

DÉTERMINATION DES DÉBITS DANS LES RIVIÈRES HERBEUSES

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 20 mars 1969

PAR A. GOUBET *

Je vais essayer de vous faire part de quelques difficultés que j'ai rencontrées dans la détermination des débits de certains cours d'eau du bassin de la Seine et du nord de la France du fait de la présence d'herbe dans le lit de ces rivières. J'ai, en effet, constaté que j'étais loin d'être le seul à me heurter à de semblables problèmes; mes observations pourront peut-être être utiles à d'autres personnes.

Exposé des difficultés

Les rivières dont la pente est faible ont un lit tapissé d'éléments très fins propices à la croissance d'une abondante végétation aquatique pendant l'été. Celle-ci peut, à débit égal, provoquer un relèvement du plan d'eau de plusieurs dizaines de centimètres par rapport à ce qui se passe l'hiver (quelques exemples seront donnés ci-après en annexe).

Cette végétation commence à faire sentir son influence courant mai (la date peut varier d'une quinzaine de jours d'une année à l'autre, selon l'état plus ou moins avancé de la végétation). Après un maximum en août et septembre, on observe une décroissance et une disparition à des dates situées entre le 1^{er} novembre et le 15 décembre environ, dates variables en particulier selon l'époque de la première crue qui, si elle survient assez tôt, nettoie le lit.

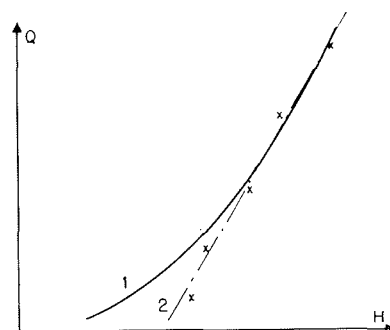
J'attire au passage l'attention sur un « piège » que l'on peut rencontrer lors de l'établissement

des courbes de tarage relatives à ces rivières : la courbe en l'absence d'herbes est en général une courbe concave (courbe 1). Les premières mesures de débits intéressent un hiver (débit en général assez élevés) et un été (débits d'autant plus faibles en général que l'on est au voisinage des mois d'août ou septembre).

La surélévation, à débit égal, par rapport à la courbe 1 est alors d'autant plus grande que le débit est plus faible et les points représentatifs des jaugeages sont groupés autour d'une courbe 2, sensiblement rectiligne que l'on peut avoir tendance à adopter comme courbe de tarage.

On s'aperçoit de cette erreur lorsque l'on effectue ensuite des jaugeages pendant une crue d'été ou pendant un hiver sec.

Une autre difficulté, un peu analogue, se rencontre en ce qui concerne l'évaluation des crues d'été : même pour les rivières dont le lit mineur n'est pas sensible à l'influence des herbes, on constate, lors des jaugeages de crues d'été, une surélé-



* Ingénieur des Ponts et Chaussées à la première Circonscription électrique.

vation sensible du plan d'eau, à débit égal, par rapport à l'hiver; l'écoulement sur les berges est, en effet, fortement gêné par le feuillage des arbres ou buissons qui poussent sur les berges ou par la végétation du lit majeur (quand il y a un débordement).

J'ai constaté à plusieurs reprises que l'on proposait, pour résoudre ces difficultés, de désherber le fond des rivières sur une très courte longueur; ceci ne présente aucun intérêt. On arrive en général toujours à trouver une section droite suffisamment dégagée pour effectuer la mesure de débit proprement dite (au besoin on peut arracher quelques touffes d'herbes). Le phénomène gênant est provoqué par la végétation qui s'étend sur plusieurs kilomètres à l'aval de la station de jaugeages; pour abaisser le plan d'eau de 20 cm par exemple, sur un cours d'eau de plaine, il faudrait supprimer la végétation aquatique sur au moins deux kilomètres.

On peut évidemment penser à établir des déversoirs ou des seuils de contrôle immédiatement à l'aval de l'échelle de la station de jaugeages de manière à supprimer de l'influence de la végétation située à l'aval.

