

ACADEMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES

(D.E.A.)

" SCIENCES DE L'EAU "

ETUDE HYDROMETRIQUE DE LA RESURGENCE PERENNE DU MOULIN DE
PICHEGRU - CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU
SYNCLINAL DE SAINT ANDRE DE CRUZIERES (ARDECHE).

Par

Jean louis GUYOT

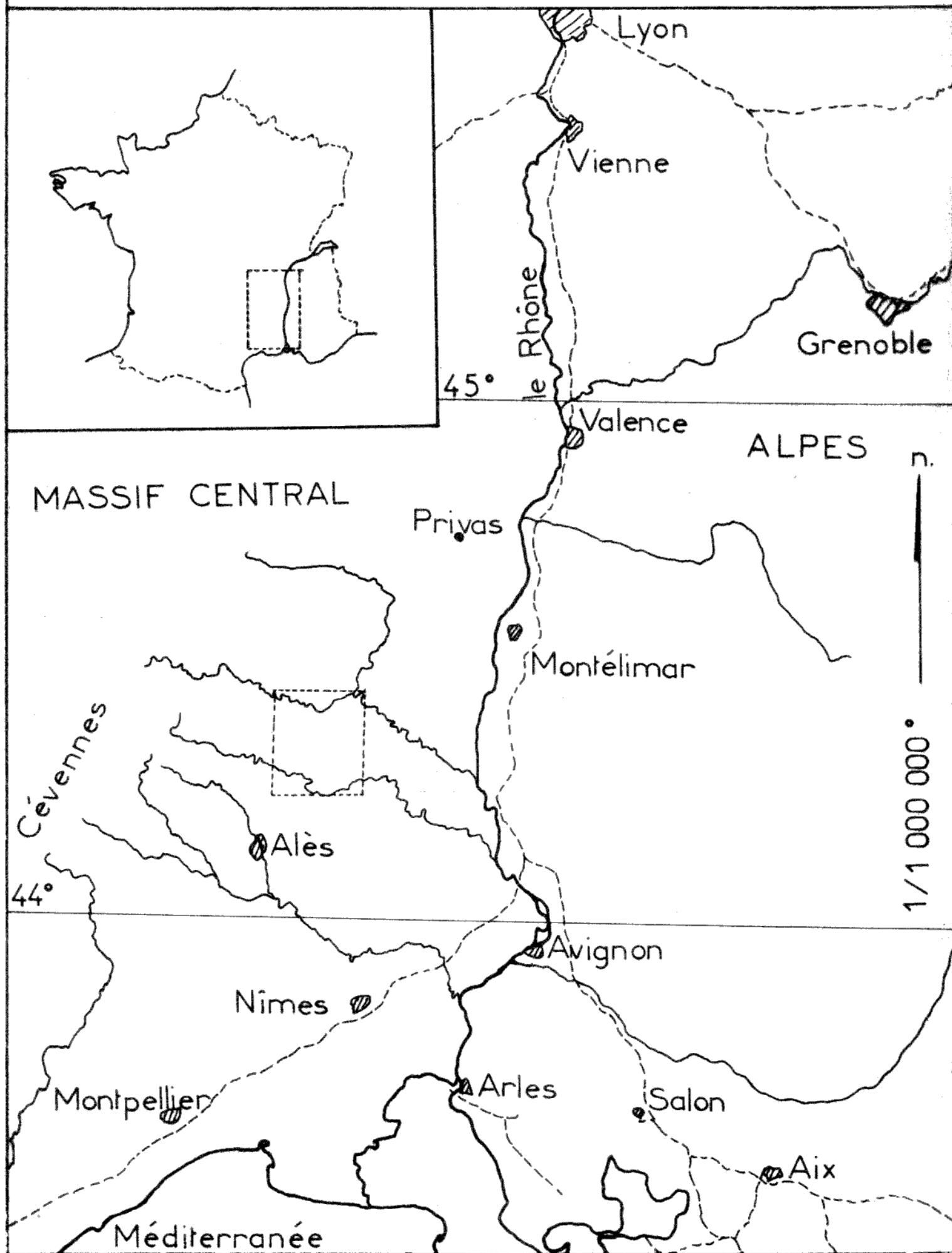
Soutenu le 9 Octobre 1980 devant la commission d'examen

Jury : MM.	C. DROGUE	Président
	R. PLEGAT	
	J.C. GRILLOT	Assesseurs
	M. RAZACK	
	P. RENAULT	
	H. SALVAYRE	Invités

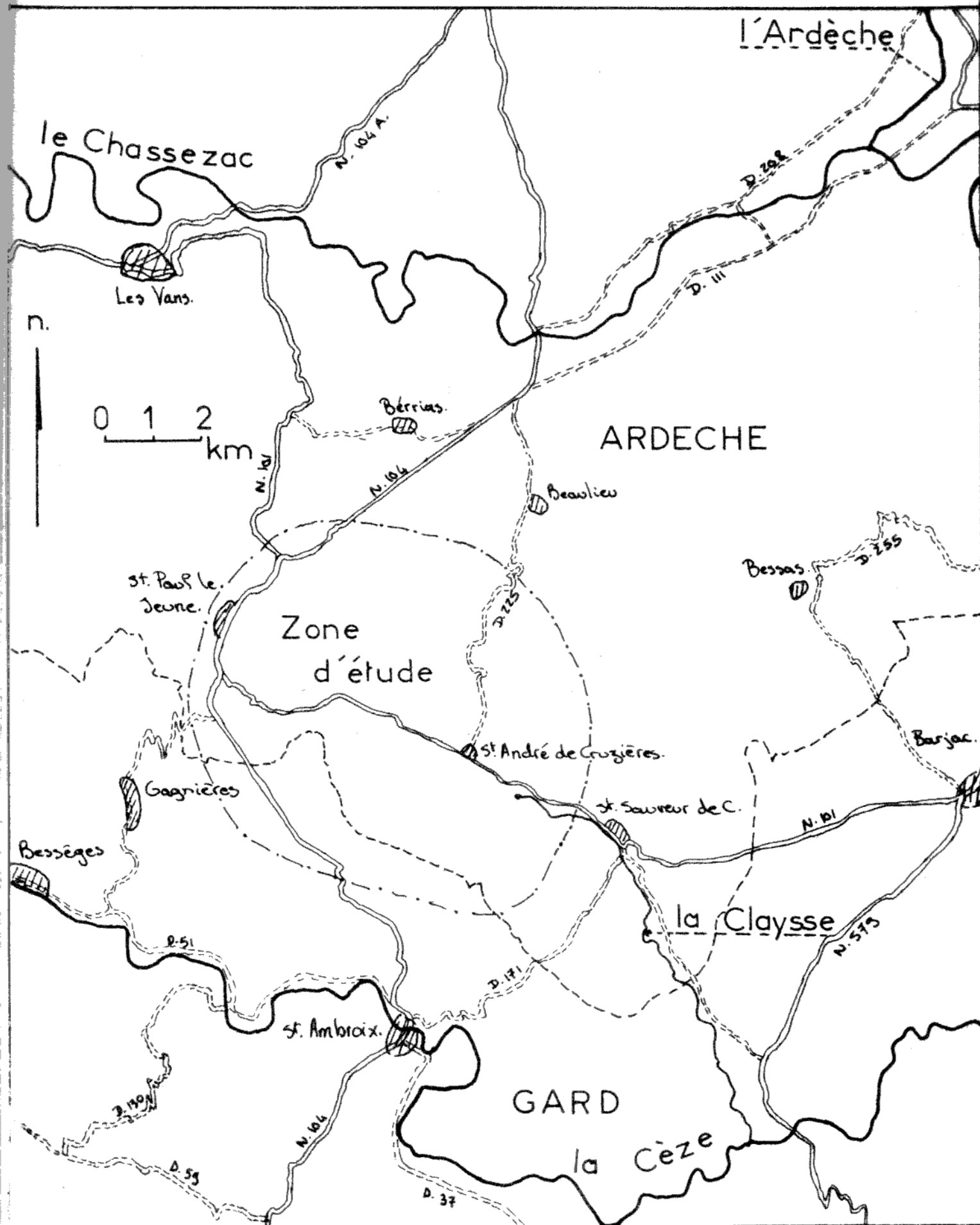
LABORATOIRE D'HYDROGEOLOGIE

LOCALISATION

GEOGRAPHIQUE



PRESENTATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE



INTRODUCTION

Le présent travail a pour objet l'étude hydrométrique de la résurgence du Moulin de Pichegru (St André de Cruzières - Ardèche), source pérenne de la Claysse, affluent de la Cèze.

Pour cela, nous avons été amenés à en étudier son bassin d'alimentation qui est une zone d'environ 40 kilomètres carrés s'étendant à la limite des départements du Gard et de l'Ardèche, au Nord-Est d'Alès.

C'est une cuvette très aplatie : l'altitude moyenne de sa périphérie est de 250 mètres, celle de son point bas est 150 mètres. Elle est limitée :

- au Nord, par la plaine de Berrias et Beaulieu (Bassin hydrographique du Chassezac, affluent de l'Ardèche).
- au Sud par le Valat de Font-Longue entre les localités de Courry et Saint Brés (Bassin hydrographique de la Cèze).
- à l'Ouest par les vallées des Sensils (Bassin hydrographique du Chassezac) et de la Claysse.
- à l'Est par les escarpements de la Montagne de la Serre et de la Montagne d'Uzège en bordure du fossé d'Alès-Barjac.

C'est une zone de garrigue constituée en majeure partie par des séries calcaires très karstifiées (actuellement, plus de 20 kilomètres de galeries spéléologiques explorées.). On rencontre des espaces cultivés (essentiellement la vigne et l'olivier) dans l'axe de la cuvette en bordure de la Claysse temporaire ou pérenne. Il en va de même pour les villages de St Sauveur de Cruzières, St André de Cruzières et Chadouillet. Les villages de Sauvas et St Paul le Jeune étant eux, alignés sur la bordure des terrains du Trias, bon aquifère.

En parcourant la cuvette calcaire, on est tout de suite frappé par l'aspect désertique de cette région. En effet, le problème de l'eau se fait durement sentir dans cette région karstique où les cours d'eau disparaissent la plupart du temps sous terre. Signalons à cet effet, que le village de St André de Cruzières s'alimente en eau par pompage sur un griffon voisin de la résurgence depuis 1957, ceci sans problème, mis à part la pollution. Alors que le village de St Sauveur de Cruzières est alimenté par l'eau de l'Ardèche, distante de 15 kilomètres.

Ceci nous montre bien l'intérêt économique d'une bonne connaissance de l'aquifère quant à ces réserves exploitables.

En ce qui concerne l'étude hydrométrique proprement dite, notre travail a été d'analyser les hydrogrammes de la résurgence du Moulin.

Nous avons à notre disposition les enregistrements limnimétriques de deux stations situées sur la Claysse, l'une en amont, l'autre en aval de la résurgence, ainsi que des valeurs pluviométriques journalières enregistrées à St Paul le Jeune, St André de Cruzeières et à la grotte de la Cocalière.

Signalons également que tous ces renseignements qui nous ont été fournis par M. Philippe RENAULT concernent une période allant de Mai 1975 à Octobre 1977.

CADRE STRATIGRAPHIQUE

Le socle et le Carbonifère sont présents seulement dans la partie Nord-Ouest, à l'Ouest de la faille des Moulins et au Sud de la faille Villefort-Banne. Il en est de même pour le Trias.

Le houiller et le Trias sont caractérisés par une végétation de pins qui se différencie nettement de la garrigue de la cuvette de Saint André de Cruzières.

- Le SOCLE : Il est constitué de gneiss et micaschistes appartenant à la série métamorphique des Cévennes.

- Le CARBONIFERE : (houiller h^1 et h^2). Discordant sur le socle, il est représenté par le Stéphanien : niveau de conglomérats à la base, alternance de grés fins et schistes noirs à altération jaunâtre.

- Le TRIAS : (40 à 300 m.) Il est discordant sur le socle et le Carbonifère. Essentiellement détritique, il correspond à l'érosion de la chaîne hercynienne. Il comprend :

- Les Grés inférieurs : (t_{IV}) (0 à 80 m.) : grés grossiers conglomératiques avec quelquefois à la base des marnes bleues sulfatées.

- Les Calcaires magnésiens : t_{I-III} (20 à 50 m.) Calcaires dolomitiques en petits bancs.

- Les Grés supérieurs : t^{3-1} (20 à 60 m.) Grés fins et grossiers peu cimentés.

Dans ces niveaux triasiques qui sont de bons réservoirs d'eau, prennent naissance de nombreuses sources pérennes de faible débit telles :

- Les Sources captées de Saint Paul le Jeune
- La Fontaine de Gadilhes
- La Font Vive

Ces sources alimentent la Claysse qui est ainsi pérenne jusqu'au contact des calcaires Jurassiques.

- Le JURASSIQUE

Les affleurements du Lias sont localisés à l'extrémité Ouest de l'anticlinal de Saint Paul le Jeune (Les Avelas) et à la bordure Sud-Ouest du plateau des Gras (Courry - Saint Brés).

Le Lias moyen et supérieur est irrégulier et on le trouve en lentilles discontinues.

Les calcaires du Jurassique supérieur qui couvrent 75 % de la superficie du bassin versant se séparent nettement des autres formations Jurassiques par un escarpement bien visible. Aux pentes ravinées et nues des marnes du Lias, fait suite une végétation pauvre de garrigue sur le plateau calcaire.

- Le Jurassique inférieur (Lias) : 150 à 200 m.

- Le Lias inférieur :

- Le Rhétien (1_I)

Conglomérats ferrugineux et grès conglomératiques alternant avec des calcaires jaunâtres parfois dolomitiques. On passe ensuite à des calcaires marneux.

- L'Hettangien inférieur (1¹)

Dolomie grenue, finement gréseuse, alternant avec des calcaires marneux à Gastéropodes et des marnes dolomitiques.

- L'Hettangien supérieur - Le Sinémurien (1²)

Calcaires massifs gris brunâtres et dolomie passant à des calcaires argileux gris clairs en petits bancs ondulés à interlits marneux.

- Le Lias moyen

- Le Lotharingien (1^{2b})

Calcaires noduleux à joints marneux ondulés.

- Le Pliensbachien (1³)

Il affleure aux Avelas dans la tranchée de la voie de chemin de fer. Calcaire gris très foncé, gréseux, très détritique, plus ou moins silicifié à spicules et échinodermes.

- Le Domérien (1^{3b})

Calcaire gréseux à silex et grès calcaires à gros spicules et Echinodermes silicifiés surmontés de calcaires noirs finement gréseux à quartz et passées ferrugineuses.

- Le Lias supérieur

- Le Toarcien (1⁴)

Calcaires compacts gris à gris noir devenant gréseux, à passées conglomératiques et délités de marnes noires.

- L'Aalénien (1⁵)

Argiles grises et marnes noires avec un banc de calcaire noir.

- Le Jurassique moyen (Dogger) : 0 à 100 m.

Le régime des lagunes et des lentilles discontinues se poursuit jusqu'au Bathonien supérieur (Saint Brés) ou Callovien inférieur (Les Avelas).

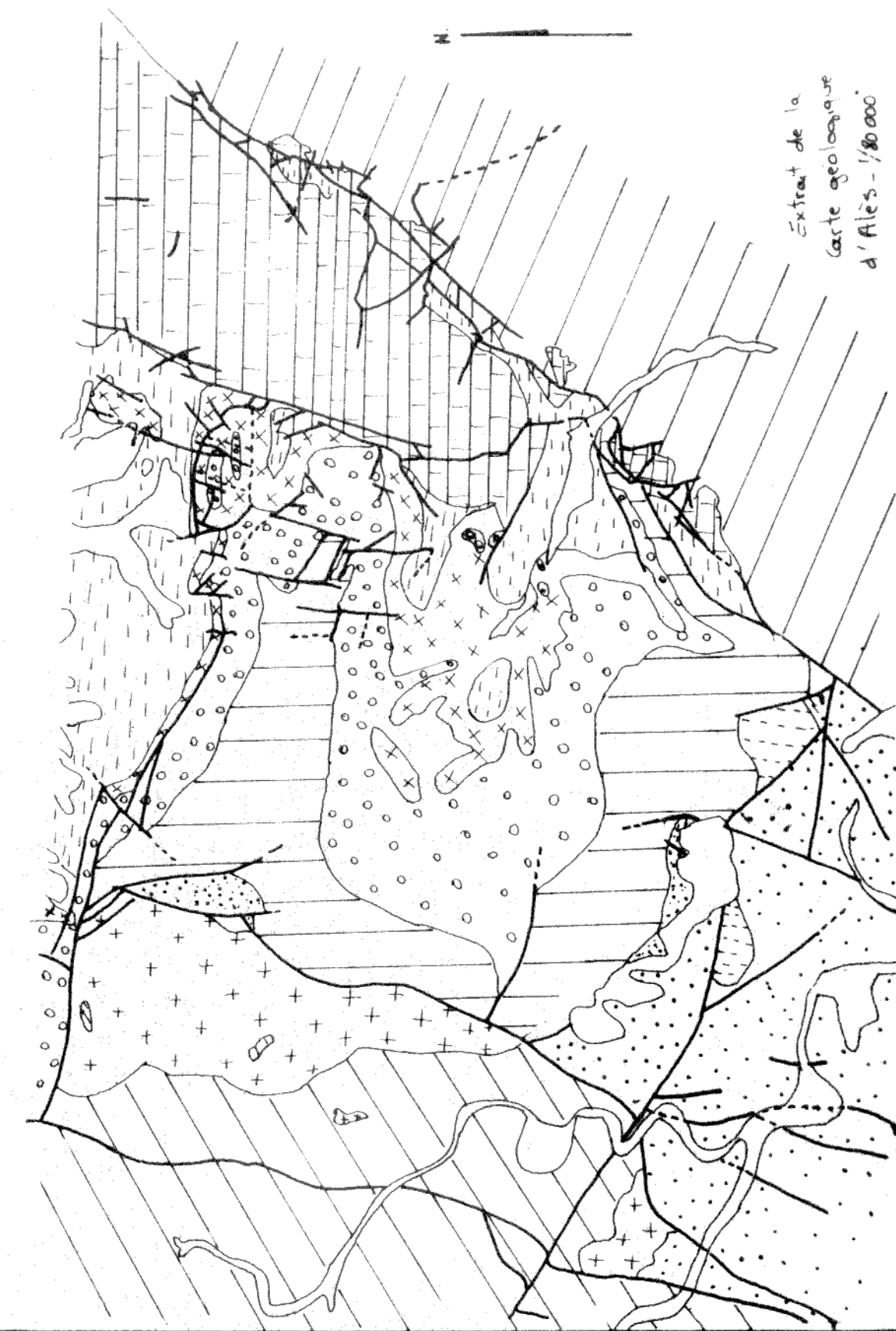
Le Bajocien (j_{IV})

Calcaire gris foncé à entroques. 15 mètres à St André.

Le Bathonien (j_{I-III})

Lacune totale.

CARTE GEOLOGIQUE DU SYNCLINAL DE ST ANDRE DE CRUZIERES



Legende

	Carbon. Fere
	Trias
	Lias
	Jurass. o. v. Fere
	Jurass. sup. (Callovien - Neocomien)
	Jur. sup. (Kimmeridgien - Portlandien)
	Berriasien
	Valanginien
	Hauteriviens Barremien
	Miocene
	Quaternaire

- Le Jurassique supérieur (Malm)

- Le Callovien (j¹)

Marnes foncées avec passées argileuses et intercalations de calcaires argileux au sommet (100 m.) passant à des calcaires gris foncés marneux à passées argileuses noires, pyrite, glauconie (20 m.).

- L'Argovien (j²)

Représenté par un cordon grumeleux repère dans un ciment marneux peu consolidé, très fossilifère. Ce niveau n'est pas représenté à St Ambroix. (30 à 40 m.).

- Le Rauracien (j³)

Alternance de calcaires gris et de marnes grumeleuses se réduisant vers le haut de la série. (70 à 100 m.).

- Le Séquanien (j⁴)

Calcaires gris en dalles de 20 à 60 cms d'épaisseur plus ou moins silicifiés à gravelles estompées.

- Le Kimméridgien (j⁶⁻⁵)

Calcaires en bancs de 30 à 40 cms d'épaisseur à interbancs de marnocalcaires grumeleux surmontés de calcaire beige clair très compacts de 1 à 3 mètres d'épaisseur. Ils donnent un aspect ruiniforme à la région (100 m.).

- Le Portlandien (Tithonique) (j⁸⁻⁷)

Calcaires sublithographiques plus ou moins silicifiés à nombreux filonnets de calcite, se débitant en cubes. (60 m.).

- Le CRETACE

Le passage du Jurassique au Crétacé est continu. Le Valanginien marneux compose au Nord la totalité de la plaine de Beaulieu-Berrias. On le trouve encore sous forme de plaques au coeur du synclinal de St. André de Cruzières.

Les calcaires récifaux Barrémien (faciès Urgonien) se trouvent dans la montagne de la Serre, la Serre de la Maline et sur l'escarpement au Sud de St. Sauveur de Cruzières.

- Le Bérriasien (C_{VI})

Calcaires argileux gris beige, écailleux, à très nombreuses ammonites à la base. (25 m.).

- Le Valanginien (C_V)

Marnes calcaires beiges en surface avec rares passées de calcaires argileux à traces ferrugineuses. Elles se débitent en petits prismes.

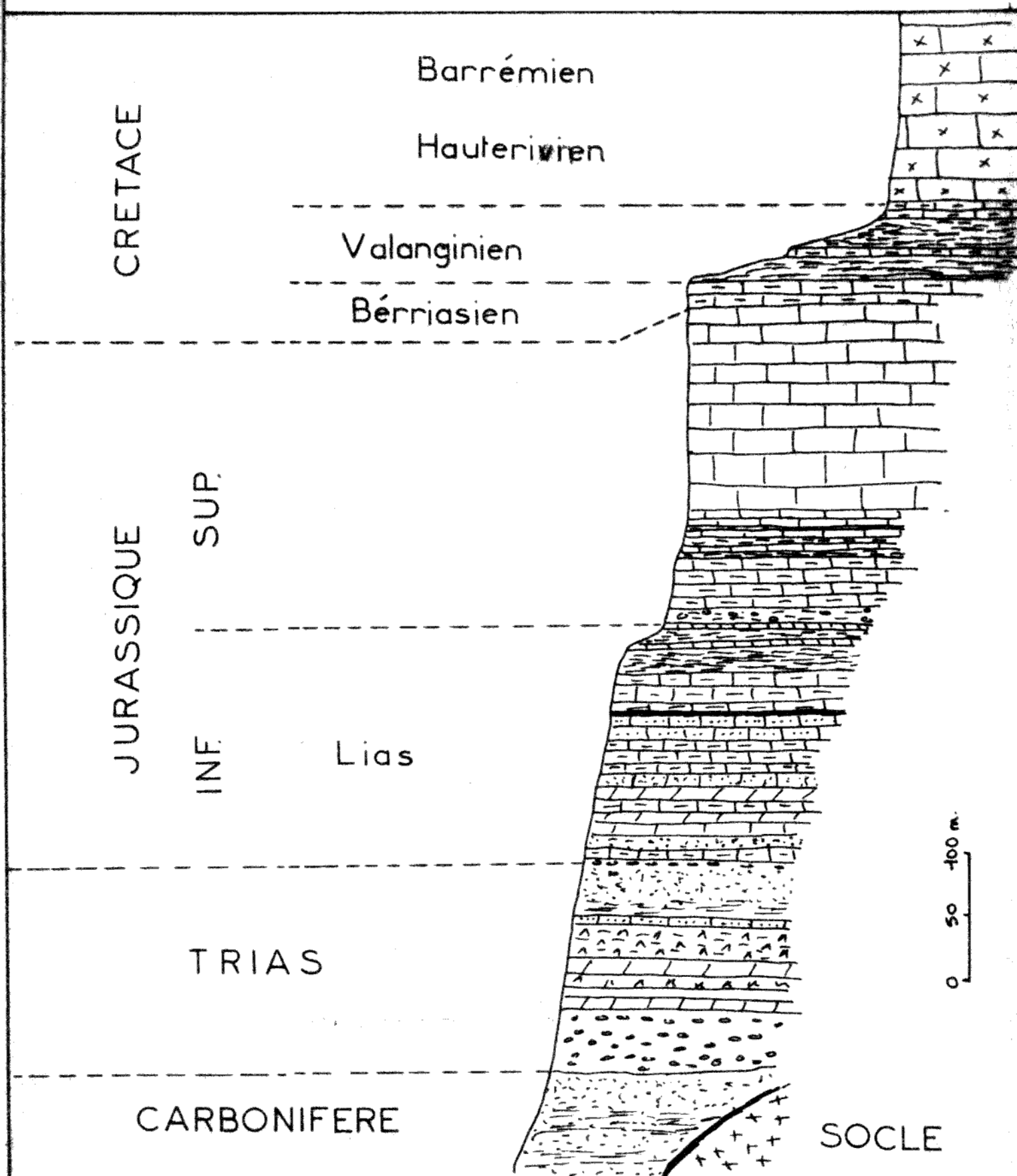
- L'Hauterivien (C_{IV})

Marnocalcaires et marnes feuilletées grises.

- Le Barrémien (C_{III} et C^u)

Calcaires argileux à la base passant aux calcaires

LOG STRATIGRAPHIQUE



massifs récifaux de l'Urgonien.

- Les FORMATIONS RECENTES

On trouve des cailloutis Pliocène dans la dépression fermée des Filgères, sur le plateau calcaire. Leur présence permet la culture de la vigne et des oliviers dans cette grande dépression.

Les alluvions récentes du cours inférieur de la Claysse permettent la culture de céréales.

TECTONIQUE

On distingue dans la zone étudiée des phénomènes tectoniques liés à la distension et d'autres liés à la compression.

Distension

On remarque deux familles de failles normales.

- Direction Cévenole (N-NE , S-SW)

Ces failles sont parallèles au compartiment Est affaissé (fossé d'Alès). On les retrouve depuis les reliefs cévenols jusqu'à la Camargue. Dans la zone étudiée, elles ont un pendage de 70° vers le Sud-SudEst.

- Direction Est - Ouest

Ces failles sont moins nombreuses que les précédentes. Elles ont joué postérieurement en faille inverse lors de la phase Pyrénéenne. (in DEA Vinet - 1979)

Compression

La zone étudiée a subi les dernières manifestations au Nord de la phase tectonique Pyrénéenne. Nous avons une disparition des structures plissées vers l'Est, ce qui correspond à une épaisseur plus importante de sédiments dus à la fosse Vocontienne.

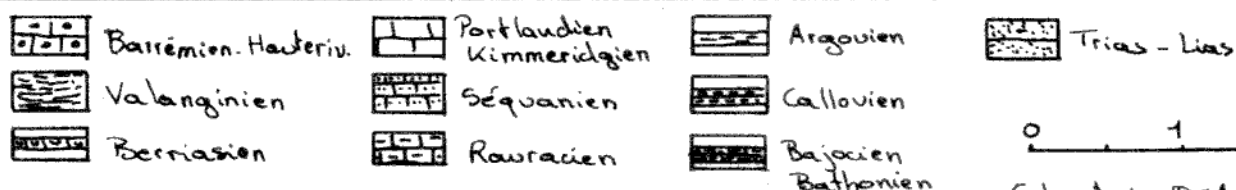
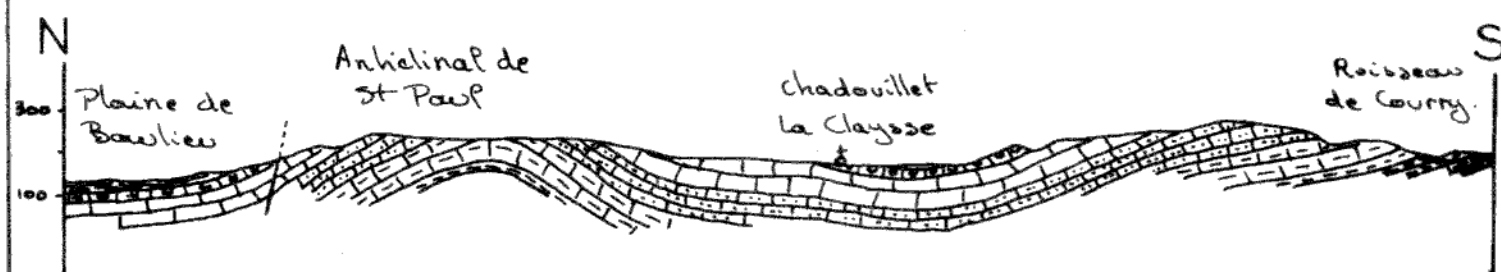
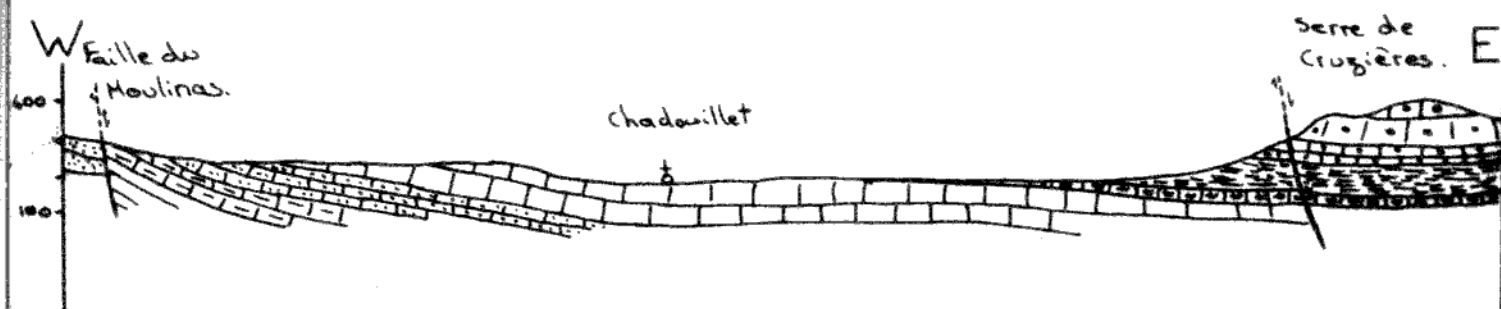
Les terrains métamorphiques, du Carbonifère et du Trias n'ont pas réagi. Seul le Jurassique et le Crétacé ont subi des plissements de faible amplitude s'accompagnant de nombreuses failles inverses et décrochements.

Le synclinal de St André de Cruzieres fait partie de ces plissements de faible amplitude.

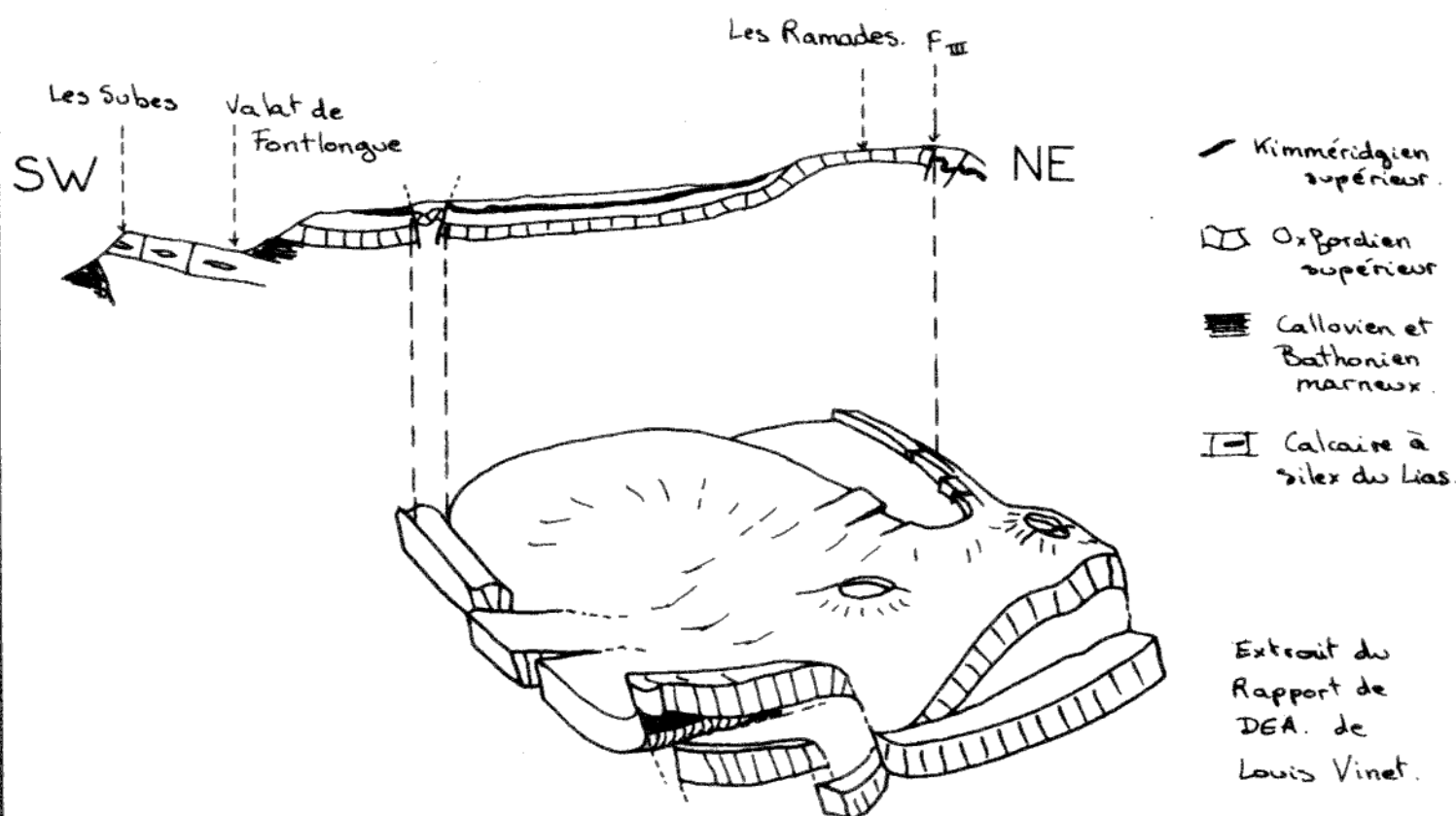
Il est limité :

- au Nord par l'anticlinal de St Paul le Jeune.
- au Sud par l'anticlinal de Courry et la faille de Bordezac
- à l'Ouest par la faille de St Paul le Jeune et les affleurements du Trias.
- à l'Est par la faille d'Alès et les escarpements du Crétacé inférieur.

COUPES ET SCHEMA DE LA CUVETTE DE ST. ANDRE DE CRUZIERES



0 1 2 Kms.
Extrait du DEA. P. Bérard.



Extrait du
Rapport de
DEA. de
Louis Vinet.

MICROTECTONIQUE

Nous avons été amenés à faire des relevés de microtectonique dans la zone étudiée afin de pouvoir comparer ces résultats avec les diagrammes d'orientation des galeries spéléologiques. Nous avons effectué nos relevés dans les lits des cours d'eau temporaires (Claysse, Rieusset, Valat de la Font), où les affleurements calcaires sont propices à ce genre d'observations.

Les résultats obtenus (voir diagramme d'orientation) nous indiquent que nous avons plusieurs séries de microfractures prédominantes.

Il s'agit de :

- N 000 à N 010
- N 020 à N 030
- N 120 à N 130
- N 170 à N 180

La série N0-30 peut correspondre aux phénomènes liés à la distension (failles normales NNE-SSW). H. PASCAL a noté de telles fractures (N 000 à N 030) dans la partie plus au Nord de la zone étudiée.

De plus, nous avons trouvé dans le cours du Rieusset des associations fentes de traction-joint stylolitique-microdécrochements nous indiquant une phase compressive d'orientation Nord-Sud. (voir schémas). La direction de la fente de traction ainsi que celle des pics stylolitiques nous indiquant l'axe de contrainte maximum. Il s'agit vraisemblablement de la phase compressive Pyrénéenne.

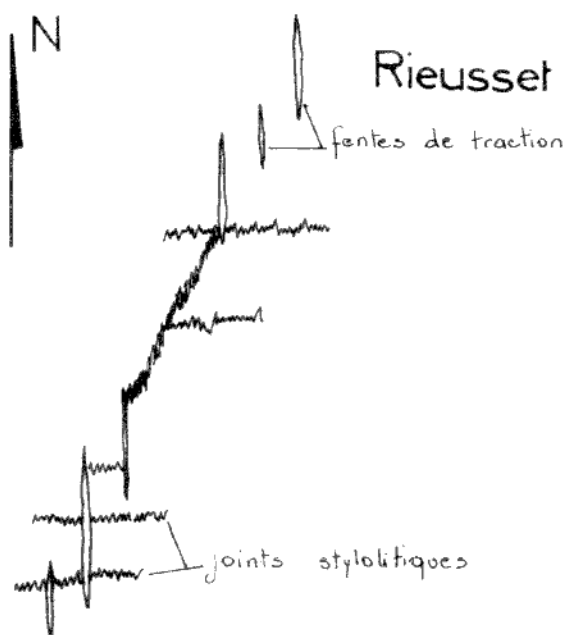
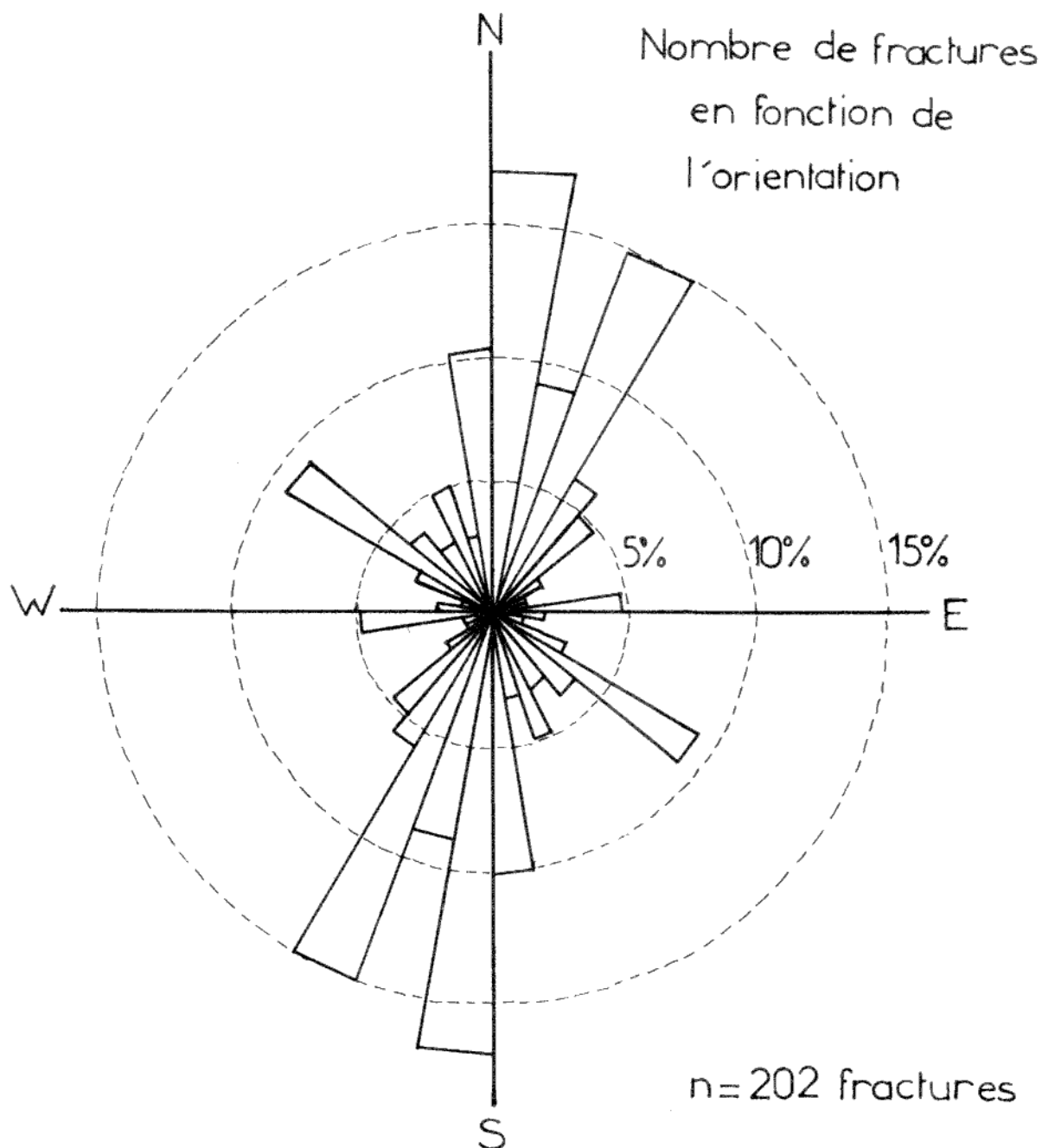
Nous avons également mis en évidence de nombreux décrochements sénestres N 020 en général. Par contre, nous avons trouvé peu de décrochements dextres, orientés de N 170 à N 180.

Dans une paroi de l'entonnoir d'entrée du Peyrol de Chadouillet, orientée N 010, nous avons trouvé un joint stylolitique vertical recoupant d'autres joints stylolitiques horizontaux, liés à la stratification. Ceci nous indique que la poussée Nord-Sud se fait dans un plan pratiquement horizontal, ce qui confirme le fait d'une déformation à peu près plane avec des plissements de faible amplitude.

La présence de la série N 120 - N 130 est une constante régionale ainsi que les fractures d'orientation N 020. On les retrouve dans tout le Sud Ouest de la France, jusque dans les Charentes (ARTHAUD & CHOUKROUNE). Cette fracturation semble antérieure à la compression Pyrénéenne. Il semblerait que ce soit la structure du socle qui en soit à l'origine.

