



HAL
open science

Etude hydrogéologique du bassin versant de la Bourbre : application à l'étude d'une ville nouvelle : l'Isle-d'Abeau

Jean Le Priol

► To cite this version:

Jean Le Priol. Etude hydrogéologique du bassin versant de la Bourbre : application à l'étude d'une ville nouvelle : l'Isle-d'Abeau. Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1974. Français. NNT: . tel-00578480

HAL Id: tel-00578480

<https://theses.hal.science/tel-00578480>

Submitted on 21 Mar 2011

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

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

DOCTORAT DE 3^{ème} CYCLE

N° d'ordre

THESE

PRESENTEE

A L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE
ET MEDICALE DE GRENOBLE

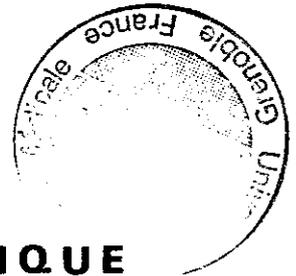
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE 3^{ème} CYCLE

SPECIALITE : GEOLOGIE APPLIQUEE

MENTION : HYDROGEOLOGIE

P A R

JEAN LE PRIOL



ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA BOURBRE

APPLICATION A L'ETUDE D'UNE VILLE NOUVELLE :
L'ISLE-D'ABEAU

SOUTENUE LE 30 MAI 1974 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN :

R. MICHEL

PRESIDENT

J. SARROT-REYNAULD

RAPPORTEUR

J. DUBUS

A. BARITEAU (invité)

EXAMINATEURS

AVANT-PROPOS

Au moment où s'achève cette étude, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance aux personnes qui m'ont aidé dans sa réalisation, par leur enseignement, leur soutien permanent, qui m'ont accordé une part de leur temps afin de me donner avis et conseils ou qui ont permis son impression.

Messieurs J. SARROT-REYNAULD, R. MICHEL, R. BARBIER, M. GIDON, ainsi que mes autres professeurs et assistants à l'Institut de Géologie.

Messieurs J. DUBUS, géologue-conseil, J.B. BOISSIER, géologue à l'Etablissement Public de la Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau.

Messieurs J. MOREL, directeur général et A. BARITEAU, directeur technique à l'Etablissement Public de la Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau.

Messieurs M. JAIL, professeur à l'Institut de Géographie Alpine et J. MARCHINI de la Météorologie Nationale.

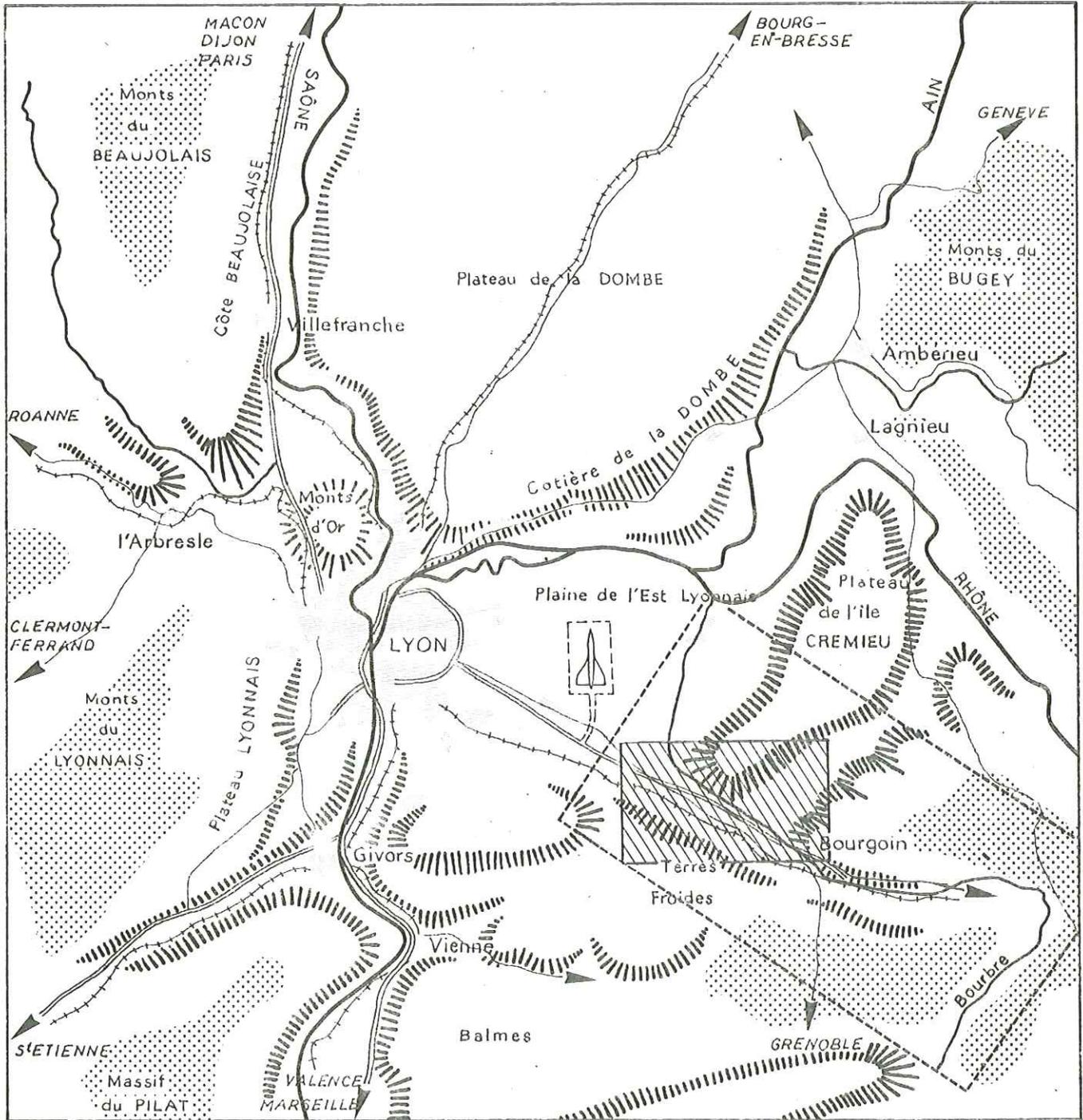
Monsieur C. DURAFFOUR, de la Direction Départementale de l'Agriculture de Grenoble.

Madame TELMAT et Monsieur CHABERT de l'Institut Dolomieu, Monsieur COCHARD de l'E.P.I.D.A., pour la part qu'ils ont pris dans l'édition de ce texte.

Les personnels, mes camarades et amis de l'Institut et de l'Etablissement Public de la Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (EPIDA).

Mes parents, ma femme.

LOCALISATION DE LA VILLE NOUVELLE DE LISLE D'ABEAU



- | | | | | | |
|--|----------------------------|--|---------------------|--|---|
| | villes et zones urbanisées | | autoroutes | | voies ferrées |
| | fleuves, rivières | | routes principales | | limite schématique du bassin versant étudié |
| | reliefs, montagnes | | aéroport de SATOLAS | | périmètre Ville Nouvelle |



CHAPITRE I - INTRODUCTION

I A. - PRELIMINAIRE

Ce travail avait pour objet l'étude hydrogéologique du bassin versant de la Bourbre ; or il se trouve que c'est entre la moitié et le quart inférieur du cours de la Bourbre que se trouve le site de la future Ville Nouvelle de l'Isle-d'Abeau. Ce fait a conduit à aborder l'étude selon deux modes :

* A petite échelle, avec le bassin versant pour cadre : il s'agissait de définir le bassin versant dans sa géométrie et sa nature, afin de situer les aquifères, et le placer dans son contexte climatique.

* A grande échelle, avec la Ville Nouvelle pour pôle central : différentes études spécifiques ont été mises en œuvre, ayant pour traits d'union la localisation précise des points de captage et le calcul des quantités d'eau disponibles, la gestion et la protection des ressources ainsi mises en évidence.

Pourquoi la ville nouvelle ?

Le schéma d'aménagement élaboré par l'O.R.E.A.M. (Office Régional d'Etude de l'Aire Métropolitaine) Lyon - Saint-Etienne, prévoit pour la région lyonnaise, un développement discontinu selon plusieurs pôles d'urbanisation, tout en favorisant un environnement intellectuel, financier, industriel et administratif de qualité suffisante pour acquérir une indépendance plus large vis-à-vis de Paris. En ce sens, le complexe Lyon - Saint-Etienne - Grenoble, offre a priori suffisamment de chances de réussite.

Le projet consiste à :

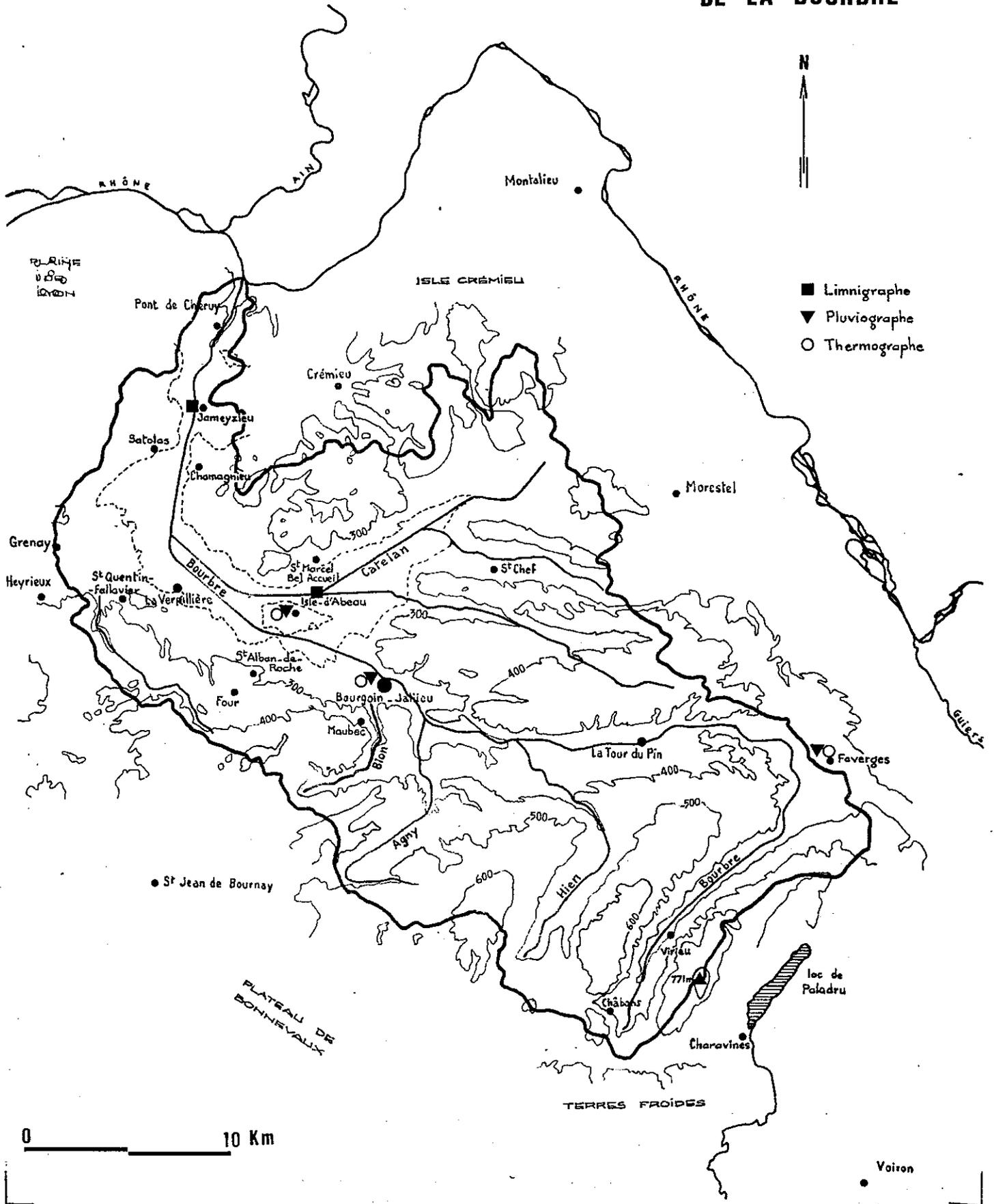
- faire du couloir Rhône - Savoie, un grand axe européen et "unir au sein d'une véritable métropole, les dynamismes complémentaires de Lyon, Saint-Etienne, Grenoble";
- offrir à 2,5 millions d'habitants un cadre de vie agréable et favorable à un essor économique, en organisant la région lyonnaise, qui souffre actuellement d'une grande contradiction :

- a) la zone industrielle s'étend à l'Est de la ville de Lyon ;
- b) les quartiers résidentiels se situent sur les collines ouest, difficilement accessibles par le tunnel de Fourvière.

Cette contradiction s'allie mal avec les problèmes posés par une croissance permanente "en tâche d'huile" : capacité limitée du site où apparaît un habitat massif et peu agréable, destruction des espaces verts, étouffement du centre, augmentation des temps de transport, accroissement des nuisances (pollution de l'air et de l'eau, bruit), saturation du couloir rhodanien, nécessité de trouver de nouvelles surfaces industrielles de grande capacité et diversité suffisante.

Il s'agit donc de contrôler l'extension périphérique de l'agglomération lyonnaise, afin de reporter progressivement sa croissance sur des centres d'équilibre. Dans cette option, la Ville Nouvelle de l'Isle-d'Abeau, située à 35 kilomètres au Sud Est de Lyon, est destinée à accueillir d'ici l'an 2 000, environ cent cinquante mille habitants. Sa vocation de fixation de la

BASSIN VERSANT DE LA BOURBRE



croissance lyonnaise s'appuie sur de nombreux éléments favorables :

- elle est située sur le principal axe du développement industriel lyonnais,
- elle bénéficie d'excellents moyens de communication : route nationale 6, autoroute A 43 (qui la situera à 20 minutes de Lyon et 8 minutes du futur aéroport international de Satolas), voie ferrée Lyon-Grenoble-Chambéry ;
- elle dispose de vastes surfaces à vocation industrielle (1200 hectares) ;
- ses sites collinaires se prêtent particulièrement à une urbanisation agréable.

I B. - LE PROBLEME DE L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE NOUVELLE

I B 1 - Quantités demandées

Il s'agit de créer et alimenter en eau une ville de 150 000 habitants, sur un site qui n'en compte que 50 000 actuellement. Compte tenu de la croissance démographique, l'obtention de débits supplémentaires de 2 m³/s pour les besoins domestiques et industriels et de 500 l/s pour les besoins agricoles, a été décidée.

I B 2 - Stratégie d'étude

Une reconnaissance des ressources utilisables a été menée sur l'ensemble du bassin versant, cadre de la future ville nouvelle, ainsi qu'à l'extérieur.

I B 2-1) Examen sommaire à l'extérieur du bassin versant :

Inconvénients majeurs : - éloignement
 - maîtrise difficile des eaux en quantité et qualité.

a) - la terrasse rive gauche du Rhône est apparue improductive (campagne de géophysique électrique C.P.G.F.), le fleuve coulant lui-même sur des formations imperméables ;

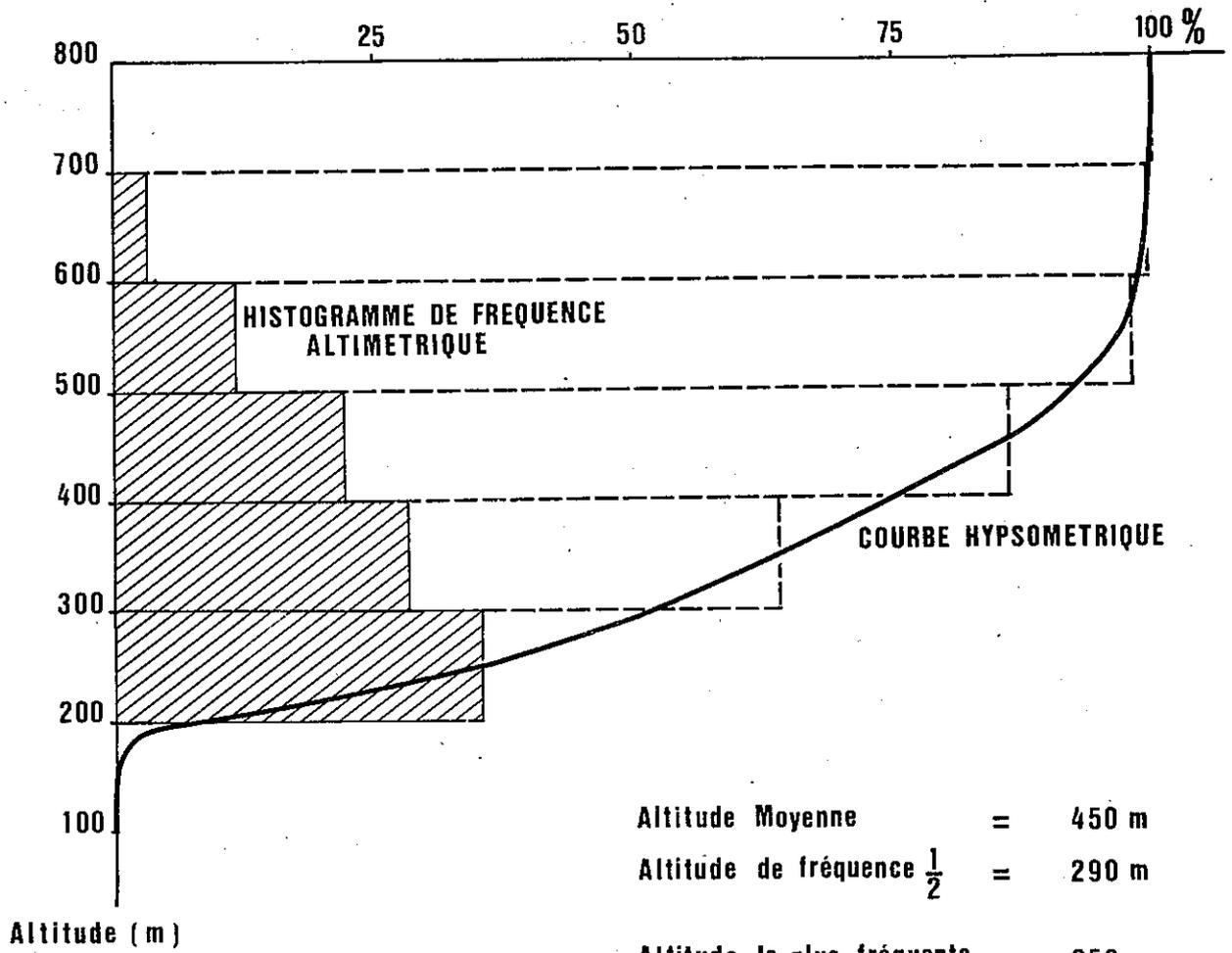
b) - des ressources conséquentes se trouvent dans la vallée de l'Entre-Deux-Guiers et en rive droite du Rhône, mais elles se situeraient à plusieurs dizaines de kilomètres des centres d'utilisation, et surtout, la ville nouvelle y serait concurrencée par les autres "pôles de besoin" que sont l'agglomération lyonnaise et le complexe voironnais ;

c) - on a envisagé le traitement des eaux du Rhône, mais cette solution a l'inconvénient d'être difficilement contrôlable sur le plan qualitatif (ceci est dû notamment à la présence de la Centrale Nucléaire de Saint-Vulbas). En outre, elle nécessite une adduction très importante représentant un gros investissement ; de ce fait, elle ne saurait être retenue en première phase ;

d) - les ressources des vallées situées au Sud du site de la ville nouvelle, sont utilisées par la région de Vienne.

Les 500 l/s destinés aux besoins agricoles, pourront à long terme être fournis par les eaux du Rhône, dans un projet englobant l'irrigation de la rive gauche du fleuve.

I B 2-2) Examen à l'intérieur du bassin versant : à l'inverse des débits nécessaires aux besoins agricoles, les 2 m³/s destinés aux besoins domestiques et industriels devront en totalité être recherchés sur le bassin versant de la Bourbre, cadre de la ville nouvelle de l'Isle-d'Abeau, où a été fait un inventaire aussi exhaustif que possible des ressources en eau souterraine et superficielle, afin de faire "un choix tenant compte de l'aspect qualitatif, quantitatif et économique du projet".



tranches d'altitude (m)	surface en Ha	≡ des surfaces	%	≡ %
> 700	0,10	726,50	0,014	100,00
700 - 600	19,40	726,40	2,67	99,99
600 - 500	82,10	707,00	11,32	97,32
500 - 400	159,55	624,90	21,95	86,00
400 - 300	206,70	465,35	28,45	64,05
300 - 200	256,35	258,65	35,28	35,60
< 200	2,30	2,30	0,32	0,32

I C. - PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DE LA BOURBRE

Le bassin versant de la Bourbre a grossièrement la forme d'un quadrilatère d'une superficie d'environ 700 kilomètres carrés.

Il est limité

- a) au Nord et au Nord Est, par le massif de l'Isle Crémieu, qui le sépare du Rhône.
- b) à l'Est et au Sud Est, par les collines molassiques des Terres Froides, qui le séparent du Guiers.
- c) au Sud et au Sud Ouest, par le prolongement septentrional des plateaux de Bonnevaux qui le séparent de la Gervonde, la Vegaz, la Sevenne.
- d) à l'Ouest enfin, par l'arc morainique de Grenay, qui le sépare de la plaine lyonnaise.

Les deux principaux pôles de développement, l'extension de Bourgoin-Jallieu et la ville nouvelle de l'Isle-d'Abeau, se trouvent entre la moitié et le quart inférieur du cours de la Bourbre et sont distants du Rhône de 15 à 20 kilomètres vers le Nord (région de Loyette) et de 20 à 25 kilomètres vers le Nord Est (région de Morestel).

I C 1 - Courbes de fréquence altimétrique et hypsométrique

- dans la partie amont du bassin versant (extrémité sud est) l'un des sommets dominant Virieu-sur-Bourbre culmine à 771 m. Cependant, l'altitude la plus fréquente se situe entre 200 et 300 m.

- les fréquences deviennent de plus en plus fortes à mesure que l'on tend vers les basses altitudes.

D'autre part, l'altitude de fréquence 1/2, 290 m, implique que la moitié du bassin versant est à une altitude inférieure à 290 mètres.

Altitude de fréquence 1/2 (290 mètres) et altitude moyenne (450 mètres) sont relativement proches, ce qui dénote une prédominance des zones peu élevées, mais montre aussi que les reliefs sont relativement peu accusés sur l'ensemble du bassin.

Remarque :

$$\text{altitude moyenne} = \text{altitude la plus basse} + \frac{((\text{altitude la plus haute}) - (\text{altitude la plus basse}))}{2}$$

Ces faits, qui se traduisent par une faible pente de la courbe hypsométrique vers les basses altitudes, sont caractéristiques des bassins à vastes zones inondables (le bassin versant en est largement pourvu, comme on le verra par la suite).

I C 2 - Aperçu géologique du bassin versant (cf. chapitre II)

Le bassin versant de la Bourbre peut être divisé grossièrement en trois domaines, distincts au point de vue lithologique et par suite hydrogéologique : un domaine que l'on appellera "calcaire" car essentiellement formé par des calcaires bajociens et bathoniens, recouvrant la partie nord du bassin, qui disparaît vers le Sud et le Sud Est sous des accumulations parfois considérables de sables, poudingues et argiles tertiaires constituant un domaine dit "molassique".

La séparation de ces deux domaines se fait au niveau des vallées du Catelan et de la Bourbre moyenne.

Des jeux de grandes fractures du socle anté-tertiaire ont eu pour conséquence la mise en place de zones d'effondrement, remblayées par des formations anté-quatérnaires puis quaternaires ; ainsi trouve-t-on dans la partie aval du bassin, des réservoirs alluviaux quaternaires importants qui joueront un rôle hydrogéologique prépondérant ; ils caractérisent un troisième domaine dit "quaternaire".

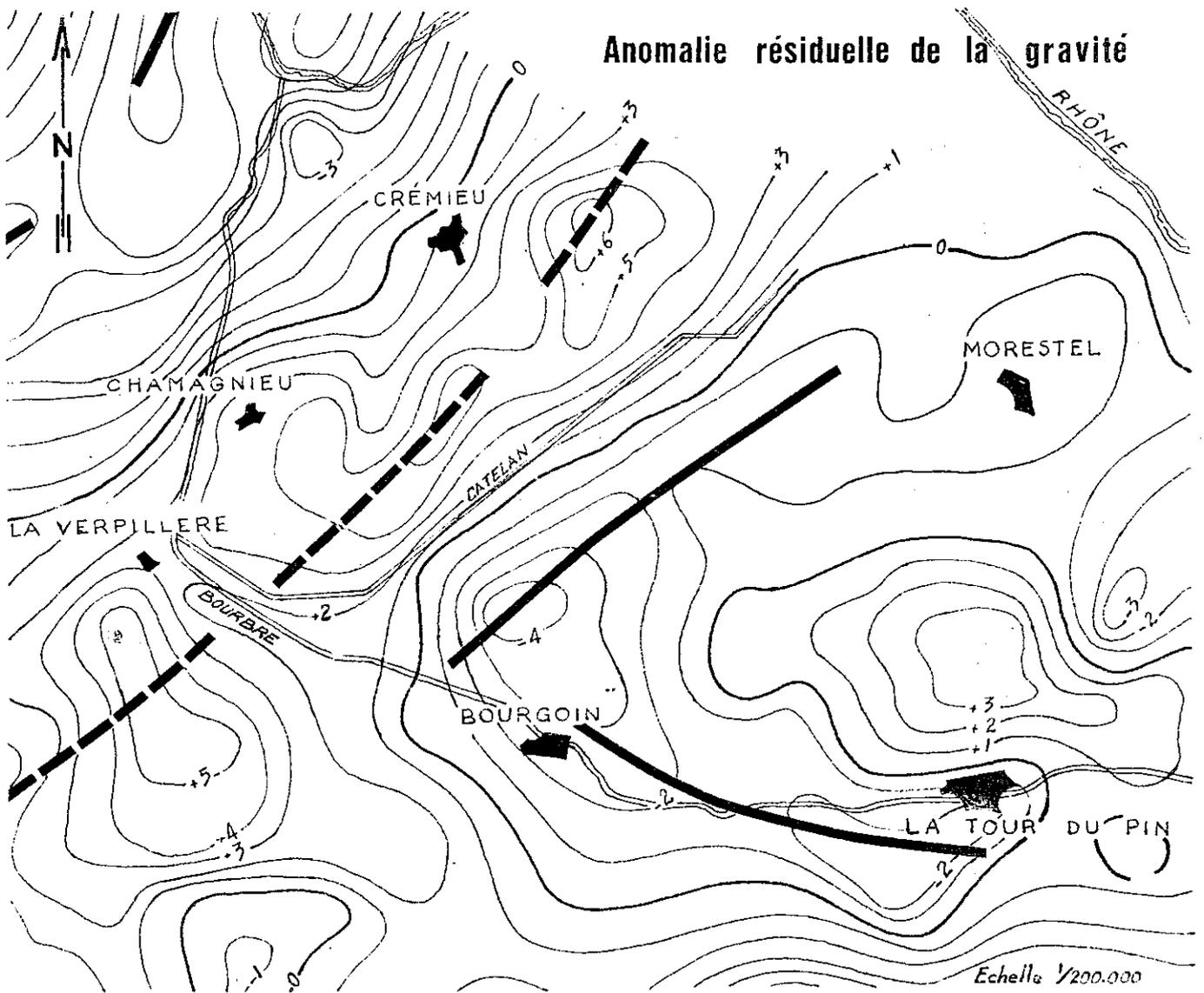
I C 3 - Le réseau hydrographique

Cours d'eau principal, la Bourbre reçoit le long de son trajet, le Catelan et ses affluents en rive droite, l'Hien, l'Agny et le Bion en rive gauche.

a) - les lignes de relief sont orientées sud-ouest, nord-est ; la Bourbre dans son cours supérieur, l'Hien, l'Agny, le Bion et le Catelan, sur une partie de leur cours empruntent cette direction.

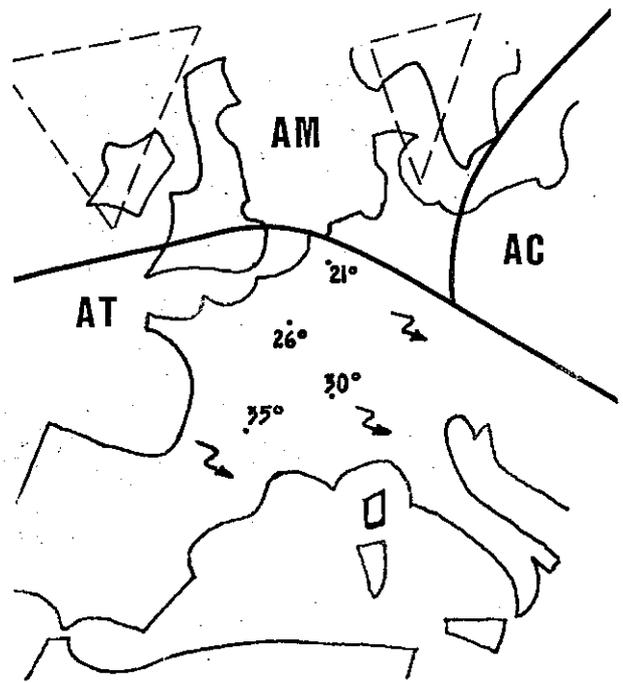
b) - le cours moyen de la Bourbre, les vallées de Saint-Savin, et Saint-Chef lui sont perpendiculaires.

Il semble que le jeu des grandes fractures du socle, soit à l'origine de ce quadrillage, comme tendent à le prouver les mesures géophysiques par gravimétrie (carte d'anomalies de la pesanteur) et l'étude géologique (détaillées dans un chapitre

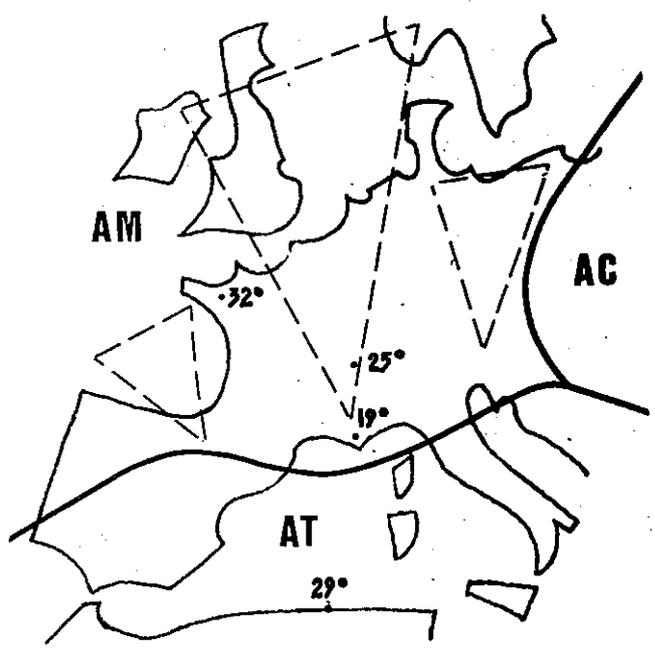


----- Anomalie positive

————— Anomalie négative



① Eté chaud et orageux : été précoce et automne doux selon que ce type se produit au printemps ou à l'automne.

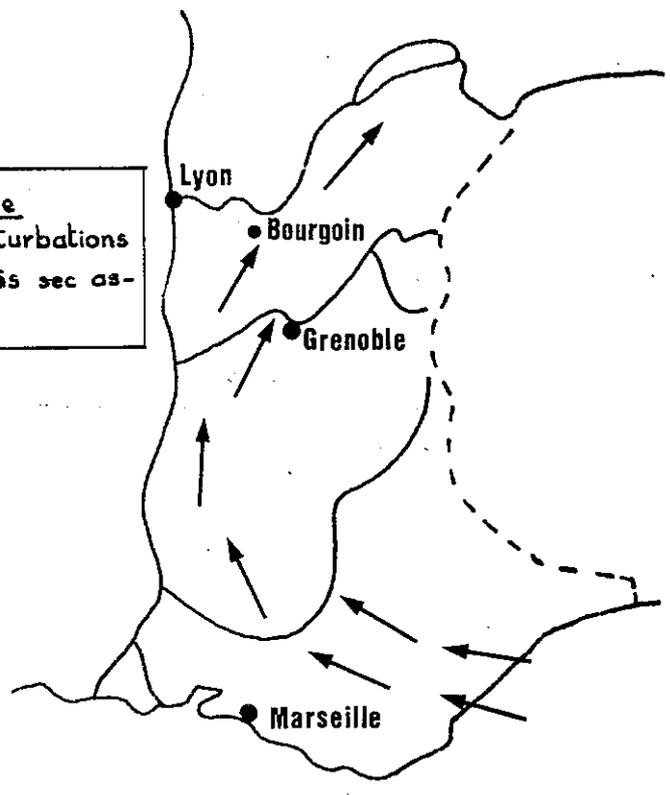


② Eté pluvieux : prolonge l'hiver ou le rend précoce, selon que ce type se produit au printemps ou à l'automne.

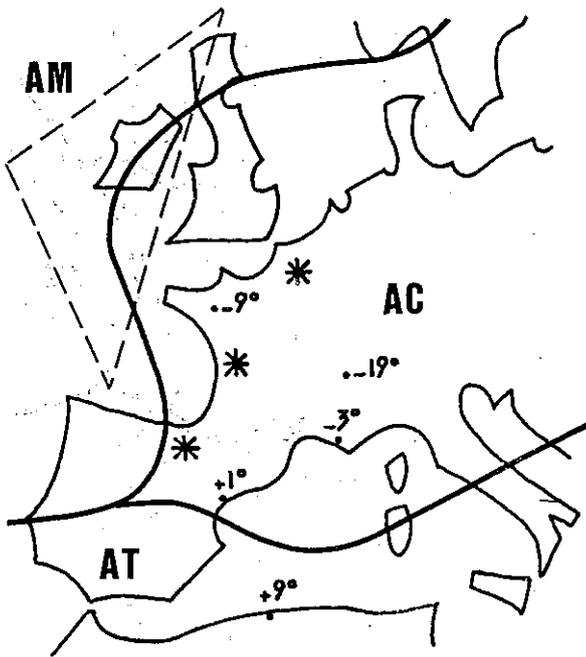
AM : air maritime , AC : air continental , AT : air tropical .

* neige ⚡ orages △ pluies

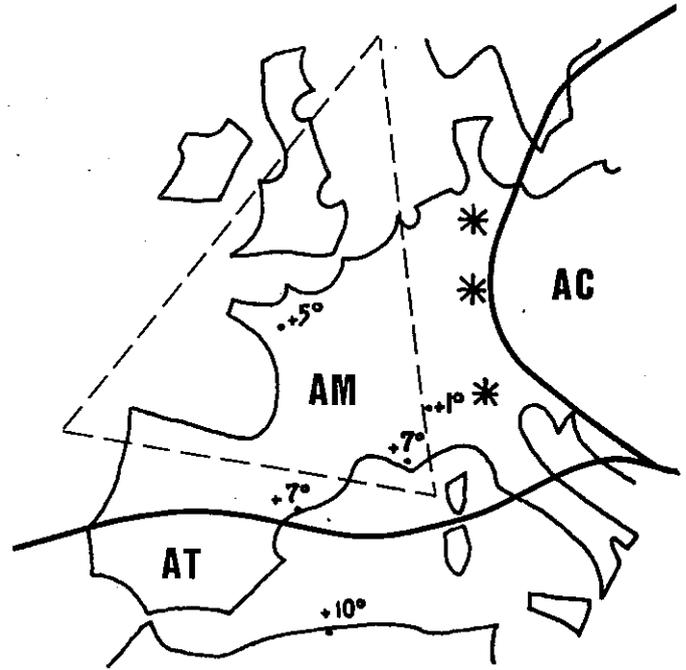
Du printemps à l'Automne, le Régime Méditerranéen se fait sentir par des perturbations venues du sud : vent pouvant être très sec associé à des pluies, orages violents.



● TYPES DE TEMPS CLASSIQUES D'HIVER



① Hiver froid et sec, souvent ensoleillé. Peu de neige qui ne fond pas. On le retrouve chaque année pendant une ou plusieurs semaines.



② Hiver doux, alternance de neige et pluie. Type de temps fréquent.

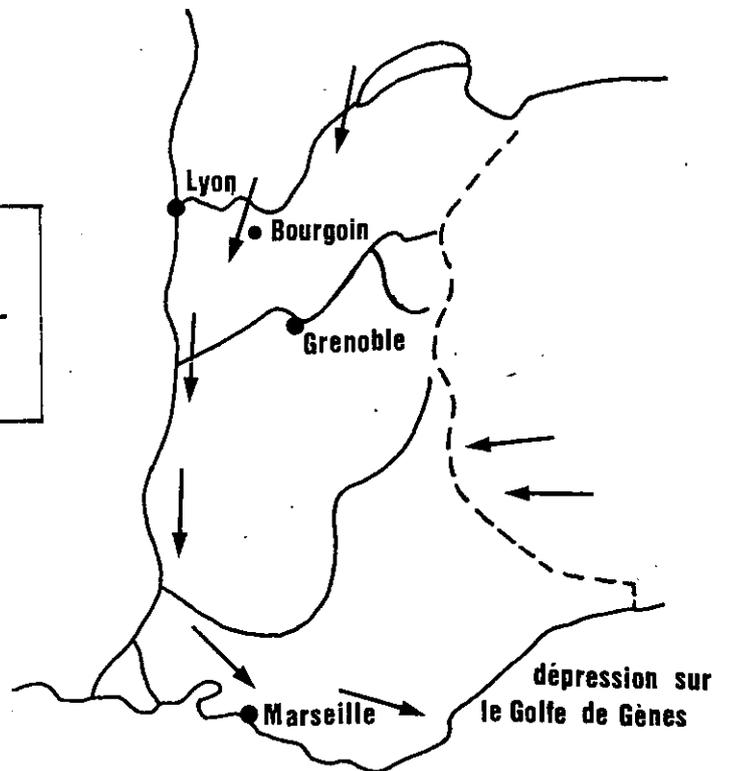
AM : air maritime , AC : air continental , AT : air tropical .

* neige



pluie

Autre type de temps d'hiver : La Bise (amorce du Mistral), vent soufflant du nord en rafales, sec, froid, quelquefois accompagné de neige.



ultérieur), qui montre l'existence de grandes failles visibles à l'affleurement et met en évidence l'importance de certains remplissages alluviaux anté-quadernaires.

I C 4 - Le climat général du bassin versant

Composite, il se traduit par une grande irrégularité ; tout en étant tempéré dans l'ensemble, il montre parfois des écarts exceptionnels : température et pluviométrie peuvent varier dans de grandes proportions.

L'amplitude annuelle (température moyen. > du mois le plus chaud moins température moyenne du mois le plus froid) est forte comparativement avec celle d'autres villes françaises :

- Bourgoin-Jallieu	: 19° C
- Strasbourg	: 19° C
- Marseille	: 16° C
- Brest	: 12° C

Certains mois furent très froids, comme janvier 1963, pendant lequel la moyenne de température minimale atteignit -7,6° C et celle des températures maximales 0,7° C, ce qui dénote un froid violent et prolongé.

Certains mois furent très chauds, tels juillet 1959 (moyenne des températures minimales : 15,4° C ; moyenne des températures maximales : 30,2° C, juillet 1964 (14° C et 31° C) et août 1962 (13,2° C et 29,3° C), ce qui dénote une chaleur régulièrement élevée.

Le climat se traduit par "le temps qu'il fait", aussi envisagerons-nous les grands types de temps qui règnent sur cette région ; celle-ci est intéressée par tous les types de climat existant en France, ce qui explique sa grande variabilité (cf. pl. : 5 et 6).

Tout au long de l'année, les frontières entre les différents types climatiques sont fluctuantes et selon les années, la même saison ne présente pas les mêmes caractères.

Chaque mois peut être très sec ou très humide. Selon les saisons, les écarts pluviométriques sont plus ou moins violents : en saison froide les précipitations sont plus fréquentes et les chutes journalières en général moins abondantes (5 à 10 mm). En chaude, avril à juillet, la tendance est à des écarts plus grands (12 à 140 mm en juillet, soit un écart de 1 à 12 entre 1964 et 1965).

En définitive : les différentes tendances climatiques se font sentir à diverses époques de l'année et pour des durées plus ou moins longues selon les années :

- tendance continentale : elle est caractérisée par des températures marquées, une amplitude absolue supérieure à 60° C, des mois parfois très froids,

- tendance océanique :

a) océanique fraîche (Nord Ouest) : les brouillards d'automne et quelquefois d'hiver, les types de temps tenaces en sont les traits principaux ;

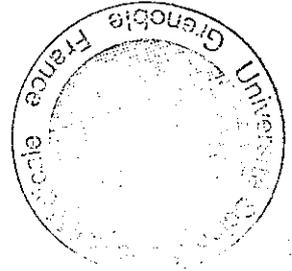
b) océanique tiède (Sud Ouest) : elle est marquée par des étés parfois très pluvieux et des orages.

- tendance méditerranéenne

en hiver, apparaît la bise, amorce du Mistral. En saison chaude, de nombreuses averses sont liées à des perturbations venant du Sud et du Sud Est. En été, les températures sont très élevées en général et l'hygrométrie de l'air est faible. De fortes chaleurs d'automne sont possibles et les pluies peuvent être très violentes (90 mm en septembre 1965).

CONCLUSION

Le bassin versant de la Bourbre au climat varié, aux reliefs peu accusés, présente de vastes étendues collinaires qui se prêtent très bien à l'implantation de la future ville nouvelle de l'Isle-d'Abeau. Elle s'étendra de Bourgoin-Jallieu aux collines morainiques de Grenay, sur les versants molassiques de Saint-Quentin-Fallavier à Saint-Alban-de-Roche, l'îlot de l'Isle-d'Abeau et les côteaux calcaires de l'Isle-Crémieu autour de Saint-Marcel-Bel-Accueil.



CHAPITRE II - GEOLOGIE. VOCATION HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS

Avant d'entamer l'étude détaillée du bassin versant de la Bourbre, il est nécessaire d'en connaître l'histoire, de se familiariser avec les différents éléments géologiques qui le composent, ce qui permettra ensuite d'en saisir plus aisément le fonctionnement.

II - A. - GEOLOGIE

II-A₁ - Généralités - Unités structurales

Le bassin versant est à cheval sur deux régions géographiques :

- l'extrémité méridionale du Jura au Nord,
- l'amorce du Bas-Dauphiné au Sud et à l'Est.

1) - L'ensemble du Plateau de Crémieu, du secteur de l'Isle-d'Abeau, de la bordure nord des plateaux méridionaux, appartient au Jura. Il est constitué de calcaires bajociens et bathoniens en majorité.

Ces calcaires plongent avec un pendage faible sous les molasses tertiaires, qui forment plus au Sud les "Terres Froides" du Bas-Dauphiné, auxquelles appartient la partie haute du bassin de la Bourbre.

2) - A l'Ouest, les calcaires sont indécélables sous la molasse, sans doute à cause du jeu des accidents cassants ayant affecté le plateau de Crémieu et sa bordure, déterminant le graben de la vallée moyenne de la Bourbre et permettant la mise à jour du cristallin à Chamagnieu.

3) - A l'Est, la molasse est omniprésente sur une épaisseur considérable, recouvrant des syn- et antiformes secondaires à large rayon de courbure.

4) - Le Quaternaire est représenté par du glaciaire d'origine rhodanienne, du fluvio-glaciaire formant terrasse au-dessus du cours d'eau principal, des alluvions d'origine torrentielle ou lacustre dans les vallées.

II-A₂ - Histoire géologique - Lithologie

II-A₂₋₁ - Socle hercynien : le pointement cristallin-cristallophyllien de Chamagnieu

1) - Nature du socle ancien

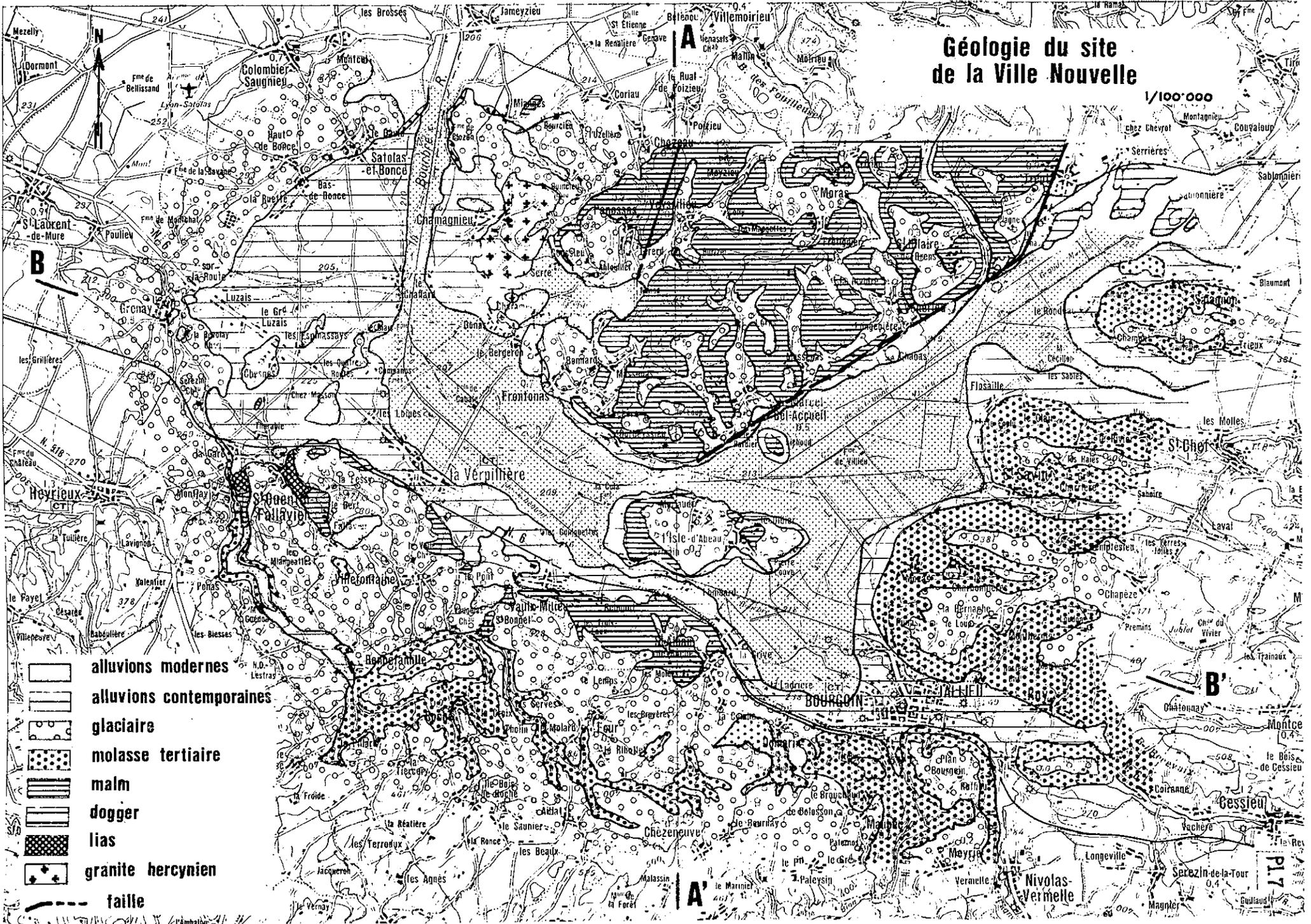
Le Houiller remonte au niveau de Chamagnieu ; un puits l'a trouvé à -33,70 m, surmontant des roches granitoïdes métamorphosées.

On relie le pointement de Chamagnieu (où Ch. LORY a décrit des roches granitiques feuilletées et de petites zones granitiques au cœur de schistes micacés) au bassin houiller de Saint-Etienne et au Massif Central.

Le Trias manque en bordure de ce bassin houiller.

Géologie du site de la Ville Nouvelle

1/100'000



- alluvions modernes
- alluvions contemporaines
- glaciaire
- molasse tertiaire
- malm
- dogger
- lias
- granite hercynien
- faille

Des sondages dans le Bas-Dauphiné ont montré que le socle ancien présentait une certaine analogie avec les massifs cristallins externes des Alpes. Ils ont permis d'observer des micaschistes, des roches cristallophylliennes, des granitoïdes métamorphisés, des roches verdâtres éruptives et une fois un granite. Cet ensemble rappellerait la série cristallophyllienne de la chaîne de Belledonne.

Le socle cristallin s'étend donc sous l'ensemble du Bas-Dauphiné. Sur le bassin versant de la Bourbre il n'affleure qu'en un point, à Chamagnieu.

2) - Tectonique du socle ancien

Le Bas-Dauphiné ne correspond qu'en partie à une dépression du socle ancien. Ce dernier débute par un seuil au Sud Est de Lyon et se relie à faible profondeur au pointement de Chamagnieu.

Visible ou caché, il est susceptible de manifester partout son influence :

- les roches qui le constituent ont fourni des matériaux à la sédimentation ;
- à toutes les époques, les mouvements tectoniques qu'il a subi se sont répercutés dans l'épaisseur des séries superficielles.

Le socle est affecté de mouvements cassants, accidents NS correspondant à des phases tardives, accidents SW-NE correspondant à des phases hercyniennes.

Ainsi, le réseau hydrographique des Terres Froides (vallées parallèles et orientées SW-NE de l'Hien, du Bion...) se serait-il calqué sur les accidents cassants du socle.

II-A₂₋₂ - Le Secondaire

- déformation de la surface post-hercynienne qui se déprime à l'Est.
- période de sédimentation marine en bordure du géosynclinal alpin, rythmée par une série de mouvements. Fréquentes tendances à l'émersion se traduisant finalement par l'élaboration d'une chaîne plissée.

II-A₂₋₂₋₁ - Conditions de formation - Lithologie

Au Secondaire la région étudiée appartient à la plate-forme jurassienne située entre le Massif Central et l'avant-fosse alpine.

Phase de sédimentation marine

- a) l'invasion marine du Muschelkalk n'atteint pas cette région où le Trias manque.
- b) au Lias se produit une nouvelle invasion de la mer, mais la transgression est tardive et la série stratigraphique présente de nombreuses lacunes tant à la base qu'à sa partie moyenne ou supérieure.

Près de Saint-Quentin-Fallavier, on relève la coupe suivante :

- Lias inférieur : alternance de calcaires et marnes gris-noir en bancs peu épais.
- Lias supérieur : (≃ 6 m d'épaisseur) ; calcaires et marnes gris-noir alternés et plus particulièrement des calcaires marneux à *Hildoceras bifrons* rougeâtres, oolithiques, constituant le célèbre minerai de fer du secteur (Toarcien).

L'Aalénien est lui-même réduit et incomplet.

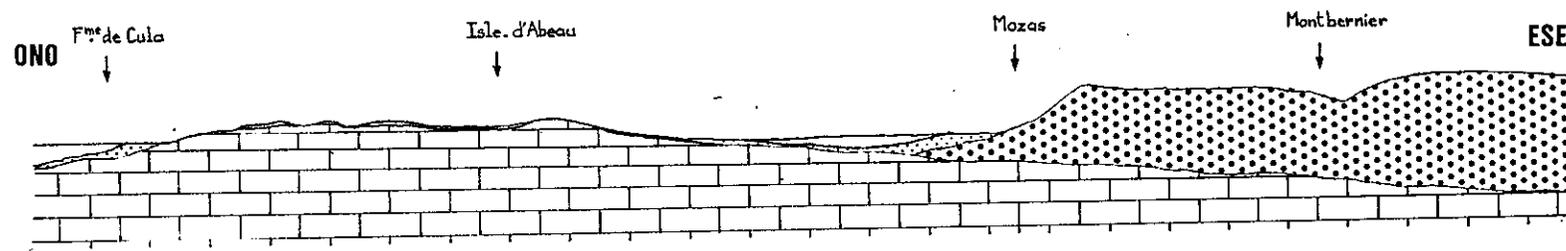
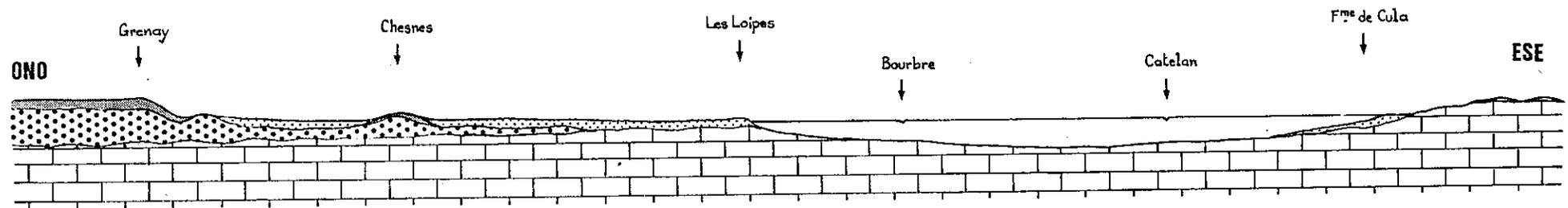
- c) au Dogger, les plaines lyonnaises et de l'Isle-Crémieu sont le domaine de mers peu profondes où s'élaborent des calcaires comme le "Ciret" bajocien du Mont-d'Or ou le "Choin" bathonien de l'Isle-Crémieu.

1°/ Le Bajocien : il présente des variations de faciès :

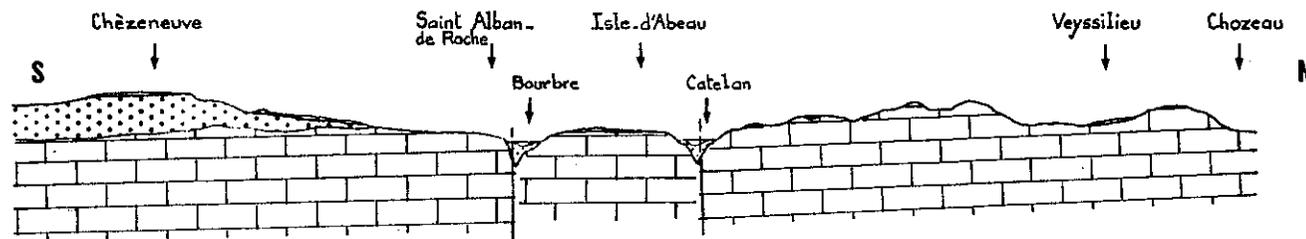
- un faciès jurassien au sens strict développé sur toute la rive droite du Rhône, décrit comme suit par A. RICHE (1863) :
 - * Bajocien inférieur et moyen :
 - calcaire à *cancellophycus* et *Ludwigia purchisonae*,
 - calcaire à *entroques* et *Exogyra obscura*,
 - calcaire à polypiers avec *Stéphioceras subcoronatum* et *Exogyra obscura*.
 - * Bajocien supérieur :
 - Lumachelle à *E. obscura* et *E. acuminata*, *Parkinsonia*,
 - calcaire oolithique blanc à *Parkinsonia*.

COUPES GEOLOGIQUES SCHEMATIQUES

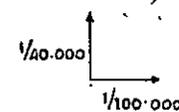
SITE VILLE NOUVELLE



COUPE BB'

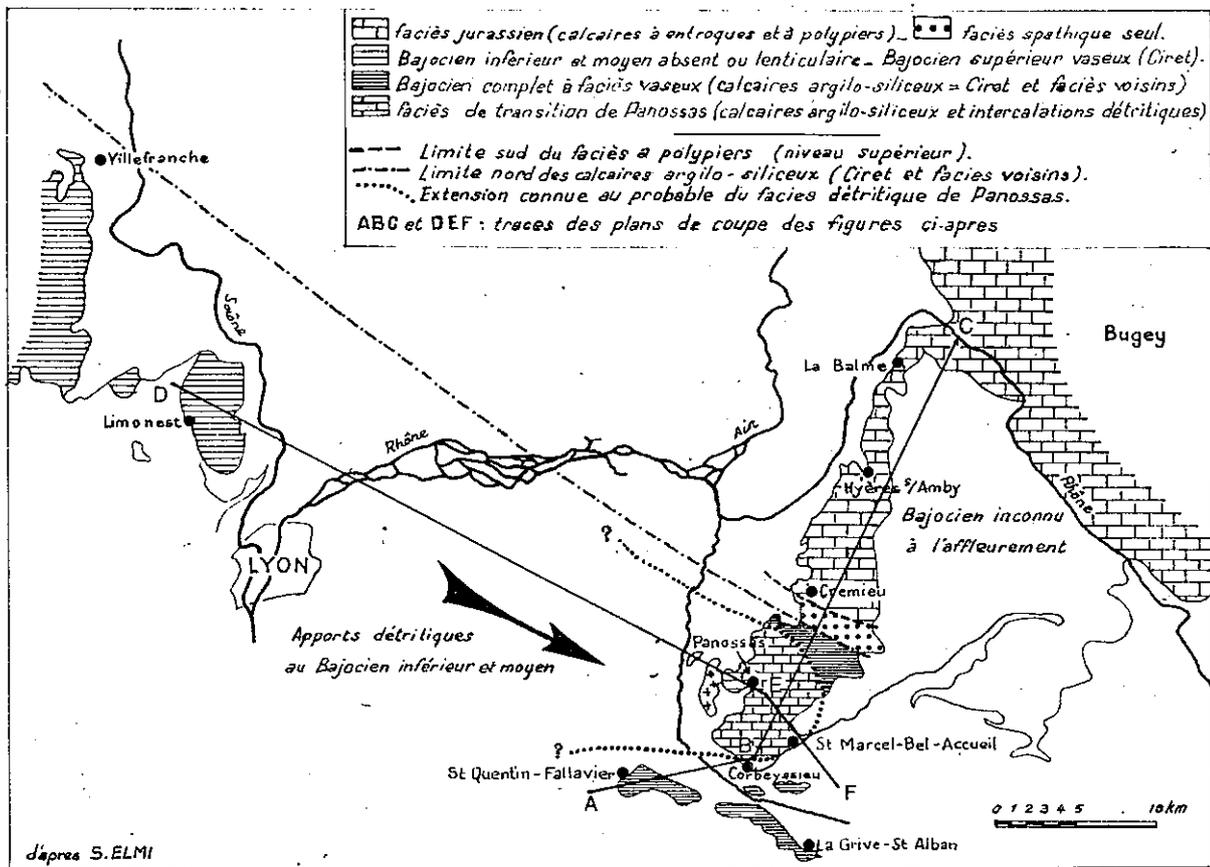


COUPE AA'

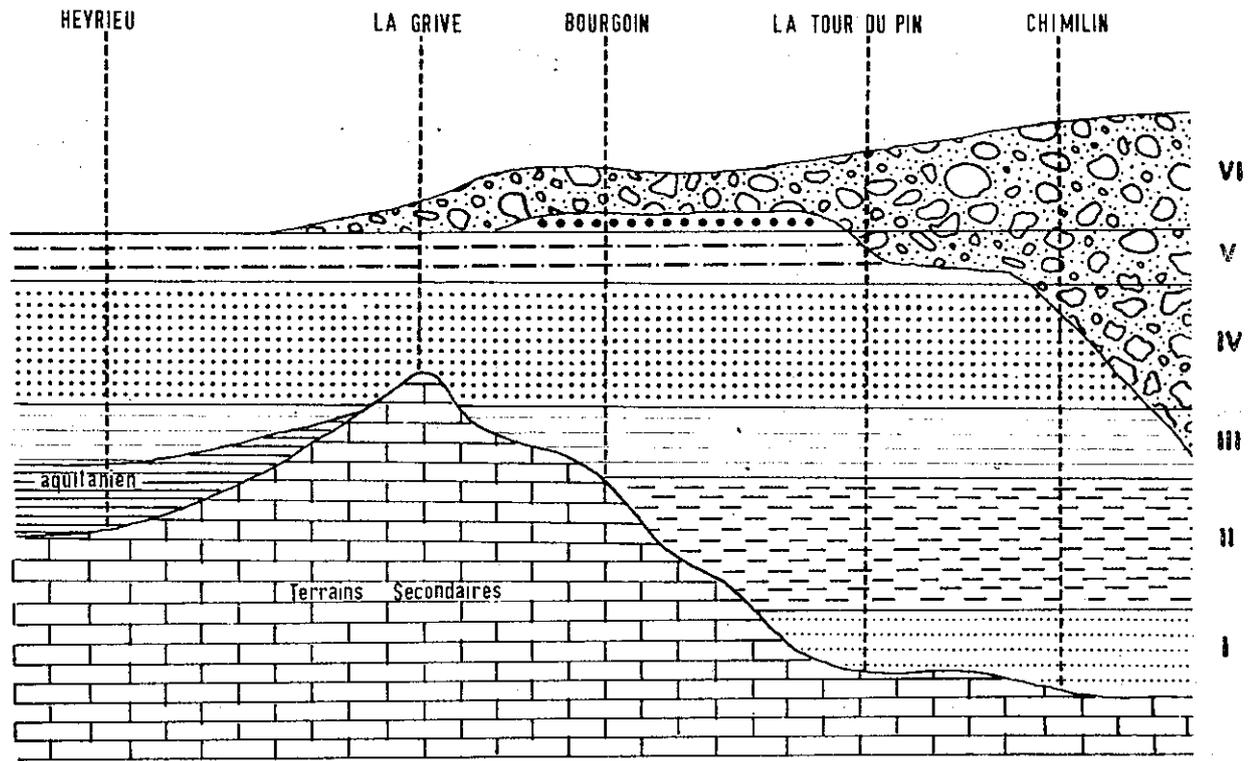


-  alluvions modernes
-  alluvions contemporaines
-  glaciaire
-  molasse
-  calcaire

(Cf. carte géologique Pl. 7)



VARIATIONS DE FACIES DANS LE BAJOCIEN



COUPE SCHEMATIQUE DU MIOCENE A L'EST DE LYON (d'après H. Douxami)

[Pattern] cailloutis

- I) Molasse à *Pecten praescabriusculus*
- II) Molasse sableuse à *Ostrea crassissima*
- III) Zone de St Fons (Helvétien) : sables, grès, poudingues, marnés.

- IV) Zone d'Aoste (Tortonien) : sables, grès, poudingues, marnes
- V) Zone à *Nassa michaudi* (Pontien) : poudingues, sables..., marnes
- VI) Cailloutis du Pontien supérieur : conglomérats (poudingues)

- on note vers le Sud une disparition plus rapide du premier niveau coralligène, tandis que le niveau supérieur disparaît à son tour à la latitude de Crémieu (extrémité nord du bassin versant). Les calcaires à entroques gris les remplacent, assurant le passage latéral aux "faciès du secteur de Panossas" ou "faciès intermédiaire" (selon P. ENAY et S. ELM).

- "Faciès lyonnais" : l'extrémité SW, y compris les îlots jurassiques situés en bordure du domaine molassique (Saint-Quentin-Fallavier, Saint-Alban-La Grive, Vaulx-Milieu), offre un faciès totalement différent, divisé en calcaires argilo-siliceux supérieurs à fossiles siliceux, comparables au "Ciret" du Mont d'Or lyonnais. Ce faciès témoigne d'une sédimentation vaseuse, finement détritique, en mer relativement calme.

2°/ Le Bathonien : marnes, calcaires et calcaires marneux jaunes.

d) Le Malm :

Le Callovien :

- inférieur : un calcaire lumachelique à trainées et nodules ferrugineux, un calcaire spathique à entroques finement triturées, dénotent une région de hauts-fonds balayée par des courants sous-marins (dépôts peu épais, hard-grounds);

- moyen et supérieur : son épaisseur est inférieure à deux mètres. Il est formé de calcaires jaunes ferrugineux, calcaires marneux, marnes gris bleu, à *Reineckeia anceps*.

