

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
74, rue de la Fédération - Paris-15^{ème} - Tél. 783-94-00
DIRECTION DU SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boite postale 818 - 45-Orléans-La Source
Tél. 66-06-60

AGENCE FINANCIÈRE DE BASSIN
ARTOIS - PICARDIE
10, rue Saint-Jacques
59 - DOUAI
Tél. 88-92-53

RENFORCEMENT DU DÉBIT D'ÉTIAGE DE LA LYS PAR SUREXPLOITATION SAISONNIÈRE DE LA NAPPE DE LA CRAIE

Interprétation des travaux effectués en 1968 et 1969

par

M. DUROUSSEAU - A. PHILIPPART - S. RAMON



Service géologique régional Nord-Pas-de-Calais
Fort-de-Lezennes 59 - Lezennes
Tél. 53-10-13

70 SGN 131 NPA

R B 70 - 3
Lezennes, mai 1970

R E S U M E

Dans le cadre de l'étude des possibilités de renforcement du débit d'étiage de la Lys par prélèvements d'eaux souterraines dans le haut bassin ⁽¹⁾, les travaux de 1968 et 1969 ont été axés sur une expérience de pompage et la conception du schéma hydrogéologique local.

Le pompage expérimental dans la nappe turonienne, réalisé dans les mêmes conditions que des travaux britanniques similaires, a conduit à abandonner cet aquifère pour la poursuite de l'étude et à dégager quelques notions générales sur les relations nappe - cours d'eau.

Des sondages de reconnaissance ont précisé la structure géologique locale; l'étude des sources et des températures des cours d'eau, et surtout l'interprétation des nombreuses mesures de débit ont permis de concevoir un schéma hydrogéologique local favorable à des prélèvements dans la nappe inférieure céno-manienne.

Ce schéma a déjà été partiellement vérifié par les premiers travaux de sondage et de géophysique de 1970.

Une réalisation industrielle de modulation du débit de la Lys par action sur les eaux souterraines aurait l'avantage d'éviter la réalisation de retenues superficielles.

(1) Ce travail a été entrepris à l'initiative de la D.G.R.S.T. et se poursuit en collaboration avec l'Agence de bassin Artois-Picardie.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
RESUME	2
1 - <u>G E O L O G I E</u>	6
2 - <u>H Y D R O L O G I E D E S U R F A C E</u>	9
2.1 - EXAMEN DES PROFILS DE DEBITS	9
2.2 - REGULARITE DES ECOULEMENTS EN DIFFERENTS POINTS DU BASSIN	11
2.3 - COURBES DE TARAGE	15
2.4 - RELATIONS ENTRE LES DEBITS DES POINTS DE JAUGEAGE	17
2.5 - EVALUATION DU DEBIT MINIMAL DE LA SUREXPLOITATION EN FONCTION DE LA PRECISION AVEC LAQUELLE L'ACCROISSEMENT DU DEBIT DU COURS D'EAU EST SUSCEPTIBLE D'ETRE MESURE	17
3 - <u>H Y D R O G E O L O G I E</u>	30
3.1 - LES VARIATIONS PIEZOMETRIQUES	30
3.1.1 - Observations générales	30
3.1.2 - Calcul de T/S	32
3.2 - LA CAMPAGNE DE MESURES DE TEMPERATURE	35
3.3 - LES EMERGENCES	35
3.3.1 - Le Turonien	35
3.3.2 - Le Cénomaniens	36
3.4 - LES PERMEABILITES	37
3.4.1 - Les essais Lefranc	37
3.4.2 - Les pompages d'essai dans le forage de Coupelle-Vieille	38
3.4.3 - Le schéma hydrogéologique proposé de la vallée de la Traxenne	43
3.4.4 - Le pompage d'essai de Fruges	43
4 - <u>C O N C L U S I O N S e t T R A V A U X U L T E R I E U R S</u>	45
4.1 - RENDEMENT DU POMPAGE DE COUPELLE-VIEILLE EN 1969	45
4.2 - LE SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN DE LA HAUTE LYS	46
4.3 - ORIENTATION DES RECHERCHES A VENIR	46

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
Figure 1 - Carte de situation au 1/25 000	7
Figure 2 - Coupe géologique schématique de la vallée de la Traxenne..	8
Figure 3 - Corrélation entre les débits dans les stations 34 et 35 de la Lys	16
Figure 4 - Infiltrations à Fruges selon Thornwaite.....	31
Figure 5 - Débit de la Traxenne à Coupelle-Vieille (Lys 34).....	40

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I	Variations du niveau piézométrique
ANNEXE II _A	Corrélation P ₂₈ - P ₂
ANNEXE II _B	Corrélation P ₂₈ - P ₃
ANNEXE II _C	Corrélation P ₂₈ - P ₂₉
ANNEXE II _D	Corrélation P ₂₈ - P ₆
ANNEXE II _E	Corrélation P ₂₈ - P _{1B}
ANNEXE III _A	Température des cours d'eau - position des points de mesure
ANNEXE III _B	Profil de température des cours d'eau
ANNEXE IV _A	Coupes technique et géologique du forage 17-4-88 de Coupelle-Vieille
ANNEXE IV _B	Rabattement dans le forage du 5.9. au 7.10.1969
ANNEXE IV _C	Descente dans P ₆ du 5.9 au 7.10.1969
ANNEXE IV _D	Descente dans P ₃ du 5.9 au 7.10.1969
ANNEXE IV _E	Descente dans le puits 17-4-29 du 5.9 au 7.10.1969
ANNEXE IV _F	Remontée dans le forage, P ₂₉ , P ₆ , P ₃ du 7 au 16.9.1969
ANNEXE IV _G	Diagramme de rabattement - distance au centre du forage
ANNEXE V _A	Fiche technique du forage du service d'eau intercommunal de Fruges - Coupelle-Vieille
ANNEXE V _B	Descente dans le forage 17-4-32, les 29 et 30.4.1970
ANNEXE V _C	Remontée dans le forage 17-4-32, les 29 et 30.4.1970
ANNEXE VI _a	Profil des débits de la Traxenne pendant l'étiage 1967
ANNEXE VI _b	Profil des débits de la Lys pendant l'étiage 1967

ANNEXE VI _c	Profil des débits de la Traxenne pendant l'étiage 1968
ANNEXE VI _d	Profil des débits de la Traxenne pendant l'étiage 1969
ANNEXE VII _a	Courbes chronologiques des débits mesurés aux points suivants : LA TRAXENNE A COUPELLE-VIEILLE n° 34
ANNEXE VII _b	Courbes chronologiques des débits mesurés aux points suivants : LA TRAXENNE A COUPELLE-VIEILLE n°s 30 - 35.
ANNEXE VII _c	Courbes chronologiques des débits mesurés aux points suivants : LA TRAXENNE A COUPELLE-VIEILLE n°s 37 - 40 - 41
ANNEXE VII _d	Courbes chronologiques des débits mesurés aux points suivants : LA TRAXENNE à FRUGES n°s 415 - 42, LUGY n° 50
ANNEXE VII _e	Courbes chronologiques des débits mesurés aux points suivants : LA LYS à LISBOURG n° 10 LA LYS à VERCHIN n° 13 LA TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE (source de l'église D.155) n° 20
ANNEXE VIII _a	Corrélation entre les débits mesurés à la station de Fruges (Traxenne n° 415) et la station de Coupelle-Vieille n° 34
ANNEXE VIII _b	Corrélation entre les débits mesurés aux stations de Coupelle-Vieille (Traxenne 34) et Verchin (Lys 13)
ANNEXE VIII _c	Corrélation entre les débits mesurés à la station de Fruges (Traxenne n° 415) et la station de Verchin (Lys n° 13)

DOCUMENTS CONSULTES

- Rapport B.R.G.M. n° 67-A-10 : Données hydrogéologiques sur le territoire des feuilles topographiques au 1/20 000 et 1/25 000 de Guines 3-4, 5-6, 7-8, Cassel 5, Desvres 1 à 8, Lillers 2-3-4 et 8, Fruges 1-2-5 par G. Dassonville, R. Plat, F. Rossignol, A. Syssau et J.P. Viala.
- Rapport B.R.G.M. n° 68 SGL 54 NPA : Etude méthodologique du renforcement du débit d'étiage des rivières par la surexploitation saisonnière des réserves souterraines Application expérimentale au haut bassin de la Lys (Pas-de-Calais). Compte rendu des travaux effectués en 1967 par J. Margat et J.C. Napias.
- Publications diverses du Water resources board (Reading - Grande Bretagne).

ETUDE METHODOLOGIQUE DU RENFORCEMENT DU DEBIT D'ETIAGE
DES RIVIERES PAR LA SUREXPLOITATION SAISONNIERE
DES RESERVES SOUTERRAINES

APPLICATION EXPERIMENTALE AU HAUT BASSIN DE LA LYS (PAS-DE-CALAIS)

Interprétation des travaux effectués en 1968 et 1969

1 - G E O L O G I E

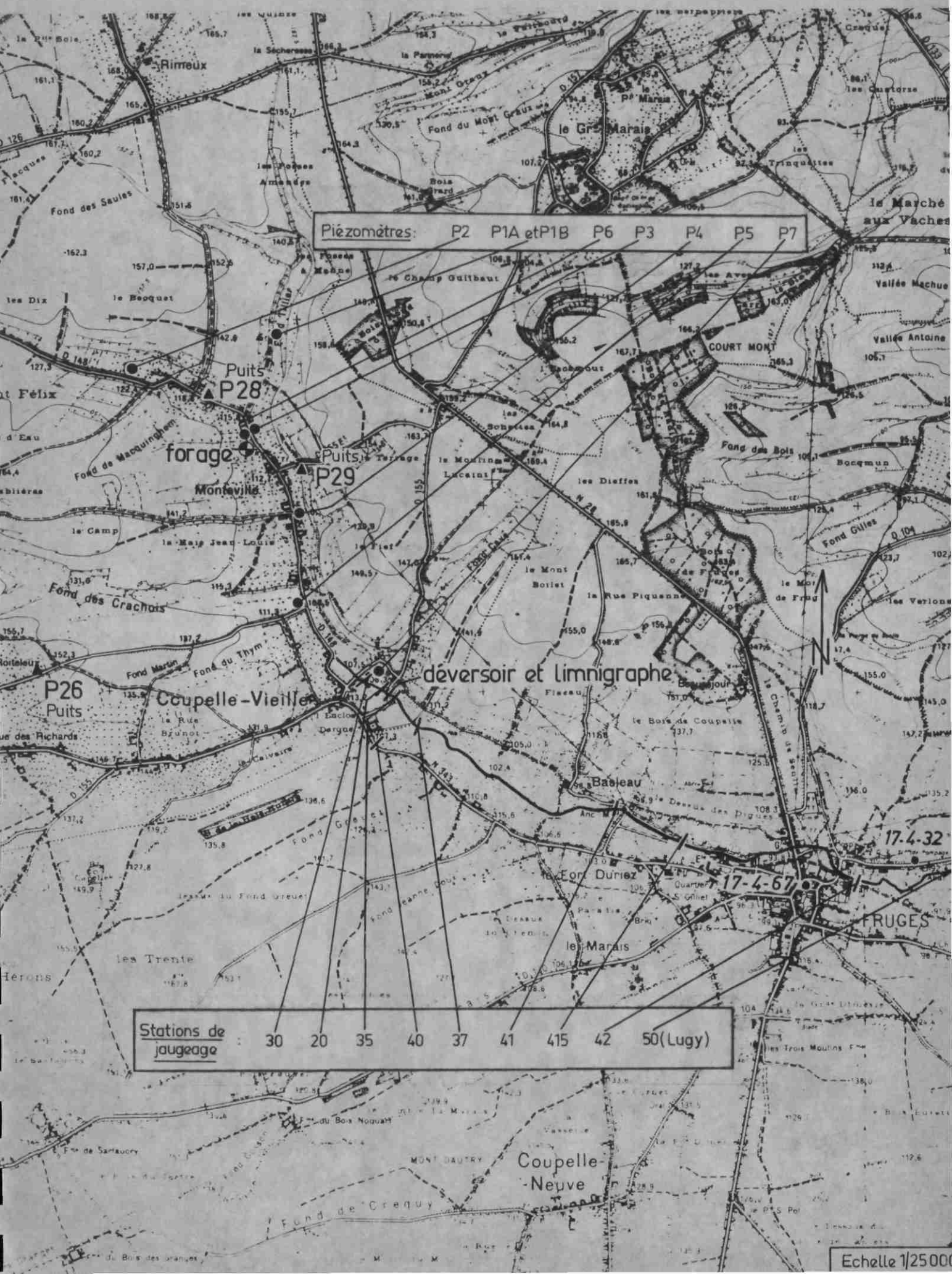
Cinq sondages de reconnaissance (un de 70 m et quatre de 25 m) ont été effectués par l'entreprise Meurisse en octobre et novembre 1968 et équipés en piézomètres.

Un forage d'essai de débit et deux piézomètres supplémentaires ont été réalisés en juin 1969. Le forage a été foncé jusqu'à la cote + 74 NGF dans l'espoir de traverser la craie "gris-jaunâtre fissurée" et la craie "compacte assez dure" trouvée entre + 81 et + 69 m dans le forage profond de 1968.

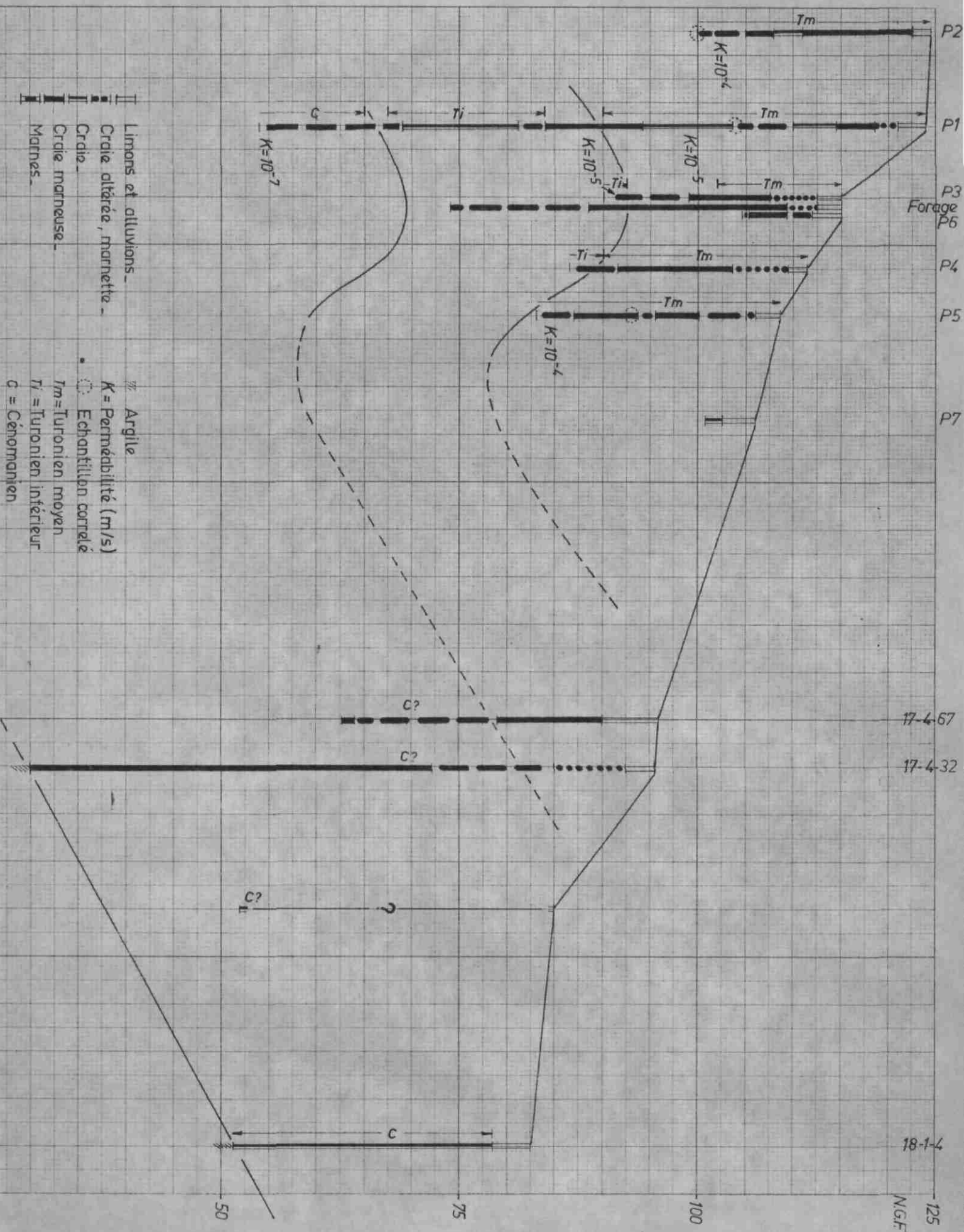
Les coupes lithologiques de ces divers sondages (implantés sur la carte de la figure n° 1) font alterner les marnes crayeuses avec les craies marneuses grisâtres et verdâtres, plus ou moins plastiques. Les corrélations sur description lithologique sont difficiles et une datation par micropaléontologie a été utilisée. Il apparaît ainsi que, si tous les sondages sont dans le Turonien moyen, la plupart ont atteint le Turonien inférieur et seul le piézomètre P₁ atteint le Cénomanién, sous un faciès de marnes crayeuses gris clair, très plastiques, vers la cote + 68 m NGF.

Nous connaissons, à proximité, des coupes à Fruges et Lugy. La figure n° 2 tente de corrélér l'ensemble de ces coupes sur des critères lithologiques et paléontologiques. Les quelques limites qu'il est possible de tracer ont un prolongement

- CARTE DE SITUATION -



Coupe géologique schématique de la vallée de la Traxenne



gement d'ouest en est, à l'amont de la Traxenne, puis se redressent à l'aval et c'est le Cénomanién qui est présent sous les alluvions de la Traxenne à l'aval de Fruges. On distingue nettement une allure de flexure des terrains qui est probablement due à la présence d'une zone faillée dans la vallée de la Traxenne. Ceci avait déjà été constaté par M. Napias (rapport 68 SGL 54 NPA) lors de ses levés géologiques.

Enfin, la craie altérée en morceaux se trouve étroitement liée au fond de la vallée. A 50 m de distance (perpendiculairement à la vallée) on passe en P₃, de 5 m de craie en morceaux à 3 m au forage et 2 m de marnes en P₆. Le fond de la vallée semble jouer le rôle d'un drain de faible profondeur dans des formations compactes ou marneuses.

2 - HYDROLOGIE DE SURFACE

2.1 - EXAMEN DES PROFILS DE DEBITS (voir annexe VI)

2.1.1 - La Lys - de sa source à Delettes

Trois profils ont été établis en 1967 (août, septembre et octobre). A l'amont de Verchin les apports sont très faibles et de l'ordre de 1,2 l/s km² à l'étiage; ils croissent ensuite de façon régulière pour atteindre à Lugy (après l'arrivée de la Traxenne) la valeur de 8 l/s km².

Plus en aval, l'accroissement du débit est très lent, voire nul, si bien qu'à Delettes l'apport spécifique n'est plus que de 5 l/s km². Il convient de noter une anomalie que les jaugeages ultérieurs et les manographes mobiles doivent permettre de lever : il s'agit de la diminution du débit spécifique à l'aval de Lugy qui est peut-être due à des prises d'eau d'irrigation ou à des manoeuvres de moulin effectuées à l'instant des jaugeages.

2.1.2 - La Traxenne

Les 10 profils établis en 1967, 1968 et 1969 montrent un comportement identique à celui du haut bassin de la Lys; en amont de Fruges, les apports restent faibles alors qu'à l'aval ils s'accroissent très rapidement pour atteindre (au creux de l'étiage) à Lugy, des valeurs spécifiques sensiblement supérieures en moyenne à celles de la Lys à Delettes et comparables (bien que légèrement supérieures) à celles de l'Aa à Wizernes.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des débits spécifiques en $l/s \text{ km}^2$ pour quelques points caractéristiques :

N° B.R.G.M. de la station	1967			1968		1969		
	9.8	15.9	11.10	9.8	12.9	10.9	11.10	7.11
<u>TRAXENNE</u>								
- Coupelle Vieille : 34				2.7	2.7	2.3	1.4	1.1
- Basleau : 41	4.0	3.4	2.4	4.6	3.6	4.6	2.3	2.0
- Fruges : 42	5.5	3.3	3.2	-	-	-	-	-
- Lugy : 50	9.2	8.1	7.5	10.3	8.8	9.5	7.4	(4.9)
<u>LYS</u>								
- Lisbourg : 10	2.9	1.5	2.0			3.9	2.8	2.4
- Verchin : 13	2.3	1.1	1.1			2.0	1.1	1.1
- Lugy : 17	5.5	4.5	4.5					
- Lugy (aval Traxenne)	8.3	8.8	7.9					
- Delettes	6.6	4.6	4.6	6.9	7.0	6.3	4.7	5.0
<u>AA</u>								
- Wizernes	8	7.4	7.4	7.6	7.4			

En ce qui concerne les apports bruts, les débits à Lugy sur la Lys sont en étiage peu inférieurs à ceux de la Lys à Delettes; leur rapport est compris entre 1,1 et 1,4 alors que le rapport des bassins versants est de 1.8.

2.1.3 - En conclusion, on peut admettre le schéma suivant pour ce qui est du drainage du bassin par les cours d'eau superficiels :

- une zone médiocrement drainée qui s'étend sur la Traxenne en amont de Fruges et sur la Lys en amont de Verchin et à l'aval de Lugy,

- une zone bien drainée entre Fruges, Lugy et Verchin avec des apports particulièrement concentrés à l'aval immédiat de Lugy.

Le pompage de surexploitation qui a pour but d'améliorer le drainage pendant l'étiage devra donc intéresser ces zones peu drainées naturellement en amont de Fruges, de Verchin et en aval de Lugy; il conviendra toutefois de vérifier avec soin l'influence que ce pompage pourrait avoir sur les apports dans la zone bien drainée. Nous reviendrons plus loin sur ce problème lors de la description d'un schéma hydrogéologique possible du bassin.

2.2 - REGULARITE DES ECOULEMENTS EN DIFFERENTS POINTS DU BASSIN (annexe VII)

2.2.1 - La Traxenne à Lugy (n° 50)

Considérons tout d'abord le point de jaugeage de Lugy (n° 50) sur la Traxenne dont les mesures au moulinet ont débuté en novembre 1966 (35 mesures jusqu'à décembre 1969). Les résultats principaux que l'on peut en déduire sont les suivants :

			LUGY N° 50	LYS A DELETTES	AA WIZERNES
Qm 67-69 (m^3/s)			0,63	1,95	
Qs 67-69 ($l/s \text{ km}^2$)			15,2	12,4	
Qe 69 (m^3/s)			0,205 (1)	0,800	
Qe 67/Qm			0,49	0,40	
Qe 68/Qm			0,57	0,56	
Qe 69/Qm			(0,33)	0,41	
Qs $l/s \text{ km}^2$	hautes eaux	1.67	35	24	22
		3.67	29	19	21
		27.4.67	26	13	13
		7.2.68	33	31	22
		15.3.68	23	19	19
	Etiages	15.9.67	8,1	5,4	7,7
		11.10.67	7,5	5,0	7,4
		13.9.68	8,7	7,0	7,5
		6.11.69	4,9 (1)	5,0	

(1) Une seule mesure en étiage, probablement sous-estimée.

Les apports spécifiques de la Traxenne en hautes eaux sont très sensiblement supérieurs à ceux de la Lys et de l'Aa; ils restent aussi supérieurs en étiage, mais de façon moins nette en particulier vis à vis de l'Aa. Le débit spécifique sur 3 ans est aussi plus élevé que celui de la Lys.

Les apports spécifiques moyens de la Traxenne sont sensiblement plus élevés que ceux de la Lys et celà est dû à une pluviométrie abondante (la région de Fruges est en effet une crête pluviométrique, les précipitations y atteignent un mètre d'eau en moyenne par an). En hiver, les apports spécifiques élevés pourraient faire croire à un ruissellement important, mais ces apports restent élevés en étiage; ceci est le signe d'une alimentation soutenue en provenance d'une nappe bien rechargée en hiver; les débits spécifiques élevés de cette dernière saison seraient donc plus le fait d'un débordement de cette nappe une fois pleine que du ruissellement pur.

