

Le régime de tarissement de la Foux de la Vis

Étude préliminaire

Commune de Vissec : Gard (Carte I.G.N. : Le Caylar XXVI-42 no 3) _____

J. FORKASIEWICZ et H. PALOC*

RÉSUMÉ

Dans la méthodologie des études sur les eaux souterraines dans les karsts, l'analyse du régime de tarissement des sources tient une place de première importance.

La présente étude comparée de onze courbes de tarissement d'une importante résurgence en terrain dolomitique, la Foux de la Vis (Gard, Causse du Larzac), a été réalisée, à titre expérimental, dans le cadre des études générales d'hydrogéologie (programme 1965 du Service d'Hydrogéologie).

Cette étude présente l'analyse des courbes observées, extrapolées et décomposées, puis traite de l'emploi des formules et de la signification des résultats.



Ce travail a été présenté comme communication au colloque sur l'hydrologie des roches fissurées organisé à Dubrovnik (Yougoslavie), en octobre 1965, par l'U.N.E.S.C.O., avec le concours de l'A.I.H.S. et de l'A.I.H., et à la session de novembre 1966 de la Société hydrotechnique de France.

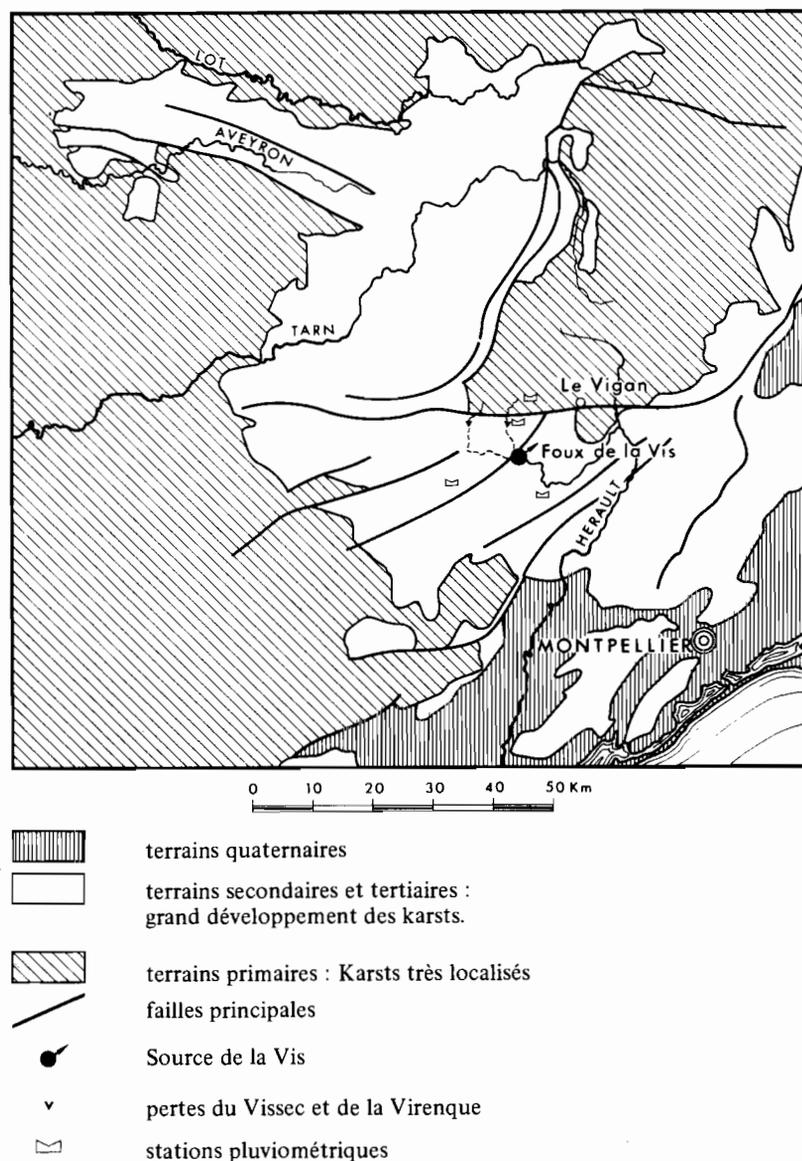
INTRODUCTION

La Foux de la Vis ($x = 692$; $y = 178,55$) est la plus importante résurgence de la région constituant les Grands Causses du Massif Central français, et l'une des plus grosses sources de France.

C'est une source « de karst » dont le bassin d'alimentation se développe surtout sur les calcaires et les dolomies jurassiques des causses méridionaux du Larzac, de Campestre et de Blandas-Montdardier. Mais elle draine aussi, par l'intermédiaire de captures souterraines dans les hautes vallées du Vissec et de la Virenque, les circula-

* Service d'hydrogéologie du B. R. G. M.

SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE



Carte de situation

tions superficielles du versant sud du massif du Saint-Guiral formé de terrains primaires pratiquement imperméables.

En période de très hautes eaux, ces captures ne sont pas suffisantes pour absorber la totalité de l'écoulement : celui-ci réutilise alors le réseau superficiel creusé dans les calcaires, empruntant sur plusieurs kilomètres en aval des points de captures les gorges profondes, normalement à sec,

du Vissec et de la Virenque. C'est à quelques kilomètres en aval de leur confluence, sur la rive droite de la vallée ainsi formée, que se situe la Foux de la Vis.

En période de moyennes et de basses eaux, ce n'est qu'à partir de cette résurgence que se produit une circulation superficielle permanente dans la vallée : la rivière à laquelle elle donne naissance est dénommée « La Vis ».

La localisation de la Foux est récente et son raccordement au thalweg de la vallée inachevé. Elle jaillit, à 360 m d'altitude, de la dolomie bathonienne et de nombreuses grottes dans son voisinage attestent qu'elle s'est déplacée souvent dans ce niveau dolomitique, et de plus en plus profondément.

C'est une source pérenne, bien que cette pérennité ait été interrompue au moins quatre fois : en 1779 pendant 8 jours, en 1890 pendant 24 heures, en 1927 pendant 8 heures, et le 10 août 1961 pendant 6 heures.

Son débit d'étiage est élevé, rarement inférieur à 1 m³/s.

Son débit de crue paraît dépasser 10 m³/s.

A 4 km environ en aval de la source, une station de jaugeage (= prise de Navacelle) a été aménagée par l'E.D.F. et, en dehors des périodes de très hautes eaux, les débits mesurés peuvent être confondus avec ceux de la source, aucun apport ni aucune perte ne se faisant entre ces deux points.

Nous avons eu à notre disposition les relevés des débits moyens journaliers pour la période allant du 1^{er} janvier 1950 au 31 mai 1961 (*). Ce sont ces relevés que nous avons cherché à exploiter ici car il pouvait être intéressant, disposant de plusieurs années d'observations, de préciser le régime de vidange de la source et de vérifier la validité d'emploi des formules de tarissement habituellement utilisées pour caractériser un exutoire.

Les services intéressés de l'E.D.F. estiment que dans l'ensemble les relevés doivent être assez précis pour les débits naturels inférieurs à 3 m³/s, c'est-à-dire ceux qui nous intéressent surtout ici. Au-delà (débits naturels supérieurs à 3 m³/s) les évaluations journalières faites seraient plus approximatives, certaines, au-delà de 10 m³/s, pourraient même comporter une grosse marge d'incertitude.

La station est à l'altitude de 334,57 mètres et le bassin superficiel pour cette station est voisin de 282 km.² Le bassin d'alimentation de la Foux, bien

(*) Nous devons remercier ici MM. BROUSSE et GRAND, ingénieurs de la 5^e Circonscription électrique à Toulouse, qui ont bien voulu nous confier ces relevés.

qu'encore imparfaitement délimité, ne saurait être très différent de cette valeur.

Sur les quatre pluviomètres dont on pouvait disposer, un seul (Alzon) est situé à l'intérieur du bassin versant superficiel de la Vis à la station, les trois autres (Le Caylar, Saint-Maurice (bourg), Arrigas) se trouvant à sa périphérie.

Aussi est-ce avec la plus grande prudence que certaines observations doivent être interprétées.

