Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles

Band: 79 (1956)

Artikel: Interprétation mathématique de la courbe de décroissance du débit de l'Areuse

Autor: Burger, André

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88864

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INSTITUT DE GÉOLOGIE, UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL
Directeur : Professeur Eugène Wegmann

INTERPRÉTATION MATHÉMATIQUE DE LA COURBE DE DÉCROISSANCE DU DÉBIT DE L'AREUSE

JURA NEUCHATELOIS (SUISSE)

par
ANDRÉ BURGER

AVEC 1 FIGURE

En régime non influencé par les précipitations ou la fusion des réserves nivales et glaciaires, la décroissance du débit d'un cours d'eau ne dépend plus que de la quantité d'eau contenue dans le sous-sol de son bassin versant. Une vue d'ensemble de ce problème a été donnée par COUTAGNE (1948) sous la forme d'un essai d'adaptation aux différents types de sources et de rivières que l'on rencontre dans la nature, de diverses formules exprimant la vidange d'un réservoir d'eau libre dans certaines conditions déterminées.

L'application des formules de COUTAGNE à l'Areuse conduit à d'intéressantes constatations sur le régime de celle-ci.

Rappelons que le bassin versant de l'Areuse, arrêté à la station limnigraphique des Moyats, mesure, selon les données du Service fédéral des eaux, 360 km² (BRÄM et SARTORY, 1916, p. 14). Les débits journaliers aux Moyats sont publiés chaque année dans l'*Annuaire hydrographique de la Suisse*. Le débit maximum instantané est de l'ordre de 120 à 130 m³/s et le minimum, de 0,8 m³/s. L'Areuse est alimentée, en majeure partie, par des résurgences issues de terrains calcaires, notamment par les sources de la Doux à Saint-Sulpice et de la Noiraigue (SCHARDT, 1904), ainsi que par celles des Raies à Buttes, de la Raisse à Fleurier et de la Sourde à Môtiers.

Aucune des formules simples proposées par COUTAGNE n'exprime avec une exactitude suffisante la décroissance de l'Areuse, en périodes non influencées. Par contre, il est possible de décomposer la courbe de décrue observée en deux courbes élémentaires correspondant à deux des cas étudiés par COUTAGNE. La somme des débits donnés par chacune des deux formules correspond, en bonne approximation, aux débits mesurés. Cette solution découle des constatations suivantes :

Si l'on dessine dans un système de coordonnées semi-logarithmique une courbe de décrue (fig. 1 A), on observe qu'à partir d'un certain

moment, la décroissance devient rectiligne. En d'autres termes, après un certain intervalle de temps depuis la pointe, le débit obéit à une loi exponentielle. De plus, nous avons vérifié, à l'aide de plusieurs courbes, que l'exposant de la fonction est pratiquement constant et égal, en valeur moyenne, à 0,047 pour une unité de temps fixée arbitrairement à trois jours. Ainsi, l'expression algébrique de la décroissance, après une certaine période sans précipitations, prend la forme :

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-0,047t} \qquad (1)$$

dans laquelle t est le temps, compté en périodes de trois jours, Qt, le débit moyen journalier au temps t et Q_0, le débit au temps $t = 0$; e est la base des logarithmes naturels.

Au moment des crues, un écoulement supplémentaire vient se superposer au précédent. Il est caractérisé par une décroissance très rapide et répond approximativement à la relation :

$$Q_t = \frac{Q_0}{(1 + \alpha t)^2} \qquad (2)$$

dans laquelle α est un coefficient dépendant essentiellement de t. Les autres lettres ont la même signification que dans la formule (1).

Par addition des relations (1) et (2), on obtient l'équation d'une courbe empirique qui peut être fort bien ajustée à celle des débits mesurés :

$$Q_t = \frac{Q_{\alpha 0}}{(1 + \alpha t)^2} + Q_{\beta 0} \cdot e^{-0,047t} \qquad (3)$$

Cette équation comprend trois inconnues : α, $Q_{\alpha 0}$ et $Q_{\beta 0}$. En y introduisant les valeurs $t = 0$, 1 et 2, ainsi que les débits correspondants Q_0, Q_1 et Q_2 (qu'il est nécessaire de connaître), on obtient un système de trois équations qui, résolu par rapport à α, conduit à une expression du quatrième degré. Dans les quelques cas que nous avons examinés, celle-ci n'a qu'une solution convenable. Nous l'avons déterminée graphiquement de la manière suivante : par élimination de $Q_{\alpha 0}$, le système de trois équations se réduit à :

$$Q_{\beta 0} = \frac{Q_0 - Q_1 (1 + \alpha)^2}{1 - 0,95 (1 + \alpha)^2} = \frac{Q_0 - Q_2 (1 + 2\alpha)^2}{1 - 0,91 (1 + 2\alpha)^2} \qquad (4) \text{ et } (5)$$

