COMMISSION ECONOMIQUE pour l'ASIE et l'EXTREME-ORIENT
et
ORGANISATION MONDIALE de la METEOROLOGIE

CYCLE INTER-REGIONAL d'ETUDES sur les RESEAUX HYDROLOGIQUES

BANGKOK, 14-27 Juillet 1959

PRINCIPES d'AMENAGEMENT d'un RESEAU d'OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES en REGIONS TROPICALES ou EQUATORIALES

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

par M. J. RODIER
Ingénieur en Chef à Electricité de France

Chef du Service Hydrologique
de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Juin 1959

70926

Les régions tropicales et équatoriales n'ont pas atteint, en général, un développement économique très poussé de sorte qu'elles présentent aux hydrologues des problèmes particuliers conduisant à mener leurs études suivant des principes qui peuvent différer sensiblement de ceux exposés dans les ouvrages classiques d'hydrologie.

En effet, de sérieuses difficultés se présentent :

- grandes distances à parcourir sur des terrains que climat, végétation et relief conduisent à rendre difficiles ;

- peu de moyens disponibles sur place pour réaliser les installations ;

- peu de personnel disponible pour l'observation des appareils ; certains d'entre eux doivent même être placés dans des zones complètement inhabitées ;

- fortes crues, dans de nombreux cas, rendant difficiles les mesures (il est vrai que, par contre, la concentration des pluies en saisons bien délimitées peut faciliter certaines opérations) ;

- rareté de postes hydrométriques ou pluviométriques observés sur une longue période.

La faible durée des observations disponibles oblige, par ailleurs, à tout mettre en oeuvre pour obtenir des résultats <u>rapidement</u>, ce qui conduit à un déploiement de moyens qui semblerait hors de proportions avec le but à atteindre en EUROPE ou aux ETATS-UNIS : par exemple, la nécessité d'adjoindre un réseau climatologique au réseau hydrométrique et l'emploi de bassins versants expérimentaux.

Avant d'aborder l'examen des divers éléments constituant un réseau d'observations, nous tenons à insister sur l'importance absolument fondamentale d'une mise en place convenable et d'une bonne exploitation ; ce travail est souvent considéré, bien à tort, comme une tâche de manoeuvre n'exigeant ni compétence bien particulière, ni initiative, alors qu'elle nécessite, au contraire, des connaissances très approfondies, un esprit d'organisation,

un courage et une ténacité à toute épreuve. Et le résultat à obtenir justifie ces efforts, car on ne peut faire de bonne interprétation que sur de bonnes données d'observations et de bonnes mesures.

Nous nous contenterons d'exposer les dispositions qui semblent souhaitables d'adopter pour ces régions tropicales ou équatoriales, telles que nous avons pu les déduire de notre propre expérience. Nous ne prétendons pas qu'elles puissent s'adapter, en tous points, à un territoire quelconque et, surtout, à une équipe quelconque de chercheurs, mais nous osons espérer qu'on pourra trouver dans ce qui suit quelques détails dont il sera possible de tirer profit.

L'équipement d'un réseau d'observations hydrologiques peut comprendre trois parties essentielles :

- 1°) Le réseau d'observations climatologiques et plus particulièrement pluviométriques.
- 2°) Le réseau de stations de jaugeage.
- 3°) Les bassins expérimentaux.

I/- RESEAU d'OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES :

Les études pluviométriques nécessitent la mise en place de pluviomètres destinés à fournir les valeurs des précipitations journalières mensuelles et annuelles, et de pluviographes destinés à enregistrer l'intensité des averses.

En ce qui concerne les pluviomètres, on peut adopter une répartition d'un appareil pour 1.000 km2, mais c'est là un idéal théorique que les difficultés d'accès ne permettront pas toujours d'atteindre. Signalons l'intérêt, dans ce cas, de pluviomètres totalisateurs simples comportant une bague du même type que les bagues des pluviomètres Association, montée sur un récipient de forme quelconque de capacité correspondant à plusieurs mois. Une couche d'huile empêche l'évaporation. Cet appareil, relevé seulement plusieurs fois par an, peut remplacer un pluviomètre

ordinaire pour l'estimation des hauteurs de précipitations annuelles. Le seul danger est le risque de vol qui est loin d'être négligeable. Ce réseau doit utiliser au maximum les postes pluviométriques déjà existants, dont on aura intérêt à contrôler l'installation et l'exploitation.

