

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

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

LES PERTES DU SEREIN DANS LE BATHONIEN

(Yonne)

Expérience B.R.G.M. d'été 1970

par

R. CAMART - J. CAMPINCHI - G. RAMPON



Service géologique régional

BASSIN DE PARIS

65, rue du général Leclerc 77-BRIE-COMTE-ROBERT

Tél. 405-01-46

70 SGN 261 BDP

septembre 1970



- R E S U M E -

L'expérience par coloration et jaugeage des pertes du Serein entre Tormancy et Cours, entreprise par le B.R.G.M. de juin à août 1970, pour le compte de la Préfecture du département de l'Yonne sous le contrôle de la Direction de l'Agriculture du département de l'Yonne a vérifié et appuyé quantitativement les études antérieures.

A la fin des hautes eaux et au début des basses eaux, au minimum, la moitié des pertes du Serein se dirigent vers Vermenton dans la vallée de la Cure. Le reste retourne au Serein à Clavisy et Perrigny.

Les sources de Vermenton et le lavoir de Perrigny bénéficient d'un apport extérieur qui représente au minimum les 3/5 de leur débit total. Le Bouillon de Clavisy est entièrement réalimenté par les pertes du Serein.

Les pertes du Serein traversent tous les terrains allant du Bathonien moyen et supérieur à la base de l'Oxfordien supérieur. D'une part elles courtcircuient le Serein suivant en grande partie des accidents tectoniques repérés ; de l'autre, il est possible qu'elles suivent le pendage de l'auréole jurassique, puis à mi-parcours bifurquent vers le S.W. en suivant grossièrement la faille de Mailly-le-Château.

Les paramètres des pertes sont résumés dans le tableau ci-dessous :

RESURGENCES	LONGUEUR DES TRAJETS km	DUREE MINIMUM DES PARCOURS en jours	VITESSES DES PERTES en m/j	
CLAVISY	7,6 ## minimum	5	minimum 300	moyenne 1000 + 40 %
PERRIGNY	9,5 ## minimum	11		
VERMENTON	23 minimum	15		

L'incidence de la suppression des pertes du Serein sur les diverses émergences ci-dessus n'était pas gênante durant les mois de juin à août 1970 ; mais comme le montrent les différences des résultats de l'étude B.R.G.M. avec l'expérience du 19 octobre 1954 réalisée par M. MAZOIT, il faudrait réaliser une nouvelle expérience analogue en étiage pour savoir s'il est possible de colmater de manière définitive, toutes les pertes du Serein, sans gêner les utilisations des points d'eau alimentés par celles-ci.

- S O M M A I R E -

TEXTE

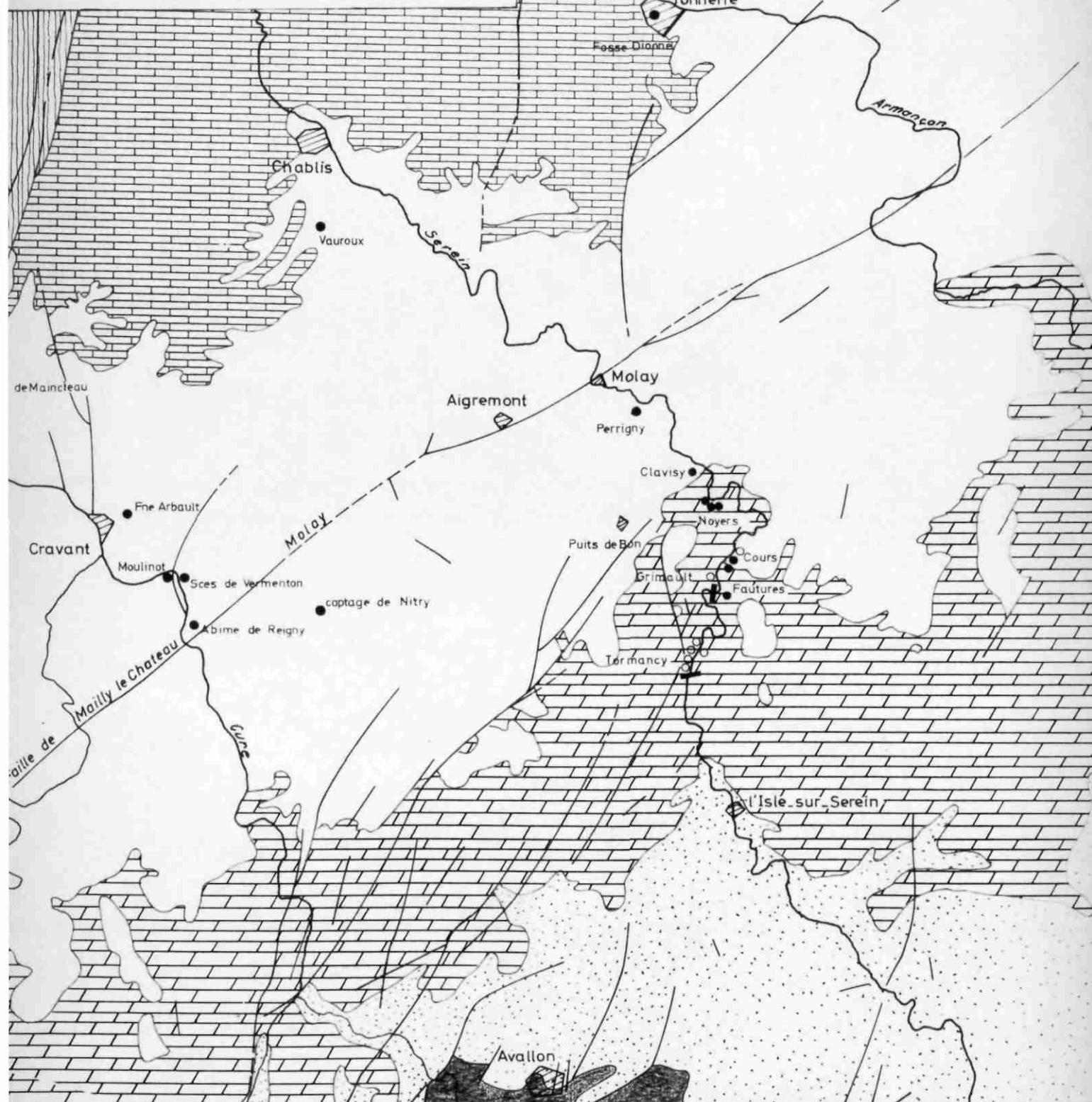
	Pages
RESUME	
1 - OBJET DE L'ETUDE	2
2 - REPERAGE DES GOUFFRES ABSORBANTS - CHOIX DES RESURGENCES A SURVEILLER ..	3
3 - ESTIMATION DES DEBITS ABSORBES ET EMIS	6
4 - CARACTERES PHYSICOCHEMICHES DES EAUX ABSORBEES ET EMISES	8
5 - EXPERIENCE DE COLORATION	12
51 - Injection des colorants et surveillance des émergences	12
52 - Etudes des concentrations des colorants aux émergences	12
53 - Renseignements hydrogéologiques apportés par l'expérience de coloration	17
531 - Emergences alimentées ou non par les pertes du Serein	17
532 - Trajets karstiques entre les pertes du Serein et les différentes émergences qu'elles alimentent	17
533 - Durée des trajets karstiques entre les pertes du Serein et les différentes émergences qu'elles alimentent	18
534 - Fourchette des vitesses des flux karstiques	19
6 - ESTIMATION QUANTITATIVE DE L'ALIMENTATION, PAR LES PERTES DU SEREIN, DES DIVERSES EMERGENCES - APPORTS EXTERIEURS	22
7 - CONCLUSIONS	25
71 - Vérification des études précédentes	25
711 - Analogies	25
712 - Différences	25
72 - Apports complémentaires de la présente étude	26
73 - Incidences de la suppression des pertes du Serein sur les diverses résurgences	29

PLANCHES

Planche 1 - Situation des gouffres absorbants et des émergences suivies (expérience B.R.G.M. de juin 1970) Carte géologique 1/200.000 ..	1
Planche 2 - Quelques exutoires surveillés durant l'expérience B.R.G.M. Photos	4
Planche 3 - Le Serein en amont et en aval des pertes (photos)	5
Planche 4 - Analyses physicochimiques des eaux perdues et émises (diagramme)	10
Planche 5 - Préparation et injection des colorants - Etude des concentrations (photos)	11
Planche 6 - Planning de l'expérience de coloration - durée de réapparition des colorants	13
Planche 7 - Exemple d'évolution des concentrations en fluorescéine (eau) (diagramme)	15

Planche 8 - Evolution des concentrations au Bouillon de Clavisy (eau + capteurs) (fluorescéine)	16
Planche 9 - Comparaison des résultats des colorations effectuées par M. MAZOIT et le B.R.G.M. - carte au 1/200.000	27
Planche 10 - Répartition des pertes du Serein et apports extérieurs - Paramètres des pertes	28

Expérience B.R.G.M. de Juin 1970



- Crétacé
- Portlandien Kimméridgien (-Calcaire de Tonnerre)
- Oxfordien (+ Calcaire de Tonnerre)
- Callovien Bajocien Bathonien
- Lias
- Socle cristallin

- Gouffres absorbants
- Emergences suivies
- Jaugeages sur le Serein.

Tracé des failles (réelles et supposées)

Pendage des terrains (2 %) vers le NW ou le NNW

Echelle 1/200.000

1 - OBJET DE L'ETUDE

Monsieur le Préfet du département de l'Yonne par le marché de gré à gré du 10 juin 1970, a chargé le B.R.G.M. (S.G.R. Bassin de Paris) d'exécuter une étude des pertes du Serein entre Tormancy et Cours, par une expérience de coloration, des jaugeages et des analyses physicochimiques d'eau.

Le but de cette étude est le suivant :

- a) vérifier et compléter quantitativement les expériences antérieures (cf. annexe : Rappel des éléments du rapport 69 SGL 245 BDP : Etude bibliographique des phénomènes karstiques du Jurassique de l'Yonne),
- b) déterminer les incidences éventuelles de la suppression de ces pertes sur les émergences qu'elles alimentent.

Ces études ont été réalisées sous le contrôle de la Direction départementale de l'Agriculture de l'Yonne, et effectuées en relation avec le S.R.A.E. de Bourgogne, le C.E.R.A.F.E.R. d'Antony, l'Agence financière de bassin "Seine-Normandie" et la 1ère Circonscription électrique, M. MAZOIT, Ingénieur au Service de contrôle des eaux de la Ville de Paris.

2 - REPERAGE DES GOUFFRES ABSORBANTS - CHOIX DES RESURGENCES A SURVEILLER

La carte (planche 1) ci-jointe, donne la position début juin 1970, des gouffres absorbants, noyés et émissifs entre Tormancy et Cours ainsi que des 20 points d'eau suivis (2 puits - Le Serein en amont des Fautures - 17 sources). Le choix de ces 20 points se fit pour suivre toutes les émergences reconnues par M. MAZOIT, ainsi que toutes celles en relation possibles avec les pertes du Serein d'après les études hydrologiques antérieures ou ayant une cote inférieure aux pertes dans un rayon de 28 km dans le sens aval de la "pente" de la nappe.

Sur la planche 2, nous donnons des photos de quelques unes des émergences surveillées. Ces émergences sont situées soit sur le Serein en aval des gouffres absorbants, soit sur la Cure, près de l'Yonne, près de l'Armançon, ainsi que dans les vallées des rus de Sacy et de Vaucharme.

En annexe, pour chaque point ou groupe de points étudiés figurent un plan de situation au 1/25.000 ainsi qu'un tableau récapitulatif des divers renseignements topographiques ou hydrogéologiques connus les concernant.

QUELQUES EXUTOIRES SURVEILLÉS
DURANT L'EXPÉRIENCE B. R. G. M.



1 - Source de Mainciau



2 - Bouillon de Clavisy



3 - Étang du Moulinot



4 - Source des Fautures

LE SEREIN EN AMONT ET EN AVAL DES PERTES



5 - Le Serein au pont de l'Isle/Serein



6 - Le Serein au pont de Cours

3 - ESTIMATION DES DEBITS ABSORBES OU EMIS

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats des jaugeages réalisés sur le Serein et les diverses émergences suivies. L'évolution des débits durant l'expérience est notée sur ce tableau.

Au moment de l'injection, les pertes du Serein entre Tormancy et Cours peuvent être estimées à 1 m^3 environ, dont le quart passait par le gouffre de Tormancy rive droite, et le 1/10 par celui de Grimault. Le reste soit $0,655 \text{ m}^3/\text{s}$ disparaissait dans les gouffres de Tormancy rive gauche n° 1 ($0,010 \text{ m}^3/\text{s}$), rive gauche n° 2 (0,003) et surtout dans ceux de Tormancy rive gauche n° 3 et rive gauche n° 4 noyés, de Cours aval (noyé) ainsi que dans le lit même du Serein.

Sur la planche 3, en comparant le Serein à l'Islesur-Serein et à Cours (lit envahi par les plantes aquatiques), nous pouvons avoir une idée des pertes du Serein.

Le débit des résurgences de la région de Vermenton du 22 juin au 15 juillet 1970, période pendant laquelle la fluorescéine est ressortie est environ de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Puisque, comme nous le verrons par la suite, une partie des pertes du Serein (moyenne $10,7 \text{ m}^3$) est aussi remontée au Bouillon de Clavisy entre le 14 juin et le 9 juillet 1970 et au lavoir de Perrigny entre le 20 juin et le 13 juillet 1970, nous pouvons d'ores et déjà conclure que les sources de Vermenton ne sont pas uniquement réalimentées par les pertes du Serein.

En annexe, nous donnons les méthodes de jaugeages utilisées, un exemple de calcul de débit, ainsi que les variations de débit (9 juin au 22 juin 1970) du Serein à l'Isle-sur-Serein.

MESURES DE DEDIT (l/s) SUR LE SEREIN ET LES EMERGENCES SUIVIES

NOM	3 et 4.6.1970	10.6.1970	16.6.1970	22.6.1970	29.6.1970	23.7.1970
<u>SEREIN</u>						
ISLE-SUR-SEREIN	1100	1060	860	1180	1010	"320"
TORMANCY		1,181				
AMONT DES FAUTURES (I)		266		618	133	Impossible à jauger - pas de courant
<u>GOUFFRES ABSORBANTS</u>						
TORMANCY Rd.	(250)	(250)				(50)
" Rg.1	(10)	(10)				(3)
" rg.2	(3)	(3)				sec
" rg.3	noyé	noyé				50
" rg.4	noyé	noyé				même cote que le Serein
GRIMAUT					100	à sec
COURS AVA	niveau d'eau à 10 cm sous celui du Serein	idem				presqu'à sec
<u>EMERGENCES</u>						
A. Moulinot	(400)	549		594	500	401
B. Captage de Vermenton (trop plein) Q utilisé = 38 l/s	(150)	63		89	59	91
C. Fontaine ronde de Vermenton	20			16	jaugeage impossible (dérivation)	46
D. Petit lavoir de Vermenton	(20)	77		83	31	69
E. Grand lavoir de Vermenton	(300)	508		404	651	167
F. Abime de Reigny	265			353	195	175
H. Sources des Fautures (trop plein) + venues amont	(30)	(50)		(75)		(30)
J. Gouffre Cours aval		Emissif		Emissif	Emissif	Absorbant
K. Gouffre Cours médian		Emissif		Emissif	Emissif	Absorbant
L. Captage de Noyers (trop plein)		6		7,5	7	5
M. Petit lavoir de Noyers		28		15	18	4
N. Grand lavoir de Noyers		38		35	23	27
O. Bouillon de Clavisy	383		(178)	886	549	70
P. Lavoir de Perrigny	(80)	(50)		(90)		(25)
Q. Fosse Dionne à Tonnerre		180		130	75	50
S. Source de Mainciau	(5)	(5)		(5)		
T. Fontaine d'Arbault à Cravant	(75)	69		101	82	30

() débit estimé

4 - CARACTERES PHYSICOCHEMICHES DES EAUX ABSORBEES ET EMISES

Toutes les émergences ainsi que le Serein en amont des Fautures ont été analysées. Les 20 analyses ont porté sur les caractères physicochimiques des eaux (résistivité, ph, température, ions majeurs, éléments en trace).

En annexe, pour chaque point étudié, nous avons reporté les résultats des analyses sous forme de tableau. La planche 4 synthétise tous les résultats, donne l'enveloppe des mesures et compare l'eau du Serein, du captage de Vermenton et du Bouillon de Clavisy.

Notons que dans l'ensemble, tous les points d'eau analysés appartiennent à la même famille (bicarbonatée (357,6 à 170,6 mg/l), calcique (116 à 64 mg/l), ph basique (7,3 à 8,2) avec présence parfois notable de plomb (0,07 mg/l), zinc (0,058 mg/l) et surtout cuivre (0,56 mg/l)). Dans le détail, les eaux sont cependant différentes : exemple - teneurs en silice et en nitrates.

Les eaux des diverses émergences sont légèrement plus minéralisées que celles du Serein. Elles ont un ph et des teneurs en Na - K - F plus faibles, des teneurs en CO_3 , Ca, Mg, SiO_2 plus fortes.

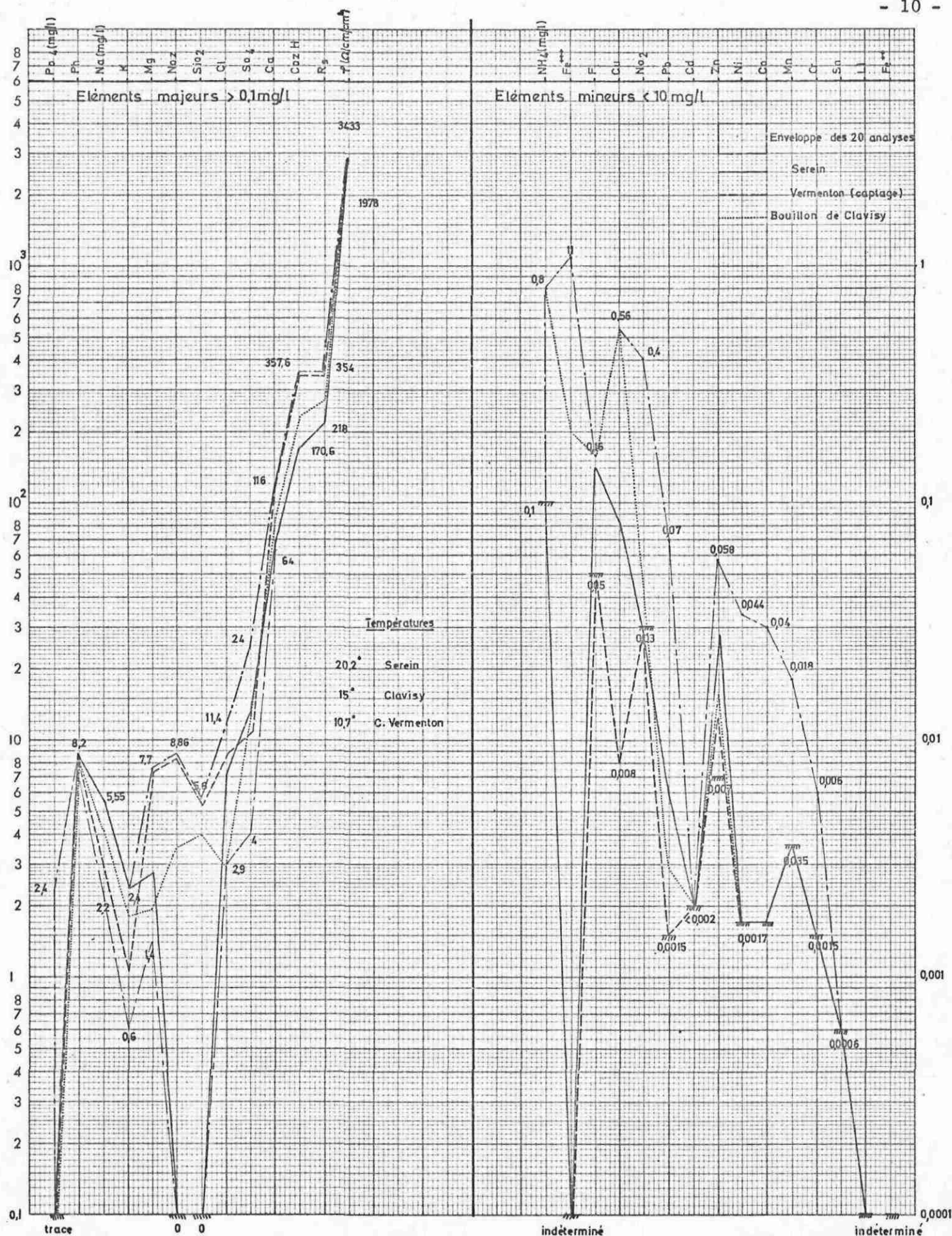
Ceci peut être dû soit à une dissolution des terrains traversés le long des parcours karstiques éventuels, entre les pertes et les résurgences, soit à des apports extérieurs.

L'eau du Bouillon de Clavisy est celle qui se rapproche le plus de l'eau du Serein après celle des Fautures.

Le groupe des émergences de la Cure présente des teneurs plus fortes en CO_3 , Ca, Mg, SiO_2 que les autres groupes d'émergences.

Il n'y a pas de grandes différences entre des émergences voisines colorées ou non par la fluorescéine - exemple : Abîme de Reigny - Vermenton.

En résumé, les analyses réalisées montrent qu'à l'époque de l'expérience, les différences de composition entre les eaux du Serein (écoulements du granite, du Lias et de la base du Jurassique moyen) et celles des émergences (écoulement du Jurassique moyen et supérieur) sont peu importantes : ce qui ne permet pas de caractériser les relations entre eaux de surfaces infiltrées et eaux souterraines.



PRÉPARATION ET INJECTION DES COLORANTS

ÉTUDE DES CONCENTRATIONS



7 - Préparation de la Rhodamine à
Brie-Comte-Robert



8 - Injection de la Fluorescéine dans
le gouffre n°1 de Tormancy rive gauche



9 - Le gouffre de Tormancy rive droite dans
lequel fut injecté la Rhodamine



10 - Fluorimètre Turner et laboratoire d'étude des concentrations

5 - EXPERIENCE DE COLORATION

51 - INJECTION DES COLORANTS ET SURVEILLANCE DES EMERGENCES

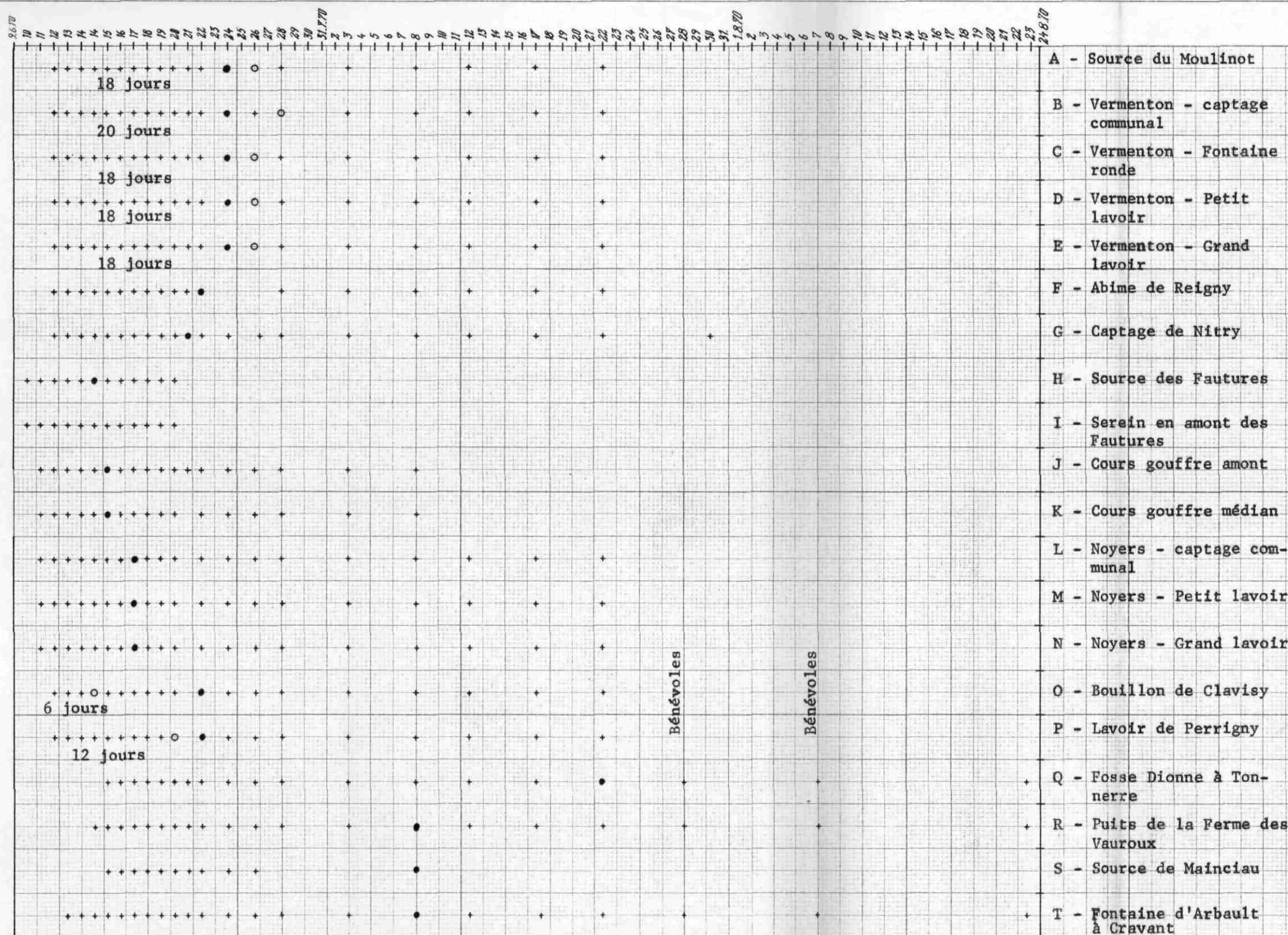
L'injection des colorants s'effectua le 9 juin 1970 : 30 kg de fluorescéine dans les gouffres de Tormancy n° 1 et 2 rive gauche ; 1 kg de Rhodamine B dans celui de la rive droite. Les photos de la planche 5 illustrent la préparation des colorants et leur injection.

