

Méthodologie pour la mesure des crues brutales

J. CRUETTE

Maître de Recherches Principal de l'ORSTOM
Bureau central hydrologique de Paris

RÉSUMÉ

La mesure des crues brutales est une opération très difficile, surtout lorsqu'il s'agit d'atteindre les débits les plus forts. A partir de l'expérience acquise dans ce domaine, l'auteur a cherché à bâtir une méthodologie spécifique. Elle consiste en une recherche perpétuelle de la meilleure organisation possible. Toutes les options prises pour chaque tâche élémentaire sont systématiquement reconsidérées dès qu'un fait nouveau apporte une indication supplémentaire. Cette démarche progressive est illustrée par deux organigrammes que le texte essaye d'expliquer. L'expérience a également montré qu'il faut reconsidérer toutes les techniques de mesure utilisées pour les régimes plus réguliers. Pour que l'exposé de la méthodologie ait toute sa signification, il nous a été indispensable de mentionner certains points de protocole particulièrement importants.

ABSTRACT

Measuring flash floods is a very difficult operation, particularly when the greatest discharges are considered. With the aid of his own experience in this field, the author has tried to build a specific methodology. It consists of a perpetual research into the best possible organization. All the operations retained for every elementary task are systematically reconsidered as soon as a new event brings supplementary information. This progressive approach is illustrated by two flow charts. Experience have also shown that all the measuring techniques used in the case of the most regular regimes have to be revised too. In order to show the significance of this methodology, it has been essential to mention some especially important points of the procedure.

INTRODUCTION

Sur une station hydrométrique étudiée par l'auteur, le volume d'eau écoulé en quatre jours est égal à celui écoulé pendant les onze années précédentes, les vitesses mesurées dépassant 11 m/s, le fond du lit s'abaisse de 12 m puis remonte de 8 m. Au même moment, une partie des eaux d'un autre cours d'eau sort du bassin versant, de nouveaux lits se creusent, un autre cours d'eau encore emporte tous les ponts qui l'enjambent. Des vagues dépassant 2 m de hauteur sont observées au moment des hautes eaux.

Pour réussir des observations sur des phénomènes aussi exceptionnels, il faut mettre en œuvre une méthodologie parfaitement adaptée qui, se basant sur une organisation rigoureuse de tout un service, ne laisse aucune place à l'improvisation. On décrit ici une méthodologie mise au point après de nombreuses mesures de crues brutales par les hydrologues de l'ORSTOM et leurs collègues étrangers, en Nouvelle-Calédonie, aux Antilles, à Madagascar et en Tunisie. Cette méthodologie suppose admises certaines options techniques dont nous donnons quelques exemples en annexe. Il faut les avoir présentes à l'esprit à chaque étape du travail. Certaines dispositions particulières dans les protocoles de mesures ou d'observations seront signalées rapidement. Pour des raisons d'homogénéité, ces dispositions seront étendues à toutes les stations d'un service. L'organisation de celui-ci doit donc être reconsidérée entièrement.

On a distingué trois niveaux dans la méthodologie :

- Niveau 1 : Enquête, prospection, mise en place d'un réseau hydrométrique.
- Niveau 2 : Exploitation de routine d'une station hydrométrique.
- Niveau 3 : Mesure d'une crue exceptionnelle.

Pour les deux premiers niveaux, on a établi des schémas montrant l'enchaînement des différents travaux.

* * *

NIVEAU 1. — MISE EN PLACE D'UN RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE

1.1. ELABORATION DE PROTOCOLE D'ENQUÊTE

Avant d'entreprendre la moindre installation hydrométrique, on cherchera à rassembler le maximum de renseignements pour bâtir un projet de réseau aussi circonstancié que possible. On étudiera toutes les mesures déjà effectuées sur le bassin, mais on consultera aussi tous les spécialistes susceptibles de donner des renseignements (forestiers, géologues, ingénieurs des travaux publics et de l'agriculture...). On examinera de façon détaillée les cartes topographiques et surtout les photos aériennes.

Conjointement à ces recherches, on établira progressivement trois listes de points du réseau hydrographique :

- les points susceptibles de constituer des sites de stations hydrométriques ;
- les points susceptibles de fournir des renseignements sur les crues passées ;
- les points où il n'y a certainement rien à trouver.

L'organisation de ce travail faisant largement appel à l'imagination, il est très intéressant d'y attacher plusieurs personnes travaillant indépendamment. Des confrontations périodiques des résultats et des méthodes permettent alors de faire des progrès souvent sensibles.

