

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL
SERVICE RÉGIONAL DE L'AMÉNAGEMENT DES EAUX
DE FRANCHE-COMTÉ

15, Rue Gambetta 25021 BESANÇON CEDEX

Tél. (81) 80.52.99

RECONNAISSANCE D'UN PIÈGE AQUIFÈRE POSSIBLE A L'ISLE SUR LE DOUBS (Doubs)

par
T. POINTET



1973

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 — 45018 ORLÉANS CEDEX — Tél. (38) 66.06.60

Service géologique régional JURA - ALPES

B. P. 6083 . 69604 VILLEURBANNE / Croix-Luizet — Tél. (78) 52.26.67

73 SGN 388 JAL

Lyon, Novembre 1973

R E S U M E

La région de l'Isle sur le Doubs présente la structure géologique d'un piège aquifère. Les niveaux concernés sont essentiellement des calcaires du jurassique moyen, et accessoirement ceux du jurassique supérieur.

La présence de développements karstiques est certaine dans ces deux niveaux et dans les terrains situés au-dessus de la cote du Doubs, dans lesquels les circulations ont été étudiées. Les exutoires des réseaux sont situés dans la plaine alluviale du Doubs ou à des altitudes supérieures.

La fonction d'emménagement du Dogger dans ces conditions est démontrée.

L'information est insuffisante pour évaluer la porosité et la perméabilité des mêmes niveaux au centre du synclorium. On a de bonnes raisons de penser que les circulations y sont faibles ou inexistantes en raison de la structure géologique.

Dans une phase ultérieure, des compléments d'informations géologiques et hydrogéologiques seront nécessaires mais ils demanderont la mise en oeuvre de moyens plus importants que pour la présente étape.

Ingénieur responsable

T. POINTET

avec la collaboration de

Y. KERRIEN - B. ANGELI - O. DELAROZIERE

Dessinateurs

J.F. RIEUX

M. RODET

Secrétariat

G. ALARCON

INTRODUCTION

De Montbéliard à Clerval, le Doubs traverse un domaine qui se présente comme un synclinorium pouvant être bien délimité.

Au centre de cette structure, les niveaux calcaires du Dogger et du Malm pouvant être karstifiés sont séparés par des marnes oxfordiennes et de cette manière, le Dogger accuse la morphologie d'un piège aquifère.

Il en aura les fonctions si certaines caractéristiques hydrodynamiques sont vérifiées.

En faisant la synthèse des travaux antérieurs et des nombreux résultats des mesures effectuées sur ce domaine nous essaierons de préciser le comportement hydrogéologique de ces niveaux.

B I B L I O G R A P H I E

- B. ANGELI "La structure synclinale de l'Isle sur le Doubs" Thèse présentée en 1969 à la Faculté des Sciences de l'Université de BESANCON.
- O. DELAROZIERE "Contribution à l'étude du bassin du Doubs" Thèse présentée en 1968 à la Faculté des Sciences de PARIS.
- Pr. DREYFUSS Note inédite.
- Y. KERRIEN "Expériences de coloration réalisées dans le bassin synclinal de l'Isle sur le Doubs". 1971, BRGM N° 71 SGN 99 JAL.
- Y. KERRIEN Notes de travail inédites.
- Y. KERRIEN & C. MAYA Note - Actes du colloque d'hydrogéologie en pays calcaires - BESANCON 1971 - p. 141.
Carte géologique de MONTBELIARD échelle 1/50 000 en cours d'édition.

-o-o-o-o-o-

Nos remerciements vont tout particulièrement aux observateurs qui ont effectués de nombreux relevés dans la région de l'Isle sur le Doubs, et dont le soin a garanti la qualité des mesures.

TABLE DES MATIERES

1 - <u>TRAVAUX ANTERIEURS</u>	4
2 - <u>ETUDE STRUCTURALE</u>	4
21 - MORPHOLOGIE DU BASSIN	4
22 - OUVRAGES EXISTANTS	9
23 - IMPRECISIONS	9
3 - <u>ETUDE HYDROGEOLOGIQUE</u>	9
31 - RAPPELS DES TRAVAUX ANTERIEURS	9
32 - INVENTAIRE DES MESURES FAITES ET DES MESURES DISPONIBLES - LIMITES DE L'ETUDE	12
321 - <u>Mesures des débits</u>	12
322 - <u>Marge d'erreur</u>	12
323 - <u>Relevés météorologiques</u>	13
324 - <u>Particularités du réseau hydrographique</u>	13
325 - <u>Limites du domaine</u>	13
33 - ETABLISSEMENTS DES BILANS	15
331 - <u>Calcul des lames d'eau et volumes tombés</u>	15
332 - <u>Mesure des débits</u>	18
333 - <u>Calage hydrogrammes - hyétogrammes</u>	20
334 - <u>Comparaison</u>	20

3341 -	<u>Volume d'eau reçu par le Dogger</u>	22
	<u>Volume d'eau mesuré aux points d'eau</u>	
3342 -	<u>Volume d'eau reçu par le bassin</u>	23
	<u>Volume d'eau reçu par le Doubs</u>	
3343 -	<u>Etude d'hydrogrammes en période de</u> <u>tarissement</u>	25
4 -	<u>CONCLUSIONS</u>	25

TABLE DES FIGURES

Fig. 21 a	Carte topographique et de situation	5
Fig. 21 b	Carte structurale	7
Fig. 22	Sondages anciens de la vallée du Doubs	10
Fig. 325	Structure du bassin le long de la limite Nord	14
Fig. 333 a	Calage mensuel hydrogrammes - hyétogrammes	20
Fig. 333 b	Hyétogramme à la station de Ste Marie	21
Fig. 3343	Hydrogramme obtenu sur la Lougres pour 1970	26

Annexe I	Débits estimés des sources résurgences et rivières.	Hors texte
----------	---	------------

1 - TRAVAUX ANTERIEURS

Le bassin de l'Isle sur le Doubs a fait l'objet de plusieurs études publiées sous les formes de rapports, de notes de travail et d'une thèse. Nous ne réexposerons donc pas les questions qu'ils soulèvent, mais nous en rappellerons les thèmes.

Deux rapports de 1968 de M. le Pr DREYFUSS traitent de la structure géologique et de l'hydrogéologie de l'Est du bassin.

La première note de travail a rendu compte de l'inventaire des points d'eau, première phase du travail, et a introduit la deuxième, l'étude hydro-métrique proprement dite, en recommandant les colorations à effectuer et la liste des mesures à relever.

La deuxième note a précisé les périodes d'observation souhaitables et la troisième a rendu compte de la première coloration.

Le Rapport N° 71 SGN 99 JAL a consigné l'ensemble des résultats des colorations et formulé les conclusions hydrogéologiques qu'elles suggeraient.

Enfin la thèse de M. ANGELI fournit les résultats de relevés géologiques précis, et apporte de bon éléments à l'étude hydrogéologique tandis que celle de Melle O. DELAROZIERE apporte de précieuses synthèses climatologiques et hydrologiques.

Nous reprendrons dans ce qui suit les conclusions de ces travaux.