En donnant à α quelques valeurs que l'expérience nous a conduit à choisir entre 0,4 et 1,8, on construit, sur un système d'axes rectangulaires ($Q_{\beta 0}$, α), les courbes correspondant aux expressions (4) et (5). Les coordonnées de leur point d'intersection sont les valeurs cherchées de $Q_{\beta 0}$ et α (fig. 1 B). $Q_{\alpha 0}$ se calcule ensuite par la relation $Q_{\alpha 0} = Q_0 - Q_{\beta 0}$.

Le tableau suivant donne les débits mesurés et calculés en m³/s pour trois décrues en périodes totalement exemptes de précipitations. Les coefficients ont les valeurs suivantes : nov. 1924, 1,54 ; sept.-oct. 1948,

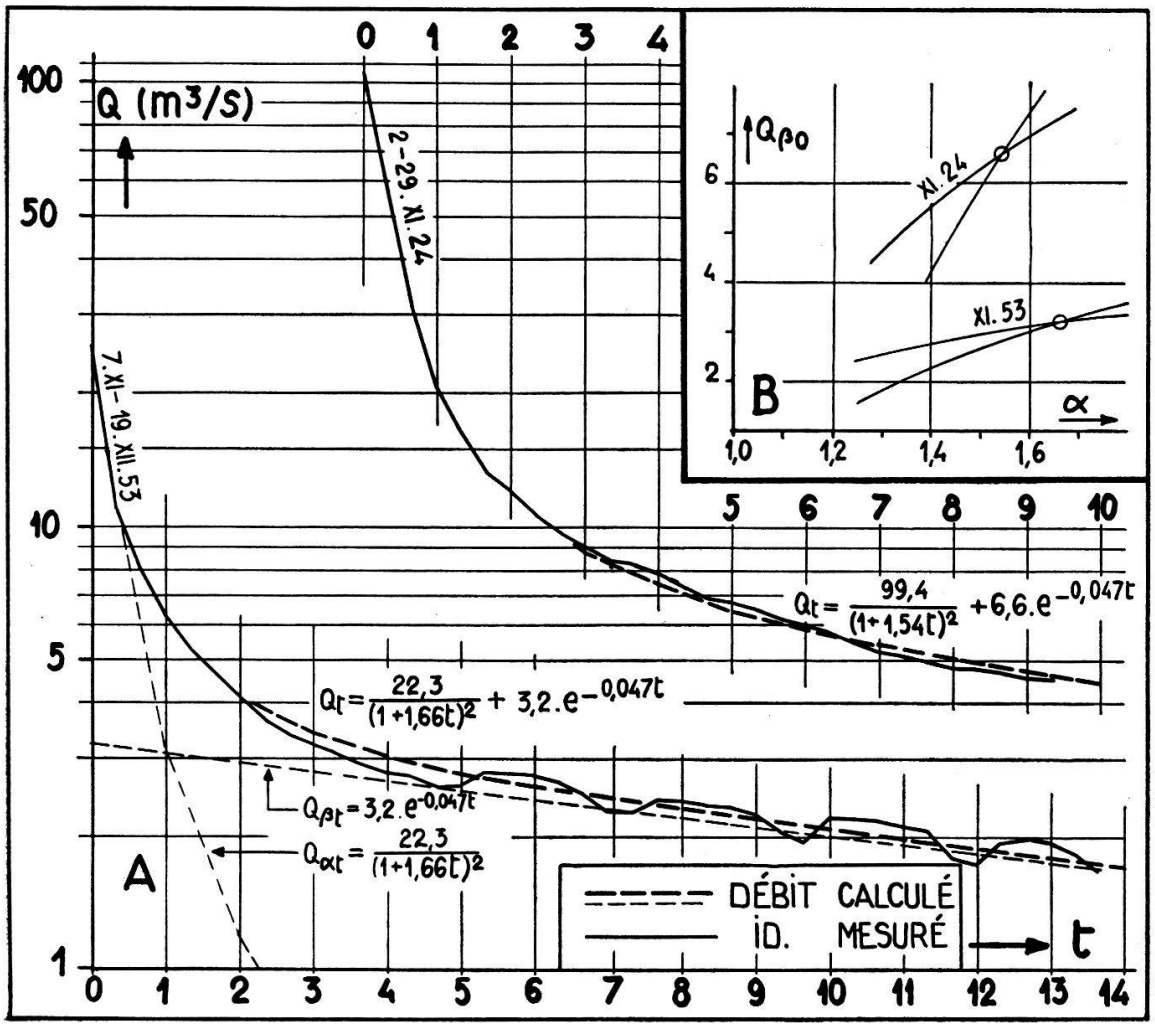
0,94 ; nov.-déc. 1953, 1,66. Les courbes de 1924 et 1953 sont dessinées à la figure 1. La concordance des débits calculés et mesurés est satisfaisante, pour une donnée aussi complexe que le régime d'un cours d'eau [1].