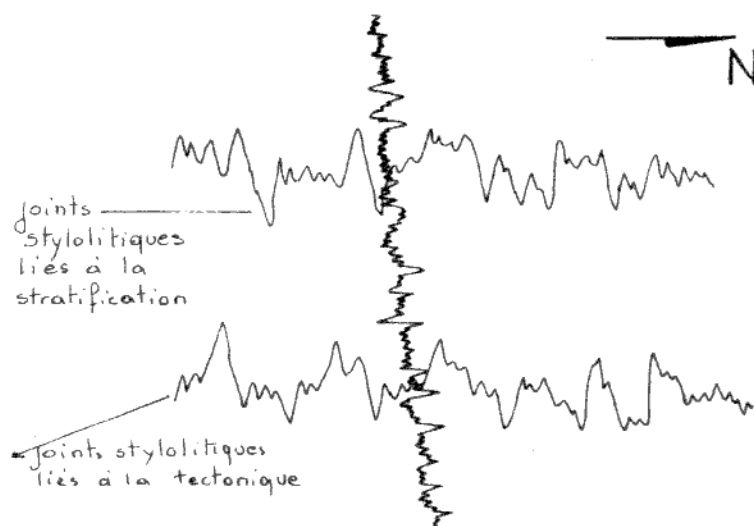
Il se peut donc que les failles normales et les décrochements de direction N 020 aient réutilisé ces fractures préexistantes.

On remarque également la présence d'une série moindre vers N 080 - N 090. PASCAL mentionne des diaclases ayant ces orientations au niveau de l'anticlinal de St Paul, fractures liées au plissement (perpendicu-



Plan horizontal

Peyrol de Chadouillet



Plan vertical

lares au pendage).

Il faut cependant rester prudent sur les valeurs des pourcentages obtenus sur le diagramme d'orientation, car il ne concerne qu'un petit nombre de fractures ($n = 202$ fractures).

GEOMORPHOLOGIE

La cuvette de St André de Cruzières est une zone karstique typique. En effet nous trouvons à la surface de cette région calcaire tous les phénomènes classiques du Karst tels :

- lapiaz
- dépressions fermées
- pertes et résurgences
- avens et grottes

Le Karst en question se développe principalement dans les calcaires du Portlandien et du Kimméridgien. Il repose sur les assises marneuses et marnocalcaires du Rauracien, Argovien et Callovien (Les Terres Noires) qui l'isolent des aquifères du Lias et du Trias.

De même, les marnes valanginiennes l'isolent du Karst Urgonien de la Montagne de la Serre.

- Les Lapiaz

On en trouve sur toute la zone karstifiée de St André de Cruzières. Ils sont de types différents suivant la lithologie, ce qui permet d'ailleurs de reconnaître un affleurement en fonction de son type de lapiaz.

- Les dépressions fermées

- Les dolines

Très nombreuses (250 à 300 sur le secteur étudié), elles sont de dimensions variables. On a une largeur moyenne de 25 à 30 mètres pour une profondeur moyenne de 1 à 6 mètres.

- Les dolines-puits d'effondrement

Peu nombreuses, on en trouve deux dans le secteur étudié. Ce sont :

- . Le puits des Baumelles
- . L'aven de la Cocalière qui retombe sur la galerie temporairement active de la grotte de la Cocalière-Côtepatière.

- Les poljés

Seule, la grande dépression fermée des Filgères correspond à la définition d'un poljé: grande dimension, raccordement anguleux correspondant à une origine tectonique. On y repère effectivement deux familles de fractures (N. 45-50° et N. 130-140°)

Le Valat de la Font, ruisseau temporaire s'y jette et disparaît totalement sous terre par une perte impénétrable en liaison avec l'aven du Crime.

- Les pertes et résurgences

Les pertes de ruisseaux temporaires et les exurgences temporaires sont très nombreuses à la surface de cette cuvette.

La Claysse pérenne qui prend naissance dans les grès du Trias au dessus de St Paul le Jeune se perd progressivement au niveau des calcaires du Jurassique. Une perte située à proximité du pont de

chemin de fer absorbe partiellement ou totalement à l'étiage les eaux de la Claysse. Un peu plus en aval, la Goule de Sauvas absorbe les excédents de la Claysse en hautes eaux, c'est donc une perte temporaire.

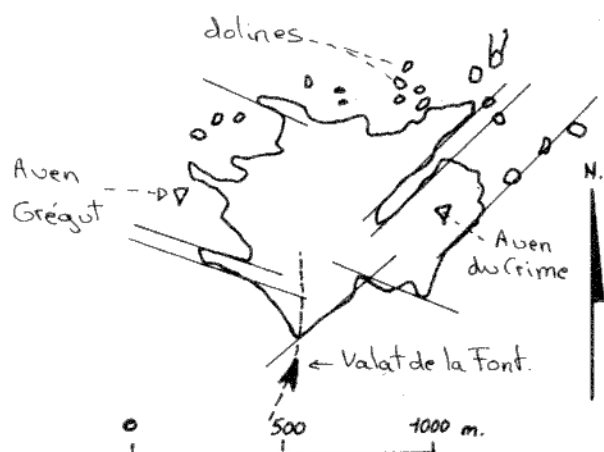
Les eaux de la Claysse résurgent 6 kilomètres plus loin à la résurgence pérenne du Moulin. EN hautes eaux, toutes une série de trop-pleins entrent successivement en action. Les plus connus étant :

- le peyrol de Chazelle
- le peyrol de Chadouillet
- l'évent de Peyrejal
- la résurgence de Côtepatière

- Les avens et grottes

Ils sont très nombreux. Les avens, du fait de la faible épaisseur entre la surface et le niveau de l'exutoire, sont peu profonds. Par contre les grottes sont très développées (environ 20 kilomètres de galeries explorées). Parmi les plus importantes, citons :

- La grotte de la Cocalière-Côtepatière
- Le réseau Goule de Sauvas-Event de Peyrejal
- la Baume de Chazelle.



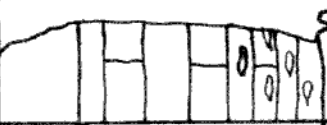
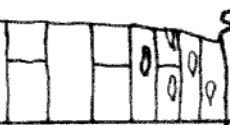
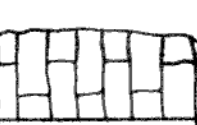
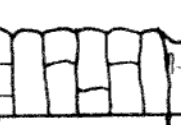
Dépression fermée des Filgères

d'après L. Vinet.

CLASSIFICATION DES DIFFERENTS TYPES DE LAPIAZ - FORTI (1972)

- Type 1 - Lapiaz enterré sous roche en place visible.
- Type 2 - Seuls quelques chicots rocheux émergent de quelques centimètres du couvert pédologique.
- Type 3 - Des blocs rocheux de quelques décimètres de haut sont visibles séparés par des surfaces herbeuses.
- Type 4 - La surface rocheuse est bien dégagée, fissurée et corrodée. Le colmatage pédologique se fait dans les fissures.
- Type 5 - Des blocs non encore détruits par la dissolution reposent sur une surface de type 4.

TABEAU des RELATIONS entre LITHOLOGIE et KARSTIFICATION
d'après L. VINET

Stratigraphie et lithologie		% CO ₂ (a Lapiaz (FOAT))	Type de Lapiaz (FOAT)	Degré de Karstification	Figures superficielles de corrosion aérienne	Dolines profil de quelques formes typiques	Végétation sur le lapiaz
<u>BERRIASIEN</u>				très faible circulations sous-terraines à la base			
<u>TITHONIQUE</u> (Portlandien) 60 m		95,5% 97%	3 4 et 5	fort	rigoles cannelures cupules tables de lapiaz	 forme en auge	forêt. chêne micocoulier
<u>KIMMERIDGIEN</u> Supérieur terminal 15-20 m		98,5%	5 développé	très fort	rigoles, méandres } cannelures } cupules } vasques } figures très développées	 forme en auge	forêt. chêne vert chêne
<u>KIMMERIDGIEN</u> Supérieur basal 15-20 m		96%	3 et 4	fort	rigoles méandres cannelures	 forme en auge à versants aplatis	forêt. chêne chêne vert
<u>KIMMERIDGIEN</u> inférieur 50-60 m			2 et 3	moyen	rigoles méandres } cannelures } figures aux contours atténués	 forme en auge à versants aplatis	forêt claire chênes arbustes
<u>OXFORDIEN</u> terminal 60-70 m		91,5%	2 et 3	moyen	lapiaz de diaclase lapiaz de joint de stratification	 forme en assiette	arbustes buis genévrier herbes, thym
<u>OXFORDIEN</u> supérieur et moyen 30-40 m		63%					

DONNEES CLIMATIQUES

Températures

Elles sont enregistrées à la station météorologique de la Cocalière. Il a été utilisé un "thermo-hygro" RICHARD donnant théoriquement le degré.

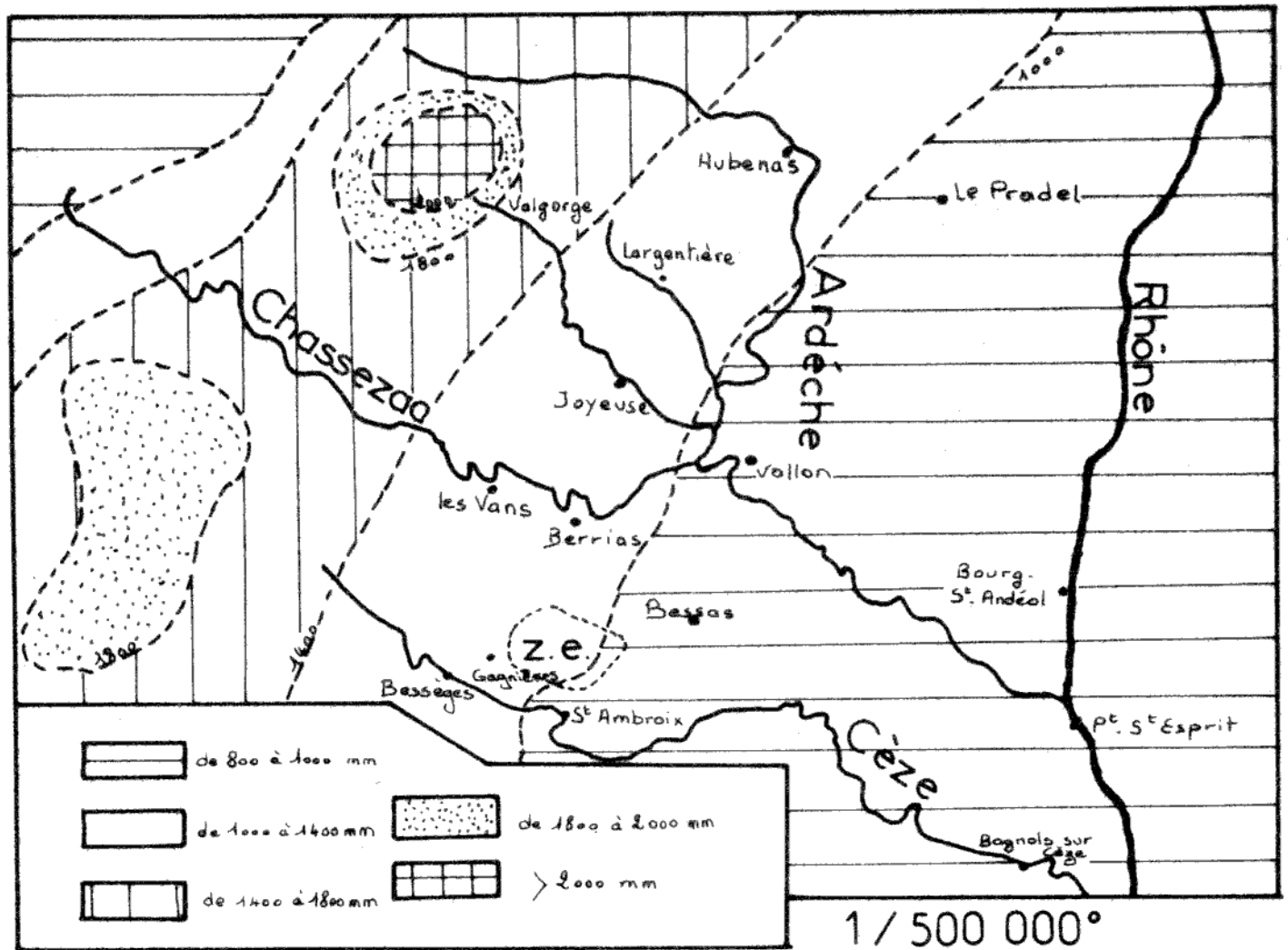
Les moyennes mensuelles sont relativement élevées : 6 mois entre 10 et 20°, 4 mois entre 10 et 0° et 2 mois (Juillet et Août) au dessus de 20°. Les températures journalières présentent un grand écart entre le maximum et le minimum : 15° le plus souvent. La température minimale en 1976 (- 9°) est une exception ; les minima sont d'ordinaire de - 2 ou - 3°. Le maximum observé en 1975 est de 36,5°, et en 1977, 32,3°.

On peut donc en conclure que le microclimat de la cuvette de St André de Cruzières est chaud.

Vents

Ils sont notés chaque matin par le responsable de la station météorologique. Protégée par les reliefs de l'Ouest et de l'Est, la cuvette de St André est soumise uniquement à l'influence des vents du Nord (secs et froids) et du Sud (chauds et humides), ce qui explique les caractères de la pluviométrie, dépendant uniquement des perturbations méditerranéennes.

CARTE EN COURBES ISOHYETES



Précipitations

- Les Valeurs régionales

La carte des courbes isohyètes nous indique que notre zone d'étude est à cheval sur la courbe de 1000 millimètres. On remarque une augmentation de la pluviométrie quand on va de l'Est vers l'Ouest. Ceci correspond à l'augmentation de l'altitude due aux premiers reliefs des Cévennes.

- Hauteur annuelle de précipitations

Station	Altitude	Moyenne	Maximum	Minimum	$\frac{\text{Min.}}{\text{Max.}} \cdot 100$
Aubenas	260 m.	1155	1898	759	40 %
Joyeuse	180 m.	1160	1822	757	42 %
Salyme L.	300 m.	1260	1751	853	49 %
Les Vans	173 m.	1360	2021	882	44 %
Berrias	127 m.	1180	1683	811	48 %
Bessas	260 m.	930	1496	565	38 %
Vallon	100 m.	940	1597	652	41 %

Les résultats du tableau ci-dessus concernent les périodes suivantes :

- 1951-1968 : Aubenas, Joyeuse, Bessas, Vallon.
- 1958-1969 : Salyme-Lablachère.
- 1959-1969 : Berrias
- 1960-1969 : Les Vans

Il faut noter l'écart important entre les valeurs maximales et minimales qui peut atteindre jusqu'à 49 %.

- Hauteur moyenne mensuelle (voir tableau suivant)

On remarque que les mois les plus arrosés sont ceux de Septembre, Octobre et Novembre avec un maximum en Octobre (13 %). Ensuite, les mois de Décembre et Janvier sont plus secs. Les mois de Février et Mars se traduisant à nouveau par une augmentation de la pluviométrie. Puis d'Avril à Août, on a la période sèche d'été avec un minimum en Juillet (3 %).

HAUTEURS MOYENNES MENSUELLES

Station	Bessas	Bessèges	Berrias	Gagnières	Les Vans	St Ambroix	‰ mensuel
Période d'obs.	51-70	51-70	59-68	51-70	51-70	51-70	
Altitude	250 m.	130 m.	127 m.	192 m.	170 m.	152 m.	
Janvier	61	117	91	111	110	70	8 ‰
Février	80	117	103	111	120	78	9 ‰
Mars	82	131	124	118	130	82	9 ‰
Avril	64	90	81	81	90	63	7 ‰
Mai	72	95	70	99	95	72	7 ‰
Juin	68	93	62	90	90	65	7 ‰
Juillet	30	36	46	38	35	30	3 ‰
Août	69	76	73	74	75	67	6 ‰
Septembre	117	144	127	137	150	116	11 ‰
Octobre	119	192	154	178	170	128	13 ‰
Novembre	108	165	151	150	170	105	12 ‰
Décembre	72	113	82	104	95	68	8 ‰
Total	942	1369	1164	1291	1330	944	100 ‰

On se trouve donc bien en présence d'un climat de type méditerranéen avec peu de précipitation l'été, qui liée avec une évapotranspiration très importante va nous donner des étages très bas.

La recharge des nappes se faisant à partir de Septembre avec des pluies très importantes.

- Les valeurs locales

Nous disposons en plus des valeurs régionales, des enregistrements de trois stations pluviométriques réparties sur notre zone d'étude. Ces données pluviométriques nous ont été fournies par M. Philippe RENAULT. Il s'agit des stations suivantes:

- Grotte de la Cocalière (Courry - Gard) altitude : 260 m.

Il s'agit d'un pluviographe enregistreur à augets basculants "Précis Mécanique" 200. Nous disposons des valeurs mensuelles de Mai 75 à Septembre 77 et des valeurs journalières du 30 Septembre 75 au 15 Octobre 77.

- St Paul le Jeune (Ardèche) altitude : 260 m.

Il s'agit des relevés de M. LACROIX sur un pluviomètre "Association" de l'Office National de Météorologie. Nous disposons des valeurs mensuelles d'Avril 76 à Septembre 77 et des valeurs journalières du 17 Mars 76 au 20 Novembre 77.

- Moulin de Pichegru (St André de Cruznières - Ardèche) alt. / 150 m.

Nous disposons des valeurs mensuelles et de quelques valeurs journalières relevées par M. MAURIN de Janvier 76 à Novembre 76. Puis il a été installé un pluviographe enregistreur à augets basculants "Précis Mécanique" 400 qui nous a donné les valeurs mensuelles et journalières du 11 Novembre 76 au 30 Septembre 77.

Notre problème étant de trouver la valeur de la lame d'eau effectivement tombée sur le bassin versant pendant la période durant laquelle nous disposons des enregistrements limnimétriques (Mai 75 à Octobre 77).

Pour cela, nous avons corrélié les valeurs des précipitations d'une station à une autre pour voir s'il y avait des différences sensibles entre ces trois stations.

- Corrélation de la pluviométrie sur les différentes stations

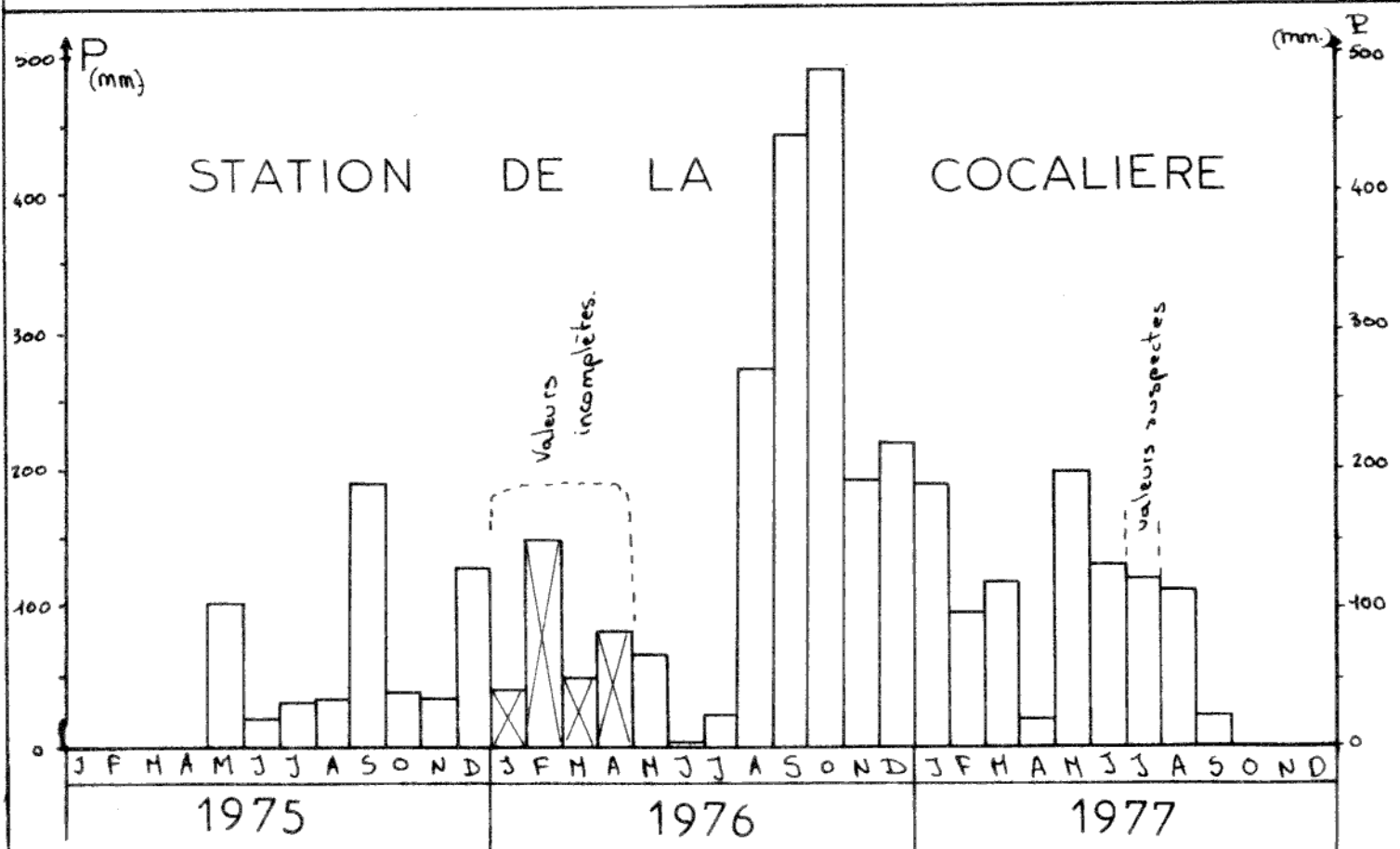
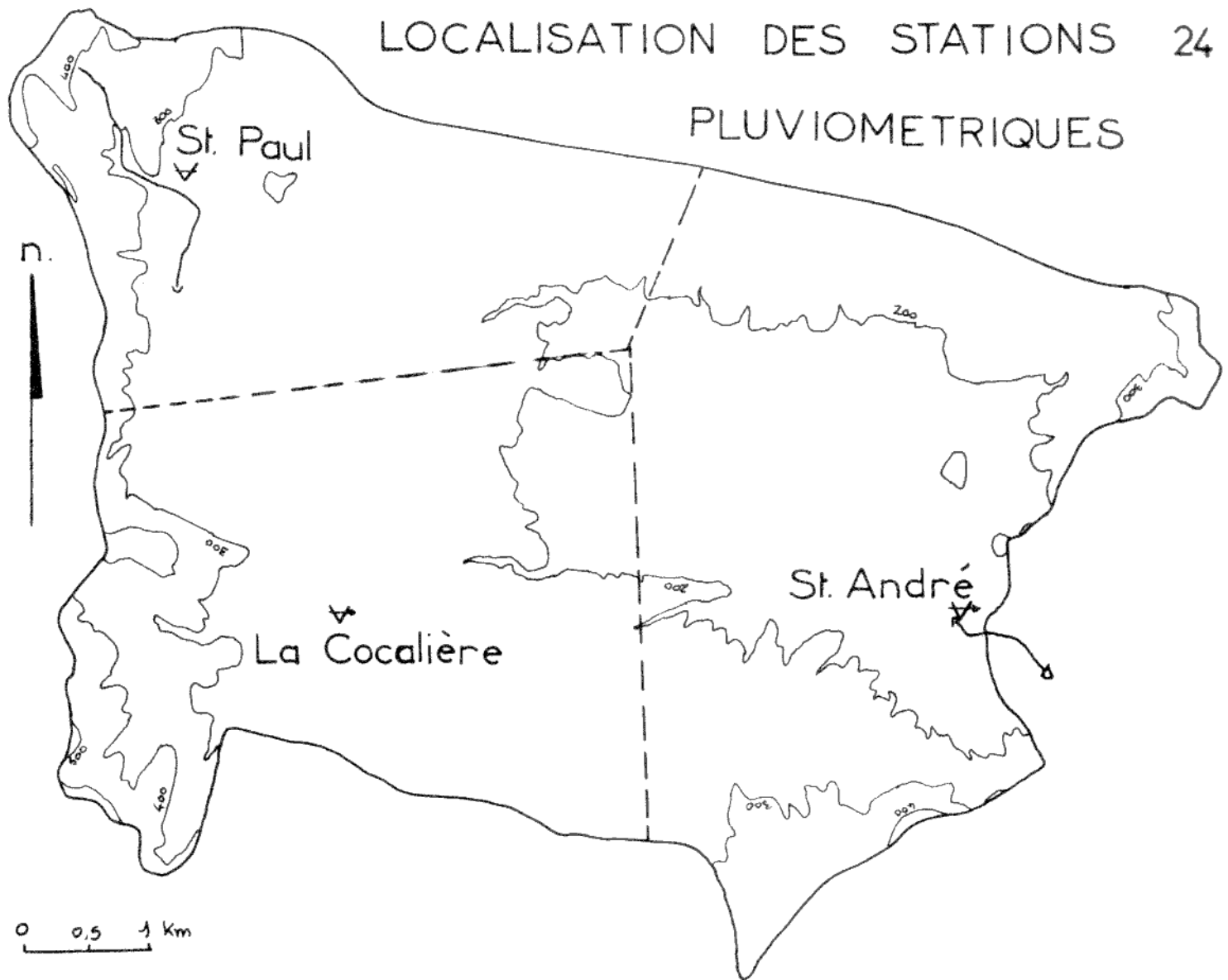
Avant toute chose, il est intéressant de noter que les trois stations pluviométriques sont équipées d'appareils différents, ce qui peut légèrement influencer les résultats. Il faudra donc utiliser avec précaution les résultats de ces corrélations.

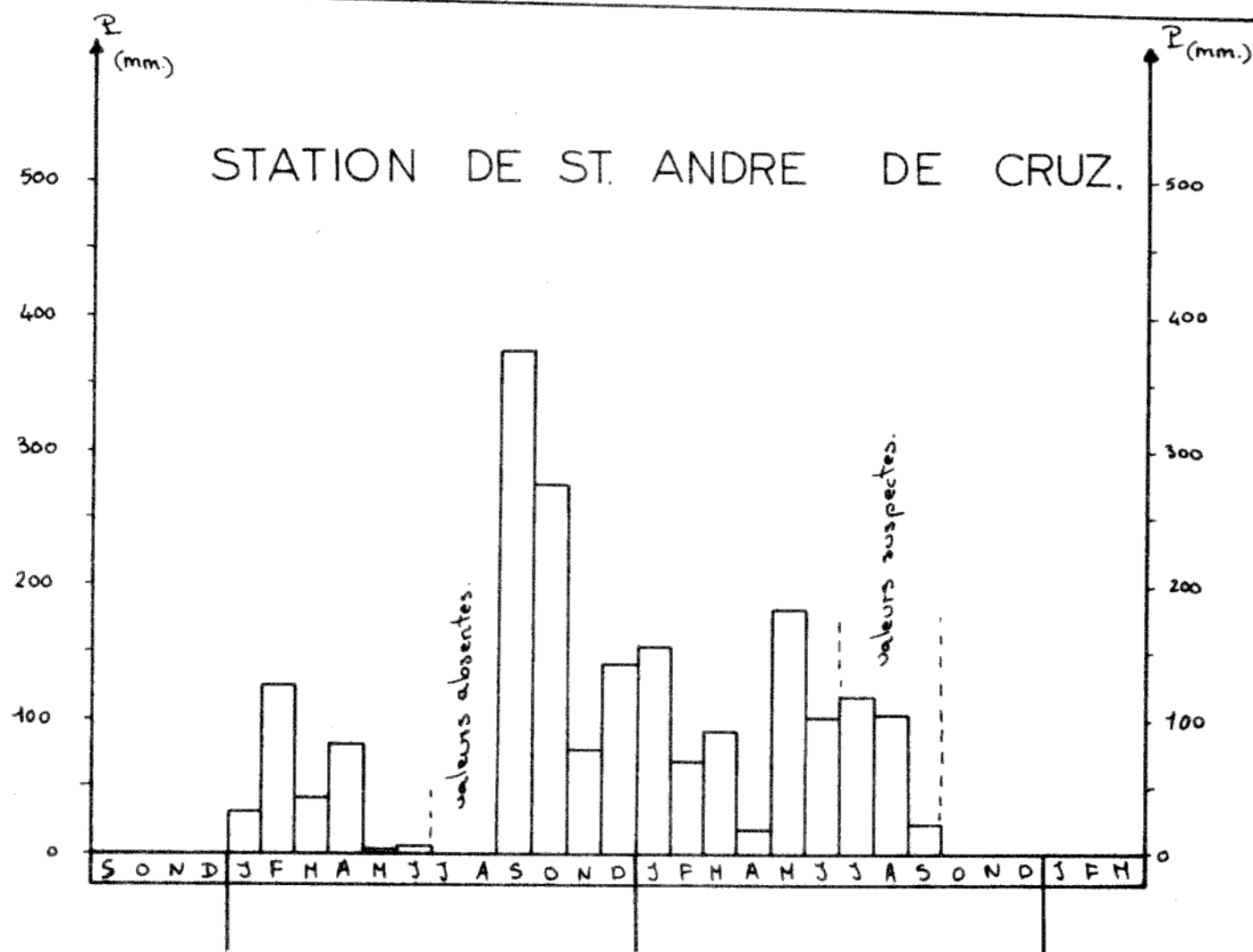
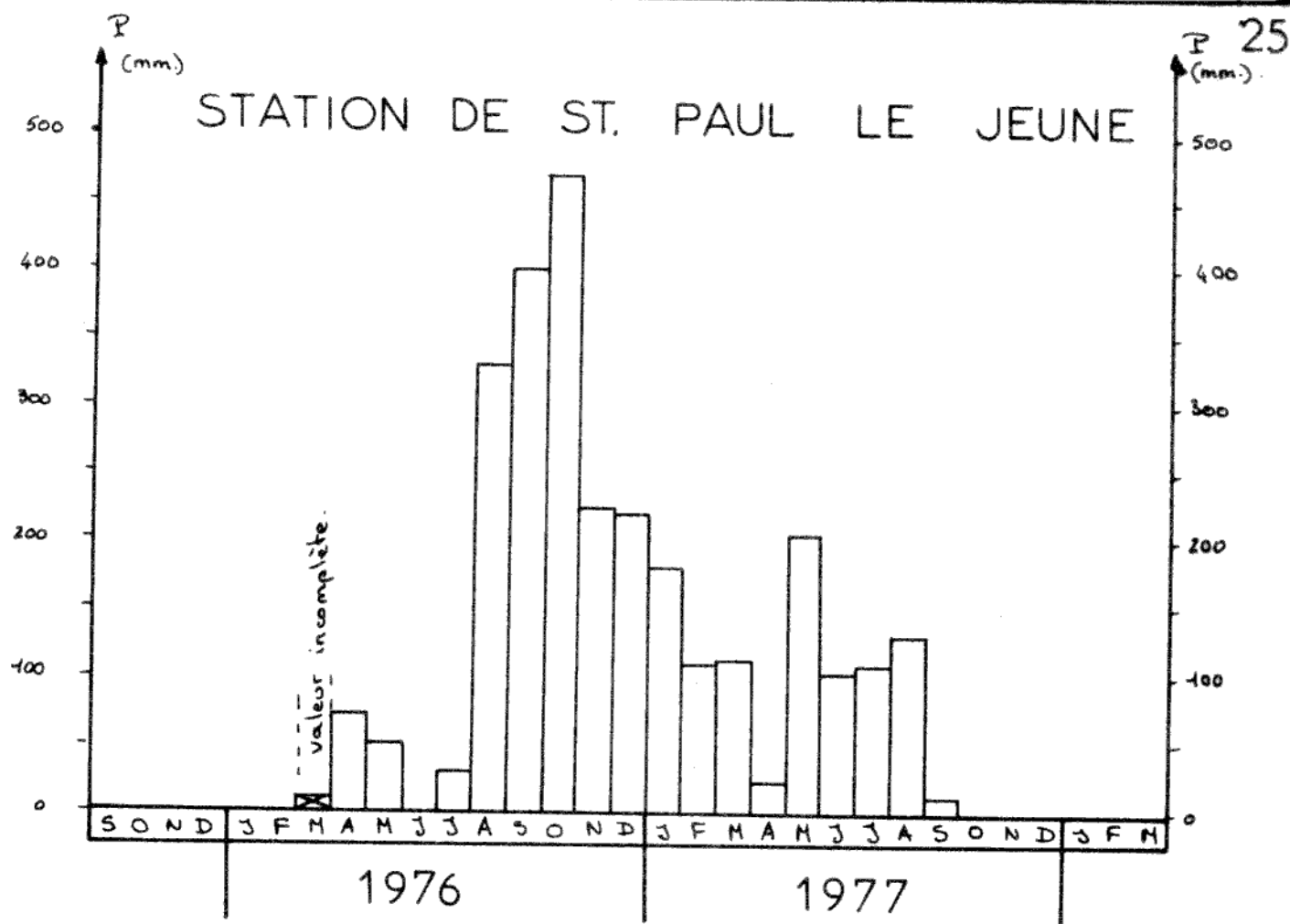
Toutes les corrélations utilisées ainsi que leurs "coefficients" (coefficient de corrélation, pente, ordonnée à l'origine) sont issus d'une régression linéaire au sens des moindres carrés.

- Corrélation sur les valeurs mensuelles de précipitation

Un de nos premiers problèmes a été l'absence de données pour l'année 1975. Seule la station de la grotte de la Coca-

LOCALISATION DES STATIONS 24 PLUVIOMETRIQUES





lière a fonctionné normalement. Ensuite la station de St André de Cruznières a commencé à fonctionner dès Janvier 1976, mais il semble qu'il y aie eu de nombreux oublis de mesure. La station de St Paul le Jeune n'étant fonctionnelle qu'à partir d'Avril 76.

La seule période où nous ayons simultanément les valeurs mensuelles des trois stations va de Décembre 76 à Juin 77, soit 7 mois consécutifs. En corrélant ces valeurs, nous avons eu les résultats suivants :

+ Cocalière (X) - St Paul le Jeune (Y) $n = 7$

. Coefficient de corrélation	$r = 0,96$
. Pente	$s = 1,07$
. Ordonnée à l'origine	$i = -8,27$

Soit une droite d'équation : $Y = 1,07 X - 8,27$

+ Cocalière (X) - St André de Cruznières (Y) $n = 7$

. Coefficient de corrélation	$r = 0,99$
. Pente	$s = 0,87$
. Ordonnée à l'origine	$i = -9,47$

Soit une droite d'équation : $Y = 0,87 X - 9,47$

+ St Paul le Jeune (X) - St André de Cruznières (Y) $n = 7$

. Coefficient de corrélation	$r = 0,93$
. Pente	$s = 0,74$
. Ordonnée à l'origine	$i = 7,32$

Soit une droite d'équation : $Y = 0,74 X + 7,32$

Il ressort de ces résultats que les droites de corrélation sont assez bien ajustées ($r > 0,90$). On remarque en comparant les pentes des droites qu'il pleut sensiblement plus à la Cocalière et à St Paul qu'à St André ($s = 0,87$ et $s = 0,74$). Il semblerait qu'on aie la même précipitation à la Cocalière et à St Paul ($s = 1,07 \approx 1$).

Comme nous disposons pour la Cocalière et St Paul de valeurs mensuelles de Mai 76 à Septembre 77, nous avons fait une nouvelle corrélation pour ces deux stations, mais avec un échantillonnage plus important ($n = 17$ mois consécutifs).

Nous avons obtenus les résultats suivants :

+ Cocalière (X) - St Paul le Jeune (Y) $n = 17$

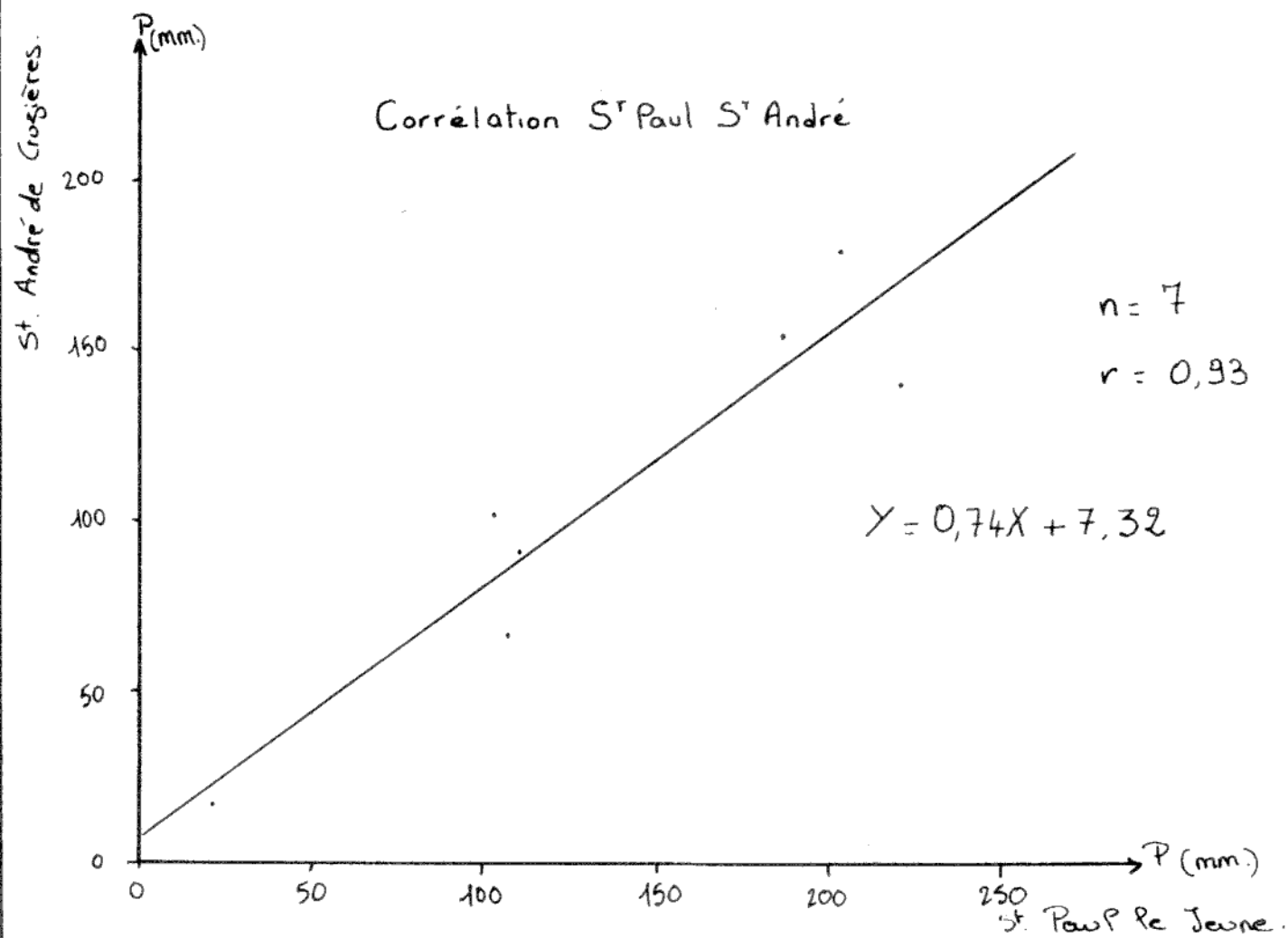
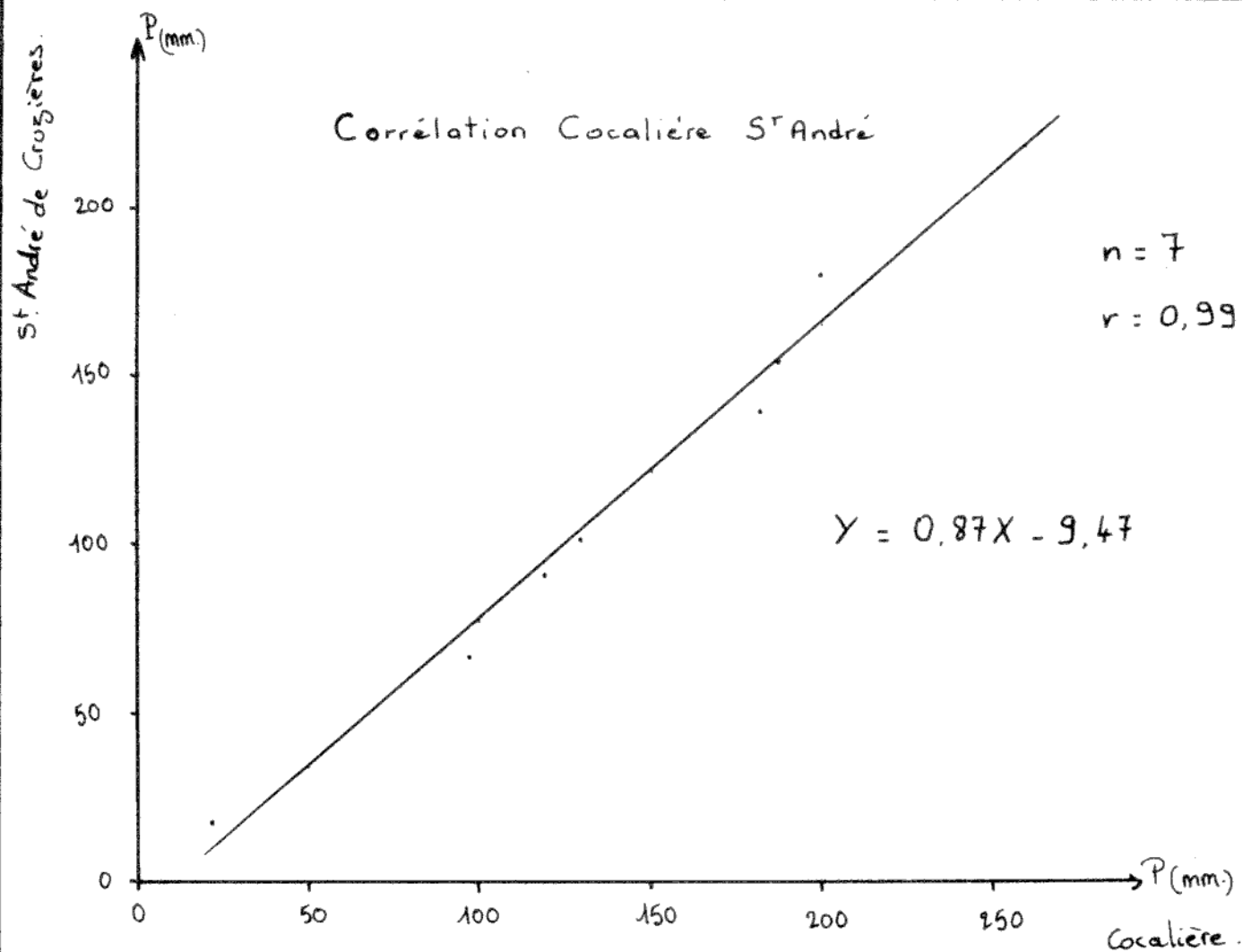
. Coefficient de corrélation	$r = 0,98$
. Pente	$s = 0,97$
. Ordonnée à l'origine	$i = 5,07$