Cette solution théoriquement valable ne peut être en fait utilisée que très exceptionnellement pour diverses raisons :

- le cours d'eau peut être navigable (cas de la Somme), ce qui exclut toute possibilité d'ouvrages;
- la section mouillée est souvent importante (plusieurs dizaines de mètres de large parfois), car les cours d'eau compensent une faible pente par une section importante; le coût de l'ouvrage est donc souvent très élevé;
- en plaine, une surélévation du plan d'eau provoque un remous loin à l'amont qui intéresse de nombreux riverains; ceux-ci craignent les conséquences possibles aussi bien en période normale (influence sur la nappe phréatique) qu'en période de crue. Par ailleurs, il existe encore de nombreux moulins en activité et on ne peut pas provoquer de remontée du plan d'eau qui diminuerait la hauteur de chute, à moins d'envisager le paiement d'indemnités difficiles à négocier et qui s'ajouteraient au coût de l'ouvrage.

Il faut, lorsqu'on envisage l'implantation d'une nouvelle station de jaugeage, faire absolument tout son possible pour profiter de l'existence d'anciens barrages-usiniers, mais mon expérience personnelle me conduit à penser que les possibilités en ce domaine sont très limitées.

Et dans la majorité des cas l'on doit se contenter d'une station de jaugeage non aménagée, avec des herbes à l'aval.

Que faire?

Palliatifs possibles

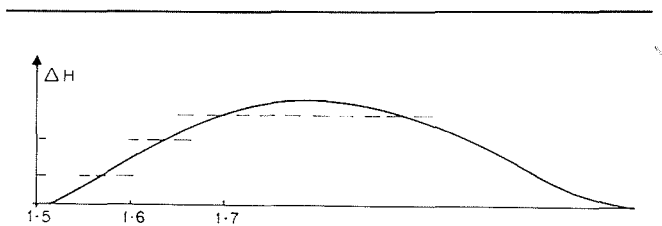
Je n'ose pas dire solutions possibles, car il ne s'agit que de pis aller, mais le propre de l'ingénieur étant de faire le moins de mal possible pour

résoudre les problèmes qu'il rencontre, je les indique cependant.

Deux cas sont à envisager selon que l'influence des herbes est relativement faible (surélévation inférieure à une dizaine de centimètres ⁽¹⁾ ou au contraire importante.

Lorsque la surélévation est limitée, on peut effectuer quatre jaugeages environ (plus si l'on en a la possibilité) entre le 15 mai et le 15 novembre de chaque année et établir une courbe donnant la surélévation en fonction du temps, courbe en forme de chapeau de gendarme (en pratique, j'établis une courbe en marches d'escalier donnant le nombre de centimètres dont il faut diminuer les cotes lues à l'échelle avant d'appliquer le barème valable pendant la période froide).

Par exemple, dans le cas de la figure suivante :



2/

- diminuer les cotes de 3 cm du 16 au 31 mai;
- diminuer les cotes de 7 cm du 1^{er} au 14 juin; etc.

Cette méthode introduit évidemment une catégorie d'erreur supplémentaire par rapport aux stations de jaugeages classiques, mais elle a l'avantage de permettre de dresser des tableaux annuels de débits de forme habituelle, c'est-à-dire comprenant 365 valeurs journalières de débit, et de ne pas modifier la nature du matériau de base à partir desquels travaillent les hydrologues.

Par contre, si cette erreur supplémentaire est trop importante ⁽²⁾, il faut mieux refuser de déterminer les débits d'été jour par jour et se contenter des débits journaliers d'hiver. Cela engendre des difficultés, mais qui ne sont pas insurmontables et les résultats ainsi tronqués gardent un grand intérêt.

En effet, il est rare que l'on désire connaître le débit d'une rivière à une date précise (rien n'empêche d'ailleurs, si l'on prévoit cette nécessité, de faire un jaugeage à la date en question) et les tableaux de débit ont surtout pour but de déterminer le régime de la rivière. Or, pour obtenir ce résultat, il n'est pas toujours nécessaire de bien connaître les débits d'été qui, dans les plaines du nord-ouest de la France, sont des débits d'étiage.

J'indique ci-après quelques façons d'utiliser ces

(1) Pour être plus précis, je ne devrais pas traduire l'influence de la végétation par la hauteur de la surélévation mais par l'écart de débit, exprimé en %, correspondant à une même cote, entre l'hiver et l'été.

(2) L'importance de l'erreur n'est pas seulement fonction de la surélévation, exprimée en cm, mais aussi de la sensibilité de la courbe de tarage en basses eaux (puisque généralement les débits d'été sont des débits faibles); une surélévation maximale de 15 cm est parfois moins gênante qu'une surélévation de 2 ou 3 cm.

résultats partiels ; il en existe certainement d'autres.

