lumachelle (Aptien inf.) Epaisseur : 5 à 30 m

C'est un calcaire grossier , spathique , le plus souvent roussâtre , il n'existe que dans la partie Est du massif (Synclinal des Eparres , Grand Som) . Ce terrain peut être bien karstifié et présente des dalles lapiazées (Bovinant) .

Les calcaires urgoniens (Aptien inf. , Barrèmien sup.)

Ce sont des calcaires cristallins , blancs ou rosés , massifs (l'épaisseur des bancs est de l'ordre de 10 à 50 m) ; coupés de deux vires à orbitolines : calcaires roux spathiques ou marnes vertes allant de 5 m à 10 m d'épaisseur . La vire supérieure atteint plus de trente mètres de puissance à la Ruchère , en présentant des bancs marneux allant jusqu'à 40 % d'insolubles . Elle se comporte alors comme un niveau imperméable qui ne peut être franchi qu'à la faveur d'amincissements ou de fractures . Les calcaires urgoniens sont le siège de la karstification majeure du massif , lapiez étendus , grandes cavités . L'épaisseur totale des calcaires urgoniens atteint environ 250 m .

Les calcaires gris du Barrèmien inférieur (Couches à Panopées) Epaisseur : 40 à 100 m

Les calcaires urgoniens passent par la base à des calcaires gris - roussâtres , sableux et bien lités . Ces calcaires comportent une fraction non négligeable d'insolubles : de haut en bas :

B3	calcite	85,5 %	dolmie	0 %	insolubles	14,5 %
B2	"	65,5 %	"	0 %	"	34,5 %
B1	"	75,5 %	"	0 %	"	24,5 %

Ces impuretées , ainsi qu'une moins bonne tenue mécanique expliqueraient la formation de vastes galeries éboulеuses dans ce niveau .

Les marnes à miches (Hauterivien) puissance : env. 100 m

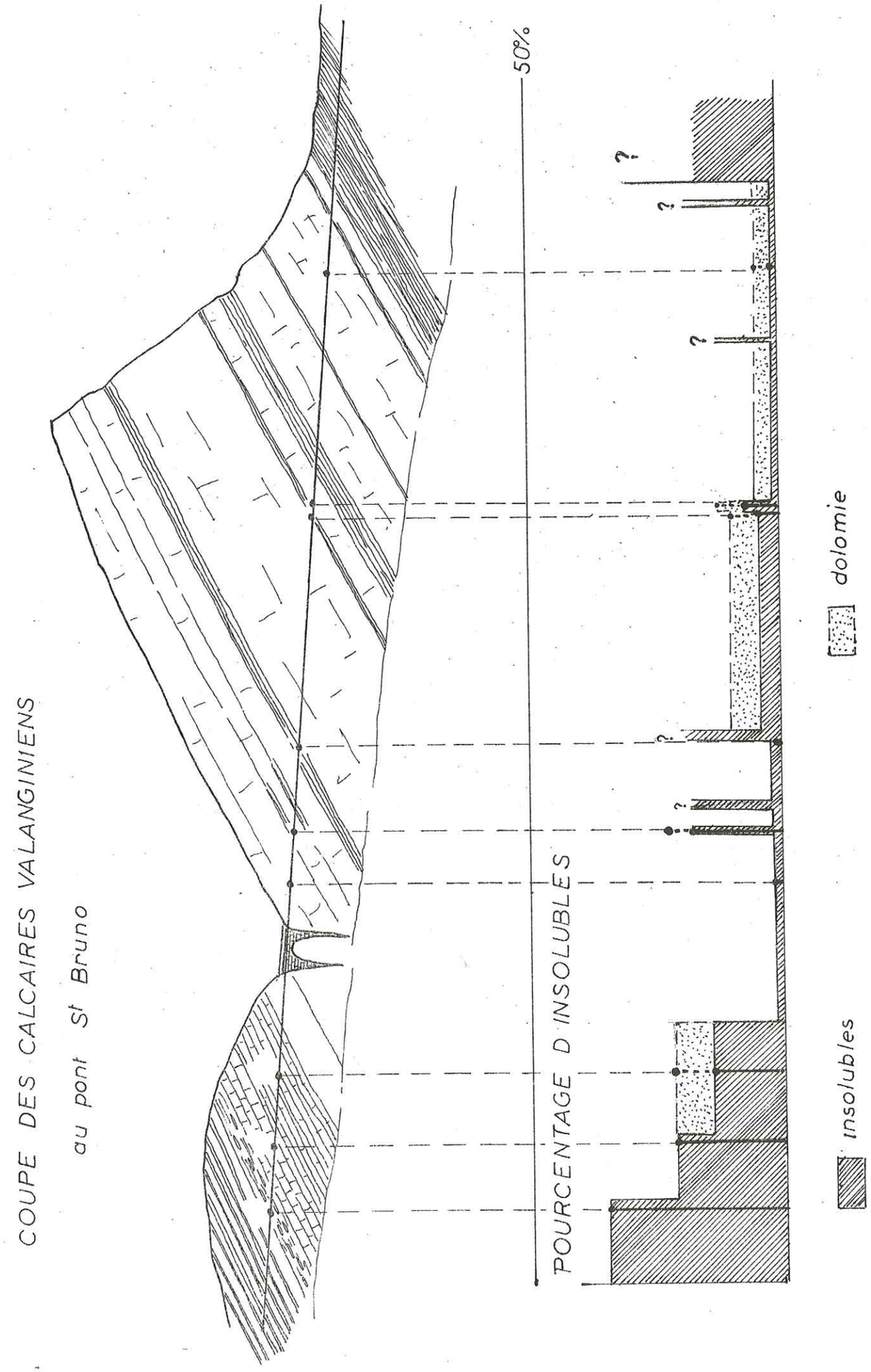
Alternance de bancs siliceux et de marnes noires , c'est le niveau imperméable qui , à la base du Barrèmien inférieur , arrète l'enfoncement du karst . Certaines galeries pourront être creusées dans la partie supérieure à condition que le débit soit suffisant pour éroder et évacuer la fraction non soluble .

Les calcaires du Valanginien C'est une formation dont l'épaisseur et les faciès varient considèrablement d'Ouest en Est .

1) - A l'Ouest (Frou , Eparres) , on distingue de haut en bas :

- Des calcaires à silex (50 m)
- Des calcaires roux spathiques , lités (100 m)
- Des calcaires ocreux , souvent oolithiques (200 m) . Des lentilles de calcaire blanc récifal peuvent prendre une grande importance . (Rochers de l'Allienard , Petit Som)

Planche n° 35



- Des calcaires roux , spathiques , bicolores à la cassure (facies des calcaires du Fontanil , 50 à 100 m)

Sur cette série occidentale , nous avons fait quelques prélèvements dont nous avons mesuré les calcimètries . Les résultats sont consignés sur la planche n°35 . Les calcaires à silex , ainsi que la partie supérieure des calcaires roux contiennent encore beaucoup d'insolubles (principalement du quartz) , les calcaires ocreux sont très purs , les calcaires récifaux de la Grande Sure sont légèrement dolomitiques .

2) - Plus à l'Est (Versant Est du Grand Som) , l'épaisseur de cette formation diminue considèrablement . On retrouve au sommet les calcaires à silex , mais plus sableux , passant directement aux calcaires du Fontanil , puissants de 150 m environ .

Les calcaires valanginiens sont plus karstifiés à l'Ouest qu'à l'Est , et au niveau des lentilles récifales présentent un karst comparable à celui des calcaires urgoniens . Le karst valanginien est mal connu , mais certain . De nombreuses exurgences en témoignent : Fontaine Froide , les Gants , Maisons forestières ; des gouffres importants sont en exploration en dehors de notre massif , à la Grande Sure , au Mont Outheran .

Les marnes et marno - calcaires du Valanginien inférieur et du Berriasien

Cette série de facies marneux constitue le niveau imperméable à la base du karst Valanginien .

Les calcaires jurassiques Nous engloberons sous ce nom des calcaires appartenant au Berriasien inférieur (Couche à ciment) . En dessous apparait en relief la corniche tithonique (jusqu'à 300 m d'épaisseur à l'Ouest) Ce sont des calcaires bien lités , entrecoupés vers la base de petits bancs marneux (100 à 150 m de puissance) qui font la transition avec les calcaires à bancs réguliers et décimètriques du Séquanien . Des marno calcaires en bancs mètriques (Rauracien) représentent le niveau imperméable qui arrête l'enfoncement de la karstification des calcaires jurassiques . Le karst jurassique est particulièrement bien développé dans les calcaires tithoniques en raison de l'absence presque totale d'insolubles et de leur caractère massif . Les calcaires tithoniques forment des lapiez bien développés , comparables à ceux des calcaires urgoniens (Forêt des Fraisses , Rochers de la Fitole) . Un premier niveau d'émergences est déterminé par les calcaires marneux du Séquanien ; néanmoins ceux - çi peuvent être traversés et des exurgences existent au contact des marno-calcaires rauraciens . D'importantes émergences comme la source de Fontaine Froide , celle de Pont St. Pierre , sortent des calcaires jurassiques .

V - 2 Les facteurs tectoniques

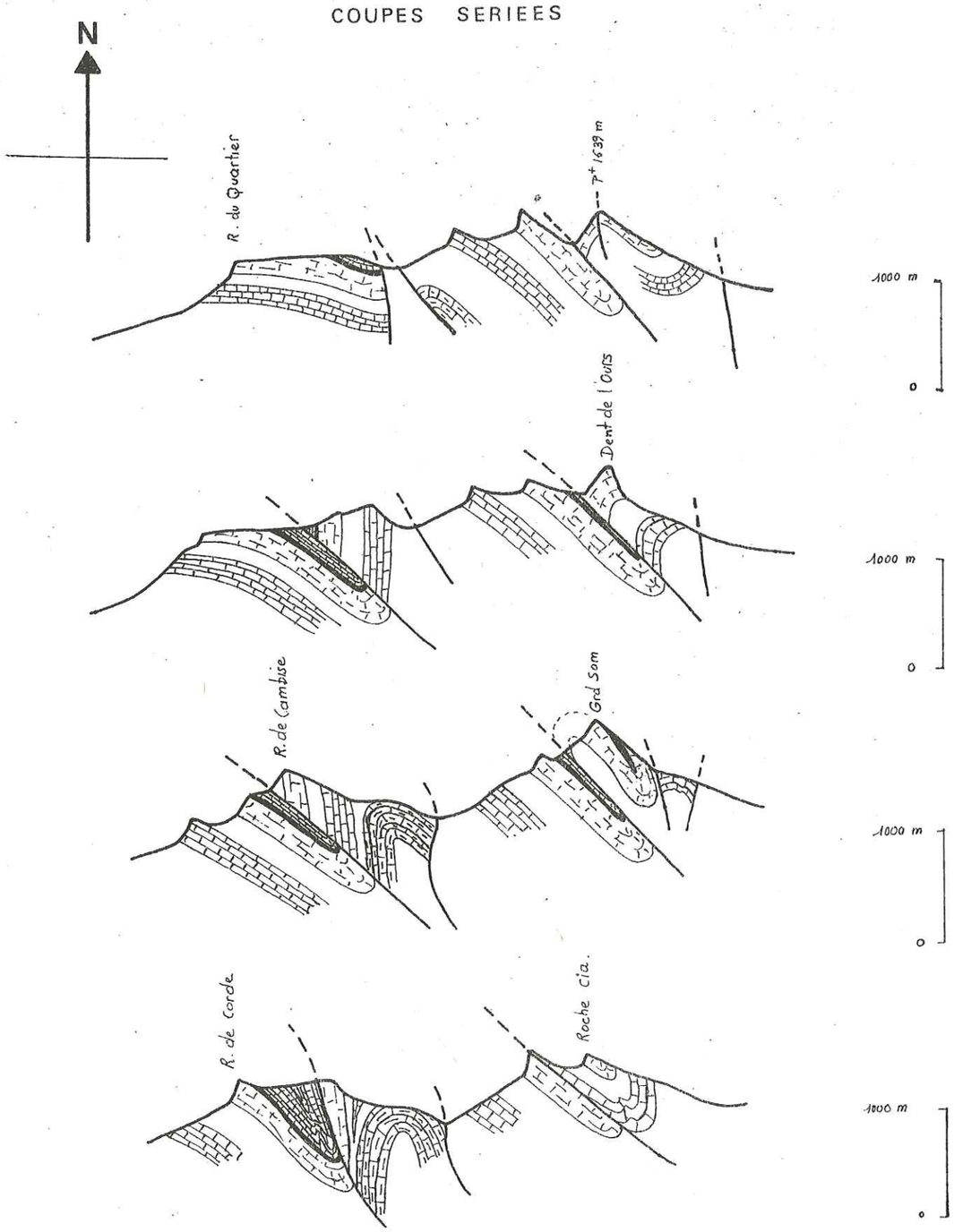
2 - 1 L'histoire tectonique de la région

Au Crétacé supérieur (Turonien) , la partie occidentale du massif émerge déja ,

Planche n° 36

MASSIF DU GRAND SOM

COUPES SERIEES



ce qui se traduit par une légère discordance du Sénonien sur l'Urgonien , notamment au niveau de la Ruchère .

Les premiers plissements se manifesteront au début du tertiaire pour la partie occidentale du massif . A l'éocène ces régions émergent et seront assez fortement érodées au niveau des anticlinaux , tandisque la partie orientale semble préservée . Au miocène , les synclinaux occidentaux sont submergés par la mer et voient s'y déposer la molasse .

Fin Miocène , surviennent les plissements majeurs présentant un caractère chevauchant vers l'Ouest . (Pli-faille de Chartreuse Orientale , faille de Voreppe , etc...)

Des mouvements tardifs feront rejouer d'anciennes failles transverses en décrochements , compartimentant transversalement les différentes structures .

L'ensemble des chaines sub-alpines est porté en altitude . Au quaternaire l'érosion glaciaire attaquera vigoureusement ces reliefs et sera responsable du Paysage actuel .

V - 2 - 2 Les grandes structures

Le massif du Grand Som peut être divisé d'Est en Ouest en un certain nombre d'unités structurales :

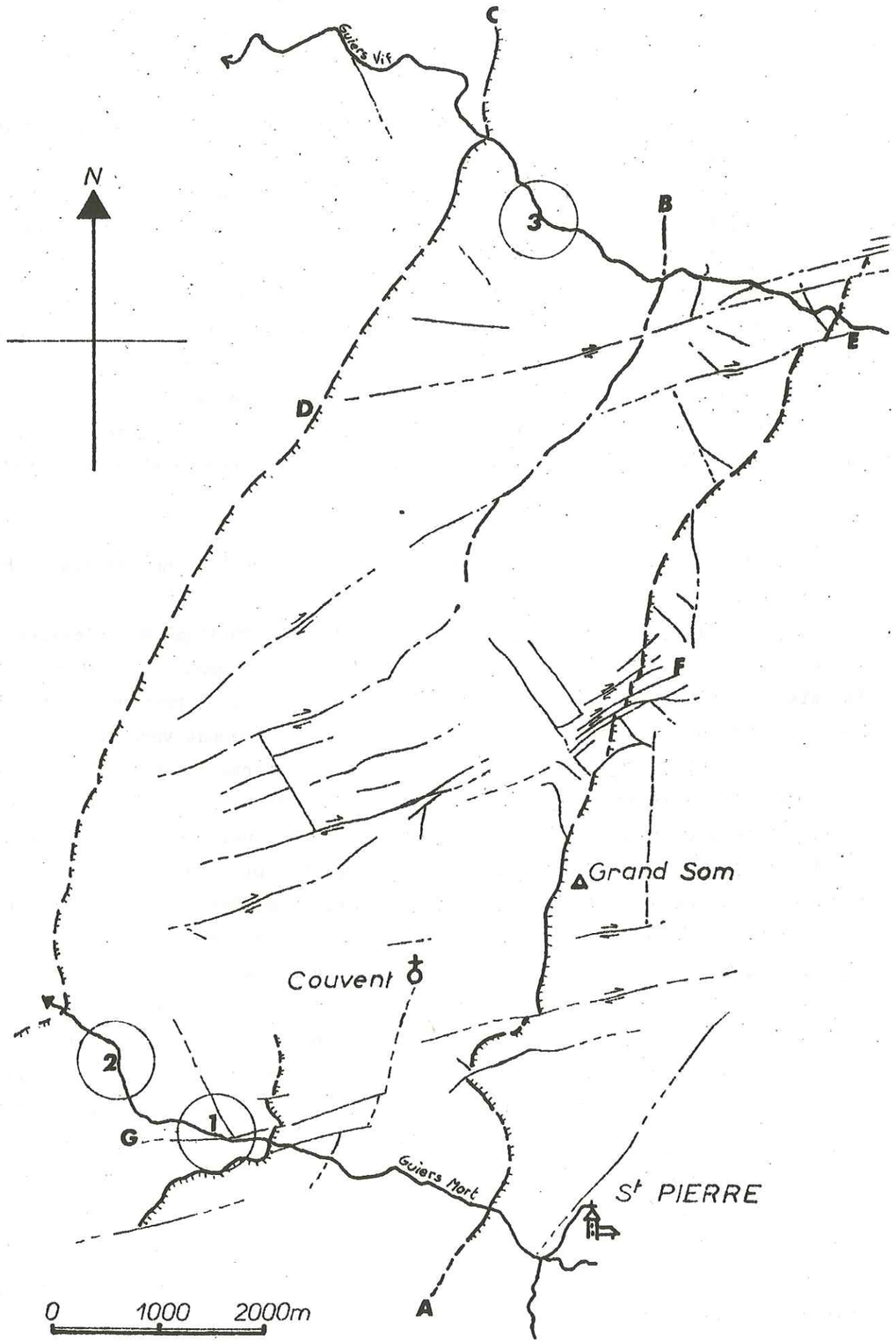
1) Le synclinal du Grand Som C'et un synclinal de calcaires urgoniens fortement pincé et déversé vers l'Ouest . Il est brusquement interrompu au Nord par le faisceau de failles décrochantes du Col de Bovinant . Il reprend plus à l'Est au niveau des rochers du Gernay . Il présente un net plongement vers le Nord .

2) Le synclinal des Eparres Il est fortement chevauché par le synclinal du Grand Som (Pli-faille de Chartreuse Orientale) . C'est un demi synclinal la charnière , visible à la Porte de l'Enclos y est à peine esquissée , le chevauchement a fait disparaitre le flanc Est . Il est découpé par plusieures failles décrochantes transverses , dont les plus importantes sont celles de Bovinant et du Pas Dinay . Cette dernière amène les calcaires valanginiens dans le prolongement des calcaires urgoniens . La même chose se produit pour le Valanginien et le Jurassique .

3) L'anticlinal de calcaires jurassiques de la Fitole Cet anticlinal dissymètrique , déversé vers l' Ouest et à plongement vers le Nord , chevauche par une faille inverse le synclinal d'Arpison . Cette structure s'ennoie au Nord sous des terrains plus récents , pour réapparaitre aux Sermes , dans les gorges du Guiers Vif , fortement décroché vers l'Est par la faille du Pas Dinay .

4) Le synclinal d'Arpison Ce synclinal à ossature urgonienne et à coeur sénonien est réduit à son seul flanc Ouest . Il est chevauché par l'anticlinal de la Fitole dont la retombée occidentale constitue les sommets urgoniens et valanginiens des Rochers de la Cambise et de l'aliénard . Cette structure , comme les autres est découpée par plusieures failles transverses décrochantes constituant des panneaux aux

Planche n° 37



LA FRACTURATION

pendages de plus en plus accentués du Nord vers le Sud .

5) La retombée Ouest Ces structures , par l'intermédiaire de la faille de Voreppe , chevauchent de plus en plus lorsque l'on va vers le Sud le synclinal de Couz et la dépression molassique de St. Laurent du Pont .

V

V - 2 - 3 La fissuration

1) Les grandes fractures (planche n° 37) Les principales fractures visibles sur la carte géologique au 1/50 000 sont de trois types :

a) les chevauchements vers l'Ouest du synclinal du Grand Som (A , pli-faille de Chartreuse orientale) , de l'anticlinal des rochers de la Fitole (B) , du synclinal d'Arpison sur celui de Couz (C)(pli-faille de Chartreuse occidentale) ;

b) des décrochements N50° , comme la faille de l'Alpette (D) , la faille du Pas Dinay (E) ,les failles du Pas de l'Ane (F) et du Pic de l'Oeillette , et bien d'autres ;

c) un système de fractures conjuguées à ces dernières , N 110° .

2) La microfissuration (planche n° 37) Nous avons relevé les directions de fracturation sur trois affleurements :

(1) dans les gorges du Pic de l'Oeillette sur le Guiers Mort ,

(2) dans les gorges du Pont St. Bruno , au bord de la route (Guiers Mort)

(3) au bord de la route , au Pas du Frou (Guiers Vif)

Les résultats ont été reportés sur canevas de Schmidt (projection sur l'hémisphère inférieure) (planche n°38) , un certain nombre de groupements apparaissent :

A) des fractures de direction N 110° , verticales , présentant les traces d'un décrochement senestre ,

B) des fractures N40° peu nombreuses , avec un pendage Ouest variable ,

C) des fractures N50° , avec un pendage Est présentant un mouvement dextre , elles sont peu nombreuses à l'échelle de l'affleurement , mais présentent en général un important broyage ,

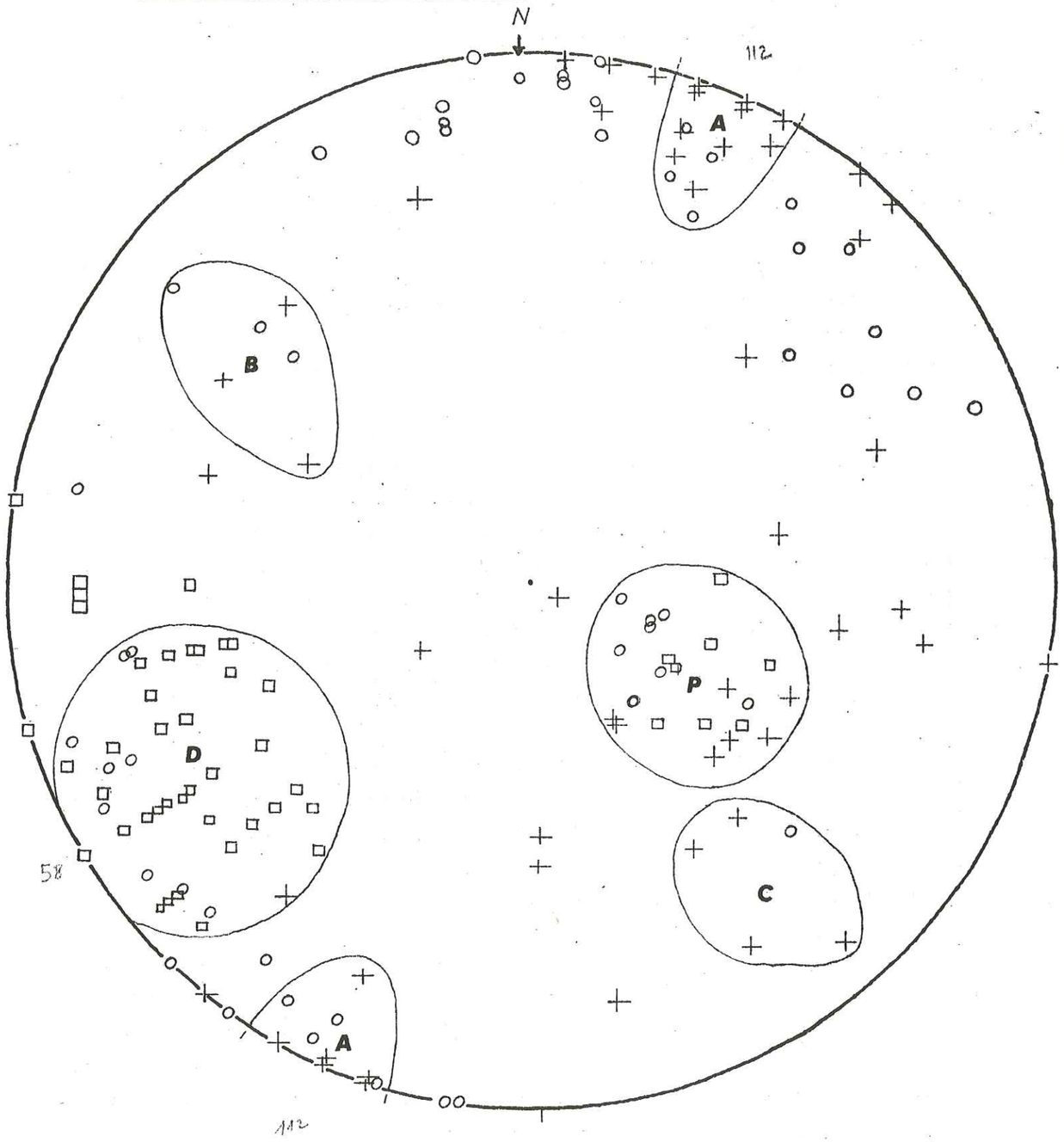
D) des fractures N150° , tres nombreuses au Pas du Frou , présentant un fort pendage Ouest .