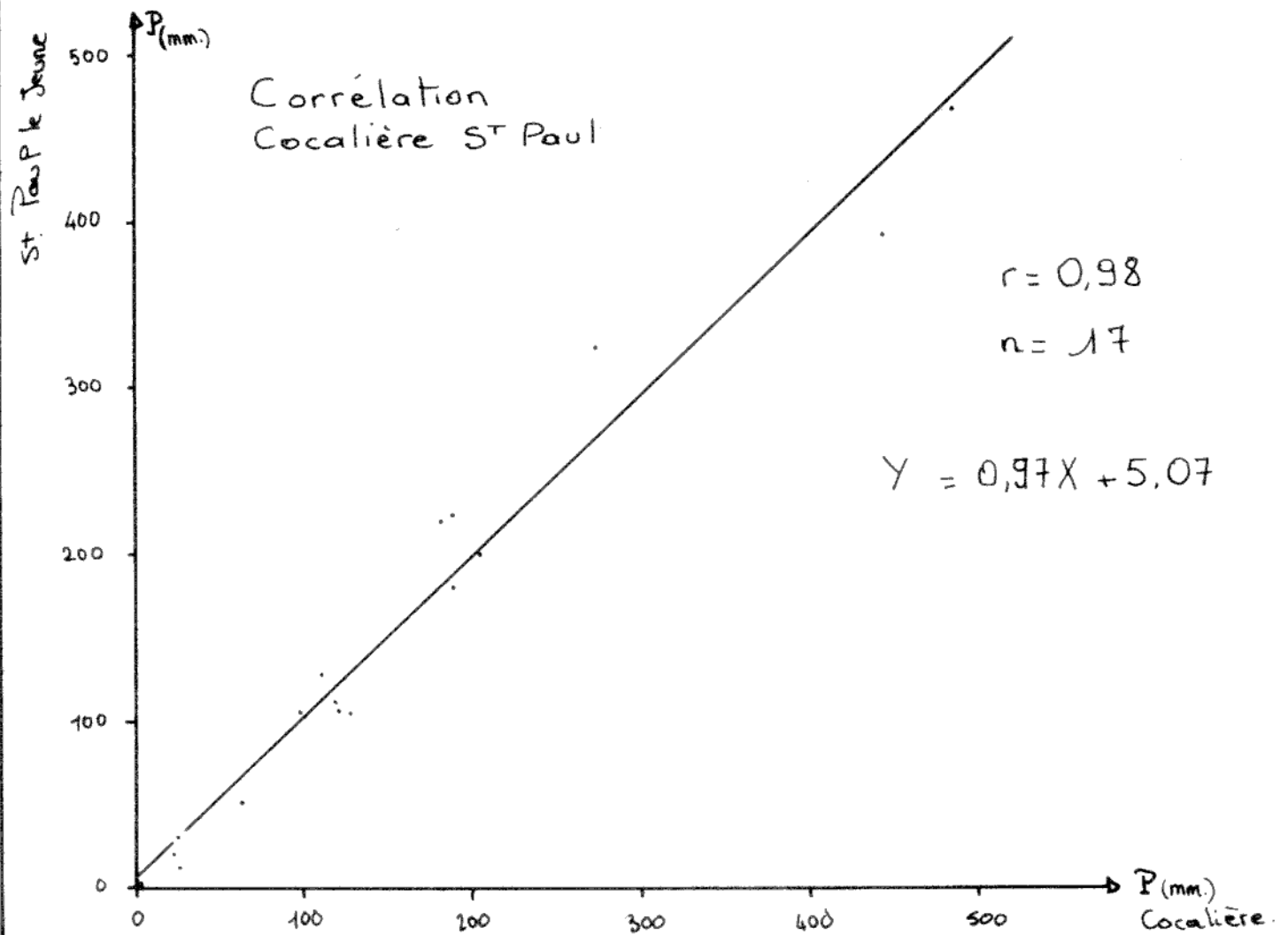
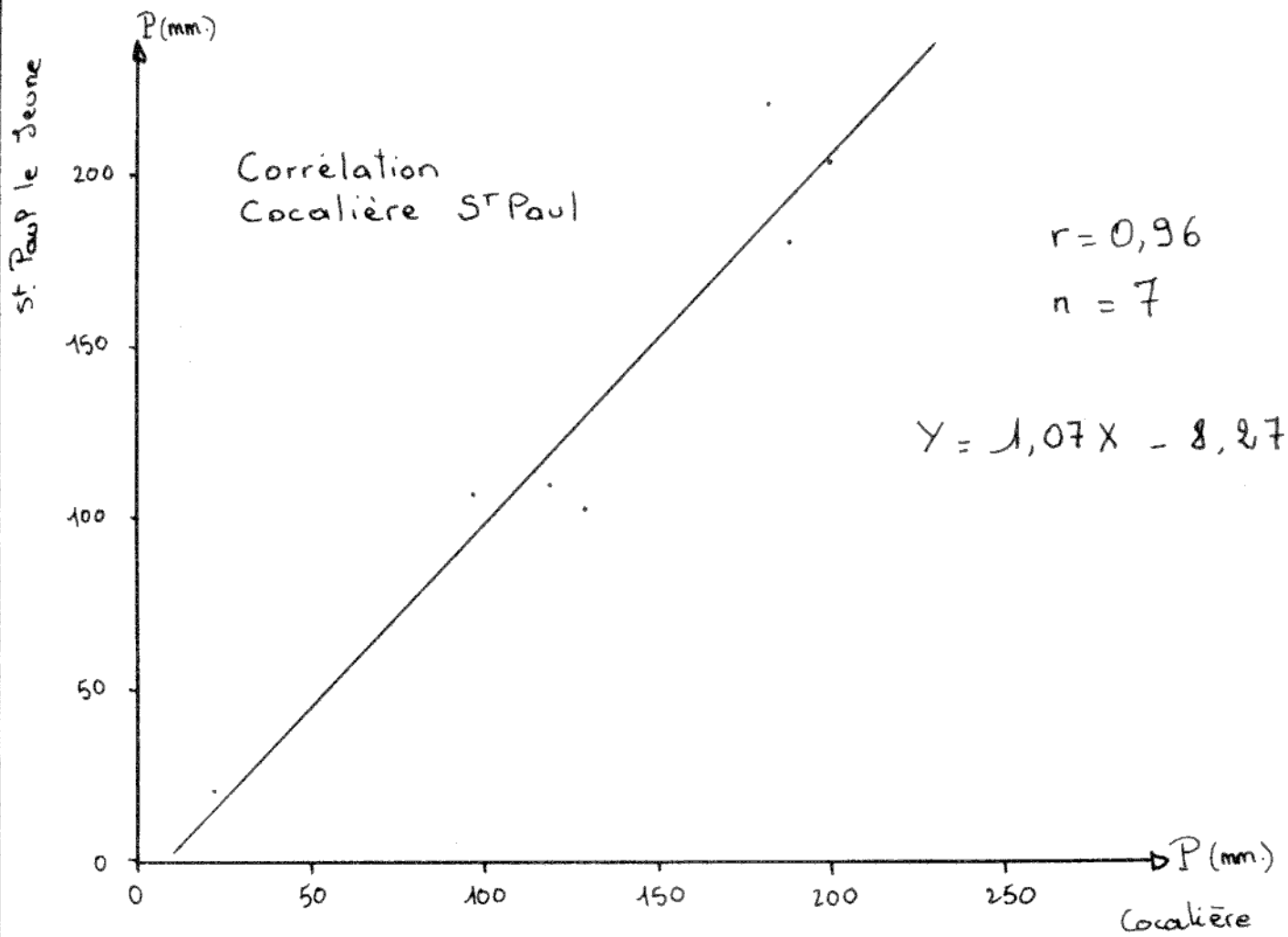
Soit une droite d'équation : $Y = 0,97 X + 5,07$

On remarque à nouveau que la pente ($s = 0,97$) est voisine de 1. Donc sur une plus grande période d'observation, on confirme le fait qu'il pleut pratiquement autant à la Cocalière qu'à St Paul.

- Corrélation sur les épisodes pluvieux

Nous avons pu sélectionner un certain nombre d'épisodes pluvieux (n) suivant les stations considérées. Voici les résultats obtenus :





+ Cocalière (X) - St Paul le Jeune (Y)

. Nombre d'observations	n = 51
. Coefficient de corrélation	r = 0,98
. Pente	s = 0,98
. Ordonnée à l'origine	i = 1,25

Soit une droite d'équation : $Y = 0,98 X + 1,25$

+ Cocalière (X) - St André de Cruzières (Y)

. Nombre d'observations	n = 33
. Coefficient de Corrélation	r = 0,98
. Pente	s = 0,84
. Ordonnée à l'origine	i = - 0,55

Soit une droite d'équation : $Y = 0,84 X - 0,55$

+ St Paul le Jeune (X) - St André de Cruzières (Y)

. Nombre d'observations	n = 31
. Coefficient de corrélation	r = 0,97
. Pente	s = 0,77
. Ordonnée à l'origine	i = 1,92

Soit une droite d'équation : $Y = 0,77 X + 1,92$

Nous remarquons que le coefficient de corrélation est meilleur quand on traite par épisodes pluvieux plutôt que par mois. Ceci nous indique qu'il est préférable de corrélérer les précipitations par épisodes pluvieux. C'est vraisemblablement dû aux épisodes pluvieux se trouvant à cheval sur deux mois consécutifs. Il est d'autant plus intéressant d'utiliser les épisodes pluvieux, car ceux-ci nous permettent d'avoir un échantillonnage plus important.

En conclusion, on remarque que quelle que soit la méthode utilisée, les corrélations nous indiquent qu'il pleut légèrement moins à St André qu'à St Paul ou à la Cocalière. Cette différence est de l'ordre de 20 % en moins à St André (s moyen = 0,80). Cet écart étant principalement dû à l'altitude ; en effet, on est à 150 m. à St André alors qu'on est à 260 m. à la Cocalière et à St Paul.

A partir de ces résultats, nous avons plusieurs possibilités pour calculer la lame d'eau effectivement tombée sur le bassin versant durant chaque épisode pluvieux :

- méthode de la moyenne arithmétique ; c'est à priori la moins rationnelle. Elle consiste à prendre la valeur moyenne de précipitation. Cela revient à attribuer à chaque pluviomètre une surface équivalente au tiers de la surface du bassin versant, soit ici : $43,5 \text{ km}^2 / 3 = 14,5 \text{ km}^2$

- méthode de Thiessen : dans ce cas, on attribue à chaque pluviomètre une zone séparée par les médiatrices des segments joignant deux pluviomètres. Dans notre cas, on obtient :

$$\begin{aligned} S (\text{St André}) &= 17,5 \text{ km}^2 \\ S (\text{St Paul}) &= 12 \text{ km}^2 \\ S (\text{Cocalière}) &= 14 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

- méthode en fonction de l'altitude : d'après les résultats des corrélations, il semble qu'on aie deux zones avec des précipitations différentes ; cette différence étant due à l'altitude. On peut donc diviser le bassin versant en deux zones : l'une avec une altitude supérieure à 200 m. (St Paul & la Cocalière), l'autre avec une alti-

tude inférieure à 200 m. (St André). On obtient :
 S (Cocalière-St Paul) = 33 km^2
 S (St André) = $10,5 \text{ km}^2$

En comparant les résultats de ces différentes méthodes, on se rend compte que les valeurs trouvées sont assez semblables. De plus, en prenant la moyenne des deux dernières méthodes (les plus sophistiquées) on retombe sur les valeurs obtenues par calcul de la moyenne arithmétique. (méthode la plus simple).

Nous avons donc, pour la suite des travaux, utilisé la lame d'eau tombée sur le bassin versant calculée à partir de la méthode de la moyenne arithmétique.

- Comparaison de la période considérée avec les autres années

Pour comparer avec les autres années, nous avons utilisé les valeurs moyennes des trois stations, du moins quand nous possédons les trois valeurs pluviométriques.

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	34	125	(198)
1976	37	138	44	76	58	0	26	299	424	410	170	199	1881
1977	171	85	106	18	194	112	113	117	18	-	-	-	(934)

104 112 75 47 126 56 70 208 221 225 102 162

On remarque que les années étudiées sont exceptionnellement pluvieuses : 1881 mm en 1976, 934 mm en 9 mois en 1977. Pour l'année 1976, les mois d'Août, Septembre et Octobre ont été particulièrement arrosés avec un maximum de précipitation de plus de 200 mm sur certaines stations le 11 Septembre 76, ce qui a provoqué la crue décennale catastrophique du 12 Septembre.

Durant cette même année 76, nous avons eu un été relativement sec avec absence de précipitation en Juin, suivi des abondantes précipitations de fin d'été-automne, caractéristiques du climat méditerranéen.

Toutefois l'année 1977 a été très pluvieuse et on peut remarquer l'absence de saison sèche d'été, ce qui a eu pour conséquence une absence d'étiage de la source.

ETUDE DU BASSIN VERSANT

PRESENTATION DU BASSIN VERSANT -

Le bassin versant de la Claysse au Moulin de Pichegru a une superficie d'environ 43,5 kilomètres carrés (mesure par la méthode des petits carrés).

Il est limité: à l'Ouest par la ligne de crête allant du Bois des Traverses (435 m.) dans les grés du Trias au Sommet des Valences (514 m.) dans les calcaires du Lias.

au Sud par les falaises calcaires du Jurassique supérieur qui bordent la cuvette de Courry à la Montagne de l'Uzège (451 m.).

à l'Est par les premiers reliefs de la Montagne de l'Uzège et ceux du Serre de Cruzeières (394 m.), tous deux étant constitués par des calcaires et marnocalcaires du Crétacé.

au Nord par le coeur marneux de l'anticlinal de St Paul le Jeune. Dans cette partie, la limite du bassin versant est tout à fait théorique car il n'est pas impossible qu'il n'y ait pas de communication entre les réseaux karstiques du Peyrol des Rouveyrols (flanc Nord de l'anticlinal) et les réseaux karstiques de la cuvette de St André de Cruzeières.

L'altitude maximum est de 514 mètres au Sommet des Valences ainsi qu'au Serre de Silhol (Sud-Ouest de Courry). L'altitude minimum est de 48 mètres au niveau de la résurgence du Moulin de Pichegru. L'altitude médiane (voir courbe hypsométrique) est de 245 mètres.

On remarque en observant la courbe hypsométrique que la cuvette a une altitude uniformément répartie entre 150 et 300 mètres. Au delà de 300 mètres, les faibles surfaces en question sont celles des pentes du Lias (Sud-Ouest de Courry), du Trias (Ouest de St Paul) et en moindre partie celles de la Montagne d'Uzège et du Serre de Cruzeières. Il est intéressant de noter que ces altitudes relativement élevées ne concernent qu'une faible superficie, ce qui aura peu d'incidence sur la répartition de la pluviométrie. En effet, tous nos pluviomètres sont installés à moins de 300 mètres d'altitude.

LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE SUPERFICIEL -

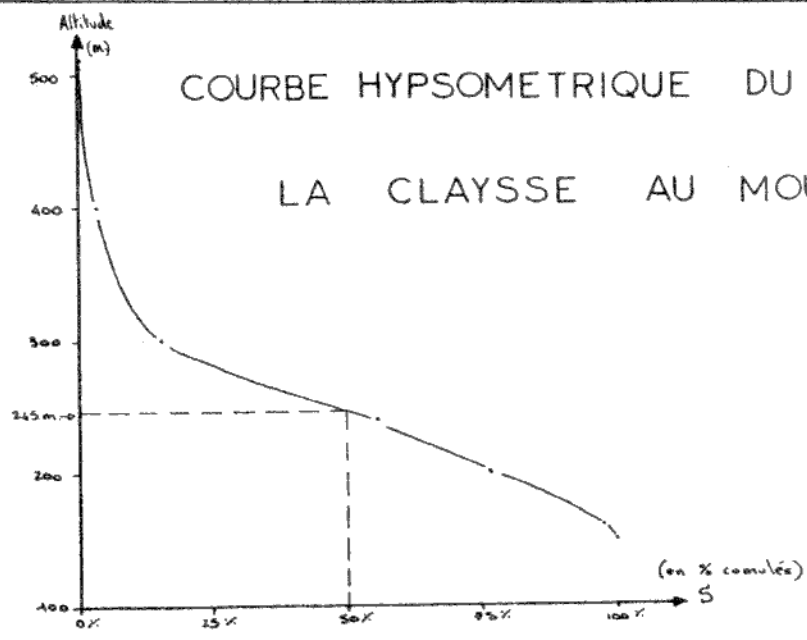
Il est caractérisé par l'absence de cours d'eau pérenne. En effet, seule la Claysse est pérenne mais seulement par endroits.

La Claysse (voir profil en long)

Elle prend naissance dans les grés du Trias à 380 mètres d'altitude. Elle est issue de la réunion des ruisseaux pérennes des Champvals et des Filgères. Elle se perd au niveau des premiers bancs de l'Argovien en aval du village de St Paul le Jeune.

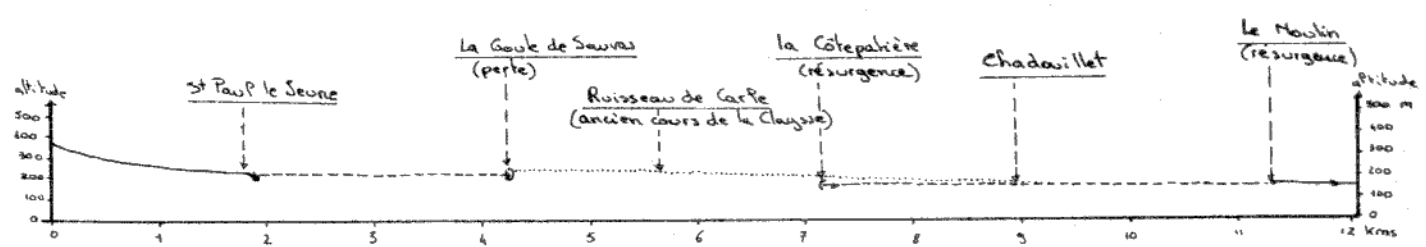
En période de hautes eaux, elle coule encore jusqu'à la Goule de Sauvas où elle disparaît alors totalement. Lors des crues

COURBE HYPOMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA CLAYSSSE AU MOULIN DE PICHEGRU

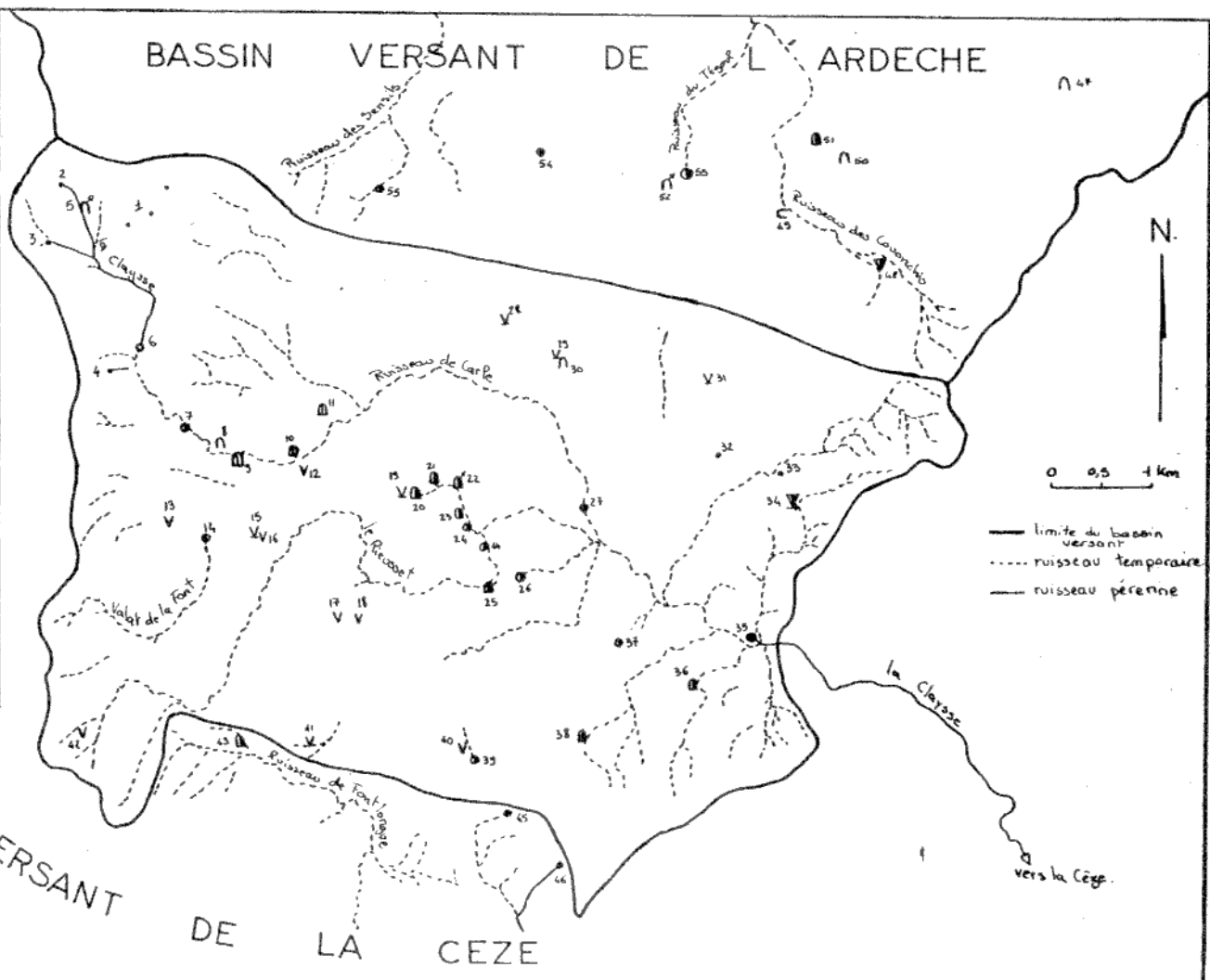


- Clayssse pérenne
- - - Clayssse temporaire avec écoulement plusieurs fois par an
- ... Clayssse temporaire avec écoulement quand pluie exceptionnelle (crue décennale)

PROFIL EN LONG DE LA CLAYSSSE



Symboles conventionnels U.I.S.	Grotte	Aven	Imperméable
Source			
- pérenne	■	▼	●
- temporaire	□	▽	○
- avec un écoult pérenne	■	▼	●
- avec un écoult temp.	□	▽	○
Perte			
- pérenne	□	▽	○
- temporaire	□	▽	○
- avec un écoult pérenne	■	▼	●
- avec un écoult temp.	□	▽	○
Quité			
- avec un écoult pérenne	■	▼	●
- avec un écoult temp.	□	▽	○
- sans écoulement	□	▽	○



- INVENTAIRE DES POINTS D'EAU ET DES CAVITES NATURELLES -

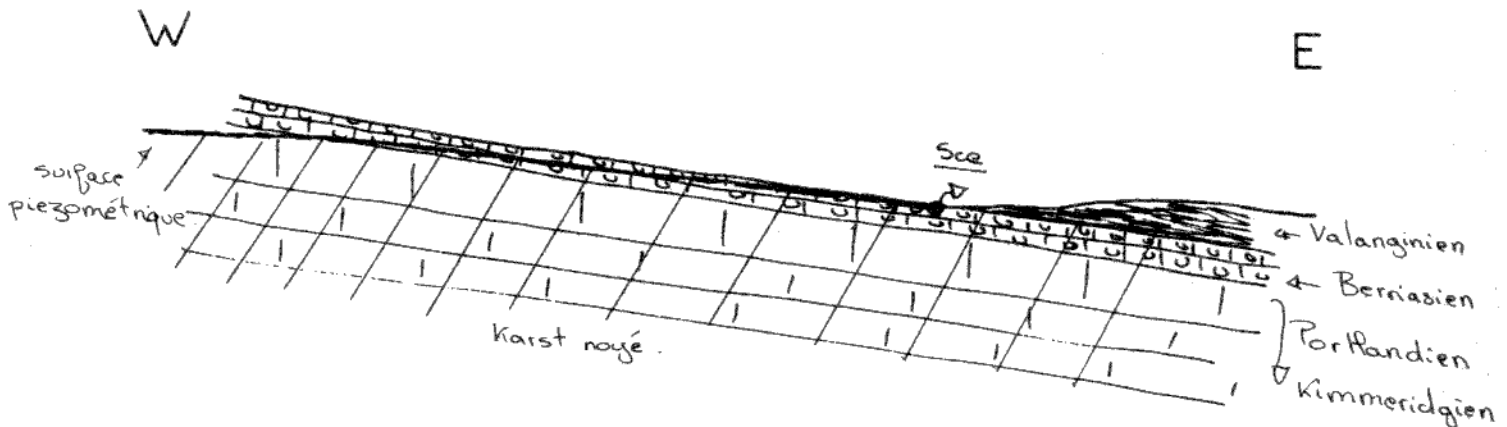
Numéro	Dénomination	Altitude	Caractéristiques hydrologiques, développement et profondeur
1	Sources	300 m.	Sces pérennes (Trias)
2	Sces captées de St Paul	380 m.	Sce pér. de la Claysse (Trias)
3	Font de Gadilhes	320 m.	Sce pér. du ruis. des Filgères (Trias)
4	Font Vive	260 m.	Sce pér. Affluent de la Claysse (Trias)
5	Grotte de Champval	310 m.	Perte temporaire
6	Pertes du ruisseau de St Paul	245 m.	Pertes pér. de la Claysse
7	Résurgence	235 m.	Sce temp.
8	Galerie Néolithique du ruisseau de St Paul	250 m.	Perte fossile (140 m.)
9	Goule de Sauvas	215 m.	Perte temp. (400 m., - 38 m.)
10-11	Pertes du Ruis. de Carle	220 m.	Pertes temp. (0 à 100 m., - 6 à - 16 m.)
12	Aven Martin	230 m.	(- 16 m.)
13	Aven Crégut	250 m.	
14	Perte du Valat de la F.	235 m.	Perte temp.
15	Aven du Crime	235 m.	regard sur écoult. temp. (15 m., - 32 m.)
16	Aven du Lapiaz	235 m.	(25 m., - 15 m.)
17-18	Avens des Gachieux	250 m.	
19	Aven de la Cocalière	200 m.	regard sur écoult. temp. (env. 7000 m.)
20	Rés. de la Côtepataière	180 m.	Sce temp. (fait partie de la Cocalière)
21	Event de Peyrejal	170 m.	Sce temp. (env. 6000 m.)
22	Peyrol de Chadouillet	160 m.	Sce temp. (150 m., - 9 m.)
23	Fontaine de Peyrejal	170 m.	Sce temp. (45 m., - 8 m.)
24	Rés. de la Bartroune	160 m.	Sce temp.
25	Event-Baume de Chazelle	170 m.	Sce temp. (env. 3000 m.)
26	Peyrol de Chazelle	155 m.	Sce temp.
27	Rés. de la Bouteyrolle	155 m.	Sce temp.
28	Aven de Chalvet	235 m.	(- 12 m.)
29-30	Aven-Grotte de Layrot	225 m.	(- 18 m.)
31	Aven de Clairago	240 m.	(- 18 m.)
32	Font Maurine	180 m.	Sce pér. peu importante (Valanginien)
33	Font Rouvière	190 m.	Sce pér. peu importante (Valanginien)
34	Aven du Tégoul	180 m.	Sce temp. (- 30 m.)
35	Rés. du Moulin de P.	148 m.	Sce pér. de la Claysse (- 5 m.)
36	Rés. de la Bourbouille	180 m.	Sce temp. (250 m., -26 m.)
37	Bélidou de Fontchavade	180 m.	Sce temp.

38	Rés. des Lauzettes	240 m.	Sce temp. (90 m, + 12 m.)
39	Source du Lat	255 m.	Sce temp.
40	Avens de Font del Lat	250 m.	(- 11 m.)
41	Aven du Charnier	265 m.	
42	Aven du Plantier	390 m.	
43	Rés. de la Jouanenche	230 m.	Sce temp.
44	Résurgence	165 m.	Sce temp.
45	Source de Pouzet	250 m.	Sce pér. (faible débit d'étiage)
46	Source de Brougnac	230 m.	Sce pér. (faible débit d'étiage)
47	Baume du Bec de Jun	250 m.	(20 m.)
48	Aven des Divols	210 m.	Sce temp. (60 m., - 30 m.)
49	Baume du Quay	200 m.	
50	Baume du Bouchet	190 m.	(50 m.)
51	Event des Baumettes	145 m.	Sce temp. (45 m., - 15 m.)
52	Grotte du Peyrol des R.	190 m.	regard sur écoult. (500 m., - 44 m.)
53	Peyrol des Rouveyrols	150 m.	Sce temp. (- 20 m.)
54	Font Sarrazine	190 m.	Sce temp.
55	Sce de l'Aygue Esclate	220 m.	Sce temp.

Les numéros correspondent à ceux utilisés sur les cartes des réseaux hydrographiques superficiel et souterrain.

exceptionnelles, il arrive que la goule de Sauvas ne puisse absorber la totalité de l'eau de la Claysse, celle-ci déborde et empreinte son ancien lit aérien : le ruisseau de Carle.

Les eaux de la Claysse résurgent au moulin de Pichegru. Il s'agit d'une source de débordement conditionnée par le recouvrement des calcaires karstifiés par les marnes Valanginiennes imperméables.



Les débits de la source ainsi que ses caractéristiques hydrologiques seront étudiés plus loin.

Lors des crues, toute une série de trop plein (exutoires temporaires) se mettent successivement en action. : le Peyrol de Chadouillet, l'Event de Peyrejal, la Grotte de la Cocalière (Résurgence de la côtepatière), ...

Les ruisseaux temporaires

Ils sont très nombreux et beaucoup se perdent sur la surface calcaire comme le Valat de la Font se perd dans la dépression fermée des Filgères. Le plus long est le Rieusset qui draine les pentes du Lias de la région de Courry.

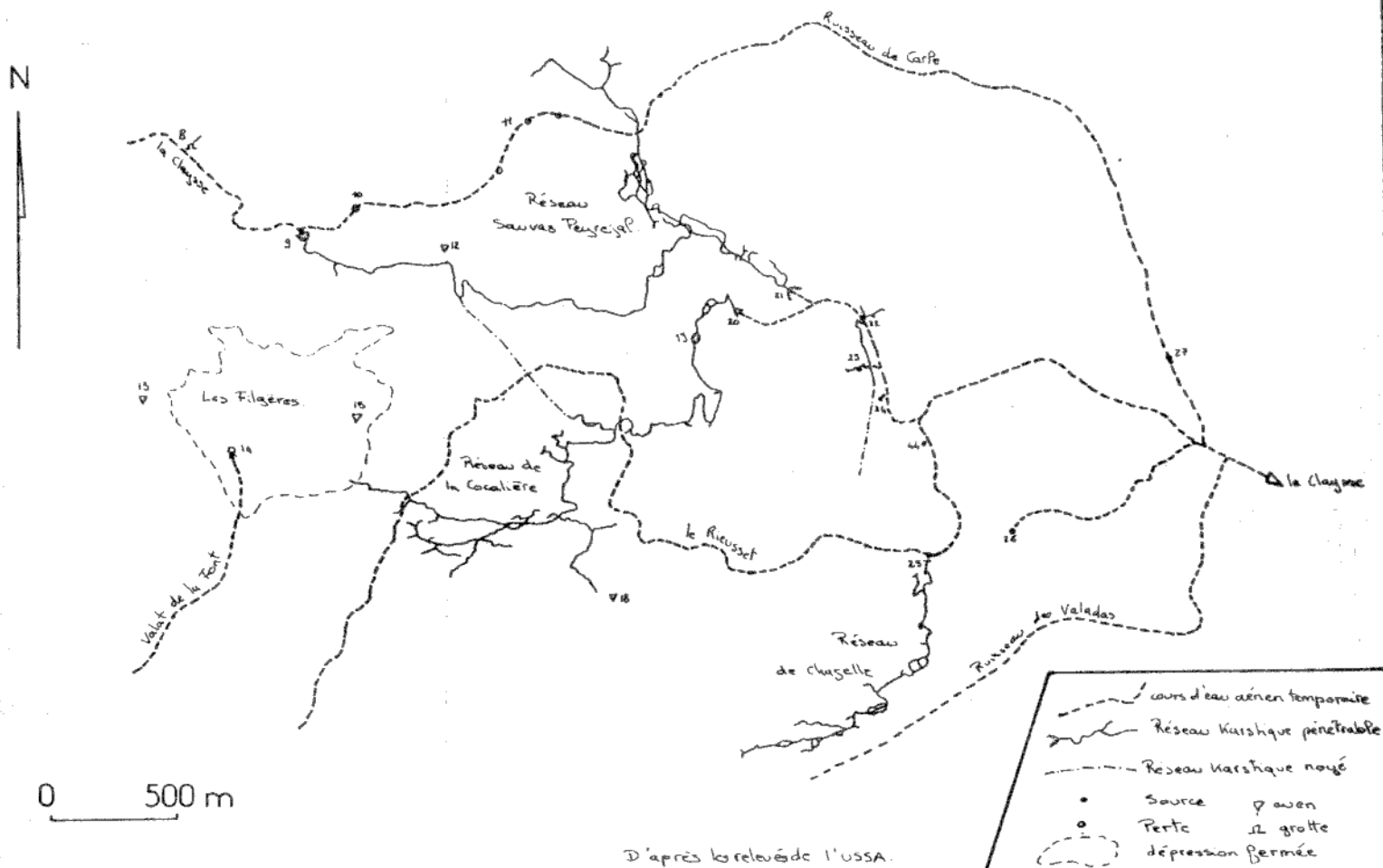
Il est rare que ces ruisseaux coulent. Cela n'arrive qu'après les fortes précipitations et ne dure que quelques jours.

On peut également remarquer les ruisseaux temporaires périphériques qui ne fonctionnent également qu'en crue.

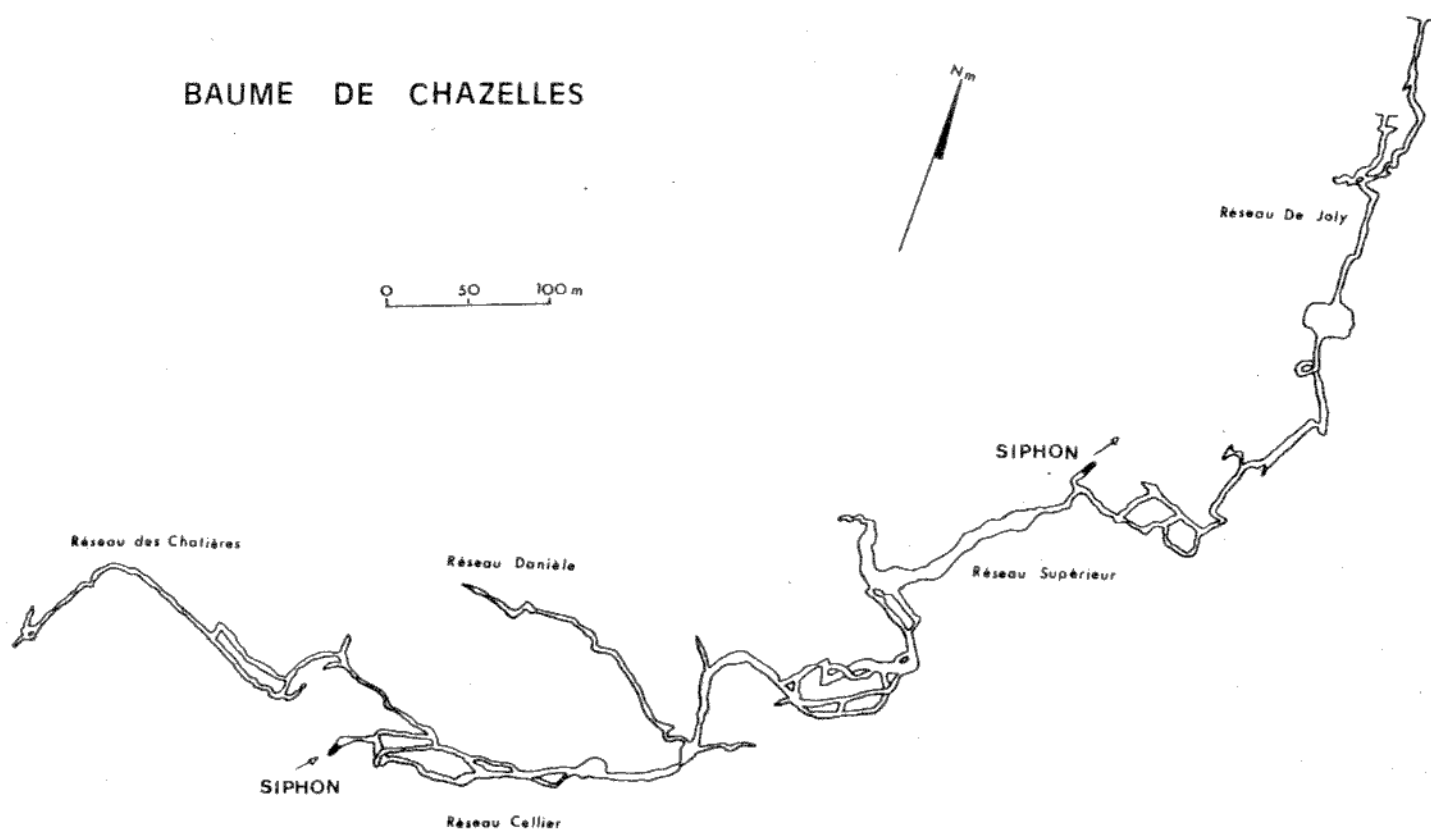
- Le ruisseau des Sensils avec la source del'Aygue Esclate.
- Le ruisseau du Tégoul alimenté par la source "vaclusienne" du Peyrol des Rouveyrols
- Le ruisseau des Couonchis alimenté par l'Event des Divols.
- Le ruisseau de Font Longue alimenté en partie par la Résurgence de la Jouanenche.