Si l'on veut par exemple étudier les crues, qui ne se produisent pratiquement jamais en dehors de la période froide dans les rivières sujettes à une importante végétation aquatique ⁽¹⁾, on n'est nullement gêné par l'absence des débits d'été.

Si l'on veut étudier le débit moyen annuel du cours d'eau, on peut remarquer qu'un jour de crue peut charrier autant (sinon beaucoup plus) qu'un mois d'étiage et se contenter d'évaluer sommairement le débit d'étiage, par exemple à partir de trois ou quatre jaugeages exécutés pendant la période chaude (15 mai-15 novembre) ⁽²⁾.

On peut aussi procéder de la façon suivante : on évalue sommairement les petites crues qui peuvent se produire pendant les mois chauds (l'erreur introduite par la végétation est d'autant plus faible, en valeur relative, que le débit est plus élevé) de façon à pouvoir tracer la courbe des débits classés relative aux 120 jours pendant lesquels les débits sont les plus importants (généralement ces débits sont en effet ceux de la période froide). On peut alors assimiler le débit dépassé 120 jours par an au débit moyen ; en effet, pour 26 stations de jaugeage du bassin de la Seine réparties dans les bassins de l'Yonne, de la Haute-Seine, de l'Aube, de la Marne et de l'Oise, on constate que le rapport Q_{120}/Q_m (calculé sur la période de 12 ans 1956-1967) est compris 24 fois entre 0,91 et 1,11, ce qui signifie qu'à 10 % près $Q_{120} = Q_m$ ⁽³⁾.

Un autre exemple illustrera les possibilités d'utilisation de renseignements partiels sur les débits d'une station de jaugeage : lors de l'étiage assez prononcé de 1964, j'ai établi pour un certain nombre de stations pour lesquelles on pouvait estimer jour par jour les débits les courbes donnant en fonction du temps les débits exprimés en l/s.km² (débits spécifiques). On obtient ainsi des courbes de tarissement dont l'allure est très voisine. Pour les stations influencées par les herbes on peut alors déterminer quatre points (par exemple) de la courbe, au moyen de quatre jaugeages et en déduire avec une bonne approximation la courbe de tarissement. Le travail est assez long, mais les débits d'étiage peuvent alors être déterminés à 10 ou 20 % près et l'impossibilité

(1) Je dois faire une exception pour le haut bassin de la Sambre, où l'écoulement est gêné par la végétation et où des crues d'été importantes peuvent survenir.

(2) Il arrive souvent que les rivières de plaine soient équipées de moulins en activité qui modulent le débit de la rivière de manière à turbiner le maximum d'eau pendant les heures de fonctionnement de l'usine (et ceci tout particulièrement pendant l'étiage). Un jaugeage isolé ne fournit donc qu'un débit instantané qui peut être très différent du débit moyen du jour correspondant. Pour que la mesure de débit soit significative, il faut la rapprocher de l'enregistrement limnographique de la cote du plan d'eau pendant la journée.

(3) Cette méthode ne doit pas être appliquée sans discernement : l'égalité constatée dans le bassin de la Seine n'est sans doute pas exacte partout et il importe de la vérifier (et de la modifier si nécessaire) pour d'autres bassins. Par ailleurs, pour certains cours d'eau alimentés par des nappes importantes, une partie non négligeable des 120 jours les plus chargés correspond aux mois de mai, juin, voire juillet, et il n'est plus possible d'établir avec précision la courbe des débits classés, même limitée à sa partie « haute ».

de déterminer les débits de façon continue pendant l'été n'entraîne qu'une erreur de l'ordre de 2 à 3 % sur le débit moyen annuel.

Conclusion

Bien sûr, il ne faut pas tirer de ces quelques exemples l'impression qu'une station herbeuse a la même valeur qu'une station « classique » pour laquelle les conditions d'écoulement demeurent inchangées toute l'année. Il faut d'abord observer que dans les deux exemples cités ci-dessus, on ne valorise les renseignements fragmentaires obtenus dans les stations herbeuses qu'à condition de disposer de résultats plus précis pour d'autres stations de jaugeage analogues situées dans des bassins ayant le même comportement hydraulique. Comme malheureusement dans de très nombreux cas on ne peut éviter l'influence des herbes, cela signifie que lors de la mise en place d'une station nouvelle il faut rechercher avec le maximum de soin la possibilité d'utiliser une section de contrôle bien définie, au moins pendant la période de bas débit (seuil constitué par les ruines d'un ancien barrage, barrage en bon état dont les vannes peuvent être remplacées par un petit déversoir, etc.).