1.2.1. Critères de la station idéale. Fiche de reconnaissance de site de station

Avant toute prospection sur le terrain, on établira une fiche de reconnaissance de site de station. Les exemples d'options techniques donnés en annexe et les divers renseignements recueillis pourront servir de base pour établir cette fiche.

L'ensemble des fiches établies pourra permettre un choix raisonné des sites les plus favorables.

1.2.2. Prospection des sites possibles

La découverte de site utilisable est souvent une question de marche à pied. Chaque point repéré sera visité trois fois (de la rive droite, de la rive gauche, du fond), de préférence à des heures et des jours différents. Un soin particulier sera apporté à la recherche des traces de crues.

A chaque visite, on établira entièrement une fiche comportant des croquis. Des photos pourront être très utiles.

1.3.1. Indices utilisables pour les enquêtes sur les crues. Questionnaire

Ces indices sont de natures très variées et peuvent faire appel à plusieurs disciplines. On doit chercher à les expliciter en établissant leur liste, par exemple sous la forme d'un questionnaire. Par expérience, nous pouvons donner les exemples suivants :

- Disposition sur les rives des arbres ayant une vie très longue et un fort enracinement ; on ne trouve jamais d'oliviers dans les zones exposées à des fortes vitesses et les oliviers les plus bas sur des rives abruptes peuvent indiquer une limite des plus hautes eaux, en Afrique du Nord.
- Analyse minéralogique des dépôts sur les rives ; des sables feldspathiques sur une rive calcaire indiquent le niveau des eaux qui les ont déposés.
- Sondages dans les lits majeurs ; les coupes des sondages effectués à proximité des cours d'eau peuvent donner des indications sur les remaniements, donc sur les crues, successifs. Les sondages dans les zones d'accumulation des bassins endoréiques méritent une attention toute particulière.

Tous les aménagements placés au bord des cours d'eau, y compris les habitations, peuvent donner des indications à condition d'avoir préparé une liste de questions-types à poser aux riverains (date, niveau de l'eau, durée de la pluie, durée de la crue, temps entre la pluie et la crue...).

1.3.2. Enquêtes sur le terrain

Les enquêtes devront se faire en plusieurs fois. On essayera pour un même point de poser les mêmes questions à des personnes différentes, si possible à plusieurs jours d'intervalle. Chaque enquête essayera de recouper les réponses obtenues. Ses conclusions seront à leur tour recoupées avec celles des autres enquêteurs.

1.4.1. Organisation des travaux topographiques

Dans le domaine des crues exceptionnelles, on utilise plus souvent le niveau que le moulinet et ceci à tous les stades de travail. On n'a pas besoin, généralement, d'une précision très grande, par contre, il faut être sûr que

toute opération sera utilisable et que l'on n'aura jamais besoin de la recommencer. Un profil en travers fait après une crue devient un document unique et irremplaçable dès qu'une autre crue a modifié la section du cours d'eau.

Il faut donc établir un protocole précis (voir option possible en annexe) et que tous les agents soient parfaitement « rôlés » pour l'appliquer sans aucune hésitation.

1.4.2. Estimation de sections mouillées, débits, volumes...

Tous les indices recueillis sur les traces de crues doivent faire l'objet de travaux topographiques. Par l'application de formule et de méthodes théoriques, on élaborera le plus possible d'estimations chiffrées.

1.5. ÉTABLISSEMENT D'UN SCHEMA THÉORIQUE DE FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT

On essaiera alors de faire la synthèse des renseignements recueillis en établissant un schéma de fonctionnement du bassin versant.

Ce schéma pourra faire apparaître des lacunes et des contradictions que l'on essaiera de résoudre en reprenant les enquêtes (1.1).

Il peut arriver que les résultats obtenus soient suffisamment précis pour les utilisateurs et le travail peut alors s'arrêter à ce niveau.

Il faut, en effet, se rendre compte que, passer au stade suivant suppose d'être capable de soutenir de nombreuses années un effort exigeant en crédit et en personnel.

Dans tous les cas, il faut conserver avec le plus grand soin tous les documents déjà établis ; on aura très certainement l'occasion de les réutiliser.

1.6. (Cf. fig. 1.)

1.7. (Cf. fig. 1.)

