

ROYAUME du MAROC
Ministère des Travaux Publics
et des Communications
Direction de l'Hydraulique
Division des Ressources en Eau

Inspection Générale
pour la Coopération
Hors Métropole

RAPPORT sur la REVALORISATION
des DONNEES HYDROLOGIQUES du MAROC

par
C. ROCHETTE
Ingénieur de l'E.D.F.

Juin 1969

Le présent rapport concerne la revalorisation des données hydrologiques du MAROC qui constitue la phase préalable à leur enregistrement et à leur traitement par ordinateur, opérations que la Direction de l'Hydraulique (Division des Ressources en Eau) envisage réaliser dans un proche avenir.

Une enquête préliminaire était indispensable pour définir en quoi va consister cette revalorisation c'est-à-dire les travaux qu'elle implique.

Compte tenu de l'abondance de la documentation existante et de la nécessité pour l'expert chargé de cette enquête de l'examiner dans sa totalité, une durée de trois mois a été prévue pour cette étude préliminaire.

Une première mission a été effectuée du 7 Mai au 4 Juin au cours de laquelle l'expert a examiné la documentation relative aux bassins versants du SEBOU, de la MOULOYA et du LOUKKOS ce qui représente environ 1/3 du réseau hydrologique du MAROC et a effectué une enquête sur le terrain. L'examen des conditions de revalorisation pour le reste du réseau sera effectué au cours d'une mission ultérieure prévue pour Septembre ou Octobre 1969.

A la suite de la première mission, il est possible de porter un jugement sur la valeur des données relatives à la fraction du réseau étudiée et de définir les travaux de revalorisation correspondants.

D'autre part, on peut estimer que cette première mission aura permis de poser le problème de la revalorisation des données d'une manière globale car bon nombre d'observations et critiques qui seront formulées et travaux de revalorisation qui seront définis à propos des stations examinées paraissent devoir s'étendre à l'ensemble du réseau.

A l'occasion de cette enquête la Division des Ressources en Eau nous a demandé d'étudier le problème de l'exploitation de son réseau hydrologique. Nous présenterons dans la deuxième partie de ce rapport les recommandations qui peuvent être faites pour pallier certaines insuffisances actuelles, notamment en ce qui concerne l'exécution et le dépouillement des jaugeages de hautes eaux, pour lesquels une action est à entreprendre pour améliorer la précision des jaugeages et tenter de réduire l'écart énorme constaté pour bon nombre de stations entre la cote maximale pour laquelle un jaugeage complet a été effectué et la cote correspondant à la plus forte crue observée.

PREMIERE PARTIE

CRITIQUE des DONNEES EXISTANTES et DETERMINATION des
OPERATIONS de REVALORISATION à ENTREPRENDRE

Pour déterminer les bases d'une revalorisation des données hydrologiques, but de notre enquête, il faut procéder pour chaque **station** à l'inventaire et à l'analyse des documents existants la concernant, ce qui permet d'obtenir certaines indications sur la valeur des données, mais cette analyse doit être complétée par l'examen des conditions dans lesquelles les observations et les mesures ont été effectuées : informations à recueillir aux stations mêmes et auprès des agents qui les exploitent. L'équipement des stations, la stabilité des installations - notamment en ce qui concerne les échelles - les techniques et le matériel utilisés pour les jaugeages sont les éléments sur lesquels il convient de recueillir le maximum d'informations pour apprécier la valeur des données et définir les bases de leur revalorisation.

Nous présenterons les résultats de notre enquête dans ces deux domaines en traitant d'abord la question des données limnimétriques, puis celle des données hydrométriques.

I. CRITIQUE et REVALORISATION des DONNEES LIMNIMETRIQUES

I.1 Conditions dans lesquelles les observations sont effectuées

I.1.1 Equipement limnimétrique

Echelles

Le matériel utilisé est soit des échelles en lave émaillée avec graduations métriques inscrites au bas des éléments (ces échelles équipent en général les stations les plus anciennes) soit des échelles NEYRPIC en tôle émaillée où la numérotation des mètres est réalisée au moyen de plaquettes rapportées au bas des éléments. Ces échelles sont d'utilisation plus récente.