2 - ETUDE STRUCTURALE

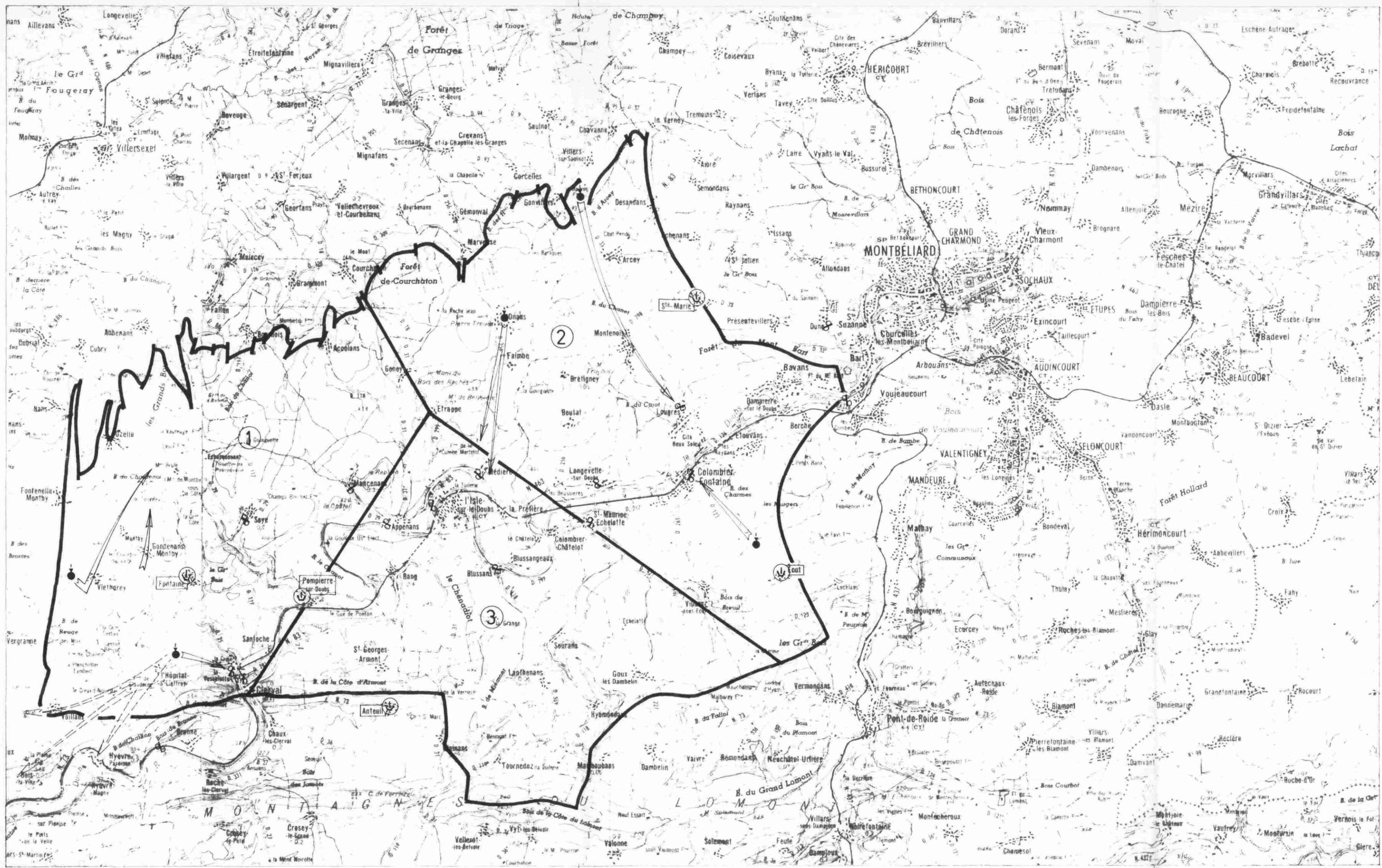
21 - MORPHOLOGIE DU BASSIN (FIG. 21a)

Le bassin de l'Isle sur le Doubs est un vaste synclinal orienté NE-SW, affectant le jurassique supérieur et le jurassique moyen (DOGGER), essentiellement calcaires.

Ces séries sont séparés par les marnes oxfordiennes et reposent sur le Lias marneux.

De cette façon, la présence d'eau infiltrée pouvant constituer des nappes est rendue possible dans les calcaires, à deux niveaux.

La mise en évidence de réseaux karstiques ainsi que les résultats des colorations ont confirmé cette hypothèse en partie.



CARTE TOPOGRAPHIQUE ET DE SITUATION

LEGENDE

— Limite du sous bassin du Doubs entre VOUJEAUCOURT et BRANNE
 A chaque domaine numeroté est affectée une station météorologique

AIRES DES DOMAINES

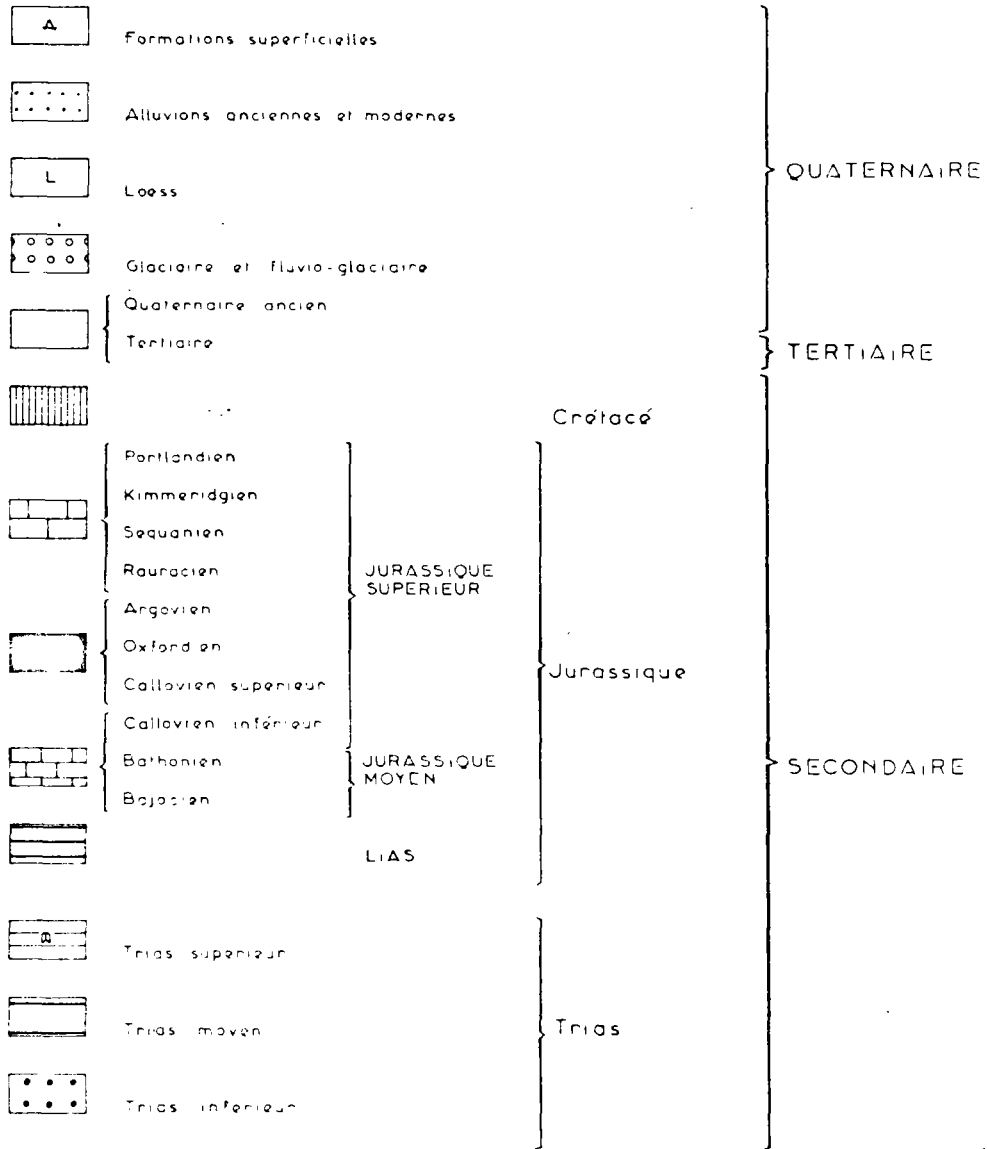
- ① = 115 km²
- ② = 137,5 km²
- ③ = 99 km²


- Injection (coloration)
- ↗ Emergence (coloration) certaine-incertaine
- ⊙ Station météorologique
- ⊕ Station de jaugeage