P) des plans de stratification avec une direction N30° et un pendage variable de 15° à 45° .

Nous avons dans un second temps (planche n° 38) remplacé chaque groupement de points de la planche n° 37 par un pôle moyen ; puis avons effectué une rotation de l'ensemble ramenant la stratification à l'horizontale , et construit leur projection stéréographique . Les plans A,B,D,se recoupent en un point commun . A et D seraient le dièdre de cisaillement lié aux plissements N40° , B serait un groupement de fissures de distension liées au même plissement . Dans une phase tectonique ultérieure seraient apparus les

Planche n°38

La micro-fissuration



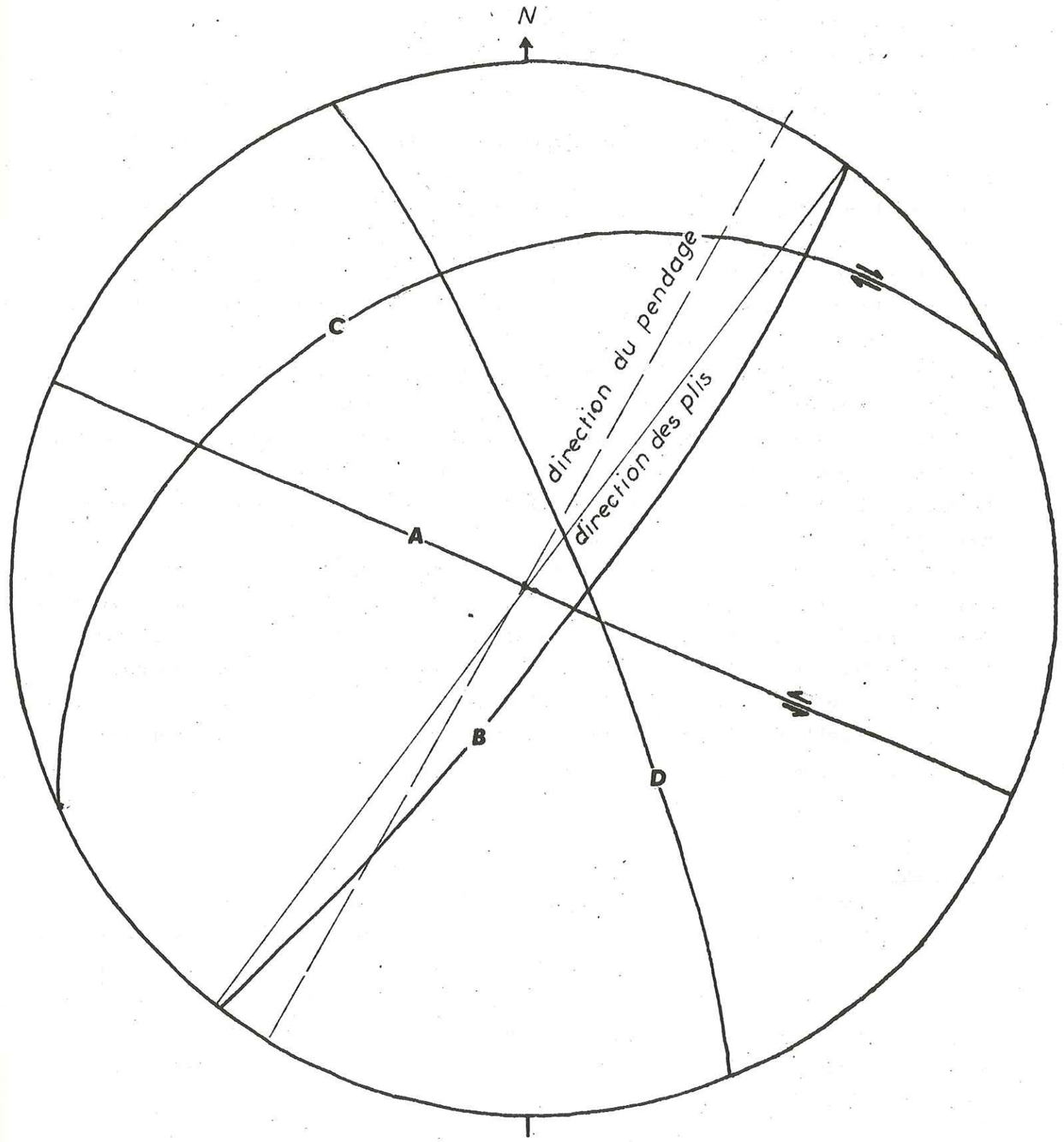
1 + Pic de l'Œillette

2 o Pont St Bruno

3 □ Pas du Frou

Planche n°39

Principales familles de fissures



Le pendage a été ramené à l horizontale

décrochements N50° (C) , (A) aurait été réutilisé en conjugué de ce nouveau système , son coulissement devenant alors senestre . C'est pourquoi on a pu trouver dans le système (A) des fractures avec un décrochement dextre (Première phase) et d'autres avec un décrochement senestre (deuxième phase) .

3) La densité de la fissuration Nous avons essayé d'approcher cette dernière par une méthode simple . Lors des relevés de directions de fractures , pour l'analyse précédente , en notant systèmatiquement la distance entre chaque fracture selon une direction matérialisée par un fil (topofil).

- L'affleurement du Pic de l'Oeillette étant situé sur le passage d'un accident N50° tres important , ce point n'a pu être considéré comme représentatif de la densité de fracturation des calcaires urgoniens .

- Au pont St.Bruno , dans les calcaires valanginiens , pour 65 fractures la moyenne est d'une fracture tous les 28 cm . (direction du fil N150°)

- Au pas du Frou , dans les calcaires urgoniens , pour 51 fractures , la moyenne e est d'une fracture tous les 127 cm . (direction du fil N100°)

La densité de fissuration apparait donc différente selon la compétence des terrains considérés .

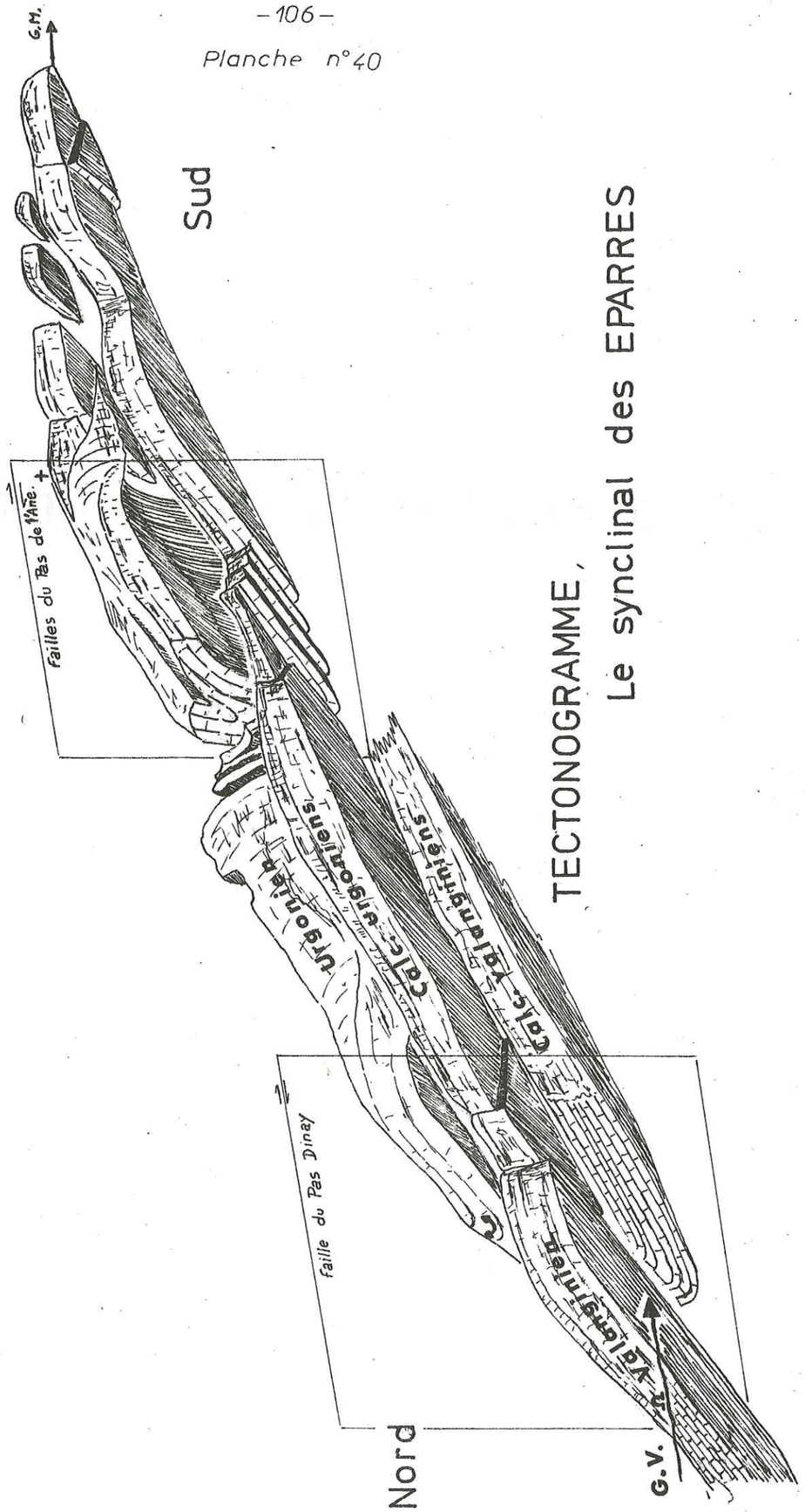
- Dans les calcaires sénoniens , en falaise , la fissuration apparait centimètrique , sous forme de petites plaquettes , ou de bancs schisteux . Nous avons vu que l'écartement des fissures était de l'ordre de 127 cm dans les calcaires urgoniens et de l'ordre de 28 cm pour les calcaires valanginiens . Pour les calcaires jurassiques ou nous n'avons pas effectué de mesures , nous pensons qu'il existe une densité de fissuration comparable à celle de l'Urgonien pour les calcaires tithoniques , et une plus forte au niveau des autres faciès jurassiques .

Conclusion

La Chartreuse présente quatre niveaux calcaires karstifiables : Sénonien , Urgonien , Valanginien , Jurassique ; séparés par des ensembles plus marneux . La série est plissée selon une direction N35° constituant une série de synclinaux et d'anticlinaux déversés et chevauchants vers L'Ouest . D'importants décrochements dextres recoupent l'ensemble et sont à l'origine d'une fissuration serrée . La densité de celle - çi varie selon la compétence des terrains ; les calcaires urgoniens apparaissent comme les moins fissurés .

HYPOTHESES ET CONCLUSIONS

Planche n°40



TECTONOGRAMME,
Le synclinal des EPARRES

CHAPITRE VI

LES BASSINS VERSANTS KARSTIQUES

VI - 1 Les systèmes karstiques du synclinal des Eparres

1 - 1 Les émergences concernées

1 - 2 Les traçages

Justification des points d'injection

Le choix des traçeurs

Epoque de l'expérience

Les résultats

Réponse aux questions posées

1 - 3 Hypothèses suggérées par ces résultats et par d'autres observations sur l'organisation et l'étendue du système karstique du vallon des Eparres

1 - 4 Autres systèmes karstiques

1 - 5 Conclusion

VI - 2 Les systèmes karstiques de l'anticlinal des rochers de la Fitole et du synclinal d'Arpison

2 - 1 Les émergences concernées

2 - 2 Les traçages

Justification du point d'injection

Justification des points de prélèvements

Epoque de l'expérience

Les résultats

Apport du traçage à la connaissance des systèmes karstiques du synclinal d'Arpison

2 - 3 Hypothèses sur les systèmes karstiques de l'anticlinal des rochers de la Fitole et du synclinal d'Arpison

Bassin versant karstique des émergences du Grand Frou

Approche de la superficie du bassin versant karstique de la source de Pont St. Pierre

Devenir des eaux des rochers du Solitaire , des rochers de Corde et de la Cambise

2 - 4 Conclusion

Apres avoir étudié les principales caractèristiques directement abordables (LES DONNEES) du massif du Grand Som , nous avons dû pour approfondir nos connaissances , procèder à des expériences de traçage sur différents systèmes karstiques . Les résultats de ces expériences , ainsi que notre connaissance de la géologie du massif , des débits , des caractères physiques et chimiques des eaux des émergences , etc ... , nous permettrons de construire des hypothèses sur l'étendue géographique des différents systèmes .

VI - 1 Les systèmes karstiques du synclinal des Eparres

1 - 1 Les émergences concernées

En faisant le tour du massif , on relève les émergences suivantes comme pouvant être alimentées par des eaux provenant du Grand Som ou du Synclinal des Eparres .

Au Sud , sur le Guiers Mort :

- La source de pont St. Pierre sort des calcaires jurassiques ;
- Les émergences des Maisons Forestières sortent des calcaires valanginiens ;
- La source de Combe Chaude sort des calcaires urgoniens ;

A l'Est , il existe peu de sources suffisament importantes pour pouvoir drainer un massif karstique de cette importance ; nous retiendrons cependant celle du ruisseau de la Grenaz .

Au Nord sur le Guiers Vif :

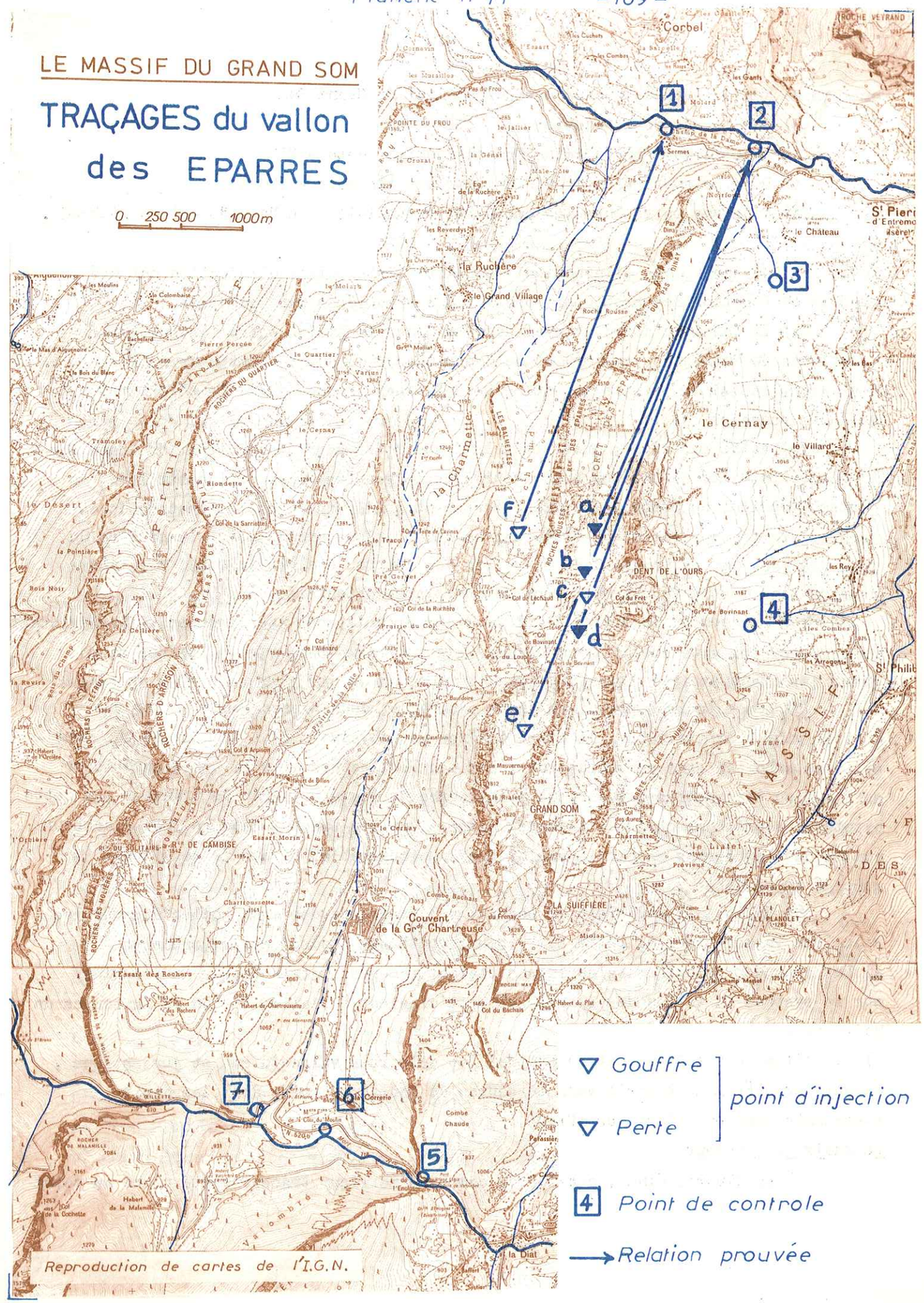
- La source du Chateau est apparement de type karstique , mais ses débits ne justifient qu'un système de superficie réduite .
- La source de Noirfond est certainement la plus importante du massif (calcaires valanginiens)
- Plus en aval , la source de Fontaine Froide sort des calcaires jurassiques .

VI - 1 - 2 Les traçages

Ce sont ces émergences que nous avons contrôlées lors d'une expérience de multitraçage éffectuée en collaboration avec le SERVICE d'APPLICATION des RADIOELEMENTS et des RAYONNEMENTS du CENTRE d'ETUDE NUCLEAIRE de GRENOBLE , à partir de pertes et de circulations dans des gouffres situés dans le synclinal des Eparres . En raison d'hypothèses personnelles sur les écoulements , les émergences de Noirfond et de Fontaine Froide ont été plus particulièrement surveillées .

Les points d'injection ont été les suivants : (planche n° 41)

1) La perte de la source de Mauvernay
2) Le gouffre des Fées , situé au dessus du Chevauchement de Chartreuse



orientale , dans l'unité tectonique du synclinal du Grand Som .

3) Les pertes de Bovinette

4) Dans le gouffre du Puits Francis vers la cote - 250 m

5) Dans le gouffre du Trou Pinambour vers la cote - 120 m

6) Dans une perte dans les calcaires valanginiens au Nord du col de Léchaud .

Justification des points d'injection Les différents points d'injection ont été choisis en fonction des problèmes posés et des hypothèses sur le massif .

1) Il fallait d'abord éssayer de déterminer la limite entre les systèmes karstiques de Noirfond , au Nord et de Combe Chaude au Sud . C'est pour cela que nous avons choisi le point d'injection de Mauvernay , car c'était le plus méridonal que nous connaissions .

2) Autre problème , quel était le devenir des eaux du synclinal du Grand Som ? L'idéal aurait été d'injecter un traçeur dans le gouffre Roland situé sur le plateau sommital du Grand Som . Malheureusement à l'époque choisie l'entrée de ce dernier était complètement obstruée par la neige . Nous avons choisi le gouffre du Trou des Fées qui se trouve dans le vallon des Eparres à altitude moindre , mais cependant au dessus du chevauchement de Chartreuse orientale .

3 et 4) Les pertes de Bovinette et le Puits Francis sont très proches . Il s'agissait de comparer les vitesses de transit des traçeurs entre une perte de surface et un drain important exploré jusqu'à 680 m de profondeur et sur plus de 1000 m de long .

5) Les calcaires urgoniens étant séparés en deux masses inégales par une épaisse vire à orbitolines , il était intéressant de savoir si l'on n'avait pas deux systèmes emboités sans communication ; les eaux collectées dans la masse supérieure auraient pu être celles qui sortent à la source du Chateau . Afin de trancher sur cette hypothèse nous avons choisi d'injecter notre cinquième traceur dans le Trou Pinambour qui se développe pour sa partie explorable , uniquement au dessus de ce niveau supposé imperméable .

6) Enfin , il sagissait de connaitre l'émergence des eaux collectées sur les calcaires valanginiens du Petit Som . Deux hypothèses étaient envisageables :

a) Les eaux des calcaires valanginiens étaient ramenées par la faille du Pas Dinay sur le système du vallon des Eparres et participaient à l'alimentation de la source de Noirfond .

b) La faille du Pas Dinay met en contact les calcaires valanginiens et jurassiques , ce qui permettrait un transit vers la source de Fontaine Froide dont les débits importants seraient ainsi justifiés .

Le Choix des traçeurs

1) La fluorescéine , considérée comme le meilleur traceur a été placé au point

le plus éloigné de Noirfond , la perte de Mauvernay .

2) Au gouffre des Fées où des étroitures nous limitaient en volume , quatre litres de solution de rhodamine WT à 20 % ont été injectés .

3) Aux pertes de Bovinette , en raison de l'accès facile du point d'injection , 12 Kg de chlorure de lithum ont été utilisés .

4) Au puits Francis , 18 kg de bichromate de sodium en poudre présentaient en raison de la forte densité du produit , un volume acceptable pour être descendu vers - 250 m par une équipe de trois spéléologues .