Pour les stations visitées, les conditions d'utilisation des échelles sont satisfaisantes (scellement sur piles de pont ou sur structure en béton en forme d'escalier encastrée dans les rives). Pour ces stations, l'enquête a permis de conclure à la stabilité des installations : les échelles existantes datent de la création de la station et n'ont pas subi de modifications depuis, à part le remplacement de quelques éléments ou la pose d'éléments supplémentaires lorsque la hauteur de l'échelle s'est avérée insuffisante. La seule critique à faire concerne l'absence partielle ou totale, ou l'incohérence des graduations métriques constatées pour une proportion non négligeable de stations. Ces imperfections peuvent être à l'origine d'erreurs, même pour un observateur entraîné. On note également que certains éléments d'échelles font défaut et il ne semble pas qu'ils soient toujours remplacés en temps utile.

Pour les stations où le lit est particulièrement instable l'expérience montre, dans le cas des ponts notamment, qu'on est amené à multiplier les éléments de basses eaux pour assurer la continuité des relevés. Cette précaution n'est pas toujours prise au moment de la création de la station et il peut en résulter des interruptions dans les relevés.

Enfin la pose ou le choix d'un repère fixe auquel l'échelle est rattachée n'est pas réalisé pour toutes les stations ce qui ne va pas sans inconvénients si l'échelle vient à disparaître entièrement. Etant donné que pour toutes les stations observées régulièrement le tarage est contrôlé en permanence, surtout depuis 1960, la disparition d'une échelle n'est pas très lourde de conséquences. Mais il n'en a pas toujours été ainsi et les possibilités d'exploitation des stations anciennes, où les données de tarage sont insuffisantes ou manquent totalement, restent subordonnées aux possibilités d'homogénéisation des relevés.

Limnigraphes

Les limnigraphes utilisés sont soit à flotteur (OTT, RICHARD), soit à pression (NEYRPIC, RICHARD).

Les limnigraphes à flotteur sont utilisés en rotation hebdomadaire (vitesse d'avancement 2 mm/heure) avec des rapports de réduction allant de 1/10 à 1/50.

Les limnigraphes à bulles NEYRPIC sont utilisés avec rotation du tambour en 24 h ou 48 h (vitesse d'avancement 16,4 ou 8,2 mm/heure). Le changement de la bande d'enregistrement s'effectue tous les 8 jours ou tous les 15 jours. Les pannes ou les cas d'enregistrements défectueux sont très nombreux avec ces appareils. La précision des enregistrements est très inférieure à celle des limnigraphes à flotteur à cause de l'échelle de réduction (1/40 et 1/60) et de l'instabilité de l'étalonnage de la capsule manométrique.

I.1.2 Organisation des relevés

- Lectures d'échelles

Depuis la création du Service Hydrologique, les relevés de hauteurs d'eau aux stations observées régulièrement s'effectuent de la manière suivante :

Un observateur, qui est en même temps gardien de la station⁽¹⁾, est chargé d'effectuer des relevés de hauteurs d'eau à raison de trois lectures par jour. En plus de ces relevés, il procède à des relevés toutes les heures en période de crue. Dans ce cas il demeure à la station et si la situation se prolonge il se fait relayer par un membre de sa famille ou, depuis la création des annexes (bureau d'hydrologie chargé de l'exploitation des stations d'une région déterminée), par un agent de l'annexe.

L'observateur utilise actuellement deux modèles de fiches de hauteurs d'eau.

(1) - Chaque station téléphérique ou cyclopotence est pourvue d'un abri de dimensions variables où est entreposé le matériel de mesure affecté à la station et où l'observateur garde ses fiches de relevés. Cet abri comporte parfois un local supplémentaire destiné au logement de l'observateur pendant les crues.

Pour les relevés réguliers (3 lectures par jour) il utilise une fiche mensuelle (fiche bleue).

Pour les détails de crue (24 lectures par jour) il utilise des fiches spéciales pouvant contenir 12 jours d'observations (fiches rouges).

A la fin du mois il établit 2 copies de chaque fiche dont un exemplaire est envoyé à RABAT. L'original et la deuxième copie sont classés à l'annexe.

