

**MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT
INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE**

**BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 – 45 Orléans (02)

Tél.: (38) 66.06.60

DÉPARTEMENT D'ILLE-ET-VILAINE

**DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DE L'AGRICULTURE**

**Service du Génie Rural,
des Eaux et des Forêts**

Marché n° 72 131

NAPPE DU BASSIN TERTIAIRE DE LA FORÊT DU THEIL (Ille-et-Vilaine)

SURVEILLANCE PIÉZOMÉTRIQUE

Période Avril 1972 – Mars 1973

par

S. KUKLAN et H. TALBO



Service géologique régional BRETAGNE – PAYS-DE-LA-LOIRE

c/o C.S.T.B. chemin de la Bourgeonnière, 44000 Nantes – Tél.: (40) 74.94.49

73 SGN 148 BPL

*Bureau de Recherches
Géologiques et Minières*
BIBLIOTHEQUE

Nantes, avril 1973

R E S U M E

Le bassin de la forêt du Theil est un bassin d'âge tertiaire, constitué de sables et enclavé dans des formations primaires peu perméables.

La surexploitation de la nappe qu'il contient a provoqué, depuis 1945, un abaissement du niveau piézométrique qui, accéléré par la mise en exploitation en 1964 d'un puits destiné à alimenter l'usine Bridel de Retiers, dépasse maintenant 16 m.

Cette situation risquant de compromettre gravement la distribution d'eau potable dans toute la région, Monsieur le Préfet de la Région Bretagne, Préfet d'Ille-et-Vilaine, a confié au Bureau de Recherches Géologiques et Minières l'étude du problème, sous le contrôle de Monsieur l'Ingénieur en Chef du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Directeur Départemental de l'Agriculture d'Ille-et-Vilaine.

Le présent rapport rend compte des observations effectuées pendant la période Avril 1972 - Mars 1973, troisième année de l'étude, expose les conclusions qui en découlent et envisage la possibilité de pallier la surexploitation et même d'augmenter les prélèvements : la réalimentation de la nappe pourrait être réalisée depuis le ruisseau des Chênes de Martigné qui coule à moins de 2 km des points d'infiltration possibles.

La nécessité et l'intérêt d'une réalimentation paraissent de plus en plus évidents. En effet, si les ressources de la nappe dans la situation actuelle sont de l'ordre de 1 300 000 m³ par an, il s'agit d'une valeur moyenne qui suppose que les réserves de l'aquifère sont suffisantes pour compenser les variations interannuelles des apports. Or, l'alimentation naturelle : infiltration directe, par l'intermédiaire du ruissellement sur le bassin versant ou venues depuis les terrains encaissants, dépend complètement des précipitations efficaces, qui, les mesures faites cette année le montrent, peuvent être extrêmement réduites : 21 mm du 1^{er} Avril 72 au 31 Mars 73, contre 124 mm en moyenne pour la période 1957-1973. Il suffirait alors de deux années aussi déficitaires consécutives pour que toute la partie sud-ouest du bassin soit dénoyée et le point critique atteint.

- S O M M A I R E -

RESUME.	I
SOMMAIRE.	II
LISTE DES FIGURES	III
INTRODUCTION.	1
1 - MESURES PIEZOMETRIQUES - FLUCTUATIONS DE LA NAPPE	3
11 - Abaissement de la surface piézométrique.	3
12 - Graphique des fluctuations	10
13 - Carte de la surface piézométrique.	12
14 - Profil piézométrique	14
2 - QUALITE DE L'EAU.	16
21 - Composition physico-chimique	16
22 - Composition bactériologique.	19
23 - Risques de pollution	19
3 - BILAN DE LA NAPPE	22
31 - Rappel des hypothèses et méthodes de calcul.	22
32 - Précipitations efficaces	23
33 - Valeurs des termes du bilan.	29
331 - Prélèvements	
332 - Apports	
34 - Augmentation des apports X avec l'abaissement de la nappe.	33
35 - Ressources de la nappe du bassin de la forêt du Theil.	34
36 - Précisions pour la période 73-74	34
4 - ALIMENTATION ARTIFICIELLE	37
41 - Origine de l'eau de réalimentation	39
411 - Estimation des débits et des volumes pouvant être fournis par le ruisseau des Chênes de Martigné	
411.1 - Débits	
411.2 - Volumes	
412 - Qualité de l'eau du ruisseau des Chênes de Martigné	
412.1 - Examen physique	
412.2 - Analyse chimique	
412.3 - Analyse microbiologique	
42 - Dispositif d'infiltration.	47
421 - Emplacement du dispositif	
422 - Forme et dimension du bassin	
423 - Dispositif de fonctionnement	
424 - Dispositif de contrôle et de réglage	
43 - Programme des travaux à entreprendre	51
5 - CONCLUSIONS	53

- LISTE DES FIGURES -

	Pages
1 - Plan de situation des ouvrages piézométriques	2
2 - Carte d'abaissement de la nappe entre le 4/4/72 et le 5/4/73	7
3 - Carte d'abaissement de la nappe entre le 3/4/70 et le 5/4/73	8
4 - Profil d'abaissement de la nappe	9
5 - Graphique des fluctuations de la nappe	11
6 - Carte de la surface piézométrique au 5 avril 1973	13
7 - Profil piézométrique en long - Evolution entre Avril 1970 et Avril 1973	15
8 - Diagramme d'analyses chimiques aux captages S.I.E.F.T et Bridel	18
9 - Alimentation de la nappe - Bilan hydrique (années 1957-1973)	27
10 - Relations entre les apports X et l'abaissement de la nappe	32
11 - Evolution possible de la surface de la nappe pendant la période Avril 73 - Mars 74	35
12 - Alimentation artificielle - Emplacement du dispositif proposé	38
13 - Diagramme d'analyses chimiques au ruisseau des Chênes de Martigné et aux captages S.I.E.F.T	42
14 - Schéma des bassins d'infiltration	48
15 - Schéma récapitulatif du dispositif de réalimentation proposé	50

- LISTE DES TABLEAUX -

1 - Tableau des mesures piézométriques du 4 Avril 1972 au 5 Avril 1973	4
2 - Tableau d'abaissement de la nappe	5
3 - Examen Physico-Chimique	17
4 - Examen microbiologique - Analyses ENSP de Rennes	20
5 - Bilan hydrique - Années 1957-1973	24-25-26
6 - Tableau des prélèvements	28
7 - Bilan des 3 périodes d'observations - Tableau récapitulatif	31

I N T R O D U C T I O N

L'étude hydrogéologique de la nappe du bassin tertiaire de la forêt du Theil a été confiée par l'Administration (Département d'Ille-et-Vilaine - Direction Départementale de l'Agriculture) au BRGM, Service Géologique Régional Bretagne - Pays de Loire, en 1970.

Le rapport 71 SGN 002 BPL : "Etude hydrogéologique du Bassin tertiaire de la forêt du Theil (Ille-et-Vilaine)" a rendu compte des travaux de première phase (sondages de reconnaissance, géophysique, mise en place d'un réseau d'observations piézométriques) et des résultats d'un premier cycle d'observations portant sur la période Avril 70 - Avril 71.

Le deuxième cycle d'observations (Avril 71 - Avril 72) a fait l'objet du rapport 72 SGN 085 BPL : "Nappe du Bassin tertiaire de la forêt du Theil (Ille-et-Vilaine) - Surveillance piézométrique - Compléments d'observations" qui exposait en outre quelques données nouvelles relatives à l'extension du bassin sableux.

La présente note fait suite aux deux rapports cités. Elle présente les observations faites au cours de la période Avril 72 - Avril 73, les données recueillies concernant l'exploitation du bassin (prélèvements S.I.E.F.T. et Bridel), expose les résultats qu'elles fournissent (fluctuations et forme de la surface piézométrique) et les conclusions qui peuvent en être tirées à propos de l'exploitabilité de la nappe du bassin tertiaire.

Les connaissances portant sur l'étendue, la configuration, la géométrie du bassin et les caractéristiques hydrodynamiques des sables qui le constituent n'ayant pas subi de modifications, il n'en sera pas fait état ici. Le lecteur intéressé pourra se reporter aux rapports 71 SGN 002 BPL ou 72 SGN 085 BPL.

FIGURE 1

- 2 -

PLAN DE SITUATION

des ouvrages piézométriques

ECHELLE: 1/20.000



1 - MESURES PIEZOMETRIQUES - FLUCTUATIONS DE LA NAPPE

Au cours de ce cycle d'observations, 23 tournées générales de relevés piézométriques ont été effectuées, totalisant 670 mesures de niveau. L'ensemble de ces données, raccordées au N.G.F., sont regroupées dans le tableau n° 1. Parallèlement, des mesures ont été faites au puits du bassin de la GROUSSINIERE avant sa mise en exploitation, au piézomètre 78 ensuite, afin de disposer d'un graphique "témoin" des variations naturelles d'une nappe comparable à celle du bassin du Theil.

11 - Abaissement de la surface piézométrique

Sauf dans le secteur du puits Bridel où elle est stabilisée par l'effet de la réalimentation depuis la sablière Paillard, la surface de la nappe continue de s'abaisser.

Pour la partie située au nord du chemin Ramet - le Champ Fleuri - cf. tableau 2 -, l'abaissement est moins fort que les années précédentes :

période	3/4/70 au 30/3/71	: 1,12 m
"	30/3/71 au 4/4/72	: 1,60 m
"	4/4/72 au 5/4/73	: très voisin de 1 m

Par contre, l'abaissement de la nappe s'est accéléré dans la partie Sud-Ouest du bassin, ce qui peut traduire, pour ce secteur, des conditions d'alimentation moins bonnes que les autres années.

Sur l'ensemble du bassin, la surface de la nappe s'est abaissée en moyenne de 1,21 m. En considérant un coefficient d'emmagasinement moyen de 12,5 % (10 à 15 %), cet abaissement correspondrait à une diminution des réserves de 230 000 m³. Une telle variation des réserves est, en fait, faible eu égard à la sécheresse tout à fait exceptionnelle de la période considérée - cf. plus loin 32 -

TABLEAU DES MESURES PIEZOMETRIQUES (cotes NGF)

du 4 Avril 1972 au 5 Avril 1973

N° BRGM	Repère NGF 1	D A T E S																						
		4/4 1972	18/4 1972	2/5 1972	15/5 1972	30/5 1972	19/6 1972	3/7 1972	24/7 1972	16/8 1972	5/9 1972	25/9 1972	13/10 1972	30/10 1972	23/11 1972	11/12 1972	26/12 1972	8/1 1973	22/1 1973	2/2 1973	19/2 1973	9/3 1973	22/3 1973	5/4 1973
1	72,38	53,49	53,36	53,31	53,26	53,20	53,10	53,13	53,21?	53,22	53,24	53,23	53,21	53,13	52,93	52,76	52,59?	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
4	72,25	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
5	72,82	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
19	70,44	-	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P
20	71,23	-	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P	-P
22	70,88	53,59 ^P	53,43 ^P	53,40 ^P	53,34 ^P	53,22 ^P	53,23	53,20	52,98	52,97	52,81 ^P	52,83 ^P	52,80 ^P	52,79 ^P	52,63 ^P	52,62 ^P	52,69 ^P	52,67 ^P	52,64 ^P	52,59 ^P	52,75 ^A	52,79 ^P	52,71 ^P	52,71 ^P
23	76,64	53,91	53,82	52,76	53,70	53,62	53,53	53,47	53,33	53,24	53,17	53,08	53,03	52,99	52,87	52,84	52,86	52,83	52,83	52,80	52,89	52,93	52,96	52,92
24	71,39	53,74	53,62	53,58	53,51	53,42	53,37	53,31	53,16	53,09	53,00	52,96	52,90	52,86	52,74	52,71	52,75	52,72	52,72	52,68	52,79	52,85	52,82	52,81
25	72,12	53,65	53,54	53,50	53,44	53,36	53,29	53,25	53,12	53,06	52,98	52,93	52,89	52,86	52,74	52,69	52,70	52,68	52,65	52,63	52,72	52,77	52,76	52,75
26	72,73	53,68	53,59	53,53	53,48	53,42	53,34	53,29	53,22	53,17	53,13	53,08	53,03	52,99	52,89	52,81	52,75	52,72	52,69	52,69	52,73	52,75	52,78	52,75
28	72,50	53,48	53,38	53,30	53,25	53,19	53,12	53,12	53,18	53,19	53,19	53,17	53,12	53,07	52,90	52,75	52,68	52,64	52,61	52,61	52,60	52,59	52,61	52,56
30	76,65	53,65	53,54	53,50	53,44	53,35	53,30	53,24	53,10	53,04	52,95	52,91	52,85	52,83	52,70	52,67	52,69	52,67	52,65	52,63	52,73	52,78	52,76	52,75
31	80,79	53,93	53,85	53,79	53,73	53,65	53,55	53,49	53,36	53,26	53,19	53,11	53,05	53,01	52,90	52,86	52,87	52,84	52,85	52,83	52,90	52,96	52,95	52,94
32	71,50	53,72	53,63	53,57	53,52	53,46	53,37	53,32	53,24	53,17	53,13	53,07	53,03	52,98	52,89	52,81	52,77	52,73	52,70	52,70	52,73	52,77	52,79	52,78
33	72,11	53,68	53,58	53,53	53,48	53,42	53,32	53,27	53,17	53,10	53,05	52,99	52,95	52,90	52,79	52,73	52,73	52,69	52,67	52,66	52,72	52,78	52,78	52,76
34	71,84	53,63	53,51	53,46	53,41	53,32	53,27	53,22	53,07	53,02	52,92	52,90	52,85	52,82	52,69	52,66	52,69	52,67	52,65	52,62	52,72	52,76	52,74	52,73
35	73,51	52,52	52,20	52,04	52,01	51,91	51,92	52,33	52,80	53,02	53,10	53,18	53,02	52,99	52,31	51,98	51,98	52,02	51,99	52,00	51,94	51,79	51,62	51,51
36	71,05	58,48	58,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,80	55,78	-	-	-	-	-	-	55,78?	sec	
37	79,58	56,45	56,29	56,14	56,02	55,91	55,78	55,71	55,57	55,42	55,31	55,14	55,08	54,99	54,84	54,80	54,80	54,75	54,66	54,71	54,75	54,74	54,76	54,69
38	71,53	53,68	53,59	53,53	53,48	53,42	53,33	53,28	53,16	53,08	53,02	52,95	52,90	52,86	52,75	52,70	52,71	52,68	52,67	52,65	52,72	52,79	52,79	52,78
39	74,49	53,83	53,75	53,68	53,63	53,55	53,46	53,40	53,26	53,17	53,10	53,02	52,97	52,93	52,82	52,78	52,80	52,77	52,78	52,75	52,83	52,89	52,90	52,88
40	72,00	53,64	53,51	53,47	53,42	53,22	53,28	53,22	53,07	53,02	52,91	52,89	52,85	52,80	52,67	52,64	52,68	52,66	52,64	52,61	52,73	52,78	52,76	52,74
41	79,50	53,76	53,68	53,62	53,56	53,49	53,41	53,35	53,20	53,12	53,05	52,97	52,92	52,88	52,77	52,74	52,76	52,73	52,73	52,70	52,79	52,84	52,85	52,83
42	70,21	54,05	53,95	53,88	53,82	53,74	53,66	53,58	53,45	53,35	53,27	53,19	53,14	53,09	52,98	52,93	52,95	52,92	52,90	52,90	52,97	53,02	53,05	53,02
43	71,73	53,88	53,79	53,73	53,69	53,66	53,58	53,54	53,48	53,41	53,38	53,33	53,29	53,25	53,13	53,06	53,03	52,96	52,87	52,88	52,89	52,90	52,92	52,90
44	67,56	43,22 ^P	50,53 ^A	42,63 ^P	50,50 ^A	50,38 ^A	50,26 ^A	51,81 ^A	52,65 ^A	53,05 ^A	53,12 ^A	45,94 ^P	52,99 ^A	49,56 ^A	51,33 ^A	50,01 ^A	51,26 ^A	47,76 ^P	44,19 ^P	48,15 ^P	51,17 ^A	50,51 ^A	50,29 ^A	43,56 ^P
57	54,64	52,84	52,54	53,04	-	-	sec	sec	-	-	53,22	53,39	-	-	53,82	-	-	-	-	-	-	sec	sec	
58	66,66	66,08	66,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,86	-
SP ⁹	64,77	63,77	63,67	-	-	-	-	63,62	-	-	-	-	-	sec	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	83,12																						70,62	
60	76,03																						64,85	
61	75,62																						70,68	
62	74,96																						72,66	
63	85,05																						75,35	