5) Au Trou Pinambour , en raison d'un risque de pollution d'une source captée et d'un volume limité par la situation du point d'injection dans une cavité , nous dû utiliser un traceur moins performant en quantité réduite : la sulfo rhodamine G ; ces inconvénients étant compensés par la plus grande proximité du point d'injection par rapport aux émergences concernées .

6) Pour les pertes de Léchaud , une infiltration très étalée au travers d'un sol bien développé et de marnes imposait l'utilisation d'un sel non suceptible d'être adsorbé par les composés organiques du sol et les minéraux argileux . L'iodure de sdium qu'un accès facile au point d'injection permettait d'utiliser en masse importante fut choisi .

Epoque de l'expérience L'expérience a eu lieu au début du mois de Juin 1975 pour bénéficier de la fonte du manteau neigeux en altitude , tout en profitant d'un accès à peu près déneigé . Les débits d'injection , assez forts tournaient autour de deux à trois litres par seconde et les émergences subissaient une crue modèrée mais soutenue . La source de Noirfond présentait une variation journalière des débits due à la fonte des neiges .

TABLEAU DES INJECTIONS

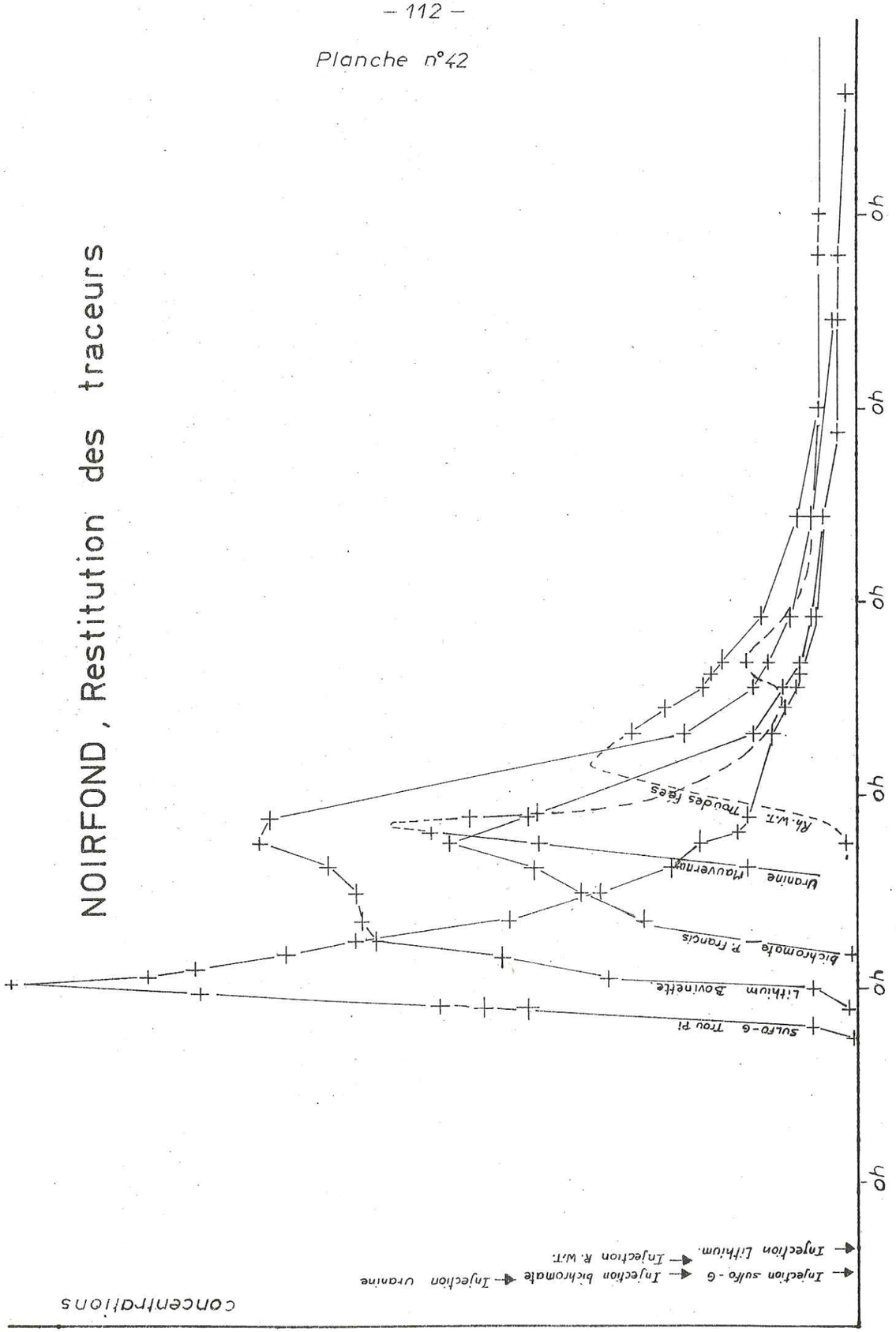
Lieu	altitude	produit injecté	quantité	date	heure
a) Trou Pinambour	1440 m	sulfo-rhodamine G	750 gm	08 / 06	13 h
b) Puits Francis	1310 m	bichromate de sodium	18 Kg	08 / 06	13 h
c) Pertes de Bovinette	1580 m	chlorure de lithum	12 Kg	08 / 06	15 h
d) Trou des Fées	1580 m	rhodamine WT	1,2 Kg	08 / 06	13 h
e) perte de Mauvernay	1700 m	flurescéine	3 Kg	08 / 06	12 h
f) Perte de Léchaud	1550 m	iodure de sodium	15 Kg	08 / 07	12 h 30

Les résultats

TABLEAU DES RESULTATS

Lieu d'injection	lieu de réapparition	distance		arrivée du traceur date	heure	Δ h	vitesse
a) Trou Pinambour	Noirfond	600 m	3500 m	09 06	18h	29 h	120 m/h
b) Puits Francis	Noirfond	600 m	3800 m	10 06	4h	39 h	97 m/h

Planche n°42



c) Pertes de Bovinette	Noirfond	600 m	3850 m	10	06	0h	33h	117 m/h
d) Trou des Fées	Noirfond	600 m	4125 m	10	06	15h	48h	89 m/h
e) Perte de Mauvernay	Noirfond	600 m	5000 m	10	06	7h	43h	116 m/h
f) Perte de Léchaud	Fontaine Froide	520 m	3550 m	14	06	0h?	132h	27 m/h

Réponse aux questions posées

1) Limite Sud du système de Noirfond :

La fluresceine injectée aux pertes de Mauvernay est ressortie à Noirfond , aucune trace de colorant n'a pu être décelée à la source de Combe Chaude . Nous conclurons que le bassin versant karstique de la source de Noirfond s'étend au moins jusqu'à Mauvernay et peut être plus loin . Etant donné l'étroitesse des affleurements urgoniens dans ce secteur , l'incertitude est faible et un report important de cette limite vers le Sud n'amènerait pas une variation significative dans la superficie du bassin d'alimentation .

2) Devenir des eaux du synclinal du Grand Som :

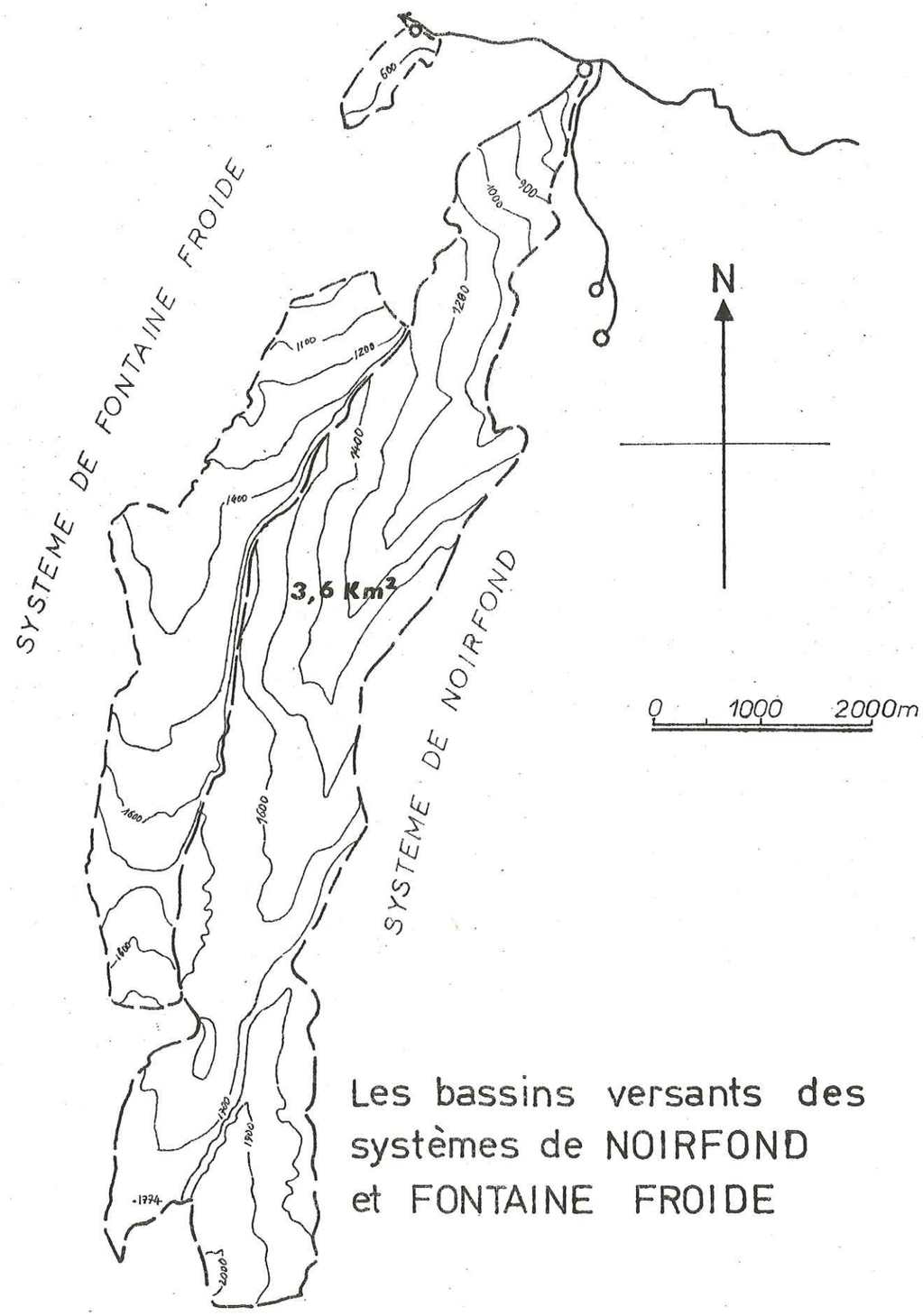
Le traçage sur ce point ne nous a pas apporté de réponse définitive ; les eaux du Trou aux Fées arrivent à Noirfond , c'est ce que montre la sortie de la rhodamine WT à cette émergence . Mais le trou aux Fées n'est pas représentatif du synclinal , bien que situé au dessus du chevauchement , deux hypothèses restent possibles : ou bien ses eaux franchissent directement l'accident et rejoingnent tout de suite le collecteur du vallon des Eparres ; ou elles partent vers le fond du synclinal du Grand Som . Si les eaux du Trou aux Fées étaient ressorties sur une autre émergence que Noirfond , il aurait été à peu près certain que le synclinal du Grand Som était drainé par cette dernière . Dans le cas présent la preuve n'est pas apportée que les eaux du Grand Som vont à Noirfond . Cependant d'autres indices nous amènent à être favorable à cette hypothèse plutot qu'à une autre .

3) Comparaison des vitesses de transit entre les pertes de Bovinette et le Puits Francis

Le drain des pertes semble beaucoup plus rapide que celui du Puits Francis , pourtant exploré jusqu'à 680 m de profondeur par de vastes conduits . La perte de Bovinette voit au moins une partie de ses eaux rejoindre directement le collecteur , et cela beaucoup plus rapidement qu'au Puits Francis (6h d'avance pour 50 m de distance et 250 m de dénivelé à l'avantage de ce dernier .)

4) Le traceur du Trou pinambour (sulfo-rhodamine G) est sorti le premier à Noirfond , ce qui semble normal sur le plan des distances parcourues , et montre que la couche de calcaire supérieure à la vire à orbitoline voit également ses eaux rejoindre le système du vallon des Eparres et exclut la possibilité d'alimentation de la source du Chateau (résultats négatifs , aucun traceur)

Planche n° 43



Les bassins versants des systèmes de NOIRFOND et FONTAINE FROIDE

5) Le traceur injecté au contact Valanginien — Hauterivien est lui, sorti à la source de Fontaine Froide dans les calcaires jurassiques après un temps nettement plus long (5 jours et demi) . Les eaux des calcaires valanginiens empruntent donc un système parallèle à celui du vallon des Eparres et de la même façon que pour ce dernier passent au niveau de la faille du Pas Dinay des calcaires valanginiens aux calcaires jurassiques .

VI - 1 - 3 Hypothèses suggèrées par ces résultats et par d'autres observations sur l'organisation et l'étendue du système karstique du vallon des Eparres

1) La courbe de restitution de la fluoresceine (Mauvernay) présente deux pics distants de 24 h . Aucune autre courbe de restitution ne présentant cette seconde intumescence , nous pensons que cette dernière ne peut être rattachée aux variations journalières du débit à l'émergence ; mais au contraire au stockage observé sur le terrain du traceur par la neige au contact de laquelle il a été injecté et qui aurait été restitué lors de la fonte du lendemain .

2) La plus grande rapidité du transit du traceur injecté aux pertes de Bovinette par rapport au Puits Francis , permet de supposer que ces dernières sont reliées plus directement au collecteur du synclinal que le réseau du Puits Francis . L'existence d'un grand gouffre parallèle à ce dernier est fort probable .

3) Le retard important de la rhodamine WT injectée au Trou aux Fées , très proche de Bovinette (21h par rapport aux pertes) amène à pencher en faveur de l'hypothèse de l'écoulement des eaux du synclinal du Grand Som vers Noirfond . Ce retard pouvant correspondre au cheminement de celles - çi vers le fond du synclinal , puis à leur retour vers celui des Eparres . D'autre part il semble bien que par l'inter - médiaire du Pli-faille de Chartreuse orientale , les calcaires urgoniens du synclinal du Grand Som puissent être plus ou moins en contact avec ceux du synclinal des Eparres ; ce qui faciliterait le passage .

VI - 1 - 4 Autres systèmes karstiques

1) Le système de Fontaine Froide se développant dans les calcaires valanginiens , présente des caractèristiques assez différentes de celles du système urgonien des Eparres . Sa superficie moins importante explique des débits plus faibles . Le tarissement de la fonte des neiges intervient plus tot qu'à Noirfond ce qui provient d'une altitude inférieure et d'une exposition plus ensoleillée . La restitution du traceur s'est faite beaucoup plus lentement qu'à Noirfond (28 m/h) , ceçi est dû en grande partie au débit assez faible constaté lors de l'expérience (environ 40 l/s) mais aussi à une lithologie moins massive que celle des calcaires urgoniens . Il existe certainement içi un réseau de fissures plus développé , les sédiments argileux

et sableux doivent colmater partiellement un réseau de conduits moins bien hiérarchisé que dans les calcaires urgoniens . Les observations des plongeurs dans la grotte de Fontaine - Froide (conduits étroits , dépos argileux) vont dans le sens de cette hypothèse .

2) La coloration du trou Pinambour a montré que tes probablement , la couche supérieure des calcaires urgoniens n'était pas à l'origine de la source du Chateau . Nous proposerons comme bassin versant de cette source , l'ensemble des calcaires urgoniens de la Dent de l'Ours aux rochers du Cernay . Cette unité structurale présente à l'Est un synclinal assez peu marqué qui pourrait servir de collecteur en ramenant les eaux vers le Nord . Cette hypothèse est solidement étayée par la basse température des eaux de cette source qui ne peuvent provenir que d'une zone d'alimentation située à assez grande altitude (1600 - 1800 m) .

3) Le bassin versant de la source de Combe Chaude , en rive droite du Guiers Mort , se situe certainement dans les calcaires urgoniens de la partie Sud du synclinal des Eparres , entre le col de Mauvernay et le Guiers Mort . Les surfaces d'affleurement sont réduites , ce qui explique les faibles débits de cette émergence .

4) Les sources des Maisons Forestières , dans les gorges du Guiers Mort ont probablement pour origine des infiltrations au pied de la barre urgonienne dominant le couvent , dans les calcaires valanginiens sous jascents .

VI - 1 - 5 Conclusions

Les colorations ont montré que le bassin versant karstique de la source de Noirfond s'étend au moins jusqu'au col de Mauvernay , cependant il reste difficile de pronostiquer le devenir des eaux collectées sur le synclinal sommital du Grand Som . Les calcaires valanginiens du Petit Som et des rochers des Balmettes alimentent la source de Fontaine Froide aux Sermes . En raison de la basse température de ses eaux , la source du Chateau serait un système provenant des rochers de l'Ours et du Cernay . La partie des calcaires urgoniens du synclinal des Eparres située au sud du col de Mauvernay alimente la source de Combe Chaude ; et des infiltrations au travers des éboulis , dans les calcaires valanginiens situés au dessus du Couvent , iraient vers les sources des Maisons Forestières .

VI - 2 Les systèmes karstiques de l'anticlinal des rochers de la Fitole et du synclinal d'Arpison

2 - 1 Les émergences concernées

La partie Ouest du massif présente quelques difficultés sur le plan de l'accès à certaines émergences .

On pourra retenir sur le Guiers Mort :

- La source de Pont St Pierre dans les calcaires jurassiques ,

- La source de la Cambise , drain des calcaires sénoniens
- La puissante résurgence de la Passerelle , qui bien que située en rive gauche du Guiers , doit drainer en plus des eaux de la forêt de Génieux , celles des rochers du Solitaire et de la combe de Corde .
- En aval du Pont St. Bruno , quelques petites sources sortent en rive droite des calcaires valanginiens .

A l'Ouest, entre Guiers Mort et Guiers Vif :

- Les sources d'Aigue - Noire

Sur le Guiers Vif , au Nord :

- Dans les gorges du Grand Frou , nous connaissons la source du Pas du Frou , tombant en cascade dans une vasque profonde , et pratiquement inaccessible ; nous soupçonnons plus en amont l'existence d'une autre émergence plus importante , sans jamais avoir pu même l'apercevoir (acces impossible au fond des gorges)
- La source de Fontaine Froide aux Sermes qui pourrait drainer également des eaux provenant du secteur de la Ruchère .

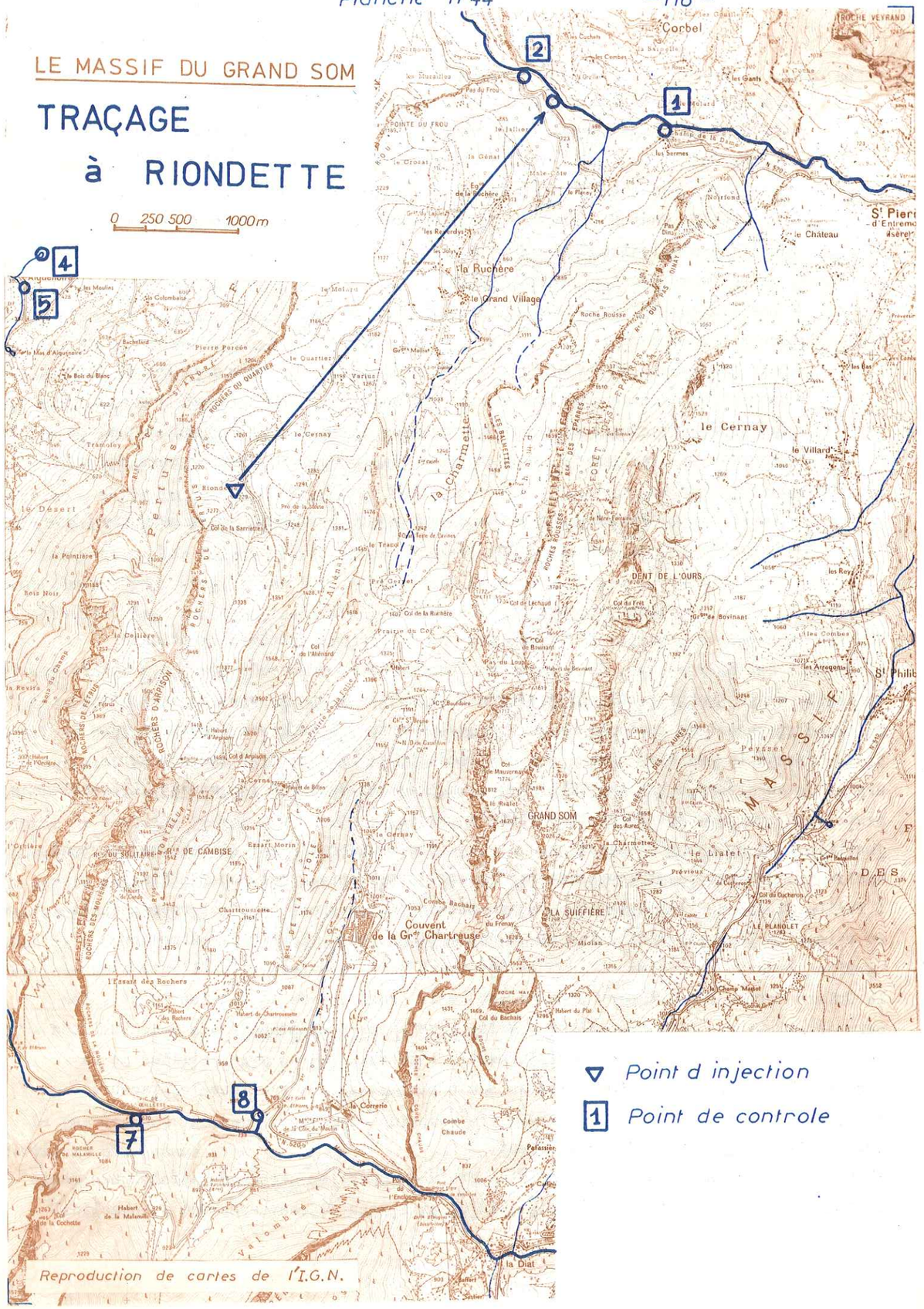
VI - 2 - 2 Les traçages

Pour essayer de préciser la répartiton des différents systèmes karstiques alimentant ces émergences , nous avons entrepris une expériencede traçage à Riondette au dessus de la Ruchère . Le point d'injection est la perte la plus en aval d'un ruisseau provenant de la fontaine du Pré de la Morte . Le ruisseau traverse dans un canal bétonné la prairie sénonienne de Riondette et se perd dans les calcaires urgoniens au niveau d'un étang artificiel ou il a été détourné récemment . Les anciennes pertes , à quelques mètres de là ont été comblées .