RELATIONS PLUIE-DÉBIT

Afin de pouvoir analyser l'évolution du débit de la Foux en étiage et caractériser ainsi le comportement de l'aquifère en régime rigoureusement non influencé, nous avons cherché à déterminer l'influence de certaines pluies de saison sèche sur le débit de la source.

Les résultats obtenus ne sont donnés qu'à titre indicatif, parce que d'une part les 4 stations pluviométriques déjà mentionnées ne reflètent qu'imparfaitement la pluviométrie réelle du bassin, en raison de leur petit nombre, et que d'autre part le bassin étant relativement étendu et peu homogène du point de vue pluviométrique, l'influence d'une pluie sur le débit de la source pourra être très différent selon sa localisation sur le bassin.

Toutefois, ayant pu disposer de nombreuses moyennes entre les quatre postes, nous pouvons admettre comme « valables statistiquement » les constatations ci-après :

— les pluies d'étiage, inférieures à 10 mm, et isolées, n'influencent pas d'une manière sensible le débit de la Foux.

— il suffit cependant que plusieurs pluies inférieures mais assez voisines de 10 mm se succèdent pour provoquer une stabilisation temporaire du débit, ou un ralentissement de la décroissance du débit de la source.

— lorsqu'une influence se fait sentir, elle se manifeste à la source (station E. D. F.) 1 à 2 jours après la pluie.

Il est certain que cette influence des pluies sur

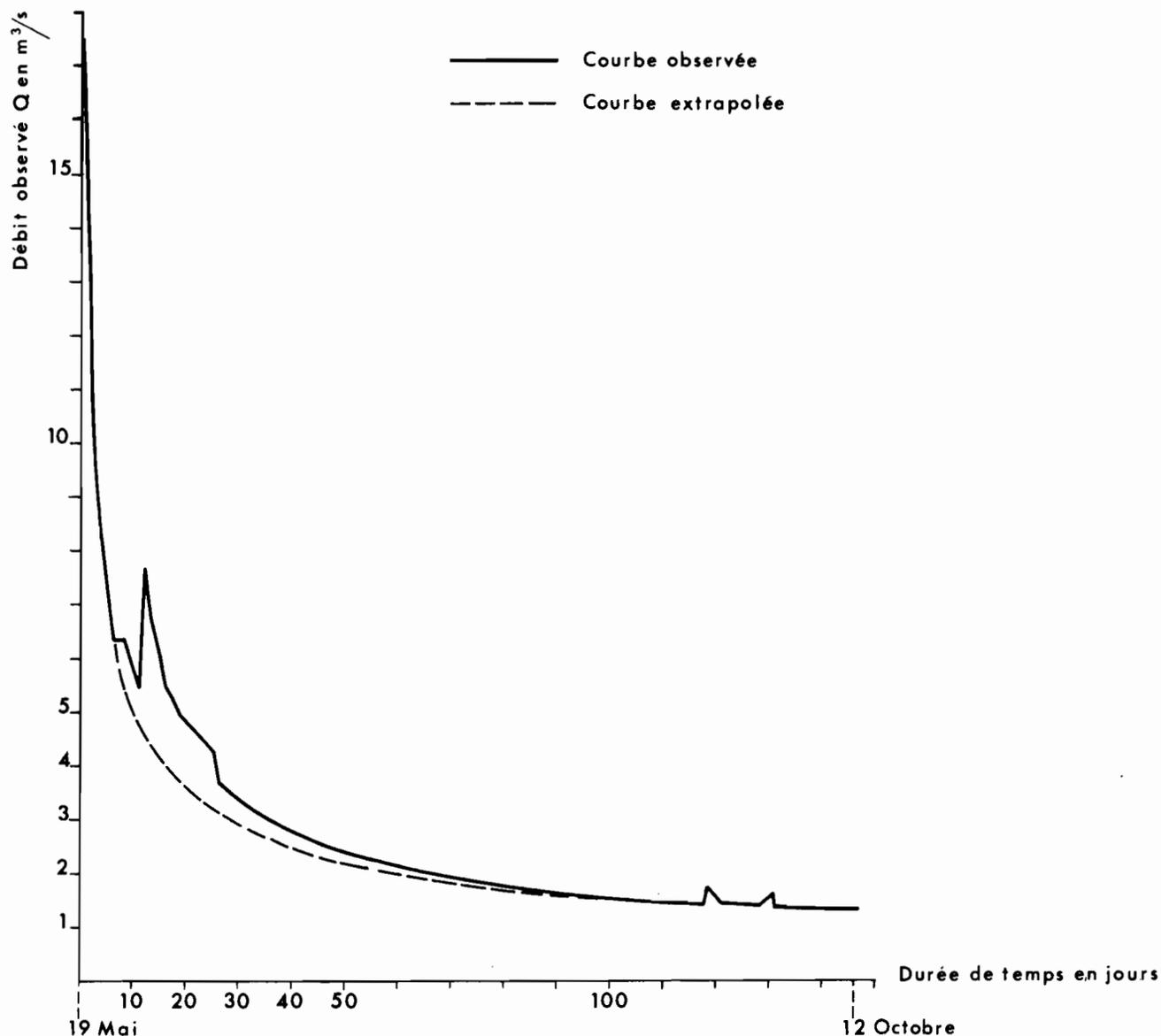


FIG. 1. — Foux de la Vis — Année 1951.

— 1a : Courbe de tarissement observée et extrapolée.

le débit demanderait à être précisée en fonction des nombreux paramètres que nous avons eu la possibilité d'étudier ici : situation d'une averse dans le cycle hydrologique, durée et intensité, état de remplissage du karst, etc.

Mais ne s'agissant pas d'un bassin versant expérimental, nous n'avons pu que rechercher les seules indications qui nous étaient nécessaires pour sélectionner et interpréter nos diverses courbes annuelles de tarissement.

ANALYSE DES COURBES ANNUELLES DE TARISSEMENT

Les périodes choisies pour l'analyse du régime de tarissement de la Foux de la Vis sont les suivantes :

1950	du 19 Mars au 15 Octobre	= 210 jours
1951	du 19 Mai au 12 Octobre	= 146 jours
1952	du 4 Mai au 20 Octobre	= 169 jours