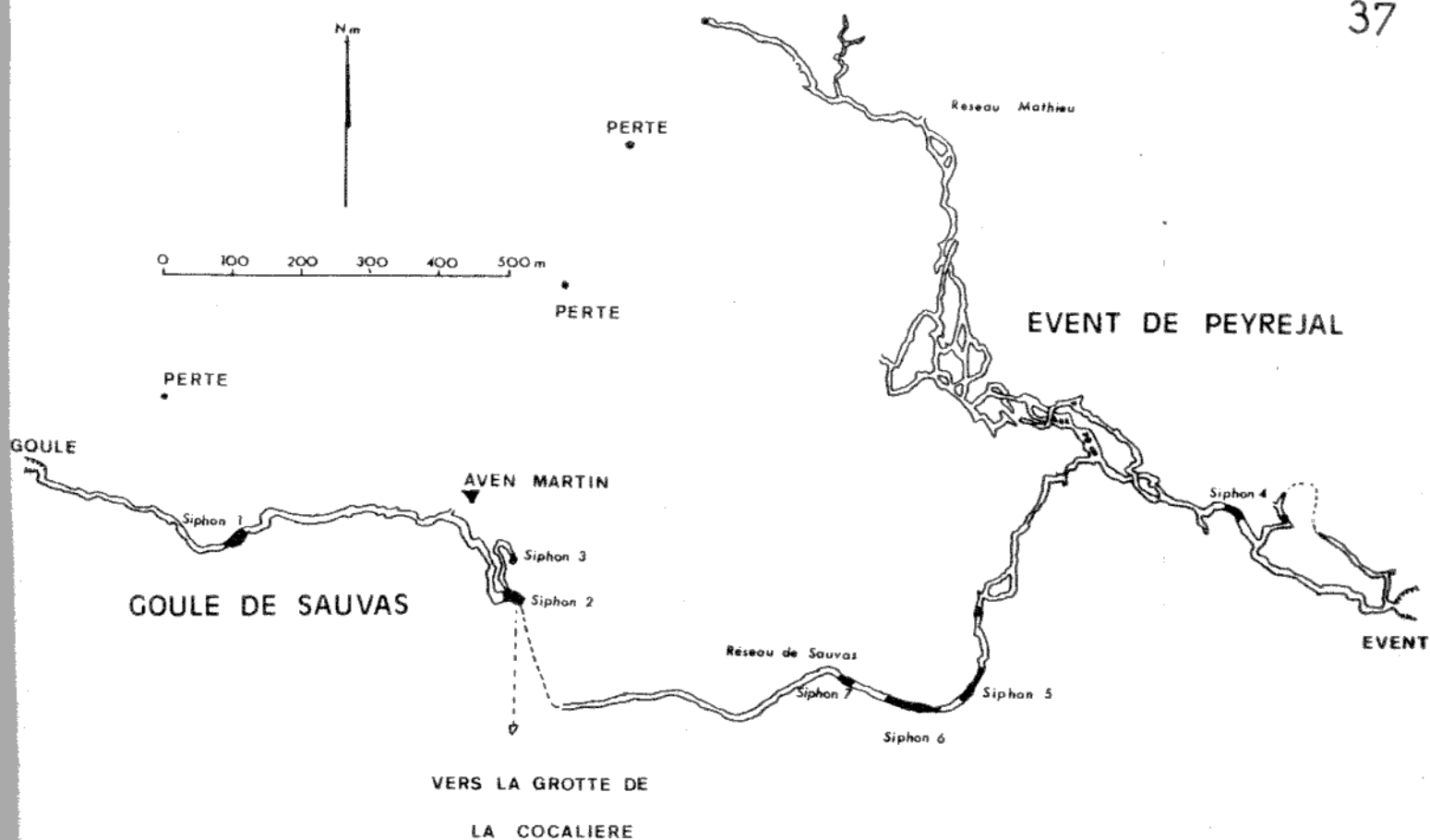
LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE SOUTERRAIN-

Les eaux souterraines - qu'elles proviennent de cours d'eau extérieur pérenne (La Claysse) ou temporaire (Valat de la Font,...) ou encore plus simplement de l'infiltration efficace dans les grandes zones de lapiaz couvrant la surface de la cuvette - circulent dans



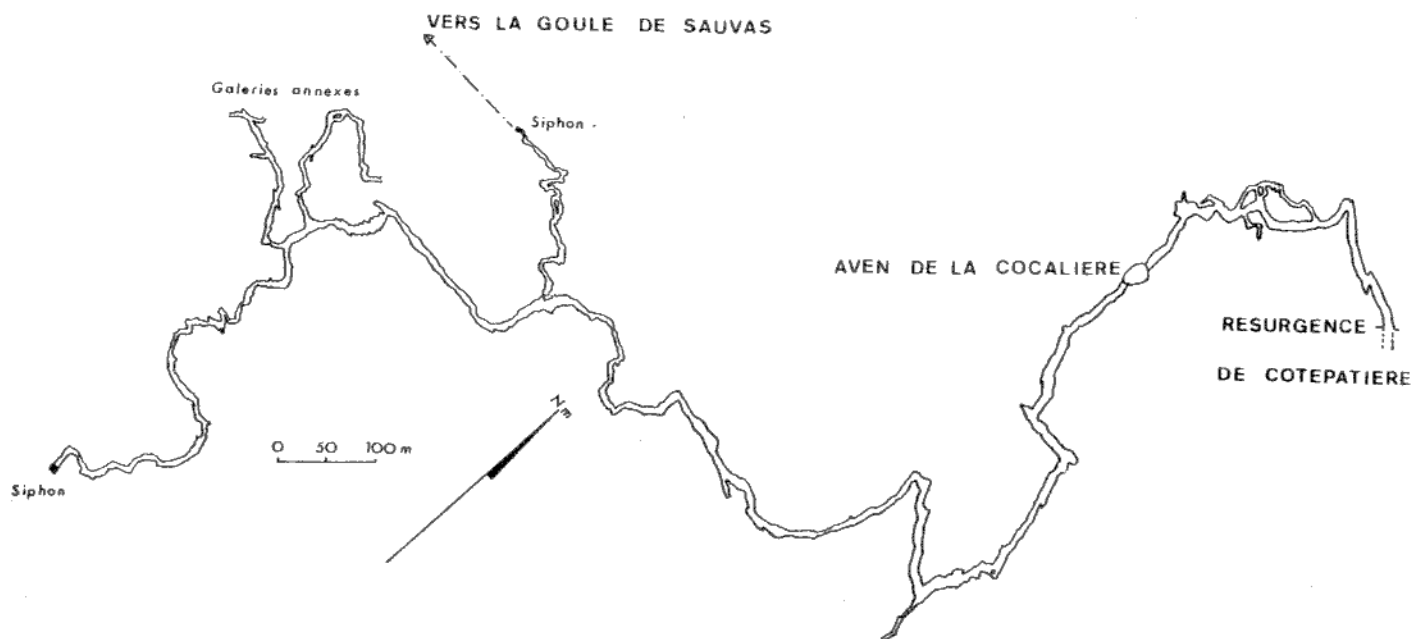
BAUME DE CHAZELLES



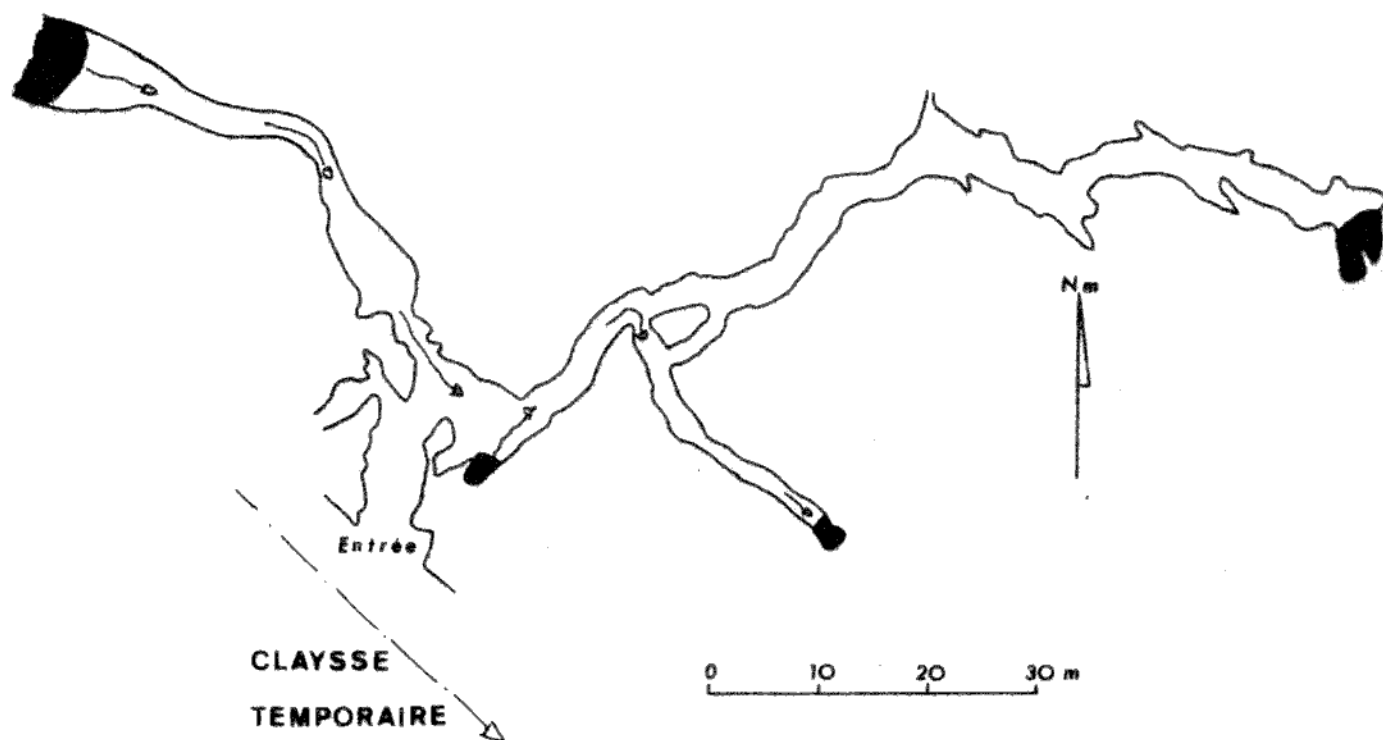


D'APRES RELEVES G.R.P.S., S.C.I.V., U.S.S.A.

GROTTE DE LA COCALIERE (PARTIE BASSE)

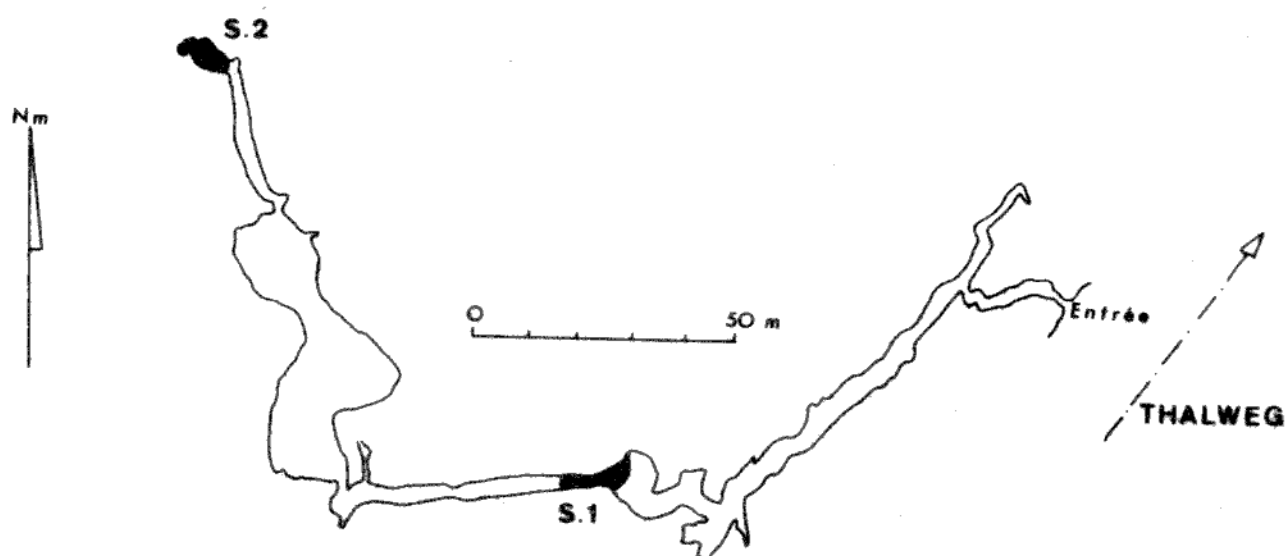


D'APRES LEVES B. KLINGENTUSS



D'APRÈS LEVÉS B. KLINGENFUSS

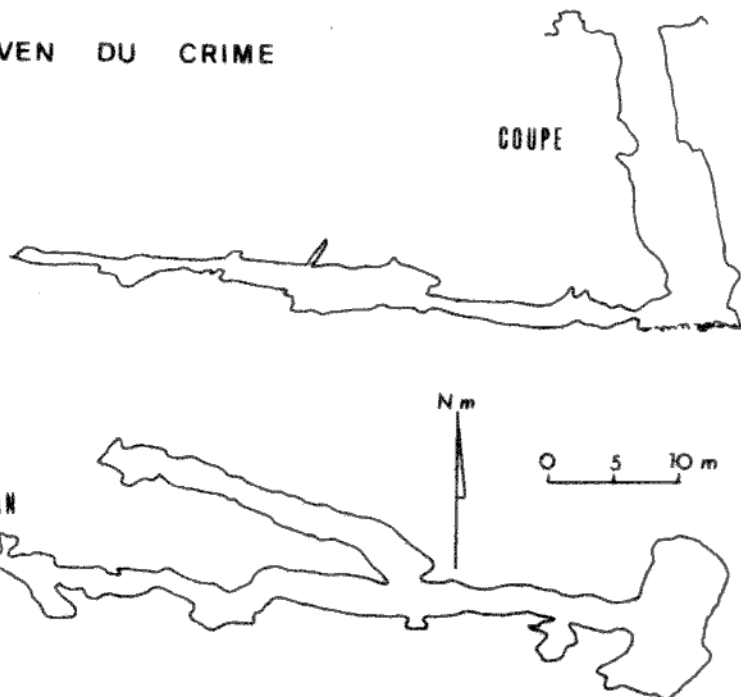
EVENT DE LA BOURBOUILLE



AVEN DU CRIME

COUPE

PLAN



AVEN DU LAPIAZ

N m

0 2 4 m

PLAN



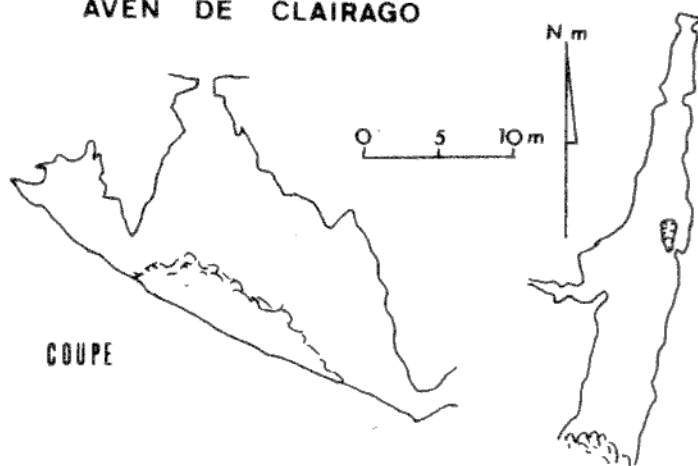
AVEN DE CLAIRAGO

N m

PLAN

0 5 10 m

COUPE



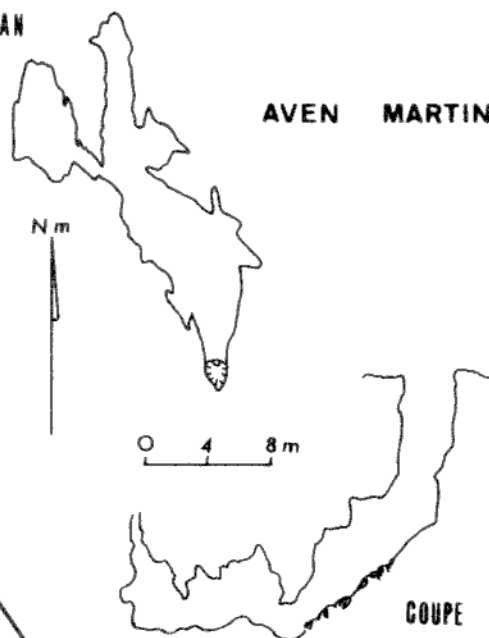
PLAN

AVEN MARTIN

N m

0 4 8 m

COUPE



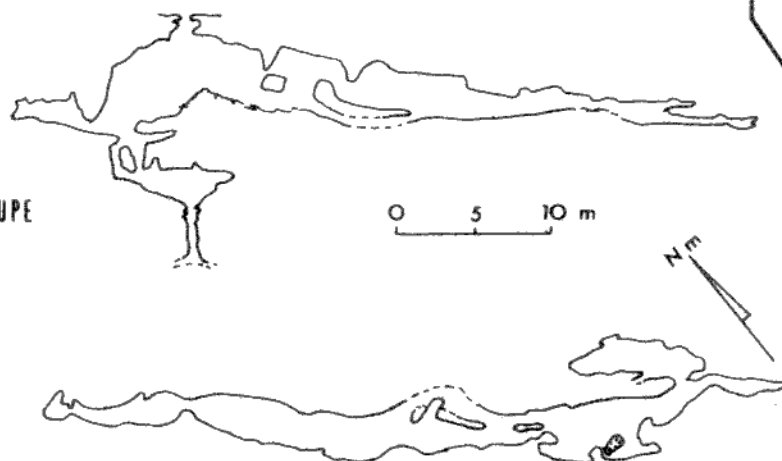
AVEN CREGUT

COUPE

0 5 10 m

N m

PLAN



TOPOGRAPHIES

D'APRES LEVES DE

B. KLINGENFUSS

réseaux de fissures et de chenaux karstiques qui sont dans cette région particulièrement développés.

Il a été mis en évidence par les topographies spéléologiques que nous avons plusieurs systèmes hydrologiques apparemment indépendants. Il s'agit :

- Event de Peyrejal-Goule de Sauvas, qui semble être le cours souterrain de la Claysse.
- Aven de la Cocalière-Résurgence de Côtepatière, qui semble drainer la zone Sud-Ouest du bassin versant (région de Courry). Elle est probablement en relation avec la perte du Valat de la Font.
- Event et Baume de Chazelle, associé au Peyrol de Chazelle, semble drainer la région Sud.
- Réseau de l'aven du Tégoul, semble drainer la partie Nord Est de la cuvette. L'aven du Tégoul est un puits d'une trentaine de mètres retombant sur un écoulement pérenne. En crue, l'aven "dégueule" et alimente un ruisseau se jettant dans la Claysse au niveau du Moulin de Pichegru.
- Réseau relatif à l'exurgence de la Bouteyrolle, peut-être en relation avec les avens Chalvet et de Layrot, drainerait dans ce cas la partie Nord de la cuvette.
- Réseaux relatifs aux résurgences de la Bourbouille et de la Lauzette qui semblent être des réseaux perchés, draineraient la partie Sud-Est.

L'exutoire de l'ensemble de ces systèmes étant la résurgence pérenne du Moulin de Pichegru.

Mais cette séparation des différents réseaux est remise en question par les résultats des plongées spéléologiques qui ont mis en évidence la jonction au niveau du karst noyé du Goule de Sauvas et de l'aven de la Cocalière. Il en va de même au Peyrol de Chadouillet où les galeries noyées prennent la direction du réseau de Chazelle.

Deplus, les résultats d'une coloration qui aurait été effectuée en 1969 par les élèves de l'école des Mines d'Alès, nous indiquent que le colorant, injecté à la Goule de Sauvas, est apparu en même temps (1 jour après) au Peyrol de Chadouillet et au Peyrol de Chazelle. Ce qui laisse supposer la communication de ces réseaux au niveau du karst noyé. Mais il faut toutefois rester prudent vis à vis des résultats de cette coloration vu que nous ne connaissons ni les auteurs, ni les conditions dans lesquelles elle a été faite.

On peut donc finalement considérer l'ensemble de la cuvette comme étant un système karstique dont l'exutoire principal serait la résurgence du Moulin de Pichegru. Ce système pouvant être décomposé en différents sous systèmes drainant des zones différentes.

D'autre part, ce système karstique est caractérisé par un étagement vertical; on y distingue :

- une zone près de la surface avec un nombre important de petites cavités correspondant à d'anciens réseaux démantelés par l'érosion.
- * en dessous, on a un étage de vastes galeries sèches avec un concrétionnement abondant, qui ne sont envahies par les eaux que lors des crues exceptionnelles (la galerie aménagée de la Cocalière appartient à cet étage).
- un peu plus bas, on a un réseau actif uniquement en hautes eaux, aux galeries de grandes dimensions. C'est le cas des galeries de la Cocalière basse, de l'évent de Peyrejal, de la Goule de Sauvas, qui ne coulent qu'en crue.

- en dessous, on a le karst noyé en permanence (zone saturée) qui alimente la résurgence du Moulin. Ce karst noyé est accessible en différents points des réseaux (Peyrejal,...) et notamment au Peyrol de Chadouillet où une tentative de pompage (MARTI - 1953) a échoué, le niveau d'eau s'étant stabilisé.

Il est intéressant de noter que lors d'importantes précipitations, les vastes galeries susjacentes au karst noyé se mettent en charge très rapidement, cela malgré leurs dimensions. Il a été enregistré en 1976 à la Grotte aménagée de la Cocalière une mise en charge de 60 mètres (RENAULT).

- - - o o 0 o o - - -

RESULTATS DE LA COLORATION

Auteurs : élèves de l'école des Mines d'Alès

Date d'injection : le 20 Mars 1969

Colorant utilisé : Fluoresceine sodique (détection au charbon actif)

Lieu d'injection : probablement la Goule de Sauvas

	21-3-69	23-3-69	26-3-69	2-4-69	10-4-69
Bartroune	++	++	++	+	à sec
Fte Peyrejal	à sec	à sec	à sec	à sec	à sec
Peyrol de Chadouillet	++	-	++	-	0
Event de Peyrejal	à sec	-	++	à sec	à sec
Vezon	-	0	++	0	0
Bouteyrolle	-	0	(+)	à sec	à sec
Peyrol de Chazelle	++	0	0	0	+
Pichegru	-	+	++	+	0
Moulin aval	-	++	++	++	++

++ : résultat très positif à l'analyse immédiate

+ : résultat positif (apparition après un jour de mise en solution)

(+) : trace probable après deux jours de mise en solution

0 : négatif

- : pas de relevés

Entre la 1° et la 2° visite: orage important.

A la 1° visite : débit à la goule = 300 l/s, 3° visite : décrue,

4° visite (décrue) : 270 l/s, 5° visite : période sèche.

ANALYSE STATISTIQUE DES GALERIES SPELEOLOGIQUES

A partir des topographies spéléologiques existantes, nous avons fait l'analyse statistique des directions de galeries pour les cavités suivantes :

- . Event de Peyrejal-Coule de Sauvas : 242 galeries,
6730 mètres.
- . Grotte de la Cocalière-Côtepatière (partie basse)

Nous ne disposons pas de la topographie des réseaux aménagés. 144 galeries 4450 mètres.

- . Event et Baume de Chazelle : 100 galeries
2710 mètres

L'analyse a été effectuée au laboratoire d'hydrogéologie (Université des Sciences et Techniques du Languedoc-Montpellier) sur un petit ordinateur (Hewlett Packard 9845 B) équipé d'une table traçante.
Programme mis au point par G. Brière et D. Lejay.

Nous avons les résultats de l'analyse - du nombre de fractures (ou plutôt galeries) en fonction de l'orientation
- de la longueur de galeries
en fonction de l'orientation.

Les résultats sont exprimés en % et nous avons utilisé une classe de dix degrés vu la relativement bonne précision des plans spéléologiques.

On remarque que sur ces histogrammes, il n'y a pas de familles de galeries nettement prédominantes, mis à part pour le réseau Event-Baume de Chazelle. Mais il est préférable de rester prudent vis à vis des résultats de ce dernier vu qu'il s'agit d'un réseau pas très développé (moins de 3000 m.).

Cette relative homogénéité de la répartition des galeries est sûrement due au fait que de nombreuses galeries ont été creusées au dépend de joints de stratification.

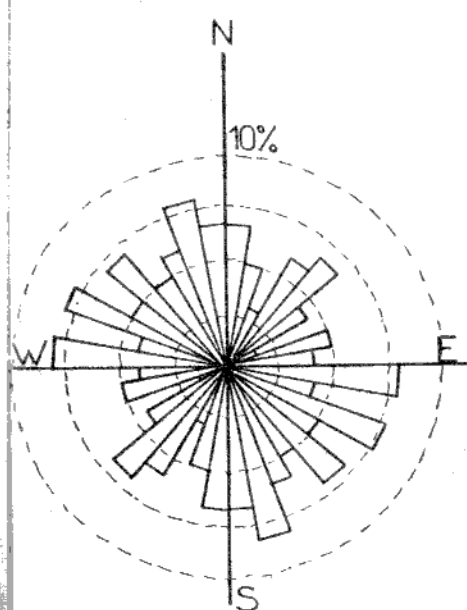
On distingue cependant une famille que l'on retrouve pratiquement partout : N 120 - N 150, ainsi que la direction N 000 - N 010 et N 030 - N 050 sauf dans le réseau Peyrejal-Sauvas. On peut également remarquer dans le réseau de Peyrejal-Sauvas une famille N 080 - N 110.

La corrélation entre la fracturation (voir chapitre microtectonique) et les galeries spéléologiques n'est pas très nette. On peut cependant retrouver dans les répartitions des galeries, certaines directions de fracturation comme : N 000 - N 010, N 030 - N 040, N 120 - N 130, N 170 - N 180, mais qui ne sont pas très marquées.

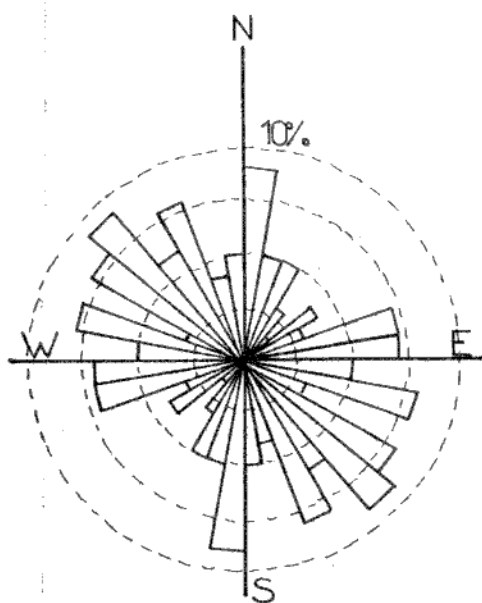
On remarque par contre que l'axe du drainage souterrain et le pendage des strates ont un effet sur cette répartition. Ainsi le réseau de Chazelle présente des maximum dans le quart Nord-Est, et celui de Peyrejal Sauvas dans le quart Sud-Est.

Il aurait été très intéressant d'analyser la fracturation à partir des photos aériennes et de comparer avec les résultats obtenus ci-dessus.

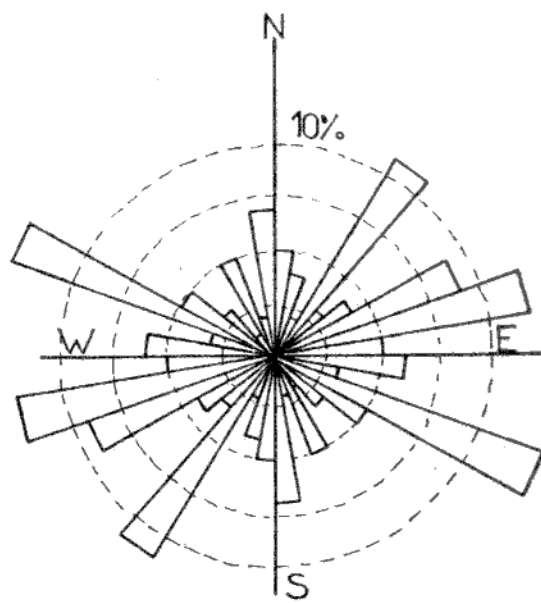
LONGUEUR DE GALERIES EN FONCTION DE L'ORIENTATION



Cocalière (basse)
Côtepatière
L=4450m

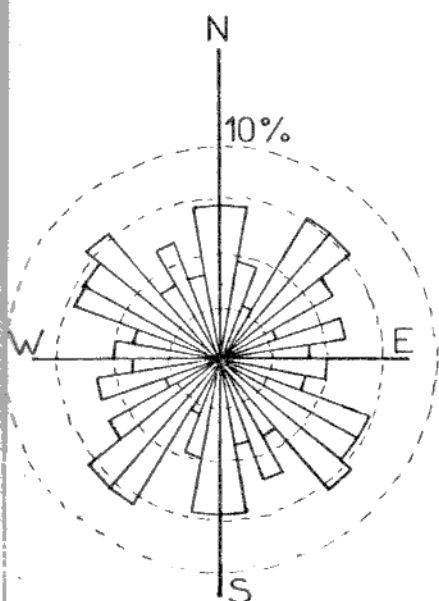


Peyrejal
Sauvas
L=6130m

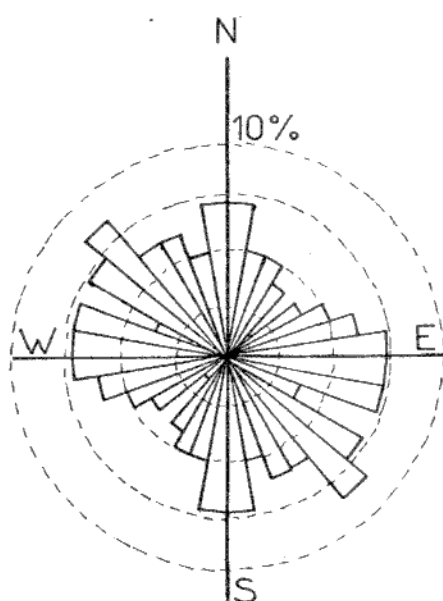


Chazelle
L=2710m

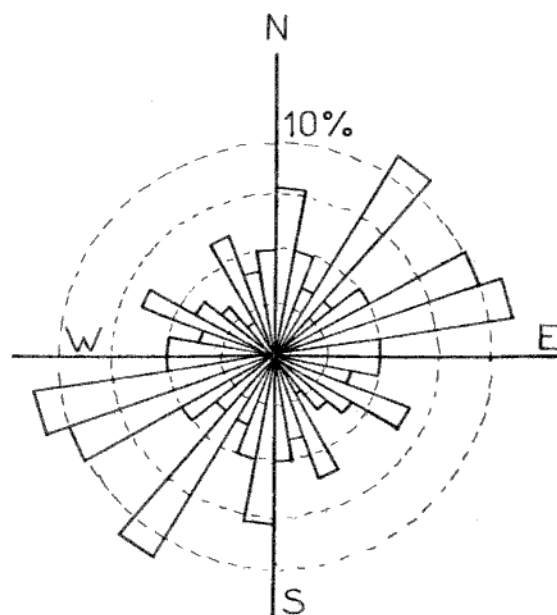
NOMBRE DE GALERIES EN FONCTION DE L'ORIENTATION



Cocalière (basse)
Côtepatière
n = 144



Peyrejal
Sauvas
n = 242



Chazelle
n = 100

ETUDE DE LA RESURGENCE DU MOULIN

SITUATION

La résurgence du Moulin de Pichegru se trouve à 400 mètres au Sud-Est du hameau de Pichegru (St André de Cruzières - Ardèche). Elle alimente la Claysse de façon pérenne. La cote du plan d'eau au niveau de la résurgence est à 148 mètres d'altitude. Cette résurgence est en réalité composée de plusieurs exutoires disséminés sur les bords du canal d'amenée d'eau au moulin.

L'exutoire principal se trouvant au bout de ce canal est une vasque de 4 à 5 mètres de diamètre environ et de 5 mètres de profondeur. Les plongeurs spéléologues ont été arrêtés par des étroitures impénétrables.

Une partie des exutoires secondaires sont des griffons temporaires situés en bordure du canal. Ces griffons ne fonctionnent qu'en période de hautes eaux. C'est sur un de ces griffons (le plus en amont), situé à 8 mètres du canal qu'a été installée la station de pompage pour le village de St André de Cruzières.

Il existe d'autres exutoires secondaires au niveau du canal, mais ils sont difficilement décelables en raison de la végétation. L'un de ceux-ci se trouvant dans le tiers aval du canal a attiré notre attention en raison des signes évidents de pollution qu'il manifestait.

Le moulin, un des rares en France à utiliser encore des meules en pierre taillée, utilise en partie l'énergie hydraulique de l'écoulement de la résurgence (l'autre partie étant fournie par des moteurs électriques). Quand le moulin marche, cela se traduit par des manoeuvres de vannage sur le barrage, ce qui aura pour conséquence des variations de débit en aval et des variations de hauteur du plan d'eau en amont qui seront enregistrées par nos limnigraphes.

HISTORIQUE

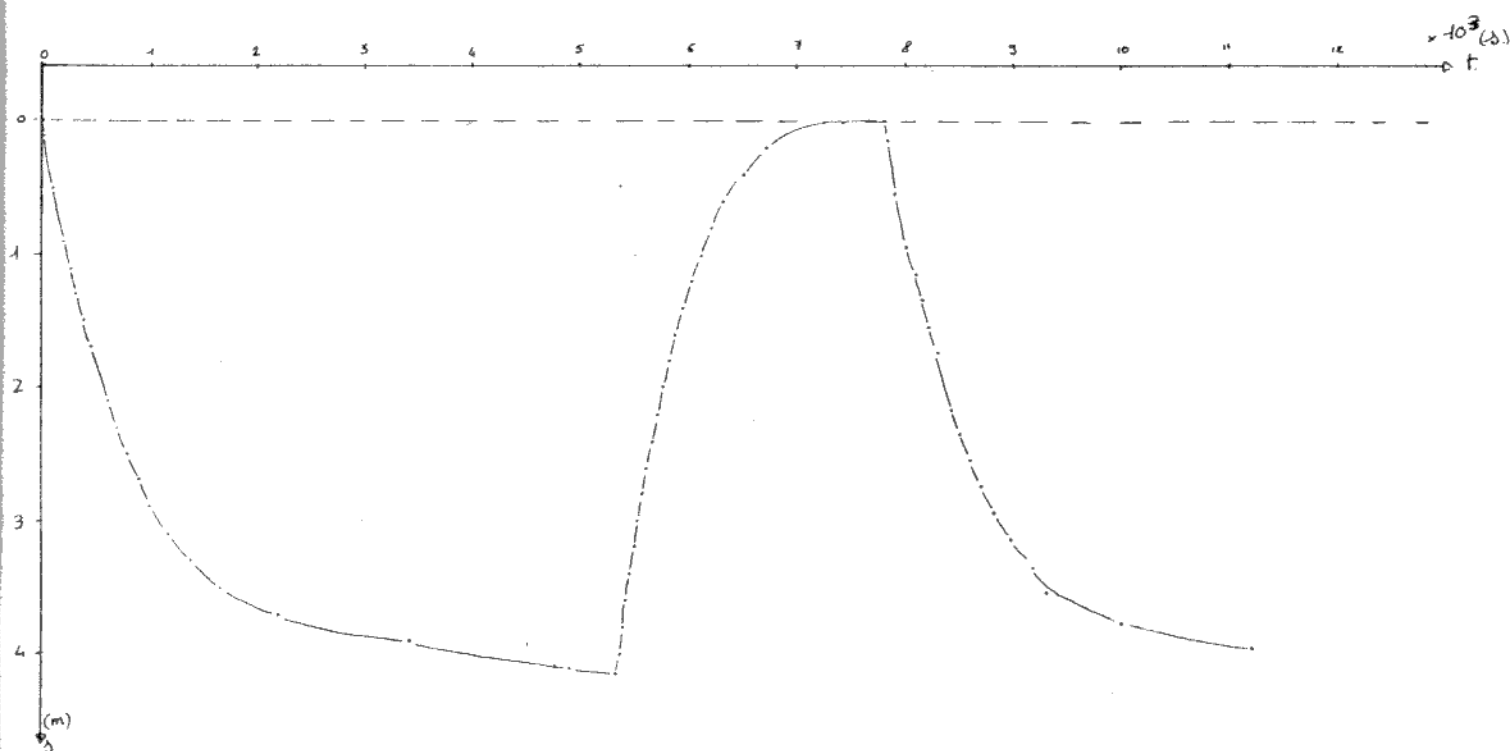
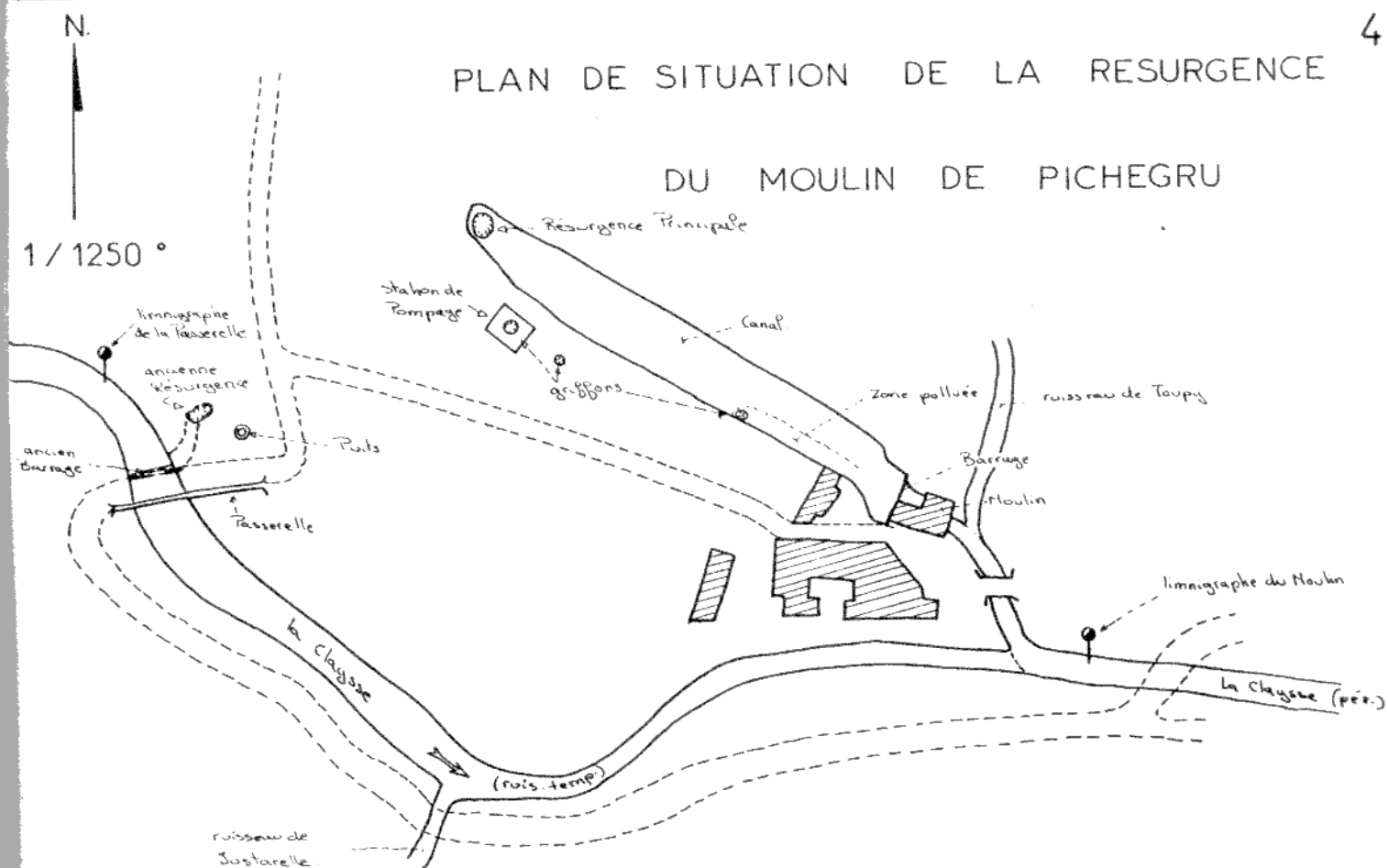
Nous allons faire un peu d'histoire car il s'est passé au sujet de ce moulin une anecdote non dépourvue d'intérêt hydrogéologique.

Le moulin de Pichegru, qui est installé sur les bords de la Claysse depuis fort longtemps (du temps des Templiers d'après le propriétaire : M. MAURIN) était alimenté par des conduites prélevant l'eau de la source au niveau d'un petit barrage. Mais cette source originelle était à l'époque en amont de la passerelle (voir plan de situation). Pour augmenter la hauteur d'eau au moulin, un des aïeux de M. MAURIN décida de relever le niveau du barrage de quelques décimètres. Ce qui eu pour conséquences, non pas de faire monter le plan d'eau du barrage, mais de créer une nouvelle résurgence en plein champ (résurgence actuelle). Il fallut creuser un canal et déplacer le moulin pour que tout rentre en ordre.

Ceci est explicable par le fait que l'augmentation du niveau d'eau derrière le barrage s'est traduite par une augmentation de la charge hydraulique au niveau du karst noyé. Le toit marneux du Valangien qui était probablement peu épais à cet endroit a cédé, s'accompagnant

PLAN DE SITUATION DE LA RESURGENCE

DU MOULIN DE PICHEGRU



- POMPAGE D'ESSAI -

Coord. arithm.

de la création de la nouvelle résurgence.

L'ancienne source ne fonctionne plus qu'en période de hautes eaux.

ANALYSE DE LA FLORE AQUATIQUE

Comme nous l'avons déjà signalé, un des exutoires secondaires se jettant directement dans le canal a des apparences nettes de pollution, qui ne sont pas visibles dans l'exutoire principal. Pour essayer de prouver ce qui en fait n'était que subjectif, M. RENAULT nous a conseillé de faire identifier la flore aquatique.

Nous avons donc prélevé des échantillons de flore dans l'exutoire principal et dans l'exutoire secondaire un peu plus en aval. Ces échantillons ont été analysés à l'institut de Botanique et à l'U.S.T.L. par MM. BOMPAR & LEURET.

Nous avons obtenus les résultats suivants :

Exutoire principal

- *Héliosciadium nodiflorum* (Ombellifère). Très développé. recouvre entièrement le canal.

- *Fontinalis antipyretica* (Bryophyte). Peu développé.

- *Ranunculus tripartitus* (Renoncule)

- *Alisma plantago* (Alismacées)

- *Sparganium ramosum* (Sparganiacées)

Exutoire secondaire

- *Héliosciadium nodiflorum* (Ombellifère). Peu développé.

- *Fontinalis antipyretica* (Bryophyte). Beaucoup plus développé, associé avec une algue verte.

- *Cladophora* sp. . (Algue verte).

- *Alisma plantago* (Alismacées)

- *Sparganium ramosum* (Sparganiacées)

- *Potamogeton densus* (*P. oppositifolius*). Très développé et remplace l'*Héliosciadium nodiflorum*.

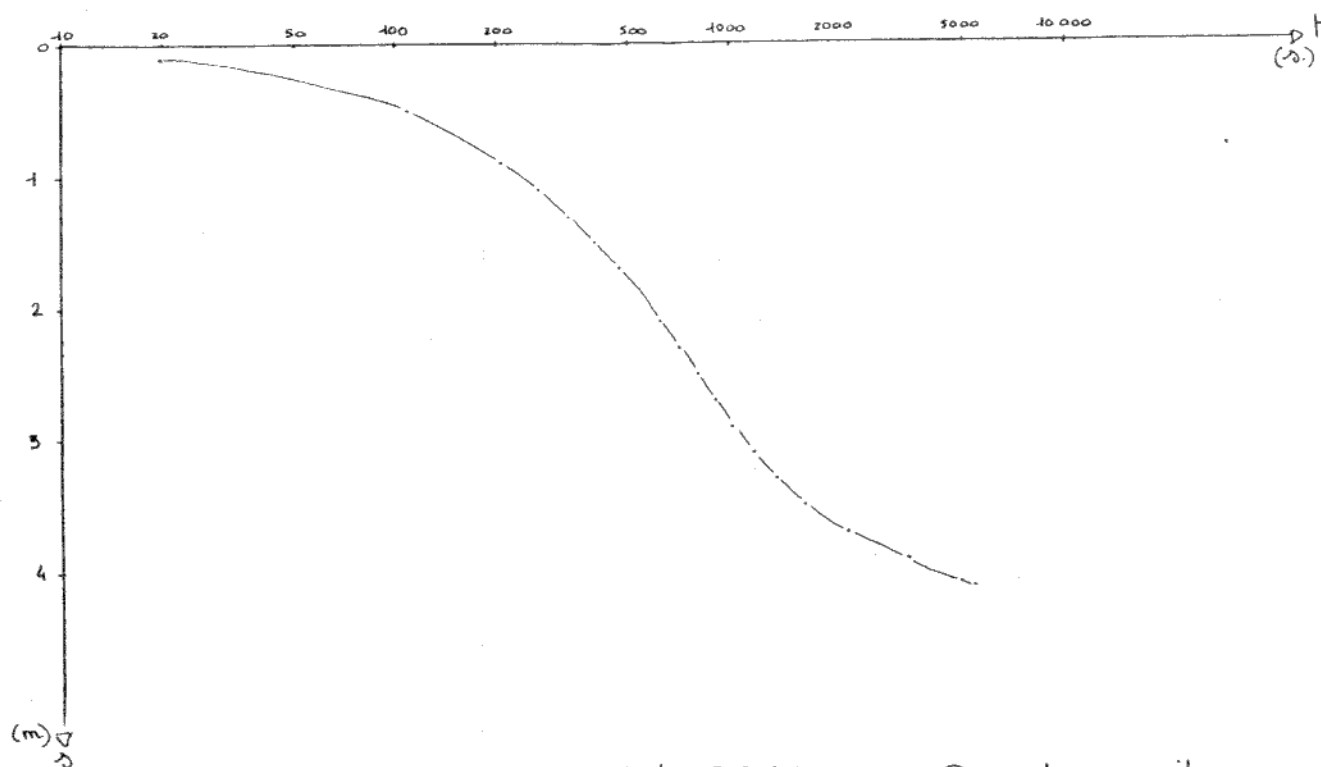
- très nombreuses Diatomées.

