

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
74, rue de la Fédération - 75-PARIS-15<sup>e</sup> - Tél. 783 94-00

DIRECTION DU SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
B.P. 818 - 45-Orléans-La Source - Tél. 66-06-60

# ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU VAL D'ORLÉANS (LOIRET)

OBSERVATIONS PIÉZOMÉTRIQUES

février 1968 - mars 1970

par

M. CAUDRON et N. DESPREZ

avec la participation de

P. PEAUDECERF



Service géologique régional Bassin de Paris

65, rue du général-Leclerc 77 - Brie-Comte-Robert

Tél. 405-01-46

**70 SGN 101 BDP**

mars 1970

## SOMMAIRE

<u>TEXTE</u>	<u>PAGES</u>
1 INTRODUCTION	1 à 3
2 HYDROGRAMMES DE LA LOIRE	4 à 7
3 VARIATIONS DE LA SURFACE PIEZOMETRIQUE	8 à 12
4 PHYSICO-CHIMIE DES EAUX	13 à 17
5 DETERMINATION DE LA DIFFUSIVITE DE LA NAPPE	18 à 20
6 CONCLUSIONS	21 à 23
7 BIBLIOGRAPHIE	24

## PLANCHES

1 SITUATION au 1/50.000
2 HYDROGRAMMES DE LA LOIRE A CHATEAUNEUF & A JARGEAU LIMNIGRAMMES DES PIEZOMETRES
3 EVOLUTION DU CHLORE DANS LES EAUX DE LA LOIRE
4 RESISTIVITE DE LA NAPPE ALLUVIALE
5 TITRE HYDROTOMETRIQUE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE
6 EVOLUTION DU CHLORE DANS LES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE
7 RESTITUTION DE LA COURBE LIMNIGRAPHIQUE THEORIQUE DU FORAGE DE SANDILLON BASEE SUR LE CALCUL AUTOMATIQUE DE T/S, PAR LA TABLE TRACANTE DE L'ORDINATEUR COMPARAISON AVEC LA COURBE REELLE ENREGISTREE

## RESUME

Ce rapport est présenté dans le cadre de l'étude hydrogéologique du Val d'Orléans en application d'une convention passée entre le B.R.G.M. et la D.A.T.A.R.

Il porte sur l'observation de la nappe alluviale (et éventuellement de la nappe du Calcaire de Beauce dans les zones d'intercommunication de ces deux aquifères) au niveau de 6 puits situés à proximité de la Loire entre CHATEAUNEUF-SUR-LOIRE et SANDILLON, pendant deux années consécutives (février 1968 - mars 1970).

L'observation parallèle quotidienne des fluctuations de la Loire par les services du Ministère de l'Equipement et les enregistrements piézométriques ont permis de calculer la diffusivité du réservoir (Transmissivité/coefficient d'emmagasinement) en 5 points.

La diffusivité est voisine de  $1 \text{ m}^2/\text{s}$  à OUVROUER, à JARGEAU et à SANDILLON dans les zones où le karst est en communication avec la nappe alluviale. En dehors de ces zones (colmatage du karst) la diffusivité du réservoir est de l'ordre de  $0.07 \text{ m}^2/\text{s}$ . Ces valeurs traduisent, en première approximation, des coefficients d'emmagasinement compris entre 1 et 3% dans les zones d'intercommunication de nappes et de 15% pour la nappe alluviale seule.

Les limnigrammes font ressortir, ce qui est un des résultats essentiels de cette étude, un transit rapide de l'eau perdue par la Loire et non sa mise en réserve dans le Val d'Orléans.

Les débits de la Loire à l'étiage en 1968 ne faisant pas apparaître de pertes significatives, l'alimentation de la nappe alluviale est fugace et non susceptible de fournir un appoint durable aux ressources réelles en eau souterraine du Val d'Orléans, pendant la période de pointe des prélèvements.

## 1 - INTRODUCTION

### 1 - 1 GENERALITES

Le Comité technique de l'Eau de la Région du Centre, dans le cadre des études destinées à définir le bilan des eaux souterraines dans le Val d'Orléans, a décidé de créer cinq stations piézométriques entre CHATEAUNEUF-SUR-LOIRE et SANDILLON, et a confié l'installation, l'exploitation des appareils et l'interprétation des résultats au B.R.G.M.

A cet effet, une convention avec la D.A.T.A.R. a été signée le 3 avril 1968.

### 1 - 2 OBJET DE L'ETUDE

L'étude a pour objet de suivre l'évolution des niveaux et des caractéristiques chimiques de la nappe alluviale, en fonction des fluctuations du régime de la Loire et de définir les valeurs de la diffusivité (rapport de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement) du réservoir alluvial.

### 1 - 3 SITUATION (Planche 1)

Les stations piézométriques ont été implantées en fonction des critères ci-dessous :

- Proximité de la Loire
- Proximité d'échelles limnimétriques
- Profondeur des puits
- Distance par rapport aux captages exploités
- Position par rapport aux axes karstiques définis dans une étude antérieure
- Bienveillance des propriétaires.

Les points retenus correspondent aux coordonnées ci-dessous :

Indices BRGM et Désignation	X	Y	Z (EPD)	Profon- deur	Date de mise en sce
398-3-156	577.520	317.115	+97.50	6.5	15/2/1968
398-3-157	577.595	316.595	+100.00	27.5	6/6/ "
398-4-224	583.545	318.825	+103.00	8.5	6/6/ "
399-1-194	586.945	316.270	+105.00	8.2	7/6/ "
399-1-192	591.125	318.125	+107.00	5.4	8/6/ "

A la suite de la détérioration de l'appareil\* le puits de SANDILLON a été abandonné en octobre 1968. Le limnigraphe remis en état a été réinstallé en rive droite de la Loire, à BOU, aux coordonnées ci-après :

	x	y	z		
398-3-145	578.915	318.750	+101.15	9.0	30/1/1969

Les premières observations systématiques de la nappe et de la Loire, dans le cadre de la présente étude, ont été faites en février 1968, lors de la recherche des emplacements les plus favorables.

Les résultats physico-chimiques (titre hydrotimétrique, chlore, fer, température, résistivité) ont fait apparaître des variations sensibles des teneurs en chlore en fonction du temps. Pour cette raison des échantillons de la Loire ont été prélevés mensuellement aux fins d'analyses entre GIEN et SANDILLON, aux points ci-dessous :

		X	Y	Z (NGF)**
GIEN (Pont RD)	432-2-58	622.175	298.275	+120.76
OUZOUER-Le Port (RD)	399-8-126	610.555	305.995	+114.38
ST-PERE (Pont RD)	399-7-21	602.725	308.065	+110.89
GUILLY-Bouteille (RG)	399-2-55	596.150	310.090	+107.79
CHATEAUNEUF (Pont RD)	399-1-156	591.530	317.820	+102.26
OUVROUER-Gaillardières	399-1-157	588.140	316.540	+100.82
ST-DENIS-DE-L'HOTEL (Pont RD)	398-4-202	584.200	319.100	+98.65
BOU-La Binette	398-3-152	578.825	318.200	+96.40
SANDILLON-Levée	398-3-155	577.445	317.250	+95.57

et sur la source du Loiret (Bouillon)

#### 1 - 4 DUREE DES OBSERVATIONS

Les observations ont été poursuivies pendant plus de deux années (février 1968-mars 1970) et couvrent deux cycles hautes eaux et étiages.

---

\* Plainte déposée au Procureur de la République en octobre 1968

\*\* 0 de l'échelle limnimétrique

Parallèlement à l'étude de la nappe alluviale, le programme initial prévoyait la mise en place de limnigraphes sur la Loire aux ponts de JARGEAU et de CHATEAUNEUF (4e Circonscription électrique et Service hydrologique centralisateur). Pour des raisons techniques cette opération n'a pu être menée à bien.\*

En conséquence, l'étude porte sur des valeurs relevées quotidiennement à 12 h aux échelles limnimétriques de JARGEAU et de CHATEAUNEUF par les agents locaux des Ponts et chaussées. Cependant, le Service hydrologique centralisateur a pu nous communiquer les heures de passages des pointes des principales crues calculées à partir des hydrogrammes de GIEN et d'ORLEANS.

### 1 - 5 INTERPRETATION DES RESULTATS

La recherche de la valeur de la diffusivité de la nappe a été appuyée sur deux méthodes :

- Méthode approchée basée sur le temps de réponse de la nappe au passage des crues. Cette méthode suppose un débit constant et un écoulement radial au niveau des puits situés à proximité des méandres de la Loire (zones de pertes).
- Méthode automatique de calcul par ordinateur, basée sur l'application de l'erreur fonction à l'hydrogramme de la Loire pendant une période au cours de laquelle le fleuve a été peu influencé par les crues et la nappe peu perturbée par les pompages des irrigants (1-3 au 8-6-1969).

---

\* L'appareil mis en place par le Service hydrologique centralisateur (limnigraphe pneumatique) a enregistré des perturbations dont l'origine ne peut être trouvée dans les fluctuations du fleuve lui-même. De ce fait, l'appareil a été retiré.

## 2 - HYDROGRAMMES DE LA LOIRE (Planche 2)

Sur la planche 2 ont été reportés les niveaux quotidiens relevés par les Ponts et chaussées aux échelles de ST-DENIS DE L'HOTEL et de CHATEAUNEUF S/LOIRE.

Les deux hydrogrammes sont caractérisés par leur parallélisme. La distance qui sépare les deux échelles est de l'ordre de 9 km. Cette distance est trop réduite et les observations trop espacées (24 h) pour faire apparaître le déphasage entre les passages des fronts de crues aux deux points de mesure (déphasage de l'ordre de 2 h en période de hautes eaux, de l'ordre de 5 h pendant l'étiage).

