



HAL
open science

Etude du fonctionnement d'aquifères complexes, pays de Gex, Ain- France-Jura

Jean François Martinez

► **To cite this version:**

Jean François Martinez. Etude du fonctionnement d'aquifères complexes, pays de Gex, Ain- France-Jura. Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1986. Français. NNT: . tel-00566347

HAL Id: tel-00566347

<https://theses.hal.science/tel-00566347>

Submitted on 16 Feb 2011

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

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

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE DE
GRENOBLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE 3^e CYCLE

en

GEOLOGIE APPLIQUÉE
(option hydrogéologie)

par

JEAN-FRANÇOIS MARTINEZ

18 NOV. 1986

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
E 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL: (76) 87.46.42

ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT

D'AQUIFÈRES COMPLEXES

PAYS DE GEX - AIN

Soutenue le 26 juin 1986 devant la commission d'examen :

R. BARBIER	Professeur Émérite	PRESIDENT
R. MICHEL	Professeur à l'USMG	EXAMINATEUR
J. SARROT-REYNAULD	Professeur à l'USMG	EXAMINATEUR
JC FOURNEAUX	Maitre de conférence à l'USMG	RAPPORTEUR
A. MONTJOIE	Professeur à l'Université de Liège (Belgique)	INVITE
H. LAPORTE	Ingénieur au CERN (Genève)	INVITE

NNB 40M2970

GRENOBLE

AVANT-PROPOS

Parvenu au terme de ce travail j'éprouve l'agréable plaisir à remercier toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation et ont bien voulu le juger :

- Monsieur le Professeur R. BARBIER, qui me fait l'honneur de présider ce jury.

- Monsieur R. MICHEL, Professeur à l'Institut Dolomieu, qui a bien voulu faire parti de ce jury, et pour ses observations lors de sa visite sur le terrain.

- Monsieur J. SARROT-REYNAULD, Professeur à l'Institut Dolomieu, pour les conseils qu'il m'a prodigué tout au long de mes études en hydrogéologie.

- Monsieur JC FOURNEAUX, Maître de conférence à l'Institut Dolomieu, détaché au CERN, qui m'a fait profiter de ses enseignements et de sa grande expérience. Je lui exprime ma très sincère reconnaissance.

- Ma gratitude va aussi à Monsieur A. MONTJOIE, professeur à l'Université de LIEGE qui s'est déplacé de Belgique et qui a bien voulu donner son avis sur cette thèse.

- Monsieur H. LAPORTE, ingénieur au CERN, pour la confiance qu'il m'a accordé en m'acceptant dans son équipe et pour avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire à la réalisation de cette étude.

A ces remerciements j'associe Monsieur G. GRAVEZ, Monsieur J. POUZINEAU et Monsieur J.Y JAMBON, qui ont grandement facilité mes recherches ; J'ai une pensée émue pour Monsieur Jacques ROUEL qui nous a quitté brutalement et qui s'est toujours vivement intéressé à mon travail, ses conseils m'ont été précieux.

Ma reconnaissance s'adresse également à Odette et Nelly qui ont assuré la frappe du manuscrit ainsi qu'à mes camarades et amis de l'Université de Grenoble et du CERN pour leur soutien moral.

Enfin une pensée profonde à mes parents dont l'aide est inestimable, je leur dédie cette thèse ainsi qu'à Gene qui a participé de très près à sa réalisation.

"...Por que no se acaba el cuento"

- S O M M A I R E -

- INTRODUCTION
- CADRE DE L'ETUDE
- CLIMATOLOGIE
- LE SYSTEME ALLEMogne
- LE SYSTEME ALLONDON
- HYPOTHESE SUR LA DIFFERENCIATION
DU REMPLISSAGE DES SILLONS
- CONCLUSIONS

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

Faint, illegible text or markings, possibly a stamp or signature, located in the upper left quadrant of the page.

- INTRODUCTION -

Introduction

Dans le cadre de la construction d'un grand accélérateur de particules, appelé LEP (Large Energy Positron), entrepris par le CERN (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire), un grand nombre de reconnaissances géologiques et géotechniques ont été faites ces dernières années dans le Pays de Gex. Ces travaux sont venus compléter les études existantes faites par :

- la D.D.A. (Direction Départementale de l'Agriculture de l'Ain),
- le laboratoire de géologie de l'université de Genève
- le CERN (lors de la construction d'accélérateurs plus petits, SPS, PS),

cette liste n'est pas exhaustive.

Cette machine souterraine d'une circonférence de 27 kilomètres, se creuse actuellement à une cote de 400 mètres environ, essentiellement dans la "MOLASSE" Tertiaire mais également dans les terrains d'âge Secondaire du Jura, sur une distance voisine de 4 kilomètres. Pour les études préliminaires, une centaine de sondages mécaniques ont été effectués ainsi que des levés de terrain et un grand nombre de sondages électriques. En ce qui concerne l'hydrologie, le CERN a envisagé l'étude des bassins versants dès 1980; ceci s'est traduit par l'installation de limnigraphes sur les cours d'eau et les aquifères principaux, par la mise en place de stations pluviométriques ainsi que par le recensement des points d'eau (sources, puits et fontaines) situés sur le site du LEP. Depuis le début du projet, tout cet ensemble est l'objet de contrôles et d'études effectués sous la direction de Monsieur le Professeur A. MONTJOIE (Université de Géologie - Laboratoire d'Hydrogéologie - Liège Belgique), hydrogéologue-conseil au CERN, dont les rapports annuels nous serviront de base.

Nous ferons également largement référence à l'analyse hydrogéologique de G. HUGOT (1982), à partir de laquelle, il nous est paru possible d'aller plus loin et de définir, de manière plus précise, les modalités de fonctionnement des différents systèmes hydrogéologiques rencontrés ici, à savoir, des aquifères de type Karstique et/ou de fissures en ce qui concerne le Mont Jura, et des aquifères alluviaux dans la plaine gessienne, et ceci, grâce d'une part au nombre plus grand de données et d'autre part aux enseignements apportés par les observations faites dans la galerie LEP, en cours de percement à ce jour.

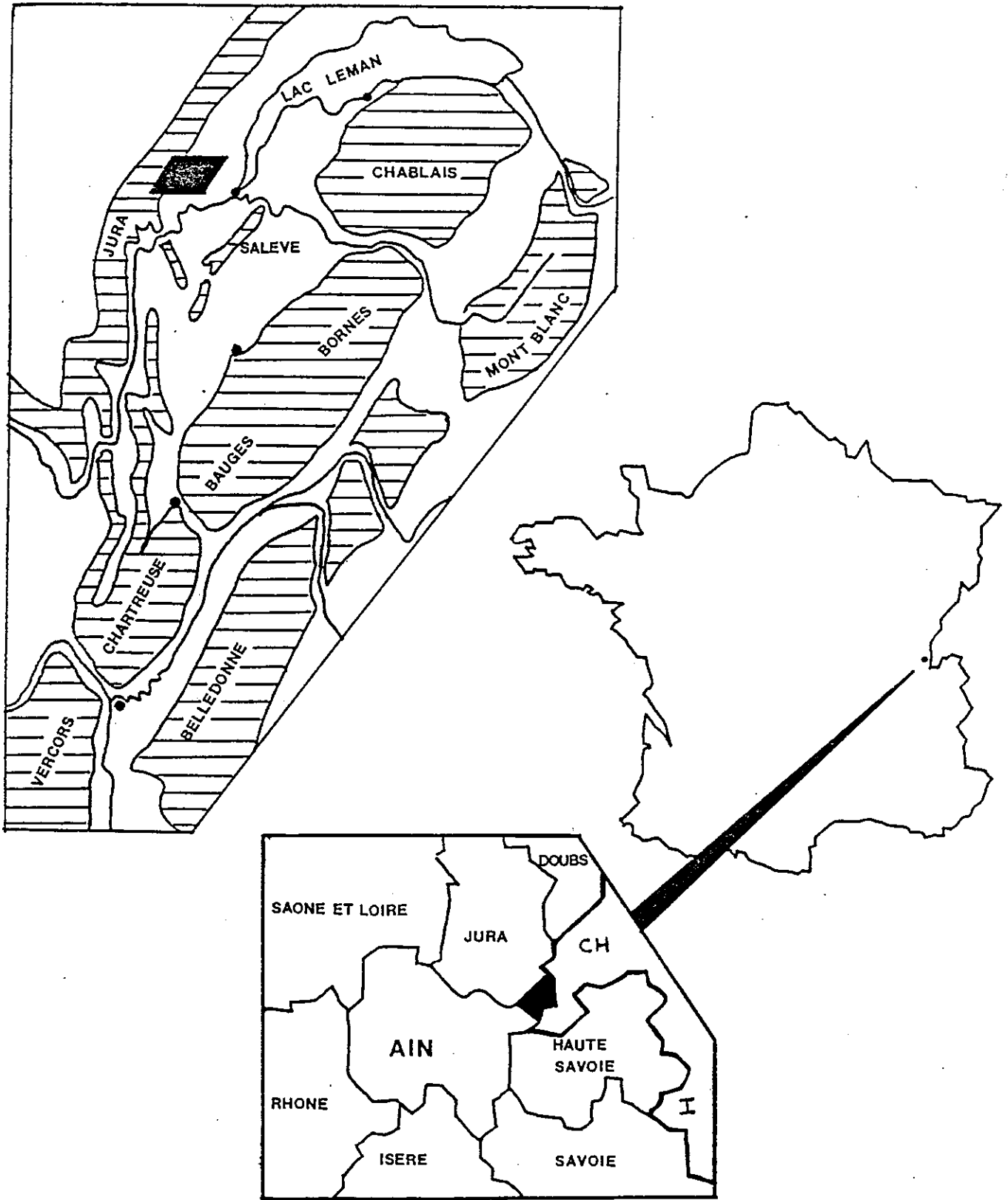
De plus les modes d'écoulement et de stockage des eaux ne sont pas spécifiques au terrain étudié, c'est pourquoi nous avons tenté une modélisation théorique de ces phénomènes, de manière à ce que les conclusions issues de ce travail puissent être appliquées à d'autres systèmes similaires.

- C A D R E D E L ' E T U D E -

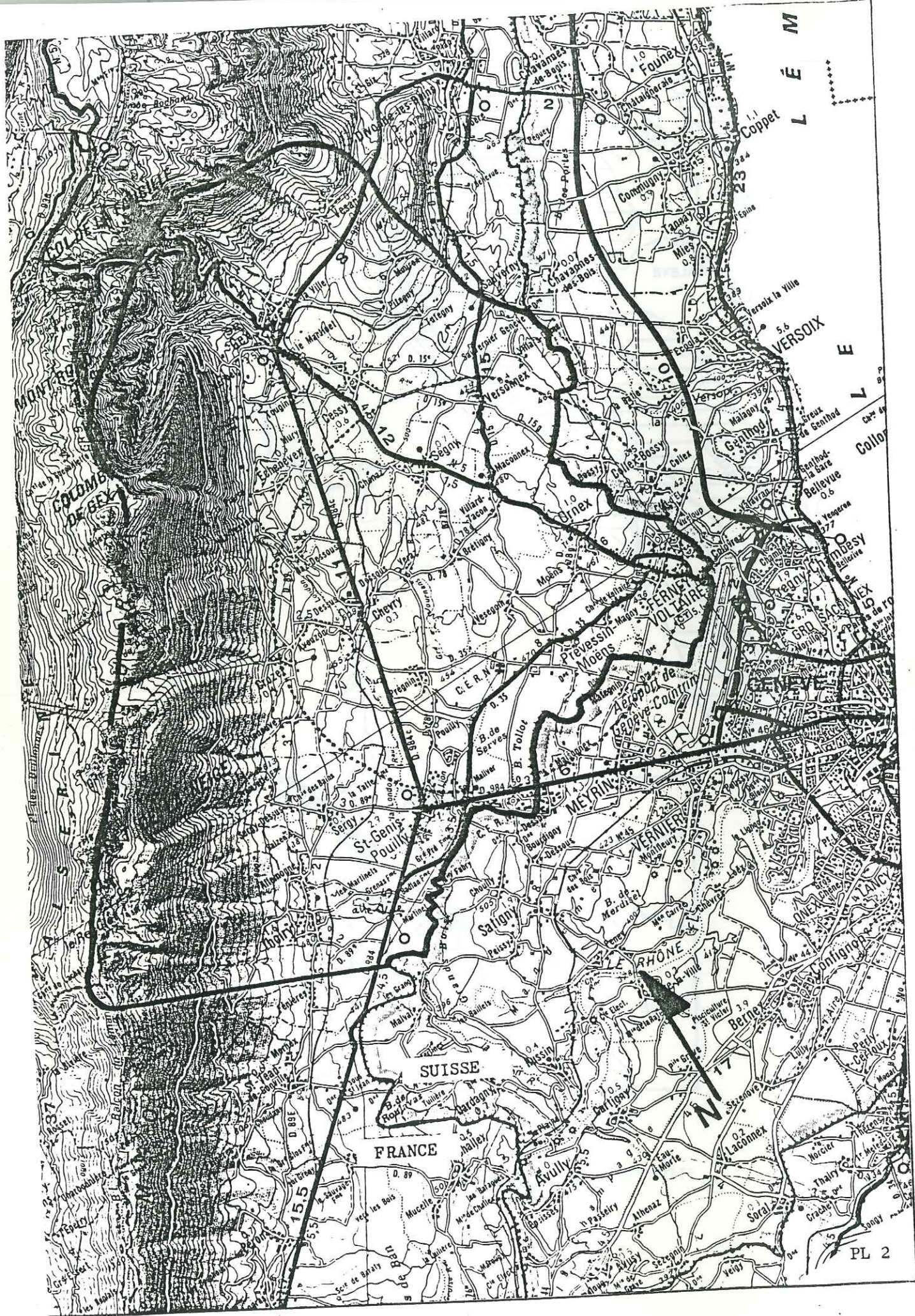
(Chapitre I)

1 - Contexte géographique

2 - Contexte géologique



SITUATION GEOGRAPHIQUE



PLAN DE SITUATION AU 1:100 000

CH I - CADRE DE L ETUDE

1 - Contexte géographique1.1 Situation (Planche 1 & 2)

Le secteur d'étude se situe dans la partie Est du département de l'Ain, proche de la frontière franco-suisse. Il est représenté géographiquement par deux unités morphologiques bien individualisées dans le paysage :

- à l'Ouest, la haute chaîne du Jura qui culmine à 1717,6 m au Crêt de la Neige,
- à l'Est, le bassin lémanique qui est relativement plat et d'une altitude moyenne voisine de 500 m.

Si la première est surtout le domaine de la forêt, des alpages et du ski, la plaine, divisée en deux entités que sont le Pays de Gex et le Canton de Genève par une limite purement anthropique, est le siège des principales activités humaines.

Le bassin que nous étudierons plus particulièrement est localisé au Nord du Pays de Gex; c'est à dire entre le Mont-Mourex et Saint-Genis Pouilly, selon une direction Nord-Sud et entre la frontière franco-suisse et le premier chaînon du Jura selon un axe Est-Ouest.

2.2 Hydrographie (Planche 3)

Nous distinguerons dans ce travail trois bassins principaux :

- le bassin de l'Allemogne en montagne,
- le bassin de l'Allondon en montagne et en plaine,
- le bassin du Journans-Lion.

et nous analyserons leurs relations qui jusqu'ici n'avaient pas été mises en évidence.

Les émergences qui donnent naissance aux cours d'eau majeurs du bassin de plaine se situent au pied du Jura, ce sont du Nord au Sud :

- les sources temporaires du BY et de la VARFEUILLE au Nord d'Echenevex, dont les eaux rejoignent le Journans au sud de Segny,

- les sources de l'Allondon à Naz Dessus qui lors des périodes sèches prolongées tarissent,
- les sources temporaires des Fossiaux à Sergy-Dessous créant le FION qui se jette dans l'Allondon au niveau de Saint-Genis,
- les sources d'ALLEMOGNE et de la BATIOLETTE à Allemogne qui donnent les volumes d'eau annuels les plus conséquents,
- la SOURCE DU MAIRE et son trop-plein, le Puits Mathieu à Thoiry qui forment l'Allemogne en plaine.

Cet alignement d'émergences au pied du Jura se poursuit au Sud jusqu'à la Cluse du Rhône à Fort l'Ecluse :

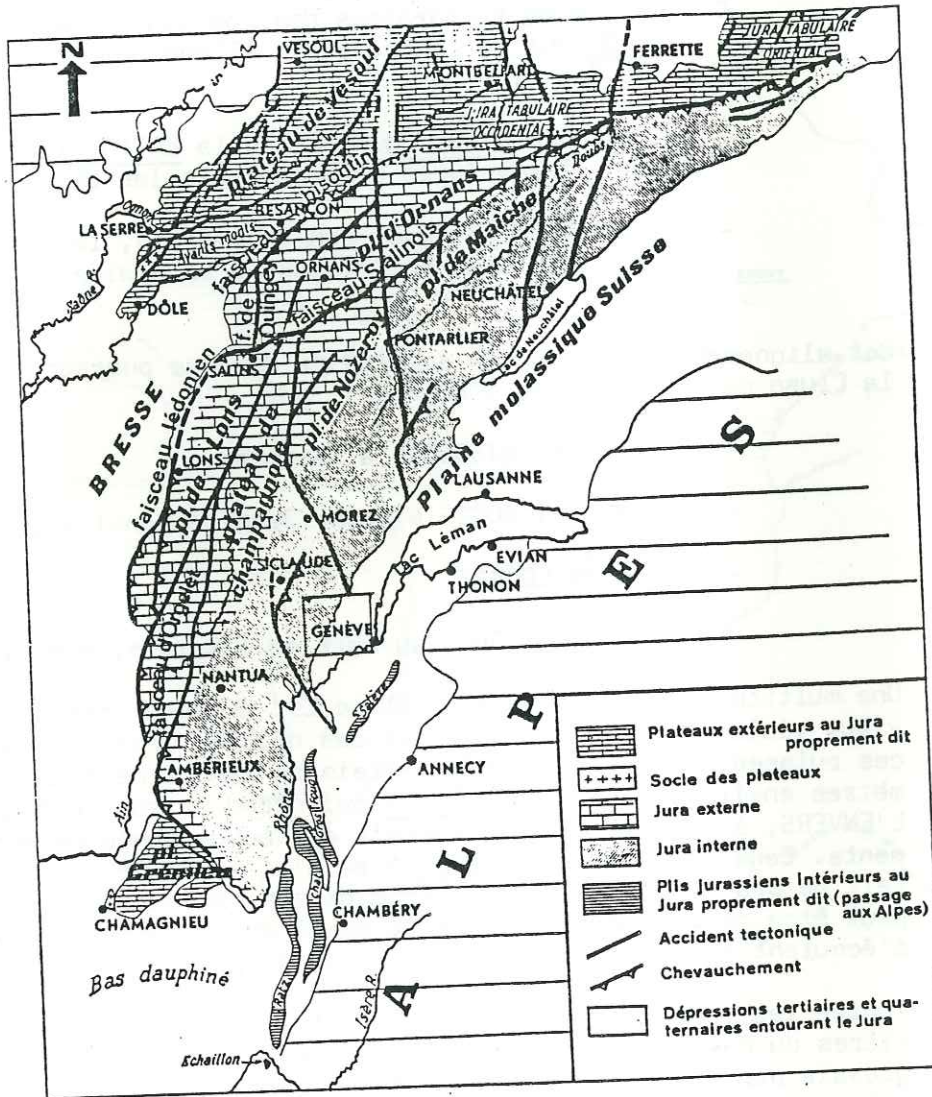
- sources des MISOSONS à Fenières,
- source de l'ADOIS à Saint Jean de Gonville,
- source de LOGRAS,
- source de la Buna au Fort de l'Ecluse, etc...

Une multitude de rus draine le flanc Est du Jura lors des épisodes pluvieux violents et durant la fonte des neiges, mais le tracé du lit de ces ruisseaux s'arrête avant d'atteindre la plaine à une altitude de 600 mètres environ. Seul, le JOURNANS qui prend sa source dans le CREUX DE L'ENVERS, à l'Ouest de Gex, connaît des écoulements de surface permanents. Ceux-ci alimentent le LION en plaine. A une moindre échelle, du fait de ses faibles débits le long de son parcours en montagne, l'ODAR peut être considéré comme un écoulement de surface du Jura. Ses eaux s'écoulent ensuite vers la plaine pour se jeter dans la Versoix.

Toutes les eaux provenant du Jura contribuent à l'alimentation des rivières du Pays de Gex, mais celles-ci voient leurs flots d'écoulement grossis par d'autres sources ou zones marécageuses propre à la plaine qui sont liées à l'affleurement de nappes souterraines; les plus importantes sont :

- les sources du LION à l'Ouest de Maconnex,
- les sources de la PRASLÉE au Nord de Chevry qui donnent naissance à la JANVOIN,
- les sources de CHENAZ.

Enfin, cette circulation des eaux à l'air libre qui se fait principalement par le Journans, l'Allondon, le Lion et l'Allemogne se rassemble au Sud du bassin, en aval de Saint-Genis/Pouilly et rejoint le Rhône.



Carte schématique du Jura.

In précis de géologie n3/J.Aubouin-R.Brouse (1979)

Contexte géologique (Planches 4,5,6,7)

Il ne s'agit pas ici de détailler la géologie régionale, nous invitons, pour cela, le lecteur intéressé à se reporter, si besoin est, aux travaux antérieurs consacrés à ce sujet et effectués principalement dans le cadre du projet LEP, en particulier :

Les études de G. AMBERGER (1980), BRGM(1981), Bureau DERIAZ (1981.1982.1983), HUGOT(1982), R. KRUMMENACHER(1971), E. LANTERNO(1975), J. CHAROLLAIS (1973), B. MASTRANGELO(1973) et A. MONTJOIE (1981.1982).

Les observations géologiques que nous avons faites et qui complètent les travaux existants seront décrites au cours de l'Etude.

Nous rappellerons simplement dans ce chapitre que la structure géologique et l'érosion glaciaire ont largement conditionné la topographie actuelle. Le bassin lémanique est un vaste synclinorium compris entre les Monts du Jura et le Salève. Ces derniers sont constitués d'une alternance de de Marnes et de calcaires d'âge Secondaire (PL6), recouverts en plaine par les sédiments lacustres de l'Oligocène (molasse chattienne), eux-mêmes masqués par les dépôts variés mis en place durant le Quaternaire (PL4).

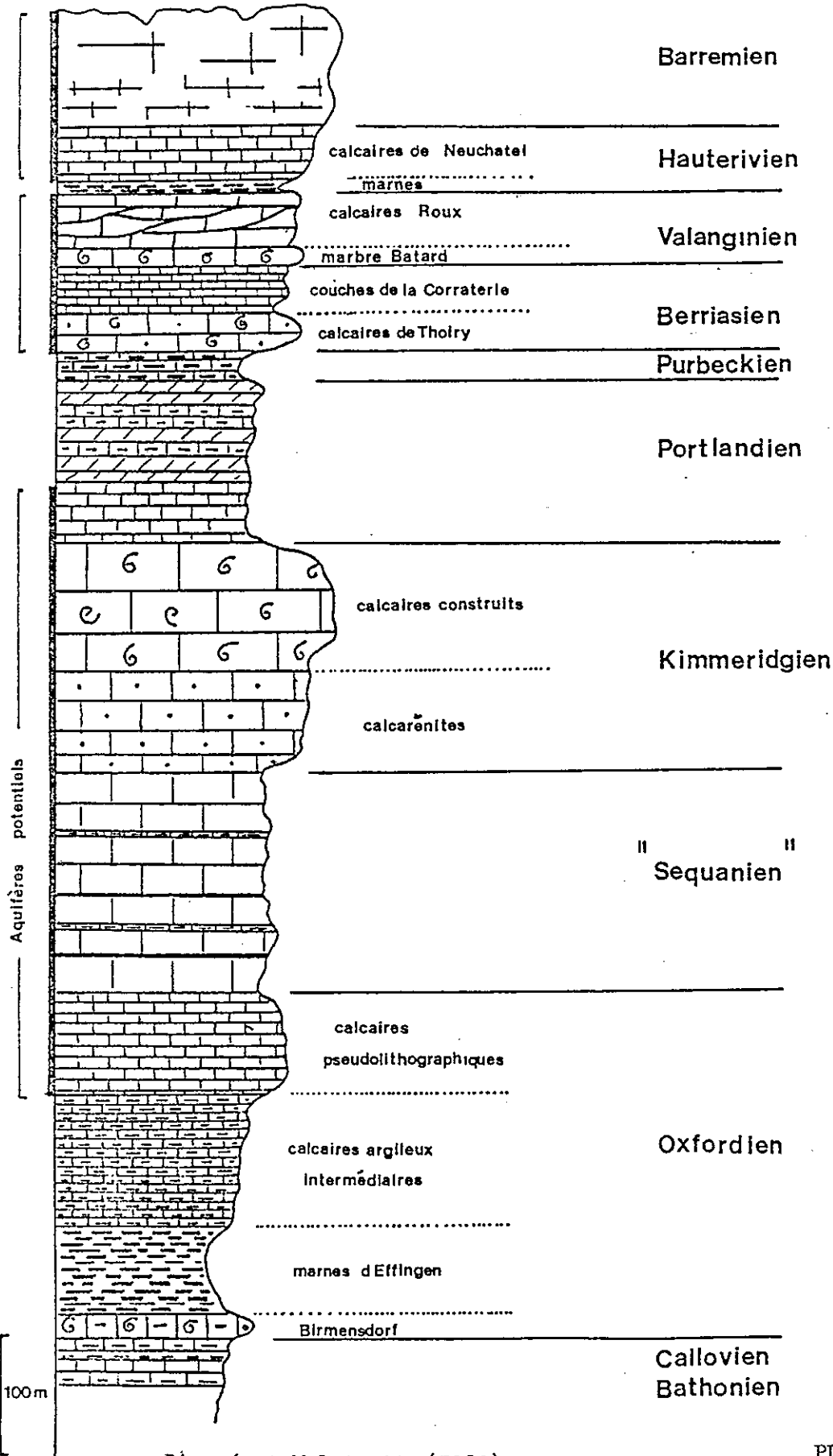
L'anticlinal du Jura, chaîne de couverture typique, appartient au faisceau helvétique PL4). C'est un pli faille d'axe N30-40 qui chevauche à l'Ouest le synclinal Crétacé et Tertiaire de la Valserine et qui est limité au Nord par le décrochement de la Faucille et au Sud par la faille du Vuache (PL8); ces deux accidents majeurs sont liés aux grandes cassures du socle Primaire.

Les couches du pli jurassien plongent vers le Pays de Gex selon un type quasi isoclinal; les formations les plus anciennes qui affleurent dans les alpages sont relayées progressivement dans la pente par les formations plus récentes du Crétacé inférieur. Celles-ci sont recouvertes en discordance, en piedmont, par la série marno-calcaire-gréseuse de l'Oligocène (PL5).

Les failles affectant le massif jurassien sont organisées selon le schéma classique fracturation-plissement sous contrainte. ce pli laisse apparaître sur son flanc Est quatre directions majeures de fracturation.

- des failles longitudinales N30-40 visibles en voûte de l'anticlinal, dont le rejet est faible et qui doivent correspondre à des ruptures par traction selon la courbure de l'anticlinal,

COLONNE LITHOSTRATIGRAPHIQUE SYNTHETIQUE
DES MONTS - JURA (Pays de Gex)



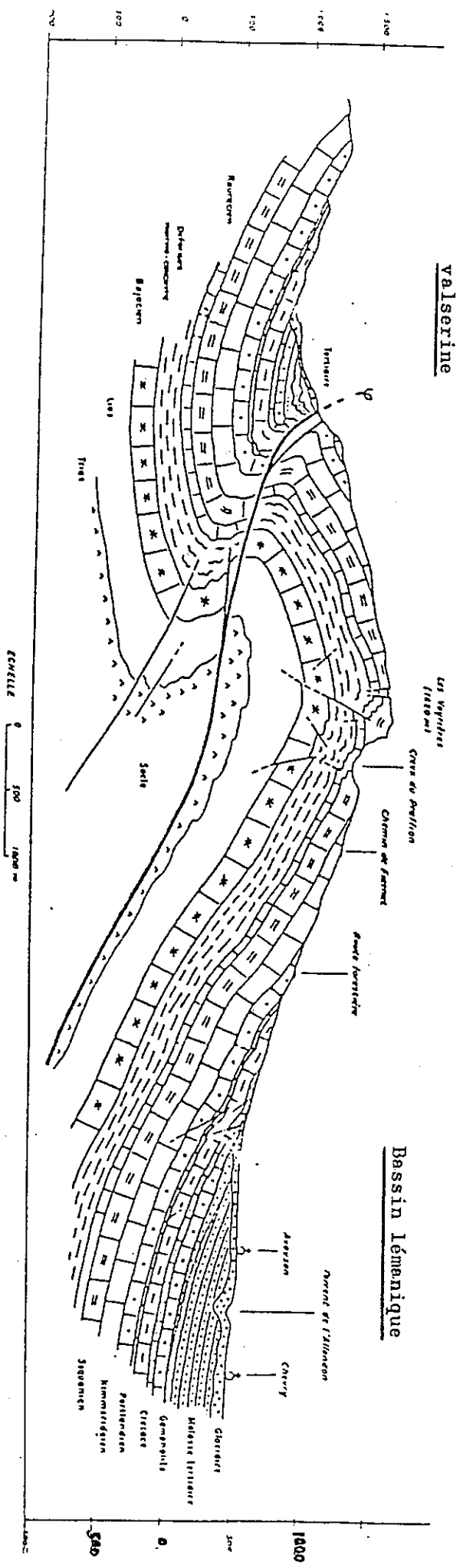
D'après A Malatrait (1982)

PL 5

COUPE GEOLOGIQUE DU PLI-FAILLE DES MONTS JURAS

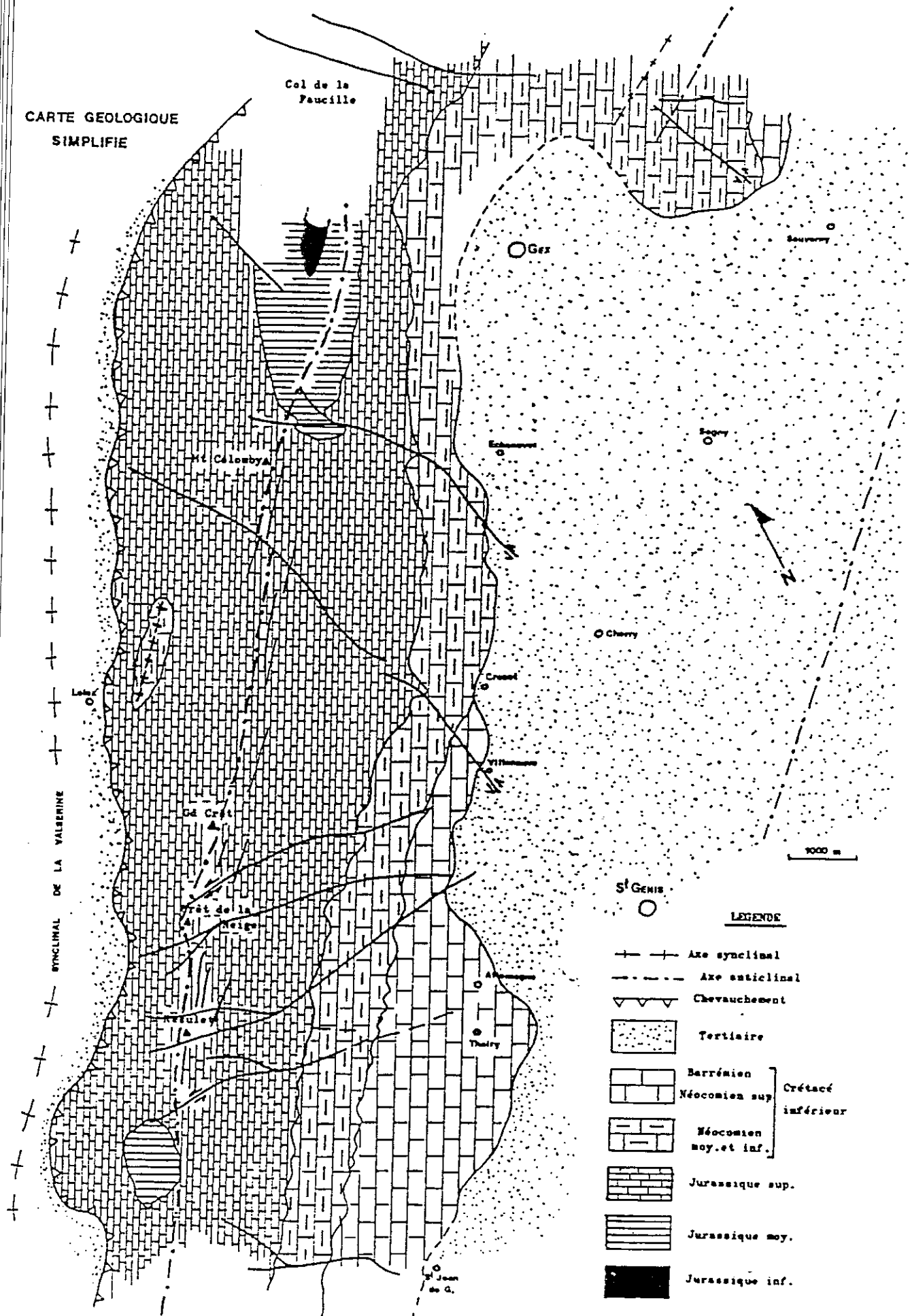
Colomby de Gex

SE



in Malenfant . BRGM/1982

CARTE GEOLOGIQUE
SIMPLIFIEE



SYNCLINAL DE LA VALSERINE

St GENIS
○

LEGENDE

- + — Axe synclinal
- - - - - Axe anticlinal
- ∇ ∇ ∇ Chevauchement
- [Dotted pattern] Tertiaire
- [Horizontal lines] Barrémien
- [Horizontal lines] Néocomien sup. } Crétacé inférieur
- [Horizontal lines] Néocomien moy. et inf.
- [Horizontal lines] Jurassique sup.
- [Horizontal lines] Jurassique moy.
- [Horizontal lines] Jurassique inf.

- trois types de failles transversales :
- un couple de failles décrochantes N120-150 et N80-100 dont les principales sont, pour le premier groupe, la faille de la Tremblaine qui montre un rejet horizontal de 150 mètres environ et un rejet vertical de 50 mètres, la faille de Branveau et la faille de l'Allondon.
- les failles du deuxième groupe, N80-100, sont accompagnées de phénomènes karstiques notoires, les plus importantes sont les accidents du Reculet, de la Calame et du Crêt de la Neige.
- un diaclasage N120-130, très dense, correspondant au raccourcissement maximum et qui est perpendiculaire à l'axe du pli.

Les prospections géophysiques en piedmont (BEGG. 1965, CHAPPELLIER. D. 1981, EUROSAT. 1981), proche du contact Secondaire-Tertiaire ont mis en évidence de nombreux accidents qui se raccordent assez bien avec les failles observées en alpage.

D'un point de vue hydrogéologique, on remarque dans les proches environs, des émergences karstiques situées à Thoiry (source du Maire), à Allemogne (sources d'Allemogne et de la Batiolette) et à Sergy-Dessus (sources des Fossiaux), que ce sont surtout les failles d'orientation N80-N100 qui prédominent (EUROSAT 1981). Ces dernières pourraient être des accidents satellites ou des prolongements en direction de la plaine des décrochements observés en alpage (failles du Reculet, du Crêt de la Neige). Quant aux émergences de l'Allondon (Naz-Dessus-Echenevex) elles se situent incontestablement sur le tracé de la faille de Branveau (N150) - planche 7.

- CLIMATOLOGIE -

(Chapitre II)

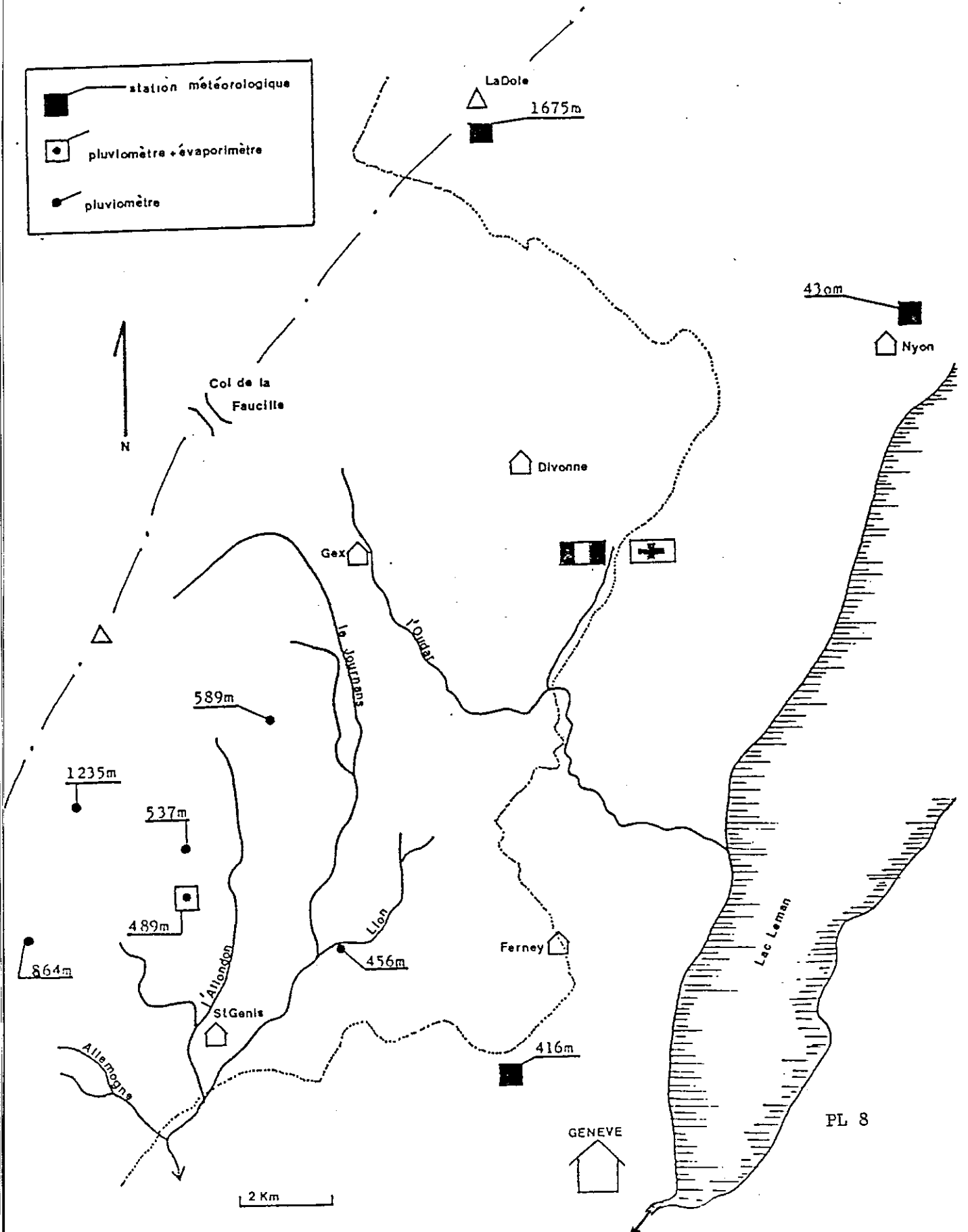
- Réseau d'observation
- Les précipitations
- L'évapotranspiration

RESEAU METEOROLOGIQUE

station météorologique

pluviomètre + évaporimètre

pluviomètre



CH II - Climatologie

1 - Introduction

Pour définir le fonctionnement des aquifères, il est nécessaire, au préalable d'analyser leur modalité d'alimentation et donc de bien connaître les conditions climatologiques locales.

Notre étude concerne les années 1982, 83 et 84. Elle fait suite à celle faite par G. HUGOT (1982) qui s'est intéressé à l'année 1981. Ces trois années d'observation vont nous permettre de préciser ses conclusions et d'apporter des notions supplémentaires, en particulier en ce qui concerne la répartition dans le temps et en fonction de l'altitude, des volumes d'eau susceptibles d'atteindre le sol.

2 - Le réseau d'observation (Planche 3)

Nous avons utilisé les relevés climatiques fournis par le Centre Météorologique Suisse, qui mesure en continu:

- la température de l'air,
- l'humidité relative,
- l'insolation,
- les précipitations,

en trois points situés sur le pourtour de la zone d'étude :

- Genève-Cointrin (altitude 416 mètres),
- Changins-Nyon (altitude 430 mètres),
- La Dôle (altitude 1675 mètres).

De plus, concernant les précipitations et l'évaporation, nous disposons sur les bassins versants étudiés, de données fournies par les appareils enregistreurs installés par le CERN en 1981.

- Villeneuve (489 m) : pluviographe et balance évaporimétrique
- En Beule (864 m) : pluviographe
- Fierney-Crozet (1235 m) : pluviographe

	GENEVE (416m)	VILLENEUVE (489m)	EN BEULE (864m)	CROZET (1235m)	LA DOLE (1675m)	
1981	J	106,8	164,2	241,5	266,7	404,0
	F	35,4	56,0	80,5	112,7	157,4
	M	88,0	132,0	101,2	141,1	214,6
	A	13,5	8,9	10,8	36,2	26,6
	M	100,9	94,1	97,6	163,7	202,8
	J	62,4	61,3	77,2	85,2	94,9
	J	106,2	126,0	93,6	109,8	146,9
	A	18,0	27,5	49,7	57,4	63,7
	S	107,8	132,0	175,6	166,1	182,9
	O	94,2	241,9	273,0	295,4	365,5
	N	41,0	62,1	115,0	62,6	174,5
	D	187,4	152,0	241,0	410,2	541,7
	total	961,6	1258,0	1556,4	1906,8	2575,5
1982	J	54,2	89,2	200,6	209,2	327,2
	F	16,8	23,1	36,5	73,0	145,4
	M	59,7	91,8	136,7	155,7	343,0
	A	17,3	12,1	26,0	40,2	56,0
	M	35,6	36,8	79,0	104,0	155,3
	J	157,7	120,5	130,8	156,2	215,3
	J	51,3	82,2	130,9	120,2	102,2
	A	70,0	42,8	84,0	122,7	183,6
	S	82,5	67,2	85,6	73,6	77,0
	O	138,1	159,9	321,0	237,9	254,1
	N	100,7	144,6	230,5	321,2	442,0
	D	130,8	141,2	299,0	344,8	678,0
	total	914,7	1011,4	1760,6	1958,7	2979,1
1983	J	52,9	43,7	207,5	183,1	387,9
	F	59,7	59,7	156,0	293,4	412,9
	M	87,0	73,8	131,0	153,7	279,6
	A	100,6	150,6	310,0	346,2	459,0
	M	190,6	210,1	342,0	462,0	394,9
	J	78,2	60,1	64,6	69,7	67,7
	J	49,1	55,8	58,5	68,0	60,1
	A	78,2	102,4	128,5	165,6	132,1
	S	89,3	77,4	87,0	219,8	156,9
	O	65,5	68,9	100,0	102,3	104,4
	N	99,4	137,7	201,5	271,0	401,2
	D	86,0	85,9	130,6	169,7	321,4
	total	1036,5	1126,1	1918,2	2504,5	3178,1
1984	J	130,1	201,8	392,8	270,3	420,5
	F	144,4	144,8	187,9	103,7	634,9
	M	68,5	76,7	120,7	108,2	541,8
	A	26,0	37,5	61,4	75,7	171,3
	M	54,3	91,0	125,2	159,4	137,3
	J	47,9	70,8	100,7	116,0	119,3
	J	8,8	9,2	29,2	31,1	53,9
	A	25,9	42,1	63,5	63,8	105,0
	S	157,1	180,0	291,5	359,2	326,7
	O	98,1	93,8	198,6	237,5	146,5
	N	63,1	74,3	120,5	146,4	198,6
	D	44,0	56,4	75,8	127,3	201,5
	total	868,2	1078,4	1767,6	1798,6	3057,0

- PRECIPITATIONS -

PL 9

(pays de Gex)

et depuis 1985, les pluviomètres journaliers de :

- Prévessin (altitude 456 m)
- Crozet (altitude 537 m)
- Echenevex (altitude 589 m)

Ces points d'enregistrement ont l'avantage de présenter une bonne répartition dans l'espace pour le bassin étudié. Mais nous ne prendrons pas en considération les données recueillies par les pluviomètres journaliers durant le dernier semestre 1985, nous ne pourrions en tirer de résultats significatifs, compte tenu de la courte durée d'observation. Néanmoins, nous retiendrons pour mémoire, qu'elles semblent confirmer l'impossibilité de déterminer un gradient altimétrique valable.

3 - Les précipitations

3.1 Les précipitations mensuelles

Les résultats sont synthétisés sur les tableaux de la Planche 9. Nous donnons, ici, quelques données caractéristiques :

il pleut en moyenne à Villeneuve (1981-84), 118 jours par an et 75 % des pluies ont des valeurs comprises entre 0 et 10 mm.

pour Genève-Cointrin (1901-84), l'ajustement des totaux annuels par la loi de Gauss donne :

- Année centennale humide	:	1340 mm
- " décennale humide	:	1145 mm
- " moyenne	:	905 mm
- " décennale sèche	:	680 mm
- " centennale sèche	:	485 mm

Comparées à ce calcul statistique, les années d'observation 1981, 82, 83, 84 se rapprochent des années moyennes; l'année 1983 ayant été la plus "arrosée" et l'année 1984 la plus sèche :

précipitations à Genève-Cointrin (416 m)

- 1981	-----	961,6 mm)
- 1982	-----	914,7 mm)
- 1983	-----	1036,5 mm)
- 1984	-----	868,2 mm)

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 46 58
 Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

	HIVER			PRINTEMPS			ETE			AUTOMNE		
	82	83	84	82	83	84	82	83	84	82	83	84
Genève	277	243	361	113	<u>378</u>	149	279	206	<u>83</u>	321	254	318
Villeneuve	264	243	432	141	<u>466</u>	203	246	218	<u>122</u>	372	218	348
En Beule	478	663	711	202	<u>783</u>	307	346	256	<u>193</u>	638	389	611
Fierney	693	821	544	300	<u>962</u>	343	399	241	<u>211</u>	633	593	743
La Dôle	1015	1479	1376	554	<u>1134</u>	850	501	260	278	773	663	672

Hiver:DJP ,Printemps:MAM ,Ete:JJA ,Automne:SON .

Valeurs en mm.

PL 10a

à Villeneuve (489m):

	81	82	83	84
H+A	63%	62%	43%	70%
P+E	36%	38%	<u>57%</u>	<u>30%</u>

PL 10b

Répartition saisonnière des précipitations

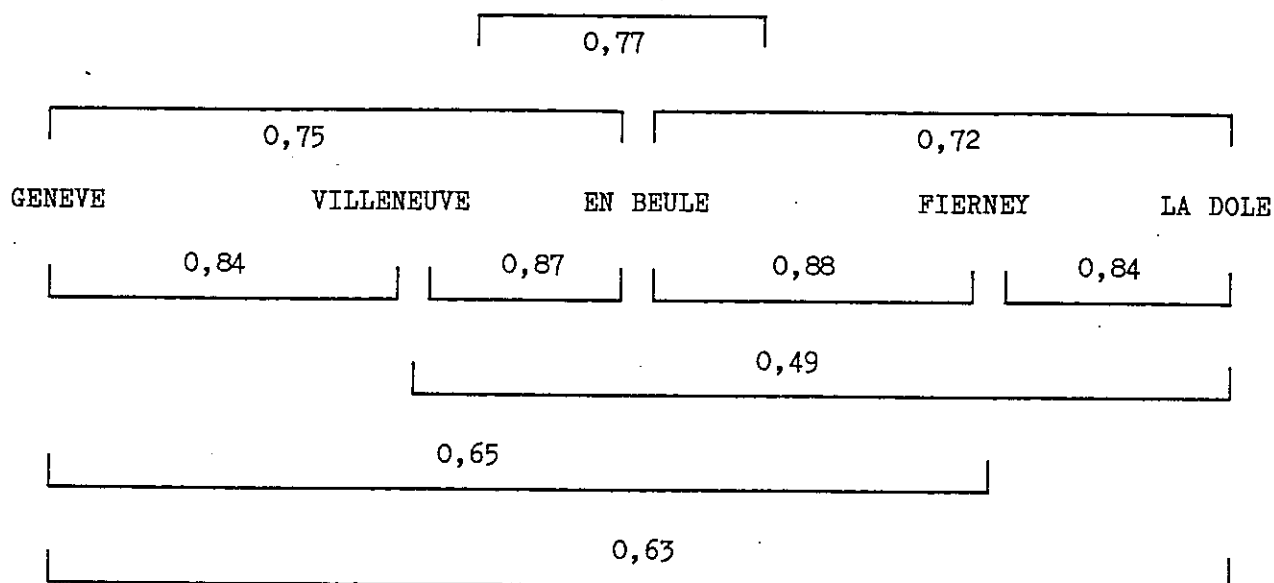
3.2 Les précipitations saisonnières

Les résultats (Planche 10a) précisent de nouveau l'importance des pluies de l'année 1983, en particulier durant le printemps (valeurs soulignées), et ils mettent également en évidence la faiblesse des valeurs des pluies de l'été 1984, à l'origine des problèmes d'alimentation en eau des communes du Pays de Gex. De plus, on notera les variations dans la répartition des valeurs des précipitations saisonnières pour les quatre années concernées. (Planche 10b).

3.3 Les précipitations en fonction de l'altitude

On ne peut définir de manière correcte de gradients altimétriques mensuels par régression linéaire simple. Cela avait déjà été remarqué par R. KRUMMENACHER (1971) et G. HUGOT (1982). Plus les écarts d'altitude entre les stations augmentent et plus les corrélations sont mauvaises :

- valeurs moyennes des coefficients de corrélation (1981-1984) :



Précipitations en fonction de l'altitude - PL II

		De 400 à 600 m	De 600 à 900 m	De 900 à 1700 m
1982	J	77,5	210,3	235
	F	23,1	37,9	91
	M	101,55	150	193
	A	13,8	23,5	38
	M	37,5	60,3	112,9
	J	135,8	102	161
	J	65,3	102	110,2
	A	54,6	78,5	166,4
	S	66,5	62,8	68
	O	143,8	287	244,5
	N	144,5	221	362
	D	139	254,5	366
	T	1004 mm	1589mm	2148 mm
1983	J	98,5	168	237,9
	F	76,5	186	300
	M	81,3	128	194,3
	A	152,5	274	354
	M	206,5	285,5	404
	J	63,5	60,4	66
	J	49,4	57	56,2
	A	84,8	111,9	123,5
	S	86,2	85,9	177,5
	O	65,9	84,5	79,8
	N	125,7	185	236,5
	D	77	112,9	196,5
	T	1167,8 mm	1679,4 mm	2426,2 mm
1984	J	180,2	248,7	350,2
	F	125,9	173	252,9
	M	77	116,6	224
	A	35	54,8	107,3
	M	78,4	112,4	131,7
	J	65,8	96,1	113
	J	10,4	22	36,5
	A	39,3	62,8	80,2
	S	181	255,9	339
	O	99,5	158,5	198,7
	N	77,9	110,9	161,4
	D	55,3	74,3	131,6
	T	1025,7 mm	1486 mm	2126 mm

Cependant, on pourra employer cette méthode mathématique pour reconstituer les données manquantes d'une station pluviométrique, à partir des valeurs de la station la plus proche. Mais pour l'évaluation des lames d'eau précipitées, on utilisera une méthode de calcul graphique par tranches d'altitudes caractéristiques (A. MONTJOIE-1982). Trois zones ont été retenues en fonction de la répartition altimétrique des pluviomètres :

- Altitudes inférieures à 600 mètres,
- Altitudes comprises entre 600 et 900 mètres,
- Altitudes supérieures à 900 mètres.

Ce sont les résultats obtenus à partir de cette méthode que nous utiliserons ultérieurement, lors du calcul des bilans d'eau (Planche 11).

4 - L'évapotranspiration

4.1 Généralités

L'évapotranspiration est une émission de vapeur d'eau considérée comme une perte en hydrogéologie (Castany 1982). Elle résulte de deux phénomènes :

- l'un physique: l'évaporation, qui intervient à la surface des lacs, des cours d'eau et des sols nus.
- l'autre biologique: la transpiration des végétaux.

L'évaporation potentielle (ETP) est celle qui se produirait s'il y avait toujours de l'eau disponible alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) est la quantité d'eau effectivement évaporée. C'est le paramètre du bilan hydrologique le plus délicat à appréhender, compte tenu de l'état actuel des connaissances à ce propos.

En 1983 une balance évaporimétrique a été installée sur le site de Villeneuve. On utilise ce type d'appareil en faisant l'hypothèse que l'évapotranspiration potentielle est proportionnelle à l'évaporation d'une surface d'eau libre. Les études antérieures semblent montrer que la méthode est aussi valable que l'utilisation des formules empiriques (Turc, Primault...) basées uniquement sur un calcul statistique. Nous avons tenté de les comparer.

E V A P O T R A N S P I R A T I O N

(Formule de Prinault) 81

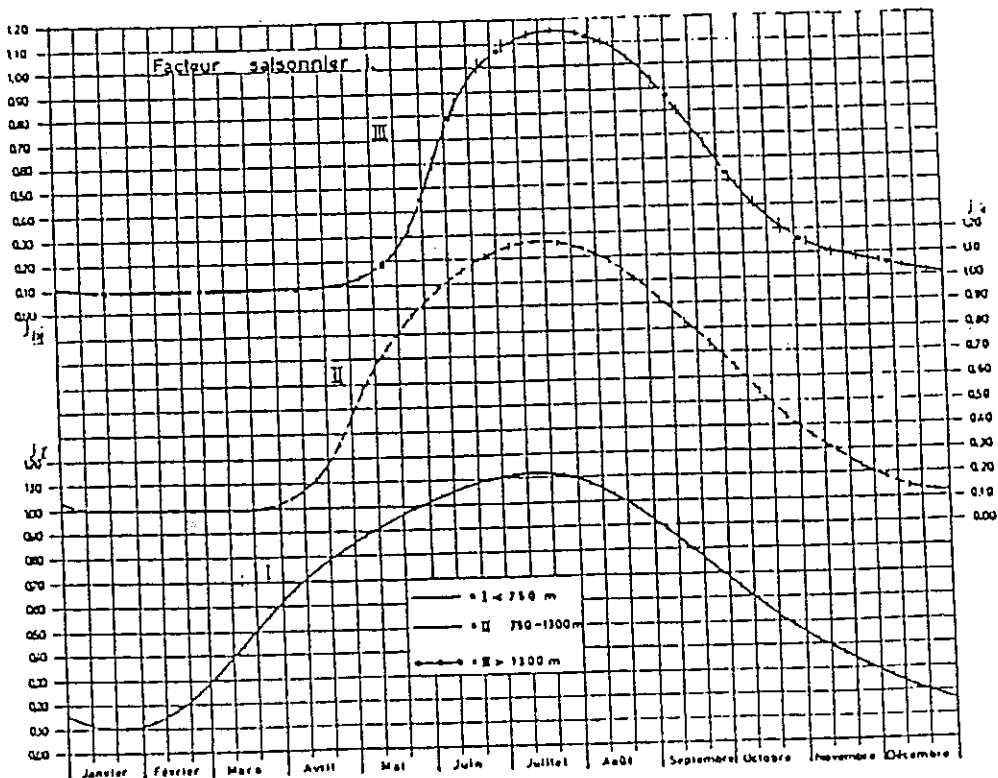
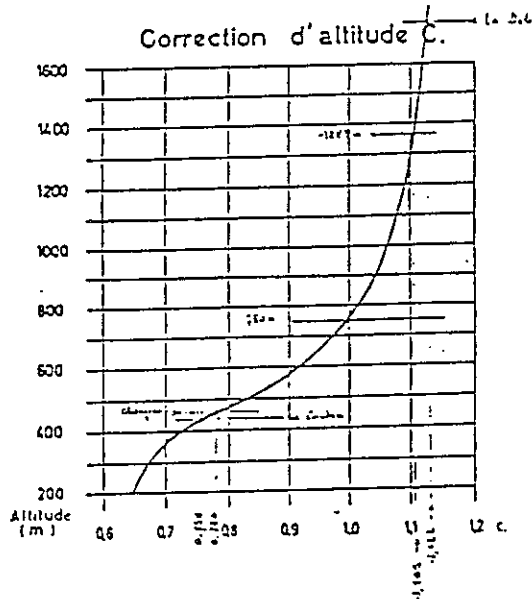
PL 12

$$ETP = (1,03 - H) (S + 2n) C j$$

- ETP = Evapotranspiration potentielle
- H = Humidité relative moyenne (en % / 100)
- S = Durée d'insolation effective en heures *
- n = Nombre de jours de la période considérée
- C = Correction d'altitude
- j = Facteur de correction saisonnier

) Si l'insolation maximum possible S_x est inférieure à 80 % de l'insolation astronomique S_A à la latitude du lieu, on utilisera la valeur de S^ au lieu de S

$$S^* = S \frac{S_A}{S_x}$$



4.2 L'évapotranspiration potentielle (mensuelle et annuelle) :

Les méthodes retenues sont celles de Turc, Thornwhaite et Primault (1981-Valable pour le bassin lémanique), puisqu'en faisant la moyenne des trois nous aurons fait intervenir les trois données météorologiques disponibles qui chacune ont, outre la pluviométrie, une influence sur l'évaporation (l'humidité, l'ensoleillement et la température de l'air).