- On remarque en plus l'abondance de petits poissons (verons).

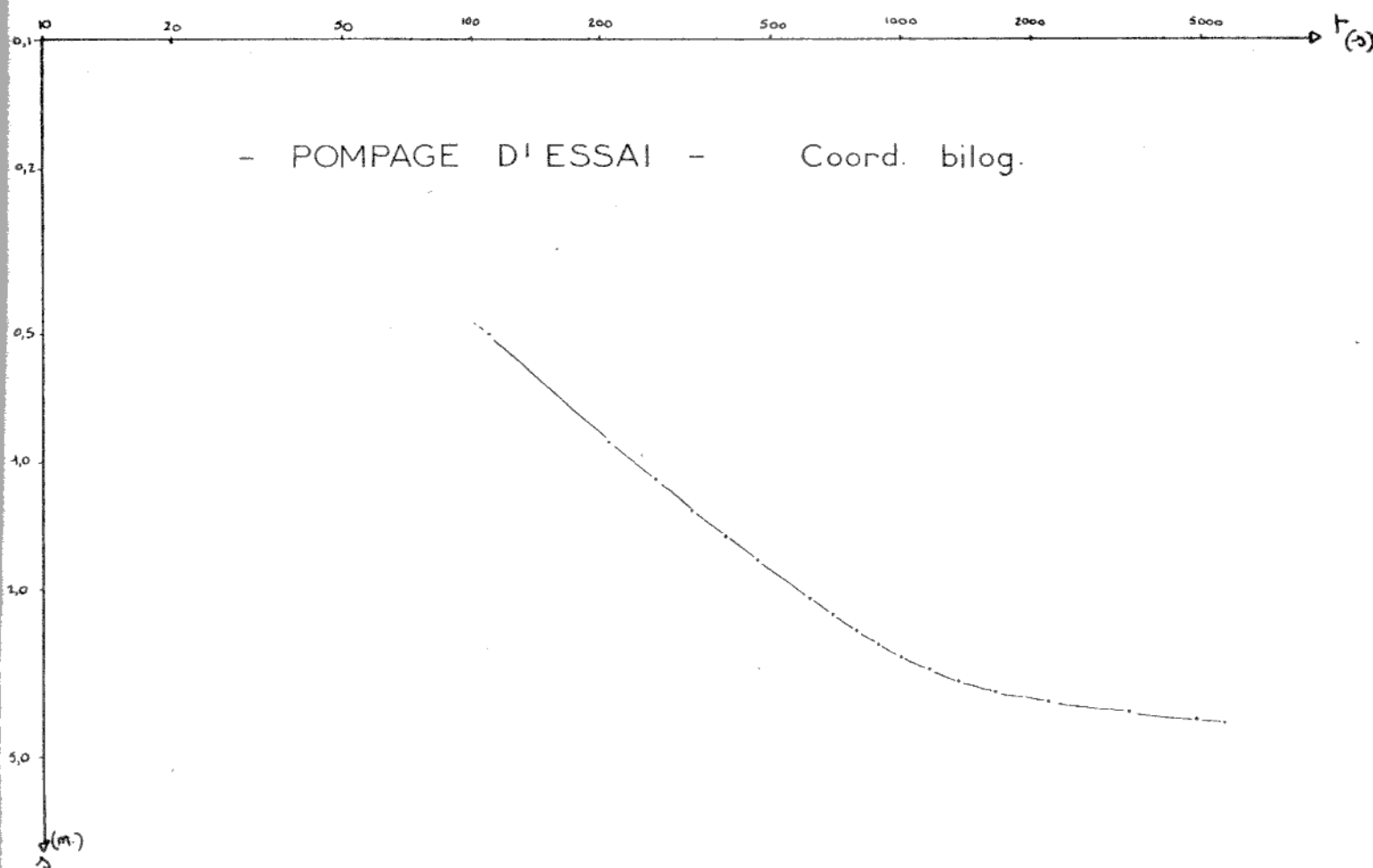
En comparant ces deux résultats, on remarque qu'il existe des plantes que l'on retrouve dans les deux milieux sans que celles-ci aient de changements apparents (*Alisma p.* et *Sparganium r.*). Par contre d'autres espèces disparaissent progressivement et sont remplacées par d'autres (*Potamogeton d.* remplace l'*Héliosciadium n.*).

On remarque surtout l'apparition d'algues (*Cladophora*), le développement plus important des mousses (*Fontinalis a.*), l'absence de renoncule et enfin la prolifération de Diatomées et de poissons dans le second milieu.

Toutes ces observations nous prouvent que nous avons deux milieux écologiquement différents. Il semble évident que le second milieu correspond à une zone plus riche en apports nutritifs. Il est possible que cet exutoire corresponde à la réapparition à l'air libre de la perte de St Paul le Jeune, très polluée par les eaux vannes de ce



- POMPAGE D'ESSAI - Coord. semilog.



- POMPAGE D'ESSAI - Coord. bilog.

village.

Mais ceci nous pose le problème de l'hétérogénéité du milieu karstique. En effet, cela revient à dire qu'au niveau de l'exutoire, il existe encore des chenaux bien individualisés sans rapport apparent les uns avec les autres.

POMPAGE D'ESSAI

Nous disposons des résultats des pompages d'essai effectués sur le griffon où est installée la station de pompage de St André de Cruz.

Le pompage a été effectué le 4 Janvier 1957 par le cabinet MERLIN directeur des travaux.

La pompe utilisée est une pompe centrifuge à moteur électrique. L'eau pompée est refoulée dans le bief du moulin à 30 mètres de l'ouvrage. La pompe débite $68 \text{ m}^3/\text{h}$ (soit 19 l/s), débit vérifié avec un bac jaugé de 170 litres.

A 10 h 30 mn : température air extérieur : 6°C .
température eau sortie refoulement : 14°C .
température eau du bief : 13°C .

- 9 h 10 mn : début du pompage à $68 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 10 h 39 mn : stabilisation à - 4,15 m. Arrêt du pompage.
- 11 h 14 mn : le niveau d'eau est remonté à son point de départ.
- 11 h 20 mn : début du deuxième pompage, débit $68 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 11 h 57 mn : stabilisation à - 3,92 m. Arrêt de l'essai par pompage.

Interprétation des courbes

Avant toute interprétation des courbes, il faut se rendre compte que le puits où l'on pompe représente un volume d'eau non négligeable par rapport au débit pompé. En tenant compte du volume du puits ($12,5 \text{ m}^3$) et du débit pompé (19 l/s), il faut attendre environ 700 secondes pour vider l'eau du puits.

Sur la courbe du rabattement en fonction du temps (coordonnées arithmétiques), on observe un semblant de stabilisation. En coordonnées semilogarithmiques, la stabilisation n'est pas évidente du tout. L'effet de capacité du puits se faisant sentir jusqu'à 700 secondes, on peut remarquer l'ébauche d'une droite à partir de cette valeur. Malheureusement le pompage n'ayant pas duré assez longtemps, il faut mieux rester prudent quant à l'interprétation de cette droite. Si on admet que les quatre dernières valeurs de la courbe du rabattement en fonction du logarithme du temps correspond à la droite de JACOB, on obtient les résultats suivants :

$n = 4$
 r (coefficient de corrélation) = 0,999
 s (pente de la droite) = 1,18

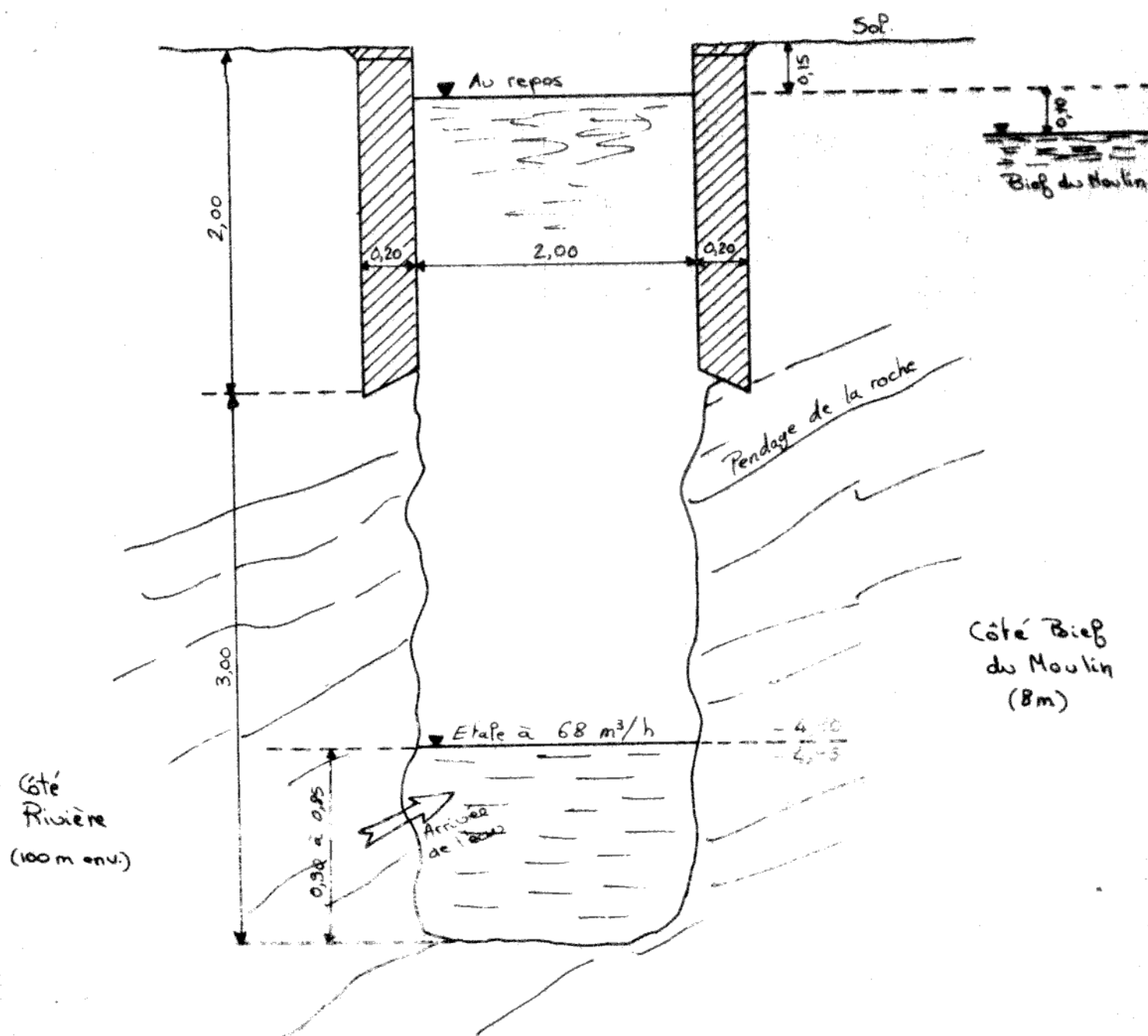
d'où il est possible d'évaluer une "transmissivité" $T = 3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Nous avons essayé de construire la courbe $\log s = f(\log t)$ car quand on pompe dans un chenal à perméabilité plus grande que l'encaissant (cas des aquifères karstiques), on obtient avec de telles coordonnées une droite. Ici nous obtenons effectivement une droite, mais celle-ci correspond au volume du puits.

Il est curieux de noter l'absence d'une réelle stabilisation du niveau d'eau alors que le bief du moulin n'est qu'à 8 mètres et la Claysse, qui coulait lors de l'essai par pompage, qu'à 100 mètres.

Deplus, le fait d'avoir obtenu un rabattement de 4 mètres dans

COUPE DU SONDAGE



ce griffon, alors qu'il n'y a pas eu de rabattement apparent dans le bief du moulin semble confirmer le fait qu'il n'y a pas de communication évidente entre les différents exutoires de ce système.

Par contre, M. MAURIN nous a raconté qu'il y a environ 15 ans, pour effectuer des travaux sur la Claysse au niveau de la passerelle, ils avaient pompé à gros débit sur la résurgence principale. Le rabattement avait été rapidement stabilisé à environ - 4 mètres et aussitôt tous les plans d'eau existant sur la Claysse avaient été asséchés. Le rabattement n'a ensuite plus évolué pendant les huit jours qu'ont duré les travaux.

Ceci tendrait donc à nous prouver l'existence de liaisons entre tous ces plans d'eaux et la résurgence.

ETUDE HYDROMETRIQUE

EQUIPEMENT DE LA RESURGENCE (voir plan de situation)

La Claysse a été équipée de deux limnigraphes (réduction au 1/5) associés à des échelles limnimétriques, l'un étant sur la Claysse pérenne en aval du moulin de Pichegru (limnigraphe du moulin), l'autre sur la Claysse temporaire en amont du moulin (limnigraphe de la passerelle).

Le but de ces deux limnigraphes est d'évaluer le débit total de la résurgence en soustrayant ~~aux~~ débits obtenus à partir des enregistrements du moulin, ceux obtenus à partir des enregistrements de la passerelle. Ceci est vrai à condition qu'il n'y ait pas d'apport d'eau extérieur entre ces deux limnigraphes, ce qui n'est pas le cas.

En effet, le ruisseau temporaire de la Justarelle, alimenté par la résurgence de la Bourbouille ainsi que le ruisseau de Toupuy, alimenté lors des crues exceptionnelles par l'aven du Tégoul, viennent se jeter en période de crue, dans la Claysse entre les deux stations limnimétriques. Mais ceci ne sera en fait pas trop gênant, vu qu'en crue, la courbe de tarage de la station du moulin ne nous permet pas d'évaluer le débit.

Il existe également une échelle limnimétrique sur le pont de St Sauveur de Cruzeières. Malheureusement, nous n'avons aucun relevé à son sujet.

Toutes ces stations ont été équipées par le Service Régional d'Aménagement des Eaux (S.R.A.E.) de Valence (région Rhône-Alpes) et ont fonctionné du 18 Mars 1975 au 20 Octobre 1977 pour la station du moulin et du 23 Mai 1975 au 20 Octobre 1977 pour la station de la passerelle. Les limnigraphes ont été enlevés, mais il reste à l'heure actuelle les trois échelles limnimétriques, ce qui pourrait nous permettre de refaire des jaugeages de la rivière.

COURBES DE TARAGE (voir planches)

Station du Moulin

Pour les faibles débits, les valeurs sont assez dispersées, ceci vient du fait que le lit de la rivière, formé à cet endroit d'alluvions, est souvent remanié par les crues. D'autre part, l'abondance de la végétation s'y trouvant au printemps et en été perturbe également la relation hauteur-débit.

Pour les débits plus élevés, la précision est meilleure, mais le manque de valeurs pour les forts débits empêche toute interprétation au delà d'une hauteur de 0,75 m.

En coordonnées bilogarithmiques, nous obtenons une droite aux caractéristiques suivantes :

nombre de points	$n = 14$
coefficient de corrélation	$r = 0,95$
pente de la droite	$s = 1,85$
ordonnée à l'origine	$i = 0,65$

soit une droite d'équation : $\log Q = 1,85 \log H + 0,65$
d'où on tire l'équation de la courbe de tarage :

$$Q = 4,52 H^{1,85}$$

RESULTATS DES Jaugeages

STATION : MOULIN

RIVIERE : CLAYSE

h (Méthode de mesure Courbe de tarage n.° 1)

(m) mp: Moulinet sur perche

ms: " " saumon

Valable du

19 au

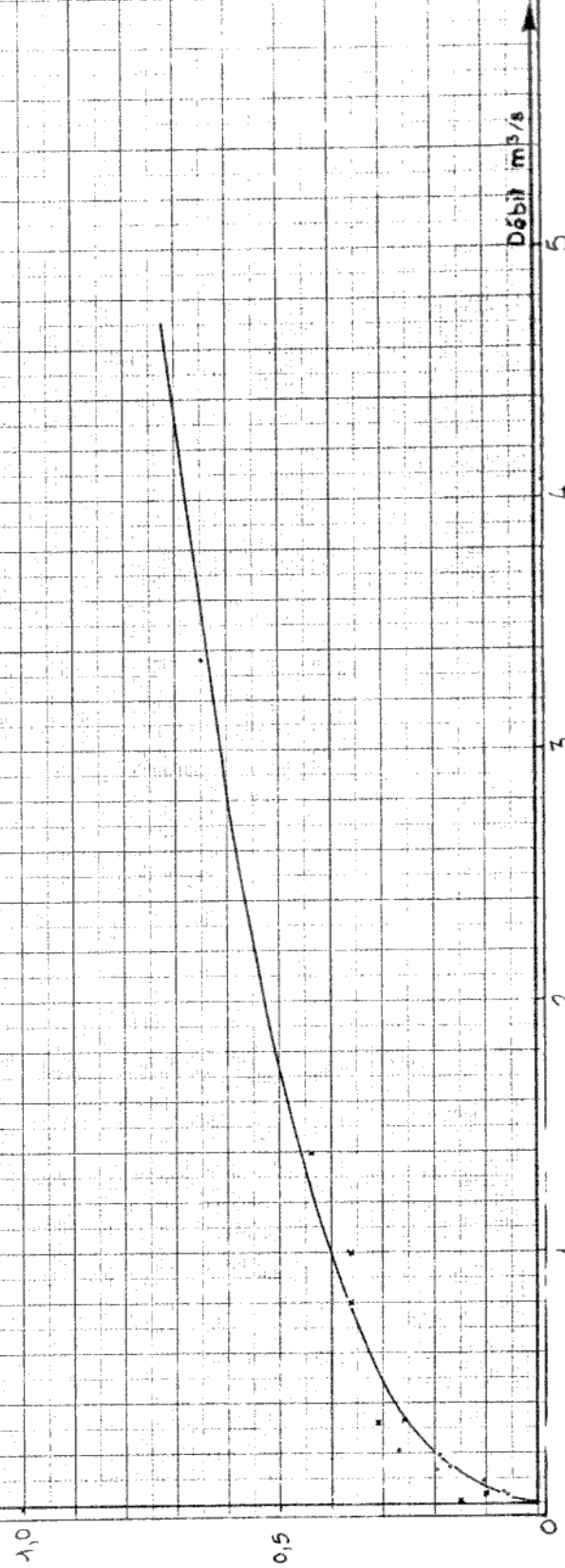
19

c: Chimique, etc.

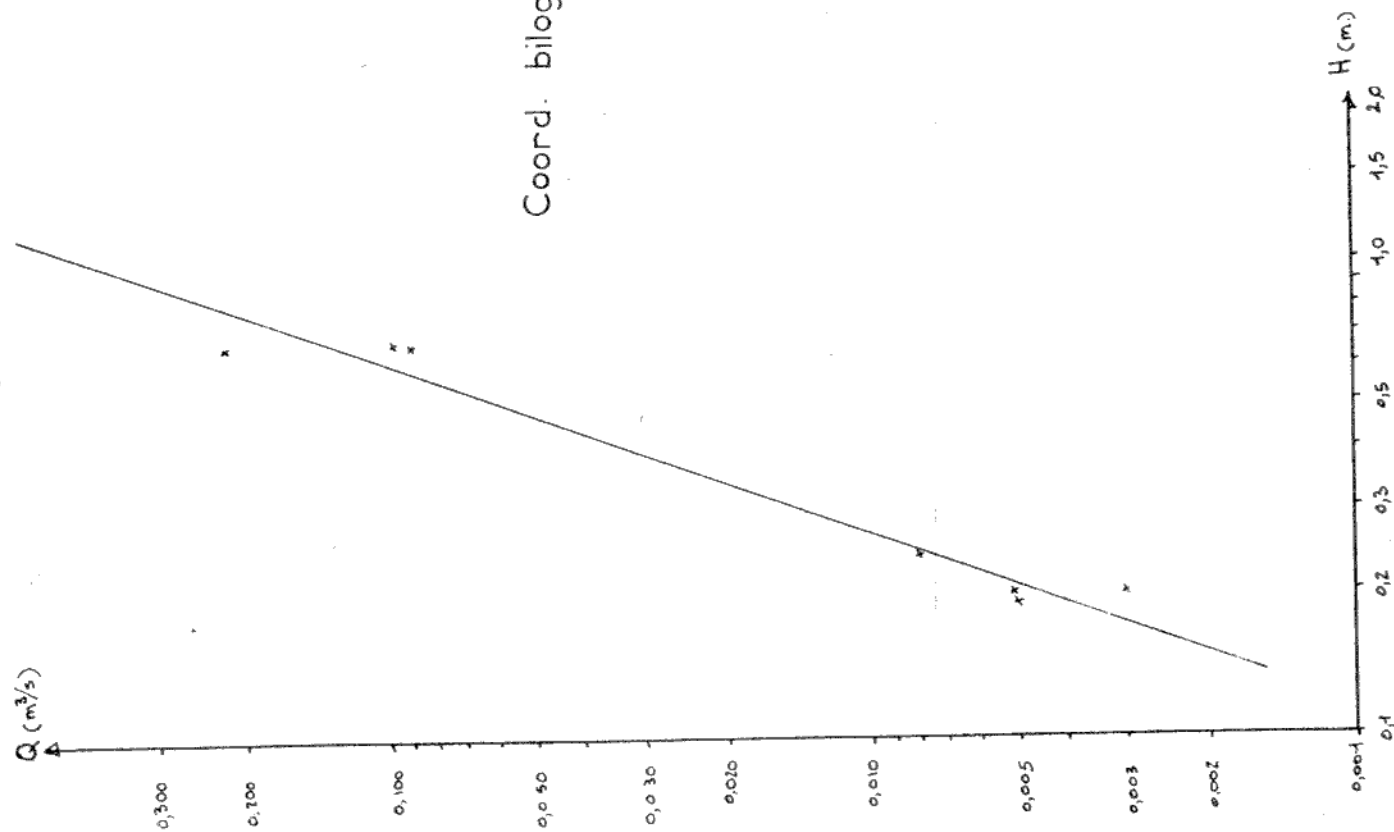
N°	DATE	h (m) actuelle	h (m) limit	DEBIT m³/s	N°
1	23/5/73	0,065	0,065	0,046	SRAE
2	19/7/75	0,06	0,06	0,038	SRAE
3	1/10/75	0,44	0,44	1,397	P.R.
4	14/10/75	0,105	0,105	0,030	SRAE
5	28/10/75	0,041	0,10	0,036	P.R.
6	29/11/75	0,19	0,17	0,1365	
7	23/1/76	0,195	0,155	0,138	SRAE
8	24/3/76	0,27	0,26	0,205	SRAE
9	30/4/76	0,17	0,17	0,142	SRAE
10	11/8/76	0,15	0,15	0,042	P.R. (Flotteur)
11	11/9/76	0,36	0,37	1,0069	P.R.
12	15/10/76	0,36	0,37	0,8006	P.R.
13	21/10/76	0,65	0,65	3,364	SRAE
14	18/12/77		0,31	0,3185	P.R.
15	8/3/77	0,25	0,27	0,3253	P.R.

x : mesures effectuées par M. P. Renault (P.R.)

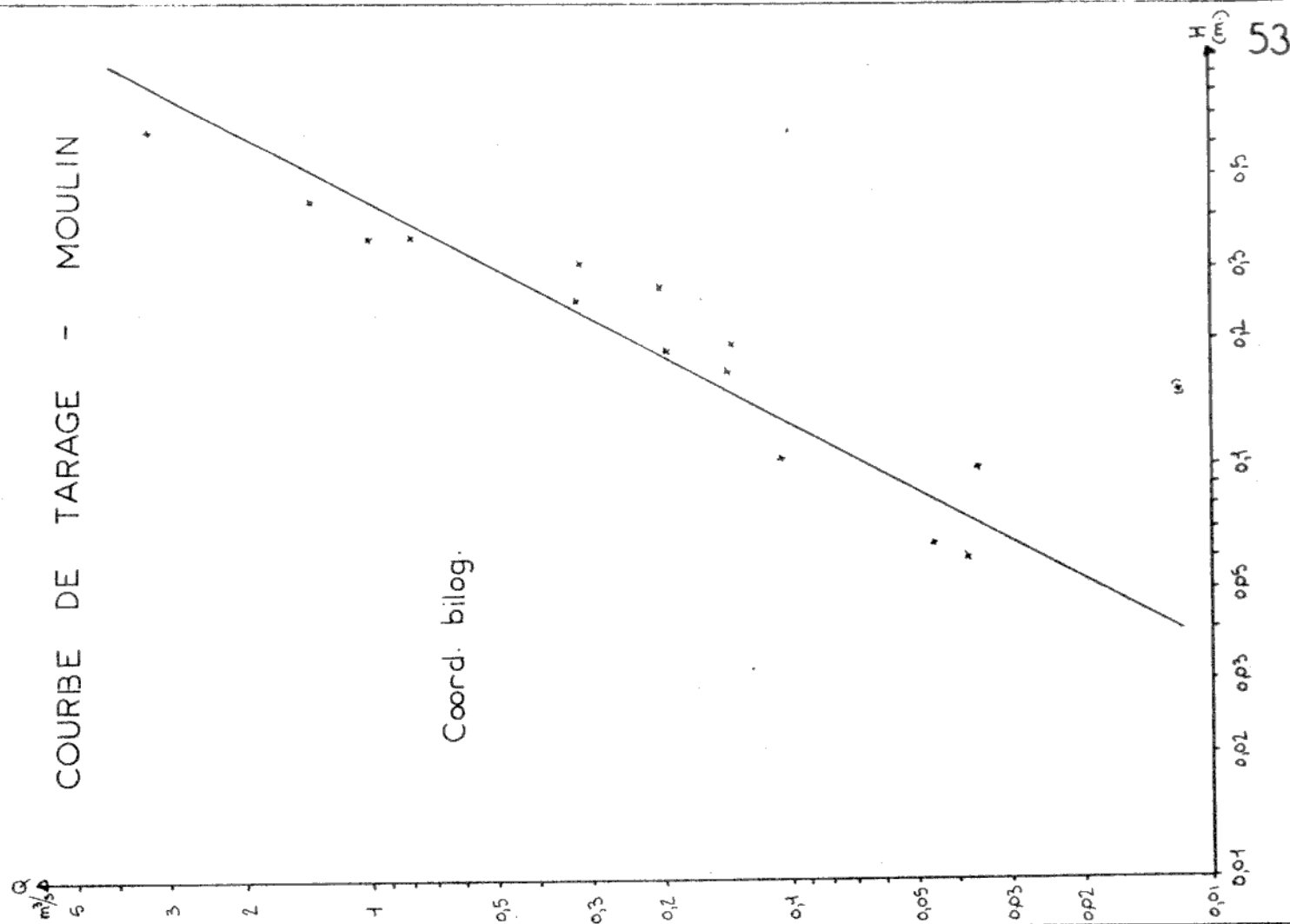
. : mesures effectuées par le SRAE Valence.



COURBE DE TARAGE - PASSERELLE



COURBE DE TARAGE - MOULIN



RESULTATS DES Jaugeages

STATION : **PASSERELLE**

RIVIERE : **CLAYSE**

②

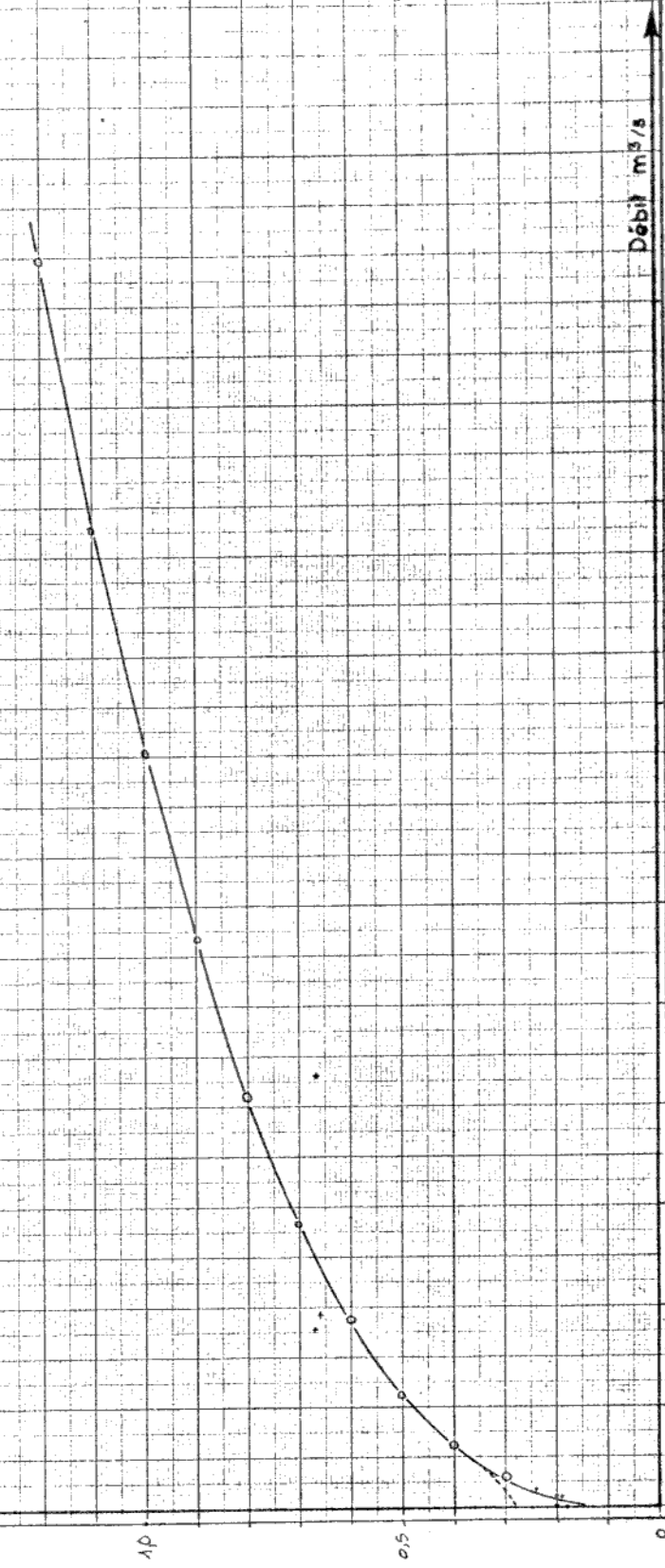
h (Méthode de mesure : Courbe de tarage n° 2)

mp : Moulinet sur perche
ms : " " saumon
c : Chimique, etc.

Valable du 19 au 19

N°	DATE	(1)	h (m) aval	h (m) amont	DEBIT m³/s	N°
1	23/5/75		0,13	0,18	0,005	SRAE
2	10/7/75		0,18	0,18	dec	SRAE
3	1/10/75		0,665	0,67	0,215	P.R.
4	14/10/75		0,20	0,20	0,0051	SRAE
5	28/10/75			0,18	dec	P.R.
6	20/11/75			0,28	dec	
7	23/1/76		0,20	0,20	0,003	SRAE
8	26/3/76		0,24	0,30	0,008	SRAE
9	1/5/76		0,67	0,67	0,0858	P.R.
10	15/10/76		0,66	0,68	0,0963	P.R.

- : mesures effectuées par M. P. Renaud (P.R.)
- : mesures effectuées par le SRAE de Valence
- : points théoriques calculés à partir de l'ajustement logarithmique



Pour le calcul des débits, nous avons utilisé la courbe de tarage en coordonnées arithmétiques, car l'ajustement bilogarithmique n'est qu'une approximation et nécessite pour être applicable des conditions assez strictes sur la station (déversoir, section d'écoulement...)

Station de la Passerelle

Nous ne disposons que de quelques valeurs de jaugeages dont la plupart correspondent à des débits très faibles (0 à 10 l/s). Etant dans l'impossibilité de tracer une courbe de tarage, nous avons essayé de voir si l'ajustement bilogarithmique correspondait à ces quelques valeurs. Le coefficient de corrélation obtenu étant très proche de 1, il nous a semblé qu'il était possible d'utiliser une courbe de tarage théorique obtenue à partir de l'ajustement bilog.

Nous avons en coordonnées bilogarithmiques une droite aux caractéristiques suivantes :

nombre de points	$n = 7$
coefficient de corrélation	$r = 0,98$
pente de la droite	$s = 2,74$
ordonnée à l'origine	$i = -0,42$

d'où une droite d'équation : $\log Q = 2,74 \log H - 0,42$

d'où on tire l'équation de la courbe de tarage :

$$Q = 0,38 H^{2,74}$$

Toutefois, l'utilisation d'une telle courbe doit être faite avec prudence vu le faible nombre de points considérés (7).

En théorie on a les équations suivantes :

$$\begin{aligned} Q &= k H^{1,5} && \text{pour des sections rectangulaires} \\ Q &= k H^2 && \text{pour des sections concaves en forme de} \\ &&& \text{segment parabolique} \\ Q &= k H^{2,5} && \text{pour des sections triangulaires} \end{aligned}$$

On remarque que la courbe de tarage du moulin ($Q = k H^{1,85}$) correspond bien à la théorie. On a en effet une section d'écoulement intermédiaire entre la section rectangulaire et la section parabolique. L'expression de la courbe de tarage de la passerelle ($Q = k H^{2,74}$), ce qui correspond à une section à peu près triangulaire, peut s'expliquer par le fait que le seuil était constitué par les restes de l'ancien barrage (aujourd'hui démolé), l'eau s'écoulant à travers les brèches du barrage. Mais ceci ne sera plus vrai en crue quand l'eau dépassera le niveau du barrage.

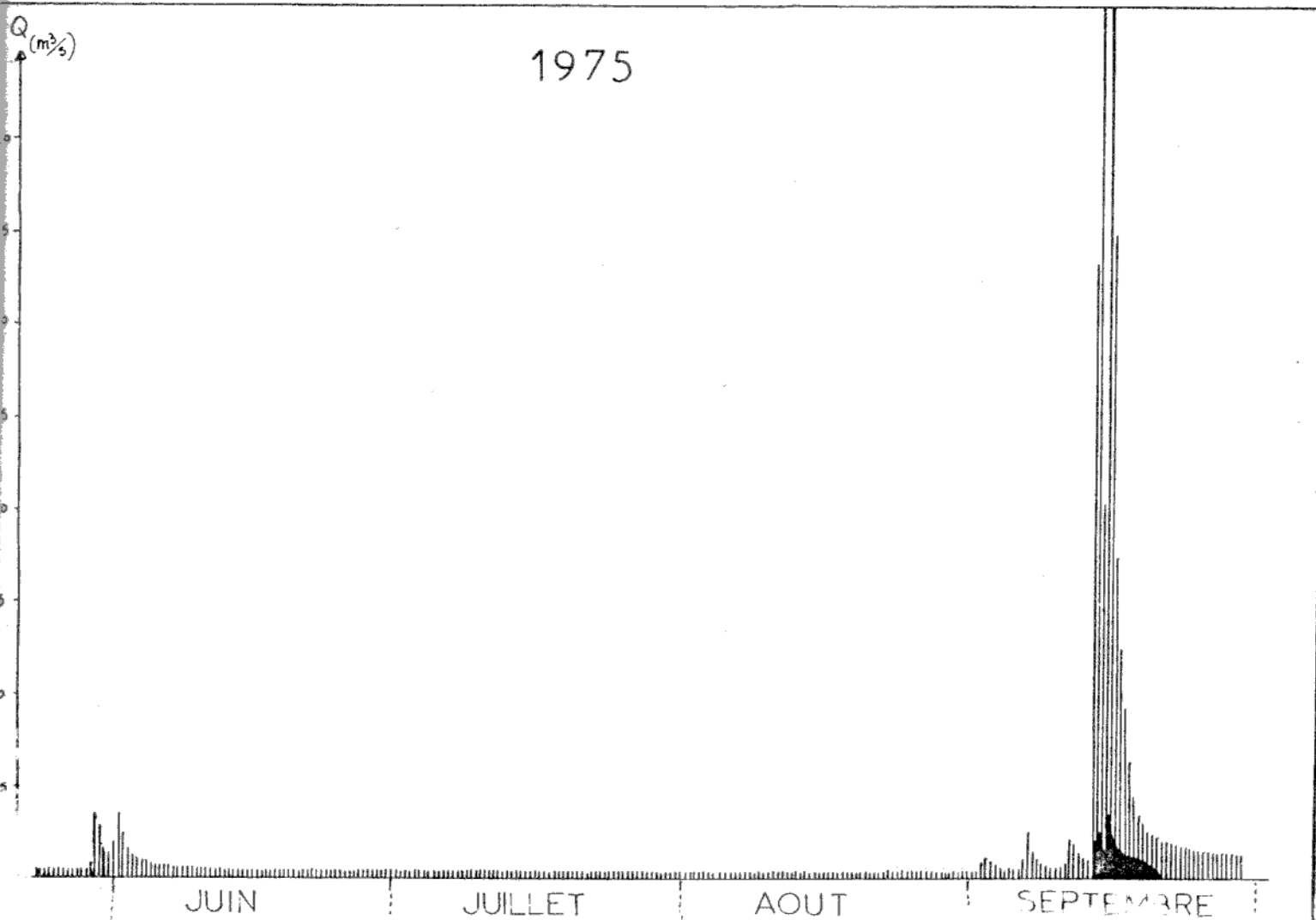
Grâce à ces courbes de tarage, nous obtenons les débits de la Claysse au Moulin et à la Passerelle. Delà, nous pourrions évaluer les débits de la source (sauf en période de crue importante). Nous avons pris une valeur de débit par jour (12 h.) sauf pendant les crues où nous avons pris quatre valeurs par jour (6 h., 12 h., 18 h., 24 h.).