### 2 - 1 ETUDE DE L'HYDROGRAMME DE JARGEAU

L'hydrogramme de JARGEAU fait ressortir :

- Une phase de décrue du 11-1 au 2-8-1968 (dénivellation de -3.89 m). La courbe de tarissement est interrompue par quelques crues au premier semestre (28-2 = +1.51 m, 11-5 = +1.41 m, 1-6 = +1.29 m).
- Une phase de crue du 2-8 au 30-12-1968 (remontée de +4.49 m) avec pointes le 2-10 (+1.84 m), le 7-11 (+2.26 m) et le 30-12 (+4.04 m).
- Une phase de décrue du 30-12/1968 au 13-8/1969 (dénivellation de -4.43 m) avec passages de crues le 18-1-69 (+1.15), le 27-2 (+1.41), le 18-3 (+1.25) le 3-5 (+2.51) et le 27-6 (+1.07).
- Une phase de crue qui se poursuit depuis le 13-8-1969 (>+3.69).

La cote de l'étiage 1968 a été peu différente de celle de 1969 (+98.52 et +98.46).

### 2 - 2 DEBITS DE LA LOIRE ET PERTES ENTRE CHATEAUNEUF ET JARGEAU

Le Service hydrologique centralisateur a pu calculer les débits de la Loire pour l'année 1968, à partir des relevés quotidiens des plans d'eau à CHATEAUNEUF et à JARGEAU. Mais l'estimation du débit ( $\pm 5\%$ ) n'est possible que pour une lame d'eau inférieure à 1.50 m (cf tableaux ci-après). Les différences des débits instantanés entre les deux points d'observation traduisent les pertes dans les nappes souterraines. Les pertes maximales calculées sont de l'ordre de 70 m<sup>3</sup>/s. On remarquera cependant, en période de basses eaux, que le débit à JARGEAU est supérieur à celui de CHATEAUNEUF, de 2 à 15 m<sup>3</sup>/s (période du 17-7 au 5-8-68 par exemple).

Surface du Bassin Versant naturel.....	PONTS & CHAUSSEES Serv. Hydrol. Centralisateur	ANNEE
Altitude du Zéro de l'Echelle.....NGF	Av. de Trévisse — ORLEANS — Loiret	1968..
Équipement.....	tél. 87. 62.40 poste 291	
Période connue... 19..... — 19.....	COURS d'EAU... LA... LOIRE.....	
	STATION: CHATEAUNEUF S/L N°.....	

### DEBITS JOURNALIERS en m<sup>3</sup>/s

	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1	705	650	845	367	262	845	185	69	116	765	237	266
2	695	618	750	363	276	805	161	71	161	800	226	262
3	725	592	690	359	288	770	167	69	179	695	223	258
4		579	640	325	310	650	148	73	173	574	223	233
5		597	597	350	333	574	138	77	173	487	359	214
6		640	542	359	345	542	136	130	214	423	850	214
7		635	509	354	392	504	130	185	237	383		210
8		635	492	392	609	463	126	173	237	350		203
9		601	483	492		417	126	148	217	318	730	200
10		592	487	513		367	133	145	191	295	635	210
11		526	476	454		333	130	136	170	295	530	200
12		509	454	409	830	295	120	136	161	341	500	197
13		500	427	375	730	280	107	133	155	341	500	191
14		500	383	350	592	258	104	130	185	329	463	185
15		483	383	333	522	240	104	120	266	314	423	182
16		538	383	321	476	230	102	136	269	284	400	179
17		542	383	306	441	220	99	167	266	266	359	182
18		530	423	295	404	226	93	182	321	251	345	188
19		522	445	299	363	226	90	179	337	240	345	206
20		542	417	306	337	230	90	164	306	233	321	230
21		565	392	306	302	230	104	148	295	226	276	266
22		592	404	288	276	214	116	138	280	217	284	280
23		640	404	266	266	200	113	133	288	203	288	293
24		680	413	262	302	200	110	116	436	197	299	306
25		700	420	251	392	200	107	99	597	185	299	363
26	820	730	423	251	400	217	99	90	560	176	302	770
27	790		404	266	409	251	85	85	487	188	310	
28	770		363	280	597	237	77	80	413	233	299	
29	790		383	272	680	230	75	75	363	299	284	
30	805	X	371	243	680	206	71	77	479	302	280	
31	745	X	379	X	730	X	71	85	X	266	X	

MAXIMA INSTANTANÉS  
← MENSUELS

### VALEURS MENSUELLES & ANNUELLES

Débits mesurés et Lames d'Eau équivalentes

m <sup>3</sup> /s												
l/s/m												
mm												

### MOYENNES de REFERENCE DEBITS NATURELS PERIODE 19..... — 19.....

m <sup>3</sup> /s												
l/s/m												
mm												

### HYDRAULICITE à la STATION en 19..... par rapport à la période 19..... — 19.....

coef												
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**REMARQUES**

Surface du Bassin Versant naturel	PONTS & CHAUSSEES	Serv. Hydrol Centralisateur	ANNEE
Altitude du Zéro de l'Echelle	Av de Trévise	ORLEANS	1968
Equipement	161	67. 62. 40	Loiret
Période connue 1968 - 19	COURS d'EAU LA LOIRE		
	STATION JARGEAU		

**DEBITS JOURNALIERS en m<sup>3</sup>/s**

	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1	675	585		320	226		175	76	126	720	292	260
2	665	550	690	317	243	750	160	76	152		223	260
3	680	520	615	314	250	720	155	76	178	670	216	255
4		510	570	288	280	600	137	88	178	560	213	297
5		530	525	300	293	535	126	92	178	466	330	217
6		570	490	308	308	510	119	155	211	405		220
7		570	460	308	342	480	119	175	240	370		213
8		530	430	335	560	420	117	166	240	342		205
9		530	425	425		395	119	140	216	317	665	201
10		520	435	462		350	126	134	192	293	595	208
11		475	410	400		320	126	129	172	290	515	208
12		455	398	360	770	288	119	129	160	332	475	198
13		440	370	325	645	277	105	124	157	332	475	186
14		440	330	300	535	255	100	126	195	320	445	195
15		355	330	290	480	240	100	122	268	308	405	183
16		460	330	277	378	226	100	134	268	277	380	183
17		495	335	268	405	220	105	160	260	260	350	183
18		475	365	253	350	223	100	180	314	250	330	190
19		460	375	253	330	226	96	166	330	243	330	205
20		490	360	268	308	226	99	157	300	232	314	220
21		505	335	265	280	226	107	142	288	226	280	265
22		515	355	243	253	213	119	137	280	213	280	277
23		580	350	240	240	198	119	132	284	201	284	288
24		630	360	226	273	195	114	122	412	195	290	305
25		650	365	217	370	195	109	114	560	180	288	355
26	760	675	370	213	365	211	103	107	535	172	298	760
27	720		350	226	375	240	92	99	470	186	300	
28	710		320	243	540	230	86	94	379	226	293	
29	700		335	226	630	220	80	88	355	284	288	
30	750		320	213	625	192	77	92	440	293	280	
31	690		332		670		77	100		260		

MAXIMA INSTANTANÉS  
← MENSUELS

**VALEURS MENSUELLES & ANNUELLES**

Débits mesurés et Lames d'Eau équivalentes

m <sup>3</sup> /s												
mm												

**MOYENNES de REFERENCE DEBITS NATURELS PERIODE 19... 19...**

m <sup>3</sup> /s												
mm												

**HYDRAULICITE à la STATION en 19... par rapport à la période 19... 19...**

%												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

REMARQUES

Aucune alimentation latérale (affluent) ou d'origine profonde ne pouvant être retenue, il apparaît que les pertes tendent à s'annuler lorsque la Loire entre en étiage.

Si cette observation est confirmée par les mesures ultérieures, elle serait importante à retenir, l'alimentation du Val pendant les périodes de prélèvements intensifs par les agriculteurs irrigants devenant indépendante de la Loire.

On remarquera également que les pertes de la Loire entre les deux stations ne se traduisent pas graphiquement sur les hydrogrammes.

### 3 - VARIATIONS DE LA SURFACE PIEZOMETRIQUE (Planche 2)

#### 3 - 1 GENERALITES

Les variations de la surface piézométrique ont été reportées en cotes absolues sur la planche 2. Les points correspondent à la position de la nappe chaque jour à 12 h.

#### 3 - 2 OBSERVATIONS DETAILLEES (cf tableau ci-après)

##### 3 - 21 Puits de SIGLOY - Profondeur = 5.43 m - Nappe alluviale

Cet ouvrage est situé dans la zone de passage entre nappe alluviale drainante et nappe alluviale drainée. La formation aquifère est isolée du réservoir de Beauce par les assises basales marneuses ou argileuses du Burdigalien. La nappe alluviale est située en basses eaux à plus d'un mètre au-dessus du plan d'eau de la Loire. Mais, lorsque le fleuve dépasse la cote +102.5 à CHATEAUNEUF (remplissage de la dépression de "Château-Frileux" au Sud de CHATEAUNEUF) la nappe alluviale est alimentée par la Loire. La courbe de tarissement de la nappe a une pente faible, ce qui traduit un emmagasinement durable des eaux de la Loire, ou une persistance de l'alimentation.

##### 3 - 22 Puits d'OUVROUER - Profondeur = 8.20 m - Nappe alluviale

Le diagramme de ce puits fait apparaître un net retard entre les points hauts de la nappe et les points hauts des crues (distance du puits au fleuve = 0.825 km). Cependant, les limnigrammes indiquent une réaction rapide aux précipitations, avant même une influence de la Loire.