9 SP Sablière Paillard
P en pompage
A à l'arrêt

BASSIN TERTIAIRE DE LA FORST DU THEIL

TABLEAU D'ABAISSSEMENT DE LA NAPPE

N° OUVRAGE		NIVEAU PIEZOMETRIQUE (NGF)				A B A I S S E M E N T			
BRGM	ENTREP.	3/4/70	30/3/71	4/4/72	5/4/73	70 - 71	71 - 72	72 - 73	70 - 73
1	Puits II	55,65	55,05	53,49	Sec	0,60	1,56	-	-
22	Piézo 2	56,51	55,25	53,59	52,71	1,26	1,66	0,88	3,80
44	Puits BRIDEL	(52,02 A 44,26 P	52,13 A 44,61 P	52,20 A 43,22 P	43,56 P	+0,11 A +0,35 P	+0,07 A 1,39 P	+0,34 P	0,70 P
23	1	56,94	55,57	53,91	52,92	1,37	1,66	0,99	4,02
24	2	56,67	55,41	53,74	52,61	1,26	1,67	0,93	3,86
25	3	56,50	55,34	53,65	52,75	1,16	1,69	0,90	3,75
26	4	56,31	55,34	53,68	52,75	0,97	1,66	0,93	3,56
28	6	55,73	55,07	53,48	52,56	0,66	1,59	0,92	3,17
30	8	56,52	55,33	53,65	52,75	1,19	1,68	0,90	3,77
31	9	56,97	55,60	53,93	52,94	1,37	1,67	0,99	4,03
32	10	56,46	55,38	53,72	52,78	1,08	1,66	0,94	3,68
33	11	56,49	55,36	53,68	52,76	1,13	1,68	0,92	3,73
34	12	56,51	55,31	53,63	52,73	1,20	1,68	0,90	3,78
35	13	54,01	54,17	52,52	51,51	+0,16	1,65	1,01	2,50
36	14	60,19	58,99	58,48	Sec	(1,20)	(0,51)	-	-
37	15	60,05	57,72	56,45	54,69	2,33	1,27	1,76	5,36
38	16	56,59	55,39	53,68	52,78	1,20	1,71	0,90	3,81
39	17	56,83	55,50	53,83	52,88	1,33	1,67	0,95	3,95
40	18	56,58	55,33	53,64	52,74	1,25	1,69	0,90	3,84
41	19	56,74	55,44	53,76	52,83	1,30	1,68	0,93	3,91
42	20	57,11	55,69	54,05	53,02	1,42	1,64	1,03	4,09
43	21	56,55	55,50	53,88	52,90	1,05	1,62	0,98	3,65
Sablière PAILLARD		63,63	64,07	63,77	Sec en partie	+0,44	-0,30	-	-

A - Ouvrage à l'ARRET

P - Ouvrage en POMPAGE

L'abaissement de la surface de la nappe est représenté sur les figures qui suivent :

fig. 2 : Carte d'abaissement de la nappe entre le 4/4/72 et le 5/4/73

fig. 3 : Carte d'abaissement de la nappe entre le 3/4/70 et le 5/4/73

fig. 4 : Profil d'abaissement de la nappe. Ce graphique montre, de façon plus directe que les cartes, l'épuisement progressif de la nappe au cours des trois années d'observations. La surface piézométrique au 3/4/70 (première tournée de mesure) est prise comme référence.

FIGURE 2

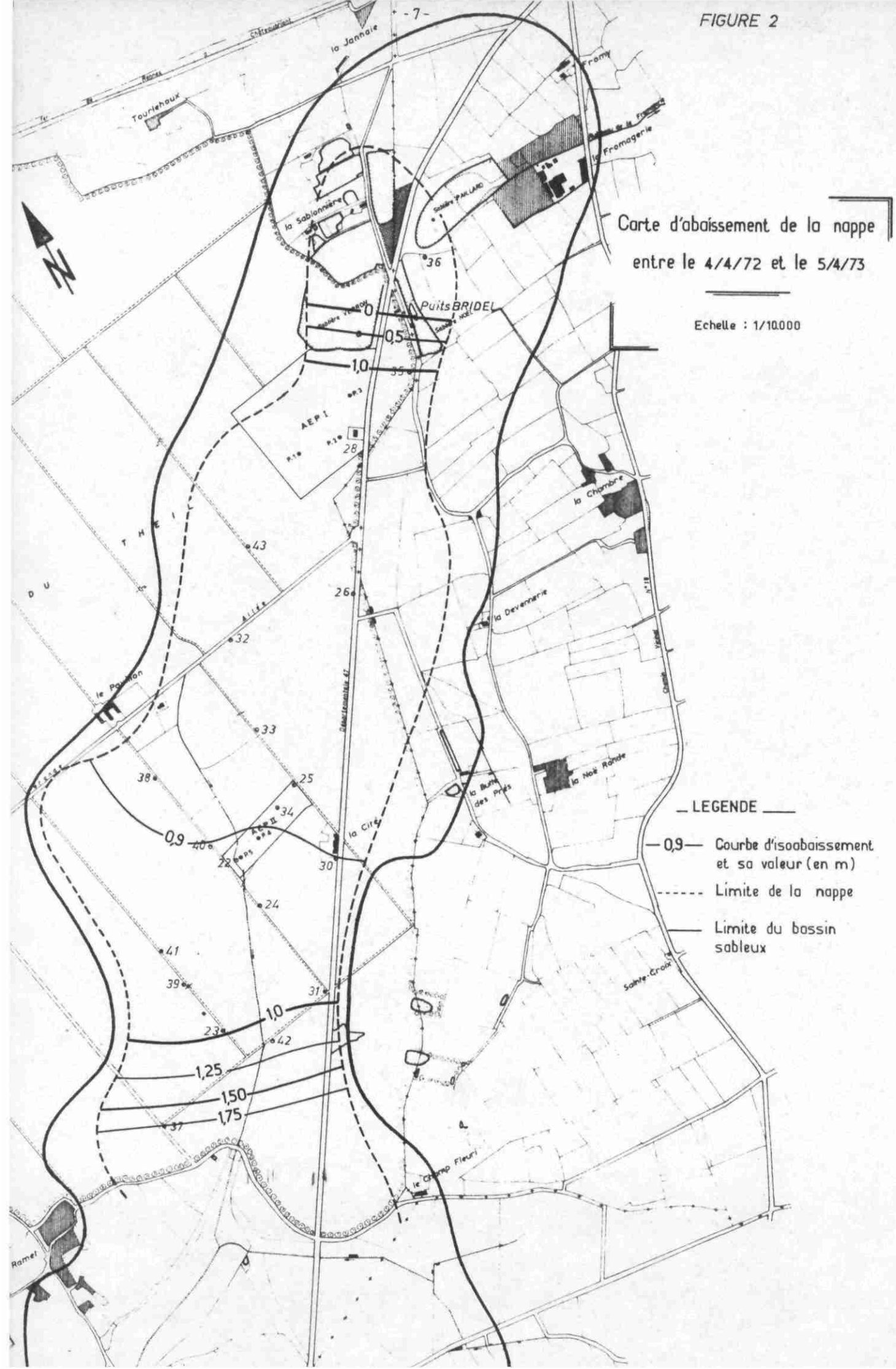
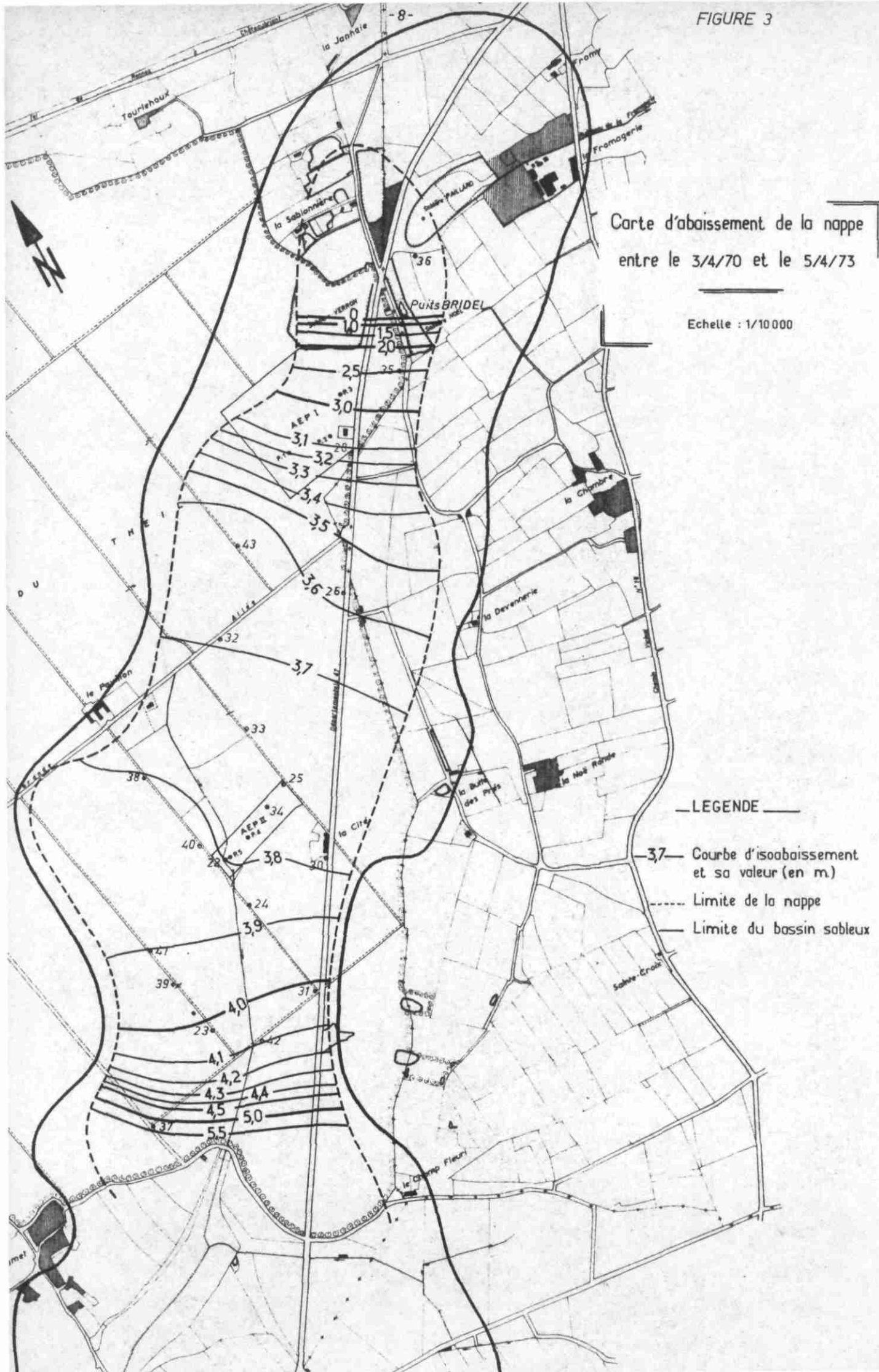
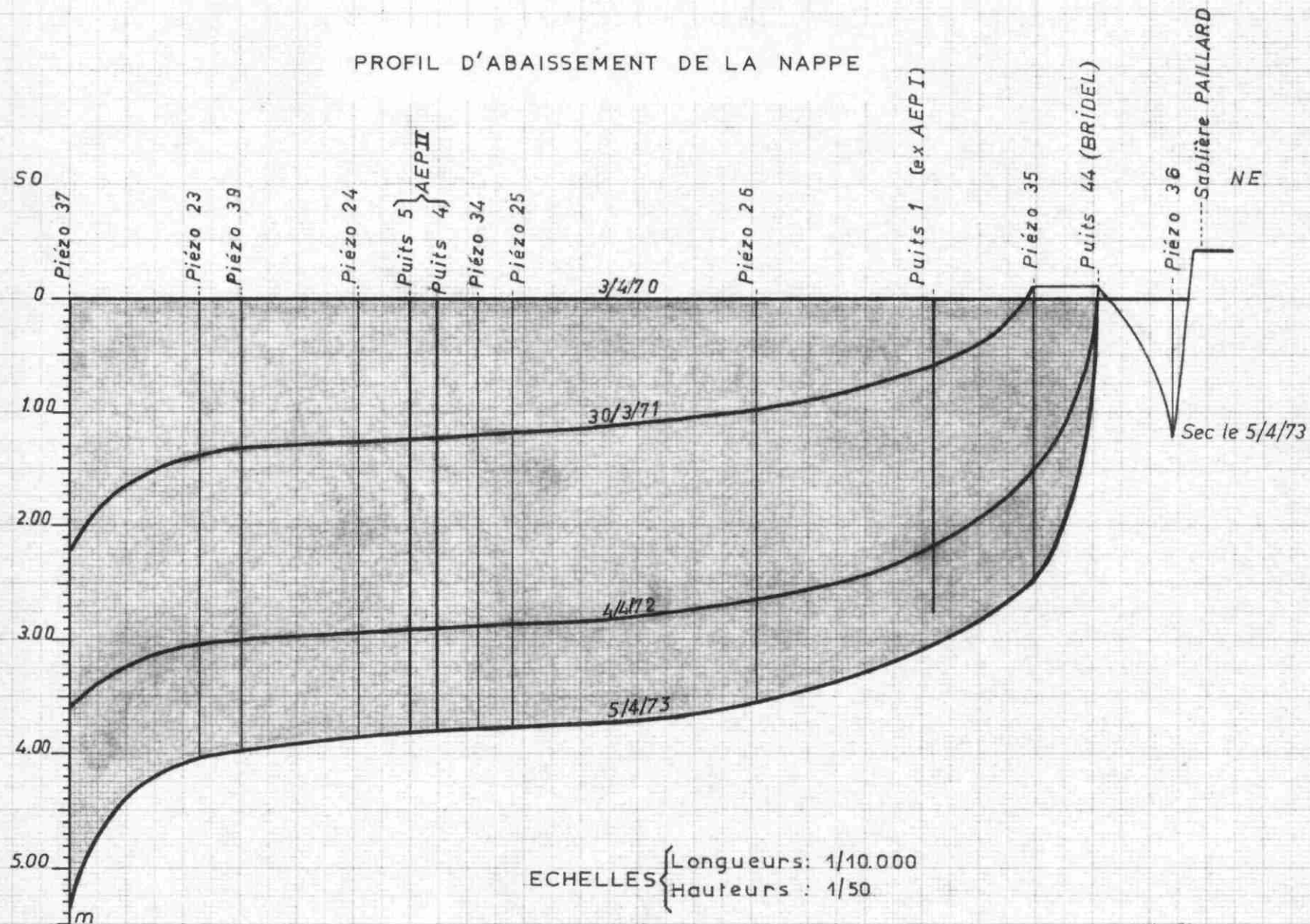