Callovien supérieur et Oxfordien : ils manquent. Ce n'est pas une lacune de sédimentation mais un remaniement des assises callovo-oxfordiennes, dont les faunes sont mêlées à des espèces à cachet argovien.

e) Une grande phase d'émersion débute au Jurassique supérieur ; les calcaires coralligènes du Ptérocérien de l'Isle-Crémieu en sont un premier signe annonciateur. Il y a lacune des couches comprises entre la base du Rauracien et le sommet du Portlandien.

Phase de sédimentation continentale :

Le Nord et le centre du Bas-Dauphiné sont exondés dès le Crétacé inférieur.

II-A₂₋₂₋₂ - La "Chafne dauphinoise" : comme on l'a vu, la région étudiée correspond pendant le Secondaire à la plate-forme jurassienne, qui interfère avec la ride hercynienne de Vienne-Chamagnieu : les sédiments y sont de ce fait très réduits.

La formation des plis jurassiens à la fin du Crétacé, entraîne des contre-coups qui se traduisent par des déplacements verticaux de blocs rigides du socle ancien. Il en résulte une certaine irrégularité des faciès dans les zones de sédimentation marine.

Les plis de la couverture secondaire seront moulés sur les déformations des compartiments du socle, selon des directions privilégiées que l'on verra entrer en résonance toutes les fois que des mouvements affecteront les régions voisines (série de plis SSW-NNE dans le Secondaire de Saint-Lattier - La Tour-du-Pin et de Montrevel-Bizonnes). Cette chafne est puissamment érodée avant l'Oligocène, avant l'orogénie alpine dont elle est le premier contre-coup.

II - A₂₋₃ - Le Tertiaire : la subsidence bas-dauphinoise

- Fin Secondaire et début Tertiaire, le Bas-Dauphiné est une zone émergée en avant du géosynclinal alpin, qui apparaît comme une fosse.

- A l'Oligocène se produit une véritable inversion, conséquence de la formation des Alpes, qui paraissent repousser devant elles une dépression périphérique ; celle-ci sera bloquée contre le Massif Central en même temps que cessera la subsidence.

Elle aura lieu en trois phases : oligocène, miocène, pliocène.

II-A₂₋₃₋₁ - L'Oligocène

a) pendant l'Aquitanién, le Bas-Dauphiné fonctionne comme un bassin de subsidence où s'entassent de grandes épaisseurs de sédiments, marnes ou argiles lacustres (cf. Pl. 9).

b) fin Aquitanién, tendance à l'émersion : les sables sont plus abondants dans les zones lacustres et les argiles plus oxydées.

c) une surface d'érosion préburdigalienne s'établit :

- dans l'Isle-Crémieu, on trouve l'Oligocène près de Soleymieu, formé de bas en haut, de calcaires bitumineux à Hélix, Planorbis et Limnae, de calcaires marneux, avec mêmes fossiles, d'un conglomérat calcaire formé de blocs du Jurassique supérieur sur lequel il repose.

- un sondage profond à la Tour-du-Pin donne la coupe suivante :

- au-dessus du Secondaire, l'Oligocène est formé de marnes versicolores sur des marnes grises, avec intercalations de calcaires lacustres, entre les cotes -313 m et -188 m (Pliocène entre -188 m et +360 m).

L'Oligocène n'affleure pas sur notre bassin ; tout au plus trouve-t-on de gros blocs de conglomérat oligocène dans le glaciaire de Trept, de Saint-Hilaire-de-Brens...

II-A₂₋₃₋₂ - Le Miocène

Seconde phase de subsidence ; la zone d'accumulation la plus épaisse connue se situe vers Bizannes-Champier (extrémité SE du bassin) où le Miocène dépasse 500 m d'épaisseur. Il se caractérise par une prépondérance de roches de type "molasse" (grès quartzeux, à ciment calcaire). On trouve des conglomérats, marnes et argiles, plus rarement des lignites.

a) Le chenal burdigalien : il est absent de la région lyonnaise, le chenal passant plus à l'Est (cf. Pl. 10).

Un sondage a mis le Burdigalien en évidence à la Tour-du-Pin, sous forme d'une brèche à galets calcaires lithographique, épaisse de 20 mètres, au-dessus des marnes versicolores oligocènes.

b) Helvétien (Vindobonien) : l'invasion marine se généralise, les sables molassiques prédominent : sables fins, gris jaunâtre, micacés souvent consolidés en grès tendres.

-- Sondages Bizannes - La Tour-du-Pin : la moitié supérieure (Helvétien supérieur - Tortonien inférieur) est constituée d'épais lits de conglomérats dont la monotonie est rompue par des intercalations de grès molassiques. Le rivage est proche de Lyon : vers Saint-Quentin-Fallavier, les blocs perforés (contenant parfois Pholas dumortieri) sont nombreux.

c) Le Tortonien : identique et en continuité avec l'Helvétien, il est formé de sables marins.

Cependant, certains reliefs ayant appartenu à la surface d'érosion préburdigalienne, échappent momentanément à la submersion : ceux de Saint-Alban-La Grive, Saint-Marcel-Bel-Accueil, parsemés de cavités et anfractuosités, comme toutes les zones calcaires. Les produits argileux de dissolution des calcaires et de nombreux cadavres d'animaux emportés par le ruissellement s'y sont accumulés (site de Saint-Alban-La Grive).

d) le Pontien : il est très diversifié comme le Vindobonien, mais avec des sables et marnes moins consolidés. Les poudingues prédominent.

- On trouve un faciès saumâtre, à la base, la mer miocène ayant fait place à une lagune peu profonde, communiquant de façon précaire avec la mer (sables de Nassa michaudi).

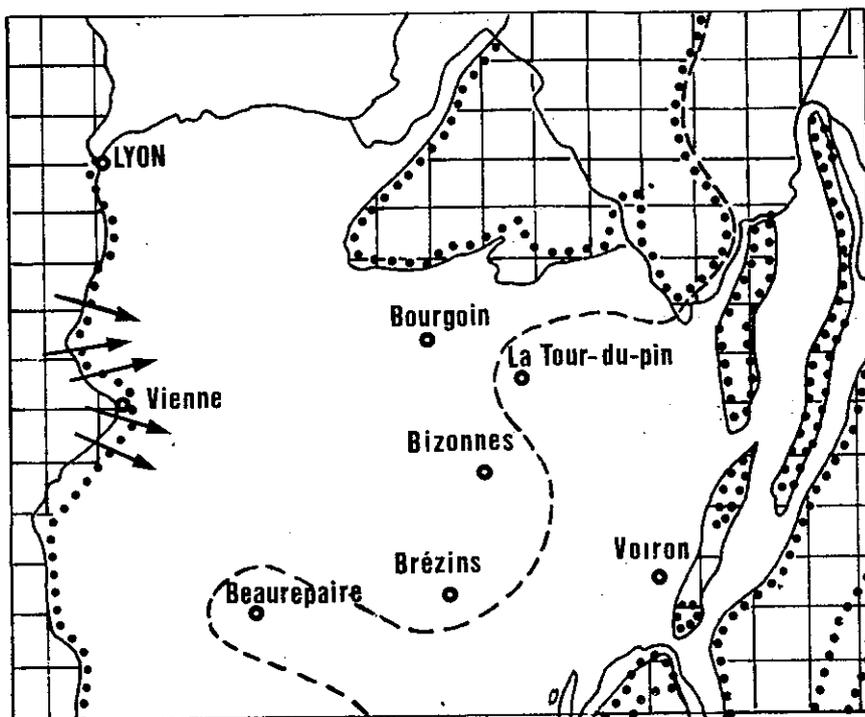
- Au-dessus, viennent 100 à 125 mètres de terrains argilo-sableux continentaux entre Vienne et Bourgoin).

- A la Tour-du-Pin, les lits et lentilles de lignite sont abondants dans une alternance de sables et conglomérats sur 200 mètres d'épaisseur au-dessus de l'Helvétien.

- A Bizannes, l'épaisseur des poudingues n'est plus que de 120 mètres.

- A l'Est de Bourgoin, DOUXAMI a montré que cet étage revêt l'aspect de faciès fluvio-lacustres et torrentiels.

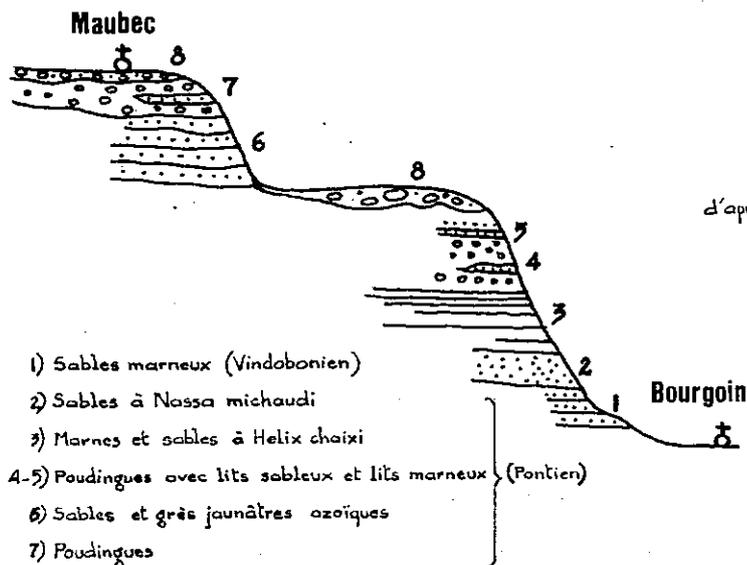
LE MIOCENE



SCHEMA
PALEOGEOGRAPHIQUE

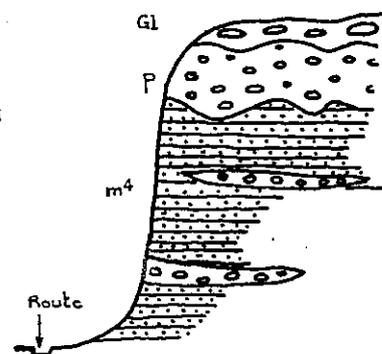
- + socle antéburdigalien visible
- - - limite occidentale de la mer burdigalienne
- cours d'eau antévindoboniens (selon L. David)
- rivages de la mer vindobonienne

COUPE DE MAUBEC A BOURGOIN-JALLIEU



- 1) Sables marneux (Vindobonien)
- 2) Sables à *Nassa michaudi*
- 3) Marnes et sables à *Helix chaixi*
- 4-5) Poudingues avec lits sableux et lits marneux (Pontien)
- 6) Sables et grès jaunâtres azoïques
- 7) Poudingues
- 8) Glaciaire

SABLIERE DE FOUR



- m4 : molasse sableuse avec bancs lenticulaires de cailloux.
- P : pliocène supérieur à quartzites et galets de roches granitoïdes. (?)
- Gl : glaciaire

d'après H. Dauxami

Conditions de dépôt du Miocène

Il a eu lieu dans une zone de subsidence de direction SW-NE, nouvelle par rapport aux directions oligocènes, certainement en relation avec des traits profonds. Une érosion continentale puissante du Massif Central et surtout des Alpes, servait d'alimentation. Le régime des cours d'eau était soumis à des variations saisonnières marquées. Ainsi, en tenant compte de la faible profondeur de la mer miocène, on comprend que se soient formés des marécages où se sont formés les lignites, surtout vers la fin de la période où la tendance à l'émersion est nette.

Au cours de la phase continentale, un grand lac a existé à la Tour-du-Pin ; les couches charbonneuses sont comprises entre des couches plus ou moins épaisses d'argiles bleues (de quelques centimètres à plus de 30 mètres). L'épaisseur est maximale à Saint-Didier-de-La-Tour et la Chapelle-de-la-Tour où l'on trouve 60 à 80 mètres de lignite.

II-A₂₋₄ - Le Quaternaire

On assiste à un développement considérable des glaciers, qui atteignent la vallée du Rhône vers Lyon. Cette histoire est liée aux mouvements successifs de la Méditerranée ; les abaissements du niveau de base ont provoqué des creusements, puis des remblaiements des vallées et se traduisent actuellement par des terrasses emboîtées les unes dans les autres.

- Après le Mindel et le Riss, un dernier recul du glacier rhodanien au Würm, reporte les moraines frontales à une quinzaine de kilomètres de Lyon vers l'Est, où il laisse d'importants témoins de son passage (moraine de Grenay, Saint-Quentin-Fallavier...). On en retrouve les dépôts sur tout le bassin versant : ils contiennent des cailloux de toutes provenances, galets calcaires plus ou moins polis et striés, disposés sans ordre dans une matrice argilo-sableuse, granites non altérés, blocs anguleux d'origine alpine (Urgonien, quartz, poudingues et grès houillers, schistes sériciteux, etc.).

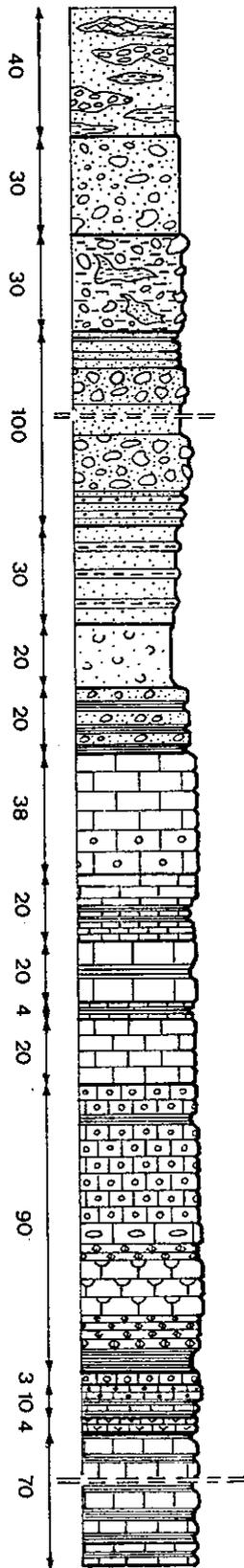
- Fluvio-glaciaire post-würmien : produit du lessivage des moraines par les eaux superficielles, il forme une terrasse d'une dizaine de mètres au-dessus des alluvions récentes et est baptisé "alluvions contemporaines" (plaine de Saint-Quentin-Fallavier, la Verpillère).

- Les tufs : ils parsèment les pentes dans les vallées de l'Isle-Crémieu.

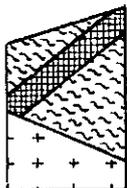
- Alluvions modernes : elles emplissent la partie basse des vallées de la Bourbre et du Catelan, produits de l'érosion des collines molassiques. La plaine de Bourgoin offre un remplissage de caractère lacustre : argiles, limons, sables, tourbes en surface (tourbières de la Verpillère), galets arrachés au Fluvio-glaciaire par le ravinement.

ECHELLE LITHO-STRATIGRAPHIQUE

REGION DE BOURGOIN



mètres



- **Alluvions Modernes** vallée de la Bourbre et du Catelan
Sables - Argiles - Limons - Tourbes en lentilles
Bancs de graviers rares.
- **Alluvions Contemporaines** de type "fluvio-glaciaire", gravier + sable
fraction fine enlevée par lessivage
- **Moraine würmienne** lentilles d'argile - sable - gravier légèrement congloméré
avec ciment argilo-sableux
- **Pontien** ensemble puissant de poudingues à quartzites alpins, calcaire noir,
protogine, granite ... plus importants dans les niveaux supérieurs
intercalé avec des séquences grés-sableuses glauconieuses

à l'altitude 400 m marnes et lignites à fossiles lacustres ou terrestres
- **Pontien saumâtre** alternance de sables et de bancs marneux
- **Tortonien** sable à Arca turonica
- **Chattien** grès molassique et marnes bigarrées
galets calcaires avec ciment marneux rougeâtre ou verdâtre
- **Séquanien** calcaire compact

calcaire à taches roussâtres et débris triturés oolithiques
- **Rauracien** calcaire compact à grains grossiers
marno-calcaire
- **Argovien** calcaire à débit en petits bancs. Sublithographique
calcaire blanc dur (pierre à chaux)
marnes à petites ammonites pyriteuses ou marno-calcaire à chaux hydraulique (TREP)
- **Callovien** calcaire compact à nœuds spongieux
- **Bathonien** calcaires et marno-calcaires
calcaire compact dit "Choin de Villebois", bancs à rognons de silice
- **Bajocien** calcaire oolithique, assise supérieure blanche, crayeuse
niveau interoolithique marno-calcaire

assise oolithique inférieure en gros bancs (0,50 m)

niveau à miches
assise à huîtres
calcaire à polypiers

calcaire à entroques
- **Aalénien** marnes sableuses grises
Lumachelle localement oolithique et ferrugineuse
- **Toarcien** minerai de fer compact à petites oolithes - très fossilifère
à la base calcaires et marnes
- **Domérien** calcaire lumachellique compact gris sombre
- **Charmouthien** marnes et marno-calcaires irrégulièrement ferrugineux

assise inférieure de marno-calcaires rouges à nombreuses bélemnites

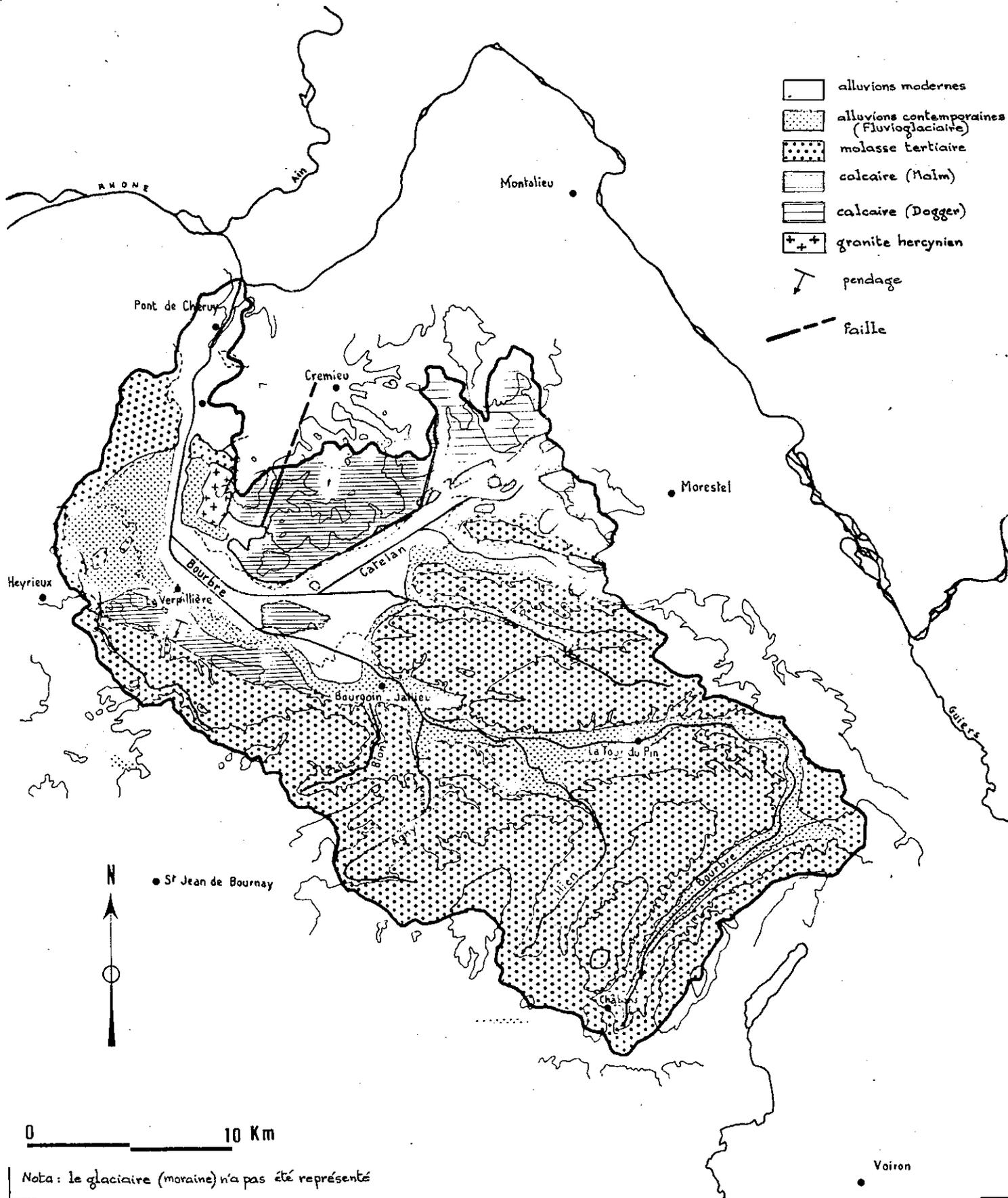
Mylonites
Cornéennes

Granite

nota : les épaisseurs indiquées sont approximatives.

BASSIN VERSANT DE LA BOURBRE

SCHEMA STRUCTURAL



Nota: le glaciale (moraine) n'a pas été représenté

II - B. - VOCATION HYDROGÉOLOGIQUE DES DIFFÉRENTES FORMATIONS

II-B₁ - Le cristallin de Chamagnieu :
compact, imperméable, il forme un îlot stérile, peu étendu.

II-B₂ - Les calcaires

Le plateau de Crémieu et ses abords sont morcelés par un ensemble de fractures verticales, qui n'affectent pas toutefois son pendage vers le SE. Il s'ensuit donc une possibilité d'écoulement dans cette direction.

En ce sens, on peut envisager des pertes par les calcaires hors du bassin versant, cependant on ne connaît pas d'exutoire possible. Comme dans le cas des grottes de Balmes, des circulations karstiques peuvent se développer à contre pendage et l'on verra des résurgences réapparaitre.

Sur le plan hydrogéologique, il faut surtout tenir compte des faciès. On distinguera ainsi deux types de formations :

- les calcaires compacts, lieu de circulations karstiques qui donneront les seules ressources en eau sur le rebord NE du plateau de Crémieu (Balme-les-Grottes, Vernas);
- les calcaires lités et fissurés qui pourront être le siège de véritables nappes, étant imprégnés en totalité sous le niveau hydrostatique.

C'est le cas des environs de Crémieu, de la bordure sud de l'Isle-Crémieu en contact avec la plaine alluviale (des puits fermiers captent l'eau dans les calcaires à Corbeyssieu près de Saint-Marcel-Selva Accueil (cf. Pl. 2).

Ces eaux pourront être drainées par d'anciens chenaux comblés par des alluvions, qui seront des secteurs d'intérêt majeur dans une optique d'exploitation... C'est le cas de la vallée SN d'Optevoz, dont les eaux naturellement drainées contribuent par l'intermédiaire d'un forage récent à l'alimentation de Crémieu.

C'est aussi le cas de la dépression du marais de Vernes, qui bénéficie de l'apport des écoulements superficiels et souterrains provenant d'un vaste secteur de l'Isle-Crémieu. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle le débit spécifique de son émissaire le Catelan, reste important à l'étiage.

II-B₃ - Le Miocène

Au Sud et au Sud Est de l'Isle-Crémieu, les formations secondaires disparaissent sous les poudingues, molasses et cailloutis miocènes. On donne le terme général de "molasse" à cette série miocène.

Dans la vallée de la Bourbre, en amont de Bourgoin, un sondage de 140 mètres est resté dans cet étage (cf. : étude de Vernay-Goiranne), où les faciès de type deltaïque se sont avérés aquifères : deux nappes ont pu être différenciées, dont la plus basse, très minéralisée, est artésienne.

La "molasse" souvent indurée, joue le rôle de substratum imperméable vis-à-vis des formations quaternaires qui la recouvrent (ainsi divise-t-on grossièrement le bassin versant de la Bourbre en deux parties : le domaine molassique de la moitié SE à fort ruissellement et le domaine quaternaire de la moitié NW à forte infiltration). Néanmoins, elle peut renfermer des réserves d'eau conséquentes, si l'on en juge par les 500 l/mn qui alimentent Domarin, par l'intermédiaire de cinq sources (200 l/mn supplémentaires devant être captés prochainement).

Afin d'avoir une idée plus claire sur le comportement hydrogéologique de la molasse, une campagne de relevés sur 300 puits environ a été menée sur tout le haut bassin à l'amont de Bourgoin-Jallieu. Cela a permis d'étendre la connaissance que l'on avait du bassin (détaillée dans la partie aval, siège de la future ville nouvelle) à la partie amont, tout en englobant une fraction importante du domaine molassique. Les résultats de cette campagne sont étudiés dans un chapitre ultérieur.

II-B₄ - Le Quaternaire

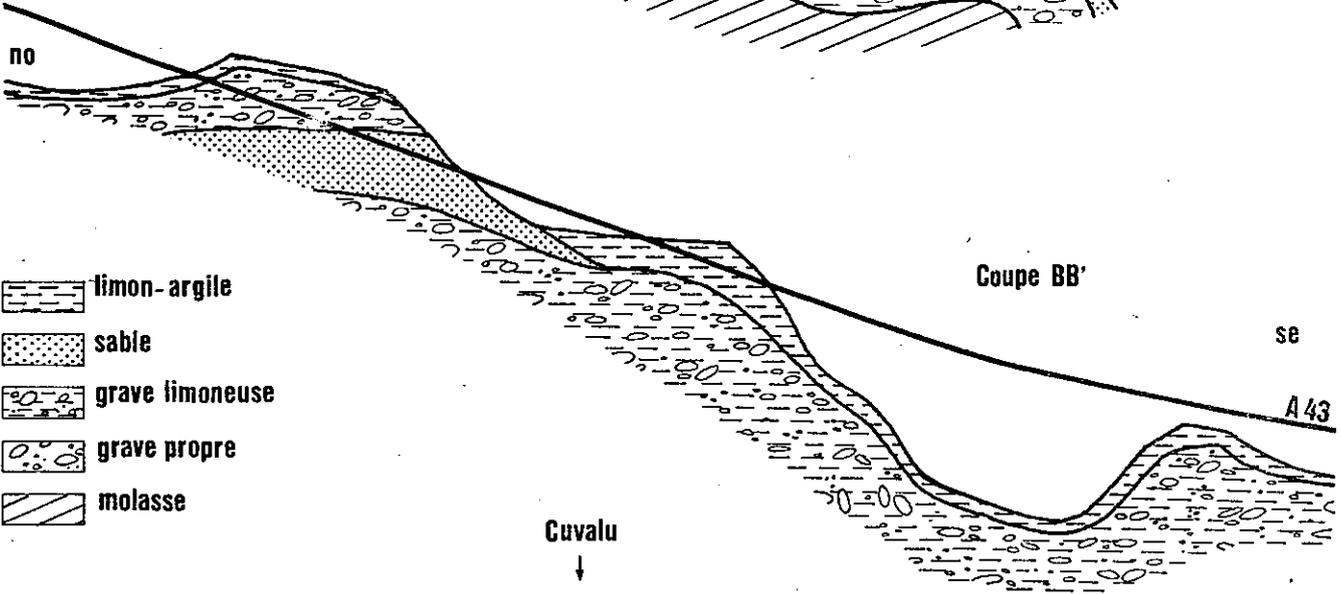
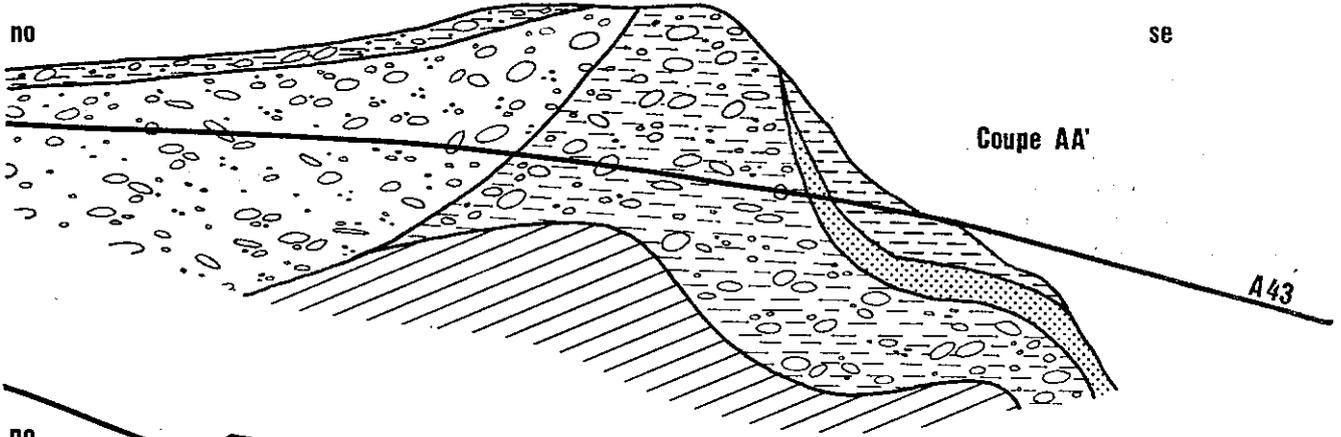
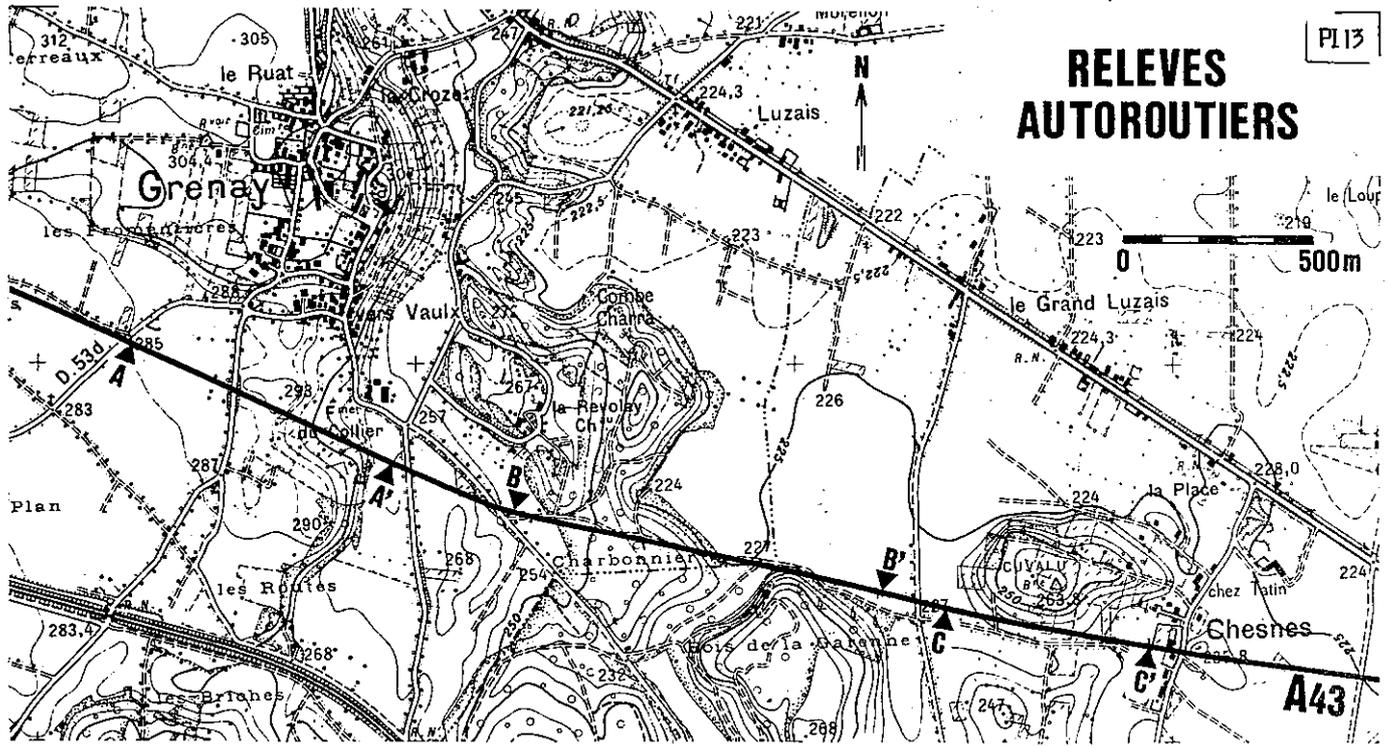
C'est bien entendu dans le Quaternaire que l'on peut s'attendre à trouver les réserves en eau les plus considérables.

II-B₄₋₁ - Matériaux glaciaires en place et remaniés

Ils sont particulièrement abondants dans l'ombilic de Saint-Quentin-Fallavier, Grenay, Satolas-et-Bonce. On en retrouve de nombreux témoins sur les collines molassiques du bassin versant et sur le plateau de Crémieu.

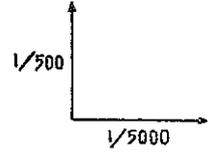
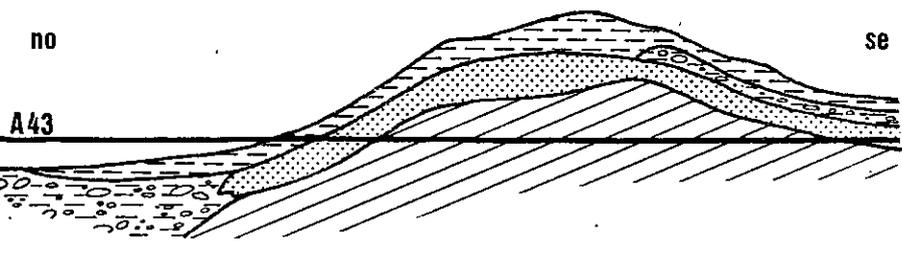
Des relevés le long de l'autoroute A 43, dans les zones en déblai, couplés avec une étude géophysique, ont permis d'observer ces formations. Elles sont constituées par une grave limoneuse - ou grave propre parfois - contenant des lentilles sableuses, souvent importantes. L'ensemble est recouvert en surface par des argiles et des limons.

RELEVÉS AUTOROUTIERS



-  limon-argile
-  sable
-  grave limoneuse
-  grave propre
-  molasse

Cuvalu



A faible profondeur sous le glaciaire, dans le secteur étudié, la molasse sableuse apparaît (coupes A et C).

Vocation hydrogéologique

En place, les morânes sont formées d'éléments très hétérogènes et sont le lieu de circulations préférentielles.

Elles font place en piedmont, à des alluvions remaniées qui peuvent constituer d'excellentes zones de drainage et d'alimentation (ombilic de Saint-Quentin-Fallavier) et avoir des perméabilités exceptionnelles (Satolas). Par contre, leur pouvoir de rétention est réduit.

On donnera pour exemple, la moraine de Grenay et son cône de transition, qui seront étudiés en détail par la suite. Ils servent de support à une nappe de versant dont les battements relativement peu importants et le faible gradient, permettent une exploitation aisée dans les zones perméables (cf. chapitre IX).

II-B₄₋₂ - Les formations alluviales récentes (a²)

Elles sont bien développées dans les plaines marécageuses de la Bourbre inférieure et du Catelan. Constituées en surface de terre végétale mélangée à de nombreux débris végétaux, elles passent à faible profondeur à des horizons tourbeux ou argileux, avec intercalation fréquente d'un ou plusieurs niveaux ferrugineux.

Sous ces formations superficielles, on rencontre des alternances de sablons, argiles et pélites avec rares graviers, déposés lors du comblement de la cuvette, après retrait des glaciers. Seuls, les cônes de déjection et éboulis de pente, imbriqués dans le remplissage lacustre, offrent des perméabilités élevées. Mais en raison de leur faible extension, ils ne présentent pas un grand intérêt dans l'optique d'une éventuelle exploitation de la nappe aquifère (Trept : 50 m³/h).

II-B₅ - Conclusions

Des quantités d'eau notables peuvent se localiser dans les calcaires mais elles ont l'inconvénient d'être difficilement repérables (cas des réseaux karstiques).

En fait les ressources en eau les plus intéressantes auront de grandes chances de se trouver dans les zones perméables des formations alluviales quaternaires (en l'occurrence le "fluvio-glaciaire" ou "alluvions contemporaines") où elles auront l'avantage d'être aisément accessibles.

CHAPITRE III - LES DONNEES CLIMATIQUES

- précipitations (pluie - neige),
- température,
- vents,
- brouillards.

III-A. - LES PRECIPITATIONS

III-A₁ - Généralités

Elles seront envisagées globalement (pluie - neige), sous le terme de "PLUVIOMETRIE". Sur le bassin versant, les précipitations neigeuses ont en effet une importance faible.

La pluviométrie est connue en trois stations intéressant la vallée de la Bourbre (Bourgoin, La Tour-du-Pin, l'Isle-d'Abeau) et deux autres immédiatement extérieures à cette vallée vers l'Est (Faverger-de-la Tour, Charavines) (cf. Pl. 2).

Le tableau ci-après fait état des périodes d'observation :

Stations	Altitude en mètres	Périodes d'observation retenues
Charavines	510	1907 - 1971
Faverger-de-la-Tour	394	1907 - 1919 ; 1922-1925 ; 1927-1935 ; 1939-1958 ; 1950-1971.
La Tour-du-Pin	350	1928 ; 1930 ; 1932-1971
Isle-d'Abeau (mission d'étude)	270	1971 ; 1972 ; 1973
Bourgoin (l'Oiselet)	254	1909-1919 ; 1921 ; 1923-1971

Sur le bassin versant, seules les stations de Bourgoin et la Tour-du-Pin offrent des périodes suffisamment longues d'observation permettant une exploitation statistique valable des données. Celle de l'Isle-d'Abeau en place depuis peu, présente des relevés sporadiques : elle a cependant été suivie régulièrement pendant la durée de ce travail depuis juillet 1972 au début de l'année 1974, et ses résultats ont été utilisés dans le cadre d'études spécifiques.

III-A₂ - Répartition pluviométrique spatiale

La maille trop large de ce système de mesure rend difficile la recherche d'une relation simple à valeur statistique, liant la pluviométrie à l'altitude. Cependant, il est possible d'envisager les rapports entre les stations de manière à établir un coefficient correctif et ainsi parvenir à l'approximation d'un module pluviométrique annuel moyen, applicable à l'ensemble du bassin versant.

Pour ce faire :

- les isohyètes correspondantes à une année moyenne (1932-1971) ont été grossièrement tracées sur l'ensemble du bassin ;
- la planimétrie des surfaces partielles ainsi délimitées entre les isohyètes successives a permis de calculer la lame d'eau moyenne tombée sur le bassin :

$$P_i = \frac{(P_1 + P_2) S_i}{2}$$

P_i = lame d'eau tombée sur une surface partielle S_i

P_1, P_2 = pluviométries relatives à deux isohyètes successives délimitant la surface partielle S_i .

$$P \text{ moyenne} = \frac{\sum r_i}{\sum S_i}$$

P moyenne = lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant

Les hauteurs de pluie relevées aux stations pour cette année moyenne établie sur 40 années consécutives (1932-1971), étaient les suivantes :

PCH = 1 116 mm	avec PCH : pluviométrie à Charavines (alt. : 510 m)
PLTP = 1 025 mm	PLTP : pluviométrie à la Tour-du-Pin (alt. : 350 m)
PB = 919 mm	PB : pluviométrie à Bourgoin (alt. : 254 m)

La moyenne obtenue pour le bassin versant était de 970 mm, ce qui conduit à conclure de la façon suivante :

$$P \text{ moyenne} \begin{cases} \approx PB + 50 \% (PLTP - PB) \\ \approx PLTP - 50 \% (PLTP - PB) \end{cases}$$

Ce correctif permettra de généraliser les résultats à la totalité du bassin, à partir des données de Bourgoin et la Tour-du-Pin, qui serviront de référence.

Remarque : on constate qu'au cours des 39 années d'observation choisies, dans 80 % des cas, les pluies ont suivi une loi normale de diminution de pluviométrie en fonction de l'altitude ($PCH > PLTP > PB$) et dans 20 % des cas, une loi différente ($PLTP < PB < PCH$; dans quelques cas $PB > PCH$).

Ceci semble corroborer les remarques que l'on a faites précédemment sur le caractère composite du climat : diverses tendances se font sentir (continentale, océanique, méditerranéenne).

Aussi, en tenant compte de ces dernières observations, si l'on veut généraliser les égalités précédentes à tous les cas, il faut écrire :

$$P \text{ moyenne} \begin{cases} \approx PB \pm 50 \% \quad | \quad PLTP - PB \quad | \\ \approx PLTP \pm 50 \% \quad | \quad PLTP - PB \quad | \end{cases}$$

III-A₃ - Répartition mensuelle des précipitations - Régime pluviométrique

Il s'agit d'envisager la répartition pluviométrique dans le temps, après l'avoir fait dans l'espace. Pour cela, les modules mensuels et les coefficients mensuels relatifs ont été calculés à partir de 33 années de relevés (1939-1971).

- Module mensuel : il est intéressant de connaître la moyenne arithmétique des hauteurs de précipitation, pour chaque mois sur un grand nombre d'années, ici de 1939 à 1971.

- Coefficient mensuel relatif : "si la hauteur de précipitation annuelle P était uniformément répartie au cours de l'année, la moyenne journalière serait égale à $P/365$ et pour un mois de n jours à $Pn/365$; cette valeur représente une précipitation mensuelle fictive... Le quotient de la hauteur de précipitation mensuelle mesurée par la précipitation mensuelle fictive, est appelé "coefficient pluviométrique mensuel relatif".

Les coefficients relatifs caractérisent la pluviosité relative de chaque mois (voir tableau et graphe).

Résultat :

- les périodes pluvieuses

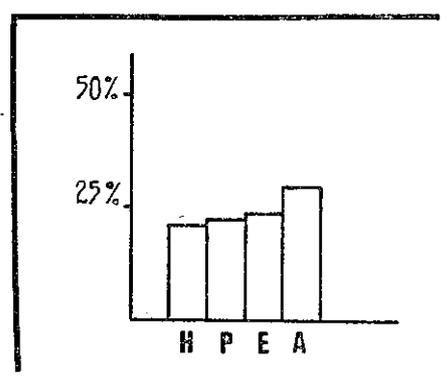
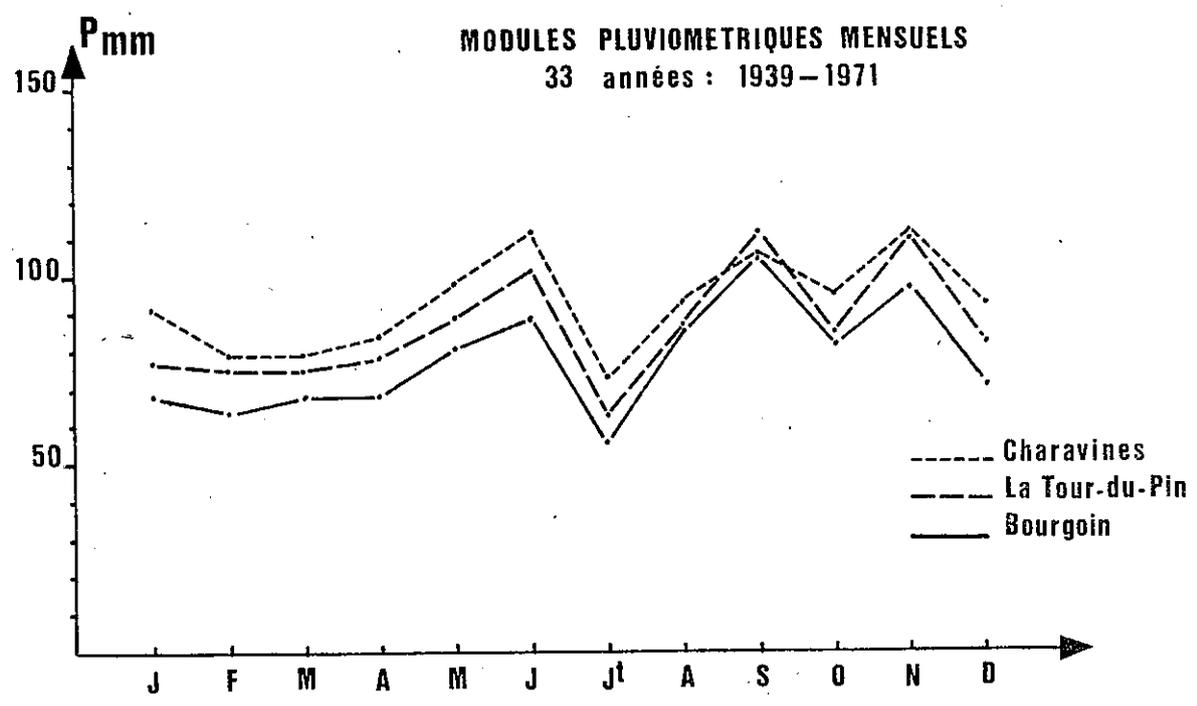
- en mai-juin, avec un maximum très fort en juin ;
- en août-septembre (tendance méditerranéenne) et en novembre (tendance océanique).

REGIME PLUVIOMETRIQUE

stations	J	F	M	A	M	J	J'	A	S	O	N	D	année
modules Charavines (510 m)	91,40	79,42	79,03	84,01	98,01	112,13	73,08	93,76	100,62	94,98	111,90	92,51	1110,85
coeff. relatifs	0,97	0,93	0,84	0,92	<u>1,04</u>	<u>1,23</u>	0,77	0,96	<u>1,02</u>	<u>1,01</u>	<u>1,23</u>	0,98	
Favergeres de-la-Tour (394 m)	77,74	70,40	74,11	73,09	91,16	99,91	67,84	98,06	104,18	82,38	105,14	80,72	1022,53
coeff. relatifs	0,84	0,90	0,85	0,87	<u>1,05</u>	<u>1,19</u>	0,78	<u>1,13</u>	<u>1,24</u>	0,95	<u>1,25</u>	0,93	
La Tour du-Pin (350 m)	77,98	74,98	74,99	78,44	88,60	101,12	63,10	86,92	111,55	84,62	109,74	82,38	1034,42
coeff. relatifs	0,89	0,94	0,85	0,92	<u>1,01</u>	<u>1,19</u>	0,72	0,98	<u>1,31</u>	0,96	<u>1,29</u>	0,94	
Bourgoin Jallieu (254 m)	68,83	63,90	66,58	66,57	81,07	89,07	55,96	86,00	105,00	81,65	96,60	70,56	931,79
coeff. relatifs	0,87	0,89	0,84	0,87	<u>1,02</u>	<u>1,16</u>	0,71	<u>1,09</u>	<u>1,37</u>	<u>1,03</u>	<u>1,26</u>	0,89	

modules mensuels et coefficients mensuels relatifs

* les coefficients supérieurs à 1 ont été soulignés.



- Les périodes plus "sèches"

- a) - en février - mars,
- b) - en juillet, mois le moins arrosé de l'année.

Mais, un faible écart caractérise tous ces chiffres, ce qui indique une répartition homogène des précipitations tout au long de l'année.

L'indicatif saisonnier HPEA confirme cette tendance en montrant que les pluies s'accroissent de façon très progressive de l'hiver à l'automne, si bien que la répartition saisonnière des pluies est assez uniforme (cf. Pl. 14).

Pour Bourgoin-Jallieu (254 m)

H (déc. janv. fév.)	= 203, 29 mm = 21, 8 %
P (mars, avril, mai)	= 214, 22 mm = 22, 99 %
E (juin, juillet, août)	= 231, 03 mm = 24, 79 %
A (sept., oct., nov.)	= 283, 25 mm = 30, 39 %

Hauteur des précipitations mensuelles classées selon leur fréquence

La répartition mensuelle relative à une année particulière peut différer notablement de la précipitation mensuelle établie pour une année moyenne ; le graphique des précipitations mensuelles classées selon leurs fréquences permet de situer les intervalles de variation correspondant à une probabilité donnée.

Ainsi, les valeurs de précipitations représentées par les courbes 10, 25, 50, 75, 90, ont respectivement 10, 25, 50, 75, 90, chances sur cent d'être atteintes ou dépassées (cf. Pl. 15).

III-A₄ - Répartition pluviométrique interannuelle - Etude statistique

Les données des stations de Bourgoin-Jallieu (254 m) et la Tour-du-Pin (350 m) ont été utilisées pour cette étude.

III-A₄₋₁ - Valeurs remarquables

a) - moyenne arithmétique :

elle définit la tendance centrale de la série. C'est la moyenne arithmétique des hauteurs de pluies annuelles pour la série d'observation.

avec $\sum xi$ = somme des n hauteurs de précipitation annuelle
n = nombre d'années d'observation

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n + 1}$$

D'autres paramètres caractérisent la dispersion des valeurs autour de la tendance centrale :

b) - écart absolu moyen :

c'est la moyenne des valeurs absolues des "déviations" $(xi - \bar{x})$, qui existent entre chacune des valeurs individuelles et leur moyenne arithmétique \bar{x} .

$$e_a = \frac{\sum (xi - \bar{x})}{n + 1}$$

c) - variance ou "fluctuation" M_2 et écart type σ :

$$M_2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n + 1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n + 1}}$$

Sur une période d'observation assez longue, les hauteurs de précipitations annuelles s'ordonnent assez bien selon la loi de Laplace-Gauss. Cette loi est entièrement déterminée lorsqu'on connaît sa moyenne \bar{x} et son écart type σ .

Dans une distribution normale on doit avoir :

50 % des observations entre $\bar{x} - \frac{2}{3} \sigma$ et $\bar{x} + \frac{2}{3} \sigma$

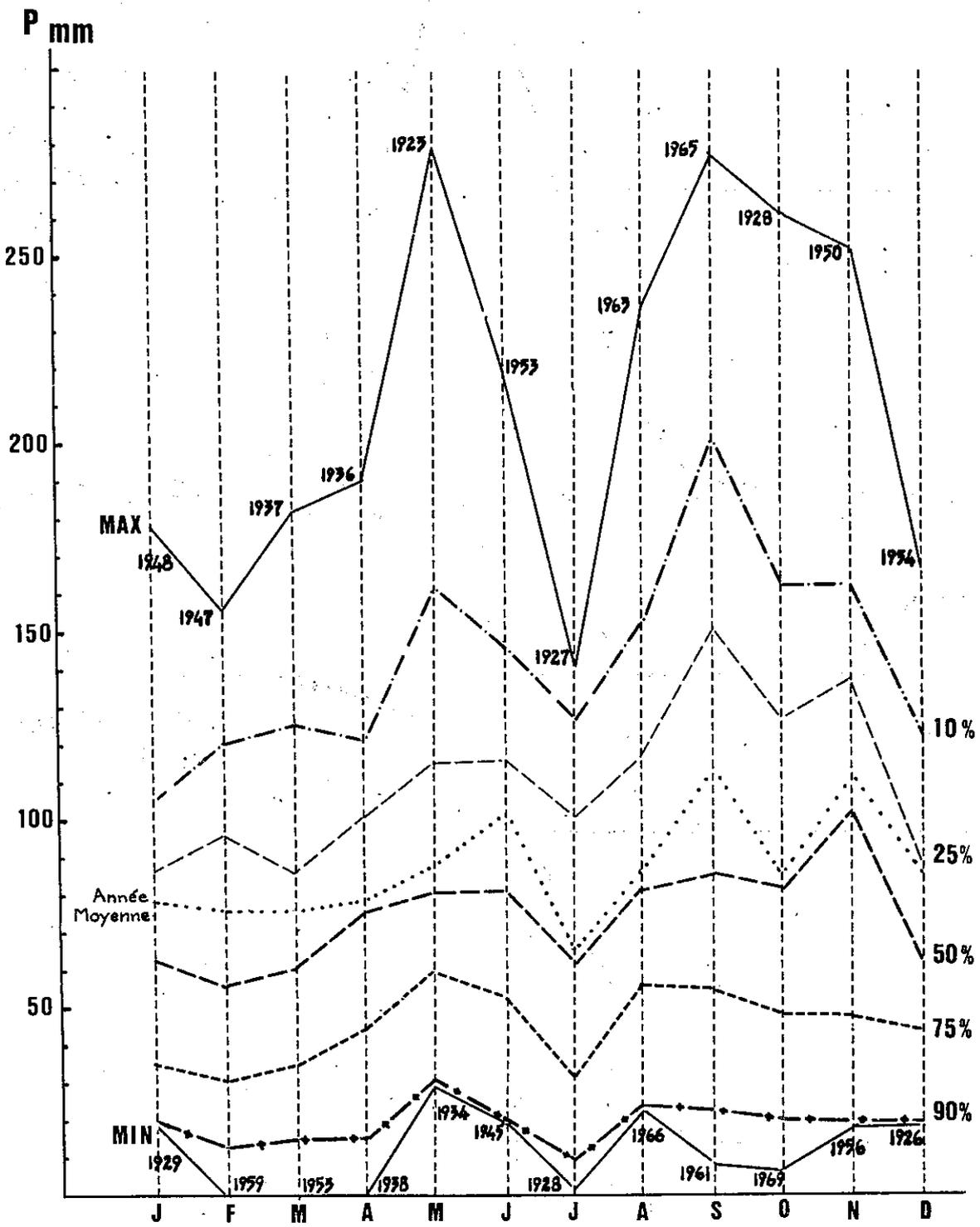
68 % " " " $\bar{x} - \sigma$ et $\bar{x} + \sigma$

95 % " " " $\bar{x} - 2\sigma$ et $\bar{x} + 2\sigma$

99,7 % " " " $\bar{x} - 3\sigma$ et $\bar{x} + 3\sigma$

BOURGOIN (1923-1971)

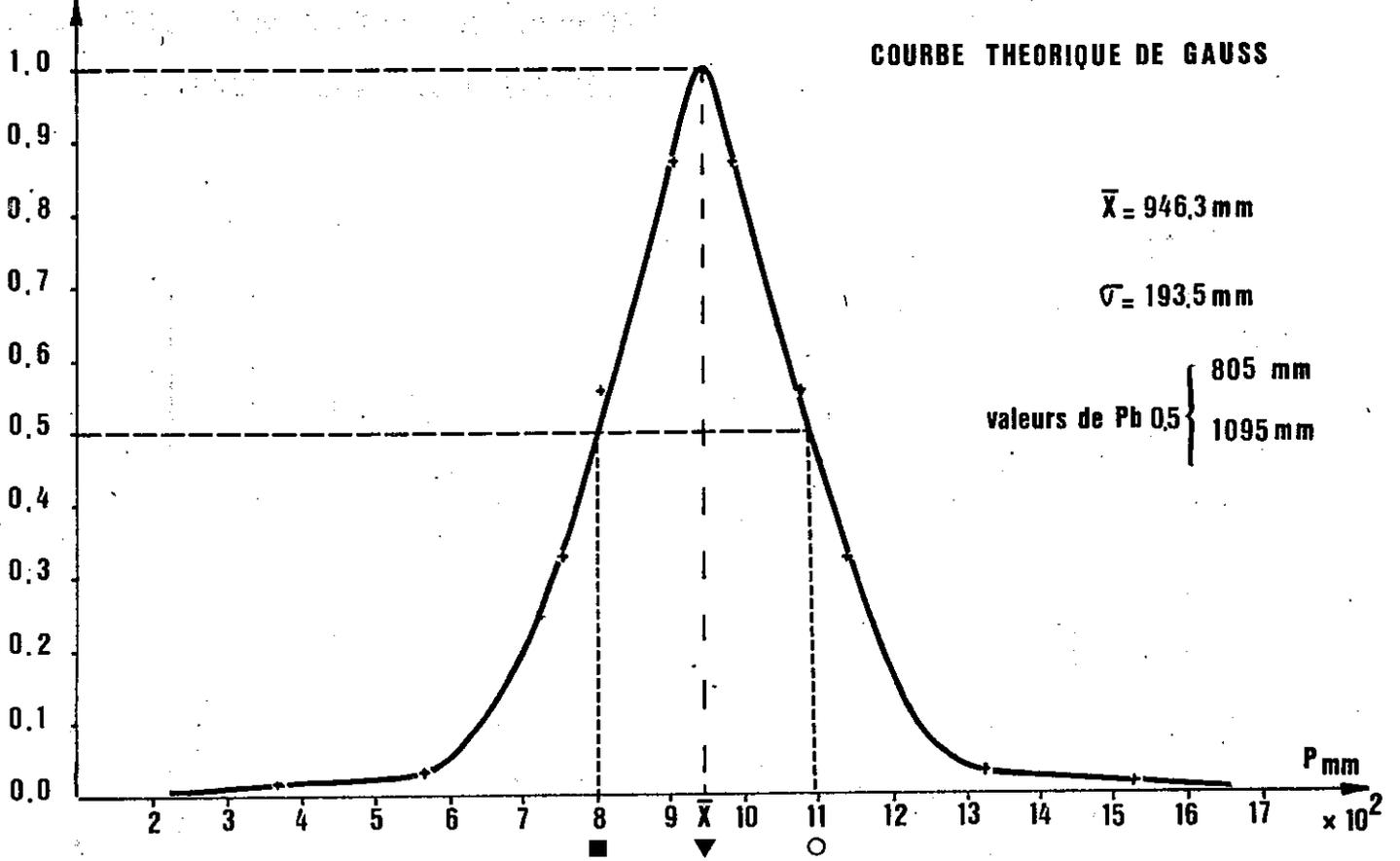
Hauteurs de Précipitations mensuelles classées selon leur fréquence