Des capteurs au charbon actif et des prélèvements d'eau permirent la surveillance étroite des 20 points étudiés pendant près de 3 mois. Le tableau de la planche 6 indique, entre autres renseignements, le rythme des prélèvements.

En annexe, nous donnons quelques précisions sur l'estimation à priori des poids de colorant à injecter, sur les considérations d'établissement du planning de prélèvements, sur la mise en place et la récupération de l'eau et des capteurs, sur la composition des capteurs, ainsi qu'un modèle de fiche établie pour la mise en place et le relevé des échantillons indicateurs.

52 - ETUDES DES CONCENTRATIONS DES COLORANTS AUX EMERGENCES

En premier lieu, une estimation grossière des concentrations fut effectuée à l'oeil nu à l'émergence ou sur des prélèvements d'eau. Cette estimation fut ensuite affinée par une comparaison avec des liqueurs étalon, enfin



précisée au fluorimètre (cf. planche 5). Cet appareil nous a permis non seulement d'étudier les concentrations en fluorescéine dans l'eau, mais aussi dans les éluats de la solution alcoolique de potasse qui permet de récupérer les colorants fixés sur les capteurs au charbon actif. L'étude de la rhodamine donnant des résultats abhorrants fut rapidement abandonnée.

Les planches 7 et 8 donnent des exemples d'évolution des concentrations dans le temps. Sur la planche 7 (évolution de la concentration de la fluorescéine dans l'eau), nous montrons 2 émergences colorées (Bouillon de Clavisy - captage de Vermenton) et une qui ne l'est pas (captage de Noyers).

Sur la planche 8, nous comparons (Bouillon de Clavisy) l'évolution des concentrations de la fluorescéine dans l'eau et les éluats.

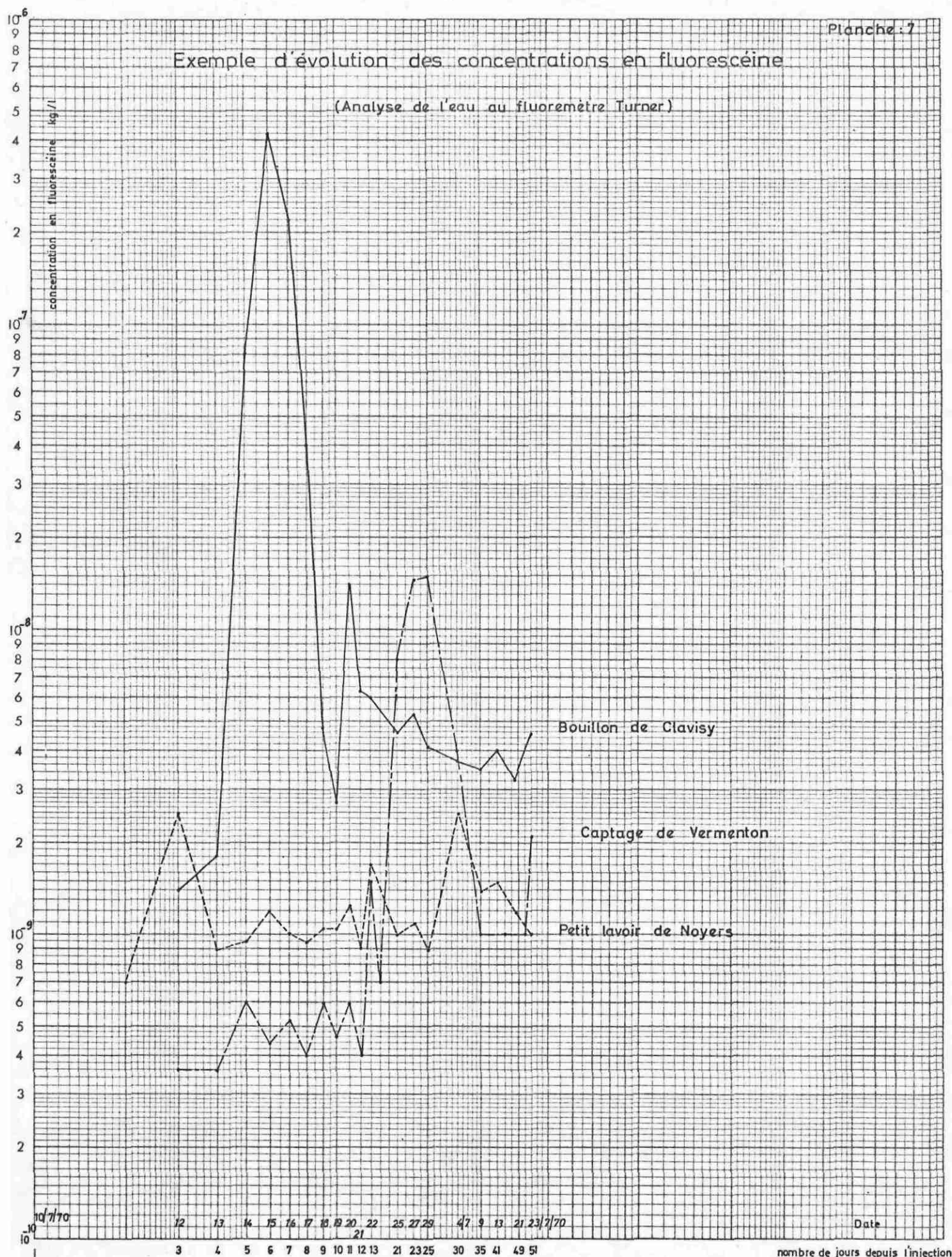
C'est à Clavisy que la concentration maximum en fluorescéine dans l'eau est la plus forte $4,2 \cdot 10^{-7}$ kg/l ; puis à Perrigny et au captage de Vermenton $1,5 \cdot 10^{-8}$ kg/l, au grand lavoir de Vermenton $1,2 \cdot 10^{-8}$ kg/l, à la fontaine ronde et au petit lavoir de Vermenton 10^{-8} g/l, enfin au Moulinot ($8,8 \cdot 10^{-9}$ kg/l).

En annexe, nous développons les modalités de détermination des concentrations au fluorimètre : nous insistons sur les précautions prises pour l'étude des échantillons ; nous mettons en évidence les règles qui nous assurent qu'une émergence est colorée ; comparons les concentrations en fluorescéine de l'eau et des éluats, et les diverses méthodes de détection de la fluorescéine utilisées ; enfin nous donnons pour chaque point étudié, les diagrammes d'évolution des différentes concentrations.

Planche : 7

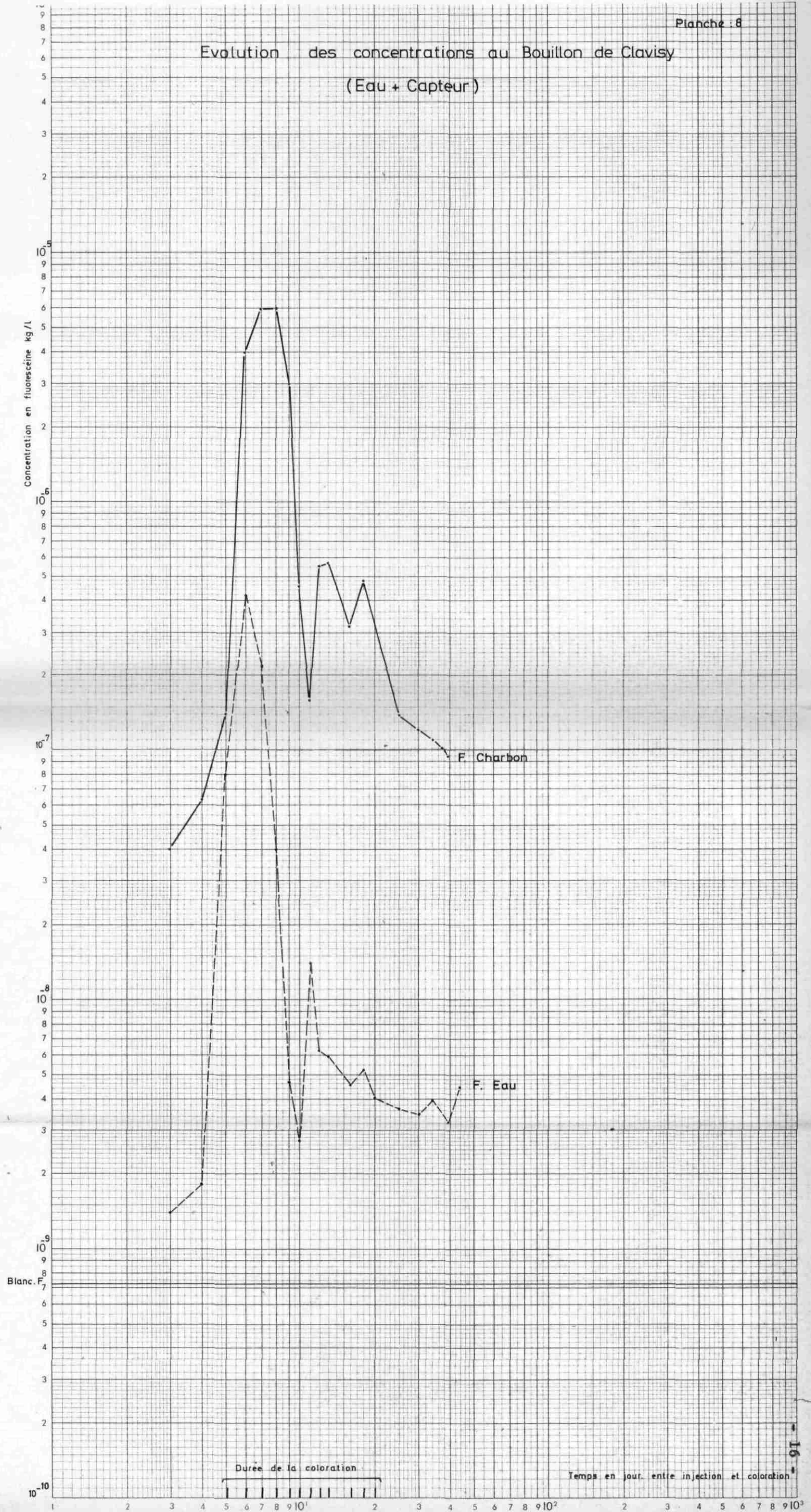
Exemple d'évolution des concentrations en fluorescéine

(Analyse de l'eau au fluoremètre Turner)



nombre de jours depuis l'injection

Evolution des concentrations au Bouillon de Clavisy
(Eau + Capteur)



53 - RENSEIGNEMENTS HYDROGEOLOGIQUES APPORTES PAR L'EXPERIENCE DE COLORATION

531 - Emergences alimentées ou non par les pertes du Serein

Les pertes du Serein entre Tormancy et Cours résurgent d'une part dans la vallée de cette rivière à Clavisy et Perrigny, d'autre part dans la vallée de la Cure à Vermenton.

A cette époque de l'année, il n'y a pas de relation entre ces pertes et la vallée du Serein en amont de Clavisy, avec la vallée de la Cure excepté à Vermenton, la vallée de l'Yonne, celle de l'Armançon, du ru de Sacy et de celle de Vaucharme.

Insistons sur la non coloration de la source des Fautures, malgré la composition chimique de l'eau, analogue à celle du Serein.

532 - Trajets karstiques entre les pertes du Serein et les différentes émergences qu'elles alimentent.

Pour Clavisy et Perrigny, le trajet en ligne droite suivant la direction tectonique SSE-NNW est possible. Les longueurs des parcours seraient donc respectivement au minimum de 6.500 m à 9.500 m.

Pour Vermenton, le tracé ne peut être la ligne droite, car le captage de Nitry situé sur ce parcours n'a pas été influencé, de plus il n'y a pas d'analogie avec la tectonique du karst et le pendage des terrains. La longueur du tracé est donc supérieure à 19 km.

Remarque : Le tracé proposé par M. MAZOIT paraît plus vraisemblable : les pertes se dirigeraient vers Aigremont en direction NW sur 11 km, buteraient sur la faille de Mailly-le-Château - Molay, puis sur 12 km en direction du SW gagneraient Vermenton. Il faudrait cependant admettre dans ce cas que

les pertes ne suivent pas exactement le tracé de la faille de Mailly-le-Château puisque l'Abîme de Reigny n'a pas été coloré. Le tracé Aigremont-Vermenton n'est cependant pas impossible puisqu'il reste bien dans l'une des directions tectoniques privilégiée. Soulignons que dans cette hypothèse la faille de Mailly-le-Château ferait bien obstacle à la poursuite du flux en direction Aigremont-Chablis puisque le puits de Vauroux n'a pas été coloré.

Notons aussi que le cheminement du flux entre Aigremont et Vermenton serait précis puisque ni l'Abîme de Reigny, ni la Fontaine d'Arbault à Cravant n'ont été colorés.

Enfin, signalons que le tracé de M. MAZOIT n'est pas incompatible avec "le gradient de la nappe". En effet, une estimation de la cote de la nappe d'après Tormancy et Vauroux donne pour Aigremont 158 m. Cette cote est inférieure à celle de Tormancy 184 m et supérieure à celle de Vermenton égale à 115 m.

Cependant pour être certain que le trajet proposé par M. MAZOIT est vraiment celui suivi par le flux karstique il faudrait que nous ayons à proximité d'Aigremont un point d'eau valable et que celui-ci ait été coloré. N'ayant pas de tel point d'eau, nous ne pouvons qu'estimer que la longueur du tracé est supérieure à 19 km.

533 - Durée des trajets karstiques entre les pertes du Serein et les différentes émergences qu'elles alimentent

Le tableau ci-dessous donne pour Vermenton, Clavisy et Perrigny, les durées entre l'injection de la fluorescéine à Tormancy et les premières apparitions de la fluorescéine, les pics maximum de coloration et les disparitions de la fluorescéine, soit :

RESURGENCES	DUREE EN JOURS ENTRE INJECTIONS ET APPARITIONS		
	1ère apparition	Pic maximum	Disparition
CLAVISY	5	6	20
PERRIGNY	11	12	25
VERMENTON	15	19	30

C'est pour Clavisy que les différentes durées sont les plus courtes, puis pour Perrigny, enfin pour Vermenton.

Les durées des colorations des 3 groupes d'émergences sont voisines : (14 ou 15 jours). Le temps séparant la 1ère apparition de la fluorescéine du pic maximum est plus long à Vermenton (4 jours) qu'à Perrigny et Clavisy (1 jour). Le temps séparant les pics des disparitions sont plus courts à Vermenton (11 jours) qu'à Perrigny (13 jours) et Clavisy (14 jours).

534 - Fourchette des vitesses des flux karstiques

Avec les longueurs des tracés karstiques et les durées ci-dessus, nous pouvons donner des vitesses moyennes possibles ainsi qu'une fourchette des vitesses des flux karstiques pour Clavisy, Perrigny et Vermenton, soit :

RESURGENCES	VITESSES EN METRE/JOUR		
	Vitesse minima Vm (1)	Vitesse moyenne possibles VM (2)	Vitesse maxima V.Max. (3)
CLAVISY	$\frac{6500}{20} = 325$	$\frac{6500}{6} = 1083$	$\frac{6500}{5} = 1300$
PERRIGNY	$\frac{9500}{25} = 380$	$\frac{9500}{12} = 792$	$\frac{9500}{11} = 864$
VERMENTON	$\frac{19000}{30} = 633$	$\frac{23000}{19} = 1219$	$\frac{23000}{15} = 1533$

$$(1) V_m = \frac{\text{Longueur minima des tracés}}{\text{Durée entre injection à Tormancy et disparition de la fluorescéine aux émergences}}$$

$$(2) V_M = \frac{\text{Longueur possible des tracés}}{\text{Durée entre injection à Tormancy et apparition aux émergences du pic maximum de la fluorescéine.}}$$

$$(3) V_{\text{Max}} = \frac{\text{Longueur possible des tracés}}{\text{Durée entre injection à Tormancy et lère apparition de la fluorescéine}}$$

Les vitesses minima sont certaines, les valeurs les plus fortes sont inférieures aux vitesses maxima possibles puisque nous ne pouvons pas définir un terme maximum pour les longueurs des tracés.

En résumé, comme le montre le schéma récapitulatif ci-dessous :

- d'une part, si nous estimons que les tracés choisis pour les 3 groupes d'émergences sont les plus probables, la vitesse moyenne pour Vermenton (1.210 m/j) serait légèrement supérieure à celle de Clavisy (1.083 m/j) et bien plus forte que celle de Perrigny (792 m/j),
- de l'autre, si nous pensons que ces tracés ne sont pas assez surs, nous pourrions admettre cependant que les vitesses moyennes pour Clavisy, Perrigny et Vermenton sont voisines et comprises entre 633 et 1.300 m/j, puisque les 3 fourchettes se recoupent suivant ces valeurs, et au minimum de 333 m/j à Vermenton, 380 m/j à Perrigny et 325 m/j à Clavisy.

CALCUL DES POIDS DE FLUORESCEINE RESSORTIE DANS LES DIFFERENTES EMERGENCES

RESURGENCES	Débit moyen l/s	Durée de la coloration sec.	Volume litre	Concentra- tion moyenne Kg/l	Poids en fluorescéine Kg.
MOULINOT	500	13.10 ⁵	65.10 ⁷	5,5.10 ⁻⁹	3,6
CAPTAGE VERMENTON	110	"	14.10 ⁷	8.10 ⁻⁹	1,1
PETIT LAVOIR VER- MENTON	55	"	7.10 ⁷	7.10 ⁻⁹	0,5
GRAND LAVOIR VER- MENTON	470	"	60.10 ⁷	6.10 ⁻⁹	3,6
FONTAINE RONDE VERMENTON	30	"	4.10 ⁷	7.10 ⁻⁹	0,3
TOTAUX VERMENTON	<u>1165</u>				<u>9,1</u>
BOUILLON DE CLAVI- SY	675	13.10 ⁵	90.10 ⁷	25.10 ⁻⁹	22,5
LAVOIR DE PERRIGNY	65	12.10 ⁵	8.10 ⁷	7.10 ⁻⁹	0,6
TOTAUX CLAVISY- PERRIGNY	<u>740</u>				<u>23,1</u>
TOTAUX GENERAUX	<u>1905</u>				<u>32,2</u>
1000 l/s débit des pertes au moment de l'injection					30 kg - Poids de fluorescéi- ne réellement injecté.

6 - ESTIMATION QUANTITATIVE DE L'ALIMENTATION, PAR LES PERTES DU SEREIN,
DES DIVERSES EMERGENCES - APPORTS EXTERIEURS

Cette estimation peut être envisagée puisque nous pouvons calculer approximativement les volumes d'eau colorés par la fluorescéine des différentes résurgences, les concentrations en fluorescéine durant le temps de coloration et que nous connaissons le poids de fluorescéine injectée.

Le tableau ci-contre donne les résultats conformes à la probabilité la plus grande, mais le calcul des débits et des concentrations peuvent comporter des erreurs dues aux appareils de mesure et aux interpolations entre mesures. Il est donc nécessaire d'assortir les résultats obtenus de fourchettes. Cependant, il ne faut pas appliquer directement les marges d'erreur, car nous obtiendrions des valeurs de l'ordre de 200 à 300 %. Il existe des relations liant chaque valeur qui permettent de réduire ces marges d'erreur ; ainsi le volume d'eau en provenance des pertes du Serein ne peut pas être supérieur à celui de ces pertes. Le poids calculé de fluorescéine ressortie aux résurgences ne doit pas être très différent du poids injecté. La période de surveillance étant 3 fois plus longue que la durée estimée pour la réapparition des colorants, et la zone surveillée étendue, on peut estimer que toute la fluorescéine injectée à Tormancy est ressortie dans les 7 émergences colorées.

Les débits instantanés sont estimés à 20 % près. Le calcul des débits moyens par extrapolation entre les débits instantanés entraîne une nouvelle approximation de 10 %, les débits moyens du tableau sont donc variables à 30 % près. Comme de plus, le calcul des concentrations moyennes est effectué avec une marge d'erreur de 10 %, les poids de fluorescéine du tableau seront donnés à 40 % près. Nous avons trouvé au total 32,2 kg pour 30 kg, l'estimation globale est donc bonne et confirme la compensation partielle des erreurs.

Ayant calculé les poids partiels à 40 % près, nous pouvons donner pour chaque émergence la valeur moyenne et une fourchette du pourcentage des pertes du Serein qui les réalimentent. Sachant que les pertes totales du Serein sont égales à $1 \text{ m}^3/\text{s} \pm 40 \%$, grâce aux pourcentages ci-dessus, nous pouvons en déduire les 7 débits instantanés (moyenne et fourchette) provenant des pertes (1). Ces débits soustraits des débits globaux (2) à 30 % près nous permettant de calculer l'apport extérieur (3) (Moyenne - fourchette). Le tableau ci-contre récapitule tous ces calculs.

Globalement pour donner des ordres de grandeur plus faciles à retenir, nous pouvons dire :

- en moyenne 2/3 des pertes du Serein retournent au Serein, 1/3 seulement part vers la Cure. Ces chiffres, compte tenu de l'imprécision des mesures, peuvent être respectivement au maximum de 20 % et 80 % au minimum de 50 %,
- le Bouillon de Clavisy est pratiquement alimenté par les seules pertes du Serein,
- le laboir de Perrigny et le groupe des sources de Vermenton bénéficient d'un apport extérieur aux pertes du Serein de 60 % au minimum, 75 % en moyenne et 85 % au maximum.

ESTIMATION QUANTITATIVE DE L'ALIMENTATION DES DIVERSES EMERGENCES PAR
LES PERTES DU SEREIN - APPORTS EXTERIEURS

RESURGENCES	1) débit(1/s) provenant des pertes durant l'apparition de la fluorescéine (à 40 % près)			2) Débit global (1/s) des émergences durant l'apparition de la fluorescéine (à 30 % près)			3) Apports extérieurs (1/s) (2 - 1)		
	- 40 %	Moy.	+ 40 %	- 30 %	Moy.	+30 %	min.	Moy.	max.
<u>VERMENTON</u>		110			500			390	
Moulinot	66		154	350		650	284		496
Captage	18	30	48	77	110	143	59	80	95
Fontaine ronde	6	10	14	21	30	39	15	20	25
Petit lavoir	12	20	28	38	55	72	26	35	44
Grand lavoir	66	110	154	329	470	611	263	360	457
<u>TOTAL VERMENTON</u>	168	<u>280</u>	392	815	<u>1165</u>	1515	647	<u>885</u>	1123
Bouillon de Clavisy	420	700	980	472	675	878	52	0	0
Lavoir de Perrigny	12	20	28	45	65	85	33	45	57
<u>TOTAL CLAVISY+PERRIGNY</u>	432	<u>720</u>	1008	518	<u>740</u>	962	85	<u>20</u>	0
<u>TOTAL GENERAL</u>	600	<u>1000</u>	1400	1333	<u>1905</u>	2477	733	<u>905</u>	1077

7 - CONCLUSIONS

71 - VERIFICATION DES ETUDES PRECEDENTES

711 - Analogies

Les jaugeages exécutés sur le Serein confirment que les pertes du Serein entre Tormancy et Cours sont de l'ordre du m^3/s .

Ni les résurgences à proximité du Serein entre Grimault et Noyers, ni la fosse Dionne à Tonnerre, ni l'Abîme de Reigny sur la Cure, ne sont alimentés par les pertes du Serein.

Les sources de Vermenton sont alimentées par ces pertes. Le trajet du flux karstique proposé par M. MAZOIT entre Tormancy et Vermenton est possible.

La vitesse du flux karstique trouvé par M. MAZOIT pour Vermenton est du même ordre de grandeur que celles que nous avons calculées.

712 - Différences

Les pertes du Serein ne ressortent pas seulement à Vermenton, mais retournent aussi au Serein par le Bouillon de Clavisy et le lavoir de Perrigny.

La Fontaine d'Arbault à Cravant est indépendante des pertes du Serein.

La planche 9 compare les résultats des colorations effectuées par M. MAZOIT et par le B.R.G.M.

72 - APPORTS COMPLEMENTAIRES DE LA PRESENTE ETUDE

Dans le souci d'imager nos résultats, nous présentons ci-contre un série de schémas comparatifs.

Le premier schéma illustre la répartition des pertes du Serein vers la Cure et le Serein ainsi que l'importance des apports extérieurs.