Avant 1960, l'observateur utilisait le même modèle de fiche pour les deux types de relevés et employait un carbone pour obtenir un double. La fréquence des relevés pendant les crues était beaucoup plus faible que maintenant.

- Relevés limnigraphiques

L'observateur est également chargé de changer, à intervalle régulier, les feuilles du limnigraphe quand la station en comporte un et de porter sur les feuilles les indications habituelles.

I.1.3 Contrôle des relevés

Les chefs d'annexe comparent les indications du limnigraphe aux hauteurs relevées par l'observateur soit en reportant ces dernières sur le limnigramme, notamment pour les crues, soit en procédant à un contrôle plus sommaire. Il n'est toutefois pas certain, pour les anciens relevés notamment, que ces contrôles aient été faits systématiquement.

De nouveaux contrôles sont effectués à RABAT au fur et à mesure de l'exploitation des données.

I.1.4 Concentration des documents

Depuis l'installation du bureau central d'hydrologie à RABAT, un jeu en principe complet des documents hydrologiques concernant l'ensemble du réseau depuis le début des observations y a été constitué.

Le double de cette documentation, à l'exception des limnigrammes et des graphiques de dépouillement des jaugeages qui n'existent qu'en un seul exemplaire détenu par RABAT, se trouve actuellement réparti entre les annexes et les centres régionaux dont les annexes dépendent du point de vue administratif. On trouve dans les annexes les documents établis depuis leur

création et qui concernent les stations exploitées par chacune d'entre elles. La documentation antérieure à la création des annexes est regroupée dans les centres régionaux.

En principe donc, il n'existe pas dans les centres régionaux et annexes de documents dont RABAT ne possède un exemplaire. Il conviendra de le vérifier en contrôlant si les lacunes constatées dans les relevés archivés à RABAT, où un inventaire des fiches mensuelles est en cours d'établissement, correspondent également à des lacunes dans les relevés détemus par les centres régionaux et annexes.

I.2 Examen des archives

- Lectures d'échelles

Pour les stations étudiées, les relevés journaliers de hauteurs d'eau sont en général complets et confirment les indications recueillies sur le terrain en ce qui concerne le bon comportement des échelles et des observateurs.

Les fiches de crue (24 lectures par jour) sont également complètes mais l'enquête a montré qu'il arrivait qu'elles soient complétées d'après les limnigrammes par les chefs d'annexe et parfois par les observateurs qui abusent ainsi de la confiance qui leur est accordée, puisqu'ils sont censés faire des observations toutes les heures. Cela ne va pas sans inconvénients car aucune disposition n'a été prise pour que les lectures ainsi complétées se distinguent des lectures effectuées réellement. Il semble cependant que cette façon de procéder soit assez exceptionnelle.

- Limnigrammes

L'examen des limnigrammes OTT et RICHARD montre que ces appareils ont généralement bien fonctionné et ont été exploités assez régulièrement. Les enregistrements sont pour la plupart corrects en moyennes et hautes eaux. En basses eaux un bon nombre d'enregistrements sont à éliminer car sans aucune signification à cause de l'ensablement de la gaine du limnigraphe. L'exploitation des limnigraphes à bulles NEYRPIC a conduit à des résultats assez médiocres. Les anomalies de fonctionnement sont nombreuses et la plupart des enregistrements sont inexploitable. Etant donné que la vitesse d'avancement de la bande d'enregistrement est élevée et n'est jamais réglée de façon rigoureuse, la comparaison des limnigrammes avec les lectures d'échelles est une opération longue et fastidieuse.