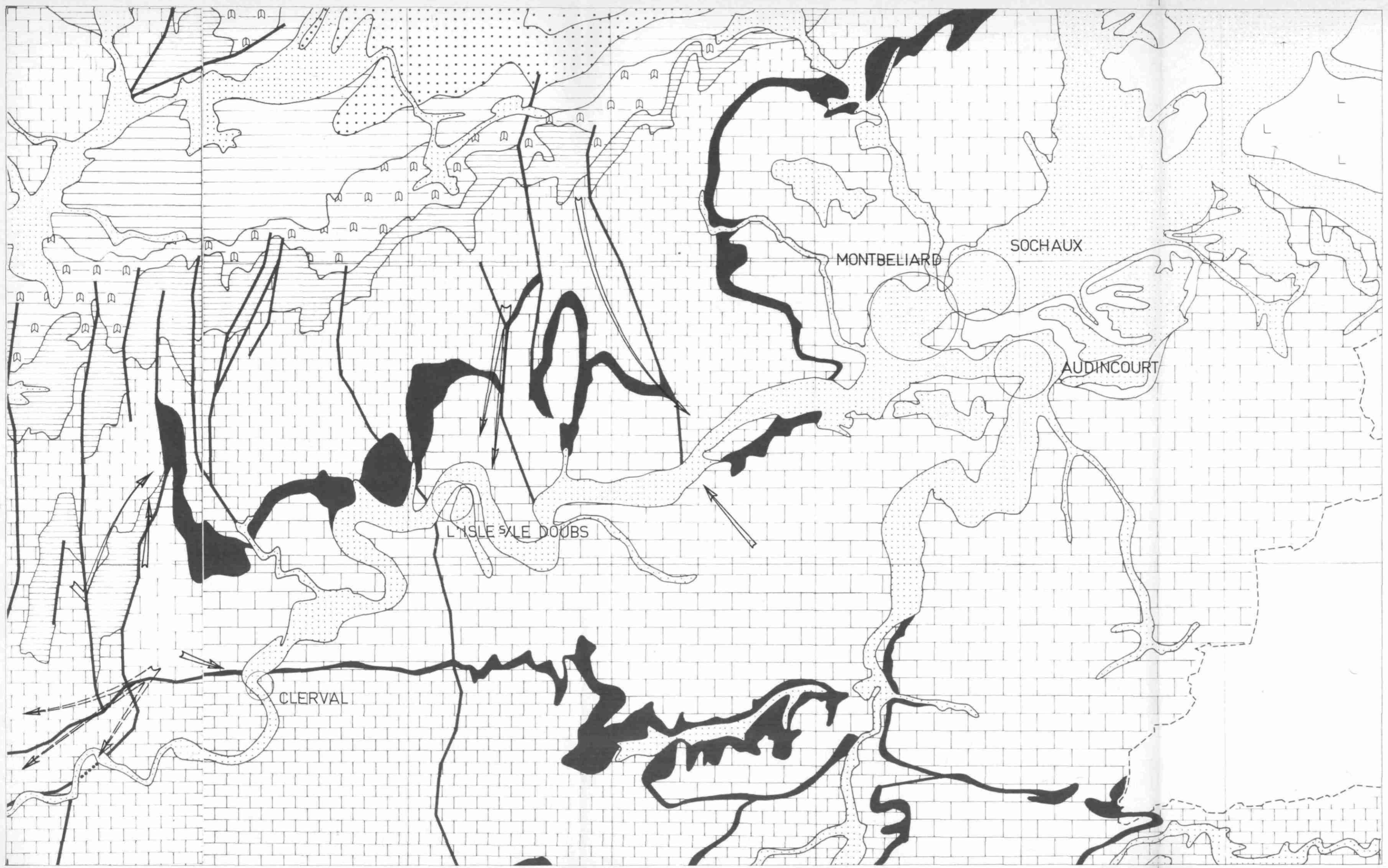
ECHELLE 1/100 000



Légende de la carte



 Nord



CARTE GEOLOGIQUE SOMMAIRE

LEGENDE
des figurés page précédente

 Emergence (coloration)
certaine-incertaine

ECHELLE 1/100 000


Le domaine est limité au Nord Ouest par la remontée progressive des terrains, amenant à l'affleurement le Dogger, sur une vaste étendue.

Les colorations effectuées à ONANS et à CONVILLARS ont montré que cette structure fournit une limite du bassin hydrogéologique, et les eaux qui s'infiltrent en ces points dans le jurassique moyen cheminent vers le centre du bassin.

A l'Ouest la fermeture du bassin était incertaine au premier examen, puisqu'il s'agit d'un réseau de failles Nord-Sud dont le comportement n'était pas prévisible. Deux colorations ont été entreprises à VIETHOREY et à l'HOPITAL St LIEFFROY qui ont montré que le bassin hydrogéologique est également limité dans ce secteur. "Les failles ne jouent pas le rôle de drain vers le Sud. Elles ne font pas non plus écran, et le jeu de la tectonique favorise plus les circulations d'Ouest en Est", (Rapport BRGM 71 SGN 99 JAL p.11). Toutefois on doit envisager des exceptions pour le cas des très hautes eaux. Une coloration ayant eu lieu lors d'un fort orage, il est apparu que de telles situations pouvaient donner lieu à un faible débordement vers l'ouest.

La fermeture du bassin au Sud était en premier examen plus apparente. Elle est assurée par la remontée du flanc sud du synclinal à laquelle fait suite le système complexe de trois anticlinaux groupés : l'anticlinal de la côte d'ARMONT, l'anticlinal de TOURNEDOZ et l'anticlinal des montagnes du LOMONT. Il faudra toutefois soustraire de cette zone le bassin versant de la RANCEUSE pour des raisons que nous exposerons plus loin. Une coloration de confirmation a été entreprise à ECOT et son résultat bien marqué à montré que les eaux que reçoit le bassin en cet endroit s'infiltrent et gagnent le Doubs à Colombier-Fontaine.

Enfin à l'Est, pour les eaux du jurassique supérieur et celles de la plaine alluviale du Doubs, qui, comme nous le verrons, ont des comportements liés, la limite hydrogéologique est assurée par la cote piézométrique du Doubs et surtout par les cotes du réseau hydrographique qui fait suite à l'Est.

Quant aux formations du jurassique sup., les forages de GRANDVILLARS et FROIDEFONTAINE les rencontrent, et on y trouve l'eau aux cotes piézométriques de 352 et 359 mètres respectivement. Les altitudes de la plaine alluviale de MONTBELIARD et AUDINCOURT, qu'aucune faille ne sépare de Froidefontaine, montrent un gradient hydraulique décroissant d'Est en Ouest

Les circulations d'eau, si elles existent se font dans une direction qui peut encore être précisée, mais qui comporte une composante Est - Ouest.

22 - OUVRAGES EXISTANTS

Un recours aux travaux déjà effectués sur le bassin de l'Isle sur le Doubs a permis d'obtenir des coupes de terrain à l'aplomb de la plaine alluviale du Doubs.

Ces travaux sont des forages à faible profondeur, et on peut regretter qu'aucun n'ait atteint le Dogger au centre du bassin ce qui aurait permis d'observer le comportement des eaux qui y sont recélées.

Ces coupes sont résumées en Fig. 22 avec leur situation.

On constate aussitôt que les alluvions du Doubs sont en bonne communication avec les terrains sous-jacents estimés du RAURACIEN et du SEQUANIEN pour la partie centrale du bassin, et pour le seuil de CLERVAL, du Dogger.

On s'attendra donc à trouver des relations étroites entre le régime du Doubs et l'hydrodynamique du jurassique supérieur.

23 - IMPRECISIONS

Il demeure toutefois deux zones dans lesquelles les travaux existants sont insuffisants à la compréhension de la structure et qui sont le compartiment faillé de BAVANS et les alentours de MATHAY et BOURGUIGNON, régions complexes.

Ces deux régions étant en limite du bassin, la connaissance de leur comportement serait précieuse pour une étude plus poussée des circulations de l'eau.

3 - ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

31 - RAPPELS DES TRAVAUX ANTERIEURS

Les auteurs s'accordent sur un point essentiel qui est la difficulté d'arriver à une bonne connaissance de l'état de fissuration des calcaires profonds, ainsi que de l'importance des circulations karstiques.

NUMERO DU POINT	COMMERCE	ETAGE PRESUME	COTES en m	FORMATIONS
474 - 2 - 3	MEDIERE		0 1.10 2.70 6.20 6.50 11.60	Limons Alluvions (galets) Calcaire compact Marnes et calcaires Calcaire
474 - 2 - 34	LONGEVILLE	RAURACIEN SUPERIEUR	0 1.10 1.60 2.60 4.00	Terre Limons sableux Galets Calcaire compact et fragmenté
474 - 5 - 3	RANG	RAURACIEN	0 1.70 3.80	Limons Alluvions grossières Calcaire
474 - 5 - 31	POMPIERRE		0 4.80	Alluvions (sable) Séquanien
474 - 5 - 29	ROCHE LES CLERVAL		0 3.70	Limons et galets calcaires Bathonien
474 - 5 - 5	CLERVAL	environ	12.00	Alluvions à origine bajocienne Toarcien

En deuxième lieu l'existence de nappes proprement dite n'est pas une certitude. Concernant le Dogger, qui sera le principal point d'intérêt l'état de fracturation du calcaire fournira une porosité de fissures d'autant moins assurée que la fissuration sera mal connue - à l'inverse des niveaux présentant une porosité de matrice et dont la connaissance est plus aisée. Or les principaux niveaux répondent à la première description tandis que ceux qui peuvent présenter une porosité de matrice sont le Callovien et la base du Rauracien.

Concernant les nappes, les colorations apportent une réponse. La rapidité des circulations d'eaux colorées introduites à la périphérie du bassin, et l'émergence de ces eaux en des endroits bien définis indiquent des circulations karstiques et excluent pour ces cas particuliers au moins des écoulements de nappe, qui auraient fait diffuser le colorant.

Il sera donc plus prudent de remplacer la notion de nappe par celle de karst noyé.

Cette constatation faite, les circulations sont actives, et la première note signale que l'eau de certaines sources se réinfiltrerait aussitôt ce qui indique que ces circulations sont de plusieurs types ou bien se relaient.

Outre l'enseignement géologique qu'ils apportent, il faudra tenir compte de ces faits dans l'établissement de bilans.