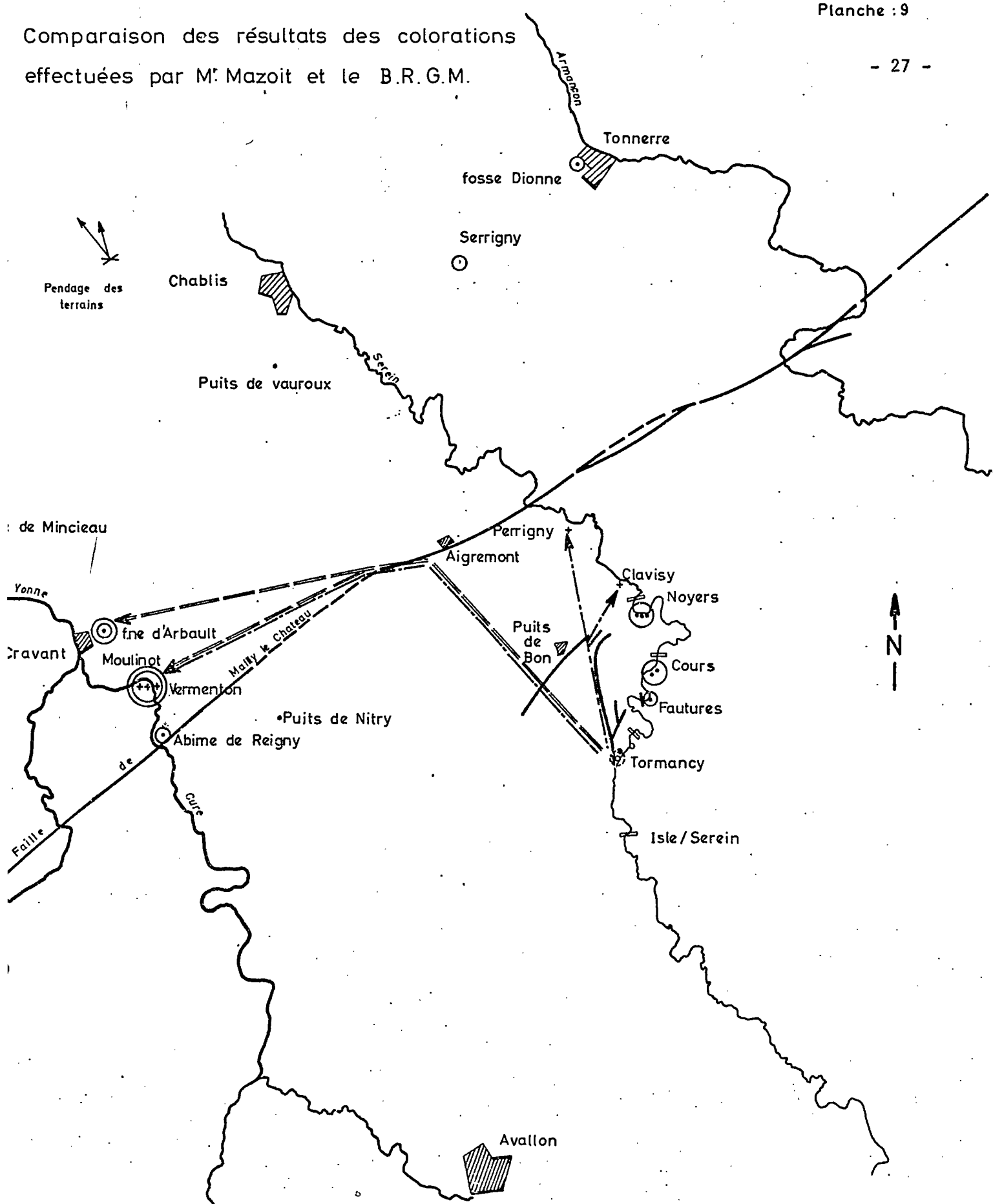
Retenons que 50 % au minimum des pertes du Serein retournent vers cette rivière. Le quart des apports extérieurs est faible pour l'ensemble Perrigny-Clavisy, important pour Vermenton. Dans le détail et pour être plus précis, en nous référant au tableau de la page , on peut dire que le Bouillon de Clavisy est pratiquement uniquement alimenté par les pertes du Serein. Le lavoir de Perrigny et les sources de Vermenton bénéficient d'un apport extérieur qui représente au minimum les 3/5 de l'apport global.

Le deuxième schéma donne pour ces 3 grands groupes d'émergences les durées entre l'injection de la fluorescéine d'une part, et l'apparition, le pic maximum et la disparition du colorant de l'autre.

Le troisième schéma compare les longueurs des trajets minimaux et possibles des pertes vers Clavisy, Perrigny et Vermenton et rappelle les différentes direction (cf. aussi planche 9).

Comparaison des résultats des colorations effectuées par M^r Mazoit et le B.R.G.M.

- 27 -



Légende

coloration M^r Mazoit (19.10.54)

coloration BRGM (10.6.70)

points d'injection du colorant

points d'étude des colorations dans le Serein

Sources ou puits suivis

Emergences colorées

tracés des pertes proposées



Répartition des pertes du Serein.

Apports extérieurs

Paramètres des pertes

Pertes du Serein (600 < 1000 < 1400 l/s)

Schéma n° 1

Répartition des pertes du Serein - Apports extérieurs

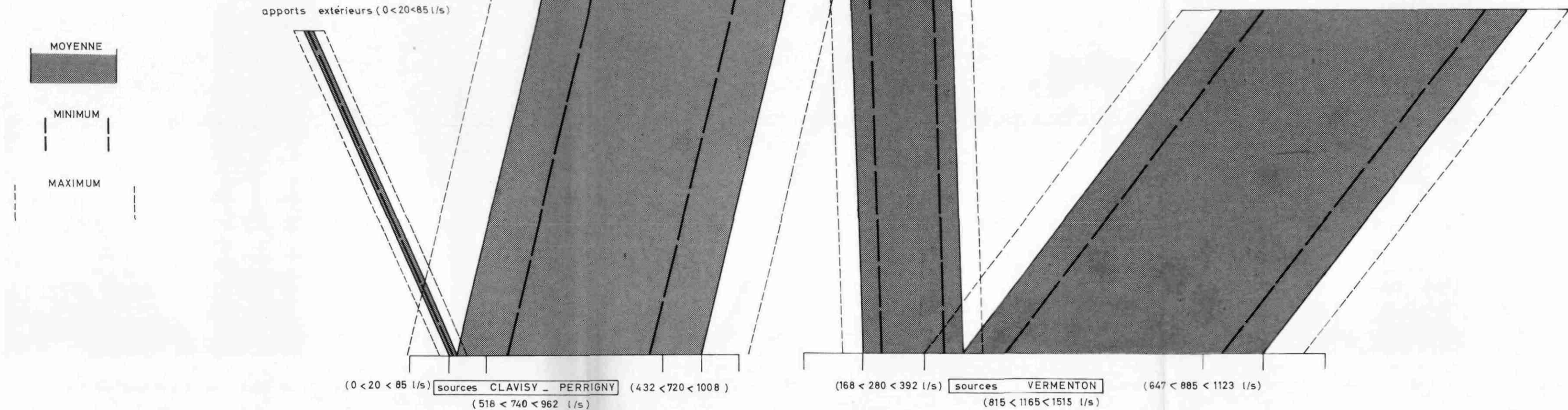


Schéma n° 2

Durées en jours entre injection ●, pic maximum ↑, et disparition de la fluorescence x.

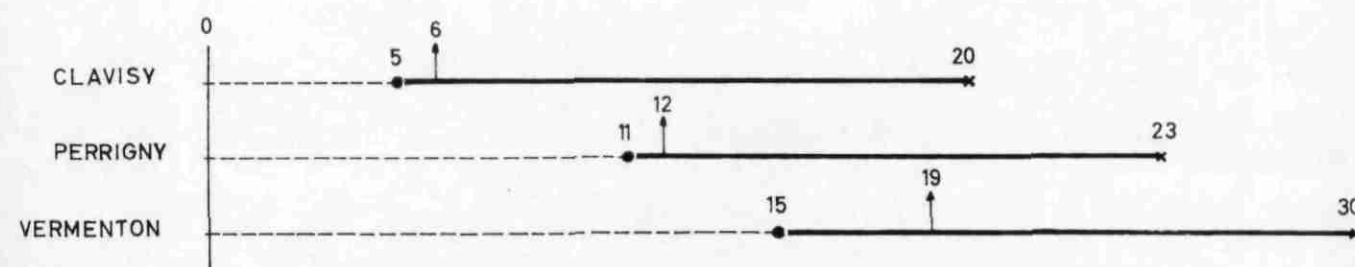


Schéma n° 3

Direction et longueurs des trajets (en km) — minimum, — possible.

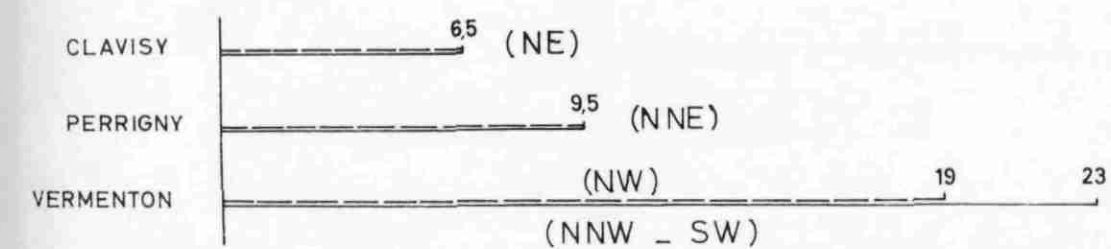
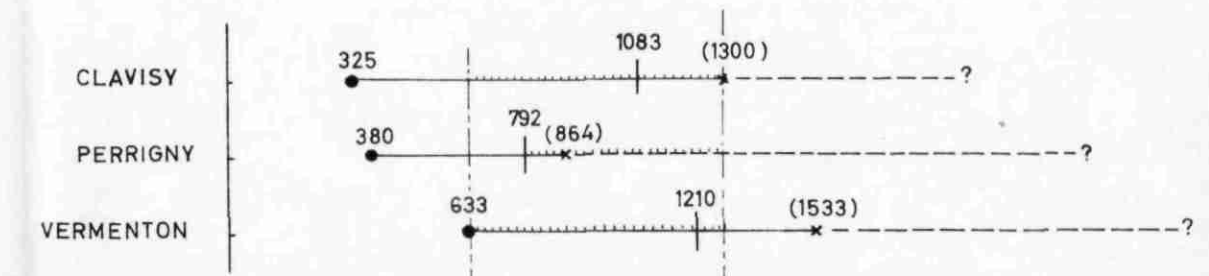


Schéma n° 4

Vitesses du flux karstique en (m/jour) ● minima certain, (x) valeur inf. au maxima, — moyenne possible, — fourchette de la moyenne.



Enfin, la quatrième illustration montre que les vitesses minima du flux karstique ne sont pas inférieures à 300 m/jour, les vitesses moyennes probables voisines de 1.200 m/jour (Vermenton), 1.000 m/jour (Clavisy), 800 m/jour (Perrigny) si l'on estime que la longueur des trajets possibles est exacte, comprises entre 600 et 1.300 m/jour environ si nous pensons que les longueurs des tracés ne peuvent être avancées aussi sûrement que ci-dessus.

Enfin, les analyses chimiques comparées du Serein et des émergences observées ne nous ont pas permis de mettre en évidence des relations caractéristiques entre pertes et résurgences, les eaux ayant toutes des compositions voisines.

73 - INCIDENCES DE LA SUPPRESSION DES PERTES DU SEREIN SUR LES DIVERSES RESURGENCES

A l'époque de l'expérience B.R.G.M., les pertes du Serein ne contribuent qu'à 40 % au maximum à l'alimentation des sources de Vermenton. La suppression de cette partie de l'alimentation n'aurait donc pas une influence catastrophique sur le débit de ces sources dont une seule est utilisée comme captage communal. De plus, ce captage laisse échapper à cette époque par son trop plein en moyenne 80 l/s. Même s'il ne restait que les 60 % de ce débit avec le trop plein restant 16.000 personnes pourraient être alimentées à raison de 250 l/jour/habitant. Les deux lavoirs de Vermenton pourraient encore remplir leur office même si leurs débits n'étaient plus que les 3/5 de ce qu'il est. La Fontaine ronde n'a aucune utilité pratique ; la diminution de son débit ne pose donc pas de problème. Les sources du Moulinot alimentent un petit étang artificiel qui ne s'assècherait pas si le débit des sources diminuait de 2/5 et qui pourrait toujours entraîner les turbines qui fournissent l'électricité de l'hôtel.

L'influence du colmatage des pertes du Serein est aussi négligeable à Perrigny puisqu'elles ne représentent que les 3/5 de l'alimentation du lavoir. Au contraire, la commune serait heureuse d'une diminution du débit du lavoir qui souvent déborde et inonde la chaussée voisine.

La suppression des apports d'eau au Bouillon de Clavisy n'aurait que l'effet de contraindre les animaux, qui s'y alimentent actuellement, à s'abreuver un peu plus tôt au Serein situé à quelques mètres de là : ce qu'ils font normalement lorsque le Bouillon n'est plus émissif. Il faudrait même dans ce cas isoler le Bouillon pour que le Serein ne s'y perde pas en basses eaux.

Ce n'est pas en hautes eaux qu'une influence néfaste de la suppression des pertes du Serein sur les résurgences est à craindre, ni au début des basses eaux (époque de notre expérience). Mais que se passe-t-il à l'étiage ?

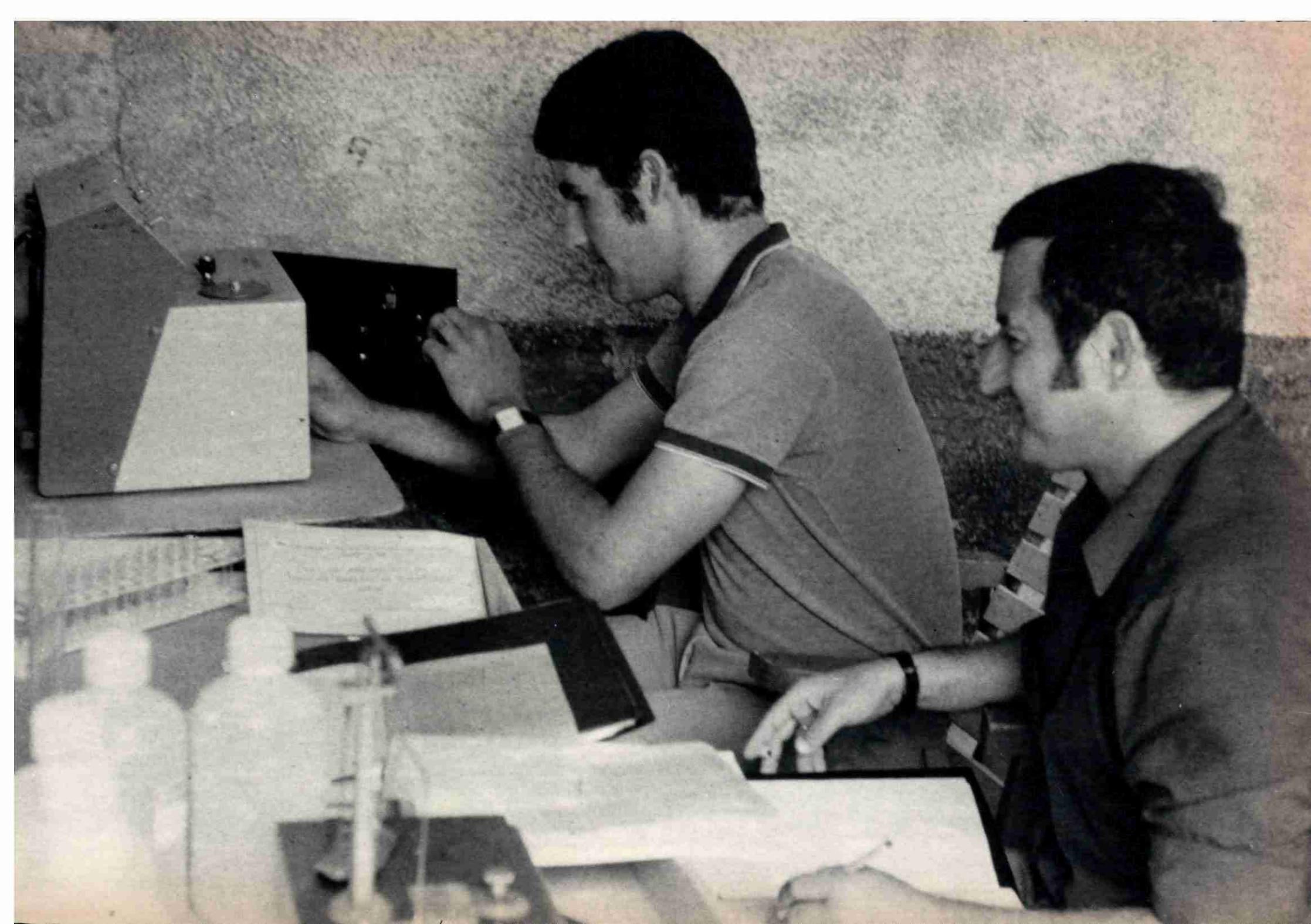
En basses eaux le comportement des pertes du Serein est peut-être différent comme peut le laisser supposer les différences entre l'expérience de M. MAZOIT et celle du B.R.G.M.

Est-ce qu'à l'étiage, les pertes du Serein alimentent les mêmes résurgences, dans les mêmes pourcentages qu'en juin ? Est-ce qu'à l'étiage le rapport alimentation des émergences par le Serein et par des apports extérieurs ne varie pas ? Est-ce qu'en basses eaux l'alimentation des résurgences par les apports extérieurs reste assez forte pour qu'il soit possible, sans crainte, de supprimer l'apport du Serein ? Pour tenter de répondre à ces questions, il est indispensable de refaire à l'étiage l'expérience de coloration et de jaugeage en surveillant non seulement les 7 points colorés en juin 1970, mais aussi l'Abime de Reigny et la Fontaine d'Arbault à Cravant.

L'analyse de la fluorescéine au fluorimètre Turner se fera uniquement sur l'eau. Pour permettre une estimation quantitative plus précise il faudrait réaliser des jaugeages continus, ou au moins journaliers. Il sera donc nécessaire sur le Serein d'utiliser l'installation existante de l'Isle-sur-Serein, d'aménager une station de jaugeage à Cours, et d'équiper les émergences de Clavisy, de Perrigny, de Vermenton (petit et grand lavoir - Fontaine ronde - captage communal - Etang du Moulinot), ainsi que l'Abime de Reigny et la Fontaine d'Arbault à Cravant.

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons seulement dire qu'en hautes eaux et au début des basses eaux, le colmatage des pertes du Serein entre Tormancy et Cours n'a pas une influence vraiment gênante sur les résurgences qui leurs sont liées.

- ANNEXES -



- S O M M A I R E -

1 - TEXTE EN ANNEXE

1 - RAPPEL DES ELEMENTS DU RAPPORT 69 SGL 245 BDP RELATIFS A LA PRESENTE ETUDE	1
11 - Expérience de coloration par M. MAZOIT (cf. planche 9 dans le texte)	1
12 - Hydrologie	2
2 - REPERAGE DES GOUFFRES ABSORBANTS - CHOIX DES "RESURGENCES A SURVEILLER)	3
21 - Repérage des gouffres absorbants	3
22 - Choix des "résurgences à surveiller	3
3 - ESTIMATION DES DEBITS ABSORBES ET EMIS	6
31 - Résurgences	6
32 - Pertes du Serein	6
4 - CARACTERES PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX ABSORBEES ET EMISES	9
5 - EXPERIENCE DE COLORATIONS	12
51 - Injection des colorants et surveillance des émergences	12
511 - Injection	12
512 - Surveillance des émergences	13
52 - Détermination des points de sortie des colorants	20
521 - Détermination à l'oeil nu sur place et en flacon	20
522 - Détermination au fluorimètre	21
53 - Remarques sur les colorations	23
531 - Comparaison des concentrations en fluorescéine dans l'eau et les éluats	23
532 - Comparaison des diverses méthodes de détection de la fluorescéine	26
54 - Terrains géologiques traversés par les Pertes	27

2 - PLANCHES EN ANNEXES

Planche A - Renseignements sur les gouffres et les points d'eau suivis lors de l'expérience B.R.G.M. de juin 1970	5
Planche B - Exemple de calcul de débit	7
Planche C - Jaugeage du Serein au limnigraphe enregistreur à l'Isle-sur-Serein	8
Planche D - Résultats des analyses physicochimiques des eaux absorbées et émises	10 et 11
Planche E - Exemple de fiche de mise en place et de relevé des échantillons (Etude des colorations)	15
Planche F - Abaque pour étude des concentrations au fluorimètre Turner - Etude de la fluorescéine	18
Planche G - Exemple de fiche de lecture et de calcul des concentrations en fluorescéine avec le fluorimètre Turner	19
Planche H - Rapport des concentrations en fluorescéine dans les éluats et dans l'eau	24
Planche I - Rapport des concentrations en fluorescéine (fluocapteur/nappe)..	25

3 - CARTES ET DIAGRAMMES EN POCHETTE D'ANNEXE

Cartes au 1/25.000

- 1 - Implantation des gouffres absorbants et des émergences suivies de Tormancy à Noyers (expérience B.R.G.M. juin 1970)
- 2 - Implantation du Bouillon de Clavisy et du lavoir de Perrigny (expérience B.R.G.M. de juin 1970)
- 3 - Implantation du captage de Nitry (expérience B.R.G.M. de juin 1970)
- 4 - Implantation des sources de Vermenton, de Cravant et de l'Abime de Reigny, (expérience B.R.G.M. de juin 1970)
- 5 - Implantation de la source de Mainciau (expérience B.R.G.M. de juin 1970)
- 6 - Implantation du puits de Vauroux (expérience B.R.G.M. de juin 1970)
- 7 - Implantation de la Fosse Dionne à Tonnerre (expérience B.R.G.M. de juin 1970)

Diagrammes d'évolution des concentrations en fluorescéine dans l'eau et les capteurs (expérience B.R.G.M. juin 1970)

- A - Source du Moulinot
- B - Vermenton - captage communal
- C - Vermenton - Fontaine ronde
- D - Vermenton - Petit lavoir
- E - Vermenton - Grand lavoir
- F - Source de l'Abime de Reigny
- G - Puits de Nitry-Sacy
- H - Source des Fautures
- I - Serein en amont des sources des Fautures
- J - Cours - Gouffre amont
- K - Cours - Gouffre médian
- L - Noyers - captage communal
- M - Noyers - Petit lavoir
- N - Noyers - Grand lavoir
- O - Bouillon de Clavisy
- P - Lavoir de Perrigny
- Q - Fosse Dionne à Tonnerre
- R - Puits de Vauroux
- S - Source de Mainciau
- T - Fontaine d'Arbault à Cravant.

1 - RAPPEL DES ELEMENTS DU RAPPORT 69 SGL 245 BDP RELATIFS A LA PRESENTE ETUDE

11 - EXPERIENCE DE COLORATION PAR M. MAZOIT (cf. planche 9 dans le texte)

- Expérience du 19 octobre 1964,
- Coloration par la fluorescéine : 25 kg,
- Points d'injection - béttoire en aval du pont de Tormancy,
- Points colorés (repérage qualitatif à l'oeil nu)
 - / Fontaine ronde de Vermenton du 4 au 13 novembre 1954 (15 jours après l'injection)
 - Grande fontaine de Vermenton (captage communal) du 4 au 12 novembre 1954 (15 jours après l'injection)
 - Fontaine de Verre (grand lavoir de Vermenton) du 4 au 9 novembre 1954 (15 jours après l'injection)
 - Moulinot (Vermenton) à partir du 4 novembre 1954
 - Cravant (Fontaine d'Arbault) 1 seul flacon - date inconnue
- Points non colorés
 - Sur le Serein de l'amont vers l'aval - Serein à la Menille - Source des Fautures - Résurgences amont pont de Cours - Serein à l'aval de Cours - Serein à l'Abreuvoir de Venoise - Source du lavoir de Noyers - captage communal de Noyers - Sources du Moulin de Noyers - Serein en aval de Noyers.
 - Autres points : Diaclase de Serrigny - Fosse Dionne à Tonnerre - Abîme de Reigny et Grande Fontaine.
- La Bouillon de Clavisy et le lavoir de Perrigny n'ont pas été suivis. Il n'y a eu aucun écho publique de coloration,
- La vitesse du flux karstique entre Tormancy et Vermenton était de 56 m/heure
- D'après M. MAZOIT, les eaux perdues par le Serein au niveau de Tormancy, suivraient tout d'abord le tracé S.E. - N.W. d'une vallée sèche qui pourrait être l'ancien cours du Serein, à vitesse forte sensiblement dans la

direction du pendage naturel des calcaires jurassiques, puis buteraient sur la faille de Mailly-le-Château et prendraient à vitesse plus lente la direction de Vermenton soit W. - S.W.

12 - HYDROLOGIE (JAUGEAGE DU SEREIN PAR BELGRAND ET LEMOINE 1870-1874 -
PAR LE S.R.A.E. BOURGOGNE D'UNE PART ET M. GOUBET (1ère CIRCONSCRIPTION
ELECTRIQUE) DE L'AUTRE EN 1969 - CONCLUSIONS Mme RAMBERT (RAPPORT
69 SGL 245 BDP).

- Les pertes sur le Serein sont maxima entre Massangis et Grimault,
- Il y aurait des résurgences dans la région de Clavisy,
- Les échanges karstiques entre le Serein et l'Yonne seraient de 1 à 2 m³/s.

2 - REPERAGE DES GOUFFRES ABSORBANTS - CHOIX DES "RESURGENCES A SURVEILLER"
(cf. planche 1 dans le texte).