Le bassin de la Traxenne est donc à Lugy relativement bien drainé, même en étiage. La surexploitation de la zone mal drainée de l'amont de Fruges risque donc d'extraire de la nappe des volumes d'eau qui, sans cet artifice, se seraient de la même manière retrouvés dans la rivière au niveau de Lugy. Pour éviter cet écueil, il conviendra de mener la surexploitation de façon à ce qu'elle sollicite rapidement les réserves qui ne s'écouleraient pas gravitairement.

Enfin, la régularité qui peut être mesurée par le rapport du débit d'étiage au débit moyen paraît être du même ordre de grandeur que celle de la Lys sur la même période (environ 0,4) c'est-à-dire probablement inférieure à celle de l'Aa.

L'examen des profils de débits ci-dessus a mis en évidence les apports importants qui apparaissent à l'aval immédiat de Lugy en provenance (au moins en partie) de l'amont du bassin de la Traxenne. Ils peuvent expliquer la relative modicité de ce coefficient de régularité.

2.2.2 - La Traxenne à Basleau (n° 41) - en amont de Fruges -

Le point de mesure est exploité depuis le 4 février 1969 et 10 jaugeages y ont été effectués; les principaux résultats figurent ci-dessous :

		Basleau n° 41	Lys à Delettes	Lugy n° 50
Qm 1969 m ³ /s		0,24	1,78	0,51
Qs 1969 l/s km ²		8,4	11,3	12
Qe 1969 m ³ /s		0,06	0,8	(0,205)
Qe/Qm en 1969		0,25	0,45	0,40
Qs l/s km ²	4.2.1969	10,2	15	13
	14.3.1969	17,5	25	19
	2.4.1969	14,7	18,7	14,5
	étiage	2,1	5,0	4,9

Les apports spécifiques restent toujours inférieurs à ceux de la Traxenne à Lugy et de la Lys à Delettes; l'irrégularité n'est qu'apparente : un débit supplémentaire apporté en continu de l'ordre de 80 l/s (sur un débit de 240 l/s) amènerait les débits spécifiques et le coefficient de régularité à des niveaux comparables. Ce débit est, selon toute vraisemblance, celui de la nappe sous la section de jaugeage.

2.2.3 - Source n° 40 (Pont de la R.N. 343) - bassin de la Traxenne -

Cette source est jaugée depuis le 9.8.1967. 28 mesures y ont été effectuées. Les résultats les plus caractéristiques sont les suivants :

		Source n° 40	Lugy n° 50	Lys à Delettes	Aa à Wizernes
Qm 1968 - 1969		0,065	0,58	1,98	
Qs 1968 - 1969 1/s km ²		10	14	12,5	
Qe 1967	m ³ /s	0,012	0,31	0,800	
Qe 1968	m ³ /s	0,025	0,36	1,20	
Qe 1969	m ³ /s	0,009	(0,205)	0,800	
Qe 1968/Qm 1968-1969		0,38	0,63	0,60	
Qe 1969/Qm 1968-1969		0,14	0,35	0,40	
Qs 1/s km ²	11.10.1967	2,0	7,5	5,0	7,4
	7. 2.1968	20,0	33	32	22
	15. 3.1968	22,0	23	19	19
	2. 4.1969	15	20	18,5	
	6.11.1969	1,4	4,9	5,0	

La régularité des apports de cette source est faible; toutefois, ses débits spécifiques restent en général en toutes saisons très sensiblement inférieurs à ceux de la Traxenne à Lugy. On peut en déduire qu'elle est alimentée par le débordement de la nappe dont le débit souterrain reste important (probablement de l'ordre de 40 à 50 1/s, de façon à atteindre pour l'ensemble des débits souterrains et superficiels, un coefficient de régularité voisin de 0,5).

2.2.4 - La Traxenne à Coupelle-Vieille (n^{os} 34 et 35)

Cette station permanente de jaugeage a été construite en 1969 au pont de Coupelle-Vieille sur la Traxenne (n° 34). Elle contrôle un bassin hydrographique de forme triangulaire de 17,5 km². Le débit est mesuré par une lame mince déversante non noyée de 30 cm de large. La surveillance est assurée en continu par un limni-
graphe depuis juillet 1969. La courbe théorique est contrôlée par un jaugeage hebdomadaire, à 10 m en aval de la station (n° 35). Sur une si faible distance, des

griffons de petites sources intermittentes peuvent expliquer les décalages entre la courbe théorique et les mesures réelles (fig. n° 3).

Du 10 juillet au 30 octobre, on a assisté à une décrue peu perturbée par quelques pluies de 70 à 20 l/s. Les résultats principaux sont les suivants :

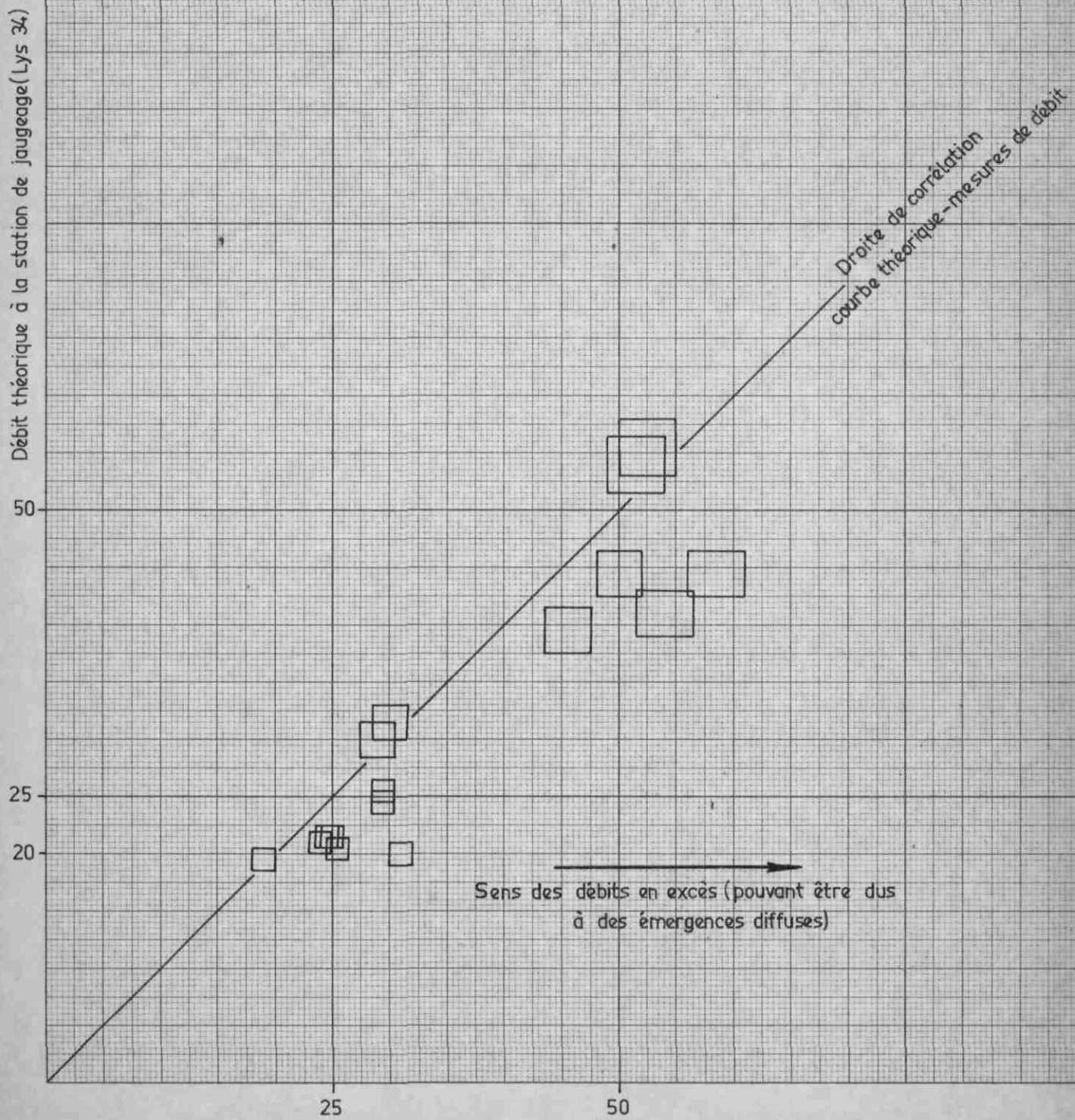
		La Traxenne n ^{os} 34 & 35	La Traxenne à Lugy (n° 50)	La Lys à Delettes
Qm 1969	m ³ /s	0,09	0,51	1,78
Qs 1969	l/s km ²	5,1	12	11
Qe 1969	m ³ /s	0,023	(0,205)	0,800
Qe/Qm		0,25	0,40	0,45
Qs l/s km ²	4.2.1969	12,5	16	13
	16.3.1969	10,0	17	19
	2.4.1969	6,5	20	14,5
	6.11.1969	1,1	4,9	5,0

Les débits n'apparaissent donc pas réguliers mais les débits spécifiques faibles aussi bien en étiage qu'en hautes eaux sont l'indice d'un écoulement souterrain non jaugé et qui pourrait être de l'ordre de 50 l/s.

2.3 - COURBES DE TARAGE

Seules, la Lys à Verchin (13) et la Traxenne à Lugy (50) possèdent des relations hauteur-débit exploitables encore que la sensibilité de la station 50 soit très faible. Des échelles ont été placées à ces stations (et à 7 autres); elles sont relevées chaque jour.

- Corrélation entre les débits dans les stations 34 et 35 de la Lys -
(précision des mesurée supposée à 10% près)



Débit mesuré 10m en aval de la station (Lys 35)

2.4 - RELATIONS ENTRE LES DEBITS DES POINTS DE JAUGEAGE (annexe VIII)

Des corrélations acceptables existent entre les débits des points suivants :

Coupelle-Vieille (34) et Lugy (50)
 Coupelle-Vieille (34) et Fruges (415)
 Coupelle-Vieille (34) et Verchin (13)
 Coupelle-Vieille (34) et Basleau (41)

Ces relations seront précisées par des jaugeages de 1970 afin de rendre utilisables les corrélations existantes de façon à pouvoir reconstituer les débits naturels d'une station influencée à l'aide de ceux d'une autre non influencée.

2.5 - EVALUATION DU DEBIT MINIMAL DE LA SUREXPLOITATION EN FONCTION DE LA PRECISION AVEC LAQUELLE L'ACCROISSEMENT DU DEBIT DU COURS D'EAU EST SUSCEPTIBLE D'ETRE MESURE.

Un des problèmes important à résoudre dans la méthode de régularisation projetée est la mesure de l'accroissement effectif du débit à l'aval de la zone surexploitée. En effet, il se produit généralement entre le point de rejet du pompage et la sortie du bassin, une réalimentation de la nappe qui diminue d'autant l'accroissement du débit dans des proportions qui peuvent être non négligeables (la réalimentation a atteint de 30 à 90% du débit rejeté en rivière lors des essais analogues réalisés dans le bassin de la Tamise. On conçoit aisément dans ces conditions que deux choix sont possibles :

- On se fixe un objectif de débit à atteindre en un point du bassin. Compte tenu de la précision escomptée des mesures et du taux de réalimentation attendu, on en déduit le débit à extraire de la nappe et par suite, le nombre et l'implantation des forages.
- On s'impose de ne réaliser qu'un nombre réduit de forages, compte tenu des raisons mentionnées ci-dessus, on en déduit le point le plus aval en amont duquel il faudra surexploiter le bassin.

Le premier cas correspond à la réalisation industrielle; nous nous efforcerons pour l'instant de répondre au second.

Il s'agit d'apprécier, avec toute la précision souhaitable, le débit naturel qui se serait écoulé dans la rivière en l'absence de perturbation, de manière à mesurer par différence avec le débit réel mesuré, l'accroissement effectif du débit. Nous appellerons par la suite "rendement du pompage" le rapport de cette différence au débit rejeté par les pompes dans la rivière.

Nous limiterons dans cette note l'évaluation du débit naturel à période assez courte, de l'ordre du mois, en étiage; en effet, les pompages d'essai seront réalisés dans un premier temps sur une période analogue vers la fin de l'étiage (août, septembre ou octobre).

Plusieurs méthodes sont utilisables. Nous les passons en revue tout d'abord pour mentionner rapidement leur intérêt et leur portée :

- Corrélations pluie-débit (avec éventuellement introduction d'une autre variable explicative constituée par les niveaux piézométriques). Pour l'instant, les relations existantes ne sont pas assez au point pour apporter à l'échelle de 4 semaines une précision suffisante sur le volume des apports naturels; toutefois, de telles relations seront indispensables lorsque les essais seront réalisés pendant plusieurs mois consécutifs.
- Corrélations entre stations de jaugeage voisines. Compte tenu de l'absence de mesures pour ces dernières années sur le bassin étudié, il a été recherché dans un but méthodologique, s'il était effectivement possible de déduire des débits en un point d'un bassin à partir de ceux mesurés dans un bassin voisin et des essais ont été faits à partir des résultats recueillis à Delettes sur la Lys (BV: 158 km²) et l'Aa à Wizernes (BV: 392 km²)

Les variables corrélées sont les moyennes de 5 jours consécutifs des débits journaliers. Les résultats font l'objet du § 251 ci-dessous.

- Autocorrélation entre débits successifs. Le principe de cette méthode est de calculer la relation qui existe entre le débit du jour j et ceux des jours $j + 1 \dots J + k$. Elle a donné des résultats intéressants en raison de ce qu'il existe, entre les débits au cours de la décrue, de fortes liaisons. Elle ne pourrait toutefois pas être appliquée avec efficacité pour une valeur de k supérieure à 30 environ.
- Extrapolation des courbes de décrue. Cette méthode, comme la précédente, est applicable en raison du fait que les débits de décrues étudiées suivent en général assez bien une loi de décroissance exponentielle.

2.5.1 - Corrélation entre stations de jaugeages voisines

Les variables corrélées sont les moyennes de 5 jours des débits journaliers à Delettes et Wizernes.

Les résultats obtenus qui figurent ci-dessous mettent en évidence que les relations entre les débits sont plus ou moins étroites suivant les étiages et que les équations de corrélations sont différentes. Nous avons donc cherché la précision que pouvait présenter l'extrapolation au mois suivant d'une corrélation établie sur les données des mois précédents (depuis le début de la décrue générale jusqu'au débit d'un pompage supposé et non pas sur les données de l'ensemble des étiages passés; il est évident qu'une telle méthode ne serait pas applicable si le pompage devait débiter à une date trop proche du début de la décrue.

Nous donnons ci-dessous le tableau des écarts (sous forme d'écarts-type) entre la prévision et la réalisation :

CORRELATION ENTRE LES DEBITS MOYENS DE 5 JOURS DE LA LYS (DELETTES): y ET DE L'AA (WIZERNES): x

Années	Date entre lesquelles la corrélation est établie	Equation de corrélation m^3/s	r	Dates entre lesquelles se fait la prévision	écart-type prévision-réalisation m^3/s (valeur absolue)	écart-type précédent ----- débit moyen naturel de la LYS du mois où se fait la prévision(en%)
1966	1.6 au 31.7	$y = 0,269 x + 0,62$	0,898	1.8 au 31.8	0,19	15
	1.6 au 31.8	$y = 0,30 x + 0,506$	0,905	1.9 au 30.9	0,18	17,5
	1.6 au 30.9	$y = 0,35 x + 0,316$	0,929	1.10 au 31.10	0,11	9,5
	1.6 au 31.10	$y = 0,361 x + 0,276$	0,920	-	-	
1967	2.5 au 31.7	$y = 0,373 x - 0,194$	0,961	1.8 au 31.8	0,092	9,7
	2.5 au 31.8	$y = 0,35 x - 0,098$	0,868	1.9 au 30.9	0,15	19
	2.5 au 30.9	$y = 0,40 x - 0,327$	0,976	1.10 au 31.10	0,073	8,5
	2.5 au 31.10	$y = 0,414 x - 0,382$	0,980	-	-	
1968	2.5 au 31.7	$y = 0,069 x + 1,22$	0,328	1.8 au 31.8	0,24	18
	2.5 au 31.8	$y = 0,097 x + 1,09$	0,429	1.9 au 20.9	0,25	19
	2.5 au 20.9	$y = 0,114 x + 1,017$	0,488	-	-	
1966 1967 1968	1.8 au 31.10 ⁽¹⁾ de ces 3 années	$y = 0,264 x + 0,385$	0,745			

(1) Cette corrélation est donnée ici à titre indicatif; la comparaison des représentations graphiques de cette corrélation et des précédentes suffit à montrer que l'on a intérêt à utiliser une relation différente chaque année.

2.5.2 - Autocorrélation des débits successifs

On constate en général chaque année que la décrue des rivières des bassins de craie suit une loi proche de la loi de décrue exponentielle; ceci signifie que les débits successifs sont fortement dépendants et c'est cette propriété qui est utilisée ici. A titre indicatif, nous avons calculé les coefficients de corrélation des débits moyens journaliers consécutifs de la Lys et de l'Aa au cours de la décrue de 1967 (du 2.5 au 28.10) ainsi que des moyennes consécutives de 5 jours. Les résultats sont les suivants :

L'AA

débits moyens journaliers : $q_{i+1} = 0,979 q_i + 0,064$ $r = 0,989$

débits moyens de 5 jours : $\bar{q}_{L+i}^5 = 0,945 \bar{q}_i^5 + 0,130$ $r = 0,991$

LA LYS

débits moyens journaliers : $q_{i+1} = 0,944 q_i + 0,061$ $r = 0,955$

débits moyens de 5 jours : $\bar{q}_{L+i}^5 = 0,924 \bar{q}_i^5 + 0,060$ $r = 0,966$

Afin d'améliorer les corrélations, nous avons opéré par la suite sur les logarithmes des débits moyens de 5 jours. Les notations suivantes ont été adoptées :

y_i : logarithme du débit moyen des 5 jours	$j - 5$ à $j - 1$
y_{i+1} " " " "	j à $j + 4$
y_{i+2} " " " "	$j + 5$ à $j + 9$
y_{i+6} " " " "	$j + 25$ à $j + 29$

Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous établi de façon analogue au tableau du § 251.

AUTOCORRELATION DES LOGARITHMES DES DEBITS MOYENS DE 5 JOURS POUR DES INDICES VARIANT DE $i + 1$ à $i + 6$

Dates entre lesquelles les autocorrélations sont calculées	équations d'autocorrélation	r	dates entre lesquelles se fait la prévi- sion	écart-type prévision-réalisation	
				en valeur absolue m ³ /s	en % du débit moy. du mois où se fait la prévision
LYS					
du 1.6 au 30.9.1966	$y_{i+1} = 0,888 y_i + 0,002$	0,882	1.10 au 31.10.	0,206	18
	$y_{i+2} = 0,823 y_i - 0,001$	0,806		0,188	16
	$y_{i+3} = 0,909 y_i - 0,025$	0,865		0,288	25
	$y_{i+4} = 0,915 y_i - 0,037$	0,842		0,272	24
	$y_{i+5} = 0,699 y_i - 0,013$	0,729		0,127	11
	$y_{i+6} = 0,810 y_i - 0,042$	0,784		0,323	28
du 2.5 au 30.9.1967	$y_{i+1} = 0,939 y_i - 0,006$	0,962	1.10 au 31.10.	0,089	10,5
	$y_{i+2} = 0,929 y_i - 0,021$	0,949		0,059	7
	$y_{i+3} = 0,904 y_i - 0,032$	0,945		0,084	10
	$y_{i+4} = 0,902 y_i - 0,048$	0,930		0,072	8,5
	$y_{i+5} = 0,902 y_i - 0,060$	0,931		0,108	13
	$y_{i+6} = 0,980 y_i - 0,075$	0,929		0,113	13
du 2.5 au 20.8.1968	$y_{i+1} = 0,452 y_i + 0,089$	0,474			
	$y_{i+2} = 0,184 y_i + 0,128$	0,197			
	$y_{i+3} = 0,071 y_i + 0,167$	-0,082			
du 2.5 au 30.9.1969	$y_{i+1} = 0,943 y_i + 0,003$	0,908	1.10 au 31.10.	0,041	5,1
	$y_{i+2} = 0,914 y_i - 0,014$	0,899		0,048	6,0
	$y_{i+3} = 0,935 y_i - 0,030$	0,912		0,058	7,2
du 2.5 au 30.9.1	$y_{i+4} = 0,923 y_i - 0,044$	0,893		0,049	6,1
	$y_{i+5} = 0,890 y_i - 0,051$	0,873		0,059	7,4
	$y_{i+6} = 0,896 y_i - 0,064$	0,851		0,058	7,2
TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE.					
du 16.7 au 9.9.1969	$y_{i+1} = 1,021 y_i - 0,057$	0,991			
	$y_{i+2} = 1,036 y_i - 0,102$	0,983			
	$y_{i+3} = 1,034 y_i - 0,118$	0,988			
	$y_{i+4} = 1,076 y_i - 0,212$	0,980			
	$y_{i+5} = 1,020 y_i - 0,135$	0,988			
	$y_{i+6} = 1,075 y_i - 0,254$	0,987			

REMARQUE : Les écarts prévisions-réalisation n'ont pas été calculés pour la LYS en 1968. En effet, pour les valeurs de "i" supérieures à 2 les débits étaient indépendants. Le calcul des écarts n'a pas lui aussi été effectué pour la Traxenne, les débits ayant été influencés à partir du 10 septembre par le pompage.

2.5.3 - Extrapolation des courbes de décrue

Les équations de la décrue ont été calculées depuis le début de chaque décrue sur une période s'étendant de 3 à 5 mois et l'extrapolation a été effectuée sur le mois suivant.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous avec les notations suivantes :

y = logarithme des moyennes de débits journaliers de 5 jours consécutifs

t = temps en jour depuis l'origine de la décrue

Le terme constant de l'équation de corrélation est le logarithme du débit initial.

Dates entre lesquelles les corrélations sont calculées	équations de corrélations	r	dates entre les- quelles se fait la prévision	écart-type prévisions-réalisation	
				en valeur abso- lue - m ³ /s -	en % du débit moyen du mois où se fait la pré- vision.
<u>LYS</u>					
1.6 au 31.7.1965	y = -0,0012t + 0,1707	-0,631	1.8 au 31.8.	0,26	29,0
1.6 au 31.8.1965	y = -0,0031t + 0,2145	-0,895	1.9 au 30.9.	0,43	38,0
1.6 au 30.10. 65	y = -0,0014t + 0,1543	-0,701	-	-	-
1.6 au 31.7.1966	y = -0,0022t + 0,2639	-0,853	1.8 au 31.8.	0,14	10,5
1.6 au 31.8.1966	y = -0,0022t + 0,2643	-0,889	1.9 au 30.9.	0,045	4,4
1.6 au 30.9.1966	y = -0,0023t + 0,2661	-0,945	1.10 au 31.10.	0,20	17,5
2.5 au 31.7.1967	y = -0,0030t + 0,3101	-0,964	1.8 au 31.8.	0,054	5,7
2.5 au 31.8.1967	y = -0,0031t + 0,3129	-0,980	1.9 au 30.9.	0,085	10,5
2.5 au 30.9.1967	y = -0,0030t + 0,3084	-0,979	1.10 au 31.10	0,14	17,0
2.5 au 31.7.1968	y = -0,0011t + 0,2220	-0,503	1.8 au 31.8.	0,26	19,4
2.5 au 31.8.1968	y = -0,0008t + 0,2112	-0,485	1.9 au 30.9.	0,28	21,0
2.5 au 31.8.1969	y = -0,00249t+ 0,34264	-0,921	1.9 au 30.9.	0,078	8,3
2.5 au 30.9.1969	y = -0,00269t+ 0,35154	-0,958	1.10 au 31.10.	0,055	6,9
2.5 au 31.10. 69	y = -0,00266t+ 0,34963	-0,971	-	-	-
<u>TRAXENNE</u>					
16.7 au 9.9.1969	y = -0,00396t+ 1,82969	0,993			
16.7 au 29.9.1969	y = -0,00475t+ 1,84586	0,988			
16.7 au 31.10.1969	y = -0,00511t+ 1,85549	0,994			

2.5.4 - Que conclure de l'ensemble de ces résultats ?