Exemple : Crue d'avril-mai 1969

<u>LOIRE</u>	<u>Etiage à CHATEAUNEUF</u>	<u>le 28-4-69 à 13 h</u>
	<u>Maximum crue</u>	<u>le 3-5-69 à 17 h</u>

<u>NAPPE</u>	<u>Etiage à OUVROUER</u>	<u>le 25-4-69 à 12 h</u>
	<u>Influence de la crue</u>	<u>à partir du 30-4 à 0 h</u>
	<u>Maximum recharge</u>	<u>le 6-5-69 à 12 h</u>

(Précipitations de 8 mm du 21 au 25/4/69) - Recharge de la nappe de 120 mm (cote +99.95 à +100.07) pour la même période avant l'influence de la crue.

La surface piézométrique oscille entre les cotes +98 et +103, c'est-à-dire, entre 0.5 et 2.5 m en dessous du plan d'eau de la Loire.

Amplitudes et rapports de la recharge de la nappe

$$R = \Delta h / \Delta L$$

1968 | 1969

Crue	mai	juin	août sept.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	mai	juin	sept.	nov. à mars 70	
Loire à Jargeau: $\Delta L$	1,62	1,29	1,84	2,06	4,04	1,05	1,42	1,25	2 51	1 01	0,74	3,69	
Puits de Sandillon	$\Delta h$	0,62	0,52	0,81									
	R	0,38	0,4	0,44									
Forage de Sandillon	$\Delta h$			1,04	0,60	1,75	0,29	0,53	0,39	1,05	0,37	0,41	2,46
	R			0,56	0,29	0,43	0,28	0,37	0,31	0,42	0,37	0,56	0,67
Puits de Bou	$\Delta h$						0,45	0,30	1,15	0,31	0,20	2,60	
	R						0,32	0,24	0,46	0,31	0,27	0,71	
Puits de Jargeau	$\Delta h$			2,08	1,44	3,72	0,78	1,27	0,97	2,02	0,79	0,80	3,94
	R			1,14	0,56	0,92	0,74	0,90	0,78	0,70	0,79	1,08	1,06
Puits d'Ouvrouer	$\Delta h$			1,13	0,55	1,95	0,17		0,42	1,27	0,36	0,60	4,45
	R			0,62	0,27	0,48	0,16		0,34	0,51	0,36	0,81	1,20

Δh et ΔL sont exprimés en mètre

Les rapports entre la recharge de la nappe et la hauteur de la crue sont compris entre 0.16 et 1.2, valeurs dispersées qui confirment le rôle de l'impluvium direct sur la recharge de la nappe.

3 - 23 Puits de JARGEAU - Profondeur = 8.08 m  
Nappe alluviale en communication avec la nappe du Calcaire de Beauce

Cet ouvrage est situé à 0.110 km de la Loire au Nord de la levée. Les fluctuations de la nappe et de la Loire sont synchrones ou presque.

Exemple : Crue fin octobre 1968

LOIRE      Etiage à JARGEAU le 26-10-68 à 16 h  
                 Maximum crue      le 30-10-68 à 0 h

NAPPE      Etiage à JARGEAU le 26-10-68 à 16 h  
                 Maximum recharge le 30-10-68 à 0 h

Crue 28 avril 1969

LOIRE      Etiage                      le 28-4-69 à 15 h  
                 Maximum crue              le 3-5-69 à 18 h

NAPPE      Etiage                      le 28-4-69 à 16 h  
                 Maximum recharge le 4-5-69 à 4 h

Les basses eaux, en particulier, sont simultanées. On n'observe pas l'influence de l'impluvium direct, comme il a été constaté à OUVROUER.

Les rapports entre la recharge de la nappe et la hauteur maximale de la crue sont compris entre 0.56 et 1.14. Les différences de cotes entre la Loire et la surface piézométrique sont comprises entre 2.5 et 3.5 m (gradient de 2 à 3%).

La décharge de la nappe est aussi rapide que la recharge. Cette observation est à rattacher au drainage de la nappe alluviale par le réseau karstique qui affecte le Calcaire de Beauce sous-jacent. Il n'y a pas d'augmentation des réserves mais des variations rapides de pression.

3 - 24 Puits de SANDILLON - Profondeur = 6.50 m  
Nappe alluviale

La surface piézométrique oscille entre 1.80 et 2.5 m en dessous du plan d'eau de la Loire mesuré à l'échelle de SANDILLON (gradient de 1.8 à 2.5%). Le rapport entre la recharge de la nappe et la hauteur de la crue est voisin de 0.4 (février à septembre 1968, arrêt des enregistrements à la suite de la détérioration de l'appareil).

Les fluctuations entre la nappe et la Loire sont légèrement déphasées. La nappe est en avance sur la Loire (impluvium) à l'étiage, en retard pour la pointe de la crue.

Exemple : Crue de mai-juin 1968

LOIRE            Etiage le 25-5-68 vers 2 h  
                    Maximum crue le 1-6-68 vers 19 h

NAPPE            Etiage le 24-5-68 à 0 h  
                    Maximum recharge le 2-6-68 à 12 h

Les précipitations pour la 3ème décade d'avril correspondent (pluviomètre de CHECY) à 14 mm, la recharge de la nappe à 130 mm (cote +94.08 à +94.21) pour la même période.

3 - 25 Puits de BOU - Profondeur = 9 m

Nappe alluviale (Station piézométrique installée en rive droite de la Loire en remplacement du poste de SANDILLON)

La surface piézométrique oscille entre 2.2 et 3.6 m en dessous du plan d'eau de la Loire (mesuré à l'échelle de BOU-La Binette). Le gradient hydraulique est compris entre 1 et 2%. Les rapports entre la recharge de la nappe et les hauteurs des crues sont compris entre 0.2 et 0.7.

La nappe se recharge avant l'amorce d'une crue de la Loire (influence de l'impluvium).

Exemple : Crue d'avril-mai 1969

LOIRE            Etiage à JARGEAU (amont) le 28-4-69 à 15 h  
                    Maximum crue            "            le 3-5-69 à 18 h

NAPPE            Etiage à BOU                            le 25-4-69 à 12 h  
                    Maximum recharge            le 6-5-69 à 16 h

(Cote +94.24 à +94.40 - recharge de 160 mm pour 22 mm de précipitations lors de la 3ème décade à CHECY).

3 - 26 Forage de SANDILLON - Profondeur = 27.5m  
Calcaire de Beauce

Cet ouvrage est situé à 0.625 km au Sud du méandre de SANDILLON.

La surface piézométrique oscille entre 2.5 et 4 m en dessous du plan d'eau de la Loire (gradient théorique compris entre 4 et 6.5%).

Les points hauts de la nappe sont ou ne sont pas synchrones de ceux de la Loire.

Exemple : Crue fin septembre début octobre 1968

<u>LOIRE</u>	<u>Etiage</u>	le 22-9-68 vers 22 h
	<u>Maximum crue</u>	le 25-9-68 à 15 h
<u>NAPPE</u>	<u>Etiage</u>	le 22-9-68 à 20 h
	<u>Maximum recharge</u>	le 25-9-68 à 20 h

Crue mai-juin 1969

<u>LOIRE</u>	<u>Etiage</u>	le 27-5-69 à 0 h
	<u>Maximum crue</u>	le 1-6-69 vers 16 h 30
<u>NAPPE</u>	<u>Etiage</u>	le 28-5-69 à 0 h
	<u>Maximum recharge</u>	le 2-6-69 à 12 h

En résumé, les points de mesure ont des réactions différentes aux fluctuations de la Loire. Les différences doivent être rattachées à l'influence de l'impluvium, à la vitesse de transmission de pression, à la distance entre le point de contrôle et la Loire, distance qui est fonction du régime de la Loire, notamment à l'étiage (Echelles limnimétriques hors d'eau) et au degré de colmatage des berges du fleuve.

Les dates de références ont été choisies hors période d'arrosage de façon à négliger les interférences consécutives à l'interruption des pompages agricoles sur l'équilibre de la nappe.

#### 4 - PHYSICO-CHIMIE DES EAUX

Les prélèvements mensuels synchrones sur la Loire, le Loiret et les six puits témoins ont montré que la minéralisation au niveau d'un même point variait très peu dans le temps pour les résistivités, les titres hydrotimétriques et le fer. Le chlore, par contre, est l'élément variable dont les teneurs les plus élevées sont notées dans le puits de BOU, d'OUVROUER (période d'arrosage ou de précipitations) et de SIGLOY, au coeur des zones de cultures.

#### 4 - 1 EAUX DE LA LOIRE

##### 4 - 11 Résistivités.

Les eaux ont une résistivité toujours supérieure à 5000 ohms-cm/cm<sup>2</sup> à 18° et pouvant dépasser 7000 ohms-cm/cm<sup>2</sup> en période de crue (février-mars 1969). Les variations instantanées que l'on peut noter d'une station à une autre sont de l'ordre de 500 ohms-cm/cm<sup>2</sup> (Tableau n°3). Les variations dans le temps au niveau d'une même station sont de plus grande amplitude ( $\geq 2000 \Omega$ ) l'eau étant d'autant moins minéralisée que le débit est plus élevé.

##### 4 - 12 Titre hydrotimétrique

La dureté est comprise entre 7 et 11° français, les valeurs étant indépendantes du niveau de la Loire.

##### 4 - 13 Chlore (Planche 3)

Les teneurs en chlore sont exceptionnellement supérieures ou égales à 20 mg/l (valeurs de juillet 1969). Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à OUVROUER et à SANDILLON.

##### 4 - 14 Température des eaux

Les températures relevées entre le 6-6-1968 et le 28-10-1969 s'échelonnent entre 6° et 23°. Les eaux de la source du Loiret, pendant la même période, sont comprises entre 9°2 et 16°3.