4.2.1 Formule de PRIMAULT (1981)-Pl. 12

$$ETP_{mm} = J \times C \left(1,03 - \frac{H}{100}\right) (h + 2 n)$$

$$C = 1,75 \times 10^{-4}A + 0,88$$

H = humidité relative mensuelle

n = nombre de jours dans le mois

h = durée de l'insolation mensuelle (en heures)

J = coefficient de culture et d'altitude

A = altitude du lieu

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
alt. < 750 m	0,12	0,19	0,45	0,75	0,94	1,07	1,11	1,02	0,80	0,57	0,37	0,22
750 - 1300 m	0,11	0,10	0,10	0,24	0,73	1,04	1,16	1,07	0,83	0,54	0,29	0,15
alt. > 1300 m	0,10	0,89	0,10	0,10	0,22	0,81	1,13	1,09	0,80	0,41	0,21	0,14

4.2.2 Formule de THORNWHAITE

$$ETP_{mm} = 16 \left(10 \cdot \frac{t}{I}\right)^a \text{ avec } I = \sum_{i=1}^{12} i \text{ et } i = \left(\frac{t}{15}\right)^{1,514}$$

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

t = température moyenne mensuelle

4.2.3 Formule de TURC

$$ETP_{mm} = 0,4 \frac{(I_g + 50) h}{t+15}$$

PL I3

1982				Alt. sup à 600m		
	Alt. inf à 600m				Alt. sup à 600m	
	P	T	Turc	P	T	Turc
J	1,9	11,2	8,1	3,4	4,6	2,8
F	4,6	8,7	10,7	6,5	3,4	3,3
M	24,2	20,1	29,6	13,9	6,9	9,3
A	83,6	38,4	76,1	54,3	19	33,4
M	74,5	62,1	38,9	52,5	50,5	64,5
J	59,1	83,3	95,5	50	70	74,6
J	81,5	99,2	111,7	92	86,5	95,6
A	59,2	86,4	90,4	55,4	73,5	73,1
S	39,3	76	75,8	47,3	70,6	65
O	9,9	42,9	28,6	13,6	37,3	21,7
N	7,7	25,8	17,3	10,3	21,1	10,8
D	4,3	14,3	9,3	5,4	5,6	3,2
T	449,8	568,4	641,9	404,5	449	457,3

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE 82.83.84

(valeurs en mm)

1982				Alt. sup à 600m			
	Alt. inf. à 600m				Alt. sup à 600m		
	B	P	T	Turc	P	T	Turc
J	0,8	2,9	8,1	7,7	4,6	7,7	5,7
F	1,2	4,4	0,5	0,9	4,8	0	0
M	30,9	25,5	24,5	35,1	26,7	20,8	27,5
A	31,8	26	37,8	43,2	25,9	32,3	33,9
M	29,5	31,9	48,9	53,8	28,4	43	46,9
J	56	93	84,8	107,8	86,4	78	101,4
J	74,4	140,2	114	139,4	158,4	106,7	135
A	57,1	102	79	90,7	87,7	86,9	86
S	39,2	48	50	72,3	56,5	70,1	68,4
O	26	27,2	24	43	36,3	44	39,6
N	6	10,2	19,9	17	18	21	15,4
D	7,2	5,8	7,2	6,5	9,2	6,3	4,5
T	361	516,5	498,6	617,4	543	517	567

1983

1984

1984				Alt. sup. à 600m			
	Alt. inf. à 600m				Alt. sup. à 600m		
	B	P	T	Turc	P	T	Turc
J	7,4	3,8	7,4	5,8	5,1	0,6	0,4
F	0,8	5,6	6,1	6,1	4,7	0,7	0,5
M	18,9	24,4	15,2	24	19,4	4,6	6,3
A	68,9	58,2	38,5	65,4	41	19,1	30,7
M	36,1	31,4	49,2	53,7	17,8	28,1	33,7
J	58	83,3	78,9	107	75,8	69,2	79,8
J	98,6	129,1	97,6	131,3	141,9	90,5	99,7
A	78,2	84,5	75,7	94,8	68,5	73,3	80,5
S	46,2	40,2	45,8	60,5	28,8	47	52,7
O	24,8	21,1	26,1	37,3	29,4	38	40
N	8,3	5,1	17,8	15,9	11,8	21,3	24,3
D	5,1	3,6	11,9	7	8,2	4,9	2,4
T	451,3	498,4	469,9	609	558,6	397,3	451

B: balance évaporimétrique (alt.489m)

P: évapotranspiration selon Primaut (1981)

T: évapotranspiration selon Thornthwaite

- t = température moyenne mensuelle.
 I_g = $I_g A (0,18 + 0,62 \frac{h}{H})$
 h = insolation mensuelle.
 H = durée astronomique mensuelle de l'insolation, pour la latitude considérée.
 $I_g A$ = énergie de la radiation solaire devant atteindre le sol sans atmosphère, ni nuage.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$I_g A$	271	407	600	788	928	984	945	820	640	450	296	228
H	278	290	370	400	467	474	477	441	377	339	282	268

4.2.4 Etude des résultats

Parmi les résultats répertoriés planche 13, nous nous intéresserons plus précisément à ceux obtenus en 1984 pour des altitudes inférieures à 600 mètres car la balance évaporimétrique se situe à la cote 489 mètres. En effet, durant cette période nous avons pu suivre très régulièrement le fonctionnement de l'appareil :

	Balance	"Primault"	"Thornwhaite"	"Turc"
1984	451,3 mm	490,4 mm	531,1 mm	608,8 mm

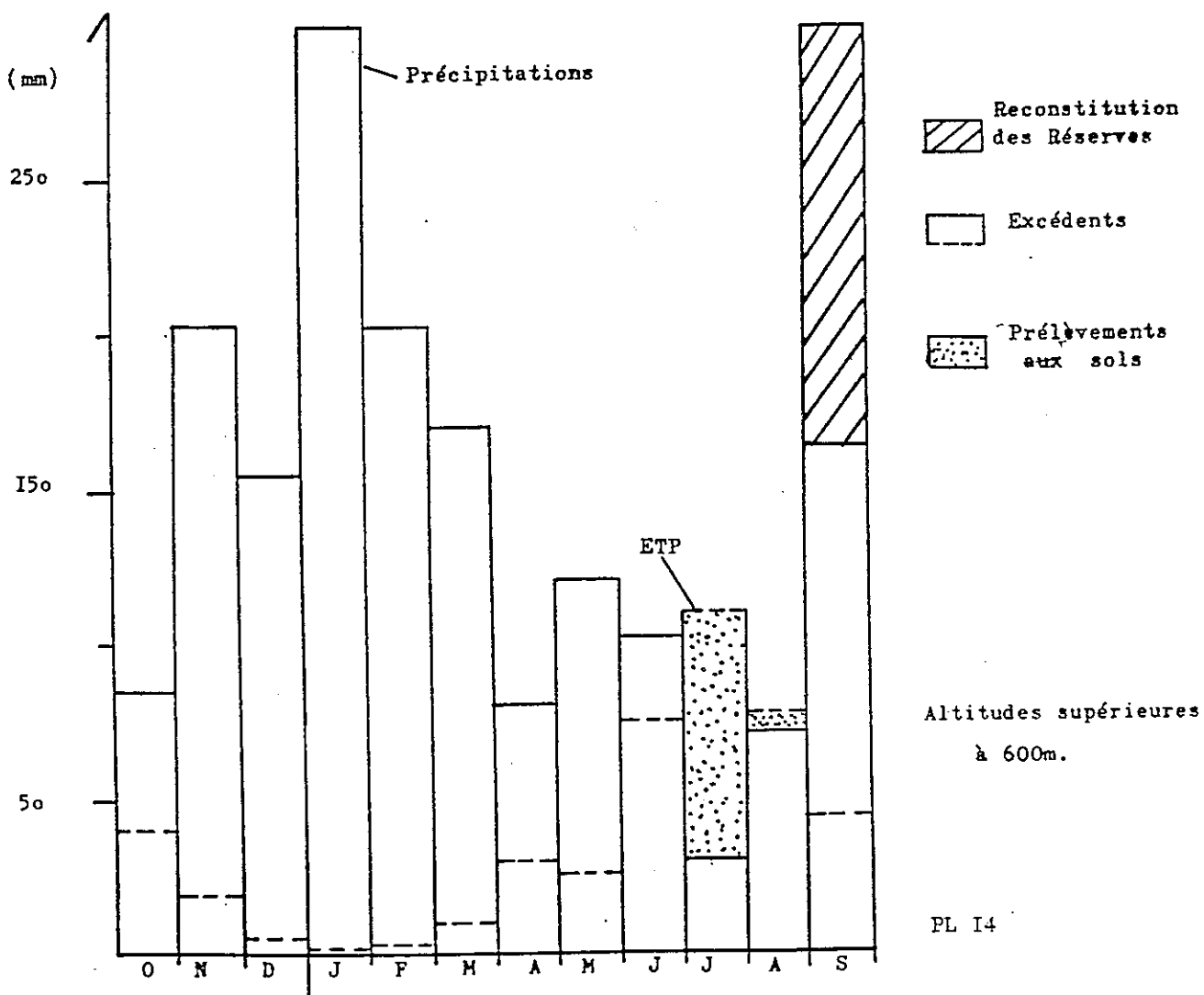
D'une manière générale les valeurs calculées sont supérieures à celles mesurées : la méthode de "Primault - 1981" donne les résultats les plus satisfaisants et semble particulièrement adaptée à la région étudiée; celle de "Turc" donne des valeurs très supérieures, nous ne l'utiliserons donc pas; même observation pour la méthode de "Thornwhaite" mais dans ce cas les remarques faites par J.J. JEREMIE (1976) permettent d'expliquer les écarts.

D'après J.J. JEREMIE, le calcul de l'ETP par la formule de Thornwhaite entraîne une surestimation des valeurs pour les mois d'août, septembre et octobre qui correspondent déjà au repos végétatif. Il propose donc d'appliquer des facteurs de correction pour ces mois :

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
P (mm)	82,2	210	155	300	213	171	81	122	104	29	72	298
ETP	38,8	20	5,6	1,2	1,9	10	30	26,5	75	111	74,1	42,5
P-ETP	43,4	190	149	299	211	161	51	95,5	29	-82	-2,1	256
Réserves	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	50
variations Réserves	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-82	-2,1	+134
Excédents	43,9	190	149	199	211	161	51	95,5	29	0	0	122

1983

1984



BILAN HYDROLOGIQUE=1983-1984

août : 0,83 - septembre : 0,68 - octobre : 0,52

On obtient alors un total de 469,9 mm pour l'année, valeur qui se rapproche de celle obtenue par la méthode de Primault (490,4 mm) et enregistrée par la balance (451,3 mm) - soit une valeur moyenne pour l'année 1984 de 470,5 mm, ce qui est un chiffre plus petit que celui proposé par J-C. FOURNEAUX et J/ SARROT-REYNAULD dans leur synthèse sur les données évaporimétriques concernant les Alpes du Nord (Déficit d'écoulement et évaporation dans les Alpes du Nord - 1977). Cela peut s'expliquer par la présence de brouillard, affectant durant de longues périodes de l'année le Pays de Gex, qui doit limiter l'évaporation. Il semblerait donc que pour des altitudes inférieures à 600 mètres les méthodes de Primault et de Thornwhaite soient à retenir pour le calcul de l'ETP; ceci dans la mesure où l'hypothèse faite au départ est valable, à savoir qu'il existe une identité entre un bac à évaporation et les formules empiriques.

Pour les calculs de l'ETP à des altitudes supérieures à 600 mètres, ne disposant pas de matériel, nous utiliserons la moyenne des trois formules empiriques (Pl. 13).

4.3 Evapotranspiration réelle

Le bilan hydrologique de Thornwhaite permet une approche théorique des quantités mensuelles d'eau disponibles par le ruissellement et l'infiltration. Il a l'avantage de bien mettre en évidence (graphiquement) les différentes périodes hydrologiques.

Pour l'auteur, la quantité d'eau maximale retenue dans le sol équivaut à une lame d'eau de 100 mm pour les sols limoneux et fins, tels les terrains de plaine, et de 50 mm pour les sols rocheux du type de ceux du versant du Jura; les résultats sont présentés sous forme de tableaux planches 14, 15 et 16.

Le régime des eaux va nous permettre d'appréhender celui des aquifères et pour un module 1 (10 Km²) le bilan de Thornwhaite nous amène à faire les constatations suivantes :

en plaine (altitude 600 m) le stock d'eau de la tranche superficielle est suffisant pour alimenter l'évapotranspiration. Par contre ce n'est pas le cas pour les bassins situés à des altitudes supérieures à 600 mètres où les réserves du sol s'épuisent en juillet et août. Les périodes de recharge des aquifères sont l'automne et le printemps.

L'on peut ainsi définir le cycle hydrologique :

les abondantes pluies d'automne à l'origine des grosses crues sont suivies par l'étiage d'hiver. Viennent ensuite les hautes eaux de printemps dues à la fonte des neiges, et enfin l'étiage d'été qui termine le cycle.

Altitudes supérieures à 600m.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
P (mm)	265	292	325	203	213	161	314	345	63	56	118	132
ETP	24,2	14	4,5	4	1,4	13	18,9	28,5	76	129	73	47
P-ETP	241	278	321	199	212	148	295	316	-13	-73	+45	85
Réserves	50	50	50	50	50	50	50	50	37	0	45	50
Variation réserves	-	-	-	-	-	-	-	-	-13	-73	+45	+85
Excédent	241	278	321	199	213	148	295	316	0	0	0	80

1982

1983

Altitudes inférieures à 600m.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
P (mm)	144	145	139	98	77	81	153	207	64	49	85	86
ETP	16	16,7	9	5,5	2,5	27	32	37	68,5	100	80	40
P-ETP	128	128	130	93	75	54	121	170	-4,5	-51	-5	46
Réserves	100	100	100	100	100	100	100	100	95,5	44,5	39,5	86
Variation réserves	-	-	-	-	-	-	-	-	-4,5	-51	-5	+46
Excédent	128	128	130	93	75	54	121	170	0	0	0	0

1982

1983

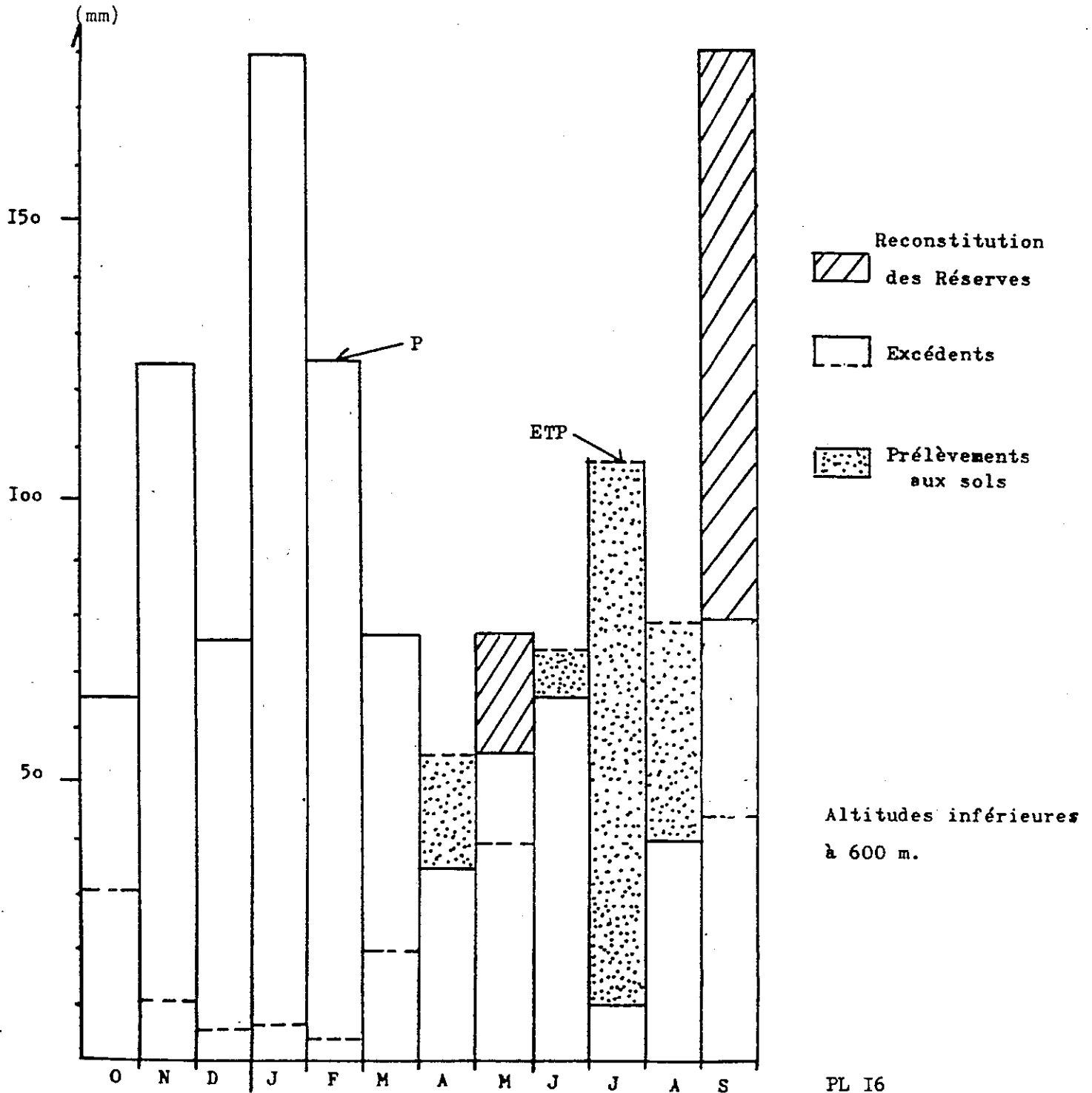
PL 15

BILAN HYDROLOGIQUE=1982-1983

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
P (mm)	66	126	77	180	126	77	35	78	66	10,5	39,3	181
ETP	32	12	6,7	6,2	4,1	19,2	55,2	38,9	73,4	10,8	77,5	45
P-ETP	34	114	70,3	174	122	58	-20	39,5	-7,6	-10,7	-38	136
Réserves	100	100	100	100	100	100	80	100	92,4	0	0	100
variation Réserves	-	-	-	-	-	-	-20	+20	-7,6	-9,3	-	+100
Excédents	34	114	70	174	122	58	0	19,5	0	0	0	36

1983

1984



BILAN HYDROLOGIQUE - 1983-1984

5 - CONCLUSION

L'étude climatologique nous a permis d'évaluer les quantités d'eau pouvant atteindre les aquifères et de distinguer les différentes phases hydrologiques.

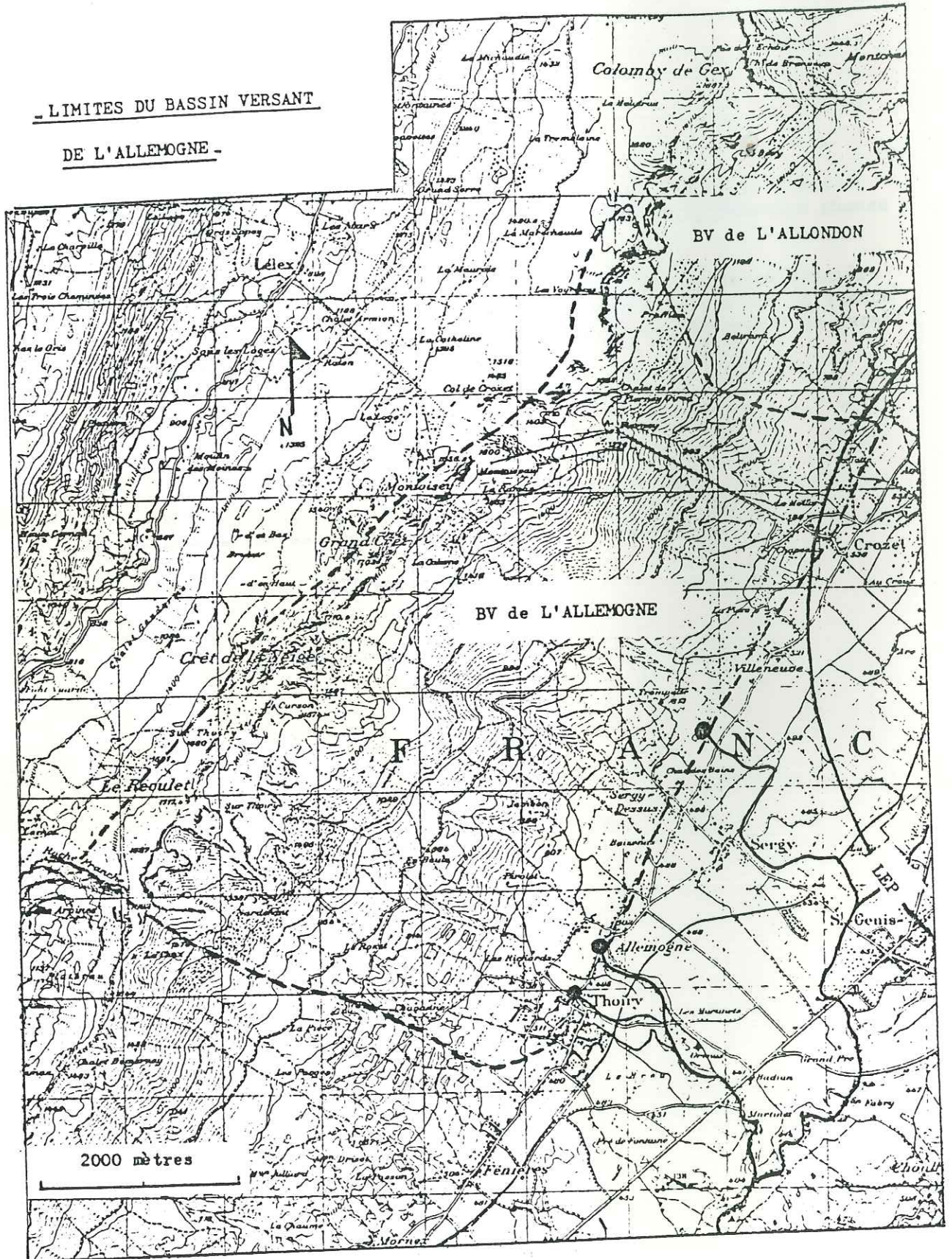
Chacune des trois années observées a connu une répartition saisonnière des précipitations particulières; nous verrons que celà a une influence sur les réponses des aquifères et que ceux-ci n'ont pas, comme on aurait pû l'imaginer, un comportement "figé".

-LE SYSTEME KARSTIQUE ALLEMOGNE-

(Chapitre III)

- bassin d'alimentation
- le Karst
- hydrologie
- hydrogéologie

- LIMITES DU BASSIN VERSANT
DE L'ALLEMOGNE -



LE SYSTEME KARSTIQUE ALLEMogne (SENS LARGE)

1 Le bassin d'alimentation

1.1 Généralités

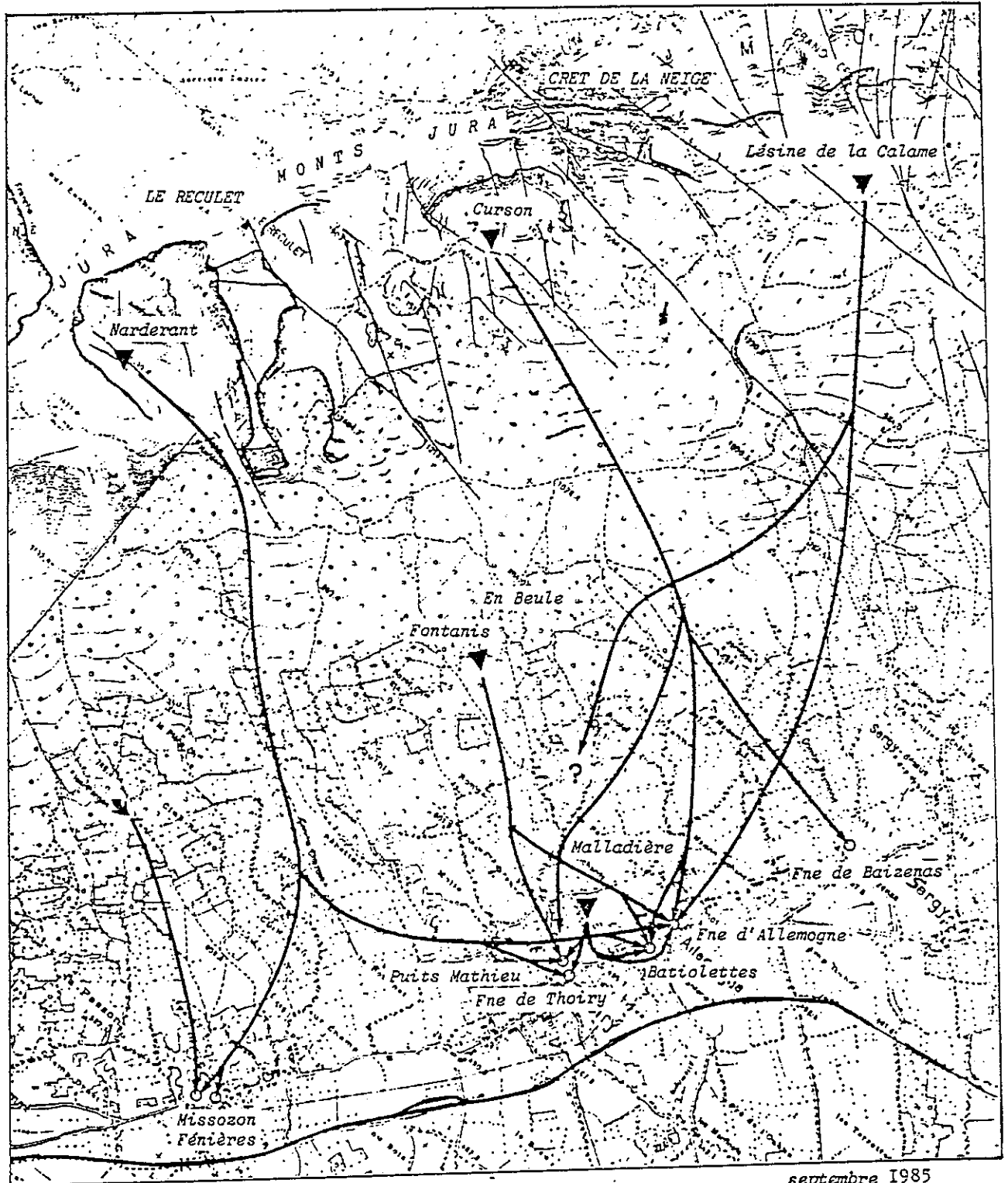
Le Bassin de l'Allemogne appartient au flanc EST de l'anticlinal calcaire, il est donc plus juste de parler ici d'impluvium pour ce système karstique car les limites hydrogéologiques sont délicates à fixer dans le temps et dans l'espace;

dans l'espace puisque nous n'avons pas pu réaliser suffisamment de traçages pour cerner géographiquement cet impluvium, et dans le temps puisque ces limites fluctuent localement d'une saison à une autre, même d'un jour à un autre, selon l'état hydrologique du système. En effet, en période de hautes eaux (fontes des neiges, fortes précipitations), l'écoulement se fait principalement dans le karst superficiel (épikarst) et suit les grandes pentes topographiques alors qu'au moment des basses eaux, la structure géologique influe davantage sur le cheminement des eaux souterraines.

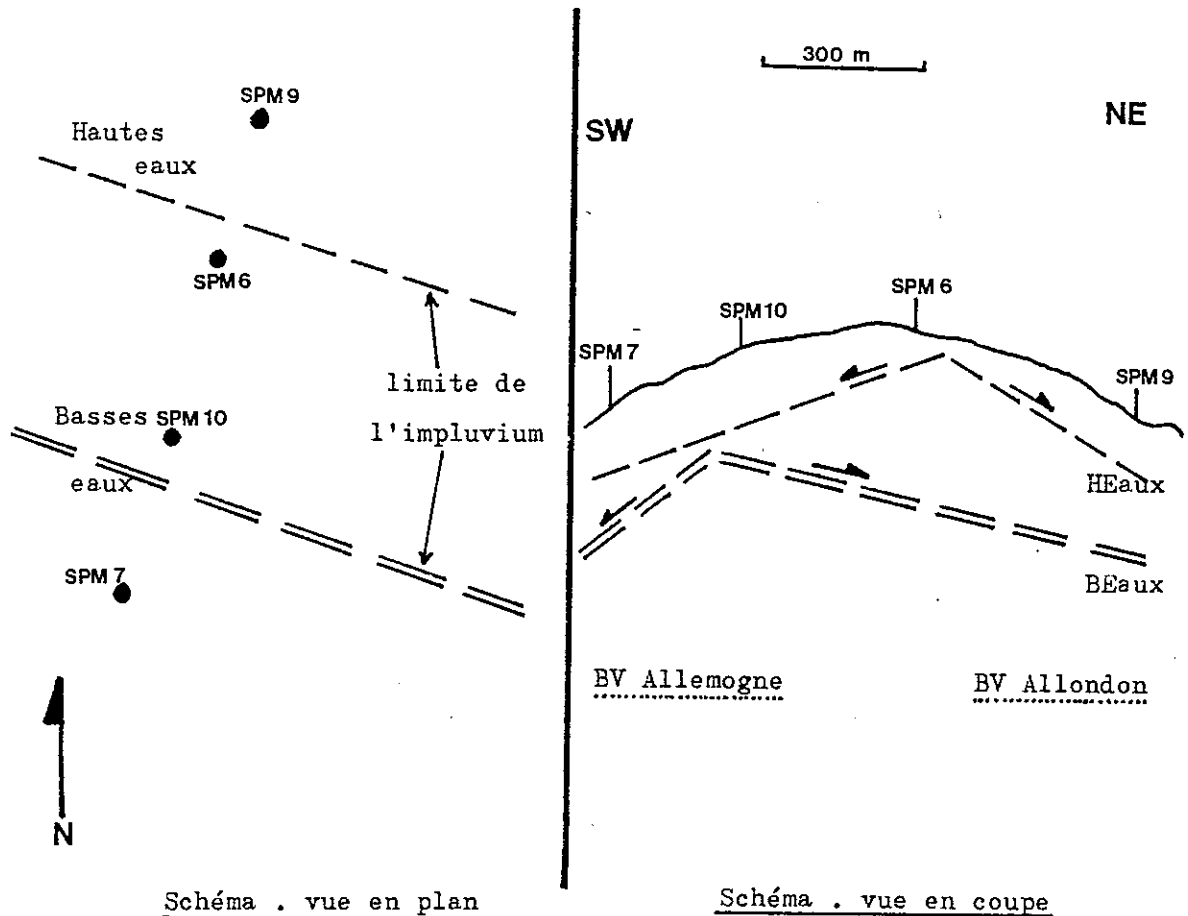
1.2 Les limites (Planche 17)

Les "marnes d'Effingen" de l'Oxfordien inférieur qui remontent sous la crête des Monts Jura à l'aplomb du système, limitent les relations à l'Ouest avec la vallée de la Valserine et ceci pour autant que la fracturation ne viennent pas infirmer cette hypothèse. Elles affleurent également dans la Combe des Arpines, au Sud Ouest du Reculet, et l'on peut poursuivre cette limite imperméable vers la plaine gessienne en suivant la Combe de Chazuet qui, comme le confirment les traçages, correspond à une ligne de partage des eaux (Traçage P. Landry/1985-Planche 18).

La séparation avec le bassin de l'Allondon au Nord-Est, correspond à la faille de la Tremblaine en alpage (G. Hugot/1982). Les mesures piézométriques accumulées depuis 1981 montrent une fluctuation de cette limite, proche du Piémont, entre les forages SPM10 et SPM6 :



▼: point d'injection de la fluoresceine



L'écoulement NE-SW des eaux depuis le SPM10 vers le SPM6 (Planche 19) s'inverse lors des épisodes pluvieux importants (exemple : le 27 mars 1985 - Planche 21), ceci étant dû à des perméabilités localement plus élevées qui favorisent la remontée du niveau piézométrique.

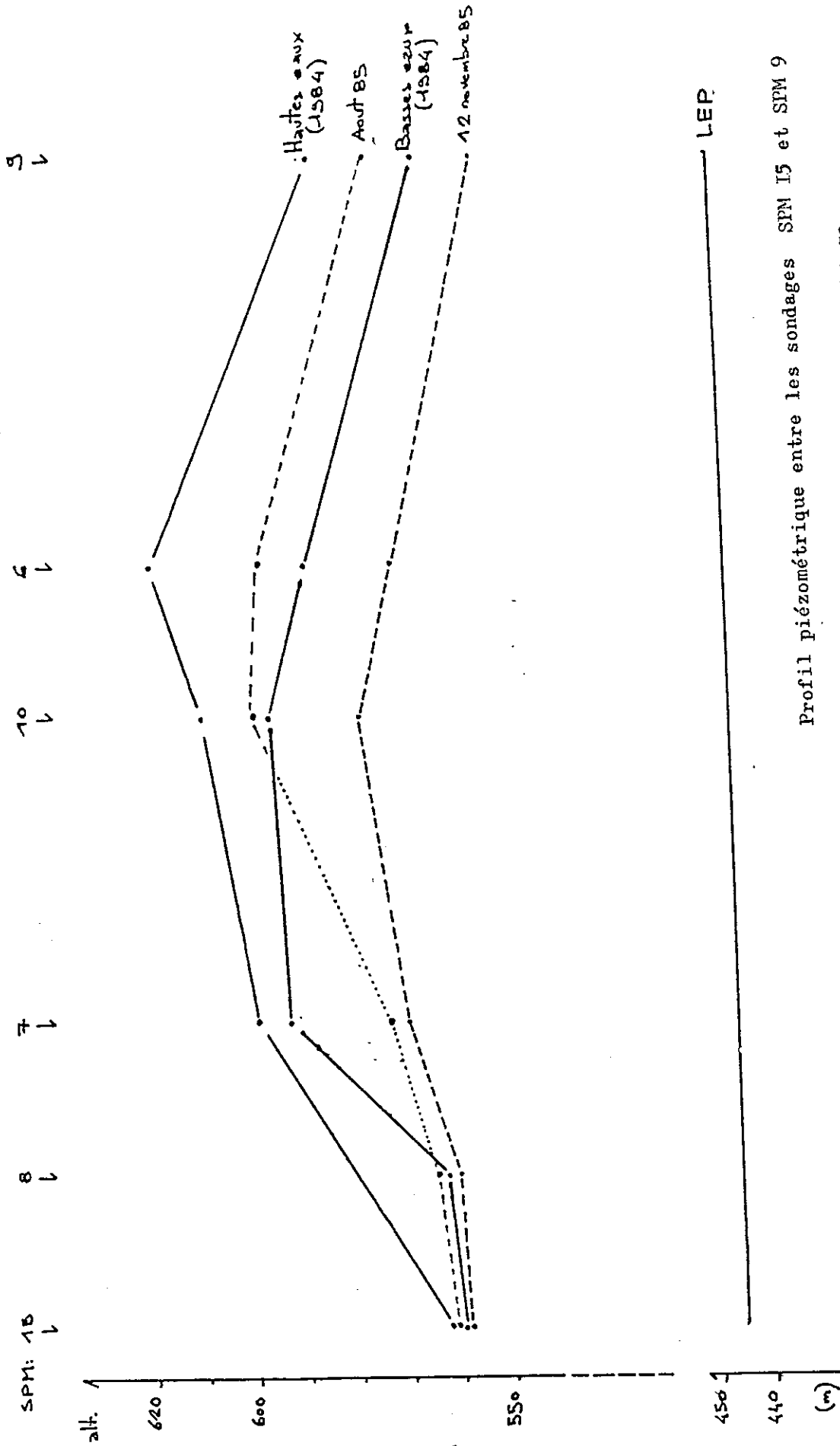
Comme limite avec le bassin de plaine, nous prendrons, de manière arbitraire, celle formée par l'alignement des exurgences du piedmont tout en sachant qu'il existe des écoulements occultes qui alimentent les sillons aquifères de la plaine.

Les exurgences principales sont du Nord au Sud (PL20):

- les Fossiaux (altitudes 501 et 509 m),
- l'Allemogne (489,77 m),
- la Batiolette (482,30 m),
- la source du Maire (487,37 m).

L'altitude 490 mètres correspond grossièrement au contact actuel du Crétacé avec le Tertiaire. Si les déversements au travers des placages morainiques peuvent également exister, par contre, les ruissellements de surfaces sont inexistantes sauf lors de précipitations intenses.

L'altitude moyenne du bassin est de 1080 mètres et la surface totale de la zone d'influence des exurgences, ainsi considérée, est de l'ordre de 33 km², valeur qui sera confirmée lors de l'étude des bilans hydrogéologiques.

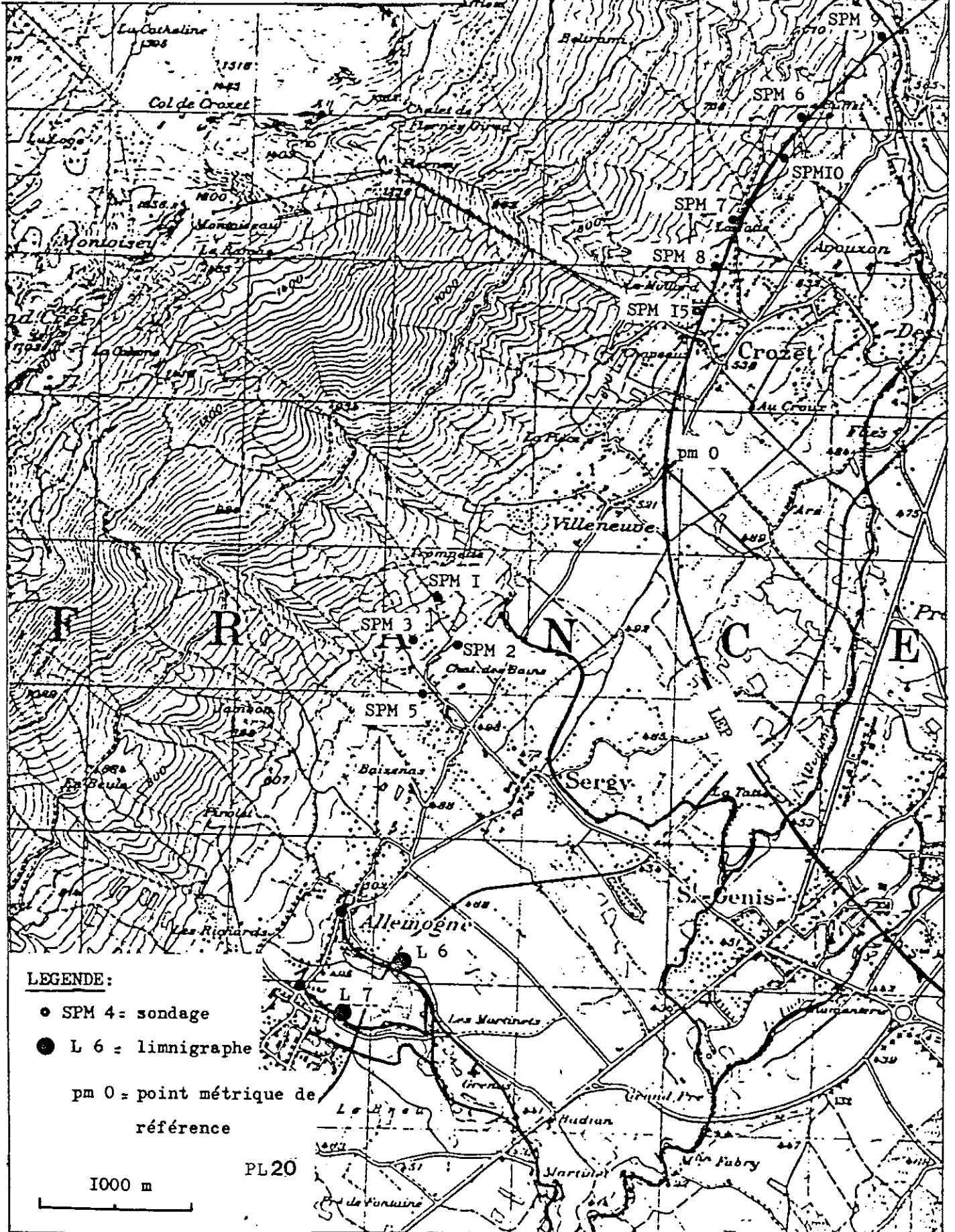


Profil piézométrique entre les sondages SPM 15 et SPM 9

PL 19

LOCALISATION DES SONDAGES ET LIMNIGRAPHES

BV. DE L'ALLEMOGNE



2 Le Karst

2.1 Les observations de surface

Le karst est d'une manière générale peu développé; en alpage, les gouffres pénétrables les plus importants qui se développent dans les calcaires du Kimmeridgien et du Séquanien sont :

- le gouffre de la Calame P = - 310 m altitude d'entrée
1510 m,
X = 879,22 - Y = 148,32
- le gouffre des Bargognons P = - 190 m altitude d'entrée
1210 m,
X = 881,15 - Y = 149,70
- le gouffre Simon P = - 138 m altitude d'entrée 1380 m,
X = 881,75 - Y = 152,20

Néanmoins, un nombre important de dolines et de puits métriques sont recensés (Inventaire spéléo-club du Bugey-1978).

En piémont, hormis les émergences impénétrables, il existe quelques cavités d'une dizaine de mètres de profondeur dans les calcaires du Barrémien; les plus importantes sont :

- la grotte de Chazuet, altitude d'entrée 625 m
X = 879,25 - Y = 143,82
- le gouffre de Merdachat, altitude d'entrée 525 m,
X = 881 - Y = 145,30

Enfin, le puits Mathieu (490,73 m), trop-plein de la source du Maire, reconnu par des spéléo-plongeurs en juin 1985 qui se développe également dans le Barrémien.

L'on a donc deux horizons qui depuis la surface paraissent plus fortement karstifiés; ce sont le KIMMERIDGIEN et le BARREMIEN.

Dans les carrières exploitées au Nord-Est du village de CROZET on observe dans le "Marbre Batard" (Valanginien inférieur) des cavités et des chenaux karstiques colmatés par des argiles à galets jurassiens et alpins. Les mêmes observations ont été faites dans les "calcaires de Thoiry" (Berriasien). Ces horizons ont donc subi une karstification. La présence de galets alpins dans le produit de colmatage implique un comblement du karst d'âge Tertiaire ou Quaternaire (apports des glaciers). La karstification était déjà très développée avant les glaciations.

Les observations géologiques, l'absence d'écoulement superficiel et l'existence de sources karstiques aux débits moyens annuels importants impliquent qu'il doit exister un réseau souterrain de circulation des eaux assez évolué.

Les réponses du système, c'est à dire les débits qui transitent par les exurgences et plus particulièrement les analyses d'hydrogrammes de crue traduisent l'effet de deux types de circulation à l'intérieur de ces karsts:

L'un rapide, qui doit se faire par l'intermédiaire des failles principales et des chenaux et l'autre différé, qui se fait par le biais des fissures.

Il existe sûrement un karst noyé, dont l'extension exacte en profondeur n'est pas définie. En effet les débits aux sources ne sont pas uniquement liées aux précipitations instantanées et le mécanisme du système est plus compliqué que celui d'un simple conduit souterrain. De plus les sources actuelles ne correspondent pas, en altitude, au niveau le plus bas de la karstification des roches carbonatées, mais au contact entre la Molasse imperméable et les terrains du Secondaire.

2.2 Les observations souterraines

2.2.1 Les sondages

Les études antérieures (DERIAZ/1981/1982-A. MONTJOIE/1981/1982-G. HUGOT/1982) faites à partir des données apportées par les sondages mécaniques, exécutés pour le CERN en piedmont, ont montré que le karst du Crétacé est plus ancien que le karst du Jurassique. Certaines cavités profondes du BARREMIEN renferment un remplissage hétérogène (SPM1,2,3,4,5 à Sergy); l'on observe des dépôts Albo-Aptien fossilisés par du matériel gravelo-sableux à galets alpins plus récent. Ces galets rencontrés mesuraient plusieurs centimètres de longueur ce qui traduit une karstification importante, de plus cela confirme l'extension du karst en profondeur puisque la cote la plus basse de ces dépôts est de 470 m au SPM1 (la zone fracturée et perméable la plus basse en altitude a été traversée vers - 400 m). On a là, un exemple typique de la remontée du niveau de base géographique. Une autre preuve est la présence de concrétions (stalagmites) tapissant les étroitures et les galeries qui font suite au puits Mathieu en profondeur. Celles-ci ont été observées par les spéléo-plongeurs en juin 1985 et cette information abonde dans le sens d'une remontée du niveau hydrostatique dans le réseau.

L'analyse des carottes met également en évidence le fait que des horizons du NÉOCOMIEN comme le "Marbre Batard" du Valanginien et les "Calcaires de Thoiry" du Berriasien ont été l'objet d'une karstification, alors que ceux-ci étaient donnés comme peu atteints par ce phénomène (Poches karstiques rencontrées dans les sondages SPM6, SPM8 et SPM10 à Crozet. - Etudes géologiques des Bureaux DERIAZ).

Entre les deux formations karstifiées (Barrémien et Kimméridgien) un troisième système hydrologique potentiel peut alors être envisagé. Il s'agit généralement de niveaux carbonatés très fissurés, séparés par des niveaux marneux, qui localement peuvent avoir subi une karstification. Le plus souvent ces vides sont colmatés par des argiles de décalcification ou de la Gompholite (conglomérat de base de la molasse chattienne) mais ils peuvent jouer un rôle important dans le stockage et la circulation des eaux souterraines quand ce colmatage est absent.

2.2.2 Observations dans le tunnel LEP

a) Généralités

Dans le cadre de la création d'un grand accélérateur (LEP), un tunnel de 27 km de circonférence est percé actuellement dans le tréfond du Pays de Gex. La galerie LEP tangente les structures du Crétacé de l'anticlinal jurassien. Elle a d'abord recoupé la Gompholite (Tertiaire), puis l'Hauterivien, le Valanginien, le Berriasien et ensuite le Purbeckien.

Les épaisseurs et les faciès des différents horizons traversés correspondent à ceux observés en surface et décrits dans les sondages. Les structures ont une direction comprise entre N.0 et N.30 avec un pendage moyen de 15 à 20° vers l'Est, ce qui est légèrement différent de ce qui avait été vu en surface (N30-40 et 25°E); ceci est dû aux accidents tectoniques affectant la structure de l'anticlinal qui ont créé des flexures.

La fissuration est plus ou moins importante selon les niveaux traversés, mais les orientations principales sont les mêmes que celles observées lors des campagnes de terrain. Dans la zone proche du contact Secondaire-Tertiaire ces fissures sont colmatées par de la gompholite ou des argiles vertes. Lorsque l'on s'éloigne de ce contact elles contiennent des argiles rouges provenant soit de l'altération de la roche voisine, soit des produits de remplissages karstiques. Néanmoins, quelques fissures ouvertes ont été observées. Les principales venues d'eau sont apparues à la faveur de ces fissures ouvertes ou colmatées en partie.

b) Les remplissages karstiques

Le Karst est souvent colmaté par différents types de remplissage. Les observations de surface, en galerie et les analyses aux rayons X permettent de les classer.

b.1) Les argiles vertes

Des argiles de couleur verte souvent accompagnées de Pyrite ont été observées, elles étaient toujours localisées dans des fissures occluses et non affectées par des circulations hydriques; et ceci uniquement dans les calcaires de l'Hauterivien.

Ces argiles pourraient correspondre aux dépôts Albo-Aptien décrits par BERTSCH (1958), MEIA (1969) et MEIA & POCHON (1980) dans le Jura Neuchatelois.

b.2) La gompholite

Ce type de colmatage est lié à cette entité de couleur ocre-rouge présentant des dépôts très variés et qui précède dans la série Tertiaire la molasse chattienne proprement dite.

En galerie ont été rencontrés :

- des argiles rouges accompagnées d'éléments détritiques qui localement peuvent emballer des blocs calcaires de l'Hauterivien et/ou du Barremien.
- des conglomérats à ciment gréseux, très durs,
- des lentilles de galets roulés formant le remplissage de chenaux karstiques dans l'Hauterivien,
- des niveaux d'argiles avec de nombreux silex.

Ce type de dépôts très variés, aux allures de conglomérats de base, qui envahit très bas les niveaux de l'Hauterivien, correspond à une formation de début de phase de sédimentation. Cette série s'est probablement déposée lors d'une transgression marine sur un paléorelief Karstique, ce qui explique qu'elle soit constituée d'éléments autochtones. Elle pourrait également correspondre au sidérolithique ou à son remaniement décrit dans la région par de nombreux auteurs.

La gompholite a ainsi colmatée les fissures, fractures et chenaux affectant les terrains sous-jacents et tant que celle-ci se trouvait au dessus des calcaires du Néocomien traversés par la galerie cette dernière était à l'abri des venues d'eau importantes.

b.3) Les argiles de décalcification :

Une fois passée, la zone rendue imperméable par la présence proche de la Gompholite, les terrains Valanginien et Berriasien recoupés par le tunnel ont présenté une fissuration et fracturation de densité variable qui étaient fréquemment colmatées par des argiles et des sables argileux à petits galets.

Ces fissures pouvaient être accompagnées de venues d'eaux. Il nous est alors paru intéressant de savoir si ces eaux étaient en relation avec la surface, auquel cas une montée brutale des pressions hydrostatiques exercées sur la galerie était à craindre lors de fortes précipitations, ou si ces eaux provenaient simplement d'une vidange d'un réseau fissuré, isolé des eaux météoriques.

L'analyse chimique des eaux arrivant dans le tunnel et la comparaison avec le chimisme de celles des exurgences environnantes nous ont permis certes de faire la distinction, mais l'étude de la composition minéralogique des limons accompagnant ces eaux et colmatant les fissures nous a donné la possibilité de compléter ces informations et d'affiner la prévision.

L'approche de l'origine des remplissages et des relations avec la surface est basée sur le fait que les eaux météoriques ont un rôle oxydant. Ceci se traduit par la présence de minéraux différents selon que le terrain a subi ou non une oxydation. La couleur des dépôts est également un critère de distinction intéressant. De fait, un inventaire minéralogique a été établi, à partir duquel les éléments les plus caractéristiques ont été dégagés et retenus. La méthode utilisée est l'analyse aux rayons X du matériel de remplissage (KUBLER-Université de Neuchâtel - 1984 - 1985)

Une première analyse de la roche totale a mis en évidence trois minéraux typiques dans le cadre de notre inventaire :

- . La Goethite : qui traduit des circulations d'eaux météoriques accompagnées de leurs actions oxydantes.
- . La Pyrite et la Dolomite : dont la présence signifie que les dépôts ont été à l'abri des circulations de surface.

Une deuxième analyse aux rayons X des minéraux des argiles dans la fraction 2 à 16 μm a révélé l'existence d'éléments typiques de surface.

- . des interstratifiés d'hydroxydes de fer et d'aluminium, correspondant à un blocage des feuillets gonflants de tendance smectitique par des $\text{Al}(\text{OH})_3$ et $\text{Fe}(\text{OH})_3$, qui sont des produits de la pédogénèse post-Wurmienne, largement répandus dans les sols Jurassiens Suisse et Français. (POCHON-SIMEONI-1976)
- . des micas, chlorites ferrifères et plagioclases feldspathiques typiques de la molasse, de la moraine et étrangers aux terrains du Crétacé et du Jurassique.

Enfin un troisième type d'analyse qui concerne la fraction minéralogique inférieure à 2 μm :

- . Seule la goethite reste présente en tant que minéral intéressant notre étude. Plus elle est abondante plus l'intensité de l'oxydation a été importante puisqu'elle se laisse détecter jusque dans la fraction fine.

De plus la couleur des dépôts est un élément qui doit être pris en considération, elle est directement liée aux divers états d'oxydation du fer :

- . le brun-rouge est la couleur que l'on rencontre souvent dans le sidérolithique, il est dû aux hydroxydes de Fe^{3+} .

- . la couleur jaune-orange, généralement caractéristique de la goethite.
- . la couleur gris-vert-bleu, qui traduit la présence de fer réduit. A l'origine ce fer étant contenu dans les chlorites, la glauconite, les sulfures....

Cette méthode, comparée à d'autres observations et analyses nous permettra donc de connaître l'origine des remplissages.

c - Physico-chimie des eaux

Le suivi des températures, des conductivités, de la composition chimique des eaux de surface depuis 1981 nous permet de disposer d'une bonne connaissance physico-chimique de celles-ci. Elle nous sera très utile dans la comparaison avec les eaux rencontrées dans la galerie, toujours dans le but d'essayer de retrouver l'origine de ces circulations hydrauliques souterraines.

A ce sujet les paramètres caractéristiques retenus sont :

- la température de l'eau
- la conductivité, qui nous renseigne sur la minéralisation de l'eau
- le pH
- la chimie de l'eau et plus particulièrement les paramètres suivants :

- . les rapports existants entre les taux de calcium et de sodium car il semble d'après l'étude des eaux rencontrées dans les galeries des Alpes Françaises (Etude de: B. Delaquaize, JC Fourneaux, C Leguy et J Sarrot-Reynauld) que le sodium soit dû à des échanges d'ions du type :



et que plus les eaux ont circulé longtemps dans la roche plus les teneurs en sodium, dues à cet échange chimique, sont élevés. Ceci se faisant bien évidemment au dépend des teneurs en calcium.

- . le potassium, le magnésium et les chlorures
- . le strontium, élément que l'on trouve dans la célestine (ou célestite) sulfate SrSO_4 qui est présent dans les marnes du lias et dans les terrains sus jacents qui ont remaniés ces niveaux. Celui-ci s'est avéré être un bon élément repère puisque toujours absent (ou en quantité inférieure au seuil de détection) dans les eaux des exurgences Karstiques.

d - Les venues d'eau

Nous ne parlerons ici que des plus importantes d'entre-elles. Un grand nombre de suintements et de venues d'eau mineures, par leur débit, ont été recoupés lors du percement mais les décrire tous serait d'un moindre intérêt pour la suite de l'étude.

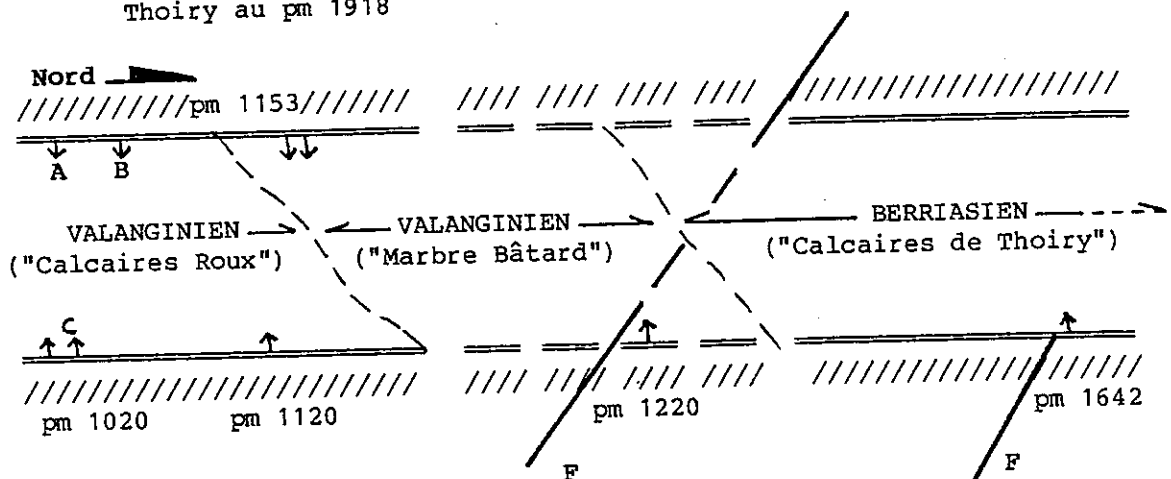
La localisation des principales arrivées d'eau dans la galerie est reportée sur la planche (21) ainsi que l'emplacement des sondages effectués depuis la surface (SPM 11, 15, 8, 7, 10 et 6). Le débit maximum total mesuré des eaux s'écoulant dans le tunnel a été de 9,5 l/s ce qui représente un débit relativement faible, mais lors des débou-rages qui ont eu lieu au pm 1918 le débit total instantané a été apprécié à 100 l/s.