I.3 Conclusions relatives à la revalorisation des données limnimétriques - opérations préalables à effectuer

L'opération de revalorisation des données limnimétriques pour les bassins étudiés au cours de cette première mission peut être menée assez rapidement, étant donné les multiples contrôles déjà effectués. Elle est basée sur la comparaison des lectures d'échelles avec les limnigrammes quand ces derniers existent et également avec les hauteurs relevées au cours des jaugeages (hauteurs qu'il convient de contrôler par la même occasion). Elle nécessite surtout que soient rassemblés les renseignements sur les déplacements éventuels des échelles exploitées depuis la création de chaque station. Aucune mise au point n'a été faite à ce sujet jusqu'à maintenant. Le contrôle des relevés limnimétriques nécessite donc les opérations préalables suivantes :

- 1/ - Enquête sur chaque station et établissement d'une fiche faisant l'historique de l'échelle : périodes d'exploitation, calages successifs du zéro, etc... . Cette fiche constitue un volet du dossier "renseignements généraux" qu'il importe d'établir pour chaque station (1). Les éléments pour la constitution de ce dossier ont été rassemblés pour les stations que nous avons visitées. Il conviendra de tenir ce dossier à jour -
- 2/ - Achever l'inventaire en cours d'établissement des relevés mensuels de hauteurs d'eau (pas encore dressé pour tous les bassins) -
- 3/ - Poursuivre et tenir à jour l'inventaire des limnigrammes existants et parfaire le classement de ces derniers -
- 4/ - Etablir et tenir à jour l'inventaire des limnigrammes exploitables (2) -
- 5/ - Etablir les fiches de hauteurs d'eau relevées pendant les jaugeages.

(1) - Ce dossier rassemble tous les renseignements concernant l'équipement de la station (échelle, limnigraphe, installations fixes pour les jaugeages), les caractéristiques du matériel utilisé pour les mesures, ainsi que les données topographiques du lit (profils en travers à diverses dates de la section de mesure avec représentation complète sur l'un d'eux de l'ouvrage s'il s'agit d'une section cyclopotence) -

(2) - Cette opération n'est pas absolument indispensable pour les limnigrammes anciens, étant donné que les relevés ont été déjà contrôlés, mais elle doit être entreprise pour les limnigrammes à venir -

II. CRITIQUE et REVALORISATION des DONNEES HYDROMETRIQUES

II.1 Conditions d'exécution des jaugeages Techniques et moyens utilisés

L'instabilité du lit qui caractérise la presque totalité des stations du MAROC a pour conséquence l'instabilité de leur tarage qui demande à être contrôlé après chaque crue. Un nombre considérable de mesures a été effectué : de 20 à 90 jaugeages par an à chaque station.

Les conditions d'exécution de ces mesures sont importantes à connaître pour apprécier leur validité et interpréter les résultats obtenus.

On distingue deux types de stations : celles où les mesures sont effectuées à partir d'un pont au moyend'une cyclopotence, et celles qui sont équipées d'un téléphérique.

Pour les jaugeages effectués au saumon qui retiennent le plus notre attention, la technique utilisée est rigoureusement la même pour toutes les stations. Elle consiste à utiliser un câble amont et un câble de retenue de façon que la surface balayée par le moulinet au cours d'un jaugeage diffère le moins possible d'un plan vertical. Compte tenu de l'uniformité assez grande du matériel utilisé la description des conditions d'exécution des jaugeages et la critique des mesures sont facilitées par le fait qu'on peut classer les moyens utilisés en deux catégories, ceux qui sont pratiquement invariables selon les stations, ceux qui sont susceptibles de varier.

II.1.1 Conditions d'exécution des jaugeages à la cyclopotence

- Eléments invariables

- Câble électroporteur de 6 mm de diamètre (NEYRPIC) -
(L'usage d'un câble électroporteur OTT de 4 mm est très peu fréquent).
- Saumon de 45 kg -
(Il est très rare qu'un saumon de 90 kg soit utilisé).
- Utilisation systématique du contact de fond -
(le plus souvent à mercure).
- Utilisation d'un câble amont et d'un câble de retenue -
- Compteur de déroulement centimétrique avec remise à zéro -
- Equipement pour l'exécution des jaugeages de nuit -

- Eléments variables

- Pente maximale du câble de retenue :
Rapport de la hauteur du câble amont au-dessus du lit à la longueur du câble de retenue -
- Tension du câble amont -
- Diamètre du câble de retenue -
- Réception des signaux émis par le moulinet et le contact de fond : cette dernière s'effectue suivant les stations soit sur un récepteur unique, soit sur deux récepteurs séparés -

II.1.2 Conditions d'exécution des jaugeages pour les stations équipées de téléphériques