1.8. ÉTABLISSEMENT D'UN PROJET DE RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE

Le projet de réseau hydrométrique que l'on établira sur la base des renseignements recueillis devra tenir compte des points essentiels suivants :

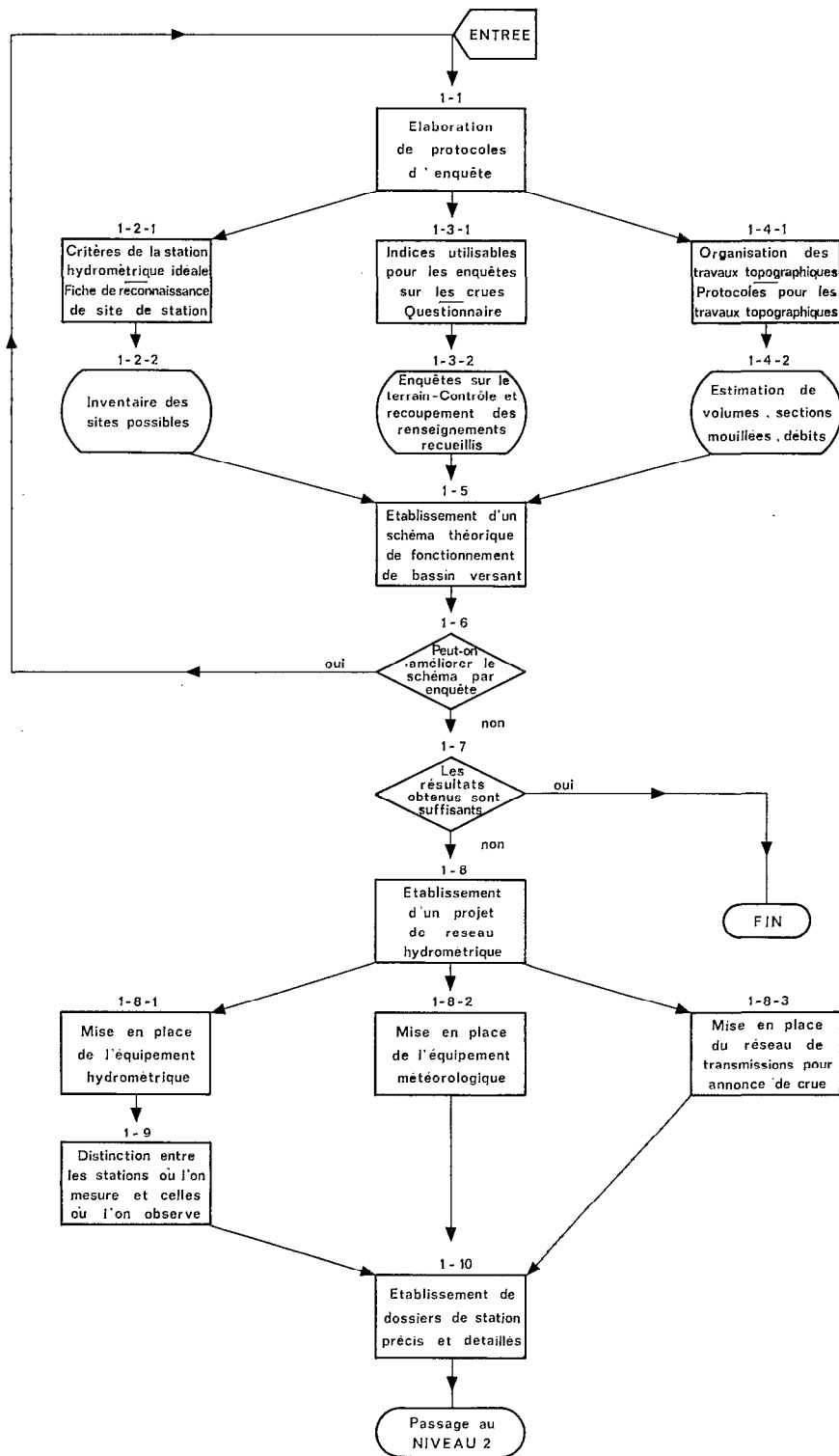
- pour réussir des mesures de crue, il faut que les agents compétents soient sur la station. Il faut donc qu'ils soient informés pour se déplacer au moment opportun. Un dispositif d'annonce de crue, comprenant toutes les dispositions utiles pour recevoir régulièrement les informations telles que prévisions météorologiques et surveillance des cyclones, est donc indispensable ;
- il faudra tenir compte des moyens de transport utilisables pendant les fortes pluies ;
- il ne faut pas oublier que, quelle que soit son infrastructure, le téléphone est inutilisable pendant les fortes crues car il est soit détruit, soit saturé. Un réseau radiophonique spécifique à l'annonce de crue est indispensable.

1.9. (Cf. fig. 1.)