#### 4 - 2 NAPPE ALLUVIALE

##### 4 - 21 Résistivités (Planche 4)

Les valeurs de la résistivité permettent de distinguer trois classes de puits :

- Puits de JARGEAU et forage de SANDILLON (Calcaire de Beauce)

## Résistivités des eaux de la Loire ( $\Omega \cdot \text{cm} / \text{cm}^2$ à 18°)

	1968								1969											
	10 5	6 6	4 7	1 8	30 8	30 9	30 10	28 11	28 12	27 1	26 2	20 3	18 4	13 5	11 6	10 7	7 8	4 9	2 10	28 10
GIEN					6150	4430	4150	6725	6050	7000	6450	5225	6675	6025	5050	4700	3900	4400	4150	
OUZOUER										6825	6385	5240	6950	6025	5175	5050	4325	4900	4350	
ST. PERE					6200	4450	5000	6225	5825	6650	6330	4730	6900	6075	5400	4900	4375	4500	4260	
GUILLY										6750	6645	5485	7025	6375	5450	4975	4550	4600	4300	
CHATEAUNEUF		5950	4950	5800	4500	6125	5025	5000	6350	5700	7000	7545		7000	6175	5600	4950	4900	4100	4260
OUVROUER			5425	5750	4375	5825	4850	4925	6100	6000	6950	6500	5070	6000	5850	5725	5075	4950	4300	4100
JARGEAU		6650	5450	5580	4600	5800	4900	5000	6225	5800	7250	6275	5200	6800	6275	5925	5450	4995	4525	4125
BOU								6300	5900	6500	6370	5200	6400	6000	5400	5400	4500	4290	4000	
SANDILLON	7115	6050	5400	5750	4700	5700	4875	4900	6175	6500	6775	6350	5190	7075	6250	5200	5200	5025	4600	4075
See du LOIRET		5200			4225	4850	4075	4150	4150	5400	4650	5240	5615	5375	4750	4750	4250	4025	4300	3700

## TEMPERATURE DES EAUX (degrés C)

DATES	1968											1969									
	9-2	10-5	6-6	4-7	1-8	30-8	30-9	30-10	28-11	27-12	27-1	26-2	20-3	18-4	13-5	11-6	10-7	7-8	4-9	2-10	28-10
LOIRE			17,2	22,4	22,4	18,5	15,5	14,7	6,7	6,0	7,6	8,2	10,3	10,3	17,0	18,8	19,4	23,0	18,5	14,5	12,7
Sce du Loiret			13,9			13,8	15,2	14,7	11,3	10,1	10,8	9,8	9,2	10,1	11,6	13,9	14,8	16,3	16,1	15,8	14,9
F. de Sandillon			12,8	12,1	14,9	16,0	13,9	15,3	12,9	10,7	11,3	10,8		10,2	11,5	12,7	14,2	15,5	15,4	15,2	14,2
P. de Sandillon	8,1	10,1	10,9	12,0	12,2	13,4	14,4	14,3	12,3	10,9	10,7	9,7		9,4	10,3	11,9	11,4	13,2	13,4	13,6	13,1
P. de Bou										10,5	12,7	12,3		11,0	11,6	13,3	11,9	12,9	12,9	12,6	12,9
P. de Jargeau			15,7	20,9	19,3	19,3	16,1	15,5	12,3	7,7	9,7	7,2		10,4	13,1	15,5	18,8	22,2	18,6	17,6	15,9
P. d'Ouvrouer	9,7		10,4	11,4	11,3	12,3	12,9	12,8	12,1	11,3	12,3	11,7		10,5	10,7	12,4	11,4	12,5	12,3	12,5	13,0
P. de Sigloy	10,4		10,5	11,2	11,8	12,5	13,5	12,9	11,8	7,9	10,7	10,6		8,8	9,6	11,4	11,0	12,2	12,9	12,8	12,0

Résistivités  $\geq 3000$  ohms-cm/cm<sup>2</sup> à 18°, du même ordre que celles de la source du Loiret

- Puits de BOU et d'OUVROUER

Résistivités comprises entre 1000 et 2000 ohms-cm/cm<sup>2</sup>  
(Zones de cultures maraîchères)

- Puits de SIGLOY et puits de SANDILLON

Résistivités comprises entre 3000 et 3600 ohms-cm/cm<sup>2</sup>.

4 - 22 Titre hydrotimétrique (Planche 5)

Les titres les plus élevés sont notés à BOU et à OUVROUER (dureté comprise entre 25 et 35°). Les titres les plus bas (entre 7.5 et 14°) ont été relevés au puits de JARGEAU, au forage de SANDILLON (valeurs du même ordre que les eaux de la Loire et de la source du Loiret).

Les puits de SIGLOY et de SANDILLON ont des eaux dont le titre varie entre les valeurs des deux groupes précédents.

4 - 23 Chlore (Planche 6)

Les eaux les plus chargées sont celles du puits de BOU ( $\geq 40$  mg/l). Les eaux de JARGEAU, de SANDILLON (puits et forage) ont des teneurs en chlore généralement inférieures à 10 mg/l. Les puits d'OUVROUER et de SIGLOY traduisent des teneurs en chlore qui varient entre 10 et 40 mg/l (concentration en période d'irrigation ou de précipitations).

4 - 24 Températures

Les températures relevées au puits de SIGLOY sont comprises entre 10 et 13°. Elles sont inférieures à 10° lorsque la nappe a été réalimentée par la Loire.

Les variations maximales ont été enregistrées sur le puits de JARGEAU (de 7°2 à 22°2).

Les autres points d'observation ont montré des températures relativement stables (cf tableau ci-après) dans les limites ci-dessous :

- OUVROUER	=	9°7 à 13°
- BOU	=	10°5 à 13°3
- SANDILLON	=	8°1 à 14°4 (puits) 10°2 à 16° (forage)

RESUME

La physico-chimie permet un classement en trois groupes d'ouvrages, les eaux les moins minéralisées étant observées au niveau des captages qui atteignent la nappe de Beauce. Les observations sur deux années confirment, en ce sens, les observations faites pendant l'inventaire du Val en 1966.

Cependant, l'espacement des prélèvements ne permet pas de définir le rôle joué par le régime de la Loire dans les variations observées notamment au niveau du puits de SANDILLON où des infiltrations d'eau de ruissellement peuvent intervenir (titre hydrotimétrique variant à l'inverse des autres puits).

## 5 - DETERMINATION DE LA DIFFUSIVITE DE LA NAPPE

La diffusivité d'un milieu poreux est le rapport de la transmissivité T sur le coefficient d'emmagasinement S. La diffusivité T/S peut être obtenue par l'interprétation des variations du niveau de la nappe en fonction des variations du niveau de la Loire. Deux méthodes ont été utilisées :

- Assimilation de la Loire à un piézomètre (valeurs instantanées). Le temps de réponse de la nappe aux variations du plan d'eau de la Loire est comparable au temps de réponse du niveau du plan d'eau dans un piézomètre pendant un pompage dans un forage voisin, le débit étant supposé constant en écoulement radial.
- Etude automatique par ordinateur des variations rivière-nappe au cours d'une période peu influencée par les crues et par les pompages. Cette méthode permet de tenir compte de facteurs secondaires qui sont négligés dans la première méthode.

### 5 - 1 ETUDE DU TEMPS DE REPOSE DE LA NAPPE AU PASSAGE DES CRUES

Le temps de réponse du plan d'eau dans un piézomètre au cours d'un pompage est donné par la relation (THEIS) :

$$t = \frac{x^2 S}{2,25 T}$$

T = transmissivité en m<sup>2</sup>/s  
S = emmagasinement en %  
x = distance du puits au piézomètre en m  
t = temps de réponse en seconde

d'où l'on tire :

$$\frac{T}{S} = \frac{x^2}{2,25 t} \quad \text{à condition que } t \geq \frac{5 S x^2}{T}$$

En assimilant le système rivière-puits à un système forage-piézomètre et en connaissant le temps t qui sépare le passage d'une crue du passage de l'onde au niveau de la nappe, les résultats ci-dessous ont été obtenus\* :

- OUVROUER  $x^2 = 680.625 \text{ m}^2$   $t = 67 \text{ h} : 241.200 \text{ s}$   
 $T/S = 1,2 \text{ m}^2/\text{s}$
- JARGEAU méthode non valable  $t \approx 0$
- SANDILLON  $x^2 = 12.100 \text{ m}^2$   $t = 17 \text{ h} : 61.200 \text{ s}$   
(puits)  $T/S = 0,08 \text{ m}^2/\text{s}$

---

\* Les dates retenues sont celles qui ont été consignées au chapitre 3

- BOU  $x^2 = 40.000 \text{ m}$   $t = 70^{\text{h}}$ : 252.000 secondes  
T/S =  $0.07 \text{ m}^2/\text{s}$
- SANDILLON  $x^2 = 390.625 \text{ m}$   $t = 24^{\text{h}}$ : 86.400 secondes  
(forage)  
T/S =  $1.1 \text{ m}^2/\text{s}$  (étiage)

## 5 - 2 CALCUL AUTOMATIQUE PAR ORDINATEUR (cf planche 7)\*

### 5 - 21 Méthode

Nous utilisons pour cela une méthode d'interprétation récemment mise au point par le B.R.G.M. et qui s'appuie sur le calcul automatique par ordinateur. Intégrant dans notre calcul toutes les données exemptes de simplification, nous pouvons compter sur l'exactitude de l'interprétation et évaluer de cette façon des facteurs secondaires qui échapperaient à une analyse plus schématique.

La description de cette méthode a déjà été exposée par ailleurs\*\*. Nous en retiendrons simplement ici la forme sous laquelle les résultats sont obtenus : tableaux et graphiques. En effet, le traceur associé à l'ordinateur restitue sous forme de courbes les données introduites (hydrogramme du cours d'eau et niveaux mesurés de la nappe) ainsi que la courbe théorique des niveaux déduits des variations des niveaux de la rivière et de la diffusivité, résultat des calculs. La planche 7 montre le graphique tracé par la machine avec les données du forage de SANDILLON. Il permet de vérifier d'un simple coup d'oeil la validité de la diffusivité calculée.