- Eléments invariables

- Utilisation d'un câble amont et d'un câble de retenue -
- Saumon toujours équipé d'un contact de fond -
- Emploi systématique du saumon de 90 kg pour les fortes vitesses -
- Utilisation de compteurs de déroulement pour la localisation des points de mesures -

- Eléments variables

- Les mêmes que pour les jaugeages à la cyclopotence plus le fait qu'on utilise pour certaines stations un câble électroporteur de 6 mm et pour d'autres un câble de 4 mm -

II.2 Observations sur les conditions d'exécution des jaugeages

II.2.1 Observations générales (valables pour toutes les stations "cyclopotence" et "téléphérique")

Lorsque la vitesse dépasse une certaine limite qui varie avec le matériel utilisé (1) et qu'on peut estimer comprise entre 3 et 4 m/s, les forces exercées par le courant sur le saumon et les câbles qui y aboutissent conduisent à une flèche notable du câble électroporteur et font que la distance du saumon

(1) - Les conditions, en ce qui concerne le matériel, sont comprises entre les équipements extrêmes suivants : saumon de 45 kg supporté par un câble de 6 mm, saumon de 90 kg supporté par un câble de 4 mm -

à la surface n'est ni égale, ni proportionnelle à la longueur du câble déroulé. Cette situation s'observe pour bon nombre de jaugeages car les vitesses mentionnées correspondent pour la plupart des stations à des hauteurs de crues de fréquence relativement élevée.

Il arrive même, au dire de plusieurs chefs d'annexe, que le saumon ne puisse atteindre le fond de l'Oued. Une situation moins critique correspond au cas où le saumon atteint le fond mais n'exerce pas une pression suffisante sur lui, pour actionner le contact de fond, lequel émet alors des signaux intermittents. Comme de tels signaux peuvent être dus à l'action de la turbulence, il est difficile de faire une distinction entre les deux situations évoquées, c'est pourquoi le seul critère admis pour la détection du fond est l'observation d'un signal continu émis par le contact de fond. Ce sont les indications du contact de fond qui servent à déterminer les limites d'utilisation du matériel pour l'exécution de jaugeages complets. Lorsque ces limites sont dépassées sur un certain nombre de verticales, on se limite à des mesures effectuées en surface.

II.2.2 Observations de caractère non général valables pour certaines stations (cyclo ou téléphérique)

- Erreurs possibles sur le décompte des tops lorsque les signaux émis par le contact de fond et par le moulinet empruntent le même circuit ou sont reçus sur le même détecteur, et qu'on se trouve dans des conditions telles que la turbulence peut agir sur le contact de fond -

Il est relativement aisé de déterminer les stations pour lesquelles un tel risque d'erreur existe, et alors, une grande prudence s'impose sur la prise en compte des résultats de jaugeages de hautes eaux effectués à ces stations.

II.2.3 Observations particulières relatives aux jaugeages effectués aux stations cyclopotence

- 1/ - Erreurs provenant d'une localisation erronée de la section de mesure -

La façon de dépouiller les jaugeages n'est pas toujours conforme à la réalité en ce qui concerne la position de la section de jaugeage par rapport aux piles.

En dehors du cas franchement absurde où le dépouillement est effectué comme si les piles n'existaient pas, certains considèrent que la section se situe légèrement en amont des piles, d'autres, qu'elle recoupe

les piles, ce qui n'est en général pas justifié.

2/ - Imprécision résultant d'une prospection limitée du champ de vitesse au voisinage des piles et due au fait qu'on ne peut s'en approcher à moins de 3 mètres sans prendre le risque d'endommager le matériel lorsque la vitesse est élevée -

3/ - Imprécision résultant de l'absence de mesures au droit des piles -

L'imprécision augmente lorsque l'intervalle entre les piles diminue (Station de TAOURIRT et du Pont de SAKKA).

II.3 Valorisation des mesures de débit

Les jaugeages à la perche et les mesures de moyennes eaux ne posent pas de problèmes particuliers.