On est ainsi amené à l'un des points fondamentaux qui est la détermination des rapports entre les calcaires supérieurs et les calcaires inférieurs. Le rapport de la troisième coloration apporte une indication : "Une partie des eaux qui s'infiltrent dans le karst inférieur ne s'y emmagasine pas mais vient alimenter le karst supérieur"...."En période de pluviosité importante, le karst inférieur pourrait être saturé dans la zone centrale". (cf. § Rapport BRGM 71 SGN 99 JAL p. 18).

La quatrième coloration aboutit à un résultat proche : "Les circulations sont importantes dans le karst inférieur qui dispose d'un exutoire très actif aux sources de la Lougres. L'expérience ayant eu lieu en période sèche, il est apparu une certaine capacité de rétention du karst et il semble probable que les niveaux inférieurs à l'émergence sont capables de former réservoir". (P. 28)

Il apparaît donc qu'une grande partie des eaux au moins recueillies par le Dogger se retrouve dans le jurassique supérieur au bout d'un bref délai ce qui montre que l'Oxfordien marneux n'est pas partout un obstacle dans la mesure où l'eau peut suivre les réseaux karstiques et les trajets de failles ; l'établissement des bilans apportera des précisions sur ces points.

32 - INVENTAIRE DES MESURES FAITES ET DES MESURES DISPONIBLES -
LIMITES DE L'ETUDE

321 - Mesures des débits

Une première étape de reconnaissance a permis d'établir la liste large des points d'eau et rivières contribuant au régime du bassin, accompagnées de leurs débits approximatifs en Juin 1969 (Annexe I)

La seconde étape a consisté en une récolte de mesures hydrologiques et météorologiques. Les points d'observation hydrologiques ont été disposés de manière à avoir connaissance de tous les débits sortants qui alimentent le Doubs entre deux stations de son cours où sont implantés des limnigraphes.

Ces deux stations sont VOUJEAUCOURT en amont et BRANNE en aval et ceci va déterminer désormais les limites du domaine à considérer (fig. 21a)

322 - Marge d'erreur

Les rivières et sources jaugées et observées sont au nombre de 13 parmi lesquelles 9 fournissent à elles seules 85 % des débits cumulés. Toutefois, les résultats des mesures sur la plus importante rivière (La Soye) n'ont pas été communiqués en temps voulu, ainsi que pour la Lougres en 1971, ce qui sera une première source d'approximation.

Les observations se sont déroulées de Juin 1970 à Juin 1971 pour la plupart, Décembre 1972 pour certaines. Les mesures ayant été effectuées par des personnes différentes avec un soin quelquefois irrégulier, certaines mesures font défaut ou sont imprécises d'où une seconde cause d'incertitude, à laquelle s'ajoute parfois une insuffisance des mesures de débits pour l'établissement des courbes de tarage (St MAURICE ECHELOTTE).

Une troisième cause a été signalée plus haut concernant des émergences peu importantes d'eau du karst inférieur, qui ne gagnent pas le Doubs par un parcours aérien et de ce fait n'ont pas été mesurées (p. 11).

323 - Relevés météorologiques

Enfin les stations météorologiques prévues au nombre de quatre ont été irrégulièrement servies, par des observateurs locaux et trois seulement ont fourni de bons résultats, celles de Fontaine, d'Anteuil Les Clerval et de Sainte Marie.

324 - Particularités du réseau hydrographique

Une dernière remarque concerne la répartition des rivières et des sources. Le domaine au Nord du Doubs en comporte le plus grand nombre, alors que le BIE, la source de BLUSSANS et COLOMBIER-FONTAINE, émergences du domaine Sud ne fournissent que le 1/5 du débit sortant pour le bassin.

Cette particularité peut s'expliquer par la faible surface d'affleurement du Dogger dans le domaine Sud (Fig.21 b, Structures) et se rapproche d'une remarque de M. ANGELLI qui signale que le "seul véritable ruisseau semblant dépendre uniquement des apports des plateaux de la région étudiée est celui du Bié avec son affluent de rive droite le Ruisseau des Noyés, et celui de la rive gauche, le Ruisseau de Sourans. Ce dernier coule entièrement sur l'argovien et l'oxfordien..." (Thèse p. 79).

De cette manière l'alimentation du Dogger au Sud du Doubs serait faible, et la piézométrie du karst noyé gouvernée essentiellement par les infiltrations qui se font au Nord. Ceci expliquerait l'absence de résurgences d'eau du Dogger dans le domaine sud qui a une structure faillée tout à fait semblable à ce que l'on a rencontré au Nord.

Quant au jurassique supérieur, sa représentation étant importante au Sud du Doubs, la faiblesse des débits sortant indique que l'eau des précipitations donne naissance à des circulations profondes dominantes et que c'est par cette voie qu'elle gagne la plaine alluviale du Doubs.

325 - Limites du domaine

Au vu de ces résultats on a pu tracer les limites géographiques présumées du bassin qui alimente le Doubs de VOUJEAUCOURT à CLERVAL, en négligeant les débits sortant qui s'additionnent entre Clerval et Branne.(fig. 21a

Nous avons pris comme limite nord la ligne d'affleurement de la base du Bajocien.

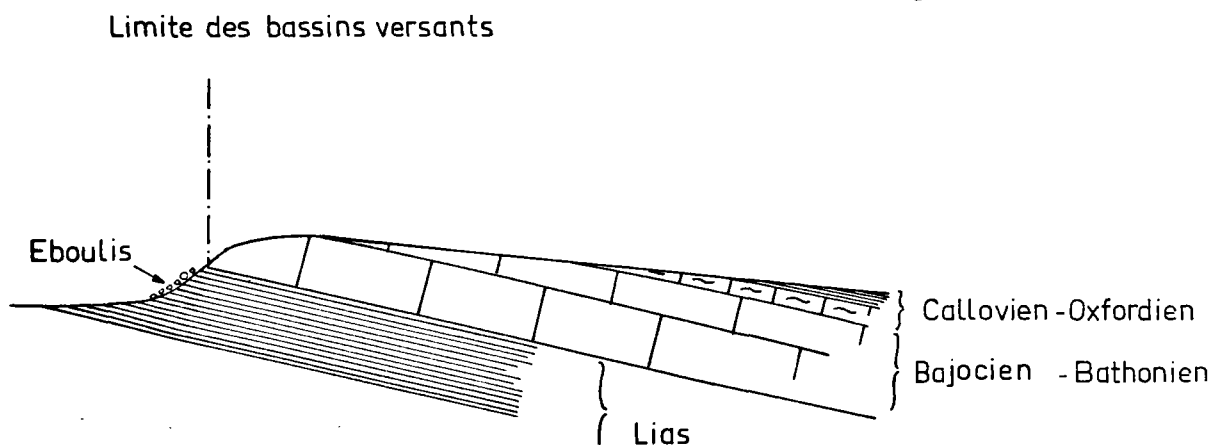
Ce choix se justifie de la façon suivante :

Cette ligne est située au flanc d'un relief à pente Nord. Par conséquent les eaux tombant sur les marnes et argiles du Lias appartiennent au bassin de l'OGNON plus au Nord.

A l'inverse les eaux tombant sur les affleurements du Dogger dont le relief a même orientation, rencontrent le mur imperméable qui limite la série à la base et dont le pendage, géologique cette fois est orienté au Sud (fig.325)

Ce choix est confirmé par le fait qu'aucun niveau de source n'y est décelé alors qu'une telle disposition est, dans d'autres conditions de pendage, favorable.

Fig. 325



Il faut toutefois envisager qu'en quelques points où le relief est particulièrement atténué le ruissellement sur le Lias puissent très localement alimenter le Dogger. Les débits mis en jeu seront de toutes façons faibles et nous les négligerons.

La limite Ouest a été déterminée dans le même esprit, en se fondant sur le premier essai de coloration, et en choisissant des limites structurales dans les terrains perméables ou susceptibles de l'être et des limites topographiques dans les terrains imperméables sous-jacents. Les points de détail ont été relevés sur la carte au 1/50 000.

La limite Sud fut choisie de même d'autant plus facilement que la structure et le relief concordent.

Enfin les contours Sud Est et Est ont présenté quelques difficultés.

Afin d'écartier le bassin versant de la Ranceuse et le territoire alimentant le Doubs par la rive gauche entre Vermondans et Voujeaucourt, la série du jurassique supérieur ayant un pendage infime, le choix s'est fait en confondant bassin hydrographique et hydrogéologique, c'est à dire en prenant la ligne de partage des eaux libres comme limite des bassins.

On est donc arrivé au tracé de la fig.21a.

Il est évident que ces choix impliquent une nouvelle source d'incertitude et bien que ces erreurs systématiques aient peu d'importance en soi, elles deviennent très sensibles dès que le raisonnement est quantitatif (cf. § 33)

33 - ETABLISSEMENTS DES BILANS

Des bilans ont été établis sous différentes formes, la période est chaque fois une année en admettant que l'hydrologie du bassin est comparable à une même date d'année en année. Le choix de cette date a par ailleurs été gouverné par la disponibilité des mesures.