Justification du point d'injection La perte de Riodette est située sur un grand accident décrochant dextre passant par le col de Sariette , puis au Pas Dinay . (faille du col de l'Alpette) Notre hypothèse était que cet accident représentait , en raison de l'abaissement apparent du compartiment Sud , la limite entre deux bassins versants karstiques , l'un se déversant vers le Guiers Vif , l'autre vers le Guiers Mort . D'autre part , en raison de la proximité de la falaise Ouest , les eaux auraient pu partir vers Aigue - Noire . Ce point présentant trois potentialités différentes semblait donc particulièrement intéressant . Nous avons utilisé de la fluorescéine cause de la simplicité de son emploi et en espèrant que le traceur sortirait visible à l'oeil nu .

Justification des points de prélèvement

1) Un passage vers la source de Fontaine Froide , dans les calcaires jurassiques était envisageable . Il était en effet possible qu'au niveau du chevauchement du synclinal



des Eparres sur celui d'Arpison , les calcaires urgoniens soient au contact de ceux du Jurassique .

2) Les émergences les plus probables , situées dans les gorges du Frou , étant inaccessibles . Il n'a été possible de prélever qu'en aval de celles - ci dans le Guiers Vif . Cette solution pose évidemment un problème de dilution du traceur par le Guiers qui nous amène à la limite de détection .

3) Un second point de contrôle sur le Guiers Vif avait été placé au Pont St. Martin , au cas où les eaux des calcaires urgoniens seraient passées aux calcaires valanginiens et sorties en aval du Pas du Frou .

4 et 5) Un écoulement vers l'Ouest était envisageable , car le point d'injection est très proche de la falaise et les pendages du compartiment Nord dirigés localement vers l'Ouest . C'est dans cette éventualité que nous avons contrôlé en deux points les imortantes sources d'Aigue - Noire situées au pied de ce versant .

6) Dans l'éventualité d'un passage aux calcaires valanginiens , et d'une sortie au Sud , sur le Guiers Mort , nous avons prélevé sur celui - ci au niveau de Fourvoirie , à la sortie des gorges .

7) L'exurgence de la passerelle , étant l'exutoire probable des eaux du synclinal d'Arpison en plus de celles de la forêt de Génieux , le prélèvement s'est fait en aval de cette dernière dans le Guiers Mort , la sortie d'eau pérenne se faisant en dessous de la surface .

8) Contrôle de la source de Pont St. Pierre dans les calcaires jurassiques .

Epoque de l'expérience Le tracage a été effectué au moi de Décembre 1975 , au cours d'une forte fonte de neige , à la suite d'un important redoux . Le débit d'injection était de l'ordre de 10 l/s . malheureusement l'étang - perte était recouvert de glace et de neige ce qui a du contribuer à fixer une bonne partie du traceur . Le temps allant en se refroidissant , les émergences virent leur débit baisser rapidement pour atteindre assez vite des valeurs proches de l'étiage .

INJECTION

Lieu	altitude	produit inj.	quantité	date	heure
Riondette	1229 m	fluorescéine	2,1 Kg	30 / 11 / 75	12 h

Les résultats

a)

Lieu	altitude	distance	date d'arrivée	temps d'arrivée	vitesse
Pas du Frou	500 m	4250 m	1 / 12 / 75	8 h 21 h	202 m/h

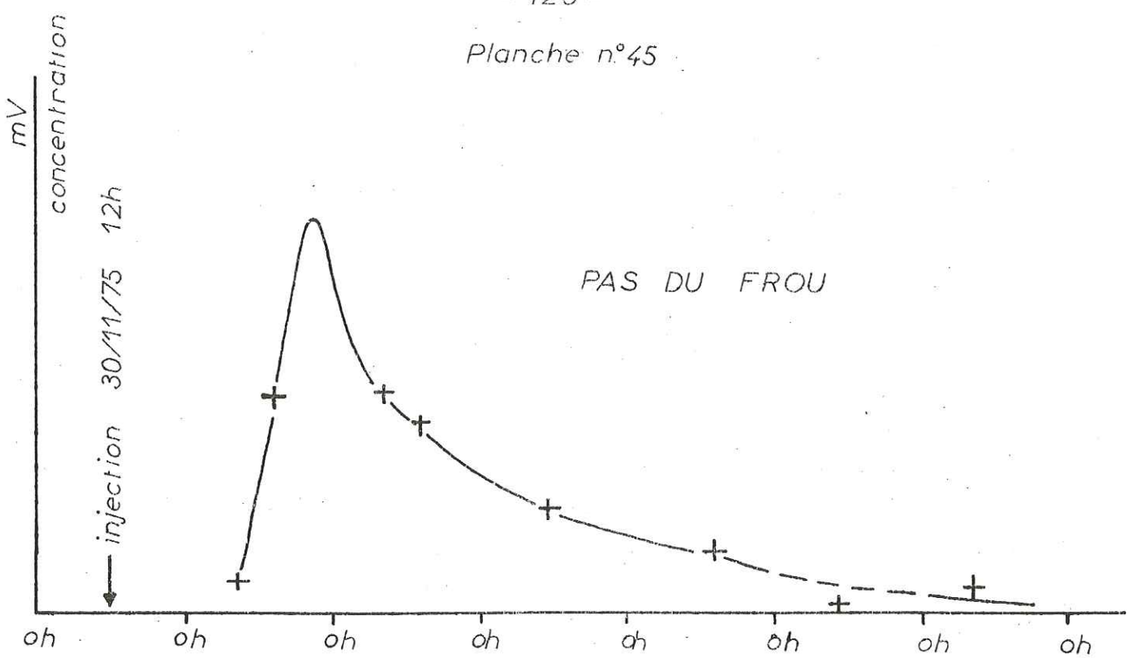
b) Le traceur est passé 2 à 3 heures plus tard au pont St. Martin .

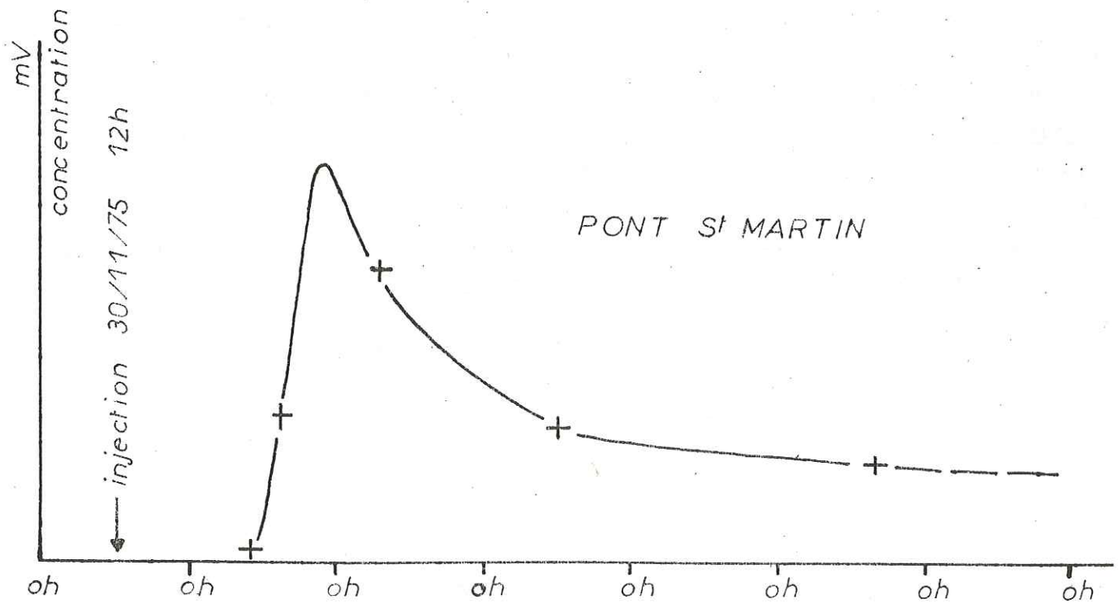
Aucun des autres points de contrôle n'a présenté de trace de colorant .

Apport du tracage à la connaissance des systèmes karstiques du synclinal d'Arpison

1) Le traceur n'étant pas sorti à l'Ouest du massif (Aigue - Noire) , il est trés

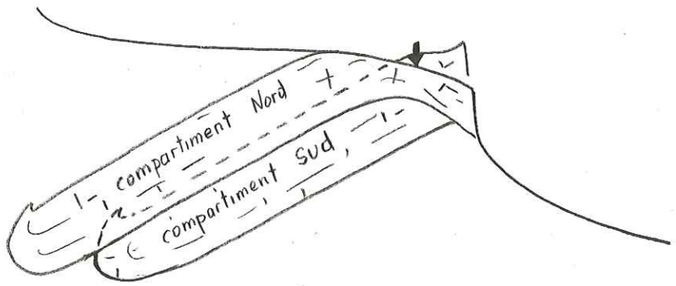
Planche n°45





COLORATION DE RIONDETTE , Restitution

probable qu'il a utilisé le compartiment Sud par rapport à la faille du col de l'Alpette . S'il avait utilisé le compartiment Nord , il aurait été rejeté à l'Ouest à cause du pendage dirigé en cette direction à ce niveau . Il en résulte que les eaux du compartiment Sud passent probablement au compartiment Nord en profondeur , pour ressortir dans les gorges du Frou sur le Guiers Vif .



2) Il nous semble que l'émergence de la cascade du Grand Frou , visible de la route , à l'entrée des gorges , ne présente pas un débit suffisant pour justifier d'un bassin versant aussi étendu . Nous pensons qu'il existe probablement une autre émergence plus en amont , inaccessible . L'existence d'un trop - plein exceptionnel situé sur une vire bien en amont dans les gorges nous confirme dans cette hypothèse .
Les débits étant faibles , de l'ordre de 50 l/s estimés , le traceur aurait dû être visible à l'oeil nu . Or ayant contrôlé la cascade du Grand Frou aux jumelles depuis la route nous n'avons rien vu . D'autre part , le prélèvement avait lieu à moins de 50m de la cascade sur la même rive que celle - ci , rive concave qui aurait dû maintenir le traceur de ce coté . La forte dilution de ce dernier (environ $4 \cdot 10^{-9}$) tout à fait comparable à celle observée au pont St. Martin , 4 Km en aval , apporte une présomption de plus en faveur de l'hypothèse d'une émergence située plus en amont .

VI - 2 - 2 Hypothèses sur les systèmes karstiques de l'anticlinal des rochers de la Fitole et du synclinal d'Arpison

1) Bassin versant karstique des émergences du Grand Frou Dans les paragraphes précédents ont été exposées les raisons qui amènent à considérer que le compartiment Sud de la faille de Riondette participe à l'alimentation des émergences du Grand Frou . Dans ces conditions il est très probable que le bassin versant de ces dernières s'étende jusque vers Arpison et comprenne également le flanc Est du synclinal redressé à la

verticale (Urgonien et Valanginien) planche n° 46

2) Approche de la superficie du bassin versant de la source de Pont St. Pierre

A partir des valeurs calculées au paragraphe II - 2 - 2 (moyenne des débits) nous allons essayer d'estimer la superficie du bassin versant .

débit moyen : $105 < 140 < 180$ l/s

volume annuel écoulé : $(3{,}31 < 4{,}42 < 5{,}68) \cdot 10^6$ m^3

En utilisant les valeurs d'évapotranspiration calculées au paragraphe III - 3 on arrive à un volume précipité de l'ordre de :

$(4{,}72 \quad 6{,}31 < 8{,}11) \cdot 10^6$ m^3

Le bassin versant supposé s'étageant de 600 à 1700 m d'altitude , nous choisissons en fonction de la répartition isoyète (planche N° 24 , chapitre III) une pluviomètrie moyenne de l'ordre de : 2170 mm

Nous obtenons alors une superficie de bassin versant de :

2,2 2,9 3,7 Km^2

A partir de ces valeurs et de nos connaissances de la géologie de la région , nous proposerons pour la source de Pont St. Pierre , un bassin versant limité à l'Ouest par les crètes valanginiennes du flanc Est du synclinal d'Arpison , au Nord aux environs du col de la Ruchère et à l'Ouest par le ruisseau de St. Pierre .

N.B. Considèrons la droite de Henry construite au chapitre II - 2 -2 , nous pouvons remarquer que les six premiers points sont parfaitement alignés , alors que les cinq autres divergent montrant une augmentation anormale des débits de crue . Il est probable que ce phénomène soit dû principalement à l'apport par ruissellement d'eau provenant du bassin versant de la source des Maisons Forestières (calcaires valanginiens) qui domine par des pentes accusées celui de Pont St. Pierre . Malheureusement , nous ne possèdons pas assez de valeurs de débit à Pont St. Pierre pour entreprendre une estimation significative de cet apport .

3) Devenir des eaux des rochers du Solitaire , des rochers de Corde et de la Cambise

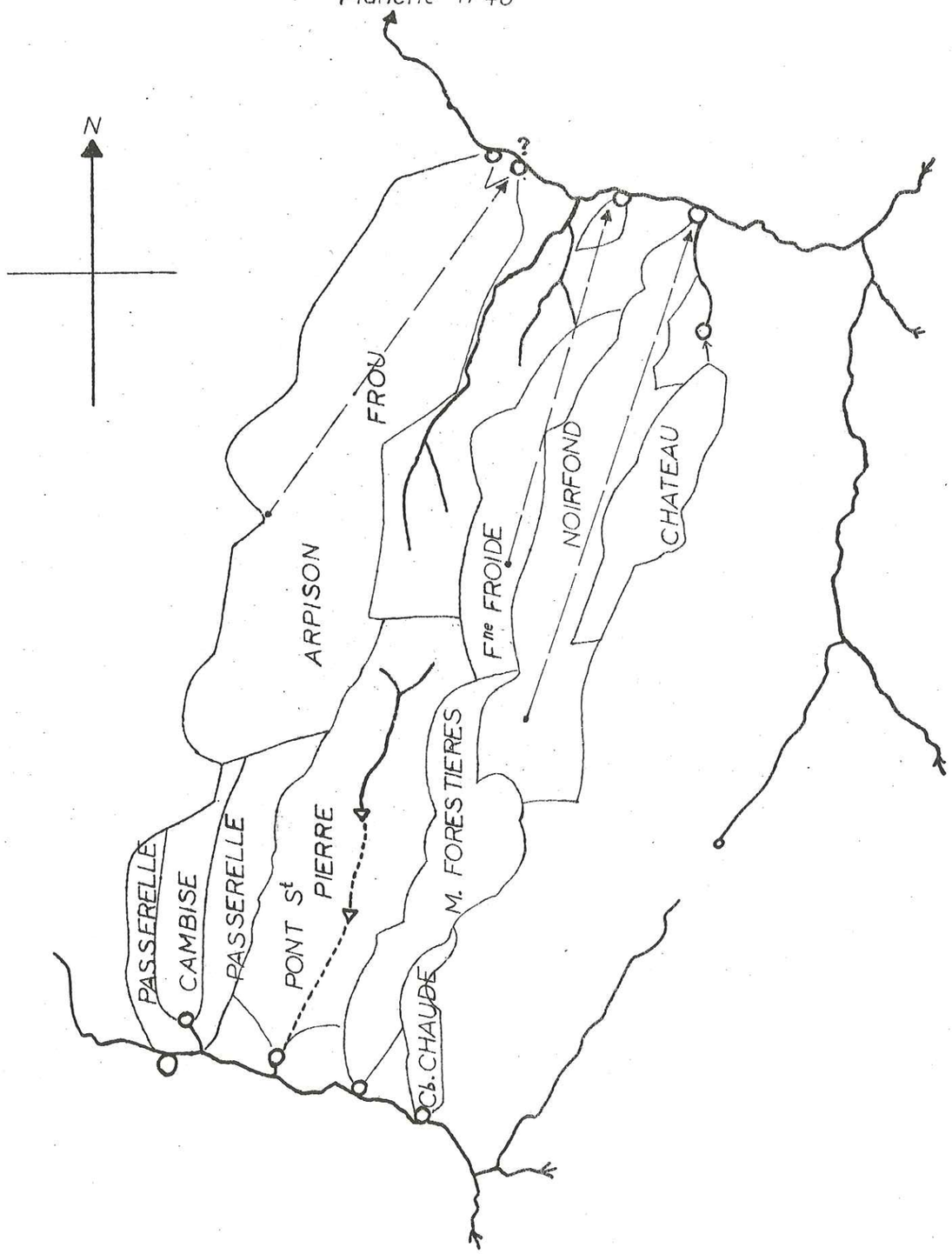
Sans en avoir de preuve formelle , nous pensons , vu l'absence d'émergence connue en rive droite du Guiers Mort que les calcairrs urgoniens de ce secteur sont drainés par l'exurgence de la Passerelle en rive droite .

Les calcaires sénoniens du vallon de Corde ont pour leur part comme émergence la grotte de la Cambise .

VI - 2 - 4 Conclusion

La coloration du ruisseau de Riodette a mis en évidence l'écoulement vers le Nord des eaux du synclinal d'Arpison ; l'hypothèse de deux émergences dans les gorges du

Planche n° 46



LES DIFFERENTS SYSTEMES KARSTIQUES

Pas du Frou n'est pas à exclure .
La source de Pont St. Pierre écoule pour sa part des eaux provenant de l'anticlinal jurassique des rochers de la Fitole et des pertes des écoulements provenant du versant Ouest du Grand Som .
Les eaux de la partie Sud du synclinal d'Arpison s'écouleraient par l'exurgence de la Passerelle après être passées sous le Guiers Mort .
La grotte de la Cambise draine les calcaires sénoniens du synclinal .

CHAPITRE VII

ORIGINE DES PRINCIPAUX RESEAUX PENETRABLES

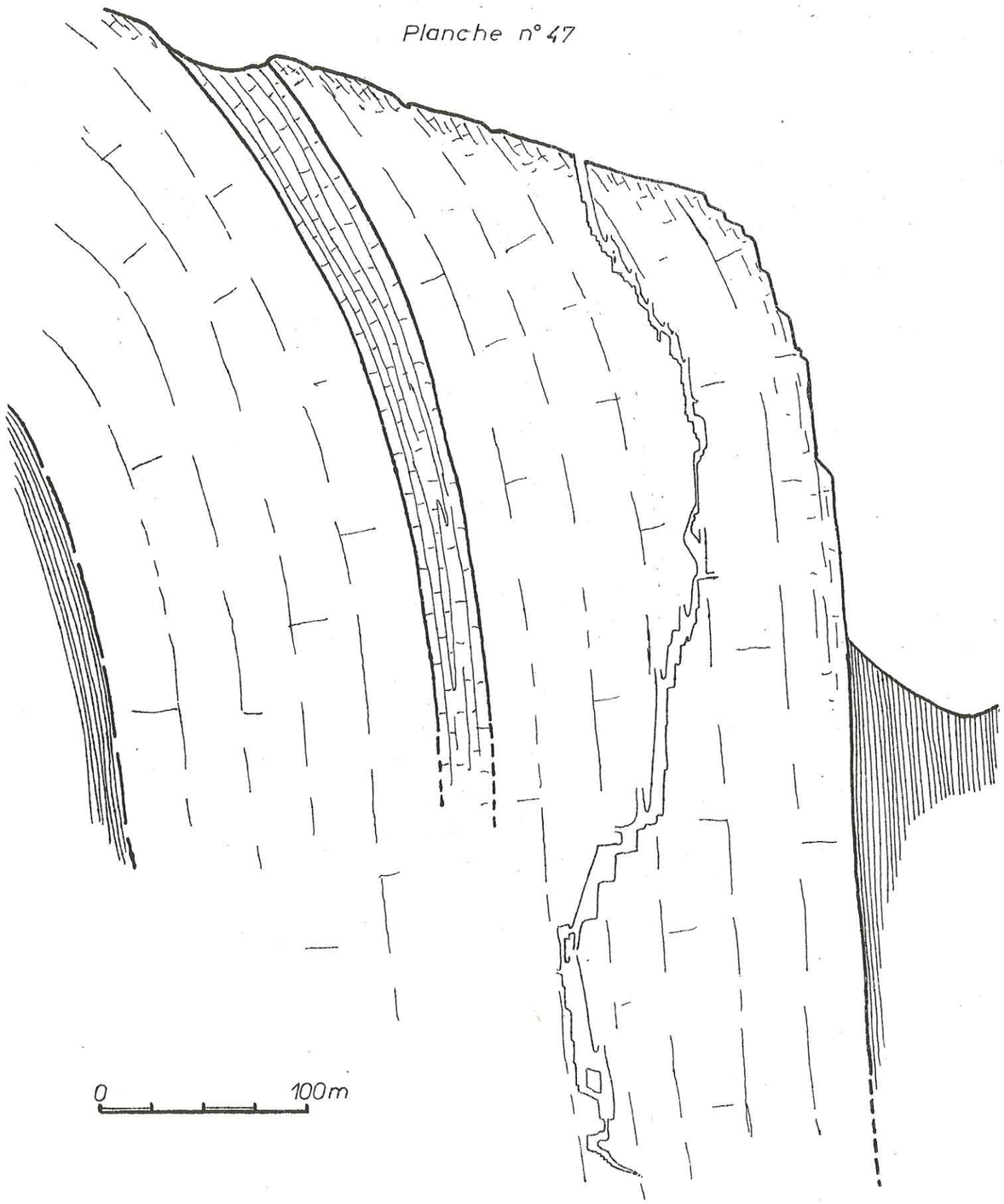
VII - 1 Le synclinal du Grand Som

VII - 2 Le synclinal des Eparres
- 2 - 1 Le puits de l'Echo
- 2 - 2 Le puits Francis
- 2 - 3 Le réseau du vallon des Eparres
- 2 - 4 La grotte du Curé

VII - 3 Hypothéses sur le creusement
- 3 - 1 Utilisation de la fracturation
- 3 - 2 Hypothèses sur l'état du creusement de la vallée du Guiers Vif à la fin du dernier épisode glaciaire
- 3 - 3 L'histoire du karst du massif de la Chartreuse
  - Paléogéographie du quaternaire de Chartreuse
  - Les formes de surface
  - Les formes profondes
  - Hypothèses

VII - 4 Conclusions

Planche n° 47



GOUFFRE ROLAND

coupe projetée

Les traçages et des déductions tirées de l'étude des débits et des caractèristiques physico - chimiques des eaux , nous ont permis au chapitre précédent de définir l'étendue des différents systèmes . Nous allons maintenant essayer de voir ce que nous apporte l'approche spéléologique du problème ; de justifier la situation des cavités explorées et d'émettre quelques hypothèses sur leur histoire .

