

Hypol.

1965

## PARTICULARITÉS DES RÉSEaux HYDROMÉTRIQUES SUR DES COURS D'EAU À LIT TRÈS MOBILE

Pierre DUBREUIL

France

Directeur de recherches  
au Bureau Central d'Hydrologie de l'Orstom

Les observations effectuées aux stations d'un réseau hydrométrique visent à la connaissance des niveaux d'eau du cours d'eau surveillé, lesquels sont ultérieurement transformables en débits, à l'aide de mesures appropriées.

La qualité de ces observations dépend avant tout de la stabilité du lit du cours d'eau dans le bief de la station considérée, sans laquelle la relation niveau-débit n'est pas univoque.

Si le lit du cours d'eau est très mobile, non seulement les niveaux observés au cours d'une longue période ne seront pas comparables entre eux (complication pour les études de navigation fluviale par exemple), mais encore, et cela est plus ennuyeux peut-être, la relation niveau-débit devient variable et d'une manière assez imprévisible, tout particulièrement en ce qui concerne l'amplitude de cette variation.

Le rendement de stations hydrométriques sur des cours d'eau à lit très mobile est donc fort aléatoire, souvent réduit et même dérisoire si l'on néglige d'en assurer la gestion suivant des règles particulières.

Pour tourner cette difficulté, la première tendance des responsables de réseaux hydrométriques, face à de tels cours d'eau, a été de chercher à rendre les lits artificiellement stables aux abords des stations incriminées.

La construction d'ouvrages de stabilisation en rivière n'offre pas de difficulté sous l'angle du génie hydraulique. Cependant, l'efficacité de ces ouvrages, de quelque type qu'ils soient, est souvent réduite par le dépôt de sédiments qui s'y produit. Matérialisation de la mobilité du lit, les éléments solides transportés par le cours d'eau risquent en effet de voir leur régime perturbé par la présence de l'ouvrage d'art stabilisateur, ce qui aurait comme conséquence une modification soit du profil en travers, soit de la relation hauteur-débit. Il ne semble pas que la technique ait actuellement résolu le problème du choix de l'ouvrage réellement stabilisateur adapté à chaque type de lit mobile. Et quand bien même cet obstacle serait-il vaincu, le coût élevé de l'ouvrage subsisterait.

La différence de coût entre une station ordinaire et une station à lit stabilisé est considérable. Quand un Service hydrologique dispose de moyens financiers limités, l'introduction de stations stabilisées dans son réseau hydrométrique se fait au détriment des stations naturelles, ce qui entraîne ipso facto la réduction de la densité du réseau ou le risque d'une gestion insuffisante. Le gain de la qualité d'informations sur quelques stations peut ne pas compenser la diminution de l'ensemble des informations en quantité comme en qualité.

En dehors du cas où la connaissance précise du régime d'un cours d'eau est nécessaire à la réalisation d'un projet d'aménagement, d'une envergure telle que sa mise en œuvre peut provoquer une augmentation substantielle du revenu national, il paraît judicieux de conseiller aux pays ne disposant pas de ressources élevées à affecter aux études hydrologiques de renoncer temporairement à la stabilisation des stations à lit mobile, afin d'utiliser au mieux ces ressources pour obtenir un optimum d'informations (bonne densité de stations à qualité moyenne des observations).

La majorité des pays situés dans les régions intertropicales paraissent se ranger dans cette catégorie. La mobilité des lits des cours d'eau n'y est pas la règle générale,

O. R. S. T. O. M.

18 DEC. 1968

Collection de Référence

8/2649

tant que les caractères physico-climatiques restent modérés comme sur l'immense continent ouest-africain peu accidenté. Mais lorsque le relief et le régime pluvial conjuguent leurs excès, les conditions propices à l'érosion en grand apparaissent et les cours d'eau présentent une mobilité des lits qui peut atteindre des proportions considérables, aussi bien dans les régions arides ou semi-arides que sous l'abondante pluviosité des zones montagneuses.

Dans le premier cas, l'érosion des sols est facilitée par l'absence de couverture végétale protectrice et la violence des chutes de pluie. Le ruissellement se concentre rapidement en thalwegs qui donnent naissance à des cours d'eau importants si le relief est suffisant. L'écoulement n'est généralement qu'une succession de crues indépendantes durant lesquelles la charge en suspension est élevée. Dès qu'une rupture de pente se manifeste, l'alluvionnement apparaît et, avec lui, cet aspect caractéristique divagant et dégradé du chenal d'écoulement en région aride ou semi-aride. Les éléments transportés sont des argiles, des limons et des sables fins et grossiers. Les lits des cours d'eau sont très larges relativement à leur encaissement, dimensionnés pour évacuer le débit de crue qui survient quelques jours par an (plus ou moins selon l'aridité du climat); les alluvions sableuses qui en constituent le fond sont remaniées lors de chaque crue, souvent sur de faibles distances, mais l'importance des courants obliques dans ces lits trop larges y entraîne des modifications parfois considérables du profil transversal et de la position du ou des chenaux de basses eaux.