Les premières venues significatives rencontrées se situent au pm 1020 et au pm 1120, l'eau s'écoule en ces points de part et d'autre des piedroits à la faveur de fissures dans les "Calcaires roux" du Valanginien.

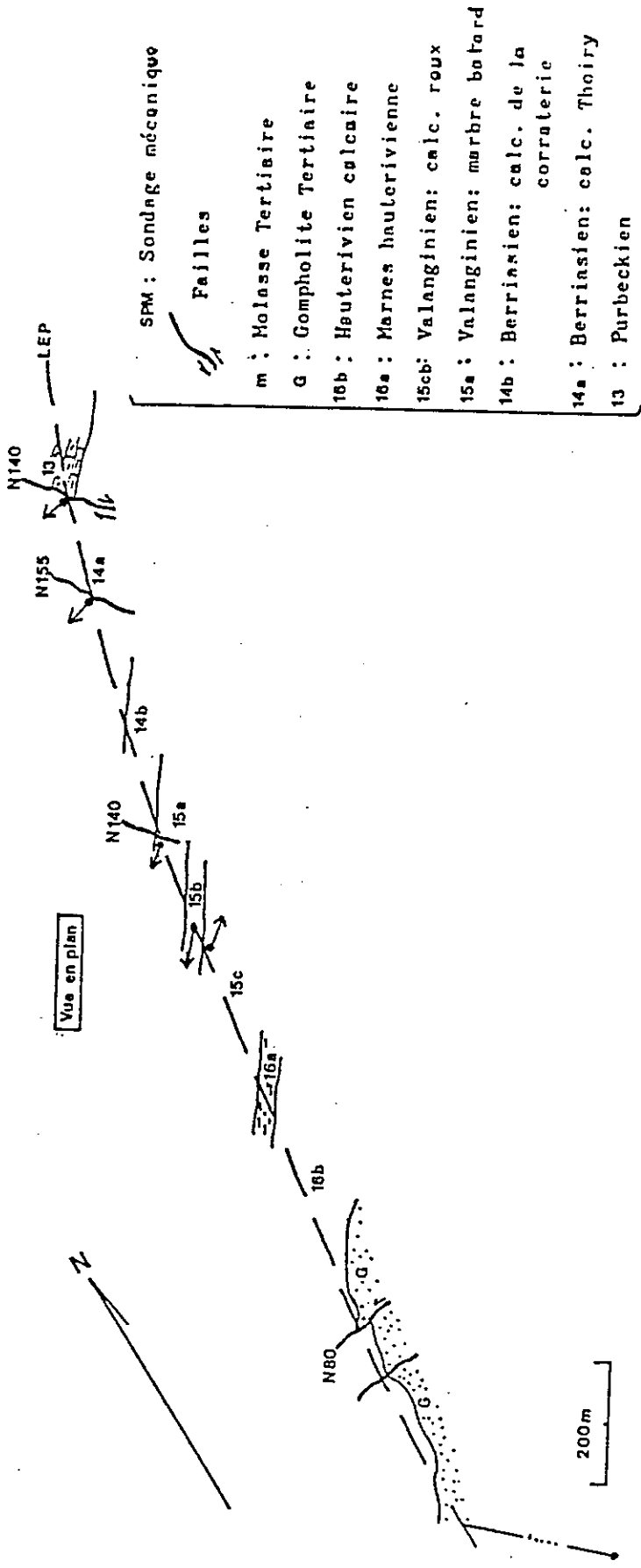
Les eaux du pm 1220, 1642 et 1918 circulent et débouchent dans l'ouvrage par des failles à ouverture décimétrique, subverticales et d'orientation N145 en moyenne,

Les eaux s'écoulent :

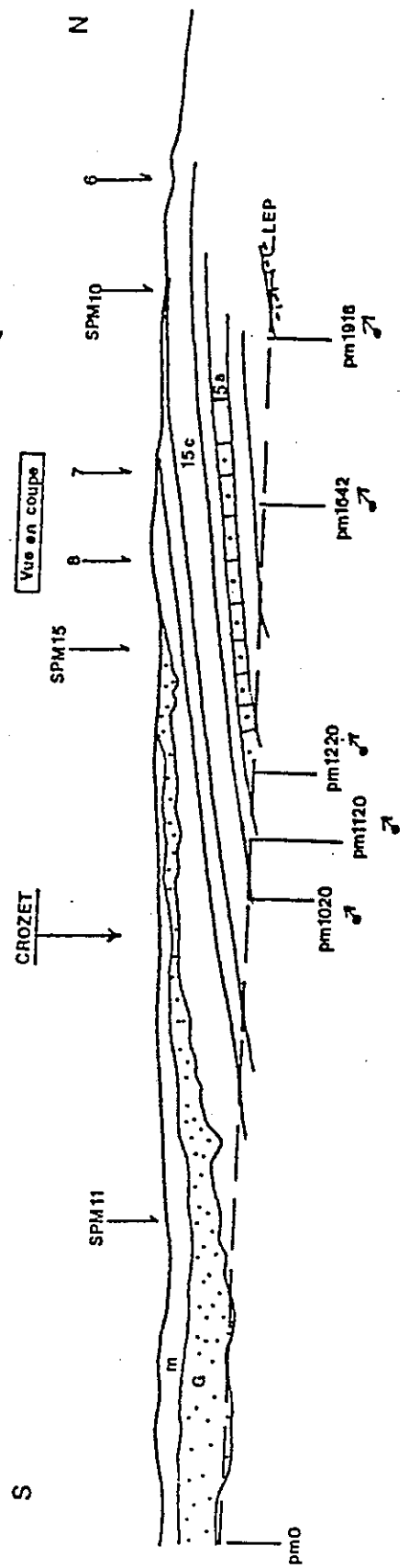
- au niveau du "Marbre bâtard" (Valanginien) au pm 1220
- dans les "Calcaires de Thoiry" (berriasien) au pm 1642
- au contact tectonique entre le Purbeckien et les calcaires de Thoiry au pm 1918



- Schéma - Localisation des venues d'eau dans le tunnel.
Vue en plan.



- SPM : Sondage mécanique
- Failles
- m : Molasse Tertiaire
 - G : Gompholite Tertiaire
 - 10b : Haute-rivien calcaire
 - 10a : Marnes hauteriviennes
 - 15cb: Valanginien: calc. roux
 - 15a : Valanginien: marbre botard
 - 14b : Berrinien: calc. de la corrairie
 - 14a : Berrinien: calc. Thoiry
 - 13 : Purbeckien



Situation des principales venues d'eaux - Tunnel LEP.Jura
du pm0 au pm1920

	avril 85	3.7.85	4.7.85	9.7.85	10.7.85	11.7.85	12.7.85	15.7.85
C g/l	faible	60	85	58	31	24	58	38

Evolution de la concentration en fines-pm 1020 venue C
(en g/l)

1985	4.4	10.4	19.4	13.6	7.7	9.7	10.7	11.7	12.7	15.7
A	12	9.1	20,5	21	38	32	30	33	30	35
B	15	sèche	50	48	76	100	86	67	85	86
C	13,8	8,6	23,6	16	40	14	16	17	19	16
total	41	18	94	85	134	146	123	117	132	137

Evolution des débits au pm 1020 venues A B C
(Q en l/mn)

PL 22

VARIATIONS DES DEBITS D'EAU ET DES CONCENTRATIONS EN LIMONS

pm 1020 - LEP; JURA

Toutes ces eaux étaient chargées en limons sablo-argileux lors de leur reconnaissance (pm 1020 : mars 85; pm 1220 : Avril 1985; pm 1642 : Juillet 85). Le débouage s'est accru durant l'été de la même année, d'abord au pm 1020 puis il s'est étendu aux venues d'eaux chargées situées plus au Nord. Et ceci jusqu'à ce que des mesures géotechniques (Injections...) soient prises pour faire cesser principalement les arrivées de limons à l'intérieur de la galerie, puisque les débits d'eau n'ont jamais atteint des valeurs susceptibles de gêner la progression du chantier. L'augmentation des quantités de fines et des débits semble être due aux ébranlements du terrain et des dépôts limoneux provoqués par les tirs à la dynamite (procédé d'avancement des travaux dans le tunnel LEP). En effet la variabilité des valeurs du volume d'eau écoulé ainsi que du taux de limons mesurés, sur des temps très courts, à l'échelle de l'heure (tableau 22) paraît être indépendant d'une augmentation des pressions statiques induite par des précipitations météoriques, puisque par exemple le 12 juillet nous avons observé un accroissement assez brutal, 2 heures après le tir, du débit et du taux de fines dans l'eau au pm 1020 alors qu'aucune pluie n'avait été enregistrée depuis 10 jours. En surface pas de baisse notable des débits de sources et des niveaux piézométriques n'a été notée à l'aplomb du pm 1020.

Les ondes de chocs dues aux tirs à la dynamite se propageant dans le terrain ont donc fait augmenter la concentration de fines en suspension dans l'eau et de ce fait la vitesse de décolmatage des fissures à grandi; On a là un phénomène d'érosion régressive accéléré.

D'autres venues entre le pm 0 et le pm 1918 ont été inventoriées, leurs débits ont ou ont été (tarissement, obturation...) moins grands (inférieur au litre/minute) et à l'inverse de celles précitées ces eaux sont ou étaient claires, non chargées en limons. Leur température à l'affleurement est plus élevée que celle des précédentes : 12,5°C contre 10,5 °C en moyenne. Leur composition chimique est également différente.

Ces informations sont résumées sur le tableau 23.

Ce dernier met nettement en évidence l'existence de deux types d'eau; nous avons comparé le chimisme des venues souterraines avec celui des eaux des exurgences karstiques situées en surface sur le bassin versant concerné, et également avec celui des eaux prélevés dans le forage G3 (altitude d'implantation du piézomètre: 776 m, cote de prélèvement: 590 m environ), durant la période allant du 17 déc. 84 au 10 mai 1985. L'analyse de ces données nous amène à faire des constatations intéressantes :

mg/l	LOGRAS	L'ADOIS	ALLEMOGNE	FOSSIAUX	ALLONDON	FORAGE G3	pm 800	pm 840	pm 905	pm 1020	pm 1120
Calcium	51	70	76	62	68	16	20	32	64	54,6	59
Sodium	0,36	0,79	1,3	1,2	0,47	6,2	45,4	27,0	1,4	4,6	1,8
Potassium	0	0,24	0,21	0,26	0	1,6	13,2	2,5	0,8	0,86	0,7
Magnésium	4,7	2,8	4,8	4,4	4,9	23	10,6	11,6	5,9	3,7	2,1
Strontium	0	0	0	0	0	0,15	1,2	1,8	0,3	0	0
Chlorures	5,5	7	8,4	11	5	12	5,0	8	-----	10	-----
TH	18	21	20	23	17	17	15	16	18	23	17
PH	7,75	7,6	7,8	7,9	7,7	7,6	8,3	7,9	7,9	7,6	7,8
Conductivité	340	400	416	363	356	290	403	417	396	368	338
Débit l/mn le 04.04.85	-----	-----	-----	-----	-----	-----	T.Faible	T.Faible	0,5	41	31
Débit l/mn le 19.04.85	-----	-----	-----	-----	-----	-----	idem	idem	obturé	95	66
Débit l/mn le 16.07.85	-----	-----	-----	-----	-----	-----	idem	idem	obturé	137	-----

Valeurs moyennes calculées à partir des prélèvements effectués du 17.12.1985

au 10.05.1986 -

PL 23

- ANALYSES D'EAUX -

- "les venues claires" ont une composition physicochimique qui fait penser à des circulations d'eau lentes. Le rapport $\frac{Ca}{Na}$ est faible, les concentrations en magnésium et potassium sont fortes, le strontium est présent et la température à l'émergence est plus grande. Les valeurs des concentrations en chlorures ne sont pas importantes (5 à 12 mg/l), ce ne sont donc pas des eaux (de mer) piégées, accompagnant les hydrocarbures.

- "les venues chargées" ont un chimisme qui se rapproche d'avantage de celui des eaux étudiées en surface. De plus, en ce qui concerne la venue du pm 1642 une baisse du niveau piezométrique a été enregistrée dans le forage SPM7 situé à l'aplomb. Ce qui tend à confirmer qu'il existe bien un lien, une relation, entre ces venues souterraines chargées et les eaux de surface, tout au moins dans le cas de la venue du pm 1642. Ce qui nous amène à dire que se sont des eaux à circulations plus rapides que les précédentes.

- Enfin les eaux du forage G3 sont des eaux intermédiaires et pourraient correspondre à un mélange des deux types précédents.

Tout cela est confirmé par l'analyse des limons faite par le laboratoire de minéralogie et pétrographie de l'université de Neuchâtel :

- au pm 1020, les limons sont formés principalement de calcite, quartz, plagioclases de traces de dolomite et de feldspath potassique ainsi que des hydroxydes Al-Fe. En fait une association typique de moraine ou de molasse ou de dépôt éolien qui aurait subi une oxydation. Ce matériel provient donc de la surface et traduit l'existence d'une relation hydraulique entre celle-ci et la galerie qui est ou a été assez importante.

- au pm 1642, le matériau en suspension dans l'eau est formé essentiellement de Calcite, et on ne retrouve pas d'hydroxydes d'aluminium. Les résultats de l'analyse indiquent qu'il s'agit d'un remplissage d'un ancien karst mais dont les relations récentes avec la surface n'ont pas été mise en évidence.

- au pm 1918, l'analyse minéralogique par diffraction X révèle la présence dans les limons de quartz, de plagioclases, de feldspaths potassiques, de micas détritiques, de chlorites ferrifères et des hydroxydes d'Al-Fe, association minérale caractéristique des dépôts éolien post-glaciaire. Les suspensions sont donc originaires de la surface et témoignent de circulations d'eaux météoriques.

Au fil des mois une homogénéisation des températures et des conductivités s'est faite entre les eaux à circulation rapide et celles à circulation lente. Ceci est probablement dû au décolmatage progressif qui a eu pour effet de mettre en communication les divers réseaux d'écoulements.

On peut donc imaginer que le long des accidents tectoniques, des gros drains qui existent sur le bassin versant, ou les circulations d'eau sont rapides et engendrent des pressions importantes, il y ait eu le même phénomène et que celui-ci ait ainsi créé des communications entre les différents systèmes hydrauliques souterrains.

2.3 - Conclusion

Vu le contexte hydrogéologique et surtout la présence d'un grand nombre de niveaux carbonatés à l'aplomb de l'ouvrage CERN dans son "parcours jurassien", les volumes d'eau écoulés dans ce dernier apparaissent comme étant peu importants.

L'existence de différents types de circulations d'eau, deux au minimum, s'écoulant à quelques mètres de distance les unes des autres, implique une faible évolution de la hiérarchisation du réseau hydraulique dans les calcaires du Néocomien aux environs du tunnel LEP. Néanmoins on ne pourrait généraliser ceci à l'ensemble du massif étudié. En effet à plus haute altitude les dépôts gompholithiques sont absents, ce qui doit réduire le phénomène de colmatage. De plus, à proximité des grandes failles (faille de la Calame, du Reculet, de l'Allondon...) qui traversent probablement la totalité du massif et sûrement l'ensemble "Crétacé, Jurassique supérieur", il est fort probable que les deux systèmes karstiques définis en début de chapitre (le Barrémien et le Kimméridgien) soient en communication hydraulique. Ces relations sont accrues par la potentialité que le Néocomien a à laisser circuler et à stocker l'eau quand les argiles observées en galerie sont absentes.

L'ensemble des observations de surface et souterraines nous permet d'avancer l'hypothèse qu'il existe dans le massif jurassien étudié trois systèmes hydrogéologiques qui sont :

- un système karstique: les calcaires du Kimméridgien
- un système fissural: Néocomien moyen et inférieur
- un système karstique: les calcaires du Barrémien et du Néocomien supérieur,

et que ceux-ci sont en relation.

Nous allons maintenant tenter de définir leurs modes de fonctionnement.

3 - HYDROLOGIE

3.1 Introduction

Etablir un bilan hydrogéologique n'est possible qu'en disposant d'une mesure des débits en continu. Ce qui permet également d'apprécier les lames d'eau écoulées sur le bassin versant. De fait en ce qui concerne le bassin de l'Allemogne au sens large nous disposons de deux limnigraphes situés non loin, en contrebas, des principales exurgences pérennes que sont l'Allemogne et la Batiolette d'une part et la Source du Maire d'autre part; celles-ci sont toutes situées au Sud du bassin. Par contre nous ne possédons pas d'appareil débitométrique enregistreur pour l'exurgence temporaire des Fossiaux.

Ces exurgences se situent dans les formations du Barrémien qui sont bien visibles près du puits Mathieu à Thoiry. Les sources du Maire, de la Batiolette de l'Allemogne et des Fossiaux ne s'écoulent pas directement des calcaires mais au travers des placages Quaternaires.

A Thoiry si la Source du Maire est pérenne le puits Mathieu, situé 70 mètres en amont et 3,4 mètres plus haut en altitude, ne se met en charge que lors de fortes précipitations. Il fonctionne comme une cheminée d'équilibre. D'après les autochtones l'entrée du puits est apparue à l'air libre en 1756 lors d'un tir de mine dans une carrière avoisinante, "l'eau y jaillissait à 3 mètres de hauteur". Son aménagement en captage date de 1922 et il continue aujourd'hui à alimenter en eau la commune.

A Allemogne, en période d'étiage, c'est la source de la Batiolette qui assure la plus grande partie du débit, celle-ci est située plus bas en altitude.

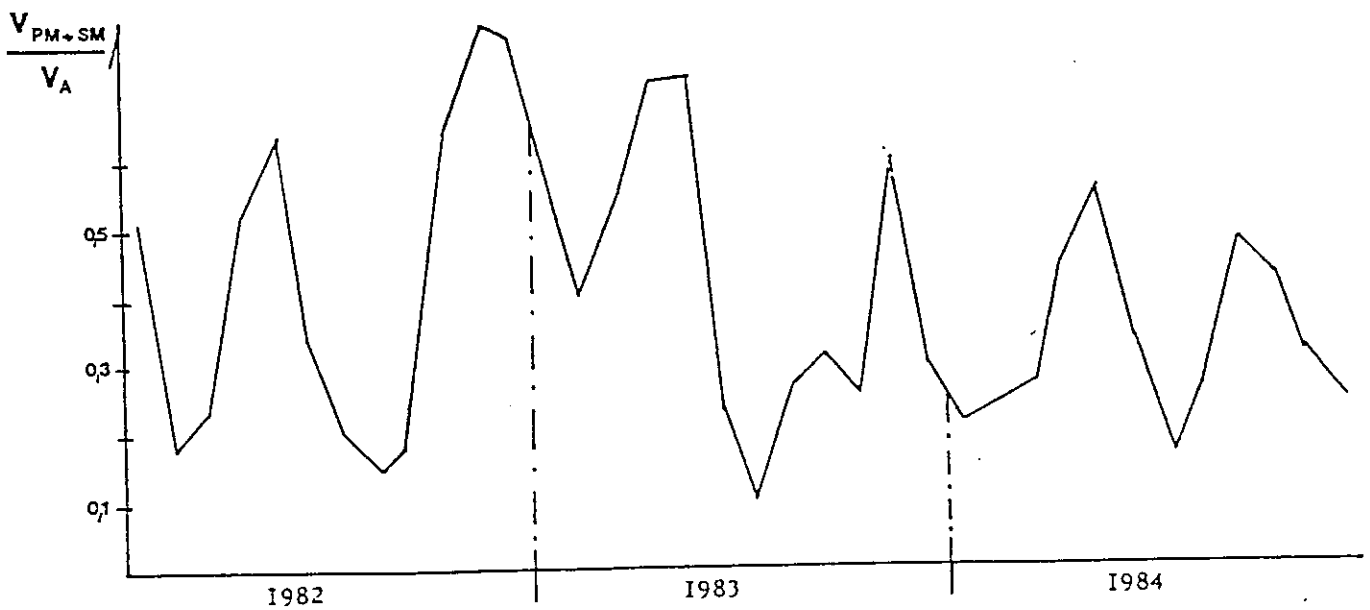
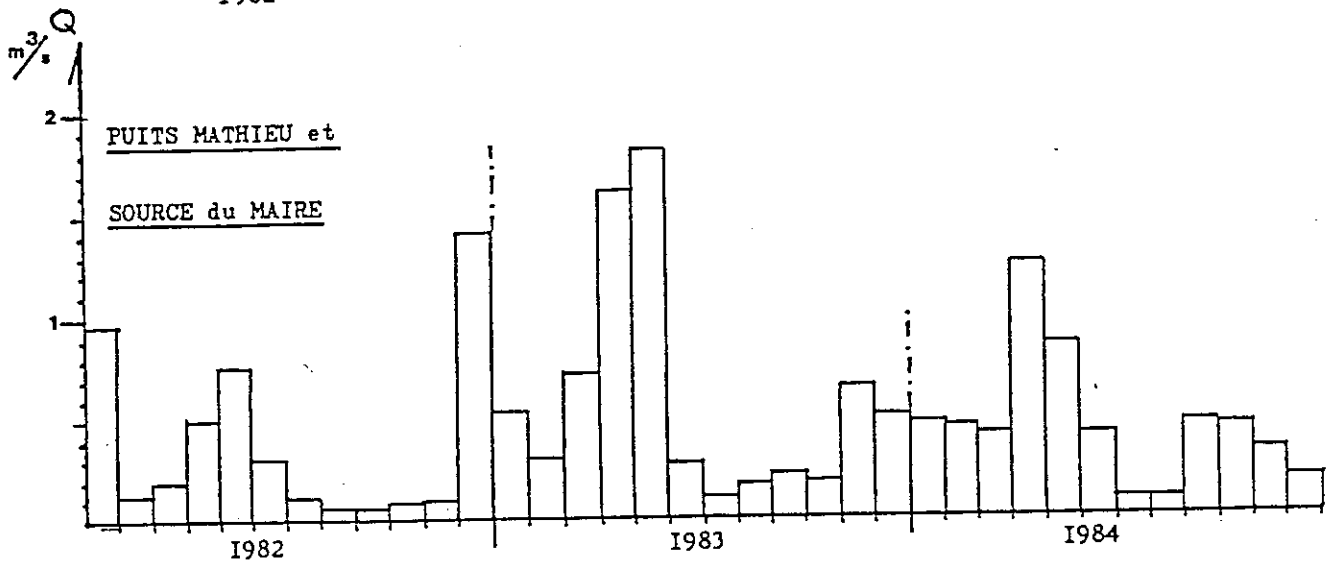
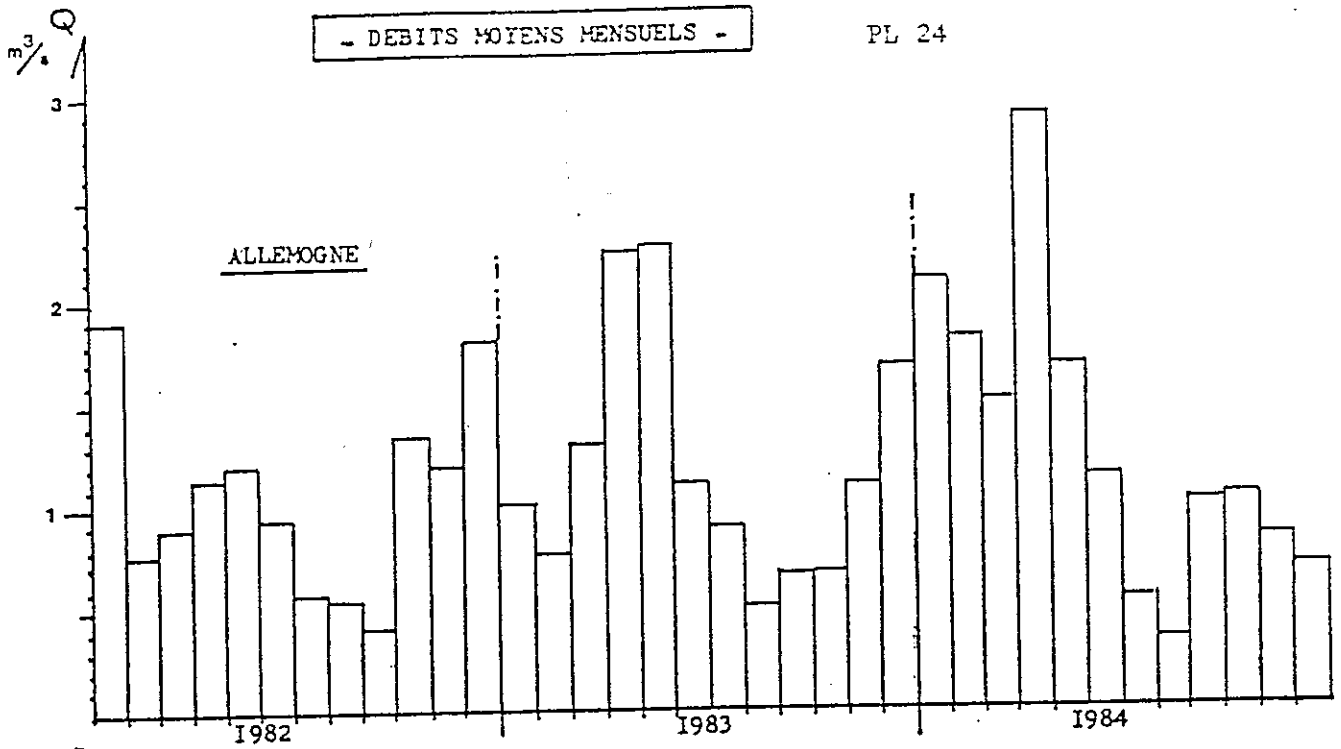
3.2 Débitmétrie

3.2.1 Débits moyens mensuels et annuels

Sur la planche 24 est reportée la représentation graphique de l'évolution des débits moyens mensuels des deux cours d'eau. Ceci pour les années 1982, 1983 et 1984. Les écarts entre les débits moyens mensuels sont plus grands à la Source du Maire qu'à celle d'Allemogne. L'on constate également une dispersion interannuelle des débits enregistrés aux deux stations, surtout pendant les mois d'hiver; Ceci est du essentiellement à la variabilité de l'évolution des températures de l'air d'une année à l'autre et de son influence sur la fonte du manteau neigeux.

- DEBITS MOYENS MENSUELS -

PL 24



Les débits moyens annuels ont été respectivement de :

	Allemogne + Batiolette	Source du Maire + Puits Mathieu	Total
1982	1,041 m ³ /s	0,534 m ³ /s	1,575 m ³ /s
1983	1,273 m ³ /s	0,583 m ³ /s	1,856 m ³ /s
1984	1,290 m ³ /s	0,466 m ³ /s	1,758 m ³ /s

Pendant les années 1983 et 1984 les volumes d'eau les plus importants ont été enregistrés durant la fonte des neiges :

- Avril-Mai 1983 = 215 22 x 10³ m³
- Avril-Mai 1984 = 174 15 x 10³ m³

Pour l'Allemogne et la Source du Maire.

Par contre durant l'année 1982 ce sont les mois d'Octobre, Novembre et Décembre qui ont connu les débits écoulés les plus grands :

Volume : 199 35 x 10³ m³

Les fortes précipitations de la fin de l'année en sont la cause.

3.2.2 les débits d'étiages

	l'Allemogne + La Batiolette	Source du Maire
Septembre 1982	0,280 m ³ /s	0,056 m ³ /s
Août 1983	0,310 m ³ /s	0,058 m ³ /s
Août 1984	0,270 m ³ /s	0,055 m ³ /s

Les débits d'étiages ont des valeurs beaucoup plus importantes aux sources d'Allemogne qu'à celles de Thoiry, ce qui est logique compte tenu de la superficie des bassins d'alimentation respectifs, que nous détaillerons plus loin. D'autre part l'on note que les valeurs interannuelles observées sont homogènes.

3.2.3 - Débits spécifiques et lames d'eau écoulées

- . cf - planche (25) pour les valeurs mensuelles.
- . valeurs annuelles pour le bassin versant total :

	1982	1983	1984
en l/s/km ²	48	55	53
en mm	1514,2	1710,1	1675

Les résultats se rapprochent de ceux obtenus par G. Hugot pour l'année 1981 et confirment celle-ci.

3.2.4 - Limites entre les bassins de l'Allemagne (s.strict) et de la Source du Maire.

Les eaux qui s'écoulent à la faveur de ces exurgences sont de même type et ont la même origine; L'évolution dans le temps des températures, des conductivités, du chimisme ainsi que la parfaite concordance de réponse aux précipitations sont autant d'arguments qui abondent en ce sens. (PL 26-27).

Néanmoins les zones d'influence de ces sources sont différents et à ce propos on note une répercussion des effets de la fonte des neiges sur les débits beaucoup plus longue à l'Allemagne. En effet durant cette période du fait du radoucissement des températures au cours de la journée, il s'établit un régime cyclique journalier des débits, avec des débuts de crues en fin d'après-midi et un maximum au milieu de la nuit. Ces cycles persistent plus longtemps à l'Allemagne (7 à 15 jours) qu'à la Source du Maire (PL 28). Ces sources restent toutefois très liées et appartiennent au même système, le tarissement de l'Allemagne; lors d'essais de pompage effectués au Puits Mathieu est là pour le rappeler.

Si l'on raisonne à l'échelle annuelle et à partir des volumes d'eau écoulés aux deux sources on obtient une répartition moyenne, pour les quatre années d'observation, des impluviums qui se fait comme suit :

Superficie - Allemagne = 22,8 Km²
 Superficie - Source du Maire = 10,2 Km²

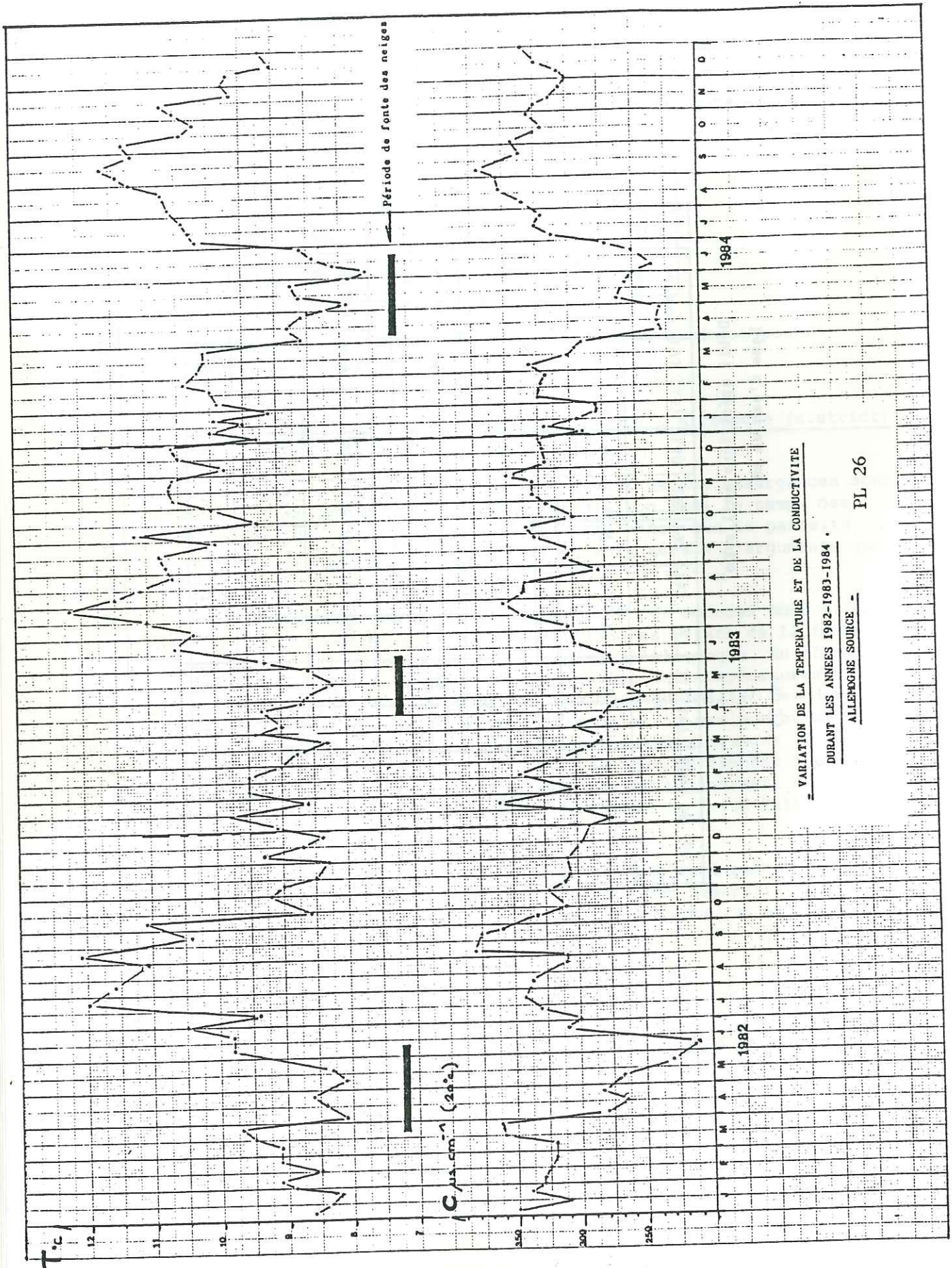
Par contre à l'échelle mensuelle l'on note de grandes variations (tableau $(V_{pn} + V_{sn})$):
 VA

MODULES HYDROLOGIQUES DU SYSTEME ALLEMAGNE

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982	Débit spécif.	81	26	30,6	49,4	55,7	34	18,3	17	13,4	62	61,8	90
	Lame d'eau	218	63	81	128	149	88	49	46	35	166	160	242
1983	Débit spécif.	44	29,6	58	110	123	40	29	19	25	25	50	61
	Lame d'eau	119	74	169	289	338	109	77	50	64	65	139	174
1984	Débit spécif.	72	63,4	55	117	72	44	17	11,8	41	43	33	25
	Lame d'eau	193	157	148	292	192	113	47	31	107	116	98	66

Débit spécifique en $l/s/Km^2$

Lame d'eau en mm.



VARIATION DE LA TEMPERATURE ET DE LA CONDUCTIVITE

DURANT LES ANNEES 1982-1983-1984

ALLEBOGNE SOURCE

PL 26

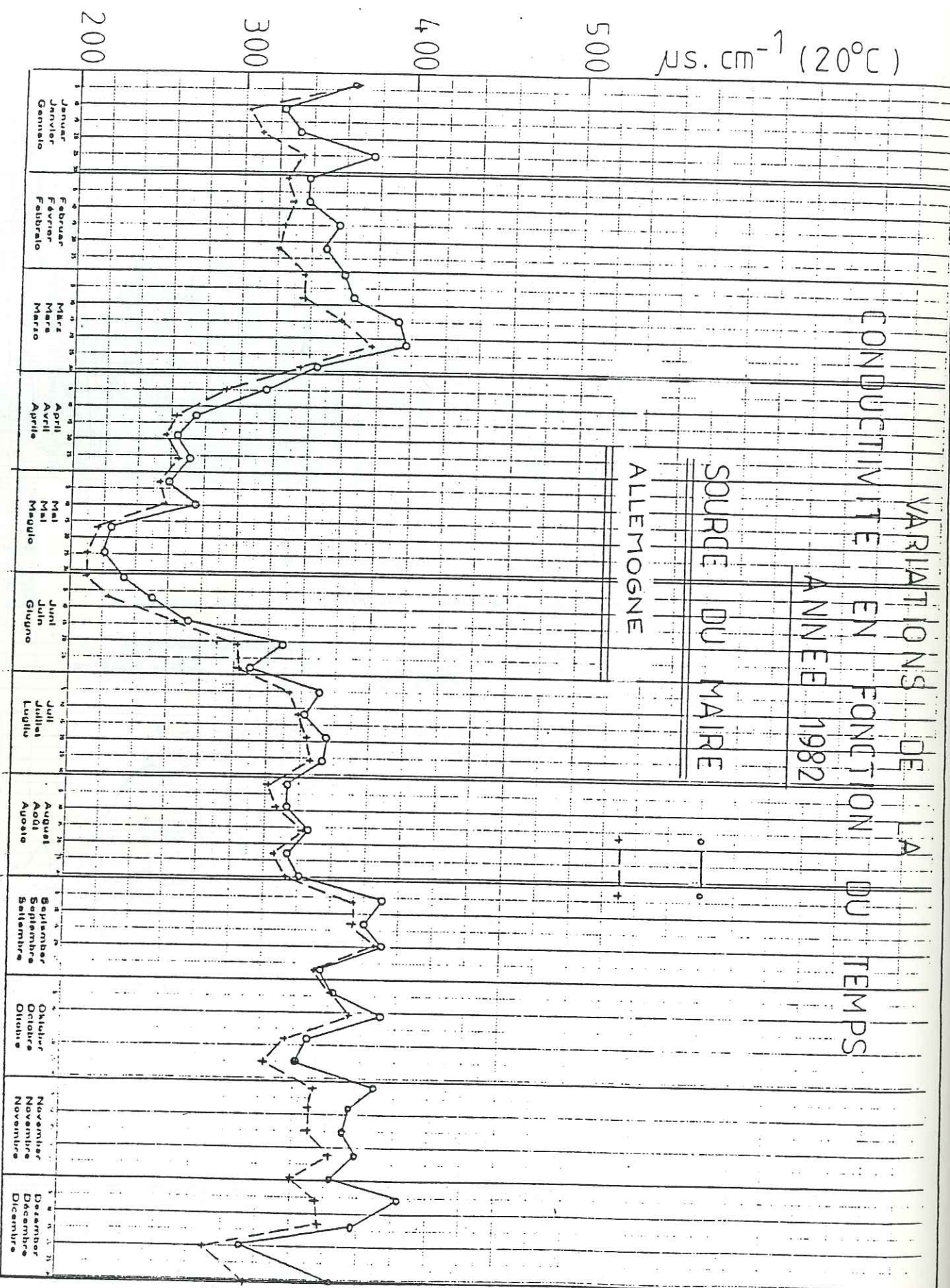
$\mu\text{s. cm}^{-1}$ (20°C)

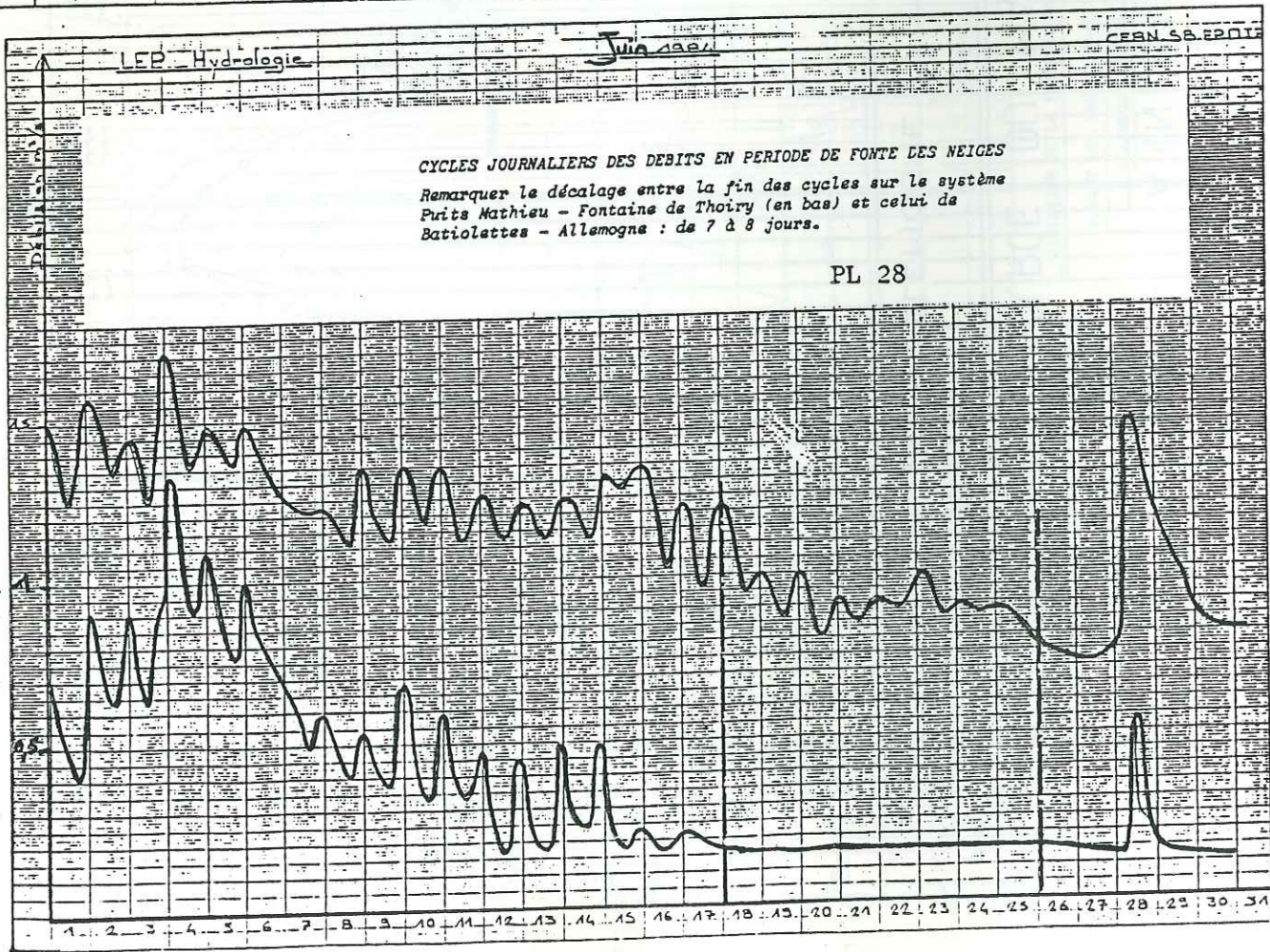
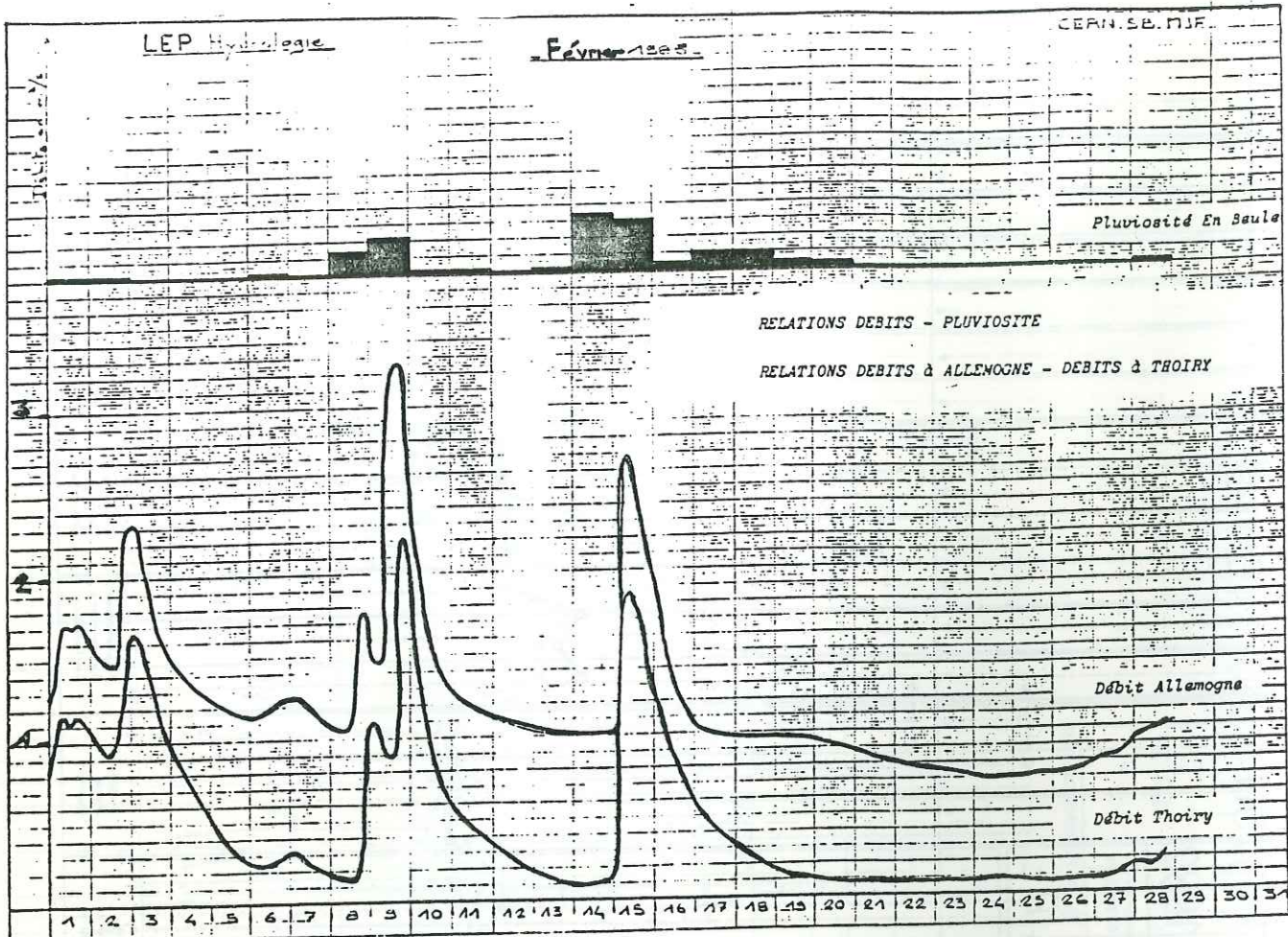
VARIATIONS DE LA CONDUCTIVITE EN FONCTION DU TEMPS

ANNEE 1982

SOURCE DU MAIRE

ALLEMAGNE





1982	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Allemogne	1,8	0,74	0,84	1,1	1,14	0,86	0,51	0,50	0,39	1,28	1,15	1,69
Source du Maire	1,7	0,25	0,37	1,1	1,42	0,56	0,20	0,14	0,13	1,59	1,79	2,6

1983

Allemogne	0,8	0,58	1	1,76	1,96	0,90	0,70	0,40	0,52	0,53	0,86	1,3
Source du Maire	0,9	0,51	1,2	2,8	3	0,46	0,17	0,24	0,35	0,29	1,09	0,84

1984

Allemogne	1,6	1,3	1,1	2,19	1,3	0,88	0,40	0,25	0,76	0,83	0,68	0,54
Source du Maire	1	0,92	0,85	2,69	1,8	0,81	0,18	0,18	0,98	0,95	0,67	0,35

La source de Batiolette, qui appartient au système Allemogne sens-strict, est située plus bas en altitude que l'ensemble des sources du bassin et de ce fait en période de basses eaux les écoulements s'y font de manière préférentielle.

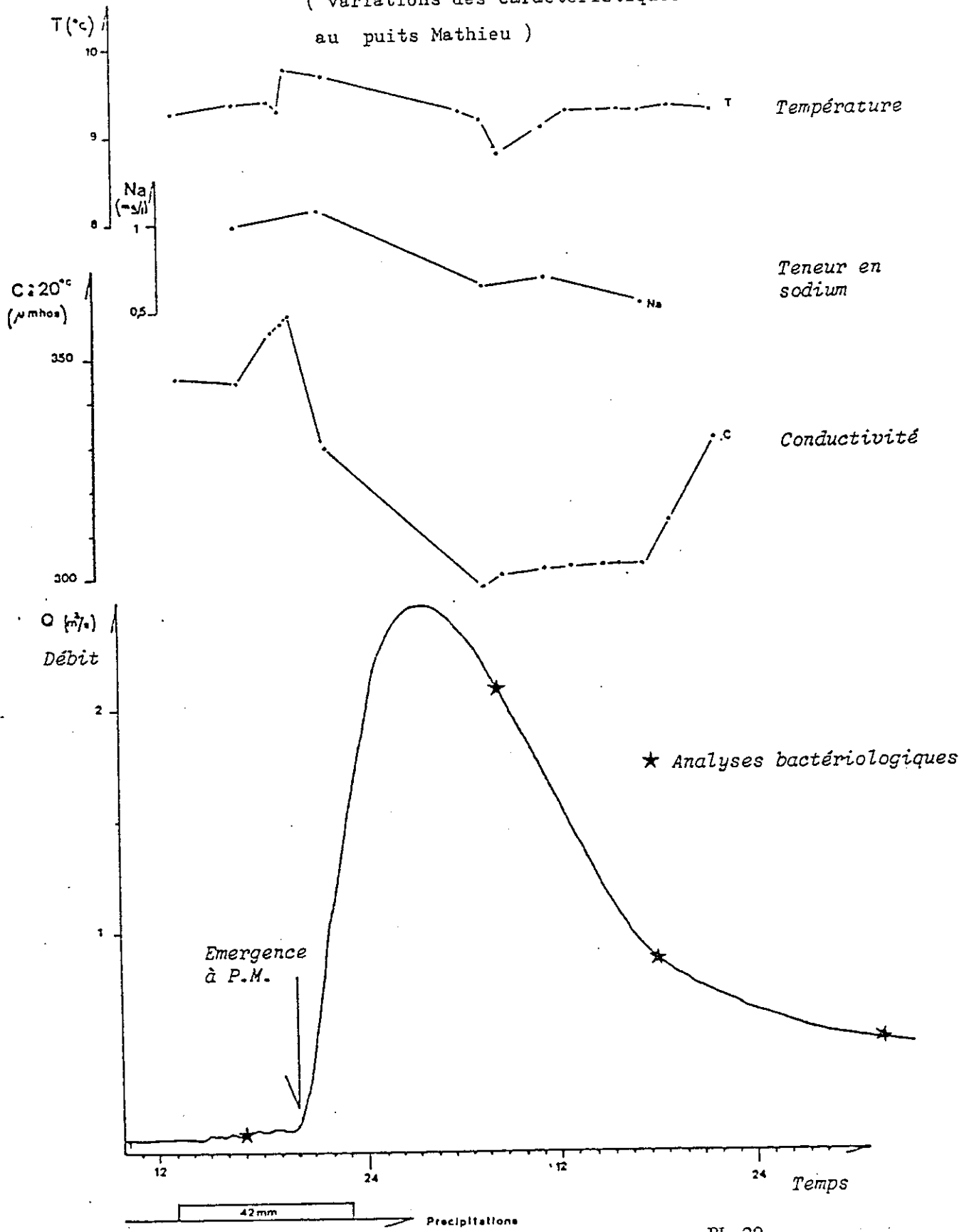
En hautes eaux il n'est pas nécessaire d'invoquer une inversion du sens des écoulements qui s'effectuerait alors vers la source du Maire pour expliquer les valeurs trouvées ci-dessus; Mais durant cette période les sources des Fossiaux qui sont situées en amont, au Nord Est, évacuent et retranchent aux sources d'Allemogne des quantités d'eau non négligeables.

3.2.5 - Les Crues

a) Phénomène de "piston-flow"

L'analyse des hydrogrammes de crues et de l'évolution des paramètres physio-chimiques de l'eau met en évidence l'existence du phénomène de "piston-flow" (augmentation des pressions dans les fissures de la roche qui expulse "l'eau ancienne") pour l'ensemble des sources de l'Allemogne et de la source du Maire. Nous donnons en exemple ici la crue du 19-20 juin 1985 enregistrée à la source du Maire et au Puits Mathieu (Planche 29).

(variations des caractéristiques des eaux
au puits Mathieu)



- deux heures après le début des précipitations le débit augmente sensiblement. Ceci est dû aux eaux de ruissellements superficiels qui atteignent très rapidement la rivière.

- sept heures plus tard le débit croit grandement.

- Pendant l'alimentation rapide une forte mise en charge du réseau expulse de l'eau contenue dans le réservoir karstique et l'on enregistre une émission passagère d'eau ancienne plus minéralisée et plus chaude.

- Avec l'arrivée à la source de l'eau "fraîche" qui a atteint rapidement le réseau souterrain l'on a une soudaine chute de la minéralisation et des températures.

- La dilution maximale est suivie d'une remontée des valeurs de ces paramètres, d'abord lente puis rapide qui est due à l'arrivée d'eau de zones de moins en moins perméables. Au moment où s'installe le régime de tarissement on retrouve une stabilisation des données physico-chimiques qui correspondent à celles d'avant crue.

b - Etude de la courbe de tarissement

Celle-ci porte sur la crue enregistrée à l'Allemogne et à la Source du Maire le 27 Juin 1983 et sur l'étiage prolongé qui a suivi, jusqu'au 3 septembre de la même année. Sur la planche 30 les débits sont exprimés en fonction du logarithme des temps, et l'hydrogramme ainsi reconstitué, plus précisément la courbe de décrue, peut être décomposée en trois segments de droite :

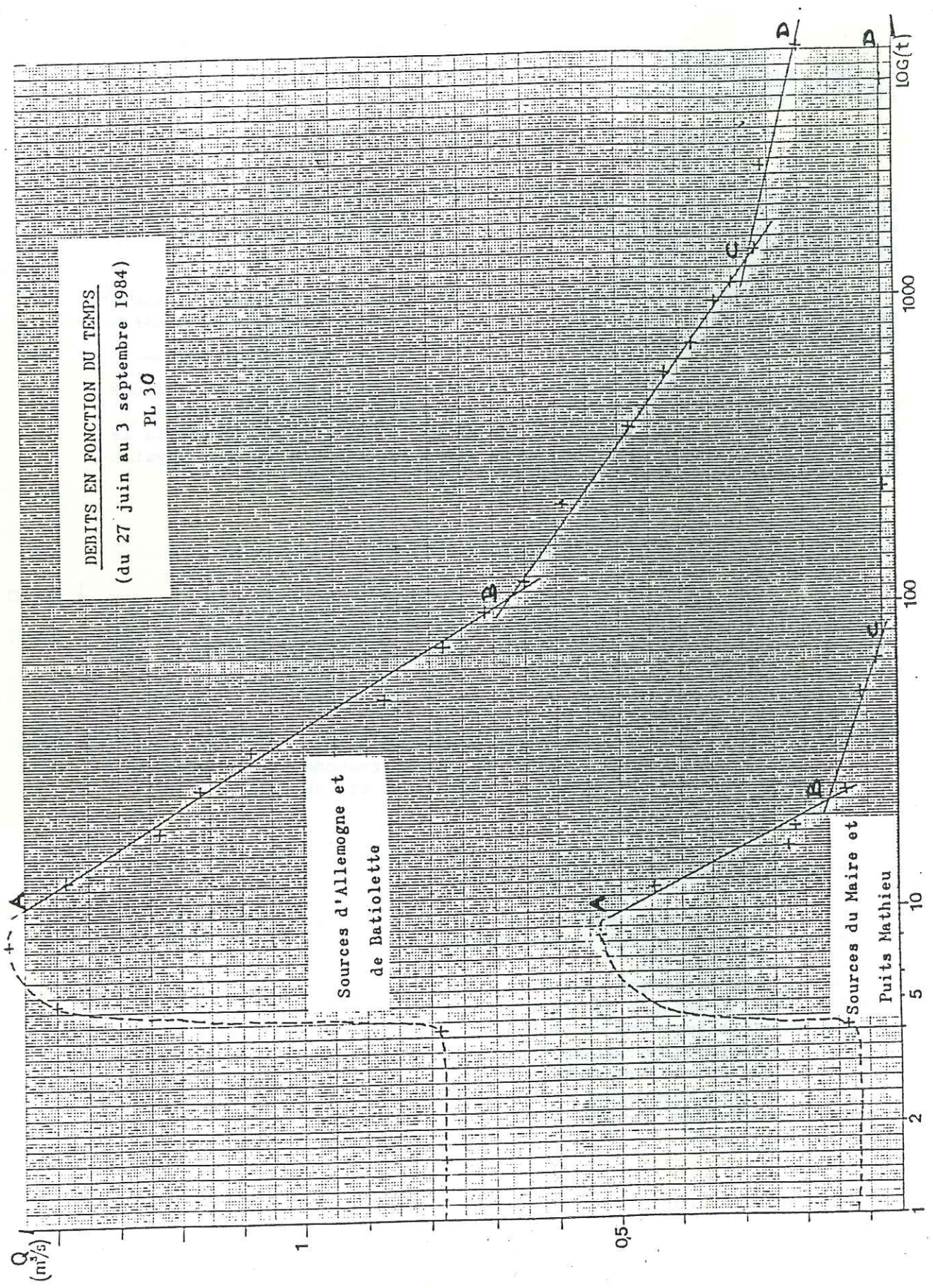
- un premier segment AB, qui correspond à la vidange du réseau rapide du Karst; c'est-à-dire l'épikarst et les zones où les perméabilités sont fortes.