VII - 1 Le synclinal du Grand Som

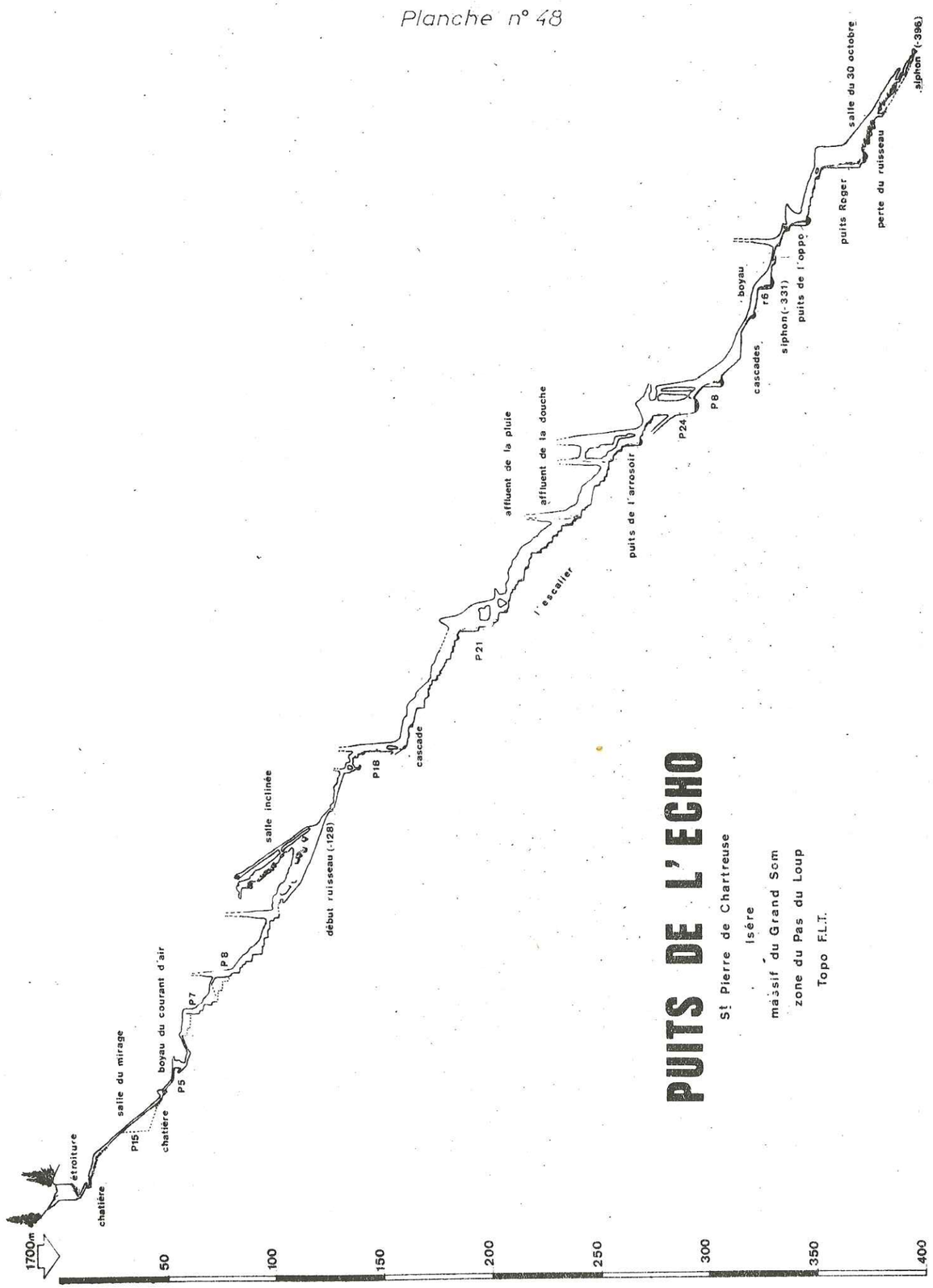
Le synclinal du Grand Som présente sur le plateau sommital un lapiaz d'altitude profondément buriné . De nombreuses dolines et puits à neige s'y ouvrent , en particulier un gouffre qui compte parmi les plus profonds du massif : le gouffre Roland ou P 508 . Nous n'avons pas pu visiter cette cavité qui est techniquement difficile (étroitures) et qui demande l'organisation d'une expédition . Nous citerons donc un de ses explorateurs , le spéléologue A. MARBACH .

" On peu distinguer en gros trois zones :

- De l'entrée à l'étroiture de - 123 , le gouffre se présente sous la forme d'une série de petits puits ... et se développe suivant le pendage des strates (vers l'Est) avec une pente moyenne de 45 ° (à ce niveau , la cavité est probablement axée sur une fracture)
- De l'étroiture au P 15 (- 205) , la cavité suit le litage et s'infléchit vers le Nord (zone des boyaux concrétionnes) . (En réalité , les spéléologues ne progressent pas dans un conduit circulaire , mais au sommet , ancien conduit noyé , d'un méandre trop étroit)
- Du P 15 au sommet du grand puits (- 370) , le gouffre se développe à contre strates (ceçi est tres visible dans le P 15) (et ce probablement sur une fracture qui est à l'origine de la série de puits qui suivent .)
- De -370 à -458 , on trouve une zone de grands puits creusés suivant le pendage des strates .
- Enfin la zone terminale , de la base des puits au siphon est sub - horizontale et se présente sous la forme de méandres et de galeries basses creusées suivant le litage vers le Nord .

Les seules parties concrétionnées de la cavité se trouvent à - 200 m et à l'extrèmité de la galerie Nord (- 460 m) ; le concrétionnement très faible s'explique , comme dans le cas de la plupart des gouffres de montagne , par le fait que la cavité est relativement jeune et se trouve encore dans un stade

Planche n° 48



actif de creusement . Les parois déchiquetées de certains puits en témoignent d'ailleurs ...

... Le méandre étant pratiquement la seule forme de galerie rencontrée , la cavité semble avoir été entièrement creusée en écoulement libre , tout du moins dans la partie connue . Il convient de préciser d'ailleurs qu'il n'a pas été rencontré de galeries en"conduite forcée".

Extrait de SCIALET n° 1 1972

N.B. Les passages soulignés sont des commentaires ajoutés par l'auteur .

Le gouffre Roland pose un autre problème qui n'a pas été abordé par A. MARBACH , il s'agit de la forme structurale du synclinal du Grand Som . Si la topographie est exacte , et A. MARBACH est connu dans le milieu spéléologique pour la minutie de ses topographies , à la cote -480 m , les pendages sont encore dirigés vers l'Ouest et de l'ordre de 70° . (voir coupe projetée , planche n° 47) Le fond du synclinal n'est probablement pas encore tout proche . Ceci donne au synclinal du Grand Som une forme pincée à laquelle nous étions loin de nous attendre .

Le P 508 peut être classé dans les cavités d'altitude à creusement récent . L'étroitesse des conduits , la prédominance de l'écoulement libre dû à l'important dénivelé potentiel et à la décompression du massif (falaise de 200 m à 5o m de la cavité) , amène à penser à un creusement contemporain au modelé de surface actuel , qui aurait commencé seulement à la fin du dernier épisode glaciaire , un permafrost ayant probablement empêché toute possibilité de creusement profond jusqu'à la fin du Wurm . Ceçi n'exclut pas , bien sur l'existence de cavités plus anciennes non reconnues par les spéléologues .

VII - 2 Le synclinal des Eparres

2 - 1 Le puits de l'Echo

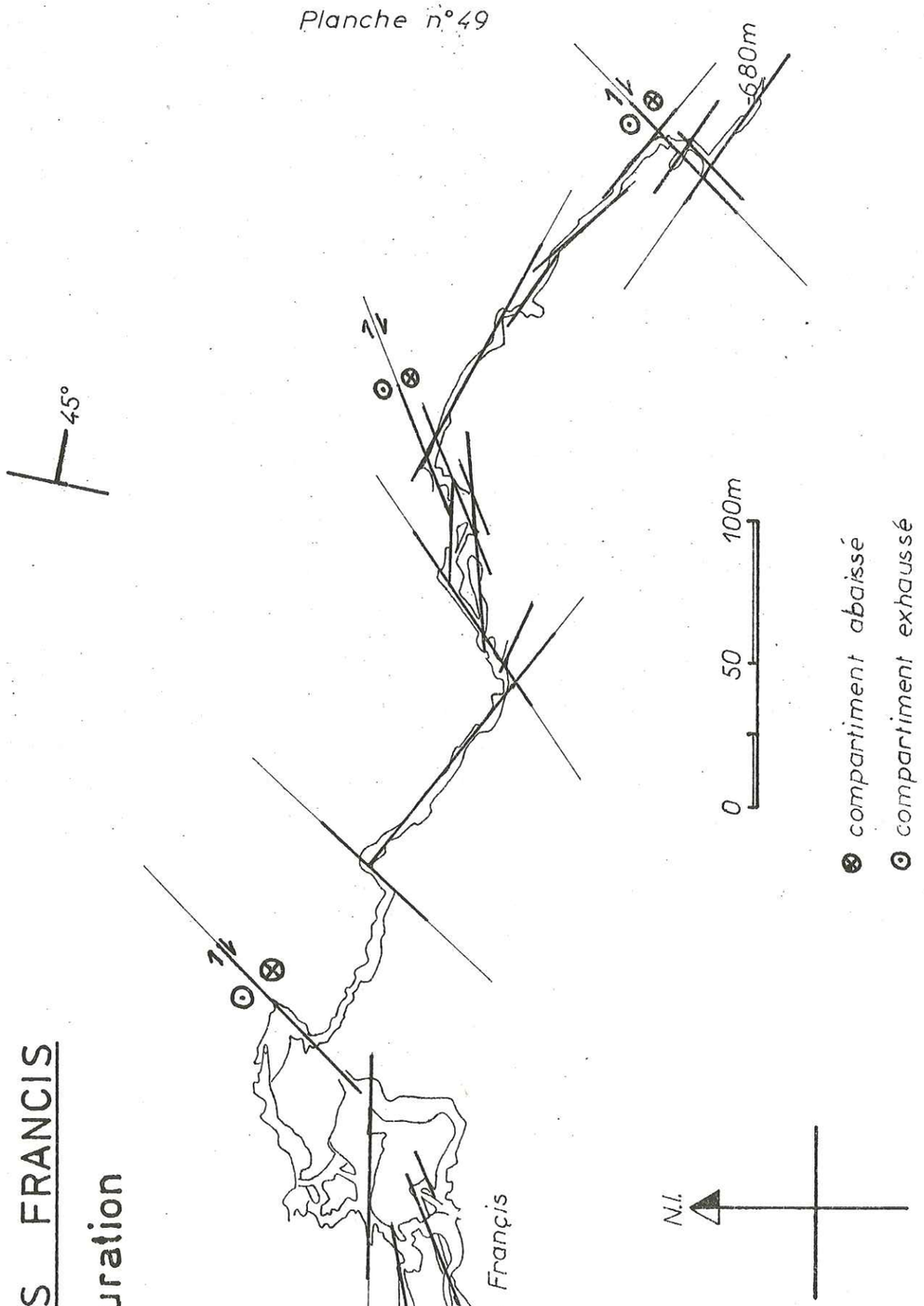
Nous n'avons pu visiter cette cavité , et devons nous contenter de descriptions spéléologiques , d'ailleurs peu précises . On peu retenir que le réseau se développe uniquement au dessus de la principale vire à orbitolines , c'est à dire dans le premier tiers de la masse urgonienne ; disposition que nous retrouverons au trou Pinambour .

Nous ne disposons ni d'informations morphologiques ni de plan . Dans ces conditions il est difficile de hasarder une hypothèse sur le creusement et l'origine de cette cavité . Il est possible que les circulations d'eau rencontrées par les spéléologues soient celles que nous avons colorées en surface sous le col de Mauvernay .

VII - 2 - 2 Le puits Francis

Nous avons visité cette cavité jusque vers - 300 m . Nous distinguerons plusieurs

Planche n°49



types de galeries :

1) Les galeries d'entrée (Trou Baisant) , laminoir incliné selon les strates (45°) surcreusé par un méandre étroit .

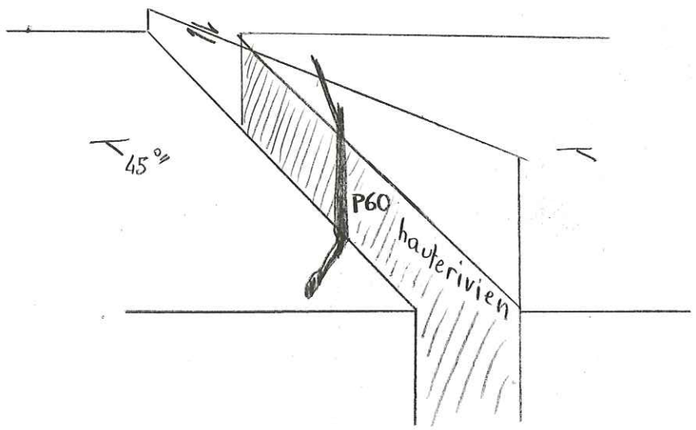
2) Des puits et méandres jusque vers - 100 m (Puits de la jonction)

3) Un complexe de salles à peu près horizontales (Galerie du Solitaire) avec d'abondants remplissages , soit clastiques , soit graveleux ou varvés avec présence de graviers d'hématite et de couches riches en matériaux organiques . Il s'agit probablement des restes d'un très ancien réseau horizontal connu à environ la même altitude dans les trous Finambour et Lisse . Des prolongements de ce réseau ont été récemment découverts par les spéléologues de l'A.S.A. , confirmant nos hypothèses sur la continuité de ces galeries .

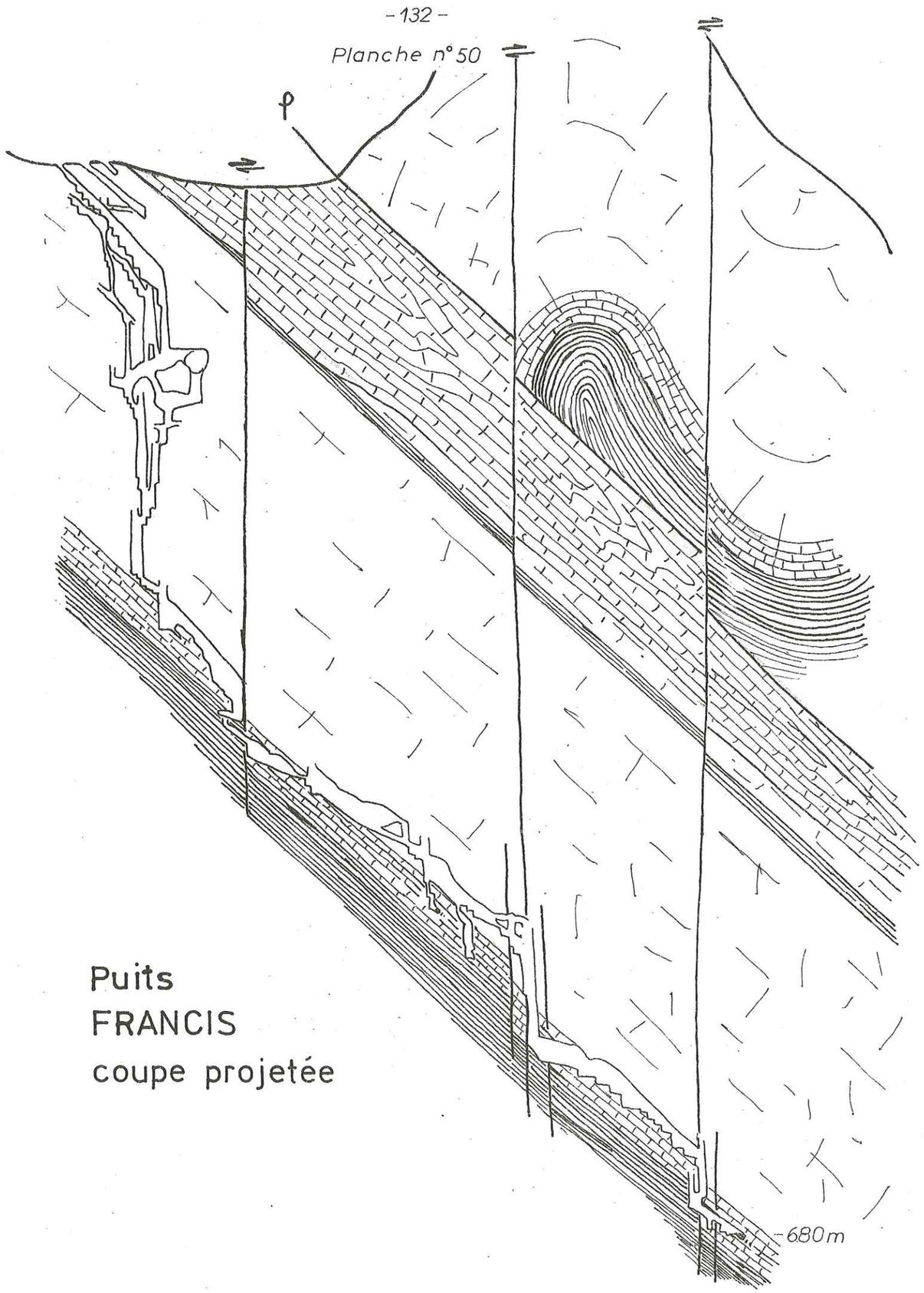
4) Un système de puits descendants pratiquement sur place jusqu'à un niveau imperméable constitué par les marnes hauteriviennes (réseau plus récent)

5) De vastes galeries éboulées suivant le pendage , creusées dans un niveau de moins bonne tenue mécanique (Barrèmien inf.) au contact de l'Hauterivien . (Puits du Chaos , - 300 à - 350 m)

6) Un système de galeries hautes et étroites creusées sur des fractures N130° à N150° , recoupées par des décrochements qui à chaque fois provoquent la descente d'un cran en profondeur . (P60 , puits de la lucarne)



Le creusement du Puits Francis apparait comme complexe ; un ancien réseau horizontal Nord - Sud (Galerie du Solitaire) a été utilisé plus récemment par des circulations verticales qui le recoupent et ravinent ses alluvions . Actuellement l'écoulement libre prédomine , du moins pour la partie connue , mais la partie profonde témoigne de circulations noyées anciennes (conduites forcées parallèles au P60 à - 508 m).
Le gouffre n'utilise pas les importantes failles de décrochement qu'il recoupe , mais



Puits
FRANCIS
coupe projetée

mais des conjugués (N130° à 150°) , cependant à chaque décrochement important il présente un net cran de descente . Le puits Francis (-680 m) , bien qu'étant le gouffre le plus profond du massif , n'atteint pas le fond du synclinal , ni même le collecteur à l'altitude de 910 m (siphon terminal) .

VII - 2 - 3 Le réseau des Eparres

Le réseau des Eparres comporte plusieures cavités explorées par le spèléo-club de Villeurbanne ; en particulier : le trou Lisse à Combone , la plus importante , le trou Pinambour et le gouffre à Maule .

a) Deux systèmes emboités L'ensemble se divise en deux unités qui , bien que superposées n'ont aucune communication entre elles .

- Au dessous de la principale vire à orbitoline , dans la masse urgonienne inférieure , se développe le réseau du trou Lisse à Combone .
- Au dessus de cette même vire , se situe le système trou Pinambour - Gouffre à Maule . La vire à orbitoline joue donc içi le même rôle qu'au Puits de l'Echo , et en tant que niveau imperméable , sépare deux karsts emboités .

b) Les réseaux Nord - Sud Sur la planche n°51 , nous avons projeté la topographie du réseau sur un plan vertical parallèle à la direction du synclinal , faisant ainsi apparaitre un système de galeries se développant longitudinalement par rapport à l'axe de ce dernier . Ces galeries N.S. que nous avons visitées , présentent une morphologie d'anciennes galeries noyées avec le plus souvent des remplissages importants . Nous pensons nous trouver là , en présence d'anciens collecteurs du massif suspendus aux cotes 1300 m et 1450 m . La vieille galerie du Solitaire , au Puits Francis appartiendrait de même au collecteur le plus élevé . Des galeries récentes recoupent perpendiculairement tout cet ensemble .

Le réseau noyé se développant dans les trois dimensions sans aucune limite autre que la surface de l'eau et les murs et toits de la couche calcaire , les contre -pentes sont très importantes et l'amplitude des variations verticales dépasse içi la centaine de mètres . Ces réseaux nous montrent ce que peut être l'actuel collecteur du massif .

c) Les remplissages du Gouffre à Maule Le gouffre à Maule a été le siège d'une exploitation de minerai de fer par les chartreux . Nous avons visité ce gisement (ce qu'il en reste) . Le minerais est constitué par des graviers d'hèmatite mélangés à un cailloutis très anguleux , dans une sédimentation de type torrentiel . Nous pensons que ces sédiments proviennent de la démolition par l'érosion de poches de minerais éocène dont les débris auraient été entrainés dans les cavités karstiques situées en aval . A Bovinette , par contre , les Chatreux ont exploité du minerai éocène en place témoin d'une ancienne karstification éocène .