t	2 - 29 XI 24				13 IX - 25 X 48				7 XI - 19 XII 53			
	$Q\alpha_t$	$Q\beta_t$	Q_t calc.	Q_t mes.	$Q\alpha_t$	$Q\beta_t$	Q_t calc.	Q_t mes.	$Q\alpha_t$	$Q\beta_t$	Q_t calc.	Q_t mes.
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
0	99,4	6,60	106	106	24,65	3,75	28,4	28,4	22,3	3,20	25,5	25,5
1	15,4	6,30	21,7	21,7	6,56	3,58	10,1	10,1	3,15	3,05	6,20	6,20
2	5,97	6,01	12,0	12,0	2,97	3,41	6,4	6,4	1,19	2,91	4,10	4,10
3	3,15	5,73	8,88	9,03	1,69	3,18	4,87	5,1	0,62	2,78	3,40	3,20
4	1,94	5,47	7,41	7,87	1,09	3,11	4,20	4,7	0,38	2,65	3,03	2,80
5	1,31	5,10	6,41	6,75	0,76	2,96	3,72	4,0	0,26	2,53	2,79	2,63
6	0,95	4,98	5,93	6,01	0,56	2,82	3,38	3,6	0,18	2,41	2,59	2,69
7	0,71	4,75	5,46	5,20	0,43	2,70	3,13	3,6	0,14	2,30	2,44	2,28
8	0,56	4,53	5,09	4,80	0,34	2,57	2,91	2,8	0,12	2,20	2,32	2,40
9	0,45	4,32	4,77	4,58	0,28	2,46	2,74	2,8	0,09	2,10	2,19	2,23
10					0,23	2,34	2,57	2,4	0,07	2,00	2,07	2,19
11					0,19	2,23	2,42	2,4	0,06	1,91	1,97	2,09
12					0,16	2,13	2,29	2,6	0,05	1,82	1,87	1,73
13					0,14	2,03	2,17	2,4	0,04	1,74	1,78	1,93
14					0,12	1,94	2,06	2,0	0,04	1,66	1,70	1,61

On remarque que le poids du premier terme de l'équation (3) diminue rapidement avec le temps. Or, d'après COUTAGNE, ce terme correspond fréquemment à l'écoulement de sources ou de cours d'eau alimentés par des « nappes aquifères sans profondeur », le second terme, par contre, « à l'écoulement d'une source provenant de capacités profondes et également, dans bien des cas, au débit d'un bassin hydrographique à partir du moment où il n'est plus alimenté que par les réserves du sol, plus ou moins profondes » (p. 419). Il convient, d'ailleurs, d'être prudent avec l'emploi des expressions de réserves profondes et réserves superficielles. SERRA (1954, p. 33), qui relève le caractère général de la décroissance exponentielle des cours d'eau à l'étiage, parle de « flot de base » sur lequel viennent se superposer, au cours des crues, les eaux de ruissellement superficiel. Dans le cas du bassin perméable en grand de l'Areuse, l'eau qui alimente le flot de base se trouve dans un certain état de rétention, d'une part, dans les terrains meubles superposés au calcaire : moraine, alluvions, tourbe et, d'autre part, dans les massifs de calcaire eux-mêmes sous forme de suintements sur les parois des

[1] Les oscillations d'une période de 7 jours se marquant dans la décrue de 1953 ont été provoquées par l'ouverture et la fermeture des vannes qui règlent l'évacuation des eaux du lac des Taillères dans son emposieu. Elles ont été fermées régulièrement du jeudi à 19 h au samedi à 12 h. L'effet, aux Moyats, s'en est fait sentir par une diminution des débits moyens journaliers des samedi et dimanche. La quantité d'eau lâchée dans l'emposieu, du samedi au jeudi, fut de 400 l/s.

fissures, d'écoulement dans les fentes capillaires, d'accumulations en nappes libres, etc. Le volume de cette eau ($Q\beta$) augmente, à l'occasion de chaque crue, dans une proportion dont le calcul ne donne qu'une image théorique.