Une première comparaison a été établie entre le volume d'eau estimé qui entre dans le Dogger et le volume d'eau mesuré sortant par les points d'eau supposés drainer le même niveau.

Une seconde série de calculs a permis de comparer les volumes rentrant sur le bassin et les gains en eau du Doubs, puis les gains en eau du Doubs aux volumes amenés par les sources et cours d'eau.

331 - Calcul des lames d'eau et volumes tombés

Le petit nombre de stations météorologiques a justifié l'emploi de la méthode de Thiessen.

Chaque station est représentative d'un domaine déterminé géométriquement et par les contours du bassin. Les surfaces sont ensuite planimétrées.

Etendue de la mesure	Surfaces représentées par station, exprimées en Km ²		
	FONTAINE	Ste MARIE	ANTEUIL
Dogger	53	38	
Bassin entier	99	1375	115

Les lames d'eau sont calculées à l'aide des moyennes mensuelles des pluies par station consignées dans le tableau suivant et ces valeurs concordent avec les travaux antérieurs (Thèse de Melle DELAROZIERE).

P L U V I O M E T R I E													
Stations	Année	Moyennes mensuelles par station en m/m											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ANTEUIL	1969											153,2	99,4
	1970	113,8	278,8	66,1	161,4	92,8	215,1	99,7	70,8	72,4	136	105,9	66,5
	1971	51,3	41,9	87,4	72,7	49,7	115						
FONTAINE	1969										(162)	141,9	90,6
	1970	99,8	225,5	78,3	138	70,8	157,2	74,0	50,3	61,0	129,5	116,7	58,8
	1971	54,1	41,3	90,6	48,7	40,9	113,8						
Ste MARIE	1969	143,6	102,7										
	1970	115,1	271,4	76,6	137,5	78,7	183,7	85,8	54,2	69,5	115,3	117,2	26,4
	1971	53,3	30,8	(70)	37,2	30,5	146,2						

* Les mesures entre parenthèses sont interpolées ou estimées.

Stations	Année	Volumes des précipitations par mois et par polygone autour des stations, en millions de m3 pour le Dogger											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
FONTAINE	1970	5,29	11,95	4,15	7,31	3,75	8,33	3,92	2,67	3,23	6,86	6,18	3,12
	1971	2,87	2,19	4,80	2,58	2,17	6,03						
Ste MARIE	1970	4,37	10,31	2,91	5,22	2,99	6,98	3,26	2,06	2,64	4,38	4,45	1,00
	1971	2,02	1,17	2,66	1,41	1,16	5,55						
Somme pondérée	1970	9,66	22,26	7,06	12,53	6,74	15,31	7,18	4,73	5,87	11,24	10,63	4,12
	1971	4,89	3,36	7,46	3,99	3,33	11,58						

Stations	Années	Volumes des précipitations par mois et par polygone autour des stations, en millions de m3 pour l'ensemble du bassin											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ANTEUIL	1970	13,09	32,06	7,60	18,56	10,67	24,74	11,46	8,14	8,33	15,64	12,18	7,65
	1971	5,90	4,82	10,05	8,36	5,72	13,22						
FONTAINE	1970	9,88	23,32	7,75	13,66	7,01	15,56	7,32	4,98	6,04	12,82	11,55	5,82
	1971	5,35	4,09	8,97	4,82	4,05	11,27						
Ste MARIE	1970	15,83	37,32	10,53	18,90	10,82	25,26	11,80	7,45	9,56	15,85	16,12	3,63
	1971	7,33	4,23	9,62	5,11	4,19	20,10						
Somme pondérée	1970	38,80	92,70	25,88	51,12	28,50	65,56	30,58	20,57	23,93	44,32	39,85	17,10
	1971	18,58	13,14	28,64	18,29	13,96	44,59						

Les relevés de température ci-dessous seront utilisés pour le calcul de l'évapotranspiration.

Stations	Années	T H E R M O M E T R I E											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
FONTAINE	1970		2,6	1	4	7,9	13,9	12,8	13,5	10,2	5,5	2,5	-2,2
	1971	-4,7	-0,7	-2,3	6,2	10,1	10,8						
Ste MARIE	1970	0,2	2	3,3	7,6	12,7	18,6	17,2	18,5	15,3	9,2	6,1	0,3
	1971	-0,8	2,4	(1)	(8)	15,0	15,2						

332 - Mesure des débits

Les débits du Doubs aux stations de VOUJEAUCOURT et BRANNE n'ont été obtenus que pour la seule année 1971. Le tableau suivant correspond à la somme sur chaque mois des débits journaliers, directement convertible en volume, le calcul des débits moyens étant superflus.

Stations	Débits moyens mensuels pondérés par la durée du mois, en m/s x jour											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
VOUJEAU-COURT	1558,1	1176,-	2161,3	2680,9	981,7	2297,1	1083,1	640,-	470,1	323,4	1600,-	1731,1
BRANNE	1662,5	1403,5	2376,-	2776,8	1019,6	2054,1	6970,5	552,2	439,4	305,3	1642,3	1745,5

En second lieu, les sources et rivières intérieures au bassin ont été jaugées et les débits moyens calculés reportés dans le tableau suivant.

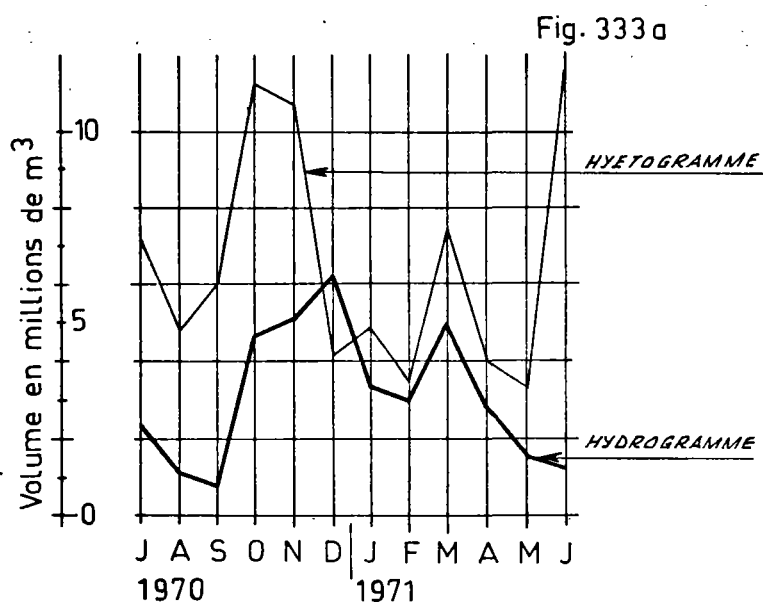
STATIONS	DEBITS MOYENS MENSUELS DES PETITS COURS D'EAU EN m3/s																	
	1 9 7 0					1 9 7 1												
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
APPENANS	0,146	0,092	0,086	0,32	0,403	0,34	0,223	0,252	0,388	0,272	0,088	0,150	0,106	0,05	0,039	0,071	0,193	0,121
VESSELOTTE	0,10	0,062	0,073	0,23	0,23	0,53	0,253	0,114	0,162	0,133	(0,115)	(0,075)	0,052	0,059	0,052	0,050	0,295	0,059
COLOMBIER-FONTAINE	0,10	0,046	0,02	0,095	0,187	0,28	0,092	0,092	0,249	0,059	0,04	0,084	0,074	0,041	0,029	0,033	0,204	0,069
BLUSSANS	0,025	0,007	0,01	0,028	0,059	0,038	0,063	0,065	0,099	0,049	0,015	0,025	0,005	0,002	0,003	0,006	0,043	0,006
MANCENANS	0,027	0,047	0,04	0,176	0,169	0,12	0,091	0,091	0,133	0,114	0,024	(0,040)	(0,020)	(0,015)	(0,010)	(0,020)	(0,055)	(0,030)
VOUJEAUCOURT	0,16	0,06	0,068	0,12	0,146	0,14	0,10	0,12	0,14	0,095	0,06	0,065	(0,040)	(0,030)	(0,025)	(0,030)	(0,050)	(0,040)
St MAURICE ECHELOTTE				0,51 (?)	0,37	0,46	0,17	0,25	0,34	0,12	0,03	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,04)	(0,25)	(0,08)
LONGEVILLE A	0,104	0,001	0	0,021	0,06	0,044	0,061	0,06	0,107	0,042	0,001	0	0	0	0	0	0,042	0,042
LONGEVILLE B	0,036	0,038	0,035	0,05	0,056	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,024	(0,034)	(0,010)	(0,005)	(0,005)	(0,010)	(0,025)	(0,015)
MEDIERE A	0,065	0,045	0,03	0,065	0,085	0,085	0,072	0,077	0,097	0,10	0,06	0,045	0,037	0,024	0,021	0,018	0,056	0,063
MEDIERE C	0,13	0,03	0	0,12	0,17	0,16	0,094	0,103	0,145	0,094	0,026	0,023	(0,020)	(0,015)	(0,010)	(0,015)	(0,070)	(0,075)
LOUGRES	0,67	0,37	0,23	1,49	1,49	1,54	(1,74)	(4,34)	(1,57)	(1,56)	(0,90)							

333 - Calage hydrogrammes - hvétogrammes

Ces résultats semi-interprétés constituent les termes des bilans.