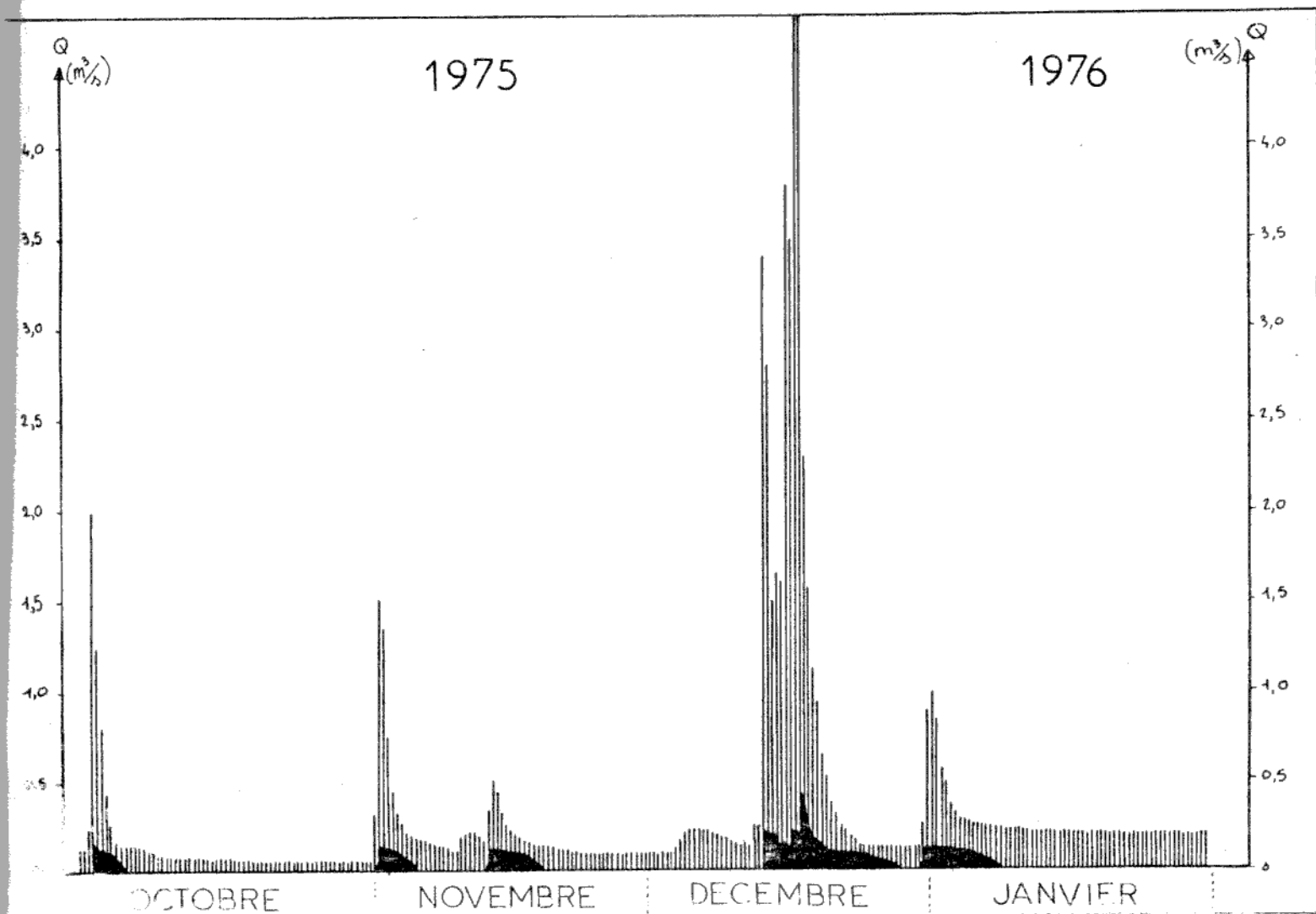
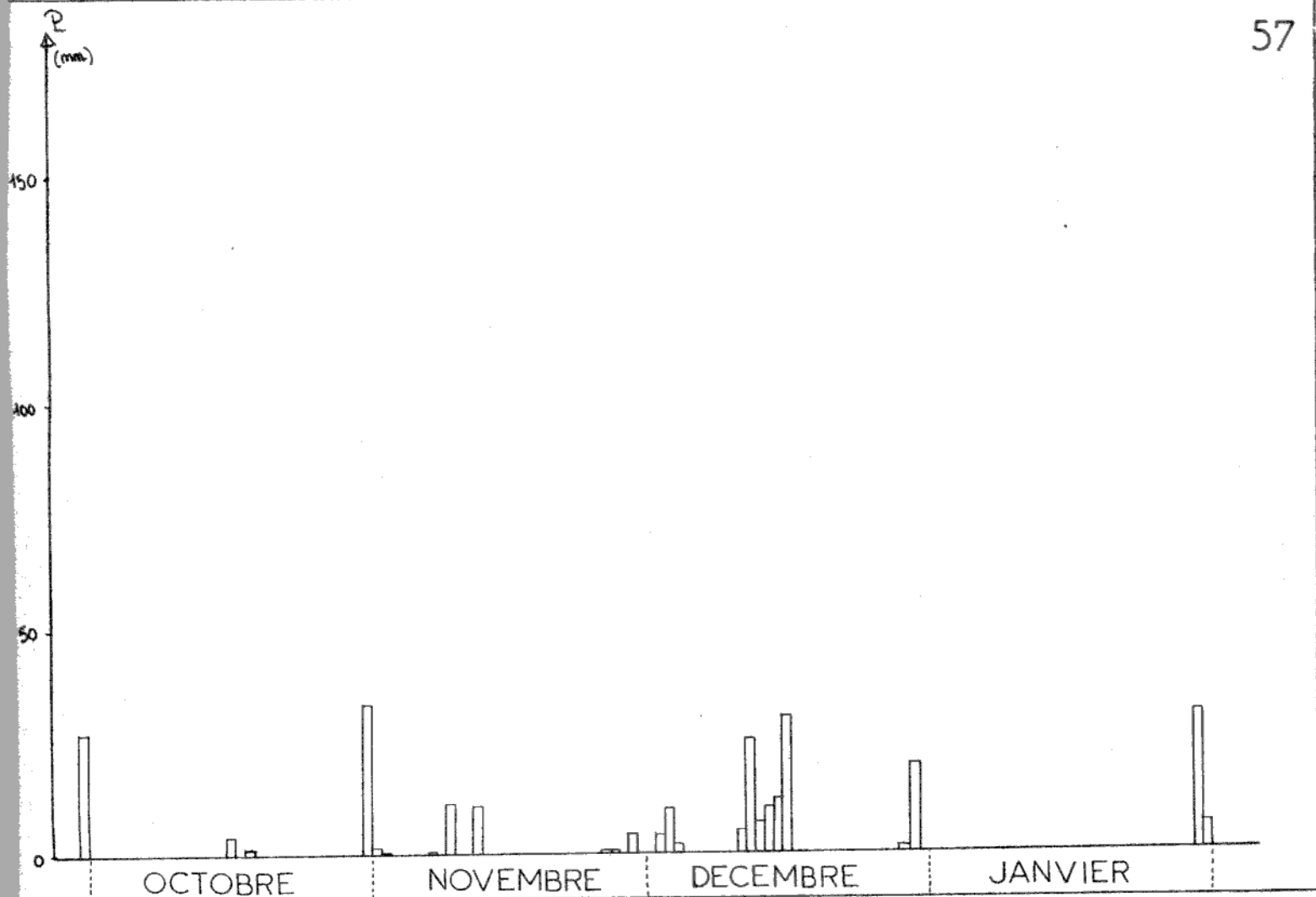
Les résultats sont donnés sur les hydrogrammes suivants en même temps que la pluviométrie journalière moyenne.

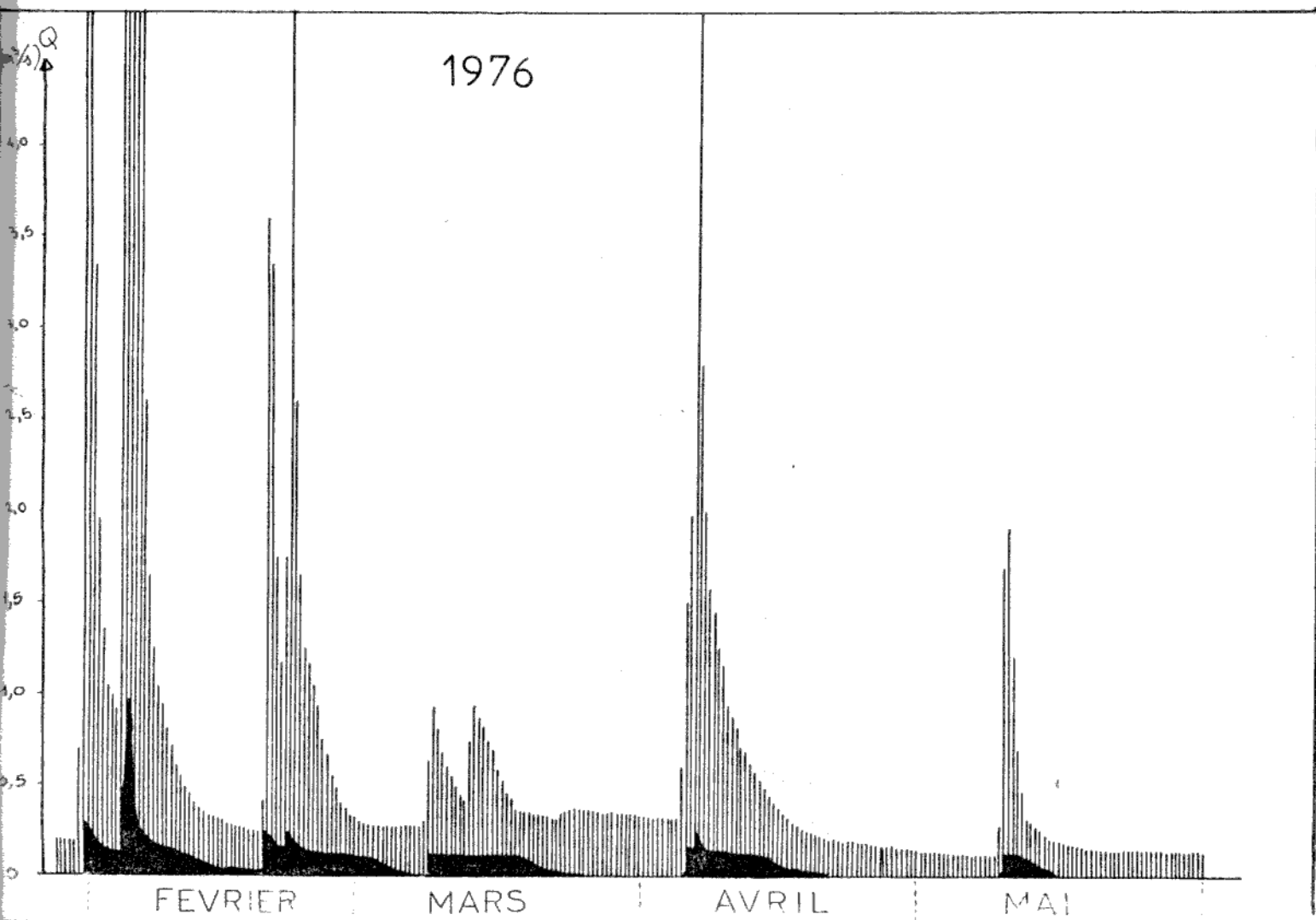
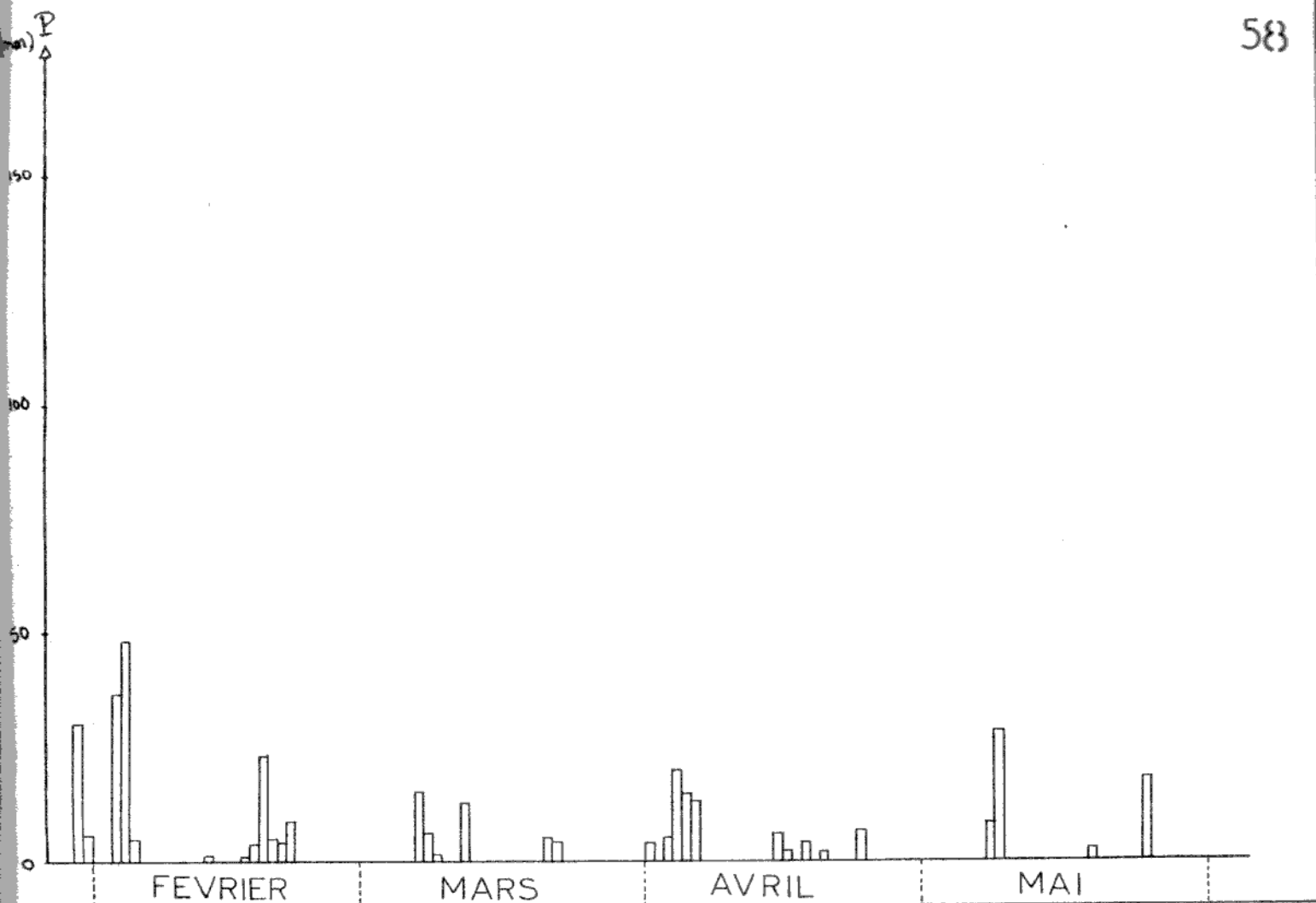
HYDROGRAMMES DE LA RESURGENCE DU MOULIN & DE LA CLAYSSE

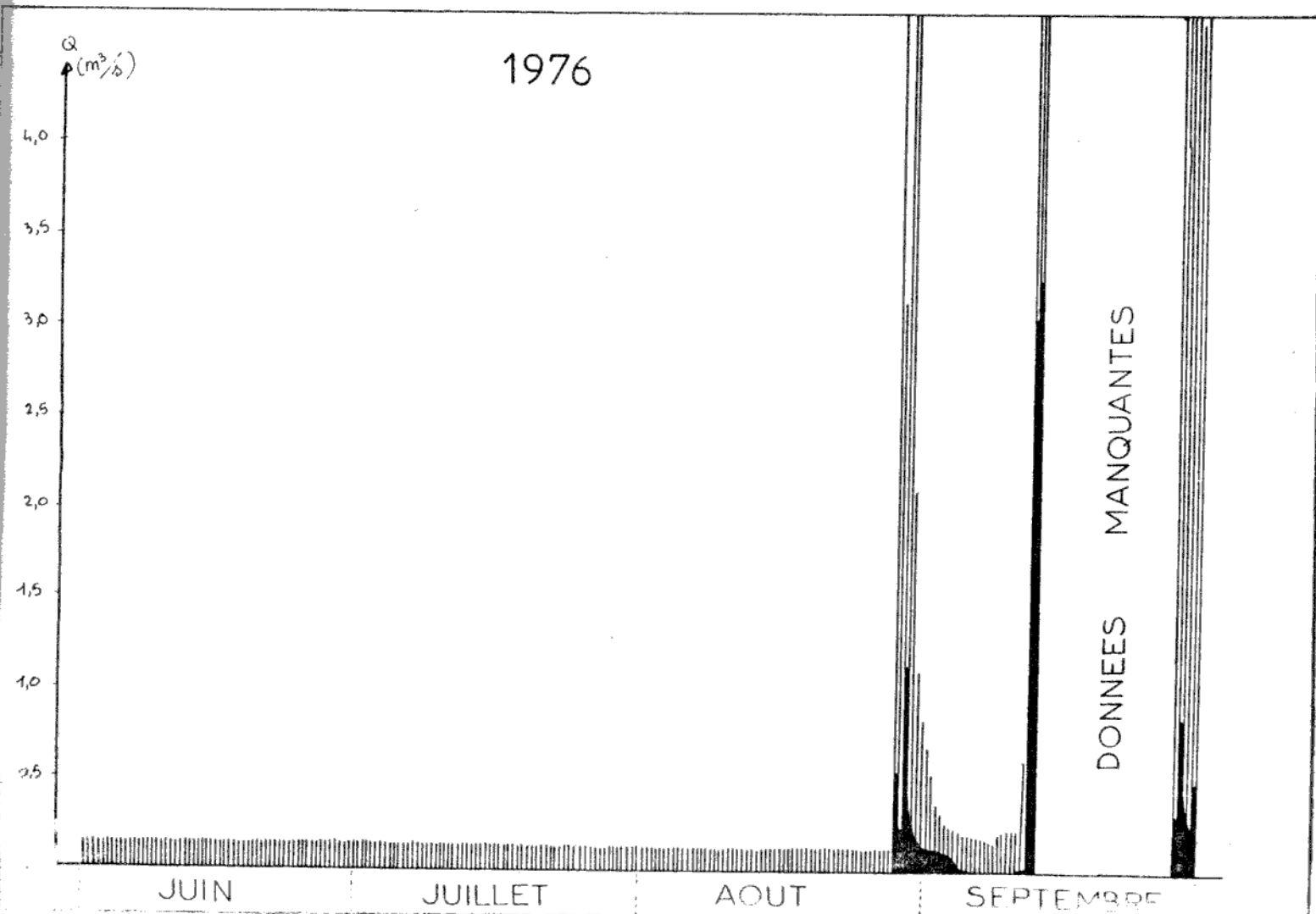
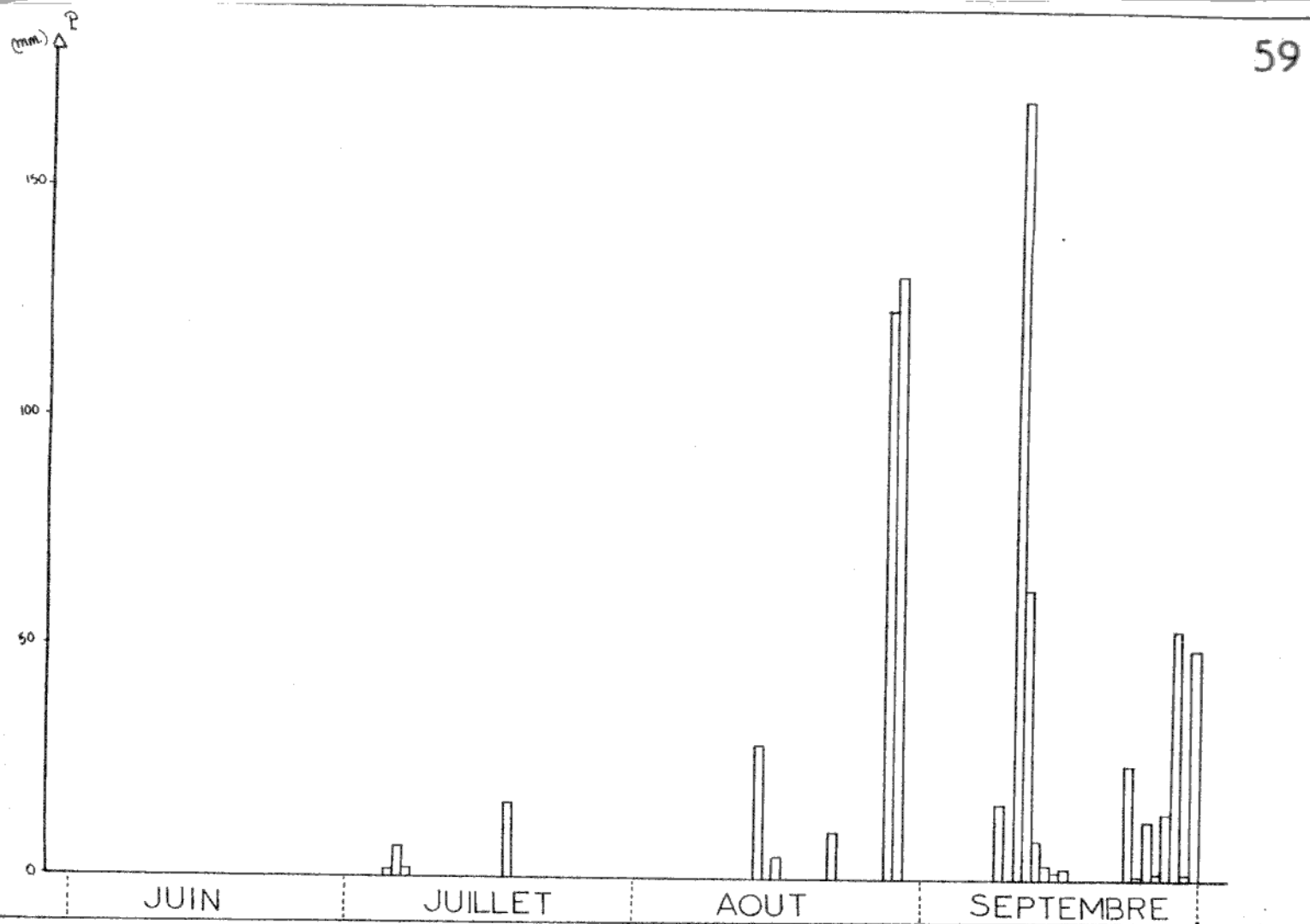
PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

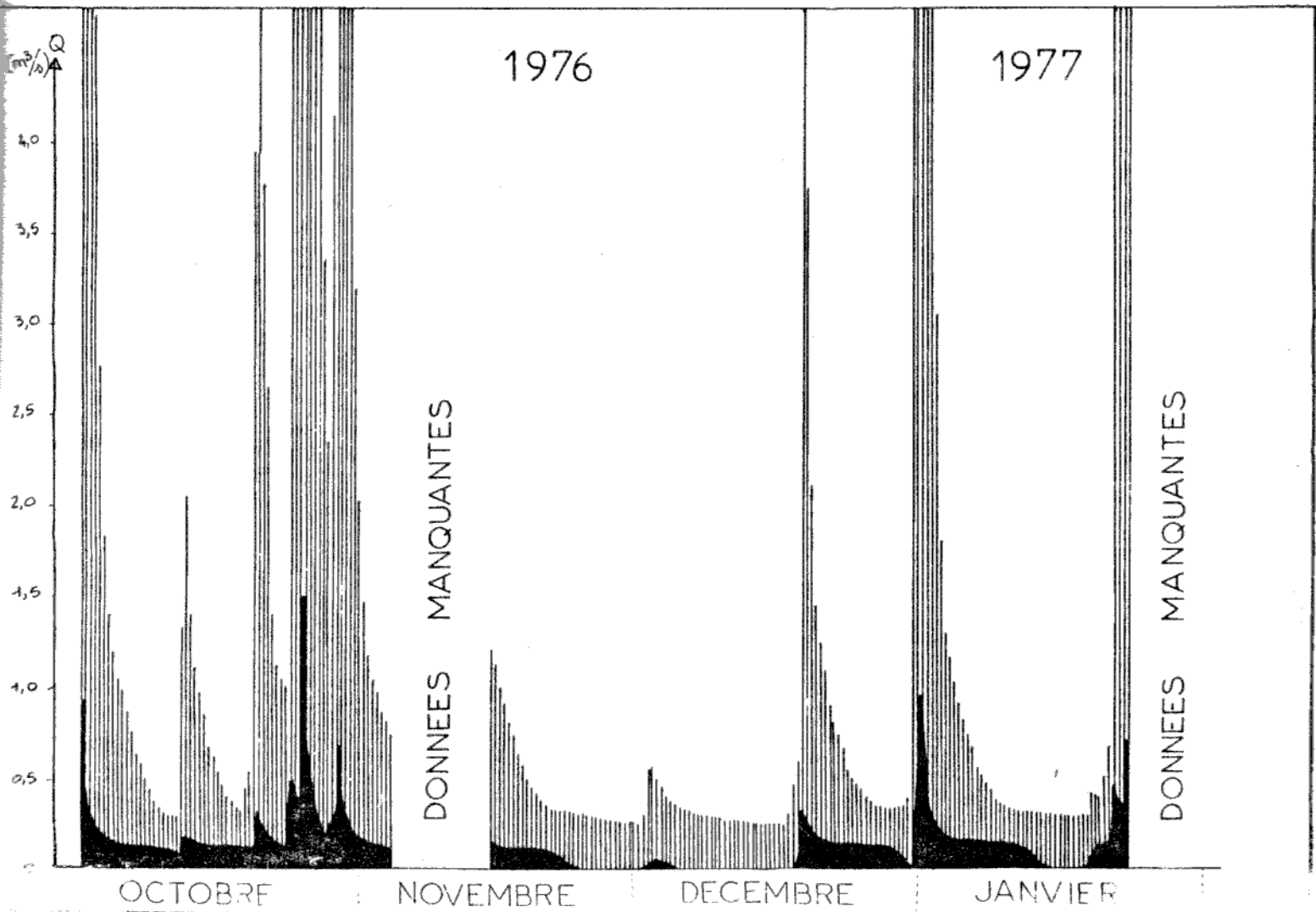
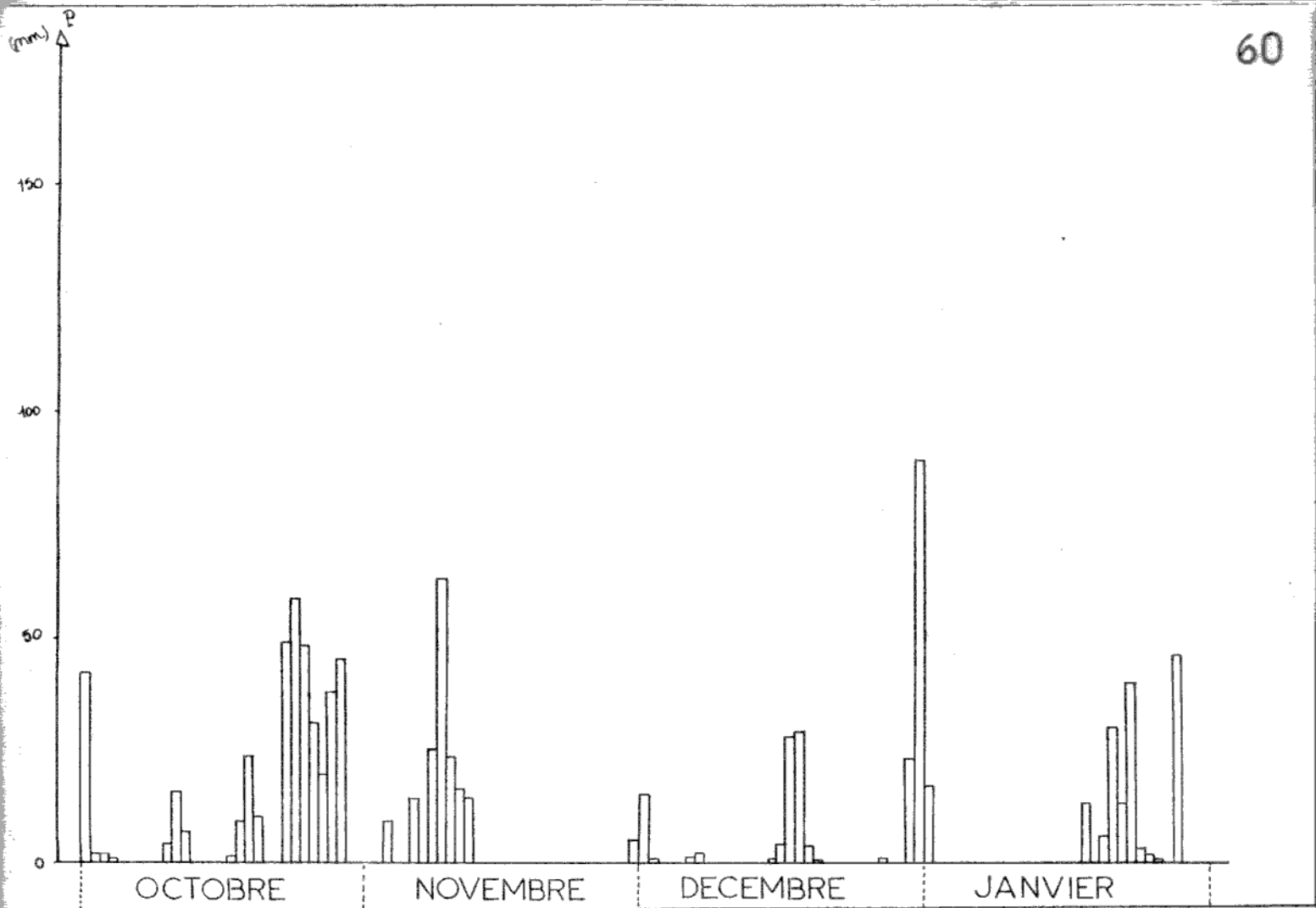
Les hydrogrammes de la résurgence sont représentés en tirés : 2 par jours (12 et 24 h.) et ceux de la Claysse en noir.

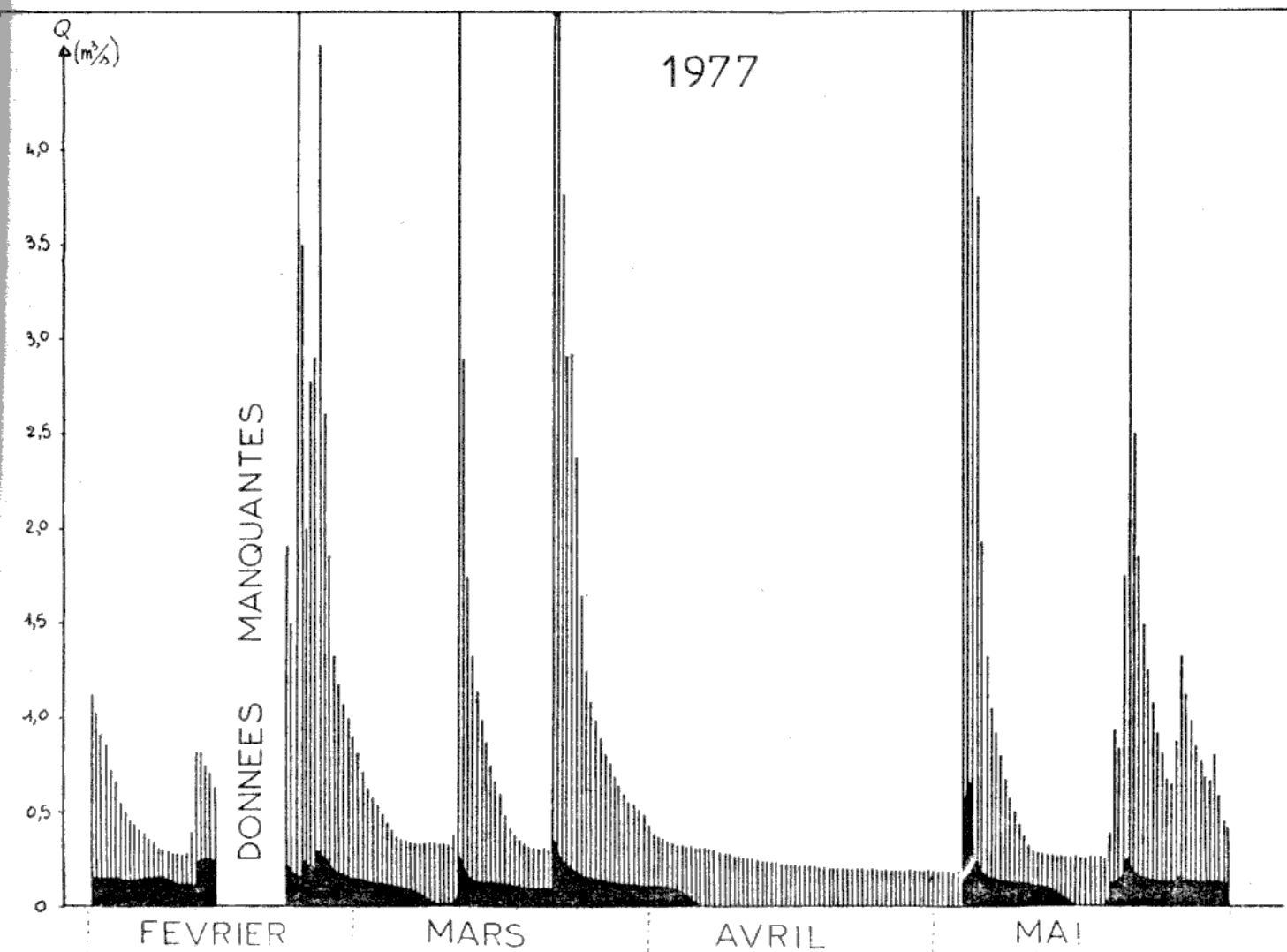
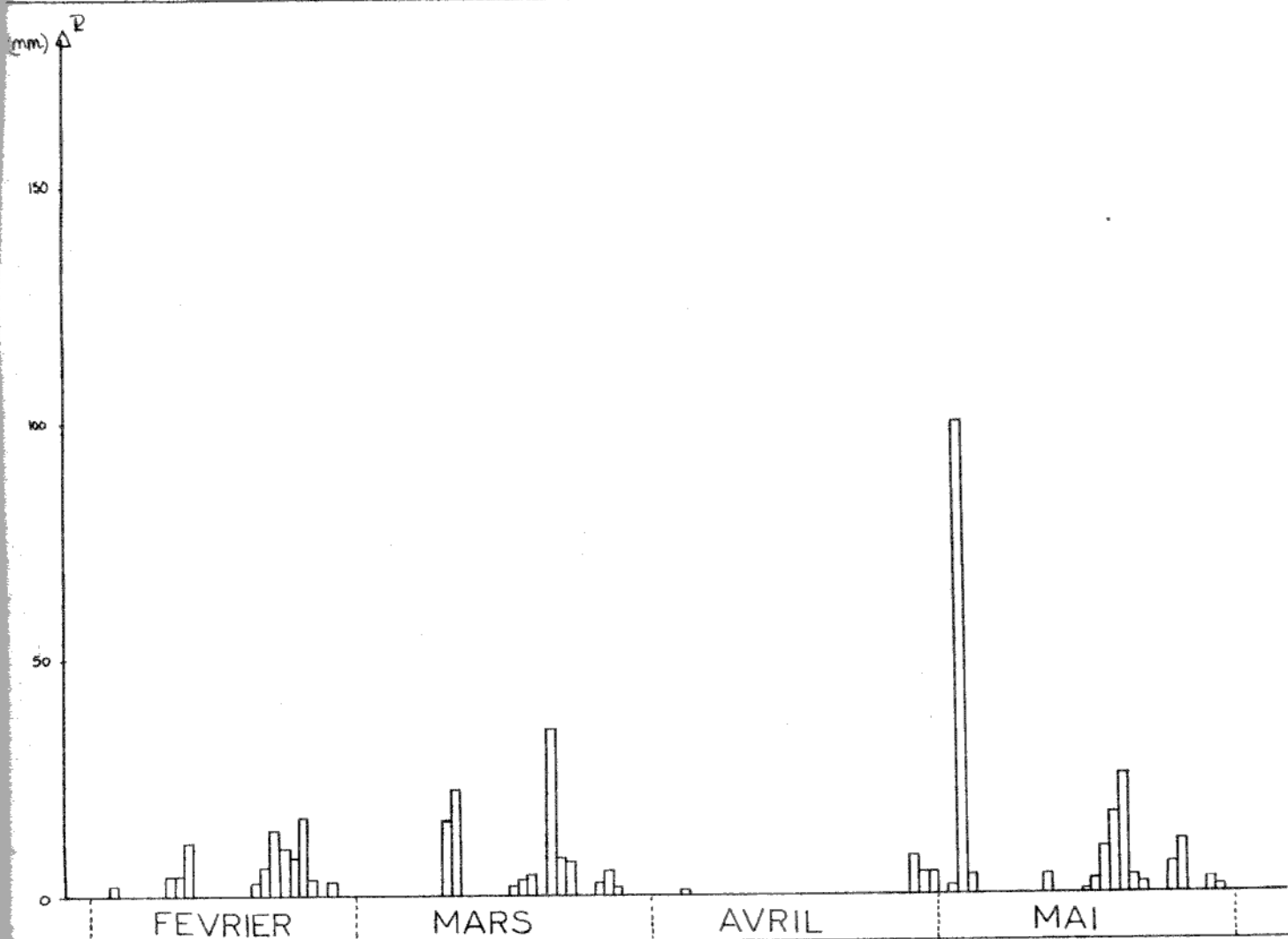


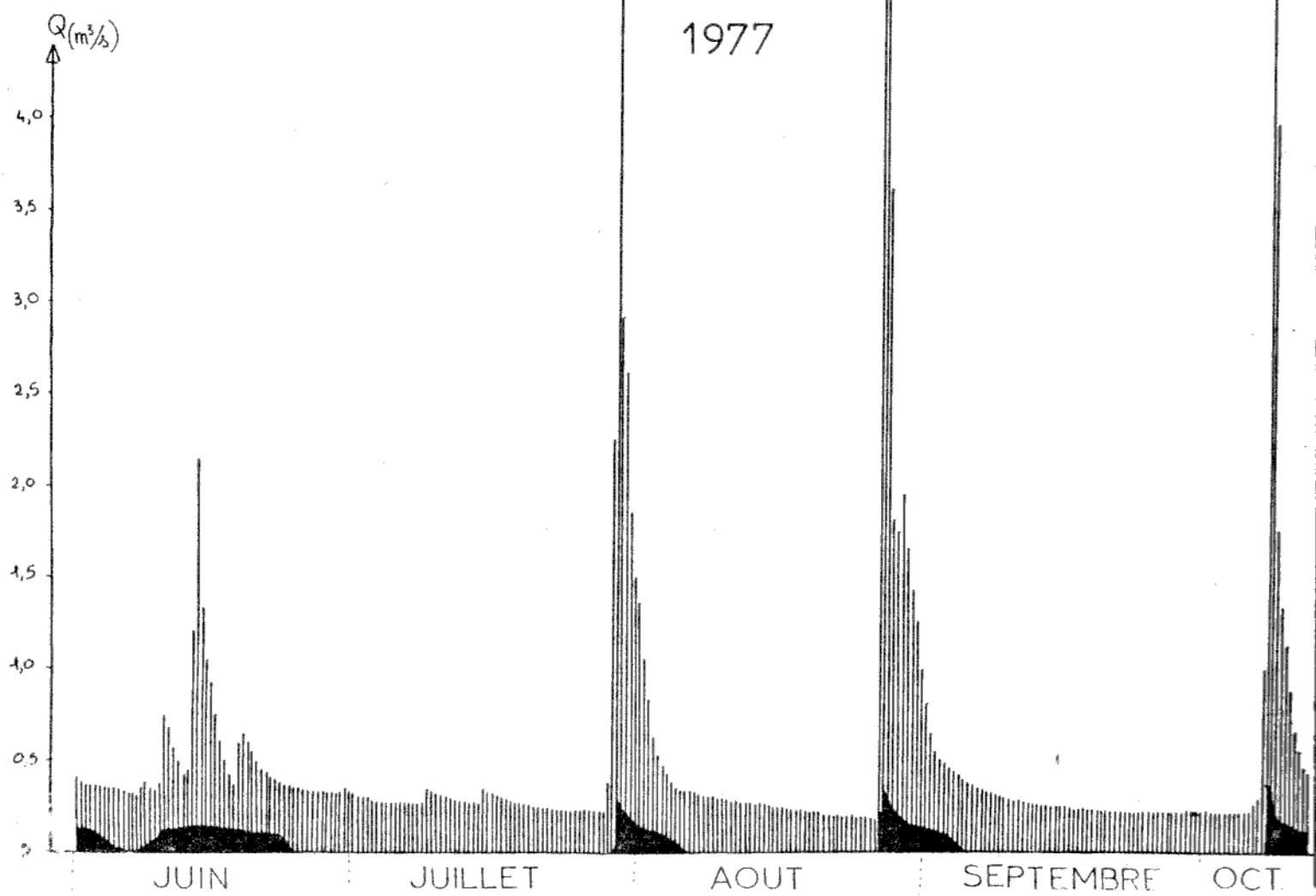
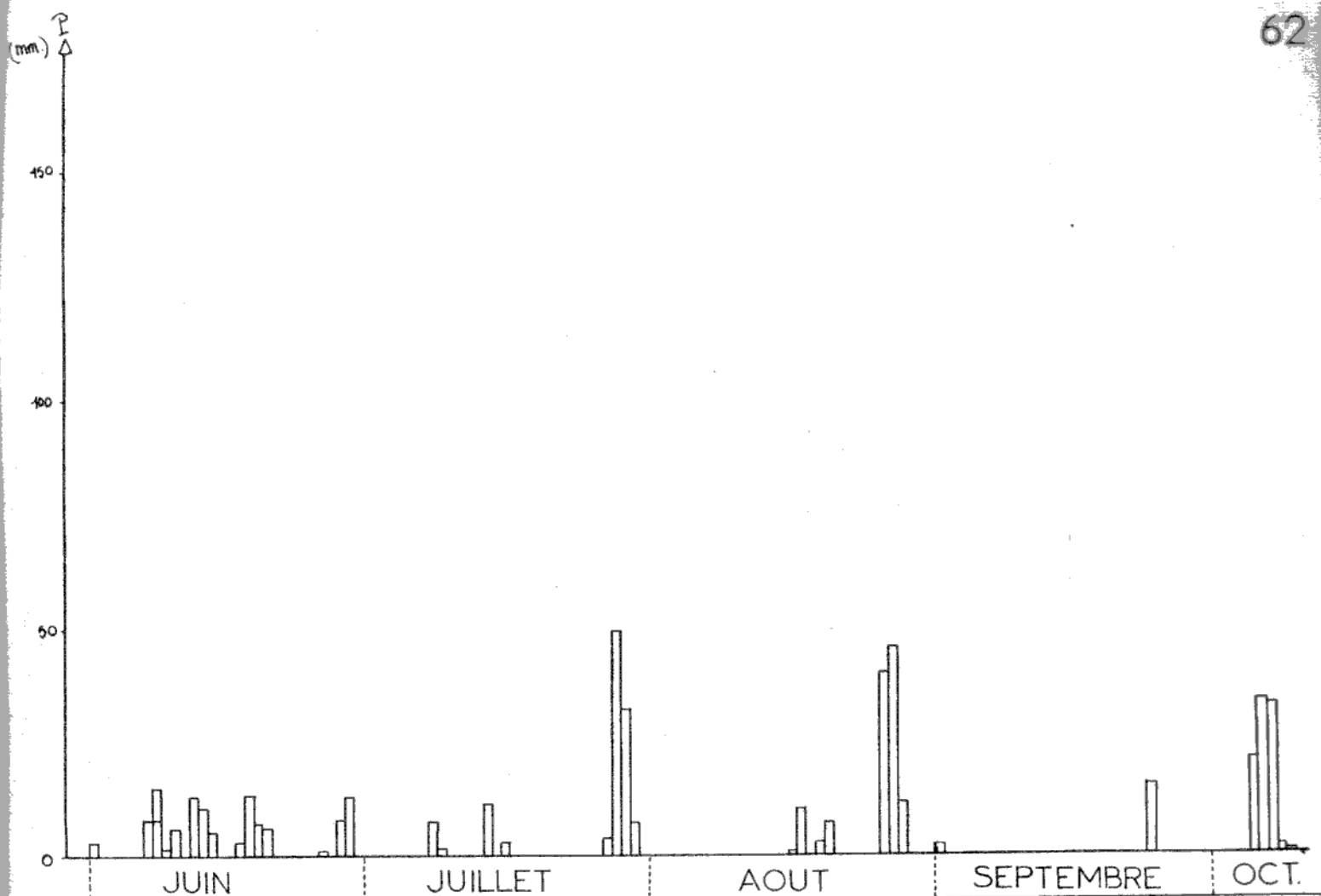












1977

On remarque en observant les hydrogrammes que les débits de la résurgence du Moulin sont toujours nettement supérieurs à ceux observés sur la Claysse à hauteur de la passerelle. Peut être que le phénomène est inversé lors des grandes crues.