Pour les jaugeages de hautes eaux, les résultats sont à revoir pour les raisons suivantes :

- Cas des jaugeages superficiels

Les profondeurs déterminées d'après un profil en travers provenant d'un jaugeage antérieur dont les références sont d'ailleurs rarement mentionnées, sont généralement valables, mais le coefficient adopté pour passer du débit fictif (1) au débit réel ne résulte pas d'une étude précise et est à revoir. Le plus souvent une valeur constante et assez arbitraire est admise quelle que soit la cote.

- Cas des jaugeages complets

Les jaugeages sont dépouillés sans correction préalable des profondeurs, ni pour le fond, ni pour les points de mesure.

Sur les verticales correspondant aux profondeurs les plus élevées, les profondeurs mesurées sont nettement supérieures à celles déduites des jaugeages de moyennes eaux effectués avant et après le jaugeage considéré.

(1) - Débit obtenu en considérant que la vitesse le long de chaque verticale est constante et égale à la vitesse de surface -

- Cas des jaugeages incomplets

Il s'agit des jaugeages pour lesquels les points de mesures s'arrêtent à une distance notable du fond. Les profondeurs sont déduites d'un jaugeage antérieur et sont valables dans une certaine mesure. Par contre, les **positions** des points de mesure sont à corriger.

Enfin pour les jaugeages effectués à la cyclopotence, le tracé de la courbe des débits unitaires est à revoir étant donné que ce tracé a été souvent effectué sans tenir compte de l'emplacement réel de la section de mesure.

La revision du tarage des stations consistera donc à reprendre les dépouillements des jaugeages de hautes eaux en commençant par les jaugeages complets où les corrections porteront essentiellement sur les profondeurs (fond et points de mesures).

Une première solution au problème de correction des profondeurs des jaugeages de hautes eaux effectués jusqu'à maintenant consisterait à prévoir lors de prochains jaugeages de hautes eaux des mesures systématiques de flèches du câble électroporteur de façon à établir pour chaque station la relation entre la profondeur réelle (déterminée graphiquement à partir des mesures de flèche), la longueur de câble déroulé et la vitesse superficielle.

Il serait souhaitable que des tables ou abaqués de correction puissent être établis au moins pour quelques stations de base correspondant aux différents systèmes d'équipement existants, la distinction à faire pour le choix de ces stations portant sur le diamètre du câble électroporteur et le poids du saumon.

Une autre solution, meilleure encore, consisterait en la mise au point d'une technique sûre pour la mesure des profondeurs (fond et point de mesure). Nous pensons surtout aux possibilités offertes par les ultrasons. Si des essais peuvent être envisagés et conduisent à des résultats satisfaisants, il sera possible d'établir pour chaque station des abaqués de correction applicables aux jaugeages complets de hautes eaux effectués jusqu'à maintenant.

En fait le problème est de savoir si on se propose à l'avenir, ce qui serait souhaitable, de parvenir à une mesure sûre et précise des profondeurs. Si aucune des solutions proposées dans ce but ne peut s'envisager, on devra se contenter d'une méthode plus expéditive et non dépourvue d'inconvénients, consistant à utiliser les profils en travers des jaugeages de moyennes eaux précédant et suivant le jaugeage considéré. Mais il s'agit là d'un pis aller.

La revalorisation des jaugeages superficiels suivra celle des jaugeages complets dont les résultats auront permis d'établir les variations du rapport Débit réel/Débit fictif ou ce qui serait préférable, celle du rapport $\frac{U}{V_{ms}}$ (1) en fonction de la hauteur à l'échelle.

Une opération préliminaire pour l'étude du rapport $\frac{U}{V_{ms}}$, consistera à déterminer pour chaque jaugeage complet ou superficiel à revoir, la valeur de V_{ms} étant donné qu'elle ne figure pratiquement dans aucun dépouillement.

Dans le cas des stations cyclopotence, les variations de la vitesse superficielle avec l'abscisse sont mal connues sur une certaine longueur devant chaque pile et on est amené pour obtenir une représentation valable de V_{ms} à adopter un tracé conventionnel de la courbe des vitesses superficielles consistant à faire abstraction des piles. L'essentiel est que le tracé soit toujours effectué d'après cette convention.