BOURGOIN PLUVIOMETRIE

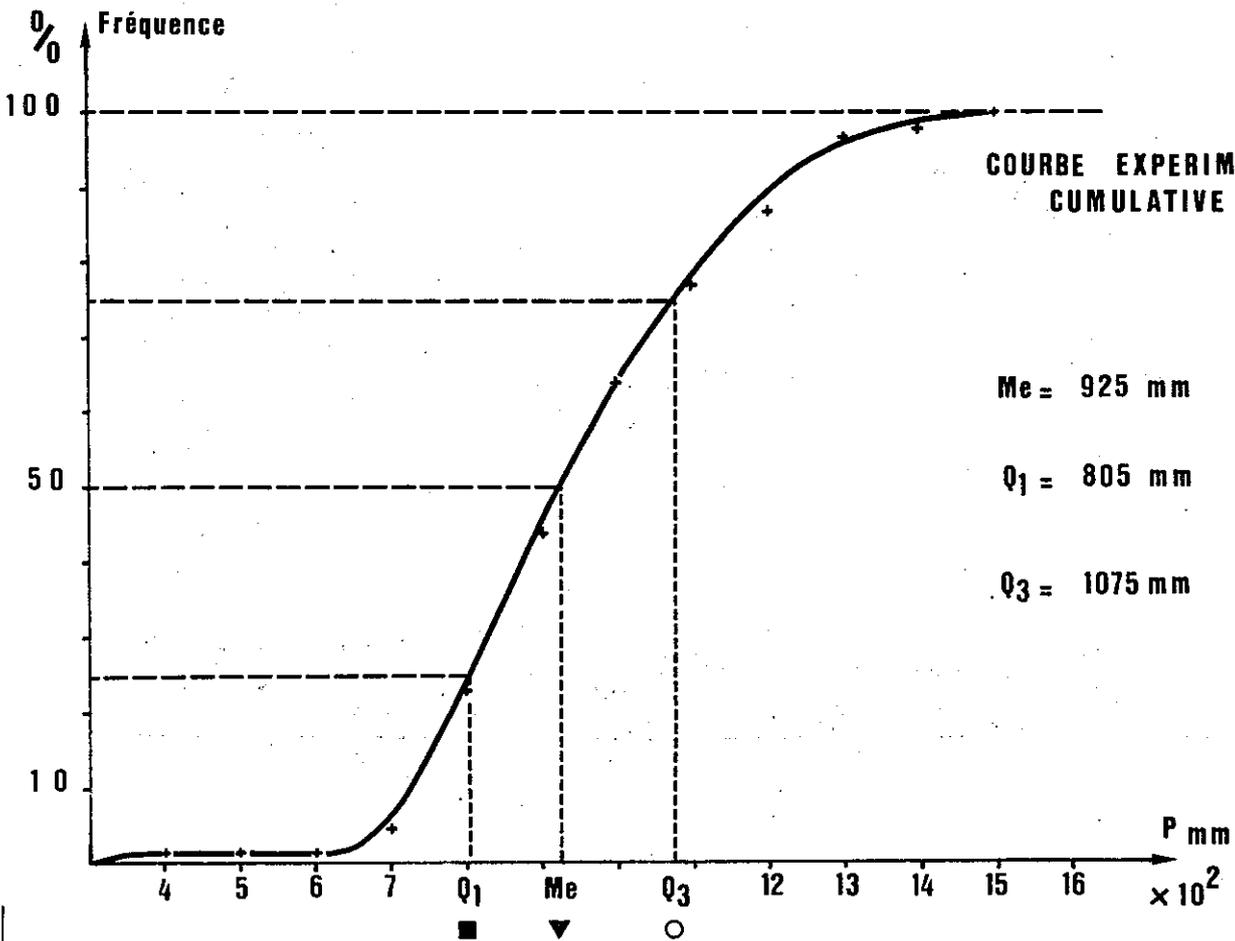
Probabilité

COURBE THEORIQUE DE GAUSS



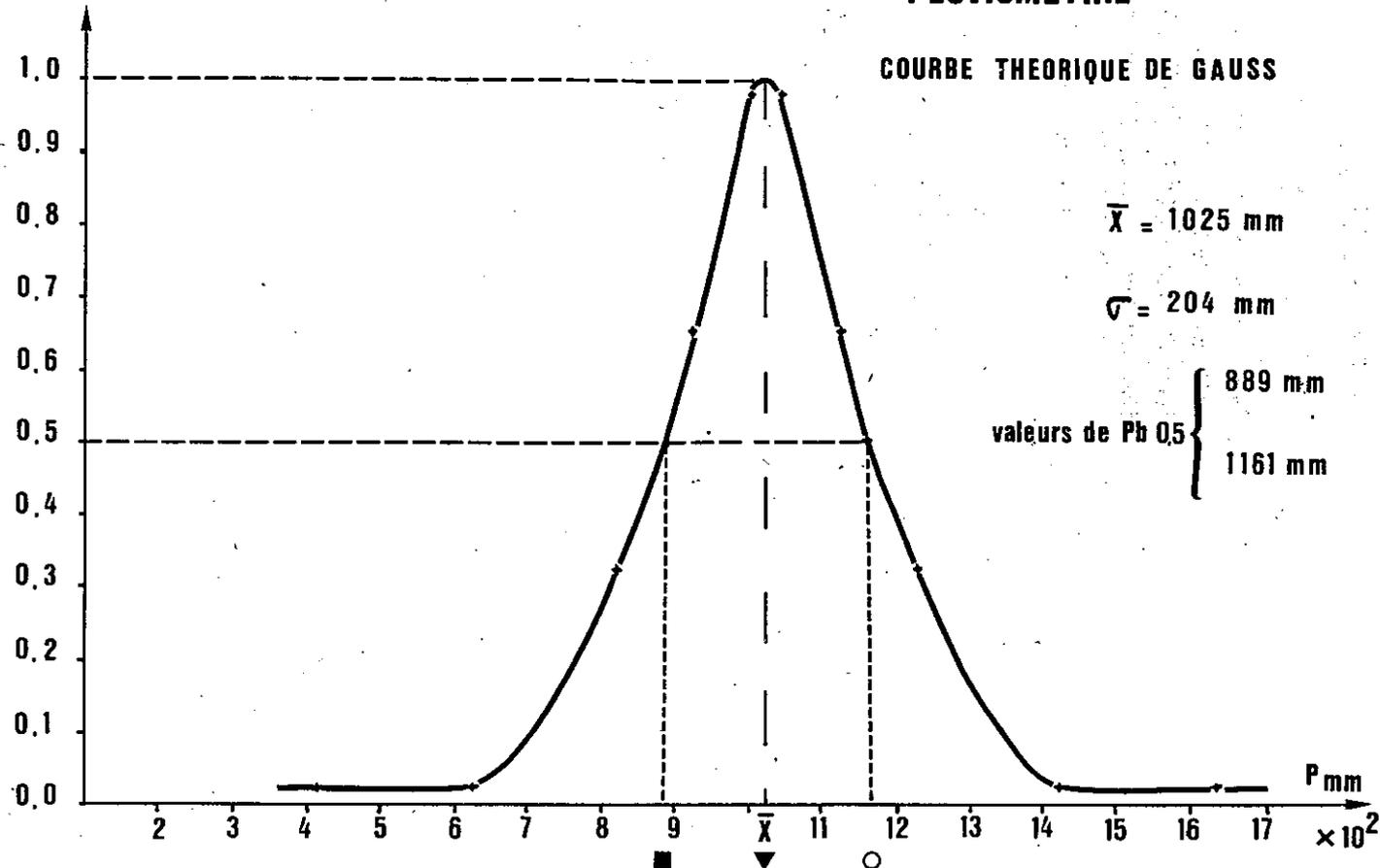
Fréquence

COURBE EXPERIMENTALE CUMULATIVE

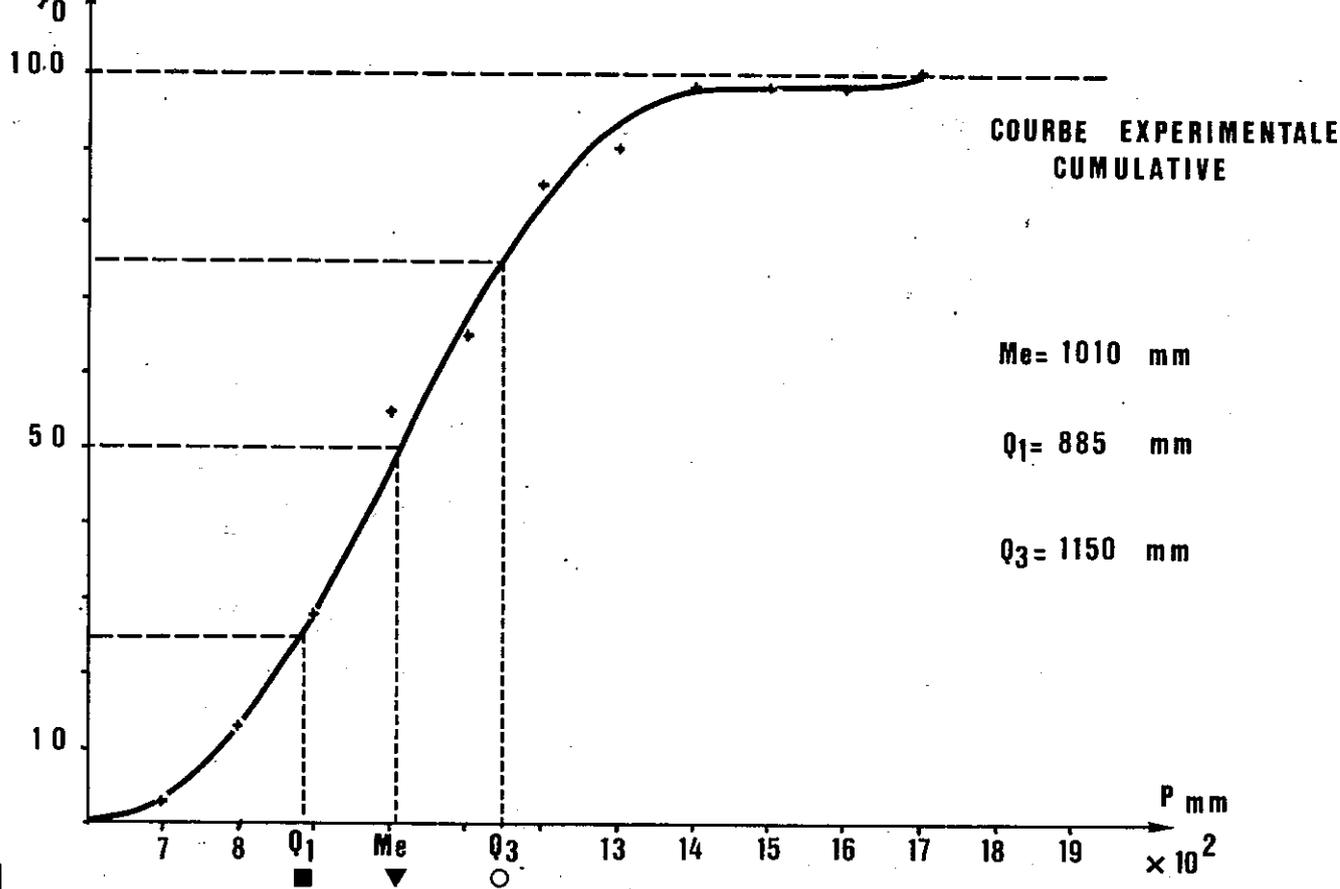


LA TOUR - DU - PIN PLUVIOMETRIE

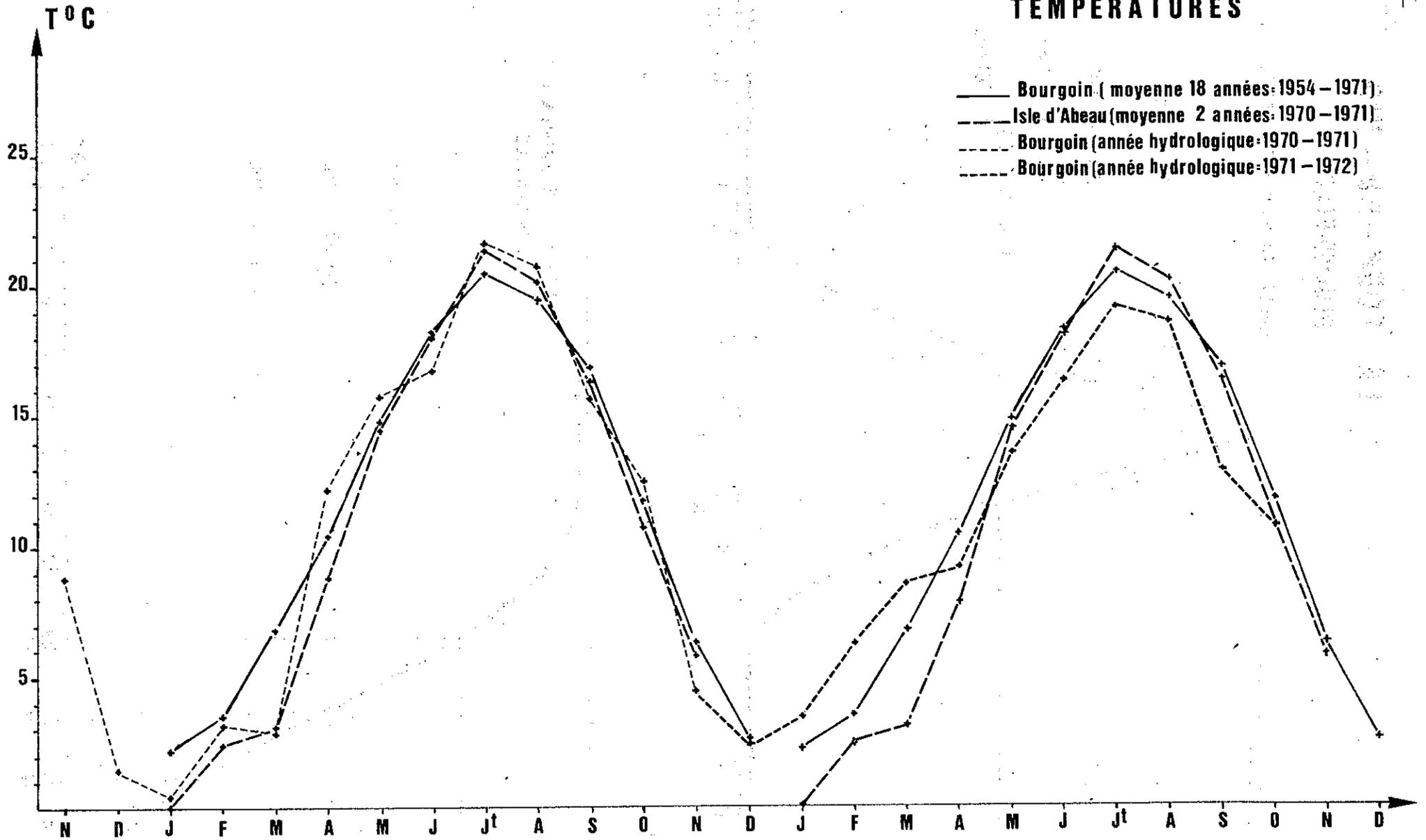
Probabilité



Fréquence



TEMPERATURES



III-A₄₋₂ - Etude expérimentale

a) - Bourgoin : nombre d'années d'observation : 60
(de 1909 à 1971)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n + 1} = 946,3 \text{ mm}$$

$$e_a = \frac{\sum (x_i - \bar{x})}{n + 1} = 149,7 \text{ mm}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n + 1}} = 193,5 \text{ mm}$$

Ces valeurs ont permis de construire la courbe de Gauss et d'obtenir les données suivantes :

- 44,3 % (au lieu de 50 %) des valeurs comprises entre 816,7 mm et 1076 mm
- 67,2 % (au lieu de 68 %) des valeurs comprises entre 752,8 mm et 1139,8 mm
- 96,7 % (au lieu de 95 %) des valeurs comprises entre 365,8 mm et 1526,8 mm

Probabilité 0,5 : 50 % des valeurs comprises entre 805 mm et 1095 mm

D'autre part, la courbe cumulative permet d'obtenir graphiquement la médiane Me (paramètre définissant la tendance centrale de la série) et les 1er et 3e quartiles (paramètres de dispersion).

Si la répartition était parfaitement gaussienne :

- Me serait confondue avec \bar{x} . Ici, Me = 925 mm
 $\bar{x} = 946,3 \text{ mm}$

- Les valeurs pour une probabilité de 0,5 seraient confondues avec les 1er et 3e quartiles :

$$\begin{array}{l} \text{ici, } Q 1 = 805 \text{ mm} \\ Q 3 = 1075 \text{ mm} \end{array} \quad \text{Pb } 0,5 \quad \left\{ \begin{array}{l} 805 \text{ mm} \\ 1095 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$-\frac{e}{\sigma} \text{ serait égal à } 0,80. \text{ Ici } \frac{e}{\sigma} = \frac{149,7}{193,5} = 0,77$$

De plus, Me - Q 1 serait égale à Q 3 - Me dans le cas d'une distribution symétrique. Ici : Me - Q 1 = 120 mm
Q 3 - Me = 150 mm

Donc l'échantillon ne suit pas une loi strictement normale, mais étant donnée l'application que l'on veut faire des résultats, ce n'est pas commettre une grosse erreur que d'admettre qu'il en est ainsi.

Ainsi la "courbe de Gauss" donne-t-elle les valeurs remarquables ci-après :

- Année décennale sèche + année décennale humide :	
Pb = 0,1 x 2 = 0,2	P { 710 mm 1190 mm
- Année cinquantenaire sèche + année cinquantenaire humide :	
Pb = 0,02 x 2 = 0,04	P { 580 mm 1300 mm
- Année centenaire sèche + année centenaire humide :	
Pb = 0,01 x 2 = 0,02	P { 420 mm 1480 mm

b) - La Tour-du-Pin

un même processus de calcul donne :

$$\bar{x} = 1025 \text{ mm (Me = 1010 mm)}$$
$$\sigma = 204 \text{ mm (ea : 164 mm)}$$

nombre d'années : 30 (1932-1971)

- 50 % des valeurs entre 889 mm et 1161 mm
- 67,5 % (au lieu de 68 %) entre 625 mm et 1425 mm
- 97,5% (au lieu de 95 %) entre 625 mm et 1425 mm
- 97,5% (au lieu de 99,7 %) entre 413 mm et 1637 mm

$$\text{Valeurs de } P_{0,5} = \begin{cases} 889 \text{ mm} & (Q 1 = 885 \text{ mm}) \\ 1161 \text{ mm} & (Q 3 = 1150 \text{ mm}) \end{cases}$$

Me - Q 1 = 125 mm ; Q 3 - Me = 140 mm (donc distribution légèrement asymétrique).

$$\frac{e}{\sigma} = \frac{164}{204} = 0,80$$

Les valeurs remarquables obtenues sont les suivantes :

- Années décennales sèche et humide : P = 760 mm et 1290 mm
- Années cinquantennales sèche et humide : P = 650 mm et 1410 mm
- Années centennales sèche et humide : P < 400 mm et P > 1650 mm

c) - Conséquence : calcul de la lame d'eau moyenne tombée annuellement sur le bassin versant

Les résultats du paragraphe II-A₂ permettent de parvenir à des données applicables à l'ensemble du bassin versant, à partir de celles des stations de Bourgoin-Jallieu et la Tour-du-Pin, ponctuelles.

ANNEE	PLUVIOMETRIE en mm
Moyenne	970
Décennale sèche	735
+ Décennale humide	1240
Cinquantenaire sèche	615
+ Cinquantenaire humide	1355
Centenaire sèche	400
+ Centenaire humide	1565

Critique des résultats

obtenus à partir des données relativement grossières du paragraphe II-A₂, ils ne pourront être qu'approchés.

Résultats pour l'année hydrologique 1971-1972

(du 1er novembre 1971 au 31 octobre 1972)

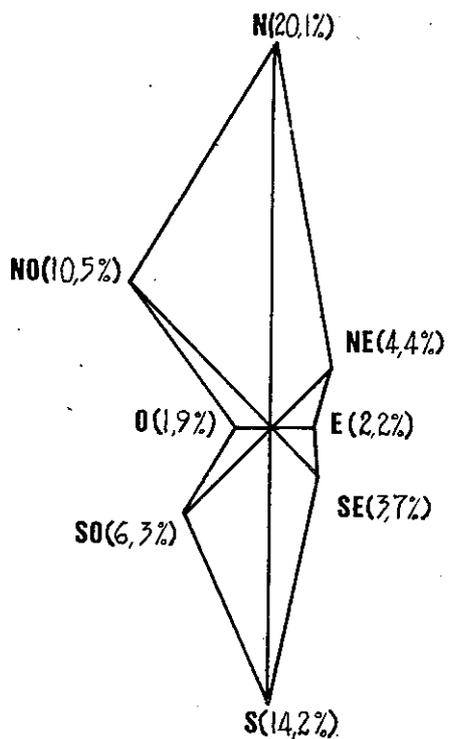
- Bourgoin (254 m) : P = 951 mm
- La Tour-du-Pin (350 m) : P = 891 mm

Compte tenu des conclusions précédentes, il est possible d'envisager la pluviométrie moyenne relative à l'ensemble du bassin versant.

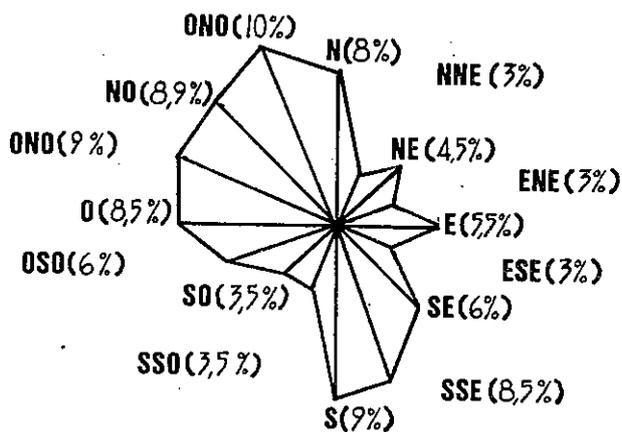
$$P \text{ moyenne } \begin{cases} \simeq 951 - 50 \% (951 - 891) \\ \simeq 891 + 50 \% (951 - 891) \end{cases} \Rightarrow P \text{ moyenne } \simeq 920 \text{ mm}$$

ANNEE HYDROLOGIQUE 1971 -72 : P ≈ 920 mm

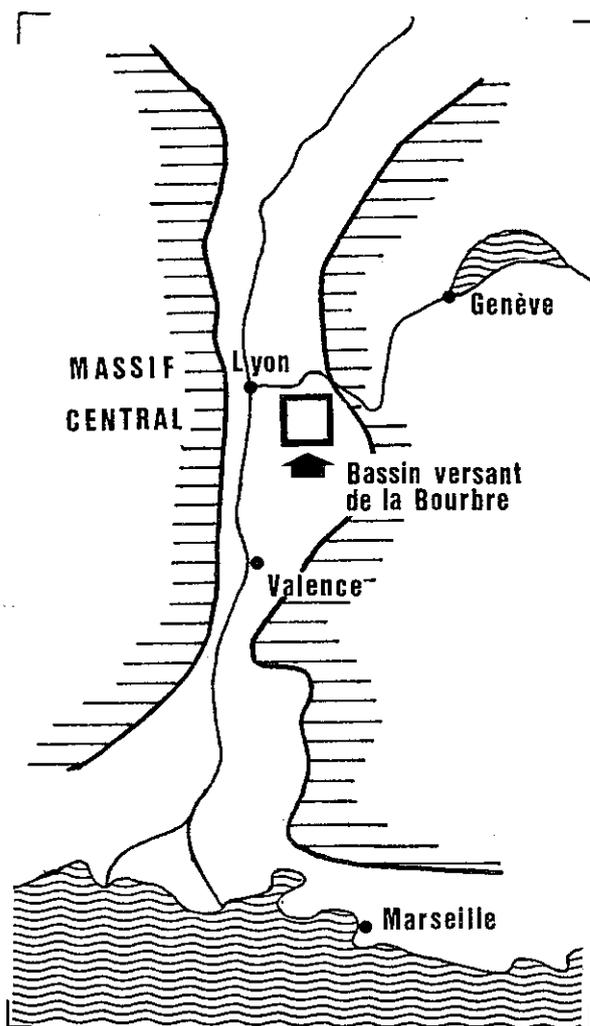
ROSES DES VENTS



Bron



Isle-d'Abeau



III-E. - LA TEMPERATURE

Dix huit années consécutives entre les années 1954 et 1971, ont été exploitées en ce qui concerne la station de Bourgoin (l'Oiselet : 254 m d'altitude), ce qui a permis de calculer pour chaque mois : moyenne des maximums M, moyenne des minimums m et température moyenne du mois considéré $\frac{M + m}{2}$.

Le résultat global pour une année moyenne a été consigné d'une part dans le tableau ci-dessous, et d'autre part sur un graphique. De plus, sont jointes les données correspondantes aux années 1970-71, ainsi qu'à l'année hydrologique 1971-1972. (1er novembre-31 octobre) à la station de l'Isle-d'Abeau (mission d'étude).

Températures mensuelles moyennes et température annuelle moyenne (calcul sur 18 années consécutives de 1954 à 1971)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Bourgoin (l'Oiselet) 254 m	2,02	3,50	6,82	10,42	14,83	18,18	20,44	19,45	16,81	11,75	6,31	2,58	11,09

III-C. - LES VENTS

La situation du bassin versant dans un couloir est déterminante : le couloir Saône-Rhône encadré à l'Ouest par le Massif-Central, à l'Est par le Jura et les Alpes. Ces montagnes forment un obstacle à la circulation atmosphérique générale. Largement ouvert au Nord et au Sud, le couloir Saône-Rhône joue un rôle de "canalisation" : les vents locaux subissent des apports d'influences septentrionales ou méridionales, selon leurs directions.

Les altitudes dépassant rarement 400 mètres, les vents peuvent se développer facilement.

Les roses des vents pour les stations de Bron (36 507 observations entre 1926-1939 et 1954-1955) et de l'Isle-d'Abeau (année 1969) sont représentées ci-après (cf. Pl. 19).

- Pour la station de Bron,

il y a transfert des directions nord ouest aux directions nord. Ceci étant dû à l'abri du Massif-Central et à la position nord-sud du couloir Saône-Rhône.

- A l'Isle-d'Abeau,

les vents d'Ouest reprennent en partie leur direction d'origine.

III-D. - LES BROUILLARDS

Le nombre moyen de jours de brouillard par an à Bourgoin-Jallieu est moins important qu'à Lyon-Bron. Les études réalisées donnent 36 jours contre 52, qui se décomposent comme suit :

mois stations	J	F	M	A	M	J	J ^t	A	S	O	N	D	année
Bourgoin- Jallieu	3	4	1				1		2	10	6	8	36
Bron	9	6	3	1	1	1	1	1	4	10	8	9	52

Les mois les plus brumeux correspondent à la période allant d'octobre (mois le plus brumeux en raison de l'apparition des premières températures basses et premières gelées et d'une situation souvent anticyclonique) à février.

Le nombre de jours de brouillard peut varier du simple au triple, d'une année à l'autre. Aussi, seules les moyennes sur une longue période (tableau ci-dessus) ont-elles un certain intérêt.

CHAPITRE IV - CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION - BILAN HYDROLOGIQUE

IV-A. - GENERALITES

Au cours d'une période donnée, la différence entre les quantités d'eau tombées sur un bassin versant et les quantités d'eau écoulées mesurées à l'exutoire de ce bassin, constituent le déficit d'écoulement pour la période considérée.

$$P - Q = D$$

P = pluviométrie
Q = quantités d'eau écoulées mesurées à l'exutoire du bassin versant.

$$D = E + I$$

D = déficit d'écoulement
E = évapotranspiration
I = variation des réserves sous forme de neige, glace, eau souterraine.

$$\Rightarrow P - Q = E + I$$

Ce paragraphe a pour but d'évaluer le terme E, perte pour l'écoulement.

Les facteurs influant sur l'évapotranspiration sont nombreux et mal connus. On peut les classer en trois groupes :

1) - Etat de l'atmosphère :

ce terme englobe tous les facteurs constituant le "pouvoir évaporant" de l'atmosphère : déficit hygrométrique, température, insolation, vitesse et turbulence du vent, pression barométrique, etc.

2) - Types de surfaces d'évaporation :

ce sont les facteurs constituant la "facilité d'évaporation" : surface d'eau libre (étendue, profondeur de la nappe), végétation (développement du feuillage, profondeur des racines).

3) - Possibilité d'alimentation :

on distingue l'évapotranspiration réelle, quantité d'eau effectivement évapotranspirée et l'évapotranspiration potentielle, quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée, compte tenu des conditions climatiques, si l'approvisionnement en eau était à tout instant suffisant.

On étudiera l'évapotranspiration à partir des formules de TURC, COUTAGNE (E réelle) et la méthode de THORNTHWAITE (E potentielle et E réelle).

IV-B. - BOURGOIN-JALLIEU : EVAPOTRANSPIRATION MENSUELLE MOYENNE, POUR LA PERIODE 1954-1971

- Température annuelle moyenne pour 1954-1971 : 11,09 °C
- Pluviométrie annuelle moyenne pour 1954-1971 : 962 mm

IV-B₁ - Formule de TURC :

Elle a été établie à l'aide de données expérimentales, recueillies sur divers bassins répartis dans toutes les régions du globe.

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{(300 + 25t + 0,05 t^3)^2}}}$$

E = évapotranspiration réelle annuelle en mm

P = précipitation annuelle en mm

t = température moyenne annuelle à l'air en °C

Cette formule permet d'évaluer les variations de E en fonction de P, à température constante.

Résultat

$$E = \frac{960,9}{\sqrt{0,9 + \frac{(960,9)^2}{(300 + 25 \times 11,09 + 0,05 \times 11,09^3)^2}}} = \boxed{542 \text{ mm}}$$

IV-B₂ - Formules de COUTAGNE

a) E = 210 + 30 t

E : évapotranspiration réelle annuelle en mm

t : température moyenne annuelle de l'air en °C

Elle n'est utilisable que lorsque P est supérieur à 800 mm (ce qui est le cas ici).

Résultat :

E = 210 + 30 x 11,09 = $\boxed{543 \text{ mm}}$

b) E = P - λ P²

avec $\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 t}$

E : évapotranspiration réelle annuelle en mm

P : précipitation annuelle en mètres

t : température moyenne annuelle à l'air en °C

ici : P = 0,961 m

t = 11,09 °C

E = 0,576 m ou

$\boxed{576 \text{ mm}}$

IV-B₃ - Méthode de THORNTHWAITE (voir paragraphe suivant)

E réelle = $\boxed{669 \text{ mm}}$
(E potentielle = 682 mm)

IV-B₄ - Critique des résultats

On constate une identité des résultats pour les formules de TURC (542 mm) et COUTAGNE (543 mm). Cependant, ils sont très nettement inférieurs à celui de la méthode de THORNTHWAITE (669 mm). Ce dernier est d'ailleurs fort élevé en comparaison de la pluviométrie égale à 962 mm, dont il représente environ les 2/3.

A quel résultat faut-il donc se fier ? Pour répondre à cette question, d'autres méthodes expérimentales comparatives sont nécessaires. Elles sont fournies par une étude Sogreah, qui tente d'évaluer l'évaporation sur le futur lac de Bourgoin-Jallieu.

BOURGOIN (1954-1971)**BILAN DE L'EAU**d'après **THORNTHWAITE**

		Année											Moyenne	
MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	≅ Annuelle	
1	T°C mensuelle moyenne	2,02	3,50	6,82	10,42	14,83	18,18	20,44	19,45	16,81	11,75	6,31	2,58	11,09
2	indices mensuels	0,25	0,58	1,59	3,03	5,17	7,07	8,41	7,85	6,26	3,67	1,42	0,37	
3	indice thermique													45,67
4	E P brute mm	6	12	26	44	67	84	97	93	77	50	24	8	
5	coefficient correctif	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74	
6	E P corrigée mm	5	10	27	50	86	110	128	114	80	47	19	6	682
7	Pluviométrie mm	68	69	80	70	77	89	59	100	95	77	99	79	962
8	Variation des réserves du sol					9	21	69	1	15	30	55		
9	Réserve utile à la végétation	100	100	100	100	91	70	1	0	15	45	100	100	
10	E réelle mm	5	10	27	50	86	110	128	101	80	47	19	6	669
11	Excédent mm	63	59	53	20							25	73	293
12	Déficit mm								13					13
13	P - E P mm	63	59	53	20	9	21	69	14	15	30	80	73	

Les résultats sont les suivants :

1. - Évaporomètre Piche : il permet d'avoir une idée de l'évapotranspiration potentielle. Des observations sur évaporomètre ont été faites à Grenoble de 1956 à 1965, pour les mois d'avril à octobre.

En ce qui concerne les mois d'hiver, il est possible d'adopter sans grande erreur les valeurs moyennes d'évaporation observées sur des lacs d'autres régions de France. Celles-ci étant faibles ou nulles (lac gelé).

Les moyennes ainsi obtenues correspondent à des mesures faites sur évaporomètre Piche sont groupées dans le tableau ci-après :

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Hauteur d'évaporation (mm)	16	21	39	86	97	102	118	103	69	45	17	14	727

2. - Bac Colorado : des observations réalisées pendant la fin de l'été 1967, à Bourgoin-Jallieu sur bac colorado enterré, se sont révélées relativement voisines des valeurs observées à Grenoble en 1962, qui a eu un été comparable du point de vue climatique à celui de 1967.

Stations	Mois	Août	Septembre	Octobre
Grenoble 1962		167	88	39
Bourgoin-Jallieu 1967		143	77	65

Il est donc possible, sans trop d'erreurs, d'adapter les résultats obtenus sur évaporomètre Piche à Grenoble, à la région de Bourgoin-Jallieu.

"Les évaporations mesurées sur bac colorado sont nettement supérieures aux évaporations réelles des grands plans d'eau. Selon les auteurs, les coefficients à appliquer pour passer de l'évaporation "Piche" à celle d'un bac colorado varie de 0,4 à 0,6 et peut atteindre 0,8. Ainsi, le fait d'adopter en définitive pour l'évaporation sur le lac de Bourgoin-Jallieu, les valeurs telles qu'elles sont données dans le sous-paragraphe I, revient par conséquent à se réserver une marge de sécurité certaine".

Les valeurs d'évapotranspiration calculées par la méthode de THORNTHWAITE (E réelle = 669 mm ; E potentielle = 682 mm) se situent entre le résultat obtenu par évaporomètre Piche (727 mm) grossièrement adapté à la région berjallienne et celles qui sont obtenues à partir des formules de TURC et COUTAGNE.

Faute d'éléments décisifs permettant de trancher, c'est cette valeur de 669 mm qui sera prise en compte pour l'évapotranspiration réelle à Bourgoin-Jallieu.

Cependant, comme il a déjà été remarqué précédemment, ce chiffre paraît très fort en comparaison de celui de la pluviométrie (962 mm), dont il représente sensiblement les 2/3.

Il faut préciser que plusieurs facteurs agissent en faveur d'une évapotranspiration élevée :

- la couverture végétale qui est dense sur l'ensemble du bassin versant, que ce soit sur les côtes calcaires, les collines molassiques ou les zones basses (couvertes de peupleraies et de cultures diverses).
- les zones marécageuses qui couvrent de vastes surfaces et facilitent les processus d'évapotranspiration en maintenant un volume d'eau important à faible profondeur sous la surface du sol, ce qui se traduirait par l'abondance des brouillards dans ces zones basses.
- les températures des mois d'été qui peuvent être très fortes et régulièrement élevées (cf. paragraphe I-B₃₋₃).

IV-B₅ - Généralisation des résultats

La température est le facteur essentiel de l'évapotranspiration. Sur le bassin versant, plus l'altitude croît, plus les précipitations croissent, en moyenne, et plus la température décroît. Les précipitations varient en gros proportionnellement à l'altitude, tandis que la température varie en sens inverse.

Or, la majorité du bassin versant est à une altitude supérieure à celle de Bourgoin-Jallieu et la température moyenne est donc plus basse.

De plus, à l'échelle du bassin versant, les conditions géologiques d'ensemble différant (la moitié amont est essentiellement molassique), il faut s'attendre à une évapotranspiration inférieure à celle, très forte, que l'on peut observer au-dessus des marais des zones basses particulièrement favorables.

Pour l'ensemble du bassin versant : E < 669 mm.

Le calcul de la lame d'eau moyenne tombée annuellement sur le bassin versant, avait donné les résultats suivants (cf. paragraphe III-A 4-2) :

- année décennale sèche	P = 735 mm
- année cinquantenaire sèche	P = 615 mm
- année centenaire sèche	P = 400 mm

Donc, sur l'ensemble du bassin versant de la Bourbre, en amont de Bourgoïn-Jallieu, l'alimentation et les températures sont telles que les conditions d'évapotranspiration potentielle sont en général réalisées (l'évapotranspiration potentielle), sauf pour l'année centenaire sèche où il y a des risques de déficit.

IV-C. - BOURGOIN-JALLIEU : EVAPOTRANSPIRATION MENSUELLE MOYENNE ET BILAN HYDROLOGIQUE, POUR LA PERIODE 1954-1971

Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration ont été calculées à l'aide de la méthode de Thornthwaite, exposée dans la notice d'instruction technique, dont la référence est notée en bibliographie.

Il faut opérer de la façon suivante :

- calcul d'un indice thermique mensuel :

$$i = \frac{(t)1,514}{5}$$

t = température moyenne mensuelle du mois considéré en degrés centigrades.

- calcul d'un indice annuel : I = i
- calcul de l'évapotranspiration potentielle mensuelle non corrigée :

$$e = 1,6 (10t/1)^a$$

avec : $a = 0,49239 + (1792 \times 10^{-5} \times 1) - (771 \times 10^{-7} \times 1^2) + (675 \times 10^{-9} \times 1^3)$

La notice d'instruction technique comporte un tableau donnant la correspondance entre i et t, et une abaque, permettant d'obtenir les valeurs approchées de e pour chaque mois par simple construction géométrique.

L'évapotranspiration potentielle brute e, trouvée pour chaque mois est corrigée au moyen d'un coefficient tenant compte du nombre de jours du mois, du nombre réel d'heures entre lever et coucher du soleil (durée théorique de l'insolation fonction de la latitude).

Dans le tableau suivant, toutes ces valeurs ont été reportées, ainsi que les éléments moyens mensuels du bilan de l'eau dans le sol, tels que les a définis THORNTHWAITE.

- Ligne 7 : hauteurs de précipitations mensuelles à Bourgoïn-Jallieu : P mm.
- Ligne 8 : variations de la réserve d'eau du sol :
 - * P Ep : excédent d'eau
 - * P Ep : manque d'eau

Le sol par sa rétention spécifique pourra constituer une réserve, qui sera mise à la disposition de la végétation quand se présenteront des mois déficitaires.

THORNTHWAITE adopte 100 mm comme quantité optimale d'eau que le sol peut retenir et soustraire à l'écoulement hivernal (ligne 9).

- Ligne 10 : évapotranspiration réelle.
- Ligne 11 : excédent (ou water surplus) ; c'est la quantité d'eau disponible pour l'écoulement superficiel et souterrain (Q + I).
- Ligne 12 : déficit.
- Ligne 13 : pluviométrie - évapotranspiration potentielle.

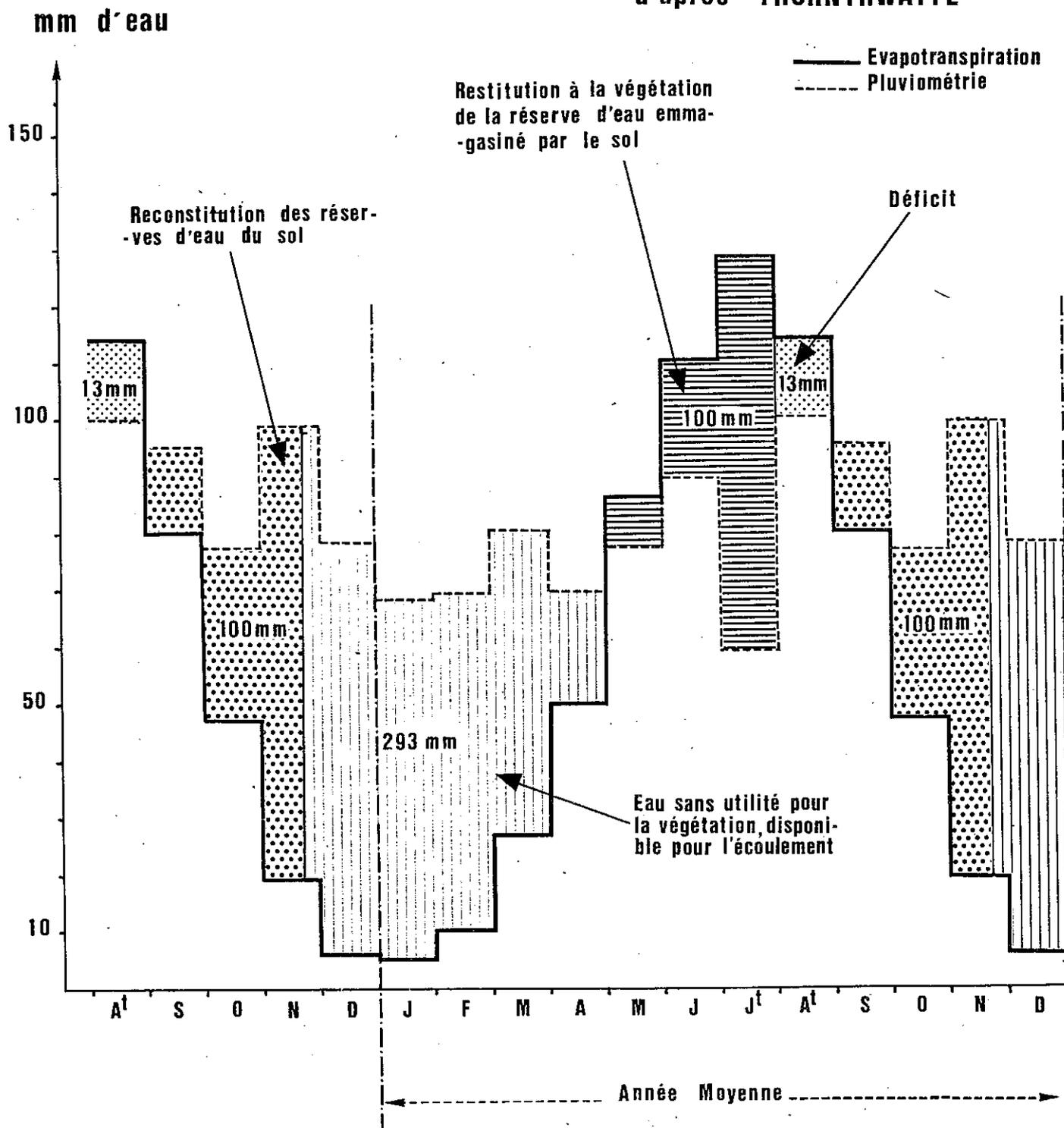
Dans le cas de Bourgoïn-Jallieu (1954-1971) : (cf. Pl. 21)

Le mois d'août accusant un déficit de 13 mm (réserve utile à la végétation nulle), les réserves commencent à se reconstruire au mois de septembre (P-Ep = 95-80 = 15 mm). En octobre, l'excès d'alimentation est de 30 mm ; il s'ajoute à la réserve précédente, soit : 15 mm + 30 mm = 45 mm). Au mois de novembre, l'excès d'alimentation est de 80 mm : 55 mm serviront à porter la réserve à sa quantité optimale, 100 mm, tandis que les 25 mm restant constitueront un excédent (water surplus), qui servira à l'écoulement superficiel et souterrain. Les excédents des mois de décembre (73 mm), janvier (63 mm), février (59 mm), mars (53 mm), avril (20 mm), s'y joindront pour porter le stock utile à l'écoulement (souterrain et surface) à 293 mm.

BOURGOIN (1954-1971)

BILAN DE L'EAU

d'après THORNTHWAITE



ANNEE HYDROLOGIQUE 1970 - 1971

	mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J ^t	A	S	O	≅ Annuelle
1	T°C mensuelle moyenne	8,8	1,5	0,5	3,2	2,9	12,2	15,7	16,7	21,5	20,7	15,6	12,4	
2	indice mensuel	2,35	0,16	0,03	0,5	0,44	3,86	5,65	6,21	9,10	8,59	5,60	3,96	
3	indice thermique													46,46
4	EP brute mm	35	3	0,8	10	9	52	71	76	103	100	70	53	
5	coeff. correctif	0,79	0,74	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	
6	EP corrigée mm	28	2	1	8	9	59	92	100	136	128	73	50	680
7	P mm	111	55	75	33	143	105	72	130	24	86	26	13	873
8	Var. Rés. Sol							-20	+20	-100				
9	Rés. Utile Végét.	100	100	100	100	100	100	80	100	0	0	0	0	
10	ER mm	28	2	1	8	9	59	92	100	124	86	26	13	548
11	Excédent	83	53	74	25	134	46		10					425
12	Déficit									12	36	47	37	132
13	P - EP	+83	+53	+74	+25	+134	+46	-20	+30	-112	-36	-47	-37	

ANNEE HYDROLOGIQUE 1971 - 1972

	mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J ^t	A	S	O	≅ Annuelle
1	T°C mens. moyenne	4,4	2,4	3,4	6,2	8,5	9,1	13,5	16,2	19,0	18,5	12,8	10,7	
2	indice mensuel	0,82	0,33	0,56	1,39	2,23	2,48	4,50	5,93	7,55	7,25	4,15	3,16	
3	indice thermique													40,35
4	EP brute mm	18	9,2	13,5	26,5	37	40	62,5	76,5	91	87	58,5	47	
5	coeff. correctif	0,79	0,74	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	
6	EP corrigée mm	14	7	11	22	38	45	81	100	120	106	61	44	
7	P mm	135	22	54	145	59	54	49	129	76	78	45	105	951
8	Var. Rés. Sol	100						-32	+29	-44	-28	-16	+61	
9	Rés. Utile Végét.	100	100	100	100	100	100	68	97	53	25	9	70	
10	ER mm	14	7	11	22	38	45	81	100	120	106	61	44	649
11	Excédent	21	15	43	123	21	9							232
12	Déficit													0
13	P - EP	+121	+15	+43	+123	+21	+9	-32	+29	-44	-28	-16	+61	

Le mois de mai présente un déficit d'alimentation de 9 mm, qui fait décroître les réserves jusqu'à 91 mm. Cette baisse se poursuit au cours des mois suivants : -21 mm en juin (réserves = 70 mm) ; -69 mm en juillet (réserves = 1 mm) ; en août la différence P-Ep est égale à -14 mm : la réserve ne peut donner que 1 mm à l'évapotranspiration et le mois d'août se trouve ainsi être déficitaire de 13 mm.

Les conditions d'évapotranspiration potentielle sont toujours réalisées, sauf au mois d'août : la réserve est épuisée pratiquement (1 mm en juillet) et la différence entre évapotranspiration potentielle et évapotranspiration réelle constitue la disette d'eau (water deficiency).

CONCLUSION : Année moyenne 1954-1971 :

Pluviométrie : 962 mm	
Evapotranspiration potentielle	: 682 mm
Evapotranspiration réelle	: 669 mm
Excédent = Q + Δ I	: 293 mm
Déficit	: 13 mm

Q : écoulement de surface

Δ I : eau souterraine

Une évaluation de l'infiltration Δ I, l'un des termes de l'excédent de THORNTHWAITE sera faite en fin de chapitre, après étude de l'écoulement de surface.

IV-D. - BOURGOIN-JALLIEU : EVAPOTRANSPIRATION MENSUELLE ET BILAN HYDROLOGIQUE, pour les années hydrologiques 1970-1971 et 1971-1972 (d'après THORNTHWAITE)

année hydrologique = 1er novembre \longrightarrow 31 octobre

Ces deux années successives se révèlent être très différentes : l'année 1970-71 est fortement déficitaire, à l'inverse de l'année 1971-72. Le mois de novembre de cette dernière année, très pluvieux, a réussi à compenser le déficit de l'année précédente.

désignation \ Année	1970-1971	1971-1972
Pluviométrie (en mm)	873	951
E potentielle (en mm)	680	649
E réelle (en mm)	548	649
Excédent (en mm)	425	232
Déficit (en mm)	132	0

- Année 1970-1971

Si l'on tente de faire un bilan à partir des données de ce tableau, on constate un surplus de 100 mm. En fait, ce sont les 100 mm de la "Réserve d'eau utile à la végétation", constituée l'année précédente (1969-70), qui ont servi à alimenter l'évapotranspiration, la pluviométrie était insuffisante.

- Année 1971-1972

Un bilan à partir des données de 1971-72 montre un manque de 70 mm. On constate que cette quantité d'eau a en fait servi à alimenter la "réserve d'eau utile à la végétation", au terme de cette année.

ANNEE HYDROLOGIQUE 1971-1972 : E = 649 mm

IV-E. - REMARQUES GÉNÉRALES RELATIVES AUX CHAPITRES III et IV

1. - Les caractéristiques climatiques (répartition homogène des pluies le long de l'année) ont pour conséquence une alimentation relativement constante du réseau hydrographique.

2. - Les conditions d'évapotranspiration potentielle sont réalisées (E potentielle = E réelle)

Exception :

l'année centenaire sèche où il y a risque de déficit.

CHAPITRE V - ECOULEMENT DE SURFACE

Après avoir étudié l'allure générale et la nature du bassin versant, après avoir envisagé les quantités d'eau qu'il reçoit, il s'agit de considérer le devenir de cette eau.

V-A. - APPAREILS DE MESURE - STATIONS LIMNIMETRIQUES (cf. Pl. 2)

Une première station située sur la Bourbre au Pont-de-Jameyzieu fonctionne depuis 1963 : ses relevés ont été exploités entre 1963 et 1972.

Une seconde station localisée près de l'Isle-d'Abeau sur le Catelan, au pont de la N 208, fonctionne depuis 1967 : ses relevés ont été exploités entre 1967 et 1972.

La station de Jameyzieu est placée à la sortie du bassin versant de la Bourbre et jauge donc les eaux issues de plus de 700 km² de territoire.

Le bassin versant du canal Catelan (167 km²) au pont de la N 208, récolte les eaux provenant du Marais de Bourgoin, d'une partie de l'Isle-Crémieu et du domaine molassique.

V-B. - REGIMES DE LA BOURBRE ET DU CATELAN - PERIODE UNITAIRE ANNUELLE

V-B₁ - Recherche d'une formule de corrélation précipitations-débits pour la Bourbre au pont de Jameyzieu

Le principe de la corrélation pluviofluviale (COUTAGNE : étude du bassin de la Sihl "la Houille Blanche" n°3, mai-juin 1948) est basé sur l'application de la méthode des moindres carrés à la relation approchée, plus ou moins aléatoire, existant entre les débits et les précipitations annuelles d'un bassin hydrographique,

soit * Q et H (mm) : indice d'écoulement et indice pluviométrique annuels = volume d'eau divisé par la surface du bassin versant ;

* Q₀ et H₀ (mm) : valeurs moyennes des précédentes,

$$\sum \frac{Q}{n} \quad \text{et} \quad \sum \frac{H}{n} \quad \text{avec } n = \text{nombre d'années d'observation}$$

"Dans les régions tempérées, on peut admettre sans grande erreur, que les variations de H et de Q sont réglées par la loi des erreurs fortuites.

Les distributions statistiques de ces deux variables peuvent être caractérisées par les formules :

$$\frac{H}{H_0} = 1 + \frac{Z}{K_2} \quad \text{et} \quad \frac{Q}{Q_0} = 1 + \frac{Z}{K_1} \quad (Z : \text{variable de GAUSS}).$$

La formule de corrélation s'écrit : $\frac{Q}{Q_0} - 1 = \lambda \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) + \frac{Z}{K}$

Avec λ = coefficient de régression, théoriquement égal aux valeurs suivantes :

$$K_1 = \frac{0,477 \times 100}{9,83} = 4,85$$

$$\text{Formule de probabilité : } \frac{H}{H_0} = 1 + \frac{Z}{4,85}$$

2) Débits * écart moyen : $\frac{\sum y}{n} = \frac{162,5}{7} = 23,21$

$$* \text{ écart type : } \sqrt{\frac{\sum y^2}{n}} = \sqrt{\frac{5470,7}{7}} = 27,95$$

$$* \text{ écart probable : } 0,6745 \times 27,95 = 18,85$$

$$K_2 = \frac{0,477 \times 100}{18,85} = 2,53$$

$$\text{Formule de probabilité : } \frac{Q}{Q_0} = 1 + \frac{Z}{2,53}$$

- Corrélation entre H/H₀ et Q/Q₀ :

$$R = \frac{\sum x y}{\sqrt{\sum x^2 \times \sum y^2}} = \frac{2601,9}{\sqrt{1488,9 \times 5470,7}} = 91,2 \%$$

- Valeur de λ :

$$= \frac{\sum x y}{\sum x^2} = \frac{2601,9}{1488,9} = 1,75$$

- Formule de corrélation : * écart moyen : $\frac{\sum \varepsilon}{n} = \frac{79,4}{7} = 11,34$

$$* \text{ écart type : } \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2}{n}} = \sqrt{\frac{1342,5}{7}} = 13,82$$

$$* \text{ écart probable : } 0,6745 \times 13,82 = 9,32$$

$$K = \frac{0,477 \times 100}{9,32} = 5,12$$

- Formule de corrélation, compte tenu de la probabilité

$$\frac{Q}{Q_0} - 1 = 1,75 \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) + \frac{Z}{5,12}$$

- Rendement de la corrélation :

* compte tenu des écarts moyens :

$$r = 1 - \frac{9,32}{18,85} = 0,51 \text{ (51 \%)}$$

* compte tenu des écarts probables :

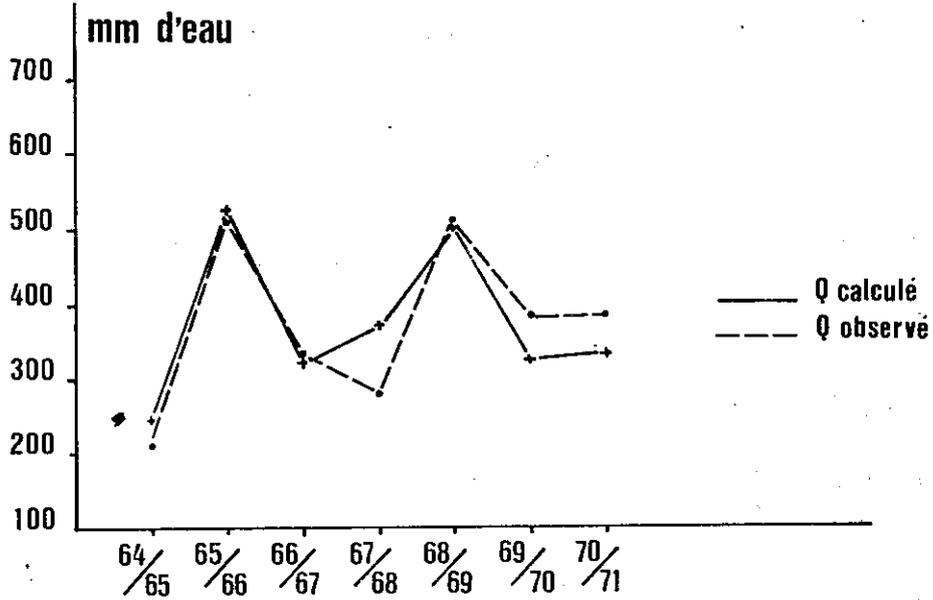
$$r = 1 - \frac{9,32}{18,85} = 0,51$$

CORRELATION PLUIE - DEBIT

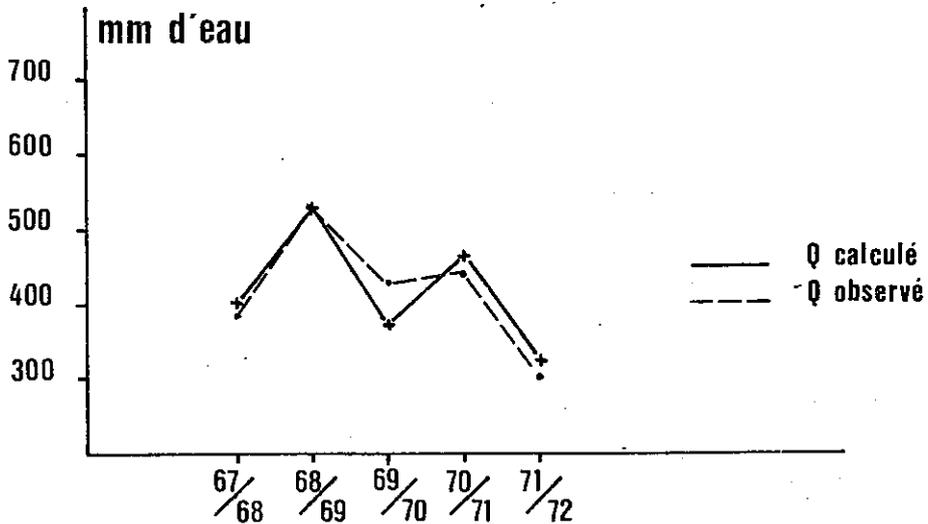
P1.23

Pluie à BOURGOIN

BOURBRE AU PONT-DE-JAMEYZIEU (7 années)



CATELAN A L'ISLE-D'ABEAU (5 années)



- Formule explicitée : on remplace Ho et Qo par leurs valeurs.

$$\frac{Q}{373,1} - 1 = 1,75 \left(\frac{H}{1124,6} - 1 \right)$$

avec :

$$\begin{cases} R = 91,2 \% \\ r = 51 \% \\ e = 9,32 \% \end{cases}$$

$$Q = 0,58 H - 280$$

Etablie sur une période trop courte, pour un intervalle pluviométrique compris entre 905,9 mm et 1389 mm, cette formule ne peut être utilisée que dans un intervalle réduit et ne peut être généralisée sur une période indéfinie. Néanmoins, dans cet intervalle, le coefficient de corrélation R est suffisamment élevé (91,2 %) pour que l'on ait une corrélation pluie-débit acceptable.

- Vérification sur 7 années (cf. Pl. 23)

V-B₁₋₂ : Exploitation statistique : Q = 0,58 h - 280

Années	H mm	Q mm	Volume écoulé à l'exutoire en une année (m ³)
Décennale sèche	760	161	113.042.400
Moyenne	970	283	198.667.800
Décennale humide	1290	468	329.144.600
Cinquantenaire humide	1410	538	378.073.000

Remarque : -

1 - Si l'on utilise l'année hydrologique 1er septembre - 31 juillet la corrélation est bonne, mais moins que la précédente (dans tous les autres cas, elle est mauvaise).

Année hydrologique	R	e	r
1er août-31 juillet	91,2 %	9,32 %	51 %
1er septembre-31 août	90,2 %	10,5 %	55 %
Pluies à La Tour-du-Pin			

2 - Les pluies à La Tour-du-Pin permettent une corrélation plus serrée que celle de Bourgoin.

Année hydrologique	R	e	r
1er septembre-31 août (Bourgoin)	85 %	11,8 %	37 %
1er septembre-31 août (La Tour-du-Pin)	90,2 %	10,5 %	55 %

3 - Exploitation statistique : la pluie de l'année décennale sèche est très écartée de l'intervalle d'étude. Aussi ne considère-t-on le résultat correspondant qu'avec circonspection.

V-B₂ - Recherche d'une formule de corrélation pluie-débit pour le Catelan à l'Isle-d'Abeau (pont de la N 208)

Etude sur 5 années hydrologiques : 1967-68 1971-72 (1er août - 31 juillet) - Pluies à Bourgoin.

On obtient : $\lambda = 1,44$; formule de corrélation : $\frac{Q}{Q_0} - 1 = 1,44 \left(\frac{H}{H_0} - 1 \right) + \frac{Z}{9,64}$

Formule explicitée :

$$Q = 0,60 H - 183$$

avec : R = 95,8 %

e = 4,95

r = 60 %

- Vérification sur 5 années (cf. Pl. 23)

Avec l'année hydrologique 1er septembre - 31 juillet (pluies à Bourgoin) les résultats sont les suivants :

R = 91,2 % ; e = 6,71 % ; r = 43 %.

- Exploitation statistique : Catelan à l'Isle-d'Abeau

La formule précédente a été établie entre les pluviométries 848 mm et 1199 mm. La formule de corrélation ne pourra être utilisée qu'entre ou à proximité de ces bornes.

Année	H mm	Q mm	Volume écoulé/an en m ³
Décennale sèche	760		
moyenne	970	399	66 633 000
décennale humide	1190	531	88 677 000
cinquantenaire humide	1300		

Une étude de la D D A faisant intervenir une corrélation entre débits excédents pluviométriques, avait donné les résultats suivants (pluies à Faverges de la Tour) :

Fréquence de non dépassement :	5 %, 10 %, 20 %, 50 %, 90 %, 95 %
Q Catelan en mm :	145, 205, 270, 395, 595, 645
Volume annuel écoulé en 10 ⁶ m ³	24, 34, 45, 66, 100, 108

On voit que les résultats obtenus pour l'année moyenne (formule de corrélation P-Q) et la "fréquence de non dépassement 50 % sont tout à fait comparables (399 mm et 395 mm). La formule établie précédemment semble donc valable (compte tenu des limites qui lui sont imposées).

V-B₃ - Conclusions

- La formule mathématique s'adapte mieux au résultat expérimental dans le cas du Catelan. En ce qui concerne la Bourbre, les erreurs peuvent être fortes : cela peut être dû au rôle d'accumulateurs joué par les réservoirs alluviaux (exemple : année 1967-68 où l'on constate un déficit anormal de l'écoulement de surface). La loi mathématique, mise parfois en défaut, ne pourra s'utiliser que de façon statistique et non pour l'étude de cas particuliers.

- Les formules ont été établies à partir d'une gamme pluviométrique réduite : le nombre d'années d'observation est trop faible pour que les résultats soient généralisés.

V-C. - REGIME DE LA BOURBRE (pont de Jamezyieu) ET DU CATELAN (Isle-d'Abeau)- VARIATIONS SAISONNIERES DES DEBITS

V-C₁ - Modules et coefficients relatifs mensuels

Il s'agit de préciser les principales variations du régime de la Bourbre et du Catelan au cours d'une année et pour cela, considérer :

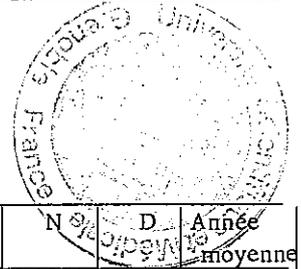
- les indices d'écoulement mensuels moyens, exprimés en mm : volumes d'eau écoulés en moyenne au cours d'un mois déterminé, divisés par la surface du bassin ;
- les coefficients relatifs mensuels, représentant le rapport entre les indices précédents et l'indice qui aurait été théoriquement obtenu si les débits avaient été uniformes toute l'année.

BOURBRE :

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année moyenne
Pluie à Bourgoin (1964- 71)	modules mensuels (mm)	66,8	71,2	95,6	78,7	93,8	77,9	59,1	78,7	104,6	62,1	108,9	73,4	970,8
	coef. relatifs	0,81	0%	<u>1,16</u>	0,99	<u>1,14</u>	0,98	0,72	0,95	<u>1,31</u>	0,75	<u>1,36</u>	0,89	
Bourbre pont-de- Jameyzieu (1964- 71)	indice d'écou- lement (mm)	48,2	39,3	48,8	43,4	37,5	26,3	16,6	12,1	17,1	20,7	26,3	32,0	368,0
	coef. relatifs	<u>1,54</u>	<u>1,39</u>	<u>1,56</u>	<u>1,43</u>	<u>1,20</u>	0,87	0,53	0,39	0,56	0,66	0,87	<u>1,02</u>	

(les coefficients relatifs supérieurs à 1 ont été soulignés)

CATELAN :



		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année moyenne
Pluie à Bourgoin	modules mensuels (mm)	71,0	92,0	90,4	86,6	86,2	105,4	50,0	83,4	89,4	70,0	100,4	71,8	996,6
		0,84	<u>1,20</u>	<u>1,07</u>	<u>1,06</u>	<u>1,02</u>	<u>1,29</u>	0,59	0,99	<u>1,09</u>	0,83	<u>1,10</u>	0,85	
Catelan à l'Isle-d' Abeau (1968- 72)	indices d'écou- lement (mm)	44,6	47,1	55,4	47,1	40,7	30,0	18,1	15,1	22,5	25,6	29,5	35,2	419,9
	coef. relatifs	<u>1,25</u>	<u>1,46</u>	<u>1,55</u>	<u>1,37</u>	<u>1,14</u>	0,87	0,51	0,42	0,65	0,72	0,86	0,99	

RESULTATS

- Une période où les débits sont supérieurs à la moyenne de décembre à mai inclus.
- Alors que les pluies augmentent fortement en novembre, il faut attendre le mois de janvier pour voir les débits s'accroître dans la même proportion (temps de réponse égal à 2 mois) : la nappe à l'étiage est en train de se recharger.
- Alors que la pluviométrie tombe en dessous de la moyenne en décembre, il faut attendre le mois de février (Bourbre) pour enregistrer une baisse des débits (temps de réponse égal à 2 mois) il y a eu recharge de la nappe par les pluies d'automne et celle-ci alimente principalement l'écoulement entre décembre et février.
- Au cours de la saison sèche, malgré les fortes pointes de pluviosité (juin), les débits décroissent régulièrement jusqu'au minimum d'août : l'évapotranspiration est prépondérante.

V-C₂ - Localisation des principales crues dans l'année (cf. Pl. 25)
Bourbre (1964-71)

Les crues régulières sont surtout réparties dans la "période humide" définie précédemment, où les coefficients relatifs sont supérieurs à la moyenne, de décembre à mai. Mais elles peuvent se produire de façon plus ou moins continue en septembre, octobre et novembre (ceci est une conséquence du caractère composite, irrégulier du climat). Ainsi, les débits supérieurs à 3,5 fois le module (choisi selon l'année moyenne et correspondant à l'indice d'écoulement de 283 mm) sont rares, mais peuvent survenir à tout moment entre septembre et mai.

Cependant, la fréquence la plus forte des crues supérieures à 3 fois le module se situe entre les mois de mars et avril.

Module = 6,3 m ³ /s
2 x module = 12,6 m ³ /s
2,5 x " = 15,8 m ³ /s
3 x " = 18,9 m ³ /s
3,5 x " = 22,05 m ³ /s

V-C₃ - Débits spécifiques de la Bourbre (BV = 703 km²) et du Catelan (BV = 167 km²)

Les débits spécifiques du Catelan sont supérieurs à ceux de la Bourbre.

* Débits spécifiques moyens mensuels :

Bourbre : de 4,5 l/s/km² à 18,2 l/s/km² (1964-71)

Catelan : de 5,6 l/s/km² à 21,2 l/s/km² (1967-72).