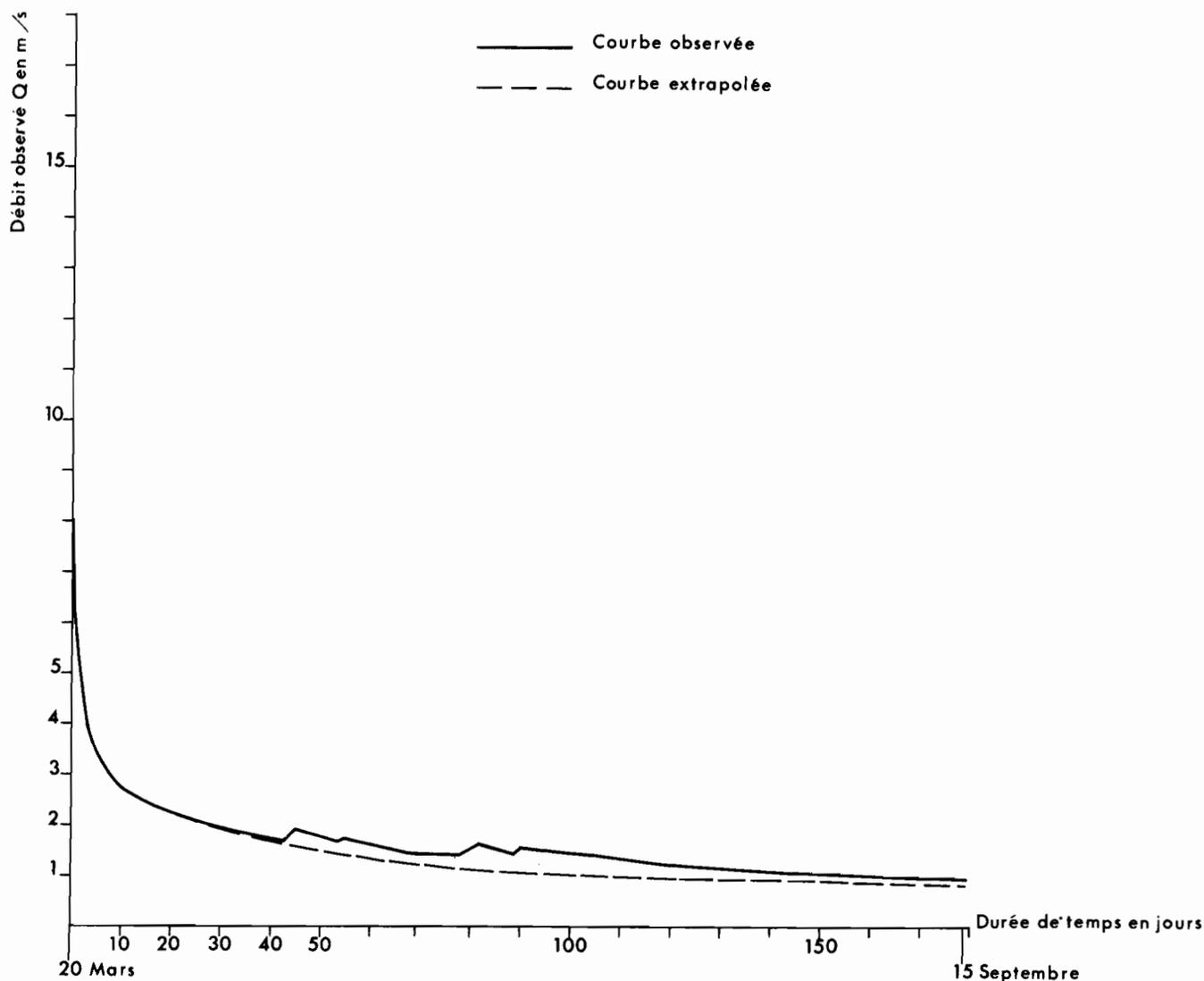


FIG. 2. — Foux de la Vis — Année 1953.

-- 2 a : Courbe de tarissement observée et extrapolée.

1953	du 20 Mars au 15 Septembre	= 179 jours
1954	du 16 Mai au 22 Novembre	= 190 jours
1955	du 1 ^{er} Février au 23 Septembre	= 234 jours
1956	du 30 Mars au 24 Septembre	= 178 jours
1957	du 17 Juin au 10 Décembre	= 175 jours
1958	du 4 Avril au 15 Septembre	= 164 jours
1959	du 30 Avril au 4 Septembre	= 127 jours
1960	du 28 Mars au 26 Juillet	= 120 jours

Elles correspondent aux périodes pendant lesquelles le débit de la source décroissait d'une manière plus ou moins régulière (pluies d'étiage et crues parasites) mais assez continue.

L'action des précipitations survenant au cours de ces périodes peut être de deux sortes :

— ou bien elles retardent le tarissement provoquant un décalage dans le temps de la courbe de tarissement, comme par exemple pendant les étiages 1953 (fig. 2 a), ce qui signifie qu'il y a eu une recharge sensible des réserves.

— ou bien, si l'action des pluies est momentanée, l'hydrogramme de la nouvelle décrue peut rattraper la courbe de tarissement au bout d'un temps plus ou moins long, comme par exemple pendant l'étiage 1951 (fig. 1 a).

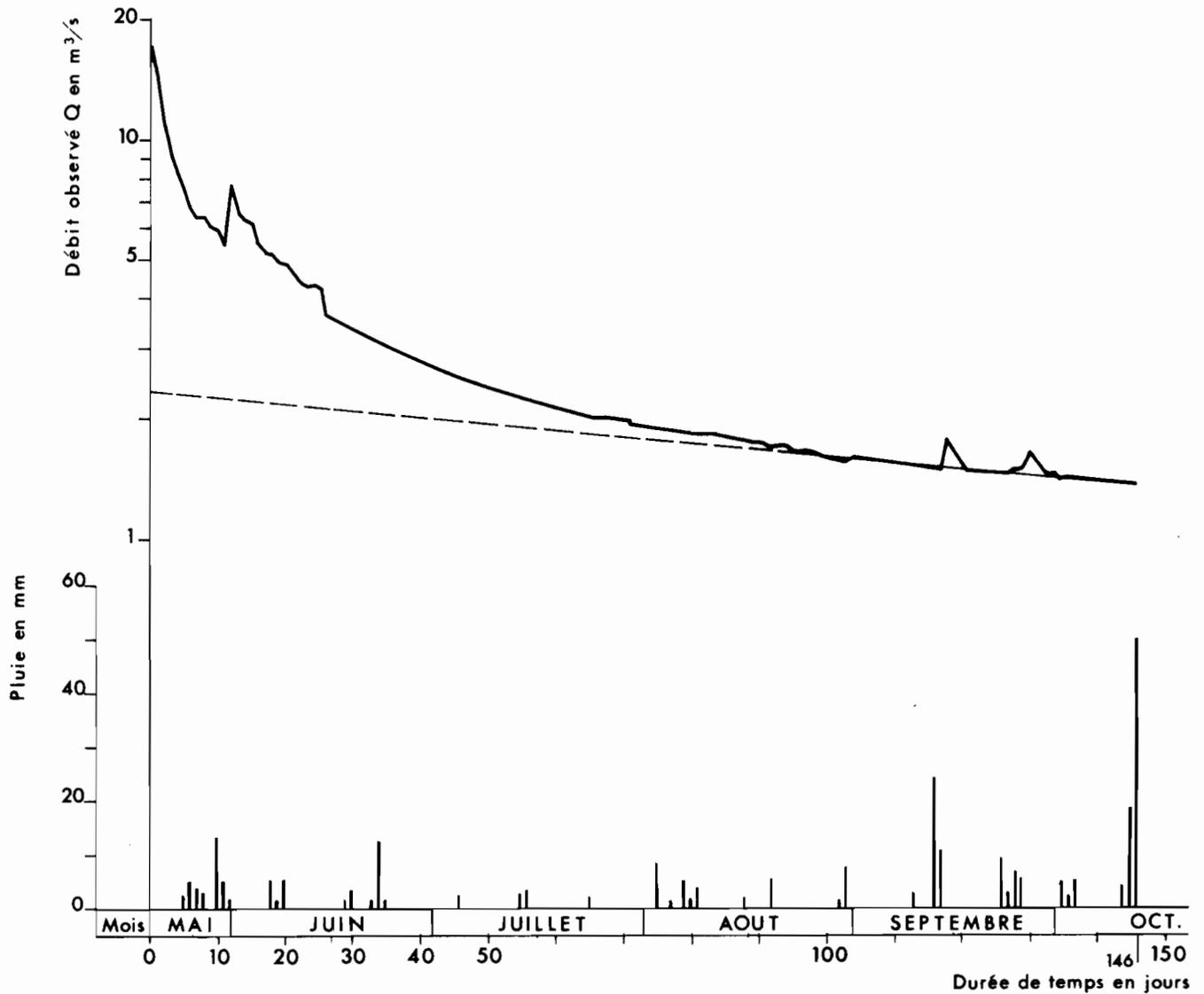


FIG. 1. — Foux de la Vis — Année 1951.

— 1 b : Décroissance du débit en diagramme semi-logarithmique, $\log Q = f(t)$ (Hydrogramme observé).

Dans le cas où l'on n'observe pas une courbe continue de tarissement en raison d'une recharge des réserves sous l'influence d'une pluie d'été, ou s'il y a eu simplement changement de vitesse de décroissance du débit, on a intérêt à séparer la partie régulière représentant le tarissement pur tel qu'il se serait produit sans l'intervention de la pluie d'été, de la partie modifiée sous l'influence de cette pluie (cf. figures 1 a et 2 a).

Nous avons donc essayé de reconstruire ces courbes de tarissement pur, que nous appellerons

par la suite « courbes extrapolées de tarissement », en superposant les différentes décrues observées. Cette superposition se réalise assez bien au cours d'une période de vidange pour l'année considérée, sauf toutefois pour 1956 où la première décrue du mois d'avril ne se superpose pas aux deux suivantes.

Par contre, il est impossible de trouver une courbe moyenne de tarissement de la source pour l'ensemble de ses étés (1950 à 1961).