FIGURE 3



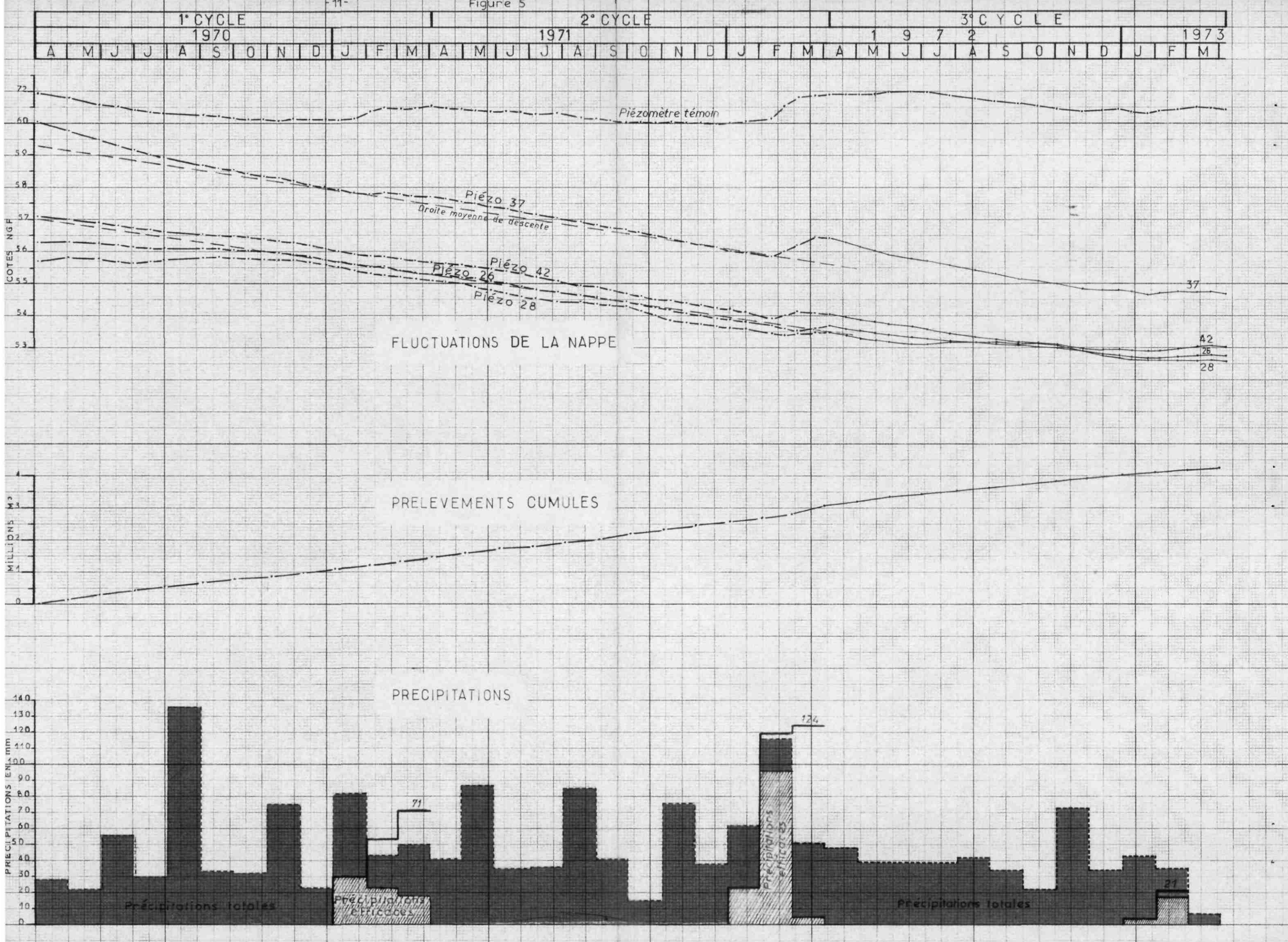


12 - Graphique des fluctuations

Le graphique de la figure 5 donne une image dynamique des fluctuations de la nappe. Il reprend, en le complétant, le graphique présenté page 26 du rapport 72 SGN 085 BPL.

On remarquera que la valeur anormalement basse des précipitations efficaces du cycle 72 - 73 (cf. chap. 3) ne provoque une remontée que de l'ordre de 20 cm au puits "témoin". Cependant, jointes à une diminution sensible des prélèvements, ces précipitations efficaces paraissent suffisantes pour stabiliser la nappe en fin de période d'observation et même provoquer une légère remontée.

Figure 5



13 - Carte de la surface piézométrique

La forme de la surface piézométrique au 5/4/73 (figure 6) est très comparable à ce qu'elle était au 4/4/72 (cf. rapport 72 SGN 085 BPL p. 28) :

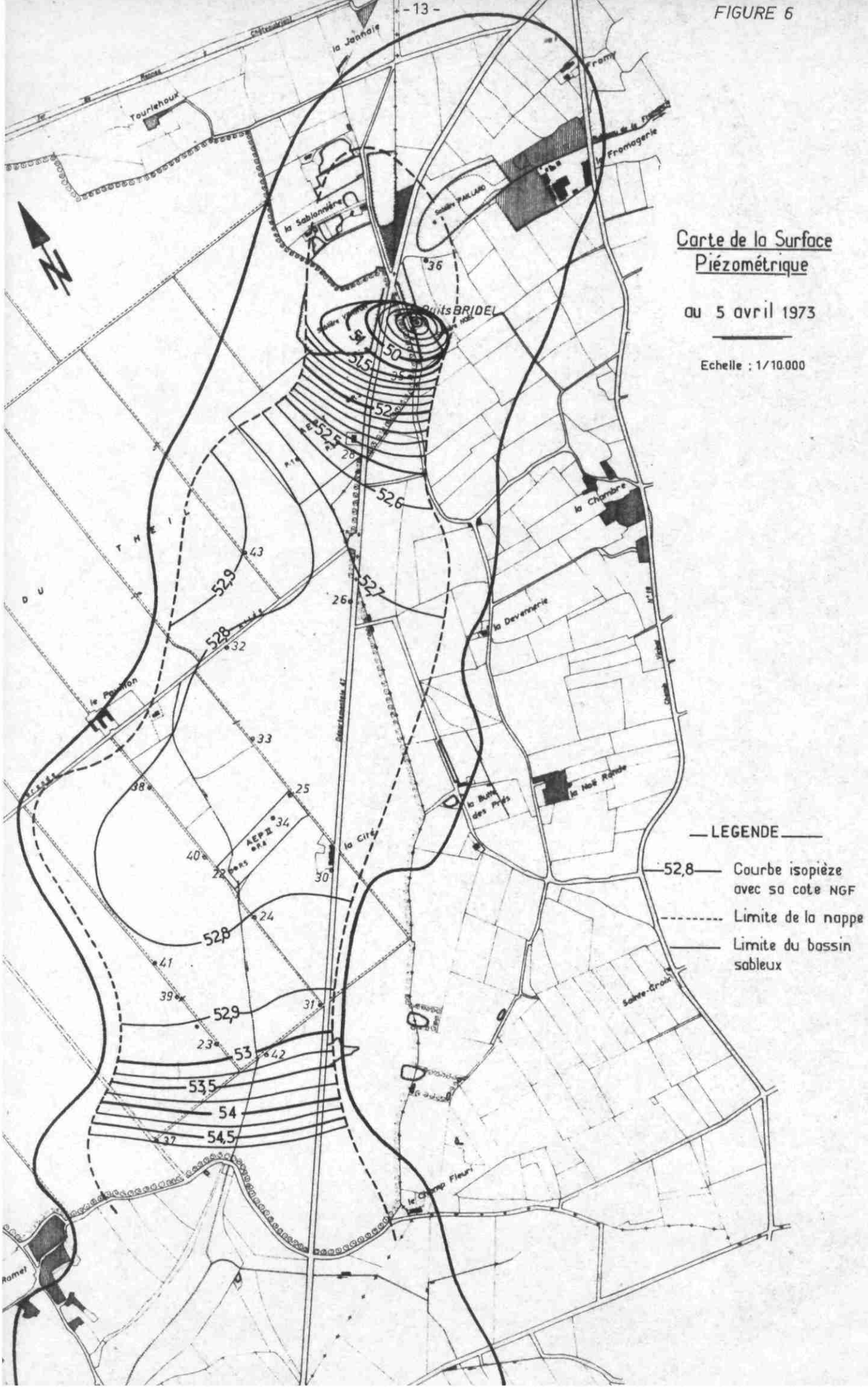
- la zone nord-est est fortement perturbée par le captage Bridel établi en bordure de bassin et réalimenté depuis la sablière Pail-lard.

- la zone centrale est très plate, ce qui témoigne d'une transmissivité importante et homogène. Les isopièzes 52,8 et 52,9 dessi-nent une inflexion prononcée à hauteur du piézomètre 43. Cette inflexion marque l'amorce d'une ligne de partage des eaux entre la zone des pom-pages Bridel et celle des pompes S.I.E.P.T. ; elle pourrait également signifier une alimentation depuis les terrains encaissants de la bor-dure ouest.

- la zone sud-ouest montre un gradient hydraulique plus important, indice d'une alimentation relativement importante depuis le sud-ouest, d'une diminution de la transmissivité ou, plus proba-blement, de la conjugaison de ces deux facteurs.

Il faut remarquer qu'une réalimentation éventuelle devrait se faire dans une zone où la transmissivité est a priori importante, donc, pour la partie sud-ouest de la nappe, au nord de l'isopièze 53, ou pour la partie nord-est, au sud de l'isopièze 52,6.

FIGURE 6



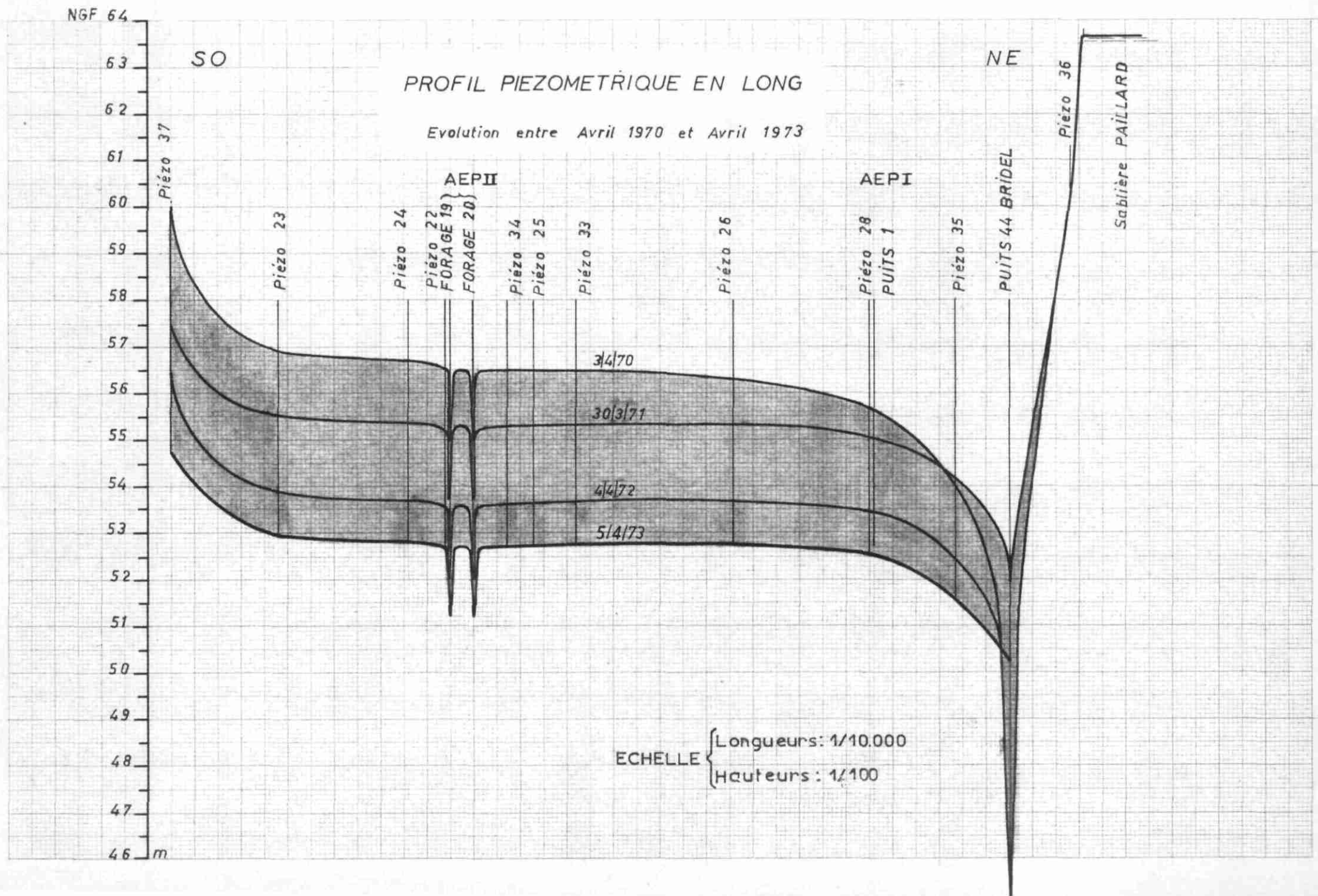
14 - Profil piézométrique

Le profil piézométrique - figure 7 - reprend en la complétant la figure 10, page 30 du rapport 72 SGN 085 BPL.

On peut à nouveau remarquer que :

- dans son ensemble, la surface de la nappe s'abaisse parallèlement à elle-même, l'abaissement étant dans la partie centrale moins important au cours du dernier cycle qu'au cours des cycles précédents.

- l'écoulement général se fait du sud-ouest vers les forages d'AEP et le puits Bridel. Une ligne de partage des eaux est légèrement marquée, au droit du piézomètre 26, entre ces deux séries de captages.



2 - QUALITE DE L'EAU

L'Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes - Laboratoire des Eaux d'Alimentation - a réalisé l'analyse d'échantillons d'eau prélevés en trois points du bassin : puits Bridel, piézomètre 26 et forages du S.I.E.F.T. Les prélèvements ont été faits à deux dates différentes, correspondant en principe à "l'étiage" (19/9/72) et aux "hautes eaux" (2 et 3/4/73). En fait, les apports ayant été extrêmement faibles pendant l'hiver 1972-1973, on peut considérer que les deux séries de prélèvements ont été faites en étiage.

21 - Composition physico-chimique

Les résultats des analyses sont regroupés sur le tableau 3. Il s'agit d'eau de bonne qualité, douce et légèrement acide. Les teneurs en fer, anormalement élevées au puits Bridel, peuvent certainement être dues en partie à la corrosion des crépines et canalisations métalliques.

Le diagramme, type Schoeller-Berkaloff - fig. 8 - illustre la composition chimique de l'eau aux captages S.I.E.F.T. et Bridel.

Aux captages S.I.E.F.T., la composition de l'eau est remarquablement constante dans le temps. Au puits Bridel, l'eau est nettement plus minéralisée et de composition beaucoup plus variable.