Avant toute comparaison entre les pluies et les débits des cours d'eau, il faut s'assurer que l'on considère la même eau c'est à dire qu'il faut évaluer le temps de transit à travers les formations.

La première tentative a été faite en prenant des valeurs mensuelles et en comparant les volumes d'eau tombés sur le Dogger et la somme des débits des petits cours d'eau dont nous avons les mesures (fig. 333 a).



La concordance est incertaine mais n'entraîne pas de décalage, à l'exception des mois d'hiver pour lesquels les précipitations tombent sous forme de neige et demandent un délai pour être mobilisées et s'infiltrer.

Une deuxième corrélation a été faite avec des données journalières, en prenant les débits de la résurgence de Lougres et les hauteurs d'eau mesurées à Ste MARIE (fig. 333 b)

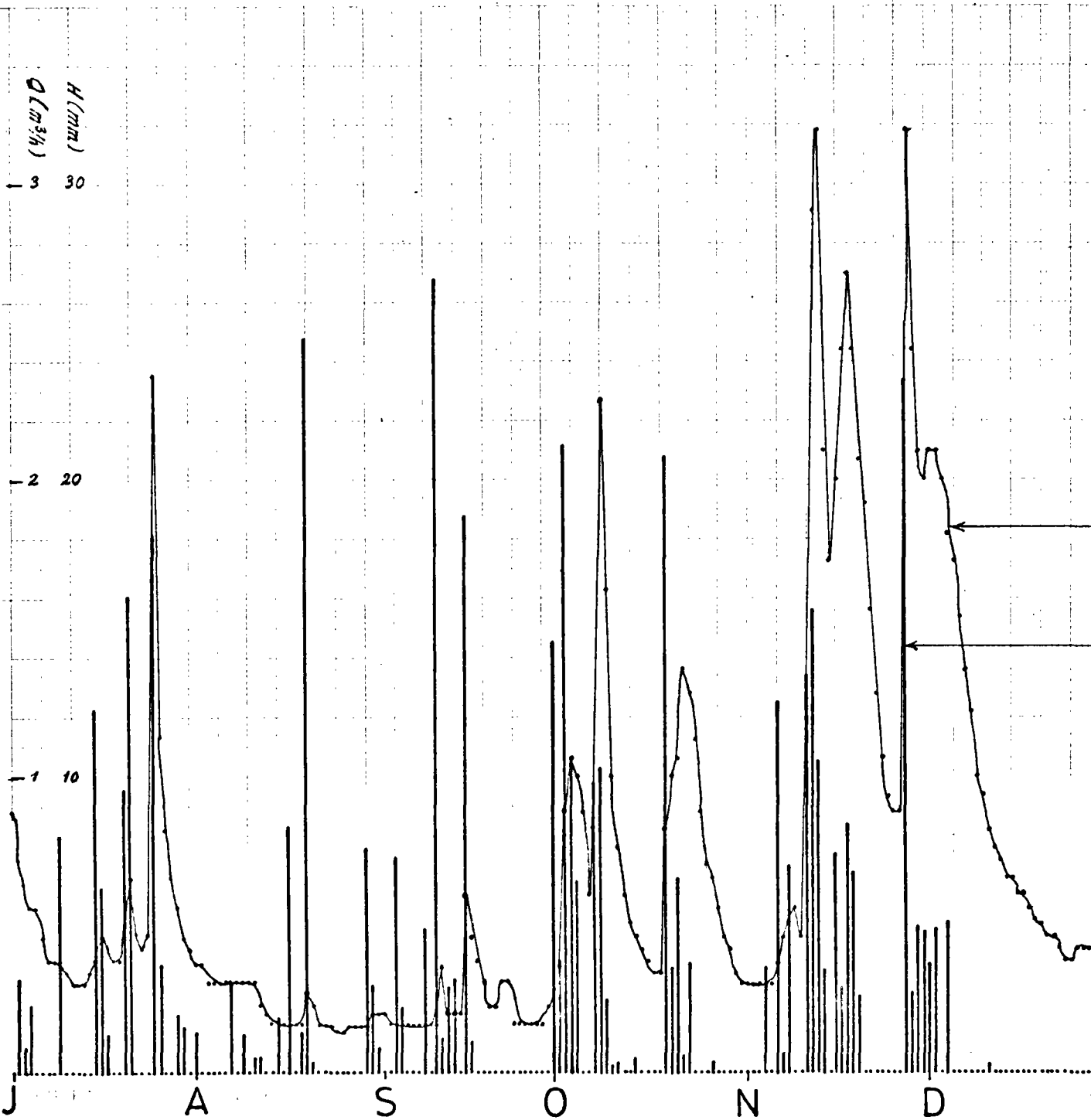
Le calage se réalise de bonne façon, en faisant apparaître un délai de zéro à deux jours pour le transit souterrain de l'eau.

Ce retard sera donc tout à fait négligeable pour des comparaisons mois par mois.

334 - Comparaison

Pour ce paragraphe nous nous réfèrerons aux chiffres du tableau récapitulatif en fin de chapitre.

Hydrogramme de la Lougrès et Hyetogramme a la station de S^{te} Marie



← Débit de la résurgence de Lougrès
← Hauteur d'eau

Fig. 333 b

3341 - Volume d'eau reçu par le Dogger
Volume d'eau mesuré aux points d'eau

Période de Juillet 1970 à Juin 1971.

L'idéal dans une telle synthèse est de disposer de mesures sur la plus longue période possible - Sans ou mieux 10 -. Dans le cadre de cette première approche, il avait été estimé que des relevés sur une année fourniraient de bons résultats dans la mesure où on les comparait aux valeurs moyennes des paramètres calculés antérieurement par Melle DELAROZIERE, pour les années 1946 à 1965.

Pour la période considérée, le volume d'eau tombé sur le Dogger est de 78,4 millions de m³.

Compte tenu des grandeurs qu'on a choisi de mesurer (thermométrie, pluviométrie) et du fait qu'en pays calcaire les réserves du sol sont irrégulières et difficilement estimables, la formule de TURC annuelle a été utilisée pour évaluer les volumes soustraits par l'évapotranspiration en tenant compte de l'imprécision sur le résultat final qui est propre à cette formule.

La température moyenne étant de 7,04° C et la pluviométrie annuelle de 861 m/m, le déficit d'écoulement est estimé à 435 m/m, chiffres compatibles avec ceux des travaux antérieurs déjà cités.

Par conséquent le volume d'eau infiltré que l'on calcule est de 38,8 millions de m³.

Cette dernière valeur est très certainement surestimée car il faut tenir compte du fait qu'en pays karstique les infiltrations de l'eau sont rapides et l'évapotranspiration réelle inférieure à l'évapotranspiration calculée à partir de la formule brut.

En deuxième lieu on calcule le débit cumulé de l'ensemble des rivières exceptés les ruisseaux de BIE et de BLUSSANS considérés comme drains du jurassique supérieur, ainsi que la SOYE par faute de données ce qui donne le chiffre de 63,5 millions de m³.

Ce volume est sensiblement supérieur à celui qui chiffre les infiltrations, mais inférieur à celui des précipitations sur le Dogger. Il y a là deux raisons, la première étant la surestimation de l'évapotranspiration, et la seconde qu'une partie des cours considérés comme drain du Dogger au Nord du Doubs sont alimentés par les eaux du jurassique supérieur

Inversement toutefois il faudrait ajouter les débits des sources propres au Dogger dont les eaux se perdent et n'ont pas été prises en compte, ainsi que le débit de la Soye.

Il est donc vraisemblable qu'aux imprécisions de mesures et aux incertitudes près, les chiffres des infiltrations sur le Dogger et celui des débits cumulés mesurés aux sources sont proches. Ceci confirme que l'essentiel des débits des cours d'eau (la Lougres en particulier) est fourni par le Dogger, dont la vidange - au moins partielle - est ainsi aisée et rapide.

3342 - Volume d'eau reçu par le bassin
Volume d'eau reçu par le Doubs

Année 1971.