Pour les pluviographes, nous avons été très satisfaits des appareils à augets basculeurs plus sûrs que les enregistreurs directs d'intensité, mais à la condition expresse d'aménager le fond de l'entonnoir et de le surveiller de très près, surtout en début de saison des pluies, afin d'éviter toute obstruction. Ceci est valable pour tout pluviographe quel qu'il soit.

Les mesures d'évaporation sont indispensables, car il n'existe aucune formule pratique permettant de déterminer a priori l'évaporation sur nappe d'eau libre dans ces régions à partir des données des stations météorologiques de type courant. Dans ce cas, l'appareil le plus sûr est le bac évaporatoire. Le coefficient entre nappe de superficie infinie et bac étant très mal connu, il y a intérêt à le rendre le plus faible possible. Le bac flottant serait théoriquement l'idéal mais il est trop difficile à observer. Le bac, classe A, ou bac perché comme nous l'appelons, s'éloigne trop, à notre avis, des conditions naturelles, son diamètre de 6 pieds le rend fragile et difficilement transportable. Nous lui préférons le bac parallélépipèdique <u>enterré</u> de 3 pieds x 3 pieds ou de 1 m x 1 m (1) et de 2 pieds ou 0,60 m de profondeur. La hauteur d'eau évaporée sera mesurée avec une pointe fixe. On rétablira, à chaque mesure, le niveau primitif en versant un volume d'eau qu'on mesurera ; la déformation éventuelle du bac n'apporte, en pratique, que des erreurs insignifiantes. En région tropicale, le microclimat du site est essentiel; autant que possible, il faut installer ce bac dans le microclimat des rives d'un cours d'eau important.

Afin de permettre le contrôle des mesures et l'établissement de formules empiriques, une petite station météorologique sera, si possible, installée près du bac ; cette station devra comporter un évaporomètre PICHE et, si possible, un appareil type BELLANI. Si l'installation d'une telle station n'est pas possible, on mesurera au moins la température superficielle de l'eau.

---

(1) Dans les régions où on utilise le système métrique.

S'il existe, dans la région étudiée, un lac pour lequel il serait facile d'établir le bilan hydrologique, on mettra tout en oeuvre à cet effet, afin d'obtenir une valeur du rapport entre évaporation sur ce lac et sur bac Colorado installé dans les conditions précisées plus haut.

Les bacs Colorado sont souvent installés pour des commodités d'observations, soit sur les bassins expérimentaux, soit aux stations météorologiques principales.

Il serait nécessaire que vents, températures et humidité soient observés en 7 ou 8 points du bassin à étudier, s'il est de très grande dimension. En général, les stations des Services Météorologiques suffisent, d'autant plus qu'elles doivent être complétées par les stations des bassins expérimentaux.

Dans l'exploitation d'un tel réseau, trois précautions sont à retenir :

- Chaque poste pluviométrique doit être visité plusieurs fois par an. Ces visites pourront coïncider avec les tournées des totalisateurs. Il faut que les observateurs se sentent soumis à un contrôle régulier.

- Une première partie du dépouillement doit être effectuée au jour le jour. Sinon, l'exploitation des résultats nécessitera au préalable un effort énorme de mise au net.

- Il est préférable de prévoir la reproduction des relevés originaux sur microfilms. Les copies successives conduisent, surtout dans ces régions, à une multiplication des erreurs. L'étude des précipitations maxima de 24 heures par exemple, exige, pour cette raison, le recours aux originaux ou à leur reproduction sur microfilms.