L'eau du puits Bridel contient NH_4^+ et NO_2^- . Ces éléments (absents aux captages S.I.E.F.T.) sont en quantité faible, mais suffisante pour témoigner d'une altération locale de la qualité de l'eau. Il faut très vraisemblablement voir là l'effet des recyclages par aspersions et rejets dans la sablière Paillard.

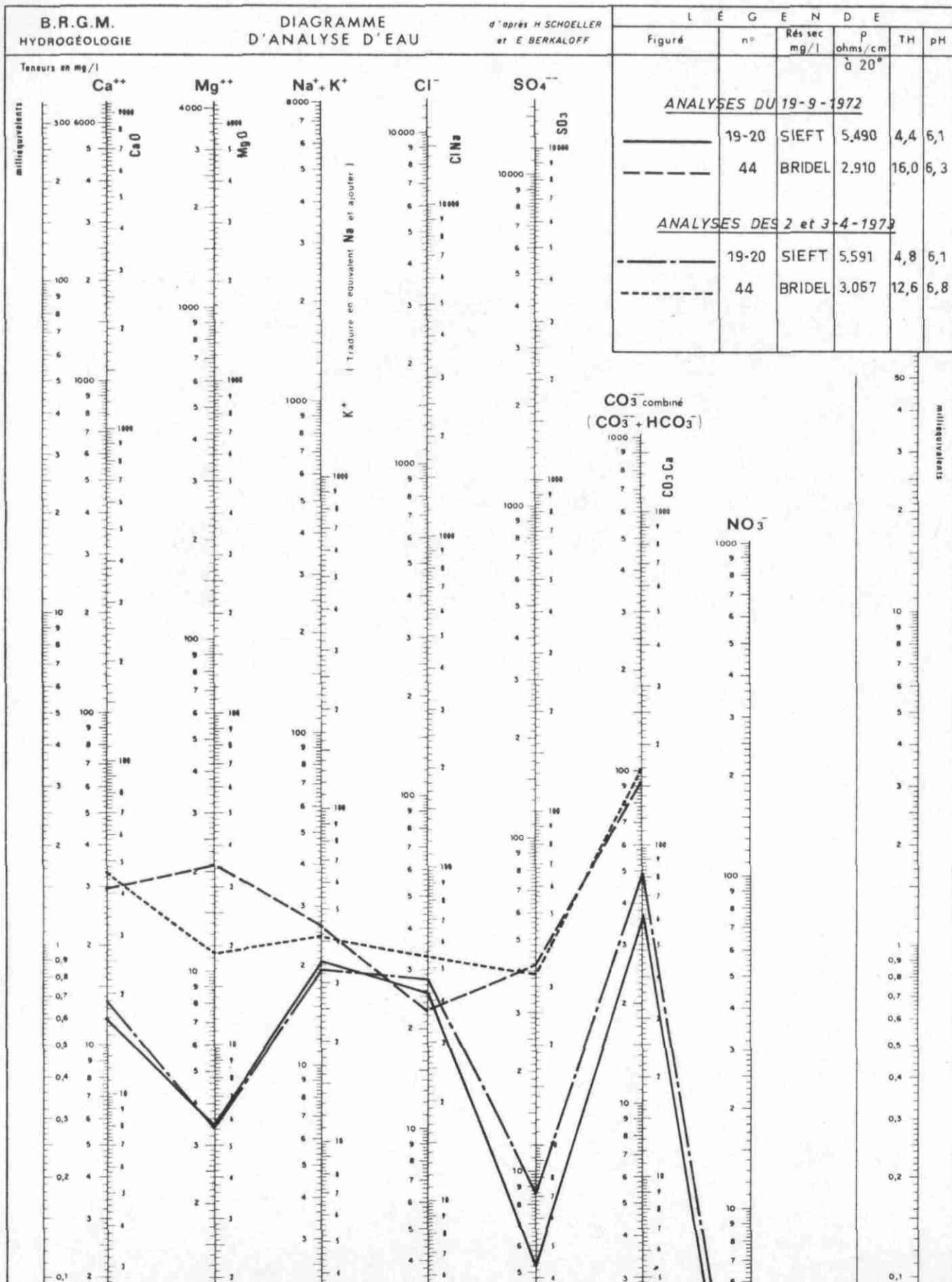
Cette pollution, au reste peu prononcée, ne présente pour le moment pas de danger pour les captages d'A.E.P., la dépression importante due aux pompes Bridel l'empêchant de progresser vers la zone des captages S.I.E.F.T.

EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE

TABLEAU 3

Eléments dosés ou mesurés	Forages 19-20 (S.I.E.F.T)		Puits 44 (BRIDEL)				Pézo 26	
	19/9/72	3/4/73	19/9/72	30/11/72	2/4/73	2/4/73	20/9/72	2/4/73
			ANALYSE ENSP	ANALYSE BRIDEL	ANALYSE ENSP	ANALYSE BRIDEL		
T °C		11°						
$\rho_{\text{ncm}} \text{ à } 20$	5,490	5,591	2,910		3,067		11,048	12,140
pH	6,10	6,1	6,3	6,52	6,8	7,09	5,75	5,5
O §	0,6 mg/l	0,3	0,6 mg/l		0,40		3,0 mg/l	2,25 mg/l
TH °F	4,45	4,8	16	7	12,6	13	1,8	1,6 "
TA °F	0	0	0	0	0	0	/	
TAC °F	3	4	7,5	9	8,25	9	/	
SiO ₂	12,5 mg/l	11 mg/l	17 mg/l		7,0 mg/l	12	/	
O ₂ dissous	5,10 mg/l		1,5 mg/l			9,96 (par excès)	8,6 mg/l	
Ca ⁺⁺	12,0 mg/l	13,5	29,8 mg/l		31,2 mg/l		/	
Mg ⁺⁺	3,5 "	3,42	20,5 "		11,5		/	
NH ₄ ⁺	0 "	0	0,75 "	présence	0,25	présence	2,6 mg/l	0,125 mg/l
Na ⁺	19,4 "	17,5	24,2 "		23,00		/	
K ⁺	1,25 "	1,7	1,4 "		1,75		/	
Fe ⁺⁺	0,35 "	0,3	4 "		5,00	3	1,5 "	
Mn ⁺⁺	0,1 "	0,1	0,2 "		0,25		/	
Al ⁺⁺⁺	0 "	0,2	7,15 "		0,75		/	
CO ₃ ⁻⁻	0 "	0	0 "		0		/	
HCO ₃ ⁻	36,6 "	48,8	91,5 "		100,65		/	
Cl ⁻	25,5 "	28	22,5 "		33,00		/	
SO ₄ ⁻⁻	5,3 "	8,6	41,35 "		39,30		/	
NO ₂ ⁻	0 "	0	0,075 "	0	0	0	0	0
NO ₃ ⁻	0,5 "	1,5	0 "	0	0	0	2,5 mg/l	3 mg/l
PO ₄ ⁻⁻⁻	0 "	0	0 "		0		/	
Phénols	0 "	0	0		0		/	
Métaux lourds	0 "	0	0		0		/	

§ OXYGENE cédé par KMnO₄ en milieu alcalin



L'eau prélevée au piézomètre 26 a une composition assez différente : Résistivité très élevée, pH acide (5,75 et 5,5), dureté très faible (1,8 et 1,6) et surtout NH_4^+ relativement abondant (2,6 mg/l le 20/9/72) ainsi que NO_3^- (2,5 et 3 mg/l). Cette composition apparemment aberrante semble traduire l'apport d'eau superficielle pouvant être assez fortement polluée.

Or, on remarquera qu'un ruisseau arrive à proximité du piézomètre et qu'il véhicule de temps en temps des trop-plein de lisier de la porcherie de la Chambre.

Il y a là un danger assez sérieux, car la zone du piézomètre 26 où s'infiltrent les eaux polluées est placée à proximité de la ligne de partage des eaux souterraines. Il est possible que l'écoulement se fasse en direction du puits Bridel (ce qui pourrait être une des explications à la présence d'ammoniaque dans son eau), mais il suffirait de très peu de chose, d'un léger déplacement de la ligne de partage sous l'influence du captage S.I.E.F.T. pour que la pollution se dirige vers les ouvrages du syndicat.

Il serait certainement très souhaitable de pouvoir limiter l'épandage du lisier de la porcherie et le diriger vers l'extérieur du bassin versant des sables de la forêt du Theil.

22 - Composition bactériologique

Les résultats des examens microbiologiques (ENSP) réalisés sur les échantillons des captages S.I.E.F.T. et Bridel sont regroupés sur le tableau 4.

Dans tous les cas, l'eau est parfaitement potable, ce qui paraît témoigner du pouvoir épurateur des sables pliocènes.

Il nous faut toutefois regretter de ne pas avoir pu faire faire un examen microbiologique sur les échantillons issus du piézomètre 26 lequel, pour son très faible diamètre, n'offrait pas les conditions requises pour un prélèvement dans les règles exigées.

23 - Risques de pollution

En un an la situation n'a guère changé. Nous rappellerons les différents facteurs de pollution de la nappe du bassin du Theil déjà signalés dans le rapport 72 SGN 085 BPL :

TABLEAU 4

EXAMEN MICROBIOLOGIQUE - ANALYSES ENSP DE RENNES

PRELEVEMENT		NUMERATION TOTALE §1 en unités/1 ml		COLIMETRIE §2		STREPTOCOQUES FECAUX §3 en unités/200 ml	CLOSTRIDIUM §4 SULFITO-REDUCTEURS en unités/20 ml	CONCLUSION
OUVRAGE	DATE	à 37°	à 22°	a (B.C) en unités/200 ml	b (E.C) en unités/200 ml			
Forages 19/20 (S.I.E.F.T)	19/9/72	0 (72H)	0 (72H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (24H)	Eau potable bac- tériologiquement
Puits 44 (BRIDEL)	19/9/72	0 (72H)	5 (72H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (24H)	Eau potable bac- tériologiquement
Forages 19/20 (S.I.E.F.T)	3/4/73	0 (48H)	0 (72H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (24H)	Eau potable bac- tériologiquement
Puits 44 (BRIDEL)	2/4/73	1 (48H)	0 (72H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (48H)	0 (24H)	Eau potable bac- tériologiquement

§ 1 - Numération totale des colonies en aérobiase sur gélose pour numération par la technique des membranes filtrantes.

§ 2 - COLIMETRIE

a) Numération des colonies de BACTERIES COLIFORMES après 48 heures d'incubation sur milieu de CHAPMAN au TTC à 37°, par la technique des membranes filtrantes.

b) Numération des colonies d'ESCHERICHIA COLI après 48 heures d'incubation sur milieu de CHAPMAN au TTC à 44°, par la technique des membranes filtrantes.

§ 3 - Numération des colonies de STREPTOCOQUES FECAUX après 48 heures d'incubation à 37° sur milieu de SLANETZ et BANTLEY par la technique des membranes filtrantes.

§ 4 - Numération des colonies de CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTEURS après 24 heures d'incubation en gélose anaérobie (gélose VEILLON).

- Porcherie industrielle de la Chambre, dans le bassin versant à moins de 200 m de la bordure NE du bassin sableux et dont le lisier peut s'écouler jusque dans la nappe (cf. analyses de l'eau prélevée au piézomètre 26).
- Rejet des eaux résiduaires de la laiterie Bridel, par aspersion, dans les prairies situées aux environs de l'usine. Ces eaux ont déjà pollué un certain nombre de puits domestiques implantés dans les argiles et schistes du substratum. Le risque de pollution est plus direct lorsque ce rejet se fait à l'intérieur même du bassin sableux.
- Rejet des eaux résiduaires de la laiterie Bridel dans la sablière Paillard. Au niveau des captages S.I.E.F.T. le risque de pollution par ces rejets n'existe pas pour le moment : ils restent en effet dans la zone du cône d'influence du Pompage Bridel et ne peuvent s'écouler plus au Sud.
- Petit dépôt d'ordures dans une ancienne carrière de sables et grès située en bordure Est de la route de Coësmes à Retiers (D. 47), à 400 m au S.O. de la Cité. Cette carrière se trouve en bordure même du bassin sableux, à son contact avec une formation gréseuse.
- Remblaiement de l'ancienne sablière de la Sablonnière avec des débris divers, en particulier des déchets de bois.
- Le niveau de la nappe s'étant abaissé, les déversements de fuel des engins de la sablière Verron n'arrivent plus jusqu'à elle. Le danger subsiste en cas de remontée du niveau piézométrique.

Au total, à part peut-être dans le secteur du puits Bridel, la nappe du bassin de la Forêt du Theil ne paraît pas gravement menacée. La porcherie de la Chambre présente néanmoins un danger certain pour les captages S.I.E.F.T. Une action pourrait certainement être entreprise pour inciter, ou obliger, l'éleveur à évacuer son surplus de lisier ailleurs que vers le bassin sableux.

3 - BILAN DE LA NAPPE

31 - Rappel des hypothèses et méthodes de calcul

Les apports à la nappe proviennent :

- de l'infiltration des eaux de pluie disponibles ("précipitations efficaces"). On a admis que la totalité des précipitations efficaces tombées directement sur le bassin sableux (superficie : 2,5 km²) s'infiltreront et participent à la recharge de la nappe (Infiltration directe, notée I.d.), tandis que soixante dix pour cent des précipitations efficaces tombées sur le "bassin versant" (superficie : 4,7 km²) du bassin tertiaire ruissellent sur le sol avant d'atteindre les sables et de pouvoir s'y infiltrer (Infiltration par l'intermédiaire du ruissellement, notée I.r.)

- du retour d'eau précédemment prélevée à la nappe : l'usine Bridel rejette dans la sablière Paillard une partie de l'eau qu'elle utilise, où elle peut se réinfiltrer vers la nappe (noté Rest.)

- des apports depuis les terrains encaissants. Le bassin sableux draine les terrains encaissants, d'autant plus fortement que la nappe est plus déprimée. Malgré la faible perméabilité des formations du socle, les volumes ainsi récupérés peuvent être importants (notés X).

Les sorties : Les seuls prélèvements (notés Q) à prendre en compte sont ceux dus aux pompages du S.I.E.F.T. et de l'usine Bridel.

Les variations des réserves (ΔR) correspondent au déficit des apports sur les prélèvements. Elles sont données par le volume de terrain dénoyé au cours d'une année d'observation (obtenu par planimétrage des cartes d'abaissement), affecté du coefficient d'emmagasinement moyen des sables aquifères : 12,5 % (10 à 15 %).

Toutes ces données sont mesurées ou calculées, à l'exception des apports X dont l'estimation est fournie par le calcul du bilan. Son équation peut s'écrire :

$$X = Q - (Id + Ir + Rest + \Delta R)$$

Remarque : Les apports depuis les terrains encaissants (apports X) augmentent avec le rabattement (abaissement de la nappe), mais ils varient également avec les précipitations efficaces. Les résultats des deux premières années d'observation montrent que les apports X participent à la recharge de la nappe avec un retard de plusieurs mois sur les précipitations efficaces dont ils proviennent. La coupure des cycles d'observations pris en compte se trouvant à la fin des périodes où les précipitations efficaces peuvent exister, tout se passe alors comme si Id et Ir étaient fournis par les précipitations efficaces du cycle écoulé, alors que X proviendrait des précipitations efficaces du cycle précédent.