	J	F	M.	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bourbre (1964-71) Q en l/s/km ²	15,5	16,2	18,2	16,7	14,0	10,1	6,2	4,5	7,0	7,5	9,3	11,9
Catelan (1967-72) Q en l/s/km ²	16,6	21,2	20,6	18,2	15,2	11,6	7,4	5,6	8,6	9,5	11,4	13,1

Débits spécifiques moyens mensuels

* Débits spécifiques journaliers

Bourbre : - maximum absolu en mai 1971 : 26,8 m³/s 38,12 l/s/km²
 - minimum absolu en septembre 1966 : 470 l/s 0,7 l/s/km²

Catelan : - maximum absolu en mars 1971 : 10 m³/s 59,9 l/s/km²
 - minimum absolu en mars 1971 : 300 l/s 1,8 l/s/km²

Débits spécifiques journaliers

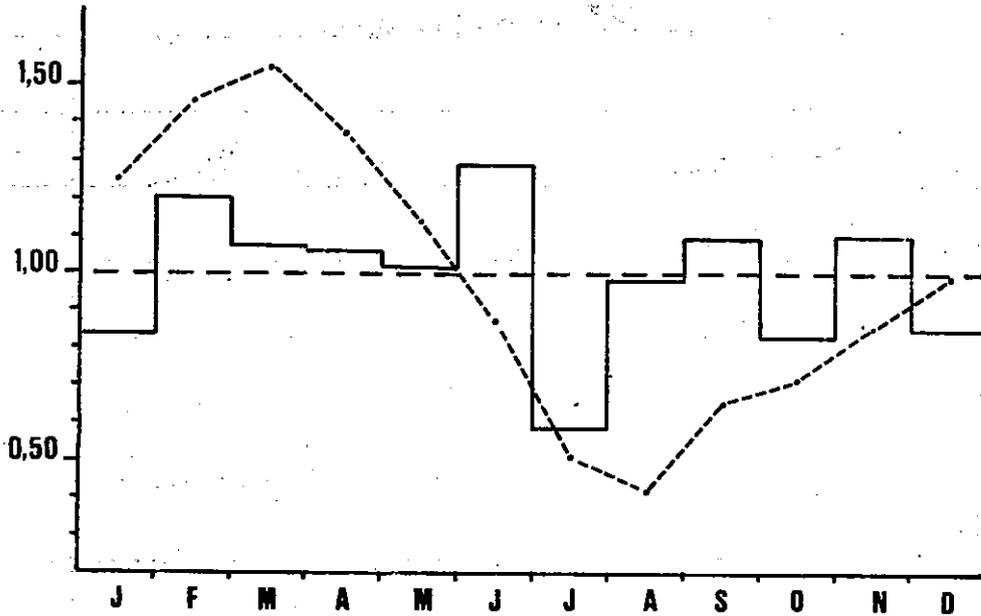
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bourbre (1964-71) Qs en l/s/km ²	Max absolu	32,2 (1966)	33,9 (1968)	38,12 (1971)	36,0 (1970)	29,6 (1966)	27,9 (1969)	19,35 (1969)	31,3 (1968)	31,3 (1968)	33,0 (1965)	33,0 (1968)	30,7 (1968)
	Min absolu	2,5 (1965)	4,3 (1965)	4,0 (1965)	6,1 (1968)	6,4 (1967)	3,3 (1965)	1,4 (1967)	1,6 (1967)	0,7 (1966)	2,3 (1967)	3,3 (1964)	1,5 (1966)

Débits spécifiques journaliers

		J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Catelan (1967-72) Qs en l/s/km ²	Max absolu	34,2 (1971)	47,3 (1968)	59,9 (1971)	40,5 (1970)	34,0 (1970)	29,8 (1969)	13,6 (1969)	13,9 (1968)	46,4 (1968)	39,5 (1970)	31,4 (1968)	44,0 (1968)
	Min absolu	7,2 (1972)	9,1 (1972)	1,8 (1971)	10,3 (1972)	7,2 (1972)	4,9 (1968)	3,8 (1968)	3,0 (1972)	3,8 (1970)	3,8 (1971)	4,6 (1972)	7,1 (1971)

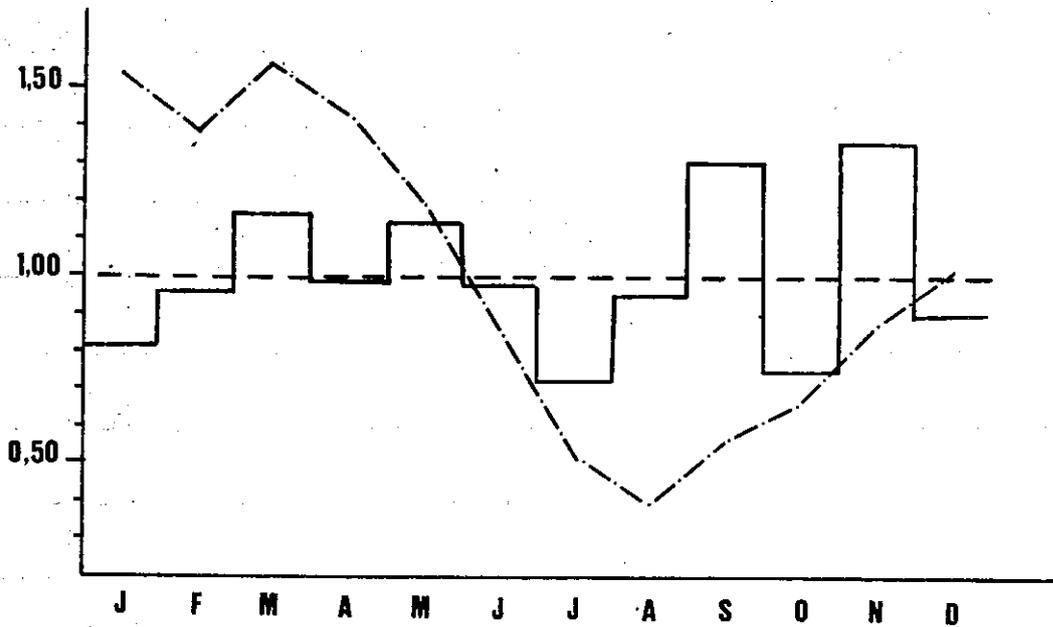
VARIATIONS SAISONNIERES DES DEBITS ET DES PRECIPITATIONS

Coefficients relatifs



— Pluviométrie à Bourgoin (1968-1972) } Coefficients relatifs mensuels
- - - Catelan à l'Isle-d'Abeau (1968-1972) }

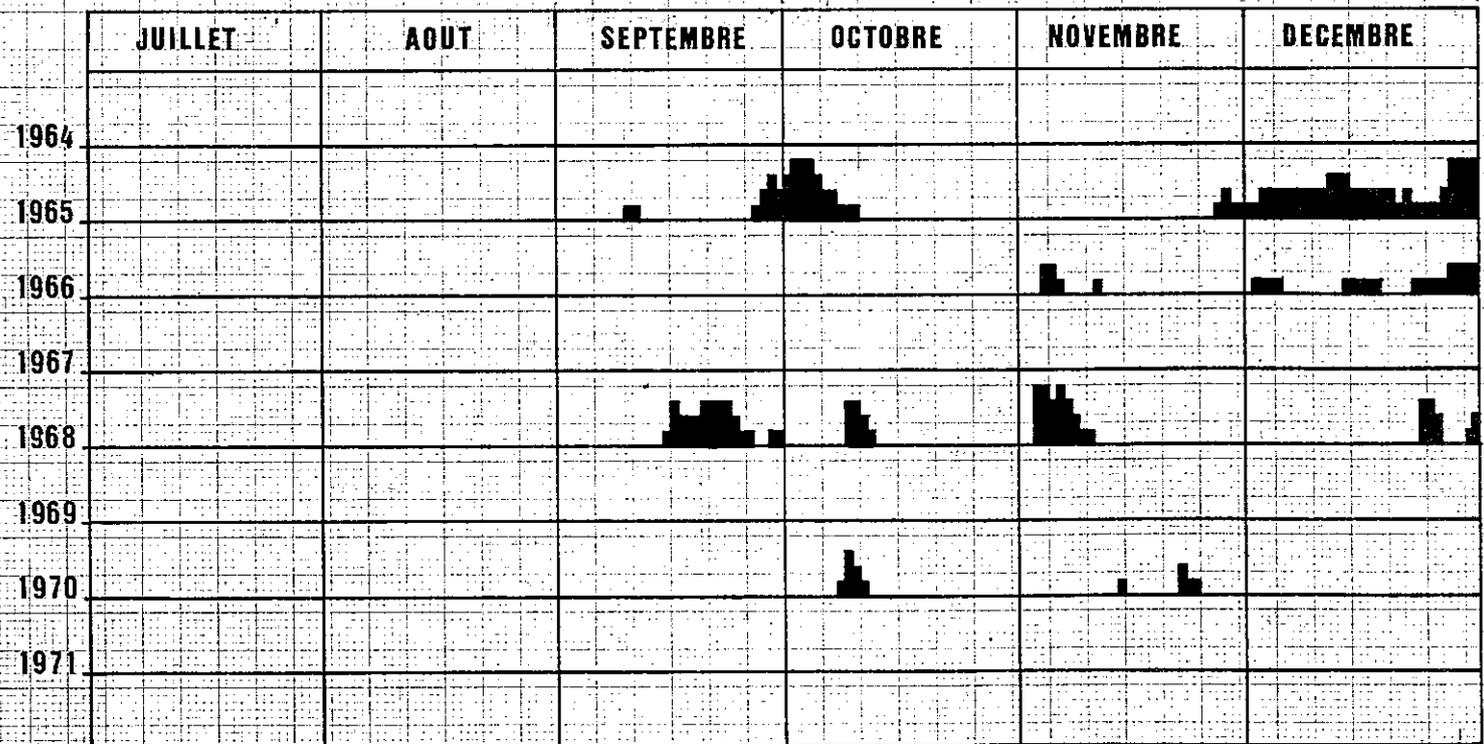
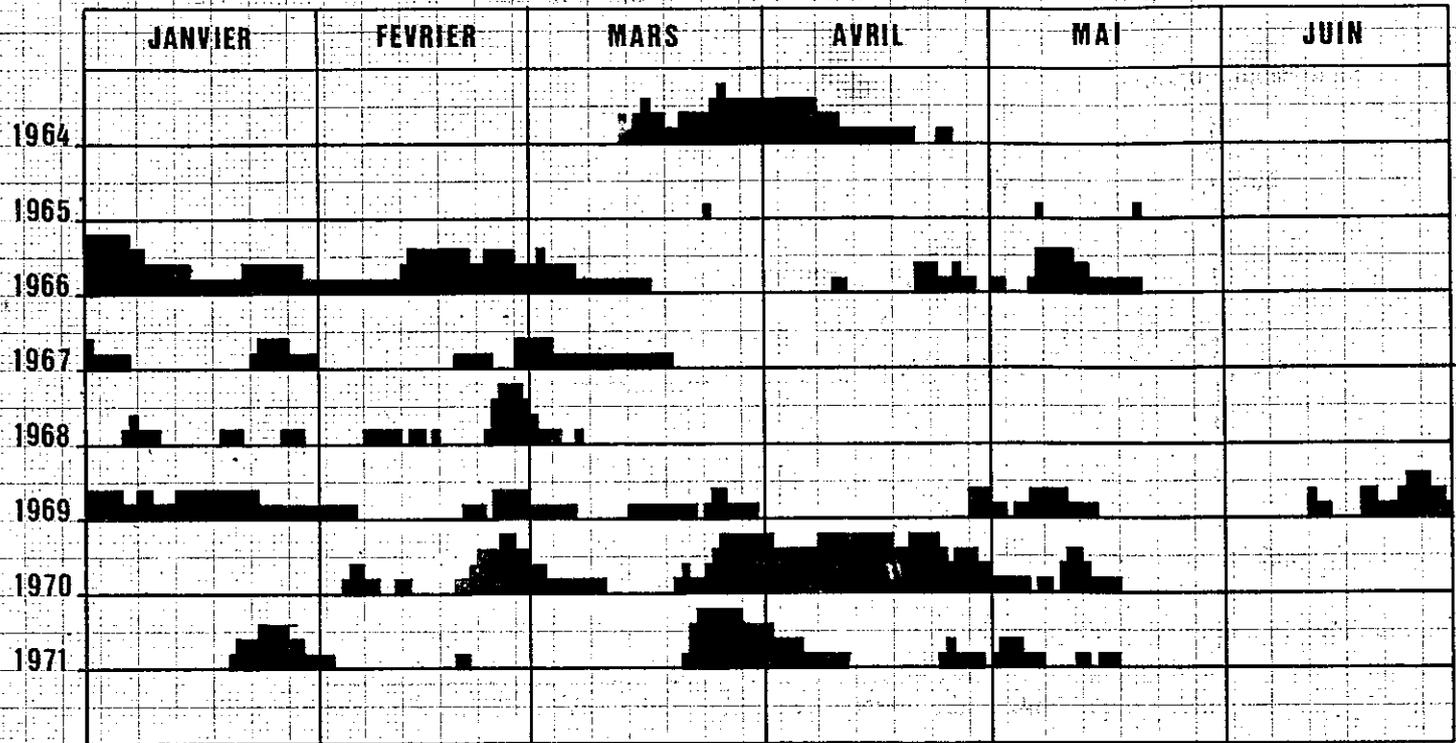
Coefficients relatifs



— Pluviométrie à Bourgoin (1964-1971) } Coefficients relatifs mensuels
- - - Bourbre au Pt de Jamezyieu (1964-1971) }

BOURBRE

REPARTITION DES CRUES DANS L'ANNEE



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

Correspond à $Q = 283 \text{ mm}$ (Année Moyenne)

■	crue dépassant	2	fois	le	module
	"	2,5	"	"	"
	"	3	"	"	"
	"	3,5	"	"	"

V-C₄ - Débits classés de la Bourbre pour l'année hydrologique 1971-1972

Avec sa pluviométrie estimée à 920 mm, l'année 1971-72 est relativement proche de l'année moyenne (970 mm).

Les débits classés permettent de connaître les caractéristiques suivantes :

- débit caractéristique maximal : dépassé 10 jours dans l'année : DCM ;
- débit moyen caractéristique : dépassé 6 mois dans l'année : DC6 ;
- débit caractéristique d'étiage : dépassé 355 jours dans l'année : DCE ;
- débits caractéristiques de 1, 3, 9 mois :
 - DC1 : dépassé 1 mois dans l'année,
 - DC3 : dépassé 3 mois dans l'année,
 - DC9 : dépassé 9 mois dans l'année.

Résultat : Bourbre : année hydrologique 1971-1972

Débit en m ³ /s	nb de jours pendant lesquels le débit correspondant a été dépassé	Désignation
20,20	0	débit maximal absolu
15,00	10	DCM
10,80	30	DC1
6,85	60	
5,85	90	DC3
5,30	120	
5,05	150	
4,53	180	DC6
4,40	210	
4,12	240	
3,70	270	DC9
3,42	300	
3,14	330	
2,72	355	DCE
2,58		débit minimal absolu

V-D. - CALCUL DU VOLUME DES RESERVES PAR L'ETUDE DU TARISSEMENT

L'étude du tarissement de la Bourbre au pont de Jamezyeu a permis de calculer le volume des réserves du bassin (volume qui représente la quantité d'eau emmagasinée dans l'Aquifère pendant une période d'alimentation et restituée à l'écoulement lorsque les apports ont cessé).

En effet, pendant une période de pluviosité nulle, les sources sont uniquement alimentées par les réserves souterraines.

La décroissance des débits en fonction du temps se traduit selon MAILLET par la formule simple :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

dans laquelle on représente le débit initial par Q_0 ; Q_t représente le débit à l'instant t et α la pente de la droite ou "coefficient de tarissement".

$$(1) \text{ peut s'écrire } \log Q_t = \log Q_0 - (0,4343 \alpha) t$$

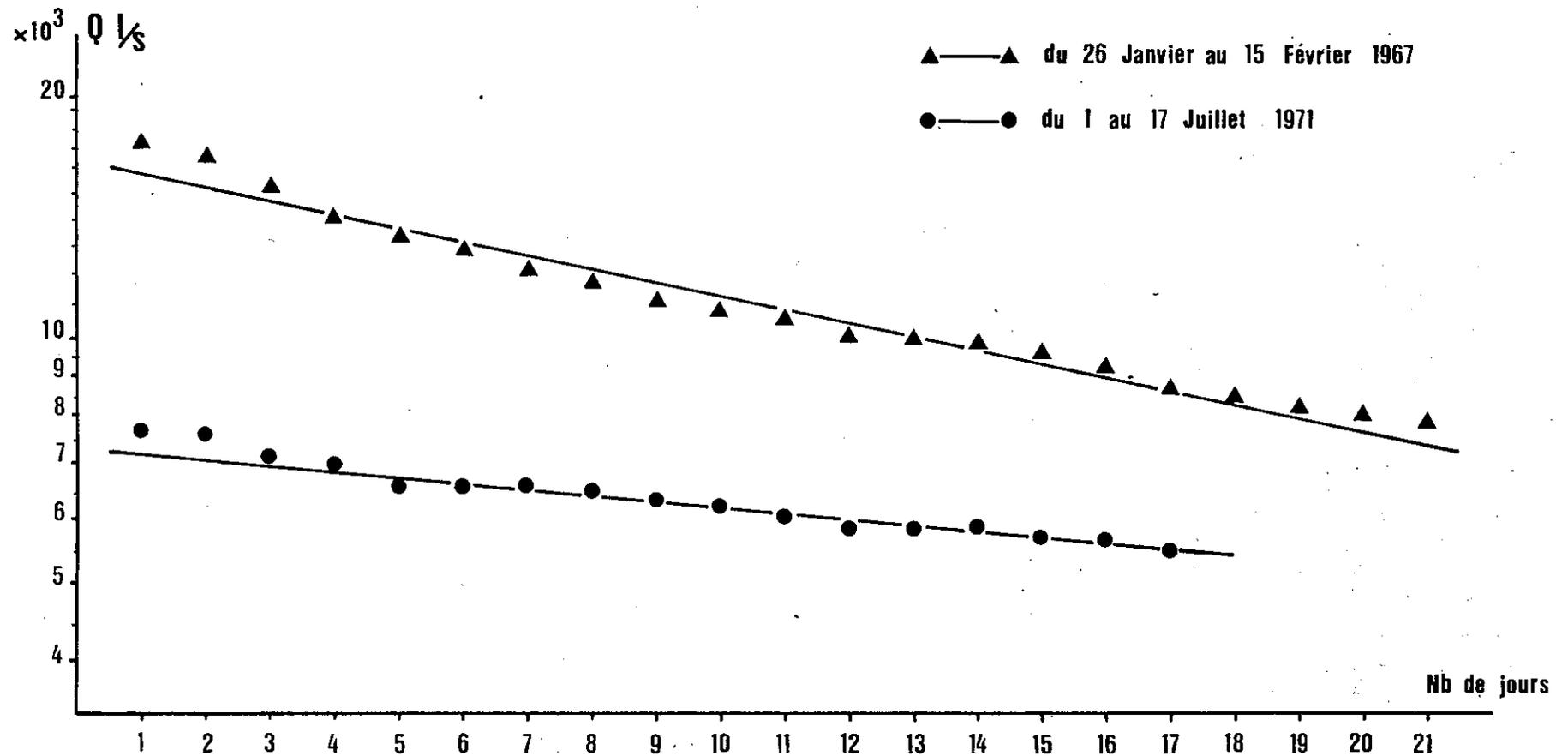
d'où l'on tire α .

Le volume des réserves V à l'instant t_0 est donné approximativement par l'intégration entre $t_0 = 0$ et l'infini de l'équation de tarissement :

$$V = \int_{t_0}^{\infty} Q_0 e^{-\alpha t} dt \text{ d'où } V = \frac{Q_0}{\alpha}$$

COURBES DE TARISSEMENT

Bourbre au Pont-de-Jameyzieu



Deux périodes ont été sélectionnées, du 26 janvier au 14 février 1967 (soit 20 jours) et du 1er au 16 juillet 1971 (soit 16 jours), pendant lesquelles la pluviosité a été nulle.

V-D₁ - Période du 26 janvier au 14 février 1967

$$\log Q_t = \log Q_o - (0,4343 \alpha) t$$

$$\begin{aligned} Q_o &= 14,75 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_t &= 10 \text{ m}^3/\text{s} \\ t &= 10 \text{ jours} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 10 &= \log 14,75 - 4,343 \alpha \\ \Rightarrow \alpha &= 0,04 \end{aligned}$$

d'où :

$$V = \frac{Q_o}{\alpha} = \frac{14,75 \times 86\,400}{0,04} \approx \boxed{32\,750\,000 \text{ m}^3}$$

V-D₂ - Période du 1er au 16 juillet 1971

$$\begin{aligned} Q_o &= 7 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_t &= 5,85 \text{ m}^3/\text{s} \\ t &= 10 \text{ jours} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 5,85 &= \log 7 - (0,4343 \alpha) 10 \\ \alpha &= 0,018 \end{aligned}$$

d'où :

$$V = \frac{Q_o}{\alpha} = \frac{7 \times 86\,400}{0,018} = \boxed{33\,600\,000 \text{ m}^3}$$

Le volume stocké serait donc légèrement supérieur à 30 millions de mètres cubes.

V-E. - CONCLUSION GÉNÉRALE

Outre la pluviométrie, deux séries de facteurs conditionnent le régime d'une rivière :

- l'évapotranspiration (voir chapitre "déficit d'écoulement") ;
- la rétention : * rétention nivale parfois suivie de crues brutales, elle joue un rôle faible en ce qui concerne le bassin versant de la Bourbre ;

* rétention propre du terrain : c'est elle qui joue ici le rôle primordial, étant donnée la forte proportion de réservoirs alluviaux dans la partie basse du bassin (aval de Bourgoin). Elle a un effet régulateur.

Si les crues peuvent survenir à tout moment entre septembre et mai (conséquence de l'irrégularité climatique), elles restent tout de même modestes (moins de 40 l/s/km² au pont de Jameyzieu pour la Bourbre).

Autre conséquence des caractéristiques physiques du bassin versant (outre la pluviométrie), les étiages sont peu accusés : les débits de la Bourbre ne descendent qu'exceptionnellement au-dessous de 1 m³/s (1,4 l/s/km²) au pont de Jameyzieu.

Essai d'évaluation de l'infiltration dans la région de Bourgoin (année moyenne : 1954-1971)

La loi générale $P = Q + E_r + \Delta I$ exprime que l'infiltration (ΔI) s'obtient en soustrayant la somme de l'écoulement de surface (Q) et de l'évapotranspiration réelle (E_r) à la pluviométrie (P).

Tous les termes du bilan ont désormais été évalués :

Pour l'année moyenne, P = 962 mm (Bourgoin) et Q = 283 mm (Bourbre à Jameyzieu). Selon THORNTHWAITE, l'évapotranspiration réelle serait de 669 mm.

$$\text{Ainsi : } \Delta I = P - (Q + E_r) = 962 - (283 + 669) = 10 \text{ mm}$$

La méthode de THORNTHWAITE a permis de calculer un excédent (water surplus), quantité d'eau disponible pour l'écoulement superficiel et souterrain, égal à 293 mm pour l'année moyenne. D'où l'on tire le terme ΔI , infiltration, connaissant l'écoulement de surface mesuré 283 mm.

$$W_s = Q + \Delta I = 293 \text{ mm}$$
$$I = W_s - Q = 293 - 283 =$$

10 mm

CHAPITRE VI - ETUDE GENERALE DU QUATERNAIRE PAR PROSPECTION GEOPHYSIQUE

Comme on l'a vu précédemment (cf. chapitre II, paragraphe II-B), c'est le Quaternaire qui a de grandes chances de détenir les ressources en eau les plus considérables. Afin de les mettre en évidence, divers modes d'investigations ont permis d'étudier le Quaternaire :

- des campagnes de prospection géophysique électrique (dispositif Schlumberger) :
 - a) une campagne générale (CPGF) à l'échelle du bassin versant ;
 - b) des interventions plus réduites sur les sites des futurs quartiers de la Ville Nouvelle.
- des sondages mécaniques, souvent équipés en piézomètres,
- des essais de pompage.

Ce chapitre expose les résultats obtenus par les campagnes de prospection géophysique électrique.

Exposé de la méthode

La prospection électrique consiste à mesurer la résistivité des différentes tranches de terrain des formations meubles de surface. Pour cela, le dispositif Schlumberger a été utilisé : un quadruple AMNB dans lequel A et B sont les électrodes d'injection de courant et M et N les électrodes de mesure.

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

D'après la loi d'Ohm, on a :

- P : résistivité apparente du terrain.
- I : l'intensité de courant émise entre A et B.
- V : la différence de potentiel mesurée entre M et N.

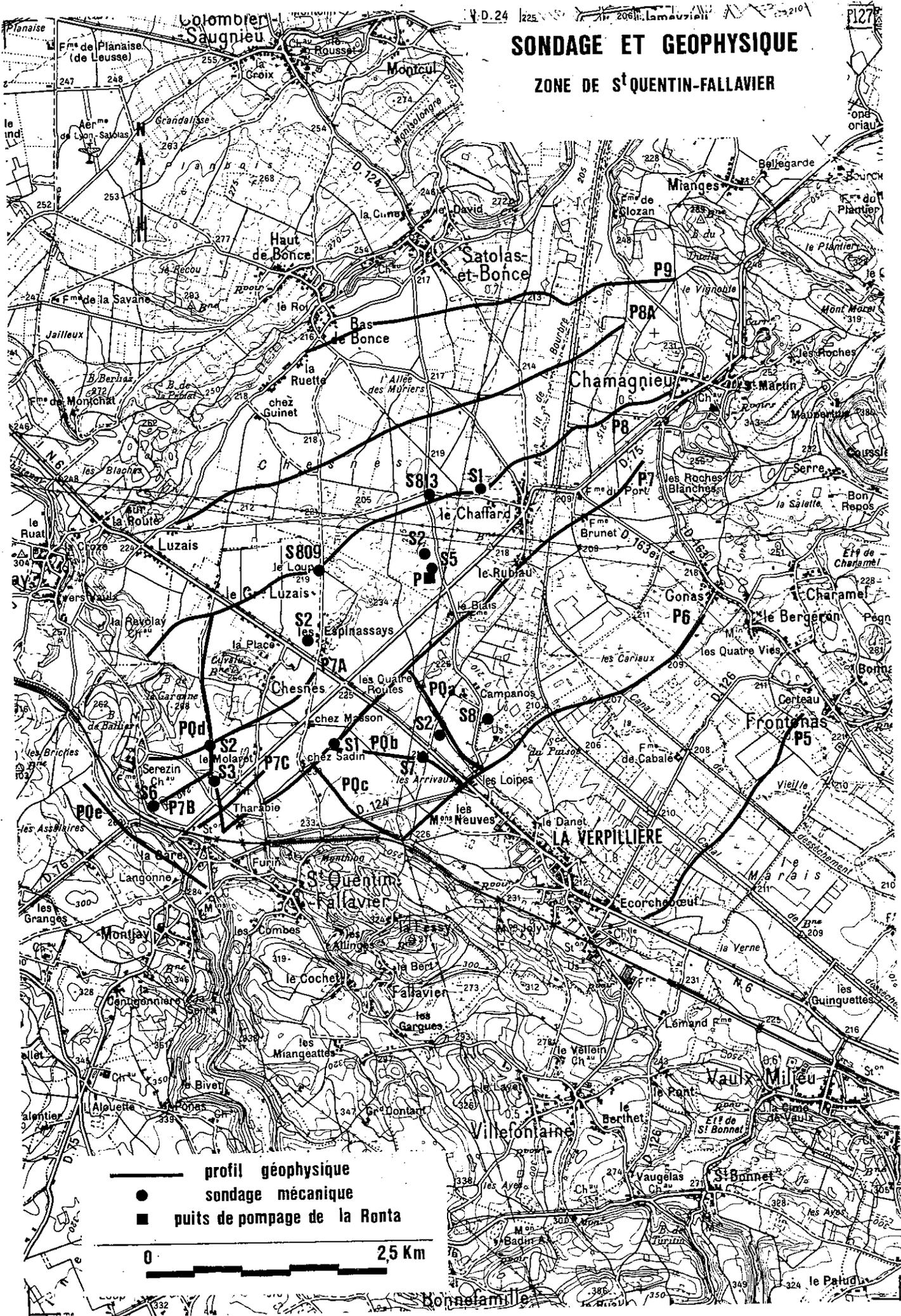
En agrandissant le dispositif, on augmente la profondeur d'investigation. On trace la courbe $\rho = f\left(\frac{AB}{2}\right)$ sur diagramme bilogarithmique. Son interprétation se fait en la comparant à des abaques précalculées et l'on détermine à partir de certaines hypothèses l'épaisseur et la résistivité des différentes couches de terrain. La précision de l'interprétation est fonction des hypothèses de départ que l'on a faites.

VI-A. - REFERENCE : ETUDES PONCTUELLES PAR GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE SUR LES PREMIERS QUARTIERS DE LA VILLE NOUVELLE

Entreprises bien après la campagne CPGF, on en parlera dès l'abord car il a été possible de parvenir grâce à elles, à une gamme relativement fine des résistivités des formations du secteur. Les résultats de ces campagnes à petite échelle, auxquelles nous avons pris part, serviront de références lorsque sera étudiée la campagne générale.

SONDAGE ET GEOPHYSIQUE

ZONE DE ST QUENTIN-FALLAVIER

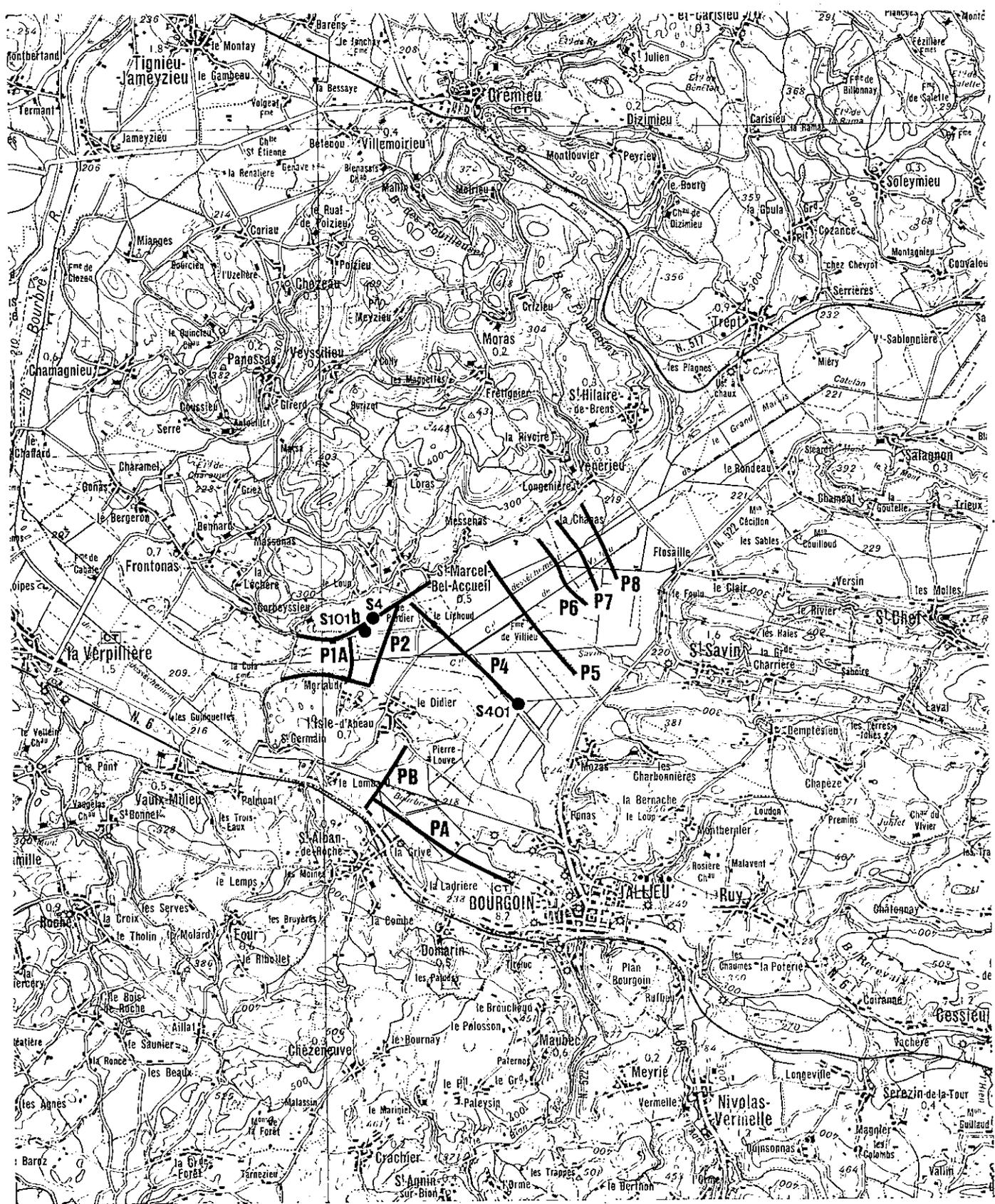


——— profil géophysique
 ● sondage mécanique
 ■ puits de pompage de la Ronta

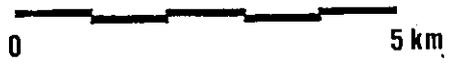
0 25 Km

FORAGES et GEOPHYSIQUE

Marais du Catelan Aval de Bourgoin



— profil géophysique
● sondage mécanique



Résultats

Le tableau suivant regroupe les fourchettes de résistivités déduites des campagnes sur les secteurs C ("Les Roches" : situé entre Villefontaine et l'étang de Saint-Quentin-Fallavier) et D ("La Gruizille" : situé entre Villefontaine et l'étang de Vaugelas) par corrélation entre géophysique, sondages à la pelle mécanique, forages et pénétromètres dynamiques.

Formations	Nature des terrains	Résistivité en Ω m
Remblais	terrains variés, secs, peu tassés	> 400
Terrains colluviaux	- argile ou argile silteuse avec quelques galets - sable argileux avec quelques galets - sable et galets gorgés d'eau - sable et galets secs - alternance d'argiles sableuses et grave sableuse	45 à 90 110 à 135 50 à 135 180 à 230 90 à 230
Formations en place	Moraine - niveau graveleux ou sableux propre et sec	250 à 400
	- niveau gravelo-argileux ou sablo-argileux sec	150 à 250
	Molasse sableuse, humide	90 à 130
	Calcaire en plaquettes à intercalations argileuses	> 200

On notera qu'en fonction de sa minéralisation la présence d'eau peut faire chuter considérablement la résistivité d'un terrain.

VI-B. - CAMPAGNE GENERALE DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE (CPGF)

VI-B₁ - Généralités

Les reconnaissances ont comporté l'exécution de sondages électriques, selon la méthode Schlumberger. En une deuxième phase, il était prévu quelques tirs sismiques, destinés à reconnaître le rocher de son état de fracturation. Or, il s'est avéré que les alluvions étaient un réservoir aquifère, suffisant pour ne pas faire appel aux ressources des calcaires, tout au moins en première phase.

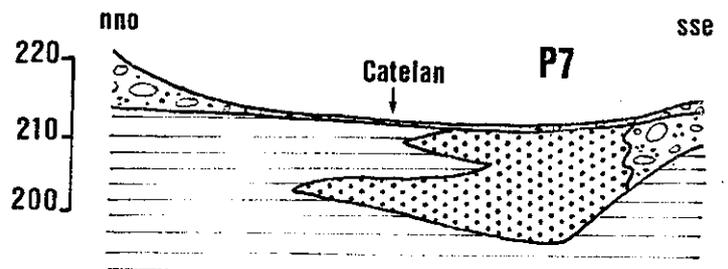
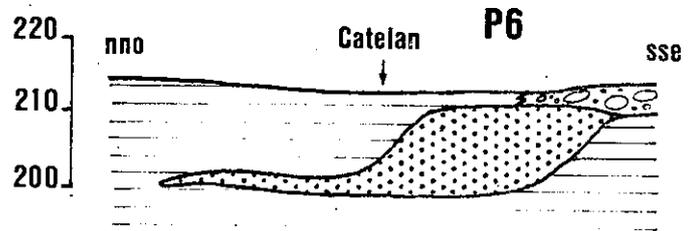
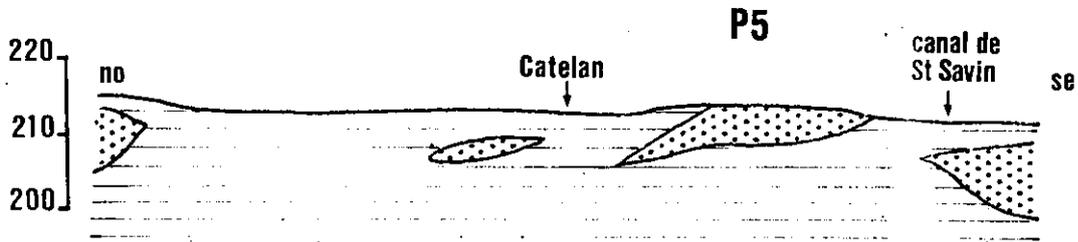
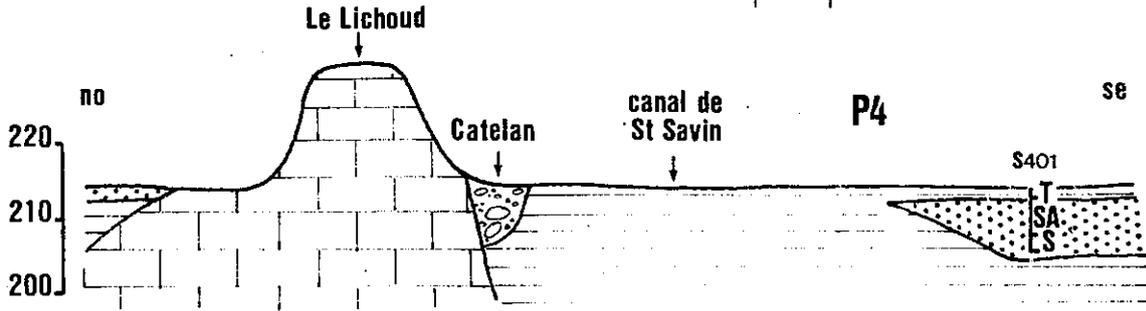
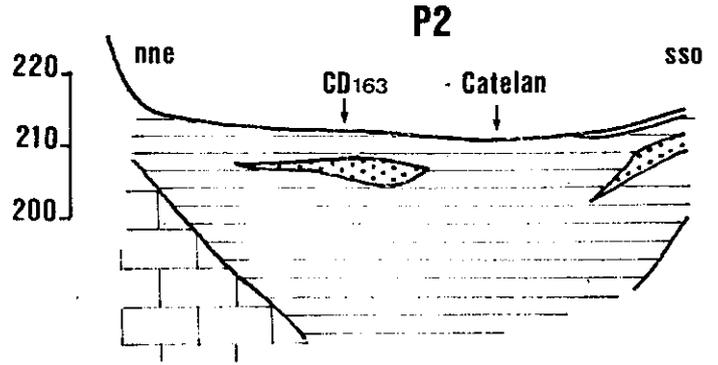
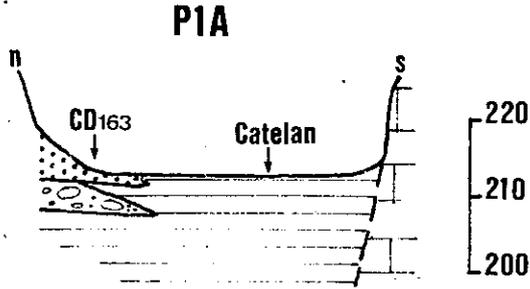
Avantage de la méthode : c'est le moyen le moins coûteux pour tester le sous-sol, avec une précision suffisante, dans le cas d'une telle étude à relativement vaste rayon d'action.

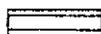
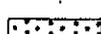
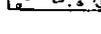
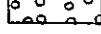
Difficulté de la méthode : dans des terrains aussi variés il est difficile d'obtenir un bon étalonnage : aussi, les interprétations pourront-elles être sujettes à discussion.

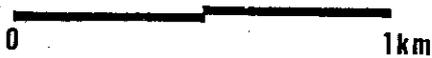
Cependant, il ne faut surtout pas perdre de vue que cette campagne a été réalisée en site vierge et qu'elle avait avant tout un rôle de "dégrossissage", il s'agissait d'orienter les recherches d'eau vers les secteurs les plus intéressants.

Secteurs prospectés :

- 1) - la rive gauche du Rhône : (Venas-Leyrieux) ; située hors du bassin versant, elle ne sera pas étudiée ici. Elle s'est révélée improductive en tant que terrasse perchée, sans rapport avec le fleuve ;
- 2) - zones de Vaulx-Milieu et Saint-Quentin-Fallavier à Satolas ;
- 3) - zone du Marais, entre Trept et l'Isle-d'Abeau ;
- 4) - Bourgoin-Aval, entre Bourgoin-Jallieu et l'Isle-d'Abeau ;
- 5) - Bourgoin-Amont, entre Cessieu et Bourgoin-Jallieu.



-  formations argileuses < 100 m
-  GS-S ± aquifère 100-200 m
-  GAS ± aquifère 300-600 m
-  G propre sèche 800-2000 m
-  molasse 100-150 m
-  calcaire 200 m



VI-B₂ - De Bourgoin-Jallieu et Trept à Satolas : le Marais, le Fluvio-glaciaire (secteurs 2.2.4.)

Cette zone couvre ce qui est indiqué sur la carte géologique par les notations "alluvions contemporaines" alb et "alluvions récentes" a2.

Résultats : cf. profils géophysiques

1) - Les alluvions des vallées de la Bourbre (entre Bourgoin-Jallieu et Satolas) et du Catelan (à l'aval de Trept)

Le remplissage des vallées de la Bourbre et du Catelan s'est montré formé en majeure partie de terrains conducteurs peu perméables (il s'agit là du remplissage lacustre de l'ancien lac de Bourgoin) : on peut le constater sur les coupes P7, P6, P5 (zone de Vaulx-Milieu à Satolas) ; PIA à P7 sur le marais du Catelan ; PA et PB à l'aval de Bourgoin (cf. Pl. 29 et Pl. 31).

Seules quelques passées plus résistantes en bordure de la plaine (terrasses, cônes de déjection, banquettes) ont été repérées en surface ; au Nord de l'Isle-d'Abeau, elles constituent des zones de fuites possibles sous la digue du futur lac (profils PIA ; Prd ; Rrg) ; la géophysique a permis de les éviter en déterminant une section privilégiée à perméabilité réduite (P2).

Ailleurs, elles pourraient servir de fondations d'ouvrages d'art, constructions, voies de dessertes, etc. (P4 le Lichoud, P7 Chanas) ou de zones d'emprunt de matériaux sablo-graveleux (P6 marais de Villieu, P7).

La coupe Prd fait apparaître le substratum calcaire à faible profondeur entre le Pichon et Chevallière, calcaire qui affleure non loin de là au Lichoud.

Remarque : sur le plan hydrogéologique, les placages superficiels ne présentent qu'un intérêt de second ordre.

Etalonnage : les sondages mécaniques représentés sur les profils géophysiques montrent que le remplissage lacustre est formé en majorité d'argiles et sables argileux à forte proportion d'argile (30-80 Ω m) où s'intercalent des lentilles sablo-argileuses (à proportion sableuse plus élevée), gravelo-argileuses, sableuses, plus résistantes (100-200 Ω m en général).

- Secteur compris entre Bourgoin-Jallieu et l'Isle-d'Abeau (cf. Pl. 31)

Profil PB : situé entre la R N 6 et la D 208, il montre sous les alluvions conductrices (40-60 Ω m), entre trente et quarante mètres de profondeur environ, des terrains très résistants ($\rho > 200 \Omega m$). C'est apparemment là le prolongement souterrain des calcaires bajociens de l'îlot de l'Isle-d'Abeau : il s'interrompt vers le Sud (entaillé par le cours d'un ancien écoulement utilisant le passage d'une grande faille d'effondrement ?) pour réapparaître en surface et donner les "plateaux sud" de Saint-Alban-de-Roche.

Quant au profil PA, longitudinal par rapport à la vallée de la Bourbre, il permet de voir l'ennoyage des graviers perméables, qui affleurent encore à Bourgoin-Jallieu, sous les terrains conducteurs du Marais.

2) - Ombilic de Saint-Quentin-Fallavier et Chamagnieu - Etroit de Satolas-et-Bonce (cf. Pl. 32 et Pl. 33)

La géophysique a mis en évidence une accumulation sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, de matériaux hétérogènes, d'origine glaciaire, localement remaniés. Sur la carte géologique, ce secteur correspond à la zone de "fluvio-glaciaire", alluvions contemporaines du dernier stade de retrait glaciaire würmien, notée alb. Ces formations remaniées au cours d'épandages successifs, se différencient bien des formations morainiques, dont elles dérivent, par leur teneur en argile très faible, alors que celle des moraines graveleuses peut atteindre 30 % (voir : fuseaux granulométriques du glaciaire et fluvio-glaciaire). De plus, le fluvio-glaciaire présente un aspect lité (on peut voir des figures de stratifications entrecroisées), que ne possède pas le glaciaire dont les lentilles sont contournées.

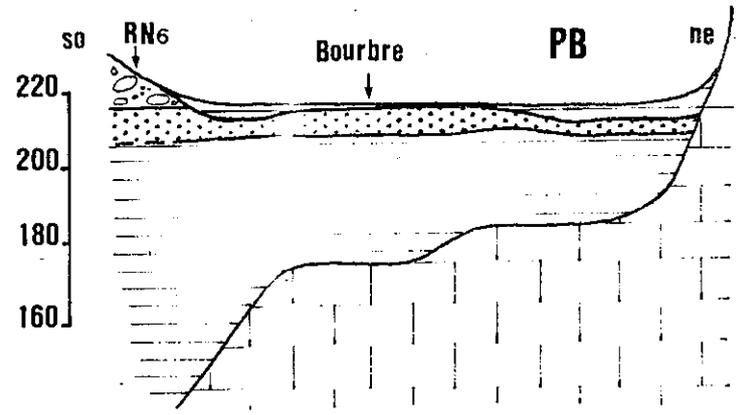
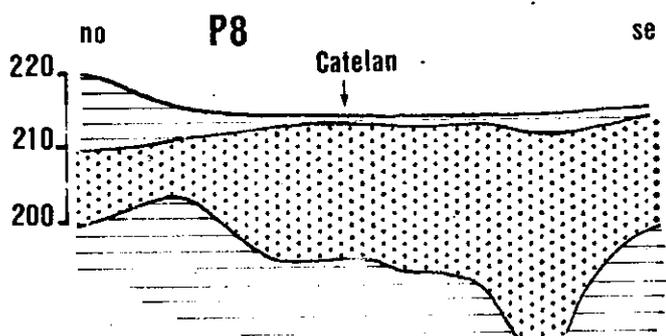
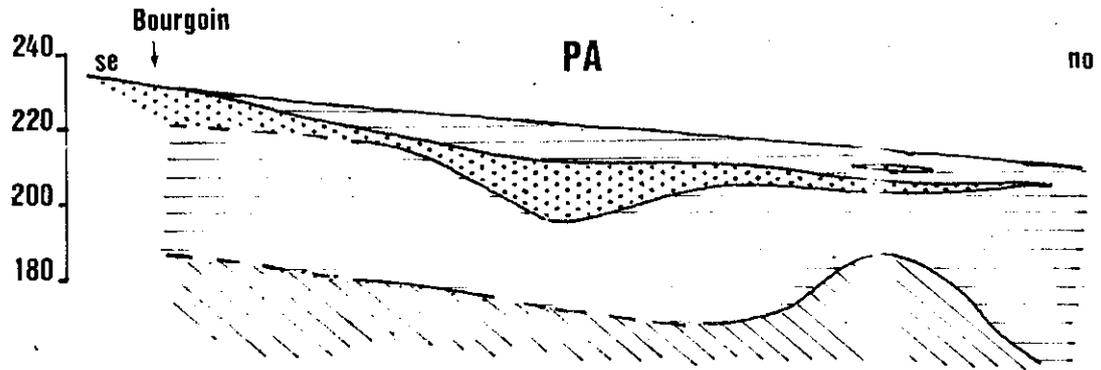
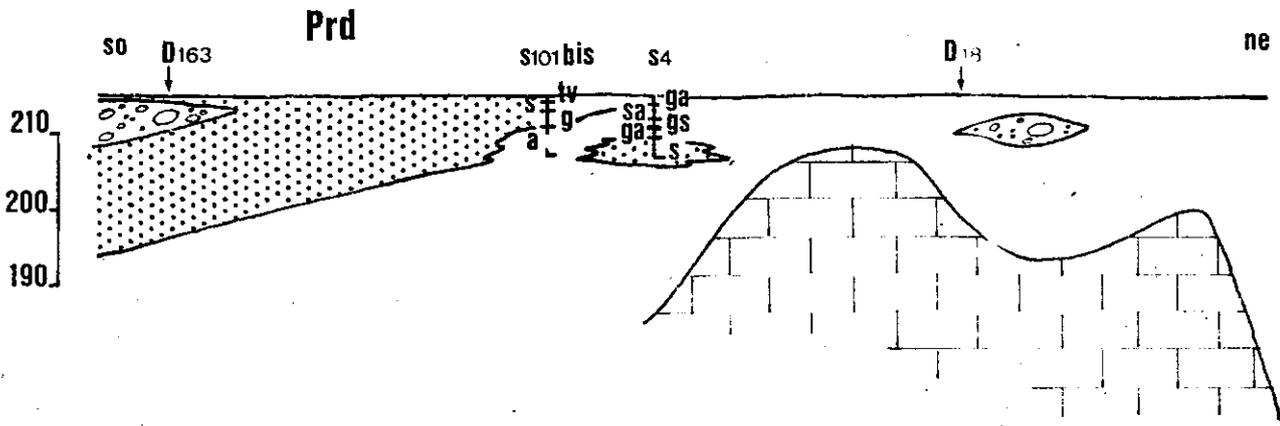
Etalonnage : prospection géophysique et sondages mécaniques se corrélaient assez bien. Ainsi, la géophysique donnera-t-elle une idée valable, bien que vraisemblablement grossière, des formations quaternaires.

Les coupes géophysiques différencient un "substratum conducteur" des formations sus-jacentes. C'est dans ces dernières que se trouvent les niveaux perméables et la réserve aquifère.

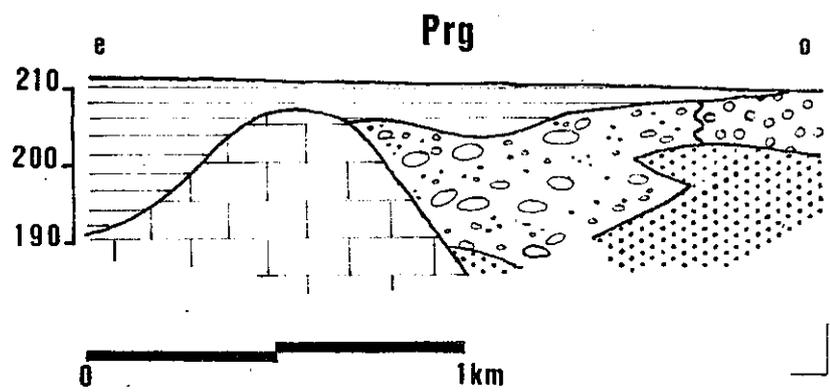
En général, il est possible d'accepter cette séparation comme la limite entre molasse tertiaire (Pontien à niveaux sableux, argileux et poudingues) et fluvio-glaciaire.

La prospection des secteurs C et D avait donné une fourchette de résistivités allant de 90 à 140 Ω m pour la molasse sableuse humide ; ici le "substratum conducteur" montre des résistivités proches de 100 Ω m, ce qui concorde avec les résultats précités.

MARAI DU CATELAN AVAL DE BOURGOIN Coupes Géophysiques



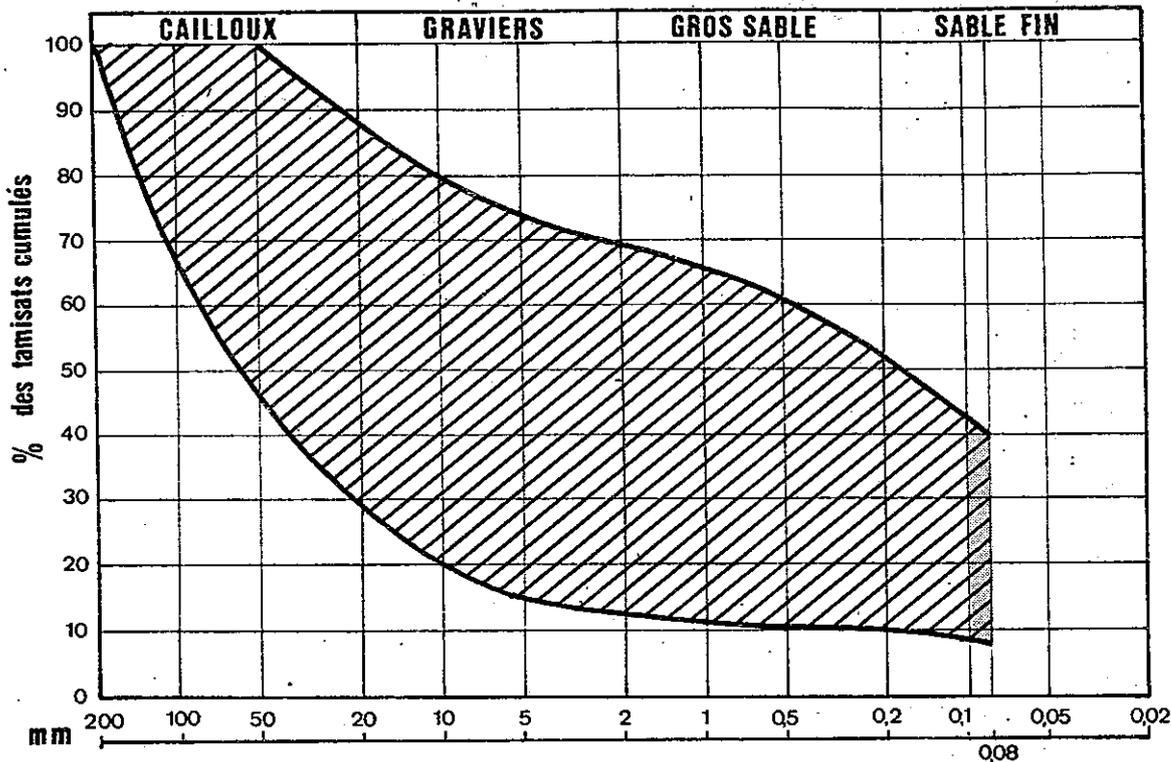
-  formations argileuses < 100 m
-  GS-S ± aquifère 100-200 m
-  GAS ± aquifère 300-600 m
-  G propre sèche 800-2000 m
-  molasse 100-150 m
-  calcaire présumé > 200 m



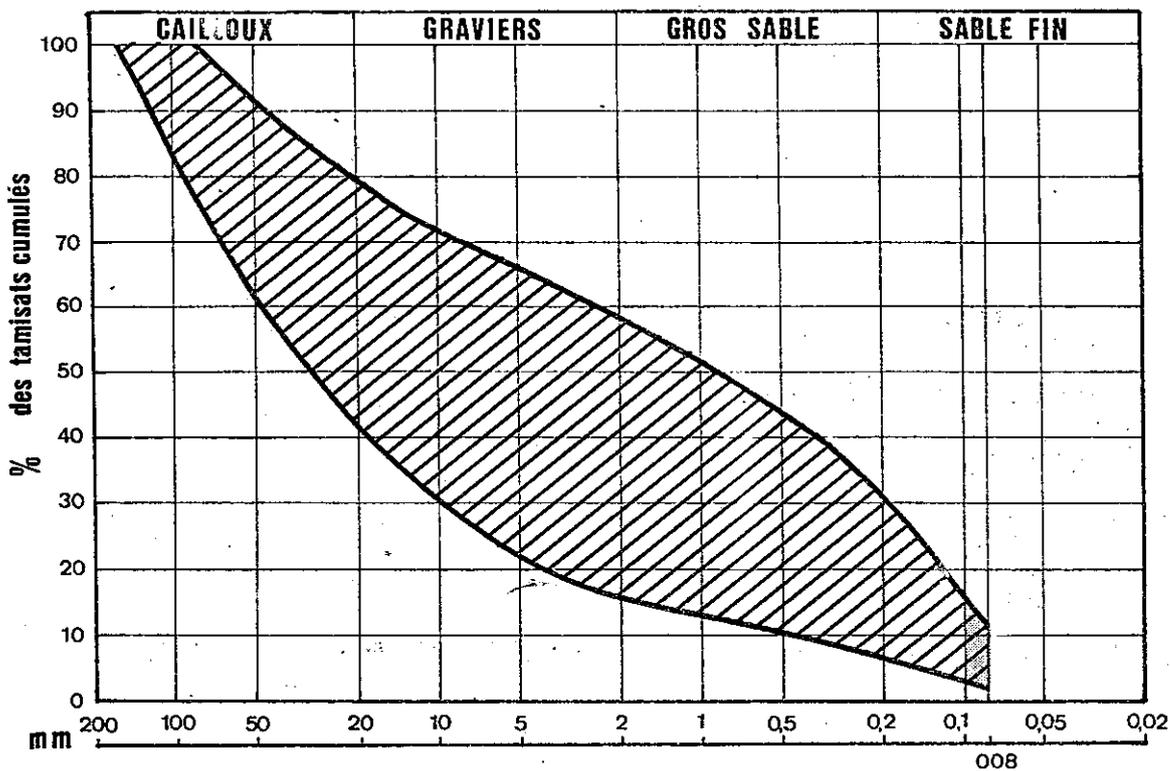
ANALYSE GRANULOMETRIQUE

PL.30

TYPE MORAINÉ : fuseau des graves argileuses



TYPE FLUVIO GLACIAIRE : fuseau des graves propres et graves limoneuses



On notera que dans le marais, des sables argileux comprimés en lentilles, ont donné les mêmes résistivités de 100 m.

Remarques

On constate des valeurs nettement inférieures, entre 80 et 30 Ω m attribuées à la molasse. Le profil PQ (d) placé dans un secteur proche de la molasse affleurante (bois de la Garenne) donne des résistivités de 100, 60, \llcorner 30 Ω m pour le substratum conducteur. Il s'agit, soit de zones nettement argileuses dans la molasse, soit de lentilles argileuses du fluvio-glaciaire en contact avec les sables comprimés pontiens.

Dans le cas du profil PQ (d) ; c'est vraisemblablement du premier cas qu'il s'agit. Cependant, les sondages mécaniques montrent que les graves argileuses peuvent présenter des résistivités analogues à celles du substratum conducteur et y être incluses lors de l'interprétation des mesures géophysiques (sondage S1 et profil PQ (d) ; c'est vraisemblablement du premier cas qu'il s'agit. Cependant, les sondages mécaniques montrent que des graves argileuses peuvent présenter des résistivités analogues à celles du substratum conducteur et y être incluses lors de l'interprétation des mesures géophysiques (sondage S1 et profil PQ (b), sondage S1 et profil P7).

- Il faut insister sur le fait que la présence d'eau dans un terrain peut faire chuter fortement la résistivité.

Quoi qu'il en soit, l'erreur commise est apparemment faible lorsque l'on identifie le substratum conducteur à la molasse tertiaire.

La limite entre molasse et fluvio-glaciaire peut donc être approximativement définie grâce aux coupes géophysiques, avec quelques réserves compte tenu des remarques précédentes.

Il est des cas où cette distinction peut être beaucoup plus difficile à établir ; le profil P6 "La Verpillère-Gonas" en est un exemple : le "substratum conducteur" groupe à la fois la molasse tertiaire, des lentilles argileuses du fluvio-glaciaire et les dépôts lacustres du marais.

- Le profil P6 met en évidence au cœur du remplissage lacustre, un "môle" à résistivité nettement supérieure à celle des autres terrains ($> 300 \Omega$ m). Les fourchettes de résistivités obtenues à partir des études sur les premiers quartiers de la Ville Nouvelle, donnent des valeurs 200 Ω m pour les calcaires fissurés à intercalations argileuses (la gamme allant de 200 à plus de 600 Ω m). Il semble donc s'agir ici de calcaires secondaires "fossilisés" par les dépôts de l'ancien lac. On les retrouve sur la coupe P5 "Frontonas", prolongation ennoyée du plateau de l'Isle-Crémieu ; ils émergent plus au SE, formant l'îlot de l'Isle-d'Abeau.

- Les lambeaux de glaciaire, reliquats de la moraine würmienne dilacérée, isolés au milieu du fluvio-glaciaire (buttes de Chesnes, du Molaret, des Espinassays, lambeau de Trente Sous et du Biaï) seraient l'indice de reliefs molassiques sous-jacents qu'ils couronneraient.

Le profil PQ (d) montre un relief molassique enfoui sous le fluvio-glaciaire à moins de 10 mètres de la surface du sol.

La moraine de Trente Sous-le-Biaï couronnerait un relief molassique comme semble le montrer le profil P7 (le Rubiau).

Les profils P8, PQ (d), P7A, P7, permettent d'envisager l'allure du substratum molassique (cf. : carte en courbes de niveau du substratum conducteur. Pl. 34).

L'AQUIFERE

Cette étude géophysique couplée avec des sondages mécaniques, montre que le fluvio-glaciaire est hétérogène dans le sens vertical et horizontal ; la perméabilité est plus forte selon certains axes SW-NE et il semble que l'on ait affaire à de véritables chenaux d'écoulement souterrain (profil PQ (d)). Ceux-ci se marqueraient dans la topographie par des séries de dépressions circulaires qui résulteraient (R. MICHEL) "d'un phénomène de suffosion dû à l'entraînement localisé de fines suivi d'un tassement. De tels "entonnoirs d'ablation" sont bien connus dans les talus d'épandage de l'Ouest du Vercors (cf. R. BARBIER) et semble-t-il sont assez caractéristiques d'un climat périglaciaire. Quoi qu'il en soit, c'est dans ces dépressions qu'ont été localisés les meilleurs emplacements de captages".

L'horizon imperméable de l'ensemble est le "Substratum conducteur" précité. Les différentes coupes (P7, P7B, PQ (b) PQ (a), PQ (d) combinées avec les sondages mécaniques donnent les résultats suivants :

- graviers secs perméables ou graviers secs comprimés : 800 - 2 000 Ω m,
- graviers perméables aquifères : 200 - 500 Ω m,
- substratum imperméable : 90 - 140 Ω m.