Dans le cadre de la revalorisation des données hydrométriques une opération préalable est à réaliser consistant à effectuer une enquête à chaque station sur l'équipement utilisé pour les jaugeages et à consigner ses caractéristiques dans les dossiers "renseignements généraux".

Les éléments pour l'établissement de ces dossiers ont été rassemblés pour les stations que nous avons visitées.

(1) -- U désigne la vitesse moyenne générale
et V_{ms} la vitesse moyenne superficielle = $\frac{V_s \cdot \Delta L}{L}$
(L = largeur -- ΔL = élément de largeur)

DEUXIEME PARTIE

RECOMMANDATIONS POUR L'EXPLOITATION du RESEAU, L'EXECUTION des JAUGEAGES et le CONTROLE des DONNEES

I. OBSERVATIONS LIMNIMETRIQUES - DOCUMENTS de BASE

Les fiches de hauteurs d'eau, remplies au jour le jour par les observateurs, doivent porter la mention "original". Ces fiches originales, fiches de crues notamment, sont établies à l'encre et ne doivent en aucun cas être complétées ou corrigées par le chef d'annexe.

Généralement le lecteur établit deux copies des fiches de relevés dont chacune demande à être vérifiée par rapport à l'original. Il serait préférable que le lecteur établisse une copie et un double des fiches originales en précisant sur ces documents qu'il s'agit d'une copie. Le chef d'annexe aurait seulement à vérifier si cette copie est conforme à l'original, à la viser comme telle et à la compléter au besoin d'après les limnigrammes avant de l'envoyer à RABAT, l'original et le double de la copie restant à l'annexe.

Lorsque la station est équipée d'un limnigraphe, envisager un report systématique sur les limnigrammes des hauteurs d'eau lues à l'échelle (opération à effectuer à l'annexe).

A la suite de cette comparaison des hauteurs lues à l'échelle et des limnigrammes, le chef d'annexe compléterait et corrigerait s'il y a lieu les hauteurs d'eau lues à l'échelle en procédant comme suit :

Les hauteurs d'eau complétées seraient portées entre parenthèses sur les copies des fiches de relevés (hauteurs d'eau et détail de crue), les hauteurs aberrantes seraient barrées sur ces copies, mais de façon à ce qu'elles restent lisibles et les hauteurs corrigées seraient portées sur des fiches à part.

En ce qui concerne l'exploitation des limnigraphes NEYRPIC, il conviendrait de réduire la vitesse d'avancement de la bande d'enregistrement en utilisant des jeux de pignon donnant une rotation du tambour en 4 ou 8 jours.

II. JAUGEAGES

II.1. Modalités d'exécution

Verticales de mesures

Des instructions ont été données aux annexes pour que les mesures soient effectuées toujours aux mêmes verticales. Cette règle est impérative. Elle n'exclut pas de faire des verticales supplémentaires, si nécessaire, notamment près des rives.

En pratique cela implique que le système d'abscisses adopté pour chaque station pour repérer les verticales soit respecté et qu'il n'en soit pas changé (1). Ce système est défini par le choix d'une origine des abscisses matérialisée sur une rive et mentionnée sur le profil en travers classé dans le dossier "renseignements généraux". Ce système de repérage est facile à respecter notamment pour les stations cyclopotences puisque les abscisses sont inscrites à la peinture tous les 5 mètres et que des marques sont portées tous les mètres sur le parapet ou le trottoir des ponts.

Notons enfin que dans le cas des stations cyclopotences il serait indispensable d'effectuer des verticales au droit de chaque pile. Il suffirait de diminuer la longueur du câble de retenue.

Câble amont - Câble de retenue

L'implantation du câble amont est à revoir pour un certain nombre de stations (câble trop haut ou trop près de la section de mesure) - cf première partie parag. II.1.1.

Veiller en outre à ce que ce câble soit bien tendu.

Adopter un diamètre uniforme pour le câble de retenue (6 mm).

Branchements du moulinet et du contact de fond

Chaque fois que c'est possible (câble électroporteur comportant plus d'un conducteur isolé) on doit recevoir les indications du moulinet et du contact de fond sur des détecteurs séparés.