Pour cette année nous évaluerons donc l'évapotranspiration à 30 % du volume des précipitations par référence au § 3341 et aux travaux cités.

Nous constatons tout d'abord en comparant les débits du Doubs sur 2 ans à Voujeaucourt, que l'année 1971 fut beaucoup plus sèche que 1970, ce que confirme le tableau de pluviométrie plus haut. Or les apports au Doubs par le bassin en 1971 (541.10^6 m³) sont supérieurs au volume des précipitations de 1970 (479.10^6 m³) qui était déjà une large surestimation du volume des précipitations de 1971 et à fortiori du volume infiltré. Il convient donc de se demander si, dans l'optique hydrologique qui nous intéresse ici, les relevés opérés sur le Doubs sont complets, et entr'autres choses de s'assurer que les débits de son affluent l'ALLAN sont bien compris dans les débits mesurés à Voujeaucourt, et qu'ils n'introduisent pas une erreur systématique. Si tel est le cas, on doit donc convenir que le bassin a une fonction d'emménagement et il cède d'importantes quantités d'eau en période sèche.

Ce phénomène ne se remarque qu'avec plus de précision pour le Dogger puisque cette fois, les débits des cours d'eau qu'il alimente sont supérieurs à la pluviométrie.

Il y a donc également une fonction d'accumulation.

D'autre part, si le chiffre des apports au Doubs est exact, il est beaucoup plus important que celui de la pluviométrie pour le bassin, et en particulier pour le second semestre.

Cela signifie que les apports se font par filtration et que la plaine alluviale sert de drain. Certains niveaux notamment dans le jurassique supérieur ont donc une bonne perméabilité, d'origine karstique très certainement.

Enfin, à l'observation des débits du Doubs entre Voujeaucourt et Branne, on ne peut écarter l'hypothèse de circulations karstiques profondes ayant leur origine en dehors du sous bassin que nous considérons, ainsi qu'il est apparu dans d'autres sous bassin à la lumière des travaux de Melle DELAROZIERE. Dans l'état actuel de nos connaissances et compte tenu de la grande incertitude qui entache les termes du bilans on ne peut statuer d'aucune façon sur un tel phénomène.

Période de Juillet 1970 à Juin 1971

Température moyenne annuelle	7,04° C
Pluviométrie annuelle	861 mm
Déficit d'écoulement (Turc annuel)	435 mm
Volume des précipitations sur le Dogger (mesuré).....	78,4.10 ⁶ m3
Volume d'eau infiltré dans le Dogger (calculé).....	38,8.10 ⁶ m3
Volume des précipitations sur le bassin (mesuré).....	478,9.10 ⁶ m3
Volume d'eau infiltré sur le bassin (calculé)	241 .10 ⁶ m3
Somme des volumes écoulés par les petits cours d'eau...	70,7.10 ⁶ m3
Volumes écoulés par les ruisseaux de Bié et BLUSSANS et VOUJEAUCOURT	10,7.10 ⁶ m3
Volume restant pouvant provenir du Dogger	60,2.10 ⁶ m3

Débits cumulés du Doubs à Voujeaucourt

1970	1971
3674.10 ⁶ m3	1443.10 ⁶ m3

ANNEE 1971

Premier semestre

Volume des précipitations sur le Dogger	34,61.10 ⁶ m3
Volume des précipitations sur le bassin	137,2 .10 ⁶ m3
Débits cumulés des petits cours d'eau	44,9 .10 ⁶ m3
Débits cumulés pouvant provenir du Dogger	39 .10 ⁶ m3
(débits estimés pour la Lougres) *	

* Les mesures brutes des débits de la Soye pour 1970 et 1971 nous sont parvenues après la rédaction du présent rapport et on constate qu'elles sont légèrement inférieures à celles relevées sur la Lougres.

Débits cumulés du Doubs à Voujeaucourt	937,9.10 ⁶ m ³
Apports au Doubs entre Voujeaucourt et Branne	37,8.10 ⁶ m ³

Deuxième semestre

Débits cumulés des petits cours d'eau	14,6.10 ⁶ m ³
(Lougres et Soye non comprises)	
Débits cumulés du Doubs à Voujeaucourt	505,2.10 ⁶ m ³
Apports au Doubs entre Voujeaucourt et Branne	502,8.10 ⁶ m ³

3343 - Etude d'hydrogrammes en période de tarissement

En dernier lieu, il serait intéressant de disposer des mesures de débits journaliers sur une longue période de la Soye.

A défaut, l'hydrogramme obtenu sur la Lougres pour 1970 (fig. 3343) montre un phénomène de tarissement répétitif qui correspond pour toute période sèche importante à l'écoulement selon une loi de Maillet d'une masse d'eau qui était emmagasinée.

On peut donc calculer un coefficient de tarissement - sa valeur est $0,0435 \text{ j}^{-1}$ - et déterminer à titre indicatif que si le réservoir partiel que vidange la Lougres poursuit son tarissement sans modification, le volume en réserve est encore de 330 000 m³ envi. lorsque le niveau de la Lougres est minimum soit en Août.

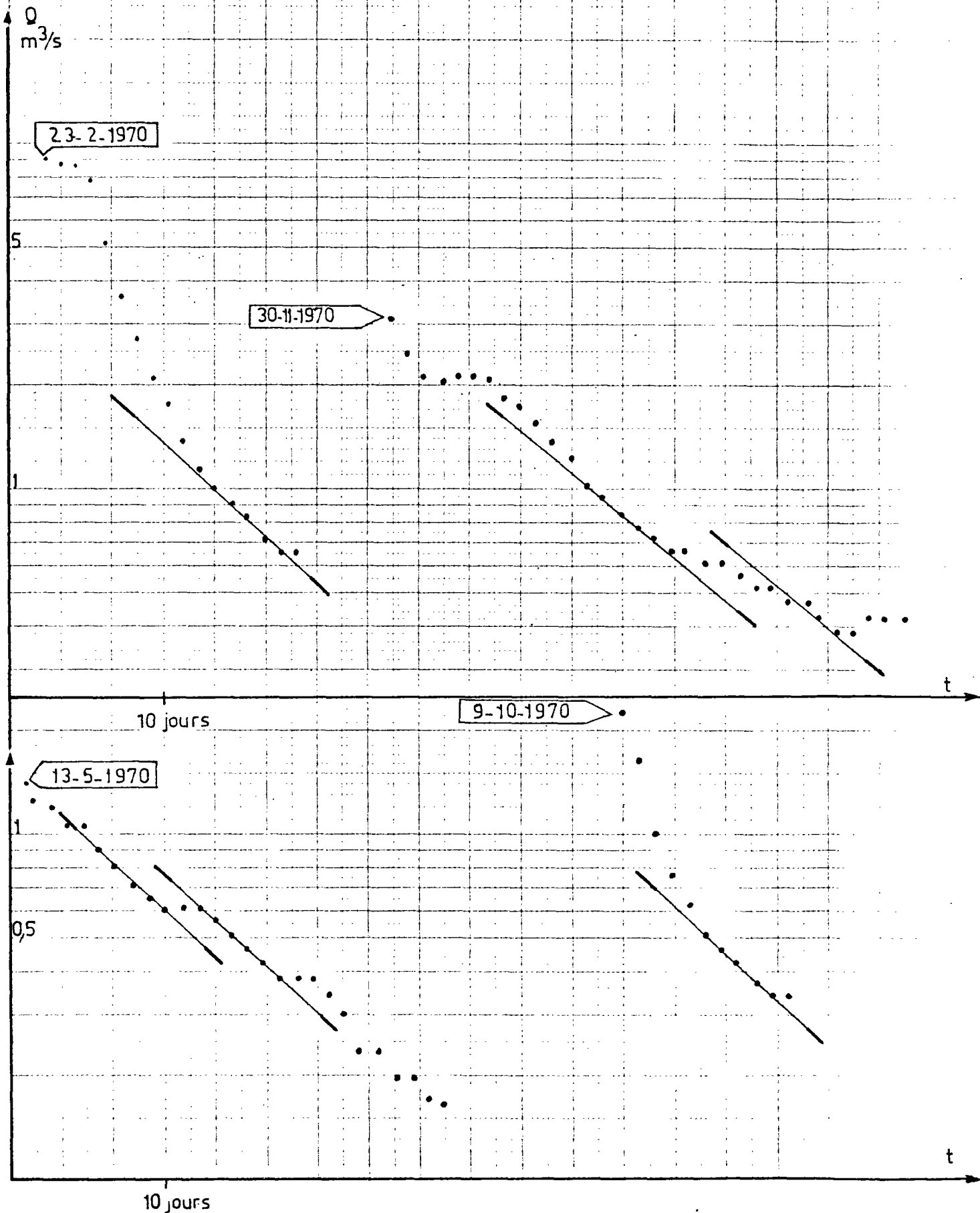
Ce chiffre faible n'est qu'indicatif de la vidange de la tranche d'eau située au dessus de la cote de la source pour le sous bassin qu'elle draine, mais ne permet pas de chiffrer la capacité de la partie noyée du karst du Dogger.