32 - Précipitations efficaces

Le calcul des précipitations efficaces a été fait dans le rapport 72 SGN 085 BPL pour la période 1957-1972. Le tableau regroupe les résultats, complétés pour la période avril 1972-mars 1973. On a utilisé la Méthode du bilan hydrique calculé mois par mois en considérant une R.F.U. (réserve d'humidité du sol) de 100 mm. L'ETP (évapotranspiration potentielle) a été déterminée par la formule de Turc en utilisant les données climatiques (pluviométrie mensuelle, température moyenne mensuelle et ensoleillement du mois) mesurées à la station météorologique de Rennes - St Jacques.

Pour l'année d'observation écoulée, les précipitations efficaces (cf. tableau 5 et graphique, fig. 9) sont exceptionnellement basses : 21 mm seulement. Pour la période 1957-1972 elles étaient en moyenne de 130 mm. Cette valeur moyenne est ramenée à 123 mm pour la période 1957-1973.

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
1957	précipitations efficaces (mm)	10	82											92
	déficit hydrique (mm)					19	96	18	57	4	17			211
1958	précipitations efficaces (mm)	75	47	17										139
	déficit hydrique (mm)							72	28	19				119
1959	précipitations efficaces (mm)	58					-						77	135
	déficit hydrique (mm)						37	101	51	61				250
1960	précipitations efficaces (mm)	46	26	21							2	71	89	255
	déficit hydrique (mm)						83	53	3	1				140
1961	précipitations efficaces (mm)	53	22										29	104
	déficit hydrique (mm)						45	73	89	46				253
1962	précipitations efficaces (mm)	64	8	15								4	36	127
	déficit hydrique (mm)						79	78	43	30				230
1963	précipitations efficaces (mm)	31	32	18								40	5	126
	déficit hydrique (mm)						10	84	22	35				151
1964	précipitations efficaces (mm)	1	45	33									4	83
	déficit hydrique (mm)						1	103	63	33				199

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
1965	précipitations efficaces (mm)	61		7								17	53	138
	déficit hydrique (mm)					9	55	88	49	2	14			217
1966	précipitations efficaces (mm)	40	49		12						55	54	55	265
	déficit hydrique (mm)							63	59	48				170
1967	précipitations efficaces (mm)	23	35	9									16	83
	déficit hydrique (mm)						23	96	51					170
1968	précipitations efficaces (mm)	30	37		2									69
	déficit hydrique (mm)							49	31	11				91
1969	précipitations efficaces (mm)	30	10									22	57	119
	déficit hydrique (mm)							110	87	24	51			272
1970	précipitations efficaces (mm)	79	62	2										143
	déficit hydrique (mm)					4	53	74			2			133
1971	précipitations efficaces (mm)	30	23	18										71
	déficit hydrique (mm)							82	1	42	32			157
1972	précipitations efficaces (mm)	23	96	5										124
	déficit hydrique (mm)							58	49	37	21			165

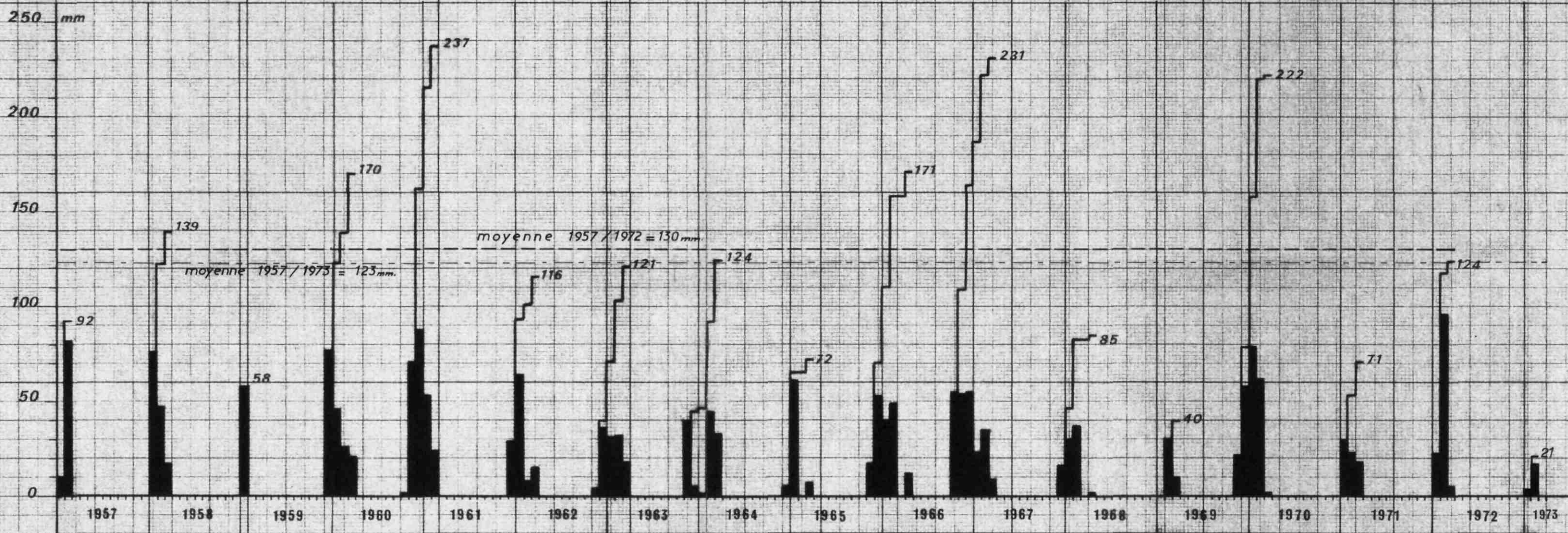
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
1973	précipitations efficaces (mm)	4	17											
	déficit hydrique (mm)													

BASSIN DE LA FORET DU THEIL

ALIMENTATION DE LA NAPPE

BILAN HYDRIQUE (ANNEES 1957-1973)

(Précipitations efficaces disponibles pour l'infiltration
et le ruissellement)



Calculs effectués par la méthode de TURC (formule mensuelle)

Données climatiques: station météorologique de Rennes -
St Jacques

RFU: Réserve facilement utilisable - réserve d'humidité
du sol utilisable par les plantes - 100mm

BASSIN TERTIAIRE DE LA FORET DU THEIL

TABLEAU DES PRELEVEMENTS

	1970 - 1971		1971 - 1972		1972 - 1973	
	S.I.E.F.T.	BRIDEL	S.I.E.F.T.	BRIDEL	S.I.E.F.T.	BRIDEL
AVRIL	62.227 m ³	78.540 m ³	55.784 m ³	72.798 m ³	66.748 m ³	65.120 m ³
MAI	60.391	102.300	63.431	95.150	71.082	67.760
JUIN	53.444	79.200	59.652	65.670	58.692	36.103
JUILLET	49.643	78.320	71.853	72.380	74.032	24.636
AOUT	45.055	89.320	66.284	51.700	65.890	23.356
SEPTEMBRE	47.448	43.560	69.120	55.814	63.294	25.000
OCTOBRE	52.285	60.940	77.861	84.634	66.716	30.809
NOVEMBRE	55.842	44.880	54.321	67.386	65.713	47.728
DECEMBRE	63.928	85.360	57.415	58.850	55.138	39.391
JANVIER	64.928	61.820	66.077	63.976	43.654	39.486
FEVRIER	54.479	55.220	67.690	42.240	30.344	37.206
MARS	60.353	64.020	68.429	50.380	31.721	45.867
	670.023 m ³	843.480 m ³	777.917 m ³	780.978 m ³	693.024 m ³	482.462 m ³
	TOTAL		TOTAL		TOTAL	
	1.513.503 m ³		1.558.895 m ³		1.175.486 m ³	

33 - Valeurs des termes du bilan

331 - Prélèvements

Sur le tableau 6 sont portés mois par mois, les prélèvements dus aux pompages du S.I.E.F.T. et de l'usine Bridel. On remarquera que par rapport aux années précédentes, les prélèvements Bridel ont notablement diminué. Au total, du 1^{er} Avril 1972 au 31 Mars 1973, 1 175 486 m³ d'eau ont été prélevés. Ce volume est très voisin de celui de 1 200 000 m³ estimé précédemment (rapport 72 SGN 085 BPL) comme celui qu'il conviendrait de ne pas dépasser pour maintenir, en moyenne, la nappe à son niveau de Mars 1972. Le fait que le niveau de la nappe se soit quand même abaissé, n'infirmes pas cette estimation, les conditions d'alimentation (21 mm de précipitations efficaces seulement) ayant été exceptionnellement inférieures à la moyenne.

332 - Apports

- Infiltrations directes - I.d.

Précipitations efficaces : 21 mm

Superficie intéressée : 2,5 km² (2,5.10⁶ m²)

$$I.d. = 2,5.10^6 \times 0,021 = \underline{52\ 500\ m^3}$$

- Infiltrations par l'intermédiaire du ruissellement - I.r.

Superficie intéressée : 4,7 km² (4,7.10⁶ m²)

$$I.r. = 4,7.10^6 \times 0,021 \times 0,7 = \underline{69\ 000\ m^3}$$

- Restitution - Rest.

Les volumes rejetés dans la sablière Paillard par l'usine Bridel ont fortement diminué à partir du 15/6/72. On peut estimer, avec une certaine indétermination, que la restitution a été de l'ordre de 1 000 m³ par jour jusqu'au 15/6/72, soit pendant 75 jours, et de 250 m³/jour ensuite (soit pendant 185 jours).

Il faut y ajouter les rejets par aspersion, dont une partie non négligeable, que nous estimons à 50 000 m³, retourne à la nappe.

$$\text{au total, Rest.} = \underline{170\ 000\ m^3}$$

- Apports X

Dès lors, les variations des réserves R ayant été estimées à 230 000 m³ (cf. supra, paragraphe 11), il est possible de calculer X :

$$X = Q - (Id + Ir + Rest + R)$$

$$X = 1\ 175\ 486 - (52\ 500 + 69\ 000 + 170\ 000 + 230\ 000)$$

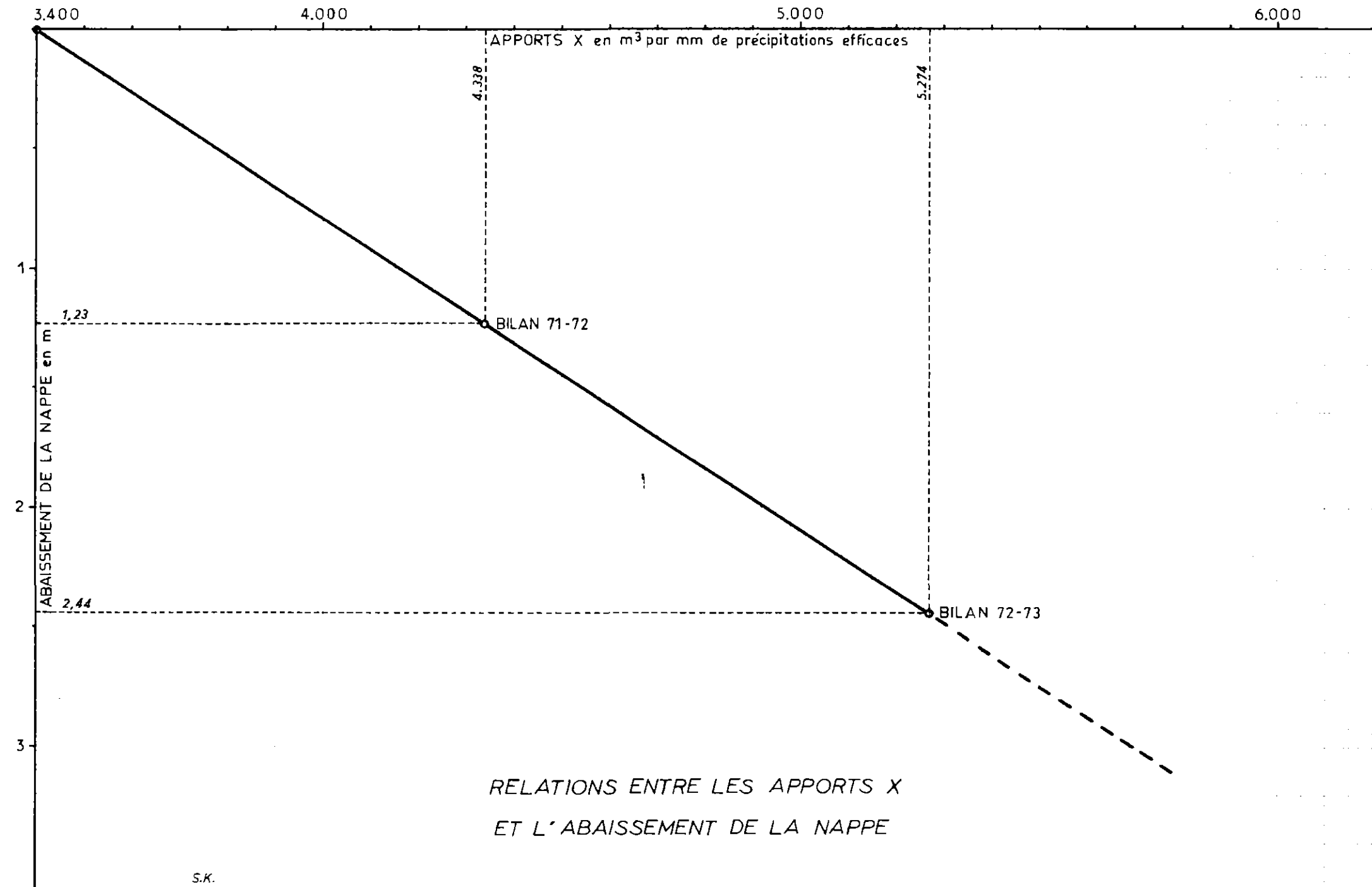
$X \neq 654\ 000\ m^3$

Cette valeur, issue de plusieurs approximations, ne peut être qu'approchée. Néanmoins, les méthodes de calcul utilisées pour les bilans précédents étant identiques, les différences entre les résultats peuvent être considérés comme significatifs.

Si les apports X, depuis le substratum, enregistrés pendant la période Mars 72-Avril 73 sont fournis par les précipitations efficaces des 12 mois précédents (124 mm), 1 mm de précipitation efficace a induit un apport X de $5\,274\text{ m}^3$ ($\frac{654\,000}{124}$)

Période considérée	I_d m^3	I_r m^3	Rest m^3	Q m^3	X m^3	X m^3 rapporté à 1 mm des précipitations efficaces correspondantes
Avril 70 à Mars 71	177 500	233 500	150 000	1 513 500	755 000	3 400
Avril 71 à Mars 72	310 000	408 000	300 000	1 558 900	308 000	4 338
Avril 72 à Mars 73	52 500	69 000	170 000	1 175 500	654 000	5 274

TABLEAU 7 : BILAN DES 3 PERIODES D'OBSERVATIONS, TABLEAU RECAPITULATIF



34 - Augmentation des apports X avec l'abaissement de la nappe

Ce troisième bilan peut nous permettre de préciser les relations qui existent entre l'abaissement de la nappe et les variations de X.

Sur le graphique, fig.10 on a rapporté, en abscisse les valeurs de X en m³ par mm de précipitation efficace (cf. supra, tableau récapitulatif des bilans), la valeur 70-71 (3 400 m³/mm) étant placée à l'origine. En ordonnée on a placé, en m, l'abaissement moyen de la nappe depuis le 31/3/71.