(1) - NOTA - La pratique ancienne et encore fréquemment observée consiste à prendre pour origine des abscisses le bord de l'eau sur la rive par laquelle le jaugeage commence -

Cela est toujours possible sur les cyclopotences NEYRPIC et aux stations téléphériques équipées de treuil NEYRPIC (détecteur à voies multiples incorporé). Dans le cas des cyclopotences de construction marocaine où le détecteur n'est pas incorporé, il convient de séparer les signaux et d'utiliser deux détecteurs.

- Détection d^u fond

Essayer d'atteindre le fond, même s'il faut dérouler beaucoup de câble.

Ne pas admettre d'autre critère pour la détection du fond que celui consistant en un signal continu émis par le contact de fond, et n'inscrire une mesure de profondeur que dans ce cas en la faisant suivre de l'indication CC (contact continu).

Pour les verticales où ce signal continu n'est pas observé bien que la longueur de câble déroulé soit importante, on notera cette longueur en la faisant suivre, suivant le cas, de l'indication CD (contact discontinu) ou AC (absence de contact).

- Mesure des profondeurs

Si les vitesses sont élevées, la mise à zéro du compteur de déroulement doit être effectuée avec le moulinet en position de mesure superficielle (20 à 30 cm en dessous de la surface) et les profondeurs lues majorées de cette quantité.

Il serait souhaitable, pour la revalorisation des données et pour les mesures à venir, en attendant la mise en œuvre éventuelle d'une technique permettant de mesurer avec précision les profondeurs réelles, de procéder à des mesures de flèche du câble électroporteur (angle que fait ce dernier avec la verticale) pour chaque point de mesure et pour le fond. Ces mesures ne seraient pas à entreprendre pour tous les jaugeages. Elles ont simplement pour but de déterminer pour chaque station la relation entre profondeur mesurée et profondeur réelle en fonction de la vitesse en surface. Cette relation serait présentée sous forme de tableau.

Cette méthode présente toutefois des défauts :

- 1/ - On ne peut pratiquement pas l'envisager pour les stations cyclopotences (câble venant rapidement en contact avec le tablier du pont et rendant toute mesure de flèche pratiquement impossible). Les corrections à appliquer devraient être déduites de celles établies pour les stations téléphériques ce qui peut présenter quelques difficultés -

2/ - La détermination des profondeurs réelles des points de mesure et du fond à partir des mesures de flèche est relativement peu précise -

- Interprétation et dépouillement des mesures

Pour chaque jaugeage de hautes eaux (soit à partir d'une certaine cote à préciser pour chaque station), il conviendra d'établir deux fiches de données :

- 1/ - Une fiche de données brutes qui sera la transcription exacte de la fiche remplie pendant le jaugeage. Cette dernière ne doit pas être détruite après mise au net comme c'est souvent le cas -
- 2/ - Une fiche où seront portées les profondeurs corrigées ou reconstituées, les vitesses et les résultats des dépouillements par verticale (vitesse moyenne et débit unitaire) -

On mentionnera sur cette fiche, pour chaque verticale concernée, les moyens utilisés pour corriger les profondeurs : utilisation d'un barème ou référence à un jaugeage antérieur dont il convient d'indiquer la date et le numéro.

L'établissement de barèmes de correction apparaît hautement souhaitable car si le fond n'est pas atteint de façon significative on a au moins la possibilité de corriger la position des points de mesure sur la verticale.

Pour les dépouillements proprement dits on se limitera à la détermination des grandeurs suivantes :

Section : S

Largeur : L

Périmètre mouillé : P

Rayon hydraulique : R

Débit : Q

Vitesse moyenne générale : U

Vitesse moyenne superficielle : Vms

Rapport : $\frac{U}{Vms}$

En cas de variation **notable** de la hauteur à l'échelle pendant le jaugeage, la hauteur moyenne sera calculée à l'aide de la formule :

$$\frac{\sum H_i Q_i}{\sum Q_i}$$

H_i hauteur à l'échelle pendant l'exécution d'une verticale,
 Q_i débit unitaire relatif à une verticale ($V_{m_i} \times F_i$).

PARIS, le 25 Juin 1969

(10)

C. ROCHETTE