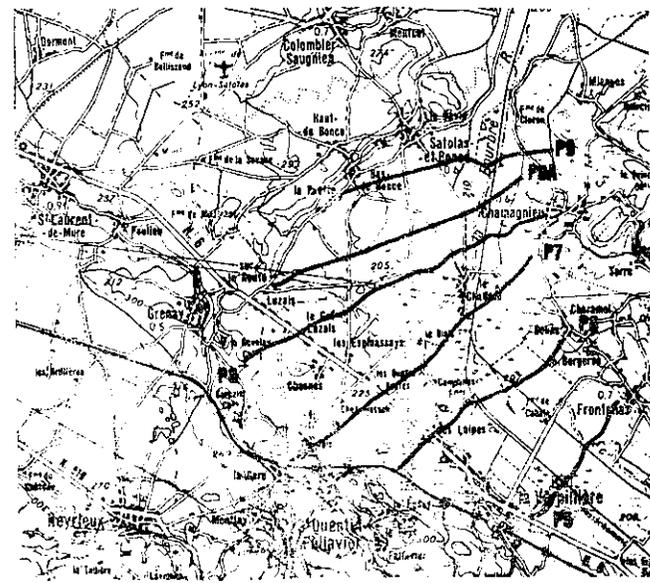
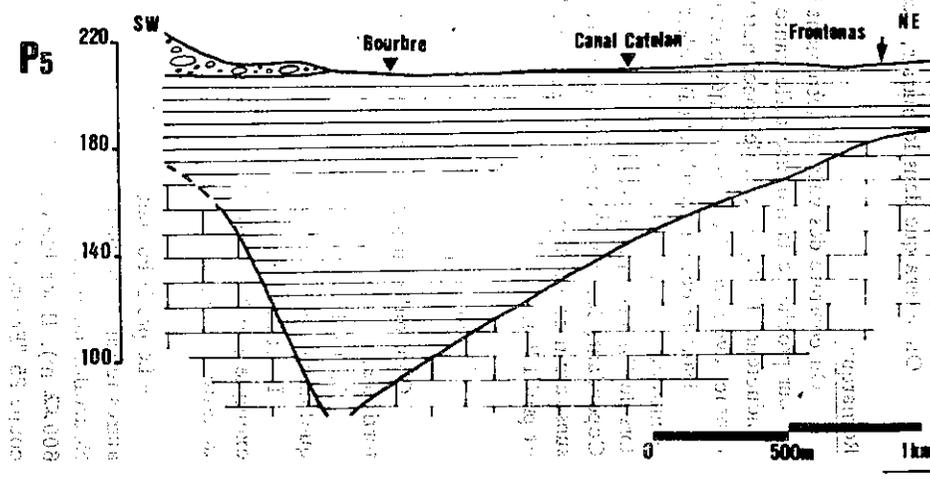
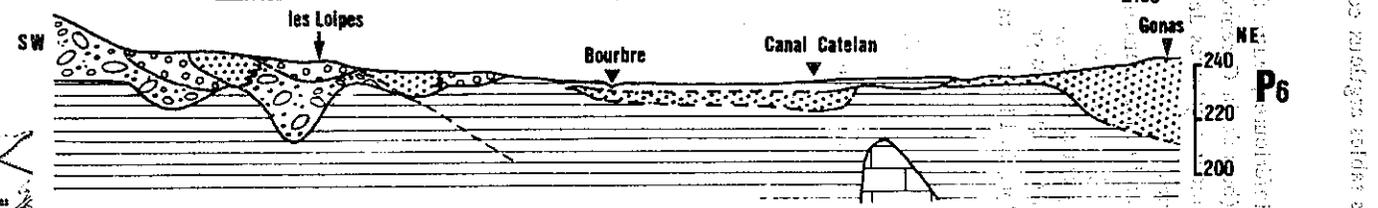
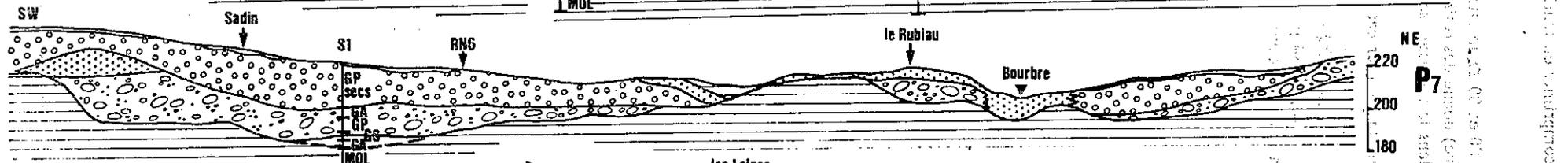
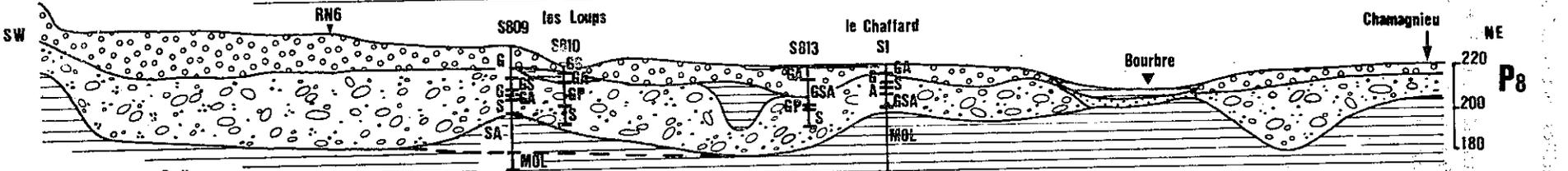
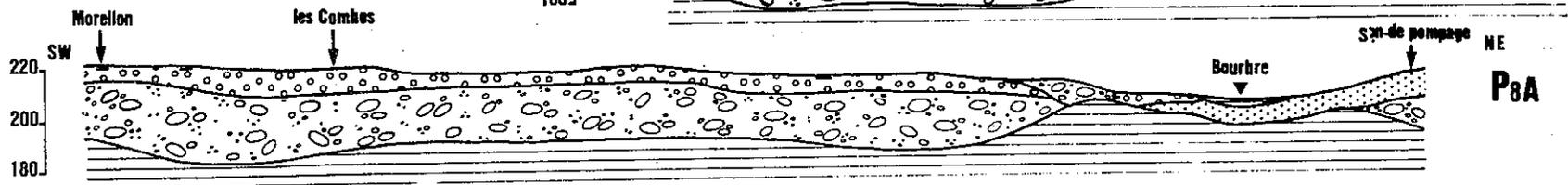
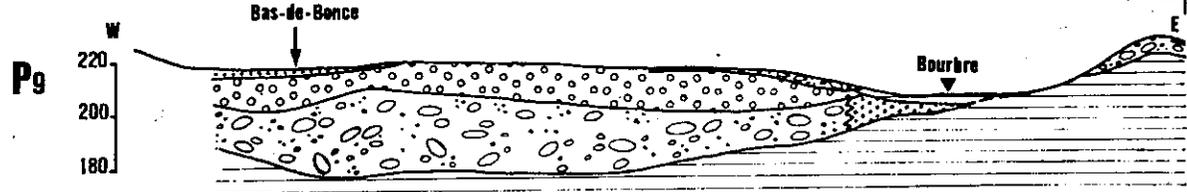
Remarque :

les graves sèches perméables sont parfois remplacées par des graviers comprimés, indurés, véritables poudingues maintenant localement la nappe en charge (profil PQ (d) et sondages mécaniques S2 et S3 ; profil PQ (b) et sondage S7).

GÉOPHYSIQUE ÉLECTRIQUE

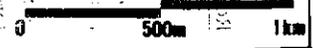
Plaine de Saint-Quentin-Fallavier

P192



légende

- 800-2000 Ω·m
grave propre sèche
- 200-300 Ω·m
grave sableuse argileuse
- 300-600 Ω·m
grave argilo sableuse argifère
- 30-150 Ω·m
substratum conducteur
ou lentilles argileuses
de l'épave glaciaire
- >200 Ω·m
calcaire présumé



Les cartes géologiques sont publiées par le Service Géologique National (S.G.N.) de la République Française. Les cartes géophysiques sont publiées par le Service Géologique National (S.G.N.) de la République Française.

LE SECTEUR DE SATOLAS

L'étroit de Satolas représentant l'exutoire possible des eaux de fonte du glacier würmien, il importait d'étudier ce secteur tout particulièrement.

La présence de blocs erratiques au fond de la vallée, à cet emplacement, a rapidement confirmé l'hypothèse selon laquelle la débâcle glaciaire aurait emprunté cet étroit passage.

La campagne de géophysique, manquant de points d'étalonnage, s'est révélée pessimiste. Il a fallu attendre les données des sondages mécaniques pour avoir une idée correcte du secteur (cf. chapitre VII).

Néanmoins, on pourra retenir la présence de trois niveaux différents :

- horizon superficiel très conducteur, donc argileux : 40-60 Ω m,
- horizon sous-jacent à résistivité plus forte : 200 Ω m,
- formation inférieure à 90-110 Ω m.

La formation de 200 Ω m est aquifère et omniprésente dans tout le goulet de Satolas.

CONCLUSION

Le Fluvio-glaciaire entre Saint-Quentin-Fallavier et Satolas-et-Bonce, recouvre un substratum molassique très irrégulier, accidenté de dépressions et ossatures importantes.

Ainsi, cette plaine est-elle scindée en plusieurs secteurs par les crêtes moraino-molassiques de Chesnes-les-Espinassays : et de Trente-Sous-le-Biais.

Quant aux dépressions les plus marquées, elles se situeraient :

- au Nord de la barrière principale de Chesnes-les-Espinassays : dépression allant du Luzais au Chaffard, où la cote du toit du substratum est inférieure à 180 m, pour une altitude moyenne alentour de 190 m ;
- au Sud de cette barrière : dépression des routes Pierre-Milliaire, et celles des Loipes en la Verpillère à la cote 190 m pour une altitude moyenne alentour de 200 m ;

Cette configuration aura, on le verra, une incidence importante dans l'allure de la nappe aquifère.

VI-B₃ - De Cessieu à Bourgoin-Jallieu (secteur 5)

Il existe actuellement une section de pompage dans le secteur du Vernay : elle sert de solution d'appoint en période estivale pour la commune de Bourgoin-Jallieu.

Mal étalonnée par un nombre de sondages mécaniques insuffisants, à l'époque où elle a été faite, la géophysique se corréle mal avec les sondages forés ultérieurement. Les résultats sous-estiment l'Aquifère (parfois de moitié, comme à Coiranne). Il est néanmoins possible de retenir quelques données quantitatives de cette campagne, qui différencie :

- Une tranche superficielle à résistivité variable, selon le pourcentage d'argile ou gravier, allant de 10 à 400 Ω m avec toutefois une majorité de terrain argileux.

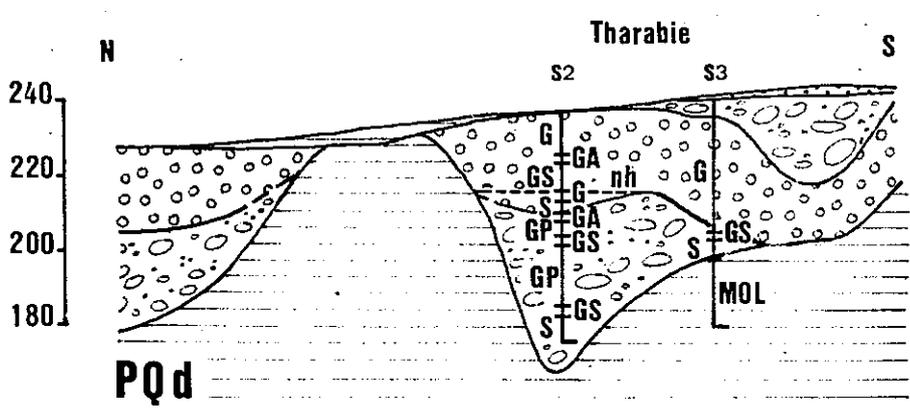
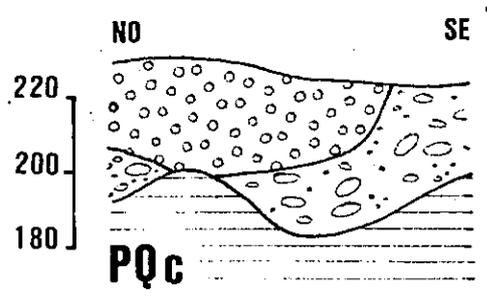
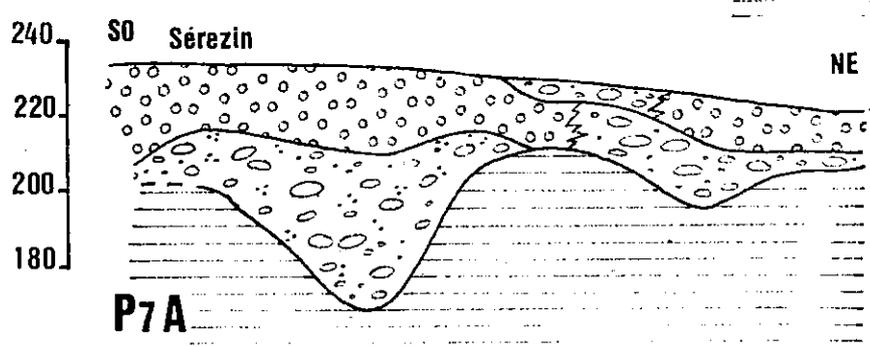
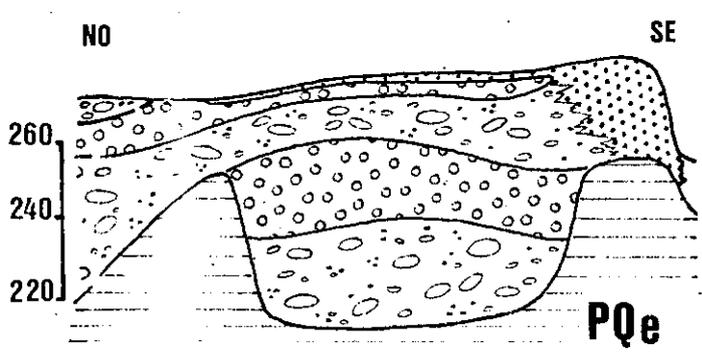
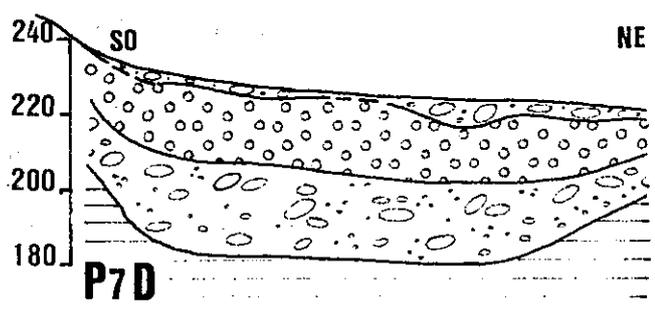
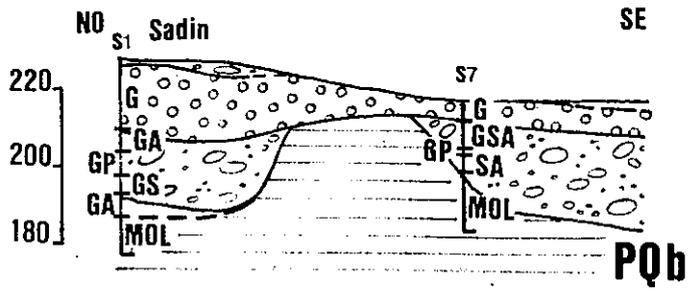
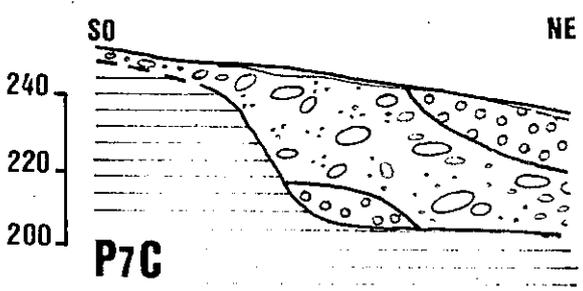
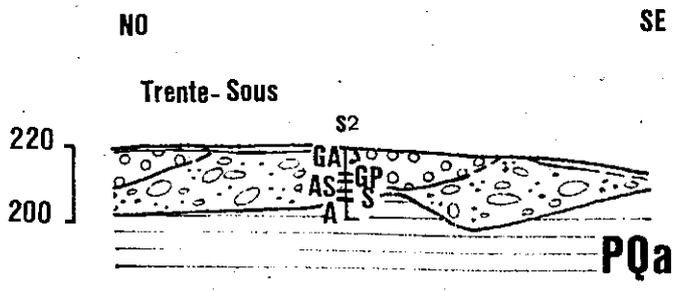
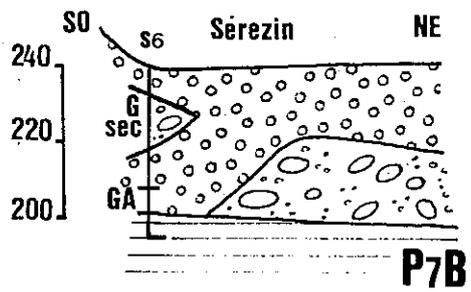
- Un important horizon graveleux lui fait suite, dont les résistivités varient considérablement selon que l'on considère les graviers secs (1 400 à 8 000 Ω m), ou les graviers aquifères sous-jacents (800 Ω m en moyenne).

- Vient ensuite le substratum conducteur (Tertiaire ?) mur imperméable de l'ensemble : allant de 20 à 110 Ω m.

Les profils montrent cependant une augmentation progressive de l'épaisseur de l'aquifère en direction de Coiranne, depuis le Vernay.

GÉOPHYSIQUE ÉLECTRIQUE

Plaine de Saint-Quentin-Fallavier



- 800 - 2000 Ω.m
grave propre sèche
- 200 - 300 Ω.m
grave sableuse aq.
- 300 - 600 Ω.m
grave argilo-sableuse aq.
- 30 - 150 Ω.m
molasse

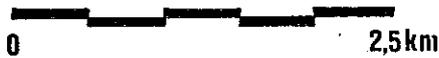
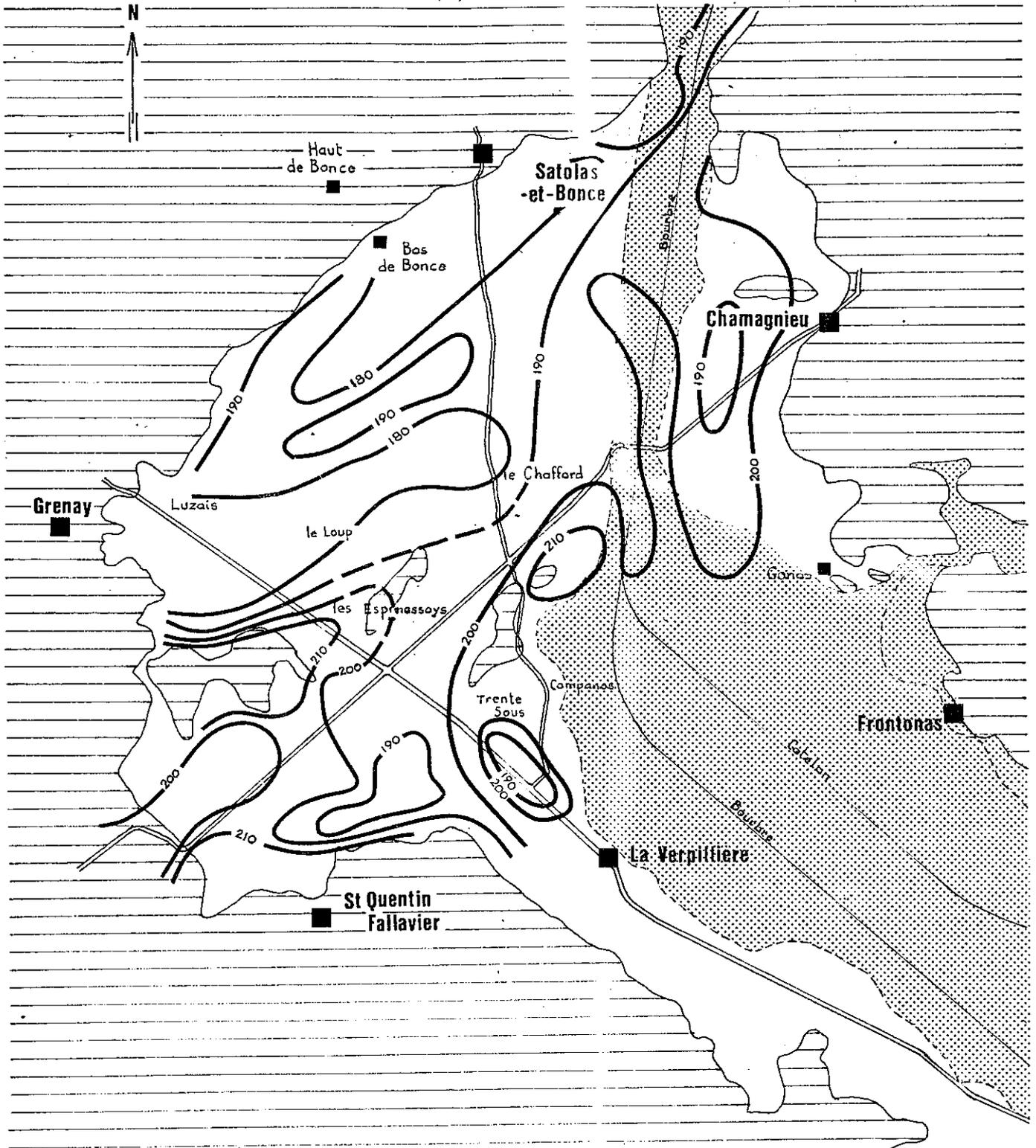
--- nh niveau hydrostatique
aq. aquifère



SUBSTRATUM CONDUCTEUR

Courbes de niveau (d'après C.P.G.F.)

ZONE OUEST



Substratum

alluvions contemporaines

alluvions modernes

courbe de niveau

VI-B₄ - Conclusion générale

Cette campagne de mesure, même lorsqu'elle se montre pessimiste, indique qu'il faut porter une attention particulière aux zones suivantes :

- les passages plus perméables, lavés, dans les formations hétérogènes du Fluvio-glaciaire.
- l'Étroit de Satolas, passage obligé des eaux de fonte des glaciers.
- le secteur de Vernay-Coiranne, où l'on trouve une épaisseur importante de graviers aquifères.

CHAPITRE VII - ETUDE DES DIFFERENTS POINTS DE CAPTAGE

Trois secteurs principaux susceptibles de donner des débits intéressants ayant été définis, des sondages mécaniques et forages d'essais y ont été implantés afin d'en améliorer la connaissance et d'y déterminer des zones de captages.

Au terme de ces travaux, trois zones de pompage ont été établies : Satolas, La Ronta-les-Loups, Vernay-Coiranne, respectivement en aval du site de la Ville Nouvelle, parallèlement au site et en amont de celui-ci.

Nota : les sondages mécaniques sélectionnés ont été représentés soit sur les coupes géophysiques étudiées précédemment, soit sur des coupes géologiques tracées lors de l'étude des différents points de captage.

Seul l'essai de pompage de la Ronta, auquel nous avons assisté, sera détaillé.

Les symboles suivants ont été adoptés :

S : sable ; G : grave ; A : argile ; Mol : molasse ; tv : terre végétale (lorsque deux symboles sont accolés, le premier indique que l'élément correspondant est prépondérant) ; P : perméable ; nh : niveau hydrostatique.

VII-A. - LE CHAMP DE CAPTAGE DE SATOLAS

VII-A₁ - Les sondages mécaniques

Les sondages mécaniques, à la suite de la campagne géophysique ont confirmé la présence d'un remplissage d'éléments parfaitement lavés sur l'ensemble de la section. Ce lavage dû aux eaux de fonte du glacier a permis aux terrains d'acquérir des perméabilités exceptionnelles fortes comme le montrera l'essai de pompage.

Il est vraisemblable qu'un culot demeuré en place dans l'Étroit de Satolas, après disparition du glacier, soit à l'origine du comblement de la cuvette du Catelan et de la Bourbre inférieure (cf. profils géophysiques P6 et P5, Pl. 32).

Le champ de captage de Satolas comprend une batterie de 26 piézomètres et un forage d'exploitation selon trois rangées orientées de façon grossièrement perpendiculaire à la Bourbre.

L'étude des "logs" de sondages (voir Pl. 36) permet de tracer des coupes relativement fines du secteur et de préciser les données géophysiques :

On rencontre, de haut en bas :

- un horizon superficiel de lentilles gravelo-argileuses, sablo-argileuses, gravelo-sableuses, sableuses, correspondant aux résistivités faibles allant de 40 à 60 Ω m ;
- une grave propre, perméable, à 200 Ω m, contenant des lentilles gravelo-argileuses ou gravelo-sableuses (90-100 Ω m). La faible résistivité est ici due à l'eau très chargée (dureté supérieure à 30°). On sait qu'elle peut faire chuter la résistivité d'un terrain. Ainsi, bien que la résistivité soit très moyenne, la perméabilité est très forte.
- la molasse tertiaire formée de sables gris ou jaunes, comprimés, de poudingues, correspondant à l'horizon géophysique à 90-110 Ω m.
- le remplissage alluvial est le plus au droit des profils moyen (S10 à S9) et aval (S1 à S8), tandis que le profil amont (S22 à S27) montre un surélévement du substratum molassique jusqu'à environ -5 m de la surface du sol.

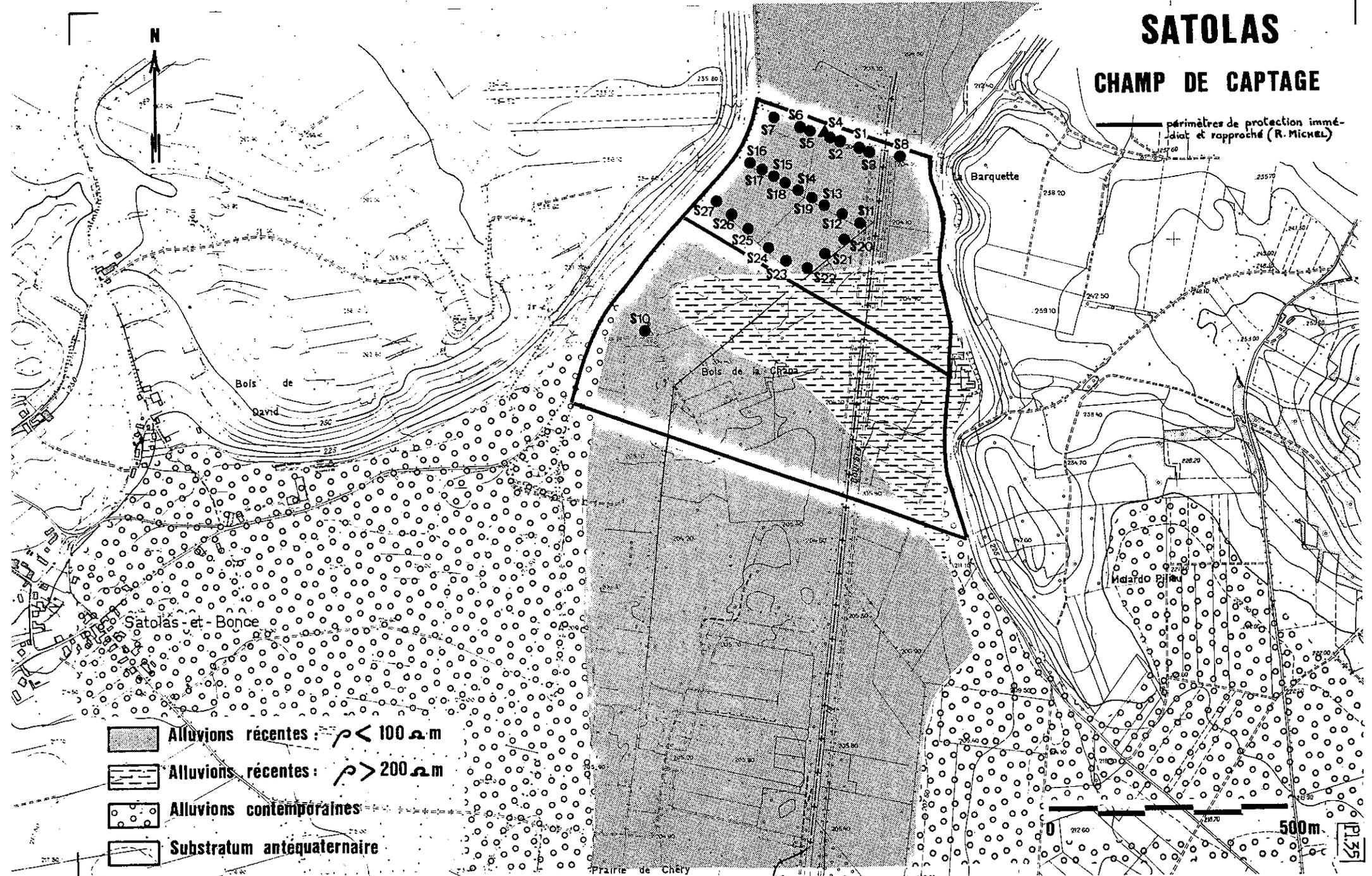
SATOLAS

CHAMP DE CAPTAGE

— périmètres de protection immédiat et rapproché (R. MICHEL)



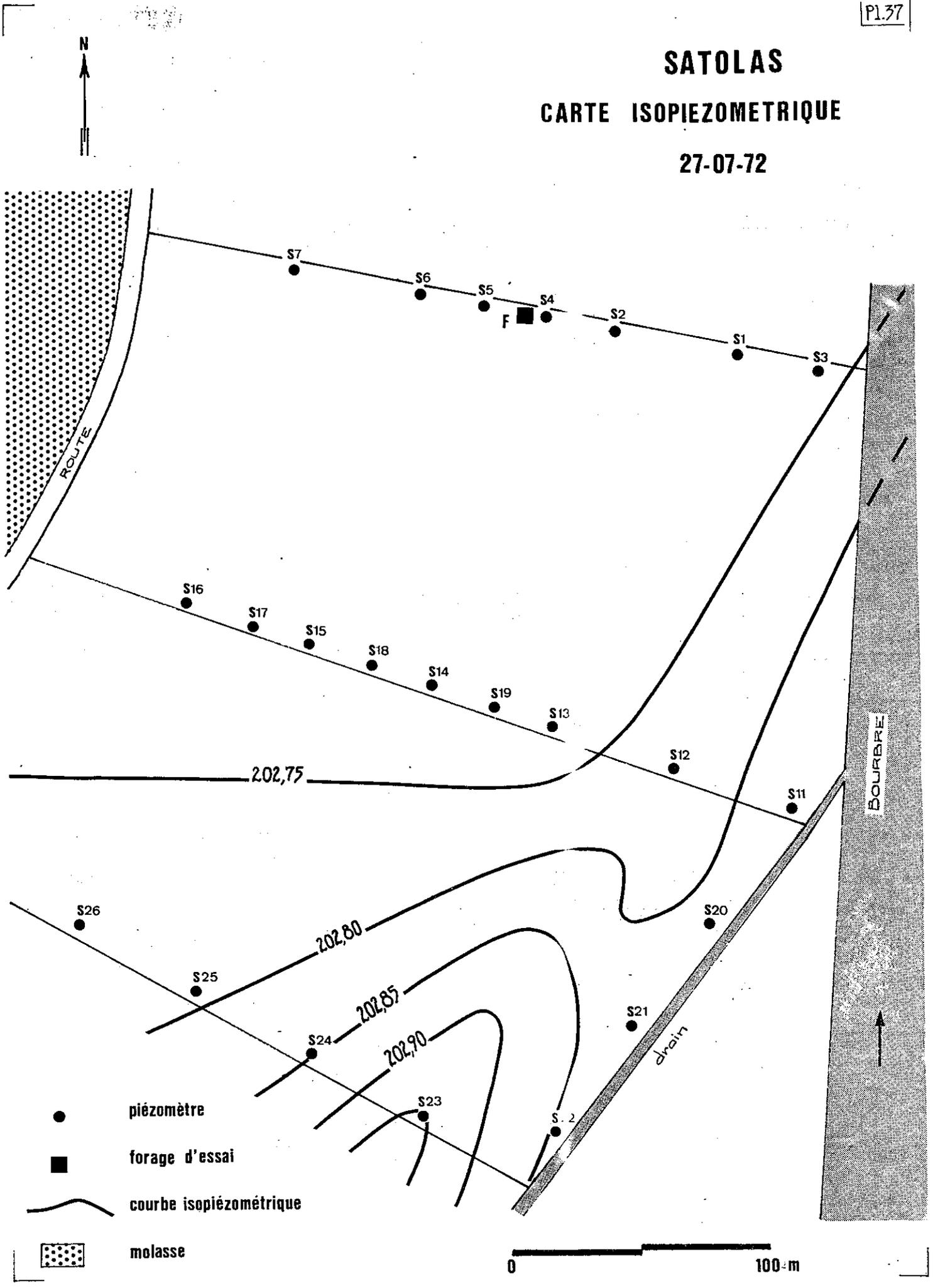
-  Alluvions récentes : ≤ 100 a.m
-  Alluvions récentes : > 200 a.m
-  Alluvions contemporaines
-  Substratum antéquatenaire



SATOLAS

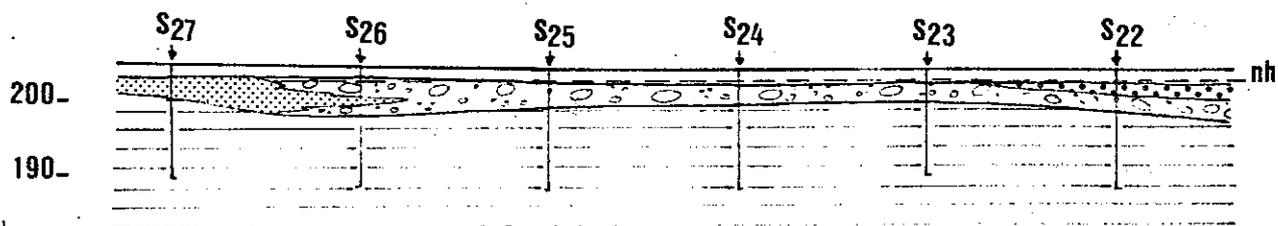
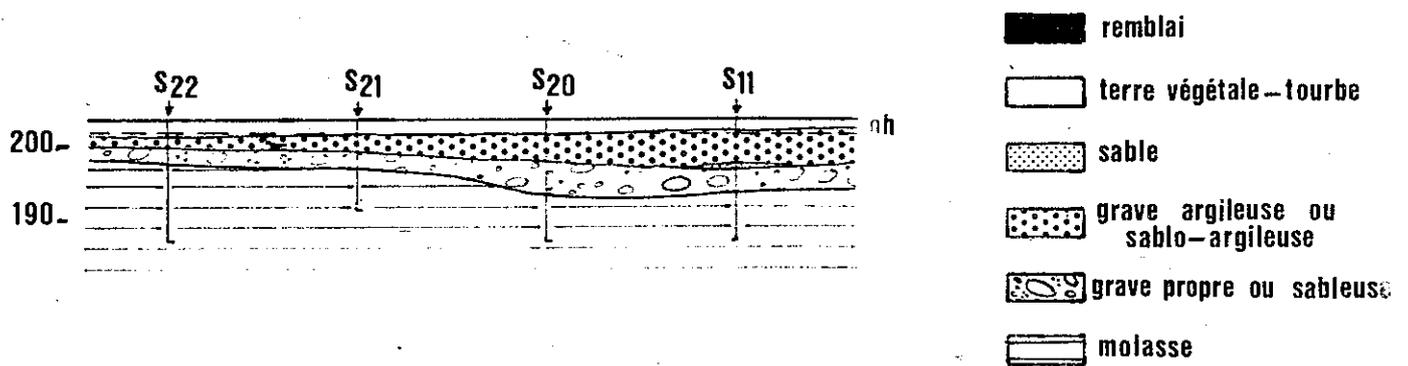
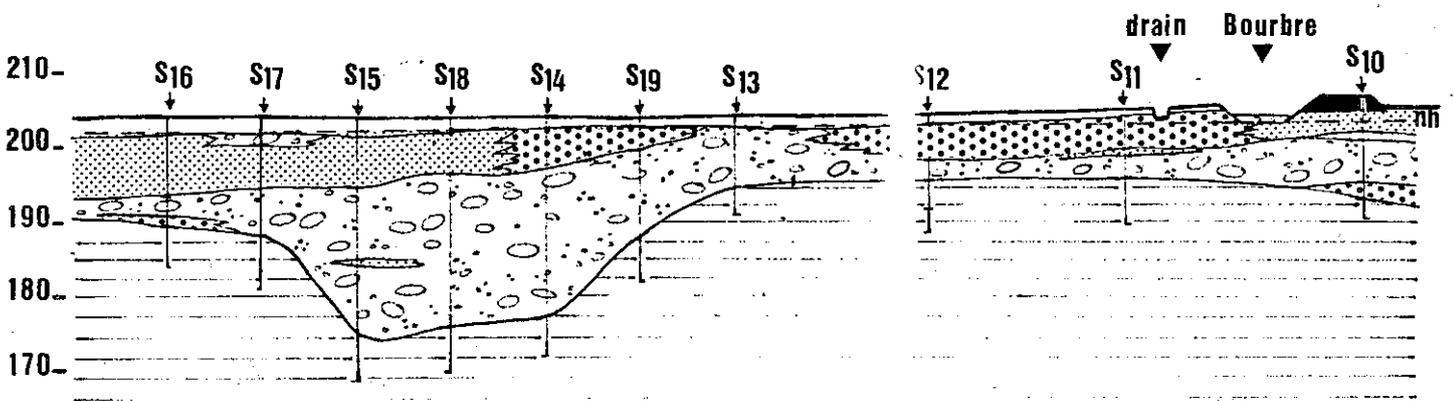
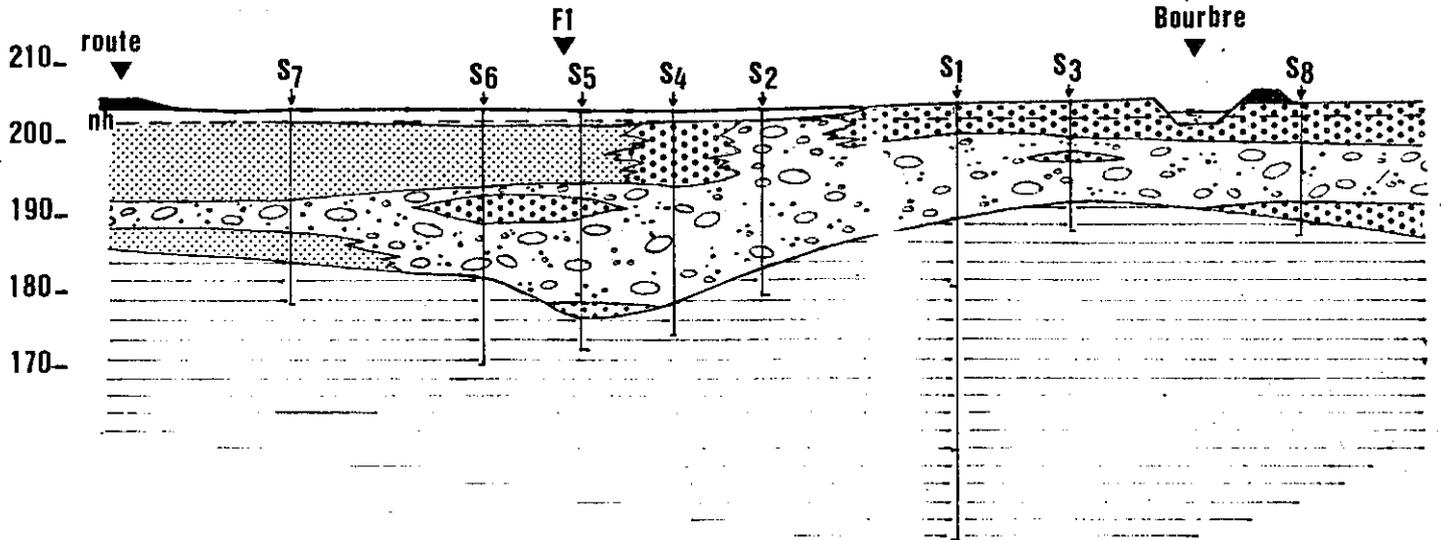
CARTE ISOPIEZOMETRIQUE

27-07-72



SATOLAS champ de captage

COUPES GEOLOGIQUES



0 100m

-  remblai
-  terre végétale-tourbe
-  sable
-  grave argileuse ou sablo-argileuse
-  grave propre ou sableuse
-  molasse

Dans une optique d'exploitation, il est donc préférable de s'orienter vers les batteries plus en aval : les surcreusements les plus importants se situent au niveau des sondages S4 et S5 pour la batterie aval et S15, S18, S14 pour la batterie moyenne ; dans les deux cas on est en présence de plus de vingt mètres d'alluvions aquifères.

Le plateau molassique sous-alluvial repéré par les sondages S22 à S26, se poursuit vers l'aval par un éperon localisé par les sondages S11 à S13 et S1-S3, bordant la zone déprimée précédemment citée en rive gauche de la Bourbre.

VII-A₂ - Carte isopiézométrique

Des mesures régulières ont été faites sur l'ensemble des piézomètres du champ de captage depuis juillet 1972 à raison d'une tournée tous les 15 jours. Diverses cartes de la nappe ont été tracées à différentes époques de l'année : toutes sont comparables, les variations du niveau hydrostatique étant faibles. On présentera ici la carte du 27-07-72.

La Bourbre colmatée n'a pas d'influence sur sa nappe d'accompagnement dans ce secteur, ainsi que l'a montré un pompage longue durée sur le forage d'essai F1. Deux directions d'écoulement semblent se rejoindre, l'une SE-NW, provenant de la partie droite de la vallée, l'autre SW-NE, selon l'axe de la vallée.

La nappe est très plane, hormis au niveau des piézomètres S23 et S24 où elle présente un gonflement vraisemblablement provoqué par une alimentation plus forte à ce niveau (lors de l'essai de pompage longue durée précité, ce phénomène est toujours resté marqué).

Il est possible que cet apport soit fourni par la Bourbre, alimentant la nappe par l'intermédiaire de la zone décolmatée située immédiatement à l'amont (cf. Pl. 35 : alluvions récentes à résistivité supérieure à 200 Ω m), à moins que ce ne soit du drain proche, qui rejoint la Bourbre en rive gauche au niveau du S11 et traverse aussi la zone décolmatée.

VII-A₃ - Essai de pompage

A l'époque où a été réalisé l'essai, la station comprenait un forage (F1) de diamètre 650/550 mm, descendu à -24 m et crépiné entre les cotes -15 et -24 m ainsi que 8 piézomètres (S1 à S8 de la batterie aval), contrôlant la vallée de la Bourbre sur l'ensemble de la section.

Les essais ont été menés par paliers de débits croissant entre 180 m³/h et 650 m³/h, pendant 190 heures consécutives. La période choisie correspondait à la fin d'un étiage prononcé (octobre 1969). Les niveaux ont été mesurés par sonde électrique à raison d'une lecture toutes les deux heures. Après arrêt du pompage, les observations ont été poursuivies à un rythme accéléré.

On retiendra qu'au débit maximum de 650 m³/h, le rabattement dans le forage d'exploitation n'atteignait pas 0,80 m, ce qui implique un débit spécifique de 800 m³/h/m pour une hauteur d'aquifère supérieure à 20 mètres. La stabilisation était obtenue dans les premières heures qui suivaient les augmentations du débit, tant dans le forage, que les piézomètres. Après arrêt du pompage, la nappe a retrouvé en tous points son niveau initial au bout de 24 heures.

L'exploitation de la courbe de remontée par la méthode d'approximation logarithmique permet d'estimer à environ 0,4 m²/s la transmissivité des alluvions, ce qui représente une perméabilité proche de 2.10⁻² m/s.

Courbe de remontée : le temps pris en compte est le temps fictif de pompage (cf. essai de la Ronta), correspondant au débit maximum de 650 m³/h.

On constate que les points sont parfaitement groupés autour d'une droite de pente. $c = 0,086$. La formule Theis-Jacob donne :

$$T = \frac{0,183 Q}{c} = \frac{0,183 \times 650}{3\,600 \times 0,086} = 0,38 \text{ m}^2/\text{s}$$

Le débit susceptible de transiter dans la section pour un gradient provoqué de 1 % peut être calculé par la formule du front d'emprunt :

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

T : transmissivité = 0,38 m³/s
i : gradient = 1 %
L : largeur de la vallée = 300 m

---) $Q = 1,14 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les essais ont montré que l'on pouvait très largement augmenter la pente de la nappe, sans qu'il en résulte des entrainements de sable. On voit donc que l'on n'est pas limité en débit, du moins par les conditions locales de perméabilité ; "on pompe dans un lac" est une image qui représente bien le phénomène.

Un débit d'exploitation de 300 l/s est prévu. Mais dans ce cas, on peut craindre une réalimentation induite par la Bourbre.

Ainsi, l'exploitation de Satolas implique-t-elle un traitement des eaux de la Bourbre.

VII-B. - LA STATION DE POMPAGE DES LOUPS-LA RONTA (cf. Pl. 33)

- Politique initiale

La zone industrielle de la Ville Nouvelle va s'étendre sur la plaine de Saint-Quentin-Fallavier, au Sud et au Nord des buttes médianes de Chesnes et des Espinassays. Il est apparu qu'elle pourrait être alimentée par des captages autonomes implantés dans la zone du Fluvio-glaciaire, des essais ont été faits à Trente-Sous, les Loups, la Ronta. Le champ principal de captage de Satolas était destiné à l'alimentation des zones urbaines.

- Actuellement,

Le puits définitif de la Ronta, vient d'être achevé. Celui des Loups devrait s'y adjoindre dans un avenir proche. Le projet de captage à Satolas étant trop coûteux, compte tenu des besoins, du moins dans un premier temps, l'unique station de la Ronta-les Loups, servira à la fois aux besoins de la zone industrielle et des premiers quartiers de la Ville Nouvelle.

- Trente-Sous, les Loups, la Ronta

La zone de Trente-Sous (voir la carte de situation d'ensemble) avait donné des résultats favorables, mais elle a été éliminée pour des raisons sanitaires : l'établissement de carrière dans ce secteur avait provoqué la mise à jour de la nappe, ceci à faible distance de l'autoroute et de la R N 6. Une partie est temblayée actuellement et le reste en-cours d'acquisition, le sera par la suite : compte tenu des débits importants, on pourra y envisager un puits à usage industriel.

Les cuvettes colmatées des Loups et de la Ronta, occupées par de petits étangs correspondraient à des chenaux à forte perméabilité dans le Fluvio-glaciaire. Toute une série de forages de reconnaissance ont été implantés dans chacune d'elles, ce qui a permis de sélectionner le site des puits définitifs.

VII-B₁ - La station de pompage de la Ronta

Un essai de pompage de reconnaissance en première place a été suivi par le fonçage du puits définitif, sur lequel on a procédé à un développement par pompage à débits croissants.

VII-B₁₋₁ - Essai de pompage

A l'époque de l'essai, la station comprenait :

- 8 sondages de reconnaissance tubés en 102/114 mm et équipés en piézomètres (S 1 à S 8) ;
- 2 forages d'exploitation tubés en Ø 800 mm et Ø 650 mm et crépinés F 1 et F 2);

Des essais de longue durée ont été réalisés sur les forages F 1 et F 2, après développement à gros débit. Le régime d'équilibre s'est installé très rapidement et les remontées ont été quasi instantanées. Les résultats sont les suivants :

Forage F 1 : pompage à débit constant de 520 m³/h, du 20 septembre 1971 à 9 h au 22 septembre à 9 h. Stabilisation après 24 heures de pompage. Perméabilité $K = 4,3 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Forage F 2 : pompage de débit constant de 260 m³/h, du 31 août 1971 à 8 heures 30 au 1er septembre à 8 heures, 30 de cette même date à 15 h au 3 septembre à 15 h. $K = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Ces perméabilités sont comparables à celles de Vernay-Coiranne.

VII-B₁₋₂ - Développement sur le puits définitif

1°/ Description de l'essai

a) - coupe géologique à l'emplacement de l'ouvrage :

Sondage S 5 : de 0,00 à 2,10 : terre végétale + argile.

de 2,10 à 4,60 : argile grise

de 4,60 à 20,90 : gravier perméable

de 20,90 à 23,30 : sable argileux

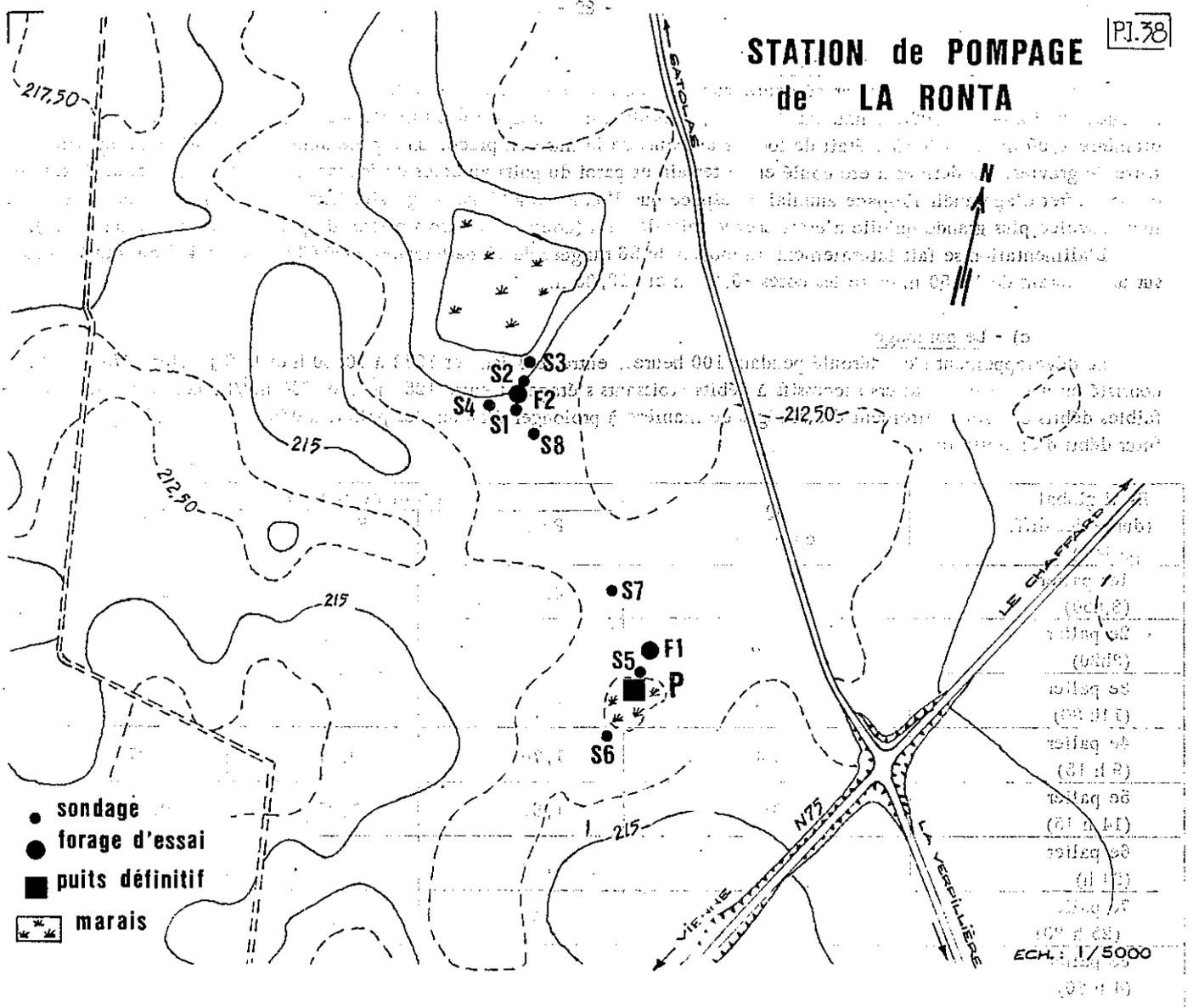
de 23,30 à 28,00 : argile grise

de 28,00 à 30,00 : argile et sable molassique

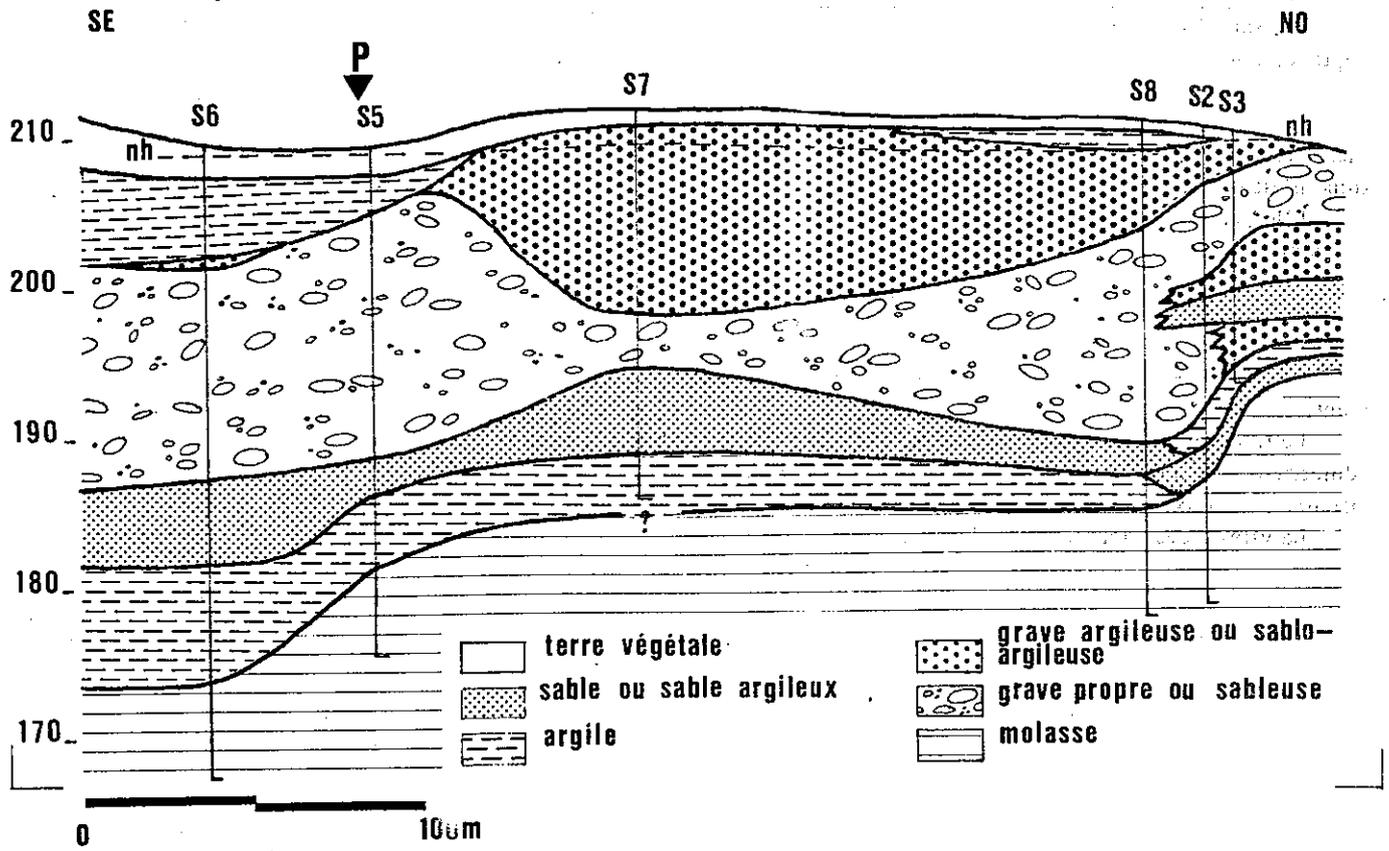
de 30,00 à 34,00 : argile grise.

Niveau hydrostatique : -C, 43 m

STATION de POMPAGE de LA RONTA



COUPE GEOLOGIQUE



b) - Description de l'ouvrage

Formé d'anneaux de béton armé coulés successivement tout au long de la descente, le puits, complet, a été foncé par havage. De diamètre 2,00 m, hauteur 20,30 m, possédant des parois de 0,30 m d'épaisseur, il était précédé d'un "rouet" de diamètre 2,90 m, dont le rôle était de former au cours de la mise en place, un espace annulaire, destiné à recueillir le filtre de gravier. Ce dernier a été coulé entre terrain et paroi du puits au cours du fonçage. Des éboulements de terrain ont eu pour effet d'agrandir l'espace annulaire, espace que l'on a comblé par du gravier filtre, dont l'importance s'est finalement révélée plus grande qu'elle n'était prévue initialement (couronne de trois mètres d'épaisseur au lieu de un mètre).

L'alimentation se fait latéralement au moyen de 26 rangées de 16 barbacanes en Ø 86 mm (soit 416 au total), réparties sur une hauteur de 12,50 m entre les cotes -6,30 m et -18,30 m

c) - Le pompage

Le développement s'est déroulé pendant 100 heures, entre le 4 janvier 1973 à 10,30 h et le 8 janvier 1973 à 14 h. Il a consisté en une série de paliers successifs à débits croissants s'étageant entre 125 m³/h et 830 m³/h. Les premiers paliers à faibles débits ont volontairement été abrégés de manière à prolonger d'autant les paliers à débits élevés, plus proches du futur débit d'exploitation.

Essai global (durée des diff. paliers)	Q en m ³ /h	Rabattement (en m)		
		Puits	F 1	S 7
1er palier (3, h50)	125	0,37	0,14	0,04
2e palier (3h20)	325	1,00	0,42	0,09
3e palier (14h 30)	428	1,26	0,66	0,20
4e palier (9 h 15)	530	1,70	0,87	0,27
5e palier (14 h 45)	610	1,92	1,05	0,34
6e palier (24 h)	700	2,35	1,32	0,42
7e palier (25 h 30)	800	2,64	1,50	0,47
8e palier (4 h 30)	860	2,68	1,52	0,48

2°/ Détermination des caractéristiques de l'ouvrage

L'essai, s'il a permis de réaliser le développement dupuits, fournit aussi les données techniques exigées par le projet de captage, notamment la valeur du rabattement en fonction du débit d'utilisation envisagé.

a) - Courbe caractéristique du puits (cf. Pl. 39) : sur diagramme, en coordonnées arithmétiques, le rabattement est exprimé en fonction des débits. La courbe obtenue est une droite (voir graphe Pl. 39), du moins tant que le débit critique n'est pas atteint, ce qui est le cas ici.

Elle permet de déduire graphiquement la valeur du débit spécifique, c'est-à-dire la valeur du débit pour lequel on a un rabattement de 1 mètre.

$$Q \text{ spécifique} \approx 310 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

b) - Calcul de la perméabilité : il s'agit de voir les conséquences de la création du puits et de son développement.

Le rabattement se stabilise très vite, dans le puits, pour un débit donné. Les remontées sont quasi instantanées. On peut admettre que l'on est en régime d'équilibre et avec DUPUIT imaginer que le "massif aquifère" exploité est limité à la distance x de l'axe du puits par une tranchée concentrique de "réalimentation" (cf. Pl. 40).

La vitesse des filets liquides s'écrit :

$$v = K \frac{dy}{dx}$$

K = perméabilité de l'aquifère en m/s

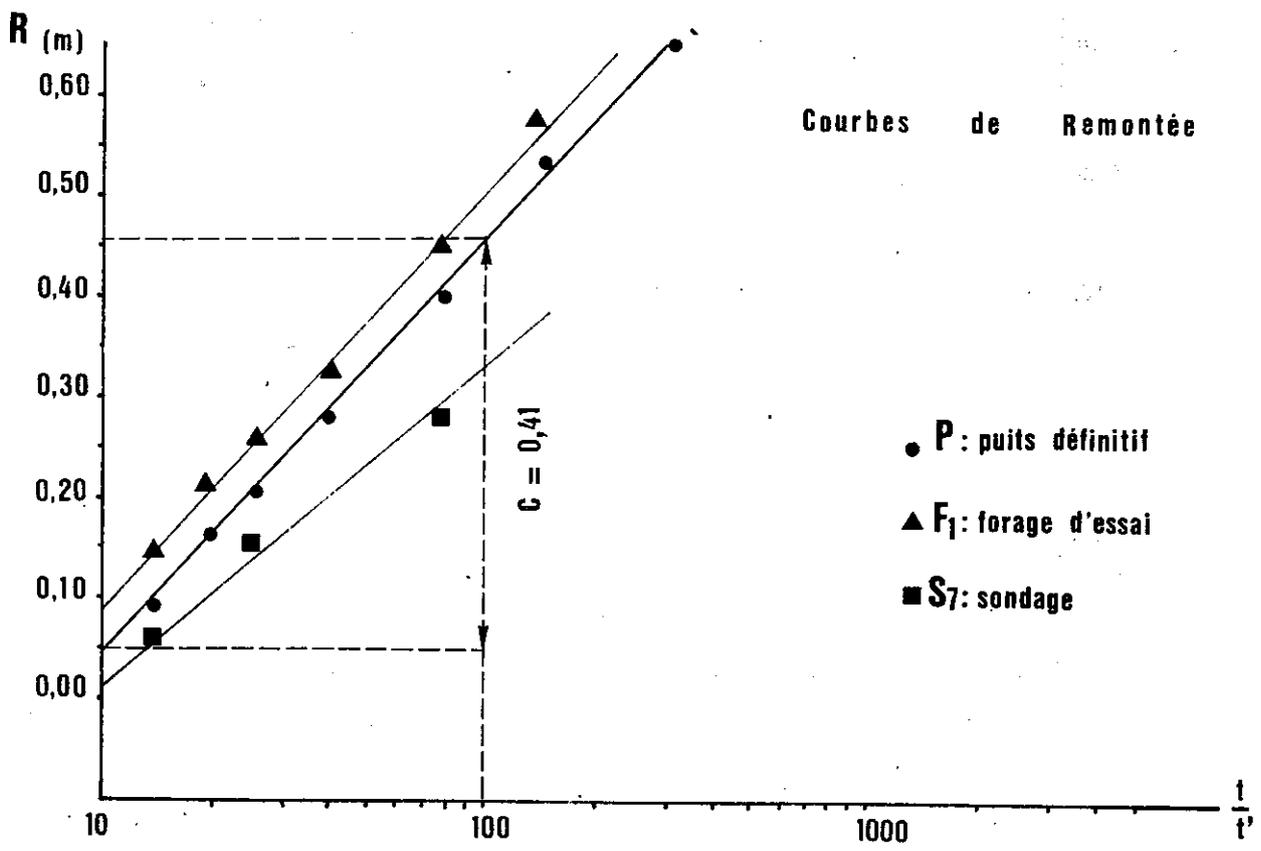
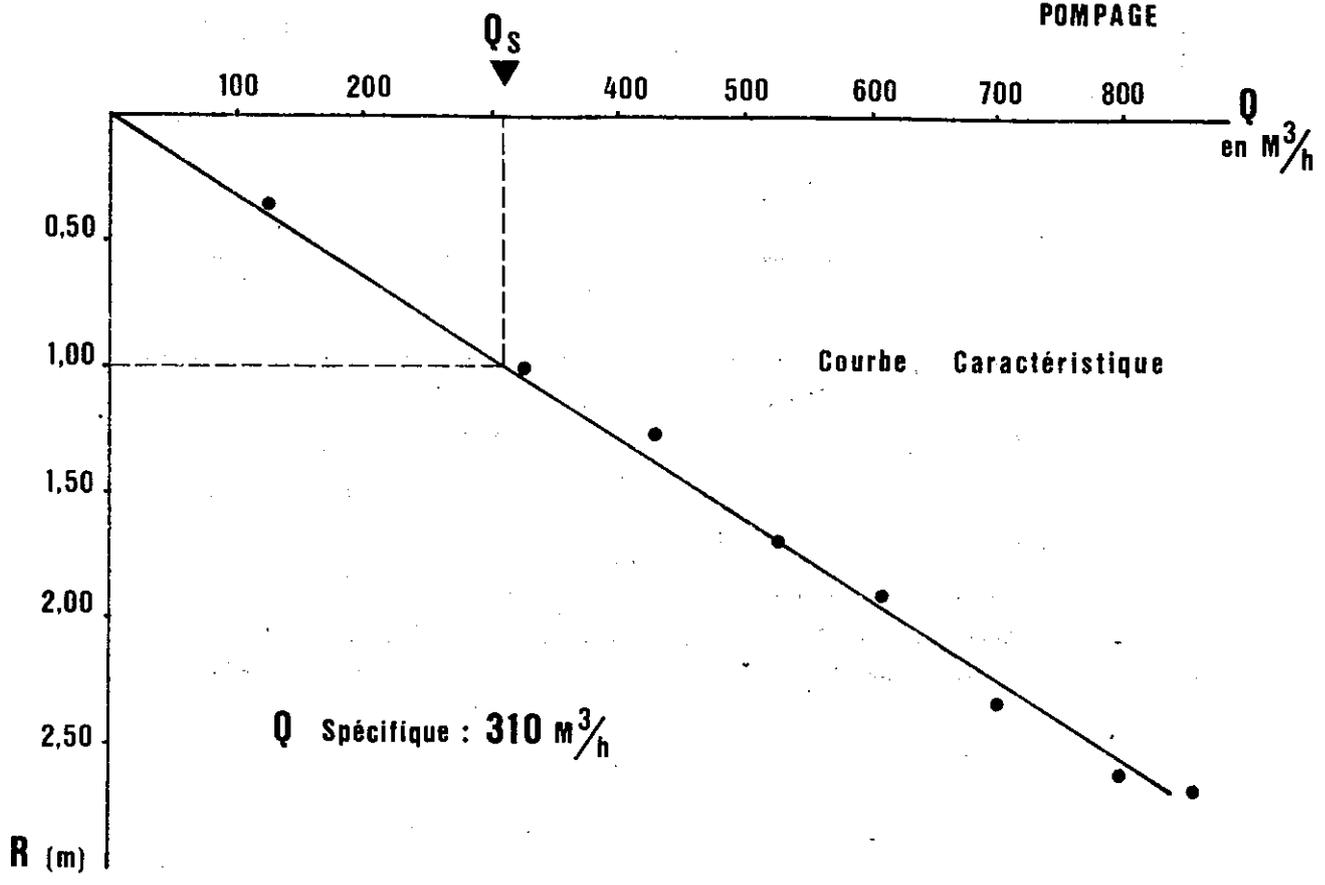
$\frac{dy}{dx}$ = gradient

d'où, le débit : $Q = v \times S = KS \frac{dy}{dx}$

S = section d'apport. Ici égale à l'aire latérale du cylindre de rayon x et de hauteur y, soit $S = 2 \pi xy$.