### 5 - 22 Choix des données

La mise sous forme de graphique global (Planche 2) des enregistrements de la piézométrie de la nappe et des niveaux de la Loire, nous a permis de choisir parmi ces données piézométriques celles qui semblaient le plus symptomatiques de l'influence de la rivière. Plus précisément l'étude de ce graphique nous a permis d'effectuer les choix suivants :

#### Puits

Parmi les 6 puits ou forage dont les niveaux ont été relevés un seul paraît, a priori, ininterprétable par cette méthode. Il s'agit du puits de SIGLOY qui visiblement ne subit aucune influence directe de la Loire. L'application aveugle de la méthode à un tel cas ne pourrait fournir que des résultats faux. L'étude des autres puits méritait d'être entreprise.

---

\* chapitre rédigé par M. P. PEAUDECERF (Département d'hydrogéologie du B.R.G.M.)

\*\* bibliographie n° 5

### Périodes

Nous avons éliminé :

- d'une part, les périodes de fortes crues dont la mesure présente toujours une imprécision plus grande
- d'autre part, les périodes d'étiage. En effet, la détermination de la position du plan d'eau réel de la rivière est alors souvent difficile, la Loire n'occupant qu'une faible partie de son lit. Mais aussi, nous éliminons ainsi les périodes estivales où les pompages dans la nappe sont les plus importants et pourraient rendre méconnaissable l'influence de la rivière.

Nous avons habituellement étudié les relevés du 1-3-1969 au 8-6-1969, excepté pour le puits de SANDILLON (1-3-1968 au 8-6-1968).

### Hydrogrammes

Il apparaît que les variations des niveaux de la Loire au pont de CHATEAUNEUF sont identiques à celles mesurées au pont de JARGEAU. On peut donc supposer que la forme de cet hydrogramme ne subit que des variations négligeables sur la portion du cours d'eau qui nous intéresse, c'est-à-dire de CHATEAUNEUF à SANDILLON. C'est l'hydrogramme relevé à JARGEAU qui sera introduit dans nos calculs.

### 5 - 23 Résultats

Les résultats des 5 puits ou forage restants sont les suivants d'amont en aval :

- Puits d'OUVROUER	T/S	=	1.3	m <sup>2</sup> /s
- Puits de JARGEAU		=	0.87	"
- Puits de BOU		=	0.07	"
- Puits de SANDILLON		=	0.064	"
- Forage de SANDILLON		=	0.86	"

L'étude critique des graphiques produits permet de se rendre compte de la validité de ces valeurs T/S. La coïncidence des courbes mesurées et calculées est dans chaque cas comparable à celle qui apparaît pour le forage de SANDILLON (Planche 7).

L'erreur relative sur la diffusivité est de l'ordre de 20%. Elle provient surtout des erreurs sur la mesure de la distance "rivière-piézomètre". En effet,

$$\text{si } \frac{\Delta x}{x} = 10\%$$

l'erreur relative sur la diffusivité est  $:\frac{2 \Delta x}{x}$

Il faut remarquer que l'erreur relative ainsi calculée correspond aux écarts notés entre les 3 mesures voisines de 1 m<sup>2</sup>/seconde.

## 6 - CONCLUSIONS

Les observations des fluctuations de la nappe en fonction du régime de la Loire, pendant deux années, ont confirmé celles notées au début du siècle, par MARBOUTIN et précisent les résultats obtenus lors de l'inventaire de 1966.

Ces résultats sont les suivants.

### 6 - 1 VARIATIONS PIEZOMETRIQUES

La surface piézométrique entre CHATEAUNEUF et SANDILLON est toujours à une cote inférieure à celle de la Loire. La recharge de la nappe est rapide, mais il n'y a pas d'augmentation durable des réserves. L'eau transite dans les calcaires sous-jacents. Ceci implique un régime turbulent dans la nappe du Calcaire de Beauce au niveau de strates ou fissures privilégiées (réseau karstique).

### 6 - 2 PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES

Le calcul de la diffusivité a mis en évidence une valeur voisine de  $1 \text{ m}^2/\text{s}$  à OUVROUER, JARGEAU et SANDILLON.

D'autre part, les puits de BOU et de SANDILLON montrent des variations beaucoup plus estompées que les autres ouvrages témoins. La valeur de la diffusivité décroît d'une puissance de 10 (T/S voisins de  $0,07 \text{ m}^2/\text{s}$ ). Elle traduit soit l'existence de zones relativement imperméables ou de zones de colmatage des berges, soit l'indépendance locale de la nappe alluviale par rapport à la nappe sous-jacente.

Le puits de SIGLOY se trouve en limite orientale du Val. La recharge de la nappe alluviale n'intervient que lorsque la Loire atteint et dépasse la cote +102.5. Cette observation confirme un des résultats de l'inventaire de 1966 : les pertes de la Loire ne se produisent normalement qu'en aval de CHATEAUNEUF.

Les analyses d'essais de débit ont permis de dégager des valeurs de la transmissivité du réservoir alluvial. Ces valeurs sont comprises entre 1 et  $3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  pour la nappe alluviale.\* Le coefficient d'emménagement serait donc de l'ordre de 1 à 3% dans la plus grande partie du Val.

---

\* Bibliographie n° 2

### 6 - 3 PHYSICO-CHIMIE

Les résultats relatifs à la physico-chimie ont permis de confirmer la différence entre la minéralisation de la nappe alluviale et celle de la nappe des calcaires. Si des indices de dilution se manifestent après le passage des crues de la Loire, un apport de minéralisation peut apparaître à l'étiage lorsque la nappe réagit à un apport de l'impluvium local. L'espacement des prélèvements ( $\approx 1$  mois) rend difficilement interprétable les variations instantanées qui ont été notées, notamment pour les teneurs en chlore.

Par contre, les variations de la température des eaux permettent de traduire l'influence de la Loire :

- Relations étroites à JARGEAU où les différences extrêmes de température sont supérieures à  $15^\circ$  (Loire  $\geq 25^\circ$ ).
- Relations retardées à SANDILLON et à la source du Loiret ( $\Delta t^\circ = 5.5$  à  $7^\circ$ ).
- Relations estompées à OUVROUER et à BOU ( $\Delta t^\circ = 2.5$ ) où la température reste voisine de la température moyenne annuelle.

### 6 - 4 TRAVAUX ULTERIEURS

Les travaux réalisés jusqu'à ce jour, campagne 1966 et campagne 1968-1969, ont contribué à connaître la piézométrie et les prélèvements dans le Val, à faire apparaître les zones limites des pertes de la Loire et à définir l'un des paramètres hydrodynamiques essentiels : la diffusivité du réservoir en bordure de la Loire.

La campagne 1968-1969 a fait ressortir la rapidité de retour à l'équilibre de la nappe alluviale après le passage d'une crue, équilibre précaire d'ailleurs, l'écoulement de la nappe étant constamment en régime transitoire.

Les études ultérieures destinées à la définition du bilan pourront être basées sur :

- La recherche de la vitesse de propagation de l'onde de crue à travers le Val (Profil transversal SANDILLON ST-CYR\* ou OUVROUER VIENNE-EN-VAL)\*\*.

---

\* Alluvions sur Calcaire de Beauce

\*\* Alluvions séparées du Calcaire de Beauce par les Marnes de l'Orléanais.

Cette opération pourrait être réalisée en déplaçant quatre des appareils actuellement en service. Elle aurait pour but de vérifier si les eaux perdues par la Loire ne font que transiter dans le Val ou si ces eaux s'emmagasinent dans certains secteurs.

- La détermination de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement au coeur du Val, à partir d'un captage expérimental doublé de piézomètres (Alluvions et Calcaire de Beauce). Des essais de longue durée permettent de dégager le rayon d'influence des pompages. Un programme en ce sens a été présenté au Comité technique de l'Eau en 1969.

La définition du bilan réel, compte tenu de la connaissance de la nappe de Beauce de part et d'autre de la Loire et des prélèvements supplémentaires opérés depuis l'étude de 1966, est rendue précaire par les difficultés rencontrées dans l'estimation du volume des pertes de la Loire et du volume d'eau restitué par le Loiret d'une part, par l'absence de renseignement sur l'épaisseur réelle du Calcaire de Beauce dans le Val d'autre part.

Les débits de la Loire en basses eaux (17 juillet au 5 août 1968 par exemple) sont plus élevés à JARGEAU qu'à CHATEAUNEUF (2 à 15 m<sup>3</sup>/s). Si ces résultats sont confirmés par les mesures de 1969 et si les enregistrements de la transmission de l'onde des crues à l'intérieur du Val, sur un profil transversal, mettent en évidence un simple transit des eaux perdues par la Loire en crue, il sera possible de négliger les pertes de la Loire dans l'établissement du bilan et de baser ce bilan sur l'étude de la seule nappe du Calcaire de Beauce.