Les coordonnées des trois points connus sont :

	X	Abaissement moyen
Bilan 70-71	3 400	0 (origine)
Bilan 71-72	4 338	1,23
Bilan 72-73	5 274	1,23 + 1,21 = 2,44

Leur alignement semble démontrer ce qu'on ne pouvait que supposer dans le rapport 72 SGN 085 BPL : les apports depuis les terrains encaissants augmentent avec l'abaissement de la nappe. La relation qui lie les apports X à l'abaissement est linéaire.

Cependant :

- l'alignement quasi parfait des trois bilans ne doit pas faire illusion : X est le résultat de calculs où interviennent des estimations et des approximations. Chaque valeur n'est donc connue qu'avec une certaine incertitude. Si on pose que l'erreur sur X est à chaque fois de plus ou moins 10 %, on voit que la courbe de la figure 10 peut en réalité avoir des aspects très différents.

- même si elle pouvait être considérée comme parfaitement juste, l'extrapolation de cette droite, dans un sens comme dans l'autre, serait extrêmement hasardeuse. En particulier, il est certain que les apports depuis les terrains encaissants ne peuvent augmenter de façon indéfinie.

35 - Ressources de la nappe du bassin de la Forêt du Theil

Compte tenu des éléments déterminés cette année, on peut estimer les ressources de la nappe dans son état actuel :

hypothèses : précipitations efficaces = 123 mm (moyenne 1957-1973)

variations des réserves = 0

apports X = 5 274 m³/mm de précipitation efficace

ressources : Ir = 307 500 m³

+ Id = 404 670 m³

+ X = 648 702 m³

Total 1 360 872 m³

Arrondi à 1 300 000 m³

Dans la mesure où les prélèvements n'excèdent pas 1 300 000 m³ par an (déduction faite des restitutions), la nappe devrait osciller autour de son niveau au 1/4/73. L'amplitude des oscillations, dans un sens ou dans l'autre, pourra être plus ou moins grande selon la hauteur des précipitations efficaces réelles de la période considérée.

36 - Prévisions pour la période 73-74

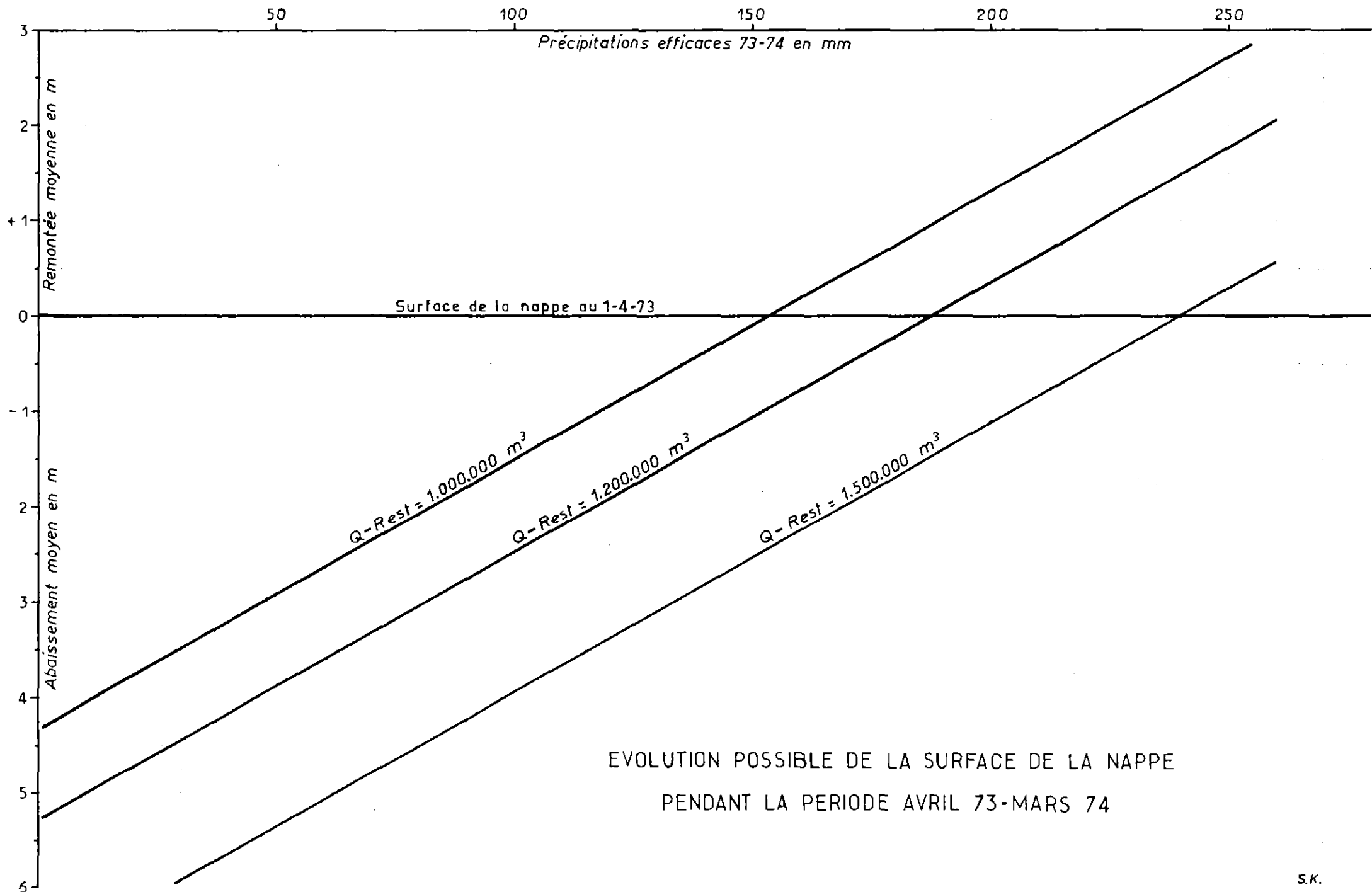
Les prévisions ne peuvent donner qu'une image approchée de ce que sera la réalité. On est en effet obligé, pour y parvenir, de procéder à des simplifications en admettant la constance de facteurs dont on sait qu'ils sont, ou doivent être variables.

Hypothèses :

- Les apports X sont induits par les précipitations efficaces calculées pour 72-73, soit 21 mm. En fait, cette valeur peut se trouver augmentée des éventuelles précipitations efficaces d'Avril et Mai 1973.

- La droite de variation de X en fonction de l'abaissement est extrapolable vers les fortes valeurs de X. Nous savons que ce n'est vraisemblablement pas le cas.

- La superficie de la nappe reste constante, quelles que soient les variations du niveau. En fait, la superficie de la nappe diminue lorsque le niveau s'abaisse et augmente lorsque le niveau remonte.



Le graphique de la fig. 11 donne l'évolution globale possible de la surface de la nappe pendant la période Avril 73-Mars 74 en fonction des précipitations efficaces qu'il y aura et pour trois hypothèses de prélèvements (déduction faite des restitutions) :

$$Q - \text{Rest.} = 1\,000\,000 \text{ m}^3$$

$$Q - \text{Rest.} = 1\,200\,000 \text{ m}^3$$

$$Q - \text{Rest.} = 1\,500\,000 \text{ m}^3$$

Etant donné les hypothèses de calcul utilisées, on peut penser que le graphique surestime légèrement les possibilités de remontée et sous estime les possibilités d'abaissement, la sous-estimation étant d'autant plus grande que l'abaissement est important.

Au total, pour peu que les précipitations efficaces 73-74 restent faibles, l'abaissement de la nappe risque d'être très important au cours des mois à venir. Il peut même aller jusqu'au dénoyage partiel de toute la partie Sud-Ouest du bassin, ce qui augmenterait d'autant l'abaissement dans la partie centrale. Comme on ne peut prévoir la fin de la période de sécheresse qui dure déjà depuis plusieurs années, il semblerait très risqué de dépasser cette année le volume des prélèvements effectués en 1972-1973.

Les besoins ne pouvant diminuer dans l'avenir, l'utilité d'une réalimentation artificielle du bassin de la forêt du Theil paraît de plus en plus certaine.

4 - ALIMENTATION ARTIFICIELLE

En matière d'alimentation artificielle, deux facteurs essentiels sont à considérer a priori :

- le réservoir aquifère à recharger. Sa nature, ses paramètres hydrauliques et hydrogéologiques conditionnent le choix du type d'ouvrage de réalimentation. L'aquifère sableux du bassin de la Forêt du Theil, dénoyé sur 10 à 20 m, est très favorable à la réalimentation en général, et à la réalimentation à partir de bassins d'infiltration en particulier. Cette méthode présente sur l'alimentation par forage le très grand avantage de laisser un accès direct et aisé aux ouvrages d'infiltration. Leur entretien et les modifications qu'on peut vouloir y apporter en sont d'autant plus faciles et moins onéreuses. Par suite, l'efficacité du dispositif en est d'autant plus grande.

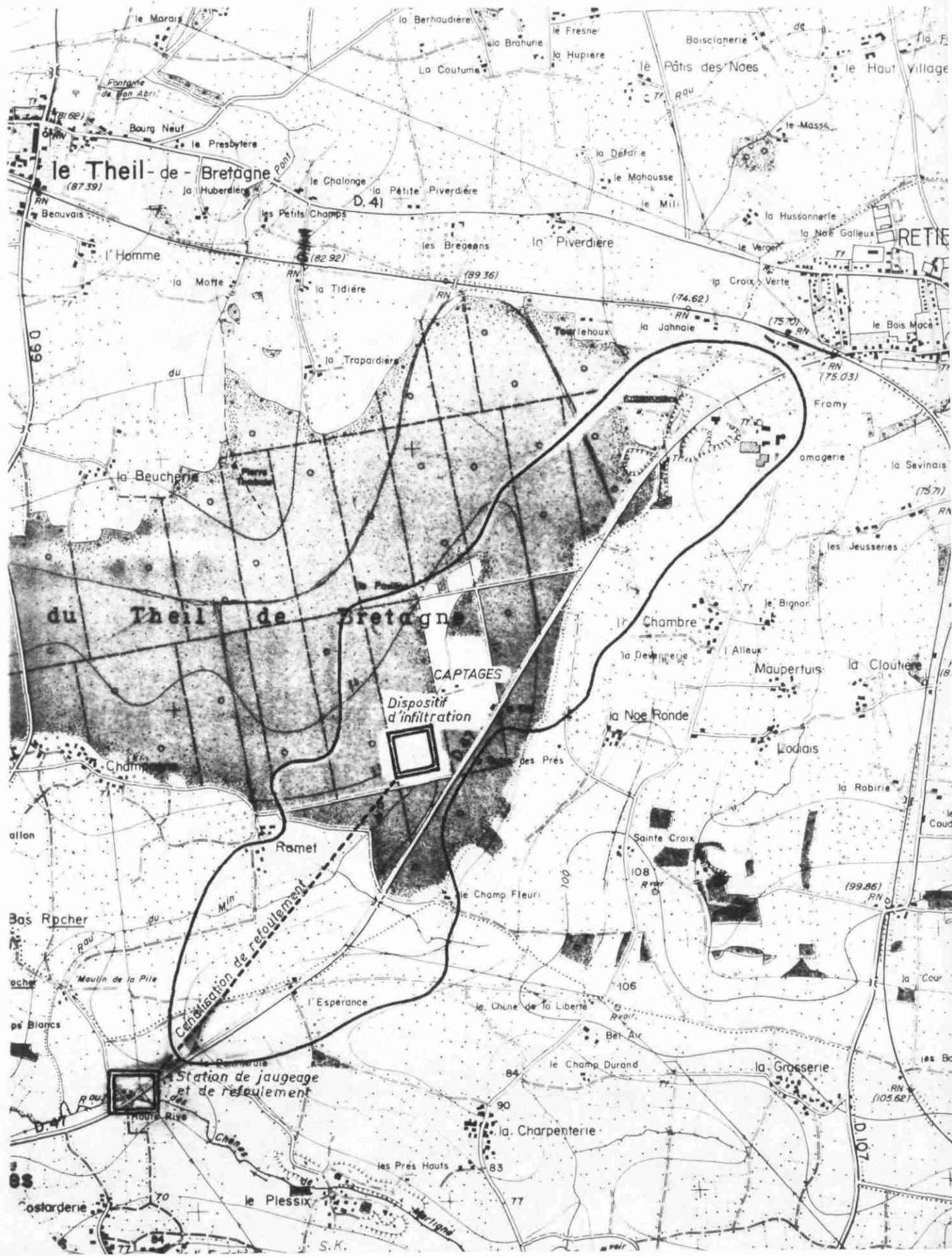
- la source d'eau de réalimentation. La distance entre les lieux de prélèvement et d'infiltration est un des termes importants du coût d'une opération d'alimentation artificielle (longueur des canalisations, énergie nécessaire au refoulement). De la qualité de l'eau à infiltrer dépend la nature et l'importance du pré-traitement. Enfin, les volumes utilisables et leur distribution dans le temps conditionnent le dimensionnement des unités d'infiltration et du matériel de refoulement. Le rapport 71 SGN 002 BPL avait envisagé la possibilité de réalimenter le bassin du Theil à partir de l'étang de Marcillé-Robert qui présentait l'inconvénient d'être éloigné et de ne fournir qu'une eau de qualité médiocre nécessitant un pré-traitement vraisemblablement important.

Le ruisseau des Chênes de Martigné passe à 200 m de l'extrémité Sud-Ouest du bassin et à moins de 2 km de l'emplacement optimal des bassins d'infiltrations. Cette situation paraît extrêmement intéressante, dans la mesure où l'eau du ruisseau est de qualité satisfaisante et où les volumes qu'il peut fournir annuellement sont compatibles avec les investissements nécessaires à la mise en oeuvre d'un dispositif d'alimentation artificielle.

ALIMENTATION ARTIFICIELLE

EMPLACEMENT DU DISPOSITIF PROPOSE

ECHELLE: 1/20.000



41 - Origine de l'eau de réalimentation

A son passage sous la D. 47 (au lieu-dit Haute Rive), le ruisseau des Chênes de Martigné a un bassin versant dont la superficie est d'environ 13 km² et l'eau y semble de bonne qualité. On ne connaît pas son débit ni les variations de celui-ci, il conviendrait évidemment de combler cette lacune avant d'entreprendre des travaux coûteux. La mise en place d'une station de jaugeage équipée d'un enregistreur est indispensable. Un déversoir ou un seuil jaugeur pourrait être installé, avec l'accord de l'administration des Ponts-et-Chaussées, dans la traversée de la D. 47, très bien calibrée sur une quinzaine de mètres de longueur.

411 - Estimation des débits et des volumes pouvant être fournis par le ruisseau des Chênes de Martigné

411.1 - Débits

Le ruisseau coule toute l'année. Néanmoins, ses débits d'étiage doivent être faibles. Il ne saurait d'ailleurs être question d'utiliser la totalité de l'eau qui transite par le ruisseau. Il peut être convenu de laisser passer en aval de la prise (qui pourrait se faire dans le secteur de la Haute Rive) les débits d'étiage jusqu'à 10 l/s (36 m³/heure).

La section du ruisseau et les traces laissées sur les berges par les crues précédentes laissent penser que le débit maximum qui passe à la Haute Rive peut être de l'ordre de 500 l/seconde (1 800 m³/heure). Il ne serait certainement pas rentable de vouloir dimensionner le dispositif en fonction de débits de pointe dont la fréquence doit être faible et la durée limitée. On peut estimer que les débits prélevables ne sont pas supérieurs à 400 l/s (1 440 m³/h).