- le second segment BC qui traduit la vidange de "Blocs lents" où la perméabilité est plus faible.

- enfin le segment CD qui souligne l'existence de zones encore plus "lentes" à très faible perméabilité et qui peuvent être plus éloignées des exutoires.

Dans le cas de l'Allemogne sens-strict cette zone représente des volumes importants expliquant les débits d'étiage.

Les deux derniers segments correspondent à la vidange de la zone saturée. Cette décomposition laisse donc supposer que les réactions typiquement karstiques de ces exutoires sont dues à l'alimentation hétérogène de la zone saturée mais aussi tributaires de l'hétérogénéité de cette zone dans l'espace, et en particulier de la répartition des perméabilités.



DEBITS EN FONCTION DU TEMPS
(du 27 juin au 3 septembre 1984)
PL. 30

Sources d'Allemogne et de Batiolette

Sources du Maire et Puits Mathieu

Q (m^3/s)

LOG(t)

Lors des essais hydrauliques effectués dans les sondages de piémont les valeurs des perméabilités mesurées ont été les suivantes :

(DERIAZ 1981-1982; A MONTJOIE 1982)

- Barremien : (SPM 1,2,3)

$K = 1 \text{ à } 24 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ dans les zones karstifiées accompagnées d'un remplissage grossier.

$K = 1 \text{ à } 9,10^{-7} \text{ m/s}$ dans les zones peu fracturées à remplissages argileux.

- Hauterivien : (SPM 1,2,3,8 et L 135)

La perméabilité est nulle ou très faible sauf dans les zones broyées ou $K \text{ env. } = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

- Valanginien : (SPM 1,8 et L 135)

$K \text{ env. } 0,2 \text{ à } 0,9 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

- Berriasien : (SPM 8)

$K \text{ env. } 0,2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

- Portlandien : (G3)

$K = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

- Kimméridgien : (G3)

$K \text{ env. } 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

Les valeurs des perméabilités de la matrice dans les niveaux rencontrés sont donc de l'ordre de 10^{-7} m/s . A l'échelle du "massif carbonate", les valeurs seraient voisines de $2,5 \text{ à } 4,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. (Etude sur les forages profonds - G. HUGOT 1982)

c - Ajustement selon une loi de Gumbel

Les valeurs des débits de pointe que l'on distingue des hautes eaux par leurs caractères exceptionnels sont reportés sur la planche (31), et ceci pour les deux exurgences principales du bassin. Pour des raisons pratiques il était intéressant d'approcher les valeurs de débits exceptionnels, malgré la petitesse de l'échantillon, par exemple la crue décennale. Terme qui doit être pris dans un sens économique, c'est-à-dire la crue qui a la probabilité 1/10 d'être dépassée au cours de l'année.

Ajustement selon une loi de Gumbel - Inventaire des crues

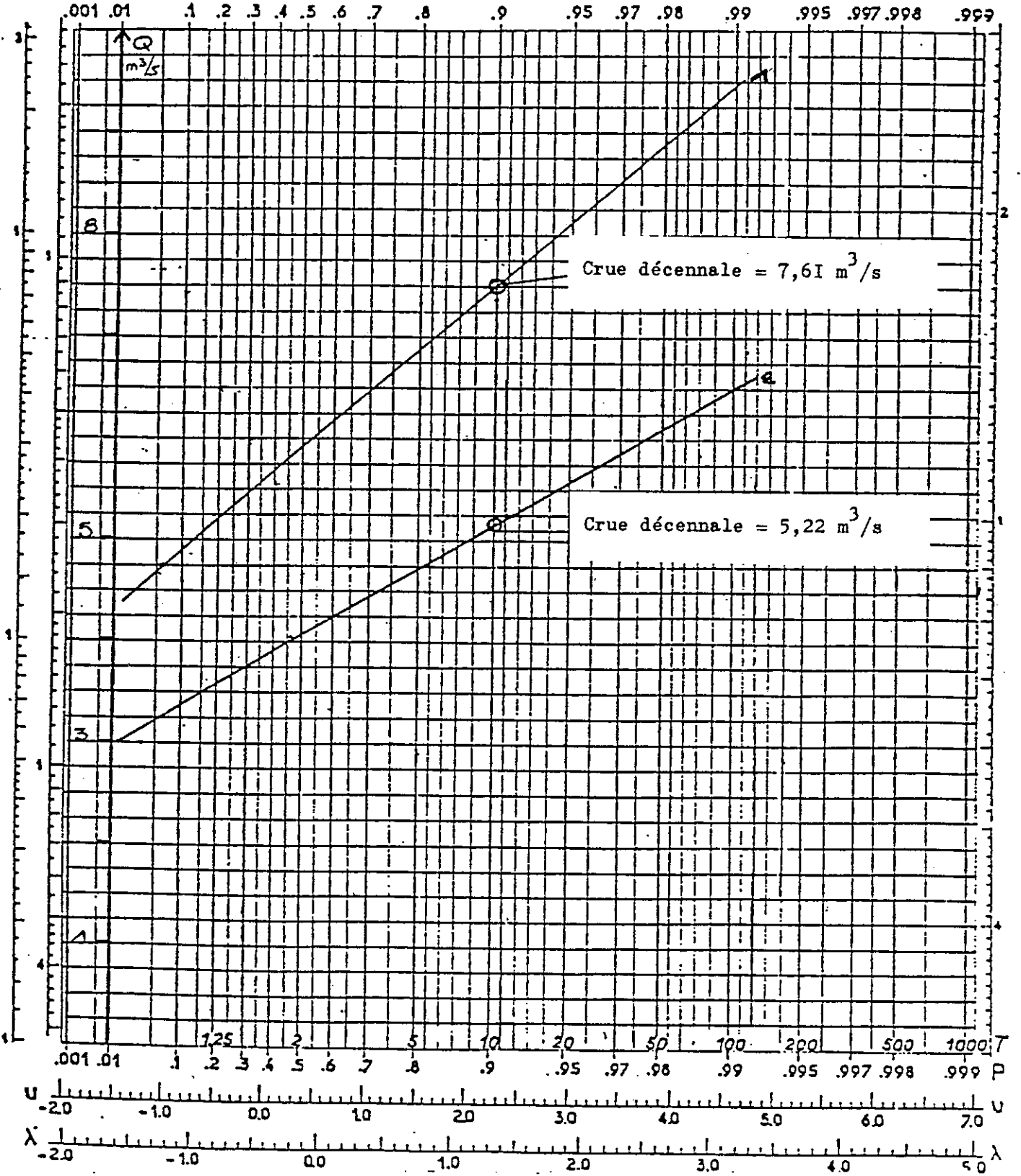
ALLEMOGNE			PUITS MATHIEU et SOURCE du MAIRE		
<u>1981</u>	m ³ /s	U	<u>1981</u>	m ³ /s	U
Décembre	5,92	0,316	Octobre	4,41	0,842
<u>1982</u>			Novembre	3,92	0,0085
Janvier	7,44	3,171	Novembre	4,41	0,842
Octobre	5,63	-0,012	Décembre	4,67	1,285
Novembre	4,85	-0,896	<u>1982</u>		
Décembre	6,73	1,234	Janvier	5,5	2,698
<u>1983</u>			Octobre	4,07	0,264
Avril	6,94	1,472	Novembre	4,07	0,264
Mai	6,49	0,962	Décembre	3,6	-0,536
Mai	7,1	1,653	Décembre	5,12	2,051
Novembre	7,72	2,356	Décembre	3,45	-0,791
décembre	6,5	0,973	<u>1983</u>		
<u>1984</u>			Mars	3,0	-1,557
Janvier	6,3	0,747	Avril	5,22	2,221
Février	6,3	0,634	Avril	3,75	-0,280
Mars	4,9	-0,839	Avril	3,54	-0,638
Avril	5,3	-0,386	Mai	4,93	1,728
Avril	4,75	-1,009	Novembre	5,54	2,768
Mai	4,3	-1,519	Décembre	4,0	0,145
Mai	5,4	-0,273	<u>1984</u>		
<u>1985</u>			Janvier	4,1	0,315
Janvier	5,37	-0,307	Février	3,1	-1,387
Mai	8,06	2,741	Avril	3,96	0,077
			<u>1985</u>		
			Mai	5,5	2,638

$$\text{Prob.}(x \leq X) = F(U) = e^{-e^{-U}}$$

PL 32

$u = -\log_2(-\log_2 P)$

$\lambda = u \text{ centrée réduite} = 0,78u - 0,45$



1- Allemogne et Batiolette à Allemogne

2- Puits Mathieu et Source du Maire à Thoiry

La loi de probabilité la plus adaptée à l'étude des crues et la loi de Gumbel dont nous présentons les résultat ci-dessous :

$$\begin{aligned} \text{Loi de Gumbel } F(x) &= e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}} = \text{Prob}(x \leq X) \\ \text{ou } F(x) &= e^{-e^u} \end{aligned}$$

avec

$$\begin{aligned} X &= \text{valeur de la crue} \\ \bar{X} &= \text{moyenne des crues} \\ \sigma_X &= \text{l'écart type correspondant} \\ \alpha &= \frac{1}{0,78} \quad \text{et} \quad x_0 = \bar{X} - \frac{0,577}{\alpha} \end{aligned}$$

. Débit ayant la probabilité 1/10 d'être dépassé au cours de l'année :

à l'Allemogne (limni. N° 6) = 7,6 m³/s
à la Source du Maire (limni. N° 7) = 5,2 m³/s

. Débit ayant la probabilité 1/100 d'être dépassé au cours de l'année:

à l'Allemogne : 9,5 m³/s
à la Source du Maire : 6,5 m³/s (PL 32).

d - Les relations Pluies-débits

Le bassin d'alimentation se distingue par une infiltration efficace (l'eau qui parvient effectivement à la nappe) assez forte. Les causes en sont la rareté des ruissellements superficiels, la hauteur d'infiltration élevée et l'impossibilité de remontée capillaires depuis la zone saturée. L'étude des bilans d'averses nous permet d'analyser le comportement du système à la suite d'une impulsion pluviométrique.

Les deux tableaux ci-dessous résument les observations faites sur des crues enregistrées à l'Allemogne d'une part et à la Source du Maire d'autre part; le rapport Q/P correspond à un coefficient près au coefficient d'alimentation de crue avec Q la lame d'eau évacuée lors de la crue et P la pluie correspondante (Pluviométrie calculée pour les tranches d'altitudes 600-900 m et 900-1700m)

Source d'Allemagne

Date	Q (Mm3)	P (m)	$\frac{Q}{P}$
15.23 Oct. 83	0,247	0,069	35,8
26.30 Nov. 83	0,908	0,271	33,5
23.25 Déc. 83	0,271	0,055	49,4
14.21 Janv. 84	0,420	0,113	37,3
07.10 Fév. 84	0,269	0,137	19,6
02.07 Mai 84	0,270	0,049	56,3
28 Juin 84	0,313	0,030	10
15 Aout 84	0,015	0,020	0,8
11 Sept 84	0,049	0,041	1,2
23.30 Sept 84	0,341	0,124	27,4
02 Oct 84	0,321	0,134	25
27 Oct 84	0,074	0,049	15,1

Source du Maire

Date	Q (Mm3)	P (m)	$\frac{Q}{P}$
15.23 Oct 83	0,303	0,069	44
26 Nov. Déc. 83	1,428	0,271	53
23.27 Déc 83	0,532	0,055	96
14.21 Jan 84	0,624	0,113	55
07.10 Fév 84	0,565	0,137	51
28 Juin 84	0,107	0,030	36
15 Aout 84	0	0,02	--
11 Sept 84	0,029	0,042	7,2
23.30 Sept 84	0,557	0,124	45
21 Oct 84	0,726	0,134	54
27 Oct 84	0,077	0,049	16

Ces résultats nous amènent à faire les remarques suivantes :

. les valeurs du coefficient d'alimentation varient beaucoup d'une averse à une autre (de 0 à 96)

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 ~ Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptelour@ujf-grenoble.fr

. il y a une baisse notable de ce même coefficient lors des premières crues qui précèdent la saison sèche.

. aux deux exurgences considérées l'on note une différence entre les valeurs des coefficients d'alimentation ainsi calculées pour les mêmes averses.

Ceci nous montre bien l'influence que le Karst peut avoir sur la quantité d'eau qui transite jusqu'aux exutoires et que selon l'état hydrique de ce système la réponse à un stimulus pluviométrique peut varier. En particulier après la période sèche les premières précipitations contribuent essentiellement à la reconstitution des réserves, les coefficients d'alimentation de crue sont alors très faibles. D'autre part les valeurs du rapport $\frac{Q}{P}$ sont plus faibles pour la source d'Allemogne que pour la source du Maire; Ceci s'explique par le fait que lors des crues importantes les sources des Fossiaux se mettent en charge et le volume d'eau ainsi soustrait à l'enregistrement influe sur le calcul du coefficient. Mais cette remarque confirme également la supériorité de la capacité des réserves du système Allemogne sens strict, le déficit observé contribuant en partie à la réalimentation des réserves.

3.3 - Conclusion

L'évolution temporelle des débits et l'analyse des différents paramètres physico-chimiques des eaux écoulées permettent de préciser le fonctionnement du système.

En ce qui concerne les variations des conductivités et des températures de l'eau au cours de l'année, les résultats donnés par G. Hugot en 1981 ont été confirmés. C'est-à-dire une faible variabilité de ces paramètres dans le temps ce qui implique la présence d'un système souterrain hiérarchisé et l'existence de réserves; la valeur des débits d'étiage enregistrée à l'Allemogne confirme cette dernière notion. Les températures et conductivités les plus grandes sont liées à des eaux provenant des réserves des zones les moins perméables qui alimentent l'écoulement en basses eaux. Une chute des températures et des conductivités est enregistrée au printemps de chaque année, celle-ci correspond à la fonte du manteau neigeux.

Lors des crues, la variation de ces mêmes paramètres traduit l'existence d'axes de circulations rapides qui s'opposent au mélange avec les eaux de la réserve. Lors de ces débits de pointe qui peuvent être importants, l'on retiendra le court temps de transit des eaux depuis la surface vers les exutoires; ce qui confirme le fait qu'il y ait une transmission rapide de l'eau au travers de la zone non saturée à la faveur de gros drains.

La grande variabilité des débits au cours de l'année abonde en ce sens. Enfin l'analyse des courbes de décrue et des bilans d'averses met en évidence l'hétérogénéité spatiale et temporelle, mais organisée, de la zone saturée.

4 - HYDROGEOLOGIE

4.1 Les bilans d'eau

4.1.1. Introduction

L'intérêt du bilan est qu'il permet de vérifier si les bassins géographiques et hydrogéologiques ont bien les mêmes limites à l'échelle d'un cycle hydrologique. En d'autres termes, cette étude est susceptible de déceler l'existence d'écoulements souterrains (apports ou fuites) entre l'impluvium étudié et les bassins qui lui sont adjacents.

L'équation qui régit le bilan est :

$$P + QA = QF + ETR + QE \pm DW$$

Sachant que :

- les apports sont :

. P : les précipitations, obtenues avec une précision estimée à 5 %. Nous utiliserons, pour le calcul, la pluviomètre concernant les tranches d'altitudes (600 - 900 m) et (900 - 1700 m) qui représentent respectivement 27 % et 73 % de la superficie totale.

. QA: les apports d'eau souterraine extérieurs au bassin.

- les sorties sont :

. QF: les écoulements souterrains vers les systèmes voisins.

.ETR: l'évapotranspiration réelle, donnée avec une précision de 10%. Les résultats déduits du bilan hydrométéorologique, pour des altitudes supérieures à 600 mètres, sont reportés sur la planche 33 (la valeur de l'ETR obtenue pour l'année 1983 est la plus élevée puisque cette année a été la plus arrosée). l'ETR correspond au volume d'eau prélevé sur les précipitations et sur le stock d'humidité disponible dans le sol. Pour les terrains à dominante calcaire, comme ceux du Jura, ce potentiel d'humidité est estimé à 50 mm.

.QE : les volumes d'eau écoulés à l'exutoire, terme obtenue avec une précision de 8 %.

. DW : la variation des réserves souterraines, que nous considérerons comme négligeable puisque le calcul concerne une année hydrologique.

1982	P	ETP	STOCK	ETR
J	223	3,6	50	3,6
F	64,5	4,4	50	4,4
M	172	10	50	10
A	31	35,6	45,4	35,6
M	86,6	55,8	50	55,8
J	132	68,2	50	68,2
J	106	91,4	50	91,4
A	123	67,3	50	67,3
S	65,4	61	50	61
O	266	24,2	50	24,2
N	292	14	50	14
D	310	4,5	50	4,5

1984	P	ETP	STOCK	ETR
J	300	1,2	50	1,2
F	213	1,9	50	1,9
M	170	10	50	10
A	81	30	50	30
M	122	26,5	50	26,5
J	105	75	50	75
J	30	111	0	81
A	71,5	74,1	0	71,5
S	298	42,5	50	42,5
O	179	35,8	50	35,8
N	136	19,1	50	19,1
D	103	5,2	50	5,2

1983	P	ETP	STOCK	ETR
J	203	6	50	6
F	243	1,6	50	1,6
M	161,2	25	50	25
A	314	31,4	50	31,4
M	345	39,4	50	39,4
J	63,2	88,6	24,6	88,6
J	56,5	133,4	0	81,2
A	118	87	31	87
S	132	65	50	65
O	82,2	40	50	40
N	210	18	50	18
D	155	6,7	50	6,7

BILAN HYDROMETEOROLOGIQUE

(Système Allemagne)

Altitudes 600-1700m

$$ETR_{82} = 440 \text{ mm}$$

$$ETR_{83} = 489,9 \text{ mm}$$

$$ETR_{84} = 404,2 \text{ mm}$$

4.1.2. Bilan de la période du 1er janvier au 31 décembre 1982

$$P = 1589 \times 0,27 + 2148 \times 0,73 = 1997 \text{ mm } +/- 99,9$$

$$ETR = 440 \text{ mm } +/- 44$$

QE = Volumes d'eau écoulés à l'Allemagne et à la Source du Maire (m3), divisée par la Superficie totale de l'impluvium (m2)

$$= \frac{32\ 870\ 000 + 16\ 998\ 00}{33\ 000\ 000} = 1514,2 \text{ mm } +/- 121,1$$

$$DI = 99,9 + 44 + 121,1 = \pm 265 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{QF - QA = + 42,8 \text{ mm}}}$$

la valeur de (Qf - QA) est inférieure à l'incertitude DI

4.1.3 Bilan de la période du 1er janvier au 31 décembre 1983

$$P = 1679,4 \times 0,27 + 2426,2 \times 0,73 = 2224,5 \text{ mm } +/- 11,3$$

$$ETR = 489,9 \text{ mm } +/- 49$$

$$QE = 1710,1 \text{ mm } +/- 136,8$$

$$DI = 297 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{QF - QA = + 24,5 \text{ mm}}}$$

$$QF - QA \ll DI$$

4.1.4 Bilan de la période du 1er janvier au 31 décembre 1984

$$P = 1486 \times 0,27 + 2126 \times 0,73 = 1953,2 \text{ mm } +/- 97,7$$

$$ETR = 404,2 \text{ mm } +/- 134$$

$$QE = 1675 \text{ mm } +/- 134$$

$$DI = \pm 272,1 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{QF - QA = -126 \text{ mm}}}$$

Si la valeur de (QF-QA) reste inférieure au calcul d'erreur elle parait néanmoins assez élevée.

4.1.5. Etude des résultats

	1982	1983	1984
lame d'eau précipités (en mm)	1997	114,5	1953,2
évapotranspiration réelle	440	489,9	404,2
lame d'eau écoulée	+ 42,8 (fuite)	+ 24,5 (fuite)	- 126 (apports)

- Pour les années 1982 et 1983 les bilans s'équilibrent bien, compte tenu de l'imprécision du calcul les valeurs déficitaires (43 mm en 82, 24,5 mm en 83) doivent correspondre aux volumes d'eau soustraits par l'émergence des Fossiaux aux sources d'Allemogne et de thoiry.

- En revanche le bilan hydrogéologique de l'année 1984 tend à montrer qu'il n'y a pas égalité entre les débits d'entrée et les débits de sortie du bassin et, que des apports souterrains, provenant de systèmes voisins, sont à envisager.

De fait durant la même période le bassin karstique de l'Allondon, situé au Nord, présente un bilan déficitaire. Lors du chapitre précédent nous avons mis en évidence une fluctuation des limites entre ces deux bassins d'alimentation, et en particulier une tendance du bassin de l'Allemogne à s'agrandir de quelques Km² au dépend de celui de l'Allondon, en période de hautes eaux.

- 1984, a été une année hydrologique remarquable puisqu'un déséquilibre dans la répartition des précipitations saisonnières a été observé. L'hiver a été très arrosé et suivi d'un étiage sévère; à la Dôle les précipitations totales pour les mois de Janvier à Avril ont été de 1770 mm alors qu'en 1982 et 1983 elles étaient pour les mêmes mois de 872 mm et 1530 mm. A villeneuve 70 % de la pluviométrie annuelle a été enregistrée pendant l'hiver et l'Automne 84.

Dès lors pendant la période des hautes eaux prolongées de l'année 84, une partie de l'eau qui aurait dû s'écouler en direction de l'Allondon s'est dirigée vers les sources d'Allemogne. Ce qui explique l'excédent en eau déduit du calcul précédent.

4.2 - Modèle de fonctionnement du système Allemogne S.L

4.2.1 Modèle théorique

a) Généralités

Un aquifère est un ensemble de roches perméables, défini dans l'espace, qui comprend une zone saturée et une non saturée. La première représentant un milieu solide et l'eau qu'il renferme dans ces vides; elle joue le rôle de conducteur et de réservoir d'eau. La seconde est caractérisée par le complexe roche-eau-air, à l'intérieur de cette entité le stockage est nul et la quantité d'eau gravitaire temporaire.

L'ensemble des aquifères est le siège d'un processus qui comporte une entrée (précipitations, apports souterrains), un parcours (cheminement des eaux souterraines) et une sortie (débits à l'exutoire, écoulements occultes). Si l'étude des aquifères karstiques tend vers les mêmes buts que celle des aquifères poreux (que nous envisageons plus loin) elle utilise néanmoins une démarche et des voies différentes. En particulier on ne peut établir, dans le premier cas une carte des perméabilités fondée sur des mesures directes qui impliqueraient un nombre considérable de forages. Le karst comme nous l'avons vu, est un milieu perméable discontinu et hétérogène, qui comprend des fissures diversement connectées ainsi que des chenaux et conduits karstiques. Dans le cas du système Allemogne il y a une large prépondérance des écoulements souterrains. De par cette organisation particulière ce milieu est pratiquement un système d'écoulements locaux. L'observation des terrains (en surface et sous-terre) nous a permis d'appréhender la potentialité d'écoulement et d'emmagasinement de l'eau des différents niveaux géologiques.

L'étude hydrologique (mode de restitution des débits en fonction de l'alimentation) et des comportements hydrodynamiques (analyse des réponses du système) a permis d'approcher le mécanisme qui conditionne le transfert des eaux.

Ceci va donc nous amener à préciser le fonctionnement du système envisagé dans son ensemble; pour cela nous partirons d'un modèle d'écoulement simple que nous ajusterons ensuite, prenant en compte ainsi toutes les données disponibles.

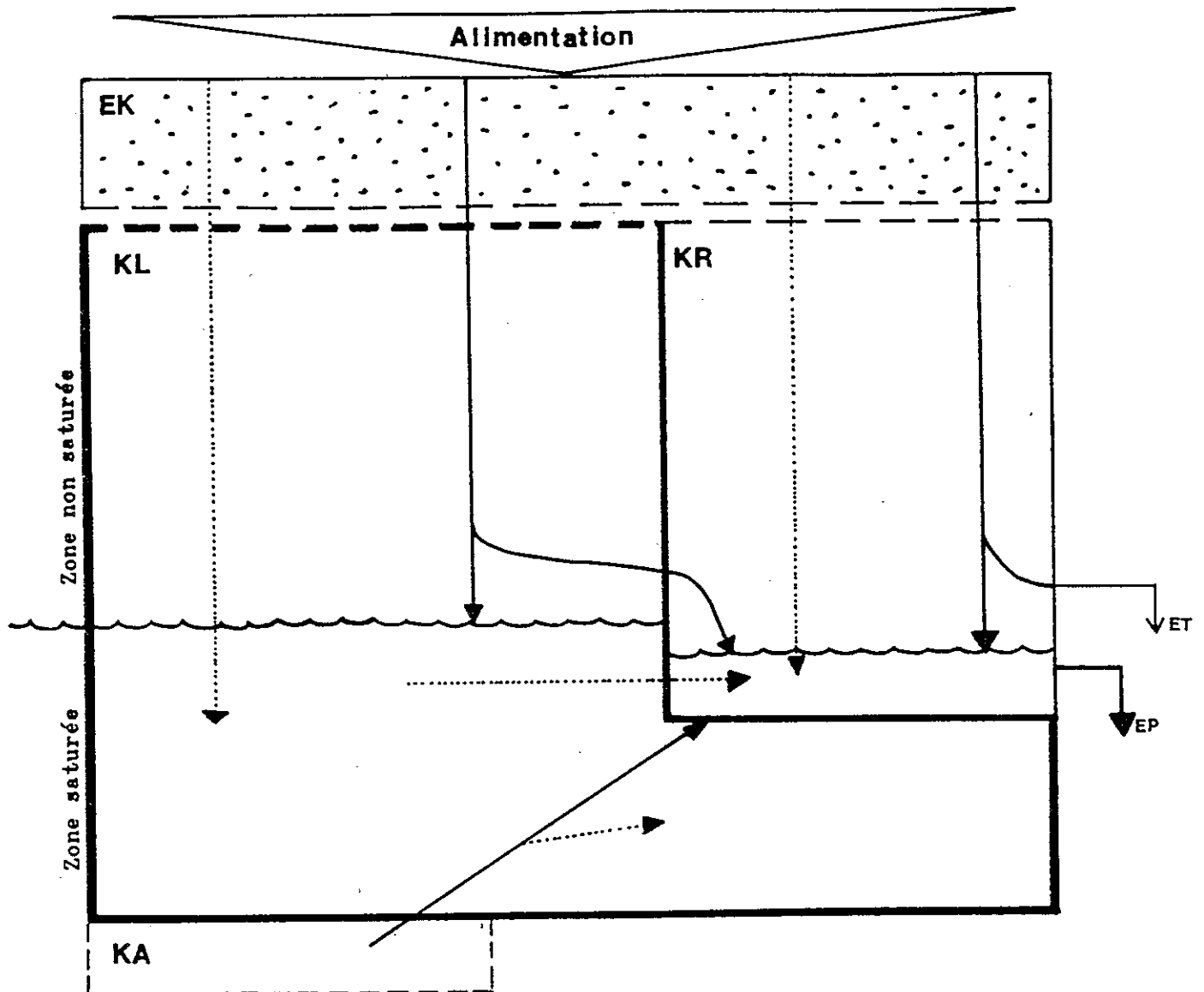
b - Modèle à deux réservoirs (PL34)

D'une manière générale les réponses du système Allemogne, c'est-à-dire les débits écoulés à la sortie du bassin, traduisent l'effet de deux réservoirs souterrains. L'un où les écoulements sont rapides, représenté par le réseau transmissif. (noté KR="Karst rapide"), l'autre où les écoulements sont lents, (noté KL) constitué surtout par le milieu capacitif.

Schéma des écoulements dans un système karstique

(modèle à deux réservoirs)

PL 34



—▶ : écoulements rapides

.....▶ : écoulements lents

EP: exutoire permanent

ET: exutoire temporaire

EK : Epikarst

KL : Réservoir lent

KR : Réservoir rapide

KA : Karst adjacent à potentiel hydraulique supérieur

Les eaux précipitées sur la surface ruissellent au travers de l'épikarst et vont rejoindre en partie les réservoirs. Ces derniers comportent une zone écouable et une zone non écouable dont l'extension est fonction de la porosité de la roche et de la position altimétrique des exutoires.

Les deux réservoirs ne peuvent être dissociés, ils sont emboîtés et sont le siège d'alimentations et d'échanges dont les principaux sont :

- dans le "réservoir rapide"
 - . des écoulements concentrés et différés dans la zone non saturée, depuis l'épikarst et le "réservoir lent".
 - . des écoulements différés dans la zone saturée depuis le "réservoir lent".
- dans le "réservoir lent"
 - . essentiellement des écoulements différés dans la zone non saturée.
 - . des écoulements concentrés à partir des chenaux du "réservoir rapide"
 - . des alimentations depuis les systèmes karstiques adjacents (Bassin de l'Allondon).

A chaque épisode d'alimentation, l'ensemble des écoulements est réactivé simultanément. Les débits aux exurgences commencent par traduire la double réaction des écoulements concentrés et distribués, (cf. étude des crues) puis les premiers s'atténuent assez rapidement et les réponses de l'exutoire mettent en évidence le contrôle croissant des seconds sur le régime.

4.2.2 - Application au système Allemogne S.L

Nous avons défini trois aquifères notés 1, 2 et 3 sur les figures: deux de type karstique et un système fissural, séparés par des niveaux marneux ou calcaro-marneux : PL (35)

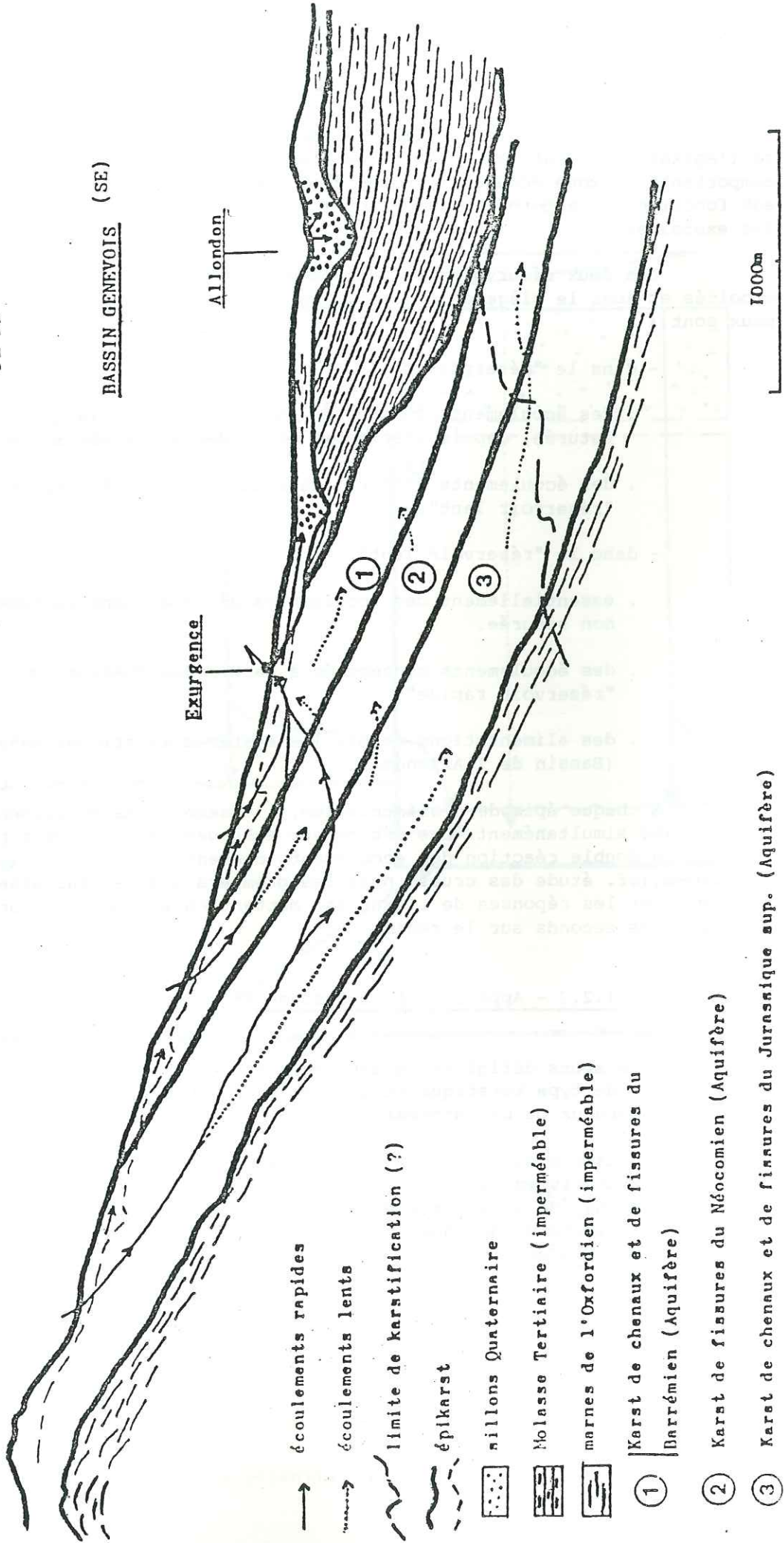
- Aquifère du Barrémien et Néocomien supérieur ("Urgonien", Hauterivien).
- Marnes de l'Hauterivien inférieur.
- Aquifère du Néocomien moyen et inférieur (Valanginien Berriasien).

COUPE HYDROGEOLOGIQUE - PAYS DE GEX

MONTS JURA (NW)

PL 35

BASSIN GENEVOIS (SE)



- Calcaires marneux du Purbeckien et du Portlandien supérieur.
- Aquifère du Kimméridgien du Séquanien, et de l'Oxfordien supérieur.
Dont les limites hydrogéologiques sont : (PL 36).
- La ligne de Crête des Monts du Jura (affleurement ou subaffleurement des marnes de l'Oxfordien inférieur).
- Le contact Tertiaire - Secondaire en plaine.
- Les marnes d'Effingen (oxf. inf.) comme limite basale.
- Les limites "fluctuantes" avec les bassins adjacents.

Le fonctionnement des deux entités karstiques (Barrémien et Jurassique supérieur) peut être défini à partir du modèle à deux réservoirs explicité ci-dessus. L'on peut envisager pour chacun d'eux un "réservoir lent" et un "réservoir rapide". Quant au système fissural (Néocomien moyen et inférieur) de par sa plus faible conductivité hydraulique il doit essentiellement tenir lieu de "réservoir lent" sauf dans les zones affectées par de grands accidents près desquels la perméabilité est plus élevée. Enfin l'étude hydrologique a montré que tous ces systèmes sont en relation hydraulique.

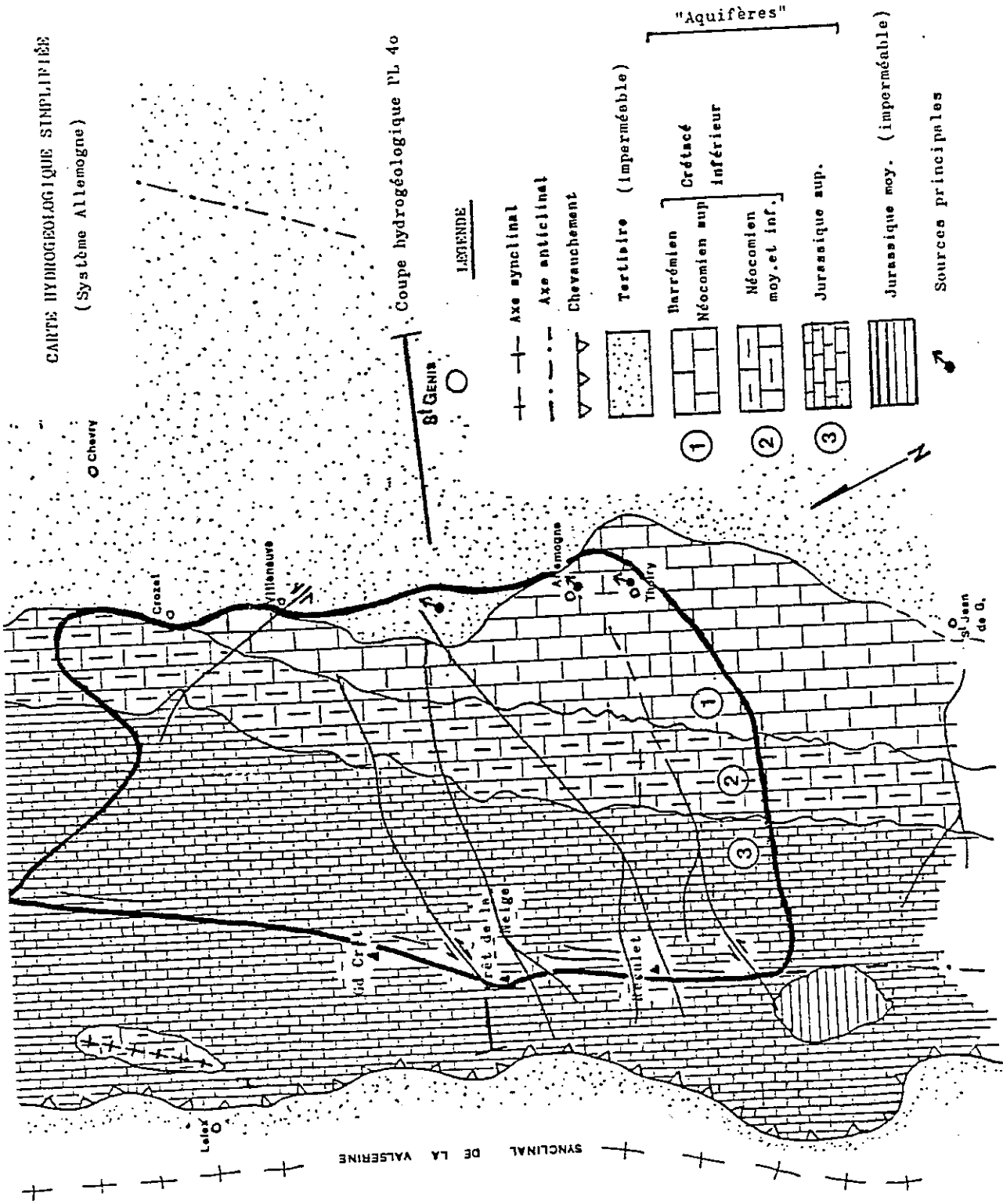
Lorsqu'il y a alimentation, les eaux d'origine météoriques rejoignent très vite les réservoirs rapides des systèmes karstiques par l'intermédiaire de l'épikarst. Et, principalement à la faveur des gros drains, les eaux du réservoir rapide situé dans les terrains du Jurassique supérieur, s'écoulent vers le réservoir rapide du Barrémien. Puis, celles-ci vont grossir le flot d'écoulement des exurgences. Une autre partie de ces eaux contribue à la reconstitution des "réservoirs lents" et alimente également les sillons de plaine par écoulements occultes (exemple : le sillon de Sergy; le sillon de la Praslée)

En période de non alimentation ce sont les réservoirs lents des trois systèmes qui créent les débits des sources de piedmont. Durant cette phase l'aquifère fissural Néocomien joue un rôle important dans la mise en communication hydraulique des "réservoirs lents" des systèmes karstiques.

En fait, pour être plus précis, il ne faut pas considérer les trois entités hydrogéologiques comme étant une juxtaposition de trois modèles à deux réservoirs, mais comme un seul système dont le "réservoir rapide" est constitué par les terrains à forte conductivité hydraulique à la fois du Barrémien et du Jurassique supérieur et le réservoir "lent" par les niveaux à plus faible perméabilité du Barrémien, du Jurassique supérieur et du Néocomien.

CARTE HYDROGEOLOGIQUE SIMPLIFIEE
(Système Allemagne)

Pl. 36



Il ne nous paraît pas nécessaire d'invoquer une inversion du sens de l'écoulement des eaux, selon les saisons et les conditions hydrologiques, entre la Source du Maire d'une part et les sources d'Allemogne et de la Batiolette d'autre part. Certes, lors de la fonte du manteau neigeux l'ensemble "Puits Mathieu et Source du Maire" semble libérer des volumes d'eau plus grands compte-tenu de la surface de l'impluvium. Mais durant cette période les sources des Fossiaux se mettent en charges, et il est fort probable que, si l'on connaissait la quantité d'eau écoulée par ces sources et si l'on ajoutait ce volume à celui enregistré à l'Allemogne, les débits spécifiques mensuels de cette dernière exurgence et ceux de la source du Maire seraient voisins.

En été si les écoulements se font préférentiellement en direction de la Source de la Batiolette cela est simplement dû au fait que cet exutoire est situé à une altitude plus basse que les autres.

5 - CONCLUSION

L'ensemble des données acquises dans le domaine de la géologie, de la géométrie et de l'alimentation des réservoirs, de l'hydrodynamique karstique, recueillis par diverses analyses et campagnes de travaux sur le terrain, nous a permis de mieux comprendre et d'expliquer l'hydrogéologie du bassin de l'Allemogne. Etant donné la répartition spatiale des piézomètres implantés à l'aplomb de l'anneau LEP-CERN, nous n'avons pu dresser de carte piézométrique valable, en montagne comme en plaine, à l'échelle de notre étude.

Néanmoins nous avons pu définir assez correctement les limites de l'impluvium à partir des profils piézométriques, des traçages et des calculs de bilan d'eau; en particulier nous avons décrit et expliqué les fluctuations de celles-ci au Nord du bassin, à la "Frontière" avec le bassin de l'Allondon. Les observations de terrain et les analyses en laboratoire nous ont permis de distinguer différents types de remplissages karstiques et ces informations ajoutées aux données hydrologiques nous ont amené à envisager l'existence d'un grand aquifère, représenté par les niveaux calcaires du Barrémien, du Kimmeridgien et du Néocomien. Le fonctionnement de cet aquifère est complexe, cela est dû aux faits, d'une part qu'il existe une superposition de deux types de porosité :

- une porosité d'interstice et de fissures dans les calcaires barrémiens, kimmeridgiens et néocomiens.
- une porosité de chenaux et de conduits dans les calcaires du Barrémien et du Kimméridgien.

et d'autre part que l'aquifère n'a pas un comportement figé dans le temps. En effet selon l'état du système (aquifère saturé ou non) et l'importance des précipitations (influence sur les vitesses d'écoulements des eaux souterraines) le mode de circulation et le cheminement des eaux vont être différents. De fait cela à une grande incidence sur les réponses enregistrées aux exutoires c'est ce que nous avons tenté de représenter par un modèle théorique.

- LE SYSTEME ALLONDON -

(Chapitre IV)

- Le bassin d'Alimentation
- Le bassin Karstique
- Le bassin de Plaine
- Hydrologie
- Hydrogéologie

CH. IV - LE SYSTEME ALLONDON

1. Introduction

Le bassin de l'Allondon est représenté par deux sous-systèmes hydrogéologiques caractéristiques. D'une part, un système karstique en montagne qui se traduit par les émergences situées à Naz-dessus et, d'autre part un système "rivière-sillons souterrains" qui intéresse le trajet de l'Allondon en plaine jusqu'à St. Genis-pouilly.

Nous allons donc, dans un premier temps, être amené à décrire ces deux sous systèmes mais nous nous attarderons plus longuement sur l'ensemble de plaine puisqu'il constitue l'originalité par rapport au chapitre précédent. Puis, à partir de ces nouvelles données nous pourrons compléter notre modélisation théorique en y greffant les relations qui existent dans notre secteur d'étude, entre l'entité karstique et le système alluvial

2. Le bassin d'alimentation

2.1 Généralités :

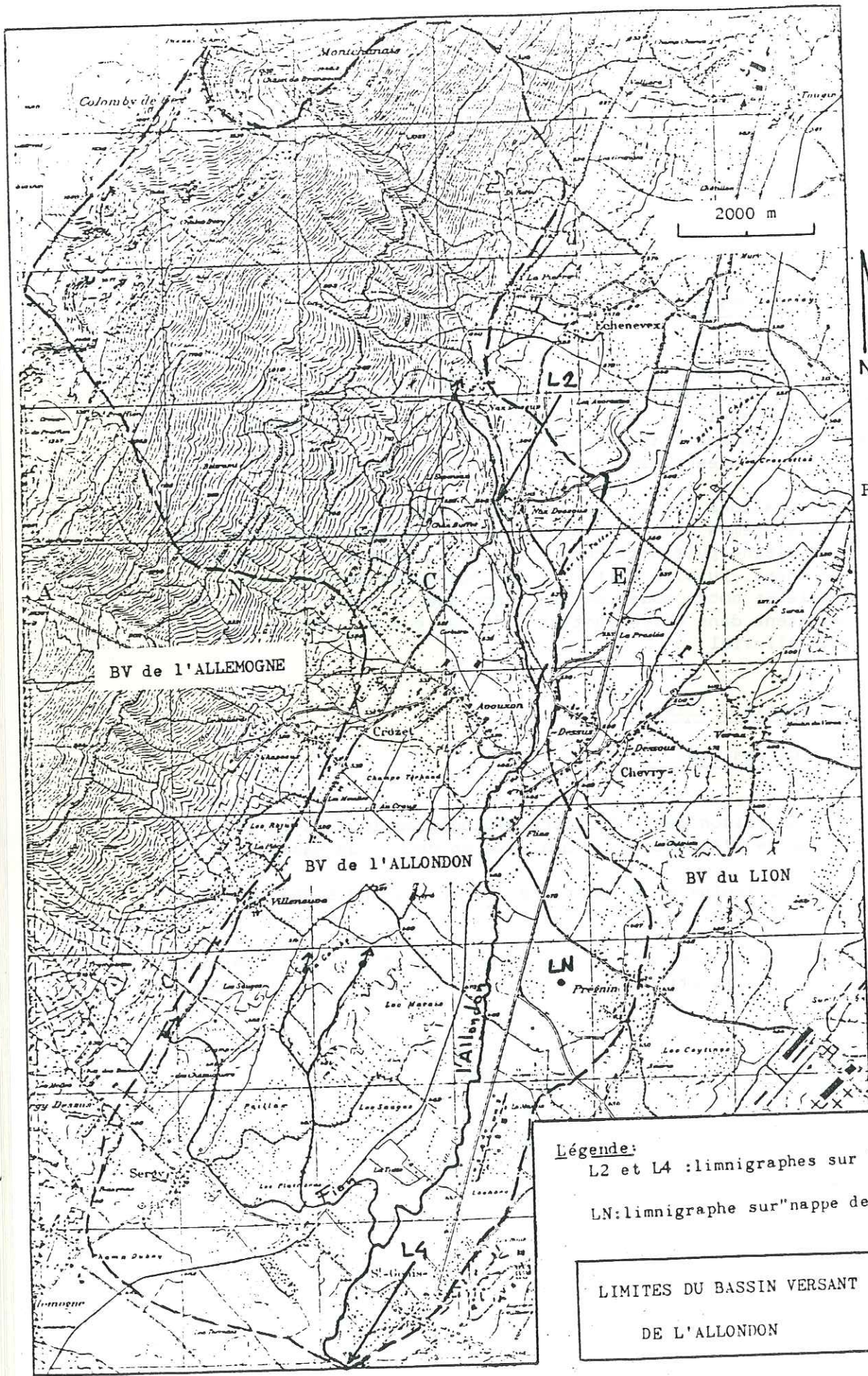
En raison des conditions géologiques locales la zone d'alimentations de l'Allondon se subdivise en deux sous bassins.

- l'impluvium de montagne qui correspond à une partie de l'anticlinal jurassien.

- le bassin de la rivière en plaine dont l'hydrogéologie est conditionnée par la structure et la nature des dépôts molassiques et quaternaires.

2.2 Les limites géographiques (PL37)

Au NW nous prendrons comme limite la crête du premier chaînon du Jura, sachant que les marnes de l'oxfordien, niveau imperméable, sont subaffleurantes le long de cette ligne naturelle.



PL 37

Légende:
 L2 et L4 :limnigraphes sur l'Allondon
 LN:limnigraphes sur "nappe de ST Genis"

LIMITES DU BASSIN VERSANT
 DE L'ALLONDON

Au SW, c'est la faille de la Tremblaine et son prolongement hypothétique vers le piedmont qui joue le rôle d'écran entre les impluviums de l'Allondon et de l'Allemogne. Mais nous garderons en mémoire les remarques que nous avons formulées à ce propos dans le chapitre précédent.

Au NE et à l'E, le bassin de l'Allondon est limité géographiquement par celui du Journans-Lion. La partie aval du système se ferme à Saint-Genis Pouilly à la confluence du Lion et de l'Allondon, proche du limnigraphe N° 4 (PL37).

Le ruisseau du Fion, affluent de l'Allondon, alimenté par l'exsurgence temporaire des Fossiaux (Sergy) et la source des Combes, a des débits intermittents qui doivent être considérés comme partiellement extérieurs au bassin de la plaine. Il appartient au réseau Karstique de l'Allemogne. Quant à la séparation entre les deux sous-bassins du système étudié, de plaine et de Montagne, nous retiendrons la ligne créée par le contact géologique entre les terrains du Secondaire et du Tertiaire.

La zone d'influence de la rivière Allondon, ainsi définie, a une superficie totale de 32 Km² qui se subdivise comme suit :

- le bassin de montagne :
S = 15 Km²
Altitude moyenne = 1050 m
- le bassin de plaine :
S = 18 km², dont 3,6 km² pour le bassin du Fion
altitude moyenne = 515 m

3. Le bassin karstique

3.1 Les observations de surface

La source de l'Allondon est l'exsurgence qui est située le plus au Nord de notre secteur d'étude. Plus précisément il y a trois sources principales étagées, situées au pied d'une combe, qui se mettent en charge selon l'importance des précipitations et suivant l'état hydrique du système. En amont, nous n'avons pas observé d'écoulement superficiel notable. Les eaux des sources de l'Allondon parviennent à l'air libre à la faveur d'un système de fractures visibles dans des calcaires et marnocalcaires du Néocomien (Valanginien et Berriasien) qui affleurent près des émergences (C. DUCLOS . 1980). Ces niveaux du Secondaire sont partiellement masqués par des éboulis constitués d'éléments d'âge Néocomien mais aussi Tertiaire (conglomérat gompholitique).

Cet ensemble de failles est probablement le prolongement vers la plaine ou un réseau satellite de l'accident de Branveau, bien visible en alpage puisqu'il crée une dépression dans la topographie.

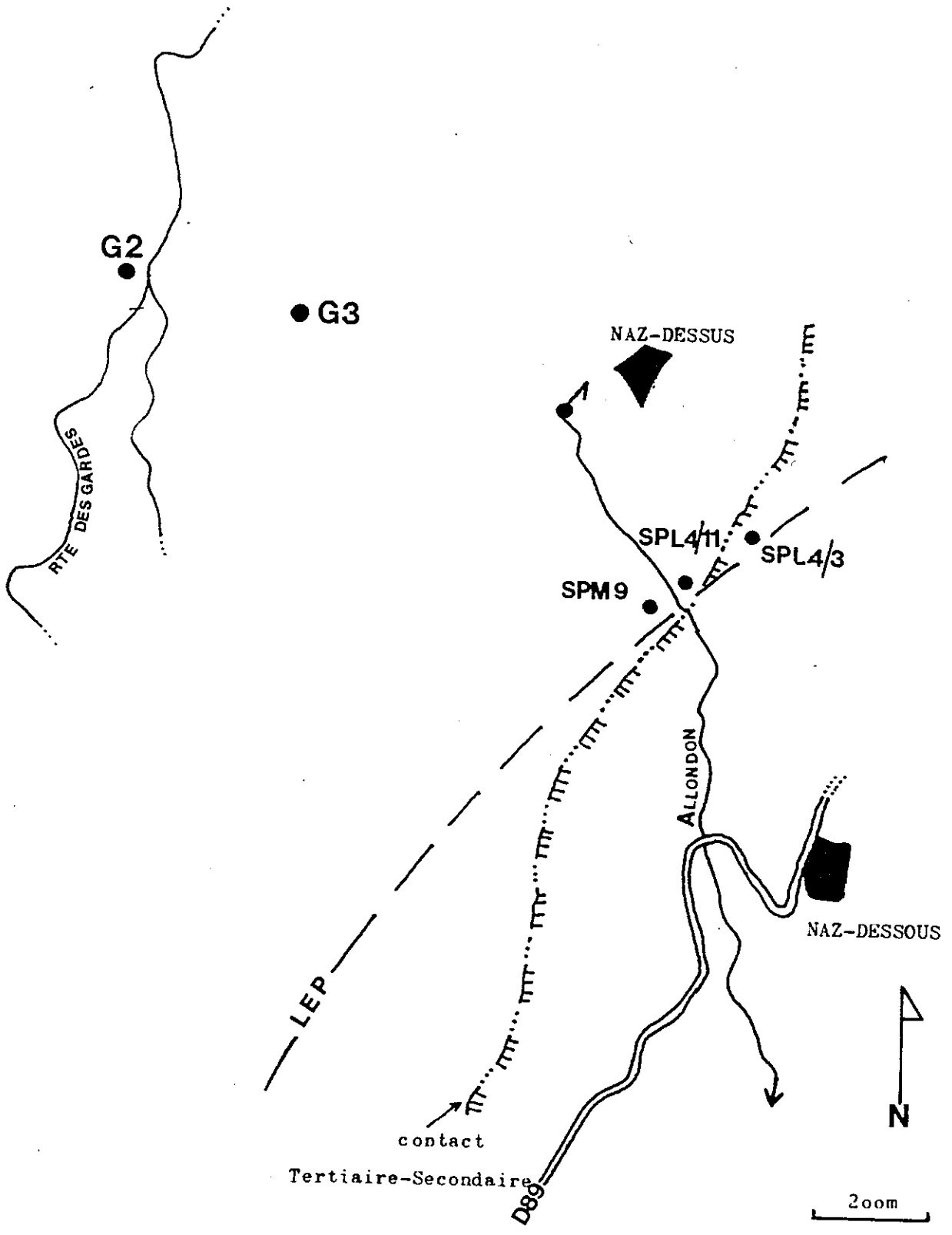
L'on a donc à l'intérieur du bassin de l'Allondon deux accidents majeurs qui sont les failles de la Tremblaine au SW et de Branveau au NE. Tous les deux sont des décrochements sénestres et ont une orientation N150 environ. Mais les similitudes s'arrêtent là, puisque du point de vue hydrogéologique la première semble jouer un rôle d'écran et la seconde un rôle de drain.

Concernant la morphologie karstique de ce bassin l'on peut faire les mêmes observations que celles précitées pour le système Allemonne; à savoir que l'on a une karstification peu développée et bien souvent colmatée depuis la surface. L'on retiendra principalement le Creux de Bevy, au pied du Colomby de Gex (1687m), qui est la doline la plus importante du bassin et, le gouffre Simon qui est la cavité souterraine la plus développée (-138 m). (Inventaire des Monts Jura - BBS - 1978).

En piedmont la série oligocène (Molasse) recouvre en discordance stratigraphique les calcaires du Néocomien et de ce fait les terrains du Barrémien ne sont pas visibles à l'affleurement. Ce contact discordant se situe à une cote de 560 m environ et l'altitude d'émergence des sources est voisine de 565 m. Ce qui confirme une fois de plus la relation étroite (de cause à effet) qui existe entre le contact "Molasse" et "Secondaire" d'une part, et le niveau de base géographique actuel des exurgences d'autre part.

3.2 Les observations souterraines

Le tunnel LEP; dans son "parcours Jurassien" vient tangenter la discordance stratigraphique qui met en contact les formations monoclinales du Crétacé et celles subhorizontales du Tertiaire (Molasse et Gompholite). Et, surtout l'ouvrage souterrain devrait recouper la faille de Branveau-Allondon entre Naz-Dessus et Naz-Dessous. Pour affiner les connaissances sur ce contexte géologique, plusieurs sondages ont été effectués au voisinage des exurgences de l'Allondon.



PL 38

SITUATION DES SONDAGES
(Bassin de l'Allondon)

Tout d'abord, deux sondages profonds G2 et G3 en amont des sources, ont été forés pour définir plus précisément les terrains rencontrés. Il y eut ensuite quatre sondages, SPM9, SPL 4/11, SPL 4/10 et SPL 4/3, répartis de part et d'autre du cours d'eau, proche du contact Tertiaire-Secondaire, exécutés dans le but de préciser celui-ci et de tenter de positionner le ou les accidents géologiques (Planche 38).

3.2.1 Les sondages G2 et G3 (bureau et laboratoire DERIAZ.G2-G3-1982)

Le sondage G2 (foré en novembre 1981 est détruit en 1983) est situé au carrefour de la route des Gardes et de la route forestière de Crozet à une altitude de 866 m, et à environ 800 mètres en amont des sources de l'Allondon. D'une profondeur de 451 m, il a débuté à la limite Jurassique-Crétacé et a traversé successivement le Purbeckien, le Portlandien et a pénétré dans le Kimméridgien. Les terrains recoupés sont peu ou moyennement fissurés, sauf vers - 100 m (Portlandien) ou une zone faillée, parallèle à la chaîne, a été traversée.