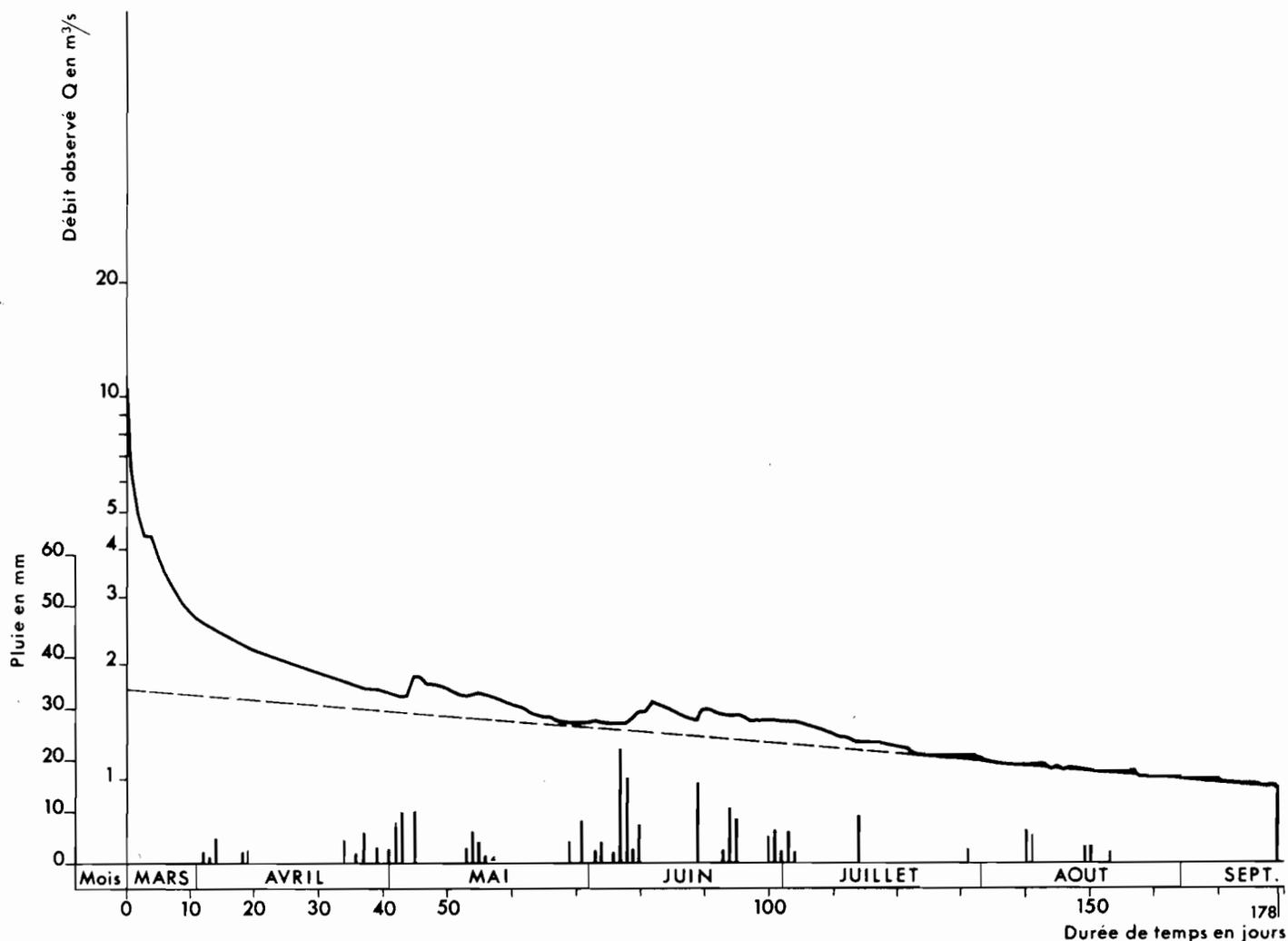


FIG. 2. — Foux de la Vis — Année 1953.

— 2 b : Décroissance du débit en diagramme semi-logarithmique. $\log Q = f(t)$ (Hydrogramme observé).

Pour déterminer la loi de tarissement d'une source à une époque donnée, la formule la plus fréquemment appliquée est celle qui admet la décroissance exponentielle du débit en fonction du temps en régime non influencé, c'est-à-dire en l'absence de toute précipitation.

Elle a pour expression :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} = Q_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

où :

Q_0 = débit à l'instant $t = 0$.

Q_t = débit à l'instant t .

$e = 2,78$: base de logarithme népérien.

α = coefficient de tarissement de la source égal

à $\frac{1}{T}$ où : T = durée de temps nécessaire pour que le débit primitif décroisse dans le rapport de 1 à $\frac{1}{e} = 0,368^e$ partie de sa valeur initiale.

En coordonnées semi-logarithmiques, cette expression est représentée par une droite dont la pente permet de calculer α .

La formule permet de prévoir en période de régime non influencé (tarissement pur) quel sera le débit de la source au bout d'un temps t si l'on

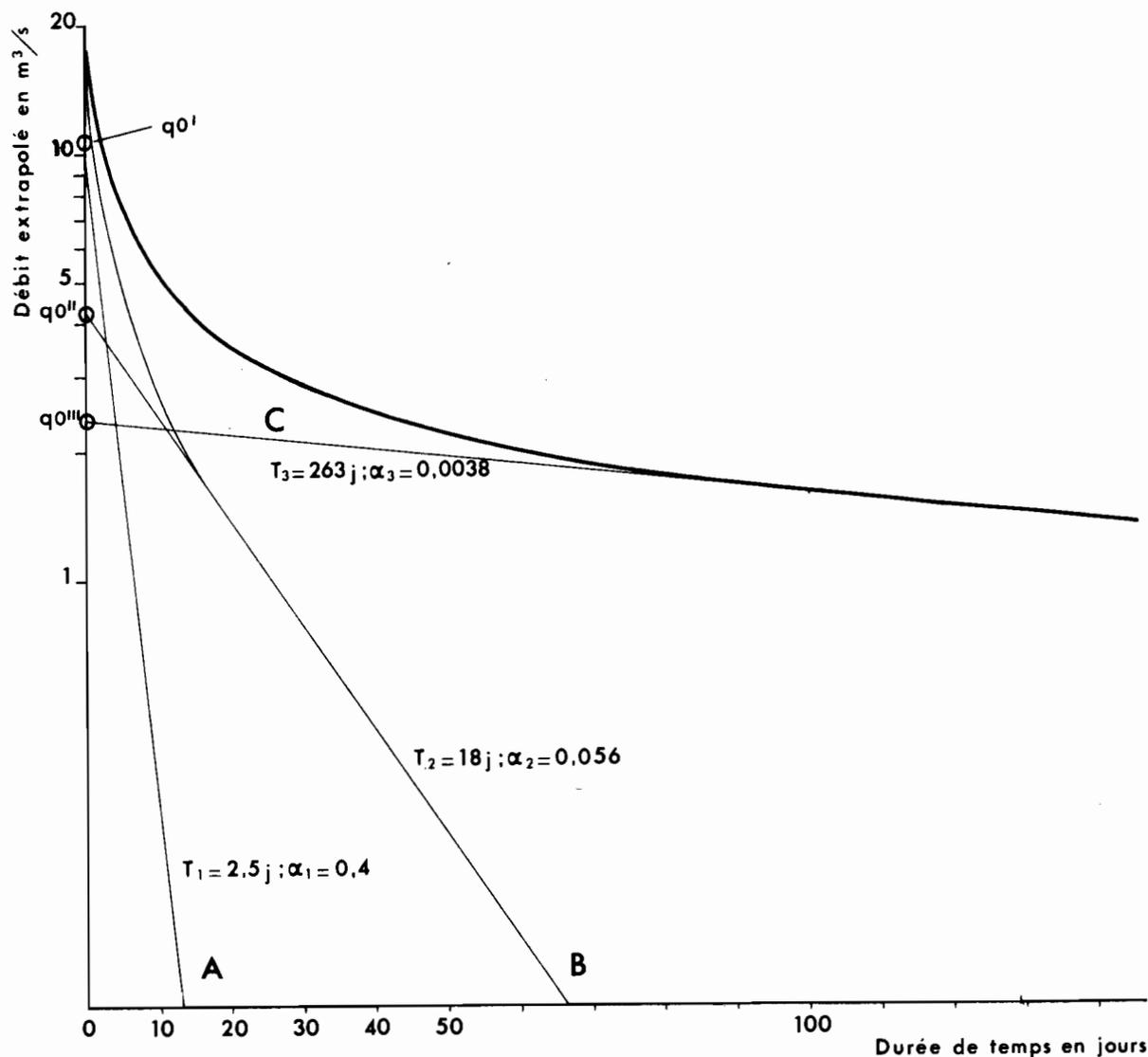


FIG. 1. — Foux de la Vis — Année 1951.