II/- RESEAU des STATIONS de JAUGEAGES :

Il comprend :

- des stations principales ou stations de base, en petit nombre, destinées à définir les caractéristiques du régime du fleuve principal et de ses principaux affluents. Ces stations doivent être parfaitement observées, et étalonnées avec soin. Leur tarage doit passer en première urgence.

- des stations secondaires, destinées à préciser le régime d'affluents secondaires, ou à l'étude des variations des diverses caractéristiques avec la superficie du bassin versant, ou enfin à doubler une station principale, afin de pallier à un arrêt inopiné des observations à cette station.

- des stations de troisième ordre, aménagées pour des buts particuliers : vérification d'un point de détail, détermination de lignes d'eau pour les divers débits. Généralement, les observations à ces stations ne portent pas sur une longue durée. Souvent, il suffit de relever quelques points. Dans certains cas, elles ne sont même pas étalonnées.

La mise en place du réseau de stations doit concilier deux exigences contradictoires : très grande rapidité et résistance parfaite aux crues et aux chocs divers. Quelques mois ou quelques semaines d'observations en plus sont souvent d'un intérêt inestimable dans ces pays neufs où les études hydrologiques portent parfois sur des relevés de 2 ou 3 ans seulement. La solution consiste à poser tout d'abord des échelles provisoires généralement sur supports en bois, ce qui est très rapide, et à les remplacer progressivement par des échelles définitives ou des limnigraphes. Certains de nos limnigraphes installés en région peu accessible de la NOUVELLE-CALEDONIE ont exigé des travaux portant sur plusieurs mois. Il n'aurait pas été possible d'attendre si longtemps pour effectuer les observations.

Il sera indispensable de rattacher en nivellement ces échelles provisoires à un repère, dès leur installation.

L'ordre des critères qui fixent l'emplacement d'une échelle est bien particulier à ces régions. Les

trois éléments essentiels sont, dans l'ordre :

- possibilité de trouver un agent capable de lire une échelle,
- possibilité d'accès à la station en voiture ou en bateau,
- stabilité de la section.

Si la première condition n'est pas remplie, on peut parfois installer un lecteur au voisinage de l'échelle, mais cela n'est pas toujours possible, le lecteur ne supportera pas l'isolement ou ne voudra pas rester dans un village où il est considéré comme un étranger.

La régularité de l'écoulement est souhaitable mais n'est pas essentielle. S'il le faut, on exécutera les jaugeages à un emplacement différent de celui de l'échelle et, dans ce cas, il ne sera pas nécessaire de choisir pour les jaugeages une section sta le. On aura soin d'installer dans la section de mesure une échelle auxiliaire. Il sera souvent nécessaire de procéder aux mesures de basses eaux à une troisième section, afin d'éviter tout jaugeage portant sur des vitesses trop faibles.

Le choix entre limnigraphe et échelle se présente dans des conditions différentes des ETATS-UNIS ou de l'EUROPE : l'installation d'un limnigraphe est beaucoup plus coûteuse et plus difficile ; il est plus facile de trouver un agent capable de lire une échelle qu'un agent capable de changer correctement une feuille de diagramme et, surtout, de veiller à son bon fonctionnement. Nous estimons que le limnigraphe n'est à employer que lorsqu'il n'est pas possible de faire autrement et, dans le choix du type d'appareil, les considérations de sécurité de fonctionnement dans l'humidité et surtout de facilité d'installation sont primordiales.

Il n'est pas question, dans cet exposé, d'examiner les types d'appareils, ni les dispositions de détails les mieux appropriés, cependant trois points nous semblent à signaler, concernant les échelles limnimétriques.:

- Les graduations les plus courantes s'inspirent de celles de mires utilisées en topographie. Ces graduations ont pour pour objet une détermination précise du niveau. Il est préférable, dans nos régions tropicales et équatoriales

d'adopter un type de graduations qui ne puisse présenter aucune difficulté de compréhension pour le lecteur. Il est fréquent que ce dernier sache à peine lire : le meilleur type de graduations serait celui des thermomètres ou des doubles décimètres.