Ce type de cours d'eau se rencontre aussi bien en Afrique de l'Ouest (bassin du GOULBI de MARADI dans l'Est du NIGER ou bassin du ZOMRI dans le Massif du TIBESTI au Nord du TCHAD entre autres), qu'au Sud de MADAGASCAR (bassin du MANGOKY) comme dans le Nord-Est du BRÉSIL (bassin du rio JAGUARIBE).

Tout différents sont les torrents de montagne qui naissent sous l'abondante pluviosité équatoriale et dont les îles des ANTILLES, de la RÉUNION ou de la NOUVELLE CALÉDONIE offrent de multiples exemples. Les conditions géomorphologiques, sous l'influence du climat, n'y permettent qu'une érosion des éléments fins du terrain naturel; mais le relief favorise la vitesse des flots de crue dans les thalwegs d'écoulement dont l'action érosive est ici essentielle. Les transports solides sont surtout constitués de charriages de graviers, galets et même de blocs de rochers. Le volume propre des éléments charriés est tel qu'un faible déplacement longitudinal suffit à modifier considérablement les conditions d'écoulement dans un bief déterminé.

Il est vraisemblable qu'entre ces deux extrêmes bien caractérisés, certains cours d'eau de régions où les facteurs géographiques sont plus modérés présentent encore une mobilité réduite de leurs lits. On peut presque avancer, sans chercher le paradoxe, qu'hormis les biefs naturellement stabilisés par l'existence d'un seuil rocheux transversal important, tous les cours d'eau à fonds sableux ou encombré d'éléments rocheux qui semblent stables, ne le sont qu'autant que la fréquence et la précision des mesures n'ont pas encore permis de mettre en évidence la mobilité de leurs lits.

Quelle que soit la théorie invoquée par les hydrauliciens, la mise en mouvement des sédiments déposés dans le lit des cours d'eau dépend de 4 facteurs principaux : la vitesse du courant, la pente et la charge hydraulique et la dimension des particules du matériau. Sans entrer dans les détails fort complexes des rôles propres et conjugués de ces facteurs, on peut dire que l'instabilité des lits est liée à la variation de la force tractrice, produit du tirant d'eau par la pente hydraulique et le poids spécifique de l'eau, dont la valeur critique caractérise le début de mouvement du matériau de fond.

Lorsque la force tractrice dépasse largement et longuement sa valeur critique, l'hydrologue est en présence d'un lit très mobile dans lequel la relation hauteur-débit est modifiée de manière durable; quand le dépassement de la valeur critique est faible et court, la mobilité du lit est d'importance réduite et l'hydrologue retrouve, après la crue perturbatrice, un profil transversal identique ou peu différent du profil préalable, ce qui provoque une faible modification de la relation hauteur-débit, soit durable, soit temporaire.

La complexité de l'interaction des facteurs mis en jeu ne permet pas d'expliquer pourquoi certaines crues ne détruisent pas la stabilité des lits, et pourquoi d'autres y provoquent tantôt un creusement, tantôt un remblaiement en un bief donné. Sans mésestimer l'intérêt propre du problème, l'hydrologue responsable d'un réseau hydro-métrique porte plus spécialement son attention sur la détermination, avec le maximum de précision, de la variation dans le temps de la relation hauteur-débit. Il est donc intéressant qu'il connaisse par expérience l'allure probable de ces variations.

Malgré l'anarchie apparente de celles-ci, on peut essayer d'en grouper les allures en trois ensembles au moins, à l'issue des observations que nous avons faites, sans négliger la possibilité de subdivisions ultérieures plus nombreuses :

1. déplacement pseudo-parallèle sur la totalité du marnage du cours d'eau de la courbe hauteur-débit en coordonnées cartésiennes;
2. déplacement pseudo-parallèle limité aux basses et moyennes eaux avec tendance à une position unique de la courbe des hautes eaux;
3. structure « en fuseau » correspondant à une courbe univoque en basses et hautes eaux avec un déplacement limité en moyennes eaux.

Au premier groupe se rattachent les cours d'eau à lit très mobile, soit qu'il s'agisse de torrents de montagne, aux pentes longitudinales supérieures à 10 m/km en zone pluvieuse ou semi-aride, soit qu'il s'agisse de grands fleuves des zones arides comme le MANGOKY (pente de 0,70 m/km, lit sableux de 400 mètres de large, vitesses de 6 à 7 m/s en crue).