— 1c : Hydrogramme extrapolé et sa décomposition.

connaît le débit Q_0 au temps t_0 .

L'intégration de la formule permet d'évaluer le stock d'eau disponible contenu dans les réserves souterraines à un instant t à partir du débit Q_t correspondant à cet instant :

$$\begin{aligned} \text{Volume du stock} &= \int_{t_0}^{\infty} Q_0 e^{-\alpha t} dt = \\ &= \frac{Q_0}{\alpha} = Q_0 T \\ &\text{pour } t = t_0 \end{aligned}$$

RÉSULTATS OBTENUS PAR APPLICATION DE LA FORMULE EXPONENTIELLE A LA FOUX DE LA VIS

Les diagrammes semi-logarithmiques (fig. 1 b à 2 b) où sont reportés en ordonnées les débits observés en m^3/s en échelle logarithmique, en abscisses les temps correspondants, montrent que ces débits s'alignent convenablement seulement au bout d'un temps assez long, ne donnant que des

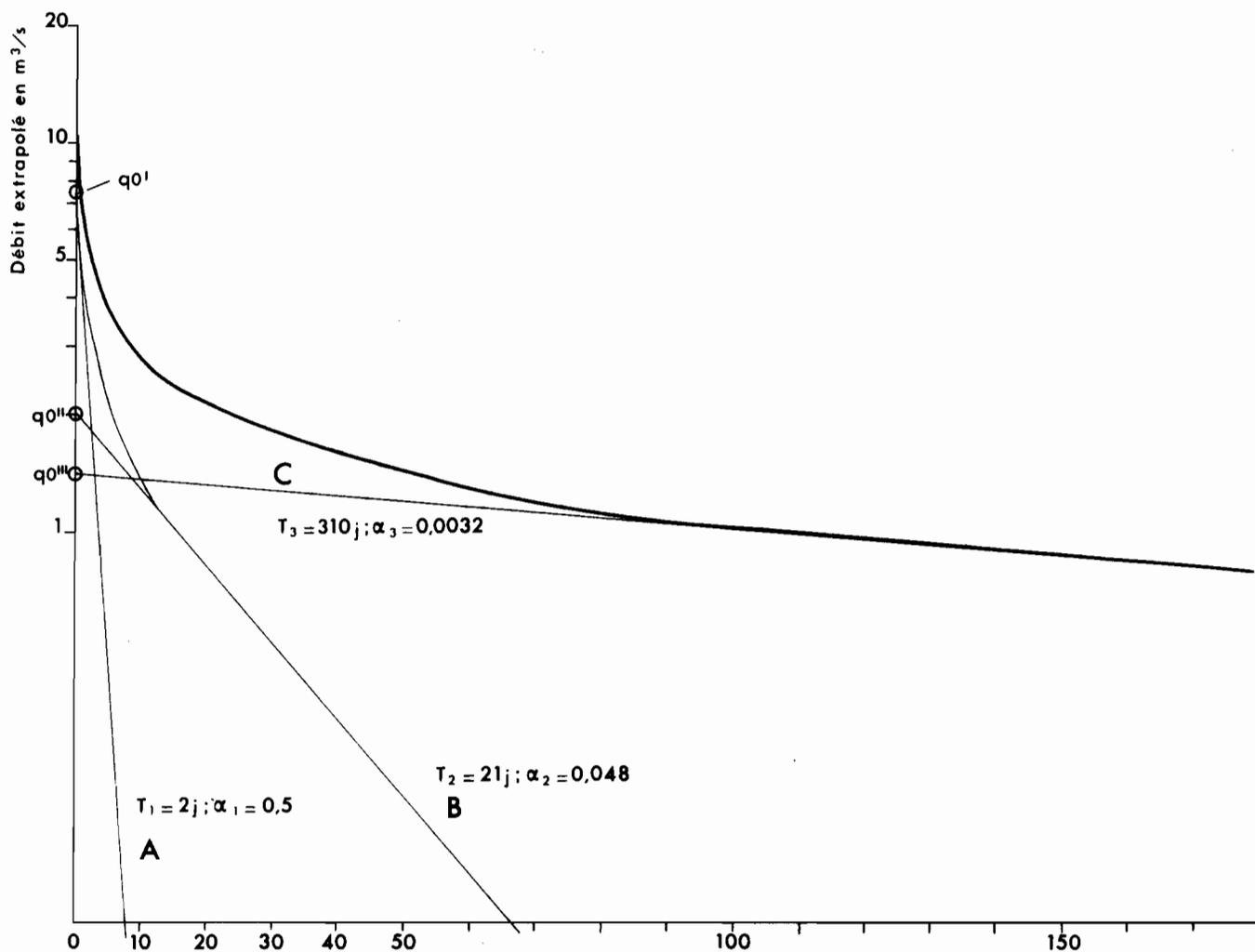


FIG. 2. — Foux de la Vis — Année 1953.

— 2c : Hydrogramme extrapolé et sa décomposition.

tronçons de droites qui sont courts par rapport à la durée totale de la vidange.

Ainsi :

En	Les points commencent à s'aligner au bout de	à partir de $q_0 =$
1950	130 jours	1,1 m ³ /s
1951	100 jours	1,6 m ³ /s
1952	100 jours	1,7 m ³ /s
1953	122 jours	1,1 m ³ /s
1954	108 jours	2,0 m ³ /s
1955	90 jours	2,4 m ³ /s
1956	50 jours	2,8 m ³ /s
1960 ^(*)	53 jours	3,3 m ³ /s

(*) Les années 1957, 1958 et 1959 donnent des courbes.

Les équations correspondant à ces droites seraient (q étant exprimé en m³/s, et α en jours) :