- Signalons l'emploi de graduations sur tôle émaillée, légère, supportant bien le transport et facile à monter sur des supports plus rigides.

- Enfin, on a tout intérêt à fractionner les échelles en éléments de 1 mètre qui résistent beaucoup mieux aux chocs, sauf bien entendu lorsqu'il s'agit d'échelle installée sur les piles d'un pont ou sur un mur de quai.

Pour l'étalonnage des stations de jaugeages, il n'est généralement pas possible de prévoir des installations complètes. Un balisage sur les berges pour repérer les sections et faciliter les jaugeages au flotteur ou les jaugeages au cercle hydrographique, des câbles fixes ou des supports de câbles fixes, chaque fois que c'est possible pour les jaugeages au câble et c'est à cela que se réduisent, en général, les installations sauf, bien entendu, pour les bassins expérimentaux.

Un aspect particulier des mesures de débits résulte du fait que les hydrologues passent beaucoup plus de temps à se déplacer d'un point de jaugeage à un autre qu'à effectuer la mesure elle-même. C'est pourquoi, en général, il n'y a pas intérêt, sauf dans des cas tout-à-fait exceptionnels, à effectuer des jaugeages simplifiés. On procèdera donc à des jaugeages <u>complets</u> avec un nombre de verticales suffisant et un nombre de points suffisant sur les verticales. Dans ces pays neufs, les zones de débordement ont généralement une assez grande extension et elles peuvent facilement, en périodes de crues, correspondre au 1/4 ou au 1/3 du débit total. On devra s'attacher particulièrement à la mesure des débits de ces plaines d'inondation, ce qui n'est pas toujours une opération facile.

Signalons l'intérêt de trois méthodes de mesures qui peuvent suppléer aux méthodes classiques dans de nombreux cas difficiles :

- 1°) Les jaugeages au cercle hydrographique pour les grandes rivières et les fleuves, le cercle hydrographique permettant de préciser la position du bateau par rapport à un certain nombre de balises placées le plus souvent sur

les rives.

- 2°) Les jaugeages au flotteur qui peuvent donner d'excellents résultats s'ils sont effectués de façon méthodique : il faut pour cela effectuer des jaugeages réguliers jusqu'à une vitesse telle que l'emploi d'un moulinet dans la section ne soit plus possible, par exemple, parce que le maintien d'un bateau sur la rivière deviendrait dangereux. On détermine la vitesse moyenne superficielle par un ensemble de flotteurs qui est constitué généralement par les arbres ou les branches qui descendent le courant : la position de ces flotteurs naturels dans la section est déterminée par la méthode des deux chronomètres. L'examen de jaugeages réguliers exécutés pour de plus faibles débits permet de suivre les variations du rapport de la vitesse moyenne superficielle à la vitesse moyenne dans la section. Un profil en travers complet de la section, effectué en saison sèche, permet de calculer facilement le débit. La méthode est précise si les calculs sont effectués pour la section par tranches de profondeur homogène : par exemple, on calcule séparément les débits pour le chenal principal, les bras secondaires, s'il y en a, et la plaine d'inondation.

- 3°) Les jaugeages chimiques au bichromate de potasse avec emploi de colorimètre pour les débits relativement faibles. On a mis au point des équipements parfaitement utilisables en brousse.

Les stations de jaugeages qui correspondent à des sites de grands aménagements, nécessitant une connaissance particulièrement précise des débits, pourront être équipées d'installations beaucoup moins rudimentaires que les stations de jaugeages courantes. Jusqu'à des largeurs atteignant 300-350 m, on pourra y installer de véritables stations téléfériques, mais on devra prendre garde au fait que pour les grandes largeurs, l'emploi de telles stations est particulièrement délicat. Deux détails peuvent rendre une installation coûteuse difficilement utilisable : la rupture par torsion de l'isolant de l'électrocâble et l'entrée de sable dans le moulinet hydrométrique, les opérations de nettoyage étant particulièrement laborieuses avec les manoeuvres de treuil qu'elles nécessitent.