Au second groupe appartiennent les cours d'eau de zones arides moins instables, où les déplacements des bancs de sable affectent seulement les basses eaux (en crue, la mise en mouvement de tout le sable du lit y établit un état hydraulique régulier d'une crue à l'autre, quand une certaine charge ou force tractrice est atteinte, permettant à la relation hauteur-débit d'être à peu près univoque). Par rapport au MANGOKY, on note des pentes plus faibles (0,10 à 0,30 m/km seulement) et des vitesses ne dépassant pas 3 m/s comme sur le rio SALGADO (CEARÀ, Brésil).

La plupart des autres cours d'eau intertropicaux à lit composé de matériaux mobilisables (roche en place et argile exclues) se classent dans le dernier groupe, car leurs faibles pentes et vitesses n'y entraînent que des mouvements réduits des fonds à la montée et à la descente des fortes crues (mobilisation partielle des matériaux sans transport notable), sans que le lit en soit modifié de manière appréciable après le passage des ondes perturbatrices, comme dans le 2<sup>ème</sup> groupe.

La précision des relevés d'une station hydrométrique n'est fortement réduite que pour les cours d'eau où l'allure des variations de la courbe hauteurs-débits obéit aux déplacements du 1<sup>er</sup> ou du 2<sup>ème</sup> groupe. On peut améliorer cette précision en appliquant des consignes particulières lors de l'implantation et de la gestion de telles stations, ainsi que pour la présentation des données d'observations.

Le refus de dépenses excessives qui a conduit au début de cette note à conseiller l'abandon de la stabilisation artificielle des lits au droit des stations hydrométriques ne doit cependant pas faire oublier à l'hydrologue que les meilleurs emplacements pour de telles stations sur un cours d'eau à fond mobile sont à choisir dans les biefs les plus stables. Il peut, en effet, exister le long du cours d'eau des sections rendues stables soit par la présence naturelle d'un banc rocheux important, soit par celle d'un ouvrage d'art déjà construit à d'autres fins (barrage ou radier-routier par exemple). Il peut être, dans ces cas, préférable de déplacer les stations hydrométriques à installer des emplacements initiaux prévus qui répondaient, de manière optimale, aux impératifs hydrologiques de la connaissance des régimes vers ces sections stables même si l'accès en est difficile et les lieux inhabités (difficultés de trouver un lecteur d'échelle, obligeant à installer un limnigraphe).

Lorsque la stabilisation est due à un barrage, l'échelle implantée dans la retenue à proximité de la crête du déversoir ne fournit de renseignements valables que pour

les débits importants, voire seulement pour les volumes écoulés durant une certaine période, si la capacité d'emmagasinement est grande. On doit s'efforcer de connaître les basses eaux en doublant la station par une échelle secondaire sise soit en amont de la retenue, soit en aval dans la section où se font les jaugeages d'étiage.

La gestion des stations hydrométriques sur lits instables demande un contrôle accentué et une périodicité plus courte des visites par rapport aux stations sur lits stables.

L'essentiel du surcroît de travail provient de la nécessité d'effectuer des mesures de débits en nombre d'autant plus grand que la station est mobile. Pour bien faire, en s'appuyant sur l'hypothèse du pseudo-parallélisme des courbes hauteurs-débits, on a besoin d'au moins un point de mesure par position prise par la relation hauteurs-débits. Comme il y a risque de changement de position chaque fois qu'une crue d'une certaine force survient, la fréquence optimale des tournées de jaugeage dépend étroitement de la fréquence d'apparition de fortes crues indépendantes durant le déroulement d'un cycle hydrologique annuel.

Pour les cours d'eau des régions semi-arides par exemple, quand le bassin drainé dépasse 3 à 4 000 km<sup>2</sup>, on peut, suivant l'hydraulicité annuelle, observer 2 à 3 fortes crues ou n'en pas observer du tout. Comme l'apparition de ces crues est difficilement prévisible plus de quelques jours à l'avance, aucun programme de jaugeages ne peut être dressé à l'avance. Il est, en outre, vraisemblablement exclu que toutes les stations à lits instables puissent être visitées aussitôt le passage de telles crues, car cela impliquerait des effectifs de techniciens et des moyens matériels excessifs.

Pour les torrents drainant de plus petits bassins, il est évident que toutes les crues y sont indépendantes et fort nombreuses dès que la pluviosité devient abondante. On ne pourrait suivre l'évolution des fonds de lit qu'en installant une équipe de jaugeages à poste fixe, ce qui est inconcevable pour une station de réseau et seulement possible pour un bassin représentatif, dont les principes d'exploitation sont tout à fait différents.