Les essais d'eau du type Lefranc, effectués dans la moitié inférieure du sondage, durant le carottage, ont permis d'évaluer quelques valeurs de perméabilité; Ces dernières sont de l'ordre de 10^{-7} à 5×10^{-9} m/s. les niveaux piezométriques mesurés sont voisins du niveau des sources de l'Allondon (Planche 39).

Le sondage G3 implanté à une altitude de 776 m entre les exurgences karstiques et le sondage G2, connaît une profondeur de 351 m. Sous une couverture d'éboulis de nature jurassienne (épaisseur: 15 m) celui-ci a recoupé le Berriasien, le Purbeckien, le Portlandien et le Kimméridgien. Aucun accident tectonique majeur, ni de zone karstifiée importante ont été traversés. Cependant la fissuration à l'aplomb de ce sondage est importante mais souvent colmatée par des matériaux gravello-argileux, ce qui donne lieu à des perméabilités mesurés in situ relativement faibles. Les niveaux piezométriques mesurés sont intermédiaires entre les niveaux observés au sondage G2 et l'altitude des sources karstiques (PL. 39).

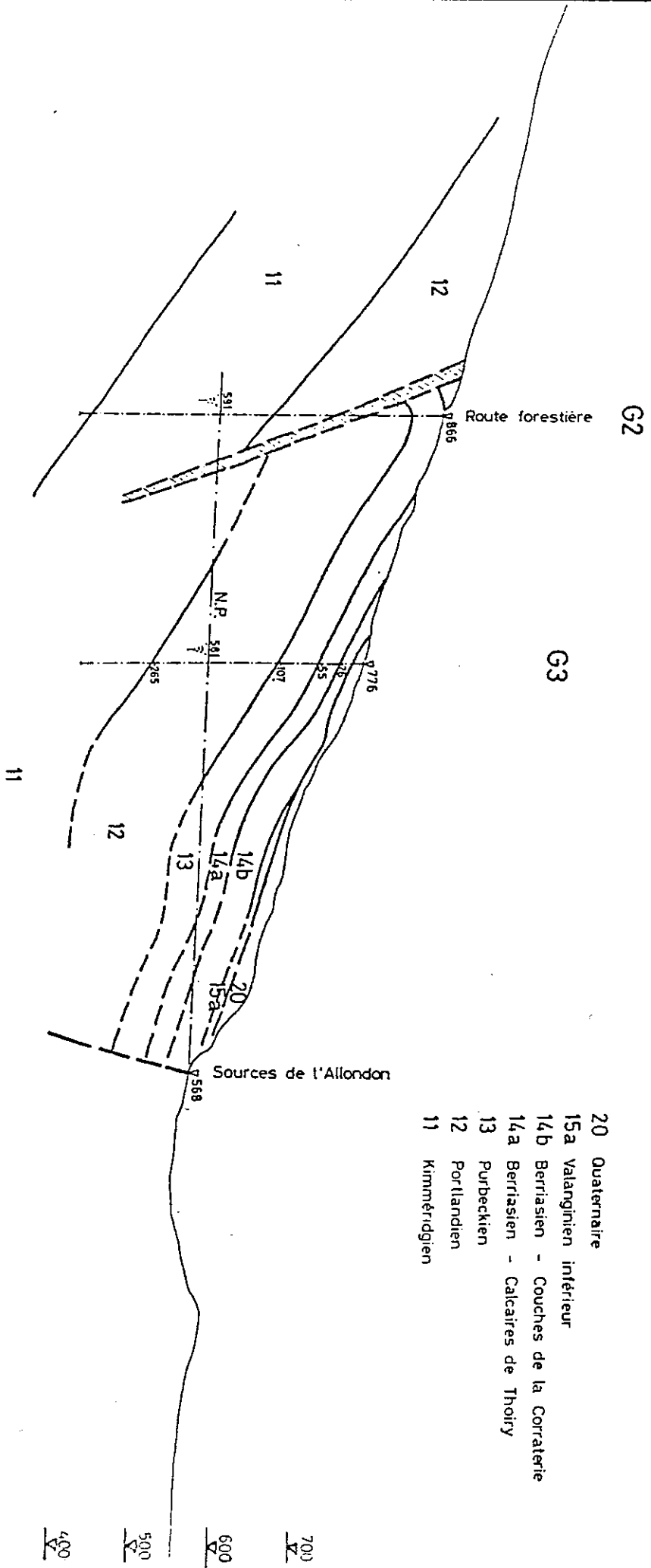
Ces forages, ainsi que les mesures structurales faites sur le terrain (A. MALATRAIT-1982), ont montrés une assez grande régularité d'ensemble du pendage des couches formant le flanc EST de l'Anticlinal. De plus les sondages ont permis de mettre en évidence la faible perméabilité du massif sauf lorsque l'on se trouve près d'une zone fissurée, broyée ou dans une faille importante.

PROJET LEP		ECH	1 / 5000
CERN - DIVISION SB - GENEVE		DATE	17. 12. 1981
Profil géologique interprétatif G2-G3		2271.307	

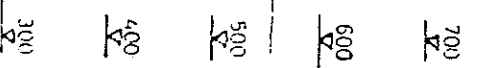
PL 39

NW

SE



- 20 Quaternaire
- 15a Valanginien intérieur
- 14b Berrisien - Couches de la Corralerie
- 14a Berrisien - Calcaires de Thoiry
- 13 Purbeckien
- 12 Portlandien
- 11 Kimmérigien



3.2.2 Les forages de piedmont SPM9-SPL 4/10-4/11-SPL 4/3
 (Bureau et laboratoire DERIAZ -1982,
 Rapport CERN-A MONTJOIE -1982)

De part et d'autre du ravin de l'Allondon ont été forés les sondages SMP9 (rive droite) et SPL 4/3 (rive gauche) distants d'à peu près 200 mètres. De plus deux autres forages ont été fait dans le ravin proprement dit, près du lit du cours d'eau : SPL 4/11 - 4/10 - (PL40).

Le forage SPM9, situé le plus au Sud à une cote de 594 m et une profondeur de 150 m. Il a recoupé 67 mètres de Quaternaire (Graviers fluvioglaciaires, moraines limoneuses et à cailloutis du Wurm. Limons argileux et moraines graveleuses du Riss) reposant sur des calcaires du Valanginien (Marbre-Batard) et du Berriasien.

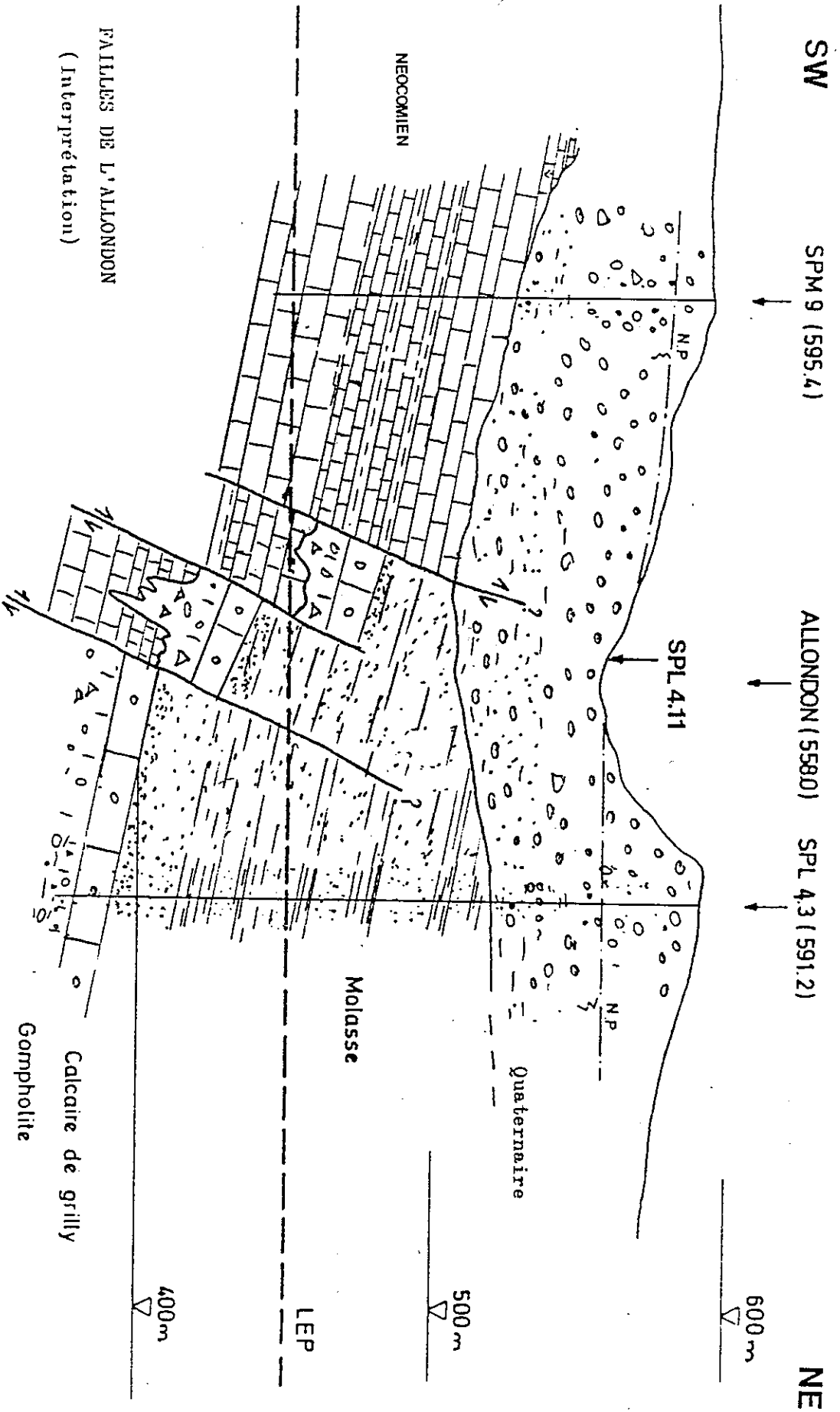
A l'intérieur de ces niveaux carbonatés la fracturation est assez peu développée et il n'a pas été observé de phénomène karstique. La perméabilité de ces formations est donc faible, ($K = 0,6$ à 5×10^{-7} m/s) hormis lorsque l'on se situe dans une zone à forte densité de fissures ou, dans ce cas, elle augmente considérablement (berriasien fissuré : $K = 1,5 \times 10^{-5}$ m/s). Le niveau de la nappe phréatique est le plus souvent situé à une cote supérieure à celle de l'Allondon (560 m), ce qui confirme la faiblesse des perméabilités dans les environs du forage (PL 41).

Le forage SPL 4/3, implanté à une altitude de 491 m et d'une profondeur de 218 m, à traversé 70 m de Quaternaire (Moraine limoneuse et Graviers de Wurm.-limons et graviers du Riss) qui reposent sur de la molasse, peu fissurée, ayant de faibles perméabilités (0,2 à 0,4 Lugeon). Les terrains d'âge Secondaire n'ont pas été rencontrés.

Enfin le SPL 4/11 - 4/10 (Automne 83), situé dans le ravin à une altitude de 559 mètres, a reconnu 145 m de terrains dont 41 m de Quaternaire (Moraine graveleuse et limons argileux du Wurm et du RISS) qui surmontent 80 m de Molasse. Cette dernière repose en discordance sur des calcaires et marno-calcaire du Valanginien.

Ces forages ont donc apportés bon nombre d'informations dont 2 essentielles qui sont :

l'absence de sillon à remplissage Quaternaire à l'aplomb du lit actuel de l'Allondon, contrairement à ce qui avait été supposé, et aussi l'existence d'un système de failles décrochantes senestres, plutôt qu'une faille de l'Allondon et/ou de Branveau, au rejet vertical supérieur à 130 m. Seule explication qui justifie la présence des mêmes niveaux géologiques à des altitudes différentes, ainsi que les nombreuses variations locales de pendage (PL. 40 et 42).



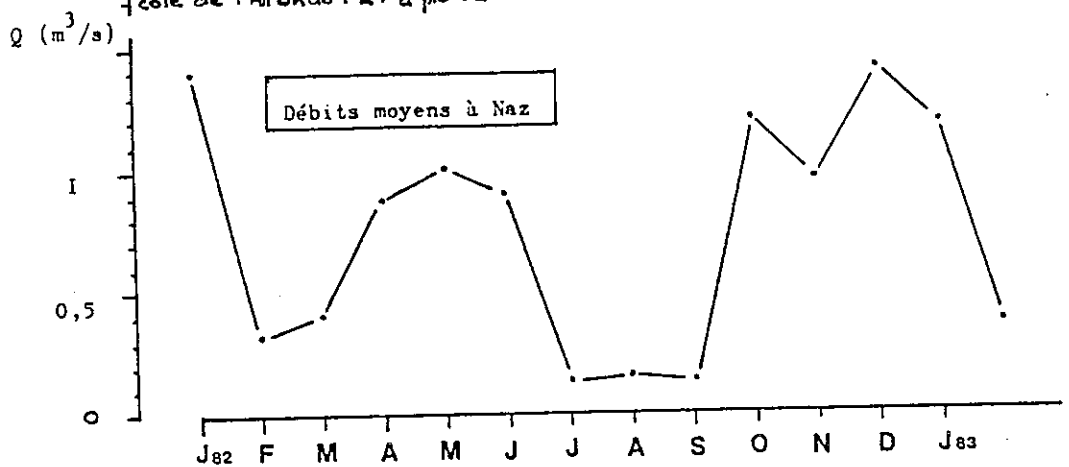
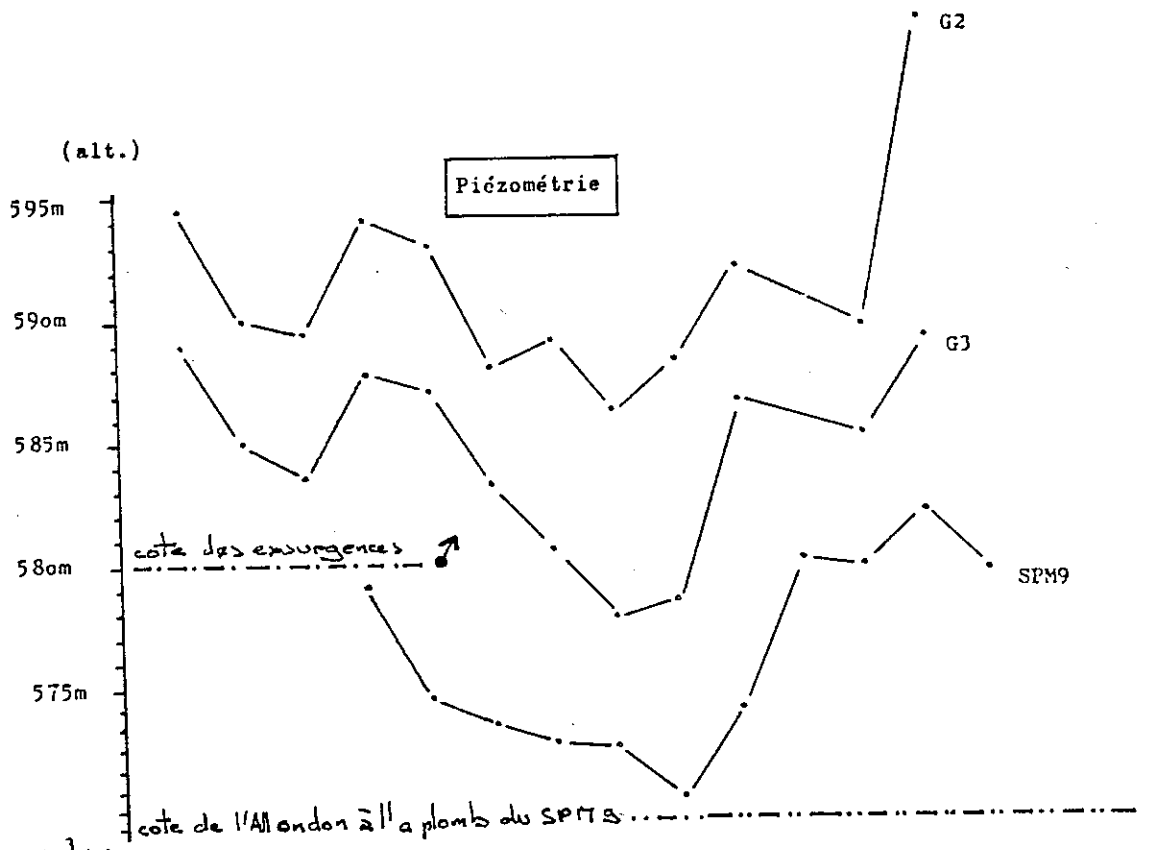
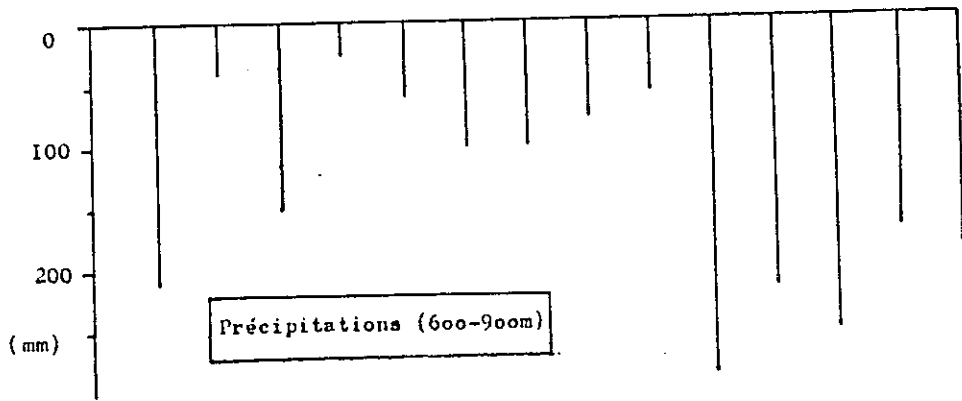
Calcaire de grillly
Gompholite

ECH: 1/2000

PL. 40

Evolution de la piézométrie aux environs des sources de l'Allondon - De Janvier 82 à Janvier 83

PL 41



Légende:



Faïlle



Neogène (Tertiaire)



Crétacé



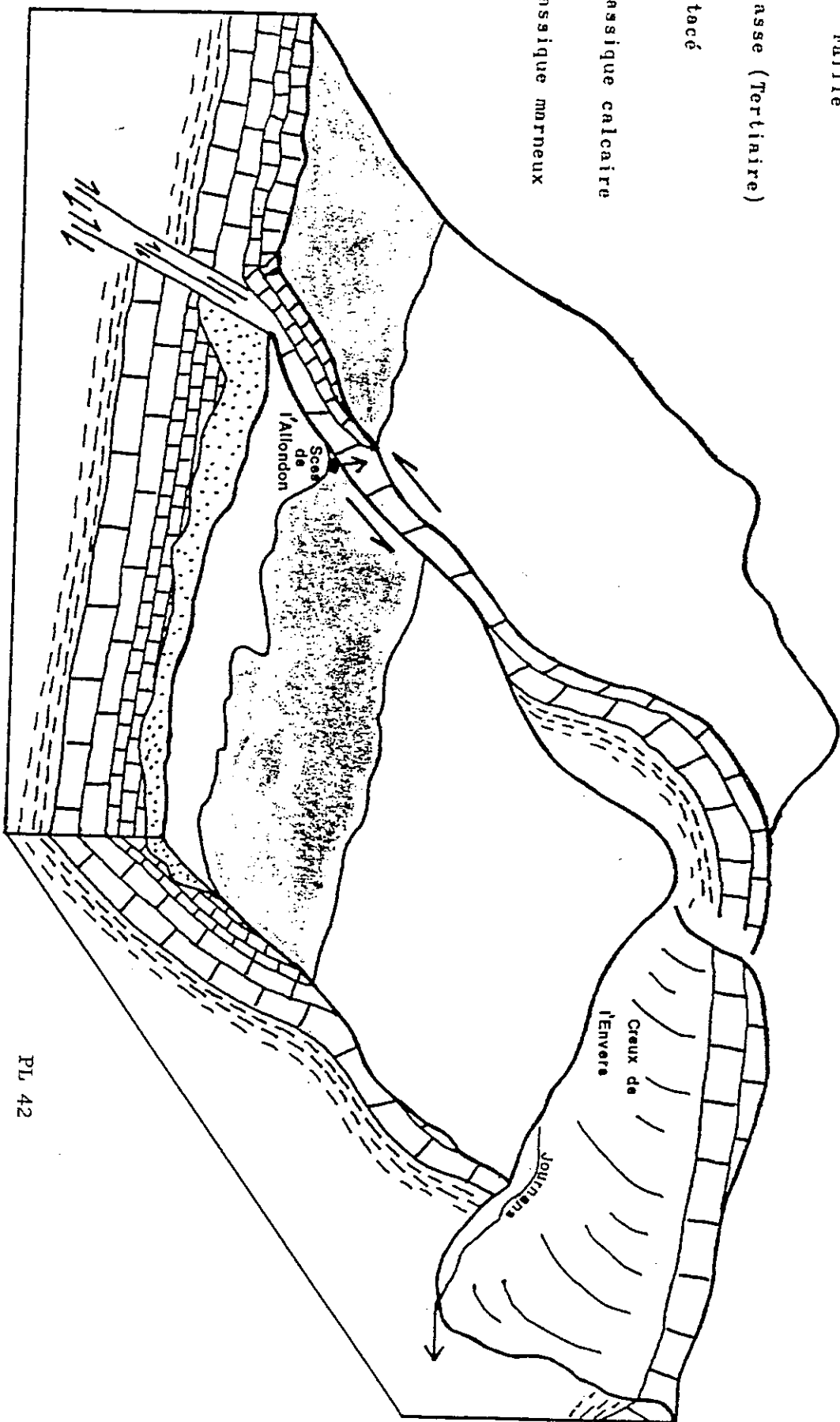
Jurassique calcaire



Jurassique marneux

FAÏLLES DE L'ALLONDON - BLOC DIAGRAMME SCHEMATIQUE

Colomby
de Gex



3.3 - Conclusions

Le bassin de montagne de l'Allondon est donc caractérisé par une faible karstification. En surface, cette dernière est surtout visible dans les calcaires du Kimméridgien (alpage), dans les calcaires de Thoiry (carrière de l'Espenneux) et dans le Marbre batard (carrière du Pied du Mont).

Les informations apportées par les sondages confirment que la karstification est peu développée, voir absente en profondeur.

L'on a, en fait, un massif très fissuré qui localement est affecté par des failles plus importantes. Les perméabilités sont donc faibles à l'échelle du système; mais elles peuvent être en certaines zones très élevées quand le remplissage argileux fissural est absent. L'accident tectonique majeur est le faisceau de failles de l'Allondon-Branveau.

D'un point de vue hydrogéologique il sera donc plus correct de parler de nappes de fissures, sises dans le Kimméridgien et dans le Néocomien, plutôt que d'aquifères karstiques. L'on notera également l'absence des formations barrémiennes à l'affleurement, et en profondeur proche du piedmont. Ceci implique que le système Allondon en montagne renferme un nombre de niveaux aquifères réduits par rapport au système Allemogne précédemment étudié; deux ("Kimméridgien" et "Néocomien") au lieu de trois ("Kimméridgien", "néocomien" et Barrémien"). De plus les sources du système Allondon sont situées à des altitudes plus élevées que celles du système Allemogne. De ce fait les quantités d'eau susceptibles d'être évacuées par l'exutoires du bassin de l'Allondon seront plus faible que pour ceux de l'Allemogne et ceci pour une même surface de bassin unitaire.

4 - Le bassin de plaine

4.1 Hydrographie

La partie aval du bassin de l'Allondon intéressant ce chapitre, est limitée au Sud à St Genis-pouilly; celle-ci est principalement drainée en surface par l'Allondon. Ce cours d'eau est alimenté par le ruisseau du Fion, dont les sources des Fossiaux et des Combes en sont l'origine, ainsi que par quelques sources situées le long de son parcours en plaine. La plus importante de ces sources est celle qui se trouve au NE de Chevry-Dessus, en contrebas du Château du même nom, et qui, lors des périodes d'étiages prolongées représente à elle-seule les débits de l'Allondon dans le moitié amont du bassin. Comme par exemple en Automne 1985, époque à laquelle les émergences de l'Allondon ont tari, le débit de la source de Chevry était alors de 10 l/s environ. Au Nord de Saint Genis l'on a également les sources de la vierge (Pouilly) et du Duare (Pregnin), qui alimentent le Lion.

4.2 - Contexte géologique

Le remplissage de la plaine gessienne est constitué de dépôts, d'âge Chattien inférieur, aux origines et aux faciés variés mais qui sont généralement à dominante marneuse (marnes, grés, marno-calcaires) et que l'on englobe sous le nom de "Molasse". Celle-ci correspond à des formations pérideltaïques composées de matériau arraché aux Alpes, par l'érosion, au moment de leur surrection.

Cette molasse, qui représente le substratum imperméable en plaine, a subi les effets de l'érosion durant la fin de l'Ere Tertiaire et ceux-ci sont à l'origine des surcreusements ou sillons que l'on "observe" aujourd'hui dans la géomorphologie. Au Quaternaire, ces sillons ont été accentués par les glaciers et comblés par les produits d'érosion qui les accompagnent. Ces dépôts glaciaires et interglaciaire ont une répartition spatiale très variable, ce qui rend leur stratigraphie assez compliquée; Schématiquement l'on rencontre dans notre secteur d'étude la coupe type suivante (d'après E - JOUKOWSKY - 1941; G. HUGOT 1982 = Planche 43).

- terre végétale
- dépôts de retraits wurmien (Graviers, sables, limons)
- moraine de fond limoneuses wurmienne
- dépôts fluvioglaciaires ("Alluvion ancienne") datant de l'interglaciaire RISS-WURM et qui sont représentés par des graviers et sables limoneux.
- moraine de fond argileuse rissienne.

Cette stratigraphie, qui a été retenue puisque elle conditionne l'écoulement souterrain, est le plus souvent compliquée par des remaniements ou par l'absence de certains niveaux. Il est de ce fait très délicat d'établir des corrélations entre ces dépôts d'un point à un autre du bassin.

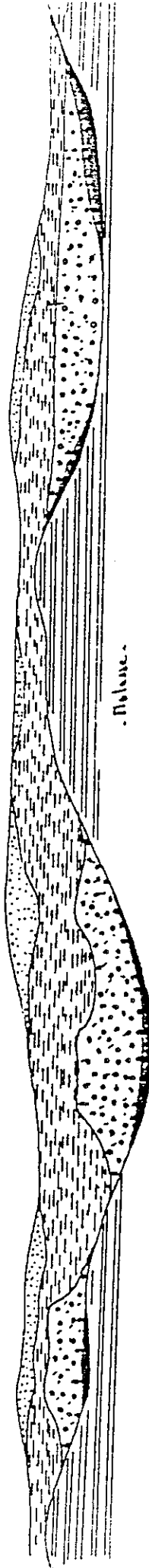
4.3 Contexte hydrogéologique

Les complexités d'ordre géologique évoquées ci-dessus se répercutent bien évidemment sur l'hydrogéologie du Pays de Gex. Aussi, pour tenter de décrire cette dernière nous utiliserons les différentes études mises à notre disposition par le service géologique cantonal de GENEVE, par le SRAE de LYON, par la DDA de l'AIN, par la SOBEA de SAINT-GENIS et par le CERN.

ORGANISATION GÉNÉRALE

DES

DIFFÉRENTS DÉPÔTS



Coupe de la vallée de l'Aisne
(E. Sułkowski.)



Graviers DE Retrait



Moraine DE fond wurmienne



Complexe gravelo-glaiseux



moraine de fond Rissienne

in G. Hugot - 1982

PL 43

Les campagnes de prospections géophysiques et les forages exécutés en plaine, qui ont mis en évidence les surcreusements molassiques, ont également permis de distinguer différentes unités, susceptibles d'avoir chacune un rôle hydrogéologique (BEGG 1965; CPGF 1965; HYDROFORAGE 1978; forages DDA; Université de Lausanne 1982, Bureau DERIAZ 1981,82,83,84, université de Liège 83.84).

Tout d'abord, les graviers de retrait wurmien qui constituent les aquifères superficiels à faibles réserves en eau. Ils sont alimentés directement depuis la surface, et le plus souvent ce sont ces nappes qui sont sollicitées par les puits fermiers.

Mais aussi, et surtout, les "alluvions anciennes", qui occupent principalement le fond des sillons et qui représentent les zones de circulations profondes préférentielles. Ce sont dans ces aquifères captifs ou semi-captifs que sont pompées les eaux pour l'alimentation des communes gessiennes.

Enfin la molasse, qui s'est toujours avérée être une entité imperméable ne renfermant pas d'aquifère important (forages CERN SPL; excavation de l'ouvrage souterrain SPS (CERN) situé entièrement dans la molasse, excavation du tunnel LEP en plaine). Ceci s'explique par le fait que c'est surtout la fraction argileuse qui domine dans cette formation.

Si les sillons aquifères sont bien différenciés dans la partie Nord de la plaine de GEX, ce réseau d'écoulements souterrains est beaucoup moins net dans la géomorphologie et plus diffus à partir d'une ligne NE-SW allant de Sergy à Ornex. En effet, au delà de cette ligne fictive, la pente de ces sillons diminue et ceux-ci se rapprochent ainsi de la surface topographique. De plus ces unités hydrogéologiques semblent se rassembler en un seul système collecteur : le sillon de Saint Genis, qui lors des études géoélectriques a présenté des niveaux à fortes résistivités qui l'on fait qualifier de "sillon sec". Ceci a été localement confirmé par les sondages mécaniques effectués dans les environs de Saint-Genis-Pouilly - (SPL 2/3) SPL 2/5, SPL 2/4, SPL 2/6 - Bureau DERIAZ - Rapports CERN - 1982).

Ces zones de circulations préférentielles sont alimentées par les nappes karstiques/fissurales du Mont Jura ainsi que par certains cours d'eau de la plaine et, également depuis la surface quand la couverture morainique limoneuse est absente ou réduite. La direction des écoulements souterrains est globalement parallèle à celui des rivières, mais le tracé de ces différents types de circulation d'eau ne se calque pas de façon rigoureuse. L'on notera que dans la partie amont du bassin gessien les niveaux piezométriques de ces nappes varient d'un sillon à un autre, ce qui traduit un manque de communication.

Le bassin de plaine de l'Allondon comprend trois zones ou les conditions de cheminement et d'écoulement des eaux sont un peu différentes. (planche 44)

- le sillon de l'Allondon; nappe d'accompagnement du cours d'eau.
- le sillon de la Praslée - Chevry, au Sud d'Echenevex.
- le sillon de Sergy en rive droite de l'Allondon, au pied du Jura.

4.3.1 Le sillon de la Praslée

Lors de la campagne de prospection géophysique entreprise par la société Hydroforage (1978) à la demande de la DDA de l'AIN, quatre profils orientés EST-OUEST ont été levés entre Naz-Dessus et Naz-Dessous, à partir desquels a été défini le tracé du sillon de la Praslée ainsi que l'importance et les caractéristiques de l'aquifère qu'il contient. Ceci a permis l'implantation d'un puits d'exploitation le long de la route Naz-Echenevex.

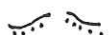

Ce sillon d'orientation NW-SE renferme une nappe captive dans les graviers fluvio-glaciaires. Son alimentation se fait probablement depuis le bassin de montagne à la faveur du contact entre les dépôts quaternaires perméables et les calcaires du Secondaire. Vers le Sud-Est, en direction du sillon de la Chenaz, la nappe passe à un système laminaire qui pourrait être à l'origine des sources de la Praslée et de Chevry.

Au Sud, les relations avec le sillon de l'Allondon sont mal définies, mais dans son parcours amont l'axe d'écoulement de la Praslée se situe à une altitude supérieure, et si relations hydrauliques il y a, elles se font alors selon une direction Sud-Nord. Par contre, à l'aval il n'est pas impossible qu'une partie des eaux transitant par le sillon de la Praslée rejoignent le surcreusement de l'Allondon au niveau de Chevry.

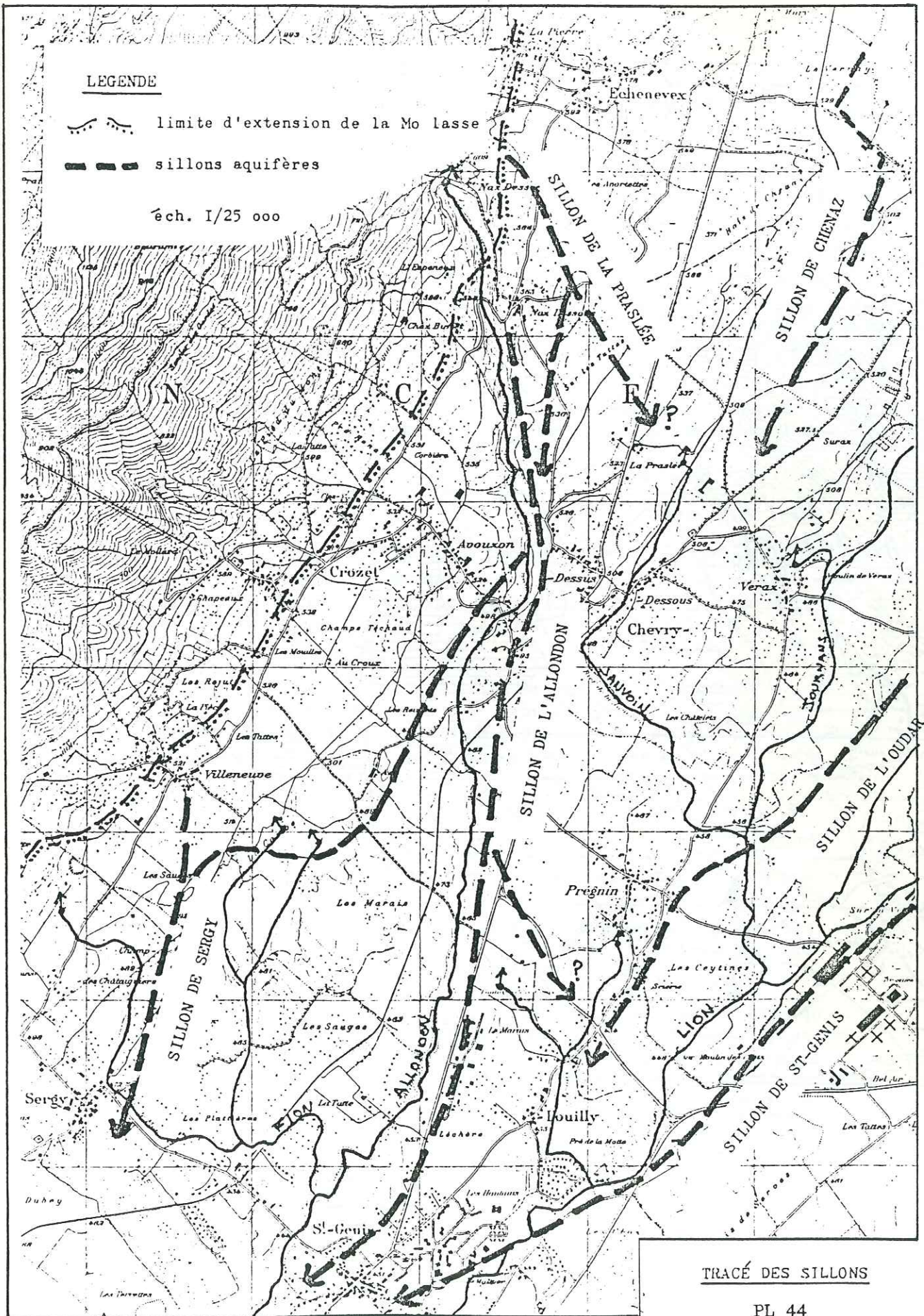
4.3.2 Le sillon de Sergy - (BEGG. 1965; G. HUGOT-1982; Université de Lausanne-1982; Université de Liège-1983)

Au Nord-Est de Sergy une nappe semi-captive, contenue dans le remplissage fluvio-glaciaire, avait été reconnue par les sondages CERN /L134 - L134 bis) dans la combe d'Aré et par les forages de Sergy (DDA) au lieu dit le "Champ des Chataigniers". La campagne de prospection électrique et sismique entreprise par l'équipe de Monsieur le Professeur A. MONTJOIE (Université de Liège) a permis de préciser son extension. (PL45).

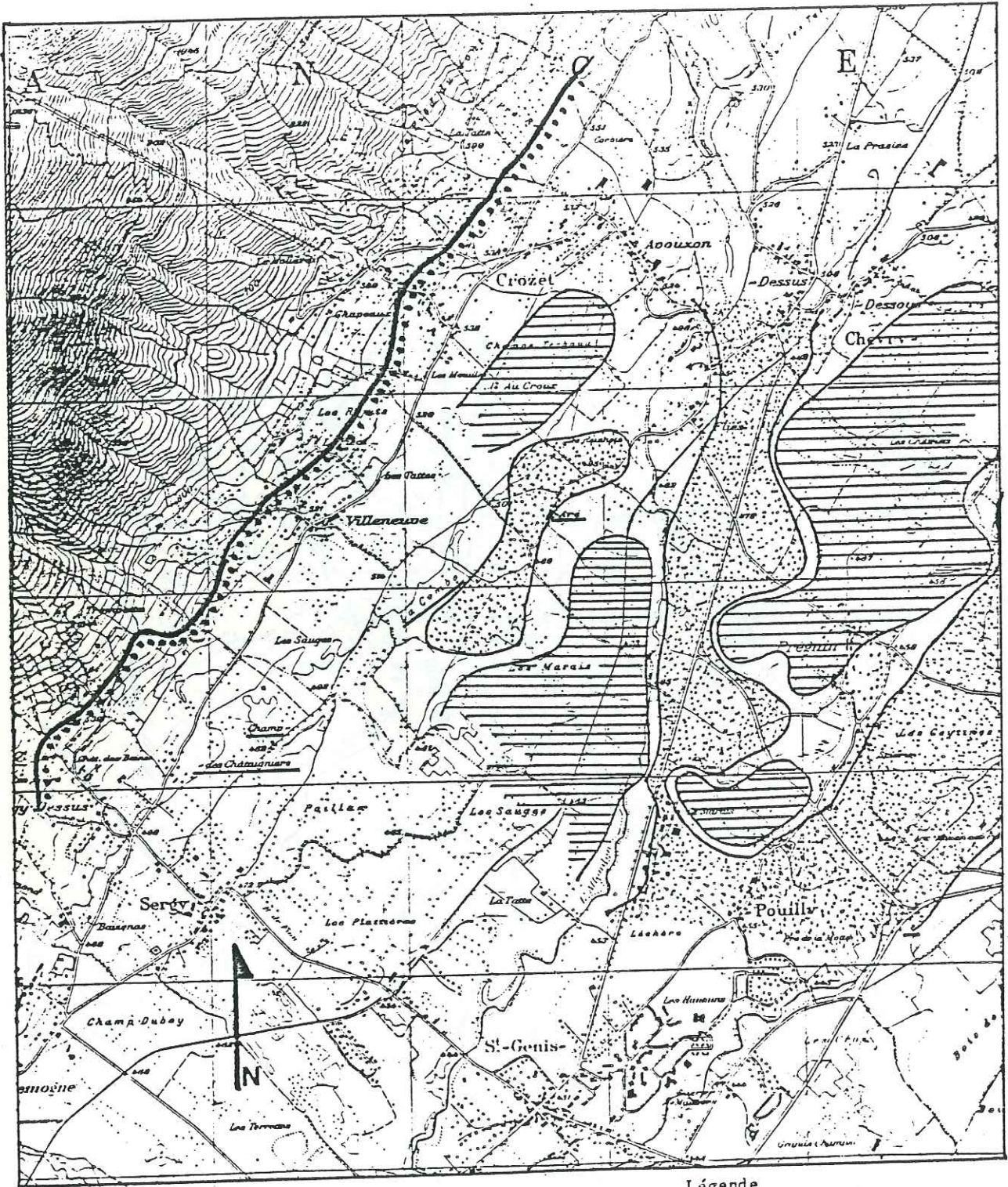
LEGENDE

-  limite d'extension de la Mo lasse
-  sillons aquifères

éch. 1/25 000



TRACÉ DES SILLONS






BASSIN DE L'ALLONDON EN PLAINE

Carte hydrogéologique - Interprétation
d'après prospection géoélectrique - A-Montjoie
(rapport CERN 841-1984)

Ech: 1/25000

PL 45

Légende

-  limite d'extension de la Molasse
-  $P \leq 100 \text{ ohm.m}$
-  $P \geq 200 \text{ ohm.m}$

De cette étude il ressort qu'il existe une zone à faible conductivité (200 Ω .m sur la PL 45) s'étendant "des Reincts au lieu dit "les Combes". Sa largeur est de l'ordre de 300 mètres. son épaisseur moyenne de 5 mètres et la couverture limono-argileuse est peu épaisse. Au Nord, cette zone "aquifère" semble être en liaison avec le sillon de l'Allondon. Au Sud les communications avec la partie aval de l'aquifère, où sont implantés les puits de captage de Sergy, sont mal connues ; mais à l'aplomb du "Pré des Combes" les terrains d'âge Quaternaire présentent une faible résistivité (BEGG-1965) et de ce fait, les relations entre les secteurs aquifères amont et aval sont probablement réduites. Ce contexte pourrait expliquer la localisation et l'existence des sources pérennes des Combes qui joueraient alors le rôle de trop plein de l'aquifère amont.

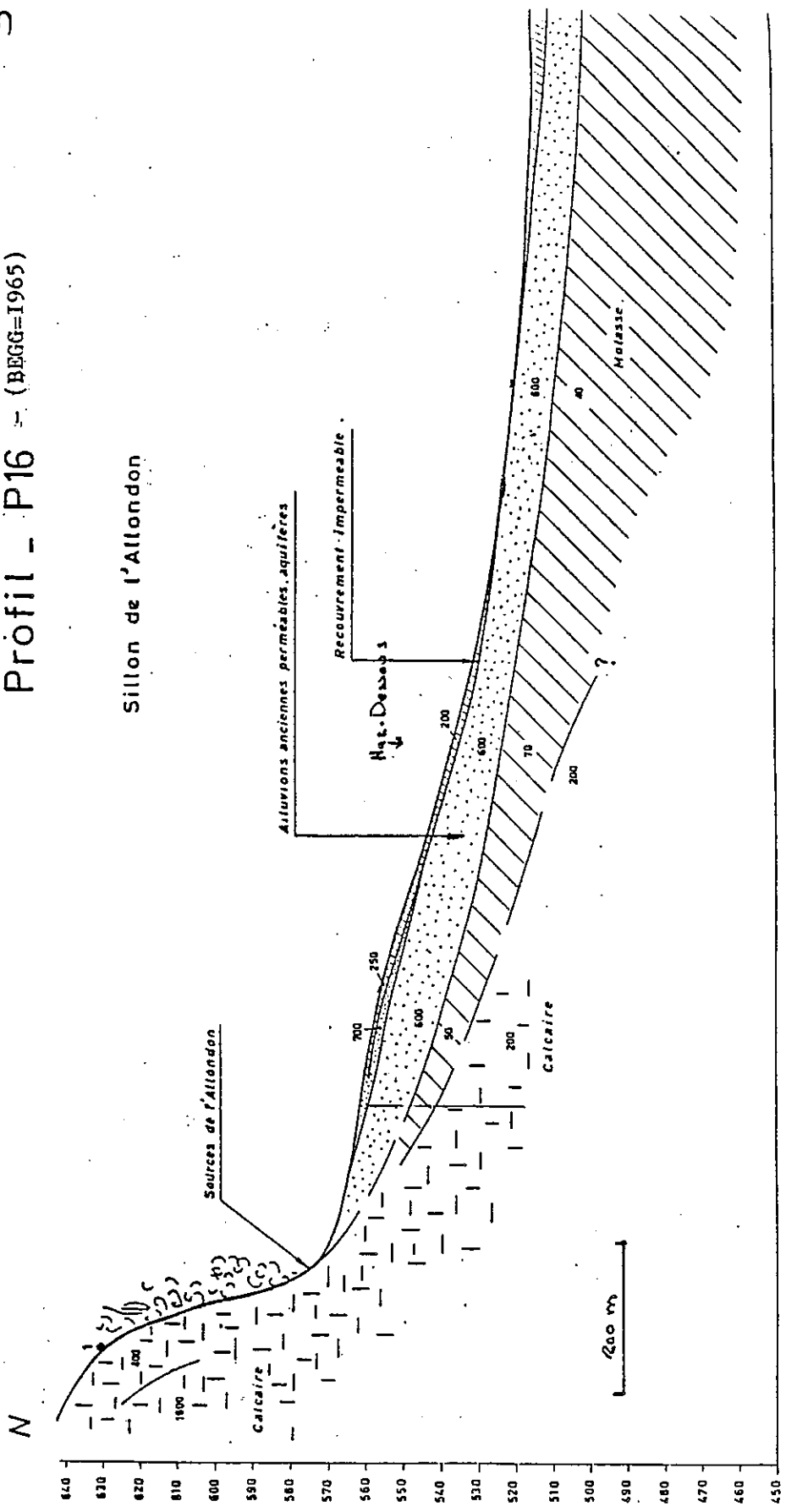
L'Alimentation de cet aquifère peu épais (3 à 10 mètres) se fait essentiellement par déversements occultes depuis les nappes sises dans les calcaires du Secondaire. Par ailleurs il est possible que le sillon soit en relation et donc alimenté par celui de l'Allondon, au Nord. Du fait de son extension et de son mode d'alimentation, les réserves de cette nappe sont faibles. En effet, les réactions des nappes du jura étant comme nous l'avons vu, très rapide après un épisode pluvieux, un déficit pluviométrique entraîne rapidement une diminution voir une disparition des apports vers le sillon. En hautes eaux nous avons observé que la nappe du sillon de Sergy déborde vers le SE; une partie des eaux qui s'écoule ainsi, rejoint l'Allondon par l'intermédiaire de sources (sources D'Aré, sources des Sauges). Une autre partie de ces eaux contribue à l'alimentation de la nappe de l'Allondon en rive droite. Enfin la dernière partie de ces eaux rejoint le bassin du Fion (source des Combes, subaffleurement de la nappe en aval des Puits de Sergy). La faiblesse des réserves se traduit également par le tarissement rapide de nombreuses sources liées au sillon ainsi que par les faibles volumes d'eau que l'on peut pomper au puits d'Aré en Eté.

4.3.3 Le sillon de l'Allondon

A l'amont, entre Naz Dessus et Chevry, les seules informations dont nous disposons sont celles fournies par le sondage mécanique appelé SPL 4/3 et les profils géoélectriques du BEGG. Au SPL 4/3 les formations glaciaires et interglaciaires ont une épaisseur de 70 mètres (cf ch 3.2 - données souterraines) dont les 40 premiers mètres sont graveleux et aquifères. Le profil P2 BEGG (planche 46) suit le tracé de la rivière entre Naz Dessus et Chevry-Dessous et souligne la présence d'un sillon dont l'épaisseur varie de 1 à 15 mètres; mais nous n'avons aucune indication quant à l'extension de l'aquifère qu'il renferme.

Profil - P16 - (BEGG-1965)

S



A l'aval de Chevry nous possédons d'avantage de données puisque toute une série de forages ont été exécutés à la demande de la DDA, dans le but d'exploiter la nappe semi-captive qui s'étend entre Flies et Pouilly; cette étude a permis l'implantation de 4 puits d'exploitations (Planche 47). De plus les études géoélectriques et sismiques faites par l'Université de Lausanne (1982) et l'Université de Liège (1984) nous ont fourni des informations complémentaires.

a) Etudes par prospections géophysiques (Rapport CERN 843
A MONTJOIE 1984)

Les résultats sont synthétisés sur la planche 45.

Ces recherches ont permis de définir plus exactement les limites du Sillon de l'Allondon et de montrer en particulier l'existence de trois retrécissements, selon une direction E-W, de l'aquifère, qui sont, du Nord au Sud.

- rétrécissement au niveau de Flies (largeur: 300 mètres)
- rétrécissement au puits de Crozet N° 17 (largeur : 300 m)
- rétrécissement à l'aval du puits de la vierge (largeur : 180 m)

L'épaisseur des dépôts varie entre 1 et 13 mètres, et celle de l'aquifère oscille entre 1 et 9 mètres. Le toit de la molasse se situe entre 8 et 12 m de profondeur et sa pente générale est de 1,4 % selon un axe Nord-Sud. La zone aquifère dont l'extension latérale maximum est de l'ordre de 700 mètres est limitée à l'est et à l'Ouest par des terrains plus conducteurs.

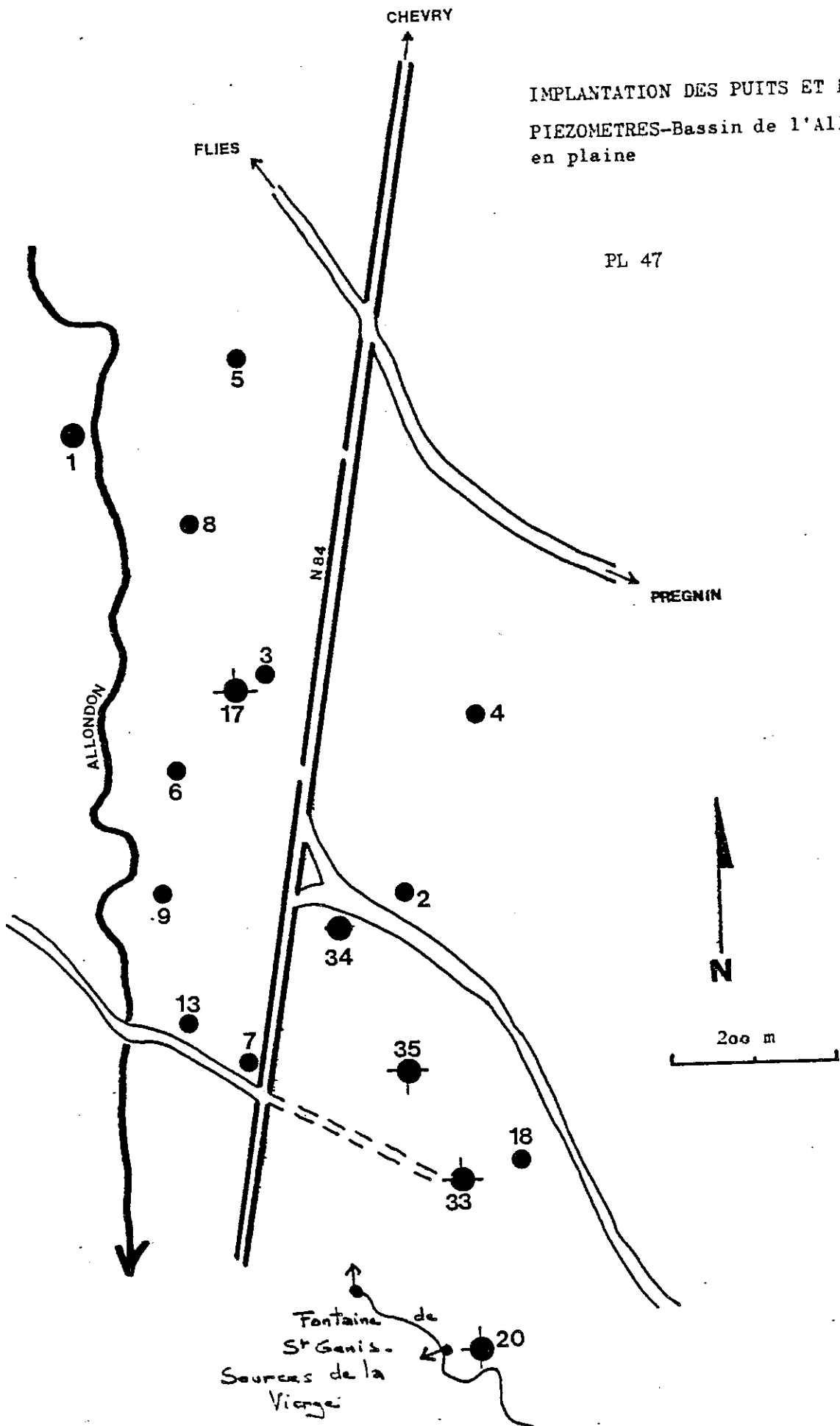
b) Données hydrodynamiques

Les puits forés par la société CINQUIN (implantation des puits planche 47) ont permis d'appréhender des paramètres hydrodynamiques et de mieux connaître la puissance de l'aquifère. Les valeurs sont reportés l'annexe 3 :

- la perméabilité moyenne est de $1,6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (valeur minimum : $3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$; valeur maximum : $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$) et la transmissivité moyenne de $9,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (valeur minimum : $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; valeur maximum : $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$).
- A partir des essais de débits effectués au puits de vierge N° 20 et le suivi de la piezométrie dans les environs du puits, nous avons pu calculer une valeur de coefficient d'emménagement, en appliquant la méthode d'Hantush-Jacob.
Nous obtenons la valeur moyenne suivante : $S = 9,2\%$.

IMPLANTATION DES PUIITS ET DES
PIEZOMETRES-Bassin de l'Allondon
en plaine

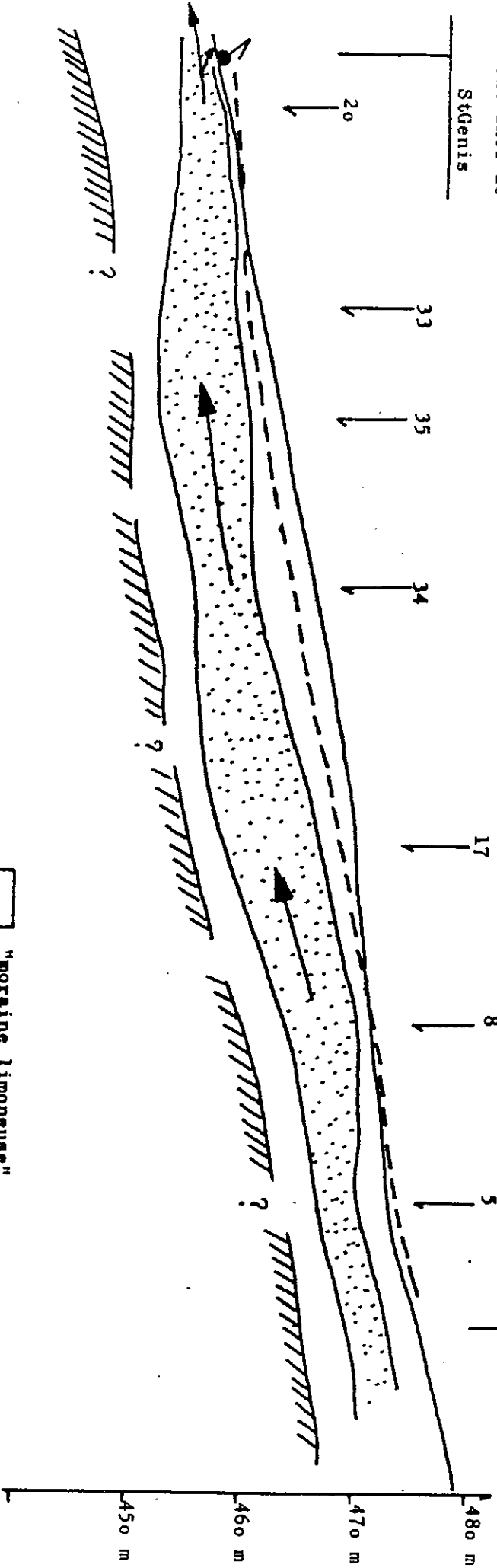
PL 47







SUD

NORD

Fontaines de
StGenis



SILLON DE L'ALLONDON
coupe hydrogéologique d'après sondages mécaniques (DDA)

-  "moraine limoneuse"
-  Aquifère
-  Molasse
-  Cote du lit de l'Allondon

200 m

L'épaisseur de l'aquifère captif varie de 1,3 à 3,2 mètres : avec des valeurs minimales aux puits 5 et 4, et une épaisseur maximale au puits de Crozet (N° 17). Il semble que d'une manière générale la nappe est peu épaisse au niveau de l'élargissement de Pregnin et que sa puissance croît à l'aplomb des rétrécissements. Mais vers le Sud, elle se réduit de façon notable (cf coupe hydrogéologique PL 49), il en est de même pour l'épaisseur de la couverture imperméable.