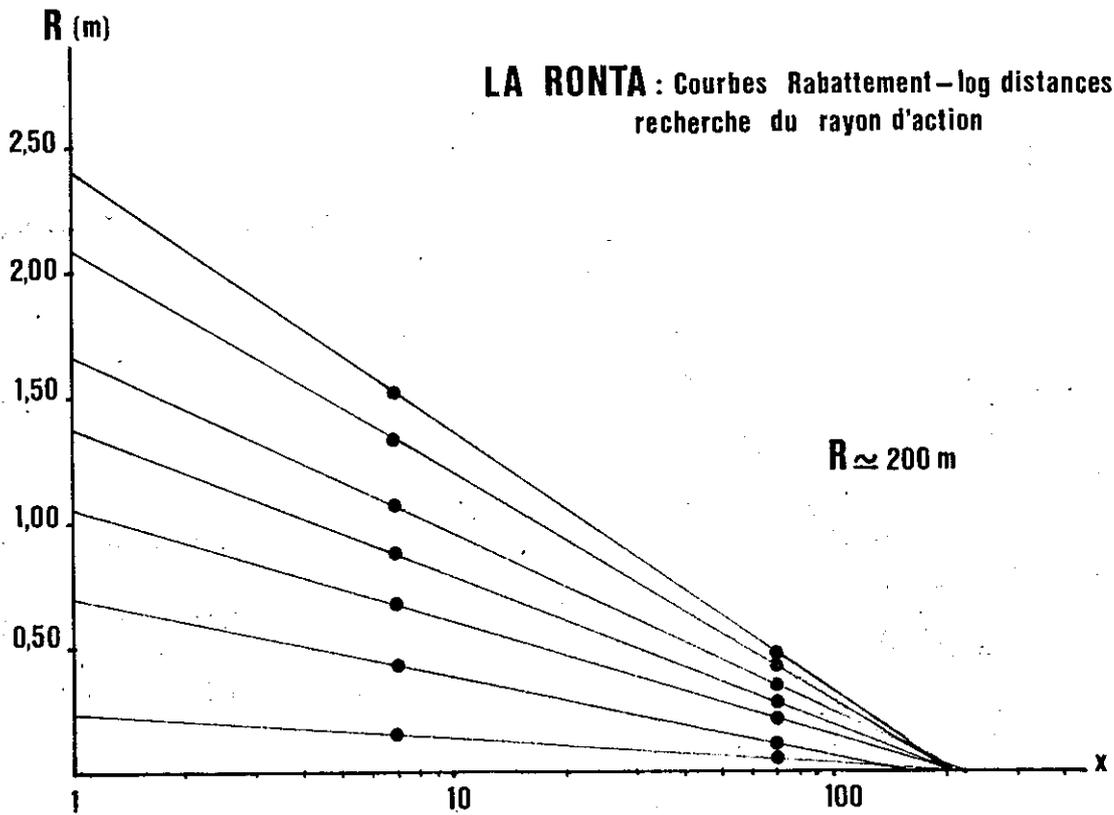
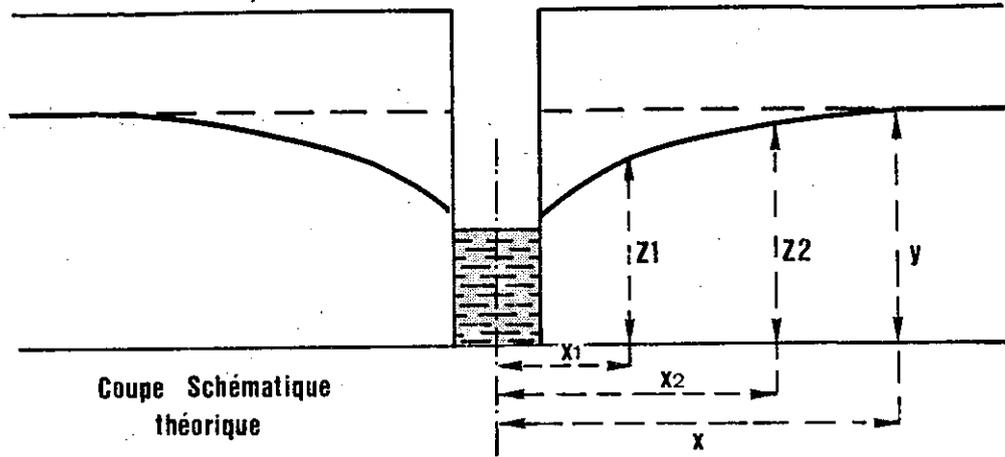
LA RONTA

POMPAGE



LA RONTA

POMPAGE



Donc $Q = 2 kxy \pi \frac{dy}{dx}$

$Q \frac{dx}{x} = 2 \pi ky dy \quad Q d(\ln x) = \pi kd(y^2) \quad \ln = \text{logarithme népérien}$

k est constante par hypothèse. Q est invariable, le régime étant permanent. L'intégration donne :

$Q \ln x = \pi ky^2 + Cte (1).$

Pour un cylindre de hauteur Z_1 , situé à une distance x_1 du puits :

$Q \ln x = \pi K Z_1^2 + C^{te}$

$C^{te} = Q \ln x_1 - \pi K Z_1^2 (2)$

(1) et (2) $Q = \pi k \frac{y^2 - Z_1^2}{\ln(x/x_1)}$

De même, pour un cylindre de hauteur Z_2 situé à une distance x_2 du puits :

$Q = \pi k \frac{Z_2^2 - Z_1^2}{\ln(x_2/x_1)} \text{ ou } Q = 1,366 k \frac{Z_1^2 - Z_2^2}{\log(x_2/x_1)} \quad \log : \text{logarithme décimal}$

Donc :

$K = \frac{Q \log(x_2/x_1)}{1,366 (Z_2^2 - Z_1^2)}$

avec Q débit m³/s

x_1 distance du forage F 1 à l'axe du puits

x_2 distance du piézomètre S 7 à l'axe du puits.

Z_1 : rabattement dans le forage F 1 pour le débit Q choisi.

Z_2 : rabattement dans le piézomètre S 7 pour le débit Q choisi.

La formule de DUPUIT est établie dans le cas d'un substratum horizontal. On choisira ici une hauteur moyenne de l'aquifère (cf. : coupe de la Ronta), 19 mètres.

Les résultats sont les suivants :

$Q = 800 \text{ m}^3/\text{h} \quad x_1 = 6 \text{ m} \quad x_2 = 70 \text{ m}$

$Z_2 = 19,00 - 0,47 = 18,53 \text{ m} \Rightarrow Z_2^2 = 343,4$

$Z_1 = 19,00 - 1,50 = 17,50 \text{ m} \Rightarrow Z_1^2 = 306,3$

$Z_2^2 - Z_1^2 = 37,1$

$k = \frac{800 \times \log(70/6)}{3\,600 \times 1,366 \times 37} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Cette perméabilité est équivalente à celle qui avait été obtenue à partir de l'essai sur le forage F 1 ($k = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$)

c) - Etude de la remontée (cf. : Pl. 40)

Le pompage arrêté au bout de 100 heures, des mesures de rabattement ont été faites lors de la remontée hydrostatique, dans le puits, le forage F 1, le piézomètre S 7.

La Ronta - Tableau de remontée

date	heure	t fictif mn	t' mn	t/t'	rabattement (m)		
					Puits	F 1	S 7
8-1-73	14	4624	0	0			
	14 ₁₅	4639	15	310	0,65		
	14 ₃₀	4654	30	156	0,53	0,58	
	15	4684	60	78	0,40	0,45	0,28
	16	4744	120	39,5	0,23	0,33	
	17	4804	180	26,8	0,21	0,26	0,16
	18	4864	240	20,3	0,17	0,22	
	20	4984	360	13,9	0,09	0,14	0,06

Pour le calcul, un temps fictif t a été utilisé, égal au rapport du volume global extrait de la nappe par le débit de pompage maximum (860 m³/h).

Sur un diagramme semi-log sont portés en ordonnées arithmétiques les rabattements et en abscisses logarithmiques les rapports t/t'. La courbe obtenue est une droite dont la pente C est la valeur de Δ pour un cycle logarithmique : ici c = 0,41.

Lors de la remontée, le régime est de "non équilibre". La formule de Theis-Jacob permet de déterminer la transmissivité du milieu. Elle s'écrit :

$$T = \frac{0,183 Q}{C} \quad \begin{array}{l} T : \text{transmissivité ; } Q = \text{débit de pompage en m}^3/\text{s ;} \\ C : \text{pente de la droite.} \end{array}$$

$$T = \frac{0,183 \times 860}{3\,600 \times 0,41} = 11 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \Rightarrow K = T/H = \frac{11 \cdot 10^{-2}}{19} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Ce calcul permet de recouper le résultat obtenu par la formule de DUPUIT en régime d'équilibre. Tous deux sont comparables comme on peut le voir.

d) - Détermination du rayon d'influence (cf. : Pl. 40)

Pour cela, il faut étudier la relation rabattement-logarithme des distances, pour une série de débits donnés. Grâce à ces courbes, on définit graphiquement un "rayon d'action fictif" du pompage, correspondant à leur intersection avec l'axe des abscisses.

En effet, la formule de DUPUIT, $H_2 - h_2 = \frac{0,73 Q}{k} \log \frac{R}{x}$ (qui exprime le rabattement en fonction du log des distances), donne au point d'intersection :

$$\Rightarrow R = x \quad \begin{array}{l} H_2 - h_2 = 0 \text{ (ou } \Delta = 0) \text{ et } Q = 0 \Rightarrow 0 = \log \frac{R}{x} \Rightarrow \log R = \log x \\ \text{l'abscisse de l'intersection} \\ \text{donne la valeur de R.} \end{array}$$

Résultat :

le rayon d'influence est à peu près égal à 200 mètres

VII-B₁₋₃ - Conclusion

Ces résultats sont équivalents avec ceux du pompage d'essai ; l'aquifère a donc été peu modifié par la création du puits.

- Estimation des débits d'exploitation : ils dépendent des caractéristiques hydrogéologiques locales et des conditions d'alimentation. Les premières sont bien définies et permettent de tabler sur des débits de 540 m³/h sur le puits définitif (entraînant un rabattement d'environ 1,80 m dans le puits) et 250 m³/h (forage F 2), soit au total 200 l/s environ.

Les secondes sont moins aisées à établir : l'impluvium a été estimé à 50 km² à peu près, ce qui représente pour une lame d'eau de l'ordre de 280 mm, ruisselée ou infiltrée (pluviométrie moyenne = 946 mm et évapotranspiration = 669 mm à Bourgoin), un volume annuel d'apport de 1,4.10⁻⁷ m, soit un débit fictif continu d'environ 1600 m³/h ou un peu plus de 440 l/s.

La totalité de ce débit ne saurait être mobilisée, mais dans la limite des 200 l/s instaurés, compte tenu d'un sous-tirage provoqué par le pompage, les conditions d'alimentation ne devraient pas constituer un élément limitatif.

VII-B₂ - Essai de pompage aux Loups

Les pompages d'essai ont eu lieu sur le forage F 1, dont la coupe géologique est la suivante :

0	- 0,70 m	: terre végétale.
0,70	- 4,00 m	: sable argileux.
4,00	- 8,00 m	: argile + blocs.
8,00	- 9,00 m	: gravier sablo-argileux.
9,00	- 28,50 m	: gravier perméable.
28,50	- 28,70 m	: argile jaune.
28,70	- 31,50 m	: sable
31,50	- 40,00 m	: gravier argileux, avec gros galets.

Tubage : \varnothing 800 mm de 0 à -16 m ; \varnothing 650 mm de -14 à -26 m ; \varnothing 550 mm de -27 à -40 m.

Crépinage : sur 10 m entre -16 et -26 m.

Niveau hydrostatique : -2,35 m.

Les pompages d'essai ont eu lieu du 16 février 1972 à 8 h au 18 février à 10 h, par paliers croissants et du 18 février à 10 h au 20 février à 8 h au débit constant de 435 m³/h.

La stabilisation pour chacun des plaiers a suivi de façon quasi instantanée chaque augmentation de débit.

On a pu calculer le débit spécifique, égal à 250 m³/h/m soit 70 l/s/m. 200 l/s seraient captés à la Ronta sur les 440 l/s globaux de la nappe.

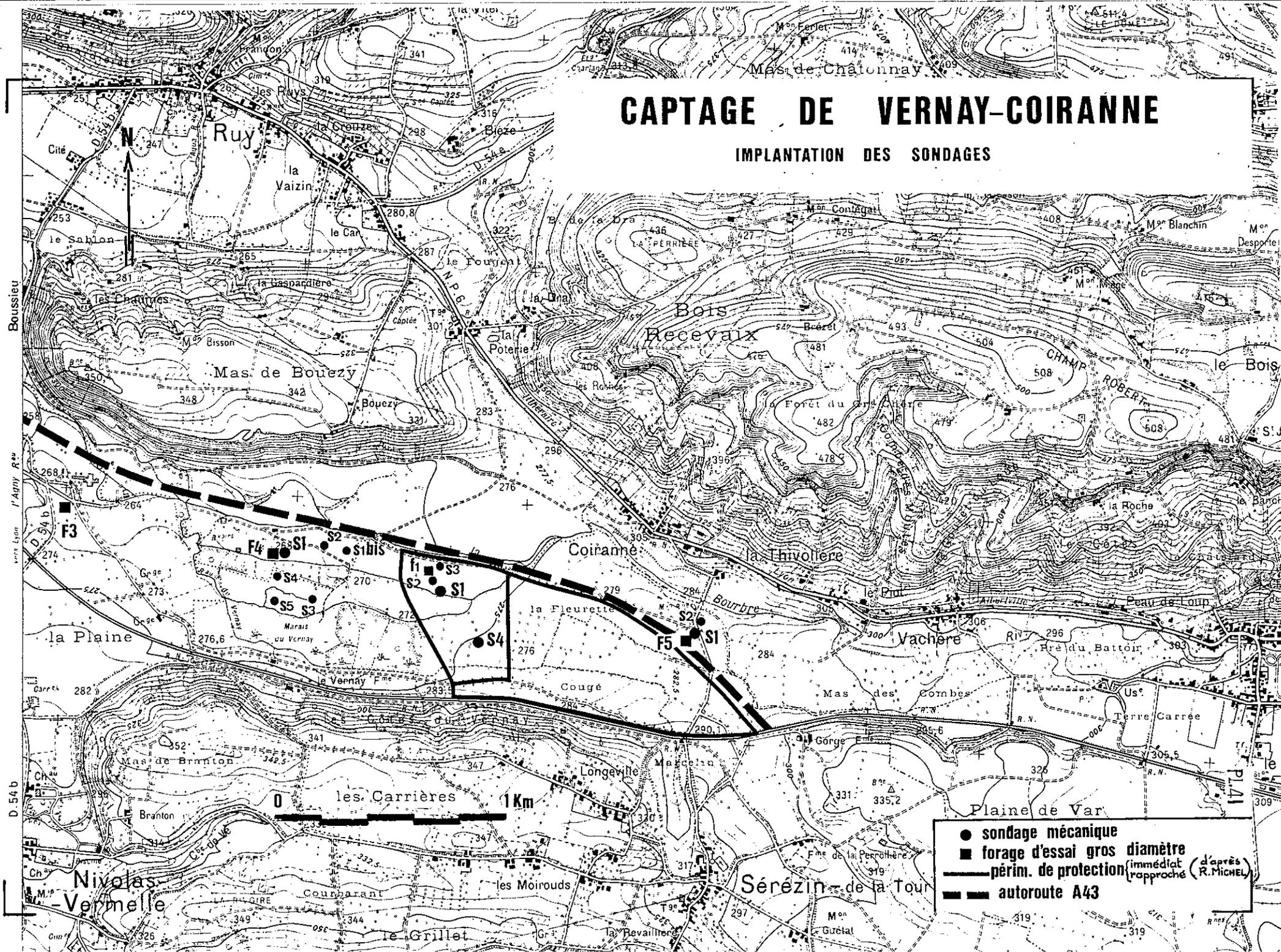
"Si l'on ne veut pas solliciter exagérément les réserves, il paraît sage de limiter à 100 l/s le débit à installer aux Loups". (J. DUBUS, rapport d'avril 1972 à la Meavn).

CONCLUSION

300 l/s seraient puisés latéralement au site de la Ville Nouvelle à la Ronta et aux Loups.

CAPTAGE DE VERNAY-COIRANNE

IMPLANTATION DES SONDAGES



- sondage mécanique
- forage d'essai gros diamètre
- périm. de protection (immédiat (d'après R. MICHEL))
- autoroute A43

VII-C. - LE SECTEUR DE VERNAY-COIRANNE

VII-C₁ - Les sondages mécaniques (cf. Pl. 42)

Les coupes réalisées à partir des "logs" des sondages mécaniques permettent de distinguer trois ensembles : sous un horizon d'argiles et graviers argileux superficiels, on rencontre un ensemble de graviers et sables, plus ou moins argileux, aquifères (allant de 800 à 8 000 m selon que les graviers sont mouillés ou secs). Il surmonte des terrains plus conducteurs, argiles et sables de la molasse, contenant des passées graveleuses perméables (20 à 110 m).

L'ensemble des graviers contient une nappe importante, dont l'épaisseur va, d'une manière générale, en s'accroissant de Boussieu en direction de Coiranne où un forage (F5) met en évidence une puissance de graviers aquifères d'une soixantaine de mètres (10 mètres à Boussieu, une quinzaine de mètres au Vernay).

Mais là ne se limite pas la potentialité aquifère du secteur. Le forage F5 a montré dans la molasse, des niveaux graveleux dans des argiles sableuses (entre -100 et -105 mètres). Ils contiennent une nappe artésienne, mais celle-ci, trop minéralisée ne peut être utilisée en vue de l'alimentation en eau potable.

VII-C₂ - Essais de datation des terrains au Vernay

Ils ont été réalisés sur trois échantillons prélevés dans le forage F4 du Vernay, aux cotes -34, -43, et -137 mètres (voir coupe géologique).

Des études sédimentologiques, minéralogique, micropaléontologique ont été faites sur ces échantillons. Un prélèvement molassique de surface a servi de référence :

"Il s'avère qu'aucun échantillon du sondage peut être corrélé véritablement avec celui de surface. Néanmoins, les quatre échantillons présentent des analogies (quant au mode et au caractère fluvial de l'apport) qui permettent de les classer tous dans une même formation détritique, marine, à caractère littoral plus ou moins marqué. L'examen de la faune corrobore cette idée ; le plus souvent brisée, elle s'inscrit dans un contexte de remaniement (dû peut-être à l'existence de courants côtiers)".

Essais de datation des terrains au Vernay : C.C. EHRSTROM ; J.L. PARIS, J.P. USELLE.

Une telle formation détritique, marine, est connue dans la région et datée du Miocène.

VII-C₃ - Essai de détermination de la zone d'alimentation de la nappe artésienne de Coiranne

La nappe profonde a été atteinte en deux points, au Vernay (F4) et à Coiranne (F5), distants d'environ 1,8 km. Elle est artésienne et le niveau piézométrique a été mesuré respectivement à +7,50 m et +9,35 m de la surface du sol.

Ces deux cotes ont été jointes par une droite qui a été prolongée théoriquement vers la Tour-du-Pin, constituant un "niveau hydrostatique théorique".

Deux cas sont possibles :

- la nappe artésienne se déverse dans la nappe du marais à l'aval de Bourgoin : le jeu des pertes de charge provoqué par l'écoulement fait que l'on ne peut utiliser le schéma théorique ;
- la nappe se biseaute vers l'aval : il est possible d'utiliser le schéma théorique (la forte minéralisation de l'eau jouerait en faveur de cette hypothèse).

Si l'aire d'alimentation se trouvait plus à l'amont dans la vallée de la Bourbre, la droite "niveau hydrostatique théorique" serait recoupée par le profil topographique en un point précis.

Or, à 2 250 m du champ de captage, le niveau hydrostatique théorique (nh) est à la cote 300 m, tandis que celle du profil topographique (pt) est de 290 m.

A 6 200 m, nh est à 350 m et pt à 305 m.

A 9 900 m (La Tour-du-Pin), nh est à 400 m et pt à 320 m.

A 13 700 m, nh est à 450 m et pt à 345 m.

A 17 800 m (La Bâtie-Montgascon), nh est à 500 m et pt à 355 m.

L'écart croît plus on va vers l'amont.

Ainsi, si l'hypothèse de départ est correcte, on peut penser que l'alimentation n'a pas lieu plus à l'amont par les alluvions de la Bourbre, mais par les versants.

Cependant l'hypothèse se heurte au fait que les formations miocènes sont subhorizontales, l'alimentation ne pourrait se faire depuis le sol que par une circulation de fissures dans les formations indurées...

VERNAY COIRANNE

COUPE SCHEMATIQUE

E

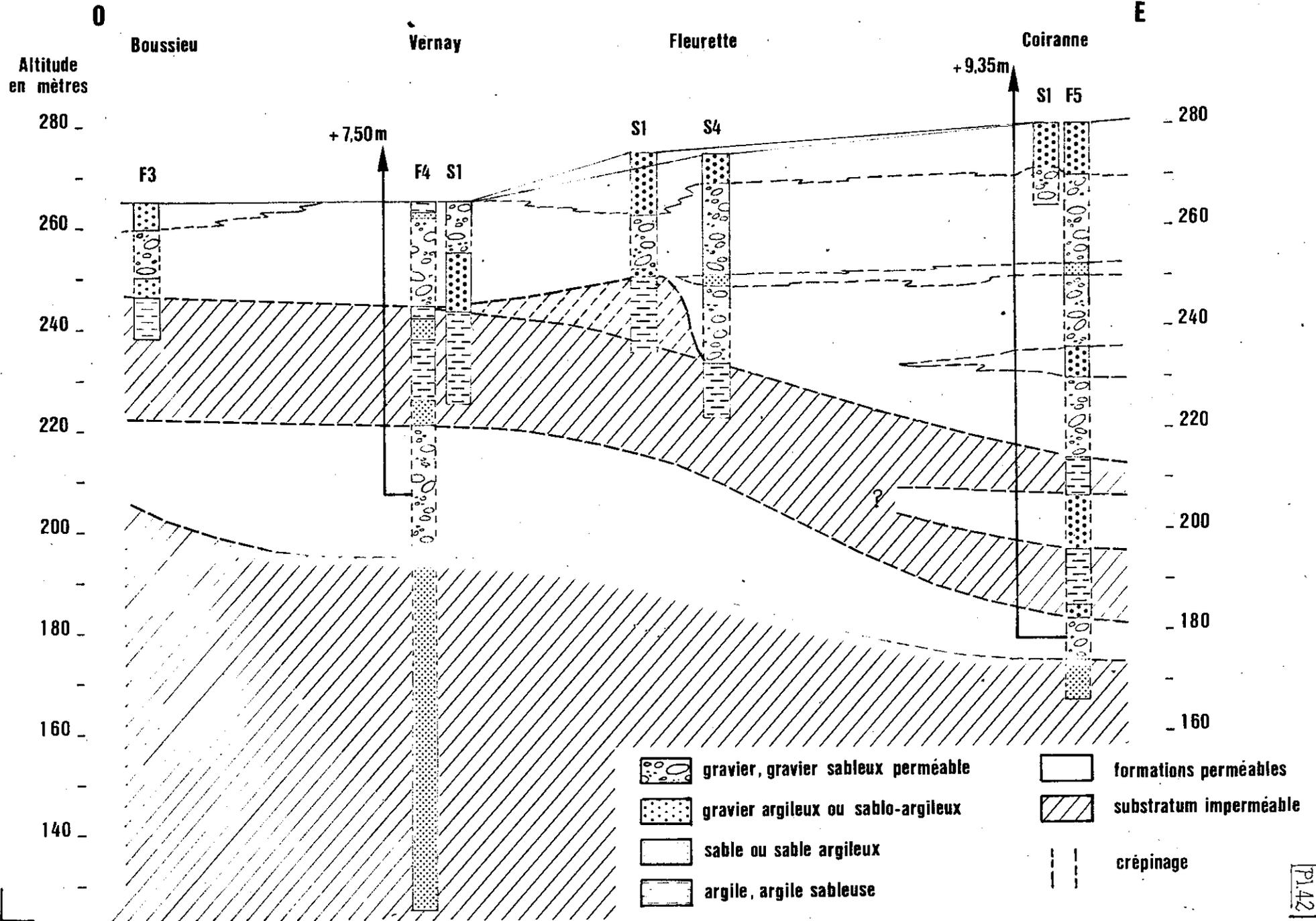
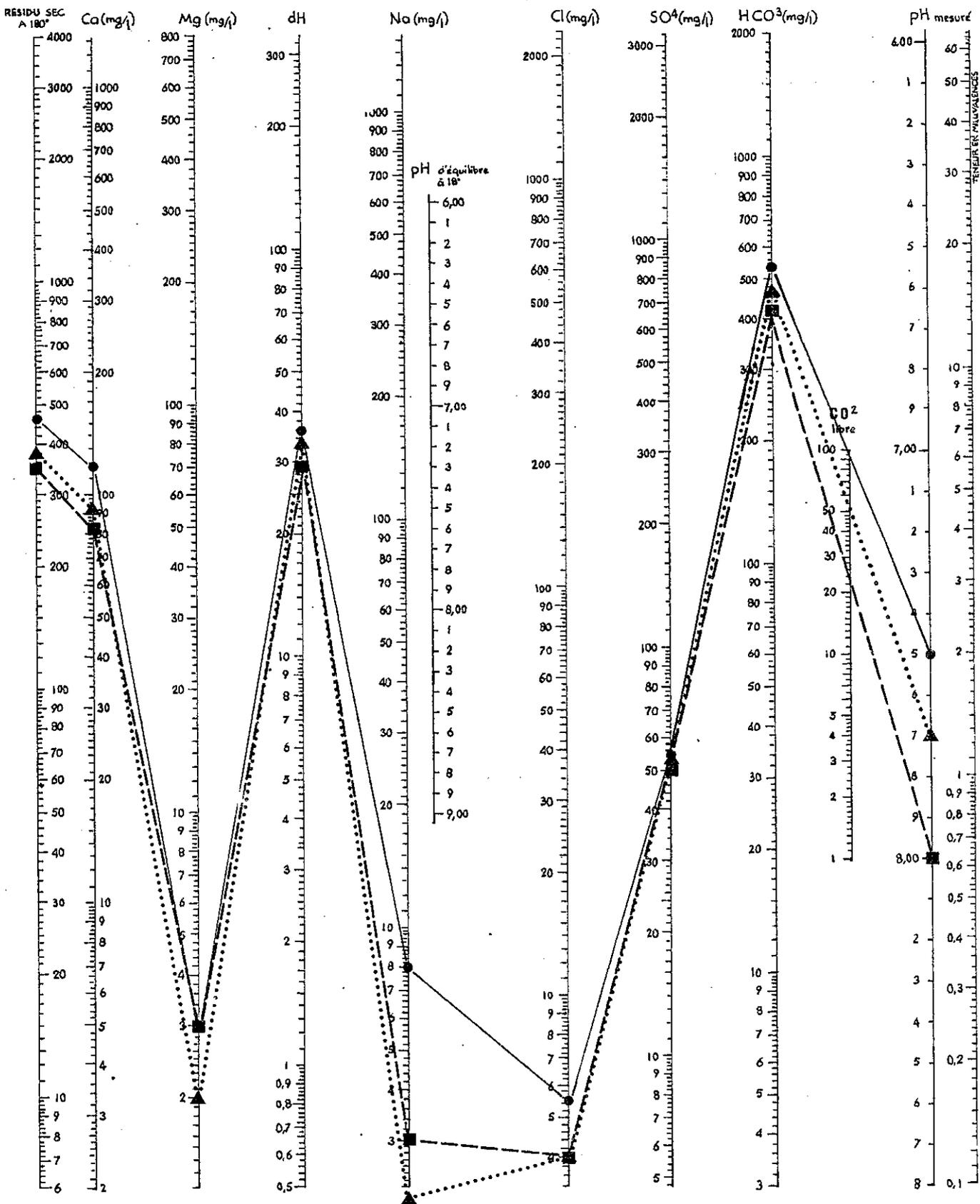


DIAGRAMME LOGARITHMIQUE

D'après (Berkaloff) (H. Schoeller)



- ——— ● St Jean de Soudain (molasse)
- ——— ■ Vernas (calcaire)
- ▲ ▲ Quinsonnas (glacière)

prélevé le 5.9.73

VII-C₄ - Essai de pompage à Coiranne

Les sondages mécaniques ayant montré un fort surcreusement vers Coiranne (F5) et ainsi une épaisseur aquifère plus importante que dans les autres secteurs, on a décidé d'y implanter un forage d'essai de pompage.

A l'époque où l'essai a été fait, la station comprenait un forage (F5) (voir coupe) équipé au diamètre de 470 mm, descendu à la cote -50 m et crépiné entre -8 m et -24 m, -36 m et -44 m, -45 m et -49 m, ainsi que deux piézomètres S1 et S2 alignés selon un axe transversal à la vallée.

Les essais ont été menés par paliers de débits croissants entre 180 et 520 m³/h, pendant 216 heures consécutives. Ils ont été effectués en période d'étiage entre les 10 et 19 septembre 1939.

On constate que le niveau initial n'était pas encore retrouvé 80 heures après l'arrêt du pompage.

L'exploitation de la courbe de remontée par la méthode de THEIS-JACOB permet d'estimer la transmissivité à 0,2 m²/s, ce qui représente une perméabilité de 5.10⁻³ m/s.

Le débit transitant dans la section alluviale pour un gradient provoqué de 1 % s'établit comme suit :

$Q = TiL$	T : transmissivité
$= 0,2 \times 0,01 \times 250$	i : gradient
$= 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	L : largeur de la section

Un tel débit correspond aux ressources de la nappe à l'étiage.

Le puits existant au Vernay est utilisé comme ressource d'appoint pour Bourgoin-Jallieu, fournit 200 l/s. L'adjonction d'un puits vertical ou à drains à Coiranne, accompagnée d'une recharge artificielle de la nappe permettrait de pouvoir disposer de 500 l/s.

VII-D. - RECAPITULATIF

Le futur lac de Bourgoin-Jallieu étant créé, les étiages du canal Catelan seraient renforcés, ce qui fournirait un débit supplémentaire de 450 l/s : ceci est intéressant dans la mesure où, à l'inverse de la Bourbre, le Catelan est très peu pollué, son bassin versant étant vierge d'industries nocives à la qualité des eaux.

Il est ainsi possible de faire un bilan des réserves disponibles dans l'avenir :

- pompage de la Ronta-les Loups	: 300 l/s
- pompages de Vernay-Coiranne	: 300 l/s
- renforcement des étiage du Catelan	: 450 l/s
- champ de captage de Satolas	: 800 l/s *
Total	: 2 m ³ /s

* Sous réserve de traiter la Bourbre ou de réinjecter les eaux du Catelan.

VII-E. - HYDROCHIMIE

Quatre échantillons ont été prélevés à l'emplacement des futurs captages. Ils sont répertoriés dans le tableau ci-après

Secteur de prélèvement	Sondage	Date de prélèvement	Profondeur de prélèvement
Fluvio-glaciaire de St-Quentin-Fallavier	La Ronta S5	17.6.70	-32 m
Etroit de Satolas	champ de captage (F1)	20.10.69	-24 m
Le Vernay	Fleurette F1	25.9.70	-22 m
Coiranne	Nappe profonde F5	18.9.69	-100 m

Quatre échantillons ont été analysés rudimentairement. ~~Les échantillons de la Bourbre et de la Bourbre~~ : ils servent de référence en tant qu'eaux issues des calcaires (Verna : bord NE de l'Isle-Crémiéu), de la molasse (St-Jean-de-Soudain, près de la Tour-du-Pin), du glaciaire (Quinsonnas près de Nivolas-Vermeille) de la tourbe (tourbières de la Verpillère).

Les duretés (DHT) sont exprimées en degrés français et les teneurs des différents ions en milligrammes litre et milliéquivalents.

RESULTATS : Etude des eaux des différents points de captage

Les eaux sont hypercarbonatées-calciques : le cation prédominant est le calcium, tandis que le bicarbonate est l'anion principal.

La minéralisation totale - dureté - est forte : on note les valeurs de 46 mg/l (St-Jean-de-Soudain : molasse) ; 32,5 mg/l (Quinsonnas : glaciaire) ; 31,6 mg/l (Satolas F1).

Parmi les cations, les alcalins ont des teneurs faibles :

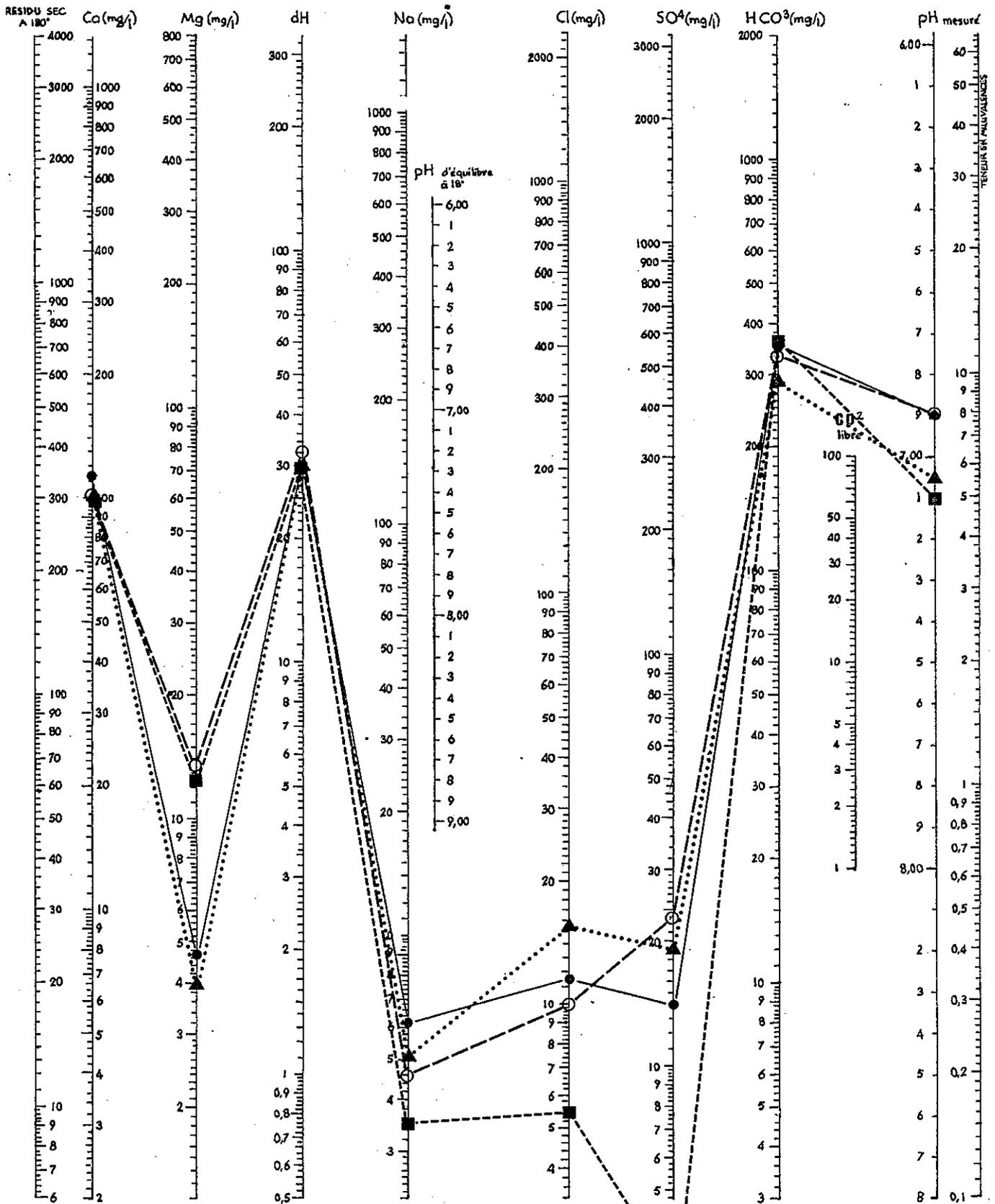
Na⁺ : de 2 mg/l (Quinsonnas) à 8 mg/l (St-Jean-de-Soudain)

K⁺ : il est pratiquement négligeable :

$$r \frac{K}{ca} = 0,01$$

DIAGRAMME LOGARITHMIQUE

D'après (Berkaloff / H. Schoeller)



- **Fleurette** F1 (25.9.70)
- **Satolas** F1 (20.10.69)
- **Coiranne** F5 (18.9.69)
- ▲...▲ **La Ronta** S5 (17.6.70)

Parmi les anions, les teneurs de l'ion chlore (Cl^-) restent moyennes : de 4 mg/l à Quinsonnas et Verna (calcaire), à 16 mg/l à la Ronta S5.

a) - Satolas (F1)

- Les eaux sont légèrement séléniteuses (26 mg/l). Cependant la teneur en sulfates est bien inférieure à celle que l'on trouve dans les eaux issues de la molasse, du glaciaire, du calcaire (entre 50 et 55 mg/l) ; le maximum est atteint par les eaux ayant séjourné dans la tourbe : 270 mg/l (la limite autorisée pour une eau potable est 250 mg/l).

- La dureté de $31^{\circ},6$ dépasse de très peu la limite admise de 30° : on pense que la recharge ou le mélange avec les eaux du Catelan (TH = 28°) la ferait diminuer.

b) - La Ronta (S5)

- Les eaux sont riches en nitrates (38,5 mg/l). Il serait exagéré d'interpréter leur présence comme l'indice d'une contamination d'origine fécale : l'analyse en effet, conclut à l'absence complète de germes test de contamination fécale.

D'ailleurs, leur concentration est inférieure aux normes de potabilité (0,1 mg/l pour NO_2 et 44 mg/l pour NO_3).

Les eaux résultent du lessivage d'un bassin versant où le nombre des cultures et usines est en nombre suffisant pour pouvoir expliquer cette pollution chimique.

c) - Vernay-Coiranne

Le secteur comporte deux nappes superposées :

- l'une superficielle, est représentée par l'analyse du forage F1 du Vernay : l'eau y présente les caractéristiques physiques chimiques et organoleptiques acceptables, conformes aux normes d'alimentation;
- l'autre, profonde et artésienne (Coiranne F3) s'est révélée non potable par une teneur trop élevée en Fer : 0,66 mg/l de Fe^{++} (la limite tolérée est de 0,2 mg/l).

On notera la teneur anormalement basse de ces eaux en sulfates (3 mg/l de SO_4^{--}) comparativement aux autres échantillons.

Les ressources en eau ayant été définies, les captages mis en place, les études ont été poursuivies dans une optique de gestion et protection du potentiel aquifère.

On remarquera que les différents chapitres de la thèse ont voulu présenter les études réalisées selon un ordre chronologique (afin de mettre en évidence le cheminement spirituel) qui n'est pas toujours logique.

CHAPITRE VIII - LE MARAIS DU CATELAN

Une campagne de jaugeages sur les drains du marais, a servi à présenter ce dernier en détail avant l'étude des résistivités.

VIII-A. - JAUGEAGES AU MICROMOULINET (OTT)

Dans le but de connaître les débits transitant dans les différents drains du marais, une campagne de jaugeages au micromoulinet s'est déroulée le 21.11.72 après-midi et le 23.11.72. Il a été fait en sorte que les conditions d'expérience soient identiques tout au long de la campagne ; ainsi les débits ont varié très peu, comme on a pu le constater, grâce au limnigraphe du canal Catelan (pont de la D 208) et à son échelle, qui a servi de base de référence ; (variation inférieure à une graduation sur l'échelle limnimétrique). Aussi, est-il possible de faire une étude comparative.

Le jaugeage au micromoulinet au pont de la D 208 a donné 1600 l/s pour le canal Catelan ; au même instant, la courbe de tarage et l'échelle limnimétrique indiquaient 1590 l/s. On peut donc faire confiance aux résultats obtenus par jaugeage au micromoulinet sur les différents drains, même si la précision est parfois moins grande que dans le cas précité. 1600 l/s est le débit lié à une superficie de 167 km², ce qui donne un débit spécifique de 9,6 l/s/km².

A partir de cette donnée globale, il est possible de rechercher grossièrement les surfaces d'alimentation équivalentes des drains, compte tenu des débits mesurés.

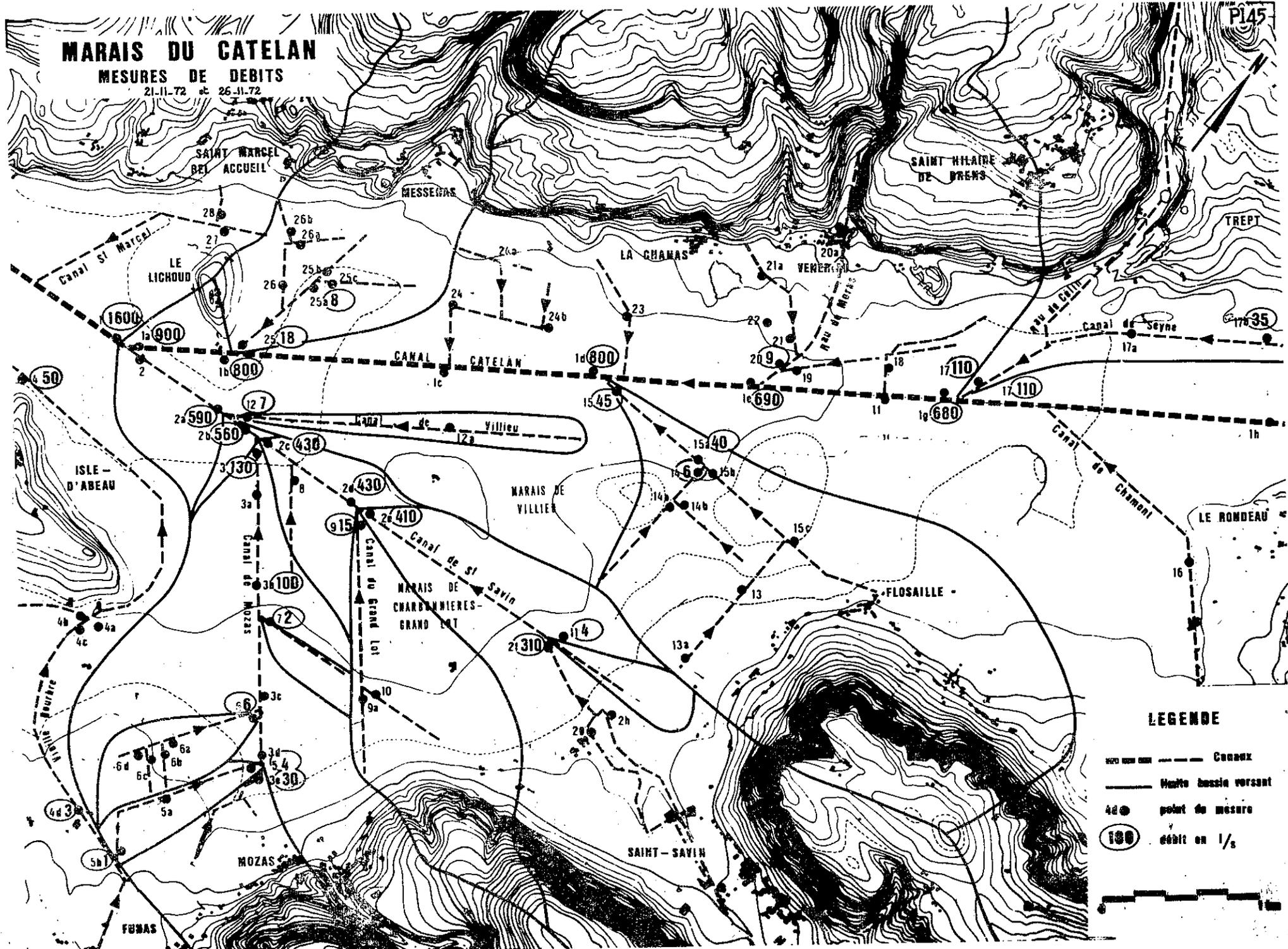
Les résultats obtenus paraissent tout à fait acceptables, ils sont résumés dans le tableau ci-après (voir carte Pl. 47).

Point	débit jaugé en l/s	pourcentage %	Surface d'alimentation équivalente en km ²
1	1600	100	167
1a	900	56,3	94
1b	800	50	83,5
1d	800	50	83,5
1e	690	43,2	72
1g	680	42,5	70,8
2a	590	36,8	61,5
2b	560	35	58,5
2c	430	26,8	44,8
2d	430	26,8	44,8
2e	410	25,7	42,8
2f	310	19,4	36,5
3	130	8,1	13,6
3b	100	6,5	10,4
3e	30	1,9	3,1
4	50	3,1	5,2
4d	3	0,2	0,31

MARAIS DU CATELAN

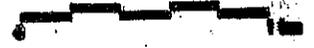
MESURES DE DEBITS

21-11-72 et 26-11-72



LEGENDE

- 1:20 000 --- Canaux
- Haute bassin versant
- 40 ● point de mesure
- 100 ● débit en l/s



Point	Débit jaugé en l/s	Pourcentage %	Surface d'alimentation équivalente en km ²
5	4	0,25	0,42
5b	1	0,035	0,11
6	6	0,38	0,63
7	2	0,13	0,21
9	15	0,94	1,60
11	4	0,25	0,42
12	7	0,44	0,70
14	6	0,38	0,63
15	45	2,80	4,70
15a	40	2,50	4,20
17	110	6,90	11,50
17b	35	2,20	3,70
20	9	0,60	0,93
25	18	1,10	1,87
25a	8	0,50	0,80

VIII-A₁ - Les drains

Le marais est drainé par quelques chenaux principaux importants, profondément entaillés, dans lesquels se déversent de nombreux petits drains superficiels qui écrêtent à peine la nappe.

VIII-A₁₋₁ - Les drains principaux

Les eaux superficielles se regroupent rapidement en nombre limité de drains majeurs.

- a) - Canal Catelan : il recueille 220 l/s du marais entre le marais des Vernes (680 l/s) et le Lichoud (900 l/s).
- b) - Canal de St-Savin : entre son arrivée dans le marais (310 l/s) et son confluent avec le Catelan, il reçoit plus de 300 l/s.
- c) - Canal de Mozas : il reçoit environ 100 l/s dans le marais (débits mesurés allant de 30 l/s à 130 l/s).
- d) - Canal de Seyne (Trept) : il reçoit 75 l/s entre le pont de la D 54 (35 l/s) et son confluent avec le Catelan (110 l/s).
- e) - Canal de Flosaille : il apporte 45 l/s au Catelan.
- f) - Vieille Bourbre : elle draine 50 l/s entre Bourgoin-Jallieu et l'Isle-d'Abeau, qui sont soustraits au bassin versant étudié.

VIII-A₁₋₂ - Les drains superficiels

Leurs débits s'échelonnent entre 1 et 15 l/s.

VIII-A₂ - Les apports

Le marais reçoit divers apports à partir des vallées qui confluent vers lui ou des versants qui le dominent

- a) - Le ruisseau de St-Savin : déverse environ 300 l/s dans le marais.
- b) - Le ruisseau de Moras : ses 9 l/s ne représentent qu'une très faible proportion de l'écoulement issu du bassin versant qu'il traverse. Le reste se déverse dans le marais par les versants entre Messenas et Vénérieu.
- c) - Les collines de Mozas-Mornas : le marais reçoit des écoulements issus des collines molassiques par l'intermédiaire de sources notables (sources de la molasse à forte résistivité).
- d) - Le canal de Chamont : déverse un écoulement important issu de la vallée de St-Chef-Arcisse (il n'y a pas eu de jaugeage).

VIII-A₃ - Remarques

Si l'on trace, d'après la topographie, le bassin versant du drain de Lichoud (25), on constate que le débit à l'exutoire (18 l/s) est trop faible vis-à-vis de la superficie d'alimentation (3,6 km²). Cela donne un débit spécifique d'environ 4,5 l/s/km². Selon le débit spécifique moyen adopté pour le bassin versant l'écoulement devrait être de 35 l/s.

Une partie de l'écoulement issu de ce bassin versant élémentaire s'échapperait donc au Nord du Lichoud puis par la canal St-Marcel (la moitié de l'écoulement du bassin versant élémentaire ?).

Bassin versant du canal de Mozas (3) : il a été estimé à 9 km² environ et apporte 130 l/s au marais. Ce qui est élevé (débit spécifique = 14,4 l/s/km²). Selon le débit spécifique moyen adopté il devrait fournir environ 80 l/s. Ceci impliquerait un apport de 50 l/s environ par la plaine de Bourgoin-Jallieu.

VIII-B. - MESURES DE RESISTIVITE - CARTES D'ISORESISTIVITES

Le marais constitue une grosse inconnue lorsque l'on tente de faire un bilan des eaux du bassin versant de la Bourbre... Aussi a-t-on essayé d'en accroître la connaissance...

Les drains dont les débits ont été évalués précédemment sont autant de saignées dans la nappe du marais. Des mesures de résistivité sur les eaux des drains ont donc permis d'étudier cette nappe.

But de la manipulation

Il s'agissait de définir sur le marais, les zones qui "respirent", c'est-à-dire les zones d'alimentation, perméables, qui recueillent les pluies vers la nappe, et les zones relativement "mortes", c'est-à-dire des zones moins perméables qui restent neutres.

Principe

L'eau de pluie a une résistivité de 8 000-9 000 Ωcm. Soit un terrain aquifère contenant une eau de résistivité ρ_1 . Un apport d'eau de pluie très résistante dans cet aquifère fera croître la résistivité de la nappe jusqu'à une valeur ρ_2 . Si l'on mesure la résistivité de l'eau de nappe avant et après une forte pluie, on devrait obtenir ces deux valeurs ρ_1 et ρ_2 , s'il y a eu alimentation.

Expérimentation

Des mesures de résistivité ont été faites sur l'eau des divers drains du marais, avant et après plusieurs pluies (en prenant soin d'attendre suffisamment longtemps après la pluie, 15-20 heures, afin de mesurer la crue de la nappe et non celle de l'écoulement superficiel) dans le but de déterminer les secteurs où se produisent des variations.

Cela a permis de tracer plusieurs cartes de résistivités des eaux du marais : ainsi seront étudiées les campagnes du 14, 15 mars 1973 (avant pluie) et 27 mars 1973 (après pluie), en période de hautes eaux.

Une troisième carte isorésistivité sera le fruit de la campagne du 22.8.73, en période estivale proche de l'étiage. Toutes les mesures ont été faites sur un résistivimètre de laboratoire, dont les résultats sont valables à environ 100 Ωcm près.

VIII-B₁ - Carte d'isorésistivités "avant pluie", 14 et 15 mars 1973

- Première constatation : les résistivités diminuent logiquement d'amont vers l'aval, les eaux se chargeant de plus en plus au cours de leur progression, sauf dans deux cas :

- le long de la Vieille Bourbre, entre Funas et l'îlot de l'Isle-d'Abeau : le fait sera étudié ultérieurement.
- sur le Catelan, à l'aval du Lichoud, après son confluent avec le canal de St-Savin où les résistivités croissent à nouveau (Catelan : 2 165 Ωcm ; 2 200 Ωcm ; St-Savin : 2 150 Ωcm, 2 220 Ωcm). Mais ces résultats sont à la limite de précision de l'appareil de mesure (apports plus résistants par les calcaires proches sous la surface du sol ?).

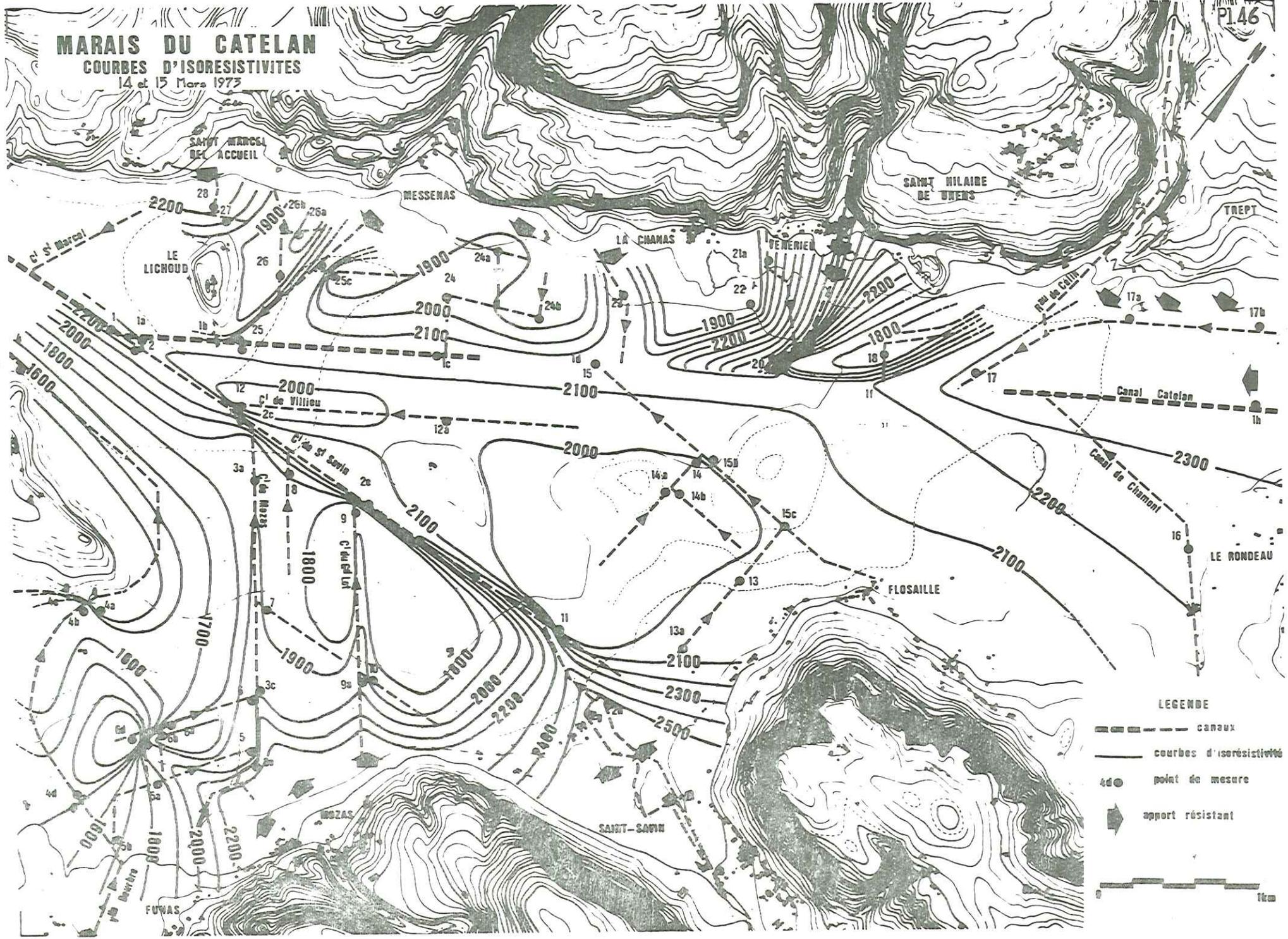
- Deuxième constatation : les eaux résistantes agissant comme un traqueur au cœur des eaux plus chargées du marais, les zones d'apport sont nettement marquées ; de plus, elles mettent en évidence l'efficacité des drains actifs qui les collectent : c'est le cas des canaux du Catelan, de St-Savin, de Mozas, le drain principal du marais de Charbonnières-Grand Lot, le canal de Seyne, près de Trept, le canal de Villieu, par contre, se révèle totalement inefficace.

Entre ces couloirs drainants, à forte résistivité, où les eaux circulent rapidement, se trouvent de vastes zones à résistivités plus faibles où les eaux circulent plus faiblement, ont séjourné plus longtemps et se sont minéralisées : c'est le cas du marais des Charbonnières et surtout du marais de Villieu.

MARAIS DU CATELAN

COURBES D'ISORESISTIVITES

14 et 15 Mars 1973



LEGENDE

- canaux
- courbes d'isoresistivite
- point de mesure
- ➔ apport resistant



Les zones d'apport sont les suivantes :

1°/ L'extrême NE du marais, que drainent les canaux de Seyne et de Chamont.

2°/ Le cône de déjection du ruisseau de Moras (Vénérieu) : ces eaux résistantes atteignent le Catelan par l'intermédiaire du ruisseau de Moras, au débit très faible (9 l/s lors de la campagne de jaugeage) d'une part, et alimentent la nappe du marais à l'aval de Vénérieu d'autre part, sous le hameau de la Chanas.

3°/ Le cône de déjection du ruisseau de St-Savin.

4°/ Les collines molassiques de Mozas : cet apport résistant se divise en trois écoulements différents dans le marais. L'un se dirige vers le canal de Mozas, l'autre vers le drain des Charbonnières-Grand Lot, tous deux donnant naissance à des écoulements superficiels.

Le troisième n'est représenté par aucun drain de surface et s'écoule en direction de la Vieille Bourbre, avant d'alimenter le drain 6, qui se jette dans le canal de Mozas.

5°/ La vallée sèche de Messenas : aucun écoulement superficiel n'est visible ; pourtant les mesures de résistivité montrent des venues très résistantes au débouché de cette vallée, se dirigeant vers le drain 25 qui leur sert d'exutoire avant d'atteindre le Catelan.

6°/ Le secteur de La Chanas.

7°/ Le secteur de St Marcel - Bel. Accueil : cet apport engendre le canal St Marcel.

Autres points remarquables

- Au Nord de la Vieille Bourbre, entre Funas et l'îlot de l'Isle-d'Abeau, on remarque des résistivités très basses, les plus basses du marais, centrées au point 6d.

- Au Nord-Est de Vénérieu, une zone à faibles résistivités, comprise entre les apports très résistants du cône de déjection du ruisseau de Moras et des côteaux de Trept.

On essaiera de les expliquer ultérieurement.

VIII-B₂ - Carte d'isorésistivités "après pluie" : 27.3.1973

Elle est identique à la précédente. On constate cependant que l'effet drainant des canaux s'est accru, bien marqué dans les canaux du Catelan et de St-Savin.

On retrouve la zone à très faibles résistivités vers la Vieille Bourbre (centrée au point 6d), cependant que celle-ci dérive hors du bassin versant du Catelan, un apport très résistant venu vraisemblablement des collines molassiques (Mozas-Funas) et de la plaine de Bourgoin-Jallieu.

L'apport résistant en provenance des côteaux de Trept, a augmenté, tandis que l'on observe toujours une zone à résistivités bien plus faibles à l'Est de Vénérieu.

VIII-B₃ - Carte d'isorésistivités du 22.8.1973

- Le fait majeur constaté est une baisse très forte de résistivités dans le secteur de Trept, St-Hilaire-de-Brens elles ont chuté de 2 320-2 325 (mars 1973) à 1 780-1 540 (août 1973). Alors qu'elles étaient parmi les plus fortes du marais lors des deux campagnes du mois de mars, elles sont ici parmi les plus basses et se confondent avec la zone à faible résistivité située immédiatement à l'Est de Vénérieu, sous le cône de déjection du ruisseau de Célin. On a vu que cette dernière formait une sorte d'enclave à très basses résistivités entre les apports d'eaux très peu chargées de la vallée de Loras et ceux du secteur de Trept.

- Autres faits :

la zone à très basses résistivités proche de la Vieille Bourbre, existe toujours, mais s'est déplacée du point 6d au point 4d sur la Vieille Bourbre.

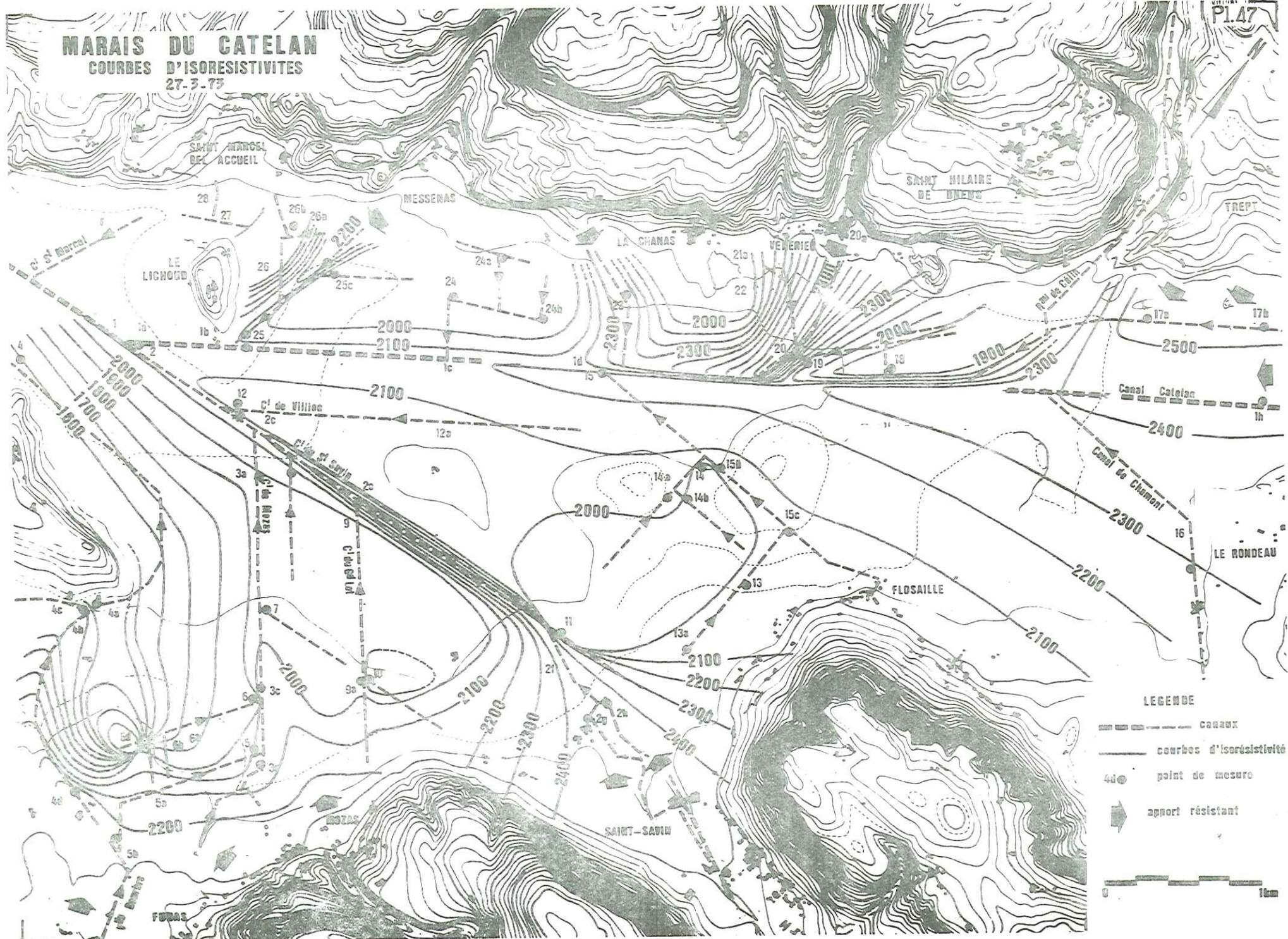
VIII-C. - HYDROCHIMIE

Quatre échantillons d'eau ont été prélevés sur le marais, le 5.9.73 et analysés par le C.E.T.E. de Bron. Les résultats ont été portés sur diagramme Schoeller-Berkaloff. Ils concernent les points 6d (près de la Vieille Bourbre) et 17a (Trept) représentant les secteurs particuliers cités précédemment, ainsi que 20a et 6d qui ont servi de points de comparaison.