- Tout d'abord, l'extrapolation des courbes de décrue donne pour l'instant des résultats meilleurs que les corrélations entre stations voisines. Cette dernière méthode pourrait toutefois être améliorée en faisant intervenir non pas seulement une station explicative mais deux ou plus; d'autre part, les corrélations entre points de jaugeage du haut bassin de la Lys paraissent pour certaines, intéressantes (cf. § 2.4) et susceptibles de donner de meilleurs résultats que celles établies entre Delettes et Wizernes. Nous nous intéresserons toutefois pour l'instant qu'à l'extrapolation des courbes de décrue et aux autocorrélations.
- L'autocorrélation et l'extrapolation des courbes de décrue sont deux méthodes de même essence : l'information contenue dans les débits avant une date t_0 est supposée rester invariante au-delà de cet instant et ceci pendant toute la période de prévision (ici égale au mois); l'autocorrélation permet toutefois facilement de mettre en évidence la perte de confiance que l'on doit admettre au fur et à mesure que l'instant de la prévision s'éloigne de t_0 .

Ainsi, prenons par exemple les extrapolations effectuées par les deux méthodes pour le mois d'octobre de 1969; par autocorrélation, l'écart-type prévision-réalisation varie de 5,1 à 7,8 soit un accroissement de 50% lorsque la prévision est effectuée respectivement sur les 5 premiers et les 5 derniers jours du mois (la même variation relative de l'écart-type est constatée pour 1966 et 1967). De son côté, l'extrapolation de la courbe de décrue a donné pour le même mois un écart-type de 6,9%; compte tenu de ce qui précède, nous faisons l'hypothèse que cette valeur représente en fait un écart-type moyen susceptible de varier entre 5,5% (pour les 5 premiers jours) et 8,3% pour les 5 derniers jours du mois (1).

REMARQUE : Que signifie cet accroissement de l'écart-type en fonction de l'intervalle de temps depuis le début de l'extrapolation ? Ceci est probablement dû au fait que la vitesse de décroissance des logarithmes des débits n'est pas constante mais a plutôt tendance à décroître avec le temps; on constate d'ailleurs que, dans les cas étudiés ci-dessus, la prévision a été inférieure 7 fois sur 10 environ à la réalisation pour les intervalles de temps de prévision les plus longs.

(1) $\frac{8,3}{5,5} = 150\%$ et d'autre part 6,9 est la moyenne de 5,5 et 8,3.

L'accroissement de l'écart-type peut alors être interprété comme étant dû à la non prise en compte de la diminution de la vitesse de décroissance des débits.

Cette remarque permet de justifier la répartition faite ci-dessus d'une faible valeur de l'écart-type au début du mois de la prévision d'une plus grande à la fin.

Le calcul de l'autocorrélation nécessite (pour les extrapolations les plus longues) la prise en compte d'une longue décrue et c'est la raison pour laquelle il n'a pas été présenté de prévision dans le tableau du § 2.5.2 que pour le dernier mois de la décrue qui n'est pas nécessairement celui pendant lequel aurait lieu le pompage d'essai. De ce fait, nous utiliserons pour l'instant uniquement l'extrapolation de la courbe de décrue, courbe qui peut être calculée valablement à l'aide de données de 2 ou 3 mois seulement.

- On constate une grande variation dans les valeurs relatives des écarts-type du § 2.5.3 (extrapolation des courbes de décrue). Quelles valeurs convient-il d'adopter ?

Il faut remarquer au préalable que l'application mécanique de l'extrapolation a conduit dans un certain nombre de cas à effectuer des prévisions assez éloignées de la réalité en raison essentiellement du fait qu'il n'a pas été tenu compte dans le calcul des perturbations naturelles (pluies d'orages...) n'affectant pas de façon visible la décrue générale; il est manifeste que ces perturbations de faible durée (quelques jours) auraient été inscrites dans la courbe de décrue influencée par un pompage et qu'elles auraient été prises en considération pour la reconstitution du débit naturel non influencé.

En conclusion, on peut admettre qu'il est possible de corriger, sans introduire d'erreur, l'extrapolation déduite du calcul en cas de courte perturbation et qu'il est raisonnable d'écarter comme improbables les grandes erreurs de prévision; par contre, les perturbations lentes et durables comme la variation de la pente de la décrue sont difficiles à apprécier.

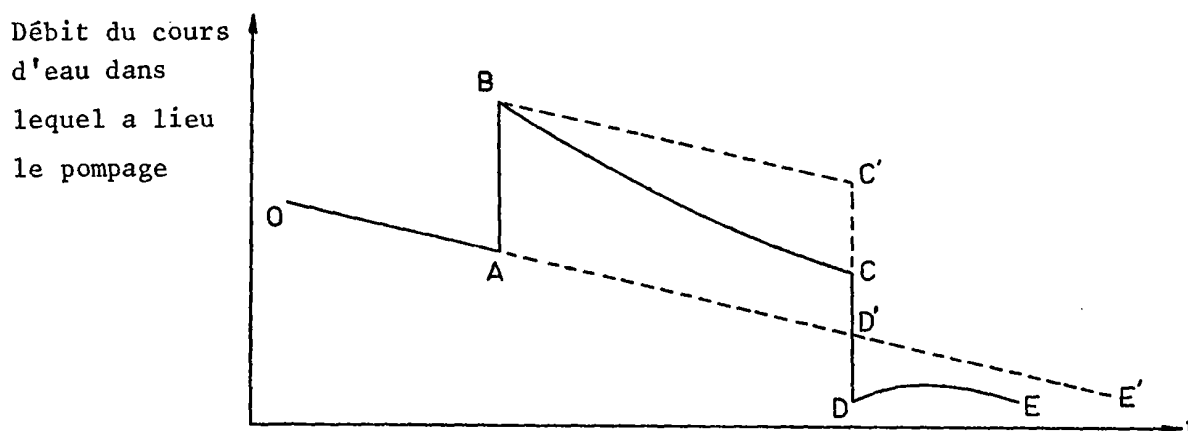
Dans ces conditions, nous adopterons pour la suite, la moyenne des écarts-type calculés sur des mois où la décrue n'a pratiquement pas été perturbée soit les 6 plus faibles sur les 12 écarts calculés; cette moyenne s'établit à 7,7% (6% pour le début du mois et 9,5% pour la fin).

2.5.5 - Débit minimal de surexploitation

Il convient de noter au préalable qu'il n'est pas nécessaire de connaître au stade actuel de l'expérimentation, avec une grande précision, l'accroissement réel du débit de la rivière pendant l'étiage, mais d'apprécier avec le maximum de sûreté si l'expérience a été positive, c'est-à-dire si effectivement il y a eu accroissement. Ce point de vue se justifie puisqu'à partir du moment où il serait démontré que l'expérience était concluante, l'objectif d'accroissement de débit pourra être atteint en réalisant le nombre de forages de surexploitation nécessaire.

Dans ces conditions, nous chercherons à apprécier l'erreur commise sur l'accroissement artificiel du débit avec le maximum de sûreté (par exemple en adoptant un intervalle de confiance à 95%) mais en admettant qu'elle puisse être importante : par exemple égale à plus ou moins la moitié de cet accroissement de débit.

On peut imaginer de la façon suivante l'évolution schématique de la série chronologique des débits à l'aval de la zone surexploitée :



- . soit $Q(t)$ le débit de la rivière non influencée
- . soit $q(t)$ le débit du pompage; en principe $q(t)$ sera choisi constant et égal à q ; au début du pompage $q = AB$
- . soit $q'(t)$ le débit qui se rajoute au débit naturel, la somme de ces deux débits étant mesurée et représentée par la courbe BC.

Du fait de la réalimentation de la nappe par la rivière, le débit $q'(t)$ diminue avec le temps, de telle sorte que le point C est situé en dessous de C'. Pour fixer les idées, nous admettrons que $q'(t) = 0,5 q$ à la fin du pompage alors que $q'(t) = q$ à son début.

La courbe de décrue est de forme analogue à la fin du pompage à la courbe CDE alors que la décrue non influencée pourrait être représentée par la courbe AD'E'.

L'écart-type de l'erreur faite sur la mesure d'un débit moyen de 5 jours peut être estimé à 3% de ce débit moyen (après étude des courbes de tarage). Nous avons vu que l'écart-type de l'erreur commise sur les débits naturels reconstitués (courbe AD') varie respectivement de 6% à 9,5 % de ce débit naturel moyen de 5 jours au début et à la fin du pompage.

Quel est alors l'écart-type de l'erreur faite sur le débit $q'(t)$?
Pour les 5 premiers jours, cet écart-type est le suivant :

$$\sigma_{1.5} = 0,09 Q_{1.5} + 0,03 q'_{1.5}$$

Pour les 5 derniers jours :

$$\sigma_{26.30} = 0,125 Q_{26.30} + 0,03 q'_{26.30}$$

En supposant une répartition normale, l'erreur à 95% commise sur q' serait égale à quatre fois son écart-type. Sa valeur relative serait alors la suivante :

$$\frac{\{\frac{\Delta q'}{q'}\}}{1.5} = 0,36 \frac{\{Q\}}{q' 1.5} + 0,12$$

$$\frac{\{\frac{\Delta q'}{q'}\}}{26.30} = 0,50 \frac{\{Q\}}{q' 26.30} + 0,12$$

En acceptant comme nous l'avons vu ci-dessus une valeur de $\frac{\Delta q'}{q'}$ égale au maximum à 1 (c'est-à-dire q' connu à $\pm 0,5$ fois sa valeur à 95%), le rapport

$$\left\{ \frac{q'}{Q} \right\} \text{ devrait être le suivant : } \left\{ \frac{q'}{Q} \right\}_{1.5} \geq 0,4 \text{ pour les 5 premiers jours}$$

$$\left\{ \frac{q'}{Q} \right\}_{26.30} \geq \frac{0,50}{1 - 0,12} \geq 0,6 \text{ pour les 5 derniers jours.}$$

Comme nous l'avons admis ci-dessus pour fixer les idées, au bout de 30 jours de pompage on pouvait tabler sur une réalimentation de la nappe égale à la moitié du débit d'exhaure (1) soit $q'(t) = 0,5 q$; il faut donc prévoir pour ce débit une valeur égale approximativement à 1,2 fois le débit naturel de la rivière pendant le mois du pompage.

On peut espérer obtenir du puits prévu pour 1970 un débit de $200 \text{ m}^3/\text{h}$, soit 56 l/s; compte tenu de ce qui précède, le point le plus aval du bassin, en amont duquel il convient de placer ce puits ne doit pas drainer en surface plus de 50 l/s environ pendant l'étiage. L'examen des profils de débits montre qu'il doit se situer dans l'un des bassins en amont de Fruges ou de Verchin.

(1) Il convient de noter que c'est le taux de réinfiltration qui est pour l'instant la plus imprécise de toutes les données nécessaires.

3 - HYDROGEOLOGIE

3.1 - LES VARIATIONS PIEZOMETRIQUES

3.1.1 - Observations générales

Trois puits sont mesurés hebdomadairement depuis juin 1968 et cinq piézomètres (dont 1 à double prise de pression) depuis décembre 1968 (les courbes figurent en annexe I).

Deux décrues sont parfaitement visibles de juin à septembre 1968 et d'avril à décembre 1969. Malgré la longue période de descente de niveau, les remontées d'octobre 1968 et février 1969 ont été cependant suffisamment importantes pour que l'étiage 1969 soit peu différent.

Ces décrues sont consécutives à des infiltrations (selon la formule de Thornwaite) inférieures à la moyenne 1961 à 1969 (voir le tableau fig. 4)

Pour les trois ouvrages surveillés depuis juin 1968, on a constaté que les niveaux de septembre 1968 et septembre 1969 sont les mêmes. Le puits "Marlière" (17-4-26) est situé sur une crête topographique qui doit correspondre à une limite de sous-bassin hydrogéologique. Ces conditions semblent favorables à une estimation de l'emménagement de la nappe. En comparant la courbe de l'écart cumulé à la moyenne de l'infiltration calculée durant une période de fluctuations telle que les réserves de la nappe n'ont pas varié (niveau statique identique au début et à la fin de l'épisode considéré) on obtient une valeur comprise entre 0,7 et 1,5%.

Des corrélations sur plusieurs piézomètres ont été tentées graphiquement. Elles sont particulièrement intéressantes lors des décrues entre P_2 , P_3 , P_{28} et P_{29} . La connaissance de la mesure de l'un de ces points nous donne la valeur des autres avec une certaine incertitude en période de montée de nappe. Les droites de régression sont moins satisfaisantes quoique très correctes pour P_6 , P_{28} et P_{1B} (annexe II).

INFILTRATIONS A FRUGES SELON THORNWAITE (en mm)

Année hydrolo- gique	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	TOTAL
1961/1962	0	92	108	114	36	43	8	0	0	0	0	0	401
1962/1963	0	76	68	9	15	38	6	11	32	0	0	0	255
1963/1964	14	159	22	247	23	44	26	0	0	0	0	0	535
1964/1965	71	134	138	125	157	40	41	0	0	0	0	0	706
1965/1966	0	49	250	49	88	301	21	0	0	0	0	0	758
1966/1967	7	125	178	35	65	34	12	37	0	0	0	0	493
1967/1968	41	65	145	43	57	17	10	0	0	0	0	0	378
1968/1969	31	20	29	49	90	59	20	38	0	0	0	79	415
1969/1970	0	47	106										

FIGURE N° 4

Moyenne : 492

REMARQUE : En raison de précipitations précoces en septembre 1968, l'année hydrologique 1968/1969 comporte en fait 13 mois et 1967/1968 11 seulement.

- L'existence de deux nappes

Sur le graphique des variations des niveaux piézométriques, on remarque que le comportement du niveau dans le piézomètre de 70 m (P_{1A}) est différent de tous les autres, qui, par contre, évoluent de manière similaire comme nous venons de le voir.

Il existe un gradient hydraulique dirigé vers le bas, donc une alimentation d'une nappe cénomaniennne en période de nappe haute (d'octobre 1968 à mai 1969).

De juillet à décembre 1969, la pression de la nappe cénomaniennne est supérieure à celle du Turonien. Les forages artésiens qui alimentent les cressonnières à l'aval de Fruges sont probablement un exutoire à cette nappe.

3.1.2 - Calcul de T/S

Nous avons essayé de calculer la valeur probable moyenne de T/S dans le bassin de la Traxenne. Pour cela, nous avons utilisé la méthode, mise au point par M. Degallier et développée dans le rapport intitulé "Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes souterraines".

Cette méthode, brièvement résumée, est la suivante :

En admettant que la courbe de tarissement non influencée d'une rivière puisse être représentée par une fonction de la forme :

$Q = Q_0 e^{-a(t-t_0)}$, le coefficient de tarissement "a" est égal à l'expression suivante :

$$a = \frac{\pi^2 T}{4 X^2 S} \quad (1)$$

avec T = transmissivité de l'aquifère

S = coefficient d'emménagement

X = longueur de la ligne de courant entre le sommet de la nappe et son exutoire.

Il s'agit d'une longueur moyenne égale au rapport de la surface du bassin versant à la longueur des écoulements superficiels (en amont de la station de jaugeage); il convient de noter que la valeur de X peut être imprécise s'il existe dans le bassin des écoulements non permanents; de plus, X, intervenant au carré, la valeur attribuée à "a" ne peut être qu'un ordre de grandeur.

Cette formule suppose pour pouvoir être appliquée :

- 1 - que la nappe soit en écoulement parallèle (bassin de forme rectangulaire)
- 2 - que la recharge de la nappe soit instantanée.

D'une façon générale, en ce qui concerne la deuxième condition, en se plaçant suffisamment loin du début de la décrue, on élimine les erreurs possibles dues au fait que la recharge n'est jamais instantanée. La première condition, dans le cas particulier de la Traxenne à Coupelle-Vieille est loin d'être vérifiée. Aussi, avons-nous calculé T/S pour la Lys à Delettes, la Canche à Brimeux et l'Aa à Wizernes, et nous proposons d'adopter la moyenne des mesures trouvées ainsi après avoir vérifié au moins qualitativement que le tarissement observé dans le bassin de la Traxenne ne s'écarte pas sensiblement de celui de la Lys pendant les mêmes périodes.

Calcul des coefficients de tarissement "a"

Nous avons calculé les équations des courbes de décrue pour les mois pendant lesquels la formule de Thornwaite donnait des apports à la nappe nuls, indépendamment des perturbations de courte durée enregistrées sur la courbe des débits, perturbations supposées être sans influence sur le débit de base. Les résultats suivants ont été obtenus :

(t en secondes - Q en m³/s)

LYS à DELETES

Du 1.6 au 30.10.1965	$Q = 1,43 \exp. \{ - 2,8.10^{-8} t \}$
1.6 au 30.09.1966	$Q = 1,85 \exp. \{ - 4,6.10^{-8} t \}$
1.6 au 30.09.1967	$Q = 2,03 \exp. \{ - 6,0.10^{-8} t \}$

Du 2.5 au 31.08.1968	$Q = 1,63 \exp.\{- 1,6.10^{-8} t \}$
2.5 au 31.10.1969	$Q = 2,29 \exp.\{- 5,3.10^{-8} t \}$

La moyenne des 5 valeurs du coefficient "a" est : $4,1.10^{-8} s^{-1}$

TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE

Du 16.7 au 9.09.1969	$Q = 0,067 \exp.\{- 7,9.10^{-8} t \}$
----------------------	---------------------------------------

La valeur du coefficient "a" de la Traxenne à Coupelle-Vieille comparé à ceux de la Lys à Delettes indique une moins bonne régularité de la Traxenne en ce point; cette remarque confirme celle faite au § 2.2.4.

Valeurs obtenues

LYS à DELETES

La longueur globale et approximative "L" de la Lys et de ses affluents du bassin fermé à Delettes est de 41 km; la surface du bassin versant "A" de la Lys à Delettes étant de 158 km^2 , on trouve un "X" de 3,8 km.

N.B. Nous n'avons pas pris en compte dans le calcul de "L" la longueur des vallées sèches.

L'application de la formule (1) à la valeur moyenne de "a" donne $T/S = 0,24 \text{ m}^2/\text{s}$.

TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE

On ne peut valablement dans ce cas définir "X" car la forme du bassin versant de la Traxenne à Coupelle-Vieille est loin d'avoir une forme rectangulaire.

3.2 - LA CAMPAGNE DE MESURES DE TEMPERATURE

Une campagne de mesures systématiques de la température de la Traxenne et de la haute Lys a été réalisée le 18.2.1970 de 8 h à 13 h, par une température extérieure comprise entre 0 et 4,5° C (au soleil).

Les graphiques de variations de la température (1 point tous les 150 m en moyenne) accusent bien l'influence des débits des cressonnières de Gourgueson (sur la Traxenne). En admettant un débit probable de l'ordre de 600 l/s au confluent avec la Lys lors des mesures, on peut calculer un débit d'eau de nappe (à 10° C) de l'ordre de 100 l/s (annexe n° III).

3.3 - LES EMERGENCES

3.3.1 - Le Turonien

Les émergences du Turonien sont des sources, parfois localisées (sous l'église de Coupelle-Vieille par exemple), souvent diffuses et linéaires. Le type de source turonienne de la vallée de la Traxenne est en fait un chapelet de griffons diffus au fond d'un fossé.

En étiage, les sources les plus hautes sont situées à la cote + 108 NGF à environ 300 m à l'amont de la lame déversante de Coupelle-Vieille. En période de nappe haute, les émergences les plus à l'amont, atteignent la cote + 125 à 2400 m de la station de jaugeage. Ceci montre que la nappe affleure au sol sur tout le fond de la vallée de la Traxenne.

D'autre part, les débits de ces sources possèdent un coefficient de tarissement assez élevé; la Traxenne est, d'une manière générale, nettement moins régulière que la Lys à Delettes. Ceci suppose que le réservoir alimentant les sources est peu important ou mal drainé (sources de trop-plein) ou peu perméable (ruissellement important). Ce que nous avons appris par les pompages d'essai et la description géométrique des aquifères nous confirme la troisième hypothèse.

A cette irrégularité de débit et à cette mobilité des exutoires, on peut opposer les émergences cénomaniennes.

3.3.2 - Le Cénomanien

En charge sous les formations du Turonien, la nappe aquifère du Cénomanien devient fortement artésienne à l'aval de Fruges. Les émergences naturelles ou artificielles observées se situent presque toutes exclusivement dans une zone déprimée, formée par les vallées de la Lys et de la Traxenne, qui aurait sensiblement la forme d'un triangle dont les pointes seraient : Fruges - Luy - Verchin.

L'altitude moyenne du fond de cette dépression est comprise entre + 85 et + 90 m.

Dans les deux vallées, on peut observer de très nombreuses sources de "thalweg" dont l'émergence souvent diffuse forme parfois des marais. Dans un certain nombre de cas, l'émergence est bien localisée; l'eau sort dans une vasque importante dans laquelle se situe souvent un griffon profond. Pour les plus importantes, l'artésianisme se manifeste assez librement car la diffusion s'effectue à la faveur des fissures de la craie. Pour les autres sources, l'artésianisme se manifeste à travers les alluvions de vallée au contact des limons.

D'autre part, des forages destinés à capter la nappe artésienne, exécutés depuis parfois fort longtemps (antérieurement à 1880 pour l'un d'entre eux) sont utilisés pour des besoins divers : usage domestique, piscicultures, cressonnères, etc.). Actuellement, il en existe encore 51, profonds de 30 à 50 mètres, et généralement tubés ($\varnothing$ de 50 à 100 mm); 46 d'entre eux alimentent 41 fosses à cresson en activité.

Pour l'ensemble des 46 forages en activité, on a mesuré $337 \text{ m}^3/\text{h}$ alors que certains de ces forages étaient totalement ou partiellement bouchés. Cette brève campagne de mesures nous a permis d'estimer à plus de $700 \text{ m}^3/\text{h}$ le débit des émergences connues du Cénomani en juillet 1970.

3.4 - LES PERMEABILITES

3.4.1 - Les essais Lefranc

Lors du fonçage du piézomètre P_1 , des essais Lefranc ont été pratiqués aux niveaux 25 et 70 m. A 25 m de profondeur, une perméabilité faible a été mesurée : $K = 10^{-5} \text{ m/s}$. A 70 m, le très faible débit injecté nuit à la valeur de l'interprétation qui aboutit à une perméabilité de l'ordre de 10^{-7} m/s . Quoiqu'il en soit, la craie du Turonien moyen semble peu perméable et les marnes cénomaniennes bien moins encore.

En avril 1969, quatre pompages d'essai furent pratiqués dans les piézomètres P_2 à P_5 au moyen d'une motopompe aspirante "Bernard". Ces piézomètres sont en effet munis d'un massif filtrant rendant de tels essais possibles.

Le type de pompe utilisé a une courbe caractéristique très sensible au rabattement, ce qui s'est traduit pour le cas de P_4 par une impossibilité de pomper (désamorçage en 1 à 2 mn) et pour les 3 autres par une stabilisation rapide de niveau. D'autre part, le faible débit pompé ($1,7$ à $2 \text{ m}^3/\text{h}$) pendant quelques heures représente un volume trop faible pour pouvoir effectuer correctement les mesures de la remontée qui est alors très rapide.

L'interprétation a néanmoins été effectuée selon la méthode de "Lefranc" pour une poche d'infiltration de 5 m de haut en moyenne :

Piézomètre	Débit (m ³ /h)	Durée	K (m/s)
P ₂	1,7	4 h	4.10 ⁻⁴
P ₃	1,9	4 h	0,3.10 ⁻⁴
P ₅	2	4 h	2.10 ⁻⁴

Ces résultats sont relativement dispersés et, sans doute, représentatifs de différents types de marnes et "craies marneuses". Ils sont du même ordre de grandeur que l'essai de P₁ à 25 m.

3.4.2 - Les pompages d'essai dans le forage de COUPELLE-VIEILLE

Après acidification, le forage de Coupelle-Vieille fut soumis à un pompage à débits croissants entrecoupés d'arrêts pendant 45 heures au total. Un rabattement de l'ordre de 4 m fut obtenu pour 30 m³/h environ et de 30 m pour 70 m³/h.

L'analyse des courbes de remontée a donné une valeur de transmissivité de 5.10⁻³ m²/s au forage et au piézomètre P₆ (à 15 m du forage) et 20.10³ m²/s au piézomètre P₃ (à 45 m du forage). On a alors pensé qu'une partie des eaux d'exhaure refoulée dans un fossé du fond de la vallée pouvait se réinfiltrer entre P₃ et le forage et amener à une surestimation de la transmissivité.