1.10. ÉTABLISSEMENT DE DOSSIERS DE STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Pour chaque station, il faut établir un dossier complet et précis. Si une crue détruit entièrement une station, toutes les mesures effectuées doivent être utilisables, y compris celles qui n'étaient pas encore dépouillées au moment de la destruction.

On devra, dès le début de la vie de la station, établir une courbe d'étalonnage théorique, à l'aide des formules de calcul de débit.



NIVEAU 1 — Mise en place d'un réseau hydrométrique pour la mesure des crues brutales.

NIVEAU 2. — EXPLOITATION D'UNE STATION HYDROMÉTRIQUE

2.1. ÉTABLISSEMENT DES PROTOCOLES DE MESURE

Aucune improvisation n'est concevable au moment d'une crue exceptionnelle. Il faut trouver par avance une réponse à toutes les questions qui peuvent se poser :

- comment faire utiliser au mieux l'équipement mis en place par le personnel disponible ?
- quelles opérations reviennent aux agents fixes sur la station et aux agents qui doivent les rejoindre ?
- par quel moyen et par quel itinéraire les agents vont-ils rejoindre la station ? qui prend la décision du déplacement et sur quel critère ?
- au moment des crues, alors qu'il n'est pas possible de faire toutes les mesures en même temps, avec quelle priorité et dans quel ordre les mesures seront-elles faites, et par qui ?

Lors de l'établissement des protocoles, les principes suivants seront peut-être utiles :

- pendant les crues, tout déplacement doit être interdit. Vouloir passer d'une station à l'autre conduit toujours à bâcler les mesures sur l'une et à échouer les mesures sur l'autre.
- Les protocoles pour crues exceptionnelles devront être applicables également dans des conditions tout à fait normales. Il faut prendre l'habitude de faire chaque jour les gestes qui seront indispensables le jour de la grande crue ;
- pendant les mesures, on manœuvre, on observe et on note. Ce n'est pas le moment pour choisir et absolument pas pour calculer ;
- il faut faire une chasse impitoyable à toutes les sources possibles de confusion. Ce n'est pas après la crue qu'il faudra chercher à se souvenir quelle hélice a été utilisée, ou combien de tours d'hélice correspondaient à un top ;
- une heure de référence doit exister à la station. Un écart de 10 minutes entre les montres des deux agents nous a posé des problèmes sérieux lors des dépouillements ;
- chaque protocole doit faire l'objet d'un imprimé méticuleusement mis au point pour noter les mesures ;
- il est conseillé de fixer sur les murs du local technique des grands panneaux imagés pour rappeler les points essentiels des protocoles ;
- on prendra soin de ne pas épuiser toutes ses munitions dès le début d'une crue, les crues exceptionnelles sont généralement « complexes » et les observations les plus importantes sont souvent à la dernière « pointe » ;
- on établira directement au moins deux exemplaires de chaque document que l'on transportera séparément. La perte des mesures d'une crue exceptionnelle remet en cause plusieurs années d'efforts.