Deux types principaux de système de refoulement peuvent être envisagés :

- a) prise au fil de l'eau, à l'aide d'une batterie de pompes capable de débiter de quelques litres/seconde (10 l/s, par exemple) à 400 l/s. La marche des pompes pourrait être commandée automatiquement depuis la station de jaugeage en fonction du débit d'apport du ruisseau. La canalisation devrait avoir un diamètre de l'ordre de 400 mm et les pompes calculées en tenant compte des hauteurs manométriques variables avec les débits de refoulement : 5 à 10 m pour les bas débits (pertes de charge négligeables), 55 à 60 m à 400 l/s (pertes de charge de l'ordre de 2 cm par mètre de longueur de conduite).

- b) prise par l'intermédiaire d'un bassin de stockage, qui servirait en même temps de bassin de décantation. Le bassin de stockage devrait être d'une contenance suffisante (de l'ordre de 50 000 m³ ?) et muni d'une vanne automatique permettant le retour au ruisseau du débit aval (10 l/s). Les débits de refoulement pourraient alors être constants ce qui simplifierait les installations, aussi bien du côté prise que du côté infiltration. Néanmoins, il n'est pas certain que la création d'un bassin de stockage soit économiquement plus intéressante que la solution a).

411.2 - Volumes

Connaissant la superficie du bassin versant et les hauteurs de pluie efficace des dernières années, on peut essayer d'estimer les volumes disponibles annuellement :

Soit h , la hauteur, en mm, de pluie efficace pendant la période considérée (cf. supra § 32)

$h - 24$ mm tient compte du débit aval qu'il convient de laisser dans le ruisseau (10 l/s pendant 365 jours, rapporté à la superficie du bassin).

Pour nous placer dans un cas pessimiste et pour tenir compte de ce que d'une part les précipitations efficaces peuvent ne pas se retrouver au ruisseau en totalité, d'autre part il peut être impossible de récupérer certains débits de crue, nous conviendrons d'appeler "volume disponible" la quantité $\frac{h - 24}{2}$

Période considérée	1956-57	57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67	67-68	68-69	69-70	70-71	71-72	72-73
h mm	92	139	58	170	237	116	121	124	72	171	231	85	40	222	71	124	21
$h-24$ mm	68	115	34	146	213	92	97	100	48	147	207	61	16	198	47	100	/
$\frac{h-24}{2}$ mm	34	57	17	73	106	46	48	50	24	73	103	30	8	99	23	50	/
Volume correspondant en 10 ³ m ³	442	741	221	949	1378	598	624	650	312	949	1339	390	104	1287	299	650	0

Pour les dix-sept années, le "volume disponible" moyen ainsi estimé est de 643 000 m³, soit, en considérant une consommation journalière de 250 litres par habitant, de quoi alimenter 7 000 personnes (en fait, plus du double, les consommations journalières moyennes étant, en milieu rural, très inférieures à 250 l/habitant).

Il nous est difficile, à ce stade, d'évaluer le coût de mise en place d'un dispositif de réalimentation et les frais d'exploitation et d'entretien qu'il entraînerait. Sa rentabilité paraît cependant assurée, surtout si l'on considère la relative pauvreté du département d'Ille-et-Vilaine en eau de bonne qualité et le prix auquel reviendrait la mise en exploitation d'une nappe d'eau souterraine (en imaginant qu'elle existe) capable des mêmes performances (1 760 m³ par jour).

Remarque :

Au stade actuel, la resaturation des horizons dénoyés du bassin sableux de la forêt du Theil, doit permettre un volant d'emmagasinement de 2,5 à 3 millions de m³ d'eau. Même si les estimations précédentes des volumes disponibles annuellement sont pessimistes, la capacité d'accueil du bassin du Theil leur reste très supérieure. Aussi bien, le but de la réalimentation ne serait pas de remplir le bassin (auquel cas on perdrait le bénéfice des apports importants depuis les terrains encaissants), mais d'augmenter dans des proportions importantes les possibilités d'exploitation qui pourraient pratiquement doubler.

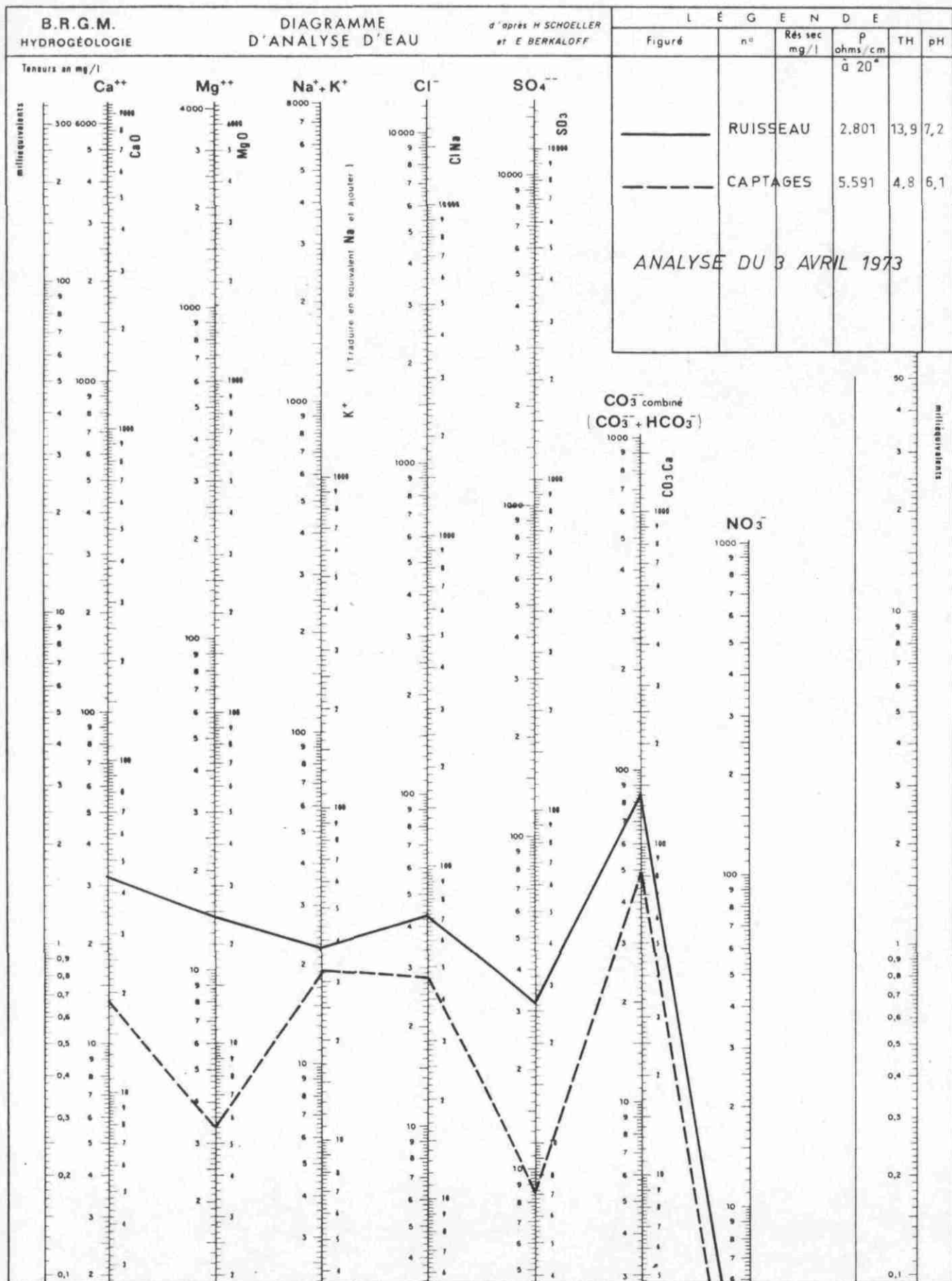
412 - Qualité de l'eau du ruisseau des Chênes de Martigné

Des échantillons d'eau ont été prélevés le 3/4/73 dans le ruisseau des Chênes de Martigné et dans le captage S.I.E.P.T. et analysés par les soins du Laboratoire des Eaux d'alimentation de l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes.

Du point de vue physique et chimique, l'eau prélevée dans le ruisseau est de très bonne qualité et, ce qui est extrêmement intéressant, de composition très voisine de celle prélevée dans le captage.

Du point de vue microbiologique, c'est une eau impropre à la consommation, mais sa pollution n'est pas des plus graves, et il suffira d'un trajet de quelques mètres dans les sables pour qu'elle soit très bien purifiée.

FIGURE 13



412.1 - Examen physique

	Ruisseau	Captage
Turbidité (gouttes de mastic)	35	25
Résistivité (en Ω /cm à 20°)	2 801	5 591
pH	7,25	6,1
Couleur (mg/l de Pt)	40	5

On remarquera que la turbidité est relativement faible, à peine supérieure à celle de l'eau prélevée dans le captage. Il est possible qu'il soit inutile de décanner et préfiltrer l'eau du ruisseau avant de l'infiltrer.

412.2 - Analyse chimique

Les photocopies des analyses de l'eau du ruisseau et du captage ont été placées en vis-à-vis pour en faciliter la comparaison.

L'eau du ruisseau est plus dure que celle du captage (13,9° contre 4,8), par contre elle est mieux oxygénée (3,5 mg/l O₂ cédé par KMnO₄, contre 0,3) et beaucoup moins agressive.

Le diagramme, fig. 13 montre que les deux eaux ont des profils chimiques voisins.

412.3 - Analyse microbiologique

On remarquera l'absence de bactériophages fécaux et de bactéries pathogènes.

Le type de pollution constaté disparaîtra très rapidement au cours du processus d'infiltration.

Analyse chimique

Oxygène cédé par KMnO_4 en milieu alcalin	0,3	mg/litre
Dureté totale (degrés français)	4,8	degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	0	degrés français
Titre alcalimétrique complet (TAC)	4	degrés français
Silice	11	mg/litre
Anhydride carbonique libre (CO_2)	46,2	mg/litre
Oxygène dissous (O_2)		mg/litre
Chlore libre (Cl_2)		mg/litre
Résidu sec à 105-110 °		mg/litre
Résidu sec à 500 °		mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre).

	avant	après
pH	6,1	7,3
Titre alcalimétrique complet (TAC)	4	13,25
Titre hydrotimétrique	4,8	13,8

1° CATIONS	mg/l	me/l	2° ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca^{++}	13,5	0,675	Carbonique, en CO_3^{--}	Néant	0
Magnésium, en Mg^{++}	3,420	0,285	Bicarbonique, en HCO_3^-	48,8	,7
Ammonium, en NH_4^+	0	0	Chlore, en Cl^-	28	,75
Sodium, en Na^+	17,5	0,761	Sulfurique, en SO_4^{--}	8,6	,17
Potassium, en K^+	1,7	0,043	Nitreux, en NO_2^-		
Fer, en Fe^{++}	0,3	0,011	Nitrique, en NO_3^-	1,5	,01
Manganèse, en Mn^{++}	0,1	0,004	Phosphorique, en PO_4^{--}	Néant	0
Aluminium, en Al^{+++}	0,2	0,022			

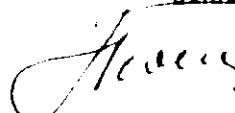
Recherches spéciales : Métaux lourds : néant

Phénols : néant

CONCLUSION DE L'EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE :

Le Chef du service de Chimie

Marcel NEVEU,
Docteur-Ingénieur.



(Ce bulletin ne peut, en aucun cas, être utilisé dans un but de publicité).

Analyse chimique

Oxygène cédé par KMnO_4 en milieu alcalin	3,5	mg/litre
Dureté totale (degrés français)	13,9	degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	0	degrés français
Titre alcalimétrique complet (TAC)	7	degrés français
Silice	3,5	mg/litre
Anhydride carbonique libre (CO_2)	3,3	mg/litre
Oxygène dissous (O_2)		mg/litre
Chlore libre (Cl_2)		mg/litre
Résidu sec à 105-110 °		mg/litre
Résidu sec à 500 °		mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre).

	avant	après
pH	7,25	7,7
Titre alcalimétrique complet (TAC)	7	8,25
Titre hydrotimétrique	13,9	17,2

1° CATIONS	mg/l	me/l	2° ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca^{++}	31,2	1,560	Carbonique, en CO_2 -	Néant	0
Magnésium, en Mg^{++}	14,6	1,220	Bicarbonique, en HCO_3	85,4	1,400
Ammonium, en NH_4^+	0,25	0,014	Chlore, en Cl	43,5	1,225
Sodium, en Na^+	18	0,796	Sulfurique, en SO_4 -	31,7	0,660
Potassium, en K^+	4,3	0,110	Nitreux, en NO_2 -	0,075	0,002
Fer, en Fe^{++}	0,6	0,021	Nitrique, en NO_3 -	2	0,032
Manganèse, en Mn^{++}	0,1	0,004	Phosphorique, en PO_4	0	0
Aluminium, en Al^{+++}	0,25	0,028			

Recherches spéciales : Métaux lourds : néant

Phénols : néant.

CONCLUSION DE L'EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE :

Le Chef du service de Chimie :

Marcel NEVEU,
Docteur-Ingénieur.



RESULTATS DE L'EXAMEN MICROBIOLOGIQUE

Numération des colonies	Technique et milieu de culture utilisés	Heure d'incubation	RESULTATS
Dénombrement total de germes			
à 20-22° C		72	165 / ml
à 37° C	Incorporation à la gélose Gélose numération	48	49 / ml
Colimétrie			
Coliformes à 37° C	Techniques des membranes filtrantes	48	700/100 ml
Coliformes fécaux à 44° C	Milieu de Chapman au TTC et au tergitol 7	48	3.000/100 ml
Streptocoques fécaux à 37° C	Technique des membranes filtrantes Milieu de Stanetz	48	30/100 ml
Clostridium sulfito-réducteurs	Ensemencement en profondeur, gélose de Veillon	24	Incompt. bleus/20 ml
Recherche :			
Bactériophages fécaux			
bactériophages E. coli			0/100 ml
bactériophages Shigella			0/100 ml
bactériophages Salmonella			ml
Bactéries pathogènes			Recherche négative / 3 litres

CONCLUSION : Présence massive de germes témoins de contamination fécale et de Clostridium sulfito-réducteurs.

Le Directeur
Chef du Service de Microbiologie

J. Maurin
Docteur Jacques MAURIN

(Ce bulletin ne peut, en aucun cas, être utilisé dans un but de publicité).

En résumé, l'eau du ruisseau des Chênes de Martigné paraît d'une qualité excellente vis-à-vis de l'usage qu'on en attend. Il est possible cependant que cette qualité varie avec la saison : la turbidité peut augmenter en période de crue, la contamination micro-biologique peut être plus prononcée en période d'étiage. Il conviendrait donc de s'en assurer par des analyses complètes régulières (1 fois par mois).

42 - Dispositif d'infiltration

421 - Emplacement du dispositif

Les bassins d'infiltration doivent se trouver dans une zone où la transmissivité est importante (cf. supra 13), à une distance suffisante des captages pour que la filtration et l'épuration de l'eau infiltrée soient complètes.

Le dispositif d'infiltration pourrait se situer à environ 200 m au sud-ouest des captages, dans le secteur du piézomètre 39.

422 - Forme et dimension des bassins

Dans les installations existant actuellement, l'infiltration varie entre 1 et 5 m³ par jour et par m² de surface infiltrante. Même si on admet que ces valeurs s'appliquent aux sables du Theil, la fourchette est trop large pour qu'on puisse envisager, sans autre précision, de dimensionner les bassins d'infiltration en fonction des volumes maximaux prélevables dans le ruisseau des Chênes de Martigné. Un dispositif expérimental s'impose.