Les valeurs du gradient hydraulique entre les puits 17 et 33 sont de :

$$i = 0,014 \text{ en période de moyennes eaux (moyenne 1982, 83,84)}$$

$$\text{et } i = 0,0081 \text{ en période d'étiage (moyenne 1982,83,84)}$$

en prenant la valeur de $T = 9,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et la largeur $L = 350 \text{ mètres}$ nous obtenons en appliquant la formule de Darcy un débit de transit de :

$$Q = 0,026 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à l'étiage.}$$

soit un volume mensuel en période d'étiage de :

$$V = 70 \text{ 000 m}^3 \text{ ce qui est une valeur faible et qui confirme celles calculées par G. HUGOT (1982).}$$

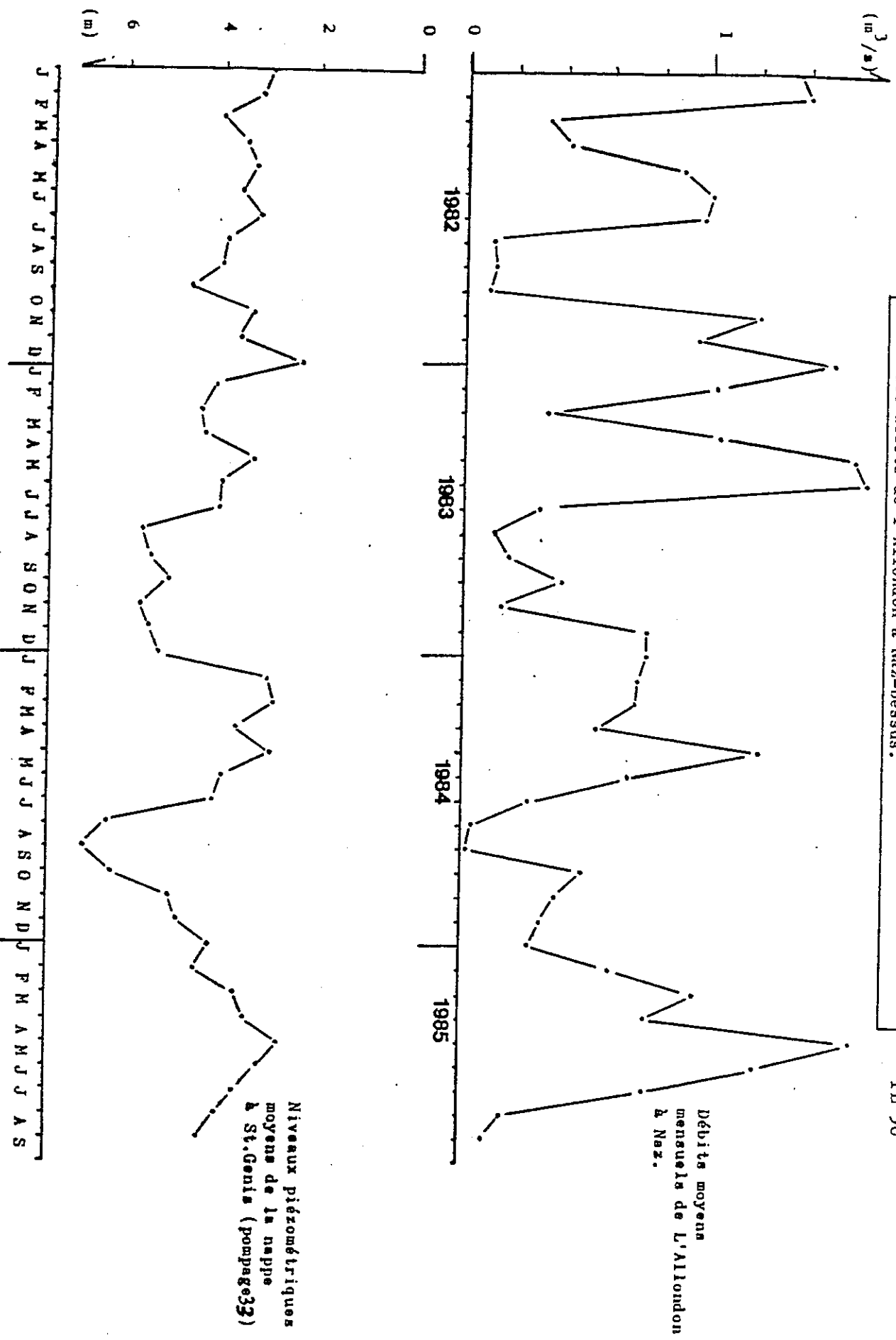
c) Mode d'alimentation de la nappe

Le suivi des hauteurs de précipitations à Villeneuve (alt. 489m), des débits de l'Allondon, et des hauteurs piézométriques relevées dans les puits d'exploitation de St. Genis depuis 1981, ainsi que leur analyse mettent clairement en évidence l'existence d'une relation étroite entre les trois paramètres hydrologiques précités. Les valeurs mensuelles moyennes pour les années 1982,83,84 sont données sur la planche 50 sous forme de courbes et sont également reportées sur le tableau 51. Ce dernier concerne uniquement l'année 1984, mais les valeurs sont données décennie par décennie. Il est net que l'évolution annuelle de ces différents paramètres est identique. Une augmentation ou une baisse des débits de l'Allondon, fonction des précipitations ou de la fonte des neiges, est très rapidement suivie par une remontée ou une baisse des hauteurs piézométriques de la nappe.

Le sillon de l'Allondon, au moins dans sa partie aval, est donc alimenté en grande partie par les apports provenant des infiltrations de l'Allondon et probablement aussi par l'infiltration directe des précipitations là où la couverture imperméable est peu épaisse, mais en période estivale la quasi totalité des pluies est reprise par l'évapotranspiration.

Variations du niveau piézométrique au puits 33 (no Murais-St. Genis) et des débits de l'Allondon à Naz-Dessus.

PL 50



BASSIN DE L'ALLONDON EN PLAINE - Données décadae par décade 1984

(Valeurs des précipitations à Villeneuve, des débits de l'Allondon à Naz, des niveaux piézométriques au puits 33)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
24,8	102,2	16,9	32,6	45,1	32,3	0,7	20,6	51,8	74,5	3,0	8,4
75,3	5,6	0	2	8,3	1,9	5,0	10,5	60,5	7,7	39,3	40,1
80,1	18,1	60,1	0	25	31,6	4,7	8,2	68,7	17,3	35,6	6,8

Pluies en mm

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,318	1,750	0,044	1,150	0,973	0,482	0,058	0,030	0,070	0,977	0,066	0,171
1,507	0,205	0,155	0,730	0,430	0,225	0,034	0,026	0,543	0,085	0,096	0,444
0,429	0,072	1,410	1,803	0,587	0,129	0,037	0,014	1,041	0,171	0,891	0,230

Débits en m³/s

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
457,91	459,31	458,36	458,41	457,96	457,51	457,31	454,96	454,71	456,21	456,56	457,81
458,26	459,21	458,26	458,46	457,71	457,51	455,36	454,81	455,96	456,61	456,41	457,36
458,76	458,61	458,11	458,21	457,51	457,56	454,96	454,78	455,76	456,76	456,81	457,31

Altitude de la nappe

L'évolution au cours de l'année des conductivités et des températures de l'eau dans les puits de Crozet (19) de Saint genis (35 et 33) et de l'Allondon, confirme ce type d'alimentation (G.HUGOT-1982). En particulier la chute des températures et des conductivités des eaux du cours d'eau lors de la fonte des neiges, s'enregistre également et presque simultanément (quelques heures plus tard) sur les eaux de l'aquifère.

De plus, la cote altimétrique du lit de la rivière au droit de la nappe entre Flies et Pouilly est toujours supérieure aux niveaux d'eau mesurés ou enregistrés dans les puits. Ce qui implique que les relations nappe-rivière se font à sens unique et qu'il n'y a pas d'alimentation de l'Allondon depuis l'aquifère dans le secteur des captages. Mais ce n'est pas le cas en amont, à Chevry-Dessus, puisque nous avons vu que la source de Chevry qui draine le sillon de la Praslée alimente l'Allondon quand les exurgences en piedmont tarissent.

L'alimentation de l'aquifère par l'Allondon se fait essentiellement en période de hautes et moyennes eaux ; en effet en période d'étiage nous avons effectué des jaugeages différentiels entre Naz-Dessus et St. Genis-Pouilly et ceux-ci n'ont pas mis en évidence de pertes en direction de la nappe. Les résultats obtenus sont très voisins : ex : le 31 juillet 1984

- Allondon a Naz-Dessus : 0,039 m3/s
- Allondon à Flies : 0,043 m3/s
- Allondon à Villeneuve-Pregnin : 0,044 m3/s
- Allondon au Nord de St. Genis : 0,044 m3/s
- Allondon au Sud de St Genis : 0,040 m3/s.

Au sud des puits d'exploitation de St. Genis une partie des eaux souterraines s'écoule en direction du sillon de Saint-Genis et même si celui-ci s'est avéré sec ponctuellement, il n'est pas impossible qu'il existe des circulations plus localisées, voire plus profondes, qui aient échappé aux investigations depuis la surface. Une autre partie des eaux parvient à l'air libre et contribue d'une part à grossir le Duare et d'autre part forme les sources de la Vierge. En effet en aval du puits de la vierge (N° 20) la nappe, dont l'épaisseur est faible en cette zone par rapport au secteur Nord, est subaffleurante, et de surcroît il existe, 100 à 150 mètres plus au Sud du puits 20 (d'après la prospection géophysique) une zone où les terrains présentent une faible résistivité. Ces terrains (dominante de matériau argilo-limoneux, cimentation des galets...) créent un véritable barrage souterrain et réduisent les écoulements vers le Sud dans les environs du Puits de la vierge. Ce contexte hydrogéologique est à l'origine de la présence des sources de la Vierge et de la zone de Marais qui l'accompagne.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

1 - Conséquences sur l'exploitation du sillon de l'Allondon

Depuis 1984, quatre stations de pompages sollicitent la nappe d'accompagnement de l'Allondon :

le puits de Crozet N° 17	équipé d'une pompe de	65 m ³ /h
le puits de St. Genis N° 35	" " "	de 100 m ³ /h
le puits de St. Genis N° 33	" " "	de 100 m ³ /h
le puits de la vierge N° 20	" " "	de 45 m ³ /h

Les volumes d'eau pompés aux puits 20, 33 et 35 ont été pour les mois de Juin, juillet, Aout et Septembre (mois durant lesquelles la nappe n'est pas alimentée) :

en 1981 =	168 400 m ³
en 1982 =	183 100 m ³
en 1983 =	226 150 m ³
en 1984 =	214 340 m ³

Comme nous l'avons vu les caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emmagasinement) de cet aquifère sont bonnes. Cependant, du fait que son alimentation se fait principalement en période de hautes eaux, et que de plus ses réserves soient faibles, il est bien évident que les limites d'exploitation de cette nappe sont rapidement atteintes lors d'une année déficitaire en précipitation. Ce fut le cas en 1984.

A la mi-juillet 1984, les installations en place et surtout l'aquifère ne pouvaient plus répondre aux besoins en eau de la commune (désamorçage des pompes). Un rapide calcul nous montre que durant ces 4 mois (JJAS) l'on est très proche de l'exploitation maximum de la nappe : L'élargissement du sillon aquifère entre le puits 17 et le puits 20 a une superficie de 400 000 m². Pour une porosité de 9,2 % et une épaisseur moyenne de la nappe de 6 mètres on obtient un volume d'eau disponible (en période de non alimentation) qui est voisin de 220 000 m³ Valeur qui correspond aux volumes pompés en Juin/Juillet/Aout/Septembre 1983 et 1984.

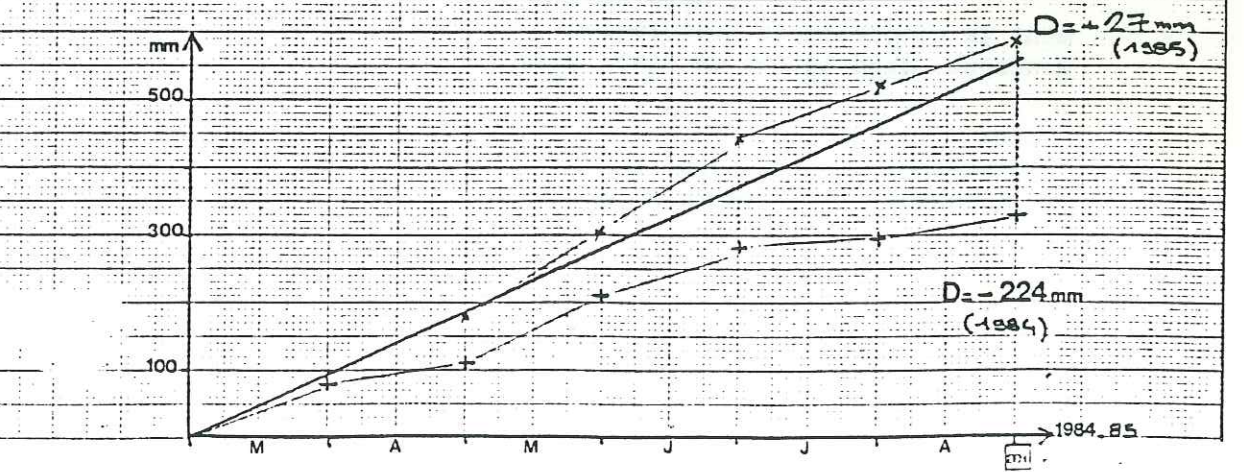
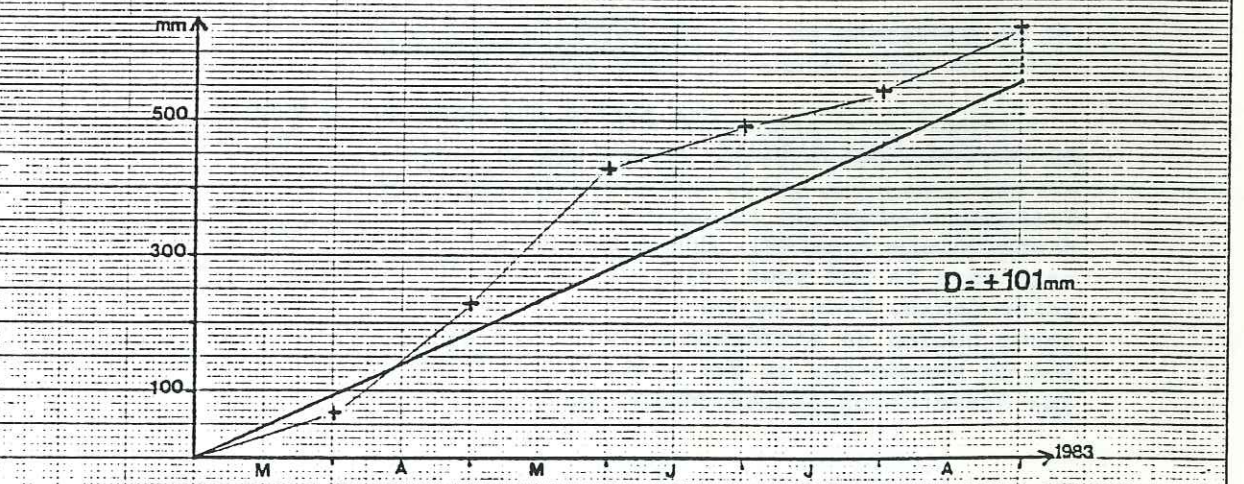
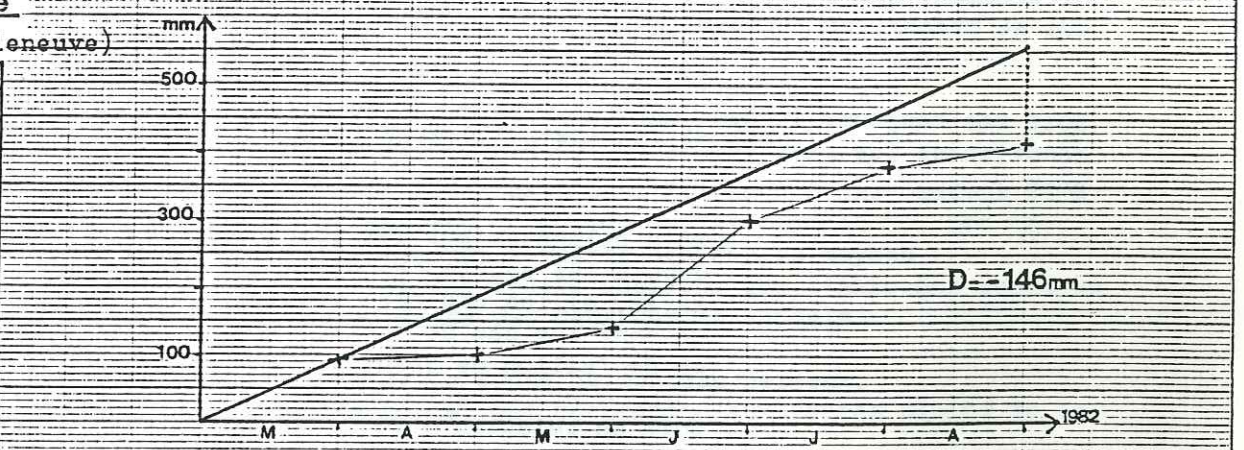
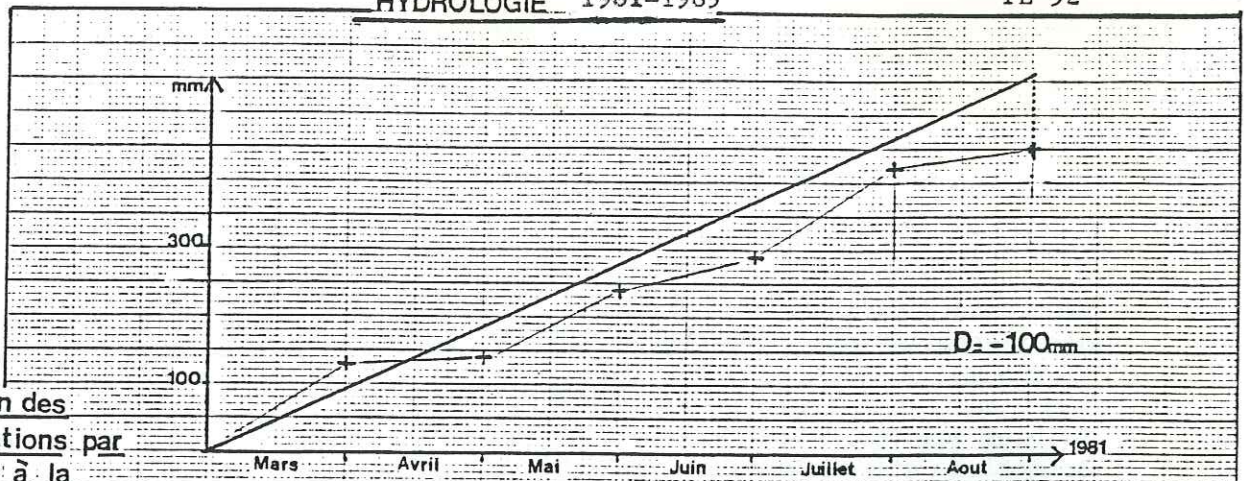
De surcroît en 1984 le déficit des précipitations sur 6 mois par rapport à la moyenne annuelle (Villeneuve- Alt. 489m) a été nettement plus grand que celui des années précédentes :

D 84 = - 224 mm Planche 52

et si l'Eté (JJA) est toujours une saison déficitaire en précipitations dans la région, en 1984 le Printemps a aussi été beaucoup moins arrosé. Il en est résulté de plus faibles débits dans l'Allondon et donc une médiocre alimentation de la nappe. Ce phénomène hydroclimatique est à l'origine des problèmes survenus durant l'Eté 1984. Contrairement à l'année 1983, durant laquelle les volumes d'eau pompés ont été tout aussi importants, mais nous avons cette année là un "excédent" en précipitations :

D 83 = + 101 mm Planche 52

Evolution des précipitations par rapport à la moyenne (à Villeneuve)



4.4 - Conclusion

A l'intérieur du système "Allondon en plaine" l'on peut donc différencier trois types d'aquifères dont les modes d'alimentation et de cheminement des eaux sont quelques peu différents.

- les aquifères "superficiels", représentant de faibles volumes d'eau et qui se situent le plus souvent dans les formations gravelosableuses du Wurm. Ces nappes sont alimentées directement par les précipitations ou par les ruissellements temporaires qui se créent, en surface, lors de fortes précipitations.

- les aquifères dît "profonds", bien que ce ne soit pas toujours le cas, que renferme "l'Alluvion ancienne" et qui constituent les réserves d'eau les plus importantes en plaine. Ceux-ci sont :

- . soit alimentés par des écoulements occultes depuis les aquifères adjacents (nappes du karst, sillon aquifère voisin).
Ce sont les cas du "sillon de la Praslée" et du "sillon de Sergy".
- . soit en relation étroite avec les cours d'eau de surface qui contribuent principalement à reconstituer leur réserve. C'est le cas du "sillon de l'Allondon".

Une partie des eaux qui s'écoule à l'intérieur de ce dernier type d'aquifère parvient à l'air libre en aval du bassin lorsque les conditions hydrogéologiques le permettent (sources de la Praslée, sources de la Vierge de St Genis, Sources des champs des chataigniers à Sergy). Une autre partie continue son parcours souterrain vers le Sud pour rejoindre un collecteur commun : le sillon de Saint-Genis. Nous aurons l'occasion de revenir un peu plus loin sur cette notion de différenciation entre sillon aquifère au Nord et sillon sec ou pseudo-sec au Sud ; et nous tenterons alors de préciser le rôle des différentes étapes géologiques qui sont à l'origine de ce phénomène

Nous allons, maintenant, définir plus précisément le comportement hydrologique des sous-systèmes de Plaine et de Montagne, dans le but de mieux comprendre leurs relations hydrauliques.

5 - HYDROLOGIE

Dans le cadre de l'étude des bassins versants du Pays de Gex le CERN a mis en place en 1981, avec l'aide du SRAE, deux stations de jaugeages sur l'Allondon. La première est située, proche du piedmont, en aval des exurgences de Naz-Dessus, et la seconde a été implantée au Sud de St. Genis-Pouilly. Cette dernière enregistre donc les débits à l'exutoire du bassin de l'Allondon sens large.

5.1 Débitimétrie5.1.1 Les débits moyens mensuels et annuels

L'évolution des débits moyens mensuels de l'Allondon à Naz-Dessous et à St-Genis est reportée de manière graphique sur la planche 53. Les valeurs des débits ont été obtenues à partir des débits moyens journaliers. Cette évolution des débits souligne que l'Allondon subit un régime nivo-pluvial, caractérisé par deux maxima annuels :

- l'un au printemps, lors de la fonte du manteau neigeux.
- l'autre à la fin de l'automne, qui correspond aux fortes pluies de la saison.

Les débits les plus bas ont été enregistrés au mois de Septembre en ce concerne l'année 1982, et au mois d'Août pour les années 1983 et 1984.

Comme dans le cas des sources du bassin de l'Allemogne l'on remarque une forte dispersion inter-annuelle des débits enregistrés aux stations de Naz et de St Genis, pendant les mois d'hiver et de printemps. Ce phénomène est, comme nous l'avons vu, dû à l'évolution de la température de l'air qui varie d'une année à l'autre et qui conditionne la fonte des neiges.

Les débits moyens annuels ont été de :

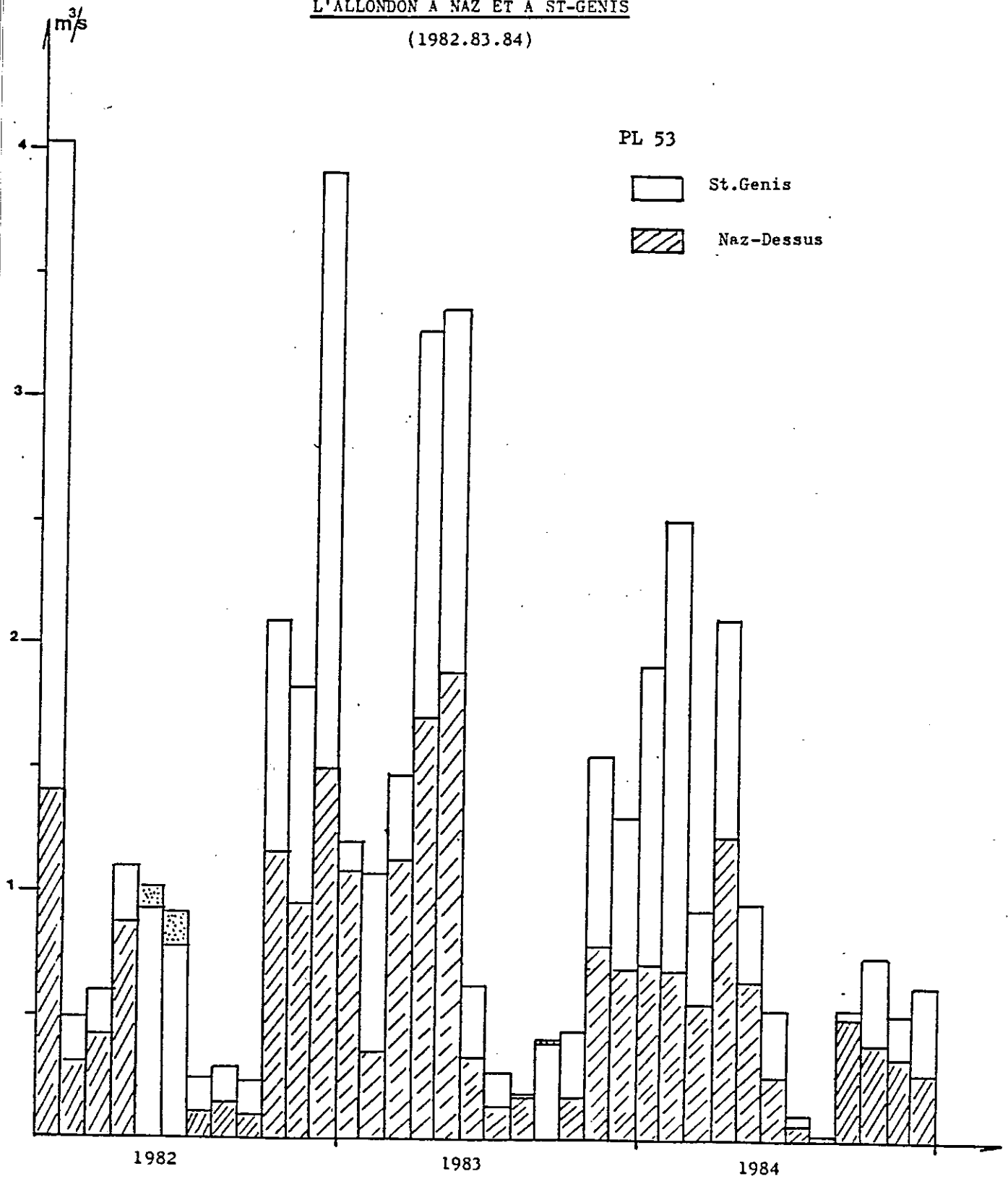
	1982	1983	1984
Allondon à Naz-Dessus	0,747 m ³ /s	0,731 m ³ /s	0,471 m ³ /s
Allondon St-Genis	1,370 m ³ /s	1,260 m ³ /s	0,955 m ³ /s

Les valeurs des débits moyens annuels aux sources de l'Allondon sont donc comprises entre celles des sources d'Allemogne et de Batiolette à Allemogne, et celles de la source du Maire et du Puits Mathieu à Thoiry :

COURBE DES DEBITS MOYENS MENSUELS DE

L'ALLONDON A NAZ ET A ST-GENIS

(1982.83.84)



Allondon à Naz	1982	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	\bar{X}
	V:10 ³ m ³	3698	806	1139	2285	2730	2366	303	389	272	3214	2450	3972	
	Q:m ³ /s	1,398	0,333	0,425	0,882	1,02	0,912	0,113	0,145	0,105	1,20	0,945	1,48	0,747

Allondon à St. Genis	V:10 ³ m ³	10806	1184	1603	2899	2515	2022	631	775	583	5614	4933	9642	
	Q:m ³ /s	4,034	0,489	0,598	1,118	0,938	0,780	0,236	0,289	0,225	2,096	1,903	3,60	1,370

Allondon à Naz	1983	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	\bar{X}
	V:10 ³ m ³	2870	827	3024	4380	5035	820	360	482	1036	455	2029	1835	
	Q:m ³ /s	1,075	0,340	1,13	1,69	1,88	0,317	0,134	0,18	0,40	0,170	0,780	0,685	0,731

Allondon à St. Genis	V:10 ³ m ³	3193	2620	3986	8476	8946	1580	717	520	1011	1151	2997	3510	
	Q:m ³ /s	1,19	1,083	1,48	3,27	3,34	0,610	0,267	0,19	0,39	0,43	1,540	1,310	1,258

Allondon à Naz	1984	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	\bar{X}
	V:10 ³ m ³	1876	1546	1540	3180	1719	711	112	67	1283	1047	832	731	
	Q:m ³ /s	0,70	0,697	0,575	1,227	0,642	0,274	0,042	0,025	0,485	0,391	0,321	0,273	0,471

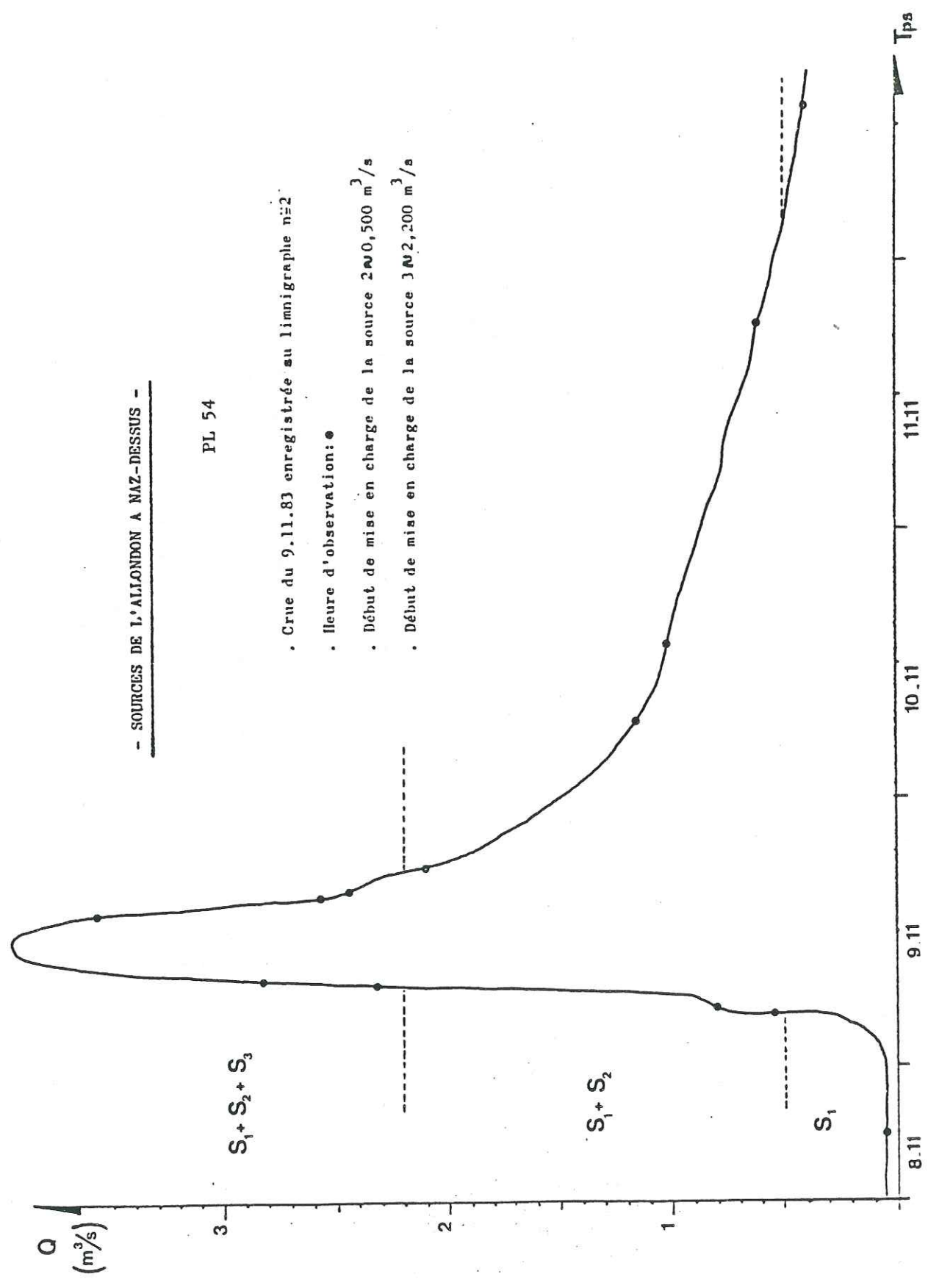
Allondon à St. Genis	V:10 ³ m ³	5170	6327	2458	5451	2566	1340	292	62	1334	1990	1277	1669	
	Q:m ³ /s	1,93	2,525	0,918	2,103	0,958	0,516	0,109	0,023	0,516	0,743	0,493	0,623	0,955

V:10³m³ = Volume d'eau mensuel

- SOURCES DE L'ALONDON A NAZ-DESSUS -

PL 54

- . Crue du 9.11.83 enregistrée au limnigraphe n°2
- . Heure d'observation: ●
- . Début de mise en charge de la source 2 000,500 m³/s
- . Début de mise en charge de la source 1 022,200 m³/s



Débits m³/s

Débits moyens (1982-83-84)	à l'Allemogne	= 1,2 m ³ /s
" "	à l'Allondon	= 0,65 m ³ /s
" "	à la source du Maire	= 0,53 m ³ /s

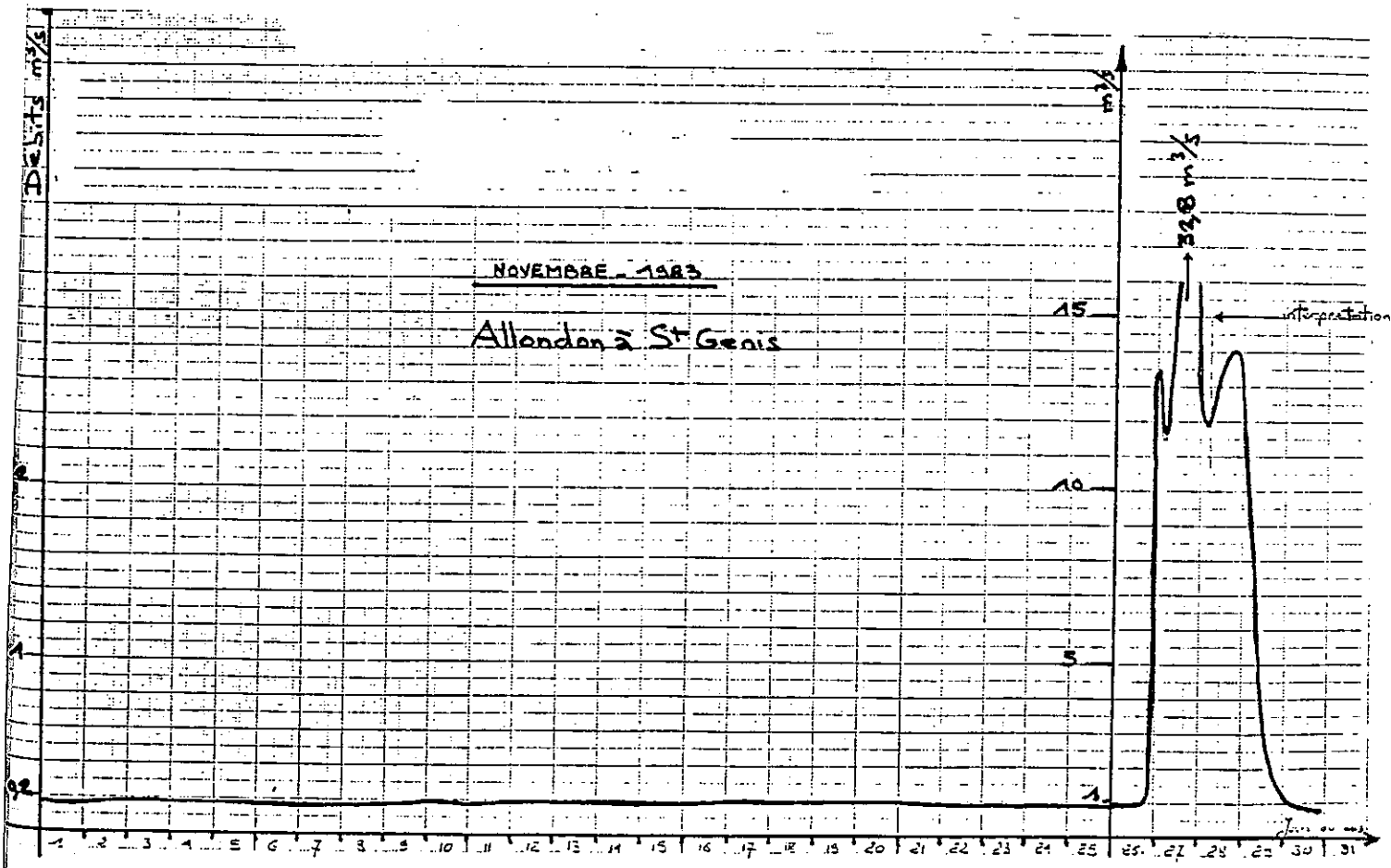
Il est bien évident que les débits qui transitent par l'Allondon à Saint-Genis sont fonction de ceux des 3 exurgences situées en Amont, à Naz-Dessus. Nous rappellerons que seule la source inférieure est "pérenne" et que les deux autres se mettent en charge selon l'importance des précipitations ; à ce propos, lors de la crue du 9 Novembre 1983, nous avons observé comment évoluait cette mise en charge (cf. planche 54).

En 1984, la pluviométrie a été faible par rapport aux années précédentes et il est donc normal que les débits enregistrés aux exurgences et à fortiori à St-Genis soient plus petits que ceux concernant les années 1982 et 1983.

L'on notera également que les valeurs des débits moyens mensuels fluctuent beaucoup au cours de l'année, et que ces variations sont plus importantes qu'aux sources d'Allemogne.

- A Naz-Dessus nous avons enregistré des débits instantannés allant de quelques litres par seconde a 16 m³/s.
- A St-Genis les valeurs de débits extrêmes sont 9 l/s et 34 m³/s.

A titre d'exemple nous citerons l'évolution des débits de l'Allondon en Novembre 1983 à Saint Genis-Pouilly car celle-ci est assez remarquable ; en effet le débit instantanné est passé de 0,180 m³/s à 33 m³/s en l'espace de quelques heures seulement. Planche ci-dessous.



5.1.2 Les débits d'étiage

	Allondon à Naz	Allondon à St-Genis
Septembre 1982	0,015 m3/s	0,080 m3/s
Août 1983	0,014 m3/s	0,090 m3/s
Août 1984	0,005 m3/s	0,009 m3/s

L'on constate que pendant les périodes de basses eaux l'Allondon ne reçoit pratiquement pas d'apport dans son parcours en plaine. De plus les valeurs des débits d'étiage enregistrées aux deux stations sont très faibles et durant les années 1982, 83 et 84 l'on a approché le tarissement de la rivière. De ce fait, il n'est pas étonnant qu'en Octobre 1985, nous ayons observé ce phénomène aux sources karstiques de Naz-Dessus puisque l'été et l'automne de l'année 1985 ont été des saisons très déficitaires en précipitations. Le débit de l'Allondon à St-Genis-Pouilly était alors voisin de 5 litres par seconde.

D'une manière générale, les crues (ou les périodes de moyennes et hautes eaux) qui font suite à ces périodes d'étiage ont des valeurs plus grandes à Naz-Dessus qu'à l'exutoire du bassin de plaine. En effet une partie des eaux transitant par les sources de l'Allondon contribue à reconstituer les aquifères de plaine, en particulier celui contenu dans le sillon de l'Allondon, dont les faibles réserves sont rapidement épuisées durant les mois d'été.

ex : Années 1982, 1983, 1984. Crues de l'Allondon.

- Crue du 27 Septembre 1982
à Naz : 0,990 m3/s ; à St-Genis : 0,900 m3/s
- Crue du 22 Août 1983
à Naz : 0,800 m3/s ; à St-Genis : 0,550 m3/s
- Crue du 24 Août 1983
à Naz : 1,35 m3/s ; à St-Genis : 0,900 m3/s
- Crue du 16 Septembre 1983
à Naz : 1 m3/s ; à St-Genis : 0,320 m3/s
- Crue du 11 Septembre 1984
à Naz : 0,600 m3/s ; à St-Genis : 0,170 m3/s

5.1.3 Débits spécifiques et lames d'eau écoulées

- Bassin de montagne

	1982	1983	1984
en l/s/Km ²	48,8	48,7	31,4
en mm	1610	1543	980

Les valeurs des débits spécifiques sont, pour les années 1982 et 1983, voisines et légèrement inférieures à celles calculées pour le bassin de l'Allemagne. Mais la valeur de l'année 1984 est beaucoup plus faible. Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent (Bassin karstique Allemagne), durant cette année caractéristique, une partie des eaux précipitées sur le bassin de l'Allondon s'est écoulée en direction du système Allemagne ; ce qui explique l'écart trouvé ici.

- Bassin de plaine

	1982	1983	1984
en l/s/km ²	33	27,5	27
en mm	928	864	849

5.1.4 Les crues

Comme dans le cas des sources du bassin de l'Allemagne nous avons calculé des valeurs de débits exceptionnels (crue décennale) à partir des données accumulées durant les quatre années d'observation ; ceci toujours pour des raisons pratiques, c'est-à-dire tenter, à partir des résultats ainsi obtenus, d'améliorer les ouvrages hydrauliques et de mettre à l'abri des dégâts occasionés par les crues les ouvrages de génie-civil.

Comme précédemment nous avons utilisé pour cet ajustement la loi de Gumbel. De plus, nous pourrions comparer ces résultats à ceux du Bureau d'étude Sud-Amenagement d'Aix en Provence (rapport CERN-Oct. 1984) qui a essayé d'appréhender les mêmes paramètres à partir d'un modèle mathématique de simulation ; et ceci dans le but d'aménager le cours du lit du Fion et de l'Allondon et d'améliorer ainsi la situation.

DATE	Q (m ³ /s)	U	Q (m ³ /s)	U
<u>1981</u>				
11 Oct.	6,18	-0,525	(11,8)	
17 Déc.	9,96	0,461	30,5	2,178
<u>1982</u>				
6 Jan.	16,2	2,089	34,0	2,703
13 Juin	8,6	0,106	(3,1)	
23 Juin	10,35	0,562	(3,2)	
13 Oct.	12,0	0,993	18,0	0,330
13 Nov	9,1	0,236	13,0	-0,447
18 Déc.	11,7	0,915	33,0	2,553
<u>1983</u>				
9 Avril	9,1	0,236	23,0	1,053
16 Mai	10,6	0,604	25,9	1,488
27 Nov.	15,5	1,906	32,8	2,523
<u>1984</u>				
14 Jan.	7,15	-0,272	11,57	-0,662
7 Fev.	10,5	1,906	23,0	1,053
8 Fev.			29,3	1,998
<u>1985</u>				
23 Jan.	8,44	0,064	11,1	-0,732

Allondon à
Naz-Dessus

Allondon à
St-Genis

PL 55

Ajustement selon une loi de Gumbel - Inventaire des crues

a- ajustement selon la loi de Gumbel

(planche 55)

Sur la planche 55 sont inventoriées les crues principales observées à l'Allondon à Naz-Dessus et à St-Genis. La crue la plus violente a été celle du 6 Janvier 1982.

$$Q = 16,2 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à Naz}$$

$$Q = 34 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à St-Genis}$$

nous obtenons par l'ajustement de Gumbel les résultats suivants :
Débit ayant la probabilité 1/10 d'être dépassée au cours de l'année.

$$Q_{10} = 16,6 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à Naz}$$

$$Q_{10} = 30,8 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à St-Genis}$$

Le débit exceptionnel déduit à partir de cette méthode nous paraît un peu faible en ce qui concerne les résultats de l'Allondon à St-Genis. Ceci est probablement dû à l'insuffisance du nombre d'années d'observation.

b- Etude Sud-Amenagement (1984)

Ce bureau d'étude a effectué pour le CERN une analyse des débits de crue de l'Allondon et du Fion. Ne disposant pas d'un nombre d'années d'observation assez important sur la débitimétrie de ces cours d'eau, pour réaliser un calcul statistique valable, les responsables de ce projet ont donc tenté une modélisation mathématique de simulation du ruissellement.

Le principal problème rencontré a été le fait qu'il n'existe pas actuellement de modèle adapté au type de système étudié, c'est-à-dire un ensemble "aquifère karstique-aquifère alluvial".

De ce fait, il a été décidé d'employer un modèle dit de Holtan, en raison de sa simplicité et donc des possibilités de l'adapter aisément au cas concerné.

Celui-ci est défini par deux fonctions qui sont :

- une fonction "production" :

$$f(t) = f_c + aU(t)^n \text{ avec}$$

$f(t)$ = vitesse d'infiltration d'une pluie dans le sol

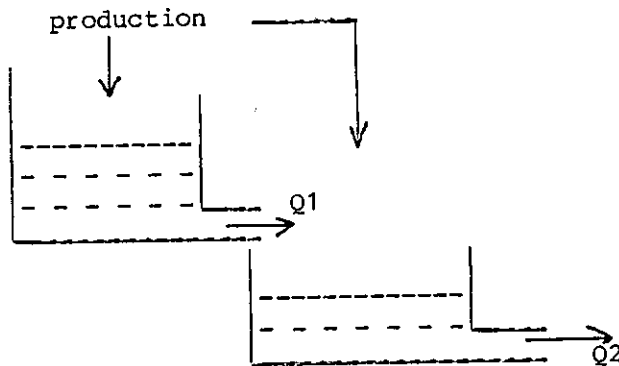
f_c = vitesse d'infiltration limite

$U(t)$ = hauteur d'eau qui peut encore s'infiltrer dans le sol, avant que $f(t)$ atteigne la valeur f_c .

n, a = paramètres dépendants, fonctions de l'état du sol.

- une fonction de transfert.

En ce qui concerne celle-ci, un modèle à deux réservoirs a été retenu ; l'un symbolisant le karst et l'autre la plaine.



l'ajustement du modèle de Holton a été fait sur les crues du 16 Mai 1983 et du 27 Novembre 1983. La fonction de production utilise les précipitations enregistrées à Villeneuve. Les résultats graphiques sont reportés sur la planche 56 et l'on peut voir que l'ajustement paraît optimum en ce qui concerne les deux exemples considérés. Dès lors, on pouvait passer à l'étape suivante qu'est la simulation des crues décennale et centennale. Pour la réaliser les ingénieurs de Sud-Aménagement ont utilisé les statistiques climatologiques de centre météorologique suisse concernant la station de Genève-Cointrin. Ainsi ont pu être déduites les pluies décennales et centennales.

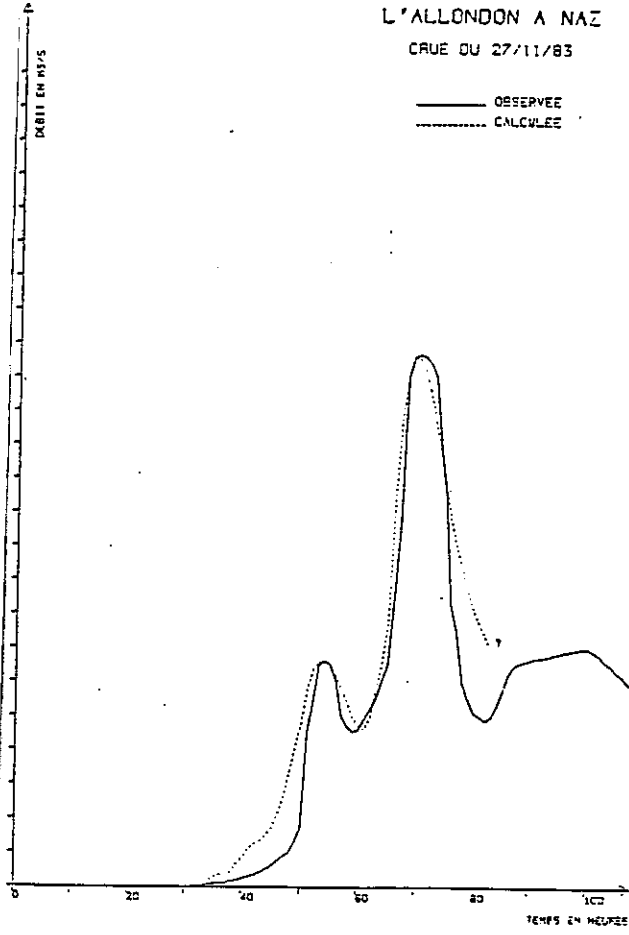
les valeurs de crues exceptionnelles à l'Allondon obtenues par simulation sont :

	Allondon à Naz	Allondon à St-Genis
Crue décennale :	16,5 m ³ /s	34 m ³ /s
Crue centennale :	23,8 m ³ /s	48,9 m ³ /s

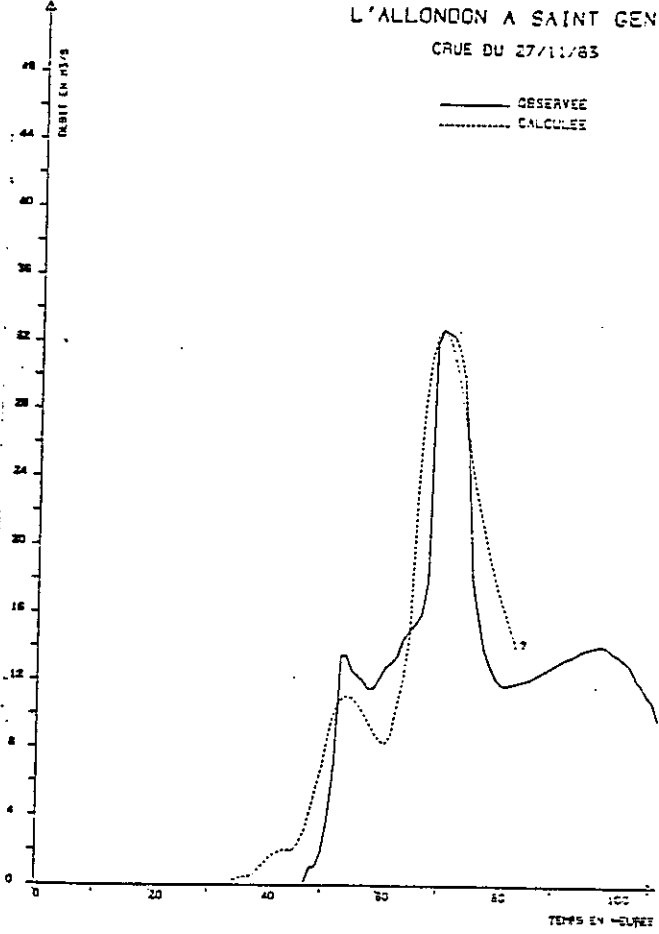
Les résultats se rapportant à l'Allondon à Naz sont voisins de ceux auxquels nous avons abouti par l'ajustement statistique (loi de Gumbel). Par contre, la valeur de crue décennale à l'Allondon à Saint-Genis, déduite par simulation mathématique, paraît plus proche de la réalité que celle que nous avons obtenue.

Mais si ce modèle mathématique à l'avantage de bien définir les événements d'écoulements exceptionnels, il est bien évident qu'il reste insuffisant dans la définition du fonctionnement des aquifères rencontrés. Ceci provient du fait que qu'il fonctionne comme une "boîte noire", c'est-à-dire que la fonction de départ est adaptée, ajustée jusqu'à ce que les résultats coïncident avec les observations faites dans le réel, mais il n'explique pas ce dernier.

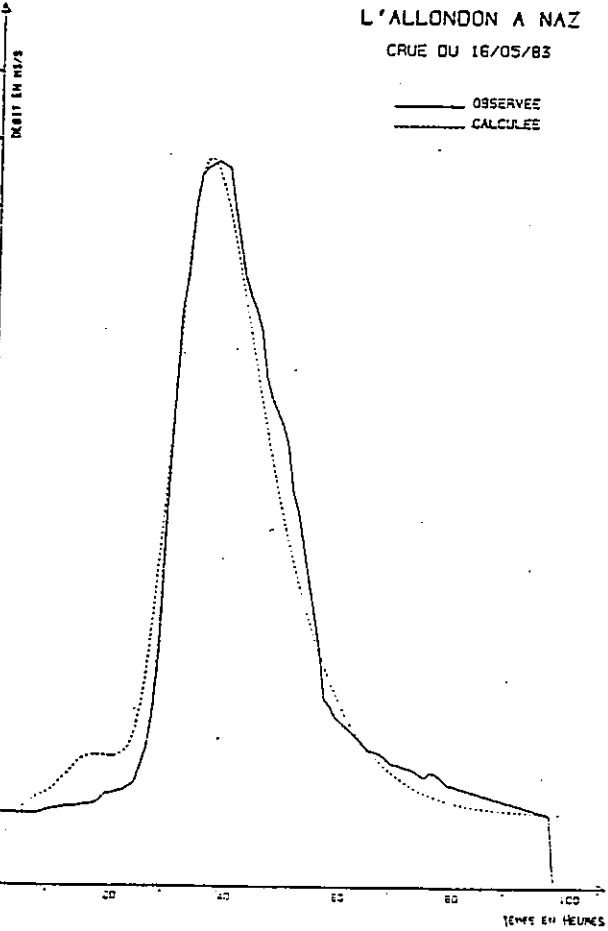
L'ALLONDON A NAZ
CRUE DU 27/11/83



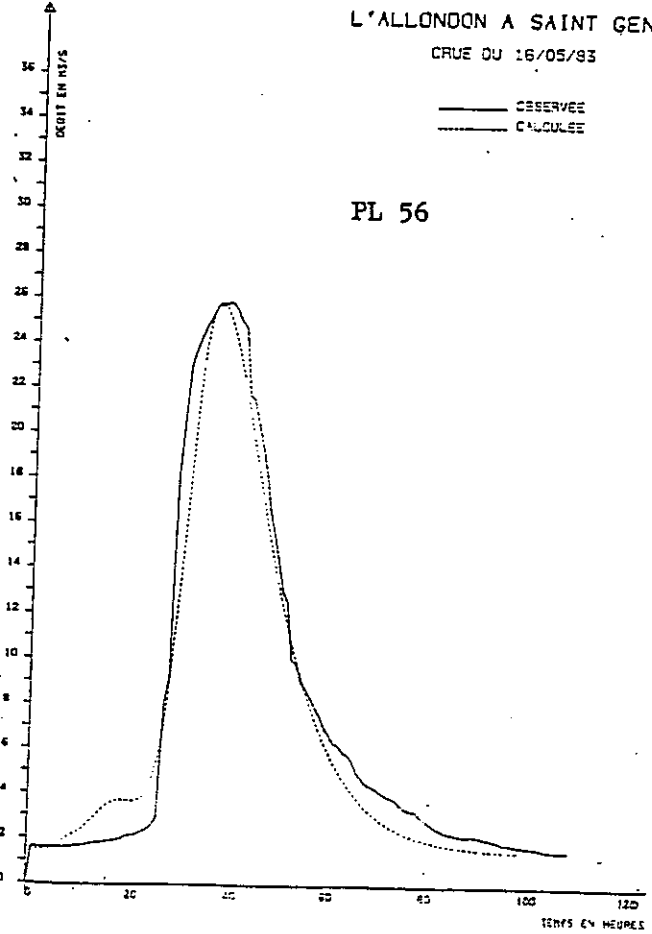
L'ALLONDON A SAINT GENIS
CRUE DU 27/11/83



L'ALLONDON A NAZ
CRUE DU 16/05/83



L'ALLONDON A SAINT GENIS
CRUE DU 16/05/83



PL 56

5.2 Relations pluies-débits

A partir des relevés quotidiens de pluies et débits nous avons calculé les coefficients d'infiltration et de ruissellement du bassin de l'Allondon. Cela pour comparer les comportements des deux sous bassins, de plaine et de montagne, à la suite d'une impulsion pluviométrique.

Le tableau ci-dessous résume nos observations :

avec :

P : Les précipitations en mètre (à Villeneuve en ce qui concerne le bassin de l'Allondon en plaine, et à En Beule pour le bassin de montagne).

QN : Volume d'eau évacué par la crue (en Mm³) à Naz-Dessus (QN = Q total - Q base).

QS : Volume d'eau évacué par la crue à St-Genis (QS = Q total - Q base - QN).

Q/P: correspond à un coefficient près au coefficient de ruissellement ou d'infiltration.