2.2.1. Protocole pour les mesures de vitesse

2.2.1.1. Mesures au moulinet

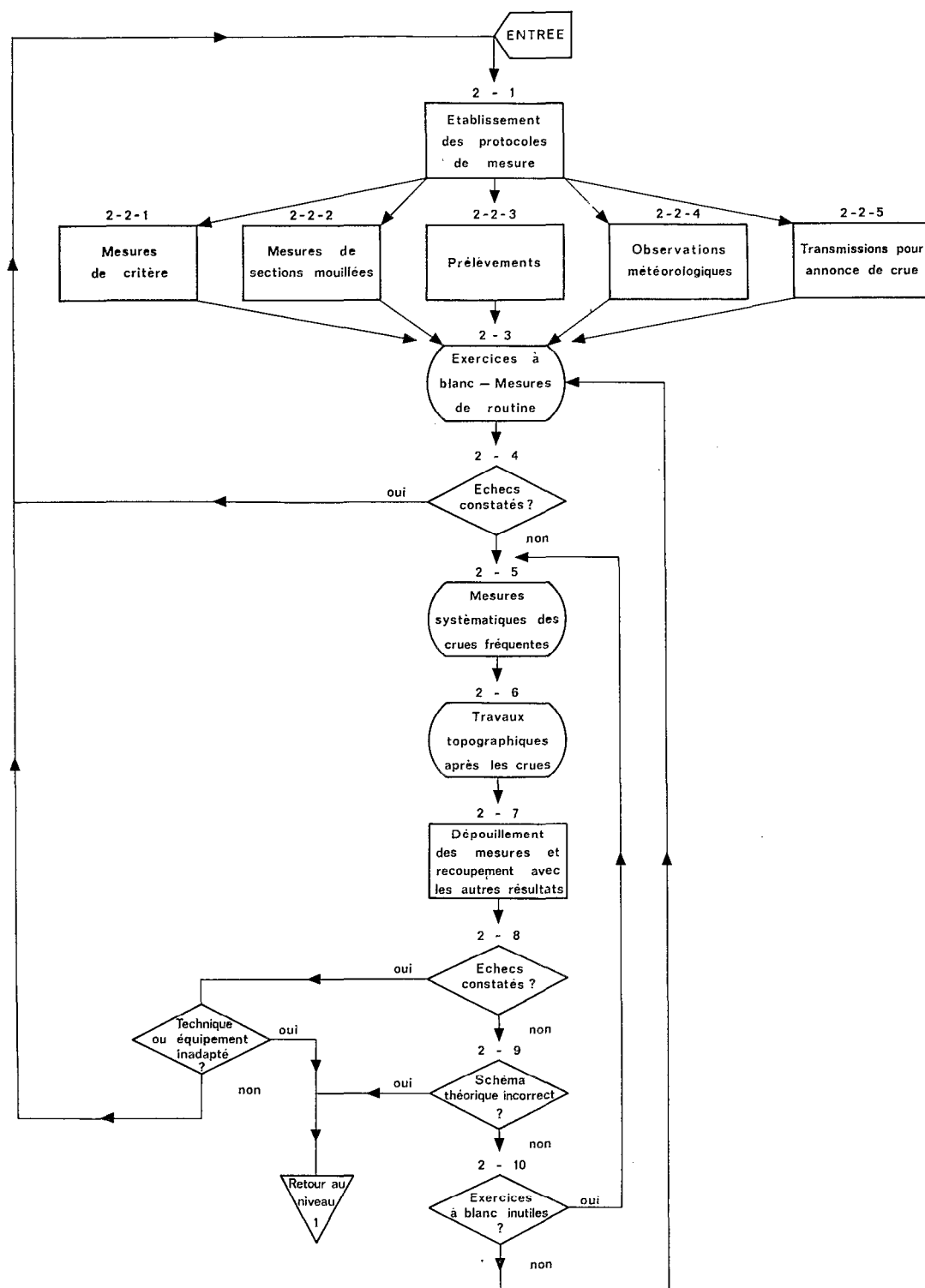
- Les mesures se feront sur des verticales repérées par rapport à un point fixe mais surtout pas par rapport au bord de l'eau.
- On établira un *tableau* indiquant les verticales devant faire l'objet de mesures selon le niveau de l'eau.
- Ce tableau permettra de comparer les mesures faites à différentes crues.
- On adoptera une règle aussi simple que possible pour la répartition des points sur la verticale.
- Les mesures en décrue peuvent être très importantes surtout si elles permettent un repérage correct de la position du fond.
- Au début d'une crue, les objets flottants peuvent être très nombreux et il peut être préférable d'attendre le début de la décrue.
- La cote de l'échelle et l'heure doivent être notées très souvent, au minimum une fois pour chaque verticale.

2.2.1.2. Mesures au flotteur

- Ces mesures seront faites systématiquement dès que le moulinet n'est plus utilisable car les vitesses sont trop fortes.
- On essaiera de faire des mesures au flotteur au moment où les mesures au moulinet sont encore ou de nouveau possibles.

2.2.2. Mesures des sections mouillées

Dans l'hypothèse des rives stables, les sections mouillées sont connues par le repérage de la surface de l'eau et le repérage du fond du cours d'eau.



NIVEAU 2 — Exploitation d'une station hydrométrique.

2.2.2.1. Hauteurs d'eau

Le cours d'eau présentera certainement des vagues importantes. La lecture de la cote à l'échelle limnimétrique demandera un certain temps et devra se faire selon une consigne précise ; soit la cote de la vague la plus haute, soit, ce qui est préférable mais pas toujours applicable, la moyenne entre le niveau le plus haut et le niveau le plus bas.

— La consigne doit être parfaitement comprise et appliquée par l'agent fixe de la station et respectée par tous les agents.

— Dans le cas d'échelles inclinées, la lecture est un repérage que l'on note, la conversion en cote verticale pourra toujours se faire après la crue.