$$1950 : q = 1,1 e^{-\frac{t}{400}} = 1,1 e^{-0,0025 t}$$

$$1951 : q = 1,6 e^{-\frac{t}{263}} = 1,6 e^{-0,0038 t}$$

$$1952 : q = 1,7 e^{-\frac{t}{330}} = 1,7 e^{-0,003 t}$$

$$1953 : q = 1,1 e^{-\frac{t}{310}} = 1,1 e^{-0,0032 t}$$

$$1954 : q = 2,0 e^{-\frac{t}{220}} = 2,0 e^{-0,0045 t}$$

$$1955 : q = 2,4 e^{-\frac{t}{220}} = 2,4 e^{-0,0045 t}$$

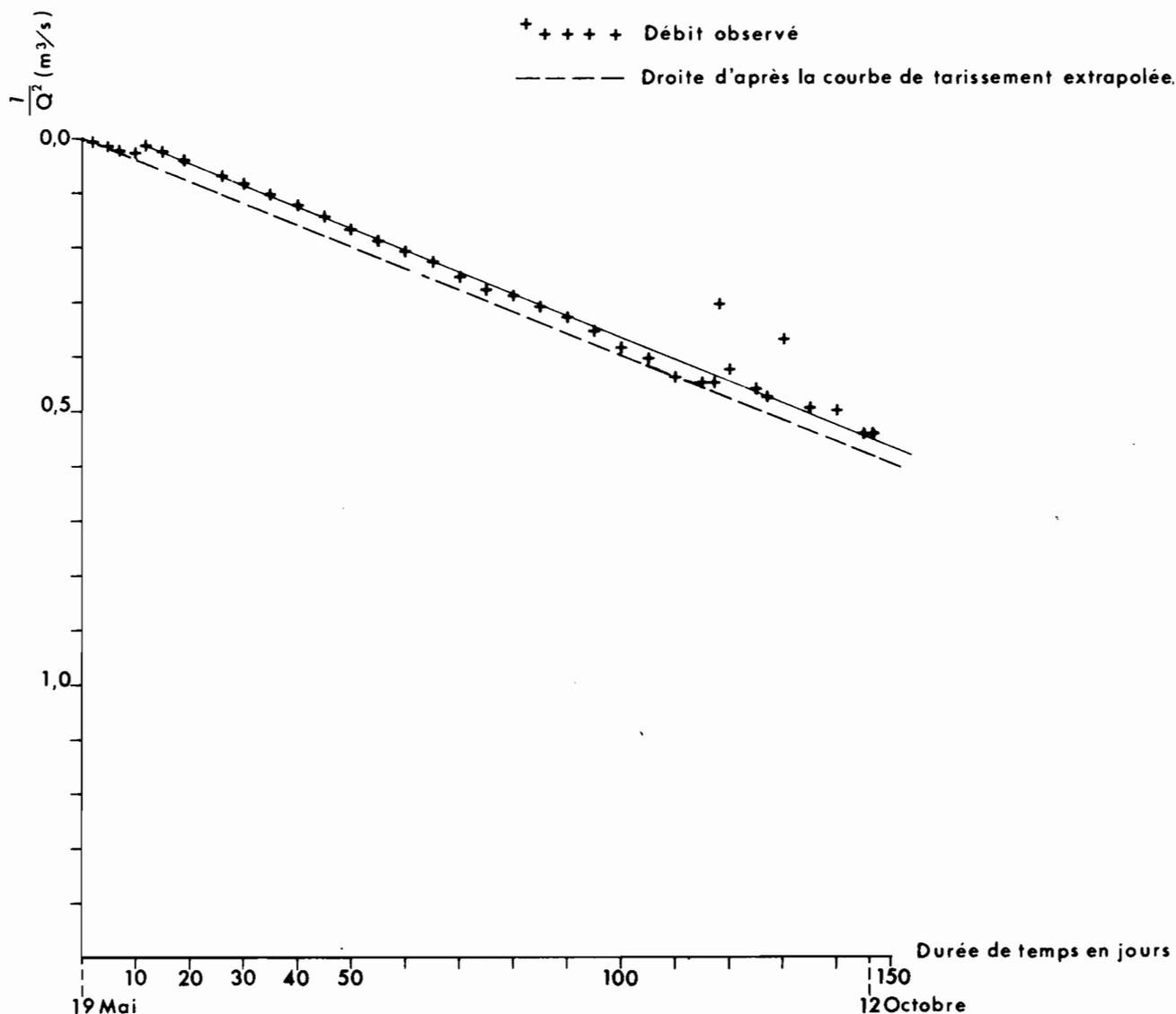


FIG. 1. — Foux de la Vis — Année 1951.

— 1 d : Essai d'application de la formule $\frac{1}{Q_t^2} = \frac{1}{Q_0^2} + \beta t$.

$$1956 : q = 2,8 e^{-\frac{t}{143}} = 2,8 e^{-0,007 t}$$

$$1960 : q = 3,3 e^{-\frac{t}{100}} = 3,3 e^{-0,01 t}$$

Le coefficient de tarissement α varie ainsi de 0,0025 à 0,01.

On constate donc :

— qu'il n'est pas possible de ramener ici la décroissance du débit en période de vidange à

une simple fonction exponentielle. Seules les parties terminales des hydrogrammes obtenus (à l'exception des années 1956 et 1960) donnent des droites dont les équations montrent une décroissance lente du débit qui correspond bien à la vidange d'un réservoir en régime laminaire.

— que le coefficient de tarissement habituellement utilisé pour caractériser une source de karst, varie ici d'une année à l'autre. Cette va-

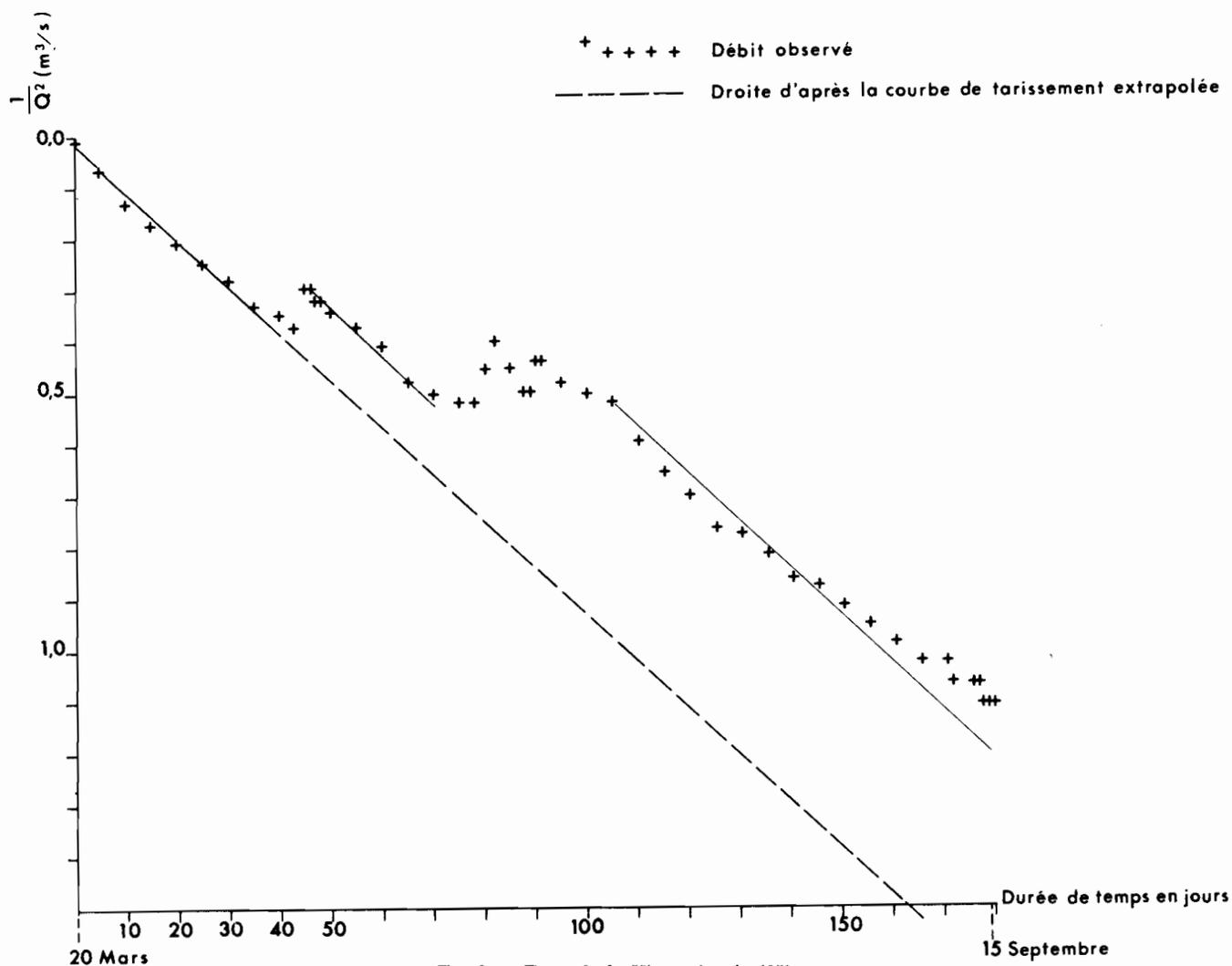


FIG. 2. — Foux de la Vis — Année 1953.

— 2 d : Essai d'application de la formule $\frac{1}{Q_t^2} = \frac{1}{Q_0^2} + \beta t$.

riabilité pourrait être la conséquence d'une hétérogénéité du bassin et d'une alimentation des réserves irrégulière dans le temps et dans l'espace : les différentes valeurs de α pourraient par exemple correspondre à une alimentation préférentielle de telle ou telle partie du bassin ... mais le manque de points d'observation ne permet pas de conclure sur ce point.

ANALYSE DES COURBES EXTRAPOLÉES DE TARISSEMENT

La partie supérieure de l'hydrogramme, celle qui donne une courbe en coordonnées semi-logarithmiques, indique qu'au début de la vidange, il y a plusieurs régimes de décroissance des débits qui se superposent au régime laminaire. Une première étude de la Foux de la Vis a d'ailleurs déjà permis à l'un d'entre nous de reconnaître à la dolomie un comportement aquifère qui rend bien compte de cette superposition de plusieurs types d'écoulement.