DATE	QN	P	QN/P	QS	P	QS/P
15-21 Oct. 83	0,321	0,069	46,5	0,313	0,059	53
26-30 Nov. 83	2,226	0,271	82	1,251	0,138	90,1
23-25 Dec. 83	0,341	0,036	95	0,316	0,034	92,9
14-21 Jan. 84	1,122	0,129	87	/	/	/
04-14 Fev. 84	1,413	0,150	93,7	2,416	0,114	212
03-08 Mai 84	0,294	0,047	62	/	/	/
15 Août 84	0,0101	0,020	5,9	-0,011	0,003	0
11 Sep. 84	0,056	0,041	13,5	-0,053	0,019	0
23-30 Sep. 84	0,595	0,124	47,9	-0,034	0,069	0
02-11 Oct. 84	0,701	0,134	53	0,406	0,074	54,8

L'on constate que :

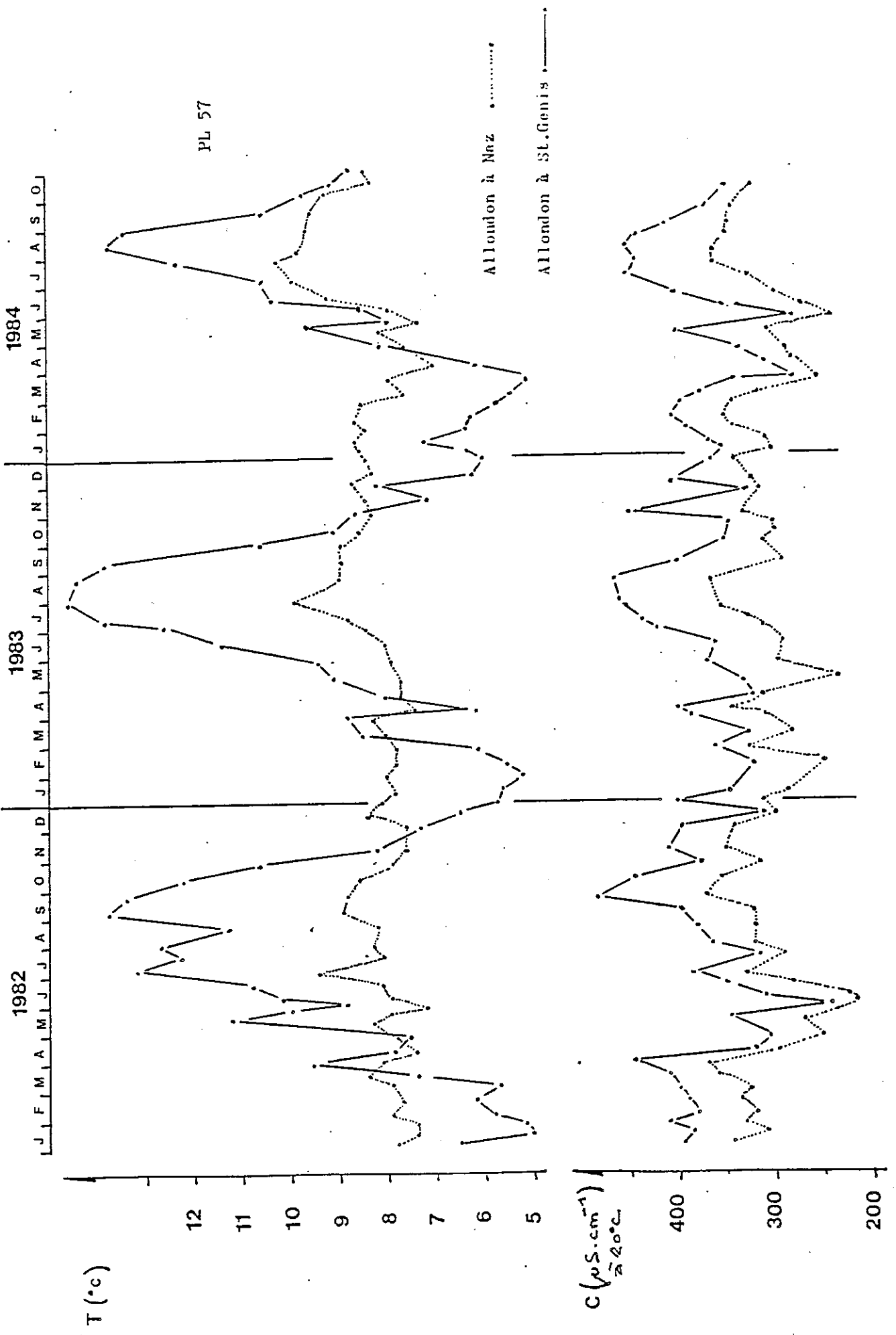
- Les valeurs du coefficient varient beaucoup d'une averse à l'autre (0 à 95), mais elles sont beaucoup plus homogènes pour le bassin de montagne .
- Si l'on fait un calcul approché, on constate que la fraction de l'eau de pluie qui atteint l'exurgence varie de 5 à 95% avec une moyenne de 64%, mais cette moyenne est beaucoup plus faible pour le bassin de l'Allondon en plaine.
- Les précipitations qui font suite aux périodes d'étiage n'ont qu'un faible effet sur les débits de Naz ($\frac{Q}{P} = 5,9$ le 15 Août 1984) et n'en ont peu ou aucun sur les débits de l'Allondon à St-Genis ($\frac{Q}{P} < 0$). On observe même qu'il s'écoule moins d'eau à l'exutoire du bassin de plaine qu'aux exurgences de piedmont.
- La valeur élevée du coefficient concernant la période du 4 au 14 Février 1984 peut s'expliquer soit par la fonte des neiges en plaine qui crée un volume d'eau supplémentaire, soit par les apports du Fion (bassin de l'Allemagne) ou encore par des écoulements temporaires de surface provenant du bassin adjacent.

Une partie des eaux qui atteint le bassin de montagne, après une longue période de non alimentation, reconstitue les réserves de l'aquifère fissural, et une autre partie de ces eaux s'écoule aux exurgences puis rejoint les aquifères de plaine. Ce qui explique que l'on n'observe pas de crue à l'exutoire du bassin total.

En plaine, lors des orages violents, de nombreux rus se créent dont les eaux échappent au contrôle de la station de Saint Genis. De plus, en été et à l'automne, une partie des eaux météoriques est reprise par l'évapotranspiration car la hauteur d'infiltration est faible, comparée à celle du bassin de montagne ; et les remontées capillaires depuis la zone saturée permettent alors ce phénomène. Ce volume d'eau échappe également à l'enregistrement limnigraphique. Un autre fait explique aussi pourquoi le coefficient de ruissellement est inférieur au coefficient d'infiltration : il s'agit du temps de réponse du système de plaine qui est beaucoup plus étalé que celui du système karstique. En effet, les vitesses d'écoulements souterrains sont beaucoup plus lentes à l'intérieur des aquifères alluviaux et les eaux précipitées sur le sol en plaine mettent plus de temps pour parvenir à l'exutoire.

5.3 Evolution des températures et des conductivités des eaux

Des mesures hebdomadaires de conductivités et de températures ont été faites sur l'Allondon à Naz et à St-Genis. La conductivité est liée à la concentration en ions de l'eau, elle a été mesurée soit sur le terrain, soit en laboratoire et les valeurs que nous citons sont ramenées à la température de référence : 20°C.



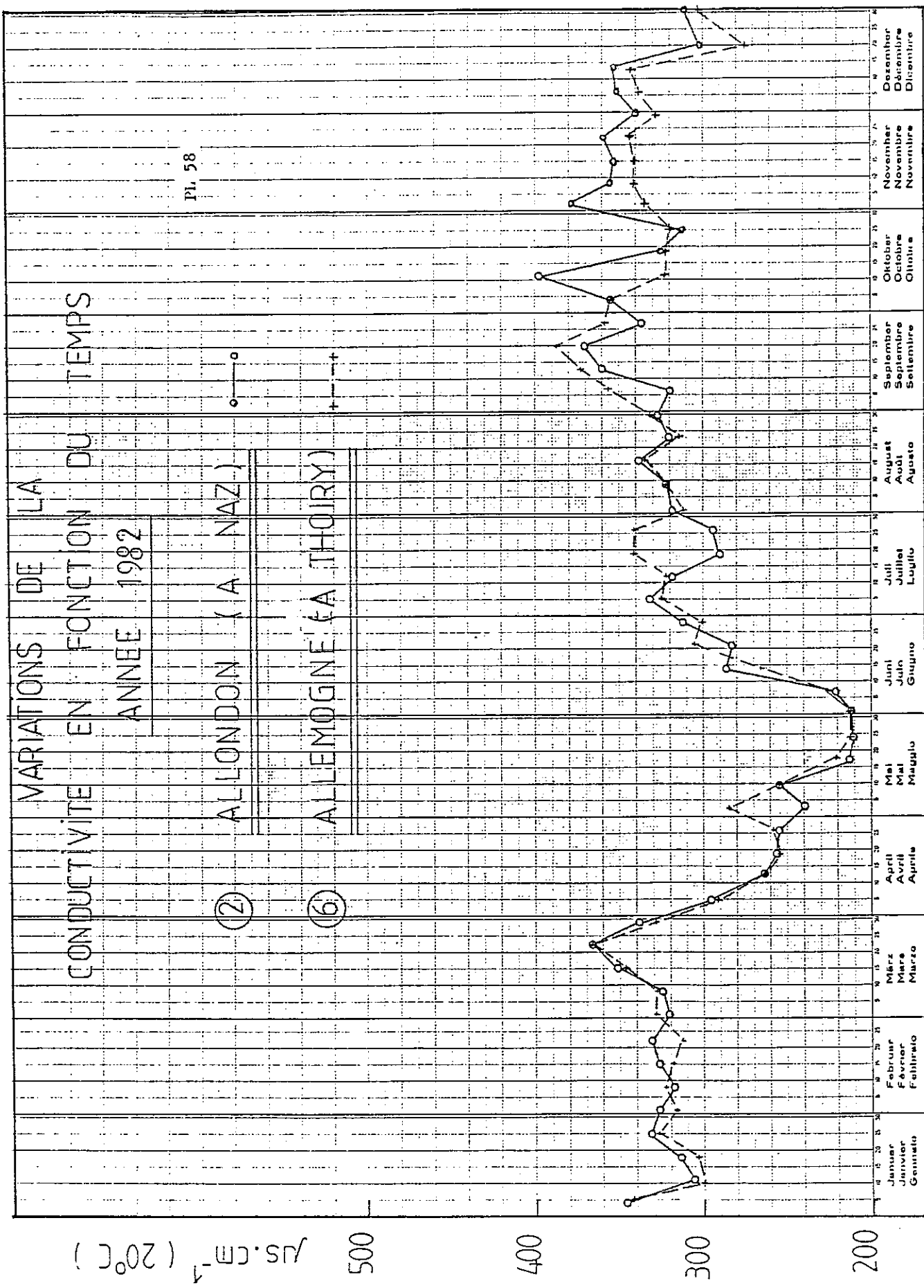
Les relevés thermométriques périodiques nous ont permis de présenter l'évolution annuelle des températures sous forme de graphe : planche 57. Les valeurs interannuelles sont assez homogènes dans l'ensemble et l'on obtient pour les trois années concernées, 1982, 1983 et 1984 une forme sinusoïdale de l'évolution. En effet les températures des eaux suivent celles de l'air avec un certain décalage. L'amplitude des variations est beaucoup plus grande, à l'exutoire du bassin qu'aux exurgences : 5°C contre 9°C. Il n'y a rien d'étonnant à cela puisque les eaux de la rivière, contrairement aux eaux de l'aquifère fissural, sont directement en contact avec l'atmosphère, et de ce fait la température de l'eau est très influencée par la température de l'air.

La similitude aux deux points de contrôle de l'évolution des conductivités dans le temps est assez nette, et ceci est normal vu leur dépendance. On observe une baisse des valeurs de conductivité durant la fonte des neiges et une augmentation progressive de celles-ci lors du tarissement de la rivière qui correspond à la vidange des réserves. Pour un pas de temps assez long, l'évolution de la conductivité est donc inversement proportionnelle aux débits : Une partie des eaux qui précipite sur le bassin, lors des phases d'alimentation et qui est responsable de l'accroissement des débits aux sources, arrive rapidement aux exutoires. Elle séjourne peu de temps dans l'aquifère et, est donc faiblement minéralisée. Par contre l'autre partie qui est stockée dans les vides du système (pores et fissures) s'écoule lentement du sein des des formations marnocarbonatées et ces eaux parviennent aux exutoires en étant beaucoup plus minéralisées.

Comme dans le cas des émergences de l'Allemagne, nous avons observé le phénomène de piston flow aux sources de l'Allondon ; en début de crue lorsque les débits commencent à croître, on observe une augmentation brutale des conductivités et des températures, qui traduit l'arrivée aux exurgences d'eaux plus anciennes poussées par les eaux météoriques "fraîches". Puis ces eaux à faibles résistivités sont suivies par des eaux de moins en moins minéralisées au fur et à mesure que le débit grandit.

Le drainage des formations quaternaires par l'Allondon étant faible, le décalage entre les deux courbes (Allondon en plaine, Allondon en piedmont) n'est pas très important. Cet écart est même très faible à la fin de l'hiver ; il s'explique par le radoucissement des températures qui provoque la fonte du manteau neigeux en plaine. Les eaux de fonte étant peu minéralisées, cela provoque une baisse des valeurs de conductivité des eaux de l'Allondon. Mais, d'une manière générale, à l'échelle de l'année, ces dernières sont faiblement minéralisées ce qui s'explique par le transit rapide des eaux depuis les points d'infiltration jusqu'aux exutoires.

Enfin, la comparaison avec les exurgences du système Allemagne (source du Maire, Puits Mathieu, sources d'Allemagne et de la Batiolette, et les sources des fossiaux) nous amène à faire les commentaires suivants :



- Toutes ces eaux sont bicarbonatées calciques ; la nature des terrains, sieges des écoulements, en est responsable.
- Les écarts de température de l'eau sont plus importants que dans le bassin de l'Allemogne ; ce qui conforte l'idée de l'existence d'un "aquifère Allondon de montagne" moins important et d'une karstification moins développée, et confirme les observations faites par G. Hugot en 1981.- Les variations de la conductivité en fonction du temps (planche 58) sont très voisines aux deux sources majeures des deux systèmes : Allondon et Allemogne. Cependant, l'on note des variations plus grandes après l'étiage d'été aux sources de l'Allondon ; elles sont probablement dues au fait que les réserves de l'aquifère situé le plus au Nord se reconstitue plus difficilement que celles de l'aquifère de l'Allemogne.

5.4 Conclusions

Le suivi hydrologique depuis 1981 a permis de montrer que la rivière l'Allondon est caractérisée par d'importantes variations de débits au cours de l'année ; le débit de crue enregistré à l'exutoire équivaut à 6500 fois le débit d'étiage, environ. Celui-ci confirme également la faiblesse des valeurs des débits d'étiage à la sortie du bassin de montagne comme à la sortie du bassin de plaine ; les médiocres volumes des réserves des aquifères du bassin total en sont à l'origine. Les volumes d'eau écoulés annuellement aux exurgences du système Allondon en montagne sont moins importants que ceux qui s'écoulent aux sources du système Allemogne ; les valeurs des débits spécifiques sont également moins grandes.

De plus, nous avons montré que pendant les périodes de basses et moyennes eaux les relations nappes-rivières, en plaine, se font essentiellement dans le sens rivière vers la nappe. De ce fait les débits de l'Allondon à St-Genis sont durant ces périodes principalement fonction des débits de l'Allondon à Naz. Pour la même raison, le caractère physico-chimique des eaux à St-Genis est tributaire de celui des eaux à Naz. Les variations de la conductivité et de la température au cours de l'année aux exurgences sont assez peu importantes, ce qui traduit la présence d'un système hiérarchisé. Mais il l'est moins que celui de l'Allemogne. Néanmoins, lors des crues, les variations brutales de ces paramètres impliquent l'existence de circulations d'eaux rapides dans l'aquifère fissural qui s'opposent dans un premier temps au mélange avec les eaux de la réserve.

6 - LES EAUX DE LA MOLASSE

Comme nous l'avions évoqué précédemment la "Molasse" s'est toujours avérée sèche lorsque nous avons pu l'observer, que ce soit lors de l'exécution de sondages depuis la surface ou que ce soit lors du percement

du tunnel LEP. Cela avait déjà été noté pendant l'excavation du tunnel SPS-CERN dans le tréfond du Pays de Gex ainsi que par G. Hugot lors de la réalisation de forages pour le LEP.

Dans la région, les formations molassiques sont donc considérées comme un niveau imperméable et non aquifère. Néanmoins, de petites veines d'eau ont été recoupées dans la molasse par la galerie de reconnaissance au pm 705, à l'aplomb de Villeneuve, et par le tunnel LEP proprement dit au point d'accès No 8 (UJ 86), situé entre Meyrin (Suisse) et Ferney-Voltaire.

Les analyses chimiques de ces eaux ont donné les résultats suivants :

Galerie de reconnaissance (pm 704-709)

	T (°C)	C	Ca ++	Na +	K +	Mg ++	Cl -	Ph
le 10 mai 82	14,5	1045	7,3	188	2,3	30,7	47	8,7
le 3 juin 82	14,0	1067	7,2	/	/	/	38	8,8
le 17 dec 84	15,0	935	2,3	175	1,3	1,3	24	8,2
le 14 janv 85	16,9	960	1,5	140	1,4	1,3	24	8,8

Les concentrations sont données en mg/l.

Une analyse du tritium a été faite par le centre de recherche géodynamique de Thonon en ce qui concerne le prélèvement du 10 Mai 1982, la teneur en tritium était très faible, comprise entre 1,3 et 2,7 U.T.

- Tunnel LEP - Point 8 - UJ 86

le 10.10.85	14,5	2393	38,3	890	3	2,5	920	9,4
	T(°C)	Cond	Ca++	Na+	K+	Mg++	Cl-	Ph

La teneur en tritium était inférieure au seuil de détection (1U.T.)

Ces venues aux très faibles débits sont donc caractérisées par une très forte minéralisation, des températures élevées ainsi que par une forte teneur en sodium et de faibles teneurs en calcium et magnésium. Ce sont donc des eaux qui ont séjourné longuement sous terre. De plus les teneurs en tritium sont faibles, voire nulles, ce qui traduit l'absence de circulation de ces eaux.

Les eaux rencontrées dans la molasse ont un faciès chimique très différent de celui des eaux de surfaces et des aquifères étudiés. Il n'y a donc pas de relations majeures entre elles dans notre secteur d'étude. Quand il y a des relations elles sont réduites : Ce sont des percolations très lentes des eaux qui se font depuis les aquifères quaternaires superficiels et qui viennent saturer les niveaux de la molasse à plus forte perméabilité. C'est le cas des "calcaires de Grilly" (Oligocène), que nous avons observé lors du percement du puits PZ33 et de la galerie TZ33 (Tunnel LEP-Crozet), qui sont le siège de circulations très lentes et alimentés par les petites nappes sus-jacentes.

La molasse de par sa nature à dominante marneuse se comporte donc comme un niveau imperméable dans son ensemble, mais, des relations avec les aquifères situés dans les terrains quaternaires existent, elles sont très réduites et difficilement décelables depuis la surface.

Proche du Piedmont la molasse est en générale plus près de la surface topographique et en contact avec les terrains mésosoïques ; il n'est pas impossible qu'il y ait des relations entre les deux formations dans ce secteur. Néanmoins, si elles existent elles sont sûrement très faibles, non quantifiables et nous n'avons pu les observer. De plus la gompholite, conglomérat de base de l'entité molassique qui crée une transition entre la molasse proprement dite et les niveaux carbonatés du Néocomien, est très limoneuse et donc peu propice aux communications hydrauliques.

7- HYDROGEOLOGIE

7.1 Les bilans hydrogéologiques

L'expression du bilan hydrogéologique a pour but de déceler d'éventuels apports ou pertes au bassin étudié. Nous utiliserons la même démarche que celle employée dans l'étude du système Allemogne.

<u>82</u>	P	ETP	STOCK	ETR
J	77,5	6,5	100	6,6
F	23,1	6,7	100	6,7
M	101,6	22,2	100	22,2
A	13,8	61	52,8	61
M	37,5	68,3	22	68,3
J	135,8	71,2	86,	71,2
J	65,3	90,4	15,0	90,4
A	54,6	72,8	0	72,8
S	66,5	57,7	52,5	57,7
O	143,8	26,4	100	26,4
N	144,5	16,8	100	16,8
D	139	7,5	100	7,5

<u>84</u>	P	ETP	STOCK	ETR
J	180,2	6,2	100	6,2
F	125,9	4,2	100	4,2
M	77,0	19,5	100	19,5
A	35,0	55,2	79,8	55,2
M	78,4	38,9	100	38,9
J	65,8	73,4	92,4	73,4
J	10,4	108,4	0	102,8
A	39,3	79,5	0	39,3
S	181	44,1	100	44,1
O	99,5	24,0	100	24,0
N	77,9	10,4	100	10,4
D	55,3	6,9	100	6,9

<u>83</u>	P	ETP	STOCK	ETR
J	98,5	5,5	100	5,5
F	76,5	2,5	100	2,5
M	81,3	26,9	100	26,9
A	152,5	31,9	100	31,9
M	206,5	40,4	100	36,8
J	63,5	88,9	74,6	88,9
J	49,4	127,1	0	124
A	84,8	90,5	0	84,8
S	86,3	49	37,3	49
O	65,9	25,7	77,4	25,7
N	125,7	15,0	100	15,0
D	77,0	6,7	100	6,7

BILAN HYDROMETEOROLOGIQUE

(Altitudes inférieures à 600m)

$$ETR_{82} = 506,8 \text{ mm}$$

$$ETR_{83} = 497,7 \text{ mm}$$

$$ETR_{84} = 424,9 \text{ mm}$$

PL59

7.1.1 Bilan de la période allant du 1 Janvier au 31 Decembre 82

a) Bassin de montagne

précipitations : P = 1992 mm +/- 99,6 mm
 ETR (tableau 59) = 440 mm +/- 44 mm

$$QE = \frac{\text{Volume d'eau écoulé aux exurgences}}{\text{Superficie de l'impluvium}} = 1610 \text{ m +/- } 128 \text{ mm}$$

$$DI = 99,6 + 44 + 128 = +/- 271,6 \text{ mm}$$

L'équation qui régit le bilan est :

$$(P) \text{ Précipitations + Apports (QA) = Fuites (QF) + ETR + QE +/- DW}$$

$$\text{d'ou } QF - QA = - 58 \text{ mm}$$

=====

La valeur de (QF-QA) est inférieur à l'incetitude DI.

b) Bassin de plaine

P = 1004 mm +/- 50,2 mm
 ETR (planche 59) = 506,8 mm +/- 50,7 mm

$$QE = \frac{\text{Volume d'eau écoulé à St-Genis - volume écoulé à Naz}}{\text{Superficie du bassin}}$$

$$QE = 928 \text{ mm +/- } 74,2 \text{ mm}$$

$$DI = 50,2 \text{ mm} + 50,7 + 74,2 = 175,1 \text{ mm}$$

$$QF - QA = - 430,8 \text{ mm}$$

=====

La valeur de (QF-QA) est supérieure à l'incertitude DI, le signe négatif traduit l'existence d'apport au bassin de plaine.

7.1.2 Bilan de la période allant du 1 Janvier au 31 Décembre 83

a) Bassin de montagne

P = 2015,5 mm +/- 100,8 mm
 ETR = 490 mm +/- 49 mm

$$QE = 1543 \text{ mm } +/- 123,4 \text{ mm}$$

$$DI = 100,8 + 49 + 123,3 = 273,2 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{QF-QA = - 17,5 \text{ mm}}}$$

$$(QF-QA) < DI$$

b) Bassin de plaine

$$P = 1168 \text{ mm } +/- 58,4 \text{ mm}$$

$$ETR = 497,7 +/- 49,8 \text{ mm}$$

$$QE = 864 \text{ mm } +/- 69 \text{ mm}$$

$$DI = +/- 177,2 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{QF-QA = - 193,7 \text{ mm}}}$$

Là encore (QF-QA) est supérieur à l'incertitude.

7.1.3 Bilan de la période allant du 1 Janvier au 31 Décembre 84

a) Bassin de montagne

$$P = 1742 \text{ mm } +/- 87,1 \text{ mm}$$

$$ETR = 404 \text{ mm } +/- 40,4 \text{ mm}$$

$$QE = 980 \text{ mm } +/- 78,4 \text{ mm}$$

$$DI = +/- 205,9 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{QF-QA = + 358 \text{ mm}}}$$

(QF-QA) > DI, le signe traduit l'existence de fuites souterraines depuis le bassin de l'Allondon en montagne.

b) Bassin de plaine

$$P = 1026 \text{ mm } +/- 51,3 \text{ mm}$$

$$ETR = 425 \text{ mm } +/- 42,5 \text{ mm}$$

$$QE = 849 \text{ mm } +/- 67,9 \text{ mm}$$

DI = +/- 161,7 mm

QF-QA = 248 mm

=====

Pour l'année 1984 le volume à l'exutoire est excédentaire.

7.1.4 Etude des résultats

Allondon en montagne

	1982	1983	1984
lame d'eau précipitée (mm)	1992	2015,5	1742
lame d'eau écoulee (mm)	1610	1543	980
ETR (mm)	440	490	404
	- 58	- 17,5	+ 358

Allondon en plaine

	1982	1983	1984
lame d'eau précipité (mm)	1004	1168	1026
lame d'eau écoulé (mm)	928	864	849
ETR (mm)	506,8	497,7	425
	-430,8	-193,7	-248

Pour les années 1982 et 1983 les bilans d'eau du bassin de montagne s'équilibrent bien, compte tenu de l'imprécision du calcul (DI = -58mm en 1982; DI = -17,5mm en 1983). Mais pour l'année 1984 le volume d'eau écoulé à la sortie du système est déficitaire (DI = +358mm). Lors de l'expression du bilan, de l'année, concernant le système karstique Allemogne (chapitre précédent) nous avons observé que celui-ci était excédentaire, et nous avons supposé que durant cette année hydroclimatique particulière, une partie des eaux précipitées sur le bassin de l'Allondon en montagne s'était écoulée en direction du bassin de l'Allemogne. Cette hypothèse se confirme donc.

Par contre les bilans du système Allondon en plaine ne s'équilibrent pas correctement: le volume écoulé à l'exutoire est excédentaire (DI = -430mm en 1982, DI = -194mm en 1983, DI = -248mm en 1984). Ceci avait déjà été remarqué par G.Hugot en 1981 (DI = -301mm). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cet excédent en eau reçu par le bassin.

- La première explication est que nous aurions pu sous-estimer la valeur des précipitations annuelles. En effet la méthode que nous avons utilisé, c'est à dire l'évaluation des précipitations par tranche d'altitude, et dans le cas présent il s'agit de la zone (400-600m), fait intervenir les pluies enregistrées à Genève-Cointrin. Mais cette station météorologique est très éloignée du chaînon jurassien et n'est peut-être pas représentative du bassin de l'Allondon en plaine qui lui, au contraire, se situe au pied du Jura. Mais cette hypothèse ne suffit pas à expliquer l'écart trouvé.

- Nous avons peut-être également sous-estimé la superficie de l'impluvium car durant les périodes pluvieuses la saturation en eau du sol provoque la naissance de ruissellements superficiels temporaires sur le Jura qui alimentent directement le bassin de plaine. Et, de plus, il faudrait prendre en compte dans ce calcul de bilan les apports des exurgences des Fossiaux et ceux du sillon de Sergy. Mais cela devrait alors induire un déficit plus grand dans l'expression du bilan de l'Allemogne, ce qui n'est pas le cas.

- Enfin il faut peut-être envisager des apports occultes au bassin, depuis celui adjacent du Lion, à partir du sillon de la Chenaz.

Mais l'hypothèse la plus vraisemblable est que nous avons sous-estimé les précipitations en montagne, en particulier l'équivalent en eau dû à la neige, ne disposant pas d'installation adéquate pour mesurer celle-ci.

En majorant les valeurs de l'alimentation on obtiendrait alors un bilan déficitaire pour le bassin de montagne sens large (Allondon et Allemogne), qui s'expliquerait par la formation, lors de la fonte du manteau neigeux, de ruissellements superficiels atteignant directement la plaine.

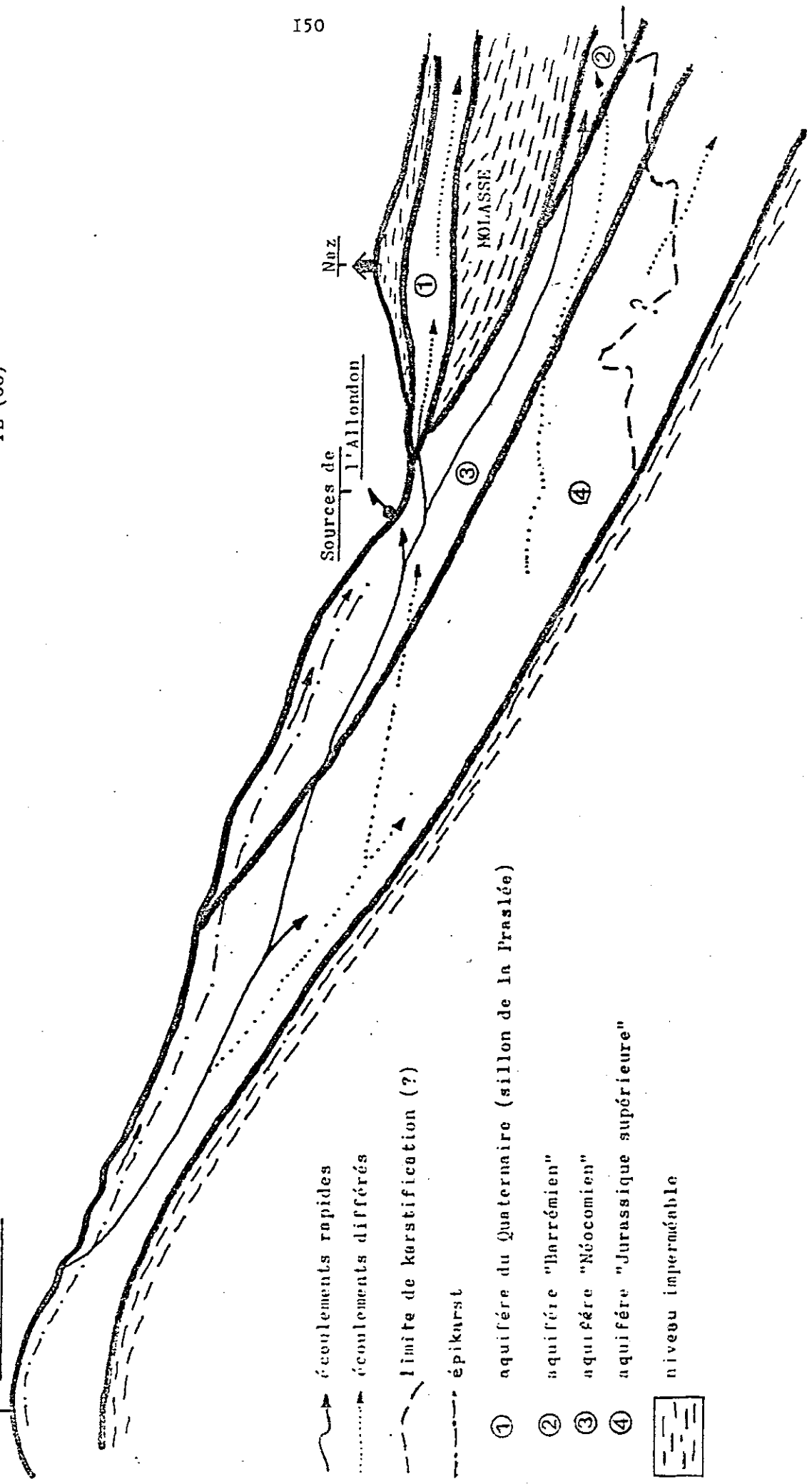
COUPE HYDROGÉOLOGIQUE - BASSIN DE L'ALLONDON

(NW)

+ Colomby de Gex

PL (60)

(SIE)



écoulements rapides

écoulements différés

limite de karstification (?)

épikarst

① aquifère du Quaternaire (sillon de la Praslée)

② aquifère "Harrémien"

③ aquifère "Néocomien"

④ aquifère "Jurassique supérieure"

niveau imperméable



Un certain volume d'eau serait ainsi soustrait à l'enregistrement aux exutoires des systèmes karstiques/fissuraux, et ceci expliquerait l'excédent en eau obtenu par le calcul de bilan en plaine.

7.2 Modèle de fonctionnement du système Allondon

L'étude du bassin de montagne a montré qu'il existe deux unités aquifères, de type fissural, se rencontrant dans les niveaux carbonatés du Kimméridgien et dans l'ensemble calcaire du Néocomien, et, que les volumes d'eaux écoulés aux exutoires, situés dans les formations néocomiennes ne se justifient que par une relation entre ces deux systèmes hydrauliques. A l'intérieur de ces derniers, à partir de l'analyse hydrologique, nous avons défini deux modes d'écoulements principaux. Des écoulements rapides, une preuve en est la promptitude des réponses enregistrées aux sources à la suite d'une impulsion pluviométrique, et des écoulements différés qui sont justifiés par les quantités d'eau évacuées aux mêmes sources en période de non alimentation. A ce propos nous avons vu que les réserves de ces "aquifères fissuraux" sont beaucoup plus faibles que celles des aquifères karstiques de l'Allemagne, et que le tarissement aux exutoires du bassin est assez rapidement atteint. Ceci s'explique principalement par les faits suivants : d'une part le niveau de base actuel des émergences est situé beaucoup plus haut (580m) que celui des émergences situées plus au Sud (source du Maire, altitude : 487m - source de la Batiolette, altitude : 482m) et, elles ne peuvent drainer les eaux stockées dans l'aquifère Barrémien (planche 60) ; d'autre part le volume de vides est moins important à l'aplomb du bassin de l'Allondon en montagne, puisque l'ensemble des niveaux carbonatés est plus compact, comme l'ont montré les investigations souterraines par sondages.

Les formations imperméables isolant les "aquifères fissuraux" des autres terrains géologiques sont représentées comme dans le cas de l'Allemagne, par les marnes d'Effingen (Oxfordien) ainsi que par le biseau molassique en piedmont (planche 60). En effet, les différentes observations faites sur le terrain nous ont amené à considérer la molasse comme un ensemble étanche, ne renfermant pas d'aquifère conséquent et en tous cas n'étant pas le siège de circulations d'eau majeures.

De part ce contexte les volumes d'eau écoulables, contenus dans les aquifères de montagne, sont principalement évacués selon deux modes : la plus grande partie des eaux parvient à l'air libre par le biais des exurgences, et forme la rivière en plaine ; l'autre partie rejoint par écoulements occultes les nappes sises dans les terrains gravelo-sableux du Quaternaire (planche 60). Ce qui nous amène à parler du système de plaine, pour lequel plusieurs types de stockage et d'écoulement de l'eau ont été définis, et qui sont :

- les petites nappes superficielles contenues dans les formations perméables du Quaternaire récent (Wurm), isolées les unes des autres par des passées argilo-limoneuses, qui sont essentiellement alimentées par les

SCHEMA DES ECOULEMENTS -BASSIN DE L'ALLONDON
(Modèle à 4 réservoirs)

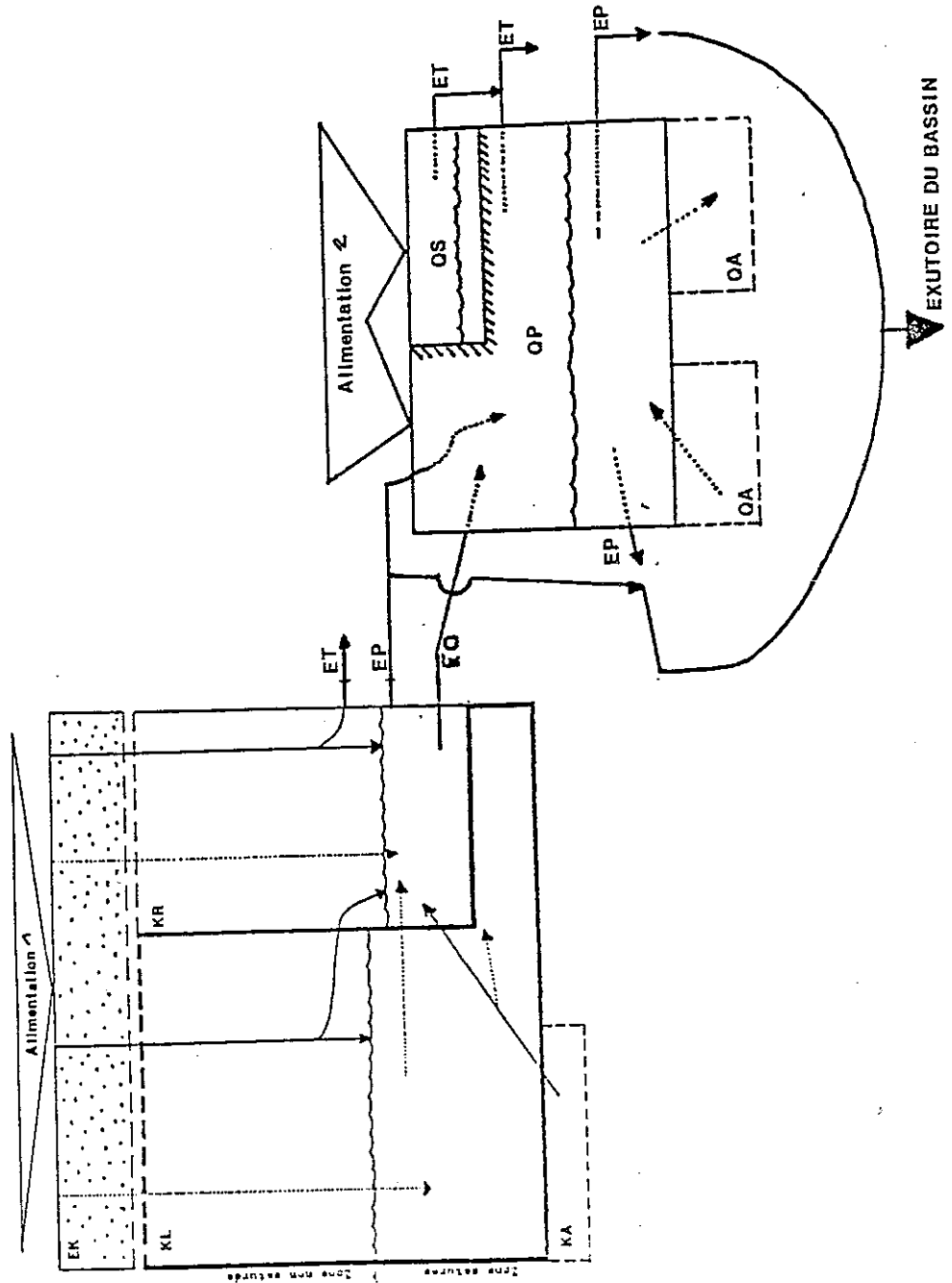
PL 61

Légende

- EK : épikarst
- KL : réservoir lent
- KR : réservoir rapide
- KA : karst adjacent

- QS : réservoir "superficiel"
- QP : réservoir "profond"
- QA : aquifère adjacent

- : Ecoulements lents
- : Ecoulements rapides
- EP : Exutoire permanent
- ET : Exutoire temporaire
- EO : Ecoulements occultes



précipitations. Ces nappes ont une faible capacité de stockage.
 - les aquifères dans "l'alluvion ancienne". Ces dépôts glaciaires et interglaciaires forment le remplissage des sillons molassiques et pour une plus grande clarté du texte et de l'illustration, nous appellerons ces derniers les "aquifères profonds", même si ce n'est pas toujours le cas.

Le drainage des eaux en surface se fait principalement par la rivière l'Allondon, et les études de la piézométrie et de la débitimétrie nous ont permis de mieux comprendre les relations "cours d'eau-nappes souterraines".

Quant aux éboulis de pente, dont nous avons peu parlé nous rappellerons (G. Hugot - 1982) qu'ils ont surtout un rôle de transfert de l'eau ; les eaux qui s'y infiltrent, circulent rapidement vers le karst ou vers les nappes de la plaine mais ils n'ont pas de fonction de stockage.

L'assise de base imperméable des aquifères de plaine est la molasse chattienne ; celle-ci n'affleure jamais dans notre secteur d'étude.

Ayant ainsi recensé les différentes unités hydrologiques nous allons maintenant pouvoir préciser leurs modalités de fonctionnement, qui varient selon les conditions hydroclimatiques (modèle - planche 61).

a) En période d'alimentation (pluies - fonte de neiges)

Les eaux qui précipitent sur l'épikarst et sur les éboulis rejoignent rapidement les niveaux à perméabilité plus élevée (calcaires très fissurés). Selon la violence du stimulus pluviométrique et des pressions hydrostatiques qu'il engendre, soit, la majeure partie des eaux circule très vite dans les gros drains de la zone non saturée et parvient en des temps très courts à l'exutoire et il n'y a pas de phénomène de piston-flow, ou soit, lorsque l'impulsion est plus étalée dans le temps, l'ensemble du réseau se met en charge du fait que les eaux circulent moins vite et ont donc le temps de pénétrer dans tous les vides. Dans ce cas on enregistre un phénomène de piston-flow. Mais, dans tous les cas, il y a accroissement rapide des débits aux exutoires permanents (notés EP) et mise en charge des exutoires temporaires (notés ET). La saison, l'état des réserves et du système, influent également sur la quantité d'eau qui sera évacuée par écoulements rapides dans les zones à plus forte perméabilité.

Dans le cas du bassin de l'Allondon nous avons montré qu'en période de hautes eaux il y a une inversion du sens de l'écoulement au Sud du bassin, aux limites avec le système de l'Allemagne (planche 62). Ce phénomène s'explique très bien par le fait que les eaux tendent toujours à rejoindre les zones à potentiel hydraulique supérieur.

Pendant ces phases d'alimentation une partie des eaux météoriques s'écoule et atteint, par écoulement lents, le réservoir lent (noté KL) où les perméabilités ont des valeurs plus faibles. Ces eaux vont grossir les réserves du système.

En plaine, les aquifères sont rechargés de deux façons :

- par les pluies, qui représentent l'alimentation principale des nappes superficielles (notés QS). Les précipitations peuvent également atteindre les aquifères profonds (notés QP) là où la couverture imperméable est peu épaisse ou inexistante.
- Depuis le bassin de montagne qui évacue les eaux, soit par écoulements occultes (notés EO), ce sont ceux qui alimentent les sillons de Sergy, de la Praslée, et de l'Allondon dans sa partie amont, soit par écoulements superficiels, c'est-à-dire les sources de Naz (notés EP) et les rus temporaires (notés ET) qui drainent le flanc du Jura lors des précipitations intenses.

La rivière l'Allondon voit ses flots grossis par les apports des sources de Naz, par les pluies mais aussi par les apports des "aquifères profonds" comme celui situé au NW de Chevry, ainsi que par les débordements du sillon de Sergy et bien sûr par le Fion. C'est pendant ces phases d'alimentation qu'est rechargé par l'Allondon "l'aquifère profond" du sillon de l'Allondon s'étendant de Flies à Pouilly.

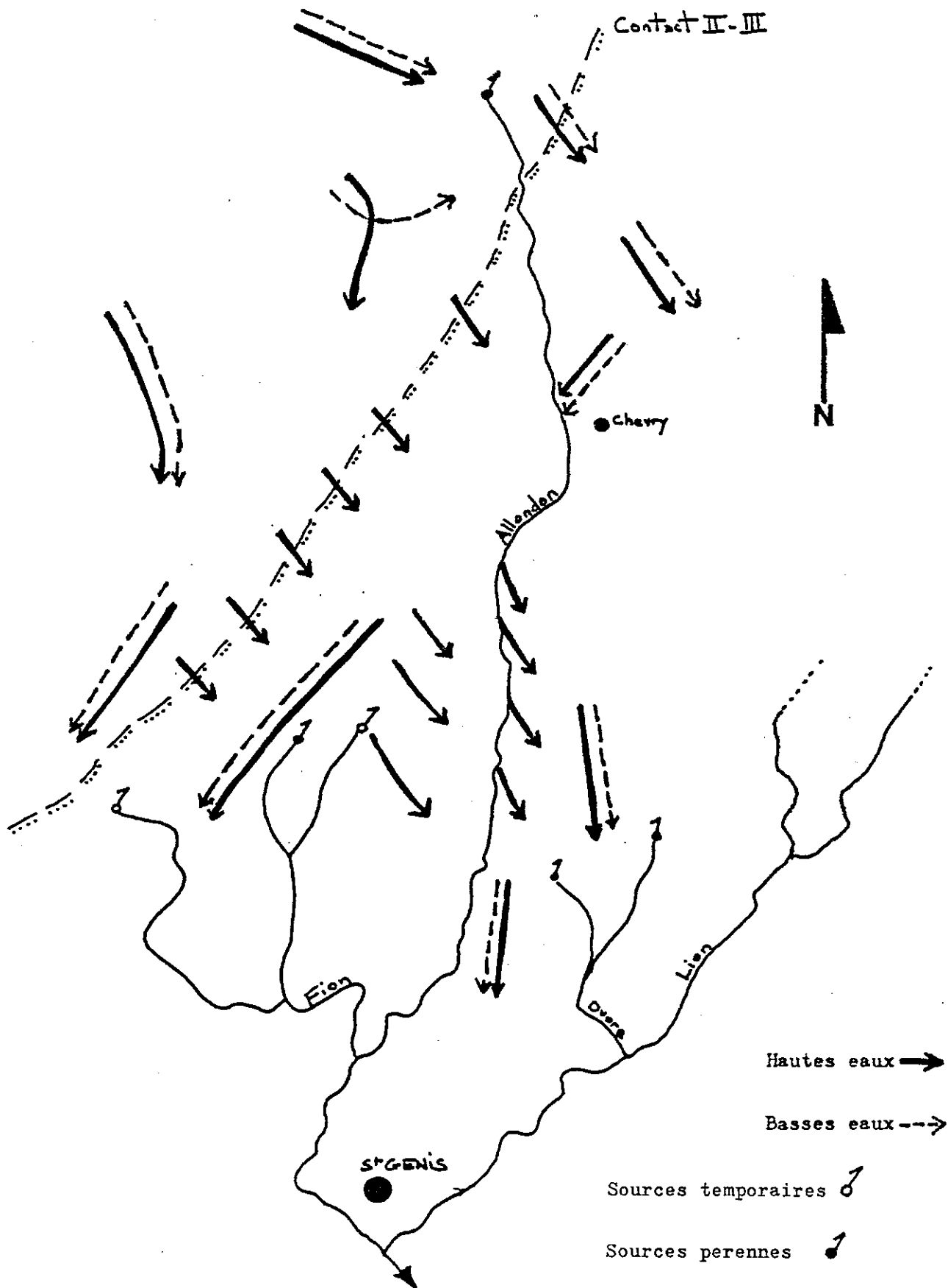
b) En période de non alimentation

(planche 61 - planche 62 : flèches en traits discontinus)

Durant cette période c'est le réservoir lent (KL), constitué des blocs les moins transmissifs du Kimméridgien et du Néocommien, qui alimente le réservoir rapide (KR). Ce dernier, qui n'a alors plus qu'un rôle de transfert, dirige les eaux vers les exurgences pérennes ainsi que vers le sillon de la Praslée par voies souterraines. Le sillon de Sergy n'est lui probablement plus alimenté durant les périodes de non alimentation, l'inversion de sens des écoulements de l'eau, au voisinage de la faille de la Tremblaine en piedmont, en est en partie la cause.

La rivière l'Allondon, alimentée par les exurgences et/ou la source de Chevry (sillon de la Praslée), n'a plus de relation hydraulique avec le sillon de l'Allondon : "l'aquifère profond" ne reçoit plus d'apport en eau.

Les sources, qui ont pour origine l'affleurement des "nappes profondes" quand on va vers le Sud du secteur d'étude (sillon de Sergy, sillon de l'Allondon), tarissent (sources de Sergy, source de la Vierge à Pouilly...). En effet les réserves écoulables de ces aquifères sont épuisées.



En résumé notre modèle (planche 61) est donc constitué par deux entités que sont le système karstique, à l'intérieur duquel règnent un mode d'écoulement rapide et un mode d'écoulement lent, et un système alluvial représenté par 2 types d'aquifères à l'intérieur desquels il y a prépondérance des écoulements lents.

Ces deux entités, qui ont également un rôle de stockage des eaux, sont en relations entre elles, soit directement lorsqu'elles ont une limite commune (en piedmont), soit par l'intermédiaire de la rivière l'Allondon.

Enfin nous n'avons pas mis en évidence de relations entre la molasse et les terrains du Secondaire et/ou du Quaternaire.

8- CONCLUSIONS

L'étude du système Allondon nous a permis de compléter notre modèle hydrogéologique et cela en y rapportant les enseignements acquis par l'analyse de bassin de plaine. Nous avons donc dans un premier temps décrit le système, puis défini les unités hydrogéologiques (niveaux aquifères, niveaux imperméables), puis analysé les modes d'écoulements et de stockage des eaux, enfin nous avons mis en évidence un certain nombre de relations entre les différents sous-systèmes du secteur d'étude.

Le bassin de l'Allondon de montagne doit être considéré comme une entité très fissurée, localement affectée par des accidents importants, à l'intérieur de laquelle deux niveaux géologiques : le Kimméridgien et le Néocomien jouent un rôle d'aquifère et ont une influence sur les débits aux sources. Mais ces deux niveaux, de par leurs relations étroites, représentent un seul ensemble hydrogéologique.

En plaine deux types d'aquifères ont été définis : des nappes superficielles et des nappes "profondes", celles-ci ont des modes d'alimentation distincts ; d'une part, l'infiltration des précipitations ainsi que des apports de la rivière Allondon et d'autre part, des transferts depuis les systèmes voisins.

Les réserves des aquifères du bassin de l'Allondon sont faibles ; ceci se traduit par de très faibles débits d'étiage à l'Allondon ainsi que par les faibles volumes d'eau susceptibles d'être pompés en basses eaux dans les aquifères "profonds".

L'excavation du tunnel LEP nous a permis d'observer et d'analyser le comportement hydrogéologique des dépôts molassiques.

Nous confirmons son rôle de niveau imperméable en grand vis à vis des unités hydrogéologiques sus-jacentes puisque les rares circulations rencontrées dans la molasse sont très lentes et caractérisées par une minéralisation importante.

Enfin nous avons explicité les comportements des différents aquifères ainsi que leurs relations qui varient en fonction des conditions hydroclimatiques. En particulier, selon que l'on se trouve en période de hautes eaux ou de basses eaux le sens des écoulements des eaux est différent, il en est de même quant aux modes d'écoulements de ces eaux.

Il est bien évident que le modèle de fonctionnement qui a été présenté n'est pas spécifique à la région étudiée. Il peut être utilisé dans bien des cas ; chaque fois qu'il existe des aquifères karstiques/fissurés en relation étroite avec des aquifères alluviaux. Parfois il devra être adapté, puisque la molasse peut, elle aussi, renfermer des niveaux aquifères, ce qui accroît la complexité du modèle.

- HYPOTHESE SUR L'ORIGINE DE LA DIFFERENCIATION DE
"L'ALLUVION ANCIENNE" EN FORMATION SECHE OU AQUIFERE -

(Chapitre V)

CH. V - HYPOTHESE SUR L'ORIGINE DE LA DIFFERENCIATION DE
"L'ALLUVION ANCIENNE" EN FORMATION SECHE OU AQUIFERE.

1 - INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent (étude du bassin de plaine de l'Allondon), nous avons évoqué la particularité concernant l'extension vers le Sud des aquifères contenus dans les sillons de l'Allondon et de Sergy ; à savoir que "l'alluvion ancienne", sens large, n'est plus le siège de circulation d'eau importante en aval de Pouilly (commune de St-Genis). Ceci avait déjà été observé lors des premières études géologiques régionales (BEGG - 1965) et confirmé par les travaux de G. Hugot (1982), de l'université de Lausanne (1981-1982) et de l'université de géologie de Liège (1982-1983-1984). Le phénomène s'étend à l'ensemble de la plaine gessienne ; les différents sillons (Sergy, Allondon, Chenaz, Oudar...) connus dans notre zone d'étude sont uniquement aquifères dans leur partie amont. Les formations gravelo-sableuses de "l'alluvion ancienne" se sont toujours montrées parfaitement "sèches" à l'occasion des investigations faites, par forages mécaniques ou par sondages électriques, au Sud et Sud-Est du pays de Gex.

Dans un premier temps nous résumerons les enseignements apportés par les travaux antérieurs, ce qui nous donnera une image de l'hydrogéologie de l'ensemble de la plaine et nous permettra de confirmer nos observations sur les modes d'écoulements des eaux et leurs relations. De plus, nous tenterons de mieux définir les phénomènes géologiques qui sont à l'origine des variations de l'hydraulicité des "aquifères profonds" contenus dans les sillons molassiques.

2 - RAPPEL SUR L'HYDROGEOLOGIE DES BASSINS DU JOURNANS-LION
(G.HUGOT 1982 ; A. MONTJOIE 1983-84) ET DU BASSIN DE L'ODAR

2.1 Les écoulements de surface

Le Journans draine le bassin de montagne situé au Nord du bassin de l'Allondon qui correspond au creux de l'Envers (superficie : 13 km²). Dans cette grande combe les formations du Jurassique supérieur ont été érodées, et ce sont les terrains de Jurassique moyen et

inférieur que l'on voit à l'affleurement (cf. carte géologique Pl.7).

La majeure partie de la plaine, située à l'Est du système Allondon est drainée par le Lion dont le flot d'écoulement est grossi par les apports du Journans. La superficie est de 34 km².

Les débits de ces deux rivières sont contrôlées en continu, depuis 1982, aux stations limnigraphiques installées à Gex en ce qui concerne le Journans, et à St-Genis pour le Lion.

Le bassin de montagne de l'Oudar, au Nord de Gex, n'est pas parcouru par un système d'écoulement superficiel important et permanent. Sauf pendant les périodes très pluvieuses ou de fonte des neiges. Les eaux s'écoulent alors par l'Oudar, dont le lit n'est bien défini qu'à partir du lieu-dit "la Goutte" (altitude : 830 mètres). En plaine, de nombreux ruisseaux temporaires rejoignent l'Oudar. Les plus importants sont : le ruisseau de Maraichet (Sud-Est de Gex), les sources de "Champ Régoud" (situées entre Gex et Vesancy), et le ruisseau de Tuteigny.

D'une manière générale des débits écoulés en surface sont faibles. Nous avons effectué une campagne de jaugeage sur ce bassin en Juin 1985. Les débits en piedmont (de l'Oudar à Gex-la-Ville, du ruisseau de Tuteigny à Tuteigny, du Fion à Vesancy et de la source de Champ Régoud) étaient de 57 l/s au total. Ceci est une valeur très faible pour un impluvium de 31 km². A titre de comparaison, le débit du Jour à Gex était de 170 l/s et celui de l'Allondon à Naz de 400 l/s, à la même période. A l'exutoire du bassin de plaine (Versonnex) le débit de l'Oudar était de 610 l/s.