Il pourrait être constitué de deux bassins de 250 m² (25 m x 10 m) fonctionnant en alternance. Ce système semble le plus efficace, il permet à chaque alternance de "labourer" la couche de sable grossier rapportée. L'aération ainsi réalisée freine considérablement la prolifération des algues et diminue la fréquence des décolmatages nécessaires.

Les deux bassins pourraient être placés l'un derrière l'autre, à 20 m de distance, le grand côté étant perpendiculaire à la direction des captages.

La section de chaque bassin pourrait être trapézoïdale, en pente douce dans la direction des captages :

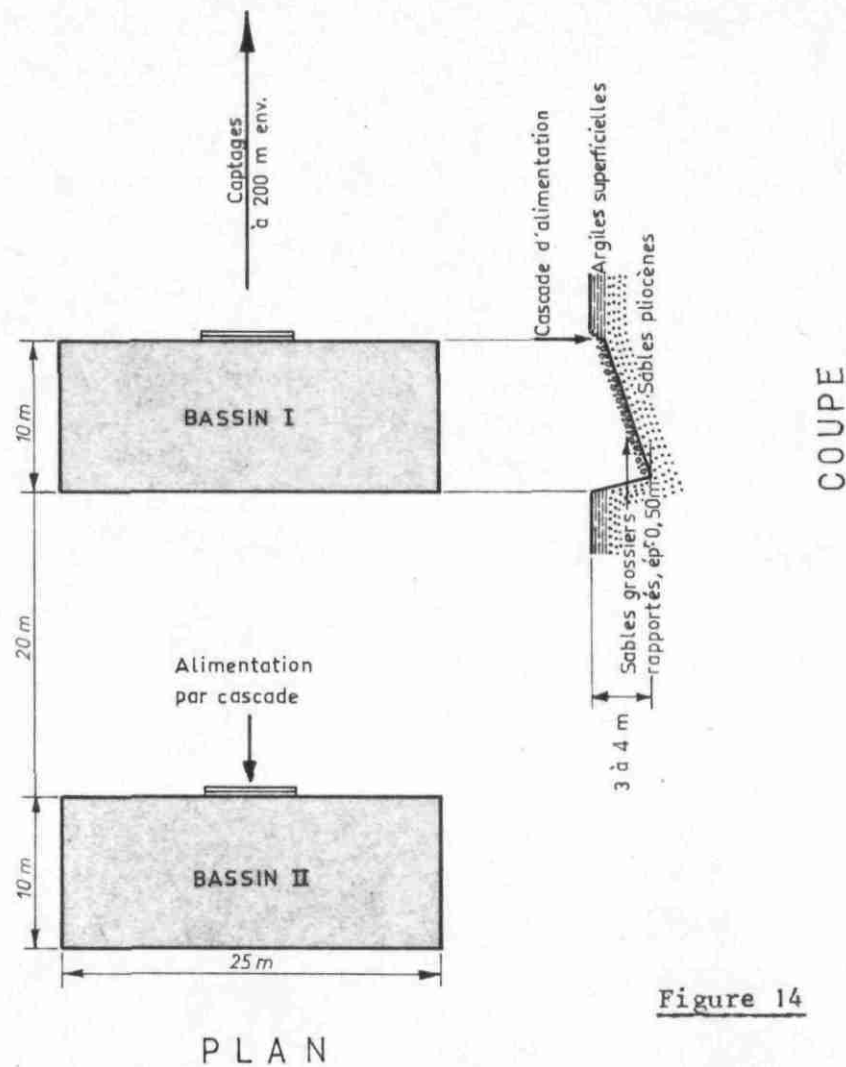


Figure 14

Le fond serait tapissé d'une couche de sable (grains inférieurs à 3 mm) sur 50 cm d'épaisseur environ.

L'alimentation se fera par des cascades (3 marches d'escalier de hauteur 0,2 m) de façon à oxygéner l'eau à infiltrer et à diminuer l'effet d'érosion.

Un seul bassin fonctionnant à la fois, l'infiltration pourrait être comprise entre 250 et 1 250 m³/jour.

423 - Dispositif de fonctionnement

Le dispositif de fonctionnement complet serait constitué par :

- les bassins d'infiltration décrits ci-dessus ;
- la canalisation d'amenée, capable de déverser dans le premier ou dans le deuxième bassin ;
- le groupe de refoulement, qui pourrait être constitué, au stade expérimental, de deux pompes : l'une de 10 l/s et l'autre de 20 l/s ce qui permettrait d'obtenir également 30 l/s par le fonctionnement simultané des deux pompes ;
- les systèmes de régulation : commande automatique de mise en marche et d'arrêt du groupe de refoulement en fonction du niveau d'eau dans le bassin d'infiltration utilisé, de façon à éviter les débordements en cas d'apports supérieurs aux possibilités d'infiltration ;
- une commande automatique de mise en marche et d'arrêt des pompes, reliée à l'échelle limnimétrique de la station de jaugeage, de façon à ce que les débits prélevés soient adaptés aux débits du ruisseau ;
- la station de jaugeage qui fournira la connaissance des débits prélevables et commandera les pompes de refoulement ;
- éventuellement des bacs de décantation et préfiltration. Ils ne seront peut-être pas indispensables, mais leur emplacement doit être prévu.

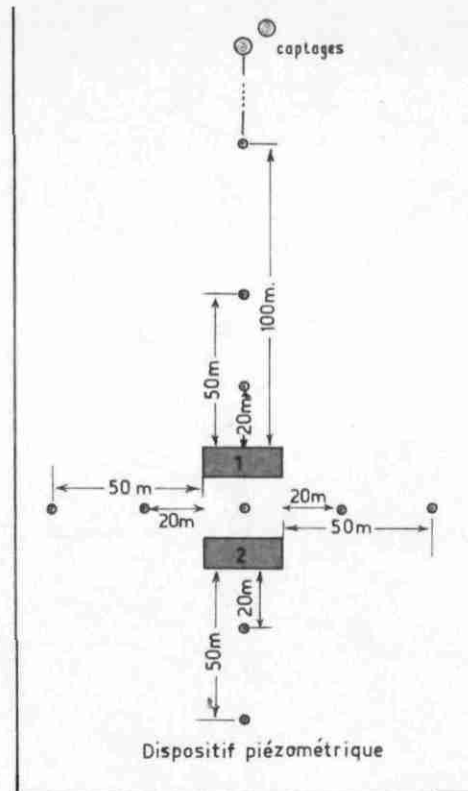
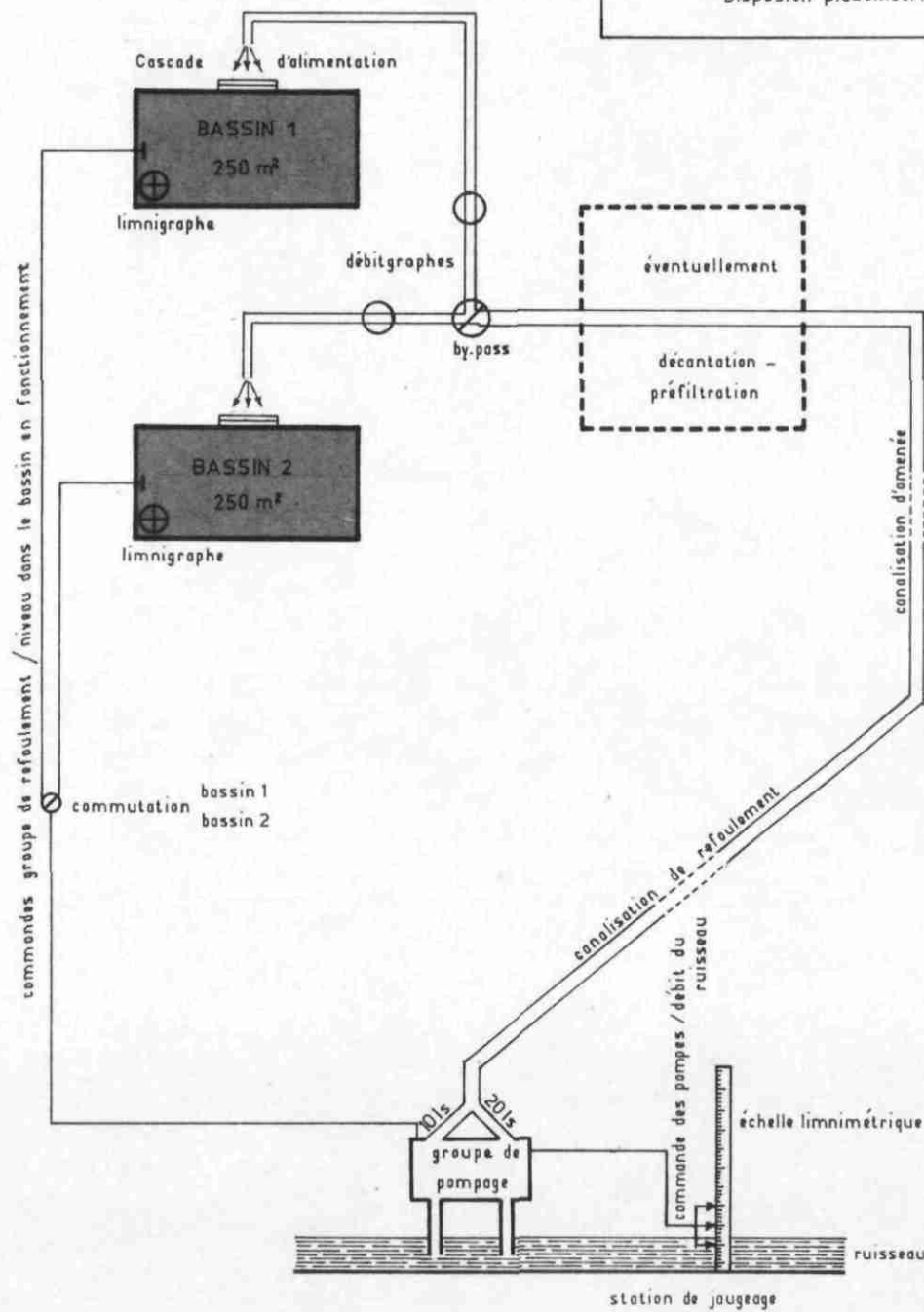
424 - Dispositif de contrôle et de réglage

On doit pouvoir contrôler la qualité de l'eau, les variations de niveau de la nappe réalimentée, les volumes infiltrés, et les vitesses d'infiltration, ce qui nécessite :

- des piézomètres (une dizaine en tout) réalisés à différentes distances des bassins, pour mesurer les variations piézométriques et prélever régulièrement des échantillons d'eau pour analyse ;
- des enregistreurs de débit sur les canalisations d'amenée (volumes apportés) ;
- des enregistreurs de niveau dans les bassins (vitesses d'infiltration).

On doit pouvoir régler le rythme des alternances de façon à diminuer le plus possible la fréquence des décolmatages. Ce réglage sera réalisé grâce à la connaissance des variations des vitesses d'infiltration.

425 - Schéma récapitulatif du dispositif de réalimentation proposé



43 - Programme des travaux à entreprendre

L'Administration jugera de l'intérêt du projet et des suites qu'il convient de lui donner.

Rappelons simplement que les estimations faites plus haut, sur des bases volontairement pessimistes, permettent d'espérer la récupération moyenne de près de 650 000 m³ d'eau par an. Cette récupération ne nécessiterait qu'un transport sur une faible distance (2 km) et l'eau livrée à la consommation serait parfaitement épurée par son passage dans les sables.

Le coût de l'opération, vraisemblablement déjà assez facilement amortissable par les possibilités d'exploitation supplémentaire, serait en outre compensé en partie par une meilleure rentabilisation des installations de pompage, stockage, traitement et distribution existant déjà au S.I.E.F.T.

La mise en oeuvre de l'alimentation artificielle du bassin de la forêt du Theil ne peut se concevoir en une seule fois, plusieurs phases doivent être envisagées :

1^o phase :

Mise en place d'une station de jaugeage (déversoir ou seuil jaugeur) sur le ruisseau des Chênes de Martigné. Cette station devra, de préférence, être munie d'un enregistreur. Elle pourra être installée au lieu-dit "La Haute Rive", au passage du ruisseau sous la D. 47.

Une période d'observation assez courte (de l'automne à la fin du printemps) précisera la valeur des volumes et débits utilisables dont une première estimation a été faite plus haut. Si les volumes mis en jeu le justifient, la deuxième phase pourra être entreprise.

2ème phase :

De la fin du printemps à l'automne, mise en place de la canalisation et de l'ensemble du dispositif d'infiltration expérimental.

3ème phase :

A partir de la fin de l'automne, réalimentation expérimentale, avec observation très détaillée de tous les paramètres envisagés aux paragraphes précédents. Au cours de cette phase, en fonction des résultats, des modifications devront certainement être apportées au dispositif initial.

Après un temps d'observation suffisamment long (au moins un an, de préférence deux), les données seront assez nombreuses pour que, en connaissance de cause, la réalimentation puisse être intensifiée par agrandissement ou multiplication des bassins d'infiltration. Ceci pourra d'ailleurs être réalisé par tranches successives, au fur et à mesure de l'augmentation des besoins, jusqu'à la limite des prélèvements admissibles.

En tout état de cause, si le problème paraissait urgent, les premiers essais d'alimentation artificielle pourraient être réalisés à partir de l'automne-hiver 1974.

5 - CONCLUSIONS

Après cette troisième année d'étude, l'avenir du bassin de la Forêt du Theil doit être envisagé avec un certain optimisme mêlé à une crainte raisonnée.

Il semble démontré maintenant que les apports peuvent compenser en moyenne, au moins dans la limite des variations observées, une exploitation de l'ordre de 1 300 000 m³ par an.

Mais, par ailleurs, les réserves de la nappe, constituant un volant d'inertie qui doit pallier les déficits temporaires des années sèches, sont maintenant fortement amenuisées dans le quart sud-ouest du bassin. Elles restent suffisantes pour faire face aux conséquences de périodes "normalement" sèches mais ne résisteraient vraisemblablement pas à deux années successives aussi exceptionnellement déficitaires que l'hiver 1972-1973. Poursuivre l'exploitation au rythme actuel est donc, en quelque sorte, un pari sur les conditions météorologiques des mois à venir.

La solution aux problèmes graves que ne manquera pas de poser, dans un futur plus ou moins proche, l'alimentation en eau potable des trente-six communes desservies par le S.I.E.F.T., réside dans la réalimentation artificielle de la nappe du bassin de la Forêt du Theil.

Le dispositif préconisé, de façon relativement détaillé dans cette note, paraît intéressant. Il utilise de l'eau de qualité presque optimale qui ne nécessiterait qu'un transport limité jusqu'aux points d'infiltration possibles.

La réalimentation de la nappe du bassin de la Forêt du Theil depuis le ruisseau des Chênes de Martigné ne se contenterait pas de maintenir le niveau actuel de l'exploitation. Ses apports seraient suffisants pour faire face à l'augmentation prévisible des besoins et même pour permettre de nouvelles dessertes.

Une telle réalisation, ne nécessitant que des investissements modérés compte tenu des bénéfices qu'on peut en attendre, paraît inévitable à plus ou moins brève échéance.

En attendant, le "point critique" de la nappe étant en vue, il semble indispensable d'en poursuivre la surveillance, ne serait-ce que pour pouvoir alerter à temps l'Administration et les organismes compétents. En effet, à tout prendre, la diminution temporaire des distributions serait préférable à leur suppression totale.