Orléans, le 31 mars 1970

M. CAUDRON et N. DESPREZ

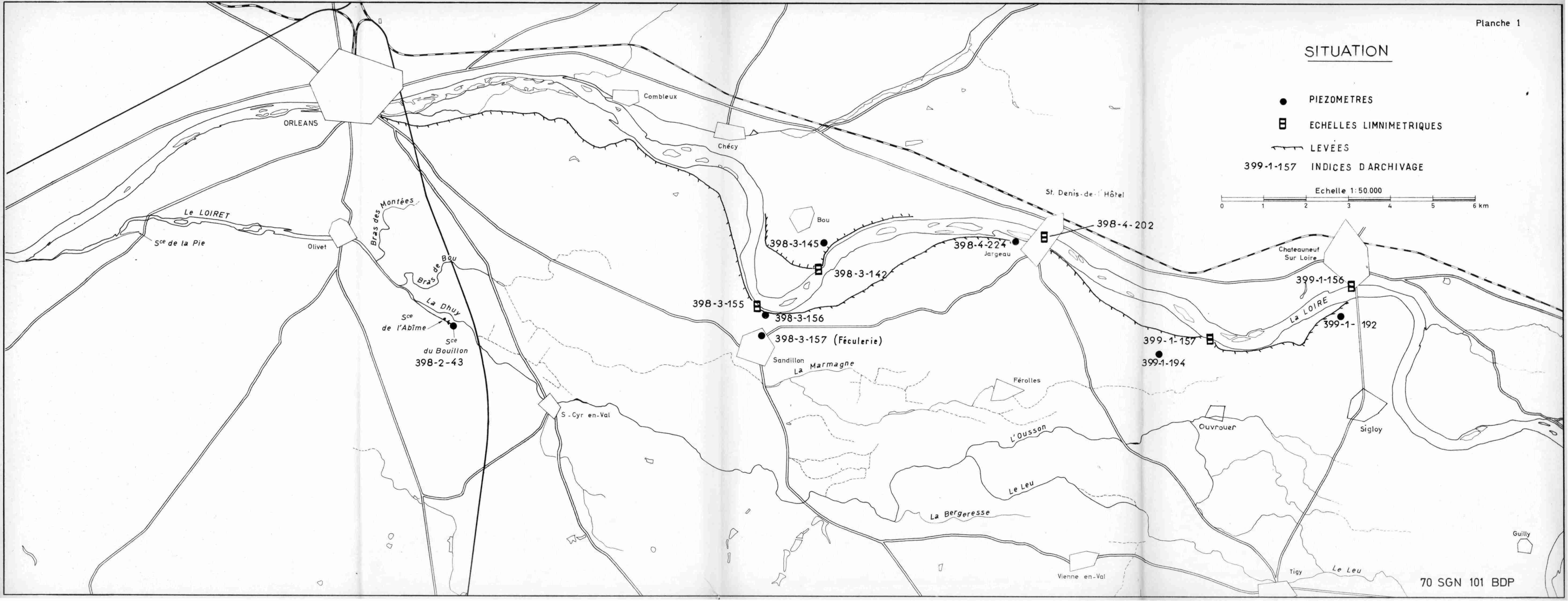
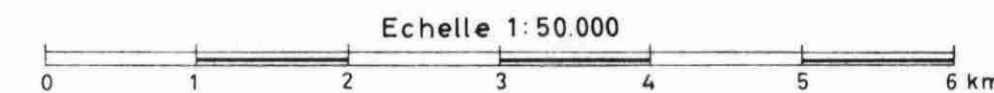
Les mesures de débit de la période d'étiage 1969, communiquées par le Service Hydrologique Centralisateur depuis la présentation provisoire de ce rapport confirment les observations relatives à l'année 1968; Afin de localiser les pertes constatées pendant les périodes d'étiage 1962, 1963, 1964 et de vérifier la validité de la relation hauteur-débit, le S.H.C. envisage d'exécuter plusieurs profils synchrones en 1970 entre CHATEAUNEUF S/LOIRE et CHAINGY.

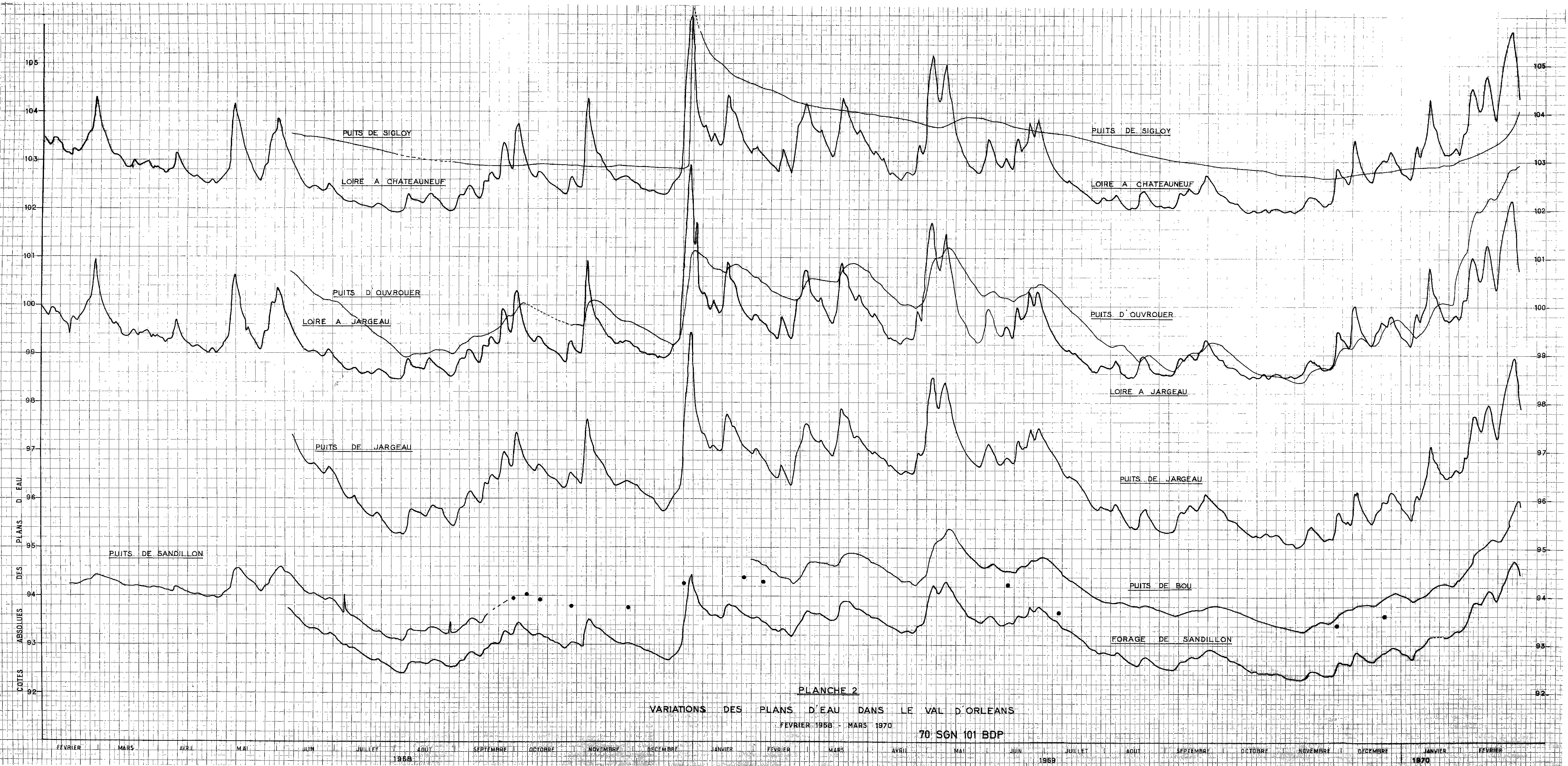
7 - BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) I.G.N. 1961 Profils de nivellement du bassin de la Loire - Pl. 32 et 33
- 2) N. DESPREZ 1967 Inventaire et étude hydrogéologique du Val d'Orléans - Rapport B.R.G.M. D.S.G.R. 67 A 21 Inédit
- 3) F. MARBOUTIN 1901 Etudes hydrogéologiques - Mission du Val d'Orléans
- 4) M. PARDE 1966 Circulations souterraines dans la région d'Orléans - NOROIS n° 51 pp 345 à 349
- 5) P. PEAUDECERF 1970 Calcul automatique de la diffusivité des nappes en relation avec un plan d'eau libre  
Rapport B.R.G.M. 70 SGN 83 HYD Inédit