L'hydrogramme de la source est caractérisé par des crues brèves et rapides, aux temps de concentration très faibles et aux décrues très rapides. Il a été mesuré une augmentation du débit passant de 0,110 m³/s à 5,400 m³/s en moins d'une demi-heure à la résurgence du Moulin le 12 Septembre 1976.

Toutefois, il ne faut pas négliger l'apport des ruisseaux temporaires, notamment celui de Toupuy alimenté par le ruissellement sur les terrains marneux du Crétacé inférieur et les débordements du Tégoul. Lors de fortes précipitations dans la région au Nord de la résurgence, on a, d'après M. MAURIN, une crue très rapide et violente du ruisseau de Toupuy (d'où son nom) qui ne dure jamais plus d'une heure. Ce phénomène correspond peut être aux pointes que l'on trouve quelquefois dans les courbes de concentration des limnigrammes du Moulin alors qu'elles sont absentes à la Passerelle.

Durant la période d'observation, la Claysse temporaire a coulé une vingtaine de fois au niveau de la passerelle totalisant environ 400 jours d'écoulement sur 731 journées d'enregistrement, soit 54 % environ.

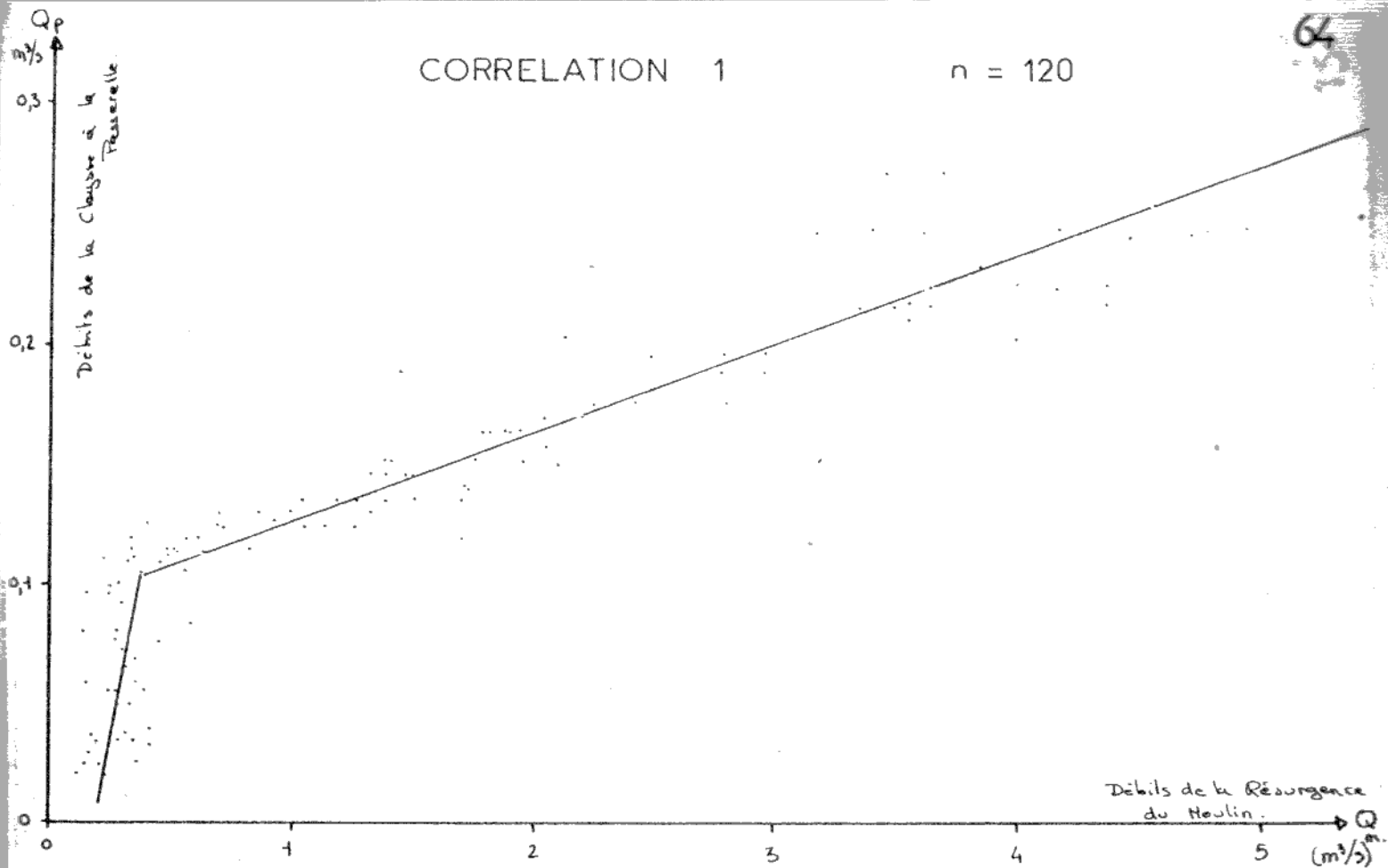
REPARTITION DES CRUES

Nous avons analysé la répartition des crues du Moulin en fonction du mois et du débit pour la période du 1 Septembre 1975 au 31 Août 1977.

Débits (m ³ /s)	- 1 m ³ /s	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	+ 5	%
Janvier	1	0	0	0	0	3	8 %
Février	1	0	0	0	1	4	11 %
Mars	3	0	0	0	0	2	10 %
Avril	0	0	0	0	0	1	2 %
Mai	1	2	0	0	0	2	10 %
Juin	3	0	1	0	0	0	8 %
Juillet	2	0	0	0	0	1	6 %
Août	0	0	0	0	0	2	4 %
Septembre	3	0	0	0	0	4	13 %
Octobre	0	0	2	0	0	4	11 %
Novembre	2	1	0	0	0	0	6 %
Décembre	2	0	0	1	1	2	11 %
Total %	34 %	6 %	6 %	2 %	4 %	48 %	100 %

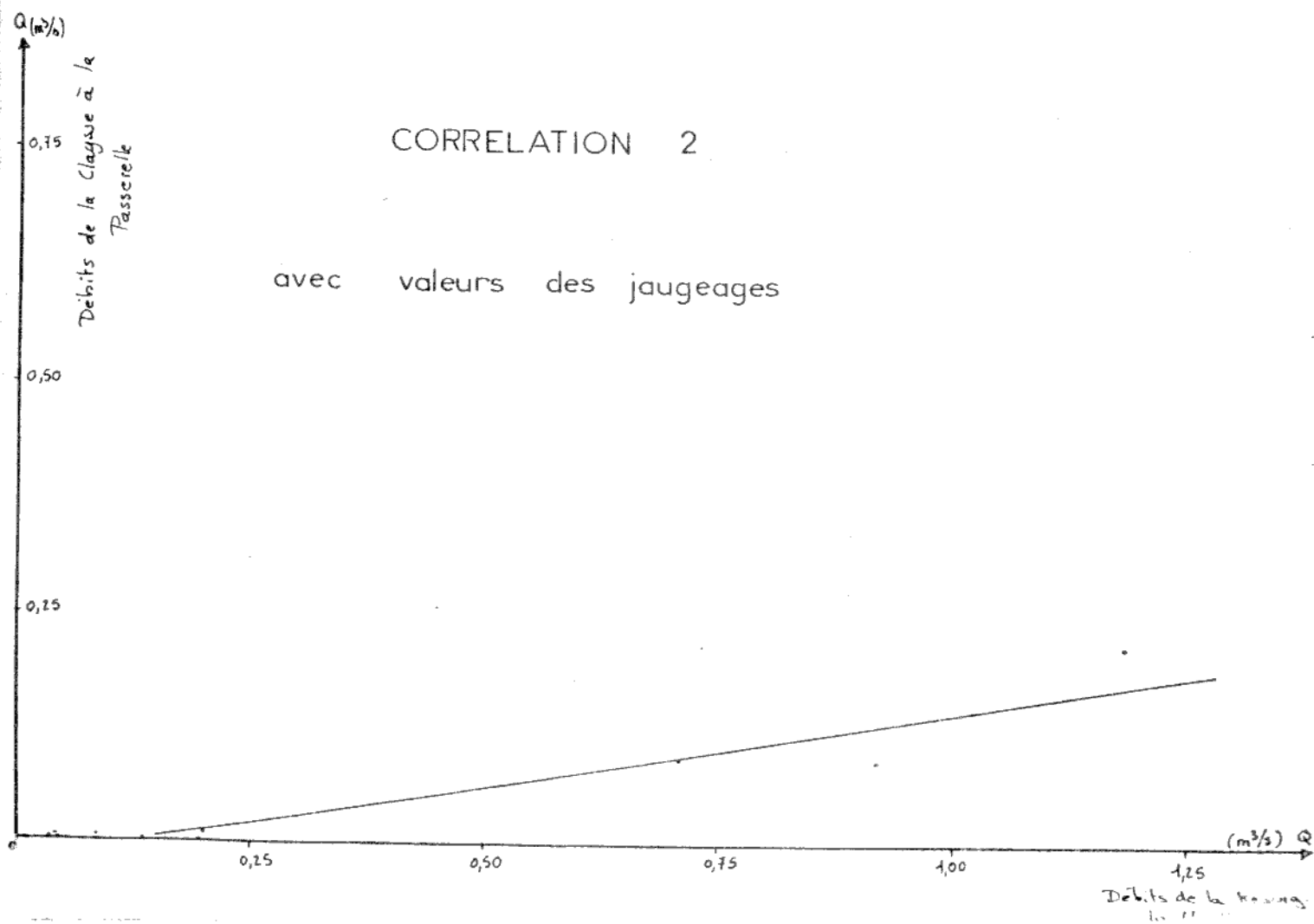
CORRELATION 1

$n = 120$

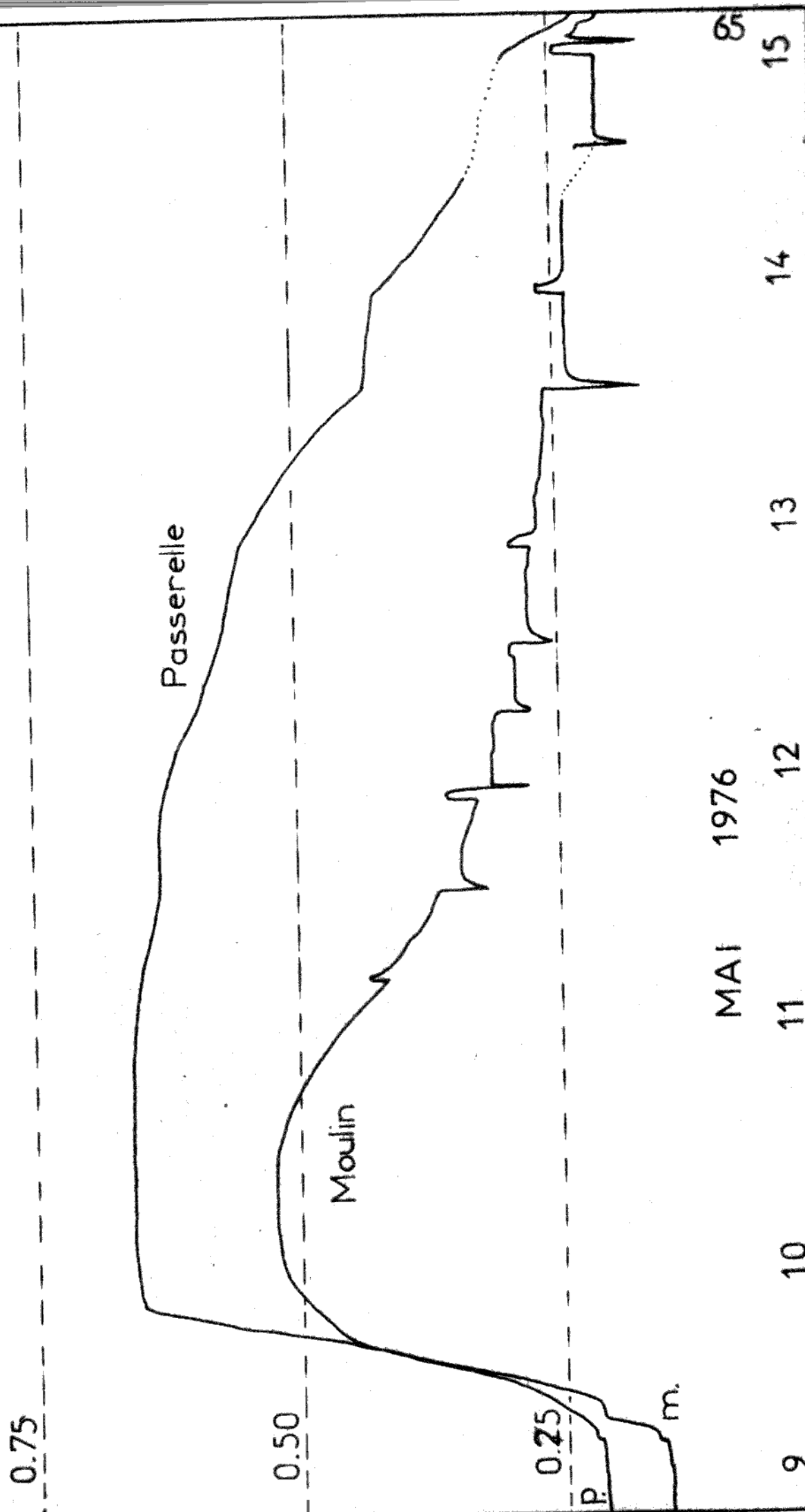


CORRELATION 2

avec valeurs des jaugeages



COMPARAISON DES LIMNIGRAMMES



On remarque que la répartition mensuelle des crues correspond dans ses grandes lignes à celle des pluies (maximum en Septembre et Octobre, minimum en Juillet et Août), mais certaines anomalies comme le mois de Mai, sont dues au fait que la période d'observation (2 ans) est trop courte vu que nous sommes dans une période anormalement pluvieuse.

Par contre, il est intéressant de remarquer que 34 % des crues correspondent à des débits inférieurs à $1 \text{ m}^3/\text{s}$, mais surtout que 48 % des crues sont supérieures à $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Donc la tranche de débit inconnu à cause de la courbe de tarage incomplète est loin d'être négligeable. Ce qui rend impossible le calcul du bilan hydrique du bassin versant.

Pour bien se rendre compte de ce problème, signalons que la crue du 12 Septembre 1976 a atteint la cote de 3,40 mètres à la station du Moulin alors que la courbe de tarage utilisée ne nous permet d'évaluer les débits que jusqu'à 0,75 mètres.

COMPARAISON ENTRE LES STATIONS DU MOULIN ET DE LA PASSERELLE

En hautes eaux :

En comparant qualitativement les limnigrammes des deux stations, on remarque que lors des crues on a une phase de concentration très rapide sur les deux enregistrements. A laquelle il fait suite une décrue tout aussi rapide à la station du Moulin alors qu'à la Passerelle on a une phase stationnaire où le niveau évolue peu (toujours entre 0,60 et 0,70 mètres) pendant 4 à 5 jours. Lors des très fortes crues, on a à la Passerelle une décrue rapide identique à celle du Moulin, puis à nouveau la phase stationnaire. Après cette stabilisation, le niveau d'eau à la Passerelle décroît encore pour atteindre une cote entre 0,15 et 0,30 mètres suivant la saison à laquelle il ne correspond aucun écoulement.

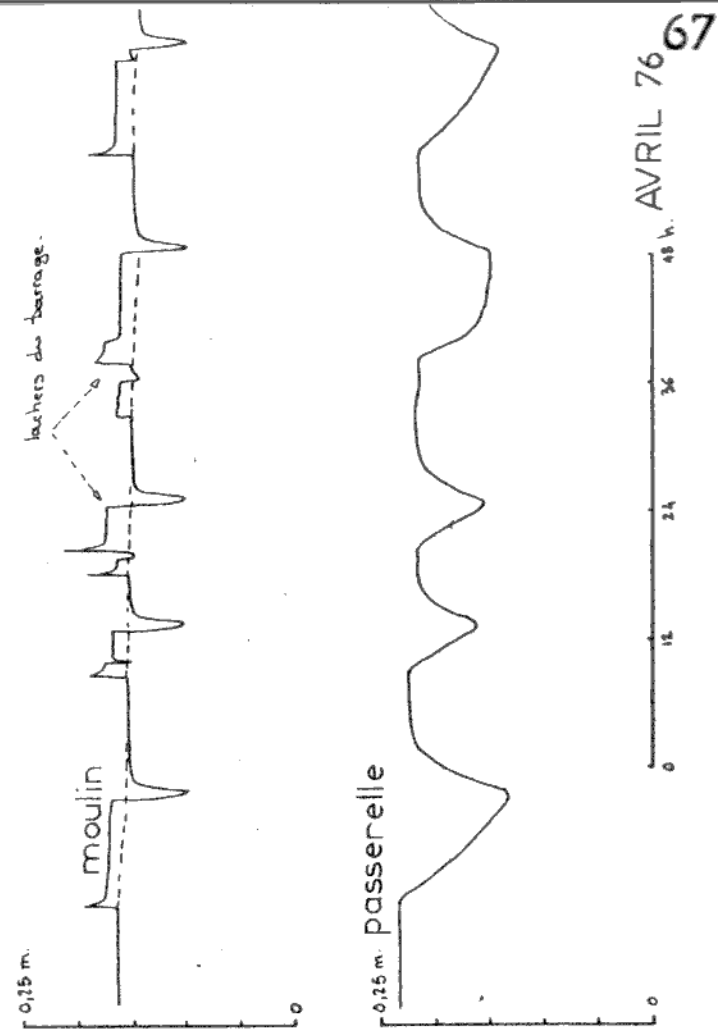
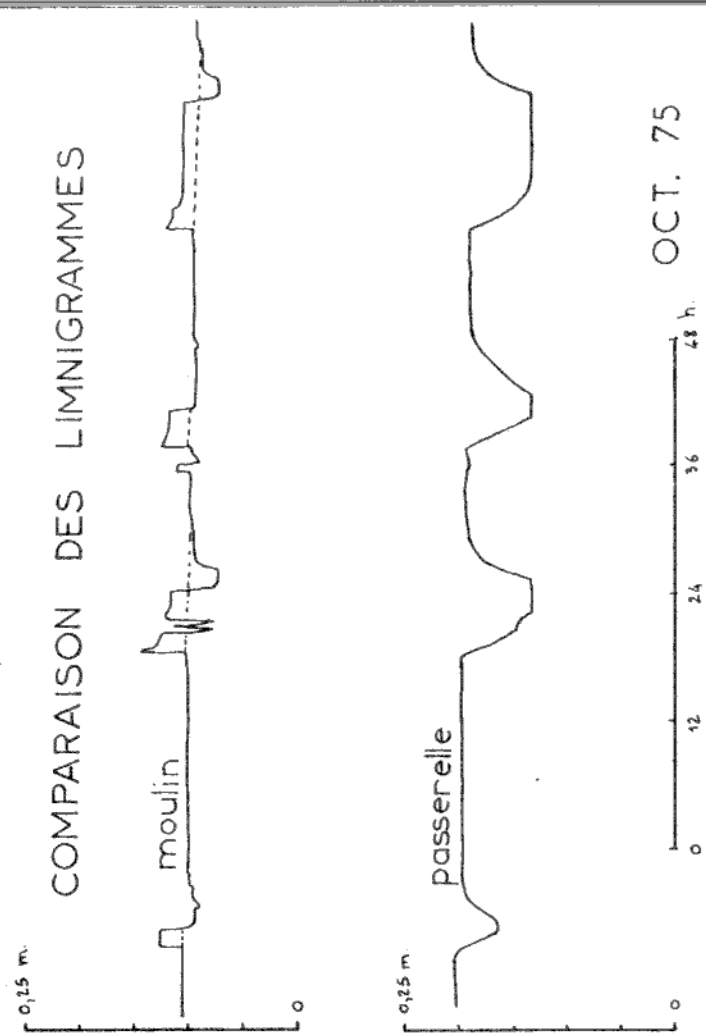
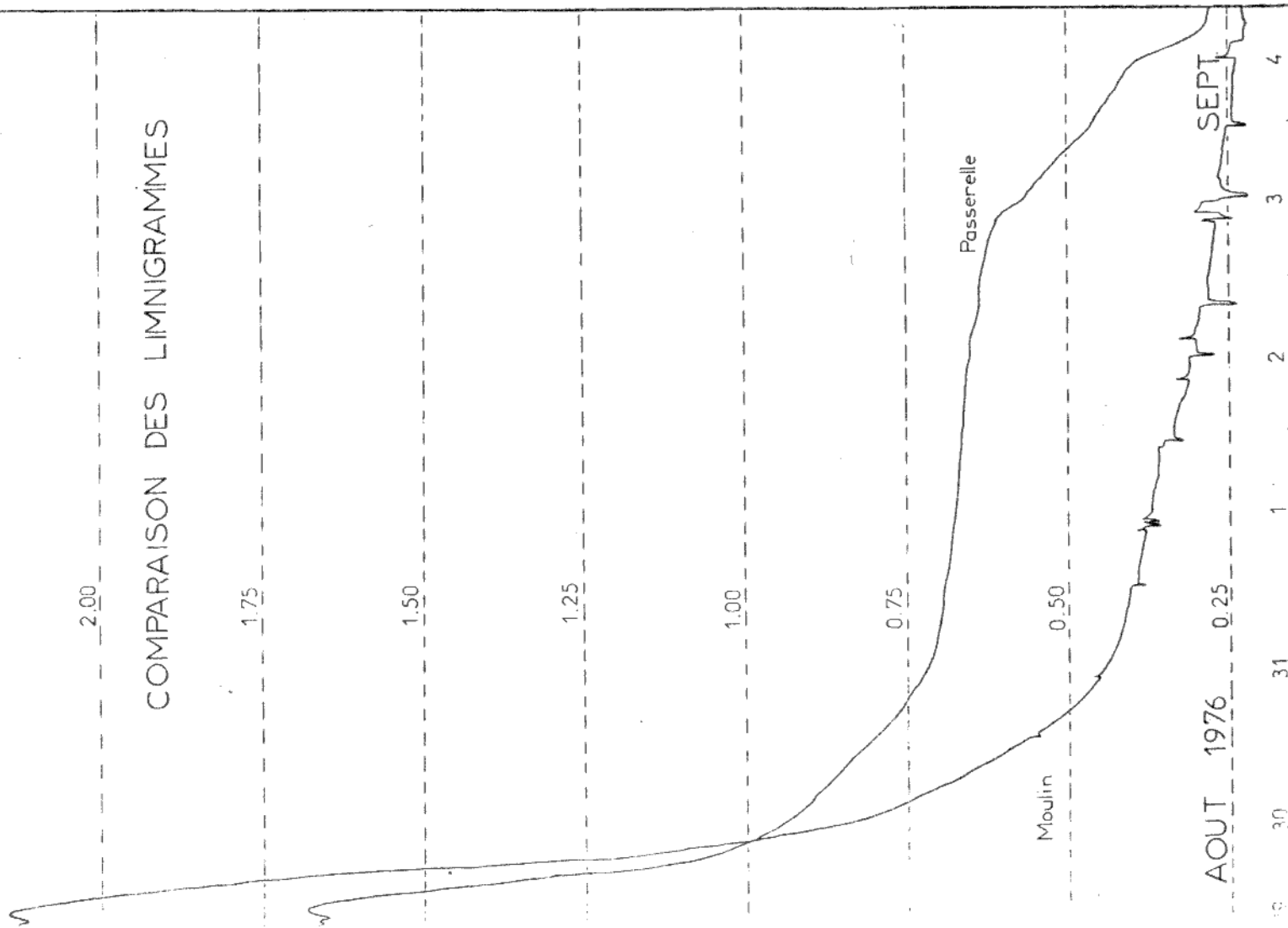
Pour mettre en évidence le rapport entre les débits du Moulin et ceux de la Claysse temporaire, il a été établi la corrélation suivante sur 120 valeurs prises au hasard. La courbe obtenue, qui peut être décomposée en deux droites avec une cassure pour un débit de la Passerelle voisin de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, est incompatible avec les observations que nous avons faites sur ce système.

Pour essayer d'éclaircir ce problème, nous avons tracé la droite de corrélation des débits de la Passerelle par rapport à ceux du Moulin en n'utilisant que les valeurs des jaugeages. Dans ce cas, on a obtenu une droite sans cassure aux caractéristiques suivantes :

nombre de points	$n = 10$
coefficient de corrélation	$r = 0,95$
pente	$s = 0,16$
Ordonnée à l'origine	$i = - 0,015$

Cette droite montre que les deux débits sont bien corrélés ($r=0,95$), ce qui prouve que la Claysse temporaire est alimentée en grande partie dans les trop pleins de ce système karstique. Ce qui est confirmé par les observations de terrain. On remarque également que les débits de la résurgence du Moulin sont nettement supérieur à ceux de la Passerelle, tout au moins dans la gamme des débits jaugés.

Le fait qu'il y aie une cassure en corrélant les débits obtenus à partir des courbes de tarage alors qu'elle n'existe pas en utilisant les valeurs des jaugeages semble indiquer une erreur au niveau de ces courbes de tarage. On remarque que le premier segment de la corrélation 1 correspond à la droite de corrélation 2 (jaugeage). Ce sera donc à partir de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ à la Passerelle que la courbe de



tarage ne correspondra plus à la réalité, celle-ci minimisant les débits de la Passerelle. Tout ceci est explicable si l'on admet que le seuil de l'ancien barrage (actuellement démoli) était à la côte de 0,60 mètres environ. Ce qui revient à dire que la courbe de tarage théorique de la Passerelle n'est plus valable au dessus de ce seuil (voir chapitre courbe de tarage). On remarque en effet que pour une hauteur d'eau de 0,60 mètres, la courbe de tarage théorique nous indique un débit de 95 l/s, correspondant pratiquement à la cassure observée.

Pour finir, la présence de ce seuil à 0,60 mètres explique la forme des limnigrammes de la station de la Passerelle.

En basses eaux :

Quand la Claysse ne coule pas en amont du Moulin, on a toujours un plan d'eau au niveau du limnigraphe de la Passerelle. Or quand il y a des lachers d'eau au barrage du Moulin, cela se traduit par une baisse du niveau d'eau à la Passerelle qui est enregistrée par ce limnigraphe qui fonctionne alors en piezomètre.

En essayant d'évaluer le débit libéré par le barrage, et connaissant la distance séparant la source du piezomètre (environ 100 mètres), nous avons essayé de calculer les paramètres tels que la Transmissivité et le Coefficient d'emménagement. Les résultats obtenus ($T = 10^{-2}$ et $S = 10^{-2}$) qui sont très élevés nous indiquent qu'il est quelquefois dangereux d'utiliser certaines équations classiques en hydrogéologie des milieux poreux quand nous sommes en présence d'un aquifère karstique.

Ce phénomène nous confirme la relation hydraulique entre la résurgence et le plan d'eau de la Passerelle.

ETUDE DES DECRUES

Possédant les débits de la résurgence du Moulin et ceux de la Claysse à la Passerelle, nous avons essayé divers ajustements sur leurs décrues.

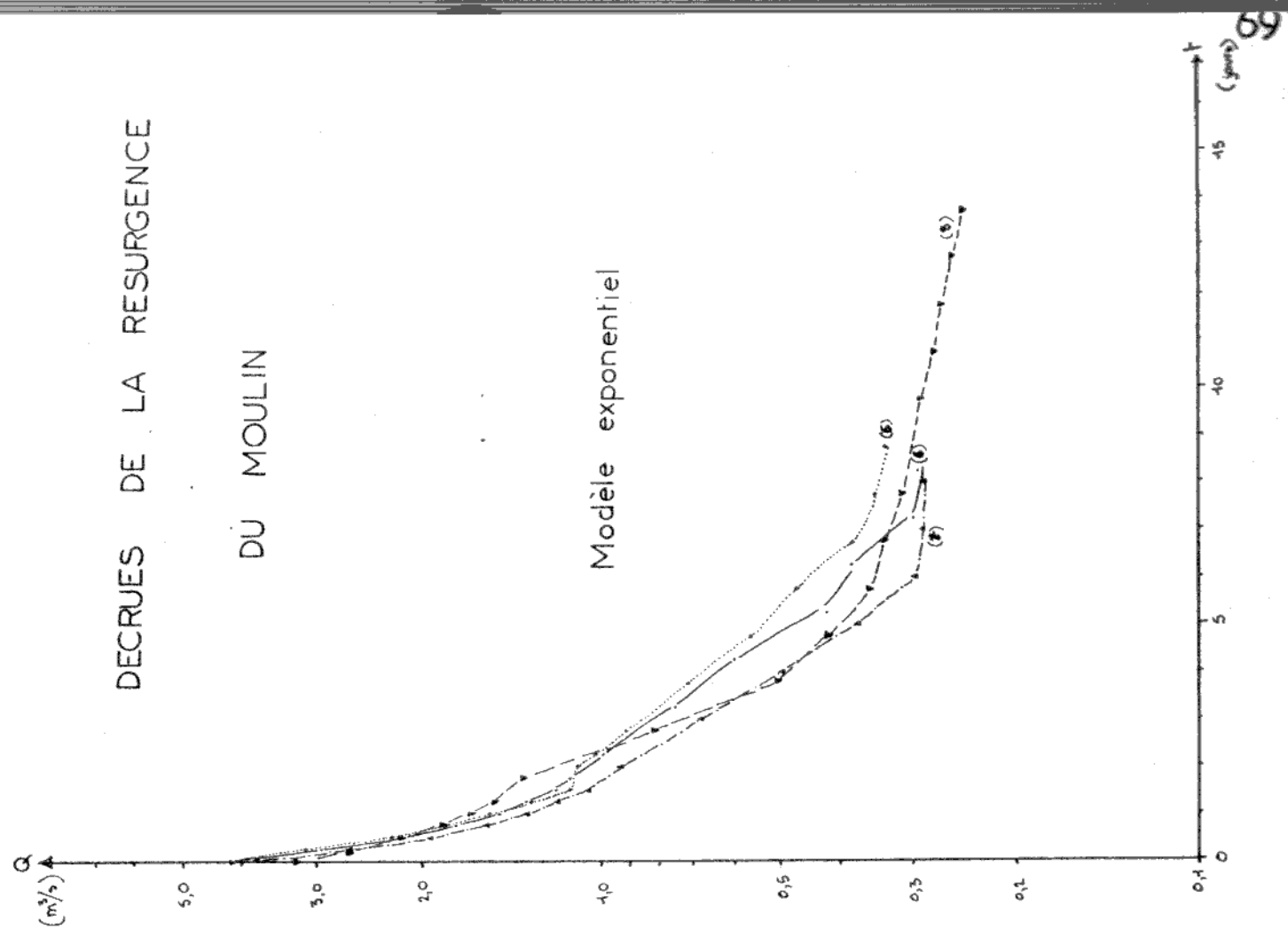
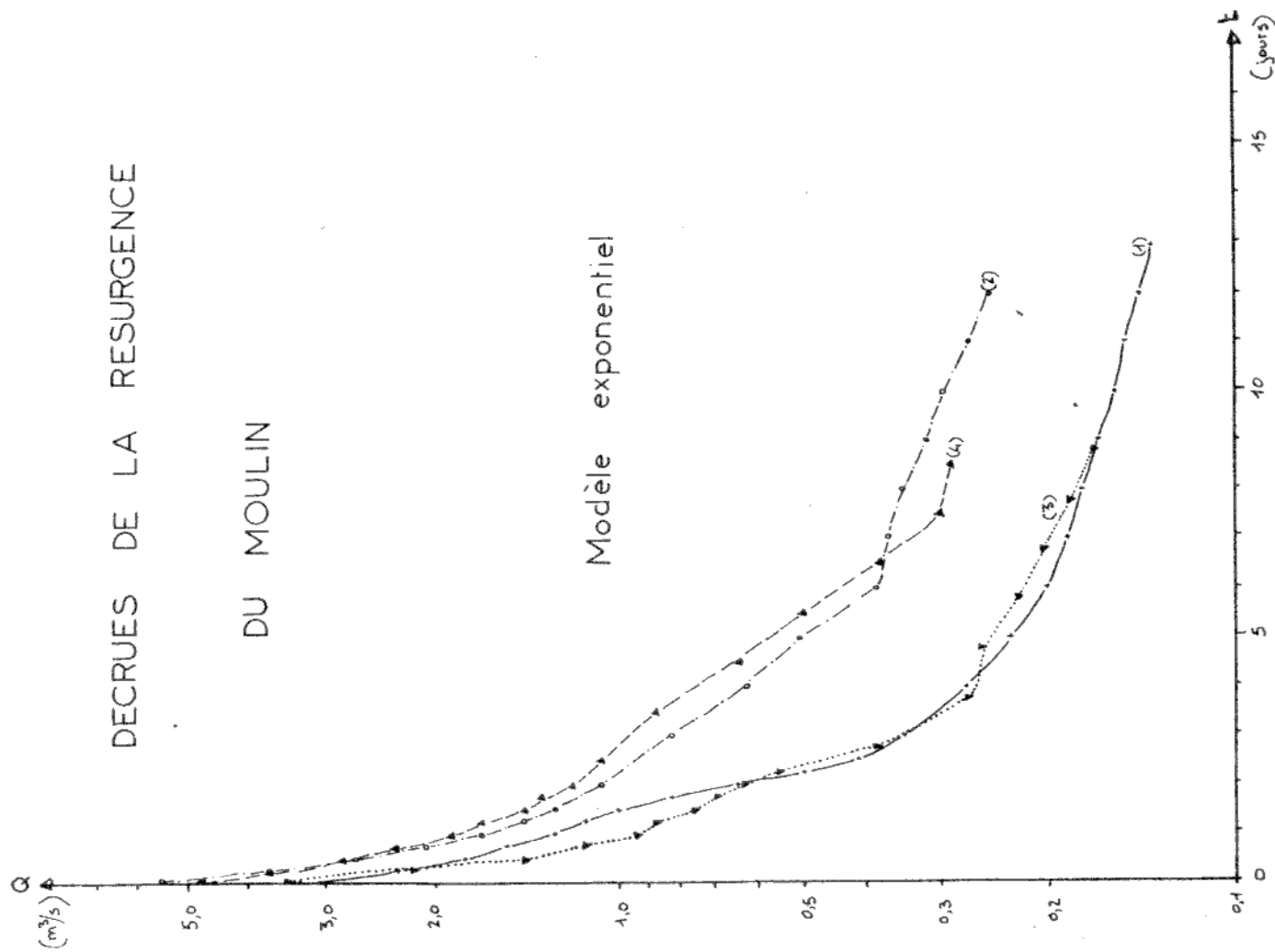
Il existe plusieurs types d'ajustements de décrues, le plus connu étant la loi de MAILLET ($Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$). Mais celle-ci est en fait mal adaptée aux exutoires karstiques. C. DROGUE (1972) a montré que les modèles hyperboliques ($Q_t = Q_0 / (1 + \alpha t)^n$) conviennent mieux à ce type de source. Ses travaux ont mis en évidence que pour :

- $n = 1/2$ bonne représentativité pour $Q_0 < 15 \text{ m}^3/\text{s}$ et surtout $Q_0 < 3 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $n = 3/2$ très bon pour $3 \text{ m}^3/\text{s} < Q_0 < 30 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $n = 2$ faible pour $Q_0 > 5 \text{ m}^3/\text{s}$ et $Q_0 < 30 \text{ m}^3/\text{s}$
Apparaît surtout pour $5 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ et $Q_0 > 15 \text{ m}^3/\text{s}$
- $n = 3$ et $n = 5$: représentativité nulle.

Résurgence du Moulin

Pour étudier ces ajustements, nous avons sélectionné huit décrues :

- 1- du 16 Septembre 1975 au 29 Septembre 1975 (13 jours)
- 2- du 7 Février 1976 au 19 Février 1976 (12 jours)
- 3- du 30 Août 1976 au 8 Septembre 1976 (9 jours)
- 4- du 3 Octobre 1976 au 12 Octobre 1976 (9 jours)
- 5- du 3 Janvier 1977 au 12 Janvier 1977 (9 jours)



- 6- du 12 Mars 1977 au 21 Mars 1977 (9 jours)
 7- du 5 Mai 1977 au 14 Mai 1977 (9 jours)
 8- du 30 Juillet 1977 au 13 Août 1977 (14 jours)

Ces décrues sont relativement courtes (maximum 14 jours), ce qui traduit l'existence d'un système de drainage très évolué. Deplus la période considérée étant très pluvieuse, de nombreuses décrues ont été interrompues par de nouvelles crues.

Dans chaque cas, le premier jour ($t = 0$) correspond au deuxième jour après le maximum de crue. Ceci pour éviter d'être en période trop influencée par la pluie.

Les débits (Q_0 et Q_t) sont exprimés en m^3/s et le temps (t) en jours.

Ajustement de la loi de MAILLET : $Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$

Pour voir si cet ajustement est bon, on regarde si la courbe $\log(Q_t) = f(t)$ est une droite. On a en effet :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

qui devient $\log(Q_t) = \log(Q_0) - \alpha t$

d'où l'équation de la droite $\log(Q_t) = At + B$ avec $A = -\alpha$
 $B = \log(Q_0)$

Or les courbes obtenues ne ressemblent guère à des droites, sauf peut être dans leur partie terminale. (t supérieur à 6 jours). Ceci est vraisemblablement dû au fait que l'équation de Maillet n'est vérifiée qu'en régime d'écoulement laminaire. En crue cette condition n'est jamais satisfaite dans les aquifères karstiques. Il est cependant possible que la partie rectiligne de fin de décrue corresponde à des conditions d'écoulement telles que l'équation de MAILLET est vérifiée.

On remarque également que deux courbes (1 et 3) sont décalées par rapport aux autres vers la gauche et vers le bas. Ceci correspond au fait qu'il s'agit de crues de fin d'étiage. Il est intéressant de voir que la crue de fin Juillet 77 (8) n'est pas décalée, traduisant l'absence d'étiage de l'année 77.