Planche n°51

LES RESEAUX N.-S. DU VALLON DES EPARRES

PROJECTION SUR UN PLAN VERTICAL PARALLELE A L AXE DU SYNCLINAL

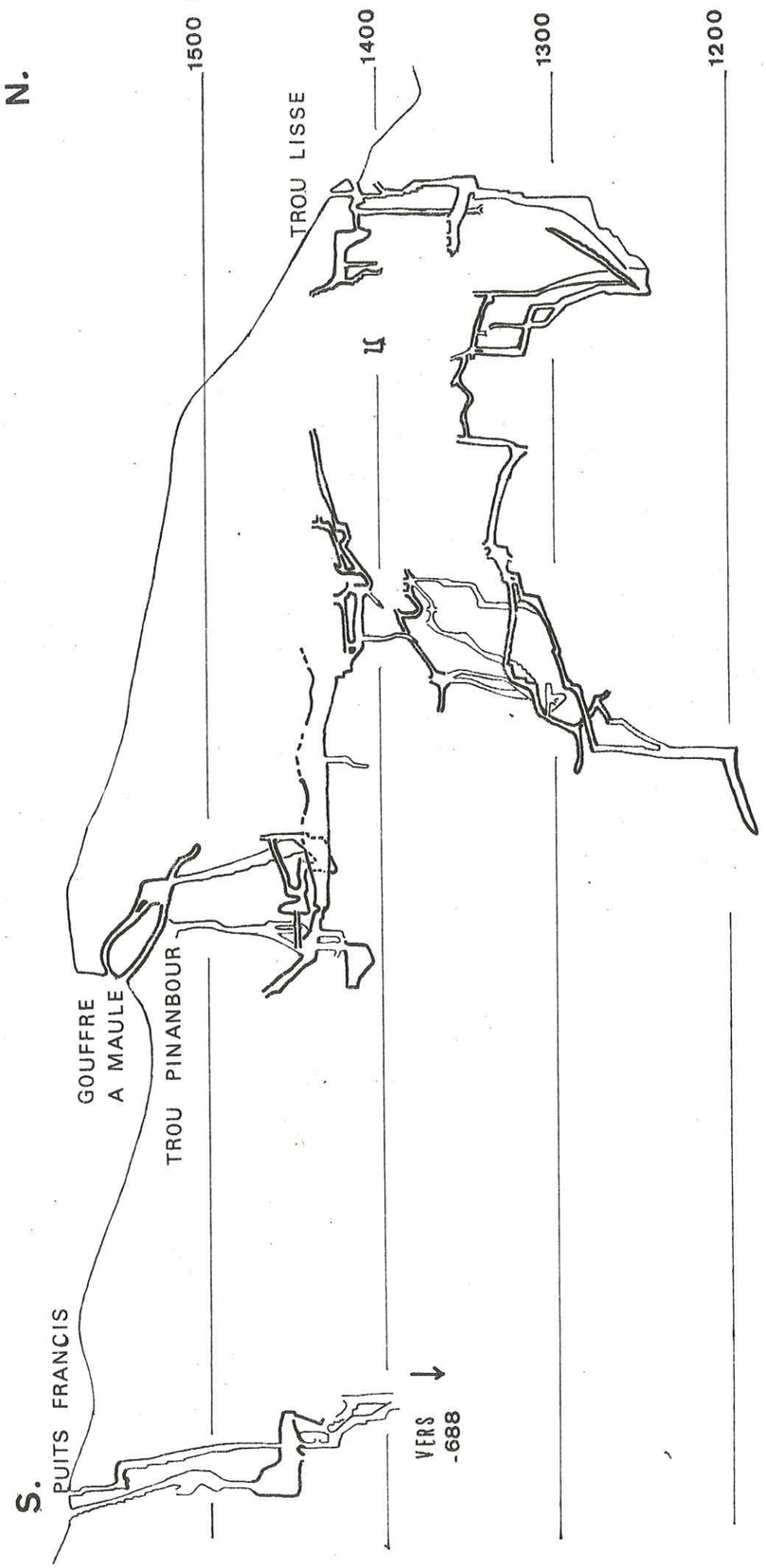
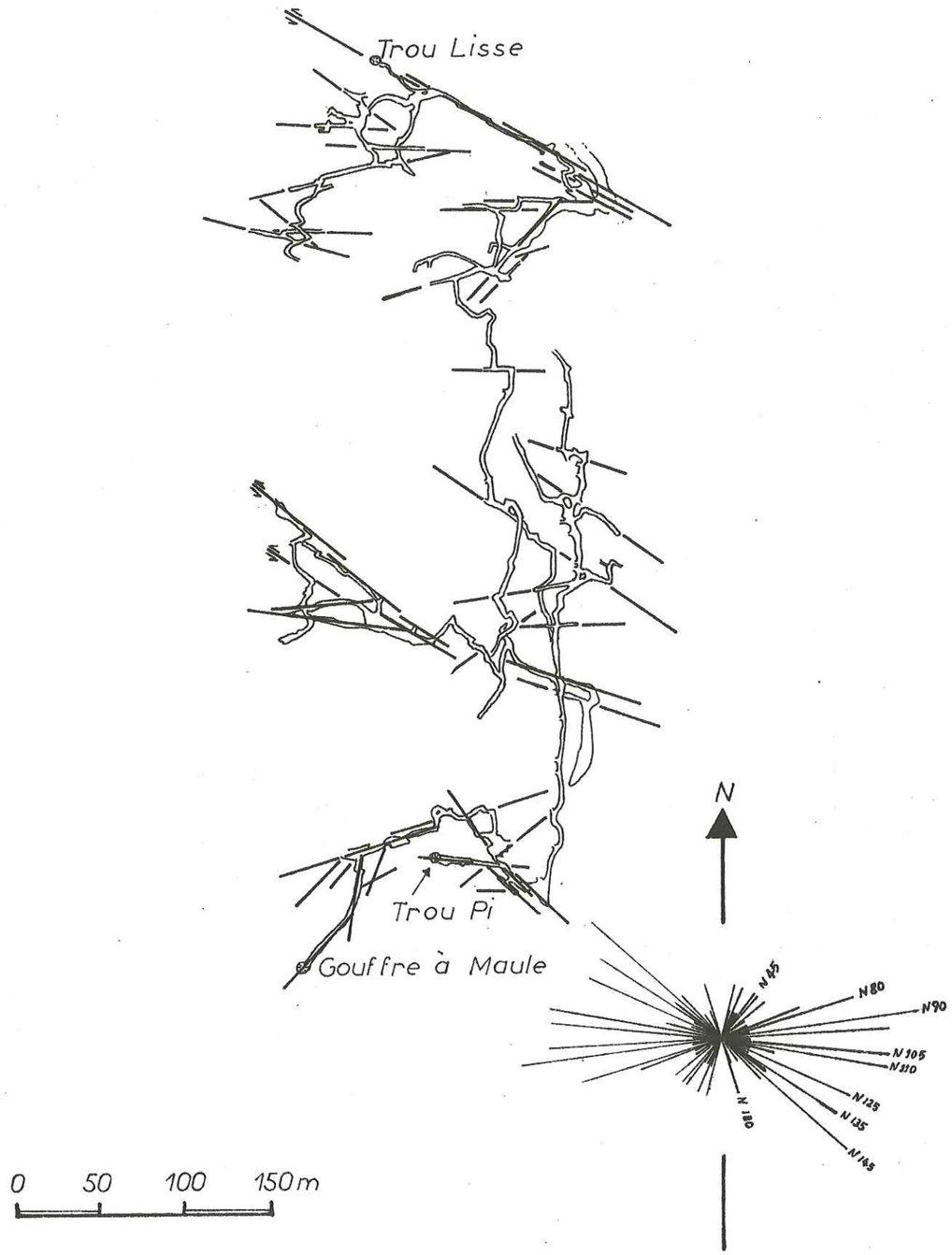


Planche n°52

LE RESEAU DES EPARRES (plan)



VII - 2 - 4 La grotte du Curé

C'est une ancienne émergence du système karstique du vallon des Eparres . On y rencontre uniquement des galeries creusées en écoulement noyé . Elle comporte :

- Une galerie grossièrement descendante donnant sur un couloir remontant vers un puits de 10 m au pied duquel en étiage , ontrouve un siphon .
- En aval , un complexe de galeries ébouleuses et étroites ou circule en étiage un important débit . Les parois présentent d'innombrables cupules , témoins d'un écoulement très rapide lors des crues .

En crue le sous écoulement habituel ne suffit pas à évacuer tout le débit et l'eau monte dans le puits de 10 m jusqu'à déverser par dessus son bord et rejoindre l'aval. Des mises en charge de près de 40 m ont été observées .
Les eaux sortent à la source de Noirfond située à 50 m du siphon aval , à peu près à la même cote .

Le creusement s'est fait en plusieures étapes , au fur et à mesure que le niveau du Guiers Vif s'abaissait . (planche n°53) Dans un premier temps , la galerie par laquelle on peu pénèter était noyée et devait se trouver à une cote inférieure à celle du Guiers , fonctionnant en émergence vauclusienne . Ensuite le Guiers approfondissant son lit , cette galerie est devenue partiellement fossile , des pertes drainant les eaux vers des émergences qui ont pu être à un moment les grottes inférieures du Curé . Actuellement l'ancien conduit n'est plus utilisé que sur une petite partie de sa longueur lors des fortes crues , au profit d'une galerie de creusement plus récent qui se raccorde au niveau de base du Guiers .

VII - 3 Hypothèses sur le creusement

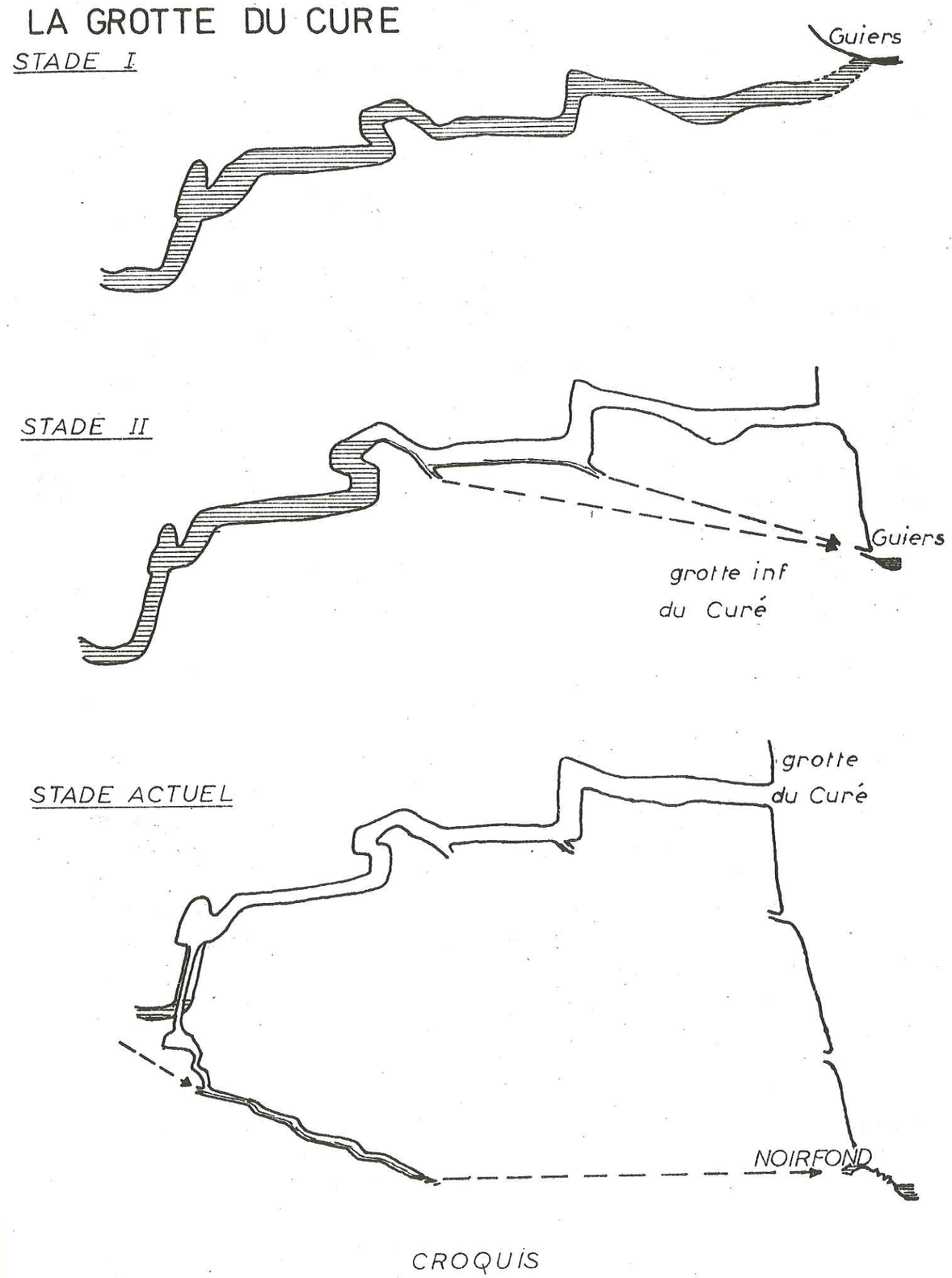
3 - 1 Utilisation de la fracturation (planche n° 52)

Une majorité des galeries ont été creusées non sur des fractures , mais sur les joints de stratification inclinés à 45° . On notera que le vieux réseau du Gouffre à Maule est le seul à comporter des galeries axées sur un système de fractures N45°. La majorité des galeries établies sur fractures sont orientées N125° à N145° et sur des fractures conjuguées N80° à N100° . Ce ne sont pas les fractures les plus importantes (décrochements N30°) qui sont utilisées par la karstification ; ces accidents , probablement en compression , ne jouent qu'un rôle limité d'abaissement relatif de blocs les uns part rapport aux autres (voir l'étude ci-dessus sur le Puits Francis) ; mais au contraire les fractures conjuguées de ces dernieres et autres fissures annexes .

La densité de fissuration utilisée semble ici bien moins importante que celle

Planche n° 53

LA GROTTE DU CURE



CROQUIS

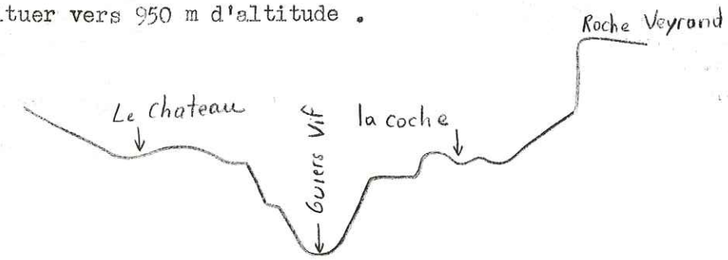
constatée en surface . Ceci est dû :

1) à ce qu'il faut une ouverture minimum de la fissure pour que l'eau puisse y circuler ;

2) à ce que la densité de la fissuration diminue avec la profondeur (phènomène de décompression à proximité des versants)

VII - 3 - 2 Hypothèses sur l'état de creusement de la vallée du Guiers Vif à la fin du dernier épisode glaciaire

Une lecture , même rapide de la carte au 1/25 000 Montmèlian n° 5 - 6 , nous permet de repèrer un certain nombre de replas , disposés en épaulements de part et d'autre du torrent encaissé dans une gorge étroite . La carte géologique nous renseigne également sur la répartition des plaquages morainiques qui coincident la plus part du temps avec ces épaulements . Leur altitude varie autour de 925 m avec un écart type de 150 m . Dans le détail , aux Egaux , il semble que nous ayons un ancien verrou glaciaire vers 980 m plus récemment entaillé par la gorge du Pas du Frou . En amont un ombilic important éxistait avec la dépression des Sermes (650 m , 700 m) Un second verrou urgonien barrait la vallée au niveau du Chateau avec un seuil qui devait se situer vers 950 m d'altitude .



L'ombilic de St. Pierre d'Entremont présente de tres nombreux épaulements et terrasses morainiques , au Paquet (867 m) , au Grand Chenevy (772 m) , au Villard (889 m), à St. Philibert (952 m) , aux Grattiers (970 m) , etc...
Depuis , le Guiers Vif a profondément entaillé le fond de la vallée glaciaire par érosion régressive . Les verrous rocheux déja incisés par les torrents sous glaciaires ont cèdé les uns apres les autres par érosion régressive . La dépression d'Entremont n'est pas encore atteinte , au contraire de celle de St. Pierre de Chartreuse ou le village est situé sur une terrasse . Nous nous intérèsserons plus particulièrement au verrou du Chateau qui semble avoir été établi vers 900 m d'altitude , car il conditionnait probablement le niveau des émergences à la fin du Wurm . Par contre l'ancien collecteur suspendu du vallon des Eparres se situe à une altitude bien supérieure (1400 m), ce qui garantit son antèriorité par rapport à la dernière glaciation .

VII - 3 - 3 Essais de reconstitution de l'histoire du karst du massif de la Chartreuse .

Une première karstification a eu lieu à l'Eocène , de nombreuses poches de sédiment rouge et de minerai de fer en témoignent . Ces réseaux karstiques , s'ils ont existé , ont été basculés et disloqués lors des plissements majeurs ponto - pliocènes .

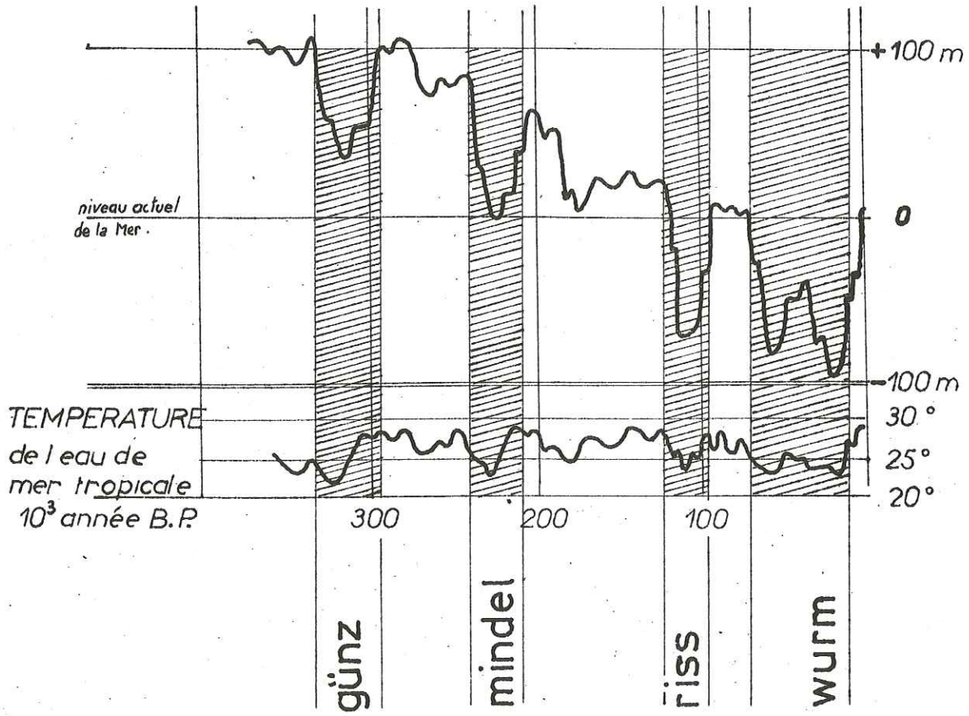
La karstification actuelle commence certainement au Pliocène . Les différentes glaciations du Quaternaire vont fortement entamer ces montagnes jeunes , creusant de profondes vallées glaciaires . Lors des périodes froides la karstification est complètement arrètée (permafrost , glacier froid sans écoulement sous glaciaire) alors que les vallées occupées par des langues glaciaires s'approfondissent considèrablement à chaque fois . Lors des périodes interglaciaires des volumes d'eau importants transitent et la karstification est alors fort active . Les systèmes karstiques"rattrappent"le nouveau niveau de base .

LA PALEOGEOGRAPHIE DU QUATERNAIRE

Fin Pliocéne ..... Le relief alpin est adoucis , une phase de soulèvement général élève l'ensemble de 1500 à 2000 m ;

Les vieilles glaciations	Glaciation de Biber Glaciation de Donau Glaciation de Günz	Pas de traces dans les Alpes .
	Glaciation de Mindel	
Grand Interglaciaire	Mindel - Riss	Longue période chaude Erosion tres active
Glaciations récentes	Glaciation de Riss Interglaciaire Riss - Wurm Glaciation de Wurm	Maximum d'extention des glaciers

PLANCHE N° 54



DURÉE ET INTENSITÉ DES 4 DERNIÈRES GLACIATIONS QUATERNAIRES

à partir de corrélations avec le niveau de la mer et la température des mers tropicales. *d'après MILANKOVITCH*

	Allerød (11000 BP)	Chaud , pluvieux , débacle glaciaire
	Préboréal (10500 BP-8800 BP)	Phase froide , les glaciers descendent jusque vers 1900 m
	Boréal (8800-7000 BP)	
Interglaciaire actuel	Atlantique (7000 - 5000 BP)	Optimum climatique du quaternaire récent
	Sub - Boréal (5000-2500 BP)	
	Sub - atlantique	(Actuel)

Dans un massif calcaire " idéal " , ou aucun niveau imperméable n'arrèterait la karstification vers le bas ,et ou l'érosion n'aurait pas décapé la partie supérieure ; on devrait trouver une série d'anciens collecteurs correspondant à chaque interglaciaire . C'est ce qu'observe le Docteur BÖGLI au Höloch (Suisse , Muothatal) , où il distingue trois niveaux de karstification qu'il rattache aux trois derniéres périodes interglaciaires .

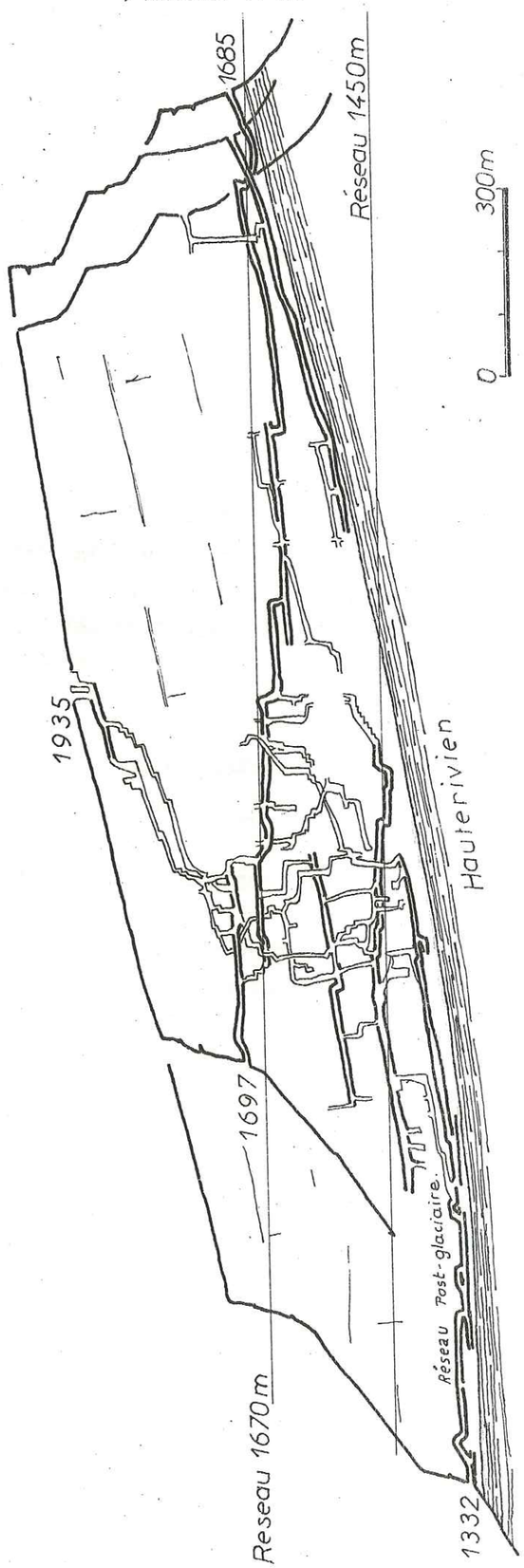
Datation des formes de surface : Les formes de surface (lapiez , puits à neige) datent au maximum du tardi-glaciaire . En effet , il est peu probable que la morphologie antèrieure à la glaciation du Wurm n'aie pas été"gommée" par cette dernière ; alors qu'en Vanoise , il a suffit de quelques siècles d'englacement (petit âge glaciaire) pour effacer la morphologie antérieure et ne laisser au front des glaciers que des dalles calcaires lisses et cupulées . Nous avons d'autre part montré que les puits à neige étaient des formes récentes liés à un climat et à un type de végétation . (paragraphe IV - 1)

Datation des formes profondes : Le karst profond , bien protègé des influences extèrieures garde par contre témoignage d'évènements bien antérieurs .

Certaines cavités sont d'un creusement très récent . Si nous n'avons aucune preuve pour un réseau comme celui du Gouffre Roland , deux exemples extèrieurs au massifs sont nettement plus probants .

Le puits kriska est un réseau á physionomie jeune . (puits séparés par des étroitures) tres comparable au gouffre Roland , mais içi le système n'est pas suspendu et atteint le niveau de l'émergence .

Planche n°55



LES ANCIENS COLLECTEURS DE LA DENT DE CROLLES

Altitude du siphon terminal : 775 m

Altitude de l'émergence (Porte de l'Enclos) : 770 m

L'émergence se trouvant au fond de lavallée , la cavité ne présentant pas de galeries fossiles connues et étant d'une grande unité morphologique ; nous pensons que son creusement est uniquement tardi - glaciaire à actuel .