Pour tous les grands cours d'eau, on aura intérêt à faire les tournées sur des bateaux du type pinasse qui devront être à faible tirant d'eau. Il est préférable, en effet, que le bateau puisse effectuer les opérations de mesures sur toute la largeur du chenal. Ceci conduira

souvent à sacrifier un peu le confort des opérateurs. Le bateau devra être muni, soit d'un canot pneumatique, soit d'une petite barque métallique qui permette de travailler dans les plaines d'inondation ou dans les bras secondaires. Ces mesures complémentaires pourront être faites, d'ailleurs, au Wading dans de nombreux cas.

En ce qui concerne le personnel de jaugeage, on conçoit par ce qui précède que sa compétence technique doit être très étendue puisqu'un même agent aura à effectuer, suivant les circonstances, des opérations très variées. Nous sommes même conduits dans notre Service, à faire exécuter, au début d'une campagne, tous les jaugeages par un ingénieur hydraulicien. De façon générale, les jaugeages difficiles sont effectués également par un ingénieur, même après plusieurs années d'exploitation. Il importe, en effet, dans de nombreux cas, que l'on connaisse de façon absolument parfaite les conditions d'écoulement dans le chenal, surtout lorsqu'il s'agit de procéder à des interpolations délicates sur la courbe d'étalonnage ou lorsque l'on a affaire à une rivière particulièrement difficile. Lorsque l'écoulement est bien régulier, ou qu'il s'agit de jaugeages de contrôle de basses et moyennes eaux, ces mesures deviennent le travail courant d'un simple agent technique. Nous attirons tout particulièrement l'attention sur les mesures à effectuer dans les plaines d'inondation sur lesquelles un manque de compétence peut conduire à des erreurs du simple au double.

Pour le dépouillement, il est préférable d'éviter des procédés simplifiés : sur certains cours d'eau tropicaux, tels que le NIGER ou le LOGONE, des vérifications multiples ont permis de constater que la courbe d'étalonnage (courbe $Q = f(H)$) à laquelle on aboutissait, ne s'écartait pas plus de 2 à 3 % de la courbe réelle. Il serait regrettable d'altérer gravement cette précision en simplifiant par trop le dépouillement qui est une opération moins coûteuse et beaucoup plus facile que la mesure de débits elle-même, dans ces régions tout au moins.

La mesure des transports solides comporte la mesure des matériaux en suspension et des matériaux charriés.

La première catégorie de mesure est relativement facile. En première approximation, on pourra effectuer des prélèvements en surface. Si les matériaux en suspension

ne présentent que peu de sable, on peut effectuer des mesures régulières avec des pompes à main, en veillant à ne pas effectuer de prélèvements trop près du fond. Ce procédé est très recommandé lorsque la turbidité est faible car il faut, pour chaque prélèvement, opérer sur plusieurs litres. Il est indispensable, dans ce cas, de faire décanter très rapidement les matières en suspension si l'on ne veut pas transporter des quantités d'eau considérables. Si la turbidité est assez grande et s'il y a du sable, moyen ou grossier, en suspension, on peut employer des appareils du genre des turbidisondes. Les bouteilles de Delft donnent également de bons résultats, surtout pour des matériaux plus grossiers.

La mesure du charriage est très difficile. Nous n'avons pas encore trouvé de piège à sable satisfaisant. A signaler que l'emploi de produits radioactifs peut permettre de suivre assez facilement le déplacement des bancs de sable. En fait, seul l'emploi judicieux d'une fosse à sable bien conçue permet, sur un très petit cours d'eau, la mesure correcte des matériaux transportés (suspension + charriage).

Après avoir déterminé le volume de sable, limon et vase, transporté à un instant donné, il reste à déterminer le volume annuel. Habituellement, on détermine une belle courbe donnant la variation du volume transporté en période de crue en fonction du débit liquide.

En fait, le phénomène est beaucoup plus complexe, la turbidité dépendant de l'époque à laquelle la mesure a été faite. A débit égal, et pour une même forme d'hydrogramme, la turbidité est beaucoup plus grande pour les crues du début de la mousson que pour celles de la fin.