Ajustements hyperboliques : $Q_t = Q_0 / (1 + \alpha t)^n$

Pour vérifier si l'ajustement est bon, on regarde si la courbe $1/(Q_t)^{1/n} = f(t)$ est une droite. On a en effet :

$$Q_t = Q_0 / (1 + \alpha t)^n$$

$$1/Q_t = (1 + \alpha t)^n / Q_0$$

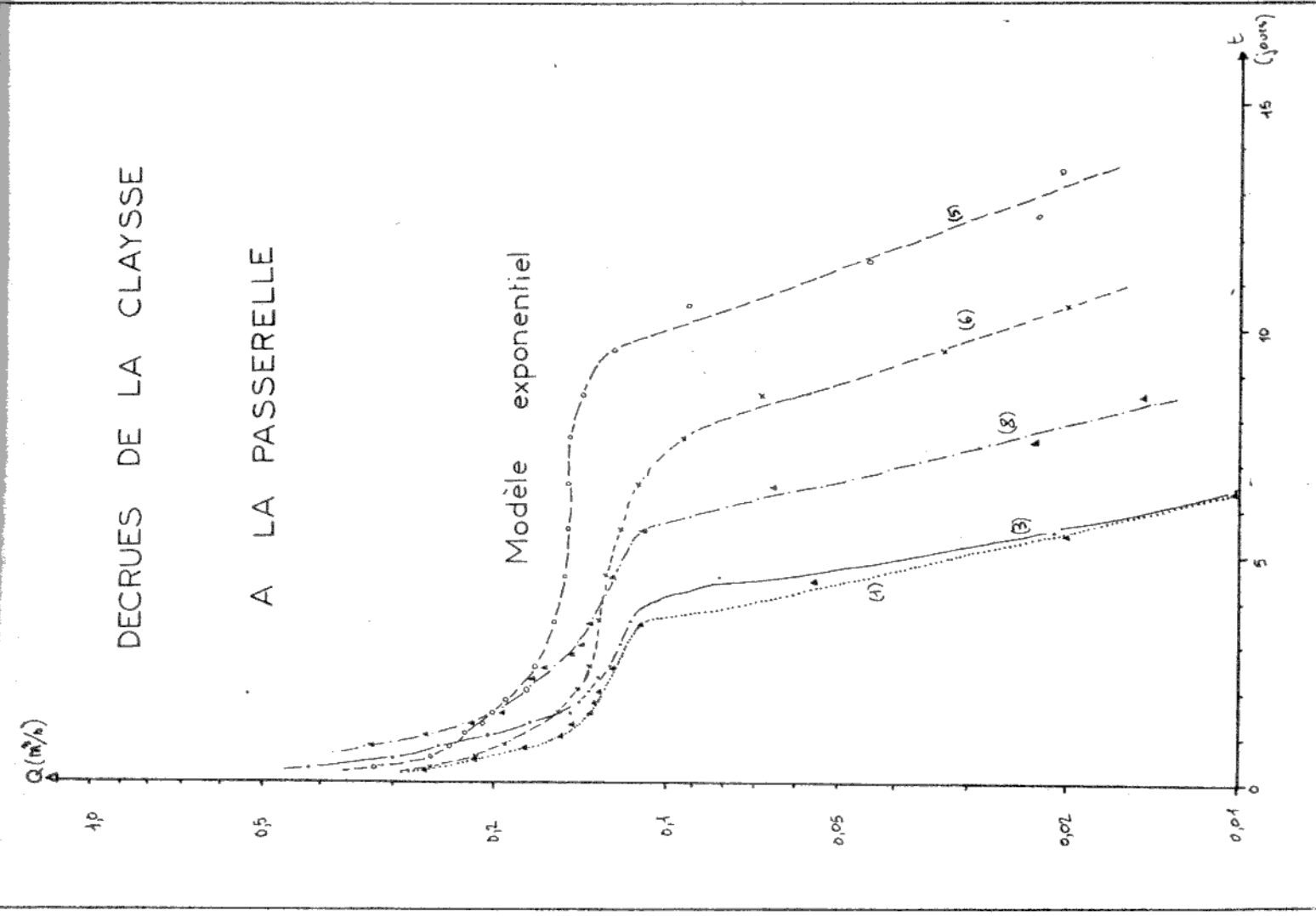
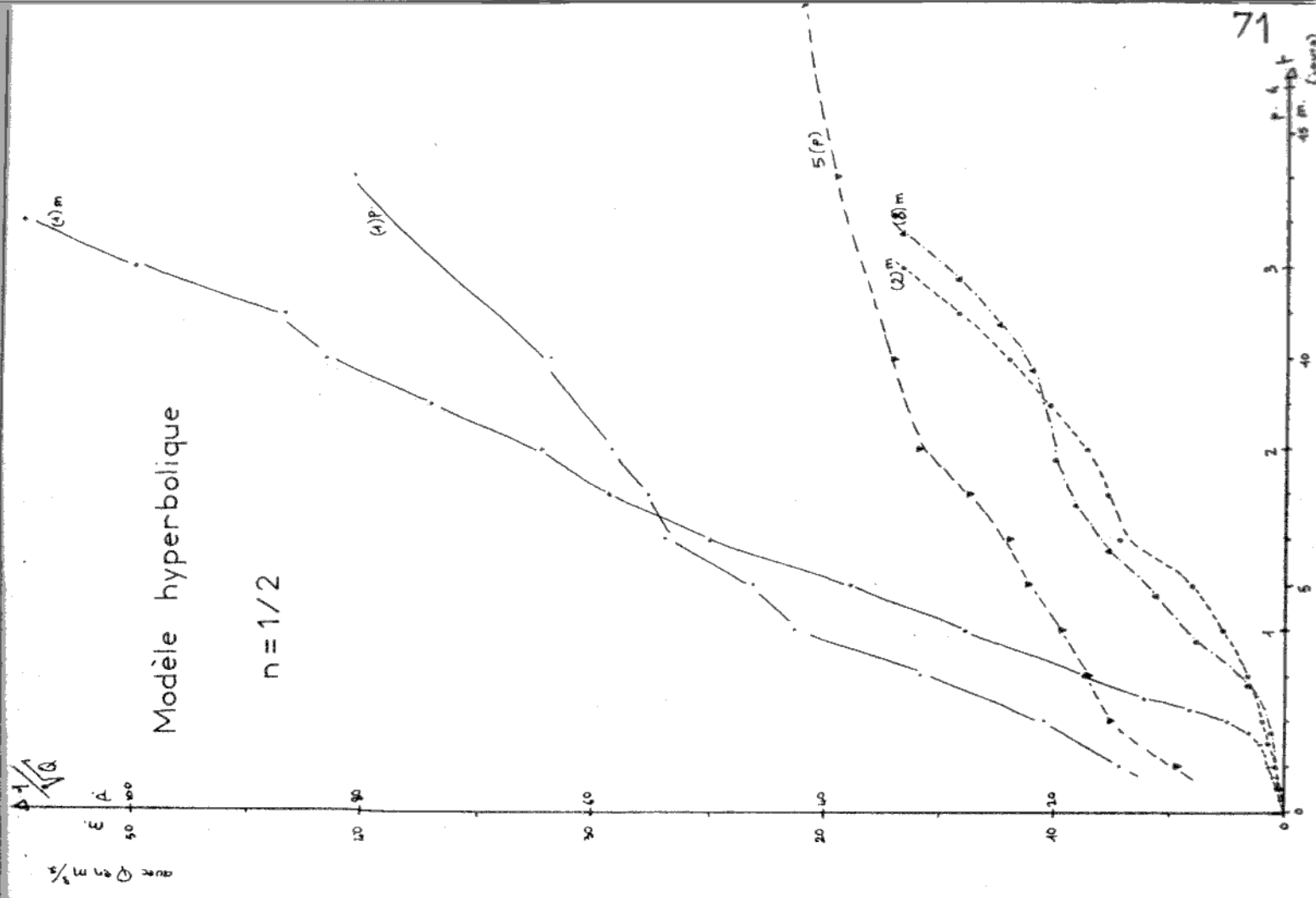
$$1/(Q_t)^{1/n} = (1 + \alpha t) / (Q_0)^{1/n}$$

soit la droite d'équation : $1/(Q_t)^{1/n} = 1/(Q_0)^{1/n} + \beta t$ avec $\beta = \alpha / (Q_0)^{1/n}$.

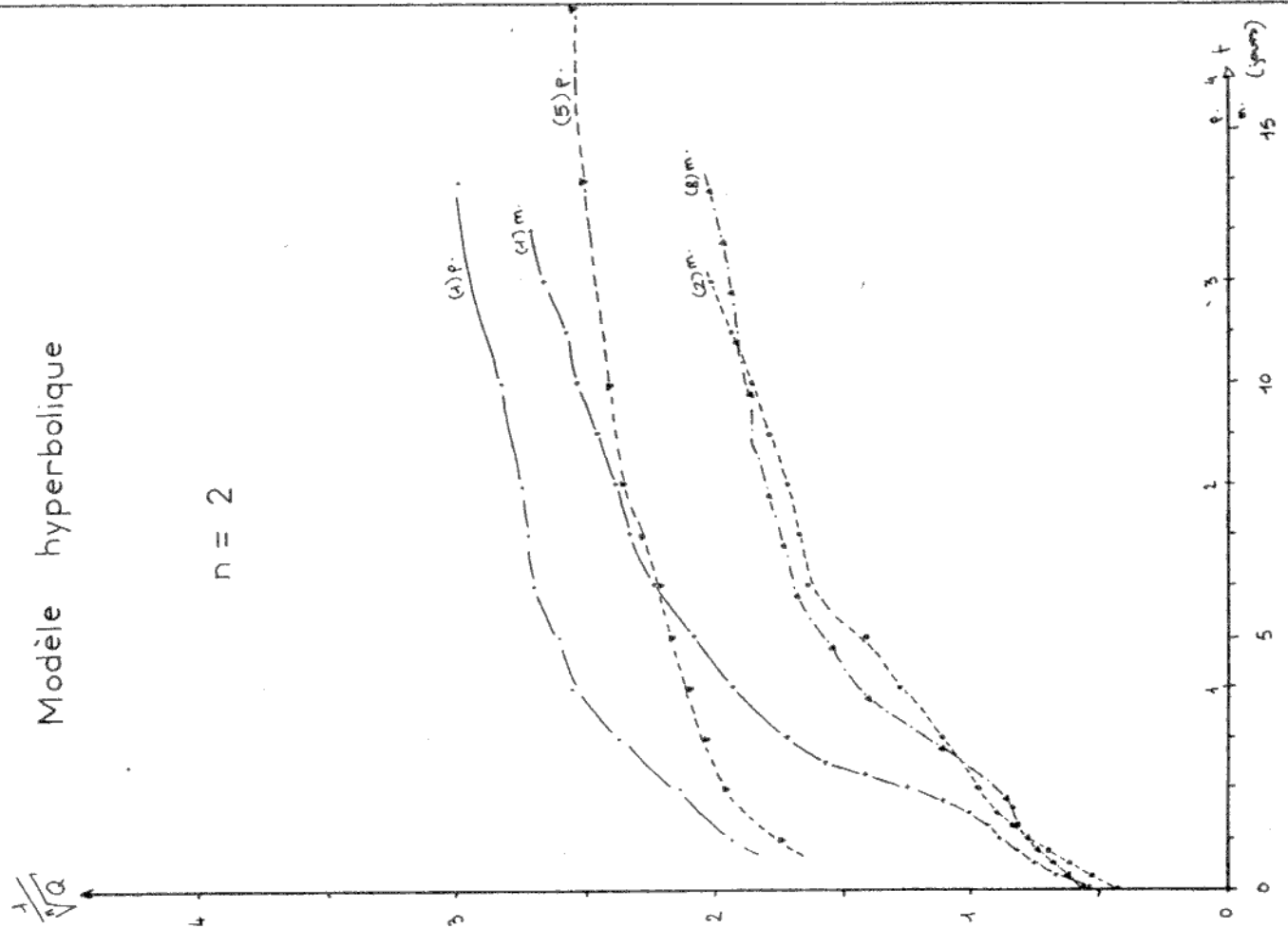
Nous avons essayé d'ajuster à ces modèles hyperboliques les décrues 1, 2 et 8 qui sont les plus longues.

Les résultats obtenus avec des valeurs de $n = 1/2, 3/2$ et 2 sont résumés dans le tableau suivant où figurent les coefficients de corrélation des droites de régression linéaire au sens des moindres carrés.

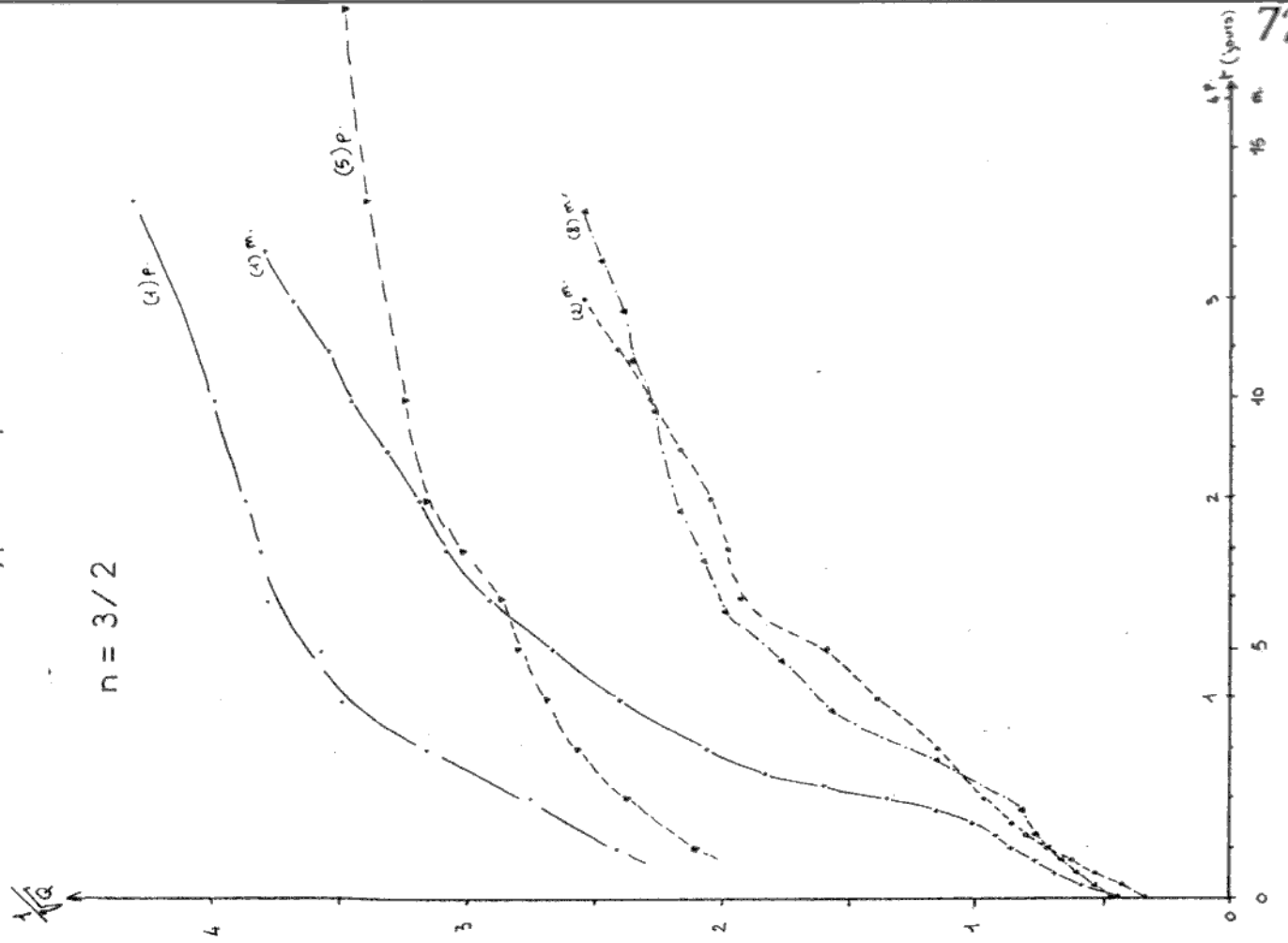
	$n = 1/2$	$n = 3/2$	$n = 2$	Maillet
décrué N° 1	0,997	0,960	0,950	0,917
décrué N° 2	0,991	0,981	0,976	0,954
décrué N° 8	0,984	0,938	0,925	0,891



avec Q en $\frac{m^3}{s}$



avec Q en $\frac{m^3}{s}$



On remarque que l'ajustement de la totalité de la décrue est nettement meilleur avec les modèles hyperboliques qu'avec celui de MAILLET. Parmi les modèles hyperboliques, c'est celui avec $n = 1/2$ qui est le plus performant (coefficient de corrélation très proche de 1). Deplus, on remarque que $Q_0 < 15 \text{ m}^3/\text{s}$ et souvent voisin de $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Donc le bon ajustement avec $n = 1/2$ correspond à ce qui a déjà été observé ailleurs.

Pour le modèle hyperbolique avec $n = 1/2$, nous avons obtenu sur les décrues N° 1, 2 et 8 les coefficients de décrue (β) suivants :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 4,6 & (Q_t \text{ et } Q_0 \text{ en m}^3/\text{s} \text{ et } t \text{ en jours}) \\ \beta_2 &= 1,6 \\ \beta_8 &= 1,2 \end{aligned}$$

On remarque encore que $\beta_1 < \beta_2 \text{ et } \beta_8$

Or $\beta = \lambda(K/S)$ où - K = perméabilité
 S = coefficient d'emmagasinement
 λ = un coefficient de décrue qui dépend de la période à laquelle se fait la décrue et de la surface de l'aquifère. On sait que ce coefficient de décrue est lié aussi à l'état de l'aquifère : les décrues de fin de saison sèche étant plus rapides que celles de saison humide.

C'est ce que nous observons ici car, comme nous l'avons vu, la décrue N° 1 correspond à une fin de saison sèche. En période humide on obtient un coefficient β voisin de 1,4

On remarque qu'il est beaucoup plus élevé que celui observé sur les autres sources karstiques avec le modèle $n = 1/2$.

- Fontaine Levêque : $\beta = 8,1 \cdot 10^{-4}$
- La Loue : $\beta = 27,9 \cdot 10^{-4}$

La forte valeur de β correspond donc à un milieu de forte perméabilité et faible coefficient d'emmagasinement. Ce qui explique que les crues soient très violentes et brèves.

Claysse à la Passerelle

Nous avons sélectionné pour la Claysse au niveau de la Passerelle plusieurs décrues faisant partie des décrues de la résurgence du Moulin.

- 1- du 16 Septembre 1975 au 22 Septembre 1975
- 3- du 30 Août 1976 au 4 Septembre 1976
- 5- du 2 Janvier 1977 au 16 Janvier 1977
- 6- du 5 Mai 1977 au 15 Mai 1977
- 8- du 29 Juillet au 6 Août 1977

Ajustement de la loi de Maillet $Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$

Nous observons sur la courbe $\log(Q_t) = f(t)$ les mêmes formes que sur l'hydrogramme. Seuls les derniers points sont relativement bien alignés. Ces points correspondent en fait à l'écoulement de la Claysse à travers les brèches de l'ancien barrage.

Ajustements hyperboliques $Q_t = Q_0/(1+\alpha t)^n$

Nous avons ajusté sur les modèles hyperboliques les premières parties des décrues 1 et 5 de la Claysse à la Passerelle.

Les résultats pour les différentes valeurs de n sont résumés dans le tableau suivant où figurent les coefficients de corrélation.

	$n = 1/2$	$n = 3/2$	$n = 2$
décrue N° 1	0,965	0,913	0,904
décrue N° 5	0,920	0,879	0,872

Ici encore, le meilleur ajustement correspond à $n = 1/2$. Toutefois la corrélation est nettement moins bonne que pour la résurgence du Moulin.

On trouve les coefficients suivants : $\beta_1 = 19,55$
 $\beta_5 = 5,3$

On remarque à nouveau qu'en fin de saison sèche (1), le coefficient β est plus grand qu'en période humide (5).

Le fait que tous ces ajustements portent sur les débits calculés à partir de la courbe de tarage de la Passerelle, nous incite à rester prudent vis à vis des résultats ci-dessus.

Claysse à la Goule de Sauvas

Les seuls renseignements concernant les décrues à la Goule de Sauvas sont ceux relatifs à la coloration effectuée en 1969. Le document dont nous disposons mentionne les résultats suivants :

- décrue à la Goule de Sauvas - débits mesurés :

21 Mars 1969 : $Q_0 = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$

2 Avril 1969 : $Q_t = 0,27 \text{ m}^3/\text{s}$

d'où $t = 12$ jours.

A la Goule de Sauvas, la Claysse est essentiellement alimentée par les grès du Trias. Il s'agit d'un aquifère de type poreux où l'équation de MAILLET est certainement vérifiée. Donc :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

$$\text{Log}(Q_t/Q_0) = -\alpha t$$

$$-\text{Log}(Q_t/Q_0)/t = \alpha$$

Nous trouvons dans ce cas un coefficient $\alpha = 8,8 \cdot 10^{-3}$

ETUDE DU TARISSEMENT

Les courbes de décrue correspondent à la décroissance du débit en fonction du temps. Cette décroissance étant directement influencée par la pluie efficace.

Or, en dehors des périodes pluvieuses, on remarque une décroissance très lente du débit de base correspondant à la vidange de la nappe (période non influencée). Les débits d'étiage étant faibles, l'équation de MAILLET nécessitant un écoulement laminaire, peut être utilisée. Dans ce cas, le coefficient α est appelé coefficient de tarissement

Nous avons trouvé pour la source du Moulin 5 périodes où un tel tarissement est observable.

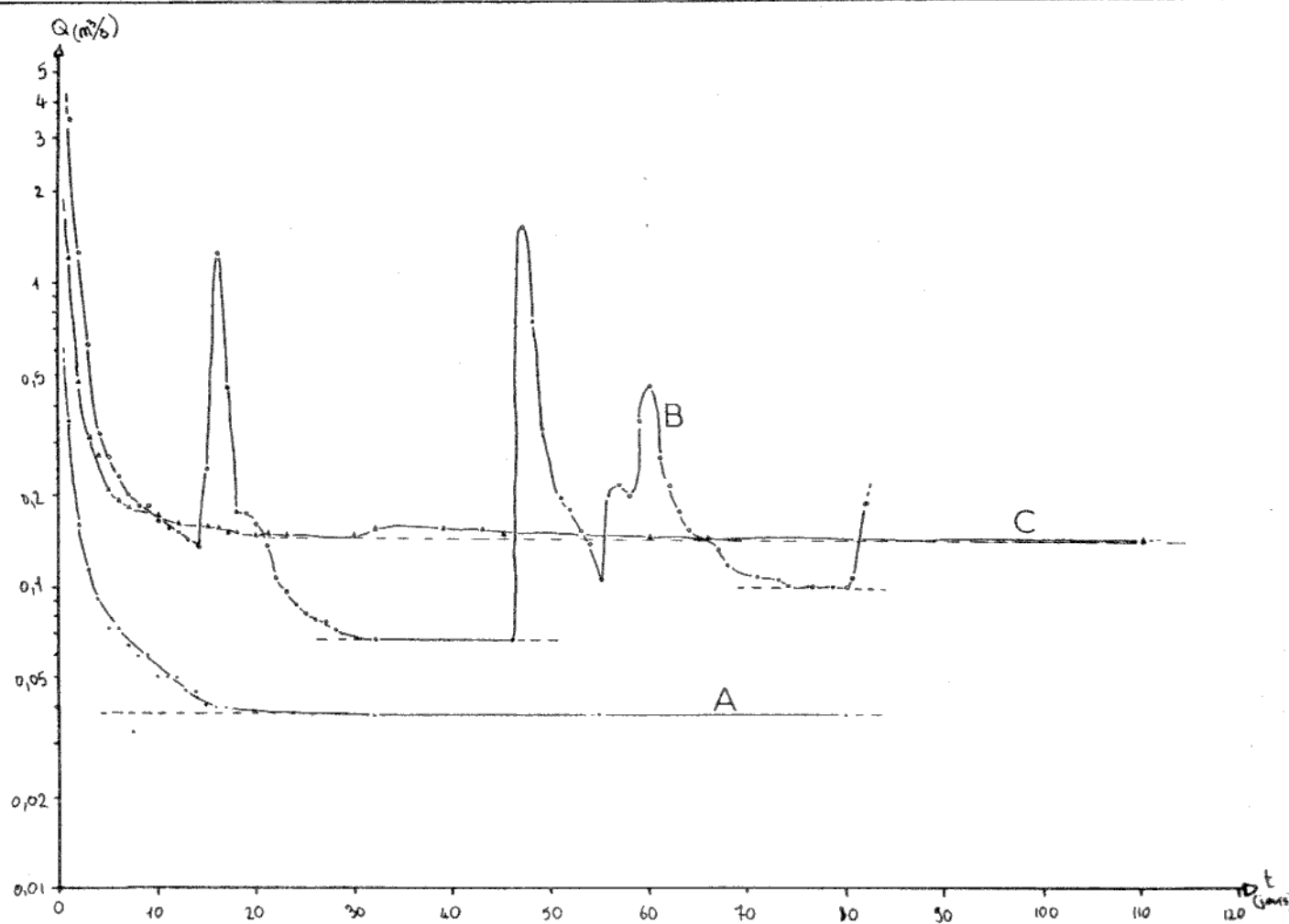
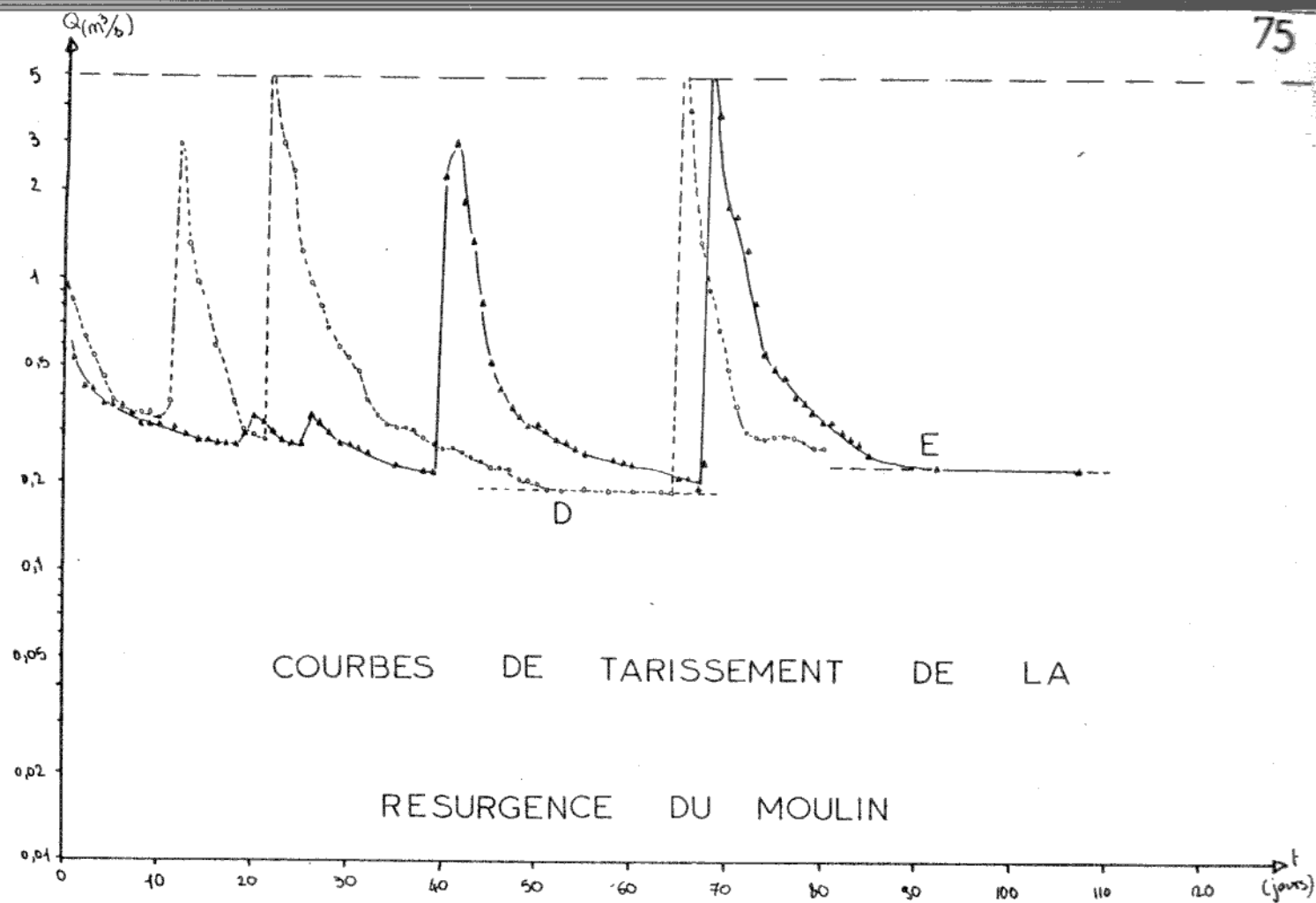
A- du 15 Juin 1975 au 28 Août 1975

B- du 16 Septembre 1975 au 4 Décembre 1975

C- du 11 Mai 1976 au 28 Août 1976

D- du 1 Mars 1977 au 20 Mai 1977

E- du 20 Juin 1977 au 5 Octobre 1977.



Le coefficient de tarissement est obtenu de la façon suivante :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)} \quad \text{avec } Q_t \text{ et } Q_0 \text{ en m}^3/\text{s}$$

$$\text{Log}(Q_t/Q_0) = -\alpha(t-t_0) \quad \text{et } t \text{ en jours.}$$

$$\alpha = - (\text{Log}(Q_t/Q_0)/(t-t_0))$$

Nous avons obtenu les résultats suivants :

$$\alpha_A = 1,18 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_{B1} = 3,79 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_{B2} = 1,27 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_C = 0,73 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_D = 3,51 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_E = 1,40 \cdot 10^{-3}$$

Soit une valeur moyenne de $2 \cdot 10^{-3}$, ce qui correspond aux valeurs général ement trouvées pour de telles sources.

RELATION PLUIE-DEBIT

Pluie efficace

La valeur de la pluie efficace minimum varie énormément en fonction de l'époque à laquelle on se trouve. Cette valeur dépend notamment de l'évapotranspiration potentielle et de l'état de saturation du sol. Ainsi, en été la pluie efficace minimum sera beaucoup plus importante qu'en hiver.

Pendant la période d'observation, la pluie efficace minimum a été observée fin Mai 1977. En effet, une précipitation de 4,5 mm survenant 2 jours après un épisode pluvieux, a entraîné une augmentation sensible du débit de la résurgence.

Par contre, la pluie non efficace maximum a été enregistrée en Août 1976. Il est tombé 29,0 mm sans réaction apparente à la source.

D'une manière générale pour la période d'observation, en saison humide la pluie efficace minimum est de l'ordre de 5 à 10 mm par jour.

Temps de réaction

D'une manière générale, la source réagit une demi-journée à une journée après le début des précipitations. Quelquefois après une pluie fine et régulière, la réaction apparaît au bout de 48 heures.

Par contre, lors des violents orages de fin de saison sèche (Août-Septembre), la réaction est beaucoup plus rapide : 4 heures le 28 Août 1976.

Rapport Volume d'eau écoulé-Précipitation

Nous avons calculé ce rapport pour 15 épisodes pluvieux. Les crues utilisées sont celles dont le débit maximum est inférieur à $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ainsi que quelques unes dont les débits dépassant $5 \text{ m}^3/\text{s}$ sont peu nombreux par rapport au reste de la crue.

Date des Précipitat°	Nombre de jours de pluie	Précipitat° totale (mm)	Débit initial Q_0 (m^3/s)	Volume d'eau évacué (Mm^3)	V_e/P (Mm^2)
30/9/75	1	27,0	0,135	0,18	6,67
31/10-2/11/75	2	35,7	0,070	0,22	6,16
9/11-13/11/75	2	23,0	0,150	0,12	5,22
11-16/12/75	6	89,0	0,150	1,6	17,98 +
29-30/12/75	2	20,1	0,160	0,13	6,47
17-22/2/76	6	46,5	0,245	1,0	21,56 +
7-12/3/76	4	34,9	0,275	0,31	8,86
8-9/5/76	2	36,9	0,120	0,25	6,78
28-30/8/76	2	255,1	0,140	1,3	5,10 +
10-12/10/76	3	27,1	0,290	0,30	11,07
30/11-7/12/76	4	24,6	0,265	0,08	3,46
15-27/12/76	6	67,4	0,245	0,74	10,98 +
10-11/3/77	2	37,4	0,330	0,63	16,84 +
21-23/3/77	3	50,1	0,280	1,2	23,95 +
27-30/7/77	3	91,1	0,215	0,87	9,55 +

Les valeurs de V_e/P suivies de + correspondent aux crues ayant des pointes dépassant quelquefois $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Les débits ont été alors estimés.

Il apparaît en observant ces résultats que le rapport V_e/P varie d'une averse à l'autre. On remarque que le débit initial (Q_0), traduisant l'état du système avant la pluie, a une influence certaine sur ce rapport. C'est ce qui est généralement observé : le taux d'infiltration est plus faible en fin de saison sèche qu'en saison humide. On remarque également que le nombre de jours de précipitation, traduisant en fait l'intensité de la pluie, influence aussi le rapport

78
Ve/P. On sait effectivement qu'une pluie fine s'infiltrer mieux qu'une pluie plus importante à forte intensité.

Il est vraisemblable qu'il existe d'autres facteurs qui font varier ce rapport, tel la répartition spatiale des orages sur le bassin versant, ...

Deplus l'étude des enregistrements pluviométriques nous permettrait d'apprécier plus précisément l'intensité de la pluie et d'en voir son influence réelle sur le rapport Ve/P.

Pour les averses de fin de saison sèche (Q_0 inférieur à 0,150 mètres cube par seconde), on obtient un rapport Ve/P moyen = 6,18 Mm² avec un écart-type $\sigma = 0,66$

Pour les averses de saison humide, on a un rapport Ve/P moyen de 12,36 Mm² avec un écart-type de 6,46

Le rapport Ve/P correspond en fait au coefficient d'infiltration i multiplié par la surface du bassin versant S . En utilisant le coefficient d'infiltration généralement vérifié dans la région ($i = 40 \%$) et le rapport moyen Ve/P de saison humide (12,36 Mm²), on obtient :

$$Ve/P = i \cdot S \text{ d'où } S = 31 \text{ km}^2$$

Or la surface des affleurements calcaires du Jurassique supérieur est de 37,5 km². Cette différence peut être expliquée par le fait qu'en crue, les exutoires temporaires se trouvant sur les bordures Nord et Sud se mettent à fonctionner. En conséquence, le bassin versant de la résurgence du Moulin se trouve réduit.

Par contre si l'on prend la surface réelle du bassin versant théorique, on aura alors un coefficient d'infiltration inférieur à la normale.

CONCLUSION

L'étude de la répartition des crues a montré que 48 % de celles-ci sortent du domaine d'utilisation de la courbe de tarage du Moulin. Deplus la première corrélation entre les débits de la résurgence du Moulin et ceux de la Claysse à la Passerelle, a mis en évidence que la courbe de tarage théorique de la Passerelle n'est pas conforme à la réalité au delà de 0,60 mètres. Il importe donc de prendre les résultats obtenus avec prudence, et de n'en dégager que les grandes lignes et ordres de grandeur.

Toutefois l'analyse des décrues a apporté des renseignements intéressants. Le modèle s'ajustant le mieux aux décrues du Moulin, voire de la Passerelle, est le modèle hyperbolique avec l'exposant $n = 1/2$ ($Q_t = Q_0/(1+at)^n$).

Les coefficients de décrue (β) obtenus traduisent un système à très forte Perméabilité et faible coefficient d'emmagasinement.

L'étude du tarissement donne des valeurs du coefficient α (coefficient de tarissement) identiques à celles généralement observées

Le rapport Pluie-Débit a mis en évidence l'existence d'un déficit hydrique pouvant avoir plusieurs origines :

- coefficient d'infiltration plus faible que la normale
- surface d'alimentation plus petite que prévue
- sous écoulement en nappe captive vers le fossé d'Alès.

CONCLUSION GENERALE

L'étude hydrologique de la résurgence du Moulin a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques de cet aquifère karstique.

En période d'étiage, cette résurgence qui est la seule pérenne de la région, draine pratiquement toute la superficie des affleurements calcaires du Jurassique supérieur. Il semble en effet que la limite Nord du bassin versant, par le cœur marneux de l'anticlinal de St Paul le Jeune, ne soit que théorique. M. MAURIN nous a affirmé avoir vu l'eau du Moulin se troubler lors du forage pétrolier de St Sauveur de Cruzières. Ce forage étant sur le versant Nord de l'anticlinal, donc théoriquement sans relation avec la résurgence du Moulin.

La résurgence du Moulin est en fait une source de débordement conditionnée par le recouvrement marneux du Valanginien. Les observations tant historiques que floristiques, ainsi que les résultats du pompage d'essai semblent indiquer l'existence d'un karst noyé avec des chenaux à écoulement préférentiel relativement indépendants les uns des autres. Il n'est d'ailleurs pas impossible qu'une partie des eaux souterraines s'écoule en nappe captive vers le fossé d'Alès.

Le toit de la zone saturée est observable à l'étiage dans le lit de la Claysse aux environs de la Passerelle où il existe toujours des plans d'eau stagnante. Ceux-ci montrent d'ailleurs une relation hydraulique avec la résurgence du Moulin (action du barrage en basses eaux).

La zone saturée est également accessible plus en amont dans certaines cavités naturelles comme à l'évent de Peyrejal et le Peyrol de Chadouillet. Au dessus de ce karst noyé, on a tout un réseau de galeries pénétrables aux vastes dimensions qui est temporairement actif.

L'analyse statistique de ces galeries a été comparée avec les résultats des relevés de microtectonique. Les histogrammes obtenus indiquent une répartition assez homogène, bien que l'on mette en évidence que le karst a utilisé certaines familles de fractures.

En période de hautes eaux, ces galeries sont parcourues par un écoulement temporaire alimentant une partie du cours aérien de la Claysse. La corrélation entre les débits de la résurgence et ceux de la Claysse à la passerelle, a confirmé cette observation.

Les crues obtenues ont été analysées et ont montré l'existence d'un système à mise en charge et vidange très rapide, caractérisé par une très grande perméabilité et un faible coefficient d'emmagasinement.

Le rapport Volume d'eau écoulé par la source-Précipitation (V_e/P) a mis en évidence un certain déficit hydrique se traduisant par un coefficient d'infiltration très faible ou encore par une surface d'alimentation inférieure à celle estimée.

Or, la faible épaisseur de la zone non saturée a pour conséquence une saturation totale du karst pour de très fortes précipitations. Dans ce cas, le karst n'absorbe plus et les cours d'eau reprennent leur lit aérien. C'est le cas de la Claysse entre St Paul le Jeune et St Sauveur de Cruzières. Le ruissellement est alors très important et l'infiltration pratiquement nulle.

Deplus, en crue tous les exutoires temporaires fonctionnent. Certains de ceux-ci sont périphériques et alimentent d'autres cours d'eau (Chassezac au Nord, Cèze au Sud). Or en hautes eaux, quelques uns de ces exutoires temporaires ont des débits non négligeables (Peyrol des Rouveyrols). Ces drainages temporaires centrifuges ont pour conséquence une diminution du bassin d'alimentation de la source du Moulin.

Cette variation spatiale de la surface d'alimentation, associée à un ruissellement plus ou moins important en fonction de l'état de saturation du système, confère à ce karst une certaine originalité.

D'autre part, le faible coefficient d'emmagasinement, la très forte perméabilité et la faible hauteur de la zone non saturée expliquent l'absence de réserves de cet aquifère, se traduisant par des décrues très rapides. Ceci associé à une petite superficie de la surface d'alimentation, et un régime pluviométrique de type Méditerranéen, explique la rapidité et la violence des mises en charge observées.

C'est cette particularité qui caractérise le système karstique du synclinal de St André de Cruzières.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTHAUD F. et CHOUKROUNE P. - Méthode d'analyse de la tectonique cassante à l'aide des microstructures dans les zones peu déformées. Exemple de la plate-forme Nord-Aquitaine - Revue de l'institut Français du Pétrole - XXVII, N° 5 - Sept.-Oct. 1972.
- BALAZUC J. - Spéléologie du Département de l'Ardèche - Rassegna Speleologica Italiana e Societa Speleologica Italiana - Memoria II - 1956.
- BERARD P. - Etude hydrogéologique du synclinal de Saint-André de Cruzières - Rapport de D.E.A. - 1968 - U.S.T.L..
- CALLOT Y. - A propos des plateaux Ardéchois, Karst, Rapport fond surface et évolution des paysages calcaires - Thèse 3° cycle - Reims - 1978.
- CASTANY G. - Prospection et exploitation des eaux souterraines - Paris - 1968.
- DROGUE C. - Etude hydrogéologique des principales résurgences de la région Nord-Montpellieraine - Documents sur l'hydrogéologie karstique en territoire périméditerranéen - Mémoires du C.E.R.H. - Tome I - U.S.T.L. - 1964.
- DROGUE C. - Analyse statistique des hydrogrammes de décrues des sources karstiques - Journal of Hydrology 15 - 1972.
- GUERIN R. - Un exemple du rôle de la tectonique et de la microtectonique dans la géométrie des écoulements karstiques fossiles et actuels : le bas Vivarais calcaire - Thèse 3° cycle - U.S.T.L. - 1973.
- MANGIN A. - Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques - Thèse d'état - Annales de Spéléologie tome 29 fascicle 3 & 4, tome 30 fasc. 1 - C.N.R.S. Moulis - 1975.
- MAZELLIER R. - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des formations infracrétacées du bas-Vivarais. - Thèse 3° cycle - U.S.T.L. - 1971.
- PASCAL H. - Contribution à l'étude hydrogéologique de la bordure karstique Sous-Cévenole - Thèse 3° cycle - U.S.T.L. - 1970.
- POUZANCRE H. - Contribution à l'étude hydrogéologique des bassins d'alimentation de la Cèze - Thèse 3° cycle - U.S.T.L. - 1971.
- SCHOELLER H. - Les eaux souterraines - 1962.
- STENMANS V. - Corrélation pluviométrie piezométrie sur le forage profond de Corconne (périmètre expérimental) Essai d'interprétation - Rapport de D.E.A. - U.S.T.L. - 1979.
- VINET L. - Etude de Géodynamique externe du synclinal de Saint-André de Cruzières (Ardèche) - Rapport de D.E.A. - Université Lyon 1 - 1977.

DOCUMENTS UTILISES

CARTE GEOLOGIQUE N° 209 - Feuille d'Alès - 1/80 000 ° - Bureau de
Recherches Géologiques et Minières - Notice explicative -
Troisième édition - 1967 -

CARTES TOPOGRAPHIQUES - Feuille de Bessèges - Institut Géographique
national - 1969 -

- 1/50 000 ° - BESSEGES -
- 1/25 000 ° - BESSEGES N° 7-8 -

BULLETIN DU C.D.S. 07 - Comité départemental de Spéléologie de l'Ardèche.

BULLETIN DU C.D.S. 30 - Comité départemental de Spéléologie du Gard.

SPELUNCA - Fédération Française de Spéléologie -

DICTIONNAIRE FRANCAIS D'HYDROGEOLOGIE - G. Castany, J. Margat - B.R.G.M. -
1977.

SIGNES CONVENTIONNELS A UTILISER EN SPELEOLOGIE - U.I.S. - 1979.

SOMMAIRE

A - LOCALISATION ET PRESENTATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	p. 1
B - INTRODUCTION	p. 3
C - GEOLOGIE	
- Cadre Géologique Régional	p. 5
- Cadre stratigraphique	p. 6
- Tectonique	P. 11
- Microtectonique	p. 13
- Géomorphologie	p. 16
D - DONNEES CLIMATIQUES	
- Les températures	p. 19
- Les vents	p. 19
- les précipitations	
+ les valeurs régionales	p. 21
. Hauteur annuelle moyenne	
. Hauteur moyenne mensuelle	
+ les valeurs locales	p. 23
. les stations	
. corrélation sur les différentes stations	
- avec les valeurs mensuelles	
- avec les épisodes pluvieux	
+ Comparaison de la période considérée avec les autres années	p. 26
E - HYDROLOGIE	
- Etude du bassin versant	p. 31
+ Présentation du bassin versant	
+ Le réseau hydrographique superficiel	
. la Claysse	
. les ruisseaux temporaires	
+ Le réseau hydrographique souterrain	p. 36
+ Analyse statistique des galeries spéléologiques	p. 42
- Etude de la résurgence du Moulin de Pichegru	p. 44
+ Situation	
+ Historique	
+ Analyse de la flore aquatique	p. 46
+ Pompage d'essai	p. 48
- Etude hydrométrique	p. 51
+ Equipement	

- Etude hydrométrique (suite)	
+ Courbes de tarage	
+ Hydrogrammes	p. 56
+ Répartition des crues	p. 63
+ Comparaison Moulin - Passerelle	p. 66
. En hautes eaux	
. En basses eaux	
+ Etude des décrues	p. 68
. Résurgence du Moulin	
- loi de Maillet	
- modèles hyperboliques	
. Claysse à la Passerelle	p. 73
- loi de Maillet	
- modèles hyperboliques	
. Claysse à la Goule de Sauvas	
+ Etude du tarissement	p. 74
+ Relation Pluie Débit	p. 76
. Pluie efficace	
. Temps de réaction	
. Rapport volume d'eau écoulé - Précipitation	p. 77
+ Conclusion	
 F - CONCLUSION GENERALE	 p. 79
G - BIBLIOGRAPHIE	p. 81
H - DOCUMENTS UTILISES	p. 82
I - SOMMAIRE	p. 83