Ces eaux sont typiquement hypercarbonatées calciques, avec des teneurs faibles en cation Na⁺ et anion Cl⁻ (cf. chapitre VII-E). Par contre, la teneur en sulfates est élevée (40 mg/l pour le point 17a, 57 et 34 mg/l pour les points 6d et 6c) rendant ces eaux séléniteuses.

MARAI DU CATELAN

COURBES D'ISORESISTIVITES
27.3.73



LEGENDE

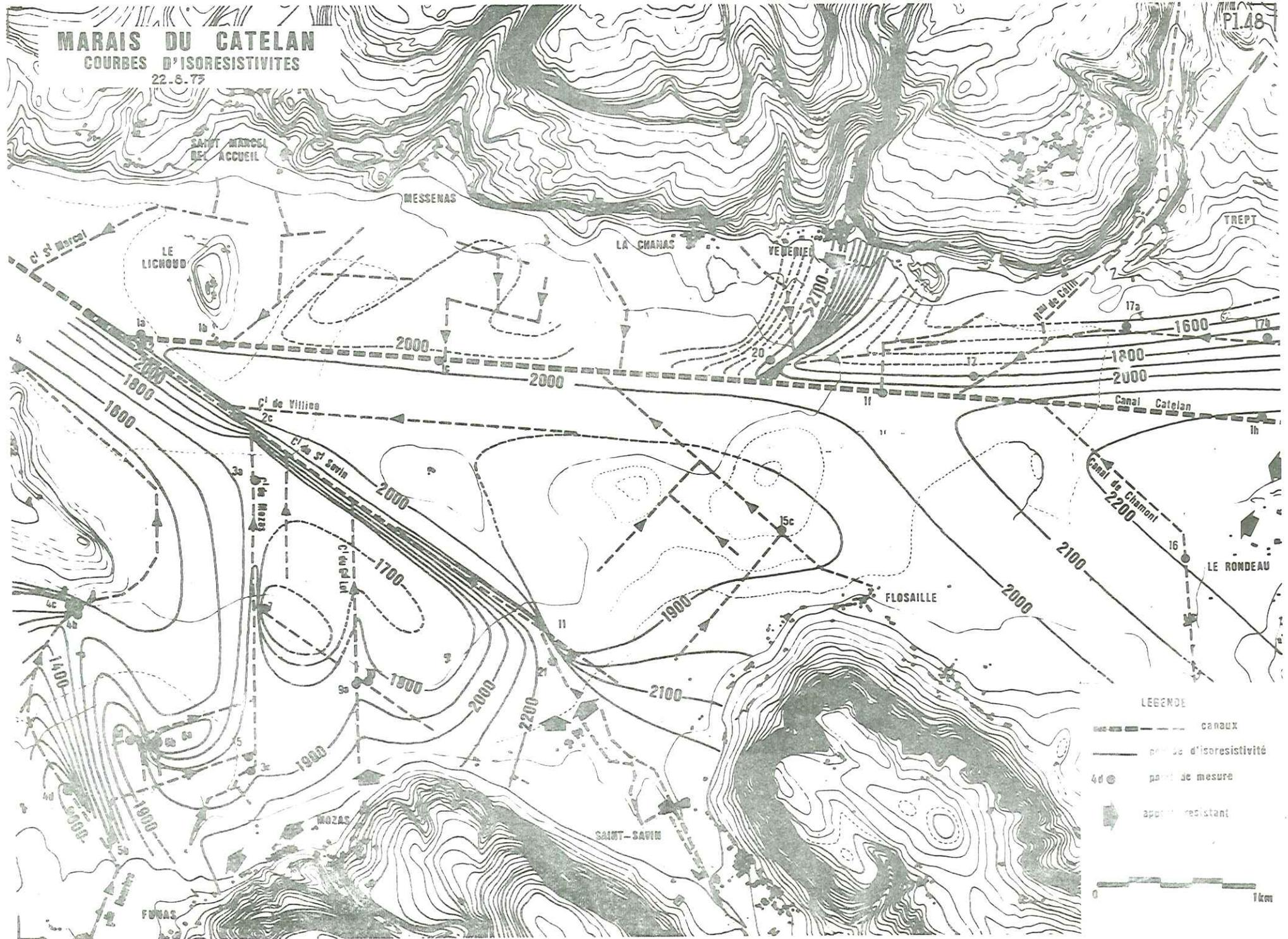
- canaux
- courbes d'isoresistivite
- point de mesure
- ▲ apport resistant



MARAIS DU CATELAN

COURBES D'ISORESISTIVITES

22.8.73



LEGENDE

-  canaux
-  courbes d'isoresistivité
-  point de mesure
-  spot résistants



Résultats

- Le point 6d avait donné des résistivités anormalement basses, indiquant des eaux plus minéralisées que partout ailleurs sur le marais. On lui a comparé le point 6c, qui lui, présentait des résistivités plus élevées en accord avec la moyenne que l'on a coutume de trouver sur le marais.

On avait pensé que l'anomalie pouvait être créée par passage des eaux dans de la tourbe. Cependant, les teneurs des eaux du point 6d et du "point tourbe-référence" diffèrent notablement en ce qui concerne le magnésium et les sulfates.

Les deux échantillons 6d et 6c sont en fait identiques (voir diagramme), mises à part les teneurs légèrement plus fortes en Na^+ et Cl^- pour le point 6d, et caractérisent des eaux issues de la molasse proche avant d'arriver dans le marais : les courbes montrent une parenté nette avec celle qui représente la molasse de Saint-Jean-de-Soudain.

- L'échantillon 17a (Trept), prélevé en période estivale, présente les caractéristiques des eaux du Quaternaire (voir Satolas F1). Par contre, l'échantillon 20a (Vénérieru) est identique à celui de Vernaset caractérise une eau typiquement issue des calcaires.

VIII-D. - CONCLUSION

Compte tenu des résultats précédents, il est possible d'envisager les conclusions suivantes :

1°/ En hiver : période des hautes eaux (campagne des 14-15 mars 1973 et 27 mars 1973)

a) - Le marais reçoit des eaux très résistantes des calcaires (nappe de chenaux et fissures dans les calcaires ou résurgences de réseaux karstiques ?) dans les zones ci-après :

- St-Marcel-Bel-Accueil : le Pardier, la Croupe (2 240-2 120 Ω cm)
- La vallée sèche de Messenas : 2 170- 2 110 Ω cm (voir analyse 20a)
- Les côteaux allant de la vallée de Célin à Trept : 2 370-2 330-2 320 Ω cm (voir analyse 17a).
- Le secteur de La Chanos : 2300 Ω cm.

b) - Des apports d'eaux résistantes proviennent de la molasse : le Rondeau (2 240 Ω cm), Saint-Savin (2 530 Ω cm), Mozas (2 150 Ω cm).

2°/ En été : période d'étiage (campagne du 22.8.1973)

a) - L'alimentation en provenance des calcaires cesse, les réserves ayant diminué, entre la vallée du Célin et Trept. Les écoulements restants (faibles) ont les résistivités plus faibles des eaux typiques du marais qui ont séjourné plus longtemps dans les terrains (on relève les valeurs suivantes : 1 895-1.520- 1 900 Ω cm, voir analyse 17a) ; ils en ont aussi la composition chimique.

b) - Le manque de relevés (drains secs) n'a pas permis de voir ce qu'il en était entre St-Marcel-Bel-Accueil et Vénérieru, cependant ce secteur doit vraisemblablement avoir un comportement identique à celui des côteaux de Trept.

c) - Par contre, le territoire molassique continue à déverser ses apports résistants à l'Est et au Sud Est du marais:

- ruisseau de St-Savin pt 21 : 2 290 Ω cm
- ruisseau de Chamont pt 16 : 2 215 Ω cm
- Catelan au Rondeau pt 1 h : 2 250 Ω cm

REMARQUES

a) - Immédiatement à l'Est de Longenière se trouve une zone à résistivités basses en hiver (pt 18) : il s'agirait là d'une zone qui ne reçoit pas d'apport des calcaires et dont les eaux se seraient minéralisées plus fortement en circulant lentement dans des terrains relativement peu perméables.

- zone à forte minéralisation (point 6d) dans le secteur de la Vieille Bourbre :

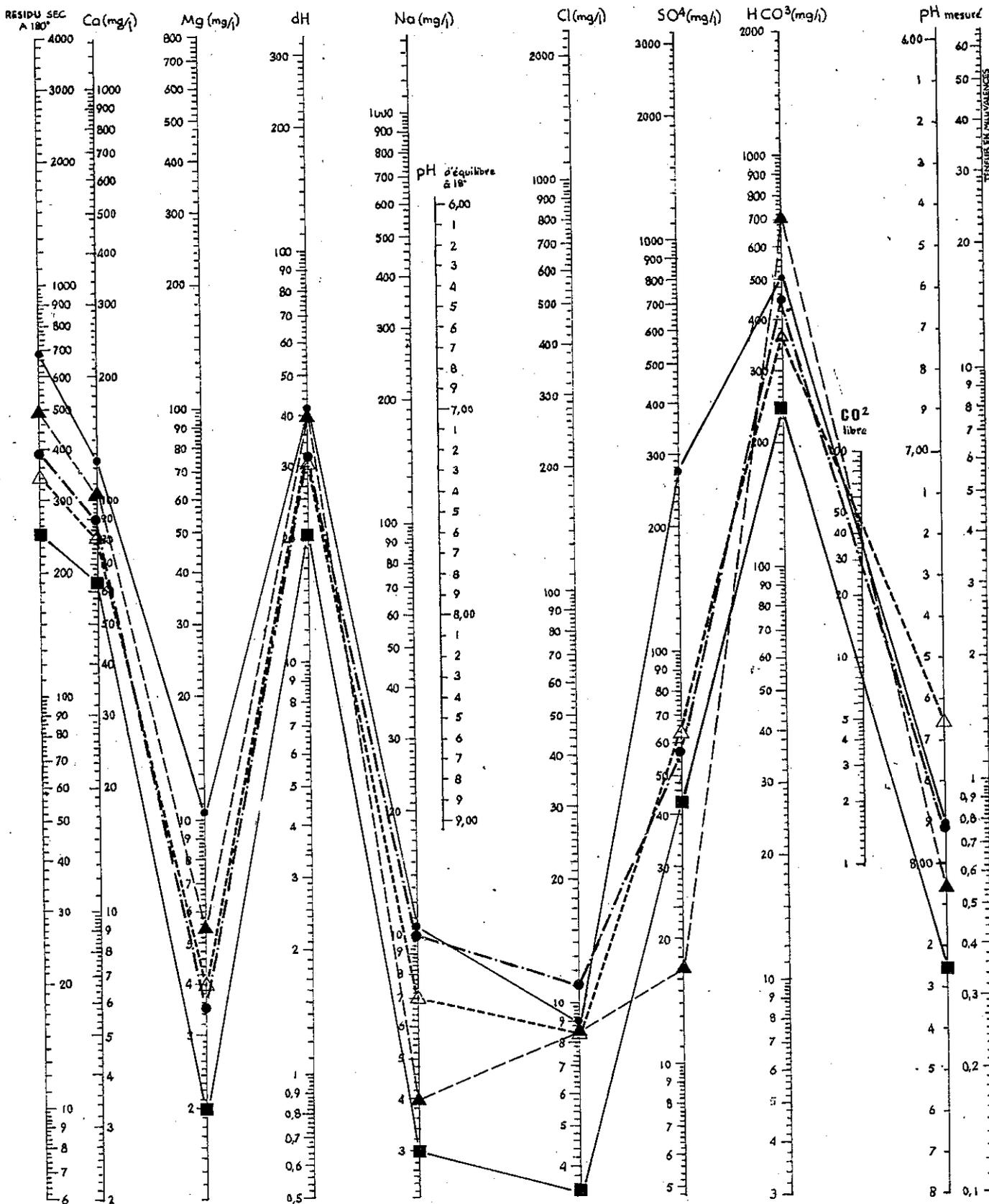
on a vu que les analyses 6d et 6c représentaient des eaux issues de la molasse.

D'autre part, la zone d'anomalie a évolué dans l'espace entre les deux campagnes du mois de mars (point 6d et 4d).

La Vieille Bourbre dans ce secteur traverse la zone industrielle de Bourgoin-Jallieu et son lit collecte en permanence un écoulement pollué par les rejets des zones urbaines.

DIAGRAMME LOGARITHMIQUE

D'après (Berkaloff)
(H. Schoeller)



- ——— ● La Verpillière (tourbe)
- - - - ● 4d
- △ - - - △ 6d
- ——— ■ 20a
- ▲ - - - ▲ 17a

prélevé le 5-9-73

Ainsi la nappe du marais, alimentée dans ce secteur par les collines molassiques (d'où les analyses 6d et 6c) pourrait-elle avoir reçu une pollution en provenance des quartiers industriels et urbains voisins. Ceci peut être une explication à l'anomalie de résistivité constatée.

b) - Comparons la carte des 14 et 15 mars 1973 avec celle du 27-3-73

- On constate que certaines zones ont peu ou pas évolué ; c'est le cas de tout territoire compris entre les canaux du Catelan et de St-Savin, qui comporte le marais de Villieu : les résistivités restent voisines de 2 100-200 Ω cm.

- D'autres zones ont évolué très nettement : celle qui est située entre le canal de St-Savin et celui de Mozas, alimentée par la vallée de St-Savin et les côteaux molassiques de Mozas ; celles qui sont comprises entre le Catelan et les côteaux de Trept d'une part, entre le Catelan et les côteaux de Messenas-Vénérieu d'autre part. Ce seraient là les zones d'alimentation du marais recherchées.

CHAPITRE IX - ETUDE PIEZOMETRIQUE - CARTES ISOPIEZOMETRIQUES

Des relevés piézométriques bimensuels utilisant les forages équipés en piézomètres du site de la Ville Nouvelle (entre Coiranne et Satolas) ont été effectués durant tout le temps que dura ce travail, entre juillet 1972 et décembre 1973.

La densité des puits de mesure trop faible dans la plaine, a conduit à mettre l'accent sur quelques secteurs présentant un intérêt particulier. Des campagnes de relevés ont été effectuées en période d'étiage les 13 et 14 novembre 1972 et le 13 octobre 1973.

LE FLUVIO-GLACIAIRE (St-Quentin-Fallavier, le Chaffard, la Verpillère)

L'étude géophysique a mis en évidence une séparation du Fluvio-glaciaire en deux bassins distincts, par une ossature molassique coiffée de moraine (buttes de Chesnes-les-Espinassays) ; ceci se traduit par deux aquifères nettement différenciés.

D'autre part, la crête morainique de "Trente-Sous - Le Biais" d'importance moindre que la précédente engendre un nouveau cloisonnement de l'aquifère.

IX-A. - CARTE ISOPIEZOMETRIQUE (cf. Pl. 45)

Deux campagnes de relevés, utilisant des piézomètres et des puits fermiers ont été effectuées les 13 et 14 novembre 1972 et le 13 octobre 1973, soit en période d'étiage. On ne considèrera que la campagne du 13.10.73, version améliorée de la précédente, grâce à la mise en place entre temps de nouveaux piézomètres.

IX-A₁ - Deux nappes à altitudes différentes

Elles se trouvent de part et d'autre de la crête molassique centrale. Mais, il n'y a pas totalement séparation des deux :

- la nappe méridionale, palier supérieur, située aux cotes 212-211 mètres se déverse dans la nappe inférieure, au Nord, située aux cotes 209-208 mètres, par plusieurs passages :

- l'étroite vallée de Sérezin ;
- le col des Espinassays (mais ceci reste hypothétique) : un sondage (S2) proche du col a trouvé la nappe à -11 mètres de la surface du sol et la molasse à -30 mètres, ce qui corroborerait apparemment l'hypothèse ;
- enfin, en direction de la Ronta, plus à l'aval.

IX-A₂ - Caractéristiques des deux nappes

1°/ La nappe supérieure (au Sud Est des buttes de Chesnes-les Espinassays)

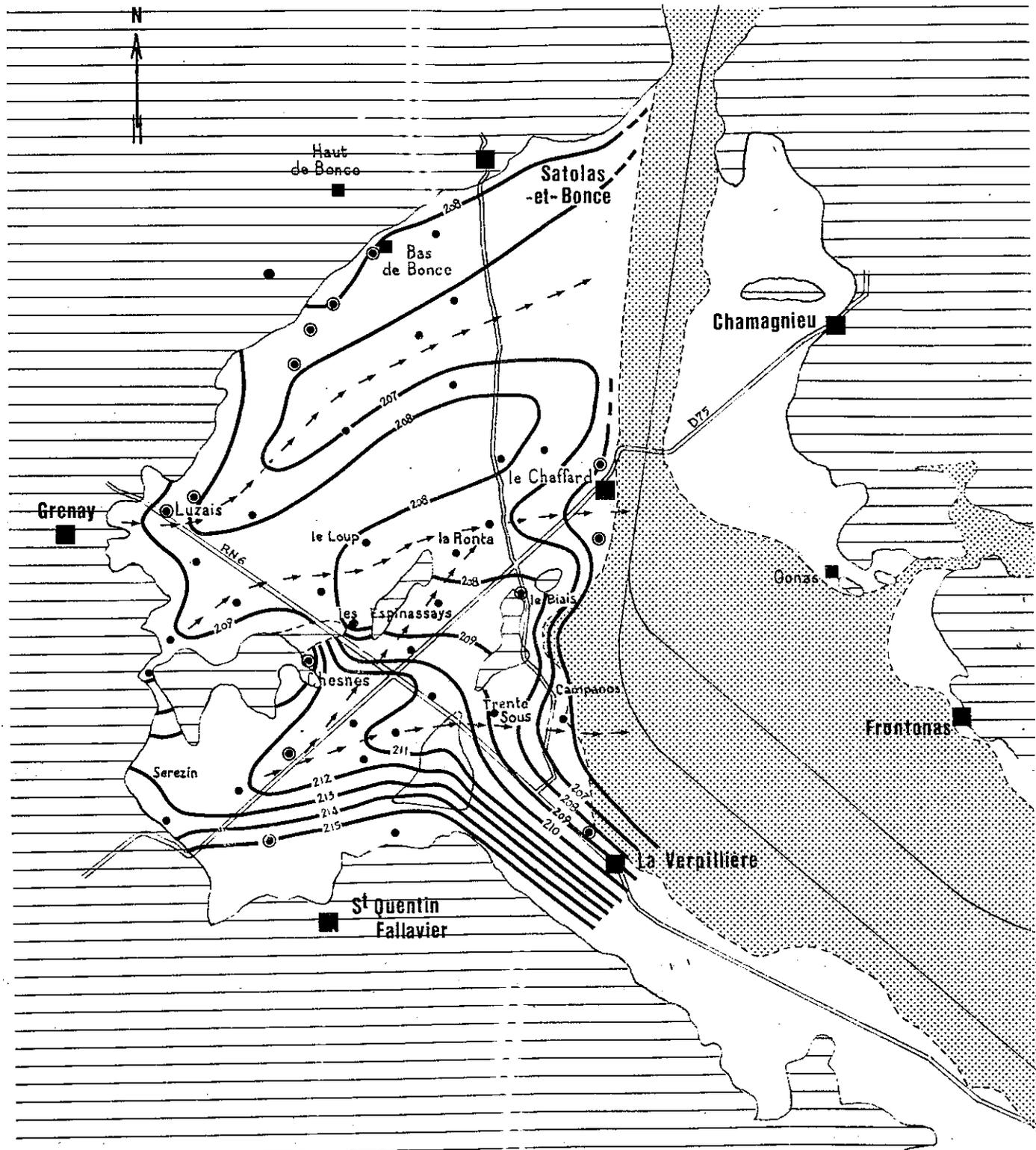
Son gradient d'écoulement est très nettement supérieur à celui de l'autre nappe.

Cependant, le profil de dépression s'aplatit nettement au cœur de la plaine, au SE de la butte de Chesnes : cela serait

CARTE ISOPIEZOMETRIQUE

Pl. 50

ZONE OUEST
Campagne du 13-10-73



0 2,5km

- Substratum
- alluvions contemporaines (Fluvioglacière)
- alluvions récentes

- piézomètre
- puits fermier
- courbe isopièzométrique
- - - axe drainant

du à une dépression du substratum molassique (cf. carte en courbes de niveau du substratum conducteur) à ce niveau.

La crête molassique de "Trente-Sous-le-Biais" provoque une séparation de l'aquifère en deux parties : l'une dirigée vers la Bourbre, au Nord Ouest de la Verpillère, l'autre vers la station de pompage de la Ronta.

On note deux inversions consécutives de concavité en ce qui concerne la courbe isopiézométrique 211, au SE de Chesnes ; elles peuvent être dues (respectivement au Nord et au Sud) :

- à un relèvement du substratum molassique ou à une diminution de perméabilité du Quaternaire, à l'approche du "col des Espinassays ;
- à l'effet drainant de l'axe à forte perméabilité, supposé joindre Sérezin à Trente Sous-Campanos.

Observation :

les placages de Quaternaire au SW de Trente Sous seraient un stade intermédiaire entre la moraine et le Fluvio-glaciaire, dont ils n'ont pas le litage : ainsi par leur perméabilité moindre, pourraient-ils tout au plus freiner l'écoulement vers Trente-Sous.

Le secteur de La Verpillère est moins intéressant, le gradient d'écoulement des eaux en direction de la Bourbre étant fort (0,003 contre 0,0015-0,0010 dans la plaine de Tharabie).

2°/ La nappe inférieure (au Nord Ouest de la crête médiane)

Alors que l'on pouvait s'attendre à trouver un fort gradient, les eaux devant a priori s'écouler rapidement des côteaux morainiques (moraine de Grenay) vers la Bourbre, on constate que la nappe est très plane (gradient 0,0003). Ceci est intéressant dans une optique de réinjection d'eaux superficielles : il y a possibilité de stockage.

Les causes conjuguées de la platitude du profil de dépression semblent être :

- les surcreusements dans le substratum conducteur : la campagne de géophysique électrique a montré des zones de dépression du substratum dans les secteurs du Luzais, des Loups (cf. Pl. 34) ;
- les faibles perméabilités des alluvions récentes de la vallée de la Bourbre : un "barrage naturel" serait en quelque sorte constitué, freinant l'écoulement de la nappe du Fluvio-glaciaire vers la rivière.

IX-A₃ - Etude de l'écoulement

a) - Deux axes de drainage, de direction SW-NE apparaissent nettement :

- le premier relie les Loups à la Ronta ;
- le second se situe plus au Nord Ouest, joignant la plaine du Luzais à la Ruelle et Bas-de-Bonice.

b) - Un troisième axe, au Sud Est de la butte de Chesnes, redistribuerait les eaux selon deux directions :

- vers la Ronta, par l'intermédiaire de la "vallée" située entre les crêtes "Chesnes-Espinassays" et "Trente-Sous-le-Biais" (direction SW-NE) ;
- vers Trente-Sous - Campanos (directions SW-NE et WE).

Il pourrait s'agir là des axes à forte perméabilité, véritables chenaux d'écoulement souterrain dans le Fluvio-glaciaire (d'après R. MICHEL).

On peut remarquer qu'elles ont une disposition analogue à celle des zones dépressives dans le substratum conducteur (cf. carte CPGF).

REMARQUES

Les forages de la Ronta - les Loups, captages de la Ville Nouvelle se situent au cœur de l'un de ces couloirs drainants.

- La carte isopiézométrique ne permet pas de préciser s'il y a écoulement vers le Nord par l'intermédiaire du col des Espinassays et, dans le cas affirmatif, s'il est important ou non ; on verra qu'une étude de traçage par saumure apportera de nouvelles données.

CONSEQUENCES

- Il peut être intéressant d'orienter les recherches d'eau vers le secteur de la Ruelle, Bas-de-Bonice.
- Dans le cas d'implantation d'industries polluantes sur la zone industrielle, un secteur est moins vulnérable que les autres, celui de la Verpillère : la nappe se déverse rapidement vers la Bourbre et elle est totalement isolée des captages de la Ronta - les Loups.

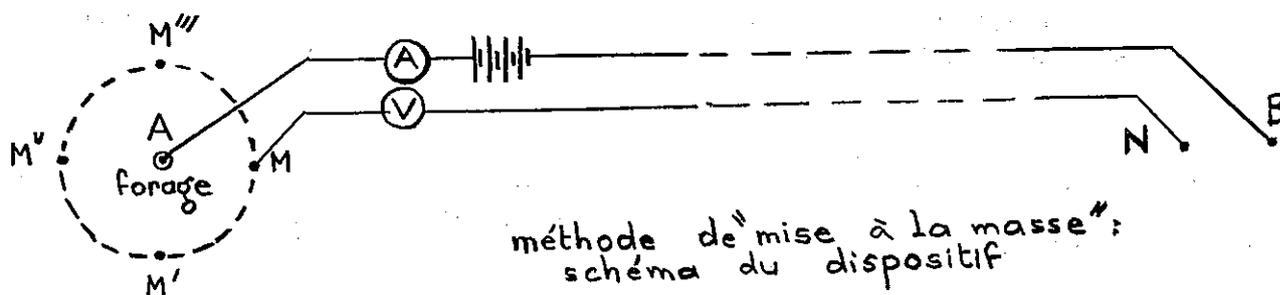
IX-B. - METHODE DE MISE A LA MASSE

Une toute récente campagne d'étude de la nappe par injection de saumure (janvier 1974), à laquelle nous avons pris part, a apporté de nouveaux éléments. (J. DUBUS).

La méthode utilisée est dite de "mise à la masse" en géophysique électrique.

On se sert d'un quadripôle AMNB, où A et B sont les électrodes d'injection de courant, M et N les électrodes de réception, O symbolisant le lieu des appareils de mesure (cf. paragraphe VI-A).

L'électrode A est introduite dans le piézomètre choisi comme point d'injection d'une saumure qui servira de traceur. L'électrode M tourne à quelque distance autour de A, tandis que B et N sont placés à l'infini.



L'analyse des résultats n'est pas achevée à l'heure actuelle, aussi ne présentera-t-on ici que les grands traits de l'expérience.

On a fait des mesures avant et après injection de saumure, qui ont permis de tracer des cartes de potentiel : l'allure des courbes équipotentielles se modifie en fonction du cheminement du traceur dans la nappe ; l'écoulement de cette dernière a finalement été défini en direction et sens par des vecteurs centrés sur les forages d'essais et orientés selon les variations maximales de potentiel.

RESULTAT

Les directions et sens d'écoulement supposés par l'étude de la carte isopiézométrique se confirment apparemment.

Aux Espinassays (S2), par contre, le déplacement du sel est demeuré faible, sans orientation prépondérante, plutôt imputable à une diffusion par simple phénomène chimique, qu'à un écoulement de la nappe. Cette observation jouerait donc en défaveur de l'hypothèse d'une communication entre les nappes "supérieure" et "inférieure" à cet endroit.

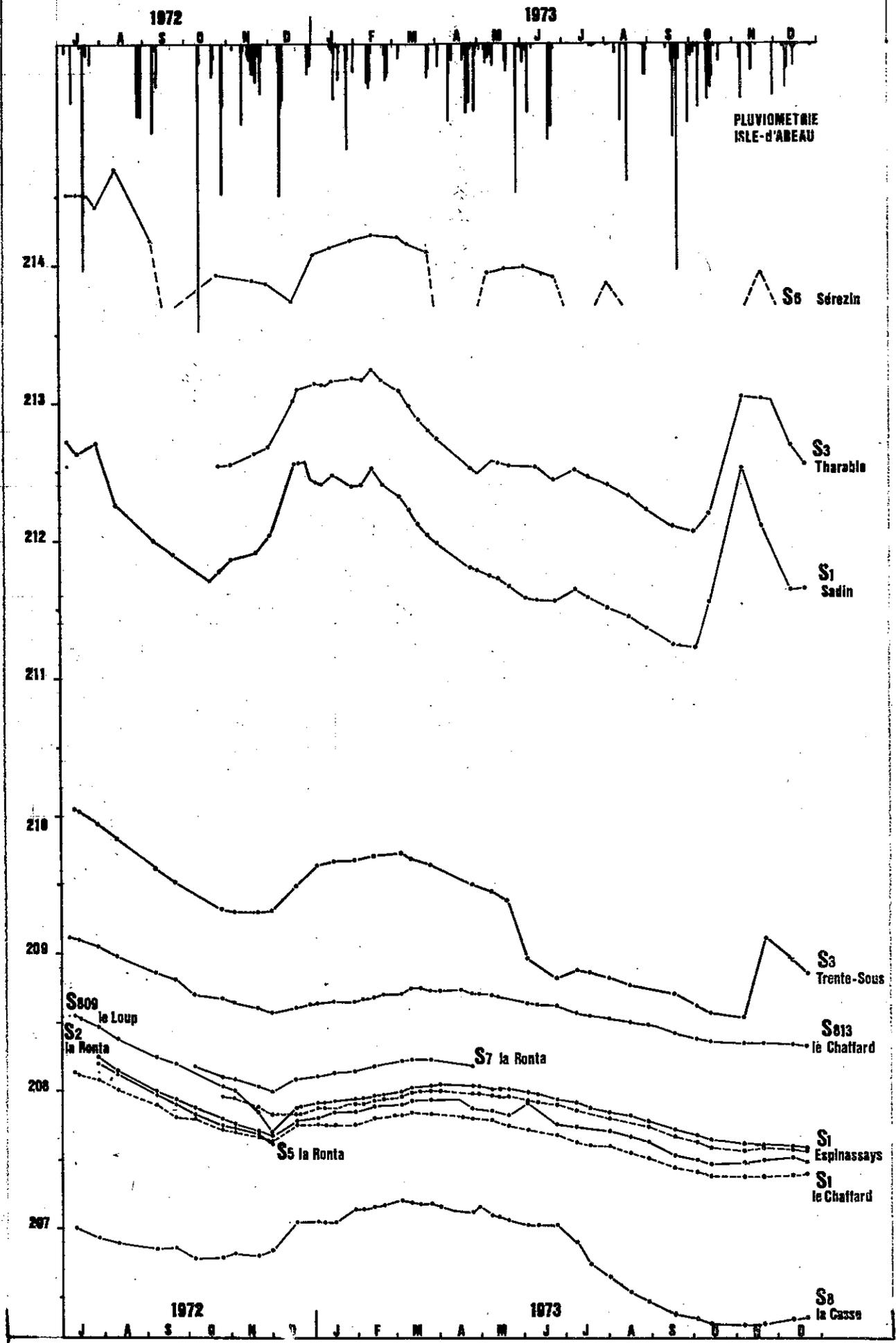
Il faut néanmoins envisager le cas où il y aurait écoulement ; deux schémas sont alors possibles :

1°/ l'écoulement est considérablement ralenti par la présence d'une zone à perméabilité moindre dans le col des Espinassays (on notera que le sondage S1, proche, à l'emplacement du col, s'est révélé sec et implanté dans des formations imperméables) (sf. VI-B₁₋₂ 1°), ceci entraînant de faibles vitesses, de fortes pertes de charge et un resserrement des courbes isopiézométriques. Ce demi-barrage naturel serait une barrière aux pollutions pouvant provenir de la zone industrielle de Chesnes-Tharabie.

2°/ l'écoulement se produit par surverse au-dessus du substratum molassique de façon intermittente, uniquement en période de hautes eaux de la nappe (la nappe en janvier 1974 est plus basse qu'en janvier 1973 : on peut donc dire que la campagne d'étude a eu lieu en période de relativement "basses" eaux), provoquant un apport brutal temporaire d'eaux éventuellement polluées issues de la zone industrielle, directement vers les captages des Loups - la Ronta.

Nota : pour éviter un tel risque, un pompage en amont du col des Espinassays peut être envisagé en guise de "barrage hydraulique".

VARIATIONS PIEZOMETRIQUES



IX-C. - VARIATIONS DU NIVEAU HYDROSTATIQUE AU COURS DE LA PERIODE JUILLET 1972 à DECEMBRE 1973

(voir graphique Pl. 46)

On observe une différence nette entre nappe supérieure (Sadin S1, Tharabie S3, Trente Sous S1) et nappe inférieure (les Loups S 809, S1 le Chaffard, S813 Le Chaffard, S2 La Ronta).

Alors que les variations du niveau hydrostatique sont brutales pour la nappe supérieure, elles sont au contraire très progressives et en moyenne nettement plus faibles pour la nappe inférieure. Ainsi l'étude des fluctuations du toit de la nappe corrobore-t-elle les observations des paragraphes antérieurs.

Sondage	Battement Juillet 72 - décembre '73
Tharabie S3	1,18
Sadin S1	1,50
Trente Sous S3	1,51
Casse S8	0,90
Les Loups S809	0,85
Le Chaffard S1	0,76
Le Chaffard S813	0,79
La Ronta S2	0,78

On est en présence d'un "système" remarquablement simplifié, où tous les apports (pluviométrie, écoulement de surface) sont intégralement transmis à la nappe ; il n'existe pas de pertes et le rapport entre pluviométrie et nappe est étroit.

En effet, la plaine de Saint-Quentin-Fallavier au Sud de la crête molassique "Chesnes-les Espinassays" reçoit tous les écoulements superficiels issus de la partie amont du bassin élémentaire correspondant. Elle joue le rôle de réceptacle des eaux, de zone d'alimentation ; ce qui se traduit sur les graphes par des variations importantes et rapides du toit de la nappe (Tharabie S3 Sadin S1, Sérezin S6, Trente Sous S3) : une forte pluie engendre une crue de l'écoulement de surface qui se répercute en une crue de nappe (on a constaté que la réponse de la nappe suivait de 10 à 13 jours le phénomène pluviométrique).

La nappe "inférieure", au Nord de la crête molassique principale, reçoit les eaux ayant ruiselé sur les versants dominant (bassin versant réduit) ainsi que des écoulements en provenance de la nappe "supérieure". Cette dernière a un "effet-tampon", se comporte un peu comme une retenue d'eau souterraine écrétant les crues de nappe... Elle distribue en effet ses eaux vers le Nord, par l'intermédiaire de passages restreints interrompant la crête molassique médiane, donc de manière progressive. Ainsi la réponse de la "nappe inférieure" (Les Loups, la Ronta, le Chaffard) est-elle plus étalée dans le temps et de moindre amplitude.

CHAPITRE X - CAMPAGNE DE RELEVÉS PIEZOMETRIQUES SUR LE HAUT BASSIN DE LA BOURBRE A L'AMONT DE BOURGOIN-JALLIEU

X-A. - GENERALITES

X-A₁ - Les ressources du Glaciaire et du Fluvio-glaciaire

La molasse joue le rôle de substratum relativement imperméable sous le Glaciaire plus ou moins remanié où peuvent s'accumuler des quantités d'eau importantes : dans ce cas, chaque ferme possède son puits qui permet d'aller chercher l'eau, à faible profondeur, (moins de 10 mètres). Des forages d'exploitation, destinés à alimenter les communes rurales de la région puisent leur eau dans ce Glaciaire. C'est le cas de la station de pompage de Saint-Romain, près de Biol, qui fournit un débit important.

Le Glaciaire hétérogène, possède lui-même des lentilles imperméables, ce qui donne lieu à de petites nappes de versant locales : des sources à faible débit prennent naissance et sont en général captées par l'alimentation des fermes dispersées.

A la fonte des glaciers, la vallée de la Bourbre a été remblayée par des alluvions fluvio-glaciaires très hétérogènes, aussi bien dans le sens vertical qu'horizontal : on observe des interstratifications d'argiles imperméables et de couches sable-graveleuses perméables et aquifères ; de plus, il existe sûrement d'anciens lits fluviaux fossiles marqués par l'étalement des alluvions modernes.

Un puits d'exploitation a été foncé dans une telle zone perméable près de Saint-Ondras ; barrée à l'aval par des argiles, elle est aquifère et alimentée par un ancien chenal fluvial et sans doute par des apports du versant morainique. Sur le forage, en gros diamètre, le régime a été progressivement augmenté de 50 m³/h à 300 m³/h en fin de pompage. Le rabattement était alors de 1,40 m avec un cône très étalé.

Le niveau hydrostatique initialement à 0,50 m du sol, donne une épaisseur d'alluvions mouillées de 10 m environ. Ces résultats encourageants font penser à une nappe puissante et bien alimentée.

X-A₂ - Les ressources de la "molasse"

Le Miocène est très hétérogène et les zones indurées alternent avec les zones tendres. Dans ces dernières, peuvent se constituer des nappes véritables.

Les puits qui en utilisent l'eau sont souvent situés dans des lieux défavorisés, escarpés, où le recouvrement quaternaire est absent ou trop minime pour qu'il y ait des réserves valables. Ainsi, on n'a fait appel à l'eau de la molasse qu'en dernier ressort et il a alors fallu creuser un puits très profondément (vers Bizonnes la nappe se trouve à plus de 45 mètres), travail considérable si l'on pense qu'il a été réalisé à mains d'hommes dans un matériau parfois consolidé.

Et encore les réserves sont-elles souvent faibles et les débits peu importants : l'eau vient s'écouler dans le puits qui joue le rôle de réservoir ; si l'on pompe trop, la réserve s'épuise vite et il faut attendre un temps relativement long avant qu'elle se reconstitue.

Il est tout de même intéressant de savoir que, même en terrain défavorisé, il est toujours possible de faire appel aux réserves molassiques (elles peuvent être très accessibles : à dix mètres de profondeur à St-Victor-de-Cessieu) aussi faibles soient-elles... elles permettent à l'habitation qui veut, ou s'est implantée, d'extraire le minimum vital.

Cependant, il ne faut pas généraliser les remarques précédentes : dans certains secteurs, la molasse peut donner des débits importants : c'est le cas des sources qui alimentent Domarin (700 l/mn), de celles de Buffières au-dessus de la Combe-les-Eparres et apparemment des réserves que l'on décèle dans les formations tendres du Pontien à l'Est de Bourgoin-Jallieu (collines dominant Ruy) ou vers Saint-Didier-de-la-Tour.

X-B. - LA MOLASSE

Les résultats de la campagne de relevés piézométriques sont présentés sous forme d'un répertoire de secteurs arbitrairement choisis, afin de clarifier la présentation (voir cartes).

Pour chaque secteur, puits et sources ont été étudiés séparément. Seules les sources caractéristiques ont été retenues.

Cause d'erreur : grâce aux mesures effectuées sur les puits exploitant la "molasse", on a essayé de mettre en évidence divers niveaux aquifères dont on a indiqué les cotes ; pour cela, une carte topographique au 1/50 000 a servi à repérer les altitudes au sol des différents points de mesure. On admettra la véracité des cotes obtenues à cinq mètres près.

X-B₁ - Secteur de Saint-Victor-de-Cessieu

Le Glaciaire constitue un aquifère notable, qui donne lieu à de nombreuses petites sources captées pour les besoins communaux ou alimentant des fermes isolées.

Dans une étude de sources de la région de St-Victor-de-Cessieu, J. SARROT-REYNAULD a montré l'importance des détails paléomorphologiques dans la recherche des sources et leur captage, les eaux sont drainées vers des talwegs fossiles qui, bien que remblayés par du Quaternaire peuvent être le siège de circulations importantes.

Quelques habitations, sur des côteaux, escarpées, puisent leur eau dans la molasse (dont on voit des affleurements un peu en contrebas en bord de route) ; les profondeurs mesurées sont de -13,50 m et -14,70 m.

Un profil en géophysique électrique à l'emplacement de ces points d'eau, a confirmé la nature intramolassique de l'aquifère.

X-B₂ - Secteur de Torchefelon

a) - Les puits :	Mesure	Niveau hydrostatique (NH)
	-13,90	465

la molasse forme ici une butte bien individualisée dans la vallée.

b) - Les sources : non loin de là, vers le Nord, une source apparaît à la cote 465 (S26).

X-B₃ - Secteur de Biol

a) - Les puits :	désignation	mesure	NH
		-10,50	630
	St-Romain	- 6,65	595
		-14,60	530
	Le Rapoux	-9,80	545
		-3,65	530
		-6,40	530

b) - Les sources :

- sur le versant nord ouest (le Sibuet) on note les cotes 620 (S25), 590 (S23), 530 (S24).

- vers Blassin, les exutoires se localisent aux cotes 550 (S21), 510 (S22).

Les collines dominant Biol (Haut-Biol, le Rapoux, le Sibuet) semblent posséder plusieurs niveaux aquifères (au nombre de quatre : 530, 545-550, 590, 620.25).

La nappe à l'altitude 530 paraît constante sur tout le secteur ; elle est surmontée d'un niveau aquifère à l'altitude 550-45 ; vers Saint-Romain s'en ajoutent deux autres à 590 et 630.

X-B₄ - Secteur de Belmont

Puits :	Mesure	NH
	-12,60	530
	-10,00	540

On retrouve ici une nappe à la cote 530, comme dans le secteur de Biol, il s'agit vraisemblablement de la même nappe.

X-B₅ - Secteur de Chabons

Puits :	Mesure	NH
	-32,20	560
	-22,40	560

Ces puits, sur un versant très escarpé, vont chercher l'eau profondément dans la molasse. Les débits faibles limitent l'extraction.

X-B₆ - Secteur de Vaux

a) - <u>Les puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>NH</u>
	-12,40	:	610
	-21,70	:	610
	- 8,80	:	

b) - Les sources : trois sources ont été relevées, paraissant issues de cette nappe située à la cote 610.

Taillis de la Dame :

S16 : 610

S15 : 610

S13 : 600

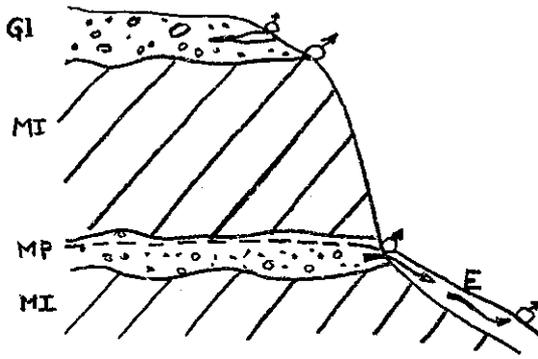
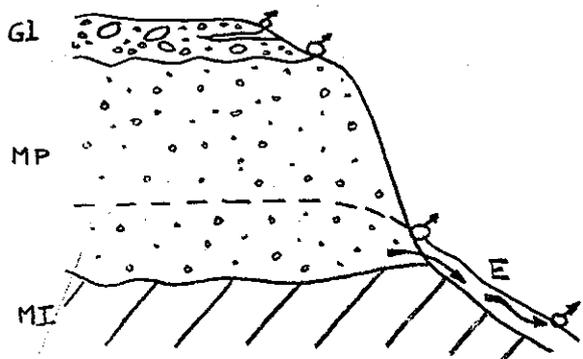
La source S14 se trouve plus bas, à la cote 555.

X-B₇ - Secteur de Montrevel

a) - <u>Les puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>NH</u>
	-15,35	:	595

b) - Les sources : on relève la source S17 à la cote 570.

De même que dans la région de Vaux (nappe à 610 m, certaines sources issues de la molasse, semblent captées par les éboulis pour ressurgir à une altitude inférieure. Ce qui peut se traduire par les schémas ci-après, d'ailleurs classiques.



Gl : glaciaire
 MI : molasse indurée
 MP : mol. perméable
 E : éboulis
 S : source

X-B₈ - Secteur de Doissin

a) - <u>Les puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>NH</u>
	- 9,80	:	555
	-14,50	:	560
	-10,30	:	565
	-10,10	:	590

b) - Les sources : ce sont S19 (cote 555) ; S18 (cote 545) ; et S20 (cote 555).

La source S18 pourrait correspondre à "l'aquifère 545 mètres" trouvé dans le secteur de Biol. D'autre part, on peut coupler le puits -10,10 (590) de Doissin avec celui de Montrevel (-15,35 : 595) et de St-Romain-en-Biol (-6,65 : 595).

X-B₉ - Secteur de Virieu

Les sources apparaissent approximativement aux cotes 535 (S8) ; 555 (S7) ; 560 (S6) ; 630 (S9) ; 650 (S10) ; 695 (S11) et 710 (S12).

Remarque : ce sont les sources qui constituent la majorité de l'apport en eau pour les habitations situées sur le versant molassique Virieu-Saint-Ondras ; les puits sont en petit nombre.

X-B₁₀ - Secteur de la Bâtie-Divisin, Saint-Ondras

a) - Les puits :	mesure	:	N H
	- 9,50	:	525
	- 6,00	:	565

b) - Les sources :

La Bâtie-Divisin	:	S1 (520)
Saint-Ondras	:	S3 (520)
	:	S2 (525)

Résumé sur les secteurs Doissin - Montrevel - Vaux - Chabons - Virieu - La Bâtie-Divisin - Saint-Ondras

On relève les cotes suivantes :

- 555 et 560 dans le secteur de Vaux.
- 595 dans le secteur de Montrevel.
- 545, 555, 560-65, 590 dans le secteur de Doissin.
- 560 dans le secteur de Chabons.
- 535, 560, 630, 650, 695, 710 dans le secteur de Virieu.
- 520, 25, et 565 dans le secteur de la Bâtie-Divisin, Saint-Ondras.

1 - L'aquifère 560-565 paraît omniprésent sur l'ensemble des secteurs étudiés (puits de Chabons, de Doissin, sources de Virieu). Il en est de même à la cote 555 (source S14 de Vaux, source S17 en Doissin, Fontaine de la Bouille S19 en Doissin, puits -9,80 m en Doissin).

Il semble possible d'assimiler les données de cotes 555 et 560-65 à un même ensemble, compte tenu des causes d'erreur possibles (voir généralités).

2 - En définitive, les aquifères s'étageraient aux cotes 520-25, 535, 545, 555-565, 590-595, 610, 630, 650 (?), 710.

Remarque :

comme on l'a déjà vu, il ne faut pas oublier l'influence éventuelle des éboulis qui peuvent fausser une estimation en déplaçant un exutoire à une altitude inférieure. Dans ce cas, il serait faux de traduire la cote de la source comme étant celle d'une nappe dans la molasse. Pour éviter cette erreur, une cote n'a en général été retenue que lorsqu'elle se répétait dans différents secteurs.

Résumé sur la partie haute du bassin versant de la Bourbre

On constate la présence de nappes perchées, étagées dans la molasse : ceci se conçoit fort bien étant donnée l'hétérogénéité de celle-ci. Les zones indurées alternent avec les zones plus tendres.

Exemples :

- les collines molassiques dominant Virieu (St-Ondras, ont des exutoires aux cotes 520-25 (S1, S3, S2), 535 (S8), 555-60 (S7 et S6), 630 (S9), 650 (S10), 695 (S11), 710 (S12).

- le secteur de Biol présente des niveaux aquifères aux cotes 465 (Torchefelon), 530 (Blassin-le-Rapoux), 590 (St-Romain), 630 (St-Romain).

La généralisation des résultats aux cotes suivantes :

- 520-25 : La Bâtie-Divisin, St-Ondras.
- 530-35 : Biol (le Sibuet, le Rapoux), Belmont, Virieu.
- 555, 560-65 : Biol, Montrevel, Doissin.
- 610 : Vaux.
- 630 : Virieu, Biol (St-Romain).

indiqueraient une constance des formations perméables subhorizontales à des cotes bien déterminées, sur l'ensemble des secteurs étudiés précédemment.

Ces nappes perchées présentent probablement des discontinuités.

X-B₁₁ - Secteur de la Bâtie-Montgascon

Il comporte une nappe dont le toit se localise vers la cote 390.

<u>Puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>N H</u>
	- 3,30	:	390
	-13,90	:	390
	-23,60		
	-17,50		

X-B₁₂ - Secteur de Faverges-de-la-Tour

Le toit de la nappe se situe aussi vers la cote 390.

<u>Puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>N H</u>
	-27,80		390
	-28,20		390

X-B₁₃ - Secteur de la Chapelle-de-la-Tour

<u>Puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>N H</u>
	-20,60		380
	-26,20		380

Il s'agit vraisemblablement du même aquifère que précédemment.

Remarque :

aux alentours de la Chapelle, la molasse affleure largement dans les tranches de la route. On y voit alterner des conglomérats (poudingues) indurés avec des lentilles sableuses. En période pluvieuse, on peut voir l'eau suinter hors des sables de la "molasse".

Résumé sur les secteurs de la Bâtie-Montgascon, Faverges, La Chapelle

D'après les relevés de la Chapelle-de-la-Tour à la Bâtie-Montgascon, la molasse semble contenir une nappe unique, pentée vers l'Ouest, dont le toit varie entre les cotes 390 et 380.

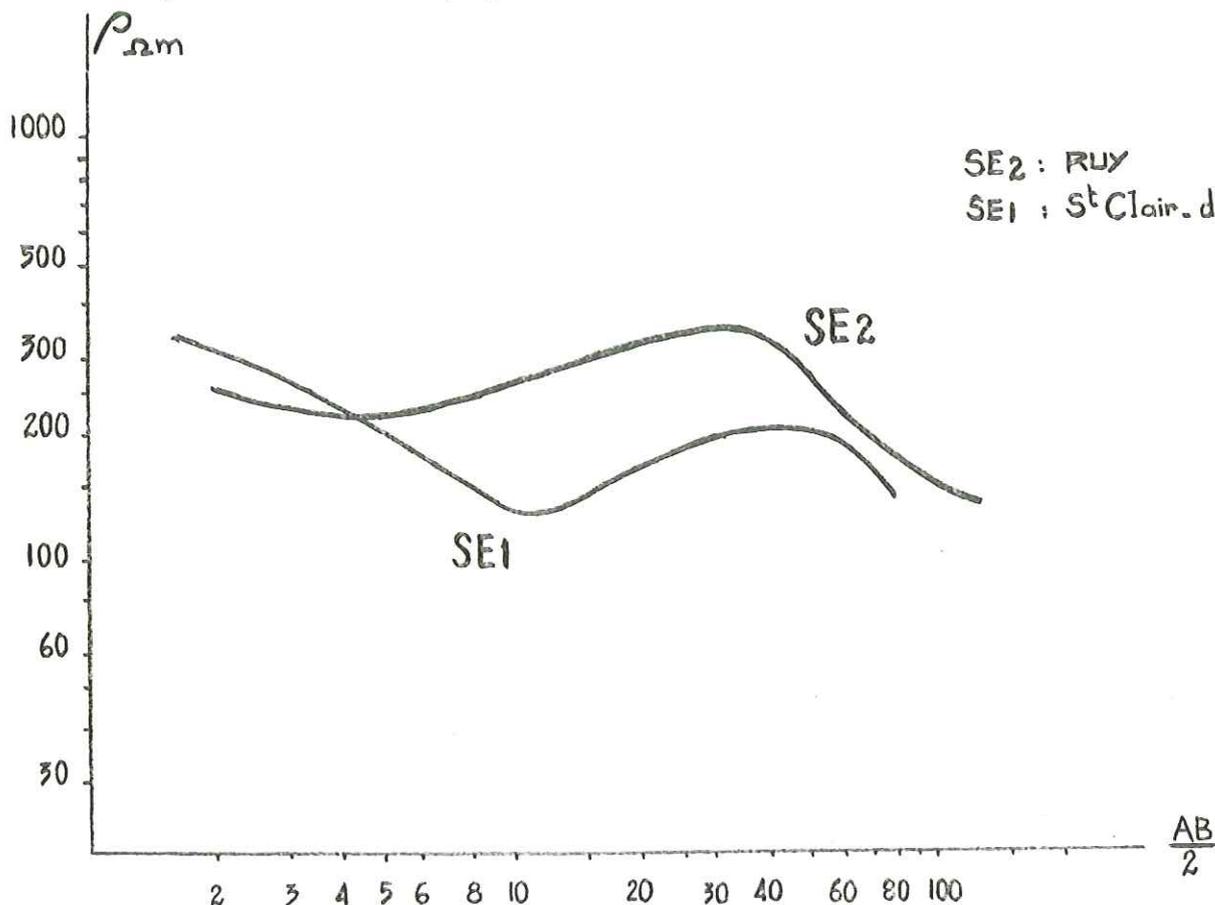
Selon la carte géologique, vers l'altitude 400 m, s'intercalent les marnes et lignites de la Tour-du-Pin ; la couche de lignite a au maximum 0,60 mètre de haut ; les marnes supérieures (qui servent à faire des briques près de Saint-André-le-Gaz) jouent le rôle de mur imperméable d'un aquifère important.

C'est probablement ce niveau d'eau qui a été atteint lors de la campagne de relevés piézométriques.

X-B₁₄ - Secteur de Saint-Clair, Saint-André-le-Gaz

<u>Les puits</u> :	<u>mesure</u>	:	<u>N H</u>
	- 6,20 m	:	400
	- 4,90 m	:	405
	-14,60 m	:	400
	-10,20 m	:	395
	-10,30 m	:	395
	-19,40 m	:	380
	-11,30 m	:	380
	-25,50 m	:	380
	-18,20 m	:	380

Afin de préciser la nature des formations sous-jacentes, un sondage en géophysique électrique (dispositif Schlumberger), a été fait à proximité de Saint-Clair (SEI) le 4.9.1973.



Quatre formations ont été différenciées. L'interprétation est la suivante, de haut en bas :

Désignation	Epaisseur en m	Résistivité en m
Terre végétale	2,00	270
Glaciaire	3,60	180
Pontien perméable	36,00	360
Pontien imperméable		80

Des affleurements non loin du point de mesure indiquent que la molasse est en effet très proche sous la surface du sol. Il s'agit du Pontien, de même faciès que l'Helvétien (sables, poudingues...) mais moins consolidé que celui-ci (voir chapitre II).

Il présente ici une épaisseur de 36 mètres de terrain très perméables, aquifères, reposant sur une formation conductrice qui joue le rôle de substratum imperméable. Ainsi a pu s'établir une nappe importante si l'on en juge par le nombre élevé de puits profonds (dont ceux qui ont été cités précédemment), dans le secteur.

On retrouve ici les mêmes cotes, variant entre 400 et 380 de l'Est vers l'Ouest, que l'on avait constatées entre la Bâtie-Montgascon et La Chapelle.

Le Glaciaire peut contenir quelques réserves (mesures -5,50 m, -1,00 m), mais on lui préfère le Pontien perméable et les puits qui l'exploitent sont peu nombreux.

Résumé sur les secteurs de la Bâtie-Montgascon, Faverges, La Chapelle, Saint-Clair, Saint-André-le-Gaz

Dans cette zone, les relevés ont montré la présence d'une nappe dont le toit varie entre les cotes 400 et 380.

Elle se trouverait dans un horizon très perméable, d'une quarantaine de mètres d'épaisseur vers Saint-Clair, appartenant au Pontien.

S'il s'agit d'un aquifère unique, il irait donc en s'inclinant de l'Est (La Bâtie-Montgascon, Saint-André-le-Gaz) vers l'Ouest (La Chapelle, Saint-Clair).

Additif

Page 117 : Secteur de Doissin : les sources dites du lavoir (cote 580 m, débit 40-60 l/mn) et du vallon de Reytebert (cote 590 m, débit 110-170 l/mn) au S.O. de Doissin, pourraient correspondre à l'aquifère de la cote 590 relevé dans ce secteur.

Page 119 : Secteur de La Chapelle-de-La Tour : les sources semblent correspondre à 2 types hydrogéologiques différents :

— les unes sont issues de niveaux sableux de la molasse : elles sont nombreuses et de faibles débits.

— les autres sont issues des formations de recouvrement glaciaires, graviers et sables perméables : les débits résultants sont plus abondants mais susceptibles d'accuser des baisses importantes en saison sèche.

La collecte de ces divers exutoires donne quelques dizaines de litres par seconde, utilisés dans le cadre de l'alimentation en eau potable de La Tour-du-Pin.

(cf. R. MICHEL : "Rapport hydrogéologique sur le projet d'alimentation en eau potable du syndicat intercommunal de la Haute Bourbre" - "Rapport géologique sur les captages d'eau potable de La Tour-du-Pin (Isère)")

Selon la carte géologique, vers l'altitude 400 m, s'intercalent les marnes et lignites de la Tour-du-Pin, la couche de lignite a au maximum 8,60 m d'épaisseur, les marnes supérieures (qui servent à faire des briques près de Saint-André-le-Gaz), forment un niveau d'eau important.

D'après le sondage électrique SEI, le niveau d'eau appartiendrait donc à la formation à 3 600 Ω m. Les marnes supérieures seraient le substratum imperméable à 80 Ω m.

X-B₁₅ - Secteur de Sainte-Blandine, Montagnieu, Saint-Didier

- A 1,500 kilomètre, au Sud et Sud Est de Saint-Didier, quelques puits exploitent les ressources de la molasse. Les mesures donnent -6,80 m, -6,20 m, ce qui impliquerait une altitude du toit de la nappe, dans ce secteur, égale à 470 m. On peut rapprocher ce résultat de celui que l'on a trouvé près de Torchefelon (cote 465). Le Glaciaire, dans cette zone précise, ne semble pas comporter de réserves d'eau suffisantes, car les puits l'on négligé, pour aller chercher les ressources les plus profondes de la molasse (néanmoins, il est largement exploité autour de Sainte-Blandine, Montagnieu, le passage est à l'Ouest de Saint-Didier).

Au Nord et Nord Est de Montagnieu, des puits captant les eaux de la molasse donnent les cotes 480 et 520. On rappellera que de l'autre côté de la vallée de la Bourbre, les collines dominant Saint-Ondras possèdent un niveau aquifère dont le toit se situe vers la cote 520 : il peut donc s'agir du même horizon.

X-B₁₆ - Secteur de Salérieu

Le lambeau de Glaciaire qui coiffe les sommets dispose d'un bassin versant trop faible, dans la mesure où la perméabilité est suffisante, pour fournir des quantités d'eau notables.

Ainsi, les puits dans ce secteur délaissent-ils le Glaciaire pour aller puiser l'eau à grande profondeur dans la molasse.

<u>Les puits :</u>	<u>mesure</u>	:	<u>N H</u>
	-20,00	:	410
	-46,55	:	410

Les sources :

Fontaine Laurent S35 : 405
Fontaine de la Balaine S34 : 385.

Deux niveaux aquifères se superposent apparemment aux 410 et 385. Les puits capteraient leur eau dans l'aquifère supérieur, qui donne naissance à la Fontaine Laurent : S35 (405).

La Fontaine de la Balaine (385) serait issue de l'aquifère inférieur, dont la cote rappelle celle que l'on trouve dans les secteurs de Saint-Clair, La Chapelle, (380) ou la Bâtie-Montgascon (390).

X-B₁₇ - Secteur de Montceau

Les mesures ont donné les profondeurs -26,25 m, et -12,20 m, ce qui implique la présence d'une nappe vers les cotes 445-450.

Plus au Nord, les mesures -5,50 m, -6,00 m et -15,10 m, correspondraient à une nappe située vers les cotes 380-90 m. La Fontaine du Rat S33, sort vers la cote 390.

Conclusion sur les secteurs compris entre Saint-André-le-Gaz, la Bâtie-Montgascon et Montceau

Le fait caractéristique à retenir est la constance sur toute cette région d'une ou plusieurs nappes, dont les toits évoluent entre les cotes 400 et 380.

D'autres niveaux aquifères les surmontent : 410 (Salérieu), 420 (Rochetoirin), 445-450 (Montceau).

X-B₁₈ - Secteur de Sérezin-de-la-Tour

Les aquifères se situeraient aux cotes 330 (mesure -9,05) et 350 (mesure -12,75).

X-B₁₉ - Secteur de Ruy

Réalisé le 4.9.73, un sondage SE2, sur le versant dominant Ruy, au Nord, a permis de relever quatre formations à résistivités différentes, interprétées comme suit, de haut en bas (cf. fig. p. 120)

résistivité en Ωm :	épaisseur en m :	désignation
= 270 :	m1 = 2,00 :	terre végétale
= 180 :	m2 = 3,60 :	glaciaire
= 360 :	m3 = 36,00 :	Pontien perméable
= 80 :	m :	Pontien imperméable

Ainsi, de même que dans le secteur de St-Claire-de-la-Tour, trouve-t-on 36 mètres de terrains apparemment très perméables (360) appartenant au Pontien.

La nappe a été repérée en quelques points aux cotes suivantes :

mesure	:	N H
-27,75	:	333
-29,65	:	335
-17,60	:	321

X-B₂₀ - Secteur de Bourgoin-Jallieu

Bien que quelques puits utilisent les réserves modestes superficielles du Glaciaire, la majorité est creusée profondément afin d'atteindre les niveaux perméables de la molasse.

L'eau est rencontrée à une cote de plus en plus basse, vers le Nord et le Nord Ouest, comme le montrent les mesures de terrain :

a) - <u>Les puits</u> :	mesure	:	N H
	-26,12	:	330
	-31,25	:	314
	-29,20	:	308
	-55,00	:	294

b) - Les sources :

elles apparaissent au pied du versant dominant Bourgoin-Jallieu, vers la cote 300 (S31 et S32).

X-B₂₁ - Autres points d'observation de ressources dans la molasse

- Le château de Quinsonnas (Nivolas-Vermelle) puisait son eau par l'intermédiaire d'un puits de trente mètres de profondeur, creusé dans la molasse (eau vers la cote 400 m).
- A Buffières, de forts débits s'écoulent de la molasse. On voit nettement l'eau suinter de lentilles sableuses.
- Au Eparres, si quelques puits utilisent les réserves du Glaciaire (mesures -2,80 m, -2,20 m), d'autres traversent pour aller chercher l'eau de la molasse qui se trouverait aux cotes 430, 420.
- A Tramolé, la molasse alimente quelques puits vers la cote 460 (mesure -17,30).
- Secteur de St-Agnin-sur-Bion : les aquifères sont rencontrés aux cotes 420 (mesures -12,40 m et -13,30 m aux Trappes) et 450 (mesures -13,00 m à St-Agnin, sources S29 et S30, souvent relevées sur la portion étudiée du bassin versant).

X-B₂₂ - Conclusion

- Cette campagne n'a pas permis de chiffrer des débits dans la molasse. Cependant, elle conduit aux résultats suivants :
 - un certain nombre de puits (exemple : Chabons, St-Victor-de-Cessieu recueillent des circulations de fissures dans une molasse indurée, ou dans des niveaux sableux, de faible extension. Un pompage trop soutenu épuise vite la réserve constituée dans le puits. Dans ce cas, on ne peut espérer des débits intéressants. Il va de soi qu'intervient la notion de bassin versant : plus la zone d'alimentation est vaste (ce qui n'est pas le cas pour beaucoup de collines aux versants escarpés), plus on a de chances de trouver des ressources notables dans la molasse ;
 - cependant, le Pontien peut présenter des épaisseurs importantes de terrains perméables aquifères. C'est ce qu'ont montré les deux sondages électriques faits, l'un près de St-Clair-de-la-Tour, l'autre au Nord de Ruy. Surmontant une molasse conductrice considérée comme substratum imperméable (70-80 Ωm) on trouve dans les deux cas 36 mètres d'une formation aquifère à perméabilité très intéressante chiffrée à 300 - 360 Ωm .
 - près de St-Clair, le seul fait que de nombreux puits profonds exploitent cette nappe en montrait déjà l'intérêt.
- D'autre part, les collines molassiques dominant Ruy fournissent un apport d'eau important aux marais de Bourgoin, dans le secteur de Mozas.
 - Dans ce cas, on peut s'attendre à extraire des débits notables.
 - Il semble que cette remarque puisse s'étendre aux secteurs de St-Agnin-sur-Bion et des Eparres, mais ceci n'est étayé par aucune mesure.
 - Enfin, le dernier exemple sera celui de la commune de Domarin, qui s'alimente grâce aux 500 l/mn que lui procure la molasse. (On prévoit de capter 200 l/mn supplémentaires).