La conclusion est qu'il faut faire un grand nombre de mesures de débits en suspension et, pour cela, les effectuer systématiquement à chaque jaugeage.

L'exploitation d'un réseau hydrométrique permet l'observation des débits dans le présent. Mais, il est une tâche très importante et souvent négligée : c'est la recherche des débits dans le passé et, notamment, la recherche des hauteurs maxima ou minima atteintes par les eaux. Combien de fois, en région tropicale, nous avons dû appuyer nos estimations de crues exceptionnelles sur des indications de niveaux atteints antérieurement à l'installation de toute station. Il est intéressant de procéder,

le plus tôt possible, à une enquête sur place pour retrouver des cotes maxima. Les résultats bruts obtenus devront être examinés avec toutes les précautions habituelles à la critique historique. Il sera souvent nécessaire de procéder à des rattachements topographiques et même à de véritables études hydrauliques pour passer aux débits correspondant.

Dans un certain nombre de cas, heureusement, il existe des relevés anciens, encore s'agit-il de les retrouver, ce qui exigera de longues et patientes enquêtes, de "caler" le zéro de leur échelle, ce qui peut être très délicat ; puis de déterminer les éléments de la transformation des hauteurs en débits.

Le réseau étant en place et étalonné, il convient de l'exploiter et c'est à ce moment que l'on doit réagir au penchant bien naturel qui consiste à considérer que l'organisation mise en place "fonctionne toute seule" et qu'il suffit d'attendre les relevés des lecteurs. Installer un réseau d'échelles est une opération facile, obtenir des relevés continus de bonne qualité pendant 20 ans est beaucoup plus délicat et ceci exige que les hydrologues soient constamment sur la brêche. Nous estimons que chaque lecteur doit être contrôlé inopinément quatre fois par an. Notre expérience nous a prouvé qu'après l'installation d'une série d'échelles nouvelles, une tournée faite au bout de 3 mois montre qu'en général, 1/4 à 1/3 des observateurs ont pratiquement abandonné les lectures sans que, pour cela, l'acheminement des relevés au Centre soit obligatoirement interrompu. Il faut également entretenir les échelles et les limnigraphes. Si bien installée soit-elle, une échelle ne résiste pas à un chaland. Des jaugeages de contrôle de basses eaux sont indispensables. Enfin, l'hydrologue doit être à l'affût des fortes crues ou, ce qui est plus facile, de très bas étiages qui permettent de compléter la courbe de tarage vers le haut et vers le bas.

Même s'il n'a pas été possible de procéder à des mesures de débits lors d'une forte crue, il est obligatoire de procéder à une tournée générale immédiatement après, afin de remettre en état le matériel sinistré et, surtout, de retrouver les délaissés de crues qui permettront de suppléer aux défaillances des lecteurs, assez nombreuses en pareil cas.

III/- BASSINS EXPERIMENTAUX :

L'installation de ces bassins répond aux deux problèmes suivants :

- 1°) A l'issue de 4 ou 5 années d'études, l'hydrologue se trouve en présence :

  - de relevés de courte durée sur l'ensemble de ses stations hydrométriques,

  - de quelques rares relevés portant sur une plus longue période,

  - de relevés pluviométriques de longue durée à quelques stations.

Peut-il, avec ces éléments, prévoir les réactions du bassin, soit à de très fortes pluies, soit à une saison des pluies très déficitaire ? C'est assez douteux.

L'étude détaillée de l'ensemble des phénomènes de l'écoulement pendant 3 ou 4 ans sur des bassins expérimentaux correspondant aux différents types de sols ou de couverture végétale, lui permet de prévoir assez facilement quel sera le comportement de ces petites surfaces en cas d'averses diluviennes ou de très graves périodes de sécheresse. Il peut recueillir , sur ces bassins, des indices permettant de pressentir des crues exceptionnelles très brutales ou, au contraire, des facteurs de régularisation favorable.