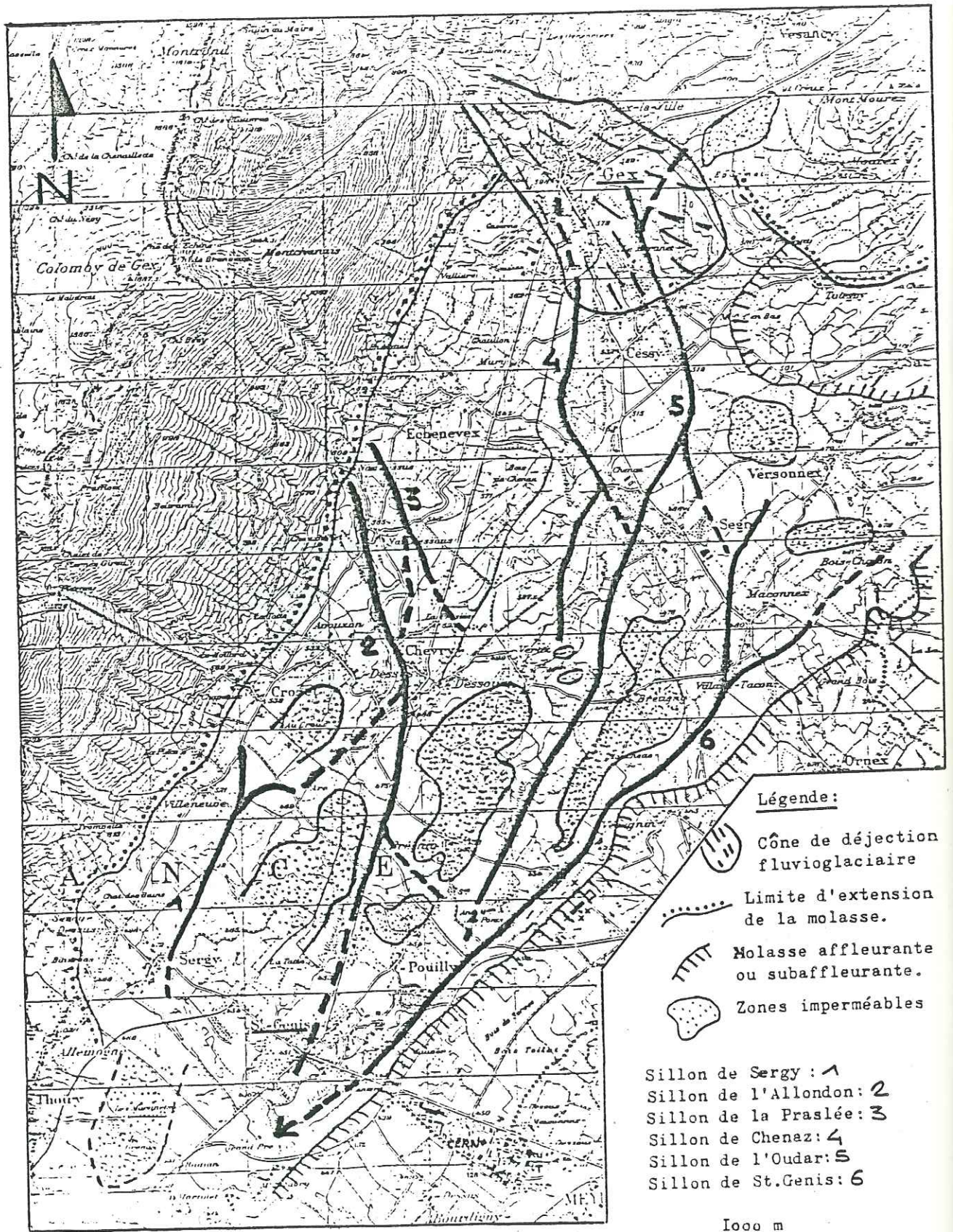
2.2 Les écoulements souterrains

Les recherches par prospections électriques et sismiques (BEGG 65, université de Lausanne 1981-82, Bureau DERIAZ 1982, université de Liège 1983-84 et la société Hydroforage 1978 et 85) ont décelé l'existence d'un certain nombre de surcreusements dans la molasse qui contiennent ou non des niveaux "aquifères profonds". Ces derniers sont représentés par les dépôts à dominante gravelo-sableuse de "l'alluvion ancienne", comme dans le cas des sillons de Sergy et de l'Allondon. On distingue d'Est en Ouest :

- Le sillon de Chenaz
- Le sillon de l'Oudar
- le sillon de St-Genis

(cf. extension et localisation des sillons planche 63)

Le SILLON DE CHENAZ qui est assez bien défini de l'Ouest de Cessy à Veraz, renferme une nappe captive dont la cote du toit se situe entre 15 et 30 mètres de profondeur par rapport à la surface topographique,



D'après A.MONTJOIE (1984) - modifié

selon le lieu. Le niveau de l'eau est à -6 mètres en moyenne au piezomètre SLP4/5 (Mury) et au sol (léger artésianisme) en aval des puits de captage de Chenaz.

Ce sillon est alimenté en grande partie par des écoulements souterrains provenant du bassin du Journans. En effet, l'analyse hydrologique a permis de déceler un déficit d'écoulement à l'exutoire du bassin du Journans en montagne. Une partie des eaux précipitées sur l'impluvium sort donc du bassin par déversements occultes en amont de la ville de Gex et doit rejoindre le sillon de Chenaz (G. Hugot 1982 - A. Montjoie 1982-1983).

De plus G. Hugot a montré, en effectuant des jaugeages différentiels que les eaux du Journans se perdent à l'Ouest de Cessy et réapparaissent 1500 mètres en aval, près du lieu-dit "les Claisets" (à l'Ouest de Segny), après avoir transité par la nappe du sillon de Chenaz.

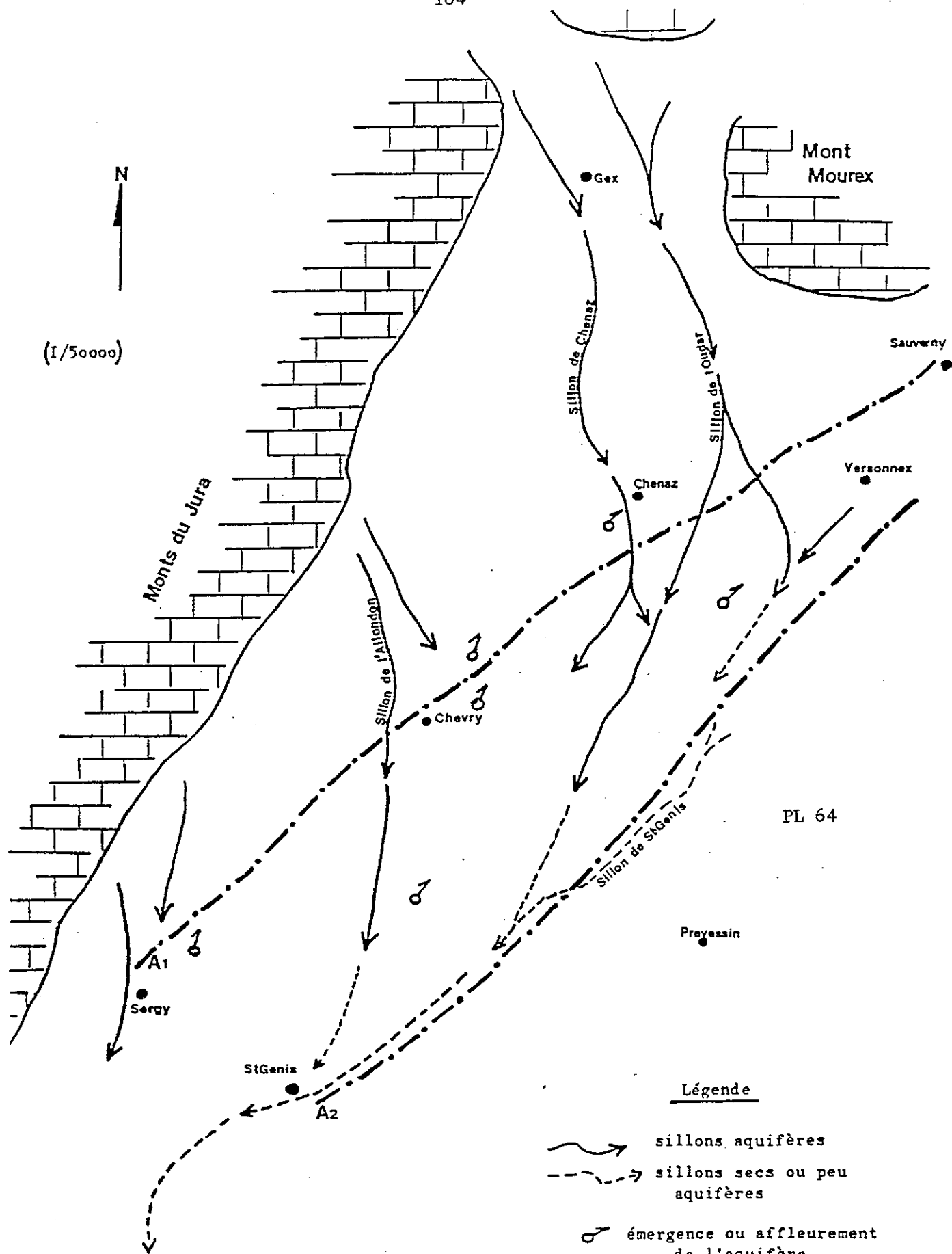
Au Sud des captages de Chenaz une fraction des eaux circulant dans l'aquifère parvient à l'air libre et forme des sources. L'autre partie, comme nous l'avons dit ci-dessus assure la réalimentation du Journans. A son extrémité Sud, à Veraz, le sillon de Chenaz est sec.

Les données disponibles concernant le SILLON DE L'OUДАР sont moins denses. Il a été recoupé par sondages mécaniques près de lieu-dit "les Pachottes" (Sud-Est de Cessy - sondages CERN SPL 5/1-5/6-5/7-5/8), et reconnu au Nord et au Sud par prospection géophysique. La nappe du sillon de l'Oudar est apparemment alimentée depuis le Nord par l'aquifère de "Pré-Bataillard", situé dans l'ancien cône de déjection fluvio-glaciaire du Journans et de l'Oudar. Ce dernier étant rechargé par alimentation sous-alluviale par le karst, depuis les contreforts du Jura. Ce qui explique le fait que l'on ait de faibles écoulements de surface sur le bassin de l'Oudar.

Au sud il semble qu'il y ait une divergence du surcreusement molassique. Vers le Sud le sillon de l'Oudar se raccorde au sillon de St-Genis dans les environs de Pregnin et vers l'Est, il rejoint le même sillon mais au niveau de Maconnex. Au Sud le sillon est sec et vers l'est la nappe affleure et alimente les sources du Lion.

Le SILLON DE ST-GENIS a été assez bien reconnu de Bois-Chatton à St-Genis, selon un axe NE-SW. Il forme l'entité aquifère située le plus à l'Est du bassin gessien, puisqu'au delà la molasse imperméable est subaffleurante. Dans sa partie Nord (Maconnex) ce sillon est très large et se dirige d'une part vers le NW en direction du sillon de l'Oudar, et d'autre part vers le NE en direction de Bois-Chatton. L'aquifère situé dans ce secteur est alimenté par la nappe du sillon de l'Oudar. Les sources du Lion semblent être l'unique exutoire de cette nappe car plus au Sud, à l'Est et à l'Ouest l'on n'observe (sondages géophysiques)

(1/50000)



PL 64

Légende

~> sillons aquifères

- - -> sillons secs ou peu aquifères

♂ émergence ou affleurement de l'aquifère

A Alignements morainiques

que des zones imperméables ou perméables mais non aquifère. Ces zones, où les circulations d'eau souterraines sont absentes, se poursuivent jusqu'au Nord de Vesegnin (laboratoire de Prévessin-CERN). A l'aval, l'épaisseur d'aquifère est très réduite et les possibilités d'alimentation très faibles (percolation des eaux météoriques au travers de la moraine limoneuse). Au Sud le sillon est sec.

3 - HYPOTHESE SUR L'ORIGINE DE LA DIFFERENCIATION DE "L'ALLUVION ANCIENNE" EN FORMATION SECHE OU AQUIFERE

La molasse du bassin genevois a subi très tôt, dès le Néogène (ère Tertiaire), les effets de l'érosion fluviatile et les sillons que l'on "observe" actuellement ont dû être ébauchés à cette époque. Au Riss (ère Quaternaire), les glaciers alpins et jurassiens ont accentué cette morphologie et ont contribué à la mise en place de la moraine de fond argileuse. Durant l'Interglacière ou les Interglaciaires Riss-Wurm "l'alluvion ancienne" (dépôts fluvio-glaciaires) s'est déposée et a comblé en partie les surcreusements de la molasse. Au Wurm le ou les avancées et reculs successifs (Wurm 1, Wurm 2...) des glaciers ont pu remanier "l'alluvion ancienne" et c'est à cette époque que s'est déposée la moraine limoneuse récente. Enfin le retrait définitif des glaciers a été accompagné par des épandages fluviatiles (graviers de retrait du Wurm) qui constituent localement les aquifères superficiels.

3.1 Les observations

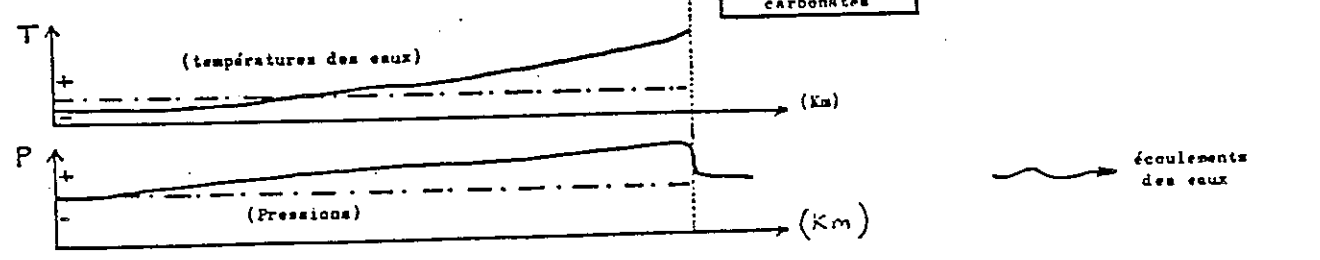
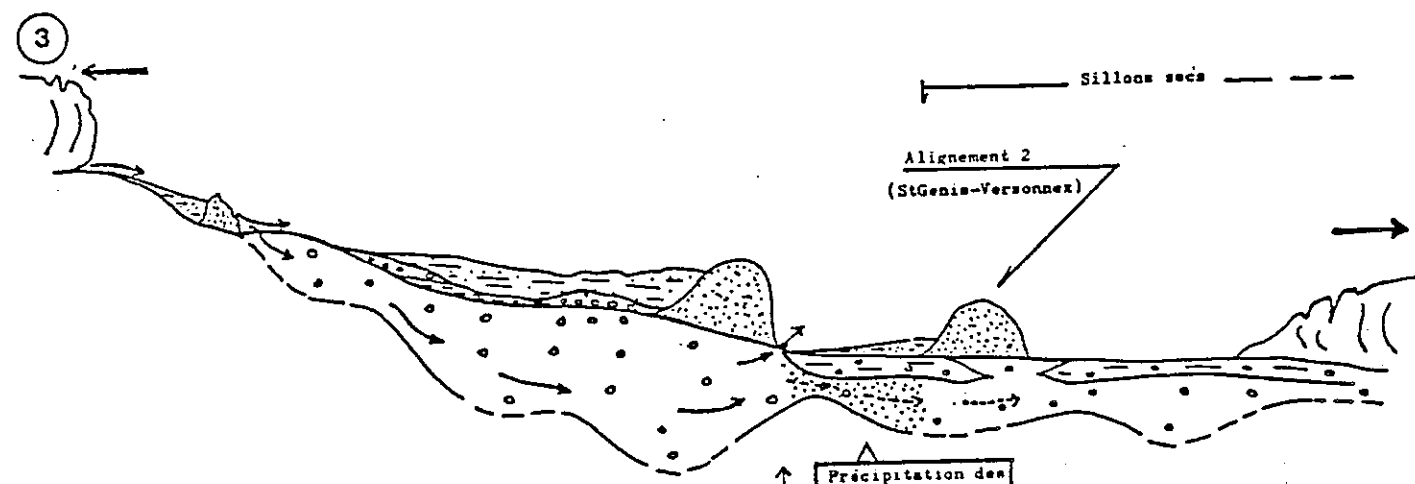
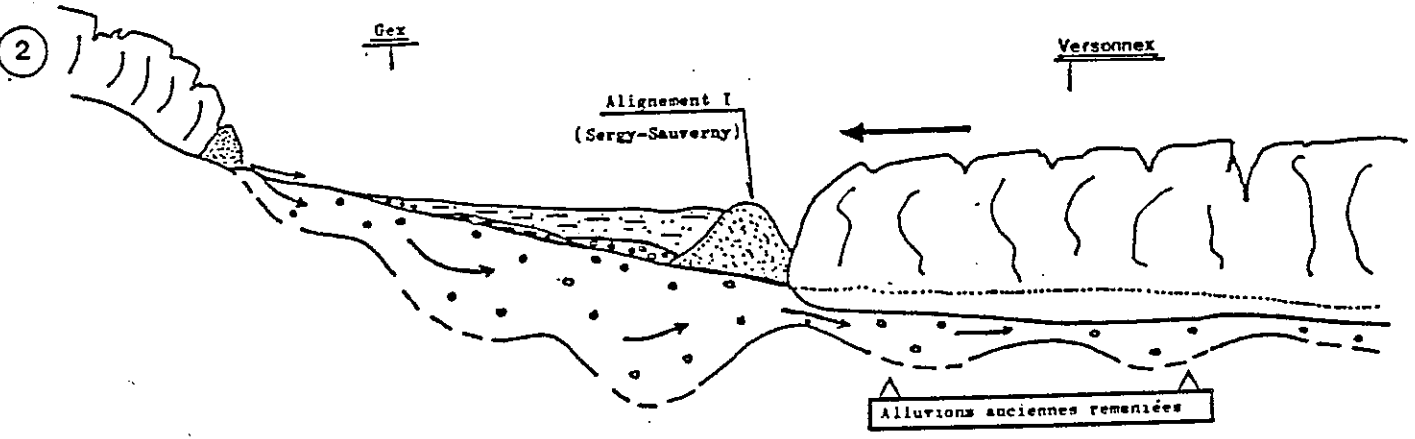
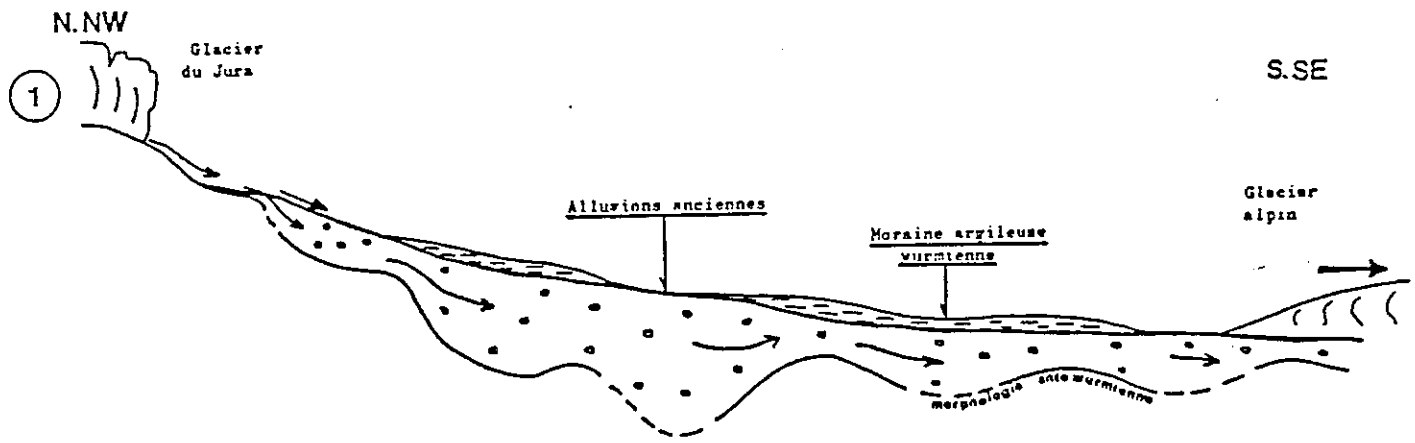
Le fluvioglaciaire constitue les aquifères les plus importants du Pays de Gex et ceci principalement dans la zone Nord de la plaine, puisqu'au Sud-Est d'une ligne St-Genis-Versonnex ce matériel gravelo-sableux est pratiquement sec.

Les sondages mécaniques et les diverses prospections géophysiques n'ont jamais mis en évidence de niveau imperméable franc le long de cette ligne NE-SW précitée, mais tout au plus une augmentation du nombre de passées argileuses et des niveaux cimentés. Au delà de cette ligne fictive, les épaisseurs de graviers restent importantes.

L'étude par photo aérienne a permis de mettre en évidence des ALIGNEMENTS morainiques qui correspondent à des restes de moraines latérales mises en place lors des avancées et stationnements importants du glacier wurmien.

Il est intéressant de noter que les deux alignements les plus nets qui s'étendent, l'un de Sergy à Sauverny (noté A1 - planche 64), et l'autre moins marqué dans la topographie, de St-Genis à Versonnex (noté A2 - planche 64), selon une direction NE-SW, se calquent à la zone de transition "Sillons sec-Sillons aquifères". Il semble donc que l'individualisation hydrogéologique du remplissage des surcreusements soit liée à cette juxtaposition très nette sur la planche 64.

- Schéma sur la différenciation des alluvions anciennes en sillons secs ou aquifères -



3.2 Interprétation (PL.65)

A partir des observations précédentes on peut imaginer qu'avant la glaciation wurmienne les dépôts perméables de "l'alluvion ancienne", alimentés depuis les Monts Jura, formaient un aquifère homogène du Nord au Sud du Pays de Gex (stade 1 - PL.65). Ces dépôts ont été par la suite decapés en partie, ou remaniés et enrichis en argiles lors de l'avancée des glaciers alpins au Wurm. L'alignement morainique A1 est la trace de la progression maximum (stade 2 - PL.65). La perméabilité des alluvions a été ainsi localement réduite et ceci a dû favoriser la remontée de la nappe vers la surface. C'est ainsi qu'on dû naître les sources du Lion, de Chenaz et de la Praslée.

De plus, les carbonates véhiculés par les eaux souterraines ont dû ensuite intensifier le colmatage dans les environs des sources et transformer par place la moraine gravelo-limoneuse en poudingue, selon le processus suivant :

- les eaux de fonte des glaciers jurassiens et les eaux des aquifères karstiques qui alimentaient les sillons (stade 3 - PL.65) devaient se réchauffer durant leur parcours souterrain en plaine. De ce fait elles avaient une température plus élevée lorsqu'elles transitaient à l'aplomb de l'alignement morainique (ex. A1).
- De surcroit, en aval de la moraine, l'épaisseur de terrains située au dessus du niveau piézométrique devait se réduire brutalement ; ceci étant dû à la morphologie du moment et à l'affleurement de la nappe explicité plus haut. L'on peut donc penser que ce contexte a favorisé une baisse brusque des pressions exercées sur l'eau en contrebas de la moraine. Cette chute des pressions, accompagnée du réchauffement des eaux, a pû créer des conditions favorables à une précipitation chimique, et amplifier ainsi l'individualisation.

Le remaniement de "l'alluvion ancienne" et la précipitation des carbonates contenus dans l'eau seraient donc à l'origine d'une part de la division des sillons en deux secteurs hydrauliquement distincts et, d'autre part à l'origine des sources principales de notre secteur d'étude. Ceci implique que les recherches en eau pour l'alimentation des communes du Pays de Gex doivent être approfondies dans la partie amont de la région ; c'est-à-dire là où "l'alluvion ancienne" est le siège de circulations d'eau importantes.

- CONCLUSIONS GENERALES -

CONCLUSIONS GENERALES

Parvenu au stade final de cette étude l'ensemble des informations obtenues dans les différents domaines de la géologie, de l'hydrologie et de la climatologie, nécessaires à la compréhension des modalités de fonctionnements des aquifères, peuvent être synthétisés.

- L'étude CLIMATOLOGIQUE, concernant les années 1982, 1983 et 1984, montre que la pluviosité est très différente entre le bassin de montagne et le bassin de plaine. Mais, malgré l'importance du réseau pluviométrique et sa bonne répartition dans l'espace, il n'est pas possible d'établir de gradients altimétriques précis des précipitations mensuelles (par régression linéaire simple). Nous avons eu recours, pour apprécier l'évolution de la pluviométrie en fonction de l'altitude, à une méthode de calcul par tranches d'altitudes.

Moyenne de précipitations annuelles (1982, 1983, 1984) :					
					pour des altitudes comprises entre 400-600 m = 1070 mm
"	"	"	"	"	600-900 m = 1585 mm
"	"	"	"	"	900-1700 m = 2234 mm

En ce qui concerne l'évapotranspiration en plaine nous avons comparé les résultats donnés par les formules empiriques et par la balance évaporimétrique. A partir de cette analyse il nous est paru intéressant de retenir les formules de "Primault (1981)" et de "Thornwhaite", qui semblent particulièrement bien adaptées au secteur d'étude. Les valeurs de l'ETP et de l'ETR sont assez voisines pour les années 1982 et 1983, ce qui s'explique par l'existence d'une couverture végétale importante. Par contre, elles ne le sont pas pour 1984. Mais cette année a été déficitaire en précipitations, en particulier les mois de Printemps et d'Eté

- Nous avons également précisé les limites des deux systèmes du BASSIN DE MONTAGNE. Les traçages ont permis de mieux définir la limite Sud du système Allemogne et les profils piézométriques ont mis en évidence une fluctuation de la limite (en piedmont) entre les systèmes de l'Allemogne et de l'Allondon, (en période de hautes eaux l'impluvium de l'Allemogne a tendance à s'étendre vers le Nord au détriment de celui de l'Allondon).

A partir des observations géologiques de surface deux aquifères de type karstique ont été déterminés, ils sont situés dans les niveaux carbonatés du Kimméridgien et du Barrémien. De plus, les données souterraines recueillies lors du percement du tunnel LEP (ouvrage CERN) nous ont amené à envisager l'existence d'un troisième système hydraulique : l'aquifère fissural représenté par les formations calcaires du

Néocomien (calcaires de Thoiry = Berriasien ; Valanginien ; calcaires de Neuchâtel = Hauterivien). De surcroît, la galerie LEP nous a permis d'accéder et de visualiser les différents types de remplissage, colmant en partie les failles et les diaclases qui affectent la série néocomienne ; en particulier

- * la gompholite (conglomérat de base de la molasse chatienne) qui n'affleure que très rarement dans la région étudiée,
 - * les remplissages karstiques et synsédimentaires (argiles de décalcification, argiles des dépôts Albo-Aptien),
- qui ont un rôle majeur dans le comportement hydrogéologique des systèmes envisagés.

D'autre part deux types de venues d'eau ont été recensées dans le tunnel et distingués par analyses chimiques et physico-chimiques. Des circulations d'eau très lentes (température plus élevée, minéralisation plus forte) et des circulations d'eau rapides ; ces dernières confirmant la présence de relations entre l'aquifère fissural et les aquifères karstiques. Enfin l'analyse des réponses des exurgences ainsi que l'étude hydrogéologique (bilans d'eau) ont permis d'affiner les connaissances sur le fonctionnement des trois aquifères de montagne en présence, explicitant aussi bien les différents modes d'écoulements que les relations avec les nappes des bassins adjacents. De plus, les observations faites sur plusieurs années montrent que les systèmes hydrogéologiques n'ont pas un comportement figé et qu'il peut varier d'une année à l'autre selon les conditions hydroclimatiques.

Ainsi nous avons pu proposer un modèle des systèmes de montagne. C'est-à-dire représenter les entités hydrauliques jurassiennes par deux réservoirs : l'un "rapide" et l'autre "lent". Le premier symbolisant les niveaux à forte conductivité hydraulique (porosité de chenaux et de conduits) du Barrémien et du Jurassique supérieur et le second les terrains à plus faible perméabilité (porosité d'interstices et de fissures) du Barrémien, du Jurassique supérieur et du Néocomien. Ces réservoirs ont chacun un rôle particulier (ex: prépondérance du rôle de stockage dans le réservoir lent) et différent selon que l'on se trouve en période d'alimentation ou de non-alimentation. Il est intéressant de rappeler que ce modèle est plus simple en ce qui concerne le bassin de l'Allondon puisque les exurgences ne drainent pas l'aquifère Barrémien, contrairement à celles du système de l'Allemogne. La localisation du niveau de base géographique de ces exurgences en est à l'origine. Cela explique en partie le tarissement rapide des sources de l'Allondon à Naz en période de non-alimentation.

- En PLAINE, les horizons aquifères avaient déjà été recensés lors des travaux hydrogéologiques précédents. A savoir, des nappes superficielles, à très faible capacité de stockage et seulement alimentées par les précipitations, situées dans les dépôts du "glaciaire récent" et des "aquifères profonds" contenus dans le remplissage des surcreusements molassiques. Les récentes études (géophysiques et sismiques) ont contribué à augmenter nos connaissances sur ces différents

horizons, surtout en ce qui concerne leur extension dans l'espace. Le suivi de la climatologie, de la débitimétrie et de la piézométrie a mis en évidence les relations existantes entre les différents aquifères connus.

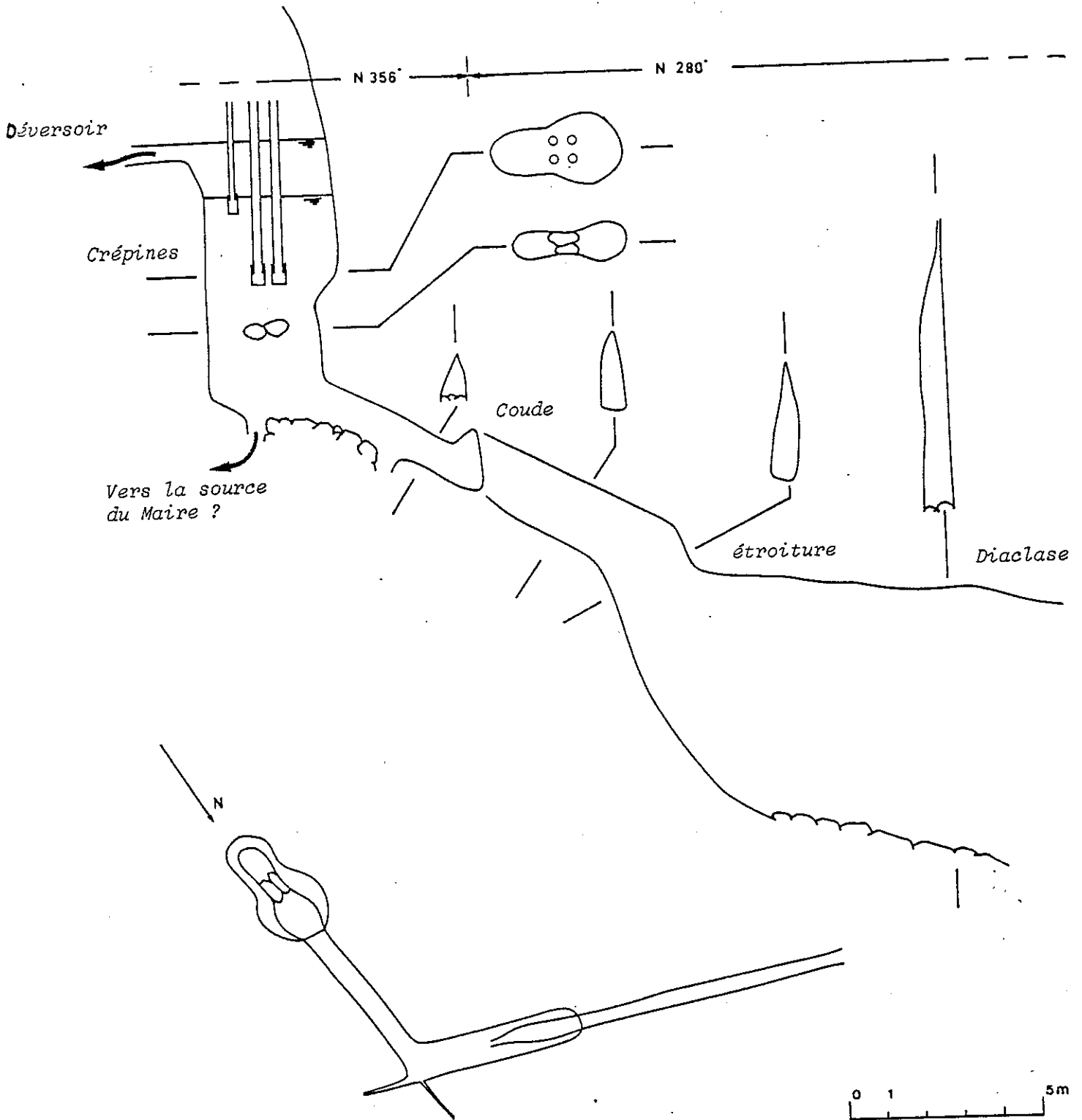
La construction de l'accélérateur de particules LEP, ouvrage souterrain de 27 kilomètres de circonférence entrepris par le CERN, nous a permis de bénéficier d'un grand nombre de données concernant la climatologie, l'hydrologie et la géologie ; nous avons pu ainsi appréhender le fonctionnement des aquifères situés dans la région. Il nous est aussi paru intéressant de réunir ces informations sous la forme d'un modèle théorique et ceci dans le but de faciliter le travail des chercheurs qui auraient à analyser des systèmes similaires, mais qui ne disposeraient pas d'autant de moyens d'investigation.

- ANNEXES -

ANNEXE I

	Température moyenne				Insolation				Humidité relative moy.				
	82	83	84		82	83	84		82	83	84		
J	3	2,1	1,8		38	74	59			82	82	77	Genève_Cointrin 416m.
P	2,4	0,4	1,5		81	42	80			80	77	72	
M	5	5,9	3,5		138	148	158			64	71	71	
A	8,8	8,9	8,3		269	84	219			58	74	66	
M	13,4	11,2	10,4		206	84	90			65	75	74	
J	17,3	17,7	16,1		170	215	225			72	67	67	
J	20,2	22,7	19,6		218	294	293			68	62	60	
A	17,9	19,4	18,4		191	179	202			73	42	67	
S	16,0	15,9	13,9		193	194	142			77	72	74	
O	9,7	10,4	10,6		62	156	114			85	76	78	
N	6,2	5,2	6,4		68	39	47			82	80	86	
D	3,7	2,2	2,8		51	78	40			80	79	83	
\bar{X}	10,3	10,2	9,5	TOTAL	1685	1587	1667	Moyenne: \bar{X}		73,8	71,4	72,9	
J	-1,3	-0,2	-4,3		89	78	46			79	69	85	La Dôle 1675 m.
P	-1,8	-5,3	-6,4		140	83	94			73	80	80	
M	-3,4	-0,4	-3,6		105	139	171			83	78	75	
A	0,3	0,7	0,4		250	60	204			68	83	72	
M	5,8	2,6	-1,8		178	48	66			72	89	88	
J	9,5	9,7	8		124	159	191			82	80	77	
J	13,1	16,3	11,4		193	271	249			75	64	68	
A	10,2	11,3	10,4		157	117	156			85	80	80	
S	10,4	9,5	6,1		171	177	105			81	73	87	
O	4,1	5,3	5,3		91	173	155			83	72	72	
N	1,7	2,7	3,4		104	181	100			78	63	68	
D	-1,6	-0,6	-1,4		87	135	123			82	65	69	
\bar{X}	3,9	4,3	2,6	TOTAL	1689	1621	1660	Moyenne: \bar{X}		78,4	74,7	76,7	

ANNEXE II



PUITS MATHIEU - THOIRY (01)
Levé topographique au 01/03/85
LOCATELLI Ch. - LE PENNEC R.

ANNEXE III

	Référence carte																		
	Référence BRGM																		
	Référence sondeur																		
	Mission tux																		
	Cote TN																		
	Profondeur niv. stat.																		
	Cote niveau statique																		
	Puissance aquifère																		
	Profondeur du mur																		
	Cote du mur de nappe																		
	Débit critique																		
	Perméabilité																		
	Transmissivité																		
1	2	2	S1	475	2,7	472,3	1,3	4,0	471,0	5	3,0	0,4							
2	2	S2	466	6,0	460,0	4,0	10,0	456,0	40	1,9	6,0								
3	2	S3	470	4,2	465,8	5,8	10,0	460,0	50	1,7	8,5								
4	2	S4	468	7,6	460,4	1,4	9,0	459,0		-									
5	2	S5	475	5,2	469,8	1,3	6,5	468,5		-									
6	2	S6	470	5,0	465,0	5,8	10,8	459,2	>35	1,7	1,0								
8	8	S1	470	0,8	469,2	6,7	7,5	462,5	>80	-	-								
9	9	S2	466				5,8		>80	-	-								
13	13	N1	464	3,5	460,5	3,9	7,4	456,6	-	-	-								
17	7	Pts	470	3,6	466,4	8,2	11,8	458,2	>50	1,2	1,0								
18	14	S2	461	1,8	459,2	4,3	7,5	453,5	40	6,0	2,6								
20	NR	Pts	455	1,3	453,7	4			150	4,5	1,7								
33	33	C	461	2,6	458,4	6,1	8,7	452,3	>60	2,1	1,6								
34	34	A	466	5,5	460,5	4,5	10,0	456,0	>60	10-3	10-2								
35	35	B	463	3,7	459,3	7,3	11,0	452,0	>60	10-3	10-2								

Données hydrodynamiques - Nappe de ST.Genis

(Sillon de l'Allondon)

LISTE DES FIGURES

No		page
1	Situation géographique.....	13
2	Plan de situation.....	14
3	Réseau hydrographique.....	16
4	Carte géologique schématique.....	18
5	Coupe géologique schématique.....	20
6	Colonne lithostratigraphique.....	21
7	Carte géologique locale.....	22
8	Réseau météorologique.....	26
9	Précipitations mensuelles (1981-82-83-84).....	28
10	Répartition saisonnière des précipitations.....	30
11	Précipitations en fonction de l'altitude.....	32
12	ETP selon Primault 1981.....	34
13	ETP pour les années 1982-83-84.....	36
14	Bilan hydrologique 1983-84 (Alt. supérieures à 600m).....	38
15	Bilan hydrologique 1983-84	40
16	Bilan hydrologique 1983-84 (Alt. inférieures à 600m).....	41
17	Limites du Bassin de l'Allemogne.....	44
18	Carte des colorations (Bassin de l'Allemogne).....	46
19	Localisation des sondages et des limnigraphes.....	48
	B.V. de l'Allemogne	
20	Piézométrie - sondages SPM15 à SPM19.....	49
21	Situation des principales venues d'eau dans le tunnel LEP.....	57
	du PM 0 au PM 1920	
22	Variations des débits d'eau et des concentrations.....	58
	en limons au PM 1020 - Galerie LEP	
23	Analyses d'eau - Bassin de l'Allemogne.....	60
24	Débits mensuels 1982-83-84 (B.V. de l'Allemogne).....	64
	Représentation graphique	
25	Modules hydrologiques du système Allemogne.....	67
26	Variations de la température et de la conductivité.....	68
	durant les années 1982-83-84 - Allemogne source.	
27	Variations de la conductivité en 1982.....	69
	Source du Maire et de l'Allemogne	
28	Relations pluies-débits (Février 1985).....	70
	Allemogne - Source du Maire	
29	Etude de crue au Puits-Mathieu (19-20 Juin 1985).....	72
30	Débits en fonction du temps (27.06 - 03.09.1984).....	74
	Sources d'Allemogne et du Maire	
31	Inventaire des crues - Bassin de l'Allemogne.....	76
32	Ajustement des crues selon une loi de Gumbel.....	77
	Bassin de l'Allemogne	
33	Bilan hydrométéorologique - Système Allemogne.....	82
34	Schéma des écoulements dans un système karstique.....	86

No	page
35	Coupe hydrogéologique - Système Allemogne.....88
36	Carte hydrogéologique (Système Allemogne).....90
37	Limites du bassin Versant de l'Allondon.....96
38	Situation des sondages (Allondon en montagne).....99
39	Profil géologique G2 - G3.....101
40	Profil géologique SPM9 - SPL 4/3.....103
41	Evolution de la piézométrie aux sources de l'Allondon.....104
42	Failles de l'Allondon. Bloc diagramme schématique.....105
43	Organisation des dépôts Quaternaire.....108
44	Tracé des sillons de plaine.....111
45	Carte hydrogéologique - Bassin de l'Allondon.....112
46	Coupe d'interprétation - Sillon de l'Allondon (BEGG - 1965).....114
47	Implantation des puits - Aquifère Flies-St.Genis.....116
49	Coupe hydrogéologique - Sillon de l'Allondon.....117
50	Variations du niveau piézométrique au puits 33.....119
51	Valeurs des précipitations à Villeneuve,.....120 des débits de l'Allondon à Naz, des niveaux d'eau au puits 33 décade par décade, année 1984 .
52	Evolution des précipitations par rapport à la moyenne.....123 Bassin de l'Allondon
53	Courbe des débits moyens mensuels de l'Allondon.....126
54	Sources de l'Allondon. Débits de mise en charge.....128
55	Inventaire des crues de l'Allondon (1981 à 1985).....132
56	Reconstitution des crues de l'Allondon.....135
57	Evolution des températures et des conductivités.....138 des eaux de l'Allondon (1982.1983.1984)
58	Variation de la conductivité en fonction du temps.....140 à l'Allondon et à l'Allemogne.
59	Bilan hydrométéorologique. Altitudes inférieures à 600m.....144
60	Coupe hydrogéologique. Bassin de l'Allondon.....150
61	Schéma des écoulements. Bassin de l'Allondon.....152
62	Sens des écoulements.....155
63	Tracé des sillons. Bassin de plaine.....162
64	Juxtaposition des alignements morainiques et de la zone.....164 de transition: "sillons secs-sillons imperméables"
65	Schéma sur la différenciation des alluvions anciennes.....166 en "sillons secs ou aquifères"

BIBLIOGRAPHIE

- AL-AMBAR N. (1979) - Infiltration et écoulement en milieu karstique. Etude statistique des données climatologiques et hydrologiques. Bassin versant du Furon, Vercors - Thèse 3ème cycle, Grenoble.
- AMBERGER G. (1980) - Etude du quaternaire de la région lémanique. *Eclogiae geologicae helvetiae*. Vol 71 No 1.
- AMBERGER G. (1983) - Critique des données nécessaires pour la simulation d'une nappe souterraine - Application à la nappe de l'Arve. *Fonde National Suisse de la Recherche Scientifique*.
- VERSTRAETE P.
- ARIKAN Y. (1964) - Etude géologique de la chaîne du Grand-Crédo-Vuache. *Eclogiae geologicae helvetiae*. Vol 54 No 1.
- AUDERT D. (1965) - Calotte glaciaire et paléomorphologie jurassienne. *Eclogiae geologicae helvetiae*. Vol 58 No 1.
- BAUDOIN F. (1984) - Hydrogéologie de l'avant pays de Chartreuse (Isère) - Hydrodynamique karstique et alluviale. Thèse 3ème cycle, Grenoble.
- BOIS Ph. (1980) - Hydrologie générale - Institut Polytechnique de Grenoble.
- BOZONAT JP. (1980) - Infiltration et circulation des eaux dans les calcaires fissurés - Hydrogéologie et bilan hydrique du secteur septentrional du massif de Chartreuse - Thèse 3ème cycle, Grenoble.
- BRESSE-BUGEY-SPELEO (1978) - Inventaires des Monts Jura de l'Ain.
- BURGER A. (1981) - Hydrogéologie des tunnels du Jura Suisse. Rapport Université de Neuchâtel - Centre d'Hydrogéologie.
- BURGER A. (1983) - Prospection et captage des eaux souterraines des roches carbonatées du Jura - Fond National Suisse de la Recherche Scientifique.
- B.E.G.G. (1965) - Etude hydrogéologique du Pays de Gex - CERN.
- CASTANY G. (1967) - *Traité pratique des eaux souterraines* - Dunod-Paris.
- CERN (1980) - Etude géologique et géotechnique prévisionnelle - Documentation interne.
- CERN (1981) - Sondages de reconnaissance LEP - Documentation interne.
- CHAPELLIER D. (1981) - Etude géoélectrique de la région de Chenaz LEP-CERN. Documentation interne.
- CHAPELLIER D. (1981) - Sondages profonds G1-G3. Interprétation des diagraphies CERN-LEP. Documentation interne.

- DERIAZ (1982) - Lot Jura - Caractéristiques des roches. CERN-LEP. Documentation interne.
- DERIAZ (1982) - Interprétation des sondages SPM et SPL, CERN-LEP. Documentation interne.
- DERIAZ (1983) - Interprétation des sondages SPM et SPL, CERN-LEP. Documentation interne.
- DUCLOS Ch. (1980) - Observations aux sources de l'Allondon (Ain). Compte-rendu de la société de physique et de l'histoire naturelle de Genève. Vol 15 Fasc. 2.
- DROGUE C. (1964) - Sur l'étude hydrogéologique des resurgences de la région Nord-Montpellieraine.
- FOURNEAUX JC. (1975) - Etude des échanges nappe-rivière. La nappe de la plaine de l'Isère dans l'ombilic de Grenoble. Thèse d'Etat.
- FOURNEAUX JC. (1983) - Exemples d'influence des glaciers sur les circulations karstiques. Vol 1. Atti Convegno Internazionale sul Carso di alta montagna. Imperia - Mai 82.
- FOURNEAUX JC. (1976) - Comparaison des types de circulation dans les massifs karstiques des chaînes subalpines françaises à partir des études hydrogéologiques et les traçages recents. Ann. Sc. de l'université de Besançon. Fasc. 25 3ème série.
- FOURNEAUX JC. (1977) - Déficit d'écoulement et évapotranspiration dans les Alpes du Nord. 102ème congrès des sociétés savantes- Limoges.
- SARROT-REYNAUD J.
- FRANCISS F.O. (1970) - Contribution à l'étude du mouvement de l'eau à travers les milieux fissurés. Thèse de Docteur-Ingénieur, Grenoble.
- HUGOT G. (1982) - Hydrogéologie et paléomorphologie glaciaire du Pays de Gex (Ain) Grenoble, Thèse.
- JEREMIE JJ. (1976) - Contribution à l'étude des paramètres hydrologiques de la région lémanique. Thèse 3ème cycle Paris.
- JOUKOWSKY E. (1941) - Géologie des eaux souterraines du Pays de Genève. Genève, Ed. Kundig.
- KIRALY L. (1979) - Hétérogénéité de la perméabilité et de l'alimentation dans le karst. Effet sur la variation du chimisme des sources karstiques. Bulletin du Centre d'hydrogéologie de Neuchâtel.
- MULLER I.
- KRUMMENACHER (1971) - Données climatiques sur le bassin de la Valserine et ses environs (Ain) - Compte-rendu des séances de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Vol 7 Fasc 2 & 3.
- KUBLER B. (1985) - Analyse des remplissages de fissures. Tunnel LEP-CERN. Documentation interne.
- LANDRY P. (1985) - Enquête hydrogéologique et sanitaire sur l'émergence karstique de Puits Mathieu.

- LANTERNO E - (1980) - Etude prévisionnelle de la galerie de reconnaissance LEP-
MANGOLD-CLAVEL- CERN. Documentation interne.
CHAROLLAIS
- MALATRAIT A. (1981) - Etude géologique détaillée des Monts Jura à l'aplomb du
projet LEP-CERN. Documentation interne.
- MALATRAIT A. (1982) - Coupes géologiques développées au pied des Monts Jura.
CERN-LEP. Documentation interne.
- MALATRAIT A. (1982) - Etude géologique complémentaire des Monts Jura pour le
projet LEP-CERN. Documentation interne.
- MISEREZ JJ. (1973) - Géochimie des eaux du karst jurassien. Thèse université de
Neuchâtel.
- MONTJOIE A. (1981) - Etude hydrogéologique et hydrologique du projet de tunnel
LEP . Documentation interne CERN.
- MONTJOIE A. (1982) - Sondages G1, G2, G3, Synthèse CERN-LEP. Documentation interne.
- MONTJOIE A. (1982) - Synthèse hydrogéologique des sondages de Piedmont. CERN-LEP.
Documentation interne.
- MONTJOIE A. (1983) - Synthèse des données hydrogéologiques disponibles en plaine,
CERN-LEP. Documentation interne.
- MONTJOIE A. (1984) - Prospection géoélectrique - Etude de la plaine CERN-LEP,
Documentation interne.
- MONTJOIE A. (1974) - Hydrogéologie du massif du Grand Sasso - Extrait de la
collection des publications de la faculté des sciences
appliquées de l'université de Liège, Belgique.
- PRIMAULT B. (1981) - Extension de la validité de la formule suisse de calcul de
l'évapotranspiration, No 103-551-573 - Zurich.
- POCHON M. (1980) - Nouvelles observations sur la présence du paléokarst dans la
région de Neuchâtel (Jura-Suisse)- Bulletin de la société
MEIA J. neuchâteloise des sciences naturelles, Tome 103.
- REMENIERAS G. (1976) - Hydrologie de l'ingénieur, Ed. Eyrolles Paris.
- ROUEL J. (1982) - Inventaire des points d'eau. Hydrologie LEP. Rapport interne.
- ROUEL J. (1981) - Données hydrologiques et météorologiques destinées aux
études hydrogéologiques du CERN.
- SARROT-REYNAUD (1979) - Nature et mode de circulation des eaux rencontrées dans les
J./DELAQUAIZE B./ roches fissurées par des galeries récentes dans les Alpes
FOURNEAUX JC./LEGUY G françaises. Compte-rendu du 104ème congrès des sociétés
savantes, Bordeaux 1979.
- SOCIETE (1978) - Etude géoélectrique et forages de recherches en eau sur la
HYDROFORAGE commune de Chevry (Ain) - DDA Ain.

SOCIETE (1985) - Etude hydrogéologique de Pré Bataillard (essai de pompage),
HYDROFORAGE commune de Gex - DDA Ain.

SOCIETE (1985) - Etude géophysique sur la commune de Cessy, DDA Ain.
HYDROFORAGE

SUD-AMENAGEMENT(1982) - Utilisation des modèles mathématiques en hydraulique
souterraine. Documentation Sud-Amenagement.

SUD-AMENAGEMENT(1984) - Etude hydrologique et hydraulique de l'Allondon et du Fion.
Rapport CERN.

TSYTOVITCH X. (1910) - Etude du versant Reculet-Crédo, Archives des sciences
physiques et naturelles, tome XXX- Genève.

Carte géologique au 1/50 000 (1972) - St Claude (XXXIII - 28) BRGM.

Carte géologique au 1/10 000 (1981) - Mont Jura - A. Malatrait BRGM.

EUROSAT (1981) 1/10 000 - Etude de tectonique et de drainage par télédétection
infrarouge et photographie aérienne - Piedmont du Jura.

Carte du Service Cantonal de Géologie de Genève (1984) au 1/25 000 : Isohypes du
toit de l'alluvion ancienne.

Carte du Service Cantonal de Géologie de Genève (1984) au 1/25 000 : Isohypes du
contact Molasse-Quaternaire.

TABLE DES MATIERES

	pages
INTRODUCTION.....	9
CHAPITRE I : CADRE DE L'ETUDE	
1- Contexte géographique.....	15
1.1 Situation.....	15
1.2 Hydrographie.....	17
2- Contexte géologique.....	19
CHAPITRE II : CLIMATOLOGIE	
1- Introduction.....	27
2- Le réseau d'observation.....	27
3- Les précipitations.....	29
3.1 Les précipitations mensuelles.....	29
3.2 Les précipitations saisonnières.....	31
3.3 Les précipitations en fonction de l'altitude.....	31
4- L'évapotranspiration.....	33
4.1 Généralités.....	33
4.2 Evapotranspiration potentielle.....	35
4.2.1 Primault (1981).....	35
4.2.2 Thornwhaite.....	35
4.2.3 Turc.....	35
4.2.4 Etude des résultats.....	37
4.3 Evapotranspiration réelle.....	39
5- Conclusion.....	42
CHAPITRE III : LE SYSTEME KARSTIQUE ALLEMAGNE	
1- Le bassin d'alimentation.....	45
1.1 Généralités.....	45
1.2 Les limites.....	45
2- Le karst.....	50
2.1 Les observations de surface.....	50
2.2 Les observations souterraines.....	51
2.2.1 Les sondages.....	51
2.2.2 Observations dans le tunnel LEP.....	52
a) Généralités.....	52
b) Les remplissages karstiques.....	52
- Les argiles vertes	
- La gompholite	
- Les argiles de décalcification	
c) Physico-chimie des eaux.....	55
d) Les venues d'eau.....	56
2.3 Conclusions.....	62
3- Hydrogéologie.....	63
3.1 Introduction.....	63
3.2 Débitométrie.....	63
3.2.1 Débits moyens mensuels et annuels.....	63
3.2.2 Débits d'étiage.....	65
3.2.3 Débits spécifiques et lames d'eau.....	66
3.2.4 Limites des sous-bassins.....	66

3.2.5 Les crues.....	71
a) Phénomène de piston-flow.....	71
b) Courbe de tarissement.....	73
c) Ajustement selon Gumbel.....	75
d) Relations pluies-débits.....	78
3.3 Conclusions.....	80
4- Hydrogéologie.....	81
4.1 Les bilans d'eau.....	81
4.1.1 Introduction.....	81
4.1.2 Du 01-01 au 31-12-1982.....	83
4.1.3 Du 01-01 au 31-12-1983.....	83
4.1.4 Du 01-01 au 31-12-1984.....	83
4.1.5 Etude des résultats.....	84
4.2 Modèle du système Allemogne.....	85
4.2.1 Modèle théorique.....	85
a) Généralités.....	85
b) Modèle a deux réservoirs.....	85
4.2.3 Application.....	87
5- Conclusions.....	91
CHAPITRE IV : LE SYSTEME ALLONDON.....	
1- Introduction.....	95
2- Le bassin d'alimentation.....	95
2.1 Généralités.....	95
2.2 Les limites géographiques.....	95
3- Le bassin karstique.....	97
3.1 Les observations de surface.....	97
3.2 Les observations souterraines.....	98
3.2.1 Les sondages G2 et G3.....	100
3.2.2 Les sondages SMP9 à SPL 4/3.....	102
3.3 Conclusions.....	106
4- Le bassin de plaine.....	106
4.1 Hydrographie.....	106
4.2 Contexte géologique.....	107
4.3 Contexte hydrogéologique.....	107
4.3.1 Le sillon de la Praslée.....	110
4.3.2 Le sillon de Sergy.....	110
4.3.3 Le sillon de L'Allondon.....	113
a) Prospections géophysiques.....	115
b) Données hydrodynamiques.....	115
c) Mode d'alimentation de la nappe.....	118
d) L'exploitation.....	122
4.4 Conclusions.....	124
5- Hydrologie.....	127
5.1 Débitométrie.....	127
5.1.1 Débits moyens mensuels et annuels.....	127
5.1.2 Débits d'étiage.....	130
5.1.3 Débits spécifiques et lames d'eau.....	131
5.1.4 Les crues.....	131
a) Ajustement selon Gumbel.....	132
b) Etude de "Sud-Aménagement".....	132
5.2 Relations Pluies-Débits.....	136
5.3 Evolution des températures.....	137
5.4 Conclusions.....	141

6- Les eaux de la molasse.....	141
7- Hydrogéologie.....	143
7.1 Les bilans hydrogéologiques.....	143
7.2 Modèle de fonctionnement du système Allondon.....	151
a) En période d'alimentation.....	153
b) En période de non-alimentation.....	154
8- Conclusions.....	156
CHAPITRE V : HYPOTHESE SUR L'ORIGINE DE LA DIFFERENCIATION DE "L'ALLUVION ANCIENNE EN FORMATION SECHE OU AQUIFERE.	
1- Introduction.....	160
2- Rappels hydrogéologiques.....	160
2.1 Les écoulements de surface.....	160
2.2 Les écoulements souterrains.....	161
3- Hypothèse.....	165
3.1 Les observation.....	165
3.2 Interprétation.....	167
CONCLUSIONS GENERALES.....	170
ANNEXES.....	173
LISTES DES FIGURES.....	179
BIBLIOGRAPHIE.....	187

18 NOV. 1986

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
S 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL: (76) 87.46.43

THESE U.S.T.M.G.
mention : Géologie appliquée

Titre de l'ouvrage :

ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT D'AQUIFERES COMPLEXES

Nom de l'auteur : Jean-François MARTINEZ

Établissement : U. S. T. M. G.

RÉSUMÉ

Le Pays de Gex est une zone de transition entre le Jura et le bassin lémanique. La diversité des dépôts (calcaires karstifiés, molasse marno-gréseuse et conglomératique, alluvions fluviales et glaciaires) a justifié d'importantes investigations d'ordre géologique et hydrogéologique, dans le cadre de programmes de recherche en eau et du projet LEP. Le grand nombre de données ainsi accumulées a permis d'explicitier le comportement des différents aquifères et de déterminer leurs relations.

L'analyse de la lithologie et des remplissages karstiques faite à partir des observations de surfaces, dans les forages et dans le tunnel LEP, a mis en évidence une nappe (de type karstique et/ou de fissures) dans les niveaux carbonatés formant l'ossature du chaînon jurassien. L'étude de la piézométrie et l'évaluation des volumes d'eau infiltrée concernant plusieurs années ont montré que les limites de ce réservoir de montagne fluctuent, selon l'importance du stimulus pluviométrique et l'état de l'aquifère. A l'intérieur de ce dernier différents modes d'écoulement ont été définis et cela à partir du suivi des débits et des caractères physico-chimiques des eaux des émergences et du tunnel.

L'étude du remplissage alluvial et de la molasse (prospections géophysiques, forages, tunnel) a permis, d'une part de définir les niveaux aquifères ainsi que leur géométrie et, d'autre part, de proposer une hypothèse sur la configuration des dépôts et de son influence sur l'hydrogéologie, en fonction des phases glaciaires et interglaciaires. De plus à partir des données hydro-climatiques, piézométriques et débitométriques, différents types de relation, entre les bassins de montagne et de plaine, ont été mis en évidence.

Les phénomènes observés ne sont pas spécifiques au secteur d'étude, c'est pourquoi les conclusions issues de ce travail sont rassemblées sous la forme d'un modèle théorique ; ainsi elles pourront être appliquées à d'autres systèmes similaires.

MOTS-CLÉS

Pays de Gex ; LEP ; Remplissages karstiques ; Sillons molassiques.