4 - CONCLUSIONS

Sous réserve qu'une étude complémentaire (relevé de débits du Doubs - contrôle piézométrique du niveau aquifères du Dogger) modifie certains résultats nous pouvons tirer les conclusions partielles suivantes :

1°) Les calcaires du jurassique supérieur présentent un karst certainement développé sur l'ensemble des niveaux et le ruissellement est d'autant plus faible à la surface du sol. Ils sont par ailleurs en communication avec la plaine alluviale du Doubs.

Hydrogramme obtenu sur la Lougres pour 1970



2°) La faiblesse des temps de transit souterrain de l'eau infiltrée à partir des affleurements du Dogger au Nord du bassin, liée au caractère des tarissements des sources (coefficient de tarissement grand) indique un karst développé au moins au Nord du Doubs, et l'existence d'un bref phénomène d'emmagasinement, pour les terrains situés au dessus de la cote des sources.

Ce karst sert d'exutoire, par débordement aux eaux du Dogger. Ayant constaté que l'essentiel des eaux infiltrées s'échappe par cette voie, nous en concluons - sous réserve d'une confirmation par surveillance piézométrique - que les communications sont globalement faibles de niveau à niveau entre le Dogger et le jurassique supérieur et que les marnes oxfordiennes sont en l'absence de failles, une bonne fermeture.

Les fermetures du bassin étant bonnes à sa périphérie, si l'on est sûr de l'existence d'un karst au dessus d'une certaine cote qui est dans le meilleur des cas la cote des sources, on ne peut être aussi affirmatif pour les niveaux profonds où l'eau ne circule pas - ou très peu -. Il est très vraisemblable qu'en dessous de la cote des sources, les fissures sont peu développées et la porosité des calcaires faible, ce qui ne permet pas d'envisager une exploitation dans l'état actuel de l'étude.

Les eaux du jurassique moyen se comportent comme une nappe captive bien que la porosité du magasin soit faible. Nappe constamment en charge, et dont la cote piézométrique serait voisine de la cote des sources les plus basses, au moins en période sèche.

Son exutoire essentiel est le débordement évoqué ci-dessus, mais par mesure de prudence nous admettrons qu'une faible perte peut avoir lieu au verrou de Clerval où l'anticlinal de la Côte d'Armont met en contiguïté le Bathonien et les alluvions du Doubs, à la cote de 280 mètres.

Un doute demeure toutefois sur la possibilité d'existence de circulations profondes de sous-bassin à sous-bassin, dont le principal rôle serait de modifier les débits du Doubs, et sur lesquelles on ne peut formuler d'hypothèse actuellement.

3°) Si un supplément de connaissance sur la porosité permettait de conclure à la possibilité de l'exploitation du Dogger, celle-ci n'aurait comme conséquence qu'une baisse du niveau et le tarissement des sources servant d'exutoire actuellement.

Il n'y aurait vraisemblablement pas de réalimentation par la nappe du jurassique supérieur, et le volume annuel exploitable ne pourrait être supérieur au volume des infiltrations dont nous avons une idée pour deux années de mesures, diminué d'une éventuelle perte par le verrou de Clerval.

Ce piège isolant un volume d'eau, des surexploitations temporaires seraient possibles toujours dans la même limite, où la somme des volumes d'eau sortis n'excèderaient pas la somme des réserves et des réalimentations par les pluies.

Les certitudes étant des affirmations imprudentes, il faut envisager qu'une réalimentation faible de ces niveaux à la faveur de failles est possible à partir de la nappe des calcaires supérieurs, eux mêmes en communication avec les alluvions du Doubs. L'exploitation alors aurait deux conséquences supplémentaires, la première serait une diminution faible du débit du Doubs en aval du bassin, ainsi qu'une modification de la nature de l'eau exploitée, avec des risques minimes de pollution.

4°) Dans la mesure où des connaissances plus complètes seraient nécessaires, un certain nombre d'opérations seraient souhaitables.

La première serait l'implantation d'un piézomètre pouvant être équipé en puits dans la partie centrale du bassin, en un point où la cote de la base du Dogger est faible, par exemple à LA PRETIÈRE, pour connaître trois choses :

- En premier lieu la porosité et la perméabilité des niveaux susceptibles d'être aquifères (le Bajocien et le Callovien en particulier)

- En second lieu l'évolution de la piézométrie lors des pluies pour préciser l'importance des communications avec la périphérie du bassin puis avec les niveaux susjacentes du jurassique supérieur.

- En troisième lieu l'évolution de la piézométrie en période non influencée pour déterminer la qualité de la fermeture du piège.

La seconde mesure serait une connaissance des débits du Doubs en amont et en aval de Clerval qui permettrait de tester l'efficacité de la fermeture du piège en ce point.

Enfin et en troisième lieu des précisions d'ordre géologique sur les structures de Bavans et de Mathay - Bourguignon seraient de grand intérêt et pourraient être obtenues par géophysique et surtout par sondages.

SOURCES ALLANT DIRECTEMENT AU DOUBS

(Mi Juin 1969)

<u>RIVIERES OU SOURCES</u>	<u>DEBITS ESTIMES</u> en l/s	<u>ETAGE</u>
1 SOYE (Gourdevau)	430	Callovien
2 LOUGRES (Source de la Lougres)	415	Bathonien
3 VOUEAUCOURT (S du Monnot)	150	Rauracien
4 MEDIERE (Boussots)	150	Sequanien moy
5 CLERVAL (Vesselotte)	135	Rauracien
6 MEDIERE (Lavier)	125	Sequanien moy
7 LONGEVILLE (Soulces)	120	sequanien inf
8 COLOMBIER FONTAINE (Sous la Vierge)	112,5	Rauracien
9 MANCENANS (Crible)	60	Callovien
10 LONGEVILLE (Champagne)	25	Rauracien
11 ELOT (Source du Bié)	20	Rauracien
12 COLOMBIER - CHATELOT (Source des RAVACHES)	20	Séquanien sup
13 BLUSSANS (Source du Ruisseau)	17	Séquanien moy
14 SANTOCHE (Nord de la Motte de J. CESAR)	17	Séquanien
15 MANCENANS I	15	Callovien
16 ETOUVANS (Source du Ruisseau de Rorbe)	14	Argovien (R.C)
17 MANCENANS II	13	Callovien
18 SOURANS (Source du Ruisseau)	12,5	IV
19 SANTOCHE (S de la PRAIRIE)	12	Séquanien
20 ROCHE LES CLERVAL (Source du Bief de l'ERMITE)	10	Callovien
21 L'ISLE (Doubs) (Source d'Alhombre)	10	Rauracien inf
22 SOYE (Fontaine du Village)	10	Callovien
23 L'ISLE/DOUBS (Source du Moulinot)	9	Rauracien inf
24 BAVANS (Sous Roche)	8,3	Callovien
25 COLOMBIER-FONTAINE (BOURGERANGLLET)	7	Rauracien inf
26 MANCENANS (ABBAYE)	5	Callovien
27 BAVANS (Rupt)	4	Callovien
28 APPENANS II	3	Alluvions
29 ISLE/DOUBS (Magny)	3	Rauracien
30 ST MAURICE ECHELOTTE (Breuil)	2,7	Argovien
31 APPENANS I	2,5	Alluvions

32	DAMPIERRE (Bas Thiebaut)	1,7	Rauracien inf
33	ROCHE LES CLERVAL (Fourchie)	1,7	Callovien
34	POMPIERRE/DOUBS (Volverads)	1,25	Séquanien
35	BLUSSANS (Nord du Chauffour)	1	Séquanien moy
36	ISLE/DOUBS (Moulin)	1	Rauracien
37	ETOUVANS (Misère)	1	Argovien sup
38	COLOMBIER FONTAINE (Source de la Charbonnière)	1	Rauracien inf
39	BLUSSANS (Source du Sépois)	0,75	Séquanien
40	MONTENOIS (Sud du village)	0,33	Callovien
41	LOUGRES (Bonne Fontaine)	0,25	Rauracien inf
42	ST MAURICE ECHELOTTE (Est du village)	0,17	Rauracien inf
43	MEDIERE (Fontaine DIGUEDY)	0,17	Argovien
44	COLOMBIER FONTAINE (Bourberangie II)	0,09	Rauracien inf
45	ROCHE LES CLERVAL (CHANTRE)	0,025	Callovien
46	ROCHE LES CLERVAL (3 sources village)	0,29	Callovien
47	ST MAURICE ECHELOTTE (Est du village)	0,15	Rauracien inf