21 - REPERAGE DES GOUFFRES ABSORBANTS

Entre Tormancy et Grimault, ces pertes étaient bien connues. La plupart protégée par des murets en pierres. Au moment de l'injection, seuls les gouffres 1 et 2 rive gauche et 1 rive droite étaient absorbants ; les autres gouffres de Tormancy ainsi que celui de Cours aval étaient noyés. Fin juillet un autre gouffre absorbant était découvert entre Grimault et les gouffres de Cours, rive gauche du Serein.

22 - CHOIX DES "RESURGENCES A SURVEILLER"

Le choix de ces points se fit d'une part pour suivre tous les points d'émergence reconnus par M. MAZOTT, prévisibles d'après les études hydrologiques dans la région de Clavisy, ainsi que toutes les émergences en relation possible avec les pertes du Serein, ayant une cote inférieure à celles-ci, dans un rayon de 28 km dans le sens de la pente de la nappe en aval des points d'injection.

Vingt points furent ainsi suivis. Ils se répartissent ainsi :

- Sur le Serein en aval des points d'injection,
 - . Serein en amont des sources des Fautures,
 - . Source des Fautures,
 - . Gouffre de Cours (médián et aval),
 - . Noyers (captage communal - petit et grand lavoir),
 - . Bouillon de Clavisy,
 - . Lavoir de Perrigny.

- Sur la Cure :

- . Abîme de Reigny,
- . Petit et grand lavoir de Vermenton,
- . Fontaine ronde,
- . Captage communal,
- . Source du Moulinot.

- Près de l'Yonne :

- . Fontaine d'Arbault à Cravant,
- . Source de Mainciau à Bailly (Saint-Bris)

- Près de l'Armançon : Fosse Dionne à Tonnerre,

- Dans la vallée du ru de Sacy : captage de Nitry,

- Dans la vallée du ru de Vaucharme : puits de la ferme de Vauroux.

Sur ces vingt points, il y a cinq captages communaux (4 sources + 1 puits) - cinq lavoirs - un puits particulier - deux sources aménagées pour des besoins particuliers (lac du Moulinot - Site touristique de la Fosse Dionne).

En pochette, pour chaque point ou groupe de points étudiés (injection, émergence), il y a un plan de situation au 1/25.000. Cartes 1 à 7.

La planche A donne entre autres renseignements, les paramètres géographiques et hydrogéologiques des points mentionnés.

1

: Yonne

3 - ESTIMATION DES DEBITS ABSORBES ET EMIS

31 - EMERGENCES

Une série de jaugeages fut effectuée au moulinet, quand cela était possible les 3.10.16.29 juin 1970 et le 23 juillet 1970. La planche B est un exemple de calcul de débit par cette méthode.

32 - PERTES DU SEREIN

Au moment de l'injection, les pertes du Serein furent globalement estimées par différence entre le débit de la rivière du Pont de Tormancy et en amont des sources des Fautures (jaugage au moulinet). Au chiffre obtenu, il faut ajouter les pertes du gouffre de Grimault rive gauche pour avoir les pertes totales entre Tormancy et Cours.

Dans le détail, les débits absorbés par les divers gouffres absorbants non noyés furent estimés par comparaison.

Les débits du Serein à l'Isle-sur-Serein furent calculés grâce aux relevés limnigraphiques sommairement tarés que nous a obligeamment communiqué M. GOUBET, Ingénieur en chef de la 1ère circonscription électrique. A titre indicatif, nous donnons ci-dessous les variations de débit de la rivière en ce point entre le 9 juin et le 22 juillet 1970 (planche C).

JAUGEAGE AU MOULINET

ESPACEMENT en m	NUMERO des VERTICALES	NOMBRE DE TOURS D'HELICE DU MOULINET EN 30 SECONDES ET VITESSES CALCULEES D'APRES FORMULES OU ABAQUES						VITESSES		HAUTEURS		SURFACE S en m^2 = $HM.E$	DEBIT Q en m^3/s $S.v_m$
		SURFACE		MILIEU		FOND		vc en m/s (Vitesse cumulée)	vm en m/s (vitesse moyenne)	H en m (hauteur suivant chaque verticale)	HM en m (hauteur moyenne)		
		nb de tours d'hélice	Vitesse (vs)	nb de tours de l'hélice A.1 sortie des turbines	Vitesse (vm)	nb de tours de l'hélice	Vitesse (vf)						
Rive droite	0							vc.1 0		H1 0			
0,5	1	108	0,245			114	0,255	vc.2 0,25	0,125	H2 0,15	0,075	0,0375	0,005
0,5	2	167	0,355			117	0,26	0,307	0,278	0,25	0,2	0,1	0,028
0,5	3	130	0,285			65	0,16	0,222	0,264	0,25	0,25	0,125	0,033
0,5	4	192	0,405			119	0,265	0,335	0,278	0,25	0,25	0,125	0,035
0,5	5	272	0,555			150	0,325	0,44	0,387	0,15	0,20	0,1	0,038
0,5	6	189	0,4			228	0,455	0,427	0,432	0,20	0,175	0,0875	0,004
0,5	7			132	0,31			0,427	0,368	0,20	0,16	0,08	0,003
0,2	7							0,31		0,12			
								0,155			0,06	0,012	0,002
Rive gauche	8							0		0			
3,7 total													0,148
A.2 sortie 2ème													
	0							0		0			
0,5	1	136	0,295			150	0,325	0,310	0,155	0,2	0,1	0,05	0,008
0,5	2			198	0,415			0,362	0,362	0,15	0,15	0,075	0,028
0,5	3	346	0,68			300	0,61	0,415	0,525	0,1	0,15	0,075	0,039
0,5	4	300	0,61			220	0,46	0,645	0,587	0,2	0,2	0,1	0,058
0,5	5	512	0,98			282	0,575	0,53	0,65	0,2	0,25	0,125	0,082
0,5	6	360	0,705			226	0,47	0,77	0,678	0,25	0,25	0,125	0,085
0,5	7	360	0,71			246	0,51	0,587	0,598	0,25	0,2	0,1	0,060
0,1	8							0,61	0,598	0,15	0,15	0,075	0,035
0,1	8		0,36			128	0,28	0,47	0,32	0,15	0,15	0,075	0,035
0,1	9							0,16	0,16	0,15	0,075	0,0375	0,006
0,1	9							0		0			0,001

Formules

$$vc = \frac{vs + vf}{2}$$

$$= \frac{vs + 2 vm + vf}{4}$$

$$vm = \frac{vc 1 + vc 2}{2}$$

$$HM = \frac{H1 + H2}{2}$$

Débit total A

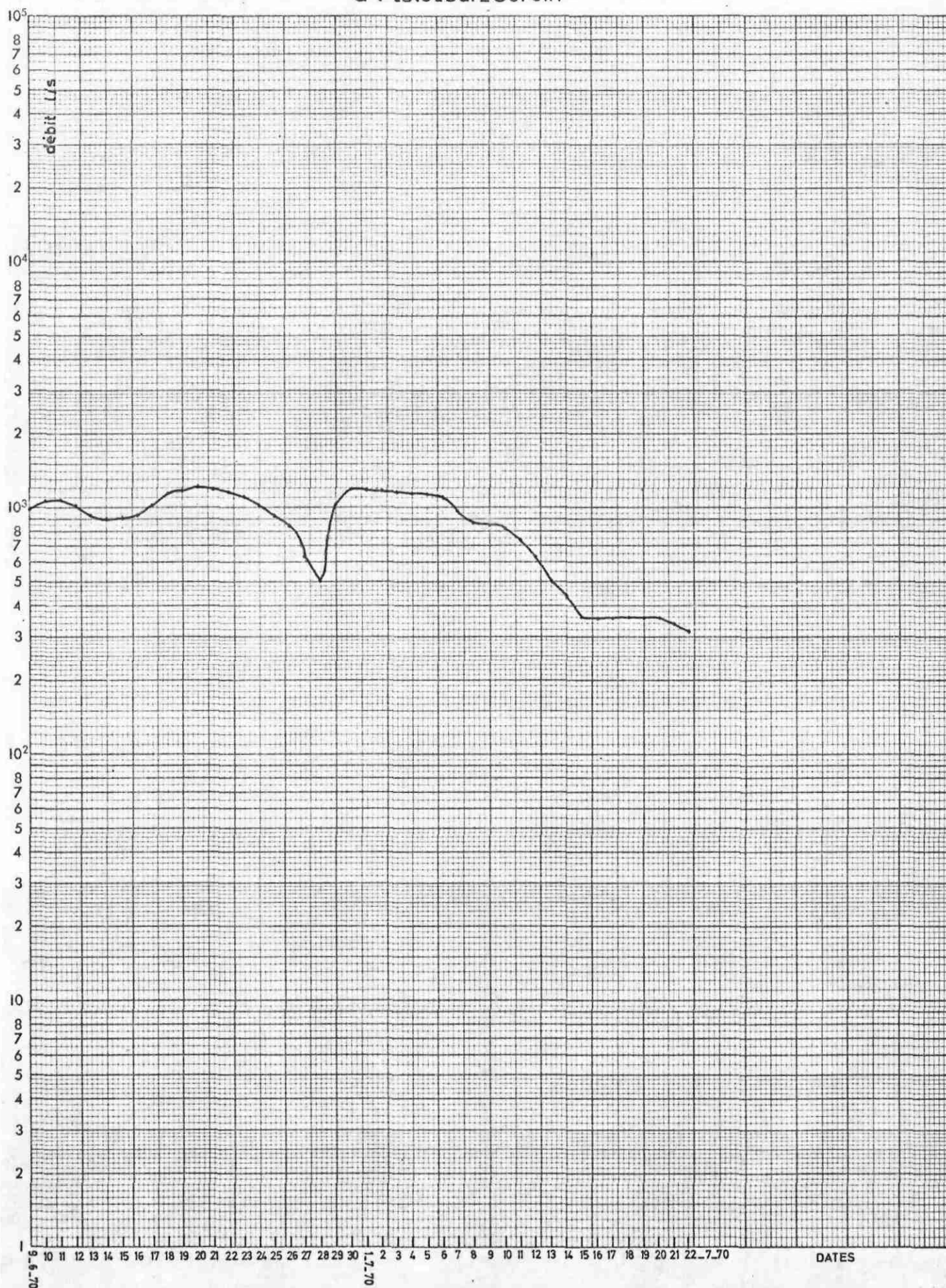
$$\frac{0,148}{0,409}$$

$$0,549 \text{ m/s}$$

Jaugeage du Serein au limnigraphe enregistreur à l'Isle-sur-Serein

planche C

- 8 -



4 - CARACTERES PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX ABSORBEES ET EMISES

Nous trouvons dans la planche D sous forme de tableau les résultats des analyses effectuées par le laboratoire B.R.G.M. d'Orléans (éléments majeurs + traces) et par nous mêmes sur le terrain (température).

RESULTATS DES ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DES SAUX A SORLEES ET EMISES

ELEMENTS ETUDIES	A	B	C	D	E	F	G	H	I = Serein	J	K
th	14°4	10°7	11°	11°	13°7	15°2	11°1	15°2	20°2	12°6	12°1
Ph	7,4	7,4	7,8	7,5	"7,3"	7,7	7,6	7,7	8,2	7,7	7,7
Résistivité à 18°C	2867 ohms	2027 ohms	2104 ohms	2018 ohms	2016 ohms	"1 74" ohms	2170 ohms	3185 ohms	3433 ohms	2396 ohms	2340 ohms
Na en mg/l	3,7	3,26	3,25	3,70	3,25	2,81	2,71	5,32	5,55	"2,2"	2,22
K en mg/l	1,16	1,03	1,07	1,41	1,07	1,16	1,57	2,32	2,40	0,66	0,66
Ca en mg/l	113,6	112,0	107,2	112,0	112,0	116,0	103,2	71,2	"64,0"	104,6	105,8
Mg en mg/l	3,8	7,2	3,8	7,2	7,2	6,2	7,7	2,8	2,8	3,3	2,4
Cl en mg/l	11,4	8,5	8,5	11,4	11,4	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Co ₃ H en mg/l	344,0	344,0	307,0	334,0	326,4	357,6	312,0	212,0	"170,4"	302,4	297,6
So ₄ en mg/l	11,5	10,5	11,0	12,0	13,0	9,0	10,0	13,0	13,0	10,0	10,0
No ₂ en mg/l	0,06	0,03	"0,01"	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
No ₃ en mg/l	7,30	8,41	8,66	8,40	8,40	6,20	5,75	1,1	"néant"	6,20	8,86
NH ₄ en mg/l	"0,10"	"0,10"	"0,10"	"0,10"	"0,10"	0,15	"0,10"	"0,10"	"0,10"	"0,10"	"0,10"
Fe ⁺⁺ en mg/l	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
Fe ⁺⁺⁺ en mg/l	1,1	"	"	"	"	"	"	0,2	"	"	"
F en mg/l	0,05	"0,05"	0,07	0,08	0,05	"0,05"	0,05	0,13	0,14	0,05	0,05
PO ₄ en mg/l	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
Résidu sec en mg/l	350	345	325	350	335	345	318,5	220	"218"	340	330
Li	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
SiO ₂ en mg/l	"	5,2	5	5	5,6	5,2	5,6	3,7	"néant"	"néant"	2,5
Cr en mg/l	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"
Mn en mg/l	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"
Co en mg/l	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"
Ni en mg/l	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	0,043
Cu en mg/l	0,014	"0,008"	0,013	0,028	0,027	0,138	0,013	0,025	0,081	0,082	0,560
Zn en mg/l	0,007	0,013	"0,007"	0,014	0,012	"0,007"	0,032	0,008	0,030	0,020	0,058
Cd en mg/l	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Sn en mg/l	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Pb en mg/l	0,009	"0,0015"	0,004	"0,0015"	0,003	0,005	0,002	0,006	0,006	0,003	0,003

Légende : 11,4 maximum
 "0,10" minimum

RESULTATS DES ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX ABSORBEES ET EMISES

ELEMENTS ETUDIES	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
th	11°7	11°6	13°5	15	13°2	12°9	11°9	13°1	11°1
Ph	7,8	7,8	7,7	7,8	7,6	7,8	7,9	7,9	7,9
Résistivité à 18° C	2340 ohms	2309 ohms	2405 ohms	2845 ohms	2335 ohms	2216 ohms	2693 ohms	2443 ohms	3140 ohms
Na en mg/l	2,36	2,44	2,66	4,4	3,1	3,4	3,25	2,73	3,25
K en mg/l	0,83	0,83	1,08	1,82	1,32	1,32	0,75	0,75	"0,60"
Ca en mg/l	105,6	109,6	101,6	82,4	101,6	105,6	90,4	94,4	76
Mg en mg/l	2,8	"1,4"	3,8	1,9	3,8	3,8	1,9	4,3	2,4
Cl en mg/l	<u>11,4</u>	1,1	<u>11,4</u>	"2,9"	<u>11,4</u>	8,5	8,5	9,9	7,1
Co ₃ li en mg/l	290,4	307,0	283,2	230,4	278,4	278,4	244,8	242,4	218,4
So ₄ en mg/l	10,5	10	10,5	12	13	16,5	10	<u>24</u>	"4"
No ₂ en mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	0,04	< 0,03	< 0,03	< 0,03	<u>0,40</u>	0,22
No ₃ en mg/l	7,08	7,97	7,3	3,54	9,08	<u>25,25</u>	17,70	16,60	17,27
NH ₄ en mg/l	"0,10"	0,25	0,12	<u>0,80</u>	"0,1"	"0,1"	"0,1"	0,20	"0,1"
Fe ⁺⁺ en mg/l	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
Fe ⁺⁺⁺ en mg/l	"	"	"	0,2	"	"	"	"	"
F en mg/l	0,08	0,08	0,10	<u>0,16</u>	0,1	0,05	0,06	0,13	0,13
PO ₄ en mg/l	traces	traces	traces	traces	traces	0,8	traces	<u>2,3</u>	0,5
Résidu sec en mg/l	337	325	322,5	269	342,5	354	291,5	302,5	262,5
Li	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
SiO ₂ en mg/l	4,0	2,0	3,2	4,0	5,0	"néant"	4,0	5,5	4,0
Cr en mg/l	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	"0,0015"	0,002	<u>0,006</u>	0,002
Mn en mg/l	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	"0,0035"	0,006	<u>0,018</u>	0,012
Co en mg/l	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	<u>0,040</u>	0,003	0,003
Ni en mg/l	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	"0,0017"	0,0049	0,0049	<u>0,044</u>	0,009
Cu en mg/l	0,047	0,117	0,206	0,540	0,043	0,035	0,016	0,011	0,046
Zn en mg/l	0,014	0,008	"0,007"	0,016	0,007	0,031	0,025	0,021	0,013
Cd en mg/l	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Sn en mg/l	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Pb en mg/l	0,002	0,016	0,003	0,003	<u>0,07</u>	0,003	0,021	0,009	0,010

V - EXPERIENCE DE COLORATIONS

51 - INJECTION DES COLORANTS ET SURVEILLANCE DES EMERGENCES

511 - Injection

L'injection se fit sur les gouffres Rg.1, Rg.2, et Rd de Tormancy, après aménagement.

En nous basant sur l'expérience de M. MAZOIT, sachant au départ que le débit des pertes du Serein peut être estimé à $2 \text{ m}^3/\text{s}$ au maximum, que le débit des émergences est aussi voisin de 2 m^3 (jaugeage du 3 juin 1970, et que la coloration a été observée durant 9 jours à Vermenton, si nous désirons observer une concentration en fluorescéine de $0,01 \text{ mg/l}$ visible à l'oeil nu, il faut utiliser un poids de colorant minimum de 15 kg. Pour garder une marge de protection suffisante, nous avons doublé ce poids soit 31 kg.

Dans le gouffre Rg. 1, 15 kg de fluorescéine solubilisée dans un fut de 200 litres furent mis en place le 9 juin 1970 entre 15 h 15 et 16h.

Dans le gouffre Rg. 2, la même quantité de fluorescéine fut injectée le 9 juin 1970 entre 15 et 17 h.

Dans le gouffre Rd, 1 kg de rhodamine B, injecté le 9 juin 1970 à 18 h, avait disparu à 18 h 20.

Toutes les précautions furent prises pour qu'il n'y ait pas de fuite dans le cours du Serein. Le personnel du B.R.G.M. chargé de la préparation des solutions et de l'injection est différent de celui chargé de la pose, de la réception et de l'analyse des échantillons.

512 - Surveillance des émergences

- Planning de prélèvements

- a) Pour établir le temps de surveillance de chacun des 19 points énumérés, nous avons estimé par un artifice, la durée possible séparant l'injection des diverses réapparitions en utilisant la formule de Darcy sous la forme $t = \frac{d}{Ki}$ avec t = temps cherché - d = distance séparant les points d'injection et les résurgences - K = coefficient de perméabilité - i = pente de la nappe.

Nous avons tous les facteurs pour calculer t sauf K . En nous basant sur les résultats des colorations de M. MAZOIT pour le captage de Vermenton, nous avons calculé K toujours d'après la formule ci-dessus, t étant connu. Nous avons estimé que le coefficient K trouvé pour Vermenton était valable pour les autres parcours et ainsi défini les différents temps pour chacune des émergences.

- b) Pour tenir compte de l'approximation sur K , nous avons commencé les observations le jour qui suivit l'injection, à la source des Fautures, 2 jours après à Cours et Noyers, 3 jours après pour les autres points exceptés Cravant (4 jours), Vauroux (6 jours), Mainciau (7 jours).

Entre les premières surveillances et la date d'arrivée possible du colorant, il y eut chaque jour des échantillons remplacés et analysés jusqu'au 23 juin 1970. Ensuite la surveillance se relâcha : tous les 2 jours jusqu'au 26 juin 1970, tous les 5 jours en juillet, tous les 10 jours environ en août.

Les relevés cessèrent le 21 juin 1970 à la Source des Fautures et dans le Serein, le 9 juillet 1970 à Cours, le 23 juillet 1970 dans les autres points excepté Cravant, Vauroux et Tonnerre (jusqu'au 24 août 1970). La source de Mainciau à débit par trop insignifiant fut abandonnée dès le 29 juin 1970.

Le temps global de mesures couvrit environ entre 3 (pour les points les plus éloignés exemple : Tonnerre) et 3 fois (points plus proches, exemple : Abime de Reigny) le temps nécessaire à l'apparition calculée de la fluorescéine. La durée de surveillance pour l'ensemble de l'étude dura environ 3 mois.

Mise en place - Récupération des échantillons

Avant l'injection en chaque point, 2 capteurs (*) à charbon actif aisément distinguables l'un de l'autre furent mis en place dans les endroits les plus calmes et les plus sombres de l'émergence. Appelons-les A.1 et A.2.

Lors de la première récupération A.1 était ramassé et remplacé par un capteur neuf A.3. Lors du deuxième ramassage A.2 était remplacé par A.4, et ainsi de suite. Ainsi le temps d'immersion de chaque capteur était au minimum de 48 h, ce qui permettait d'être sûr que les colorants auraient le temps d'être absorbés.

D'autre part lors de chaque ramassage, un prélèvement d'eau était effectué. Nous pouvions avoir ainsi non seulement des renseignements ponctuels dans le temps, mais aussi être certain de détecter les colorants qui auraient pu passer entre 2 prélèvements ponctuels. Lors des ramassages, chaque échantillon était numéroté et disposé jusqu'au moment de l'analyse à l'abri de la lumière.

A titre indicatif, nous donnons dans la planche E, un exemple des modèles de fiche de relevé utilisée.

Depuis l'injection jusqu'à la fin du mois de juin le B.R.G.M. se chargea de récolter les échantillons. En juillet et août, le ramassage se fit alternativement par des bénévoles (mairie, fontainiers, particuliers) et par le B.R.G.M.

EXEMPLE DE FICHE DE MISE EN PLACE ET DE RELEVÉ DES ÉCHANTILLONS

n° des PRELEVEMENTS	MISE EN PLACE		PRELEVEMENTS		COLORATION EAU VISIBLE À L'OEIL NU		COMPARAISON ÉCHANTILLON D'EAU AVEC LIQUEUR ÉTALON (CONCENTRATION)	CONDITIONS HYDROLOGIQUES DES PRELEVEMENTS			
	Date	Heure	Date	Heure	sur place	en fla- con		pluie	soleil	eau trouble	eau limpide
0.1	9.6.70	9h30	12 c	16h					+		+
0.2	"	"	13 c	15h10					+		+
0.3	12	16h	14 C+E	15h50	vert	vert pâle	10^{-8} à 10^{-7}	+			+
0.4	13	15h10	15 C+E	15h15	vert foncé	vert	10^{-7} à 10^{-6} maximum		+		+
0.5	14	15h50	16 C+E	16h	"	"	10^{-7} à 10^{-6}		+		+
0.6	15	15h15	17 C+E	15h15	"	vert pâle	10^{-8} à 10^{-7}		+		+
0.7	16	16h	18 C+E	15h15	vert	vert très pâle	$<10^{-8}$	+			+
0.8	17	15h15	19 C+E	15h45	vert	non visible			+		+

C = Capteurs au charbon actif

E = flacon d'eau.

* NOTA : Les capteurs utilisés sont des petits tubes en acier galvanisé (genre bigoudis) de 5 cm de long sur 1,5 de diamètre perforés régulièrement ($12 \times 15 = 72$ trous de 2 mm de diamètre), remplis de 2 grammes environ de charbon actif en fragments de dimensions voisines (5x3 mm), fermés par des bouchons en plastique. Les tubes étaient entièrement remplis afin d'éviter tout frottement des grains de charbon dans l'eau, ce qui entraînerait une détérioration de la partie superficielle absorbante des grains de charbon.

- Etude des concentrations

. Détermination qualitative

Lors de chaque ramassage lorsqu'une coloration était visible sur place, elle fut notée sur les fiches de relevé et reportée sur les diagrammes d'évolution. C'est ainsi par exemple qu'à l'hôtel du Moulinot ou au Bouillon de Clavisy, grâce à la forte épaisseur de la tranche d'eau examinée, des concentrations de l'ordre de $3 \cdot 10^{-9}$ ont pu ainsi être détectées.

. Détermination quantitative

Les échantillons d'eau et l'éluat des solutions alcooliques de potasse contenant les charbons (*) ont été étudiés au fluorimètre Turner (**), et comparés pour vérification aux liqueurs étalon établi de 10^{-3} à 10^{-10} kg/l. (C'est ainsi qu'il a été établi que l'appareil donnait des concentrations trop fortes pour la rhodamine. Nous avons donc abandonné les mesures de ce colorant très rapidement).

* NOTA : Pour la préparation de l'éluat (solution alcoolique de potasse) le temps d'éluat , nous renvoyons au petit opuscule extrait de Spélunca, mémoire n° 41.964, établi par Andrée LALLEMAND et Henri PALOC, ingénieurs B.R.G.M. et intitulé "Possibilités offertes par la méthode de détection au charbon actif pour les expériences de colorations à la fluorescéine".

Notons qu'avant chaque série d'analyses, une nouvelle solution de potasse alcoolique était préparée. Ceci afin d'éviter son jaunissement. La proportion de potasse dans l'alcool était de 10 %. Le temps d'élution de 12 heures environ.

** Le fluorimètre Turner a été étalonné sur les liqueurs étalon préparées peu de temps avant l'expérience.

Suivant le montage (porte standart ou porte à quartz teinte sensible - la nature des filtres mis entre la source de rayon ultra violet et l'échantillon, ou celui-ci et l'analyseur - l'ouverture du diaphragme) nous obtenons des graduations sur le tambour d'enregistrement (gradué de 0 à 100).

A ces graduations, sur les abaques dressées, correspondent des concentrations. La série des valeurs obtenues nous donne un éventail des valeurs duquel nous avons extrait la médiane. L'appareil permet de mesurer des concentrations comprises entre 4.10^{-5} et 4.10^{-10} kg de fluorescéine par litre.