2.2.2.2. Repérage du fond

— Si le fond du cours d'eau est parfaitement stable, il n'y a pas de problème, mais il faudra cependant contrôler, après la crue, que la stabilité est parfaite. Il nous a été donné de constater le phénomène suivant : une station avait été installée, sur un banc de calcaire, formant seuil de contrôle et reposant sur une couche de marne ; une crue a emporté le banc de calcaire et la couche de marne, le fond du cours d'eau se situant alors quelques mètres plus bas sur un autre banc calcaire.

— Tant que des jaugeages complets au moulinet peuvent être effectués, ils permettent de suivre l'évolution du fond du lit à condition de respecter un tableau de verticales (2.2.1.1). Les problèmes de correction d'angle de câble font que ces mesures ne sont pas très précises.

— Dans tous les cas où le fond est mobile, on aura intérêt à procéder à des sondages pendant les crues. Cette technique a été mise en œuvre en utilisant un treuil de téléphérique normal et un saumon de 100 kg dépouillé de tous ses accessoires. Elle a donné d'excellents résultats et il serait souhaitable de mettre au point un matériel spécialement adapté. De plus, elle doit faire l'objet d'un protocole précis basé sur le respect du même tableau de verticale. Il serait souhaitable que les mesures de vitesse au moulinet et les sondages du fond se succèdent régulièrement dans le temps à chaque fois que cela est possible.

2.2.3. Prélèvements

Le protocole concernant les prélèvements doit être réduit à des opérations très simples. Lorsque des saumons de 100 kg ne pénètrent que très difficilement dans l'eau, lorsque tous les objets saillants sont détruits ou emportés, on ne voit pas par quelle méthode on pourrait faire des prélèvements à différents points de la section mouillée.

On pourra faire, sans conviction, des prélèvements très simples, sur le bord, si cela ne présente pas de danger pour les opérateurs.

2.2.4. Observations météorologiques

Les observations météorologiques ne doivent en rien gêner les mesures hydrométriques et l'annonce de crues. On peut très bien, à la limite, décider qu'aucune observation ne sera faite pendant les crues. Cette attitude pourra conduire à rechercher des enregistreurs capables de continuer les enregistrements au-delà de la limite normale de temps. (Enregistreur journalier dont le tambour peut enregistrer sur plusieurs tours.) Il faut alors donner des consignes précises à appliquer au moment de la mise en place et du retrait des graphiques.

Quelle que soit l'attitude adoptée, il faut faire une distinction très nette entre les observations météorologiques et les observations destinées à l'annonce de crue qui, au contraire, sont particulièrement importantes à ce moment-là.

2.2.5. Protocoles pour l'annonce de crue

Le protocole pour les transmissions et les observations d'annonce de crue doit arriver à concilier des opérations concurrentes voire contradictoires.

La station où l'on fait les mesures est généralement une pièce maîtresse dans le dispositif d'annonce. Cela suppose donc que l'on arrive à faire au même moment :

- les mesures définies par les autres protocoles,
- les observations spécifiques à l'annonce de crue,
- les transmissions normales de l'annonce de crue à un rythme très rapide puisque les crues sont brutales,
- en plus, il faut tenir compte des observations faites sur les autres points du bassin versant et par les autres services de météorologie, surveillance des cyclones, pour régler le rythme du travail,
- généralement, il faut transmettre quelques éléments de mesures en cours pour donner plus d'efficacité à l'annonce de crue.

Il est cependant sûr que les transmissions constituent un facteur primordial. En effet, les opérateurs sur place n'ont guère de loisir pour analyser la situation, et prendre des décisions importantes. On ne peut pas, en même temps, faire des mesures d'un phénomène exceptionnel sur une station et faire la synthèse de ce qui se passe sur

les autres stations. Le responsable du réseau d'annonce de crue peut faire plus facilement cet effort. L'expérience nous a montré que cette répartition des préoccupations, possible pendant les crues, grâce à des liaisons radio-phoniques, a permis de réussir des mesures particulièrement importantes.

2.3. EXERCICES A BLANC. MESURES DE ROUTINE

Les protocoles établis ne doivent jamais être considérés comme définitifs. Il faut les mettre à l'épreuve, les améliorer, s'entraîner à les appliquer jusqu'à obtenir un automatisme presque total.

- Le réseau de transmission doit fonctionner tous les jours, plusieurs fois par jour.
- Les agents fixes doivent avoir un programme de mesures à exécuter systématiquement (météorologie, jaugeages d'étiage, prélèvement...).
- Des exercices « à blanc » doivent être effectués pour tous les protocoles. Il est très possible de faire des jaugeages de crue à blanc par exemple.