Du 5 septembre au 7 octobre 1969 fut mené un pompage à débit (mesuré au compteur) de 50 m³/h en moyenne. Commencé à 53 m³/h le débit décru régulièrement pendant 32 jours jusqu'à 48 m³/h. L'eau était rejetée à l'aval de la station de jaugeage de Coupelle-Vieille par une conduite de 1700 m.

La surveillance a été continue sur le forage, les 7 piézomètres, les 3 puits en observation piézométrique et la station de jaugeage pendant le pompage et 10 jours de remontée.

Durant la période de pompage la décrue de la nappe s'est poursuivie, atteignant 1,60 m en 32 jours et 1,76 m en 42 jours au puits "Marlière" (P_{26}).

Les variations piézométriques de chaque ouvrage montrent que la décrue de la nappe est (sauf pour P_6 et le forage) d'un ordre de grandeur supérieur à l'influence du pompage.

En interpolant les courbes naturelles, on peut déterminer certaines catégories d'influence :

évidente : P_6 , P_3 , P_4 , P_{29}

possible : P_5 , P_{28} , P_2 , P_{1B}

non décelable : P_7 , P_{26} , P_{1A}

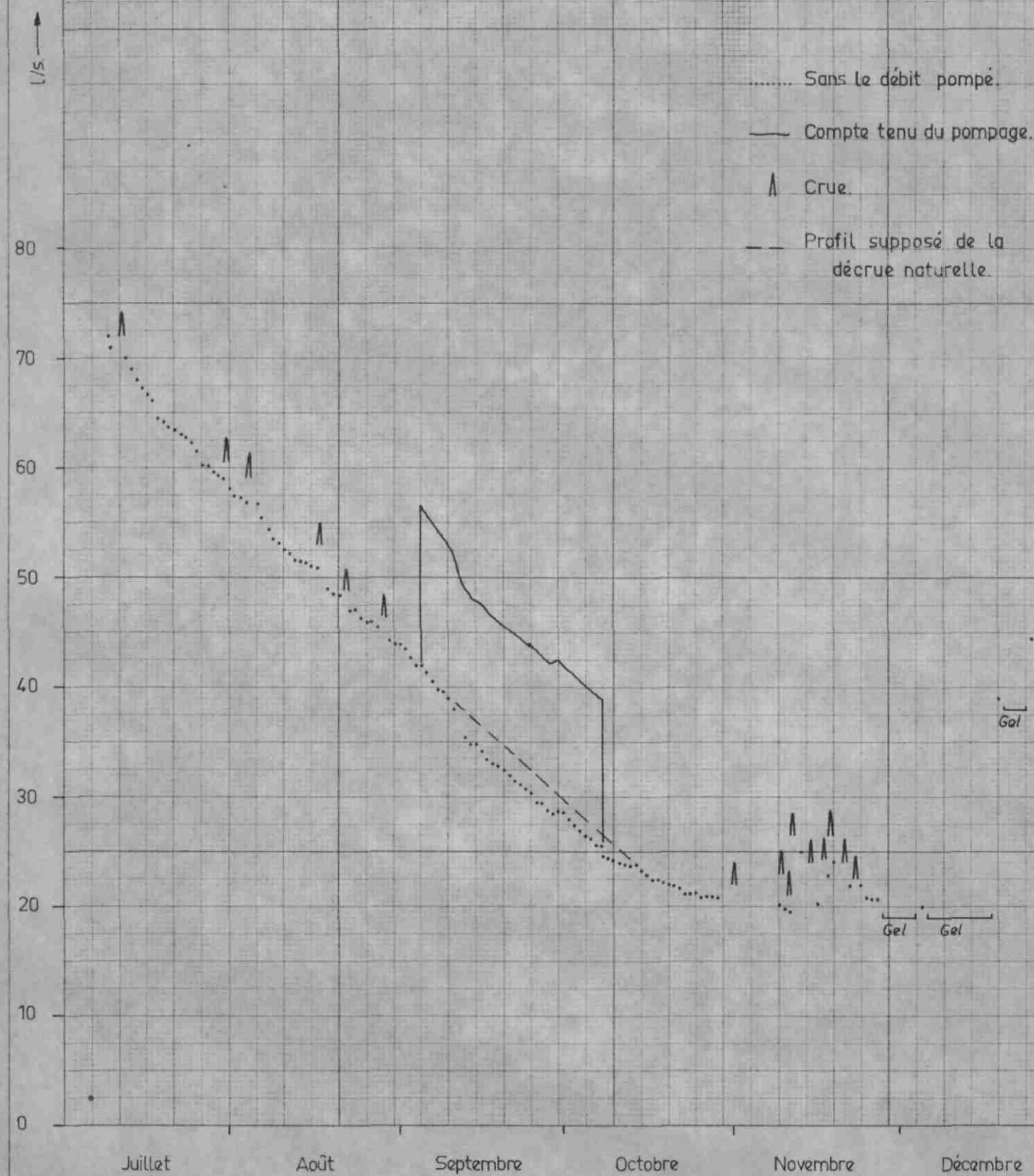
Après le 18 octobre, toutes les influences sur les niveaux ne sont plus visibles.

Le pompage a provoqué une diminution artificielle de 2 à 3 l/s du débit de la Traxenne mesuré à la station de jaugeage de Coupelle-Vieille (station Lys n° 34) visible sur la figure n° 5.

Afin d'annuler l'influence des variations naturelles de la nappe, il était nécessaire de reconstituer le niveau "naturel" des points soumis au pompage à partir des niveaux non influencés. Malheureusement, nous avons vu que P_{1A} s'adresse au Cénomanién, P_{26} est très mal corrélié aux piézomètres de la vallée et P_7 a une variation trop faible pour apporter une précision satisfaisante. Ces trois points d'observation supposés non influencés ne sont donc pas ici utilisables.

Nous avons donc calculé des niveaux naturels soit par corrélation avec P_{28} bien que ce puits ait pu être influencé par le pompage (10 cm au maximum), soit par interpolation linéaire entre le niveau du 5.9.1969 et la reprise de la décrue naturelle (vers le 15/10/1969).

Débit de la Traxenne à Coupelle Vieille
du point de rejet (oval de Lys 34)



Le rabattement dû au pompage ainsi calculé a permis d'obtenir les renseignements suivants en étudiant les graphiques semi-logarithmiques de descente et de remontée (annexe IV) :

Ouvrage	Variation du niveau naturel		Rabattement en fin de pompage	$T \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$		S %
	Corrélation	Interpolation		Descente	Remontée	
Forage		45 mm/j	24,60 m	1,6	1,7	
P ₆	0,8 P ₂₈		1,50 m	3 ?	17	4
P ₆		46 mm/j	1,58 m	4 ?	aberrant	2 ?
P ₃	0,88 P ₂₈		0,45 m	21	17	1,3
P ₂₉		35 mm/j	0,58 m	10	3	1,5

La moyenne des résultats ainsi obtenus est de $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, ce qui n'est pas théoriquement compatible avec l'importance du rabattement au forage.

On a établi les courbes du rabattement corrigé (par lecture sur les courbes niveau - temps et leurs interpolations) en fonction du logarithme de la distance au puits.

En excluant les valeurs du rabattement en P₆ et aux ouvrages qui ne s'adressent pas à la formation superficielle plus perméable rencontrée dans les autres piézomètres, on obtient une droite moyenne correspondant à une transmissivité de $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et à un rayon d'action de 800 m après 7 j et 1100 m après 32 j de pompage (annexe IV).

D'autre part, compte tenu du rabattement en P₆, une transmissivité dix fois plus faible, soit $0,15 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ correspondrait à un rabattement de l'ordre de 15 m au forage (rabattement observé de 25 m).

La station de jaugeage a accusé une diminution de débit (de l'ordre de 6%) après 7 jours de pompage. Or, les émergences les plus proches du forage se trouvent à 1000 m environ. Si l'on admet que ce sont ces sources qui ont été influencées par le pompage, il est possible de calculer une valeur de T/S en tenant compte du temps théorique de propagation du cône de rabattement jusqu'aux sources :

$$1000 \text{ (m)} = 1,5 \sqrt{\frac{T}{S} \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ (s)}} \quad \text{soit : } T/S = 1 \text{ m}^2/\text{s}$$

On peut également estimer une valeur de l'emmagasinement moyen de l'aquifère influencé en faisant le rapport du volume d'exhaure au volume dénoyé. 37 600 m³ ont été pompés en 32 jours. Le volume d'un cône à génératrice logarithmique est donné par :

$$\begin{aligned} V &= 1,2 \text{ a } R^2 \\ R &= \text{rayon d'action} = 1100 \text{ m} \\ a &= \text{"pente" logarithmique} = 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d'où } V &= 720\,000 \text{ m}^3 \\ \text{et } S &= 5 \%. \end{aligned}$$

Remarquons qu'en fait, le volume du cône est estimé par défaut et la valeur de S ainsi trouvée est une borne supérieure de la valeur réelle. Elle intègre également l'égouttement.

La courbe de décrue (fig. N° 5) à la station de jaugeage montre une anomalie (diminution de débit) de l'ordre de 2 l/s le 12 septembre (7 jours après le début du pompage). Ce décrochement semble compensé par un palier de débit sub-constant (de 7 jours également) après l'arrêt du pompage.

Cette diminution de débit de 2 l/s de durée identique au pompage est très probablement due à un "détournement" amont des sources par le pompage. Le débit de pompage ayant décréu de 14,5 à 13 l/s, l'accroissement de débit de la Traxenne a été de 12 à 11 l/s pendant la durée de l'expérience.

Si l'on appelle rendement du pompage le rapport de l'accroissement de débit du cours d'eau au débit effectivement pompé, sa valeur a été de l'ordre de 80% dans le cas du pompage de la Traxenne.

3.4.3 - Le schéma hydrogéologique proposé de la vallée de la Traxenne

L'interprétation des résultats précédents peut être menée ainsi . Les piézomètres de la vallée et le forage ont traversé quelques mètres de craie fissurée et altérée. Le forage a dû être étanché dans cette formation afin d'éviter les entraînements de limons. Le piézomètre P_6 n'a traversé que des marnes et craies compactes. On peut donc concevoir un schéma hydraulique bicouche comprenant une formation supérieure de craie altérée de transmissivité de l'ordre de $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ formant drain dans le fond de la vallée et encastrée dans une formation de craie compacte de transmissivité 5 fois plus faible. Le forage pompe dans l'aquifère de faible transmissivité, ce qui explique le fort rabattement de 25 m pour $50 \text{ m}^3/\text{h}$ (alors qu'il est de 4 m pour $30 \text{ m}^3/\text{h}$) et l'étendue du cône logarithmique à faible pente dans la vallée.

En conclusion, malgré la bonne transmissivité mesurée dans les piézomètres, il est exclu d'extraire de forts débits dans des ouvrages verticaux (puits ou forages) à cause du faible rabattement possible. Seul un drain pourrait donner de bons débits mais ce type d'ouvrage est très sensible à un faible abaissement du niveau de la nappe. Des prélèvements dans le Turonien moyen semblent ainsi exclus des objectifs de surexploitation de nappe.

3.4.4 - Le pompage d'essai de Fruges (voir annexe V)

La commune de Fruges est alimentée par un forage de 66 m de profondeur qui traverse la craie cénomaniennne sur toute son épaisseur (coupe en annexe V). Le rythme de prélèvement, en avril 1970, était de 18 heures par jour à $50 \text{ m}^3/\text{h}$ environ.

Un limnigraphe a été installé sur le forage, du 28.4.1970 au 5.5.1970. L'évolution des niveaux et des débits a été suivie du 29.4.1970 à 19 h au 30.4.1970 à 16 h. On dispose ainsi de plusieurs courbes de descente et de remontée dont deux séries d'observations détaillées. (Annexe V).

On remarque qu'une stabilisation semble se produire très rapidement (3 heures). Les pompes aspirantes sont sensibles à l'abaissement du niveau et le débit décroît de 55 à 50 m³/h. Il est parfois influencé par la pompe de reprise des abattoirs située à l'aval de la station; le débit peut alors faire des pointes très brèves de 56 m³/h.

D'une manière générale, on pompe à 52 m³/h pour un rabattement de 0,95 m. La grande rapidité des réactions au pompage indique une valeur élevée du rapport T/S (transmissivité sur emmagasinement).

A la descente, la courbe des rabattements corrigés, des variations de débit, montre une tendance à la stabilisation dès la troisième heure (10⁴ s). Cette stabilisation n'est pas parfaite et on l'attribue d'une part à la drainance des couches moins perméables de l'aquifère (craie marneuse du Turonien inférieur) et d'autre part à une diminution de débit des sources et forages artésiens des cressonnières. Il est impossible ici d'apprécier ce deuxième phénomène les débits et niveaux du forage de la ville et des cressonnières étant quatre variables liées.

A la remontée, une cassure existe sur la courbe logarithmique du rabattement résiduel. Le niveau statique est rejoint pour un temps égal au 1/10 du temps de pompage au lieu d'un temps "infini" théoriquement), ce qui indique également une réalimentation de la nappe (ou son équivalent par diminution du débit des émergences).

L'interprétation de ces courbes amène ainsi à retenir une valeur de transmissivité comprise entre 2 et 3.10⁻² m²/s et une valeur élevée de T/S (il y a donc une influence certaine et rapide sur les émergences).

Il apparaît ainsi que l'aquifère cénomani est beaucoup plus transmissif (10 fois) que le Turonien. L'alimentation et les fluctuations de la nappe cénomaniennne sont, par contre, plus difficiles à appréhender.

4 - C O N C L U S I O N S E T T R A V A U X U L T E R I E U R S

4.1 - RENDEMENT DU POMPAGE DE COUPELLE-VIEILLE EN 1969

L'objectif de cette étude du renforcement du débit d'étiage d'un cours d'eau par prélèvement dans la nappe, entreprise à l'initiative de la Direction générale de la recherche scientifique et technique était exclusivement méthodologique.

Grâce à l'intervention de l'Agence de bassin Artois-Picardie et à l'aide du S.R.A.E. Nord-Picardie, l'essai de pompage de 1969 a été exécuté en vue de l'estimation du "rendement" d'un tel pompage. Ce rendement qui a été défini comme étant l'"augmentation du débit du cours d'eau rapporté au débit prélevé à la nappe" a été de 80% environ, ce qui est particulièrement important (une expérience anglaise similaire a obtenu 60% dans une vallée sèche de craie très perméable et 10% en bordure de cours d'eau).

Nous avons ainsi mesuré un résultat auquel on pouvait logiquement s'attendre : l'aquifère étant peu transmissif, l'influence s'étend difficilement à distance. On peut penser que le facteur prépondérant est un paramètre intégrant la transmissivité et la distance au point influencé. Nous le définirons comme étant le "chemin hydraulique" (par analogie au "chemin optique") qui serait la somme des valeurs L_i / T_i (L_i = largeur d'aquifère de transmissivité, T_i faisant obstacle à l'influence d'un rabattement).

Une orientation de recherche théorique ultérieure sera de comparer les rendements obtenus dans la haute Lys et dans le bassin de la Tamise aux chemins hydrauliques.

4.2 - LE SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN DE LA HAUTE LYS

En ce qui concerne l'étude appliquée au bassin de la haute Lys, nous avons, dans le présent rapport, décrit les différentes études de surface (profils de jaugeage, de température de l'eau des cours d'eau, sondages de reconnaissance géologique, fluctuations des nappes) et les essais de débit dans chaque formation aquifère.

Un faisceau convergent d'observations nous amène à concevoir ainsi le schéma hydrogéologique du bassin :

- une nappe unique, en équilibre dynamique, circule dans l'aquifère multiple du Crétacé. Le substratum est constitué par les Argiles du Gault recouvrant les formations primaires et formant une "cuvette" que la Lys ne peut drainer correctement (il existe un "verrou" à Matringhen),
- un aquifère cénomanien apparemment très perméable constitue la base du réservoir sur une épaisseur de 30 m environ. La nappe y est captive et est alimentée à partir du Turonien. Les formations du Turonien moyen et inférieur formeraient ainsi un réservoir drainé à la base par les assises cénomaniennes plus perméables.

4.3 - ORIENTATION DES RECHERCHES A VENIR

On peut estimer que notre connaissance des capacités et des limites de l'aquifère supérieur (Turonien moyen et inférieur) est pour l'instant suffisante. Les travaux de 1969 nous ont montré qu'il existe un aquifère inférieur probablement plus intéressant et dont il convient d'approfondir l'étude.

D'ores et déjà, une campagne géophysique est en cours. Elle doit préciser le schéma hydrogéologique du bassin et définir, en particulier, la géométrie du réservoir cénomanien, sa qualité et la position de la zone faillée de la Traxenne. Trois sondages de reconnaissance géologique qui seront équipés en piézo-

mètre seront réalisés en juillet 1970. La surveillance piézométrique (8 relevés hebdomadaires et 2 enregistrements continus) et la mesure des débits (8 relevés journaliers et 4 enregistrements continus) se poursuivent.

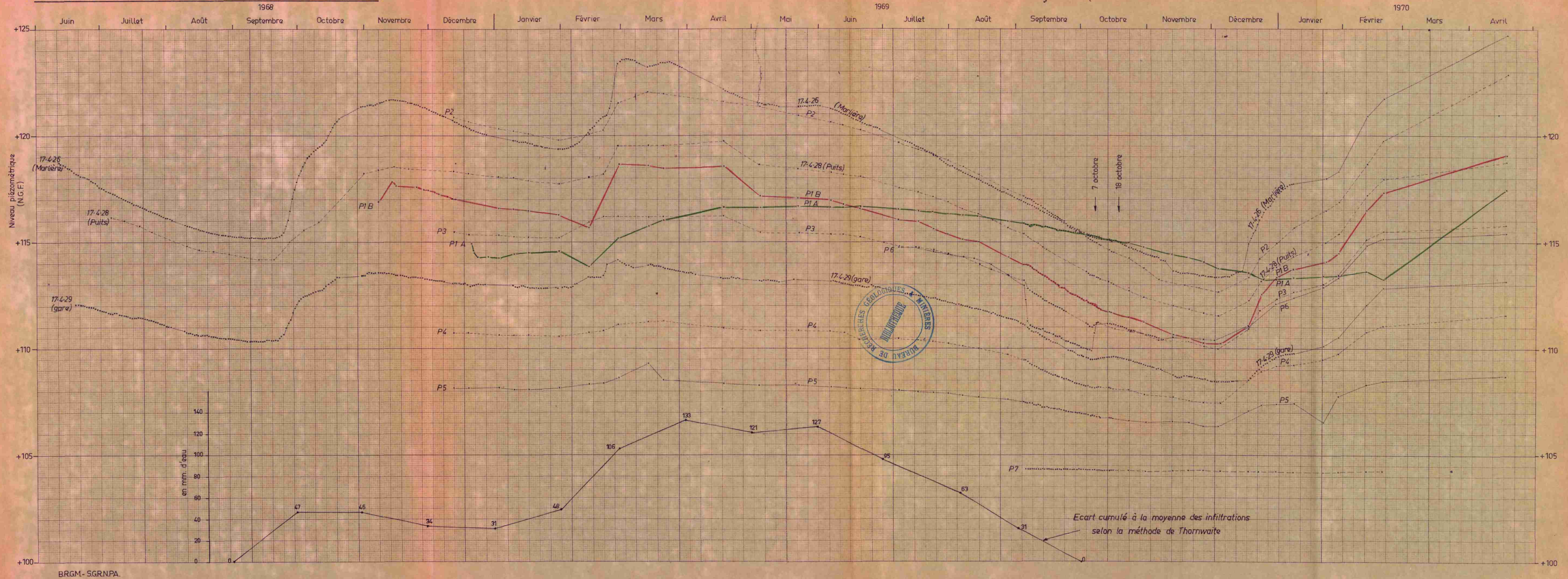
Un forage au Cénomanién sera entrepris en fin juillet et la campagne de travaux de 1970 se terminera par un pompage continu durant le mois de septembre.

Le faciès du Cénomanién, exceptionnellement perméable pour notre région, et sa position à la base de la "cuvette" constituée par le bassin de la haute Lys constituent un élément très favorable à une expérience de renforcement de son débit d'étiage.

Il convient de souligner enfin que la méthode de soutien des étiages actuellement expérimentée, en cas de succès, doit permettre dans une phase industrielle ultérieure, la régularisation nécessaire du débit de la Lys, évitant par là même de réaliser des sites de retenues superficielles.

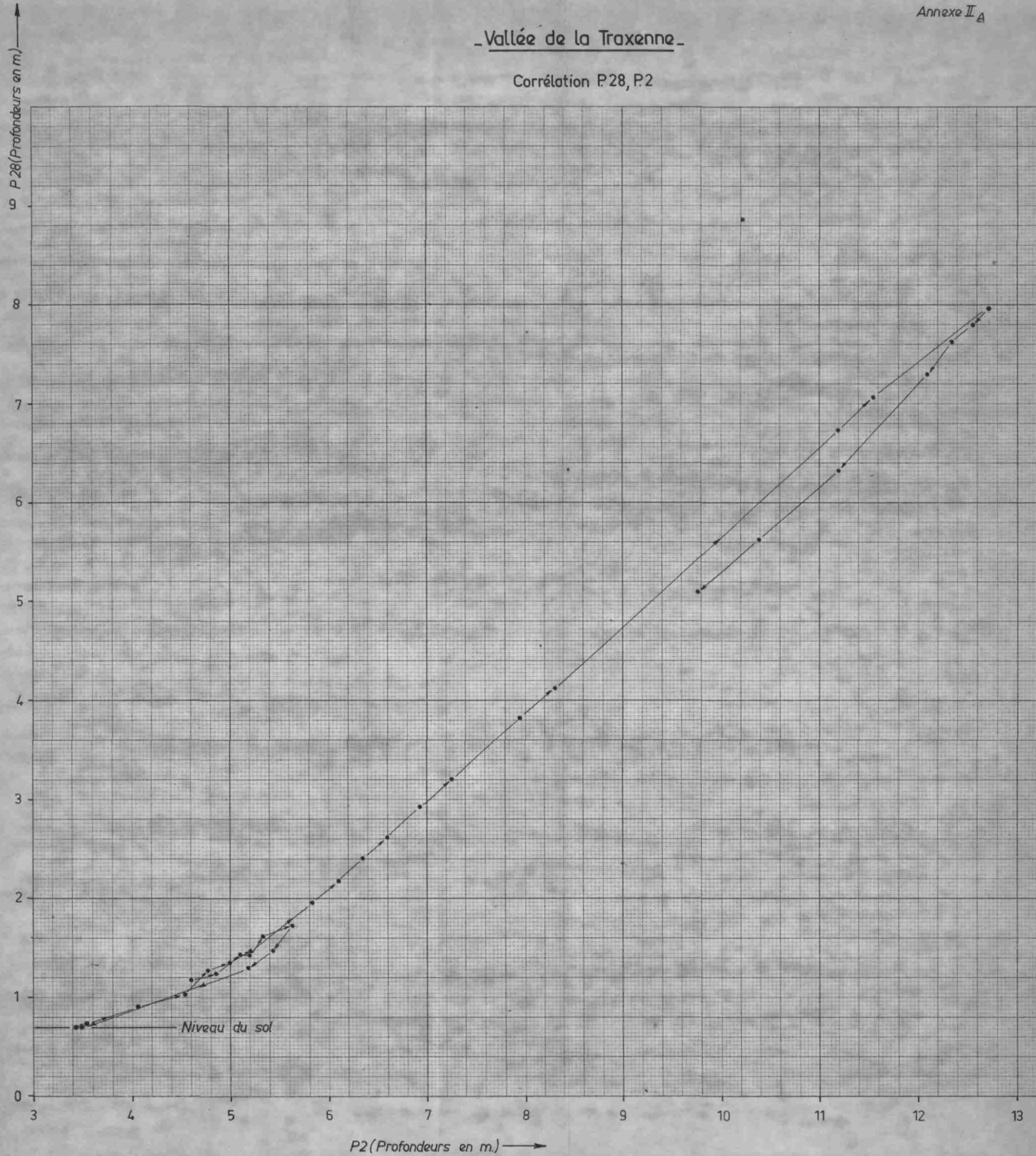
M. DUROUSSEAU
Ingénieur-hydraulicien
Agence de bassin Artois-Picardie