Nous donnons une copie de l'abaque utilisée (planche F) ainsi qu'un exemple de fiche de lecture de l'appareil et de calcul des concentrations (planche G). En pochette, il y a les diagrammes d'évolution des concentrations pour chacun des points surveillés. Ces diagrammes sont numérotés de A à T.

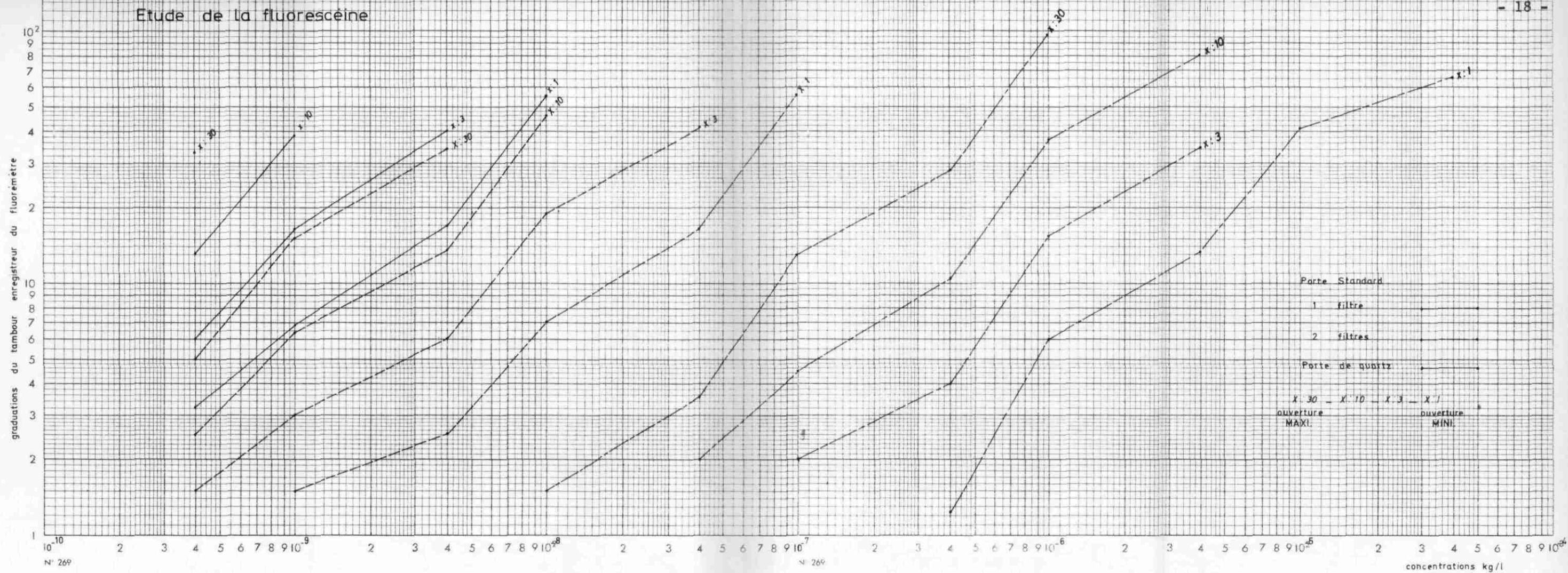
- Précautions

Outre les précautions prises conformément aux conseils de l'opuscule ci-dessus concernant la confection des capteurs, leur mise en place, leur récupération, leur mise en solution pour analyse, sur les propres conseils de Mme LALLEMAND-BARRES et de notre propre initiative, nous avons adopté les mesures suivantes :

- a) Avant chaque série d'expériences, nous avons remis le tambour enregistreur de l'appareil au 0 grâce à un tube opaque noir placé dans la porte de l'appareil à la place de l'échantillon. C'est ce que nous avons appelé faire le noir.

Abaque pour étude des concentrations du fluorémètre Turner
Etude de la fluorescéine

planche F
- 18 -



EXEMPLE DE FICHE DE LECTURE ET DE CALCUL DES CONCENTRATIONS EN FLUORESCÉINE AVEC LE FLUORIMÈTRE TURNER

Prélèvements			Fluorescéine standard 2 filtres																Fluorescéine standard 1 filtre																Fluorescéine quartz																Médiane des concentrations																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			X1				X3				X10				X30				X1				X3				X10				X30				X1				X3				X10				X30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
n°	Date et heure		L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N	L	B	b	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
01 E _f	12.6.70 16h	g																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		c																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

EXPLICATIONS

- Prélèvements

- 0 = désignation du point d'eau surveillé
 1 - 4... = n° du prélèvement
 Ef = étude des concentrations en fluorescéine dans l'eau
 Pf = étude des concentrations en fluorescéine sur le filtrat (charbon actif + solution de potasse alcoolique)

- Montage du fluorimètre

Fluorescéine - Standard 2 filtres S $\frac{100}{2A12}$ (dessus) $\frac{47B}{2A}$ (dessus) Standard 1 filtre S 2A12 $\frac{47B}{2A}$
 Quartz Q 2A12 $\frac{47B}{2A}$

S = Porte contenant l'échantillon sans lame de quartz teinte sensible
 Q = Porte contenant l'échantillon avec lame de quartz teinte sensible
 100 ; 2A12 = Filtres placés entre échantillon et analyseur (à gauche de l'appareil)
 47B ; 2A = Filtres placés entre source de rayon UV et échantillon (à droite de l'appareil)
 fluorescéine

- Graduation concentration

- L = Graduations de l'enregistreur du fluorimètre
 C = Concentrations correspondantes à L d'après abaque
 l = Graduations lues sur l'enregistreur
 B = Graduations de l'enregistreur correspondant à l'analyse de l'eau avant injection (terme de correction)
 b = Graduations de l'enregistreur correspondant à l'analyse de la solution alcoolique de potasse avant chaque des analyses des filtrats (terme de correction)
 L = Graduations de l'enregistreur corrigées - Analyse de l'eau L = L - B
 Analyse des filtrats L = L - (B·b)

b) Avant l'injection en chaque point de prélèvement, nous avons récupéré un échantillon d'eau dont nous avons noté les concentrations en fluorescéine. C'est ce que nous avons appelé faire le blanc. Les valeurs obtenues ont été soustraites des valeurs obtenues à l'appareil une fois l'injection faite. Cette règle a été appliquée pour les échantillons d'eau et pour les éluats (solution alcoolique de potasse + charbon). Ceci nous permettait d'annuler des colorations antérieures éventuelles. Il ne faut pas oublier que cette région est assez fréquemment étudiée de cette manière par des administrations diverses et des spéléologues. Toutes les personnes susceptibles d'exécuter de telles colorations avaient été informées de notre expérience.

c) Avant chaque série d'analyses des éluats, la solution alcoolique de potasse qui servait à préparer ceux-ci était analysée à l'appareil. C'est ce que nous avons appelé faire le bleu. La présence de trouble dans la solution réagissant au passage des rayons UV comme une eau chargée en colorant. Les valeurs obtenues étaient elles aussi soustraites de la lecture des éluats.

d) Le laboratoire d'analyse se trouvait en aval des points d'écoulements étudiés. Après chaque série d'analyses, tous les ustensils de laboratoire et de prélèvement étaient lavés à l'eau de javel et rincés à l'eau distillée.

Enfin rappelons que les personnes chargées de la préparation des colorants et de leur injection, étaient différentes de celles qui ont mis en place, récupéré et analysé les prélèvements.

52 - DETERMINATION DES POINTS DE SORTIE DES COLORANTS

521 - Détermination à l'oeil nu sur place et en flacon

La coloration verte de la fluorescéine était visible à l'oeil nu sur place :

- a) au Bouillon de Clavisy à partir du 14 juin jusqu'au 29 juin 1970,
- b) au lavoir de Perrigny du 20 juin au 4 juillet 1970

c) à Vermenton du 24 juin au 9 juillet 1970.

Cette coloration ne fut visible en flacon :

- a) au Bouillon de Clavisy que du 14 au 20 juin 1970,
- b) au lavoir de Perrigny les 20, 21, 22 juin 1970,
- c) à la source du Moulinot, à la Fontaine ronde, au petit et au grand lavoir de Vermenton le 27 juin 1970, uniquement ; au captage de Vermenton du 27 au 29 juin 1970.

Aucune coloration verte ne fut notée aux autres points de prélèvement. Jamais la rhodamine ne fut visible.

522 - Détermination au fluorimètre

Le tableau ci-dessous donne pour les différents points étudiés (eau - fluocapteurs) les maximaux, les minimaux, le rapport maxima-minima, ainsi que la moyenne des concentrations hors des pics de réapparition.

Dans l'eau les concentrations notées en fluorescéine sont comprises entre $3,6 \cdot 10^{-10}$ kg/l (captage de Vermenton) et $4,2 \cdot 10^{-7}$ kg/l (Bouillon de Clavisy), dans les éluats entre $6 \cdot 10^{-10}$ kg/l (Cours gouffre amont) et $6 \cdot 10^{-6}$ kg/l (Bouillon de Clavisy), l'écart le plus important entre maximum et minimum a été trouvé au Bouillon de Clavisy (eau = 300) et au Moulinot (éluat = 260).

Pour être sûr que la fluorescéine soit réapparue, il faut d'une part que les diagrammes d'évolution (eau - capteur) aient une forme significative (*) : croissance rapide vers un pic, puis décroissance plus lente (il peut y avoir plusieurs pics en relation avec les précipitations (exemple : Bouillon de Clavisy 1er pic maxima le 15 juin ($4,2 \cdot 10^{-6}$ kg/l le 15 juin 1970), le 2ème pic plus faible ($1,4 \cdot 10^{-8}$ kg/l le 20 juin 1970, de l'autre que le rapport maximum par minimum soit supérieur à 10 pour l'eau.

POINTS ETUDIES	FLUORESCEINE - CONCENTRATION EN 10^{-10} kg/l						
	EAU				CHARBON		
	Max.	Min.	M/m	M/m hors pic	Max.	Min.	M/m
A	88	4	22 *	10	2600	10	260
B	150	"3,6"	42 *	6	4500	52	86
C	100	6,2	16 *	3	5500	56	98
D	120	6,2	19 *	4	9000	205	44
E	100	7	14 *	2	7500	39	192
F	38	7,5	5		700	90	8
G	100	7,5	(13,3*)		250	18,5	13,5
H	40	10	4		970	520	2
I	41	14	3		810	10	81
J	27	5,5	5		440	"6"	73
K	25	5,5	5		2700	57	47
L	17	7,1	2		1200	240	5
M	25	7	4		920	60	15
N	33	7	5		630	50	19
O	<u>4200</u>	14	<u>300</u> *	10	<u>60000</u>	400	150
P	150	8	19 *	6	13000	440	29
Q	30	8	4		670	87	8
R	40	8,5	5		3800	48	79
S	19	9,3	2		530	55	9
T	28	5,7	5		3100	340	9

Max 4200
Min. "3,6"

Cette deuxième règle n'est pas applicable pour les éluats sans tenir compte du temps d'immersion et du fait que la fluorescéine ne se fixe pas toujours parfaitement sur les charbons. Cette seconde correction étant particulièrement délicate (exemple : gouffres de Cours amont et médian). Pour les éluats, il faut donc se baser sur la forme de la courbe d'évolution pour être certain que le point observé est en relation avec les pertes.

Compte tenu des remarques ci-dessus, l'appareil nous permet d'affirmer que la fluorescéine n'est réapparue à la source du Moulinot, au captage de Vermenton, à la Fontaine ronde, au petit et au grand lavoir de Vermenton, au Bouillon de Clavisy, enfin au lavoir de Perrigny. Au captage de Nitry, la forme de la courbe obtenue et le décalage dans le temps par rapport à Vermenton ne nous permet pas d'affirmer que la fluorescéine soit réapparue.

53 - REMARQUES SUR LES COLORATIONS

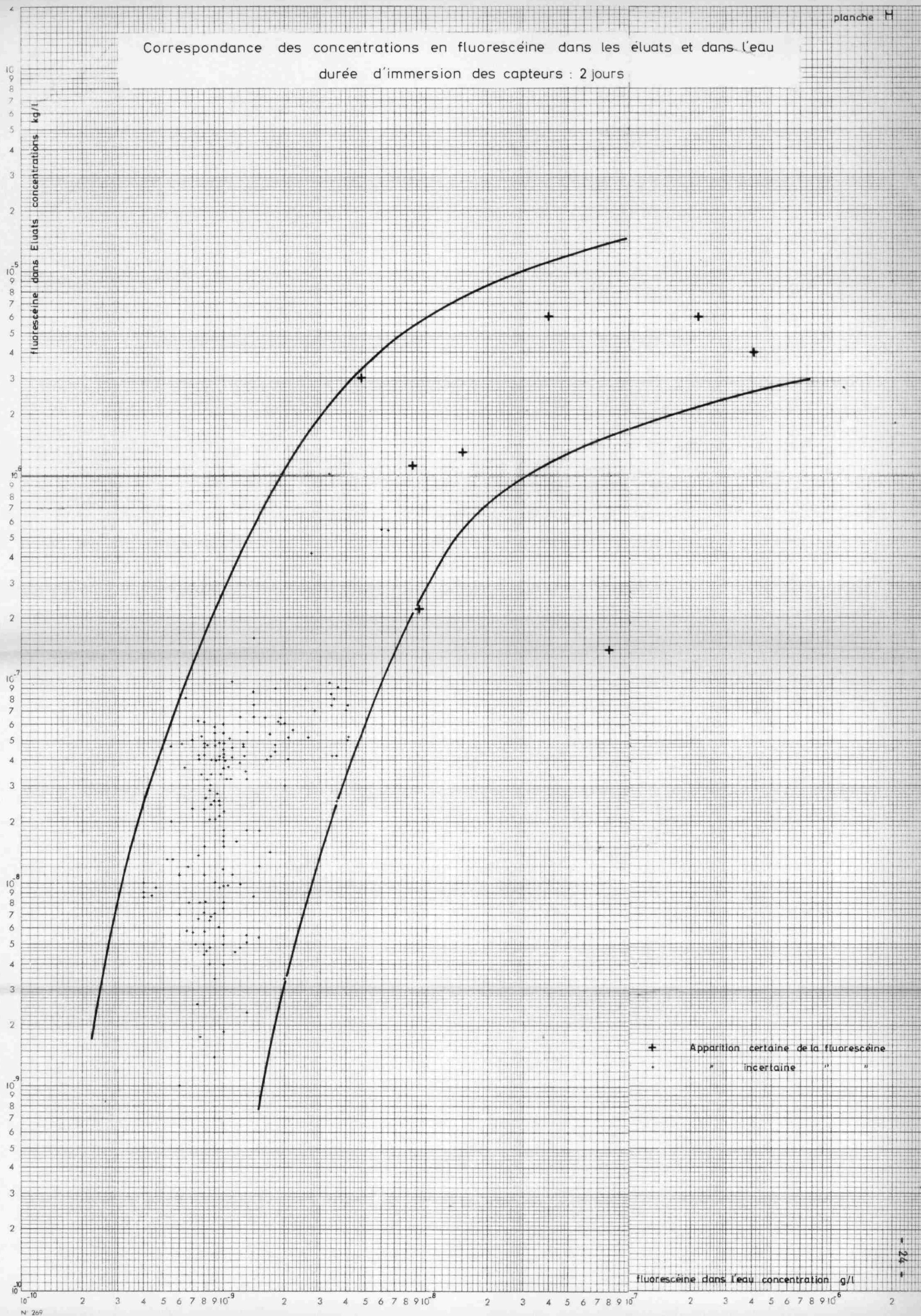
531 - Comparaison des concentrations en fluorescéine dans l'eau et les éluats

Le diagramme de correspondance des concentrations en fluorescéine dans les éluats et dans l'eau (planche H) montre que les capteurs concentrent la fluorescéine, et que la relation entre ces 2 valeurs doit être de forme exponentielle. Bien que nous ayons éliminé le facteur temps, la relation exacte entre ces différentes concentrations ne peut être précisée ici.

Cette relation ne peut être déterminée qu'en laboratoire en utilisant un milieu d'immersion unique (eau distillée), des liqueurs de concentrations étalonnées et un nombre statistiquement suffisant d'échantillons. Ce n'est qu'ainsi que les facteurs perturbateurs (dus aux milieux naturels différents de notre expérience : pureté de l'eau variable - débit variables - exposition à la lumière variables ...) pourront être éliminés.

Le tableau des rapports des concentrations en fluorescéine fluo-capteurs sur eau (planche I) montre d'une part que lors que nous sommes sûrs

Correspondance des concentrations en fluorescéine dans les éluats et dans l'eau
durée d'immersion des capteurs : 2 jours



		Nom- bre de jours	max	min	(méd.)	Variation du rapport pour 80 % des mesu- res	Nombre de mesures
Sans tenir compte de la durée d'immersion des fluocapteurs	A) en tenant compte de toutes les mesures		638	1	29	6-88	304
	B) en tenant compte uniquement des mesures où l'apparition de la fluorescéine est certaine		638	2	45	7-230	50
En tenant compte de la durée d'immersion des fluocapteurs	A)	2 j	638	1	22	5-57	176(1/2 total)
	B)		638	2	25	4-150	22 (≠ 1/2 total)
	A)	3 j	318	5	35	8-70	22
	B)		318	16	45	16-318	7
	A)	4 j	104	3	31	6-55	29
	B)		76	17	52	17-76	6
	A)	5 j	63	2	36	11-53	10
	B)						
	A)	6 j	62		62	62	1
	B)						
	A)	7 j	390	5	37	17-150	16
	B)		390	27	112	27-390	6
	A)	8 j	96	31	72	31-96	3
	B)						
	A)	9 j	230	2	48	21-144	23
	B)		180	2	49	2-180	4
	A)	10 j	508	3	61	8-205	21
	B)		250	34	120	34-250	5
	A)	11 j	310	8	159	8-310	2
	B)						
	A)	16 j	78		78	78	1
	B)						
	A)	26 j	110	95	102	95-110	2
	B)						

de la présence de la fluorescéine, ce rapport est plus fort que quand nous n'en sommes pas certains : de l'autre que le rapport ci-dessus est une fonction exponentielle du temps d'immersion des capteurs.

Dans la planche H, si nous avons reproduit les points correspondants aux concentrations en fluorescéine dans les éluats et l'eau pour les durées d'immersion croissant, nous verrions aussi que les concentrations dans les capteurs varient aussi exponentiellement par rapport aux durées d'immersion. Cette loi devrait aussi être précisé en laboratoire.

532 - Comparaison des diverses méthodes de détection de la fluorescéine

La méthode de détermination à l'oeil nu sur flacon et surtout sur place nous a donné les mêmes résultats qualitatifs que les méthodes d'étude à l'appareil. Grâce à la forte quantité de fluorescéine injectée, nous avons pu déterminer les temps séparant l'injection de l'apparition, la durée de l'apparition et même grossièrement le temps séparant l'injection du pic maximum et comparer les concentrations des diverses émergences entre elles. Cette méthode reste cependant grossière uniquement qualitative et nécessite une présence constante de personnel.

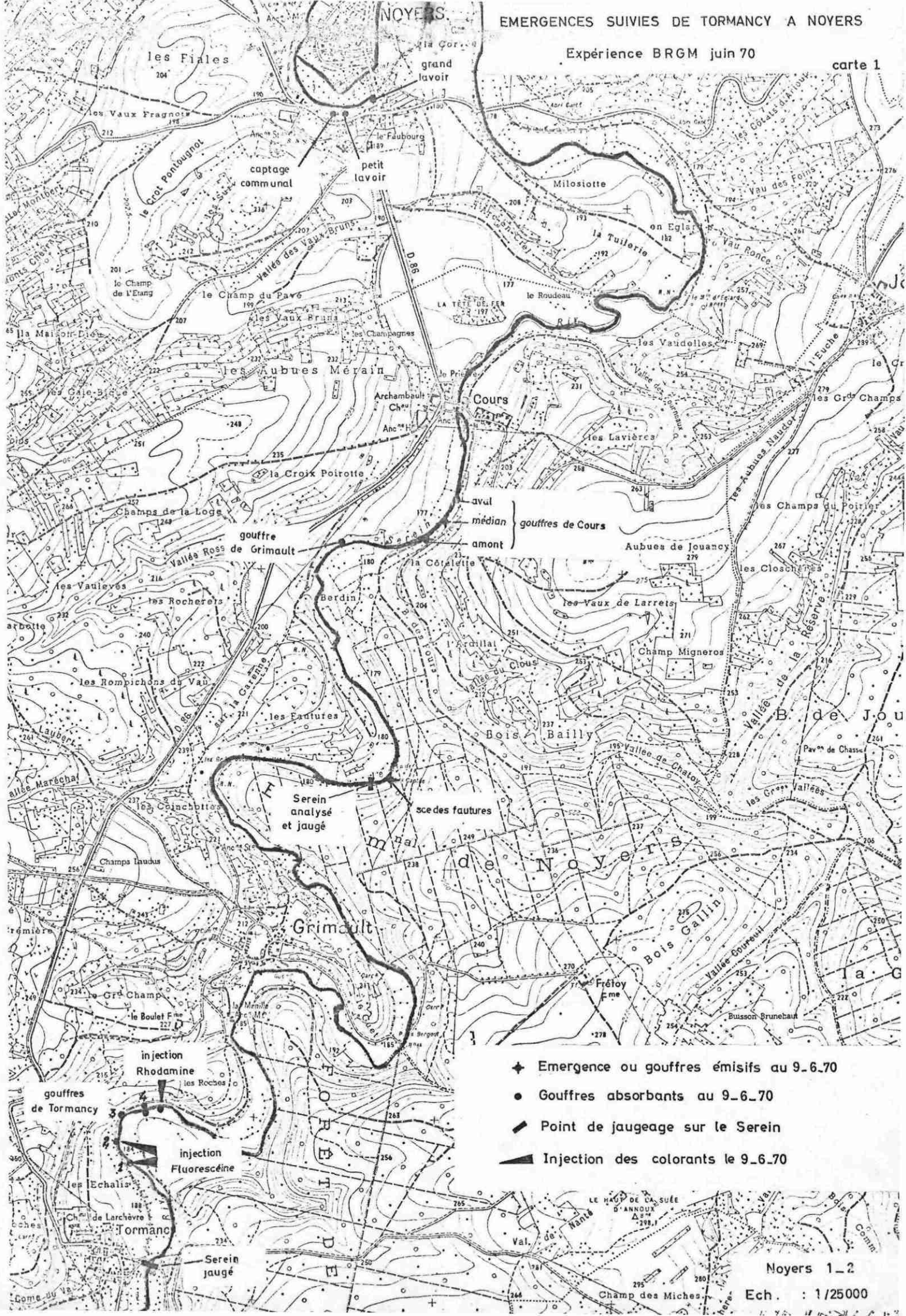
L'étude de l'eau au fluorimètre Turner nous a donné tous les résultats ci-dessus en les affirmant quantitativement. Les concentrations obtenues sont exactes. Il faut une présence constante de personnel.

L'étude des capteurs avec l'appareil nous donne les mêmes résultats que ci-dessus, mais avec des temps parfois décalés et des concentrations plus fortes que celles de l'étude de l'eau avec le fluorimètre. Une relation existe surement entre ces valeurs, mais nous n'avons pu ici la déterminer avec précision. Si cette loi était mise en évidence, l'utilisation des fluocapteurs permettrait un gain de temps appréciable.

En résumé dans l'état actuel de nos connaissances, si nous voulons voir des concentrations exactes et si le temps séparant l'injection de la réapparition du colorant n'est pas trop long, la méthode idéale est l'étude de l'eau au fluorimètre. Si ce temps est trop long, il faut utiliser les fluocapteurs qui rappellent-le augmentent variablement les concentrations.