Si l'on prend, comme unité de temps, le mois, l'exposant de notre fonction devient 0,047 × 10 = 0,470. Coutagne (p. 421) examine deux cas de sources issues de terrains calcaires : la fontaine du Défends (Bouches-du-Rhône) et la fontaine de Vaucluse (Vaucluse). Leur décroissance se fait selon une fonction exponentielle dont l'exposant, à l'échelon du mois, est 0,345 pour la première et environ 0,300 pour la seconde. La décroissance de l'Areuse paraît donc, à première vue, plus rapide que celle de ces deux sources. Toutefois, l'auteur précise, dans le cas de la fontaine du Défends, que durant la période considérée, le débit n'a « presque pas été influencé par les précipitations ». Il est clair que, si faibles qu'elles aient été, les précipitations ont eu pour effet un abaissement de la valeur de l'exposant.

En terminant, nous nous faisons un devoir de remercier M. W. Sörensen, professeur de mathématiques à Neuchâtel, pour son intérêt à notre travail et ses conseils extrêmement utiles.

Zusammenfassung

In den Perioden, die durch Niederschläge oder durch die Schneeschmelze nicht beeinflusst sind, lässt sich die Kurve der Trockenwetterkurve der Areuse (Neuenburger Jura) annähernd durch die Formel

$$Q_t = \frac{Q_{\alpha 0}}{(1 + \alpha t)^2} + Q_{\beta 0} \cdot e^{-0{,}047t} \text{ darstellen.}$$

Q_t ist der Durchfluss zur Zeit t, in 3-tägigen Zeitspannen gezählt. Die Werte $Q_{\alpha 0}$, $Q_{\beta 0}$ und α werden dadurch bestimmt, dass man in die Gleichung die Werte $t = 0$, 1 und 2 sowie die entsprechenden Durchflüsse Q_0, Q_1 und Q_2 einsetzt. e ist die Basis der natürlichen Logarithmen. Drei Beispiele von Abnahmen zeigen die gute Übereinstimmung der gerechneten und der gemessenen Durchflüsse.

Summary

During periods that are not influenced by precipitations or the melting of snow, the decrescence curve of the flow of the Areuse (Jura neuchâtelois) can be expressed by the following equation:

$$Q_t = \frac{Q_{\alpha 0}}{(1 + \alpha t)^2} + Q_{\beta 0} \cdot e^{-0{,}047t}$$

Q_t representing the flow at time t, evaluated in periods of 3 days. The values of $Q_{\alpha 0}$, $Q_{\beta 0}$ and α are determined by introducing into the equation the values $t = 0$, 1 and 2 together with the corresponding flow Q_0, Q_1, and Q_2. e equals the basis of the natural logarithms. Three examples of decrescence show a good concordance of the calculated flow and of the measured flow.

BIBLIOGRAPHIE

Annuaire hydrographique de la Suisse. Publié par le Service fédéral des eaux, Berne.

BRÄM, F. et SARTORY, J. — (1916). Les Forces hydrauliques de la Suisse (volume I). 1re partie : Le Régime des Eaux. A. Les surfaces des bassins de réception. Publié par le Service fédéral des eaux, Berne. X + 57 p., 1 carte.

COUTAGNE, A. — (1948). Etude générale des variations de débit en fonction des facteurs qui les conditionnent. 2e partie : Les variations de débit en périodes non influencées par les précipitations. Le débit d'infiltration (corrélations fluviales internes). *La Houille Blanche*, troisième année (5) : 416-436, 9 fig., tabl.

SCHARDT, H. — (1904). Origine de la source de l'Areuse. *Bull. Soc. neuch. Sc. nat.* **32** : 118-139, pl. I et II.

SERRA, L. — (1954). Le contrôle hydrologique d'un bassin versant. Pluie, Evaporation, Filtration et Ecoulement. *Compte rendu des Troisièmes journées de l'hydraulique, Alger, 12-14 avril 1954*, p. 29-35, 2 fig.