A. PHILIPPART, Prospecteur,
S. RAMON, Ingénieur E.N.S.G.
Service géologique régional Nord - Pas-
de-Calais du B.R.G.M.



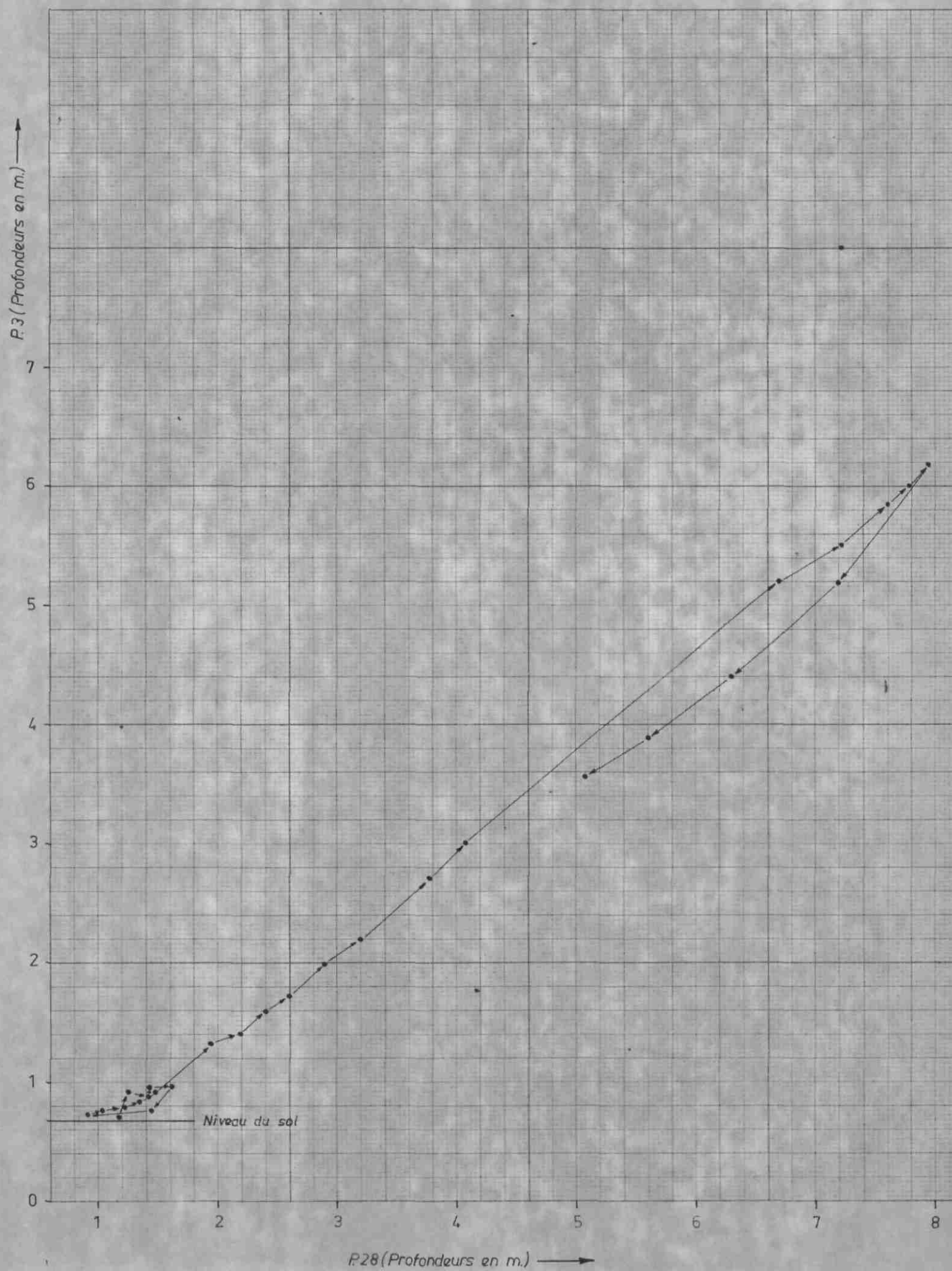
Vallée de la Traxenne

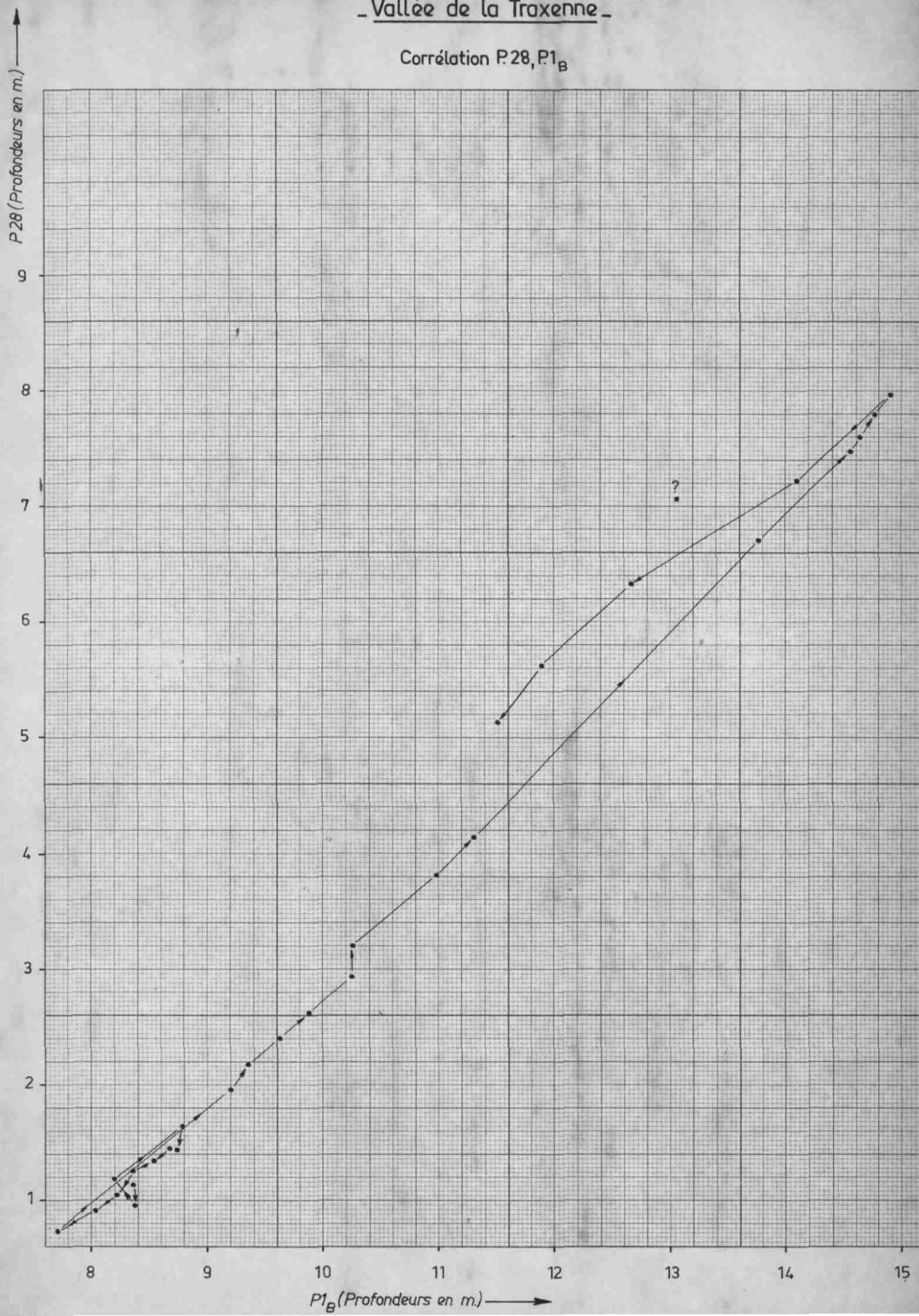
Corrélation P28, P2



Vallée de la Traxenne

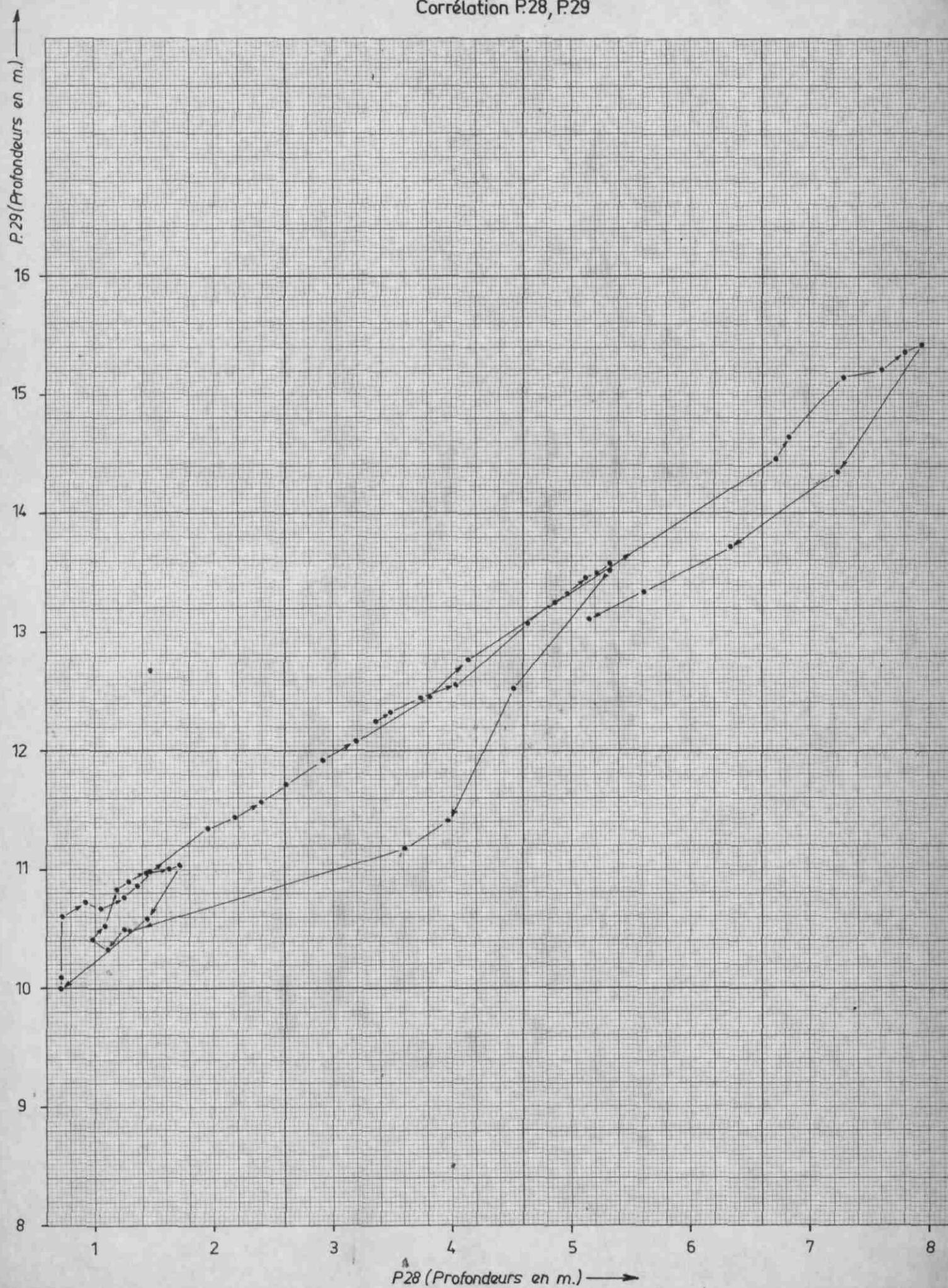
Corrélation P28-P3.



- Vallée de la Traxenne -Corrélation P28, P1_B

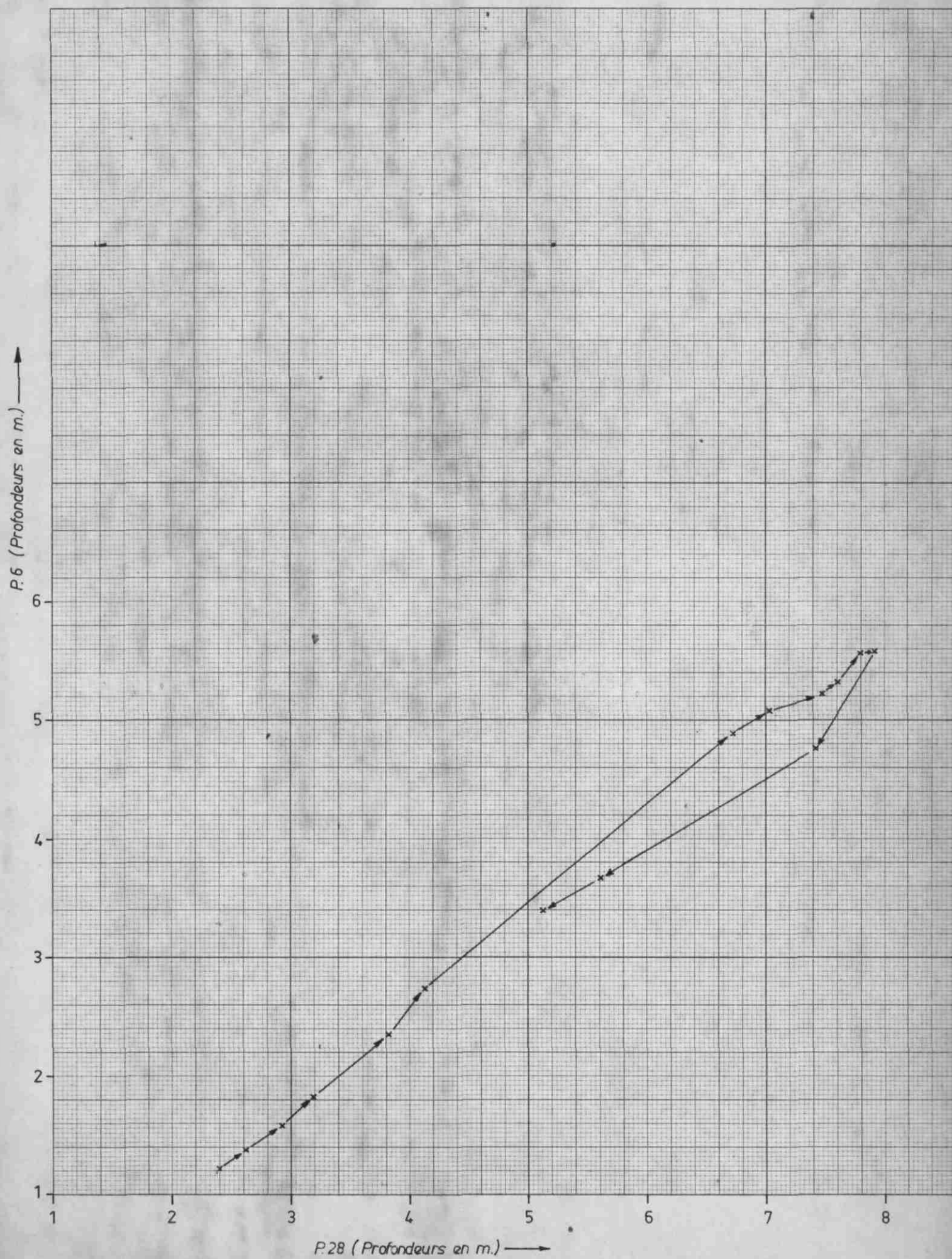
Vallée de la Traxenne

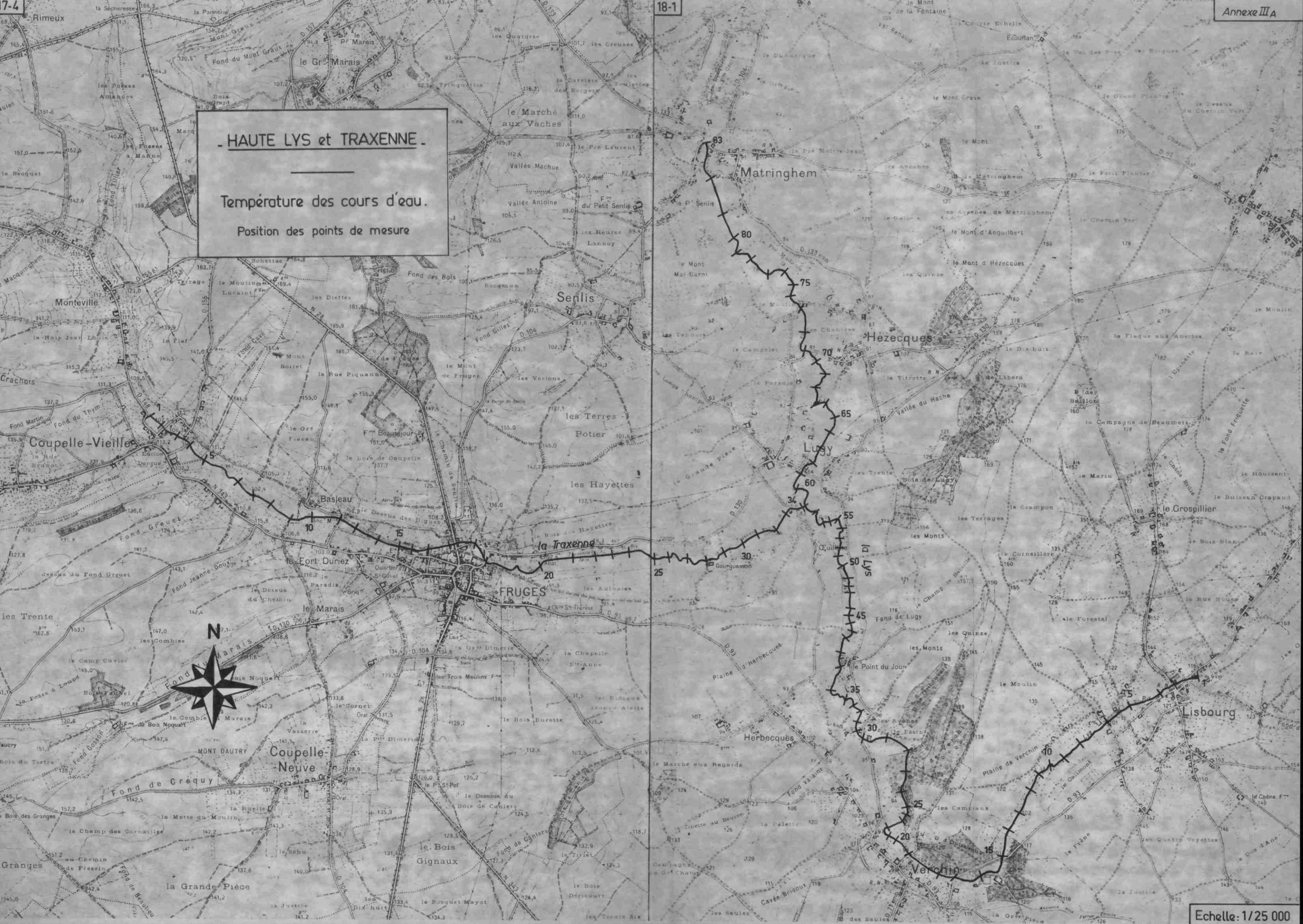
Corrélation P.28, P.29



Vallée de la Traxenne

Corrélation P. 28, P. 6



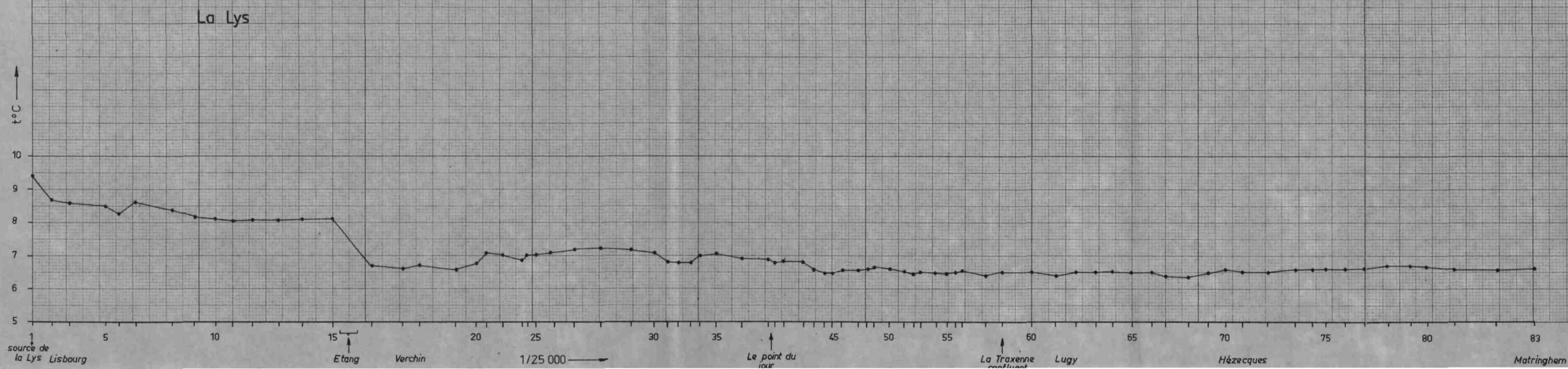
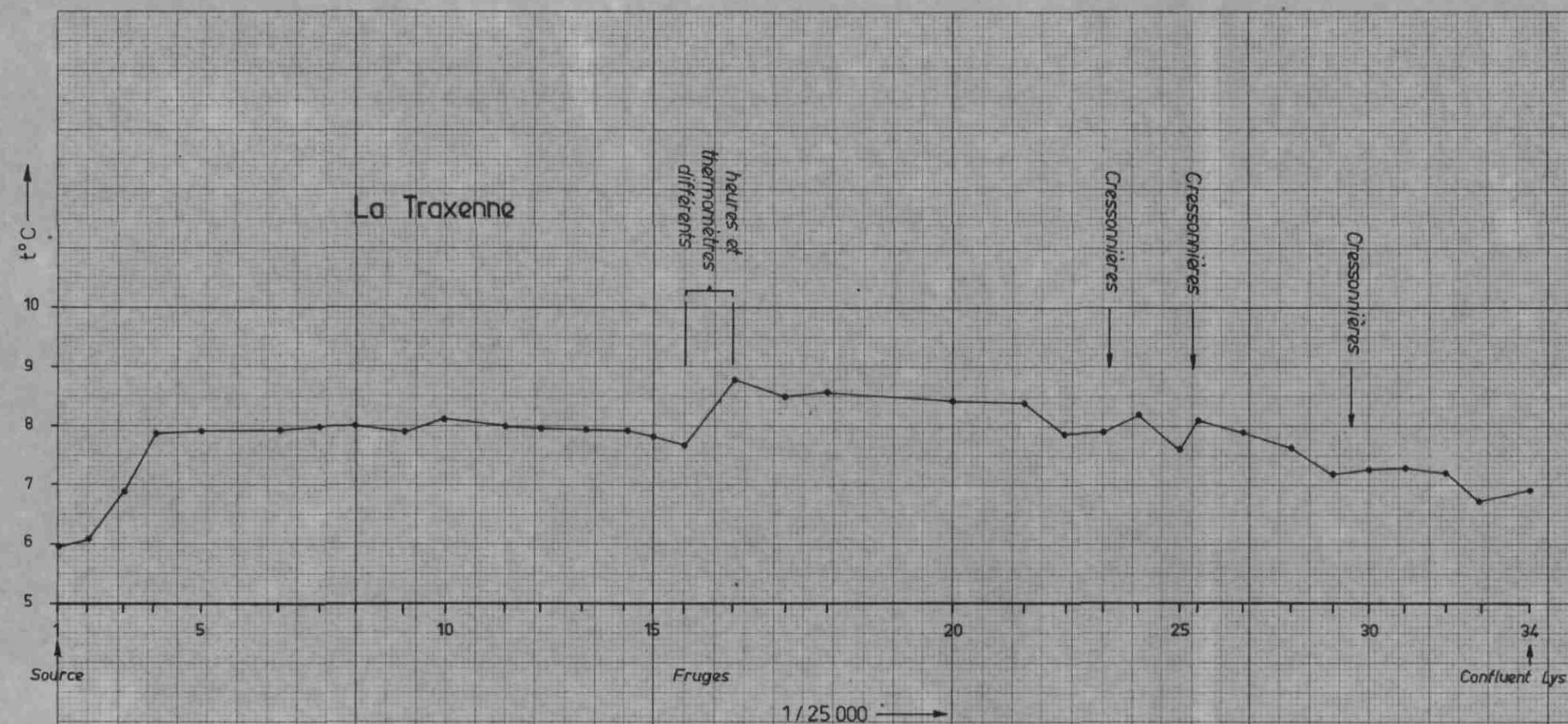


HAUTE LYS et TRAXENNE

Température des cours d'eau.