La confrontation de l'ensemble des résultats de ces bassins expérimentaux permet de faire des prévisions solides sur les grands bassins. C'est pour ces raisons qu'il a été jugé utile d'adjoindre des bassins expérimentaux aux réseaux hydrologiques aménagés pour l'étude des grands barrages du KOUILOU et du KONKOURE, par exemple. Ces bassins ont apporté des données très précieuses concernant les coefficients de ruissellement en cas de forte crue et l'irrégularité interannuelle.

- 2°) Quelles sont les caractéristiques hydrologiques propres aux petits bassins versants ?

Il ne s'agit pas d'aménager des dispositifs coûteux en vue de pénétrer tous les secrets de l'infiltration

ou de phénomènes capillaires de surface. Il s'agit de recueillir tous les éléments en vue d'effectuer un bilan hydrologique solide et de préciser les principales modalités de l'écoulement.

On étudiera donc simultanément l'écoulement, les précipitations et l'évaporation.

Généralement, on implante un bassin expérimental ou plutôt un ensemble de deux à trois bassins expérimentaux sur les types de sol et de couverture végétale principaux. Pour un très grand bassin, on ne doit pas dépasser cinq à six bassins ou groupes de bassins expérimentaux.

Les installations doivent être légères et peu coûteuses : section de jaugeage stabilisée par des bandes de béton, passerelle de jaugeage en tube récupérable, venturi en planches et bambous si les débits sont faibles, déversoirs naturels aménagés.

Il faut toujours songer à barrer les zones de débordement aux stations de jaugeages.

L'installation de pluviographes et de limnigraphes est indispensable, le nombre de pluviomètres doit être suffisant.

Une petite station météorologique avec bac évaporatoire est installée au voisinage de la station de jaugeage principale et, si possible, une fosse à sable sur un des petits affluents. Le tout est placé sous la responsabilité d'un agent technique confirmé qui réalise les installations, contrôle les relevés des pluviomètres, contrôle ou assure lui-même le remplacement des feuilles de diagramme des enregistreurs et assure l'exécution des mesures de débits. Il peut être utilement secondé par un assistant météorologue et par trois ou quatre agents de faible qualification technique, chargés de recueillir le contenu des pluviomètres et d'aider les spécialistes pour les divers travaux.

Il n'est pas question, dans le présent rapport, d'entrer dans le détail des opérations de mesures et de dépouillement, spécifions simplement que le souci d'assurer la continuité des observations quelle que soit la violence des averses, conduit à un grand nombre de précautions. On pourra trouver un certain nombre d'indications dans les différents rapports que nous avons établis à ce sujet.

Le dépouillement utilise le principe de la méthode des hydrogrammes unitaires, nous disons le principe car la méthode ne s'applique en toute rigueur que dans des cas particuliers et un bassin expérimental sur deux pose les problèmes d'adaptation qui lui sont propres.

On détermine sur chaque bassin, le module annuel, interannuel, le coefficient d'écoulement annuel, le déficit d'écoulement annuel, par suite l'évapotranspiration, les coefficients de ruissellement pour les divers types d'averses, le débit maximum annuel et le débit maximum décennal.

Il est très utile, dans toute la mesure du possible, de déterminer les variations de ces divers facteurs en fonction de la superficie du bassin versant.

Ces études supposent une analyse préalable des données pluviométriques : précipitations de 24 heures et relevés des pluviographes enregistreurs.

Cet ensemble ne peut guère être réalisé que pour un grand ou un très grand bassin, il n'est pas possible de prendre les mêmes dispositions pour un cours d'eau de 15.000 à 10.000 km2 ou moins ; le schéma décrit ci-dessus doit, dans ce cas, être simplifié dans une très large mesure, mais il peut être bon de s'en inspirer.

Il n'en reste pas moins que même pour un grand bassin, ces études sont coûteuses. Il faut les considérer comme un investissement qui doit être amorti sur l'ensemble des aménagements hydrauliques à réaliser dans le bassin. Elles supposent donc une certaine planification des études d'aménagements de ce bassin.