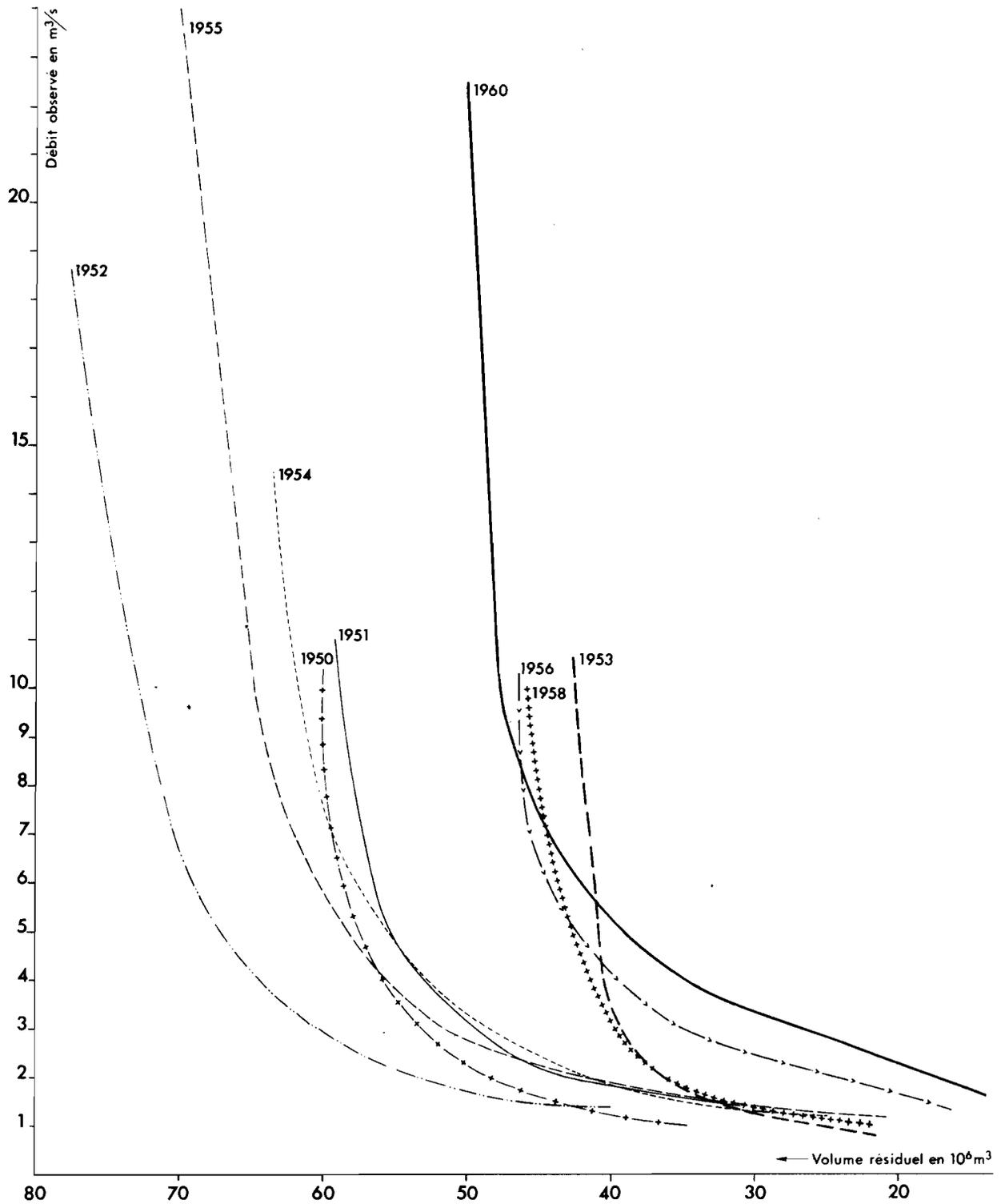


FIG. 3. — Foux de la Vis.
Volumés résiduels (d'après la formule exponentielle)
 $(V_0 - V_e)$: volumés écoulés pendant l'étiage.
 V_e : volumés résiduels en fin d'étiage.
 V_0 : volumés initiaux.

Théoriquement, il est possible de séparer sur l'hydrogramme reporté en coordonnées semilogarithmiques les différentes composantes de l'écoulement.

Les courbes de décrue de chacune des composantes sont alors représentées approximativement par des droites de pentes différentes.

En décomposant pour la Foux de la Vis les « hydrogrammes extrapolés », on se rend compte qu'ils correspondent assez bien à la superposition de trois droites (fig. 1 c et 2 c). Si l'on veut alors analyser le tarissement à partir de la pointe, le débit de tarissement de la source à l'instant t sera la somme de trois (ou même de quatre pour l'année 1950) exponentielles :

$$Q_t = q_0^I e^{-\alpha_1 t} + q_0^{II} e^{-\alpha_2 t} + q_0^{III} e^{-\alpha_3 t}$$

Les débits q_0^I , q_0^{II} et q_0^{III} et les coefficients α_1 , α_2 et α_3 correspondant aux trois différentes sortes d'écoulement, doivent être cherchés chaque fois sur les droites qui leur correspondent. La somme de $q_0^I + q_0^{II} + q_0^{III}$ étant égale au débit observé.

Au bout d'un certain temps les premiers termes de l'équation peuvent être négligés, ainsi :

Pour l'année 1953 (fig. 2 c), la formule complète de tarissement en partant de l'instant $t = 0$ et du débit de la pointe est la suivante :

$$Q_t = 7,4 e^{-0,5t} + 2 e^{-0,048t} + 1,4 e^{-0,0032t}$$

le débit de la pointe observée = 10,8 m³/s.

Après 13 jours, le premier terme devient négligeable et la formule devient (en tenant compte de la décroissance du débit) :

$$Q = q_0^{II} e^{-\alpha_2 t} + q_0^{III} e^{-\alpha_3 t} = 1,2 e^{-0,048t} + 1,37 e^{-0,0032t}$$

Et après 90 jours, elle peut être simplifiée à son dernier terme :

$$Q = 1,1 e^{-0,0032t}$$

Le volume initial disponible serait donc la somme de trois volumes différents :

$$V_0 \text{ en m}^3 = V_0^I + V_0^{II} + V_0^{III} = \left(\frac{q_0^I}{\alpha_1} + \frac{q_0^{II}}{\alpha_2} + \frac{q_0^{III}}{\alpha_3} \right) 86.400$$

Le volume en fin de période de vidange serait seulement fonction du débit q^{III} et de α_3 et correspondrait à celui des microfissures :

$$V_e \text{ en m}^3 = \frac{q^{III}}{\alpha_3} 86.400$$

La différence des deux volumes donnant le volume d'eau écoulé pendant l'étiage :

$$\text{Volume écoulé} = (V_0 - V_e) .$$

Les tableaux ci-dessous donnent les coefficients de tarissement des différentes composantes de l'écoulement (tableau I); et les volumes initiaux disponibles, résiduels en fin d'étiage, et écoulés pendant l'étiage, pour les années étudiées, à l'exception de 1957 et 1959, les précipitations ayant été trop importantes pendant les étiages de ces 2 années pour qu'il y ait eu tarissement (tableau II).