Position des points de mesure

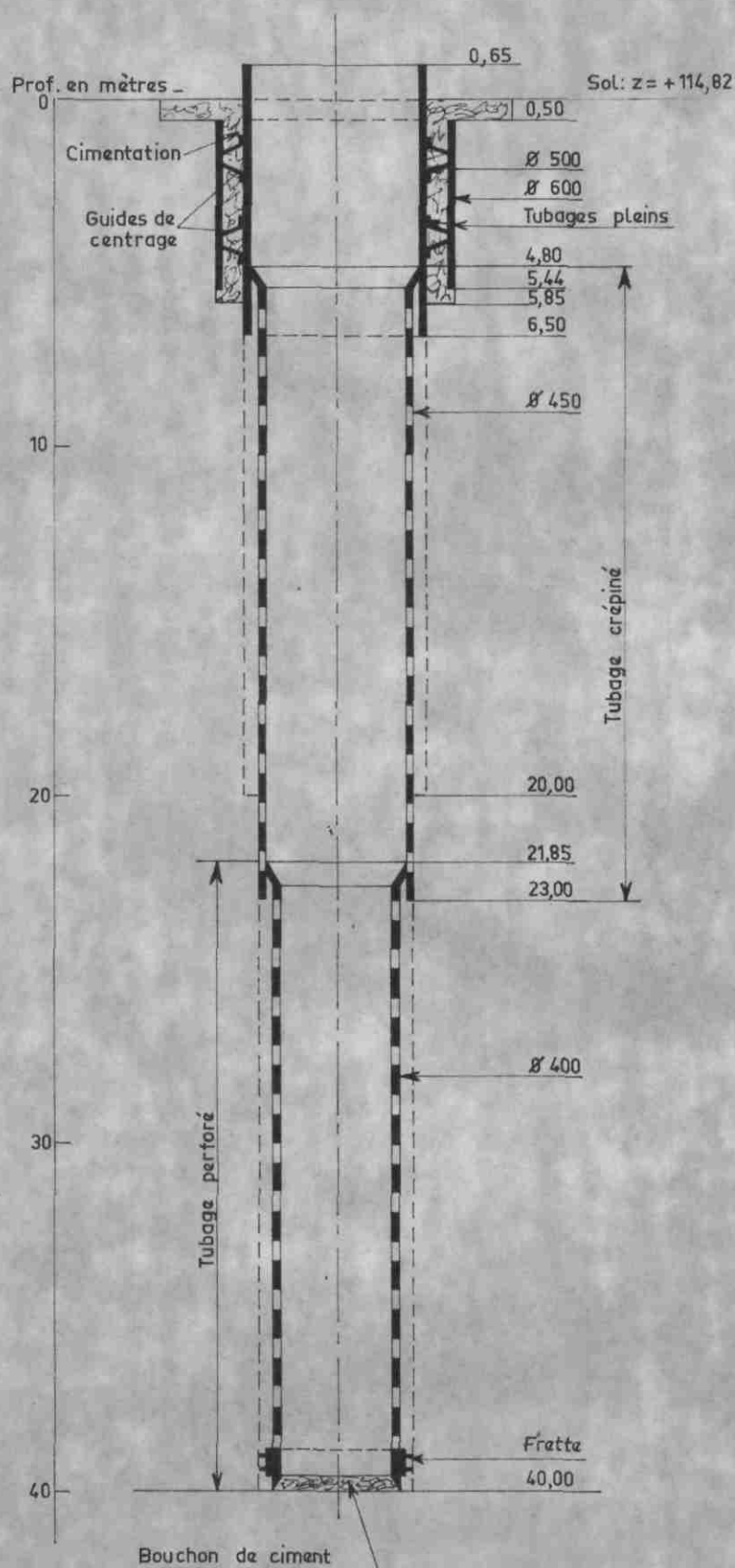
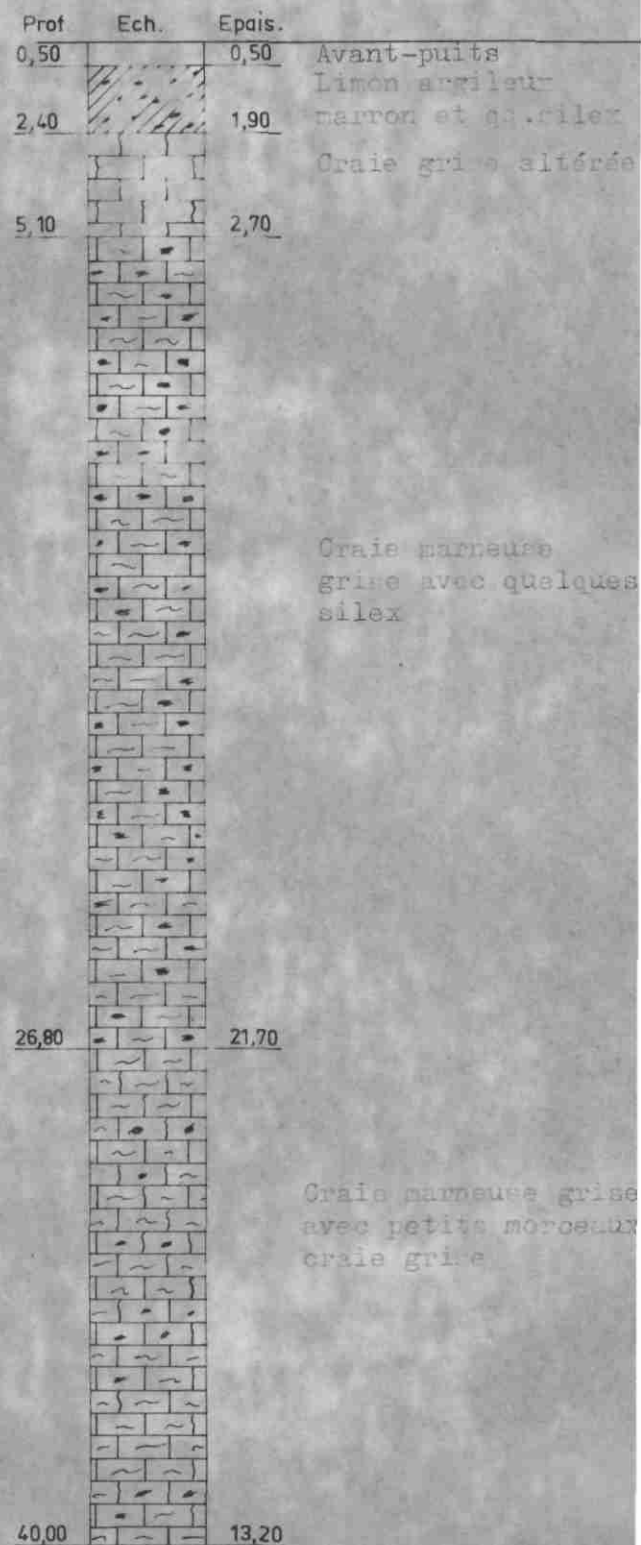
Profil de température des cours d'eau le 18-2-1970



_ Forage de Coupelle-Vieille _

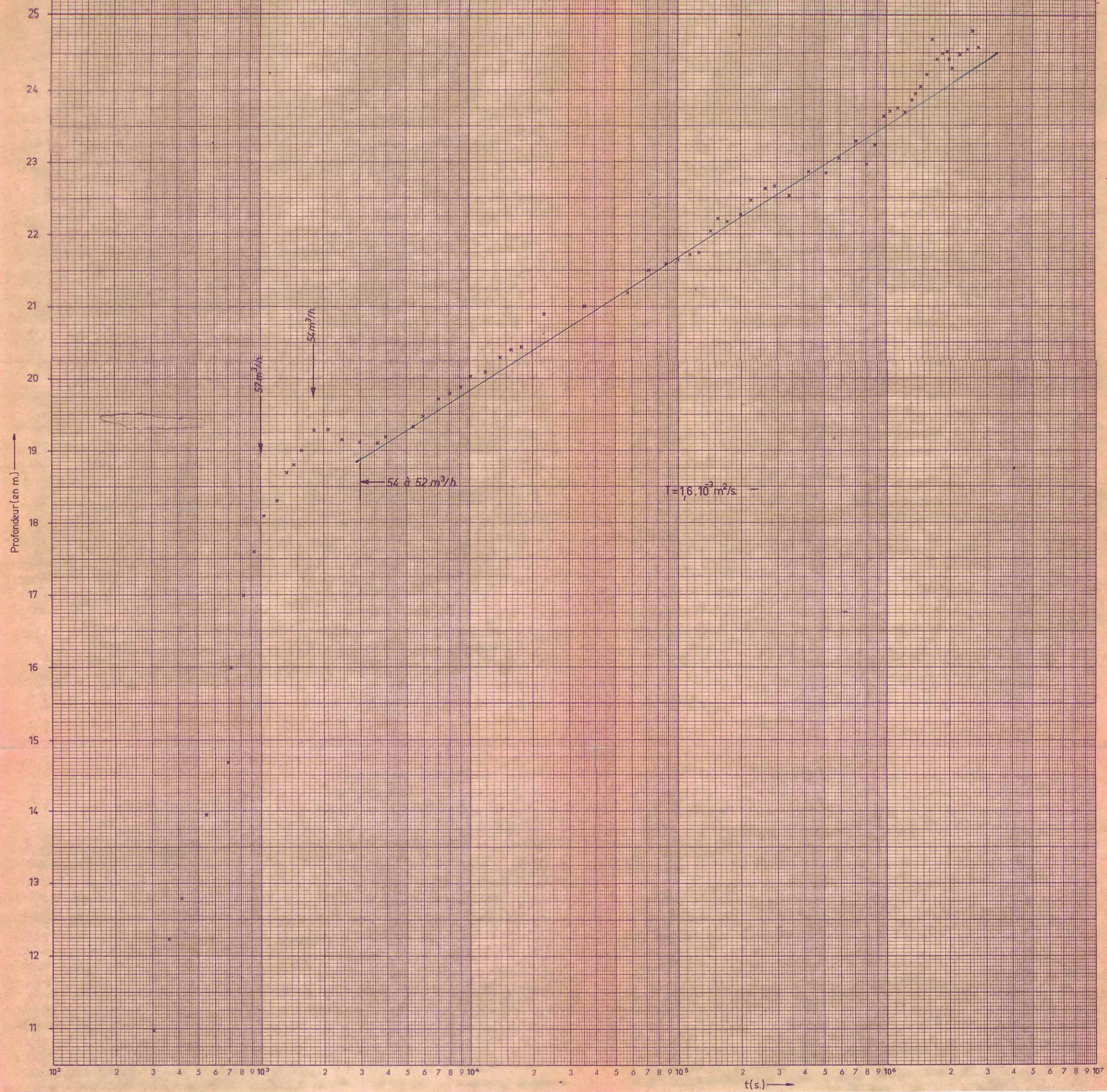
17-4-88

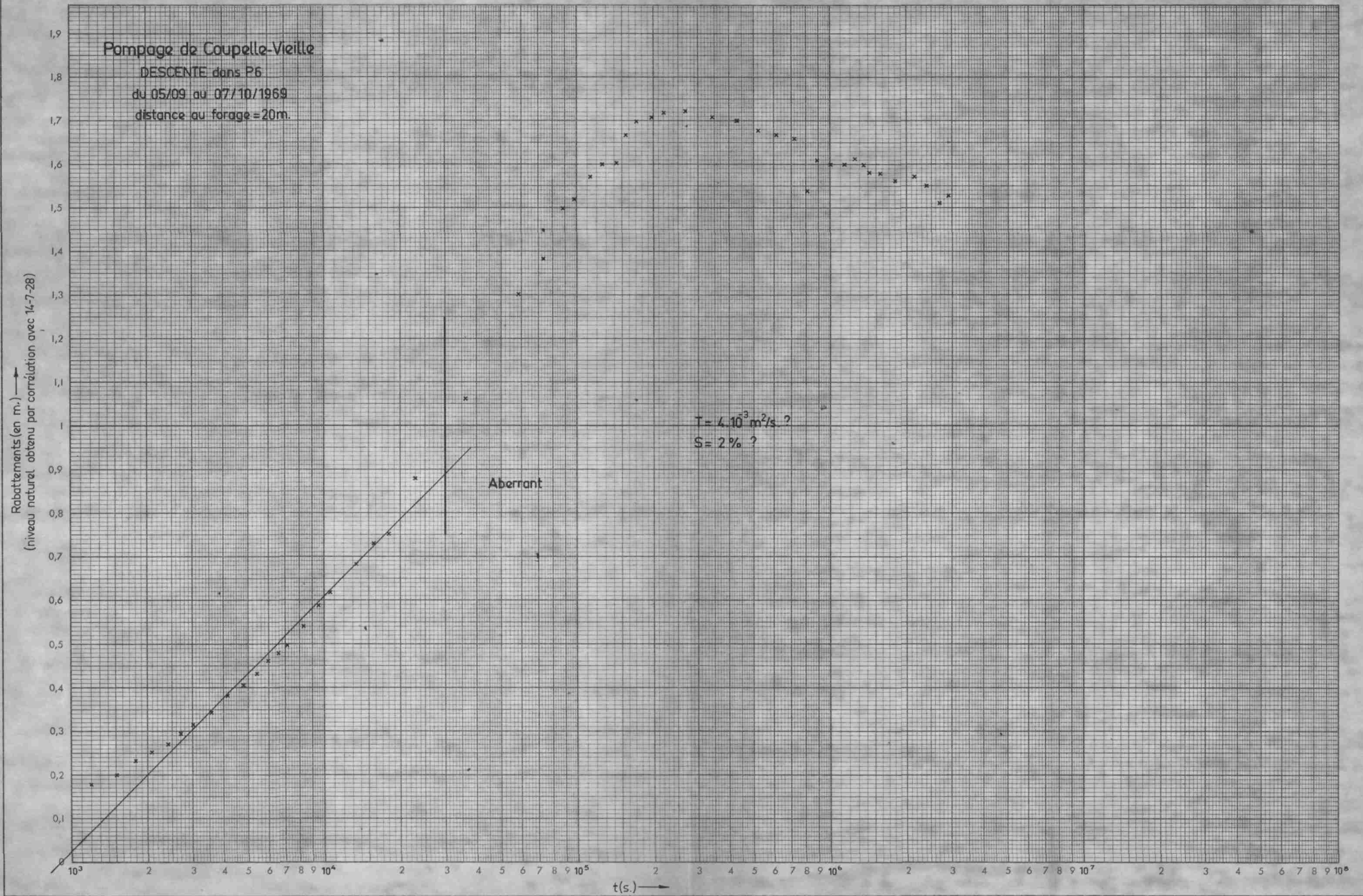
_ Coupe technique _

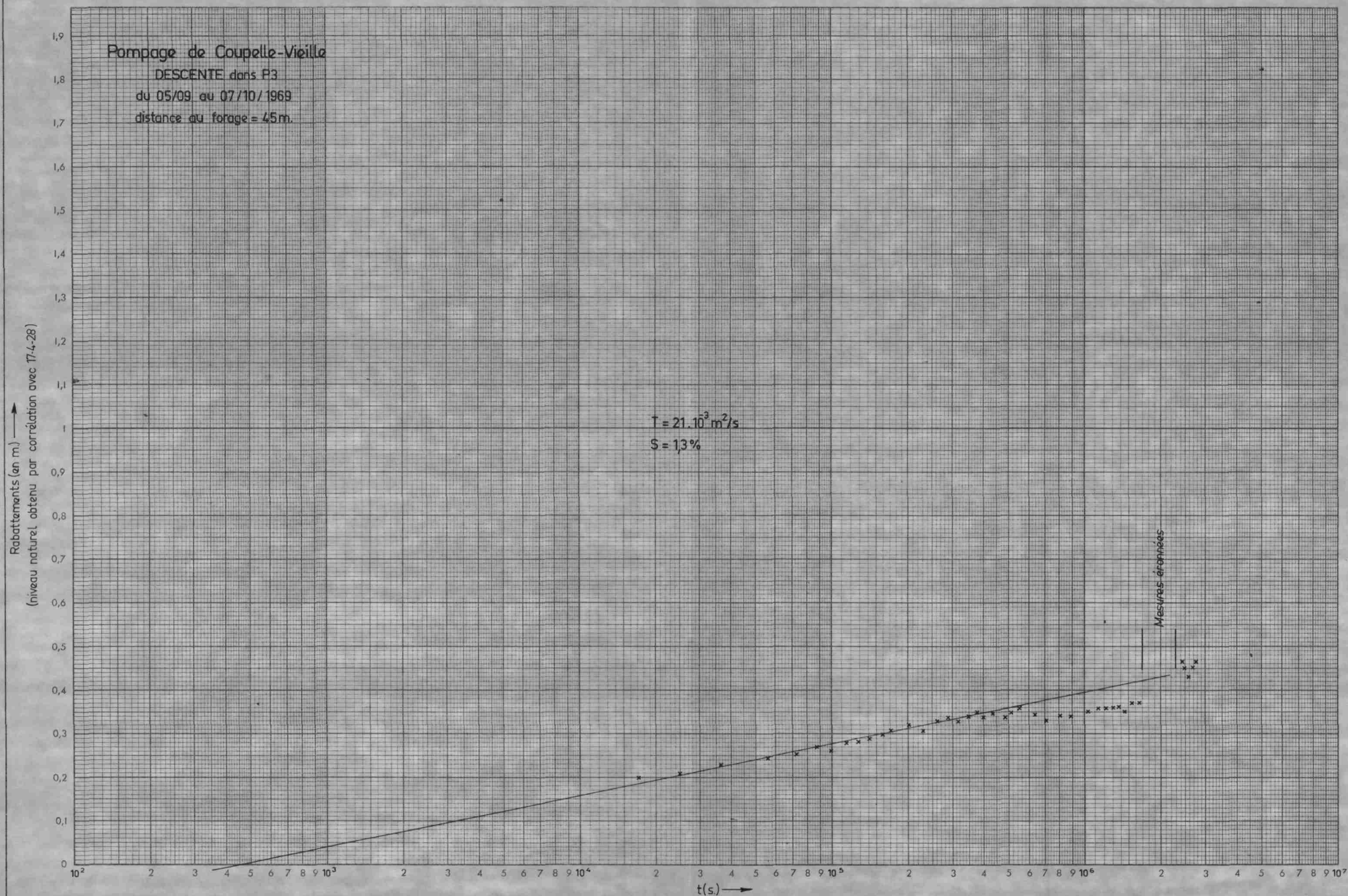
_ Coupe géologique _
sondeur

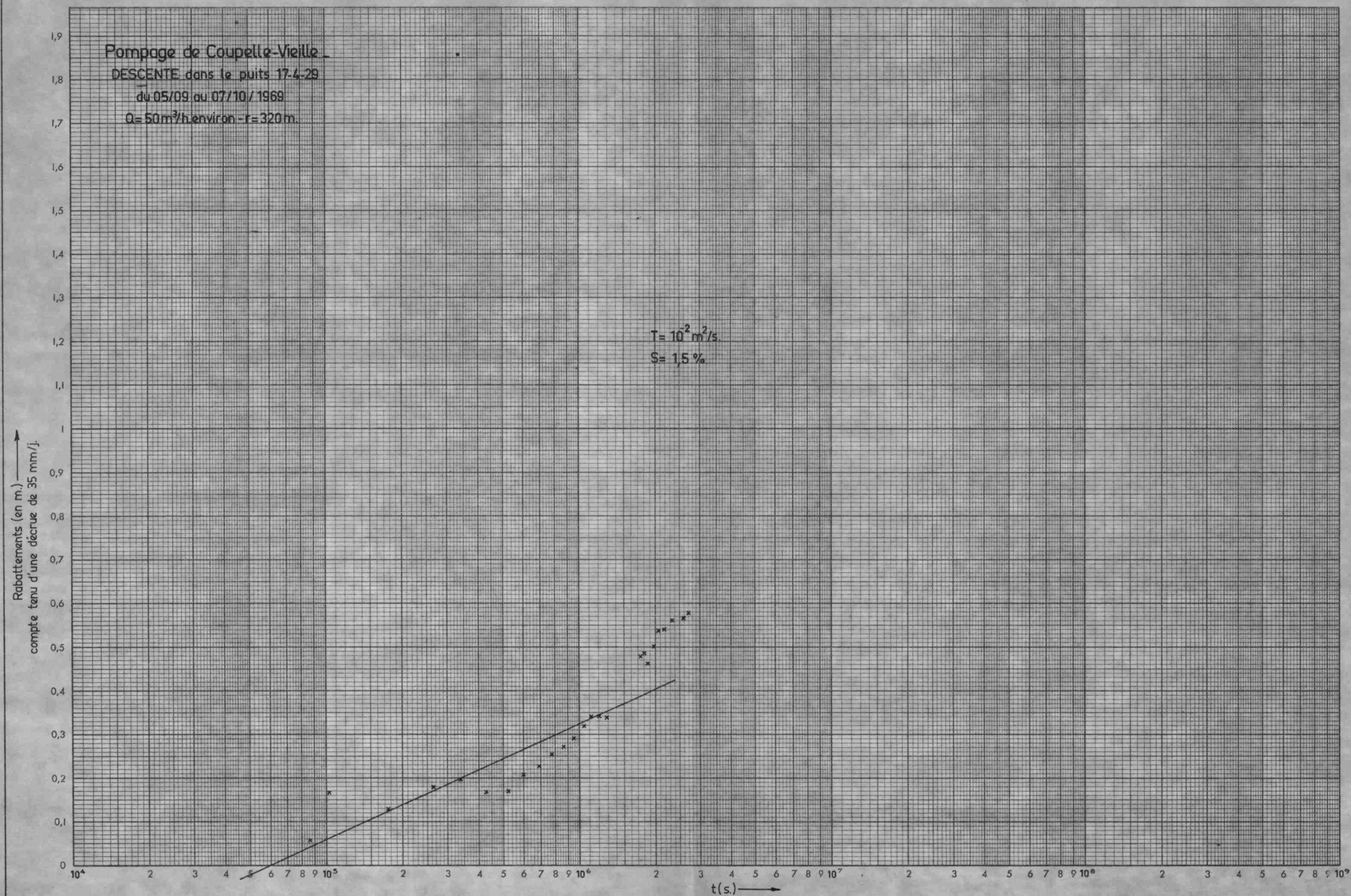
Echelle des largeurs : 1/20 env.
Echelle des hauteurs : 1/200