La meilleure solution à adopter pour une gestion optimale doit envisager séparément la saison des crues de celle des basses eaux.

Au cours de la première, chaque année, le programme sélectionne, à partir de critères variés (intérêt immédiat, degré de connaissance atteint), la ou les stations qui recevront des visites régulières durant la saison, compte tenu des disponibilités en personnel.

Pour le cas très fréquent où les cours d'eau charrient trop de corps solides pour que des mesures complètes d'exploitation du champ des vitesses au moulinet y soient possibles sans danger, toutes les stations doivent être équipées :

- pour des mesures de vitesses superficielles soit au moulinet (passerelles, ponts, nacelle aérienne ou câble téléphérique), soit aux flotteurs (base de contrôle) ;
- pour des mesures du profil en travers pendant la crue afin d'essayer de déceler la charge critique de mise en mouvement, et de dépôt, des matériaux du lit ;
- pour des mesures de pente à partir de deux échelles encadrant la section de contrôle et suffisamment distantes pour que les dénivelées soient sensibles.

Les éléments d'observations et de mesures ainsi rassemblées pendant les crues permettent une meilleure connaissance des conditions hydrauliques qui provoquent la mobilité des lits et offrent, en conséquence, les moyens d'appréhender les causes et les allures des variations de la courbe hauteurs-débits.

Au cours de la saison des basses eaux, toutes les stations à fond mobile sans exception doivent être visitées au minimum une fois, de préférence deux fois à des intervalles de temps assez distants pour que les débits diffèrent notablement. A chaque passage, il faut effectuer un jaugeage, en y apportant toute la minutie que requiert une mesure d'étiage à faible débit, et dresser un profil en travers du lit. Si l'on ajoute à cela une dernière consigne particulière, relative aux cours d'eau intermittents et

qui s'adresse à l'observateur d'échelle, à savoir la nécessité de noter soigneusement la date et la cote de chaque cessation d'écoulement, on possède les éléments suffisants pour tracer la relation hauteurs-débits de basses eaux et en déduire la courbe de tarissement du cours d'eau, dernière clé de la valorisation des relevés.

On peut en effet considérer que, pour des années d'hydraulicité comparable, c'est-à-dire pour lesquelles l'état général des nappes phréatiques d'un bassin n'est pas sensiblement différent, un cours d'eau suit une même loi de tarissement. Pour de très petits cours d'eau, le régime de tarissement se manifeste rapidement après le passage d'une crue, si une période sans pluie de quelques jours lui succède.

L'analyse des courbes de tarissement soit en hauteurs à l'échelle, soit en débits, permet par conséquent de déceler un changement d'étalement et le décalage de cotes correspondant pour un certain débit; l'hypothèse du parallélisme des courbes hauteurs-débits, sur tout ou partie du marnage, permet ensuite de fixer la position de la courbe à adopter, pour la période s'étendant depuis la dernière forte crue jusqu'aux basses eaux étudiées.

Ce travail effectué sur chaque période d'écoulement de tarissement permet, en quelque sorte, d'isoler les crues intermédiaires et de voir si elles ont ou non provoqué une modification du fond du lit assez sensible pour que la courbe d'étalement de la station soit déplacée.

Les stations hydrométriques sur cours d'eau à fond mobile exigent une gestion attentive caractérisée par une rotation accrue des visites dont elles sont l'objet. Accroissement des mesures de débits et profils en travers permettent, avec un contrôle au moins annuel des basses eaux et de la cessation de l'écoulement, de transformer sans trop d'erreur les hauteurs en débits et d'attribuer à ces stations mobiles une qualité moyenne satisfaisante des informations qu'elles procurent. Certes, un tel programme de gestion nécessite plus de personnel, plus de matériels et des dépenses de fonctionnement plus élevées que pour des stations à fond stable. Cependant, il est certain que cette augmentation des crédits d'entretien annuels du réseau, même cumulée sur plusieurs années, est bien inférieure aux frais d'investissements qu'aurait entraînés la stabilisation des lits. En outre, l'examen détaillé sur plusieurs cycles annuels des variations du profil en travers en fonction de l'importance des crues, qui se matérialisent sous la forme d'une suite de creusements et de remblaiements, est certainement susceptible d'offrir des perspectives fructueuses vers la compréhension du phénomène de l'instabilité des lits et vers celle des variations du débit solide charrié ou en suspension, au moins sous l'angle qualitatif de la description si ce n'est sous celui de la liaison des causes aux effets. L'intérêt scientifique des informations ainsi recueillies aux stations hydrométriques à fond instable ne saurait être mis en doute