### SITUATION

- PIEZOMETRES
- ▣ ECHELLES LIMNIMETRIQUES
- LEVÉES
- 399-1-157 INDICES D'ARCHIVAGE





# EVOLUTION DU CHLORE

## DANS LES EAUX DE LA LOIRE

30 mg/l

20

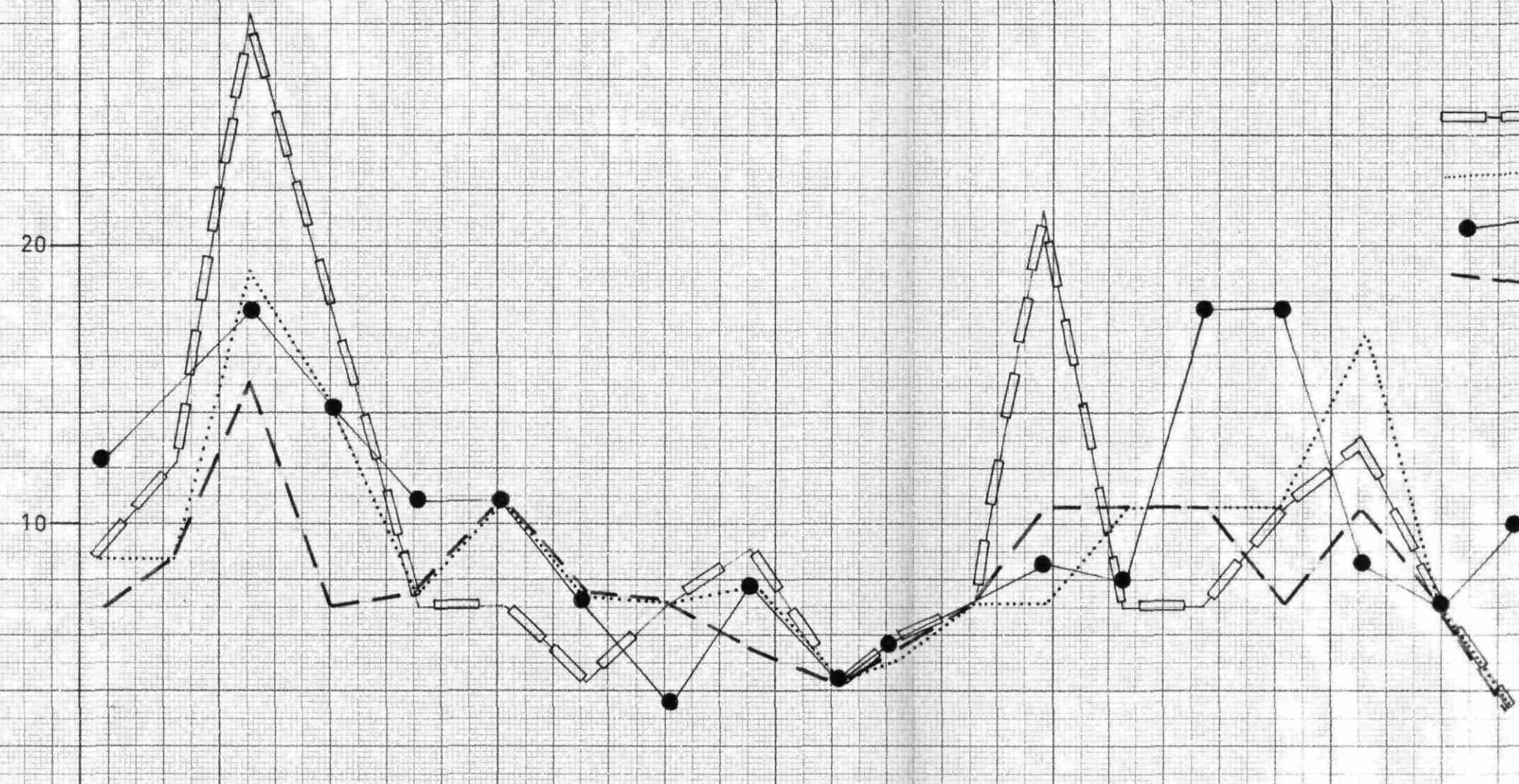
10

- Loire à Sandillon 398-3-155
- » à Jargeau 396-4-202
- » à Ouvrouer 399-1-157
- » à Chateaufneuf 399-1-156

J J A S O N D J F M A M J J A S O N

1968

1969

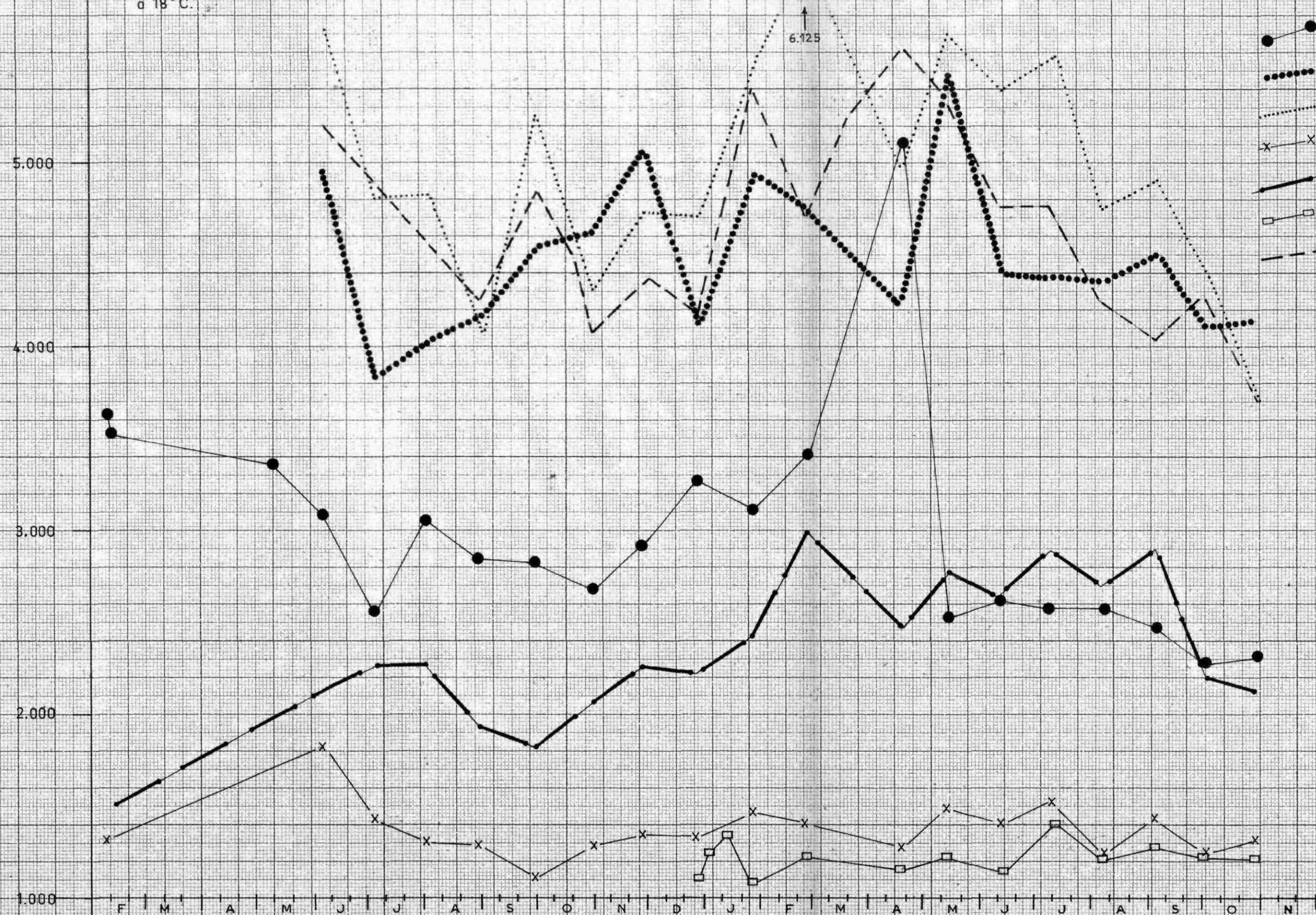


# RESISTIVITE DE LA NAPPE ALLUVIALE

PLANCHE 4

ohms . cm . cm<sup>2</sup>  
à 18°C.

- Puits de Sandillon 398-3-156
- Forage de Sandillon 398-3-157
- ..... Puits de Jargeau 398-4-224
- X-X Puits d'Ouvrouer 399-1-194
- Puits de Sigloy 399-1-192
- Puits de Bou 398-3-145
- - - source du Loiret 398-2-43