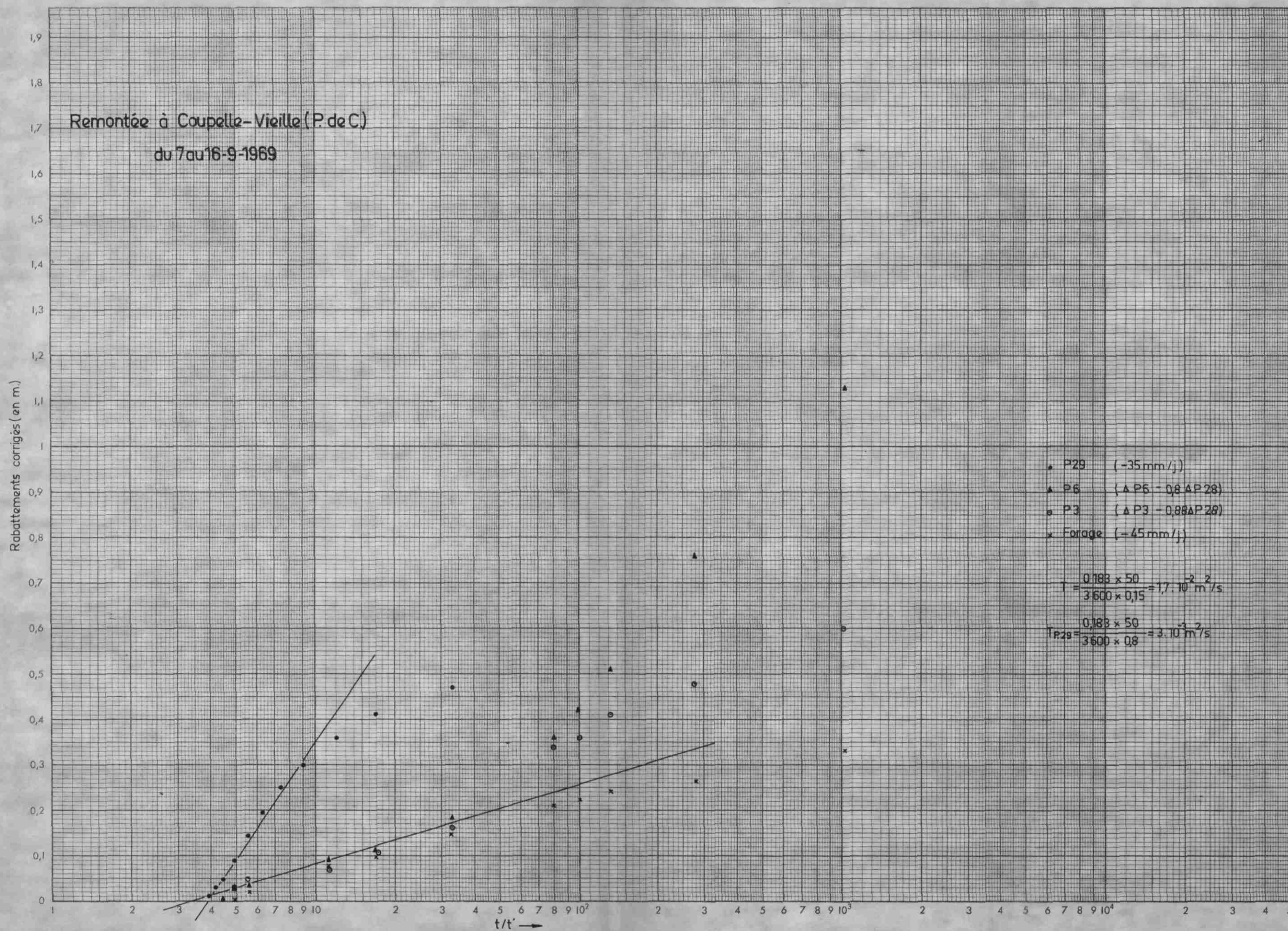
Pompage de Coupelle-Vieille
 Rabattements dans le forage,
 compte tenu d'une décrue de la nappe de 45mm/j.
 du 05/09 au 07/10/1969



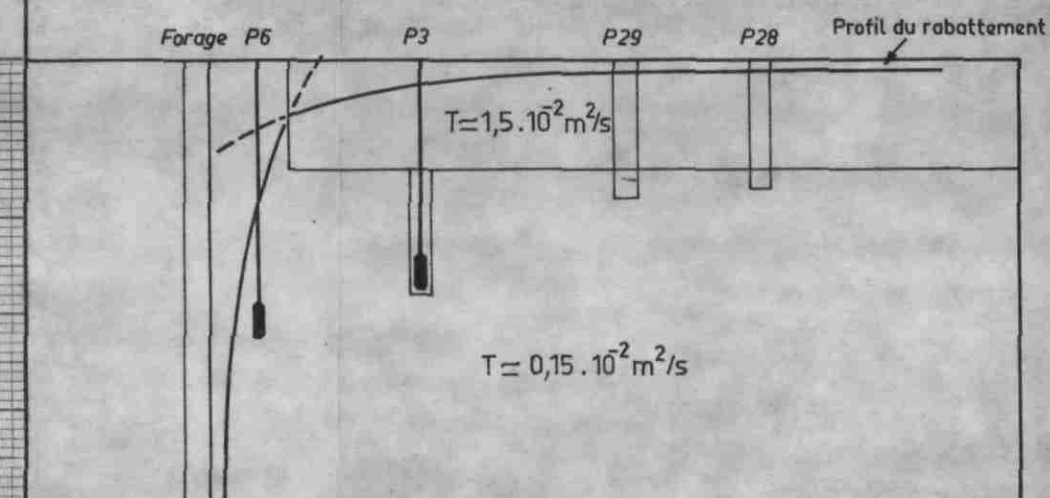






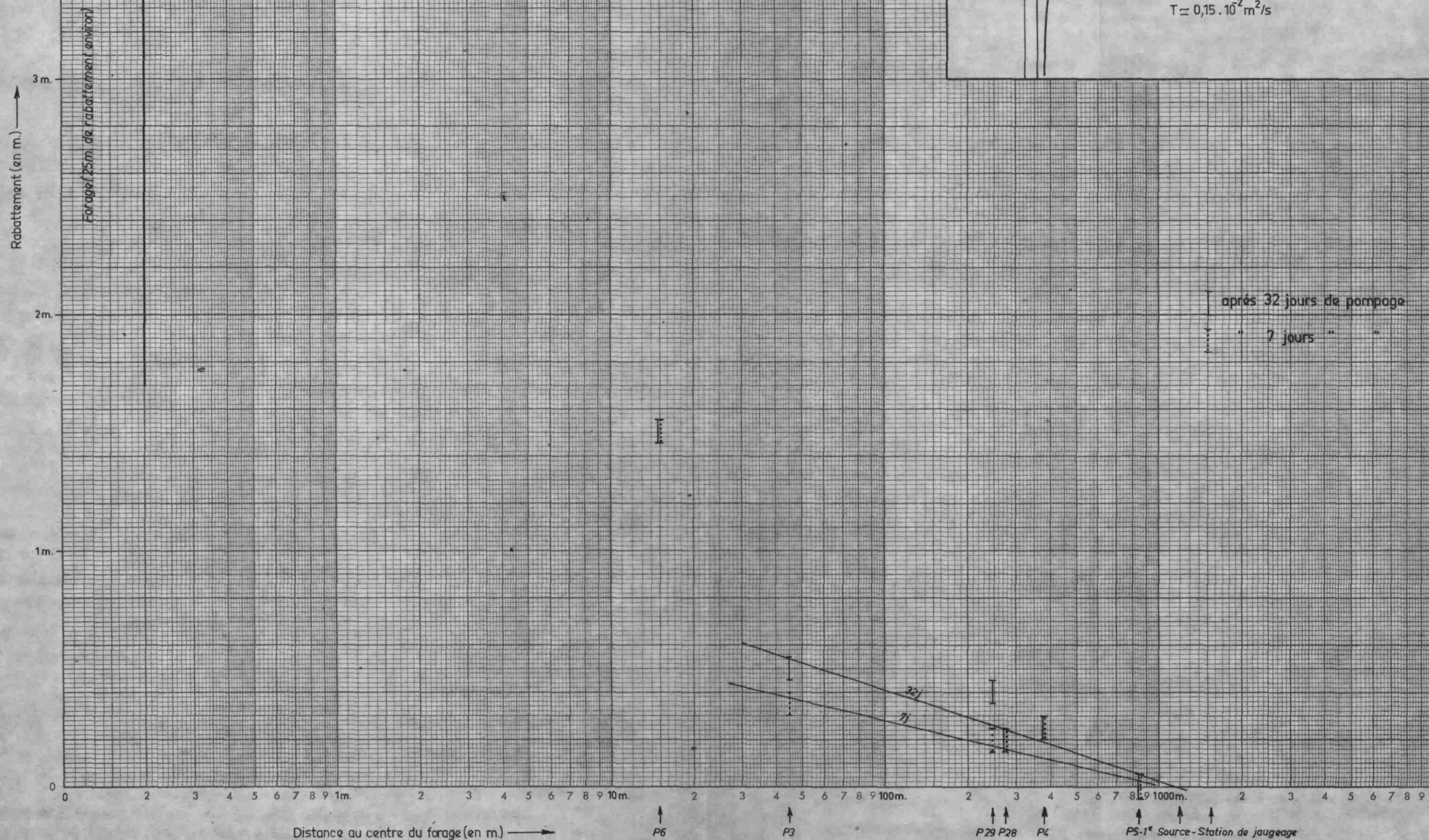


- SCHÉMA HYDROGÉOLOGIQUE SUPPOSÉ -



Coupelle Vieille (P de C.)

Diagramme de rabattement - Distance au centre du forage
(après 7 jours et 32 jours de pompage à $50 \text{ m}^3/\text{h}$)



F I C H E T E C H N I Q U E

FORAGE DU SERVICE D'EAU INTERCOMMUNAL DE FRUGES - COUPELLE-VIEILLE (1934)

N° B.R.G.M. : 17-4-32

Cote du sol : + 93,60

Profondeur : 65,85 m

Diamètres utiles et nature des parois :

de 0 à 30,80 $\varnothing$ = 400 mm avec double tubage et cimentage

30,60 à 65,85 $\varnothing$ = 350 mm avec tubage perforé.

Niveau statique à 4,70 de profondeur (novembre 1934)

à 4,00 " (juillet 1936)

Débits : 40 m³/h avec niveau dynamique à 5,18 m de profondeur (novembre 1934)

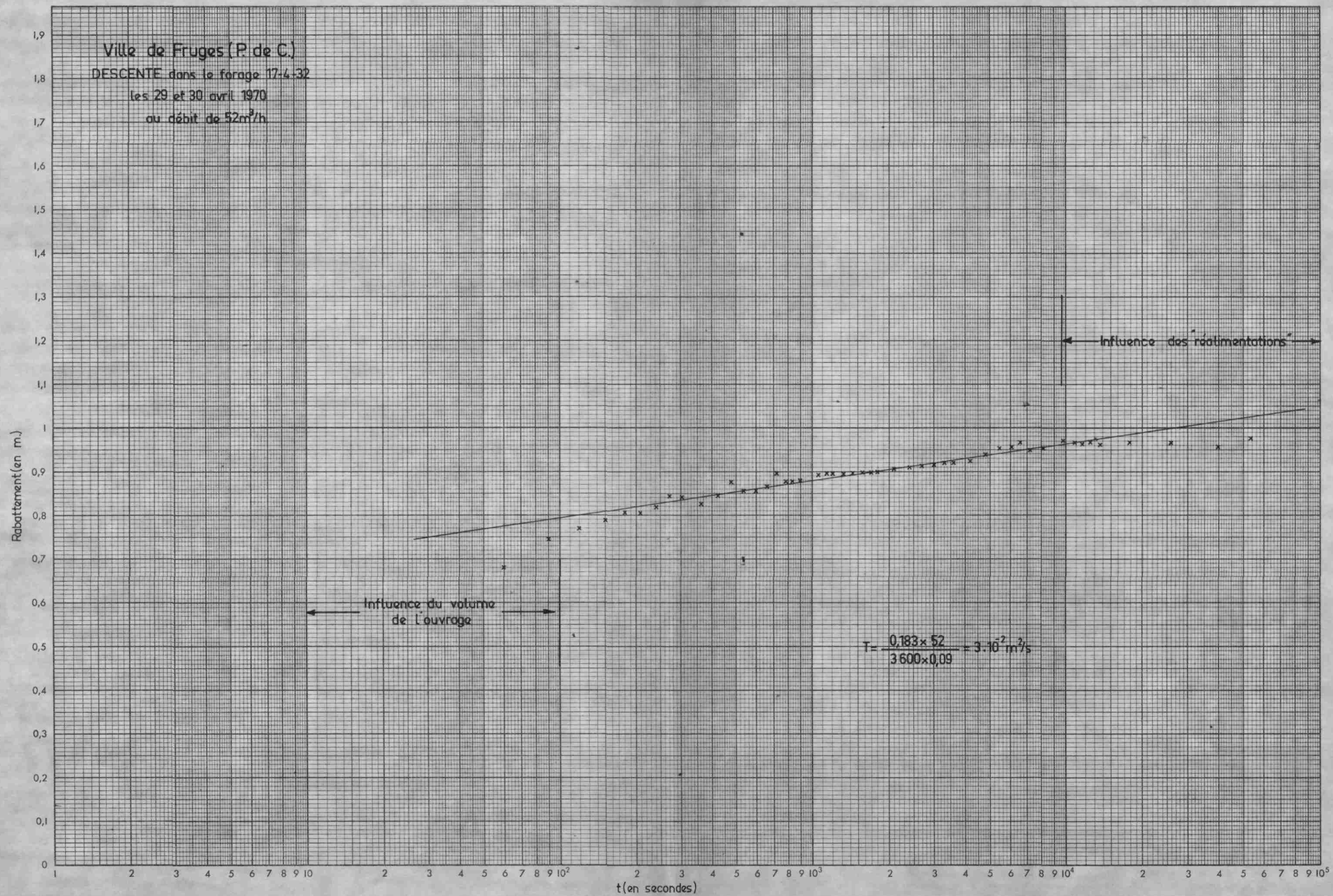
40 m³/h " " à 4,70 m " (juillet 1936)

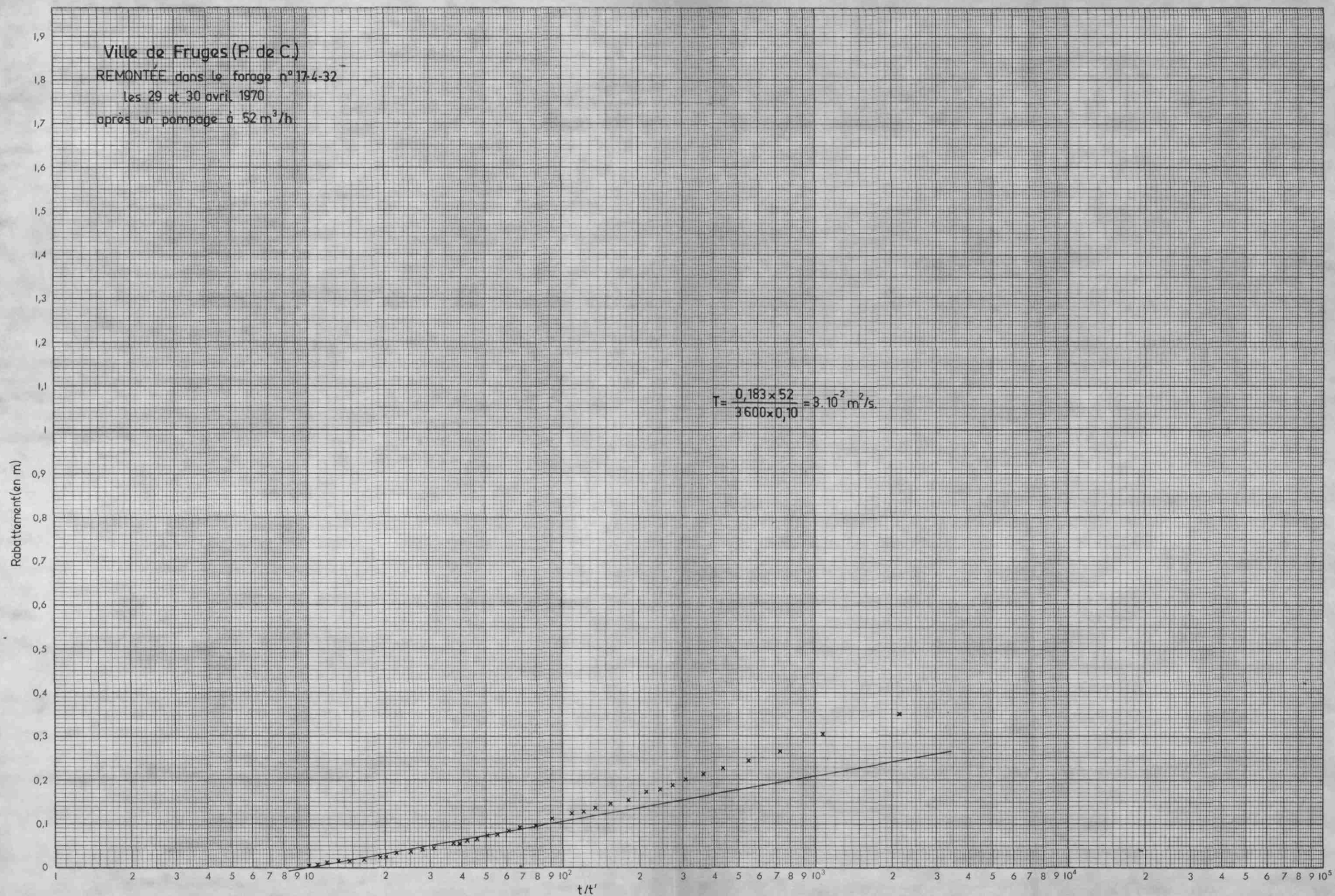
Nature des terrains rencontrés :

0,00 à 0,70 m	Terre végétale	
0,70 à 2,80 m	Argile	
2,80 à 3,80 m	Argile et graviers	Alluvions
3,80 à 4,60 m	Argile et marne	
4,60 à 5,80 m	Argile et graviers	
5,80 à 10,20 m	Marne grise	— Turonien (?)
10,20 à 23,30 m	Marne blanche	— Cénomanién
23,30 à 65,00 m	Marne bleutée	—
65,00 à 65,85 m	Marne compacte	Gault probable

Qualité de l'eau :

Eau propre aux usages domestiques.



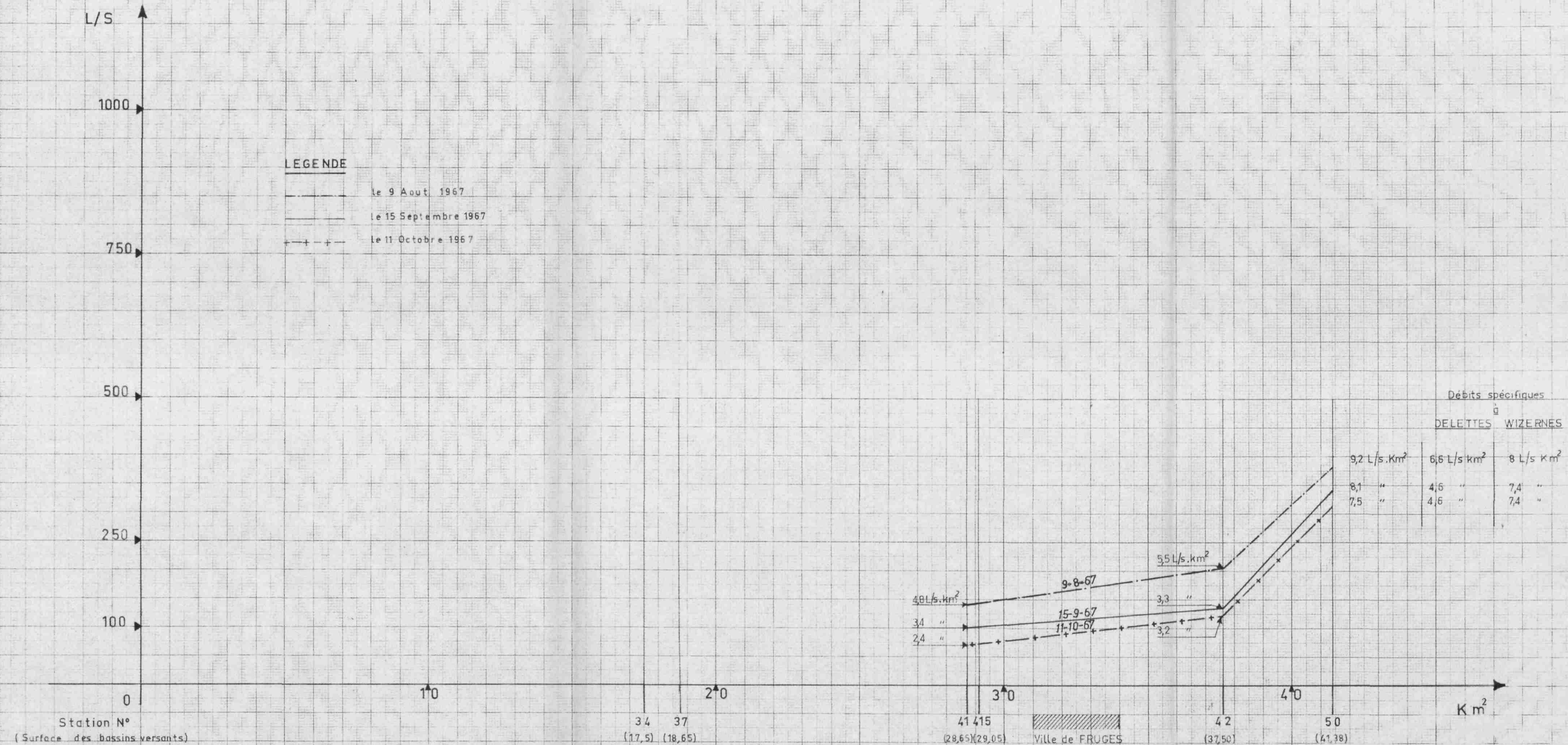


Profils des débits de la TRAXENNE pendant l'été 1967

— Le 9 Aout 1967
 — Le 15 Septembre 1967
 + + + Le 11 Octobre 1967

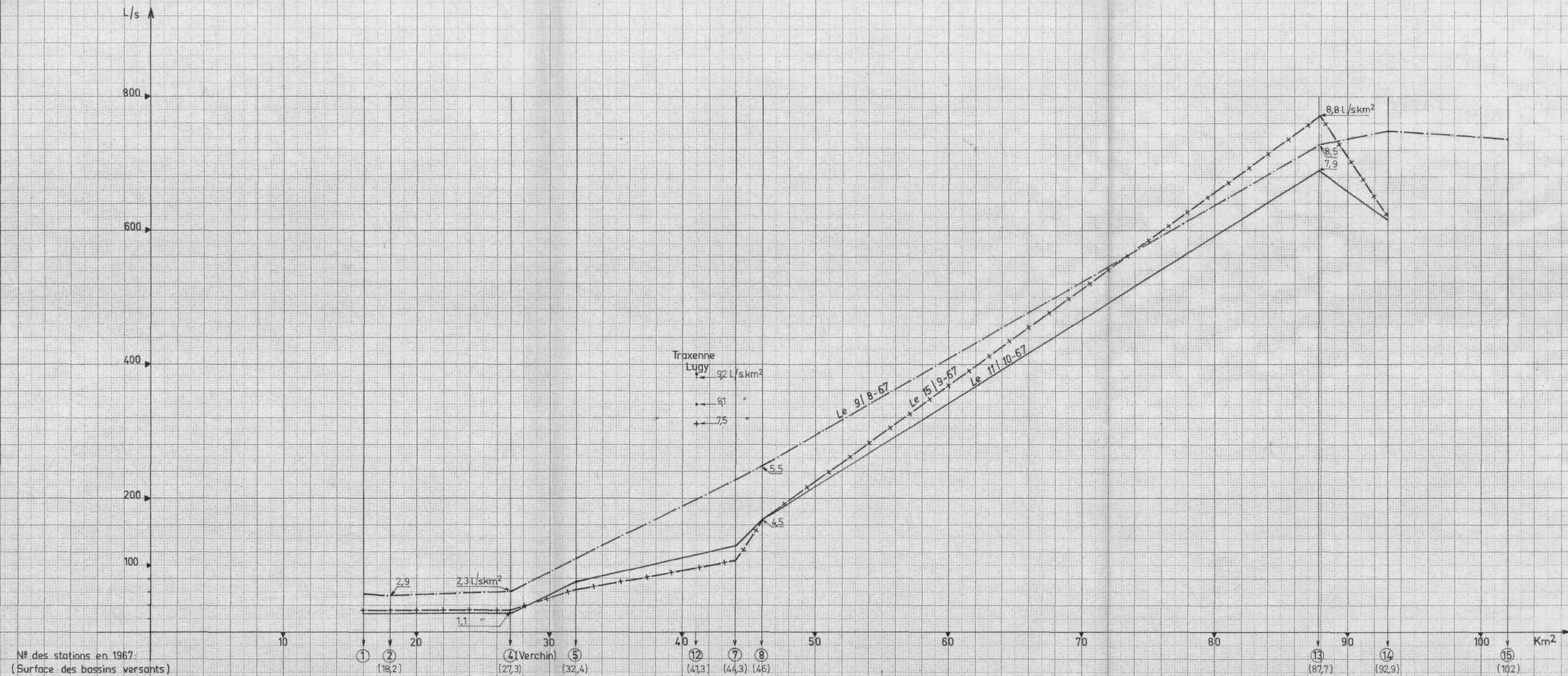
DOUAI, LE: 6 mai 1970
 Dessiné par: P. SANCHEZ
 Approuvé par: M. DUROUSSEAU