TABLEAU I

Coefficients de tarissement de différentes composantes de l'écoulement

Année	Débit observé à l'origine Q_0 en m ³ /s	α_0	α_1	α_2	α_3
1951	17,5		0,4	0,056	0,0038
1952	18,6		0,286	0,05	0,0030
1953	10,8		0,5	0,048	0,0032
1954	14,4		0,5	0,063	0,0042
1955	24		1	0,083	0,0045
1956	10,3		2	0,091	0,007
1958	10		1	0,091	0,0042
1960	22,4		2	0,143	0,01

TABLEAU II

Année	V_0^I	V_0^{II}	V_0^{III}	V_0 total	V_e	$(V_0 - V_e)$
1950	1,3	7,3	52,0	60,6	31	29,6
1951	2,3	6,7	54,5	63,5	31	32,5
1952	3,4	8,6	65,6	77,6	39	38,6
1953	1,3	3,6	37,4	42,3	21,4	20,9
1954	0,9	7,6	54,0	62,5	24,9	37,6
1955	1,1	8,1	61,0	70,2	20,9	49,3
1956	0,2	3,1	43,2	46,5	16	30,5
1958	0,3	4,7	41,4	46,4	20,8	25,6
1960	0,4	3,5	45,8	49,7	14,7	35,0

Les pourcentages des différents volumes qui entrent en jeu pour chaque année considérée sont les suivants :

Année	V_0	V_0^I	V_0^{II}	V_0^{III}
1950	0,5 %	1,5 %	12 %	86 %
1951		3,6 %	10,5 %	86 %
1952		4,4 %	11 %	84,6 %
1953		3 %	8,5 %	88,5 %
1954		1,4 %	12 %	86,5 %
1955		1,6 %	11,5 %	87 %
1956		0,3 %	6,8 %	93 %
1958		0,6 %	10,2 %	89,2 %
1960		0,8 %	7 %	92 %

Ces résultats permettent de préciser le comportement hydraulique de l'aquifère de la Foux de la Vis :

1° Ils mettent en relief l'existence de vitesses de décroissance très différentes : à α_3 correspond une vidange très lente, en régime laminaire, tandis que les vitesses sont beaucoup plus rapides pour α_2 (environ 14 fois plus rapides que pour α_3) et pour α_1 (environ 150 fois plus rapides que pour α_3) : nous interprétons ces différences de vitesse comme étant la conséquence de la juxtaposition de plusieurs types de porosité dans le bassin d'alimentation de la Foux.

2° Ces coefficients α_1 , α_2 et α_3 variables d'une année à l'autre vont *grosso modo* en augmentant de 1950 à 1960. Cette augmentation pourrait être liée à l'évolution karstique du système, à savoir l'agrandissement et l'augmentation des chenaux qui joueraient un rôle de plus en plus important dans la circulation.

3° En ce qui concerne les volumes, on voit que dans tous les cas c'est le volume V_0^{III} — qui correspond à α_3 — qui est de beaucoup le plus important par rapport à V_0^{II} et V_0^I , constituant de 85 % (1952) à 93 % (1956) du volume total à l'instant initial : nous admettons que ces indications traduisent la prédominance de micro-fissures dans l'alimentation de la résurgence et nous lions cette porosité à la présence très générale des dolomies du Bathonien (et du Lias) dans le bassin d'alimentation de la Foux de la Vis.

4° Les différentes valeurs des coefficients α observés pour chaque année montrent qu'il est risqué de vouloir caractériser le régime d'une

source par de tels coefficients si l'on ne dispose que d'une année d'observation. Nous avons déjà indiqué la difficulté de tracer une courbe moyenne de tarissement de la Foux pour l'ensemble de ses étiages. La figure 3 souligne ainsi que pour un même débit observé, les volumes résiduels peuvent être très différents selon l'année considérée, variant parfois du simple au double. Il paraît donc de la plus grande importance, si l'on veut que ces coefficients aient une rigoureuse signification, de les relier de très près au régime pluviométrique d'un bassin, et plus précisément à la répartition dans le temps et dans l'espace des averses sur ce bassin. Faute de mieux, il sera préférable de donner des intervalles de variations de ces coefficients pour le cycle d'années d'observation.

EMPLOI D'UNE AUTRE FORMULE

L'application de la formule exponentielle, parce qu'elle nécessite la décomposition de l'hydrogramme observé, est dans le cas de la Foux de la Vis d'un usage peu commode : en effet, cette décomposition ne peut être faite que lorsque l'on connaît la partie terminale de l'hydrogramme. Ainsi elle ne permet pas de prévoir le débit à l'instant t_2 en fonction du débit Q_1 observé à l'instant t_1 si l'on ne connaît que la partie initiale de l'hydrogramme, ni de calculer le volume emmagasiné en cet instant. Aussi avons-nous procédé à la recherche d'une autre formule (cf. H. SCHOELLER 1948).

En étudiant la relation qui existe entre $\frac{d_q}{d_t}$ et q qui ne nous a pas donné de résultat, et ensuite entre $\left(\log \frac{-d_q}{d_t} \right)$ et $\log q$, nous arrivons à une formule du type :

$$\frac{1}{Q_t n + 1} = \frac{1}{Q_0 n + 1} + \beta t$$

elle correspond à une nappe libre en régime mixte ou turbulent. Dans notre cas n serait égal environ à — 0,5 ce qui donnerait :

$$\frac{1}{Q_t^2} = \frac{1}{Q_0^2} + \beta t \quad \text{ou} \quad Q_t = \frac{1}{\left(\frac{1}{Q_0^2} + \beta t\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{Q_0}{\sqrt{1 + Q_0^2 \beta t}}$$

Q_0 et Q_t étant les débits observés aux instants t_0 et t , et β un coefficient de décroissance du débit.

Cette équation donne une droite en diagramme arithmétique si l'on porte :

- en ordonnées, l'inverse du débit observé au carré,
- en abscisses, le temps correspondant.

La pente de la droite permet de calculer β . Les graphiques obtenus (fig. 1 d et 2 d) montrent que l'on obtient de bonnes droites, notamment pour l'étiage 1951.

Au cours des autres étiages, les crues survenant pendant la vidange donnent une dentelle de points et décalent les droites, mais en prenant les débits sur les courbes extrapolées de tarissement (fig. 1 a et 2 a), on arrive très bien à tracer des droites pour tous les étiages, sauf pour 1957 et 1960.

L'intégration de la formule entre deux instants donnés donne le volume d'eau écoulé pendant cet intervalle :

$$\int_{t=0}^t Q_t dt = \int_0^t \frac{dt}{\left(\frac{1}{Q_0^2} + \beta t\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{2}{\beta} \left(\frac{1}{Q_t} - \frac{1}{Q_0}\right)$$

donc :

$$(V_0 - V_e) \text{ en m}^3 = \frac{2}{\beta} \left(\frac{1}{Q_t} - \frac{1}{Q_0}\right) 86.400$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Année	Q_0	β	$(V_0 - V_e)$ en 10^6 m^3
1950	10,4	0,0059	30
1951	17,5	0,0040	32
1952	18,6	0,0034	36
1953	10,8	0,0093	21
1954	14,4	0,0037	36
1955	24,0	0,0028	46
1956	10,3	0,0037	31
1958	10,0	0,006	26
1959	16,7	0,0041	15

En ce qui concerne β les valeurs sont assez homogènes. Les valeurs des volumes d'eau écoulés sont comparables à celles obtenues par la formule exponentielle (cf. tableau II).

Ainsi, cette formule, beaucoup plus simple donc d'usage plus facile que la formule exponentielle, a l'avantage d'être la même pour toute la période de vidange. Elle permet de prévoir le débit de la source en fonction du débit Q_0 , observé à l'instant t_0 , en ne connaissant que le début de la courbe de vidange, ceci bien sûr en régime non influencé.

En ce qui concerne l'appréciation des volumes, l'intégration de la formule permet de calculer le volume d'eau écoulé entre deux instants, et seulement lorsque la durée entre ces 2 instants est assez longue. Par contre, elle ne permet pas de calculer le volume emmagasiné à un instant donné — l'utilisation de la formule entre un temps donné et l'infini donnant toujours un volume infini — et c'est là son principal inconvénient.

BIBLIOGRAPHIE

- DROGUE C. (1964). — Etude géologique et hydro-métrique des principales résurgences de la région nord-montpelliéraine : sources du Lez, du Lirou et de Sauve. Thèse 3^e cycle, C. E. R. H. Montpellier, avril 1964.
- PALOC H. (1962). — Contribution à la connaissance des circulations karstiques dans une région type du Midi méditerranéen. Observations sur le comportement aquifère des dolomies — Mémoires de l'A.I.H., 5, Réunion d'Athènes, p. 243-248.
- PALOC H. (1964). — Carte hydrogéologique de la région karstique nord-montpelliéraine à l'échelle du 1/80 000. Edition B.R.G.M., Paris, Foux de la Vis : numéro 211.
- SCHOELLER H. (1948). — Le régime hydrogéologique des calcaires éocènes du synclinal du Dyr-El-Kef (Tunisie). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), 18, p. 167-180.
- SCHOELLER H. (1962). — Les eaux souterraines. Edition Masson et C^{ie}, Paris, p. 205 à 214.