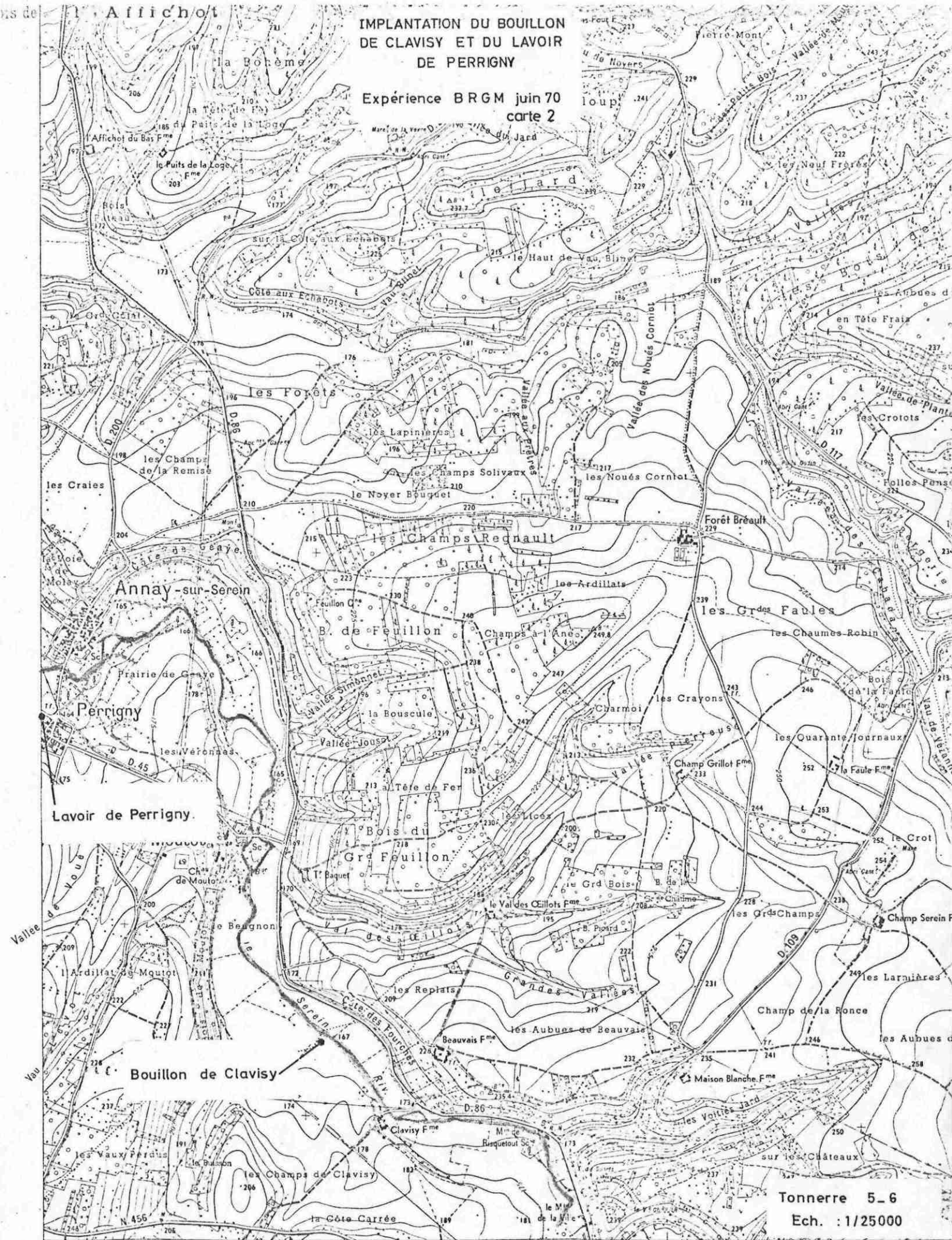
54 - TERRAINS GEOLOGIQUES TRAVERSES PAR LES PERTES

ETAGES NOUVEAUX (LUXEMBOURG 1962)	ETAGE ANCIEN	APPELLATIONS LOCALES ET LACUNES LOCALES	TERRAINS TRAVERSES PAR LES PERTES EN- TRE INJECTION ET RESURGENCES
OXFORDIEN	supérieur	"RAURACTIEN"	Résurgences ↑
	moyen	"ARGOVIEN"	
	inférieur	"OXFORDIEN" s.s.	
CALLOVIEN	supérieur	Lacune	
	moyen	Calcaires oolithiques	
	inférieur	Calcaires à chailles Calcaires marneux à Digonella divionensis	
BATHONIEN	Supérieur	Calcaires bicolores et Marnes à Eudesia Cardium Calcaires compacts ou comblan- chien Oolithes blanches	
	moyen	Marnes à Pholadomyes ou "Vésu- lien"	