Ces exercices doivent être le plus complet possible, en faisant intervenir toutes les annonces de crue et en faisant déplacer les agents qui doivent rejoindre les stations. Ils sont assez difficiles à mettre au point, mais indispensables pour être toujours prêts.

Il faudra cependant faire bien attention aux deux points suivants :

- Il peut être dangereux d'utiliser un réseau radio pour annoncer des crues fictives sans prendre de précautions. Des utilisateurs peuvent être à l'écoute sans qu'on le sache ;
- Tous les documents établis doivent indiquer clairement qu'il s'agit d'un exercice à blanc.

2.4. ANALYSES DES ÉCHECS

Les mesures de routine et les essais à blanc font, presque toujours, apparaître au début des anomalies : protocole irréalisable au rythme souhaité, personnel insuffisant, matériel en panne au moment le plus important, lot de pièces de rechange insuffisant.

Tous ces problèmes doivent être réglés les uns après les autres et nécessitent de revenir au stade de l'établissement des protocoles (2.1).

Enfin, on se posera à tous les stades la question de savoir comment on pourra détecter, et éventuellement corriger, une erreur de mesures ou une erreur de notation.

2.5. MESURES SYSTÉMATIQUES DES CRUES FRÉQUENTES

Les crues fréquentes, quelque soit leur importance, constituent la meilleure façon de se faire la main. On devra donc appliquer systématiquement tous les protocoles en s'interdisant les improvisations. On essayera, par contre, de noter tous les événements non prévus par les protocoles au fur et à mesure de leur apparition avec mention de la date et de l'heure (limnigraphe noyé, lit majeur en aval de la station inondé, bouquet d'arbre emporté, prise de photo...).

2.6. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES APRÈS LES CRUES

Dans le cas de station à fond instable, on effectuera toujours les travaux topographiques nécessaires pour contrôler l'évolution du fond.

De même, si cela est possible, on analysera les traces de la crue toute récente, pour déterminer la pente de la ligne d'eau. On pourra parfois être amené à faire des observations nouvelles sur la nature de ces traces de crue et être obligé de reprendre le travail au début du niveau 1.

2.7. DÉPOUILLEMENT DES MESURES ET RECOUPEMENT AVEC LES AUTRES RÉSULTATS

Toutes les mesures effectuées sur une crue doivent être dépouillées le plus rapidement possible, non seulement les mesures faites sur la station, mais également celles effectuées à tous les autres points du bassin versant. L'idéal serait d'établir une note de synthèse après chaque crue.

Lors du dépouillement, on portera un soin particulier à la critique des mesures. Par exemple, on étudiera l'évolution du fond pour chaque verticale (graphique épaisseur de l'eau-cote à l'échelle) et l'évolution de la vitesse moyenne (graphique épaisseur de l'eau-vitesse moyenne) pour chaque verticale. On cherchera également à déterminer à partir des mesures les coefficients qu'il aurait fallu appliquer aux formules de calcul de débit pour obtenir le débit mesuré. On améliorera ainsi progressivement la courbe d'étalonnage théorique.

2.8. ANALYSE DES ÉCHECS CONSTATÉS

L'analyse des échecs est une opération importante après le dépouillement des mesures d'une crue. Cette analyse peut remettre des protocoles en cause et, dans ce cas, il faut reprendre l'établissement des protocoles (2.1). Elle peut également remettre en cause une technique ou un équipement et il faut revenir au début du travail au niveau 1. On pourra également considérer l'éventualité d'introduire des techniques n'ayant pas encore fait leur preuve.

- Mesures au flotteur la nuit, en utilisant un projecteur pour suivre et désigner le flotteur,
- Remplacement des chronomètres par des compte-secondes électroniques et utilisation de téléphone pour les jaugeages au flotteur,
- Utilisation de magnétophones pour recouper (voire remplacer... ?) la notation des mesures,
- Utilisation de caméra pour filmer les moments les plus importants de la crue. Cette technique pourrait peut-être rendre de grands services à condition d'être minutieusement préparée. On pourrait espérer obtenir, à partir d'un film, des mesures de vitesse des flotteurs et des repérages de niveau de l'eau,
- Mise en place de dispositif d'alarme fonctionnant lors d'une montée du niveau de l'eau ou au début d'une pluie.

2.9. CONTRÔLE DU SCHEMA THÉORIQUE DE FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT

Chaque crue analysée sur un bassin versant constitue un exemple de fonctionnement du bassin versant. Cet exemple peut montrer des écarts sensibles par rapport au schéma théorique adopté comme base de travail. En rectifiant ce schéma, on peut remettre en cause tout ou partie du réseau hydrométrique et être obligé de reprendre les opérations au début du 1^{er} niveau.