Au scialet de Génieux , par contre , on peut distinguer deux parties , large jusque vers -450 m (altitude 940 m) , la cavité se retrécit brusquement et se maintient dans ce gabarit jusqu'au siphon .

Altitude du siphon terminal : 690 m

Altitude de l'émergence (La Passerelle) : 650 m

La première partie était 'elle ébauchée avant la glaciation de Wurm ? En tout cas l'âge tardi-glaciaire de la partie inférieure nous semble acquise .

Au Puits Francis , le siphon terminal se trouve à l'altitude (910 m) du verrou Wurmien du Petit Frou (fond de la vallée à la fin du Wurm) . Si nous supposons , comme plus haut qu'il n'y a pas eu de creusement pendant les périodes froides (permafrost) , le siphon du Puits francis se trouve plus bas que le fond de la vallée au début de la période froide . Ce qui garanti la jeunesse de son creusement . Par contre , l'ancienne galerie du Solitaire vers la cote 1450 m fut certainement creusée avant la glaciation de Wurm . Il en est de même pour les anciens collecteurs horizontaux du réseau du vallon des Eparres où on peut distinguer un niveau à 1325 m et un autre à 1450 m .

Ces réseaux étant certainement antérieurs à la glaciation de Wurm , on peut dire que durant le Wurm la vallée du Guiers Mort s'est approfondie d'environ 450 m au niveau du Pas du Petit Frou .

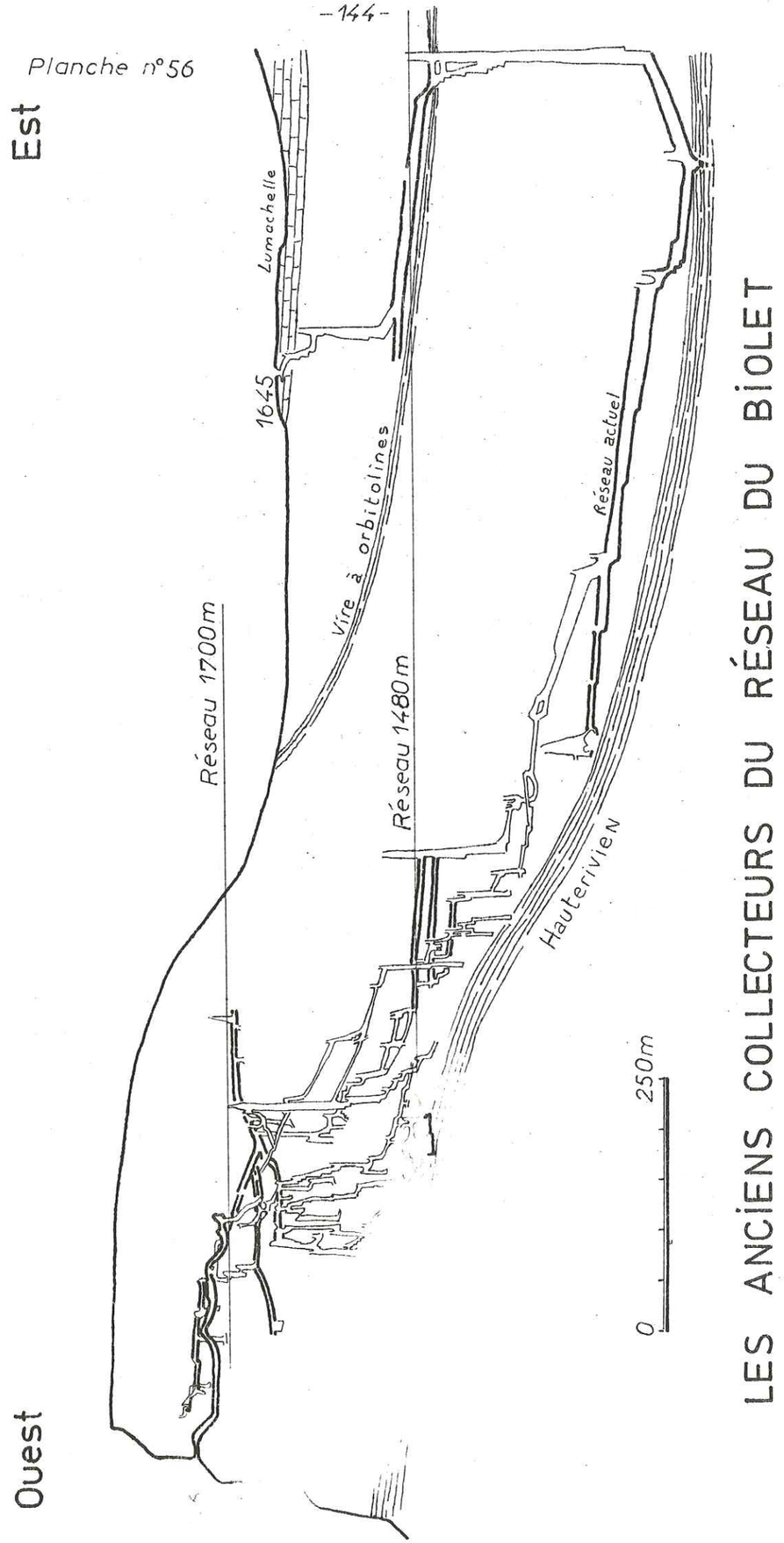
Qu'en est 'il dans d'autres cavités de Chatreuse ?

Au Trou du Glaz , L'émergence actuelle se situe à 1332 m , mais elle est suspendue au fond d'un synclinal perché . La cote du fond du cirque de Perquelin qui nous donne le niveau d'érosion à la fin du Wurm est d'environ 900 m . Sur la coupe du réseau de la Dent de Crolles (planche n° 55) deux anciens collecteurs suspendus apparaissent nettement . Un troisième , moins développé s'intercale entre eux . l'étage inférieur (métro) développe de vastes galeries vers 1450 m . Il pourrait s'agir du niveau de creusement de l'interglaciaire Riss - Wurm . Le second niveau horizontal bien développé se situe vers 1670 m . L'enfoncement de la vallée du Guiers Mort au droit de Perquelin aura été d'environ 550 m au Wurm ; valeur à rapprocher de celle calculée plus haut pour le vallon des Eparres .

Le massif de l'Alpe - Alpette actuellement drainé vers l'Isère comporte plusieures grandes cavités : Grotte du Biolet , Gouffre du Brouillard , Golet du Pompier , etc...

Au Biolet , (planche n° 56) on note un niveau de galeries horizontales vers 1700 m

Planche n°56



LES ANCIENS COLLECTEURS DU RÉSEAU DU BIOLET

et un autre vers 1480 m .

Au gouffre du Brouillard , un vieux réseau se situe vers 1595 m .

Au Golet du Pompier , il existe de vastes galeries à peu pres horizontales vers 1617 m.

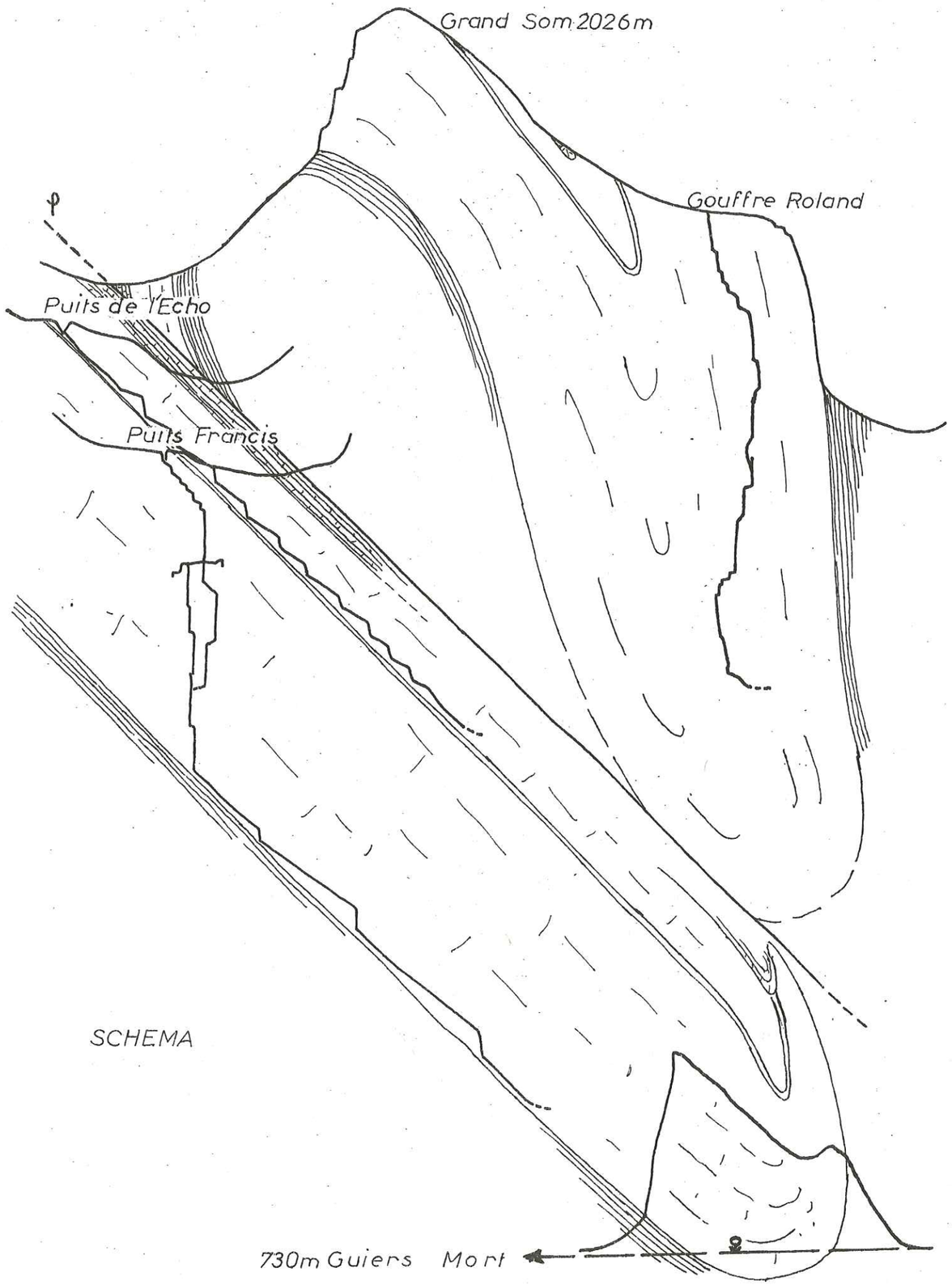
Nous résumerons tout ceçi sur le tableau suivant :

Altitude	Vallon des Eparres	Dent de Crolles	Massif de l'Alpe - Alpette
1800			
1700		Trou du Glaz	Biolet 1700 m
1600			Brouillard , Pompier 1600 m
		Glaz , 1550 m	
1500	Eparres 1450 m	Glaz , le Metro	Biolet - Tambourin 1480 m
1400			
1300	Eparres 1325 m		
1200			
1100			Fond de la vallée à la fin du Wurm (La Plagne)
1000		**Fond de la vallée** à la fin du Wurm	
900	Fond de la vallée à la fin du Wurm		

Il n'est pas question de faire des corrélations directes d'altitude entre les trois massifs , l'altitude des émergences fossiles correspondant à un stade inter - glaciaire n'ayant certainement pas été la même d'un massif à l'autre .

En fin de compte trois niveaux fossiles apparaissent à la Dent de Crolles et pour le massif de l'Alpe - Alpette . Seuls les deux niveaux inférieurs auraient été retrouvés dans le vallon des Eparres . Le plus bas de ces réseaux date probablement de l'interglaciaire Riss - Wurm (à moins qu'il ne corresponde à un interstade du Wurm ?) . Les deux autres niveaux doivent t'ils être rattachés à deux interglaciaires différents : Mindel - Riss et Gunz - Mindel ? C'est possible , mais il ne faut pas oublier que l'interglaciaire Mindel - Riss a été fort long (80 000 ans ?) . Les deux réseaux supérieurs peuvent bien s'être creusés au cours de cette période .

Planche n° 57



Mais il ne faut pas perdre de vue que tout ceci ne reste que de séduisantes hypothèses tant que des corrèlations palynologiques et paléonthologiques , ainsi que des datations absolues n'auront pas été réalisées à partir des sédiments des différents réseaux du massif . Ce serait là une orientation de recherches futures pasionnante .

VII - 4 Conclusions

Le système karstique de la source de Noirfond apparait comme composé de deux sous-systèmes , celui du synclinal du Grand Som , comportant un gouffre"jeune" de creusement actuel , le gouffre Roland qui s'enfonce dans des couches presques verticales . Ce synclinal supérieur se déverserait au Nord dans celui des Eparres sous jascent .
Le synclinal des Eparres comporte plusieures cavités :

- Le puits de l'Echo qui se développe au dessus de la principale vire à orbitolines ;
- le puits Francis , réseau récent et actif recoupant un ancien collecteur vers 1450m,
- le réseau des Eparres , semi fossile présentant deux niveaux d'anciens collecteurs à 1450 et 1325 m d'altitude .

Si certaines cavités comme le gouffre Roland et une partie du puits Francis se sont probablement creusées depuis le dernier épisode glaciaire , les anciens collecteurs du réseau du vallon des Eparres peuvent être rattachés aux inter-glaciaires Riss - Wurm et Mindel - Riss comme il est possible de le faire pour d'autres réseaux de Chartreuse extèrieurs au massif du Grand Som .

CHAPITRE VIII

GENERALISATIONS ET CONCLUSIONS

VIII - 1 Un grand dénivelé

VIII - 2 Des unités hydrologiques de faible étendue

VIII - 3 Un creusement rapide

VIII - 4 Une stucture en volet ou en synclinal perché

4 - 1 Une tectonique intense

4 - 2 Les volets et les synclinaux perchés

VIII - 5 Une roche massive et peu fracturée

VIII - 6 Un coefficient d'infiltration élevé

VIII - 7 Prédominance de l'écoulement libre

VIII - 8 De faibles réserves

VIII - 9 Un mélange imparfait des eaux

CONCLUSION

De cette étude , nous allons maintenant essayer de dégager les caractères propres au karst Cartusien et aux karsts montagnards des chaines sub-alpines en général .

VIII - 1 Un grand dénivelé

Le grand dénivelé entre les zones d'alimentation et les émergences caractèrise les karsts des chaines sub-alpines . Nous citerons pour exemple le dénivelé important de réseaux comme ceux du Puits Kriska (-780 m) et du puits Francis (-705 m) . Des dénivelés potentiels bien plus importants existent cependant en Chartreuse : 1400 m au Grand Som , 1300 m à la grande Sure , etc... Les distances séparant le point du bassin versant le plus éloigné de l'émergence sontpar contre comparativement faibles. 6000 m à la forêt de Génieux , 5500 m au Grand Som , 1500 m pour 650 m de dénivelé à la Dent de Crolles , etc... La pente de ces réseaux est donc tres forte . Les gouffres commencencent par descendre le plus verticalement possible , compte tenu des couches imperméables , pour atteindre le niveau de l'émergence . Le transit se faisant ensuite par un collecteur horizontal plus ou moins noyé .

VIII - 2 Des unités hydrologiques de faible étendue

Les bassins versants karstiques des émergences de Chartreuse sont en général de faible étendue (Noirfond : 3,6 Km^2 , Fontaine Froide 1,8 Km^2 , Pont St. Pierre 2,9 Km^2 , source du Guiers Mort 1,2 Km^2 , etc...) Ceçi est dû à l'intensité des plissements qui conduisent à un morcellement accentué des unités calcaires . Cependant grace à l'importance des précipitations des systèmes karstiques , même très petits apparaissent bien développés (Dent de Crolles)

VIII - 3 Un creusement rapide

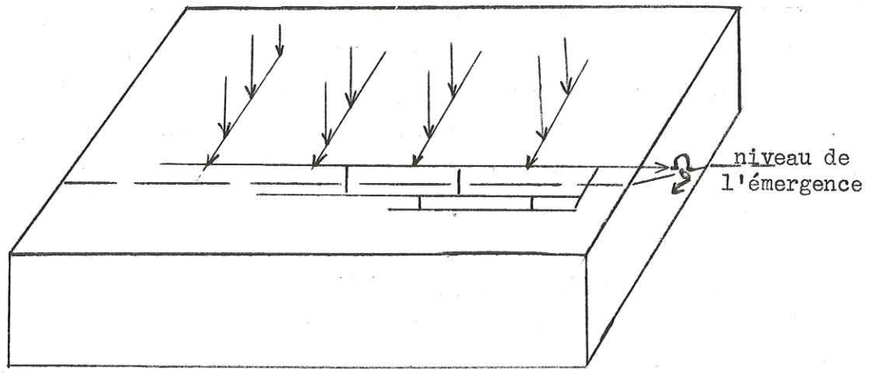
Les vallées s'enfonçant considèrablement durant le quaternaire (450 à 300 m pour les Guiers au cours du Wurm , chapitre VII) , les réseaux évoluent rapidement en abandonnant d'anciens niveaux de collecteurs après chaque période ou l'altitude du fond des vallées est à peu près stabilisée (interglaciaires) . Ceci est dû en grande partie à l'abondance des précipitations pendant les périodes interglaciaires ou la corrosion prédomine . Actuellement la Chartreuse est peut - être , en comparaison de son altitude modeste le massif le plus arrosé des Alpes (3300 mm à 2000 m en 1974) . La tempèrature relativement basse de l'eau lui permet d'être très agressive et de rattrapper rapidement aux périodes interglaciaires le nouveau "niveau de base" . A cause de cette évolution rapide , les réseaux des chaines sub - alpines ne présentent que très rarement de vastes salles ou d'immenses couloirs

comme les grottes des régions de plus basse altitude (Causses , Quercy , Pyrènées orientales etc...) , mais des formes en écoulement libre telles que les puits et les méandres .

VIII - 4 Une structure en volet ou en synclinal perché

4 - 1 Une tectonique intense amène les couches karstifiables à décrire des plis à grande amplitude verticale . Le style est chevauchant vers l'Ouest (chapitre V). Les voutes anticlinales ont souvent disparu (érosion ou morphotectonique ?). Les deux types les plus courants rencontrés en Chartreuse et dans les chaines sub- alpines du Nord sont des monoclinaux se chevauchant mutuellement (Grand Som) ou des synclinaux perchés chevauchant d'autres structures (Charteuse orientale) Deux types extrèmes peuvent être distingués :

4 - 2 Les "volets" et les synclinaux perchés Dans les systèmes en "volet" les couches calcaires plongent profondément sous le niveau des émergences avec un pendage accusé (massif du Grand Som , massif de la Grande Sure , Montagne de Criou , Chablais) Le drainage se fait d'abord perpendiculairement à l'axe synclinal , puis ensuite longitudinalement par rapport aux structures , par un collecteur noyé établi à proximité de la cote de l'émergence . Les galeries du collecteur ne semblent pas devoir s'enfoncer à plus de cent mètres en dessous de la surface libre comme le montrent les observations faites sur d'anciens réseaux noyés antè-Wurm (chapitre VII) .



Dans les synclinaux perchés (Dent de Crolles , Alpe - Alpette , synclinal du Pertuis dans les Bornes ...) la vallée s'est enfoncée plus bas que le niveau imperméable qui limite l'enfoncement des systèmes karstiques . Si en plus le plongement du synclinal est marqué , les réseaux seront extrèmement aèrés avec un écoulement libre presque exclusif . L'écoulement étant ainsi stabilisé sur une ligne précise (l'axe synclinal) les galeries pourronsprendre de l'ampleur (Grotte du

Biolet , grotte aux Ours dans le synclinal de l'Alpe - Alpette ; Grotte de la Diau , dans le synclinal du Pertuis , Bornes).

VIII - 5 Une roche massive et peu fracturée

Quatre vingt dix pour cent des systèmes importants sont établis dans les calcaires urgoniens . Les caractèristiques exeptionnelles de ce facies ont permi l'existence d'une karstification originale de grande ampleur . Ce sont des calcaires très purs , massifs et peu fissurés (chapitre V) Le passage à la couche imperméable inférieure (hauterivien) est en général rapide . Ce contact franc contribue à réduire les possibilités de rétention de la zone de contact et à l'établissement de collecteurs bien individualisés . La grande compétence du terrain limite le développement du réseau de fissures . La majorité de l'écoulement se fait par des drains bien individualisés creusés soit à partir de joints de stratification (méandres) ,soit à partir de fractures (diaclases et puits) . Les sédiments sont rares et le plus souvent carbonatés ; leur origine est surtout clastique (éboulements , gélifraction).

VIII - 6 Un coefficient d'infiltration élevé

Sur les surfaces urgoniennes lapiazées l'infiltration est en géneral maximum . Des bassins versants comme le vallon des Eparres , les synclinaux de l'Alpe - Alpette , de l'Aup du Soeuil , de la Dent de Crolles n'ont aucun émissaire supperficiel , même lors des plus fortes pluies . Tout le drainage se fait par l'intermédiaire du karst . L'évapotranspiration elle même y est limitée car l'eau infiltrée n'est plus disponible . Par contre sur les surfaces calcaires valanginiennes et jurassiques un écoulement supperficiel pourra subsister à cause de l'existence de formations d'altération dues à une moins grande pureté de ces calcaires ; surtout si la pente est assez forte . (versant Ouest du Grand Som pour les calcaires valanginiens , versant du St. Eynard , pour les calcaires tithoniques . Mais la plus grande partie est collecté par les surfaces non calcaires .

VIII - 7 Prédominance de l'écoulement libre

Les réseaux sont très ouverts et des circulations d'air intenses en témoignent . En hiver , un courant d'air important balaye les baleries du Puits Francis , on trouve de la glace de regel jusque vers 80 m de profondeur ; à la grotte de la Diau , dans les mêmes conditions nous avons estimé le débit d'air à environ 75 m^3/s . Rares sont les réseaux parcourus par aucun courant d'air . Les galeries parcourues par les courants d'air sont évidemment le domaine de l'écoulement libre . Le volume de calcaire situé au dessus du niveau de l'émergence est en général de loin supérieur à celui situé en dessous ; surtout , si comme nous l'avons vu plus haut ,

on admet que le réseau noyé ne concerne qu'une tranche de terrain d'environ 100 m d'épaisseur au dessous du niveau d'émergence . Dans le cas des synclinaux perchés l'écoulement libre tend à devenir exclusif .

VIII - 8 De faibles réserves

Les traçages éffectués dans ces massifs (chapitre VI) montrent des temps de transit faibles et de grandes vitesses de circulation (100 m/h à Noirfond , 200 m/h au pas du Frou) . Les temps de passage des traceurs sont courts(Environ 100 h à Noirfond et au pas du Frou) . Les vitesses de transfert sont encore plus importantes: A Noirfond , une crue arrive à l'émergence environ 4h apres le début de l'orage . Au gouffre Berger (Vercors) la crue arrive sous la forme d'un mascaret 3 à 4 h après la pluie .