IMPLANTATION DU BOUILLON
DE CLAVISY ET DU LAVOIR
DE PERRIGNY

Expérience BRGM juin 70
carte 2



Tonnerre 5-6

Ech. : 1/25000

Bois de l'Hopital

IMPLANTATION DU CAPTAGE
DE NITRY

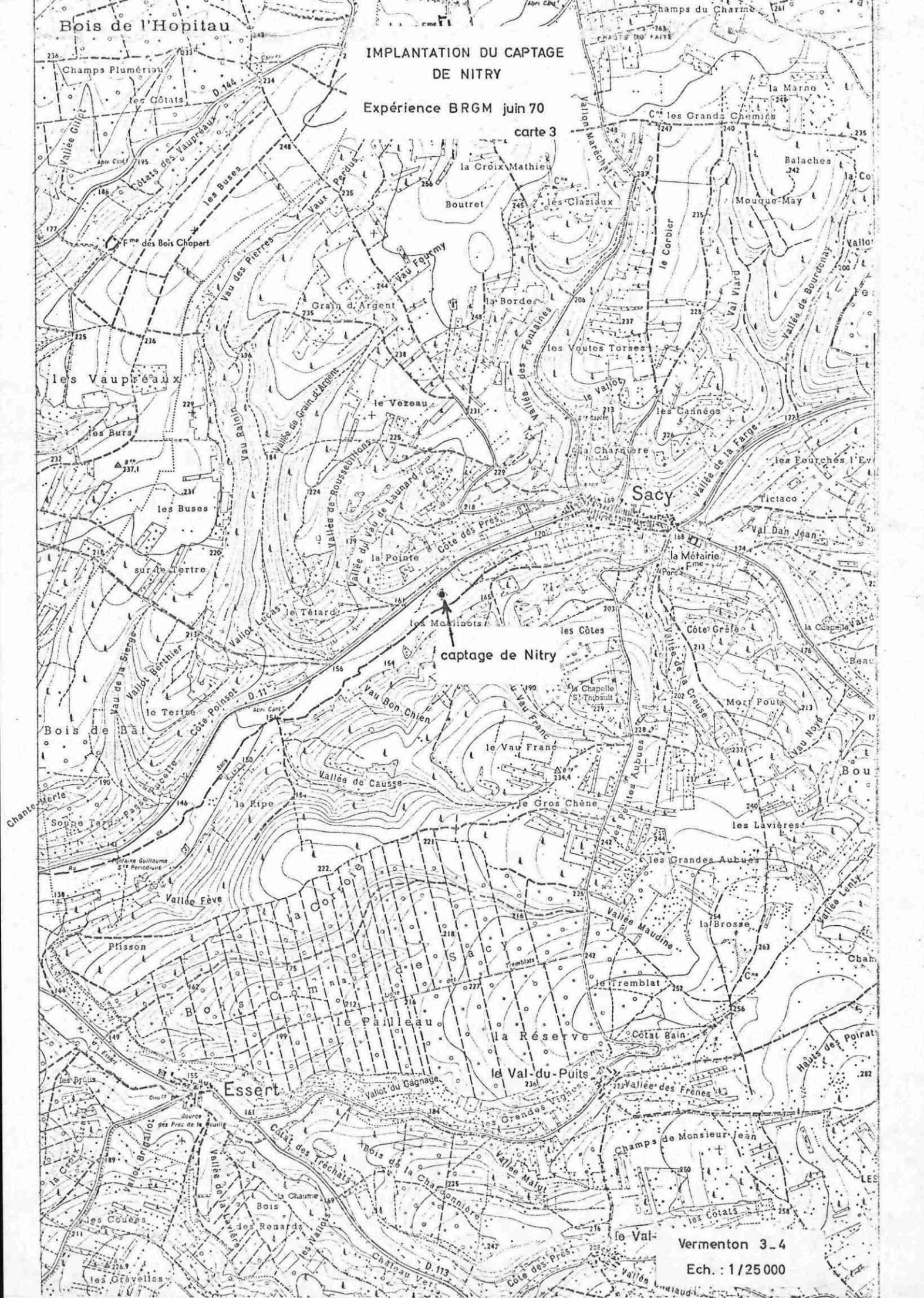
Expérience BRGM juin 70

carte 3

captage de Nitry

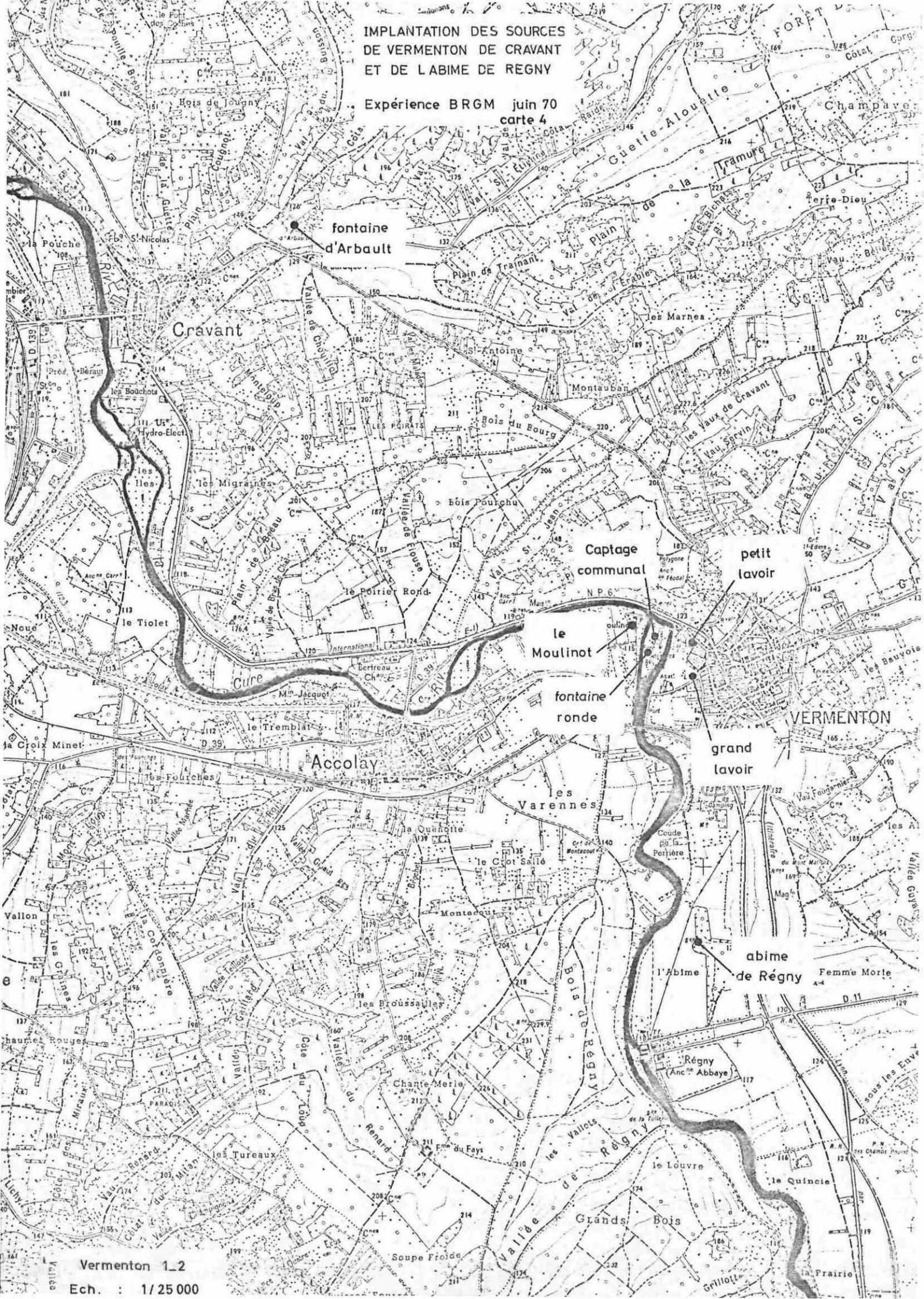
Vermenton 3-4

Ech. : 1/25 000



IMPLANTATION DES SOURCES
DE VERMENTON DE CRAVANT
ET DE LABIME DE REGNY

Expérience BRGM juin 70
carte 4



Vermenton 1:2

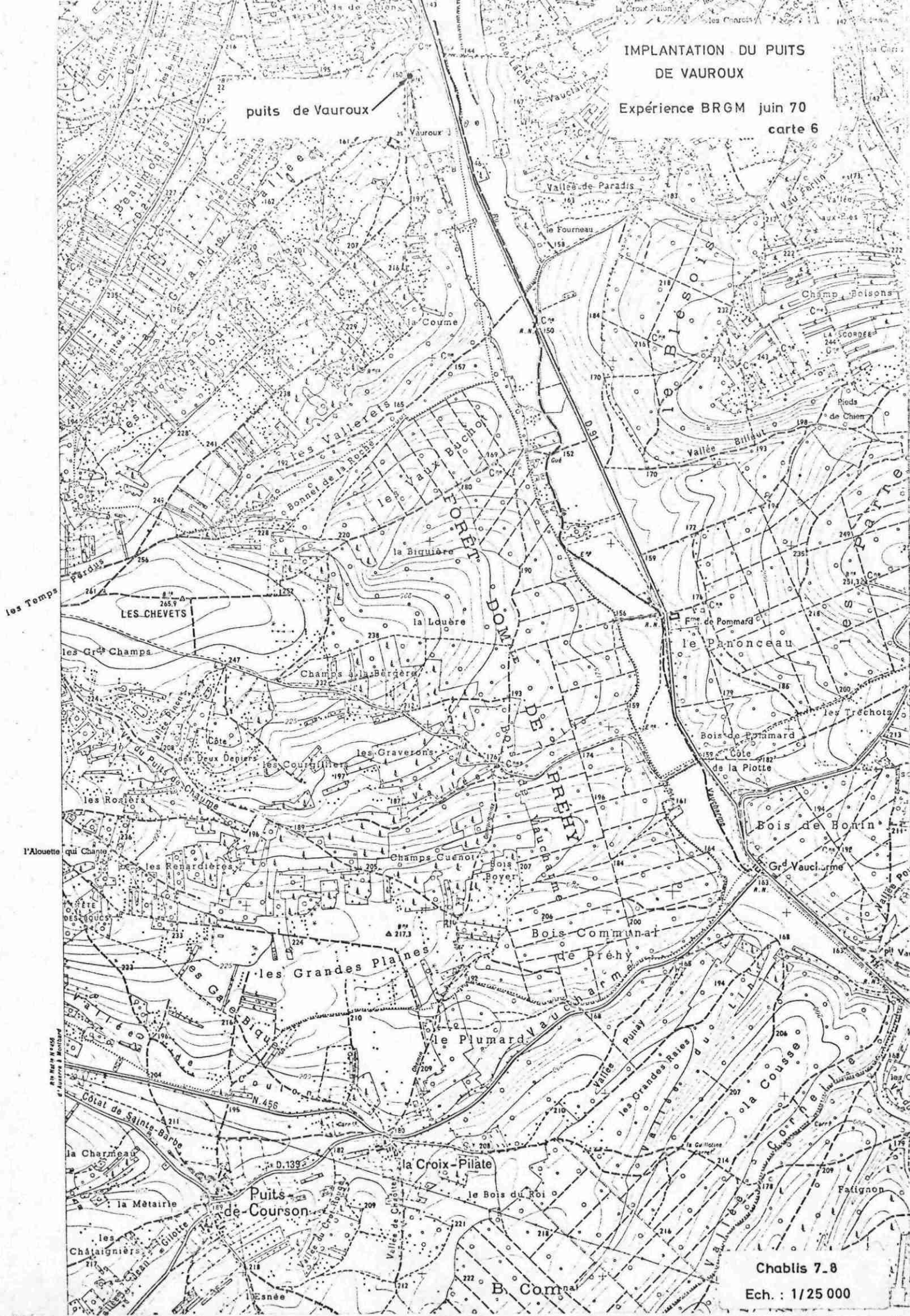
Ech. : 1/25 000

Expérience BRGM juin 70
carte 5

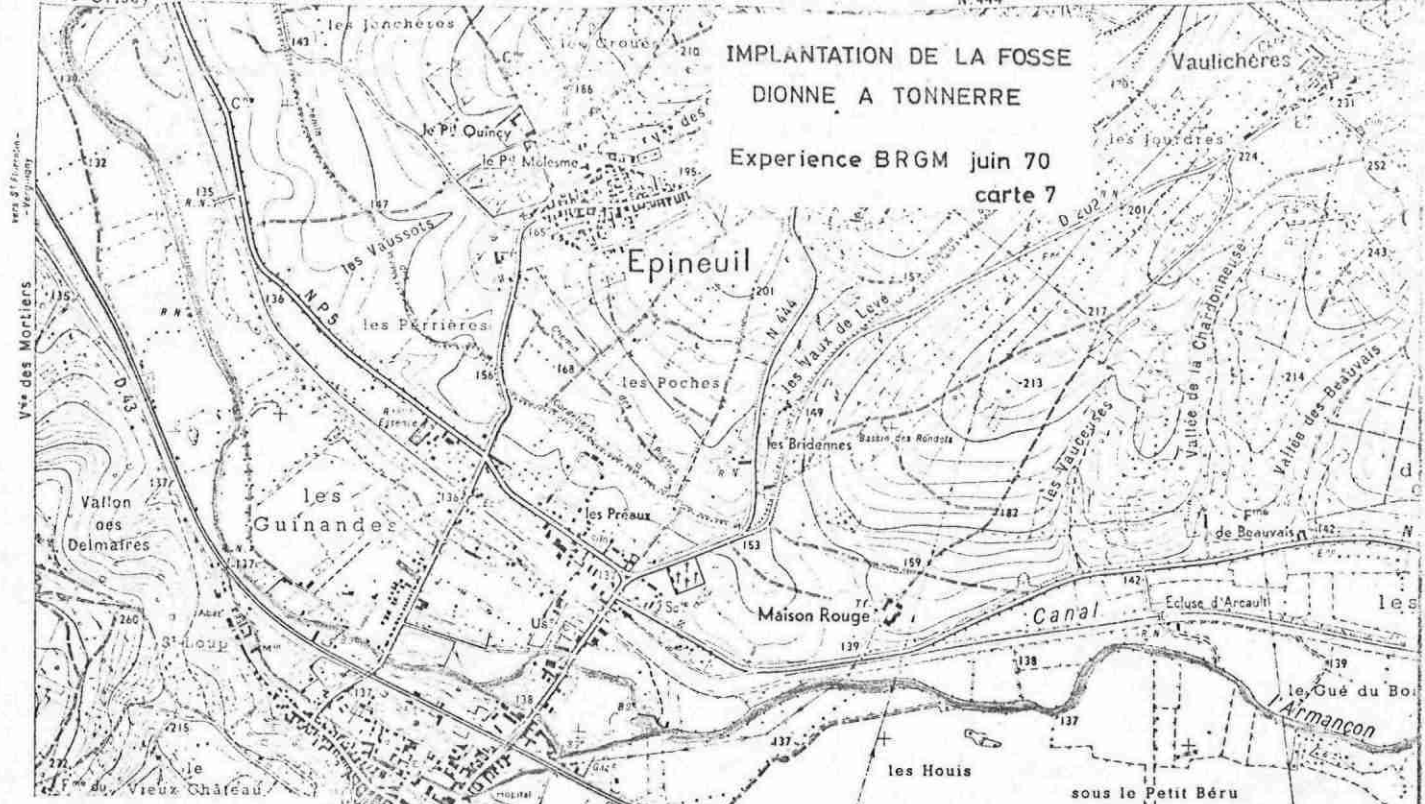


Ech. : 25 000

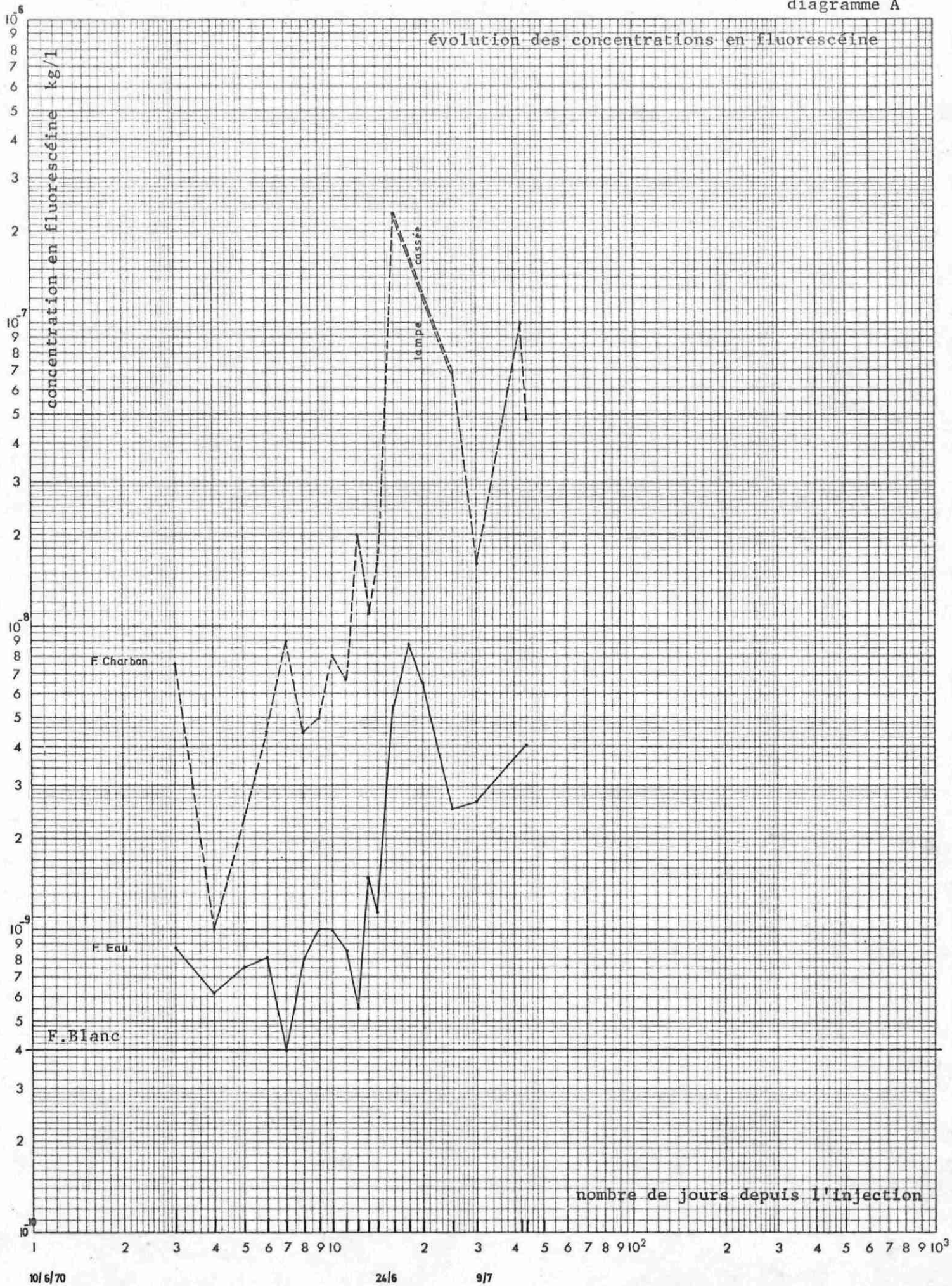
carte 6



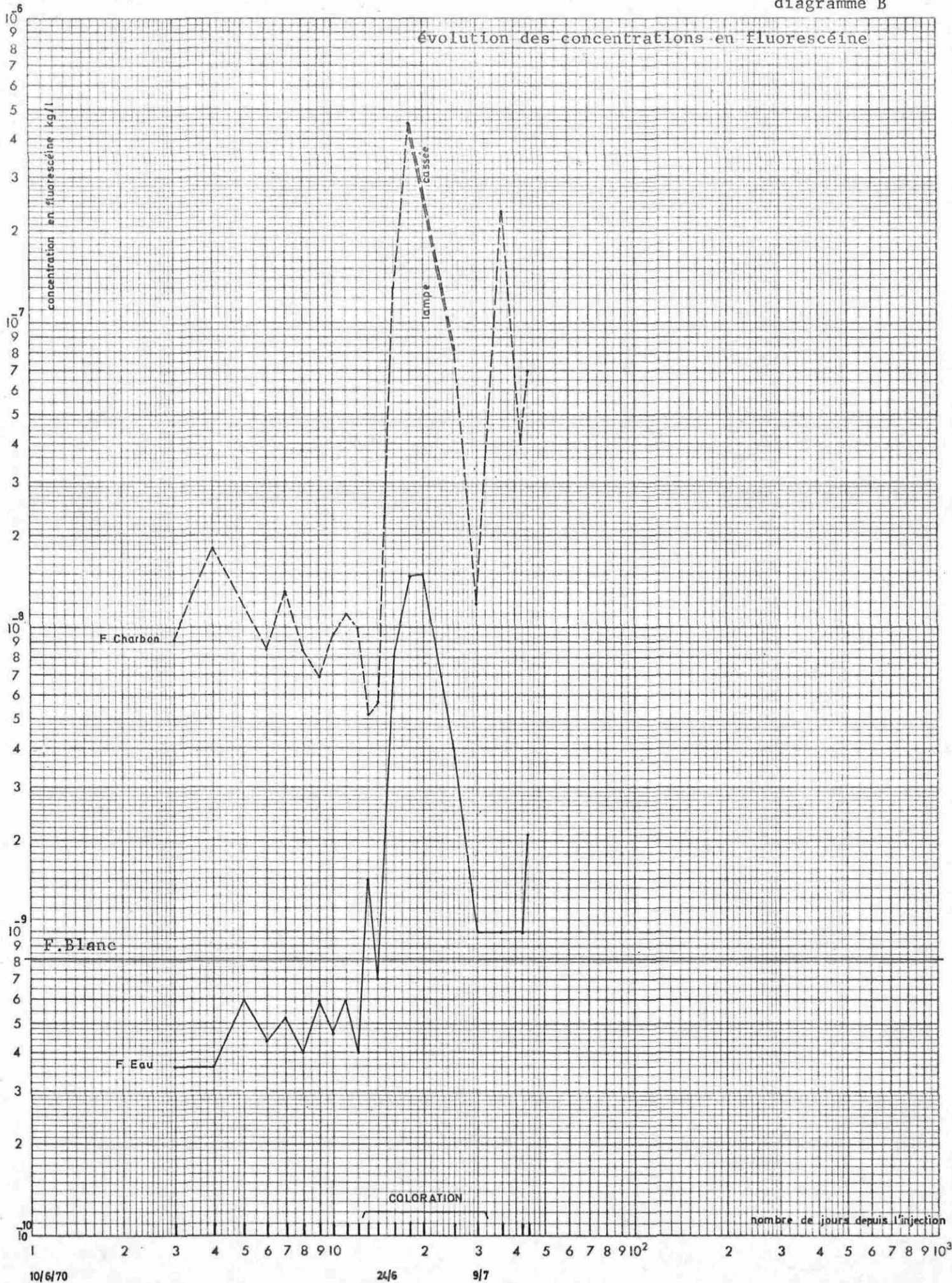
Ech. : 1/25 000

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

évolution des concentrations en fluorescéine

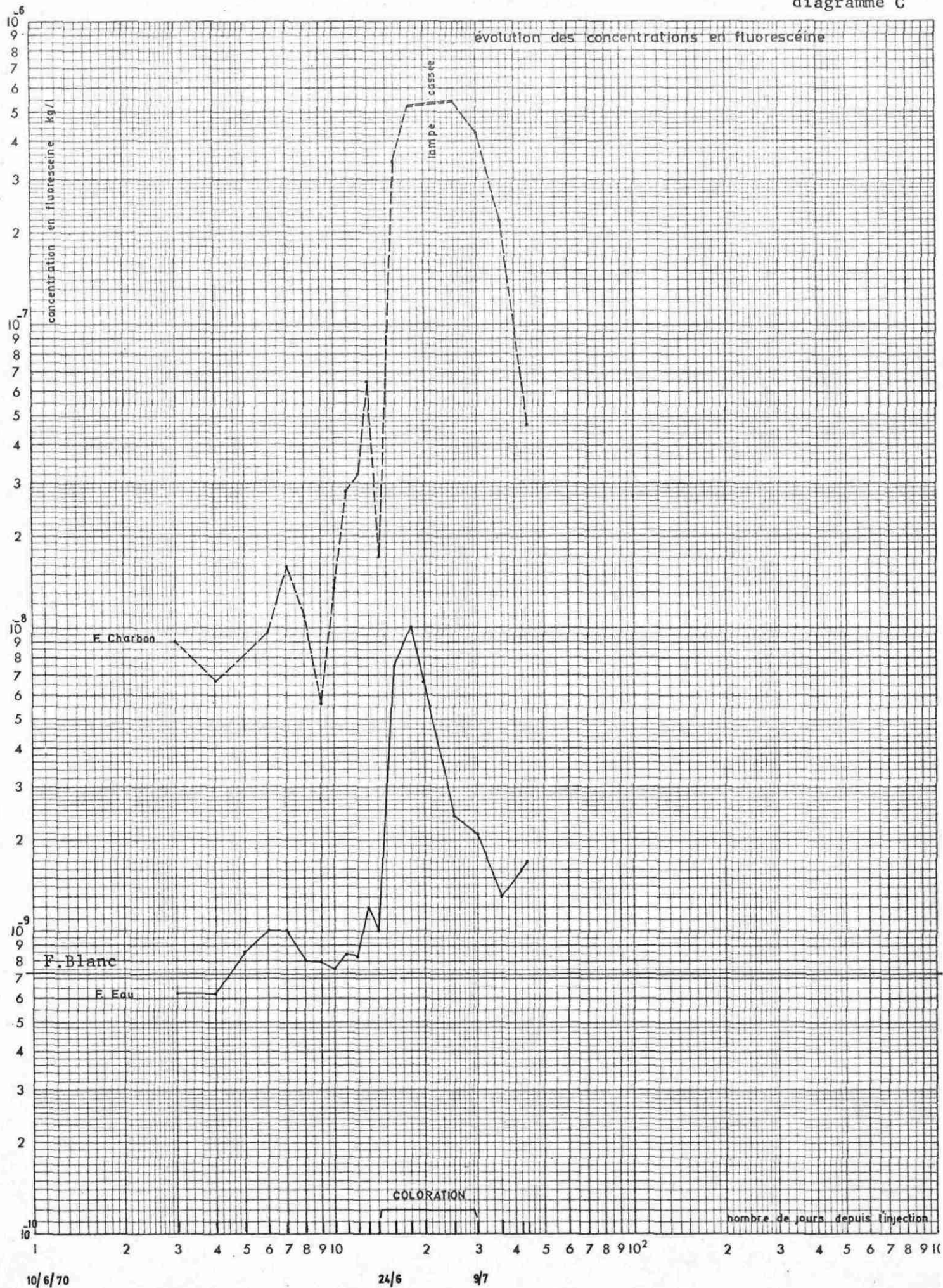


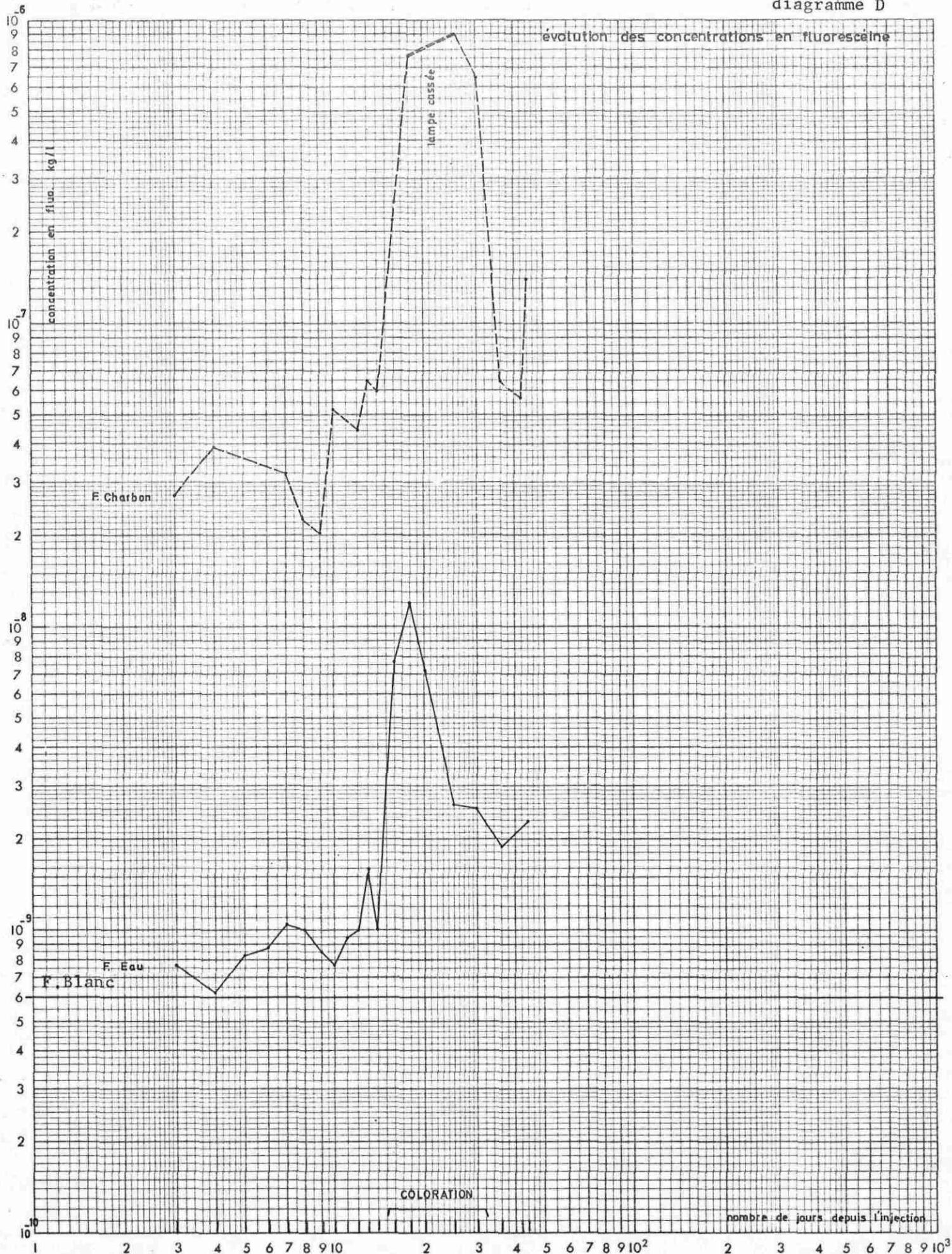
évolution des concentrations en fluorescéine