2.10. UTILITÉ DES EXERCICES A BLANC ET DES MESURES DE ROUTINE

Lorsque plusieurs crues ont été mesurées correctement et que toutes les opérations se sont déroulées sans difficulté, on peut considérer que les exercices à blanc sont devenus inutiles, à moins que leur aspect pédagogique leur conserve leur raison d'être.

NIVEAU 3. — MESURES D'UNE CRUE EXCEPTIONNELLE

Lors d'une crue exceptionnelle, on aura des chances de réussir les mesures pour lesquelles on est parfaitement entraîné. La règle est d'obtenir le plus de renseignements possibles et de ne pas les perdre.

Comme pour les crues plus fréquentes, on procédera le plus rapidement possible au dépouillement complet des mesures.

On obtient alors un nouvel exemple de fonctionnement du bassin versant et une nouvelle révision du schéma théorique est nécessaire.

A ce moment, deux nouveaux problèmes ne manquent pas d'apparaître :

- le premier consiste à persuader les utilisateurs de l'exactitude des résultats obtenus qui sont généralement... « exceptionnels ». Une collection de photos prises pendant les crues nous a rendu de grands services ;
- la deuxième consiste à attribuer une période de retour au phénomène observé. On pourra bien sûr utiliser les méthodes habituelles d'analyse statistique, mais nous aurions tendance à croire que les crues fréquentes et les crues exceptionnelles appartiennent à des populations distinctes. L'extrapolation de ce que l'on sait sur les unes ne permettrait pas, alors, de donner des estimations sur les autres.

Il nous semble que la meilleure façon de progresser consiste à reprendre le travail au début du niveau 1. En tenant compte des nouvelles données acquises, on refait toutes les opérations pour :

- revaloriser toutes les observations faites précédemment, au niveau 2 et surtout au niveau 1,
- en déduire la période de retour la plus vraisemblable,
- introduire toutes les modifications souhaitables dans le réseau, les techniques et les protocoles.

ANNEXE

EXEMPLE DE QUELQUES OPTIONS TECHNIQUES SPÉCIFIQUES AUX CRUES BRUTALES

Choix d'une station hydrométrique :

- il faut obligatoirement deux rives absolument stables sans possibilité de débordement ou de contournement,

- quand cela est possible, se placer en amont d'un seuil stable,
- s'assurer d'une bonne visibilité sur la plus grande partie possible du bief,
- chercher le confort et la sécurité pour le personnel et établir éventuellement des consignes d'évacuation.
- ne jamais faire de mesures à partir d'un pont.

Mesures de crue au moulinet :

- toujours utiliser un téléphérique, celui-ci n'étant pas obligatoirement perpendiculaire à l'écoulement,
- on considère qu'il est difficile de faire des mesures complètes au moulinet pour des vitesses supérieures à 5 m/s et presque impossible à plus de 7 m/s.

Mesures au flotteur :

- placer toujours des repères très visibles pour servir de base à ces mesures (les deux repères amont doivent être dans un plan vertical parallèle au plan vertical passant par les deux repères aval),
- on mesure la vitesse du flotteur mais également sa position (mesures sur les diagonales par 2, 3 ou 4 chronomètres),
- on pourra utiliser le chariot du téléphérique comme repère pour localiser la position du flotteur.

Repérage du fond du cours d'eau (stations instables) :

- avant et après les crues on utilisera des chaînes ou des briques enterrées pour déterminer le creusement effectué pendant les crues,
- pendant les crues, on effectuera des sondages du fond en laissant tomber une masse dans l'eau et en mesurant la longueur du câble immergé.

Limnimétrie :

- ne jamais placer des échelles sur des supports artificiels ; elles seront détruites ou emportées. Il est préférable de les coucher sur les rives,
- il est toujours préférable de faire monter une batterie d'échelles trop haut que trop bas,
- toujours placer deux limnigraphes : un pour les étiages et les petites crues (réduction 1/10 ou 1/20), un autre pour les grandes crues (1/50 ou 1/100),
- pendant les crues, lorsqu'il n'y a pas ou plus d'échelles, poser, en notant correctement le moment, des repères précis, dont on fera ensuite le nivellement.

Topographie :

- contrôle de la fermeture avant de quitter le terrain,
- lecture des trois fils du réticule et contrôle pendant la mesure,
- possibilité d'éliminer les visées fausses (au moins deux coups arrière à chaque station).