X-C. - LE GLACIAIRE

Certains placages morainiques suffisamment vastes peuvent donner lieu à des ressources intéressantes, servant à alimenter les fermes (souvent par l'intermédiaire de sources), ou captées pour les besoins communaux.

Des nappes intéressantes ont été repérées dans les secteurs de Sainte-Blandine - Montagnieu - Le Passage, Doissin-Panissage (à l'Ouest de Panissage), Fitolieu, au Nord de Saint-Clair-de-la-Tour, dans les secteurs d'Écluse et Tramolé.

On rappellera l'importance de la paléomorphologie dans la formation des sources : les eaux sont collectées dans des talwegs fossiles remblayés par du Quaternaire où les circulations peuvent être importantes.

CHAPITRE XI - BILANS COMMUNAUX (réalisés en été 1973)

XI-A. - GENERALITES

- Politique initiale

le schéma directeur d'aménagement de la Ville Nouvelle, prévoyait une maîtrise des eaux de la totalité du bassin versant de la Bourbre. A court terme, était prévu le rattachement de toutes les communes du périmètre de la Ville Nouvelle (celles qui ont été étudiées dans ce chapitre) à un réseau commun. Il s'agissait de passer d'une grande quantité de petits captages à une seule réserve commune.

- Tendance actuelle

comme il a déjà été souligné dans le premier chapitre, si un programme à long terme est nécessaire comme fil directeur, des tendances nouvelles peuvent se faire jour, la matière de travail étant continuellement fluctuante. Ainsi, actuellement, on ne peut prévoir avec exactitude comment évoluera la Ville Nouvelle et il serait désavantageux en un premier stade, de prendre en charge toutes les communes.

Ainsi, une nouvelle politique de gestion des eaux apparaît-elle ; les ressources communales prennent une nouvelle importance. Certaines communes pourraient avoir à utiliser au mieux la capacité aquifère de leur territoire.

Plusieurs d'entre elles, comme l'Isle-d'Abeau, Frontonas, Saint-Savin, Ruy, se sont déjà orientées dans cette voie en accroissant leurs dispositifs de captage.

C'est dans cette optique que se situe la présente étude, dont le but est de définir la limite optimale d'autonomie de chaque commune, compte tenu des ressources dont elle dispose. L'échéance arrivée, deux solutions sont possibles : accroître le cubage journalier disponible ou se rallier au réseau Ville Nouvelle.

- Schéma de l'étude

la marche à suivre a été la suivante :

- 1 - Recensement des ressources communales : sources, pompages.
- 2 - Estimation de l'accroissement démographique dans chaque commune.
- 3 - Compte tenu des besoins par habitant envisagés, détermination du cubage d'eau journalier nécessaire.
- 4 - Estimation de l'accroissement estival de population.
- 5 - Calcul, pour diverses échéances, de la limite optimale admissible du nombre d'habitants dans les communes, compte tenu des ressources disponibles.

- Remarques

- ce sont, les débits minimums, dans le cas de sources, qui sont pris en compte.
- dans tous les calculs de débits disponibles, afin de tenir compte des pertes dues au réseau de distribution, une marge de 20% sur le débit total a été soustraite.
- il peut arriver que le bilan soit optimiste dans certains cas : en effet, il est une image de ce qui est possible si les ressources disponibles sont utilisées en totalité. Cela implique une exploitation maximale des dispositifs de captage et donc un réseau de distribution et des réservoirs adaptés au débit extrait.

En cas de difficultés prématurées, la commune aurait deux choix :

- améliorer la qualité de son réseau d'adduction en rapport avec les débits dont elle dispose ;
- ou se rattacher au réseau de la Ville Nouvelle.

XI-B. - BILANS DES RESSOURCES COMMUNALES

Pour plus de netteté, ce paragraphe, de même que le suivant, est présenté sous forme de tableau.

communes	sources	pompages	Q min	Q max	débit journalier minimum disponible en m ³ /j	80 % de Q en m ³ /j
BOURGOIN-JALLIEU	Réseau Jallieu (1) Malavent (2) des Fontaines	(1) Pré Bénit (2) Landousse	5 l/s	11 l/s	432	346
			0,5 l/s	0,7 l/s 1x100m ³ /h 1x 80m ³ /h	43 2160	34 1730
Réseau Bourgoin	(1) Le Vernay (2) Les Trappes (3) La Grive	Le Vernay	50 l/s	100 l/s	4320	3456
			2,5 l/s 1,5 l/s	4,6 l/s 6,6 l/s 1x250m ³ /h	216 130 6000	173 104 4800
					Total	12083
Domarin	5 sources		8,3 l/s (+3,3 l/s) prévus		720 (+288)	total actuel 576 (+230) total prévu 806
Saint-Savin	(1) Verclot (2) Brézet	1 station	1,5 l/s	2,8 l/s	130	104
			1 l/s	2,7 l/s 2x7m ³ /h	86 168	69 135
					Total	308
Ruy	Charlan	(1) Vie Etroite (2) Pompage récent	4,6 l/s	2x25m ³ /h	408 600	326 480
				2x70m ³ /h	ancien Total 1680	806 1344
					Nouveau total	2150
Syndicat des eaux : Vénérieu		1 station		1x60m ³ /h	800	640
St-Marcel-Bel-Accueil	Loras	(1) son de Loras (2) apport de Vénérieu	0,3 l/s	0,8 l/s	26	21
				2x2m ³ /h	48	38
St-Hilaire-de-Brens		Apport de Vénérieu			total	699
Isle-d'Abeau		(1) 1 station (2) forage récent		2x25m ³ /h	600	480
				2x40m ³ /h	960	770
					total	1250

XI-B. - Bilans des ressources communales (suite)

communes	sources	pompages	Q min.	Q max.	débit journalier minimum disponible en m ³ /j	80 % de Q en m ³ /j
St-Alban-de-Roche	(1) les Vernes (2) Montsire (3) le Manin		2,5 l/s	3,3 l/s	216	173
			2 l/s	2,5 l/s	173	138
			1,4 l/s	2,5 l/s	121	97
					Total	408
Four	plusieurs petites sources		3,3 l/s		288	230
					Total	230
Roche	(1) Pisserote (2) Pignard	1 station	3,3 l/s	2x25m ³ /h	288	230
			3,3 l/s		288	230
					600	480
				total	940	
Vaulx-Milieu	(1) les 3 eaux (2) Etang Neuf	1 station	1,15 l/s	1,6 l/s	100	80
			0,32 l/s	0,5 l/s	28	22
				2x25m ³ /h	600	480
				total	582	
Villefontaine	1 source	1 station	0,4 l/s	2x7m ³ /h	36	29
					168	134
				total	163	
La Verpillère	St-Bonnet	St-Bonnet-de-Roche	10 l/s	21 l/s	864	691
					2400	1920
					total	2611
St-Quentin-Fallavier		1 station		2x60m ³ /h	1440	1150
					total	1150
Grenay	Rajat	1 station	0,6 l/s	2x15m ³ /h	52	42
					360	288
				total	330	
Satolas-et-Bonce		1 station		2x20m ³ /h	480	384
					total	384
Chamagnieu		1 station		2x20m ³ /h	1200	960
				1x30m ³ /h	total	960
Panossas (alimente Chozeau)		1 station		2x20m ³ /h	480	384
					total	384
Frontonas	1 source	(1) 1 station	0,17 l/s	2x40m ³ /h	14	11
					960	770
					ancien total	781
			Un forage récent a porté le potentiel aquifère communal à 80 m ³ /h		1920	1536
					total actuel	1536

XI-C. - ETUDE PROSPECTIVE

Le paragraphe précédent s'est borné à un simple recensement. Il s'agit maintenant de prévoir le devenir des besoins communaux. La question posée est la suivante : jusqu'à quelle date optimale, les ressources de telle commune pourront suffire, compte tenu de la croissance démographique et des besoins en eau journaliers prévus. Le schéma de l'étude ci-après a été résumé au paragraphe XI-A.

Pour parvenir à des prévisions, il a été nécessaire de faire les hypothèses de bases suivantes :

Année	1968	1973	1975-1976	1982-1985
Besoin en eau journalier par habitant	300 l	350 l	400 l	600 l

Etude de cas particuliers : comment utiliser le tableau (cf. Pl. 54, Pl. 55)

1°/ Commune de Satolas-et-Bonce

Elle est le type de commune qui actuellement connaît des difficultés d'alimentation en eau potable en été, alors qu'elle peut se suffire à elle-même en hiver (alimentation par une station de pompage).

Ligne 1 : la population recensée en 1968, était de 718 habitants (hb) ; on en estime 870 en 1975-1976 et 926 en 1982-1985.

Ligne 2 : si 400 l seront nécessaires par jour et par habitant en 1975-76, 870 habitants auront besoin de 348 m³/jour.
De même en 1982-85 (600 l/hb/j), 556 m³/j seront nécessaires pour alimenter 926 habitants.

Ligne 3 : la commune dispose de 384 m³/j

- en 1973, pour une consommation de 350 l/hb/j, la commune peut recevoir 1098 habitants.
- en 1975-76 (400 l/hb/j), elle ne peut plus en alimenter que 960, etc.

Ligne 4 : en hiver : en 1975-76, la population est prévue à 870 hb. Or, la commune peut en alimenter 960. Ce qui signifie qu'en 1975-76, les ressources de Satolas-et-Bonce, seront suffisantes pour alimenter la population hivernale.

Par contre, en 1982-85, la population prévue est de 926, tandis que la capacité communale n'est plus que de 640 la commune ne se suffit plus à elle-même. Ainsi a-t-on tracé la limite optimale d'autonomie entre 1975-76 et 1982-85.

en été :

- en 1973, si l'on estime à +200 hb, l'accroissement de population, la population totale de la commune atteint 970 hb en été, ce qui est inférieur à la capacité communale (1098).
- par contre, en 1975-76, la population estivale supérieure à 970 hb, dépasse la capacité communale qui n'est plus que de 960 hb.

Ainsi, en été, la limite optimale d'autonomie de la commune se situe entre 1973 et 1975-76.

Conclusion

La commune de Satolas-et-Bonce devrait connaître des difficultés sérieuses d'alimentation entre 1973 et 1975-76

2°/ Commune de l'Isle-d'Abeau

C'est le cas d'une commune qui a accru ses ressources en eau. Elle disposait auparavant de 480 m³/j, ce qui plaçait la limite optimale d'autonomie entre 1973 et 1975-76.

Un récent forage (début 1973) a fourni 40 m³/h supplémentaires, soit 770 m³/j ; (80 % du débit réel). Mais il ne permet de repousser la limite optimale d'autonomie qu'entre 1975-76 et 1982-85, car la commune à ce moment-là, ne pourra pas soutenir l'accroissement de population de 2 620 hb à 9 930 hb ; dû à l'implantation de la Ville Nouvelle.

Nota : les chiffres correspondant à l'ancien cubage journalier sont mis entre parenthèses dans le tableau.

BILANS COMMUNAUX

Pl. 54

PROSPECTIVE

communes ▼	Année	1968	1973	1975-76	1982-85
	Nombre de litres co.sommés par jour par habitant	300	350	400	600
BOURGOIN- JALLIEU 12.083 m ³ /j	Nombre d'habitants ①	20.642		27.450	30.950
	mètre cubes d'eau journaliers nécessaires ②			10.980	18.570
	capacité communale en habitants ③			30.208	20.138
	population en été ④			< 30.200	
DOMARIN 576 m ³ /j	①	553		780	830
	②			312	498
	③			1.140	960
	④		≈ cte	600	700
SAINT-SAVIN 308 m ³ /j	①	1.600		1.940	2.065
	②	480	560	640	960
	③	1.027	880	770	513
	④				
RUY (806) m ³ /j 2.150 m ³ /j	①	1.402		1.849	1.968
	②			740	1.180
	③			(2.015) 5.375	(1.343) 3.583
	④				
SYNDICAT DES EAUX : Vénérieu St Marcel-bel-Accueil St Hilaire-de-Brens 699 m ³ /j	①	1.309		1.296	1.904
	②			518	1.142
	③		1.997	1.748	1.165
	④		≈ 2.000	> 2.000	
ISLE-d'ABEAU (480) m ³ /j 1.250 m ³ /j	①	725		2.260	9.930
	②			1.048	5.953
	③		(1372)	(1200) 3.125	(800) 2.083
	④		≈ 900		
SAINT-ALBAN- de-ROCHE 408 m ³ /j	①			1.120	2.067
	②	944		448	1.240
	③		1.166	1.020	680
	④		≈ 1.000		

communes ▼	Année	1968	1973	1975-76	1982-85
	Nombre de litres consommés par jour par habitant	300	350	400	600
FOUR 223 m ³ /j	Nombre d'habitants ①	565		685	730
	mètres cubes d'eau journaliers nécessaires ②	170		270	365
	capacité communale en habitants ③	743	637	558	372
	population en été ④		≈ 930		
ROCHE 940 m ³ /j	①	866		6.125	9.695
	②			2.450	5.818
	③		2.686	2.350	1.567
	④		≈ 1.000		
VAULX-MILIEU 582 m ³ /j	①	641		2.480	10.530
	②			992	6.318
	③		1.662	1.455	970
	④		≈ 750		
VILLEFONTAINE 163 m ³ /j	①	452		11.200	15.245
	②	136		4.480	9.147
	③	543	465	408	272
	④		≈ 500		
LA VERPILLERE 2.611 m ³ /j	①	2.440		4.915	5.690
	②			1.966	3.414
	③			6.528	4.352
	④			≪ 6.000	
St QUENTIN FALLAVIER 1.150 m ³ /j	①	1.860		3.910	14.060
	②			1.564	8.436
	③		3.285	2.875	1.917
	④		≈ 2.000		
GRENAY 330 m ³ /j	①	490		594	632
	②			238	379
	③		942	825	550
	④		< 600		
SATOLAS-ET-BONCE 384 m ³ /j	①	718		870	926
	②			348	556
	③			960	640
	④		≈ 970	> 970	

communes ▼	Année	1968	1973	1975-76	1982-85
		Nombre de litres consommés par jour par habitant	300	350	400
CHAMAGNIEU 960 m ³ /j	Nombre d'habitants ①	529		533	556
	mètre cubes d'eau journaliers nécessaires ②			213	334
	capacité communale en habitants ③			2.400	1.600
	population en été ④				
PANOSSAS 384 m ³ /j alimente CHOZEAU	①	166		201	214
	②			80 (reste: 304)	128 (reste: 256)
	③			960	640
	④				
FRONTONAS 1.536 m ³ /j	①	711		861	916
	②			344	550
	③			3.840	2.560
	④		± 900		

3°/ Commune de Roche

Elle dispose de 940 m³/j, actuellement.

Cette commune ne pourra pas supporter la brutale augmentation de population provoquée par le développement de la Ville Nouvelle (passage de 866 hb en 1968 à 6 125 hb en 1975-76) et sa limite optimale d'autonomie se situe entre 1973 et 1975-76.

4°/ Commune de Chamagnieu

Elle dispose de 960 m³/j. A l'inverse de Roche, qui possède pourtant des ressources équivalentes, cette commune pourra se suffire à elle-même au-delà de 1982-85. Le territoire n'est en effet pas compris dans le périmètre d'urbanisation de la Ville Nouvelle et ainsi son développement démographique sera-t-il très faible (on prévoit 3 % par an) au cours des prochaines années.

5°/ Commune de Saint-Savin

Déjà en 1968, elle ne se suffisait pas à elle-même avec ses 308 m³/j. Le complément en eau lui est fourni par la commune de Bourgoin-Jallieu. Récemment des débits supérieurs obtenus ont ~~sensiblement~~ amélioré la situation.

6°/ Commune de Panossas

Elle n'utilise qu'une petite partie de ses ressources ; le reste suffit largement à alimenter la commune voisine de Chozeau.

7°/ Commune de Frontonas

Elle connaissait des difficultés d'alimentation (puits mal situé, souvent pollué et donnant de faibles débits en été). Grâce à un récent forage effectué par la Ville Nouvelle les ressources communales ont été doublées (80 m³/h) ce qui repousse la limite optimale d'autonomie de la commune au-delà de 1985.

Remarque

La Ville Nouvelle doit provoquer une augmentation très forte de population sur des territoires communaux tels que Saint-Quentin-Fallavier, La Verpillère, Roche, Villefontaine, Four, Vaulx-Milieu, St-Alban-de-Roche, l'Isle-d'Abeau, qui

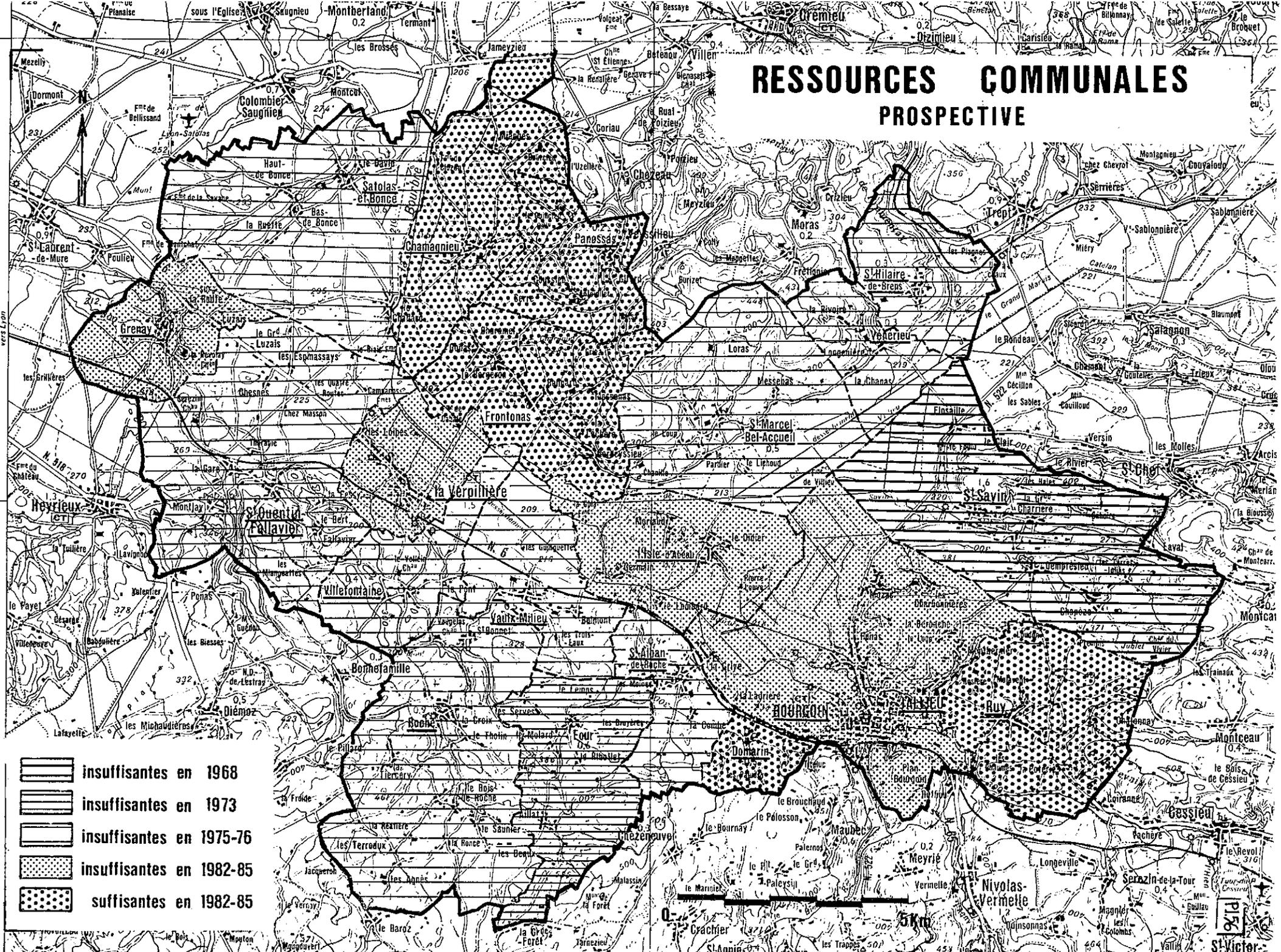
ne disposeront plus alors des réserves en eau suffisantes. Mais à ce moment-là, ces communes pourront éventuellement être rattachées au réseau de la Ville Nouvelle.

XI-D. - CONCLUSION

Une carte a été dressée afin de résumer tous les résultats précédents, les groupant sous forme de quatre classes :

- 1 - Ressources insuffisantes en 1973 (Four).
- 2 - Ressources suffisantes en 1973, mais insuffisantes en 1975-76 (9 communes : Vénérieu, Saint-Marcel-Bel-Accueil, Saint-Hilaire-de-Brens, Saint-Alban-de-Roche, Roche, Vaulx-Milieu, Villefontaine, Saint-Quentin-Fallavier et Satolas-et-Bonce).
- 3 - Ressources suffisantes en 1975-76, mais insuffisantes en 1982-85 (4 communes : Bourgoin-Jallieu, Isle-d'Abeau, La Verpillère, Grenay).
- 4 - Ressources suffisantes en 1982-85 (5 communes : Domarin, Ruy, Chamagnieu, Panossas, Frontonas).

RESSOURCES COMMUNALES PROSPECTIVE



-  insuffisantes en 1968
-  insuffisantes en 1973
-  insuffisantes en 1975-76
-  insuffisantes en 1982-85
-  suffisantes en 1982-85

CHAPITRE XII

On ne peut achever ce travail sans un regard vers l'avenir. La Ville Nouvelle disposant d'un vaste champ d'expérimentation se doit d'être un "laboratoire" ; en ce sens plusieurs projets sont à l'étude.

XII-A. - LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE D'ABEAU ET LE PROBLEME DE L'EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES

La pollution crée actuellement des risques à l'échelle planétaire, aussi les techniciens se doivent de faire un choix rigoureux parmi les moyens de lutte qui leur sont offerts. En effet, prendre une mauvaise voie se solde par un retard qui risque d'être fatal au succès de l'entreprise. Le problème de l'épuration des eaux est typique à cet égard : les techniques utilisables sont nombreuses, mais les enquêtes ont montré que bien peu d'installations sont capables, en pratique, de produire un effluent suffisamment épuré pour être rejeté sans danger dans le milieu naturel.

Ainsi, sont nécessaires des traitements complémentaires dits "tertiaires", afin de parvenir à une épuration complète, en particulier sur le plan bactériologique.

La technique de lagunage des eaux résiduaires par bassins de stabilisation est une solution économique au problème, de plus en plus utilisée car elle met en œuvre une technologie simple. La lenteur des processus d'épuration est un inconvénient qui nécessite l'utilisation de vastes surfaces. En revanche, ils respectent le rythme des phénomènes biologiques (au lieu de leur substituer des processus accélérés, concentrés dans un espace restreint et nécessitant un appareillage complexe et une forte dépense d'énergie) en utilisant l'énergie naturelle et cela leur confère une grande efficacité.

Au confluent de la Bourbre et du Cztelan, existent d'anciens bassins d'exploitation de tourbe, qui devraient constituer un milieu biologique riche, favorable à une expérience de lagunage. Les eaux usées, partiellement traitées dans des stations d'épuration seraient dirigées vers les tourbières aménagées en bassins de stabilisation.

En conclusion, à une époque où les procédés artificiels accélérés condamnés par certains auteurs car ils modifient brutalement les équilibres naturels ("technologies dures"), sont utilisés de façon systématique, il est heureux de voir que la Ville Nouvelle qui se veut "antipollution", s'oriente vers les "technologies douces" (soft technology), en accord avec les rythmes naturels.

XII-B. - LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE -D'ABEAU ET LE PROBLEME DE L'IMPERMEABILISATION DES SOLS

L'urbanisation croissante entraînant l'imperméabilisation de surfaces de plus en plus étendues, il y a risques d'épuisement progressif des réserves souterraines. Pour pallier cet état de chose, il est nécessaire de pratiquer une politique de réinjection systématique des eaux de surface, afin de recharger les nappes,

Près de Saint-Quentin-Fallavier, dont la vallée étroite de Sérezin, les formations fluvio-glaciaires ont des perméabilités extrêmement élevées, telles que le cours d'eau empruntant ce talweg, s'infiltrer totalement dans les terrains sous-jacents après un bref parcours. Cette constatation a conduit à retenir le site, dans le cadre d'un projet de recharge de la nappe du Fluvio-glaciaire. Les eaux collectées seraient stockées dans un bassin de décantation avant d'être dirigées vers des bassins d'infiltration. Mais il ne peut être question d'utiliser des eaux polluées.

Un exemple de technologie mis au point dans le cadre de la Ville Nouvelle a été réalisation d'une bouche d'engouffrement sélective permettant d'évacuer vers le réseau "eaux usées" le premier flot d'orage pollué et de restituer le gros de la pluie au milieu naturel (on le dirigera vers les dispositifs d'infiltration) - Brevet J. DUEUS - THOMASSET.

Le système séparateur se met en action à chaque recrudescence de l'averse qui entraîne un accroissement du débit affluant vers la bouche et l'arrivée de nouvelles "bouffées" polluées successives. Des essais ont été réalisés pour différents débits.

Un tel dispositif a l'avantage de minimiser au maximum les quantités d'eau pluviale rejetées vers l'écoulement de surface et qui sont perdues pour l'écoulement souterrain.

XII-C. - LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE D'ABEAU ET LA TELESUPERVISION

On dit de l'Isle-d'Abeau qu'elle sera la "ville de l'Informatique, de la télésupervision" : ce paragraphe a pour but de préciser les implications d'une telle définition.

La télésupervision consiste en un réseau à maille suffisamment serrée pour permettre la coordination et le bon fonctionnement de la ville. Des capteurs placés aux points actifs, collectent des informations qui sont fournies à un ordinateur, classées et traitées par lui.

L'intérêt d'un tel système de gestion intégrée se justifie surtout par une grande amélioration de certains équipements publics et privés et par une recherche systématique de la sécurité. En cas d'incident, le contrôle continu des points actifs permet une mobilisation instantanée des moyens défensifs par télécommande, ce qui prémunit la ville contre les catastrophes que l'on voit se produire dans les villes traditionnelles (incendies, fuites de gaz ou d'eau, pollution de l'eau potable, etc.), de plus, on parvient à une optimisation sur les opérations courantes (contrôle de la circulation routière, pompage et distribution d'eau de surface dans les nappes, etc.) par une réduction de la lourdeur administrative, des coûts en personnel et des gaspillages divers.

L'installation globale, de coût élevé, ne se justifie pas dès l'abord. Cependant, il faut envisager l'an 2 000 et prévoir les installations successives. Le coût d'une telle opération est difficilement chiffrable, car il varie surtout en fonction de la longueur des réseaux. Au niveau du premier quartier (1975-76) on l'a évalué à environ 3 millions de francs.

Ce système sera constitué autour d'une "banque de données", (banque de données souterraines, fichier foncier, fichier administratif, etc.) permettant de disposer automatiquement des renseignements.

CONCLUSIONS

Ainsi l'utilisation de la télésupervision devrait-elle assurer une sécurité de fonctionnement et une continuité du service, qui n'existent pas actuellement.

Dans l'avenir, il est clair que la gestion du réseau se compliquera, justifiant d'autant le choix d'un ordinateur.

Le besoin en eau étant vital pour la population et l'industrie, il importe d'éviter la pénurie à long terme, de conserver une bonne qualité de l'eau, de lutter contre la pollution.

Dans cette optique, les éléments fondamentaux du système de télésupervision sont les suivants :

- 1 - recensement et gestion des ressources en eau ;
- 2 - distribution de l'eau potable ;
- 3 - traitement des eaux usées et eaux de surface (ruissellement).

Il s'agit en effet :

- de ne déverser à l'aval que des eaux suffisamment épurées pour pouvoir se régénérer rapidement de façon naturelle ;
- de contrôler et maintenir le niveau des nappes phréatiques, menacées par l'imperméabilisation des sols consécutive à l'urbanisation ;

CHAPITRE XIII - CONCLUSION GENERALE

1°/ Le bassin de la Bourbre servant de cadre à la future ville nouvelle de l'Isle-d'Abeau, cette thèse a pu bénéficier :

- d'un bon nombre d'études dont le but était la localisation des ressources exploitables, l'évaluation des débits disponibles et la protection des aquifères ;
- de données brutes non exploitées, relevées sur le site de la ville nouvelle et accumulées depuis plusieurs années ; les mesures ont été poursuivies au cours de ce travail et sont restées ininterrompues depuis.

C'est pourquoi nous avons présenté en ordre logique les résultats déjà obtenus avant notre intervention et ceux résultant de l'utilisation des données non encore exploitées. Nous avons essayé d'élargir le champ d'expérimentation par quelques études personnelles à différentes échelles sur le bassin versant : étude piézométrique de la plaine de Saint-Quentin-Fallavier, étude de la molasse dans la partie amont du bassin, étude du marais du Catelan, bilans communaux.

L'ensemble de ces travaux avait pour objet d'améliorer la connaissance des aquifères du bassin versant et spécialement des ressources dans le Quaternaire, la "molasse", les calcaires jurassiques.

2°/ Les observations géologiques montrent que l'on peut envisager de diviser grossièrement le bassin versant de la Bourbre en deux ensembles : une partie amont, essentiellement molassique et à faible recouvrement quaternaire, où le ruissellement est prépondérant et une partie aval comprenant les zones basses où le Quaternaire est très développé et l'infiltration forte.

Cet ensemble reçoit une pluviosité abondante et régulièrement répartie tout au long de l'année (970 mm pour l'année moyenne, dont 21,81 % en hiver, 22,99 % au printemps, 24,79 % en été et 30,39 % à l'automne). De ce fait, les conditions d'évapotranspiration potentielle sont en général réalisées ($E_r = E_p$), sauf pour l'année centenaire sèche où il y a risque de déficit.

L'évapotranspiration réelle est élevée (669 mm annuellement à Bourgoin) et atteint les 2/3 de la pluviométrie, selon THORNTHWAITE. Ceci peut s'expliquer par l'abondance du couvert végétal, les vastes étendues marécageuses des zones basses où la nappe affleure, les températures élevées des mois d'été, etc.

Le bilan hydrologique est en moyenne équilibré d'une année à l'autre ; ainsi est-on en présence d'un bassin versant bien alimenté dont la végétation, luxuriante pendant les mois d'été, et les cultures disposent à peu près en permanence de la quantité d'eau nécessaire à leur croissance (cf. THORNTHWAITE) ; le mois d'août est déficitaire (13 mm pour l'année moyenne) mais les pluies d'automne compensent en général la pénurie.

D'autre part, les réservoirs alluviaux quaternaires des zones basses constituent d'importants accumulateurs d'eau, qui redistribuent celle-ci de façon homogène et continue durant l'année. Ainsi le réseau hydrographique subit-il de faibles variations saisonnières et Bourbre et Catelan conservent toujours des débits relativement élevés.

Lorsque la perméabilité des aquifères quaternaires est suffisante, des débits importants peuvent en être extraits par pompage. Les essais réalisés ont donné un débit spécifique de $310 \text{ m}^3/\text{h}$ à la Ronta.

La campagne générale de prospection géophysique effectuée par GPGF, a permis d'étudier le Quaternaire et de localiser les zones perméables. On les rencontre surtout dans les alluvions contemporaines formant terrasse au-dessus de la Bourbre et du Catelan, dont les alluvions, dites "récentes", sont par contre conductrices et ainsi peu perméables... Il existe une exception toutefois, dans l'étroit de Satolas, où les "alluvions récentes" délavées lors de la débâcle glaciaire, présentent des perméabilités exceptionnelles.

3°/ Parmi les critères retenus dans le choix du site d'implantation d'une ville nouvelle, le problème de l'alimentation en eau potable n'est pas toujours considérée a priori comme primordiale. On peut en effet envisager de trouver une solution au problème, en s'éloignant de la zone à alimenter et en choisissant de traiter les eaux de surface dans la mesure où les ressources souterraines seraient insuffisantes.

L'hydrogéologue n'est donc pas placé dans les conditions les plus favorables mais doit agir avec ce qui lui est imposé quant au site ou à l'utilisation de certains secteurs pourtant favorables, à des fins autres qu'hydrogéologiques.

Pour tenir compte des problèmes financiers, on est cependant amené dans une première étape à envisager les solutions les plus économiques, et les solutions plus élaborées n'interviendront qu'ultérieurement. On utilisera donc les ressources proches de préférence aux ressources lointaines.

Dans cet esprit, et lors d'une première phase d'étude, la ville nouvelle n'étant encore sur le terrain qu'à l'état d'embryon, l'hydrogéologue doit évaluer les ressources les plus proches des centres d'urbanisation, les plus aisément repérables et accessibles et nécessitant le minimum de traitements et adductions.

Sur le bassin versant de la Bourbre, divers moyens d'investigation (prospection géophysique, forages mécaniques, essais de pompage) ont permis de porter le choix vers certains secteurs du Quaternaire.

Le puits de pompage de la Ronta - les Loups créé à la suite de ces études, servira, en un premier temps à alimenter les premiers quartiers de la ville nouvelle ainsi que sa zone industrielle.

Le secteur de Satolas, plus distant, devrait devenir la zone de captage principale dans le futur. Ainsi le Quaternaire pourrait-il suffire à fournir l'eau nécessaire à la ville nouvelle, dans la mesure où serait mise en œuvre une politique de réalimentation artificielle systématique des nappes, menacées par l'imperméabilisation des sols, et une utilisation des eaux de surface propres (Catelan et lac de Bourgoin).

Nous avons constamment cherché à replacer les études, ponctuelles, des points de captage, dans le cadre plus général du bassin versant de la Bourbre et à dresser l'inventaire des différents aquifères afin d'avoir une vue à long terme des ressources globales du bassin versant, car même si l'on envisage de réaliser des réinjections dans certaines formations, on ne doit pas "geler" une situation en fonction des données du moment.

Seule une vue d'ensemble peut permettre d'établir un programme d'exploitation à longue échéance qui est nécessaire mais celui-ci devra être suffisamment souple pour ne pas bloquer d'éventuelles solutions nouvelles qui peuvent apparaître dans l'avenir et qui sont nombreuses.

Si pour l'hydrogéologue, l'utilisation de l'eau du Rhône doit être rejetée car elle nécessite d'importants travaux d'adduction et ne présente pas de garanties suffisantes du point de vue qualitatif, on ne peut l'abandonner définitivement car les méthodes de traitement des eaux peuvent devenir plus économiques et plus sûres.

De même les études réalisées ont fait apparaître l'opposition qui existe entre les aquifères superficiels considérables du Quaternaire, facilement exploitables et les aquifères profonds, difficilement accessibles et difficilement contrôlables qualitativement (calcaires karstiques), ou à faible rendement (molasse), ou de mauvaise qualité (eaux artésiennes ferrugineuses de Vernay-Coiranne).

Même si les coûts d'exploitation de ces ressources profondes peuvent être actuellement prohibitifs, on ne peut les écarter irrémédiablement ; les conditions futures décideront si l'on doit leur porter une attention plus grande. D'ailleurs certains secteurs utilisent dès à présent, pour leurs besoins communaux, les eaux des calcaires (Crémieu) ou de la molasse (Domarin).

La campagne des relevés piézométriques sur le haut-bassin de la Bourbre a montré que la molasse comportait différentes nappes perchées subhorizontales, vraisemblablement discontinues, ceci étant dû à des variations de lithologie et de consolidation dans le sens horizontal et vertical. Ce pourront être de petites nappes sans grand intérêt ne délivrant que de faibles débits (Doissin - Vaulx - Bizonnes), ou des nappes apparemment notables dans les cailloutis pontiens (St-Clair-de-la-Tour, Ruy, etc.).

On ne peut négliger ces ressources, qui pourraient peut-être dans le futur servir d'appoint dans le cadre d'alimentations communales, sous réserve que la minéralisation ne soit pas trop élevée.

La molasse jouant le rôle de substratum imperméable vis-à-vis du Quaternaire sus-jacent, la paléomorphologie sera primordiale lors de recherches d'eau : en effet, les eaux issues de la "molasse" et du Glaciaire se regroupent dans des talwegs fossiles entaillés dans la molasse (il sera possible d'en repérer le tracé par prospection géophysique) qui, bien que remblayés

par du Quaternaire, donnent lieu à des circulations parfois importantes. Lorsque les exutoires se localisent dans des cuvettes colmatées par des argiles glaciaires, des étangs existent.

Dans le cas particulier du remplissage alluvial de Vernay-Coiranne, la nappe superficielle, d'où sera extraite une partie de l'eau potable de la Ville-Nouvelle, appartient aux formations fluvio-glaciaires quaternaires ; des terrains argileux ("substratum conducteur" de la prospection géophysique électrique) lui tiennent lieu de mur imperméable et il semble qu'il faille les attribuer au Miocène, d'après les essais de datation effectués sur des échantillons prélevés à cet endroit (ce serait un Miocène de type deltaïque, Pontien tardif ?) ; la nappe artésienne ferrugineuse de Coiranne est donc contenue dans le Miocène. Ainsi, il semble bien que l'on retrouve ici la disposition classique, observée sur tout le bassin versant, d'un "Quaternaire relativement perméable vis-à-vis d'un Tertiaire jouant le rôle de substratum imperméable et comportant des nappes captives".

Les ressources en eaux souterraines du bassin de la Bourbre sont importantes et variées. Il faut à ce propos signaler que la politique initiale de l'eau à la mission d'étude de la ville nouvelle prévoyait une main-mise dès le départ sur les eaux de la totalité du bassin de la Bourbre, dans un but de gestion et de protection du capital aquifère, les communes proches du site de la ville devant se rallier à un "réseau ville nouvelle" unique, mais les conditions ont évolué depuis lors. Il serait en effet dans l'état actuel des choses impensable, car trop onéreux compte tenu du faible nombre d'habitants destiné à occuper les premiers quartiers naissants, de prendre en charge globalement l'alimentation en eau de toutes les communes du site.

On accorde donc actuellement beaucoup de place aux ressources communales et c'est dans cet esprit que s'est inscrite l'étude des "bilans communaux", chaque commune devant utiliser au maximum les possibilités aquifères de son territoire. Les communes de Frontonas, l'Isle-d'Abeau, Ruy, par exemple, ont déjà évolué en ce sens.

4°/ Il faut enfin insister sur l'intérêt méthodologique présenté par certains aspects de nos recherches.

a) - Etude du marais du Catelan par la méthode des résistivités

Des mesures de résistivité avant et après pluie, à différentes époques de l'année, ont permis de mettre en évidence des zones d'apports résistants occultes en bordure du marais. Certains de ces apports sont issus des calcaires de l'Isle-Crémieu entre Saint-Marcel-Bel-Accueil et Trept, d'autres de la molasse entre Mozas et le Rondeau. A leur abord, la résistivité des eaux du marais est nettement supérieure à la moyenne observée sur l'ensemble de la plaine.

Une campagne estivale a fait apparaître deux faits nouveaux :

- le long de l'Isle-Crémieu, les résistivités ont chuté pour devenir comparables à la moyenne relevée sur l'ensemble du marais : on en a déduit que les apports résistants issus des calcaires ont cessé ;
- aux abords du domaine molassique les résistivités sont demeurées très fortes, ce qui semble indiquer une continuation des apports, même en été.

On peut penser que les débits venus des calcaires, fissurés ou karstiques, perméables "en grand", sont relativement importants, si bien que lorsque les calcaires ne sont plus alimentés en période de sécheresse, leur vidange est rapide et les sources occultes sous-alluviales tarissent vite ; ainsi en été tout apport cesse vers le marais.

A l'inverse, on peut envisager des débits plus réduits en provenance de la molasse sableuse ou caillouteuse, perméable "en petit", si bien que le ressuyage des réserves de la molasse se fait progressivement et qu'elles sont toujours suffisantes en été pour alimenter les alluvions du marais.

Ainsi, compte tenu des hypothèses précédentes, le marais paraît-il recevoir en hiver des débits importants de la part des calcaires et des débits plus faibles de celle de la molasse ; en été, par contre seuls subsistent les faibles débits de la molasse.

Autrement dit, l'alimentation en provenance des calcaires semble être forte mais temporaire, tandis que celle de la molasse paraît plus modérée mais permanente.

La méthode d'étude des résistivités des eaux apporte donc la preuve de son intérêt et de son efficacité dans le cas difficile d'étude de zones marécageuses.

b) - Une autre méthode spécifique intéressante a été mise en œuvre (J. DUBUS) lors de l'étude de la nappe fluvio-glaciaire de Saint-Quentin-Fallavier - La Verpillère (cf. chapitre IX)

La méthode utilisée dite "méthode de mise à la masse" consiste en des injections de saumure dans la nappe, par l'intermédiaire de piézomètres et, grâce à un dispositif de géophysique électrique, en des mesures des variations de potentiel provoquées par le déplacement du nuage conducteur. Ainsi en chaque point (piézomètre d'injection) la propagation du nuage de saumure, donc de l'eau de la nappe, a pu être représentée par le moyen de "vecteurs-vitesse", pour chaque direction en grandeur et en sens.

Cette expérience a permis d'affiner la carte de nappe qui avait été tracée d'après les relevés piézométriques et de préciser certains points litigieux, ce qui s'avère particulièrement intéressant pour l'implantation d'ouvrages de captage nouveaux et la protection de ceux qui sont déjà en place.

Pour conclure, nous voudrions insister sur le fait qu'une étude hydrogéologique du bassin versant de la Bourbre n'a été possible que par l'emploi de nombreuses méthodes de reconnaissance et d'analyses parfois indirectes.

Le peu d'affleurements et la complexité de la structure géologique du sous-sol, imposent le recours aux méthodes de prospection géophysique et à la reconnaissance directe mais forcément limitée par les sondages mécaniques.

L'ensemble des études mises en œuvre nous a permis non seulement de mieux connaître les ressources en eau du bassin étudié mais de mieux comprendre sa structure profonde dans un certain nombre de secteurs. Nous pensons que c'était là un point essentiel, car l'hydrogéologue ne peut définir le volume des réserves en eau, leur origine, leur mode de circulation et les conditions de leur exploitation que s'il connaît bien leur "contenant".

La diversité des méthodes mises en œuvre n'avait pour autre but que de progresser vers cette vue d'ensemble, encore trop imparfaite mais utile, nous l'espérons, pour l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

- ARLERY (R.), GARNIER (M.), LANGLOIS (R.), 1955. - "Application des méthodes de THORNTHWAITE à l'esquisse d'une description agronomique du climat de la France". - Direction de la Météorologie N^{le}.
- ASTIER (J.L.), 1971. - "Géophysique appliquée à l'hydrogéologie". - Ed. Masson.
- BABOLA, 1967. - "Etude d'un climat local : l'aire délimitée par Montluel, Décines, Bourgoin, Heyrieux".
- BARBIER (R.), 1953. - "Une curieuse forme d'érosion : les entonnoirs d'ablation".
Trav. lab. Géol. Univ. Grenoble, t. 30, p.183-188.
1959. - "Sur l'existence d'entonnoirs d'ablation en pays granitique au Brésil".
Ibid., t. 35, p. 27-30.
- BARBIER (R.), GIGNOUX (M.), 1955. - "Géologie des barrages et des aménagements hydroélectriques". Ed. Masson.
- BENEVENT (E.), 1926. - "Le climat des Alpes françaises". Thèse.
- BOGOMOLOV (G.), 1962. - "Hydrogéologie et notions de géologie d'ingénieur". - Ed. Paix, Moscou
- BOISSIER (J.B.), Carte géologique et géotechnique au 1/20 000 - périmètre Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère). Inéd.
- Etudes géotechniques des premiers quartiers Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère) inéd.
- Etudes géologiques des voiries primaires de la Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère), inéd.
- Inventaire des carrières du site Ville-Nouvelle de l'Isle-d'Abeau, inéd.
- BOURDIER (F.), 1935. - "Moraines du Würm, Riss, Mindel, en Bas-Dauphiné". - C.R.A.S., t. 208
1961. - "Le bassin du Rhône au Quaternaire : Géologie et Préhistoire". - 2 vols., thèse.
- BRAVARD (Y.), 1959. - "La vallée supérieure de la Bourbre". RGA, p. 225-242.
1963. - "Le Bas-Dauphiné : morphologie d'un piedmont alpin"., thèse Grenoble.
- CARIDROIT (Y.), . - Levés géologiques autoroute A 43, inéd.
- CASTANY (G.), 1967. - "Traité pratique des eaux souterraines" Ed. Dunod
1967. - "Introduction à l'étude des courbes de décrue et de tarissement". - Chronique d'hydrogéologie, n° 10 mars.
1968. - "Prospection et exploitation des eaux souterraines". Ed. Dunod
- CHOLLEY (A.), 1932. - "Etudes morphologiques de l'Isle-Crémiéu et du Hura méridional" A.G.
- COMPAGNIE DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE FRANCAISE, 1969. - "Prospection géophysique", inéd., n° 559.
- COUTAGNE (A.), 1948. - "Etude du bassin de Sihl". - La Houille Blanche, n° 3.
- DOUXAMI (M.), 1895. - "Le Miocène de Bourgoin et de La-Tour-du-Pin". - C.R. Acad. Sci. Paris
1896. - "Etude sur les terrains tertiaires du Dauphiné, Savoie et Suisse occidentale". Masson, Paris.
Ann. Univ. Lyon
- DUBUS (Jean) . - Etude hydrogéologique du bassin versant de la Lauch (Ht-Rhin). - Thèse 3e cycle - Paris.
1969. - Ville Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère) : alimentation en eau potable (inventaire des ressources disponibles). Service du Génie Rural des Eaux et Forêts. - Grenoble.
1972. - "Etude in situ de la filtration par le sol". inéd.
. - Etude géophysique du site du futur lac de Bourgoin (Isère) ; inéd.
. - Etude géophysique des premiers quartiers (secteurs C et D) de la Ville Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère) inéd.

- DUBUS (Jacques), 1968. - Carte d'orientation géotechnique de la région Bourgoin - La Verpillère. OREAM
- DUMORTIER (), 1804-1874. - Etudes paléontologiques sur les dépôts jurassiques du bassin du Rhône.
- DUVAL (J.), 1972. - "Innovation et Aménagement ou la synthèse d'une ville future". (Etablissement public de l'Isle-d'Abeau).
- EBRAY (), 1863. - "Sur les terrains jurassiques des environs de la Verpillère" (Isère).
- ELMI (S.), 1960. - "Etude stratigraphique du SW de l'Isle-Crémieu". Lias supérieur - Bajocien - Bathonien. - DES, Lyon.
- ENAY (), . - "Contribution à l'étude géologique des formations jurassiques supérieures de l'Isle-Crémieu".
- FAVROT (C.), 1961. - "Climatologie du Lyonnais" - Monographie de la Météorologie N¹e, n° 22.
- FONTANNES (F.), 1875. - "Sables mio-pliocènes du Bas-Dauphiné septentrional".
- FOROST (R.), 1954. - "Les Basses Terres. - Etude morphologique". R.G.A.
- FOUMET (), 1955-56. - "Note sur les lignites de La Tour-du-Pin". - Bull. Soc. Isère. - 2e série, t. 3.
- FOURMARIER (P.), 1958. - "Hydrogéologie". - Ed. Masson.
- FOURNEAUX (J.C.), 1968. - "Hydrogéologie du Grésivaudan". - Thèse 3e cycle, Grenoble.
- FRIEDD et GOGUEL (J.), 1945. - "La prospection géophysique du Bas-Dauphiné".
- GIGNOUX (M.), 1931. - "La carte des fronts pléistocènes en France". - C.R. Congrès Inter. géog. - Paris, fasc. I-II
- GOGUEL (J.), 1948. - "Essai d'interprétation de la prospection géophysique en Bresse et Bas-Dauphiné". - B.R.G.G., n° 6 (publication).
- GUILLERMINET (Y.), 1973. - "Le réseau télésupervision P.E.T.U.N.I.A.". Prospection à l'établissement public de l'Isle-d'Abeau.
- GUYOT (C.), 1960. - "L'hydrologie". - Collection "Que sais-je ?", ed. P.U.F.
- HAMELIN (le), 1951. - "La morphologie du massif des Terres Froides et du bassin de la Bourbre moyenne". - Thèse.
1952. - "La position structurale du Bas-Dauphiné". - R.G.A.
- JAIL (M.) et MARCHINI (J.). - "Observations météorologiques dans le département de l'Isère (annuel)". - Suppléments à la Revue de Géographie Alpine.
- JACQUEMOT (de). - "Contribution à l'étude géologique de l'Isle-Crémieu".
- KILIAN (W.) et GIGNOUX (M.), 1911. - "Formations fluvioglaciales du Bas-Dauphiné". - B.S.G.F., t. 30.
- LEFAVRAIS-REYMOND (A.), 1961. - "La Bresse et le Bas-Dauphiné au Tertiaire". - Bull. Soc. géol. France, série 7, t. 3.
- LORY (C.), 1850. - "Notice sur le plateau jurassique du Nord du département de l'Isère". - Extrait Bull. Soc. Stet. Isère, 4e série.
1860. - "Description géologique du Dauphiné". - Paris, éd. Sany.
- MANGOLD (C.), 1959. - "Etude stratigraphique et relevés cartographiques du Jurassique moyen de l'Isle-Crémieu". - D.E.S.
- MAZENOT GOURC, 1939. - "Tourbières de la vallée de la Bourbre". et rhod., t. 15
- MICHEL (M.), 1971. - "Hydrogéologie du bassin versant de Theys" (Isère). - Thèse 3e cycle, Grenoble
- MICHEL (R.), 1969. - Rapport géologique sur le projet de captage de Coiranne. - Renforcement de l'A.E.P. de Bourgoin (Isère) inéd.
1969. - Rapport géologique sur le projet d'alimentation en eau potable de la Ville Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère); inéd.
1970. - Rapport géologique sur la protection des eaux du bassin versant de la Bourbre (Isère), inéd.
1970. - Rapport géologique sur le projet d'alimentation en eau potable de la zone industrielle de la Ville Nouvelle de l'Isle-d'Abeau (Isère), inéd.
1962. - Rapport hydrogéologique sur le projet de captage dans la nappe alluviale de la Bourbre près de St-Ondras (Isère). 2 mai 1962.
- MICHEL (R.) et LETOURNEUR (J.), 1971. - "Géologie du Génie Civil". - Ed. Armand Colin
- MORET (L.), 1962. - "Précis de Géologie". Ed. Masson.
- NICOLAS (M.), 1970. - "Essai d'interprétation du bilan climato-hydrologique du bassin versant de la Bourbre". - Inst. de géog. Alp. de Grenoble. T.E.R.
- PIERY (M.), 1946. - "Le climat de Lyon et de la région lyonnaise".
- PORTENEUVE (), 1961. - "Le cristalloyllien de la région viennoise". D.E.S.
- RAMBEAUD (P.), LEMOINE (L.), DUBUS (J.), 1967-68. - "La pollution de la Bourbre et les risques de contamination de sa nappe alluviale". Rev. 4e de l'Institut Pasteur-Lyon, t. 1 n° 2

- REMENIERAS (G.), 1960. - "L'hydrologie de l'ingénieur". Ed. Eyrolles.
- RIAZ (), 1895. - "Etude sur les étages jurassiques de Morestel - Crémieu". - B.S.G.F., 3e série, t. 23.
- RIAZ et RICHE (A.), 1913. - "Minéral de fer alénién et Bajocien de la région lyonnaise". B.S.G.F., vol. 13.
- RICHE (A.), - "Note sur le système oolithique inférieur du Jura méridional". B.S.G.F., 3, t. 18.
1893. - "Etude stratigraphique sur le Jurassique inférieur du Jura méridional". Lyon.
- ROCHE (M.), 1963. - "Hydrologie de surface". Ed. Gauthiers-Villars
- ROSSET (J.), 1948. - "Etude sur le Jurassique de Saint-Quentin-Fallavier (Isère)". - Lyon - D.E.S.
- SARROT-REYNAULD (J.), 1963. - "Deux exemples du régime hydrogéologique dans les collines du Bas-Dauphiné".
Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble.
1967-68. - Conditions de captage et de protection des eaux potables dans la région grenobloise.
Rev. Inst. Pasteur - Lyon, t. 1, n° 2, p. 255-270.
- SAUZE (F.), 1973. - "Regards sur une technique qui se développe : le lagunage des eaux résiduaires". - T.S.M., L'eau, juillet.
- SCHOELLER (H.), 1949. - "Les eaux souterraines". - Ed. Masson.
- SERVICE DU GENIE RURAL DES EAUX ET FORETS. - Direction départementale de l'Agriculture, 1971. - "Etude hydraulique du bassin versant de la Bourbre". - Grenoble.
- SOGREAH, 1967-68. - "Etude du lac artificiel de Bourgoin". - Grenoble, inéd.
- VINTER (J.P.), 1973. - "Etude hydrogéologique du synclinal d'Aurans-Méaudre - massif du Vercors (Isère)" - Thèse 3e cycle Grenoble.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>CHAPITRE I - INTRODUCTION</u>	3
I-A. - <u>PRELIMINAIRE</u>	3
I-B. - <u>LE PROBLEME DE L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE NOUVELLE</u>	5
I-B ₁ - Quantités demandées	5
I-B ₂ - Stratégie d'étude	5
I-B ₂₋₂ - Examen à l'intérieur du bassin versant	5
I-C. - <u>PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DE LA BOURBRE</u>	7
I-C ₁ - Courbes de fréquence altimétrique et hypsométrique	7
I-C ₁ ¹ - Aperçu géologique du bassin versant	7
I-C ₂ ² - Le réseau hydrographique	7
I-C ₃ ³ - Le climat général du bassin versant	11
I-C ₄ ⁴ - Le climat général du bassin versant	11
 <u>CHAPITRE II - GEOLOGIE - VOCATION HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS</u>	
II-A. - <u>GEOLOGIE</u>	13
II-A ₁ - Généralités - unités structurales	13
II-A ₂ ¹ - Histoire géologique - lithologie	13
II-A ₂₋₁ ¹ - Socle hercynien : le pointement cristallin de Chamagnieu	13
II-A ₂₋₂ ² - Le Secondaire	15
II-A ₂₋₂₋₁ - Conditions de formation - lithologie	15
II-A ₂₋₂₋₂ - La "Chafne dauphinoise"	18
II-A ₂₋₃ ³ - Le Tertiaire : la subsidence bas-dauphinoise	18
II-A ₂₋₃₋₁ - L'Oligocène	19
II-A ₂₋₃₋₂ - Le Miocène	19
II-A ₂₋₄ ⁴ - Le Quaternaire	21
II-B. - <u>VOCATION HYDROGEOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS</u>	24
II-B ₁ - Le cristallin de Chamagnieu	24
II-B ₂ ¹ - Les calcaires	24
II-B ₃ ² - Le Miocène	24
II-B ₄ ³ - Le Quaternaire	24
II-B ₄₋₁ - Matériaux glaciaires en place et remaniés	24
II-B ₄₋₂ ⁴⁻¹ - Les formations alluviales récentes	25
II-B ₅ ⁴⁻² - Conclusion	25

	<u>Pages</u>
V-D. - <u>CALCUL DU VOLUME DES RESERVES PAR L'ETUDE DU TARISSEMENT</u>	57
V-D ₁ - Période du 26 janvier au 14 février 1967	59
V-D ₂ - Période du 1er au 16 juillet 1971	59
V-E. - <u>CONCLUSION GENERALE</u>	59
<u>CHAPITRE VI - ETUDE GENERALE DU QUATERNAIRE PAR PROSPECTION GEOPHYSIQUE</u>	
61	
VI-A. - <u>REFERENCE : ETUDES PONCTUELLES PAR GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE SUR LES PREMIERS QUARTIERS DE LA VILLE NOUVELLE</u>	61
VI-B. - <u>CAMPAGNE GENERALE DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE (CPGF)</u>	64
VI-B ₁ - Généralités	64
VI-B ₂ - De Bourgoin-Jallieu et Trept à Satolas : le Marais, le Fluvio-glaciaire	66
VI-B ₃ - De Gessieu à Bourgoin-Jallieu	71
VI-B ₄ - Conclusion générale	74
<u>CHAPITRE VII - ETUDE DES DIFFERENTS POINTS DE CAPTAGE</u>	
75	
VII-A. - <u>LE CHAMP DE CAPTAGE DE SATOLAS</u>	75
VII-A ₁ - Les sondages mécaniques	75
VII-A ₂ - Carte isopiézométrique	79
VII-A ₃ - Essais de pompage	79
VII-B. - <u>LA STATION DE POMPAGE DES LOUPS - LA RONTA</u>	80
VII-B ₁ - La station de pompage de la Ronta	80
VII-B ₁₋₁ - Essai de pompage	80
VII-B ₁₋₂ - Développement sur le puits définitif	80
VII-B ₁₋₃ - Conclusion	86
VII-B ₂ - Essai de pompage aux Loups	87
VII-C. - <u>LE SECTEUR DE VERNAY-COIRANNE</u>	89
VII-C ₁ - Les sondages mécaniques	89
VII-C ₂ - Essais de datation des terrains au Vernay	89
VII-C ₃ - Essai de détermination de la zone d'alimentation de la nappe artésienne de Coiranne	89
VII-C ₄ - Essai de pompage à Coiranne	92
VII-D. - <u>RECAPITULATIF</u>	93
VII-E. - <u>HYDROCHIMIE</u>	93
<u>CHAPITRE VIII - LE MARAIS DU CATELAN</u>	
97	
VIII-A. - <u>JAUGEAGES AU MICROMOULINET (OTT)</u>	97
VIII-A ₁ - Les drains	99
VIII-A ₁₋₁ - Les drains principaux	99
VIII-A ₁₋₂ - Les drains superficiels	99
VIII-A ₂ - Les apports	99
VIII-A ₃ - Remarques	100
VIII-B. - <u>MESURES DE RESISTIVITE - CARTES D'ISORESISTIVITES</u>	100
VIII-B ₁ - Carte d'isoresistivités "avant-pluie", 14 et 15 mars 1973	100
VIII-B ₂ - Carte d'isoresistivités "après-pluie" : 27 mars 1973	102
VIII-B ₃ - Carte d'isoresistivités du 22-8-73	102

	<u>Pages</u>
VIII-C. - <u>HYDROCHIMIE</u>	102
VIII-D. - <u>CONCLUSION</u>	105

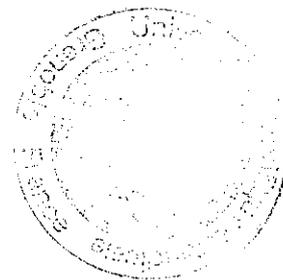
CHAPITRE IX - ETUDE PIEZOMETRIQUE - CARTES ISOPIEZOMETRIQUES. 109

IX-A. - <u>CARTE ISOPIEZOMETRIQUE</u>	109
IX-A - Deux nappes à altitude différente	109
IX-A ₁ - Caractéristiques des deux nappes	109
IX-A ₂ - Etude de l'écoulement	111
IX-A ₃	111
IX-B. - <u>METHODE DE MISE A LA MASSE</u>	112
IX-C. - <u>VARIATIONS DU NIVEAU HYDROSTATIQUE AU COURS DE LA PERIODE JUILLET 1972 à</u> <u>DECEMBRE 1973</u>	114

CHAPITRE X - CAMPAGNE DE RELEVES PIEZOMETRIQUES SUR LE HAUT-BASSIN
DE LA BOURBRE A L'AMONT DE BOURGOIN-JALLIEU 115

X-A. - <u>GENERALITES</u>	115
X-A - Les ressources du Glaciaire et du Fluvio-glaciaire	115
X-A ₁ - Les ressources de la molasse	115
X-A ₂	115
X-B. - <u>LA MOLASSE</u>	116
X-B - Secteur de St-Victor-de-Cessieu	116
X-B ₁ - Secteur de Torchefelon	116
X-B ₂ - Secteur de Biol	116
X-B ₃ - Secteur de Belmont	116
X-B ₄ - Secteur de Châbons	116
X-B ₅ - Secteur de Vaux	117
X-B ₆ - Secteur de Montrevel	117
X-B ₇ - Secteur de Doissin	117
X-B ₈ - Secteur de Virieu	117
X-B ₉ - Secteur de la Bâtie-Divisin, St-Ondras	118
X-B ₁₀ - Résumé sur les secteurs de Doissin - Montrevel - Vaux - Châbons - Virieu - la Bâtie-Divisin - St-Ondras	118
Résumé sur la partie haute du bassin versant de la Bourbre	118
X-B ₁₁ - Secteur de la Bâtie-Montgascon	119
X-B ₁₂ - Secteur de Faverges-la-Tour	119
X-B ₁₃ - Secteur de La Chapelle-de-la-Tour	119
Résumé sur les secteurs de la Bâtie-Montgascon, Faverges, La Chapelle	119
X-B ₁₄ - Secteur de Saint-Clair, St-André-le-Gaz	119
Résumé sur les secteurs de La Bâtie-Montgascon, Faverges, La Chapelle, St-Clair, St-André-le-Gaz	120
X-B ₁₅ - Secteur de Sainte-Blandine, Montagnieu, St-Didier	121
X-B ₁₆ - Secteur de Salérieu	121
X-B ₁₇ - Secteur de Montceau	121
Conclusion sur les secteurs compris entre St-André-le-Gaz, La Bâtie-Montgascon et Montceau	121
X-B ₁₈ - Secteur de Sécézin-de-la-Tour	121
X-B ₁₉ - Secteur de Ruy	121
X-B ₂₀ - Secteur de Bourgoin-Jallieu	122
X-B ₂₁ - Autres points d'observation de ressource de la molasse	122
X-B ₂₂ - Conclusion	122

	<u>Pages</u>
X-C. - <u>LE GLACIAIRE</u>	123
<u>CHAPITRE XI - BILANS COMMUNAUX</u>	125
XI-A. - GENERALITES	125
XI-B. - BILANS DES RESSOURCES COMMUNALES	126
XI-C. - ETUDE PROSPECTIVE	128
XI-D. - CONCLUSION	132
<u>CHAPITRE XII</u>	
XII-A. - <u>LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE-d'ABEAU ET LE PROBLEME DE L'EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES</u> .	133
XII-B. - <u>LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE-D'ABEAU ET LE PROBLEME DE L'IMPERMEABILISATION DES SOLS</u>	133
XII-C. - <u>LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE-D'ABEAU ET LA TELESUPERVISION</u>	134
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	137
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	141



LISTE DES PLANCHES

<u>Planches n°</u>	<u>Pages</u>
1	2
2	4
3	6
4	8
5	9
6	10
7	14
8	16
9	17
10	20
11	22
12	23
13	25
14	29
15	31
16	32
17	33
18	33
19	35
20	39
21	42
22	43
23	50
24	55
25	56
26	58
27	62
28	63
29	65
30	67
31	68
32	70
33	72
34	73
35	76
36	77
37	78
38	81
39	83
40	84
41	88
42	90
43	91
44	94

Liste des planches (suite)

<u>Planches n°</u>		<u>Pages</u>
45	Marais du Catelan - Mesures de débits 21 et 26 novembre 1972	98
46	Marais du Catelan : courbes d'isorésistivités : 14 et 15 mars	101
47	Marais du Catelan : courbes d'isorésistivités : 27-3-73	103
48	Marais du Catelan : courbes d'isorésistivités : 22-8-73	104
49	Diagramme logarithmique	106
50	Carte isopiezométrique du 13-10-73 : zone ouest	110
51	Variations piézométriques de juillet 1972 à décembre 1973	113
52	Bassin versant : partie amont : levés piézométriques	hors texte
53	Bassin versant : partie amont	hors texte
54	Bilans communaux : prospective	129
55	Idem (suite)	130
56	Ressources communales : prospective - carte 1/100 000	131