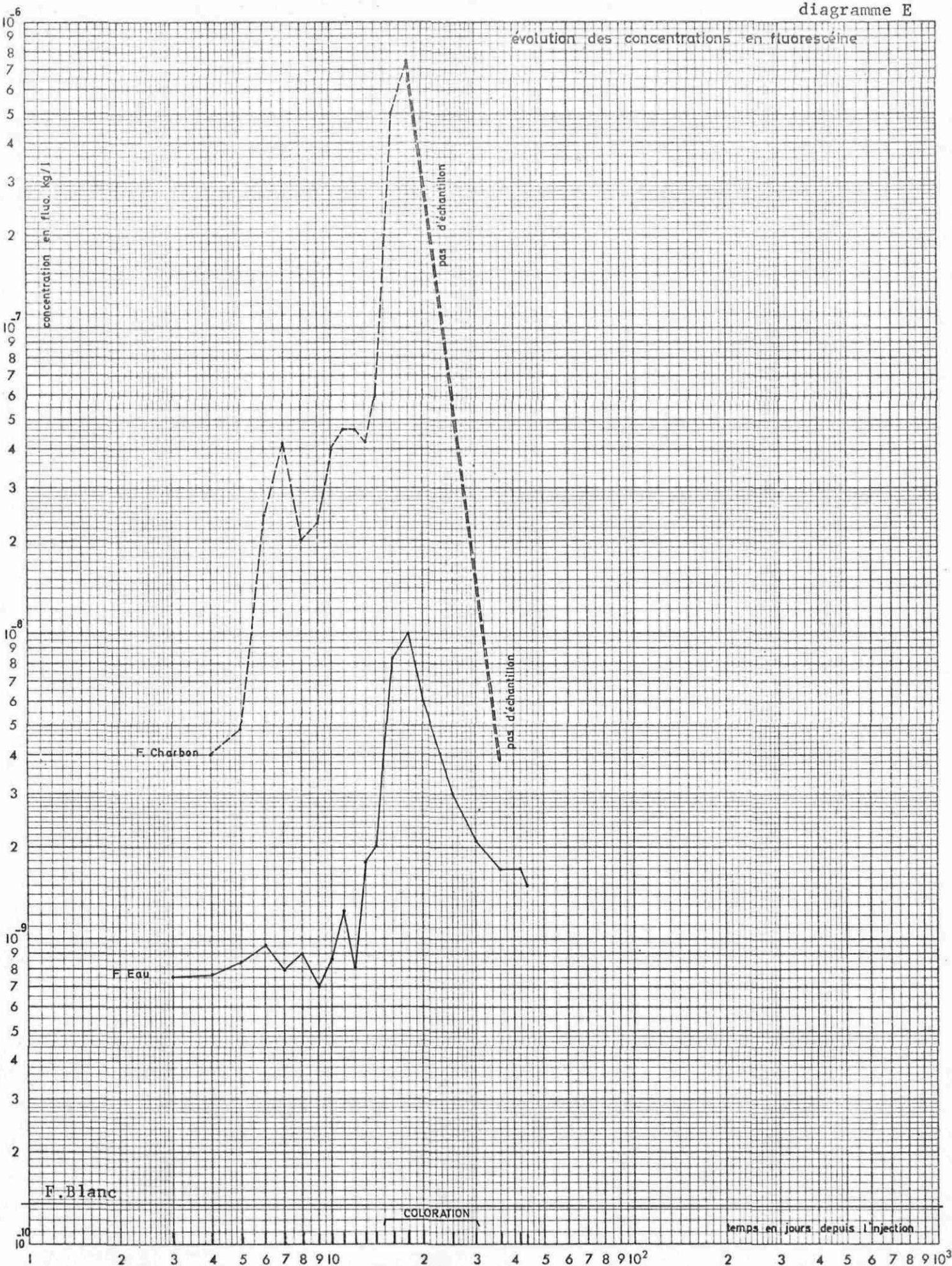


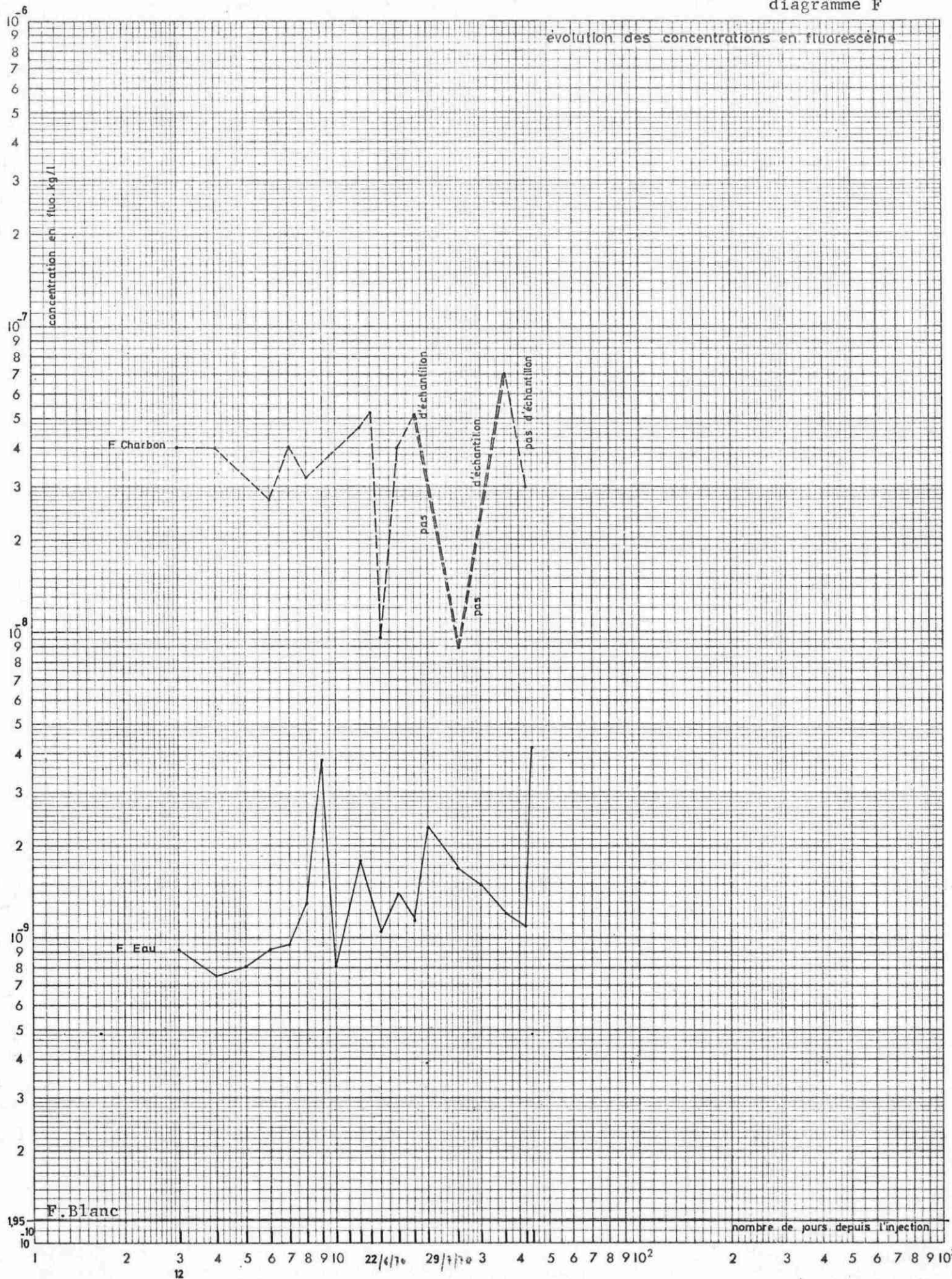
— Fontaine ronde de Vermenton —

diagramme C





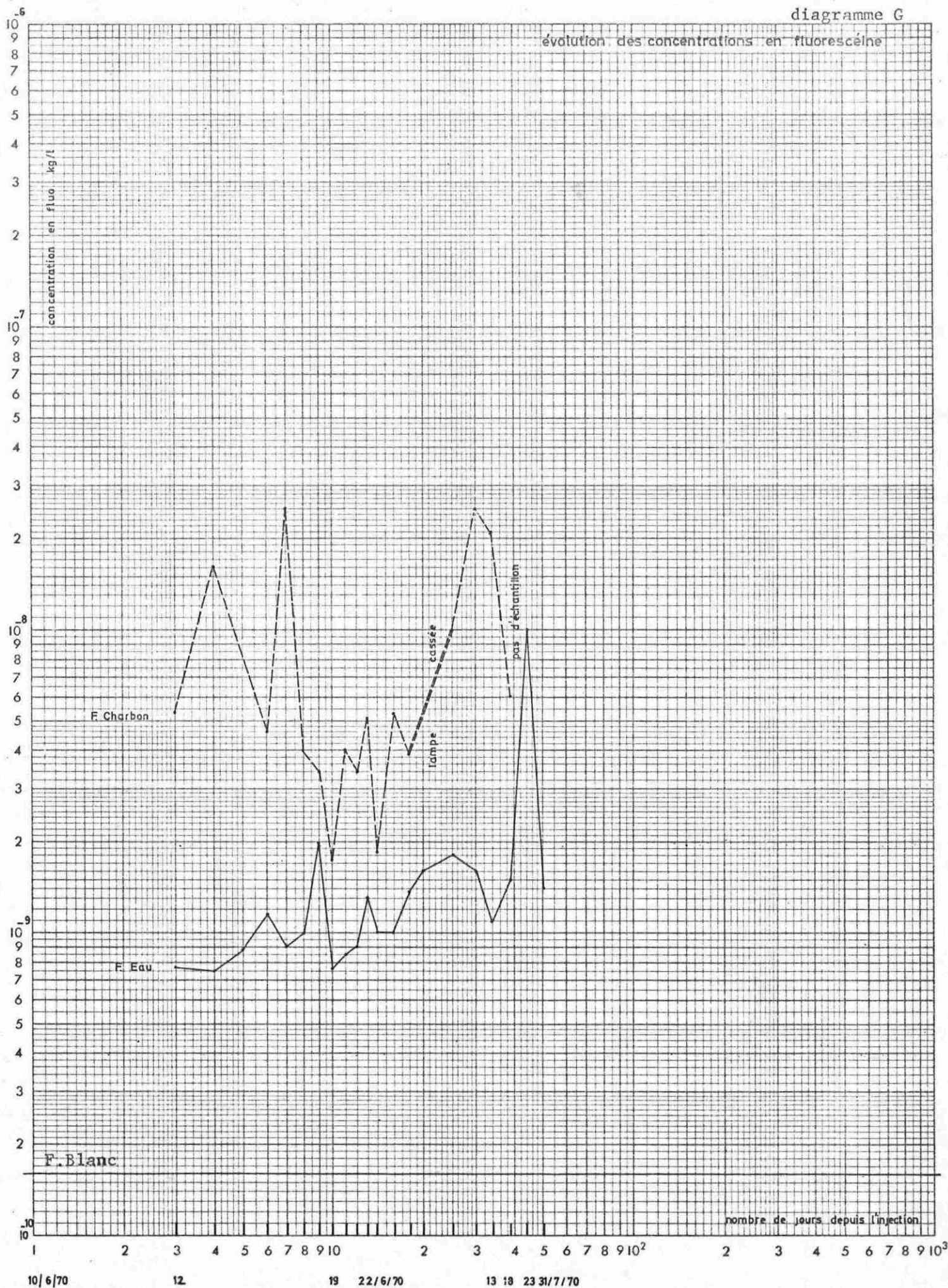




— Puits de Nitry-Sacy —

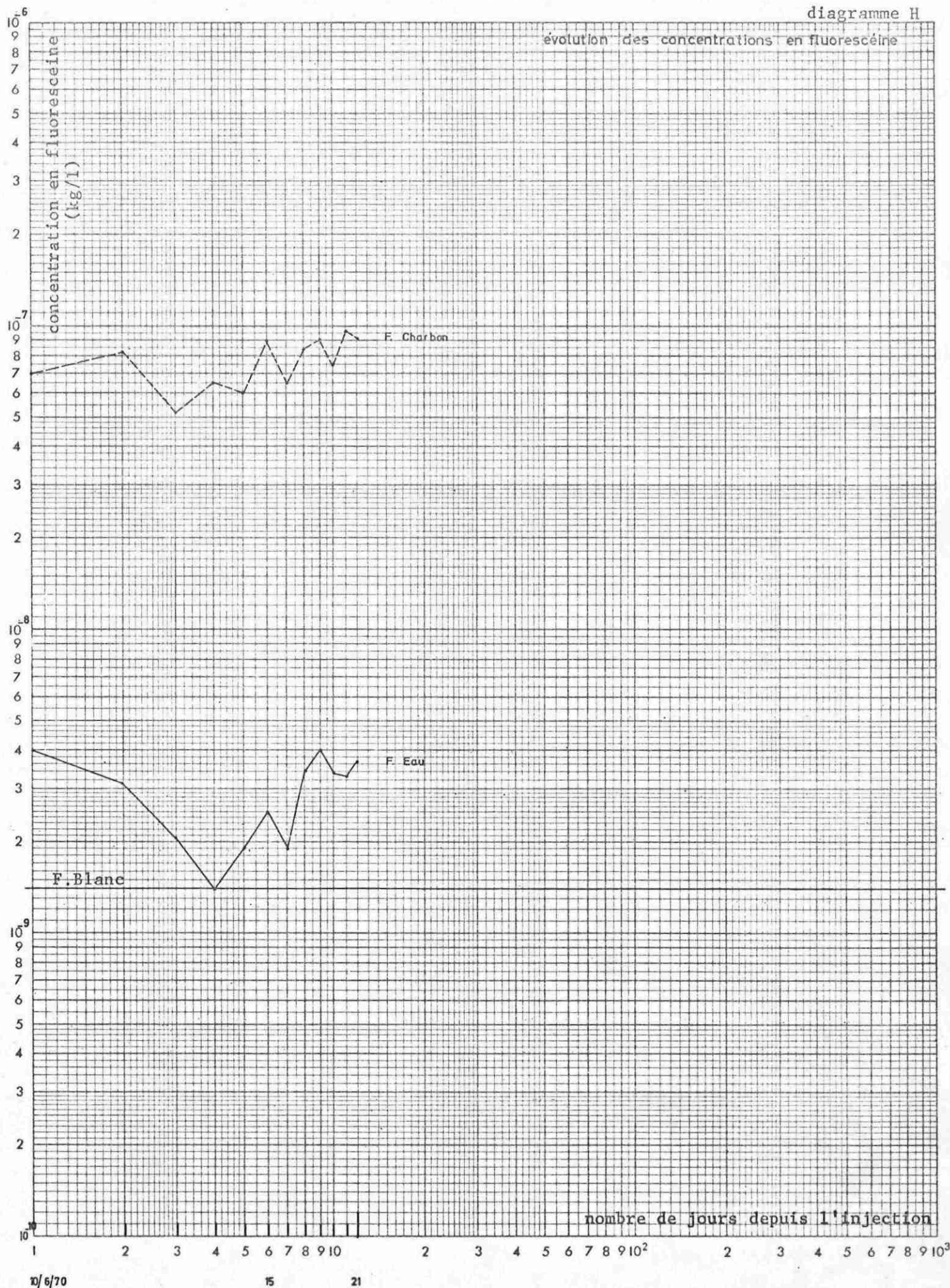
diagramme G

évolution des concentrations en fluorescéine

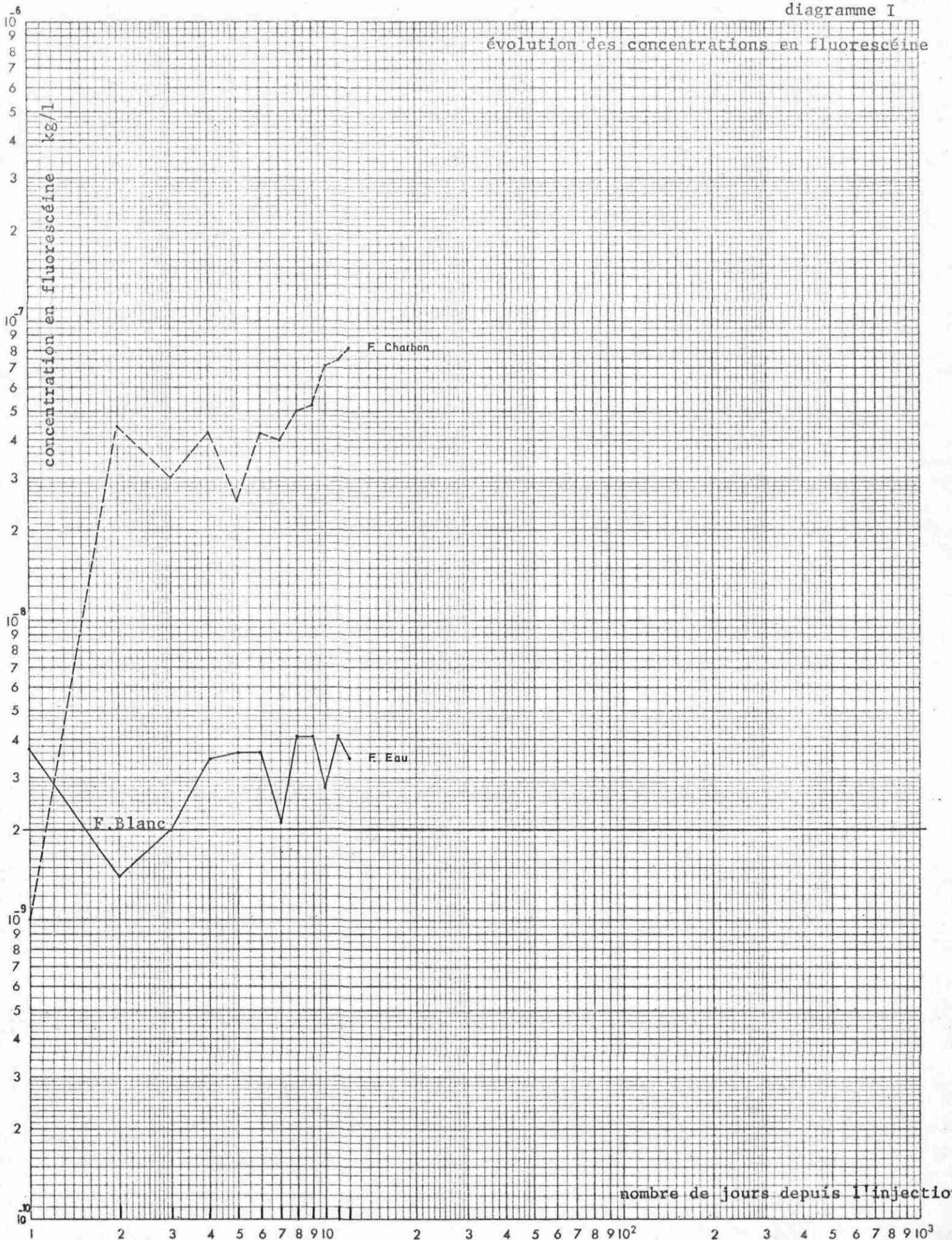


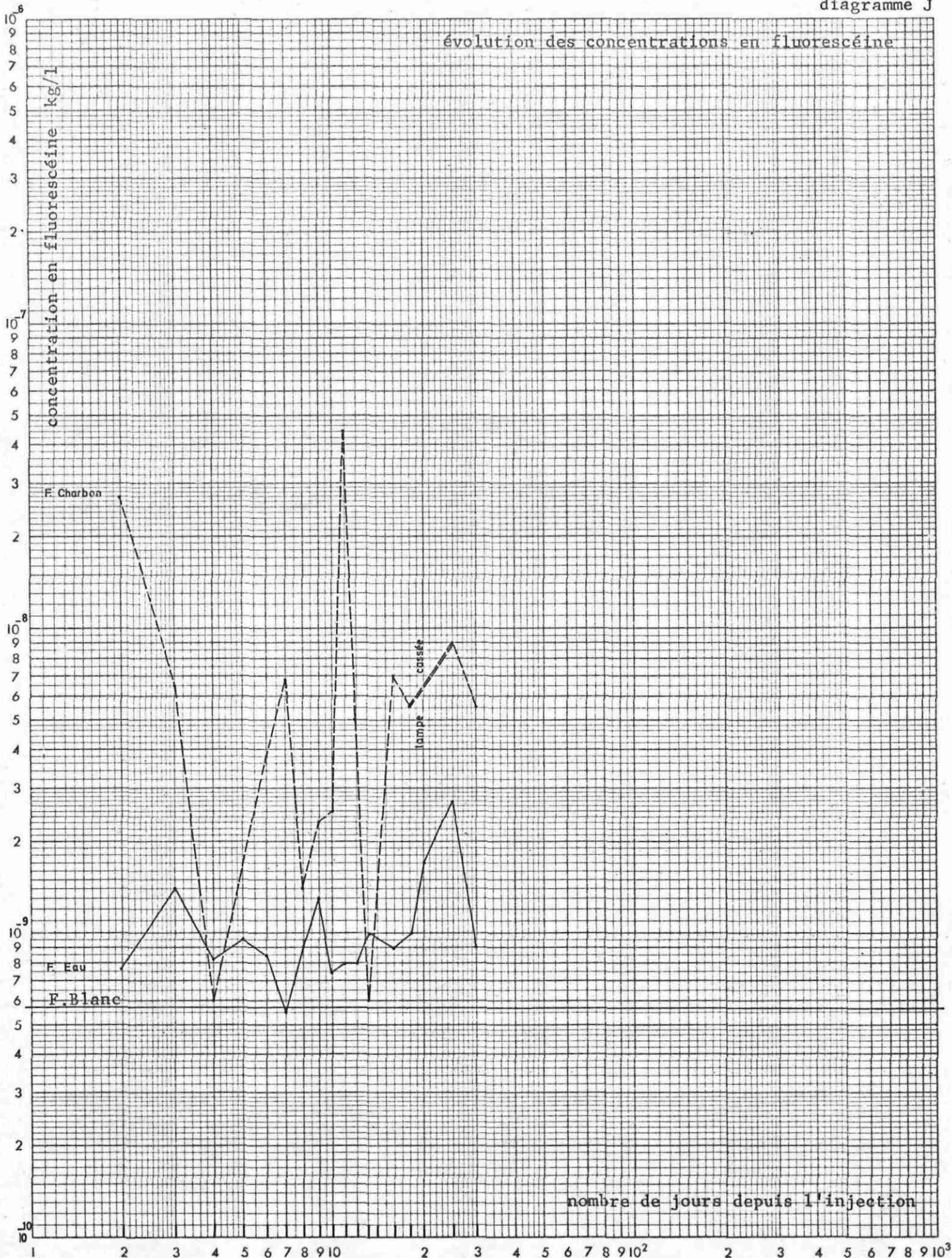
_ Source des Fautures _

diagramme H



évolution des concentrations en fluorescéine

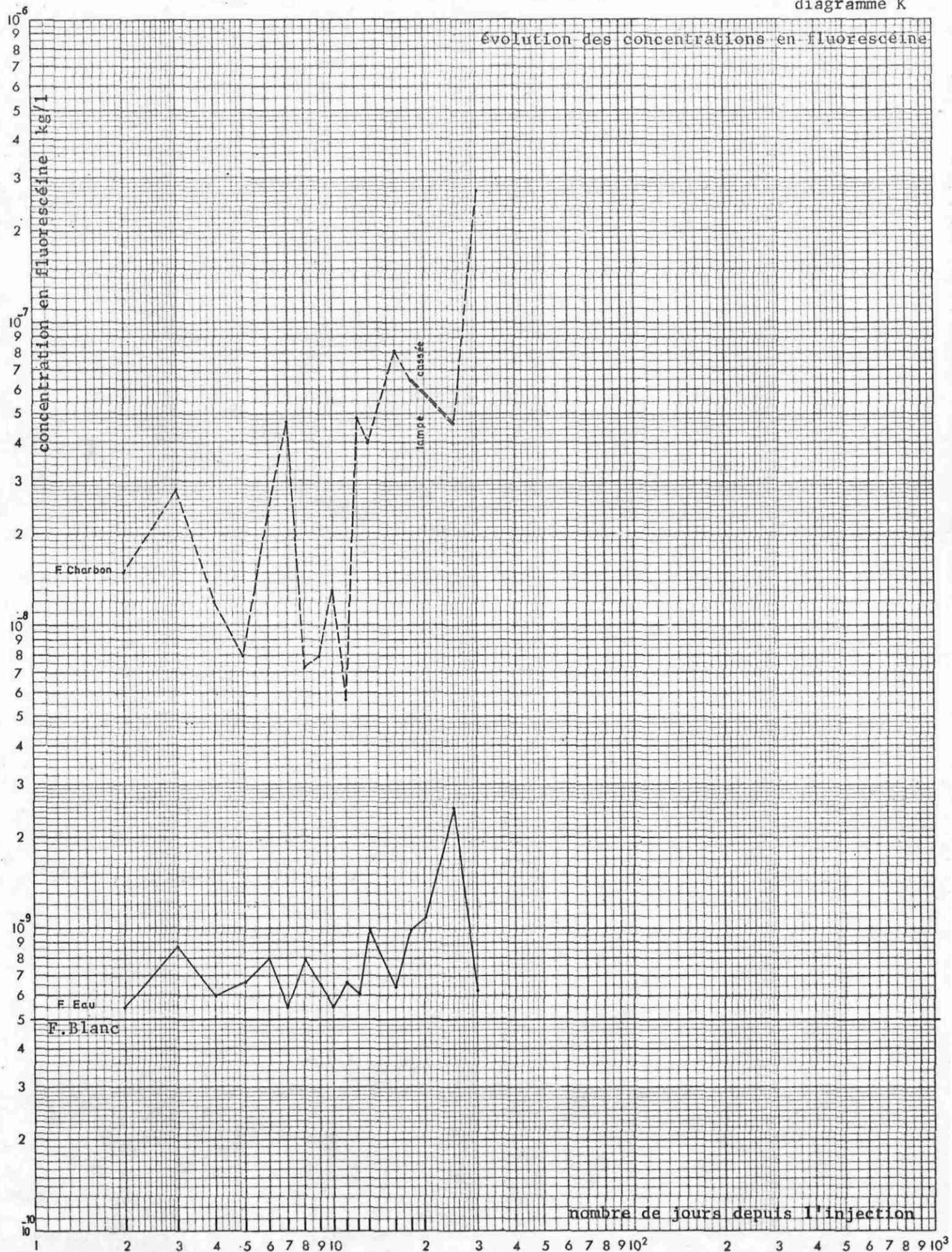




— Cours (gouffre médian) —

diagramme K

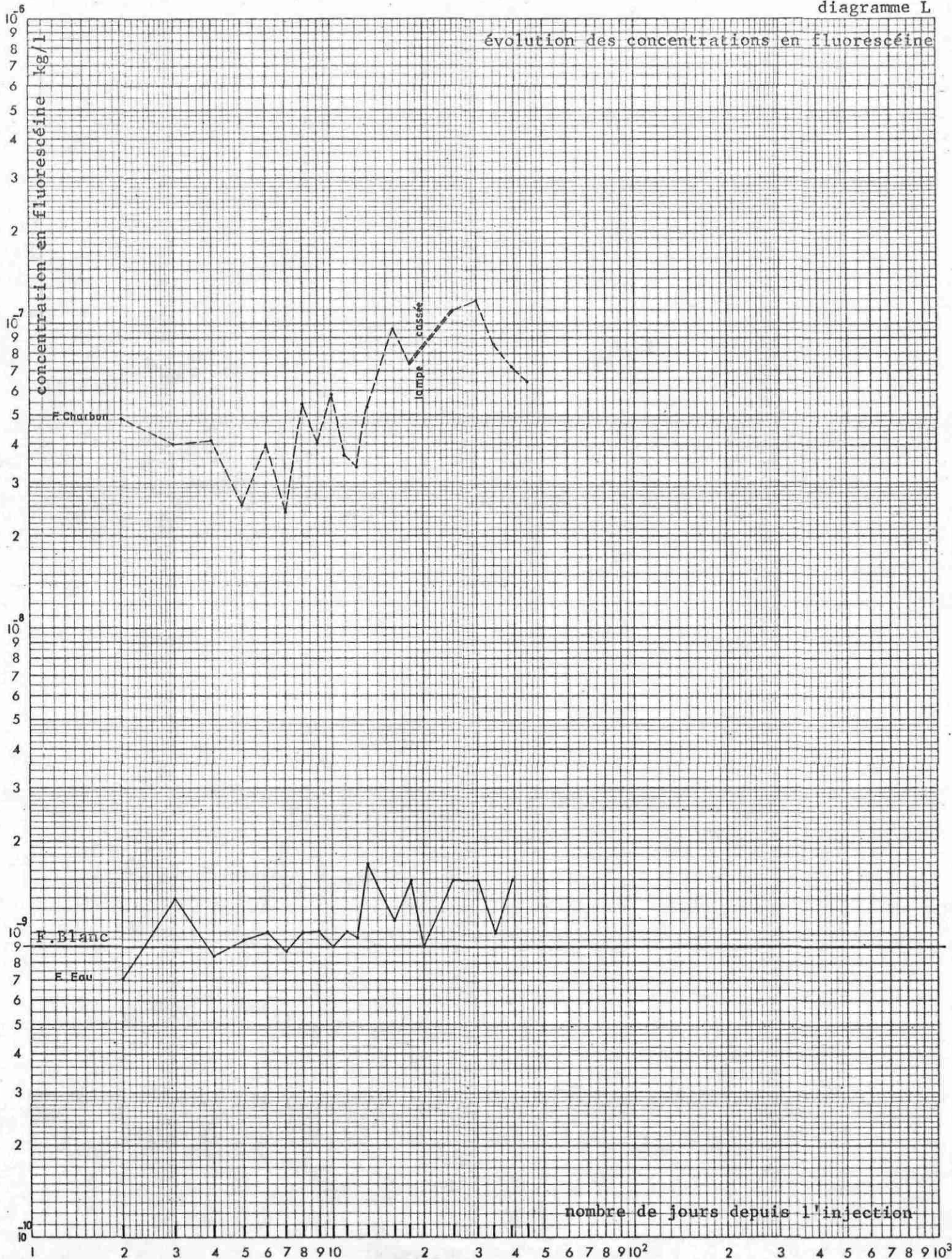
évolution des concentrations en fluorescéine

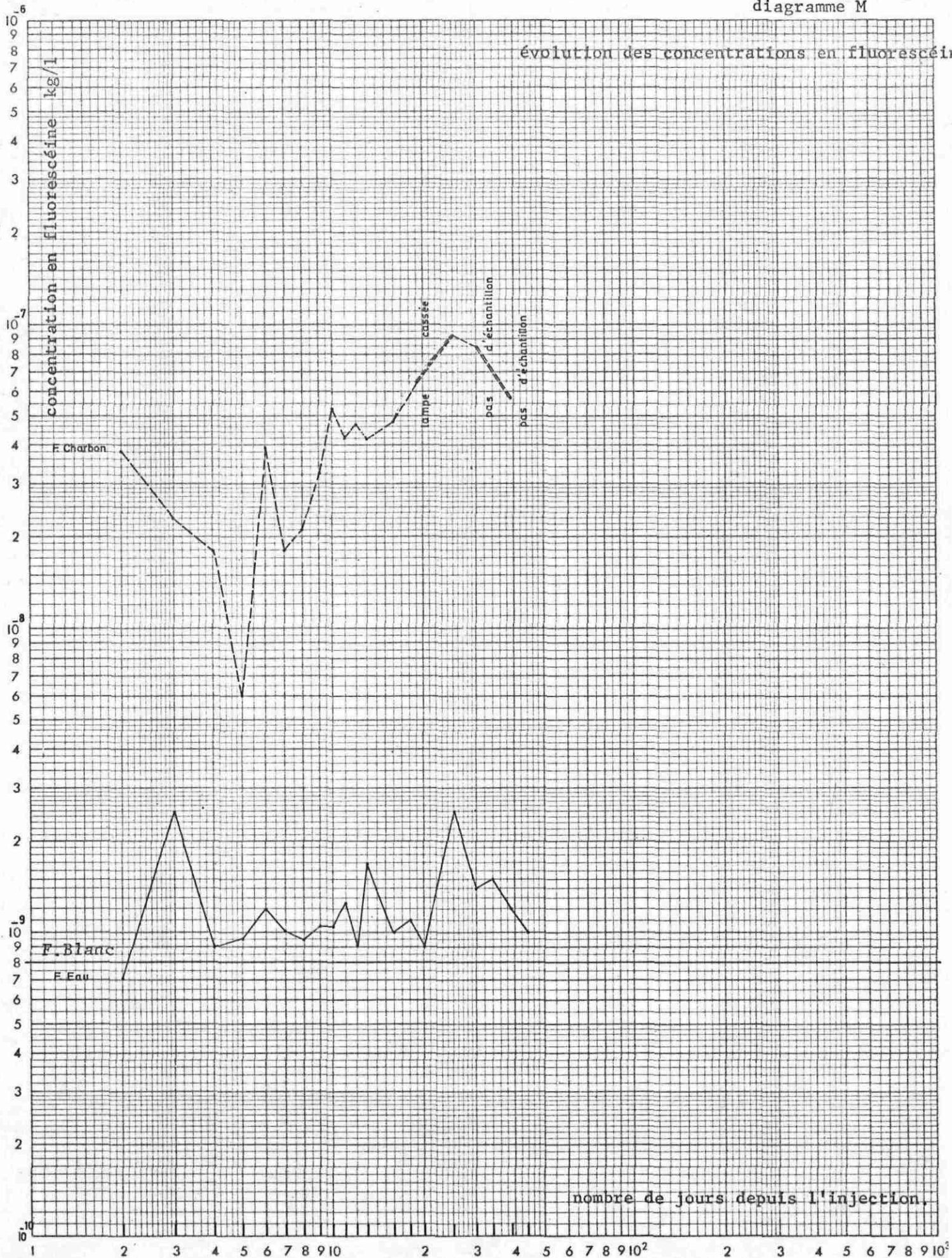


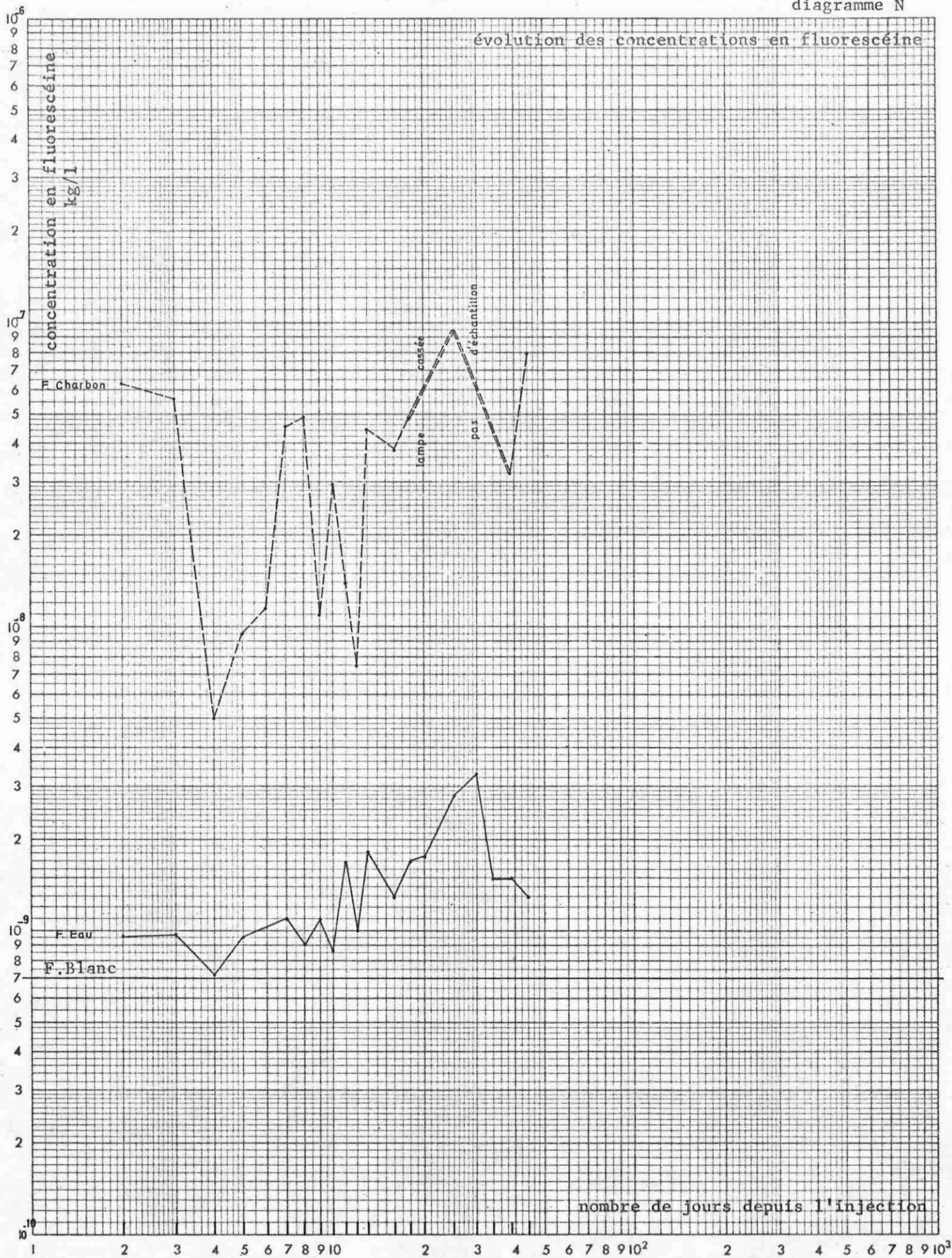
— Captage communal de Noyers —

diagramme L

évolution des concentrations en fluorescéine







- Bouillon de Clavisy -

évolution des concentrations en fluorescéine

concentration en fluorescéine kg/l

10⁻⁵
9
8
7
6
5
4
3
2
10⁻⁶
9
8
7
6
5
4
3
2
10⁻⁷
9
8
7
6
5
4
3
2
10⁻⁸
9
8
7
6
5
4
3
2
10⁻⁹
9
8
7
6
5
4
3
2
10⁻¹⁰

F. Charbon

F. Eau

F. Blanc

temps

pas d'échantillon

COLORATION

nombre de jours depuis l'injection

évolution des concentrations en fluorescéine

concentration en fluorescéine kg/l

10⁻⁶
10⁻⁷
10⁻⁸
10⁻⁹

7
9
8
6
5
4
3
2

10⁻⁸
10⁻⁹
9
8
7
6
5
4
3
2

10⁻⁹
10⁻⁸
9
8
7
6
5
4
3
2

COLORATION

nombre de jours depuis l'injection

10⁻¹⁰
10⁻⁹
10⁻⁸
10⁻⁷
10⁻⁶

F. Charbon

F. Eau

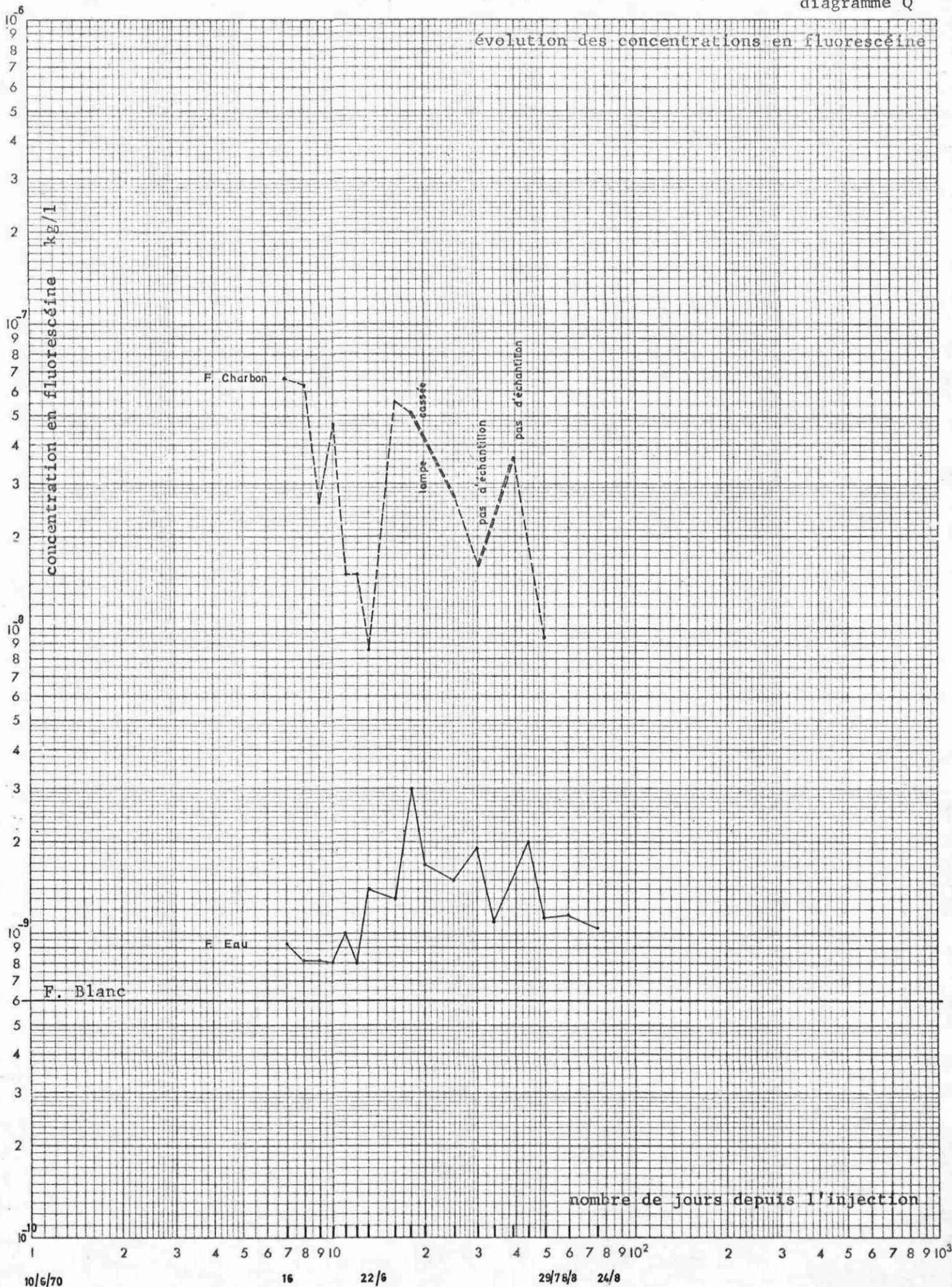
F. Blanc

l'ampoule

fausée

pas d'échantillon

évolution des concentrations en fluorescéine



- Puits de Vauroux -

diagramme R

évolution des concentrations en fluorescéine