N° R.B.70.3 / C.0 065
 70 S.G.N. / 131 NPA



Profils des débits de la LYS pendant l'été 1967

— Le 9 Août
— Le 15 Septembre
+ + + Le 11 Octobre

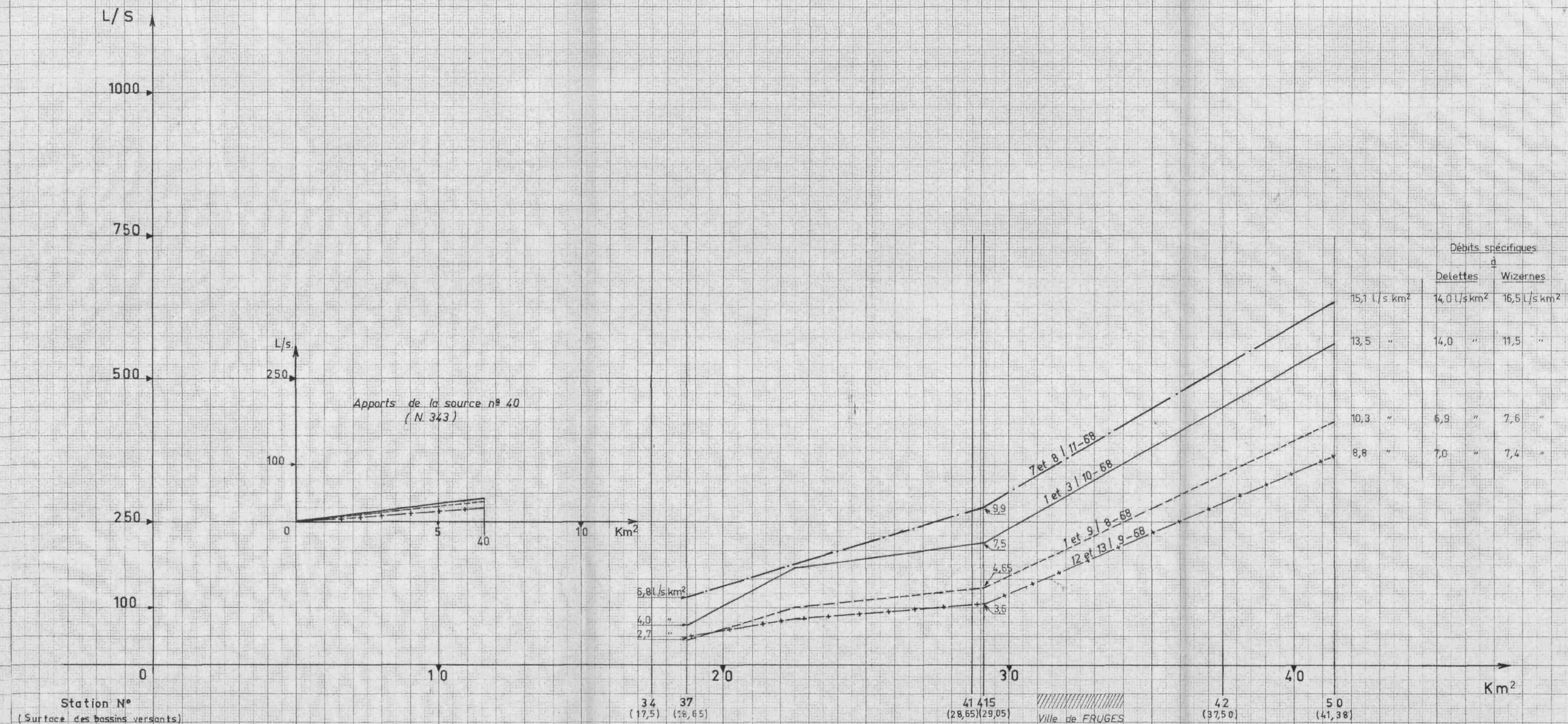


Profils des débits de la TRAXENNE pendant l'été 1968

- Le 7 et 8 Novembre
- Le 1 et 3 Octobre
- - - Le 1 et 9 Août
- + + + Le 12 et 13 Septembre

DOUAI, LE: 5 Mai 1970
Dessiné par: P. SANCHEZ
Approuvé par: M. DUROUSSEAU

N° R.B.70.3 / C.0 066
70 SGN. / 131 NPA

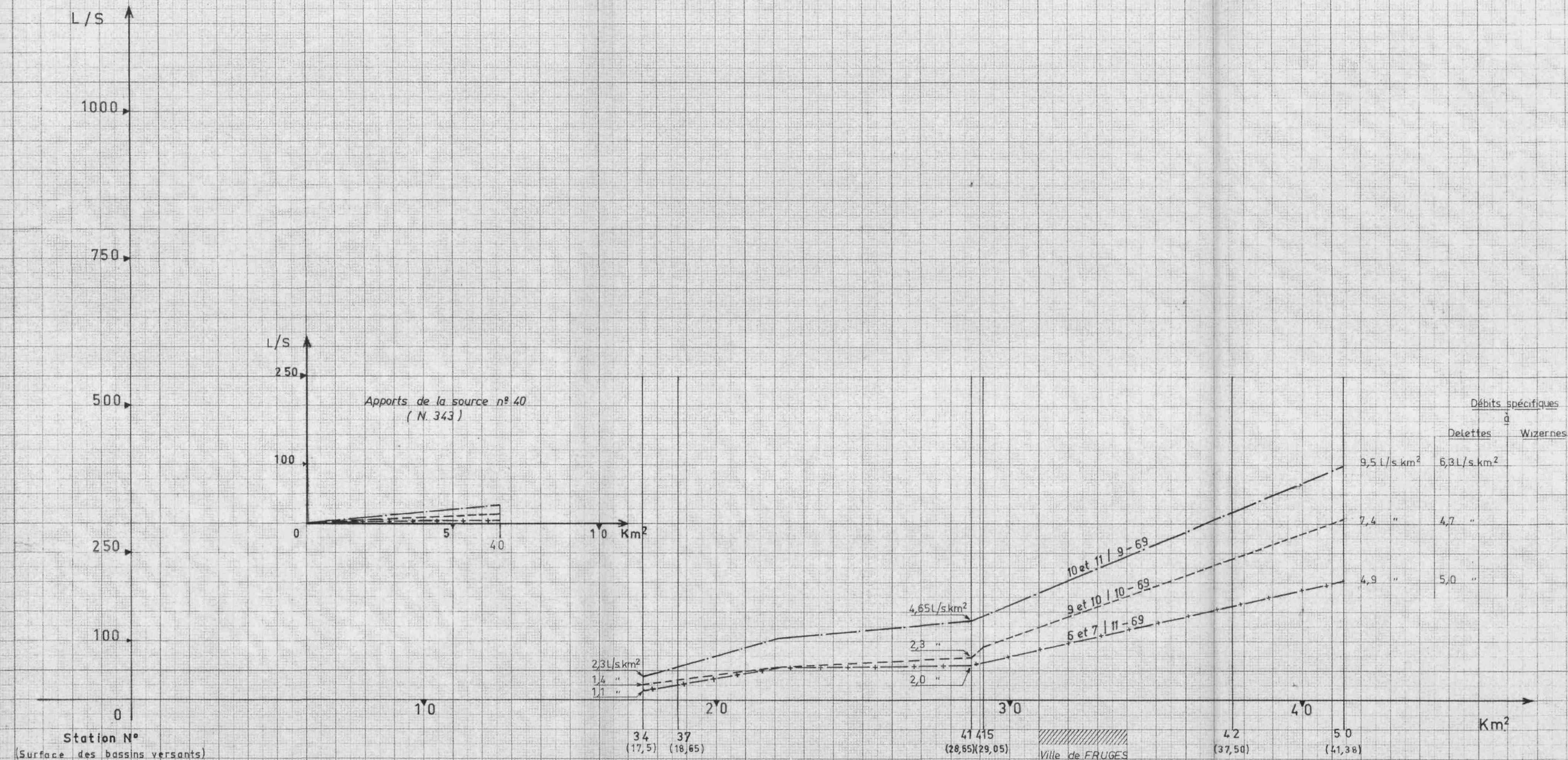


Profils des débits de la TRAXENNE pendant l'été 1969

— Le 10 et 11 Septembre
- - - Le 9 et 10 Octobre
+ + + Le 6 et 7 Novembre

DOUAI, LE : 6 Mai 1970
Dessiné par : P. SANCHEZ
Approuvé par : M. DUROUSSEAU

N° R.B.70.3/C.0 067
70 S.G.N/131 NPA



m³/s

80

75

70

65

60

55

50

45

40

35

30

25

20

15

10

5

La TRAXENNE à COUPELLE - VIELLE

N° BRGM : 34

Mois de ~~Juillet~~ - ~~Août~~ - ~~Septembre~~ - ~~Octobre~~ - ~~Novembre~~ 1969

DOUAI, LE : 6 Mai 1970
Dessiné par : P. SANCHEZ
Approuvé par : M. DUROUSSEAU

N° RB.70-3/B.0 095
70 SGN/131 NPA

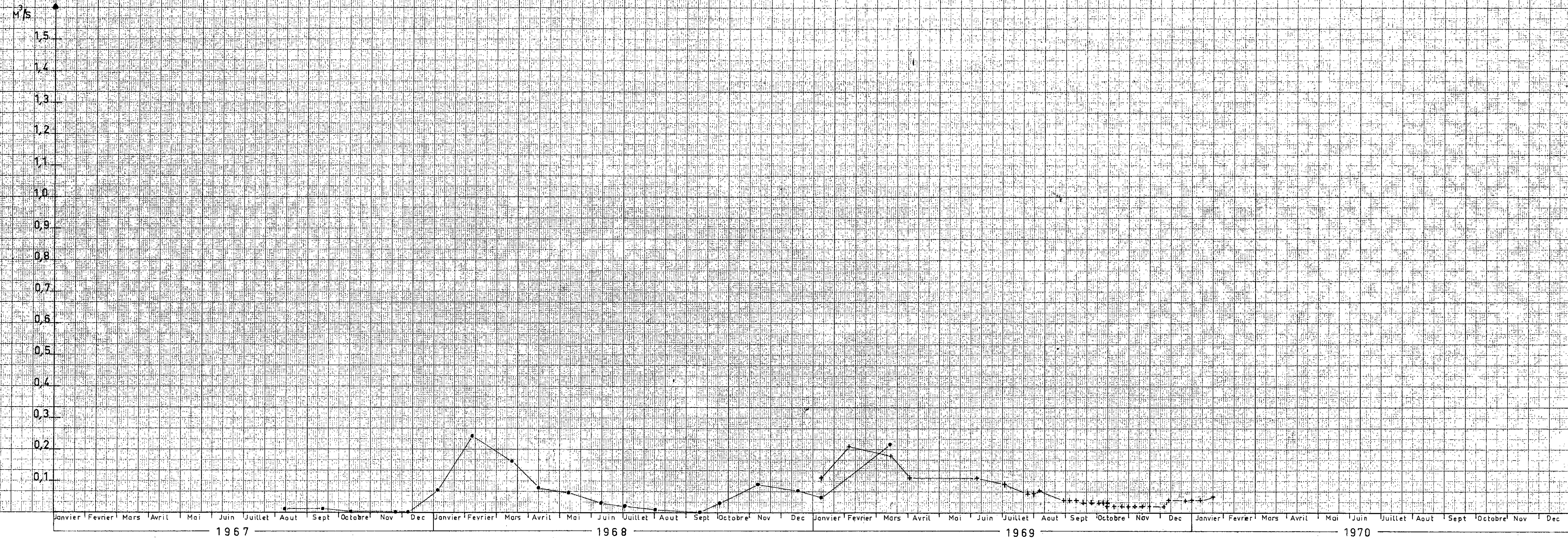
Pompage d'essai

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 JUILLET 1969 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 AOÛT 1969 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 SEPTEMBRE 1969 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 OCTOBRE 1969 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 NOVEMBRE 1969 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 DÉCEMBRE 1969

Courbes chronologiques des débits
mesurés aux points suivants :

La TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE
(près de la D 148) n° 30 (●●)
(BV 0,5 Km² environ)

La TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE
(10 m aval station) n° 35 (+ +)
(BV 12,5 Km²)



DOUAI, LE: 5 Mai 1970

Dessiné par: P. SANCHEZ

Approuvé par: M. DURISSIEU

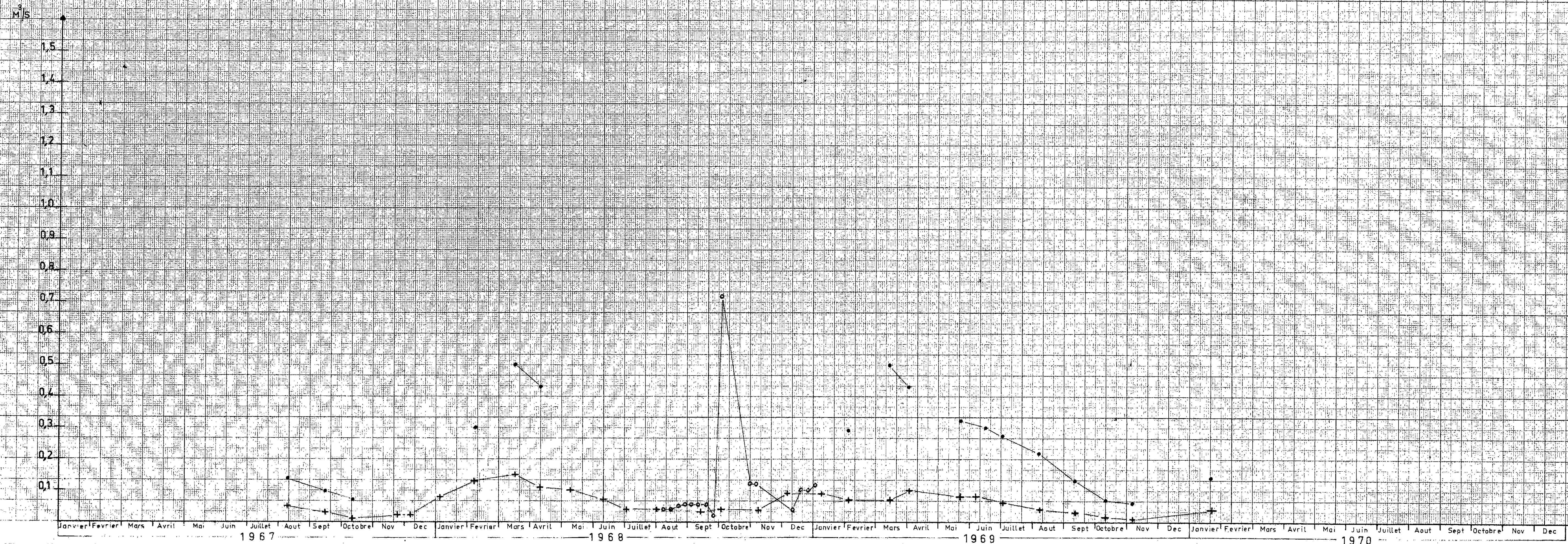
N° RB 70-3/B.0098
70.SGN/131.NPA

Courbes chronologiques des débits
mesurés aux points suivants :

La TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE
(200m aval station) n° 37 (•••)

La TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE
(pont nationale 343) n° 40 (++)
(BV: 6,55 km²)

La TRAXENNE à BASLEAU
(1Km à l'W de FRUGES) n° 41 (•••)



DOUAI, LE 5 Mai 1970

Dessiné par P. SANCHEZ

Approuvé par M. DUROUSSEAU

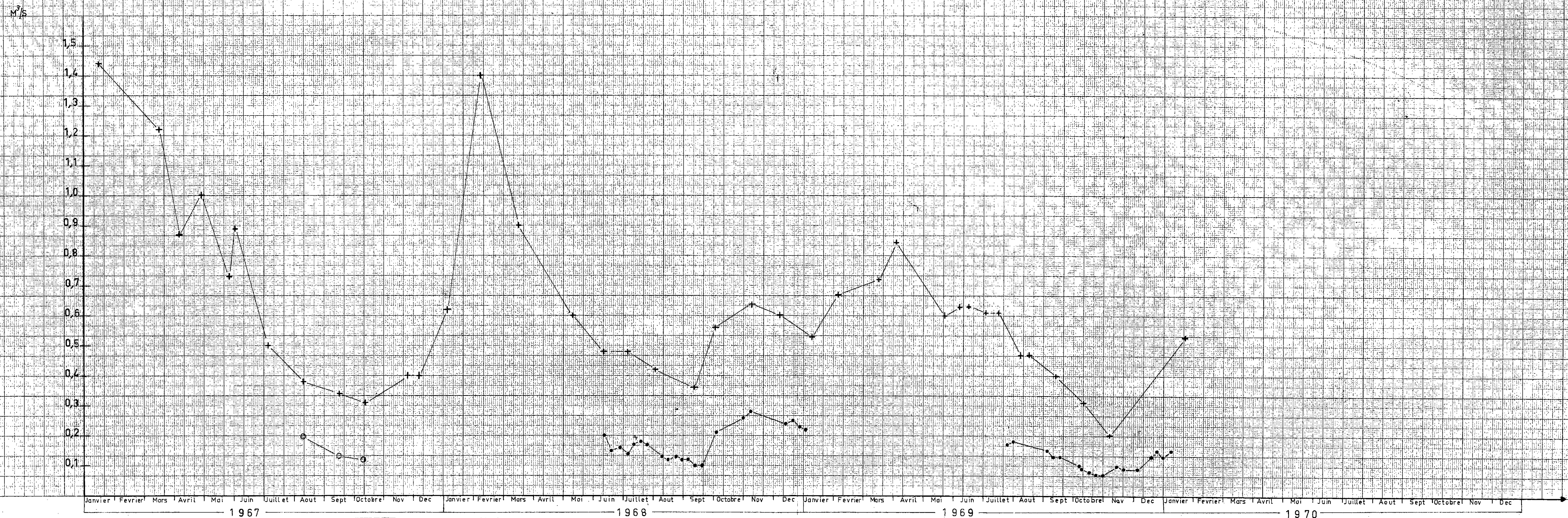
N° RB 703 / B.0095
70 SGN / 131.NPA

Courbes chronologiques des débits
mesurés aux points suivants :

La TRAXENNE à FRUGES n° 415 (•••)
(BV 29 km²)

La TRAXENNE à FRUGES n° 42 (°°°)
(la tannerie) (BV 37,5 km²)

La TRAXENNE à LUGY n° 50 (+ +)
(BV 41,4 km²)



DOUAI, LE : 6 Mai 1970

Dessiné par : P. SANCHEZ

Approuvé par : M. DUROUSSEAU

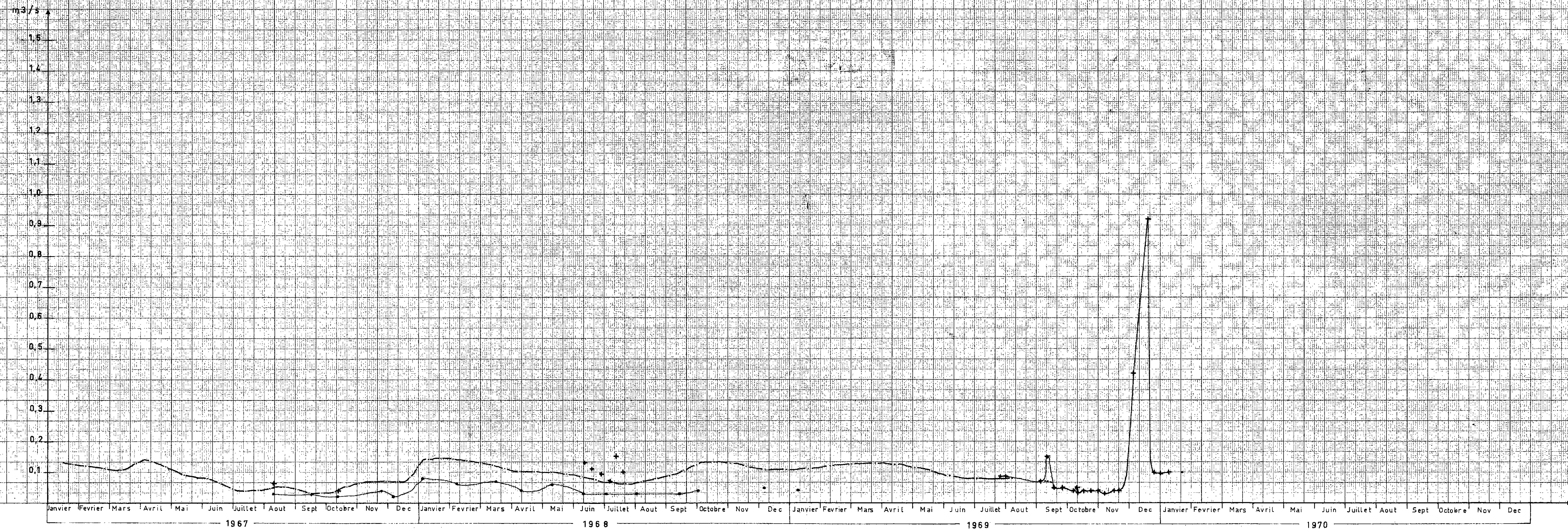
N° RB 70-3/B.0097
70.SGN/131.NPA

Courbes chronologiques des débits
mesurés aux points suivants :

— La LYS à LISBOURG n°10 (— — —)
(BV 18,2 Km²)

— La LYS à VERCHIN n°13 (+++)
(BV 27,3 Km²)

— La TRAXENNE à COUPELLE-VIEILLE
(source de l'église D. 155) n°20 (-o-)



DOUAL, LE : 6 Mai 1970

Dessiné par : P. SANCHEZ

Approuvé par : M. DUROUSSEAU

N° R.B. 70-3/B.0096
70 SGN/131.NPA

COUPELLE
-
VIEILLE

L/s

Corrélation entre les débits mesurés
à la station de Fruges (trax n°415)
et la station de Coupelle Vieille n°34

150

00

50

0

50

100

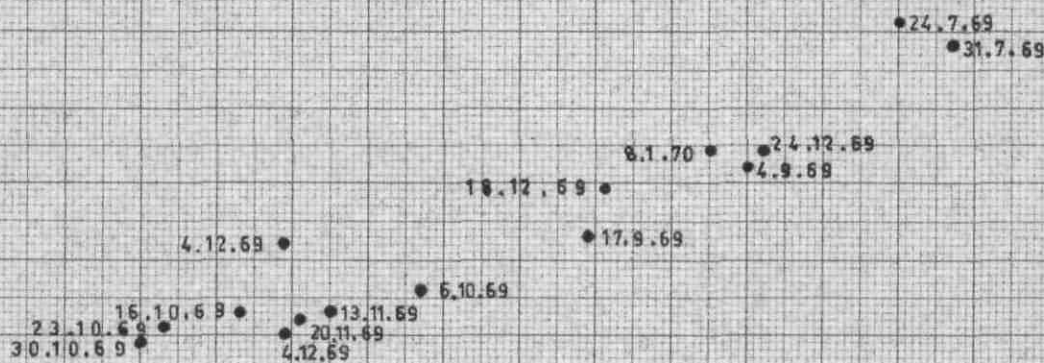
150

200

250

L/s

TRAXENNE FRUGES 415



PSANCHEZ 6 Mai 70 E.0240

VERCHIN 13

M3/S

Corrélation entre les débits mesurés à la station
de Coupelle-Vieille (traxenne n°34)
et la station de Verchin (Lys n°13)

0,15

0,10

0,05

0

0,05

0,10

0,15

COUPELLE-VIEILLE 34

M3/S

Jaugeages perturbés
à la station de VERCHIN

24.12.69
8.1.70
18.12.69
24.7.69
7.8.69
31.7.69

4.9.69

11.9.69

10.9.69

17.9.69

25.9.69

6.10.69

13.11.69

16.10.69

10.10.69

6.11.69

23.10.69

30.10.69

20.11.69

9.10.69

P.SANCHEZ | 6 Mai 70 | E.0236

VERCHIN 13 L/S

Corrélation entre les débits mesurés
à la station de Fruges (trax. n° 415)
et la station de Verchin (Lys n° 13)