# TITRE HYDROTIMETRIQUE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE

50 degrés français

40

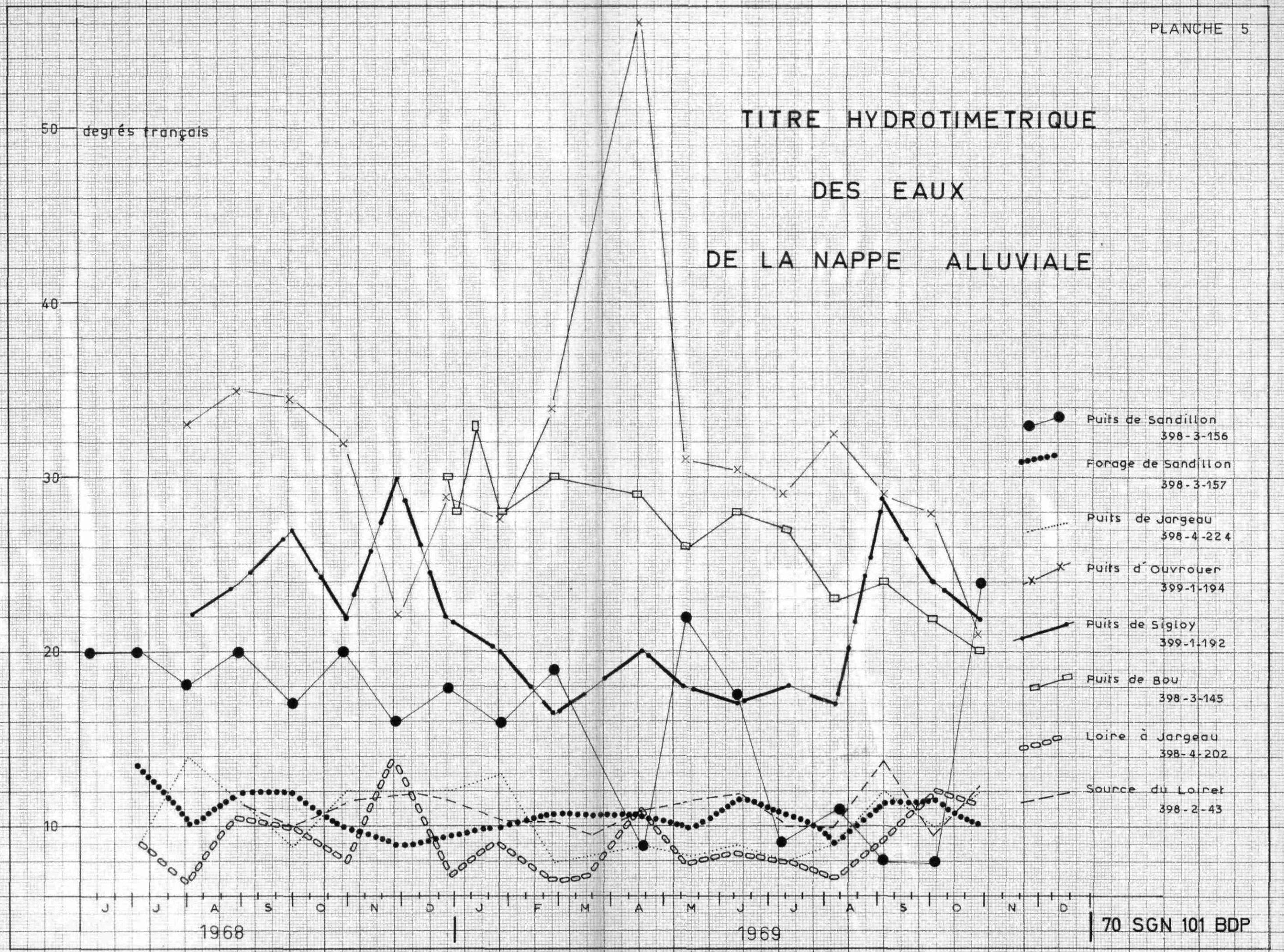
30

20

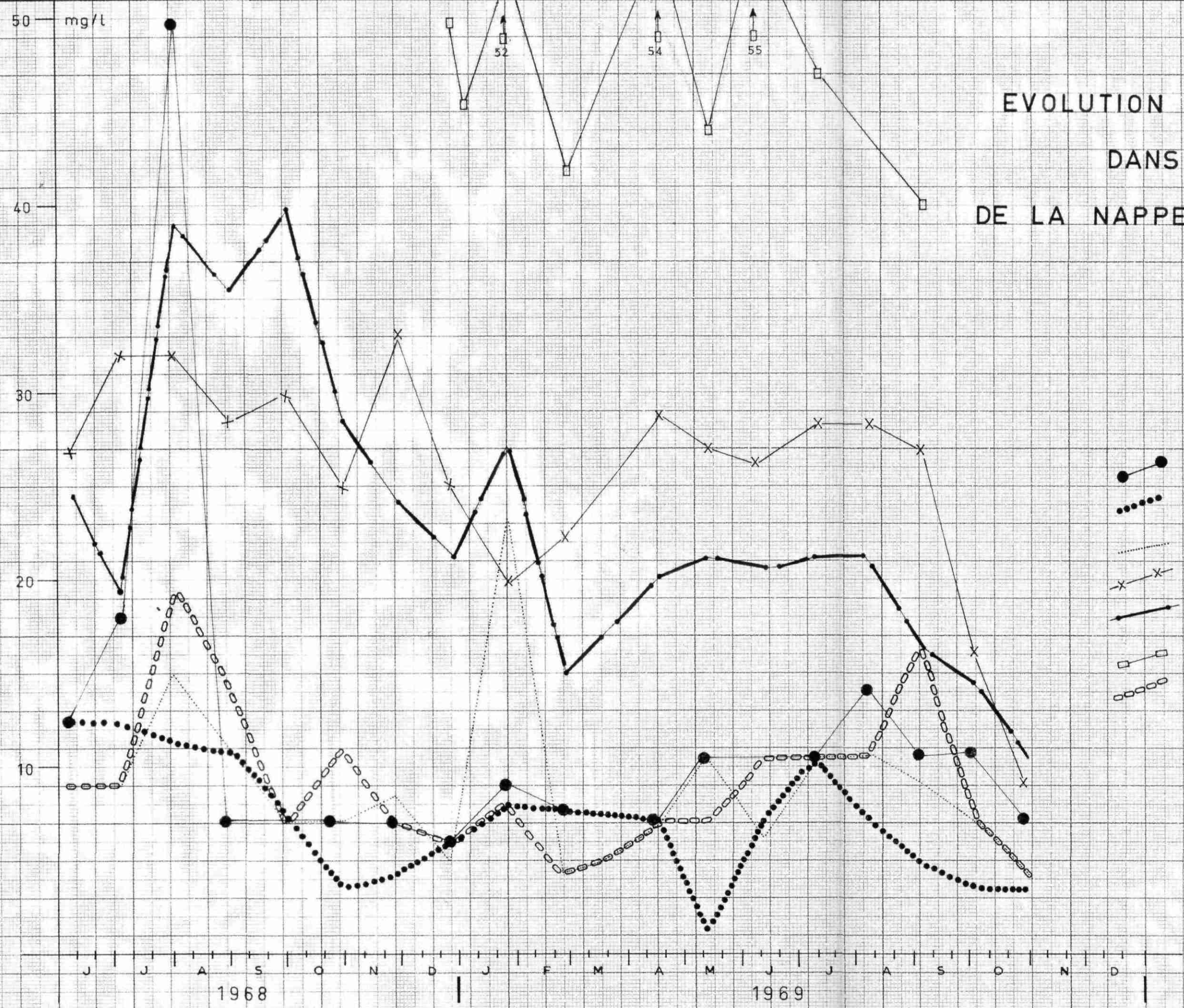
10

- Puits de Sandillon 398-3-156
- Forage de Sandillon 398-3-157
- ⋯ Puits de Jargeau 398-4-224
- × Puits d'Ouvrouer 399-1-194
- ▲ Puits de Sigloy 399-1-192
- Puits de Bou 398-3-145
- Loire à Jargeau 398-4-202
- - Source du Loiret 398-2-43

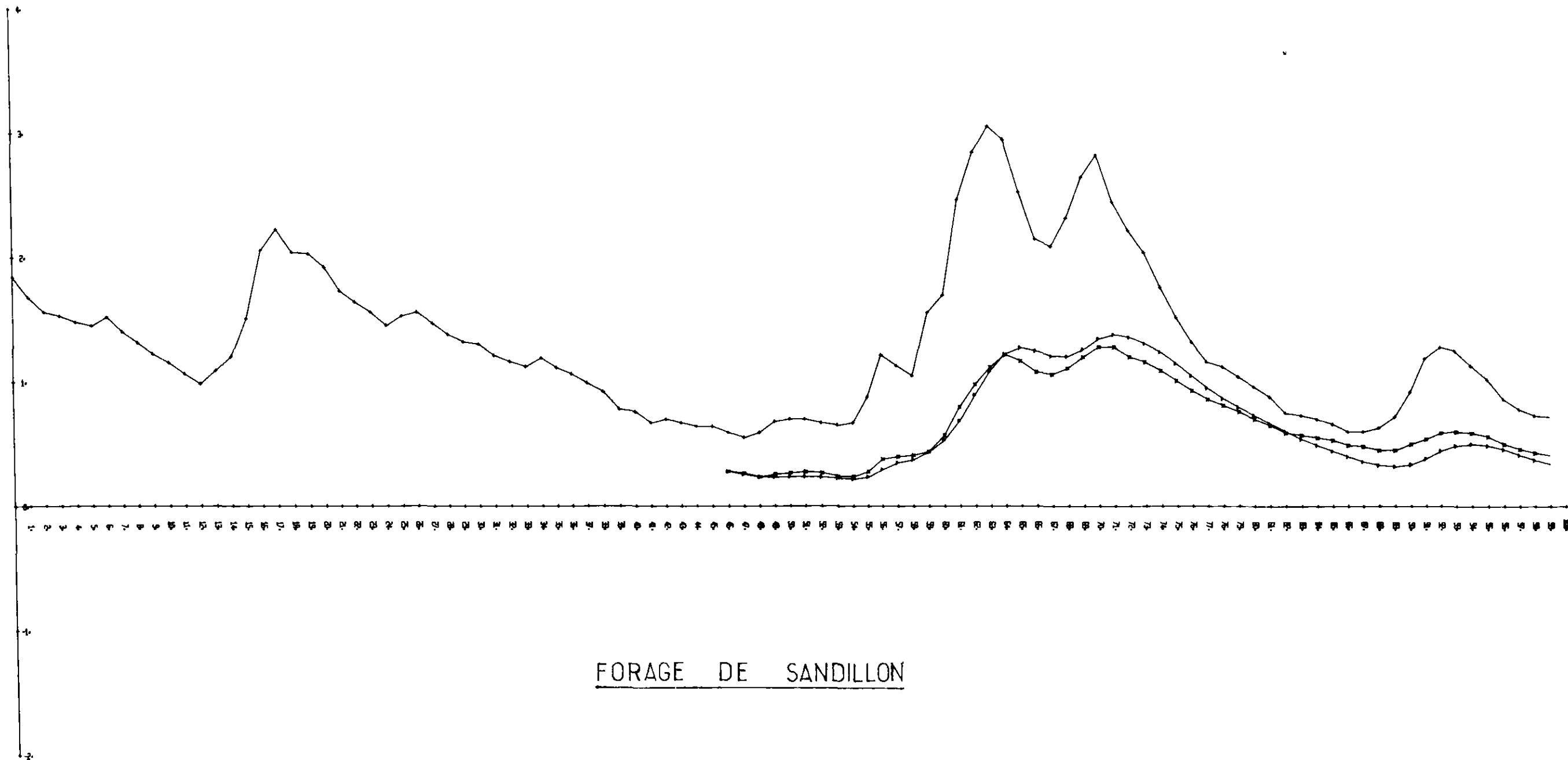
J J A S O N D J F M A M J J A S O N D  
1968 | 1969



# EVOLUTION DU CHLORE DANS LES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE



- Puits de Sandillon 398-3-156
- Forage de Sandillon 398-3-157
- ..... Puits de Jargeau 398-4-224
- x-x- Puits d'Ouvrouer 399-1-194
- Puits de Sigloy 399-1-192
- Puits de Bou 398-3-145
- Loire à Jargeau 398-4-202



FORAGE DE SANDILLON

ABSCISSES EN JOUR

ORDONNEES EN METRES

T/S = 0.742E 05 M2/JOUR

R (+) NIVEAU DU COURS D'EAU

HM(X) NIVEAU PIEZO MESURE

HC (TRIANGLE) NIVEAU PIEZO CALCULE

PLANCHE 7- EXEMPLE D'APPLICATION  
 RESULTATS SORTIS SUR LE TRACEUR  
 DE COURBE ASSOCIE