Cela signifie aussi qu'il faut, dans une région où toutes les stations sont influencées par les herbes, accepter pour une ou deux stations, et dans la mesure où cela est techniquement possible, la dépense importante qu'entraîne la réalisation d'un seuil susceptible d'éliminer cette influence.

Annexe

Il serait fastidieux de multiplier les exemples de stations de jaugeages influencées par les herbes. Je donnerai seulement deux exemples qui me paraissent significatifs et particulièrement intéressants parce qu'ils intéressent deux stations du bassin de l'Essonne situées à quelques kilomètres l'une de l'autre ; on constatera que les résultats obtenus sont très différents et qu'il est donc difficile de dire *a priori*, au moment de l'implantation d'une station, si les résultats à attendre seront ou non satisfaisants.

Ballancourt sur l'Essonne.

Quinze jaugeages échelonnés sur neuf ans et exécutés entre le 1^{er} décembre et le 30 avril déterminent la courbe de tarage :

$$Q = 21 (H - 0,19) \text{ pour } 6 < Q < 13 \text{ m}^3/\text{s}$$

La qualité de cette courbe est satisfaisante puisque, pour treize jaugeages sur quinze, l'écart entre la mesure de débit et la courbe de tarage est $\leq 5\%$.

A. GOUBET

Au cours des jaugeages d'été on a observé les surélévations suivantes (en cm) :

	16 AU 31 MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.
1959	9			7	7		
1960		12					
1961				7			3
1963							
1964				8	2		
1965		9	10				
1966		4			6		
1967	4	10	11	10	3		1
1968		5	5			2	
Moyenne	6	8	9	8	5	2	2

Une variation de 1 cm de la cote correspond à une variation de débit de l'ordre de 4 % et, pour cette station, on peut déterminer avec une erreur acceptable les débits de chacun des jours de la période chaude.

Bouray sur la Juine.

La Juine est un affluent de l'Essonne et la station de Bouray est à quelques kilomètres de la station de Ballancourt analysée ci-dessus.

Treize jaugeages échelonnés sur neuf ans et effectués entre le 1^{er} décembre et le 30 avril définissent la courbe de tarage.

$$Q = 5,6 (H - 0,02) \text{ pour } 2,4 < Q < 4,5$$

Pour neuf jaugeages sur treize, l'écart entre la courbe de tarage et le résultat du jaugeage est inférieur ou égal à 5 %, ce qui est acceptable.

Les surélévations observées l'été sont les suivantes :

	15 AU 31 MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.
1959	7			13	5		
1960		18					
1961				2			
1963							- 3 (1)
1964				16 et 17	7		
1965		19		27			
1966		25			24		
1967	4	26	34	22	17		
1968	6		26	6		20	

(1) Ce jaugeage a été effectué après la crue importante de novembre 1963 qui avait peut-être nettoyé le lit de la rivière.

Les surélévations sont beaucoup plus importantes qu'à Ballancourt et se produisent parfois même en décembre (10 cm le 20 décembre 1961, 5 cm le 2 décembre 1964). Les débits d'étiage étant de l'ordre de 2,1 m³/s, une erreur de 1 cm sur la cote correspond à une erreur de 2,5 % environ sur le débit. On se rend compte qu'il est impossible de déterminer le débit de chacun des jours de la période chaude.

Abstract

Determination of discharge in weed-overgrown rivers

by A. Goubet *

The author relates the difficulties he has experienced in attempting to determine discharge in streams in the Seine river basin and northern France due to thick growths of weeds in the streams in summer; due to the shallow slope of these streams, fine silt settles out on which a thick growth of weeds develops, causing an appreciable difference in water levels (sometimes of over 20 cm) between winter and summer.

This is particularly troublesome as many of these streams are broad and give an unsensitive low-water rating curve. As it is seldom practicable to install artificial discharge measurement equipment (e.g. weirs, etc.), emergency solutions have to be resorted to, which frequently provide sufficiently accurate results. The author mentions the following:

- (i) Determination of a 'calibration loss' curve every summer from several measurements *in situ*.
- (ii) Correlation by single measurements with neighbouring gauging stations subject to little or no disturbance.
- (iii) Extrapolation of discharge duration curves to the low flow range.

Quantitative data on the phenomenon observed at two different gauging stations are given in an Appendix.

* Ingénieur des Ponts et Chaussées à la première Circonscription électrique.