Dans un système en synclinal perché , ou l'écoulement libre est presque exclusif , il n'y a pratiquement pas de réserves (Alpe - Alpette ,Diau ...) Les variations de débit sont extrèmes (1 l/s à 2000 l/s pour l'émergence de la Porte de l'Enclos) . Certains réseaux de ce type situés en haute altitude arrivent à tarir complétement en hiver (Résurgence Brulles , massif du Marboré , Pyrènées). Les seules réserves sont constituées par le réseau de fissures très peu dense ; et surtout par les alluvions qui encombrent certaines galeries .

Dans un système en"volet" , l'écoulement est noyé dans le collecteur , mais le volume d'eau stocké est réduit car ces galeries sont rarement de grande dimensions à cause de l'enfoncement rapide des vallées . Les alluvions sont peut'être plus abondants en raison de vitesses plus lentes ; mais on est loin des importants réseaux noyés des Causses ou des Pyrènées orientales extrèmement ramifiés et encombrés d'alluvions , où la roche beaucoup moins compètente et souvent hétérogène retient une quantité d'eau importante dans ses fissures .

VIII - 9 Un mélange imparfait des eaux

Les eaux circulent dans des conduits ou le stockage est minimum (écoulement libre) . La zone noyée , elle même , par la taille médiocre des conduits et l'indigence du réseau de fissures (faible densité de fissuration) voit ses eaux renouvellées rapidement d'une saison à l'autre ; ce qui amène à distinguer des eaux d'été et des eaux d'hiver . Lors des crues , une partie importante du transit se fait par des conduits supérieurs en écoulement libre (by - pass) (chapitre II)

CONCLUSION

MARTEL et ses successeurs concevaient les systèmes karstiques comme un ensemble de tubulures et de réservoirs . Les hydrogéologues modernes ont pris le contre - pied

de cette conception " spéléomorphique " et mis en évidence à coté des conduits l'existence d'un réseau de fissures qui dans la majorité des karsts représente un volume d'eau bien supérieur à celui des conduits et sans lequel il serait impossible d'expliquer les caractèristiques de l'écoulement karstique . Dans des massifs d'altitude comme la Chartreuse , les réseaux établis dans les calcaires urgoniens , roche compacte et peu fissurée , voient à cause de l'importance de l'écoulement libre due aux forts dénivelés , le rôle des conduits devenir largement prépondérant sur celui du réseau de fissures et l'on revient dans ce cas bien précis , à une conception du karst que n'aurait pas désavouée MARTEL .

CONCLUSIONS GENERALES

Située au Nord du massif du Vercors , la Charteuse en diffère assez sensiblement par la hardiesse de son relief et par sa plus grande altitude générale . Le but de cette étude était de mieux connaitre les phénomènes karstiques du massif du Grand Som et par la même de dégager les caractèristiques originales de ce genre de karst .

Les deux rivières du Guiers Vif , au Nord du Grand Som et du Guiers Mort , au Sud présentent des débits spécifiques exeptionnels pour des rivières des chaines sub-alpines . Leur variabilité est extrème . La fonte des neiges prend une place considèrable dans l'écoulement total .

Les sources karstiques sont faciles à distinguer de celles du quaternaire par leurs débits et leur faible minéralisation . Chaque niveau calcaire : Sénonien , Urgonien , Valanginien , Jurassique présente ses propres systèmes ; cependant des passages d'une formation à l'autre ont lieu (Noirfond , Fontaine Froide) .

L'abondance des débits est lié évidemment au climat cartusien qui subit des influences considèrables du régime atlantique . Les précipitations sont les plus fortes des chaines sub-alpines et les températures sont modèrées et assez instables . La neige est abondante , plus par l'abondance des précipitations qu'à cause de températures rigoureuses .

Avec des précipitations aussi intenses les phénomènes karstiques présentent un développement exeptionnel . Le karst de surface a une physionomie changeante selon l'altitude . Le karst profond comporte de grands réseaux ou le dénivelé important entre les émergences et les zones de réception favorise la prépondérance de galeries en écoulement libre : puits et méandres .

L'existence de quatre niveaux calcaires karstifiés , la pureté des calcaires urgoniens , la faible densité de leur fissuration , l'intensité de la tectonique , les grands accidents décrochants transverses aux structures permettant le passage de l'eau d'un niveau calcaire à un autre , mettent également le karst cartusien à part .

Les différents systèmes du massif ont été distingués grace à des colorations ;

dont une expérience comportant l'injection de six traceurs à la fois, grace à la collaboration du SERVICE d'APPLICATION des RADIOELEMENTS et des RAYONNEMENTS du CENTRE d'ETUDES NUCLEAIRES de GRENOBLE . Ces traçages ont montré que la majorité du drainage s'effectuait vers le Guiers Vif , en conformité avec le plongement général des structures . Neuf systèmes importants ont été distingués pour tout le massif grace aux résultats des traçages et à l'étude des débits et des caractèristiques physiques des eaux des émergences .

Les explorations spéléologiques , par la connaissance de l'organisation d'une partie des conduits précisent nos hypothèses sur l'organisation du système de Noirfond et nous ont permi de montrer l'existence dans d'autres massifs de Chartreuse de trois anciens niveaux de karstification que l'on peut rattacher , au moins , aux deux dernières périodes interglaciaires .

Enfin , nous avons essayé d'exposer notre conception du fonctionnement hydraulique des karsts de Chartreuse et d'une bonne partie des chaines sub-alpines du Nord . Caractèrisés par par une forte prédominance de l'écoulement libre et par de faibles réserves , ces karsts montagnards diffèrent considèrablement de ceux du Jura „ des Causses ou des chainons pré-Pyrenéens qui ont été jusqu'içi les plus étudiés .

A la fin de cette étude qui , en fin de compte , a plus contribué à soulever des problèmes qu'à les résoudre , nous pensons que les karsts des chaines sub-alpines , suffisament originaux et homogènes , mériteraient d'être étudiés par une équipe pluridisciplinaire s'attachant à explorer de façon concertée des domaines comme ceux de l'influence des circulations d'air sur les débits et l'hydrochimie des systèmes à écoulement libre , l'hydrologie très particulière et l'hydrochimie des karsts de haute altitude (conditions aux limites des possibilités de karstification) , de leur histoire quaternaire et de leurs relations avec la tectonique et la fissuration .

TABLES ET BIBLIOGRAPHIES

TABLE DES PLANCHES

1) Le massif de la Chartreuse dans les Alpes occidentales
2) Le massif du Grand Som , domaine de l'étude
3) Bassins versants géographiques
4) Le Guiers Vif , débits journaliers
5) Le Guiers Mort , débits journaliers
6) Bassins versants karstiques
7) Les sources du quaternaire , le Couzon
8) Relation température - altitude
9) La grotte de la Cambise
10) Les sources des calcaires urgoniens , le Chateau , Combe Chaude
11) Guiers Mort , profil tempèrature - résistivité
12) Les sources des calcaires urgoniens , Porte de l'Enclos
Les sources des calcaires valanginiens , Noirfond
14) La grotte de Fontaine Froide
15) Les sources des calcaires jurassiques , les Sermes , Pont St. Pierre
16) Droite de Henry , répartiton des logarithmes des débits de Pont St. Pierre
17) Chimie - résistivité
18) Evolution annuelle des sources de type I
19) Carte des émergences du massif du Grand Som
20) Répartition isohypse du massif
21) Pluviomètrie , les cinquantes derniéres années
22) Pluviomètrie , valeurs classées sur diagramme Gausso - arithmétique
23) Précipitations durant la période de l'étude
24) Carte isoyète 1974
25) Températures durant la période de l'étude
26) La fonte des neiges en 1974
27) Importance des calcaires dans le massif du Grand Som
28) Répartition des cavités en fonction de l'altitude
Répartition hypsomètrique des calcaires urgoniens
29) Densité de cavités en fonction de l'altitude
Pourcentage des grandes cavités en fonction du nombre total par rapport à l'altitude
30) Puits de 200 m au Golet du Tambourin
31) Banquette remontante dans un méandre , Puits à neige
32) Les méandres

33) Quelques exemples de galeries à creusement noyé
34) Chartreuse,les roches
35) Coupe des calcaires valanginiens au pont St. Bruno
36) Massif du Grand Som , coupes sériées
37) Les principales fractures du massif du Grand Som
38) La micro fissuration
39) Principales familles de fissures
40) Tectonogramme du massif du Grand Som
41) Les traçages du vallon des Eparres
42) Courbes de restitution des différents traçeurs
43) Les bassins versants des systèmes de Noirfond et de Fontaine Froide
44) Le traçage de Riondette
45) Restitution du traçeur
46) Synthèse des différents bassins versants karstiques du massif du Grand Som
47) Gouffre Roland , coupe projetée
48) Puits de l'Echo
49) Puits Francis , fracturation
50) Puits Francis , Coupe projetée
51) Les réseaux Nord - Sud du vallon des Eparres
52) Le réseau des Eparres
53) La grotte du Curé , évolution et creusement
54) Durée et intensité des quatre dernières glaciations quaternaires
55) Les anciens collecteurs de la Dent de Crolles
56) Les anciens collecteurs du réseau du Biolet
57) Situation respective de trois cavités du massif du Grand Som

BIBLIOGRAPHIE SPELEOLOGIQUE

Nous regroupons sous ce titre toutes les publications émanant de spéléologues ou de groupes de spéléologues .

Actes du VII congrès de spéléologie Rhone - Alpes (1969)
Actes du IX congres de spéléologie Rhone - Alpes (1971)
Actes du XII congres de spéléologie Rhone - Alpes (1974)
AIME G. (1972) Le karst de la forêt de Génieux et du massif de la Sure
Annales de spéléologie (1948)
Annales de spéléologie (1963) n° 2 T XVIII
Annales de spéléologie (1954) n° 2 T IX
BOURGIN A. (1942) Dauphiné souterrain
BOULANGER P. ( ) Grottes et abîmes
CABROL B. ( ) Spéléologie dans les Bauges et la Chartreuse (inédit)
CABROL B. et PONTILLE H. (1964) Contribution à l'étude et à l'exploration de la grotte du Biolet , Spélunca mémoires n°4
CABROL B. et PONTILLE H. (1965) Activités en 1965 du spéléo-club de Savoie , Spélunca n°4
CHEVALIER P. (1938) , Spélunca IX
CHEVALIER P. (1939 - 1943) Spélunca X
CHEVALIER P. (1941) La revue alpine
CHEVALIER P. (1941) Du trou du Glaz à la grotte du Guiers Mort , La Montagne n°319
CHEVALIER P. (1942) Alpinisme
CHEVALIER P. (1944) Revue de géographie alpine
CHEVALIER P. (1944) Bull. de la société de géographie de Lyon
CHEVALIER P. (1946) Le réseau souterrain de la Dent de Crolles , Ann. de Spéléologie T 1
CHEVALIER P. (1946) Compte Rendu à l'Académie des Sciences
CHEVALIER P. (1948) Escalades souterraines
CHEVALIER P. ( ) Actes du 1er congres national de spéléologie
CHEVALIER P. ( ) Spélunca VI
CHEVALIER P. ( ) Spélunca VIII
CHEVALIER P. (1952) Stage national de spéléologie à St . Pierre de Chartreuse , Spélunca
CLAUDEY G. (1970) Activités du C.D.S. Rhône , Spélunca
COURBON P. (1982) Atlas des grands gouffres du Monde
DOBRILLA J.C. (1972) Le reseau Ded , Scialet , Bull. du C.D.S. Isère

DOBRILLA J.C. et MARBACH G. (1973) Technique de la spéléologie alpine
DUBOIS J. (1974) P508 .Le gouffre Roland , Spélunca n° 1
F.L.T. et S.C.S. (1974) La grotte aux Ours . Spéléos n° 74 , actes du XII congres inter-club Rhone Alpes
FONNE (1903) Cavernes de la Grande Chartreuse , Bull. et mémoires de la Société de Spéléologie n° 34
GEZE B. (1947) Ann. de Spéléologie
Grottes et Gouffres (1960) n° 23
Grottes et Gouffres (1961) n°
GUERIN H.P. ( ) Spéléologie
GINET R. (1966) C.D.S.Rhône activités , Spélunca
GINET R. (1974) Henri Pontille , Spélunca n° 2
GUILLEMIN F. (1939) Le Trou du Glaz , Revue de géographie alpine T XXVIII
JEAN R. (1973) Inventaire des plongées éffectuées dans les siphons du Vercors , Scialet Bull. du C.D.S. Isère n° 2
LETRONE M. (1962) Les accidents de la saison 1962 , Trou du Glaz , Spélunca n° 3
LETRONE M. (1966) Dent de Crolles , Spélunca
MARBACH A. et DOBRILLA J.C. (1969) Le puits Francis , Spélunca
MARBACH A. (1972) Le P508 ou gouffre Roland , Scialet Bull. du C.D.S. Isère n° 1
MARTEL E.A. (1899) Ann de la société des touristes du Dauphiné
MEYSSONIER M. (1970) Activités 1968 - 1969 du Spéléo-club de Villeurbanne , Spélunca
MINVIELLE P. (1967) La conquête souterraine
MINVIELLE P. (1970) Guide de la France souterraine
M.J.C. Chambery (1971) Grottes de Savoie T 1
M.J.C. Chambery (1972) Grottes de Savoie T 2
M.J.C. Chambery (1975) Grottes de Savoie T 5
PALASKI E. (1961) Spéléologie du massif de la Chartreuse , Spélunca n° 2
PETZL F. (1968) Accidents de la saison 1968 , Trou du Bret , Spélunca
PONTILLE H. (1970) Trou du Four , Fontaine Noire , Spélunca n° 3
PONTILLE H. (1970) Recherches spéléologiques sur le massif de l'Alpette - alpe , Spélunca n° 4
PONTILLE H. (1974) Le reseau de la grotte du Biolet , Spélunca n° 2
(1944) Revue de géographie alpine T 39
(1967) Scialet Bull. du Spéléo - Cub Fontaine - La Tronche
(1972) Scialet Bull. du C.D.S. Isère n° 1
(1973) Scialet Bull. du C.D.S. Isère n° 2
(1958) Bull. des Spéleologues Grenoblois du C.A.F.
(1959) Bull. des Spéléologues Grenoblois du C.A.F.

(1964) Bull. des Spéléologues Grenoblois du C.A.F.
(1965) Bull. des Spéléologues Grenoblois du C.A.F.
(1971) Spélécho n° 14
(1962) Spéléos n° 38
( ) Spéléos n° 40
(1965) Spéléos n° 48
( ) Spéléos n° 52
( ) Spéléos n° 56
( ) Spéléos n° 60
( ) Spéléos n° 63
(1966) Spéléo - Club de Villeurbanne Activités n° 4
(1969) Spéléo - Club de Villeurbanne Activités n° 15
(1970) Spéléo - Club de Villeurbanne Activités n° 18
(1974) Spéléo - Club de Villeurbanne , Contribution à l'étude spéléologique du Grand Som
(1969) Spéléo - dossiers n° 2
(1971) Spéléo - dossiers n° 4
(1972) Spéléo - dossiers n° 5
(1939 - 43) Spélunca n° X
(1951) Spélunca
(1954) Spélunca
(1955) Spélunca n° 1
(1955) Spélunca n° 2
(1955) Spélunca n° 4
(1959) Spélunca
(1960) Spélunca n° 4
(1961) Spélunca n° 1
(1961) Spélunca n° 4
(1962) Spélunca n° 2
(1962) Spélunca n° 4
(1964) Spélunca n° 4
(1966) Spélunca n° 2
(1967) Spélunca
(1969) Spélunca n° 1
(1970) Spélunca n° 4
(1971) Spélunca n° 3
(1971) Spélunca n° 4
(1973) Spélunca n° 2

(1974) Spélunca n° 1
(1974) Spélunca n° 2
(1974) Spélunca n° 3
(1974) Spélunca n° 4
(1975) Spélunca n° 3
(1975) Spélunca n° 4
(1976) Spélunca n° 1
TROMBE F. (1948) Ann. de Spéléologie
TROMBE F. (1952) Traité de spéléologie
Ursus et Tritons (1970) n° 16

BIBLIOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET GEOGRAPHIQUE

ANDRE (1970) Cours d'hydrometrie pratique , certificat d'hydrogéologie

ANDRIEUX C. (1973) Les systèmes karstiques du Baget (Ariège) ,sur la thermique des eaux au niveau de l'exutoire principal , note préliminaire ; Ann. de spéléo T 27

ARLERY R. , GARNIER M. et LANGLOIS R. (1955) Application des méthodes de Thornthwaite à l'esquisse d'une description agronomique du climat de la France Direction de la Météorologie Nationale .

BARBIER J.L. (1972) Etude hydrogéologique de la haute vallée de la Vernaison et de ses bordures , thèse 3^{em} cycle , Grenoble

BARBIER R. (1960) Le rôle des paléokarsts actuels et leurs répercussions sur l'hydrogéologie de ces régions , C.R. Société Géol. France

BARFETY J.C. et GIDON M. (1969) Carte géologique Montmélian 1/50 000 , B.R.G.M.

BAZIN J. (1970) Cours d'hydrodynamique souterraine , certificat d'hydrogéologie

BENEVENT E. (1926) Le climat des Alpes Françaises ;Office National de la Météorologie

BLACHE J. (1925) Relief préalpin et relief jurassien , Ann. de géographie T XXXIV

BLACHE J. (1931) Le relief des massifs de la Grande Chartreuse et du Vercors , Rev. géographie alpine T XIX

BLANCHARD R. (1913) La crue glaciaire dans les Alpes de Savoie au XVII^{em} siecle , receuil de travaux de l'I.G.A. I

BLANCHARD R. (1944) Les Alpes Occidentales T 1 , les préalpes du Nord , Arthaud Ed.

BLANCHARD R. (1956) Les Alpes Occidentales T VII , Essais d'une synthèse Arthaud

BOISVERT J.J. (1955) La neige dans les Alpes francaises , R.G.A.

BOURGIN A. (1945) Hydrologie karstique , la question du niveau de base , R.G.A. XXIII

BOUVARD M. (1968) Hydrologie , cours section hydraulique I.P.

CASTANY G. (1967) Traité pratique des eaux souterraines , Durod Ed.

CASTANY G. (1968) Prospection et exploitation des eaux souterraines

CIRY R. ( ) Le rôle du froid dans le spéléogenèse

CORBEL J. (1956) Le karst du Vercors , Rev. Géog. Lyon

CORBEL J. (1957) Karsts alpins de haute et moyenne altitude

CORBEL J. (1959) Erosion en terrain calcaire

COUTAGNE A. (1942) Hydrométéorologie des bassins de haute montagne , Soc. Hydrotec. de France , Grenoble

CVIJIC J. (1925) Types morphologiques des terrains calcaires ; le holokarst , le mérokarst , types karstiques de transition C.R.A.S. 180

DEBELMAS J. (1963) Plissements paroxismaux et surrection des Alpes Franco - Italiennes

trav. du Lab. géol. Grenoble

FOURNEAU J.C.(1968) Hydrogéologie de la vallée du Grésivaudan , Thése 3^{em}cycle

FOURNEAU J.C. (1975) Etude des échanges nappe - rivière ; la nappe de la plaine de l'Isère dans l'ombilic de Grenoble , Thèse d'état ,Grenoble

GEZE B. (1965) La spéléologie scientifique , Seuil Ed.

GEZE B. (1966) L'évolution karstique dans ses rapports avec les alternances climatiques quaternaires , Act. Symposium de Spéléo. Lavena

GIDON M. ( ) Sur la tectonique de l'élément chartreux oriental au Sud Est de St. Pierre de Chartreuse

GIDON M. ( ) Nouvelles contributions à l'étude du massif de la Grande Chartreuse et de ses relations avec les régions avoisinantes

GIDON M ,MONTJUVENT G. et STEINFATT E. (1968) Sur la morphologie fluvio - glaciaire aux marges des glaciers wurmiens et alpins , le dispositif moraine - chenal marginal , B.A.F. Etude du quaternaire

GIDON P. (1964) Géologie chambérienne , guide du géologue et de l'amateur dans la région chambetienne Ann. C.E.S. Chambery , hors série

GIGNOUX et MORET (1952) Géologie dauphinoise , Masson Ed.

JAIL M. et MARCHINI (annuel depuis 1960) Observations météorologiques dans le département de l'Isère , supplement à la R.G.A.

KIRALY L. , MATHEY B. et TRIPET J.P. (1969) Fissuration et orientation des cavités souterraines , Act. du 5^{em} congres de spéléo. Stuggart

LORY C. (1860) Description géologique du Dauphiné

MAIRE R. (1976) Recherches géomorphologiques sur les karsts hauts alpins des massifs de Platé , du haut Giffre , des Diablerets et de l'Oberland occidental , Thèse 3^{em} cycle , Nice

MANGIN A (1970) Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décrue et de tarissement , Ann. de spéleo. T25 n°3

MARTEL E.A. ( ) Nouveau traité des eaux souterraines

MATTAUER M. (1973) Les déformations de l'écorce terrestre , coll. Methodes ,Hermann

MICHEL R. (1960) Contribution à l'étude des températures des sources dans le département de l'Isère T.L.G. Grenoble T 26

MICHEL R. (1961) Apperçu d'ensemble sur la structure du département de l'Isère dans ses rapports avec l'hydrogéologie souterraine , R.G.A. T XLIX

MICHEL R et LETOURNEUR J. (1971) Géologie du génie civil , Armand Colin Ed.

MUGNIER C. (1963) Les karstifications éocènes et plio-quaternaires dans les Bauges, la Chartreuse septentrionale et les chainons jurassiens voisins D.E.S. Grenoble

NICOD J. (1973) Pays et pysages du calcaire , coll. S.U.R. P.U.F. Ed.

OLIVE P. , MARCE A. et MAGANO F. (1971) Paléohydrologie et paléoclimatologie , R.G.P.G.D. 13

PEGUY C.P. (1968) La Neige , coll. Que Sais Je ? P.U.F. Ed.

RAGACHE J.C. (1972) Le karst de la Chartreuse orientale T.E.R. I.G.A. Grenoble

REMINIERAS G. (1965) L'hydrogéologie de l'ingénieur , Eyrolles Ed.

RENAULT P.(1971) La formation des cavernes , Que Sais Je ? P.U.F. Ed.

ROMANOVSKY V. et CAILLEUX A. (1961) La glace et les glaciers P.U.F. Ed.

SARROT REYNAULD J. (1960) Rôle des failles transverses dans la structure de la bordure orientale du Vercors , au Sud de Grenoble C.R.S.G.F.

SCHOLLER H. (1949) Températures des eaux souterraines , Trav. Lab de Bordeau

SCHOLLER H. (1962) Les eaux souterraines , Masson Ed.

SWEETING M.M. (1972) Karst landforms , Mac Millan Ed.

TALOUR B. (1975) Inventaire spéléologique du massif de la Chartreuse , pub. du C.D.S. Isère

THERON R. (1972) Recherches sur l'étanchéité des lacs de barrage en pays karstique Eyrolles Ed.

THIEVENAZ R. (1972) Le karst du massif du Grand Som T.E.R. I.G.A. Grenoble